

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΡΙΩΡΟΦΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Νίκος Πνευματικός
Επίκουρος Καθηγητής
ΤΕΙ Αθήνας
e-mail: pnevma@teiath.gr

Μάτθαιος Διδάγγελος
Πολ. Μηχ. ΑΠΘ
ELEMENT ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Α.Τ.Ε
e-mail: mdidaggelos@hotmail.com

Ιωάννης Α. Νταλιακούρας
Πολ. Μηχ. Τ.Ε. – Ερευνητικός Συνεργάτης
ΤΕΙ Αθήνας
e-mail: giannis.ntaliakouras@gmail.com

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά την ενίσχυση με μεταλλικά στοιχεία μιας τριώροφης κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία με υπόγειο. Τα μεταλλικά στοιχεία έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για ενίσχυση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα αλλά πολύ λίγο βρήκαν εφαρμογή σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκαν χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας οι οποίοι με κατάλληλη διάταξη και μαζί με την προσθήκη ενός χωρικού μεταλλικού φορέα που θα φέρει το φρεάτιο του ανελκυστήρα αντιστέκονται στις αδρανειακές δυνάμεις του σεισμού που αναπτύσσονται στα διαφράγματα του κάθε ορόφου. Οι χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας ενώνονται στους κόμβους μεταλλικών υποστυλωμάτων και δοκών. Οι μεταλλικές δοκοί είναι ενωμένοι με την πλάκα το ορόφου για την καλύτερη μεταβίβαση των αδρανειακών δυνάμεων από τα διαφράγματα στους χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας. Η θέση των χιαστί συνδέσμων είναι τέτοια ώστε να μην δημιουργούνται μεγάλες εκκεντρότητες μεταξύ του κέντρου μάζας και του κέντρου ελαστικής στροφής. Εξετάστηκε και εναλλακτικός τρόπος ενίσχυσης με μονόπλευρο οπλισμένο μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε όλο τον περιμετρικό τοίχο του κτιρίου. Η λύση με τα μεταλλικά στοιχεία αποδείχτηκε 50 έως 60 % πιο συμφέρουσα από τη λύση με τον

μανδύα χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η αποκατάσταση των οικοδομικών εργασιών που προκύπτουν από την χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία κατέχουν ένα σημαντικό μέρος των κατασκευών στον Ελλαδικό χώρο. Οι ζημιές που προκύπτουν μετά από ένα σεισμό υποδεικνύουν την αναγκαιότητα για την ενίσχυσή τους. Κύρια μορφή αστοχίας σε τέτοιου είδους κατασκευές είναι η διατμητική τους αστοχία, έχουν δηλαδή χαμηλή διατμητική αντοχή και είναι επιρρεπείς σε ψαθυρή αστοχία όταν υποβάλλονται σε σεισμικά φορτία εντός επιπέδου.

Η ενίσχυση κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία πραγματοποιείται εσωτερικά και εξωτερικά της τοιχοποιίας με σύγχρονες τεχνικές όπως η τοποθέτηση ράβδων σιδήρου και χάλυβα στις κοιλότητες, αρμολόγηση, οριζόντια και κατακόρυφη προένταση με τένοντες χάλυβα, ριζοοπλισμοί, ραφές, τσιμεντενέσεις, ενίσχυση με ινοπλισμένα πολυμερή (ΙΟΠ) ή με ινοπλέγματα μέσα σε μανδύα κονιάματος τσιμεντοειδούς βάσης (TRM ή FRCM) ωστόσο το σημαντικότερο μειονέκτημα που έχει επισημανθεί είναι η αποκόλληση μεταξύ ΙΟΠ και τοιχοποιίας, μονόπλευροι ή αμφίπλευροι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος, χρήση μεταλλικών στοιχείων (χιαστή συνδέσμων δυσκαμψίας) [1-4].

Κάποιες από τις παραπάνω μεθόδους έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θλιπτικής και διατμητικής αντοχής κάποιες άλλες την ικανότητα παραμόρφωσης και κάποιες την αύξηση της δυσκαμψίας και την ελαχιστοποίηση των μετακινήσεων. Άλλες είναι τοπικές μέθοδοι εφαρμόζονται δηλαδή στους τοίχους που συνεισφέρουν στην αντοχή και στη δυσκαμψία της κατασκευής και κάποιες άλλες μέθοδοι είναι καθολικές και εφαρμόζονται σε επίπεδο συνολικής κατασκευής.

Σε αρκετές χώρες με έντονο το σεισμικό πρόβλημα, ΗΠΑ, Ιαπωνία, Ιταλία, Νέα Ζηλανδία αλλά και στη χώρα μας σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα εφαρμόζεται η προσθήκη μεταλλικών, διαγώνιων ράβδων ενίσχυσης στον φέροντα οργανισμό ως μέσο βελτίωσης της σεισμικής ικανότητας μιας κτιριακής κατασκευής. Η συγκεκριμένη αυτή διάταξη είναι παθητικού τύπου καθώς πέρα από την αντίσταση στη σεισμική δράση παρατηρείται και απορρόφηση σεισμικής ενέργειας [5].

1. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

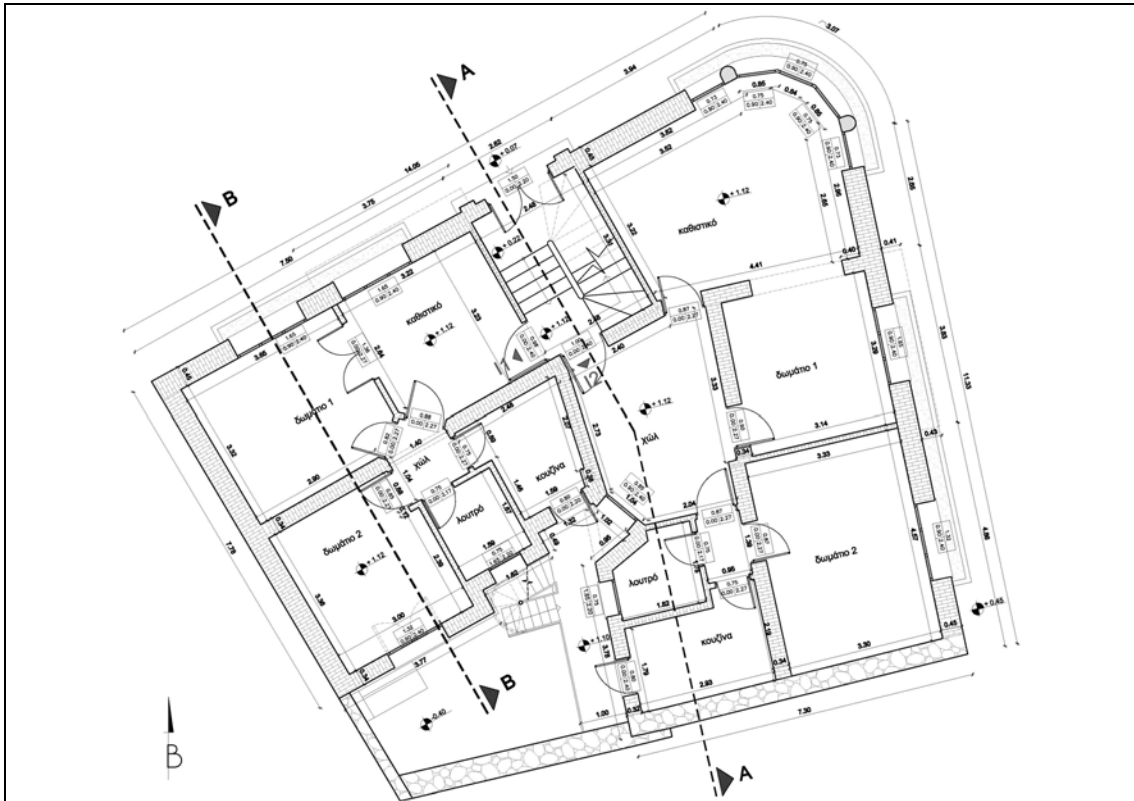
3.1 Αποτίμηση του υπάρχοντος κτιρίου

Η ενίσχυση αφορά ένα τριώροφο κτίριο από φέρουσα τοιχοποιία. Το κτίριο βρίσκεται στην περιοχή του Κολωνού στην Αθήνα.

Αρχικά, έγινε αποτύπωση του κτιρίου και συνταχτήκαν τα αντίστοιχα σχέδια. Το κτίριο έχει ένα υπόγειο στο μισό της κάτοψης του και θεμελιώνεται σε περιμετρική δοκό έδρασης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου είναι φέρουσα τοιχοποιία με πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα.

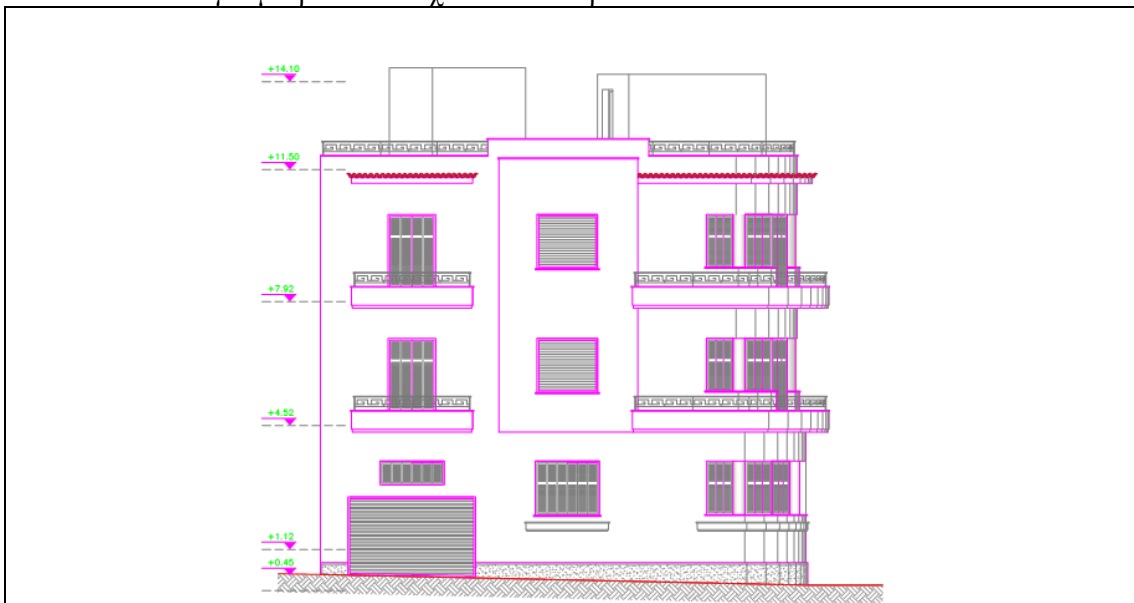
Στα σχήματα 1 και 2 φαίνεται μια κάτοψη και μια όψη του κτιρίου αντίστοιχα.

Προκαταρκτικά έγινε μια μελέτη για τις τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών της τοιχοποιίας του σκυροδέματος, του οπλισμού των πλακών καθώς και της γεωμετρίας του κτιρίου. (Έλεγχος στατικής επάρκειας με χρήση καταστροφικών και μη καταστροφικών ελέγχων σε τριώροφη οικοδομή στον Κολωνό – Τεχνικό γραφείο Γεωμέτρηση)



Σχ. 1: Κάτοψη κτιρίου

Με βάση την εν λόγω μελέτη υιοθετήθηκαν οι τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών και των γεωμετρικών στοιχείων του κτιρίου.



Σχ. 2: Όψη κτιρίου

Με βάση τη γεωμετρία και τις ιδιότητες των υλικών έγινε το προσομοίωμα του υπάρχοντος κτιρίου. Οι τοίχοι και οι πλάκες προσομοιώθηκαν με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία και τα υποστυλώματα με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Κατόπιν, εφαρμόστηκαν όλα τα κατακόρυφα και οριζόντια φορτία στη κατασκευή. Επίσης, εφαρμόστηκε η σεισμική φόρτιση που αντιστοιχεί στο σημερινό κανονισμό

(Ευρωκώδικας 8), η οποία συνδυάστηκε με τα μόνιμα και τα κινητά φορτία σύμφωνα με τον κανονισμό. Κατόπιν υπολογίστηκαν οι ορθές, διατμητικές τάσεις και τα εντατικά μεγέθη σε κάθε τοίχο.

Κάθε επιμέρους τοίχος ελέγχθηκε στην οριακή κατάσταση αστοχίας κατά Ευρωκώδικα 8 δηλαδή συγκρίθηκαν οι δράσεις σχεδιασμού που προέκυψαν από τις παραπάνω αναλύσεις (N_{Ed} , V_{Ed} , M_{Ed}) με τις υπάρχουσες αντοχές της τοιχοποιίας του κτιρίου (N_{Rd} , V_{Rd} , M_{Rd}), λαμβάνοντας υπόψη την λυγηρότητα του τοίχου και την εκκεντρότητα της φόρτισης. Επιπλέον, έγινε και έλεγχος σε επίπεδο τάσεων. Δηλαδή υπολογίστηκαν οι τάσεις στους τοίχους που υπόκεινται κατακόρυφη και οριζόντια φόρτιση και ελέγχθηκαν οι ακόλουθες μορφές αστοχίας:

- Διατμητική αστοχία δια μέσου των αρμών του κονιάματος,
- Διατμητική αστοχία με θραύση του τοιχοσώματος και
- Έλεγχος σε θραύση στη βάση του τοίχου

Όλοι οι παραπάνω έλεγχοι έγιναν σε ειδικά διαμορφωμένο υπολογιστικό φύλλο. Από τους παραπάνω ελέγχους φάνηκαν οι ανεπάρκειες των στοιχείων της τοιχοποιίας οι οποίες φαίνονται στον Πινάκα 1 .

AV	AV	AV	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR				
ΕΥΡΕΣΗ ΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΩΝ										τυπ. τιμή (αντοχή για αστοχία με θραύση λιθοσώματος)		972.619459													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
κ	fv,c,k	2030.6	fbr	2000	fvko	300	fvk η τυ	360.3	fbc	5000	fv,c,d	812.25	od	150.8	fvk1	100	fvk2	300							
4	fm	2500	γm	2.5																					
5	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΦΕΛΚΥΣΤΕΣ				ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΛΙΠΤΙΚΕΣ				ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΕΣ				fvkd =	ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΑΣΤΟΧΙΑ ΑΡΜΟΥ (ΔΙΑΤΜΗΣΗ)				ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΜΕ ΘΡΑΥΣΗ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΟΣ				ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΘΡΑΥΣΗ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ			
6	A/A	ΤΟΙΧΟΣ	tx		ty		A/A	ΤΟΙΧΟΣ	ΔΙΕΥΘΙΝΣΗ X	ΔΙΕΥΘΙΝΣΗ Y	ΔΙΕΥΘΙΝΣΗ X	ΔΙΕΥΘΙΝΣΗ Y													
7	1	T1	-176.39	-176.4	-486.2	0	-486.2	142.33	0.223949028	1	T1	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
8	2	T2	0	787.31	787.3	0	-1390	-1390	0.4424	2.01571895	2	T2	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
9	3	T3	0	221.34	221.3	0	-823.7	-823.7	0.453	8.748184471	3	T3	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
10	4	T4	0	134.26	134.3	0	-736.6	-736.6	0.459	12.59730717	4	T4	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
11	5	T5	0	221.34	221.3	0	-823.7	-823.7	0.453	8.748184471	5	T5	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
12	6	T6	0	703.6	703.6	0	-1306	-1306	0.443	2.365639195	6	T6	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
13	7	T7	0	221.34	221.3	0	-823.7	-823.7	0.453	8.748184471	7	T7	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
14	8	T8	0	1005	1005	0	-1607	-1607	0.4415	1.399859318	8	T8	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
15	9	T9	0	1005	1005	0	-1607	-1607	0.4415	1.399859318	9	T9	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
16	10	T10	0	-301.16	0	0	-301.2	-301.2	0.459	12.59730717	10	T10	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
17	11	T11	1215.6	-301.16	1216	-1818	-301.2	-1818	1.4134	0.454754833	11	T11	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
18	12	T12	824.5	-301.16	824.5	-1427	-301.2	-1427	2.7208	0.710447491	12	T12	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
19	13	T13	94.392	-301.16	94.39	-696.7	-301.2	-696.7	23.228	4.72131272	13	T13	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
20	14	T14	94.392	-301.16	94.39	-696.7	-301.2	-696.7	23.228	4.72131272	14	T14	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
21	15	T15	474.19	-301.16	474.2	-1077	-301.2	-1077	5.9251	1.337145183	15	T15	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
22	16	T16	1061.6	-301.16	1062	-1664	-301.2	-1664	1.798	0.529958556	16	T16	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
23	17	T17	287.19	-301.16	287.2	-889.5	-301.2	-889.5	10.4111	2.214521952	17	T17	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
24	18	T18	94.392	-301.16	94.39	-696.7	-301.2	-696.7	23.228	4.72131272	18	T18	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
25	19	T19	-301.16	-121.66	-121.7	-301.2	-480.7	-480.7	-59.3	79.4504348	19	T19	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
26	19	T20	474.19	-301.16	474.2	-1077	-301.2	-1077	5.9251	1.337145183	19	T20	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS				
27					1216					-1818															
28																									

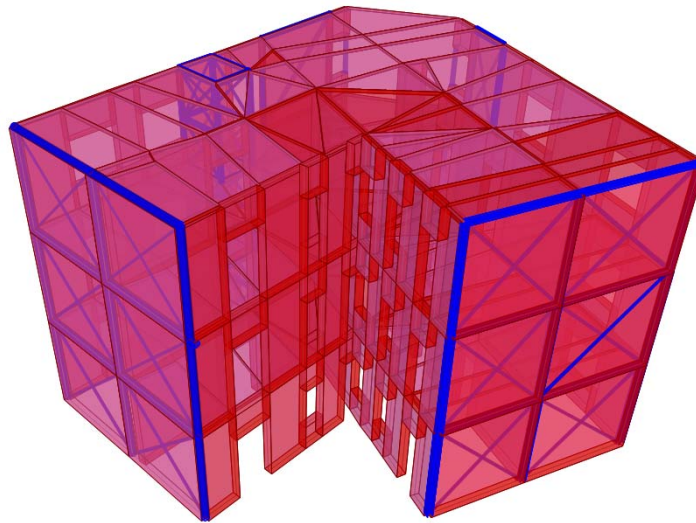
Πιν. 1: Έλεγχοι στην οριακή κατάσταση αστοχίας του υπάρχοντος φορέα

3.2 Ενίσχυση του κτιρίου με μεταλλικά διαγώνια στοιχεία

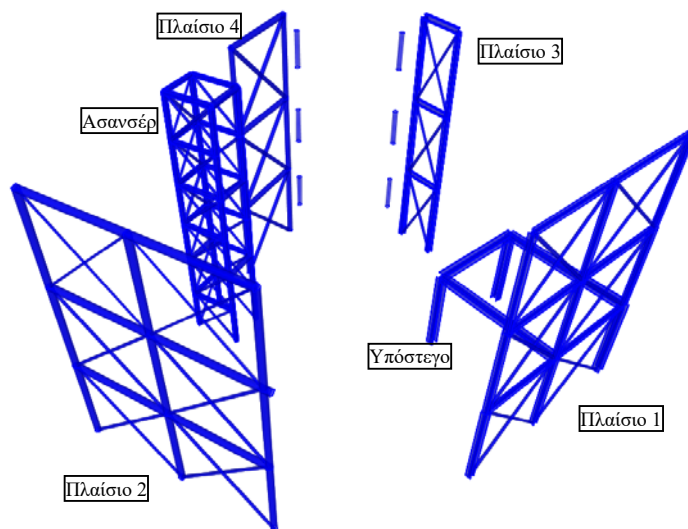
Η ενίσχυση του κτιρίου στηρίζεται στη χρήση μεταλλικών ράβδων ενίσχυσης. Τα στοιχεία αυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι καθιστούν προβλέψιμη και εύκολα επισκευάσιμη την αναμενόμενη σεισμική βλάβη. Μπορούν να τοποθετηθούν σε επιλεγμένα σημεία σε κάθε όροφο και η μορφή τους μπορεί να ποικίλει. Έχουν ελάχιστη συντήρηση και προσφέρουν μια αξιόπιστη λύση, ενώ ταυτόχρονα μπορούν και προσαρμόζονται εύκολα στις αρχιτεκτονικές και λειτουργικές ανάγκες ενός κτιρίου. Τα στοιχεία αυτά ανήκουν στην κατηγορία των συστημάτων παθητικού ελέγχου και μπορούν να παρέχουν αρκετή δυσκαμψία και παράλληλα να προσφέρουν υψηλή ικανότητα απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας

Η πρόταση ενίσχυσης της κατασκευής περιλαμβάνει ενίσχυση με μεταλλικούς διαγώνιους συνδέσμους δυσκαμψίας. Οι μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας ενώνονται με οριζόντια δοκάρια και κατακόρυφα υποστυλώματα. Τα οριζόντια δοκάρια αγκυρώνονται στην πλάκα του κάθε ορόφου για καλύτερη μεταφορά των αδρανειακών δυνάμεων από το διάφραγμα στους διαγώνιους συνδέσμους δυσκαμψίας οι οποίοι έχουν σαν αποτέλεσμα να περιορίζουν την σχετική μετακίνηση των διαφραγμάτων. Τα οριζόντια δοκάρια οι χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας και τα μεταλλικά υποστυλώματα είναι ανεξάρτητα και δεν συνεργάζονται με την τοιχοποιία.

Οι θέσεις των συνδέσμων δυσκαμψίας επιλέχθηκαν όσο το δυνατόν περιμετρικά του κτιρίου για να μην υπάρχει μεγάλη εκκεντρότητα μεταξύ του κέντρου ελαστικής στροφής και του κέντρου μάζας. Επιπλέον, ένα ακόμη στοιχείο δυσκαμψίας είναι και ο μεταλλικός κλωβός του ανελκυστήρα ο οποίος ελήφθη υπόψη στους υπολογισμούς. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία δημιουργήθηκε ένα νέο προσομοίωμα που περιλαμβάνει την τοιχοποιία της υπάρχουσας κατάστασης και τα μεταλλικά στοιχεία των χιαστί συνδέσμων δυσκαμψίας, τα οριζόντια δοκάρια αγκύρωσης στις πλάκες, τα μεταλλικά υποστυλώματα και ο μεταλλικός κλωβός του ανελκυστήρα. Τα νέα μεταλλικά στοιχεία προσομοιώθηκαν με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Στον μικτό πλέον φορέα επιβλήθηκαν όλα τα κατακόρυφα και οριζόντια φορτία που επιβλήθηκαν και στον αρχικό φορέα. Το προσομοίωμα του μεικτού φορέα, μόνο των μεταλλικών πλαισίων, καθώς και πως αυτά είναι τοποθετημένα στην κάτωψη φαίνονται στα σχήματα 3, 4 και 5 αντίστοιχα. Επιλύθηκε εκ νέου ο νέος μικτός φορέας και έγιναν οι αντίστοιχοι έλεγχοι στη φέρουσα τοιχοποιία όπως έγιναν και στον αρχικό φορέα και επιπλέον έγινε η διαστασιολόγηση και οι έλεγχοι των μεταλλικών στοιχείων. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η φέρουσα τοιχοποιία καταπονήθηκε λιγότερο σε σχέση με την αρχική υπάρχουσα κατάσταση.



Σχ. 3 Προσομοίωμα του μεικτού ενισχυμένου φορέα



Σχ. 4 Απομονωμένο προσομοίωμα του μεικτού ενισχυμένου φορέα

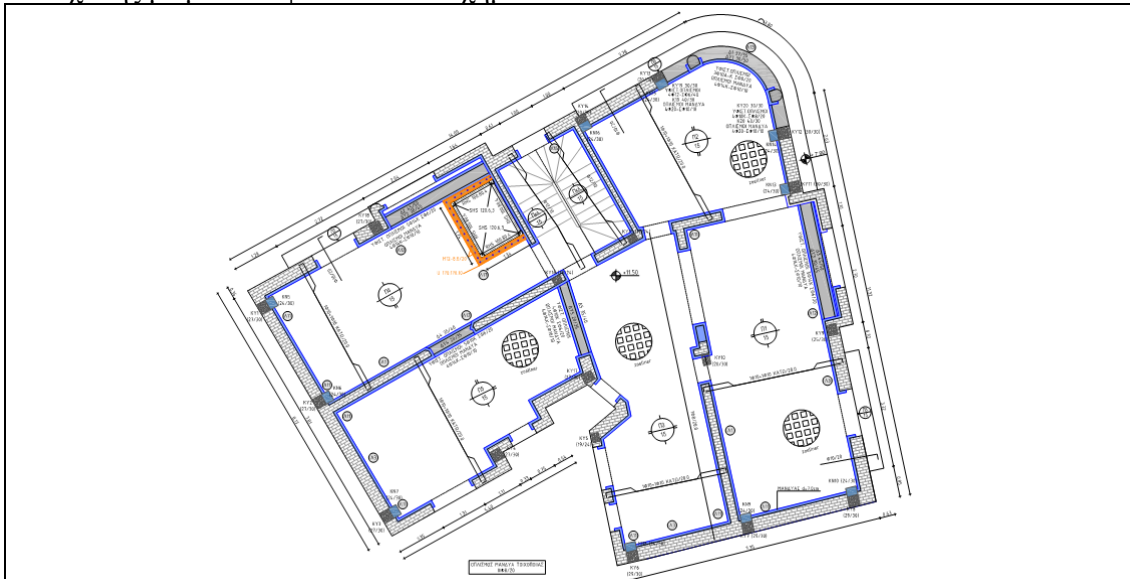
Έγιναν ξανά όλοι οι έλεγχοι κατά Ευρωκώδικα 6 στην οριακή κατάσταση αστοχίας αλλά και σε επίπεδο τάσεων όπως στην αρχική κατασκευή και βρέθηκαν επαρκείς. Η διαστασιολόγηση των μεταλλικών στοιχείων έγινε σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 και ήταν τέτοια που ικανοποίησε όλους τους ελέγχους στην οριακή κατάσταση αστοχίας. Για την επίλυση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε ο κώδικας πεπερασμένων στοιχείων SAP 2000.



Σχ. 5 Πρόταση ενίσχυσης με μεταλλικά πλαίσια

3.2 Ενίσχυση του κτιρίου με μανδύα οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Εξετάστηκε και εναλλακτικός τρόπος ενίσχυσης με μονόπλευρο οπλισμένο μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε όλο τον περιμετρικό τοίχο του κτιρίου. Η πρόταση ενίσχυσης με μανδύα φαίνεται στο σχήμα 6.



Σχ. 6 Πρόταση ενίσχυσης με μανδύα οπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Ύστερα από συγκριτική οικονομική ανάλυση των δυο προτάσεων βρέθηκε ότι η λύση με τα μεταλλικά στοιχεία αποδείχτηκε 50 έως 60 % πιο συμφέρουσα από τη λύση με τον μανδύα χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η αποκατάσταση των οικοδομικών εργασιών που προκύπτουν από την χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

2. ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πάρων άρθρο παρουσιάζεται η ενίσχυση με μεταλλικά στοιχεία μιας τριώροφης κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία με υπόγειο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκαν χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας οι οποίοι με κατάλληλη διάταξη και μαζί με την προσθήκη ενός χωρικού μεταλλικού φορέα που θα φέρει το φρεάτιο του ανελκυστήρα αντιστέκονται στις αδρανειακές δυνάμεις του σεισμού. Η επιλογή της θέσης των χιαστί συνδέσμων είναι τέτοια ώστε να μην δημιουργούνται μεγάλες εκκεντρότητες. Εξετάστηκε και εναλλακτικός τρόπος ενίσχυσης με μονόπλευρο οπλισμένο μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε όλο τον περιμετρικό τοίχο του κτιρίου. Η λύση με τα μεταλλικά στοιχεία αποδείχτηκε 50% έως 60 % πιο συμφέρουσα από τη λύση με τον μανδύα χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η αποκατάσταση των οικοδομικών εργασιών που προκύπτουν από την χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Τάσσιος Θεοδόσιος, «Η μηχανική της τοιχοποιίας», εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1992.
- [2] Καραντώνη Φιλίτσα. «Κατασκευές από τοιχοποιία. Σχεδιασμός και επισκευές» Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2004.
- [3] Tomazevic M. «Αντισεισμικός σχεδιασμός κατασκευών από τοιχοποιία», εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2004.
- [4] Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Οργανισμός Αντισεισμικής προστασίας Ο.Α.Σ.Π. «Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια.» Αθήνα, 2001
- [5] Κωνσταντίνος Σπυράκος, «Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φόρτια», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα, 2004

RETROFIT OF THREE STORY MASONRY BUILDING WITH STEEL BRACE ELEMENTS

Nikos Pnevmatikos

Assistant professor

TEI of Athens

e-mail: pnevma@teiath.gr

Matthaios Didaggelos

Civil Engineer

Element Construction Company

e-mail: mdidaggelos@hotmail.com

Ioannis A. Ntaliakouras

Civil Engineer – Research Associate
Technological Educational Institute of Athens
Athens, Greece

e-mail: giannis.ntaliakouras@gmail.com

SUMMARY

This paper deals with the retrofit of a three-storey masonry structure with a basement with steel elements. The steel elements have been widely used to strength structures made of reinforced concrete but have very little application to structures on masonry structures with slabs of reinforced concrete. In this case, diagonal steel stiffeners were selected which, with the appropriate arrangement and with the addition of a space steel frame carrying the elevator shaft, resist the inertial forces of the earthquake. The diagonal steel stiffeners are joined to the steel columns and beams. The steel beams are joined to the floor slab for better transfer of inertial forces from the floors to the diagonal steel stiffeners. The position of the diagonal steel is such that no major eccentricities are created. An alternative way of retrofitting were examined. That was a with a one-sided reinforced concrete jacket throughout the perimeter wall of the building. The retrofit solution with steel elements proved to be 50 to 60% more advantageous than the solution with reinforced concrete jacket. It is worth to mention that the amount of the restoration of the construction work resulting from the use of the shotcrete was not taking into account.