

## **ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ**

**ΤΣΑΜΠΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

### **Περίληψη**

*Η παρούσα εργασία παραθέτει προϋπάρχοντα πορίσματα για την συμπεριφορά των μεταλλικών συνδέσμων δυσκαμψίας υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση, ώστε να διακρίνουμε την καταλληλότητα τους για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών. Επίσης παραθέτονται οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να πραγματοποιηθεί μια ενίσχυση με μεταλλικούς συνδέσμους, γίνεται αξιολόγηση αυτών και αναφορά πιθανών προβλημάτων που μπορεί να παρουσιαστούν. Όλα τα στοιχεία που παρουσιάζονται αποτελούν αποτελέσματα διάφορων μελετών που έχουν ερευνήσει το συγκεκριμένο αντικείμενο και στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια συγκέντρωσης αυτών των αποτελεσμάτων και ανάδειξης μιας πιθανής βέλτιστης λύσης, σχετικά πάντα με το πρόβλημα την ανεπάρκεια μιας υφιστάμενης κατασκευής να φέρει τα απαιτούμενα σεισμικά φορτία.*

### **1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

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 επιταχύνσεις είναι αυξημένες και επομένως, οι απαιτήσεις για επιπρόσθετη αντοχή, πλαστιμότητα και δυσκαμψία είναι μεγαλύτερες. Επιπλέον, δεδομένου ότι η αυθαιρεσία στο παρελθόν ήταν μεγάλη, με αποτέλεσμα να υπάρχουν αποκλίσεις των σχεδίων υλοποίησης της κατασκευής από τα αρχικά σχέδια με τα οποία εκδόθηκε η άδεια της κατασκευής, 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 .

### **2.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 ευστρεφιάς και αντιμετωπίζεται 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 στην ύπαρξη αυξημένης πλαστιμότητας κατά την εφαρμογή ισχυρών σεισμικών δράσεων ώστε να αποτραπούν ψαθυρές αστοχίες μέσω του περιθωρίου ανάπτυξης πλαστικών αρθρώσεων.

### **3.ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ**

Μπορούμε να κατατάξουμε τους μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στις παρακάτω κατηγορίες:

1)Εξωτερικοί

2)Εσωτερικοί

2.1) Άμεσης σύνδεσης με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος

2.1.1)Κεντρικοί

2.1.2)Έκκεντροι

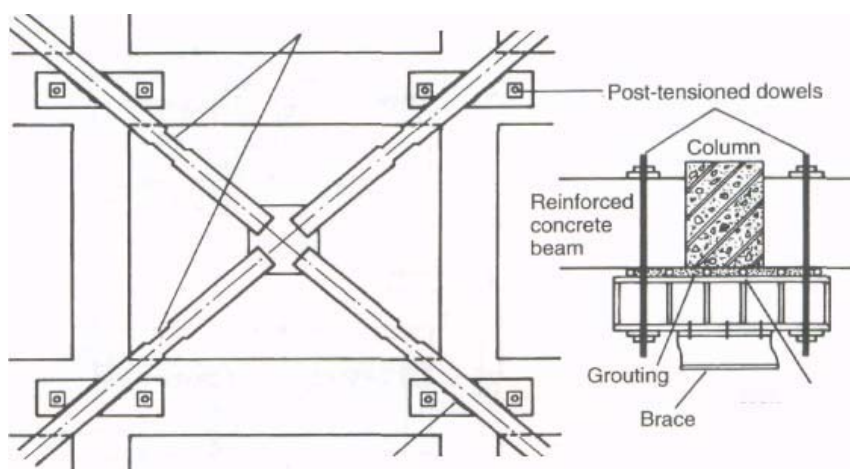
2.2) Έμμεσης σύνδεσης με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος

2.2.1) κεντρικοί

2.2.2) Εκκεντροί

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

1) 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 κτιρίου κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών εφόσον η τοποθέτηση γίνεται εξωτερικά. Η σύνδεση των συνδέσμων με το πλαίσιο γίνεται στους κόμβους και παρουσιάζεται παρακάτω.

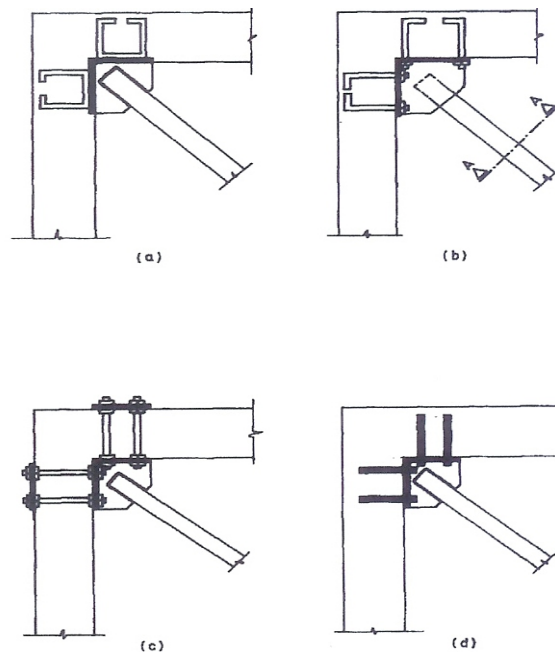


Σχήμα 1. Εξωτερικοί μεταλλικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας (αριστερά). Σύνδεση πλαισίου με τους συνδέσμους (δεξιά)

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.

2) 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.

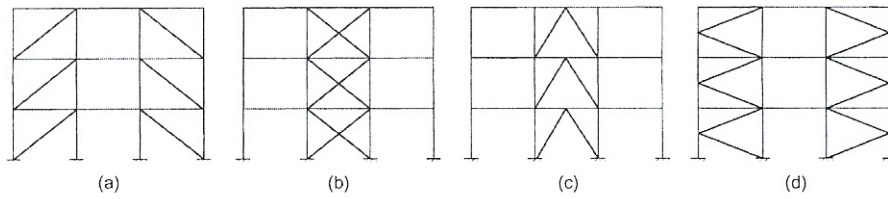
2.1) Άμεσοι: Έχουμε την απευθείας σύνδεση των συνδέσμων με το πλαίσιο μέσω, συνήθως, ελασμάτων που τοποθετούνται στις γωνιές του πλαισίου. Αυτά τα ελάσματα προσδίδουν υπεραντοχή στο σύστημα η οποία οφείλεται στο ότι μειώνουν το ενεργό μήκος των δοκών και υποστυλωμάτων του πλαισίου οπλισμένου σκυροδέματος 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 στα σχέδια [6]. Οι δύο πρώτοι τρόποι αναφέρονται σε έγχυση νέου σκυροδέματος ενώ οι δυο επόμενοι σε αγκύρωση γωνιακών ελασμάτων στο ήδη υπάρχον σκυρόδεμα.



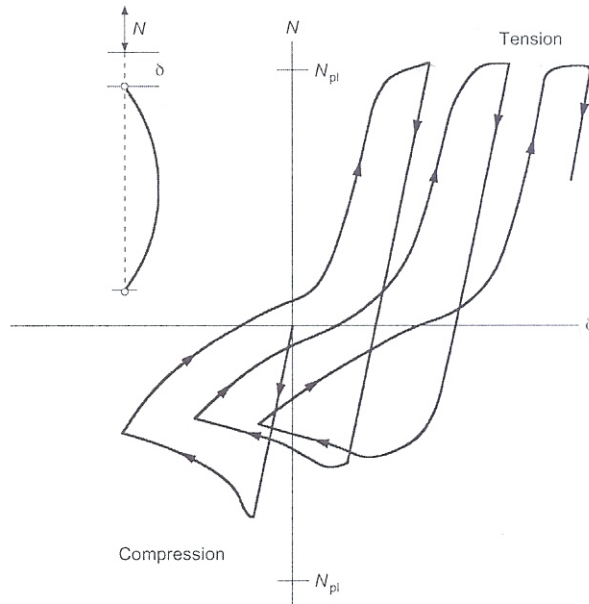
Σχήμα 2 Μορφές σύνδεσης των συνδέσμων δυσκαμψίας με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος.[6]

2.1.1) **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. Επομένως προφέρουν και στην ανάληψη των επιπλέον κατακόρυφων φορτίων αλλά και στην πλευρική αντίσταση. Από την άλλη, οι σύνδεσμοι της μορφής Κ, δημιουργούν πρόβλημα στα υποστυλώματα λόγω του ότι συνδέονται με αυτά στο μέσον τους και έτσι έχουμε τη δημιουργία κοντού υποστυλώματος. Άρα, αυτό συνεπάγεται και αυξημένη επίδραση τέμνουσας στο υποστυλώμα με αποτέλεσμα την ύπαρξη προβλήματος διάτμησης.

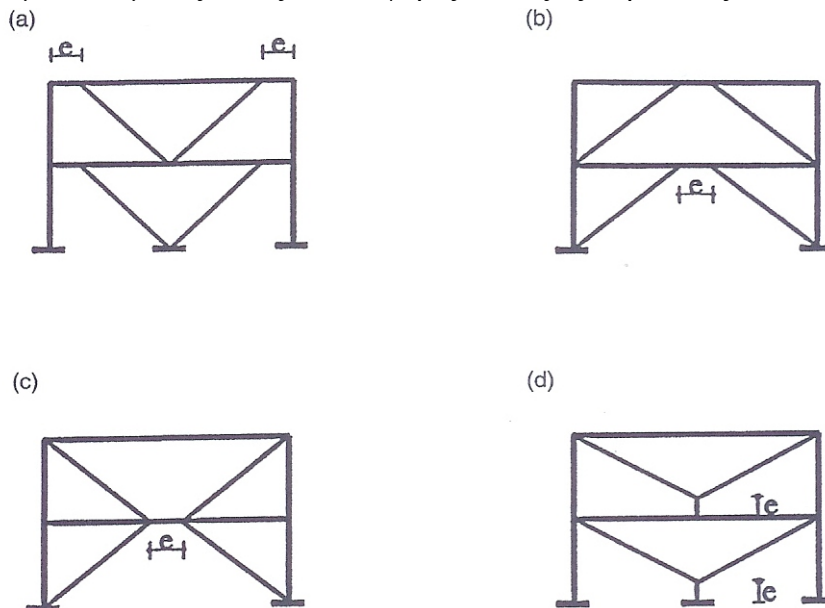


Σχήμα 2. Τυπικές διατάξεις πλαισίων με κεντρικούς συνδέσμους δυσκαμψίας[3]



Σχήμα 3. Κύκλος υστέρησης του συνδέσμου δυσκαμψίας[3]

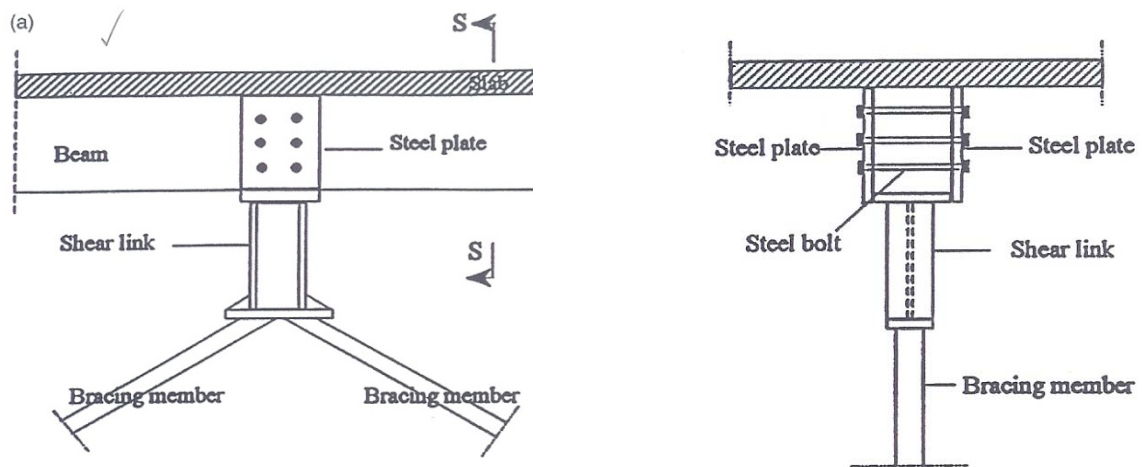
2.1.2) Εκκεντροί: Οι εσωτερικοί άμεσα συνδεδεμένοι με το πλαίσιο έκκεντροι σύνδεσμοι δυσκαμψία δεν τέμνονται μεταξύ τους. Οι διάφορες διατάξεις παρουσιάζονται παρακάτω.



Σχήμα 4. Μορφές πλαισίων με εσωτερικούς άμεσους έκκεντρους συνδέσμους δυσκαμψίας[10]

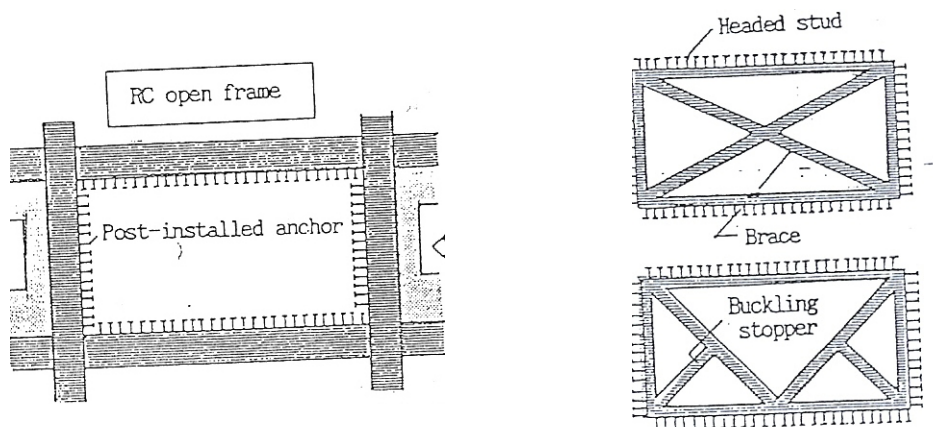
Εστιάζοντας στη μορφή Υ μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι δράσεις μεταφέρονται στους συνδέσμους μέσω καμπτικών και διατμητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται συνδετήριους συνδέσμους μεταξύ των δοκών του πλαισίου από οπλισμένο σκυρόδεμα και των συνδέσμων δυσκαμψίας. Ο σχεδιασμός τους βασίζεται στη διαρροή του συνδετήριου συνδέσμου μεταξύ της δοκού και των συνδέσμων δυσκαμψίας με σκοπό την αποτροπή του λυγισμού των συνδέσμων δυσκαμψίας.

Ο συνδετήριος σύνδεσμος τοποθετείται στο μέσον της δοκού οπλισμένου σκυροδέματος. Αυτός ο ενεργός σύνδεσμος επιθυμούμε να διαρρεύσει ώστε οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας να παραμένουν στην ελαστική περιοχή. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγουμε την πιθανή, ψαθυρή αστοχία που θα μπορούσε να συμβεί λόγω του πλευρικού λογισμού των συνδέσμων δυσκαμψίας. Επομένως επιτυγχάνουμε περισσότερο πλάσטיμη συμπεριφορά, με μεγαλύτερα περιθώρια απορρόφησης σεισμικής ενέργειας [4,5].



Σχήμα 5. Λεπτομέρεια διατμητικού ενεργού συνδέσμου (αριστερά). Τομή S-S (δεξιά)[10]

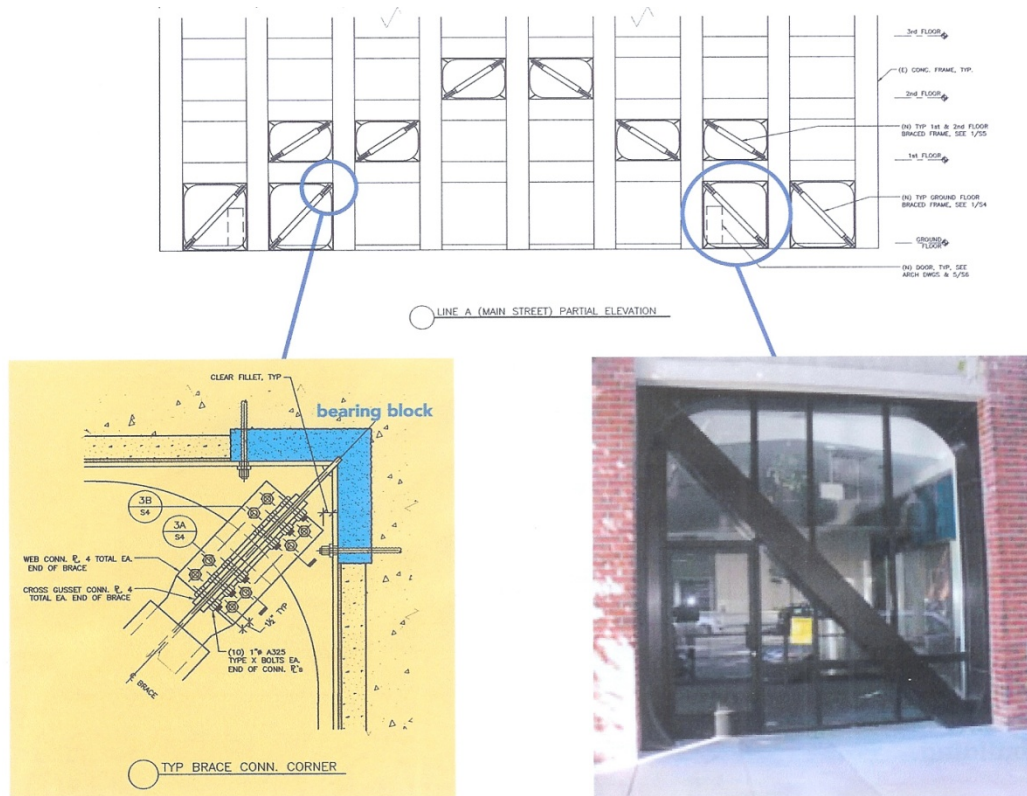
2.2) Εμμεσοι: Ένας εναλλακτικός τρόπος για την ενίσχυση μιας κατασκευής με μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας είναι η εισαγωγή στο δομικό σύστημα της κατασκευής, προκατασκευασμένων κλειστών πλαισίων με συνδέσμους δυσκαμψίας, είτε κεντρικούς είτε έκκεντρους, τα οποία θα συνδέονται με το υπάρχον πλαίσιο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



Σχήμα 6. Καμπτικό πλαίσιο με τους διατμητικούς συνδέσμους (αριστερά). Μεταλλικά προκατασκευασμένα κλειστά πλαίσια με συνδέσμους δυσκαμψίας (δεξιά)[7]

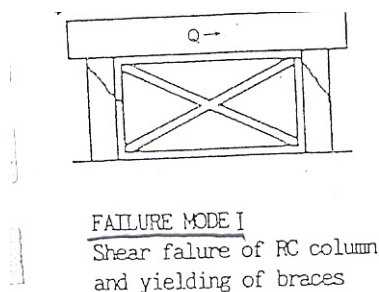


Πέρα από τη μείωση των πλευρικών παραμορφώσεων λόγω της ύπαρξης του μεταλλικού προκατασκευασμένου πλαισίου μπορεί να παραληφθεί μέρος του επιπρόσθετου κατακόρυφου φορτίου κατά τη διαρροή των υποστυλωμάτων. Όμως, από την άλλη πλευρά, σε αυτές τις περιπτώσεις ενίσχυσης πρέπει να λάβουμε υπόψη και το γεγονός της διαφορετικής δυναμικής συμπεριφοράς του υφιστάμενου πλαισίου οπλισμένου σκυροδέματος και του μεταλλικού πλαισίου.



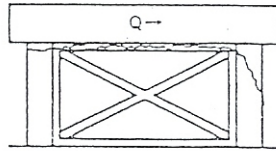
Σχήμα 7. Ενίσχυση με έμμεσους κεντρικούς συνδέσμους [8]

Ο πρώτος τρόπος αστοχίας είναι 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.



Σχήμα 8. Πρώτος τρόπος αστοχίας[7]

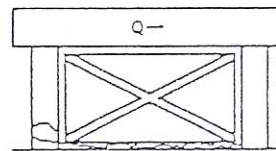
Ο δεύτερος τρόπος αστοχίας οφείλεται στην αστοχία των διατμητικών ήλων ή στην αστοχία λόγω σύνθλιψης άντυγας του σκυροδέματος. Αυτό οδηγεί σε διατμητική αστοχία των υποστλωμάτων.



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

Σχήμα 9. Δεύτερος τρόπος αστοχίας.[7]

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



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

Σχήμα 10. Τρίτος τρόπος αστοχίας[7]

#### 4. ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΕΣ ΣΥΝΗΘΕΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΝΤΑΙΟ

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.

#### 4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΣΥΝΔΕΛΜΟΥΣ 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.

- Εύκολη πρόσβαση στα μέλη, με σκοπό τον έλεγχο για πιθανές φθορές, αλλοιώσεις και διαβρώσεις.
- Πλάστιμη συμπεριφορά της κατασκευής.
- Απορρόφηση μεγάλου ποσοστού της σεισμικής ενέργεια.
- Βοηθάει στη διατήρηση των ανοιγμάτων ώστε να περνάει φως στον χώρο.
- Ο χάλυβας αποτελεί ένα προϊόν 100% ανακυκλώσιμο.

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

Ένα βασικό πρόβλημα που συχνά χρίζει αντιμετώπισης 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 αντίφαση με την ανεπάρκεια του υφιστάμενου πλαισίου που όμως τελικά αυτό θα πρέπει να μεταφέρει τις δράσεις στη θεμελίωση και ακολούθως στο έδαφος. Επομένως μια λύση είναι να ενισχύσουμε τοπικά τα σημεία σύνδεσης με μανδύα. Έτσι δεν θα αστοχήσει πρόωρα το υποστύλωμα και θα μπορέσει 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 αντιμετωπίζεται 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 ποια 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 κοιτοστρωσης αποτελεί λύση. Επίσης πρέπει να διασφαλίσουμε και την επάρκεια του εδάφους η οποία μπορεί να γίνει με την έμπηξη πασσάλων.

## **6. 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 εκτέλεσης εργασιών και χωρίς μεγάλη παρενόχληση της λειτουργίας του κτιρίου. Είναι ένας τρόπος να βελτιώσουμε τη δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής προσδίδοντας πλαστιμότητα, δυσκαμψία και αντοχή, όχι όμως σε υπερβολικό βαθμό. Για ακόμα πιο δραστικές αλλαγές στον φορέα, με εντονότερα αποτελέσματα στην αντοχή, δυσκαμψία και πλαστιμότητα θα πρέπει να καταφύγουμε σε λύσεις όπως τα τοιχώματα και οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας με μεταλλικό κορμό και περίσφιξη από σκυρόδεμα που αποδίδουν εξίσου μεγάλες αντοχές σε εφελκυσμό και θλίψη εφόσον αποτρέπεται ο λυγισμός[9]. Η χρήση αυτών των μεθόδων συνιστάται σε κατασκευές υψηλής σημασίας που θέλουμε να αποτρέψουμε τις έντονες βλάβες και να εξασφαλίσουμε την λειτουργικότητα του κτιρίου.

αξίζει να αναφέρουμε ότι είναι πολύ σημαντικός και ο αριθμός αλλά και η διάταξη των συνδέσμων δυσκαμψίας στην κατασκευή. Απαραίτητη κρίνεται η ύπαρξη συνδέσμων και στις δυο 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 σωστό να υπάρχουν σύνδεσμοι δυσκαμψίας σε όλο το ύψος της κατασκευής.

## **7. 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 Internanionale du Beton, Proceedings Of The 2<sup>nd</sup> 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 Tecnology, 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
- Επίσης χρησιμοποιήθηκαν: "Eurocode 8" , "AISC Seismic Provisions for Structural Steel Buildings"

