

ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΥΛΩΝ PILOTIS

ΠΑΝΔΡΕΜΕΝΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την παρουσίαση τρόπων αστοχίας των στύλων pilotis και διαφόρων μεθόδων ενίσχυσης αυτών. Αρχικά γίνεται μια αναφορά στα χαρακτηριστικά των κτιρίων τύπου pilotis και στις βασικές αδυναμίες τους. Στη συνέχεια αναλύονται πιθανές μορφές αστοχίας των στύλων pilotis καθώς και οι προτεινόμενοι τρόποι ενίσχυσης αυτών. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται η ενίσχυση των στύλων μέσω επιβολής εξωτερικής περίσφιγξης με σύνθετα υλικά και η ενίσχυση μέσω αύξησης της διατομής με μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μεγάλο πρόβλημα στη χώρα μας είναι οι οικοδομές οι οποίες έχουν μελετηθεί και κατασκευασθεί πριν το 1984, δηλαδή πριν την πρώτη βασική τροποποίηση του Αντισεισμικού Σχεδιασμού του 1959. Το πρόβλημα είναι πολύ πιο έντονο στα κτίρια με ανοικτά ισόγεια τύπου "pilotis", στα οποία εντοπίζεται και η πλειονότητα των βλαβών στους πρόσφατους σεισμούς. Σε σύγκριση με αντίστοιχα σύγχρονα κτίρια, η σεισμική αντοχή των κτιρίων αυτών είναι πολύ μικρή. Η αυξημένη τρωτότητά τους οφείλεται στους στύλους της pilotis που αστοχούν πρώιμα και οδηγούν σε ολική ή μερική κατάρρευση του κτιρίου. Η σημερινή γνώση επιτρέπει την εφαρμογή λύσεων που αποτρέπουν πλήρως το ενδεχόμενο αυτό. Προϋπόθεση είναι να εντοπισθούν έγκαιρα οι αδυναμίες και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα.

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΩΝ PILOTIS ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ ΤΟΥΣ

Παρατίθενται μερικά χαρακτηριστικά των δομικών μελών παλαιών κτιρίων που έχουν σχεδιασθεί με βάση τους παλαιούς κανονισμούς:

- Ανεπαρκώς αγκυρωμένοι ή ακόμη και ανοικτοί συνδετήρες σε γωνία 90° που αποτρέπει την ανάπτυξη της εφελκυστικής τους αντοχής. Αποτέλεσμα ανύπαρκτος εγκιβωτισμός του σκυροδέματος και πολύ μικρές αντοχές σε διάτμηση.
- Ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού.
- Χαμηλές αντοχές χάλυβα με ευρεία χρήση λείου οπλισμού με άγκιστρα.
- Χαμηλές αντοχές σκυροδέματος και ανομοιομορφία στην κατανομή της ποιότητας του σκυροδέματος στα διάφορα τμήματα του φορέα.
- Ελλειπείς αγκυρώσεις διαμήκους οπλισμού και ανεπαρκή μήκη μάτισης που πολλές φορές γινόταν εντός κρισίμων περιοχών.
- Ελαφρώς οπλισμένοι ή πολλές φορές τελείως άοπλοι κόμβοι δοκών υποστυλωμάτων με αποτέλεσμα τη δημιουργία τοπικών σημείων αδυναμίας στις θέσεις σύνδεσης των μελών.
- Τήρηση μικρών επικαλύψεων με συνέπεια την έντονη ενανθράκωση του σκυροδέματος και τη διάβρωση των οπλισμών.

Στα ανώτερα χαρακτηριστικά πρέπει να προστεθεί και η ανομοιόμορφη κατανομή των τοιχοπληρώσεων μεταξύ των ορόφων σε κτίρια τύπου pilotis. Τέτοια διάταξη τοιχοπληρώσεων οδηγεί σε περίπτωση σεισμού στην ανάπτυξη μηχανισμού μαλακού ορόφου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ύπαρξη της τοιχοπλήρωσης σε έναν όροφο συνεισφέρει σημαντικά στη διατμητική αντοχή του ορόφου, εμποδίζει την ανάπτυξη ανελαστικών παραμορφώσεων στο περιμετρικό πλαίσιο, με αποτέλεσμα όλες οι παραμορφώσεις που αναπτύσσει η κατασκευή να συγκεντρώνονται στον μη τοιχοπληρωμένο όροφο (piloti), που είναι και ο πιο εύκαμπτος όλων. Ουσιαστικά, έχουμε δημιουργία μηχανισμού με πλαστικές αρθρώσεις στην κορυφή και τη βάση όλων των υποστυλωμάτων της pilotis και συγκέντρωση εκεί όλων των μετακινήσεων της κατασκευής. [5]

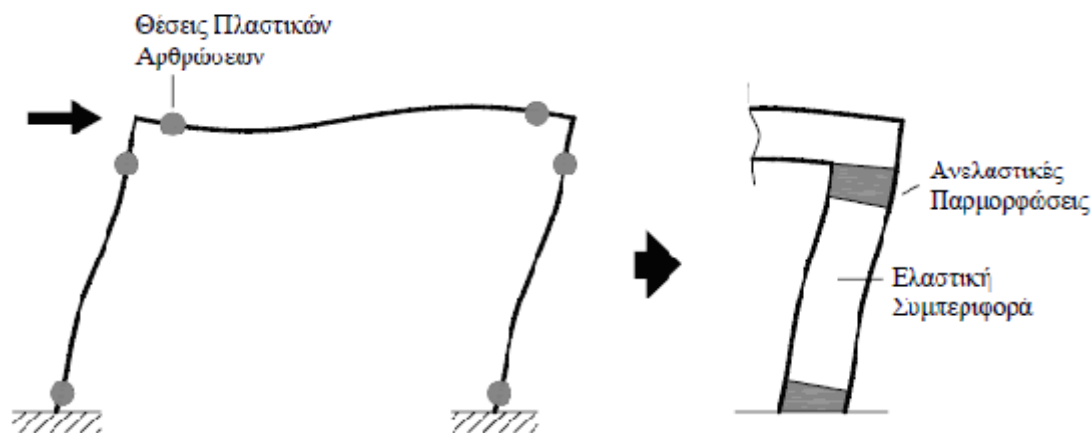
3. ΤΥΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

3.1 ΑΣΤΟΧΙΑ ΛΟΓΩ ΕΞΑΝΤΛΗΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΣΤΟ ΣΤΥΛΟ

Κατά την επιβολή μιας αυξανόμενης έντασης σε μια κατασκευή, τα μέλη της σταδιακά διαρρέουν και αναπτύσσουν ανελαστικές παραμορφώσεις. Η εμφάνιση των διαρροών συνδέεται με την αντοχή των μελών και την σχέση της με την αντίστοιχη ένταση σε διάφορες θέσεις κατά μήκος του μέλους.

Δεδομένου ότι η κατανομή των εντατικών μεγεθών κατά μήκος των υποστυλωμάτων ενός κτιρίου που καταπονείται από τα κατακόρυφα φορτία του και τη δράση του σεισμού είναι γνωστή, είναι δυνατόν να εντοπισθούν οι θέσεις όπου αναμένεται να αναπτυχθούν ανελαστικές παραμορφώσεις. Οι θέσεις αυτές εντοπίζονται στην κορυφή και τη βάση των υποστυλωμάτων. Μάλιστα, αρχικά το υποστυλώμα θεωρείται ότι διαρρέει στην ακραία διατομή του, όταν η μέγιστη τιμή της έντασης στο εν λόγω σημείο ξεπεράσει την αντίστοιχη αντοχή. Στη συνέχεια, περαιτέρω αύξηση της έντασης οδηγεί σε υπέρβαση της αντοχής σε μεγαλύτερο τμήμα της ακραίας περιοχής του υποστυλώματος (κρίσιμες διατομές), όπου επεκτείνεται η ανάπτυξη των ανελαστικών παραμορφώσεων. Συνεπώς, τα υποστυλώματα μιας κατασκευής που υποβάλλεται σε σεισμική φόρτιση αναμένονται να αναπτύξουν ανελαστικές παραμορφώσεις σε περιοχές πεπερασμένου μήκους κοντά στα άκρα τους. Πέραν των περιοχών αυτών η συμπεριφορά των υποστυλωμάτων εξακολουθεί να είναι ελαστική.

Οι πεπερασμένου μήκους περιοχές στην κορυφή και τη βάση των υποστυλωμάτων στις οποίες αναπτύσσονται ανελαστικές παραμορφώσεις καλούνται πλαστικές αρθρώσεις. Μέσω αναλύσεων είναι δυνατόν να προσδιορισθεί η ανελαστική στρόφη στις πλαστικές αυτές αρθρώσεις. [6]



Σχήμα 1. Θέσεις πιθανών πλαστικών αρθρώσεων [6]

Είναι γνωστόν ότι ένας στύλος από οπλισμένο σκυρόδεμα έχει περιορισμένη ικανότητα πλαστικής στρόφης. Η ικανότητα αυτή επηρεάζεται κυρίως από τους ακόλουθους παράγοντες: [2]

α) Από την ανηγμένη θλιπτική καταπόνηση του υποστυλώματος.

Όσο αυξάνεται η ανηγμένη θλιπτική καταπόνηση του στύλου τόσο μειώνεται η ικανότητα πλαστικής στρόφης.

β) Από την ανηγμένη διατμητική καταπόνηση του υποστυλώματος.

Η διατμητική καταπόνηση οδηγεί σε συγκέντρωση της πλαστικής παραμόρφωσης στη θλιβόμενη ζώνη και μείωση της ικανότητας πλαστικής στρόφης.

γ) Από την περίσφιγξη.

Επαρκής περίσφιγξη οδηγεί σε αύξηση της ικανότητας ανελαστικής βράχυνσης του σκυροδέματος στη θλιβόμενη ζώνη και επομένως αύξηση της ικανότητας πλαστικής στρόφης.

3.2 ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΤΥΛΟΥ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΛΟΓΩ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ

Κλασική περίπτωση αστοχίας στύλου pilotis είναι αυτή που οφείλεται στην απουσία του απαραίτητου εγκάρσιου οπλισμού συνδετήρων.



Εικόνα 1. Αστοχία γωνιακού στύλου pilotis λόγω ανεπάρκειας συνδετήρων [7]

Τα υποστυλώματα που κινδυνεύουν είναι αυτά που έχουν δυσανάλογα πολύ διαμήκη οπλισμό σε σχέση με τους εγκάρσιους συνδετήρες και αυτά που εμφανίζουν αυξημένη πλαστική στροφή στις αρθρώσεις, δηλαδή απαιτούν αυξημένη πλαστιμότητα. Αυτό οφείλεται στο ότι το σκυρόδεμα διαθέτει σε αρηγμάτωτη κατάσταση ικανοποιητική εφελκυστική αντοχή, η οποία και απουσία συνδετήρων μεταφέρει σημαντικό ποσοστό της τέμνουσας. Όταν, όμως, σχηματίζονται πλαστικές αρθρώσεις το σκυρόδεμα ρηγματώνεται σταδιακά και χάνει την ικανότητά του αυτήν. Τότε, σε περίπτωση που υπάρχουν επαρκείς συνδετήρες είναι δυνατός ο σχηματισμός δικτυωμάτων ώστε να μεταφέρονται ασφαλώς οι τέμνουσες δυνάμεις. Διαφορετικά, οι συνδετήρες διαρρέουν και συχνά απαγκυρώνονται με επακόλουθο τη δημιουργία ρωγμών μεγάλου εύρους. [2]

4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

4.1 ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ ΣΤΥΛΩΝ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

Πρόκειται για μια εύκολη και γρήγορη λύση ενίσχυσης που εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του στύλου σε στροφή χωρίς περαιτέρω αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του κτιρίου.

Η βασική τεχνική τέτοιας μορφής ενίσχυσης περιλαμβάνει την επικόλληση είτε υφασμάτων (προεμποτισμένων ή όχι με ρητίνη) είτε προκατασκευασμένων στοιχείων (π.χ. ελασμάτων, μανδύων) με σύνθετα υλικά (ινοπλισμένα πολυμερή, FRP) στα υποστυλώματα μέσω εποξειδικών ρητινών.

Τα σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούνται έχουν ως συστατικά τους στοιχεία ίνες υψηλής εφελκυστικής αντοχής και υψηλού μέτρου ελαστικότητας σε παχύρρευστη μήτρα, συνήθως εποξειδική ρητίνη. Οι συνήθεις τύποι ινών που χρησιμοποιούνται είναι: από γυαλί (GFRP, υαλονήματα), άνθρακα (CFRP, ανθρακονήματα) ή αραμίδιο (AFRP). Η συγκόλληση των

ινών πάνω στο υλικό της μήτρας έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός σύνθετου υλικού με καλύτερες ιδιότητες στην διεύθυνση των ινών όσον αφορά την εφελκυστική αντοχή και δυσκαμψία. Για τη σύνδεση των σύνθετων υλικών με το ενισχυμένο υποστύλωμα χρησιμοποιούνται εποξειδικές κόλλες. [4]

Τα ινοπλισμένα πολυμερή διατίθενται σε μορφή φύλλου-υφάσματος ή σε μορφή ελάσματος-λωρίδας. Η χρήση υφασμάτων είναι πιο διαδεδομένη στην ενίσχυση υποστυλωμάτων απ' ό τι οι λωρίδες γιατί η εφαρμογή τους είναι πιο εύκολη. Τα υφάσματα αποτελούνται από μονοδιάστατες ή δισδιάστατες ίνες οι οποίες μπορεί να είναι εμβαπτισμένες σε μήτρα ρητίνης ή όχι. Τα ελάσματα περιλαμβάνουν συνήθως αρκετά στρώματα ινών οπότε το συνολικό πάχος είναι μεγαλύτερο, με αποτέλεσμα να είναι σχετικά δύσκαμπτα.

Εναλλακτικά, αντί για χρήση υφασμάτων, η επιβολή εξωτερικής περίσφιγξης, μπορεί να επιτευχθεί με προκατασκευασμένους μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή. Η κατασκευή τους γίνεται τοποθετώντας φύλλα από ίνες μαζί με απλές ίνες που δένονται μεταξύ τους. Το σύστημα ινών που δημιουργείται ενσωματώνεται στα κατασκευασμένα φύλλα δημιουργώντας έναν σύνθετο υμένα. Ο υμένας αυτός εμποτίζεται σε ρητίνη και τοποθετείται σε ειδικά διαμορφωμένες φόρμες. Κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ο προκατασκευασμένος μανδύας από FRP.



Εικόνα 2. Περίσφιγξη με ολόσωμο μανδύα από FRP [8]

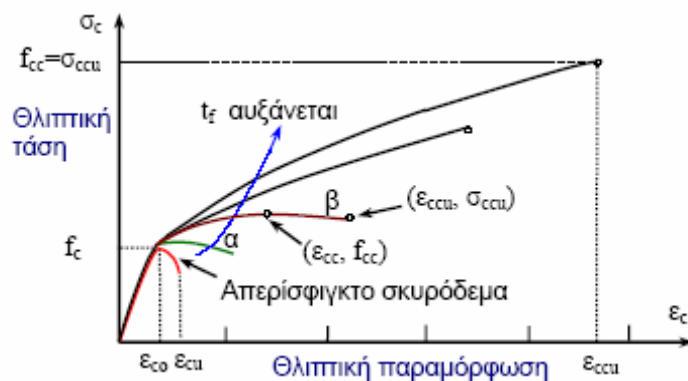
Η εφαρμογή των φύλλων ή μανδυών από σύνθετα υλικά γίνεται με τις ίνες τους σε οριζόντια διεύθυνση συμβάλλοντας στην περίσφιγξη του στύλου και την αύξηση της διατμητικής του αντοχής. Εάν συγχρόνως επιδιώκεται και η αύξηση της καμπτικής αντοχής του υποστύλωματος θα πρέπει προφανώς να χρησιμοποιηθούν και φύλλα με κατακόρυφη διεύθυνση ινών. Συνήθως, λόγω ανεπάρκειας συνδετήρων τα φύλλα εφαρμόζονται σε όλο το ύψος του στύλου. Διαφορετικά, αρκεί η περίσφιγξη των κρίσιμων περιοχών (στην κορυφή και βάση του υποστύλωματος). [1]

Η επί τόπου εγκατάσταση των υφασμάτων γίνεται είτε δια χειρός είτε με αυτοματοποιημένη μηχανική τοποθέτηση. Η εφαρμογή προϋποθέτει κατάλληλη προεργασία στις επιφάνειες των υπό ενίσχυση υποστυλωμάτων. Αρχικά, το υπόστρωμα πρέπει να καθαρίζεται επιμελώς από χαλαρά τμήματα, στοιβάδες, χρώματα, ... και να τρίβεται καλά μέχρι να γίνει αποκάλυψη των αδρανών. Σε περίπτωση ορθογωνικών υποστυλωμάτων κρίνεται αναγκαία και η καμπύλωση των γωνιών τους. Στη συνέχεια επαλείφεται η επιφάνεια του υποστύλωματος με τη συγκολλητική ουσία (ρητίνη). Τοποθετείται το ύφασμα τεντωμένο στην νωπή επίστρωση και πατιέται σχολαστικά με ρολό για την καλύτερη επαφή του με το

υπόστρωμα. Με τη διαδικασία αυτή πρέπει να επιτυγχάνεται πλήρης εμποτισμός του υφάσματος και απομάκρυνση των φυσαλίδων αέρα. Εφόσον η μελέτη προβλέπει περισσότερες στρώσεις, η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει η προηγούμενη επίστρωση να μην έχει στεγνώσει εντελώς, διαφορετικά απαιτείται πάλι καλό τρίψιμο της επιφάνειας πριν την εφαρμογή. Τέλος, για προστασία από υψηλές θερμοκρασίες και άλλες περιβαλλοντικές προσβολές εφαρμόζεται μια στρώση κονιάματος επικάλυψης (π.χ. τσιμεντοκονίαμα ή χαλαζιακή άμμος). [4]

Ο μηχανισμός ενεργοποίησης της περισφιγξης με σύνθετα υλικά είναι ο εξής: Η αξονική, θλιπτική δύναμη που επιβάλλεται στο υποστύλωμα αναγκάζει το σκυρόδεμα να παραμορφωθεί εγκάρσια ενεργοποιώντας έτσι τους συνδετήρες. Καθώς το σκυρόδεμα πλησιάζει στην αστοχία, οι εσωτερικές μικρορωγμές, κατά τη διεύθυνση της κύριας θλιπτικής τάσης γίνονται εντονότερες. Με την προοδευτική αύξηση της εγκάρσιας παραμόρφωσης συμβαίνει προοδευτική αύξηση των εφελκυστικών τάσεων στο σύστημα ενίσχυσης, δηλαδή λόγω απουσίας επαρκών συνδετηρών στα σύνθετα υλικά. Κατόπιν, το σύστημα ενίσχυσης (π.χ. ο μανδύας) ασκεί εγκάρσιες θλιπτικές τάσεις στο σκυρόδεμα, παρεμποδίζοντας τη διόγκωσή του και περιορίζοντας την εξάπλωση των ρηγματώσεων [4].

Ενδεικτικά, στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζεται η σχέση θλιπτικής τάσης-παραμόρφωσης για σκυρόδεμα περισφιγμένο με μανδύα συνθέτων υλικών.



Σχήμα 2. Καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης για σκυρόδεμα περισφιγμένο με σύνθετα υλικά [2]

Παρατηρούμε ότι η καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης είναι περίπου διγραμμική, με αλλαγή κλίσης στην παραμόρφωση των $\epsilon_{c0} = 0.002$ που αντιστοιχεί στην αντοχή του απερίσφιγκτου σκυροδέματος, f_c . Αξίζει να αναφέρουμε ότι η αντοχή, f_{cc} και η μέγιστη παραμόρφωση του περισφιγμένου σκυροδέματος, ϵ_{ccu} αυξάνονται με το πάχος του μανδύα. Μάλιστα, για μανδύες μεγάλου πάχους η μέγιστη τάση του σκυροδέματος και η μέγιστη παραμόρφωση των σύνθετων υλικών φθάνουν ταυτόχρονα τις μέγιστες τιμές τους. Για μανδύες μικρού πάχους η αντοχή του περισφιγμένου σκυροδέματος αντιστοιχεί σε παραμόρφωση, ϵ_{cc} μικρότερη από την μέγιστη, ϵ_{ccu} (καμπύλη β). Ενώ για μανδύες εξαιρετικά μικρού πάχους αυξάνεται μόνο η μέγιστη παραμόρφωση, ϵ_{ccu} (καμπύλη α). [4]

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης σύνθετων υλικών για την ενίσχυση των στύλων pilotis είναι:

- Η ευκολία και η ταχύτητα στην εφαρμογή της ενίσχυσης.
- Η πολύ υψηλή εφελκυστική αντοχή των σύνθετων υλικών και η αντοχή τους σε διάβρωση.
- Οι αμετάβλητες διαστάσεις του ενισχυόμενου υποστύλωματος λόγω του μικρού πάχους του σύνθετου υλικού.
- Η εγκατάσταση των σύνθετων υλικών δεν προκαλεί κίνδυνο φθοράς ή αποδυνάμωση της υφιστάμενης κατασκευής καθώς δεν αυξάνεται το βάρος της.

- Η δυνατότητα τοποθέτησης των σύνθετων υλικών σε περιπτώσεις που υπάρχει περιορισμός του χώρου εργασίας (π.χ. υποστυλώματα σε μεσοτοιχία).
- Το μικρό βάρος των σύνθετων υλικών και η μη ύπαρξη αναγκαιότητας ειδικού εξοπλισμού.
- Η δυνατότητα των σύνθετων υλικών να επιχριστούν και να χρωματισθούν σύμφωνα με τις αισθητικές απαιτήσεις του έργου.
- Η αμεταβλητότητα των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών των κατασκευών.
Αντίστοιχα, τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι:
 - Το υψηλό κόστος των σύνθετων υλικών (το οποίο αυξάνεται με τον αριθμό των στρώσεων).
 - Η απαίτηση της προστασίας των σύνθετων υλικών από πυρκαϊά, υπερϊώδη ακτινοβολία και αλκαλικό περιβάλλον.
 - Η αποδοτικότητα των πολλαπλών στρώσεων δεν είναι ανάλογη του αριθμού των στρώσεων.
 - Η δυσκολία εμποτισμού στρώσεων μεγάλου πάχους.
 - Η ύπαρξη σχετικής άγνοιας γύρω από το θέμα των ινοπλισμένων πολυμερών και η απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού για τη σωστή και αποδοτική εφαρμογή της τεχνικής ενίσχυσης.
 - Η απουσία ενιαίων κανονισμών σχεδιασμού. [4]

4.2 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΩΝ ΣΤΥΛΩΝ ΜΕ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Πρόκειται για μια κλασική και ευρέως διαδεδομένη λύση ενίσχυσης που εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που απαιτείται αύξηση της αντοχής, της δυσκαμψίας αλλά και της πλαστιμότητας του στύλου και κατ' επέκταση του όλου κτιρίου.

Η τεχνική αυτή της ενίσχυσης περιλαμβάνει την κατασκευή μανδύα με νέο σκυρόδεμα και νέους διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς περιμετρικά του υπό ενίσχυση υποστυλώματος.

Για την κατασκευή του μανδύα μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορα είδη σκυροδέματος, οπότε διακρίνουμε:

- μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα: το έγχυτο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως για μανδύες μεγάλου πάχους ($d \geq 80$ mm). Για την σκυροδέτηση του μανδύα απαιτείται η χρήση ξυλοτύπου.
- μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα: το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως για μανδύες μικρού πάχους ($d \leq 100$ mm). Δεν απαιτείται ξυλότυπος αλλά χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για την εξασφάλιση της κατακόρυφης επιφάνειας του μανδύα.
- μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα: η χρήση σκυροτσιμεντοπήγματος για την κατασκευή μανδύων έχει το βασικό πλεονέκτημα της εύκολης σκυροδέτησης ακόμα και παρουσία πυκνού εγκάρσιου και διαμήκους οπλισμού. Αν και θεωρείται πολύ κατάλληλη τεχνική, η εφαρμογή της στην πράξη είναι περιορισμένη λόγω έλλειψης εμπειρίας.
- μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα: τα ειδικά τσιμεντοκονιάματα χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει απαίτηση για μανδύες εξαιρετικά μικρού πάχους. Λόγω αυξημένου κόστους κατασκευής η χρήση τους είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. [1], [3]

Ο μανδύας μπορεί να εκτείνεται είτε σε όλο το μήκος του υποστυλώματος (ολικός μανδύας) είτε σε ένα μόνο τμήμα του (τοπικός μανδύας). Στην πρώτη περίπτωση, οι μανδύες πρέπει να προεκτείνονται στον αμέσως επόμενο όροφο και στα πέδιλα. Μάλιστα, οι προεκτάσεις πάνω από τους κόμβους πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσες με δύο φορές το πλάτος του υποστυλώματος. Οι νέοι οπλισμοί πρέπει να αγκυρώνονται πλήρως στις γειτονικές περιοχές. Με τους πρόσθετους διαμήκεις οπλισμούς του μανδύα και την αύξηση του στατικού ύψους της διατομής επιτυγχάνεται αύξηση της καμπτικής αντοχής του στύλου. Στη δεύτερη περίπτωση τοποθετούνται μανδύες τοπικά στο σημείο που έχει υποστεί βλάβη το υποστυλώμα. Το μήκος του μανδύα πρέπει να καλύπτει περιοχή βλάβης τουλάχιστον δύο φορές το πλάτος του υποστυλώματος. Οι νέοι οπλισμοί δεν αγκυρώνονται στα υπερκείμενα και υποκείμενα στοιχεία (κόμβους, θεμέλια), αλλά σταματούν στα πέρατα του μέλους.

Επιτυγχάνεται μικρή αύξηση της καμπτικής αντοχής και της δυσκαμψίας, λόγω αύξησης του στατικού ύψους του στύλου, αλλά κυρίως σημαντική αύξηση της διατμητικής αντοχής και της πλαστιμότητας σε στροφή. Το σημαντικό πλεονέκτημα είναι η αποφυγή των κατασκευαστικά δύσκολων αγκυρώσεων του διαμήκουσ οπλισμού στα γειτονικά στοιχεία του στύλου. [2]

Σε περίπτωση που ο μανδύας μπορεί να περιβάλλει ολόκληρη τη διατομή του υπό ενίσχυση υποστύλωματος κάνουμε λόγο για κατασκευή μανδύα "κλειστού" τύπου. Διαφορετικά, (π.χ. σε υποστύλωματα που βρίσκονται στα όρια με άλλη οικοδομή, μεσοτοιχία) ο μανδύας λέγεται "ανοικτός". [1]



Εικόνες 3, 4. Ενίσχυση με ολικό μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος [9]

Η διαδικασία κατασκευής των μανδυών περιλαμβάνει τις ακόλουθες ενέργειες:

1. Αποφορτίζονται και υποστύλωνονται οι πλάκες και οι δοκοί που συντρέχουν στο υπό ενίσχυση υποστύλωμα.
2. Απομακρύνεται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και αποκαθίσταται η συνέχεια του υποστύλωματος επισκευάζοντας τις τυχόν προϋπάρχουσες τοπικές βλάβες (π.χ. λυγισμένες ράβδοι οπλισμού).
3. Αποκαλύπτονται οι οπλισμοί σε θέσεις που έχουν προεπιλεγεί για συγκόλληση με τους νέους οπλισμούς (εφόσον προβλέπεται).
4. Διανοίγονται και προετοιμάζονται οι οπές στις θέσεις αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού και στις θέσεις που προβλέπονται βλήτρα.
5. Εκτραχύνεται η επιφάνεια του σκυροδέματος με κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό ώστε να αποκαλυφθούν τα αδρανή.
6. Καθαρίζεται επιμελώς η επιφάνεια χρησιμοποιώντας αέρα υπό πίεση, και το εσωτερικό των οπών με αναρρόφηση από τον πυθμένα.
7. Αγκυρώνονται στα άκρα τους οι νέοι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού.
8. Αγκυρώνονται τα μηχανικά ή χημικά βλήτρα (εφόσον και όπου προβλέπονται).
9. Τοποθετούνται και ηλεκτροσυγκολλούνται τα χαλύβδινα παρεμβλήματα σύνδεσης παλαιών και νέων οπλισμών (αναρτήρες) εφόσον προβλέπονται συγκολλήσεις.
10. Τοποθετούνται νέοι συνδετήρες.
11. Γίνεται ο τελικός καθαρισμός των επιφανειών με αέρα και νερό υπό πίεση.
12. Διαβρέχεται η επιφάνεια του παλαιού σκυροδέματος τουλάχιστον 6 ώρες πριν τη σκυροδέτηση του νέου σκυροδέματος.
13. Σκυροδετείται ο μανδύας. [1]

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος για την ενίσχυση των στύλων pilotis είναι:

- Αύξηση καμπτικής αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστιμότητας των στύλων.
- Αύξηση βαθμού πυροπροστασίας.
- Βελτίωση διατμητικής αντοχής, ικανότητας παραμόρφωσης καθώς και αγκύρωσης και συνέχειας του οπλισμού.
- Μετά από επαναλαμβανόμενες φορτίσεις χαρακτηρίζονται από μεγάλη διατήρηση αντοχής, ακαμψίας και ιδιαίτερα μεγάλη ικανότητα απορρόφησης ενέργειας.
- Είναι από τις πιο παλιές και δοκιμασμένες μεθόδους ενίσχυσης με αποτέλεσμα να υπάρχουν αρκετά καταρτισμένοι τεχνίτες.

Αντίστοιχα, τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι:

- Χρειάζονται εκτεταμένες εργασίες υποστήριξης με εγκατάσταση ικριωμάτων και προσωρινή διακοπή της χρήσης του δομήματος.
- Δημιουργία σκόνης και όχλησης στους ενοίκους.
- Αύξηση του κόστους λόγω διακοπής λειτουργίας του κτιρίου κατά τη διάρκεια των εργασιών.
- Η ενίσχυση με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περίπτωση που το υποστύλωμα έχει υπερβεί τη φέρουσα ικανότητά του λόγω των υφιστάμενων φορτίων (γιατί τότε πρέπει να γίνει αποφόρτιση του υποστύλωματος). [1]

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιλογή της πλέον κατάλληλης τεχνικής ενίσχυσης των στύλων pilotis που θα προτιμηθεί είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων και έγκειται πάντα στην κρίση του υπεύθυνου μηχανικού.

Η μέθοδος ενίσχυσης με περίσφιγξη του στύλου με σύνθετα υλικά προσφέρεται κυρίως όταν στόχος είναι η αύξηση της πλαστιμότητας και της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας μέσω ανελαστικών παραμορφώσεων. Η αντοχή του υποστύλωματος δεν παρουσιάζει σημαντική αύξηση, ενώ δεν αυξάνεται και η δυσκαμψία του κτιρίου. Επομένως δεν οδηγεί σε μείωση των σχετικών μετακινήσεων λόγω σεισμού και των ανελαστικών στροφών του στύλου. Αντίθετα, όταν στόχος είναι η συνολική αύξηση της αντοχής, της δυσκαμψίας αλλά και της πλαστιμότητας του φορέα προσφέρεται η αύξηση της διατομής του στύλου με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος. Η τεχνική αυτή αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο ενίσχυσης υποστύλωματων στην Ελλάδα καθώς εκτός από αποτελεσματική είναι και σχετικά οικονομική (σε σύγκριση με το υψηλό κόστος των σύνθετων υλικών). Είναι γεγονός, βέβαια, ότι απαιτούνται πολλά εργατικά χέρια και μεγάλη χρονική διάρκεια των εργασιών σε αντίθεση με την ενίσχυση με σύνθετα υλικά, όπου η εφαρμογή τους είναι εύκολη και ταχύτατη. Ωστόσο, η άγνοια γύρω από τα ινοπλισμένα πολυμερή καθιστούν τους μανδύες περισσότερο δημοφιλείς.

Σε κάθε περίπτωση, η τελική επιλογή του τρόπου επέμβασης πρέπει να βασίζεται στην συνεκτίμηση των εναλλακτικών λύσεων, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις παραμέτρους (λειτουργικές, οικονομικές, ...).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Δρίτσος Σ., “**Ενισχύσεις/Επισκευές Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα**”, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2007
- [2] Κανελλόπουλος Α., “**Μέθοδος προσεισμικού ελέγχου στύλων pilotis**”, 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, Θεσσαλονίκη
- [3] Σπυράκος Κ., “**Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία**”, Εκδόσεις Τ.Ε.Ε., Αθήνα 2004

- [4] Λόντου Π., “**Ενίσχυση στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος μέσω περίσφιξης με σύνθετα υλικά ανόργανης μήτρας**”, Διατριβή Διδακτορικού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πάτρα 2006
- [5] Αντωνόπουλος Θ., “**Σεισμική Συμπεριφορά παλαιών κτιρίων με pilotis και πρακτικές προτάσεις βελτίωσης της**”, Διατριβή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πάτρα 2008
- [6] Μπάρος Δ., “**Επιλογή στρατηγικής ενίσχυσης σε υφιστάμενες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση ανελαστικών αναλύσεων**”, Διατριβή Διπλώματος Ειδίκευσης, Πάτρα 2006
- [7] http://www.cubushellas.gr/20-Stuff/05-Enimerosi/03-Publishing/1_TOYPKIA.pdf, Φωτογραφικό υλικό
- [8] http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies_2008/11_KAIPHΣ_XATZHΒΑΣΙΔΕΙΑΔΗΣ.pdf, Φωτογραφικό υλικό
- [9] http://www.episkeves.civil.upatras.gr/ergasies_2006/17_PAPPA_POTAMOY.pdf, Φωτογραφικό υλικό

