

ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΑΡΜΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Γιώργος Καρύδης
Πολιτικός Μηχανικός, MSc-DIC

Λέξεις κλειδιά: οπλισμός οριζοντίων αρμών, τοίχοι πληρώσεως, εκτός επιπέδου φόρτιση, εντός επιπέδου φόρτιση, ανθεκτικότητα οπλισμού σε διάβρωση

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η συμβολή των τοίχων πληρώσεως στη σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών είναι ιδιαίτερα σημαντική και έχει αποδειχθεί τόσο εργαστηριακά όσο και στην πρακτική εφαρμογή τους. Η συνήθης πρακτική στη χώρα μας για την ενίσχυση των τοιχοπληρώσεων είναι η κατασκευή ενός ενδιάμεσου καθ' ύψος διαζώματος από Ω.Σ. το οποίο όμως έχει αποδειχθεί ότι επιδρά αρνητικά, σε αρκετές περιπτώσεις, στο πλαίσιο του φέροντος οργανισμού. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η μέθοδος της προσθήκης οπλισμού στους οριζόντιους αρμούς της τοιχοποιίας με σκοπό την αύξηση της αντοχής της και τον περιορισμό των ρωγμών τόσο στην ίδια όσο και στον φέροντα οργανισμό.

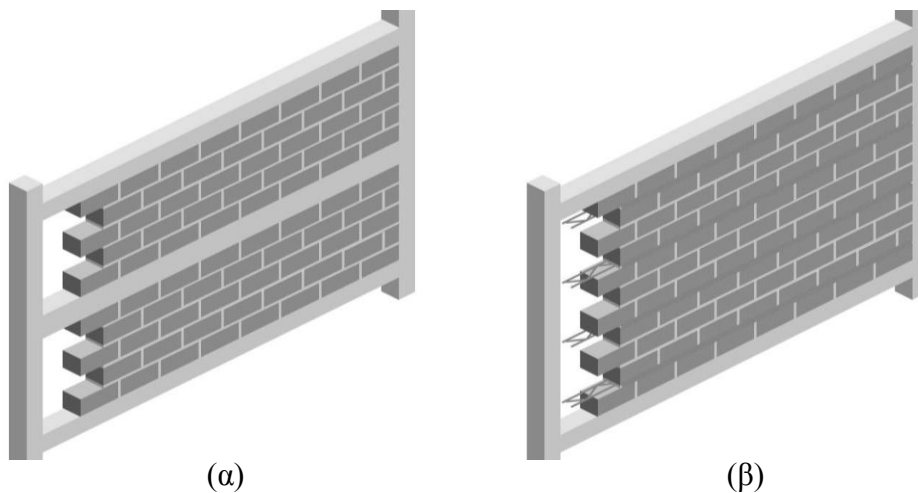
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρουσία τοιχοπληρώσεων σε κτίρια με φέροντα οργανισμό από Ω.Σ. συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση της ακαμψίας του μείζονος κτιρίου και στην απόσβεση ενέργειας κατά τη διάρκεια σεισμού. Λόγω της μεγάλης απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας από τους τοίχους πλήρωσης, παρατηρείται συχνά, ακόμα και μετά από σεισμούς μικρής - μέσης έντασης, έντονη ρηγμάτωση και αποκόλληση αυτών από τα πλαίσια του Φ.Ο. με αποτέλεσμα όμως την αποφυγή ή τη σημαντική μείωση των ζημιών σε δομικά στοιχεία (υποστυλώματα - δοκούς).

Η ισχύουσα πρακτική στη χώρα μας για την ενίσχυση των τοίχων πλήρωσης είναι η χρήση ενός ενδιάμεσου διαζώματος Ω.Σ. (σενάζ) καθ' ύψος της τοιχοποιίας (Εικόνα 1α). Η εν λόγω μέθοδος έχει τις ρίζες τις πολύ παλιά όπου για το δέσιμο των λιθοδομών γινόταν χρήση ξύλινων δοκών – διαζωμάτων. Κατά το πέρασμα του χρόνου όμως, άλλαξαν τόσο τα υλικά, Ω.Σ. αντί ξύλου και οπτόπλινθοι αντί λίθων, όσο και των διαστάσεων. Οι λιθοδομές είχαν πλάτη μεγαλύτερα των 30 cm ενώ στις μέρες μας η τάση για εξοικονόμηση χώρου έχει οδηγήσει στη μείωση τους πάχους των

τοιχοποιιών (σύνηθες πλάτος είναι τα 9cm) αλλά και του αριθμού – πυκνότητας αυτών στην κάτοψη του κτιρίου. Το διάζωμα Ω.Σ. έχει ειδικό βάρος κατά πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των οπτόπλινθων (και ακόμα περισσότερο από αυτό των μπλοκ από πορομπετό) προσθέτοντας έτσι ένα σημαντικό φορτίο στο μέσο περίπου του ύψους της τοιχοποιίας το οποίο η υποκείμενη τοιχοποιία καλείται να παραλάβει κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Επίσης, η χρήση του εν λόγω διαζώματος μπορεί να προκαλέσει και σημαντικές ρωγμές στο πλαίσιο του Φ.Ο. εμβολίζοντας τα υποστυλώματα κατά τη διάρκεια ενός σεισμού λειτουργώντας ως ‘πολιορκητικός κριός’.

Σε αντίθεση με το διάζωμα Ω.Σ., η τοποθέτηση οπλισμού οριζοντίων αρμών Murfor[®], ομοιόμορφα κατανεμημένου καθ’ ύψος της τοιχοποιίας (Εικόνα 1β), συμβάλει στην αύξηση της αντοχής της, στον περιορισμό της ρηγματώσης και στην προστασία των φερόντων στοιχείων του κτιρίου.



Εικόνα 1: Τοιχοποιία με σενάζ Ω.Σ. (α) & με οπλισμό οριζοντίων αρμών (β)

Η θετική επιρροή του οπλισμού οριζοντίων αρμών Murfor[®] στη σεισμική συμπεριφορά των τοίχων πληρώσεως αλλά και του μείζονος κτιρίου έχει διερευνηθεί και αποδειχθεί από πλήθος ερευνητικών προγραμμάτων εδώ και μερικές δεκαετίες. Στον Ευρωκώδικα 6 (EC6) αναφέρονται παραδείγματα ενσωμάτωσης οπλισμού στους οριζόντιους αρμούς της τοιχοποιίας ενώ υπάρχουν και τα αντίστοιχα πρότυπα (EN845-3, κ.λπ.) τις απαιτήσεις των οποίων θα πρέπει ένα υλικό να καλύπτει ώστε να μπορεί να χαρακτηριστεί ως οπλισμός οριζοντίων αρμών λαμβάνοντας και την αντίστοιχη πιστοποίηση CE.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι το Murfor[®] είναι το μοναδικό υλικό σε Πανερωπαϊκό επίπεδο με πιστοποίηση CE ως οπλισμός οριζοντίων αρμών τοιχοποιιών.

2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ MURFOR[®]

2.1 Περιγραφή

Το Murfor[®] είναι ένας προκατασκευασμένος οπλισμός οριζοντίων αρμών τοιχοπληρώσεων ο οποίος αντικαθιστά το συμβατικό σενάζ. Έχει μορφή δικτυώματος (δεν είναι πλέγμα) αποτελούμενο από δύο παράλληλα σύρματα συγκολλημένα εντός επιπέδου με ένα συνεχές σύρμα κυματοειδούς μορφής το οποίο σχηματίζει τις διαγωνίους (Εικόνα 2). Κατασκευάζεται από χάλυβα με ελάχιστο όριο διαρροής 500 MPa και ελάχιστο όριο θραύσεως 550 MPa ενώ οι συγκολλήσεις έχουν ελάχιστη αντοχή σε διάτμηση 2500 N.

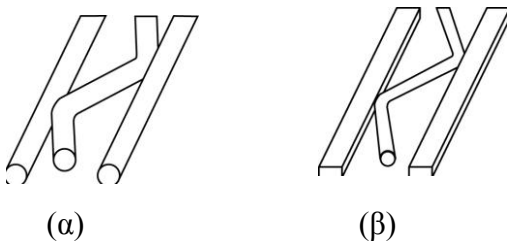


Εικόνα 2: Οπλισμός Murfor[®] σε κάτοψη

Ο οπλισμός διατίθεται σε 2 τύπους ανάλογα με το είδος του υλικού της τοιχοποιίας, με διαφορετικά είδη επικάλυψης ανάλογα με τις συνθήκες έκθεσης και σε διαφορετικά πλάτη.

Σε τοιχοποιίες από οπτόπλινθους, χρησιμοποιείται ο τύπος RND (Εικόνα 3α) όπου η διατομές του οπλισμού είναι κυκλικές με διάμετρο Φ 4-5 mm. Οι συνήθεις οριζόντιοι αρμοί κονιάματος έχουν πάχος μεταξύ 10 – 15 mm, με αποτέλεσμα το Murfor[®] να ενσωματώνεται πλήρως μέσα στο κονίαμα του αρμού.

Σε τοιχοποιίες από πορομπετό, χρησιμοποιείται ο τύπος EFS (Εικόνα 3β) όπου οι διατομές είναι ορθογωνικές με διαστάσεις 8×1,5 mm (Π×Υ). Λόγω της χρήσης κόλλας αντί συνήθους κονιάματος στις εν λόγω τοιχοποιίες οι αρμοί έχουν σημαντικά μικρότερο πάχος το οποίο είναι περί τα 3 mm.



Εικόνα 3: Διατιθέμενοι τύποι οπλισμού Murfor[®] RND (α) & EFS (β)

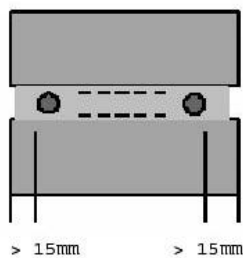
2.2 Τοποθέτηση

Ο οπλισμός Murfor® τοποθετείται σε τοιχοποιίες κατά την κατασκευή τους απλά και γρήγορα (διατίθεται σε ποικίλες διαστάσεις).

Σε τοιχοποιίες με συνήθεις αρμούς κονιάματος (τύπος Murfor® RND) τοποθετείται το κονίαμα πάνω στα λιθοσώματα, στη συνέχεια πιέζεται ο οπλισμός μέσα στο κονίαμα περί τα 10 mm, έτσι ώστε να είναι πλήρως ενσωματωμένος μέσα σε αυτό, και ακολουθεί η τοποθέτηση της υπερκείμενης στρώσης λιθοσωμάτων.

Σε τοιχοποιίες με λεπτούς αρμούς κονιάματος (τύπος Murfor® EFS) τοποθετείται μία στρώση κόλλας πάνω στα λιθοσώματα, στη συνέχεια πιέζεται πάνω στην κόλλα ο οπλισμός και τοποθετείται υπερκείμενα του οπλισμού μία δεύτερη στρώση κόλλας. Τέλος, ακολουθεί η τοποθέτηση της υπερκείμενης στρώσης λιθοσωμάτων.

Κατά την επιλογή του πλάτους του οπλισμού πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι για την εξασφάλιση βέλτιστων συνθηκών συνάφειας, ο οπλισμός πρέπει να τοποθετείται με ελάχιστη επικάλυψη κονιάματος στις δύο όψεις της τοιχοποιίας τουλάχιστον 15 mm (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Τοποθέτηση οπλισμού με ελάχιστη επικάλυψη κονιάματος 15mm

2.3 Αντοχή σε διάβρωση

Ο οπλισμός Murfor® διατίθεται σε τρεις τύπους όσον αφορά την αντοχή σε διάβρωση: α) τύπος Z με επικάλυψη ψευδαργύρου (γαλβάνισμα) σε ποσότητα περί τα 70 gr/m² σύμφωνα με τα σχετικά Ευρωπαϊκά Πρότυπα (EN 845-3), β) τύπος E, με επικάλυψη από εποξειδική ρητίνη για μεγαλύτερη προστασία σε χρήση υπό συνθήκες αυξημένης υγρασίας και γ) τύπος S, ανοξειδωτος χάλυβας.

Ο τύπος Murfor® Z (γαλβανισμένος) είναι επαρκώς ανθεκτικός σε διάρκεια στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογής του σε τοιχοποιίες πλήρωσης. Δεδομένου ότι οι εν λόγω τοιχοποιίες είναι επιχρισμένες και υπάρχει μία ελάχιστη επικάλυψη (≥ 15 mm) του οπλισμού από τις παρειές της τοιχοποιίας δεν είναι δυνατή η συγκέντρωση υδρατμών – υγρασίας

στους αρμούς. Η προσβολή και διάβρωση των δομικών στοιχείων συμβαίνει λόγω συμπύκνωσης υδρατμών πάνω σ' αυτά, κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό στη συγκεκριμένη περίπτωση. Επιπροσθέτως, η χρήση υποκατάστατου ασβέστη (anti-lime) συμβάλλει στην αποφυγή του κινδύνου διάβρωσης ακόμα και σε συνθήκες υγρασίας, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει και τις μηχανικές ιδιότητες του κονιάματος (σε θλίψη και ιδίως σε εφελκυσμό).

Σε περίπτωση χρήσης ασβέστη στο κονίαμα του αρμού, εφόσον διασφαλιστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η ελάχιστη επαφή με τον αέρα ή / και υγρασία, μέσω επαρκών επικαλύψεων του οπλισμού και πάχους επιχρίσματος, δεν δημιουργούνται συνθήκες διάβρωσης ακόμα και με την παρουσία ασβέστη. Ακόμα και εάν ο οπλισμός οριζοντίων αρμών τοιχοπληρώσεων Murfor®/Z βρεθεί σε διαβρωτικό περιβάλλον, θα παρατηρηθεί, μετά από διάστημα ετών, σταδιακή απώλεια της επικάλυψης του ψευδαργύρου με αποτέλεσμα η διάβρωση του χάλυβα να είναι εντελώς επιφανειακή χωρίς απώλεια της αντοχής του.

Η χρήση γαλβανισμένου χάλυβα ως οπλισμού σε συνήθεις τοιχοποιίες είναι επαρκής λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη ότι προσφέρει σημαντικά μεγαλύτερη αντοχή σε διάβρωση από τον κοινό χάλυβα οπλισμού που χρησιμοποιείται στα φέροντα στοιχεία της κατασκευής. Μόνο σε ακραίες καταστάσεις όπου επικρατούν έντονες συνθήκες διάβρωσης, σε συνδυασμό και με την άμεση επαφή της τοιχοποιίας με αυτές (χωρίς επίχρισμα ή άλλους είδους επικάλυψη) προτείνεται η χρήση οπλισμού με εποξειδική επικάλυψη (Murfor®/E).

3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ MURFOR.

Κτίρια τα οποία υπόκεινται σε σεισμούς παρουσιάζουν ρηγματωμένες τοιχοποιίες, κατάρρευση τοίχων πληρώσεως, βλάβες στον φέροντα οργανισμό και καταστροφή των Η/Μ εγκαταστάσεων. Με τη χρήση οπλισμού οριζοντίων αρμών Murfor®, ομοιόμορφα κατανεμημένων καθ' ύψος της τοιχοποιίας, μειώνονται σημαντικά ή και αποφεύγονται οι παραπάνω επιπτώσεις σε σεισμικές φορτίσεις τόσο εντός όσο και εκτός επιπέδου της τοιχοποιίας. Συγκεκριμένα, με τον οπλισμό Murfor®:

- Αποφεύγεται ο κίνδυνος εμβολισμού των υποστυλωμάτων σε εντός επιπέδου φόρτιση και η αλλαγή της γεωμετρίας των πλαισίων αντίθετα σε ότι συμβαίνει με το συμβατικό σενάζ. Επιπροσθέτως, η απορρόφηση ενέργειας κατά τη διάρκεια σεισμικής διέγερσης είναι σημαντικά μεγαλύτερη λόγω του ότι η τοιχοποιία δεν αποδιοργανώνεται (μειώνεται σημαντικά το εύρος των ρωγμών) με αποτέλεσμα να μπορεί να συμβάλει στην σεισμική αντοχή του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια του σεισμού.
- Αυξάνεται σημαντικά η αντίσταση των τοίχων πλήρωσης σε εκτός επιπέδου φόρτιση, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται ο κίνδυνος αποδιοργάνωσης και κατάρρευσής τους. Η παρουσία σενάζ Ω.Σ. σε τοιχοποιία λειτουργεί

επιβαρυντικά κατά τη διάρκεια σεισμού λόγω του αναλογικά μεγάλου βάρους που προσθέτει.

- Μειώνεται ο κίνδυνος ρηγματώσης λόγω σεισμού τόσο στην ίδια την τοιχοποιία όσο και στο κτίριο συνολικά με αποτέλεσμα τον περιορισμό του κόστους επισκευής. Η παρουσία ομοιόμορφα κατανεμημένου οπλισμού καθ' ύψος της τοιχοποιίας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του εύρους των ρωγμών και την προστασία των Η/Μ εγκαταστάσεων στο εσωτερικό της.

- Επιτυγχάνεται ομοιογενής κατασκευή των τοιχοποιιών. Σε περίπτωση χρήσης διαφορετικών υλικών όπως π.χ. λιθοσωμάτων με Ω.Σ. (σενάζ) το αποτέλεσμα είναι η παρουσία ρωγμών στη δι-επιφάνεια μεταξύ των δύο. Συχνά μετά από σεισμούς παρατηρείται ολίσθηση ενός τμήματος της τοιχοποιίας πάνω ή κάτω από το σενάζ με αποτέλεσμα το αποκολλημένο τμήμα να μένει άοπλο. Αντίθετα, με τη χρήση του Murfor® οι αρμοί είναι οπλισμένοι έχοντας τη δυνατότητα να παραλάβουν αυξημένο φορτίο, συγκριτικά με την αναπτυσσόμενη τριβή μεταξύ τούβλων και σενάζ. Ο εν λόγω οπλισμός προσφέρει αυξημένη συνάφεια με το κονίαμα του αρμού (λόγω της μορφής του) κατανέμοντας ομοιόμορφα τα φορτία σε όλο το μήκος του οπλισμένου αρμού.

Επιπλέον των παραπάνω πλεονεκτημάτων, η χρήση οπλισμού οριζοντίων αρμών μειώνει σημαντικά τον χρόνο κατασκευής αφού δεν απαιτείται η κατασκευή ξυλοτύπου για στοιχεία Ω.Σ. εξοικονομώντας υλικά, εργατο-ώρες, κ.λπ. Επίσης, προσφέρει βελτιωμένες φυσικές ιδιότητες λόγω της απουσίας θερμο-γέφυρας και ήχο-γέφυρας που δημιουργεί το συμβατικό σενάζ. Τέλος, δημιουργεί νέες αρχιτεκτονικές δυνατότητες με την αύξηση της απόστασης μεταξύ αρμών διαστολής αλλά και με τη δυνατότητα οπλισμένων τοιχοποιιών με εμφανή λιθοσώματα.

4. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ & ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα του οπλισμού οριζοντίων αρμών Murfor® έχουν διαπιστωθεί από μεγάλο αριθμό πειραματικών διερευνήσεων σε πανεπιστημιακά εργαστήρια τόσο στο εξωτερικό (Γερμανία, Ιταλία, Γαλλία, Βέλγιο, κ.λπ.) όσο και στην Ελλάδα (ΕΜΠ). Εδώ παρουσιάζονται συνοπτικά μερικά από σημαντικότερα συμπεράσματα.

4.1 Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος ΕΜΠ (2006)

Στο συγκεκριμένο ερευνητικό πρόγραμμα εξετάστηκε η συμπεριφορά τοίχων πληρώσεως οπλισμένων με τρεις εναλλακτικούς τρόπους μέσω δοκιμών διαγωνίας θλίψεως και εκτός επιπέδου κάμψεως. Η πειραματική διάταξη των δοκιμών παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.

Οι οπλισμένες τοιχοποιίες είτε είχαν ενδιάμεσο διάζωμα από Ω.Σ. είτε οπλισμό σε οριζόντιους αρμούς. Όσον αφορά στα δοκίμια με οπλισμό

οριζοντίων αρμών δοκιμάσθηκαν δύο τύποι: α) οπλισμός Murfor® & β) μεταλλικό πλέγμα.

Συνοπτικά τα αποτελέσματα είχαν ως εξής:

- Στις δοκιμές διαγώνιας θλίψης, η προσθήκη του οπλισμού οριζοντίων αρμών Murfor® αντί διαζώματος Ω.Σ. ή μεταλλικού πλέγματος αποδείχθηκε ευνοϊκή καθώς δεν αποδιοργανώνεται η τοιχοποιία και ο οπλισμός δεν θραύεται ακόμα και με την εμφάνιση μεγάλων διαγώνιων ρωγμών. Επίσης, μετά την εμφάνιση ρωγμής υπήρξε και περαιτέρω αύξηση του φορτίου λόγω της ενεργοποίησης του οπλισμού και της κατανομής του φορτίου σε όλο το μήκος του. Στο δοκίμιο με το ενδιάμεσο διάζωμα Ω.Σ. υπήρξε ολίσθηση κατά μήκος του διαζώματος με αποτέλεσμα την απότομη αστοχία και αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας. Τέλος, το μεταλλικό πλέγμα αποδείχθηκε αναποτελεσματικό καθώς θραύεται και δεν εμποδίζει την αποδιοργάνωση του τοίχου (τρόπος αστοχίας παρόμοιος με αυτό του άοπλου δοκιμίου).
- Στις δοκιμές εκτός επιπέδου κάμψης, παρατηρήθηκε ουσιώδης υπεροχή του οπλισμού Murfor® καθώς αποτρέπει την αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας ακόμα και με την εκδήλωση μεγάλου βέλους κάμψης. Στο δοκίμιο με το διάζωμα Ω.Σ. υπήρξε αποκόλληση του ενός τμήματος του τοίχου από το διάζωμα με αποτέλεσμα την ψαθυρή αστοχία του συγκεκριμένου τμήματος καθώς παρέμεινε άοπλο.



Εικόνα 5: Πειραματική διάταξη δοκιμίων σε διαγώνια θλίψη και σε εκτός επιπέδου κάμψη

4.2 Γενικά συμπεράσματα από ερευνητικά προγράμματα

Τα παραπάνω αποτελέσματα έχουν επιβεβαιωθεί και από πολλές άλλες διερευνήσεις τόσο σε μεμονωμένες τοιχοποιίες όσο και σε συνδυασμό με πλαίσια Ω.Σ. Ειδικά στη δεύτερη περίπτωση, τα αποτελέσματα είναι πολύ

σημαντικά καθώς συνεισφέρουν στην αξιολόγηση των διαφόρων τρόπων όπλισης των τοίχων πλήρωσης και άρα στην επιρροή τους στη σεισμική συμπεριφορά του φέροντος οργανισμού.

Συνοπτικά, τα σημαντικότερα συμπεράσματα έχουν ως εξής:

- Τοιχοποιίες οπλισμένες με Murfor[®] ανά τακτά διαστήματα καθ' ύψος (περίπου ανά 50 cm σε τοιχοποιίες με συνήθεις διαστάσεις) παρουσιάζουν εξαιρετικά πλάστιμη συμπεριφορά.
- Η παρουσία του οπλισμού Murfor[®] συμβάλει στον περιορισμό των βλαβών τόσο στην ίδια την τοιχοποιία όσο και στο πλαίσιο Ω.Σ.
- Το διαζώματος Ω.Σ. επιδρά αρνητικά σε φέροντα στοιχεία της κατασκευής προκαλώντας συχνά βλάβες στα παρακείμενα υποστυλώματα και στους κόμβους των πλαισίων Ω.Σ. και αυξημένο κίνδυνο κατάρρευσης από εκτός επιπέδου φορτίσεις.
- Η χρήση οπλισμού Murfor[®] στους οριζόντιους αρμούς των τοιχοποιιών πλήρωσης συμβάλει σε αυξημένη απόσβεση ενέργειας κατά τη διάρκεια σεισμικής διέγερσης και σε μείωση του εύρους των ρωγμών.
- Σε τοιχοποιίες πλήρωσης με συνήθεις διαστάσεις (π.χ. στην πλειοψηφία των κτιρίων κατοικιών, γραφείων, κ.λπ.) αποτελούμενες αντίστοιχα και από λιθοσώματα με συνήθη χαρακτηριστικά (π.χ. οπτόπλινθοι 90×120×190mm / Π×Υ×Μ) η τοποθέτηση οπλισμού Murfor[®] στους οριζόντιους αρμούς ανά περίπου 50 cm καθ' ύψος είναι η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος για τη μείωση των βλαβών λόγω σεισμού.

5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Στο ακόλουθο παράδειγμα παρουσιάζεται μία απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού της απαιτούμενης απόστασης καθ' ύψος μιας τοιχοποιίας πλήρωσης για την τοποθέτηση του οπλισμού οριζοντίων αρμών Murfor[®].

5.1 Δεδομένα κατασκευής

Εξετάζεται ένα κτίριο με φέροντα οργανισμό από πλαίσια Ωπλισμένου Σκυροδέματος που αντιπροσωπεύει την συντριπτική πλειοψηφία των κτιρίων στον Ελλαδικό χώρο.

Η ιδιοπερίοδος της κατασκευής μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με τον EC8 από τον απλοποιημένο τύπο:

$$T = C_t \times H^{\frac{3}{4}} \quad (1)$$

όπου C_t είναι ένας συντελεστής που λαμβάνει τιμή ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής και το υλικό του Φ.Ο. και H είναι το ύψος του κτιρίου. Θεωρώντας ύψος κτιρίου 12 m, η ιδιοπερίοδος του είναι $T_1 = 0,484$ s.

Ως διαστάσεις της τοιχοποιίας, λαμβάνεται μήκος 4,5 m και ύψος 2,8 m ενώ όσον αφορά στα χαρακτηριστικά των οπτόπλινθων λαμβάνεται υπόψη μία από τις πλέον συνήθεις διαστάσεις 90×120×190 mm (Π×Υ×Μ αντίστοιχα) με μέση θλιπτική αντοχή 2,7 M/mm² και βάρος περί τα 1,5 kgf / τεμάχιο.

Για την εκτίμηση της δυναμικής αλληλεπίδρασης μεταξύ του φέροντος οργανισμού του κτιρίου και της τοιχοποιίας, είναι αναγκαία η εκτίμηση της εκτός επιπέδου ιδιοπεριόδου της τοιχοπλήρωσης. Σύμφωνα με την απλοποιημένη υπόθεση ενός πάνελ το οποίο συγκρατείται στην κατασκευή μέσω αρθρώσεων, η ιδιοπερίοδος της τοιχοπλήρωσης – πάνελ μπορεί να προσεγγισθεί από την ακόλουθη εξίσωση:

$$T_a = \frac{2}{\pi} \times \left(\frac{1}{L^2} + \frac{1}{H^2} \right) \times \sqrt{\frac{E \times t^3}{12 \times m}} \quad (2)$$

όπου, L, H και t είναι το μήκος, ύψος και πάχος της τοιχοποιίας αντίστοιχα, E είναι το μέτρο ελαστικότητας (υπολογίζεται συναρτήσει της θλιπτικής αντοχής) και m είναι η μάζα της τοιχοποιίας (ανά μονάδα όγκου).

Με βάση τα παραπάνω, η ιδιοπερίοδος της τοιχοπλήρωσης υπολογίζεται ως $T_a=0,2874$ s.

Τέλος, όσον αφορά στον οπλισμό οριζοντίων αρμών Murfor[®], επιλέγεται ο τύπος RND/z-4-50mm όπου 4 mm είναι η διάμετρος του οπλισμού και 50mm το πλάτος του.

5.2 Δεδομένα Σεισμού

Λαμβάνεται υπόψη ένα σεισμός μεγέθους 5,5 της κλίμακας Richter και κατηγορία εδάφους B.

Ο συντελεστής σπουδαιότητας για μη δομικά στοιχεία υπολογίζεται σύμφωνα με τον EC8 (παρ. 4.3.5.3) και ο συντελεστής συμπεριφοράς σύμφωνα με τον EC8 (παρ. 4.3.5.4). Με βάση τα παραπάνω καθορίζονται η ακόλουθες τιμές:

Συντελεστής σπουδαιότητας μη δομικών στοιχείων = 1

Σεισμική επιτάχυνση εδάφους A = 0,24 g

Εδαφικός συντελεστής ενίσχυσης S = 1,35 (βάσει του μεγέθους του σεισμού και της κατηγορίας εδάφους)

Συντελεστής συμπεριφοράς για την τοιχοποιία q = 2

5.3 Αποτελέσματα

Η ισοδύναμη σεισμική δύναμη που δρα στον τοίχο πλήρωσης, κάθετα στο επίπεδό του δίδεται από την παρακάτω εξίσωση (έχοντας υπόψη και την δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ του μείζονος κτιρίου και της τοιχοποιίας πλήρωσης):

$$F_a = W_a \times S_a \times \frac{\gamma_i}{q_a} \quad (3)$$

όπου W_a είναι το βάρος του τοίχου, γ_i & q_a είναι ο συντελεστής σπουδαιότητας και ο συντελεστής συμπεριφοράς αντίστοιχα, και S_a είναι ο συντελεστής ενίσχυσης σύμφωνα με τη σχέση:

$$S_a = \frac{a_g \times S}{g} \times \left(\frac{3 \times \left(+Z/H \right)}{1 + \left(-T_a/T_1 \right)^2} - 0,5 \right) \geq \frac{a_g \times S}{g} \quad (4)$$

όπου, Z/H είναι ο λόγος μεταξύ της απόστασης από τη βάση του κτιρίου μέχρι το μέσο του ύψους της τοιχοποιίας και του συνολικού ύψους του κτιρίου και T_a , T_1 οι ιδιοπερίοδοι της τοιχοποιίας και του κτιρίου αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στοιχεία, προκύπτει $S_a = 1,507$ και επομένως $F_a = 13,68$ kN. Η μέγιστη καμπτική ροπή σχεδιασμού υπολογίζεται με προσομοίωση της τοιχοποιίας ως μίας 'οριζόντιας δοκού'.

Με βάση τον υπολογισμό αυτό προκύπτει η απόσταση μεταξύ των οπλισμών οριζοντίων αρμών Murfor[®] καθ' ύψος της τοιχοποιίας όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι 500 mm. Άρα, απαιτείται οπλισμός σε 4 στρώσεις ομοιόμορφα καταναμημένες καθ' ύψος της τοιχοποιίας (με δεδομένο το ύψος των 2,8 m).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τοποθέτηση οπλισμού οριζοντίων αρμών Murfor[®] ανά περίπου 50 cm καθ' ύψος των τοίχων πλήρωσης συμβάλλει στη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς τόσο των ίδιων των τοιχοποιιών όσο και συνολικά του φέροντα οργανισμού του κτιρίου. Ο συγκεκριμένος τύπος οπλισμού αποτελεί αποδεδειγμένα μία πολύ καλή μέθοδο για τον περιορισμό των βλαβών και την αποφυγή αποδιοργάνωσης και κατάρρευσης των τοίχων πλήρωσης λόγω σεισμού συμβάλλοντας ταυτόχρονα στη μείωση του κόστους επισκευής και στην προστασία της ανθρώπινης ζωής.

Με δεδομένη τη μεγάλη σημασία των τοίχων πλήρωσης για τη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς των κτιρίων, είναι σκόπιμη η χρήση οπλισμού στους οριζόντιους αρμούς των εν λόγω τοιχοποιιών, ομοιόμορφα καταναμημένου καθ' ύψος αυτών, αντί διαζωμάτων Ω.Σ. η χρήση των οποίων συχνά επιδρά δυσμενώς στον φέροντα οργανισμό (εμβολισμός υποστρώματος & αλλαγή γεωμετρίας πλαισίου).

Τέλος, είναι σημαντικό ο χρησιμοποιούμενος οπλισμός να συμμορφώνεται με τα σχετικά πρότυπα και να έχει τις απαραίτητες πιστοποιήσεις (CE) έτσι ώστε να προσφέρει ουσιαστική ενίσχυση.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βιντζηλαίου Ε., Παλιεράκη Β., “Συμπεριφορά τοίχων πληρώσεως με διάζωμα Ω.Σ. ή με οπλισμό οριζόντιων αρμών”, 15^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, Αλεξανδρούπολη (2006)

Calvi G.M., Bolognini D., Timperman P., “Seismic response of RC frames infilled with bed joint reinforcement masonry panels”, in Proceedings of the 12th IBMac, Madrid, Spain (2000), 1801-1816

CEN, TC250/SC8. 2002 prEN 1998-1 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic action and rules for buildings

EAK 2000. Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός

Fardis M.N., Panagiotakos T.B., Calvi G.M., “Seismic response and design of masonry infilled reinforced concrete buildings”, Structural Engineers World Congress, San Francisco (1998)

Hatzinikolas M.A., “Seismic design for reinforced masonry”, Alberta Masonry Institute, Edmonton, Alberta (1981)

ITALIAN ORDINANCE PCM 3274 and Modifications OPCM 3431. Masonry Sections of Annex 2: Buildings, Chapter 8 – Buildings with masonry structure.

