ΤΟΜΟΣ
II

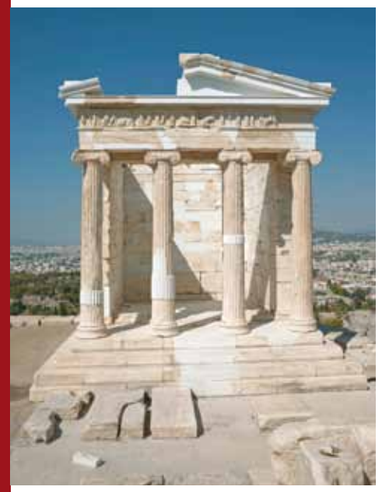
ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ

Επεμβάσεις στα Μνημεία της Ακροπολης 2000-2012. Τα Ολοκληρωμενα Προγραμματα

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ

Επεμβάσεις στα μνημεία της Ακρόπολης 2000-2012
Τα ολοκληρωμένα προγράμματα

With abstracts in English



ΤΟΜΟΣ
II

Επιστημονική επιμέλεια: Χαράλαμπος Μπούρας & Βασιλική Ελευθερίου

ΑΘΗΝΑ 2018

Επεμβάσεις στα μνημεία της Ακρόπολης 2000-2012

Τα ολοκληρωμένα προγράμματα

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΕΩΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ

Επεμβάσεις στα μνημεία της Ακρόπολης 2000-2012
Τα ολοκληρωμένα προγράμματα

with abstracts in English

Επιστημονική επιμέλεια: Χαράλαμπος Μπούρας & Βασιλική Ελευθερίου

ΤΟΜΟΣ
II

Απαγορεύεται η αναδημοσίευση και γενικά η αναπαραγωγή του παρόντος έργου, με οποιονδήποτε τρόπο, (ηλεκτρονικό, μηχανικό, φωτοτυπικό, ηχογράφησης ή άλλο), τμηματικά ή περιληπτικά, στο πρωτότυπο ή σε μετάφραση ή άλλη διασκευή, χωρίς την έγγραφη άδεια της ΥΣΜΑ.

Εφόσον δεν υπάρχει ειδική αναφορά, το σχεδιαστικό και φωτογραφικό υλικό του παρόντος τόμου προέρχεται από το Αρχείο της ΕΣΜΑ - ΥΣΜΑ και τα προσωπικά αρχεία των συγγραφέων. Σε κάθε περίπτωση η ευθύνη βαραίνει τους συγγραφείς.

Υπεύθυνη έκδοσης: Ευγενία Λεμπιδάκη

Μορφοποίηση - σελιδοποίηση: Μάρκος Κατσιάνης - Χρυσούλα Παράσχου

Γραφιστική επιμέλεια: Μαρία Καμπανιάρη

Εκδοτική Παραγωγή: ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ

ISBN: 978-618-83653-0-8
978-618-83653-2-2

© 2018, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης (ΥΣΜΑ)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΤΟΜΟΣ Ι

				σελίδα
		Πρόλογος	Β. Ελευθερίου	13
1.		Πρόλογος στην Ψηφιακή έκδοση «Επεμβάσεις στα μνημεία της Ακρόπολης 2000-2012. Τα ολοκληρωμένα προγράμματα», 2013	Β. Ελευθερίου	15
2.		Μεταξύ των δύο διεθνών συναντήσεων 2002-2013	Χ. Μπούρας	29
3.		Η φιλοσοφία της δομικής αποκατάστασης των μνημείων της Ακρόπολης	Μ. Ιωαννίδου	39
4.		*Το έργο στον Παρθενώνα*		
	4.1	Οργάνωση του αναστηλωτικού προγράμματος των ετών 2000-2011 στον Παρθενώνα	Ν. Τογανίδης	72
	4.2	*Η αποκατάσταση του Προνάου*		
	4.2.1	Ιστορικό επεμβάσεων και θεωρητικά ζητήματα στην αναστήλωση του Προνάου	Λ. Λαμπρινού	95
	4.2.2	Χρονολόγιο αναστήλωσης Προνάου	Λ. Λαμπρινού	113
	4.2.3	Είδη θραύσεων σπονδύλων. Το παράδειγμα του 6ου κίονα του Προνάου	Μ. Μεντζίνη	129
	4.3	*Η αποκατάσταση της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα*		
	4.3.1	*Το ιστορικό των επεμβάσεων και οι αρχιτεκτονικές μελέτες*		
		4.3.1.1. Ιστορία των επεμβάσεων στη βόρεια περίσταση του Παρθενώνα	Λ. Λαμπρινού	146
		4.3.1.2. Μελέτη κιόνων και επιστυλίων βόρειας κιονοστοιχίας - Νέες παρατηρήσεις	Λ. Λαμπρινού	174
		4.3.1.3. Μελέτη των ανώτερων στρώσεων του θριγκού της βόρειας περίστασης συμπεριλαμβανομένου του δυτικού τμήματος	Ρ. Χριστοδουλοπούλου	212
	4.3.2	*Στατικά θέματα - Ειδικά θέματα δομικής αποκατάστασης*		
		4.3.2.1. Συμπεριφορά σε κάμψη αποκαταστημένου επιστυλίου	Μ. Μεντζίνη	239
		4.3.2.2. Μελέτες και έρευνες για τη δομική αποκατάσταση της δωρικής ζωφόρου και των γείσων της βόρειας κιονοστοιχίας του Παρθενώνος (2004-2007)	Ε.-Ε. Τουμπακάρη	260
		4.3.2.3. Εξέταση κατάστασης διατήρησης των αρχιτεκτονικών μελών δυτικού τμήματος του θριγκού της βόρειας περίστασης	Α. Βρούβα	281
		ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενα σχέδια		

ΤΟΜΟΣ II

					σελίδα
4	4.3.3.	*Η εκτέλεση του έργου*			
		4.3.3.1.	Κίονες και επιστύλια (δομική αποκατάσταση μελών)	Μ. Μεντζίνη	302
		4.3.3.2.	Επανατοποθέτηση κιόνων και επιστυλίων βόρειας κιονοστοιχίας	Λ. Λαμπρινού	326
		4.3.3.3.	Αρχιτεκτονικά θέματα της αποκατάστασης των ανώτερων στρώσεων του θριγκού της βόρειας περίστασης (2005-2006)	Ρ. Χριστοδουλοπούλου	353
		4.3.3.4.	Το έργο δομικής αποκατάστασης των ανώτερων στρώσεων του θριγκού της βόρειας κιονοστοιχίας (2004-2007)	Ε.-Ε. Τουμπακάρη	366
		4.3.3.5.	Η ανατοποθέτηση των λίθων των ανώτερων στρώσεων του θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα	Β. Ελευθερίου	378
		4.3.3.6.	Συνδεσμολογία του θριγκού της βόρειας κοινοστοιχίας	Α. Βρούβα	403
	4.4.	*Η αποκατάσταση του Οπισθονάου*			
	4.4.1.	Η αποκατάσταση του οπισθονάου στον Παρθενώνα. Το ιστορικό των επεμβάσεων - Νέες παρατηρήσεις και μελέτες		Ρ. Χριστοδουλοπούλου	420
	4.4.2.	Μελέτες και έρευνες για τη δομική αποκατάσταση του οπισθονάου του Παρθενώνος (2001-2004)		Ε.-Ε. Τουμπακάρη	450
	4.4.3.	*Η εκτέλεση του έργου*			
		4.4.3.1.	Η αποκατάσταση του οπισθονάου. Σύντομο χρονικό του έργου	Π. Κουφόπουλος	471
		4.4.3.2.	Αρχιτεκτονικά θέματα: χρονικό των εργασιών, βασικές επιλογές, αναλυτική παρουσίαση της αποκατάστασης των επιστυλίων.	Ρ. Χριστοδουλοπούλου	483
		4.4.3.3.	Η εκτέλεση του έργου δομικής αποκατάστασης του οπισθονάου: πλαίσιο, προβληματισμοί, έρευνα, ειδικά θέματα	Ε.-Ε. Τουμπακάρη	512
	4.4.4.	Σχεδιασμός τεχνητού λίθου για την κατασκευή αντιγράφων των μελών της Δ. και Ν. ζωφόρου και των μετοπών της βόρειας κιονοστοιχίας του Παρθενώνα και της ζωφόρου του ναού της Αθηνάς Νίκης		Ε.-Ε. Τουμπακάρη	531
		ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενα σχέδια			

ΤΟΜΟΣ III

				σελίδα
5.		*Το έργο στα Προπύλαια*		
	5.1.	Η αναστήλωση της ανωδομής του κεντρικού κτηρίου των Προπυλαίων	Τ. Τανούλας	558
	5.2.	Θέματα δομικής αποκατάστασης της ανωδομής του κεντρικού κτηρίου των Προπυλαίων	Μ. Ιωαννίδου Β. Παπαβασιλείου	588
	5.3.	Η αποκατάσταση της ανωδομής του νότιου τοίχου του κεντρικού κτηρίου των Προπυλαίων	Κ. Καρανάσος	620
6.		Το αναστηλωτικό πρόγραμμα του ναού της Αθηνάς Νίκης	Δ. Μιχαλοπούλου Κ. Μαμαλούγκας	643
7.		*Το έργο της συντήρησης της επιφάνειας*		
	7.1.	Επεμβάσεις συντήρησης της επιφάνειας στα μνημεία της Ακρόπολης (2000-2012)	Ε. Χ. Παπακωνσταντίνου Ε. Ε. Αγγελακοπούλου Α. Ν. Πάνου Κ. Θ. Φραντζικινάκη Α. Ν. Τσιμερέκη Γ. Γ. Φραντζή Κ. Α. Μπαμπανίκα	674
	7.2.	Η συντήρηση και ο καθαρισμός της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνα	Α. Ν. Πάνου Κ. Θ. Φραντζικινάκη Ε. Χ. Παπακωνσταντίνου	700
	7.3.	Η συντήρηση της φατνωματικής οροφής της πρόστασης των κορών του Ερεχθείου	Γ. Γ. Φραντζή Α. Μ. Μαριδάκη Δ. Λ. Γαρμπής Ε. Χ. Παπακωνσταντίνου	725
8.		Το έργο απογραφής, τεκμηρίωσης και ταξινόμησης των διασπάρτων αρχιτεκτονικών μελών της Ακρόπολης 2000-2012	Ε. Π. Σιουμπάρα	751
9.		Τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές αποτυπώσεις στην Ακρόπολη των Αθηνών 2007-2012	Δ. Μαυρομάτη	777
10.		Η ψηφιακή διαχείριση της τεκμηρίωσης στα αναστηλωτικά έργα της Ακρόπολης 2000-2012	Ε. Λεμπιδάκη Ε. Καρακίτσου Ε. Πετροπούλου Γ. Αλεξόπουλος	811
11.		Εκπαιδευτικές δράσεις του τομέα ενημέρωσης & εκπαίδευσης (2003-2013)	Κ. Χατζηασλάνη Ε. Καϊμάρα Α. Λεοντή	849
12.		Οι διεθνείς συναντήσεις για την αποκατάσταση των μνημείων Ακροπόλεως: κατάληξη μελετών και προτάσεων, αφετηρία προβληματισμού και αποφάσεων	Φ. Μαλλούχου-Tufano	873
		ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενοι πίνακες		

CONTENTS

VOLUME I

				page
		Foreword	V. Eleftheriou	13
1.		Foreword to the digital publication “Interventions on the Acropolis Monuments 2000-2012. The completed programmes”, 2013	V. Eleftheriou	15
2.		In between the two international meetings 2002 – 2013	Ch. Bouras	29
3.		The philosophy behind the structural restoration of the Acropolis Monuments	M. Ioannidou	39
4.		*The works on the Parthenon*		
	4.1	The organization of the restoration programme of the years 2000-2011 for the Parthenon	N. Toganidis	72
	4.2.	*The restoration of the Pronaos*		
	4.2.1.	History of interventions and theoretical issues of the restoration of the east porch of the Parthenon	L. Lambrinou	95
	4.2.2.	The Pronaos of the Parthenon - A chronicle of the work	L. Lambrinou	113
	4.2.3.	Drums’ fracture. The example of the 6th column of Parthenon’s Pronaos	M. Mentzini	129
	4.3.	*The restoration of the north side of the Parthenon*		
	4.3.1.	*History of the interventions and the architectural studies*		
		4.3.1.1. History of the interventions on the north side of the Parthenon	L. Lambrinou	146
		4.3.1.2. Study of the columns and architraves of the north colonnade - New observations	L. Lambrinou	174
		4.3.1.3. Study of the upper layers of the entablature of the north side including the western part	R. Christodoulopoulou	212
	4.3.2.	*Structural Issues – Special topics on structural restoration*		
		4.3.2.1. The bending of restored architrave: An evaluation	M. Mentzini	239
		4.3.2.2. Studies and researches on the structural restoration of the upper rows of the Parthenon northern colonnade (2004-2007)	E.-E. Toumbakari	260
		4.3.2.3. Examination of the preservation condition of the architectural members of the western part of the entablature of the north side	A. Vrouva	281
		APPENDIX: Folded out drawings		

VOLUME II

				page
	4.3.3.	*The implementation of the works*		
		4.3.3.1. Columns and architraves: the process of structural intervention	M. Mentzini	302
		4.3.3.2. Resetting of columns and architraves of the north colonnade	L. Lambrinou	326
		4.3.3.3. Architectural issues pertaining to the restoration of the upper layers of the entablature of the north side (2005-2006)	R. Christodoulopoulou	353
		4.3.3.4. The implementation of the structural restoration of the upper rows of the Parthenon northern colonnade (2004-2007)	E.-E. Toumbakari	366
		4.3.3.5. The resetting of the blocks of the upper layers of the entablature on the north side of the Parthenon	V. Eleftheriou	378
		4.3.3.6. Connections of the north colonnade's entablature	A. Vrouva	403
	4.4.	*The restoration of the Opisthonaos*		
	4.4.1.	The restoration of the Opisthonaos of the Parthenon - history of interventions - New observations and studies	R. Christodoulopoulou	420
	4.4.2.	Studies and researches on the structural restoration of the Parthenon Opisthodomos (2001-2004)	E.-E. Toumbakari	450
	4.4.3.	*The implementation of the works*		
		4.4.3.1. The restoration of the Opisthonaos - Brief chronicle of the work	P. Koufopoulos	471
		4.4.3.2. Architectural issues: A chronicle of the work, basic choices, a detailed presentation of the restoration of the architraves	R. Christodoulopoulou	483
		4.4.3.3. The implementation of the structural restoration of the Parthenon Opisthodomos: framework, interrogations, research, specific topics	E.-E. Toumbakari	512
	4.4.4.	Design of cast stone for the production of the copies of the W. and S. frieze & the metopes of the N. colonnade of the Parthenon and the frieze of Athena Nike temple	E.-E. Toumbakari	531
		APPENDIX: Folded out drawings		

VOLUME III

				page
5.		*The works on the Propylaea*		
	5.1.	The restoration of the superstructure of the central building of the Propylaea	T. Tanoulas	558
	5.2.	Issues pertaining to the structural restoration of the superstructure of the central building of the Propylaea	M. Ioannidou V. Papavasiliou	588
	5.3.	Restoration of the superstructure of the south wall of the central building of the Propylaea	K. D. Karanasos	620
6.		The restoration programme of the temple of Athena Nike	D. Michalopoulou K. Mamalougas	643
7.		*Surface conservation*		
	7.1.	Conservation interventions on the surface of the Acropolis Monuments (2000 - 2012)	E. Ch. Papakonstantinou E. E. Aggelakopoulou A. N. Panou K. Th. Frantzikinaki A. N. Tsimereki G. G. Frantzi K. A. Babanika	674
	7.2.	Conservation and cleaning of the west frieze of the Parthenon	A. N. Panou K. Th. Frantzikinaki E. Ch. Papakonstantinou	700
	7.3.	The conservation of the coffered ceiling of the porch of the Caryatids	G. G. Frantzi A. M. Maridaki D. L. Garbis E. Ch. Papakonstantinou	725
8.		The project of inventorying, documenting and classifying the scattered architectural members of the Acropolis (2000-2012)	E. P. Sioumpara	751
9.		Topographic and photogrammetric documentation at the Acropolis of Athens 2007 - 2012	D. Mavromati	777
10.		Digital management of the documentation of the restoration projects at the Acropolis (2000 - 2012)	E. Lebidaki E. Karakitsou E. Petropoulou I. Alexopoulos	811
11.		Educational activities of the Department of Information and Education (2003 – 2013)	C. Hadziaslani I. Kaimara A. Leonti	849
12.		The international meetings on the restoration of the Acropolis Monuments: Endpoint of studies and proposals, starting point for reflection and decision- making.	F. Mallouchou-Tufano	873
		APPENDIX: Folded out tables		

4

Το έργο στον Παρθενώνα

Νίκος Τογανίδης
Λένα Λαμπρινού
Μαριλένα Μεντζίνη
Ροζαλία Χριστοδουλοπούλου
Ελένη-Εύα Τουμπακάρη
Αντιγόνη Βρούβα
Βασιλική Ελευθερίου
Πέτρος Κουφόπουλος

4.3.3.1. ΚΙΟΝΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΥΛΙΑ (ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΛΩΝ)

Μαριλένα Μεντζίνη
Πολιτικός Μηχανικός, Δρ.Ε.Μ.Π., ΥΠΠΟΑ

1. Εισαγωγή

Η αναστήλωση της Βόρειας Κιονοστοιχίας του Παρθενώνα αποτελεί ένα αδιαμφισβήτητα τεράστιο έργο κρίνοντάς το απλά και μόνο από την έκταση της περιοχής επέμβασης, το πολυάριθμο των προς αποκατάσταση μελών και τον υψηλό βαθμό των απαντούμενων βλαβών.

Η επί της ουσίας πολυπλοκότητα του όλου εγχειρήματος που περιλάμβανε το συνεχή συνδυασμό επιστημονικής έρευνας, πρωτότυπης μελέτης και άμεσης εφαρμογής πεδίου καθιστά δύσκολη - αν όχι αδύνατη την απόδοση της εκτέλεσης του έργου στο περιορισμένο εύρος των σελίδων που ακολουθούν.

Γι' αυτό επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν αποσπασματικά εδώ παραδείγματα, τα οποία όμως επ' ουδενί θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν αντιπροσωπευτικά της πληθώρας των προβλημάτων, που αντιμετωπίστηκαν κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του συγκεκριμένου προγράμματος. Παρά ταύτα καταβάλλεται προσπάθεια ακολούθως να δοθεί έστω κατ' ελάχιστο μια επί μέρους εικόνα των ενεργειών που έλαβαν χώρα για την επίτευξη της δομικής αποκατάστασης των κιόνων και των επιστυλίων.

2. Σπόνδυλοι

2.1. Μεθοδολογία της εφαρμογής της δομικής αποκατάστασης

Ο σχεδιασμός των δομικών επεμβάσεων στα μνημεία περιλαμβάνει τη διάγνωση της παθολογίας, τη μελέτη και την πρόταση αποκατάστασης. Η εκτέλεσή τους οφείλει να αντιμετωπίζει τα αίτια των βλαβών επαρκώς, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αναγκαία και καθοριστικής σημασίας αντοχή του φορέα ταυτόχρονα με την ελάχιστη δυνατή επέμβαση, προκειμένου να υπάρξουν οι μικρότερες δυνατές επιπτώσεις σε αυτό που χαρακτηρίζεται ως μνημειακή αξία.

Είναι πολύ δύσκολο στο μελετητή να κατηγοριοποιήσει τις βλάβες των σπονδύλων της Βόρειας κιονοστοιχίας, αφού τα αίτια της δημιουργίας τους οφείλονται κατά κύριο λόγο στην πτώση τους, που ακολούθησε την έκρηξη του 1687 (πολιορκία Ακρόπολης από Morosini). Η ποικιλία των θραυσμάτων και των εναπομείναντων τμημάτων πολλά από τα οποία υπέστησαν κατεργασία από την προηγούμενη αναστήλωση του Ν.Μπαλάνου, προσφέρουν την πρόκληση για την αντιμετώπιση της επίλυσης μη τυποποιημένων στατικών προβλημάτων. Έτσι σε ένα σπόνδυλο δύναται για παράδειγμα να απαντώνται ή και να συνυπάρχουν:

1. θραύσματα με μορφή σφήνας, που εξελίσσονται στην άνω ή κάτω έδρα του
2. αντίστοιχα συμπληρώματα ελλειπουσών επιφανειών
3. διαμπερή ρήγματα καθ' ύψος ή κατά πλάτος, αλλά και συμπληρώματα που καταλαμβάνουν ολόκληρο το πλάτος ή το ύψος του σπόνδυλου
4. συνδέσεις μικρών θραυσμάτων με αντικατάσταση πιόσχημων συνδέσμων, αλλά και μεγάλων ρηγμάτων με αντικατάσταση συνδέσμων μορφής διπλού ταυ, που υπήρχαν από την αναστήλωση Μπαλάνου
5. συμπληρώματα, που εναγκαλίζουν αρχαία θραύσματα
6. εμφυτεύσεις αρχαίων θραυσμάτων σε νέους όγκους μαρμάρου
7. επάλληλα σχεδόν οριζόντια αρχαία τμήματα
8. συμπληρώματα που δημιουργούν άνω ή κάτω έδρα του σπόνδυλου
9. τοποθέτηση περιμετρικά θραυσμάτων σε πυρήνα από νέο μάρμαρο προερχόμενο από την αναστήλωση Μπαλάνου
10. αρχαία τμήματα, που περιβάλλονται καθ' ύψος από νέο συμπλήρωμα, ενώ ταυτόχρονα συμπληρώνονται λόγω ελλείπουσας άνω ή κάτω έδρας από νέο μάρμαρο

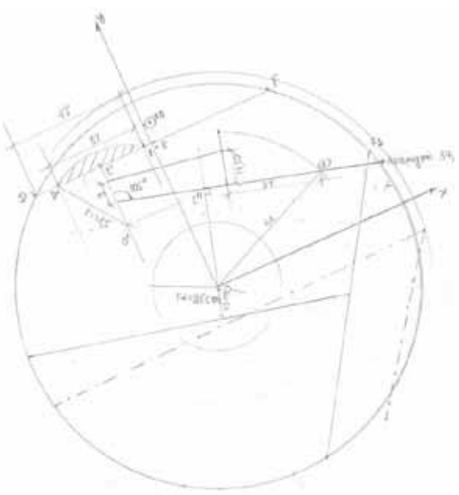
Κατά την εκτέλεση της επέμβασης παρουσιάζονται δυσκολίες, από την ακανόνιστη μορφή των θραύσεων που δημιουργεί δυσχέρεια προσαρμογής των νέων συμπληρωμάτων ή περιορίζει τη φορά συγκόλλησης. Αυτή πιθανόν να έρχεται σε αντίθεση με την προβλεπόμενη από την αρχική στατική μελέτη κατεύθυνση των οπλισμών, επιβάλλοντας έτσι τον επανασχεδιασμό της μελέτης. Η λύση εναπόκειται στην εφευρετικότητα ως προς την αλληλουχία των σταδίων της σύνθεσης του σπονδύλου από τα επί μέρους τμήματα, καθώς και στο σχεδιασμό των θέσεων των οπλισμών, που γίνεται και τροποποιείται ανάλογα (με επανεπίλυση των υπολογισμών αν χρειαστεί) στο πεδίο του εργοταξίου. Υπάρχει ακόμα περίπτωση για λόγους οικονομίας και μη απώλειας υλικού, αν είναι δυνατόν, οι ίδιοι ράβδοι οπλισμού να προεκταθούν, συνδέοντας και άλλα αντικείμενα θραύσματα.

Εννοείται ότι δίδεται ιδιαίτερη προσοχή:

- στην αποφυγή σύμπτωσης των οπλισμών, που κείνται σε διαφορετικές κατευθύνσεις,
- στη διατήρηση της επαρκούς απόστασης τόσο μεταξύ τους όσο και με τις εξωτερικές επιφάνειες του μαρμάρου, τους κομμούς ή τις μικρορωγμές του υλικού για την αποφυγή του κίνδυνου απόσχισης
- στο επαρκές μήκος αγκύρωσής τους για την αποφυγή εξόλκευσης

Ο τρόπος εκτέλεσης της επέμβασης πρέπει να προσφέρει τη δυνατότητα συνεχούς ελέγχου της αποτελεσματικότητάς της και αν τα μέτρα που εφαρμόζονται δεν κατορθωθεί να είναι άμεσα αναστρέψιμα, ώστε να υπάρξει το περιθώριο διόρθωσης ή ακόμη και αντικατάστασής τους, τουλάχιστον θα πρέπει να μην παρεμποδίζουν τυχόν μελλοντικές επεμβάσεις. Για το λόγο αυτό η

εφαρμογή της δομικής αποκατάστασης συνοδεύεται από την περιγραφή του τρόπου συναρμογής των θραυσμάτων, καθώς και την πλήρη και λεπτομερή αποτύπωση της θέσης των οπλισμών.



Εικ. 1. Εφαρμογή του νέου συμπληρώματος στην άνω έδρα σπονδύλου (αριστερά). Σχεδιασμός των προς συγκόλληση τμημάτων και της γεωμετρίας τους για τον υπολογισμό των οπλισμών σύνδεσής τους (δεξιά).

Εικ. 2. Κάτω έδρα σπονδύλου. Διακρίνονται πάνω στο νέο μάρμαρο το σχέδιο των κατευθύνσεων των οπλισμών για τη συγκόλληση του καθ' ύψος αυτού συμπληρώματος με τον κύριο αρχαίο όγκο (που διακρίνεται στο κάτω μέρος της εικόνας), καθώς και οι οπλισμοί montage ανάμεσα σε αρχαίο θραύσμα (αριστερά στην εικόνα) και το καθ' ύψος νέο συμπλήρωμα.

2.2. Παράδειγμα διαδικασίας και διαδοχής συγκολλήσεων

Το προς συγκόλληση σύνολο αποτελείται από ένα κύριο όγκο νέου μαρμάρου, στον οποίο αρχικά προσαρμόζεται ένα σύμπλεγμα τριών αρχαίων θραυσμάτων Α,Β,Γ, που συγκρατούνται στη σωστή ως προς το σπόνδυλο θέση τους μέσω ενός νέου μαρμάρινου παρεμβλήματος Π (Εικ. 3 αριστερά). Ακολούθως η μορφή ολοκληρώνεται με την προσαρμογή ενός νέου καθ' ύψος συμπληρώματος (Εικ. 3 δεξιά).

Αρχικά (αφού έχουν γίνει επί τόπου όλα τα σημαδέματα για τις μελλοντικές θέσεις των οπλισμών) συνδέεται μέσω οπλισμών montage το σύμπλεγμα των αρχαίων θραυσμάτων και ο μαρμάρινος «αποστάτης» τους με τον κύριο νέο όγκο.

Έπειτα μέσω ράβδων τιτανίου παράλληλων προς τις έδρες του σπονδύλου και με κατεύθυνση ακολουθούσα τον (κατωτέρω περιγραφόμενο) άξονα αναφοράς συγκολλάται το καθ' ύψος νέο συμπλήρωμα, το οποίο εγκλωβίζει, τόσο με το σχήμα του, όσο και με τους διαπερνώντες οπλισμούς του τα αρχαία θραύσματα (Εικ. 3 δεξιά).

Εικ. 3. Σύνδεση των αρχαίων θραυσμάτων Α, Β, Γ με το νέο παρέμβλημα Π (αριστερά). Σύνδεση του συμπλέγματος και του κύριου όγκου νέου μαρμάρου με καθ' ύψος νέο συμπλήρωμα, που διακρίνεται στο πρώτο πλάνο αριστερά (δεξιά)

Καθορίζεται άξονας αναφοράς για την αποτύπωση της θέσης των οπλισμών για τη συγκόλληση του νέου καθ' ύψος συμπληρώματος (παράλληλος με τη φορά συγκόλλησης και διερχόμενος από το κέντρο του σπονδύλου, ο οποίος έχει εξαρτηθεί από τα μέσα διατηρούμενων αρχαίων ραβδώσεων), ενώ επιπλέον δημιουργείται ένας βοηθητικός κάνναβος από παράλληλες, σε συγκεκριμένες αποστάσεις δεξιά και αριστερά του. Αναλυτικά:

Η (1) παράλληλος συμπίπτει με τον ίδιο τον άξονα.

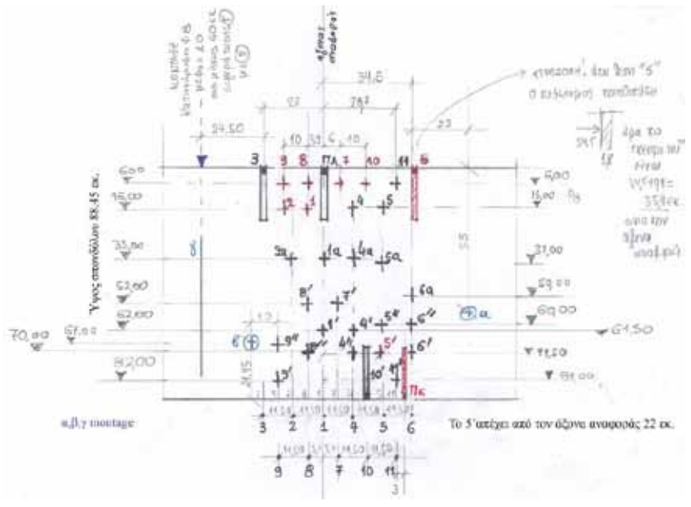
Οι (2) και (3) απέχουν αντίστοιχα 11.50 και 2Χ11.50 = 23 εκ. δυτικά από το (1).

Οι (4), (5) και (6) απέχουν αντίστοιχα 11.50, 2X11.50 = 23 εκ. και 3X11.50 = 34.50 εκ. ανατολικά από το (1).

Η (8) απέχει 5.70 εκ. δυτικά του (1) και η (9) 5.70 + 11.50 =17.20 εκ. δυτικά του (1).

Η (7) απέχει 5.70 εκ. ανατολικά του (1) και οι (10) και (11) 5.70 + 11.50=17.20 εκ. και 5.70 + 2X11.50 =28.70 εκ. αντίστοιχα ανατολικά του (1).

Στο Σχ.1 οι θέσεις – αποτύπωση - των οπλισμών που ακολουθούν τον κάνναβο σημειώνονται με μαύρο χρώμα, ενώ οι θέσεις των οπλισμών που έχουν απόκλιση από το τυπικό, σημειώνονται με κόκκινο και βέβαια καταγράφεται η απόστασή τους από τον άξονα αναφοράς. Το σκαρίφημα συνοδεύεται και από Πίνακα με την αναλυτική αποτύπωση των ράβδων τιτανίου, όπου αναγράφεται η διάμετρος κάθε ράβδου, η διάμετρος του αντίστοιχου τρήματος, η απόστασή της από τον άξονα αναφοράς και από την άνω έδρα του σπόνδυλου, καθώς και τα μήκη αγκύρωσης, αφενός στο καθ' ύψος συμπλήρωμα και αφετέρου στον κύριο νέο όγκο που περιλαμβάνει τα ένθετα αρχαία θραύσματα.



Σχ. 1. Σκαρίφημα οψοτομής της επιφάνειας θραύσης του σπονδύλου που αντικρίζει το καθ' ύψος νέο συμπλήρωμα (βλ.Εικ.3 δεξιά), με πλήρως εξαρτημένες τις θέσεις των οπλισμών.

2.3. Αναπτυσσόμενες παράλληλα με την εφαρμογή των αποκαταστάσεων θεωρίες

Ένα από τα προβλήματα που εκλήθησαν να λυθούν κατά τη δομική αποκατάσταση ήταν και η όπλιση θραυσμάτων μορφής σφήνας που απαντώνται συχνά στην περιοχή της κάτω έδρας των σπονδύλων.

Έχει ήδη παρουσιαστεί η γενικευμένη μεθοδολογική - υπολογιστική διαδικασία[1], η οποία λαμβάνει υπόψη αναλυτικά την κρίσιμη εντατική κατάσταση στην επιφάνεια του σπονδύλου, βασισμένη στην παραδοχή ότι ο κίονας στον οποίο ανήκει δέχεται οριζόντια φορτία λόγω κάποιου

[1] Μεντζίνη 2002, 233-242

σεισμού (τα οποία οφείλονται σε εδαφική επιτάχυνση, έστω e.g)[2]. Τότε το προς αποκατάσταση μέλος κατά τη διάρκεια του λικνισμού των υπερκειμένων λόγω δράσης/αντίδρασης θα αναπτύξει μια κατανομή θλιπτικών και διατμητικών δυνάμεων.

Στην επί μέρους εξεταζόμενη περίπτωση με τη συνεργασία του αείμνηστου καθηγητή του Ε.Μ.Π. Ιωάννη Βαρδουλάκη[+] ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

Ως κριτήριο αστοχίας δεχόμαστε αυτήν του οπλισμού έναντι του μαρμάρου, οπότε ο σχεδιασμός βασίζεται στην εύρεση του ελάχιστου απαιτούμενου. Ο οπλισμός υπολογίζεται σε πλαστική κατάρρευση σύμφωνα με το κριτήριο διαρροής κατά Von Mises για σύνθετη καταπόνηση[3]: $\sigma_Y = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2}$,

όπου σ και τ η ορθή (αξονική) και διατμητική (εγκάρσια) τάση της ράβδου και σ_Y η αντοχή σε εφελκυσμό του οπλισμού (τιτάνιο). Οι τάσεις στον παραπάνω τύπο υπολογίζονται ως σ=Z/A και τ=T/A, όπου Z και T είναι αντίστοιχα η συνολική αξονική και διατμητική δύναμη που παραλαμβάνει ο οπλισμός, ενώ A το συνολικό εμβαδό σε ορθή διατομή του οπλισμού. Έστω φ_1 η ενεργοποιημένη γωνία τριβής στη διεπιφάνεια συγκόλλησης (επιφάνεια θραύσης) της σφήνας με το μητρικό όγκο του σπόνδυλου. Από το δυναμοπολύγωνο στο Σχ. 2 η φ_1 δίνει τη φορά της αντίδρασης Q, που αναπτύσσεται λόγω τριβής. Το ότι η συγκόλληση διαστασιολογείται για τον ελάχιστο οπλισμό (βλ. παραπάνω κριτήριο) σημαίνει ότι η συνολική δύναμη F, που πρέπει να παραλάβει ο οπλισμός, οφείλει να είναι κάθετη στη δύναμη Q. Άρα:

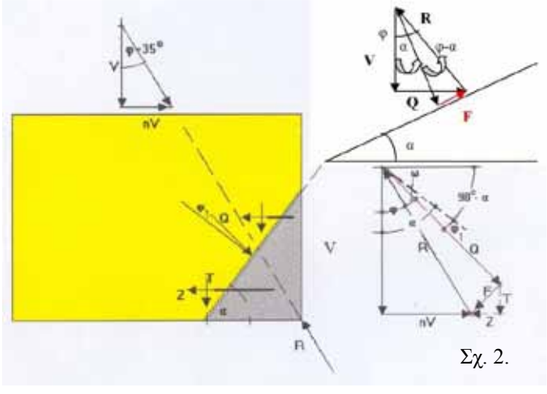
$F = R \sin\omega$, $\omega = \alpha - (\varphi + \varphi_1)$ και $F = \frac{\sin(\alpha - (\varphi + \varphi_1))}{\cos\varphi} V$

Η δύναμη F αναλύεται σε ορθή (οριζόντια) και διατμητική (κατακόρυφη συνιστώσα)

$Z = F \cos(\alpha - \varphi_1)$ και $T = F \sin(\alpha - \varphi_1)$, όπου α η γωνία κλίσης του επιπέδου θραύσης.

Η απαιτούμενη επιφάνεια οπλισμού προκύπτει από τον τύπο $A_{min} = (Z^2 + 3T^2)^{1/2} / \sigma_Y$.

Έστω φ_d η πραγματική τιμή της πλήρως ενεργοποιημένης τριβής στην επιφάνεια θραύσης. Άνω φράγμα γι' αυτήν αποτελεί η γωνία εσωτερικής τριβής του μαρμάρου = 54^0, ενώ κάτω φράγμα αποτελεί η γωνία 35^0, που αφορά



Σχ. 2.

[2] Ζάμπας 1989

[3] Βαρδουλάκης[+] 1999

τη διάτμηση ανάμεσα σε λείες επίπεδες επιφάνειες[4]. Η ενεργοποιημένη γωνία τριβής στη διεπιφάνεια θα λάβει μηδενική τιμή αν η ένωση υπερδιαστασιολογηθεί και δεν επιτραπεί καμιά σχετική ολίσθηση. Αν ο οπλισμός είναι υποδιαστασιολογημένος, τότε θα διαρρεύσει και θα υπάρξει σχετική ολίσθηση των τεμαχίων. Η σχετική ολίσθηση θα γίνει αφενός κάτω από σταθερή ένταση του οπλισμού (διαρροή οπλισμού), αφετέρου κάτω από την πλήρως ενεργοποιημένη γωνία τριβής στη διεπιφάνεια, $\varphi_1 = \varphi_d$. Για να εξασφαλιστεί η αστοχία του οπλισμού και όχι του μαρμάρου σε περίπτωση αστοχίας της συγκόλλησης, η διαστασιολόγηση γίνεται με την ελάχιστη τιμή της πλήρως ενεργοποιημένης γωνίας τριβής στη διεπιφάνεια δηλαδή $\varphi_1 = \varphi_d = \varphi = 35^0$.

Στην περίπτωση, που η γωνία κλίσης του επιπέδου θραύσης α είναι $< 35^0$ το θραύσμα δεν ολισθαίνει και ισορροπεί στη διεπιφάνεια θραύσης άρα η αντίδραση Q είναι κάθετη σε αυτήν, ο δε ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός (αντίδραση R στο δυναμοπολύγωνο) οφείλει να είναι η κάθετος από την R στη Q (η μικρότερη δυνατή απόσταση), δηλαδή παράλληλος στην επιφάνεια θραύσης (βλ. ένθετη εικόνα στο Σχ. 2). Τότε οι τύποι απλοποιούνται ως εξής:

$R = V/\cos\varphi$, $F = R\sin(\varphi-\alpha) = V \sin(\varphi-\alpha) /\cos\varphi$, ενώ η δύναμη F αναλύεται σε ορθή (οριζόντια) και διατμητική (κατακόρυφη συνιστώσα) $Z = F \cos\alpha$ και $T = F\sin\alpha$.

3. Παράδειγμα δομικής αποκατάστασης κιονοκράνου

3.1. Περιγραφή του προβλήματος

Ένα από τα πιο πολυθραυσμένα κιονόκρανα της βόρειας κιονοστοιχίας είναι το ανήκον κατά την αναστήλωση Μπαλάνου στον 11ο κίονα.

Κατά την παρούσα αναστήλωση των οκτώ κιόνων της βόρειας κιονοστοιχίας και του υπερκείμενου θριγκού, έλαβε κωδικό αποξήλωσης 14142 και νέα μελλοντική θέση[5] , η οποία περιλαμβάνει στροφή του κατά 90ο προς δυσμάς και τελική τοποθέτηση στην κορυφή του 10ου κίονα.

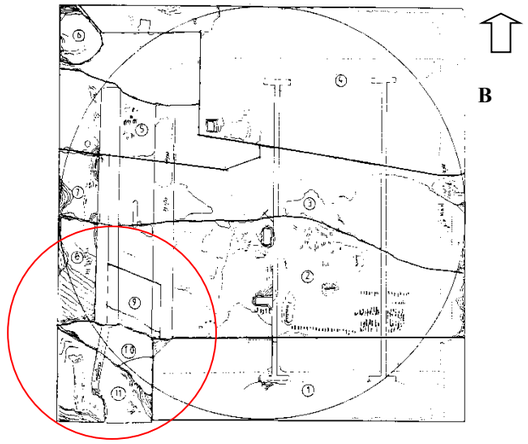
Με αναφορά στο σημερινό – διορθωμένο προσανατολισμό, η αναστήλωση Μπαλάνου περιλάμβανε δύο νέα συμπληρώματα : ένα νότιο συμπλήρωμα άβακα (θα αναφέρεται με τον κωδικό 1) και ένα ΒΑ τμήμα άβακα (με κωδικό 4).

Η χρήση από το Ν. Μπαλάνο σιδηρών συνδέσμων μορφής διπλού ταυ για τη συρραφή του κεντρικού διαμπερούς καθ' ύψος ρήγματος του κιονόκρανου με παράλληλη συγκράτηση των νέων συμπληρωμάτων, οδήγησε σε ορισμένες περιοχές στη διάρρηξη του περιβάλλοντος μαρμάρου, δημιουργώντας πολλαπλά θραύσματα.

[4] Armand et al 1997

[5] Λαμπρινού 2004.α

Εικ. 4. Αριστερά: Άποψη του κιονόκρανου 14142. Η προσωρινή έδρασή του στο σηκό γίνεται με τη βόρεια πλευρό της μελλοντικής επανατοποθέτησής του. Δεξιά: Άποψη της κάτω έδρας του κιονόκρανου 14142. Διακρίνεται πάνω σε αυτήν η εξέλιξη του κεντρικού ρήγματος.



Σχ. 3. Κάτοψη του άβακα του κιονόκρανου 14142. Σχηματική απόδοση των κυριότερων επιπέδων θραύσης, όπως εξελίσσονται στην άνω έδρα. Η επίμαχη γωνία επισημαίνεται με τον κόκκινο κύκλο.

Διαπιστώθηκε επίσης, ότι η επιπλέον χρήση συνδέσμου μορφής "πι" στην άνω έδρα της ΝΔ γωνίας του άβακα, καθώς και εσωτερικού γόμφου, ώστε να αποκατασταθεί από τον Μπαλάνο η ολότητά της (σύνδεση του με κωδικό 11 θραύσματος (Σχ. 3) με τον υπόλοιπο αρχαίο όγκο) ήταν καθοριστικά καταστροφική, αφού ακολούθησε πολλαπλή θραύση της περιβάλλουσας περιοχής με ρήγματα διαμπερή, που ακολουθούν τις παρειές του πιόσχημου, ή στο σημείο που διασταυρώνεται με το σύνδεσμο μορφής διπλού ταυ εκτείνονται παράλληλα στην κεφαλή του τελευταίου.

Το καθένα από τα θραύσματα που έτσι προέκυψαν και τα οποία χαρακτηρίζονται για λόγους κατανόησης με τους αριθμούς 11, 10 και 9 αποτελείται κατ' ελάχιστο από δύο μικρότερα θραύσματα (συνολικός αριθμός θραυσμάτων 10), ενώ η κατάσταση διατήρησης του μαρμάρου δεν είναι καλή, αφού παρουσιάζει έντονα σημεία διάβρωσης στις εξωτερικές επιφάνειες, αλλά και απομειώσεις λόγω της λάξευσης των εντορμιών των συνδέσμων.

Εικ. 5. Άνω έδρα και εσωτερική επιφάνεια της ΝΔ γωνίας άβακα, όπου διακρίνονται ευκρινώς τα θραύσματα, που αποτελούν τα τεμάχια 9 και 10 (βλ. Σχ. 3).

3.2. Πρώτες ενέργειες

Πριν την αποκατάσταση της ολότητας του μέλους πραγματοποιήθηκε από την υπογράφουσα η μελέτη για τη δομική αποκατάσταση των θραυσμάτων της ΝΔ γωνίας του άβακα[6] και την ασφαλή σύνδεσή τους με τον κύριο αρχαίο όγκο του κιονόκρανου μέσω ράβδων τιτανίου και τσιμεντοκονιάματος. Σημειώνεται η κρίσιμη θέση των προς συγκόλληση τεμαχίων ως προς το μέλος, αφού επέχουν ουσιαστικά θέση προβόλου. Στη συλλογιστική των υπολογισμών αντιμετωπίζονται σαν θεωρητικά πιθανές οι εξής δύο περιπτώσεις:

Α) Το 11 να συγκολληθεί με τον υπόλοιπο όγκο. Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής : αρχικά συγκόλληση με οπλισμούς τιτανίου σε κατεύθυνση παράλληλη στη νότια πλευρά του κιονόκρανου με ένα νέο ενιαίο συμπλήρωμα, που αντικαθιστά το τεμάχιο 1 («Μπαλάνειο» συμπλήρωμα[7]) και τα τεμάχια 10 και 9 (τα οποία αποτελούνται από 8 θραύσματα). Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται συρραφή - ενοποίηση των δύο θραυσμάτων από τα οποία αποτελείται το 11 (σύνολο θραυσμάτων-βλ. προηγούμενα- 10). Κατόπιν το προκύπτον σύνολο συγκολλάται σε κατεύθυνση παράλληλη στη δυτική πλευρά του κιονόκρανου με οπλισμούς τιτανίου που προκύπτουν τόσο από τη συγκόλληση

[6] Και ενός μικρού τμήματος εχίνου, όπως διακρίνεται στην Εικ.6 επισημασμένο με πλαίσιο

[7] Λαμπρινού 2004.β

του νέου ενιαίου συμπληρώματος, όσο και του τεμαχίου 11 με τον υπόλοιπο κύριο όγκο, στον οποίον έχουν ήδη συγκολληθεί τα τεμάχια 7 και 8 (βλ. Σχ. 3).

Β) Τα θραύσματα που αποτελούν το τεμάχιο 10 να συγκολληθούν με τσιμεντοκονία μεταξύ τους, ώστε να αποτελέσουν ένα σώμα και στη συνέχεια να συγκολληθούν το 10 και 11 με τον κύριο όγκο του κιονόκρανου (στον οποίο έχει συγκολληθεί εκ των προτέρων άοπλα το 9), έτσι ώστε από το 11 να διέρχονται οι οπλισμοί, που προκύπτουν θεωρητικά από τη σύνδεση του 10 και 11 σαν όλου με τον κύριο όγκο.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους θεωρητικούς υπολογισμούς οδηγούν στην απόρριψη της περίπτωσης Β, η οποία κάνει χρήση όλων των υπαρχόντων θραυσμάτων, ως μη δυνατόν εφαρμόσιμη για τους κάτωθι πολύ σημαντικούς λόγους:

1) Απαίτηση υπερβολικού ποσοστού οπλισμού με πλήρη αδυναμία εφαρμογής του στις υπάρχουσες διατομές λόγω, τόσο των απομειώσεων και των φθορών αυτών που τις καθιστούν απαγορευτικές για τη διέλευση του, αλλά και των ίδιων των επιφανειών θραύσης, των οποίων το εμβαδόν είναι μικρού μεγέθους. Δεν είναι λοιπόν δυνατόν να κρατηθούν οι αποστάσεις αποφυγής απόσχισης, αλλά ούτε και να επιτευχθούν οι επαρκείς αγκυρώσεις για την αποφυγή της εξόλκευσης του τοποθετούμενου οπλισμού.

2) Ακόμα και με παράκαμψη των ανωτέρω απαγορευτικών αποστάσεων και με αποδοχή ελλιπών αγκυρώσεων, η διέλευση του οπλισμού μέσα από συγκολλημένες μάζες μικροθραυσμάτων συνεπάγεται υψηλού βαθμού επικινδυνότητα, που σχετίζεται με την αβεβαιότητα ως προς τη δυνατότητα των τελευταίων για την ανάπτυξη της απαιτουμένης αντοχής, αλλά και συνοχής.

Σύμφωνα με τις αρχές που έχουν ήδη επικυρωθεί από το Διεθνές ICOMOS με τη μορφή Χάρτας κατά τη Γενική Συνέλευση της Zimbabwe[8] το 2003: «Ατέλειες και αλλοιώσεις, όταν έχουν καταστεί τμήμα της ιστορίας του μνημείου πρέπει να διατηρούνται στο βαθμό που δεν θέτουν σε κίνδυνο τις απαιτήσεις ασφαλείας».

Προτάθηκε[9] και έγινε αποδεκτό να αντικατασταθούν, όλα τα θραύσματα της ΝΔ γωνίας του κιονόκρανου 14142 που περιγράφηκαν αναλυτικά ανωτέρω και «ανήκουν» στα τεμάχια που συμβολίζονται με τους κωδικούς 9 και 10 με συμπλήρωμα από νέο μάρμαρο που θα περιλάβει και το ήδη εγκριθέν προς αντικατάσταση του υπάρχοντος «Μπαλάνειου» με κωδικό 1.

Διατηρείται το αρχαίο τεμάχιο 11 (δύο θραύσματα), όσον αφορά δε τον τρόπο της δομικής αποκατάστασης, θα ακολουθηθεί η μεθοδολογία που περιγράφηκε ανωτέρω σαν περίπτωση Α.

Για την κατανόηση της εφαρμογής των θεωρητικών υπολογισμών (περίπτωση Α) αρχικά σημαδεύτηκαν στο τεμάχιο 11 οι θέσεις των μελλοντικών οπλισμών και κατόπιν στερεώθηκαν επί

[8] 3. «Μέτρα θεραπείας και έλεγχοι», παράγραφοι 3.14, 3.15, 3.16

[9] Μεντζίνη 2005

αυτών με γύψο, ράβδοι τιτανίου ανάλογων διαμέτρων. Με αυτό τον τρόπο προσομοιώθηκε ο τρόπος αποκατάστασης - σύνδεσης της επίμαχης γωνίας για να δοθεί μια εικόνα του ποσοστού του τοποθετούμενου οπλισμού, της μορφής των συνδεομένων μερών και της αλληλουχίας της σύνδεσης (Εικ. 6).

Εικ. 6. Γενική άποψη του τρόπου συγκόλλησης της ΝΔ γωνίας του κιονόκρανου 14142, μαζί με όλα τα θραύσματα που προτείνεται να μην χρησιμοποιηθούν.

3.3. Ολοκλήρωση της μελέτης και εφαρμογή

Ακολούθησε η δομική αποκατάσταση του συνόλου του κιονόκρανου, στην οποία αποφασίστηκε μετά τα ανωτέρω ότι τα τεμάχια υπ' αρ. 1+10+9 αντικαθίστανται από το νότιο νέο συμπλήρωμα, ενώ τα τεμάχια υπ' αρ. 4+6 από το βόρειο νέο συμπλήρωμα. Έτσι η μελέτη δομικής αποκατάστασης περιλαμβάνει συνοπτικά (βλ.Σχ. 3):

1. Συγκόλληση του κεντρικού ρήγματος
2. Συγκόλληση του αρχαίου θραύσματος στο ΒΔ τμήμα του άβακα (τμχ. υπ'αρ. 5)
3. Συγκόλληση βόρειου νέου συμπληρώματος άβακα και τμήματος εχίνου (τμχ. υπ' αρ. 4 +6)
4. Συγκόλληση νότιου συμπληρώματος άβακα και τμήματος εχίνου (τμχ. υπ' αρ. 1+10+9)
5. Συγκόλληση του αρχαίου θραύσματος (υπ'αρ. 7) της δυτικής πλευράς του κιονόκρανου που περιλαμβάνει τμήμα άβακα και εχίνου καθώς και συγκόλληση του γειτονικού του, προς ανατολάς, όγκου του κιονόκρανου που κινδυνεύει με αποκόλληση και στο οποίο αγκυρώνεται το τμχ. 7

6. Συγκόλληση του αρχαίου θραύσματος (υπ'αρ. 8) της δυτικής πλευράς του κιονόκρανου που περιλαμβάνει τμήμα άβακα, εχίνου και υποτραχηλίου καθώς και συγκόλληση του γειτονικού του, προς ανατολάς, όγκου του κιονόκρανου που κινδυνεύει με αποκόλληση και στο οποίο αγκυρώνεται το τμχ. 8
7. Συγκόλληση των δύο αρχαίων θραυσμάτων στη Ν.Δ. γωνία του άβακα (υπ'αρ. 11), όπως είχε ήδη μελετηθεί

Σημειώνεται ότι οι παραδοχές φόρτισης βάσει των οποίων έγιναν όλοι οι υπολογισμοί προσαρμόσθηκαν στις συγκεκριμένες πραγματικές συνθήκες χωρίς να αποκλίνουν από την ουσιαστική φιλοσοφία παλαιότερων μεθόδων[10], γεγονός που οδηγεί σε συγκριτικά μείωση του απαιτούμενου οπλισμού.

Με αυτές αποκλείεται η περίπτωση λικνισμού του θριγκού και οι δυσμενείς θέσεις των υπερκείμενων φορτίων του κιονόκρανου προκύπτουν από ανάλυση της κίνησης - ολίσθησής τους σε δύο κάθετες διευθύνσεις: τη Χ που συμπίπτει με την κατεύθυνση του μήκους του και τη Ψ που εκτείνεται κατά το πλάτος του. Γίνεται δεκτό επί παραδείγματι ότι η ακρότατη θέση που μπορεί να καταλάβει ένα εξωτερικό επιστήλιο (ενν. με το φερόμενο φορτίο του) για κίνηση «κατά Ψ» είναι αυτή στην οποία η εξωτερική του παράπλευρη επιφάνεια φτάνει την ακμή του άβακα. Δηλαδή η μέγιστη μετακίνηση του επιστηλίου είναι της τάξης των 10 εκ. Μια τέτοια θεώρηση στηρίζεται (με αύξηση λόγω συντελεστή ασφαλείας), σε συμπεράσματα που έχουν δημοσιευθεί στην εργασία "Numerical study behaviour of a part of the Parthenon Pronaos"[11], όπου παρουσιάζεται η αριθμητική ανάλυση της σεισμικής συμπεριφοράς μιας πιθανής αναστήλωσης του πρόναου του Παρθενώνα. Από τη γράφουσα ζητήθηκε στον αναπλ. Καθ. του Ε.Μ.Π. Ι.Ψυχάρη να υπολογίσει συμπληρωματικά της εργασίας αυτής, όλες τις μέγιστες παρουσιαζόμενες μετακινήσεις των επιστηλίων, τόσο κατά τη διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά το πέρας της λήξης του φαινόμενου, όπου τα επιστήλια έχουν καταλάβει την τελική τους θέση. Πράγματι δόθηκαν για τους σεισμούς της Καλαμάτας και του Αιγίου, οι μέγιστες - ελάχιστες σχετικές[12] μετακινήσεις των επιστηλίων κατά τη διάρκεια του σεισμού (στιγμιαίες μετακινήσεις), όσο και η τελική θέση των επιστηλίων μετά τη λήξη του φαινομένου στο φορέα - προσομοίωση μιας πιθανής αναστήλωσης του πρόναου. Στην ανάλυση λαμβάνεται υπόψη και η λειτουργία των συνδέσμων των επιστηλίων, η οποία βελτιώνει σε γενικές γραμμές την απόκριση του συστήματος. Τα αποτελέσματα έδωσαν μέγιστη σχετική μετακίνηση επιστηλίου της τάξης μεγέθους των 5 εκ., όταν λειτουργούν οι σύνδεσμοι, ενώ χωρίς συνδέσμους (λόγω πιθανής αστοχίας αυτών), η τελική μέγιστη σχετική μετακίνηση φτάνει ακόμα και τα 12 εκ. (σεισμός Καλαμάτας).

[10] Ζάμπας 1989

[11] Psycharis et al 2003, 2063-2084

[12] Σε σχέση με τη μετακίνηση του κίονα - κιονόκρανου

Για λόγους αξιολόγησης εξετάστηκαν επίσης δύο άλλες θεωρήσεις: Β) της φόρτισης του κιονόκρανου στην περίπτωση έναρξης της ολίσθησης του θριγκού - χωρίς μετακίνηση, αλλά με την ενεργοποίηση της λειτουργίας των γόμφων των επιστηλίων επί του κιονόκρανου και Γ) της όπλισης με την παραδοχή της ανάληψης της παραγόμενης από τις εξωτερικές δράσεις, ροπής από εσωτερικό ζεύγος δυνάμεων - θλιπτικών στο μάρμαρο και εφελκυστικών στον τοποθετούμενο οπλισμό. Και οι τρεις προσεγγίσεις έδωσαν τον ίδιο απαιτούμενο αριθμό οπλισμών.

Η επόμενη πρόκληση την οποία καλείται να διεκπεραιώσει ο μελετητής είναι η εφαρμογή των οπλισμών στο αρχαίο μέλος με τέτοιο τρόπο, ώστε διατηρώντας το σύνολο των εσωτερικών ροπών σταθερό να μεταβάλει τους μοχλοβραχίονες των παραγόμενων δυνάμεων ή και τις διατομές του οπλισμού, ώστε οι ράβδοι τιτανίου να αποφύγουν το πλέγμα των εσωτερικών ρωγμών σε αποστάσεις ασφαλείας για την αποφυγή του κινδύνου απόσχισης, αλλά και να μην διασταυρωθούν μεταξύ τους, αφού τα συγκολλούμενα επί μέρους τεμάχια προσαρμόζονται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια σειρά φωτογραφιών, όπου διαφαίνεται το πολυθρυμματισμένο, όχι μόνο του συνολικού όγκου του κιονόκρανου σε μεγάλα ή μικρότερα τεμάχια, αλλά και των επί μέρους αυτών τεμαχίων τα οποία διατρέχονται από ρωγμές, που ενέχουν κινδύνους περαιτέρω αποκολλήσεων. Στις φωτογραφίες αυτές διακρίνεται έντονα στην επιφάνεια των επιπέδων θραύσης των δύο μεγάλων κύριων τεμαχίων η πληθώρα των εσωτερικών κομμών, πολλοί από τους οποίους έχουν ήδη εξελιχθεί σε ρωγμές, καθώς και μερικά από τα σημεία που ορίζουν τις θέσεις των απαιτουμένων οπλισμών.

Εικ. 7. Κεντρικό επίπεδο θραύσης - νότιος όγκος. Διακρίνεται το πλέγμα των ρωγμών, που διατρέχει την άνω περιοχή του, καθώς και το προς αποκόλληση ΝΔ τμήμα του που συνορεύει με το προς τοποθέτηση τμχ.8 (και επ' αυτού σημεία θέσεων οπλισμών)

Εικ. 8. Νότιος όγκος. Άποψη από την επιφάνεια θραύσης που συνορεύει με το νέο συμπλήρωμα (1+10+9) (και επ' αυτής σημεία θέσεων οπλισμών). Διακρίνεται το πλέγμα των ρωγμών που διατρέχει την άνω περιοχή του, οι κομμοί που διατρέχουν την άνω και κάτω περιοχή του, καθώς και το προς αποκόλληση ΝΔ τμήμα του που συνορεύει με το προς τοποθέτηση τμχ. 8.

Εικ. 9. Βόρειος όγκος. Άποψη από την επιφάνεια θραύσης που συνορεύει με το νέο συμπλήρωμα (4+6) και το αρχαίο θραύσμα 5 (και επ' αυτής σημεία θέσεων οπλισμών). Διακρίνεται το πλέγμα των ρωγμών, που διατρέχει την άνω περιοχή του, καθώς και το προς αποκόλληση ΝΔ τμήμα του που συνορεύει με το προς τοποθέτηση τμχ. 7.

Εικ. 10. Κεντρικό επίπεδο θραύσης - βόρειος όγκος και επ' αυτού σημεία θέσεων οπλισμών. Διακρίνεται το πλέγμα των ρωγμών, που διατρέχει την άνω περιοχή του, καθώς και το προς αποκόλληση ΝΔ τμήμα του που συνορεύει με το προς τοποθέτηση τμχ. 7.

4. Επιστύλια

4.1. Μεθοδολογία και εφαρμογή της δομικής αποκατάστασης

Η πρόκληση των μεγάλης έκτασης βλαβών στα επιστύλια της βόρειας πλευράς οφείλεται στο συνδυασμό τόσο πολλών παραγόντων, που η κατάταξή τους και μόνο με βάση τα αίτια, αλλά και r διαπίστωση των αλληλεπιδράσεων των τελευταίων με αποτέλεσμα τη γένεση περαιτέρω αστοχιών μπορούν να αποτελέσουν το υλικό για μία ολοκληρωμένη μελέτη. Βέβαια καθοριστική υπήρξε η έκρηξη του 1687, καθώς και η χρήση σιδηρών στοιχείων κατά την αναστήλωση Ν. Μπαλάνου κυρίως των σιδηροδοκών μορφής διπλού ταυ μέσα σε αύλακες που ανοίχθηκαν κατά το μήκος μερικών στην εσωτερική αφανή πλευρά τους, με σκοπό τη συρραφή κατακόρυφων ρηγματώσεων. Η ακόλουθη οξείδωση και διόγκωσή τους προκάλεσε διαμπερή ρήγματα, τα οποία εκτείνονται είτε κατά το μήκος είτε καθ' ύψος των επιστυλίων ακολουθώντας τα περιγράμματα των σιδηροδοκών, τις στρώσεις της κρυσταλλικής δομής του μαρμάρου, αλλά και τα σημεία συγκέντρωσης καμπτικών τάσεων από τη λειτουργία του μέλους ως φορέα - δοκού[13].

Η εκτέλεση της επέμβασης αποκατάστασης των επιστυλίων ακολουθεί κατ' αναλογία τα στάδια αυτής των σπονδύλων με τις κάτωθι επιπλέον διευκρινίσεις, που σχετίζονται με το ρόλο τους ως δομικά στοιχεία.

Τα είδη της εφαρμοζόμενης όπλισής τους μπορούν να καταταγούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

[13] Μεντζίνη 2006

α) οπλισμός κάμψης - αποκατάστασης της επιθυμητής αντοχής. Σημειώνεται ότι η κρίσιμη διατομή[14] ελέγχεται και για κάμψη εκτός επιπέδου λόγω δυναμικών δράσεων.

β) οπλισμός αποκατάστασης του σχήματος της διατομής. Είναι ο οπλισμός που αποκαθιστά την ολότητα της διατομής και υπολογίζεται με απλή ισορροπία δυνάμεων και ροπών (έτσι ώστε π.χ. τα υπερκείμενα θραύσματα να μην ανατρέπονται - στη δυσμενέστερη περίπτωση που συμπίπτει με την υπερνίκηση του δεσμού τριβής - ή τα υποκείμενα να αναρτώνται επιτυχώς κ.τ.λ.). Σε αυτήν την κατηγορία μπορούν να καταταγούν και οι οπλισμοί θραυσμάτων ή συμπληρωμάτων που απαντώνται στη γειτονία συνδέσμων και γόμφων ή που περιλαμβάνουν τις εντορμίες τους. Εννοείται ότι οι υπολογισμοί των οπλισμών σύνδεσής τους με το μητρικό τους όγκο περιλαμβάνουν την επίδραση των δυνάμεων των συνδετηρίων αυτών στοιχείων.

Ο τρόπος εφαρμογής των συγκολλήσεων των επί μέρους τμημάτων γίνεται, όπως άλλωστε και σε όλα τα αποκαθιστάμενα μέλη με προσεκτικό σχεδιασμό των κατασκευαστικών λεπτομερειών, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί το ρεαλιστικό των θεωρητικών παραδοχών, να μην υπάρξει διασταύρωση των οπλισμών «αντοχής» και «αποκατάστασης σχήματος» και να ακολουθηθούν οι απαιτούμενες αποστάσεις των ράβδων του οπλισμού για την αποφυγή απόσχισης και τη σωστή αγκύρωσή τους στη μάζα του μαρμάρου.

Για την κατανόηση των πολυπληθών δράσεων, που ελήφθησαν κατά την αποκατάσταση των επιστυλίων παρατίθενται ακολούθως συνοπτικά, οι ενέργειες που ακολουθήθηκαν για τα περισσότερα από αυτά. Τα κάτωθι επιστύλια χαρακτηρίζονται για λόγους εποπτικούς με τον κωδικό αριθμό, που τους δόθηκε κατά την καταβίβασή τους από το ναό.

Επιστύλιο 14086

- Όπλιση κεντρικού ρήγματος
- Συγκόλληση συμπληρώματος ανατολικής γωνίας
- Συγκόλληση συμπληρώματος δυτικής γωνίας

Επιστύλιο 14083

- Συγκόλληση συμπληρώματος ανατολικής γωνίας
- Συγκόλληση συμπληρώματος δυτικής γωνίας

Επιστύλιο 14085

- Όπλιση κεντρικού ρήγματος
- Συγκόλληση συμπληρώματος ανατολικής γωνίας
- Συγκόλληση συμπληρώματος δυτικής γωνίας
- Συγκόλληση συμπληρώματος στην περιοχή του μέσου της κάτω έδρας

[14] Υπενθυμίζεται ότι η κρισιμότητα καθορίζεται από τα ρήγματα, τη θέση τους στο φορέα και τη μορφή της επιφάνειας θραύσης τους

Επιστύλιο 14092

- Συγκόλληση συμπληρώματος στη ανατολική κάτω γωνία
- Συγκόλληση συμπληρώματος στην ανατολική άνω γωνία

Επιστύλιο 14101

- Συγκόλληση συμπληρώματος άνω δυτικής γωνίας

Επιστύλιο 14081

- Συγκόλληση συμπληρώματος ΒΔ στην περιοχή της κάτω έδρας
- Συγκόλληση συμπληρώματος ΝΑ γωνίας στην περιοχή της κάτω έδρας
- Συγκόλληση συμπληρώματος ΒΑ γωνίας στην περιοχή της άνω έδρας
- Συρραφή ρωγμής στην περιοχή της ανατολικής όψης

Επιστύλιο 14098

- Συγκόλληση συμπληρωμάτων και αρχαίου θραύσματος στην περιοχή της ΝΑ άνω γωνίας
- Συγκόλληση συμπληρώματος στην περιοχή της ΝΔ άνω γωνίας. Έλεγχος της αντοχής του επιστυλίου σε κάμψη
- Συγκόλληση συμπληρωμάτων στην περιοχή της ΒΑ και ΝΑ κάτω γωνίας

Επιστύλιο 14099

- Συγκόλληση συμπληρώματος σε περιοχή άνω ανατολικά. Έλεγχος της αντοχής του επιστυλίου σε κάμψη
- Συγκόλληση καθ' ύψος συμπληρώματος δυτικά

Επιστύλιο 14089

- Συγκόλληση συμπληρώματος στην περιοχή της άνω έδρας
- Συγκόλληση συμπληρώματος στην περιοχή της ΝΑ κάτω γωνίας

Επιστύλιο 14100

- Συγκόλληση συμπληρώματος ΝΔ γωνίας στην περιοχή της άνω έδρας
- Όπλιση κεντρικού ρήγματος. Αποκατάσταση των επί μέρους θραυσμάτων
- Συγκόλληση συμπληρώματος στην περιοχή της άνω ανατολικής γωνίας
- Συγκόλληση συμπληρώματος στην περιοχή της ΝΑ κάτω γωνίας

Επιστύλιο 14088

- Έλεγχος αντοχής του επιστυλίου στην περιοχή της δυτικής του στήριξης.
- Συγκόλληση συμπληρώματος στην περιοχή της ΝΑ κάτω γωνίας
- Ένωση των δύο νέων συμπληρωμάτων στο δυτικό άκρο του επιστυλίου, τόσο με τον κύριο όγκο του επιστυλίου, όσο και μεταξύ τους

Επιστύλιο 14080

- Συγκόλληση αρχαίου θραύσματος ύψους ίσου με το μισό του επιστυλίου, που κείται στην ανατολική του γωνία και εδράζεται στο κιονόκρανο, με το προς δυσμάς συνεχόμενο σε αυτό θραύσμα ιδίου περίπου ύψους, που εκτείνεται ως το μέσον του μετακιονίου (οπλισμοί κάμψης).
- Τοποθέτηση νέου μαρμάρου που καταλαμβάνει τμήμα της κατά μήκος αύλακος (προερχόμενης από την αναστήλωση Μπαλάνου) στην πίσω όψη των προηγούμενων τμημάτων.
- Συγκόλληση - με κατακόρυφη κατεύθυνση οπλισμού - τμήματος του επιστυλίου, που καταλαμβάνει όλη την άνω περιοχή των δύο προηγούμενων ήδη ενοποιημένων τεμαχίων, με αυτά, καθώς και με το νέο μάρμαρο της αύλακός τους.
- Συγκόλληση δύο επάλληλων τεμαχίων συνολικού ύψους ίσου με το ύψος του επιστυλίου, που καταλαμβάνουν περίπου την περιοχή από το μέσο του μετακιονίου μέχρι την έναρξη του άβακα του δυτικού κιονόκρανου, μαζί με το τμήμα του νέου μαρμάρου που συμπληρώνει το υπολειπόμενο μήκος της αύλακος «Μπαλάνου». Διευκρινίζεται ότι σε αυτό το στάδιο η εντιθέμενη αυτή δοκός εξέχει σε πρόβολο εκατέρωθεν του αναφερόμενου συμπλέγματος. Διάτρηση οριζόντιων διαμπερών οπών στα ανωτέρω τεμάχια, ώστε να διέλθουν οι οπλισμοί κάμψης και του κεντρικού κατακόρυφου ρήγματος, αλλά και της σύνδεσης με τον υπολειπόμενο δυτικό τμήμα. Σύνδεση όλων των προηγούμενων όγκων με οπλισμούς κάμψης.
- Προσαρμογή του ακρότατου αρχαίου θραύσματος (συντέθηκε από τρία τεμάχια), που εδράζεται στο δυτικό κιονόκρανο με το προηγούμενο αποκαταστημένο ανατολικό του τμήμα, μέσω οπλισμών κάμψης.
- Συμπλήρωση όλου του επιστυλίου με την προσαρμογή του τελευταίου αρχαίου θραύσματος, που καταλαμβάνει την άνω δυτική γωνία και φέρει επ' αυτού νέο συμπλήρωμα στην περιοχή του αρχαίου συνδέσμου.
- Τοποθέτηση οπλισμών κάμψης από τη δυτική όψη του επιστύλιου σε διαμπερώς διανοιχθέντα τρήματα, με ταυτόχρονη συρραφή υπαρχόντων κομμών.
- Συγκολλήσεις νέων συμπληρωμάτων προς ολοκλήρωση όγκων σε κρίσιμες περιοχές: στο μέσον του επιστυλίου (ένα στην άνω έδρα του και δύο στην κάτω), καθ' όλο το ύψος της ανατολικής του γωνίας, στην κάτω έδρα του στην περιοχή του γόμφου δυτικά.

Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν:

Δομική αποκατάσταση του νότιου in situ επιστυλίου της βόρειας κιονοστοιχίας, που βρίσκεται ανάμεσα σε 2^{ο} και 3^{ο} κίονα, καθώς και τρόπος σύνδεσής του με το γειτονικό προς τοποθέτηση επιστύλιο.

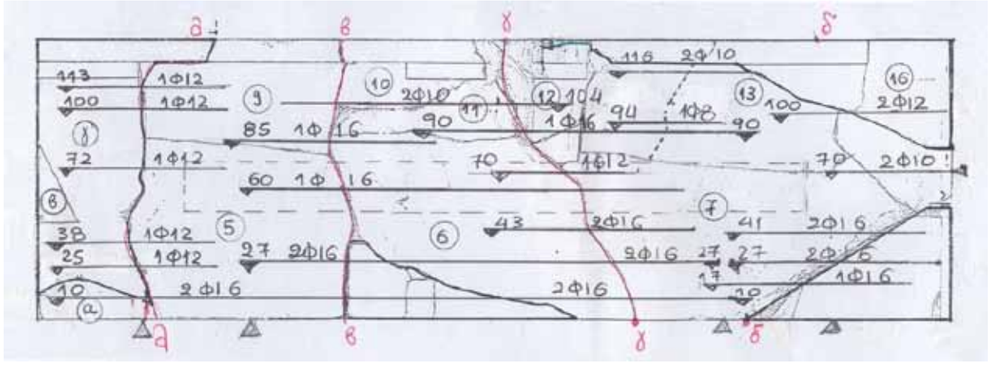
Συγκόλληση του νέου συμπληρώματος της ανατολικής γωνίας του in situ επιστηλίου, ανάμεσα στον 11^{ο} και 12^{ο} κίονα της βόρειας κιονοστοιχίας, καθώς και αποκατάσταση του ιδίου του επιστυλίου στην περιοχή που παρουσιάζει ρωγμές.

Σημειώνεται ότι έγινε υπολογισμός των νέων (από τιτάνιο) συνδέσμων και γόμφων όλων των ανωτέρω επιστυλίων στις περιοχές των συγκολλήσεων.

4.2. Παράδειγμα διαδικασίας και διαδοχής συγκολλήσεων

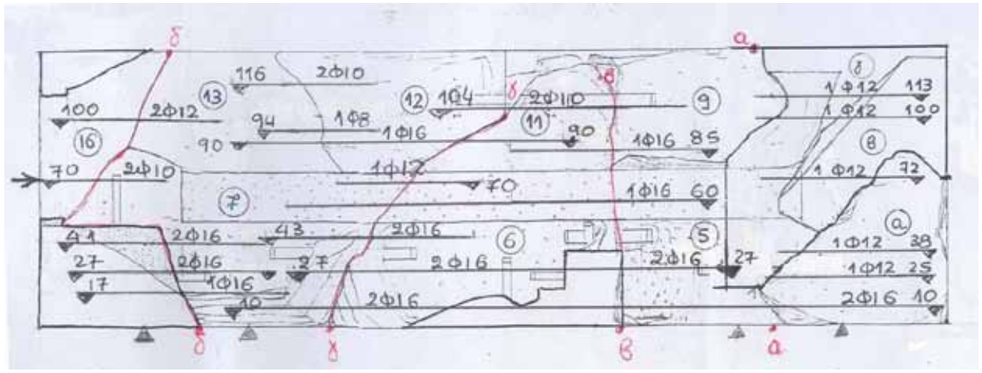
Το επιστύλιο με κωδικό 14079 όντας το περισσότερο θραυσμένο από τα επιστύλια της βόρειας πλευράς απετέλεσε άσκηση επίλυσης γρίφου για το μελετητή, αφού έπρεπε να συναρμολογηθεί από τουλάχιστον 16 σε πλήθος τεμάχια με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτευχθεί η ολοκλήρωση της μορφής του, αλλά και η στατική του λειτουργία ως δομικού μέλους. Ήταν λοιπόν φυσικό να επιλεχθεί ως παράδειγμα με την παράθεση όσο το δυνατόν με σαφήνεια και απλοποιημένα, των σταδίων εφαρμογής της μελέτης αποκατάστασής του. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την επίτευξη των δύο αυτών στόχων είναι τα εξής (βλ. Σχ. 4, Σχ. 5)[15]:

Συγκόλληση του δυτικού νέου συμπληρώματος στην περιοχή της έδρασης του επιστυλίου, με το αρχαίο θραύσμα 7 μέσω οριζόντιων οπλισμών κάμψης. Ακολουθεί η προσαρμογή και ένωση του υπερκείμενου 13 με το 7 μέσω κατακόρυφων οπλισμών. Τοποθετείται ένα νέο μάρμαρο στην υπάρχουσα στην πίσω όψη αύλακα «Μπαλάνου» ικανού μήκους, ώστε να στηριχθεί το τεμάχιο 12 (σημειώνεται ότι το 12 αποτελείται από δύο μικρότερα θραύσματα και έχει ήδη αποκατασταθεί) και ενοποιείται το 12 με το 13 μέσω οριζόντιων οπλισμών.



Σχ. 4. Βόρεια (κύρια) όψη του επιστυλίου 14079. Διακρίνονται μόνο οι οριζόντιοι οπλισμοί κάμψης και montage.

[15] Προς κατανόηση τα τεμάχια από τα οποία αποτελείται το επιστύλιο αριθμούνται, ενώ τα τρία της ανατολικής γωνίας λαμβάνουν την ονομασία α,β,γ. Επίσης οι κρίσιμες βασικές διατομές χαρακτηρίζονται ως α-α, β-β, γ-γ, δ-δ



Σχ. 5. Νότια (εσωτερική) όψη του επιστυλίου 14079. Διακρίνονται μόνο οι οριζόντιοι οπλισμοί κάμψης και montage.

Ενοποίηση του αρχαίου θραύσματος της άνω δυτικής γωνίας 16 με το υποκείμενο νέο δυτικό συμπλήρωμα και ένα τμήμα του 7 με κατακόρυφους, αλλά και οριζόντιους οπλισμούς που εισάγονται από τη μη κατεργασμένη δυτική όψη του επιστυλίου.

Ολοκλήρωση της διατομής δ-δ.

Οπλισμοί σύνδεσης του 11 με το υποκείμενο 6 και το νέο συμπλήρωμα που βρίσκεται από κάτω του στη βάση του επιστηλίου. Το νέο αυτό συμπλήρωμα προσαρμόζεται στην κάτω παρειά του 6 συνδεόμενο με κατακόρυφους οπλισμούς. Μερικοί από αυτούς έχουν τη δυνατότητα να εισαχθούν από την προς το 11 επιφάνεια θραύσης του 6. Ακολούθως το παραγόμενο σύνολο συνδέεται με εσωτερικούς κατακόρυφους οπλισμούς, εκ των οποίων κάποιοι εκτείνονται και στον όγκο του νέου συμπληρώματος. Τέλος αφού τοποθετηθεί νέο μάρμαρο στην αύλακα «Μπαλάνου», από την άνω έδρα του 11 και από απομειωμένες επιφάνειες αυτής εισάγονται διαμπερώς οι υπολειπόμενοι κατακόρυφοι οπλισμοί, οι οποίοι και το διαπερνούν.

Ολοκλήρωση της διατομής γ-γ με εισαγωγή των οπλισμών κάμψης σε στάθμες, που απέχουν 43, 70 και 90 εκ. από την κάτω έδρα του επιστυλίου.

Αποκατάσταση καθ' ύψος της διατομής στην περιοχή των επάλληλων θραυσμάτων 9 και 5 ως εξής: Συγκόλληση των τεμαχίων 9 και 5 με εσωτερικούς κατακόρυφους οπλισμούς (Εικ. 11). Μετά την πλήρωση της αύλακος «Μπαλάνου» με νέο μάρμαρο εισάγονται από απομειωμένες επιφάνειες της άνω έδρας οι υπόλοιποι οπλισμοί που διαπερνούν και το μάρμαρο αυτό.

Ολοκλήρωση της διατομής β-β με την εισαγωγή των οπλισμών κάμψης σε στάθμες, που απέχουν 27, 60, 85 και 104 εκ. από την κάτω έδρα του επιστυλίου.

Συμπλήρωση της δυτικής γωνίας του επιστυλίου με νέο μάρμαρο, που εκτείνεται στην άνω περιοχή των θραυσμάτων 12, 13 και 16.

Σε αυτό το στάδιο έχει αποκατασταθεί και ολοκληρωθεί η μορφή του επιστυλίου από το δυτικό του πέρας έως τη διατομή α-α.

Η διαμόρφωση του ανατολικού του άκρου υπήρξε κι αυτή αρκετά περίπλοκη αφού αποτελείται από δύο αρχαία θραύσματα α και β και ένα νέο συμπλήρωμα γ. Η διαδοχή των ενεργειών για την αποκατάσταση του τμήματος αυτού καθ' ύψος είναι η ακόλουθη:

Εικ. 11. Συγκόλληση των τεμαχίων 9 και 5 με εσωτερικούς κατακόρυφους οπλισμούς - Βόρεια όψη επιστύλιου.

Συγκόλληση του αρχαίου θραύσματος β με το υποκείμενο α μέσω κατακόρυφων οπλισμών, που εισάγονται από την απομειωμένη άνω έδρα του α. Συγκόλληση του νέου συμπληρώματος γ με το σύνολο α+β μέσω οριζόντιων οπλισμών που εισάγονται από την πίσω ακατέργαστη όψη του επιστύλιου κάθετα σε αυτήν. Το σχήμα του επιστυλίου ολοκληρώνεται με την προσθήκη τριών μικρών συμπληρωμάτων στις περιοχές άνω και κάτω έδρας καθώς και ανάμεσα στα α και β.

Τέλος συγκόλληση των α+β+γ με τον υπόλοιπο όγκο του επιστύλιου, δηλ. ολοκλήρωση της σύνδεσης στη διατομή α-α με οπλισμούς κάμψης. Σημειώνεται ότι η κατώτερη στάθμη των οπλισμών (που απέχει 10 εκ. από την κάτω έδρα του επιστυλίου) διασχίζει και τις διατομές β-β και γ-γ .

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βαρδουλάκης^{+}, Ι. 1999. *Τεχνική Μηχανική ΙΙ*, 329. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.

Ζάμπας, Κ. 1989. Δομικά προβλήματα της αποκαταστάσεως του Παρθενώνος. *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος 2^{α}*. Αθήνα: ΥΠΠΟ – ΕΣΜΑ.

Λαμπρινού, Λ. 2004. α. *Συμπληρωματικά στοιχεία στη Μελέτη Αναδιάταξης της Βόρειας Κιονοστοιχίας – Κιονόκρανα – Σπόνδυλοι ενδέκατης σειράς*. Αθήνα: Αρχείο ΕΣΜΑ, ΥΣΜΑ.

Λαμπρινού, Λ. 2004. β. *Επέμβαση στη Βόρεια Κιονοστοιχία Παρθενώνα - Αποκατάσταση μελών - Κιονόκρανα - αναχρησιμοποίηση «Μπαλάνειων» ενθεμάτων*. Αθήνα: Αρχείο ΕΣΜΑ, ΥΣΜΑ.

Μεντζίνη, Μ. 2002. Συγκόλληση επιστυλίων και σπονδύλων του Παρθενώνος με οπλισμό τιτανίου: νέα προσέγγιση. *5^{η} Διεθνής συνάντηση για την αποκατάσταση των Μνημείων της Ακροπόλεως* - Πρακτικά, Αθήνα, 4-6/10/2002, 233-242. Αθήνα: ΥΠΠΟ – ΕΣΜΑ.

Μεντζίνη, Μ. 2005. *Κιονόκρανο 14142 Βόρειας Κιονοστοιχίας. Αντικατάσταση θραυσμάτων ΝΔ γωνίας με νέο συμπλήρωμα*. Αθήνα: Αρχείο ΕΣΜΑ, ΥΣΜΑ.

Μεντζίνη, Μ. 2006. *Καταγραφή ρωγμών των επιστυλίων της Περίστασης του Παρθενώνος*. Αθήνα: Αρχείο ΕΣΜΑ, ΥΣΜΑ.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Armand, G. - Boulon, M. - Papadopoulos, Ch. - Basanou, M. - Vardoulakis[+], I. 1997. Mechanical behaviour of Dionysos marble smooth joints under cycling loading: I. Experiments. Vienna, Austria: MJFR-3 Conf.

Psycharis, I.N. - Lemos, J.V. - Papastamatiou[+], D.Y. - Zampas, C. - Papantonopoulos, C. 2003. Numerical study of the seismic behaviour of a part of the Parthenon Pronaos. *Earthquake Engng. Struct. Dyn.*. 32 (doi: 10.1002/eqe.315), 2063-2084.

4.3.3.1. COLUMNS AND ARCHITRAVES: THE PROCESS OF STRUCTURAL INTERVENTION

Marilena Mentzini

Structural Engineer, Ph.D., Ministry of Culture and Sports

Abstract

The restoration of an ancient monument constitutes an extremely complicated multidisciplinary scientific task.

Moreover, structural stability is among the most important challenges confronted by experts working in this sector. The determination of the reinforcement required for joining together multi-fragmented members such as the ones of Parthenon's North Colonnade, is a prerequisite in order to accomplish that they behave as intact members, as well as to prevent more failures.

Due to the irregular shape of the fragments, a number of problems arise during the intervention, which makes it difficult to join the new completions with ancient sections of the member and determine a limited direction of the reinforcement. The latter may turn out to be different from the direction resulted in the previous study. In this case, redesigning *in situ* is necessary.

Attention should be paid to avoid crossing of the reinforcement coming from different directions. For example, with reference to architraves two types of reinforcing bars are considered: 1) Bending reinforcement: corresponds to the titanium bars required for the architrave in order to recover the strength level dictated by the expected maximum external loading 2) Shape restoration reinforcement: corresponds to the titanium bars required for the restoration of the shape integrity of the architrave. It is calculated from simple equilibrium concepts prohibiting the overturning of the overlying fragments (in case friction forces are not sufficient) and/or ensuring the successful suspension of the underlying pieces.

After the intervention, a continuous observation and inspection of the results has to follow. If the measures taken are not immediately reversible in order to allow correction or even total replacement, the work that has been done must provide flexibility to permit future interventions.

The tactic, complexity and difficulty of the steps' sequence for the intervention upon drums, capitals and architraves are presented here with various examples.

List of Figures

Fig. 1. Adjusting a new marble (completion) onto the upper side of a drum (left) (Photo: YSMA Archive). Drawing of the parts to be joined together and of their geometry for the calculation of the reinforcement required (right) (Drawing: M. Mentzini, YSMA Archive).

Fig. 2. Lower side of a drum. On the new marble are discernible the drawing of the directions of the reinforcing bars to joining it along the height of the main ancient stone block (discernible at the bottom of the photo), as well as the montage reinforcements between the ancient fragment (on the left of the picture) and the aforementioned new marble (Photo: YSMA Archive).

Fig. 3. Joining together the ancient fragments A, B, Γ, with the new insert, Π (left). The joining of this group and of the main block of a new marble, with a new completion along the height of the drum, is depicted in the foreground on the left (right photo) (Photo: YSMA Archive).

Fig. 4. On the left: View of the capital with the code number 14142. The side that is going to face north in its future resetting is the face used for its temporary bedding onto the cella. On the right: View of the lower side of the capital 14142. The development of the central fracture is discernible (Photo: YSMA Archive).

Fig. 5. Upper side and inner surface of the SW corner of an *abacus*, where the fragments forming the pieces with the code numbers 9 and 10 (see Drawing 3) are clearly discernible (Photo: M. Mentzini, YSMA Archive).

Fig. 6. General view of the way in which the SW corner of the column capital 14142 is joined, and in the foreground all the fragments that, as it has been suggested, are not usable (Photo: M. Mentzini, YSMA Archive).

Fig. 7. Central fractured surface - south block. The web of cracks traversing the upper part of the block is discernible, as well as its SW part which is to be detached and borders the fragment 8 that is to be set (and with the points on it, where reinforcing bars will be inserted) (Photo: M. Mentzini, YSMA Archive).

Fig. 8. South block. View of the fractured surface that borders the new completion (1+10+9) (and the points on it, where reinforcing bars will be inserted). The web of cracks traversing the upper part of the block, the areas with imperfections traversing its upper and lower areas, are discernible, as well as its SW part which is to be detached and borders fragment 8 that is to be set (Photo: M. Mentzini, YSMA Archive).

Fig. 9. North block. View of the fractured surface that borders the new completion (4+16) and the ancient fragment 5 (and the points on it where reinforcing bars will be inserted). The web of cracks traversing the upper part of the block is discernible, as well as its SW part which is to be detached and which borders fragment 7 that is to be set (Photo: M. Mentzini, YSMA Archive).

Fig. 10. Central fractured surface - north block and the points on it where reinforcing bars will be inserted. The web of cracks traversing the upper part of the block is discernible, as well as its SW part which is to be detached and which borders fragment 7 that is to be set (Photo: M. Mentzini, YSMA Archive).

Fig. 11. Joining of fragments 9 and 5 with internal vertical reinforcing bars - North view of architrave (Photo: YSMA Archive).

List of Drawings

Dwg. 1. Sketch of the cross-section of the fractured surface of the drum facing the new completion to be joined along its height (see Fig. 3, right). The position of the inserted reinforcing bars is fully documented (Drawing: M. Mentzini, YSMA Archive).

Dwg. 2. Drawing: I. Vardoulakis - M. Mentzini.

Dwg. 3. View of the *abacus* of column capital 14142 from above. Schematic drawing of the main levels of fracture, as they develop in the upper side. The corner in question is indicated by the red circle (Drawing background: L. Lambrinou; processing: M. Mentzini, YSMA Archive).

Dwg. 4. North (main) view of architrave 14079. Only the horizontal montage and bending reinforcing bars can be discerned (Drawing background: T. Skari, G. Vasilaras, M. Mentzini - Design of the reinforcing bars: M. Mentzini, YSMA Archive).

Dwg. 5. South (inner) view of architrave 14079. Only the horizontal montage and bending reinforcing bars can be discerned (Drawing background: T. Skari, G. Vasilaras, M. Mentzini - Design of the reinforcing bars: M. Mentzini, YSMA Archive).

4.3.3.2. ΕΠΑΝΑΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΙΟΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΥΛΙΩΝ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΙΟΝΟΣΤΟΙΧΙΑΣ

Λένα Λαμπρινού

Αρχιτέκτων-Μηχανικός, Αρχαιολόγος, MA Univ. York, ΥΣΜΑ

1. Απαρχή της ανατοποθέτησης των κιόνων

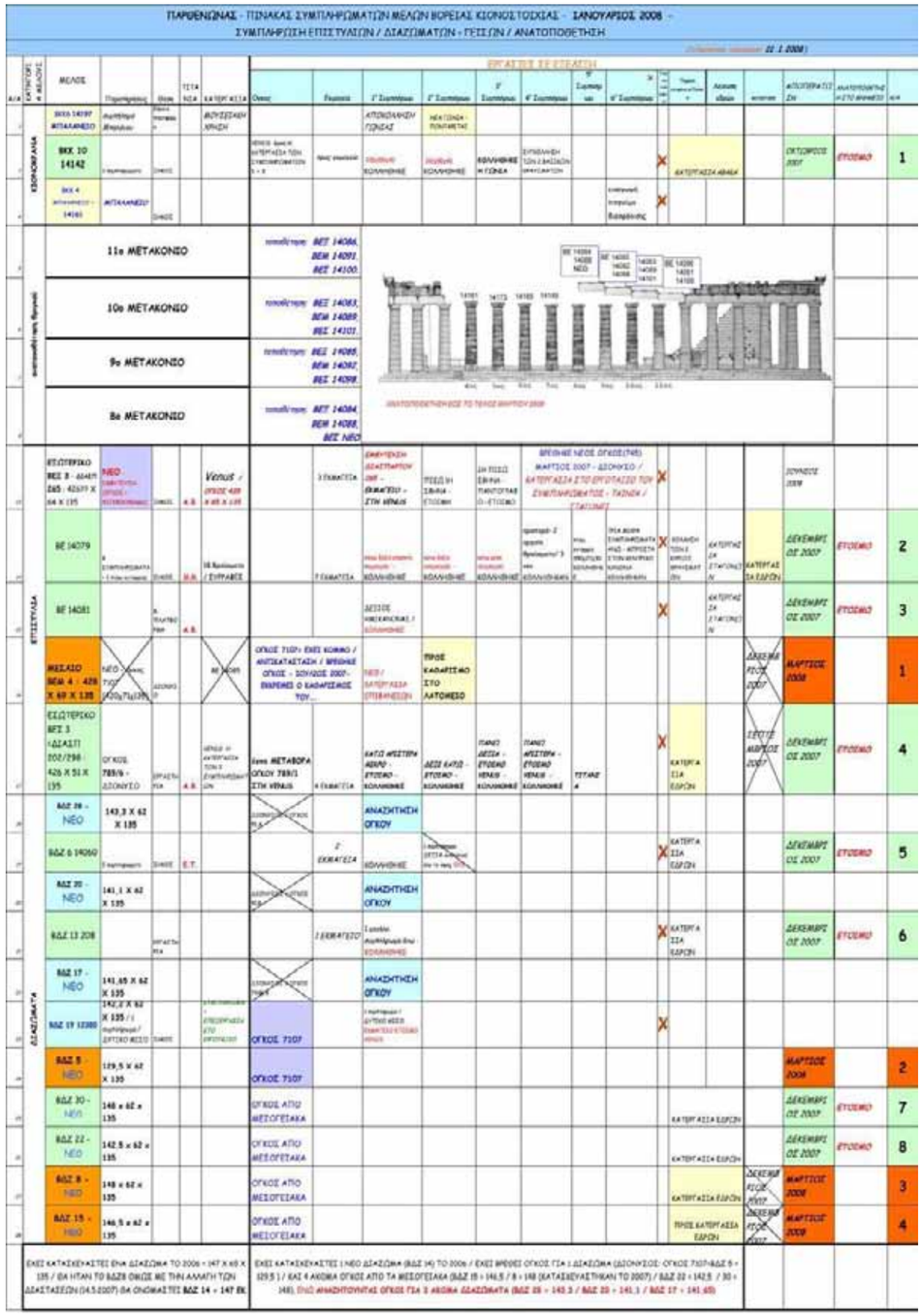
Η επανατοποθέτηση της βόρειας κιονοστοιχίας ξεκίνησε, σύμφωνα με τη νέα μελέτη, τον Ιούλιο του 2004[1]. Λόγω της έκτασης της επέμβασης, η παρακολούθηση και ο συντονισμός του έργου ήταν ιδιαίτερα απαιτητικά. Τα συνεργεία των μαρμαροτεχνιτών θα έπρεπε να συντονιστούν με τέτοιο τρόπο, ώστε οι σπόνδυλοι και αργότερα τα επιστύλια να ετοιμάζονται με τη σειρά της ανατοποθέτησης. Η ανάγκη για καθημερινό συντονισμό των 55 περίπου τεχνιτών που δουλεύανε στο έργο, οδήγησε στην καταγραφή των εργασιών εκτός από τα καθημερινά ημερολόγια του εργοταξίου, και τα προσωπικά ημερολόγια των μηχανικών και σε εποπτικούς λεπτομερείς πινάκες αναλυτικής παρακολούθησης και προγραμματισμού των εργασιών σε μηνιαία βάση. Σε αυτούς τους πίνακες καταγραφόταν εποπτικά η πορεία αποκατάστασης κάθε μέλους, από την αγορά του όγκου έως την ανατοποθέτηση του στο μνημείο σε σειρά διαδοχής (Εικ. 1).

Η ανατοποθέτηση ξεκίνησε από τον 11ο κίονα. Μετρήθηκαν λεπτομερώς οι κλίσεις της άνω έδρας του 5ου σπονδύλου, ο οποίος δεν είχε αποξηλωθεί, όπως και οι υποκείμενοι του. Ο σπόνδυλος παρουσίαζε μικρή περιστροφή (περίπου 3,5 εκ.) που προφανώς είχε προκληθεί τη στιγμή της κατάρρευσης των υπερκειμένων του μελών του κίονα και θριγκού κατά την έκρηξη του 17ου αιώνα. Ο σπόνδυλος αυτός αποφασίστηκε να μην αναταχθεί, ώστε να είναι εμφανές το όριο της νέας αναστήλωσης. Μετρήθηκαν επίσης η κλίση του κίονα, και η θέση του σε σχέση με τους άξονες του ναού και η απόσταση του άξονα της βάσης του κίονα από την πρόσοψη του βόρειου στυλοβάτη.

1.1. Μέθοδος τοποθέτησης

Η τοποθέτηση των σπονδύλων αποφασίστηκε να γίνει σε σχέση με σταθερούς άξονες των κατά χώραν τμημάτων του κτηρίου, δηλαδή, το διαμήκη και τον εγκάρσιο άξονα. Ως διαμήκης άξονας χρησιμοποιήθηκε η πρόσοψη του βόρειου στυλοβάτη, με αφαίρεση των σημειακών μικρομετακινήσεων τμημάτων κάποιων από τους λίθους του, οι οποίες δεν λήφθηκαν υπόψη κατά τον καθορισμό του. Κάθε πρώτος σπόνδυλος τοποθετήθηκε σε σχέση με το άξονα αυτό, παίρνοντας συγχρόνως υπόψη τα περιμετρικά ίχνη διάβρωσης της βάσης του στο δάπεδο. Ο αρμός των λίθων του στυλοβάτη κάτω από κάθε κίονα αποτέλεσαν τον εγκάρσιο άξονα.

[1] Στα αρχικά χρονοδιαγράμματα το καταληκτήριο έτος ήταν το 2004, έτος των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας (παρουσίαση στο ΚΑΣ, Φεβρουάριος 2001).



Εικ. 1: Μηνιαίος πίνακας αναλυτικής παρακολούθησης και προγραμματισμού εργασιών βόρειας κιονοστοιχίας Ιανουαρίου 2008, σελ. 1 (σύνταξη: Λαμπρινού Λ.).

Κατόπιν στη βάση κάθε κίονα καθορίστηκε ο διαμήκης άξονας του, ο οποίος περνά από το μέσον των πλάγιων ραβδώσεων του. Οι δύο αποστάσεις των μέσων των πλάγιων ραβδώσεων από το πρόσωπο του στυλοβάτη ελέγχθηκαν ώστε να συμπίπτουν, για την ορθή τοποθέτηση του κίονα παράλληλα με τον διαμήκη άξονα του κτηρίου. Ο διαμήκης άξονας σχεδιάστηκε με πολύ λεπτό μολύβι στο δάπεδο του στυλοβάτη στο μέσον των πλάγιων αξονικών ραβδώσεων (6η και 16η ράβδωση), ώστε να αποτελεί ευανάγνωστο σημείο αναφοράς για τις επόμενες τοποθετήσεις των ανώτερων σπονδύλων. Ο εγκάρσιος άξονας κάθε κίονα συμπίπτει με τον υποκείμενο αρμό των λίθων του στυλοβάτη κάτω από κάθε κίονα. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιήθηκε σε όλους τους κίονες.

Οι μικρές στροφές έτσι, των κατά χώραν σπονδύλων του 11ου κίονα, που θα έφερναν δυσκολία στην ορθή τοποθέτηση των υπερκειμένων σπονδύλων, υπερκεράστηκαν με την τοποθέτηση των σπονδύλων σε σχέση με τους άξονες της βάσης του κίονα, οι οποίοι, όπως αναφέρθηκε, υπολογίστηκαν σε σχέση με την πρόσοψη του στυλοβάτη του κτηρίου.

1.2. Έλεγχος τοποθέτησης σπονδύλων

Πριν την τοποθέτηση κάθε σπονδύλου πάνω στον αντίστοιχο κίονα γινόταν ο τελευταίος έλεγχος των εδρών του. Μικρά φουσκώματα τα οποία παρατηρήθηκαν γύρω από ρωγμές, ή από διανοιγμένους μπαλάνειους συνδέσμους, στη μεσαία περιοχή της έδρας του σπονδύλου, προκαλούσαν προβλήματα στην προσαρμογή του επόμενου. Προκαλούσαν ελαφρύ κλυδωνισμό του υπερκείμενου σπόνδυλου και περαιτέρω αστάθεια του κίονα, ενώ θα ήταν υπεύθυνα για την όχι ορθή πρόσφυση των εδρών, τη διάνοιξη των αρμών ακόμα και την τροποποίηση της κλίσης του κίονα. Οι έλεγχοι των εδρών γίνονταν με μακριές πήχεις και όπου διαπιστώνονταν τέτοιες περιοχές, έκτασης συνήθως μερικών εκατοστών, περιγράφονταν με μολύβι, φωτογραφίζονταν και εξομαλύνονταν ελαφρά, ώστε να επιτευχθεί η αρχική τέλεια έδραση (Εικ. 2).

Ο έλεγχος της ορθότητας του προσανατολισμού και των γειτνιάσεων των σπονδύλων ακολουθούσε μία διαδικασία αρκετά χρονοβόρα, αλλά σίγουρη. Κατά την τοποθέτηση του κάθε σπονδύλου, η γράφουσα, με μικρή ομάδα τεχνιτών[2], οι οποίοι τοποθετούνταν περιμετρικά του σπονδύλου, έλεγχε την καταβίβαση με ανοξείδωτες μετρόλαμες στο βάθος κάθε ράβδωσης (Εικ. 3). Και σε αυτήν την περίπτωση ο γερανός έπρεπε να κατεβάσει εξαιρετικά αργά τον σπόνδυλο έτσι ώστε να είναι δυνατή η μικρομετακίνηση του, από τον κάθε περιμετρικά τοποθετημένο τεχνίτη, έως ότου ο σπόνδυλος να λάβει την ακριβή του θέση, όπου και τελικώς καταβιβαζόταν. Σε αυτήν περίπτωση ο γερανός μπορεί να κρατούσε τον σπόνδυλο σε απόσταση δεκάτων χιλιοστού πάνω από τον υποκείμενο σπόνδυλο, ώστε ο έλεγχος να είναι ακριβής. Αυτό απαιτούσε την πλήρη οριζοντίωση του σπονδύλου, η οποία ελεγχόταν με ηλεκτρονικό αλφάδι και η οποία επιτυγχανόταν με την προσθή-

[2] Με τον μαρμαροτεχνίτη-γλύπτη Δημήτρη Μαστορόπουλο και άλλους 3-4 τεχνίτες.

Εικ. 2. Περιοχή, περιγραμμένη με μολύβι, με ελαφρύ φούσκωμα γύρω από ρωγμή στην άνω έδρα σπονδύλου (φωτ. της συγγραφέως).

Εικ. 3. Έλεγχος ταύτισης ραβδώσεων γειτονικών σπονδύλων με λεπτές λάμες κατά την ανατοποθέτηση (φωτ. της συγγραφέως).

κη μεταλλικών βαριδίων στην άνω του έδρα, όπου και αν χρειαζόταν (Εικ. 4). Οι ανατοποθετήσεις των σπονδύλων, ακολουθώντας μια τέτοια διαδικασία, περνούσαν έναν εξονυχιστικό έλεγχο σύμπτωσης των σωζόμενων περιμετρικών ραβδώσεων τους με τις ραβδώσεις του υποκείμενου σπονδύλου. Η σύμπτωση της κατατομής των ραβδώσεων ανάμεσα σε γειτονικούς σπονδύλους επιβεβαίωνε τη γειτνίαση των σπονδύλων. Ο έλεγχος με τους άξονες του κίονα ως τελικό στάδιο, επιβεβαίωνε τη σωστή τοποθέτηση σε σχέση με τον κίονα και τον στυλοβάτη και μόνο σε κάποιες περιπτώσεις χρειάστηκαν ελάχιστες διορθωτικές μικρομετακινήσεις[3].

1.3. Ειδικές περιπτώσεις

Στις περιοχές που υπήρχαν νέα συμπληρώματα ο έλεγχος της τοποθέτησης των σπονδύλων γινόταν πιο πολύπλοκος. Σε πολλές περιπτώσεις τα συμπληρώματα εκτείνονταν σε μεγάλη περιοχή της κάτω έδρας των σπονδύλων προς τοποθέτηση. Τα νέα συμπληρώματα προείχαν των αρχαίων επιφανειών, εφόσον οι νέες ραβδώσεις δεν είχαν ακόμα απολαξευτεί έως την τελική τους επιφάνεια[4]. Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνταν μεγάλες πήχεις, στις οποίες είχαν στερεωθεί τρία

[3] Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως σε πολύ κακή κατάσταση της επιφάνειας του σπονδύλου, και στις περιπτώσεις εκτεταμένων νέων συμπληρώσεων, η τοποθέτηση επιτυγχανόταν κατεξοχήν με τους άξονες.

[4] Η αποκοπή του κυλινδρικού απέργου, μέσω ηλεκτρικού κοπτικού μηχανήματος, και η διαμόρφωση ραβδώσεων, γινόταν αφήνοντας κάποια χιλιοστά απέργου, τα οποία αφαιρούνταν μετά την τελική τοποθέτηση πάνω στον κίονα, με χειροποίητη κατεργασία.

παρεμβύσματα από πλεξιγκλάς, είτε είχαν ενσφηνωθεί με ειδική κατασκευή λεπτές μετρόλαμες, με πλάτος όσο χρειαζόταν για να υπερκεραστεί το προέχον άπεργο των νέων συμπληρωμάτων (Εικ. 5). Στους σπονδύλους με μικρά τμήματα αρχαίου υλικού ο έλεγχος της ορθής τοποθέτησης συνδύαζε τους δύο τρόπους, δηλαδή έλεγχος με πήχεις με παρεμβύσματα, ώστε να υπερπηδηθούν τα προέχοντα συμπληρώματα και έλεγχος με τους άξονες του κίονα για την τελική ορθή τοποθέτηση.

Εικ. 4. Ανατοποθέτηση σπονδύλου με ιμάντες (φωτ. της συγγραφέως).

Εικ. 5. Έλεγχος θέσης σπονδύλου σε σχέση με τον υποκείμενο με λεπτές μεταλλικές λάμες με μεταλλικά παρεμβύσματα. ώστε να αποφεύγονται τα ενδιάμεσα έξεργα νέα συμπληρώματα (φωτ. της συγγραφέως).

1.4. Έλεγχος ανατοποθέτησης σε σχέση με το στυλοβάτη

Τα στάδια που ακολουθούνταν κατά τον έλεγχο της ανατοποθέτησης των σπονδύλων σε σχέση με τους άξονες του κτηρίου ήταν τα εξής:

1. Εύρεση του μέσου των αξονικών ραβδώσεων του κατώτερου σπονδύλου του κίονα και χάραξη μικρών γραμμών με πολύ λεπτό μολύβι εκατέρωθεν των πλάγιων αξονικών ραβδώσεων (6η και 16 ράβδωση). Ο πρώτος σπόνδυλος είναι απόλυτα προσανατολισμένος με την πρόσοψη του στυλοβάτη.

2. Περίδεση του σπονδύλου με ιμάντες, μεταφορά και τοποθέτηση του πάνω στον υποκείμενο σπόνδυλο σε συμφωνία με τον προσανατολισμό της μελέτης αναδιάταξης και σύμφωνα με τις ραβδώσεις του υποκείμενου σπονδύλου.

3. Μέτρηση του υψομέτρου στις 4 πλευρές του σπονδύλου προς τελική τοποθέτηση σε σχέση με το δάπεδο του στυλοβάτη.

4. Εύρεση με μαθηματική αναγωγή της κλίσης του εγκάρσιου άξονα του κίονα σε σχέση με το υψόμετρο του. Η κλίση του κορμού του κίονα θεωρείται ότι είναι 7,8‰ (Ζάμπας 2002, 73). Με αναγωγή στο ΜΟ του υψομέτρου (το υψόμετρο κατά τις τέσσερεις πλευρές παρουσιάζει ελάχιστες διαφοροποιήσεις: Λαμπρινού 2005, πιν. Γ'), βρίσκεται η κλίση στο συγκεκριμένο υψόμετρο[5].

5. Εύρεση του μέσου των ραβδώσεων της άνω έδρας του σπονδύλου και χάραξη με λεπτό μολύβι του άξονα Α - Δ στην περίμετρο της έδρας.

6. Τοποθετούνται 4 μεγάλα ανοξείδωτα βαρίδια, τα οποία κρέμονται από την άνω έδρα του σπονδύλου στους 4 άξονες. Τα βαρίδια στερεώνονται είτε σε μεταλλική πήχη (και έλεγχο των δύο αξόνων διαδοχικά) (Εικ. 6), είτε σε 4 ορθογωνικά κομμάτια μαρμάρου[6], τα οποία προέχουν του σπονδύλου και διαθέτουν χαραγή στη μέση, για τον ακριβή έλεγχο του σημείου εκκινήσεως του νήματος[7].

7. Τα νήματα των βαριδίων στον άξονα Α-Δ τοποθετούνται σε απόσταση από τον άξονα Α-Δ του σπονδύλου όση η επιθυμητή κλίση του στο συγκεκριμένο υψόμετρο. Η απόσταση αυτή υλοποιείται στην άνω έδρα του σπονδύλου με λεπτές γραμμές. Έτσι γίνεται έλεγχος της θέσης των βαριδίων με τις σημείες που έχουν τοποθετήσει στον στυλοβάτη. Τα βαρίδια θα πρέπει να συμπέσουν με τις σημείες ώστε ο σπόνδυλος να έχει τοποθετηθεί στην σωστή θέση.

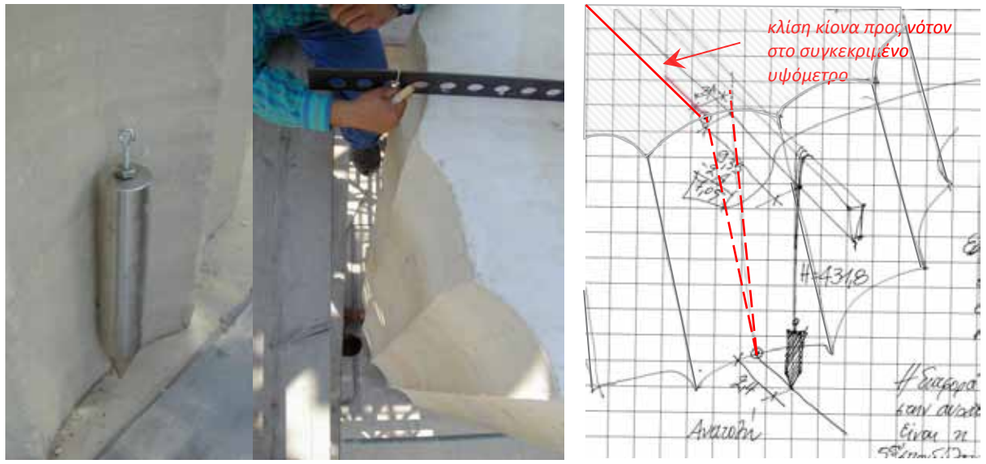
8. Γίνονται οι ανάλογες μικρομετακινήσεις, ώστε αν συμπέσουν οι άκρες των βαριδίων με τους άξονες του κίονα. Για τις κινήσεις αυτές ο σπόνδυλος είναι σχεδόν στον αέρα. Είτε έχει περιδεθεί με σαμπάνια ώστε να αναρτηθεί από το γερανό, είτε κρέμεται από την καμπάνα του, ενώ ο γερανός κρατά το μεγαλύτερο βάρος του και μόνο περί τα 300 - 400 κιλά "πατούν" στον υποκείμενο σπόνδυλο. Με αυτό τον τρόπο μικρές ωθήσεις από τους τεχνίτες, οι οποίοι βρίσκονται περιμετρικά,

[5] π. χ. 2,8 εκατοστά είναι η κλίση από την κατακόρυφο και προς το εσωτερικό, σε υψόμετρο 2,75 μέτρα από τον στυλοβάτη, ύψος κορμού κίονα 9,57 μέτρα.

[6] Αρχικά χρησιμοποιήθηκε η μεταλλική πήχης από την οποία κρεμούσαμε τα βαρίδια, ανά δύο. Πολύ γρήγορα όμως η ανάγκη για τον έλεγχο και των τεσσάρων διευθύνσεων των σπονδύλων οδήγησε σε νέα λύση. Η ιδέα αρχικά ήταν να χρησιμοποιηθεί πλεξιγκλάς, αλλά η σκληρότητα και σταθερότητα ενός λίθινου πλακιδίου αποδείχτηκε καταλληλότερη σε αυτήν την περίπτωση.

[7] Εδώ θα πρέπει να αναφέρω την πολύτιμη συνεργασία που είχα με το προσωπικό των τεχνιτών της βόρειας κιονοστοιχίας και ιδιαίτερα με τον Δημήτρη Μαστορόπουλο, ο οποίος δούλεψε μαζί μου σε όλα τα στάδια της επιμέτρησης των σπονδύλων και της ανατοποθέτησης της κιονοστοιχίας με ευθύνη, ευστροφία και αφοσίωση.

βοηθούν στην κύλιση του σπονδύλου στην σωστή του θέση. Για τις μικρομετακινήσεις αυτές ο σπόνδυλος σπρώχνεται με βαριά, με τη χρήση παρεμβύσματος από ξύλο.



Εικ. 6. Έλεγχος θέσης ανατοποθετημένου σπονδύλου με βαρίδια, σε σχέση με τον διαμήκη άξονα του κίονα Α-Δ (φωτ. & σκίτσο της συγγραφέως).

9. Τέσσερις τεχνίτες στους 4 άξονες στη βάση του κίονα παρακολουθούν τις μικρομετακινήσεις του σπονδύλου δίνοντας πληροφορίες για την κίνηση και τη θέση των βαριδίων. Τα βαρίδια είναι βαριά ανοξείδωτα βαρίδια, τα οποία έχουν ελεχθεί σε ειδικό εργαστήριο, και των οποίων οι κορυφές προστατεύονται από οποιαδήποτε κρούση με το έδαφος. Οι τέσσερεις τεχνίτες κρατούν τα βαρίδια στα χέρια τους και τα αφήνουν μόνο κατά τη διάρκεια της μέτρησης και σε απόσταση 1 χιλιοστού από το έδαφος. Η απόσταση αυτή κανονίζεται από την έδρα του σπονδύλου, όπου το νήμα μπορεί να αφεθεί ή να μαζευτεί ανάλογα.

Ο σπόνδυλος μπαίνει στην οριστική του θέση με αυτόν τον πρακτικό τρόπο και ακολουθεί την κλίση του σε σχέση με το δάπεδο. Στον άξονα Β-Ν δεν υπάρχει μετακίνηση του άξονα, οπότε η σύμπτωση με τον άξονα είναι ευκολότερη.

2. Καμπάνες Μπαλάνου

Ο Μπαλάνος διάνοιξε εντορμίες για λύκους - καμπάνες σε όλους του σπονδύλους που ανατοποθέτησε στη βόρεια κιονοστοιχία. Οι εντορμίες αυτές αναχρησιμοποιήθηκαν, ενώ επίσης ανευρέθηκε και χρησιμοποιήθηκε και η σιδερένια καμπάνα του ίδιου του Μπαλάνου, ενώ κατασκευάστηκε και άλλη μία ίδια με αυτήν (Εικ. 7). Η ανάρτηση των σπονδύλων με καμπάνα χρησιμοποιήθηκε βοηθητικά για την ανασήκωση των σπονδύλων κατά την αποξήλωση, έτσι ώστε να γίνει δυνατή η περίδεση τους με ιμάντες και η καταβίβαση τους από την κιονοστοιχία. Επίσης, ο ίδιος

τρόπος ανάρτησης χρησιμοποιήθηκε και στις μικρομετακινήσεις αλλά όχι στην τελική τοποθέτηση των σπονδύλων, ή για μεγάλες μετακινήσεις, για λόγους ασφαλείας. Κατά την τελική τοποθέτηση των σπονδύλων ο έλεγχος του μέλους πρέπει να είναι άμεσος και η ανταπόκριση του σε κάθε μικρομετακίνηση σε επίπεδο δεκάτου χιλιοστού, ενώ οι ταλαντώσεις που είναι αναπόφευκτες, από μια κεντρική ανάρτηση μέσω καμπάνας, όχι μόνο δεν είναι επιθυμητές κατά την ανατοποθέτηση, αλλά είναι τελείως αποτρεπτικές για την ακρίβεια τοποθέτησης που απαιτείται.

Εικ. 7. Μικρομετακινήσεις σπονδύλου με τη χρήση καμπάνας, στις υπάρχουσες εντορμίες καμπάνας ανοιγμένες από τον Μπαλάνο (φωτ. της συγγραφέως).

2.1. Κατασκευή οργάνων για τις ανατοποθετήσεις

Για την διευκόλυνση των εργασιών νέα πρακτικά όργανα κατασκευάστηκαν. Για τον πιστότερο έλεγχο των διαμέτρων κατά την τοποθέτηση των θραυσμάτων στον σπόνδυλο κατασκευάστηκε νέος ελαφρύτερος διαβήτης από αλουμίνιο, σε συνδυασμό με τους υπάρχοντες μεταλλικούς διαβήτες.. Μικρά ελάσματα με προφίλ ημιραβδώσεων από ορείχαλκο διευκόλυναν τον χωρισμό των ραβδώσεων, αλλά και τα παραδοσιακά *διαστημόμετρα*, με τις διπλές μεταλλικές ακίδες (κομπάσα), σε ποικιλία μεγεθών ήταν από τα απαραίτητα όργανα των τεχνιτών. Για την μέτρηση των υποτραχηλίων των κιονοκράνων κατασκευάστηκαν ορειχάλκινα ελάσματα, τα οποία ακολουθούσαν την κατατομή της κατάληξης των ραβδώσεων στο υποτραχήλιο (Εικ. 8). Για την μέτρηση των υψών των σπονδύλων χρησιμοποιήθηκε μεγάλο παχύμετρο. Για την μέτρηση των υψών των κιονοκράνων η γράφουσα σχεδίασε προεκτάσεις, οι οποίες ενσωματώνονται στο υπάρχον παχύμετρο, έτσι ώστε να μπορεί να μετρηθεί το συνολικό ύψος του κιονοκράνου παρά την εισχώρηση του εχίνου-υποτραχηλίου (Εικ. 9). Για την μέτρηση των διαμέτρων των σπονδύλων αγοράστηκε βαθμονομημένη

Εικ. 8. Μετρήσεις με μετρονομημένη αναξείδωτη πήχη, μεταλλικό διαβήτη, κομπάσο, μεταλλικά προφίλ ραβδώσεων και κομπάσο (φωτ. της συγγραφέως).

Εικ. 9. Μετρήσεις με μεταλλικό παχύμετρο με προεκτάσεις ειδικά για τη μέτρηση κιονοκράνων (φωτ. & σκίτσο της συγγραφέως).

ανοξείδωτη πήχης. Οι μετρήσεις των διαμέτρων των σπονδύλων γινόντουσαν με τη βοήθεια μικρών ανοξείδωτων λαμών πάντοτε με τους ίδιους τεχνίτες, κατά τις πρωινές ώρες, και πριν την έκθεση των σπονδύλων στον ήλιο (Εικ. 10).

Ανοξείδωτες λεπτές μετρόλαμες συμπλήρωναν τις αλουμινένιες πήχεις των τεχνιτών όπου χρειαζόταν μεγάλη ακρίβεια για τον έλεγχο των γειτνιάσεων στους αρμούς των σπονδύλων. Μακρές πήχεις από αλουμίνιο με παρεμβύσματα χρησιμοποιήθηκαν για τους ελέγχους, ενώ άλλες κατασκευάστηκαν από ανοξείδωτες λάμες για ακόμα μεγαλύτερη ακαμψία (Εικ. 11).

Οι παραδοσιακές τεχνικές αποτύπωσης συμπληρώθηκαν με τοπογραφικές αποτυπώσεις και η φωτογραμμετρική αποτύπωση των αναστηλωμένων τμημάτων, συμπλήρωσε την παραδοσιακή αποτύπωση των περιοχών μετά την επέμβαση.

Εικ. 10. Μετρήσεις διαμέτρων σπονδύλων με μετρονομημένη ανοξείδωτη πήχη (φωτ. Μ. Καφούρου).

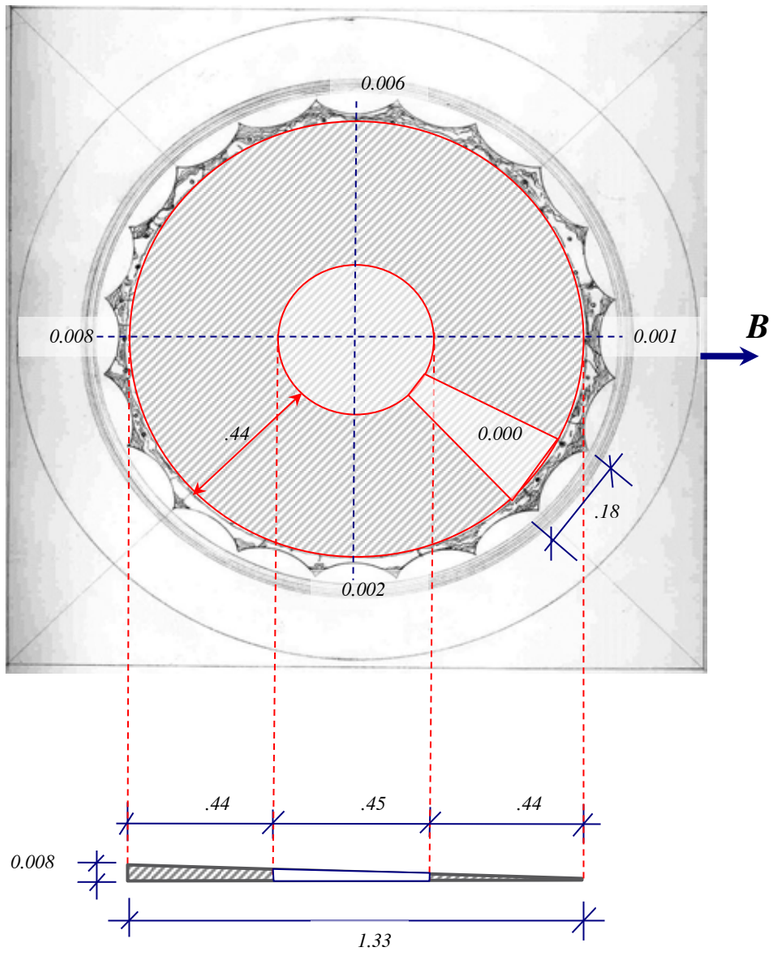
Εικ. 11. Μετρόλαμες γειτνίασης στον αρμό των περιμετρικών ραβδώσεων (φωτ. της συγγραφέως).

2.2. Δακτύλιος 11ου κίονα

Στον 11ο κίονα, ο οποίος αποτελούνταν εξ' ολοκλήρου από αρχαίους σπονδύλους υπήρχε εξ΄ αρχής ένα πρόβλημα, οφειλόμενο στην προηγούμενη αναστήλωση. Ο 11ος σπόνδυλος είχε απομειωθεί, και μάλιστα όχι ομοιόμορφα από τον Μπαλάνο. Πρόκειται για τον σπόνδυλο 14186, ο οποίος κατά την αναστήλωση του Μπαλάνου είχε τοποθετηθεί στον 7ο κίονα[8]. Η λύση που

[8] Είναι αυτός για τον οποίο ο Dinsmoor έγραψε την αναφορά του εναντίον της αναστήλωσης Μπαλάνου, κατηγορώντας τον για απομείωση της άνω έδρας του σπονδύλου κατά περίπου 5 - 6 χιλιοστά (Dinsmoor 1927, στο Μαλλούχου 1998, παράρτημα 11, 318). Από τις διαστάσεις που δίνει ο ίδιος, η απομείωση είναι από 5 - 10 χιλιοστά, ανόμοια περιμετρικά, αλλάζοντας όπως αναφέρει τον προσανατολισμό του σπονδύλου.

προτάθηκε από τη γράφουσα και τελικά ακολουθήθηκε, ήταν η κατασκευή ενός μεταλλικού δίσκου από τιτάνιο, ο οποίος θα ακολουθούσε επακριβώς την αναγκαία άνιση πάχυνση του ελλείποντος τμήματος του σπονδύλου. Η πλάκα είχε τη μορφή δακτυλίου, στο κέντρο του οποίου υπήρχε κυκλικό κενό όσο ο εσωτερικός δακτύλιος του σπονδύλου για την ευκολότερη προσαρμογή στην περιοχή του εμπολίου (Εικ. 12).



Εικ. 12. Πλάκα τιτανίου σε μορφή δακτυλίου, πλάτους 44 εκατοστών, με μεταβλητό πάχος από 0 – 0.08 εκατοστά (σχέδιο της συγγραφέως).

Ο δακτύλιος αυτός ήταν ανοικτός, έτσι ώστε να διευκολύνονται οι συστολοδιαστολές του μετάλλου, αλλά και επειδή στη μια του περιοχή το απαιτούμενο πάχος του ήταν ελάχιστο. Το ακριβές

πάχος του δακτυλίου καθόρισαν δοκιμαστικές τοποθετήσεις του κιονοκράνου στον απομειωμένο σπόνδυλο με προσθήκη επάλληλα λεπτών παρεμβύσματων από τιτάνιο, τα οποία έδωσαν την ακριβή διαφορά ύψους του σπονδύλου. Τη μελέτη τριβής ανέλαβε ο κ. Κουρκουλής από το ΕΜΠ, ώστε να αποφασιστεί η κατάλληλη κατεργασία της επιφάνειας του δίσκου, έτσι ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη πρόσφιση με το περιβάλλον μάρμαρο.

Ο κ. Κουρκουλής διεξήγαγε πειράματα τριβής με πλάκες τιτανίου με διαφορετική κατεργασία των επιφανειών τους με αμμοβολή διαφόρων εντάσεων, ώστε να βρεθεί η κατάλληλη, η οποία θα προσέφερε το μέγιστο συντελεστή τριβής ανάμεσα στην πλάκα και τις εκατέρωθεν μαρμάρινες επιφάνειες. Ειδικευμένος μηχανουργός, συνεργάτης της Υπηρεσίας, ανέλαβε την κατασκευή του δίσκου, ο οποίος αφού αμμοβολήθηκε καταλλήλως, τοποθετήθηκε στην άνω έδρα του 11ου σπονδύλου στις 2.10.2006, έτσι ώστε ο σπόνδυλος να λάβει τις σωστές κλίσεις της άνω έδρας του, αλλά και ο κίονας, μετά την τοποθέτηση και του κιονοκράνου, να προσλάβει αξονικά το ορθό ύψος (10,435 μέτρα), αλλά και τις ανμενόμενες κλίσεις της άνω έδρας του.

2.3. Μηχανική λάξευση - Κατάξεση συμπληρώσεων

Οι ραβδώσεις των νέων συμπληρωμάτων αποφασίστηκε να λαξευτούν πριν την τοποθέτηση στο μνημείο με ηλεκτρικό κοπτικό μηχάνημα, το οποίο θα έκοβε τις ραβδώσεις κατά μήκος του ύψους του σπονδύλου, ακολουθώντας την κλίση της μείωσης και αφήνοντας περιθώριο απέργου μερικών χιλιοστών. Η οριζόντια κατατομή των ραβδώσεων ήταν κυκλική, λόγω της κοπής με κυκλικό δίσκο, αλλά το άπεργο ήταν αρκετό, έτσι ώστε μετά την ανατοποθέτηση να γίνει η τελική κατεργασία και να διαμορφωθεί η ελλειψοειδής μορφή της ράβδωσης (Εικ. 13). Την ιδέα είχε ο Νίκος Τογανίδης και τον λεπτομερή σχεδιασμό ανέλαβε ο Σπύρος Οικονομόπουλος, μηχανολόγος-μηχ. της Υπηρεσίας. Ο κόφτης αυτός έκανε την πρώτη κατάξεση σε όλες τις ραβδώσεις των νέων συμπληρωμάτων των σπονδύλων και των νέων σπονδύλων, σε ελάχιστο χρόνο (νέος σπόνδυλος: ~5 μέρες). Η διάμετρος των σπονδύλων χαρασσόταν στις δύο έδρες, με περιθώριο απέργου τουλάχιστον 5 χιλιοστών και ο κόφτης είχε τη δυνατότητα της κοπής σε κλίση ως προς την κατακόρυφο, οπότε επιτυγχανόταν η μείωση της διαμέτρου από την κάτω έως την άνω έδρα. Ο κόφτης αυτός διευκόλυνε εξαιρετικά τη διαδικασία κατάξεσης των ραβδώσεων των κιόνων και βοήθησε στην αισθητική ένταξη των νέων τμημάτων στη βόρεια κιονοστοιχία, έως ότου αρχίσει η τελική χειροποίητη κατάξεση των νέων συμπληρώσεων επιτόπου πάνω στο μνημείο (μετά το 2008).

Αυτήν ακριβώς την τελική κατεργασία των νέων συμπληρώσεων διεξάγει συνεργείο μαρμαροτεχνιτών τα τελευταία 3,5 χρόνια στη βόρεια κιονοστοιχία με πρόβλεψη ολοκλήρωσης το καλοκαίρι του τρέχοντος έτους. Έως το τέλος του 2009, έγινε η τελική κατάξεση των δύο πρώτων κιόνων (10ου - 11ου). Η τελική κατάξεση ακολουθεί παραδοσιακές τεχνικές κατάξεσης των νέων συμπληρώσεων. Η νέα επιφάνεια ακολουθεί επακριβώς την αρχαία, ακολουθώντας τις διαστάσεις και

τις κλίσεις των αρχαίων ραβδώσεων, ώστε να υλοποιηθεί ακριβώς η αρχική κατατομή των κιόνων (Εικ. 14).

Εικ. 13. Ηλεκτρικός κόφτης διαμόρφωσης ραβδώσεων κυκλικής οριζόντιας κατατομής στα νέα συμπληρώματα των σπονδύλων (φωτ. της συγγραφέως).

Εικ. 14. Κατάξεση τελικού απέργου των νέων συμπληρώσεων των σπονδύλων (φωτ. της συγγραφέως).

3. Τα νέα μέλη

Το μάρμαρο των νέων μελών λατομήθηκε και αγοράστηκε από το λατομείο του Διονύσου στο όρος Πεντέλη. Οι όγκοι αγοράζονταν, γινόταν επιτόπιος έλεγχος της ποιότητας τους και λεπτομερής σχεδιασμός με σκαριφήματα και πίνακες των συμπληρωμάτων που θα μπορούσαν να εξαχθούν από τον κάθε όγκο[9]. Τα συμπληρώματα έπρεπε να εξαχθούν με την κατάλληλη διεύθυνση των γεωλογικών "νερών" τους για κάθε μέλος. Η διαστρωμάτωση του πεντελικού μαρμάρου είναι χαρακτηριστική και ιδιαίτερη για κάθε διαφορετικό είδος μελών του κτηρίου και σχετίζεται με την επιζητούμενη αντοχή αλλά και με τις απαιτήσεις διακόσμησης των μελών[10]. Έτσι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εγγραφή του ζητούμενου συμπληρώματος μέσα στον αρχικό όγκο, έτσι ώστε να επιτευχθεί συμφωνία ανάμεσα στη απαιτούμενη φορά των "νερών" του μαρμάρου με αυτά του όγκου προς κοπή (Εικ. 15). Η εύρεση των όγκων και ο τεμαχισμός τους για τη δημιουργία συμπληρώσεων απαιτούσε επισκέψεις στο λατομείο για τον έλεγχο των όγκων καταρχήν πριν την αγορά, και για επανέλεγχο μετά τον καθαρισμό του αρχικού λατομικού απέργου των όγκων για την τελική αποδοχή αγοράς[11]. Σε επόμενο στάδιο, απαραίτητη ήταν η παρακολούθηση των επιμέρους κοπών, κατόπιν μεταφοράς, ή όχι, σε άλλο εξωτερικό συνεργάτη για τον τεμαχισμό. Τέλος, έλεγχος του τελικού αποτελέσματος τεμαχισμού και μεταφορά των επιμέρους όγκων στο εργοτάξιο της Ακρόπολης.

Εικ. 15. Λατομείο Διονύσου και νέοι όγκοι μαρμάρου για τα νέα συμπληρώματα των μελών της βόρειας κιονοστοιχίας (φωτ. της συγγραφέως).

Ιδιαίτερα μεγάλα μέλη, όπως το νέο κιονόκρανο για τον 9ο κίονα (σε αντικατάσταση αυτού που βρίσκεται στο Βρετανικό Μουσείο) χρειάστηκε αναζήτηση χρόνων στο λατομείο για να βρεθούν οι κατάλληλοι όγκοι. Σημειωτέον, ότι ο συγκεκριμένος όγκος ήταν της τάξεως των 5 κυβικών

[9] Η γράφουσα, με εντολή της Διευθύντριας της ΥΣΜΑ, ορίστηκε υπεύθυνη για τα μάρμαρα της βόρειας πλευράς του Παρθενώνα και για τα έτη 2002-2009, διερεύνησε, υπολόγισε, σχεδίασε, παρήγγειλε και επέβλεψε όλη τη διαδικασία από τη εύρεση, αγορά, κοπή, μεταφορά, παράδοση και παραλαβή των όγκων στο εργοτάξιο, για την συντριπτική πλειονότητα των συμπληρωμάτων και νέων μελών της βόρειας πλευράς δηλαδή κιόνων, κιονοκράνων, επιστυλίων αλλά και θριγκού (περί τα 250 συμπληρώματα και τουλάχιστον 30 νέα μέλη, *Απολογισμός Γ' ΚΙΠΣ, Αναφορά ΥΣΜΑ 2009, 4).*Η θέση αυτή προϋπόθετε τη μετάβαση στα λατομεία, όπως και τη συχνή μετάβαση στα εργαστήρια των συνεργατών της υπηρεσίας για την επιτόπια επίβλεψη της κατεργασίας με κοπτικό laser των συμπληρωμάτων, αλλά και το συντονισμό της μεταφοράς με τα κατάλληλα φορτηγά από το λατομείο στα εργαστήρια των εξωτερικών συνεργατών και κατόπιν στα ριζά της Ακρόπολης για την ανέλκυση τους πάνω στο βράχο.

[10] Η διαστρωμάτωση στους σπονδύλους είναι πάντα οριζόντια, ενώ στα επιστύλια είναι κατακόρυφη κλπ.

[11] Η έρευνα για τους νέους όγκους στο λατομείο του Διονύσου δεν ήταν απρόσκοπτη. Η εύρεση καθαρών μεγάλων όγκων πολλές φορές ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρα, έως την εύρεση του, καταλλήλων διαστάσεων και ποιότητας, όγκου, ενώ επιφύλασσε εκπλήξεις ακόμα και κατά την κατεργασία, όπως διαπίστωση μικρορωγμών, οι οποίες δεν ήταν εμφανείς κατά την αγορά και τις πρώτες κοπές καθαρισμού του όγκου. Επίσης, η χρωματική διαβάθμιση των όγκων δεν ήταν εύκολο να διαπιστωθεί στον άκοπο όγκο εξαρχής και η αναγκαστική στενότητα του χρόνου πολλές φορές οδηγούσε στην αγορά λιγότερο λευκού μαρμάρου.

(αναζητούμενος όγκος 2.20 χ 2.20 χ 1.00 = 4.85 μ3), ώστε μετά την αφαίρεση του απέργου και την τελική κατεργασία, το μέλος να έχει τις απαιτούμενες διαστάσεις: 2.016 χ 2.016 χ .865 μ. Ο όγκος, από τον οποίο κατασκευάστηκε το εν λόγω κιονόκρανο, είχε αναζητηθεί στο λατομείο για μία περίοδο 15 μηνών και βρέθηκε με μεγάλη προσπάθεια. Η δυσκολία στην εξεύρεση του οφειλόταν στις μεγάλες διαστάσεις του, κυρίως κατά την εγκάρσια διάσταση (πλάτος), αλλά και λόγω των υψηλών απαιτήσεων ποιότητας του υλικού και την χρωματική του απόχρωση (λευκόφωτο μάρμαρο). Είναι γνωστό ότι η ποιότητα των μαρμάρων που εξορύσσονται στις μέρες μας στο λατομείο του Διονύσου, στην πλειονότητα τους, δεν είναι της ζητούμενης ποιότητας. Στην περίπτωση του 3ου από ανατολάς εξωτερικού επιστυλίου, μήκος 4,5 μέτρων, ύψους 1.50, και πάχους ~70 εκατοστών, η εύρεση του υπήρξε ιδιαίτερα χρονοβόρα, λόγω της απόρριψης ενδιάμεσων όγκων, οι οποίοι είχαν ελαττώματα. Κράτησε τουλάχιστον 3 χρόνια και ήταν το τελευταίο που κατασκευάστηκε για το βόρειο θριγκό.

3.1. Το νέο κιονόκρανο

Για λόγους οικονομίας χρόνου, αλλά όπως αποδείχθηκε και χρημάτων, η κατασκευή του νέου κιονοκράνου του 9ου κίονα ανατέθηκε σε εξωτερικό συνεργάτη, ο οποίος διαθέτει εξειδικευμένο εξοπλισμό τεχνολογίας laser. Για την εν λόγω κατασκευή του κιονοκράνου ζητήθηκε, ως αμοιβή, από τον κατασκευαστή, το συμβολικό ποσόν των 500 €, ως ένδειξη του ενδιαφέροντος του προς το αναστηλωτικό έργο της Ακρόπολης και κυρίως του Παρθενώνα, παρόλο που η κοστολόγηση της εργασίας με παραδοσιακές μεθόδους κατεργασίας θα μπορούσε να υπολογιστεί στο ποσό των 35.000 – 50.000 €. Επίσης, ως προς τον χρόνο της κατεργασίας του θα παραθέταμε ότι για την κατασκευή κιονοκράνου του Προνάου (μικρότερο φυσικά από αυτό της βόρειας κιονοστοιχίας: 1.42 χ 1.42 χ .71 μ. / 2.01 χ 2.01 χ .861 μ.), το οποίο δεν ήταν εξ' ολοκλήρου από νέο μάρμαρο, μια και συμπεριελάμβανε μικρό αρχαίο θραύσμα, με παραδοσιακή χειροποίητη επεξεργασία δαπανήθηκε χρόνος 10,5 μηνών για την κατεργασία της παράπλευρης επιφάνειας του από συνεργείο 2 τεχνιτών (ΠΚΚ4: 17.7.2001 – 31.5.2002).

Η τεχνολογία laser για την κατασκευή λίθινων αντιγράφων είναι σχετικά καινούρια στον χώρο της ελληνικής αναστήλωσης. Το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα αξιόπιστο, εφόσον τα μετρητικά στοιχεία που εισάγονται στο υπολογιστικό πρόγραμμα είναι ακριβή. Η ακρίβεια στην μεταφορά και αντιγραφή μπορεί να φτάσει τα ελάχιστα δέκατα του χιλιοστού, ο χρόνος δε κατεργασίας είναι ελάχιστος. Ο χρόνος κατασκευής του νέου κιονοκράνου με την κατεργασία του laser καθορίστηκε σε 1 μήνα. Η διαδικασία περιελάμβανε την παράδοση λεπτομερών μετρητικών σχεδίων και λεπτομερειών του κιονοκράνου σε ψηφιακή μορφή (τομή κιονοκράνου, αρχεία Autocad), αλλά και συμβατικά σχέδια κατόψεων και τομών με λεπτομερείς διαστάσεις. Το σύστημα της σχεδιαστικής υποστήριξης περιγράφεται λεπτομερειακά στην σύμβαση, η οποία υπογράφηκε ανάμεσα στην Υπηρεσία

Συντήρησης μνημείων Ακροπόλεως και τον κατασκευαστή. Η παρακολούθηση της επεξεργασίας, όπως και σε κάθε άλλη περίπτωση ανάθεσης σε εξωτερικό συνεργάτη, θα γινόταν από τους υπεύθυνους αρχιτέκτονες της υπηρεσίας, και τον εργοδηγό, έναν αρχιτεχνίτη.

Παρόλο που το σύστημα κατεργασίας με laser, όπως αναφέρθηκε, έχει πολύ μεγάλη δυνατότητα αντιγραφικής ακρίβειας, είναι σύνηθες, να δίδεται περιθώριο μικρού απέργου, στην κατεργασία, για λόγους ασφάλειας κατά τη μεταφορά. Το άπεργο αυτό είναι αναγκαίο για την διασφάλιση της αποφυγής συνεπειών από μικρές εκδορές ή χτυπημάτων που τυχόν θα προκύψουν κατά την, ιδιαίτερα προσεκτική κατά τα άλλα, μεταφορά του μέλους στο εργοτάξιο της Ακρόπολής. Το μέλος, ή το συμπλήρωμα, μετά την παραλαβή του υπολείπεται της αφαίρεσης του μικρού αυτού απέργου από τους τεχνίτες της υπηρεσίας μας, κατά την τελική κατεργασία της παράπλευρης επιφάνειας του, όπως είναι η συνήθης πρακτική που αφορά σε όλα τα μέλη ή συμπληρώματα, τα οποία ανατίθενται σε εξωτερικούς συνεργάτες (Εικ. 16).

Εικ. 16. Νέο κιονόκρανο και σπόνδυλος σε αντικατάσταση των μελών που βρίσκονται στο Βρετανικό Μουσείο (φωτ. της συγγραφέως).

4. Ανατοποθέτηση κιόνων - κιονοκράνων

Η ανατοποθέτηση των 8 κιόνων προχώρησε σε σχέση με την ολοκλήρωση των σπονδύλων. Οι σπόνδυλοι των κιόνων 4ου και 5ου, οι οποίοι είχαν μεγάλα νέα συμπληρώματα απαιτούσαν μεγαλύτερη περίοδο αποκατάστασης, από την έρευνα για την εύρεση των όγκων στα λατομεία του Διονύσου, έως της κατεργασία των συμπληρωμάτων, την συγκόλληση και ωρίμανση ων συγκολλήσεων και την μηχανική λάξευση των ραβδώσεων τους.

Κατά διαστήματα γινόταν αποτύπωση των κιόνων σε διάφορα υψόμετρα για τον έλεγχο των υψών και των κλίσεων τους, καταρχήν με μετροταινίες και νήματα της στάθμης και από την αρχή του 2006 με τοπογραφικό γεωδαιτικό σταθμό (Topcon) και εξωτερικό συνεργάτη τοπογράφο. Ο συχνός έλεγχος των υψομέτρων και των κλίσεων των εδρών των σπονδύλων[12] καταγραφόταν σχεδόν ανά

[12] Όπως αναφέρεται στην οριστική μελέτη αναδιάταξης (Λαμπρινού 2005, 22, 46), λόγω της καμπυλότητας του στυλοβάτη, οι πρώτοι σπόνδυλοι παρουσιάζουν μικρές κλίσεις των εδρών τους και κατά το διαμήκη άξονα του κτηρίου, ανάλογα με την πλευρά στην οποία βρίσκονται (οι δυτικοί γέρνουν προς δυσμάς και οι ανατολικοί προς ανατολάς). Τις ελάχιστες αυτές κλίσεις τις αναπαράγουν σταθερά και οι αγελαίοι σπόνδυλοι όσο ο κίονας ανεβαίνει. Αυτό συμβαίνει διότι η οριζοντίωση

σπόνδυλο, έτσι ώστε να παρακολουθείται στενά η πρόοδος της αναστήλωσης και κυρίως να υπάρχουν ακριβή στοιχεία τελικού ύψους για την κατασκευή των νέων σπονδύλων.

Το πρώτο κιονόκρανο που ανατοποθετήθηκε ήταν το κιονόκρανο του 11ου κίονα (14130), το οποίο ανατοποθετήθηκε τον Οκτώβριο 2006, ενώ το τελευταίο ήταν το κιονόκρανο του 10ου κίονα (14142), το οποίο είχε ιδιαίτερα χρονοβόρα δομική αποκατάσταση, λόγω της ιδιαίτερα βεβαρυμμένης κατάστασης στην οποία είχε περιέλθει από τους οξειδωμένους οπλισμούς του Μπαλάνου. Με το κιονόκρανο αυτό, οι κίονες ολοκληρώθηκαν τον Νοέμβριο του 2007 και έως τον Απρίλιο του 2009 είχε τοποθετηθεί η πλειονότητα των επιστυλίων εκτός ενός.

Τα κιονόκρανα τοποθετούνταν σε σχέση με τους υπερκείμενους σπονδύλους και η θέση τους ελεγχόταν και διορθωνόταν σε σχέση με τη βόρεια πλευρά του στυλοβάτη. Όλα τα κιονόκρανα απέχουν από το πρόσωπο του στυλοβάτη περίπου 6,5 εκατοστά, παρόμοια απόσταση των βορινών ακμών από την πρόσοψη του στυλοβάτη[13]. Η απόσταση αυτή αφορά στα κιονόκρανα με το σύνηθες πλάτος άβακα (2,016-2,02). Το κιονόκρανο του 5ου κίονα (14173), το οποίο είναι το πλατύτερο της βόρειας πλευρά με πλάτος 2,045 εκ. (~2,5 εκ. μεγαλύτερο από το ΜΟ των υπολοίπων), απέχει αναγκαστικά λιγότερο από το πρόσωπο του στυλοβάτη (4,2 εκ.). Δύο βαριά βαρίδια στερεώνονταν στις δύο άκρες του άβακα και το πρόσωπο του άβακα προβαλλόταν στο στυλοβάτη. Μικροστροφές μπορούσαν να γίνουν με τη βοήθεια του γερανού και την κατάλληλη ανάρτηση του ίδιου του κιονοκράνου, ώστε να διευκολύνονται οι μετρήσεις και συγχρόνως η δυνατότητα μικρομετακινήσεων.

Οι άνω έδρες των κιονοκράνων ελέγχονταν ως προς τις κλίσεις, σε σχέση με τα γειτονικά τους κιονόκρανα, με μακριές πήχεις, ώστε να δεχτούν τα υπερκείμενα επιστύλια. Η μορφή της άνω έδρας των κιονοκράνων είναι πυραμιδοειδής, ιδιαίτερη και με μικρές αποκλίσεις στο καθένα από αυτά. Οι ελάχιστες αυτές κλίσεις είναι το αποτέλεσμα της τελικής επεξεργασίας τους από τους αρχαίους τεχνίτες κατά την αρχική κατασκευή του κτηρίου για την επίτευξη τέλειας προσαρμογής των υπερκείμενων επιστυλίων. Κατά την κατασκευή των νέων συμπληρώσεων των κιονοκράνων οι κλίσεις αυτές ακολουθήθηκαν στα νέα συμπληρώματα, με την πρόβλεψη όμως παραμονής ελαφρού

των εδρών συντελείται κατά διαγώνιο άξονα και όχι κατά τον διαμήκη (καθέτως στη συνισταμένη κλίση της διπλής κλίσης του πτερού).

[13] Η αποστάσεις του πυθμένα της βορινής ράβδωσης από το πρόσωπο του βόρειου στυλοβάτη σχετίζονται με τις μικρομετακινήσεις των ίδιων των κιόνων λόγω της έκρηξης. Έτσι, ο 11ος κίονας, εμφανώς μετακινημένος προς βορράν, απέχει 9,5 εκατοστά, ο 12ος κίονας, απέχει 9,5 εκατοστά, ο 13ος 9,8 και ο 14ος 9,65, ενώ οι δυτικότεροι παρουσιάζουν την κανονική απόσταση των 10,5 εκατοστών. Ο 3ος κίονας αντιθέτως έχει 10,7 εκατοστά απόσταση από το πρόσωπο του βόρειου στυλοβάτη και ο ΒΑ 10,06 εκατοστά. Οι ενδιάμεσοι κατώτατοι σπόνδυλοι 10,45-10,50 εκατοστά. Με βάθος ράβδωσης στη βάση του κίονα περίπου 4,25 εκ. (Ζάμπας 2002, 157), η απόσταση των ακμών είναι περίπου 6,25 εκ. από το πρόσωπο του στυλοβάτη.

απέργου, ώστε η τελική κατεργασία της έδρας να εναρμονιστεί με τις απαιτήσεις της τοποθέτησης των επιστυλίων πάνω στο μνημείο.

5. Τοποθέτηση επιστυλίων

Καταρχήν μετρήθηκε το κενό ανάμεσα στις κατά χώραν πλινθίδες του 2ου και του 11ου διακένου. Η απόσταση αυτή αναμετρήθηκε πολλές φορές και με διαφορετικούς τρόπους, χειροποίητα, με μεζούρες, με τεντωμένα νήματα, με υπάρχοντα τοπογραφικά όργανα και 2 φορές με γεωδαιτικό σταθμό Topcon[14] (4-2006) και εντέλει με γεωδαιτικό σταθμό Leica από τους τοπογράφους των αποτυπώσεων του Αρρηφορίου[15] (9-2006) και με δύο αποστασιόμετρα Leica Laser Disto (12 επάλληλες μετρήσεις) από τους τοπογράφους της Διεύθυνσης Τοπογραφήσεων[16] (11-2006). Και πάλι το Νοέμβριο 2006 η μέτρηση των τοπογράφων της Διεύθυνσης Τοπογραφήσεων του ΥΠΠΟ με όργανο Leica[17] (TCR 702) έδωσε την τελική απόσταση 38.663 μέτρα. Η σύμπτωση των αποτελεσμάτων των τριών τελευταίων μετρήσεων καθόρισε την απόσταση του άνω τμήματος της πρόσοψης των επιστυλίων σε 38.66 μέτρα[18] και την αντίστοιχη απόσταση της νότιας πλευράς των εσωτερικών πλινθίδων σε 38.726 μέτρα.

Για την ορθή τοποθέτηση των βορινών εξωτερικών πλινθίδων του επιστυλίου έγινε συσχετισμός με την πρόσοψη των κιονοκράνων, αλλά και την πρόσοψη του βόρειου στυλοβάτη. Τεντώθηκε ράμμα και με τοπογραφικό όργανο καθορίστηκε επακριβώς σε όλο το μήκος του μεσαίου τμήματος ευθεία γραμμή, η οποία σχεδιάστηκε με λεπτό μολύβι επί των κιονοκράνων, και η οποία αποτελούσε το όριο της βάσης των εξωτερικών πλινθίδων του επιστυλίου. Ανάλογη διαδικασία ακολουθήθηκε και στο νότιο όριο των εσωτερικών πλινθίδων[19]. Κατά την τελική τοποθέτηση των επιστυλίων, η γραμμή αυτή αποδείχτηκε εξαιρετικά χρήσιμη, έτσι ώστε η βάση των πλινθίδων να συμπίπτει επακριβώς με την ευθεία του ορίου της πρόσοψης.

Εκτός από την σύμπτωση διακοσμητικών τους στοιχείων, όπως των κανόνων και των ταινιών τους, ένας ακόμα έλεγχος ορθότητας της γειτνίασης αποτελούσε η σύμπτωση των εντορμιών των αρχαίων ασπίδων (Λαμπρινού 2005, 88) (Εικ. 17). Οι εντορμίες αυτές, ανοιγμένες περίπου, αλλά όχι ακριβώς, στο ίδιο ύψος σε κάθε αρμό ώσεως των εξωτερικών επιστυλίων, υπήρξαν εξαρχής κριτήριο

[14] Σπανός Θάνος, τοπογράφος, Απρίλιος 2006 (38,625 μέτρα).

[15] Καλλισπεράκης Ηλίας, τοπογράφος, Σεπτέμβριος 2006 (38,66 μέτρα).

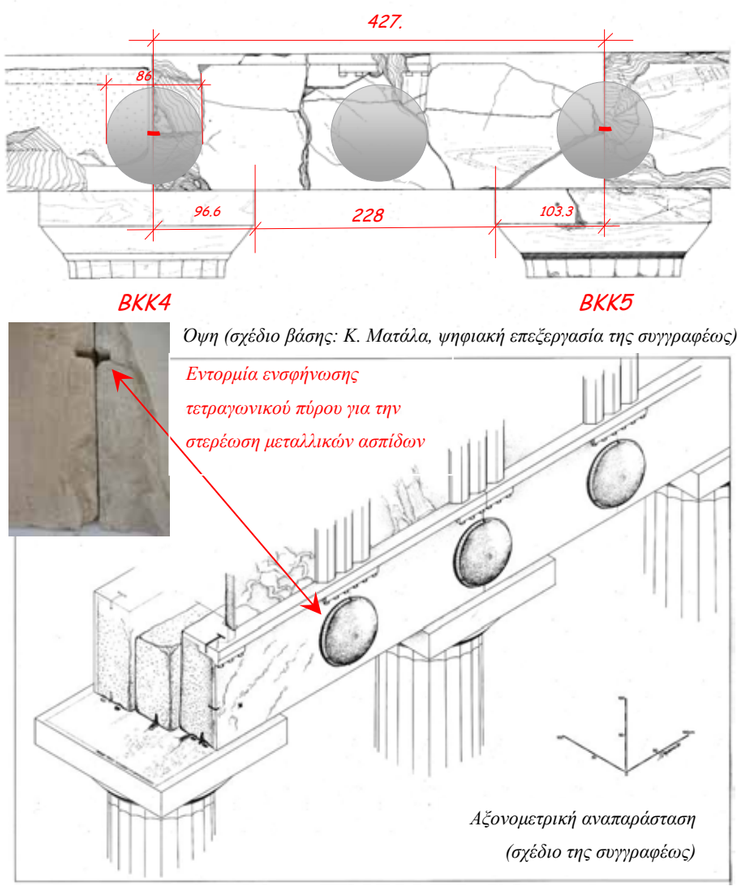
[16]Καμπουράκης Γιώργος, τοπογράφος, προϊστάμενος Διεύθυνσης Τοπογραφήσεων και Γεσαφίδης Συμεών, φωτογράφος, Νοέμβριος 2006 (38,649-38,650 μέτρα).

[17] Πορτελάνου Ελίνα, τοπογράφος.

[18] Ο Penrose είχε μετρήσει το κενό 38.655 μέτρα στο κάτω μέρος των επιστυλίων και 36.633 στο άνω (Penrose 1888) .

[19] Η λεπτή αυτή γραμμή διατηρήθηκε ορατή κατά τη διάρκεια της ανατοποθέτησης με την επάλειψη της με υποξική ρητίνη (paraloid).

ταύτισης της διαδοχής των επιστυλίων (Λαμπρινού 2002, 201), αλλά και καθοριστικό κριτήριο τελικού ελέγχου για την ορθότητα της επίλυσης μετά την τελική τοποθέτηση.



Εικ. 17. Αναπαράσταση αρχαίων ασπίδων στα βόρεια επιστύλια.

Τα επιστύλια αποφασίστηκε να ξεκινήσουν να ανατοποθετούνται από τα δυτικά, εφόσον εκεί είχε ήδη ολοκληρωθεί η δομική αποκατάσταση των αντίστοιχων επιστυλίων, αλλά και οι κίονες, μετά την τοποθέτηση του τελευταίου κιονόκρανου του 10ου κίονα. Η τοποθέτηση των επιστυλίων ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 2007 και, εκτός ενός, είχε ολοκληρωθεί τον Απρίλιο του 2009. Το τελευταίο επιστύλιο (εξωτερικό επιστύλιο 3ου διακένου από ανατολάς, ή ΒΕΞ3.1), τοποθετήθηκε τον Σεπτέμβριο του 2009. (Εικ. 18). Τα επιστύλια του ανατολικότερου διακένου και κυρίως το εξωτερικό, είχαν ιδιαίτερα προβλήματα (εξεύρεση μαρμάρου, προσαρμογή αρχαίου θραύσματος, κατεργασία

διακόσμησης), οπότε ήταν αυτό το οποίο έκλεισε την αναστήλωση της ζώνης των επιστυλίων, το Σεπτέμβριο του 2009, ενώ η ανατοποθέτηση του διαζώματος είχε ήδη προχωρήσει με φορά από δυτικά προς τα ανατολικά.

Τα επιστύλια τοποθετούνταν ανά τρία, ώστε να φορτίζεται το κιονόκρανο σταθερά και ομοιόμορφα. Καταρχήν τοποθετούνταν το εξωτερικό, οπότε γινόταν ο έλεγχος των κλίσεων της πρόσοψης του και οι κατάλληλες εξομαλύνσεις για την καλύτερη πρόσφυση του στο κιονόκρανο. Στο ανατολικότερο διάκενο τοποθετήθηκαν πρώτα το μεσαίο επιστύλιο με απλούς ιμάντες, κατόπιν σε καταφραγή, το εσωτερικό, (Εικ.19) και τέλος και πάλι σε καταφραγή τοποθετήθηκε το τελευταίο εξωτερικό επιστύλιο. Στην τοποθέτηση των πλινθίδων σε καταφραγή χρησιμοποιήθηκε σύστημα δύο μεταλλικών Π σε συνδυασμό με μεταλλική δοκό στην άνω έδρα του επιστυλίου και περίδεση με ισχυρούς ιμάντες.

Εικ.. 18. Τοποθέτηση τελευταίου εξωτερικού επιστύλιου της βόρειας κιονοστοιχίας (καταφραγή) τον Σεπτέμβριο 2009 (φωτ. της συγγραφέως).

Εικ. 19. Τοποθέτηση τελευταίου εσωτερικού επιστύλιου (καταφραγή) της βόρειας κιονοστοιχίας. (φωτ. της συγγραφέως).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η τοποθέτηση των εξωτερικών πλινθίδων των επιστυλίων ξεκίνησε από το 11^{ο} διάκενο. Στη γειτνίαση του με το 12^{ο} εξωτερικό επιστύλιο, λόγω της παραμόρφωσης του θριγκού, ανάλογης με αυτήν των κατά χώραν κιόνων, παρέμεινε οδόντωση, ως υπενθύμηση του ορίου του

κατά χώραν με το αναστηλωμένο τμήμα[20]. Η διαφορά ανάμεσα στο πρόσωπο των δύο επιστυλίων είναι 2,5 εκατοστά περίπου, λίγο μεγαλύτερη από την παρατηρούμενη μετακίνηση προς βοοράν των κιόνων, εκατέρωθεν της μεσαίας περιοχής και λόγω της έκρηξης (~1 εκατοστό). Προφανώς λόγω του ύψους του κτηρίου και του λιγότερου φορτίου πάνω από τα επιστύλια, αλλά και της ελευθερίας κινήσεων λόγω της έλλειψης της στέγης, η μετακίνηση του επιστυλίου υπήρξε μεγαλύτερη[21].

Η προσαρμογή των επιστυλίων πάνω στα κιονόκρανα επιτυγχανόταν με την απότριψη των νέων συμπληρωμάτων, στα οποία είχε αφεθεί ελαφρύ άπεργο, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη κλίση των προσόψεων των επιστυλίων, το ορθό ύψος τους και η καλύτερη δυνατή επαφή με το κιονόκρανο. Ευτυχές θεωρείται το γεγονός ότι βόρεια τμήματα των αβάκων των κιονοκράνων όπως και πολλά από τα κάτω τμήματα των επιστυλίων αποτελούνταν ως επί τω πλείστων από νέα συμπληρώματα, τα οποία μπορούσαν μα απομειωθούν όσο χρειαζόταν για την τέλεια πρόσφυση. Ο έλεγχος της πρόσφυσης ελεγχόταν με 'βάψιμο' μίας εκ των επιφανειών ώσεως με πηλό, όποτε η δοκιμαστική τοποθέτηση άφηνε ίχνη χρώματος στην μη 'βαμμένη' επιφάνεια. Τα ίχνη αυτά τριβόντουσαν με τριβείο ή με λεπτά παραδοσιακά εργαλεία. Έτσι, η τελική τοποθέτηση των επιστυλίων ακολουθούσε πλείστες δοκιμαστικές τοποθετήσεις. Εκτός από τις κλίσεις και τις αποστάσεις των προσόψεων, τις επαφές των αρμών ώσεων μεταξύ των γειτονικών επιστυλίων, οι οποίες γινόταν προσπάθεια να είναι όσο πιο ερμητικά γινόταν, ελέγχονταν και οι κλίσεις των άνω εδρών, ώστε ο ανώτερος θριγκός να έχει το ορθό υπόβαθρο προσαρμογής.

Οι αρμοί ώσεως των επιστυλίων ήταν ένα από τα σημεία, στα οποία δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή κατά την ανατοποθέτηση. Οι άνω εξωτερικές γωνίες των πλινθίδων με τους νέους, συνήθως, ημικανόνες, οι οποίοι είχαν κατεργαστεί σχεδόν πλήρως εκ των προτέρων, προφυλάσσονταν με λεπτό φύλλο μολύβδου. Τα νέα αυτά συμπληρώματα διατηρούσαν ένα μικρό άπεργο, το οποίο αφαιρέθηκε κατά την τοποθέτηση, αφού μετρήθηκε ακριβώς η τελική κλίση των επιφανειών και έγιναν πλείστες δοκιμαστικές τοποθετήσεις (Εικ. 20). Στόχος ήταν ή όσο το δυνατόν καλύτερη πρόσφυση των αρμών ώσεως μεταξύ των πλινθίδων των επιστυλίων. Η τελική εξομάλυνση και η αφαίρεση του ελάχιστου τελικού απέργου, αφαιρέθηκαν μετά την τελική τοποθέτηση των επιστυλίων (Εικ. 21).

Η τελική λάξευση των νέων συμπληρωμάτων του 10ου και 11ου κίονα, επίσης ολοκληρώθηκαν με το πέρας του 3ου κοινοτικού πλαισίου στο τέλος του 2009 (Εικ. 22).

[20] Παρόλη τη διαφωνία του Ν. Τογανίδη, ο οποίος θεωρούσε ότι έπρεπε το αναστηλωμένο επιστύλιο να ακολουθήσει την πρόσοψη του κατά χώραν, χωρίς οδόντωση.

[21] Και θα ήταν πιθανώς πολύ περισσότερη, εάν το 11ο επιστύλιο είχε γομφωθεί με δευτερεύοντα γόμφο στο 12ο κιονόκρανο. Όπως και οι υπόλοιπες δύο πλινθίδες του 11ου διάκενου, παρέμειναν, για άγνωστο λόγο, αγόμφωτες στο 12ο κιονόκρανο, στοιχείο που διευκόλυνε την κατάρρευση, αλλά πιθανώς και γι αυτό το λόγο το σημείο αυτό υπήρξε και το όριο της κατάρρευσης κατά την έκρηξη (Λαμπρινού 2005, 142).

Εικ. 20. Τελευταίες μετρήσεις για την τελική προσαρμογή των διαδοχικών επιστυλίων. Αρμοί ώσεως. (φωτο Α. Παπανδρόπουλος).

Εικ. 21. Τελικές διορθώσεις στους διαδοχικούς κανόνες των επιστυλίων (φωτο της συγγραφέως).

Εικ. 22. Τελική λάξευση των νέων συμπληρωμάτων των σπονδύλων (φωτο της συγγραφέως).

6. Αριθμός αναστηλωμένων μελών

Τα μέλη της κιονοστοιχίας και της ζώνης του επιστυλίου που αναστηλώθηκαν από τον Ιούλιο του 2004 έως τον Σεπτέμβριο του 2009 (5 χρόνια) είναι τα εξής:

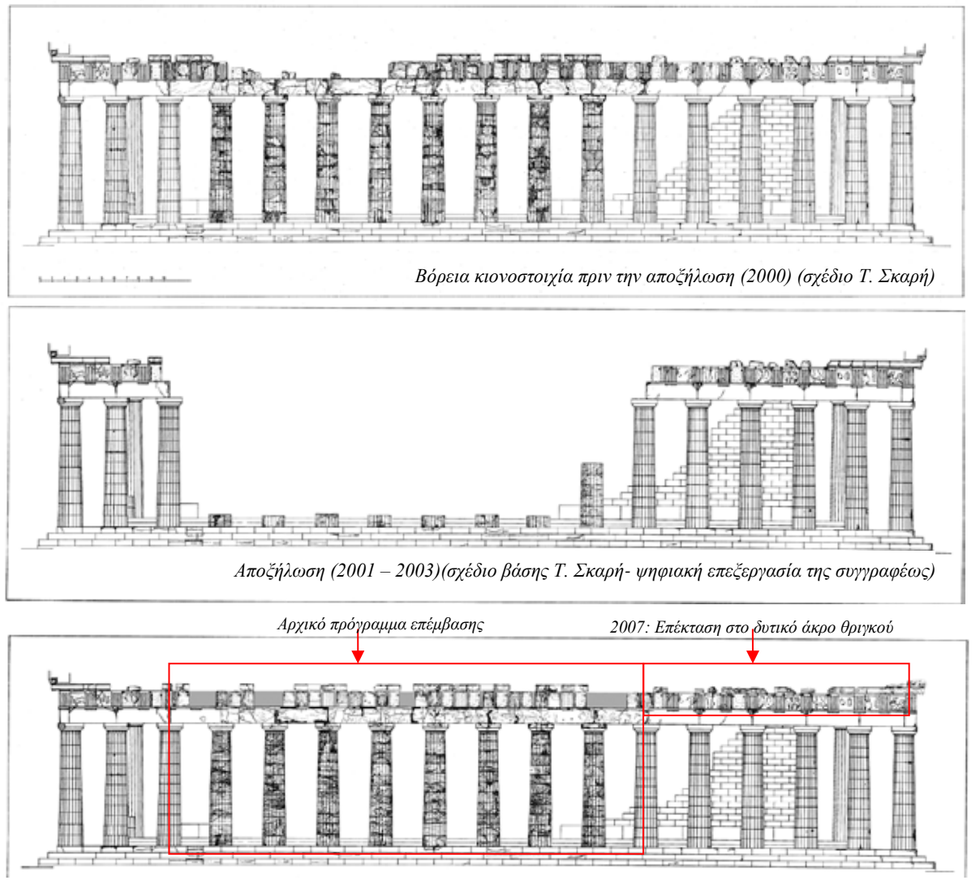
83 σπόνδυλοι × 7,5 τόνους = 622,5 τόνοι

8 κιονόκρανα × 9 τόνους = 72 τόνοι

27 επιστύλια × 9,5 τόνους = 256,5 τόνοι

Σύνολο = 108 μέλη και 1.450 τόνοι μαρμάρου.

Το πρόγραμμα τελείωσε με τη φωτογραμμετρική αποτύπωση της βόρειας πλευράς. Η απόδοση των ορθοφωτομωσαϊκών των κιόνων δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμα (Εικ. 23).



Βόρεια κιονοστοιχία πριν την αποξήλωση (2000) (σχέδιο Τ. Σκαρή)

Αποξήλωση (2001 – 2003)(σχέδιο βάσης Τ. Σκαρή- ψηφιακή επεξεργασία της συγγραφέως)

Βόρεια κιονοστοιχία μετά την αποκατάσταση (2009) (σχέδιο βάσης Τ. Σκαρή, Κ. Ματάλα, Α. Παπανδρόπουλος, ψηφιακή επεξεργασία - συρραφή της συγγραφέως)

Εικ. 23. Αποξήλωση (2001-2003) - Αποκατάσταση βόρειας πλευράς (2004-2009).

7. Επίλογος

Η ανατοποθέτηση της βόρειας κιονοστοιχίας ήταν ένα μεγάλο μάθημα πάνω σε θέματα ιστορίας του μνημείου, αναστήλωσης και πρακτικής της υλοποίησης μιας ανα-ανακάλυψης της κατασκευής του τμήματος αυτού του κτηρίου (Εικ. 24). Ήταν ένα μεγάλο μάθημα αναγκαστκής, ή αυτονόητης συνεργασίας, ένα μεγάλο μάθημα, συχνά αποδοχής της βαθύτερης αδυναμίας κατανόησης ενός ιδιαίτερα πολύπλοκου μνημείου. Η επιτυχία αυτής της προσπάθειας θα κριθεί και πάλι στο μέλλον[22].

Εικ. 24. Τελική μορφή της βόρειας κιονοστοιχίας (φωτο της συγγραφέως).

[22] Θα ήθελα να αναφερθώ στο εξαιρετικό συνεργείο των μαρμαράδων που ολοκλήρωσε τη μαρμαρική δουλειά της αποκατάστασης των μελών με μεγάλη φιλοτιμία και τέχνη: ο Θανάσης Ψιλόπουλος, ο Δημήτρης Γαβαλάς, ο Γιώργος Σκαλκώτος, ο Αντρέας Τζωρτζινάκης και τόσοι άλλοι, πρωτοστατούντος του Στέλιου Καφούρου και του Γιώργου Αγγελόπουλου. Επίσης, στο συνεργείο της βόρειας κιονοστοιχίας, το οποίο αποξήλωσε, μετέφερε και ανατοποθέτησε τα μέλη κάνοντας ενδιάμεσα δεκάδες μετακινήσεις, δοκιμές, ανατροπές, και μικρομετακινήσεις των σπονδύλων και των βαρύτατων επιστυλίων, χωρίς να αποκολλήσει ούτε μία φλούδα από τα ταλαιπωρημένα μέλη της βόρειας πλευράς. Το συνεργείο της *"βόρειας"* δούλεψε με αφοσίωση, φιλοτιμία και θετική διάθεση, όλα τα χρόνια της αναστήλωσης: ο γερανίστας Κώστας Ραχούτης με τόλμη και επιδέξιους ελιγμούς, ο Δημήτρης Μαστορόπουλος με ευστροφία και επιμονή, ο Σπύρος Αγγελόπουλος με μαθηματική γρηγοράδα, ο Μιχάλης Γάσπαρης με τόλμη και προθυμία, ο Κάρολος Μέγκουλας με τέχνη και υπομονή, ο Θοδωρής Γρέκας, ο Μάκης Χονδρογιάννης, ο Δημήτρης Φώσκολος, ο Βασίλης Βελονάς, ο Γιάννης Φακάζης και όλοι οι υπόλοιποι που κατά καιρούς βοήθησαν στην ανατοποθέτηση. Στο έργο της βόρειας κιονοστοιχίας το συνεργείο της ανατοποθέτησης είχε στόχο, σύμπνοια και αλληλοϋποστήριξη, ανάλογη με μια μεσαιωνική συντεχνία μαστόρων και αυτός είναι ο βασικός λόγος της επιτυχούς ολοκλήρωσης του έργου του. Τους ευχαριστώ όλους τους.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ζάμπας 2002 Ζάμπας, Κ. *Οι εκλεπτύνσεις των κιόνων του Παρθενώνος,* Αθήνα 2002.

Λαμπρινού 2002 Λαμπρινού, Λ. "Ο θριγκός της βόρειας Όψης του Παρθενώνα: ταύτιση μελών και ανατοποθέτηση κιονοκράνων και επιστυλίων", στα *Πρακτικά 5ης διεθνούς Συνάντησης για την Αποκατάσταση των Μνημείων Ακροπόλεως*, Αθήνα 4-6.10.2002, 195-208.

Λαμπρινού 2005 Λαμπρινού, Ε. *Αναδιάταξη Μελών Βόρειας Κιονοστοιχίας: Κίονες, Κιονόκρανα, Επιστύλια*, Αδημοσίευτη μελέτη ΥΣΜΑ, Αθήνα, Νοέμβριος 2005.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Penrose 1888 Penrose, F. C. *An Investigation of The Principles of Athenian Architecture*, London, 1851/1888.

4.3.3.2. RESETTING OF COLUMNS AND ARCHITRAVES OF THE NORTH COLONNADE

Lena Lambrinou

Architect-Engineer, Archaeologist, MA University of York, Acropolis Restoration Service

Abstract

The resetting of the north colonnade began in July, 2004 and was completed in September, 2009. The procedure began with the 11th column, while the 3rd interval was the last one to be filled with the resetting of the last three blocks of the architrave. The outer and inner architrave blocks were set as a blockade. The daily progress of the project was recorded in work logs and charts to allow monitoring of the restoration of the architectural members. Line drawings were based on the conventional method, while a photogrammetric technique by means of orthophotomosaics was employed for survey of the area after the intervention by layers had been completed.

The final setting of the columns was done in accordance with a procedure of inspections to ensure the correctness of the outcome, which involved inspection of the adjacencies of the column drums and of the concordance of the flutes of adjacent drums. The final setting of the columns and the column capitals was always inspected in relation to the axes of the base of the column, which had been set in place based on the distance form the north façade of the stylobate.

The architraves were set in relation to the column capitals and, with regard to their base, they were also placed according to the façade of the stylobate - in relation to an actual straight line formed by slabs which constituted the limit of their base. The fitting of the architraves and the inspection of the tilt of their façade followed the process of smoothing over the new fillers, in order to achieve greater adhesion between the architraves and the column capitals. The inspection of the correctness of the adjacencies pertained not only to the half-regulae at the edges of the architraves, but also to the ancient mortises where the bronze shields were once securely fixed. These mortises, having been chiseled afterwards into the rising joints of the architraves, constituted an identification criterion, as well as a criterion for the verification of the correctness of the selected adjacencies.

List of Figures

Fig. 1. Monthly chart of analytical monitoring and programming of work on the north colonnade for January 2008, p. 1 (Created by: L. Lambrinou).

Fig. 2. Outlined in pencil is an area with a slight bulging around a crack on the upper face of a column drum (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 3. Inspection of the matching of the flutes of adjacent column drums with thin measuring bars during resetting (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 4. Resetting of column drums with straps (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 5. Inspection of the position of a column drum in relation to the underlying drum, using thin metallic setting bars with metallic gaskets, in order to avoid the high relief (Alto-relievo) new additions in between (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 6. Inspection of the position of a reset column drum, using weights, relative to the longitudinal axis of the column (Photo - Sketch: L. Lambrinou).

Fig. 7. Minor shifting of a column drum, using the bell-shaped grab in the mortises created by Balanos for the bell-shaped grab (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 8. Measuring with a stainless calibrated measuring bar, metallic compasses, metallic fluting profiles/templates and a one-legged compass (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 9. Measuring with a metallic caliper with extensions, especially especially suited to measuring column capitals (Photo - Sketch: L. Lambrinou).

Fig. 10. Measuring diameters of column drums with a stainless steel calibrated measuring bar (Photo - Sketch: L. Lambrinou).

Fig. 11. Adjacency measuring bars on the joint of the perimetric fluting (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 12. Titanium plate in ring form, 44 cm wide, with adjustable thickness of 0-8 mm (Drawing: L. Lambrinou).

Fig. 13. Electric cutting machine for the formulation of flutes - with a circular horizontal profile - on the new additions made for column drums (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 14. Chiseling of the remaining apergon (unworked surface) of the new additions of the drums (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 15. Dionysos marble quarry and new blocks of marble intended for the additions in the members of the north colonnade (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 16. New capital and column drum that replace the missing members currently held at the British Museum (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 17. Representation of ancient shields on the northern architraves.

Fig. 18. Setting of the last outer architrave of the north colonnade in September 2009. (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 19. Setting of the last inner architrave of the north colonnade (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 20. Last measurements for the final adjustment of the successive architraves. Rising joints (Photo: A. Papandropoulos).

Fig. 21. Final adjustments to the successive regulae of the architraves (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 22. Final chiseling of new marble additions for column drums (Photo: L. Lambrinou).

Fig. 23. Disassembly (2001-2003) - Restoration of the north side (2004-2009).

Fig. 24. Final form of the north colonnade (Photo: L. Lambrinou).

4.3.3.3. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΘΡΙΓΚΟΥ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΣΤΑΣΗΣ (2005- 2006)

Ροζαλία Κ. Χριστοδουλοπούλου
Αρχιτέκτων Μηχανικός, ΥΣΜΑ

1. Εισαγωγή

Όπως ήδη αναφέρθηκε και στη παρουσίαση του αντικειμένου της μελέτης αναστήλωσης του ανώτερου θριγκού της βόρειας περίστασης, τα προς αποκατάσταση μέλη διακρίνονταν σε δύο ομάδες. Τα αποδοσμένα καταβιβασθέντα με την αποξήλωση των επεμβάσεων Μπαλάνου μέλη και τα αποδοσμένα διάσπαρτα, τα περισσότερα των οποίων συναρμόζονταν από περισσότερα του ενός θραύσματα. Η πρώτη ομάδα, εκτός των πρωτογενών φθορών λόγω της αρχαίας πυρκαγιάς, της καταπόνησης εξαιτίας των αρχαίων συνδετηρίων και της πτώσης από την έκρηξη, είχε υποστεί και δευτερογενείς φθορές εξαιτίας των επεμβάσεων Μπαλάνου,[1]. Η δεύτερη ομάδα διατηρούσε τις πρωτογενείς φθορές και πιθανότατα ελάχιστες επιπλέον, εξαιτίας επανάχρησης των θραυσμάτων ως οικοδομικού υλικού[2].

Εξεταζόμενα ανά είδος, τα μέλη που είχαν τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε συμπλήρωση και ενίσχυση με οπλισμό ήταν τα γείσα, τα οποία είχαν υποστεί αφενός μεν τις μεγαλύτερες φθορές -ήδη πριν την έκρηξη του 1687 και την πτώση τους[3] ,κυρίως λόγω του διμερούς εύκολα διασπώμενου στερεού τους- και αφετέρου τις μεγαλύτερες επεμβάσεις για να καταστούν αξιοποιήσιμα κατά την αναστήλωση Μπαλάνου. Αντίθετα τα διαζώματα, οι τρίγλυφοι και οι λίθοι πληρώσεως λόγω του συμπαγούς στερεού τους είχαν υποστεί μικρότερες απώλειες υλικού περιμετρικά του όγκου εξαιτίας της πτώσης, αλλά και ρηγματώσεις και θραύσεις, εξαιτίας των επεμβάσεων Μπαλάνου με αποτμήσεις τμημάτων τους και τοποθέτηση συνδετηρίων (Τουμπακάρη 2007).

Η δομική αποκατάσταση της δεύτερης ομάδας, που έως την αναλυτική μελέτη απόδοσης του 2005, αποτελείτο ουσιαστικά από αποδοσμένα γείσα[4], είχε ξεκινήσει από το 1996 με συγκολλήσεις των αποδοσμένων θραυσμάτων μεταξύ τους (Εικ. 1). Κατά το πρώτο διάστημα της δεύτερης φάση των εργασιών (2004-2005) και μετά τον καθαρισμό των μελών της πρώτης ομάδας των καταβιβασθέντων μελών από τα ξένα στοιχεία (συνδέσμους, κονιάματα, ξένα συμπληρώματα) λόγω

[1] Βλ. Ε.-Ε. Τουμπακάρη : «Μελέτες και έρευνες για τη δομική αποκατάσταση της δωρικής ζωφόρου και των γείσων της βόρειας κιονοστοιχίας του Παρθενώνος (2004-2007)» στο παρόν, όπου οι ζημιές αυτές παρουσιάζονται αναλυτικά.

[2] Όπως απολάξευση της «πλάτης» της μασχαλιαίας εγκοπής σε διάσπαρτα διαζώματα (208, α1715+α1516).

[3] Κατά την αρχαία πυρκαγιά του 3ου μ.Χ. αιώνα όπου τα πρόσθια τμήματα κατέπεσαν και διατηρήθηκαν οι ουρές καταπονημένες από τη θερμική καύση.

[4] Ζάμπας 2002α, 122.

του πιεστικού χρονοδιαγράμματος, ξεκίνησε η αποκατάσταση με μικρές συμπληρώσεις - λόγω της ευκολίας εξεύρεσης μαρμάρου - που σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να μην ήσαν και απαραίτητες, όπως αποδείχθηκε από την αρχιτεκτονική μελέτη αναδιάταξης και τη στατική μελέτη που εκπονούνταν εκ παραλλήλου[5] ή ακόμα και άκαιρες, όπως σε περιπτώσεις μελών που τελικά αποδόθηκαν στην νότια πλευρά.

Εικ. 1-2. Το διάσπαρτο γείσο 278 συναρμοσμένο από τέσσερα θραύσματα, πριν και μετά τις εργασίες της 2ης φάσης αποκατάστασης των μελών του ανώτερου θριγκού (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου - αρχείο ΥΣΜΑ).

2. Γενικές παραδοχές για τη συμπλήρωση των αρχιτεκτονικών μελών

Σύμφωνα με τις βασικές αρχές προσθήκης νέου υλικού στην αποκατάσταση του ανώτερου θριγκού της βόρειας πλευράς του Παρθενώνα (Χριστοδουλοπούλου 2005) συμπληρώματα θα τοποθετούνταν στα προς αποκατάσταση μέλη, με μοναδικό ουσιαστικά στόχο την ασφαλή έδραση των ιδίων των μελών, όπως και των υπερκείμενων τους επ' αυτών. Και αναφέρεται ο στόχος αυτός ως μοναδικός, γιατί όπως κατέδειξαν και οι στατικές μελέτες η ικανότητα των συμπληρωμάτων σε περιοχές σύνδεσης με τα υπερκείμενα ή περιμετρικά μέλη να δεχθούν τις τάσεις των νέων συνδετηρίων, στις περισσότερες των περιπτώσεων αποδείχτηκε ελάχιστη. Ας σημειωθεί ότι στην αναστηλωμένη από τον Μπαλάνο πρόσθια στρώση, τα μέλη δεν εδράζονταν ούτε παρελάμβαναν φορτία αυτοτελώς, αλλά αποτελούσαν τμήματα-λίθους ενός κτισμένου τοιχοπετάσματος (Εικ. 2, «Η μελέτη αναστήλωσης του ανωτέρου θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα», στο παρόν)

Με την αποκατάσταση λοιπόν της ασφαλούς έδρασης αλλά και της φέρουσας δυνατότητας ενός εκάστου των μελών επιτυγχάνεται η βασικότερη από τις αναστηλωτικές αρχές που εφαρμόζονται στα μνημεία της Ακρόπολης, η αποκατάσταση του αρχαίου δομικού συστήματος.

[5] Την στατική επίλυση των μελών είχε αναλάβει η πολ. Μηχανικός Ε.-Ε.Τουμπακάρη, ενώ ελάχιστα μέλη -κυρίως τριγλύφους και λίθους πληρώσεως- μελέτησε η πολ. Μηχανικός Μ. Μεντζίνη & Α. Βρούβα. Την επίβλεψη των εργασιών αποκατάστασης είχε επίσης κατά το 2005 η γράφουσα, από το 2005 έως τον Σεπτέμβριο 2007 η Ε.-Ε.Τουμπακάρη και μετά το 2007 ο προϊστάμενος του τεχνικού γραφείου Ν. Τογανίδης.

Στη σειρά των διαζωμάτων, σύμφωνα με την αρχή της πλήρους αποκατάστασης του εσωτερικού μετώπου της δωρικής ζωφόρου[6], προτάθηκε η συμπλήρωση όλων των αποτετμημένων μελών, κυρίως στη άνω περιοχή τους, ώστε να εδρασθούν ασφαλώς και να γομφωθούν τα υπερκείμενα γείσα, αλλά και να συνδεθούν τα μέλη μεταξύ τους, όπως και με τα πρόσθια μέλη της στρώσης, που παρέμεναν αγόμφωτα.

Στις τριγλύφους και λίθους πληρώσεως οι συμπληρώσεις αφορούσαν σε ελλείποντα τμήματα της άνω επιφάνειας, ώστε πρωτευόντως να εδράζονται ασφαλώς και να γομφώνονται τα γείσα - με δεδομένη την απουσία των μετοπών - και δευτερευόντως τα μέλη να συνδέονται με τα περιμετρικά τους. Επιπλέον θα συμπληρώνονταν στις κάτω επιφάνειες, όπου ήταν απαραίτητο, για την ασφαλή έδραση τους. Εννοείται ότι στις περιπτώσεις απότμησης των μελών καθ' ύψος από τον Μπαλάνο, αυτά θα συμπληρώνονταν στο αρχικό τους ύψος.

Στα γείσα οι συμπληρώσεις αφορούσαν στα ελλείποντα τμήματα λόγω φυσικής θραύσης ή απότμησης από τον Μπαλάνο, στα κενά μεταξύ των συναρμοσμένων διασπάρτων θραυσμάτων και πρωτίστως στις «ουρές» που εξέλειπαν από όλα σχεδόν τα μέλη και ήσαν απαραίτητες, ως «αντίβαρα», για την ευσταθή έδραση των μελών επί της δωρικής ζωφόρου[7]. Τις περισσότερες φορές τα συμπληρώματα της άνω απομειωμένης από τη θερμική καύση επιφάνειας - απαραίτητα για τη σύνδεση των μελών μεταξύ τους - ενοποιούνταν με την νέα «ουρά» (Εικ. 2).

3. Ομαδοποίηση των αρχιτεκτονικών μελών ανάλογα με τις ανάγκες αποκατάστασης (συμπλήρωσης)

Στη στρώση των διαζωμάτων τα συμπληρώματα που προτάθηκαν διακρίνονταν σε:

Α. συμπληρώματα όλης της άνω περιοχής (πλάτη μασχαλιαίας εγκοπής), σε περιπτώσεις που ήταν αποτετμημένη μερικά ή συνολικά από τον Μπαλάνο (14060, 14066, 14070, 14074) ή λόγω επανάχρησης (διάσπαρτα 208, α1715+α1516), ώστε να εδρασθούν ασφαλώς και να γομφωθούν[8] τα υπερκείμενα γείσα, να συνδεθούν μεταξύ τους τα ίδια τα μέλη, όπως και με τα πρόσθια μέλη της στρώσης.

Β. συμπληρώματα της άνω περιοχής (πλάτη μασχαλιαίας εγκοπής) στις περιοχές των συνδέσμων, σε περιπτώσεις θραύσης, ώστε πρωτευόντως να εδρασθούν ασφαλώς τα υπερκείμενα γείσα και δευτερευόντως να συνδεθούν μεταξύ τους τα μέλη (14061, 14063, 14065, 14067, 14071, 14076, 12380) (Εικ. 3, 4).

[6] Βλ. «Η μελέτη αναστήλωσης του ανωτέρου θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα», στο παρόν.

[7] Ως γνωστόν, ο Μπαλάνος είχε χυτεύσει τις ουρές από οπλισμένο σκυρόδεμα και δεν είχε στερεώσει τα μέλη με ειδικά μεταλλικά συνδετήρια, όπως στη περίπτωση του γείσου 14006 και περιπτώσεις γείσων στη δυτική πλευρά.

[8] Σε μερικές περιπτώσεις τα γείσα δεν γομφώθηκαν στα διαζώματα αλλά στερεώθηκαν με συνδετήρια στην εσωτερική πλευρά τους (βλ. Παρουσίαση συνδετηρίων από Α. Βρούβα).

Γ. συμπληρώματα της κάτω περιοχής στις γωνίες έδρασης, σε περιπτώσεις θραύσης, ώστε να εδρασθούν και να γομφωθούν ασφαλώς στα υποκείμενα επιστύλια (14076, 14065, 14074, 208).

Δ. συμπληρώματα του μέλους κατά το ήμισυ, σε περιπτώσεις διασπάρτων εντασσόμενων στο μνημείο (α1715+α1516, 1586, 12380).

Εικ. 3. Εκμαγεία συμπληρωμάτων στο διάζωμα 14067 (φωτ. Αρχείο ΥΣΜΑ).

Εικ. 4. Συγκόλληση συμπληρωμάτων στο 14063 (φωτ. Αρχείο ΥΣΜΑ).

Εικ. 5. Η τρίγλυφος 14049 με συγκολλημένο το αποδοσμένο θραύσμα μηρού (φωτ. Αρχείο ΥΣΜΑ).

Εικ. 6. Η τρίγλυφος 14047 με συγκολλημένο το συμπλήρωμα της άνω επιφάνειας (φωτ. Αρχείο ΥΣΜΑ).

Στις τριγλύφους τα ελάχιστα συμπληρώματα τοποθετήθηκαν σε :

Α. γωνίες έδρασης, ώστε να εδρασθούν ασφαλώς στα επιστύλια (14049) (Εικ. 5).

Β. στην άνω επιφάνεια σε μεγάλη έκταση (14047) και σε γωνίες (14051, 14036) σε περιπτώσεις φυσικής θραύσης, για να εδρασθούν τα γείσα (Εικ. 6). Σε τριγλύφους συγκολλήθηκαν και αρχαία αποδοσμένα θραύσματα (14049, 14034) και επανασυγκολλήθηκαν αρχαία τμήματα (14057).

Εικ. 7. Ο λίθος πληρώσεως 14035 αμέσως μετά τη καταβίβαση του (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 8. Ο λίθος πληρώσεως 14046 μετά την αφαίρεση πρόσθετων στοιχείων (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 9. Ο λίθος πληρώσεως 14039 κατά τη συγκόλληση του άνω συμπληρώματος (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 10. Λήψη εκμαγείου της ουράς του γείσου 285 (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Στους λίθους πληρώσεως συμπληρώματα προστέθηκαν μόνο:

Α. στα κάτω μέρη αποτετμημένων από τον Μπαλάνο μελών ή μελών συναρμοσμένων από άσχετα τμήματα (14035, 14046, 14039, 14044) (Εικ.8)

Β. στην άνω επιφάνεια μελών σε μεγάλη έκταση (14056, 14039, 14054) και σε γωνίες (14035, 14046, 14044) για την ασφαλή έδραση των υπερκείμενων γείσων ή τη σύνδεση με τα περιμετρικά μέλη (Εικ. 9).

Ειδικότερα όσον αφορά στη συμπλήρωση των γείσων, ανάλογα με τη θέση και τον αριθμό των συμπληρωμάτων αλλά και των αρχαίων θραυσμάτων που θα τα υποδέχονταν, τα μέλη αυτά διακρίνονταν σε πολλές περιπτώσεις, που συσχετίζονταν άμεσα και με τη σειρά συγκόλλησης[9].

Α. Συγκόλληση δύο αρχαίων μερών κατά πλάτος και συμπλήρωμα κατά πλάτος, για τη διαμόρφωση του πρόσθιου τμήματος. Προσθήκη «ουράς» (14002, 14005, 14014, 14011[10]) (Εικ.18, 19).

Β. Συγκόλληση τριών αρχαίων μερών κατά πλάτος και συμπλήρωμα κατά πλάτος, για τη διαμόρφωση του πρόσθιου τμήματος. Προσθήκη «ουράς» (288+α1450+306).

Γ. Συγκόλληση δύο αρχαίων μερών κατά πλάτος, για τη διαμόρφωση του πρόσθιου τμήματος. Προσθήκη «ουράς» (14001, 285+160+285α) (Εικ. 10)

Δ. Συγκόλληση τριών αρχαίων μερών κατά πλάτος για τη διαμόρφωση του πρόσθιου τμήματος. Προσθήκη «ουράς» (14007, 14012+14015+ν2010)

Ε. Ενίσχυση πρόσθιου τμήματος με οπλισμούς εξασφάλισης. Προσθήκη «ουράς» (269, 14004, 14006[11], ΒΓ2)

ΣΤ. Συγκόλληση δύο/τριών αρχαίων μερών κατά μήκος, για τη διαμόρφωση του πρόσθιου τμήματος. Προσθήκη «ουράς» (283+293+β243)

Ζ. «Κτίσιμο» θραυσμάτων για τη διαμόρφωση του πρόσθιου τμήματος. Προσθήκη «ουράς» (286+α1783+αν, 278+α1129+α1134) (Εικ.1,2)

Η. Ακέραιο πρόσθιο τμήμα. Προσθήκη «ουράς» (289, 270).

4. Η διαδικασία αποκατάστασης των μελών, η διαμόρφωση γλυπτικών επιφανειών.

Μετά το επίπονο έργο της διάλυσης των ανασυντεθειμένων από τον Μπαλάνο μελών, και το διαχωρισμό των αυθεντικών αρχαίων τμημάτων τους από τα συμπληρώματα αρχαίου υλικού (μάρμαρο, πωρόλιθος) ή οπλισμένου σκυροδέματος (Εικ. 7, 8), έπρεπε να γίνει η συναρμογή των καθαρών πλέον τμημάτων (Εικ. 11, 12, 13, 14), η αποτύπωση του συνόλου στις τελικές διαστάσεις[12] και η μελέτη των οπλισμών συγκόλλησης. Επιπλέον έπρεπε να ληφθούν αποφάσεις για την

[9] Βλ. Ε.-Ε.Τουμπακάρη «Το έργο δομικής αποκατάστασης των ανώτερων στρώσεων του θριγκού της κιονοστοιχίας (2004-2007)» στο παρόν.

[10] Τοποθέτηση οπλισμών εξασφάλισης και όχι συγκόλλησης μεταξύ των δύο αρχαίων μερών.

[11] Και προσθήκη συμπληρώματος πάνω από πρόσθιο τμήμα.

[12] Στα μέλη που ουσιαστικά έπρεπε να «κτισθούν» από θραύσματα, πολλά εκ των οποίων δύσκολα στερεώνονταν στη τελική τους θέση, η πρώτη αποτύπωση δεν ήταν απολύτως ακριβής και συμπληρώθηκε μετά την αποκατάσταση των μελών.

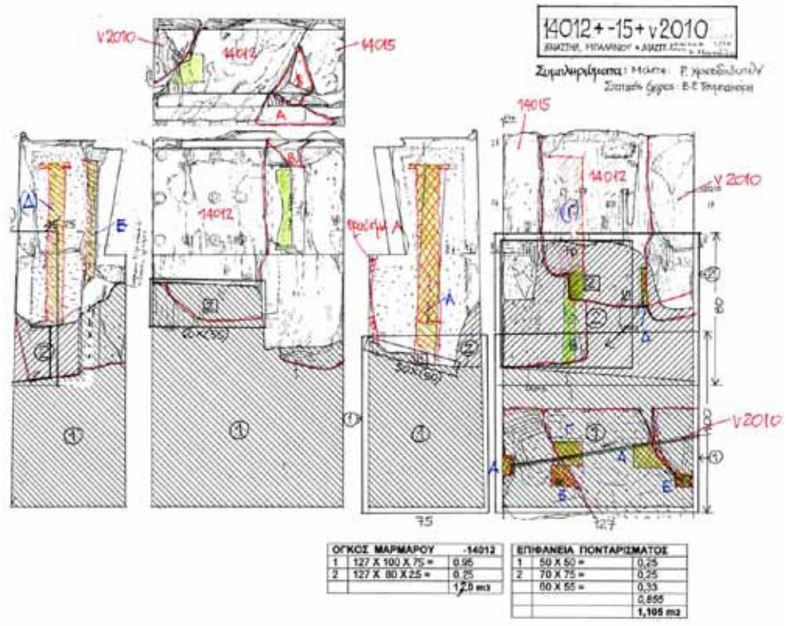
αναγκαιότητα και την έκταση των συμπληρωμάτων από νέο μάρμαρο, και το κυριότερο, να αποφασισθεί η σειρά συγκόλλησης αρχαίων θραυσμάτων και συμπληρωμάτων, έτσι ώστε το σταδιακό «κτίσιμο» κάθε μέλους να μπορεί να υλοποιηθεί σύμφωνα με τη στατική μελέτη αποκατάστασης (Εικ. 15). Ακολουθούσε η κατεργασία των επιφανειών θραύσης (Εικ.13), που σε πολλές περιπτώσεις ήταν έντονα αποφλοιωμένη, η λήψη εκμαγείων των συμπληρωμάτων (Εικ. 3, 10) και το στήσιμο για το ποντάρισμα τους σε νέο μάρμαρο. Σε περιπτώσεις μικρών κενών μεταξύ των θραυσμάτων ή εντορμιών που έπρεπε να πληρωθούν, αλλά δεν ήταν δυνατόν να εντεθεί μάρμαρο (Εικ.12), χρησιμοποιείτο ειδικό χονδρόκοκκο τσιμεντοκονίαμα.

Εικ. 11. Η συναρμογή του 1412 με δύο επιπλέον αποδοσμένα θραύσματα (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 12. Η συναρμογή του θραυσμάτων του 14007 (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 13-14. Το γείσο 14014 συναρμολογημένο από τα θραύσματα του (πίσω όψη) και «στημένο» με πήχεις κατά τη διάρκεια συμπλήρωσης (φωτ. Αρχείο ΥΣΜΑ).

Ειδικότερα στις προαναφερθείσες περιπτώσεις συμπλήρωσης των γείσων πρωταρχική επιλογή υπήρξε η ανασύσταση του πρόσθιου τμήματος - με τη σταδιακή συγκόλληση αρχαίων θραυσμάτων και μικρών συμπληρωμάτων μεταξύ τους ή το κτίσιμο των θραυσμάτων μέσω βλήτρων σε διάφορες κατευθύνσεις (Εικ. 14). Κατόπιν η διαμόρφωση του οπισθίου τμήματος σε νέο μάρμαρο, συνήθως σε δύο τμήματα κατά μήκος, λόγω της δυσκολίας συναρμογής και συγκόλλησης ενός μονοκόμματου συμπληρώματος (Εικ. 19). Το «στήσιμο» των πολυθρυμματισμένων τμημάτων και η πλήρης συναρμογή τους (Εικ.15), ώστε τα εκμαγεία και οι συγκολλήσεις να εκτελεστούν με μεγάλη ακρίβεια, απαιτούσαν κάθε φορά και διαφορετικούς τρόπους στερέωσης και εξασφάλισης (Εικ. 13, 14).



Εικ. 15. Σκαρίφημα εργασίας για τη συμπλήρωση του γείσου 14012 (σχ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Επιπλέον, η τρισδιάστατη αποτύπωση των θραυσμάτων με συμβατικά μέσα και η ηλεκτρονική σχεδίαση στο πρόγραμμα Autocad, ώστε να μελετηθεί η σειρά συναρμογής και να διευκολυνθεί η στατική μελέτη συγκόλλησης, αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρονοβόρα, πρόβλημα που θα αντιμετωπιζόταν αργότερα με την τρισδιάστατη σάρωση και την απευθείας σύνθεση τους ψηφιακά[13].

Μετά τη σταδιακή συγκόλληση θραυσμάτων και συμπληρωμάτων (Εικ. 18), γινόταν η τελική λάξευση των μερών από νέο μάρμαρο που σε μερικές περιπτώσεις περιελάμβαναν και γλυπτική

[13] Αργότερα μέσω κονδυλίων του προγράμματος «Κοινωνία της πληροφορίας», αγοράστηκε από την ΥΣΜΑ ένας τέτοιος σαρωτής.

επιφάνεια . Ένα τέτοιο παράδειγμα ήταν και η συμπλήρωση της μισής προμόχθου στο πρόβολο του γείσου 14002 (Εικ. 16, 17, 19), όπου η διαμόρφωση των σταγόνων αποτέλεσε την πρώτη περίπτωση αντίστοιχου εγχειρήματος μετά από την αποκατάσταση της ανατολικής πλευράς και τη συμπλήρωση των γωνιακών γείσων. Κατόπιν της αποτύπωσης της διατομής πολλών σταγόνων και των αποστάσεων μεταξύ τους σε διάσπαρτα γείσα της βόρειας πλευράς, διαμορφώθηκαν μικρά προφίλ από λαμαρίνα (για τα πλαϊνά, τη πρόσοψη και τη πίσω όψη κάθε σταγόνας) που βοήθησαν στη διαμόρφωση των αρχικών βασικών κύβων και αργότερα στα κυλινδρικά λοξότμητα τμήματα των σταγόνων. Ο υπεύθυνος του εργοταξίου Στ. Καφούρος μαζί με τον αρχιμάστορα και μετέπειτα διάδοχο του Γ. Αγγελόπουλο δίδαξαν σε νέους μαρμαροτεχνίτες[14] την ειδική αυτή κατεργασία που εφαρμόστηκε σε ακόμα τέσσερα γείσα (14005, 14011, 14014, 283).

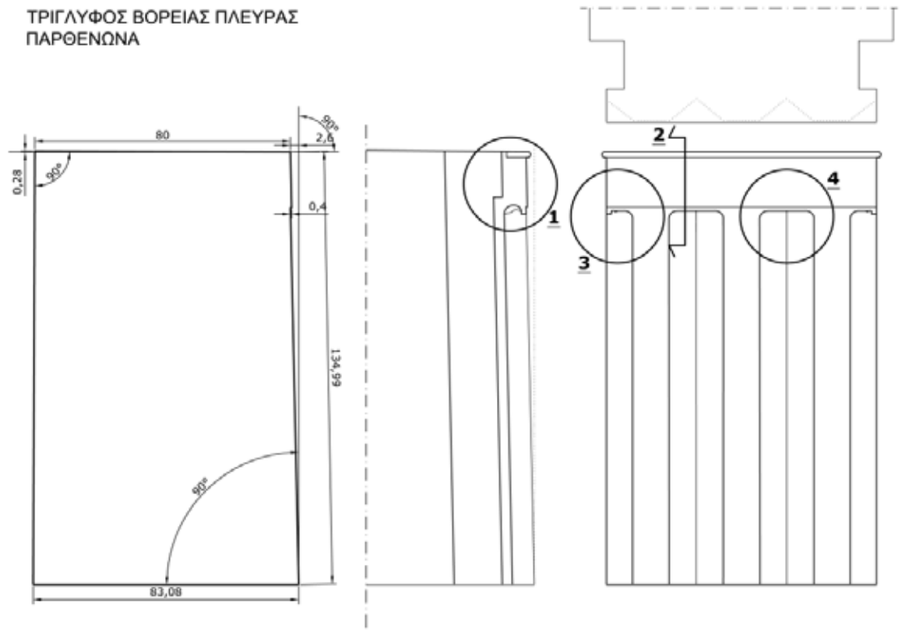
Εικ. 16-17. Κατεργασία των σταγόνων του 14002 από τον Σ. Καφούρο, Γ. Αγγελόπουλο και Ε. Μαζαράκη (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 18-19. Το γείσο 14002 πριν τη συγκόλληση του πρόσθιου συμπληρώματος και μετά τη συγκόλληση του συμπληρώματος της ουράς. (φωτ. Αρχείο ΥΣΜΑ).

[14] Την Ελένη Μαζαράκη, τον Αλέξη Χουσάκο, τον Θοδωρή Γρέκα.

Διαμόρφωση μελών από νέο μάρμαρο

Προς εξοικονόμηση χρόνου, μεταξύ των αρκετών αναθέσεων που είχαν προγραμματισθεί να γίνουν σε εξωτερικούς συνεργάτες για τη διαμόρφωση συμπληρωμάτων από νέο μάρμαρο σε διαζώματα και γείσα[15], περιλαμβάνεται και αυτή της διαμόρφωσης δια χειρός τριών τριγλύφων εξολοκλήρου από νέο μάρμαρο (ΒΤΡ 9, -14, -20)[16]. Με την ευκαιρία της ανάθεσης αυτής αποτυπώθηκαν με μεγάλη λεπτομέρεια οι καλύτερα σωζόμενες τρίγλυφοι της βόρειας πλευράς –στο έδαφος και στο μνημείο- αποσαφηνίστηκαν αρκετά σκοτεινά σημεία στη χάραξη τους και αποκρυσταλλώθηκε το σχέδιο τους[17] (Εικ. 20). Επίσης ελήφθησαν εκμαγεία χαρακτηριστικών περιοχών (Εικ. 21), ώστε ο κατασκευαστής να έχει επιπλέον εποπτεία, αλλά και να μπορεί να γίνει σωστά ο τελικός έλεγχος των παραδοθέντων μελών (Εικ. 22).



Εικ. 20. Σχεδίαση στο πρόγραμμα Autocad της νέας τριγλύφου (σχ. Α. Καφούρου - Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

[15] Βλ .Ρ. Χριστοδουλοπούλου «Τεχνικές προδιαγραφές για τη διαμόρφωση των μαρμαρίνων συμπληρωμάτων των γείσων της βόρειας περίστασης» 10/5/2006 για τη διαμόρφωση σε CNC, τριάντα συμπληρωμάτων 17 γείσων (21/2/2006). Τελικά, μεταξύ άλλων, ανατέθηκε στην Εταιρεία Αφοι Καλαντζή Ε.Π.Ε η διαμόρφωση μόνο 10 συμπληρωμάτων 6 γείσων.

[16] Η ανάθεση έγινε στην εταιρεία «Φυλακτός» που παρέδωσε τα μέλη τον Ιανουάριο 2007, μετά από επιτόπου έλεγχο στο εργαστήριο της Θεσσαλονίκης από την γράφουσα, της πρώτης ολοκληρωμένης τριγλύφου βάσει των σχετικών αναλυτικών σχεδίων και οδηγιών.

[17] Στην αποτύπωση βοήθησε ο αρχιτέκτων του γραφείου Α. Παπανδρόπουλος.

Εικ. 21. Λήψη εκμαγείων ειδικών περιοχών στη τρίγλυφο 14059 (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 22. Τρίγλυφος κατά την διάρκεια της διαμόρφωσης της από εξωτερικό ανάδοχο (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Βιβλιογραφία

Ζάμπας 2002α — Ζάμπας, Κ. 2002. *Πρόταση αποκαταστάσεως της βόρειας όψης του Παρθενώνος*, Αθήνα: ΥΠΠΟ -ΕΣΜΑ.

Τουμπακάρη 2007 — Τουμπακάρη Ε.-Ε. 2007. *Μελέτη δομικής αποκαταστάσεως άνω θριγκού Β.Κιονοστοιχίας Παρθενώνος,* 3 τ., Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου 2008 — Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2008. *Αναθεώρηση της μελέτης αναδιάταξης των μελών του ανώτερου θριγκού της βόρειας Περίστασης του Παρθενώνα - μελέτη εφαρμογής*. Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου 2005 — Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2005. *Μελέτη αναδιάταξης των μελών του ανώτερου θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα - Πρόταση αναστήλωσης*, Νοέμβριος, Αθήνα: Αρχείο ΥΣΜΑ.

4.3.3.3. ARCHITECTURAL ISSUES PERTAINING TO THE RESTORATION OF THE UPPER LAYERS OF THE ENTABLATURE OF THE NORTH SIDE (2005-2006)

Rosalia C. Christodoulopoulou

Architect Engineer, Acropolis Restoration Service

Abstract

After disassembling the architectural members of the upper part of the entablature and ridding them, while on the ground, of the additional components from the intervention by Balanos (supplements made of stone blocks that did not belong to the monument and of reinforced concrete, and metallic joining elements), the setting of their fragments took place. Individual fragments were joined to the scattered, attributed members –cornice blocks mostly – so that they could be surveyed and a structural study for their joining could be carried out.

A crucial decision for the structural restoration of the members was the selection of the necessary new marble supplements, where the key criterion was the restoration of the stability of each individual member, as well as the safe bedding of the overlying members. At the same time, another possibility was also explored as regards the members of the Doric frieze, that is, the restoration of the ancient system of joining a member with the members under, around, and over it. The cornice blocks required extensive filling, in order for their front – usually fragmented – protruding part to be reconstructed and for their back part– which is necessary for reasons of stability and connectivity – to be restored.

An important work regarding the training of the new marble craftsmen was the chiseling of the sculpted surfaces of the fillers for the cornices (with the *guttae* on the mutules) and the *triglyphs*. What was also interesting – in terms of research and supervision– was the fact that an external associate was assigned the construction of three triglyphs entirely out of new marble.

List of Figures

Fig. 1-2. Scattered cornice block 278 pieced together by joining four fragments, before and after the work of the 2nd phase of the restoration of the entablature upper part members (Photo: R. Christodoulopoulou-YSMA Archive).

Fig. 3. Moulds of supplements on backing block 14067.

Fig. 4. Joining of supplements onto block 14063 (Photo: YSMA Archive).

Fig. 5. Triglyph 14049 onto which the attributed *meros* fragment is joined (Photo: YSMA Archive).

Fig. 6. Triglyph 14047 onto which the supplement for the upper surface has been joined (Photo: YSMA Archive).

Fig. 7. The metope backer block 14035 immediately after disassembling (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 8. The metope backer block 14046 after the removal of additional components (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 9. The metope backer block 14039 during the joining of the upper supplement (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 10. Constructing the mould of the back part of cornice block 285 (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 11. The joining of cornice block 14012 with two more attributed fragments (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 12. The fragments of cornice block 14007 pieced together (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 13-14. Cornice block 14014 assembled from its fragments (back part) and “set up” on slats during the filling process (Photo: YSMA Archive).

Fig. 15. Sketch of the work for the filling of cornice block 14012 (Draft: R. Christodoulopoulou).

Fig. 16-17. Incising of the *guttae* of cornice block 14002 by S. Kafouros, G. Angelopoulos and Eleni Mazaraki (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 18-19. Cornice block 14002 before the joining of the front supplement and after the joining of the pack part supplement (Photo: YSMA Archive).

Fig. 20. CAD reder of the new triglyph (A. Kafourou - R. Christodoulopoulou).

Fig. 21. Moulds of specified areas on triglyph 14059 (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 22. Triglyph during its chiseling (Photo: R. Christodoulopoulou).

4.3.3.4. ΤΟ ΕΡΓΟ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΘΡΙΓΚΟΥ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΙΟΝΟΣΤΟΙΧΙΑΣ (2004-2007)

Ελένη-Εύα Ε. Τουμπακάρη

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc. Αναστηλώσεων, Διεύθυνση Αναστήλωσης Αρχαίων Μνημείων

1. Η συμπλήρωση των λίθων σε σχέση με τη δομική αποκατάσταση

Οι συμπληρώσεις που έγιναν επί ενός εκάστου λίθου των ανώτερων στρώσεων του θριγκού της Βόρειας Κιονοστοιχίας μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: σ΄εκείνες που απαιτούνται για την εξασφάλιση της ευστάθειάς του (ή της ευστάθειας των υπερκειμένων μελών) και σ΄ εκείνες που συμπληρώνουν θέσεις κατεστραμμένων εντορμιών που πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν. Το ζήτημα της ευστάθειας τέθηκε, επειδή αποδόθηκαν πολλοί διάσπαρτοι λίθοι στο μνημείο, οι οποίοι έχρηζαν συμπλήρωσης, αλλά κι επειδή πολλοί λίθοι είχαν υποστεί εκτεταμένες επεμβάσεις κατά την αναστήλωση του 1930[1], οπότε η μη συμπλήρωσή τους δεν θα επέτρεπε την επανατοποθέτησή τους στο μνημείο.

Για το ζήτημα της συμπλήρωσης κατεστραμμένων εντορμιών, κυρίως στη στρώση της Δωρικής Ζωφόρου, έγινε εκτενής αναφορά στην ενότητα 4.3.2.2, όπου δείχτηκε ότι η αποκατάσταση των ορίων μιας αρχαίας εντορμίας με νέο μάρμαρο δεν συνεπάγεται απαραιτήτως την αποκατάσταση της αρχικής φέρουσας ικανότητας της περιοχής αγκύρωσης του αντίστοιχου συνδετηρίου στοιχείου. Η διαθέσιμη φέρουσα ικανότητα είναι συνήθως μικρότερη της αρχικής, ενίοτε δε μηδενική. Έτσι, εάν η θέση μιας κατεστραμμένης εντορμίας δεν μπορεί να ανακτήσει κάποια, έστω, φέρουσα ικανότητα, όπως λ.χ. στην περίπτωση των γόμφων της μασχαλιαίας εγκοπής των διαζωμάτων, είναι προφανές ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί, και άρα δεν χρειάζεται να συμπληρωθεί[2].

Η λογική που διέπει την επιλογή μιας συμπλήρωσης θα πρέπει να διευκρινίζεται στο πλαίσιο της μελέτης δομικής αποκατάστασης. Η περιοχή μιας κατεστραμμένης εντορμίας ενδέχεται να μην μπορεί να παραλαμβάνει τις δυνάμεις σχεδιασμού των συνδετηρίων, θα μπορούσε όμως να συμπληρωθεί για να χρησιμεύσει για την έδραση των υπερκειμένων μελών. Η διάκριση μεταξύ των δυο αυτών λειτουργιών έχει πολύ μεγάλη σημασία, επειδή αλλάζει τα δεδομένα για τη διαστασιολόγηση των οπλισμών. Από τη σκοπιά της δομικής αποκατάστασης, η λειτουργία είναι τελικά εκείνη που αιτιολογεί ή μη την τοποθέτησή ενός συμπληρώματος.

Εκτός από τις συμπληρώσεις των επιμέρους λίθων, υπήρξαν και προσθήκες ορισμένων νέων μελών. Κι εδώ διακρίνονται δυο κατηγορίες: στην πρώτη ανήκουν όσοι λίθοι της Δωρικής Ζωφόρου τοποθετήθηκαν για τη στήριξη των υπερκειμένων γείσων[3]. Στη δεύτερη ανήκουν τα τέσσερα διαζώματα που τοποθετήθηκαν προκειμένου να αποκατασταθεί πλήρως το εσωτερικό μέτωπο της στρώσης της Δωρικής Ζωφόρου. Η δεύτερη αυτή κατηγορία δεν συσχετίζεται με τη στήριξη επιμέρους λίθων αλλά αφορά τη βελτίωση της δομητικής συμπεριφοράς του συνολικού φορέα· για το λόγο αυτό η τοποθέτηση των διαζωμάτων αυτών είχε εξ αρχής υποστηριχθεί

Από τους επιμέρους λίθους στο σύνολο, από το άθροισμα μεμονωμένων μελών σε ένα σύνολο διακριτών, αλληλεπιδρώντων μελών. Πράγματι, η μελέτη δομικής αποκατάστασης των επιμέρους λίθων ενός συστήματος δομημένου εν ξηρώ δεν μπορεί να μην θέσει το θέμα της συμπεριφοράς του συνόλου σε δυναμικές καταπονήσεις. Ακόμα κι αν η ανάλυση του συνολικού φορέα δεν κατέστη εφικτή, είναι σίγουρα επιθυμητή η ενίσχυση της ακαμψίας του με τη δημιουργία ενός πλήρους εσωτερικού μετώπου, ακόμα κι αν προς τούτο τα απαιτούμενα μέλη δεν είναι όλα αρχαία.

Με τον τρόπο αυτό αναμένεται να μειωθούν, ίσως και να αρθούν, φαινόμενα λικνισμού, τα οποία συνήθως παρατηρούνται στις ανώτερες στρώσεις. Ο επιδιωκόμενος, με τη συμπλήρωση του εσωτερικού μετώπου, περιορισμός των μετακινήσεων κατά τη διάρκεια της σεισμικής κίνησης θα συμβάλει επίσης στη μείωση των δράσεων που αναπτύσσονται στις καταπονημένες θέσεις σύνδεσης.

2. Απόδοση του έργου δομικής αποκατάστασης[4]: λογική σχεδιασμού, παραδείγματα

2.1. Η δομική αποκατάσταση των μελών της Δωρικής Ζωφόρου

Στη στρώση αυτή τις μεγαλύτερες ανάγκες συγκόλλησης είχαν τα διαζώματα. Στο Σχ. 4 * παρουσιάζεται ενδεικτικά μια σειρά όμορων διαζωμάτων περί τον κίονα ΒΚ5[5], όπου συνοψίζονται οι βασικότερες περιπτώσεις που αντιμετωπίστηκαν. Τα μέλη 14061, 14062 και 14063 (Εικ. 1) αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις, όπου απώλεια μάζας, αν και σε διαφορετικό βαθμό, παρατηρήθηκε μόνο στις θέσεις των συνδετηρίων στοιχείων (συνδέσμων & γόμφων). Η περίπτωση του λίθου 14061 είναι σπάνια, επειδή σώθηκε και συγκολλήθηκε το θραύσμα που συμπληρώνει την εντορμία του γόμφου της μασχαλιαίας εγκοπής (Εικ. 2), χωρίς φυσικά να είναι δυνατή η αποκατάσταση της αντοχής της περιοχής αγκύρωσης.

Η περίπτωση του λίθου 208 (Σχ. 4) είναι αντιπροσωπευτική της συμπλήρωσης όλης της πλάτης της μασχαλιαίας εγκοπής. Στις περιπτώσεις αυτές, ο σχεδιασμός των οπλισμών δεν παρουσίαζε ιδιαίτερο πρόβλημα, παρά το γεγονός ότι στο συμπλήρωμα προβλέπονταν τρεις σύνδεσμοι κι ένας

[1] Αναλυτικά, βλ. Χριστοδουλοπούλου 2008 & εισήγηση στην ενότητα αυτή.

[2] βλ. Τουμπακάρη Ε.-Ε., «*Συμπληρώσεις διαζωμάτων Β.πλευράς με νέο μάρμαρο - Περιοχές κατεστραμμένων εντορμιών και το ζήτημα της συμπλήρωσής τους, από την άποψη της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής*» (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 131/26.1.2005)

[3] Χριστοδουλοπούλου 2008 & εισήγηση στην ενότητα αυτή.

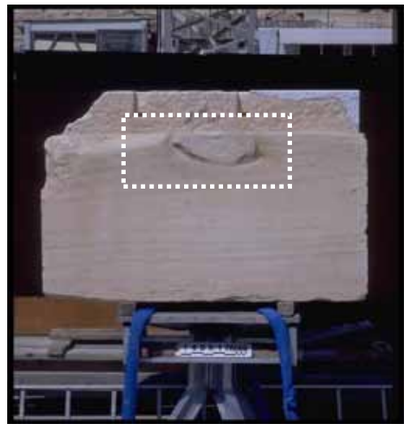
[4] Τουμπακάρη 2007 (απόδοση για 19 διαζώματα, 3 τριγλύφους & 20 γείσα). Μελέτες επιμέρους μελών εκπόνησαν επίσης οι Πολιτικοί Μηχανικοί Μ.Μεντζίνη & Α.Βρούβα.

[5] Βλ. Χριστοδουλοπούλου 2008 για την αναδιάταξη.

* *Βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενο σχέδιο 4.*

γόμφος γείσου. Ωστόσο, η διαθέσιμη επιφάνεια συγκόλλησης είχε επαρκείς διαστάσεις για την τοποθέτηση των οπλισμών, οι οποίοι προέκυπταν για δυσμενείς συνδυασμούς δράσεων των συνδέσμων. Σε συνέπεια με όσα έχουν αναφερθεί σε άλλες ενότητες, οι σύνδεσμοι θεωρήθηκε ότι ασκούν συγχρόνως εφελκυστικές & διατμητικές δυνάμεις στις περιοχές αγκύρωσης.

Εικ. 1. Λίθος διαζώματος 14063: το νέο συμπλήρωμα του δυτικού τμήματος της πλάτης της μασχαλιαίας εγκοπής.



Εικ. 2. Λίθος διαζώματος 14061: σε πλαίσιο το συγκολλημένο αρχαίο θραύσμα της εντορμίας του γόμφου.

Η περίπτωση συμπλήρωσης που αντιπροσωπεύει ο λίθος β1586 (Σχ. 4, Εικ. 3-4) παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες, καθώς έπρεπε να ληφθεί υπόψιν η πιθανότητα λικνισμού του μέλους, χωρίς να είναι γνωστή η θέση των υπερκειμένων γείσων κατά τη φάση αυτή. Άλλοι έλεγχοι συμπεριλάμβαναν την κάμψη (δηλ. στροφή του ενός από τα δύο τμήματα σε σχέση με το άλλο) περί κατακόρυφο άξονα διερχόμενο από το όριο της διεπιφάνειας.

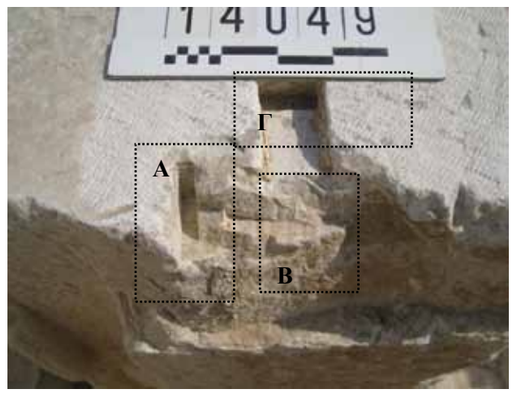
Οι συμπληρώσεις στις τριγλύφους ήταν ελάχιστες[6], όχι γιατί δεν υπήρχαν αστοχίες των περιοχών αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων στην άνω έδρα τους αλλά γιατί συνήθως η θέση τους ήταν τόσο κοντά στο όριο του μέλους ώστε δεν υπήρχε περιθώριο τοποθέτησης μαρμάρινου συμπληρώματος. Ενδεικτικά, στην Εικ. 5 παρουσιάζεται η άνω έδρα της τριφλύφου 14049. Σε πλαίσιο σημειώνεται η περιοχή που απεικονίζεται στην Εικ. 6. Είναι φανερή η αστοχία των αρχαίων περιοχών αγκύρωσης αλλά και η αδυναμία τοποθέτησης συμπληρώματος με απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας, δεδομένου ότι η επικάλυψη δεν είναι παρά μια λεπτή φλούδα μαρμάρου. Η λάξευση της άνω έδρας για την τοποθέτηση της νέας γενιάς εντορμιών από τον Ν.Μπαλάνο γίνεται, υπό το φως των στοιχείων αυτών, περισσότερο κατανοητή.

[6] Βλ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου, «Η αποκατάσταση των μελών του ανώτερου θριγκού της Βόρειας Περίστασης στο εργοτάξιο (2005- 2006)» στην ίδια ενότητα.

Εικ. 3. Λίθος διαζώματος β1586: το σωζόμενο δυτικό τμήμα.

Εικ. 4. Λίθος διαζώματος β1586 κατά τη συγκόλληση.

Εικ. 5. Τρίγλυφος 14049: άποψη άνω έδρας.



A: εντορμία αρχαίου γόμφου

B: εντορμία αρχαίου συνδέσμου

Γ: εντορμία συνδέσμου Ν.Μπαλάνου

Εικ .6. Τρίγλυφος 14049: λεπτομ. προηγουμένου.

2.2. Η δομική αποκατάσταση των γείσων

Η μελέτη δομικής αποκατάστασης των γείσων είχε να αντιμετωπίσει τα εξής δυο μείζονα θέματα. Το πρώτο ήταν η αποκατάσταση του προσθίου τμήματος. Κάθε γείσο αποτελούσε μια ιδιαίτερη περίπτωση ως προς τον τρόπο με τον οποίο συναρμόζονταν τα σωζόμενα αρχαία θραύσματα και ως προς τη χωροθέτηση των κενών που έπρεπε να συμπληρωθούν (Εικ. 7-9). Τα πρόσθια τμήματα που είχαν χρησιμοποιηθεί και στην αναστήλωση Ν.Μπαλάνου παρουσίαζαν επιπλέον έντονο θρυμματισμό του μαρμάρου στις θέσεις των δοκών (Εικ. 8). Το πρώτο βήμα ήταν η αποκατάσταση ενός ενιαίου πρόσθιου τμήματος, μεριμνώντας ώστε οι οπλισμοί που θα τοποθετούνταν αργότερα για τη συγκόλληση της «ουράς» να εξυπηρετούν και ανάγκες συγκόλλησης του προσθίου.

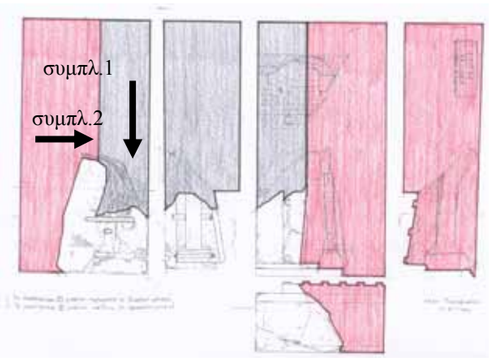
Το δεύτερο θέμα ήταν η επιλογή του αριθμού και της γεωμετρίας των νέων συμπληρωμάτων για την αποκατάσταση του συνόλου του μέλους. Είναι προφανές ότι η βέλτιστη λύση προκύπτει όταν μπορεί να τοποθετηθεί ένα και μόνο συμπλήρωμα νέου μαρμάρου, που να «αγκαλιάζει» το σωζόμενο πρόσθιο τμήμα. Ωστόσο, η γεωμετρία του τελευταίου δεν επέτρεπε πάντα την τοποθέτηση ενός συμπληρώματος. Στην περίπτωση αυτή η τοποθέτηση δύο συμπληρωμάτων ήταν επιβεβλημένη (Εικ. 10). Ωστόσο, και στην περίπτωση αυτή υπήρχαν επιλογές. Σε τέτοιες περιπτώσεις, προκρίθηκε η κατασκευή ενός μικρότερου σε πλάτος συμπληρώματος, το οποίο συγκολλώνταν με το πρόσθιο τμήμα με διαμήκεις οπλισμούς. Στη συνέχεια, το δεύτερο και μεγαλύτερο συμπλήρωμα συγκολλώνταν με φορά κάθετη στο διαμήκη άξονα του γείσου, με τρόπο ώστε τελικά προέκυπτε μια εσχάρα οπλισμών στο εσωτερικό του μέλους (Σχ. 5*, λίθος 14005). Επισημαίνεται ότι, επειδή συνήθως το πρόσθιο τμήμα αποτελούνταν από πολλά θραύσματα, τα οποία ουσιαστικά δεν εδράζονταν, επιδιωκόταν πάντοτε η δημιουργία εσχάρας οπλισμών στη θέση αυτή (Σχ. 5, γείσα 286, 14004 & 14005). Οι διατρήσεις γίνονταν από τις επιφάνειες που είχαν προκύψει από τη λάξευση Μπαλάνου για την τοποθέτηση των δοκών διπλού Τ κι έτσι είναι αφανείς.

Εικ. 7. Γείσο 14012: πρόσθιο τμήμα από τρια σωζόμενα αρχαία θραύσματα. Στο μεσαίο διακρίνονται οι οπές των λαξευμάτων του 1930.

Εικ. 8. Γείσο 14013: κατακερματισμός του μαρμάρου λόγω διάβρωσης της δοκού διπλού Τ.

* *Βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενο σχέδιο 5.*

Εικ. 9. Γείσο 283: άνοψη προσθίου τμήματος με τα θραύσματα κατά μήκος του μέλους.



Εικ. 10. Γείσο 14014: επιλογή αριθμού νέων συμπληρωμάτων & αλληλουχίας μειζόνων συγκολλήσεων.

Σε πολλές περιπτώσεις εξασφαλίστηκαν οι εγκάρσιοι οπλισμοί με την τοποθέτηση πλακών αγκύρωσης για την αποτροπή μικρομετακινήσεων (Σχ. 5, γείσο 14004). Τέλος, ιδιαίτερη μνεία γίνεται στο γείσο 283 (Εικ. 9 & Σχ. 5), το οποίο είναι το μοναδικό που είναι θραυσμένο κατά την έννοια του πλάτους του (δηλ. τα ρήγματα είναι παράλληλα προς τον άξονα της Β.Κιονοστοιχίας), λόγω της ιδιαίτερης κατεύθυνσης ανισοτροπίας του μαρμάρου. Τα θραύσματα αυτά είναι κυριολεκτικά στον αέρα. Έτσι, εκτός από το σχεδιασμό των οπλισμών με βάση όσα προαναφέρθηκαν, τοποθετήθηκε επιπλέον ζεύγος αναρτήρων (πρβλ. το επιστύλιο ΟΕ3.3 του Οπισθονάου, βλ. 4.4.2) για την ανάρτηση του συγκολλημένου προσθίου τμήματος από το κυρίως σώμα και την «ουρά» του γείσου.

Η μελέτη της τοπολογίας των θραύσεων μέλος προς μέλος και ο σχεδιασμός της αλληλουχίας των συγκολλήσεων επέτρεψε, όπως και στον Οπισθόναο, τη βελτιστοποίηση του αριθμού των διατρήσεων και, άρα, εξοικονόμησε χρόνο (τεχνιτών & χρήσης εργοταξιακού εξοπλισμού).

2.3. Το έργο της δομικής αποκατάστασης των μελών: συνεργείο, προγραμματισμός (2005-2007)

Η δομική αποκατάσταση των ανώτερων στρώσεων του θριγκού πραγματοποιήθηκε με ταχείς ρυθμούς. Επικεφαλής τοποθετήθηκε ο Αρχιτέχνίτης Σ. Καρδάμης[7]. Η γράφουσα ανέλαβε την ευθύνη του εργοταξίου από τις αρχές του 2006 μέχρι το τέλος Σεπτεμβρίου 2007[8]. Ο μεγάλος αριθμός μελών

[7] Στο έργο δομικής αποκατάστασης των λίθων της Δωρικής Ζωφόρου και των γείσων εργάστηκαν οι μαρμαροτεχνίτες Ελ.Μαζαράκη, Φ.Θέου, Σπ.Αγγελόπουλος, Γ.Βασσάλος, Β.Βελονάς, Δ.Γάσπαρης, Δ.Παπαρίδης, Μ.Τζανουλίνος, Λ.Φιλιππούσης, Αλ.Χουσάκος και οι εκμαγείς Μ.Αδαμοπούλου, Σ.Γαβριηλίδου, Μ.Τζιούμας & Δ.Φανακίδης.

[8] Παραδόθηκαν ολοκληρωμένα όλα τα διαζώματα και τα πρόσθια τμήματα των γείσων, επί των οποίων είχαν σημαδευτεί οι θέσεις διάτρησης των διαμήκων οπλισμών. Τα συμπληρώματα από νέο μάρμαρο των «ουρών» των γείσων δεν ήταν

που έπρεπε να αποκατασταθούν δεν μπορεί να αποδώσει τον ακόμα μεγαλύτερο αριθμό αρχαίων θραυσμάτων και νέων ενθεμάτων που έπρεπε να συγκολληθούν, ειδικά στην περίπτωση των γείσων. Καθώς από τη μια συγκόλληση στην επόμενη μεσολαβεί απαραιτήτως ένα μικρό χρονικό διάστημα, κατά το οποίο αποφεύγονται νέες συγκολλήσεις στο ίδιο μέλος, επιδιώθηκε να γίνονται επεμβάσεις σε πολλά μέλη συγχρόνως. Με τον συντονισμό και την έγκαιρη αναπροσαρμογή του προγράμματος, όποτε απαιτήθηκε, αποφεύχθηκαν οι νεκροί χρόνοι, τόσο σε σχέση με την αποκατάσταση των μελών όσο και με την αξιοποίηση του εξοπλισμού του εργοταξίου, και ιδιαιτέρως των τραπεζών συγκόλλησης. Ενδεικτικά, από την αποδελτίωση του ημερολογίου για την εβδομάδα της 23ης.4.2007 διαπιστώθηκε ότι στο χρονικό αυτό διάστημα βρίσκονταν υπό επεξεργασία τα εξής γείσα:

- 278 (διαμήκης συγκόλληση)
- 286 (τοποθέτηση σε τράπεζα συγκόλλησης, σημάδεμα θέσεων διάτρησης)
- β 1586 (συγκόλληση αρχαίων θραυσμάτων)
- 14003 (μεταφορά, παραγωγή εκμαγείου ουραίου συμπληρώματος)
- 14007 (μεταφορά, στήσιμο, ταίριασμα θραυσμάτων, σημάδεμα θέσεων διάτρησης συγκόλληση)
- 14012 (μεταφορά στο σηκό, κατεργασία συμπληρωμάτων στον κόφτη, συγκόλληση θραύσματος)
- 14014 (συγκόλληση αρχαίων θραυσμάτων).

3. Άλλες δράσεις στο πλαίσιο του έργου

3.1. Χυτά αντίγραφα των μετοπών του δυτικού τμήματος της Β. Κιονοστοιχίας

Το ζήτημα των χυτών αντιγράφων των μετοπών του δυτικού τμήματος της Β.Κιονοστοιχίας αντιμετωπίστηκε με τρόπο αντίστοιχο με εκείνο των αντιγράφων της Δ. & Ν.Ζωφόρου του Οπισθονάου[9]. Συγκροτήθηκε Υποεπιτροπή της ΕΣΜΑ αποτελούμενη από τη Χημικό Μηχανικό Β.Ρηγοπούλου-Κασελούρη, Καθηγήτρια ΕΜΠ, και τους Αρχαιολόγους Δρα Αλ.Μάντη, Έφορο Α΄ΕΠΚΑ, και Ι.Τριάντη, Καθ.Πανεπ/μίου Ιωαννίνων, και αποφασίστηκε η εφαρμογή της ίδιας σύνθεσης που αναπτύχθηκε για τα χυτά αντίγραφα του Οπισθονάου[10]. Ακολούθησε η παραγωγή δειγμάτων αντιγράφων μικρών διαστάσεων διαφορετικών αποχρώσεων. Οι χρωματικές παραλλαγές έγιναν με προσθήκη χρωστικών και με χρώματα αναφοράς το χρώμα των παλαιών αντιγράφων των

διαθέσιμα λόγω καθυστέρησης στην εξεύρεση κατάλληλων όγκων μαρμάρου στο λατομείο. Οι διαμήκεις συγκολλήσεις των γείσων πραγματοποιήθηκαν βάσει της μελέτης με επίβλεψη του Ν.Τογανίδη.

[9] Βλ. Τεχνικές Εκθέσεις της γράφουσας με θέμα «*Υπόμνημα για το υλικό που προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των βόρειων μετοπών Β.ΜΟ 24, -25, -27, -28, -29, -30, -31 & -32*» (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1918/12.10.2006), «*Αναγκαίες δράσεις για την παραγωγή των αντιγράφων των μετοπών της Β.Κιονοστοιχίας του Παρθενώνα*» (χωρίς αριθ.πρωτ.) και «*Ενημέρωση για τον προγραμματισμό της παραγωγής των αντιγράφων των μετοπών Β.ΜΟ 24, -25, -27, -28, -29, -30, -31 & -32*» (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 734/21.3.2007).

[10] Τουμπακάρη 2004.

μετοπών της ανατολικής πλευράς της Β.Κιονοστοιχίας και το χρώμα του μαρμάρου των μελών που θα γειτνίαζαν με τα αντίγραφα. Ακολούθησε η επιλογή δύο αποχρώσεων από την Υποεπιτροπή και η κατασκευή αντιγράφων με διάσταση το ¼ της πραγματικής διάστασης της υπ. αρ. 28 Β.Μετόπης. Η τελική απόχρωση επιλέχθηκε από την ΕΣΜΑ. Η χύτευση των αντιγράφων των Β.Μετοπών (καθώς και των λίθων της Ζωφόρου του Ναού της Αθηνάς Νίκης) πραγματοποιήθηκε το 2008[11].

Στο πλαίσιο της δράσης τέθηκε το ζήτημα του μεγέθους των αδρανών της νέας σύνθεσης τεχνητού λίθου, η οποία έχει διαφορετική κοκκομετρία και μεγαλύτερη διάμετρο μεγίστου κόκκου σε σχέση με την παλαιά. Υπήρξε προβληματισμός για το αισθητικό αποτέλεσμα που ενδεχομένως θα προκύψει, εάν μακροχρόνια υπάρξει απώλεια της επιφανειακής κρούστας. Ο δικαιολογημένος αυτός προβληματισμός υπήρχε ήδη κατά τη σύνταξη της Μελέτης του τεχνητού λίθου. Ωστόσο, η αντιμετώπιση του προβλήματος των ρηγματώσεων της επιφάνειας[12] για συνθέσεις με τα δεδομένα υλικά δεν μπορούσε να αντιμετωπιστεί παρά μόνο με τη χρήση πιο χονδρόκοκκων, καλά διαβαθμισμένων αδρανών καθώς και ποζολάνης. Η αποτίμηση της κατάστασης διατήρησης κονιαμάτων διαφόρων κοκκομετριών, πολλά από τα οποία βρίσκονται στο χώρο της Ακροπόλεως επί δεκαετίες, επιβεβαίωσε την ορθότητα της προσέγγισης[13]. Η νέα πιο αδρομερής σύνθεση καθιστά πιο ανθεκτική τη μάζα του υλικού (άρα και την επιφάνεια) και συνεπώς καθυστερεί σημαντικά την έναρξη της φθοράς. Λόγω όμως του ότι η φθορά είναι αναπόφευκτη, έχει ήδη προταθεί[14] η επικάλυψη των αντιγράφων με προστατευτικό υλικό.

3.2. Η υποδομή του γερανού της Β.Κιονοστοιχίας

Η παράλληλη υλοποίηση αναστηλωτικών προγραμμάτων σε διάφορες περιοχές του Μνημείου δημιούργησαν την ανάγκη για επέκταση κι ενίσχυση των υποδομών του υπάρχοντος εργοταξίου. Η αναλυτική απόδοση της αναδιοργάνωσης γίνεται σε άλλη θέση του παρόντος τόμου.

Ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στη διερεύνηση για την επιλογή του ανυψωτικού συστήματος που θα χρησιμοποιούνταν για την αποξήλωση κι επανατοποθέτηση της Β.Κιονοστοιχίας, καθώς ένα βασικό κριτήριο επιλογής ήταν ο περιορισμός της αναπόφευκτης αισθητικής όχλησης που θα προκαλούνταν στον αρχαιολογικό χώρο. Εξετάστηκαν διάφορες πιθανές λύσεις, από την τροποποίηση και μετατόπιση του υπάρχοντος εντός του Παρθενώνος γερανού Derrick (η οποία τελικά κρίθηκε ότι δεν

[11] Η μελέτη των οπλισμών έγινε για τις μεν μετόπες από τους Α. Βρούβα & Ι.Στεφάνου (βλ. Βρούβα-Στεφάνου 2008), για τη δε Ζωφόρο του ναού της Αθηνάς Νίκης από τη Δ.Μιχαλοπούλου.

[12] Βλ. ενότ.4.4.4.

[13] Βλ. συνεργασία της υπογράφουσας με τον Τομέα Συντήρησης (υπεύθ. Ε.Παπακωνσταντίνου) για το ζήτημα αυτό. Βλ. Τεχνική Έκθεση με θέμα «Έλεγχος κονιαμάτων σφράγισης» (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 2533/23.11.2004)..

[14] Τουμπακάρη 2004, σ.71-72, Κουφόπουλος, Π.- Τουμπακάρη Ελ.-Ε - Παπακωνσταντίνου, Ε.. «Διερεύνηση συμβατότητας προστατευτικού υλικού με τα αντίγραφα της Δ.Ζωφόρου» (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1966/30.9.2003).

θα κάλυπτε τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης εφαρμογής ενώ θα δυσχέραινε καθοριστικά τις υπόλοιπες, παράλληλες εργασίες στο Μνημείο) μέχρι την εγκατάσταση έξω από τη Β.Πλευρά ενός συστήματος γερανού και γερανογέφυρας[15]. Η οικονομοτεχνική εξέταση των λύσεων αυτών σε συνδυασμό με τους χρόνους παράδοσης οδήγησε την ομάδα εργασίας που όρισε η ΥΣΜΑ[16] «*στην λύση της επιλογής ενός γερανού του τύπου που χρησιμοποιείται στις οικοδομικές κατασκευές, όχι όμως με υψηλό πύργο και περιστρεφόμενο οριζόντιο φορέα, αλλά με ανακλινόμενο βέλος και κατά το δυνατόν χαμηλό πύργο, που φέρει την περιστρεφόμενη εξέδρα του μηχανοστασίου, ώστε η οπτική παρουσία του γερανού στον αρχαιολογικό χώρο να μην είναι κυρίαρχη όσες ώρες δεν λειτουργεί*»[17]. Η αγορά κι εγκατάσταση γερανού εγκρίθηκε από την ΕΣΜΑ στις 1.2.2001, η οποία ανέθεσε τη σχετική διερεύνηση. Η τελική Εισήγηση της ομάδας εργασίας εγκρίθηκε στις 28.3.2001. Η χωροθέτηση γερανού βορείως του ναού δεν ήταν μια πρόταση που έγινε ασμένως αποδεκτή. Εκφράστηκαν αντιρρήσεις, οι οποίες αφορούσαν την αισθητική όχληση λόγω της συγκεκριμένης χωροθέτησης του γερανού και τη λογική της οργάνωσης του εργοταξίου.

Η κατασκευή των αναγκαίων υποδομών, οι οποίες έπρεπε να γίνουν βάσει των προδιαγραφών των κατασκευαστών του γερανού που τελικά επελέγη, ήταν κρίσιμος παράγοντας, καθώς αυτές έπρεπε να έχουν ολοκληρωθεί και να είναι διαθέσιμες πριν την παράδοση του γερανού στο εργοτάξιο. Ωστόσο η θέση του έργου δημιουργούσε ειδικές απαιτήσεις για την προστασία του Μνημείου και προκαλούσε ιδιαίτερη δυσκολία σε θέματα που θεωρούνται προφανή. Ενδεικτικά αναφέρεται η δυσκολία στην εξεύρεση συνεργείου για την τοποθέτηση των οπλισμών, όπως επίσης και στην οργάνωση της σκυροδέτησης, καθώς, όπως αποδείχθηκε, δεν υπήρχε καμία δυνατότητα μεταφοράς έτοιμου σκυροδέματος στο χώρο, η οποία να είναι τεχνικοοικονομικά αποδεκτή. Τελικά, αποφασίστηκε η παρασκευή του σκυροδέματος επί τόπου του έργου. Η σύνθεση του σκυροδέματος ελέγχθηκε εργαστηριακά (στο Ελληνικό Κέντρο Ερευνών Τσιμέντου) πριν την εφαρμογή. Κατά τη διάρκεια του έργου γινόταν τακτική δειγματοληψία κι εργαστηριακός έλεγχος. Τα αντίβαρα του γερανού κατασκευάστηκαν σε εξωτερικό συνεργάτη (ΠΡΟΕΤ Α.Ε.).

Όλες οι δράσεις για την προετοιμασία της σκυροδέτησης ολοκληρώθηκαν μέσα σε 30 εργάσιμες ημέρες από την παραλαβή των πρώτων (ενδεικτικών) προδιαγραφών που απέστειλαν οι

[15] Βλ. Τεχνική Έκθεση των Τογανίδη Ν.-Τουμπακάρη Ελ.-Ε. με θέμα «*Διερεύνηση αναφορικά με το ανυψωτικό σύστημα της Β.Κιονοστοιχίας*» (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 496/15.3.2001).

[16] Η ομάδα αποτελούνταν από τους Ν.Τογανίδη (Προιστάμενο Τεχνικού Γραφείου Παρθενώνα (με ευθύνη συντονισμού και διατύπωσης προδιαγραφών), Σ.Οικονομόπουλο (με ευθύνη για τα πάσης φύσεως θέματα Μηχανολόγου Μηχανικού καθώς και για την επίβλεψη της συναρμολόγησης του γερανού στο εργοτάξιο) και τη γράφουσα (με ευθύνη για την υλοποίηση των υποδομών Πολιτικού Μηχανικού, δηλ. τη μελέτη κι επίβλεψη της κατασκευής των τροχιών του γερανού, την προμήθεια των αντιβάρων και τη διεξαγωγή ποιοτικών ελέγχων των υλικών).

[17] Απόσπασμα της Εισήγησης προς την ΕΣΜΑ των Τογανίδη Ν.-Οικονομόπουλου Σ. -Τουμπακάρη Ελ.-Ε. (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 597/28.3.2001)

κατασευαστές και μέσα σε 18 εργάσιμες ημέρες από την παραλαβή των οριστικών οδηγιών. Τα αντίβαρα ήταν έτοιμα και είχαν μεταφερθεί στο χώρο πριν από την παραλαβή του γερανού.

Βιβλιογραφία

Βρούβα, Α. - Στεφάνου, Ι. 2008. *Οπλισμοί χυτών αντιγράφων Μετοπών Δυτικού τμήματος Βόρειας Κιονοστοιχίας*. Αθήνα: αρχείο ΥΣΜΑ.

Τουμπακάρη, Ελ.-Ε. 2004. *Χυτά αντίγραφα Δυτικής & Νότιας Ζωφόρου Παρθενώνος - Σχεδιασμός & μελέτη συμπεριφοράς του υλικού, σχεδιασμός & παραγωγή του δομικού στοιχείου, στοιχεία απόδοσης έργου.* Αθήνα: αρχείο ΥΣΜΑ.

Τουμπακάρη Ε.-Ε. 2007. *Μελέτη δομικής αποκαταστάσεως άνω θριγκού Β.Κιονοστοιχίας Παρθενώνος,* 3 τ., Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2008. *Αναθεώρηση της μελέτης αναδιάταξης των μελών του ανώτερου θριγκού της βόρειας Περίστασης του Παρθενώνα - μελέτη εφαρμογής*. Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΥΣΜΑ.

Σημείωση: Οι αναφερόμενες στο κείμενο Μελέτες & Τεχνικές Εκθέσεις περιλαμβάνονται αναλυτικά στις υποσημειώσεις.

4.3.3.4. THE IMPLEMENTATION OF THE STRUCTURAL RESTORATION OF THE UPPER ROWS OF THE PARTHENON NORTHERN COLONNADE (2004-2007)

Eleni-Eva E. Toumbakari

Structural Engineer Ph.D. - M.Sc. Conservation Historic Towns & Building, Directorate for Restoration of Ancient Monuments

Abstract

The rationale of the addition of new marble on the entablature is first discussed in respect to its expected structural effects. It is argued that, from a structural point of view, the function, the new marble additions are expected to fulfill, justifies their placement on the structure. Attention is drawn on the issue of the completion of the destroyed anchorage areas with new marble. To avoid unnecessary additions, from a structural point of view, the real bearing capacity of the ancient marble - reinforcement - new marble system has to be taken into account.

The issue of the design of the reinforcement is subsequently discussed. Examples of the encountered structural failures are given. Emphasis is put on the cornice restoration, which has been the most demanding in terms of design. A short overview of worksite issues is also presented. The great number of minor and major marble fragments of each marble block, required careful worksite planning, so as to ensure rational use of the manpower and the worksite utilities and to finish the structural restoration work on time.

Other actions regarding the implementation of the studies included the production of the cast copies of the Metopes of the western part of the Northern Colonnade, the selection of the crane which was located outside the Northern Colonnade and the construction of the required infrastructure. The quick implementation of the actions concerning the purchase and placement of the crane, carried out by members of the personnel of the Acropolis Restoration Service, permitted the beginning of the works on the Parthenon Northern Colonnade on time.

List of Figures

Fig. 1. Backing block 14063: the new marble supplement of the western part of the recess.

Fig. 2. Backing block 14061: marked by the frame is the joined ancient fragment of the mortise of the dowel.

Fig. 3. Backing block β1586: the surviving western part.

Fig. 4. Backing block β1586 during joining.

Fig. 5. Triglyph 14049: view of upper face.

Fig. 6. Triglyph 14049: detail of previous figure. A: mortise for ancient dowel, B: mortise of ancient clamp, C: mortise for clamp used by Balanos

Fig. 7. Cornice 14012: the front part of three surviving ancient fragments. In the middle part, the hollows carved in 1930 are easily discernible.

Fig. 8. Cornice 14013: removal of marble for the placement of double T beam (1930) leading to extensive marble cracking due to corrosion of the beam.

Fig. 9. Cornice 283: view from below of the front part with cracks along the transverse axis of the block.

Fig. 10. Cornice 14014: selection of number of new marble supplements & succession of major joinings.

List of Drawings

Dwgs 4-5*: Study of the structural restoration of the upper rows of the Parthenon Northern Colonnade (2004-2007): Report on the work of the structural restoration of the backing blocks (examples).

Note: All Photos and Tables are by E.E. Toumbakari / YSMA Archive.

* *See APPENDIX: Folded out drawings.*

4.3.3.5. Η ΑΝΑΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΛΙΘΩΝ ΤΩΝ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΘΡΙΓΚΟΥ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ

Βασιλική Ε. Ελευθερίου

Αρχιτέκτων μηχανικός ΕΜΠ, MSc Προστασία Μνημείων ΕΜΠ, Διευθύντρια ΥΣΜΑ

1. Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας έκθεσης είναι η παρουσίαση της ανατοποθέτησης των λίθων των στρώσεων της δωρικής ζωφόρου και των γείσων στη βόρεια πλευρά-περίσταση του Παρθενώνα. Το έργο αποτέλεσε τμήμα του 2ου αναστηλωτικού προγράμματος του μνημείου[1].

Τα επιστημονικά οφέλη της επέμβασης αναλύονται σε προηγούμενα κεφάλαια του παρόντος τόμου, που αφορούν στις μελέτες αποκατάστασης[2]. Στο πλαίσιο της παρουσίασης της υλοποίησης του έργου θα γίνει αναφορά στις ελάχιστες τροποποιήσεις της εφαρμογής ως προς την μελέτη, σε πληροφορίες σχετικές με την οργάνωση του εργοταξίου, τις δυσκολίες εφαρμογής των μελετών αποκατάστασης και τον τρόπο αντιμετώπισης τους, αλλά και σε ποσοτικά στοιχεία για τον χρόνο που απαιτήθηκε, το ανθρώπινο δυναμικό που απασχολήθηκε και εντέλει το οικονομικό αντίκρυσμα για την ολοκλήρωσή του. Παρά το περιορισμένο επιστημονικό της ενδιαφέρον, η έκθεση είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε θέματα προγραμματισμού νέων αναστηλωτικών προγραμμάτων.

Η γράφουσα ανέλαβε την παρακολούθηση των εργασιών για την αποκατάσταση του θριγκού της βόρειας περίστασης, τον Νοέμβριο του 2008, με εισήγηση του προϊσταμένου του έργου Ν. Τογανίδη μετά την αποχώρηση της μελετήτριας Ρ. Χριστοδουλοπούλου.

Το πρόγραμμα, που υλοποιήθηκε στη βόρεια πλευρά του Παρθενώνα, αφορά αφ' ενός στο τμήμα από τον 3ο έως τον 12ο κίονα, το τμήμα δηλαδή που είχε καταρρεύσει και αναστηλωθεί το 1928[3] και αφ' ετέρου στο θριγκό του κατά χώραν σωζόμενου δυτικού τμήματος, από τον 12ο έως τον 16ο κίονα[4] (Εικ. 1). Οι εργασίες αποκατάστασης στα δύο τμήματα παρουσιάζουν πολύ βασικές διαφορές. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στο κεντρικό τμήμα, όπου αντιμετωπίστηκαν αρκετά ζητήματα σχετικά

[1] Κορρές, Μ.- Μπούρας, Χ. 1983. *Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, τ. 1, Αθήνα, 424.

[2] Ζάμπας, Κ. 2002. *Μελέτη δομικής αποκαταστάσεως της βόρειας όψης του Παρθενώνος*, Αθήνα ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ.
Λαμπρινού, Λ. 2005. *Αναδιάταξη μελών βόρειας κιονοστοιχίας Παρθενώνα, Κίονες- Κιονόκρανα- Επιστύλια*, Αθήνα Αρχείο ΥΣΜΑ Μ1503, Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2005. *Μελέτη αναδιάταξης των μελών του ανώτερου θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα- Πρόταση αναστήλωσης*, Αθήνα Αρχείο ΥΣΜΑ Μ1536 και
Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2008. *Αναθεώρηση της μελέτης αναδιάταξης των μελών του ανώτερου θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα- Μελέτη εφαρμογής*, Αθήνα Αρχείο ΥΣΜΑ Μ1850.

[3] Μπαλάνος, Ν. 1940. *Η αναστήλωσις των μνημείων της Ακροπόλεως*, Εν Αθήναις, 104-113.

[4] Δεν συμπεριελήφθη το δυτικότερο μετακιόνιο διάστημα, το οποίο εντάσσεται στο πρόγραμμα της δυτικής πλευράς του μνημείου.

με τη συναρμογή των λίθων και την αποκατάσταση της γεωμετρίας της κατασκευής. Οι εργασίες στο δυτικό τμήμα παρουσιάζονται συνοπτικά, δεδομένου ότι όσοι από τους λίθους κρίθηκε απαραίτητο να μετακινηθούν επανατοποθετήθηκαν στην προτέρα θέση τους.

Εικ. 1. Η βόρεια πλευρά του Παρθενώνα μετά την αποκατάσταση.

2. Το αναστηλωτικό πρόγραμμα σε αριθμούς

Οι εργασίες ανατοποθέτησης των αρχιτεκτονικών μελών ξεκίνησαν τον Νοέμβριο του 2008 και ολοκληρώθηκαν τον Μάρτιο του 2010, σύμφωνα με την επικαιροποιημένη μελέτη[5]. Είχε προηγηθεί η δομική αποκατάσταση των περισσοτέρων μελών στο εργαστήριο, με προτεραιότητα που καθοριζόταν από την σειρά της ανατοποθέτησης τους.

Στο παραπάνω χρονικό διάστημα, στο *κεντρικό τμήμα* (3ο έως 11ο μετακιόνιο) τοποθετήθηκαν συνολικά εβδομήντα εννέα αρχιτεκτονικά μέλη. Μόνο για εννέα από αυτά (ποσοστό 11%) δεν απαιτήθηκε συμπλήρωση με νέο μάρμαρο. Δεκαοκτώ μέλη κατασκευάστηκαν από νέο μάρμαρο (ποσοστό 22%) και όλα τα υπόλοιπα συμπληρώθηκαν σε μικρό ή μεγαλύτερο ποσοστό. Αναλυτικότερα (Σχ. 6*):

- Συμπληρώθηκε πλήρως η στρώση των διαζωμάτων[6] με εικοσιοκτώ λίθους, εκ των οποίων ένας αρχαίος λίθος παρέμεινε ως είχε, δεκαοκτώ λίθοι δέχθηκαν συμπληρώσεις με νέο μάρμαρο και εννέα κατασκευάστηκαν εξ ολοκλήρου από νέο μάρμαρο.
- Ανατοποθετήθηκαν δεκαπέντε τρίγλυφοι, εκ των οποίων τέσσερις ως είχαν, οκτώ με συμπληρώσεις και τρεις εξ ολοκλήρου κατασκευασμένες από νέο μάρμαρο.

[5] Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2008.

[6] Διαζώματα άλλως αντιθήματα, που αποτελούν το συνεχές εσωτερικό μέτωπο της στρώσης της δωρικής ζωφόρου της περίστασης.

** Βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενο σχέδιο 6.*

- Ανατοποθετήθηκαν δεκαέξι λίθοι πλήρωσης[7], εκ των οποίων τέσσερις ως είχαν, επτά με συμπληρώσεις νέου μαρμάρου και πέντε εξ ολοκλήρου νέοι.
- Τοποθετήθηκαν εικοσιένα γείσα κατά ομάδες, πλην ενός το οποίο τοποθετήθηκε μεμονωμένο επάνω από την τρίγλυφο Β.ΤΡ8(14038[8]). Ειδικότερα για τα γείσα, απαιτήθηκε η αποσυναρμολόγηση τεσσάρων γείσων από το ανατολικό άκρο της βόρειας πλευράς, ώστε να αποσπαστεί το 2ο κατά σειρά (Β.Γ2)[9] το οποίο βάσει της μελέτης τοποθετήθηκε στη θέση Β.Γ32. Στη θέση του Β.Γ2 τοποθετήθηκε το γείσο με αριθμό καταβίβασης 14001. Από τα εικοσιένα γείσα, ένα κατασκευάστηκε εξ ολοκλήρου από νέο μάρμαρο (Β.Γ19) και για όλα τα υπόλοιπα απαιτήθηκαν συμπληρώσεις με νέο μάρμαρο.

Στο *δυτικό τμήμα του θριγκού* της βόρειας πλευράς ο στόχος ήταν η απομάκρυνση των μετοπών για λόγους προστασίας και η αντικατάστασή τους με αντίγραφα. Παράλληλα διενεργήθηκαν τα απολύτως αναγκαία για την δομική αποκατάσταση τριάντα έξι λίθων[10], στο χρονικό διάστημα από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο του 2009. Συγκεκριμένα:

- Έγιναν εργασίες σε τέσσερα διαζώματα, που αφορούσαν σε συμπληρώσεις, συγκόλληση αρχαίου θραύσματος[11] και ενίσχυση με οπλισμό τιτανίου. Οι εργασίες εκτελέστηκαν κατά χώραν.
- Μετακινήθηκαν επτά τρίγλυφοι, μία εκ των οποίων συμπληρώθηκε με νέο μάρμαρο και οκτώ λίθοι πλήρωσης, δύο από τους οποίους συμπληρώθηκαν επίσης με μάρμαρο. Επιπλέον, λόγω μεγάλων κενών μεταξύ τριγλύφων και διαζωμάτων στο 13ο και 14ο μετακιόνιο διάστημα, τοποθετήθηκαν τρεις νέοι λίθοι πλήρωσης αποτελούμενοι από μικρότερων διαστάσεων τεμάχια μαρμάρου (θέσεις Β.ΤΡ.ΠΛ26, 27 και 28).

Η αποκατάσταση της στρώσης των γείσων, στο δυτικό τμήμα της βόρειας περίστασης, υλοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα από 15 Ιουλίου έως 9 Σεπτεμβρίου 2009. Αφορούσε στην τοποθέτηση δεκατριών αρχαίων λίθων ή τμημάτων αρχαίων γείσων, εκ των οποίων ένα γείσο συμπληρώθηκε με νέο μάρμαρο (Β.Γ54) και ένα επανατοποθετήθηκε ως είχε με συμπλήρωση της επέμβασης Μπαλάνου (Β.Γ59). Για τη θέση Β.Γ61[12], στο δυτικότερο μετακιόνιο, προβλέφθηκε η κατασκευή ενός νέου γείσου, το οποίο όμως δεν τοποθετήθηκε καθώς το τελικό του μήκος θα διαμορφωθεί μελλοντικά μετά την αποκατάσταση της βορειοδυτικής γωνίας, οπότε προβλέπεται η βράχυνση της απόστασης μεταξύ των Β.Γ60 και Β.Γ62. Για τους ίδιους λόγους, της προγραμματιζόμενης δηλαδή έναρξης του επόμενου αναστηλωτικού προγράμματος στη δυτική πλευρά του μνημείου, τα τρία δυτικότερα γείσα τοποθετήθηκαν χωρίς γόμφους, ώστε να καταβιβαστούν χωρίς πρόβλημα όταν αυτό απαιτηθεί.

3. Η προσθήκη νέου υλικού

Η προσθήκη νέου μαρμάρου στη συγκεκριμένη θέση δεν εξετάζεται ως προς το θεωρητικό ζήτημα του ποσοστού αρχαίου – νέου υλικού αλλά ως προς τον χρόνο που απαιτείται για την κατεργασία των νέων επιφανειών κατά τη συναρμογή των αρχιτεκτονικών μελών στη φάση της ανατοποθέτησής τους στο μνημείο. Οι παραμορφώσεις, που κατά κανόνα έχει υποστεί ένα μνημείο στη μακραίωνη ιστορία του, και η παρουσία των εκλεπτύνσεων, όπως στην περίπτωση του Παρθενώνα, καθιστούν αναγκαία την προετοιμασία των προς τοποθέτηση αρχιτεκτονικών μελών όχι στις τελικές τους διαστάσεις αλλά με πρόβλεψη ελάχιστου απέργου 2-3χιλ. Έτσι εξασφαλίζεται η δυνατότητα συναρμογής των λίθων με περαιτέρω κατεργασία των επιφανειών στα σημεία που απαιτείται. Αυτή η διαδικασία απαιτεί κάποιο χρόνο, ο οποίος πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κατά τη σύνταξη του χρονοδιαγράμματος του έργου.

Ο μεγάλος αριθμός των λίθων με συμπληρώσεις από νέο μάρμαρο, εξήντα εννέα σε σύνολο ογδόντα[13], αποτέλεσε την κύρια αιτία του μεγάλου χρόνου που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση του έργου αποκατάστασης της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα. Κατά τη συνήθη πρακτική, ικανός αριθμός διαδοχικών δοκιμών ήταν αναγκαίος πριν από την προσαρμογή κάθε λίθου στην τελική του θέση, χωρίς να είναι σπάνια και η περίπτωση της καταβίβασής του στο εργαστήριο όποτε υπήρχε εκτίμηση ότι η βράχυνση των διαστάσεών του στον κόφτη θα γινόταν ταχύτερα.

Περισσότερο χρονοβόρα, όπως ήταν αναμενόμενο, ήταν η συναρμογή των διαζωμάτων. Οι λίθοι έπρεπε να εδραστούν σωστά στα επιστύλια, να έχουν σωστή κλίση τόσο κατά την εγκάρσια όσο και κατά την διαμήκη διεύθυνση και να συναρμόσουν με τα παρακείμενά τους κατά το ύψος, κατά το ύψος της εγκοπής του θράνου αλλά και στους αρμούς ώσεως. Η απομείωση του μήκους κατά την κατεργασία των επιφανειών ώσεως απεδείχθη κάθε άλλο παρά αμελητέα. Παρά το γεγονός ότι είχε προβλεφθεί άπεργο, μετά την οριστική τοποθέτηση των διαζωμάτων Β.ΔΖ21(14070) και Β.ΔΖ22 μετρήθηκε μείωση στο υπολογιζόμενο μήκος κατά 4χιλ. ενώ μετά την προσαρμογή και των επόμενων τριών διαζωμάτων Β.ΔΖ20, Β.ΔΖ19(12380) και Β.ΔΖ18(14065) η συνολική μείωση μετρήθηκε στα 8χιλ. Οι διαφορές αυτές καλύφθηκαν τελικά με την διαμόρφωση των νέων διαζωμάτων με μεγαλύτερο μήκος έως και 20χιλ. Επιχειρήθηκε όμως και μία σχετική οικονομία, όπως στην

[7] Μεμονωμένοι λίθοι που τοποθετούνταν ως αντιθήματα των μετοπών, για την πλήρωση των κενών μεταξύ μετοπών και διαζωμάτων και την στήριξη των υπερκειμένων γείσων.

[8] Οι λίθοι σημειώνονται με τον κωδικό της προτεινόμενης θέσης και σε παρένθεση δηλώνεται ο προσωρινός αριθμός που έλαβαν κατά την αποξήλωση. Οι λίθοι που αποξηλώθηκαν από την βόρεια περίσταση αριθμήθηκαν από 14001 κ.ε. Σχετικά με την κωδικογράφηση των λίθων βλ. Κορρές, Μ.- Μπούρας, Χ. 1983, 213.

[9] Το γείσο αυτό, παρατοποθετημένο κατά την αναστήλωση του μεσοπολέμου, παρέμεινε στην ίδια θέση και μετά τις εργασίες αποκατάστασης της ανατολικής πλευράς, δεδομένου ότι δεν υπήρχε δυνατότητα διερεύνησης της αρχικής του θέσης.

[10] Χριστοδουλοπούλου, Ρ.- Βρούβα, Α. 2008. *Μελέτη αποκατάστασης του δυτικού τμήματος του θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα*, Αθήνα. Αρχείο ΥΣΜΑ Μ1800, 120-125.

[11] Η αναγνώριση του θραύσματος του διαζώματος Β.ΔΖ33 έγινε από την Ρ. Χριστοδουλοπούλου.

[12] Από τη θέση αυτή απομακρύνθηκε παρατοποθετημένο γείσο της νότιας περίστασης. Χριστοδουλοπούλου, Ρ.- Βρούβα, Α. 2008, 99.

[13] Θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη και το γεγονός ότι αντίστοιχες συμπληρώσεις είχε και η υποκείμενη στρώση των επιστυλίων.

περίπτωση των νέων διαζωμάτων Β.ΔΖ28 και Β.ΔΖ30, τα οποία σύμφωνα με την μελέτη θα έπρεπε να υποστούν μείωση του μήκους τους κατά 3 και 15χιλ. αντίστοιχα, αλλά υλοποιήθηκε αφαίρεση 18χιλ. μόνο από δεύτερο.

4. Οι κλίσεις, οι σχετικές θέσεις των λίθων και η χάραξη οδηγών τοποθέτησης

Το ζήτημα που θα εξεταστεί παρακάτω αφορά στη γεωμετρία της κατασκευής μετά την ανατοποθέτηση των λίθων των ανώτερων στρώσεων του θριγκού, όπως αυτή επιβλήθηκε από τα σωζόμενα στοιχεία.

4.1. Οι κλίσεις των επιφανειών

Μετά την ανατοποθέτηση των επιστυλίων διαμορφώθηκε η επιφάνεια έδρασης των λίθων της δωρικής ζωφόρου. Όπως είναι γνωστό, η επιφάνεια αυτή δεν είναι οριζόντια[14]. Στη διεύθυνση Β-Ν παρουσιάζει ενιαία κλίση προς τα έξω, η οποία μετρήθηκε από 0,2º έως 0,3º σε περιοχές, όπου τα αρχαία τμήματα ήταν εκτενέστερα, δηλαδή στο 6ο, 8ο, 9ο, 10ο και 11ο μετακιόνιο διάστημα[15]. Στη διεύθυνση Α-Δ, παρατηρείται η «γνωστή» καμπυλότητα του θριγκού. Τα μεγαλύτερα υψόμετρα μετρήθηκαν στο 9ο μετακιόνιο[16] (Εικ. 2).

Οι κλίσεις της άνω έδρας των διαζωμάτων ως προς την οριζόντιο ακολουθούν τις κλίσεις των επιστυλίων, που σημειώνονται παραπάνω, με μικρή διαφοροποίηση στην άνω επιφάνεια της εγκοπής που διαμορφώνεται για τον θράνο, όπου η κλίση καταγράφεται μικρότερη[17].

Οι κλίσεις των λίθων ως προς την κατακόρυφο, προέκυψαν αφ' ενός από μετρήσεις στα κατά χώραν σωζόμενα τμήματα και αφ' ετέρου από τις περιπτώσεις κατά τις οποίες αρχαία αρχιτεκτονικά μέλη εδράζονται σε αρχαίες επιφάνειες των επιστυλίων, όπως τα διαζώματα Β.ΔΖ24(14066) και Β.ΔΖ27(14071) ή οι τρίγλυφοι Β.ΤΡ17(14045), Β.ΤΡ18(14055) κ.α. Έτσι, τα διαζώματα στην πρόσοψη παρουσιάζουν κλίση ως προς την κατακόρυφο 89.4º έως 89.5º και στις παρειές 89.9º έως 90º[18]. Οι μηροί των τριγλύφων παρουσιάζουν κλίση ως προς την κατακόρυφο 88.7 º έως 88.9º[19] (Εικ. 3).

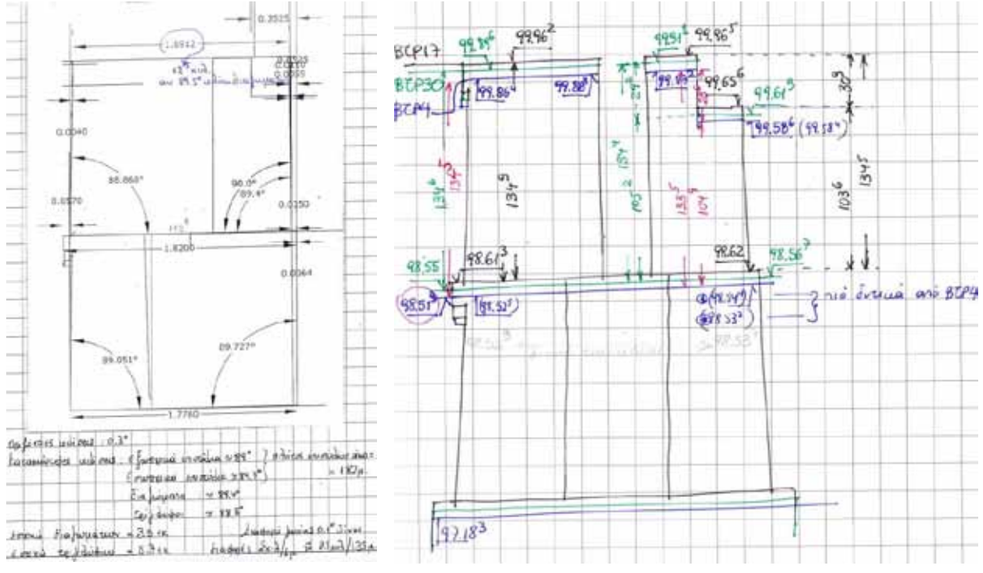
[14] Penrose F.C., *An Investigation of the Principles of Athenian Architecture*, London 1888, 27 ,pl 12, Ορλάνδος, Α. 1977. *Η αρχιτεκτονική του Παρθενώνος*, Αθήνα,216-220.

[15] Στα κατά χώραν αρχαία, πάνω από τον κίονα Β.Κ3, η κλίση μετράται 0,4˚. Η αύξηση θα πρέπει να αποδοθεί σε παραμόρφωση λόγω στρέψης.

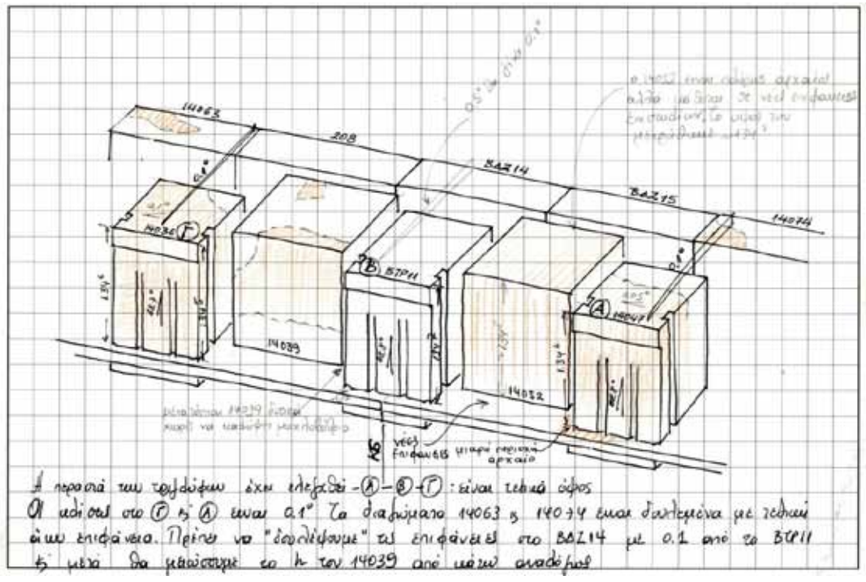
[16] Ο 9ος κίονας αντιστοιχεί στο μέσον της μακράς πλευράς του Παρθενώνα. Ωστόσο, επειδή η βύθιση των άκρων ως προς το μέσον δεν είναι ισότιμη, το μέγιστο υψόμετρο καταγράφεται δυτικότερα του 9ου κίονα.

[17] Η εγκοπή των διαζωμάτων για τους λίθους του θράνου διαμορφώνεται με σταδιακή αύξηση του ύψους από τα άκρα προς το κέντρο, κατά συνέπεια η κλίση ως προς την οριζόντιο είναι πιο ήπια από ό,τι στη βάση τους, Ορλάνδος, Α. 1977, 237. Αυτή η διαφοροποίηση αποτελεί και στοιχείο τεκμηρίωσης της αρχικής θέσης των λίθων. Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2005, 3.

[18] Κλίση 90º παρουσιάζεται στα διαζώματα που βρίσκονται περί το μέσον του μήκους της περίστασης και αυξάνεται σε 88.9º καθώς απομακρύνονται προς τα άκρα.



Εικ. 2. Στο σκαρίφημα ημερολογίου σημειώνονται σχετικά υψόμετρα στις θέσεις Β.ΤΡ4, Β.ΤΡ17 (μέσον της μακράς πλευράς) και Β.ΤΡ30, μετά την αναστήλωση.



Εικ. 3. Στο σκαρίφημα ημερολογίου σημειώνονται οι κλίσεις των λίθων ως προς την κατακόρυφο και την οριζόντιο διεύθυνση.

[19] Μικρές διαφορές στις μετρήσεις οφείλονται σε φθορές των επιφανειών έδρασης. Για την ασφάλεια της κατασκευής απεφεύχθη η χρήση παρεμβλημάτων για τη διόρθωση των κλίσεων, οσάκις δεν κρίθηκε αναγκαίο.

4.2. Οι σχετικές θέσεις των λίθων

Προκειμένου να ξεκινήσει η ανατοποθέτηση έπρεπε να χαραχθούν οι οδηγοί- γραμμές αναφοράς. Η θέση των διαζωμάτων, σύμφωνα με μετρήσεις στα κατά χώραν σωζόμενα τμήματα αλλά και με τα ίχνη διάβρωσης επί των επιστυλίων, ορίστηκε σε εσοχή 3,5 εκ. ως προς την παρειά του εσωτερικού επιστυλίου (Εικ. 4). Για τη θέση των τριγλύφων, οι μετρήσεις στα κατά χώραν τμήματα ποικίλλουν από 5,5εκ. (Β.ΤΡ26) έως 6,2εκ.(Β.ΤΡ2), λόγω των μετακινήσεων που έχουν υποστεί οι λίθοι[20]. Η γραμμή αναφοράς χαράχθηκε ώστε να εισέχει της ταινίας του εξωτερικού επιστυλίου κατά 5.7εκ. (Εικ. 5).

Εικ. 4. Τα διαζώματα τοποθετήθηκαν σε εσοχή ως προς τα επιστύλια κατά 3.5εκ.

Εικ. 5. Οι τρίγλυφοι τοποθετήθηκαν σε εσοχή ως προς τα επιστύλια κατά 5.7 εκ. και σε αντιστοιχία με τους κανόνες των επιστυλίων.

Για τον καθορισμό της ελήφθησαν υπ' όψιν τα ίχνη διάβρωσης επί των επιστυλίων αλλά κρίθηκε σκόπιμο να διενεργηθούν και δοκιμές τοποθέτησης τριγλύφου, γείσου και λίθου θράνου, ώστε να ελεγχθεί η αντιστοιχία όλων των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των λίθων. Για τις δοκιμές επιλέχθηκε η θέση στον άξονα του 9^{ου} κίονα, όπου τα επιστύλια σώζουν σε ικανοποιητικό βαθμό την αρχαία επιφάνεια, η τρίγλυφος Β.ΤΡ17(14045) είναι αρχαία όπως και το αντίστοιχο διάζωμα Β.ΔΖ23(14064). Επ' αυτών τοποθετήθηκε αρχικά το γείσο 14006 και ένας λίθος θράνου[21] (Εικ. 6).

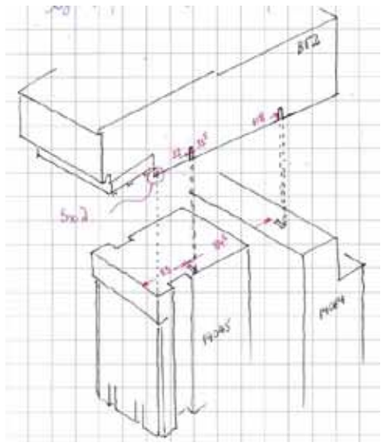
[20] Ως μη γομφούμενες οι τρίγλυφοι μετακινούνται ευκολότερα μετά από σεισμικές διεγέρσεις.

[21] Το γείσο 14006 δεν ανήκει σε αυτή τη θέση, αλλά τον Απρίλιο, που έγινε η 1^{η} δοκιμή, δεν είχε καταβιβαστεί ακόμη το γείσο από τη θέση Β.Γ2. Επιπλέον είναι το μόνο γείσο που διατηρεί το πλήρες βάθος και τις δύο αρχαίες εντορμίες. Για την ταύτιση των θέσεων των λίθων του θράνου δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία. Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2005, 8.

Από τη βέλτιστη σχετική θέση όλων των ανωτέρω αρχιτεκτονικών μελών προέκυψε ότι η απόσταση διαζώματος-τριγλύφου στη βάση τους θα έπρεπε να είναι 1.728μ. και σημειώθηκε ο οδηγός[22] με τοπογραφικό όργανο στην επιφανεία των επιστυλίων. Η θέση αυτή επιβεβαιώθηκε και σε 2^{η} δοκιμή, με το γείσο Β.Γ32(Β.Γ2), όταν διαπιστώθηκε και η πλήρης αντιστοιχία των εντορμιών των γόμφων του γείσου με τους υποκείμενους αρχαίους λίθους (Εικ. 7).

Τέλος, από τη σχετική θέση του γείσου Β.Γ32 ως προς τους υποκείμενους, προκύπτει ότι το γείσο προέχει κατά 5 χιλ. ως προς την κεφαλή της τριγλύφου.

Εικ. 6. Δοκιμές συναρμογής του γείσου 14006, επί των διαζωμάτων 14064 και 14045 και του θράνου 14019.

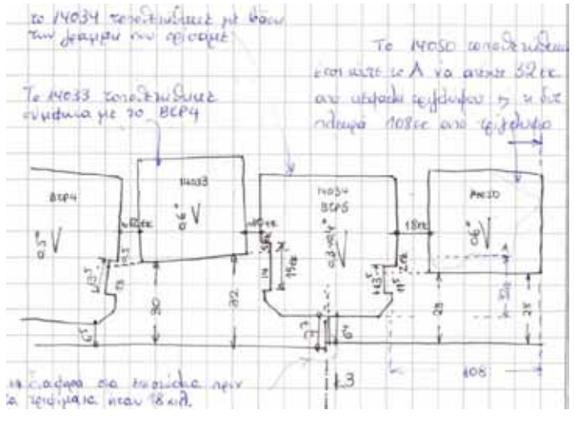


Εικ. 7. Η σχετική θέση των λίθων τεκμηριώνεται και με την αντιστοιχία των εντορμιών των γόμφων (σκαρίφημα ημερολογίου).

4.3. Τα άκρα του αναστηλωμένου τμήματος και οι σχετικές θέσεις με τα κατά χώραν σωζόμενα τμήματα.

Είναι προφανές ότι με την έκρηξη του 1687 εκτός από την κατάρρευση του κεντρικού τμήματος του περιστυλίου, προκλήθηκαν μετακινήσεις στα εναπομείναντα τμήματα του μνημείου. Με τη νέα επέμβαση, τα επανατοποθετούμενα αρχιτεκτονικά μέλη αποκτούν την αρχική τους θέση και αποκαθίσταται η γεωμετρία του μνημείου. Παραμένουν όμως οι παραμορφώσεις των κατά χώραν σωζόμενων τμημάτων, με αποτέλεσμα την ασυνέχεια της κατασκευής στις περιοχές γειτνίασης αυτών με το υπό ανασύνθεση τμήμα.

[22] Πρόκειται για γραμμές με μολύβι, που σημειώθηκαν με δμετρους πήχεις και κατά τόπους επικαλύφθηκαν με paraloid για να διατηρηθούν καθ' όλη τη διάρκεια του έργου.



Εικ. 8. Παραμένουσες μετακινήσεις σε τρίγλυφο και λίθο πλήρωσης στο ανατολικό άκρο του υπό αναστήλωση τμήματος της βόρειας περίστασης (σκαρίφημα ημερολογίου).

Στο δυτικό σωζόμενο τμήμα καταγράφεται στροφή και μετατόπιση προς βορρά της τάξης των 2εκ. Το δυτικότερο επανατοποθετούμενο διάζωμα, τοποθετείται στη θεωρητική του θέση και έτσι εξέχει του κατά χώραν Β.ΔΖ33 κατά 2,7εκ. στη βάση και 2εκ. στη άνω έδρα[23].

Στο ανατολικό τμήμα καταγράφονται μεγαλύτερες διαφορές. Η στροφή του 3ου κίονα είναι εντονότερη και οι διαφορές σημειώνονται στο σκαρίφημα (Εικ. 8).

5. Τα συνεργεία και ο βασικός εργοταξιακός εξοπλισμός

Για την τοποθέτηση των λίθων χρησιμοποιήθηκαν οι δύο γερανοί, που ήταν εγκατεστημένοι στον Παρθενώνα, ο Derrick στον σηκό και ο Potain εξωτερικά της βόρειας πλευράς[24].

Η εμβέλεια λειτουργίας τους είχε περιορισμούς, οι οποίοι έπρεπε να ληφθούν υπ' όψιν για τον προγραμματισμό του έργου. Ο Potain δεν μπορούσε να εξυπηρετήσει εργασίες στο δυτικό τμήμα ενώ ο Derrick λόγω περιορισμού περιστροφής αδυνατούσε να υποστηρίξει εργασίες ανατολικότερα του 9ου μετακιονίου διαστήματος . Η μετακίνηση του δεύτερου προγραμματίστηκε μετά την ολοκλήρωση των εργασιών στο δυτικό τμήμα της βόρειας πλευράς. Η περιοχή λειτουργίας του επεκτάθηκε έως το 7ο μετακιόνιο μετά την περιστροφή του κατά 90ο, τον Σεπτέμβριο του 2009[25].

Κατά την προηγούμενη αναστήλωση, της περιόδου Μπαλάνου, είχαν διαμορφωθεί στους λίθους οπές για ανάρτηση με καμπάνα. Δυστυχώς, οι οπές αυτές δεν μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν καθώς οι σύγχρονες συμπληρώσεις μετέβαλαν το κέντρο βάρους των αρχιτεκτονικών μελών και εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων οι οπές αχρηστεύτηκαν. Η ανάρτηση των λίθων επιτελέστηκε με δύο

[23] Η διαφορά οφείλεται στη διαφορετική κλίση του προσώπου στα δύο διαζώματα, 89,4ο στο ΒΔΖ33 έναντι 89,6ο στο ΒΔΖ32(14077).

[24] Εκτενέστερη αναφορά στον εργοταξιακό εξοπλισμό γίνεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο του παρόντος τόμου, από τον Ν. Τογανίδη.

[25] Η περιστροφή του γερανού αποτέλεσε μεγάλο εγχείρημα καθώς πολλά στοιχεία του γερανού, λόγω παλαιότητας παρουσίαζαν παραμορφώσεις και η συνδεσμολογία τους απαιτούσε μεγάλη προσπάθεια. Για την εργασία απασχολήθηκε μεγάλος αριθμός τεχνιτών τόσο από το εργοτάξιο του Παρθενώνα όσο και από το ηλεκτρολομηχανολογείο με συντονιστή τον μηχανολόγο της ΥΣΜΑ Σ. Οικονομόπουλο.

ειδικές αρπάγες[26], μία με περιορισμένο άνοιγμα για τα διαζώματα και τις τριγλύφους και μία με ευρύτερο άνοιγμα[27] για τα γείσα (Εικ. 9).

Εικ. 9. Δοκιμές τοποθέτησης διαζώματος με την μικρή αρπάγη και τον γερανό Potain δεξιά, τοποθέτηση γείσου με την μεγάλη αρπάγη και τον Derrick αριστερά.

Εικ. 10. Οι εργασίες αναπτύσσονταν σε όλο το μήκος της βόρειας πλευράς. Ανατοποθέτηση λίθου πλήρωσης, κατεργασία επιφανειών συμπληρωμάτων, σημάδεμα για διάνοιξη εντορμιών συνδετηρίων στοιχείων.

Με δεδομένη την χρήση των δύο γερανών οργανώθηκαν δύο συνεργεία, τα οποία εργάζονταν παράλληλα για την ανατοποθέτηση των λίθων. Επικεφαλής των συνεργείων ήταν ο Δ. Φώσκολος. Το πρώτο συνεργείο με υπεύθυνο τον Σ. Καρδάμη αποτελείτο από τους Γ. Φιλιππούση, Δ. Γαβαλά, Μ. Τζανουλίνο, Η. Κωνσταντινόπουλο και Δ. Παπαρίδη. Το δεύτερο συνεργείο με υπεύθυνο τον Δ. Μαστορόπουλο απαρτιζόταν από τους Κ. Μέγκουλα, Β. Βελωνά, Κ. Ξυπολιτίδη και Μ. Γάσπαρη.

Μετά την τοποθέτηση των λίθων ακολουθούσαν εργασίες, όπως κατεργασία τελικών επιφανειών, διάνοιξη εντορμιών και τοποθέτηση συνδέσμων, που εκτελούνταν από άλλες ομάδες τεχνιτών (Εικ. 10). Το έργο υποστηρίχθηκε από τους μαρματοτεχνίτες Σ. Αγγελόπουλο, Χρ. Χοντρογιάννη και Α. Ψιλόπουλο στο ποντάρισμα συμπληρωμάτων, Γ. Βουδούρη, Α. Χουσάκο, Θ. Γρέκα και Γ. Σκαλκώτο στην κατεργασία τελικής επιφάνειας μαρμάρων, τους Ι. Χίου, Λ. Φιλιππούση και Θ. Μπουγέλη στις συγκολλήσεις συμπληρωμάτων, τους Μ. Αδαμοπούλου και Μ. Τζιούμα για την παραγωγή εκμαγείων για συμπληρώσεις, τους χειριστές κόφτη Σ. Δουλφή και Σ. Πιτσόλη, τους χειριστές παντογράφων Χ. Μπαζάκο και Ι. Βασσάλο, τον χειριστή τρυπανιού Ι. Φακάζη,. Τέλος σε εργασίες υποστήριξης (μεταφορές, ικριώματα κ.α.) εργάστηκαν οι Ν. Τσούπρος, Β. Τζιώλος και Ε. Γούσης.

[26] Ο σχεδιασμός τους έγινε από τους Σ. Οικονομόπουλο και Ν. Τογανίδη και η κατασκευή τους από τον Β. Παρχαρίδη, εξωτερικό συνεργάτη της ΥΣΜΑ.

[27] Το άνοιγμα της αρπάγης μεταβαλλόταν με την τοποθέτηση πίρων σε τρεις θέσεις. Έτσι, το άνοιγμα της μικρής αρπάγης κυμαινόταν από 0.50 έως 0.90μ. και της μεγάλης 2.00 έως 2.40μ.

6. Η σειρά ανατοποθέτησης των αρχιτεκτονικών μελών

6.1. Γενικά στοιχεία περί συναρμογής και γομφώσεων των λίθων

Μία από τις βασικές αρχές που τηρούνται στα έργα αποκατάστασης των μνημείων της Ακρόπολης είναι ο σεβασμός του δομικού συστήματος των αρχαίων κατασκευών[28]. Προϋπόθεση για την τήρηση αυτής είναι η επανάληψη της σειράς τοποθέτησης των λίθων της αρχικής κατασκευής κατά την ανατοποθέτηση των αρχιτεκτονικών μελών. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα να τοποθετηθούν νέοι γόμφοι στις υπάρχουσες εντορμίες (Εικ. 11).

Σε περιπτώσεις αποκατάστασης τμήματος μόνο του μνημείου, όπως η βόρεια πλευρά, προκύπτουν ζητήματα ως προς την γόμφωση των ακραίων λίθων, οι οποίοι συναρμόζουν με τους κατά χώραν σωζόμενους. Στις περιπτώσεις αυτές επιλέγεται η λύση με τη μικρότερη παρέμβαση.

Για την συγκεκριμένη περιοχή που εξετάζεται, το πρόβλημα αφορά μόνο στα διαζώματα, καθώς οι τρίγλυφοι και οι λίθοι πλήρωσης ούτε συναρμόζουν μεταξύ τους, ούτε γομφώνονται στα επιστύλια. Η σύνδεσή τους εξασφαλίζεται μόνο με συνδέσμους.

Εικ. 11. Τα διαζώματα 14071 και 14067. Διακρίνονται οι εντορμίες των γόμφων.

6.2. Κεντρικό τμήμα – διαζώματα

Τα διαζώματα συναρμόζουν μεταξύ τους και γομφώνονται στα επιστύλια. Το Β.ΔΖ21 τεκμηριώνεται ως προτοποθετημένο και τα Β.ΔΖ11 και Β.ΔΖ32 ως καταφραγές[29]. Κατά συνέπεια

[28] Κορρές, Μ.- Μπούρας, Χ. 1983, 411.

[29] Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2008, 4 και σχέδιο.

στην περιοχή που αναστηλώθηκε, από το Β.ΔΖ5 έως το Β.ΔΖ33, διαμορφώνονταν τρεις ομάδες διαζωμάτων προς τοποθέτηση, από το Β.ΔΖ5 έως το Β.ΔΖ11(14062), από το Β.ΔΖ21(14070) έως το Β.ΔΖ32 και από το Β.ΔΖ21(14070) έως το Β.ΔΖ11. Η οριστική τοποθέτηση, κατά την οποία τοποθετείτο και ο γόμφος κάθε διαζώματος, ακολούθησε αυτή την σειρά[30].

Η τοποθέτηση ξεκίνησε από την ομάδα Β.ΔΖ21 έως Β.ΔΖ32, κυρίως επειδή στην περιοχή συγκεντρώνονταν περισσότερα αρχαία μέλη και οι δυσκολίες κατά την προσαρμογή τους θα ήταν ασφαλώς μεγαλύτερες (Σχ. 6). Συγκεκριμένα, κρίθηκε σκόπιμο να προηγηθεί η προσαρμογή πέντε διαδοχικών αρχαίων διαζωμάτων, τα οποία εδράζονταν σε αρχαίες επιφάνειες των επιστυλίων Β.Ε9.3 και Β.Ε10.3. Επιπλέον, το 14071, που ανήκε στην ομάδα των πέντε αρχαίων διαζωμάτων που γομφώνονταν σε αρχαία επιστύλια, είχε συγκεκριμένη θέση· παρατηρείτο χαρακτηριστικό λάξευμα στην άνω έδρα του αρχαίου επιστυλίου που δημιουργούσε μικρή διαφορά ύψους 1,5χιλ στην επιφάνεια έδρασής του (Εικ. 11).

Εκτός αυτού και τα διαζώματα Β.ΔΖ23(14064) και Β.ΔΖ26 (14067) είχαν συγκεκριμένη θέση ως προς τις αντίστοιχες τριγλύφους (14045 και 14051 αντίστοιχα) λόγω των εντορμιών των μεταξύ τους συνδέσμων.

Κατασκευάστηκε η ειδική αρπάγη και δοκιμάστηκε στο έδαφος για να εξοικειωθούν οι μαρμαροτεχνίτες, έγιναν οι αναγκαίες μετρήσεις και χαράξεις των οδηγών για την τοποθέτηση των λίθων και ξεκίνησαν εργασίες προσαρμογής των πέντε διαζωμάτων, οι οποίες διήρκεσαν δύο μήνες.

Η ανατοποθέτηση ξεκίνησε στα μέσα Ιανουαρίου 2009 και στο πρώτο τρίμηνο είχαν τοποθετηθεί στην οριστική τους θέση τα δέκα δυτικότερα διαζώματα. Το Β.ΔΖ32, παρόλο που ως καταφραγή δεν είχε γόμφο, επειδή παρουσίαζε μεγάλο αρμό με το Β.ΔΖ33, αποφασίστηκε να ενισχυθεί με διατμητικό γόμφο, τον οποίο είχε ενθέσει ο Μπαλάνος. Έτσι η τοποθέτηση του Β.ΔΖ32 προηγήθηκε του Β.ΔΖ31(14075).

Κατά το επόμενο τρίμηνο συνεχίστηκαν οι εργασίες προσαρμογής και τοποθέτησης των διαζωμάτων από το ΒΔΖ21 και προς ανατολάς έως το Β.ΔΖ18(14065)[31]. Δύο ακόμη διαζώματα τοποθετήθηκαν στη συνέχεια των προηγουμένων, έως το τέλος Ιουλίου, καθώς το διάζωμα Β.ΔΖ16(14074) είχε συγκεκριμένη θέση λόγω της εντορμίας του γόμφου του στο επιστύλιο Β.Ε6.3(14099).

Τα επόμενα προς ανατολάς διαζώματα Β.ΔΖ15 και Β.ΔΖ14 ήταν καινούργια και επομένως πριν την κοπή στο τελικό τους μήκος θα έπρεπε να εξασφαλιστεί η συναρμογή των ανατολικότερα αυτών ευρισκόμενων αρχαίων (Σχ. 6). Επιπλέον, άλλη θέση που απαιτούσε έλεγχο προσαρμογής ήταν η

[30] Με δύο εξαιρέσεις, το διάζωμα Β.ΔΖ32 αντί του Β.ΔΖ33 και το διάζωμα Β.ΔΖ10 αντί του Β.ΔΖ11, που τοποθετήθηκαν ως καταφραγές για πρακτικούς λόγους, βλ. στα επόμενα.

[31] Παράλληλα τοποθετήθηκαν οι τρίγλυφοι και οι λίθοι πλήρωσης στο 9ο και 10ο μετακιόνιο διάστημα.

περιοχή του 4ου μετακιονίου, όπου οι λίθοι Β.ΔΖ9(β1586), Β.ΔΖ10(14061) και η τρίγλυφος Β.ΤΡ8(14038) είχαν συγκεκριμένη σχετική θέση, που τεκμηριωνόταν από τις υφιστάμενες εντορμίες των συνδέσμων τους. Στις αρχές Ιουλίου 2009, ξεκίνησε η προσαρμογή των διαζωμάτων από το Β.ΔΖ9(β1586) και δυτικά αυτού. Στο τέλος Ιουλίου, είχε ολοκληρωθεί η προσαρμογή όλων των αρχαίων διαζωμάτων στο 4ο και 5ο μετακιόνιο, οριστικοποιήθηκε το απαιτούμενο μήκος του νέου Β.ΔΖ14 και καταβιβάστηκε προκειμένου να μεταφερθεί στον κόφτη.

Στις αρχές Σεπτεμβρίου 2009, είχαν τοποθετηθεί και γομφωθεί στην τελική τους θέση όλα τα διαζώματα από το Β.ΔΖ13 και δυτικά αυτού. Οι εργασίες, που εκτελούνταν με τον γερανό Potain, διεκόπησαν προκειμένου να ολοκληρωθεί η τοποθέτηση του τελευταίου λίθου της στρώσης των επιστυλίων Β.Ε3.1. Οι εργασίες στα διαζώματα (Εικ. 12) συνεχίστηκαν και πάλι τον Οκτώβριο και στις 24 Δεκεμβρίου τοποθετήθηκε και το τελευταίο διάζωμα Β.ΔΖ10(14061). Το διάζωμα τοποθετήθηκε συρταρωτά από επάνω, ως καταφραγή, ενώ η γόμφωσή του κατέστη δυνατή λόγω θραύσης στο οπίσθιο τμήμα του[32].

Εικ. 12. Δοκιμές τοποθέτησης του διαζώματος ΒΔΖ7 (α1516). Διακρίνεται το πρόσθετο μάρμαρο-αντίβαρο στην εγκοπή του θράνου για τη ζυγισμένη ανάρτηση του λίθου.

6.3. Κεντρικό τμήμα- τρίγλυφοι και λίθοι πλήρωσης

Η ανατοποθέτηση των τριγλύφων και των λίθων πλήρωσης ολοκληρώθηκε τμηματικά κατ' αντιστοιχία με τα διαζώματα. Η πρώτη ομάδα αφορούσε τους λίθους του 9ου και 10ου μετακιονίου διαστήματος και οι εργασίες ολοκληρώθηκαν στο 2ο τρίμηνο του 2009. Κατά κανόνα τοποθετούνταν αρχικά οι τρίγλυφοι, η θέση των οποίων συσχετιζόταν με τους κανόνες των επιστυλίων (Εικ. 5,13), και στη συνέχεια οι λίθοι πλήρωσης.

Με την αναστήλωση της πρώτης ομάδας αντιμετωπίστηκαν ορισμένα ζητήματα, τα οποία δεν είχαν αποσαφηνιστεί εξ αρχής. Ένα ζήτημα, το οποίο απασχόλησε την ομάδα εργασίας, ήταν κατά πόσον στηρίζονται επαρκώς τα γείσα στις θέσεις των κενών των ελλειπουσών μετοπών. Το θέμα αντιμετωπιζόταν για πρώτη φορά, καθώς μόνο στο κεντρικό τμήμα των μακρών πλευρών της

[32] Επιλέχθηκε η τοποθέτηση του Β.ΔΖ10 ως τελευταίου επειδή αφ' ενός υπήρχε η δυνατότητα να τοποθετηθεί γόμφος μετά την τοποθέτησή του και αφ' ετέρου το παρακείμενο Β.ΔΖ11, που ήταν καταφραγή, είχε προσαρμοστεί πολύ σωστά κατά την δοκιμαστική τοποθέτηση και δεν κρίθηκε σκόπιμη η μετακίνησή του.

περίστασης έχουν απωλεσθεί οι μετόπες και δεν τίθεται θέμα αντικατάστασής τους με αντίγραφα. Μετά από σχετικούς υπολογισμούς, εκτιμήθηκε ότι η κατάσταση μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής εάν ο πρόσθιος γόμφος των γείσων εισέχει ως προς το βόρειο άκρο του λίθου πλήρωσης τουλάχιστον κατά 150χιλ. Προς εξασφάλιση αυτής της παραδοχής, απαιτήθηκε η προς βορρά μετατόπιση τριών λίθων πλήρωσης[33] κατά μερικά εκατοστά. Για ανάλογους λόγους, καλύτερη δηλαδή κατανομή του βάρους του υπερκείμενου γείσου και ασφαλέστερη έδραση αυτού, απαιτήθηκε η μετακίνηση δύο λίθων πλήρωσης ανατολικότερα ή δυτικότερα[34] (Εικ. 14).

Εικ. 13. Έλεγχος της στάθμης της άνω έδρας της τριγλύφου 14051 ως προς το διάζωμα 14067, προκειμένου να γίνει κατεργασία στις νέες επιφάνειες.

Εικ. 14. Καθώς οι λίθοι πλήρωσης δεν γομφώνονταν, ο νέος λίθος Β.ΜΟ.ΠΛ20, μετατοπίστηκε προς βορράν και δυσμάς για ασφαλέστερη στήριξη του γείσου 14014.

Το δεύτερο θέμα αφορούσε στη σφράγιση των εδράσεων των λίθων ώστε να αποφευχθεί η συγκέντρωση ομβρίων στις διεπιφάνειες επιστυλίων και υπερκειμένων λίθων. Η γενική κλίση 0,2ο προς βορρά, τόσο στην άνω έδρα των επιστυλίων όσο και στην άνω έδρα των λίθων της ζωφόρου επιτρέπει την απομάκρυνση των ομβρίων. Για μεγαλύτερη προστασία αποφασίστηκε να σφραγιστούν περιμετρικά στις εδράσεις τους οι τρίγλυφοι, οι οποίες τοποθετούνταν πριν από τους λίθους πλήρωσης. Οι λίθοι πλήρωσης δεν κατέστη δυνατόν να σφραγιστούν λόγω περιορισμένου χώρου.

Η ανατοποθέτηση των τριγλύφων και λίθων πλήρωσης στα μετακιόνια διαστήματα 5ο, 6ο, 7ο και 8ο, ολοκληρώθηκε στο τελευταίο τρίμηνο του 2009, ενώ έως το τέλος του Ιανουαρίου 2010 ολοκληρώθηκε και το τελευταίο τμήμα στο 3ο και 4ο μετακιόνιο διάστημα.

[33] Πρόκειται για τους λίθους 14044, 14046 και 14052, στους οποίους οι εντορμίες των συνδέσμων καθορίζουν συγκεκριμένη θέση ως προς τις γειτονικές τριγλύφους. Η μετάθεση του 14044 κατά 7εκ. και του 14046 κατά 5εκ. βορειότερα κατέστη δυνατή επειδή οι λίθοι είχαν συμπληρωθεί κατά το ύψος με νέο μάρμαρο και η τελική κατεργασία έγινε σύμφωνα με τις απαιτήσεις της τελικής θέσης τοποθέτησης.

[34] Ο Β.ΜΟ.ΠΛ14(14046) μετακινήθηκε ανατολικότερα και ο νέος λίθος Β.ΜΟ.ΠΛ20 δυτικότερα.

6.4. Κεντρικό τμήμα- γείσα

Η ανάρτηση, η μεταφορά και οι δοκιμαστικές τοποθετήσεις των λίθων των γείσων παρουσιάζουν αυξημένες δυσκολίες, έναντι των τριγλύφων και των διαζωμάτων, λόγω των διαστάσεων και του βάρους τους. Για την επίτευξη της κατά δυνατόν βέλτιστης συναρμογής τους αποφασίστηκε να προηγηθούν της τοποθέτησης δοκιμές ανά ζεύγος επάνω σε ειδική τράπεζα συγκόλλησης. Δηλαδή, μετά από την τοποθέτηση των γείσων ανά δύο στην τράπεζα, με επάλληλες δοκιμές επιτυγχανόταν η συναρμογή τους κατά τον αρμό ώσεως. Έτσι, μεγάλο μέρος της εργασίας επιτελέστηκε στο έδαφος και όχι με ανηρτημένα τα ογκώδη αυτά μάρμαρα. Θα πρέπει βέβαια να επισημανθεί ότι στην τράπεζα η προσαρμογή γινόταν ως προς ένα οριζόντιο επίπεδο ενώ στην οριστική τους θέση οι λίθοι εδράζονται και συναρμόζουν υπό κλίση. Κατά συνέπεια απαιτήθηκε επιπλέον εργασία στο τελικό στάδιο της προσαρμογής, η οποία όμως ήταν σημαντικά μειωμένη.

Η ανατοποθέτηση των γείσων στο κεντρικό τμήμα της βόρειας πλευράς ξεκίνησε με την ομάδα τεσσάρων γείσων στο 10ο μετακιόνιο διάστημα (Σχ. 6). Τοποθετήθηκε αρχικά το Β.Γ37 (14011), η θέση του οποίου ήταν ορισμένη λόγω ελάχιστης αλλά σαφούς υψομετρικής διαφοράς, που εντοπιζόταν στην άνω έδρα του υποκείμενου διαζώματος (Β.ΔΖ27). Ακολούθησε η συναρμογή των Β.Γ38, Β.Γ39 και Β.Γ36. Κατά την τοποθέτηση των λίθων ελεγχόταν το εύρος όλων των αρμών[35], η ευθυγράμμιση των κυματίων τους αλλά και η σχετική θέση τους ως συνόλου ως προς την υποκείμενη στρώση[36] (Εικ. 15). Η προσαρμογή των τεσσάρων λίθων επετεύχθη χωρίς προβλήματα.

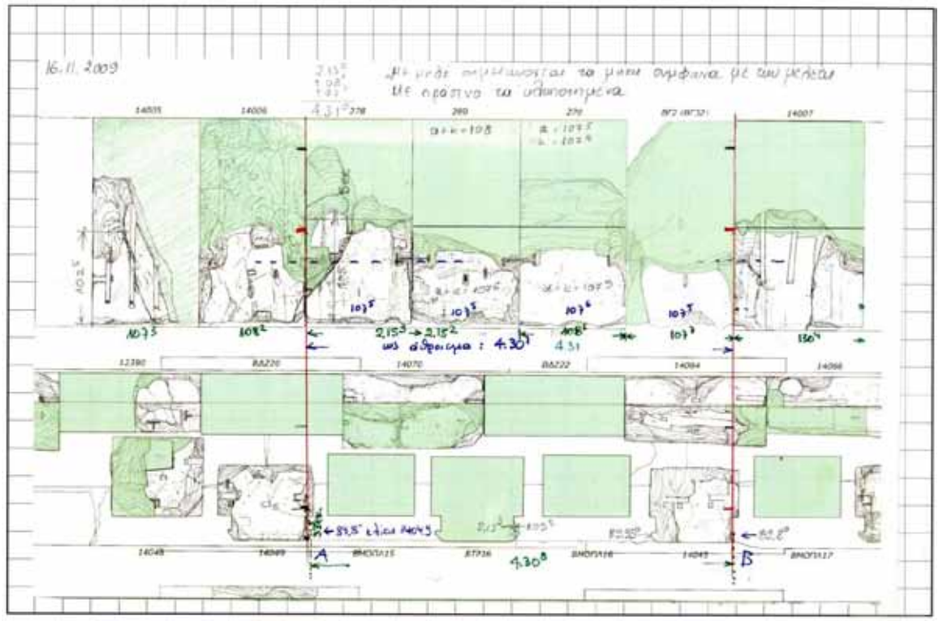
Στη συνέχεια οι λίθοι απομακρύνθηκαν ένας προς έναν, σημειώθηκε η θέση εκάστου και επανατοποθετήθηκαν με τη σειρά που επέβαλε η θέση των γόμφων, δηλαδή από δυσμάς προς ανατολάς. Η όλη εργασία διήρκεσε ένα μήνα, από 10 Σεπτεμβρίου έως 15 Οκτωβρίου 2009.

Εικ. 15. Δοκιμές τοποθέτησης του γείσου Β.Γ21(269). Εκτός από το κλείσιμο των αρμών επιδιώκεται η ευθυγράμμιση των κυματίων.

[35] Τόσο μεταξύ των όμορων γείσων όσο και με τους υποκείμενους λίθους της δωρικής ζωφόρου.

[36] Είναι κατανοητό ότι ελάχιστη οριζόντια στροφή ενός λίθου του γείσου ως προς την υποκείμενη τρίγλυφο, σε μήκος τεσσάρων ή περισσοτέρων λίθων προκαλεί μετρήσιμη απόκλιση η οποία θα πρέπει να αποκατασταθεί.

Ακολούθησε η επανατοποθέτηση επτά λίθων του γείσου στο 7ο, 8ο και 9ο μετακιόνιο διάστημα. Από αυτούς, τα Β.Γ32 και το Β.Γ27 παρουσίαζαν μεγαλύτερες δυσκολίες συναρμογής καθώς εδράζονταν σε μεγαλύτερης έκτασης αρχαίες επιφάνειες. Τοποθετήθηκε αρχικά το Β.Γ32. Το γείσο αυτό, το οποίο αποσπάστηκε από τη θέση Β.Γ2[37], όπου είχε παρατοποθετηθεί, διατηρεί το πλήρες βάθος του αρχικού με τις δύο αρχαίες εντορμίες γόμφων. Στην προβλεπόμενη από τη μελέτη θέση, οι δύο αυτές εντορμίες εναρμονίστηκαν με τις αρχαίες εντορμίες των υποκειμένων Β.ΤΡ17 και Β.ΔΖ23. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε το Β.Γ27(14005) και ακολούθησαν τα γείσα Β.Γ28(14006), Β.Γ29(278), Β.Γ30(289) και Β.Γ31(270). Στις 22 Δεκεμβρίου, όταν ολοκληρώθηκε η συναρμογή και του τελευταίου διαπιστώθηκε ανάγκη στροφής[38] και μετατόπισης[39] του συνόλου (Εικ. 16). Η απομάκρυνση και επανατοποθέτηση των γείσων, με ταυτόχρονη γόμφωση αυτών, καθώς και η ανατοποθέτηση του δυτικότερου γείσου Β.Γ33(14007) ολοκληρώθηκε στις 17 Φεβρουαρίου 2010.



Εικ. 16. Σκαρίφημα κατά την διαδικασία τοποθέτησης της ομάδας των επτά γείσων στο 8ο μετακιόνιο διάστημα. Σημειώνονται οι θέσεις των αρχαίων γόμφων των γείσων Β.Γ27(14005) και Β.Γ32.

[37] Στις 17 Δεκεμβρίου, ο Ν. Τογανίδης αναγνώρισε θραύσμα του γείσου στον σηκό του Παρθενώνα, το οποίο συγκολλήθηκε και συμπληρώθηκε πριν την οριστική τοποθέτηση του λίθου στην αρχική του θέση.

[38] Λόγω στροφής παρατηρήθηκε μέγιστη απόκλιση 9 χιλ. σε μήκος 7.75μ.

[39] Η μετατόπιση της τάξης των 5 χιλ. εφαρμόστηκε στο ανατολικότερο γείσο προκειμένου να κλείσει ο αρμός ώσεως μεταξύ Β.Γ31 και Β.Γ32, το οποίο παρέμεινε στη θέση του. Μετατοπίσεις και στροφές αυτής της τάξης μεγέθους δικαιολογούνται δεδομένου ότι οι εντορμίες είναι αρκετά ευρύτερες από τους γόμφους.

Τα υπόλοιπα εννέα γείσα του κεντρικού τμήματος της βόρειας πλευράς τοποθετήθηκαν, χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, έως το τέλος Μαρτίου 2010. Στην περιοχή αυτή εφαρμόστηκε η μόνη τροποποίηση της μελέτης, με την αντιμετάθεση της θέσης των γείσων 285 και 14003. Το γείσο 285, το οποίο επρόκειτο, σύμφωνα με την μελέτη, να τοποθετηθεί μόνο του στη θέση Β.Γ14, δεν διατηρούσε καλή έδρα. Για μεγαλύτερη εξασφάλιση, επιδιώχθηκε η προσαρμογή του σε μία ομάδα γείσων. Επιπλέον, το γείσο 14003, που διατηρούσε την πρόσθια αρχαία εντορμία γόμφου, εναρμονιζόταν καλύτερα στη θέση Β.Γ14, άνωθεν της τριγλύφου 14038, παρά στη θέση Β.Γ18, άνωθεν της τριγλύφου 14036.

Η συναρμογή των λίθων επετεύχθη σε ικανοποιητικό βαθμό, με κατάλληλη κατεργασία των επιφανειών των νέων συμπληρώσεων. Σε τρεις μόνο περιπτώσεις απαιτήθηκε προσθήκη αμμοβολισμένου φύλλου τιτανίου[40] για την εξομάλυνση διαφοράς στο ύψος των υποκειμένων και την ασφαλή έδραση των γείσων. Μεταξύ του Β.Γ30(289) και του Β.ΔΖ22 (14070) παρεμβλήθηκε φύλλο πάχους 0,5χιλ., μεταξύ του Β.Γ18(285) και του Β.ΔΖ12(14063) το φύλλο είχε πάχος 1χιλ. ενώ μεταξύ του Β.Γ14(14003) και του Β.ΔΖ9(β1586) απαιτήθηκε φύλλο πάχους 6χιλ.

Το χρονοδιάγραμμα όλων των εργασιών ανατοποθέτησης των ανώτερων στρώσεων του θριγκού παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

7. Οι φωτογραμμετρικές λήψεις

Το 2007 η διερεύνηση σχετικά με τη δυνατότητα της χρήσης φωτογραμμετρικών λήψεων για την αποτύπωση τμημάτων του Παρθενώνα, για τα οποία συντάσσονταν μελέτες αποκατάστασης, οδήγησε στη συνεργασία της ΥΣΜΑ με τη Διεύθυνση Τοπογραφήσεων και Κτηματολογίου του Υπουργείου Πολιτισμού. Οι πρώτες αποτυπώσεις εκπονήθηκαν από την τοπογράφο μηχανικό Δ. Μαυρομάτη[41]. Τα εντυπωσιακά αποτελέσματα των πρώτων φωτομωσαϊκών συνέβαλαν στην επέκταση του προγράμματος με τοπογραφικές μετρήσεις και φωτογραφικές λήψεις κατά την διάρκεια της υλοποίησης του αναστηλωτικού έργου στη βόρεια περίσταση του Παρθενώνα. Οι εργασίες πεδίου, που αφορούσαν στην αποτύπωση της κάτοψης της στρώσης διαζωμάτων – τριγλύφων πραγματοποιήθηκαν σε δύο φάσεις, 18 και 19 Ιουνίου 2009 στο δυτικό τμήμα και 15 Ιανουαρίου 2010 στο ανατολικό. Τον Μάρτιο 2010, μετά την ολοκλήρωση της αναστήλωσης της βόρειας περίστασης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και λήψεις για την αποτύπωση της κάτοψης των γείσων ενώ τον Μάϊο 2010, μετά την απομάκρυνση των ικριωμάτων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και

[40] Στη βόρεια πλευρά χρησιμοποιήθηκε αμμοβολισμένο φύλλο τιτανίου αντί για μόλυβδο.

[41] Αναλυτική περιγραφή των εργασιών και των συντελεστών του έργου γίνεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο του παρόντος τόμου.

Πίνακας 1. Αποκατάσταση Θριγκού Βόρειας Περίστασης Παρθενώνα

Ανατοποθετήσεις αρχιτεκτονικών μελών ανωτέρων στρώσεων θριγκού

ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ	*ΤΜΗΜΑ ΕΡΓΟΥ*[1]	*ΚΩΔΙΚΟΙ ΛΙΘΩΝ*[2]	*ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΙΘΩΝ ΑΝΑ ΤΜΗΜΑ*			*ΑΝΥΨΩΤΙΚΟ ΜΕΣΟΝ*
11ος- 12ος 2008		Δοκιμές προσαρμογής των 5 αρχαίων εν σειρά διαζωμάτων από τα οποία επρόκειτο να ξεκινήσει η ανατοποθέτηση				
1ος ~ 3ος 2009	Κ	Β.ΔΖ23 (14064) έως Β.ΔΖ32 (14077)[3]		10		Potain
4ος ~ 6ος 2009	Κ	Β.ΤΡ17 έως Β.ΤΡ23 (14059)		10		Potain
	Κ	Β.ΔΖ21(14070)- Β.ΔΖ22- Β.ΔΖ20- Β.ΔΖ19(12380)- Β.ΔΖ18(14065)		5		Potain
	Δ	*Β.ΔΖ33- Β.ΔΖ36- Β.ΔΖ37 εργασίες*[4]			3	Derrick
	Δ	Β.ΜΟ30 έως Β.ΜΟ.ΠΛ23			16	Derrick
7ος ~ 9ος 2009	Κ	Β.ΕΞ3 (Β.Ε3.1)[5]				Potain
	Κ	Β.ΔΖ17έως Β.ΔΖ13(208)		5		Potain
	Δ	Β.ΤΡ.ΠΛ28- Β.ΤΡ.ΠΛ26- Β.ΤΡ.ΠΛ27			3	Derrick
	Δ	Β.Γ60- Β.Γ59- Β.Γ58- Β.Γ56(14120)- Β.Γ55(14119)- Β.Γ45(14107)- Β.Γ48(54)- Β.Γ49(78)- Β.Γ54(14013)- Β.Γ53(14118)- Β.Γ52(14117)- Β.Γ51(14116)- Β.Γ50(124)			13	Derrick
10ος ~ 12ος 2009	Κ	Β.ΔΖ12(14063)- Β.ΔΖ11(14062)- Β.ΔΖ5- Β.ΔΖ6(14060)- Β.ΔΖ7(α1715)- Β.ΔΖ8- Β.ΔΖ9(β1586)- ΒΔΖ10(14061)		8		Potain
	Κ	Β.ΜΟ.ΠΛ16 έως Β.ΜΟ.ΠΛ9(14035)		14		Potain
	Κ	Β.Γ39(14014)- Β.Γ38(14016)- Β.Γ37(14011)- Β.Γ36(14012)		4		Derrick
	Α	Β.Γ2(14001)- Β.Γ3- Β.Γ4- Β.Γ5	4			Potain
1ος ~ 3ος 2010	Κ	Β.ΤΡ5(14034) έως Β.ΤΡ8(14038)		7		Potain
	Κ	Β.Γ27(14005)- Β.Γ28(14006)- Β.Γ29(278)- Β.Γ30(289)- Β.Γ31(270)- Β.Γ32(ΒΓ2)- Β.Γ33(14007)		7		Derrick
	Κ	Β.Γ24(14004)- Β.Γ25(286)		2		
	Κ	Β.Γ8(14002)- Β.Γ9(288)		2		Potain
	Κ	Β.Γ14(14003)		1		Potain
	Κ	Β.Γ18(285)- Β.Γ19- Β.Γ20(283)- Β.Γ21(269)		4		Potain

ΣΥΝΟΛΑ ΛΙΘΩΝ	4	79	35
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΛΙΘΩΝ	**118**		

1. Α: ανατολικό τμήμα βόρειας περίστασης, Κ: κεντρικό τμήμα β. περίστασης, Δ: δυτικό τμήμα β. περίστασης
2. Οι λίθοι σημειώνονται με την θέση αναστήλωσης. Σε παρένθεση σημειώνεται ο αριθμός αποξήλωσης ή ο κωδικός καταγραφής διασπάρτων
3. Οι λίθοι σημειώνονται με την σειρά της τοποθέτησης τους
4. Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν κατά χώραν σημειώνονται με πλάγια πεζά γράμματα.
5. Η τοποθέτηση του επιστυλίου Β.Ε3.1 σημειώνεται λόγω απασχόλησης του γερανού

λήψεις για την φωτογραμμετρική αποτύπωση ολόκληρης της βόρειας όψης του μνημείου[42].

8. Επίλογος

Το πρόγραμμα αποκατάστασης της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα αποτελεί ένα μοναδικό παράδειγμα αναστήλωσης κλασικού μνημείου ως προς τα κάτωθι σημεία:

Α. Η βόρεια πλευρά του Παρθενώνα υπήρξε το μεγαλύτερο σε έκταση πρόγραμμα αποκατάστασης στα μνημεία της Ακρόπολης, από την ίδρυση της ΕΣΜΑ.

Β. Το συγκεκριμένο τμήμα, λόγω παλαιότερων αναστηλώσεων, παρουσίαζε προβλήματα θραύσεων εξαιτίας της οξείδωσης των σιδηρών συνδετηρίων στοιχείων, απολεσθέντων αρχιτεκτονικών μελών, παρατοποθετήσεων σημαντικού αριθμού αρχαίων μελών και ανάγκης σε συμπληρώσεις από νέο μάρμαρο.

Γ. Ο Παρθενών ως μνημείο χαρακτηρίζεται από ιδιαιτέρως ογκώδη αρχιτεκτονικά μέλη[43]. Κατά συνέπεια η εξεύρεση μαρμάρου στις επιθυμητές διαστάσεις, η μεταφορά των αρχιτεκτονικών μελών, η διαχείρισή τους για τη συμπλήρωση και τη δομική τους αποκατάσταση απαίτησε ιδιαίτερες κατασκευαστικές λύσεις και εργοταξιακό εξοπλισμό και

Δ. Για την υλοποίηση του προγράμματος εργάστηκε απολύτως εξειδικευμένο προσωπικό επιστημονικό και εργατοτεχνικό (Εικ. 17) και χρησιμοποιήθηκε, εκτός από νέες απαιτούμενες διατάξεις, όλος ο προϋπάρχον εργοταξιακός εξοπλισμός.

Εκκρεμότητα της επέμβασης αποτελεί η μη συμπλήρωση των λίθων του θράνου. Δεδομένου ότι από τη μελέτη δεν προέκυψαν ισχυρά στοιχεία για την ταύτιση των θέσεων των αποξηλωθέντων λίθων[44], θα μπορούσαν να επανατοποθετηθούν στις θέσεις από τις οποίες καταβιβάστηκαν. Κρίθηκε όμως σκόπιμο να προηγηθεί μελέτη για το σύνολο των λίθων του θράνου και η αποκατάστασή του να αντιμετωπιστεί μελλοντικά.

Αξιολογώντας το αποτέλεσμα της επέμβασης στη βόρεια περίσταση του Παρθενώνα από αισθητικής πλευράς, θα μπορούσαμε να διατυπώσουμε την άποψη ότι η απώλεια των μετοπών

[42] Η παραγωγή ακριβούς ψηφιακού ορθοφωτομωσαϊκού (true orthophoto) της κάτοψης και της όψης του θριγκού της βόρειας πλευράς του μνημείου σε κλίμακα 1:20, έγινε πρόσφατα, από τη σύμπραξη «ΓΕΩΑΝΑΛΥΣΗ Α.Ε. - ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΦΩΤΟΓΡΑΜΜΕΤΡΙΚΗ Ε.Π.Ε. - ΦΩΤΟΠΟ ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ», η οποία ανέλαβε το έργο «Ανάθεση μελέτης τοπογραφικών και φωτογραμμετρικών αποτυπώσεων στην Ακρόπολη των Αθηνών» μετά από διεθνή διαγωνισμό, με χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ.

[43] Χαρακτηριστικές διαστάσεις και βάρος αρχιτεκτονικών μελών: κιονόκρανο (2.00 Χ 2.00 Χ 0.87μ., βάρος:7t), επιστύλιο (4.30 Χ 0.60 Χ 1.35μ., βάρος: 9t), τρίγλυφος (0.85 Χ 0.85 Χ 1.35, βάρος: 3.5t), διάζωμα (1.44 Χ 0.60 Χ 1.35, βάρος: 2.5t), γείσο (1.07 Χ 2.10 Χ 0.66μ., βάρος: 3.7t), βλ. Κορρές, Μ.- Μπούρας, Χ. 1983, 216-232.

[44] Δύο επιπλέον λίθοι θράνου στη συνέχεια του γωνιακού της ανατολικής πλευράς, καταβιβάστηκαν με πρωτοβουλία του Ν. Τογανίδη, όταν διαπιστώθηκε ότι δεν αντιστοιχούσαν οι εκατέρωθεν εντορμίες των διαμήκων συνδέσμων.

δημιουργεί ένα αισθητικό πρόβλημα στην όψη του μνημείου[45]. Οι αδρά δουλεμένες επιφάνειες στις αφανείς περιοχές της αρχαίας κατασκευής, τίθενται σήμερα σε κοινή θέα. Επιπροσθέτως, η εναλλαγή φωτεινών και σκιερών (κενών) περιοχών αποδυναμώνει την ‘ισορροπία’ που έχει αποκτήσει ο θριγκός μετά την αποκατάσταση του (Εικ. 1, 18).

Εικ. 17. Στιγμιότυπο κατά την τοποθέτηση γείσου. Διακρίνονται ο προϊστάμενος του έργου Ν. Τογανίδης, οι επικεφαλής των μαρμαροτεχνιτών, Γ. Αγγελόπουλος και Δ. Φώσκολος, οι ομαδάρχες Δ. Μαστορόπουλος και Δ. Γαβαλάς, ο μαρμαροτεχνίτης Α. Φώσκολος και ο εργατοτεχνίτης Β. Βελωνάς.

Το πρόβλημα μόνο με προσθήκη νέου υλικού θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί, γεγονός όμως που έχει άμεση επίπτωση σε ένα άλλο ζήτημα. Αυτό της αναλογίας αρχαίου και νέου υλικού. Η βόρεια περίσταση, αποτελεί ιδιάζουσα περίπτωση ως προς το θέμα αυτό, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Περαιτέρω προσθήκη νέου υλικού θα επιβάρυνε το τελικό αποτέλεσμα.

Η αναλογία αρχαίου και νέου υλικού στην αποκατεστημένη βόρεια περίσταση υπόκειται και σε μία άλλη παράμετρο, με εμφανές διαφορετικό αποτέλεσμα στις δύο πλευρές- όψεις της περίστασης. Η διατήρηση μεγάλου αριθμού αρχιτεκτονικών μελών από την εξωτερική παρειά-πρόσοψη του μνημείου είχε ως αποτέλεσμα την περιορισμένη έκταση των συμπληρώσεων. Στην εσωτερική παρειά

[45] Η απώλεια των μετοπών θέτει και ζητήματα επαρκούς στήριξης των υπερκειμένων γείσων, όπως ήδη αναφέρθηκε. Τα προβλήματα αντιμετωπίστηκαν κατά περίπτωση. Για την εξασφάλιση π.χ. του γείσου 278, το οποίο γομφωνόταν στην ελλείπουσα μετόπη, διανοίχθηκε νέα εντορμία γόμφου σε απόσταση 35 εκ. από το βόρειο άκρο της έδρας του. Ο υποκείμενος λίθος πλήρωσης είναι νέος.

αντίθετα, η απώλεια των προς το εσωτερικό του μνημείου ευρισκομένων αρχαίων λίθων οδήγησε σε εκτενέστερες συμπληρώσεις[46] (Εικ. 18, 19). Η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής όψης της βόρειας περίστασης, ως προς την αναλογία αρχαίου- νέου υλικού, ήταν εξαιρετικά δύσκολο να αποφευχθεί, δεδομένου ότι σχετίζεται άμεσα με τη δομή του μνημείου (διακριτές παρειές: εσωτερική και εξωτερική) και με τις αιτίες και τον τρόπο καταστροφής του (έκρηξη-πυρκαγιά). Ανάλογη περίπτωση αποτελούν οι μακρείς τοίχοι του σηκού[47], οι εσωτερικές παρειές των οποίων παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερη απώλεια μάζας έναντι των εξωτερικών. Το θέμα επομένως θα τεθεί και πάλι και θα έχει ενδιαφέρον να διαπιστωθεί εάν θα προκύψουν παρόμοια αποτελέσματα.

Εικ. 18. Οι συμπληρώσεις είναι περιορισμένες στην κύρια όψη της βόρειας περίστασης.

Εικ. 19. Στην εσωτερική παρειά του θριγκού οι συμπληρώσεις είναι εκτενέστερες.

[46] Πάντα με το δεδομένο ότι οι συμπληρώσεις θα πρέπει να περιορίζονται στις απολύτως αναγκαίες για την ασφαλή επανατοποθέτηση των υπερκειμένων διασωθέντων αρχιτεκτονικών μελών.

[47] Τα αποτελέσματα της έκρηξης και των πυρκαγιών είναι ορατά σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες του μνημείου, στους τοίχους όμως διασώθηκε αρχαίο υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε παλαιότερες αναστηλώσεις και πρόκειται να επανατοποθετηθεί σύμφωνα με μελέτη που βρίσκεται σε εξέλιξη.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ζάμπας, Κ. 2002. *Μελέτη δομικής αποκαταστάσεως της βόρειας όψης του Παρθενώνος*, Αθήνα ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ.

Κορρές, Μ. - Μπούρας, Χ. 1983. *Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, τ. 1, Αθήνα.

Λαμπρινού, Λ. 2005. *Αναδιάταξη μελών βόρειας κιονοστοιχίας Παρθενώνα, Κίονες- Κιονόκρανα - Επιστύλια*, Αθήνα Αρχείο ΥΣΜΑ: Μ1503.

Μπαλάνος, Ν. 1940. *Η αναστήλωσις των μνημείων της Ακροπόλεως*, Εν Αθήναις.

Ορλάνδος, Α. 1977. *Η αρχιτεκτονική του Παρθενώνος*, Αθήνα, Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία.

Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2005. *Μελέτη αναδιάταξης των μελών του ανώτερου θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα - Πρόταση αναστήλωσης*, Αθήνα Αρχείο ΥΣΜΑ: Μ1536.

Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2008. *Αναθεώρηση της μελέτης αναδιάταξης των μελών του ανώτερου θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα- Μελέτη εφαρμογής*, Αθήνα Αρχείο ΥΣΜΑ: Μ1850.

Χριστοδουλοπούλου, Ρ.- Βρούβα, Α. 2008. *Μελέτη αποκατάστασης του δυτικού τμήματος του θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα*, Αθήνα Αρχείο ΥΣΜΑ: Μ1800.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Penrose, F.C. 1888. *An Investigation of the Principles of Athenian Architecture*, London.

[*] Οι φωτογραφίες και τα σχέδια είναι της συγγραφέως.

4.3.3.5. THE RESETTING OF THE BLOCKS OF THE UPPER LAYERS OF THE ENTABLATURE ON THE NORTH SIDE OF THE PARTHENON

Vasiliki Eleftheriou

Architect Engineer NTUA, MSc NTUA Monuments Protection, Director of the Acropolis Restoration Service

Abstract

The object of this report is to present the resetting of the blocks of the layers of the Doric frieze and the cornice on the north side of the Parthenon. This project was part of the 2nd restoration programme for the monument and it pertains to the section extending from the 3rd to the 12th column, that is, the part that had collapsed and was restored in 1928, while it also pertains to the entablature of the in situ preserved western part, from the 12th to the 16th column. The work was carried out from November 2008 to March 2010, according to studies by the architect R. Christodoulopoulou. A total of seventy-nine architectural members were set in the central part (3rd to 11th intercolumniation). Only nine of these did not require any new marble supplements. Eighteen members were constructed of new marble and all remaining members were completed to a lesser or greater extent. As regards the western section of the entablature of the north side, the aim was to remove the metopes for protection reasons and to replace them with replicas. At the same time, only the minimum necessary restorative work was carried out on thirty six blocks and it was completed from April to September 2009, while the new marble supplements were very limited.

The work was carried out by two teams of marble craftsmen that worked simultaneously using the two cranes that have been installed at the Parthenon. During the resetting of the architectural members, the order in which the blocks were set on the original construction was observed, which made possible the use of new, titanium dowels in the preserved ancient mortise joints. The resetting of the blocks of every layer was followed by treatment of the end surfaces of the marble supplements and joining of the architectural members with clamps that were also made of titanium.

The addition of new marble, which was greater in percentage on the north peristasis than on other areas of the Acropolis monuments, for reasons associated with the destruction and the previous restoration of this section, was the main cause for the long duration of the work required for the resetting of the architectural members.

List of Figures

Fig. 1. The north side of the Parthenon after the restoration.

Fig. 2. Noted on the sketch in the work log are the relative elevations in positions B.TP4, B.TP17 (middle of the long side) and B.TP30, after the restoration.

Fig. 3. Noted on the sketch in the work log is the tilting of each stone block in relation to the vertical and the horizontal direction.

Fig. 4. The backing blocks of the frieze were set in a recess of 3.5 cm with respect to the architraves.

Fig. 5. The triglyphs were set in a recess of 5.7 cm with respect to the architraves and in correspondence with the regulae of the architraves.

Fig. 6. Assembly trials for cornice 14006 on to backing blocks 14064 and 14045 of the frieze and on crown block (thranos) 14019.

Fig. 7. The relative position of the stone blocks is also documented in terms of the correspondence of the mortises for the dowels (log sketch).

Fig. 8. Retained shifting of triglyph and filler block at the east end of the part of the north peristasis that is being restored (log sketch).

Fig. 9. On the left, setting of cornice by means of the big grab and the Derrick crane. On the right, test settings of backing block by means of the small grab and the Potain crane.

Fig. 10. The work extended over the entire length of the north side. Resetting of a filler block, treatment of the surfaces of marble supplements, marking for the drilling of mortises for the clamps.

Fig. 11. Backing blocks 14071 and 14067 of the frieze. Easily discernible are the mortises for dowels.

Fig. 12. Test settings of backing block BΔZ7(α1516). Easily discernible is the added marble – used as counterweight in the notch of the crown block (thranos) for a balanced setting of the stone block.

Fig. 13. Inspection of the level of the upper face of triglyph 14051 with respect to backing block 14067, in order for the new surfaces to be treated.

Fig. 14. As the filler blocks were not connected by dowels, the new B.ΜΟ.ΠΛ20 was shifted northwards and westwards so as to provide more secure support for cornice 14014.

Fig. 15. Test settings of cornice B.Γ21(269). Apart from the sealing of joints, the alignment of the mouldings is also aimed at.

Fig. 16. Sketch made during the setting of the group of seven cornice blocks on the 8th intercolumniation. Noted here are the positions of the ancient dowels of cornices B.Γ27(14005) and B.Γ32.

Fig. 17. Snapshot from the setting of a cornice block. Head of the project, N. Toganidis, head marble craftsmen, G. Angelopoulos and D. Foskolos, team leaders D. Mastoropoulos and D. Gavalas, marble craftsman A. Foskolos, and technician V. Velonas.

Fig. 18. The use of marble supplements on the main side of the north peristasis is limited.

Fig. 19. The use of marble supplements on the inside of the entablature is more extensive.

List of Drawings

Dwg. 6.* Plan view of the north side (peristasis) of the Parthenon, implementation study, the levels of the architraves, the Doric frieze, and the cornices (legend: yellow: ancient stone, green: new marble, magenta: replicas of metopes).

* All photos and drawings are by V. Eleftheriou.

* *See APPENDIX: Folded out drawings.*

4.3.3.6. Η ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΘΡΙΓΚΟΥ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΟΙΝΟΣΤΟΙΧΙΑΣ

Βρούβα Αντιγόνη

Πολιτικός Μηχανικός, Π.Σ.Π.Π.,Μ.Δ.Ε. Έργων Υποδομής, Π.Σ.Π.Σ., Δ.Π.Μ.Σ. Αναστηλώσεις Μνημείων και Συνόλων, Ε.Μ.Π., Υ.Σ.Μ.Α.

1. Εισαγωγή

Στο παρόν κείμενο πραγματοποιείται μια συνοπτική έκθεση των επιλογών, των επιδιωκώμενων στόχων και των επιβαλλόμενων περιορισμών, που αφορούν τη συνδεσμολογία των αρχιτεκτονικών μελών στην αποκατάσταση της Βόρειας Κιονοστοιχίας του Παρθενώνος.

Ο προβληματισμός γύρω από το θέμα της συνδεσμολογίας, ανέκυψε σχετικά σύντομα κατά την εκπόνηση των μελετών δομικής αποκατάστασης των καταβιβασθέντων αρχιτεκτονικών μελών. Η δράση και τα χαρακτηριστικά των συνδετηρίων στοιχείων καθόριζαν σε σημαντικό βαθμό την όπλιση του κάθε μέλους, επομένως αυτά έπρεπε να οριστούν εξαρχής.

Καθοριστικός παράγοντας υπήρξε η απουσία τελικής αρχιτεκτονικής μελέτης κατά τη διάρκεια της εκπόνησης των μελετών δομικής αποκατάστασης του κάθε μέλους, η οποία οδήγησε σε ασυμβατότητες επιλογών για τους προς σύνδεση λίθους στις περιοχές των συνδέσεων τους. Τα προβλήματα κατέστησαν προφανή όταν εκπονήθηκε η μελέτη «Διερεύνηση Συνδεσμολογίας Επιστυλίων Βόρειας Κιονοστοιχίας Παρθενώνα»[1]. Το ίδιο επαναλήφθηκε για τη συνδεσμολογία των μελών του ανώτερου θριγκού, για την κατάρτιση του τελικού σχεδιασμού της συνδεσμολογίας. Το δυτικό τμήμα του θριγκού[2], αποτέλεσε μια χωριστή ενότητα[3]. Υπόψη λήφθηκαν τόσο η τελική αρχιτεκτονική μελέτη[4], όσο και η μελέτη δομικής αποκατάστασης εκάστου μέλους[5]. Τα στοιχεία για

[1] Η μελέτη εκπονήθηκε μετά από αίτηση του προϊστάμενου του Έργου Παρθενώνος, κατατέθηκε υπόψη του και κοινοποιήθηκε στην ΥΣΜΑ την 10η Ιανουαρίου 2007, από τη γράφουσα.

[2] Σύμφωνα με την αντίστοιχη μέλετη κίονες 12-17.

[3] Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στον χρόνο εκπόνησης της μελέτης του θριγκού (όταν προσεγγίστηκε το συκγεκριμένο τμήμα του μνημείου κατά τις εργασίες αποκατάστασης της βόρειας πλευράς), αλλά και του διαφορετικού αντικειμένου, καθώς επρόκειτο για μέλη που σώζονταν στην αρχική τους θέση από τους αρχαίους χρόνους, και είχαν υποστεί αναστηλωτικές επεμβάσεις κατά χώραν. Στην περιοχή αυτή του μνημείου δεν υπήρχε αμφιβολία για την αρχαία συνδεσμολογία καθώς τα μέλη σώζονταν ακέραια με όλα τα στοιχεία τους.

[4] Η αρχιτεκτονική μελέτη για την αναδιάταξη των κιονοκράνων και επιστυλίων εκπονήθηκε από την Λ. Λαμπρινού, Αρχιτέκτονα Μηχανικό και Αρχαιολόγο, και για την αναδιάταξη των μελών του ανώτερου θριγκού, από την Ρ. Χριστοδουλοπούλου, Αρχιτέκτονα Μηχανικό. Για το δυτικό τμήμα του θριγκού η αρχιτεκτονική μελέτη εκπονήθηκε από τη Ρ. Χριστοδουλοπούλου και η καταγραφή της παθολογίας, της συνδεσμολογίας και των προτάσεων για την δομική αποκατάσταση των μελών από τη γράφουσα.

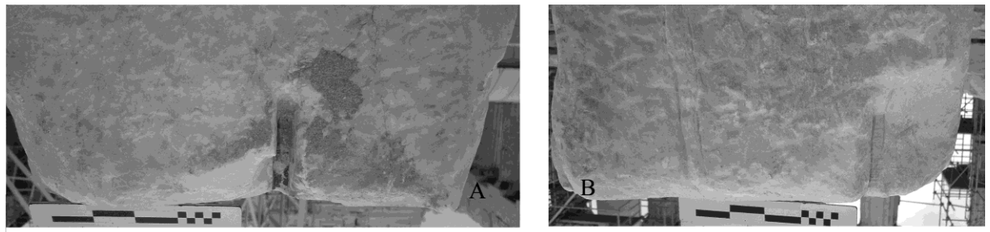
τους υπολογισμούς των συνδετηρίων λήφθηκαν από τις εγκεκριμένες μελέτες για την αποκατάσταση των μνημείων Ακροπόλεως από την ΥΣΜΑ[6].

2. Συνδεσμολογία επιστυλίων

Η βασική πρόθεση για τον σχεδιασμό της συνδεσμολογίας των επιστυλίων υπήρξε η κατά το δυνατό τήρηση των αρχαίων κανόνων σύνδεσης, επομένως επανάληψη του αρχαίου συστήματος. Οι κανόνες αποκρυσταλλώθηκαν από την μελέτη των σωζώμενων αρχαίων εντορμιών στα υπό μελέτη αρχιτεκτονικά μέλη, αλλά και τη μελέτη άλλων μερών του μνημείου, που είχαν αποξηλωθεί νωρίτερα ή βρίσκονταν κατά χώρα και μπορούσαν να παρέχουν στοιχεία[7].

2.1. Γόμφοι επιστυλίων - κιονοκράνων

Παρατηρήθηκε ότι η πλειονότητα των εξωτερικών λίθων του επιστυλίου υπήρξαν αμφιγομφωμένοι[8], δηλαδή διέθεταν πρωτεύοντα και δευτερεύοντα γόμφο. Στον πέμπτο και ενδέκατο εξωτερικό λίθο του επιστυλίου το σύστημα φάνηκε να καταργείται[9]. Κατέστη προφανές ότι οι δευτερεύοντες γόμφοι ήταν κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο που να υπολειτουργούν στην μία διεύθυνσή τους και μάλιστα την καίρια για την εξώθηση του επιστυλίου[10] (Εικ. 1). Οι μεσαίοι και εσωτερικοί λίθοι του επιστυλίου διέθεταν από κατασκευής μόνο έναν γόμφο στη διεύθυνση της τοποθέτησης. Το σύστημα αυτό επιλέχθηκε να επαναληφθεί κατά το δυνατό. Για το τμήμα της δυτικής πλευρά της βόρειας η επέμβαση στους γόμφους δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί καθώς δεν προβλέπονταν αποξηλώσεις παρά μόνο στην περιοχή της γωνίας, για τις ανάγκες του προγράμματος αποκατάστασης της δυτικής πλευράς της περίστασης[11].



Εικ. 1. Α) Πρωτεύοντας γόμφος επιστυλίου Β, Γ, Δ) Δευτερεύοντες γόμφοι επιστυλίων.

[5] Οι μελέτες δομικής αποκαταστασης κιονοκράνων, επιστυλίων και ορισμένων μελών του ανώτερου θριγκού από την Μ. Μεντζίνη, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό και Α. Βρούβα, Πολιτικό Μηχανικό και οι μελέτες για τα μέλη του ανώτερου θριγκου από την Ε.Ε. Τουμπακάρη, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό. Για το δυτικό μέρος του θριγκού οι μελέτες εφαρμογής υλοποιήθηκαν από τον Ι. Στεφάνου.

[6] Η διαστασιολόγηση των συνδετήριων στοιχείων έγινε με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφεται στη Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνα, τόμος 3β, παράγραφος 7.3.2. 'Διαστασιολόγηση Συνδετηρίων', υπό του Κ. Ζάμπα.
Για κάθε συνδετήριο υπολογίστηκε η φέρουσα ικανότητα της εντορμίας από τα νομογραφήματα Ζάμπα Σχ. 7.10 και 7.13 και τις σχέσεις (7.3.1) και (7.3.6) για συνδέσμους διπλού ταυ και γόμφους αντίστοιχα. Ακολούθως για τον σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις (7.3.2)-(7.3.5) ή οι (7.3.7)-(7.3.8) για συνδέσμους διπλού ταυ ή γόμφους αντίστοιχα.
Στις θέσεις που η χρήση συνδέσμων μορφής διπλού «Τ» δεν κατέστη δυνατή επειδή η αντίστοιχη εντορμία ήταν κατεστραμμένη προτάθηκε χρήση συνδέσμων μορφής «Π» ή ειδικής μορφής κατά περίπτωση, ακολουθώντας τη λογική της ελάχιστης επέμβασης στο αρχαίο μάρμαρο, όπως καθορίζεται στην παράγραφο 7.3.1 'Μέθοδος σχεδιασμού και εφαρμογής των συνδέσεων'. Για τον σχεδιασμό αυτών των συνδέσεων συνεκτιμήθηκαν τα πειραματικά δεδομένα όπως αυτά παρουσιάζονται στην παράγραφο 7.4.2 'Οριζόντιες συνδέσεις με συνδετήρια μορφής «Π»'.
Η ονοματολογία ακολούθησε την από 18/10/2006 παραδοχή ονοματολογίας των συνδετηρίων (έγγραφο εσωτερικής διανομής στο γραφείο Παρθενώνος).

[7] Λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία από την αποξήλωση της Ανατολικής περίστασης, την επισκόπηση των στοιχείων των πλινθίδων του επιστυλίου που έχουν αποδοθεί στην ανατολική και των στοιχείων που ήρθαν στο φως από την αποκατάσταση στη δυτική πρόσταση του ναού. Τα στοιχεία λήφθηκαν από το αρχείο τεκμηρίωσης της Υπηρεσίας, αλλά και από τις μελέτες αποκαταστάσεως για τα αντίστοιχα τμήματα του ναού.

[8] Γομφωμένοι και στις δύο πλευρές τους ανατολικά και δυτικά. Πρωτεύων θεωρείται ο γόμφος που συμφωνεί με τη φορά τοποθέτησης και συνήθως τοποθετείται κεντρικά στην πλάγια όψη του επιστυλίου μεταξύ των λαξευμάτων της μόχλευσης. Ο δευτερεύων γόμφος τοποθετείται αρκετά έκκεντρα προς την πίσω όψη του επιστυλίου. Μάλιστα για την τοποθέτηση του δευτερεύοντος γόμφου υλοποιούσαν απομείωση στην περιοχή της πίσω όψης και κοντά στην περιοχή τοποθέτησης του γόμφου, ώστε να δημιουργούν τον απαραίτητο χώρο. Φαίνεται ότι η εργασία γινόταν επί τόπου και χωρίς ιδιαίτερη προσοχή. Τελικά, η επιφάνεια που έμενε έμοιαζε θραυσμένη και δεν γινόταν περαιτέρω κατεργασία.

[9] Ο πέμπτος εξωτερικός λίθος του επιστυλίου διέθετε μόνο ένα δευτερεύοντα γόμφο και ο ενδέκατος δεν διέθετε δευτερεύοντα γόμφο καθόλου.

[10] Το γεγονός αυτό συναινεί στην άποψη ότι οι γόμφοι χρησιμοποιούνται στην αρχαία κατασκευή ως στοιχεία που παγιώνουν τις σχετικές θέσεις των επιστυλίων στη διεύθυνση του μήκους τους, εξασφαλίζοντας κυρίως τη σύνδεση για την εντός του επιπέδου τους φόρτιση. Βέβαια το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα από τη χρήση των γόμφων δεν είναι πάντα αυτό, και αναγνωρίζεται και η εκτός επιπέδου διατμήτική τους λειτουργία σε συγκεκριμένες θέσεις αρμών που επιχειρήθηκε τέτοιου τύπου σύνδεση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι γόμφοι των θράνων επί των διαζωμάτων και η διατμητική σύνδεση του δυτικού καταετίου γείσου Δ.Ν.ΓΑ 11. Στις περιπτώσεις αυτές οι διαστάσεις των γόμφων είναι δυσανάλογα μεγάλες συγκρινόμενες με τα συνδεόμενα μέλη.

[11] Πιθανές αστοχίες γόμφων που εκδηλώνονται με ρήγματα στην έδρα των επιστυλίων χωρίς σαφή εκδήλωση θραύσματος ικανού να αποσπαστεί προτάθηκε να μείνουν αθεράπευτες, καθώς η αντιμετώπισή τους δεν ήταν εφικτή. Η μόνη σαφής θραύση στο ΒΕΣ 16 προτάθηκε να αντιμετωπιστεί με την καταβίβαση του μέλους για την υλοποιήση του προγράμματος της δυτικής πλευράς της περίστασης.

2.2. Σύνδεσμοι μεταξύ επιστυλίων

Οι σύνδεσμοι στην Βόρεια Κιονοστοιχία παρουσιάζουν ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία δεν απαντώνται σε άλλες θέσεις επί του μνημείου. Οι εξωτερικοί και οι εσωτερικοί λίθοι του επιστυλίου συνδέονται μεταξύ τους με διαμήκεις συνδέσμους συστηματικά[12], γεγονός σύνηθες για το μνημείο. Οι μεσαίοι λίθοι δεν συνδέονται καθόλου στη διαμήκη τους διεύθυνση[13]. Υπάρχουν και εγκάρσιοι σύνδεσμοι οι οποίοι τεκμηριώνονται σε διάφορες θέσεις. Από αυτούς διαφάνηκε μία σχετικά συστηματική προσπάθεια σύνδεσης της στάθμης. Οι σωζώμενες αρχαίες εντορμίες έδιναν το μέτρο, αλλά ήταν ευδιάκριτο ότι υπήρχαν λογικές ελλείψεις. Οι ελλείψεις αυτές συμπληρώθηκαν κατά το δυνατό[14]. Οι γενικότεροι κανόνες βάσει των οποίων είχε υλοποιηθεί η αρχική κατασκευή ακολουθήθηκαν και μικρές παρεκκλίσεις έγιναν σε θέσεις που η υλοποίηση του αρχικού συστήματος έθετε σε κίνδυνο την ακεραιότητα του αρχαίου υλικού (βλ. 11ο μετακιόνιο). Στο υφιστάμενο τμήμα (δυτικό) της κιονοστοιχίας, προτάθηκε να συνδυαστεί η επέμβαση με την επέμβαση στη δυτική πλευρά του μνημείου[15].

3. Συνδεσμολογία διαζωμάτων - λίθων πλήρωσης - τριγλύφων - μετοπών

Η συνδεσμολογία στη συγκεκριμένη στάθμη του μνημείου αλλάζει φιλοσοφία ήδη από δομής. Δηλαδή εμφανίζονται γομφωμένοι μόνο οι λίθοι των διαζωμάτων, ενώ οι εξωτερικοί λίθοι της στρώσης, τρίγλυφοι, μετόπες και αντιθήματα των μετοπών μένουν αγόμφωτοι, απλά εδραζόμενοι επί των υποκείμενων επιστυλίων. Σχετικά με τους συνδέσμους φαίνεται να υπήρχε μια ελευθεριότητα, αν και στα διαζώματα είχε υλοποιηθεί συστηματικά η διαμήκης σύνδεση[16]. Εξαιτίας της αλλαγής του αρχικού σχεδιασμού του ναού στη θέση αυτή[17], ο κορμός των συνδέσμων διέθετε πολύ μικρή απόσταση από την παρειά του μαρμάρου, καθιστώντας τους ευάλωτους στη διατμητική θραύση[18] (Εικ. 2). Τα λοιπά μέλη συνδέονταν διαμήκως, κατά κύριο λόγο προτιμάτο η σύνδεση του αντιθήματος της μετόπης με τις παρακείμενες τριγλύφους, και σε ορισμένες μόνο θέσεις υπήρχε και αντίστοιχη σύνδεση της μετόπης με διαμήκεις συνδέσμους διπλού ταυ[19], συστηματικότερες ήταν οι εγκάρσιες συνδέσεις μεταξύ μετόπης και αντιθήματος (Εικ. 3). Επίσης, συστηματική ήταν και η εγκάρσια σύνδεση των λίθων των διαζωμάτων με τα αντιθήματα των μετοπών και τις τριγλύφους (Εικ. 4). Η συγκεκριμένη διαμόρφωση της συνδεσμολογίας δεν είναι απολύτως σύμφωνη με τα παρατηρούμενα στις άλλες πλευρές του μνημείου[20]. Ακόμη και το δυτικό τμήμα[21] της ίδιας πλευράς

---

[12] Μάλιστα ενώ στους εσωτερικούς λίθους του επιστυλίου ο σύνδεσμος τοποθετείται σχετικά κεντρικά στην άνω έδρα του λίθου, στους εξωτερικούς λίθους παρατηρείται ότι τοποθετείται αρκετά μετατοπισμένος από το μέσον του πλάτους προς την όψη. Σημειώνεται εδώ ότι το συγκεκριμένο γεγονός έχει υπονομεύσει τη λειτουργία του και έχει συντείνει στις παρατηρούμενες αστοχίες.

[13] Στις προστάσεις και στις δύο γωνίες της περίστασης (ΒΑ, ΝΑ) του μνημείου οι σύνδεσμοι αυτοί είναι συστηματικοί. Ο λόγος της έλλειψης αυτών των συνδέσμων φαίνεται να οφείλεται και στη χρήση συμπληρωμάτων καθ' ύψος σε ορισμένα από τα μεσαία επιστύλια.

[14] Η μελέτη της διάταξης των αρχαίων εντορμιών, και των σχεδίων αποτύπωσης σε άλλα σημεία του μνημείου στη στρώση των επιστυλίων έδειξε ότι έχει γίνει μια συστηματική προσπάθεια τήρησης συμμετρίας στην κατασκευή. Περισσότερο συνήθης φαίνεται να είναι η τοποθέτηση δύο εγκάρσιων συνδέσμων στο μήκος του επιστυλίου των ακραίων επιστυλίων (εξωτερικό και εσωτερικό). Στο μεσαίο επιστύλιο συγκεντρώνονται τέσσερις σύνδεσμοι, επομένως η χωροθέτησή τους εξαρτάται από την κατάσταση του μαρμάρου, και καθορίζεται από την ύπαρξη συμπληρωμάτων ύψους. Όταν υπάρχουν συμπληρώματα ύψους (μόνο στα μεσαία επιστύλια) φαίνεται ότι επιλέγεται κάποιο ή κάποια από αυτά να συνδέεται και με τους δύο παρακείμενους λίθους για λόγους συμμετρικής καταπόνησης. Όταν ο μεσαίος λίθος συνδέεται με ένα σύνδεσμο με κάποιο από τα παρακείμενά του και με δύο συνδέσμους με το άλλο, τότε ο μονός σύνδεσμος βρίσκεται μεταξύ του μήκους που ορίζεται από τους δύο συνδέσμους, με τον τρόπο αυτό τηρείται κάποια συμμετρία στην περίπτωση της φόρτισης. Τέλος, σημειώνεται ότι η εγκάρσια σύνδεση έχει κεντρικό σχεδιασμό ως προς το μήκος του μετακιονίου διαστήματος και αποκλίσεις στον κανόνα εμφανίζονται σε περιπτώσεις που αυτό επιβάλλεται από την χωροθέτηση των συμπληρωμάτων ύψους ή από ελλείψης μάζας στα συνδεόμενα μέλη (βλ. 9ο μετακιόνιο).

[15] Σε κάθε περίπτωση η επέμβαση έπρεπε να περιοριστεί στις προσβάσιμες περιοχές και χωρίς σημαντική διατάραξη των μελών.

[16] Πέραν συγκεκριμένων εξαιρέσεων για κατασκευαστικούς λόγους.

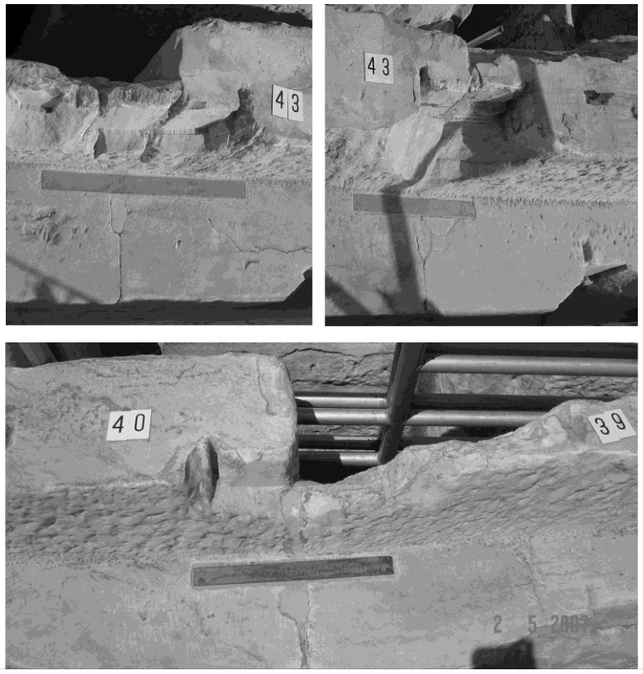
[17] Σχετικά με την αλλαγή στον σχεδιασμό και την αποκοπή τμήματος του διαζώματος για την ένθεση των θράνων βλ. Ρ.Χριστοδουλοπούλου «Το δυτικό αέτωμα του Παρθενώνος σε σχέση με το πρόγραμμα αποκαταστάσεως του οπισθονάου», Πρακτικά 5η Διεθνής Συνάντηση για την Αποκατάσταση των Μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα , 4-6 Οκτωβρίου, 2002 σελ. 137-148

[18] Εξαιτίας των συστηματικών θραύσεων στις θέσεις αυτές κατά την αναστήλωση του Μπαλάνου οι σύνδεσμοι είχαν αντικατασταθεί με νέους σε νέα θέση, τοποθετημένους στη μασχαλιαία εγκοπή. Η αλλαγή στη σειρά των διαζωμάτων εν σχέσει προς την προηγούμενη αναστηλωτική επέμβαση του Μπαλάνου καθιστούσε δύσκολη την ανάχρηση των συγκεκριμένων εντορμιών.

[19] Οι σύνδεσμοι αυτοί είναι εξαιρετικά ευπαθείς εξαιτίας του μικρού πλάτους της μετόπης και στην πλειονότητά τους οι εντορμίες τους βρέθηκαν κατεστραμμένες.

[20] Από μελέτη σχεδίων, φωτογραφιών, αλλά και επί τόπου αυτοψία της κατάστασης των σωζώμενων μελών στο μνημείο διαπιστώθηκε ότι στην νότια περίσταση τα διαζώματα διαθέτουν με μεγάλη συνέπεια διαμήκεις συνδέσμους, οι μετόπες συνδέονται συστηματικά με τις παρακείμενες τριγλύφους, όμοια και τα αντιθήματά τους, εγκάρσιοι σύνδεσμοι υπάρχουν μεταξύ τριγλύφων και διαζωμάτων, ενώ σε ελάχιστες θέσεις υπάρχουν και μεταξύ αντιθημάτων των μετοπών και διαζωμάτων. Τα σωζώμενα μέλη της στάθμης αυτής στη νότια, αλλά και τα αποδοσμένα στη βόρεια φαίνεται να είναι κατά κύριο λόγο μονόλιθοι. Στην ανατολική περίσταση η ίδια στάθμη παρουσιάζει σημαντικές οικοδομικές διαφορές. Κυριότερη εξ αυτών είναι: α) η απουσία διαμήκων συνδέσμων μεταξύ διαζωμάτων (λόγω αλλαγής του σχεδίου βλ. 17), β) η χρήση πολύλιθων αντιθημάτων για τις μετόπες, αλλά και γ) αντιθημάτων για τις τριγλύφους (το τελευταίο διακρίνεται και στη δυτική πλευρά του μνημείου, από σχέδια των παλαιότερων επεμβάσεων, αλλά και από τις παρατηρήσεις των πρόσφατων αποξηλώσεων). Στην ανατολική πλευρά ο ανώτερος λίθος που ολοκλήρωνε το ύψος του αντιθήματος της μετόπης συνδέεται με τους παρακείμενους λίθους των τριγλύφων με διαμήκεις συνδέσμους, αλλά και με τον αντικείμενο λίθο του διαζώματος. Ο εγκάρσιος σύνδεσμος των τριγλύφων με τα διαζώματα είναι επίσης συστηματικός, μάλιστα στην περίπτωση που υφίσταται αντίθημα της τριγλύφου τότε αυτό συνδέεται εγκαρσίως τόσο με την τρίγλυφο, όσο και με το διάζωμα. Οι μετόπες παραμένουν ελεύθερες συνδετηρίων στοιχείων, όπως μάλλον δυτικά.

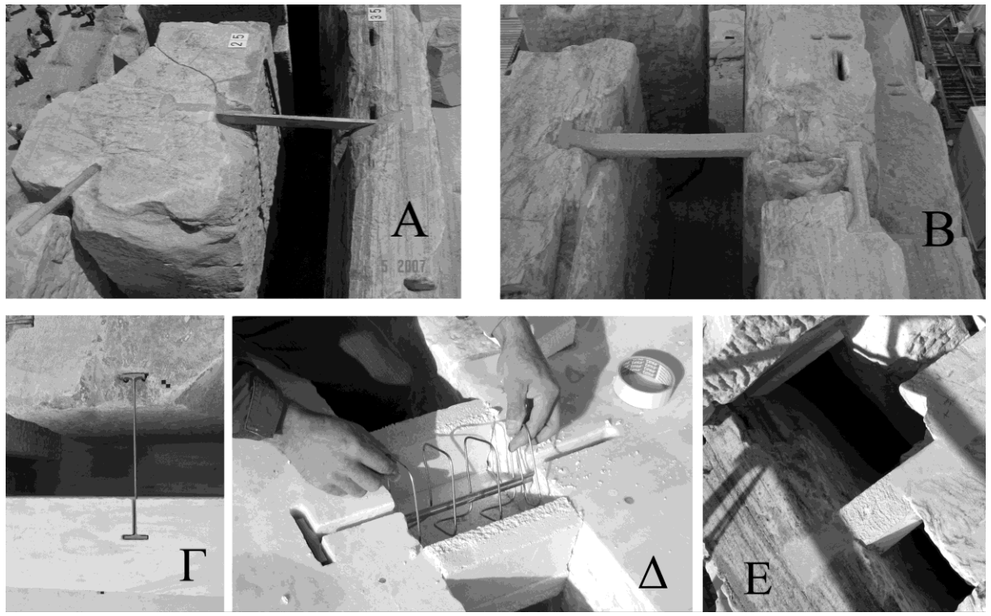
[21] Το τμήμα που περιλήφθηκε στη μελέτη «Μελέτη αποκατάστασης του Δυτικού τμήματος του θριγκού της βόρειας περίστασης του Παρθενώνα», δηλαδή από το βόρειο 33ο διάζωμα (ΒΔΖ 33) μέχρι και το βόρειο 45ο διάζωμα (ΒΔΖ 45).



Εικ. 2. Διαμήκεις σύνδεσμοι διαζωμάτων στο δυτικό τμήμα της βόρειας κιονοστοιχίας. Είναι προφανείς οι θέσεις των αρχαίων συνδέσμων με τις ελάχιστες επικαλύψεις καθώς και οι ορειχάλκινες λάμες που χρησιμοποιήθηκαν από την συντήρηση του 1972 στην υγιή περιοχή της μασχαλιαίας εγκοπής.

Εικ. 3. Χαρακτηριστικές αστοχίες στην περιοχή των γόμφων των διαζωμάτων με τους υποκείμενους λίθους των επιστυλίων - in situ δυτικό τμήμα της βόρειας.

φαίνεται να παρουσίαζε αποκλίνουσες τάσεις[22] (Εικ. 5). Οι αποφάσεις που λήφθηκαν σχετικά με τη σύνδεση των μελών έλαβαν υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες που δημιουργούσε η μελέτη αναδιάταξης, ενώ για το δυτικό τμήμα αποφασίστηκε να επανασχεδιαστεί η αρχαία συνδεσμολογία και να αξιοποιηθούν οι μπαλάνειες εντορμίες όπου αυτό ήταν προτιμότερο.



Εικ. 4. Α) Δυτικό τμήμα βόρειας κιονοστοιχίας ορειχάλκινοι εναέριοι σύνδεσμοι. Β) Αντιμετώπιση εναέριων στο ανατολικό τμήμα της νότιας κιονοστοιχίας. Γ) Εναέριος στην τελική του θέση Δ) Προετοιμασία και οπλισμός του εναέριου τμήματος του συνδέσμου Ε) Ο σύνδεσμος μετά την τελική τοποθέτηση.

[22] Στο τμήμα αυτό τα διαζώματα συνδέονται διαμήκως, όπου αυτό ήταν εφικτό, οι μετόπες διαθέτουν συστηματικά εγκάρσιο σύνδεσμο με το αντίθημά τους (εκτός μίας), και σε ορισμένες θέσεις διαθέτουν και διαμήκη σύνδεσμο με τις παρακείμενες τριγλύφους. Οι εγκάρσιοι σύνδεσμοι μεταξύ διαζωμάτων και τριγλύφων ή αντιθημάτων μετοπών είναι μόνο κατά τμήματα συστηματικοί, όπου απουσιάζουν υλοποιείται διαμήκης σύνδεση με το παρακείμενο μέλος (σύνδεση τριγλύφου – αντιθήματος ζωφόρου). Οι ελλείψεις των εγκάρσιων αποδόθηκαν στην απουσία ικανού πάχους του διαζώματος πέραν της μασχαλιαίας εγκοπής του, επιβεβλημένη από την οικονομία του εργοταξίου και την αλλαγή του σχεδιασμού (βλ. 17). Επίσης απαντώνται σε δύο θέσεις αντιθήματα των τριγλύφων, τα οποία μένουν ασύνδετα εντελώς. Τα δυτικότερα εξ αυτών μέλη (ΒΤΡ 31, ΒΜΟ 31) βρέθηκαν ασύνδετα τόσο μεταξύ τους, όσο και με τα αντικείμενα διαζώματα και ο μόνος υλοποιημένος σύνδεσμος είναι ο εγκάρσιος με τη μετόπη. Οι παρατηρήσεις σχετικά με τη συνδεσμολογία του θριγκού ολοκληρώθηκαν μετά την αποξήλωση των υπολοίπων μελών για την υλοποίηση του προγράμματος της δυτικής πλευράς.

Εικ. 5. Α), Β) Δυτικό τμήμα βόρειας κιονοστοιχίας, οι σύνδεσμοι στις μετόπες. Διακρίνονται οι αρχαίοι και οι ορειχάλκινοι της αποκατάστασης Γ) Η τυπική συνδεσμολογία της νότιας πλευράς Δ) Αποκατάσταση των συνδέσεων των αντιγράφων.

3.1. Γόμφοι διαζωμάτων - επιστυλίων

Η λογική της αρχαίας κατασκευής ομοιάζει αρκετά με αυτή της στρώσης των επιστυλίων. Τα διαζώματα διαθέτουν ένα γόμφο, ο οποίος συμφωνεί με τη φορά τοποθέτησης. Στην μπαλάνεια αποκατάσταση επειδή η σειρά τοποθέτησης καταργήθηκε ή επειδή η αρχαία γόμφωση παρουσίαζε εκτεταμένη αστοχία επιλέχθηκε σε πολλές περιπτώσεις η διάνοιξη νέας εντορμίας και γόμφωσης σε νέα θέση. Σχετικά με τους γόμφους διαζωμάτων - επιστυλίων πραγματοποιήθηκε πολύ συστηματική προσπάθεια αποκατάστασής τους. Η συγκεκριμένη επιλογή δεν επιβλήθηκε μόνο εξαιτίας της γενικής αρχής της διατήρησης του αρχικού δομικού συστήματος. Κύριος λόγος υπήρξε η πρόθεση διαμόρφωσης ενός κλειστού συνεχούς μετώπου σε αυτή τη στρώση με τα διαζώματα[23], το οποίο να υποστηρίξει την διακοπτόμενη δομή του πρόσθιου μετώπου με τις τριγλύφους και τα αντιθήματα των μετοπών, αλλά και τη διακοπτόμενη δομή των γείσων. Αποτελεί έναν τύπο ελάχιστου διαφράγματος,

[23] Για τη συγκεκριμένη επιλογή είχε πραγατοποιηθεί συζήτηση και με τους Μ. Κορρέ και Κ. Ζάμπα, οι οποίοι συμφώνησαν με την αναγκαιότητα της πλήρους συμπλήρωσης του μετώπου των διαζωμάτων.

συνδεδεμένο με ένα ακόμα ισχυρότερο μέτωπο αυτό των εσωτερικών λίθων των επιστυλίων[24]. Στο δυτικό τμήμα της βόρειας τα κατά χώραν ευρισκόμενα διαζώματα παρουσίαζαν συστηματικές αστοχίες στη γόμφωσή τους επί των υποκειμένων επιστυλίων, εκδεδηλωμένων τόσο στην περιοχή των διαζωμάτων όσο και των επιστυλίων[25].

3.2. Σύνδεσμοι διαζωμάτων - τριγλύφων - αντιθημάτων μετοπών

Σχετικά με τους συνδέσμους επιλέχθηκε η διατήρησης της διαμήκους σύνδεσης των διαζωμάτων μεταξύ τους. Η σύνδεση αυτή φαίνεται να ήταν η αρχική πρόθεση του αρχαίου κατασκευαστικού συστήματος, αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση εξυπηρετούσε και τις προθέσεις του υλοποιούμενου αναστηλωτικού έργου. Από το σταθερό πλέον μέτωπο των διαζωμάτων έγινε προσπάθεια να συνδεθούν - εξαρτηθούν οι λίθοι των τριγλύφων και των αντιθημάτων των μετοπών. Λήφθηκαν υπόψη φυσικά τα διατηρούμενα στοιχεία σύνδεσης επί των λίθων, σύμφωνα πάντα με τη μελέτη αναδιάταξή τους. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην υλοποίηση τουλάχιστον δύο συνδέσμων επί κάθε μέλους του πρόσθιου μετώπου, ώστε να αποφευχθούν πιθανές σχετικές μετακινήσεις. Ο λόγος ήταν ότι τα προκύπτοντα κενά μεταξύ των μελών μπορούσαν να δημιουργήσουν αστάθεια στο μέτωπο, καθώς οι μετόπες που το ολοκλήρωναν απουσίαζαν σε όλη την περιοχή μελέτης. Οι εγκάρσιοι σύνδεσμοι σε πολλές περιπτώσεις γεφύρωναν μεγάλα κενά και για το λόγο αυτό επιλέχθηκε να κατασκευαστεί στο κεντρικό σκέλος τους, που έμενε στο κενό, ένα περίβλημα από κονίαμα[26], οπλισμένο, το οποίο εξασφάλιζε αφενώς την ακαμψία του συνδέσμου στην εγκάρσια διεύθυνση, αφετέρου μπρούσε να λειτουργήσει και ως αποστάτης[27]. Στην αρχαία κατασκευή οι αντίστοιχοι σύνδεσμοι στο εναέριο τμήμα τους ήταν περιβεβλημένοι με ένα πολύ παχύ στρώμα χυτού μολύβδου, το οποίο λειτουργούσε ανάλογα. Για το δυτικό τμήμα στις περισσότερες θέσεις διαμήκους σύνδεσης

[24] Σε ορισμένες θέσεις που η επανάχρηση της αρχαίας εντορμίας ήταν αδύνατη λόγω της κατάστασης διατήρησης του αρχαίου μαρμάρου ή εξαιτίας θραύσεων επιλέχθηκε η ανάχρηση των εντορμιών Μπαλάνου, εφόσον αυτές βρίσκονταν σε καλή κατάσταση και διαπιστωνόνταν συμβατότητα με τα υποκείμενα μέλη, μετά και τη μελέτη αναδιάταξης των μελών.

[25] Το θέμα αυτό αποφασίστηκε να αποτελέσει ξεχωριστό αντικείμενο, το οποίο να συνδυάζεται με το πρόγραμμα της αποκατάστασης της δυτικής όψης του μνημείου, καθώς η ύπαρξη εκτεταμένου μετώπου ικριωμάτων για τις ανάγκες του αναστηλωτικού προγράμματος της βόρειας πλευράς δημιουργούσε σοβαρά προβλήματα εργονομίας της επέμβασης. Οι γόμφοι προτάθηκε να αποκασταθούν επί τόπου με χρήση ενός ειδικού συνδετηρίου αγκυρωμένου στα συνδεόμενα μέλη, ώστε να αποκαθίσταται η λειτουργία του ελλείποντος τμήματος μαρμάρου.

[26] Το κονίαμα διέθετε τη σύνθεση του χονδρόκοκκου κονιάματος που χρησιμοποιείται για την πλήρωση μεγάλων ελλείψεων μάζας (τη σύνθεση των κονιαμάτων είχαν προτείνει η Ε. Ε. Τουμπακάρη, πολιτικός μηχανικός και η Ε. Παπακωνσταντίνου, χημικός μηχανικός). Την εφαρμογή υλοποίησε το τμήμα της Συντήρησης του Παρθενώνα και ο οπλισμός υλοποιήθηκε με ράβδους τιτανίου Ø3 απλές και διαμορφωμένες σε κλωβό (σε σχέδιο του Ι. Στεφάνου, πολιτικού μηχανικού).

[27] Η ίδια επιλογή είχε γίνει και στην αποκατάσταση της ανατολικής πλευράς και ΒΑ γωνίας του μνημείου.

των διαζωμάτων οι αρχαίοι σύνδεσμοι βρέθηκαν να έχουν αστοχήσει[28], η επέμβαση του 1972 είχε αποκαταστήσει όλες αυτές τις συνδέσεις με χρήση νέων συνδεστηρίων στην περιοχή της μασχαλιαίας εγκοπής, η οποία ήταν κατά κανόνα υγιής[29]. Οι σύνδεσμοι αυτοί αποφασίστηκε να αναχρησιμοποιηθούν. Σχετικά με τις θέσεις των συνδέσμων, εγκάρσιων και διαμήκων, στις τριγλύφους, μετόπες και τα αντιθήματά τους, επιλέχθηκε να επαναληφθεί η αρχαία συνδεσμολογία αν και ελλειπής, καθώς επιβαλλόταν και από την κατάσταση των διατηρούμενων μελών.

4. Συνδεσμολογία γείσων

Η συνδεσμολογία των γείσων παρουσίαζε σε όλη τη βόρεια πλευρά πολύ μεγάλη συστηματικότητα. Το κάθε γείσο γομφωνόταν με δύο γόμφους στη μία πλευρά του, ανάλογα με την φορά τοποθέτησής του, εκ των οποίων ο ένας γόμφος αντιστοιχούσε στο μέτωπο των διαζωμάτων και ο δεύτερος στο πρόσθιο μέτωπο των τριγλύφων - μετόπων ή των αντιθημάτων αυτών. Επίσης, συνδεόταν με τα παρακείμενά του με δύο συνδέσμους σε κάθε πλευρά (πρόσθιο και οπίσθιο). Η στρώση των γείσων με τη γόμφωσή της εξασφαλίζει ένα διάφραγμα για την υποκείμενη στρώση που αποτελείται από δύο χωριστά μέτωπα το οπίσθιο των διαζωμάτων και το πρόσθιο˙ το πρόσθιο δε αγόμφωτο.

4.1. Γόμφοι γείσων με υποκείμενα μέλη

Η λογική της αρχαίας κατασκευής παρέμενε και στη συγκεκριμένη στρώση αντίστοιχη με τις υποκείμενες[30]. Και στη συγκεκριμένη περίπτωση λήφθηκε ιδιαίτερη μέριμνα για την υλοποίηση της γόμφωσης των γείσων. Πραγματοποιήθηκε προσπάθεια ώστε στις περιοχές που τοποθετούνταν (εκ της μελέτης αναδιάταξης) γείσα, αυτά να επιτελούν τη λειτουργία του διαφράγματος για την

[28] Σε ορισμένες περιπτώσεις ο όγκος που είχε χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του διαζώματος διέθετε έλλειψη από το λατομείο στην περιοχή όπου αντιστοιχούσε η θέση του συνδέσμου (ΒΔΖ 38, ΒΔΖ44), οι εντορμίες ήταν ως εκ τούτου πολύ ευπαθείς στις συγκεκριμένες θέσεις, ενώ στο ΒΔΖ45 δεν ήταν δυνατό να υλοποιηθεί καν εντορμία.

[29] Υλοποιήθηκαν ακόμη και οι συνδέσεις που δεν υπήρχαν στην αρχαία κατασκευή για τους λόγους που αναφέρθηκαν βλ. 28. Οι συγκεκριμένες συνδέσεις είχαν συμπεριφερθεί καλά, εκτός μιας αστοχίας στην περιοχή μεταξύ των ΒΔΖ44-ΒΔΖ45, η οποία προκλήθηκε από τον σεισμό του 1981, που προκάλεσε διάνοιξη στην συγκεκριμένη περιοχή περίπου 2εκ. Τα συνδετήρια που είχαν χρησιμοποιηθεί ήταν ορειχάλκινες λάμες σχήματος U.

[30] Το γεγονός ότι οι γόμφοι διανοίγονταν στις ενώσεις τριγλύφων μετοπών ή σε πολύ λεπτότοιχες πλάκες μετοπών καθιστά προφανές ότι στην αρχαία κατασκευή η διατμητική λειτουργία των στοιχείων αυτών υποτιμάται σημαντικά, αν δεν υπερεκτιμάται η αντοχή του μαρμάρου. Κάποιο ρόλο πρέπει να διαδραματίζουν και οι μικρές σχετικά διαστάσεις των στοιχείων αυτών. Η πρόθεση φαίνεται να είναι η διατήρηση του μέτρου στο μήκος των πλευρών καθώς επιδίωξη υπήρξε οι τρεις στρώσεις του θριγκού να διαθέτουν κατά το δυνατό αδιατάρακτες σχέσεις μηκών. Το μέτρο φαίνεται να έδιναν οι μετόπες, οι οποίες διέθεταν μια σχετική χαλαρότητα ως προς τα μήκη και η κατασκευή τους φαίνεται να όριζε και τις σχετικές θέσεις των τριλγύφων. Αυτό μπορεί να δικαιολογήσει και την επιλογή για έλλειψη γόμφων στο εξωτερικό μέτωπο της συγκεκριμένης στρώσης.

υποκείμενη στρώση, όχι μόνο με το βάρος τους, αλλά και με τους γόμφους τους. Για την αποφυγή οριζόντιων μετακινήσεων των ελεύθερων μετώπων που σχημάτιζαν οι συστοιχίες των γείσων, όταν η συγκεκριμένη παρειά τους δεν διέθετε γόμφωση, επιλέχθηκε να τοποθετηθούν βλήτρα ανάσχεσής τους[31] (Εικ. 6).

Εικ. 6. Βλήτρο ανάσχεσης μετακίνησης στη στάθμη των γείσων.

4.2. Σύνδεσμοι γείσων

Σχετικά με τους συνδέσμους επαναλήφθηκε η αρχαία συνδεσμολογία, ανάλογα πάντα και με την κατάσταση διατήρησης των εντορμιών. Στις περισσότερες περιπτώσεις στα γείσα σωζόταν το εμπρόσθιο τμήμα τους και το ουραίο τους διαμορφώθηκε εκ νέου από συμπλήρωμα μαρμάρου, επομένως οι περισσότεροι οπίσθιοι σύνδεσμοι μπορούσαν να υλοποιηθούν κανονικά.

5. Ειδικά συνδετήρια

Εξαιτίας της κατάστασης διατήρησης του αρχαίου υλικού στις περιοχές γύρω από τις εντορμίες των συνδετηρίων στοιχείων σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτήθηκε ο σχεδιασμός και η χρήση ειδικών στοιχείων. Τα συνδετήρια αυτά απέκλιναν λίγο από τα συνήθη διπλά ταυ, και τα πιόσχημα[32] και βλητρωμένα διπλά ταυ[33], και τους συνήθεις γόμφους μορφής πλακιδίου ή τα διπλά βλήτρα[34] (Εικ. 7).

[31] Τα βλήτρα τοποθετούνταν στην άνω έδρα των υποκείμενων μελών και προεξείχαν κατά μερικά εκατοστά ώστε να εφάπτονται στην πλάγια ελεύθερη όψη των γείσων.

[32] Βλ. Μελέτη Αποκατάστασης Παρθενώνα, τόμος 2α και 3β υπό Κ. Ζάμπα, όπου αρχικά είχε μελετηθεί το θέμα των συνδέσμων διπλού ταυ και της αντικατάστασής τους με συνδέσμους μορφής πι όπου η εντορμίες δεν μπορούσαν να υποστηρίξουν την αρχική μορφή.

[33] Χρησιμοποιήθηκαν κατά κύριο λόγο στην αποκατάσταση του Οπισθοναού, δημοσίευση στις ενημερωτικές ειδήσεις από την αναστήλωση των μνημείων της Ακρόπολης (τ. 6 Ιούλιος 2006, σελ.12).

Για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του έργου σχεδιάστηκαν[35] υβριδικά στοιχεία (ημιπιόσχημοι σύνδεσμοι με κεφαλή διπλού ταυ στη μία απόληξή τους), κοχλιωτές συνδέσεις (κοχλιωτοί πιόσχημοι), κεκαμμένα στοιχεία (σιγμοειδή διπλά ταυ και πιόσχημα) (Εικ. 8), κοχλιωμένοι γόμφοι, βλητρωμένοι γόμφοι (Εικ. 9). Παρακάτω πραγματοποιείται μια σταχυολόγηση των στοιχείων αυτών όπως σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν στο έργο.

6. Συμπεράσματα

Η συνδεσμολογία της βόρειας πλευράς του μνημείου αποτέλεσε μια πρόκληση, όχι μόνο εξαιτίας του αριθμού των συνδετηρίων στοιχείων που έπρεπε να σχεδιαστούν[36], αλλά και εξαιτίας της πολυπλοκότητας των θραύσεων και των κατασκευαστικών περιορισμών.

Σε γενικές γραμμές ακολουθήθηκε η αρχική πρόθεση σχεδιασμού των συνδετηρίων, όπως αυτή διαφάνηκε από τη μελέτη των αρχαίων συνδέσμων όχι μόνο στη συγκεκριμένη, αλλά και σε άλλες περιοχές του μνημείου για τις οποίες διατίθεντο στοιχεία. Διαπιστώθηκαν διαφορετικές πρακτικές εφαρμογής των συνδετηρίων στοιχείων, οι οποίες κύρια εξαρτώνταν από την κατάσταση των προς σύνδεση μελών[37]. Η φιλοσοφία της σύνδεσης φαίνεται να αλλάζει κατά τη διάρκεια του έργου και όχι μόνο εξαιτίας της αλλαγής του σχεδιασμού[38].

Οι τελικές επιλογές πραγματοποιήθηκαν βάσει των επιδιωκόμενων στόχων της υλοποιηθείσας αναστήλωσης. Ως στόχοι ορίζονται τόσο η ευστάθεια και η βέλτιση απόκριση της αναστηλωμένης μορφής του μνημείου σε τυχηματικές δράσεις, όσο και ο σεβασμός στο αρχαίο δομικό σύστημα και το αρχαίο υλικό.

[34] Βλ. Μελέτη Αποκατάστασης Παρθενώνα, τόμος 2α και 3β υπό Κ. Ζάμπα, για τη μελέτη των γόμφων και έκθεση Ε.Ε. Τουμπακάρη (03/06/2003) σχετικά με αντικατάσταση των γόμφων με βλήτρα σε περιοχές κατεστραμμένων εντορμιών.

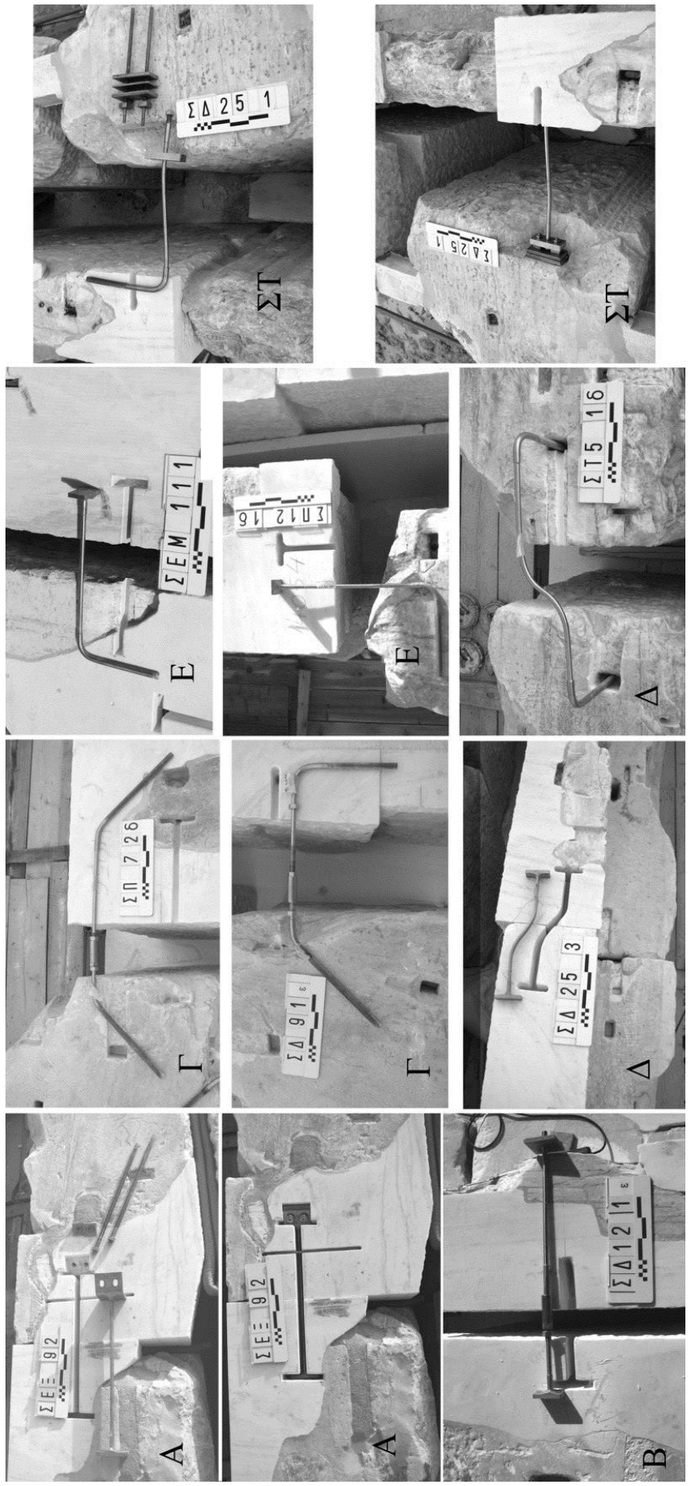
[35] Ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε από τη γράφουσα και βασίστηκε στις ανάγκες κάθε σύνδεσης και κάθε νέα μορφή απαντούσε σε συγκεκριμένο πρόβλημα. Οι κοχλιωτές συνδέσεις σχεδιάστηκαν από τον συνάδελφο πολιτικό μηχανικό κ. Ι. Στεφάνου. Συγκεκριμένα συνδετήρια ειδικής μορφής στοιχεία είχαν σχεδιαστεί και προδιαγραφεί και στις μελέτες δομικής αποκατάστασης της συνάδελφου πολιτικού μηχανικού Μ. Μεντζίνη, τα οποία κατασκευάστηκαν μετά την αποχώρησή της από το έργο.

[36] 50 σύνδεσμοι για το δυτικό τμήμα της βόρειας, 113 σύνδεσμοι και γόμφοι για τη στρώση των διαζωμάτων στη βόρεια, 45 σύνδεσμοι και γόμφοι για τη στρώση των γείσων και 90 σύνδεσμοι και γόμφοι για τη στρώση των επιστυλίων. Συνολικά απαιτήθηκαν περίπου 300 συνδέσεις.

[37] Αν διέθεταν πολύλιθη μορφή ή ήταν μονόλιθοι, καθώς και αν υπήρχαν ελλείψεις μάζας από το λατομείο στους χρησιμοποιούμενους -προφανώς για λόγους οικονομίας της κατασκευής- όγκους.

[38] Δηλαδή φαίνεται απόλυτα δικαιολογημένη η έλλειψη των διαμήκων συνδέσμων στους λίθους των διαζωμάτων της ανατολικής πλευρά της περίστασης, λόγω της αλλαγής του σχεδιασμού, και η διαφορετική χωροθέτησή τους στη δυτική σε σχέση με τη βόρεια και τη νότια πλευρά, άλλα δεν είναι το ίδιο προφανής η επιλογή για διαμήκη σύνδεση των μετοπών στη νότια πλευρά και για εγκάρσια σύνδεσή τους στη βόρεια, ή ακόμη η έλλειψη της συμμετρικής και συστηματικής σύνδεσης στην στάθμη των επιστυλίων.

Εικ. 7. Α) Σύνδεσμοι διπλού ταυ. Β) Πιόσχημοι. Γ) Διπλά ταυ με βλήτρα. Δ) Απλοί γόμφοι. Ε) Διπλά βλήτρα.



Εικ. 8. Α), Β), ΣΤ) Αγκυρωμένοι σύνδεσμοι. Γ) Κοχλιωτοί σύνδεσμοι. Δ) Κεκαμμένοι σύνδεσμοι. Ε) Υβριδικοί σύνδεσμοι.

Εικ. 9. Α) Αγκυρωμένος γόμφος. Β), Ζ) Ενισχυμένος στη μια διεύθυνση γόμφος Γ), Δ), Ε) Κοχλιωμένος γόμφος. Δ) Πακτωμένος γόμφος. ΣΤ), Η) Αρθρωτός γόμφος Ζ) Υβριδικοί σύνδεσμοι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ζάμπα Κ., 1989. Δομικά προβλήματα της αποκαταστάσεως του Παρθενώνος. Στο: *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, τόμος 2α, Μέρος 3, Αθήνα.

Ζάμπα Κ., 1994. Προγράμματα αποκαταστάσεως οπισθοδόμου και δυτικού πτερού (προγράμματα 9 και 11) Δομοστατικά προβλήματα. Στο: *Μελέτη Αποκατάστάσεως του Παρθενώνος*, τόμος 3β, Αθήνα.

Ιωαννίδου Μ., 2006. Σεισμικές δράσεις στα μνημεία της Ακρόπολης. Στο: *Ενημερωτικές Ειδήσεις από την Αναστήλωση των Μνημείων της Ακρόπολης*, τ. 6 Ιούλιος 2006, σελ.12.

Λαμπρινού Ε., 2005, *Αναδιάταξη μελών βόρειας κιονοστοιχίας Παρθενώνα Κίονες- Κιονόκρανα - Επιστύλια*, ΥΣΜΑ, Αθήνα.

Τουμπακάρη Ε.Ε., 2003. *Έκθεση προς ΥΣΜΑ 03/06/2003* με θέμα: Αντικατάσταση των γόμφων με βλήτρα σε περιοχές κατεστραμμένων εντορμιών.

Χριστοδουλοπούλου Ρ., 2008. *Μελέτη αποκατάστασης του δυτικού τμήματος του θριγκού της βόρειας περίστασης Παρθενώνα*, ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου Ρ., 2008. *Αναδιάταξη των λίθων του θριγκού της βόρειας κιονοστοιχίας Ανώτερος θριγκός Δωρική ζωφόρος - Γείσα*, ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου Ρ., 2002. Το δυτικό αέτωμα του Παρθενώνος σε σχέση με το πρόγραμμα αποκαταστάσεως του οπισθονάου. Στο: Μαλούχου - Tufano Φ. (επιμ.), *5η Διεθνής Συνάντηση για την Αποκατάσταση των Μνημείων Ακροπόλεως* στο: Πρακτικά της ομώνυμης συνάντησης, Αθήνα , 4-6 Οκτωβρίου, 2002, σελ. 137-148.

4.3.3.6. CONNECTIONS OF THE NORTH COLONNADE'S ENTABLATURE

Vrouva Antigone

Civil Engineer, University of Patras, M.Sc. in Infrastructure, University of Patras, M.Sc. in Restoration, N.T.U.A., Acropolis Restoration Service

Abstract

In the present article a concise report of the choices, intended aims and extant constraints is presented concerning the connectivity of the architectural members for the restoration project of the Parthenon's north colonnade.

Due to the preservation state of the ancient material in the near the mortises' region in numerous cases the design of special connectors was required. To satisfy the needs of the overall project hybrid connectors, screw fastened connectors, bended elements, dowels with screws and pinned dowels were incorporated. A variety of such elements is herein presented as designed and effectuated on the site.

The design of the connections of the north colonnade was a challenge not only because of the number of the elements to be designed, but also because of the complexity of the fractions and the constructional constraints.

In general terms the initial intention of the ancient design for the connections was followed, as this emerged from the study of the evidence provided by the monument itself.

The final decisions were made based on the goals of the realized restoration. The aims set were the stability and the optimum performance of the restored structure in accidental loads, as well as respecting the ancient structural system and material.

List of Figures

Fig. 1. (A): Primary architrave dowel joint. (B, Γ, Δ): Secondary architrave dowel joint.

Fig. 2. Longitudinal connectors for the backing blocks of the Doric frieze (diazoma) – west part of the north colonnade. It is obvious that the particular positioning of the ancient connectors provides insufficient marble coverage. The brass braces were used as alternative connection in the sound part of the elbow cut in the conservation project of 1972.

Fig. 3. Typical fractures in the area of the dowels of the backing blocks of the Doric frieze – in situ, west part of the north colonnade.

Fig. 4. (A): West part of the north colonnade, brass bridging connectors. (B): East part of the south colonnade after the restoration – treatment of bridging connectors. (Γ): Bridging connector in place, before the completion of setting (Δ): Preparation and reinforcement of the connector's bridging part (E): The connector after setting is complete.

Fig. 5. (A, B): West part of the north colonnade, connectors of the metopes. Discernible here is the position of the ancient connectors, as well as the brass ones that replaced them. (Γ): Typical connection scheme of the south colonnade. (Δ): Restoration of the connection of the cast replicas.

Fig. 6. Retroaction dowel on the level of the cornice.

Fig. 7. (A): Double T shaped connectors. (B): U shaped. (Γ): Double T with dowels. (Δ): Typical dowels. (E): Double bars used as dowels.

Fig. 8. (A, B, ΣΤ): Anchored connectors. (Γ): Screwed connectors. (Δ): Bended connectors. (E): Hybrid connectors.

Fig. 9. (A): Anchored dowel. (B, Z): Stiffened in one side dowel. (Γ, Δ, E): Screwed dowel. (ΣΤ, H): Pinned dowel.

4.4.1. Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ ΣΤΟΝ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ. ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ - ΝΕΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ

Ροζαλία Κ. Χριστοδουλοπούλου
Αρχιτέκτων Μηχανικός, ΥΣΜΑ

1. Εισαγωγή

1.1. Σύντομο ιστορικό των πρώτων επεμβάσεων

Ήδη από τα πρώτα χρόνια της ανασύστασης του ελληνικού κράτους το ενδιαφέρον των αρχαιολόγων προσέλκυσε ο οπισθόναος (Εικ.1), κυρίως λόγω της ύπαρξης της δυτικής ζωφόρου επί του μνημείου (Σχ.7α*) και των κινδύνων που διέτρεχε από την φθορά των καιρικών συνθηκών και «κακόβουλες ενέργειες ανθρώπων»[1]. Από τις πρώτες δράσεις ήταν η συντήρηση της, με σφραγίσεις και εξασφαλίσεις ετοιμορρόπων τμημάτων, όπως με την υποστύλωση τους από τον Martinelli (1872) μέσω υποθεμάτων στα υποκείμενα επιστύλια (Σχ.7α). Αργότερα, εξαιτίας παρατηρούμενων αποσπάσεων αρχαίου υλικού - βασικά λόγω σεισμών - στην ταλαιπωρημένη από τη θερμική καύση πρόσταση, αποφασίστηκε δραστική επέμβαση για την σωτηρία του μνημείου (1898-1902), υπό την εφορεία του Π .Καββαδία, την ευθύνη του Ν. Μπαλάνου και τη υψηλή εποπτεία των E. Ziller, L. Magne και κυρίως των J .Durm, Cr. Penrose, που επηρέασαν και την αναστηλωτική πρακτική των επεμβάσεων (Σχ.7β*).

Μεταξύ των επεμβάσεων που επεχείρησε ο Μπαλάνος, ήταν η ένταξη μελών από νέο μάρμαρο σε αντικατάσταση των κατεστραμμένων αρχαίων λίθων που αποξήλωσε και καταβίβασε στο έδαφος (επιστύλια, διαζώματα) ή η τμηματική συμπλήρωση με νέο μάρμαρο φθαρμένων λίθων που απέτμησε επιτόπου (διαζώματα, κιονόκρανα), κυρίως στη ΒΔ γωνία και στο μέσον της πρόστασης όπου παρουσιάζονταν και οι μεγαλύτερες ζημιές (Σχ.7β). Ιδιαίτερη μέριμνα επέδειξε για την αποκατάσταση της ΒΔ γωνίας από όπου ο Elgin είχε αποσπάσει τους γωνιακούς λίθους της ζωφόρου, όπου εκτός των νέων επιστυλίων τοποθέτησε ακόσμητους λίθους στη ζωφόρο και κατακείμενα τμήματα θράνων.

Μέχρι τη περίοδο 1970, κατά την οποία υπήρξε συστηματική ενίσχυση ετοιμόρροπων τμημάτων με τη χρήση ορειχάλκινων καρφίδων και συνδέσμων, όπως και τη χρήση της κόλλας Meyer[2], δεν επιχειρήθηκαν ουσιαστικές επεμβάσεις στον Οπισθόναο. Παρόλα αυτά, συνεχίστηκε ο διάλογος για την προστασία της δυτικής ζωφόρου με τη στέγαση της μέσω στεγάστρου ή της αποκατεστημένης και συμπληρωμένης οροφής του δυτικού πτερού, σκέψεις που ποτέ δεν υλοποιήθηκαν, λόγω του έντονου προβληματισμού για την στατική επάρκεια των κιόνων της πρόστασης (Εικ.1).

[1] Βλ. αναφορά Φ.Μαλούχου- Tufano, Κουφόπουλος 1994,13.

[2] Βλ. Ημερολόγιο Σολωμού- Προκοπίου 1970, Αρχείο ΥΣΜΑ.

* *Βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενο σχέδιο 7α-β.*

Εικ. 1. Η πρόσταση του Οπισθονάου και η δυτική πλευρά της περίστασης. Ανάμεσα τους, η θέση της οροφής του πτερού (αεροφωτογραφία Σ. Γεσαφίδης 2008).

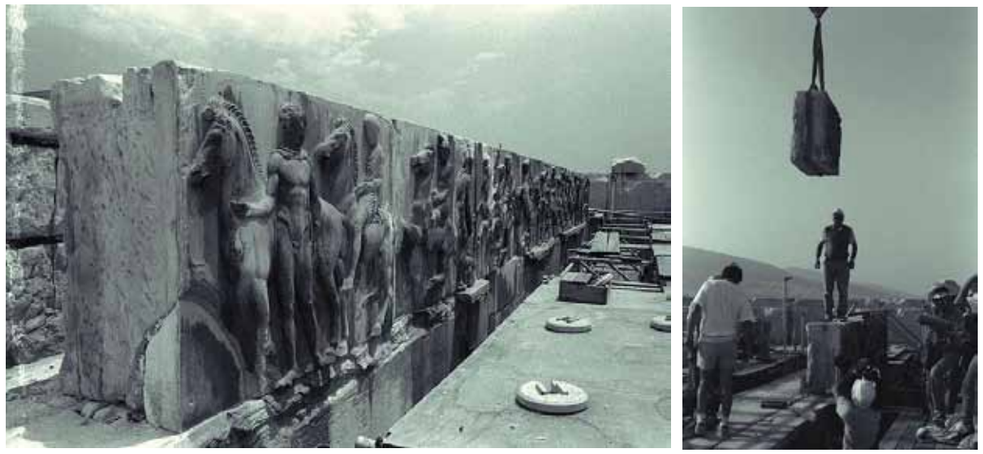
1.2. Σύντομο ιστορικό των νεωτέρων επεμβάσεων

1.2.1. Η εργασίες της περιόδου 1991-1996

Η πρώτη φάση των εργασιών αποκατάστασης του Οπισθονάου του Παρθενώνα, υπό την εποπτεία και επιστημονική ευθύνη της ΕΣΜΑ, ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 1991 και συνεχίστηκε με εντατικούς ρυθμούς για δύο χρόνια. Οι εργασίες είχαν σωστικό χαρακτήρα με πρωτεύοντα στόχο την αποσυναρμολόγηση και καταβίβαση από το μνημείο της δυτικής ζωφόρου, του μοναδικού αυθεντικού γλυπτικού συνόλου που παρέμενε στο μνημείο και κινδύνευε από την ρυπογόνα διαβρωτική ατμόσφαιρα της Αθήνας. Δευτερευόντως, έπρεπε να αποκατασταθεί δομικά η δυτική πρόσταση που παρουσίαζε σοβαρά προβλήματα, τόσο εξαιτίας της αρχαίας πυρκαγιάς, όσο και των επεμβάσεων του 1900 από τον Ν. Μπαλάνο.

Η ζωφόρος αποσυναρμολογήθηκε και μεταφέρθηκε στο Παλαιό Μουσείο της Ακρόπολης κατά τα έτη 1992-93, μετά από πολύμηνη προετοιμασία που περιελάμβανε: μετακίνηση και περιστροφή του γερανού Derrick, κατασκευή επέκτασης του γερανοβραχίονα, εγκατάσταση ειδικού ικριώματος στο δυτικό πτερό, εγκατάσταση σιδηροτροχιάς από το εργοτάξιο νότια του Παρθενώνα έως την αυλή του Παλαιού Μουσείου και διαμόρφωση ειδικού χώρου συντήρησης εντός αυτού[3] (Εικ.2,3).

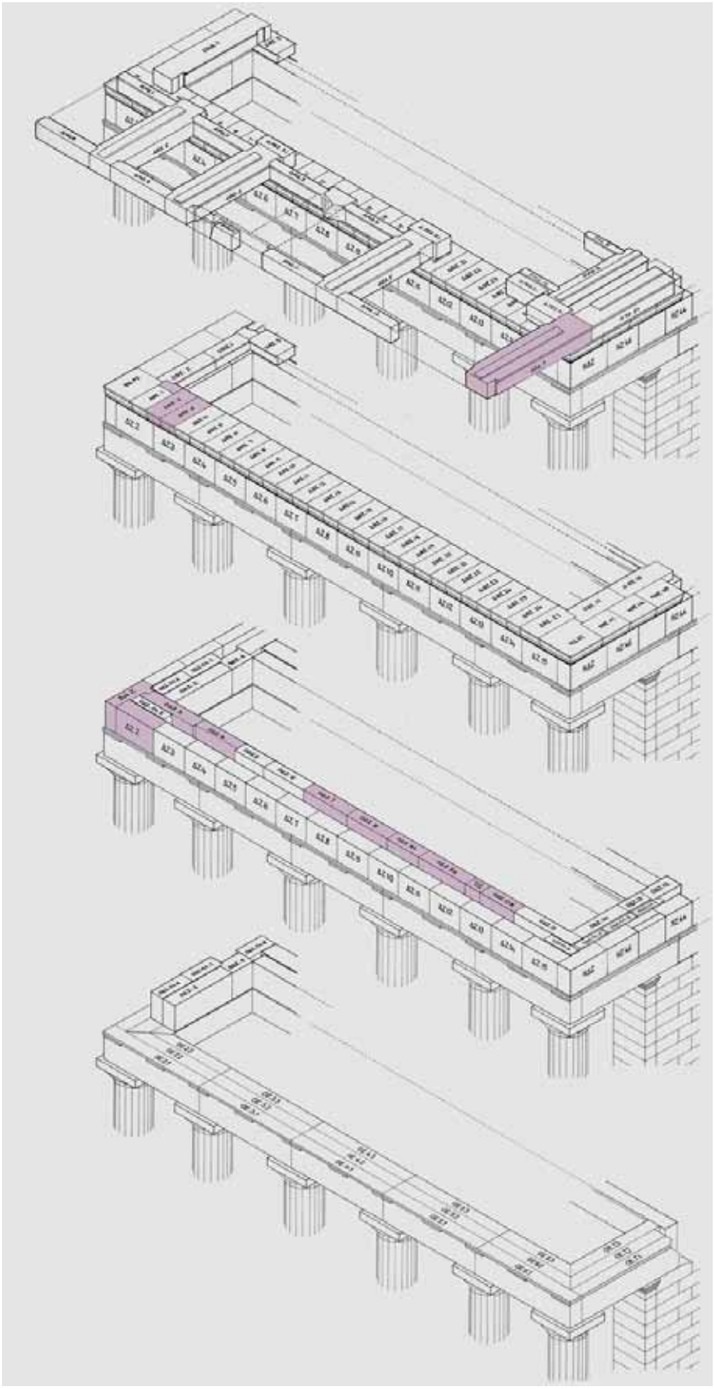
[3]Για την περιγραφή της μεταφοράς βλ. Κουφόπουλος 1994, 43.



Εικ. 2-3. Η δυτική ζωφόρος κατά την αποξήλωση της (φωτ. Αρχείο ΥΣΜΑ).

Της καταβίβασης της ζωφόρου είχε προηγηθεί η αποσυναρμολόγηση των υπερκείμενων στρώσεων της δυτικής πρόστασης : των δοκών, ημιδοκών και μεταδοκίων πλακών της οροφής του δυτικού πτερού, των μελών του θράνου, όπως και της ανατολικής αντιθηματικής στρώσης της ζωφόρου: των διαζωμάτων και των ενδιάμεσων λίθων πληρώσεως (Εικ.4). Μεταξύ των μελών αυτών περιλαμβάνονταν και τα νέα μέλη της αναστήλωσης Μπαλάνου. Προκειμένου η ζωφόρος να παραμένει προστατευμένη, η αποξήλωση των στρώσεων οργανώθηκε σε τομείς - έναν στη νότια και 3 στη δυτική πλευρά - ώστε να αποξηλώνεται τμηματικά και το προστατευτικό στέγαστρο που ήδη είχε κατασκευασθεί. Η αποσυναρμολόγηση ξεκίνησε από τον νότιο τομέα, συνεχίστηκε στον νότιο από τους δυτικούς, στον βόρειο και ολοκληρώθηκε με τον μεσαίο δυτικό. Οι εργασίες γίνονταν από τις πάνω στρώσεις προς τις κάτω και σε κάθε στρώση από τα ανατολικά προς τα δυτικά, με στόχο την ασφαλή προσέγγιση της ζωφόρου. Έγινε προσπάθεια η αποξήλωση των μελών να γίνεται αντιστρόφως προς τη φορά τοποθέτησης ώστε να «εξασφαλίζεται η αβίαστη απογόμφωση» τους.

Με την ολοκλήρωση των εργασιών τον Ιούλιο του 1993 είχαν καταβιβασθεί από το μνημείο - συμπεριλαμβανομένης της δυτικής ζωφόρου - περίπου 100 αρχιτεκτονικά μέλη. Η απόδοση των εργασιών αυτών, με τα πρώτα συμπεράσματα κατά την αποξήλωση των στρώσεων για τη δομή και τις νεώτερες αναστηλωτικές επεμβάσεις στον Οπισθόναο, μαζί με την αξιολόγηση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν, και τέλος τις προτάσεις αποκατάστασης της πρόστασης, του μεσαιωνικού κλιμακοστασίου και της οροφής του δυτικού πτερού, παρουσιάζονται στη ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ 3 που εκπονήθηκε το διάστημα 1992-1994.



Εικ.4. Οι αποξηλώσεις των στρώσεων της οροφής, των θράνων, της ζωφόρου-διαζωμάτων κατά την περίοδο 1991-93 (σχεδιαστικό υπόβαθρο Κουφόπουλος 1994). Με χρώμα σημειώνονται τα μέλη Μπαλάνου.

Το διάστημα 1993-1996 οι εργασίες περιορίστηκαν στην συμπλήρωση και δομική αποκατάσταση των καταβιβασθέντων αρχιτεκτονικών μελών[4], κυρίως δοκών της οροφής, ελάχιστων κατακείμενων διαζωμάτων και επιστυλίων που είχαν αποδοθεί στο μνημείο, όπως και τη συμπλήρωση των θράνων.

Συγχρόνως προχωρούσε ή έρευνα για τον τρόπο δομικής αποκατάστασης των κιόνων του Οπισθονάου (Σχ.7α), έργο που αποτελούσε απαραίτητη προϋπόθεση για την επαναφόρτιση της πρόστασης με τις αποκατεστημένες στρώσεις των λίθων, αλλά και την επανατοποθέτηση και πιθανόν συμπλήρωση της οροφής του δυτικού πτερού. Μετά την απόφαση οι κίονες να μην αποσυναρμολογηθούν αλλά να αποκατασταθούν επιτόπου, ξεκίνησε η προετοιμασία σε μηχανικό εξοπλισμό για την ενεμάτωση τους. Οι εργασίες πραγματοποιήθηκαν κατά το διάστημα 1997-98, σε όλους τους σφονδύλους -εκτός του ανώτατου- των 4 βορειότερων κιόνων, υπό την διεύθυνση της πολ. Μηχανικού Ν.Μιλτιάδου, και αποτέλεσαν ένα από τα πρώτα πιλοτικά προγράμματα ενεμάτωσης αρχιτεκτονικών συνόλων με τόσο μεγάλο ύψος.

1.2.2. Η εργασίες της περιόδου 2000-2004

Η δεύτερη φάση των εργασιών ξεκίνησε ουσιαστικά το 2001 υπό την γενική επίβλεψη του αρχιτέκτονα Π. Κουφόπουλου[5], στον οποίο ανατέθηκαν καθήκοντα τεχνικού συμβούλου με βασικό έργο –σύμφωνα με την απόφαση ανάθεσης των καθηκόντων του από το ΚΑΣ- την ολοκλήρωση της υλοποίησης των εγκεκριμένων μελετών του 1994[6]. Στόχος της 2ης περιόδου των εργασιών, σύμφωνα με την απόφαση της ΕΣΜΑ[7], ήταν «η αποσυναρμολόγηση και δομική συντήρηση των 21 επιστυλίων, η επανατοποθέτηση όλων των αφαιρεθέντων μαρμάρων και χυτών αντιγράφων της ζωφόρου, εφόσον έχει ήδη γίνει η αποκατάσταση των υπερκείμενων αρχιτεκτονικών μελών» (Εικ.7).

Στην πραγματικότητα, εκτός από την ολοκλήρωση της αποξήλωσης των εναπομενουσών στρώσεων[8], παρέμενε σε εκκρεμότητα, όπως προαναφέρθηκε, η αποκατάσταση των περισσότερων αποξηλωμένων μελών, αλλά και εκείνων που έχρηζαν επεμβάσεων επί του μνημείου, καθώς και

[4] Σύμφωνα με απόφαση της ΕΣΜΑ (αρ. Πρακτ. 16/14.7.94) εγκρίθηκαν εργασίες αποκαταστάσεως και συμπληρώσεως 4 επιστυλίων και 2 διαζωμάτων που βρίσκονται στο έδαφος από το 1900, καθώς και των εσωτερικών πλευρών 10 διατόνων λίθων του δυτικού θράνου.

[5] Σύμφωνα με την απόφαση του ΚΑΣ ΥΠΠΟ/ΔΑΑΜ/115/?19694/10.04.01.

[6] Κουφόπουλος 1994, Ζάμπας 1994.

[7] Επιστολή ΕΣΜΑ προς Γ.Γρ.ΥΠΠΟ, «Αποφάσεις ΕΣΜΑ για το προγραμματισμό των εργασιών συντήρησης και αναστήλωσης των μνημείων της Ακρόπολης», αρ.πρωτ. 347, 28/7/2000.

[8] Σύμφωνα με απόφαση του ΚΑΣ ΥΠΠΟ/ΔΑΑΜ/431/29525/14.06.95, είχε εγκριθεί η αποξήλωση 22 επιστυλίων, 6 κιονοκράνων και του ανώτατου σπόνδυλου του 5ου κίονα της κιονοστοιχίας του Οπισθονάου, με την προϋπόθεση της υποβολής πρότασης εκ μέρους της ΕΣΜΑ για την έκταση και το είδος των αποξηλώσεων, αναλυτικών προτάσεων για την συντήρηση τη δομική αποκατάσταση και συμπλήρωση των μελών που επρόκειτο να καταβιβασθούν και χρονοδιαγράμματος των έργων.

αυτών εκτός της πρόστασης, που σχετίζονταν άμεσα με αυτά αλλά δεν είχαν εξαρχής προβλεφθεί και έπρεπε να αποκατασταθούν επιτόπου[9] (Εικ.5,6).

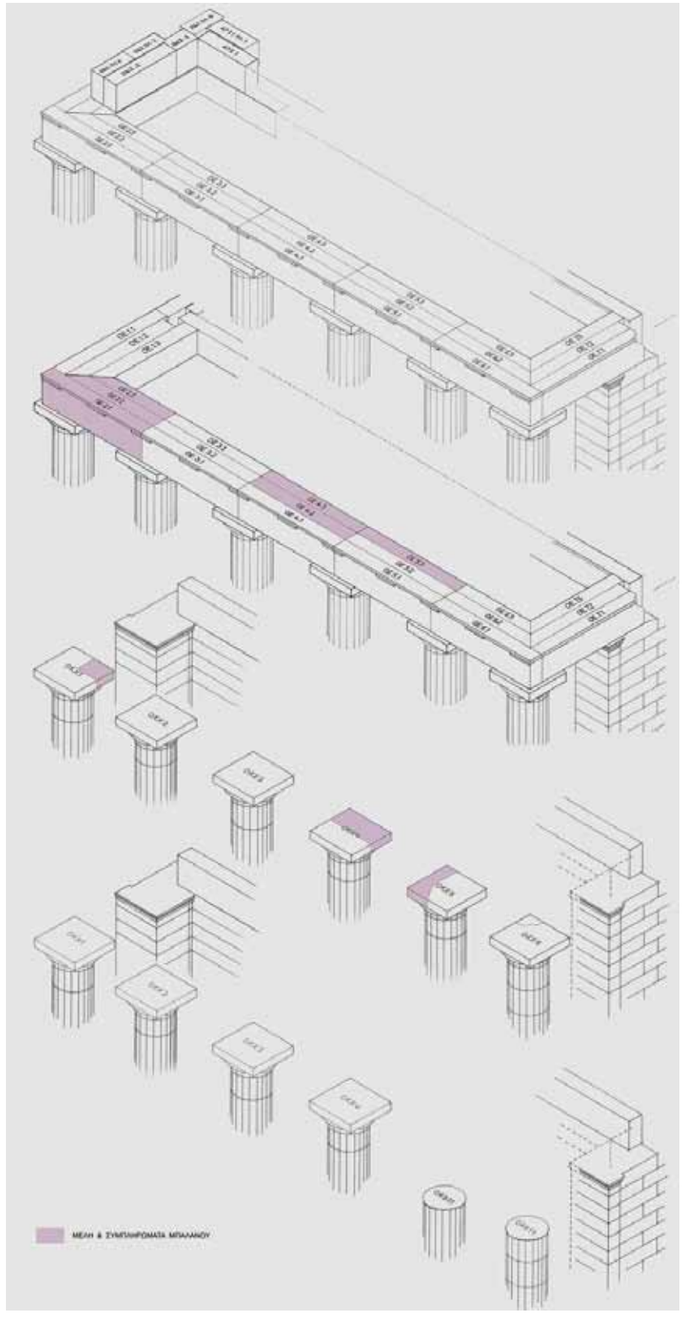
Εικ. 5. Η αποξήλωση των επιστυλίων (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 6. Τα κιονόκρανα μετά την αποξήλωση των επιστυλίων (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Κατόπιν όλων αυτών των εργασιών αποκατάστασης, έπρεπε να γίνει η ανασύσταση του συνόλου των στρώσεων επί του μνημείου, με την επαναφορά των αποκατεστημένων και των αποδοσμένων αρχαίων αρχιτεκτονικών μελών, την επανατοποθέτηση ορισμένων από αυτά που είχε διαμορφώσει ο Μπαλάνος και την ένταξη ελαχίστων μελών που κατασκευάστηκαν από νέο μάρμαρο, σύμφωνα με τις νέες μελέτες επίλυσης. Επιπλέον, βασικός στόχος υπήρξε η τοποθέτηση στη θέση της αποξηλωμένης ζωφόρου των χυτών αντιγράφων των λίθων της, που θα κατασκευάζονταν βάσει νέας μελέτης σύστασης του κονιάματος και στατικής επίλυσης[10]. Όλα τα αρχιτεκτονικά μέλη θα επανατοποθετούνταν στις αρχικές τους θέσεις με τρόπο ώστε να αμβλυνθούν οι έντονες καμπύλες παραμόρφωσης που είχαν δημιουργηθεί από τις εξωθήσεις των γωνιών της πρόστασης -κυρίως λόγω των σεισμικών καταπονήσεων- και θα συνδέονταν μεταξύ τους με νέα συνδετήρια στοιχεία από τιτάνιο. Επιπλέον έπρεπε να εκπονηθούν, εκτός των μελετών στατικής επίλυσης και δομικής αποκατάστασης των επιμέρους μελών, συμπληρωματικές αρχιτεκτονικές μελέτες και να ληφθούν επιπλέον εγκριτικές αποφάσεις από ΕΣΜΑ και ΚΑΣ.

[9] Πρόκειται κυρίως για μέλη στη συμβολή του δυτικού θυραίου τοίχου και του βόρειου του σηκού.

[10] Τις μελέτες αυτές ανέλαβε η πολιτικός μηχανικός του έργου Ε.Ε.Τουμπακάρη, βλ. σχετικό κεφάλαιο.



Εικ. 7. Οι αποξηλώσεις των στρώσεων των διαζωμάτων, επιστυλίων, κιονοκράνων-σπονδύλων κατά τη περίοδο 2001-2002 (σχεδίαση Ρ.Χριστοδουλοπούλου., σχεδ. υπόβαθρο Κουφόπουλος 1994). Με χρώμα σημειώνονται τα μέλη Μπαλάνου.

Σύμφωνα με τον αρχικό υπεραισιόδοξο χρονικό προγραμματισμό που εγκρίθηκε από την ΕΣΜΑ[11] και το ΚΑΣ[12] το έργο, συμπεριλαμβανομένης της προετοιμασίας της δυτικής πλευράς του Παρθενώνα, της ανατοποθέτησης των μελών της οροφής του δυτικού πτερού, και της αποκατάστασης του μεσαιωνικού κλιμακοστασίου[13] θα ολοκληρωνόταν στο τέλος του 2003 και θα επιχορηγείτο από το Γ΄ΚΠΣ. Στη πραγματικότητα, το πρόγραμμα ολοκληρώθηκε το καλοκαίρι του 2004, λίγο πριν την έναρξη των Ολυμπιακών αγώνων και αφορούσε μόνο στην αποκατάσταση της πρόστασης και εν μέρει του μεσαιωνικού κλιμακοστασίου.

Ένα συνοπτικό αλλά περιεκτικό χρονικό των εργασιών κατά τα έτη 2001-2004, παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο, της υλοποίησης του προγράμματος.

2. Νέες παρατηρήσεις και μελέτες

2.1. Νέα συμπεράσματα για την αρχική δομή της πρόστασης

Τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις για τη δομή των στρώσεων της πρόστασης που αποξηλώθηκαν κατά την 1η φάση των εργασιών, αλλά και των υπολοίπων στρώσεων που παρέμειναν στο μνημείο - καθόσον αυτές θα μπορούσαν να μελετηθούν εκ των έξω - αναπτύσσονται στην αρχική μελέτη (Κουφόπουλος 1994). Με τη αποξήλωση και των υπολοίπων στρώσεων, και ως εκ τούτου την δυνατότητα μελέτης τους εκ των έσω, ορισμένα από τα συμπεράσματα αυτά επιβεβαιώθηκαν και άλλα διαφοροποιήθηκαν. Ακολουθούν οι νέες παρατηρήσεις σχετικά με τη δομή της στρώσης των επιστυλίων που συμπληρώνουν αυτές της αρχικής μελέτης[14], για τη δομή της στρώσης των διαζωμάτων που εξελίχθηκαν σε τροποποιητική της αρχικής μελέτη η οποία και υλοποιήθηκε[15], καθώς και για τη δομή των θράνων στην ΒΔ γωνία της στρώσης, μελέτη που δεν εφαρμόστηκε αλλά αποκαθιστά οριστικά την αρχική διάταξη των μελών στη περιοχή αυτή της πρόστασης[16].

2.1.1. Η αρχική δομή της στρώσης των επιστυλίων

Τα στοιχεία που μας επέτρεψαν να αναπαραστήσουμε την αρχική δομή της στρώσης των επιστυλίων, ήταν οι γομφώσεις τους επί των κιονοκράνων και επικράνων, οι εντορμίες των οποίων αποκαλύφθηκαν κατά και μετά την αποξήλωση τους (Εικ. 5, 6). Απωλεσθέντα στοιχεία σε

[11] Βλ. Προηγούμενη επιστολή ΕΣΜΑ.

[12] Σύμφωνα με την απόφαση «Έγκριση προγραμματισμού έργων της ΥΣΜΑ στον Παρθενώνα και τα Προπύλαια» 11/4/2001.

[13] Σύμφωνα με το κατατεθέν χρονοδιάγραμμα του τεχνικού συμβούλου Π. Κουφοπούλου, σε επιστολή του προς την ΕΣΜΑ, της 21.11.2000.

[14].Κουφόπουλος 1994.

[15] Χριστοδουλοπούλου 2003.

[16] Χριστοδουλοπούλου 2004α.

κιονόκρανα και επιστύλια διαπιστώθηκαν στα τμήματα που είχαν συμπληρωθεί με νέο μάρμαρο από τον Μπαλάνο ή στα μέρη που είχαν καταρρεύσει λόγω φυσικής φθοράς. Η αντιστοιχία των εντορμιών των γόμφων μεταξύ των επιστυλίων και των κιονόκρανων - επίκρανων αντίστοιχα, διερευνήθηκε σε όλα τα αρχαία μέλη, στα καταβιβασθέντα αλλά και στα αποδοσμένα κατακείμενα και τα θραύσματα τους (Εικ. 8). Από τη θέση της γόμφωσης επιβεβαιώθηκε η αρχική υπόθεση ότι τα επιστύλια στη δυτική πλευρά της πρόστασης «κτίζονταν» από τα βόρεια προς τα νότια, ωθούμενα προς τα βόρεια και γομφούμενα στη νότια πλευρά τους, με τα πρωτοποθετημένα μέλη στο βόρειο και τα καταληκτήρια της στρώσης στο νότιο μετακιόνιο.

Φαίνεται όμως, ότι στη βόρεια πλευρά η εξωτερική στρώση ακολουθούσε τη σειρά δόμησης της εξωτερικής του βόρειου τοίχου, με φορά από ανατολικά προς δυτικά. Στη ΒΔ γωνία πρωτοποθετήθηκαν τα ΟΕ 1.3 και ΟΕ 1.2, που γομφώθηκαν στις δύο επιφάνειες ώσεως, αν και δυτικά δεν σώζονται οι αντίστοιχες εντορμίες στο κιονόκρανο ΟΚΚ1. Το γωνιακό εξωτερικό ΟΕ 2.1 ακολούθησε κανονικά στη σειρά με γόμφωση στα νότια, όπως και όλα τα υπόλοιπα επιστύλια στης δυτικής πλευράς. Εντύπωση προκαλεί η παράληψη γόμφωσης του εσωτερικού ΟΕ 2.2, που δεν αποτελεί καταληκτήριο λίθο[17](εικ. 8).

Στην ΝΔ γωνία οι λίθοι ΟΕ 6.2 και ΟΕ6.3[18] γομφώνονταν κανονικά, ακολουθώντας τη τυπική φορά δόμησης, ενώ ο εξωτερικός λίθος ΟΕ 6.1, αν και σώζει εντορμία γόμφου στη βόρεια κεφαλή του, παρέμενε αγόμφωτος σαν καταληκτήριος. Το ίδιο ακριβώς και με την ίδια φορά, συνέβαινε και στον εξωτερικό νότιο λίθο ΟΕ7.1[19]. Προφανώς αυτοί οι δύο γωνιακοί λίθοι λειτούργησαν όντως ως καταληκτήριοι, και «έκλεισαν» τη στρώση μετά από πολλές δοκιμαστικές τοποθετήσεις, εκ των έξω.

Αντίθετα ο μεσαίος ΟΕ7.2 γομφωνόταν κανονικά, ακολουθώντας την τυπική φορά, ενώ ο εσωτερικός ΟΕ 7.3 αν γομφωνόταν, αυτό θα συνέβαινε στη δυτική λοξότμητη κεφαλή του[20]. Εντύπωση προκαλεί η αχρησιμοποίητη εντορμία γόμφου επί του επικράνου της ΝΔ παραστάδας (ΝΔΠΑ17) που αντιστοιχούσε σε γόμφο στην ανατολική κεφαλή του μέλους[21]. Τελικά ο λίθος ΟΕ 7.3 λειτούργησε ως καταληκτήριος της εσωτερικής γωνίας.

[17] Δεν σώζεται εντορμία ούτε στην έδραση του ούτε στο υποκείμενο κιονόκρανο ΟΚΚ2.

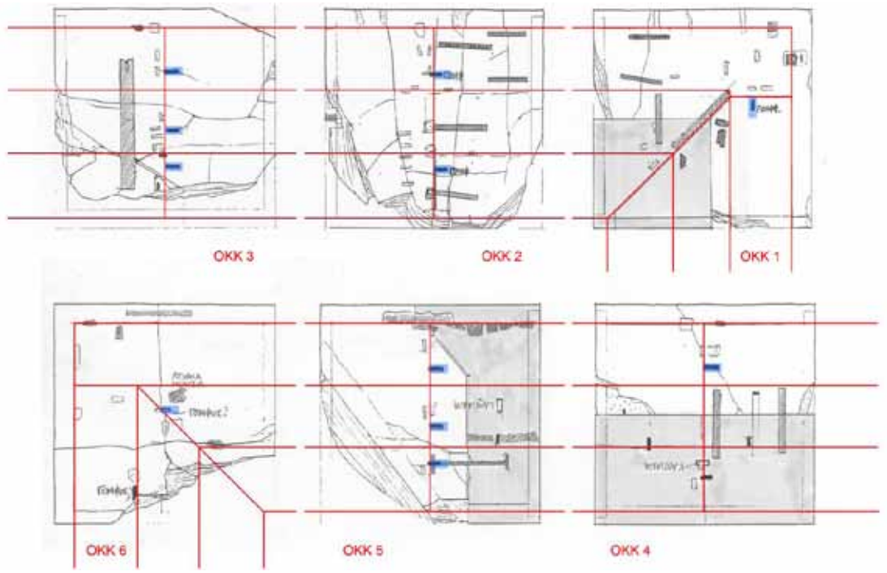
[18] Αν και δεν σώζεται η εντορμία του γόμφου στο υποκείμενο κιονόκρανο ΟΚΚ6, που έχει καταστραφεί στη γωνία αυτή.

[19] Η συγκεκριμένη εντορμία φαίνεται αχρησιμοποίητη.

[20] Επίσης δεν σώζεται η εντορμία του γόμφου στο υποκείμενο κιονόκρανο ΟΚΚ6 για τον ίδιο λόγο. Είναι βέβαια ασύνηθες να υπήρχαν δύο εγκάρσια τοποθετημένες εντορμίες η μια δίπλα στην άλλη και μάλιστα σε προβληματική περιοχή, από πλευράς ποιότητας μαρμάρου, δεδομένου του αρχαίου συνδέσμου ενίσχυσης που είχε τοποθετηθεί λίγο νοτιότερα.

[21] Προφανώς ο αρχικός σχεδιασμός προέβλεπε την γόμφωση του ΟΕ 7.3 κανονικά, ακολουθώντας την τυπική φορά τοποθέτησης, και την ώθηση του επίτοιχου δυτικού επιστυλίου ΔΤΕ 5 προς τα δυτικά, ώστε να έρθει σε πλήρη εφαρμογή η διαμορφωμένη εγκοπή με την επιφάνεια ώσεως του ΟΕ7.3.

Η ύπαρξη μελών παντελώς αγόμφωτων – ΟΕ 2.2 στη ΒΔ γωνία, ΟΕ 6.1, ΟΕ 7.1 και ΟΕ 7.3 στη ΝΔ- προφανώς προέκρινε και την τοποθέτηση εγκαρσίων συνδέσμων ανά τριάδες για την εξασφάλιση των επιστυλίων μεταξύ τους στις γωνίες της πρόστασης.



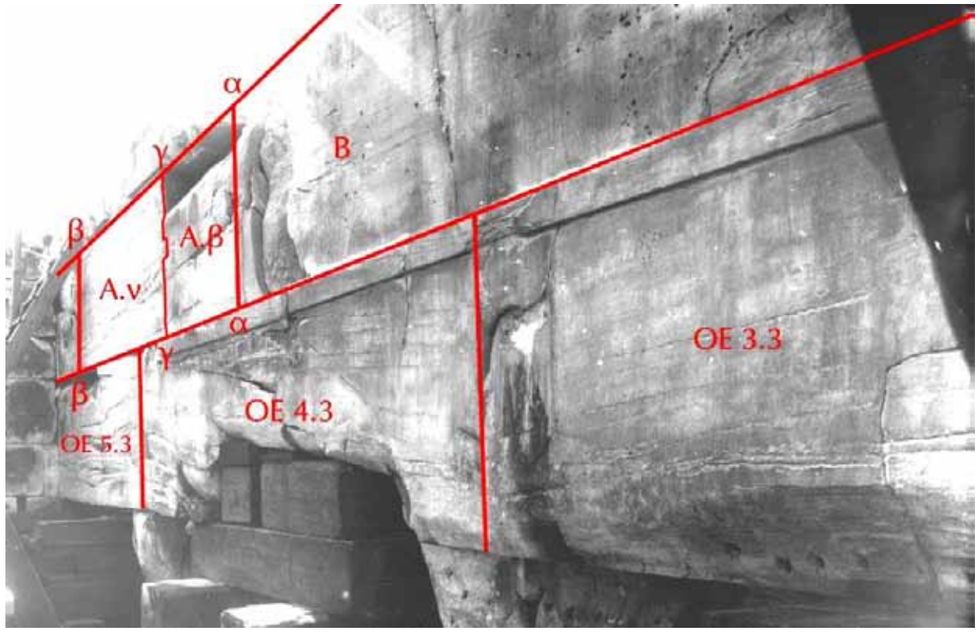
Εικ. 8. Οι αρχαίοι γόμφοι (σημειώνονται με μπλέ χρώμα) των επιστυλίων επί της άνω επιφανείας των κιονοκράνων (Σχέδιο Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

2.1.2. Η αρχική δομή της στρώσης των διαζωμάτων

Αφορμή για την επανεξέταση της αρχικής δομής στη στρώση των διαζωμάτων και κυρίως στη μεσαία περιοχή της δυτικής πλευράς, όπου κατά το αναστηλωτικό πρόγραμμα του Μπαλάνου είχαν τοποθετηθεί μέλη κατασκευασμένα από νέο μάρμαρο (Σχ.7β), απετέλεσε η προσεκτικότερη παρατήρηση του ελάχιστου εικονογραφικού υλικού που σωζόταν από την περιοχή αυτή, πριν την επέμβαση 1899-1900. Σε φωτογραφία του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου[22], όπως και σε σκίτσο του Durm[23], διακρίνεται σαφώς κατακόρυφος αρμός μεταξύ διαζωμάτων στον άξονα του μεσαίου υποκείμενου επιστυλίου. Στο πρώτο τεκμήριο διακρίνεται επιπλέον αρμός πολύ κοντά στον βόρειο τοίχο του κλιμακοστασίου και στο δεύτερο, αρμός στο μέσον του βορειότερου επιστυλίου ΟΕ 3.3, δηλαδή δύο αρμοί εκατέρωθεν του μεσαίου σε απόσταση περίπου ίση με το μήκος ενός επιστυλίου. Οι αρμοί αυτοί διακρίνονται στις ίδιες θέσεις ανάμεσα σε άλλους - κατακόρυφοι αρμοί

[22] Φωτογραφία του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου (ΑΑ 330)

[23] Μπαλάνος 1940, εικ..65δ, σκίτσο του Durm.



Εικ. 9. Οι αρμοί επιστυλίων και διαζωμάτων όπως ανιχνεύονται στη φωτογραφία DAI (AA 330).

των προτεινόμενων νέων μελών, όρια των αρχαίων μελών που προτείνονται προς απότμηση - και στο σχέδιο του Μπαλάνου[24] (Σχ.7β), όπως και σε σχέδιο του Penrose δημοσιευμένο στον ίδιο τόμο[25]. Τέλος, σε πίνακα του J. Skene (1838-1845)[26] διακρίνεται ο αρμός του νότιου από τα δύο μεσαία διαζώματα καθώς και ένας ακόμα νοτιότερα.

Από τα πιο πάνω τεκμήρια συμπεραίνεται ότι λόγω της πολύ κακής κατάστασης των διαζωμάτων, ο Μπαλάνος προσπάθησε να περισώσει όποιο τμήμα αρχιτεκτονικού μέλους μπορούσε με επιτόπου αποτμήσεις, τα όρια των οποίων έδειξε στο σχέδιο μελέτης και τα οποία δεν αποτελούν όρια των αρχικών μελών, όπως παρερμηνεύτηκε και στην αρχική μελέτη (Κουφόπουλος 1994). Τα πραγματικά μήκη των δύο μεσαίων διαζωμάτων ήταν αντίστοιχα των υποκείμενων επιστυλίων, δηλαδή μεγαλύτερα των τεσσάρων μέτρων (Σχ. 8*).

Για την επιβεβαίωση της αρχικής υπόθεσης εξετάστηκαν τα ελάχιστα ίχνη επί των ίδιων των μελών της ίδιας της στρώσης των διαζωμάτων και της υποκείμενης στρώσης των επιστυλίων:

Α. τα ίχνη τοποθέτησης και γόμφωσης - εντορμίες γόμφων και μοχλοβόθρια - των διαζωμάτων επί των υποκείμενων επιστυλίων ή επί των θραυσμάτων που έχουν αποδοθεί σε αυτά.

[24] Μπαλάνος 1940 (πίναξ 5, σχ.2)

[25] Μπαλάνος 1940, εικ.69α (1896),

[26] Μαλούχου 1994, 188.

* *Βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενο σχέδιο 8.*

Β. τα αντίστοιχα στοιχεία τοποθέτησης και γόμφωσης των θράνων επί των διαζωμάτων, βάσει των οποίων και προσδιορίστηκαν τα αρχικά μήκη των διαζωμάτων.

Γ. τα μοχλοβόθρια και η κατεργασία στην άνω επιφάνεια των επιστυλίων από τα οποία προσδιορίστηκαν, κατά προσέγγιση, και τα πάχη των αρχικών διαζωμάτων.

Αναλυτικότερα, όσον αφορά στην αρχική διάταξη των διαζωμάτων, διαπιστώθηκε ότι:

- Το βόρειο από τα μεσαία διαζώματα (ΟΔΖ 6) είχε μήκος 445,2 εκ., διάσταση που επιβεβαιώνεται και από τα ίχνη στα υποκείμενα επιστύλια ΟΕ 4.3 και ΟΕ 3.3, δηλ. μοχλοβόθρια και εντορμίες γόμφων.
- Το νότιο από τα μεσαία διαζώματα (ΟΔΖ 7) είχε μήκος 421εκ., διάσταση που αναφέρει ο Μπαλάνος και δεν επιβεβαιώνεται και από τα ίχνη στα υποκείμενο επιστύλιο ΟΕ 5.3, εφόσον στην περιοχή αυτή είναι ελλιπές.
- Βάσει μοχλοβοθρίου στο υποκείμενο επιστύλιο ΟΕ5.3, την απόσταση μέχρι το κατά χώραν ευρισκόμενο αρχαίο νοτιότατο διάζωμα, κατελάμβαναν δύο μέλη: το ΟΔΖ 8, με μήκος 147εκ . και το ΟΔΖ 9, με μήκος 135,8εκ.

Όσον αφορά στην ένταξη τριών διασπάρτων αρχαίων θραυσμάτων που είχαν αποδοθεί στη συγκεκριμένη στρώση σύμφωνα με τη μελέτη (Κουφόπουλος 1994) (Σχ.8), διαπιστώθηκε ότι:

- Η μοναδική πιθανή θέση του αρχαίου θραύσματος δ 2105 επιβεβαιώθηκε στην νότια άνω γωνία του ΟΔΖ 7, αλλά το μέλος που προκύπτει, βάσει των υπερκείμενων θράνων, είναι ανισοπαχές[27].
- Το θραύσμα δ 2107 ανήκε ή στο μέσον του ΟΔΖ 8 ή στην ίδια θέση του ΟΔΖ 9, μόνο που το πάχος που προέκυψε για το αρχικό διάζωμα ήταν πολύ μεγαλύτερο αυτού της προηγούμενης μελέτης, δηλ. 64εκ.
- Εάν υποθέσουμε ότι το θραύσμα δ 2120 ανήκε σε λίθο πληρώσεως της κεντρικής περιοχής του θριγκού, τότε αυτό βρισκόταν νοτιότερα, δηλ. πίσω από το βόρειο τμήμα του ΟΔΖ7.

Ο πρωτοποθετημένος λίθος της στρώσης των διαζωμάτων ήταν ο ΟΔΖ6, εφόσον εντοπίστηκαν από ένας γόμφος στις δύο επιφάνειες ώσεως.

Σε σχέση λοιπόν με την πρόταση αποκατάστασης των διαζωμάτων της αρχικής μελέτης, όπου τα μέλη που προτείνεται να αντικαταστήσουν αυτά του Μπαλάνου έχουν περίπου τα ίδια μήκη, η νέα μελέτη έδειξε ότι: η αρχική διάταξη των διαζωμάτων ήταν συμμετρική με άξονα συμμετρίας τον αρμό στο μέσον του μήκους της πρόστασης και τα δύο εκατέρωθεν μέλη με μήκος ίσο με αυτό των επιστυλίων. Εκατέρωθεν των δύο μεσαίων διαζωμάτων τοποθετούνταν -έως τα γωνιακά κατά χώραν σωζόμενα- από δύο μέλη με το μισό μήκος.

[27] Με πάχος 57,5εκ. στο νότιο άκρο και 50,4εκ. στο βόρειο.

Συνολικά, μαζί με τα γωνιακά μέλη, η αποκατάσταση Μπαλάνου περιελάμβανε 11 μέλη (3 αρχαία και 6 νέα) με ποικίλα μήκη, η πρόταση του 1993, 9 μέλη (5 αρχαία, 2 με ενταγμένα αρχαία τμήματα και 2 νέα) επίσης με ποικίλα μήκη, και η νέα πρόταση 2003, 8 μέλη (4 αρχαία, 3 με ενταγμένα αρχαία τμήματα και 1 νέο) με μικρά και μεγάλα μήκη.

Αναλυτικότερα η προς υλοποίηση πρόταση περιελάμβανε (Σχ. 8):

- Το νότιο τμήμα του μέλους ΟΔΖ 6 από νέο μάρμαρο, μήκους 263,5εκ. και πάχους 56εκ., συγκολλημένο με το αρχαίο αποτετμημένο βόρειο τμήμα του που διέσωσε ο Μπαλάνος.
- Τα εξολοκλήρου από νέο μάρμαρο μέλη ΟΔΖ 7 (μήκους 421,1εκ./ μέσου πάχους 54εκ.), ΟΔΖ 8 (μήκους 147εκ./ πάχους 64εκ.) και ΟΔΖ 9 (μήκους 135,8εκ./ πάχους 57εκ.).
- Τη μη ένταξη των αρχαίων θραυσμάτων δ 2105 και δ 2107 στα νέα μέλη όπου πιθανότατα ανήκαν, εξαιτίας:
  - αμφιβολιών για την αρχική θέση τους, κυρίως όσον αφορά στο δ 2107.
  - της τοποθέτησης τους στην άνω και πίσω επιφάνεια των νέων μελών, όπου ενταγμένα θα παρέμεναν τελείως αφανή.
  - της κατασκευαστικής δυσκολίας του εγχειρήματος.
  - της ύπαρξης προηγούμενου - απόφαση ΚΑΣ - για την μη ένταξη παρομοίων θραυσμάτων στα υποκείμενα εσωτερικά επιστύλια ΟΕ4.3 και ΟΕ 5.3.
- Τη μη επανατοποθέτηση του θραύσματος δ 2120 - λίθος πληρώσεως- στη στρώση, για τους ίδιους λόγους.

2.1.3. Η αρχική διάταξη των θράνων στη ΒΔ γωνία της πρόσασης .

Σύμφωνα με φωτογραφίες και σχεδιαστικές απεικονίσεις της βορειοδυτικής γωνίας του θριγκού της προστάσεως στα τέλη του 19ου αιώνα[28], οι τρεις βορειότεροι θράνοι ΔΘΣ1, ΔΘΣ2, ΔΘΣ3, καθώς και ο γωνιακός της ΒΔ γωνίας (ΒΔ ΘΣ) είχαν καταβιβασθεί από τον Elgin κατά την αφαίρεση των βορειοδυτικών μελών της Δυτικής Ζωφόρου. Ο Ν. Μπαλάνος στην μελέτη για την αποκατάσταση του Οπισθονάου[29] πρότεινε την επανατοποθέτηση του καταβιβασθέντος γωνιακού αρχαίου μέλους, στην θέση του ΔΘΣ1 ένα αρχαίο μέλος που συμπληρώθηκε κατά το ανατολικό τμήμα του και στη θέση των ελλειπόντων ΔΘΣ2 και ΔΘΣ3 δύο μέλη από νέο μάρμαρο (Σχ. 7β).

[28] Κουφόπουλος 1994, όπου σχέδιο L.Magne (1894) εικ. 11, σ.72, σκαρίφημα J.Durm (1895) εικ. 12, σ.73, σχέδιο Ν.Μπαλάνου (1901) εικ. 35α, σ.76. και σ.66., όπου καταδεικνύεται η ύπαρξη κενού στην περιοχή αυτή, με αποτέλεσμα η βορειότερη των δοκών της οροφής του δυτικού πτερού ουσιαστικά να αιωρείται.

[29] Μπαλάνος 1940, 100 και ΠΙΝΑΞ 5, σχ.2, σχ.3., εικ.76 β.

Στη μελέτη της αποκατάστασης του 1994 (Εικ. 10), προτεινόταν η διατήρηση όλων των μελών ως είχαν, ενώ στη θέση του νέου Μπαλανείου μέλους ΔΘΣ2, η τοποθέτηση του αρχαίου - αποδοσμένου στη θέση αυτή - θραύσματος δ 3152, συμπληρωμένο κατά το ανατολικό ήμισυ του[30] (Εικ. 11).

Το γεγονός της μη γειτνίασης του αρχαίου μέλους ΔΘΣ1 με τον γωνιακό λίθο ΒΔΘ, που ήταν προφανής από την αναντιστοιχία των σωζομένων αρχαίων εντορμιών των δύο συνδέσμων τύπου διπλού Τ που συνέδεαν τα δύο μέλη, έθεσε το ερώτημα αν μπορούσε να εντοπισθεί με απόλυτη βεβαιότητα η αρχική θέση του παρατοποθετημένου απο τον Μπαλάνο ΔΘΣ1, που προβλεπόταν στη αρχική μελέτη να διατηρηθεί στην ίδια θέση, όπως και του αποδοσμένου στη θέση ΔΘΣ 2, θραύσματος δ 3152.

Με δεδομένα τη διατήρηση του ΔΘΣ4 στην αρχική του θέση, την απόδοση του αρχαίου λίθου που έχει τοποθετηθεί στη θέση του ΔΘΣ1 - που στο εξής θα αναφέρεται ως *αρχαίος λίθος ΔΘΣ1* -, καθώς και του θραύσματος δ 3152 στην δυτική πλευρά της πρόστασης του Οπισθονάου, διερευνήθηκε η αρχική θέση των δύο αυτών αρχαίων λίθων, βάσει των εξής κριτηρίων :

Α. Το αναμενόμενο πλάτος των μελών, το οποίο προκύπτει απο την απόσταση μεταξύ των εντορμιών των γόμφων δύο γειτονικών θράνων, μετρούμενη επί των υποκείμενων διαζωμάτων - ζωφόρου.

Β. Την αντιστοιχία μεταξύ των αρχαίων εντορμιών των γόμφων - ανοιγμένες στην βόρεια πλευρά των θράνων ανά δύο - και αυτών στα υποκείμενα μέλη (βορειότατο διάζωμα ΟΔΖ3 και αρχαίο μέλος ζωφόρου ΔΖ3).

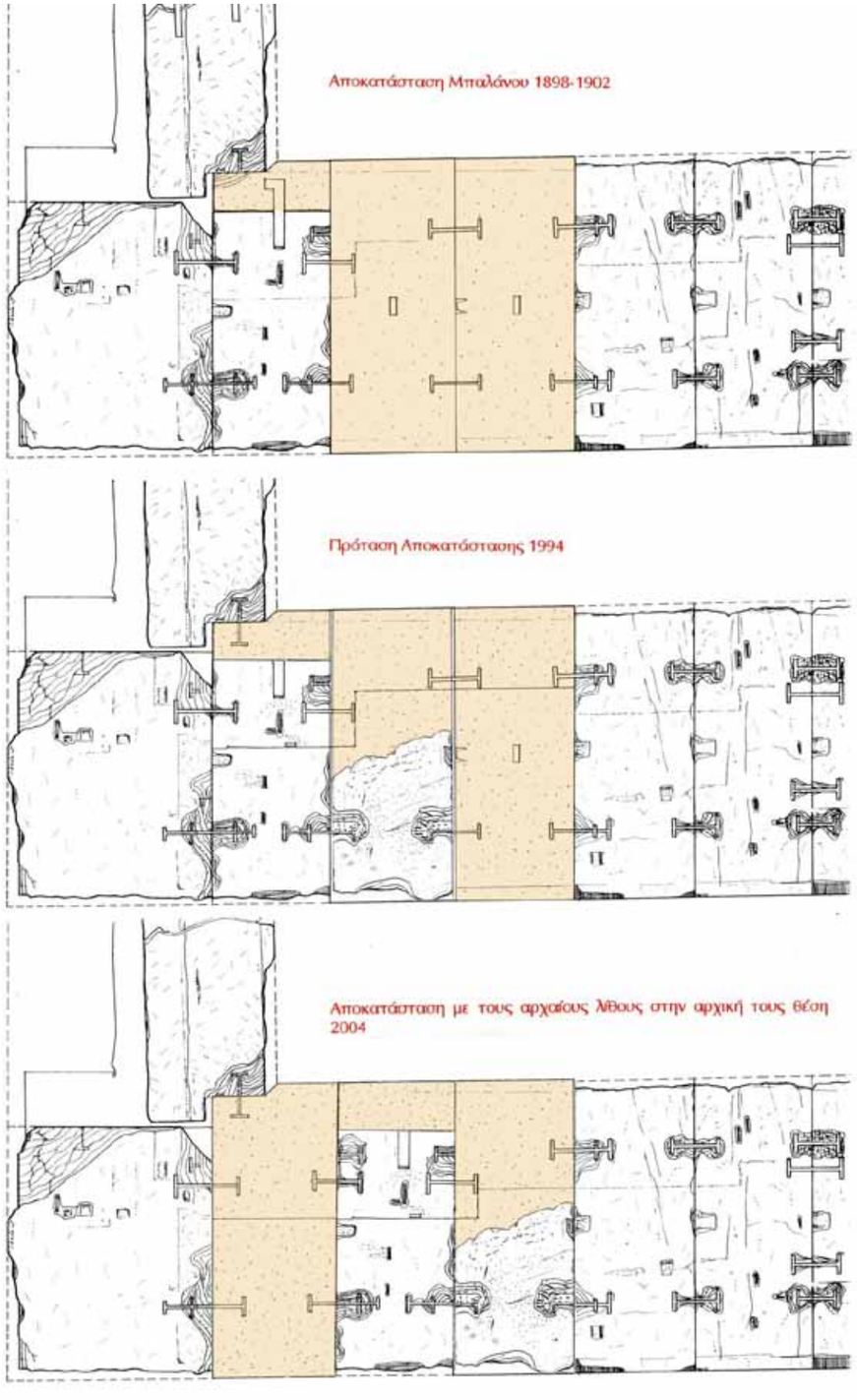
Γ. Την αντιστοιχία των αρχαίων εντορμιών των διαμήκων συνδέσμων μεταξύ των όμορων μελών.

Δ. Τη συνέχεια της κατεργασίας και της ανισοσταθμίας στην άνω επιφάνεια των όμορων θράνων, καθώς και των μοχλοβοθρίων για την τοποθέτηση των ίδιων των μελών ή των υπερκείμενων (μέλη οροφής).

Ε. Την αντιστοιχία των ιχνών των παραγόμφων -ανά δύο στις βόρειες επιφάνειες ώσεως- και των φωλεών στην νότια πλευρά των όμορων προς βορρά θράνων, όπου τα στοιχεία αυτά σώζονται.

Βάσει λοιπόν όλων των κριτηρίων ο αρχαίος λίθος που θα ετοποθετείτο στην θέση ΔΘΣ1 αρχικά βρισκόταν στην θέση ΔΘΣ2, και ο λίθος της θέσης ΔΘΣ2 στην θέση ΔΘΣ3 (Εικ. 10).

[30] Κουφόπουλος 1994, 66.



Εικ. 10. Η επίλυση των θράνων της ΒΔ γωνίας (σχ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

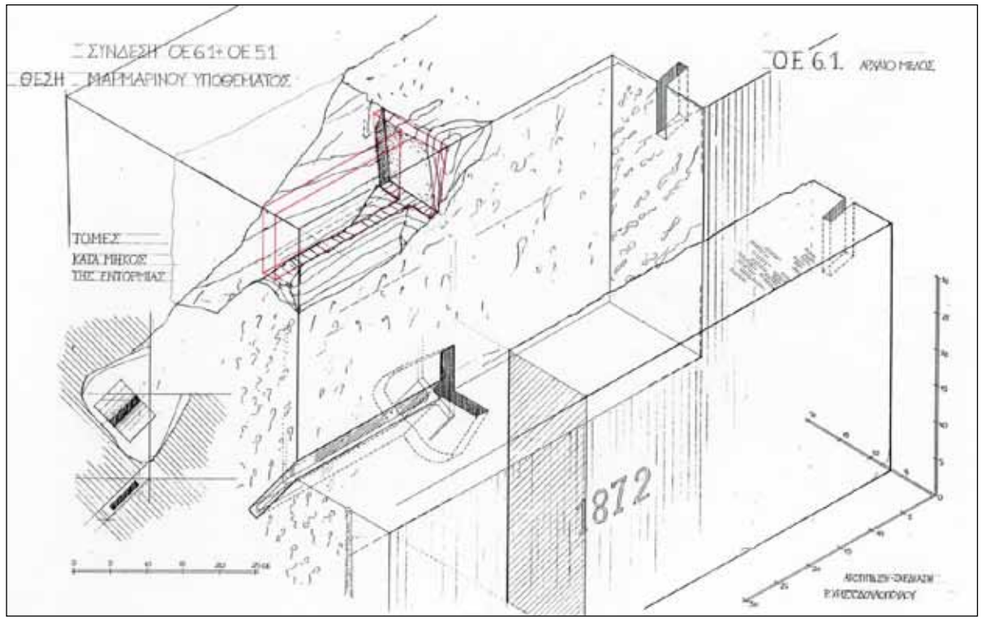
Εικ. 11. Η ΒΔ γωνία όπως αποκαταστάθηκε.

2.2. Νέα στοιχεία για τις παλαιότερες επεμβάσεις

Από τις παλαιότερες επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης των λίθων της πρόστασης - νεώτερα στοιχεία διαπιστώθηκαν, κατά την αποξήλωση της εναπομείνασας στρώσης των επιστυλίων και ορισμένων κιονοκράνων, για τις επεμβάσεις Martinelli και τις επεμβάσεις Μπαλάνου.

Συνοπτικά, όσον αφορά στην ένθεση των μαρμαρίνων υποθεμάτων από τον Martinelli (Σχ.7α), διαπιστώθηκε ότι αυτά δεν ήσαν χαλαρά συνδεδεμένα με τα επιστύλια αλλά ασφαλώς συγκολλημένα με κονίαμα πλούσιο σε άσβεστο και λατύπη εσωτερικά και εξωτερικά με γαλλικό χώμα. Όσον αφορά δε το 4ο υπόθεμα μεταξύ του ΟΕ 5.1 και ΟΕ 6.1, εκτός των μεταλλικών λαμών εκατέρωθεν[31] στη άνω επιφάνεια των επιστυλίων, είχε τοποθετηθεί και ένας λοξός σύνδεσμος τύπου διπλού ταυ μολυβδοχοημένος, στην εσωτερική κάτω ακμή της εγκοπής μεταξύ των δύο μελών, σε αντικατάσταση του υπερκείμενου διαμήκους (Εικ. 12).

[31] Δεν πρόκειται για πιόσχημους συνδέσμους όπως αναφέρεται στη μελέτη, Κουφόπουλος 1994, 75.



Εικ. 12. Το υπόθεμαMartinelli μετά την αφαίρεση του στο επιστύλιο ΟΕ 6.1 (σχέδιο Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

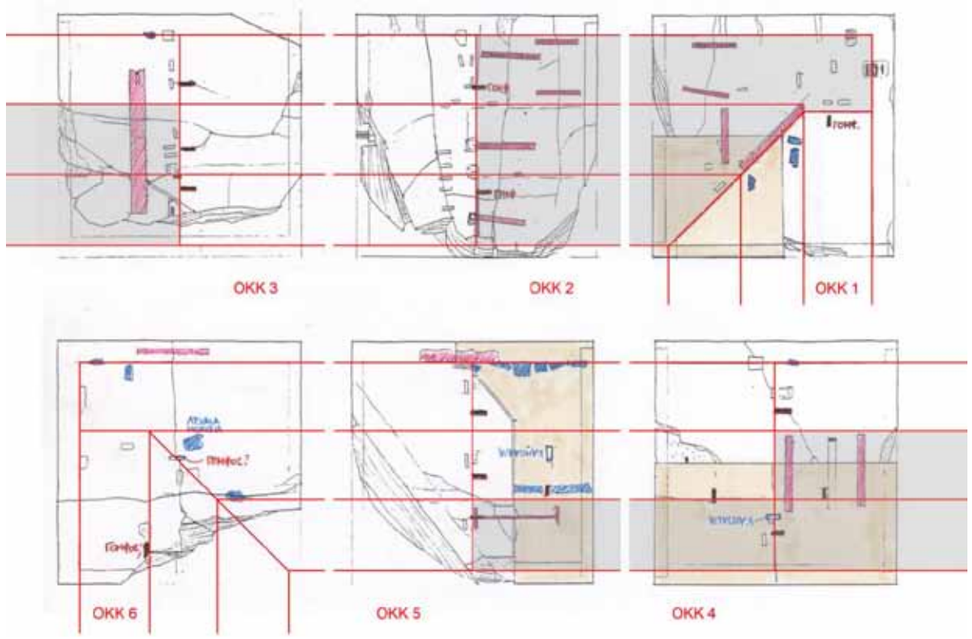
2.2.1. Στοιχεία για την επέμβαση του Μπαλάνου στους κίονες (κιονόκρανα , σπόνδυλοι)

Ιδιαίτερης σημασίας για την ιστορία των αναστηλώσεων αποδείχθηκαν τα ευρήματα των επεμβάσεων του Μπαλάνου στα κατά χώραν ευρισκόμενα μέλη (κιονόκρανα , σπόνδυλοι), που αν και εφαρμόστηκαν ελαφρώς τροποποιημένες σε σχέση με την μελέτη του, αποτελούν πρωτότυπους και πολλές φορές ευφυείς τρόπους αντιμετώπισης-ενίσχυσης των έντονα αποσαθρωμένων από τις πυρκαγιές αρχιτεκτονικών μελών (Σχ.7β). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κατασκευές αυτές εφαρμόστηκαν και στην εκ νέου αποκατάσταση των μελών, που μετά από νέους υπολογισμούς διαμορφώθηκαν στις ίδιες σχεδόν διατομές, τώρα όμως από τιτάνιο.

Στο 1ο από βορρά κιονόκρανο ΟΚΚ1 - σύμφωνα με τη δημοσίευση Μπαλάνου[32] - το απομειωμένο από την αρχαία πυρκαγιά ΝΑ τέταρτο του μέλους αποτμήθηκε και αντικαταστάθηκε με συμπλήρωμα από νέο μάρμαρο, με στόχο την ασφαλή έδραση του πρώτου από βορρά δυτικού επιστυλίου (Σχ.7β,Εικ.13). Αν και στο σχέδιο το συμπλήρωμα δείχνεται ασύνδετο, μετά την αφαίρεση των υπερκείμενων επιστυλίων διαπιστώθηκε ότι συνδέθηκε στην πάνω επιφάνεια του άβακα με το αρχαίο μέλος, μέσω δύο πιόσχημων μεταλλικών συνδέσμων συρραφής, επενδυμένων με μολύβι, ενώ μέσω άλλων δύο μικρότερων εξασφαλίστηκε η ευδιάκριτη ρωγμή στην άνω επιφάνεια της ΝΔ γωνίας

[32] Μπαλάνος 1940, 99 και εικών 72, πιν.5 σχ.9.

του άβακα[33]. Το ισόπλευρο εξωτερικά συμπλήρωμα, ήταν λαξευμένο πλήρως, με ραβδώσεις και ιμάντες, με πολύ καλή λιθοξοϊκή εργασία. Οι εσωτερικές πλευρές του ήσαν διαμορφωμένες με βελόνι, ενώ περιμετρικά υπήρχε διαμορφωμένη λεπτή ταινία αναθύρωσης, κατεργασία που είχε και η αντίστοιχη απότμηση στο αρχαίο μέλος[34] (Εικ. 14).



Εικ. 13. Η άνω επιφάνεια των κιονοκράνων μετά την αφαίρεση των επιστυλίων, όπου σημειώνονται οι επεμβάσεις Μπαλάνου (Σχέδιο Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Κατά την αφαίρεση του συμπληρώματος, αποκαλύφθηκε στην άνω επιφάνεια του σπονδύλου ΟΚ 1.11 και εντός αύλακας (πλάτους 5εκ.) που λάξευσε διαγωνίως και εν συνεχεία κατακόρυφα σε όλο το ύψος του, ο Μπαλάνος τοποθέτησε μεταλλικό έλασμα, που ενσφηνωνόταν πάνω εντός της εντορμίας του εμπολίου και κάτω σε λάξευση στην άνω επιφάνεια του υποκείμενου σφονδύλου ΟΚ1.10 (Σχ.7β). Σύμφωνα με ένα οξειδωμένο τμήμα του που αποκαλύφθηκε στην άνω επιφάνεια του

[33] Στην μολύβδινη επένδυση του δυτικότερου διακρινόταν η επιγραφή ΑΡΧ ΕΤ 1899.

[34] Στην ανατολική πλευρά διακρίνεται ακόμα και σήμερα μια εκ των οπών που δέχθηκαν καρφίδες για την συμπλήρωση των κιονοκράνων με κονίαμα κατά την επισκευή των ρωμαϊκών χρόνων, μετά τη μεγάλη πυρκαγιά. Αρκετές εξ αυτών διακρίνονται στη θρυμματισμένη γωνία του κιονοκράνου πριν την αποκοπή της από τον Μπαλάνο, βλ. σχέδιο Durm και Μπαλάνου

σπονδύλου[35] - κατάλοιπο από την επιχείρηση αφαίρεσης του κατά τις εργασίες συντήρησης του 1970, με την εκβάθυνση της αύλακας μέσω τρυπανισμού[36] - το έλασμα καρφωνόταν με πιρτσίνια εντός της εντορμίας. Σκοπός του «δεσίματος» που επεχείρησε ο Μπαλάνος μέσω του ελάσματος ήταν προφανώς η εξασφάλιση δύο έντονων, κάθετων στο έλασμα ρωγμών, που πιθανόν να προκαλούσαν την αποκόλληση του μεγαλύτερου τμήματος της επιφάνειας έδρασης του συμπληρώματος του κιονοκράνου (Εικ. 14).

Εικ. 14. Το κιονόκρανο ΟΚΚ1 μετά την αφαίρεση του συμπληρώματος Μπαλάνου (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 15. Η δοκός που είχε τοποθετήσει ο Μπαλάνος στο κιονόκρανο ΟΚΚ3 (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

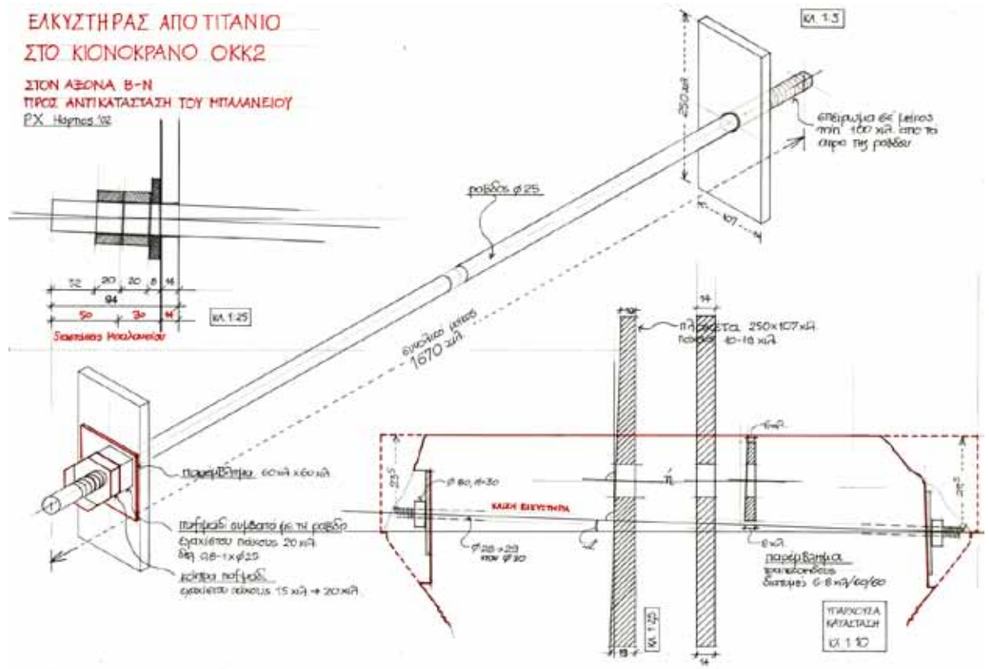
Στο 2ο από βορρά κιονόκρανο ΟΚΚ2 - σύμφωνα με την σχετική περιγραφή και το σχέδιο[37] - η προβλεπόμενη από τον Μπαλάνο επέμβαση για την αντιμετώπιση των πολλαπλών διαμπερών ρωγμών στο σώμα του μέλους ήταν ένας οριζόντιος μεταλλικός εντατήρας με κοχλίωση στα άκρα, που διαπερνούσε τον εχίνο στον άξονα Β-Ν (Σχ.7β, Εικ.13).

[35] Επιπλέον, στην άνω ελεύθερη επιφάνεια του σφονδύλου, αποκαλύφθηκαν και πρωτόλεια σκίτσα με μολύβι που μόλις διακρίνονται, των εφαρμοσμένων επεμβάσεων που σχεδιάστηκαν πιθανότατα από το συνεργείο του Μπαλάνου.

[36] Βλ. Ημερολόγιο Σολωμού- Προκοπίου 23/6 και 1-4/7του 1970.

[37] Μπαλάνος 1940, 99, και πιν.5.

Μετά την αφαίρεση των υπερκείμενων επιστυλίων διαπιστώθηκε ότι το συγκεκριμένο πρόβλημα είχε αντιμετωπισθεί και στο βόρειο απελευθερωθέν ήμισυ της άνω επιφάνειας του άβακα, με την τοποθέτηση παράλληλων συνδέσμων συρραφής. Τρείς σύνδεσμοι[38] εξασφάλιζαν τη διαμπερή ρωγμή από Α προς Δ, κάτω από τα τρία μέλη του βορείου επιστυλίου και δύο μικρότεροι μια παράλληλη ρωγμή, στην έδραση του εξωτερικού επιστυλίου ΟΕ2.1.



Εικ. 16. Ο νέος ελκυστήρας, αντίγραφο αυτού που είχε τοποθετήσει ο Μπαλάνος στο κιονόκρανο ΟΚΚ2 (σχ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Η διαμπερής ρωγμή, συμμετρική της πρώτης ως προς τον άξονα Α-Δ, στο νότιο ήμισυ του κιονοκράνου δεν μπορούσε να αντιμετωπισθεί από τον Μπαλάνο στην άνω καλυμμένη επιφάνεια του άβακα, παρά μόνο με την τοποθέτηση του προαναφερόμενου μεταλλικού εντατήρα στο κάτω μέρος του (Εικ.16). Μετά την εύκολη αφαίρεση του, διαπιστώθηκε ότι η διαμπερής οπή ένθεσης του στο αρχαίο μάρμαρο είχε διανοιχθεί με παραμίνα ή με την ειδική διατρητική μηχανή που είχε αγορασθεί επιτούτου[39], μετά από μία πρώτη αποτυχημένη προσπάθεια. Στις εκβολές της οπής διαμέτρου 5εκ. είχαν διαμορφωθεί αποτμήσεις εν είδει «ντουλαπιών», όπου εγκιβωτίστηκαν τα εξαρτήματα που στις

[38] Στην μολύβδινη επένδυση του δυτικότερου διακρίνεται η ίδια επιγραφή με αυτή στο κιονόκρανο ΟΚΚ1, ΑΡΧ ΕΤ 1899.

[39] Μαλούχου 1998, 88. Στη δεύτερη όμως αυτή περίπτωση η οπή δεν θα είχε διανοιχθεί τέλεια εξ΄αρχής?

απολήξεις της ράβδου συγκρατούσαν τανυσμένο τον ελκυστήρα[40]. Όπως διαπιστώθηκε αργότερα, σύμφωνα με το ημερολόγιο Σολωμού- Προκοπίου (23-30/6/1970), επρόκειτο για νεώτερο ελκυστήρα από ορείχαλκο που αντικατέστησε αντίστοιχο του Μπαλάνου που είχε οξειδωθεί[41].

Στο 3ο από βορρά κιονόκρανο ΟΚΚ3 - σύμφωνα με τη δημοσίευση Μπαλάνου[42]- η προβλεπόμενη επέμβαση, ήταν η τοποθέτηση μεταλλικής δοκού, νότια του Α-Δ άξονα του κιονοκράνου, στην άνω επιφάνεια του άβακα, μετά την αφαίρεση των αρχαίων λίθων ΟΕ 4.2 και ΟΕ 4.3 (Σχ.7β, Εικ.13). Μετά την καταβίβαση των αντίστοιχων νέων επιστυλίων, διαπιστώθηκε ότι όντως η προγραμματισμένη επέμβαση είχε εκτελεσθεί σύμφωνα με το σχέδιο, προς εξασφάλιση της ασφαλούς έδρασης των επιστυλίων έναντι δύο τουλάχιστον ισχυρών ρωγμών που διέσχιζαν το κιονόκρανο από βορρά προς νότον. Εντός εντορμίας ορθογωνικής διατομής διανοιγμένης σε μήκος 100εκ.[43] περίπου στο μέσον του πλάτους του άβακα, είχε τοποθετηθεί μολυβδοχοημένη μεταλλική δοκός διατομής διπλού Ταυ (Εικ. 15). Η εντορμία είχε διανοιχθεί με τρυπάνι, ενώ τα τοιχώματα της είχαν δεχθεί κατεργασία με βελόνι μέχρι στα 2/3 του μήκους της[44]. Η δοκός είχε τοποθετηθεί ως αντιστήριξη των δύο εσωτερικών πλινθίδων (ΟΕ4.2 και ΟΕ4.3) μέσω της εξώτατης δυτικής. Εάν δεχθούμε μάλιστα ότι τα ΝΑ θραύσματα του άβακα είχαν αποσπασθεί από τον Μπαλάνο και επανακολληθεί με κόλλα Meyer μετά την ενσωμάτωση της δοκού, η εσώτατη πλινθίδα ουσιαστικά εδραζόταν κατά το βόρειο άκρο της στη δοκό-πρόβολο και ελάχιστα στο κιονόκρανο.

Στο 4ο από βορρά κιονόκρανο ΟΚΚ4 - στο δημοσιευμένο από τον Μπαλάνο σχέδιο[45] - διακρίνεται η τοποθέτηση συμπληρώματος από νέο μάρμαρο ολοκλήρου του ανατολικού ημίσεως του κιονοκράνου, ώστε να εδράζονται ασφαλώς τα νέα μέλη του επιστυλίου ΟΕ 4.2 και 4.3 αφενός και του ΟΕ 5.3 αφετέρου (Σχ.7β, Εικ.13). Το νέο συμπλήρωμα θα εισχωρούσε μέσω «αγκώνα» διαμορφωμένου στην δυτική πλευρά του, σε αντίστοιχη εγκοπή του αρχαίου μέλους, και θα εξασφαλιζόταν στην άνω επιφάνεια του άβακα με 3 εγκάρσια τοποθετημένες μεταλλικές ράβδους. Μετά την αφαίρεση των επιστυλίων αποκαλύφθηκε η ύπαρξη δύο πιόσχημων συνδέσμων συρραφής μεταξύ αρχαίου και νέου τμήματος στο βόρειο τμήμα του άβακα και ενδιάμεσα τους η χάραξη για

[40] Σε κάθε σπειρωμένο άκρο, στερεωνόταν μεταλλικό παρέμβλημα που εφάπτονταν στο στόμιο της διανοιγμένης οπής και εξωτερικά αυτής παξιμάδι που έσφιγγε με κλειδί.

[41] Τα «ντουλάπια» καλύφθηκαν εξωτερικά με «πώρο»?, έναντι του κουρασανίου του Μπαλάνου (προφανώς εννοείται γαλλικό χώμα).

[42] Μπαλάνος 1940, 99 και πιν.5, σχ.7 .

[43] Στην πραγματικότητα, μετά την αφαίρεση των ΝΑ θραυσμάτων του άβακα, το καθαρό άνοιγμα σε υγιές υλικό παρέμεινε σε μήκος 80εκ. Η αρχική πρόβλεψη στο σχέδιο Μπαλάνου ήταν 120εκ. μήκος.

[44] Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνει την παραμονή του εξώτατου επιστυλίου ΟΕ 4.1 επί του θριγκού κατά τη διάρκεια των εργασιών.

[45] Μπαλάνος 1940, 99-100 και πιν.5, σχ.6.

Εικ. 17. Η αποκαλυφθείσα λάμα στην άνω επιφάνεια του σπονδύλου ΟΚ4.12 (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Εικ. 18. Το βόρειο συμπλήρωμα του κιονοκράνου ΟΚΚ5 (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

την τοποθέτηση ενός τρίτου, που ποτέ δεν πραγματοποιήθηκε. Ο «αγκώνας» πρόσφυσης προς το αρχαίο τμήμα[46] δεν διαμορφώθηκε ποτέ, εξαιτίας μεγάλης ρωγμής που διέτρεχε την άνω επιφάνεια του άβακα και κατέβαινε στην εσωτερική όψη διασπώντας το αρχαίο τμήμα σε δύο μέρη, που εξασφαλίστηκαν από τον Μπαλάνο με έναν ακόμα οριζόντια τοποθετημένο σύνδεσμο συρραφής.

Το αφαιρεθέν νέο τμήμα του κιονοκράνου ήταν διαμορφωμένο σε λευκό καλής ποιότητας μάρμαρο, με τις ραβδώσεις και τους ιμάντες πλήρως λαξευμένα.

Στον ανώτατο σφόνδυλο του τέταρτου κίονα ΟΚ4.12, μετά την αφαίρεση του νέου συμπληρώματος του κιονοκράνου, αποκαλύφθηκε η επέμβαση που είχε σημειώσει ο Μπαλάνος στο σχέδιο της προμελέτης του για το μέλος αυτό[47] (Σχ.7β). Κατά τον ίδιο τρόπο, όπως είχε επέμβει στον ανώτατο σπόνδυλο το πρώτου κίονα, είχε τοποθετήσει εντός αύλακας διανοιγμένης με αρχή την εντορμία του εμπολίου και με διεύθυνση προς τα ΒΑ, μεταλλικό έλασμα, το οποίο συνέχιζε για ένα μικρό μήκος κατακόρυφα, στην εξωτερική επιφάνεια του σφονδύλου (Εικ. 17). Η ενίσχυση αυτή προφανώς είχε σκοπό την εξασφάλιση από διάνοιξη του σφονδύλου στις ρωγμές που είχαν εκδηλωθεί στην άνω επιφάνεια του, η μεγαλύτερη των οποίων στο νότιο ήμισυ είχε σφραγισθεί με κόλλα Meyer. Αξιοσημείωτη είναι η σφράγιση της εντορμίας με γαλλικό χώμα αντί μολύβδου, με αποτέλεσμα η λάμα να έχει διογκωθεί από την οξείδωση στο γύρισμα της εντός της εντορμίας του εμπολίου.

[46] Η μη υλοποίηση του αγκώνα αυτού αναιρεί και την απόδοση της φωτογραφίας στον Οπισθόναο, Μαλούχου 1998, 99,εικ.110.

[47] Μπαλάνος 1940, 100.

Όσον αφορά στον 5ο από βορρά κιονόκρανο ΟΚΚ5 - στο σχέδιο το δημοσιευμένο στο «Αναστήλωσις»[48] - διακρίνεται η συμπλήρωση του βόρειου τμήματος του κιονοκράνου με νέο μάρμαρο ώστε να εδράζεται ασφαλώς επ΄αυτού το νέο επιστυλίο ΟΕ 5.3 (Σχ.7β, Εικ.13).

Το συμπλήρωμα, με διαπλάτυνση υπό 45^{o} στη ΒΔ γωνία του, που επέκτεινε τη συμπλήρωση έως το μέσον της δυτικής πλευράς του κιονοκράνου, συνδέθηκε με το αρχαίο μέλος αντί μέσω δύο σύνδεσμων συρραφής, μέσω ενός, τύπου όμως διπλού Ταυ[49] που συναντάμε πρώτη φορά στην αποκατάσταση των κιονοκράνων (Εικ. 18). Ο τρίτος προβλεπόμενος στη δυτική πλευρά του άβακα τοποθετήθηκε, αλλά προφανώς αντικαταστάθηκε κατά τις εργασίες του 1970 με αντίστοιχο ορειχάλκινο.

Το συμπλήρωμα από νέο μάρμαρο κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις προβλεπόμενες διαστάσεις, ενώ όλα τα γλυπτικά μέρη, είχαν λαξευτεί κανονικά. Στη διεπιφάνεια των δύο μερών είχε τοποθετηθεί για καλύτερη συγκόλληση στρώμα κόλλας Meyer, ενώ στο δυτικό τμήμα αυτής είχε χυθεί εντός του σχετικά μεγάλου αρμού και γαλλικό τσιμέντο ή τσιμεντοκονίαμα με πολύ ασβέστη και άμμο, καθώς και λατύπια μαρμάρου.

Στον ανώτατο σφόνδυλο του πέμπτου κίονα ΟΚ 5.12 (Σχ.7β) μετά την αφαίρεση όλου του κιονοκράνου[50] - αρχικά του νέου συμπληρώματος και μετά του αρχαίου τμήματος - αποκαλύφθηκε οριζόντιος μεταλλικός εντατήρας με κοχλίωση στα άκρα, τοποθετημένος περίπου στο μέσον του ύψους του σφονδύλου στον άξονα Β-Ν, προφανώς προς αντιμετώπιση των πολλαπλών διαμπερών ρωγμών στο σώμα του μέλους[51].

Μετά την καταβίβαση του σφονδύλου για τη δομική αποκατάσταση του, και το κόψιμο της ράβδου πίσω από τη νότια κοχλίωση της, έγινε δυνατή η αφαίρεση του εντατήρα. Διαπιστώθηκε ότι η οπή είχε διανοιχθεί με το ίδιο μέσο όπως στο 2^{o} κιονόκρανο, και μάλιστα με τον ίδιο τρόπο, οπότε και τις ίδιες αστοχίες. Στη νότια πλευρά διακρινόταν μία μακρόστενη οπή με διαμορφωμένα στα άκρα της τα χαρακτηριστικά «ντουλάπια»[52]. Εσωτερικά της και εν ξηρώ βρισκόταν τοποθετημένη η αυθεντική μεταλλική ράβδος που το βόρειο άκρο της ήταν περασμένο και συγκολλημένο σε «κεφαλή» από συμπαγές σίδηρο, ενώ στο σπειρωμένο νότιο βιδωνόταν παξιμάδι που έσφιγγε με κλειδί. Για την προστασία από την οξείδωση, όλα τα μεταλλικά στοιχεία των δύο άκρων είχαν

[48] Μπαλάνος 1940, 100 και πιν.5, σχ.5.

[49] Ο σύνδεσμος είχε τοποθετηθεί σε εντορμία που είχε διανοιχθεί στη συνέχεια της εντορμίας του αρχαίου γόμφου της εσωτερικής πλινθίδας του επιστυλίου ΟΕ 5.3..

[50] Κατά την αφαίρεση του αποκαλύφθηκε ένα από τα ελάχιστα τόσο καλά διατηρημένα ξύλινα αρχαία εμπόλια με πόλο ενδιάμεσα, που συνέδεαν το κιονόκρανο με τον υποκείμενο σφόνδυλο.

[51] Μπαλάνος 1940, 100.

[52] Ο ελκυστήρας τελικά πέρασε σε ύψος 30,5εκ. στα νότια και 36εκ. στα βόρεια, δηλ. πάλι με κλίση 3^{o} προς τα κάτω οδεύοντας στα βόρεια.

τυλιχθεί σε φύλλα μολύβδου εντός των «ντουλαπιών», ενώ και η ίδια η ράβδος ήταν επενδυμένη με μολύβι εντός της διανοιγμένης οπής.

2.2.2. Στοιχεία για την επέμβαση του Μπαλάνου στα επιστύλια

Από νεώτερα ίχνη των επεμβάσεων Μπαλάνου που διαπιστώθηκαν στην άνω επιφάνεια των κιονοκράνων μετά την αποκάλυψη τους, καθώς και από στοιχεία στα νέα μέλη που τοποθέτησε ο ίδιος στη θέση των κατεστραμμένων και αποξηλωμένων επιστυλίων, μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για τις επιλογές του, κυρίως όσον αφορά στη τοποθέτηση και τη σύνδεση των νέων μελών επί του θριγκού (Σχ.7β, Εικ.13).

Η εύρεση μεταλλικών οξειδωμένων λαμών ή τεμαχίων μολύβδου πάχους μερικών χιλ. επί του κιονοκράνου ΟΚΚ1 στα δυτικά άκρα έδρασης των δύο εσωτερικών βόρειων λίθων ΟΕ 1.2 και ΟΕ1.3, αποδεικνύει την ηθελημένη διατήρηση της αρχικής υπερύψωσης τους κατά ολίγα χιλ, για να τοποθετηθεί το συμπλήρωμα του κιονοκράνου[53], ώστε να αντιμετωπισθεί η έντονη καθίζηση του άβακα κατά την ΝΑ γωνία, αλλά κυρίως να επιτευχθεί η ελεγχόμενη φόρτιση του συμπληρώματος.

Η απολάξευση της άνω αρχαίας επιφάνειας τοπικά στο γωνιακό και συνολικά σχεδόν στο δεύτερο από βορρά κιονόκρανο, δείχνει προσπάθεια για την τέλεια έδραση των νέων πλινθίδων ΟΕ 2.1, -2.2 και -2.3 επί των κιονοκράνων κατά την τοποθέτηση τους με ολίσθηση, αφού καταβιβάστηκαν με καμπάνες, οι εντορμίες των οποίων σώζονται στην άνω επιφάνεια τους[54]. Η μη ύπαρξη νέων εντορμιών γόμφων επί των αβάκων των δύο κιονοκράνων, αλλά και επί των ίδιων των μελών - πιθανότατα στην ανατολική τους πλευρά- αποδεικνύει ότι τα μέλη παρέμειναν αγόμφωτα και συνδέθηκαν με τον υπόλοιπο θριγκό μόνο μέσω των νέων συνδέσμων στην άνω επιφάνεια τους. Παρόλα αυτά, στη ΒΔ γωνία ο Μπαλάνος επιχείρησε να εξασφαλίσει νέα και αρχαία μέλη συνδέοντας τα μεταξύ τους με τη τοποθέτηση στις δυτικές πλευρές τους μεγάλων πιόσχημων συνδέσμων συρραφής, όπως μεταξύ του νέου λίθου ΟΕ 2.2 και του αρχαίου ΟΕ1.1 και μεταξύ των αρχαίων ΟΕ 1.2 και ΟΕ 1.3 (Εικ. 19). Στα τελευταία μέλη, με τον τρόπο αυτό ο Μπαλάνος επέτυχε εκτός από την εξασφάλιση των ίδιων των μελών που παρέμεναν αγόμφωτα[55] και τη μείωση των φορτίων στο νέο συμπλήρωμα του κιονοκράνου[56]. Βάσει των προαναφερόμενων στοιχείων σύνδεσης, στο 1^{o} δυτικό μετακιόνιο, πρώτος τοποθετήθηκε ο εσωτερικός λίθος, κατόπιν ο μεσαίος και τελευταίος, εκ των έξω, το εξωτερικός δυτικός λίθος.

[53] Προφανώς με γρύλους από το ικρίωμα υποστύλωσης και πιθανότατα μόνο των συγκεκριμένων λίθων του επιστυλίου.

[54] Στο 1^{o} μετακιόνιο εννοείται ότι είχαν αφαιρεθεί όλα τα υπερκείμενα μέλη, οπότε η τοποθέτηση μπορεί να έγινε απευθείας με τις καμπάνες.

[55] Χαρακτηριστική είναι η κατακόρυφη ρωγμή που εμφανιζόταν στο ανατολικό τμήμα του ΟΕ 1.3, το εδραζόμενο επί της ΒΔ παραστάδας.

[56] Όπως αποδεικνύεται από τη μη γόμφωση των δύο μελών ξεχωριστά στο νέο συμπλήρωμα, όπως έκανε σε άλλες περιπτώσεις.

Εικ. 19. Σύνδεσμοι συρραφής μεταξύ ΟΕ 1.2 και ΟΕ 1.3 και μεταξύ ΟΕ 1.1 και ΟΕ 2.2., στο ΟΕ 1.1 (φωτ. Αρχείο ΥΣΜΑ).

Στο 3ο μετακιόνιο η αφαίρεση των δύο εσωτερικών λίθων ΟΕ 4.2 και ΟΕ 4.3 και η αντικατάσταση τους με νέα μέλη, δεν έχει αφήσει κανένα ίχνος επί του αρχαίου φθαρμένου κιονοκράνου ΟΚΚ3. Τουναντίον, στο νέο συμπλήρωμα κατά το ανατολικό ήμισυ του ΟΚΚ4, διακρίνονται εντορμίες γόμφων που αντιστοιχούν στο νότιο τμήμα της ανατολικής πλευράς του ΟΕ 4.2 και τη νότια επιφάνεια ώσεως του ΟΕ 4.3.

Στο νοτιότερο μετακιόνιο, όπου αντικαταστάθηκε μόνο η εσωτερική πλινθίδα ΟΕ 5.3, διαπιστώνουμε γόμφωση της αμέσως δυτικής της αρχαίας ΟΕ 5.2 στα δύο άκρα της ανατολικής πλευράς, που αντιστοιχεί σε εντορμίες στο προαναφερόμενο συμπλήρωμα του ΟΚΚ4, και στο βόρειο συμπλήρωμα του ΟΚΚ5. Επιπλέον η κατακόρυφη ρωγμή, στην ανατολική επιφάνεια του ίδιου αρχαίου μέλους, εξασφαλίστηκε με τους τυπικούς συνδέσμους συρραφής, εντεθειμένους σε εντορμίες που καλύφθηκαν με τσιμεντοκονία. Σύμφωνα με νέα μοχλοβόθρια επί των κιονοκράνων, πρώτο καταβιβάστηκε με καμπάνα στα ανατολικά και ολίσθησε το επιστύλιο ΟΕ 4.2, που εδράσθηκε στις ξαναδουλεμένες αρχαίες επιφάνειες του ΟΚΚ3 και ΟΚΚ4, όπου διαγράφονται και τα ίχνη της νέας έδρασης. Κατόπιν μπήκε στη θέση του το ΟΕ 4.3, που σπρώχθηκε και γομφώθηκε στα νότια, και τελευταίο το ΟΕ 5.3[57].

[57] Όπως άλλωστε δείχνει χαρακτή σημεία του ορίου μεταξύ ΟΕ 4.3 και ΟΕ 5.3 επί του ΟΚΚ5, η εσωτερικές γωνίες του ΟΕ 5.3 ήταν οξείες σε κάτοψη.

Συμπερασματικά, στη στρώση των επιστυλίων ο Μπαλάνος γόμφωνε όποια ελεύθερη επιφάνεια ώσεως είχε γομφωθεί και στην αρχική κατασκευή. Όπου δεν είχε πρόσβαση τοποθετούσε ενισχυτικά γόμφους στις ανατολικές πλευρές επιστυλίων - αρχαίων και νέων - και πάντοτε σε μάρμαρο νέων συμπληρωμάτων και ποτέ σε αρχαίο (Εικ. 13). Την έλλειψη ικανής γόμφωσης αντιστάθμιζε με την εγκάρσια σύνδεση των επιστυλίων μέσω τριών συνδέσμων, έναντι δύο, της αρχαίας κατασκευής.

Βιβλιογραφία

Ζάμπας 1994 — Ζάμπας, Κ. 1994. *Μελέτη δομικής αποκαταστάσεως Οπισθονάου*, Αθήνα : ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ.

Κορρές - Μπούρας 1983 — Κορρές, Μ. -Μπούρας, Χ. 1983. *Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, τ.1, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ

Κουφόπουλος 1994 — Κουφόπουλος, Π. 1994. *Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνος. Προγράμματα Αποκαταστάσεως Οπισθονάου και οροφής δυτικού πτερού*, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ.

Κουφόπουλος 2002 — Κουφόπουλος, Π. 2002. *Το πρόγραμμα αποκαταστάσεως του Οπισθονάου,* Πρακτικά, 5ης Διεθνούς Συνάντησης για την αποκατάσταση των μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα, 4-6 /10/2002, 136-131.

Μαλούχου 1994 — Μαλούχου-Tufano, Φ. 1994. Περιγραφές, έρευνες και απεικονίσεις του Παρθενώνα από τον Κυριακό της Αγκώνας ως τον Frederic Boissonas. Στο : Τουρνικιώτης, Π. (επιμ.), *Ο Παρθενώνας και η ακτινοβολία του στα νεώτερα χρόνια*, 199-164. Αθήνα: Μέλισσα

Μαλούχου 1998 — Μαλούχου-Tufano, Φ. 1998. *Η αναστήλωση των αρχαίων μνημείων στη νεώτερη Ελλάδα (1834-1939)*, Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Μπαλάνος 1940 — Μπαλάνος, Ν. 1940 . *Η αναστήλωσις των μνημείων της Ακροπόλεως*, Αθήναι.

Ορλάνδος 1957 — Ορλάνδος Α. 1957. *Η αρχιτεκτονική του Παρθενώνος*, Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία, 1977.

Τογανίδης 2002 — Τογανίδης, Ν. 2002. *Το τρέχον έργο αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, Πρακτικά, 5ης Διεθνούς Συνάντησης για την αποκατάσταση των μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα, 4-6 /10/2002, 130-117.

Τουμπακάρη 2002 — Τουμπακάρη Ελ.-Ε. 2002. *Δομική αποκατάσταση των αρχιτεκτονικών μελών του Οπισθονάου του Παρθενώνος,* Πρακτικά, 5ης Διεθνούς Συνάντησης για την αποκατάσταση των μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα, 4-6 /10/2002, 160-149.

Χριστοδουλοπούλου 2002 — Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2002. *Το δυτικό αέτωμα του Παρθενώνος σε σχέση με το πρόγραμμα αποκαταστάσεως του Οπισθονάου,* Πρακτικά, 5ης Διεθνούς Συνάντησης για την αποκατάσταση των μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα, 4-6 /10/2002, 148-137

Χριστοδουλοπούλου 2003 Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2003. *Τροποποίηση μελέτης αποκατάστασης στη στρώση των διαζωμάτων της πρόστασης του Οπισθονάου*, Μάρτιος-Ιούνιος, Αθήνα : Αρχείο ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου 2004α Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2004. *Διερεύνηση της αρχικής διάταξης των θράνων στην ΒΔ γωνία της πρόστασης του Οπισθονάου*, Μάρτιος, Αθήνα: Αρχείο ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου 2004β Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2004. Η αποκατάσταση του Οπισθονάου του Παρθενώνος, *Ενημερωτικές ειδήσεις από την αναστήλωση των μνημείων της Ακρόπολης* 4, ΥΣΜΑ-ΥΠΠΟ, 14-12.

4.4.1. THE RESTORATION OF THE OPISTHONAOS OF THE PARTHENON - HISTORY OF INTERVENTIONS - NEW OBSERVATIONS AND STUDIES

Rosalia C. Christodoulopoulou

Architect Engineer, Acropolis Restoration Service

Abstract

The end of 2000 saw the beginning of the second period of restoration interventions on the west porch of the *opisthonaos* of the Parthenon, with funding from the Third Community Support Framework (3rd CSF), which was completed in June 2004. The aim was the disassembly of the architectural members that had remained on the monument since the first period of restorative work, the restoration of all the members that had been dismantled, and the resetting of them on the monument along with the restored ancient members that had been attributed to the monument. Futhermore, exact cast replicas of the disassembled western frieze were set in its place.

This undertaking was also the main reason for the interventions of the first period (1992-1996) on the *opisthonaos*, the architectural members of which presented serious problems, worn as they had been by ancient fires, earthquakes, and the oxidization of the joining elements from previous interventions. During this period, the layers of the ceiling of the west *pteron*, of the crown blocks (*thranoi*), and of the inner frieze blocks were disassembled, while all the crown blocks (*thranos* blocks) were structurally restored.

During the second period of restorative work, all the ancient members that had been dismantled and had been attributed to the monument were structurally restored through reinforcements and fillers made of new marble that were fitted onto them. Furthermore, during this second period, new members were constructed - mainly for the backing blocks and the complex architectural members of the frieze - while the new members for the frieze were also cast in artificial stone.

During the disassembly of the layer of the architraves and the revelation of the capitals, new evidence emerged regarding the supplementing of the layers by Balanos (1898-1902), whose intervention consisted in disassembling the fragmented ancient members, severing the damaged parts of these members, and replacing these with new marble.

Furthermore, new evidence has emerged regarding the ancient structure of the layer of the architraves. In the context of the reexamination of the structure of the overlying layers - inner frieze blocks and crown blocks - two new studies on their original structure were carried out, which also modified the decisions about the construction of the new members to be integrated.

List of Figures

Fig. 1. The west porch of the *opisthonaos,* the west side of the *peristasis* and the area of west *pteron* ceiling (Aerial photograph: S. Gesafidis 2008).

Fig. 2-3. The west frieze during its disassembly (Photo: YSMA Archive).

Fig. 4. Dismantling of the layers of ceiling, the crown blocks (*thranos* blocks), the frieze and inner frieze blocks in the period 1991-93 (background draft: Koufopoulos 1994). Colour indicates members by Balanos.

Fig. 5. Dismantling of the architraves (Photo: R. Christodoulopoulou).

Fig. 6. The column capitals after the disassembly of the architraves (Photo: R. Ch.).

Fig. 7. Dismantling the layers of the inner frieze blocks, of architraves, column capitals-column drums in the period 2001-2002 (Drawing : R. Christodoulopoulou, background draft: Koufopoulos 1994). Colour indicates members by Balanos.

Fig. 8 The ancient dowels of the architraves on the upper surface of the column capitals (computer render : R. Ch.).

Fig. 9. The joints of architraves and inner frieze blocks as traced in the photograph DAI (AA 330).

Fig. 10. New Study of the crown blocks (*thranos* blocks) of the NW corner (computer render: R. Ch.).

Fig. 11. The NW corner as restored.

Fig. 12. The Martinelli supplement on architrave OE6.1 after its removal (Draft:R. Ch.).

Fig. 13. The upper surface of the column capitals after the removal of the architraves, where the interventions by Balanos are indicated (computer render: R. Ch.).

Fig. 14. Column capital OKK1 after the removal of the supplement used by Balanos (Photo: R. Ch.).

Fig. 15. The iron beam set by Balanos in column capital OKK3 and the new titanium beam that was set in the same place (Photo: R. Ch.).

Fig. 16. The new tie rod, copy of the one set by Balanos in column capital OKK2 (Draft: R. Ch.).

Fig. 17. The revealed brace in the upper part of column drum OK4.12 (Photo: R. Ch.).

Fig. 18. The northern supplement of column capital OKK5 (Photo: R. Ch.).

Fig. 19. Staple joints binding OE 1.2 to OE 1.3 and OE 1.1 to OE 2.2, on OE 1.1 (Photo: YSMA Archive).

List of Drawings

Dwg. 7α*. The west porch of the *opisthonaos* before interventions to the north, west and south side (Draft: Koufopoulos 1994).

Dwg. 7β*. Inside view of the entablature of the west porch and plan view of the column capitals, where the interventions by Balanos are indicated (Balanos, 1940, Table 5).

Dwg. 8*. New Study of the layer of inner frieze blocks (Draft: R. Christodoulopoulou, background draft: Koufopoulos 1994).

* *See APPENDIX: Folded out drawings.*

4.4.2. ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ ΤΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΟΣ (2001-2004)

Ελένη-Εύα Ε. Τουμπακάρη

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc. Αναστηλώσεων, Διεύθυνση Αναστήλωσης Αρχαίων Μνημείων

1. Εισαγωγή

Οι λόγοι που, όπως είναι γνωστό, επέβαλαν την αποξήλωση του Οπισθονάου ήταν η ανάγκη καταβίβασης της Δυτικής Ζωφόρου για τη συντήρηση και προστασία της και τα ιδιαιτέρως σοβαρά δομικά προβλήματα που διαγνώστηκαν[1]. Η αποξήλωση πραγματοποιήθηκε σε μια περιοχή, που, παρά τις επεμβάσεις που δέχτηκε σε διάφορες θέσεις κατά τα έτη 1898-1902 από τον Ν. Μπαλάνο[2], παρέμεινε στο μεγαλύτερο μέρος της αμετακίνητη από την Αρχαιότητα. Το γεγονός αυτό πρέπει να τονιστεί γιατί η περιοχή του Οπισθονάου βρίσκεται προς το εσωτερικό του κτηρίου, το οποίο κατά κύριο λόγο επηρρεάστηκε από τη μεγάλη πυρκαγιά του 267 μ.Χ. Έτσι, ο Οπισθόναος φέρει τα ίχνη από όλες τις διαδοχικές καταπονήσεις που υπέστη ο Παρθενώνας: εκτεταμένος κατακερματισμός των δομικών μελών λόγω της θερμικής καταπόνησης -με διατήρηση όμως του καταπονημένου υλικού και των περισσότερων θραυσμάτων στη θέση τους - καθώς επίσης και παραμορφώσεις, ρωγμές, ρήγματα, μετακινήσεις και στροφές λόγω των δυναμικών καταπονήσεων που ασκήθηκαν από την έκρηξη του 1687 και από τους σεισμούς που κατά καιρούς έπληξαν το Μνημείο[3].

Τα ανωτέρω καθιστούν τον Οπισθόναο πραγματικά ιδιαίτερη περιοχή του Παρθενώνα ως προς την πυκνότητα και σοβαρότητα των βλαβών αλλά και ως προς την επαλληλία, την ποικιλία και τον πλούτο των διαθέσιμων τεκμηρίων της πραγματικής δομικής συμπεριφοράς του. Όταν το 2001 ξεκίνησαν από την ΥΣΜΑ εκ νέου οι επεμβάσεις στον Οπισθόναο, είχε ήδη εκπονηθεί η πρώτη Μελέτη Δομικής Αποκατάστασης της περιοχής, η οποία αναφέρεται στις προηγούμενες δομικές επεμβάσεις, περιλαμβάνει γενική καταγραφή των δομικών βλαβών με λεπτομερείς μετρήσεις των παραμορφώσεων της ευρύτερης δυτικής περιοχής του Μνημείου, πρόταση για την ερμηνεία των βλαβών καθώς και γενικές προτάσεις επέμβασης[4]. Με την ολοκλήρωση κατά το έτος 2002 της καταβίβασης των επιστυλίων, δύο από τα έξι κιονόκρανα κι ενός σπονδύλου, ήταν, για πρώτη φορά από την Αρχαιότητα, αποκαλυμένα και διαθέσιμα όλα τα δομικά μέλη του θριγκού του Οπισθονάου.

2. Αντικείμενο και δομή της Μελέτης Δομικής Αποκατάστασης (2001-2004)

Η Μελέτη Δομικής Αποκατάστασης (2001-2004) έπρεπε να αντιμετωπίσει την πληθώρα των νέων δεδομένων, που προέκυψαν με την ολοκλήρωση των αποξηλώσεων, καθώς και πρόσθετες απαιτήσεις, οι οποίες αντικειμενικά απαίτησαν το σχεδιασμό και υλοποίηση ερευνητικών δράσεων που δεν είχαν αρχικά προβλεφθεί. Όλα αυτά περιλαμβάνονται στη μελέτη για τη δομική αποκατάσταση του Οπισθονάου (2001-2004), η οποία πραγματεύεται τα εξής θέματα[5]:

(α) *Αναλυτική τεκμηρίωση κι ερμηνεία της δομικής παθολογίας με συνεκτίμηση των νέων στοιχείων*. Η επέκταση της επέμβασης σε περιοχές αδιατάρακτες από την Αρχαιότητα, αφενός μεν κατέστησε αναγκαία την τεκμηρίωση και μελέτη της κατάστασης διατήρησης των επιμέρους μελών και την καταγραφή των νέων διαπιστώσεων και παρατηρήσεων, και αφετέρου έθεσε το θέμα του ελέγχου, με βάση τα νέα στοιχεία της ερμηνείας των βλαβών.

(β) *Μελέτη και σχεδιασμός των επεμβάσεων επί των δομικών μελών, συμπεριλαμβανομένης της συνδεσμολογίας τους*. Η σοβαρότητα και ποικιλία των βλαβών που παρουσίαζαν τα δομικά μέλη, ιδιαίτερα στο επίπεδο των επιστυλίων, δεν είχαν αντίστοιχο προηγούμενο. Προκειμένου να καταστεί δυνατός ο σχεδιασμός των οπλισμών που θα παραλάμβαναν τις δυνάμεις που καταπονούν επιφάνειες θραύσης διαφόρων προσανατολισμών, αναπτύχθηκε μια νέα μεθοδολογία υπολογισμού, η οποία βασίστηκε στην χωρική προσομοίωση των θραυσμάτων με πεπερασμένα στοιχεία και στον υπολογισμό των ορθών και διατμητικών δυνάμεων στις διεπιφάνειες. Η ανάγκη παραλαβής των αναπτυσσόμενων διατμητικών δυνάμεων σε μια ποικιλία επιπέδων θραύσης έθεσαν το θέμα του σχεδιασμού έναντι διάτμησης.

Η πραγμάτευση των παραπάνω θεμάτων έγινε με την εκπόνηση μελετών[6] και το σχεδιασμό και υλοποίηση ερευνητικών δράσεων και αποτελεί ένα σύνολο, το οποίο οργανώνεται, βάσει των

[1] Κορρές-Μπούρας 1983, Ζάμπας 1994, Κουφόπουλος 1994.

[2] Μπαλάνος 1940.

[3] Συγκριτικά αναφέρεται ότι, το κεντρικό τμήμα της Β. Κιονοστοιχίας, το ανατολικό και κεντρικό τμήμα των Πλαγίων Τοίχων του Σηκού και ο Πρόναος (με εξαίρεση τον 6ο κίονα) κατέρρευσαν κατά την έκρηξη του 1687 και με τον καιρό απώλεσαν πολλά από τα μικρότερα θραύσματά τους, ιδιαίτερα στις περιοχές των συνδετηρίων στοιχείων, αλλά και όπου είχαν υποστεί θερμική καταπόνηση. Η Δ. Όψη της Περίστασης είναι αμετακίνητη από την Αρχαιότητα (με εξαίρεση τις γωνίες της), δεν έχει όμως υποστεί την έντονη και άμεση θερμική καταπόνηση του Οπισθονάου.

[4] Ζάμπας 1994.

[5] Το τρίτο θέμα, η έρευνα για την ανάπτυξη υλικού για την κατασκευή των αντιγράφων, συνοψίζεται στην ενότητα 4.4.4.

[6] Ειδικότερα, η «*Μελέτη φέροντος οργανισμού και Απόδοση έργου δομικής αποκαταστάσεως Οπισθονάου (2001-2004)*» περιλαμβάνει τους εξής κατατεθειμένους τόμους: (α) τ.Ι: Κίονες και Κιονόκρανα (ΥΣΜΑ 2118/12.9.2007), (β) τ.ΙΙΙ: Επιστύλια. Ανάλυση δομικής συμπεριφοράς και υπολογιστική ερμηνεία βλαβών (ΥΣΜΑ 2119/12.9.2007, 398/22.2.2012), (γ) τ.ΙV: Επιστύλια. Ανάλυση δομικής συμπεριφοράς πολυθραυσμένων επιστυλίων και διαστασιολόγηση οπλισμών – Παρουσίαση και επεξεργασία οπλισμών (ΥΣΜΑ 2120/ 12.9.2007), (δ) τ.VΙ: Φωτογραφική τεκμηρίωση αρχαίων συνδετηρίων στοιχείων στο επίπεδο των επιστυλίων (ΥΣΜΑ 2299/26.9.2007). Περιλαμβάνει επίσης δύο τόμους των οποίων η σύνταξη ολοκληρώνεται: (ε) τ.ΙΙ: Νέες παρατηρήσεις, τεκμηρίωση, μελέτη και ερμηνεία βλαβών και (στ) τ.V: Δοκιμαστικές φορτίσεις στους κίονες ΟΚ1 ως ΟΚ4 του Οπισθονάου (2002-2003). Η μελέτη του υλικού και απόδοση του έργου κατασκευής των χυτών αντιγράφων (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 922/7.5.2004) αναφέρονται στην ενότ.4.4.4.

σχετικών Συστάσεων, σε τρεις ενότητες[7]. Στην πρώτη ενότητα, η οποία «*βασίζεται κυρίως στην άμεση παρατήρηση των δομητικών βλαβών και της φθοράς των υλικών, (...)*»[8], συμπεριελήφθη η τεκμηρίωση της κατάστασης διατήρησης του φέροντος οργανισμού ανά μέλος, η καταγραφή των παρατηρήσεων και η ερμηνεία της δομικής παθολογίας (τ.Ι, ΙΙ και VI).

Η δεύτερη ενότητα, η οποία αναφέρεται[9] «*κυρίως στους ελέγχους των υλικών και των δομικών στοιχείων, στην παρακολούθηση (ενόργανη ή μη) και τη δομητική ανάλυση*», περιλαμβάνει τις υπολογιστικές αναλύσεις (τ.ΙΙΙ) και ερευνητικές δράσεις, οι οποίες εστιάστηκαν (α) στο σχεδιασμό και υλοποίηση δοκιμαστικών φορτίσεων στους τέσσερεις ελεύθερους κίονες της Πρόστασης[10] και (β) στην πειραματική μελέτη και προσομοίωση της συμπεριφοράς συστημάτων μαρμάρου-βλήτρου-τσιμεντοπολτού σε διάτμηση[11], η οποία και αναγνωρίστηκε[12] ως η κυριότερη καταπόνηση των συγκολλημένων και οπλισμένων, οριζοντίων επιφανειών θραύσης. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό οπλισμών έναντι διάτμησης και συνδέσμων με βλήτρα[13].

Οι μελέτες που συμπεριελήφθησαν στις δυο πρώτες ενότητες αποτελούν την απαραίτητη προϋπόθεση για τη σύνταξη της τρίτης ενότητας της Μελέτης Δομικής Αποκατάστασης, η οποία συνίστατο στο σχεδιασμό των επεμβάσεων και στην επιλογή των απαραίτητων (και τη συμπλήρωση των ήδη διαθέσιμων) ελέγχων διαστασιολόγησης των οπλισμών. Η μελέτη αυτή αναπτύσσεται στον τ.IV. Η μελέτη της απόκρισης του συνολικού φορέα σε ανακυκλιζόμενες δράσεις (σεισμός) δεν αποτέλεσε αντικείμενο της ανάθεσης.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι νέες παρατηρήσεις και η ερμηνεία των βλαβών. Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση των οπλισμών συγκόλλησης των επιστυλίων θα αναφερθεί στην ενότ. 4.4.3.3. Η υπολογιστική διερεύνηση της αστοχίας των περιοχών αγκύρωσης σχολιάζεται στην ενότ. 4.3.2.2. Η διερεύνηση της θεμελίωσης μέσω δοκιμαστικών φορτίσεων, το ερευνητικό πρόγραμμα της διάτμησης ο σχεδιασμός ειδικών συνδέσμων, η διεξαγωγή ποιοτικών ελέγχων, η νέα μεθοδολογία τεκμηρίωσης βλαβών κι επεμβάσεων και άλλες δράσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη διασφάλιση της ποιότητας του έργου αναφέρονται στην ενότ. 4.4.3.3, καθώς συσχετίζονται άμεσα με το έργο.

[7] ICOMOS-ISCARSAH 2005. Με τον ίδιο τρόπο οργανώθηκαν οι Μελέτες για τη Δομική Αποκατάσταση του ανώτερου τμήματος του Θριγκού της Β. Κιονοστοιχίας (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ2265-2267/21.9.2007) και των Ορθοστατών του Β.Τοίχου του Σηκού (ΥΠΠΟ-ΥΣΜΑ 690/15.3.2007).

[8] ICOMOS-ISCARSAH 2005, Μέρος Πρώτο: Αρχές, 2.5

[9] ό.π.

[10] Τουμπακάρη Ελ.-Ε., Τεχνικές Εκθέσεις ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 122 / 23.1.2002, 219 / 6.2.2002, 807 / 2.5.2002, 864 / 15.5.2002 καθώς και Toumbakari - Egglezos 2012.

[11] Vintzileou - Toumbakari 2004, Vintzileou - Toumbakari - Papadopoulos 2006, Toumbakari - Filippoupolitis 2010.

[12] Τουμπακάρη Ελ.-Ε., Τεχνικές Εκθέσεις ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1195 / 18.6.2003 και 131 / 26.1.2005.

[13] Τουμπακάρη Ελ.-Ε., Τεχνική Έκθεση «Διαστασιολόγηση ειδικών συνδέσμων – συνοπτική παρουσίαση ανοικτών θεμάτων και πρόταση αντιμετώπισης» (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1195 / 18.6.2003)

3. Δομική παθολογία, νέες διαπιστώσεις και παρατηρήσεις, ερμηνεία βλαβών

3.1. Μεθοδολογική προσέγγιση

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη μελέτη της δομικής παθολογίας περιλαμβάνει τα εξής στάδια: (α) Τεκμηρίωση των θέσεων των δομικών βλαβών και των μορφών θραύσης ανά μέλος με έμφαση στην κατάσταση διατήρησης των αρχαίων συνδετηρίων στοιχείων και των αντίστοιχων περιοχών αγκύρωσης. Για την τρισδιάσταση εποπτεία των θραυσμάτων και των βλαβών, η οποία είναι απαραίτητη για την τεκμηρίωση των συσχετίσεων, υιοθετήθηκε από το 2002 η ηλεκτρονική σχεδίαση (Σχ. 9-10*)[14], (β) Κατηγοριοποίηση των βλαβών βάσει των νέων παρατηρήσεων[15], (γ) Διερεύνηση της δημιουργίας των βλαβών σε κάθε μέλος, με βασικό ερώτημα τη συμβατότητα των βλαβών με τη μηχανική δράση των συνδετηρίων λόγω της παραμόρφωσης του θριγκού[16]. Το αλληλένδετο των δομικών μελών κατέστησε την συνεξέταση των βλαβών κάθε επιμέρους μέλους σε σχέση με εκείνες των όμορων μελών απαραίτητη, (δ) Υπολογιστική ανάλυση[17], για την τεκμηρίωση των νέων παρατηρήσεων. Η διερεύνηση εφαρμόστηκε σε 98 μέλη και 358 περιοχές αγκύρωσης.

3.2. Νέες διαπιστώσεις για τη δομική παθολογία του Οπισθονάου

3.2.α. Θέση και πλήθος αστοχιών στη στρώση των κιονοκράνων του Οπισθονάου

Οι μετατοπίσεις των κιόνων αποτελούν βασικό στοιχείο για την κατανόηση της δομικής παθολογίας του Οπισθονάου και συνοψίζονται στον Πίν. 1. Από την αποτίμηση της κατάστασης διατήρησης των διαθέσιμων εντορμιών γόμφων (Πίν. 2) φαίνεται ότι μόνον οι 2 από τους 10 (ή 11) γόμφους συσχετίζονται με ρήγμα (Σχ. 10, για τα τρία πρώτα κιονόκρανα), εκ των οποίων ο ένας (στο 6ο κιονόκρανο ΟΚΚ6) έχει κατεύθυνση κάθετη σ΄αυτό. Επομένως, η δημιουργία των ρηγμάτων δεν συσχετίζεται με τη δράση των γόμφων, αλλά ούτε και με μηχανικές καταπονήσεις. Ακόμα και η παραδοχή εκκεντροτήτων στη φόρτιση των κιονοκράνων δεν οδηγεί, όπως τεκμηριώθηκε υπολογιστικά, στην ανάπτυξη τάσεων που θα μπορούσαν να δικαιολογήσουν την έναρξη, έστω, της ρηγμάτωσης. Η συσχέτιση των ρηγμάτων των κιονοκράνων με τη θερμική καταπόνηση είναι η πιθανότερη εκδοχή.

[14] Βλ. 4.4.3.3. Η ηλεκτρονική σχεδίαση συνεχίστηκε και μετά την ολοκλήρωση του έργου.

[15] Τουμπακάρη Ε.-Ε., Χριστοδουλοπούλου Ρ., Ομαδοποίηση επιστυλίων Οπισθονάου ως προς τη δομική τους παθολογία (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1485/3.10.2001) και Τουμπακάρη Ε.-Ε., Ενημερωτικό Σημείωμα προς την ΥΣΜΑ (27.5.2002 χωρίς αριθ.πρωτ.). Τα νέα ζητήματα σε σχέση με τη διαστασιολόγηση και η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε, συνοψίζονται για πρώτη φορά σε Τουμπακάρη 2002.

[16] Η δυτική όψη του Οπισθονάου έχει έντονη καμπυλότητα με τα κοίλα προς τα έξω (στην πραγματικότητα είναι μια τεθλασμένη γραμμή), βλ. «Διάγραμμα των οριζοντίων παραμορφώσεων των μετώπων των μελών του Οπισθονάου» σε Κουφόπουλος 1994, σ.87.

[17] Βλ. Τουμπακάρη 2007α, τ. ΙΙΙ, Φιλιππουπολίτης 2008 και ενότ. 4.4.3.3 και 4.3.2.2.

* *Βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενα σχέδια 9 - 10.*

κίονας:	ΟΚ1	ΟΚ2	ΟΚ3	ΟΚ4	ΟΚ5	ΟΚ6
σχετική μετατόπιση προς Δ*	38	-2	-18	-8	0	36
απόλυτη προχώρηση	59	5	-14	-6	0	40
* εκφράζει τη μετατόπιση του ανωτάτου σημείου του κορμού του κίονα σε σχέση με το κατώτατο						

Πίν. 1. Μετατοπίσεις των κιόνων του Οπισθονάου σε [mm] (Ζάμπας 1994, Σχ. 9).

κωδ. κιονοκράνου:	ΟΚΚ1	ΟΚΚ2	ΟΚΚ3	ΟΚΚ4	ΟΚΚ5	ΟΚΚ6	σύνολο
Αρχικό πλήθος γόμφων	3	2	3	3	3	2	16
Διαθέσιμοι αρχαίοι γόμφοι	1	2	3	1	2 (+1*)	1	10(11)
Γόμφοι σε ρωγμή ή ρήγμα	-	-	1	-	-	(1)**	2 (1)
* δεν σώζεται η εντορμία, επειδή ενσωματώθηκε σε επέμβαση Ν. Μπαλάνου (δεν υπάρχει αστοχία του μαρμάρου στη θέση αυτή) ** ο διαμήκης άξονας του γόμφου αυτού έχει κατεύθυνση κάθετη στο ρήγμα.							

Πίν. 2. Συγκεντρωτική παθολογία κιονοκράνων στις θέσεις των γόμφων.

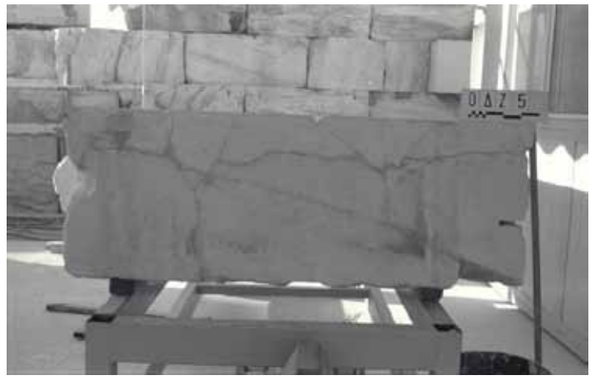
3.2.β. Θέση και πλήθος αστοχιών θριγκού Οπισθονάου στη στρώση των επιστυλίων

Η συνδεσμολογία των επιστυλίων παρουσιάζεται στο Σχ. 9 και η δομική παθολογία τους στον Πίν. 3, όπου τονίζονται ιδιαιτέρως τα εσωτερικά επιστύλια, τα οποία δέχθηκαν άμεσα την επιρροή της πυρκαγιάς. Η τελευταία προκάλεσε πυκνή ρηγμάτωση σε βάθος της τάξης των 20 εκ. (Εικ. 1) και αλλαγή στην ποιότητα του υλικού. Οι περιοχές αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων των εσωτερικών επιστυλίων συσχετίζονται συχνά (αλλά όχι πάντοτε) με κάποιο τοπικό ρήγμα, το οποίο μπορεί να αποδοθεί τόσο στη θερμική καταπόνηση (το πιθανότερο) όσο και στη δράση των συνδετηρίων στοιχείων. Ωστόσο, τα βασικά ρήγματα (Σχ. 10) των μεσαίων κι εσωτερικών επιστυλίων δεν διέρχονται από συνδετήριο στοιχείο (με πιθανή εξαίρεση του ΟΕ2.3) και άρα η δημιουργία τους μπορεί πρωτογενώς να αποδοθεί σε θερμική καταπόνηση[18] και σίγουρα όχι σε κάμψη εκτός επιπέδου, η οποία, όπως υπολογιστικά τεκμηριώθηκε, δεν μπορεί να προκαλέσει ρήγμα[19]. Αντιθέτως, η επιβολή διαφορικών μετακινήσεων στη στάθμη των κιονοκράνων συνεπάγεται, όπως δείχθηκε υπολογιστικά, την ανάπτυξη υψηλών εσωτερικών εντατικών μεγεθών, τα οποία θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ρηγμάτωση (ή να ενισχύσουν μια ήδη υπάρχουσα εξαιτίας της θερμικής καταπόνησης). Πράγματι, επί των εξωτερικών επιστυλίων, τα οποία δεν επηρρεάστηκαν από την πυρκαγιά, καταγράφονται 3 ρήγματα, τα οποία βρίσκονται χωρίς εξαίρεση σε περιοχές εντόνων μετακινήσεων. Τα δύο από αυτά (επί των ΟΕ2.1, Σχ. 10, και ΟΕ7.1) χωροθετούνται στις γωνίες και το τρίτο (επί του ΟΕ3.1) βρίσκεται στην περιοχή του κιονοκράνου ΟΚΚ3 (Σχ. 10).

[18] Πρβλ. τα ρήγματα επί των κιονοκράνων, τα οποία επίσης δεν συσχετίζονται με τους γόμφους.

[19] Τουμπακάρη, Μελέτη τ.ΙΙΙ, 2007 και 2012.

Εικ. 1. Επιστύλιο ΟΕ7.3, με εσωτερικό ρήγμα κοντά στην επιφάνεια του μέλους.



Εικ. 2. Ρήγματα και ρηγματώσεις λόγω θερμικής καταπόνησης στην κάτω έδρα του ΟΔΖ5.

3.2.γ. Θέση και πλήθος αστοχιών θριγκού Οπισθονάου στη στρώση των διαζωμάτων

Η δομική παθολογία στη στρώση των διαζωμάτων παρουσιάζεται στους Πίν. 4 και 5. Η Δ. Ζωφόρος δεν υπέστη θερμική καταπόνηση ενώ τα αντιθήματα, κυρίως όσα βρίσκονται επάνω στα επιστύλια ΟΕ2.3 ως και ΟΕ6.3 της Πρόστασης, φέρουν σαφή τα ίχνη της θερμικής καταπόνησης (Εικ. 2). Αντίθετα, οι λίθοι ΟΔΖ1 και ΟΔΖ2, επί του βορείου μετακιονίου διαστήματος, (Σχ. 9) και οι ΟΔΖ12 και ΟΔΖ13, επί του νοτίου μετακιονίου διαστήματος, διατηρούνταν σε καλύτερη κατάσταση.

Η διαπίστωση ότι τα ρήγματα των επιστυλίων που δεν επηρρεάστηκαν από την πυρκαγιά χωροθετούνται σε περιοχές εντόνων μετακινήσεων ισχύει και για τα μέλη της Δ. Ζωφόρου. Είναι γεγονός ότι οι δομικές βλάβες στους λίθους της Δ. Ζωφόρου συγκεντρώνονται στις περιοχές αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων (Εικ. 3), με εξαίρεση το λίθο ΔΖ7 και τους λίθους που βρίσκονται στη ΝΔ γωνία του Οπισθονάου[20]. Η περίπτωση του λίθου ΔΖ7 όχι μόνο δεν αντιμετωπίστηκε ως εξαίρεση, αλλά αντίθετα θεωρήθηκε ότι αποτελεί επιβεβαίωση του μηχανισμού αστοχίας. Ο λίθος ΔΖ7 χαρακτηρίζεται από ένα σχεδόν κατακόρυφο εγκάρσιο ρήγμα, που πρακτικά τον χωρίζει σε δύο μείζονα τεμάχια[21]. Το ρήγμα αυτό δεν διέρχεται από κανένα συνδετήριο. Βρίσκεται όμως στην ευθεία του αρμού μεταξύ των επιστυλίων του 3ου και 4ου μετακιονίου (Σχ. 10). Στη θέση αυτή μετρήθηκε[22] η μεγαλύτερη μετακίνηση μη γωνιακού κιονοκράνου.

[20] Μόνο στην περιοχή αυτή εντοπίστηκαν ιδιαίτερα διαβρωμένα συνδετήρια. Για το λόγο αυτό η περιοχή αυτή αποτελεί εξαίρεση ως προς την κατάσταση διατήρησης των συνδέσμων και γόμφων.

[21] Κάθετα σ΄αυτό υπάρχει μικρότερο ρήγμα, που δεν εκδηλώθηκε πλήρως και διέρχεται από τους συνδέσμους.

[22] Ζάμπας 1994, σ.18.

Κωδικός μέλους		Αστοχία εκτός συνδετηρίων	Γόμφοι κάτω έδρας επιστυλίων	Διαμήκεις σύνδεσμοι επιστυλίων	Γόμφοι άνω έδρας επιστυλίων	Εγκάρσιοι σύνδεσμοι επιστυλίων					
ΟΕ1.1	εξ		√ /Δ*	√ /A** +/(μ) √ /Δ	√ /A*** +/(μ) √ /Δ	√ /N	√ /N	√ /N			
ΟΕ1.2	μ		√ /Δ	δεν υπάρχει √ /Δ	δεν υπάρχουν	√ /N	√ /N	√ /N			
ΟΕ1.3	εσ	ρ	δεν σώζεται	+/ A √ /Δ	+ /B √ /Δ	√ /B	√ /B	√ /B			
ΟΕ2.1	εξ	P	+ /N	+/ A √ /Na	+ /B + /N	√ /A	√ /A	√ /A			
ΟΕ2.2	μ	P	χωρίς γόμφο	δεν σώζεται + /N	δεν υπάρχουν	√ /A	√ /A	√ /A			
ΟΕ2.3	εσ	P	+ /N	√ /Βα + /N	+ /B	√ /Δ	√ /Δ	√ /Δ			
ΟΕ3.1	εξ	P	+ /N	√ /B + /N	√ /B √ /μ + /N	√ /A					
ΟΕ3.2	μ	P	√ /N	+ /B √ /N	δεν υπάρχουν	√ /A					
ΟΕ3.3	εσ	P	√ /N	√ /B + /N	√ /B	√ /Δ					
ΟΕ4.1	εξ		+ /N	+ /B √ /N	+ /B √ /μ + /N	√ /A + /A					
ΟΕ4.2	μ	P	√ /N	√ /B α √ /N α	δεν υπάρχουν	√ /Aα √ /Δα					
ΟΕ4.3	εσ	P (Μπαλάνος 1940)	δεν σώζεται	√ /Βα δεν σώζεται	δεν σώζονται	δεν σώζονται					
ΟΕ5.1	εξ		+ /N	√ /B + /N	+ /B √ /μ √ /N	√ /A					
ΟΕ5.2	μ	ρ	+ /N	√ /Βα √ /N	δεν υπάρχουν	√ /A					
ΟΕ5.3	εσ	P (Μπαλάνος 1940)	+ /N	+ /B + /N	δεν σώζεται	√ /Δ					
ΟΕ6.1	εξ		δεν χρησιμ. ο γόμφος	+ /B +/ A	+/ B +/ μ + /N	√ /A + /A					
ΟΕ6.2	μ		√ /A	√ /B +/ A	δεν υπάρχουν	√ /A + /A					
ΟΕ6.3	εσ	P	+ /A	+ /B √ /A	+ /N(ρ)	+ /Δ + /Δ					
ΟΕ7.1	εξ	P	√ /Δ	+/ Δ +/ A	+/ A +/ Δ	√ /B √ /B	+ /B	√ /N	√ /N	+ /N	
ΟΕ7.2	μ	ρ	√ /Δ	+/ Δ δεν υπάρχει	+/ Δ	√ /B √ /B	+ /B	√ /N	√ /N	+ /N	
ΟΕ7.3	εσ	P	+ /A	√ /Δ +/ A	+/ Δ	√ /N	√ /N	+ /N	√ /N	√ /N	
Αστοχίες****		15/21	9/17 (8/12)	9/19 (6/14) 10/19 (8/14)	7/11 3/6 8/12	9 /70 (5/46)					
				19/38 (14/28)	17/29 (11/19)						

Υπόμνημα

Περιοχή θερμικής καταπόνησης
P : ρήγματα (το μέλος έχει θραυστεί) ρ: ρωγμές αλλά όχι θραύση
α: απολάξευση

√ /N: καλή κατάσταση περιοχής αγκύρωσης, η οποία είναι στη N όψη
+ /A: αστοχία περιοχής αγκύρωσης, η οποία είναι στην Α.όψη
* Δ: όψη στην οποία βρίσκεται ο γόμφος (εδώ: δυτική)
**Α: όψη στην οποία βρίσκεται ο σύνδεσμος (εδώ: ανατολική)

*** Α: θέση γόμφου επί του μέλους (μ: στο μέσον του μέλους)
**** Σε παρένθεση σημειώνονται οι αστοχίες που παρατηρούνται στα μετακιόνια διαστήματα 2-6.

Πίν. 3. Συγκεντρωτική δομική παθολογία περιοχών αγκύρωσης αρχαίων συνδετηρίων στοιχείων στα επιστύλια του Οπισθονάου.

Επειδή το ρήγμα δεν μπορεί να ερμηνευθεί ως αποτέλεσμα διάβρωσης συνδετηρίων ή θερμικής καταπόνησης, η δημιουργία του θα πρέπει να συσχετιστεί με μηχανική καταπόνηση σε συνδυασμό με τους κινηματικούς περιορισμούς που επιβάλλουν τα συνδετήρια στοιχεία στην κίνηση του μέλους[23]. Καταγράφηκε αστοχία στις 13 από τις 14 περιοχές αγκύρωσης των γόμφων κάτω έδρας (93%) έναντι μόλις 9 αστοχιών περιοχών αγκύρωσης γόμφων άνω έδρας επί συνόλου 28 (εάν, δε, εξαιρεθεί η ΝΔ γωνία, τότε η σχέση γίνεται 5/24). Παρατηρείται αστοχία των συνδέσμων που βρίσκονται προς τα άκρα του φορέα (επί των μελών ΔΖ3-7 προς Β και ΔΖ12-15 προς Ν) (Σχ. 9), στα μετακιόνια δηλαδή διαστήματα όπου η διαφορά μετακινήσεων μεταξύ δυο γειτονικών κιονοκράνων είναι μεγαλύτερη (54mm για ΟΚΚ1-2, 19mm για ΟΚΚ2-3 και 40mm για ΟΚΚ5-6 έναντι 8mm και 6 mm για ΟΚΚ3-4 και ΟΚΚ4-5 αντίστοιχα) (Πίν. 1).

κωδ	Αστοχία εκτός συνδετηρίων	Γόμφοι κάτω έδρας μελών Δ. Ζωφόρου	Διαμήκεις σύνδεσμοι μελών Δ. Ζωφόρου		Γόμφοι άνω έδρας μελών Δ. Ζωφόρου	
ΒΔΖ	*δεν σώζεται ολόκληρο – αστοχία 2 γόμφων κάτω έδρας στο επιστύλιο (δεν λαμβ.υπόψη)*					
ΔΖ2	*δεν σώζεται ολόκληρο – αστοχία γόμφου κάτω έδρας στο επιστύλιο (δεν λαμβ.υπόψη)*					
ΔΖ3	τοπική θραύση προς ΝΔ	*καταφραγή**	+/ Β	√ /N	+ /B	√ /N
ΔΖ4	-	+/ Β	+/ Β	√ /N	√ /B	√ /N
ΔΖ5	-	+/ Β	√ /B	+ /N	√ /Bρ	√ /N
ΔΖ6	τοπική θραύση προς ΒΑ	+/ Β	√ /B	√ /N	√ /Bρ	√ /N
ΔΖ7	εγκάρσιο ρήγμα στο μέσον	+/ Β	+/ Β	+/ N	+ /B	+ /N
	διάμηκες ρήγμα δια των συνδετηρίων					
ΔΖ8	-	+/ Β	+/ N	√ /B	√ /N	√ /Bρ √ /Nρ
ΔΖ9	-		+/ N	√ /B	√ /N	√ /B √ /N
ΔΖ10	-		√ /N	√ /B	√ /N	√ /B √ /N
ΔΖ11	-		+/ N	√ /B	√ /N	√ /Bρ √ /N
ΔΖ12	-		+/ N	+/ Β	√ /N	+ /B √ /N
ΔΖ13	-	*καταφραγή*		+/ Β	√ /N	+ /B √ /N
ΔΖ14	-	+/ Β		√ /B	√ /N	√ /B √ /N
ΔΖ15	δίκτυο ρηγματώσεων	+/ Β		+ /B	+ /N	+ /B +μ + /N + /A
ΝΔΖ	-	+/ Β	+/ Α	√ /Bρ	+ /N	
Συγκ/κά	4/14	8/8	5/6	6/14	4/14	5/13 1/1 3/14
* έχει Μπαλάνειο γόμφο		13/14		10/28		9/28 (5/24)

Πίν. 4. Συγκεντρωτική παθολογία των περιοχών αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων των μελών της Δ. Ζωφόρου επί των εξωτερικών δυτικών επιστυλίων.

[23] Σε ένα σύνθετο φορέα από διακριτά μέλη με συνδέσεις, το τελικό, μετρηθέν αποτέλεσμα προκύπτει από μια σειρά σύνθετων αλληλεπιδράσεων κατά τη διάρκεια της κίνησης του φορέα, για τις οποίες δεν θα γίνει αναφορά.

κωδ	Αστοχία εκτός συνδετηρίων	Γόμφοι κάτω έδρας αντιθημάτων		Διαμήκεις σύνδεσμοι αντιθημάτων		Γόμφοι άνω έδρας μελών αντιθημάτων			
ΟΔΖ1	εγκάρσιο ρήγμα	√ /Αρ με Α σύνδ.		+ /Δ	√ /Α	δεν υπάρχει			
ΟΔΖ2	εγκάρσιο ρήγμα & ρωγμές		√ /Α	+ /Δ (εφελκ. αστοχία;)	√ /Α	√ /Δ		√ /Α	
ΟΔΖ3	δίκτυο ρωγμών	√ /Β		√ /Α	+ /Ν	√ /Β*	√ /μ	+ /μ	+/Ν
ΟΔΖ4	δίκτυο ρωγμών	√ /Β		+ /Β	+ /Ν	√ /Β *απολ/ση*	√ /Ν *απολ/ση*		
ΟΔΖ5**	δύο ρήγματα & δίκτυο ρωγμών	-		-	√ /Ν	√ /Β			
ΟΔΖ6***	διάμηκες ρήγμα & δίκτυο ρωγμών	+ /Β		+ /Β	-	δεν σώζονται - στην περιοχή του ρήγματος			
ΟΔΖ7-9	νέα μέλη								
ΟΔΖ11	δίκτυο ρωγμών	√ /Β	√ /Ν	√ /Β	√ /Α	√ /Β	√ /μ	√ /μ	+/Ν*
ΟΔΖ14	διάμηκες ρήγμα & δίκτυο ρωγμών		+ /Α	+ /Δ	+ /Α			√ /Α	
ΟΔΖ13	εγκάρσια ρηγ/ση		+ /Α	+ /Δ	√ /Α	δεν υπάρχει			
ΟΔΖ12			√ /Α	√ /Β	√ /Δ			√ /Α	
NZ46	-	+ /Δ		√ /Δ	+/ Α			+ /Αρ	
NZ45	*δεν σώζεται ολόκληρο – απολαξευμένος για αφαίρεση γλυπτού διακόσμου (δεν λαμβ.υπόψη)*								
NZ44	-		+/ Α****	√ /Δ	+/ Α	√ /μ ρ			
Συγκ/κά	9/10	2/6	3/6	6/11	5/11	-/5	1/5	3/7	
	περιοχή άμεσης επιρροής θερμικής καταπόνησης								

*διαμήκης γόμφος (θράνοι ΒΔΘΣ και ΝΔΘΣ)
** απότμηση βορείου άκρου από Ν. Μπαλάνο
*** απότμηση νοτίου άκρου από Ν. Μπαλάνο
**** πιθανώς απολάξευση

Πίν. 5. Συγκεντρωτική παθολογία των περιοχών αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων των αντιθημάτων της Δ. Ζωφόρου.

Εικ. 3. Αστοχία περιοχής αγκύρωσης γόμφου κάτω έδρας του λίθου ΔΖ11 της Δ. Ζωφόρου.

Α, Γ: θέση αρχαίων συνδέσμου & γόμφου
Β, Δ: θέση συνδέσμου & γόμφου (επέμβαση Μπαλάνου)

Εικ. 4. Κατάσταση διατήρησης ΒΑ γωνίας θράνου ΔΘΣ11, όπου συνοψίζεται το σύνολο της δομικής παθολογίας και των επεμβάσεων Μπαλάνου σε περιοχή θερμικής καταπόνησης.

3.2.δ. Θέση και πλήθος αστοχιών θριγκού Οπισθονάου στη στρώση των θράνων

Οι συνέπειες της θερμικής καταπόνησης αποτυπώνονται και ποσοτικά στη διαφορετική συγκέντρωση βλαβών των περιοχών αγκύρωσης των θράνων (Εικ. 4). Στην εσωτερική όψη παρατηρούνται αστοχίες σε 12 από τις 26 περιοχές αγκύρωσης γόμφων κάτω έδρας έναντι μόλις 2 στις 29 επί της δυτικής όψης[24]. Οι περισσότερες περιοχές αγκύρωσης των συνδέσμων απολαξεύτηκαν για τον προσπορισμό του μετάλλου. Ωστόσο, από τις διαστάσεις της περιοχής απολάξευσης (Εικ. 5) συνάγεται ότι δεν είχε προηγηθεί αστοχία του μαρμάρου, όπως στην Εικ. 4, γεγονός συμβατό με την άριστη κατάσταση διατήρησης όσων εντορμιών θράνων προστατεύονταν από υπερκείμενα μέλη ως την αποξήλωση του 1992 (Εικ. 6).

Εικ. 5. Η δυτική εντορμία των θράνων ΔΘΣ10-ΔΘΣ11 με φανερά τα ίχνη της απολάξευσης. Δεν υπήρξε αστοχία του μαρμάρου.

Εικ. 6. Άριστη κατάσταση διατήρησης των εντορμιών των θράνων ΔΘΣ.27-ΝΔ.ΘΣ-ΟΘΣ.19 στη ΝΔ γωνία του Οπισθονάου.

3.2.ε. Η κατάσταση διατήρησης των σωζόμενων αρχαίων συνδετηρίων στοιχείων

Κατά την αποξήλωση των επιστυλίων έγινε αποκάλυψη και απομάκρυνση των νεώτερων συνδετηρίων, καθώς και όσων αρχαίων σώζονταν. Μακροσκοπικά διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι αρχαίοι σύνδεσμοι και γόμφοι καλύπτονταν μεν από ένα λεπτό στρώμα οξείδωσης, το κυρίως όμως σώμα του υλικού βρισκόταν σε καλή κατάσταση (Εικ. 7). Διαβρωμένα βρέθηκαν κυρίως ορισμένα συνδετήρια στοιχεία του 7ου μετακιονίου διαστήματος και της ΝΔ γωνίας (Εικ. 8)[25].

[24] Τουμπακάρη 2008. Τα δεδομένα αυτά ενισχύουν την άποψη ότι και οι περιοχές αγκύρωσης των εσωτερικών επιστυλίων αστόχησαν από τη θερμική καταπόνηση και είχαν διαχωριστεί από το κύριο μέλος (άρα ήταν ανενεργές) από πολύ νωρίς.

[25] Στον τ.VI της Μελέτης δίνονται φωτογραφίες όλων των συνδετηρίων. Για την έρευνα που ακολούθησε, βλ. ενότ. 4.4.3.3.

Εικ. 7. Τμήμα του εγκάρσιου συνδέσμου 3.2.1 μεταξύ των επιστυλίων ΟΕ3.1 και ΟΕ3.2.

Εικ. 8. Τμήμα του εγκάρσιου συνδέσμου 7.2.3 μεταξύ των επιστυλίων ΟΕ7.1 και ΟΕ7.2.

3.2.στ. Διερεύνηση της συσχέτισης των αστοχιών με την επιβολή μετακινήσεων επί του θριγκού

Από τα συγκεντρωτικά στοιχεία του Πίν. 6 διαπιστώνεται η συγκέντρωση των αστοχιών των περιοχών αγκύρωσης συνδετηρίων στη στάθμη των επιστυλίων και της κάτω έδρας της Δ. Ζωφόρου. Οι εντορμίες των κιονοκράνων και των θράνων γενικά δεν έχουν αστοχήσει. Αναφέρθηκε ήδη ότι τα ρήγματα των επιστυλίων συγκεντρώνονται σε περιοχές εντόνων μετακινήσεων. Μετρήθηκαν 70 αστοχίες σε 171 περιοχές αγκύρωσης γόμφων (41%) έναντι 52 αστοχιών σε 183 περιοχές αγκύρωσης συνδέσμων (28%). Οι γόμφοι αναδεικνύονται σε συνδετήρια στοιχεία – κλειδιά για την ερμηνεία των βλαβών. Η διαπίστωση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία επειδή οι γόμφοι, ως στοιχεία που συνδέουν τα δομικά μέλη καθ΄ύψος, όχι μόνο ενεργοποιούνται σε περίπτωση στροφών μεταξύ των μελών αλλά, όπως έχει δειχθεί πειραματικά, η ενεργοποίηση αυτή προκαλεί την αστοχία του μαρμάρου[26]. Από την επεξεργασία των παρατηρήσεων συνάγονται νέες διαπιστώσεις για την κατανομή των βλαβών (βλ. και Σχ. 9). Οι διαπιστώσεις αυτές παρατίθενται στη συνέχεια και εξετάζεται εάν είναι συμβατές με τη μηχανική δράση των συνδετηρίων στοιχείων κατά την παραμόρφωση του θριγκού[27]:

α. Πολύ καλή κατάσταση διατήρησης περιοχών αγκύρωσης γόμφων επί των κιονοκράνων και εκτεταμένη αστοχία περιοχών αγκύρωσης γόμφων κάτω έδρας επιστυλίων.

Αφού οι περιοχές αγκύρωσης των γόμφων επί των κιονοκράνων δεν αστόχησαν, δεν άρθηκαν στη στρώση αυτή οι κινηματικοί περιορισμοί που έθεταν τα συνδετήρια στοιχεία. Άλλωστε, το μάρμαρο τοποθετείται στα κιονόκρανα με το ασθενές επίπεδό του υπό μικρή κλίση ως προς οριζόντιο επίπεδο, με συνέπεια ο κατακόρυφος άξονας των γόμφων να είναι (περίπου) κάθετος σ' αυτό. Η σύνδεση αυτή

[26] Ζάμπας 1994, σ.177: «Η αστοχία του μαρμάρου, ανεξάρτητα από το εάν έχει προηγηθεί ή όχι σημαντική πλαστική παραμόρφωση της γομφώσεως, είναι και η αδυναμία αυτού του τρόπου συνδέσεως εκ της φύσεώς του».

[27] Για τον εξωτερικό παράγοντα που επέβαλε τις μετακινήσεις, βλ. παράγρ.3.3. στη συνέχεια.

είναι πρακτικά αδύνατον να αστοχήσει[28]. Για να εκδηλωθεί σχετική μετακίνηση και στροφή[29] ως προς τα κιονόκρανα, θα πρέπει να υπάρξει είτε αστοχία της περιοχής αγκύρωσης των επιστυλίων (υπό τον όρο ότι η κατεύθυνση ανισοτροπίας του μαρμάρου το επιτρέπει) είτε αστοχία του γόμφου σε διάτμηση, η οποία δεν διαπιστώθηκε. Εστιάζοντας στα μετακιόνια διαστήματα 2 ως 6 (Πίν. 6), παρατηρείται ότι πράγματι συμβαίνει αστοχία στην περιοχή αγκύρωσης γόμφων κάτω έδρας σε όλα τα εξωτερικά επιστύλια. Στα μεσαία επιστύλια, διαπιστώθηκε αστοχία μόνο σε μία (ΟΕ5.2) από τις τέσσερεις διαθέσιμες περιοχές αγκύρωσης. Ωστόσο, οι γόμφοι των επιστυλίων ΟΕ3.2 και ΟΕ6.2 δεν λαμβάνονται υπόψιν επειδή αγκυρώνονται σε ρήγματα επί των κιονοκράνων (Σχ. 10), επομένως δεν είναι ενεργοί. Συνεπώς, στις 5 από 6 περιοχές αγκύρωσης γόμφων κάτω έδρας υπήρξε αστοχία, η οποία θα μπορούσε να αποδοθεί στη διαφορική μετακίνηση των εδράσεων των επιστυλίων[30].

Θέση:	Γόμφοι κάτω έδρας (αστοχίες / σύνολο)	Γόμφοι άνω έδρας (αστοχίες / σύνολο)	Σύνδεσμοι (αστοχ. / σύνολο)	Μέλη με ρήγματα εκτός συνδετηρίων
Επιστύλια	εσωτ.*: 4/5 (3/4)	εσωτ.*: 5/8 (2/4)	διαμ.:19/38(14/28)	εσωτ.*: 7/7
	μεσαία: 1/6 (1/4)	*μεσαία: δεν έχουν*	εγκ.: 9/70 (5/46)	μεσαία*: 5/7**
	εξωτ.: 4/6 (4/4)	εξωτ.: 12/20 (9/15)		εξωτ.: 3/7 ***
Δ. Ζωφόρος	13/14	9/28 (5/24)	10/28	4/14
Αντιθήματα Ζωφ.*	5/12 (3/8)	4/17 (3/15)	11/22 (7/14)	9/10 (7/10)
Θράνοι Δ. όψης	Α όψη*: 12/26		5/26****	εσωτ.όψη*: 23/28
	Δ όψη: 2/29			εξωτ.όψη: 2/28
Σύνολο περιοχών	41/98	29/73	52/183	
	70/171		52/183	

* σε περιοχή άμεσης θερμικής καταπόνησης
** συμπεριλαμβάνονται μέλη με ρηγμάτωση
*** εκ των οποίων τα δύο στις γωνίες
****δεν συμπεριλαμβ. οι απολαξευθείσες εντορμίες

Πίν. 6. Συγκεντρωτική παθολογία θριγκού (σε παρένθεση: επί των μετακιονίων 2-6).

β. Συγκέντρωση αστοχιών στις περιοχές αγκύρωσης των διαμήκων και όχι των εγκάρσιων συνδέσμων στη στάθμη των επιστυλίων.

Η παρατήρηση αυτή αποτελεί ισχυρή ένδειξη για τον πρωτεύοντα ρόλο της επιβολής μετακινήσεων ως παράγοντα αστοχίας. Πράγματι, στην περίπτωση αυτή, και συγκεκριμένα στα μετακιόνια διαστήματα 2-6, οι διαμήκεις σύνδεσμοι είναι εκείνοι που ενεργοποιούνται, επειδή βρίσκονται κάθετα στη μετακίνηση. Παρατηρήθηκε επιπλέον ότι, σε κάθε (εξωτερικό ή μεσαίο) επιστύλιο αντιστοιχεί οπωσδήποτε μια αστοχία σε μια από τις δύο περιοχές αγκύρωσης των διαμήκων

[28] Βλ. και Τουμπακάρη 2004/2006.

[29] Βλ. διαγράμματα οριζοντίων μετατοπίσεων στρώσεων θριγκού σε Κουφόπουλο 1994, σ. 87.

[30] Τα ίδια ισχύουν και για τα εσωτερικά επιστύλια, η αστοχία όμως δεν μπορεί να αποδοθεί με βεβαιότητα στη μια από τις δύο μείζονες αιτίες βλαβών (θερμική ή μηχανική) παρόλο που η θερμική θραύση, ως αρχαιότερη, είναι και πιθανότερη.

συνδέσμων. Οι περιοχές που αστόχησαν χωροθετούνται στις θέσεις με τις μεγαλύτερες τελικές μετακινήσεις.

γ. Συγκέντρωση αστοχιών περιοχών αγκύρωσης γόμφων στη διεπιφάνεια επιστυλίων - λίθων Δ. Ζωφόρου και όχι στη διεπιφάνεια λίθων της Δ. Ζωφόρου - θράνων.

Το άθροισμα των αστοχιών των περιοχών αγκύρωσης γόμφων στη διεπιφάνεια εξωτερικών επιστυλίων - λίθων Δ. Ζωφόρου είναι 22/29 (76%) ενώ το αντίστοιχο ποσοστό αστοχίας στη διεπιφάνεια λίθων της Δ. Ζωφόρου - θράνων είναι 19% (11/57) και μάλιστα οι περισσότερες βρίσκονται στις δύο γωνίες του Οπισθονάου (Πίν. 4). Η διαφορά αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή αποτελεί ισχυρή ένδειξη ενός συστηματικού μηχανισμού που προκαλεί την αστοχία. Διαπιστώθηκε επίσης, ότι όσες περιοχές αγκύρωσης γόμφων (είτε άνω έδρας επιστυλίων είτε κάτω έδρας μελών Ζωφόρου) βρίσκονται στην ευθεία ενός κιονοκράνου επέδειξαν την ίδια συμπεριφορά: είτε και οι δύο αστοχούν (ΟΕ2.1-ΔΖ4, ΟΕ3.1-ΔΖ7, ΟΕ6.1-ΔΖ15 και ΝΔΖ) είτε όχι (ΟΕ4.1-ΔΖ10 [31]). Η εμφάνιση ή όχι της αστοχίας συσχετίζεται με το εύρος της μετακίνησης των αντίστοιχων κιονοκράνων και την προκύπτουσα σχετική στροφή των επιστυλίων και υπερκειμένων λίθων. Ενδεικτικά, η διαφορά των τελικών μετακινήσεων μεταξύ των κιονοκράνων είναι 54mm για τα κιονόκρανα ΟΚΚ1-2 (που επηρεάζουν τα ΟΕ2.1-ΔΖ4) έναντι μόλις 8mm για τα ΟΚΚ3-4 (επηρεάζουν τα ΟΕ4.1-ΔΖ10). Το ερώτημα που τέθηκε στη συνέχεια, ήταν γιατί παρατηρείται αστοχία και σε όσους λίθους της Ζωφόρου εδράζονται πλήρως επί ενός και μόνο επιστυλίου, αφού εκεί δεν επιβάλλεται σχετική στροφή. Πράγματι, διαπιστώθηκε ότι στις αντίστοιχες διεπιφάνειες επιστυλίου-λίθου Δ. Ζωφόρου, επί συνόλου 9 κοινών περιοχών αγκύρωσης, αστοχούν και οι 9 επί των μελών της Δ. Ζωφόρου έναντι μόλις 2 επί των επιστυλίων. Για να απαντηθεί το ερώτημα, πρέπει να συνεκτιμηθούν οι κινηματικοί περιορισμοί της άνω έδρας των λίθων.

δ. Συγκέντρωση αστοχιών περιοχών αγκύρωσης συνδέσμων στην άνω έδρα των λίθων Δ. Ζωφόρου.

Κάθε λίθος της Δ. Ζωφόρου έχει ένα μόνο γόμφο στην κάτω έδρα, διαθέτει όμως δύο, καθώς και δύο διαμήκεις συνδέσμους, στην άνω έδρα. Η επιβαλλόμενη επί του θριγκού μετακίνηση προκαλεί σχετική στροφή των μελών της Δ. Ζωφόρου, που μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εάν οι λίθοι στραφούν ως προς τα επιστύλια και ως προς τους θράνους. Αυτό είναι αδύνατο εάν οι υπάρχουσες συνδέσεις στην άνω έδρα εξακολουθούν να είναι ενεργές. Επιπλέον, η κατεύθυνση ανισοτροπίας του μαρμάρου των θράνων είναι αντίστοιχη με των κιονοκράνων, άρα η περιοχή αγκύρωσης των γόμφων εντός των θράνων δύσκολα αστοχεί. Κατά συνέπεια, οι γόμφοι αναπτύσσουν αντίσταση στην επιβαλλόμενη στροφή, η οποία όμως συνεπάγεται την ανάπτυξη ζεύγους δυνάμεων (και άρα ροπής)

[31] Ο λίθος ΔΖ13, που επηρεάζεται από τη σχετική μετακίνηση μεταξύ ΟΚΚ4 και ΟΚΚ5 (6 mm) είναι καταφραγή.

επί των λίθων της Ζωφόρου (Σχ.10). Το μάρμαρο μπόρεσε γενικά να αντέξει αυτή τη ροπή, κι έτσι εξηγείται η έλλειψη, πραγματικά εντυπωσιακή, των αστοχιών των γόμφων άνω έδρας της Δ. Ζωφόρου (Πίν. 4). Άρα, η σχετική στροφή μεταξύ των λίθων της Ζωφόρου μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την αστοχία των περιοχών αγκύρωσης των συνδέσμων και του γόμφου κάτω έδρας[32], η οποία, σε συμφωνία με όσα έχουν αναφερθεί, συμβαίνει κυρίως στις θέσεις όπου οι μετακινήσεις είναι πιο μεγάλες, δηλ. στην ευρύτερη περιοχή των γωνιών. Πράγματι, οι αστοχίες των περιοχών αγκύρωσης των συνδέσμων της Ζωφόρου είναι 10/28 (36%) (Πίν. 6) και αντιστοιχούν σε μια ανά μέλος στις περιοχές των γωνιών.

3.2.ζ. Η επιρροή της κατεύθυνσης ανισοτροπίας του μαρμάρου

Με την αναφορά στην κατεύθυνση ανισοτροπίας του μαρμάρου συμπληρώνεται η απαρίθμηση των παραγόντων που επηρεάζουν την τελική εικόνα της αστοχίας. Η επιλογή της κατεύθυνσης ανισοτροπίας του μαρμάρου συσχετίζεται με τις διαστάσεις και άρα με το είδος του μέλους, αν δηλ. είναι κιονόκρανο, επιστύλιο ή διάζωμα, και καθοριζόταν ήδη από το λατομείο[33]. Απλουστεύοντας, στα επιστύλια και στα μέλη του διαζώματος το ασθενές επίπεδο είναι τοποθετημένο «όρθιο» με σχετικά μικρή γωνία ως προς την κατακόρυφο. Στα κιονόκρανα και τους θράνους είναι «οριζόντιο», με μικρή συνήθως γωνία ως προς οριζόντιο επίπεδο[34].

Ήδη αναφέρθηκε ότι η συγκεκριμένη αυτή κατεύθυνση καθιστά πρακτικά αδύνατη την αστοχία των περιοχών αγκύρωσης γόμφων επί των κιονοκράνων και θράνων[35]. Η κατάσταση αυτή, όμως, επιβαρύνει τις δύο ενδιάμεσες ζώνες (επιστύλια, διαζώματα), στις οποίες η κατεύθυνση ανισοτροπίας του μαρμάρου επιτρέπει την αστοχία στις περιοχές αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων αλλά ακόμα και τη δημιουργία ρηγμάτων σε θέσεις εκτός των συνδετηρίων[36].

[32] Ο γόμφος λειτουργεί εδώ ως πόλος περιστροφής για το λίθο της Ζωφόρου κι έτσι δεν αναπτύσσει αξιόλογες δυνάμεις επί της περιοχής αγκύρωσης εντός του επιστυλίου.

[33] Korres 1988.

[34] Στην πραγματικότητα, το μάρμαρο πάντοτε τοποθετούνταν υπό γωνία σε δύο όψεις και ποτέ αυστηρά παράλληλο σε μια όψη, βλ. τεκμηρίωση του προσανατολισμού του ασθενούς επιπέδου του μαρμάρου στα μέλη των ανώτερων στρώσεων του θριγκού της Β. Κιονοστοιχίας σε Τουμπακάρη 2007β και ενότ. 4.3.2.2 και 4.3.3.4.

[35] Το ίδιο ισχύει και για τις λιθοπλίνθους των ενδιάμεσων στρώσεων των Τοίχων του Σηκού, οι οποίες διαφοροποιούνται, ως προς την κατεύθυνση ανισοτροπίας του μαρμάρου, από τους Ορθοστάτες και τα επίτοιχα επιστύλια (Τουμπακάρη 2004/2006).

[36] Ο τρόπος τοποθέτησης του ασθενούς επιπέδου του μαρμάρου επηρεάζει μεν τη δυνατότητα εμφάνισης ορισμένων αστοχιών, απαιτείται όμως ένα εξωτερικό αίτιο που να τις προκαλεί, συνεπώς η κατεύθυνση ανισοτροπίας δεν παρέχει από μόνη της την ερμηνεία για τη χωροθέτηση και μορφή των δομικών βλαβών.

3.3. Ερμηνεία της δομικής παθολογίας του Οπισθονάου

Από την καταγραφή και μελέτη της κατάστασης διατήρησης των μελών του Οπισθονάου διαπιστώθηκε ότι η μηχανική δράση των συνδετηρίων στοιχείων θα μπορούσε να αποτελέσει ένα ερμηνευτικό εργαλείο, με το οποίο να αιτιολογείται με εναίο τρόπο η παρουσία αστοχιών σε ορισμένες στρώσεις και η απουσία τους σε άλλες. Για να ενεργοποιηθούν τα συνδετήρια, θα πρέπει να υπάρξει παραμόρφωση του θριγκού, η οποία προκαλείται με την επιβολή οριζοντίων μετακινήσεων. Θα πρέπει επομένως να αναζητηθεί η εξωτερική καταπόνηση που επέβαλε τις μετακινήσεις αυτές. Οι μελετητές της δομικής παθολογίας της περιοχής έχουν ήδη αναφέρει την έκρηξη του 1687[37], έναν καταστρεπτικό σεισμό πριν από το 13ο αι.[38] και θερμική διαστολή του κτηρίου λόγω της πυρκαγιάς του 267 μ.Χ[39].

Σε μια νέα ερμηνεία πρέπει να συμπεριληφθούν τόσο τα πορίσματα των νέων διαπιστώσεων όσο και τα στοιχεία που ανέδειξαν οι προηγούμενοι μελετητές. Άρα, θα πρέπει να προβλέπεται η συνύπαρξη και σταδιακή ανάπτυξη διαφορετικών μηχανισμών αστοχίας. Θα πρέπει ωστόσο να επισημαίνεται η βασική αιτία επιβολής μετακινήσεων, που καθόρισε αποφασιστικά την έκταση των βλαβών.

Είναι γεγονός ότι η ενεργοποίηση των συνδετηρίων στοιχείων προϋποθέτει την υπέρβαση της τριβής και άρα την ανάπτυξη σχετικών μετακινήσεων μεταξύ των όμορων μελών. Στην αρχική του κατάσταση, όμως, το οικοδόμημα χαρακτηριζόταν από τεράστια ακαμψία, λόγω της άριστης επαφής και πλοκής μεταξύ των λίθων, της μαρμάρινης στέγης και των οροφών των Πτερών. Στο σύστημα αυτό, η δράση των συνδέσμων και των γόμφων ήταν πράγματι περιορισμένη, αν όχι αμελητέα. Η ενεργοποίησή τους προϋπέθετε αλλαγή του τρόπου λειτουργίας του οικοδομήματος.

Η απώλεια της στέγης και της οροφής του Οπισθονάου με την πυρκαγιά του 267 μ.Χ. επέτρεψε την αλλαγή αυτή. Η απώλεια των κινηματικών περιορισμών που έθεταν τα διαφράγματα στις κιονοστοιχίες και η εκτεταμένη θερμική καταπόνηση (με τις γνωστές συνέπειες) μετέτρεψαν τον Οπισθόναο από τμήμα ενός ιδιαίτερα άκαμπτου συστήματος σε μια ελεύθερα ιστάμενη κιονοστοιχία, με περιορισμούς στην προς δυσμάς μετακίνηση του μεσαίου τμήματός της λόγω των δοκών της οροφής που παρέμειναν με μειωμένη ακαμψία. Η απόκρισή της σε ανακυκλιζόμενες φορτίσεις, και εν γένει σε επιβολή μετακινήσεων, εξαρτώνταν πλέον ισχυρά, από την κατάσταση διατήρησης των επιμέρους δομικών μελών καθώς και από τις δυνάμεις των συνδέσμων και γόμφων. Η ενεργοποίησή τους καθοριζόταν πια από την κατάσταση διατήρησης και τη διαθέσιμη φέρουσα ικανότητα των περιοχών αγκύρωσής τους. Έτσι, δομικά στοιχεία με μικρή σημασία, όταν το σύστημα ήταν άκαμπτο, αποκτούν σταδιακά έναν καταλυτικής σημασίας ρόλο. Συνεπώς, πράγματι η πυρκαγιά αποτελεί το

[37] Ορλάνδος 1977, σ. 468-469.

[38] Κορρές, όπως αναφέρεται σε Ζάμπα 1994, σ.22. Ειδικότερα, η άποψη αυτή αναφέρεται στη μετακίνηση του δυτικού τμήματος του Ν.Τοίχου προς δυσμάς, η περιοχή αυτή όμως συνδέεται άμεσα με την Πρόσταση.

[39] Ζάμπας, 1994, σ. 25.

σημείο καμπής για τη μηχανική του κτηρίου, επειδή σηματοδοτεί την αλλαγή της δομικής συμπεριφοράς του.

Αυτό είναι το δομικό σύστημα, επί του οποίου εφαρμόστηκαν οι μεταγενέστερες καταπονήσεις, δηλ. οι σεισμοί και η έκρηξη. Η λεπτομερής εξέταση της δομικής παθολογίας των μελών του Οπισθονάου, η σύγκριση με την κατάσταση διατήρησης των δομικών μελών σε περιοχές που κατέπεσαν, όπως το κεντρικό τμήμα της Β. Κιονοστοιχίας[40] και ο Β.Τοίχος του Σηκού, τα μετρητικά στοιχεία που προέκυψαν μετά το σεισμό του 1981[41] και οι λεπτομερείς μετρήσεις των συνολικών παραμορφώσεων του δυτικού τμήματος[42] δείχνουν ότι οι διάφοροι σεισμοί που επηρρέασαν το μνημείο μετά το 267 μ.Χ. θα μπορούσαν μεν να προκαλέσουν σταδιακή διάνοιξη των αρμών στο δυτικό τμήμα των Πλαγίων Τοίχων του Σηκού, το εύρος όμως των διανοίξεων αυτών θα πρέπει να ήταν περιορισμένο και μη συμβατό με τις μετρημένες παραμορφώσεις. Όμως, η σταδιακή διάνοιξη αρμών καθ΄ύψος των Τοίχων (βλ.υποσημ.38) έχει ως συνέπεια για την κιονοστοιχία του Οπισθονάου τη σταδιακή μετακίνηση των 1ου και 7ου μετακιονίων διαστημάτων, τα οποία βρίσκονται στη συνέχεια των Πλαγίων Τοίχων κι επηρεάζονται από αυτούς. Συνέπεια αυτών των (μικρο)μετακινήσεων είναι η ενεργοποίηση των συνδετηρίων στοιχείων, ιδιαίτερα στις δύο γωνίες του Οπισθονάου, χωρίς αυτό όμως να σημαίνει ακόμα, ότι απαραιτήτως συνέβαινε αστοχία του συνδετηρίου ή του μαρμάρου. Τα υπολογιστικά δεδομένα[43] που αναφέρονται στην ενότητα 4.4.2.2 έδειξαν ότι η μηχανική δράση των συνδετηρίων είναι εκείνη που προκαλεί ρηγμάτωση του μαρμάρου και όχι το αντίστροφο, η αστοχία όμως επέρχεται για δύναμη συνδετηρίου που βρίσκεται κοντά στην αντοχή του. Με άλλα λόγια, οι μικρές αυτές μετακινήσεις δεν θα πρέπει να προκαλούσαν αστοχία ούτε του συνδετηρίου, ούτε του μαρμάρου[44]. Δεν μπορούσαν όμως να αποτρέψουν τη δημιουργία μιας σχετικά ασταθούς κατάστασης καθ΄ύψος των κιόνων, τόσο των γωνιακών που ωθούνταν προς τα έξω, όσο και των ενδιάμεσων, η μετακίνηση των οποίων όμως εμποδιζόταν από τις δοκούς της οροφής (και εν τέλει από την ίδια την Δ.Περίσταση). Οι συνδέσεις των επιστυλίων με τα κιονόκρανα θα πρέπει να ήταν ακόμα ενεργές. Στις συνθήκες αυτές, οι περιοχές αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων του θριγκού θα πρέπει να καταπονούνταν έντονα και, σε ορισμένες απ΄αυτές, να υπήρχε έναρξη ρηγμάτωσης.

Απαιτείται, ωστόσο, μια πολύ ισχυρή καταπόνηση για να παραχθεί η σημερινή εικόνα της αστοχίας και οι μετακινήσεις που μετρήθηκαν. Η έκρηξη παρείχε αυτή την καταπόνηση. Επηρέασε

[40] Βλ. 4.3.2, για σύγκριση με τη δομική παθολογία των περιοχών αγκύρωσης των μελών της Β. Κιονοστοιχίας.

[41] Κορρές-Μπούρας 1983, σελ. 259, 333-335.

[42] Ζάμπας 1994.

[43] Τουμπακάρη 2007α τ.ΙΙΙ. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν στη συνέχεια και πειραματικά (Kourkoulis – Passiou 2009).

[44] Αναφερόμαστε αποκλειστικά στις συνδέσεις επί των εξωτερικών κυρίως στρώσεων. Σε όσες περιοχές υπέστησαν άμεσα θερμική καταπόνηση, τα συνδετήρια μπορεί μεν να εξακολουθούσαν να υπάρχουν, βρίσκονταν όμως σε περιοχές αγκύρωσης που συχνότατα είχαν αποσπαστεί από το μείζον μέλος κι έτσι ήταν πρακτικά ανενεργές.

άμεσα το ανατολικό τμήμα του Μνημείου, επηρέασε όμως έμμεσα και το δυτικό: προκάλεσε την έντονη μετακίνηση των Πλαγίων Τοίχων[45], και άρα την έντονη εξώθηση του 1ου και 7ου μετακιονίων διαστημάτων, προς τα δυτικά. Η εξώθηση αυτή ενίσχυσε την έκκεντρη φόρτιση των γωνιακών, κυρίως, κιόνων. Ασταθείς καταστάσεις ισορροπίας που προϋπήρχαν, εκδηλώθηκαν. Καθώς όμως οι δοκοί της οροφής δεν επέτρεπαν τη μετακίνηση του μεσαίου τμήματος της κιονοστοιχίας προς δυσμάς μαζί με το βόρειο και νότιο μετακιόνιο, προκλήθηκε καμπύλωση του θριγκού, και άρα διάρρηξη όσων περιοχών αγκύρωσης ήταν ακόμα ενεργές με βάση τους μηχανισμούς που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 3.2.στ.

4. Επίλογος

Η αναστήλωση του Οπισθονάου πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Κατά τα έτη 1992-1994 έγιναν οι πρώτες μελέτες, υλοποιήθηκε η καταβίβαση του θριγκού μέχρι τη στάθμη των επιστυλίων και ξεκίνησε η δομική αποκατάσταση ορισμένων μελών. Τα έτη 1996-1998 ολοκληρώθηκε η μελέτη κι εφαρμογή ενεμάτων στους κίονες του Οπισθονάου[46]. Κατά τα έτη 2001-2004 ολοκληρώθηκε η καταβίβαση του θριγκού, δύο κιονοκράνων κι ενός σπονδύλου, εκπονήθηκε μελέτη δομικής αποκατάστασης και υλοποιήθηκε το αντίστοιχο έργο, συμπληρώθηκε και ολοκληρώθηκε η αρχιτεκτονική μελέτη, μελετήθηκε ο τεχνητός λίθος, παρήχθησαν και τοποθετήθηκαν τα αντίγραφα των μελών της Δ. και Ν.Ζωφόρου, επανατοποθετήθηκαν και συνδέθηκαν τα αποξηλωθέντα μέλη. Με τη συλλογική αυτή προσπάθεια ο στόχος της αναστήλωσης, που ήταν η βελτίωση της κατάστασης δομικής διατήρησης του Οπισθονάου, επετεύχθη.

Στο πλαίσιο της μελέτης δομικής αποκατάστασης (2001-2004) έγιναν νέες διαπιστώσεις, πραγματοποιήθηκε συστηματική τεκμηρίωση και μελέτη των μηχανισμών που διέπουν τη συμπεριφορά του δομήματος και αναπτύχθηκε μια νέα ερμηνεία βλαβών, στην οποία κυρίαρχη θέση κατέχει η μηχανική δράση των συνδέσμων και των γόμφων. Παράλληλα με τη μελέτη των επεμβάσεων, που δεν προηγήθηκε αλλά εξελίχθηκε, όπως και η μελέτη της δομικής παθολογίας, συγχρόνως με το έργο, σχεδιάστηκαν και ολοκληρώθηκαν έρευνες κι αναπτύχθηκαν μεθοδολογίες, οι οποίες κρίθηκαν αναγκαίες για να υπηρετηθεί ο στόχος της αναστήλωσης με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Το γεγονός ότι τα αποτελέσματα των δράσεων αυτών λαμβάνονται πλέον υπόψιν στις μελέτες που ακολούθησαν (είτε στο σχεδιασμό, είτε στην τεκμηρίωση), δικαίωσε την επίμονη ενασχόληση μ΄αυτές.

Εν κατακλείδι, η Μελέτη Δομικής Αποκατάστασης του Οπισθονάου (2001-2004) χαρακτηρίζεται από την προσπάθεια να καταγραφούν σχολαστικά οι παρατηρήσεις που έγιναν και να αποδοθούν με τρόπο κατά το δυνατόν «αντικειμενικό» και ανεξάρτητο από τις νέες ερμηνευτικές προσεγγίσεις, προκειμένου οι μελλοντικοί μελετητές και κριτές, για τους οποίους τα δομικά μέλη δεν είναι πλέον

[45] Σε συμφωνία με το μηχανισμό που περιγράφεται από Ζάμπα, 1994, σελ.23 αλλά με διαφορετική αιτία.

[46] Μιλτιάδου-Fezans κ.α. 2002.

προσπελάσιμα, να μπορούν να αποκτήσουν μια ακριβή εικόνα των δεδομένων που παρήχθησαν και των προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν, να ελέγξουν τους συσχετισμούς που έγιναν και την ερμηνεία που αναπτύχθηκε, για να μπορούν ακολούθως οι ίδιοι να μελετήσουν το μνημείο, να παρακολουθήσουν την υλοποίηση των επεμβάσεων σαν να ήταν παρόντες και, το κυριότερο, να διαθέτουν επαρκή δεδομένα για τη λεπτομερή περιγραφή, παρακολούθηση κι, ελπίζεται, προσομοίωση και πρόβλεψη της δομικής συμπεριφοράς του στο χρόνο.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ζάμπας Κ. 1994. *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος* , τ.3β, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ

Κορρές, Μ. - Μπούρας, Χ. 1983. *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος,* τ.1, Αθήνα:ΥΠΠΟ.-ΕΣΜΑ

Κουφόπουλος, Π. 1994. *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος,* τ.3α, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ

Μιλτιάδου-Fezans, Α. - Παπακωνσταντίνου, Ε. - Ζάμπας, Κ. - Πάνου, Α. - Φραντζικινάκη, Κ. 2002. Δομική αποκατάσταση των σπονδύλων των κιόνων του Οπισθονάου με υδραυλικά ενέματα υψηλής διεισδυτικότητας: έρευνα, σχεδιασμός και εφαρμογή. Στο: Μαλλούχου-Tufano, Φ. (επιμ.), *5η Διεθνής Συνάντηση για την Αποκατάσταση των Μνημείων της Ακροπόλεως*, 161-178, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ

Μπαλάνος, Ν. 1940. *Η αναστήλωσις των Μνημείων της Ακροπόλεως*, Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία

Ορλάνδος, Α. 1977. *Η Αρχιτεκτονική του Παρθενώνα*, Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία.

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2002. Δομική αποκατάσταση των επιστυλίων του Οπισθονάου του Παρθενώνα, Στο: Μαλλούχου-Tufano, Φ. (επιμ.), *5η Διεθνής Συνάντηση για την Αποκατάσταση των Μνημείων της Ακροπόλεως*, 149-160, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ

Τουμπακάρη Ε.-Ε. 2004/2006. *Μελέτη δομικής αποκαταστάσεως Ορθοστατών Βορείου Τοίχου σηκού Παρθενώνος,* (2 τόμοι). Αθήνα: ΥΣΜΑ.

Τουμπακάρη Ε.-Ε. 2007α. *Μελέτη φέροντος οργανισμού και απόδοση έργου δομικής αποκαταστάσεως Οπισθονάου,* (6 τόμοι). Αθήνα: ΥΣΜΑ.

Τουμπακάρη Ε.-Ε. 2007β. *Δομική αποκατάσταση άνω θριγκού Β. Κιονοστοιχίας Παρθενώνος* (3 τόμοι). Αθήνα: ΥΣΜΑ.

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2008. Δομική Παθολογία των Κιονοκράνων και του Θριγκού του Οπισθονάου του Παρθενώνα και ο Ρόλος των Συνδετηρίων Στοιχείων, Στο: Γκαζέτας, Γ. (επιμ.), *3ο Πανελ.Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας,* Άρθρο 2026, Αθήνα: ΤΕΕ.

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2009. Περιοχές αγκύρωσης συνδετηρίων στοιχείων Παρθενώνα: ανάλυση αστοχιών και δομητική κατανόηση, Στο: *2ο Εθν.Συν.Αναστηλώσεων,* Αθήνα: ΕΤΕΠΑΜ.

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2012. Ανάλυση κι ερμηνεία της δομικής παθολογίας του Β.Τοίχου του Σηκού του Παρθενώνα και οι συνέπειες για το σχεδιασμό της δομικής αποκατάστασης, Στο: *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Αναστηλώσεων*, Αθήνα: ΕΤΕΠΑΜ

Φιλιππουπολίτης Μ. 2008. *Ανάλυση των αναπτυσσόμενων τάσεων σε επιστύλια αρχαίων ναών υπό διάφορες συνοριακές συνθήκες – εφαρμογή στα επιστύλια του Οπισθονάου του Παρθενώνος*, διπλ.εργ., τμήμα Πολ.Μηχ. Παν/μίου Πατρών.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

ICOMOS-ISCARSAH 2004. Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural restoration of Architectural Heritage, http://iscarsah.icomos.org (ημερομ.πρόσβασης 21.3.2013)

Korres, M. 1988. The geological factor in ancient Greek architecture, Στο: Marinos, P. - Koukis, G. (eds), *Proc. Intern.Conf. on Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites*, 1779-1793, Balkema

Kourkoulis S. - Pasiou E.D. 2009. Epistyles connected with 'I' connectors under pure shear, *Journal of Serbian Society for Computational Mechanics,* 3 (2), 81-99

Toumbakari, E.-E. - Filippoupolitis, M. 2010. Analysis of the developing stresses in marble structural members at the anchorage area of the dowels : application at the Parthenon marble blocks, Στο: Koui, M (ed.), *Proc. 8th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin,* Patras (πρακτικά υπό έκδοση).

Toumbakari, E.-E. - Egglezos, D.2012. In-situ tests on the internal western columns of the Parthenon and modelling of the joints' mechanical properties, Στο: Jasienko, J. (ed.), *Proc.8th Intern.Conf. on Structural Analysis of Historical Constructions*, 2536-2543, Wroclaw.

Vintzileou, E. - Toumbakari, E.-E. 2004. Dowel action of titanium bars connecting marble fragments at different angles, Στο: Martens et al. (eds), *Proc.13th Intern. Brick/Block Masonry Conference*, T.U.Eindhoven.

Vintzileou,E. - Toumbakari, E.-E. - Papadopoulos K.2006. Dowel Action of Titanium Bars Connecting Marble Fragments, *J. of the Masonry Society*, 24 (1), 9-22.

Σημείωση: Οι αναφερόμενες στο κείμενο Μελέτες και Τεχνικές Εκθέσεις που αφορούν τον Οπισθόναο, τη Β. Κιονοστοιχία και τους Ορθοστάτες του Β. Τοίχου περιλαμβάνονται αναλυτικά στις υποσημειώσεις. Οι φωτογραφίες είναι της γράφουσας.

4.4.2. STUDIES AND RESEARCHES ON THE STRUCTURAL RESTORATION OF THE PARTHENON OPISTHODOMOS (2001-2004)

Eleni-Eva E. Toumbakari

Structural Engineer Ph.D. - M.Sc. Conservation Historic Towns & Building, Directorate for Restoration of Ancient Monuments

Abstract

The structural restoration of the Parthenon Opisthodomos was carried out in two phases. During the first phase, the upper three rows of the entablature were disassembled and the repair of the individual blocks began. The consolidation of the columns with grouts was also carried out. The second phase started in 2001 and ended in 2004. During this period, two were the main issues of the structural restoration study: the detailed documentation of the structural pathology and the individual block condition, including the clamps' & dowels' anchorage areas, as well as the interpretation of the damages and the design of the interventions on the marble blocks, including the study of their connectors.

The content of the study is then described. The first part deals with the documentation of the blocks and the ancient connectors, which were uncovered during the interventions, as well as the interpretation of the damages. The second part contains the numerical calculations for the understanding of the undamaged blocks structural behaviour. It also contains the design of the researches, which were carried out, namely: the experimental research on shear and the trial loads applied on the free standing columns for the study of their deformability and foundation conditions. The third part contains the numerical analysis of the most damaged blocks and the design of the interventions.

The interpretation of the damages is finally discussed. The location and type of damages are briefly described and the main data are summarized in table form. Observations on the condition of the connectors (clamps & dowels) uncovered at the architrave and capital level are also reported. On the basis of the evidence provided, it is argued that the damages observed on the anchorage areas of the marble blocks could be attributed to the mechanical action of the connectors, which are mobilized by an externally imposed displacement.

List of Figures

Fig. 1. Architrave OE7.3, with internal crack near the surface of the member.

Fig. 2. Cracks and fissures due to thermal stress on the bottom face of OΔZ5.

Fig. 3. Failure of dowel anchorage area at the bottom face of stone block ΔZ11 of the west frieze.

Fig. 4. Preservation condition of the NE corner of block (*thranos*) ΔΘΣ11, where all aspects of structural pathology and of the interventions by Balanos on an area subjected to thermal stress are summarized.

Fig. 5. The west mortise of blocks (*thranoi*) ΔΘΣ10-ΔΘΣ11, where the traces of chiseling are evident. No marble structural failure is observed.

Fig. 6. Mortises of blocks (*thranoi*) ΔΘΣ.27-ΝΔ.ΘΣ-ΟΘΣ.19 on the SW corner of the opisthonaos in excellent preservation condition

Fig. 7. Part of the transverse clamp 3.2.1 between architraves OE3.1 & OE3.2.

Fig. 8. Part of the transverse clamp 7.2.3 between architraves OE7.1 & OE7.2.

List of Drawings

Dwg. 9α*. The entablature of the opisthonaos from the SE.

Dwg. 9β*. Structure and connection of the blocks of the opisthonaos – Summary of new findings on the distribution of structural damage.

Dwg. 10*. Structural pathology of the architraves and blocks of the west frieze layer.

List of Tables

Tbl. 1. Displacements of the columns of the opisthonaos in [mm] (Table: K. Zambas 1994, Fig. 9).

Tbl. 2. Cumulative structural pathology of column capitals in the dowel mortises.

Tbl. 3. Cumulative structural pathology of the anchorage areas of ancient connectors on the architraves of the opisthonaos.

Tbl. 4. Cumulative structural pathology of the anchorage areas of ancient connectors of the blocks of the west frieze above the external western architraves.

Tbl. 5. Cumulative structural pathology of the anchorage areas of ancient connectors of the inner blocks of the west frieze .

Tbl. 6. Cumulative structural pathology of the entablature (in parenthesis: pathology recorded on intercolumniations 2-6).

Note: All Photos are by E.E. Toumbakari / YSMA Archive, all Drawings are by E.E. Toumbakari, with A.Kafourou, Th.Marinis, L.Paparou, A.Kostopoulou and all Tables are by E.E. Toumbakari unless otherwise indicated.

** See APPENDIX: Folded out drawings.*

4.4.3.1. Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ - ΣΥΝΤΟΜΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Πέτρος Μ. Κουφόπουλος
Αρχιτέκτων, Αναπληρωτής καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ήταν ήδη φανερό ότι η παραμονή της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνα πάνω στο μνημείο δεν ήταν πλέον σκόπιμη λόγω της προϊούσας φθοράς, κυρίως εξ αιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης της πόλης των Αθηνών. Η Επιτροπή Συντηρήσεως Μνημείων Ακροπόλεως διαπιστώνοντας το μη αναστρέψιμο της κατάστασης δρομολόγησε τις διαδικασίες για την καταβίβαση και τη μεταφορά της ζωφόρου στο παλαιό μουσείο Ακροπόλεως. Επρόκειτο για το σπουδαιότερο από τα μεγάλα γλυπτικά σύνολα του ναού, που διατηρήθηκε πλήρες και σε πολύ καλή κατάσταση, έχοντας διαφύγει τις καταστροφές που υπέστησαν τα υπόλοιπα μέρη του μνημείου. Η ζωφόρος έτυχε συνεχούς φροντίδας και επισκευών ήδη από τον 19ο αιώνα (1838, 1884, 1898-1902) μέχρι και την παραμονή της καταβίβασης της (1948, 1953-59, 1969-71, και 1976 – στέγαστρο ΕΣΜΑ).

Η απόφαση αυτή της Επιτροπής Ακροπόλεως και στη συνέχεια η έγκριση του Κεντρικού Αρχαιολογικού Συμβουλίου στις 9-9-1991, σηματοδότησαν και την έναρξη των 9ου (δυτική πρόσταση) και 11ου (οροφή δυτικού πτερού) προγραμμάτων του Έργου Αποκαταστάσεως του Παρθενώνα. Οι επεμβάσεις στον Οπισθόναο ξεκίνησαν το φθινόπωρο του 1992, αφού προηγήθηκε η αναλυτική τεκμηρίωση της υφιστάμενης κατάστασης, η διάγνωση της παθολογίας, η αξιολόγηση των βλαβών, η σύνταξη των προτάσεων στα πλαίσια των μελετών από τη μελετητική ομάδα και τουλάχιστον ένας ολόκληρος χρόνος προετοιμασίας στο εργοτάξιο. Η προσέγγιση του αντικειμένου υπήρξε διεπιστημονική και προηγήθηκε προσεκτικός προγραμματισμός των εργασιών, εφαρμόζοντας τις καλύτερες δυνατές τεχνικές και τεχνολογίες που ήταν τότε διαθέσιμες, βασισμένοι στην εμπειρία του έργου της ανατολικής πλευράς του Παρθενώνα και του Ερεχθείου.

Είναι η τρίτη φορά που παρουσιάζεται το έργο του Οπισθονάου στις Διεθνείς Συναντήσεις για τα έργα της Αθηναϊκής Ακρόπολης μετά το 1994 και το 2002. Αυτή τη φορά όμως για να ανακοινωθεί στην επιστημονική κοινότητα η αποπεράτωση ενός ακόμη προγράμματος του Παρθενώνα. Βέβαια απομένει η υποχρέωση να ολοκληρωθεί η αναλυτική δημοσίευση της επιστημονικής απόδοσης του έργου που έχει ήδη ζητηθεί από την Επιτροπή Ακροπόλεως και έχει δρομολογηθεί. Βασικές δημοσιεύσεις αναφοράς για το έργο αποτελούν ο πρώτος τόμος της Μελέτης Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος (Μ. Κορρές - Χ. Μπούρας, 1983) και ο τρίτος τόμος (Μέρος Α΄: Π. Κουφόπουλος, Μέρος Β΄: Κ. Ζάμπας, Μέρος Γ΄: Θ. Σκουλικίδης, Ε. Παπακωνσταντίνου, Α. Γαλανού και Γ. Δογάνη, 1994).

Ο Οπισθόναος παρουσίαζε σοβαρότερα και συνθετότερα προβλήματα σε σχέση με άλλες περιοχές του Παρθενώνα εξαιτίας της θέσης και της σχέσης του με το υπόλοιπο μνημείο (σύνδεση με δυτικό τοίχο σηκού, οροφή δυτικού πτερού, μεσαιωνικό κλιμακοστάσιο), των εκτεταμένων φθορών στους κίονες από τη φωτιά και τα προβλήματα ευστάθειάς τους, της ετοιμορροπίας ορισμένων εκ των επιστυλίων, καθώς και του ιδιαίτερου καλλιτεχνικού και αρχαιολογικού ενδιαφέροντος που είχε λόγω της παρουσίας της ζωφόρου, της διατήρησης διακόσμου και χαραγμάτων, καθώς και το γεγονός ότι αποτελεί το μόνο τμήμα του ναού με καλή διατήρηση μέχρι τη στάθμη των οροφών (Εικ. 1).

Εικ. 1. Άποψη των λίθων της στρώσης της ζωφόρου από πάνω. Διακρίνονται οι λίθοι της νοτιοδυτικής γωνίας εκ. των οποίων ο ΔΖ.15 είναι κατακερματισμένος σε πολλαπλά θραύσματα (1992).

Ο σχεδιασμός των επεμβάσεων και η εφαρμογή τους διέπονταν από τις αρχές και τον προβληματισμό που χαρακτηρίζει τα έργα της Ακροπόλεως τις τελευταίες δεκαετίες και που βασίζονται στο χάρτη της Βενετίας και στις αρχές που απορρέουν από αυτόν όπως έχουν διατυπωθεί από τον Χ. Μπούρα (1983). Ιδιαιτέρου ενδιαφέροντος θεωρητικά θέματα που εξετάστηκαν κατά τη διάρκεια του έργου ήταν: το είδος και ο τρόπος ένταξης των αντιγράφων της ζωφόρου στο μνημείο, το ζήτημα της αξιοποίησης των Μπαλάνειων αρχιτεκτονικών μελών που απομακρύνθηκαν για να επιστρέψουν τα αυθεντικά αρχαία μέλη στη θέση τους και να διορθωθούν λάθη στη γεωμετρία της αναστήλωσης των αρχών του 20ου αιώνα και η απόδοση της τελικής γεωμετρίας της δυτικής προστάσεως στα πλαίσια της προσπάθειας συνδυασμού της αρχικής μορφής με τις παραμένουσες παραμορφώσεις.

Το έργο του Οπισθονάου ολοκληρώθηκε σε τρεις διακριτές φάσεις. Η πρώτη (1991-94) αφορούσε στην προετοιμασία, την απόσπαση και καταβίβαση των γλυπτών στο μουσείο. Ακολούθησε μια περίοδος μερικής αδράνειας κατά τη διάρκεια της οποίας οι εργασίες περιορίστηκαν στη στερέωση και συντήρηση των κιόνων. Η τρίτη φάση (2001-2004) περιλάμβανε την ολοκλήρωση των

αποξηλώσεων, την αποκατάσταση των αρχιτεκτονικών μελών και στη συνέχεια την ανασυναρμολόγηση της δυτικής προστάσεως ενσωματώνοντας σε αυτή τα αντίγραφα της ζωφόρου.

Στην πρώτη φάση του έργου συμμετείχε το μεγαλύτερο μέρος του επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού του εργοταξίου του Παρθενώνα με επικεφαλείς τους Μ. Κορρέ και Κ. Ζάμπα. Η Επιτροπή Ακροπόλεως ανέθεσε στον γράφοντα την ευθύνη της αποτύπωσης, της γενικής τεκμηρίωσης και της εκπόνησης της αρχιτεκτονικής μελέτης, καθώς και την επίβλεψη των εργασιών. Πολιτικός μηχανικός του έργου ήταν ο Κ. Ζάμπας που μελέτησε διεξοδικά τη γεωμετρία και την κατάσταση των κιόνων, τις παραμορφώσεις και τις βλάβες και συνέταξε τις προτάσεις για τη δομική αποκατάσταση της περιοχής. Τα ζητήματα της συντήρησης της περιοχής και ειδικότερα της ζωφόρου μελέτησαν υπό την εποπτεία του καθηγητή Θ. Σκουλικίδη οι συντηρήτριες Α. Γαλανού και Γ. Δογάνη, που μαζί με την Α. Πάνου και το προσωπικό του συνεργείου συντήρησης ανέλαβαν την προετοιμασία των γλυπτών για την καταβίβασή τους. Η χημικός μηχανικός Ε. Παπακωνσταντίνου είχε την γενική εποπτεία του έργου συντήρησης και την ευθύνη των φυσικοχημικών αναλύσεων των υλικών. Το έργο παρακολούθησαν οι αρχαιολόγοι Ι. Τριάντη και Χ. Βλασσοπούλου ενώ ο Α. Μάντης είχε την ευθύνη επιλογής και προετοιμασίας των εκμαγείων των γλυπτών. Την έρευνα των νεώτερων επεμβάσεων στον Οπισθόναο και των αντίστοιχων ευρημάτων πραγματοποίησε η αρχαιολόγος Φ. Μαλλούχου – Tufano. Την γενική εποπτεία του εργοταξίου είχε ο αρχιτέκτων Ν. Τογανίδης, επικεφαλής των συνεργείων ήταν ο αρχιτεχνίτης Ι. Αρμπιλιάς, ενώ ο Φ. Σκαρής είχε την ευθύνη του πενταμελούς συνεργείου που εργάστηκε σε όλη την πρώτη φάση του έργου. Στο συνεργείο αυτό εργάστηκαν οι τεχνίτες Δ. Αλεξόπουλος, Δ. Μεσολόγγης, Γ. Θεοτικός και Γ. Φιλιππούσης. Μεγάλο μέρος των σχεδιάσεων των γενικών σχεδίων σε μελάνι που συνέταξε ο γράφων πραγματοποίησε η Τ. Σκαρή. Στις αποτυπώσεις συνέδραμαν οι Γ. Βασιλάρας, Κ. Σκαρής και εκτάκτως άλλα μέλη του τεχνικού γραφείου.

Η προετοιμασία του εργοταξίου περιλάμβανε την κατασκευή προστατευτικού δαπέδου στον χώρο της προστάσεως, την περιστροφή και μεταφορά του γερανού Derrick δυτικότερα μέσα στο σηκό, την ανέγερση ικριωμάτων εργασίας και υποστύλωσης, την αναμόρφωση του στεγάστρου πάνω από τη ζωφόρο, την κατασκευή σιδηροτροχιάς και ικριώματος για την μεταφορά και καταβίβαση των λίθων της ζωφόρου στο προαύλιο του μουσείου Ακροπόλεως, τη διαμόρφωση χώρων φύλαξης και εργαστηρίου συντήρησης μέσα σε αυτό, κλπ.

Στη συνέχεια ξεκίνησαν οι εργασίες της καταβίβασης των αρχιτεκτονικών μελών σε τέσσερις ενότητες ξεκινώντας από τη νότια πλευρά, ακολούθησε η βόρεια και τέλος το κεντρικό τμήμα. Απομακρύνθηκαν όλα τα μέλη της οροφής του δυτικού πτερού, οι θράνοι, τα αντιθήματα της ζωφόρου (διαζώματα), οι λίθοι πλήρωσης και τέλος οι λίθοι της ζωφόρου. Οι τελευταίοι μεταφέρθηκαν με ιδιαίτερα μεγάλη προσοχή και τη βοήθεια ειδικών διατάξεων, σε αρκετές περιπτώσεις συνοδευόμενοι από μεγάλο αριθμό μικροθραυσμάτων, προερχόμενων κυρίως από

περιοχές συνδέσμων, γόμφων και αρμών ώσεως. Τρεις λίθοι της δυτικής ζωφόρου που είχαν χωριστεί σε περισσότερα του ενός κύριου τεμαχίου (7ος, 13ος και 15ος) παρουσίασαν τις μεγαλύτερες δυσκολίες στην καταβίβασή τους (Εικ. 2, 3).

Εικ. 2. Άποψη του λίθου Δ.Ζ.15 κατά την αποσυναρμολόγηση.

Εικ. 3. Η μεταφορά του λίθου Δ.Ζ.9 της δυτικής ζωφόρου στο Μουσείο Ακροπόλεως (1993).

Οι αποξηλώσεις διεκόπησαν στη στάθμη των επιστυλίων που ανέμεναν περί τα οκτώ χρόνια στη θέση τους μέχρι την επανέναρξη του έργου. Παράλληλα προχώρησε η συγκόλληση των θραυσμένων μελών στα εργαστήρια και η προετοιμασία τους προκειμένου να επανενταχθούν στο μνημείο που διήρκεσε περί τα δύο χρόνια.

Η σταδιακή μείωση του προσωπικού περί το 1995, είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των δραστηριοτήτων και να δοθεί προτεραιότητα σε άλλα προγράμματα όπως αυτό του Προνάου, οδηγώντας πρακτικά στην προσωρινή διακοπή του έργου και την παραίτησή μου από την Υπηρεσία. Την περίοδο αυτή πραγματοποιήθηκε μακρόχρονη έρευνα για την επιλογή του κατάλληλου τρόπου στερεοποίησης των πολλαπλά θραυσμένων σπονδύλων των κιόνων που είχαν ταλαιπωρηθεί από φωτιά. Έχοντας αποκλείσει το ενδεχόμενο διάλυσης και ανασυναρμολόγησης των κιόνων, οι

μελετητές έκριναν ορθότερη επιλογή την τοποθέτηση περιορισμένων τοπικών ενισχύσεων με ράβδους τιτανίου σε συνδυασμό με την χρήση ειδικών ενεμάτων, που εφαρμόστηκαν στους τέσσερις πρώτους από βορρά κίονες μέχρι τη στάθμη του προτελευταίου σφονδύλου. Για το σχεδιασμό αυτής της επέμβασης που θα εφαρμόζονταν για πρώτη φορά σε μνημείο της Ακρόπολης ζητήθηκε η συνδρομή της Α. Μιλτιάδου. Η έρευνα οδήγησε στην επιλογή των κατάλληλων ενέσιμων κονιαμάτων και στο σχεδιασμό και κατασκευή του ειδικού εξοπλισμού για την πραγματοποίησή τους (Εικ. 4).

Εικ. 4. Διαδικασία ενεμάτωσης του 12ου σπονδύλου του 3ου κίονα.

Με τη δημιουργία της Υπηρεσίας Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης και το νέο προγραμματισμό των έργων πάνω στον Ιερό Βράχο η ολοκλήρωση του προγράμματος του Οπισθονάου ήταν πλέον μία από τις προτεραιότητες. Σε συνεννόηση με τον Πρόεδρο της ΕΣΜΑ καθηγητή Χ. Μπούρα και τον τότε διευθυντή Κ. Ζάμπα, και στη συνέχεια με τη νέα διευθύντρια Μ. Ιωαννίδου, προσκλήθηκα το 2000 να συντονίσω ως τεχνικός σύμβουλος την υλοποίηση της τελευταίας φάσης του έργου, διαθέτοντας την ιδιότητα και την εμπειρία του αρχικού αρχιτέκτονα μελετητή.

Υπεύθυνος του εργοταξίου και γενικός επιβλέπων του Παρθενώνα ήταν ο αρχιτέκτονας Ν. Τογανίδης. Στο έργο του Οπισθονάου συμμετείχαν οι δύο νεοπροσληφθείσες από την ΥΣΜΑ μηχανικοί: η αρχιτέκτονας Ρ. Χριστοδουλοπούλου και η πολιτικός μηχανικός Ε-Ε. Τουμπακάρη. Είχαν την ευθύνη της καθημερινής επίβλεψης των εργασιών, την τήρηση του ημερολογίου, την έρευνα σε τομείς της ειδικότητάς τους και την εκπόνηση συμπληρωματικών μελετών για επιμέρους ζητήματα που ανέκυπταν. Στις αποτυπώσεις των αρχιτεκτονικών μελών και των οπλισμών συνέβαλε η σχεδιάστρια Α. Καφούρου. Το συνεργείο του Οπισθονάου στελεχώθηκε με πέντε μαρμαροτεχνίτες και περί τους δύο εργατοτεχνίτες, με επικεφαλής τον αρχιτεχνίτη Φ. Αλεξόπουλο. Σε πολλές

περιόδους όταν το επέτρεπαν και τα άλλα εν εξελίξει αναστηλωτικά προγράμματα του Παρθενώνα, το συνεργείο αριθμούσε μέχρι δώδεκα μέλη. Οι μαρμαροτεχνίτες Δ. Φώσκολος αρχικά, και στη συνέχεια οι Γ. Σκαλκώτος, Μ. Τζανουλίνος, Ι. Αρμάος και Α. Χουσάκος, μεταξύ άλλων εξέλιξαν την τεχνική της κατασκευής των κανόνων των επιστυλίων υπό την καθοδήγηση του αρχιτεχνίτη Στ. Καφούρου. Τα εξαιρετικά δύσκολα στην κατασκευή τους συμπληρώματα των κιονοκράνων λάξευσε ο Γ. Σκαλκώτος.

Τις εργασίες συντήρησης της επιφάνειας, ενεμάτωσης ρωγμών, μικροσυγκολλήσεων κλπ., καθώς και σφραγίσεων των αρμών μετά την επανατοποθέτηση των αρχιτεκτονικών μελών ανέλαβε συνεργείο συντηρητών με επικεφαλής την συντηρήτρια Α. Πάνου. Ειδικότερα οι Γ. Μαράκης, Ε. Τσουμουσλή και Χ. Λασκαρίδης απασχολήθηκαν με την επιτόπου αποκατάσταση των κιονόκρανων με την συνδρομή των τεχνιτών Α. Λυρίτη, Γ. Κλάδιο και Ε. Ζεμπελίκου. Το πατινάρισμα των συμπληρωμάτων από νέο μάρμαρο ανέλαβε ο συντηρητής Κ .Δημόπουλος.

Τη φωτογράφιση, πέραν της καθημερινής τεκμηρίωσης που γίνονταν κατά κανόνα από την Ρ. Χριστοδουλοπούλου με την βοήθεια και της σχεδιάστριας Α. Καφούρου, ανέλαβε και ο Σ. Μαυρομμάτης. Προγραμματισμένες κινηματογραφήσεις των σημαντικότερων φάσεων του έργου πραγματοποίησαν οι σκηνοθέτες Ν. Γραμματικόπουλος, Μ. Παράσχη και Σ. Μαυρομμάτης.

Αντικείμενο της τελευταίας αυτής φάσης του έργου του Οπισθονάου ήταν η ολοκλήρωση των εργασιών αποσυναρμολόγησης του εναπομένοντος τμήματος του θριγκού, η δομική αποκατάσταση και συντήρηση των καταβιβασθέντων αρχιτεκτονικών μελών, η παραγωγή των αντιγράφων της ζωφόρου και η ανασυναρμολόγηση της περιοχής της δυτικής πρόστασης μέχρι το τέλος του 2003

Δηλαδή σε διάστημα τριών ετών έπρεπε να αντιμετωπιστούν οι μετακινήσεις, αποκαταστάσεις και ανατοποθετήσεις διακοσίων περίπου αρχιτεκτονικών μελών. Παρά τα επιμέρους απρόβλεπτα προβλήματα που προέκυψαν στην πορεία, την στενότητα χώρου στο εργοτάξιο, όπου και άλλα προγράμματα βρίσκονταν σε εξέλιξη, και τους περιορισμούς στο αριθμό των μελών του προσωπικού, το έργο εξελίχθηκε με ικανοποιητικούς ρυθμούς και ολοκληρώθηκε με μικρές αποκλίσεις από το αρχικό χρονοδιάγραμμα. Μεγάλη διευκόλυνση στις εργασίες παρείχε το μεγάλο μεταλλικό πατάρι στο δυτικό άκρο του σηκού που κατασκευάστηκε με μελέτη και επίβλεψη της πολιτικού μηχανικού Μ. Μεντζίνη.

Η αποξήλωση των είκοσι δύο επιστυλίων ήταν ιδιαίτερα επίπονη και σε πολλές περιπτώσεις επικίνδυνη λόγω της πολύ κακής κατάστασης τεσσάρων εξ αυτών που ήταν κατακερματισμένα σε δεκάδες θραύσματα (Εικ. 5, 6).

Η αποκάλυψη της πραγματικής κατάστασης των παρακείμενων και υποκείμενων περιοχών οδήγησε την Επιτροπή Ακροπόλεως, μετά από εισήγηση των επιβλεπόντων, στην απόφαση να επεκτείνει τις επεμβάσεις και σε επτά ακόμη μέλη στην περιοχή της συμβολής της βόρειας πλευράς

του Οπισθονάου με τον δυτικό τοίχο, καθώς και στο επίκρανο της βορειοδυτικής παραστάδος του σηκού, που ήταν θραυσμένο και σε κίνδυνο να αστοχήσει.

Μετά την αφαίρεση των επιστυλίων διαπιστώθηκε ότι η ταλάντωση των δύο κεντρικών κιόνων ήταν ανησυχητική. Τότε με σύμφωνη γνώμη της Επιτροπής προσκλήθηκαν οι Μ. Κορρές και Κ. Ζάμπας να γνωμοδοτήσουν με βάση την εμπειρία τους από παλαιότερες ανάλογες επεμβάσεις στην ανατολική και νότια πλευρά του μνημείου. Οι διαπιστωμένες αποκλίσεις και μετακινήσεις από την προηγούμενη θέση τους κατά την αποφόρτιση, η μικρή στροφή περί άξονα και η ταλάντωσή τους οδήγησαν στην απόφαση να πραγματοποιηθούν δοκιμαστικές φορτίσεις και να ελεγχθεί η ευστάθειά των κιόνων με ενόργανη παρακολούθηση. Το σύνθετο αυτό πείραμα μελέτησε και υλοποίησε η πολ. μηχανικός Ε-Ε. Τουμπακάρη με τη συνδρομή και των λοιπών μηχανικών και του προσωπικού του έργου.

Εικ. 5. Άποψη του επιστυλίου Ο.Ε.7.1 κατά την αποσυναρμολόγηση.

Εικ. 6. Το ίδιο επιστύλιο μετά την ολοκλήρωση της δομικής αποκατάστασης.

Παρόλο που η απόφαση του Κεντρικού Αρχαιολογικού Συμβουλίου προέβλεπε την αποξήλωση και καταβίβαση και των έξι κιονόκρανων, στα πλαίσια της μεγίστης δυνατής διατήρησης της αυθεντικότητας και της ελαχιστοποίησης της επέμβασης, απομακρύνθηκαν από το μνημείο μόνον δύο που ήταν πολλαπλά θραυσμένα. Αφαιρέθηκαν επίσης και τα συμπληρώματα των κιονοκράνων που είχε τοποθετήσει ο Ν. Μπαλάνος. Η αποκατάσταση των υπολοίπων έγινε κατά χώραν με την συγκόλληση των θραυσμάτων και την ασφαλή σύνδεση των παλαιών και νέων συμπληρωμάτων. Η αποκατάσταση των υπολοίπων μελών και ιδιαίτερα των επιστυλίων στα εργαστήρια ήταν μια εργασία που απαιτούσε μεθοδικότητα, ακρίβεια, ήταν επίπονη και χρονοβόρα.

Παράλληλα, ήδη από την πρώτη φάση του έργου προχωρούσε έργο της παραγωγής των αντιγράφων των ανάγλυφων της δυτικής και τμήματος της νότιας ζωφόρου. Η εργασία περιλάμβανε την αποκατάσταση από το συνεργείο των εκμαγέων της αρχικής γεωμετρίας και των διαστάσεων των

γλυπτών με βάση τα πρότυπα θετικά εκμαγεία του Βρετανικού Μουσείου και την ένταξή τους σε μηχανουργικά κατασκευασμένους μεταλλότυπους. Την εποπτεία των εργασιών αυτών είχαν ο Α. Μάντης και ο γράφων με επικεφαλής του συνεργείου τους Α. Μπαϊμπά και Θ. Καγιώργη. Η κατασκευή των μεταλλικών πλαισίων για την χύτευση των καλουπιών των μελών της δυτικής ζωφόρου έγινε στα εργαστήρια των Γ. Παρχαρίδη και Θ. Κουφόπουλου, σε τελικά σχέδια της Ρ. Χριστοδουλοπούλου.

Στο ερώτημα αν τα νέα αρχιτεκτονικά μέλη που θα εντάσσονταν στο μνημείο θα είναι εξολοκλήρου μαρμάρινα με λαξευτή αντιγραφή της γλυπτής επιφάνειας, ή από χυτό τεχνητό λίθο (δηλ. τσιμεντένια), προκρίθηκε η συνδυασμένη λύση που πρότεινε η αρχική μελέτη. Δηλαδή το κύριο φέρον σώμα του λίθου από μάρμαρο επενδεδυμένο με το αντίγραφο που θα έχει τη δυνατότητα να αντικατασταθεί στο μέλλον χωρίς να είναι αναγκαία η εκ νέου αποσυναρμολόγηση της οροφής του δυτικού πτερού και των ανώτερων στρώσεων των λίθων της προστάσεως. Η χύτευση έγινε με τεχνητό λίθο του οποίου η ειδική σύνθεση και παραγωγή απετέλεσε αντικείμενο έρευνας και εποπτείας της Ε-Ε. Τουμπακάρη.

Για τα ευμεγέθη αρχιτεκτονικά μέλη που είχαν κατασκευαστεί από το Ν. Μπαλάνο και δεν προβλεπόταν η επιστροφή τους στη θέση που είχαν πριν την επέμβαση στο μνημείο, ετέθη το ερώτημα της διατήρησής τους ή της ανακύκλωσής τους ως μάρμαρο. Τελικά μετά από πρόταση του γράφοντα μετασχηματίστηκαν σε φέροντα μέλη στη θέση των λίθων της ζωφόρου και σε αντιθήματα. Η εξωτερική εμφανής πλευρά των νέων μελών στη θέση της ζωφόρου κατά τη συναρμογή του θριγκού επενδύθηκαν με τη χυτή γλυπτή επιφάνεια (Εικ. 7).

Στον καθαρισμό των εντορμιών από τα υπολείμματα αρχαίων και νεότερων μεταλλικών στοιχείων και στην τοποθέτηση των νέων συνδέσμων τιτανίου έδειξε ιδιαίτερη επιμέλεια και προσήλωση η μαρμαροτεχνίτρια Φ. Θέου, και στο τέλος της περιόδου οι Β. Βαλσάμου και Ε. Μαζαράκη.

Το έργο της αποκατάστασης της ανωδομής του κλιμακοστασίου εκτελέστηκε από τον εργατοτεχνίτη Χ. Φακάζη με βάση την πρόταση του γράφοντα και υπό την επίβλεψη της Ρ. Χριστοδουλοπούλου. Σε όλη την τελευταία φάση του έργου ο χειρισμός του γερανού τύπου Derrick, έγινε αποκλειστικά από τον ηλεκτρολόγο Γ. Γαϊτη που διεκπεραίωσε όλες τις μετακινήσεις με ασφάλεια.

Οι εργασίες, όπως ήταν αναμενόμενο, είχαν αρκετά ενδιαφέροντα αρχαιολογικά ευρήματα που εμπλουτίζουν τις γνώσεις μας για το μνημείο και την ιστορία του. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται νέα στοιχεία για την αναπαράσταση της αρχικής δομής του θριγκού της δυτικής προστάσεως, τα οποία τεκμηρίωσε και μελέτησε η Ρ. Χριστοδουλοπούλου. Τα νέα δεδομένα οδήγησαν και στη βελτίωση του σχεδίου της αποκατάστασης. Εντυπωσιακή ήταν η ανακάλυψη στην πρώτη φάση του έργου μιας αρχαίας χάλκινης φιάλης με λείψανα ερυθράς χρωστικής στο εσωτερικό της (μίλτος) που χρησιμοποιούνταν στην κατεργασία των εδρών των μαρμάρων. Ανάμεσα στα επιστύλια στην

αδιατάρακτη αρχαία λατύπη βρέθηκαν αρχαία εργαλεία κατεργασίας του μαρμάρου. Κατά την αφαίρεση των κιονοκράνων και ενός σφονδύλου βρέθηκαν τρεις πόλοι και τα εμπόλια, εκ των οποίων αυτά κάτω από το έκτο κιονόκρανο διατηρούνταν σε άριστη κατάσταση. Ακόμη εντοπίστηκαν πολλά στοιχεία και από τις νεώτερες επεμβάσεις της εποχής του Ν. Μπαλάνου, όπως επιγραφές με ονόματα τεχνιτών πάνω στα μάρμαρα ή εγχάρακτες σε μολύβι, χρονολογίες, ενθυμήσεις, ένας μολύβδινος σταυρός, κα.

Από τη συνοπτική αυτή αναφορά στο ολοκληρωμένο έργο αποκατάστασης του Οπισθονάου του Παρθενώνα είναι φανερό ότι ήταν καρπός της αρμονικής συνεργασίας μιας πολυμελούς ομάδας επιστημόνων και τεχνικών (Εικ. 8).

Εικ. 7. Άποψη αντιγράφου της δυτικής ζωφόρου κατά την τοποθέτηση στο μνημείο.

Εικ. 8. Οι συντελεστές του έργου των ετών 2001-2004.

Η εργασία πραγματοποιήθηκε με βάση τις θεωρητικές, γνωστικές και τεχνικές υποδομές που προετοίμασαν οι παλαιότεροι που ξεκίνησαν το έργο του Παρθενώνα στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και ιδιαίτερα του Μ. Κορρέ που σε όλη τη διάρκεια της πολυετούς προσπάθειας υπήρξε πολυτιμότατος δάσκαλος και σύμβουλος. Το σύνολο των εργασιών παρακολούθησε σε όλες τους τις λεπτομέρειες ο πρόεδρος της ΕΣΜΑ καθηγητής Χ. Μπούρας που εμβάθυνε στα προβλήματα, παρείχε καθοδήγηση και η συμβολή του ήταν καθοριστική με τις συζητήσεις που έγιναν επιτόπου, αλλά και για την έγκαιρη λήψη κρίσιμων αποφάσεων. Τέλος στην τελευταία περίοδο του έργου η συμβολή της διευθύντριας της ΥΣΜΑ σε ζητήματα διαχείρισης, προγραμματισμού, αλλά και της ειδικότητας της ως πολιτικού μηχανικού ήταν σημαντική. Σε όλους όσους αναφέρθηκαν παραπάνω και σε όσους τα

ονόματα ίσως παρέλειψα οφείλω θερμότατες ευχαριστίες για την χαρά και την τιμή της συνεργασίας για την εκπλήρωση ενός χρέους μας προς την ιστορία και τον τόπο μας.

Επιστέγασμα της προσπάθειας ήταν η έγκαιρη ολοκλήρωση των εργασιών πριν την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων των Αθηνών το 2004. Το δυτικό τμήμα του Παρθενώνα αποδόθηκε ελεύθερο ικριωμάτων στο κοινό με τη δυτική πρόσταση αποκατεστημένη και τα αντίγραφα της ζωφόρου στη θέση τους (Εικ. 9). Το έργο εγκαινιάστηκε με απλότητα το βράδυ της 27ης Ιουλίου 2004 από τον Πρόεδρο της Δημοκρατίας κ. Κωστή Στεφανόπουλο (Εικ. 10).

Εικ. 9. Η δυτική πρόσταση μετά την ολοκλήρωση των εργασιών αποκατάστασής της (2004).

Εικ. 10. Η ξενάγηση του Προέδρου της Δημοκρατίας Κ. Στεφανόπουλου, της Αναπλ. Υπουργού Πολιτισμού Φ. Πάλλη-Πετραλιά και του προέδρου της ΕΣΜΑ καθ. Χ. Μπούρα στο ολοκληρωμένο έργο (2004).

4.4.3.1 THE RESTORATION OF THE OPISTHONAOS - BRIEF CHRONICLE OF THE WORK

Petros M. Koufopoulos,

Architect, Associate Professor, Department of Architecture, University of Patras

Abstract

The restoration project for the opisthonaos began in the autumn of 1992, after careful planning of the work through implementation of the best available techniques and technology. It was imperative for the sculptures of the west frieze to be lowered immediately and taken to the Museum, and for the thermal deterioration of the columns and their stability, as well as for the problems of dilapidation encountered mostly on the architraves, to be treated properly.

During the restoration, there were theoretical issues explored, which pertained to the replicas of the frieze and the utilization of the architectural members from the restoration by N. Balanos which were replaced by the original ancient members.

The project for the opisthonaos was completed in three distinct phases, the first of which, 1991-1994, involved the preparation and disassembly of the blocks of the west frieze. This was followed by the consolidation and conservation of the columns, while the third phase involved the completion of the disassembly, the completion of the restoration of the architectural members, and, subsequently, the reassembly of the western portico onto which the replicas of the frieze were incorporated.

The responsibilities of the surveying, of the general documentation and of carrying out the architectural study, as well as the supervision of the work, were assigned to the author.

All the members of the ceiling of the west wing and the blocks of the Doric frieze were removed in stages, starting with the south side, continuing with the north side, and ending with the central section.

The objective of the last phase of the project was the completion of the work of disassembling the remaining part of the entablature, two multi-fractured column capitals, and of the fillers of the column capitals that had been set by N. Balanos. This was followed by the structural restoration of the architectural members, the production of replicas of the frieze, and the reassembly of the area of the west portico. The work also brought to light several interesting archaeological findings, such as a copper bottle, marble masonry tools, and wooden connectors.

The crowning of this effort was the timely completion of the work before the beginning of the Olympic Games of Athens in 2004.

List of Figures

Fig. 1. View of the stone blocks of the frieze layer from above. The stone blocks of the southwest corner, where the multiple fragments of block Δ.Ζ.15 are discernible (1992).
Fig. 2. View of stone block ΔΖ.15 during disassembly.
Fig. 3. Transporting stone block Δ.Ζ.9 of the west frieze to the Acropolis Museum (1993).
Fig. 4. Grouting of the 12th drum of the 3rd column.
Fig. 5. View of architrave O.E.7.1 during disassembly.
Fig. 6. The same architrave after the completion of the structural restoration.
Fig. 7. View of replica from the western frieze during setting on the monument.
Fig. 8. The team of professionals working on the project for the years 2001-2004.
Fig. 9. The west portico after the completion of the restorative work on it (2004).
Fig. 10. The tour of the complete work for the President of the Hellenic Republic, K. Stephanopoulos, the Assoc. Minister of Culture, F. Palli-Petralia, and the Chairman of ESMA, Prof. Ch. Bouras (2004).

4.4.3.2. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ: ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ, ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ, ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΥΛΙΩΝ

Ροζαλία Κ. Χριστοδουλοπούλου
Αρχιτέκτων Μηχανικός, ΥΣΜΑ

1. Εισαγωγή

Έχει ήδη προηγηθεί ένα σύντομο ιστορικό των εργασιών της δεύτερης περιόδου (2000-2004) των αναστηλωτικών επεμβάσεων στον Οπισθόναο, ενταγμένο στο συνολικό ιστορικό των νεώτερων επεμβάσεων στη περιοχή αυτή του μνημείου. Ακολουθεί μια αναλυτικότερη παρουσίαση των εργασιών υλοποίησης του προγράμματος ανά χρονική περίοδο, ανά στρώση και είδος εργασιών, όσον αυτές μπορούν να παρουσιασθούν ανεξάρτητα, εφόσον εξελίσσονταν συγχρόνως προϋποθέτοντας προσήλωση αλλά και ευελιξία στην εφαρμογή του χρονοδιαγράμματος.

Ακολουθεί η αναλυτικότερη παρουσίαση των εργασιών αποκατάστασης της στρώσης των επιστυλίων, που αντιμετωπίστηκε εξ' ολοκλήρου στη περίοδο αυτή, με την αποξήλωση, την καταβίβαση και αποκατάσταση των αρχιτεκτονικών μελών της και κατόπιν την ανασυναρμολόγηση τους επί του μνημείου. Η ποικιλία της προέλευσης των μελών, των αναγκών αλλά και των θεωρητικών επιλογών για την όπλιση και τη συμπλήρωση τους οδήγησαν σε μία πρώτη ομαδοποίηση, χαρακτηριστική της αντιμετώπισης παρομοίων προβλημάτων και σε μεταγενέστερα προγράμματα.

2. Σύντομο χρονικό των εργασιών υλοποίησης του προγράμματος

Η δεύτερη περίοδος των εργασιών οργανώθηκε το 2000 και ξεκίνησε ουσιαστικά στις αρχές του 2001 με την καταβίβαση των εναπομεινάντων 2 βόρειων διαζωμάτων (ΟΔΖ 1, ΟΔΖ 2) και 2 λίθων πληρώσεως (ΟΔΖ ΠΛ6, ΟΔΖ ΠΛ7). Η επέμβαση επεκτάθηκε και στους βορειότατους λίθους του δυτικού τοίχου, στην συμβολή με την βόρεια πλευρά της πρόστασης, στο διάζωμα (ΔΤΖ 1) και τους 3 ανατολικά του ευρισκόμενους λίθους πληρώσεως (ΟΔΖ ΠΛ8, ΔΤ20 ΠΛ1, ΔΤ21 ΠΛ1)[1].

Μόλις ολοκληρώθηκε η ενίσχυση των υπαρχόντων ικριωμάτων τον Απρίλιο του 2001 στην ΝΔ γωνία, δρομολογήθηκε η αποξήλωση της στρώσης των επιστυλίων, αρχής γενομένης από το εξωτερικό μέλος της νότιας πλευράς της πρόστασης. Όπως διαπιστώθηκε εκ των υστέρων, το επιστύλιο (ΟΕ 7.1) είχε αναρτηθεί (κατά τις εργασίες συντήρησης του 1970), από το βόρεια του εφαπτόμενο μέλος με μπρούτζινη ράβδο, γεγονός που δυσχέραινε την αποξήλωση του. Μαζί

[1] Βλ. Αναφορά Π.Κουφόπουλου 23/2/2001, όπου ζητήθηκε η έγκριση για την καταβίβαση των ΔΤΖ1, ΒΤΕ20 και ΔΤ21 ΠΛ1.

αποξηλώθηκε και το ανατολικότερο επίτοιχο επιστύλιο της βόρειας πλευράς (ΒΤΕ 20), το οποίο και αποφασίστηκε να επανατοποθετηθεί στο μνημείο κατά την συμπλήρωση του βόρειου τοίχου του σηκού. Τα εσωτερικά επιστύλια της ΝΔ γωνίας (ΟΕ7.2, ΟΕ7.3, ΟΕ6.3, ΟΕ6.2) αποσπάσθηκαν σε πολυάριθμα τεμάχια που είχαν προκύψει από την διόγκωση των μεταλλικών συνδέσμων στην καταπονημένη από την αρχαία πυρκαγιά μάζα τους και τα οποία συγκρατούνταν μεταξύ τους με σφραγίσεις τσιμεντοκονιάματος και καρφίδες, εδραζόμενα στους τοίχους του μεσαιωνικού κλιμακοστασίου. Τα μικρά και μεγάλα θραύσματα συγκεντρώνονταν αριθμημένα από τους συντηρητές, ώστε να επανασυγκολληθούν στα αποκατεστημένα δομικά μέλη ως τμήματα ενός μωσαϊκού.

Μέχρι το καλοκαίρι η αποξήλωση είχε επεκταθεί στα μέσα της δυτικής πλευράς (ΟΕ5.1, ΟΕ 5.2, ΟΕ 5.3), το φθινόπωρο συνεχίστηκε προς τα βόρεια (ΟΕ4.1, ΟΕ4.2,ΟΕ 4.3, ΟΕ3.3) και στο τέλος του έτους μέχρι την ΒΔ γωνία.

Τον Ιανουάριο του 2002 ολοκληρώθηκε η αποξήλωση όλων των επιστυλίων με την καταβίβαση και των δυτικών μελών της ΒΔ γωνίας (ΟΕ 2.3, ΟΕ 2.2, ΟΕ2.1) τα κατασκευασμένα από τον Μπαλάνο[2] και των 3 βόρειων (ΟΕ 1.3, 1.2, 1.1), τα οποία έχρηζαν και των ελαχίστων επεμβάσεων αποκατάστασης. Κατά την αποξήλωση κάθε τριάδας επιστυλίων γινόταν προσπάθεια να ακολουθείται ο κανόνας της έναρξης της αποξήλωσης από το ανατολικό εσωτερικό μέλος, το οποίο μετακινείτο προς το εσωτερικό της πρόστασης με ζεύγος αρπαγών, ώστε να περαστούν οι ιμάντες αναρτήσεως και να καταβιβασθεί με τον γερανό. Κατόπιν αποσπόταν το μεσαίο μέλος που μετακινείτο προς τα ανατολικά, ώστε να περασθούν ιμάντες στο εξώτατο που καταβιβαζόταν πριν από το μεσαίο, ώστε τα κιονόκρανα να παραμένουν κεντρικά φορτισμένα. Όσα επιστύλια δεν αποξηλώθηκαν διασπασμένα σε μικρότερα θραύσματα, εξασφαλίστηκαν προηγουμένως με μεταλλικές δοκούς και ιμάντες, ώστε να μην διανοιχθούν κατά την ανάρτηση τους.

Λόγω της κακής κατάστασης διατήρησης τους, επεμβάσεις κατά χώραν δέχθηκαν και τα άμεσα συσχετιζόμενα με αυτά της πρόστασης βορειότατα επιστύλια του δυτικού τοίχου (ΔΤΕ 1και ΔΤΕ 2). Συγχρόνως με την αποξήλωση άρχισε και η δομική αποκατάσταση και συμπλήρωση με νέο μάρμαρο των καταβιβασθέντων μελών στο έδαφος. Η αποκατάσταση των μελών άρχισε από αυτά της βορειοδυτικής γωνίας, τα οποία και θα επανατοποθετούνταν πρώτα στο μνημείο, ενώ η αποκατάσταση των πολυθρυμματισμένων επιστυλίων, όπως αυτά της εσωτερικής ΝΔ γωνίας, ολοκληρώθηκε την άνοιξη του 2004. Σχετικά με τις επιλογές για τον τρόπο της δομικής αποκατάστασης τους και τα προβλήματα κατά την εφαρμογή των μελετών, ακολουθεί αναλυτική περιγραφή, απαραίτητη πιστεύουμε για την κατανόηση των δυσκολιών αντιμετώπισης ενός τόσο μεγάλου σε έκταση και σύνθετου αναστηλωτικού προβλήματος.

[2] Προτείνεται η έκθεση τους μαζί με το υπερκείμενο, επίσης νέο τμήμα του θριγκού, ως ενδεικτικά της αρχαίας δομής αλλά και τη πρώτης αναστηλωτικής προσπάθειας του Μπαλάνου στον Παρθενώνα.

Μετά την αφαίρεση όλων των επιστυλίων και την διαπίστωση της έντονης ταλάντωσης των δύο μεσαίων κιόνων, αποφασίστηκε η διεξαγωγή δοκιμαστικών φορτίσεων, για να ελεγχθεί η στατική επάρκεια των κιόνων, που πραγματοποιήθηκαν για τους 4 βορειότερους, κατά το έτος 2002, (βλ. σχετικό κεφάλαιο στο παρόν, υπό της πολ. Μηχ. του έργου Ε.Τουμπακάρη).

Κατά το έτος 2002, άρχισε και η αποκατάσταση των ανώτερων τμημάτων των κιόνων με την ενεμάτωση των ανώτατων σφονδύλων των 4 βορειότερων κιόνων (ΟΚ1.11, ΟΚ2.12, ΟΚ3.12, ΟΚ4.12) και την αποκατάσταση των κιονοκράνων (Σχ.11*). Αν και υπήρχε απόφαση του ΚΑΣ για την καταβίβαση και των 6 κιονοκράνων, έγινε προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η επέμβαση, κυρίως σε περιοχές όπου δεν είχε διαταραχθεί η σχέση των μελών με τους υποκείμενους σφονδύλους.

Έτσι, το κιονόκρανο του 2ου κίονα (ΟΚΚ 2) αποκαταστάθηκε επιτόπου με την συγκόλληση των τμημάτων που προέκυψαν μετά την αφαίρεση των συνδέσμων Μπαλάνου και την αντικατάσταση του ορειχάλκινου εντατήρα που είχε τοποθετηθεί στις επεμβάσεις συντήρησης του 1971 στον εχίνο του κιονοκράνου, στη θέση αντίστοιχου Μπαλάνειου, με νέο από τιτάνιο. Εξαιρετικά χρονοβόρα αποδείχτηκε η αποκατάσταση του κιονοκράνου του 3ου κίονα (ΟΚΚ3), με την επιτόπου συγκόλληση - ουσιαστικά το «κτίσιμο» - των πολυάριθμων θραυσμάτων της ανατολικής περιοχής του και την τοποθέτηση δοκού από τιτάνιο στην θέση αντίστοιχης μεταλλικής, τοποθετημένης από τον Μπαλάνο (Εικ. 1).

Στα κιονόκρανα του 1ου (ΟΚΚ 1) και 4 ου κίονα (ΟΚΚ 4) επανασυγκολλήθηκαν με ράβδους τιτανίου τα συμπληρωματικά τμήματα από νέο μάρμαρο που είχε τοποθετήσει ο Μπαλάνος, μετά τη καταβίβαση τους στο έδαφος ώστε η διάτρηση για τη συγκόλληση τους που πραγματοποιήθηκε επιτόπου με τα αρχαία τμήματα να γίνει με μεγάλη ακρίβεια[3] (Εικ.2).

Εικ. 1. Η επιτόπου ανασύσταση του κιονοκράνου ΟΚΚ3.

Εικ. 2. Το συμπλήρωμα του κιονοκράνου ΟΚΚ4 προς επανασυγκόλληση.

[3] Επιπλέον και για διανοιχθούν στα Μπαλάνεια συμπληρώματα η ελλείπουσες εντορμίες των εμπολίων.

* *Βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενο σχέδιο 11.*

Κατά την αποξήλωση των κιονοκράνων του 5ου και 6ου κίονα και του ανώτατου σφονδύλου του 5ου που έχρηζε εκτεταμένης αποκατάστασης, αποκαλύφθηκαν, τα αρχαία ξύλινα εμπόλια με τους πόλους στο εσωτερικό τους εκ των οποίων αυτό κάτω από το ΟΚΚ5, διατηρημένο σε άριστη κατάσταση[4].

Το 2003 ολοκληρώθηκε η αποκατάσταση του καταβιβασθέντος ανώτατου σφονδύλου του 5ου κίονα (ΟΚ5.12), με την τοποθέτηση ελκυστήρα από τιτάνιο στην θέση αυτού που είχε τοποθετήσει ο Μπαλάνος. Μετά από επιτόπου ενεμάτωση των υποκείμενου σφονδύλου (ΟΚ5.11), έγινε η επανατοποθέτηση του στο μνημείο. Στον νοτιότατο κίονα, έγινε επιτόπου συγκόλληση με ράβδους τιτανίου μεγάλων θραυσμάτων στον ανώτατο σφόνδυλο (ΟΚ6.11) και ενεμάτωση στον υποκείμενο του (ΟΚ6.11). Στα καταβιβασθέντα νοτιότατα κιονόκρανα ΟΚΚ5 και ΟΚΚ6 εκτός απο την συγκόλληση των αρχαίων μερών τους ή και του ένθετου συμπληρωμάτος του Μπαλάνου που διατηρήθηκε στο ΟΚΚ 5 (Εικ. 3), έγινε και η συμπλήρωση των καμένων εσωτερικών γωνιών τους με νέο μάρμαρο, ώστε τα υπερκείμενα επιστύλια να εδράζονται αυτοτελώς. Στα συμπληρώματα μορφοποιήθηκε άβακας και απλοποιημένος εχίνος, χωρίς ιμάντες (Εικ. 4, 8).

Εικ. 3. Η συμπλήρωση του κιονοκράνου ΟΚΚ5.

Σε όλα τα συμπληρώματα από νέο μάρμαρο που επανασυγκολλήθηκαν στα αρχαία κιονόκρανα διανοίχθηκαν εντορμίες για την τοποθέτηση εμπολίων από τιτάνιο μεταξύ αυτών και των υποκείμενων σφονδύλων. Εμπόλια τοποθετήθηκαν και στις αντίστοιχες εντορμίες μεταξύ των σφονδύλων, ώστε τα αποκατεστημένα μέλη να συνδεθούν μεταξύ τους σύμφωνα με την αρχαία τακτική.

Ολοκληρώνοντας την περιγραφή της αποκατάστασης επιστυλίων και κιονοκράνων αξίζει να αναφέρουμε την εξαιρετική εργασία της λάξευσης των συμπληρωμάτων στα κιονόκρανα και των κανόνων με τις σταγόνες στα εξωτερικά επιστύλια, από τις νέους μαρμαροτεχνίτες του συνεργείου[5] υπό την καθοδήγηση του αρχιμάστορα Σ.Καφούρου και του βοηθού του Γ.Αγγελόπουλου (Εικ. 4, 5).

[4] Είχαν διατηρηθεί ακόμα και η σκόνη για την ενσφήνωση των ξύλινων στοιχείων, όπως και οι σημείες και τα ίχνη τορναρίσματος.

[5] Τον Γιώργο Σκαλκώτο κυρίως στα κιονόκρανα και τον Αλέξη Χουσάκο κυρίως στα επιστύλια.

Εικ. 4. Η λάξευση του συμπληρώματος του κιονοκράνου ΟΚΚ5 (Γ. Σκαλκώτος)

Εικ. 5. Η λάξευση των σταγόνων του συμπληρώματος του επιστυλίου ΟΕ 4.1 (Α. Χουσάκος)

Η ανασύσταση της στρώσης των επιστυλίων, ξεκίνησε από την βόρεια πλευρά της πρόστασης με την επανατοποθέτηση των επιστυλίων της ΒΔ γωνίας (ΟΕ 1.1, ΟΕ 1.2, ΟΕ 1.3, ΟΕ 2.3, ΟΕ 2.2)) το καλοκαίρι του 2002 (Σχ.11). Προηγήθηκε η αποκατάσταση του επικράνου της βόρειας παραστάδας (ΒΔΠΑ 17) του δυτικού τοίχου - με την απόσπαση, καθαρισμό και συγκόλληση μεγάλου τμήματος της -, όπως και του βορειότατου επιστυλίου (ΔΤΕ 1) του θυραίου τοίχου, που παρουσίαζε έντονο θρυμματισμό της γωνίας που συνδεόταν με το εσωτερικό βόρειο επιστύλιο.

Ακολούθησε η τοποθέτηση των μελών των δύο νοτιότερων μετακιονίων ΟΕ 3 και ΟΕ 4, το καλοκαίρι του 2003. Αυτά δε της ΝΔ γωνίας (ΟΕ 5.1, ΟΕ 5.2, ΟΕ 5.3, ΟΕ 7.1, ΟΕ7.2, ΟΕ7.3), πήραν την τελική τους θέση μετά από αρκετές δοκιμαστικές τοποθετήσεις με σχετική καθυστέρηση στο 2004, αφού βασική προϋπόθεση ήταν η επανατοποθέτηση των δύο νοτιότατων κιονοκράνων.

Η επανασυναρμολόγηση των επιστυλίων αν και ως διαδικασία ήταν ασφαλέστερη και ταχύτερη από αυτή της αποξήλωσης, απαιτούσε αποφάσεις για τη νέα γεωμετρία του θριγκού που θα προέκυπτε, δεδομένης της παραμένουσας απόκλισης των κιόνων και ως εκ τούτου και της προκύπτουσας παραμόρφωσης του θριγκού. Βασική αρχή ήταν να καταβληθεί προσπάθεια μικρής άρσεως των παραμορφώσεων στο βαθμό που το επέτρεπαν τα κενά των εντορμιών γόμφων και συνδετήρων. Έτσι, κατά την επανατοποθέτηση των μελών δόθηκε προτεραιότητα στην ακολουθία των αρχαίων σημειών *που διακρίνονταν στην άνω επιφάνεια των κιονοκράνων και όριζαν την θέση της δυτικής και νότιας επιφάνειας των επανατοποθετηθέντων επιστυλίων* και στην πλήρη εφαρμογή των ταινιών αναθύρωσης στο κάτω μέρος των εσωτερικών επιφανειών τους, ώστε από κάτω, σε κάθε μετακιόνιο, να διακρίνονται ελάχιστα οι αρμοί μεταξύ των μελών (Εικ. 7).

Αν και επιχειρήθηκε η νέα καμπύλη που θα ακολουθούσαν σε κάτοψη τα επιστύλια να είναι πιο συμμετρική από την αρχική, η παρουσία εμφανών κατακόρυφων αρμών μεταξύ των μελών της εσωτερικής ανατολικής στρώσης ήταν αναπόφευκτη. Επίσης έγινε προσπάθεια το συνολικό πάχος

του τριμερούς επιστυλίου να είναι το ίδιο σε όλα τα μεταξόνια, αν και αυτό δεν υπήρξε δυνατόν στις θέσεις όπου είχαν παραμείνει τα παχύτερα Μπαλάνεια μέλη (Εικ. 6).

Εικ. 6. Η επανατοποθέτηση του μπαλανείου επιστυλίου ΟΕ4.3.

Εικ. 7. Η επανατοποθέτηση του επιστυλίου ακολουθεί τις αρχαίες σημείες.

Η επανατοποθέτηση έγινε με την πρωτοποθέτηση σε κάθε μεταξόνιο του εξωτερικού δυτικού και κατόπιν του μεσαίου και εσωτερικού λίθου. Κρίσιμα για την θέση των υπολοίπων αποδείχθηκαν τα εσωτερικά επιστύλια της ΒΔ και ΝΔ γωνίας που έπρεπε να συμβάλουν χωρίς αποκλίσεις, στον κατακόρυφο αρμό τους, ακολουθώντας την παραμένουσα παραμόρφωση. Για τον λόγο αυτό και τοποθετήθηκαν στην οριστική τους θέση μετά από αρκετές δοκιμαστικές τοποθετήσεις

Στις αρχές του 2004 λοιπόν επανατοποθετήθηκαν και τα 2 νοτιότατα κιονόκρανα (ΟΚΚ5, ΟΚΚ6), αφού αποξηλώθηκαν οι ανώτατοι λίθοι του δυτικού τοίχου του μεσαιωνικού κλιμακοστασίου που είχαν ενσφηνωθεί τις ελλείπουσες γωνίες τους (Σχ.11, Εικ.8).

Ήδη τον Απρίλιο του 2002, επί των επιστυλίων που μόλις είχαν επανατοποθετηθεί στην ΒΔ γωνία της πρόστασης, άρχισε συγχρόνως και η ανασύσταση της στρώσης των διαζωμάτων και των λίθων πληρώσεως, αρχικά στη συμβολή με τον δυτικό τοίχο και κατόπιν στη βόρεια πλευρά και στην εσωτερική ΒΔ γωνία (Σχ.11). Τα αρχαία διαζώματα της δυτικής πλευράς που προβλεπόταν από την μελέτη να επανέλθουν στο μνημείο, είχαν ήδη αποκατασταθεί δομικά απο την 1η φάση του έργου (ΟΔΖ3, ΟΔΖ4), αλλά παρέμενε σε εκκρεμότητα η τελική απόφαση για την τύχη των διαζωμάτων που είχε κατασκευάσει και τοποθετήσει ο Μπαλάνος στην εσωτερική πλευρά της πρόστασης.

Σύμφωνα με τη νέα μελέτη (βλ. ΝΕΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ στο παρόν), τα νέα μέλη προέκυψαν διαφοροποιημένα σε αριθμό και διαστάσεις (Εικ. 9). Ας σημειωθεί, ότι το συμπλήρωμα από νέο μάρμαρο που προέκυψε για το ΟΔΖ5 συγκολλήθηκε μόνο με κονίαμα στο αρχαίο τμήμα, ενώ αυτό

του ΟΔΖ6 αντιμετωπίστηκε ως ξεχωριστό μέλος, λόγω του μεγάλου μήκους του και της δεδομένης καμπυλότητας του μετώπου των διαζωμάτων.

Εικ. 8. Επανατοποθέτηση του συμπληρωμένου κιονοκράνου ΟΚΚ5.

Εικ. 9. Η τοποθέτηση του νέου διαζώματος ΟΔΖ 7.

Ένα άλλο θέμα που επανεξετάστηκε ήταν η μορφή των αντιγράφων των λίθων της δυτικής ζωφόρου. Κατόπιν νέας εισήγησης του τεχνικού συμβούλου Π.Κουφοπούλου[6], αποφασίστηκε απο την ΕΣΜΑ η διμερής κατασκευή τους που είχε παρουσιασθεί και στην αρχική μελέτη[7]. Στην δυτική όψη θα τοποθετούνταν λοιπόν αντίγραφα της εξωτερικής γλυπτικής επιφάνειας των αρχαίων μελών από τεχνητό λίθο πάχους 10εκ., την σύσταση του οποίου μελέτησε η πολ. Μηχ του έργου Ε.Τουμπακάρη, και μετά από κενό 2 εκ. στο υπόλοιπο του πάχους του αρχικού λίθου, τα πίσω μέρη, ως αντιθήματα, κατασκευασμένα από νέο μάρμαρο. Τα δύο μέρη θα συνδέονταν μόνο στην νότια πλευρά τους με 2 ανοξείδωτα συνδετήρια[8] (Εικ. 10). Με τον τρόπο αυτό τα χυτά τμήματα θα μπορούσαν μελλοντικά να αφαιρεθούν και να αντικατασταθούν, αρχής γενομένης από την ΝΔ γωνία, χωρίς να απαιτηθεί η αποξήλωση των υπερκείμενων στρώσεων. Το μέλος της ΒΔ γωνίας (ΒΔΖ) κατασκευάστηκε εξολοκλήρου χυτό, όπως και τα δύο νότια (NZ 46, NZ 45) ενώ αυτό της ΝΔ γωνίας (ΝΔΖ) χυτεύτηκε με ειδικό τρόπο, γωνιόσχημο, ώστε να δεχθεί και μαρμάρινο τμήμα στα βόρεια του[9].

[6] Βλ. Εισήγηση προς την ΕΣΜΑ «Αποκατάσταση της δυτικής Προστάσεως του Παρθενώνα (επιστύλια και αντίγραφα της ζωφόρου)» αρ.πρ.1595, 17/10/2001 και εγκριτική απόφαση της ΕΣΜΑ συνεδρ. Αρ.22 της 18/10/2001.

[7] Κουφόπουλος 1994, 92.

[8] Τα συνδετήρια θα βιδώνονταν εντός μεταλλικών παρεμβλημάτων ενσωματωμένων στο χυτό τμήμα και εντός εντορμιών, διανοιγμένων στο μαρμάρινο.

[9] Ο ανατολικότερος λίθος της νότιας πλευράς (NZ 44) όπως και ο υπερκείμενος θράνος του (ΝΘΣ 45) δεν θα τοποθετούνταν σε αυτή την φάση επί του μνημείου, εφόσον δεν είχαν που να εδρασθούν.

Ορισμένα από τα πίσω μέρη των λίθων της ζωφόρου διαμορφώθηκαν από τα 6 Μπαλάνεια διαζώματα που δεν πληρούσαν τις διαστάσεις της νέας μελέτης και παρέμεναν εκτός μνημείου, ενώ τα υπόλοιπα κατασκευάστηκαν από νέο μάρμαρο. Η διαμόρφωση των 8 επιπλέον πίσω μερών της ζωφόρου και των 4 νέων διαζωμάτων που προέκυψαν από τη μελέτη ανατέθηκε, λόγω έλλειψης χρόνου, σε εξωτερικό συνεργάτη (εταιρεία VENUS), που επίσης καθυστέρησε την παράδοση κατά 3 τουλάχιστον μήνες, λόγω της δυσκολίας ανεύρεσης και κοπής των απαιτούμενων μεγάλων όγκων λευκού μαρμάρου για τα μεσαία επιμήκη διαζώματα (μήκους 2 και 4,3μ.) στα λατομεία του Διονύσου (Εικ.9).

Η κατασκευή των χυτών τμημάτων της ζωφόρου με ανοξείδωτο οπλισμό εσωτερικά και ειδικό τσιμεντοκονίαμα, σε υφή και χρώμα που αποφασίστηκαν από ειδική επιτροπή ανάμεσα σε αρκετά χυτά δείγματα, πραγματοποιήθηκε από το συνεργείο των εκμαγέων της Α΄ ΕΠΚΑ. Διήρκεσε ένα χρόνο, με την χύτευση του τελευταίου ΝΑ λίθου (NZ 44), τον Μάιο του 2004. Είχε προηγηθεί κατά το 2002, η κατασκευή των μεταλλικών πλαισίων για την χύτευση των καλουπιών σε εξωτερικό εργαστήριο, βάσει σχεδίων βασισμένων στις αποτυπώσεις των αρχαίων μελών που ήσαν στρεβλά[10], λόγω της έντονης καμπυλότητας που παρουσίαζε η δυτική πλευρά, ώστε κατά την τοποθέτηση των νέων λίθων να κλείνουν οι μεταξύ τους αρμοί.

Με καθυστέρηση 2 μηνών από την τοποθέτηση του βορειότατου διαζώματος (ΟΔΖ 3), έγινε δυνατή η τοποθέτηση των 2 πρώτων χυτών μελών της ΒΔ γωνίας (ΒΔΖ και ΔΖ 2), τα οποία προεξείχαν έντονα σε κάτοψη προς τις εσωτερικές γωνίες της περίστασης και είχαν αρμούς μεταξύ τους μέχρι και 2 εκ., εξαιτίας της εξώθησης της γωνίας προς τα ΒΔ (Σχ.11). Τα υπόλοιπα μέλη της ζωφόρου ακολούθησαν κατά την τοποθέτηση τους πιο ομαλή καμπύλη, αντίστοιχη αυτής των επιστυλίων, με τα δυτικά μέτωπα τους να ακολουθούν όπου ήταν δυνατόν το ίχνος του αναγλύφου τους στην πάνω έδρα των δυτικών επιστυλίων. Αρχικά τοποθετούνταν τα διαζώματα, ακολουθώντας τις αρχαίες σημείες πάνω στα εσωτερικά επιστύλια, κατόπιν τα μαρμάρινα πίσω μέρη των αντίστοιχων μελών της ζωφόρου - σε σταθερή απόσταση από το διάζωμα - και τέλος στα δυτικά τους, τα χυτά μέρη (Εικ. 11). Μέχρι το τέλος του 2003 είχαν τοποθετηθεί τα 5 βορειότερα (επιπλέον ΟΔΖ 4, ΟΔΖ5, ΟΔΖ6??, και ΔΖ3, ΔΖ4, ΔΖ5), την άνοιξη του 2004 τα επόμενα 7 (ΟΔΖ6, ΟΔΖ7, ΟΔΖ8 και ΔΖ6 έως ΔΖ12), και έως τον Ιούνιο τα υπόλοιπα μέλη της στρώσης (ΟΔΖ9, ΟΔΖ11, ΟΔΖ14, ΟΔΖ13,ΟΔΖ12 και ΔΖ13, ΔΖ14, ΔΖ15, ΝΔΖ, ΝΖ46, ΝΖ45). Πρόσθετοι λίθοι πληρώσεως κατασκευασμένοι από νέο μάρμαρο, που λειτουργούσαν ως αποστάτες μεταξύ διαζωμάτων και ζωφόρου, τοποθετήθηκαν εκτός των προβλεπομένων (ΟΔΖ ΠΛ5, -6, -7 βόρεια και ΟΔΖ ΠΛ1, -2, -3, -4) στην ΒΔ γωνία (ΟΔΖ ΠΛ5α) και το μέσον της πλευράς (ΟΔΖ ΠΛ4α) (Σχ. 11). Ας σημειωθεί η

[10] Την σχεδίαση και την παρακολούθηση του έργου είχε η γράφουσα.

μεγάλη δυσκολία τέλειας προσαρμογής των κατακόρυφων αρμών των μελών κυρίως στο νότιο άκρο της δυτικής πλευράς, όπου χρειάστηκαν επάλληλες απολαξεύσεις μετά δοκιμαστικές τοποθετήσεις.

Εικ. 10. Η συναρμογή της χυτής πρόσοψης με το μαρμάρινο πίσω μέρος.

Εικ. 11. Επανατοποθέτηση των θράνων συγχρόνως με τον υπόλοιπο θριγκό.

Αντίστοιχη πορεία επανατοποθέτησης ακολούθησαν και οι θράνοι, οι περισσότεροι των οποίων είχαν ήδη αποκατασταθεί στη 1η φάση, μετά από πρόσθετη συντήρηση της επιφανείας τους και συμπληρώσεις από νέο μάρμαρο κυρίως στις ελλείπουσες περιοχές των γόμφων και στις αποξηλωμένες συμπληρώσεις από τσιμέντο του αρχαίου κυματίου τους (παπαγαλάκι)[11] (Σχ.11, Εικ.11).

Καθοριστικής σημασίας για την επανατοποθέτηση τους αποδείχθηκε η θέση των γωνιακών μελών (ΒΔΘΣ και ΝΔΘΣ), που παγιώθηκε μετά από σειρά δοκιμαστικών τοποθετήσεων, όπως και του μεσαίου της στρώσης (ΔΘΣ14). Η καμπύλη που θα ακολουθούσαν τα δυτικά μέτωπα, χωρίστηκε θεωρητικά σε 6 ευθύγραμμα τμήματα σύμφωνα με τις θλάσεις της καμπύλης των επιστυλίων. Στα κεντρικά τμήματα οι αρμοί μεταξύ των μελών ήσαν μηδενικοί, ενώ στα άκρα έφταναν μέχρι και τα 2 εκ. στο εσωτερικό μέτωπο. Η τοποθέτηση κάθε θράνου γινόταν μετά από απολάξευση, όπου χρειαζόταν, της άνω επιφάνειας των υποκείμενων νέων μελών της ζωφόρου και των διαζωμάτων, ώστε αυτός να εδράζεται οριζόντια και σε συγκεκριμένη στάθμη από το υποκείμενο επιστύλιο.

[11] Βλ. Πρακτικά 16ης συνεδριάσεως της ΕΣΜΑ, της 14/7/1994, όπου εγκρίθηκε η αντικατάσταση των τσιμέντινων συμπληρωμάτων με μαρμάρινα.

Στο βορειότατο άκρο της δυτικής πλευράς διατηρήθηκε η σειρά τοποθέτησης που είχε ακολουθήσει ο Μπαλάνος, αν και αποδείχθηκε μετά από νέα μελέτη, ότι η αρχική σειρά των μελών ήταν εν μέρει διαφορετική (βλ. ΜΕΛΕΤΗ ΘΡΑΝΩΝ, στο παρόν). Μετά τον Απρίλιο του 2004, η επανατοποθέτηση των θράνων διακόπηκε μέχρι να τοποθετηθεί ο γωνιαίος ΝΔ λίθος, που θα αποτελούσε οδηγό για τους υπόλοιπους, ενώ πραγματοποιείτο η εξυγίανση και ανασύνδεση των μελών (ΔΤΕ5, ΔΤΖ 5, ΔΤ ΠΛ21.5) στην συμβολή νότιας πλευράς και δυτικού τοίχου, όπου έγιναν εργασίες επιτόπου, αφού καταβιβάστηκε ο νοτιότατος θράνος (ΟΘΣ17).

Συγχρόνως με την συμπλήρωση της στρώσης προς νότον, τα ανατολικά μέτωπα των περισσοτέρων τοποθετημένων θράνων που είχαν συμπληρωθεί με νέο μάρμαρο, και παρουσίαζαν μικροδιαφορές στην μορφοποίηση τους, απολαξεύτηκαν επιτόπου ως εννιαίο μέτωπο.

Τέλος τον Μάρτιο του 2004, μετά από συντήρηση της επιφάνειας της, τοποθετήθηκε επί των βορείων θράνων η βόρεια επίτοιχη δοκός (ΟΗΔ 1), μετά από επάλληλες δοκιμαστικές τοποθετήσεις, ώστε να ακολουθηθούν οι αρχαίες σημείες και τα ίχνη των θραύσεων των υποκείμενων μελών, που είχαν αποτυπωθεί στην επιφάνεια έδρασης της (Σχ.11). Η αντίστοιχη νότια δοκός (ΟΗΔ 2) πριν τοποθετηθεί επί του μνημείου στο τέλος του προγράμματος, διανοίχθηκε σε δύο μέρη ακολουθώντας υπάρχουσα ρωγμή, και συγκολλήθηκε εσωτερικά με διαμήκεις οπλισμούς (Εικ. 12).

Εικ. 12. Επανατοποθέτηση της νότιας επίτοιχης δοκού.

Για την σύνδεση όλων των ανασυναρμολογημένων αρχιτεκτονικών μελών επί του μνημείου, χρησιμοποιήθηκαν οι αρχαίες εντορμίες - όπου αυτές σώζονταν σε σχετικά καλή κατάσταση - εντός

των οποίων τοποθετήθηκαν σύνδεσμοι ίδιας μορφής με τους αρχαίους, που διαμορφώθηκαν από τιτάνιο, μετά όμως από νέους υπολογισμούς (Εικ. 13). Στις υπόλοιπες περιπτώσεις, είτε χρησιμοποιήθηκαν αυτές που είχαν διανοιχθεί πλησίον τους από τον Μπαλάνο (όπως στην περίπτωση των θράνων), είτε οι καταπονημένες αρχαίες, όπου όμως οι τυπικοί σύνδεσμοι που τοποθετήθηκαν ενισχύθηκαν στις κεφαλές τους με βλήτρα (Εικ. 14). Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όπως στην σύνδεση των εξωτερικών ΝΔ επιστυλίων, σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν ειδικού τύπου σύνδεσμοι.

Εικ. 13-14. Σύνδεσμος από τιτάνιο τύπου 2/πλού του απλός και ειδικού τύπου με καρφίδες.

Οι σύνδεσμοι μετά την τοποθέτηση τους εντός των εντορμιών σφραγίζονταν με τσιμεντοκονίαμα που περιείχε λεπτή χαλαζιακή άμμο, ενώ όλοι οι αρμοί μεταξύ των μελών - οριζόντιοι και κατακόρυφοι - έκλειναν με κονίαμα που περιείχε πιό χονδρή χαλαζιακή, πάνω σε ελαστικό υλικό (Εικ. 13). Η σφράγιση των αρμών, εκτός από την στοιχειώδη στεγάνωση που προσέφερε, θα λειτουργούσε και σαν αποστάτης σε τυχόν μετακινήσεις των μελών μεταξύ τους, κυρίως σε περίπτωση σεισμού.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε και η σφράγιση με κονίαμα όλων των κοιλοτήτων στην άνω επιφάνεια θράνων, που αποτελεί και την ανώτατη ελεύθερη επιφάνεια της ανωδομής της πρόστασης.

Τέλος, πατιναρίστηκαν και όλα τα νέα μάρμαρα σε όλες τις ανασυστημένες στρώσεις, με αμφίβολο όμως αισθητικό αποτέλεσμα.

2.1. Μεσαιωνικό κλιμακοστάσιο

Αυτοτελές έργο αλλά προαπαιτούμενο για την τοποθέτηση των εσωτερικών ΝΔ επιστυλίων, υπήρξε η εξυγίανση της ανωδομής του σωζομένου μεσαιωνικού κλιμακοστασίου, όπως και η κατασκευή δοκού απο οπλισμένο σκυρόδεμα, μεταξύ του κοχλία και του εσωτερικού νότιου

επιστυλίου. Η δοκός θα λειτουργούσε ως υπέρθυρο, απαραίτητο για την διαμόρφωση ανοίγματος ώστε να είναι προσεγγίσιμο απο το εσωτερικό του κλιμακοστασίου, το επίκρανο της νότιας παραστάδας με το σωζόμενα ίχνη ζωγραφικού διακόσμου.

Η στεγάνωση της ανωδομής με φύλλα μολύβδου πάνω σε νέο υλικό πλήρωσης των κενών περιμετρικά του κοχλία, που σφηνώθηκαν κάτω απο την ανώτατη στρώση των τοίχων του κλιμακοστασίου των κατασκευασμένων απο αρχαίο υλικό, όπως και η συμπλήρωση με νέο μάρμαρο των δύο κιονοκράνων, που όριζαν τις γωνίες, απαίτησε την εκ νέου δόμηση των ανωτέρων στρώσεων τους (Εικ. 15-16). Οι αρχαίοι λίθοι που δεν χώρεσαν, λόγω της ένθεσης των συμπληρωμάτων των κιονοκράνων, αντικαταστάθηκαν απο 3 μικρότερους σε μήκος, κατασκευασμένους απο νέο μάρμαρο, ενώ όλοι συνδέθηκαν μεταξύ τους με ασβεστοκονίαμα. Το έργο θα συνεχισθεί στο μέλλον με την επέκταση της εξυγίανσης και κάτω απο τις σωζόμενες ανώτερες βαθμίδες.

Εικ. 15. Αναδιάταξη λίθων ανώτερων δόμων στον δυτικό τοίχο του κλιμακοστασίου.

Εικ. 16. Αναδιάταξη λίθων ανώτερων δόμων στον νότιο τοίχο.

3. Η αποκατάσταση των επιστυλίων

3.1. Ομαδοποίηση των επιστυλίων

Σύμφωνα με την κατάσταση διατήρησης των επιστύλιων και τις ανάγκες του αναστηλωτικού προγράμματος όπως διαπιστώθηκαν μετά την αποξήλωση τους, καθώς και τις αρχικές σκέψεις που είχαν διατυπωθεί στη συνολική πρόταση αποκαταστάσεως του Οπισθονάου του Παρθενώνα[12], τα επιστύλια που θα επανέρχονταν αποκατεστημένα στο μνημείο διακρίνονταν σε 3 βασικές ομάδες :

[12] βλ. και Π.Κουφόπουλος ,1994, 91.

ΟΜΑΔΑ Α. Τα αρχαία μέλη που καταβιβάστηκαν από το μνημείο Ο.Ε 7.1, Ο.Ε 7.2, Ο.Ε 7.3, Ο.Ε 6.1, Ο.Ε 6.2, Ο.Ε 6.3, Ο.Ε 5.1, Ο.Ε 5.2, Ο.Ε 4.1, Ο.Ε 3.1, Ο.Ε 3.2, Ο.Ε 3.3, Ο.Ε 1.1, Ο.Ε 1.2, Ο.Ε 1.3 και ΒΤΕ 20. Τα μέλη αυτά σύμφωνα με τις ανάγκες συμπλήρωσης και αποκατάστασης διακρίνονταν στις εξής υπο-ομάδες :

ΥΠΟ-ΟΜΑΔΑ Α1. Τα εξωτερικά (δυτικά) μέλη που έχριζαν συμπλήρωσης στην άνω ζώνη τους: Ο.Ε 7.1, Ο.Ε 6.1, Ο.Ε 5.1, Ο.Ε 4.1, Ο.Ε 3.1., Ο.Ε 2.1[13].

ΥΠΟ-ΟΜΑΔΑ Α2. Τα εσωτερικά (ανατολικά) μέλη της στρώσης που λόγω της έντονης απομείωσης τους από την πυρκαγιά, απαιτούσαν τη λήψη αποφάσεων για την αποκατάσταση τους: Ο.Ε 7.3, Ο.Ε 6.3, Ο.Ε 3.3.

ΟΜΑΔΑ Β. Τα μέλη που θα ανασυστήνονταν από τα αρχαία κατακείμενα αποδοσμένα θραύσματα τους: Ο.Ε 2.1, Ο.Ε 2.2, Ο.Ε 2.3 και Ο.Ε 4.2 και θα αντικαταστούσαν τα νέα που είχε τοποθετήσει στο μνημείο ο Μπαλάνος.

ΟΜΑΔΑ Γ. Τα μέλη του Μπαλάνου Ο.Ε 4.3 και Ο.Ε 5.3 όπου θα ενσωματώνονταν αρχαία κατακείμενα αποδοσμένα θραύσματα.

3.2. ΟΜΑΔΑ Α : διάγνωση ζημιών και τρόπος αποκατάστασης

Ήδη, κατά τους πρώτους μήνες των επεμβάσεων, κατά και μετά την καταβίβαση του 1/3 του συνολικού αριθμού των επιστυλίων άρχισε να αποκαλύπτεται η ιδιαίτερα άσχημη κατάσταση διατήρησης των μελών. Αν και είχαν εντοπισθεί από πριν - τουλάχιστον στις ορατές όψεις τους - μετά τη καταβίβαση τους έγινε δυνατή η διάγνωση και καταγραφή συγκεκριμένων αστοχιών στο σύνολο του όγκου τους, η ανάλυση της παθολογίας τους, και επομένως η διερεύνηση για τους τρόπους αντιμετώπισης της. Στα πλαίσια αυτά, αν και κάθε επιστύλιο αποτελούσε διακεκριμένη περίπτωση, έγινε μια προσπάθεια ομαδοποίησης του συνόλου των μελών, ανάλογα με τη κατάσταση διατήρησης τους και τα απαιτούμενα μέτρα για την αποκατάσταση τους, ώστε να διευκολυνθεί η παρουσίαση τους και ακολούθως η λήψη αποφάσεων για την υλοποίηση της (βλ.σχετ. Πίνακα). Βάσει της ανάλυσης αυτής δρομολογήθηκαν εισηγήσεις για την έγκριση τροποποίησεων των αρχικών αποφάσεων και την εφαρμογή συγκεκριμένων τρόπων αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών, τουλάχιστον για ορισμένα από τα προαναφερθέντα μέλη. Οι εισηγήσεις έλαβαν υπόψη, ως όφειλαν, εκτός από την κατάσταση των μελών, τη δεδομένη οργάνωση και δυνατότητα του εργοταξίου του Παρθενώνα σε έμψυχο δυναμικό και μηχανικό εξοπλισμό, καθώς και τα πιεστικά χρονοδιαγράμματα της περιόδου.

[13] Το συγκεκριμένο εξετάζεται στην ομάδα Β, αν και έχριζε και συμπλήρωσης στην άνω ζώνη.

ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΙΣΤΥΛΙΩΝ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΦΘΟΡΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ P.X.,E.E.T. , 2001/2013

ΕΠΙΣΤΥΛΙΑ	O.E 7.1	O.E 7.2	O.E 7.3	O.E 6.1	O.E 6.2	O.E 6.3	O.E 5.1	O.E 5.2	O.E 5.3	O.E 4.1	O.E 4.2	O.E 4.3	O.E 3.1	O.E 3.2	O.E 3.3	O.E 2.1	O.E 2.2	O.E 2.3	O.E 1.1	O.E 1.2	O.E 1.3
Α. ΤΡΟΠΟΣ ΘΡΑΥΣΗΣ ⇒ ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ																					
1. 2-3 βασικά μέρη ⇒ διαμήκης ενισχυμένος οπλισμός	▲										▲		▲	▲		▲	▲				
2. α. πολλά μικρότερα μέρη σε καλή κατάσταση ⇒ *διαμήκης οπλισμός*			▲						▲		▲	▲			▲			▲			
β. πολλά μικρότερα μέρη σε κακή κατάσταση ή κατακερματισμένα ⇒			▲			▲															
3. θραύσματα κυρίως περιμετρικά του βασικού όγκου ⇒ τοποθέτηση βλήτρων		▲		▲	▲	▲	▲			▲			▲	▲	▲		▲	▲			
4. τυφλές ρωγμές κατά μήκος ή καθ' ύψος ⇒ κατάλληλος οπλισμός εξασφάλισης	▲	▲					▲	▲											▲		▲
Β. ΕΛΛΕΙΠΟΝΤΑ ΜΕΡΗ ⇒ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΑ																					
1. ελλείποντα θραύσματα περιμετρικά του βασικού όγκου ⇒ νέα συμπληρώματα	▲		▲	▲		▲							▲	▲	▲	▲	▲	▲		▲	
2. ελλείπουσες κάτω επιφάνειες λόγω καύσης ⇒ αντικατάσταση με νέο υλικό			▲			▲					▲				▲				▲		
3. αποσαθρωμένη σε μικρό βάθος πρόσοψη ⇒ επανασύσταση (βλ. Γ.1.) ή **αντικατάσταση**			▲	▲		▲			▲						▲						
4. απολαξευμένα τμήματα αρχαίου υλικού ⇒ νέα συμπληρώματα				▲			▲			▲						▲	▲	▲			
5. ελλείπον υλικό στο εσωτερικό ⇒ συμπλήρωση με ισχυρό κονίαμα	▲			▲							▲				▲						
Γ. ΕΙΔΟΣ ΦΘΟΡΑΣ ⇒ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ																					
1. αποσαθρωμένη σε μικρό βάθος πρόσοψη ⇒ επανασύσταση ή **αντικατάσταση** (βλ. Β.3)	▲		▲	▲		▲	▲			▲	▲		▲			▲		▲	▲		▲
2. διόγκωση – αποφλοίωση επιφάνειας ⇒ συντήρηση και πλήρωση με κονίαμα	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲					▲	▲	▲	▲	▲				
3. μαύρη κρούστα (καύση, ασβεστοποίηση, ρύπανση) ⇒ καθαρισμός	▲		▲			▲	▲	▲		▲			▲	▲	▲						

ΟΜΑΔΑ Α1 **ΟΜΑΔΑ Α2**
ΟΜΑΔΑ Β **ΟΜΑΔΑ Γ**
ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΘΕΝΤΑ ΜΠΑΛΑΝΕΙΑ ΕΠΙΣΤΥΛΙΑ

Εικ. 17. Τα δυτικά επιστύλια αποκατεστημένα στην άνω ζώνη τους με πρώτο από αριστερά το ΟΕ 3.1. (φωτ. αρχείο ΥΣΜΑ).

Επιπλέον, η αποκατάσταση θα περιελάμβανε και την επανασυγκόλληση των αποκολλημένων αρχαίων θραυσμάτων, όπως και άγνωστων διασπάρτων που είχαν αποδοθεί στα μέλη με στόχο την αποκατάσταση της επίστεψης της δυτικής όψης των επιστυλίων σε ολόκληρο το μήκος της.

Στο εξωτερικό νότιο μέλος Ο.Ε 7.1, με νέο μάρμαρο συμπληρώθηκε ή άνω περιοχή της εξωτερικής όψεως εκεί όπου βρίσκονταν τα τσιμεντένια συμπληρώματα της συντήρησης 1971, μετά

[14] Στις στενές πλευρές της Προστάσεως η αποκατάσταση περιελάμβανε μόνο ταινία.

την επανασυγκόλληση δύο αποσπασμένων αρχαίων θραυσμάτων. Τα τρία συμπληρώματα εφαρμόστηκαν στο μέλος μετά τη συγκόλληση των δύο μερών του και λαξεύτηκαν με ταινία στην άνω ακμή τους[15].

Στο επιστύλιο της δυτικής πλευράς Ο.Ε 6.1 προσοχή δόθηκε στην μορφή του νέου συμπληρώματος στην περιοχή των 2 υποθεμάτων και του μεσοδιαστήματος τους, που λαξεύτηκε σε δύο τμήματα μαρμάρου που θα συναρμόζονταν, βάσει 4 εκμαγείων των ελλειπουσών περιοχών[16]. Εννοείται ότι το ακραίο βόρειο «ντουλάπι» του κοινού με το επιστύλιο ΟΕ 5.1 υποθέματος[17], συμπληρώθηκε ξεχωριστά, ώστε κάθε επιστύλιο να είναι αυτόνομο (Εικ. 17).

Προβληματισμός υπήρξε για την άνω ΝΔ γωνία του επιστυλίου, που έπρεπε να αποκατασταθεί για λόγους μορφολογικής πληρότητας όχι μόνο του μέλους αλλά και της γωνίας της πρόστασης, καθώς και για την επαρκή σύνδεση των γωνιακών επιστυλίων ΟΕ 6.1 και ΟΕ 7.1. Το ανατολικό τμήμα της γωνίας ανασυντέθηκε από τα αποκολλημένα αρχαία θραύσματα[18] με παρεμβολή ισχυρού κονιάματος επί του επιστυλίου, ενώ το δυτικό συμπληρώθηκε από νέο μάρμαρο, στη κορυφή του οποίου συγκολλήθηκε αρχαίο θραύσμα. Επιπλέον, μετά από εισήγηση στην ΕΣΜΑ[19], αποφασίστηκε «η τοποθέτηση ειδικής μορφής συνδέσμου μεταξύ των επιστυλίων ΟΕ6.1 και ΟΕ7.1, προκειμένου να αποφευχθούν βαριές επεμβάσεις συντήρησης και στερέωσης των ταλαιπωρημένων θραυσμάτων της ΝΔ γωνίας του επιστυλίου. Ο σύνδεσμος θα ετοποθετείτο σε εντορμία που θα διανοιγόταν στην υγιή μάζα του μέλους, πριν τοποθετηθεί στη θέση της η κατακερματισμένη γωνία»[20].

Στο όμορο αρχαίο μέλος Ο.Ε 5.1, που έσωζε σε πολλή καλή κατάσταση όλη την άνω ζώνη με την ταινία και τους κανόνες, διαμορφώθηκε συμπλήρωμα προς αντικατάσταση του ημίσεως του κοινού με το επιστύλιο ΟΕ 6.1 υποθέματος[21].

Στο Ο.Ε 4.1, το συμπλήρωμα στη θέση του αντίστοιχου υποθέματος στην βόρεια γωνία, περιέλαβε το αρχαίο αποδοσμένο θραύσμα 1979 με ολόκληρο σχεδόν τον ημικανόνα, που ενσωματώθηκε, αφού πονταρίστηκε αρνητικά η επιφάνεια θραύσης του εντός του νέου μαρμάρου.

[15] Με μάρμαρο συμπληρώθηκε και η εντορμία του ογκώδους συνδέσμου τύπου διπλού ταυ που είχε τοποθετηθεί στην ίδια περίοδο, χαμηλότερα στη πρόσοψη του μέλους.

[16] Και όχι σε εννιαίο μάρμαρο, το οποίο ήταν δύσκολο να κατεργασθεί και συγκολληθεί., λόγω των αυξομειώσεων του πάχους του (από 5 έως 40εκ.)

[17] Βλ. αναφορά για υποθέματα Martinelli.

[18] Καταβιβάστηκε μαζί με τη ζωφόρο το 1993,βλ. Π.Κουφόπουλος ,1994, 46.

[19] Βλ. Εισήγηση προς την ΕΣΜΑ Ρ. Χριστοδουλοπούλου, με θέμα «Τροποποίηση αποκατάστασης επιστυλίων Προστάσεως Οπισθονάου, ΟΕ 6.1 και ΟΕ 6.3», 1.10.2003 και μετά από υπόδειξη του καθ. Μ.Κορρέ.

[20] Ο σύνδεσμος σχεδιάστηκε από τον Π.Κουφόπουλο.

[21] Στην άνω νότια γωνία δεν ενσωματώθηκε το αρχαίο αποδοσμένο θραύσμα δ2126, με ίχνη της ταινίας και 2 σταγόνες του ημικανόνα, για λόγους στατικής επάρκειας της σύνδεσης με το ΟΕ6.1.

Όσον αφορά στο επιστύλιο Ο.Ε 3.1 (Εικ. 18), στην άνω ακμή της πρόσοψης του, όπου σώζονταν μόνο τα όρια της ταινίας και των κανόνων, αποφασίστηκε να τοποθετηθεί συμπλήρωμα σε δύο τμήματα, που θα περιελάμβανε τον μεσαίο κανόνα και την ταινία των εκατέρωθεν μεσοδιαστημάτων. Στο νότιο άκρο του μέλους επανασυγκολλήθηκε μεγάλο, επίσης αποσπασμένο, θραύσμα που κατελάμβανε σχεδόν όλο το ύψος του επιστυλίου, στην άνω δεξιά ελλείπουσα γωνία του οποίου συναρμόστηκε μικρό θραύσμα με ημικανόνα και σταγόνες προερχόμενο από τη νότια κλιτύ[22].

Εικ. 18. Η ενσωμάτωση του αρχαίου θραύσματος στο ΟΕ3.1.

3.4. ΟΜΑΔΑ Α.2

Όσον αφορά στην αποκατάσταση των εσωτερικών (ανατολικών) επιστυλίων Ο.Ε 7.3, Ο.Ε 6.3, Ο.Ε 3.3, λόγω της έντονης απομείωσης τους από την πυρκαγιά, καθώς και του πολυκερματισμού τους βασικά από την ίδια αιτία, απαιτείτο τη λήψη νέων αποφάσεων. Καταβιβάστηκαν απο το μνημείο τεμαχισμένα σε πολλά θραύσματα (βλ. ΟΕ 7.3) διαπίστωση που προκάλεσε προβληματισμό ακόμα και για την σκοπιμότητα της επανένταξης τους στο μνημείο. Καθοριστικής σημασίας για την λήψη αποφάσεων ήταν η σύνταξη χρονοδιαγράμματος της αποκατάσταση τους, που προέκυψε από τη προσεγγιστική μελέτη ενός από αυτά, και συγκεκριμένα του ΟΕ 3.3 (Εικ. 19, βλ. σχετική αναφορά της πολ. Μηχανικού ΕΕΤ).

Εικ. 19. Καταβίβαση του επιστυλίου ΟΕ 3.3 σε πολλά μέρη (φωτ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Το επιστύλιο ΟΕ 3.3 καταβιβάστηκε απο το μνημείο θρυμματισμένο σε πολλά θραύσματα, χωρίς σημαντικές απώλειες υλικού, αλλά με απομειωμένη λόγω θερμικής καύσης την κάτω εσωτερική

[22] Το θραύσμα με κωδικό 12401 προερχόταν από την Μεγάλη Βυζαντινή Δεξαμενή του Ασκληπιείου και συναρμόστηκε στο μεγάλο θραύσμα από τον Στ. Καφούρο στις 10.9.2002.

περιοχή. Η προσεγγιστική μελέτη του περιελάμβανε την ανάλυση του τρόπου αποκατάστασης δηλαδή τη διαδοχή των εργασιών και το είδος και τις θέσεις των οπλισμών, όπως και τη χρονική διάρκεια των εργασιών κατεργασίας και συγκολλήσεων, βάσει στατιστικών στοιχείων από παρόμοιες εργασίες σε ήδη ολοκληρωμένα μέλη. Ο θεωρητικός χρόνος που προέκυψε για την ανασύσταση του ΟΕ 3.3 ήταν 3,5 μήνες με ένα τουλάχιστον 3/μελές συνεργείο, ενώ ο πραγματικός έφτασε τους 6 μήνες.

Το καταβιβασθέν μέλος ΟΕ 6.3 παρουσίαζε έντονη ρηγμάτωση και διάρρηξη στο βόρειο τμήμα της άνω επιφάνειας του - 30 περίπου θραύσματα απομακρύνθηκαν σταδιακά - που συνεχιζόταν στην εσωτερική (ανατολική) όψη. Επίσης αποφλοίωση και η ρηγμάτωση σε μεγάλο βάθος στις κάτω εσωτερικές γωνίες που συνεχιζόταν και σε όλο το πλάτος των επιφανειών έδρασης (Εικ. 20, αριστερά).

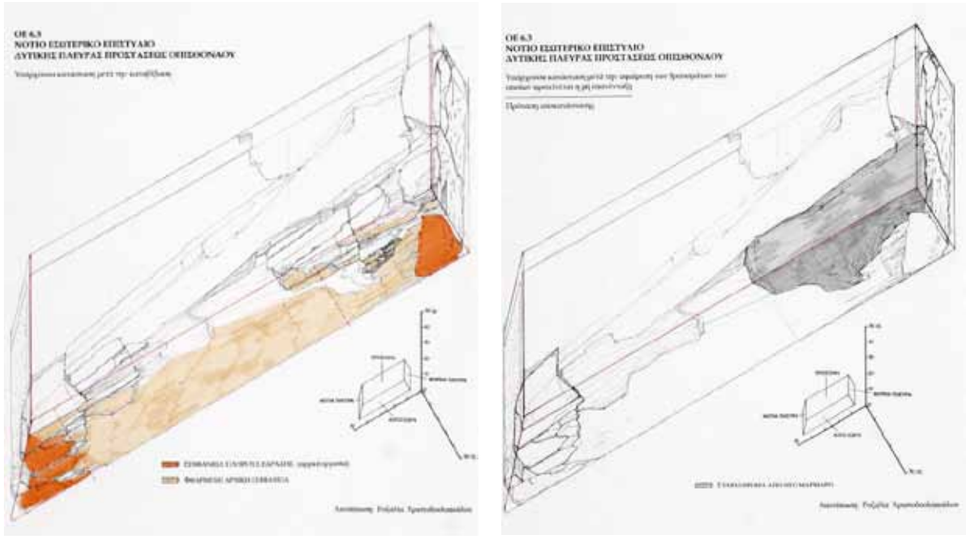
Λόγω της χειρίστης κατάστασης διατήρησης του επιστυλίου αλλά και της αναγκαιότητας έδρασης του αυτοτελώς πλέον στα 2 νοτιότερα κιονόκρανα - και όχι εν μέρει στο δυτικό μεταγενέστερο τοίχο του μεσαιωνικού κλιμακοστασίου- έπρεπε να ληφθεί απόφαση για τον τρόπο αποκατάστασης του, δηλαδή αν έπρεπε στις κατακερματισμένες περιοχές να τοποθετηθούν συμπληρώματα από νέο μάρμαρο ή να επανασυγκολληθούν τα διασωθέντα θραύσματα -αφού εξυγιανθούν και συντηρηθούν - ή και τα δύο, κατά περίπτωση. Ειδικά για τις θέσεις έδρασης, προτάθηκε η αντικατάσταση των μικροτέρων θραυσμάτων από ενιαίο μάρμαρο[23].

Μετά από επιτόπου επισκέψεις της ΕΣΜΑ και εισήγηση της γράφουσας προς αυτήν[24] αποφασίστηκε (Εικ. 20, δεξιά) :

1. Η εκβάθυνση της εντορμίας του βορείου συνδέσμου με το επιστύλιο ΟΕ5.3 (ώστε να επανασυγκολληθούν τα αρχαία θραύσματα χωρίς να παραλαμβάνουν τάσεις).
2. Η απομάκρυνση θραυσμάτων και αλλοιωμένων τμημάτων του μαρμάρου - στίς κάτω εσωτερικές γωνίες - και φύλαξη τους στο κενό μεταξύ ζωφόρου και διαζώματος, αφού προηγηθεί αναλυτική φωτογραφική και σχεδιαστική τεκμηρίωση τους.
3. Συμπλήρωση με νέο μάρμαρο της περιοχής εδράσεως στο κιονόκρανο ΟΚΚ.5 (κάτω βόρεια γωνία εσωτερικής πλευράς).
4. Αποκατάσταση των υγιών θραυσμάτων της κάτω νότιας γωνίας.

[23] Βλ. Εισήγηση προς την ΕΣΜΑ της Ε.Ε.Τουμπακάρη «Συνοπτική αποτίμηση της κατάστασης διατήρησης κρίσιμων περιοχών των επιστυλίων ΟΕ6.1 και ΟΕ 6.3 και προτάσεις αντιμετώπισης του δομοστατικού προβλήματος που ανακύπτει», 20.2.2003 και "Εισήγηση για την αντικατάσταση τμημάτων της νότιας γωνίας του επιστυλίου ΟΕ6.1" (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1809/12.9.2003), "Εισήγηση για την αντικατάσταση τμημάτων του επιστυλίου ΟΕ6.3" (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1866/18.9.2003).

[24] Βλ. Εισήγηση προς την ΕΣΜΑ με θέμα «Τροποποίηση αποκατάστασης επιστυλίων Προστάσεως Οπισθονάου, ΟΕ 6.1 και ΟΕ 6.3», 1.10.2003.



Εικ. 20. Κατάσταση διατήρησης του ΟΕ 6.3 και η εγκεκριμένη πρόταση αποκατάστασης (σχ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου).

Το επιστύλιο ΟΕ 7.3 ήταν κατακερματισμένο στην άνω επιφάνεια του, ενώ στην βόρεια, αποφλοιωμένο, κατά τον ίδιο τρόπο με την εσωτερική επιφάνεια του επιστυλίου Ο.Ε.6.3. Τα 18 μικρά και μεγάλα θραύσματα, επανασυγκολλήθηκαν στο κυρίως σώμα με οπλισμούς (Εικ. 21-22), ενώ όσα εκ των πολυάριθμων μικρών θραυσμάτων διασώθηκαν (περίπου 80 τεμάχια) συγκολλήθηκαν επιφανειακά εν είδει ψηφιδωτού. Τα απωλεσθέντα τμήματα επιφάνειας εντοπίζονταν στην κάτω ακμή του μεγαλύτερου τμήματος-θραύσματος (12), περιοχή όπου επαναχρησιμοποιήθηκαν τα μεγαλυτέρα και υγιεστέρα τεμάχια, ενώ τα μικρά ή ρηγματωμένα αντικαταστάθηκαν από νέο υλικό.

Εικ. 21-22. Η συναρμογή και η σταδιακή συγκόλληση των θραυσμάτων του ΟΕ7.3 (πίσω όψη).

3.5. ΟΜΑΔΑ Β.

Τα ακέραια αρχαία κατακείμενα επιστύλια Ο.Ε 2.1, Ο.Ε 2.2, Ο.Ε 2.3 και Ο.Ε 4.2 που θα ανασυστήνονταν από τα αποδοσμένα θραύσματα τους με την παρεμβολή μαρμαρίνων συμπληρωμάτων στα ενδιάμεσα κενά, θα αντικαθιστούσαν τα νέα που είχε τοποθετήσει στο μνημείο ο Μπαλάνος.

Το κατακείμενο εξωτερικό αρχαίο επιστύλιο του ακραίου δυτικού μετακιονίου Ο.Ε 2.1, αποτελείτο από δύο μέρη (δ 2121/α και β), τα οποία και συγκολλήθηκαν με διαμήκεις ράβδους τιτανίου. Επιπλέον διαμορφώθηκαν τέσσερα συμπληρώματα από νέο μάρμαρο: ένα στην ελλείπουσα γωνία στο βόρειο άκρο του μέλους και σε όλο το ύψος του, δύο μεταξύ των δύο μερών και ένα στην εγκοπή του υποθέματος Martinelli βόρεια του νότιου ημικανόνα[25] (Εικ. 23).

Εικ. 23. Το αποκατεστημένο κατακείμενο αρχαίο επιστύλιο ΟΕ 2.1.

Ο μεσαίος λίθος του αρχαίου επιστυλίου Ο.Ε 2.2 του 1ου δυτικού μετακιονίου (δ 2122) είχε συντεθεί από τρία μεγάλα αρχαία θραύσματα σε όλο το ύψος του μέλους, και ένα ενδιάμεσα, στην έδραση του. Όλα τα θραύσματα είχαν συγκολληθεί μεταξύ τους με οριζόντιους διαμήκεις οπλισμούς (το 1996), ενώ στην έδραση είχε προστεθεί και συμπλήρωμα από νέο μάρμαρο. Προς διαμόρφωση και συγκόλληση απέμεναν το συμπλήρωμα από νέο μάρμαρο στην άνω ΝΔ γωνία, και τα συμπληρώματα των κοιλοτήτων για την αφαίρεση των συνδέσμων με το ΟΕ 1.2 και το ΟΕ 2.3.

[25] Η άποψη τα απαραίτητα συμπληρώματα να προέλθουν από το αντίστοιχο μέλος της αναστήλωσης Μπαλάνου, απορρίφθηκε, λόγω της δυσκολίας στο ποντάρισμα της επιφάνειας θραύσης στα αποτμήματα του νέου μέλους και στη σωστή ένθεση τους στο αρχαίο μέλος, στην αναντιστοιχία διαστάσεων των μορφολογικών στοιχείων σε Μπαλάνεια και αρχαία μέλη, αλλά και της αυτονόητης καταστροφής των μελών της αναστήλωσης Μπαλάνου.

Από το αρχαίο μέλος Ο.Ε 2.3 (δ 2123) είχαν συντεθεί - σύμφωνα και με την αρχική μελέτη - τα δύο βασικά μέρη με τη συγκόλληση (το 1996) τεσσάρων ευμεγεθών θραυσμάτων και ενός μικροτέρου και απέμενε η συγκόλληση των δύο μερών μεταξύ τους με τη παρεμβολή δύο συμπληρωμάτων από νέο μάρμαρο, που θα ήσαν εμφανή στη πρόσοψη. Επιπλέον με νέο μάρμαρο θα συμπληρωνόταν η άνω νότια γωνία καθώς και η κοιλότητα του λοξού συνδέσμου με το ΟΕ 1.3. Τα διαμορφωμένα συμπληρώματα μεταξύ των δύο μερών συγκολλήθηκαν αρχικά με κονίαμα στο ένα θραύσμα, μετά από μετρήσεις, ώστε το τελικό μήκος να μην αυξηθεί με την παρεμβολή τους κατά τη τελική συγκόλληση.

Το τέταρτο επιστύλιο που αποδόθηκε στον αρχικό θριγκό ήταν το Ο.Ε 4.2, που συντέθηκε από ένα μεγάλο θραύσμα δ 2109α και ένα μικρότερο το δ 2108. Στη δυτική πλευρά και στην έδραση του δ 2109 είχε συγκολληθεί το 1996 το θραύσμα δ 2109β. Απέμενε η συγκόλληση των δύο μερών μεταξύ τους καθώς και η συγκόλληση επιμήκους συμπληρώματος στο μεσαίο τμήμα της έδρασης, σε συνέχεια του συγκολλημένου δ 2109β.

3.6. ΟΜΑΔΑ Γ.

Σύμφωνα με την εγκεκριμένη μελέτη αποκατάστασης των επιστυλίων του Οπισθονάου στον Παρθενώνα[26], στην εσωτερική πλευρά του 3ου και 4ου μετακιονίου, θα επανατοποθετούνταν τα επιστύλια ΟΕ 4.3 και ΟΕ 5.3 που είχαν κατασκευασθεί από τον Ν.Μπαλάνο από νέο μάρμαρο, με ενσωματωμένα στον όγκο τους αρχαία διάσπαρτα θραύσματα που είχαν αποδοθεί στα αντίστοιχα αρχαία μέλη.

Η ιδέα της επανάχρησης του αναστηλωμένου υλικού των επεμβάσεων Μπαλάνου είχε προωθηθεί με το σκεπτικό της αξιοποίησης έτοιμων πολύ καλά κατεργασμένων αρχιτεκτονικών μελών που είχαν παραμείνει στο μνημείο επί έναν αιώνα. Γενικώς, η ενσωμάτωση θα γινόταν με συγκόλληση των θραυσμάτων σε εσοχές που θα προέκυπταν μετά την αφαίρεση μάζας μαρμάρου από το Μπαλάνειο μέλος (Εικ. 24). Η απολάξευση θα γινόταν με αρνητικό ποντάρισμα, βάσει εκμαγείου της ελλείπουσας μάζας του μέλους, που θα ελαμβάνετο μετά την συναρμογή των αρχαίων θραυσμάτων[27].

Όσον αφορά στο μέλος ΟΕ 4.3 θα εμφυτεύονταν τα εξής αρχαία θραύσματα: δ2111 και δ2112 (μεγάλα, σε επαφή), δ2106 α και δ2106 β (μικρότερα, σε επαφή), 3872 και 3873 (μικρά, σε επαφή), 3874 και 3875 (μικρά, σε επαφή), και δ 2115. Ήδη από την προμελέτη είχε διαφανεί η δυσκολία της εμφύτευσης των μεγάλων αρχαίων θραυσμάτων που ενώνονταν μεταξύ τους συνθέτοντας το

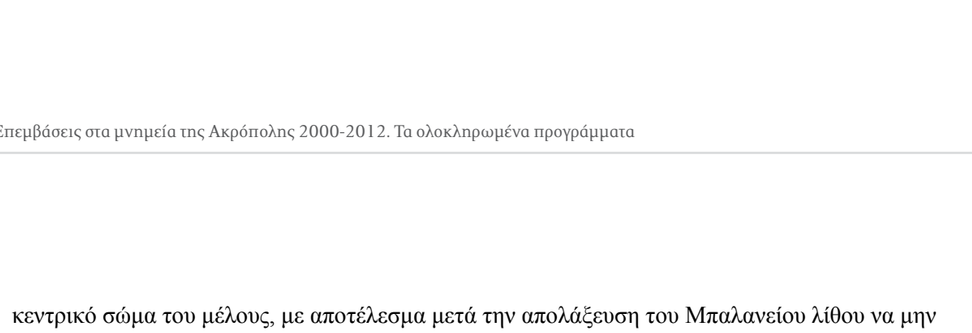
[26] Βλ. Κουφόπουλος, 1994, 91.

[27] Συγκεκριμένα στην περίπτωση του ΟΕ 4.3, έχει ήδη κατασκευασθεί το προαναφερθέν εκμαγείο, αφού συγκολλήθηκαν τα δύο βασικά θραύσματα που θα εντάσσονταν στο Μπαλάνειο μέλος.

κεντρικό σώμα του μέλους, με αποτέλεσμα μετά την απολάξευση του Μπαλανείου λίθου να μην απομένει ουσιαστική μάζα (Εικ. 24, αριστερά).

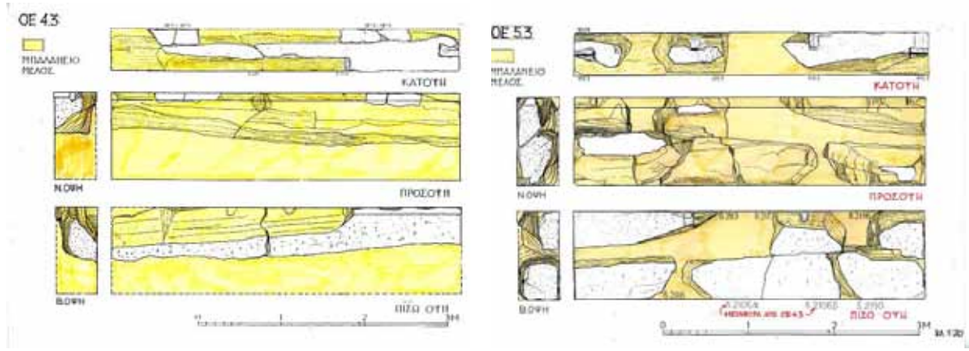
Σύμφωνα με την ενδεικτική προμελέτη ο συνολικός χρόνος υλοποίησης υπολογίστηκε στους 6 μήνες, και περιελάμβανε χονδρικά το ποντάρισμα (3,5 μήνες) και την ένθεση με τη συγκόλληση των θραυσμάτων (2,5 μήνες). Οι χρόνοι υπολογίστηκαν βάσει στατιστικών δεδομένων από αντίστοιχες εργασίες με δεδομένη την απασχόληση δύο συνεργείων πονταρίσματος ταυτοχρόνως.

Όσον αφορά στο μέλος ΟΕ 5.3 θα εμφυτεύονταν τα εξής αρχαία θραύσματα : δ2110 και δ2116 (μεγάλα, σε επαφή), δ2117 (μέτριο σε ελάχιστη επαφή με το δ 2110), δ2113, δ2118 (μεγάλα) και δ2128 (Εικ. 24, δεξιά). Αν και η αποκατάσταση του συγκεκριμένου μέλους εθεωρείτο πιο εύκολη, εφόσον απο το Μπαλάνειο μέλος θα παρέμενε η κεντρική μάζα μετά την συναρμογή των περιμετρικών αρχαίων θραυσμάτων, η απολάξευση του υλικού για την ένθεση τους έπρεπε να γίνει με μεγάλη ακρίβεια με αποτέλεσμα τη ιδιαίτερα μεγάλη διάρκεια των εργασιών.



Εικ. 24. Η ένθεση των αρχαίων θραυσμάτων στα μπαλάνεια μέλη σύμφωνα με την αρχική μελέτη (σχ. Υπόβαθρο Κουφόπουλος 1994).

Μετά την μεταφορά των θραυσμάτων από την πλατεία δυτικά του ναού (Οκτώβριος - Νοέμβριος 2002) εντός του σηκού του Παρθενώνα, ώστε να γίνει η συναρμογή-σύνθεση τους και η στατική μελέτη των υπό επισκευή επιστυλίων, διαπιστώθηκε η συναρμογή των θραυσμάτων δ 2106α και δ 2106β, όχι με τα θραύσματα δ 2111 και δ 2112 του επιστυλίου ΟΕ 4.3, όπως αναφέρεται στην μελέτη, αλλά με τα θραύσματα δ 2110 και δ 2117 του επιστυλίου ΟΕ 5.3. Επίσης διαπιστώθηκε η κακή κατάσταση διατήρησης των θραυσμάτων, με ελάχιστες περιοχές επαφής και καμπύλες τις απομειωμένες επιφάνειες τους.



Εικ. 25. Η ένθεση των αρχαίων θραυσμάτων στα μπαλάνεια μέλη σύμφωνα με την τελική μελέτη (σχ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου, σχ. υπόβαθρο Κουφόπουλος 1994).

Οι διαπιστώσεις αυτές θα είχαν σαν αποτέλεσμα την απλοποίηση στην κατεργασία του ΟΕ 4.3, όπου απέμενε η ενσωμάτωση 2 μόνο βασικών θραυσμάτων δ2111+δ2112 (Εικ.25, αριστερά), αλλά την επαύξηση της δυσκολίας στην κατεργασία του ΟΕ 5.3, όπου συνολικά πρέπει να ενσωματωθούν 7 ευμεγέθη θραύσματα, αφήνοντας ανάμεσα τους μικρά σε επιφάνεια και λεπτά τεμάχια μαρμάρου μετά την απολάξευση του Μπαλανείου μέλους (Εικ.25, δεξιά). Αναλυτικότερα :

- απαιτείτο πολύ καλή συναρμογή των αρχαίων θραυσμάτων με το απολαξευμένο Μπαλάνειο μέλος, που πρακτικά ήταν ακατόρθωτη αν δεν αφήνονταν μεγάλα κενά μεταξύ τους, όποτε και καταργείτο η συνάφεια των επιμέρους μερών.
- απαιτούνταν πολλοί οπλισμοί μεταξύ των θραυσμάτων (βλήτρα) αλλά και διαμήκεις ράβδοι τιτανίου που θα αποκαθιστούσαν τη συνέχεια του μέλους, με αποτέλεσμα την καταστροφή αρχαίου και νεώτερου υλικού[28] με τις πολλαπλές διατρήσεις.
- κρίθηκε απαραίτητη η τοποθέτηση διαμπερούς ελκυστήρα στην κάτω περιοχή, όπου και τα περισσότερα αρχαία θραύσματα, και πιθανότατα αναρτήρων που θα εξέβαλαν στην εξωτερική αρχαία επιφάνεια, με αποτέλεσμα την αλλοίωση της εικόνας του αποκατεστημένου μέλους.

Όπως διαπιστώθηκε λοιπόν, μετά την διαφοροποίηση των δεδομένων η σκοπιμότητα της αρχικής πρότασης έπρεπε να αξιολογηθεί κατά διαφορετικό τρόπο. Εκτός από την τεράστια κατασκευαστική δυσκολία και τη χρονοβόρα διαδικασία της απολάξευσης των Μπαλανείων μελών, καθώς και την αμφίβολη αποκατάσταση της αρχικής στατικής επάρκειας τους (κυρίως του ΟΕ5.3), το αποτέλεσμα που θα προέκυπτε δεν θα γινόταν αντιληπτό από κανέναν. Τα αρχαία θραύσματα που θα ενσωματώνονταν, εκτός από πολύ μικρές περιοχές - κηλίδες στην πρόσοψη και την κάτω έδρα, θα

[28] Σύμφωνα και με τον Χάρτη της Βενετίας, το υλικό που θα επανέλθει στο μνημείο πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση.

διακρίνονταν μόνο στην άνω και πίσω επιφάνεια των μελών, που σκεπάζονται από τα εφαπτόμενα και υπερκείμενα τους μέλη. Αλλά και τα ίδια τα νέα μέλη της αναστήλωσης Μπαλάνου ουσιαστικά θα καταστρέφονταν, αν και αποτελούσαν διατηρητέα μέλη μιάς ιστορικής επέμβασης στο μνημείο.

Για τους ανωτέρω λόγους προτάθηκε η τροποποίηση της αρχικής μελέτης με την μη ενσωμάτωση των ταυτισμένων αρχαίων θραυσμάτων στα Μπαλάνεια μέλη ΟΕ 4.3 και ΟΕ 5.3, και την επανατοποθέτηση τους στο μνημείο ως είχαν, μετά από σχετική εγκριτική απόφαση του ΚΑΣ[29].

Όσα αρχαία θραύσματα είχαν επαρκή επαφή προτάθηκε να συγκολληθούν σε μεγαλύτερα, τα οποία μαζί με το εκμαγείο της ελλείπουσας μάζας του ΟΕ 4.3, προτείνεται να εκτεθούν, ως τεκμήρια της αρχαίας μορφής των επιστυλίων, αλλά και των εργασιών αποκατάστασης της περιόδου 1898-1902.

4. Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας την σύντομη αυτή παρουσίαση των εργασιών αποκατάστασης του Οπισθονάου κατά το διάστημα Ιανουάριος 2001-Ιούνιος 2004, ας αναφέρουμε και μερικά συγκεντρωτικά ποσοτικά στοιχεία, τα οποία αν και είναι ενδεικτικά του μεγάλου αριθμού αρχιτεκτονικών μελών που καταβιβάστηκαν, αποκαταστάθηκαν επιτόπου στον Οπισθόναο ή στα εργαστήρια και τελικά επανατοποθετήθηκαν στο μνημείο, ελάχιστα όμως καταδεικνύουν τις πραγματικές δυσκολίες και τον προβληματισμό του προσωπικού που απασχολήθηκε στο έργο. Στη 2η αυτή φάση:

- καταβιβάστηκαν 36 μέλη (2 ολόκληρα κιονόκρανα, 2 τμήματα κιονοκράνων, 1 σφόνδυλος, 22 επιστύλια, 3 διαζώματα, 5 λίθοι πληρώσεως και 1 θράνος)
- αποκαταστάθηκαν δομικά 40 μέλη (6 κιονόκρανα, 2 επίκρανα, 2 σφόνδυλοι, 21 επιστύλια, 5 διαζώματα, 1 λίθος πληρώσεως 2 θράνοι και 1 επίτοιχη δοκός)
- ενεματώθηκαν ή συντηρήθηκαν 65 επιπλέον μέλη - συνολικά 105 (7 σφόνδυλοι, 1 επιστύλιο, 6 διαζώματα, 9 λίθοι πληρώσεως, 35 θράνοι, 1 επίτοιχη δοκός και 6 μέλη οροφής)
- κατασκευάστηκαν εκ νέου 40 μέλη - εκτός των 3 λίθων τοίχων κλιμακοστασίου (4 διαζώματα, 2 λίθοι πληρώσεως 15 πίσω τμήματα ζωφόρου, 19 χυτά μέλη ζωφόρου)
- επανατοποθετήθηκαν 133 μέλη (2 ολόκληρα κιονόκρανα, 2 τμήματα κιονοκράνων, 1 σφόνδυλος, 21 επιστύλια, 15 διαζώματα, 12 λίθοι πληρώσεως 15 πίσω τμήματα ζωφόρου, 19 χυτά μέλη ζωφόρου, 38 θράνοι, 2 επίτοιχες δοκοί και 6 μέλη οροφής).

Επί της ουσίας, το πρόγραμμα αποκατάστασης του Οπισθονάου, εκτός από τους πιεστικούς ρυθμούς εκτέλεσης, την συνεννόηση μεταξύ διαφορετικών ειδικοτήτων, την εξέλιξη του συγχρόνως με άλλα προγράμματα (Πρόναος και Βόρεια πλευρά), απαιτούσε ανά πάσα στιγμή ευελιξία στην

[29]«Τροποποίηση της μελέτης αποκατάστασης δύο αντιθημάτων επιστυλίων Οπισθονάου του Παρθενώνα», ΥΠΠΟ/ΔΑΑΜ/803/32356/3.6.2003

παρακολούθηση πολλών διαφορετικών εργασιών, ώστε να εκτελείται το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Εκτός των τυπικών εργασιών αποκατάστασης των καταβιβασθέντων μελών - που ιδιαίτερα στα επιστύλια απαιτούσε αναλυτική μελέτη και επισταμένη επίβλεψη - έπρεπε να ελέγχεται η χύτευση της δυτικής ζωφόρου, η ανάθεση της διαμόρφωσης νέων μελών σε εξωτερικό ανάδοχο, ακόμα και οικοδομικές εργασίες, όπως αυτές στο κλιμακοστάσιο. Επιπλέον έπρεπε να τηρείται αναλυτικό ημερολόγιο και να εκπονούνται μικρές μελέτες κατά τη πορεία του έργου, όπως και εισηγήσεις για τη λήψη αποφάσεων σε προβλήματα που πρώτη φορά αντιμετωπίζονταν σε τόσο μεγάλη έκταση.

Η ανάθεση του συντονισμού των μαρμαροτεχνιτών και εργατοτεχνιτών δεν θα μπορούσε να γίνει σε κανέναν καλύτερο - από πλευράς χαρακτήρα, γνώσεων και εμπειρίας - εκτός από τον αρχιτεχνίτη Φραντζέσκο Αλεξόπουλο, τον οποίο και θερμά ευχαριστούμε για την συμβολή του στην έγκαιρη παράδοση του έργου. Τέλος, ευχαριστούμε όλους όσοι, αν και οι περισσότεροι νέοι, αντιμετώπισαν το συγκεκριμένο πρόγραμμα με υπευθυνότητα, αλλά και κέφι για δουλειά, ακόμα και τα απογεύματα του Ιουνίου του 2004.

Βιβλιογραφία

Ζάμπας 1994 — Ζάμπας, Κ. 1994. *Μελέτη δομικής αποκαταστάσεως Οπισθονάου*, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ.

Κορρές - Μπούρας 1983 — Κορρές, Μ. -Μπούρας, Χ. 1983. *Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, τ.1, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ.

Κουφόπουλος 1994 — Κουφόπουλος, Π. 1994. *Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνος – Προγράμματα Αποκαταστάσεως Οπισθονάου και οροφής δυτικού πτερού*, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ.

Κουφόπουλος 2002 — Κουφόπουλος, Π. 2002. *Το πρόγραμμα αποκαταστάσεως του Οπισθονάου,* Πρακτικά, 5ης Διεθνούς Συνάντησης για την αποκατάσταση των μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα, 4-6 /10/2002, 136-131.

Μαλούχου 1998 — Μαλούχου-Tufano, Φ. 1998. *Η αναστήλωση των αρχαίων μνημείων στη νεώτερη Ελλάδα (1834-1939)*, Εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία, Αθήνα.

Μπαλάνος 1940 — Μπαλάνος, Ν. 1940. *Η αναστήλωσις των μνημείων της Ακροπόλεως*, Αθήναι.

Χριστοδουλοπούλου 2003 — Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2003. *Τροποποίηση μελέτης αποκατάστασης στη στρώση των διαζωμάτων της πρόστασης του Οπισθονάου*, Μάρτιος-Ιούνιος, Αθήνα: Αρχείο ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου 2004α — Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2004. *Διερεύνηση της αρχικής διάταξης των θράνων στην ΒΔ γωνία της πρόστασης του Οπισθονάου*, Μάρτιος, Αθήνα: Αρχείο ΥΣΜΑ.

Χριστοδουλοπούλου 2004β — Χριστοδουλοπούλου, Ρ. 2004. Η αποκατάσταση του Οπισθονάου του Παρθενώνος, *Ενημερωτικές ειδήσεις από την αναστήλωση των μνημείων της Ακρόπολης* 4, ΥΣΜΑ-ΥΠΠΟ, 14-12.

4.4.3.2. ARCHITECTURAL ISSUES: A CHRONICLE OF THE WORK, BASIC CHOICES, A DETAILED PRESENTATION OF THE RESTORATION OF THE ARCHITRAVES

Rosalia C. Christodoulopoulou,
Architect Engineer, Acropolis Restoration Service

Abstract

From early 2001 to late 2002, the members that were disassembled from the west porch of the *opisthonaos* were the inner frieze blocks of the NE corner that had remained after the first period of disassembling, the layer of the architraves, the two southernmost capitals, as well as one column drum. The restoration of the members that had been dismantled during both periods of restorative work began immediately in order for the reassembly of the layers onto the monument to also begin immediately, in the summer of 2002, starting with the architraves of the NE corner. This was preceded by the restoration of the four northern capitals by means of rejoining the supplements used by Balanos and *in situ* conservation of the members. In 2003, the resetting of the architraves was continued up to the middle of the west side simultaneously with the resetting of the inner frieze blocks and the complex members of the western frieze, as well as that of the northern crown blocks (*thranoi*). By June of 2004, southwestern architraves had been reset – after the resetting of the southernmost capitals that had been filled- and following the restoration of the uppermost layers of the walls of the medieval stairway. The rest of the inner frieze blocks, including the oblong ones made out of new marble, had also been reset by June 2004, as had all of the beam bearers (*thranoi*). Finally, the two wall mounted beams of the ceiling were set in place.

Among the types of restorative work performed on the recumbent architectural members, of particular interest was the work on the architraves, which were distinguished into 4 groups depending on the damage sustained by them and the requirements for their restoration: the outer architraves of the western façade where filling was required in the upper zone in the sockets of the footings, the inner architraves where there was marked reduction and multiple fragmentation of the material due to thermal combustion, the ancient members that were to be filled in order to be reassembled to the monument, and the inner ones by Balanos into which massive ancient fragments were to be incorporated. By decision of the Central Archaeological Council (CAC), members from the restoration by Balanos were reinstated on the monument as they were, while new supplements replaced damaged ancient material on the multifractured members.

Due to the pressing time-frame, the variety of the work performed and the treatment of multiple scientific and technical problems at the same time, the restoration programme for the *opisthonaos*

constituted an opportunity to simultaneously showcase the skill of the variously specialized scientific personnel, technicians and workers involved in the Parthenon project.

List of Figures

Fig. 1. *In situ* reconstitution of column capital OKK3.

Fig. 2. The filler for column capital OKK4 to be rejoined.

Fig. 3. Supplementing the column capital OKK5.

Fig. 4. Grinding the supplement of column capital OKK5 (G. Skalkotos).

Fig. 5. Chiseling of the *guttae* of the supplement for architrave OE 4.1 (A. Chousakos).

Fig. 6. Resetting of architrave OE 4.3 by Balanos.

Fig. 7. The resetting of the architrave is done according to ancient marks

Fig. 8. Resetting of the supplemented column capital OKK5.

Fig. 9. The setting of the new inner frieze block ΟΔΖ 7.

Fig. 10. The assembly of the cast façade to the marble back part, of frieze block.

Fig. 11. Resetting of the crown blocks (*thranoi*) simultaneously with the rest of the entablature.

Fig. 12. Resetting of southern wall mounted beam.

Fig. 13-14. Titanium double T clamps, simple type and special clamp with pins.

Fig. 15. Rearrangement of blocks of the upper courses in the western wall of the stairway.

Fig. 16. Rearrangement of blocks of the upper courses in the southern wall.

Fig. 17. The west architraves restored to their upper zone; first from the left is architrave OE 3.1 (Photo: YSMA Archive).

Fig. 18. Incorporation of ancient fragment into OE 3.1 (draft: R. Ch.).

Fig. 19. Disassembling of architrave OE 3.3 in many parts (Photo: R. Ch.).

Fig. 20. Preservation condition of OE 6.3 and the approved restoration proposal (Draft: R. Ch.).

Fig. 21-22. Matching and progressive joining of the fragments of OE 7.3 (back view).

Fig. 23. The restored, recumbent ancient architrave OE 2.1.

Fig. 24. The insertion of ancient fragments into the members by Balanos according to the initial study (draft: Koufopoulos 1994).

Fig. 25. The insertion of ancient fragments into the members by Balanos according to the definitive study (Draft: R. Ch., background draft: Koufopoulos 1994).

List of Drawings

Dwg. 11*. Reassembly of the layers of column capitals-column drums, architraves, frieze-inner frieze blocks, crown blocks (*thranos* blocks), wall-mounted beams in the period 2002-2004 (computer render : R. Ch., background draft: Koufopoulos 1994). Colour indicates the members by Balanos, the ancient reinstated members, the new members, and members on which *in situ* interventions have been made.

* *See APPENDIX: Folded out drawings.*

4.4.3.3. Η ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ: ΠΛΑΙΣΙΟ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ, ΕΡΕΥΝΑ, ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Ελένη-Εύα Ε. Τουμπακάρη

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc. Αναστηλώσεων, Διεύθυνση Αναστήλωσης Αρχαίων Μνημείων

1. Εισαγωγή Γενικά στοιχεία

Η αναστήλωση του Οπισθονάου κατά τα έτη 2001-2004 αποτέλεσε ξεχωριστό υποέργο στο πλαίσιο της αναστήλωσης του Παρθενώνα[1]. Η υλικοτεχνική υποδομή που χρησιμοποιήθηκε, ήταν γενικά ήδη διαθέσιμη στο εργοτάξιο Παρθενώνα. Συγκεκριμένα, το ικρίωμα εργασίας του Οπισθονάου ήταν εγκατεστημένο και χρειάστηκαν μόνο τοπικές επεκτάσεις κι ενισχύσεις. Για την υλοποίηση των δοκιμαστικών φορτίσεων κατασκευάστηκε ένα δεύτερο ικρίωμα, ανεξάρτητο από το υπάρχον. Η ολοκλήρωση της αποξήλωσης των μελών του Οπισθονάου πραγματοποιήθηκε με το γερανό Derrick, ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο εσωτερικό του ναού. Ο γερανός αυτός χρησιμοποιήθηκε επίσης στο έργο αναστήλωσης της Β. Κιονοστοιχίας, σε συνδυασμό με τον δεύτερο γερανό, που εγκαταστάθηκε το έτος 2001 βορείως του ναού. Οι συγκολλήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τράπεζες συγκόλλησης, οι οποίες βρίσκονται εντός του σηκού καθώς και στο χώρο των εργαστηρίων νοτίως του μνημείου. Η συντήρηση της επιφανείας των δομικών μελών γινόταν κυρίως στο σηκό και τα έτοιμα μέλη μεταφέρονταν με το γερανό στον όροφο της μεταλλικής κατασκευής που κατασκευάστηκε στο δυτικό τμήμα του μνημείου[2]. Στα κιονόκρανα ΟΚΚ1-ΟΚΚ4 που δεν αποξηλώθηκαν και στο σπόνδυλο ΟΚ6.11 πραγματοποιήθηκαν επί τόπου οι αναγκαίες διατρήσεις και συγκολλήσεις. Επί τόπου έγιναν οι εργασίες ταιριάσματος μεταξύ ορισμένων κιονοκράνων και του νεώτερου συμπληρώματός τους.

Το έργο δομικής αποκατάστασης του Οπισθονάου (2001-2004) εξελίχθηκε παράλληλα με την εκπόνηση των μελετών δομικής αποκατάστασης και διαστασιολόγησης των οπλισμών συγκόλλησης. Η Μελέτη Δομικής Αποκατάστασης (2001-2004)[3], συμπεριλαμβανομένων των παράλληλων ερευνητικών (θεωρητικών-υπολογιστικών και πειραματικών) δράσεων που αποδείχθηκαν αναγκαίες, οργανώθηκε όπως ορίζεται από τις διεθνείς Συστάσεις[4] κι ανταποκρίθηκε στις απαιτήσεις του έργου, το οποίο παραδόθηκε τον Ιούλιο του 2004 με απόκλιση 17% από τις αρχικές προβλέψεις. Καθ΄όλη τη διάρκεια του έργου υπήρξε συστηματική μέριμνα για την καταγραφή των στοιχείων που εξασφαλίζουν όχι μόνο τη λεπτομερή Απόδοση του έργου, αλλά και όσων στοιχείων κρίθηκε ότι αντιπροσωπεύουν, περιγράφουν και βοηθούν στη θεωρητική κατανόηση της συμπεριφοράς του συνολικού δομήματος[5]. Η παραγωγή αυτών των πρόσθετων δεδομένων, τα οποία θα συμβάλουν στην εν χρόνω παρακολούθηση της δομικής συμπεριφοράς του Μνημείου[6], θεωρήθηκε όχι μόνο απαραίτητο στοιχείο του έργου αλλά και μελετητική υποχρέωση[7] και υλοποιήθηκε με επιμονή.

2. Το έργο της δομικής αποκατάστασης των μελών του Οπισθονάου

2.1. Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση οπλισμών συγκόλλησης των επιστυλίων εκτός των περιοχών αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων

Το πρώτο ζήτημα που τέθηκε άμεσα ήταν η διαστασιολόγηση των οπλισμών συγκόλλησης. Διαπιστώθηκε ότι η αρχή σχεδιασμού, στην οποία ακόμα γίνεται αναφορά, που συνίσταται στην αποκατάσταση της αρχικής φέρουσας ικανότητας του μαρμάρου, απαιτεί υψηλό ποσοστό οπλισμών, που δεν μπορούσε να εφαρμοστεί στα πολυθραυσμένα επιστύλια για μια σειρά λόγων, μεταξύ των οποίων ήταν και η μη ικανοποίηση των ελέγχων έναντι απόσχισης. Τέθηκε τότε το ερώτημα της ανάγκης ή μη για την εφαρμογή όλου αυτού του οπλισμού. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό προϋποθέτει θεωρητική μετατόπιση στις αρχές σχεδιασμού: δεν σχεδιάζονται οι οπλισμοί για να αποκαταστήσουν την αρχική αντοχή του λίθου αλλά για να παραλάβουν τα εσωτερικά εντατικά μεγέθη που αναπτύσσονται έναντι συγκεκριμένων δράσεων. Με την προσέγγιση αυτή έγινε η διαστασιολόγηση των εφελκυομένων οπλισμών και αντιμετωπίστηκε, για πρώτη φορά, ο σχεδιασμός του οπλισμού διάτμησης.

Τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού δεν προέκυψαν από την ανάλυση του συνολικού φορέα[8] αλλά από την ελαστική ανάλυση ενός μεμονωμένου επιστυλίου[9], επί του οποίου εφαρμόστηκαν

---

[1] Οι συντελεστές του έργου αναφέρονται στο πρώτο μέρος της ενότητας 4.4.3.3.

[2] Ο φορέας μελετήθηκε από τη Μ.Μεντζίνη, Πολιτικό Μηχανικό στο Τεχνικό Γραφείο Παρθενώνα και προέβλεπε τη δημιουργία στεγασμένων εργαστηρίων στο ισόγειο και την τοποθέτηση προκατασκευασμένων οικίσκων για τη στέγαση των συντηρητών καθώς και χώρο απόθεσης μελών στον όροφο.

[3] Η οργάνωση της «*Μελέτης φέροντος οργανισμού και Απόδοση έργου δομικής αποκαταστάσεως Οπισθονάου (2001-2004)*» συνοψίζεται στην ενότητα 4.4.2. Στη μελέτη περιλαμβάνονται οι ακόλουθοι τόμοι: (α) τ.Ι: Κίονες και Κιονόκρανα (ΥΣΜΑ 2118/12.9.2007), (β) τ.ΙΙ: Νέες παρατηρήσεις, τεκμηρίωση, μελέτη και ερμηνεία βλαβών (υπό σύνταξη), (γ) τ. ΙΙΙ: Επιστύλια. Ανάλυση δομικής συμπεριφοράς και υπολογιστική ερμηνεία βλαβών (ΥΣΜΑ 2119/12.9.2007 και 398/22.2.2012), (δ) τ.ΙV: Επιστύλια. Ανάλυση δομικής συμπεριφοράς πολυθραυσμένων επιστυλίων και διαστασιολόγηση οπλισμών – Παρουσίαση και επεξεργασία οπλισμών (ΥΣΜΑ 2120/ 12.9.2007), (ε) τ.V: Δοκιμαστικές φορτίσεις στους κίονες ΟΚ1 ως ΟΚ4 του Οπισθονάου (2002-2003) (στ) τ.VI: Φωτογραφική τεκμηρίωση αρχαίων συνδετηρίων στοιχείων στο επίπεδο των επιστυλίων (ΥΣΜΑ 2299/26.9.2007).

[4] ICOMOS – ISCARSAH 2004 και ενότητα 4.4.2.

[5] Περιλαμβάνονται στον τ.ΙΙ και τ.V της Μελέτης (Τουμπακάρη 2007α). Επίσης, βλ. και ενότητα 4.4.2.

[6] Ενδεικτικά αναφέρεται η ηλεκτρονική τεκμηρίωση των μελών (βλ. παράγρ. 2.3) και η διεξαγωγή κι αποτίμηση των δοκιμαστικών φορτίσεων (βλ. παράγρ.3.2).

[7] Βλ. επίσης Τάσιος-Βιντζηλαίου-Πλαΐνης 1989.

[8] Η ανάλυση του συνολικού φορέα δεν αποτέλεσε αντικείμενο της ανάθεσης.

[9] Για τις παραδοχές ως προς τις φορτίσεις και τις συνοριακές συνθήκες καθώς και για τα σχολιασμένα αποτελέσματα των αναλύσεων, βλ. Τουμπακάρη, 2007α, τ.ΙΙΙ.

κατακόρυφα και οριζόντια (σεισμικά) φορτία. Στο πρώτο μέρος της ανάλυσης έγινε παραμετρική διερεύνηση της εντατικής κατάστασης ενός τυπικού επιστυλίου, προκειμένου να εκτιμηθεί το μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων και δυνάμεων και η επιρροή σ΄αυτές διαφόρων συνδυασμών συνοριακών συνθηκών. Από την υπολογιστική διερεύνηση αποδείχθηκε ότι το μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων, και άρα των αντίστοιχων δυνάμεων, είναι εξαιρετικά περιορισμένο[10]. Κατά συνέπεια, υπήρχε η δυνατότητα για εφαρμογή μειωμένου, σε σχέση με τον προβλεπόμενο από τη σκοπιά της αποκατάστασης της αρχικής αντοχής, οπλισμού χωρίς μείωση της απαιτούμενης ασφάλειας δεδομένου ότι οι παραδοχές φόρτισης ήταν δυσμενείς.

Ειδικά στον Οπισθόναο, το ειδικό πρόβλημα που ανέκυψε ήταν ο υπολογισμός των οπλισμών διάτμησης σε δομικά μέλη με περίπλοκη τοπολογία ρηγμάτων, η οποία καθιστούσε προβληματική την εφαρμογή απλουστευτικών παραδοχών[11]. Η κατεύθυνση που ακολουθήθηκε, όχι μόνο δεν αγνόησε το δίκτυο των ρηγμάτων, αλλά αντίθετα το έλαβε υπόψιν μέσω της γεωμετρικής προσομοίωσης των θραυσμάτων κάθε βασικού μέλους. Δεδομένου ότι η τοπολογία των ρηγμάτων και των θραυσμάτων είναι μοναδική, καθένα από τα βασικά επιστύλια προσομοιώθηκε ξεχωριστά[12]. Η προσέγγιση αυτή, αν και ιδιαίτερα χρονοβόρα και υπολογιστικά απαιτητική, είναι ίσως η μόνη που επιτρέπει τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών στην ποικιλία των επιφανειών θραύσης που χαρακτηρίζουν τα επιστύλια του Οπισθονάου.

Στο δεύτερο μέρος της ανάλυσης περιλαμβάνεται, λοιπόν, η μελέτη των επιστυλίων βάσει της προσέγγισης αυτής και η διαστασιολόγηση των οπλισμών με χρήση χωρικών πεπερασμένων στοιχείων[13]. Η ακριβής γεωμετρική προσομοίωση των θραυσμάτων ξεκινούσε με την αποτύπωση των θραυσμάτων στο εργοτάξιο. Ακολουθούσε η προσομοίωση καθεμιάς από τις επιφάνειες που ορίζουν κάθε θραύσμα (με τις αναγκαίες γεωμετρικές προσαρμογές για την αποφυγή αριθμητικής αστάθειας στο προσομοίωμα), η επίλυση με τη βοήθεια του λογισμικού (Sofistik) που ήταν διαθέσιμο στο Τεχνικό Γραφείου Παρθενώνα, ο υπολογισμός των αναπτυσσόμενων τάσεων σε κάθε επιφάνεια θραύσης με την παραδοχή ότι ο φορέας θα είναι συνεχής μετά τις επεμβάσεις και, τέλος, ο υπολογισμός των αντίστοιχων δυνάμεων με ολοκλήρωση των τάσεων ανά επιφάνεια θραύσης[14]. Από

[10] Εξαίρεση αποτελούν οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στις περιοχές αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων (αυτό ήταν και το έναυσμα για τη λεπτομερή υπολογιστική διερεύνηση της εντατικής κατάστασης των περιοχών αγκύρωσης, βλ. ενότητα 4.4.3.3) καθώς επίσης και σε διατομές στην ευθεία του ορίου των κιονοκράνων, κατά την εφαρμογή διαφορικών μετατοπίσεων μεταξύ των εδράσεων.

[11] Για την τυπολογία των δομικών βλαβών, βλ. Τουμπακάρη Ε.-Ε., Χριστοδουλοπούλου Ρ., Ομαδοποίηση επιστυλίων Οπισθονάου ως προς τη δομική τους παθολογία (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1485/3.10.2001) και Τουμπακάρη Ε.-Ε., Ενημερωτικό Σημείωμα προς την ΥΣΜΑ (27.5.2002 χωρίς αριθ.πρωτ.).

[12] Αναλυτική απόδοση σε Τουμπακάρη, 2007α, τ. IV.

[13] Τουμπακάρη, 2002, σ.149-160.

[14] Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε σχετική εφαρμογή από τον Σ.Μπιτζαράκη, Πολ.-Μηχ. στη Sofistik A.E.

την ολοκλήρωση προκύπτουν δύο κάθετες μεταξύ τους διατμητικές δυνάμεις και ένα σύστημα ορθών (εφελκυστικών και θλιπτικών) δυνάμεων με τις αντίστοιχες επιφάνειες εφαρμογής. Τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιούνταν για τη διαστασιολόγηση των απαιτούμενων, ανά επιφάνεια θραύσης, διατμητικών κι εφελκυστικών οπλισμών. Η διαδικασία ολοκληρωνόταν με τη λήψη αποφάσεων για την κατανομή των οπλισμών συναρτήσει των εξής δύο κριτηρίων: (α) αποφυγή εξωτερικών διατρήσεων, ακόμα και από τις αφανείς επιφάνειες των δομικών μελών[15], και προτίμηση στη χρήση εσωτερικών οπλισμών και (β) ξεκάθαρη απόδοση της λογικής της διαστασιολόγησης[16].

2.2. Ο τρόπος εργασίας στο εργοτάξιο

Η μελέτη των ιδιαίτερα θραυσμένων επιστυλίων[17] ξεκινούσε με την ανασύνθεσή τους στο έδαφος (Εικ. 1 & 2). Γινόταν έτσι κατανοητή η τοπολογία των θραύσεων και εντοπίζονταν τα θραύσματα, για τα οποία υπήρχε μια και μοναδική φορά συγκόλλησης (και άρα μοναδική φορά τοποθέτησης των οπλισμών[18]). Όπως προαναφέρθηκε, αποτυπώνονταν, από τις Μηχανικούς και τη σχεδιάστρια του έργου, τα βασικά σημεία των επιφανειών θραύσης, τα οποία χρησιμοποιούνταν για τη γεωμετρική προσομοίωση των όγκων[19]. Παράλληλα με την προσομοίωση και ανάλυση του μέλους, που εξελισσόταν ανεξάρτητα, γινόταν αξιολόγηση της δυνατότητας σύνθεσης των θραυσμάτων σε ομάδες με συναφείς απαιτήσεις σε οπλισμούς, έτσι ώστε με μια ομάδα οπλισμών να καλύπτονται οι απαιτήσεις πολλών επιφανειών θραύσης συγχρόνως. Σταδιακά, προέκυπτε η βέλτιστη σειρά των διαδοχικών συγκολλήσεων. Επειδή η γεωμετρική προσομοίωση ήταν διαθέσιμη (καθώς ήταν απαραίτητη για την ανάλυση, βλ. ενδεικτικά Σχ.12α.Β & 12β.ΙΓ*), η αλληλουχία των συγκολλήσεων στα πλέον θραυσμένα επιστύλια ελεγχόταν ψηφιακά πριν την εφαρμογή. Οι θέσεις των οπλισμών δίνονταν σε σκαρίφημα και σημειώνονταν από τους μαρμαροτεχνίτες. Ακολουθούσε έλεγχος των θέσεων των οπών κι ενδεχόμενη μετατόπιση, σε περίπτωση π.χ. ύπαρξης κομμού ή άλλης ασυνέχειας του μαρμάρου. Οι οριστικές θέσεις αποτυπώνονταν σε σχέδια και χρησιμοποιούνταν για την ψηφιακή σχεδίαση.

* *Βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Αναδιπλούμενο σχέδιο 12α - 12β.*

[15] Φυσικά δεν γίνονται διατρήσεις από τις όψεις των μελών.

[16] Δηλ. οριζόντιος οπλισμός έναντι κάμψης και όσο το δυνατόν κάθετος στις αντίστοιχες επιφάνειες οπλισμός διάτμησης.

[17] Πρόκειται για τα επιστύλια ΟΕ2.1, ΟΕ.3.1, ΟΕ3.3, ΟΕ.6.3, ΟΕ7.1 και ΟΕ7.3.

[18] Η φορά τοποθέτησης ενός θραύσματος καθορίζει τη φορά των «κρυφών» οπλισμών, οπλισμών δηλ. που εφαρμόζονται εσωτερικά και όχι από κάποια εξωτερική επιφάνεια του θραύσματος ή του μέλους. Η εξωτερική τοποθέτηση οπλισμών από τις αφανείς επιφάνειες διευκολύνει κι επιταχύνει το έργο της συγκόλλησης. Όπως όμως προαναφέρθηκε, στον Οπισθόναο ελάχιστες ήταν οι διατρήσεις που έγιναν από αφανείς επιφάνειες.

[19] Υπήρχαν δυο γεωμετρικές προσομοιώσεις: εκείνη που χρησιμοποιούνταν στην ανάλυση με το λογισμικό Sofistik κι εκείνη που αναπτύχθηκε με το λογισμικό Autocad για την τεκμηρίωση των βλαβών και των οπλισμών (βλ. και Σχ. 12α-12β).

Εικ. 1. Ανασύνθεση μέρους του επιστυλίου ΟΕ7.3.

Εικ. 2. Η νότια έδραση του επιστυλίου ΟΕ6.3.

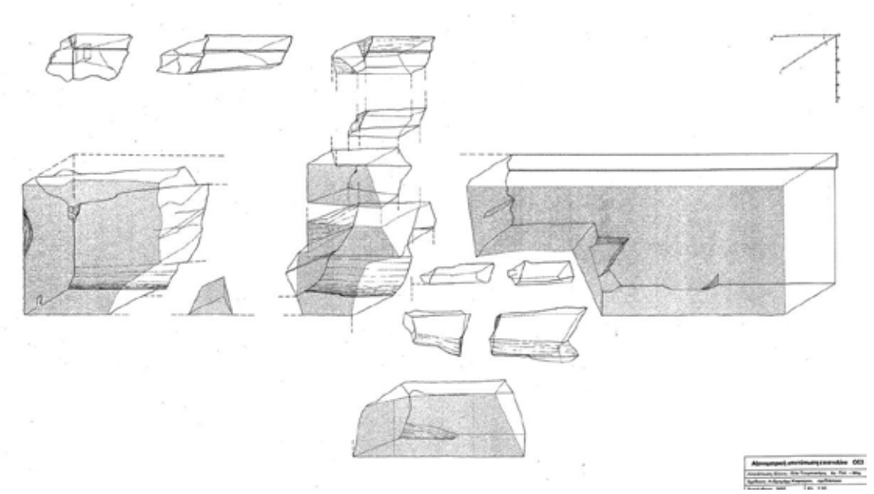
2.3. Νέα μεθοδολογία για την απεικόνιση και τεκμηρίωση βλαβών και επεμβάσεων

Έχει ήδη αναφερθεί ότι η επαλληλία των μηχανικών και θερμικών δράσεων που ασκήθηκαν στον Οπισθόναο δημιούργησε μια σύνθετη εικόνα βλαβών (Σχ. 9 στην ενότητα 4.4.2, Σχ.12α-12β). Η εικόνα αυτή δεν μπορεί να αποδοθεί σε δισδιάστατα σχέδια τεκμηρίωσης, τα οποία δεν θα ήταν εύκολα κατανοητά ακόμη και σε αντιπαραβολή με τις αντίστοιχες φωτογραφίες, ενώ δεν μπορούν να παράσχουν όλα τα αναγκαία μετρητικά στοιχεία για τη χωρική αναπαράσταση των θραυσμάτων. Καθίσταται έτσι δυσχερής, αν όχι αδύνατη, η τεκμηρίωση της κατάστασης δομικής διατήρησης του Μνημείου με την επιθυμητή ακρίβεια. Στο πλαίσιο του έργου, αναζητήθηκε, λοιπόν, μια νέα μεθοδολογία τεκμηρίωσης, η οποία θα έπρεπε να παρέχει τη δυνατότητα κατανόησης των θραυσμάτων που συνθέτουν κάθε δομικό μέλος και θα λειτουργούσε υποστηρικτικά για την εποπτική παρουσίαση των παρατηρήσεων και συσχετίσεων που περιλαμβάνονται στη μελέτη δομικής αποκατάστασης με χρήση περιορισμένου αρχειακού υλικού, συγκεντρωμένου σε μια βασική πηγή[20].

Η αξονομετρική αποτύπωση που δοκιμάστηκε αρχικά (Εικ. 3), αποδείχθηκε ανεπαρκής, επειδή δεν μπορούσε να ανταποκριθεί στις παραπάνω απαιτήσεις, αλλά κι επειδή η σχεδίαση όλων των οπλισμών επί του ιδίου σχεδίου, απαραίτητη για την εποπτεία της δομικής λειτουργίας του επισκευασμένου μέλους, θα το καθιστούσαν δυσανάγνωστο. Τελικά, ήδη από το 2002 , δρομολο-γήθηκε η χωρική ψηφιακή σχεδίαση των κατακερματισμένων δομικών μελών, συμπεριλαμβανομένων των οπλισμών συγκόλλησης[21].

[20] Συγκεκριμένα, στον τ.ΙΙ της Μελέτης (Τουμπακάρη 2007α) με τα ηλεκτρονικά αρχεία σχεδίων που τον συνοδεύουν.

[21] Η σχεδιαστική τεκμηρίωση έγινε σταδιακά κατά τα έτη 2002-2012 και σ΄αυτήν εργάστηκαν, εκτός από τη γράφουσα που έχει και την ευθύνη του σχεδιασμού της δράσης, η σχεδιάστρια της ΥΣΜΑ Α. Καφούρου (ως το 2004) καθώς και οι Μηχανικοί Λ. Πάπαρου και Θ. Μαρίνης.



Εικ. 3. Αξονομετρική σχεδίαση του επιστυλίου ΟΕ3.3 (αποτύπωση Ε.-Ε.Τουμπακάρη, σχεδ. Ε.-Ε. Τουμπακάρη – Α. Καφούρου).

Κατέστη με τον τρόπο αυτό δυνατή η ακριβής απεικόνιση της δομικής παθολογίας και η κατανόηση της αλληλουχίας των επεμβάσεων. Καθώς δίνεται η δυνατότητα προσθαφαίρεσης δομικών μελών ή/και επιμέρους θραυσμάτων σε οποιαδήποτε στάθμη, είναι δυνατόν να μελετήσει κανείς τη χωροθέτηση των ρηγμάτων και τη μορφολογίας των θραυσμάτων κάθε επιμέρους λίθου, τη σχέση μεταξύ των βλαβών των διαφορετικών λίθων τόσο κατά μήκος και πλάτος όσο και καθ΄ύψος, να εντοπίσει τη θέση των οπλισμών (Σχ. 9, καθώς και Σχ.10 στην ενότητα 4.4.2) ή ακόμα και να παρακολουθήσει την εξέλιξη της επανατοποθέτησης. Η μεθοδολογία τεκμηρίωσης επιτρέπει επίσης την επιλογή και απεικόνιση των θραυσμάτων όλων των δομικών μελών που συσχετίζονται με ένα συγκεκριμένο σύνδεσμο ή γόμφο.

Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατή η συσχέτιση και εποπτική παρουσίαση της παθολογίας κάθε μέλους σε σχέση με τα όμορά του και εξασφαλίζεται η αντικειμενική απεικόνιση των βλαβών και των θραύσεων[22], διευκολύνοντας τη μελέτη των σχέσεων αιτιότητας που τις διέπουν[23]. Εν κατακλείδι, με τη νέα προσέγγιση που υιοθετήθηκε για την τεκμηρίωση της δομικής παθολογίας, η ερμηνεία βλαβών που προτείνεται στη Μελέτη (2001-2004) δεν δεσμεύει τον μελλοντικό μελετητή,

[22] Επίσης, η ψηφιακή αυτή τεκμηρίωση διευκολύνει αποφασιστικά τη μαθηματική (γεωμετρική) προσομοίωση του δομήματος, πρώτο βήμα για την ανάλυση της μηχανικής συμπεριφοράς του συνολικού φορέα.

[23] Η εποπτεία του συνόλου, απαραίτητη προϋπόθεση για την εξαγωγή κανονικοτήτων ως προς τις αστοχίες και συνακόλουθα για την ερμηνεία των βλαβών, ήταν ιδιαίτερα δύσκολη κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της μελέτης επειδή τα δομικά μέλη ήταν διάσπαρτα στο εργοτάξιο, με συνέπεια ο συσχετισμός των αστοχιών, ήδη δυσχερής από μόνος του, να δυσκολεύεται ακόμη περισσότερο, από το γεγονός ότι τα μέλη δεν ήταν παρατεταγμένα στην πραγματική σειρά τους.

καθώς του δίνεται η δυνατότητα ανεξάρτητης παρατήρησης των ίδιων ακριβώς στοιχείων που αναζητήθηκαν, ή ήταν διαθέσιμα και σε μας για την κατανόηση των κανονικοτήτων που κρύβονται πίσω από τις (φαινομενικά μόνο τυχαίες) αστοχίες.

2.4. Απόδοση του έργου δομικής αποκατάστασης: η περίπτωση του επιστυλίου ΟΕ3.3

Με το παράδειγμα του επιστυλίου ΟΕ3.3 (Σχ.12α-12β) θα δειχθεί ο τρόπος τεκμηρίωσης που υιοθετήθηκε και θα δοθεί μια ακριβής εικόνα των προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν και του έργου της δομικής αποκατάστασης που πραγματοποιήθηκε στον Οπισθόναο[24]. Το εσωτερικό αυτό επιστύλιο είναι ένα από τα πιο χαρακτηριστικά, ως προς την ποικιλία και πυκνότητα των ρηγμάτων του, επιστύλια του Οπισθονάου. Πριν από την αποξήλωση, τα μεσαία θραύσματα συγκρατούνταν στη θέση τους από το ικρίωμα που είχε τοποθετηθεί κατά την πρώτη φάση των εργασιών του Οπισθονάου. Η θέση του επιστυλίου στον Οπισθόναο παρουσιάζεται στο Σχ. 10 της ενότητας 4.4.2.

Όπως προαναφέρθηκε, το πρώτο βήμα της μελέτης ήταν η ανασύνθεση των θραυσμάτων στο έδαφος. Τα θραύσματα του επιστυλίου ΟΕ3.3 αποτελούσαν τρεις ενότητες, οι οποίες, με βάση τη θέση τους στην κιονοστοιχία, ονομάστηκαν βόρεια, μεσαία και νότια. (Σχ.12α.Α). Από τη μελέτη των συναρμογών των θραυσμάτων σε συνδυασμό με τις αποφάσεις για τη χωροθέτηση και κατεύθυνση που θα έπρεπε να έχουν οι οπλισμοί προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των διαδοχικών συγκολλήσεων, προέκυψε ότι η βέλτιστη διαδικασία συγκόλλησης συνίστατο στην αποκατάσταση των τριών ενοτήτων ξεχωριστά και, στη συνέχεια, στη συνένωσή τους με μια και μόνο μεγάλη, διαμήκη συγκόλληση. Κατ΄αρχάς υλοποιήθηκε η αποκατάσταση της βόρειας ενότητας, η οποία ήταν και η απλούστερη (Σχ.12α.Β-Δ). Η διαδικασία «ταιριάσματος» των θραυσμάτων διευκολύνθηκε από την ύπαρξη του μεγάλου, βόρειου θραύσματος, του οποίου η πίσω, αθέατη όψη δεν είχε επηρρεαστεί από την πυρκαγιά. Υπήρχαν έτσι επαρκείς «οδηγοί», δηλ. αξιόπιστα σημεία αναφοράς κι ελέγχου, για την τοποθέτηση του μικρότερου. Με την ευκαιρία επισημαίνεται ότι η όψη του μικρού θραύσματος που φαίνεται στο Σχ.12α.Α δεν είναι η εξωτερική αλλά μια αθέατη, εσωτερική. Πάνω στην όψη αυτή συγκολλήθηκαν, στη συνέχεια, από τους συντηρητές τα πολλά μικροθραύσματα που προέκυψαν από τη θερμική καταπόνηση. Τα θραύσματα αυτά δεν έχουν κανένα στατικό ρόλο. Στο Σχ. 12β.Ιε παρουσιάζεται η τελική επιφάνεια του μέλους.

Η συγκόλληση της μεσαίας ενότητας (Σχ.12α.Η) παρουσίαζε την εξής δυσκολία: παρά το γεγονός ότι τα επιμέρους θραύσματα ταίριαζαν αρκετά καλά μεταξύ τους, λόγω της κατάστασης διατήρησης των επιφανειών δεν υπήρχαν επαρκείς οδηγοί. Υπήρχε λοιπόν ο κίνδυνος να υπάρξουν μικρομετακινήσεις και μικροστροφές κατά τη συγκόλληση, οι οποίες ως μέγεθος δεν θα ήταν

[24] Για τα ιδιαίτερα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά το σχεδιασμό της δομικής αποκατάστασης των κιονοκράνων, βλ. Τουμπακάρη 2007α, τ.Ι.

αξιόλογες, αλλά δεν θα επέτρεπαν την άριστη συνένωση όλων των ενοτήτων του επιστυλίου, με συνέπειες τόσο αρχιτεκτονικές (αλλαγή μήκους μέλους) όσο και στατικές (δημιουργία περιοχών με τοπικές συγκεντρώσεις δυνάμεων και άλλες με κενά, τα οποία θα γέμιζαν με κονίαμα αλλά θα λειτουργούσαν ως εσωτερικοί αρμοί). Η νότια ενότητα προσέφερε τα απαραίτητα σημεία αναφοράς, δεν ήταν όμως στη φάση αυτή επιθυμητή η οριζόντια συγκόλλησή της με τη μεσαία. Έτσι η μεσαία και νότια ενότητα συγκολλήθηκαν στην αρχή μόνο με τσιμεντοπολτό. Στο Σχ.12α.Η παρουσιάζεται η διαδοχή των συγκολλήσεων της μεσαίας ενότητας, χωρίς τη νότια ενότητα που αποτέλεσε τον οδηγό (στο Σχ.12α.Θ.β παρουσιάζονται οι δύο ενότητες μαζί).

Ακολούθησε η σταδιακή συγκόλληση των θραυσμάτων της άνω έδρας του ΟΕ3.3 (Σχ.12α.Θ). Η μεσαία ενότητα δεν διαθέτει καμμία έδραση στο κιονόκρανο ΟΚΚ3 και άρα, χωρίς τη λήψη πρόσθετων μέτρων, θα ήταν αναρτημένη από τους διαμήκεις οπλισμούς, οι οποίοι πλέον θα τελούσαν υπό ισχυρή διατμητική καταπόνηση, η οποία δεν ήταν επιθυμητή. Επίσης, η τοπολογία των ρηγμάτων ήταν τέτοια, που δεν εξασφάλιζε αξιόπιστη ενσφήνωση των θραυσμάτων. Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητος ο σχεδιασμός και η τοποθέτηση ενός αναρτήρα για τη μεσαία ενότητα (Σχ.12β.ΙΑ), η οποία, με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίστηκε μέσω ενός διπλού συστήματος οπλισμών, στο οποίο περιλαμβάνονται οι διαμήκεις οπλισμοί και ο αναρτήρας, με διαφορετική κατεύθυνση μεταξύ τους. Η δομική αποκατάσταση ολοκληρώθηκε με τη διαμήκη συγκόλληση της βόρειας, μεσαίας και νότιας ενότητας (Σχ.12β.Ιγ, 12β.Ιδ, 12β.ΙΔ, 12β.ΙΕ).

2.5. Σχεδιασμός ειδικών συνδέσμων

Η μελέτη της δομικής παθολογίας του Οπισθονάου κατέδειξε[25] την ιδιαίτερη σημασία που έχει η κατάσταση διατήρησης και φέρουσα ικανότητα των περιοχών αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων για τη δομική συμπεριφορά του συστήματος. Ένα από τα μείζονα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν στον Οπισθόναο ήταν η αποκατάσταση και ο υπολογισμός συνδέσεων σε περιοχές με μηδενική φέρουσα ικανότητα, είτε λόγω της ύπαρξης πλήρως ρηγματωμένου αρχαίου μαρμάρου (του οποίου όμως, η αντικατάσταση δεν ήταν αποδεκτή) (Εικ. 4) είτε λόγω απολάξευσης κατά τις επεμβάσεις Ν. Μπαλάνου (Εικ. 5). Στην τελευταία αυτή περίπτωση, οι διαστάσεις της περιοχής απολάξευσης είναι πολύ μικρές, με συνέπεια οι διαστάσεις του μαρμάρινου συμπληρώματος που θα μπορούσε να τοποθετηθεί, και άρα η διαθέσιμη διατομή συγκόλλησης, να μην επαρκούν για να μπορούν να παραλάβουν την προβλεπόμενη από τα νομογραφήματα[26] δύναμη. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, πραγματοποιήθηκε συστηματική τυπολόγηση των περιοχών αγκύρωσης των

[25] Βλ. Τουμπακάρη 2007α τ.ΙΙ, 2008, 2009 καθώς και ενότ. 4.4.2.

[26] Τα νομογραφήματα (Ζάμπας, 1994) αναπτύχθηκαν για υγιείς περιοχές αγκύρωσης.

Εικ. 4. Ο σύνδεσμος 622 μεταξύ των επιστυλίων ΟΕ6.2 & ΟΕ6.3. Η περιοχή αγκύρωσης επί του ΟΕ6.2 (αριστερά στη φωτ.) παρουσίαζε ρήγμα (δεν διερχόταν από την εντορμία).

Εικ. 5. Ο σύνδεσμος 416 μεταξύ των επιστυλίων ΟΕ4.1 & ΟΕ4.2 σε θέσεις απολάξευσης μαρμάρου.

συνδέσμων βάσει της φέρουσας ικανότητάς τους και βιβλιογραφική διερεύνηση[27]. Επισημαίνεται ότι, η ανάληψη των αναπτυσσόμενων εφελκυστικών και διατμητικών δυνάμεων δεν θα μπορούσε να γίνει παρά μόνο με οπλισμό διάτμησης, δεδομένου ότι (α) οι διαστάσεις των συμπληρωμάτων μαρμάρου που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την τοποθέτηση εφελκυόμενου οπλισμού ήταν ανεπαρκείς για την ανάπτυξη των απαιτούμενων δυνάμεων συνάφειας και (β) ήταν αδύνατη, για ευνόητους κατασκευαστικούς λόγους, η τοποθέτηση εσωτερικών οπλισμών διαφορετικών διευθύνσεων στο ίδιο συμπλήρωμα. Δεδομένου ότι η βιβλιογραφία δεν παρείχε στοιχεία για συστήματα μαρμάρου – οπλισμών τιτανίου, προτάθηκε η εφαρμογή της σχετικής βιβλιογραφίας με τροποποιήσεις[28], καθώς πειραματικά δεδομένα για μεγαλύτερη (των δύο) ομάδα αγκυρίων με ή χωρίς έκκεντρη φόρτιση δεν ήταν διαθέσιμα. Η χρήση Π-σχημων συνδέσμων δεν κρίθηκε, για διάφορους λόγους, ως βέλτιστη λύση για τη συγκεκριμένη περίπτωση. Με τα δεδομένα αυτά διαστασιολογήθηκε ειδικός σύνδεσμος, ο οποίος συνίσταται σε διατομή διπλού Τ με συγκολλημένα δύο βλήτρα διαμέτρου 12 χιλ. στα όρια της κεφαλής (Εικ. 4 & 5). Αυτός ο τύπος συνδέσμου χρησιμοποιείται πλέον στον Παρθενώνα για την αντιμετώπιση ανάλογων περιπτώσεων. Φυσικά, με το σύστημα αυτό, δεν είναι δυνατή η αποκατάσταση της αρχικής φέρουσας ικανότητας των μεγαλύτερων, τουλάχιστον, συνδέσεων.

[27] Βλ. Τεχνικές Εκθέσεις της γράφουσας με θέμα «Διαστασιολόγηση ειδικών συνδέσμων – συνοπτική παρουσίαση ανοικτών θεμάτων και πρόταση αντιμετώπισης» (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 1195/18.6.2003) και «Περιοχές κατεστραμμένων εντορμιών και το ζήτημα της συμπλήρωσής τους, από την άποψη της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 131/26.1.2005) καθώς επίσης και Εισήγηση προς την ΕΣΜΑ με θέμα «Συνοπτική αποτίμηση της κατάστασης διατήρησης κρίσιμων περιοχών των επιστυλίων ΟΕ6.1 και ΟΕ6.3 και προτάσεις αντιμετώπισης του δομοστατικού προβλήματος που ανακύπτει» (20.2.2003).

[28] Ακολουθήθηκαν οι συστάσεις της Καθ. Ε. Βιντζηλαίου (Σχολή Πολιτικών Μηχ. ΕΜΠ). Βλ. επίσης CEB 1994.

Για τη συμπλήρωση των εντορμιών όπου τοποθετήθηκαν οι ειδικοί σύνδεσμοι προτιμήθηκε, αντί της τοποθέτησης μαρμάρινου συμπληρώματος που δεν θα είχε στατικό ρόλο, να χυτευθεί το κονίαμα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των αντιγράφων, με το σκεπτικό ότι διέθετε παραπλήσια μηχανικά χαρακτηριστικά με το μάρμαρο και καλύτερη συνάφεια από τον τσιμεντοπολτό που θα τοποθετούνταν για τη συγκράτηση του μαρμάρινου συμπληρώματος. Θα είχε επομένως «στατικό» ρόλο σε ενδεχόμενη παραμόρφωση ή αστοχία του συνδετηρίου στοιχείου.

2.6. Άλλες δράσεις για την εξασφάλιση της ποιότητας του έργου

Καθ΄όλη τη διάρκεια του έργου, υλοποιήθηκαν δράσεις για την εξασφάλιση της ποιότητας και της αξιοπιστίας της εφαρμογής. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η διεξαγωγή ποιοτικών ελέγχων σε πιστοποιημένο εργαστήριο (ΕΚΕΤ) των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην ειδική συγκόλληση του επιστυλίου ΟΕ7.1[29] (Εικ. 6). Αντίστοιχοι έλεγχοι γίνονταν και κατά την παραγωγή των αντιγράφων της Δ. και Ν. Ζωφόρου.

Υπήρξαν περιπτώσεις όπου προηγήθηκε προσομοίωση των διαδικασιών πριν από την εφαρμογή.

Εικ. 6. Το εγκάρσιο διαμπερές ρήγμα του επιστυλίου ΟΕ7.1 μετά την πλήρωσή του.

Εικ. 7. Οι οπλισμοί του σπονδύλου ΟΚ6.11. Στην άνω έδρα, το προς συγκόλληση θραύσμα.

[29] Στην ειδική αυτή περίπτωση, για την οποία θα γίνει λόγος στην Απόδοση του Έργου, χρειάστηκε να σχεδιαστεί ειδικό κονίαμα για να αντικαταστήσει τμήμα φθαρμένου κι αποσαθρωμένου μαρμάρου καθ΄όλο σχεδόν το ύψος της διατομής και σε μεγάλο (5-8 εκ.) σχετικά πάχος σε θέση έντονης καμπτικής καταπόνησης. Το υλικό έπρεπε να διαθέτει υψηλή φέρουσα ικανότητα, να μη ρηγματώνεται και να αναπτύσσει τη μέγιστη δυνατή συνάφεια με το μάρμαρο.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται η διαμήκης συγκόλληση του επιστυλίου ΟΕ7.3, η οποία είχε το μεγαλύτερο μήκος από όσες υλοποιήθηκαν στον Οπισθόναο. Έπρεπε να εξασφαλιστεί η ταχύτατη παρασκευή κι εφαρμογή του ενέματος πλήρωσης όλων των οπών όπου θα τοποθετούνταν οι οπλισμοί, πριν αρχίσει η πήξη και σκλήρυνση του υλικού. Το ένεμα σχεδιάστηκε από τη γράφουσα με βασικά κριτήρια τη διατήρηση της σταθερότητάς του και την αποφυγή απόμιξης ενώ σημαντικός παράγοντας ήταν η ικανότητά του για τη συγκράτηση νερού, προκειμένου να εξασφαλιστεί η διατήρηση της ρευστότητάς του και η απρόσκοπτη ενυδάτωσή του κατά τη σκλήρυνση. Για τον έλεγχο του ενέματος και για την οργάνωση της διαδικασίας, πραγματοποιήθηκε προσομοίωση της διαδικασίας παραγωγής δύο μέρες πριν από την εφαρμογή[30]. Η εφαρμογή του ενέματος γινόταν σε διαφανείς σωλήνες από πλέξιγκλας μήκους 4 μ., οι οποίοι επέτρεπαν την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ρεολογικής συμπεριφοράς του υλικού και τον εντοπισμό τυχόν προβλημάτων.

Υλοποιήθηκε επίσης, σε συνεργασία με τον Τομέα Συντήρησης[31], το πρώτο πρόγραμμα αποτίμησης της συμπεριφοράς των κονιαμάτων που εφαρμόστηκαν στις επιφάνειες διαφόρων περιοχών όλων των Μνημείων ενώ υπήρξε σταθερή συνεργασία για τροποποιήσεις στις συνθέσεις συνθέσεις των βασικών κονιαμάτων σε περίπτωση ειδικών εφαρμογών.

Τέλος, ως συμβολή στην τεκμηρίωση του αναστηλωμένου θριγκού, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της επιφάνειας των πραγματικών εδράσεων των λίθων μετά την επανατοποθέτησή τους. Τα στοιχεία αυτά, τα οποία αντανακλούν εμμέσως τις παραμένουσες παραμορφώσεις στο επίπεδο του θριγκού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση και μελέτη του συνολικού φορέα.

3. Οι έρευνες που έγιναν στο πλαίσιο του έργου της δομικής αποκατάστασης

3.1. Σχεδιασμός οπλισμών έναντι διάτμησης

Τα περισσότερα επιστύλια του Παρθενώνα κατατάσσονται, βάσει των διαστάσεων και των συνοριακών συνθηκών τους, στην κατηγορία των «υψικόρμων» δοκών[32], στις οποίες, ως γνωστόν,

[30] Αν και οι οπές που ανοίγονται για την τοποθέτηση των οπλισμών καθαρίζονται σχολαστικά πριν από την εφαρμογή του υλικού πλήρωσης, παραμένει πάντοτε ένα στρώμα λεπτότατης σκόνη στα τοιχώματά τους. Η σκόνη αυτή απορροφά νερό από το μίγμα, μειώνει τη ρευστότητά του και άρα, σε μεγάλες συγκολλήσεις, υπάρχει κίνδυνος να σταματήσει η ροή του υλικού και να μην επιτευχθεί η πλήρωση της οπής. Επίσης, η παρουσία της σκόνης μειώνει τη συνάφεια του υλικού πλήρωσης με το μάρμαρο. Είναι γνωστό ότι, τόσο η πλήρωση της οπής όσο και η επίτευξη της μέγιστης δυνατής συνάφειας, αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την ενεργοποίηση των οπλισμών.

[31] Κκαι ειδικότερα με τις συντηρήτριες Ε. Τζουμουσλή από τον Παρθενώνα, Μ. Λουκμά από το ναό Αθηνάς Νίκης, Ε. Γεωργίου από τα Προπύλαια και Α. Μαριδάκη και Γ. Φραντζή από το Ερέχθειο και την επικεφαλής του Τομέα Συντήρησης Ε.Παπακωνσταντίνου, Χημικό Μηχανικό.

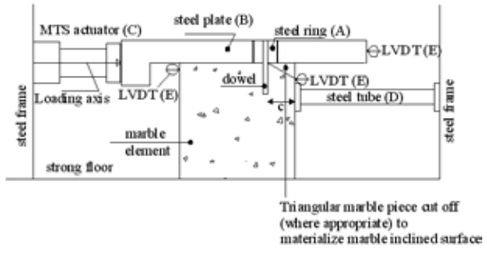
[32] Τουμπακάρη 2007α, τ.ΙΙΙ και Φιλιππουπολίτης 2008.

Εικ. 8. Οι οπλισμοί του νοτίου τμήματος της περιοχής αγκύρωσης του βόρειου, διαμήκους συνδέσμου του επιστυλίου ΟΕ6.3.

Εικ. 9. Αστοχία μαρμάρου με έντονη σύνθλιψη άντυγας. Επισημαίνεται η παραμόρφωση του βλήτρου.

η διάτμηση αναδεικνύεται σε βασικό, εσωτερικό εντατικό μέγεθος. Η αποκατάσταση της πλειοψηφίας των θραύσεων του Οπισθονάου απαιτούσε το σχεδιασμό οπλισμών που θα παραλάμβαναν εν μέρει, ή και αποκλειστικά, διατμητικές δυνάμεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου είδους θραύσεων είναι όλα τα οριζόντια, ή με κλίση ως προς την οριζόντιο, επίπεδα αστοχίας των σπονδύλων (Εικ. 7) κι επιστυλίων (Εικ. 8) και, φυσικά, οι περιοχές αγκύρωσης συνδέσμων και γόμφων. Η ανάγκη για την ανάπτυξη αρχών σχεδιασμού έναντι διατμήσεως επί κεκλιμένων επιφανειών αναγνωρίστηκε άμεσα. Έτσι, στο πλαίσιο του έργου, σχεδιάστηκε ερευνητικό πρόγραμμα με παραμέτρους τη γωνία κλίσης της επιφάνειας συγκόλλησης και τη διάμετρο του οπλισμού διάτμησης[33].

Εικ. 10. Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την πειραματική διερεύνηση της διάτμηση (Εργ. Ωπλ. Σκυροδέματος ΕΜΠ).



Εικ. 11. Σχέδιο της διάταξης που χρησιμο-ποιήθηκε για την πειραματική διερεύνηση της διάτμησης (Εργ. Ωπλ. Σκυροδέματος ΕΜΠ).

[33] Το ερευνητικό πρόγραμμα, το θεωρητικό πλαίσιο και τα αποτελέσματα περιγράφονται αναλυτικά σε Vintzileou - Toumbakari 2004 και Vintzileou-Toumbakari-Papadopoulos 2006. Τα δοκίμια κατασκευάστηκαν στο εργοτάξιο Παρθενώνα και τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο Εργ. Οπλισμένου Σκυροδέματος ΕΜΠ.

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στις Εικ. 10 και 11. Διαπιστώθηκε ότι, όταν το επίπεδο διάτμησης είναι κεκλιμένο, όπως κατά κανόνα συμβαίνει στα επιστύλια του Οπισθονάου και σε όλες τις περιοχές αγκύρωσης των συνδετηρίων στοιχείων του Παρθενώνα, επέρχεται πρώτα αστοχία του μαρμάρου σε σύνθλιψη άντυγας (Εικ. 9), με συνέπεια οι ράβδοι οπλισμού να υπόκεινται τελικά σε σύνθετη καμπτοδιατμητική καταπόνηση, η οποία εξαρτάται ισχυρά από τη γωνία μεταξύ της ράβδου και του μαρμάρου. Οι συνθήκες αυτές συνεπάγονται, όπως αποδείχθηκε και πειραματικά, μειωμένη φέρουσα ικανότητα της σύνδεσης και αντίστοιχες αυξημένες διατμητικές μετακινήσεις. Η απόσπαση κώνου μαρμάρου είναι αναπόφευκτη σε οριακές καταστάσεις, ως εκ τούτου η διατμητική δύναμη σχεδιασμού των οπλισμών θα πρέπει να παραμένει περιορισμένη, προκειμένου να αποφευχθεί τέτοιου είδους αστοχία.

Για την πρόβλεψη της μέγιστης δύναμης που μπορούν να αναλάβουν τα βλήτρα τιτανίου εφαρμόστηκε, με ορισμένες τροποποιήσεις, ο τύπος που αναπτύχθηκε κι εφαρμόστηκε για την πρόβλεψη της αντίστασης χαλύβδινων οπλισμών σε σκυρόδεμα[34]. Προέκυψε, έτσι, η εξίσωση:

$$D_u^2 + \frac{10 f_{mc} \xi d_b^2 \tan\alpha}{\cos^2\alpha} D_u - \frac{1{,}7 d_b^4 f_{mc} f_y}{\cos^2\alpha} = 0$$

όπου D_u η αντίσταση του βλήτρου σε διάτμηση [kN], d_b η διάμετρος του βλήτρου [mm], α η γωνία κλίσης, f_{mc} η θλιπτική αντοχή του μαρμάρου [N/mm^2], f_y η τάση διαρροής του τιτανίου [N/mm^2] και $\xi d_b \tan\alpha$ το βάθος σύνθλιψης του μαρμάρου κάτω από το κεκλιμένο βλήτρο.

Από την εφαρμογή της εξίσωσης προέκυψαν κανόνες σχεδιασμού των οπλισμών έναντι διάτμησης, οι οποίοι εφαρμόζονται έκτοτε σε όλες τις μελέτες δομικής αποκατάστασης μελών στον Παρθενώνα.

3.2. Πειραματική διερεύνηση και υπολογιστική ανάλυση της θεμελίωσης

Η υλοποίηση δοκιμαστικών φορτίσεων αποτελεί μια μη καταστρεπτική δράση για την αποτίμηση της κατάστασης δομικής διατήρησης μιας κατασκευής, συμπεριλαμβανομένης της θεμελίωσής της. Η αποξήλωση του θριγκού του Οπισθονάου έδωσε τη δυνατότητα υλοποίησης αυτής της δράσης στους τέσσερις ελεύθερους κίονες του Οπισθονάου ΟΚ1-ΟΚ4 κατά τα έτη 2002-2003[35]. Ο σχεδιασμός της δράσης πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου και υλοποιήθηκε με προσωπικό του εργοταξίου[36]. Συνοπτικά, οι δοκιμαστικές φορτίσεις συνίσταντο στην σταδιακή εφαρμογή μιας οριζόντιας δύναμης μέχρι 10kN στο μέσον της μιας πλευράς του κάθε κιονοκράνου και στη μέτρηση της οριζόντιας μετατόπισης του αντίστοιχου κίονα με μηχανικά βελόμετρα καθώς και της αντίστοιχης υποχώρησης

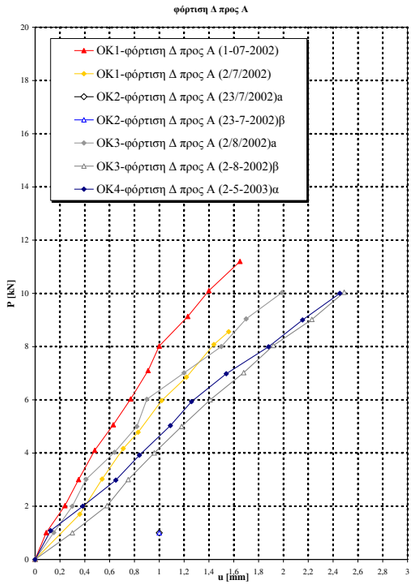
[34] Βιντζηλαίου 1984.

[35] Βλ. Τουμπακάρη Ε.-Ε., Τεχνικές Εκθέσεις ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 122/23.1.2002, 219/6.2.2002, 807/ 2.5.2002, 864 / 15.5.2002.

[36] Οι εργατοτεχνίτες Ν. Τσούπρος και Β. Τζιώλος και ο μαρμαροτεχνίτης Σ.Πιτσόλης.

του στυλοβάτη σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις με ηλεκτρομηκυνσιόμετρα (LVDTs). Η οριζόντια δύναμη εφαρμόστηκε μέσω κοχλία και μετρήθηκε με δυναμοκυψέλη. Προηγήθηκε ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός ικριώματος για την ανάρτηση των μετρητικών οργάνων, τα οποία διατέθηκαν από το Εργ. Οπλισμένου Σκυροδέματος και το Εργ. Αντοχής Υλικών του ΕΜΠ, καθώς και ενός ικριώματος, ανεξάρτητου από το προηγούμενο, για τη μεταφορά των οριζοντίων δυνάμεων σε ακλόνητο υπόβαθρο (δηλ. το Δ.Τοίχο του Σηκού ή τα επιστύλια της Δ.Περίστασης, ανάλογα με την κατεύθυνση εφαρμογής της δύναμης). Ακολούθησε μελέτη για τον προσδιορισμό των αναπτυσσόμενων τάσεων καθ΄ύψος των κιόνων κατά την εφαρμογή της οριζόντιας δύναμης και για την επιλογή της θέσης τοποθέτησης των οργάνων μέτρησης.

Οι δοκιμαστικές φορτίσεις πραγματοποιήθηκαν δύο φορές προς όλες τις κατευθύνσεις, δηλ. από Βορρά προς Νότο, Ανατολή προς Δύση και αντιστρόφως, προκειμένου να διερευνηθεί η επιρροή των διαφορετικών συνθηκών θεμελίωσης (και ειδικότερα η επιρροή της απόστασης της επιφάνειας έδρασης των κιόνων από το βραχώδες υπόβαθρο, η οποία είναι διαφορετική για κάθε κίονα) στην οριζόντια μετακίνηση του κίονα. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν 30 δοκιμαστικές φορτίσεις και παρήχθησαν μετρητικά δεδομένα για την απόκριση των κιόνων και της θεμελίωσης[37] (Εικ. 12).



Εικ. 12. Διαγράμματα δύναμης-μετατόπισης των κιόνων ΟΚ1-ΟΚ4. Φόρτιση από Δ προς Α.

Εικ. 13. Άποψη του θριγκού κατά τη διάρκεια του έργου. Σε πρώτο πλάνο το κιονόκρανο ΟΚΚ4.

[37] Τα αποτελέσματα περιλαμβάνονται στον υπό σύνταξη τ.V της Μελέτης.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έγινε με χρήση τεχνικών αντίστροφης ανάλυσης[38]. Ειδικότερα, μέσω τρισδιάστατης μη-γραμμικής ανάλυσης διερευνήθηκαν και βαθμονομήθηκαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά των αρμών, και ειδικότερα διάφορες τιμές ελατηρίων, για την προσομοίωση των επιφανειών επαφής (αρμών) μεταξύ των σπονδύλων καθώς και της ίδιας της θεμελίωσης. Η διερεύνηση περιλαμβάνει 96 αναλύσεις, επετεύχθη δε πάρα πολύ καλή σύγκλιση μεταξύ των πειραματικών αποτελεσμάτων και των αναλυτικών προβλέψεων. Διατυπώθηκε έτσι μια πρόταση για την προσομοίωση των επιφανειών επαφής του συστήματος κίονες – θεμελίωση, στην οποία λαμβάνεται υπόψιν η επιρροή του ύψους του θεμελίου. Τα βαθμονομημένα μηχανικά χαρακτηριστικά των επιφανειών επαφής αποτελούν βασικές παραμέτρους για την ανάπτυξη των μαθηματικών προσομοιωμάτων που είναι απαραίτητα για τη μελέτη της συμπεριφοράς του συνολικού φορέα έναντι ανακυκλιζόμενων δράσεων.

4. Επίλογος

Κατά τη δεύτερη φάση της δομικής αποκατάστασης του Οπισθονάου του Παρθενώνα (2001-2004) ολοκληρώθηκε η καταβίβαση των μελών του θριγκού κι εκπονήθηκαν η Μελέτη Δομικής Αποκατάστασης και η Μελέτη του υλικού («τεχνητού λίθου») που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των αντιγράφων των μελών της Δ. και Ν. Ζωφόρου[39]. Εστιάζοντας στο έργο της δομικής αποκατάστασης, πραγματοποιήθηκε η αποκατάσταση 40 δομικών μελών που παρέμειναν στο Μνημείο (7 σπονδύλων, 6 κιονοκράνων, 19 επιστυλίων, των 2 επικράνων των Παραστάδων, 4 αντιθημάτων της Δ. Ζωφόρου, 1 θράνου και μιας δοκού οροφής) καθώς επίσης και των λίθων της Δ. Ζωφόρου, που είχαν αποξηλωθεί κατά την πρώτη φάση του έργου και συντηρούνταν στο (παλαιό) Μουσείο Ακροπόλεως. Επίσης, έγινε η παραγωγή των αντιγράφων των λίθων της Δ. και Ν. Ζωφόρου που τοποθετήθηκαν στο Μνημείο. Για την αντιμετώπιση νέων θεμάτων που ανέκυψαν λόγω της φύσης του έργου και της έκτασης και του είδους των δομικών βλαβών, σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν ερευνητικές δράσεις, άλλοτε αποκλειστικά στο πλαίσιο του Τεχνικού Γραφείου Παρθενώνα και άλλοτε σε συνεργασία με εξωτερικά Εργαστήρια. Απομένει ακόμα η επανατοποθέτηση των δοκών της οροφής, που συνδέουν την κιονοστοιχία του Οπισθονάου με την κιονοστοιχία της Δ. Περίστασης. Το έργο αυτό δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί στο πλαίσιο του έργου αναστήλωσης του Οπισθονάου. Πράγματι, προϋπόθεση για την επανατοποθέτηση αποτελεί η ολοκλήρωση της δομικής αποκατάσταση των θράνων της Περίστασης επί των οποίων εδράζονται οι δοκοί, καθώς επίσης, όπως επισημάνθηκε στη Μελέτη Δομικής Αποκατάστασης του Οπισθονάου, η

[38] Με τη συνεργασία του Δημ. Εγγλέζου, Δρα Πολ. Μηχ. - Γεωτεχνικού, βλ. Egglezos - Toumbakari 2011 και Toumbakari - Egglezos 2012.

[39] Για τις αρχιτεκτονικές μελέτες που εκπονήθηκαν, για θέματα αποξήλωσης κι επανατοποθέτησης των δομικών μελών καθώς επίσης και για το συντονισμού και παρακολούθησης του εργοταξίου, βλ. Ρ. Χριστοδουλοπούλου, ενότητα 4.4.1.

εκπόνηση μελέτης στην οποία θα λαμβάνεται υπόψιν η μηχανική αλληλεπίδραση, και άρα η διερεύνηση της συμπεριφοράς, των δύο κιονοστοιχιών, όταν πλέον θα έχουν τοποθετηθεί οι δοκοί.

Στα τριάμισι χρόνια που διήρκεσε η δεύτερη περίοδος της αναστήλωσης του Οπισθονάου περιλαμβάνονται οι φάσεις της αποξήλωσης κι επανατοποθέτησης, η δομική αποκατάσταση, η λάξευση συμπληρωμάτων και η συντήρηση της επιφάνειας των μελών, καθώς επίσης και η εκπόνηση μελετών από το σύνολο των εμπλεκομένων ειδικοτήτων. Το χρονικό αυτό διάστημα δεν είναι αντιπροσωπευτικό του βαθμού δυσκολίας και του όγκου του έργου. Αντανακλά, ωστόσο, την αφιέρωση με την οποία εργάστηκε όλη η «ομάδα του Οπισθονάου».

Ελληνική Βιβλιογραφία

Βιντζηλαίου Ε. 1984. *Θεμελιώδεις μηχανισμοί μεταφοράς δυνάμεων σε διεπιφάνειες ωπλισμένου σκυροδέματος υπό μονοτονικές και ανακυκλιζόμενες δράσεις*, διατρ.ΕΜΠ.

Ζάμπας Κ. 1994. *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος* , τ.3β, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ

Τάσιος, Θ.Π. - Βιντζηλαίου, Ε. - Πλαίνης, Π. 1989. Παρατηρήσεις για τις μελέτες δομητικών επεμβάσεων στον Παρθενώνα. ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ, Αρχείο ΥΣΜΑ: 306

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2002. Δομική αποκατάσταση των επιστυλίων του Οπισθονάου του Παρθενώνα, Στο: Μαλλούχου-Tufano, Φ. (επιμ.), *5η Διεθνής Συνάντηση για την Αποκατάσταση των Μνημείων της Ακροπόλεως*, 149-160, Αθήνα: ΥΠΠΟ-ΕΣΜΑ

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2004. *Χυτά αντίγραφα Δυτικής και Νότιας Ζωφόρου Παρθενώνος – Σχεδιασμός και μελέτη συμπεριφοράς του υλικού, σχεδιασμός και παραγωγή του δομικού στοιχείου, στοιχεία απόδοσης έργου,* Αθήνα, Αρχείο ΥΣΜΑ: 1326.

Τουμπακάρη Ε.-Ε. 2007α. *Μελέτη φέροντος οργανισμού και απόδοση έργου δομικής αποκαταστάσεως Οπισθονάου,* (6 τόμοι). Αθήνα: ΥΣΜΑ.

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2008. Δομική Παθολογία των Κιονοκράνων και του Θριγκού του Οπισθονάου του Παρθενώνα και ο Ρόλος των Συνδετηρίων Στοιχείων, Στο: Γκαζέτας, Γ.(επιμ.), *3ο Πανελ. Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας,* Άρθρο 2026, Αθήνα: ΤΕΕ.

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2009. Περιοχές αγκύρωσης συνδετηρίων στοιχείων Παρθενώνα: ανάλυση αστοχιών και δομητική κατανόηση, Στο: *2ο Εθν.Συν.Αναστηλώσεων,* Αθήνα: ΕΤΕΠΑΜ.

Φιλιππουπολίτης Μ. 2008. *Ανάλυση των αναπτυσσόμενων τάσεων σε επιστύλια αρχαίων ναών υπό διάφορες συνοριακές συνθήκες – εφαρμογή στα επιστύλια του Οπισθονάου του Παρθενώνος*, διπλ.εργ., τμήμα Πολ.Μηχ. Παν/μίου Πατρών.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

CEB (Comité Européen de Béton). 1994. *Fastenings to concrete and masonry structures, State of the art report.* London: Thomas Telford.

Egglezos, D.- Toumbakari, E.-E. 2011. In-situ tests on the Parthenon columns for the assessment of their foundation condition, Στο Anagnostopoulos, A.- Pachakis -Tsatsanifos, Ch. (eds), *Proc. 15th European Conference on Soil mechanics and Geotechnical Engineering*, Athens.

ICOMOS-ISCARSAH, 2004. Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural restoration of Architectural Heritage, http://iscarsah.icomos.org, (ημερομ.πρόσβασης 21.3.2013)

Toumbakari, E.-E. - Filippoupolitis, M. 2010. Analysis of the developing stresses in marble structural members at the anchorage area of the dowels: application at the Parthenon marble blocks, Στο: Koui, M (ed.), *Proc. 8th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin* , Patras (πρακτικά υπό έκδοση).

Toumbakari, E.-E. - Egglezos, D. 2012. In-situ tests on the internal western columns of the Parthenon and modelling of the joints' mechanical properties, Στο: Jasienko, J. (ed.), *Proc.8th Intern.Conf. on Structural Analysis of Historical Constructions*, 2536-2543, Wroclaw.

Vintzileou, E. - Toumbakari, E.-E. 2004. Dowel action of titanium bars connecting marble fragments at different angles, Στο: Martens et al. (eds), *Proc.13th Intern. Brick/Block Masonry Conference*, T.U.Eindhoven.

Vintzileou, E. - Toumbakari, E.-E. - Papadopoulos K. 2006. Dowel Action of Titanium Bars Connecting Marble Fragments, *J. of the Masonry Society*, 24 (1), 9-22.

Σημείωση: Αν δεν υπάρχει ειδική αναφορά, όλες οι φωτογραφίες προέρχονται από το προσωπικό αρχείο της συγγραφέως / Αρχείο ΥΣΜΑ. Τα σχέδια είναι της συγγραφέως και των Α. Καφούρου και Α. Κωστοπούλου.

4.4.3.3. THE IMPLEMENTATION OF THE STRUCTURAL RESTORATION OF THE PARTHENON OPISTHODOMOS: FRAMEWORK, INTERROGATIONS, RESEARCH, SPECIFIC TOPICS

Eleni-Eva E. Toumbakari

Structural Engineer Ph.D. - M.Sc. Conservation Historic Towns & Building, Directorate for Restoration of Ancient Monuments

Abstract

During the second period of restoration of the Opisthodomos, a series of actions have taken place in order to implement the studies for the structural restoration of the blocks and the documentation of the new data.

A shift in the design principles has first taken place. The reinforcement is designed to sustain internal shear and traction forces, which develop under external actions. The methodology for the calculation of the internal forces is based in the numerical simulation of the damaged blocks by means of the finite element method, the calculation of the stresses developing on the internal fracture surfaces and their integration in order to determine the corresponding forces.

The new methodology adopted for the documentation of the damages is also presented. The advantages of the 3D computer-aided design adopted for the presentation of the structural pathology is discussed alongside with the possibilities offered for the management of the data, the reproduction of the restoration phases a.s.o. The structural restoration of the architrave OE3.3 is given as an example.

Other actions regarding the implementation of the studies, including the design of special connectors, the application of quality controls, the simulation of certain procedures before their application (such as grouting of architrave OE7.3), the evaluation of the state of conservation of previous mortars applied on the different monuments of the site together with the Conservation Sector are briefly enumerated.

Finally, two main research programs are briefly outlined. The first deals with the study of the behaviour of reinforcement in shear, from which design formulae have been derived. The second concerns the trial load testing campaign, which consisted in the application of a horizontal force at the capital level of the four northern columns and the measurement of the column displacement and foundation subsidence. The results were used for the calculation of parameters describing the mechanical behaviour of the joints.

List of Figures

Fig. 1. Reconstruction of part of architrave OE7.3.
Fig. 2. The southern bedding face of architrave OE6.3.
Fig. 3. Axonometric drawing of architrave OE3.3 (Survey: E. E. Toumbakari, Drawing: E. E. Toumbakari - A. Kafourou).
Fig. 4. Clamp 622 between architraves OE6.2 & OE6.3. The anchorage area on OE6.2 (on the left) was cracked (the fissure did not cross through the mortise).
Fig. 5. Clamp 416 between architraves OE4.1 & OE4.2 in areas where the marble had been removed.
Fig. 6. Transverse side-to-side crack on architrave OE7.1 after its filling with mortar.
Fig. 7. Reinforcement bars in column drum OK6.11. On the top face lies the fragment to be joined.
Fig. 8. Reinforcement bars used in the southern part of the anchorage area of the northern, longitudinal clamp of architrave OE6.3.
Fig. 9. Failure of the marble with marked crushing. The deformation of the dowel is noteworthy.
Fig. 10. The setup used for the experimental investigation of shearing (NTUA/Reinforced Concrete Laboratory).
Fig. 11. Drawing of the setup used for the experimental investigation of shearing (NTUA/Reinforced Concrete Laboratory).
Fig. 12. Force-displacement diagrams for columns OK1-OK4. Load application from W to E.
Fig. 13. View of the entablature in the course of the project. Column capital OKK4 in the foreground.

List of Drawings

Dwgs. 12α-12β.* Documentation of the joining procedure of the members of the opisthonaos (2001-2004): implementation in the case of architrave OE3.3.

Note: All Photos are by E.E. Toumbakari / YSMA Archive unless otherwise indicated. Drawings are by E. E.Toumbakari with A.Kafourou & A.Kostopoulou.

** See APPENDIX: Folded out drawings.*

4.4.4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΛΙΘΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΤΙΓΡΑΦΩΝ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΗΣ Δ. ΚΑΙ Ν. ΖΩΦΟΡΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΟΠΩΝ ΤΗΣ Β. ΚΙΟΝΟΣΤΟΙΧΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ ΚΑΙ ΤΗΣ ΖΩΦΟΡΟΥ ΤΟΥ ΝΑΟΥ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ ΝΙΚΗΣ

Ελένη-Εύα Ε. Τουμπακάρη
Δρ Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc. Αναστηλώσεων, Διεύθυνση Αναστήλωσης Αρχαίων Μνημείων

1. Εισαγωγή – Συντελεστές - Συνεργασίες

Στο πλαίσιο της αναστήλωσης του Οπισθονάου (2001-2004) εκπονήθηκε μελέτη υλικού («τεχνητού λίθου») για την παραγωγή των αντιγράφων της Δ. και Ν. Ζωφόρου (Εικ. 1 & 2). Η ίδια σύνθεση χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των αντιγράφων των μετοπών της Β. Κιονοστοιχίας και της Ζωφόρου του ναού της Αθηνάς Νίκης. Η μελέτη σύνθεσης του υλικού, το πρόγραμμα των δοκιμών, η αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων και ο σχεδιασμός του οπλισμού και η επίβλεψη του έργου έγιναν στο πλαίσιο της ΥΣΜΑ[1]. Η υλοποίηση του προγράμματος των δοκιμών που προέβλεπε η μελέτη έγινε στο Εργ. Οπλισμένου Σκυροδέματος ΕΜΠ με άδεια της Αναπλ. Καθ. Ε. Βιντζηλαίου και στο Ελληνικό Κέντρο Ερευνών Τσιμέντου (ΕΚΕΤ) με επίβλεψη της Χ. Μαλαμή, Δρος Χημικού Μηχανικού. Ο πετρογραφικός έλεγχος έγινε από τον Π.Τσακιρίδη, Δρα Χημικό Μηχανικό στο ΕΚΕΤ. Οι δοκιμές ανθεκτικότητας σε κύκλους ύγρανσης-ξήρανσης και σε εμβαπτισμό σε διάλυμα θειϊκών πραγματοποιήθηκαν στο Κέντρο Λίθου του ΥΠΠΟ με επίβλεψη της Κ. Κουζέλη, Δρος Χημικού. Η παραγωγή των αντιγράφων έγινε το 2003 (Δ. και Ν. Ζωφόρος) και το 2008 (Μετόπες Β. Κιον/χίας, Ζωφόρος ναού Αθηνάς Νίκης) από την ομάδα των Εκμαγέων της Α΄ ΕΠΚΑ.

Εικ. 1. Η δομή των αντιγράφων των λίθων της Δ.Ζωφόρου (λήψη από ΝΔ).

Εικ. 2. Άποψη των αντιγράφων της Δ.Ζωφόρου (λήψη από Δ).

[1] Τουμπακάρη Ε.-Ε., Χυτά αντίγραφα Δυτικής και Νότιας Ζωφόρου Παρθενώνος - Σχεδιασμός και μελέτη συμπεριφοράς του υλικού - Σχεδιασμός και παραγωγή του δομικού στοιχείου - Στοιχεία απόδοσης έργου, 2004 (ΥΠΠΟ/ΥΣΜΑ 922/7.5.2004).

2. Σχεδιασμός τεχνητού λίθου για εφαρμογή σε αρχαιολογικούς χώρους

Η χρήση τεχνητού λίθου σε αρχαιολογικούς χώρους, είτε για τη συμπλήρωση αρχαίων μελών είτε για την κατασκευή νέων, αποτελεί παλαιά αναστηλωτική πρακτική. Τα υλικά και οι συνθέσεις που προορίζονται για την παραγωγή του τεχνητού λίθου πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις, οι οποίες προκύπτουν από τη συνεκτίμηση διαφόρων παραμέτρων. Η πρώτη δέσμη παραμέτρων είναι τα φυσικοχημικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των αρχαίων υλικών και η θέση του δομικού μέλους, το οποίο συμπληρώνεται ή (ανα)παράγεται από τεχνητό λίθο. Η θέση αυτή καθορίζει τις μηχανικές δράσεις που αναμένεται να ασκηθούν καθώς και τις συνθήκες έκθεσης στο περιβάλλον, οι οποίες συσχετίζονται με τη δεύτερη δέσμη παραμέτρων, τις φυσικοχημικές και βιολογικές δράσεις που αναμένεται να καταπονήσουν το υλικό. Στόχος της μελέτης σχεδιασμού είναι η ανάπτυξη ενός υλικού συμβατού με το υπόστρωμά του, λαμβάνοντας υπόψιν την επιρροή των παραμέτρων που προαναφέρθηκαν. Ο βασικός παράγοντας που ελέγχει τη συμβατότητα είναι η μικροδομή του υλικού. Επειδή όμως οι παράμετροι που ελέγχουν την ποιότητα της μικροδομής οδηγούν συχνά σε αντιφατικές απαιτήσεις, το ζήτημα του σχεδιασμού μετατρέπεται σε ζήτημα βελτιστοποίησης, καθιστώντας την παραμετρική μελέτη βασικών συνθέσεων, και κατ΄επέκταση την εργαστηριακή διερεύνηση, απαραίτητη. Απαραίτητη επίσης κρίνεται η πραγματοποίηση πιλοτικών εφαρμογών μικρής κλίμακας στο πεδίο και η αποτίμησή τους μετά από εύλογο χρονικό διάστημα, με το σκεπτικό ότι, ακόμα κι αν η εξέλιξη των φυσικοχημικών φαινομένων είναι αργή και δεν επιτρέπει να κριθεί η συνολική εν χρόνω συμπεριφορά του υλικού, ο χρόνος αυτός είναι επαρκής για την ανάδειξη, αν υπάρχουν, βασικών προβλημάτων στο σχεδιασμό. Με την πιλοτική εφαρμογή δοκιμάζονται επίσης οι συνθήκες παραγωγής και η τεχνογνωσία του ανθρώπινου δυναμικού.

3. Η διερεύνηση του υλικού

3.1. Στόχος της έρευνας για το σχεδιασμό τεχνητού λίθου – λογική σχεδιασμού

Η προαναφερθείσα προσέγγιση εφαρμόστηκε κατά το σχεδιασμό του τεχνητού λίθου που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή χυτών αντιγράφων στο χώρο της Ακρόπολης. Ο πρώτος στόχος της μελέτης ήταν ο προσδιορισμός μιας σύνθεσης τεχνητού λίθου, στην οποία δεν θα αναπτύσσεται δίκτυο μικρορηγματώσεων στην επιφάνεια (Εικ. 3 & 4). Ως δεύτερος στόχος τέθηκε η τεκμηρίωση της βελτίωσης της ανθεκτικότητας του νέας αυτής σύνθεσης τεχνητού λίθου σε σχέση με σύνθεση αναφοράς, η οποία χρησιμοποιήθηκε παλαιότερα. Κατ΄αρχήν πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη αυτοψία του χώρου της Ακροπόλεως κι αξιολόγηση της κατάστασης διατήρησης κονιαμάτων, σκυροδεμάτων και τεχνητών λίθων παλαιότερων εφαρμογών. Η ρηγμάτωση αποδόθηκε στη λεπτότητα και στο περιορισμένο εύρος της κοκκομετρίας της άμμου που χρησιμοποιήθηκε παλαιότερα, και που είχε ως

Εικ. 3. Δίκτυο επιφανειακών ρηγματώσεων σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο.

Εικ. 4. Δίκτυο επιφανειακών ρηγματώσεων σε επίπεδες ή ελαφρά εξέχουσες επιφάνειες.

συνέπεια τη δημιουργία υψηλού πορώδους στην επιφάνεια του υλικού και άρα μειωμένη αντοχή (της επιφανείας). Μια τέτοια επιφάνεια δεν μπορούσε να αντέξει τις αναπτυσσόμενες τάσεις λόγω θερμοκρασιακών διακυμάνσεων και υδαταπορρόφησης.

Η νέα σύνθεση θα έπρεπε να χαρακτηρίζεται από (α) μειωμένο πορώδες, (β) αυξημένες αντοχές, οι οποίες να παραμένουν μικρότερες του Πεντελικού μαρμάρου και (γ) βελτιωμένη εν γένει ανθεκτικότητα έναντι χαρακτηριστικών, για το Μνημείο και την ευρύτερη περιοχή του, περιβαλλοντικών δράσεων[2]. Η επίτευξη των στόχων που προαναφέρθηκαν έγινε με (α) τη μελέτη της κοκκομετρίας των αδρανών, προκειμένου να επιτευχθεί μείωση της περιεκτικότητας σε νερό και άρα μείωση του πορώδους, (β) τη χρήση φυσικών ποζολανών για τη βελτίωση της διεπιφανειακής ζώνης κονίας-αδρανών και τη δέσμευση του πορτλανδίτη που προέρχεται από την ενυδάτωση του τσιμέντου, (γ) τη μείωση της περιεκτικότητας σε τσιμέντο με αντικατάσταση μέρους του από ποζολάνη, (δ) την κατάλληλη συντήρηση του υλικού κατά την πήξη, για την αντιμετώπιση της αναμενόμενης, λόγω της μεγάλης λεπτότητας του τσιμέντου, υψηλής θερμότητας ενυδάτωσης και την εξάλειψη της μικρορηγμάτωσης που θα μπορούσε να προκληθεί και (ε) τη συντήρηση του σκληρυμένου υλικού με πλήρη εμβαπτισμό σε νερό επί τουλάχιστον 60 ημέρες μετά τη χύτευση, προκειμένου να αποφευχθεί η ενανθράκωση και να προχωρήσουν απρόσκοπτα οι αντιδράσεις ενυδάτωσης που συμβάλουν στην αντοχή κι ανθεκτικότητα της επιφανείας.

[2] Σκουλικίδης Θ.Ν. και συνεργάτες, 1994.

3.2. Υλικά και συνθέσεις – Πρόγραμμα δοκιμών

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι ελληνικό λευκό τσιμέντο Portland κατηγορίας EN I και II 55, καθαρή χαλαζιακή άμμος διαφόρων κοκκομετριών (0-2, 0-4 και 0-6 mm) και φυσική ποζολάνη Μήλου μεγίστου κόκκου 75μm. Η χρήση υπερρευστοποιητών δεν επιτράπηκε. Για όλα τα υλικά πραγματοποιήθηκε έλεγχος ποιότητας. Μελετήθηκαν έξι συνθέσεις, εκ των οποίων οι τρεις χωρίς ποζολάνη και οι υπόλοιπες με φυσική ποζολάνη σε αντικατάσταση 20%κ.β. τσιμέντου καθώς και οι δύο συνθέσεις αναφοράς (ΑΝΑΦ-κ.β. και ΑΝΑΦ-κ.ο.) (Πίν. 3). Η κοκκομετρική διαβάθμιση σχεδιάστηκε βάσει της καμπύλης Fuller για n=0,5[3]. Οι ιδιότητες των νωπών αναμιγμάτων καθώς και η θλιπτική και εφελκυστική αντοχή, το φαινόμενο πορώδες και η φαινόμενη πυκνότητα στις ηλικίες των 28 και 90 ημερών προσδιορίστηκαν βάσει EN 1015 και ASTM C-642. Ο συντελεστής υδαταπορρόφησης μετρήθηκε βάσει DIN 52617. Το ολικό πορώδες και η διαβάθμιση των πόρων μετρήθηκαν με ποροσιμετρία υδραργύρου (MIP). Ο πετρογραφικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το ASTM C-457. Τέλος, η ανθεκτικότητα των συνθέσεων αποτιμήθηκε με (α) εμβαπτισμό σε (προσομοιωμένο) θαλασσινό νερό, (β) κύκλους ύγρανσης-ξήρανσης σε απιονισμένο νερό και (γ) κύκλους ύγρανσης-ξήρανσης σε διάλυμα θειϊκών.

4. Αποτελέσματα της διερεύνησης

4.1. Επιρροή της κοκκομετρίας, του μεγίστου κόκκου και της ποζολάνης

Η αύξηση του μεγίστου κόκκου και η μελέτη της κοκκομετρίας οδήγησε, όπως αναμενόταν, στη μείωση της περιεκτικότητας σε νερό των νέων συνθέσεων σε σχέση με τις συνθέσεις αναφοράς (Πίν.1). Με την αύξηση του μεγέθους μεγίστου κόκκου και τη συνακόλουθη μείωση της απαιτούμενης περιεκτικότητας σε νερό, αυξήθηκαν οι αντοχές (Πίν. 2) και μειώθηκε ο όγκος διαπερατών πόρων καθώς και ο συντελεστής τριχοειδούς απορρόφησης (Πίν. 3). Με εφαρμογή της ποροσιμετρίας υδραργύρου επιβεβαιώθηκε η μείωση του όγκου των πόρων των νέων συνθέσεων, όταν αυξάνεται ο μέγιστος κόκκος (Πίν. 3). Η χρήση ποζολανών είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας των υλικών, αν και η χρήση τους σε αντικατάσταση τσιμέντου και όχι αδρανών συνεπάγεται μείωση των αρχικών αντοχών σε σχέση με τα δοκίμια χωρίς ποζολάνη (Πίν. 2). Ο συνολικός όγκος πόρων των συνθέσεων με ποζολάνη, μετρημένος με ποροσιμετρία υδραργύρου, ήταν μικρότερος εκείνων χωρίς ποζολάνη. Αυτό οφείλεται στο ότι η ποζολανική αντίδραση οδηγεί σε μείωση του όγκου των μεγάλων πόρων κι αύξηση του όγκου που αντιστοιχεί στο λεπτότερο πορώδες[4]. Συγχρόνως, συμβάλει στον κατακερματισμό του συστήματος των πόρων[5], καθιστώντας ένα τμήμα του πορώδους μη προσπελάσιμο. Συνεπώς, η ποζολάνη περιόρισε το ποσοστό

[3] Neville 1995.

[4] βλ.π.χ. Mehta - Gjorv 1982 και Mehta 1981.

[5] Massazza 1998.

περιεχόμενου αέρα και πύκνωσε τη μάζα του υλικού. Το αποτέλεσμα επιβεβαιώθηκε κατά τον πετρογραφικό έλεγχο.

Υλικό	ΑΧ-0/6*	ΠΑΧ0/6	ΑΧ-0/4	ΠΑΧ0/4	ΑΧ-0/2	ΠΑΧ0/2	ΑΝΑΦκ.β./κ.ο.**
Τσιμέντο Portland	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1
Ποζολάνη Μήλου	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-
Χαλαζιακή άμμος	3	3	3	3	3	3	3
Νερό / συνδετικό	0,37	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45***	0,57 / 0,65
** Οι αριθμοί χαρακτηρίζουν το μέγιστο κόκκο άμμου / αδρανών που χρησιμοποιήθηκε στη σύνθεση δηλ. 6, 4 και 2mm αντίστοιχα. ** ΑΝΑΦ-κ.ο.: περιεκτ.κατά όγκο ***τα τελικά δοκίμια παρασκευάστηκαν με λόγο νερού/συνδετικό ίσο προς 0,53 λόγω προβλημάτων στην ανάμιξη*							

Πίν. 1. Συνθέσεις [κ.β.] τεχνητού λίθου για τα χυτά αντίγραφα στην Ακρόπολη (2002-2008).

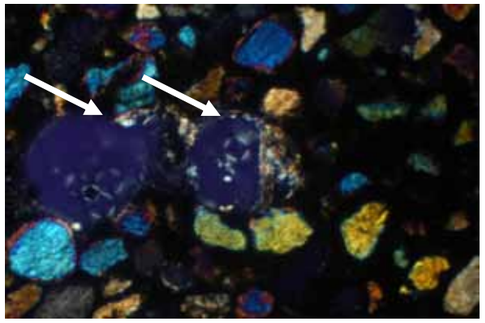
Σύνθεση	f_c (28 ημέρες)	f_t (28 ημέρες)	f_c (90 ημέρες)	f_t (90 ημέρες)
ΑΝΑΦ κ.β.	29.4	5.3	29.8	5.7
ΑΝΑΦ κ.ο.	14.9	3.3	16.4	4.2
ΑΧ0/2	56.2	8.0	63.0	7.7
ΑΧ0/4	64.8	8.0	68.3	9.4
ΑΧ0/6	72.6	8.5	81.8	9.4
Π-ΑΧ0/2	28.2	5.8	35.9	6.9
Π-ΑΧ0/4	50.6	7.7	61.7	8.4
Π-ΑΧ0/6	56.0	8.5	68.3	8.3

Πίν. 2. Θλιπτική (f_c) και εφελκυστική (f_t) αντοχή των συνθέσεων [MPa].

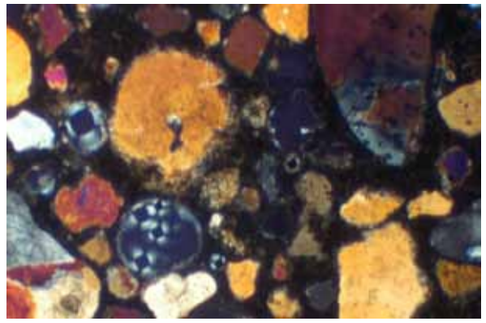
	Φαινόμενο ειδ.βάρος [g/cm^3]		Φαινόμενο πορώδες [%]		Συντελεστής τριχοειδούς απορρόφησης (kg/m^{2}h$^{0.5}$) [6]		Όγκος πόρων (mm^3/g)
Σύνθεση	28 ημέρ.	90 ημέρ.	28 ημέρ.	90 ημέρ.	W_{24}	W_2	28 ημέρ.
ΑΝΑΦ κ.β.	2.10	2.08	22.2	20.4	11.1		80.1
ΑΝΑΦ κ.ο.	2.04	2.03	26.5	23.5		47.3	91.4
ΑΧ-0/2	2.19	2.18	15.4	14.2	4.6		33.7
ΑΧ-0/4	2.30	2.28	14.3	12.9	4.0		30.0
ΑΧ-0/6	2.37	2.32	12.7	11.6	2.2		25.6
Π-ΑΧ-0/2	2.18	2.19	19.6	17.7	12.4		36.0
Π-ΑΧ-0/4	2.25	2.24	15.3	15.3	6.5		25.9
Π-ΑΧ-0/6	2.32	2.31	14.3	13.3	3.7		24.9

Πίν. 3. Χαρακτηριστικά πορώδους δομής των συνθέσεων.

[6] Στον Πίν.3 παρουσιάζονται μετρήσεις μετά από 24ωρο συνεχή εμβαπτισμό (W_{24}) και μετά από μετρήσεις 2 ωρών (W_2). Η διαφοροποίηση ήταν αναγκαία διότι η σύνθεση ΑΝΑΦ κ.ο ήταν ιδαιτέρως υδατοπερατή και κορεσμένη στις 24 ώρες.



Εικ. 5. Λεπτή τομή της σύνθεσης ΑΝΑΦ κ.β. (Χ x32) (φωτ. Π.Τσακιρίδης ΕΚΕΤ). Με βέλος σημειώνονται οι πόροι.



Εικ. 6. Λεπτή τομή της σύνθεσης ΑΧ-0/2 (Χ x32) (φωτ. Π.Τσακιρίδης ΕΚΕΤ).

4.2. Ο πετρογραφικός έλεγχος[7]

Στις Εικ. 5 και 6 παρουσιάζονται ενδεικτικά φωτογραφίες λεπτών τομών από το κονίαμα αναφοράς κ.β. και το ΑΧ 0/2. Η δομή του πρώτου χαρακτηρίζεται από αδρανή παραπλήσιας διαμέτρου και μεγάλους πόρους. Με την προσαρμογή της κοκκομετρίας (Εικ. 6) επετεύχθη μείωση του αριθμού των πόρων κατά οπτικό πεδίο. Οι ίδιες παρατηρήσεις ισχύουν και για το κονιάματα με ποζολάνη. Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά της μικροδομής μετρήθηκαν με τη μέθοδο “Modified Point Count”[8]. Όπως φαίνεται στον Πίν. 4, στις νέες συνθέσεις ΑΧ και Π-ΑΧ η μέση ακτίνα πόρων είναι παραπλήσια της ακτίνας μέγιστης συχνότητας. Αυτό σημαίνει ότι η διαβάθμιση των πόρων παρουσιάζει ομαλή κατανομή χωρίς εξάρσεις και άρα επιτεύχθηκε η βελτιστοποίηση της πορώδους δομής.

Σύνθεση	Όγκος πόρων (MIP) (mm^3/g)	Ακτίνα μέγ. συχνότητας (nm)	Μέση ακτίνα (nm)	Σύνθεση	Όγκος πόρων (mm^3/g)	Ακτίνα μέγ. συχνότητας (nm)	Μέση ακτίνα (nm)
ΑΝΑΦ κ.β.	80.1	46	25	ΑΝΑΦ κ.ο.	91.4	388	31
ΑΧ0/2	33.7	14	11	Π-ΑΧ0/2	36.0	13	21
ΑΧ0/4	30.0	12	12	Π-ΑΧ0/4	25.9	12	12
ΑΧ0/6	25.6	12	10	Π-ΑΧ0/6	14.9	12	25
** Τα αποτελέσματα του πετρογραφικού ελέγχου αφορούν στις συνθέσεις που συντηρήθηκαν σε απεσταγμένο νερό*							

Πίν. 4. Χαρακτηριστικά μεγέθη μικροδομής κατά ASTM C-457 (ΕΚΕΤ, 2002β, 2003β).

[7] Πραγματοποιήθηκε από τον Π.Τσακιρίδη, Δρα Χημικό Μηχ. στο ΕΚΕΤ και στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών ΕΜΠ

[8] ΕΚΕΤ 2003β.

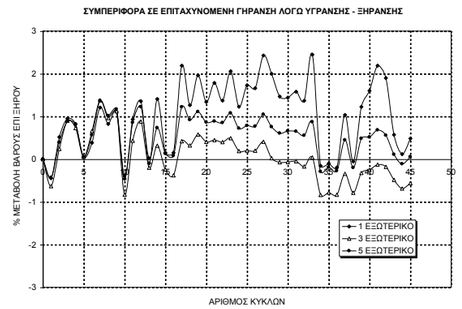
5. Ανθεκτικότητα των συνθέσεων που διερευνήθηκαν

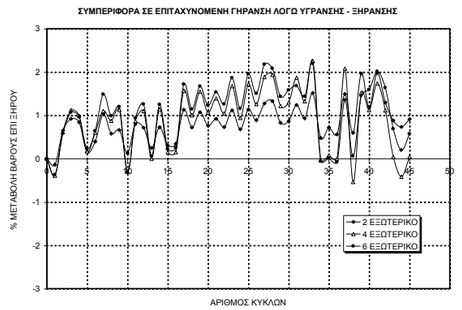
5.1. Συμπεριφορά σε έκθεση κύκλων ύγρανσης-ξήρανσης

Τα αποτελέσματα των σχετικών μετρήσεων παρουσιάζονται στα Σχ. 1 και 2. Στην αρχή παρατηρείται ακριβώς ίδια συμπεριφορά για όλες τις συνθέσεις. Οι διαφοροποιήσεις ξεκινούν από τον 10^o κύκλο. Οι μεταβολές βάρους σε κύκλους ύγρανσης-ξήρανσης παρέμειναν ωστόσο μικρότερες του 0.5%, γεγονός που αποδεικνύει την ανθεκτικότητα των συνθέσεων. Η προσθήκη της ποζολάνης ενίσχυσε ακόμα περισσότερο την ανθεκτικότητα του υλικού. Οι διακυμάνσεις μειώθηκαν (Σχ. 2) και. τα διαγράμματα παραμένουν στην περιοχή του θετικού άξονα καθ΄όλη τη διάρκεια των δοκιμών, γεγονός που δείχνει ότι δεν συμβαίνει απώλεια μάζας. Αντίθετα, η σύνθεση ΑΧ 0/4 περνάει στην περιοχή του αρνητικού άξονα από τον 28^o κύκλο (Σχ. 1), γεγονός που υποδεικνύει την έναρξη της φθοράς.

5.2. Συμπεριφορά σε έκθεση σε αραιό διάλυμα θεϊκών

Η επιρροή του μεγίστου κόκκου φαίνεται στα συγκριτικά διαγράμματα του Σχ. 3. Στους 4 πρώτους κύκλους παρατηρείται η ίδια ακριβώς συμπεριφορά για όλες τις συνθέσεις. Από τον 4ο κύκλο και πέρα οι καμπύλες αρχίζουν να διαφοροποιούνται. Παρά τις αυξομειώσεις λόγω των κύκλων ύγρανσης - ξήρανσης, παρατηρείται τάση συνεχούς, αν και μικρής, μείωσης βάρους, η οποία

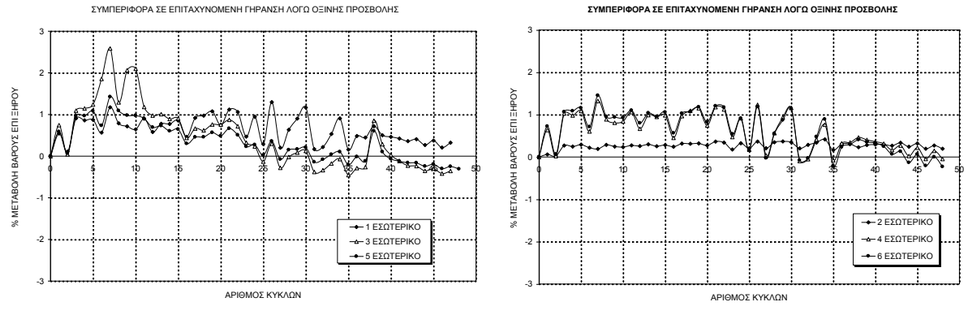




** Το δοκίμιο «1 Εξωτερικό» αντιστοιχεί στη σύνθεση ΑΧ 0/2, το «3 Εξωτερικό» στην ΑΧ 0/4 και το «5 Εξωτερικό» στην ΑΧ 0/6 – * Το δοκίμιο «2 Εξωτερικό» αντιστοιχεί στη σύνθεση Π-ΑΧ 0/2, το «4 Εξωτερικό» στην Π-ΑΧ 0/4 και το «6 Εξωτερικό» στην Π-ΑΧ 0/6.*

Σχ. 1. Επιρροή του μεγέθους του μέγιστου κόκκου στην ανθεκτικότητα σε κύκλους ύγρανσης-ξήρανσης (επεξεργασία μετρήσεων Κέντρου Λίθου).

Σχ. 2. Επιρροή του μεγέθους του μέγιστου κόκκου και της προσθήκης ποζολάνης στην ανθεκτικότητα σε κύκλους ύγρανσης-ξήρανσης (επεξεργασία μετρήσεων Κέντρου Λίθου).



Το δοκίμιο «1 Εσωτερικό» αντιστοιχεί στη σύνθεση ΑΧ 0/2, το «3 Εσωτερικό» στη σύνθεση ΑΧ 0/4 και το «5 Εσωτερικό» στη σύνθεση ΑΧ 0/6 - Το δοκίμιο «2 Εσωτερικό» αντιστοιχεί στη σύνθεση Π-ΑΧ 0/2, το «4 Εσωτερικό» στη Π-ΑΧ 0/4 και το «6 Εσωτερικό» στη σύνθεση Π-ΑΧ 0/6

Σχ. 3. Επιρροή του μεγέθους του μέγιστου κόκκου στην ανθεκτικότητα σε όξινη προσβολή (επεξεργασία μετρήσεων Κέντρου Λίθου).

Σχ. 4. Επιρροή του μεγέθους του μέγιστου κόκκου και της ποζολάνης στην ανθεκτικότητα σε όξινη προσβολή (επεξεργασία μετρήσεων Κέντρου Λίθου).

σηματοδοτεί την εξέλιξη της φθοράς. Με το πέρας των δοκιμών, η μεταβολή βάρους ήταν μικρότερη του 0.5%. Η τιμή αυτή είναι πολύ μικρή και δείχνει ότι όλες οι συνθέσεις με την τροποποιημένη κοκκομετρία συμπεριφέρθηκαν πολύ καλά στην έκθεση σε αραιό διάλυμα θειικών. Η παρουσία της φυσικής ποζολάνης έχει ως αποτέλεσμα την ομογενοποίηση της συμπεριφοράς των δοκιμίων (Σχ. 6 [9]) και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υλικών. Όπως φαίνεται από τη σύγκριση των διαγραμμάτων, οι καμπύλες των δοκιμίων ΑΧ 0/2 και ΑΧ 0/4 περνούν για πρώτη φορά στην περιοχή απώλειας βάρους από τον 25^{ο} κύκλο (Σχ. 3) και, παρά τις διακυμάνσεις, παραμένουν, ενώ η αντίστοιχη καμπύλη του Π-ΑΧ 0/4 περνά, και μάλιστα οριστικά, στην περιοχή του αρνητικού άξονα γύρω στον 44^{ο} κύκλο.

5.3. Συμπεριφορά σε έκθεση σε θαλάσσιο περιβάλλον

Τα αποτελέσματα των δοκιμών (Πίν. 5) δείχνουν ότι η έκθεση σε θαλασσινό νερό συνεπάγεται αύξηση μήκους και αύξηση βάρους των δοκιμίων σε σχέση με δοκίμια αναφοράς συντηρημένα σε απεσταγμένο νερό[10]. Παρατηρήθηκε επίσης η δημιουργία επιφανειακού φλοιού και μικρορηγματώσεων επί των δοκιμίων που συντηρήθηκαν σε θαλασσινό νερό.

[9] Η μορφή της καμπύλης που αντιστοιχεί στο δοκίμιο Π-ΑΧ 0/2 δεν θεωρείται αξιόπιστη, πιθανώς λόγω προβλήματος στη συντήρηση ή στη δοκιμή του υλικού, και έτσι δεν θα σχολιαστεί περαιτέρω.

[10] Για την ανάλυση των αλλαγών που παρατηρήθηκαν σε επίπεδο μικροδομής, βλ. Μαλαμή-Τουμπακάρη-Τσακιρίδης 2006.

	Θαλασσινό νερό		Απεσταγμ. νερό			Θαλασσινό νερό		Απεσταγμ. νερό	
Σύνθεση	Βάρος	Μήκος	Βάρος	Μήκος	Σύνθεση	Βάρος	Μήκος	Βάρος	Μήκος
ΑΝΑΦ κ.β.	4.05	0.054	0.65	0.001	ΑΝΑΦ κ.ο	2.85	0.036	0.94	0.001
ΑΧ0/2	2.90	0.049	0.92	0.006	Π-ΑΧ0/2*	4.20	0.042	0.83	0.014
ΑΧ0/4	2.94	0.065	0.52	0.001	Π-ΑΧ0/4	2.83	0.042	0.82	0.005
ΑΧ0/6	2.71	0.067	0.48	0.004	Π-ΑΧ0/6	2.91	0.084	0.65	0.004
**τα τελικά δοκίμια παρασκευάστηκαν με λόγο νερού/συνδετικό ίσο προς 0,53*									

Πίν. 5. Μεταβολή μήκους και βάρους [%] των δοκιμίων στην ηλικία των 364 ημερών.

6. Σχεδιασμός των οπλισμών των λίθων της Δ. και Ν. Ζωφόρου

Ο τρόπος όπλισης των αντιγράφων αποτέλεσε από την αρχή θέμα προβληματισμού, επειδή πρόκειται για πολύ λεπτές χυτές πλάκες: οι διαστάσεις της τυπικής πλάκας είναι περίπου 140 εκ. μήκος, 102 εκ. ύψος και 10 εκ. πάχος. Ο οπλισμός λεπτών διατομών συνιστά πάντοτε ένα πρόβλημα σχεδιασμού. Η εφαρμογή του απλού επίπεδου πλέγματος, που είχε αρχικά προταθεί, δεν είναι επαρκής λόγω της ανάγκης διαμόρφωσης ειδικής σύνδεσης μεταξύ της χυτής πλάκας και του μαρμάρινου αντιθή-ματος (Εικ. 1). Για να μπορούν να αναληφθούν, σε οριακές συνθήκες, οι αναμενόμενες ισχυρές δυνάμεις απόσχισης, μελετήθηκε και εφαρμόστηκε ένας κλωβός οπλισμών, ο οποίος δημιουργεί συνθήκες περίσφιξης στους εισαγόμενους οπλισμούς διατμήσεως και απομακρύνει τον κίνδυνο απόσχισης του τεχνητού λίθου. Συνεπώς, ακόμα και εάν υπάρξουν ακραίες μετατοπίσεις του θριγκού, δεν θα υπάρξει απόσχιση της πλάκας αλλά τοπική σύνθλιψη του υλικού κάτω από το βλήτρο. Τέλος, αλλά όχι και λιγότερο σημαντικό, η ύπαρξη του κλωβού προστατεύει τοπικά τις γωνίες του αντιγράφου.

7. Συμπεράσματα

Η μελέτη του τεχνητού λίθου για την κατασκευή των αντιγράφων των μελών της Δ. και Ν. Ζωφόρου και των μετοπών της Β. Κιονοστοιχίας του Παρθενώνα καθώς και της Ζωφόρου του Ναού της Αθηνάς Νίκης είχε δύο στόχους. Ο πρώτος ήταν ο καθορισμός μιας σύνθεσης, στην οποία δεν θα αναπτύσ-σεται δίκτυο μικρορηγματώσεων στην επιφάνεια. Ο δεύτερος ήταν η τεκμηρίωση της βελτίωσης της ανθεκτικότητας της νέας σύνθεσης σε σχέση με μια σύνθεση αναφοράς, η οποία χρησιμοποιήθηκε παλαιότερα. Για να επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί έγινε αύξηση του μεγέθους του μεγίστου κόκκου αδρανούς και χρήση ποζολάνης σε αντικατάσταση ίσης κατά βάρος περιεκτικότητας σε τσιμέντο.

Για την παραγωγή των αντιγράφων επελέγη τελικά η σύνθεση Π-ΑΧ 0/6. Από την παρακολούθηση της συμπεριφοράς των αντιγράφων - μερικά από τα οποία έχουν σήμερα ηλικία μεγαλύτερη των 10 ετών – δικαιώθηκε η λογική σχεδιασμού. Επετεύχθη η εξάλειψη των επιφανειακών ρωγμών και τεκμηριώθηκε η βελτίωση της ανθεκτικότητας του υλικού.

Ελληνική Βιβλιογραφία

ASTM C 642-97. Πρότυπος Μέθοδος Προσδιορισμού Πυκνότητας στο Σκληρυμένο Σκυρόδεμα

CEN/TS/51:WG12:N40. Μέθοδοι ελέγχου τσιμέντου – Προσδιορισμός της αντίστασης των τσιμέντων στη προσβολή από διάλυμα θειϊκών ή από θαλασσινό νερό

DIN 52 617. Προσδιορισμός του Συντελεστή Απορρόφησης Νερού σε Δομικά Υλικά

ΕΚΕΤ. 2002α. *Δοκιμές κονιαμάτων*. Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.

ΕΚΕΤ. 2002β.*Δοκιμές κονιαμάτων έργων αναστήλωσης Ακρόπολης*. Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.

ΕΚΕΤ. 2003α. *Δοκιμές κονιαμάτων – Αντοχή στο θαλασσινό νερό*, Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.

ΕΚΕΤ. 2003β. *Πετρογραφικός έλεγχος συνθέσεων κονιαμάτων παρασκευής αντιγράφων*, Αθήνα.

ΕΚΕΤ. 2004. *Ορυκτολογικός έλεγχος αδρανών σύνθεσης κονιαμάτων παρασκευής αντιγράφων*, Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.

EN 1015-3. Μέθοδοι ελέγχου κονιαμάτων δόμησης

Κέντρο Λίθου 2003. *Αποτελέσματα ελέγχου δειγμάτων υλικών για την κατασκευή αντιγράφων σε κύκλους ύγρανσης-ξήρανσης και κύκλους όξινης προσβολής*, Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.

Μαλαμή, Χ. - Τουμπακάρη, Ε.-Ε. - Τσακιρίδης, Π. 2006. Επιρροή περιβαλλοντικών δράσεων στη μικροδομή κονιαμάτων υψηλών αντοχών, Στο: *15ο Εθνικό Συνέδριο Σκυροδέματος*, Αλεξανδρούπολη: ΤΕΕ.

Σκουλικίδης Θ. Ν. και συνεργάτες. 1994. *Συντήρηση της Επιφάνειας των Μνημείων της Ακροπόλεως*, Αθήνα: ΕΣΜΑ.

Τουμπακάρη, Ε.-Ε. 2004. *Χυτά αντίγραφα Δυτικής και Νότιας Ζωφόρου Παρθενώνος – Σχεδιασμός και μελέτη συμπεριφοράς του υλικού, σχεδιασμός και παραγωγή του δομικού στοιχείου, στοιχεία απόδοσης έργου,* Αθήνα, Αρχείο ΥΣΜΑ.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Massazza, F. 1998. Pozzolana and pozzolanic cements, Στο: Hewlett, P.C. (ed.), *Lea's Chemistry of Cement and Concrete,* 4th Edition, 471-631, London: Arnold Publ.

Mehta, P. K 1981 Studies on blended Portland cements containing Santorin earth, *Cement and Concrete Research*, 11 (4), 507-518.

Mehta, P. K. - Gjorv, O. E. 1982. Properties of Portland cement concrete containing fly ash and condensed silica fume, *Cement and Concrete Research*, 12 (5), 587-595.

Neville, A. M. 1995. *Properties of Concrete.* Longman, 4th ed

Σημείωση: Αν δεν υπάρχει ειδική αναφορά, όλες οι φωτογραφίες προέρχονται από το προσωπικό αρχείο της συγγραφέως / Αρχείο ΥΣΜΑ.

4.4.4. DESIGN OF CAST STONE FOR THE PRODUCTION OF THE COPIES OF THE W. AND S. FRIEZE AND THE METOPES OF THE N. COLONNADE OF THE PARTHENON AND THE FRIEZE OF ATHENA NIKE TEMPLE

Eleni-Eva E. Toumbakari

Structural Engineer Ph.D. - M.Sc. Conservation Historic Towns & Building, Directorate for Restoration of Ancient Monuments

Abstract

The main results of the study undertaken in the years 2001-2003 for the design of artificial stone for the production of cast copies of the W. & S. Frieze of the Parthenon, the metopes of the N. Colonnade and the frieze of the temple of Athena Nike is summarily presented.

Aims of the research was the production of cast stone free from surface microcracks as well as the demonstration of the overall improvement in durability of the new material through the proposed modifications. The mechanism of surface cracking of the reference composition was explained by the fineness and reduced range of the aggregate grain-size distribution, which resulted in reduced surface porosity. The following design targets for the new composition were defined: (a) reduced porosity, (b) increased strength, but less than Pentelic marble's, and (c) improved durability to environmental actions. The tools used for the achievement of the targets were: (a) increase of the maximum aggregate grain-size, (b) reduction of the water content, (c) use of natural pozzolans, (d) reduction of the cement content by substituting pozzolan for part of the cement, (e) appropriate curing in order to cope with the expected high hydration temperature resulting from the fineness of the cement, (f) curing of the cast stone in water for at least 60 days after casting. A total of six different mixtures were studied, three of which without pozzolan and the rest with natural pozzolan, and compared to the reference mix design.

By increasing the maximum grain-size, the required water content was reduced. Consequently, porosity was also reduced and strengths were increased. The durability tests carried out in cycles of wetting and drying, in acid solution and in seawater demonstrated the superior performance of the pozzolanic compositions with larger, than the reference, aggregate grain-size.

List of Figures

Fig. 1. The structure of the replicas of the blocks of the west frieze (photo taken from SW).

Fig. 2. View of the replicas of the west frieze.

Fig. 3. Web of surface cracks on areas with high relief.

Fig. 4. Web of surface cracks on flat or slightly protruding surfaces.

Fig. 5. Thin cross-section of the composition REF-per weight (X x32) (Photo: P. Tsakiridis EKET). Pores are indicated by arrows.

Fig. 6. Thin cross-section of the composition AX-0/2 (X x32) (Photo: P. Tsakiridis EKET).

List of Tables

Tbl. 1. Compositions [per weight] for artificial stone cast replicas of the Acropolis (2002-2008).
Tbl. 2. Compression (f_c) and tensile (f_t) strength of the compositions [MPa].
Tbl. 3. Characteristics of the porous structure of the compositions.
Tbl. 4. Microstructural characteristics according to ASTM C-457 (EKET, 2002b, 2003b).
Tbl. 5. Variation in length and weight [%] of the specimens at the age of 364 days.

List of Drawings

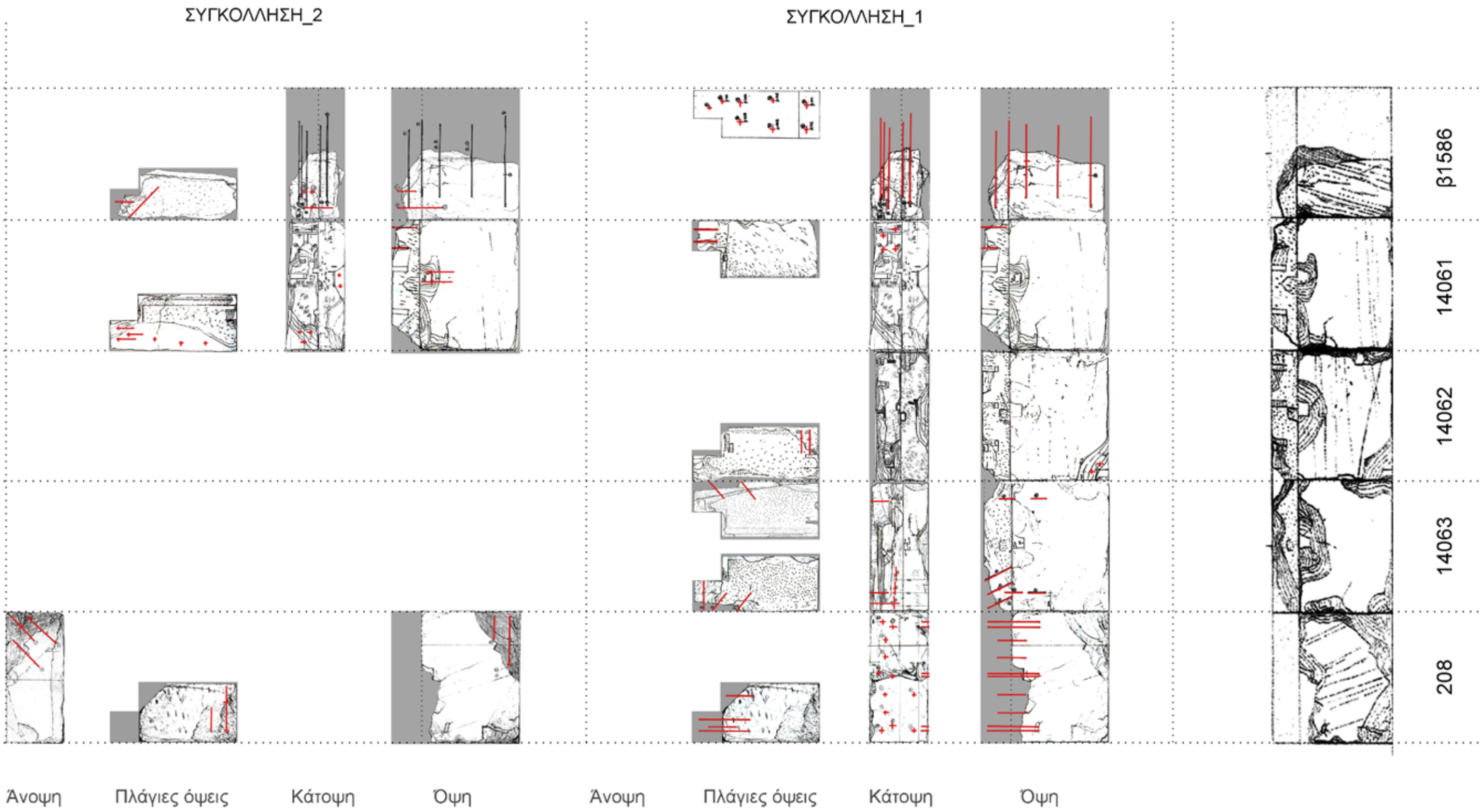
Dwg. 1. Influence of the maximum grain-size on the durability to cycles of wetting and drying (processing of the measurements of the Stone Conservation Center).
Dwg. 2. Influence of the maximum grain-size and of the addition of pozzolan on the durability to cycles of wetting and drying (processing of the measurements of the Stone Conservation Center).
Dwg. 3. Influence of the maximum grain-size on the durability to acidic attack (processing of the measurements of the Stone Conservation Center).
Dwg. 4. Influence of the maximum grain-size and of the pozzolan on the durability to acidic attack (processing of the measurements of the Stone Conservation Center).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
APPENDIX

Note: All Photos and Tables are by E. E. Toumbakari / YSMA Archive unless otherwise indicated.

ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΘΡΙΓΚΟΥ Β.ΚΙΟΝΟΣΤΟΙΧΙΑΣ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ (2004-2007)

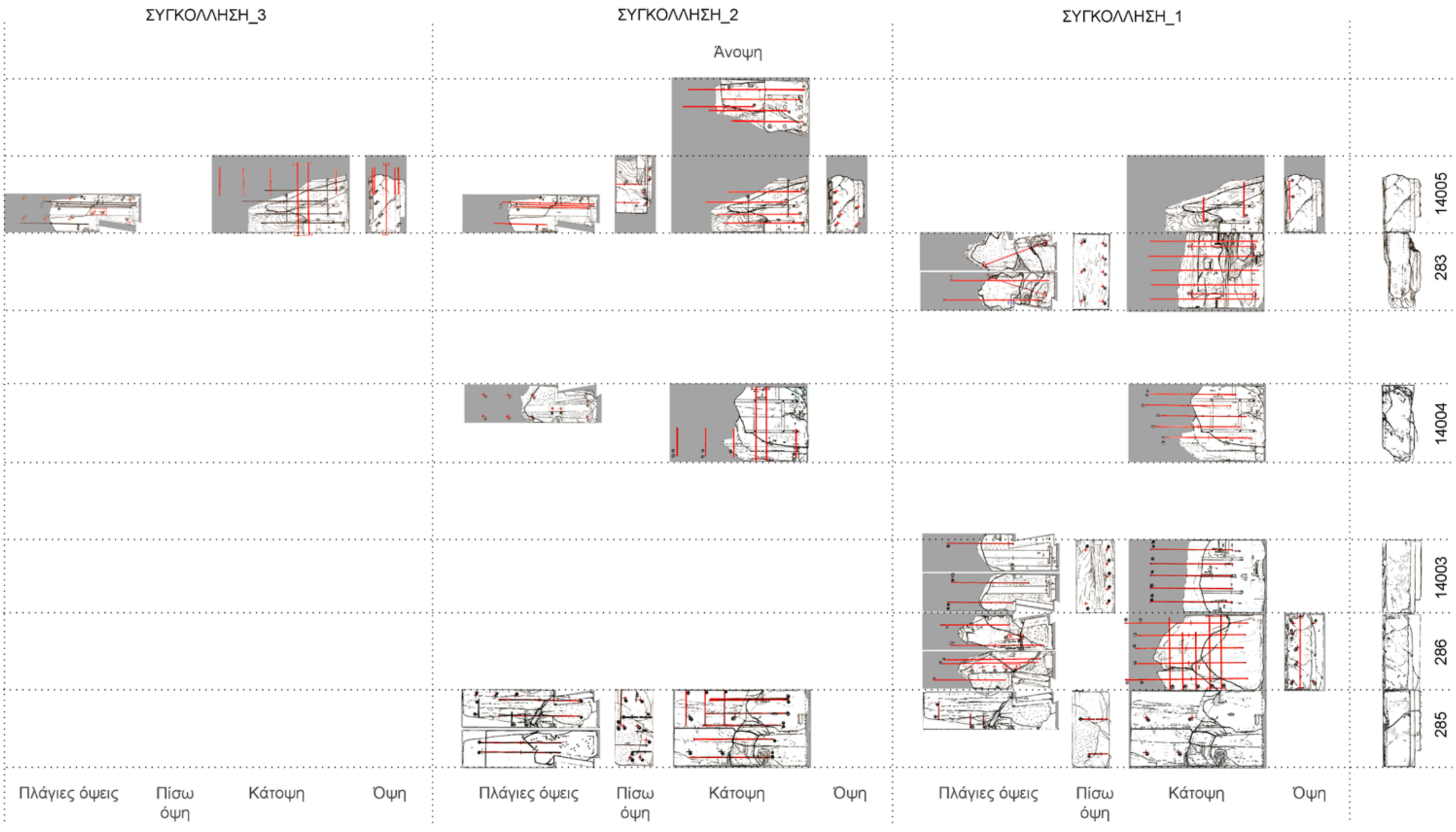
Απόδοση έργου δομικής αποκατάστασης διαζωμάτων (παραδείγματα)



Μελέτη δομικής αποκατάστασης: *Ελ.-Ε.Τουμπακάρη*
Μελέτη αναδιάταξης: *Ρ.Χριστοδουλοπούλου*
Αποτυπώσεις μελών: *Α.Καφούρου, Κ.Ματάλα, Α.Παπανδρόπουλος, Κ.Παράσχη*
Αποτυπώσεις οπλισμών: *Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Καφούρου*
Σύνθεση-σχεδίαση: *Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Κωστοπούλου*

ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΘΡΙΓΚΟΥ Β.ΚΙΟΝΟΣΤΟΙΧΙΑΣ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ (2004-2007)

Απόδοση έργου δομικής αποκατάστασης γείσων (παραδείγματα)



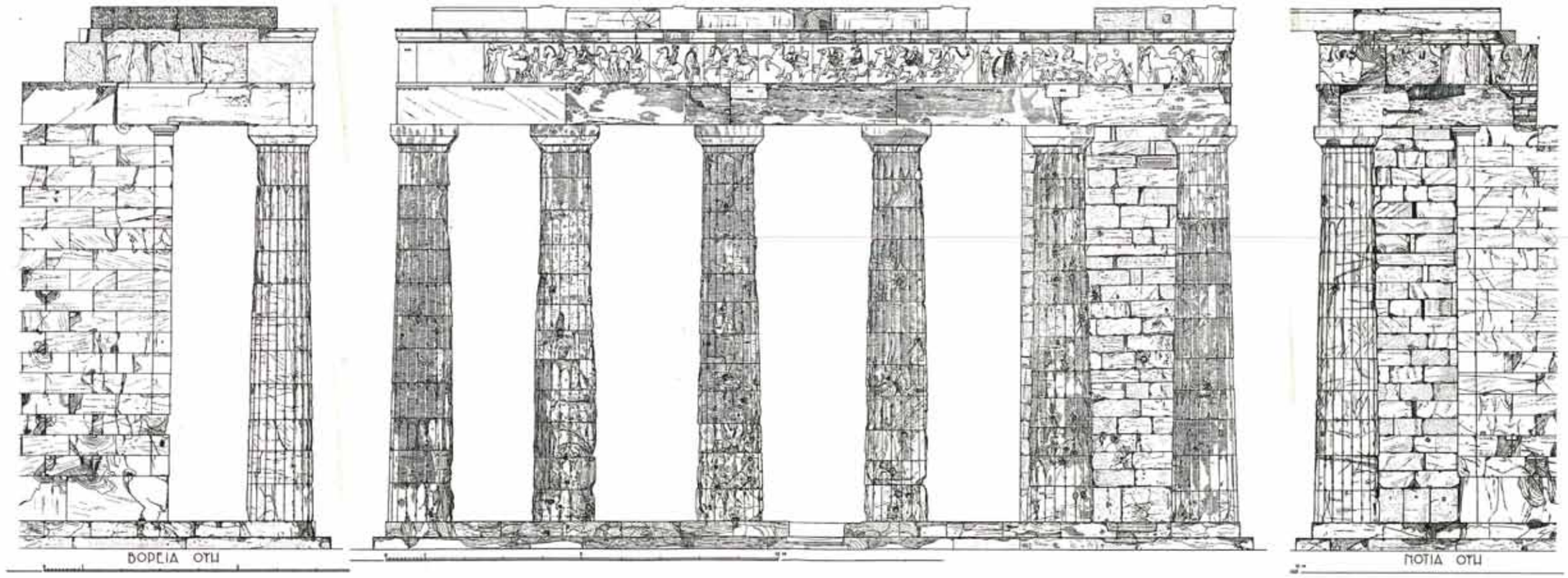
Μελέτη δομικής αποκατάστασης: *Ελ.-Ε.Τουμπακάρη*
Μελέτη αναδιάταξης: *Ρ.Χριστοδουλοπούλου*
Αποτυπώσεις μελών: *Α.Καφούρου, Κ.Ματάλα, Α.Παπανδρόπουλος, Κ.Παράσχη*
Αποτυπώσεις οπλισμών: *Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Καφούρου*
Σύνθεση-σχεδίαση: *Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Κωσταπούλου*

ΠΑΡΘΕΝΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΚΙΟΝΟΣΤΟΙΧΙΑΣ 2002-2009

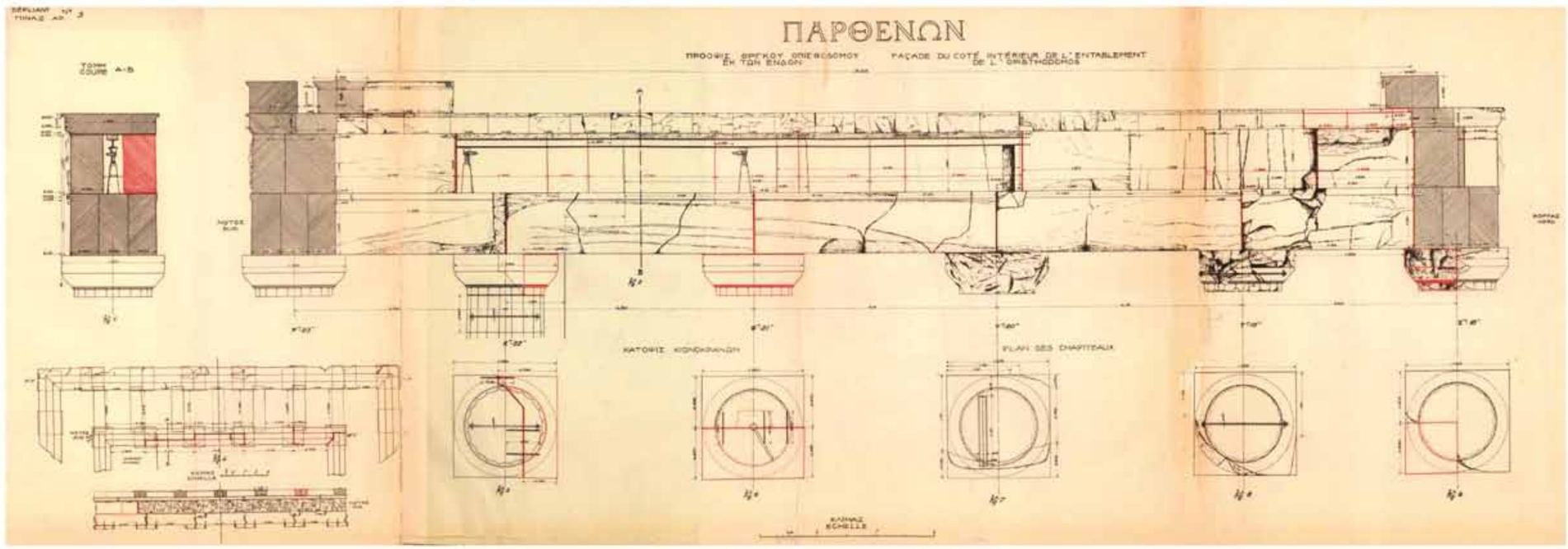
ΚΑΤΟΨΗ ΕΠΙΣΤΥΛΙΩΝ - ΔΩΡΙΚΗΣ ΖΩΦΟΡΟΥ - ΓΕΙΣΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΣΤΥΛΙΩΝ: Α.ΛΑΜΠΡΙΝΟΥ
ΜΕΛΕΤΗ ΔΩΡΙΚΗΣ ΖΩΦΟΡΟΥ - ΓΕΙΣΩΝ: Ρ. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΠΟΥΛΟΥ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ:Α.ΛΑΜΠΡΙΝΟΥ, Ρ.ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΠΟΥΛΟΥ, Α.ΠΑΠΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΣ, Β.ΤΣΙΓΚΟΣ, Κ.ΜΕΤΑΛΛ, Τ.ΣΚΑΡΛ, Γ. ΒΑΣΣΑΛΑΣ, Α. ΚΑΜΟΥΡΗ-ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΕΙΣ -ΧΥΤ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΩΝ: Β. ΚΑΚΑΒΑΣΗΣ

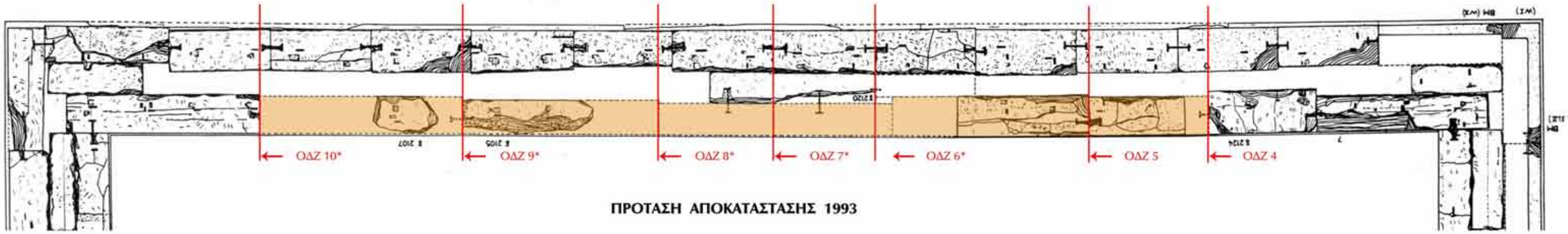


α. Η πρόσταση του Οπισθονάου πριν τις επεμβάσεις: βόρεια , δυτική και νότια όψη (Σχ. Κουφόπουλος 1994).

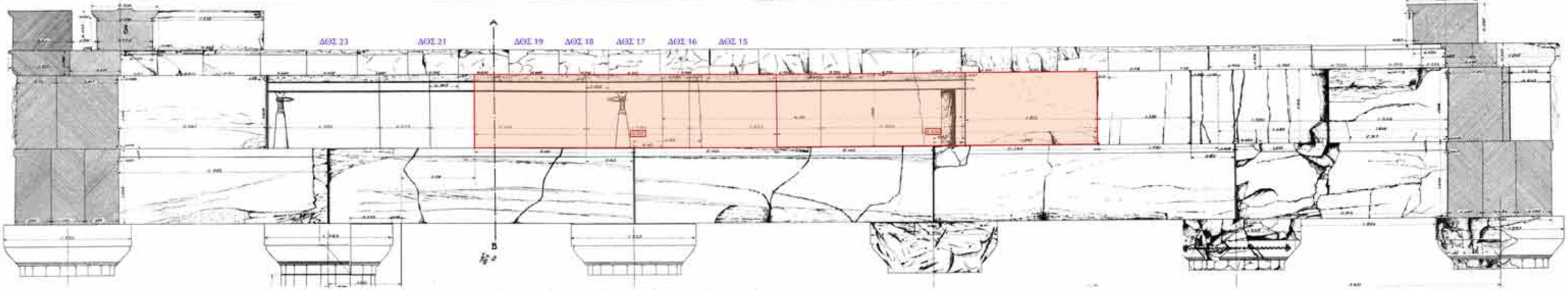


β. Εσωτερική όψη του θριγκού της πρόστασης και κάτοψη των κιονοκράνων, όπου σημειώνονται οι επεμβάσεις Μπαλάνου (Μπαλάνος, 1940,πιν.5).

ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΜΠΑΛΑΝΟΥ (ΚΑΤΟΨΗ)



ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ 1993



ΠΑΡΘΕΝΩΝ

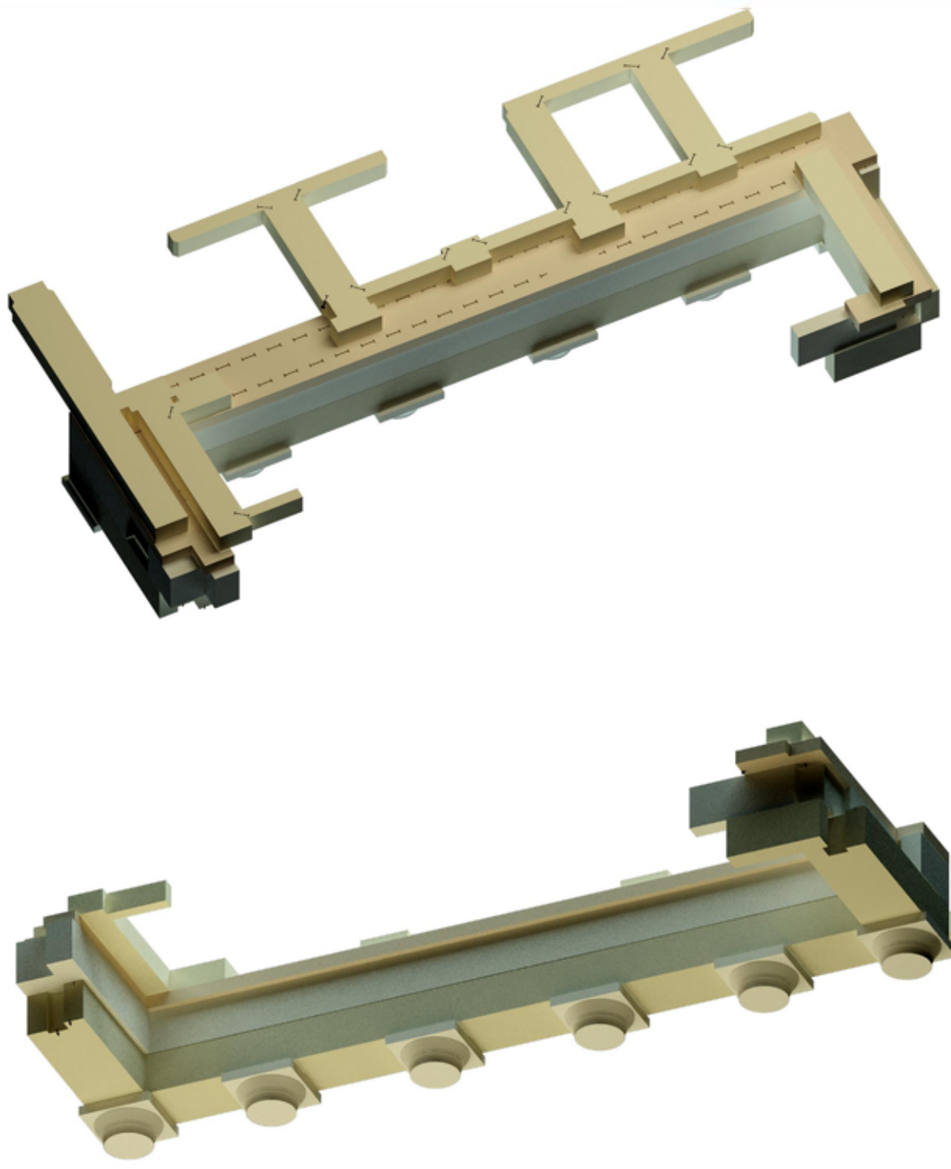
ΓΡΑΦΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΛΙΘΩΝ ΤΗΣ ΖΩΦΟΡΟΥ ι, ΤΟΥ ΔΙΑΖΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΟΠΙΣΘΟΔΟΥ

0 1 2 3 4 5 6 7 8 Μ.

ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ 2003

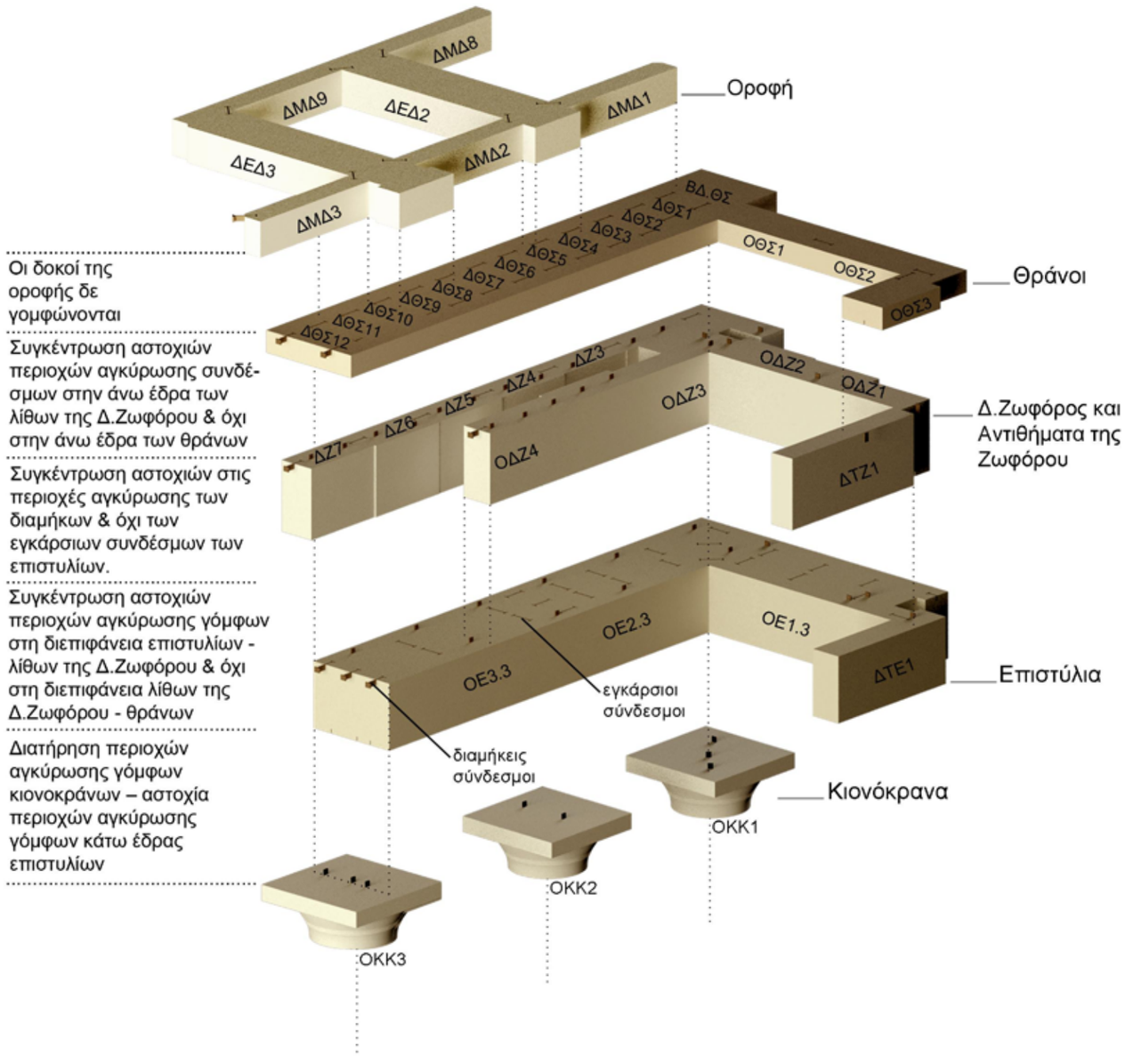
ΣΧΕΔΙΟ: Π. Κουφόπουλος 1993
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ: Ρ. Χριστοδουλοπούλου 2003

α. Ο θριγκός του Οπισθονάου από ΝΑ



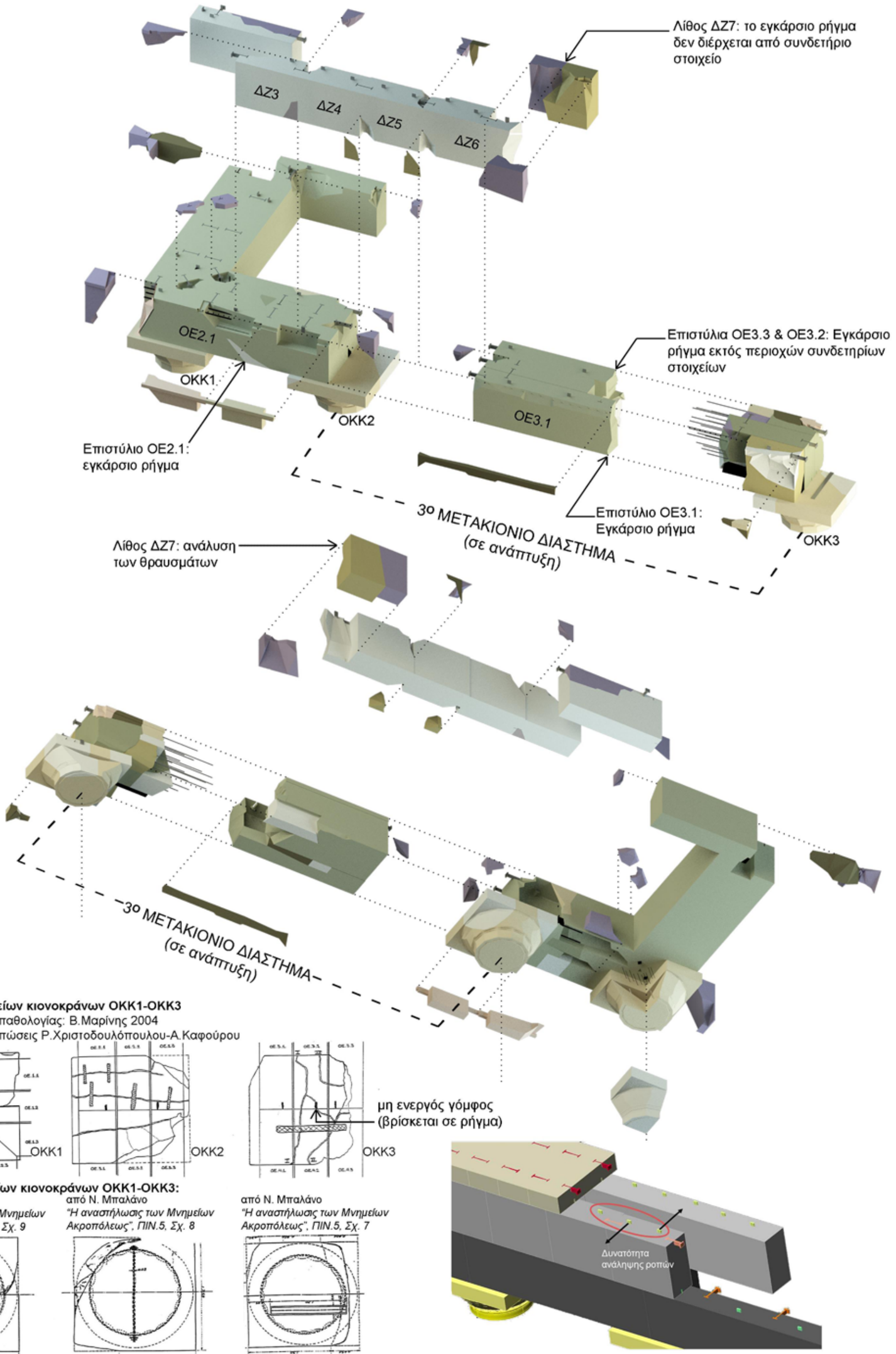
Παρατήρηση:
Στα σχέδια παρουσιάζεται η περιοχή επέμβασης κατά τα έτη 2001-2004 (επομένως δε συμπεριλήφθησαν οι κίονες)

β. Δομή & συνδεσμολογία των μελών του Οπισθονάου –Σύνοψη των νέων διαπιστώσεων για την κατανομή των δομικών βλαβών



Μελέτη: Ελένη-Έυα Τουμπακάρη
Τα ανωτέρω σχέδια συντάχθηκαν από τους Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Καφούρου, Θ.Μαρίνη, Λ.Πάπαρου, Α.Κωστοπούλου
Οι βασικές διασπάσεις προέρχονται από αποτυπώσεις των Π.Κουφόπουλου, Ρ.Χριστοδουλοπούλου, Α.Καφούρου

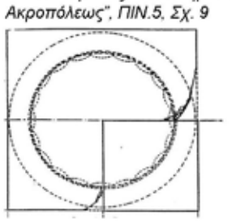
Δομική παθολογία των επιστυλίων και λίθων της στρώσης της Δ. Ζωφόρου



Κάτοψη των βορείων κιονοκράνων ΟΚΚ1-ΟΚΚ3
Σχεδίαση δομικής παθολογίας: Β.Μαρίνης 2004
Υπόβαθρο: αποτυπώσεις Ρ.Χριστοδουλόπουλου-Α.Καφούρου

Άνοψη των βορείων κιονοκράνων ΟΚΚ1-ΟΚΚ3:

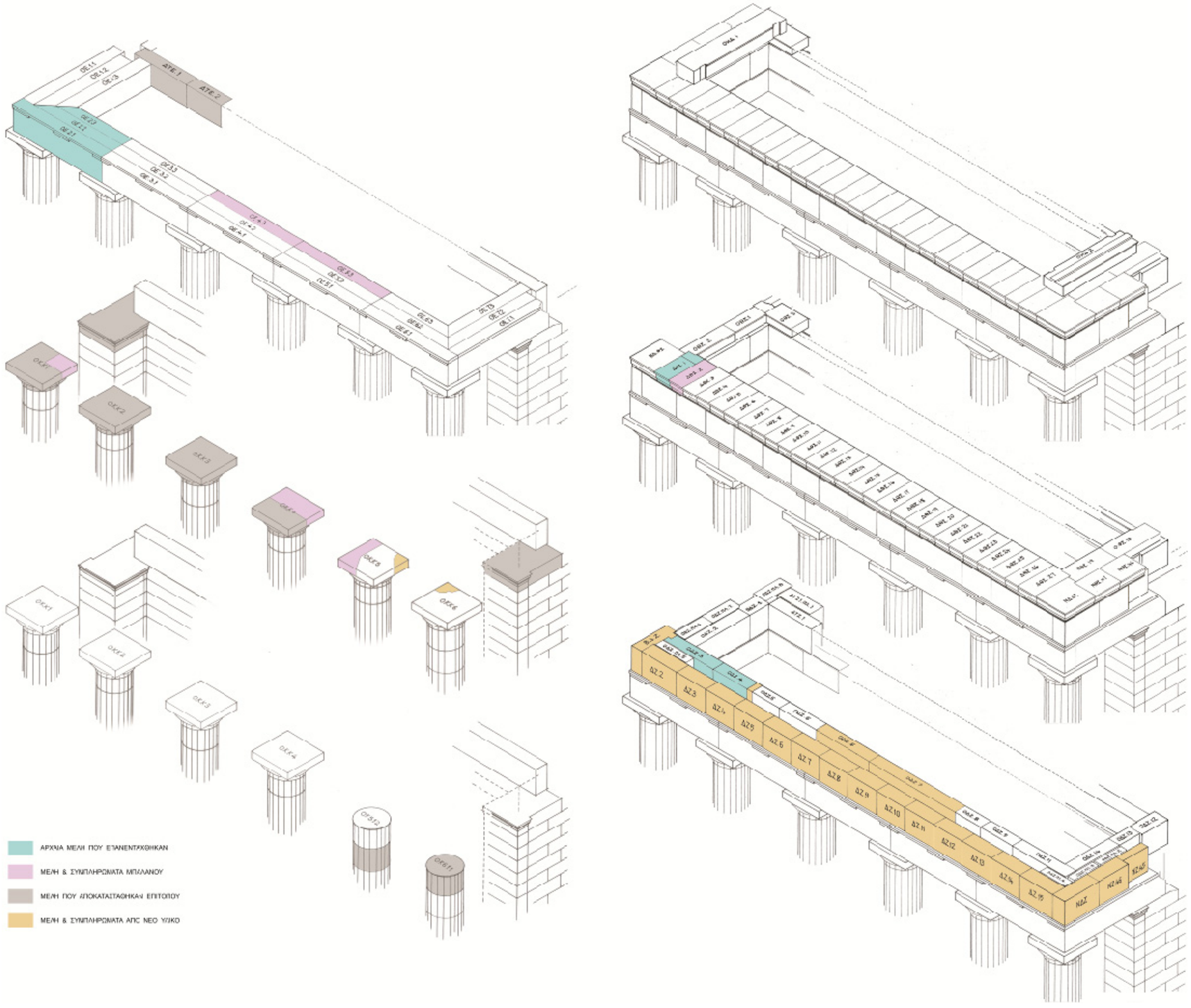
από Ν. Μπαλάνο
"Η αναστήλωσις των Μνημείων Ακροπόλεως", ΠΙΝ.5, Σχ. 9



από Ν. Μπαλάνο
"Η αναστήλωσις των Μνημείων Ακροπόλεως", ΠΙΝ.5, Σχ. 8

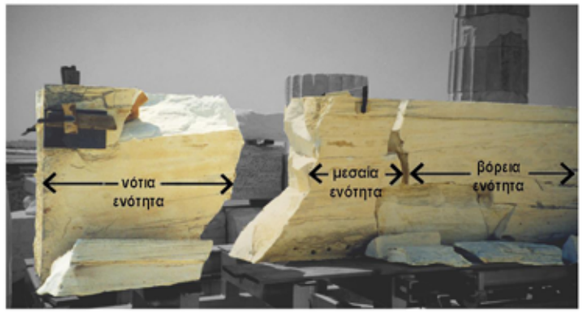
από Ν. Μπαλάνο
"Η αναστήλωσις των Μνημείων Ακροπόλεως", ΠΙΝ.5, Σχ. 7

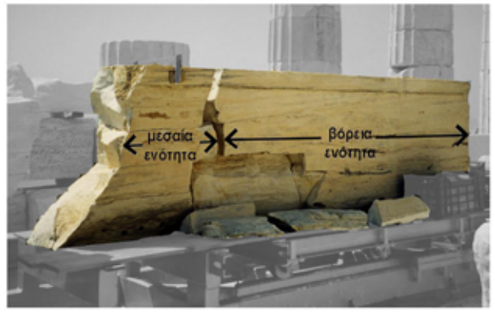
Μελέτη: Ελένη-Έυα Τουμπακάρη
Τα ανωτέρω σχέδια συντάχθηκαν από τους Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Καφούρου, Θ.Μαρίνη, Λ.Πάπαρου, Α.Κωστοπούλου
Οι βασικές διαστάσεις προέρχονται από αποτυπώσεις των Π.Κουφόπουλου, Ρ.Χριστοδουλοπούλου, Α.Καφούρου



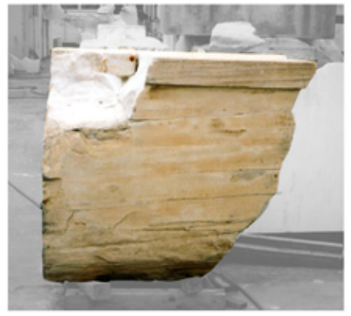
Η επανασυναρμολόγηση των στρώσεων των κιονοκράνων-σπονδύλων, επιστυλίων, ζωφόρου-διαζωμάτων, θράνων, επίτοιχων δοκών κατά τη περίοδο 2002-2004 (σχεδιαστικό υπόβαθρο Κουφόπουλος 1994). Με χρώμα σημειώνονται τα μέλη Μπαλάνου, τα αρχαία επανερχόμενα μέλη, τα νέα μέλη και τα μέλη που δέχθηκαν επιτόπου επεμβάσεις.

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ(2001-2004): ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΥΛΙΟΥ **ΟΕ3.3**



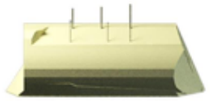


Α. Ανασύνθεση του επιστυλίου **ΟΕ3.3** στο εργοτάξιο. Μελέτη της θέσης των θραυσμάτων και της αλληλουχίας των συγκολλήσεων

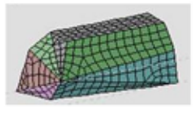


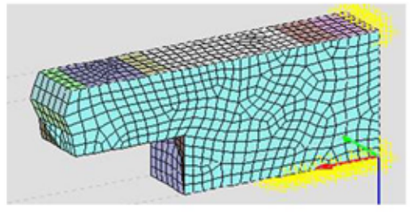
ΣΤ. Ορισμένα από τα βασικά θραύσματα του επιστυλίου **ΟΕ3.3** τοποθετημένα σε διάφορες θέσεις του εργοταξίου για αποτύπωση

Ζ. Η πλάγια αγκύρωση του αναρτήρα της μεσαίας ενότητας

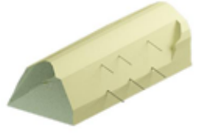


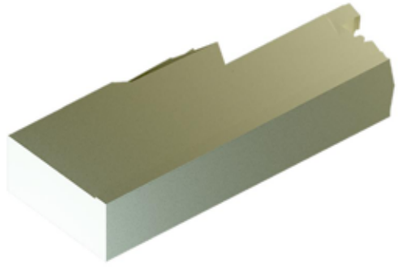
Β. Αποκατάσταση βόρειας ενότητας: τα βασικά θραύσματα και οι διατμητικοί οπλισμοί που χρησιμοποιήθηκαν



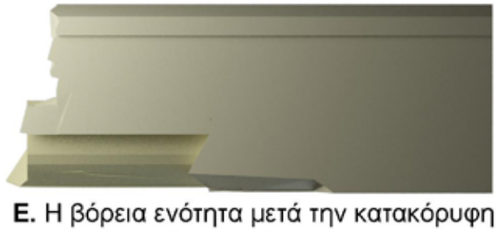


Γ. Αποκατάσταση βόρειας ενότητας: η γεωμετρική προσομοίωση που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση του επιστυλίου και τον υπολογισμό των αναπτυσσόμενων εντατικών μεγεθών

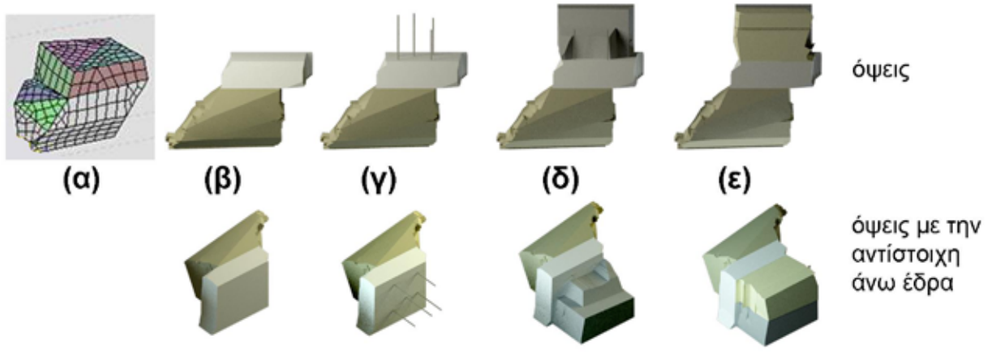




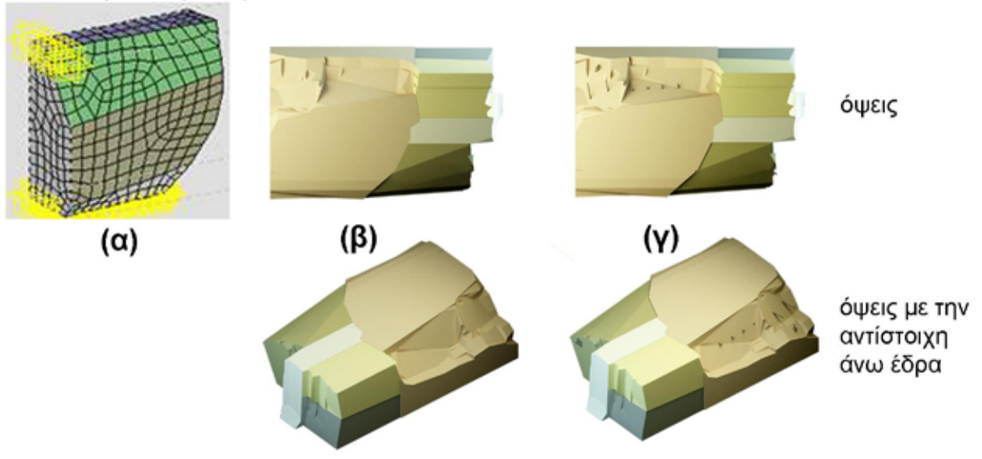
Δ. Αποκατάσταση βόρειας ενότητας: τα προς συγκόλληση θραύσματα(άνω έδρα και ανατολική όψη)



Ε. Η βόρεια ενότητα μετά την κατακόρυφη σύνδεση των θραυσμάτων



Η. Η μεσαία ενότητα του επιστυλίου **ΟΕ3.3**: **(α)**Η γεωμετρική προσομοίωση του κατώτερου βασικού θραύσματος, **(β)**το κατώτερο βασικό θραύσμα, **(γ)-(ε)**η διαδοχική συνένωση των θραυσμάτων



Θ. Η νότια ενότητα του επιστυλίου **ΟΕ3.3**: **(α)**Η γεωμετρική προσομοίωση του νοτίου βασικού θραύσματος, **(β)**η μεσαία και νότια ενότητα μαζί, **(γ)**οι οπλισμοί συγκόλλησης των θραυσμάτων της άνω έδρας

Φωτογραφίες: *Ελ.-Ε.Τουμπακάρη/**Αποτύπωση θραυσμάτων:** Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Καφούρου/**Ψηφιακή σχεδίαση θραυσμάτων:** Α.Καφούρου/*
Γεωμετρική προσομοίωση για την ανάλυση: *Ελ.-Ε.Τουμπακάρη/**Σύνθεση διαδικασίας συγκόλλησης:** Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Κωστοπούλου*

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ (2001-2004): ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΤΥΛΙΟΥ **ΟΕ3.3**

Ια. Το βασικό νότιο θραύσμα και το θραύσμα της περιοχής αγκύρωσης του συνδέσμου

Ιβ. Η επιφάνεια θραύσης της νότιας ενότητας

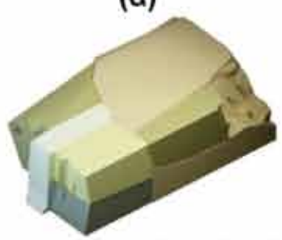
Ιγ. Οι διαμήκεις οπλισμοί τοποθετημένοι στη μεσαία και νότια ενότητα

Ιδ. Η διαμήκης συγκόλληση του επιστυλίου **ΟΕ3.3**

Ιε. Το επιστύλιο **ΟΕ3.3** μετά τη δομική αποκατάσταση και τη συντήρηση της επιφάνειάς του, έτοιμο για επανατοποθέτηση

(α)

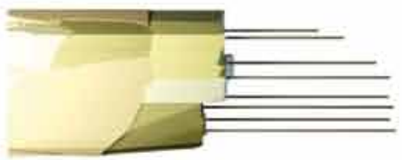
(β)



(γ)

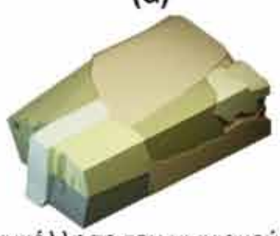
ΙΑ. (α)Συγκόλληση του πρώτου θραύσματος άνω έδρας της νότιας ενότητας, **(β)**τοποθέτηση αναρτήρα της μεσαίας ενότητας, **(γ)**η θέση του αναρτήρα στο εσωτερικό του μέλους

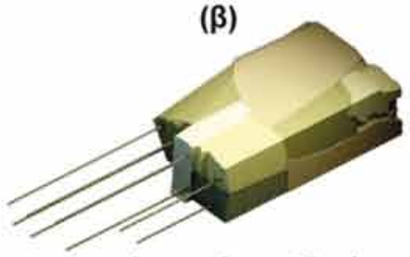
(α)



όψεις

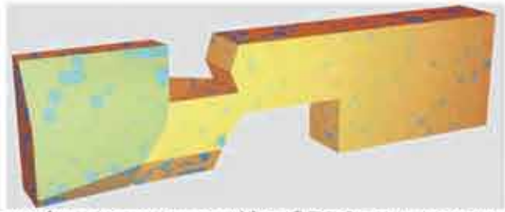
(β)



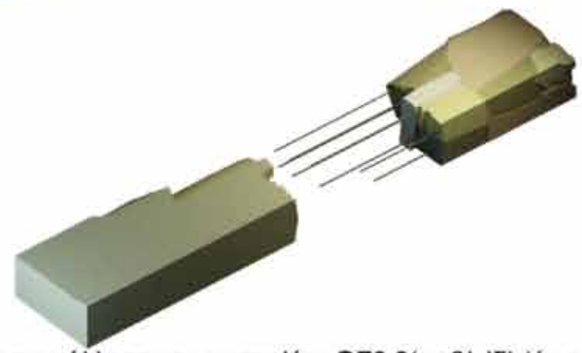


όψεις με την αντίστοιχη άνω έδρα

ΙΒ. (α)Συγκόλληση του γωνιακού θραύσματος της νότιας ενότητας(θραύσμα περιοχής αγκύρωσης νότιου συνδέσμου), **(β)**Διατήρηση και τοποθέτηση των διαμήκων οπλισμών(πρβλ.Ιγ)



ΙΓ. Τμήμα του προσομοιώματος του επιστυλίου **ΟΕ3.3** που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση(έχουν αφαιρεθεί: το κατώτερο θραύσμα της βόρειας ενότητας και τα ανώτερα θραύσματα της μεσαίας ενότητας)



ΙΔ. Η διαμήκης συγκόλληση του επιστυλίου **ΟΕ3.3**(πρβλ.Ιδ) (όψη και άνω έδρα)

ΙΕ. Ψηφιακή απεικόνιση του επιστηλίου **ΟΕ3.3** μετά τη δομική αποκατάσταση(πρβλ.Ιε)

***Φωτογραφίες**: Ελ.-Ε.Τουμπακάρη/**Αποτύπωση θραυσμάτων:** Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Καφούρου/**Ψηφιακή σχεδίαση θραυσμάτων:** Α.Καφούρου/**Γεωμετρική προσομοίωση για την ανάλυση:** Ελ.-Ε.Τουμπακάρη/**Σύνθεση διαδικασίας συγκόλλησης:** Ελ.-Ε.Τουμπακάρη, Α.Κωστοπούλου*