

Μεταπτυχιακός φοιτητής: Θεοχαρίδης Απόστολος

Επιβλέπων: Στυλιανίδης Κοσμάς

Τίτλος: Ενίσχυση 2 υφιστάμενων κτιρίων από Ο/Σ σχεδιασμένων με προγενέστερο πλέγμα κανονισμών.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική αφορά την μελέτη ενίσχυσης της ανωδομής δύο υφιστάμενων κτιρίων λόγω των αυξημένων απαιτήσεων που προκύπτουν από την αλλαγή της χρήσης τους, ως τμήματα σχολικού συγκροτήματος. Τα κτίρια που μελετώνται αποτελούν δύο από τα αυτοτελή στατικώς κτίρια που συνιστούν το βιομηχανικό συγκρότημα Κωνσταντινίδη. Η απαίτηση ενίσχυσής τους, πέρα από την επανάχρησή τους, έπειτα από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα κατά το οποίο τα παραπάνω κτίρια είχαν τεθεί εκτός λειτουργίας και υπό παντελούς έλλειψης συντήρησης, ως κτιρίων αυξημένης σπουδαιότητας, επιτείνεται αν θεωρηθεί η εποχή της κατασκευής τους, καθώς το μεν πρώτο κτίριο (μονόροφο) κατασκευάστηκε το 1931 ενώ το δεύτερο κτίριο (διάροφο) κατασκευάστηκε το 1937, γεγονός που δηλώνει ότι η μελέτη σχεδιασμού των δύο κτιρίων δεν περιελάμβανε απαιτήσεις αντισεισμικότητας ελλείψει αντίστοιχων διατάξεων στους κανονισμούς της εποχής εκείνης. Επιπλέον, η μεγάλη ηλικία των παραπάνω κτιρίων, η οποία προσεγγίζει ή και υπερβαίνει το χρόνο ζωής (60-70 χρόνια) των συνήθων κατασκευών σκυροδέματος, ουσιαστικά δηλώνει την γήρανση των υλικών η οποία εκφράζεται με μείωση των ελαστικών χαρακτηριστικών και της αντοχής τους.

Για την πραγματοποίηση αυτής της μελέτης ήταν διαθέσιμη η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης των δύο κτιρίων, σχετικά τόσο με την διάταξη του φέροντος οργανισμού και τα χαρακτηριστικά των επιμέρους δομικών στοιχείων των φορέων (διατομές, οπλισμοί), όσο και με την παθολογία και τις τυχόν βλάβες που αυτά είχαν παρουσιάσει, στοιχεία που επισυνάπτονται σε σειρά αντίστοιχων στατικών σχεδίων και που είχαν συγκεντρωθεί και χρησιμοποιηθεί κατά την μελέτη αποκατάστασης και επανάχρησης του βιομηχανικού συγκροτήματος Κωνσταντινίδη για τη στέγαση του 7ου Δημ. Σχολείου Νεάπολης που έλαβε χώρα το έτος 1992.

Η διπλωματική εργασία διακρίνεται σε δύο βασικά μέρη. Στο πρώτο μέρος εξετάζονται τα κτίρια με βάση την υπάρχουσα κατάσταση όπως αυτή αποτυπώνεται στα σχέδια που προαναφέρθηκαν, και ελέγχεται η επάρκεια της απόκρισής τους και της εν γένει σεισμικής συμπεριφοράς τους υπό τις φορτίσεις που επιβάλλονται από τους σύγχρονους Κανονισμούς. Ο υπολογισμός των επιμέρους αναπτυσσόμενων εντατικών καταστάσεων για τα δύο κτίρια γίνεται με εφαρμογή της δυναμικής φασματικής μεθόδου, όπου βασικό σημείο αποτελεί η εκτίμηση του συντελεστή μετελαστικής συμπεριφοράς των κτιρίων ο οποίος υιοθετείται για την υπάρχουσα κατάσταση. Για την τιμή $q = 2$ που χρησιμοποιείται, παρόλο που υπερβαίνει της αντίστοιχης που προτείνεται από τον Κανονισμό για πλαίσιακές κατασκευές που σχεδιάστηκαν χωρίς απαιτήσεις πλαστιμότητας ($q^* = 1,5$), ο παραπάνω έλεγχος

αποδεικνύει την αναμενόμενη (σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην 1η παράγραφο) αναγκαιότητα επέμβασης για την ενίσχυσή τους.

Η μελέτη ενίσχυσης των δύο κτιρίων, αποτελεί το αντικείμενο του δεύτερου μέρους της εργασίας. Περιλαμβάνει σε πρώτη φάση τη διαδικασία επιλογής του τύπου της επέμβασης, η οποία γίνεται ακολουθώντας την ίδια φιλοσοφία για τα δύο κτίρια και συνίσταται στον έλεγχο διαφορετικών προτάσεων (μεθόδων) ενίσχυσης οι οποίες οδηγούν σε αντίστοιχες απαιτήσεις ως προς το βαθμό και την έκταση της επέμβασης, και που ως πρωταρχικό στόχο έχουν την πλήρη συμμόρφωση ως προς την αντοχή όλων των κατακόρυφων στοιχείων. Συγκεκριμένα, εξετάζονται διαδοχικά η ενίσχυση των κτιρίων με επεμβάσεις μόνο σε υφιστάμενα κατακόρυφα στοιχεία (μανδύες σε υποστυλώματα) και η ενίσχυση με προσθήκη νέων στοιχείων στο φέροντα οργανισμό (τοιχωμάτων) σε συνδυασμό, όπου προκύπτει ανάλογη απαίτηση, με επεμβάσεις σε υφιστάμενα υποστυλώματα (μανδύες). Για κάθε προτεινόμενη διάταξη, μέσω διαδοχικών δοκιμών και ελέγχων και επαναληπτικών επιλύσεων καθορίζονται οι απαιτούμενες επεμβάσεις για την επίτευξη του παραπάνω στόχου.

Και στο σημείο αυτό κρίσιμη και καθοριστική είναι η τιμή του συντελεστή q που χαρακτηρίζει τη συμπεριφορά των κτιρίων μετά την ενίσχυσή τους. Η ακριβής προσέγγιση του, προϋποθέτει την διενέργεια για κάθε σχήμα ενίσχυσης που εξετάζεται, διαδικασιών και μεθόδων (όπως είναι η ανελαστική ανάλυση) ειδικά για το σκοπό αυτό, πρακτική που είναι εξαιρετικά επίπονη και χρονοβόρα ώστε να ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσης διπλωματικής. Θεωρώντας την παραπάνω δυσκολία, υιοθετείται η τιμή $q = 2,5$ και για τα δύο κτίρια η οποία θεωρείται ότι αποτελεί μια ρεαλιστική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς.

Ο βαθμός της παρέμβασης και της όγλησης που προκαλείται σε κάθε κτίριο σε συσχετισμό με τις εκτιμώμενες οικονομικές απαιτήσεις που συνοδεύουν κάθε μία από τις μεθόδους ενίσχυσης που εξετάζονται, καθώς και το εύρος των απαιτούμενων επεμβάσεων στα υφιστάμενα στοιχεία των οποίων η συμμόρφωση δεν αποτελεί κύριο στόχο στο στάδιο αυτό, καθορίζει την τελική επιλογή της ενισχυτικής διάταξης που εφαρμόζεται σε κάθε ένα από τα δύο κτίρια. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κριτήρια, η επέμβαση που τελικά επιλέγεται για κάθε κτίριο και διαστασιολογείται κατάλληλα περιλαμβάνει ενίσχυση με μανδύες σε έξι υφιστάμενα υποστυλώματα για το μονόροφο κτίριο (κτίριο I-1) και συνδυασμό μανδύων σε τρεις στύλους και προσθήκη έξι νέων τοιχωμάτων στο φέροντα οργανισμό του διώροφου κτιρίου (κτίριο III-2) του οποίου σημειωτέον, ο δεύτερος όροφος λόγω εκτεταμένων βλαβών από διάβρωση καθαιρείται πλήρως και ανακατασκευάζεται. Σε δεύτερη φάση, προσδιορίζονται οι ανεπάρκειες στις δοκούς των δύο κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη στην ανάλυση τις επεμβάσεις και προσθήκες που προβλέπονται όσον αφορά τα κατακόρυφα στοιχεία. Τέτοιες ανεπάρκειες προέκυψαν μόνο για το διώροφο κτίριο (κτίριο III-2). Η κάλυψη τους, γίνεται με τη χρήση ινοπλισμένων πολυμερών υπό μορφή φύλλων που επικολλώνται στις δοκούς σε κατάλληλες θέσεις και ενισχύουν την αντοχή τους χωρίς να μεταβάλουν τα ελαστικά χαρακτηριστικά τους.

Με τη διαστασιολόγηση των ενισχύσεων και τους ελέγχους επάρκειας αντοχής των στοιχείων στα οποία δεν προβλέπονται επεμβάσεις, κλείνει το δεύτερο αυτό μέρος της εργασίας, ενώ η εργασία ολοκληρώνεται με μία συγκεντρωτική παρουσίαση υπό μορφή συμπερασμάτων των απαιτήσεων ανεπαρκειών των

κτιρίων πριν την επέμβαση και της εν γένει συμμόρφωσης που επιτυγχάνεται με την ενίσχυση του κτιρίου.

Όλα όσα αναφέρονται παραπάνω, περιλαμβάνονται σε συνολικά οκτώ επιμέρους κεφάλαια σε καθένα από τα οποία γίνεται προσπάθεια αναλυτικής επεξήγησης της όποιας διαδικασίας ακολουθείται, ενώ για το σκοπό αυτό επισυνάπτονται κατάλληλοι πίνακες και σχήματα ώστε να διευκολύνεται και να απλοποιείται κατά το δυνατόν η ανάγνωση και κατανόηση των όσων αναγράφονται. Ακολουθεί η εν συντομία περιγραφή του αντικειμένου που απασχολεί το κάθε κεφάλαιο.

Το πρώτο κεφάλαιο, περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή των δύο προς ενίσχυση κτιρίων και αναλύεται ο τρόπος εισαγωγής τους στο πρόγραμμα (SAP2000), όπου αναφέρονται οι όποιες παραδοχές έγιναν καθώς και ο τρόπος προσομοίωσης των επιμέρους στοιχείων των φορέων. Επιπλέον, επισυνάπτεται στο τέλος του κεφαλαίου σειρά επεξηγηματικών σχεδίων καθώς και πληροφοριών για την διακριτοποίηση που ακολουθήθηκε.

Προκειμένου να διαπιστωθεί ο βαθμός αδυναμίας εναρμόνισης και συμμόρφωσης της συνολικής συμπεριφοράς των δύο εξεταζόμενων υφιστάμενων κτιρίων στα πλαίσια και τις απαιτήσεις των ισχυόντων σήμερα Κανονισμών και ως προς τις αυξημένες απαιτήσεις που γεννώνται από την αλλαγή της χρήσης τους, συγκρίνεται σε πρώτη φάση η εν γένει αντοχή των κτιρίων μέσω της αντοχής των επιμέρους στοιχείων με την αντίστοιχη απαιτούμενη αναπτυσσόμενη ένταση που καλούνται αυτά να παραλάβουν. Για το σκοπό αυτό, στο δεύτερο κεφάλαιο υπολογίζεται αναλυτικά η καμπτική αντοχή όλων των επιμέρους στοιχείων, καθώς η διενέργεια καμπτικών και μόνο ελέγχων αρκεί όπως αποδεικνύεται, για να κάνει εμφανή την απαίτηση επέμβασης για την ενίσχυση των δύο κτιρίων.

Η επίλυση των δύο κτιρίων για τον προσδιορισμό της αναπτυσσόμενης έντασης στην προ ενίσχυσης κατάσταση γίνεται με εφαρμογή της δυναμικής φασματικής μεθόδου. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι απαιτούμενες διαδικασίες για τον προσδιορισμό των επιμέρους (στατικών) φορτίων όλων των στοιχείων καθώς και για τον καθορισμό του φάσματος που θα καθορίσει την σεισμική απόκριση των δύο κτιρίων ενώ επιπλέον παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης ώστε να γίνει μια χονδροειδής εκτίμηση του \square ύψους \square της σεισμικής δράσης που αναλογεί σε κάθε κτίριο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνονται όλοι οι απαιτούμενοι έλεγχοι για την επάρκεια της αντοχής των υφιστάμενων κτιρίων αλλά και της δυσκαμψίας όπως αυτή εκφράζεται μέσω των αναπτυσσόμενων μετακινήσεων και τη σύγκρισή τους με τις επιτρεπόμενες τιμές που καθορίζονται από τους Κανονισμούς. Οι ανεπάρκειες που προκύπτουν ως προς την αντοχή καθώς και οι μεγάλες μετακινήσεις οι οποίες ξεπερνούν τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες τιμές, καθιστούν αναγκαία την επέμβαση για την ενίσχυση των δύο κτιρίων.

Η εξέταση των διαφόρων μεθόδων ενίσχυσης και η επιλογή της πλέον κατάλληλης για κάθε κτίριο σύμφωνα και με όσα αναπτύχθηκαν σε προηγούμενο σημείο, αποτελεί το αντικείμενο το οποίο πραγματεύεται το πέμπτο κεφάλαιο. Περιλαμβάνει τις απαιτούμενες διαδικασίες για τον προσδιορισμό των νέων στατικών φορτίων των επιμέρους στοιχείων (όπου προκύπτουν μεταβολές) καθώς και τον καθορισμό του

φάσματος που διέπει την απόκριση των δύο κτιρίων μετά την ενίσχυσή τους. Επιπλέον για κάθε εξεταζόμενη μέθοδο ενίσχυσης περιλαμβάνει αφενός στοιχεία για την προσομοίωση των στοιχείων που ενισχύονται καθώς και των στοιχείων που πιθανώς προστίθενται στο υπάρχον δομικό σύστημα, και επιπλέον επιλεκτικούς ελέγχους αντοχής καθώς και μετακινήσεων ώστε να εκτιμάται η επιτυγχανόμενη συμμόρφωση και να αποφασίζεται ο βαθμός της περαιτέρω παρέμβασης. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την τεκμηριωμένη επιλογή του τύπου της επέμβασης που τελικά ακολουθείται και εφαρμόζεται για κάθε κτίριο.

Στο έκτο κεφάλαιο, γίνονται όλοι εκείνοι οι έλεγχοι των επιμέρους κατακόρυφων δομικών στοιχείων των δύο κτιρίων στα οποία δεν προβλέπονται επεμβάσεις και που αποδεικνύουν την επίτευξη του επιδιωκόμενου ποσοστού συμμόρφωσης ως προς την πρόσδοση αντοχής και δυσκαμψίας στα δύο κτίρια. Επιπλέον, υπολογίζονται οι ανεπάρκειες σε κάμψη και τέμνουσα των δοκών των δύο κτιρίων για τις οποίες κρίθηκε σκόπιμο να μην συμπεριληφθούν επεμβάσεις στο στάδιο ενίσχυσης που προηγήθηκε, αλλά η μελέτη ενίσχυσή τους να γίνει με βάση τις τελικές απαιτήσεις που θα προκύψουν μετά την ενίσχυση των κτιρίων.

Το έβδομο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη διαστασιολόγηση όλων των νέων στοιχείων που είτε κατασκευάστηκαν εξ αρχής και ενσωματώθηκαν στον υφιστάμενο φέροντα οργανισμό μεταβάλλοντας το υπάρχον στατικό σύστημα, είτε καθαιρέθηκαν και ανακατασκευάστηκαν καθώς κρίθηκε ασύμφορη οικονομικά ή λόγω ιδιαίτερα εκτεταμένης βλάβης ή άλλου είδους επέμβαση. Επιπλέον, γίνεται η διαστασιολόγηση των ενισχύσεων σε υφιστάμενα στοιχεία στα οποία η επέμβαση κρίθηκε απαραίτητη τόσο για την αύξηση της συνολικής αντοχής του όσο και για την βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς του υφιστάμενου κτιρίου του οποίου αποτελεί τμήμα του φέροντος οργανισμού του, με στόχο την εναρμόνιση και την συμμόρφωση στα πλαίσια και τις απαιτήσεις των ισχυόντων σήμερα κανονισμών.

Η συγκεντρωτική παρουσίαση υπό μορφή συμπερασμάτων των απαιτήσεων ανεπαρκειών των κτιρίων πριν την επέμβαση και της εν γένει συμμόρφωσης που επιτυγχάνεται με την ενίσχυση του κτιρίου, περιλαμβάνεται στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο με το οποίο ολοκληρώνεται η παρούσα διπλωματική εργασία.