

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ ΔΟΚΟΥ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΑΝΔΥΕΣ Ο/Σ

### ΤΣΑΪΚΟΣ ΘΩΜΑΣ

#### Περίληψη

*Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η τεχνική ενίσχυσης κόμβων δοκού-υποστυλώματος με μανδύες Ο/Σ, η παλαιότερη και πλέον κοινή και αποτελεσματική τεχνική για την αποκατάσταση και ενίσχυση πλαισιωτών κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αρχικά εξετάζεται η ευπάθεια και η κρισιμότητα των κόμβων για το σύνολο της κατασκευής, παρουσιάζονται οι μορφές αστοχίας των κόμβων και αναφέρονται οι τεχνικές επισκευής και ενίσχυσής τους. Στην συνέχεια αναφέρονται οι διάφοροι τύποι μανδύων Ο/Σ και παρουσιάζεται μια συνήθη σειρά ενεργειών για την εφαρμογή της τεχνικής. Τέλος παρουσιάζονται τρεις από τις ολιγόριθμες πειραματικές εργασίες που εξετάζουν την αποδοτικότητα της τεχνικής.*

#### 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εμπειρία από τους σεισμούς των τελευταίων δεκαετιών, τόσο στον ελληνικό χώρο όσο και στον δέιθνή, έδειξε ότι ένα από τα πιο κρίσιμα προβλήματα που συσχετίζεται με την ασφάλεια των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος σε σεισμικές καταπονήσεις, είναι οι εμφανιζόμενες αστοχίες των κοινών περιοχών δοκών – υποστυλωμάτων (κόμβων). Οι σοβαρότερες βλάβες στις περιοχές των κόμβων, παρατηρήθηκαν σε εξωτερικούς κόμβους κατασκευών, σχεδιασμένων με παλαιότερες αντιλήψεις – κανονισμούς απ’ ότι οι σημερινοί. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την φιλοσοφία των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών, η οποία βασίζεται στην αντίληψη για ένα αποδεκτό επίπεδο δομικών βλαβών κατά την πραγματοποίηση του σεισμού σχεδιασμού, χάριν της οικονομικότητας και της κομψότητας των διαστάσεων, καθιστά φανερή την ανάγκη για τεκμηριωμένες μεθόδους και τεχνικές επισκευής και ενίσχυσης στοιχείων και κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα γενικότερα, και ειδικότερα για τις περιοχές των κόμβων, των οποίων η δόμική αξία, είναι γενικά αποδεκτό ότι είναι ιδιαίτερα σημαντική, και οι βλάβες τους, έστω και στην πρώτη φάση εκδηλώσεώς τους (πρώτες ρηγματώσεις) θα πρέπει να θεωρούνται ιδιαίτερα ανησυχητικές για την κατασκευή και να αντιμετωπίζονται ανάλογα, διότι τα στοιχεία αυτά είναι συχνά κρίσιμα για την συνολική σεισμική απόκριση των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα.<sup>[1],[2],[3],[4],[6],[7]</sup>

#### 2.ΚΟΜΒΟΙ ΔΟΚΩΝ – ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

##### 2.1 Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, οι κόμβοι, οι περιοχές ένωσης δοκών-υποστυλωμάτων, αποτελούν ένα από τα πιο κρίσιμα τμήματα του φέροντος οργανισμού κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Τα στοιχεία αυτά καταπονούνται κατά τη διάρκεια σεισμικής δράσης από οριζόντιες και κατακόρυφες τέμνουσες με μέγεθος πολλές φορές μεγαλύτερο απ’ ότι οι γειτονικές δοκοί και τα υποστυλώματα. Επιπλέον, πρέπει για την εμφάνιση πλαστικών αρθρώσεων στις δοκούς, να αναπτυχθούν σε αυτούς υψηλές τάσεις συνάφειας για την αγκύρωση τουλάχιστον του διπλάσιου της δύναμης διαρροής των διαμήκων οπλισμών των δοκών.

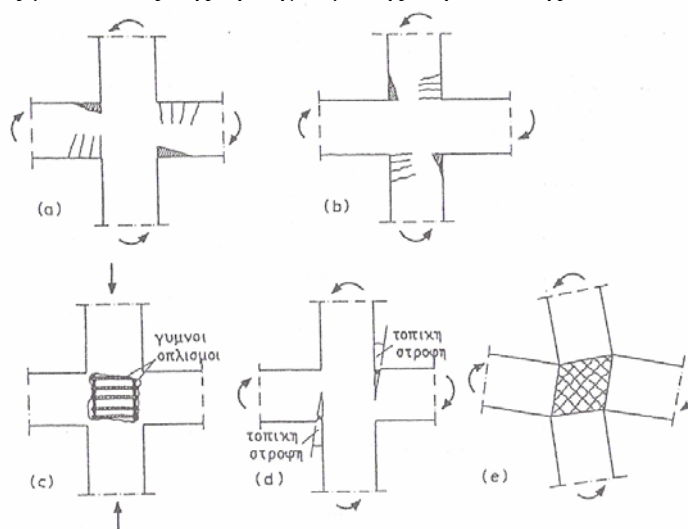
Αν ληφθούν υπόψη και τα εξής:

- Η μη ικανοποιητική περίσφιγξη σκυροδέματος λόγω έλλειψης εγκάρσιων οπλισμών (συνδετήρων), σε κόμβους παλαιότερων κατασκευών
- Η συχνά, κακή διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος στην περιοχή του κόμβου λόγω των περιορισμένων διαστάσεών του και του συνωστισμού των οπλισμών των γειτονικών μελών (κυρίως σε νέες κατασκευές)
- Το ότι ο σχεδιασμός των κόμβων, μέχρι και σήμερα, δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης της τοπικής έντασης
- Η ακεραιότητα των κόμβων είναι απαραίτητη ώστε τα μέλη που συνδέουν να μπορούν να αναπτύξουν τις αντοχές τους
- Οι βλάβες στους κόμβους έστω και στην πρώτη φάση εκδηλώσεώς τους (πρώτες ρηγματώσεις), υποβαθμίζουν την ακαμψία του φέροντος στοιχείου και οδηγούν σε μη ελεγχόμενες ανακατανομές της εντάσεως

τότε καθίσταται προφανής τόσο η ευπάθεια τους όσο και η κρισιμότητά τους για το σύνολο της κατασκευής.<sup>[1],[2],[3]</sup>

## 2.2 ΜΟΡΦΕΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΟΜΒΩΝ

Στο Σχ.1 παρουσιάζονται σχηματικά οι διάφοροι τύποι αστοχίας στην περιοχή ενός εσωτερικού κόμβου. Ο τύπος (a) είναι ο επιθυμητός τύπος αστοχίας που χαρακτηρίζεται από το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στις δοκούς που συντρέχουν στον κόμβο. Μη επιθυμητός αντίθετα είναι ο τύπος (b) δηλαδή ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα. Ο τύπος (c) προκαλείται από την αποφλοιώση της επικάλυψης του σκυροδέματος των παρειών του κόμβου, που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της φέρουσας ικανότητας των υποστυλωμάτων. Ο τύπος (d) αφορά την αστοχία της αγκύρωσης των διαμήκων ραβδών της δοκού στην περιοχή του κόμβου που οδηγεί σε πτώση της αντοχής και σε σημαντικές τοπικές στροφές στην διεπιφάνεια δοκού υποστυλώματος που συνεπάγονται μείωση της δυσκαμψίας του συστήματος. Ο τύπος (e) αφορά την αστοχία του κόμβου από διάτμηση, με συνέπειες στην αντοχή και την δυσκαμψία του συστήματος παρόμοιες με εκείνες της προηγούμενης περίπτωσης.<sup>[5]</sup>



Σχήμα1: Τύποι αστοχίας συνδέσεων δοκών υποστυλωμάτων

- a) Εξάντληση πλαστιμότητας δοκού, b) Εξάντληση πλαστιμότητας υποστυλώματος, c) Αποφλοιώση κόμβου, d) Αστοχία αγκύρωσης ραβδών δοκού, e) Αστοχία από διάτμηση <sup>[5]</sup>

Από τις παραπάνω μορφές αστοχίας, αν όχι η πιο συνηθισμένη, μια από τις πιο συνηθισμένες είναι η διατμητική αστοχία, στην οποία συνεισφέρει καθοριστικά η έλλειψη εγκάρσιων οπλισμών (συνδετήρων), άρα η έλλειψη ικανοποιητικής περίσφιγξης του σκυροδέματος και η μειωμένη διατμητική αντοχή. Επίσης συχνά εμφανιζόμενη σε αναφορές βλαβών μετά από σεισμούς, είναι η αστοχία συνάφειας μεταξύ σκυροδέματος και οπλισμού, που οφείλεται σε μη ικανοποιητικά μήκη αγκύρωσης διαμήκων οπλισμών.<sup>[2]</sup>

## 2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΕ ΚΟΜΒΟΥΣ ΔΟΚΩΝ – ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Οι τεχνικές επισκευής κόμβων είναι

- η τεχνική των ρητινενέσεων (εποξειδικές ρητίνες)
- η τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής (περιλαμβάνει και την διόρθωση ελαττωμάτων στην όπλιση γι' αυτό θα έπρεπε να θεωρείται ως τεχνική ενίσχυσης παρά ως επισκευή)

Οι βασικές τεχνικές ενίσχυσης κόμβων είναι

- κατασκευή μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος
- εφαρμογή χιαστί προεντεταμένων κολλάρων
- εφαρμογή επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή
- εφαρμογή μεταλλικών κλωβών
- εφαρμογή συμπαγούς εξωτερικού μεταλλικού μανδύα με πλήρωση του κενού μεταξύ αυτού και του υφιστάμενου στοιχείου με μη συρρικνούμενο τσιμεντοκονίαμα.<sup>[2],[3],[4]</sup>

## 3.Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΟΜΒΩΝ ΔΟΚΟΥ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΑΝΔΥΕΣ Ο/Σ (ΤΥΠΟΙ ΜΑΝΔΥΩΝ – ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ)

Η τεχνική ενίσχυσης κόμβων δοκού-υποστυλώματος με μανδύες Ο/Σ αποτελεί την παλαιότερη και πλέον κοινή και αποτελεσματική τεχνική. Συνιστάται η εφαρμογή της από ελληνικούς και διεθνείς οργανισμούς όπως η UNIDO. Συνήθως εφαρμόζεται σε περιπτώσεις κτηρίων με σοβαρές βλάβες ή γενικότερα όταν διαπιστώνεται ιδιαίτερη ανεπάρκεια της αντοχής τους ή άλλων χαρακτηριστικών τους.

Οι διάφοροι τύποι ενίσχυσης με μανδύα Ο/Σ που εφαρμόζονται σε κάθε περίπτωση ανάλογα με την έκταση της βλάβης και πιθανούς αρχιτεκτονικούς περιορισμούς είναι

- Ολικός μανδύας, όταν η βλάβη δεν περιορίζεται στην περιοχή του κόμβου και ο μανδύας αποτελεί συνέχεια του μανδύα που έχει χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση του υποστυλώματος
- Τοπικός μανδύας, όταν η βλάβη περιορίζεται στην περιοχή του κόμβου
- Ολόπλευρος μανδύας, όταν ο μανδύας περιβάλλει όλη την διατομή
- Ανοικτός μανδύας, τρίπλευρος ή δίπλευρος, όταν αρχιτεκτονικοί περιορισμοί όπως κτήρια σε επαφή με το προς ενίσχυση κτήριο, επίβάλλουν την χρήση τους σε εξωτερικούς και γωνιακούς κόμβους.

Ανάλογα με το υλικό σκυροδέτησης οι μανδύες Ο/Σ διακρίνονται σε

- Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα (χρήση για μανδύες μεγάλου πάχους, μειονέκτημα η δυσκολία σκυροδέτησης)
- Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (η πιο συνηθισμένη πρακτική για μανδύες μικρού πάχους)
- Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα (απρόσκοπτη σκυροδέτηση παρουσία πυκνών οπλισμών, περιορισμένη χρήση λόγω έλλειψης εμπειρίας)

- Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα ( χρήση για μανδύες μικρού πάχους, αυξημένο κόστος)

Μια συνήθης σειρά που απαιτείται για την κατασκευή μανδύων είναι η παρακάτω:

- Αποφορτίζονται και υποστυλώνονται οι πλάκες και οι δοκοί που συντρέχουν στον κόμβο. Η υποστύλωση πρέπει να επεκτείνεται τουλάχιστον έναν όροφο πάνω και έναν όροφο κάτω από τον κόμβο.
- Απομακρύνεται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και αποκαθιστάται η συνέχεια των συντρέχοντων στον κόμβο δομικών στοιχείων, επισκευάζοντας τις τυχόν προϋπάρχουσες τοπικές βλάβες (π.χ. λυγισμένες ράβδοι οπλισμού)
- Αποκαλύπτονται οι οπλισμοί σε θέσεις που έχουν προεπιλεγεί για συγκόλληση με νέους οπλισμούς ( εφόσον προβλέπεται)
- Διανοίγονται και προετοιμάζονται οι οπές στις θέσεις αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού, στις θέσεις τοποθέτησης των συνδετήρων στην περιοχή του κόμβου και στις θέσεις που προβλέπονται βλήτρα.
- Εκτραχύνεται η επιφάνεια του σκυροδέματος με επιμέλεια σε βάθος 6mm με κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό ή με υδροβολή, έτσι ώστε να απομακρυνθεί η εξωτερική επιδερμική στρώση τσιμεντοπολλτού και να αποκαλυφθούν τα αδρανή.
- Καθαρίζεται επιμελώς η επιφάνεια χρησιμοποιώντας αέρα υπό πίεση, και το εσωτερικό των οπών με αναρρόφηση από τον πυθμένα.
- Αγκυρώνονται στα άκρα τους οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού με χημική πάκτωση (χρήση εποξειδικής ρητίνης), είται με την χρήση πλακών αγκύρωσης όπου απαιτείται.
- Αγκυρώνονται τα μηχανικά ή χημικά βλήτρα ( εφόσον και όπου προβλέπονται)
- Τοποθετούνται και ηλεκτροσυγκολλούνται τα χαλύβδινα παρεμβλήματα σύνδεσης παλαιών και νέων οπλισμών ( αναρτήρες) εφόσον προβλέπονται συγκολλήσεις
- Τοποθετούνται νέοι συνδετήρες
- Γίνεται ο τελικός καθαρισμός των επιφανειών με αέρα και νερό υπό πίεση.
- Διαβρέχεται η επιφάνεια του παλαιού σκυροδέματος τουλάχιστον 6 ώρες πριν την σκυροδέτηση του νέου σκυροδέματος. Η διαβροχή πρέπει να γίνεται και στον ξυλότυπο (εφόσον υπάρχει ) και στα αδρανή για την περίπτωση σκυροτσιμεντοπήγματος.
- Σκυροδετείται ο μανδύας και ακολουθούν τα μέτρα συντηρησης σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την συντήρηση στην περίπτωση που χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, επειδή τότε η συστολή ξήρανσης είναι μεγαλύτερη.<sup>[3]</sup>

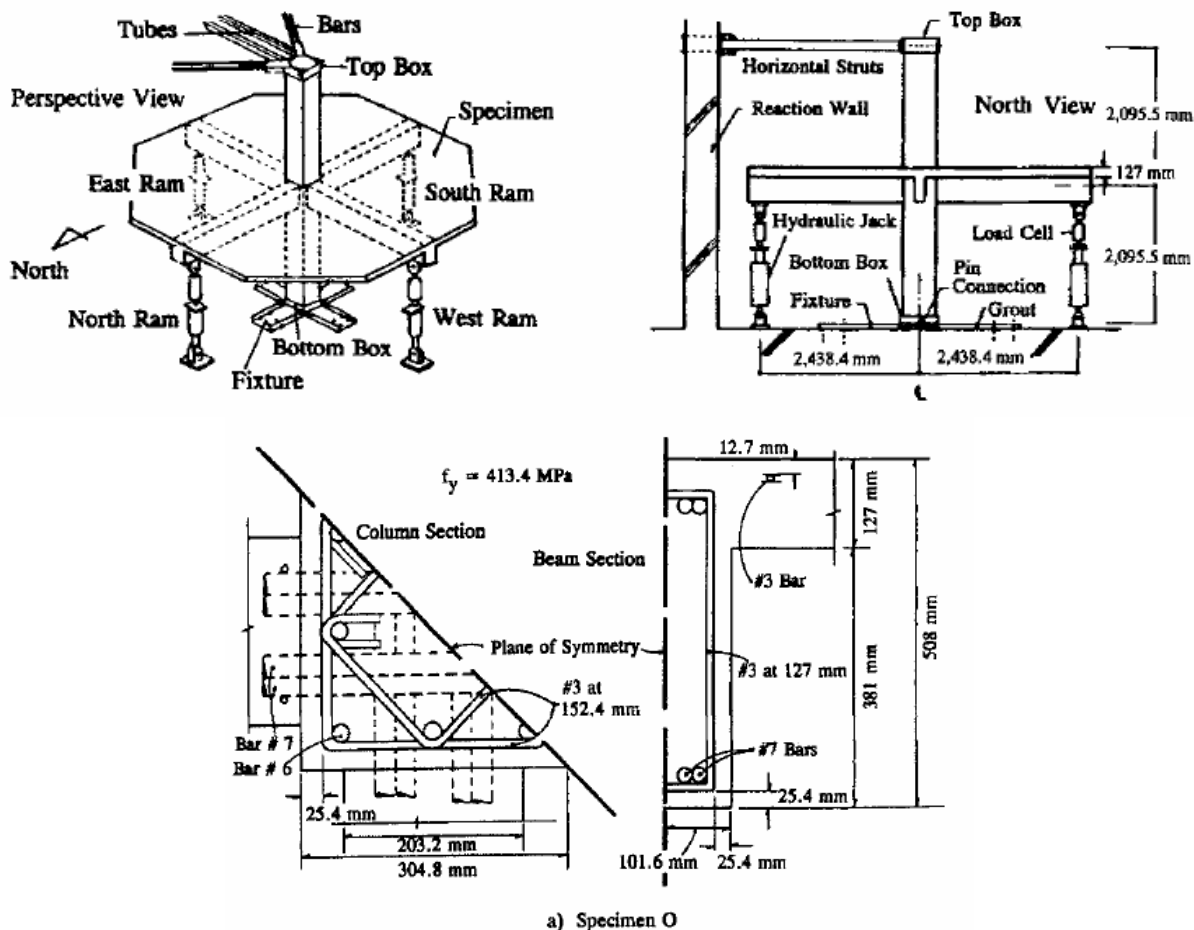
#### **4.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

Ο αριθμός των πειραματικών εργασιών που αφορούν την αποδοτικότητα της τεχνικής με χρήση ολόπλευρων μανδύων Ο/Σ για ενίσχυση κόμβων, τόσο στην διεθνή όσο και στην ελληνική βιβλιογραφία, είναι περιορισμένος, ενώ διαπιστώνεται ανεπάρκεια πειραματικών δεδομένων για την αποδοτικότητα τρίπλευρων ή δίπλευρων μανδύων, παρότι κατασκευάζονται κατά κόρον και αναγκαστικά.Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστούν μερικές από τις εργασίες αυτές που εξετάζουν την αποδοτικότητα της τεχνικής.

##### **4.1 ΟΛΟΠΛΕΥΡΟΣ ΟΛΙΚΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ Ο/Σ**

Ο Alcoser σε μια εργασία του εξετάζει την αποδοτικότητα του ολόπλευρου ολικού μανδύα Ο/Σ για την ενίσχυση εσωτερικού κόμβου δοκού υποστυλώματος.Αρχικά κατασκευάζονται μια σειρά

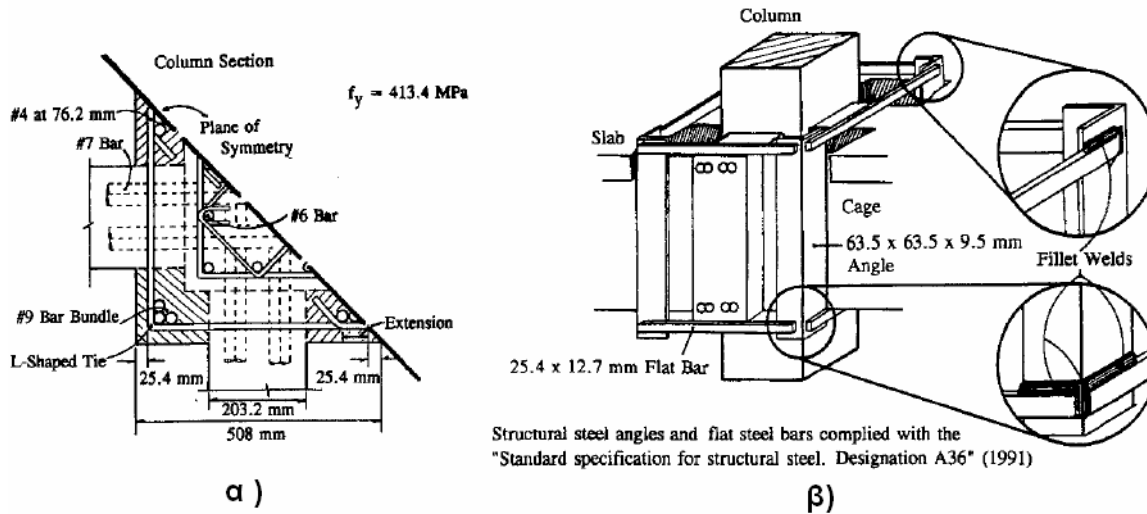
δοκιμίων των οποίων οι διαστάσεις και οι λεπτομέρειες όπλισης φαίνονται στο Σχ.2



α) Specimen O  
Σχήμα2: Διαστάσεις και λεπτομέρειες όπλισης δοκιμίων [10]

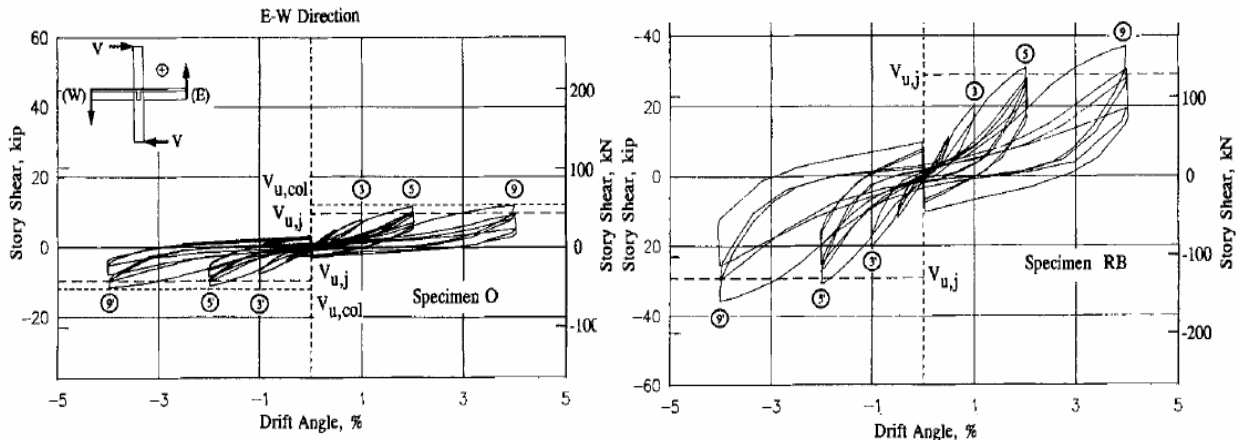
Τα δοκίμια (Ο) κατασκευάστηκαν έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν εσωτερικό κόμβο παλαιών κατασκευών, δηλαδή χωρίς συνδετήρες στην περιοχή του κόμβου και χωρίς εκπλήρωση του ικανοτικού σχεδιασμού. Ένα από αυτά υποβλήθηκε σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση και αστόχησε με εμφάνιση διαγώνιων και οριζόντιων ρωγμών στην περιοχή του κόμβου και με δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα, ενώ στις δοκούς και στην πλάκα εμφανίστηκαν ελάχιστες καμπτικές ρωγμές και παρέμειναν στην ελαστική περιοχή. Στην συνέχεια το δοκίμιο αυτό ενισχύθηκε με ολόπλευρο ολικό μανδύα Ο/Σ ο οποίος δεν επεκτάθηκε στις περιοχές των δοκών και προέκυψε έτσι το δοκίμιο RB, οι λεπτομέρειες όπλισης του οποίου φαίνονται στο Σχ.3

Κατά την διαδικασία ενίσχυσης το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα απομακρύνθηκε, αποκαλύφθηκαν τα αδρανή χρησιμοποιώντας ειδικά σφυριά (“ματσακόνι”) και καθαρίστηκε η επιφάνεια με πυκνές βούρτσες, αναρρόφηση και νερό. Για τον διαμήκη οπλισμό του μανδύα χρησιμοποιήθηκαν δεσμες ραβδών, ενώ για τον οπλισμό διάτμησης χρησιμοποιήθηκαν συνδετήρες μορφής L ( δύο για κάθε διατομή). Στην περιοχή του κόμβου δεν τοποθετήθηκαν συνδετήρες αλλά μεταλλικός κλωβός οι λεπτομέρειες του οποίου φαίνονται στο Σχ 3(β). Για την σκυροδέτηση χρησιμοποιήθηκε έγχυτο σκυρόδεμα.



Σχήμα3<sup>[10]</sup> : α) Διαστάσεις και λεπτομέρεια όπλισης δοκιμίου RB  
β) Λεπτομέρεια μεταλλικού κλωβού

Το ενισχυμένο δοκίμιο RB υποβλήθηκε εκ' νέου στην ίδια ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Οι βρόγχοι υστέρησης των δοκιμίων O και RB φαίνονται στο Σχ.4



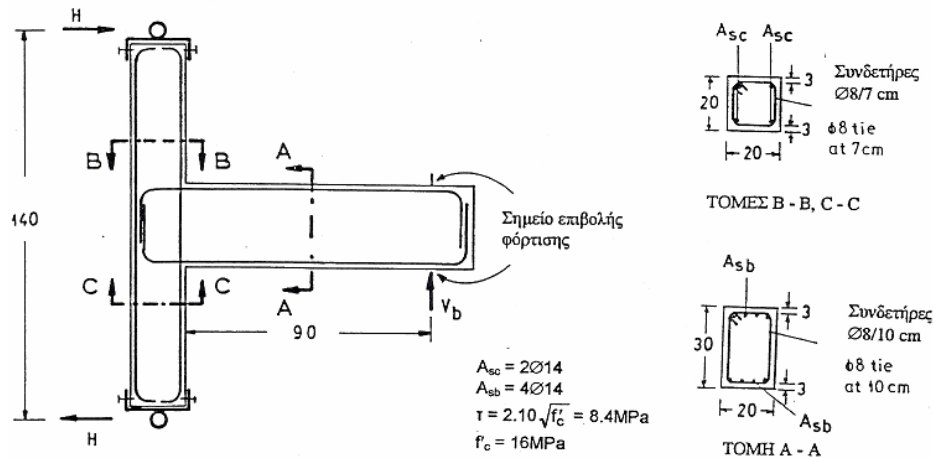
Σχήμα 4: Βρόγχοι υστέρησης δοκιμίων O και RB<sup>[10]</sup>

Συμπερασματικά το ενισχυμένο δοκίμιο RB εδειξέ μεγαλύτερη δυσκαμψία, αντοχή και ικανότητα απορρόφησης ενέργειας από το δοκίμιο O, ενώ ταυτόχρονα υπήρξε μετατόπιση δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων από τα υποστυλώματα στις δοκούς.

#### 4.2 ΤΟΠΙΚΟΣ ΔΙΠΛΕΥΡΟΣ ΚΑΙ ΤΡΙΠΛΕΥΡΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ Ο/Σ

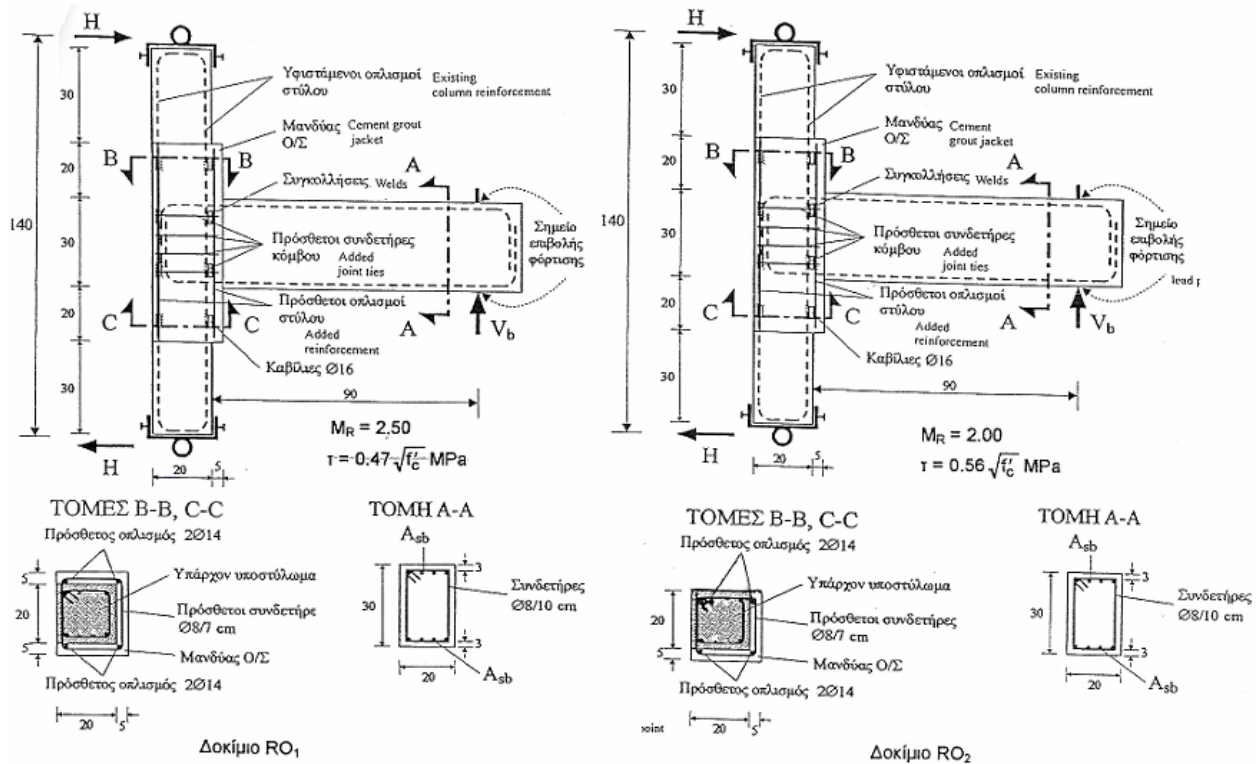
Η αποδοτικότητα του τοπικού δίπλευρου και τρίπλευρου μανδύα εξετάζεται σε μια εργασία του Τσώνου. Κατασκευάζονται δύο ίδια δοκίμια (O<sub>1</sub> και O<sub>2</sub>) (Σχ.5) ως προς τις διαστάσεις, τον οπλισμό και το χρησιμοποιούμενο σκυρόδεμα, με τρόπο ώστε να αστοχήσουν στην περιοχή του

κόμβου και στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων( λόγος οριακών καμπτικών αντοχών υποστυλωμάτων-δοκού :  $M_R=1$ , υψηλές διατμητικές τάσεις στον κόμβο, απουσία συνδετήρων στην περιοχή του κόμβου).



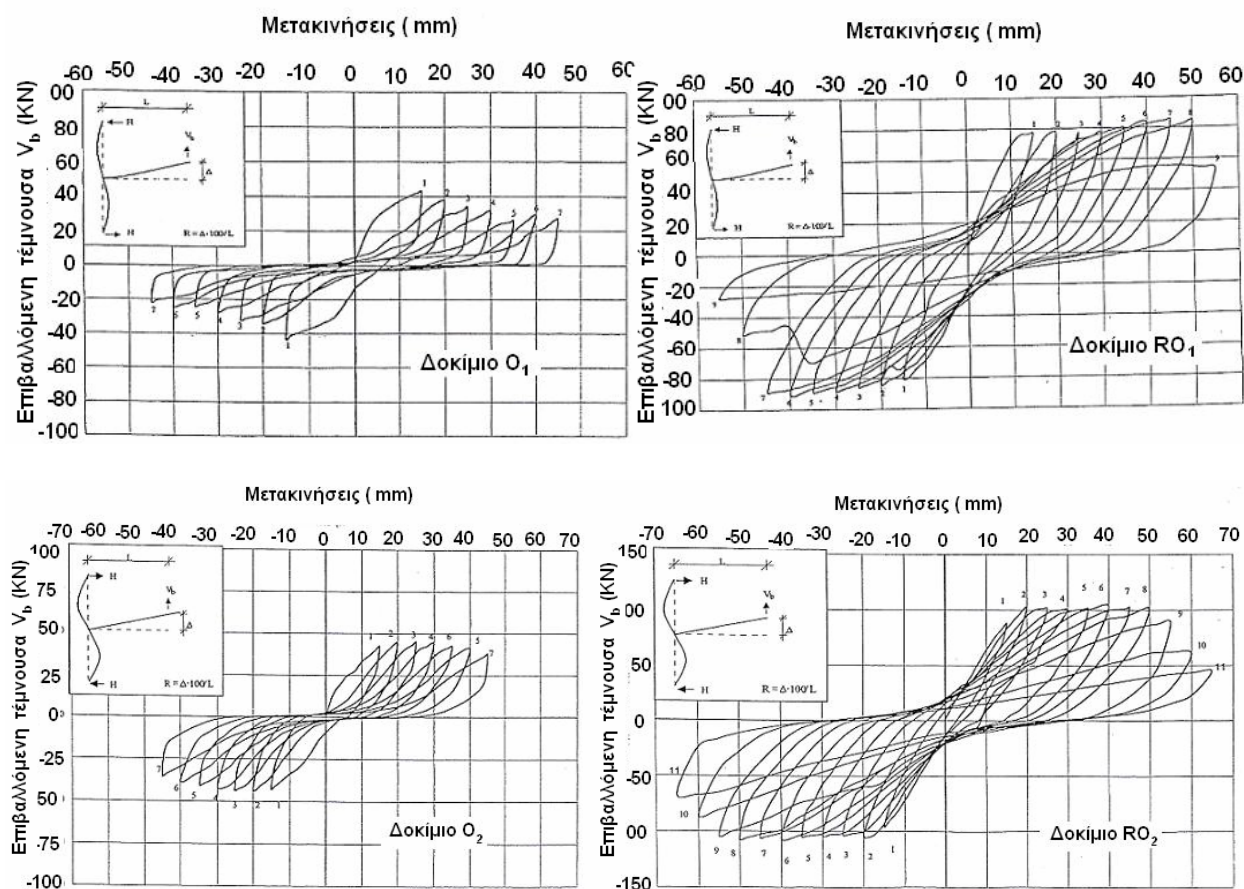
Σχήμα 5: Διαστάσεις και λεπτομέρειες οπλισμού δοκιμίων O1 και O2 [7]

Στην συνέχεια τα δοκίμια υποβλήθηκαν σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση και αστόχησαν με συγκέντρωση της βλάβης στον κακοσχεδιασμένο κόμβο και στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων, ενώ οι δοκοί έμειναν ανέπαφες. Το δοκίμιο O1 ενισχύθηκε με τρίπλευρο μανδύα στην περιοχή του κόμβου (RO1) και στις κρίσιμες περιοχές του στύλου ενώ το δοκίμιο O2 με δίπλευρό μανδύα στις ίδιες περιοχές (RO2) όπως φαίνεται στο Σχ. 6.



Σχήμα 6: Ενίσχυση των κόμβων και τμημάτων των κρίσιμων περιοχών των υποστυλωμάτων με μανδύα Ο/Σ των δοκιμίων RO1 και RO2 [7]

Ως σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκε ειδικό τσιμεντοκονίαμα υψηλής αντοχής EMACO S66. Τα ενισχυμένα δοκίμια υποβλήθηκαν εκ' νέου στην ίδια ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Οι υστερητικοί βρόγχοι όλων των δοκιμίων φαίνονται στο Σχ. 7.



Σχήμα 7: Υστερητικοί βρόγχοι δοκιμίων<sup>[7]</sup>

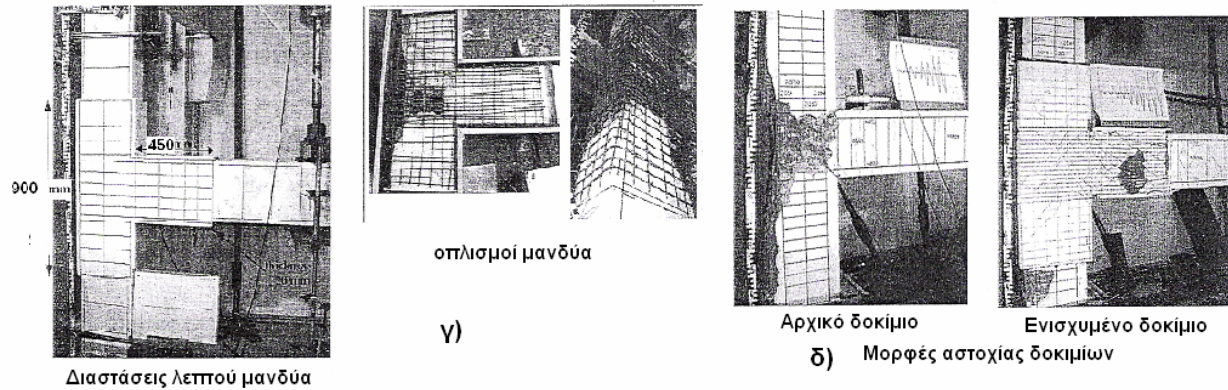
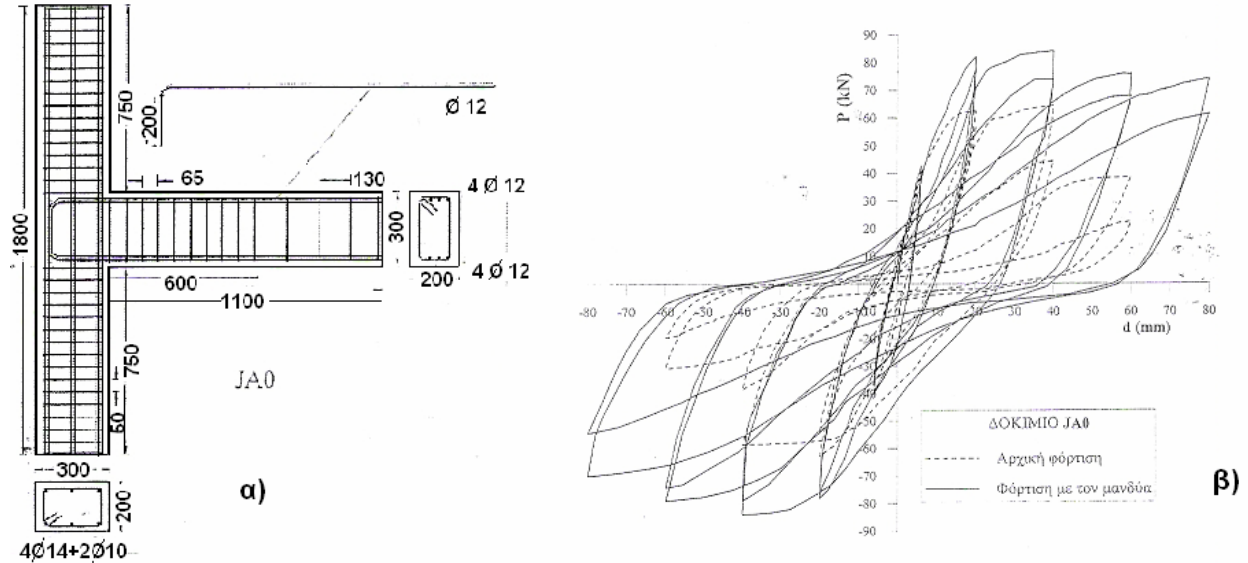
Συμπερασματικά τα ενισχυμένα δοκίμια τόσο με τρίπλευρο όσο και με δίπλευρο μανδύα παρουσίασαν εξαιρετικά βελτιωμένες όλες τις μηχανικές αντισεισμικές ιδιότητες συγκριτικά με αυτές που επέδειξαν σε παρθενική μορφή (αντοχή, ακαμψία και ικανότητα απορρόφησης ενέργειας). Η βλάβη συγκεντρώθηκε αμιγώς στην δοκό ενώ έμειναν ανέπαφες τόσο οι περιοχές των κόμβων, οι οποίες εργάστηκαν στην ελαστική περιοχή, όσο και οι κρίσιμες περιοχές των στύλων όπου πραγματοποιήθηκαν οι επεμβάσεις.

#### 4.3 ΤΟΠΙΚΟΣ ΛΕΠΤΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ ΜΕ ΠΥΚΝΟΥΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥΣ

Αξίζει να αναφερθεί μια εργασία του Καραγιαννη όπου εξετάζει μια νέα τεχνική η οποία περιλαμβάνει την κατασκευή λεπτών μανδύων από ισχυρό τσιμεντοκονίαμα (SikaGrout 212) και ταυτόχρονα πυκνούς οπλισμούς μικρής διαμέτρου  $\Phi 5$ , σε μια προσπάθεια που έχει ως στόχο να εξαλειφθούν τα μειονεκτήματα των μανδύων (δυσκολία εφαρμογής, αύξηση διαστάσεων) αλλά να διατηρηθούν τα σημαντικά πλεονεκτήματά τους.



Οι διαστάσεις και οι λεπτομέρειες όπλισης του αρχικού δοκιμίου(JA0), το οποίο υποβλήθηκε σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση και αστόχησε, οι λεπτομέρειες του μανδύα οι βρόγχοι υστέρησης των δοκιμίων καθώς και οι μορφές αστοχίας των δοκιμίων πριν και μετά την ενίσχυση φαίνονται στο Σχ.8



Σχήμα 8: α) λεπτομέρειες όπλισης του αρχικού δοκιμίου(JA0)  
 β) βρόγχοι υστέρησης των δοκιμίων πριν και μετά την ενίσχυση  
 γ) λεπτομέρειες του μανδύα δ) μορφές αστοχίας δοκιμίων<sup>[4]</sup>

Οι συγκρίσεις των πειραματικών υστερητικών αποκρίσεων υποδεικνύουν τα εξής: Ο λεπτός μανδύας με πυκνούς οπλισμούς φαίνεται να υποκαθιστά πλήρως και να βελτιώνει την υστερητική απόκριση του κόμβου τόσο σε επίπεδο αντοχής ( μέγιστο φορτίο) όσο και σε επίπεδο απορροφούμενης ενέργειας, ενώ παράλληλα “μεταφέρει” την αστοχία από την περιοχή του κόμβου προς την περιοχή της δοκού με μανδύα.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εν κατακλείδι μπορούν να ειπωθούν τα εξής: Η τεχνική της ενίσχυσης κόμβου δοκού - υποστυλώματος με μανδύα Ο/Σ προσδίδει στα ενισχυμένα στοιχεία μεγαλύτερη αντοχή,

δυσκαμψία και ικανότητα απορρόφησης ενέργειας, γεγονός που την καθιστά αποτελεσματική για την αντισεισμική ενίσχυση κτιρίων. Η πολύχρονη και εκτεταμένη εφαρμογή της σε συνδυασμό με την χρήση συμβατικών “παραδοσιακών” υλικών έχει δημιουργήσει το απαραίτητο έμπειρο και ειδικευμένο τεχνικό προσωπικό. Επίσης αυξάνει των βαθμό πυροπροστασίας. Απ’ την άλλη οι απαιτούμενες διατηρήσεις πλακών και δοκών για την τοποθέτηση συνδετήρων και διαμήκους οπλισμού, η κατάλληλη επίπονη προετοιμασία του υπάρχοντος σκυροδέματος, η δυσκολία σκυροδέτησης, η οποία είναι αυξημένη εξαιτίας της εφαρμογής της τεχνικής στην περιοχή του κόμβου και οι απαραίτητες υποστυλώσεις, καθιστούν την εφαρμογή της τεχνικής σημαντικά δύσκολη και χρονοβόρα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. “**Ενίσχυση κόμβων οπλισμένου σκυροδέματος με σύνθετα υλικά**”, Αντωνόπουλος Κ.Π., Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2001
2. “**Ενίσχυση κόμβων οπλισμένου σκυροδέματος με σύνθετα υλικά**”, Αντωνόπουλος Κ. Π., Τριανταφύλλου Θ. Χ., Πρακτικά Α’ Ελληνικού συνεδρίου σύνθετων υλικών σκυροδέματος, σελ. 372–382, Ξάνθη 2000
3. “**Ενισχύσεις / Επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα**”, Δρίτσος Σ. Η., Διδακτικό βιβλίο, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2006
4. “**Επισκευές – Ενισχύσεις στοιχείων από ωπλισμένο σκυρόδεμα. Έμφαση σε ακραίους κόμβους δοκού υποστηλωμάτων.**”, Καραγιάνης Χ. Γ., Πρακτικά 15<sup>ου</sup> Ελληνικού συνεδρίου σκυροδέματος, Τομ.Α’, σελ. 114–140, Αλεξανδρούπολη, 2006
5. “**Αντισεισμικές Κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα**”, Πενέλης Γ.Γ., Κάππος Α.Ι., Εκδόσεις Ζήτη, 1990
6. “**Προσεισμική και μετασεισμική ενίσχυση δομικών υποσυνόλων οπλισμένου σκυροδέματος με χρήση σύνθετων υλικών (FRP)**”, Τσώνος Α.Δ., Στυλιανίδης Κ.Α., Πρακτικά 13<sup>ου</sup> Ελληνικού συνεδρίου σκυροδέματος, Τομ.1, σελ. 455–466, Ρέθυμνο 1999
7. “**Ενίσχυση εξωτερικών κόμβων δοκού-υποστυλώματος από Ο/Σ με τοπικό δίπλευρο ή τρίπλευρο μανδύα**” Τσώνος Γ. Αλέξανδρος,
8. “**Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτήρια**” Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. – Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα, 2001
9. “**Strength of Reinforced Concrete Frame Connections Rehabilitated by Jacketing**”, Alcocer S. M., Jirsa J. O., ACI Structural Journal, Vol. 90, No 3, pp 249–261, May–June 1993
10. “**RC Frame Connections Rehabilitated by Jacketing**”, Alcocer S. M., ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 119, No 5, pp 1413–1431, May 1993
11. “**Seismic Load Tests on Interior and Exterior Beam-Column Joints with Substandard Reinforcing Details**”, Hakuto S., Park R., Tanaka H., ACI Structural Journal, Vol. 97, No 1, pp 11–25, January – February 2000
12. “**Lateral Load Response of Strengthened Reinforced Concrete Beam-to-Column Joints**”, Tsonos A. G., ACI Structural Journal, Vol. 96, No 1, pp 46–56, January – February 1999
13. “**Post-Earthquake Repair and Strengthening of R/C Beam – Column Connections (Theoretical & Experimental Investigation)**”, Tsonos A. G.