

ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΩΠΛΙΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Γιαννόπουλος Πλούταρχος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Η παρατήρηση της συμπεριφοράς των κατασκευών κατά την διάρκεια ενός ισχυρού σεισμού είναι πρωταρχικής 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.

- 1 Γενικές Παρατηρήσεις επί της συμπεριφοράς κατασκευών
- 2 Αστοχίες Διάσπασης
- 3 Αστοχίες Αγκύρωσης
- 4 Διατμητικές Αστοχίες
- 5 Αστοχίες Κόμβων
- 6 Άλλες Περιπτώσεις
- 7 Συμπεράσματα

► Εισαγωγή

Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Σήμερα, είναι γενικά αποδεκτό, ότι είναι αντισυμβαλτικός 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.

► **Εισαγωγή**

Αστοχίες
Διάσπασης

Αστοχίες
Αγκύρωσης

Διατμητικές
Αστοχίες

Αστοχίες
Κόμβων

Άλλες
Περιπτώσεις

Συμπεράσματα

■ 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.
- 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.

► **Εισαγωγή**

Αστοχίες
Διάσπασης

Αστοχίες
Αγκύρωσης

Διατμητικές
Αστοχίες

Αστοχίες
Κόμβων

Άλλες
Περιπτώσεις

Συμπεράσματα

■ 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.

Εισαγωγή

► **Αστοχίες
Διάσπασης**

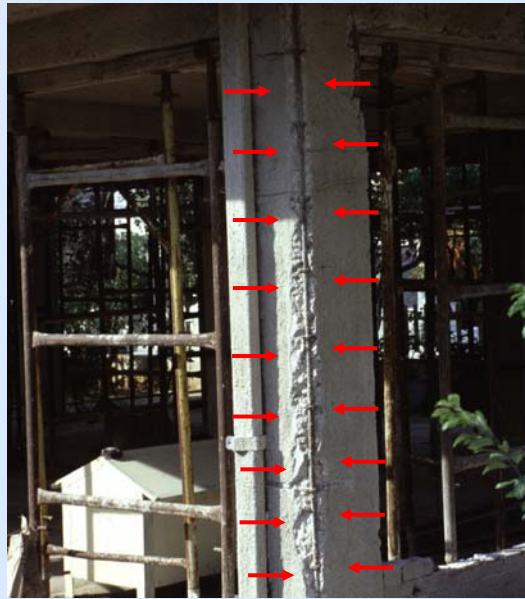
Αστοχίες
Αγκύρωσης

Διατμητικές
Αστοχίες

Αστοχίες
Κόμβων

Άλλες
Περιπτώσεις

Συμπεράσματα



Αποφλοίωση σκυροδέματος επικάλυψης

Εισαγωγή

Αστοχίες
Διάσπασης

► **Αστοχίες
Αγκύρωσης**

Διατμητικές
Αστοχίες

Αστοχίες
Κόμβων

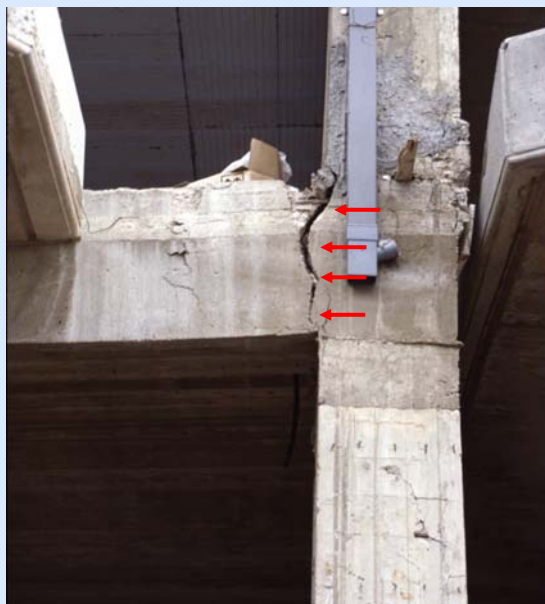
Άλλες
Περιπτώσεις

Συμπεράσματα



Ανεπαρκής αγκύρωση πάνω & κάτω ράβδων δοκού

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
▶ **Αστοχίες
Αγκύρωσης**
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Ανεπαρκής αγκύρωση πάνω & κάτω ράβδων δοκού

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
▶ **Αστοχίες
Αγκύρωσης**
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Ανεπαρκής αγκύρωση κάτω ράβδων δοκού λόγω σκυροδέτησης υποστρώματος πάνω από τη μασχάλη δοκού

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Διατμητική αστοχία υποστυλώματος πάνω & κάτω με λυγισμό ράβδων

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Διατμητική αστοχία υποστυλώματος με λυγισμό ράβδων & θραύση λεπτών & αραιών συνδετήρων

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Διατμητική αστοχία υποστυλώματος με λυγισμό
ράβδων & θραύση λεπτών & αραιών συνδετήρων

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



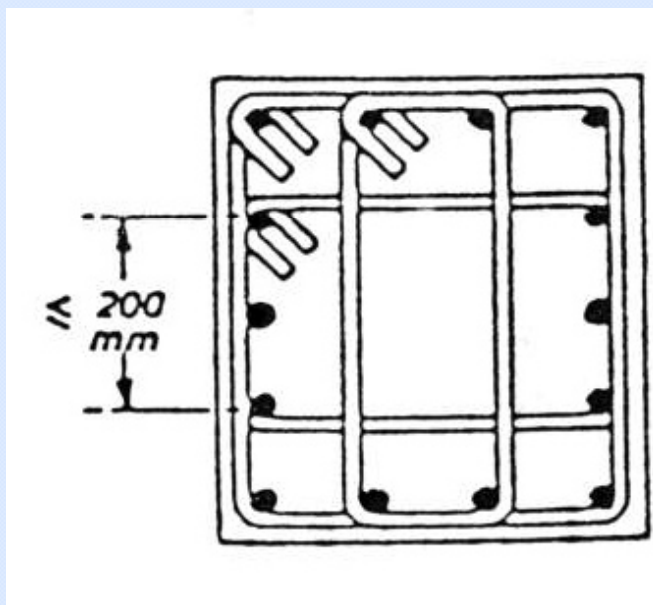
Διατμητική αστοχία υποστυλώματος

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Διατμητική αστοχία πάνω άκρου υποστυλ. λόγω απουσίας συνδετήρων.
Ο μανδύας συνδετήρων έφτανε μέχρι 0.50 m κάτω από τις δοκούς

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Απαιτούμενη συγκράτηση κατακόρυφων οπλισμών
υποστυλώματος με πολλαπλούς συνδετήρες κατά ΕΚΩΣ 2000

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Άνοιγμα συνδετήρων με κάμψη άκρων κατά 90° μετά την αποφλοιώση της επικάλυψης των οπλισμών

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Άνοιγμα συνδετήρων με κάμψη άκρων κατά 90° μετά την αποφλοιώση της επικάλυψης των οπλισμών

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Εκτίναξη γωνίας διατομής σκυροδέματος λόγω μη συγκράτησης του κατακόρυφου οπλισμού στη γωνία συνδετήρα

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα

Η σωστή κατασκευή & τοποθέτηση πυκνών συνδετήρων, κατάλληλης διαμέτρου και αντοχής

συνεισφέρει

- στην εξασφάλιση επαρκούς διατμητικής αντοχής
- στην περίσφιγξη του σκυροδέματος για να εξασφαλισθεί ικανοποιητική πλαστιμότητα
- στην αποτροπή λυγισμού των διαμήκων ράβδων
- στη βελτίωση της αγκύρωσής τους

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Αστοχία κοντού υποστυλώματος

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Αστοχία κοντού υποστυλώματος

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Αστοχία κοντού υποστυλώματος

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Αστοχία κοντού υποστυλώματος

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Αστοχία σειράς κοντών υποστυλωμάτων

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Αποτελεσματικότητα επισκευής με τοπικό μανδύα κοντού υποστυλώματος βλαμμένου από προηγούμενο σεισμό

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Διατμητική αστοχία τοιχώματος με μεγάλες παραμορφώσεις

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
▶ **Διατμητικές
Αστοχίες**
Αστοχίες
Κόμβων
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Διατμητική αστοχία τοιχώματος με μεγάλες παραμορφώσεις

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
▶ **Αστοχίες
Κόμβων**
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Διαγώνια ρηγμάτωση εξωτερικού κόμβου

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
▶ **Αστοχίες
Κόμβων**
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Αστοχία εξωτερικού κόμβου με μείωση ακαμψίας του

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
▶ **Αστοχίες
Κόμβων**
Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Αστοχία εξωτερικού κόμβου και πρακτική απώλεια στήριξης δοκού

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ **Άλλες
Περιπτώσεις**
Συμπεράσματα



Αστοχία κόμβου και απώλεια περίσφιγξης συνδετήρων λόγω τοποθέτησης υδρορροής εντός του υποστυλώματος

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Εμβολισμός υποστυλώματος από την πλάκα γειτονικού κτιρίου

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Εμβολισμός υποστυλώματος από την πλάκα γειτονικού κτιρίου

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Μικρό άνοιγμα αρμού διαστολής από οριζόντια σεισμική μετακίνηση σε κτίριο μεγάλης κάτοψης

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Στο ίδιο κτίριο, απώλεια στήριξης δοκού αρμού διαστολής λόγω μεγάλου ανοίγματος αρμού

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Τρόπος ανόψωσης κτιρίου, με γρύλους

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Προσωρινά μέτρα στήριξης

Εισαγωγή
 Αστοχίες
 Διάσπασης
 Αστοχίες
 Αγκύρωσης
 Διατμητικές
 Αστοχίες
 Αστοχίες
 Κόμβων
 ► Άλλες
 Περιπτώσεις
 Συμπεράσματα



Απώλεια Ισογείου



Τέδιο κτίριο, απώλεια ισογείου

Εισαγωγή
 Αστοχίες
 Διάσπασης
 Αστοχίες
 Αγκύρωσης
 Διατμητικές
 Αστοχίες
 Αστοχίες
 Κόμβων
 ► Άλλες
 Περιπτώσεις
 Συμπεράσματα



Απώλεια ισογείου

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Κατάρρευση κτιρίου

Εισαγωγή
Αστοχίες
Διάσπασης
Αστοχίες
Αγκύρωσης
Διατμητικές
Αστοχίες
Αστοχίες
Κόμβων
▶ Άλλες
Περιπτώσεις
Συμπεράσματα



Απώλεια ισογείου



Ίδιο κτίριο, υποστύλωμα ισογείου

Εισαγωγή
 Αστοχίες
 Διάσπασης
 Αστοχίες
 Αγκύρωσης
 Διατμητικές
 Αστοχίες
 Αστοχίες
 Κόμβων
 Άλλες
 Περιπτώσεις
 ► **Συμπεράσματα**

Συμπεράσματα

Από τις παρατηρήσεις βλαβών σε κτίρια Ω.Σ.

επιβεβαιώθηκε η σημασία που έχει

- η διαστασιολόγηση των μελών της κατασκευής
- & οι λεπτομέρειες όπλισης

ώστε σε μεγάλο σεισμό

- τα μέλη & 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 πλαστικών αστοχιών (από κάμψη)
- και να αποφεύγονται βλάβες στα κατακόρυφα στοιχεία και στους κόμβους.

Εισαγωγή
 Αστοχίες
 Διάσπασης
 Αστοχίες
 Αγκύρωσης
 Διατμητικές
 Αστοχίες
 Αστοχίες
 Κόμβων
 Άλλες
 Περιπτώσεις
 ► **Συμπεράσματα**



Με σωστή επιλογή φέροντος οργανισμού, σωστή ανάλυση,
 σωστή διαστασιολόγηση μελών & σωστές λεπτομέρειες όπλισης
 ↓
 μπορούμε να κατασκευάσουμε επαρκείς αντισεισμικές κατασκευές