

## Ενίσχυση υφισταμένων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας\*

Στην Ελλάδα είναι πολλές οι κατασκευές οι οποίες είναι κατασκευασμένες με τον μη αναθεωρημένο αντισεισμικό κανονισμό του 1984. Αυτές λοιπόν πρέπει να ελεγχθούν ώστε να συμπεράνουμε αν επαρκούν με τους νέους πλέον κανονισμούς, όπου οι εδαφικές επιτακύνσεις είναι αυξημένες και επομένως, οι απαιτήσεις για επιπρόσθετη αντοχή, πλαστιμότητα και δυσκαμψία είναι μεγαλύτερες. Επιπλέον, δεδομένου ότι η αυθαιρέσια στο παρελθόν ήταν μεγάλη, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αποκλίσεις των σχεδίων υλοποίησης της κατασκευής από τα αρχικά σχέδια, έχουμε έναν λόγο παραπάνω να ανησυχούμε για την επάρκεια των παλαιότερων κατασκευών. Πραγματοποιώντας, λοιπόν, τον απαραίτητο έλεγχο τρωτότητας των κατασκευών αυτών και διαπιστώνοντας τα σημεία ανεπάρκειας μπορούμε να επιλέξουμε την κατάλληλη μέθοδο ενίσχυσης.

### ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

Με τη χρήση μεταλλικών συνδέσμων δυσκαμψίας μπορούμε να επιτύχουμε την αύξηση της αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστιμότητας της κατασκευής. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε την μείωση των πλευρικών μετακινήσεων και επομένως την υποβάθμιση των απαιτήσεων αντοχής και πλαστιμότητας. Έτσι αποτρέπουμε την εμφάνιση βλαβών όπως τον σχηματισμό μαλακού ορόφου, φαινομένων ευστρεφείας και ανημετωπίζεται επιτυχώς το πρόβλημα των κοντών υποστυλωμάτων εφόσον πλέον οι σύνδεσμοι καλούνται να παραλάβουν το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής οριζόντιας δράσης [1]. Η ενίσχυση με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας οδηγεί σε αυξημένη δυσκαμψία της κατασκευής κατά την εφαρμογή σεισμικών δράσεων μικρής έντασης, με αποτέλεσμα την αποφυγή βλαβών αλλά και την ύπαρξη αυξημένης πλαστιμότητας κατά την εφαρμογή ισχυρών σεισμικών δράσεων ώστε να αποτραπούν ψαθυρές αστοχίες μέσω του περιθωρίου ανάπτυξης πλαστικών αρθρώσεων.

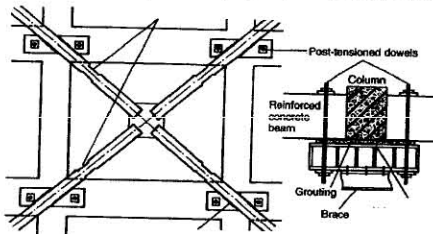
### ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

Μπορούμε να κατατάξουμε τους μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στις παρακάτω κατηγορίες:

- α) Εξωτερικοί
  - α.1) Άμεσος σύνδεσμος με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος
    - α.1.1) Κεντρικοί, α.2) Έκκεντροι
  - β) Έμμεσος σύνδεσμος με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος
    - β.1) Κεντρικοί, β.2) Έκκεντροι

Για κάθε κατηγορία θα αποδοθούν οι σημαντικότερες ιδιότητες, εστιάζοντας στην συμπεριφορά τους υπό την εφαρμογή ανακυκλιζόμενης φόρτισης και στις κατασκευαστικές τους λεπτομέρειες.

α) **Εξωτερικοί:** Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας τοποθετούνται εξωτερικά του πλαισίου από οπλισμένο σκυρόδεμα με τον τρόπο που φαίνεται στα παρακάτω σχέδια. Αυτός ο τρόπος ενίσχυσης δεν επηρεάζει σχεδόν καθόλου τη λειτουργία του κτηρίου κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών εφόσον η τοποθέτηση γίνεται εξωτερικά. Η σύνδεση των συνδέσμων με το πλαίσιο γίνεται στους κόμβους και παρουσιάζεται παρακάτω.



Σχήμα 1. Εξωτερικοί μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας (αριστερά).

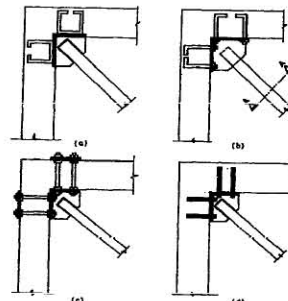
Σύνδεση πλαισίου με τους συνδέσμους [δεξιά][12]

Λόγω του ότι η δράση μεταφέρεται από το πλαίσιο στους συνδέσμους με εκκεντρότητα παρουσιάζονται προβλήματα λυγισμού. Για να τα αποφύγουμε οδηγούμαστε στην δημιουργία στένωσης στη διατομή του συνδέσμου ώστε να προηγηθεί η διαρροή του συνδέσμου που είναι ένας επιθυμητός τρόπος αστοχίας.

β) **Εσωτερικοί:** Σε αυτή τη κατηγορία οι μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας

τοποθετούνται εσωτερικά του πλαισίου και επομένως δεν μεταφέρονται οι δράσεις με εκκεντρότητα. Αυτοί διακρίνονται με το αν συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος.

α.1) **Άμεσοι:** Έχουμε την απευθείας σύνδεση των συνδέσμων με το πλαίσιο μέσω, συνήθως, ελασμάτων που τοποθετούνται στις γωνίες του πλαισίου. Αυτά τα ελάσματα προσδίδουν υπεραντοχή στο σύστημα, η οποία οφείλεται στο ότι μειώνουν το ενεργό μήκος των δοκών και υποστυλωμάτων του πλαισίου οπλισμένου σκυροδέματος και έτσι αυξάνουν τη δυσκαμψία του. Επομένως παρατηρείται μεγαλύτερη αντοχή στο πλαίσιο με τους συνδέσμους δυσκαμψίας σε σχέση με τα το άθροισμα της αντοχής του πλαισίου και των συνδέσμων μεμονωμένα. Εκτιμάται περίπου 8% μεγαλύτερη αντοχή [2]. Η σύνδεση των συνδέσμων δυσκαμψίας με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους παρακάτω τρόπους, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 2 [6]. Οι δύο πρώτοι τρόποι αναφέρονται σε έγχυση νέου σκυροδέματος, ενώ οι δύο επόμενοι σε αγκύρωση γωνιακών ελασμάτων στο ήδη υπάρχον σκυρόδεμα.



Σχήμα 2. Μορφές σύνδεσης των συνδέσμων δυσκαμψίας με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος.[6]

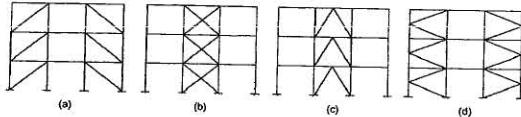
β.1) **Κεντρικοί:** Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή που χρησιμοποιείται.

Οι σύνδεσμοι σε αυτή την περίπτωση τέμνονται μεταξύ τους. Η μεταφορά των δράσεων στους συνδέσμους γίνεται μέσω αξονικών δυνάμεων. Όμως παρουσιάζονται προβλήματα πλευρικού λογισμού στα θλιβόμενα μέλη και επομένως, καθίσταται αδύνατη η απορρόφηση μεγάλου ποσοστού σεισμικής ενέργειας. Η συμπεριφορά του πλαισίου κατά τη διάρκεια εφαρμογής σεισμικού φορτίου εξαρτάται από τους συνδέσμους δυσκαμψίας. Αυτοί κατά την θλίψη τους παρουσιάζουν πλευρική παραμόρφωση και δημιουργείται πλαστική άρθρωση στο μέσον του στοιχείου, το οποίο οδηγεί σε σταδιακή μείωση της φέρουσας ικανότητας του στοιχείου σε θλίψη (Σχήμα 3). Ακολούθως, κατά την εφαρμογή της εφελκυστικής δράσης παρουσιάζεται η διαρροή του στοιχείου. Το φαινόμενο της σταδιακής μείωσης του φορτίου λυγισμού οφείλεται στις παραμένουσες παραμορφώσεις, στην αύξηση του μήκους του στοιχείου λόγω εφελκυσμού και στο φαινόμενο Bauschinger, το οποίο βασίζεται στην αποδυνάμωση της κρυσταλλικής δομής τοπικά του υλικού λόγω της ανακυκλιζόμενης φόρτισης [3].

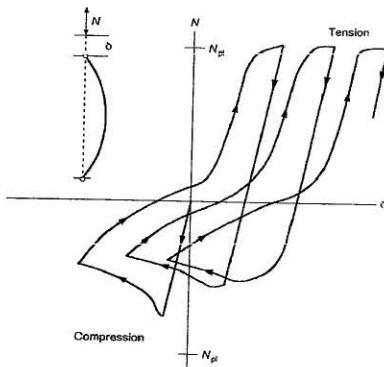
Οι σύνδεσμοι της μορφής Λ συνεισφέρουν και ως προς τα κατακόρυφα φορτία, εφόσον μεταφέρουν μέρος του φορτίου της δοκού στα υποστυλώματα. Όμως,

## ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ

όταν πραγματοποιούμε την ανάλυση μιας κατασκευής με συνδέσμους τέτοιου τύπου, αγνοούμε την συνεισφορά αυτών στην ανάληψη των κατακόρυφων φορτίων. Από την άλλη, οι σύνδεσμοι της μορφής Κ, δημιουργούν πρόβλημα στα υποστυλώματα λόγω του ότι συνδέονται με αυτό στο μέσον τους και έτσι έχουμε την εφαρμογή συγκεντρωμένων δράσεων στο υποστυλωμα αλλά και την πιθανή δημιουργία κοτού υποστυλώματος. Άρα, αυτό συνεπάγεται και αυξημένη επίδραση τένιωσης στο υποστυλωμα με αποτέλεσμα την ύπαρξη προβλήματος διάτμησης.

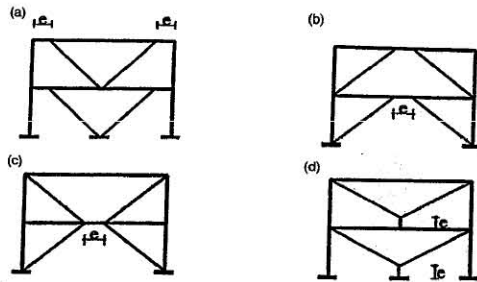


Σχήμα 3. Τυπικές διατάξεις πλαισίων με κεντρικούς συνδέσμους δυσκαμψίας[3]



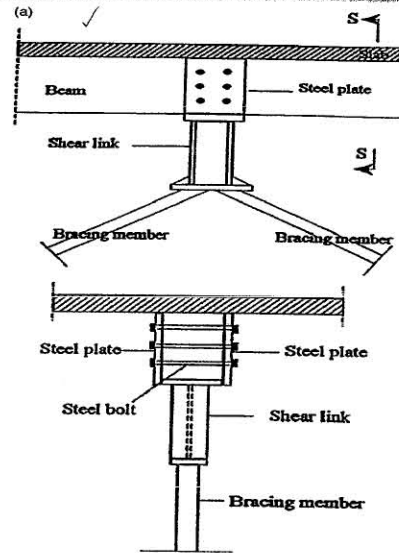
Σχήμα 4. Βρόχος υστέρησης του συνδέσμου δυσκαμψίας[3]

α.2) **Έκκεντροι:** Οι εσωτερικοί άμμοσα συνδεδεμένοι με το πλαίσιο έκκεντροι σύνδεσμοι δυσκαμψίας δεν τένονται μεταξύ τους. Οι διάφορες διατάξεις παρουσιάζονται παρακάτω.



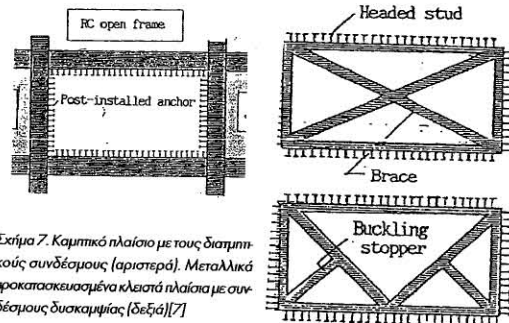
Σχήμα 5. Μορφές πλαισίων με εσωτερικούς άμμοσους έκκεντρος συνδέσμους δυσκαμψίας[10]

Εσπάζοντας στη μορφή Υ μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι δράσεις μεταφέρονται στους συνδέσμους μέσω καμπικών και διατμητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται συνδέτηριους συνδέσμους μεταξύ των δοκών του πλαισίου από οπλισμένο σκυρόδεμα και των συνδέσμων δυσκαμψίας. Ο σχεδιασμός τους βασίζεται στη διαρροή του συνδέτηριου συνδέσμου μεταξύ της δοκού και των συνδέσμων δυσκαμψίας, με σκοπό την αποτροπή του λυγισμού των συνδέσμων δυσκαμψίας. Ο συνδέτηριος σύνδεσμος τοποθετείται στο μέσον της δοκού οπλισμένου σκυροδέματος. Αυτός ο ενεργός σύνδεσμος επιθυμούμε να διαρρεύσει ώστε οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας να παρηκρίνουν στην ελαστική περιοχή. Με αυτό τον τρόπο υιοθετούμε την πιθανή, ψαθυρή αστοχία που θα μπορούσε να συμβεί λόγω του πλευρικού λογισμού των συνδέσμων δυσκαμψίας. Επομένως επιτυγχάνουμε περισσότερο πλάστημη συμπεριφορά, με μεγαλύτερα περιθώρια απορρόφησης σεισμικής ενέργειας [4,5].



Σχήμα 6. Λεπτομέρεια διατμητικού ενεργού συνδέσμου (πάνω). Τομή S-S (κάτω)[10]

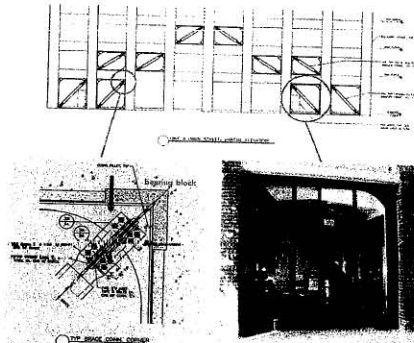
β.2) **Έμμοσοι:** Ένας εναλλακτικός τρόπος για την ενίσχυση κατασκευής με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας, είναι η εισαγωγή στο δομικό σύστημα της κατασκευής, προκατασκευασμένων κλειστών πλαισίων με συνδέσμους δυσκαμψίας, είτε κεντρικούς είτε έκκεντρος, τα οποία θα συνδέονται με το υπάρχον πλαίσιο από οπλισμένο σκυρόδεμα με διατμητικούς συνδέσμους.



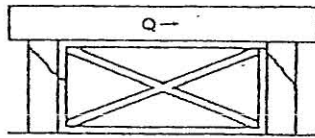
Σχήμα 7. Καμτικό πλαίσιο με τους διατμητικούς συνδέσμους (αριστερά). Μεταλλικά προκατασκευασμένα κλειστά πλαίσια με συνδέσμους δυσκαμψίας (δεξιά)[7]

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 7, τοποθετούμε βλίτρες περιμετρικά του υφιστάμενου πλαισίου από οπλισμένο σκυρόδεμα αλλά και περιμετρικά του μεταλλικού πλαισίου. Ακολούθως, τοποθετούμε το μεταλλικό πλαίσιο εντός του υφιστάμενου και γεμίζουμε το κενό με σκυρόδεμα. Έτσι επιτυγχάνουμε την πλήρη σύνδεση μεταξύ των δύο συστημάτων.

Σχήμα 8. Ενίσχυση με έμμοσους κεντρικούς συνδέσμους [8]



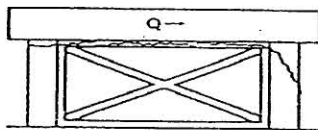
Ο πρώτος τρόπος αστοχίας του συστήματος είναι είτε σε εφελκυσμό, είτε σε θλίψη λόγω λυγισμού των συνδέσμων δυσκαμψίας που οδηγεί σε διατμητική αστοχία των υποστυλωμάτων. Αυτός ο τρόπος αστοχίας είναι εφικτός από τη στιγμή που έχουμε ισχυρές συνδέσεις και μπορεί να μεταφερθεί η διατμητική δύναμη.



**FAILURE MODE I**  
Shear failure of RC column  
and yielding of braces

Σχήμα 9. Πρώτος τρόπος αστοχίας[7]

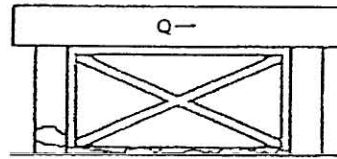
Ο δεύτερος τρόπος αστοχίας οφείλεται στην αστοχία των διατμητικών ήλων ή στην αστοχία λόγω σύνθλιψης άνωτας του σκυροδέματος. Αυτό οδηγεί σε διατμητική αστοχία των υποστυλωμάτων.



**FAILURE MODE II**  
Shear failure and shear slip  
of column, and shear slip  
of mortar connector

Σχήμα 10. Δεύτερος τρόπος αστοχίας[7]

Ο τρίτος τρόπος αστοχίας οφείλεται στη μεγάλη παραμόρφωση του μελ-  
λοντικού πλαισίου που οδηγεί σε αστοχία του υφιστάμενου.[7]



**FAILURE MODE III**  
Flexural failure by tensile  
and compressive yielding of  
RC column

Σχήμα 11. Τρίτος τρόπος αστοχίας[7]

### ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΕΣ ΣΥΝΗΘΕΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝΤΑΙ

Ο αριθμός αλλά και η διάταξη των συνδέσμων δυσκαμψίας στην κατασκευή είναι δύο πολύ σημαντικές σχεδιαστικές παραδοχές που πρέπει να γίνουν και επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της ενίσχυσης. Απαραίτητη κρίνεται η ύπαρξη συνδέσμων και στις δύο διευθύνσεις της κατασκευής σε επίπεδο κάτοψης, ώστε να διατηρήσουμε την ομοιόμορφη κατανομή δυσκαμψίας σε όλη την κατασκευή και να έχουμε επιθυμητή δυναμική συμπεριφορά αποφεύγοντας στρεπτικά φαινόμενα. Επίσης είναι επιθυμητό να υπάρχουν σύνδεσμοι δυσκαμψίας σε όλο το ύψος της κατασκευής και η διατομή τους να ακολουθούν τις αντίστοιχες απαιτήσεις δυσκαμψίας και αντοχής κάθε ορόφου της κατασκευής, ώστε τελικά να έχουμε και καθ' ύψος ομοιόμορφη κατανομή της δυσκαμψίας.

## ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ

### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

- Προστίθεται μικρό κατακόρυφο φορτίο λόγω του μειωμένου βάρους των μεταλλικών στοιχείων δυσκαμψίας.
- Ταχύτητα και ευκολία τοποθέτησης.
- Μικρή πιθανότητα κατασκευαστικών ατελειών εφόσον τα μέλη προέρχονται από ελεγχόμενο σύστημα παραγωγής.
- Ευκολία επισκευής και αντικατάσταση μέλους μετά από πιθανή αστοχία.
- Ευκολη πρόσβαση στα μέλη, με σκοπό τον έλεγχο για πιθανές φθορές, αλλοιώσεις και διαβρώσεις.
- Πλάστημη συμπεριφορά της κατασκευής.
- Απορρόφηση μεγάλου ποσοστού της σεισμικής ενέργειας.
- Βοηθάει στη διαπίρση των ανοιγμάτων ώστε να περνάει φως στον χώρο.
- Ο κάλυβας αποτελεί ένα προϊόν 100% ανακυκλώσιμο.

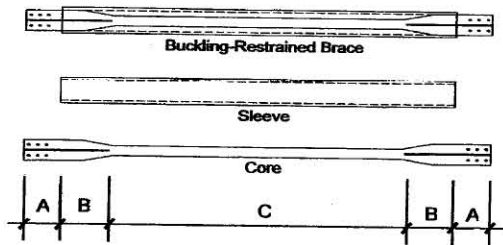
### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΙΘΑΝΟΝ ΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΟΥΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Ένα βασικό πρόβλημα που συχνά χρίζει ανημετώπισης είναι η ανεπάρκεια των κόμβων του πλαισίου από οπλισμένο σκυρόδεμα όπου συνδέονται οι μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας. Οι σύνδεσμοι μπορούν να φέρουν μεγάλα οριζόντια φορτία κι αυτό έρχεται σε αντίθεση με την ανεπάρκεια του υφιστάμενου πλαισίου που όμως τελικά αυτό θα πρέπει να μεταφέρει τις δράσεις στη θεμελίωση και ακολούθως στο έδαφος. Επομένως θα πρέπει να εφαρμοστεί μια από τις διάφορες λύσεις ενίσχυσης κόμβων, όπως τα χασπί κολλάρα. Έτσι δεν θα αστοχήσει πρόωρα ο κόμβος και θα μπόρεσει να αξιοποιηθεί η επιπλέον αντοχή που προσδίδει η ύπαρξη των συνδέσμων δυσκαμψίας.

Ακόμα ένα πρόβλημα είναι η ανεπάρκεια της θεμελίωσης. Είναι ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα που ανημετωπίζεται με πολύ κόπο και μεγάλο οικονομικό κόστος. Παρόλο που η ενίσχυση με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας είναι μια σχετικά ελαφριά λύση και επομένως δεν επιβαρύνει πολύ τα κατακόρυφα φορτία της κατασκευής, μετά την ενίσχυση αυτή, η θεμελίωση καλείται να παραλάβει μεγαλύτερες δράσεις εφόσον πλέον η ικανότητα του φορέα είναι αρκετά μεγαλύτερη (τουλάχιστον 1.5-2.0 φορές μεγαλύτερη, αυτής του υφιστάμενου πλαισίου). Έτσι ο μηχανικός καλείται να διαπιστώσει ποιά είναι η πραγματική ικανότητα της θεμελίωσης, κάτι το οποίο θέλει προσοχή εφόσον υπάρχουν οι υδραυλικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις και να την ενισχύσει αν κρίνεται αναγκαίο. Μια από τις λύσεις είναι η μεγέθυνση των θεμελίων, αν είναι εφικτή, ενώ και η κατασκευή γενικής κοπήστρωσης αποτελεί λύση. Επίσης πρέπει να διασφαλισουμε και την επάρκεια του εδάφους η οποία μπορεί να γίνει με την έμφυτη πασσάλων.

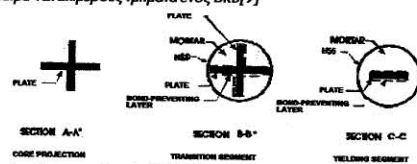
### ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ (BRB: BUCKLING-RESTRAINED BRACES)

Μια εναλλακτική μορφή συνδέσμων δυσκαμψίας είναι τα BRB, που πρωτοεμφανίστηκαν στην Ιαπωνία και από το 1999 και έπειτα άρχισαν να εφαρμόζονται και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής σαν τρόπος ανάλιψης των έντονων οριζόντιων σεισμικών δράσεων.



Schematic diagram of buckling-restrained brace.

Σχήμα 12. Επιμέρους τμήματα ενός BRB [9]

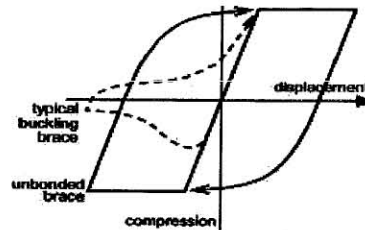


Σχήμα 13. Διατομές ενός BRB [9]

Η δημιουργία τους προέκυψε από την ανάγκη των κατασκευών που βρίσκονται σε περιοχές με μεγάλη σεισμική επικινδυνότητα, για ανάληψη μεγαλύτερων σεισμικών δράσεων χωρίς να προηγηθεί ο λυγισμός της διαρροής των συνδέσμων. Έτσι οι μηχανικοί κατέληξαν στα BRB τα οποία προσδίδουν παρόμοια δυσκαμψία με τους έκκεντρος συνδέσμους που είναι άμεσα συνδεδεμένοι με το υφιστάμενο πλαίσιο, ενώ αυξάνουν ακόμα περισσότερο τα περιθώρια αντοχής. Αυτό συμβαίνει χάρη της αποφυγής του λυγισμού λόγω της δομής αυτών των συνδέσμων.

Οι BRB αποτελούνται από δύο τμήματα. Μια μεταλλική διατομή που αποτελεί την "ψίκα" (Σχήμα 12 : core), καθώς και μια άλλη εξωτερική μεταλλική διατομή, η οποία αποτελεί το περίβλημα του BRB (Σχήμα 12 : sleeve). Το κενό ανάμεσα στις δύο διατομές πληρώνεται με κόνια, όπως σκυρόδεμα. Μ' αυτό τον τρόπο ουσιαστικά αποτρέπουμε τον λυγισμό του συνδέσμου αυξάνοντας έτσι την αντοχή του.

Πιο συγκεκριμένα ο σύνδεσμος μπορεί να χωριστεί σε τρία κατά μήκος τμήματα, A, B, C, όπως φαίνεται στο σχήμα 12. Η διατομή των τμημάτων αυτών παρουσιάζονται στο σχήμα 13. Επομένως, μπορούμε να διακρίνουμε πως στη διατομή του A αποτρέπεται ο λυγισμός λόγω της γεωμετρίας της, ενώ αποτρέπεται ακόμα και η διαρροή μέσω του σχεδιασμού του (διαστάσεις) εφόσον αποτελεί το σημείο σύνδεσης με το πλαίσιο. Ακολούθως, το τμήμα B αποτελεί ουσιαστικά τη μετάβαση προς το τμήμα C και διαθέτει επιπλέον περίσφιξη η οποία κάνει ακόμα πιο ισχυρή τη διατομή. Τέλος, το τμήμα C σφίγγεται να είναι περισφιγμένο αλλά να έχει απομειωμένη εσωτερική διατομή. Μ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η αποτροπή του λυγισμού του μέλους και η διαρροή τελικά του συνδέσμου στη περιοχή αυτού του συγκεκριμένου τμήματος, C. Έτσι έχουμε μία άκρως επιθυμητή και ελεγχόμενη αστοχία με πολύ μεγαλύτερα περιθώρια απορρόφησης σεισμικής ενέργειας. Αυτό φαίνεται και από τον βρόγχο υπέρψησης του συνδέσμου (Σχήμα 14), που μας παρουσιάζει επίσης, την ομοιόμορφη συμπεριφορά του συνδέσμου σε θλίψη και εφελκυσμό, λόγω της ευεργετικής δράσης της περίσφιξης.



Σχήμα 14. Βρόγχο υπέρψησης των BRB [13]



Σχήμα 15. Πρακτική εφαρμογή των BRB [14]

Τα BRB αποτελούν μια λύση η οποία μπορεί στις περιοχές με μεγάλη σεισμική επικινδυνότητα, όπως της California, να προσδίδουν την απαιτούμενη αντοχή για την κάλυψη των αναγκών για απορρόφηση μεγάλης σεισμικής ενέργειας, όμως θα μπορούσαν να αποτελούν μια ιδανική λύση και για χώρες με μικρότερη σεισμική επικινδυνότητα, όπως η Ελλάδα, για την εξασφάλιση υψηλών επιπέδων επιτελεστικότητας σε κτίρια μεγάλης σπουδαιότητας, όπως νοσοκομεία και σχολεία.

## ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενίσχυση ενός κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα με τη χρήση μεταλλικών συνδέσμων δυσκαμψίας είναι, κατά τη γνώμη μου, μια λύση που αποδίδει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε μικρό χρονικό διάστημα και χωρίς μεγάλη παρενόχληση. Είναι ένας τρόπος να βελτιώσουμε τη δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής προσδίδοντας πλαστικότητα, δυσκαμψία και αντοχή, όχι όμως σε υπερβολικό βαθμό. Για ακόμα πιο δραστηκές αλλαγές στον φορέα, με εντονότερα αποτελέσματα στην αντοχή, δυσκαμψία και πλαστικότητα θα πρέπει να καταφύγουμε σε λύσεις όπως τα τοιχώματα και οι σύνδεσμοι περιορισμένου λυγισμού.

\* Η εργασία αυτή παρουσιάστηκε στο 15ο Φοιτητικό Συνέδριο «Επισκευές Κατασκευών 2009» που πραγματοποιήθηκε στη Πάτρα στις 24-25 Φεβρουαρίου 2009 στα πλαίσια του μαθήματος «Ενισχύσεις - Επισκευές Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα».

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ευριπίδης Μυστακίδης, «Μέθοδοι Εκτίμησης Της Αντοχής Σε Σεισμική Δράση Υφιστάμενων Κτιρίων Και Γεφυρών Από Ο/Σ-Βελτίωση Σεισμικής Συμπεριφοράς Μέσω Τεχνικών Επεμβάσεων», Βόλος 2002
- [2] Mahmoud R. Maheri, H. Ghaffarzadeh, "Connection Overstrenght In Steel - Braced RC Frames", *Engineering Structures* 30, 2008 pp 1938-1948
- [3] A.Y. Elghazouli, "Seismic Design Procedure For Concentrically Braced Frames", *Structure & Buildings* 156, November 2003, Issue SB4, Pages 381-394
- [4] A. Ghobarah, H. Abou Elfath, "Rehabilitation Of A RC Frame Using Eccentric Steel Bracing", *Engineering Structures* 23, 2001
- [5] Ferraioli M., Avossa, A.M., Malamgone P., "Performance - Based Assessment Of RC Buildings Strengthened With Steel Braces", *Federation Internationale du Beton, Proceedings Of The 2nd International Congress June 5-8 2006 - Naples, Italy*
- [6] M.R. Maheri, A. Sahebi, "Use Of Steel Bracing In RC Frames", *Engineering Structures* Vol. 19, No 12 pp 1018-1024
- [7] Yasutoshi Yamamoto, "Strength And Ductility Of Frames Strengthened With Steel Bracing", *Department Of Architecture, Shibura Institute of Technology, Tokyo*
- [8] *Modern Steel Construction*, August 2007, "Braced For The Big One"
- [9] Rafael Sabelli, Walterio Lopez, "Design Of Bubkling-Restrained Braced Frames" *Modern Steel Construction*, March 2004
- [10] «Ευρωκώδικας 8»
- [11] "AISC Seismic Provisions for Structural Steel Buildings"
- [12] Στέφανος Δρίτσος, "Ενισχύσεις και επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα", Πάτρα 2007
- [13] "SEAOC Recommended Provisions For Buckling-Restrained Braced Frames"
- [14] Michael D. Engelhardt, "Design of Seismic-Resistant Steel Building Structures", *University of Texas at Austin*, March 2007