

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΥ Α.Π.Θ. ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Ιωάννης Αβραμίδης

Καθηγητής Α.Π.Θ.

Εργαστήριο Στατικής και Δυναμικής των Κατασκευών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,

Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

e-mail: avram@civil.auth.gr

Ευριπίδης Μυστακίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής Π.Θ.

Εργαστήριο Ανάλυσης και Σχεδιασμού Κατασκευών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,

Βόλος, Ελλάδα

e-mail: emistaki@civ.uth.gr

Κωνσταντίνος Μορφίδης

Δρ. Πολ. Μηχ., Εντεταλμένος ερευνητής Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

e-mail: morfidis@kmorfidis@itsak.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζεται η λύση που επιλέχθηκε για την αντισεισμική ενίσχυση του κτιρίου Αργονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών του Α.Π.Θ. Η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας έδειξε ότι το κτίριο απέχει σημαντικά από το να ικανοποιεί τις σύγχρονες αντισεισμικές απαιτήσεις. Επιλέχθηκε για την ενίσχυσή του εξωτερικός μεταλλικός φέρων οργανισμός με συνδέσμους τύπου Λ που εδράζεται σε δύσκαμπτα περιμετρικά τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος. Η σύνδεση παλαιού-νέου φέροντος οργανισμού πραγματοποιείται μέσω μεταλλικών στοιχείων που βλητρώνονται στις πλάκες του υφιστάμενου κτιρίου. Ταυτόχρονα με την ενίσχυση πραγματοποιείται η προσθήκη ενός νέου ορόφου που διαμορφώνεται επίσης από μεταλλική κατασκευή. Όταν ολοκληρωθούν οι εργασίες, το ενισχυμένο κτίριο θα ικανοποιεί πλέον τις απαιτήσεις του σύγχρονου αντισεισμικού σχεδιασμού.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεταλλικές κατασκευές χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια στο εξωτερικό για την υλοποίηση λύσεων αντισεισμικής ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών. Στη χώρα μας, η χρήση των μεταλλικών κατασκευών για το σκοπό αυτό είναι σχετικά περιορισμένη. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η τελική λύση που υιοθετήθηκε για την ενίσχυση του κτιρίου του τμήματος των Αργονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών του Α.Π.Θ. Το υφιστάμενο κτίριο κατασκευάστηκε από οπλισμένο σκυρόδεμα στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Είναι πανταχόθεν ελεύθερο και περιλαμβάνει υπόγειο, ισόγειο και έξι ορόφους.

Ο φέρων οργανισμός αποτελείται από έξι παράλληλα δίστυλα πλαίσια, με προεντεταμένα ζυγώματα, που συνδέονται μεταξύ τους στις στάθμες των ορόφων μέσω δοκιδωτών πλακών. Ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός είναι γενικώς ασθενής και οι αντισεισμικές αδυναμίες του επιτείνονται από το γεγονός ότι το κτίριο διαθέτει πλαισιακό σύστημα σε μία μόνο από τις κύριες διευθύνσεις της κάτοψης.

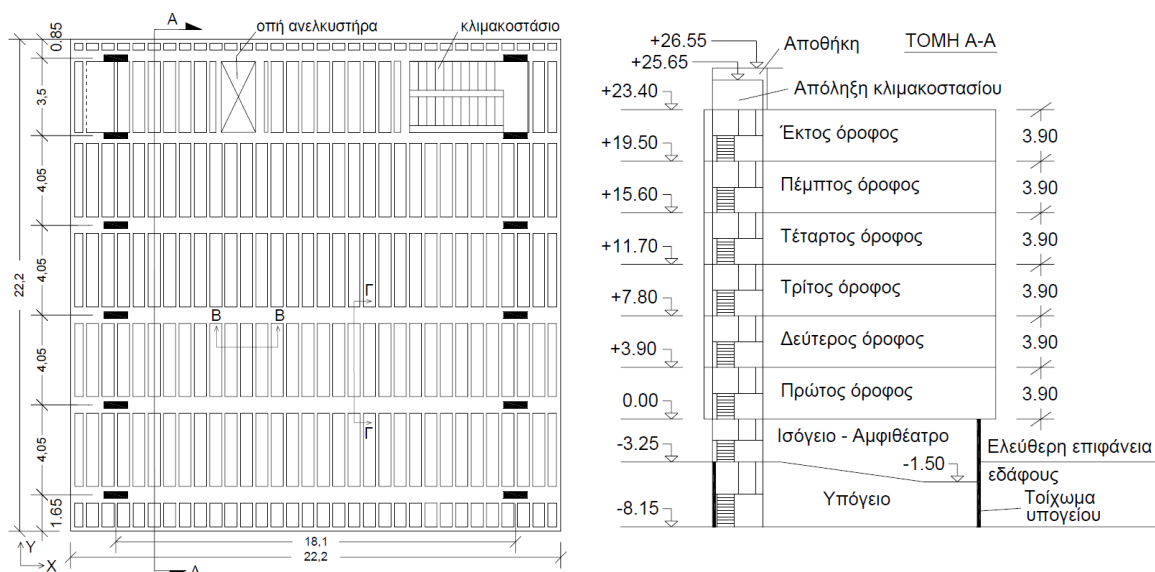
Η αναβάθμιση του κτιρίου προβλέπει εκτός από τη στατική ενίσχυση, την προσθήκη ενός ακόμη ορόφου καθώς και κατασκευές ηλιοπροστασίας, εξωτερικό κλιμακοστάσιο και περιμετρικούς διαδρόμους για την εξυπηρέτηση αναγκών συντήρησης. Για τη στατική ενίσχυση εξετάστηκαν διάφορες στρατηγικές και μεθοδολογίες. Το σχήμα που τελικά επιλέχθηκε αποτελείται από εξωτερική μεταλλική κατασκευή με στύλους και δοκούς στις ίδιες στάθμες με αυτές του υφιστάμενου κτιρίου. Τα οριζόντια φορτία παραλαμβάνονται κυρίως από συνδέσμους μορφής Λ που τοποθετούνται στα δύο άκρα κάθε μίας από τις τέσσερις πλευρές του κτιρίου. Ο μεταλλικός αυτός σκελετός εκτείνεται μέχρι την οροφή του νέου (προστιθέμενου) ορόφου, η οποία σχηματίζεται από ελαφρώς τοξοειδείς μεταλλικές δοκούς ενισχυμένες με αναρτημένους από αυτές ελκυστήρες. Οι τοξοειδείς αυτές δοκοί της οροφής φέρουν πλάκα από ελαφροσκυρόδεμα. Οι οριζόντιες δοκοί του μεταλλικού σκελετού ενίσχυσης που βρίσκονται στις στάθμες των υφισταμένων πλακών, συνδέονται με κατάλληλο τρόπο μέσω βλήτρων με τη δοκό που περιβάλλει περιμετρικά την πλάκα, έτσι ώστε οι όποιες μετακινήσεις της πλάκας λόγω σεισμού να παρεμποδίζονται από τον περιβάλλοντα αυτήν μεταλλικό σκελετό. Ο τελευταίος εδράζεται σε πρόσθετο ισχυρό περιμετρικό φορέα θεμελίωσης.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το υφιστάμενο κτίριο (Σχήμα 1) έχει φέροντα οργανισμό από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα που μελετήθηκε και κατασκευάστηκε στο πρώτο μισό της δεκαετίας του 1970. Περιλαμβάνει υπόγειο, ισόγειο και έξι ορόφους. Το ισόγειο και τμήμα του υπογείου χώρου στεγάζουν το αμφιθέατρο του Τμήματος Τοπογράφων & Αγρονόμων Μηχανικών. Ο φέρων οργανισμός της ανωδομής αποτελείται από έξι πλαίσια καθαρού ανοίγματος 17m, που είναι όλα διατεταγμένα κατά τη διεύθυνση X (παράλληλα προς την Εγνατία οδό), ενώ κατά την κάθετη προς αυτά διεύθυνση Y δεν υπάρχουν δοκοί. Η σύνδεση των πλαισίων εξασφαλίζεται μόνον μέσω των πλακών των ορόφων, οι οποίες είναι τύπου σάντουιτς (πλάκα 8cm κάτω και 12cm άνω) με νευρώσεις κατά τον άξονα Y πάχους 15cm που διατάσσονται ανά 70cm. Τα κενά που υπάρχουν έχουν πληρωθεί με διογωμένη πολυστερίνη. Οι στύλοι των πλαισίων έχουν διατομή 110/30 (με τη μεγάλη τους πλευρά διατεταγμένη κατά τον άξονα X). Τα ζυγώματα είναι προεντεταμένες δοκοί διατομής 50/50. Η πλάκα του αμφιθεάτρου εδράζεται σε σύστημα δοκών και εσωτερικών στύλων. Το υπόγειο καθώς και ο χώρος του αμφιθεάτρου (μέχρι τη στάθμη +0.00) περικλείονται από περιμετρικά τοιχώματα.

Από πυρηνοληψίες που έγιναν στη στάθμη του υπογείου διαπιστώθηκε ότι οι θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, $f_{c,cube}$, είναι της τάξης των 20MPa, ενώ δεν επισημάνθηκε κίνδυνος ενανθράκωσης. Στη συνέχεια, εκτελέστηκε εκτεταμένο πρόγραμμα κρουσιμετρήσεων σε όλους τους ορόφους, που έδωσε τιμές σταθερά υψηλότερες από τη θλιπτική αντοχή που διαπιστώθηκε για το υπόγειο (πιθανώς χρησιμοποιήθηκε ανώτερη ποιότητα σκυροδέματος για την ανωδομή, λόγω της ύπαρξης των προεντεταμένων δοκών). Ακόμη, τα αδρανή που χρησιμοποιήθηκαν είναιγωνιώδη και η διαβάθμισή τους συνεχής. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, το σκυρόδεμα της θεμελίωσης και του υπογείου εντάχθηκε στην κατηγορία C16/20 (B225), ενώ αυτό της ανωδομής στην κατηγορία

C20/25 (B300). Ο χάλυβας που χρησιμοποιήθηκε για τους διαμήκεις οπλισμούς είναι ποιότητας S400 (St-III). Η ίδια ποιότητα χάλυβα χρησιμοποιήθηκε για τους συνδετήρες των προεντεταμένων δοκών, ενώ οι συνδετήρες των στύλων είναι λείοι, ποιότητας S220 (St-I). Η ποιότητα του χάλυβα προέντασης δεν μπόρεσε να διαπιστωθεί, λόγω αδυναμίας λήψης δοκιμών. Κατ' αναλογία με άλλα έργα της ίδιας εποχής, εικάζεται ότι είναι ποιότητας S125/140 ή S135/150. Από διερευνητικές τομές που έγιναν στις θέσεις των κεφαλών αγκύρωσης των προεντεταμένων τενόντων, δε διαπιστώθηκαν διαβρώσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε χαλάρωση ή ολίσθηση των τενόντων και να επηρεάσουν το σύστημα ανάληψης των φορτίων βαρύτητας. Η θεμελίωση συνίσταται από δύο ισχυρές πεδילוδοκούς πλάτους 6.0m κατά τη διεύθυνση Y, επί των οποίων εδράζονται τα κύρια υποστυλώματα του κτιρίου. Στη διεύθυνση X υπάρχουν πεδילוδοκοί μικρού πλάτους (0.8m) επί των οποίων εδράζονται τα περιμετρικά τοιχώματα του υπογείου της αντίστοιχης διεύθυνσης. Τα εσωτερικά υποστυλώματα που στηρίζουν την πλάκα του αμφιθεάτρου εδράζονται σε μεμονωμένα πέδιλα που συνδέονται με συνδετήριες δοκούς.



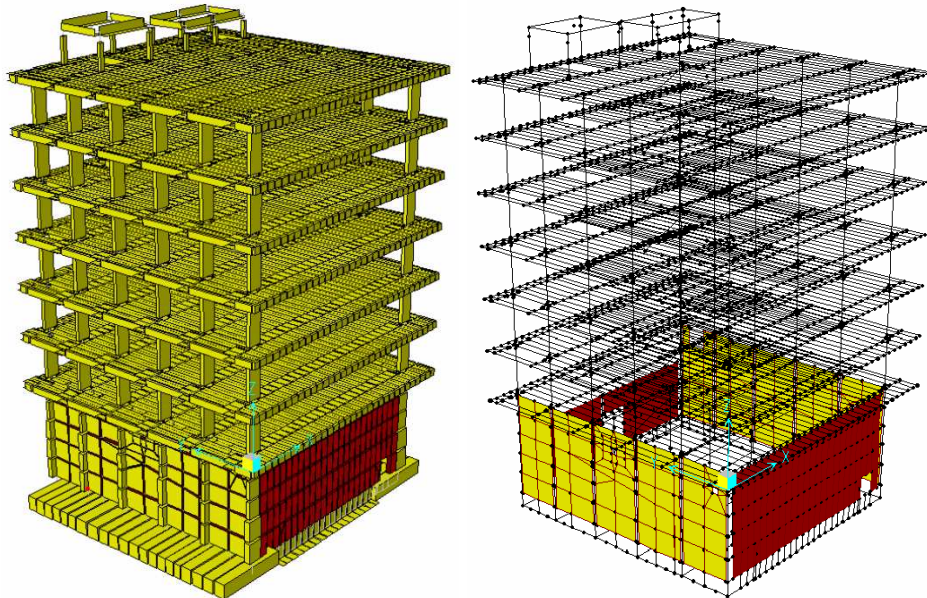
Σχ. 1: (α) Τυπική κάτοψη του υφιστάμενου κτιρίου (β) Τομή Α-Α.

4. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το πρώτο βήμα της μελέτης ήταν η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του υφιστάμενου κτιρίου. Για το σκοπό αυτό συντάχθηκε κατάλληλο υπολογιστικό προσομοίωμα (Σχήμα 2) χρησιμοποιώντας το λογισμικό SAP2000 [1]. Οι δοκοί και τα υποστυλώματα προσομοιώθηκαν με γραμμικά στοιχεία. Επίσης, η ορθότροπη πλάκα των τυπικών ορόφων προσομοιώθηκε με κατάλληλο πλέγμα γραμμικών στοιχείων. Τα τοιχώματα του υπογείου προσομοιώθηκαν με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία. Η κεκλιμένη πλάκα του αμφιθεάτρου προσομοιώθηκε με κεκλιμένο διάφραγμα. Τέλος, τα πλατύσκαλα και οι βαθμιδοφόρες πλάκες προσομοιώθηκαν με ραβδωτά στοιχεία δοκού. Τα στοιχεία αυτά εφοδιάστηκαν με κατάλληλες ιδιότητες ώστε να ληφθούν υπόψη οι ποιότητες των υλικών. Τα στοιχεία θεμελίωσης προσομοιώθηκαν με πεπερασμένα στοιχεία δοκού, στους κόμβους των οποίων τοποθετήθηκαν μεμονωμένα γραμμικά ελατήρια, με τη βοήθεια των οποίων προσομοιώθηκε η ενδοσιμότητα του εδάφους.

Για την αποτίμηση χρησιμοποιήθηκε το φάσμα του ΕΑΚ 2000 [2] με $A=0.16g$, $\gamma_I=1.15$, έδαφος Β και συντελεστή θεμελίωσης 1.0. Ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς

θεωρήθηκε ίσος με $q=1.5$ (εκτιμώμενο επίπεδο πλαστιμότητας για κατασκευές στις αρχές της δεκαετίας του 1970). Για τον υπολογισμό των εντασιακών μεγεθών έγινε δυναμική φασματική ανάλυση. Ο έλεγχος των υποστυλωμάτων σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ 2000 [3] κατέληξε στο συμπέρασμα ότι άνω του 60% των διατομών είναι ανεπαρκείς. Επιπλέον, οι λόγοι εξάντλησης των μη επαρκών διατομών είναι ως επί το πλείστον άνω του 1.50 (το 48% των μη επαρκών διατομών), κάτι που σημαίνει ότι οι ανεπάρκειες είναι σοβαρές και όχι οριακές και ενδεχομένως καλυπτόμενες από τις υπεραντοχές του χάλυβα. Ο έλεγχος των δοκών έδειξε επίσης ορισμένες ανεπάρκειες. Αντίθετα, ο έλεγχος δεν έδειξε προβλήματα στη θεμελίωση, παρά το υψηλό επίπεδο της σεισμικής δράσης, κυρίως λόγω της ύπαρξης του υπογείου που λειτουργεί πρακτικά ως άκαμπτο κιβώτιο.



Σχ. 2: Το προσομοίωμα που χρησιμοποιήθηκε για την αποτίμηση.

5. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Από τα αποτελέσματα της αποτίμησης, είναι εμφανές ότι απαιτείται σημαντική ενίσχυση του κτιρίου, προκειμένου να αναβαθμιστεί η αντισεισμική του ασφάλεια στο επίπεδο των σύγχρονων κανονιστικών απαιτήσεων. Για την επιλογή του συγκεκριμένου τρόπου ενίσχυσης ελήφθησαν υπόψη τα εξής βασικά κριτήρια:

- Αποφυγή σημαντικών επεμβάσεων στο εσωτερικό του κτιρίου, έτσι ώστε να μην υπάρξει διακοπή των εκπαιδευτικών / ερευνητικών λειτουργιών και δραστηριοτήτων που στεγάζει.
- Ελαχιστοποίηση της όχλησης κατά τη διάρκεια των εργασιών ενίσχυσης.
- Ελαχιστοποίηση της διάρκειας των εργασιών ενίσχυσης.
- Ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων για τον εργοταξιακό χώρο.

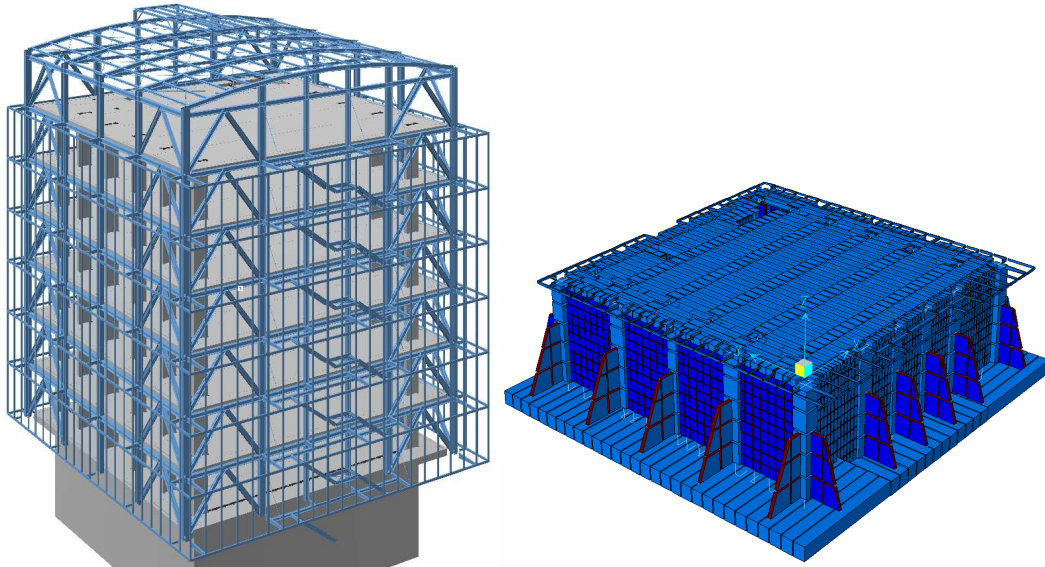
Οι παραπάνω απαιτήσεις μπορούν να ικανοποιηθούν με διάταξη εξωτερικού μεταλλικού φέροντος οργανισμού, μέσω του οποίου θα γίνει η ανάληψη των σεισμικών φορτίων. Η γεωμετρία του προς ενίσχυση φέροντος οργανισμού και το γεγονός ότι το κτίριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο επιτρέπουν χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα την προσθήκη επαρκών εξωτερικών μεταλλικών στοιχείων ενίσχυσης στην περίμετρο του κτιρίου, με τρόπο που να ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τα παραπάνω κριτήρια.

Σε ότι αφορά στο κανονιστικό πλαίσιο που αποτέλεσε τη βάση για τη μελέτη του ενισχυμένου φέροντος οργανισμού, αποφασίστηκε να εφαρμοστεί το ισχύον κατά την εκπόνηση της μελέτης πλέγμα κανονισμών για νέα κτίρια (ΕΑΚ 2000 [2], ΕΚΩΣ 2000 [3]). Στην παραπάνω απόφαση συνηγόρησε το γεγονός ότι δεν υπήρχε μέχρι πρότινος καθιερωμένο θεσμικό πλαίσιο για ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών και ότι πρόκειται για δημόσιο εκπαιδευτικό κτίριο με μεγάλο επιθυμητό χρόνο ζωής. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε το φάσμα του ΕΑΚ 2000 [2] με $A=0.16g$, $\gamma_I=1.15$, έδαφος Β και συντελεστή θεμελίωσης 1.0. Ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς θεωρήθηκε ίσος με $q=1.5$ προκειμένου οι απαιτήσεις πλαστιμότητας για τα υφιστάμενα στοιχεία να παραμείνουν σε χαμηλά επίπεδα.

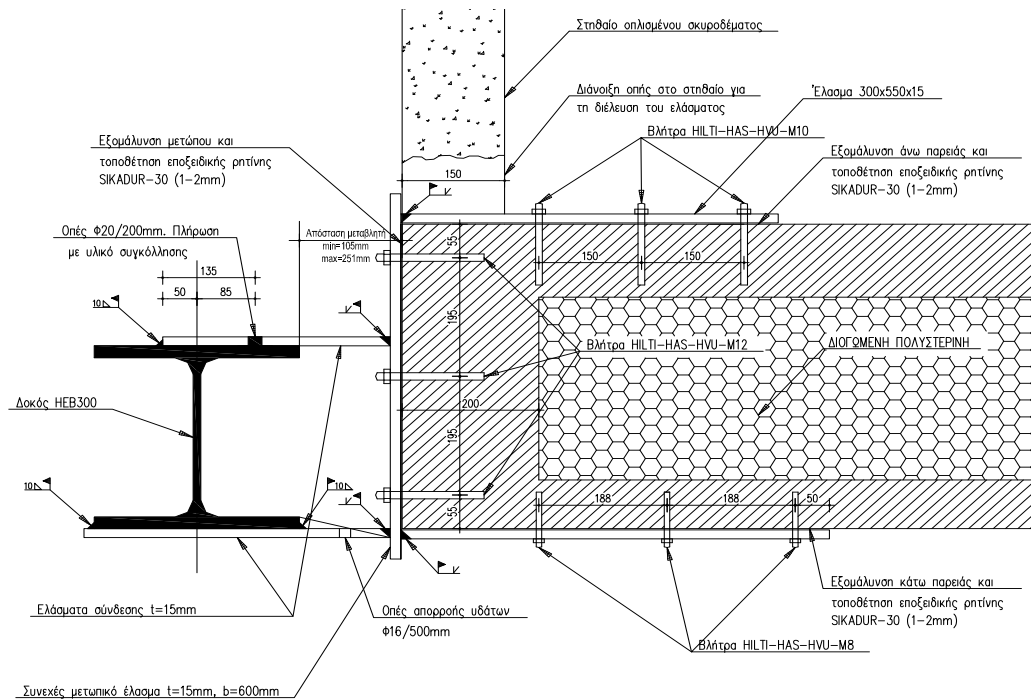
6. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Ο μεταλλικός φέρων οργανισμός (Σχήμα 3) αποτελείται από πλαίσια στύλων και δοκών. Για την ανάληψη των οριζόντιων φορτίων τοποθετούνται στα γωνιακά φατνώματα σύνδεσμοι τύπου Λ. Για τα υποστυλώματα χρησιμοποιήθηκαν γενικώς διατομές ΗΕΒ500. Ειδικά για τα ακραία υποστυλώματα, λόγω της μεγαλύτερης έντασης στην οποία υπόκεινται αλλά και για την καλύτερη κατασκευαστική διαμόρφωση, χρησιμοποιήθηκαν σταυροειδείς διατομές που αποτελούνται από δύο διατομές ΗΕΒ500 συγκολλημένες κάθετα μεταξύ τους. Για τους συνδέσμους τύπου Λ, που διατάσσονται στις γωνίες του κτιρίου, χρησιμοποιήθηκαν διατομές διπλών UNP που συνδέονται με κομβοελάσματα με τις δοκούς και τους στύλους. Η διάταξη αυτή προσφέρει υψηλή αντοχή σε λυγισμό και ευελιξία στη διαμόρφωση των συνδέσεων. Για τις πρώτες 3 στάθμες χρησιμοποιήθηκαν διατομές UNP320, για τις επόμενες δύο στάθμες διατομές UNP300 και για τις τελευταίες στάθμες διατομές UNP240. Οι δοκοί του συστήματος έχουν διπλή αποστολή. Αφενός μεν διαμορφώνουν τα μεταλλικά πλαίσια εντός των οποίων τοποθετούνται οι Λ σύνδεσμοι, αφετέρου δε, μεταβιβάζουν τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ του υφιστάμενου κτιρίου και του σκελετού ενίσχυσης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν ισχυρές διατομές ΗΕΒ300 που διαθέτουν ικανοποιητική δυστένεια, ώστε να επιτυγχάνεται, κατά το δυνατόν, ομοιόμορφη κατανομή των διεπιφανειακών δυνάμεων. Λόγω των γεωμετρικών περιορισμών που επιβάλλει η ύπαρξη του υφιστάμενου κτιρίου, η διαμόρφωση κλασικών κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων με μετωπική λεπίδα δεν είναι εφικτή, καθώς δεν υπάρχει ευχέρεια απρόσκοπτης τοποθέτησης και σύσφιξης όλων των κοχλιών. Επιλέχθηκε τελικά η χρήση λεπίδων προσυγκολλημένων στο υποστύλωμα για τη σύνδεση με τα πέλαμα της δοκού. Η διατμητική δύναμη μεταφέρεται από αντίστοιχο σύστημα λεπίδων που συνδέεται με κοχλίωση με τον κορμό της δοκού. Από τις λεπίδες αυτές, η πρώτη (που βρίσκεται στο πλησιέστερο προς το υφιστάμενο κτίριο κατακόρυφο επίπεδο), είναι προσυγκολλημένη στο υποστύλωμα, ενώ η δεύτερη συγκολλάται επιτόπου με εσωραφή πλήρους διείδυσης.

Η οροφή του χώρου της καθ' ύψος επέκτασης διαμορφώνεται με πολυγωνικά τόξα (που προσεγγίζουν σχήμα κυκλικού τόξου) από διατομές ΗΕΒ300. Στα ακραία φατνώματα οι διατομές στηρίζονται στα υποστυλώματα των όψεων. Στα ενδιάμεσα φατνώματα τα πολυγωνικά τόξα φέρουν ελκυστήρα από διατομή διπλού UNP220. Μεταξύ των τόξων διατάσσονται χιαστί σύνδεσμοι από ελκυστήρες κυκλικής διατομής Φ30. Πάνω στα τόξα τοποθετούνται τεγίδες διατομής ΗΕΑ140. Η επικάλυψη αποτελείται από τραπεζοειδές χαλυβδόφυλλο που στερεώνεται στις τεγίδες με ειδικούς κοχλίες X-ENP της HILTI. Το χαλυβδόφυλλο επικαλύπτεται με ελαφροσκυρόδεμα πυκνότητας 350kg/m^3 διαμορφώνοντας πλάκα συνολικού πάχους 13cm. Πάνω στο ελαφροσκυρόδεμα τοποθετούνται οι στεγανώσεις που προβλέπονται από την αρχιτεκτονική μελέτη.



Σχ. 3: Διαμόρφωση του εξωτερικού μεταλλικού σκελετού και του περιμετρικού τοιχώματος και της θεμελίωσης.



Σχ. 4: Λεπτομέρεια σύνδεσης των εξωτερικών στοιχείων ενίσχυσης με τα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος.

Όλα τα υποστυλώματα του μεταλλικού σκελετού πακτώνονται στη στάθμη δαπέδου του 1^{ου} ορόφου επί της στέψης νέου περιμετρικού τοιχώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το τοίχωμα αυτό εδράζεται επί νέας ισχυρής περιμετρικής πεδιλοδοκού, η οποία κατασκευάζεται στην ίδια στάθμη με την υπάρχουσα θεμελίωση και συνδέεται εν μέρει με αυτήν μέσω κατάλληλης βλήτρωσης. Λόγω του σχετικά μεγάλου ύψους του (από τη στάθμη θεμελίωσης έως το δάπεδο του πρώτου ορόφου), το τοίχωμα αυτό ενισχύεται κατά διαστήματα με αντιρίδες, ενώ στις θέσεις έδρασης επ' αυτού των νέων μεταλλικών υποστυλωμάτων διογκώνεται και διαμορφώνεται/οπλίζεται ως υποστύλωμα (βλ. Σχήμα 3). Η σύνδεση μεταξύ του εξωτερικού μεταλλικού σκελετού και του υφιστάμενου κτιρίου

γίνεται μέσω συστήματος μεταλλικών λεπίδων που βλητρώνονται στα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος (βλ. Σχήμα 4). Για τις διάφορες προκαταρκτικές αναλύσεις του ενισχυμένου κτιρίου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SAP2000 [1], ενώ η τελική ανάλυση και διαστασιολόγηση του μεταλλικού σκελετού έγινε με τον Ευρωκώδικα 3 [4] χρησιμοποιώντας το πλέγμα λογισμικών της εταιρείας CUBUS (STATIK5, STAHL5).

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση μεταλλικών στοιχείων στην περίμετρο του υπό μελέτη υφιστάμενου κτιρίου οδηγεί σε σημαντική αναβάθμιση του επιπέδου αντισεισμικής ασφάλειας, δίνοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα προσθήκης ενός νέου ορόφου χωρίς ουσιαστική επιβάρυνση του υπάρχοντα φέροντα οργανισμού. Η προτεινόμενη λύση προσφέρει οικονομία και ταχύτητα κατασκευής, ελαχιστοποίηση της όχλησης κατά τη διάρκεια των εργασιών ενίσχυσης και εξαιρετικό αισθητικό αποτέλεσμα (βλ. Σχήμα 5).



Σχ. 5: Υφιστάμενο και ενισχυμένο κτίριο (φωτορεαλιστική απεικόνιση).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] SAP2000. Static and dynamic finite element analysis of structures. Version 14.2.0, Berkeley (California), Computers and Structures Inc., 2005.
- [2] ΕΑΚ 2000, (2001), Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, ΟΑΣΠ, Αθήνα.
- [3] ΕΚΩΣ 2000, (2001), Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος, ΟΑΣΠ, Αθήνα.
- [4] ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3, Σχεδιασμός Κατασκευών από Χάλυβα – Μέρος 1.1 Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια, ENV 1993-1-1/1992.

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΡΓΟΥ

Αρχιτεκτονική μελέτη: καθ. Α. Κωτσιόπουλος, Α. Ζουμπολίδου, Α. Πάνου, Ε. Χαλκιοπούλου, Α. Σκιαδοπούλου, Μ. Τσαρούχη, Α. Τριανταφύλλου, Α. Παπουτσή.

Στατική μελέτη: καθ. Ι. Αβραμίδης, αν. καθ. Ε. Μυστακίδης, Τ. Καραδάμος, Α. Καταβέλος, Κ. Μορφίδης, Γ. Μανούκας, Κ. Κωστινάκης

Ηλεκτρομηχανολογική μελέτη: Β. Λαγος, Ι. Χρόνης

Γεωτεχνική έκθεση: καθ. Θ. Χατζηγώγος

**SEISMIC STRENGTHENING OF THE BUILDING OF THE RURAL AND
SURVEYING ENGINEERING DEPARTMENT OF A.U.TH.
THROUGH EXTERNAL STEEL STRUCTURE**

Ioannis Avarmidis

Professor

Institute of Structural Analysis and Dynamics of Structures, Dept. of Civil Engineering,
Aristotle University of Thessaloniki,
Thessaloniki, Greece
e-mail: avram@civil.auth.gr

Euripidis Mistakidis

Associate Professor

Laboratory of Structural Analysis and Design, Dept. of Civil Engineering,
University of Thessaly,
Volos, Greece
e-mail: emistaki@civ.uth.gr

Kostantinos Morfidis

PhD, Division of Earthquake Engineering, I.T.S.A.K.
Thessaloniki, Greece
e-mail: morfidis@kmorfidis@itsak.gr

SUMMARY

The paper presents the solution that has been selected for the seismic strengthening of the building housing the Department of Rural and Surveying Engineering of the Aristotle University of Thessaloniki. The assessment of the existing building's seismic capacity led to the conclusion that a significant intervention is needed in order to meet the requirements of the modern seismic codes. A number of possible solutions were examined for the seismic strengthening. Finally, a solution employing an external, perimetrically arranged steel frame was selected in which the seismic forces are transferred mainly through Λ type steel bracings. The steel frame columns are fixed on an appropriately stiffened perimetric wall founded on a new perimetric foundation beam, which is properly bolted to the existing foundation elements. The connection of the new steel elements to the existing reinforced concrete plates is implemented through a system of steel plates which are bolted on the existing elements. The strengthening of the building is accompanied by the addition of a new level which is covered by steel arches.

After the completion of the construction works, the strengthened building will meet all essential requirements of modern seismic codes. The selected strengthening scheme offers an economic solution, ease and speed of construction, minimization of inconvenience to the building's users and a very attractive aesthetic result.