

Διατηρητέο Κτίριο "Καπνομάγαζο" στην Αλεξανδρούπολη: Μελέτη Στήριξης Κτηρίου σε Ετοιμορροπία με Εξωτερικά Μεταλλικά Ικριώματα

**Αλκιμος Παπαθανασίου
Άγγελος Ζαγκότσης**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το διατηρητέο κτίριο "Καπνομάγαζο" αποτελεί δείγμα Αρχιτεκτονικής του τέλους του 19ου αιώνα. Ο φορέας του τριώροφου κτηρίου αποτελείτο από περιμετρική λιθοδομή με ξύλινα πατώματα και δίρριχτη στέγη. Κατά την διάρκεια εργασιών την περίοδο 2004-5, προκλήθηκε τμηματική κατάρρευση της ΒΑ γωνίας του κτηρίου και μεγάλου τμήματος της στέγης, ενώ είχαν ήδη αφαιρεθεί σχεδόν εξ ολοκλήρου τα ξύλινα πατώματα. Πριν από την επανέναρξη των εργασιών το 2012, ο νέος Ανάδοχος του έργου, ζήτησε την εκπόνηση μελέτης στήριξης των παραμενουσών λιθοδομών, η οποία να μπορεί να εφαρμοστεί με την εκτέλεση μηδενικών, πρακτικά, εργασιών στο εσωτερικό του ετοιμόρροπου κτηρίου. Η προσωρινή αντιστήριξη που σχεδιάστηκε, επιτυγχάνεται με μεταλλικά ικριώματα κατασκευασμένα εξ ολοκλήρου εκτός του περιγράμματος του κτηρίου, τα οποία θεμελιώνονται σε προσωρινά αβαθή πέδιλα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η διάταξη της αντιστήριξης αναπτύσσεται στις τρεις ελεύθερες πλευρές του κτηρίου, δεδομένου ότι η μία από τις δύο επιμήκεις πλευρές είναι μεσοτοιχία. Ιδιαίτερα για την αντιστήριξη του ετοιμόρροπου τοίχου της μεσοτοιχίας αυτής, επινοήθηκε μία διάταξη δικτυωτών δοκών μήκους ~15m, κυλιόμενων επί των ικριωμάτων, οι οποίες, διερχόμενες από υφιστάμενα ανοίγματα παραθύρων, τον αντιστηρίζουν χωρίς να απαιτείται καμία εργασία στο εσωτερικό του κτηρίου. Η τελική λύση επιτέλεσε στο ακέραιο τον σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκε όσον αφορά την αποτελεσματικότητα, την ευχερή εφαρμογή και τον σεβασμό στην ιστορικότητα του κτηρίου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: διατηρητέο κτίριο, εργασίες αποκατάστασης, αντιστήριξη όψεων.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την εκτέλεση εργασιών αποκατάστασης ή / και ενίσχυσης σε υφιστάμενα κτίρια, είναι πολλές φορές απαραίτητο να ληφθούν μέτρα στήριξης, τοπικά ή πιο εκτεταμένα, δομικών στοιχείων τα οποία πρέπει να διατηρηθούν. Ιδιαίτερα για ιστορικά κτίρια, η ανάγκη στήριξης κατά την εκτέλεση των εργασιών είναι ο κανόνας, καθώς οι ανάγκες ενίσχυσης, αποκατάστασης ή αντικατάστασης δομικών μελών επηρεάζει προσωρινά, κατά την διαδικασία, το δομικό σύστημα και την στατική του λειτουργία, όπως για παράδειγμα κατά την αντικατάσταση των ξύλινων πατωμάτων σε κτίρια από λιθοδομή. Κρίσιμο παράγοντα για την αναγκαιότητα στήριξης αποτελεί προφανώς η κατάσταση διατήρησης του εκάστοτε κτηρίου η οποία, εάν είναι φτωχή, μπορεί να αποτελεί ικανή προϋπόθεση ώστε να απαιτούνται μεγάλης έκτασης αντιστηρίξεις. Ο αντικειμενικός σκοπός τέτοιων μέτρων είναι τόσο να διαφυλαχθεί η ακεραιότητα των διατηρούμενων δομικών στοιχείων όσο και να εξασφαλιστεί η ασφαλής εκτέλεση των εργασιών.

Τέτοια προσωρινά μέτρα λαμβάνονται πολλές φορές χωρίς να προηγείται πλήρης στατική μελέτη. Πράγματι, όταν αυτά περιορίζονται σε τοπικές υποστυλώσεις ή στερεώσεις, μπορούν να σχεδιαστούν βάσει απλών υπολογισμών. Όταν όμως τα μέτρα που απαιτούνται είναι εκτεταμένα και από αυτά εξαρτάται η ασφάλεια και η ακεραιότητα όλου του έργου, η μελέτη των προσωρινών μέτρων στήριξης αποτελεί ένα αυτοτελές αντικείμενο και, δεδομένων των εκάστοτε τοπικών συνθηκών και περιορισμών, ενδέχεται να απαιτηθούν αρκετά σύνθετες λύσεις. Στην περίπτωση του διατηρητέου κτηρίου "Καπνομάγαζο", η ανάγκη στήριξης των διατηρούμενων περιμετρικών λιθοδομών οδήγησε στον σχεδιασμό ενός εκτεταμένου συστήματος αντιστήριξης με μεταλλικά ικριώματα. Βασική προϋπόθεση για την κατασκευή της αντιστήριξης ήταν να μπορεί να εφαρμοστεί αποκλειστικά από το εξωτερικό του κτηρίου. Για τον λόγο αυτό επινοήθηκε μια πρωτότυπη διάταξη κυλιόμενων δοκών επί των ικριωμάτων, η οποία επιτυγχάνει την αντιστήριξη της ετοιμόρροπης μεσοτοιχίας από την απέναντι ελεύθερη όψη του κτηρίου.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

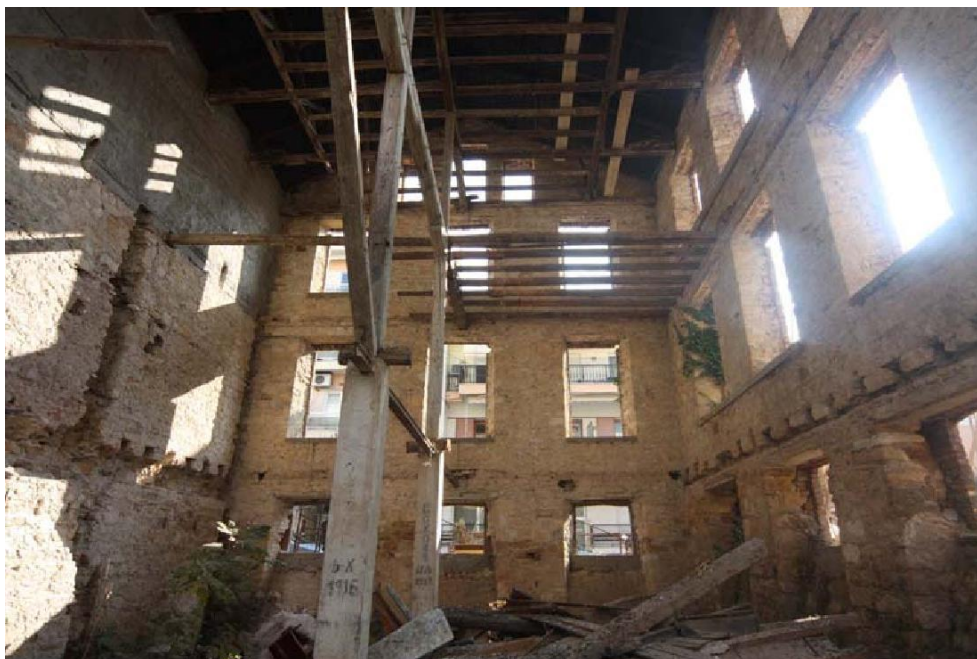
Το κτίριο της παλιάς καπναποθήκης στην οδό Αίνου 46 στην Αλεξανδρούπολη έχει χαρακτηριστεί διατηρητέο μνημείο με υπουργική απόφαση δημοσιευμένη στο ΦΕΚ Β' 858/25-9-1997. Σύμφωνα με την απόφαση κήρυξης του ως νεότερο Μνημείο, "αποτελεί αξιόλογο δείγμα ειδικής χρήσεως κτιρίου με σημαντικά μορφολογικά και αρχιτεκτονικά στοιχεία, αναπόσπαστο τμήμα και μαρτυρία της οικονομικής και κοινωνικής ζωής της Αλεξανδρούπολης των αρχών του αιώνα". Κατασκευάστηκε στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και αρχικά λειτούργησε ως σχολείο. Μετά την καταστροφή του από πυρκαγιά το 1904 ανακατασκευάστηκε και επαναλειτούργησε το 1924 ως αποθήκη καπνών. Μετά από μία περίοδο εγκατάλειψης, το 2004 ξεκίνησαν εργασίες αποκατάστασης οι οποίες διακόπηκαν λόγω της κατάρρευσης τμήματος του κτιρίου, με ακραίες συνέπειες. Το κτίριο κατασκευάστηκε με περιμετρική τοιχοποιία, ξύλινα πατώματα και δίρριχτη κεραμοσκεπή. Σε κάτοψη είναι ορθογωνικό, με μία μικρή προεξοχή προς την ΒΔ γωνία, ενώ καθ' ύψος αποτελείται από υπόγειο, ισόγειο, Α' όροφο και σοφίτα. Τα πατώματα υποστηρίζονταν από τρεις σειρές εσωτερικών υποστυλωμάτων στο υπόγειο και το ισόγειο, ενώ μόνο η κεντρική σειρά υποστυλωμάτων συνεχιζόταν στον Α' όροφο. Τα υποστυλώματα ήταν ξύλινα, εκτός από τα κεντρικά του υπογείου, τα οποία ήταν από σκυρόδεμα. Η περιμετρική τοιχοποιία αποτελείται από αργολιθοδομή και είναι δίστρωτη. Όπως διαπιστώθηκε στις θέσεις κατάρρευσης, είναι συστηματική η εμπλοκή των λιθοσωμάτων των δύο παράλληλων στρώσεων. Το πάχος της τοιχοποιίας δεν είναι σταθερό και μειώνεται στις ανώτερες στάθμες. Ξεκινάει από 60cm στο υπόγειο, μειώνεται σε 50cm στο ισόγειο και σε 45cm στον όροφο και στην σοφίτα (αετώματα). Το κονίαμα διατηρείτο γενικώς σε καλή κατάσταση και δεν διαπιστώθηκε σημαντική διάβρωση των αρμών στις όψεις. Η μορφολογία της δόμησης διαφέρει στην βόρεια (πίσω) όψη σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο, όπου η ποιότητα της δόμησης είναι πιο "φτωχή". Πρόκειται μάλλον για τμηματική προσθήκη κατ' επέκταση, εκτίμηση που ενισχύεται από την ύπαρξη κατακόρυφου αρμού, ο οποίος διακρίνεται εσωτερικά στην εισέχουσα (σε κάτοψη) γωνία του περιμετρικού τοίχου (βορειοδυτικά). Κατά τις επεμβάσεις της περιόδου 2004-2005 ανακατασκευάστηκε η στέγη, αποκαταστάθηκαν τα διαβρωμένα τμήματα των ζευκτών και αντικαταστάθηκε τμήμα της λιθοδομής του ανατολικού τοίχου (μεσοτοιχία) στον Α' όροφο με διπλή δρομική τσιμεντολιθοδομή. Στο μεταξύ είχαν αφαιρεθεί τα εσωτερικά ξύλινα στοιχεία των πατωμάτων και οι δύο από τις τρεις σειρές ξύλινων υποστυλωμάτων που τα υποστήριζαν. Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν κατακόρυφες και οριζόντιες εγκοπές (αύλακες /χαντρώματα) στην ανατολική λιθοδομή με την μορφή κανάβου σε αποστάσεις ~5.0 m και σε βάθος περίπου ίσο με το μισό πάχος της λιθοδομής. Κατά την εργασία αυτή και εξαιτίας αυτής, κατέρρευσε η λιθοδομή στην ΒΑ γωνία του κτιρίου μέχρι το μέσον της ανατολικής πλευράς και το βόρειο ήμισυ της στέγης, το οποίο εδραζόταν σε αυτήν.

Κατά την εκτέλεση της μελέτης, στο κτίριο διατηρείτο μόνο η περιμετρική λιθοδομή (στο μεγαλύτερο τμήμα της περιμέτρου) και μικρό τμήμα της στέγης, το οποίο εδραζόταν στην περιμετρική λιθοδομή και σε ορισμένα εσωτερικά ξύλινα υποστυλώματα. Το 2011 αναδείχθηκε νέος Ανάδοχος για την αποκατάσταση του κτιρίου, η εταιρεία Καλλιτέχνος ΑΤΕ. Πριν την έναρξη των εργασιών, ο νέος Ανάδοχος ζήτησε την εκπόνηση μελέτης για την αντιστήριξη των παραμενουσών λιθοδομών.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

3.1. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΥΝΟΗΚΕΣ - ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Όπως γίνεται σαφές από την περιγραφή του κτιρίου, η κατάσταση διατήρησής του ήταν φτωχή. Στο βόρειο τμήμα, όπου είχε καταρρεύσει πλήρως η στέγη, οι απομένουσες λιθοδομές βρίσκονταν ελεύθερες ιστάμενες μέχρι ύψος ~11.0m. Στο υπόλοιπο τμήμα του κτιρίου, οι διαμήκεις πλευρές συνδέονταν με την στέγη, είχαν όμως αφαιρεθεί τα ενδιάμεσα πατώματα και οι λιθοδομές έφεραν οριζόντιες εγκοπές, επιβαρυντικές για την ευστάθειά τους, όπως διακρίνεται στην εικόνα (1). Στο παραμένον τμήμα της ανατολικής λιθοδομής, η παρουσία των διαμορφωμένων αυλάκων είχε σαν αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της αντοχής της λιθοδομής, η οποία βρισκόταν σε κατάσταση ετοιμορροπίας. Σε μεγάλο τμήμα των υπόλοιπων περιμετρικών λιθοδομών, είχε αφαιρεθεί ο ξύλινος στρωτήρας των πατωμάτων με αντίστοιχο αποτέλεσμα, ωστόσο μικρότερης κλίμακας. Λόγω της εγκατάλειψης, η κατάσταση των λιθοδομών είχε επιβαρυνθεί και από διαβρωτικούς παράγοντες με αποτέλεσμα να κινδυνεύει και από τοπικές καταρρεύσεις.



Εικ. 1: Εσωτερική άποψη του κτιρίου προς τον Νότιο τοίχο της πρόσοψης. Διακρίνονται οι οριζόντιες και κατακόρυφες αύλακες στις λιθοδομές.

Το κτίριο έχει πρόσοψη στην οδό Αίνου, επί της ρυμοτομικής γραμμής, είναι τοποθετημένο στο ανατολικό όριο του οικοπέδου (σε επαφή με νεότερη κατασκευή) και αφήνει ακάλυπτο χώρο στο οικοπέδο πλάτους ~16.0m προς το δυτικό όριο και μικρότερου πλάτους (~3.0m) προς το πίσω, βόρειο όριο. Ο Ανάδοχος έθεσε ως προϋπόθεση τον σχεδιασμό της αντιστήριξης των λιθοδομών με τρόπο που να μην απαιτεί την εργασία προσωπικού στο εσωτερικό του ετοιμόρροπου κτιρίου, αλλά αποκλειστικά από το εξωτερικό του. Οι εργασίες έπρεπε, λοιπόν, να περιοριστούν στις τρεις ελεύθερες πλευρές του κτιρίου. Επιπλέον, έπρεπε το σύνολο των κατασκευών να μπορεί να απομακρυνθεί πλήρως μετά την ολοκλήρωση του έργου και, φυσικά, να συγκρατεί τις λιθοδομές των όψεων με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται η ακεραιότητα και η μορφή τους.

3.2. ΦΟΡΕΑΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Η κατασκευή της αντιστήριξης που σχεδιάστηκε αποτελείται από μεταλλικά ικριώματα "πύργους", τα οποία τοποθετούνται στις τρεις όψεις του κτιρίου και σε απόσταση από αυτό, ώστε η θεμελίωσή τους να μην επηρεάζει την τοιχοποιία. Η θεμελίωση των πύργων πραγματοποιείται με επιφανειακά πέδιλα ελαφρά οπλισμένου σκυροδέματος, ώστε να είναι δυνατή η ευχερής απομάκρυνσή τους μετά το πέρας των εργασιών. Η δυνατότητα πλήρους απομάκρυνσης των θεμελίων ήταν απαραίτητη, καθώς στην πρόσοψη του κτηρίου τα μεταλλικά ικριώματα έπρεπε να κατασκευαστούν εκτός ρυμοτομικής γραμμής.

Στους μεταλλικούς πύργους εδράζονται εν προβόλω μεταλλικές δικτυωτές δοκοί ή δοκοί πρότυπης διατομής, οι οποίες διέρχονται αποκλειστικά μέσα από τα ανοίγματα των όψεων—ώστε να μην διαταραχθεί η λιθοδομή—και φέρουν οριζόντιους στρωτήρες που συγκρατούν την λιθοδομή. Οι στρωτήρες τοποθετούνται γενικώς σε δύο στάθμες καθ' ύψος του κτιρίου, στη στάθμη των ανοιγμάτων του ισογείου και του Α' ορόφου, ενώ τοπικά στην νότια και την βόρεια όψη εφαρμόζονται στρωτήρες σε μία επιπλέον στάθμη για την συγκράτηση των αετωμάτων της δίρριχτης στέγης. Αποτελούνται από δύο μεταλλικές διατομές U180 εκατέρωθεν της λιθοδομής, την οποία και συγκρατούν μέσω σύσφιγξης μεταξύ τους. Οι στρωτήρες ενισχύθηκαν τοπικά όπου απαιτείτο, με συγκόλληση δοκών ΙΡΕ220. Μεταξύ των μεταλλικών διατομών και της λιθοδομής παρεμβάλλονται ξύλινοι στρωτήρες, ώστε να μην προκληθούν τοπικά βλάβες. Η γενική διάταξη της αντιστήριξης παρουσιάζεται στις εικόνες (2) και (3).

Ήταν εξ αρχής προφανές ότι, δεδομένου του αποκλεισμού εργασιών στο εσωτερικό, η αντιστήριξη της απομένουσας μεσοτοιχίας μπορούσε να πραγματοποιηθεί μόνο από την απέναντι ελεύθερη πλευρά. Βέβαια, ήταν αρκετό να εξασφαλιστεί αυτή έναντι ανατροπής μόνο προς το εσωτερικό του κτιρίου, καθώς η ύπαρξη του όμορου κτιρίου απέκλειε την πιθανότητα ανατροπής προς τα έξω. Εξάλλου, η διαμορφωμένη οριζόντια αύλακα στον τοίχο είχε ως συνέπεια την εκκεντρότητα λόγω κατακόρυφων φορτίων προς το εσωτερικό του κτιρίου. Οι δικτυωτές δοκοί σε τέσσερις πύργους (τύπου -1-) στην δυτική πλευρά σχεδιάστηκαν με μήκος 15 m ώστε, εδραζόμενες εν προβόλω στους πύργους, να αντιστηρίζουν την μεσοτοιχία μέσω ελαστικού παρεμβλήματος στην κεφαλή τους. Η χρήση δικτυωτών δοκών επέτρεψε την εφαρμογή της λύσης με προβόλους, λόγω του μικρού ίδιου βάρους σε συνδυασμό με το μεγάλο στατικό ύψος. Η κατασκευή τους σε ένα ακέραιο τμήμα ήταν εφικτή, καθώς ο ακάλυπτος χώρος του οικοπέδου έχει μεγάλο πλάτος (~16 m) και ήταν δυνατή η τοποθέτησή τους επί των πύργων με οικοδομικό γερανό χωρίς σύνθετους χειρισμούς. Το μήκος των 15 m ήταν σχεδόν το μέγιστο δυνατό, και ήταν αυτό που καθόρισε την τελική θέση των πύργων, καθώς περιορίζει την μέγιστη απόσταση αυτών από την δυτική πλευρά του κτιρίου. Σημειώνεται ότι επιλέχθηκε να μην προηγηθεί καμία επέμβαση στο παραμένον τμήμα της στέγης, π.χ. αφαίρεση έστω τοπικά κεραμιδιών και πετσωμάτων από πάνω, παρά το πρόσθετο φορτίο το οποίο αυτή ασκούσε στις λιθοδομές. Τούτο επιλέχθηκε διότι, από το χρονικό σημείο της κατάρρευσης, ο φορέας τελούσε σε ισορροπία, η οποία εύλογα εικάζεται ότι ήταν οριακή. Οποιαδήποτε διατάραξη του υφιστάμενου συστήματος δεν είναι βέβαιο ότι θα ήταν ευμενής και, βεβαίως, δεν μπορεί να αποδειχθεί υπολογιστικά.

Για τον λόγο αυτό, έπρεπε η τοποθέτηση των δικτυωτών δοκών στην τελική τους θέση να ολοκληρωθεί με χειρισμούς αποκλειστικά από την δυτική πλευρά του κτιρίου. Αυτό κατέστη δυνατό με την επινόηση μίας πρωτότυπης διάταξης έδρασης των δοκών στους πύργους τύπου -1- με κύλινδρα, η οποία παρουσιάζεται στην εικόνα (4). Κάθε δοκός στηρίζεται σε τρία κύλινδρα, το καθένα από τα οποία αποτελείται από μία κοίλη κυκλική διατομή CHS 88.9x5 και η οποία με τη σειρά της στηρίζεται σε έναν σταθερό άξονα Φ25 mm μέσω δύο ρουλεμάν στα άκρα της. Η χρήση βιομηχανικών ρουλεμάν προσέφερε άριστη ποιότητα κύλισης χωρίς να απαιτηθούν ισχυρές ωθήσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι η προώθηση των δοκών στην τελική τους θέση έγινε με τα χέρια.

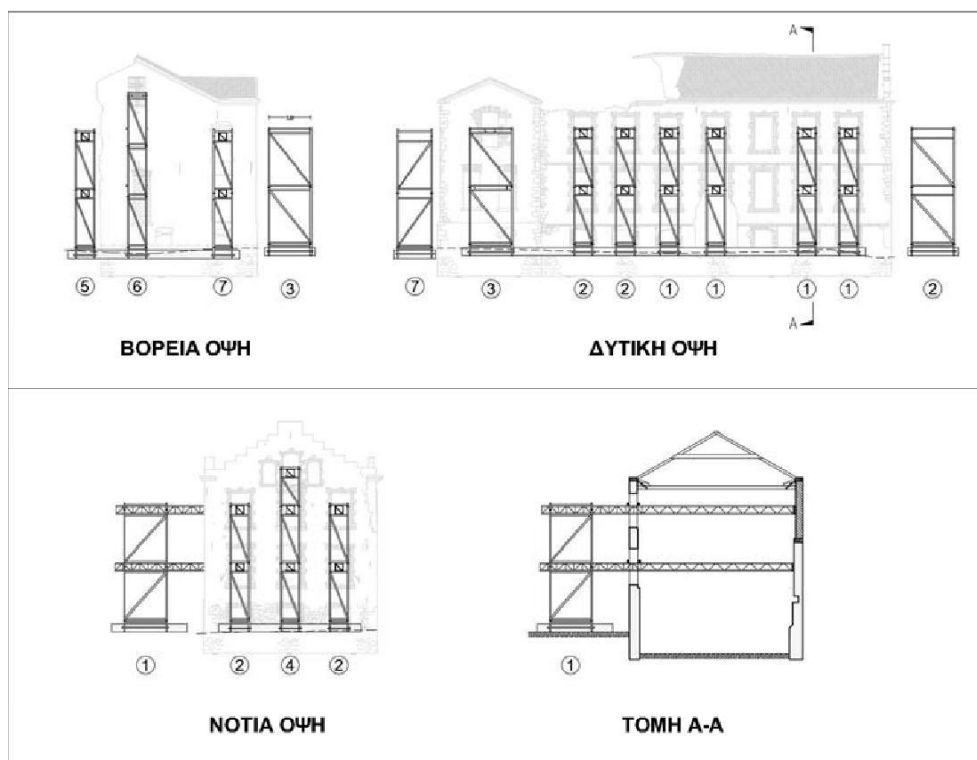
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ

Η ανέγερση του φορέα της αντιστήριξης έπρεπε να είναι γρήγορη, εφικτή με συμβατικά μέσα και παράλληλα να εξασφαλίζεται η ποιότητά της και η απαιτούμενη ακρίβεια.

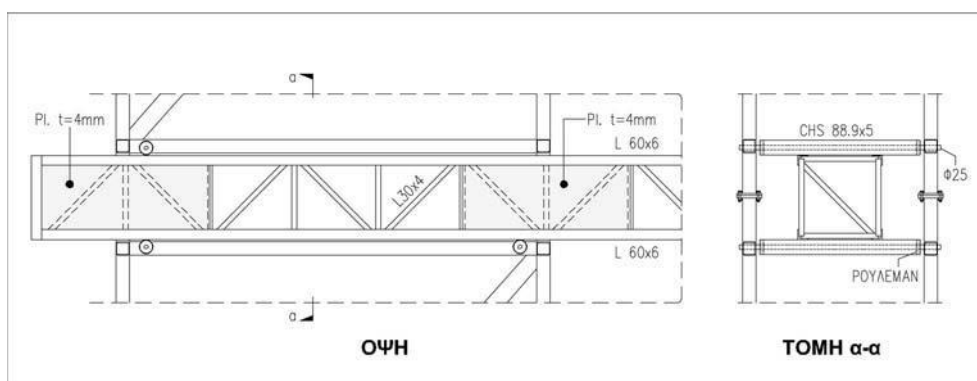
Ο κάθε πύργος είναι τετράστυλος και υποδιαιρείται σε 4 ή 5 ανεξάρτητα μεταξύ τους τμήματα. Όπου ήταν δυνατόν, έγινε τυποποίηση των επί μέρους τμημάτων, ώστε να είναι ευχερέστερη η διαδικασία. Το πρώτο τμήμα κάθε πύργου αποτελεί την βάση του, η οποία εγκιβωτίζεται στο θεμέλιο οπλισμένου σκυροδέματος. Στο άνω τμήμα της βάσης τοποθετείται, μετά την σκυροδέτηση, το επόμενο τμήμα μέσω κοχλιωτής σύνδεσης των στύλων, μετά τοποθετείται ζυγισμένη η δικτυωτή δοκός (ή οι δοκοί πρότυπης διατομής), στην συνέχεια το επόμενο τμήμα κ.ο.κ.

Οι κυλιόμενες δοκοί στους πύργους τύπου -1- και -7- τοποθετήθηκαν αρχικά ζυγισμένες, με το μέσον τους μεταξύ των κυλίστρων. Μετά την τοποθέτηση του υπερκείμενου τμήματος του πύργου προωθήθηκαν στην τελική τους θέση, στην οποία συγκρατήθηκαν μέσω συγκόλλησης. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για την ανώτερη στάθμη των δοκών.

ώστε να ισορροπούν στην τελική τους θέση (κέντρο βάρους εντός του πλάτους έδρασης). Σημειώνεται ότι στον πύργο τύπου -7- εφαρμόστηκε επίσης η λύση με τα κυλίστρα, ώστε στην τελική τους θέση οι δοκοί να μην εκτείνονται πάνω από τον ακάλυπτο χώρο του όμορου οικοπέδου. Η τοποθέτηση των στρωτήρων που συγκρατούσαν τις λιθοδομές στις ελεύθερες όψεις, η σύσφιγξή τους και η συγκόλλησή τους επί των προβόλων, πραγματοποιήθηκε μετά την πλήρη ανέγερση των πύργων και την τοποθέτηση των δικτυωτών δοκών. Λόγω του μεγάλου μήκους των προβόλων επί των πύργων τύπου -1- οι αναμενόμενες παραμορφώσεις λόγω ίδιου βάρους δεν ήταν αμελητέες. Έτσι, με την διαδικασία αυτή, εξασφαλίστηκε ότι δεν θα ασκηθούν εξωτερικές δυνάμεις στην λιθοδομή από την κατασκευή της αντιστήριξης κατά την ανέγερσή της.



Εικ. 3: Διάταξη αντιστήριξης. Όψεις, τομή Α-Α.



Εικ. 4: Στήριξη δικτυωτής δοκού μήκους 15.0 m σε κύλιστρα.

3.4. ΠΛΗΡΩΣΗ ΕΓΚΟΠΩΝ

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση του μεταλλικού φορέα, πληρώθηκε με σκυρόδεμα η οριζόντια αύλακα στην ανατολική μεσοτοιχία. Έτσι αναιρέθηκε το ενδεχόμενο ανατροπής λόγω εκκεντρότητας των κατακόρυφων φορτίων. Παράλληλα, πληρώθηκε και η κατακόρυφη αύλακα στην επαφή με την πρόσοψη, ώστε να αποκατασταθεί η ευεργετική συνεργασία των εγκάρσιων μεταξύ τους τοίχων. Η χρήση σκυροδέματος ήταν αποδεκτή, καθώς στις θέσεις αυτές προβλέπονταν νέα φέροντα στοιχεία από σκυρόδεμα από την εγκεκριμένη μελέτη αποκατάστασης. (πλάκα οροφής υπογείου και γωνιακό υποστύλωμα αντίστοιχα)

4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

Είναι προφανές ότι η ποσοτικοποίηση των δυνάμεων ανατροπής στις λιθοδομές υπό τα μόνιμα φορτία δεν μπορούσε να είναι ακριβής. Ωστόσο, με απλούς υπολογισμούς φάνηκε ότι αυτές δεν είναι κρίσιμες για μία νέα κατασκευή αντιστήριξης. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι για την αναίρεση της εκκεντρότητας λόγω κατακόρυφων φορτίων στον ανατολικό τοίχο η απαιτούμενη οριζόντια αντίδραση από τις δικτυωτές δοκούς υπολογίζεται σε 3.0 kN ανά δοκό. Φυσικά, απαραίτητη προϋπόθεση ήταν η κατασκευή αυτή όχι μόνο να μην εισάγει με κανέναν τρόπο νέες δράσεις στην ετοιμόρροπη κατασκευή, αλλά να προσφέρει τις απαιτούμενες αντιδράσεις σε περίπτωση που χρειαζόταν αυτές να ενεργοποιηθούν. Αυτό κατέστη δυνατό με τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες που σχεδιάστηκαν και εφαρμόστηκαν με επιτυχία, όπως τα ελαστικά παρεμβλήματα και η εφαρμογή των στρωτήρων μετά την πλήρη ανέγερση των πύργων, τα οποία ήδη περιγράφηκαν. Βασικό αντικείμενο των υπολογισμών και καθοριστικό, τελικώς, για την διαστασιολόγηση των νέων κατασκευών, αποτέλεσε η αντισεισμική ανάλυση. Η στάθμη σεισμικής επικινδυνότητας οριζόταν από την μελέτη δημοπράτησης και ήταν εύλογη για προσωρινή κατασκευή. Η τιμή της σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους ελήφθη μειωμένη, στο 35% της οριζόμενης από τον ΕΑΚ για την ζώνη Ι στην οποία ανήκει το έργο ($0.35 \times 0.16 = 0.056$). Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε σεισμό σχεδιασμού με πιθανότητα υπέρβασης 5% σε 2 χρόνια ή, αντίστοιχα, με περίοδο επαναφοράς 40 χρόνια. Οι παραδοχές για το έδαφος επελέγησαν σύμφωνα με τα στοιχεία από γεωτεχνικές μελέτες που περιλαμβάνονται στην Μελέτη δημοπράτησης. Η επιτρεπόμενη τάση εδάφους για στατικές και σεισμικές φορτίσεις λαμβάνεται 150 kPa και 210 kPa αντίστοιχα. Ο δείκτης εδάφους για τις δύο περιπτώσεις φόρτισης λαμβάνεται 15 MPa/m και 40 MPa/m αντίστοιχα. Ο δείκτης τριβής μεταξύ σκυροδέματος και εδάφους λαμβάνεται 0.4.

Για την επίλυση και διαστασιολόγηση του φορέα θα ήταν εξαιρετικά δυσμενές να θεωρηθεί ότι οι λιθοδομές δεν διαθέτουν καμία αντίσταση σε σεισμικά φορτία, ότι λειτουργούν δηλαδή ως ταλαντούμενη μάζα αντιστηριζόμενη εξ ολοκλήρου στα μεταλλικά ικριώματα. Μια τέτοια προσέγγιση θα είχε σαν αποτέλεσμα την υπερ-διαστασιολόγηση του φορέα της αντιστήριξης. Αντίθετα, ήταν εύλογο να συνυπολογιστεί η διατιθέμενη αντίστασή των λιθοδομών, με σκοπό τον σχεδιασμό μιας πιο οικονομικής λύσης, η οποία, προφανώς, περιλαμβάνει και τον έλεγχο αντοχής της λιθοδομής στις δράσεις σχεδιασμού.

Για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των τοιχοποιιών έγιναν εύλογες (συντηρητικές) παραδοχές με βάση την διατιθέμενη πείρα από αντίστοιχες κατασκευές και σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην σχετική βιβλιογραφία (Βιντζηλαίου, 2005, Tassios & Chronopoulos, 1986, Ευρωκώδικας 6). Η θλιπτική αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας εκτιμήθηκαν: $f_w = 2.0$ MPa και $E = 2000$ MPa αντίστοιχα, ενώ η καμπτική και διατμητική αντοχή υπολογίστηκαν βάσει των τύπων (1) και (2) αντίστοιχα.

$$M_{RYY} = \frac{\sigma_o \cdot A \cdot t^2}{2} \quad (1), \quad f_v = \tau_o + 0.40 \sigma_o \quad (2)$$

Όπου:

A : το μήκος του υπό εξέταση στοιχείου, t: το πάχος της τοιχοποιίας, σ_o : η ορθή θλιπτική τάση, τ_o : η διατμητική αντοχή υπό μηδενική ορθή τάση.

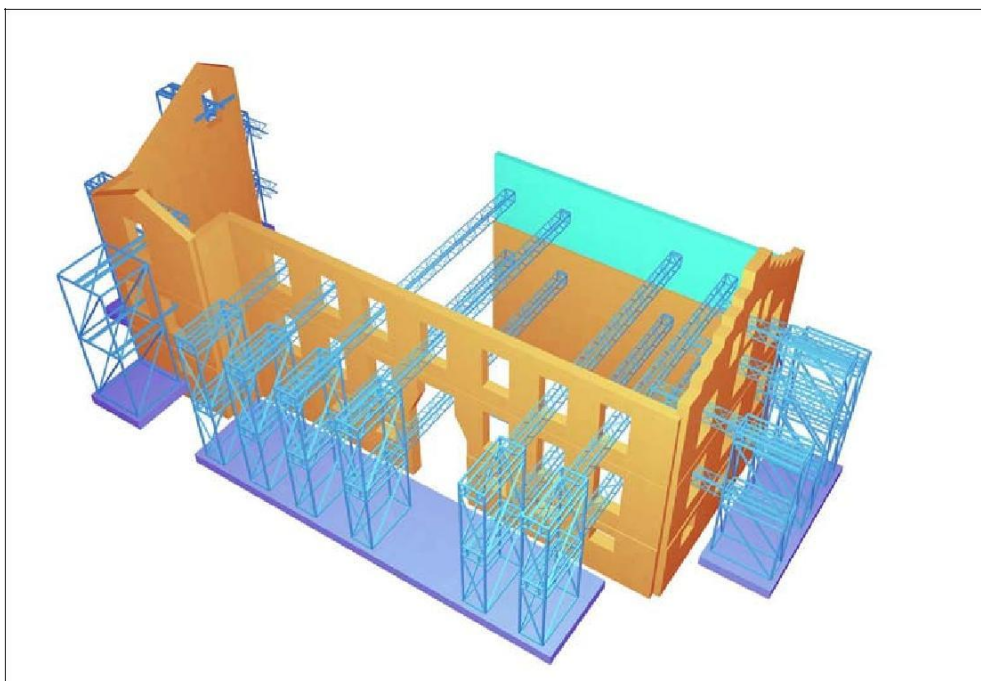
4.1. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Επελέγη η μόρφωση τρισδιάστατου προσομοιώματος πεπερασμένων στοιχείων (Π.Σ.) με χρήση κατάλληλου λογισμικού (SOFiSTiK) το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο του κτιρίου και την διάταξη αντιστήριξης. Με την προσέγγιση αυτή είναι εφικτή η ακριβής περιγραφή του φορέα, περιορίζοντας τις απαιτούμενες προσεγγίσεις για την προσομοίωση της λειτουργίας μιας σύνθετης, τελικά, τεχνικής λύσης.

Οι λιθοδομές προσομοιώνονται με επιφανειακά Π.Σ. και ελήφθησαν πακτωμένες στην βάση τους. Οι μεταλλικές κατασκευές προσομοιώνονται με γραμμικά Π.Σ.. Η σύνδεση μεταξύ των στρωτήρων και της λιθοδομής πραγματοποιείται με ελατήρια κατά τις οριζόντιες μόνο διευθύνσεις, ώστε να μην μεταφέρονται κατακόρυφα φορτία. Επίσης, η ενεργοποίηση της σύνδεσης πραγματοποιείται μετά την επιβολή των κατακόρυφων φορτίων για να ληφθεί υπόψη η διαδικασία κατασκευής. Η θεμελίωση των ικριωμάτων προσομοιώνεται με επιφανειακά Π.Σ. εδραζόμενα σε κατακόρυφα και εφαπτομενικά ελατήρια.

Το παραμένον τμήμα της στέγης έχει ληφθεί στους υπολογισμούς, επί το δυσμενέστερον, μόνον ως κατακόρυφο φορτίο και ως πρόσθετη μάζα, όσον αφορά τις σεισμικές φορτίσεις. Η ύπαρξη της στέγης εικάζεται ότι λειτουργούσε ευεργετικά για την ευστάθεια του κτιρίου, και ειδικώς του ανατολικού τοίχου. Λόγω όμως της κακής κατάστασης διατήρησης του κτιρίου, η σύνδεση των εκατέρωθεν λιθοδομών μέσω της στέγης δεν θεωρήθηκε αξιόπιστη, και για τον λόγο αυτόν δεν συμπεριλήφθηκε στο προσομοίωμα, υπέρ της ασφαλείας.

Η επίλυση έγινε με την μέθοδο της ισοδύναμης στατικής ανάλυσης. Τα σεισμικά φορτία εφαρμόζονται στο σύνολο των κατασκευών κατά τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου και η κατανομή τους έγινε ορθογωνικά καθ' ύψος. Για λόγους καλύτερης εποπτείας και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, επιλέχθηκε να μην συνδυαστούν οι δράσεις κατά τις δύο διευθύνσεις μεταξύ τους. Μια γενική εικόνα του προσομοιώματος παρουσιάζεται στην εικόνα (5)



Εικ. 5: Προσομοίωμα υπολογισμών. Άποψη από ΝΔ γωνία.

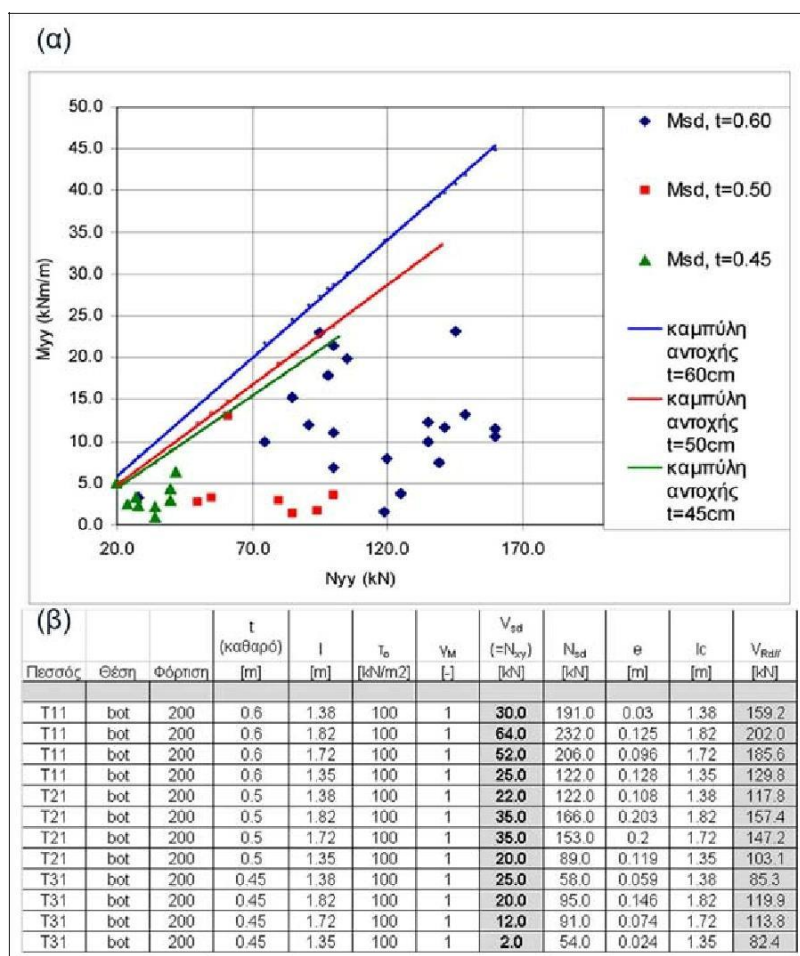
4.2. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Το σύνολο των μεταλλικών στοιχείων διαστασιολογήθηκαν με βάση τα οριζόμενα στον Ευρωκώδικα 3 και επιλέχθηκαν οι κατάλληλες διατομές και διαμορφώσεις λεπτομερειών.

Σημειώνεται ότι, στην περιοχή της στήριξης των κυλιόμενων δοκών, απαιτήθηκε η πύκνωση της δικτύωσης σε τέτοιο μήκος, το οποίο ορίστηκε από επαναληπτικές επιλύσεις στις διάφορες θέσεις προώθησης. Επιπλέον, στις τελικές θέσεις έδρασης, τοποθετήθηκε μεταλλικό έλασμα συγκολλημένο στις κατακόρυφες πλευρές της δοκού. Ο ρόλος του ήταν να χρησιμοποιηθεί η επιφάνειά του για την συγκόλληση της δοκού στους πύργους (μέσω ορθοστατών) στην τελική της θέση. Με τον τρόπο αυτό απεφεύχθη η συγκόλληση σε περιοχές υπό μεγάλη τάση, καθώς στην τελική θέση η δοκός βρισκόταν στην μέγιστη ένταση. Τα παραπάνω διακρίνονται στην εικόνα (4).

4.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΛΙΘΟΔΟΜΩΝ

Ο έλεγχος των λιθοδομών επιβεβαίωσε την αποτελεσματική λειτουργία της αντιστήριξης που σχεδιάστηκε. Η παραμόρφωση της στέψης της λιθοδομής υπό τα σεισμικά φορτία υπο-τετραπλασιάστηκε μετά την εφαρμογή της αντιστήριξης. Παράλληλα η αναπτυσσόμενη ένταση, τόσο εκτός όσο και εντός επιπέδου, βρέθηκε μέσα στα όρια των αντίστοιχων αντοχών με σημαντικό περιθώριο ασφαλείας. Στην εικόνα (6) παρουσιάζεται ο έλεγχος σε κάμψη εκτός επιπέδου των λιθοδομών, και ο έλεγχος σε διάτμηση της λιθοδομής της πρόσοψης.



Εικ. 6: α) Διάγραμμα ελέγχου λιθοδομής έναντι ροπής εκτός επιπέδου. β) Έλεγχος σε διάτμηση λιθοδομής πρόσοψης.

4.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Για τον έλεγχο της θεμελίωσης πραγματοποιήθηκαν επιπλέον μη γραμμικές αναλύσεις, λαμβάνοντας υπόψη το ενδεχόμενο εμφάνισης αδρανούς περιοχής και τον περιορισμό της αναπτυσσόμενης τριβής στα επιτρεπτά όρια. Από τον έλεγχο προέκυψαν πολύ χαμηλές τάσεις εδάφους (~40 kPa) ενώ η αδρανής περιοχή σε καμία περίπτωση φόρτισης δεν υπερέβαινε το 1/3 του πλάτους του θεμελίου. Όσον αφορά την τριβή μεταξύ των θεμελίων σκυροδέματος και του εδάφους, η ισορροπία του φορέα υπό τον αυτόματο περιορισμό των τάσεων τριβής από το πρόγραμμα, καλύπτει εκ των πραγμάτων τον έλεγχο σε ολίσθηση.



Εικ. 7: Γενική άποψη του κτιρίου α) μετά την εφαρμογή της αντιστήριξης και β) κατά την ανακατασκευή της στέγης

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Η αντιστήριξη που σχεδιάστηκε, εφαρμόστηκε με επιτυχία. Η κατασκευή της ξεκίνησε τον Αύγουστο του 2012 και ολοκληρώθηκε τον Νοέμβριο του ίδιου έτους. Επιλέγοντας την τοποθέτηση των δοκών αντιστήριξης σε στάθμες ενδιάμεσες των νέων (τελικών) πατωμάτων έκανε δυνατή την διατήρησή της αντιστήριξης μέχρι την ολοκλήρωση του νέου φέροντος οργανισμού. Επομένως, η αντιστήριξη

έμεινε παρούσα μέχρι τα τελευταία στάδια των εργασιών αποκατάστασης του κτιρίου και επιτέλεσε στο ακέραιο το σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκε. Απομακρύνθηκε κατά τμήματα, κατά την εξέλιξη των εργασιών αποκατάστασης, με αποκοπή τμημάτων τα οποία δεν ήταν πλέον απαραίτητα. Βεβαίως, οι 15-μετρες δοκοί θα μπορούσαν να απομακρυνθούν όπως είχαν τοποθετηθεί, με κύλιση και γερανό, αλλά αυτό δεν προκρίθηκε από τον Ανάδοχο.

Στην εικόνα (7) παρουσιάζεται η τελική μορφή της αντιστήριξης από το εξωτερικό και στην εικόνα (8) μια άποψη του εσωτερικού μετά την τοποθέτηση των κυλιόμενων δοκών.



Εικ. 8: Άποψη του εσωτερικού του κτιρίου μετά την εφαρμογή της αντιστήριξης.

6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την εκτέλεση εργασιών αποκατάστασης σε ιστορικές κατασκευές είναι συχνά απαραίτητη η λήψη μέτρων για την αντιστήριξη μεμονωμένων δομικών μελών ή και μεγαλύτερων τμημάτων του φορέα. Στην περίπτωση του Καπνομάγαζου, λόγω της κακής κατάστασης διατήρησης και των ιδιαίτερων επί τόπου συνθηκών απαιτήθηκε ο σχεδιασμός μιας πρωτότυπης διάταξης μεταλλικών ικριωμάτων. Η χρήση εξελιγμένου λογισμικού στατικής ανάλυσης επέτρεψε την αναλυτική περιγραφή του συνόλου του φορέα (υφιστάμενων και νέων κατασκευών) και κατ' επέκταση τον περιορισμό των "επί το δυσμενέστερον" παραδοχών. Έτσι κατέστη δυνατό να εφαρμοστούν διατάξεις υλοποιήσιμες με συμβατικά μέσα, περιορίζοντας το κόστος και τον χρόνο ανέγερσης εντός αποδεκτών ορίων.

ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Φορέας υλοποίησης του έργου "Αποκατάσταση Διατηρητέου Κτιρίου Καπνομάγαζο" είναι ο Δήμος Αλεξανδρούπολης. Το Έργο συγχρηματοδοτήθηκε από το ευρωπαϊκό ταμείο περιφερειακής ανάπτυξης. ΕΣΠΑ 2007-2013. Ανάδοχος του έργου είναι η "Καλλιτέχνης ΑΤΕ". Η μελέτη που παρουσιάστηκε στην παρούσα εισήγηση αποτέλεσε μέρος του Έργου και εκτελέστηκε για λογαριασμό του Αναδόχου.

Ευχαριστούμε τον διευθυντή εκτέλεσης του Έργου, συνάδελφο κ Ν. Στασινάκη, Πολ. Μηχανικό, για την ευγενική παραχώρηση υλικού από τα στάδια υλοποίησης του έργου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιντζηλαίου Ε. (2005). Μηχανική της Τοιχοποιίας. ΕΑΚ 2000. Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός. Ευρωκώδικας 3, EN 1993. Σχεδιασμός Κατασκευών από Χάλυβα. Ευρωκώδικας 6, EN 1996. Σχεδιασμός Κατασκευών από Τοιχοποιία. SOFiSTiK, Structural Analysis Software, Ver. 23, Sofistik AG, Oberschleissheim, Germany. Tassios T., Chronopoulos M. (1986). Aseismic Dimensioning of Interventions on Low Strength Masonry Buildings, Conference on Low Strength Masonry, Ankara.

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Άλκιμος Παπαθανασίου, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc University of Surrey. Γεννημένος στην Αθήνα το 1952. Από το 1978 εκπονεί στατικές μελέτες ιδιωτικών και δημόσιων τεχνικών έργων. Από το 2011 εταίρος της Τεχνικής Μελετητικής εταιρείας "ΕΠΙΛΥΣΗ" ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ Ο.Ε Υπάτρου 1-3 & Πλαπούτα 16, 11473, Αθήνα. τ. 2108233020, f. 2108253514, e-mail. info@epilysi.gr, web. www.epilysi.gr

Άγγελος Ζαγκότσης, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ . Γεννημένος στο Καρπενήσι το 1981. Έχει 10-ετή πείρα σε μελέτες έργων πολιτικού μηχανικού και σε μελέτες αποκατάστασης ιστορικών κατασκευών και κτιρίων . Από το 2011 ανήκει στην ομάδα συνεργατών της Τεχνικής Μελετητικής εταιρείας "ΕΠΙΛΥΣΗ" ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ-ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ Ο.Ε Υπάτρου 1-3 & Πλαπούτα 16, 11473, Αθήνα. τ. 2108233020, e-mail. info@epilysi.gr, angeloszag@hotmail.com