

5° Κεφάλαιο

Αποκαταστάσεις σε μεταλλικά κτίρια

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

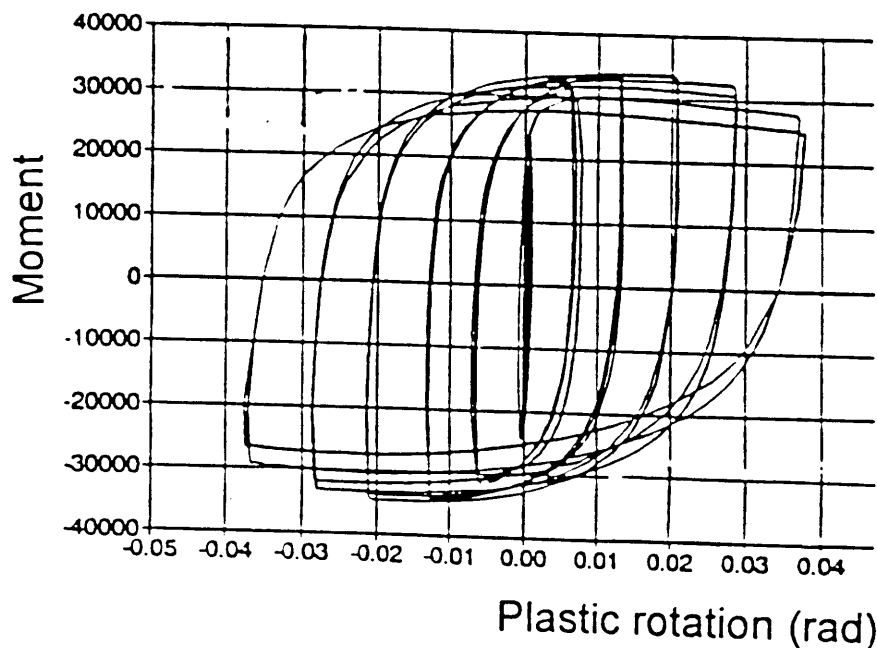
5.1 Εισαγωγή	5-1
5.2 Κόμβοι δοκού - υποστυλώματος	5-3
5.2.1 Γενικά	5-3
5.2.2 Οι συνήθως παρουσιαζόμενες βλάβες και οι λόγοι που τις προκαλούν	5-4
5.2.3 Τρόποι επισκευής	5-7
5.3 Διαγώνιες ράβδοι δικτυωτών συνδέσμων δυσκαμψίας χωρίς εκκεντρότητα	5-11
5.3.2 Οι συνήθως παρουσιαζόμενες βλάβες και οι τρόποι επέμβασης	5-12
5.3.3 Κανόνες για το σχεδιασμό των διαγώνιων ράβδων	5-13
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	5-15

5.1 Εισαγωγή

Ο χάλυβας χρησιμοποιούμενος ως υλικό για το φέροντα οργανισμό δομικών έργων, θεωρείται ότι διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα σχετικά με τη δυνατότητα σχεδιασμού αντισεισμικών κατασκευών. Τα πλεονεκτήματα αυτά συνδέονται με το μικρό βάρος των κτιρίων από χάλυβα, την ολκιμότητα που ο χάλυβας διαθέτει ως υλικό αλλά και την ευχέρεια με την οποία στα κτίρια αυτά διαμορφώνονται σαφώς στοιχεία ικανά να απορροφήσουν σεισμική ενέργεια, ώστε να αμβλύνονται τα αποτελέσματα των σεισμικών διεγέρσεων. Κατά τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των εφαρμογών του χάλυβα στα δομικά έργα έχει σημαντικά αυξηθεί και στην Ελλάδα, ώστε οι μέθοδοι επισκευών σε περίπτωση βλαβών από σεισμικές δονήσεις αλλά και οι περιορισμοί που πρέπει να τηρούνται για να αποφεύγονται τέτοιες βλάβες, να παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

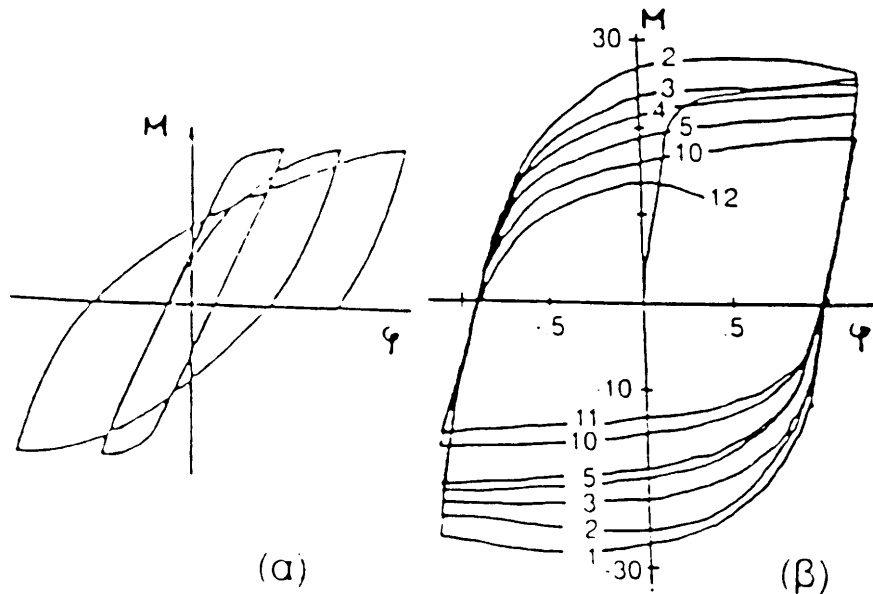
Κεντρικό μέλημα κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό των έργων είναι η μόρφωσή τους κατά τρόπο ώστε να παρέχεται η δυνατότητα σε εκ των προτέρων καθορισμένα μέλη (πλάστιμα μέλη) να απορροφούν, υπό την ανακυκλιζόμενη σεισμική διέγερση, μέρος της εισαγόμενης στην κατασκευή σεισμικής ενέργειας, μέσω ανάπτυξης μετελαστικών παραμορφώσεων. Περιορίζεται έτσι το μέρος της ενέργειας που μετατρέπεται σε κίνηση και εντεύθεν σε παραμόρφωση και ένταση.

Στις περιοχές απορρόφησης ενέργειας επιδιώκεται η χρησιμοποίηση διατομών και διατάξεων τέτοιων ώστε να μην παρατηρείται, κατά τους διαδοχικούς κύκλους φόρτισης, σταδιακή απομείωση της διατιθέμενης αντοχής ή της διατιθέμενης δυσκαμψίας ή της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας. Η συμπεριφορά μίας διατομής, μίας σύνδεσης ή μίας διάταξης, κατά την ανακυκλιζόμενη φόρτιση, παρακολουθείται μέσω των υστερητικών βρόχων. Οι βρόχοι που φαίνονται στο Σχήμα 5.1 αντιστοιχούν στη σχέση καμπτικής ροπής – στροφής μίας δοκού υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Παρατηρούμε ότι, κατά τους διαδοχικούς κύκλους φόρτισης τόσο η αντοχή όσο και η δυσκαμψία της διατηρούνται.



Σχήμα 5-1: Υστερητική συμπεριφορά δοκού σε όρους καμπτικής ροπής - πλαστικής στροφής.

Στο διάγραμμα του Σχήματος 5.2α η αντοχή του στοιχείου διατηρείται όχι όμως και η δυσκαμψία του ενώ στο Σχήμα 5.2β η μεν δυσκαμψία παραμένει σταθερή, αλλά η αντοχή σταδιακά απομειώνεται. Σε άλλες, τέλος, περιπτώσεις η απώλεια της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας (πλαστιμότητας) εκφράζεται μέσω βρόχων με σταδιακά απομειούμενο εμβαδόν, όπως θα φανεί και σε περίπτωση που ακολουθεί.



Σχήμα 5-2: Υστερητικοί βρόχοι (α) με φθίνουσα δυσκαμψία και (β) με φθίνουσα αντοχή.

Ο σαφής καθορισμός των περιοχών απορρόφησης ενέργειας σε ένα φορέα, μέσω της κατάλληλης μόρφωσης και της τήρησης των ικανοτικών περιορισμών και η εξασφάλιση ευσταθών βρόχων (που δεν παρουσιάζουν φθίνοντα χαρακτηριστικά κατά την ανακυκλιζόμενη φόρτιση) αποτελούν προϋποθέσεις για ικανοποιητική απόκριση της κατασκευής σε περίπτωση σεισμού και μπορούν να εξασφαλιστούν μέσω ενός καλού σχεδιασμού και αναβαθμισμένης ποιότητας στην εκτέλεση του έργου. Επιτυχής σχεδιασμός και υψηλή ποιότητα εκτέλεσης στα έργα αποτελούν επαρκείς συνθήκες για την πρόληψη αστοχιών από τους σεισμούς.

Ο τρόπος παραλαβής των οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων στα σιδηρά δομικά έργα μπορεί, γενικά, να γίνεται μέσω πλαισίων, τα οποία έχουν δυνατότητα παραλαβής ροπών στους κόμβους τους (moment - resisting frames) ή μέσω κατακόρυφων συνδέσμων δυσκαμψίας. Στην πρώτη περίπτωση ζώνες απορρόφησης ενέργειας είναι οι περιοχές των δοκών στις οποίες πραγματοποιούνται οι συνδέσεις προς τα υποστυλώματα, δηλαδή οι περιοχές στις οποίες αναμένεται ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων. Επομένως, τυχόν βλάβες μετά από σεισμική διέγερση είναι πιθανόν να παρουσιαστούν στις περιοχές αυτές.

Στην περίπτωση που διατάσσονται κατακόρυφοι (μεταξύ υποστυλωμάτων) σύνδεσμοι δυσκαμψίας οι συνηθέστερες διατάξεις, οι οποίες συγχρόνως διαθέτουν σημαντικές τιμές του συντελεστή μεταελαστικής συμπεριφοράς, είναι οι δικτυωτοί σύνδεσμοι χωρίς εκκεντρότητα και οι σύνδεσμοι με έκκεντρη διάταξη των διαγώνιων ράβδων. Στην πρώτη περίπτωση η εφελκούμενη διαγώνιος προορίζεται να απορροφήσει σεισμική ενέργεια, όπου επομένως αναμένονται ζημιές σε περίπτωση σημαντικής σεισμικής διέγερσης. Στη δεύτερη περίπτωση ζώνες απορρόφησης

ενέργειας είναι οι δοκοί σύζευξης, οι οποίες, αναλόγως του σχετικού μήκους τους, μπορεί να διαρρεύσουν καμπτικά ή διατμητικά.

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται βλάβες που συνδέονται με τους κόμβους δοκού - υποστυλώματος, τις διαγώνιες ράβδους δικτυωτών συνδέσμων δυσκαμψίας χωρίς εκκεντρότητα καθώς επίσης βλάβες που παρουσιάζονται σε άλλα στοιχεία της κατασκευής. Σε κάθε περίπτωση επεξηγούνται τα αίτια των ζημιών και προτείνονται τρόποι επισκευής και αποκατάστασης.

5.2 Κόμβοι δοκού - υποστυλώματος

5.2.1 Γενικά

Η σεισμική απόκριση ενός πλαισίου θα είναι ικανοποιητική και η σχετικά υψηλή τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q , η οποία επιτρέπεται να ληφθεί υπ' όψη κατά την ανάλυση, δικαιολογημένη, μόνον εάν οι συνδέσεις μεταξύ των μελών του πλαισίου παρουσιάζουν (α) επαρκή αντοχή ώστε να επιτρέπουν το σχηματισμό του επιθυμητού πλαστικού μηχανισμού κατάρρευσης (β) επαρκή δυσκαμψία ώστε να δικαιολογείται η παραδοχή των πλήρως άκαμπτων κόμβων που συνήθως γίνεται στην ανάλυση και (γ) κατάλληλη διαμόρφωση που να επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων ανακυκλιζόμενων ανελαστικών παραμορφώσεων (με αντίστοιχη δυνατότητα απορρόφησης σεισμικής ενέργειας) επιπλέον δε να διατηρούν τις ιδιότητες αυτές κατά τη διάρκεια ικανού αριθμού κύκλων φόρτισης.

Στα μεταλλικά πλαίσια, πλάστιμα μέλη είναι τα οριζόντια ζυγώματα (δοκοί) από τα οποία προσδοκάται η απορρόφηση σεισμικής ενέργειας μέσω της ανάπτυξης πλαστικών παραμορφώσεων στις θέσεις σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων. Τέτοιες θέσεις είναι κατά κανόνα οι συμβολές των δοκών με τα υποστυλώματα, στις οποίες πραγματοποιούνται οι αναγκαίες μεταξύ τους συνδέσεις. Είναι, επομένως, αναμενόμενο τυχόν βλάβες κατά τη διάρκεια σεισμικών καταπονήσεων να απαντώνται, πολλές φορές, στις θέσεις αυτές.

Ως συνδέσεις στα προηγούμενα δεν νοούνται μόνον τα συνδετικά μέσα (κοχλίες, συγκολλήσεις) αλλά οι κόμβοι στο σύνολό τους. Έτσι, η συμπεριφορά μίας σύνδεσης επηρεάζεται, εκτός από τα συνδετικά μέσα, από τις διαστάσεις (πάχος, πλάτος) των στοιχείων (κορμών – πελμάτων) των διατομών από τις οποίες είναι διαμορφωμένα τα μέλη (δοκοί – υποστυλώματα) που συμβάλουν στον κόμβο καθώς επίσης από την παρουσία ενισχυτικών ελασμάτων (επικολλημένες λάμες, νευρώσεις) των στοιχείων αυτών.

Δεδομένου ότι η συμπεριφορά των συνδέσεων υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση δεν έχει επαρκώς διερευνηθεί, πολλοί δε τύποι συνδέσεων δεν διαθέτουν σημαντική ικανότητα στροφής και γενικά δυνατότητα πραγματοποίησης σημαντικών πλαστικών παραμορφώσεων, επιδιώκεται κατά το σχεδιασμό τυχόν πλαστική άρθρωση να σχηματισθεί σε διατομή της δοκού και όχι στην περιοχή του κόμβου. Για το λόγο αυτό οι κόμβοι σχεδιάζονται, κατά τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό αλλά και τον Ευρωκώδικα 8 με υπεραντοχή 20% ως προς τη συνδεόμενη δοκό. Σύνδεση, ωστόσο με εσωραφές πλήρους διεισδύσεως θεωρείται ότι ικανοποιεί τον παραπάνω περιορισμό.

5.2.2 Οι συνήθως παρουσιαζόμενες βλάβες και οι λόγοι που τις προκαλούν

Αστοχία στην περιοχή ενός συγκολλητού κόμβου μπορεί να προέλθει από ρηγμάτωση του υλικού συγκόλλησης, από τοπικό λυγισμό στοιχείων των δοκών (πέλματα, κορμός) ή από ρηγμάτωση του βασικού υλικού στη δοκό ή το υποστύλωμα. Επειδή η περιοχή του άνω πέλματος της δοκού λόγω της συνήθους παρουσίας πατώματος από χαλυβδοέλασμα ή από σκυρόδεμα (σύμμικτη κατασκευή) είναι πλευρικά προστατευμένη, ενισχυμένη και συνήθως πλησιέστερα προς το κέντρο βάρους της συνολικής διατομής καταπονείται λιγότερο από το κάτω πέλμα. Για το λόγο αυτό, αλλά και πολλούς άλλους που συνοπτικά παρουσιάζονται στη συνέχεια, αστοχία στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται λόγω τοπικού λυγισμού του κάτω πέλματος της δοκού ή λόγω ρηγματώσεως της ραφής σύνδεσής του προς το υποστύλωμα.

Η αστοχία του υλικού συγκόλλησης αρχίζει από ένα σημείο συγκέντρωσης τάσεων, όπου η αναπτυσσόμενη ένταση κατά τη σεισμική καταπόνηση υπερβαίνει την αντοχή της ραφής. Η αρχικά εκδηλούμενη περιορισμένη ρωγμή επεκτείνεται σταδιακά κατά τους διαδοχικούς κύκλους φόρτισης με αποτέλεσμα, όπως απεικονίζεται και στους αντίστοιχους διαδοχικούς υστερητικούς βρόχους, να παρουσιάζεται βαθμιαία μείωση της αντοχής και της δυσκαμψίας του κόμβου.

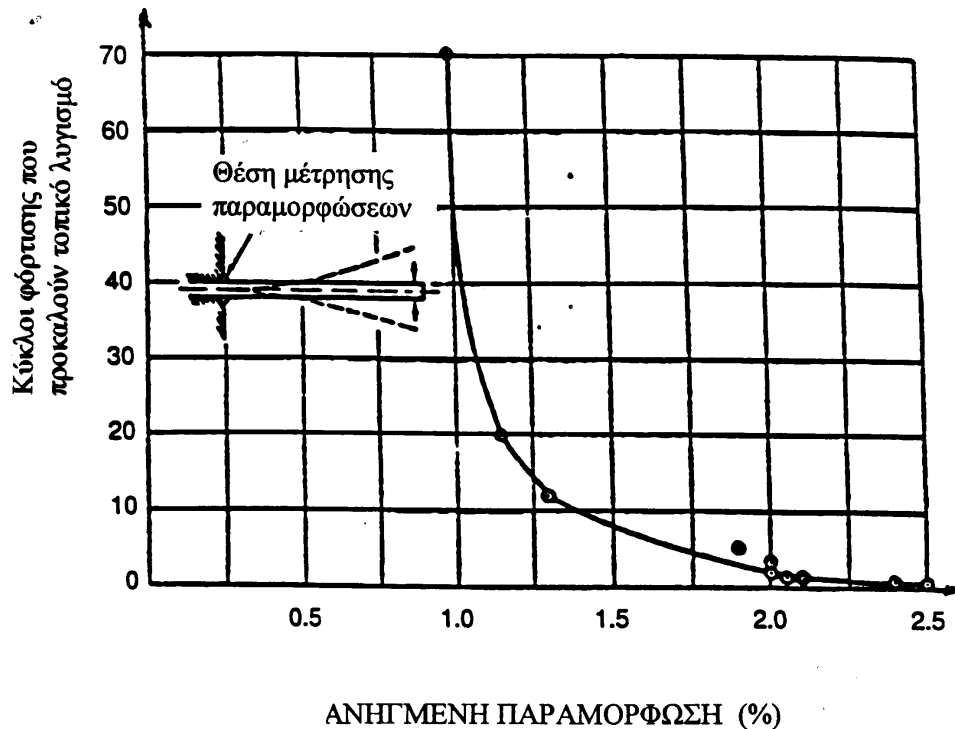
Για την αστοχία του υλικού συγκόλλησης μπορούν να συμβάλουν, επιπλέον των όσων αναφέραμε προηγουμένως, και οι ακόλουθοι παράγοντες που αναφέρονται είτε γενικά σε κάθε ραφή είτε ειδικότερα στις ραφές κάτω πέλματος δοκών – υποστυλμάτων:

- Η κακή ποιότητα της συγκόλλησης που γίνεται από μη ειδικευμένο προσωπικό, χωρίς να τηρούνται οι απαραίτητες διαδικασίες.
- Ο ελλιπής ποιοτικός έλεγχος των εκτελούμενων ραφών.
- Τιμή της τάσεως διαρροής του βασικού υλικού της δοκού μεγαλύτερη της ονομαστικής (άνω τιμή της τάσεως διαρροής), οπότε μπορεί στη δοκό να αναπτυχθεί πλαστική ροπή υπερβαίνουσα την αντοχή της συγκόλλησης.
- Αυξημένη τιμή της τάσεως διαρροής του βασικού υλικού της δοκού λόγω σημαντικής τιμής της ταχύτητας φορτίσεως. Ο συνδυασμός των δύο άνω παραγόντων και μπορεί να δώσει υλικό με τάση διαρροής που έχει τιμή κατά 20%, ή και πλέον, μεγαλύτερη της ονομαστικής.
- Η χρησιμοποίηση υλικού με περιορισμένη ολκιμότητα, όπως αυτή μετρίεται με τη δοκιμασία ανθεκτικότητας εγκοπής, για την κατασκευή του βασικού υλικού ορισμένων ηλεκτροδίων.
- Η δυσμενής θέση από την οποία ο ηλεκτροσυγκολλητής, εκ των κάτω, εκτελεί, πολλές φορές τη ραφή κάτω πέλματος δοκού – υποστυλώματος, όταν αυτή εκτελείται στο εργοτάξιο (συγκόλληση ουρανός).
- Η διακοπή της εκτέλεσης των παραπάνω ραφών, σε άλλες περιπτώσεις, από τον κορμό της δοκού.

Όσον αφορά τους κοχλιωτές συνδέσεις κατά κανόνα διαμορφώνονται δύσκαμπτοι κοχλιωτοί κόμβοι. Για τους ημιάκαμπτους κόμβους δεν υπάρχουν επαρκή πειραματικά δεδομένα ως προς τη συμπεριφορά τους υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση και επομένως δεν χρησιμοποιούνται ακόμη σε σεισμικές περιοχές.

Ως προς το ελεύθερο κάτω πέλμα της δοκού η αντοχή του συνδέεται προς το πάχος του και ακριβέστερα το λόγο του πλάτους προς το πάχος του. Σε πολλές περιπτώσεις όταν στους διαδοχικούς κύκλους η στάθμη φόρτισης υπερβαίνει τη στάθμη διαρροής και καταλείπει πλαστικές παραμορφώσεις τότε, όπως πειραματικά

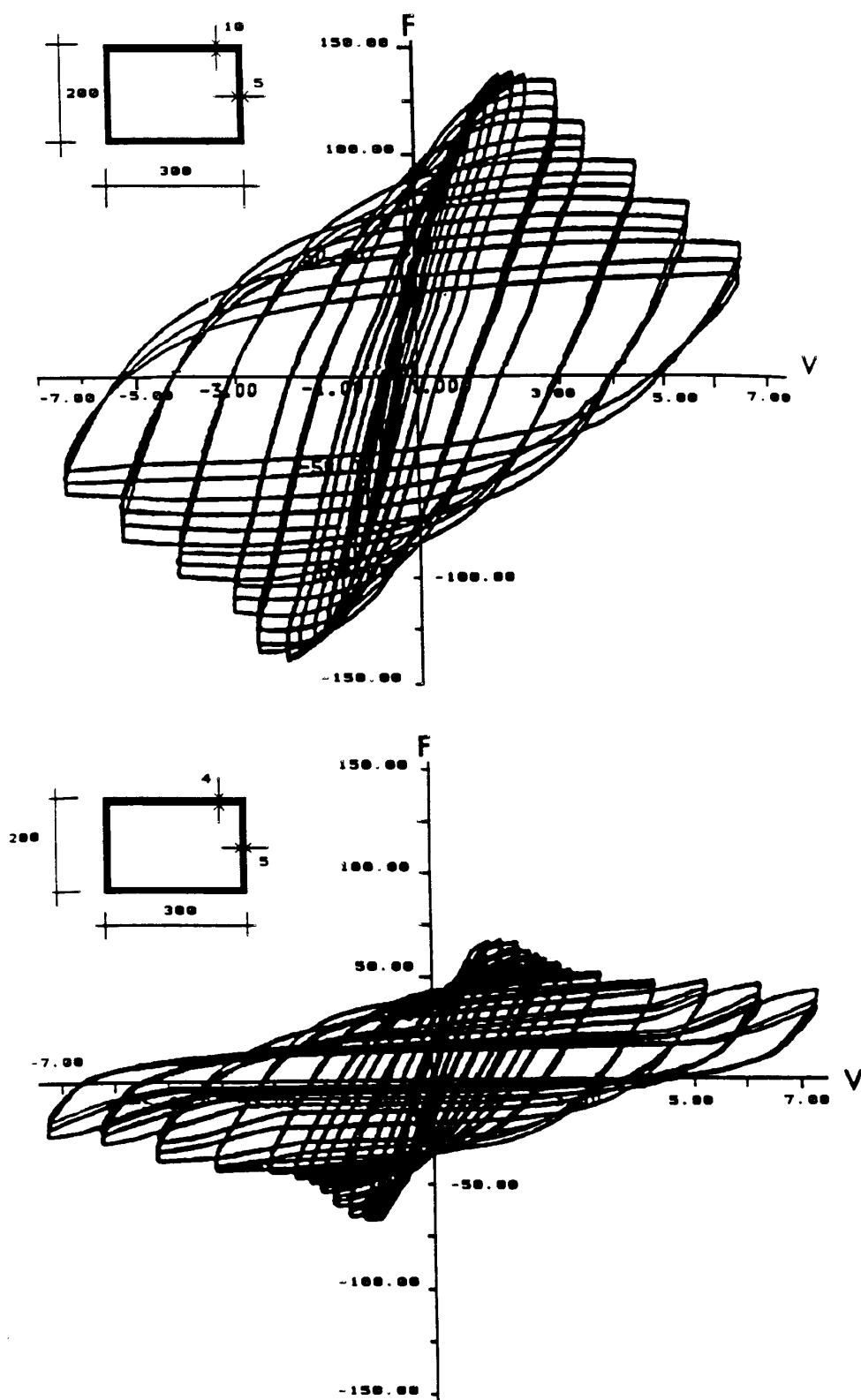
διαπιστώνεται, το καταπονούμενο στοιχείο μπορεί να δεχτεί, προ της αστοχίας του μέσω τοπικού λυγισμού, ένα περιορισμένο αριθμό κύκλων φόρτισης που μπορεί να ονομάζεται «αντοχή σε ολιγοκυκλική κόπωση». Στο Σχήμα 5.3, που απεικονίζει αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων σε πρόβολο, φαίνεται ότι ο αριθμός κύκλων που προκαλεί τοπικό λυγισμό εξαρτάται από το εύρος της ανακυκλιζόμενης πλαστικής παραμόρφωσης.



Σχήμα 5-3: Αριθμός κύκλων για αστοχία σε τοπικό λυγισμό συναρτήσει της ανακυκλιζόμενης πλαστικής παραμόρφωσης, σε διατομές διπλών ταυ.

Έτσι, για παράδειγμα, στην περίπτωση του Σχήματος 5.3 η δοκός υπό ανακυκλιζόμενη ανηγμένη παραμόρφωση 1% αντέχει μέχρι τον πεντηκοστό κύκλο, ενώ για εύρος ανακυκλιζόμενης παραμόρφωσης 1,5% αστοχία επέρχεται στον όγδοο κύκλο φόρτισης.

Μετά την πρώτη εκδήλωση του τοπικού λυγισμού, το εύρος του λυγισμένου τμήματος του πέλματος διευρύνεται σε κάθε επόμενο κύκλο (σταδιακή μείωση του ενεργού πλάτους του πέλματος) και οι αντίστοιχοι βρόχοι απεικονίζουν τη μείωση της αντοχής, της δυσκαμψίας αλλά και της πλαστιμότητας (βρόχοι μειωμένου εμβαδού). Ο ρυθμός μείωσης των προηγούμενων χαρακτηριστικών της δοκού συνδέεται επίσης και με το σχετικό πάχος των στοιχείων της δοκού. Στο Σχήμα 5.4 φαίνεται συγκριτικά για δύο δοκούς με τις ίδιες εξωτερικές διαστάσεις κιβωτοειδούς διατομής και διαφορετικά πάχη, η διαφορά στο ρυθμό αποδιοργάνωσης της διατομής.



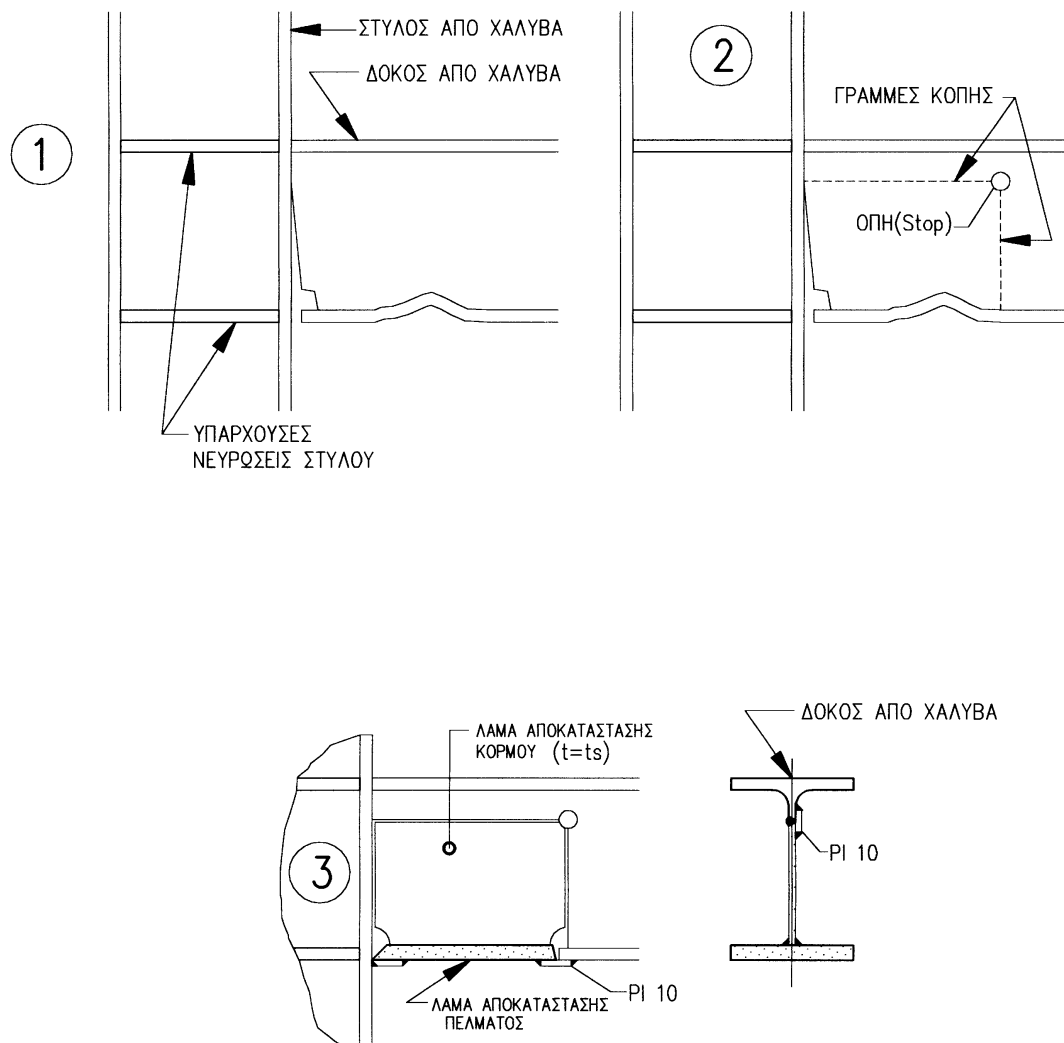
Σχήμα 5-4: Συμπεριφορά κιβωτοειδών διατομών με διαφορετικά πάχη υπό ανακυκλιζόμενη κάμψη.

5.2.3 Τρόποι επισκευής

Με βάση τα όσα προηγουμένως αναφέρθηκαν, παρουσιάζονται στη συνέχεια οι συνήθεις βλάβες στους κόμβους πλαισίων και προτείνονται τρόποι επισκευής.

5.2.3.1 Τοπικός λυγισμός κάτω πέλματος δοκού σε συνδυασμό με αστοχία των ραφών κάτω πέλματος και κορμού

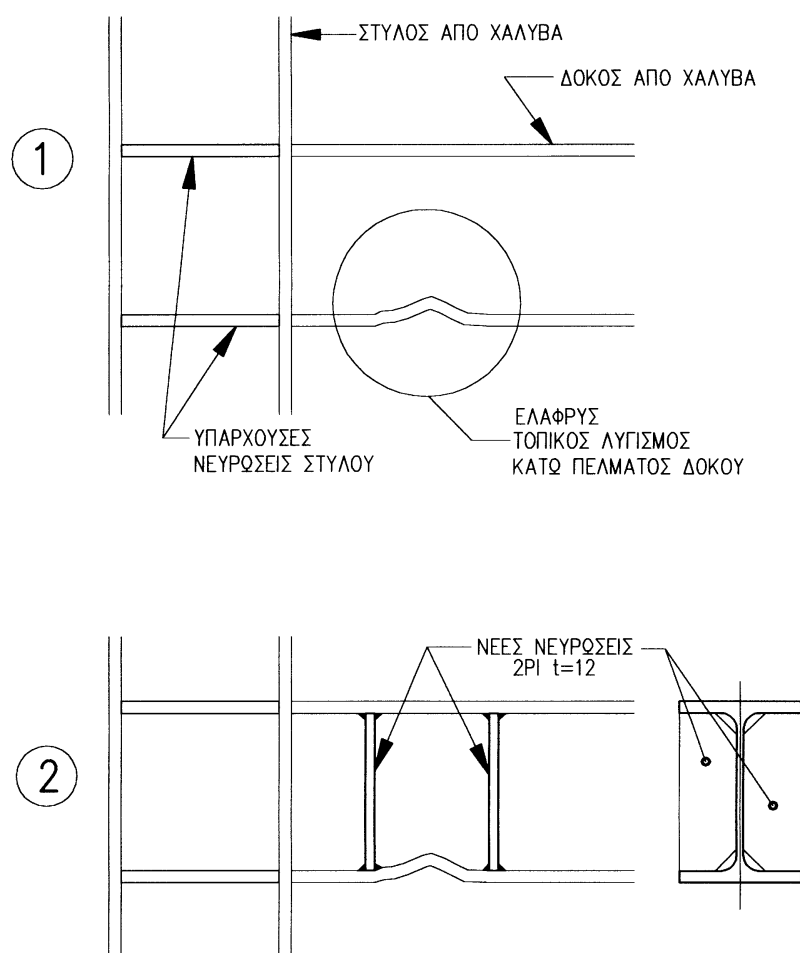
Η διαδικασία αποκατάστασης φαίνεται στο Σχήμα 5.5 και περιλαμβάνει: χάραξη των γραμμών κοπής, διάνοιξη οπών στα άκρα των γραμμών κοπής, κοπή και απομάκρυνση του κατεστραμμένου τμήματος, λοξές αποτομήσεις για την υποδοχή των ραφών, εισαγωγή του νέου τεμαχίου και εκτέλεση των ραφών συγκόλλησης.



Σχήμα 5-5: Επισκευή σύνδεσης δοκού - υποστυλώματος με αστοχία στο πέλμα της δοκού και τις συγκολλήσεις.

5.2.3.2 Περιορισμένος τοπικός λυγισμός κάτω πέλματος δοκού

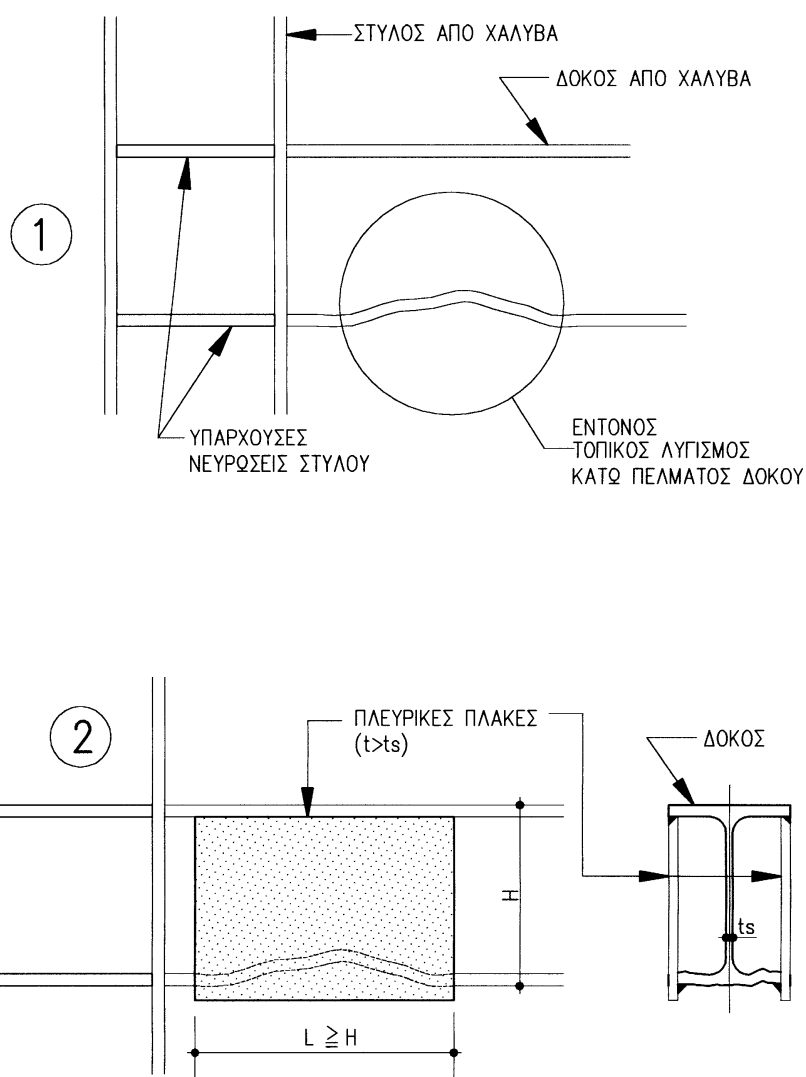
Η αποκατάσταση γίνεται μέσω αμφίπλευρων νευρώσεων του κορμού όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.6.



Σχήμα 5-6: Αποκατάσταση ρηγματωμένης ραφής κάτω πέλματος δοκού με υποστήλωμα.

5.2.3.3 Τοπικός λυγισμός κάτω πέλματος δοκού με σχετικά μεγάλη παραμόρφωση

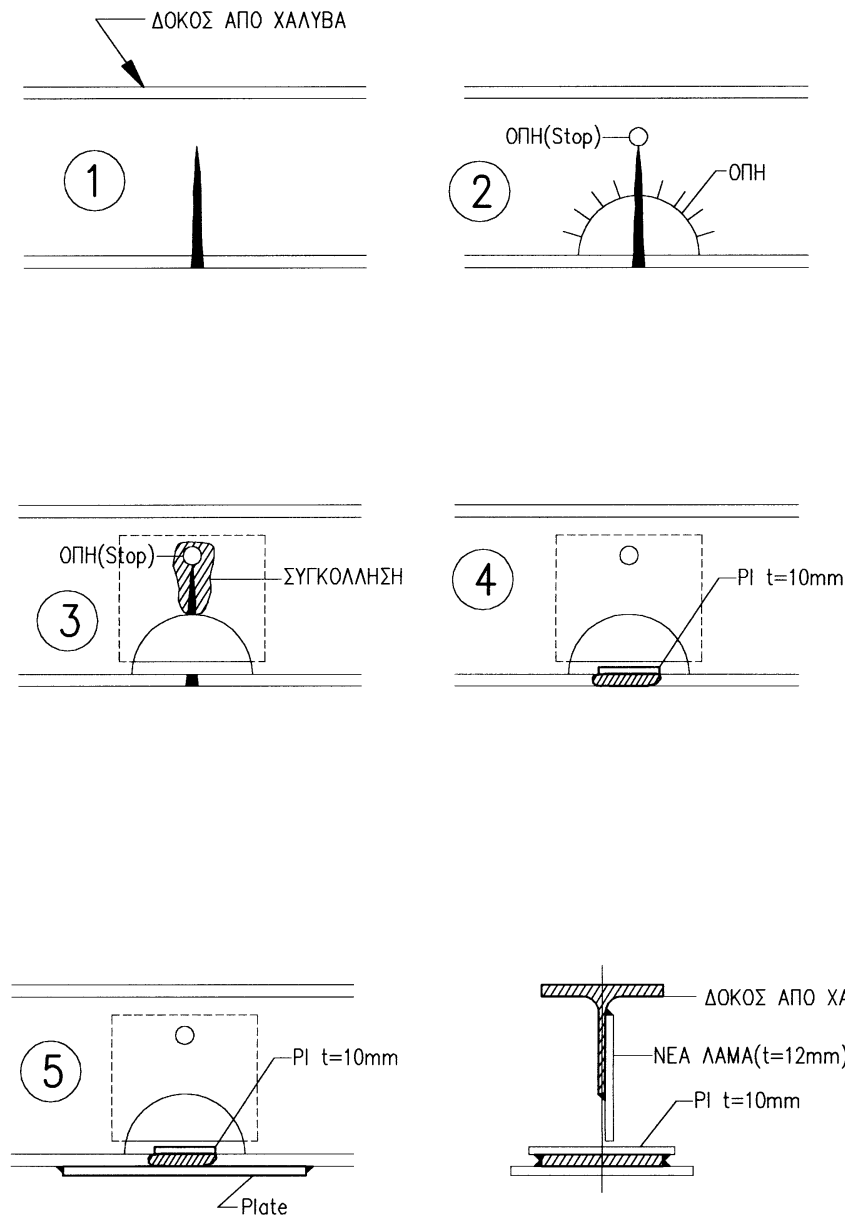
Η αποκατάσταση γίνεται με πλευρικές ενισχυτικές λεπίδες όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.7.



Σχήμα 5-7: Αποκατάσταση λυγισμένου κάτω πέλματος δοκού μέσω πλευρικών λεπίδων.

5.2.3.4 Ρηγμάτωση του βασικού μετάλλου στη δοκό

Η αποκατάσταση γίνεται κατά τη διαδικασία που φαίνεται στο Σχήμα 5.8 και περιλαμβάνει τις εξής φάσεις: διάνοιξη οπής στο άκρο της ρωγμής, διαμόρφωση ανοίγματος πρόσβασης δια του κορμού για την εκτέλεση της συγκόλλησης του πέλματος, διαμόρφωση και προεργασία στο ρηγματωμένο τμήμα του κορμού, και εκτέλεση ραφής συγκόλλησης, συγκόλληση επί του κορμού μεταλλικής πλάκας με αντίστοιχη προς τον κορμό οπή, διαμόρφωση αυλακιού για την υποδοχή του υλικού συγκόλλησης στο πέλμα μετά την τοποθέτηση υποδοχέα, συγκόλληση επί του πέλματος μεταλλικής πλάκας αποκατάστασης της συνέχειάς του.

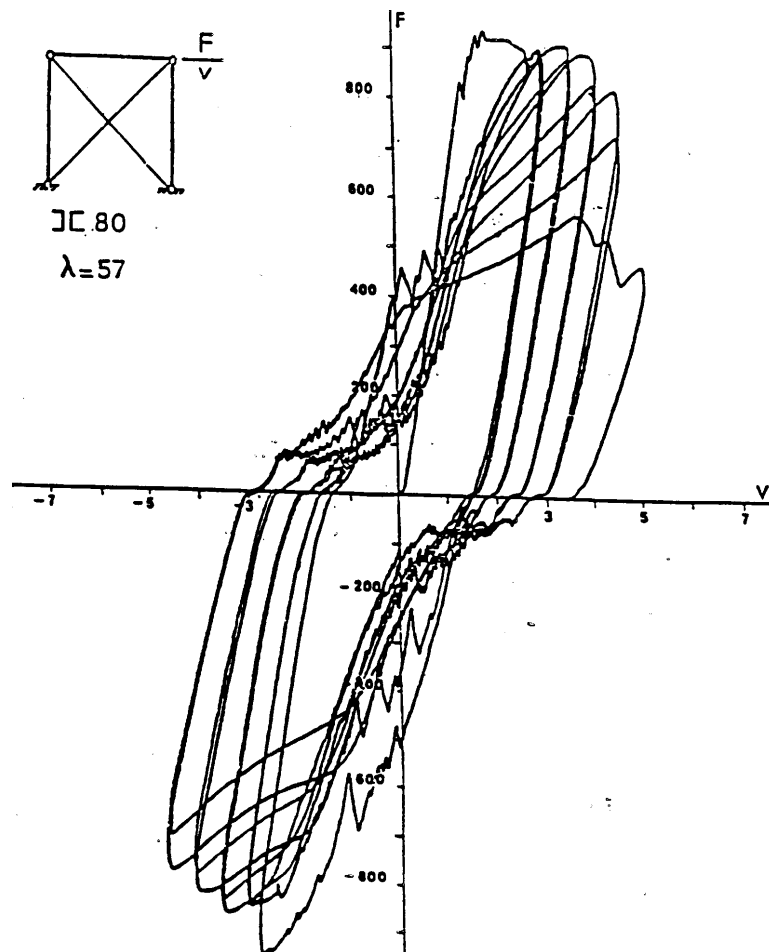


Σχήμα 5-8: Αποκατάσταση δοκού με αστοχία υλικού στο πέλμα και τον κορμό.

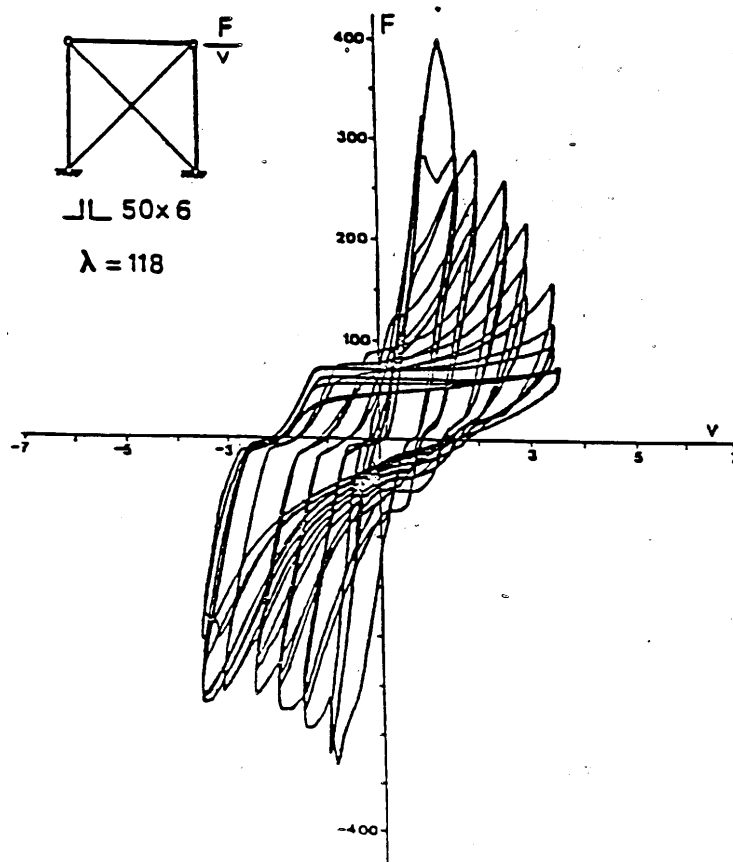
5.3 Διαγώνιες ράβδοι δικτυωτών συνδέσμων δυσκαμψίας χωρίς εκκεντρότητα

5.3.1.1 Γενικά

Η συνήθης μορφή των κατακόρυφων συνδέσμων δυσκαμψίας στα σιδηρά κτίρια περιέχει διαγώνιες ράβδους μορφής Χ. Στους συνδέσμους αυτούς πλάστιμο μέλος είναι η εφελκυστική διαγώνιος από την οποία προσδοκείται να αναπτύξει πλαστικές παραμορφώσεις υπό το σεισμό σχεδιασμού. Η διαστασιολόγηση των διαγωνίων ράβδων γίνεται αγνοουμένης της θλιβομένης διαγωνίου. Εν τούτοις, σημασία αποδίδεται στον περιορισμό της λυγηρότητας των ράβδων αυτών δεδομένου ότι οι βρόχοι υστέρησης για ανακυκλιζόμενη φόρτιση συνδέσμου με διαγώνιους μικρότερης λυγηρότητας είναι σημαντικά ευτραφέστεροι συγκρινόμενοι με τους αντίστοιχους για ράβδους μεγαλύτερης λυγηρότητας. Διαφοροποιείται, επομένως, σημαντικά στις δύο περιπτώσεις και η ικανότητα απορρόφησης σεισμικής ενέργειας. Σχετική είναι η διάταξη του Αντισεισμικού Κανονισμού για περιορισμό της ανηγμένης λυγηρότητας των διαγωνίων ράβδων σε συνδέσμους δυσκαμψίας χωρίς εκκεντρότητα ($\lambda < 1,5$). Στο σχήμα 5.9 φαίνεται η μορφή τέτοιων βρόχων σε χιαστί συνδέσμους δυσκαμψίας, μονώροφου κτιρίου, με διαγώνιες ράβδους μικρής λυγηρότητας ($\lambda=57$), ενώ στο Σχήμα 5.10 οι διαγώνιες ράβδοι έχουν μεγάλη λυγηρότητα ($\lambda=118$).



Σχήμα 5-9: Βρόχοι υστέρησης σε κατακόρυφο σύνδεσμο δυσκαμψίας μορφής Χ με διαγώνιες ράβδους μικρής λυγηρότητας ($\lambda=57$).



Σχήμα 5-10: Βρόχοι υστέρησης σε κατακόρυφο σύνδεσμο δυσκαμψίας μορφής Χ με διαγώνιες ράβδους μεγάλης λυγηρότητας ($\lambda=118$).

5.3.2 Οι συνήθως παρουσιαζόμενες βλάβες και οι τρόποι επέμβασης

Οι κυριότερες βλάβες που μπορεί να παρατηρηθούν στις διαγώνιες ράβδους των συνδέσμων και τα αντίστοιχα μέτρα αποκατάστασης είναι τα ακόλουθα:

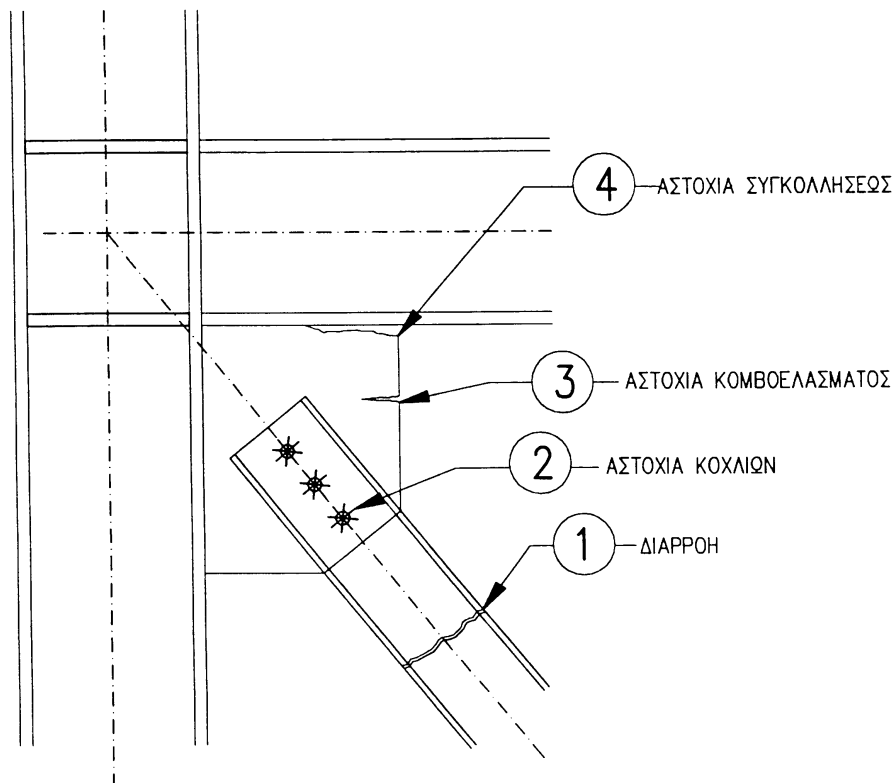
- Αστοχία της διαγωνίου από θραύση ή λυγισμό
Στην περίπτωση αυτή η διαγώνιος αντικαθίσταται με νέα.
- Διαρροή της διαγωνίου (Σχήμα 5.11, περίπτωση 1)
Εάν η παραμόρφωση της διαγωνίου δεν είναι μεγάλη δεν απαιτούνται μέτρα. Σε περίπτωση μεγάλων παραμορφώσεων η διαγώνιος πρέπει να αντικατασταθεί.
- Ολίσθηση των κοχλιών τριβής
Εάν η ολίσθηση είναι μικρότερη από 2 mm προτείνεται να εκτελούνται πρόσθετες ραφές συγκόλλησης μεταξύ διαγώνιας ράβδου και κομβοελάσματος. Σε περίπτωση μεγαλύτερης ολίσθησης πρέπει να αντικατασταθούν οι προεντεταμένοι κοχλίες.
- Θραύση των κοχλιών σύνδεσης της διαγώνιας ράβδου προς το κομβοέλασμα (Σχήμα 5.11, περίπτωση 2)
Προτείνεται αντικατάσταση των κοχλιών με κοχλίες τριβής και εκτέλεση πρόσθετων ραφών συγκόλλησης της διαγώνιας ράβδου προς το κομβοέλασμα.

- Θραύση του κομβοελάσματος (Σχήμα 5.11, περίπτωση 3)

Στην περίπτωση αυτή απομακρύνεται προσωρινά η διαγώνιος, αποξηλώνεται το κομβοέλασμα εξ ολοκλήρου, συγκολλάται νέο μεγαλύτερου πάχους και επανατοποθετείται η διαγώνιος.

- Αστοχία της συγκόλλησης κομβοελάσματος επί των λοιπών στοιχείων (Σχήμα 5.11, περίπτωση 4)

Διαμορφώνεται αυλάκωση υποδοχής υλικού συγκόλλησης κατά μήκος της ραφής που έχει αστοχήσει, επανεκτελείται η συγκόλληση και τοποθετούνται πρόσθετες εγκάρσιες προς το κομβοέλασμα λεπίδες ενίσχυσης.



Σχήμα 5-11: Βλάβες στις διαγώνιες ράβδους κατακόρυφων συνδέσμων δυσκαμψίας.

5.3.3 Κανόνες για το σχεδιασμό των διαγώνιων ράβδων

Για τον επιτυχή σχεδιασμό των διαγώνιων ράβδων πρέπει να τηρούνται οι περιορισμοί που προβλέπονται από τους κανονισμούς στα πλαίσια των γενικών αρχών που διέπουν τον αντισεισμικό σχεδιασμό:

- Η διαγώνιος ράβδος πρέπει να διαθέτει αντοχή θραύσης μεγαλύτερη της αντοχής διαρροής ώστε να αποφευχθεί ψαθυρός τρόπος αστοχίας.
- Η κοχλίωση της διαγώνιας ράβδου προς το κομβοέλασμα πρέπει να διαθέτει υπεραντοχή 20% ώστε να αποφευχθεί αστοχία της σύνδεσης προ της διαρροής της διαγώνιου.

- Για αντίστοιχη προσαυξημένη δράση πρέπει να σχεδιάζονται το κομβόελασμα και οι συγκολλήσεις του επί της λοιπής κατασκευής.
- Κρίσιμη για την αστοχία των κοχλιών πρέπει να είναι η σύνθλιψη άντυγας και όχι η διάτμηση του κορμού τους προκειμένου επίσης να αποφευχθεί ψαθυρός τρόπος αστοχίας. Ο περιορισμός αυτός μπορεί να ικανοποιείται με τη χρησιμοποίηση κοχλιών υψηλής αντοχής.
- Η ανηγμένη λυγνρότητα των διαγωνίων δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 1,5. Σε μεγάλα φατνώματα, με διαγωνίους μεγάλου μήκους η απαίτηση αυτή μπορεί να ικανοποιείται με τη χρησιμοποίηση σύνθετων διατομών (π.χ. δύο U συνδεδόμενα με λεπίδες σύνδεσης).
- Τα λοιπά στοιχεία του συνδέσμου δυσκαμψίας (κεφαλοδοκός, υποστυλώματα) πρέπει να σχεδιάζονται ικανοτικά ώστε να προηγείται η αστοχία της διαγωνίου.

Υπό τις προϋποθέσεις αυτές ο σύνδεσμος θα ανταποκριθεί ικανοποιητικά στο σεισμό σχεδιασμού. Για την καλή συμπεριφορά του συνδέσμου θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται μέριμνα ισοκατανομής της σεισμικής δύναμης μεταξύ των διαφόρων συνδέσμων δυσκαμψίας, ώστε να ικανοποιείται η υπόθεση που συνήθως γίνεται κατά την ανάλυση. Για το λόγο αυτό, εκτός άλλων μέτρων μεταφοράς των σεισμικών δυνάμεων, πρέπει να τηρείται ο συντελεστής σχεδιασμού με υπεραντοχή των οριζόντιων συστημάτων δυσκαμψίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βάγιας Ι. (1997), Συμμεκτές κατασκευές από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα, εκδ. Κλειδάριθμος, Αθήνα
2. Ballio G. and Calado L. (1986), Steel bent sections under cyclic loads: experimental and numerical approaches, *Costruzioni Metalliche*, No 1
3. Bertero V. and Popov E. (1965), Effect of large alternating strains of steel beams, *Journal of Structural Division, ASCE*, 9, p. 1 - 12
4. Bruneau M., Uang C. and Whittaker A. (1998), *Ductile Design of Steel Structures*, McGraw-Hill, New York
5. Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ. - 2000), Ο.Α.Σ.Π.
6. Eurocode 8 - Design provisions for earthquake resistance of structures - Part 1.4. European Committee for Standardization (CEN), ENV 1998-1-4, 1995
7. Mandara A. (2000), Consolidation techniques for buildings. Advanced professional training on Refurbishment of buildings and bridges, CISM, Udine
8. Materials and Construction Committee of Kinki Branch of Architectural Institute of Japan (1996), *Repair and Strengthening of Earthquake - Damaged Structural Steel Buildings*, Tachihara, Japan
9. Mazzolani F. and Piluso V. (1996), *Theory and design of seismic resistant steel frames*, E & FN Spon, London
10. Μπέσκος Δ. και Ιωαννίδης Γ. (2000), *Αντισεισμικός Σχεδιασμός Μεταλλικών Κατασκευών*, Εκδόσεις Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, Πάτρα
11. Nishiyama I., (1998), *Earthquake Diagnosis, Retrofit of Steel Buildings*, Japan International Cooperation Agency
12. Tsai K. and Popov E. (1990), Cyclic Behavior of End-Plate Moment Connections, *ASCE Structural Journal*, Vol. 116, No 11, p. 2917 –2930
13. Yanev P., Gillengerten J. and Hamburger R. (1991), *The performance of Steel Buildings in past earthquakes*, Edition of the American Iron and Steel Institute (A.I.S.I.)