



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Συμπεριφορά των αγκυρώσεων στο σκυρόδεμα υπό σεισμική φόρτιση και εφαρμογές στις επισκευές και ενισχύσεις των κατασκευών.

Παναγιώτης Σπυρίδης

Institute of Structural Engineering

Department of Civil Engineering and Natural Hazards

Univ. of Natural Resources and Applied Life Sciences - BOKU Vienna

universität des lebens

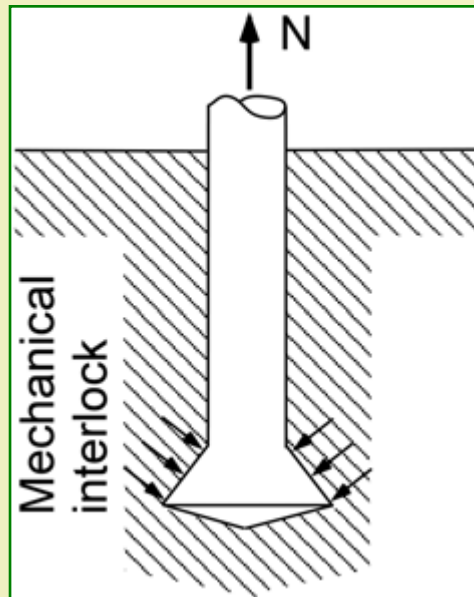
Περιεχόμενο



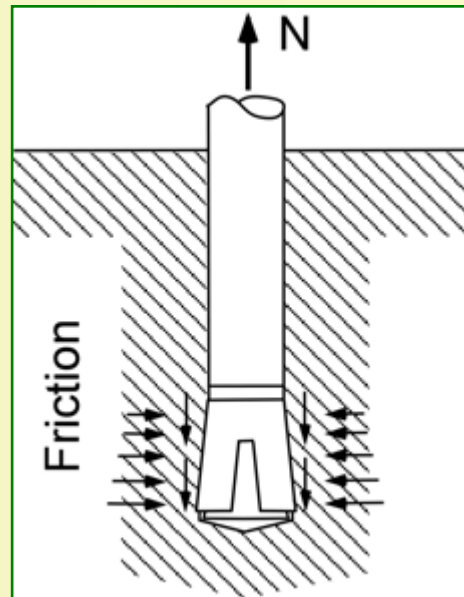
University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

- 1. Μηχανισμοί αγκύρωσης**
- 2. Μηχανισμοί αστοχίας**
- 3. Σεισμική συμπεριφορά**
- 4. Μελέτη – Διαστασιολόγηση αγκύρωσης**
 - α) Πιστοποίηση προϊόντων**
 - β) Υπολογισμός αγκύρωσης**
- 5. Παράδειγμα από τις ενισχύσεις κατασκευών**

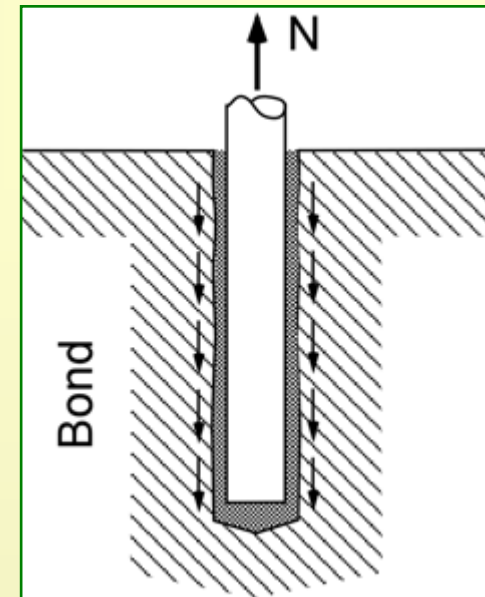
Μηχανισμοί αγκύρωσης



Μηχανική
εμπλοκή



Τριβή



Χημική
σύνδεση -
κόλληση

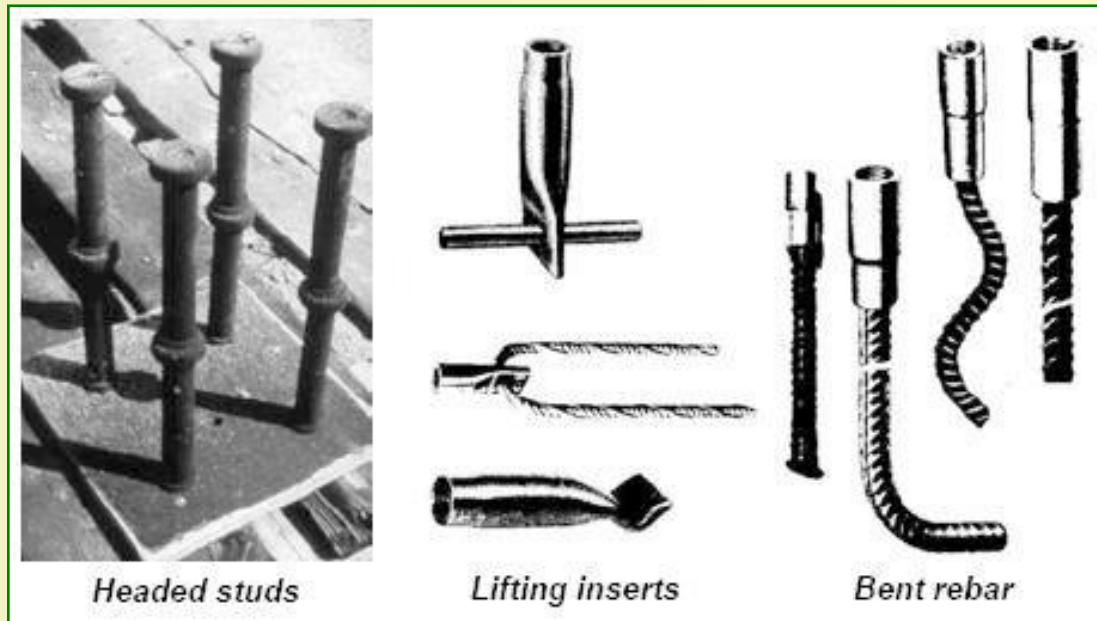
**Υπό εγκάρσιο φορτίο ο μηχανισμός αγκύρωσης (δράση βλήτρου)
είναι πάντα μηχανική εμπλοκή**

Τύποι αγκυρίων



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Εγκιβωτισμένα (προ σκυροδέτησης)



Headed studs

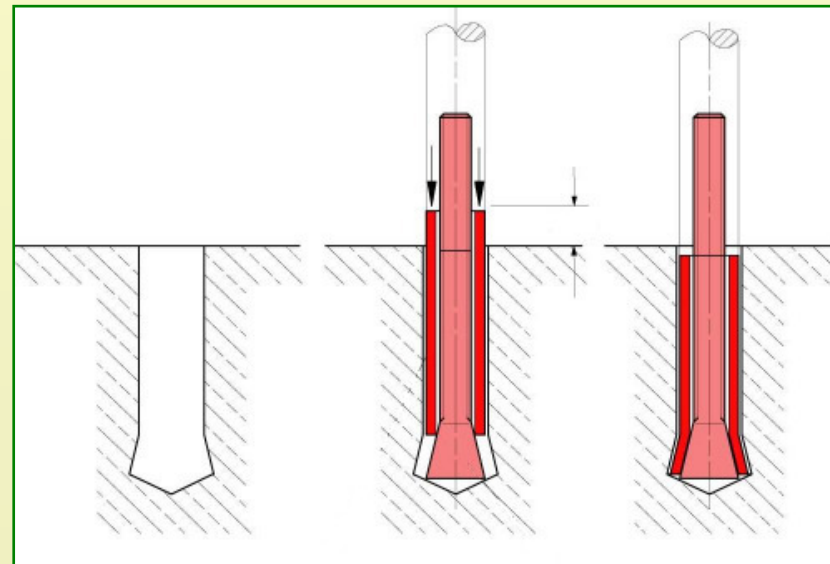
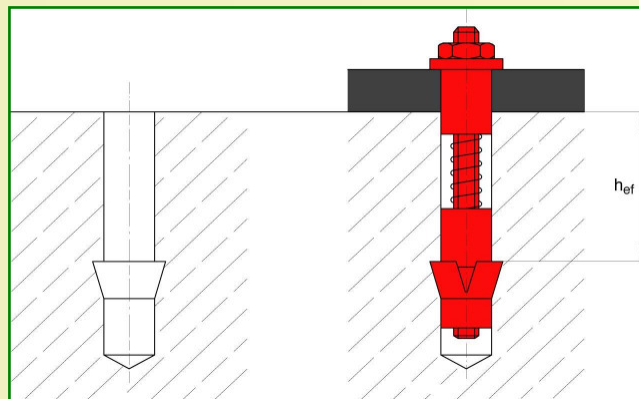
Lifting inserts

Bent rebar

Τύποι αγκυρίων

Με διάνοιξη οπών σε σκληρυμένο σκυρόδεμα

Τύπος αγκυρίου	Μηχανισμός
Διογκούμενης κεφαλής (με υποσκάφη)	Μηχανική εμπλοκή
Βίδες	Μηχανική εμπλοκή
Διογκούμενα	Τριβή
Χημικώς πακτωμένα αγκύρια	Κόλληση



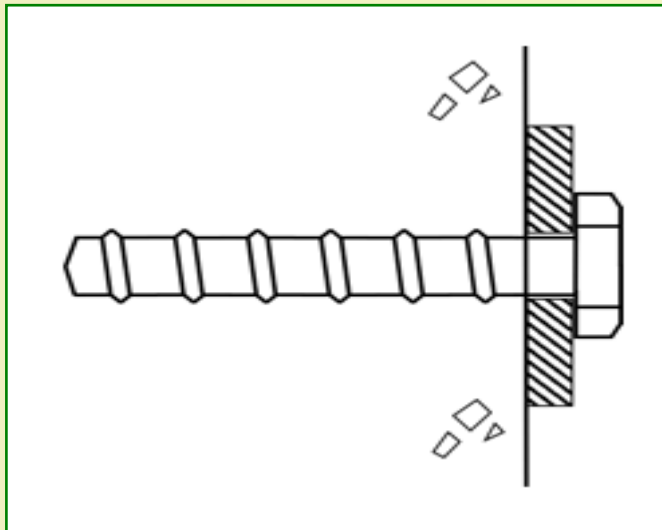
Τύποι αγκυρίων



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Με διάνοιξη οπών σε σκληρυμένο σκυρόδεμα

Τύπος αγκυρίου	Μηχανισμός
Διογκούμενης κεφαλής (με υποσκάφη)	Μηχανική εμπλοκή
Βίδες	Μηχανική εμπλοκή
Διογκούμενα	Τριβή
Χημικώς πακτωμένα αγκύρια	Κόλληση



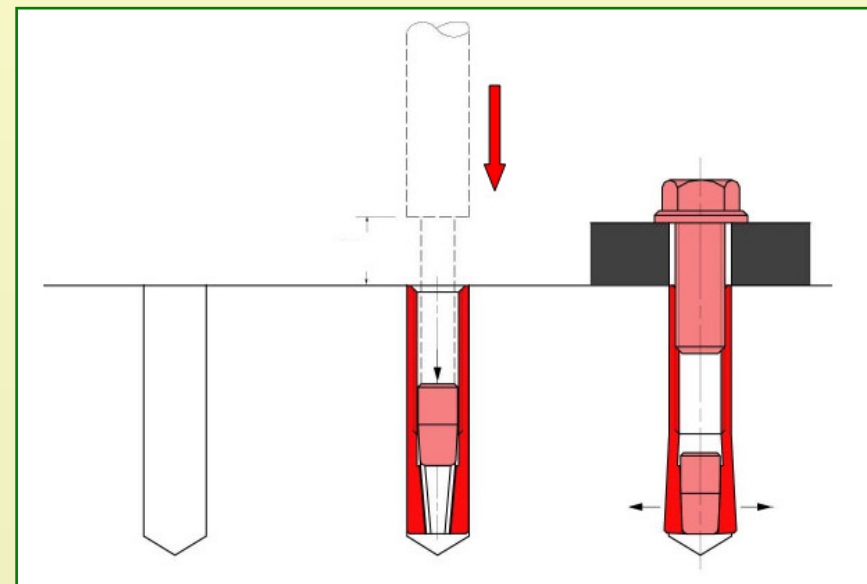
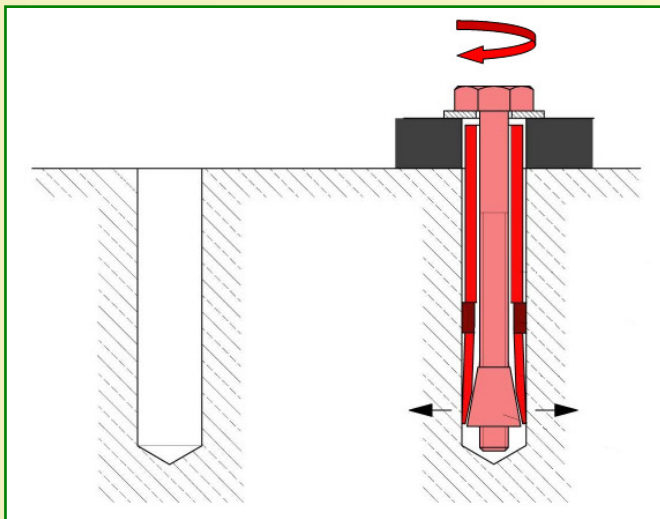
Τύποι αγκυρίων



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Με διάνοιξη οπών σε σκληρυμένο σκυρόδεμα

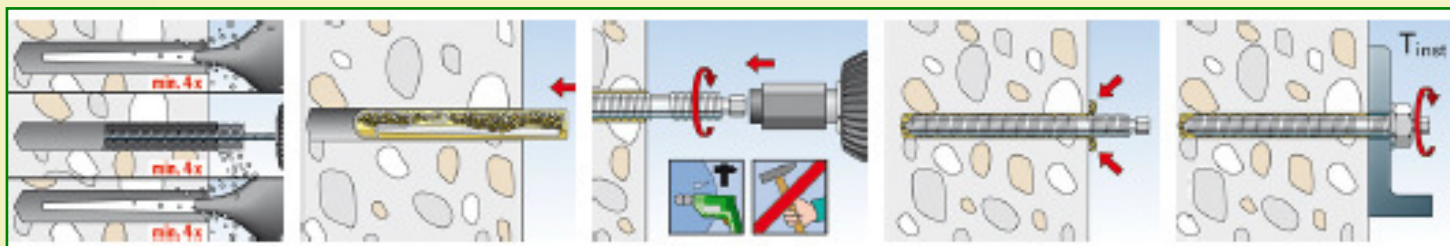
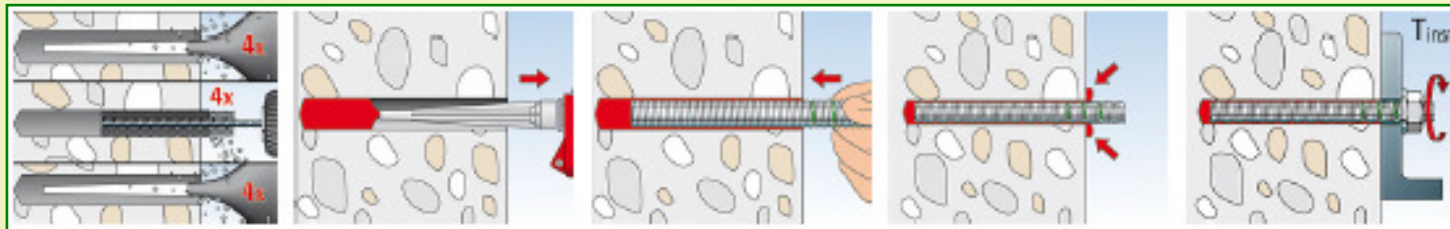
Τύπος αγκυρίου	Μηχανισμός
Διογκούμενης κεφαλής (με υποσκάφη)	Μηχανική εμπλοκή
Βίδες	Μηχανική εμπλοκή
Διογκούμενα	Τριβή
Χημικώς πακτωμένα αγκύρια	Κόλληση



Τύποι αγκυρίων

Με διάνοιξη οπών σε σκληρυμένο σκυρόδεμα

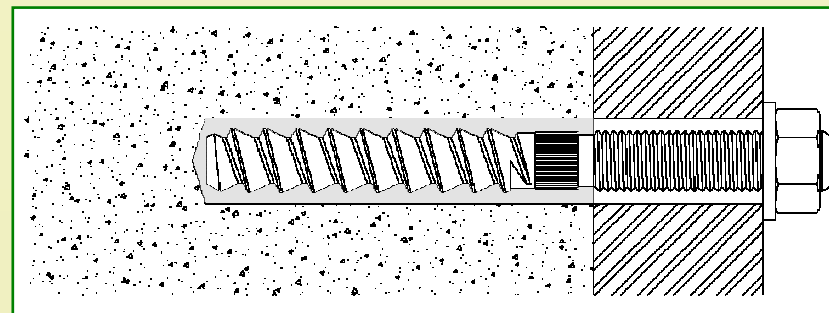
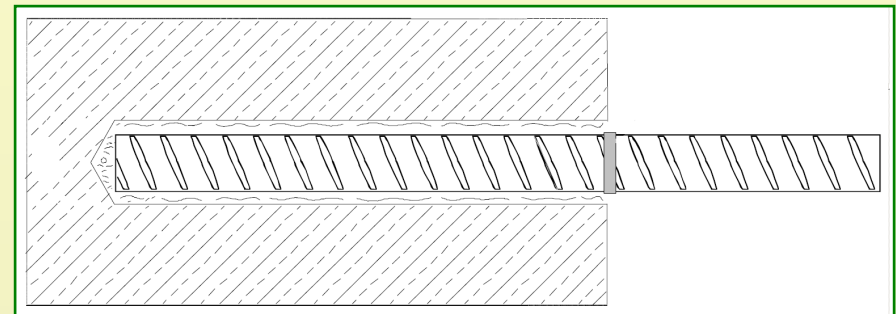
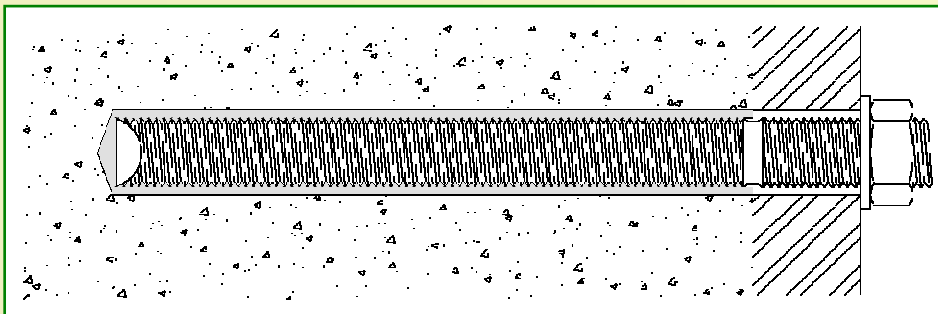
Τύπος αγκυρίου	Μηχανισμός
Διογκούμενης κεφαλής (με υποσκάφη)	Μηχανική εμπλοκή
Βίδες	Μηχανική εμπλοκή
Διογκούμενα	Τριβή
Χημικώς πακτωμένα αγκύρια	Κόλληση



Τύποι αγκυρίων

Με διάνοιξη οπών σε σκληρυμένο σκυρόδεμα

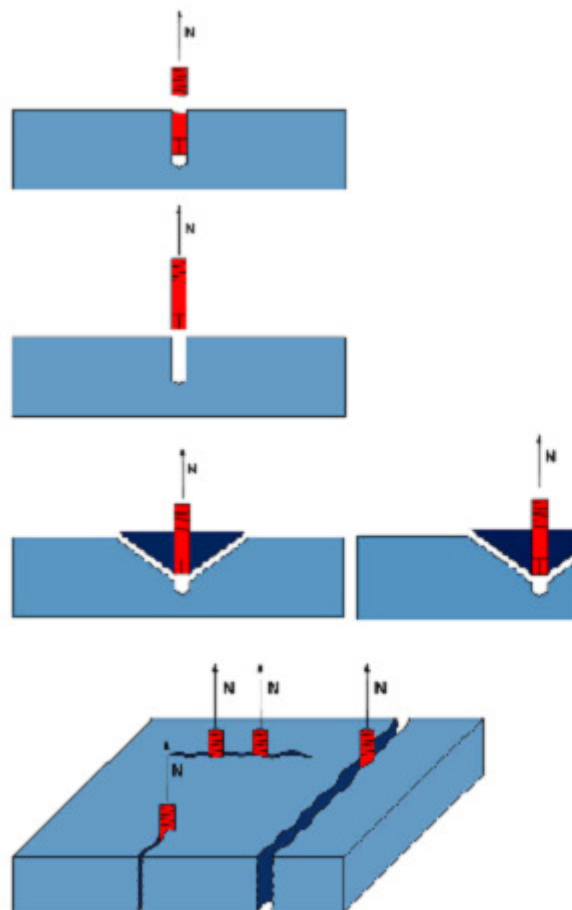
Τύπος αγκυρίου	Μηχανισμός
Διογκούμενης κεφαλής (με υποσκάφη)	Μηχανική εμπλοκή
Βίδες	Μηχανική εμπλοκή
Διογκούμενα	Τριβή
Χημικώς πακτωμένα αγκύρια	Κόλληση



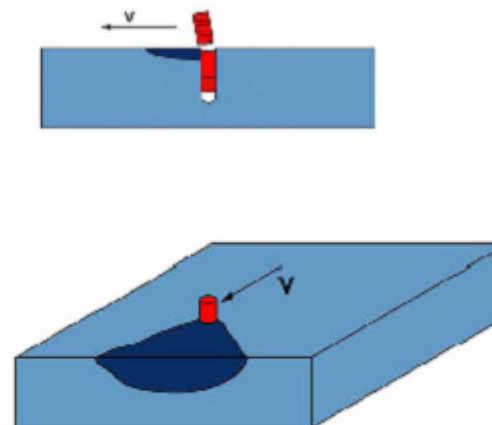
Μορφές Αστοχίας



Υπό Εφελκυστικό Φορτίο



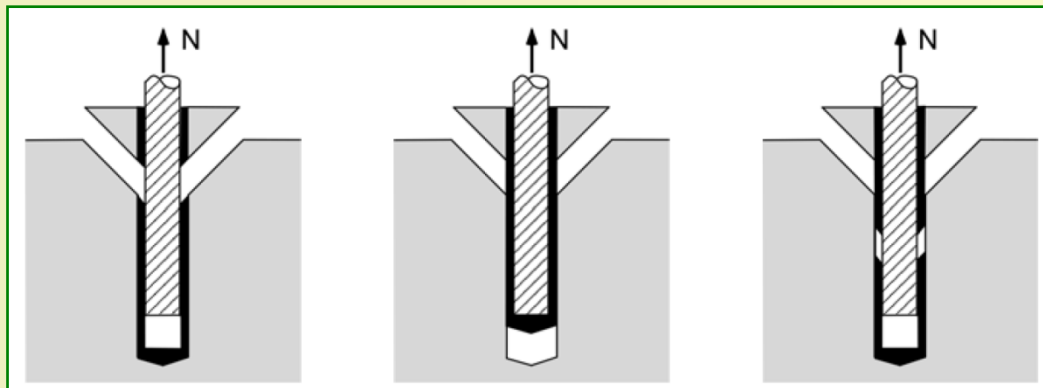
Υπό Εγκάρσιο Φορτίο



Μορφές Αστοχίας

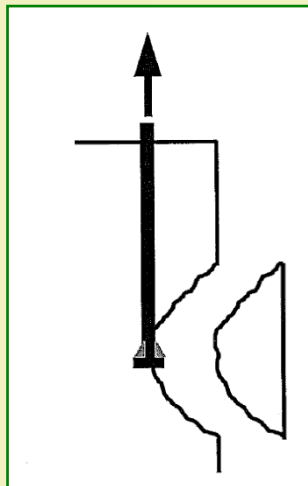


Υπό Εφελκυστικό Φορτίο



Bond failure

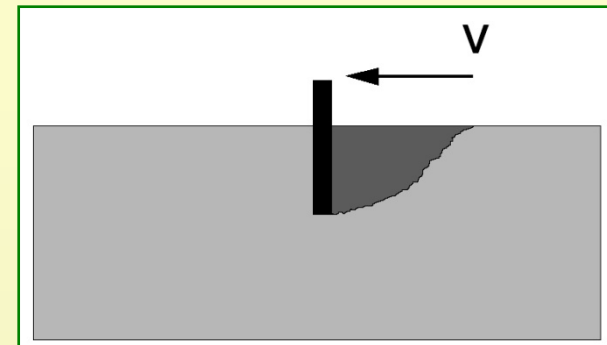
(αστοχία χημικής πάκτωσης)



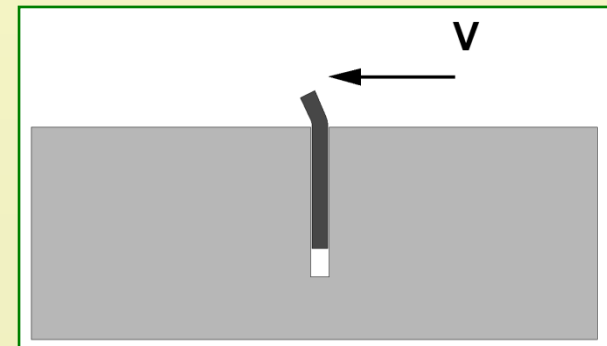
Side blow-out

(πλευρική εκτίναξη σκυροδέματος)

Υπό Εγκάρσιο Φορτίο

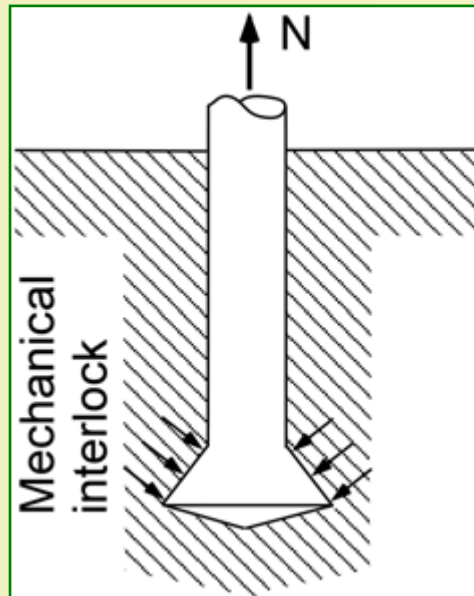


Pry-out (εκμόχλευση)

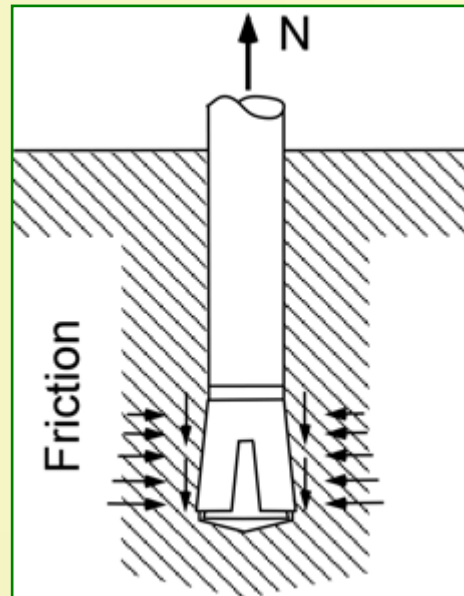


Pull-out (εξόλκευση)

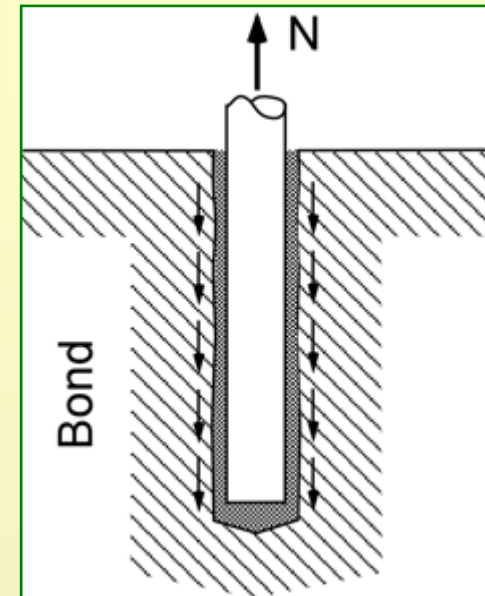
Μηχανισμοί αγκύρωσης



Μηχανική
εμπλοκή



Τριβή



Χημική
σύνδεση -
κόλληση

Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Εφαρμογές υπό σεισμική καταπόνηση

Μη φέρουσες

- ✓ Ηλ. / Μηχ. Εξοπλισμός
- ✓ Σωληνώσεις
- ✓ Ψευδοροφές / Προσόψεις
- ✓ Κιγκλιδώματα

Φέρουσες

- ✓ Συνδέσεις / Θεμελιώσεις μετ. κατασκευών
- Επισκευές Ενισχύσεις
- ✓ Μανδύες
 - ✓ Πρόσθετα δομικά στοιχεία
 - ✓ Στερεώσεις φύλλων ΙΟΠ

Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Παράγοντες επιρροής:

Επιβαλλόμενο φορτίο:

Διεύθυνση φόρτισης:

Κατάσταση του σκυροδέματος:

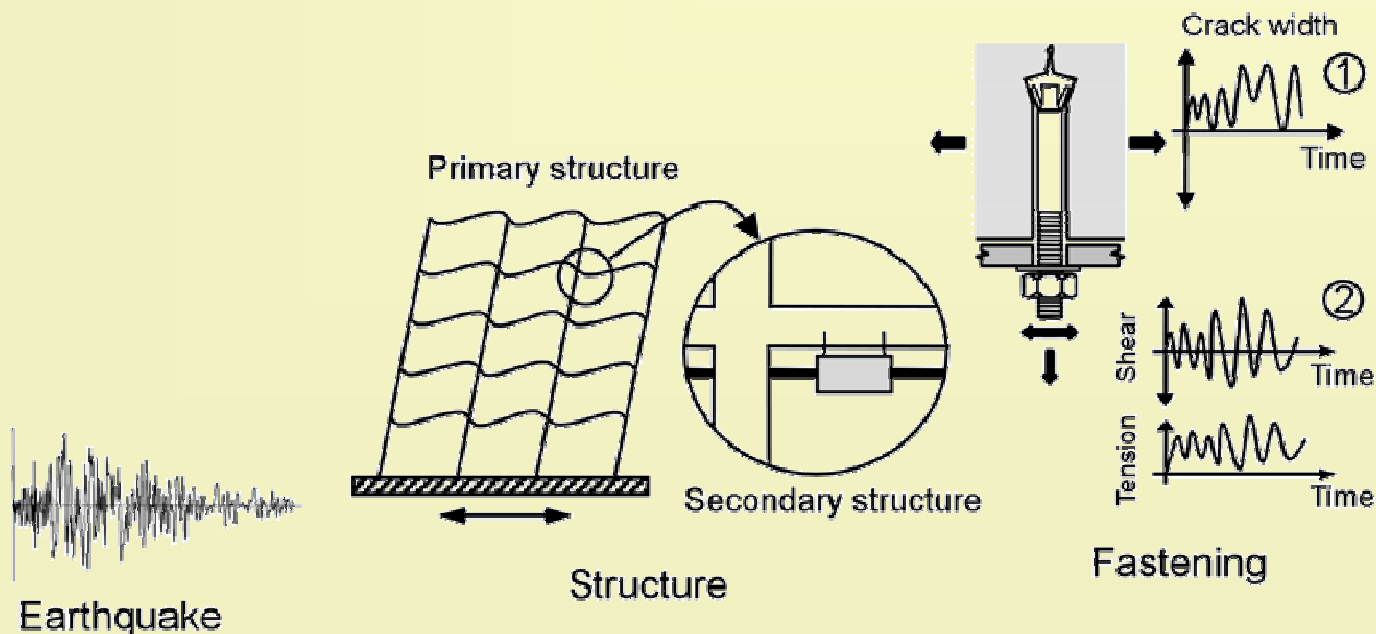
Χαρακτηριστικά του αγκυρίου:

μέγεθος, ταχύτητα, αριθμός κύκλων

αξονική, εγκάρσια, αλληλεπίδραση

ρηγμάτωση, εύρος και διεύθυνση ρωγμών
σε σχέση με το αγκύριο, θέση οπλισμού

μηχανισμός αγκύρωσης, διάμετρος, βάθος,
υλικό

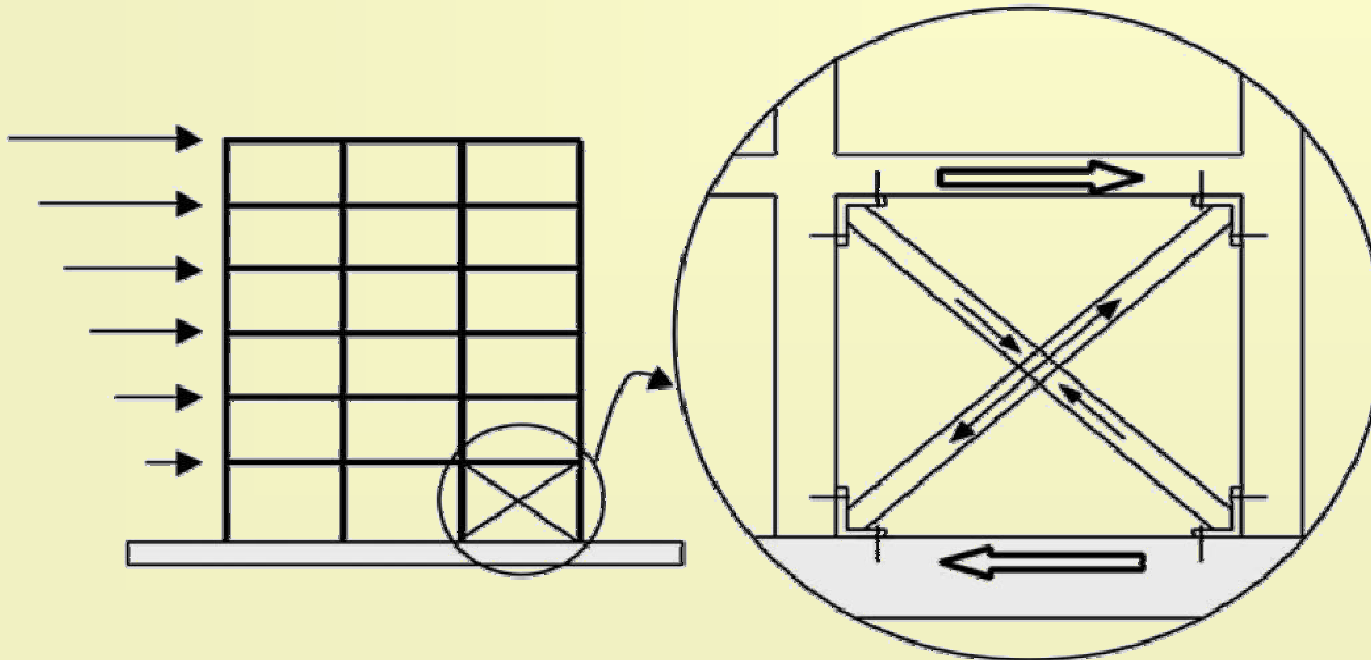


Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



Επιβαλλόμενο φορτίο:

Στην περίπτωση σύνδεσης φερόντων στοιχείων (π.χ. ενισχύσεις), τα φορτία στις αγκυρώσεις προκύπτουν από τη δομική ανάλυση της κατασκευής (ισοδύναμη στατική, φασματική, ανάλυση χρονοιστορίας)



Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Επιβαλλόμενο φορτίο (κατά EC8):

Για τα μη φέροντα στοιχεία, απαιτείται αναγωγή της σεισμικής διέγερσης σε σεισμικό φορτίο της αγκύρωσης:

$$F_a = \frac{S_a \cdot W \cdot \gamma_a}{q_a}$$



$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[A_a \cdot \left(1 + \frac{z}{H} \right) - 0.5 \right]$$

Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Διεύθυνση φόρτισης:

Ανακυκλιζόμενα αξονικά φορτία:

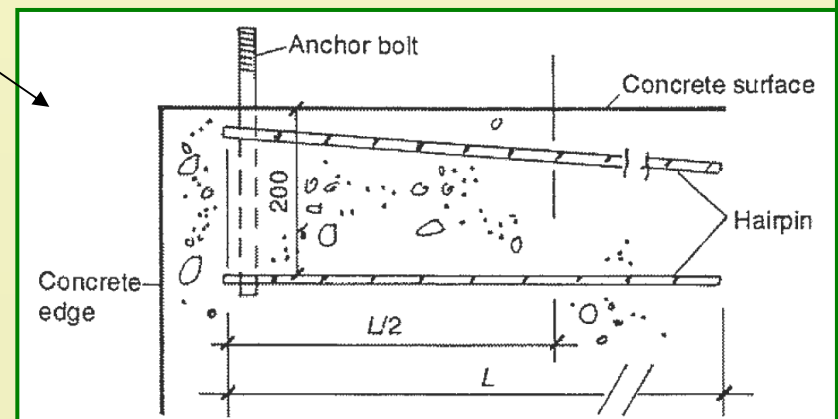
Γενικώς αναπτύσσονται ίσες αντοχές με τις αντίστοιχες στατικές. Απαιτείται έλεγχος για την μεταφορά των θλιπτικών φορτίων από άλλους μηχανισμούς (π.χ. πλάκα σύνδεσης)

Ανακυκλιζόμενα εγκάρσια φορτία:

Εμφανίζεται αστοχία λόγω κόπωσης του χάλυβα ήδη για χαμηλό επίπεδο φόρτισης. Για αγκύρια κοντά στο άκρο ενδέχεται η αστοχία πλευρικού κώνου να είναι ιδιαίτερα ψαθυρή. Με τοποθέτηση εγκάρσιου οπλισμού «φουρκέτας» επιτυγχάνεται ικανοποιητική πλαστιμότητα.

Αλληλεπίδραση:

Απουσία συγκεκριμένης διερεύνησης θεωρείται η ίδια επιρροή αλληλεπίδρασης με της στατικής φόρτισης



Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Κατάσταση σκυροδέματος:

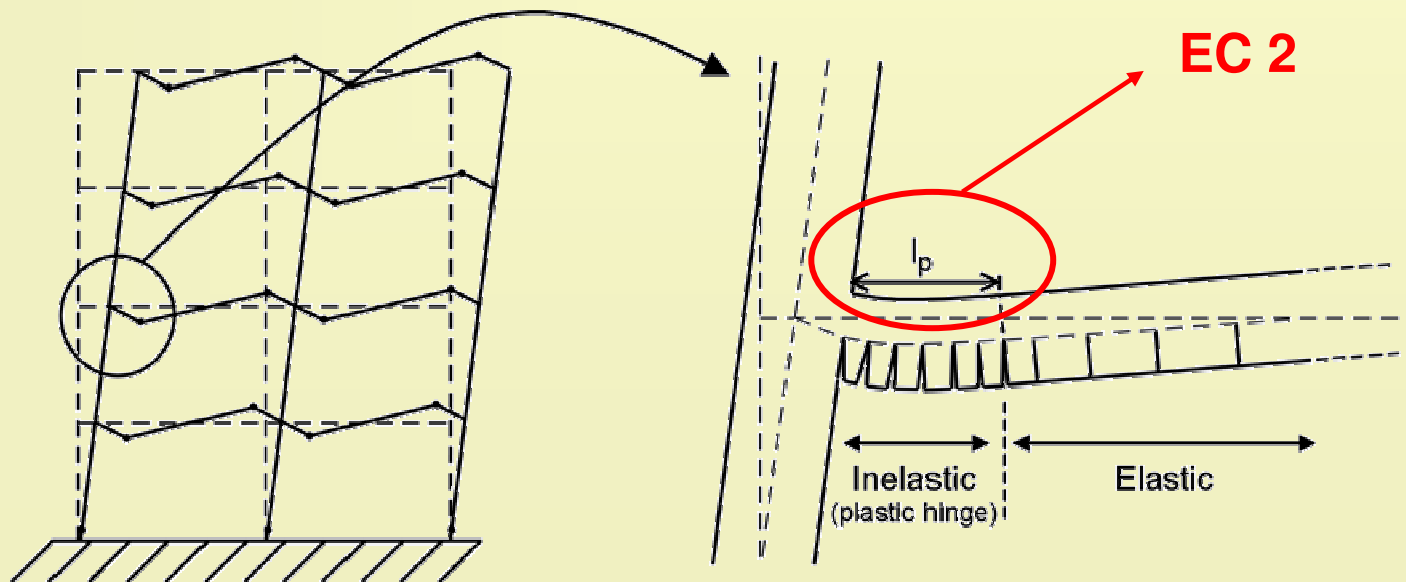
Επιβάλλεται να θεωρείται κατάσταση *ρηγματωμένου* σκυροδέματος

Σε πλαστικοποιημένες ζώνες (διαρροή οπλισμού):

πολύ μεγάλο εύρος ρωγμών –
ακατάλληλη βάση για αγκύρωση

Σε μη πλαστικοποιημένες ζώνες ($w \approx 1 \text{ mm}$):

αγκύρωση υπό προϋποθέσεις



Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση

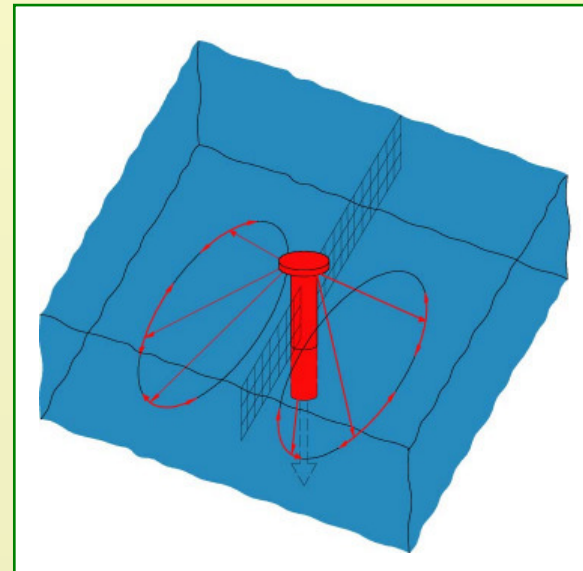
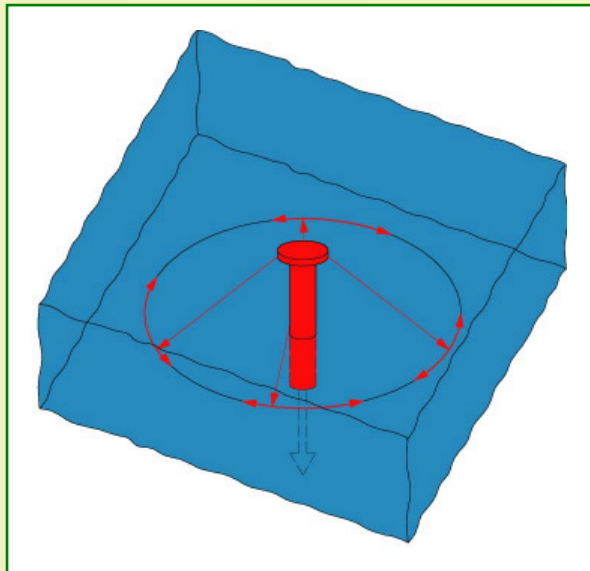


University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Κατάσταση σκυροδέματος:

Η ανακύκλιση έχει τρεις βασικές διαστάσεις:

Ρηγμάτωση:	Διαταραχή του στερεού (ροής) των τάσεων
Αποφλοίωση (spalling):	Καμπτική απόκριση του αγκυρίου Μείωση του βάθους αγκύρωσης
Ρηγμάτωση – σύνθλιψη:	Απώλεια του μηχανισμού αγκύρωσης



Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση

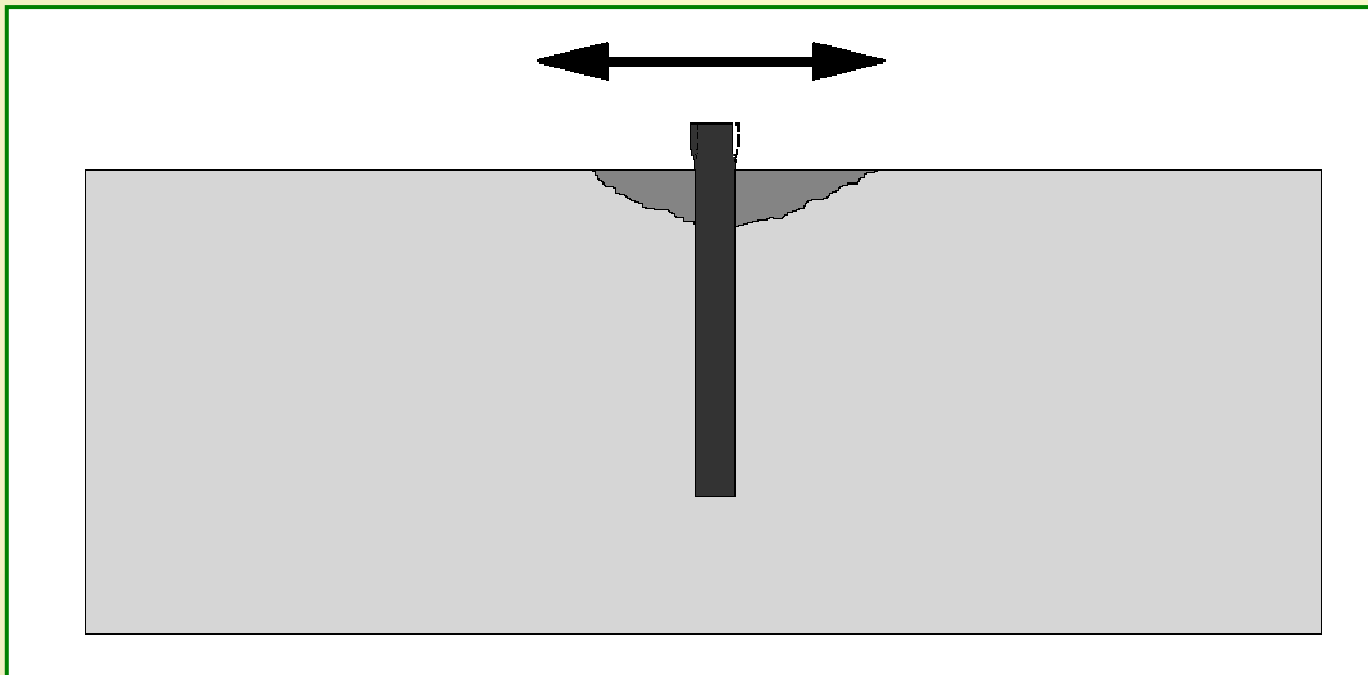


University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Κατάσταση σκυροδέματος:

Η ανακύκλιση έχει τρεις βασικές διαστάσεις:

Ρηγμάτωση:	Διαταραχή του στερεού (ροής) των τάσεων
Αποφλοΐωση (spalling):	Καμπτική απόκριση του αγκυρίου Μείωση του βάθους αγκύρωσης
Ρηγμάτωση – σύνθλιψη:	Απώλεια του μηχανισμού αγκύρωσης



Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση

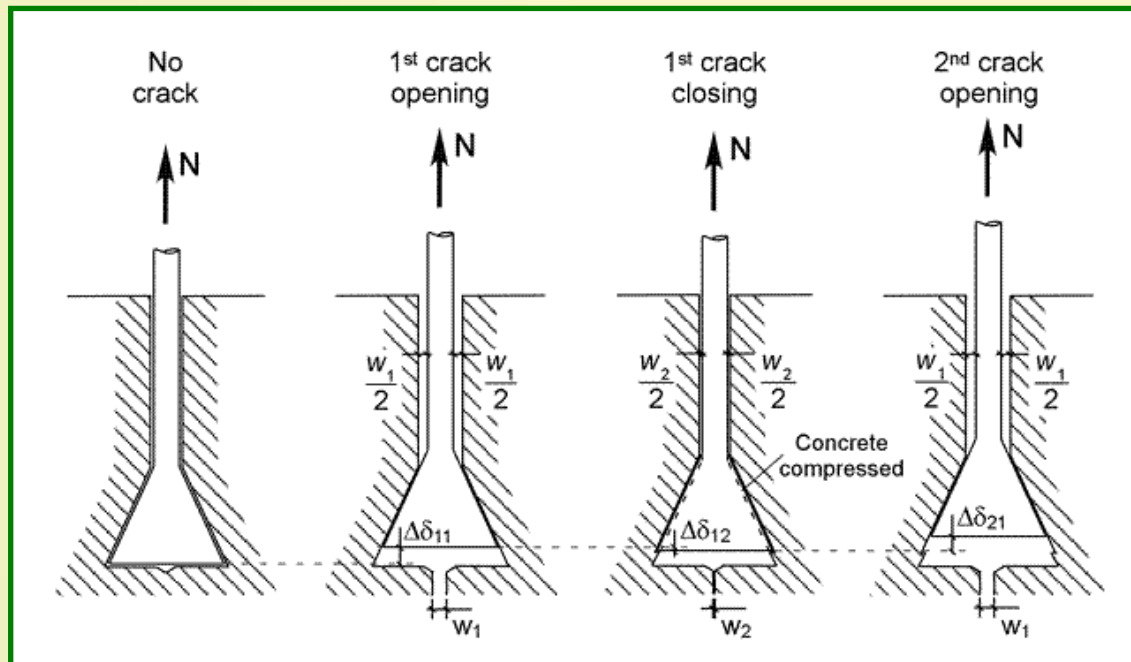


University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Κατάσταση σκυροδέματος:

Η ανακύκλιση έχει τρεις βασικές διαστάσεις:

- | | |
|------------------------|---|
| Ρηγματώση: | Διαταραχή του στερεού (ροής) των τάσεων |
| Αποφλοίωση (spalling): | Καμπτική απόκριση του αγκυρίου
Μείωση του βάθους αγκύρωσης |
| Ρηγματώση – σύνθλιψη: | Απώλεια του μηχανισμού αγκύρωσης |



Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Κατάσταση σκυροδέματος:

Η ανακύκλιση έχει τρεις βασικές διαστάσεις:

Ρηγμάτωση:	Διαταραχή του στερεού (ροής) των τάσεων
Αποφλοίωση (spalling):	Καμπτική απόκριση του αγκυρίου Μείωση του βάθους αγκύρωσης
Ρηγμάτωση – σύνθλιψη:	Απώλεια του μηχανισμού αγκύρωσης

Οι συνέπειες της ανακύκλισης εξαρτώνται κυρίως από:

- ✓ Τον αριθμό των κύκλων
- ✓ Το ελάχιστο και το μέγιστο εύρος ρωγμής
- ✓ Το βάθος και το μηχανισμό αγκύρωσης

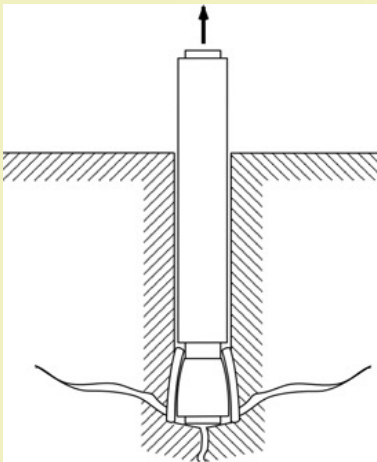
Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



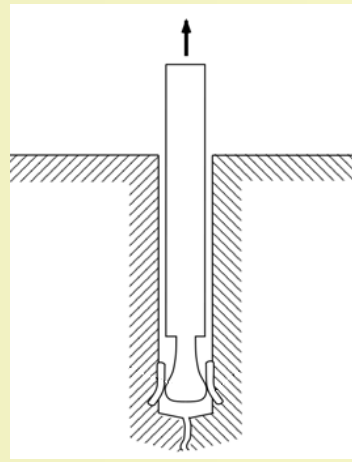
University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Χαρακτηριστικά αγκυρίου:

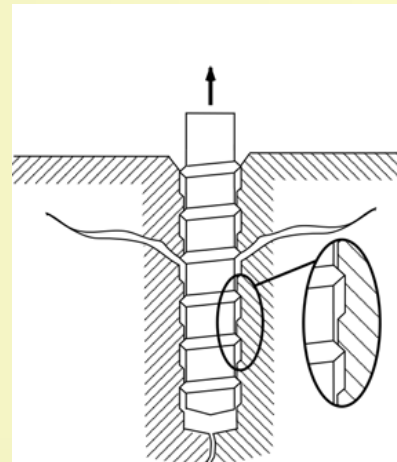
Μηχανισμός αγκύρωσης – μηχανισμός αστοχίας:



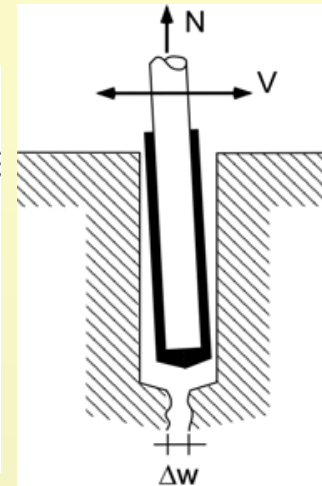
Διογκούμενης κεφαλής
Μηχανική εμπλοκή



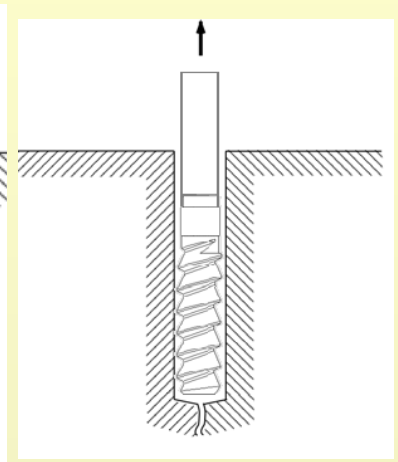
Διογκούμενο
Τριβή



Βίδα
Μηχανική εμπλοκή



Χημικό
Κόλληση



Χημικό ειδικού τύπου
Κόλληση - Διόγκωση

Η πιο άμεση και ουσιαστική συμμετοχή του σχεδιαστής στη βελτιστοποίηση της λύσης είναι η σωστή επιλογή αγκυρίου

Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Πειράματα σε σεισμική τράπεζα (εργαστήριο ISMES, Ιταλία):

Τριαξονική διέγερση

Εύρος ρωγμής: $w = 1.5 \text{ mm}$



Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση

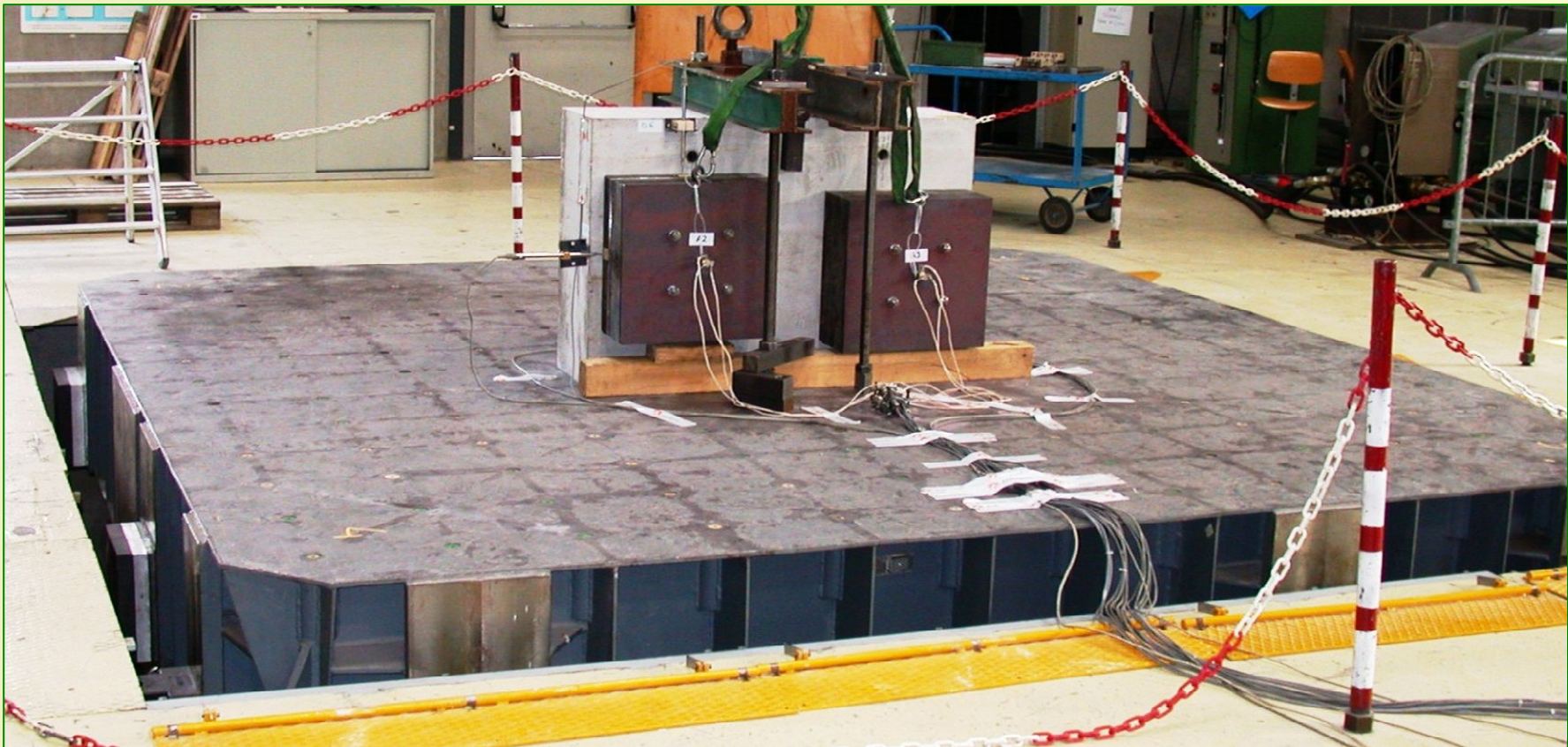


University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Πειράματα σε σεισμική τράπεζα (εργαστήριο ISMES, Ιταλία):

Τριαξονική διέγερση

Εύρος ρωγμής: $w = 1.5 \text{ mm}$



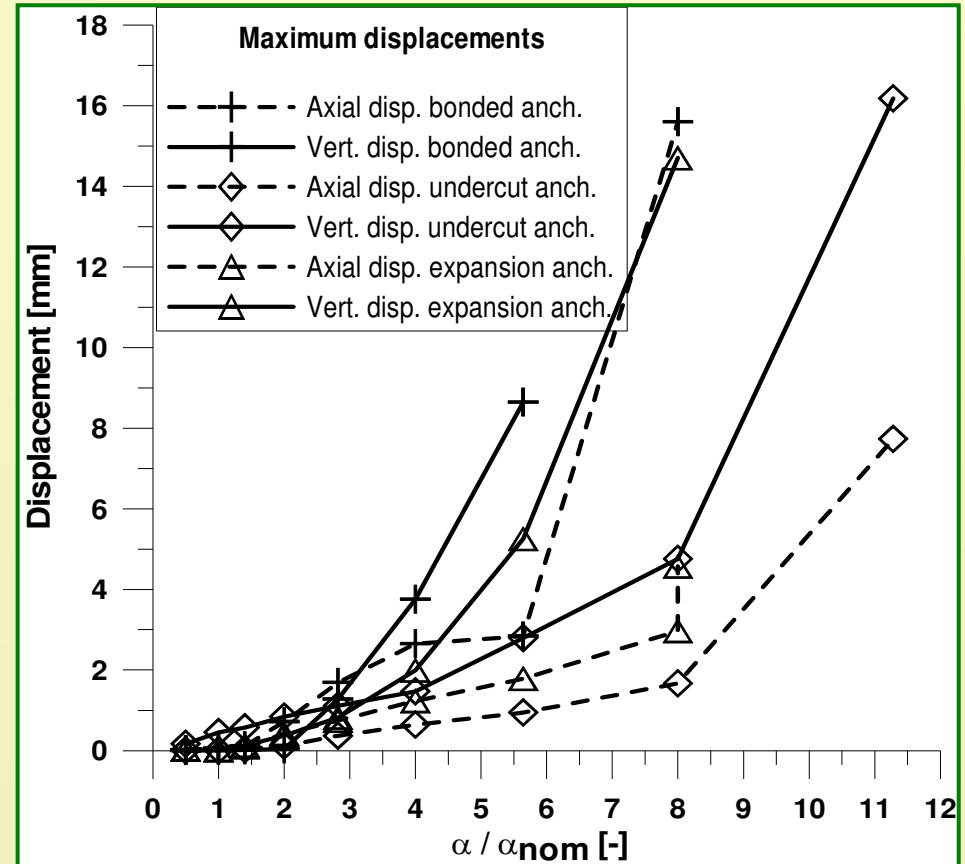
Συμπεριφορά υπό σεισμική καταπόνηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Πειράματα σε σεισμική τράπεζα:

Μηχανισμός αγκύρωσης → διαθέσιμη παραμόρφωση, μηχανισμός αστοχίας:



Επιλογή αγκυρίου - Πιστοποίηση



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Πιστοποιήσεις καταλληλότητας για σκοπούμενη εφαρμογή:

Ευρώπη: **ETA / CUAP – Σύμφωνα με τις οδηγίες του ΕΟΤΑ
(Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τυποποίησης)**

Η.Π.Α. : **Evaluation Report – Σύμφωνα με οδηγίες από το ICC-ES**

Οδηγίες για πιστοποίηση – Καθορίζονται:

- A) **Τύπος διερεύνησης – Διάταξη πειραμάτων, Εξοπλισμός,
Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες Δοκιμίων, Διαδικασία εκτέλεσης,
Ιδιότητες Υλικών, Συνθήκες Περιβάλλοντος,
Επεξεργασία – Αξιολόγηση – Έκθεση Αποτελεσμάτων**

- B) **Η καταλληλότητα (ή μη) του προϊόντος για συγκεκριμένες εφαρμογές.
Επί παραδείγματι: μη ρηγματωμένο σκυρόδεμα / ρηγματωμένο
σκυρόδεμα / μακροχρόνια επιβολή φορτίου / δυναμική φόρτιση /
βυθισμένη κατάσταση / φωτιά / σεισμός**

Μέθοδοι υπολογισμού



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Οδηγίες διαστασιολόγησης (Guidelines)

European Technical Approval Guideline

www.eota.be

fib Design Guide (2010)

Κανονισμοί (Norms/Codes)

Ευρωκώδικες: EC2 → CEN/TS 1992-4-1

ACI 318-05 - Appendix D

Κανονισμός Επεμβάσεων, Κανονισμός Σκυροδέματος, ...

Υπολογισμός κατά CEN/TS 1992-4-1



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Βασικά απαιτήσεις

- ✓ Απαιτείται πιστοποίηση και για σεισμικές εφαρμογές
- ✓ Θεωρείται ρηγματωμένο σκυρόδεμα
- ✓ Δεν καλύπτονται αγκυρώσεις σε κρίσιμες περιοχές (κατά EC8)
- ✓ Οι διαθέσιμες / επιτρεπόμενες παραμορφώσεις ελέγχονται με βάση την κρίση του μηχανικού
- ✓ Ελέγχεται η δυνατότητα διανομής του φορτίου από την πλάκα σύνδεσης στα αγκύρια μιας ομάδας (κατά EC3)
- ✓ Αποφεύγονται οι κατασκευαστικές ανοχές – κενά μεταξύ αγκυρίων και πλάκας σύνδεσης



Υπολογισμός κατά CEN/TS 1992-4-1

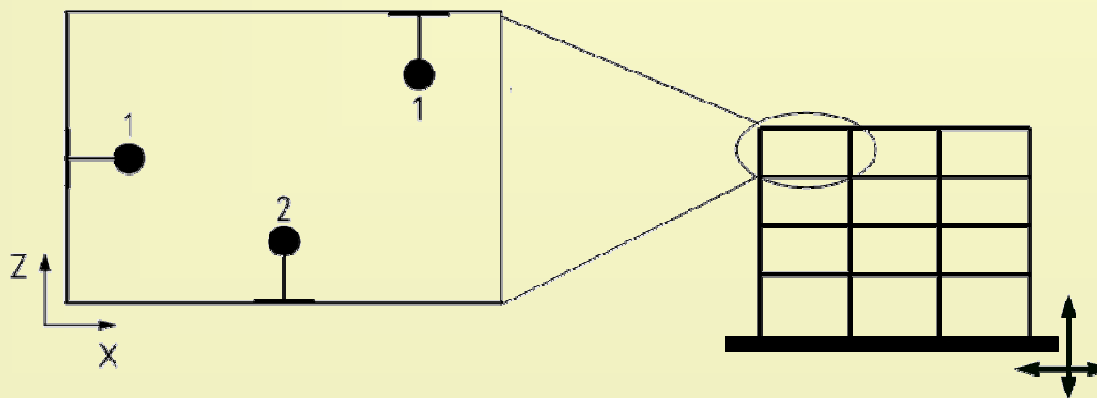


University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Δράσεις

Στην περίπτωση σύνδεσης φερόντων στοιχείων (π.χ. ενισχύσεις), τα φορτία στις αγκυρώσεις προκύπτουν από τη δομική ανάλυση, ενώ για μη-φέροντα στοιχεία, απαιτείται αναγωγή της σεισμικής διέγερσης:

$$F_a = \frac{S_a \cdot W \cdot \gamma_a}{q_a}, \quad S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[A_a \cdot \left(1 + \frac{Z}{H}\right) - 0.5 \right]$$



- 1) Επιρροή κατακόρυφης συνιστώσας
- 2) Παράλειψη κατακόρυφης συνιστώσας

Υπολογισμός κατά CEN/TS 1992-4-1



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Αντοχές - Υπολογισμός

- Όλες οι σεισμικές αντοχές σχεδιασμού μειώνονται επιπλέον κατά συντελεστή α_{eq}

$$R_{d,eq} = \alpha_{eq} \cdot \frac{R_{k,eq}}{\gamma_M}$$

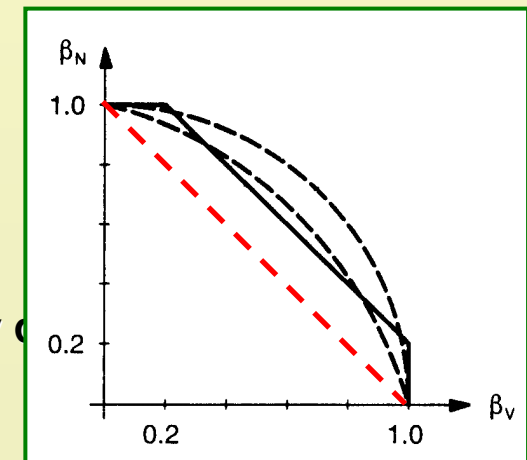
όπου: $\alpha_{eq} =$ 0,75 για αστοχία σκυροδέματος
1,0 για αστοχία χάλυβα

$R_{k,eq}$ χαρακτηριστική αντοχή για σεισμική φόρτιση σύμφωνα με τη σχετική ευρωπαϊκή προδιαγραφή

- Το κριτήριο για αλληλεπίδραση αξονικής – τέμνουσας είναι:

$$\frac{N_{Rk,eq}}{N_{Rd,eq}} + \frac{V_{Rk,eq}}{V_{Rd,eq}} \leq 1$$

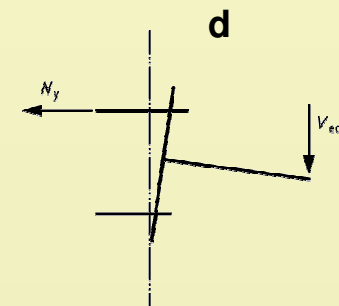
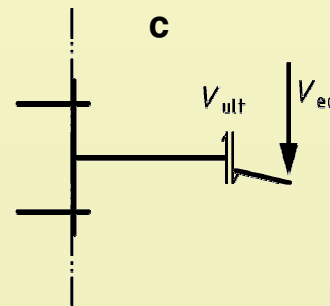
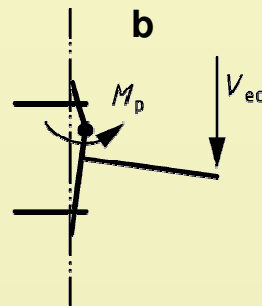
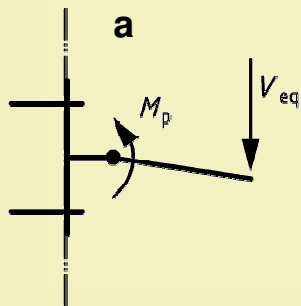
- Ελέγχονται οι αποστάσεις από το άκρο και μεταξύ γειτονικών...



Αντοχές – Απαιτήσεις πλαστιμότητας

Μια από τις δύο παρακάτω προϋποθέσεις πρέπει να ικανοποιείται:

- 1) Ο σχεδιασμός της αγκύρωσης πρέπει να γίνει για το ελάχιστο φορτίο από τα παρακάτω:
 - i. Το μέγιστο Το φορτίο που αντιστοιχεί σε διαρροή ενός μεταλλικού στοιχείου της κατασκευής (σχ. a, b)
 - ii. φορτίο που μπορεί να μεταφερθεί από το συνδεδεμένο στοιχείο στην αγκύρωση (σχ. c)
- 2) Τα αγκύρια είναι σχεδιασμένα για όλκιμη θραύση (σχ. d)

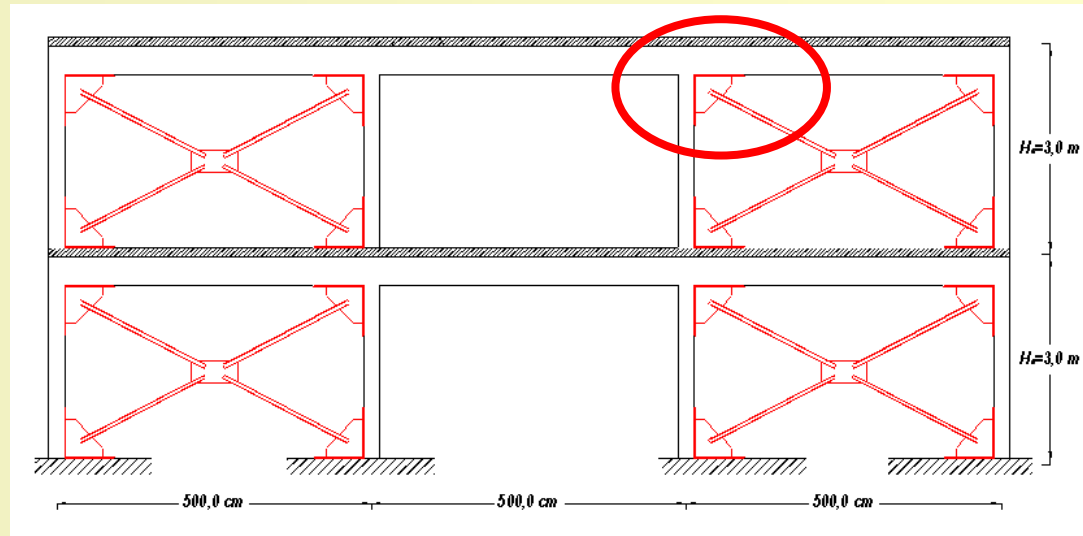


Αστοχία σκυροδέματος προβλέπεται μόνο για συνδέσεις μη φερόντων στοιχείων και υπό προϋποθέσεις

Παράδειγμα: Απευθείας σύνδεση μεταλλικών χιαστί συνδέσμων



Περιγραφή του προβλήματος



Βελτίωση:

Χρήση αγκυριών:

κυρίως της δυσκαμψίας, ενδεχομένως αντοχής και πλαστιμότητας
ευκολία κατασκευής, δυνατότητα αφαίρεσης ή αντικατάστασης

Φάσμα σχεδιασμού

$$\Phi_d(T) = 0,225 \cdot g$$

Συντελεστής συμπεριφοράς

$$q = 4$$

Επιτάχυνση εδάφους

$$A = 0,36 \cdot g$$

Ζητούμενο: Περιορισμός των παραμορφώσεων, $\gamma \leq 0,5\%$

QHR 60x4

$$S_{sd} = 66,0 \text{ kN}$$

Παράδειγμα: Απευθείας σύνδεση μεταλλικών χιαστί συνδέσμων



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Κρίσιμα σημεία της επίλυσης

Θεώρηση ρηγματωμένου σκυροδέματος → Επιλογή τύπου αγκυρίου

Αποκλεισμός εμφάνισης πλαστικής περιοχής

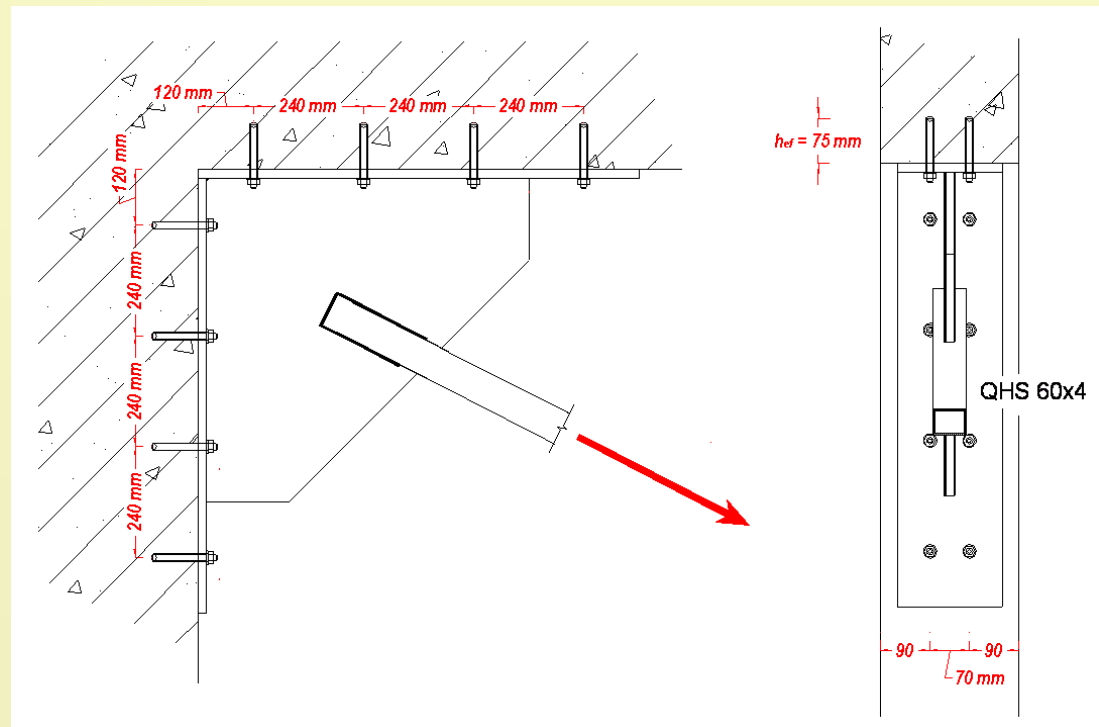
Περιορισμένες διαστάσεις – κατάλληλη επιλογή αποστάσεων

- α) αλληλεπίδραση γειτονικών αγκυριών
- β) κατασκευαστικοί λόγοι



Επιλογή βάθους αγκύρωσης
και τύπου αγκυρίου

Διογκούμενης κεφαλής
 $h_{ef} = 75 \text{ mm}$



Παράδειγμα: Απευθείας σύνδεση μεταλλικών χιαστί συνδέσμων



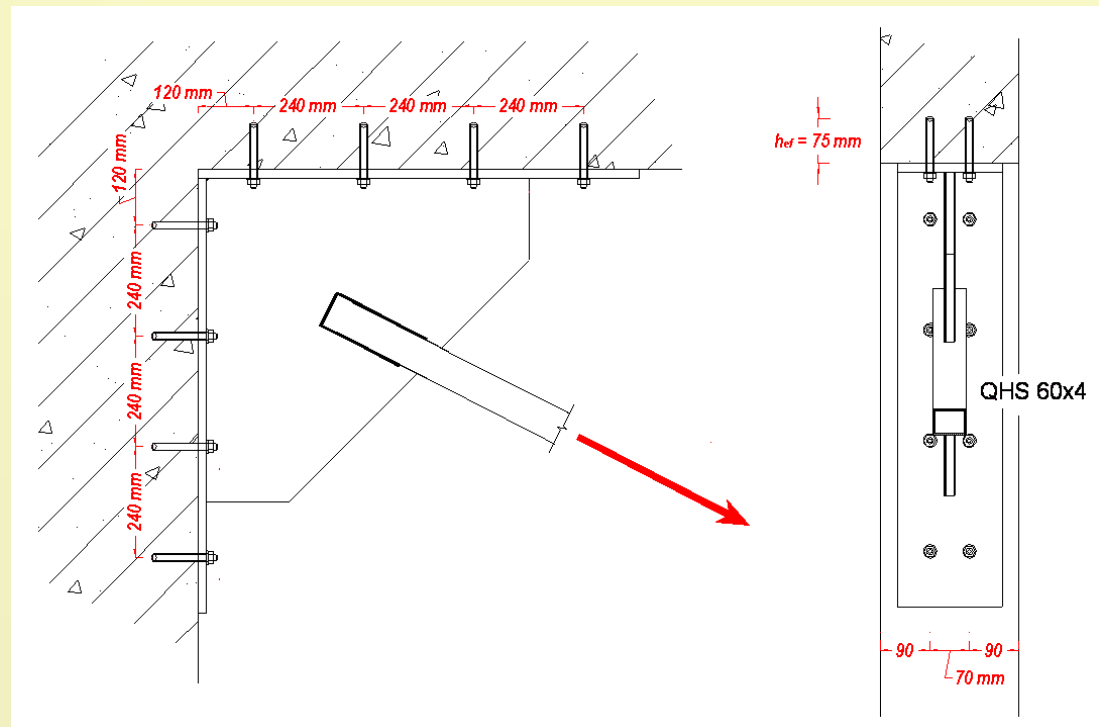
Κρίσιμα σημεία της επίλυσης

Θεώρηση σεισμικών αντοχών ίσων με τις στατικές και απομείωση κατά $\alpha_{eq} = 0,75$
Αλληλεπίδραση αξονικής – τέμνουσας

$$(\beta_N)^a + (\beta_V)^a \leq 1$$

Αναγωγή σε σκυρόδεμα χαμηλότερης αντοχής

$$k = \sqrt{\frac{f_{ck,i}}{f_{ck,25}}}$$



Παράδειγμα: Απευθείας σύνδεση μεταλλικών χιαστί συνδέσμων



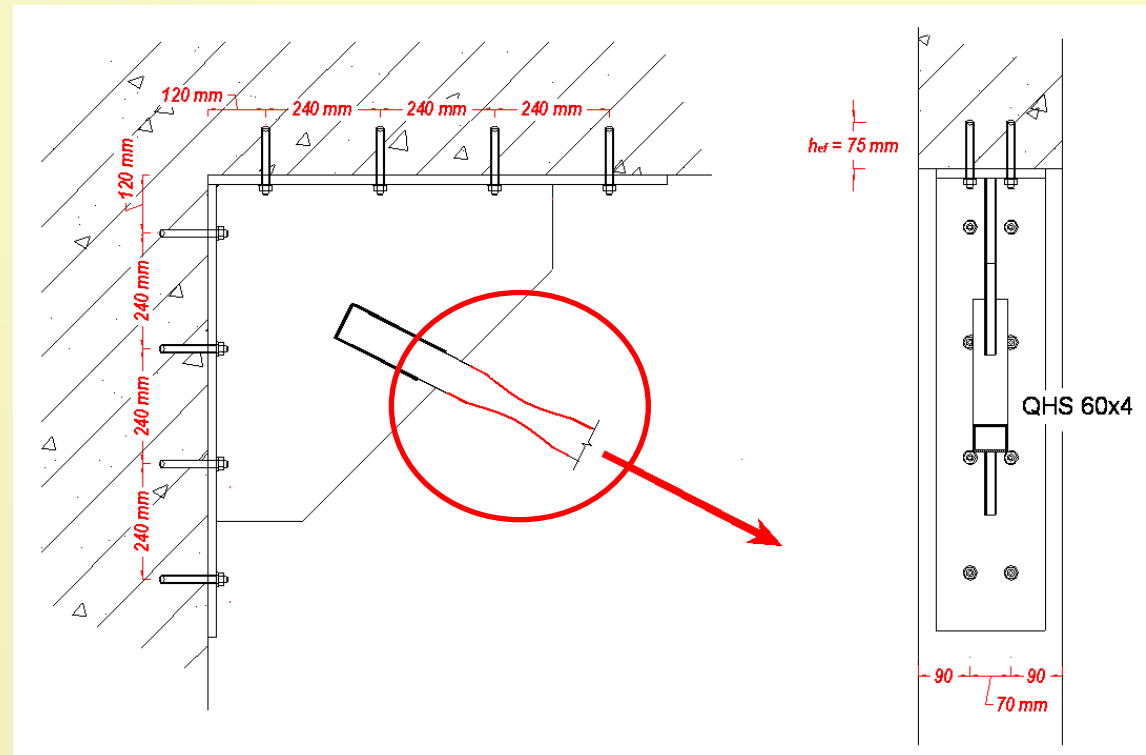
University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

Κρίσιμα σημεία της επίλυσης

Απαιτήσεις πλαστιμότητας:

- Διαστασιολόγηση του συνδέσμου για προέχοντα λυγισμό – όχι υπερδιαστασιολόγηση
- Μικρές αποστάσεις από το άκρο λόγω διαστάσεων του στοιχείου – ψαθυρή αστοχία

Επίλυση: Τοπική απομείωση της διατομής



Πηγές



University of Natural Resources
and Applied Life Sciences, Vienna
Department of Structural Engineering
and Natural Hazards

1. Αλληλογραφία με τους Dr. Ulrich Bourgund και Dr. Fritz Wall από την εταιρία HILTI AG
2. European Organization for Technical Approvals – EOTA (1997). ETAG 001, Metal Anchors for Use in Concrete, www.eota.be (Endorsed ETAGs)
3. European Organization for Standardization CEN, CEN/TS 1992-4-1 Design of Fastenings for Use in Concrete – Draft Prestandard
4. fib Design Guide “Fastenings to structural concrete and masonry” (υπό έκδοση)
5. Comité Euro-International du Béton (CEB), (1995), Design of fastenings in concrete / Fastenings for seismic retrofitting. Bulletin d’ Information 226
6. Mallee R., Befestigungstechnik Σημειώσεις μαθήματος. University of Natural resources and Applied Life Sciences - Vienna, (2005)
7. Eligehausen R, Mallee R, Silva JF (2006). Anchorage in Concrete Construction. Ernst & Sohn
8. Hoehler M., (2006) “Behaviour and Testing of Fastenings to Concrete for use in seismic applications” – Dissertation, University of Stuttgart
9. Rieder, A.: Behaviour of post-installed anchors in concrete under shear seismic loads – Dissertation. University of Natural resources and Applied Life Sciences, Vienna
10. Rieder, A.; Spyridis, P.; Bergmeister, K.: (2008): Seismic behaviour of post-installed anchors in concrete - A case study, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας