

ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΩΠΛΙΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Γιαννόπουλος Ιωάννης & Γιαννόπουλος Πλούταρχος

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται βλάβες από το σεισμό της Αθήνας του 1999 σε κτίρια από ωπλισμένο σκυρόδεμα. Οι βλάβες κατηγοριοποιούνται, εξηγείται η αιτία τους και εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα. Επιβεβαιώνεται η σημασία της σωστής διαστασιολόγησης και λεπτομερειών όπλισης των μελών και των κόμβων των κτιρίων και η ανάγκη αυστηρής υλοποίησης τους στην κατασκευή.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρατήρηση της συμπεριφοράς των κατασκευών κατά την διάρκεια ενός ισχυρού σεισμού είναι πρωταρχικής σημασίας για την εκπαίδευση των μηχανικών στη μόρφωση δόκιμων αντισεισμικών δομικών συστημάτων. Καλές και χρήσιμες όλες οι θεωρίες και τα πειράματα στα εργαστήρια αλλά η μητέρα όλων των πειραμάτων είναι η ίδια η φύση.

Σήμερα, οι μηχανικοί έχουν ως εργαλείο στη διάθεσή τους μια ευρεία βάση δεδομένων με παρατηρήσεις βλαβών κτιρίων που έχουν καταγραφεί συστηματικά μετά από πρόσφατους ισχυρούς σεισμούς. Από τέτοιες παρατηρήσεις εξάγονται πολύ χρήσιμα συμπεράσματα στο τι πρέπει να αποφεύγεται κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή των κτιρίων. Παρατηρήσεις επί της καλής συμπεριφοράς κτιρίων είναι επίσης χρήσιμες αφού υποδεικνύουν σωστές μορφές δομημάτων.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να παρουσιάσει μερικές από αυτές τις παρατηρήσεις βλαβών από το σεισμό της Αθήνας του 1999 και να εξάγει συμπεράσματα χρήσιμα για το σχεδιασμό κατασκευών από Ω.Σ.

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σήμερα, είναι γενικά αποδεκτό, ότι είναι αντισοικονομικός ο σχεδιασμός μιας συνήθους κατασκευής για να αντέξει τον μεγαλύτερο πιθανό σεισμό (σεισμό σχεδιασμού) χωρίς βλάβες, δηλαδή να συμπεριφερθεί γραμμικά ελαστικά. Ο ΕΑΚ 2000, όπως όλοι οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί, υιοθετεί την φιλοσοφία ότι βλάβες στον φέροντα οργανισμό είναι αποδεκτές κατά την διάρκεια του σεισμού σχεδιασμού, αλλά ότι η πιθανότητα κατάρρευσης πρέπει να είναι επαρκώς μικρή.

Έχει παρατηρηθεί επανειλημμένα ότι είναι πρωταρχικής σημασίας για την καλή συμπεριφορά ενός κτιρίου υπό οποιαδήποτε δράση η σωστή επιλογή του φέροντος οργανισμού. Ένας σωστά επιλεγμένος φέροντας οργανισμός τείνει εν γένει να καλύπτει σχετικές ανακρίβειες στην ανάλυση, στη διαστασιολόγηση, στη διαμόρφωση λεπτομερειών και στην κατασκευή. Αντιθέτως, μεγάλη ακρίβεια στην ανάλυση και στην διαμόρφωση λεπτομερειών δεν βελτιώνουν εν γένει σημαντικά την συμπεριφορά ενός φέροντος οργανισμού με κακή εξαρχής μόρφωση (Moehle & Mahin). Πολύπλοκοι φέροντες οργανισμοί που εισάγουν αβεβαιότητες στην ανάλυση και τη διαστασιολόγηση ή που δεν επιτρέπουν ανακατανομές της εντάσεως μπορεί να οδηγήσουν σε απρόβλεπτη και μη επιθυμητή συμπεριφορά.

Εκτός όμως από τη γενικότερη συμπεριφορά του κτιρίου έχει παρατηρηθεί ότι ο σωστός σχεδιασμός αντισεισμικών κατασκευών βασίζεται στην πλαστιμότητα των επιμέρους μελών του φορέα τα οποία πρέπει να επιτρέπουν την ανακατανομή της εντάσεως και κατά συνέπεια την μείωση των εσωτερικών εντάσεων και την απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας. Παρατηρήσεις έχουν αποδείξει την σημασία που έχουν αφενός μεν η διαστασιολόγηση των μελών της κατασκευής ώστε να εξασφαλίζεται ανελαστική συμπεριφορά σε ορισμένες επιθυμητές θέσεις της κατασκευής, αφ' ετέρου δε οι λεπτομέρειες όπλισης των μελών ώστε να εξασφαλίζεται επαρκώς η πλαστιμότητα στις θέσεις αυτές όπου δημιουργούνται πλαστικές αρθρώσεις.

3. ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΔΙΑΣΠΑΣΗΣ ΑΠΟ ΣΥΝΑΦΕΙΑ

Οι τάσεις συνάφειας που δρουν κατά μήκος των νευροχαλύβων δημιουργούν περιμετρικές εφελκυστικές τάσεις στο γύρω σκυρόδεμα. Σε μέλη με έντονες μεταβολές ροπών κατά το μήκος τους λόγω σεισμικών δράσεων μπορούν να υπάρχουν υψηλές τάσεις συνάφειας. Εάν οι διαμήκεις οπλισμοί μιας δοκού ή ενός υποστυλώματος δεν περιβάλλονται από πυκνούς συνδετήρες ή εγκάρσιους συνδέσμους, μπορούν να δημιουργηθούν ρωγμές διάσπασης κατά μήκος των ράβδων, κυρίως όταν χρησιμοποιούνται νευροχάλυβες μεγάλης διαμέτρου, ή όταν το πάχος της επικάλυψης είναι μικρό. Αυτές οι ρωγμές διάσπασης μπορεί να οδηγήσουν σε αποφλοιώση του σκυροδέματος επικάλυψης (Φωτ.1) και σε μείωση της συνάφειας, των διαμήκων και εγκάρσιων οπλισμών. Εάν στη ζώνη αποφλοιώσης βρίσκονται τα άκρα συνδετήρων τότε υπάρχει κίνδυνος να ανοίξει ο συνδετήρας και να χαθεί η περίσφιξη, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα παρακάτω. Επομένως έχουμε εξασθένηση του υποστυλώματος και αυξημένες πιθανότητες δημιουργίας περαιτέρω αστοχιών κατά τη διάρκεια του σεισμού. Τα παραπάνω φαινόμενα επιδεινώνονται στην περίπτωση που προϋπάρχει διάβρωση του οπλισμού.

4. ΑΣΤΟΧΙΑ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΔΙΑΜΗΚΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Ο διαμήκης οπλισμός ακραίων δοκών πρέπει να αγκυρωθεί μέσα στον κόμβο δοκού – υποστυλώματος. Σε πολλές περιπτώσεις το πλάτος του υποστυλώματος δεν επαρκεί για αυτή την αγκύρωση ακόμα και εάν χρησιμοποιηθεί άγκιστρο στο άκρο της ράβδου. Συνήθης περίπτωση ανεπαρκούς αγκύρωσης είναι οι κάτω ράβδοι δοκών που αγκυρώνονται σε μικρό βάθος μέσα στον κόμβο. Όταν το μήκος αγκύρωσης δεν επαρκεί οι ράβδοι ολισθαίνουν και δημιουργείται ρωγμή κάθετα προς τη διεύθυνση ολίσθησης (Φωτ.2,3). Στην Φωτ.4 η σκυροδέτηση του υποστυλώματος έφτασε σε στάθμη πάνω από τη μασχάλη της δοκού με αποτέλεσμα οι κάτω οπλισμοί της δοκού να μην μπορούν εύκολα να αγκυρωθούν μέσα στον κόμβο και να προκύψει κατά το σεισμό κατακόρυφη ρωγμή στη σύνδεση δοκού και κόμβου.

Σε ακραίους κόμβους υποστυλωμάτων οι διαμήκεις οπλισμοί αγκυρώνονται μέσα στον κόμβο. Σε παλαιότερες κατασκευές δεν τοποθετούνταν συνδετήρες μέσα στον κόμβο, οπότε οι οπλισμοί του υποστυλώματος αγκυρώνονταν σε ουσιαστικά άοπλο σκυρόδεμα. Υπό τη δράση κυκλικών ανελαστικών φορτο-αποφορτίσεων αναπτύσσονται τάσεις διαρρήξεως στις ζώνες αγκύρωσης οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν διάρρηξη του απερίσφιγτου σκυροδέματος του κόμβου (Φωτ.5 – Fib Bulletin 24). Όλοι οι σύγχρονοι κανονισμοί απαιτούν την τοποθέτηση εγκάρσιων οπλισμών στις περιοχές των αγκυρώσεων και στους κόμβους συνήθως επαρκεί ο εγκάρσιος οπλισμός που πρέπει να υπάρχει και εξυπηρετεί άλλο σκοπό (π.χ. οπλισμός διάτμησης).

5. ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΕΣ ΑΣΤΟΧΙΕΣ

Η πιο ψαθυρή μορφή αστοχίας μελών είναι από διάτμηση και συμβαίνει στις θέσεις μέγιστης διάτμησης, δηλαδή στα άκρα των στοιχείων. Ένα ψαθυρό μέλος αστοχεί απότομα μόλις αναλάβει τη μέγιστη έντασή του, δηλαδή χωρίς προειδοποίηση της επικείμενης αστοχίας. Ειδικά για τα υποστυλώματα μια ψαθυρή αστοχία μπορεί να οδηγήσει σε τοπική απώλεια ευστάθειας και στη συνέχεια σε πλήρη κατάρρευση ενός κτιρίου χωρίς να δοθεί ο χρόνος για την εκκένωσή του. Επομένως υπάρχει αυξημένος κίνδυνος απώλειας ζωής και αυξημένο οικονομικό κόστος.

Διατμητικές αστοχίες στα υποστυλώματα εμφανίζονται στις περιοχές μέγιστης διάτμησης, δηλαδή στα άκρα τους (κρίσιμες περιοχές). Διατμητική αστοχία σε ένα υποστυλώμα μπορεί να εμφανισθεί στο πάνω ή στο κάτω άκρο ή λιγότερο συχνά και στα δύο άκρα (Φωτ.6).

Οι διατμητικές αστοχίες οφείλονται σε ανεπάρκεια των συνδετήρων / εγκάρσιων συνδέσμων σε μέγεθος διαμέτρου, πυκνότητα και αντοχή. Οι Φωτ.6,7,8,9 δείχνουν διατμητικές αστοχίες οφειλόμενες σε χρήση συνδετήρων μικρής διαμέτρου σε μεγάλες αποστάσεις. Το σκυροδέμα και οι συνδετήρες σε αυτές τις περιπτώσεις δεν επαρκούν για να αναλάβουν τις μεγάλες διατμητικές δυνάμεις από το σεισμό στα άκρα των υποστυλωμάτων και αυτό οδηγεί σε διαγώνια εφελκυστική αστοχία του σκυροδέματος. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις έχουμε και θραύση συνδετήρων.

Στις Φωτ.10,11 φαίνεται η περίπτωση διατμητικής στοχίας του πάνω άκρου μόνο υποστυλώματος ωπλισμένου με μανδύα συνδετήρων που έφθανε, λόγω κακής κατασκευής και άγνοιας, μέχρι 0.50 m περίπου κάτω από τη δοκό. Η κρίσιμη περιοχή δεν είχε κανένα συνδετήρα σε όλα τα υποστυλώματα του ισογείου με αποτέλεσμα την θεαματική αστοχία όλων των υποστυλωμάτων στην κεφαλή τους, ενώ στη βάση τους δεν εμφανίστηκε καμιά αστοχία.

Για να αποφευχθεί ο λυγισμός των κατακόρυφων οπλισμών (Φωτ.6,7,8) λόγω θλίψης από την εναλλασσόμενη ένταση του σεισμού απαιτείται από τους σημερινούς κανονισμούς οι οπλισμοί αυτοί να συγκρατούνται από πυκνούς συνδετήρες ή εγκάρσιους συνδέσμους κατάλληλης διαμέτρου και να διατάσσονται κατά μήκος της περιμέτρου της διατομής έτσι ώστε η απόσταση τους να μην ξεπερνά τα 200 mm (Σχ. 1). Τέτοιες απαιτήσεις δεν υπήρχαν στους παλαιότερους κανονισμούς και είναι ένας από τους κύριους λόγους αστοχιών υποστυλωμάτων σε διάτμηση.

Τα άκρα των συνδετήρων πρέπει να αγκυρώνονται στον πυρήνα της διατομής καμπτόμενα κατά 135° τουλάχιστον ή να συγκολλούνται μεταξύ τους. Στις παλαιότερες κατασκευές η κάμψη των άκρων γινόταν κατά 90° , δηλαδή μέσα στην επικάλυψη των οπλισμών, οπότε κατά την αποφλοιώση αυτής, που είναι σύνηθες φαινόμενο στα αρχικά στάδια του σεισμού, μειώνεται δραστικά η περίσφιξη των συνδετήρων (Φωτ.12,13). Στη Φωτ.14 ο κατακόρυφος οπλισμός δεν συγκρατείται στη γωνία του συνδετήρα με αποτέλεσμα κατά το σεισμό να εκτιναχθεί η γωνία της διατομής του σκυροδέματος λόγω της παραμόρφωσης του κατακόρυφου οπλισμού και σε επόμενα στάδια να κινδυνεύει να λυγίσει ο κατακόρυφος οπλισμός, να ανοίξουν οι συνδετήρες και να μειωθεί δραστικά η περίσφιξη.

Η σωστή κατασκευή και τοποθέτηση πυκνών συνδετήρων, κατάλληλης διαμέτρου και αντοχής, συνεισφέρει στην εξασφάλιση επαρκούς διατμητικής αντοχής, στην περίσφιξη του σκυροδέματος για να εξασφαλισθεί ικανοποιητική πλαστικότητα, στην αποτροπή λυγισμού των διαμήκων ράβδων και στη βελτίωση της αγκύρωσής τους.

Σε πολλές κατασκευές χρησιμοποιούνται τοιχοποιίες μεταξύ υποστυλωμάτων από το επίπεδο της πλάκας του ορόφου μέχρι το κάτω μέρος του παραθύρου, αφήνοντας έτσι ένα σχετικά μικρό τμήμα του υποστυλώματος στο πάνω μέρος του ελεύθερο. Η διατμητική δύναμη που αναλαμβάνει το υποστυλώμα με ουσιαστικά μικρότερο ύψος είναι μεγαλύτερη από αυτή που θα αναλάμβανε το

αντίστοιχο υποστύλωμα με πλήρες ύψος. Εάν αυτό δεν ληφθεί υπόψη στους υπολογισμούς, και δεν τοποθετηθούν πολλοί και πυκνοί συνδετήρες, μπορεί να δημιουργηθεί διατμητική αστοχία στο «κοντό υποστύλωμα» που σε πολλές περιπτώσεις οδηγεί σε πλήρη αστοχία και κατάρρευση της κατασκευής (Φωτ.15,16). Στη Φωτ.17 φαίνεται η αποτελεσματικότητα επισκευής με τοπικό μανδύα κοντού υποστυλώματος βλαμμένου από προηγούμενο σεισμό.

Τα τοιχώματα είναι πιο ευάλωτα σε διατμητική αστοχία από τα υποστυλώματα, διότι αναλαμβάνουν ανάλογα με την ακαμψία τους αυξημένο ποσοστό της συνολικής τέμνουσας ορόφου. Στους παλαιότερους κανονισμούς δεν προβλεπόταν ουσιαστικά ιδιαίτερη όπλιση των τοιχωμάτων σε σχέση με τα υποστυλώματα και για το λόγο αυτό τοιχώματα παλαιότερων κατασκευών αστοχούν σε διάτμηση με μεγάλες παραμορφώσεις (Φωτ.18,19). Στους σύγχρονους κανονισμούς προβλέπονται, εκτός των συνήθων οπλισμών κορμού, κρίσιμες περιοχές στο πάνω και κάτω άκρο με πολλούς και πυκνούς συνδετήρες, και στο δεξιό και αριστερό άκρο διαμόρφωση και όπλιση σαν περισφιγμένα υποστυλώματα.

6. ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΚΟΜΒΩΝ

Οι κόμβοι δοκών – υποστυλωμάτων δεν προβλεπόταν κατά τους παλαιότερους κανονισμούς να ελέγχονται για διατμητικές τάσεις και δεν τοποθετούνταν συνδετήρες μέσα σε αυτούς. Για το λόγο αυτό σε εξωτερικούς κόμβους, όπου η δοκός και τα υποστυλώματα που συντρέχουν σε αυτούς δεν παρουσιάζουν αστοχία, μπορεί να εμφανιστεί διαγώνια εφελκυστική αστοχία (Φωτ.20,21,22). Αυτή η διαγώνια ρηγμάτωση, λόγω της απουσίας συνδετήρων, είναι ψαθυρής μορφής και μειώνει την ακαμψία της κατασκευής. Το εύρος της ρηγμάτωσης και οι επιπτώσεις της βλάβης του κόμβου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και σε μερικές περιπτώσεις μειώνεται πολύ η ακαμψία του κόμβου ή χάνεται η στήριξη της δοκού στο υποστύλωμα και ακολουθεί κατάρρευση της κατασκευής. Σε όλους τους σύγχρονους κανονισμούς απαιτείται οι συνδετήρες που τοποθετούνται στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων πάνω και κάτω από τον κόμβο να συνεχίζονται και μέσα σε αυτόν.

7. ΑΛΛΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Η τοποθέτηση υδρορροών εντός των υποστυλωμάτων απαγορεύεται διότι μπορεί να προκληθεί τοπική αστοχία και να μην μπορούν να λειτουργήσουν οι συνδετήρες δημιουργώντας περισφιγξη (Φωτ.23).

Όταν κατασκευάζονται κτίρια σε επαφή, ή πολύ κοντά μεταξύ τους, μπορεί να προκληθεί αστοχία από εμβολισμό. Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν οι πλάκες των δύο γειτονικών κτιρίων δεν είναι στο ίδιο ύψος και η πάνω πλάκα του χαμηλότερου κτιρίου εμβολίζει τα υποστυλώματα του γειτονικού κτιρίου (Φωτ.24).

Σε κτίρια με εκτεταμένη κάτοψη, όπου επιλέγεται η χρήση αρμών διαστολής για περιορισμό των επιβαλλόμενων παραμορφώσεων από συστολή ξηράνσεως και θερμοκρασιακές μεταβολές, χρειάζεται ειδική διαμόρφωση και όπλιση των αρμών αυτών ώστε τα μέλη που συντρέχουν σε αυτούς να μην κινδυνεύουν να χάσουν τη στήριξή τους όταν δημιουργηθεί μεγάλο άνοιγμα των αρμών από τις οριζόντιες σεισμικές μετακινήσεις (Φωτ.25,26).

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

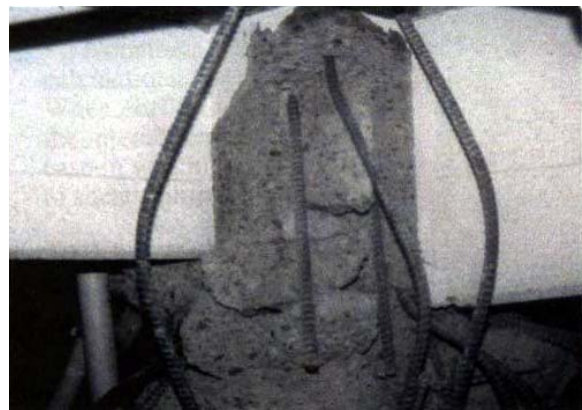
Από τις παρατηρήσεις βλαβών σε κτίρια από το σεισμό της Αθήνας του 1999 επιβεβαιώθηκε η σημασία που έχει η διαστασιολόγηση των μελών της κατασκευής και οι λεπτομέρειες όπλισης ώστε σε μεγάλο σεισμό τα μέλη και οι συνδέσεις τους να μπορούν να αναλάβουν μεγάλες μετελαστικές παραμορφώσεις χωρίς σημαντική μείωση της αντοχής τους, οι ψαθυρές αστοχίες (από διάτμηση, αγκύρωση) να μην προηγούνται των πλάστιμων αστοχιών (από κάμψη) και να αποφεύγονται βλάβες στα κατακόρυφα στοιχεία και στους κόμβους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος 2000, ΟΑΣΠ & ΣΠΜΕ.
2. Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000, ΟΑΣΠ & ΣΠΜΕ.
3. Observations on the Behavior of Reinforced Concrete Buildings During Earthquakes
J.P. Moehle and S.A. Mahin, NISEE, University of California, Berkeley, 1991.
4. Seismic Assessment and Retrofit of Reinforced Concrete Buildings
FIB Bulletin 24, state-of-art report, May 2003.
5. Ωπλισμένο Σκυρόδεμα με βάση τον ΕΚΟΣ 2000,
Θ.Τάσιος, Π.Γιαννόπουλος, Κ.Τρέζος, Σ.Τσουκαντάς, ΕΜΠ, 2004.



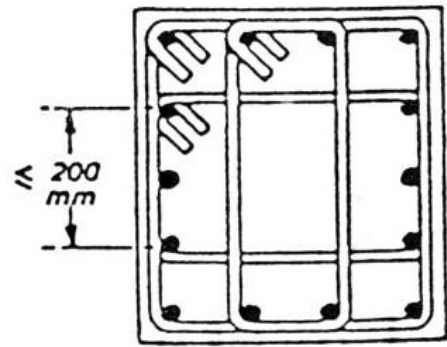
Φωτ. 1 (αρ.): Αποφλοίωση σκυροδέματος επικάλυψης
Φωτ. 2,3 (μέσο & δεξ.): Ανεπαρκής αγκύρωση πάνω & κάτω ράβδων δοκού



Φωτ. 4 (αρ.): Ανεπαρκής αγκύρωση κάτω ράβδων δοκού λόγω σκυροδέτησης υποστυλώματος πάνω από τη μασχάλη δοκού
Φωτ. 5 (δεξ.): Διάρρηξη απερίσφιγτου σκυροδέματος κόμβου (Fib Bulletin 24)



Φωτ. 6 (αρ.): Διατμητική αστοχία υποστυλώματος πάνω & κάτω με λυγισμό ράβδων και θραύση λεπτών & αραιών συνδετήρων
Φωτ. 7,8 (μέσο & δεξ.): Διατμητική αστοχία υποστυλώματος με λυγισμό ράβδων και θραύση λεπτών & αραιών συνδετήρων



Φωτ. 9 (αρ.): Διατμητική αστοχία υποστυλώματος με λυγισμό ράβδων και θραύση λεπτών & αραιών συνδετήρων
 Σχ. 1 (δεξ.): Απαιτούμενη συγκράτηση κατακόρυφων οπλισμών υποστυλώματος με πολλαπλούς συνδετήρες κατά ΕΚΩΣ 2000



Φωτ. 10,11 (αρ. & δεξ.): Διατμητική αστοχία πάνω άκρου υποστυλωμάτων λόγω απουσίας συνδετήρων.
 Ο μανδύας συνδετήρων έφτανε μέχρι 0.50 m κάτω από τις δοκούς



Φωτ. 12,13 (αρ. & μέσο): Άνοιγμα συνδετήρων με κάμψη άκρων κατά 90° μετά την αποφλοίωση της επικάλυψης των οπλισμών
 Φωτ. 14 (δεξ.): Εκτίναξη γωνίας διατομής σκυροδέματος λόγω μη συγκράτησης του κατακόρυφου οπλισμού στη γωνία συνδετήρα



Φωτ. 15 (αρ.): Αστοχία κοντού υποστυλώματος

Φωτ. 16 (δεξ.): Αστοχία σειράς κοντών υποστυλωμάτων



Φωτ. 17 (αρ.): Αποτελεσματικότητα επισκευής με τοπικό μανδύα κοντού υποστυλώματος βλαμμένου από προηγούμενο σεισμό

Φωτ. 18 (δεξ.): Διατμητική αστοχία τοιχώματος με μεγάλες παραμορφώσεις



Φωτ. 19 (αρ.): Διατμητική αστοχία τοιχώματος με μεγάλες παραμορφώσεις

Φωτ. 20 (δεξ.): Διαγώνια ρηγμάτωση εξωτερικού κόμβου



Φωτ. 21 (αρ.): Αστοχία εξωτερικού κόμβου με μείωση ακαμψίας του
Φωτ. 22 (δεξ.): Αστοχία εξωτερικού κόμβου και πρακτική απώλεια στήριξης δοκού



Φωτ. 23 (αρ.): Αστοχία κόμβου και απώλεια περίσφιγξης συνδετήρων λόγω τοποθέτησης υδρορροής εντός του υποστυλώματος
Φωτ. 24 (δεξ.): Εμβολισμός υποστυλώματος από την πλάκα γειτονικού χαμηλότερου κτιρίου



Φωτ. 25 (αρ.): Μικρό άνοιγμα αρμού διαστολής από οριζόντια σεισμική μετακίνηση σε κτίριο μεγάλης κάτοψης
Φωτ. 26 (δεξ.): Στο ίδιο κτίριο, απώλεια στήριξης δοκού αρμού διαστολής λόγω μεγάλου ανοίγματος αρμού