

# ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 7

## ΜΕΡΟΣ 1ο

### «ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»

#### ΔΟΜΗ, ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

- Απαίτηση για την εισαγωγή του EC7
- Περιεχόμενα και βασικές αρχές
- Τι άλλαξε με την εισαγωγή του
- Ποιες οι συνέπειες των αλλαγών

**Α. Αναγνωστόπουλος**  
Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, 2009

# ΑΝΑΓΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ EC7

1. Ενιαίος τρόπος μελέτης των έργων Πολιτικού Μηχανικού (Σύστημα Δομικών Ευρωκωδίκων)
2. Ενιαίος τρόπος μελέτης των γεωτεχνικών έργων στην Ε.Ε.
3. Περιέχει τις γενικές αρχές, απαραίτητες οδηγίες και το πλαίσιο για το σχεδιασμό και την παρακολούθηση των Θεμελιώσεων - Γεωκατασκευών κ.ά. «συνήθων» έργων Μηχανικού
4. Δεν περιλαμβάνει όμως συγκεκριμένες μεθόδους υπολογισμού, αλλά μόνο αρχές που ισχύουν για όλες τις μεθόδους
5. Εξασφαλίζει την ασφάλεια του έργου καθ' όλο το διάστημα της κατασκευής – λειτουργίας του

# ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ EC7-1

## *Κατανόηση νέων εννοιών, όπως:*

- οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας / αστοχίας
- περιπτώσεις σχεδιασμού – συνδυασμοί δράσεων
- χαρακτηριστικές τιμές δράσεων / εδαφικών παραμέτρων
- επιμέρους συντελεστές – τιμές σχεδιασμού (έννοιες κοινές σε όλους τους Δομικούς Ευρωκώδικες)

## *Εφαρμογή των νέων εννοιών στις μελέτες:*

- **Αποτέλεσμα:**
  - κατάργηση του «ενιαίου συντελεστή ασφαλείας»
  - αύξηση των απαιτούμενων ελέγχων

# ΜΗ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ EC7-1

## Ουδεμία αλλαγή στις μεθόδους υπολογισμού των έργων

π.χ.:

- φέρουσα ικανότητα πεδίων (μέθοδος Brinch Hansen, Terzaghi, DIN 4017)
- φέρουσα ικανότητα πασσάλων (συντελεστές  $\alpha$  και  $\beta$ , Terzaghi, DIN 4014)
- ωθήσεις γαιών (μέθοδος Rankine, Coulomb)
- ευστάθεια πρανών (μέθοδος Bishop, Janbu κ.λ.π.)
- καθιζήσεις με τύπους ελαστικής μορφής: 
$$\left( S = \frac{q \cdot B}{E} \cdot f \right)$$

# **ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 7 – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

**EN 1997-1 (2004): Part 1 – ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ**

**EN 1997-2 (2007): Part 2 – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ  
ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ**

## Τα περιεχόμενα του Ευρωκώδικα 7: Γεωτεχνικός Σχεδιασμός οφείλουν να ικανοποιούν:

- α) Εναρμονισμό του τρόπου μελέτης των γεωτεχνικών έργων στην Ευρώπη
- β) Εναρμονισμό του Γεωτεχνικού με τον Δομικό Σχεδιασμό των έργων Πολιτικού Μηχανικού



Θέσπιση και στη Γεωτεχνική της μεθοδολογίας των «οριακών καταστάσεων» (LSD)

## Περιεχόμενα EN 1997-1: Γενικοί Κανόνες

Κεφ. 1: Γενικά

Κεφ. 2: Αρχές γεωτεχνικού σχεδιασμού

Κεφ. 3: Γεωτεχνικά στοιχεία

Κεφ. 4: Επίβλεψη της κατασκευής, Ενόργανη παρακολούθηση και συντήρηση

Κεφ. 5: Επιχώσεις, απαντήσεις υδάτων, βελτιώσεις και ενισχύσεις εδαφών

Κεφ. 6: Επιφανειακές θεμελιώσεις

Κεφ. 7: Θεμελιώσεις με πασσάλους

Κεφ. 8: Αγκυρώσεις

Κεφ. 9: Έργα αντιστήριξης

Κεφ.10: Υδραυλική αστοχία

Κεφ.11: Ολική ευστάθεια

Κεφ.12: Επιχώματα

## Παραρτήματα EN 1997-1:

- Παρ. Α (τυποποιητικό) Επιμέρους συντελεστές και συντελεστές συσχέτισης για οριακές καταστάσεις αστοχίας και συνιστώμενες τιμές
- Παρ. Β (πληροφοριακό) Βασικά στοιχεία για τους επιμέρους συντελεστές στους Τρόπους σχεδιασμού 1,2 και 3.
- Παρ. Γ (πληροφοριακό) Ενδεικτικές μέθοδοι προσδιορισμού των οριακών τιμών των ωθήσεων γαιών σε κατακόρυφους τοίχους
- Παρ. Δ (πληροφοριακό) Ενδεικτική αναλυτική μέθοδος για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας.
- Παρ. Ε (πληροφοριακό) Ενδεικτική ημι-εμπειρική μέθοδος για την εκτίμηση της φέρουσας αντίστασης.



## Παραρτήματα EN 1997-1:

- Παρ. ΣΤ (πληροφοριακό) Ενδεικτικές μέθοδοι για την εκτίμηση των υποχωρήσεων
- Παρ. Ζ (πληροφοριακό) Ενδεικτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό της θεωρούμενης φέρουσας αντίστασης για επιφανειακές θεμελιώσεις σε βράχο
- Παρ. Η (πληροφοριακό) Οριακές τιμές δομικής παραμόρφωσης και μετακίνησης της θεμελίωσης
- Παρ. Θ (πληροφοριακό) Βοήθημα για την επίβλεψη της κατασκευής και την παρακολούθηση της συμπεριφοράς

## Σημειώνεται ότι ο EC 7-1:

1. Περιέχει ένα πλαίσιο κανόνων, για την εναρμόνιση των μεθόδων σχεδιασμού. (δεν είναι ένα Εγχειρίδιο Σχεδιασμού)
2. Περιλαμβάνει μόνο έναν αριθμό εξισώσεων οι οποίες θα πρέπει να ικανοποιούνται κατά τους υπολογισμούς
3. Τα μόνα αναλυτικά προσομοιώματα (calculation models) που αναφέρονται περιλαμβάνονται (πληροφοριακά) στα παραρτήματα
4. Επιτρέπεται η χρήση και άλλων μεθοδολογιών εφ' όσων κατά την εφαρμογή τους ακολουθηθούν οι Αρχές του EC7-1
5. Σε κάθε περίπτωση ο Γεωτεχνικός σχεδιασμός με βάση τον EC7 απευθύνεται κυρίως σε Μηχανικούς με αντίστοιχη εξειδίκευση στη Γεωτεχνική. (qualified personnel)

# ΚΩΔΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟΝ EC7

- EN 1990: «Ευρωκώδικας: Βάσεις σχεδιασμού»
- EN 1991: «Δράσεις»
- EN 1998-5: Αντισεισμικός σχεδιασμός θεμελιώσεων, κατασκευών αντιστηρίξεων, γαιοκατασκευών

Άλλες Τεχνικές Επιτροπές (TC) της CEN:

- CEN/TC 341: «Γεωτεχνικές έρευνες και δοκιμές»
- CEN/TC 288: «Εκτέλεση ειδικών γεωτεχνικών έργων»
- CEN/TC 189: «Γεφυράσματα και συναφή προϊόντα»
- CEN/TC 227: «Υλικά Οδοποιίας»
- CEN/TC WG203: «Εδαφοκατασκευές»
- Maintenance Group of SC7: συντακτικές βελτιώσεις, διευκρινήσεις, τεχνικές συμπληρώσεις, διορθώσεις λαθών κ.α.

Τα κεφάλαια του EC7, όπως και των λοιπών EC, περιλαμβάνουν άρθρα τα οποία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

### **α) Αρχές (Principles):**

- γενικές αναφορές και ορισμούς για τους οποίους δεν υπάρχει εναλλακτική δυνατότητα
- απαιτήσεις και αναλυτικά προσομοιώματα για τα οποία δεν επιτρέπεται εναλλακτική θεώρηση εκτός εάν τούτο αναφέρεται ρητώς

### **β) Κανόνες Εφαρμογής (application rules):`**

- αποτελούν παραδείγματα γενικώς παραδεκτών κανόνων οι οποίοι ακολουθούν τις Αρχές του EC7 και ικανοποιούν τις απαιτήσεις τους

## ΚΕΦ. 2: ΑΡΧΕΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- 2.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
- 2.2 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
- 2.3 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ
- 2.4 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΕΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ
- 2.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΕΙ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
- 2.6 ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ
- 2.7 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ
- 2.8 ΕΚΘΕΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

## 2.1 Απαιτήσεις Σχεδιασμού

Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας γεωτεχνικού σχεδιασμού απαιτεί την εκτίμηση της πολυπλοκότητας και της επικινδυνότητας του έργου. Έτσι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι:

1. Οι συνθήκες του υπεδάφους
2. Οι συνθήκες των υπογείων υδάτων
3. Η σεισμικότητα της περιοχής
4. Οι επιδράσεις από το περιβάλλον (όπως η υδρολογία, τα επιφανειακά νερά, οι κίνδυνοι συνιζήσεων, κ.α.)
5. Οι συνθήκες σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο της κατασκευής (όπως οι γειτονικές κατασκευές, τα δίκτυα κοινής ωφέλειας, η κυκλοφορία, κ.λ.π)
6. Η ευαισθησία και το μέγεθος της κατασκευής

1 – 2 – 3 – 4: Γεωτεχνική επικινδυνότητα

5 – 6 : Τρωτότητα της κατασκευής

(Υπό τύπο συστάσεως)

### Γεωτεχνική Κατηγορία 1

- Μικρές σχετικά απλές κατασκευές σε γνωστές ποιοτικά εδαφικές συνθήκες
- Περιορισμένες συνέπειες σε περίπτωση αστοχίας

### Γεωτεχνική Κατηγορία 2

Περιλαμβάνει συμβατικούς τύπους δομικών έργων και θεμελιώσεων χωρίς ιδιαίτερο κίνδυνο ή δύσκολες συνθήκες υπεδάφους ή φόρτισης.

Έργα με μετρίου μεγέθους συνέπειες σε περίπτωση αστοχίας

Στην κατηγορία αυτή απαιτούνται συνήθεις γεωτεχνικές έρευνες

### Γεωτεχνική Κατηγορία 3

Μεγάλες ή ασυνήθεις κατασκευές, ή κατασκευές σε εξαιρετικά πολύπλοκες συνθήκες υπεδάφους, η διερεύνηση των οποίων απαιτεί ειδικές έρευνες και δοκιμές.

Έργα με σοβαρές συνέπειες σε περίπτωση αστοχίας

Η κατηγορία 3 μπορεί να περιλαμβάνει και εναλλακτικούς κανόνες πέραν από αυτούς που περιλαμβάνονται στον EC7-1.

# Εδαφικές Ιδιότητες

1. *«Η γνώση των εδαφικών ιδιοτήτων εξαρτάται από την έκταση και την ποιότητα των γεωτεχνικών ερευνών.*

*Τα ανωτέρω είναι συνήθως πιο σημαντικά για την εξασφάλιση των βασικών απαιτήσεων, παρά η ακρίβεια των υπολογιστικών προσομοιωμάτων και των επιμέρους συντελεστών» (EC 7-1)*

2. **Οι τιμές που προκύπτουν από αποτελέσματα δοκιμών κ.α. στοιχεία πρέπει να ερμηνεύονται κατάλληλα για την οριακή κατάσταση που εξετάζεται.**

3. **Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές διαφορές μεταξύ των εργαστηριακών γεωτεχνικών παραμέτρων και αυτών που διέπουν την συμπεριφορά του έργου.**



## Συνιστώσες του Γεωτεχνικού Σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός μέσω υπολογισμών κατά τον EC7 θα πρέπει να ακολουθεί τόσο τις βασικές απαιτήσεις του EN 1990 όσο και τους ειδικότερους κανόνες και αρχές του EC7

**Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει τις ακόλουθες συνιστώσες:**

- Τις δράσεις (επιβαλλόμενα φορτία ή μετακινήσεις)
- Τις ιδιότητες των εδαφών, βράχων ή άλλων υλικών
- Τα γεωμετρικά στοιχεία του εδάφους, Σ.Υ.Υ. κ.ά.
- Τους επιμέρους συντελεστές ή άλλα στοιχεία ασφαλείας
- Τις οριακές ή επιτρεπόμενες τιμές των παραμορφώσεων, δονήσεων κ.λ.π.
- Τα πρότυπα υπολογισμού

## Χαρακτηριστικές τιμές και τιμές σχεδιασμού δράσεων και εδαφικών ιδιοτήτων

Κατά τους ελέγχους έναντι των οριακών καταστάσεων, τα μεγέθη των δράσεων,  $F$ , (actions) και των εδαφικών ιδιοτήτων,  $X$ , (material properties) υπεισέρχονται στους υπολογισμούς με τις λεγόμενες τιμές σχεδιασμού (design values).

Οι τιμές σχεδιασμού προκύπτουν από τις χαρακτηριστικές τιμές (characteristic values) με εφαρμογή των επιμέρους συντελεστών (partial factors).

Οι τιμές των δράσεων ( $F_d$ ) και των ιδιοτήτων των υλικών ( $X_d$ ) που υπεισέρχονται στους ελέγχους έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας, υπολογίζονται από τις χαρακτηριστικές τιμές μέσω των σχέσεων ( $\alpha$ ) και ( $\beta$ ):

Για τις δράσεις:  $F_d = F_{rep} \cdot \gamma_F$ , όπου  $F_{rep} = \psi \cdot F_k$  (α)

Για τις ιδιότητες:  $X_d = X_k / \gamma_M$  ή (β)  
με απευθείας εκτίμηση

όπου:

$F_{rep}$  = αντιπροσωπευτική τιμή της δράσης

$F_k$  = χαρακτηριστική τιμή της δράσης

$\gamma_F$  = επιμέρους συντελεστής για τις δράσεις

$\gamma_M$  = επιμέρους συντελεστής για τις εδαφικές ιδιότητες

$X_k$  = χαρακτηριστική τιμή εδαφικής παραμέτρου  $X$

$\psi$  = συντελεστής συνδυασμού των δράσεων (EN 1990)

## Σημειώνεται:

- Οι επιμέρους συντελεστές  $\gamma_M$  **δεν** περιλαμβάνουν τυχόν βαθμό αβεβαιότητας κατά τον προσδιορισμό της  $X_d$
- **Περιλαμβάνουν:**
  - a) ένα μέσο πιθανό σφάλμα λόγω της αναλυτικής προσομοίωσης του φυσικού προβλήματος
  - b) περιθώριο ασφαλείας ως προς την κατάσταση αστοχίας ώστε τα αποτελέσματα κατά EC7-1 να μην αποκλίνουν σημαντικά της παλαιότερης μεθοδολογίας

Οι μεθοδολογίες κατά EC7-1 και οι συμβατικές (SF) δεν δίνουν ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα καθότι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας δεν εξαρτώνται από τον τύπο του έργου

# Χαρακτηριστικές Τιμές

## Χαρακτηριστικές και αντιπροσωπευτικές τιμές δράσεων (F)

1. (P) Οι χαρακτηριστικές και αντιπροσωπευτικές τιμές των δράσεων πρέπει να προκύπτουν σύμφωνα με το EN 1990:2002 και τα διάφορα μέρη του EN 1991

## Χαρακτηριστικές τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων (X)

1. (P) Η επιλογή χαρακτηριστικών τιμών των γεωτεχνικών παραμέτρων πρέπει να βασίζεται σε αποτελέσματα και παράγωγες τιμές εργαστηριακών δοκιμών ή/και δοκιμών πεδίου, και να συμπληρώνεται από εμπειριστατωμένη εμπειρία.
2. (P) Η χαρακτηριστική τιμή μιας γεωτεχνικής παραμέτρου πρέπει να επιλέγεται ως συντηρητική εκτίμηση (*cautious estimate*) της τιμής η οποία επηρεάζει την εμφάνιση της οριακής κατάστασης

# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

- **Σύνηθες ερώτημα:**

*Πώς επιλέγονται οι τιμές των εδαφικών παραμέτρων για τους υπολογισμούς;*

- **Απάντηση Γεωτεχνικού Μηχανικού:**

– *κατά την κρίση μου*

*Οι χαρακτηριστικές τιμές αποτελούν προσπάθεια για την αντικειμενική επιλογή των τιμών των εδαφικών παραμέτρων για συγκεκριμένο έργο.*

Οι μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενες κατά τους υπολογισμούς ιδιότητες των εδαφικών υλικών αποτελούν επίσης «συντηρητικά επιλεγμένες εκτιμήσεις» καθότι κατά την εκτίμησή τους λαμβάνονται υπόψη:

- η τυχαία μεταβλητότητα του εδάφους
- η διατάραξη κατά την δειγματοληψία
- οι ατέλειες των εργαστηριακών δοκιμών
- το είδος και η σημασία του εκτελούμενου έργου
- καθώς και η προσωπική εμπειρία του γεωτεχνικού μηχανικού για τον συγκεκριμένο τύπο εδάφους και έργου

Δηλαδή συμπερασματικά:

Τόσο η χαρακτηριστική τιμή  $X_k$  κατά τον EC7-1 όσο και η συντηρητικά επιλεγμένη τιμή κατά τον παραδοσιακό τρόπο υπολογισμού, θεωρούνται ότι είναι ισοδύναμες για την πράξη

Η έκταση της ζώνης του εδάφους που διέπει τη συμπεριφορά του γεωτεχνικού έργου σε μια οριακή κατάσταση, είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη από την έκταση της ζώνης του εδαφικού δείγματος της εργαστηριακής δοκιμής ή την έκταση της ζώνης του εδάφους που επηρεάζεται κατά την επιτόπου δοκιμή.

Επομένως η τιμή της παραμέτρου που διέπει τη συμπεριφορά του γεωτεχνικού έργου είναι συνήθως μια μέση τιμή η οποία καλύπτει μεγάλη επιφάνεια ή όγκο του εδάφους.

**Η χαρακτηριστική τιμή θα πρέπει να είναι μια συντηρητική εκτίμηση της ανωτέρω μέσης τιμής.**

**Η χαρακτηριστική τιμή ( $X_r$ ) λοιπόν επιλέγεται ως συντηρητική (cautious) εκτίμηση της μέσης τιμής της παραμέτρου ( $X$ ), η οποία επηρεάζει τη δημιουργία μιας οριακής κατάστασης.**



## Όπως αναφέρουν οι Frank et.al (2004):

- Η λέξη «επιλέγεται» υπονοεί σαφώς την «κρίση του μηχανικού»
- Η φράση «συντηρητική εκτίμηση» επισημαίνει το γεγονός ότι απαιτείται κάποια συντηρητική προσέγγιση κατά την επιλογή
- Η φράση «οριακή κατάσταση» δίνει έμφαση στο γεγονός ότι η επιλεγείσα χαρακτηριστική τιμή πρέπει να σχετίζεται με τον αναμενόμενο μηχανισμό αστοχίας

Ο EC7-1 προσπαθώντας να ποσοτικοποιήσει τη «συντηρητικότητα» κατά τον προσδιορισμό της χαρακτηριστικής τιμής αναφέρει υπό τύπο συστάσεως:

*«Εάν χρησιμοποιούνται στατιστικές μέθοδοι, η χαρακτηριστική τιμή μιας παραμέτρου, η οποία διέπει την οριακή κατάσταση που εξετάζεται, θα πρέπει να προσδιορίζεται έτσι ώστε η εκτιμώμενη πιθανότητα εμφάνισης μιας δυσμενέστερης τιμής της παραμέτρου να μην υπερβαίνει το 5%»*

## Παράδειγμα εφαρμογής στατιστικών μεθόδων (Orr, 2008)

Σε σχετικά ομοιογενή εδαφικό σχηματισμό μετρήθηκαν σε ένα βάθος 12m οι τιμές:

$c_u$ : 27, 42, 47, 31, 53, 38, 29, 49, 35, 54 KPa

Η μέση τιμή των αντοχών είναι  $X_m=40,5$  KPa

Η τυπική απόκλιση των τιμών είναι  $S_d=10,0$  KPa

Η ζητούμενη χαρακτηριστική τιμή ( $X_k$ ) της  $C_u$  αποτελεί συντηρητική εκτίμηση της μέσης τιμής ( $X_m$ )

Θεωρώντας ότι η μέση τιμή  $X_m$  ακολουθεί τη στατιστική κατανομή κατά Student:

$$X_{\kappa} = X_m \left( 1 - t_c \frac{S_d}{X_m \sqrt{n}} \right)$$

όπου:  $n$  : ο αριθμός των δειγμάτων

$t_c$  : τιμές της παραμέτρου κατανομής Student για διάφορες τιμές  $n$ .

Για  $n=10$  προκύπτει

$$X_{\kappa} = 34.7 \text{ KPa}$$

Χρήσιμη εναλλακτική λύση για την πράξη είναι η πρόταση Schneider (1997), κατά την οποία  $X_{\kappa} = X_m - 0,50 \cdot S_d$  οπότε:

$$X_{\kappa} = 35.5 \text{ KPa}$$

Η τιμή της  $X$  με πιθανότητα υπέρβασης, επί το δυσμενέστερο ίση προς 5% δίνεται από τη σχέση:

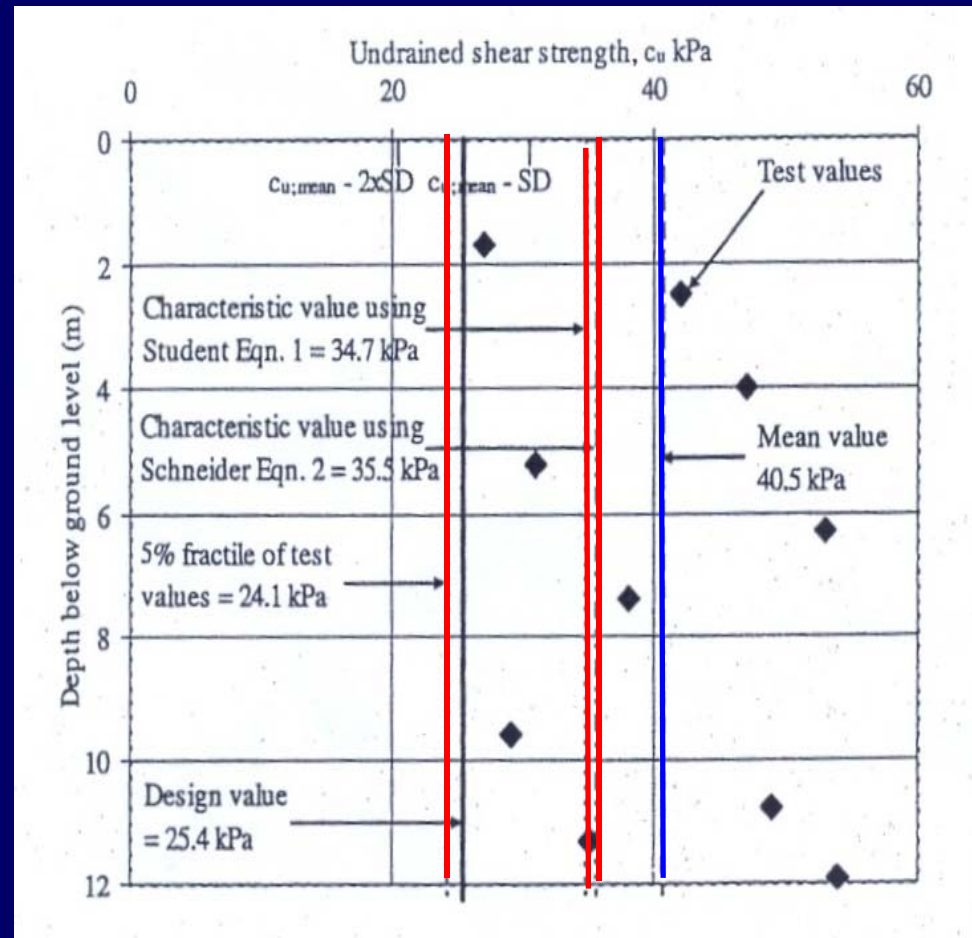
$$X = X_m - 1,64 \cdot S_d$$

ΟΠΟΤΕ

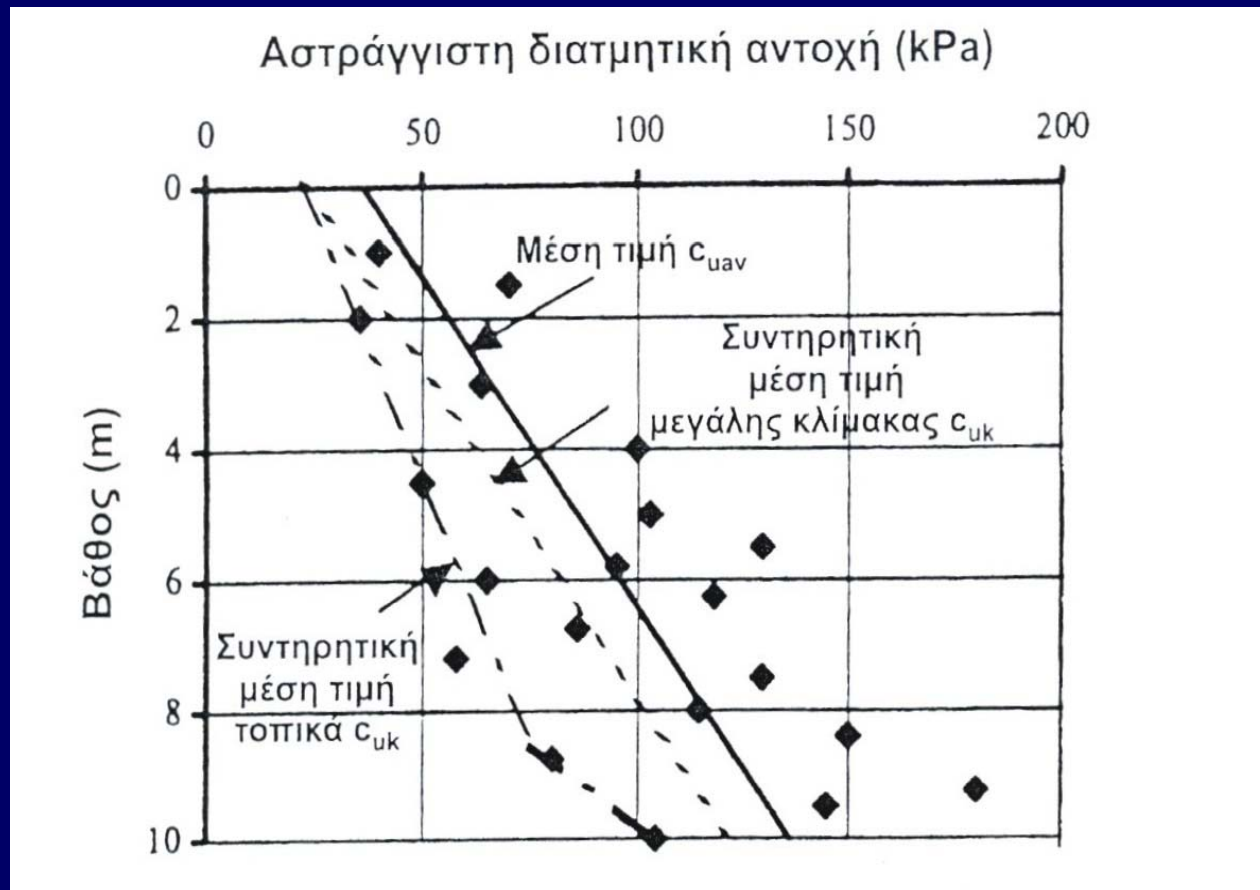
$$X = 24.1 \text{ KPa}$$

Μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να γίνει δεκτή ως  $X_k$  στην περίπτωση οριακής καταστάσεως που πραγματοποιείται σε μικρό εδαφικό όγκο, για τον οποίο διαθέτουμε πολύ μικρό αριθμό δοκιμών

# Επιλογή χαρακτηριστικών τιμών



# Χαρακτηριστικές τιμές $c_u$ για διάφορες περιπτώσεις σχεδιασμού



Μετρημένες τιμές από  
εργαστηριακές δοκιμές ή  
επί-τόπου δοκιμές

ΚΑΛΥΠΤΕΤΑΙ ΑΠΟ  
ΤΟΝ EC7 – Μέρος 2ο

Θεωρία, εμπειρικές  
σχέσεις ή συσχετίσεις

Παράγωγος τιμή

ΚΑΛΥΠΤΕΤΑΙ ΑΠΟ  
ΤΟΝ EC7 – Μέρος 1ο

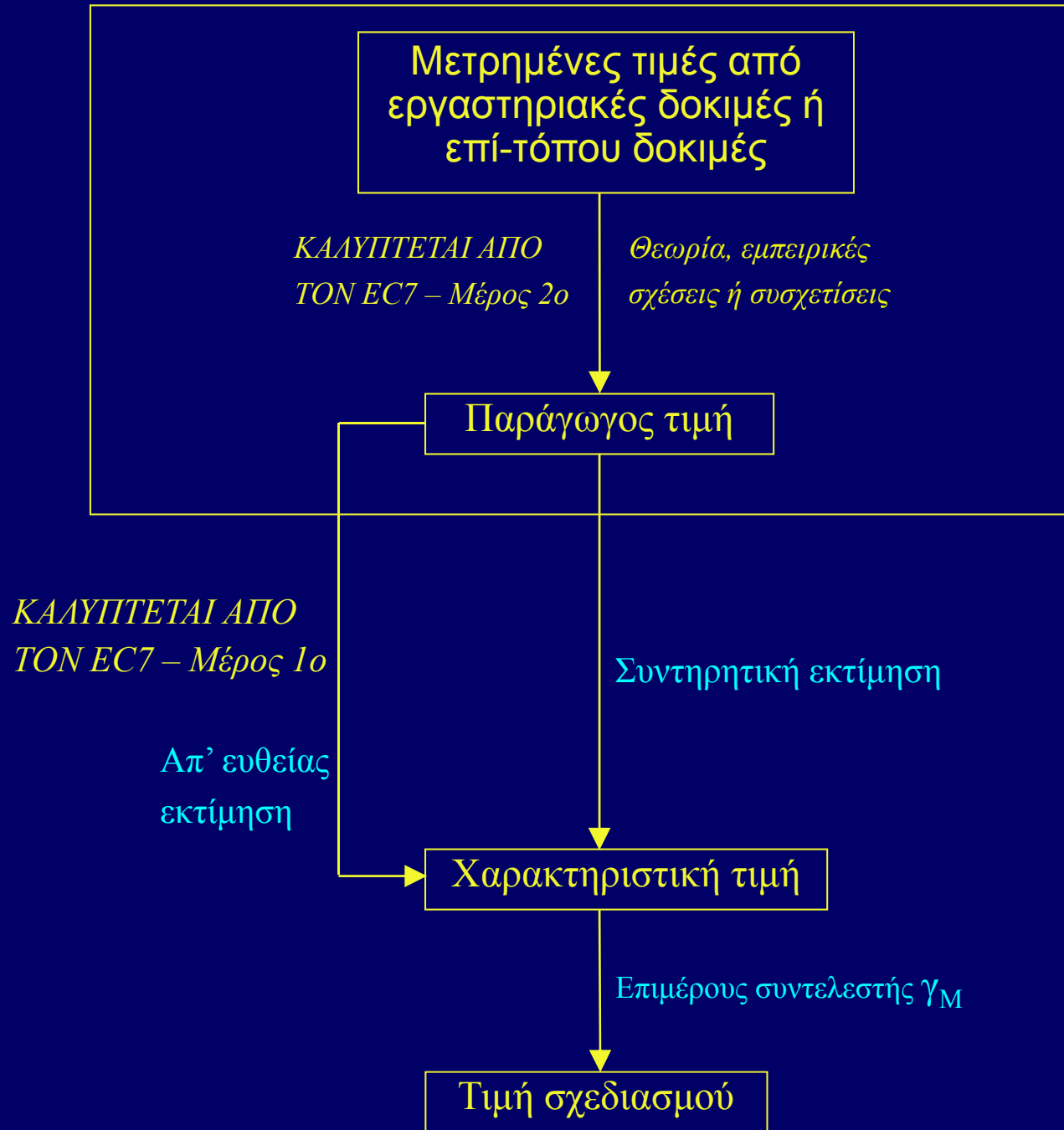
Συντηρητική εκτίμηση

Απ' ευθείας  
εκτίμηση

Χαρακτηριστική τιμή

Επιμέρους συντελεστής  $\gamma_M$

Τιμή σχεδιασμού



## Σχεδιασμός μέσω οριακών καταστάσεων (LSD)

- Εξετάζεται κατά πόσον μια κατασκευή ή μέρος αυτής ικανοποιεί μια σειρά απαιτήσεων (οριακών καταστάσεων) πέραν των οποίων η κατασκευή δεν ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές
- Ο όρος LSD συνδέεται με έννοιες όπως επιμέρους συντελεστές, χαρακτηριστικές ή τιμές σχεδιασμού ή ακόμη και με πιθανοτικές έννοιες
- Οι ανωτέρω έννοιες παρόλο που είναι υποβοηθητικές για την κατανόηση της μεθοδολογίας LSD δεν αποτελούν ένα θεμελιώδη ορισμό της



Ο Simpson (1997) συνιστά ως πλέον «κατανοητό» τον ακόλουθο ορισμό:

*«Ο σχεδιασμός μέσω οριακών καταστάσεων υπονοεί μια διαδικασία σχεδιασμού κατά την οποία δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην αποφυγή της LS»*

Οι οριακές αυτές καταστάσεις εφόσον πραγματοποιηθούν «συμβαίνει κάποιο λάθος/ ή ζημιά»

Το «λάθος» αυτό μπορεί να είναι είτε καταστροφικό (ULS) είτε να προκαλεί ενόχληση (SLS)

Τελικά κατά το LSD προσπαθούμε να αποφύγουμε τη δημιουργία «δυσμενών καταστάσεων»

Το ανωτέρω γεγονός συνηγορεί στο ότι κατά τον σχεδιασμό LSD χρησιμοποιούμε συντηρητικές παραμέτρους σχεδιασμού αντί για παραμέτρους για τις οποίες πιστεύουμε ότι είναι οι πλέον πιθανές

Σύμφωνα με τον σχεδιασμό, μέσω των «Οριακών καταστάσεων», εξετάζεται εάν η κατασκευή ή μέρος αυτής ικανοποιεί μια σειρά απαιτήσεων (οριακών καταστάσεων), πέραν των οποίων η κατασκευή δεν ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές.

**Όλοι οι δομικοί Ευρωκώδικες βασίζονται στην απαίτηση σχεδιασμού των έργων με έλεγχο έναντι δύο τύπων οριακών καταστάσεων (EN 1990):**

- a) Οριακές καταστάσεις Αστοχίας (ultimate limit states - ULS) που αφορούν υπέρβαση της φέρουσας αντοχής (ικανότητας) κάποιου στοιχείου του έργου.
- b) Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας (serviceability limit states - SLS) που αφορούν υπέρβαση των λειτουργικών απαιτήσεων του έργου (π.χ. υποχώρηση, μετακίνηση, στροφή, παραμόρφωση ή ρηγμάτωση πέραν των αποδεκτών ορίων)

Για τον Γεωτεχνικό σχεδιασμό (EC7-1) ειδικότερα:

1. Η **οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS)** λαμβάνει χώρα:

- Είτε όταν δημιουργηθεί ένας μηχανισμός θραύσεως μέσα στο έδαφος
- Είτε όταν δημιουργηθεί ένας μηχανισμός θραύσεως ή σοβαρές βλάβες στην κατασκευή, λόγω παραμορφώσεων στο έδαφος θεμελίωσης

2. Η **οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)** λαμβάνει χώρα:

- Όταν οι παραμορφώσεις του εδάφους επιφέρουν προβλήματα στη λειτουργικότητα της κατασκευής ή δημιουργούν μη αποδεκτές μετακινήσεις γενικότερα

**Τελικά η διαστασιολόγηση των γεωτεχνικών έργων γίνεται με το  
δυσμενέστερο των ανωτέρω δύο κριτηρίων**

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ULS)

Κατά τον EC7-1 οι οριακές καταστάσεις αστοχίας (ULS) που πρέπει να επαληθεύονται ανάλογα με την περίπτωση είναι:

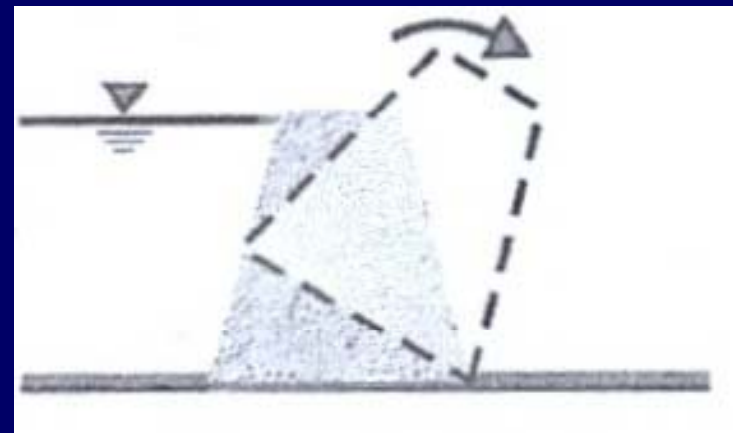
- EQU:** Απώλεια στατικής ισορροπίας της κατασκευής ή του εδάφους ως στερεού σώματος, χωρίς σημαντική συνεισφορά της διατμητικής αντοχής του εδάφους ή των δομικών υλικών στην αντίσταση.
- STR:** Δομικού τύπου οριακή κατάσταση που περιλαμβάνει αστοχία δομικού στοιχείου του έργου ή υπερβολική παραμόρφωση της κατασκευής
- GEO:** Αστοχία ή υπερβολική παραμόρφωση του εδάφους, κατά την οποία η αντοχή του εδάφους είναι σημαντική στην εξασφάλιση της αντίστασης
- UPL:** Απώλεια της ισορροπίας της κατασκευής ή του εδάφους λόγω υδατικών πιέσεων ανώσεως (επίπλευση) ή άλλης κατακόρυφης δράσης
- HYD:** Υδραυλική αστοχία (hydraulic heave), εσωτερική διάβρωση και διασωλήνωση του εδάφους λόγω ροής με υδραυλική κλίση εντός του εδάφους

# Απώλεια στατικής ισορροπίας (EQU)

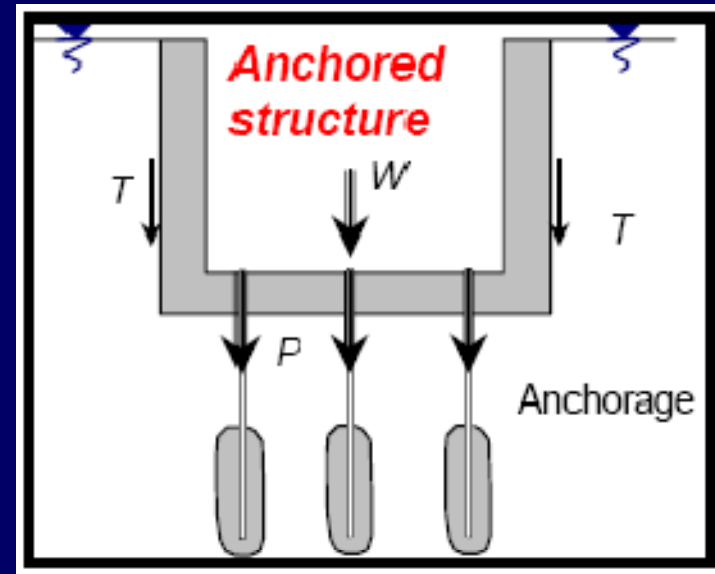
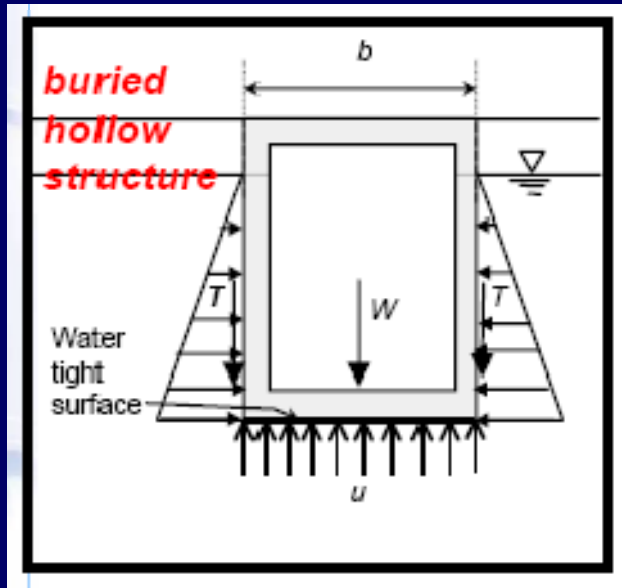
Απώλεια στατικής ισορροπίας



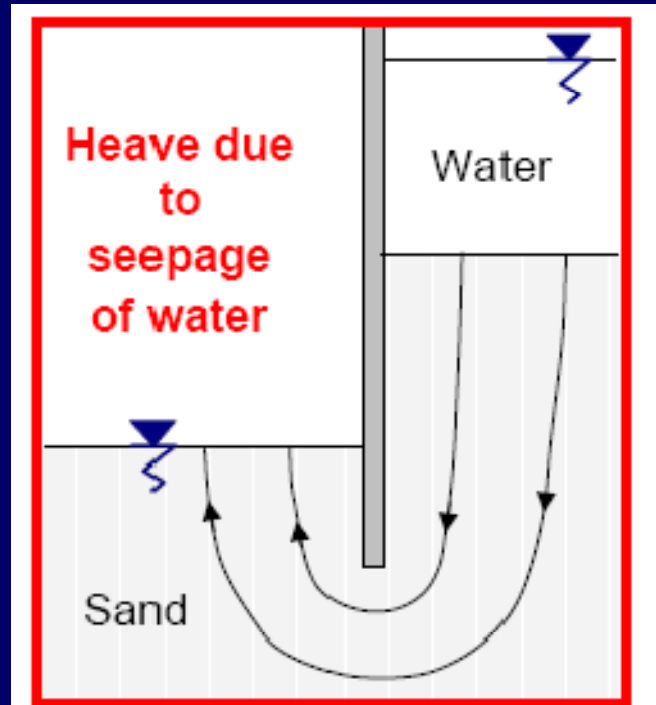
Ανατροπή (χωρίς αστοχία της  
Φ.Ι. του εδάφους)



# Υδατικές πιέσεις ανώσεως (UPL)



# Υδραυλική αστοχία (HYD)



$$u_{dst;d} \leq \sigma_{stb;d}$$

$$\Delta u_{dst;d} \leq \sigma'_{stb;d}$$

Κατά τον έλεγχο των ULS θα πρέπει να επαληθεύεται ότι:

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

Όπου  $R_d$  και  $E_d$  τιμές σχεδιασμού της Αντίστασης και της Έντασης αντίστοιχα

Η εκτίμηση των ανωτέρω μεγεθών γίνεται μέσω χαρακτηριστικών τιμών ( $F_k$ ,  $X_k$ ) με τη βοήθεια επιμέρους συντελεστών που δίνονται στο Παράρτημα Α του EC7-1

Οι συντελεστές αυτοί καθορίζουν και τον βαθμό ασφαλείας του έργου, συνεπώς αντικαθιστούν τον γνωστό ενιαίο συντελεστή ασφαλείας (FS)



## Αποτελέσματα δράσεων σχεδιασμού

Η τιμή σχεδιασμού  $E_d$  της έντασης μπορεί να υπολογιστεί με δύο τρόπους:

1. Οι επιμέρους συντελεστές των δράσεων εφαρμόζονται απ' ευθείας στις δράσεις ( $F_k$ ):

Οπότε: 
$$E_d = E(\gamma_F F_k, X_k / \gamma_M) \quad (2\alpha)$$

2. Επί μέρους συντελεστές ( $\gamma_E$ ) εφαρμόζονται στα αποτελέσματα των δράσεων (E):

Οπότε: 
$$E_d = \gamma_E E(F_k, X_k / \gamma_M) \quad (2\beta)$$

**όπου:**  $\gamma_F$ : επιμέρους συντελεστής προσαύξησης των δράσεων

$\gamma_M$ : επιμέρους συντελεστής απομείωσης των εδαφικών παραμέτρων

$\gamma_E$ : επιμέρους συντελεστής επί της χαρακτηριστικής τιμής της έντασης

## Αντιστάσεις σχεδιασμού

Για τις αντιστάσεις σχεδιασμού ( $R_d$ ), οι επιμέρους συντελεστές μπορεί να εφαρμόζονται είτε στις ιδιότητες ( $X$ ), είτε στις αντιστάσεις του εδάφους ( $R$ ), είτε και στις δύο ως ακολούθως:

$$R_d = R(\gamma_F F_K, X_K / \gamma_M) \quad (3\alpha)$$

$$\text{ή} \quad R_d = \frac{1}{\gamma_R} R(\gamma_F F_K, X_K) \quad (3\beta)$$

$$\text{ή} \quad R_d = \frac{1}{\gamma_R} R(\gamma_F F_K, X_K / \gamma_M) \quad (3\gamma)$$

Όπου  $\gamma_R$ : συντελεστής αντίστασης

# ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

## 1. Εδαφικές παράμετροι: απομείωση

- Χαρακτηριστική τιμή:  $X_k$
- Τιμή σχεδιασμού (για τους υπολογισμούς):  
επιμέρους συντελεστής:  $\gamma_M \geq 1$

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M}$$

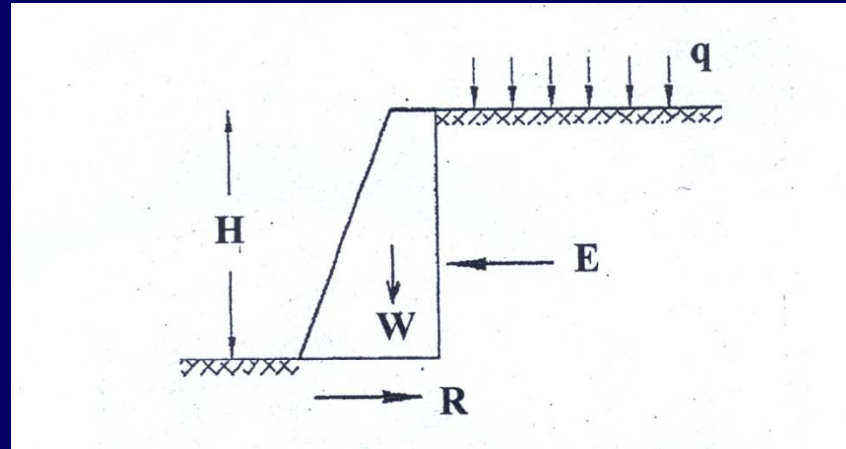
## 2. Φορτία (δράσεις): συνήθως προσαύξηση

- Χαρακτηριστική τιμή:  $F_k$
- Τιμή σχεδιασμού (για τους υπολογισμούς):  $F_d = \gamma_F \cdot F_k$   
επιμέρους συντελεστής:  $\gamma_F \geq 1$

## 3. Έλεγχος επάρκειας:

- Τιμή σχεδιασμού της αντίστασης (π.χ. φέρουσα ικανότητα):  $R_d$
- Τιμή σχεδιασμού της έντασης:  $E_d$
- Απαίτηση:  $E_d \leq R_d$

# Παράδειγμα: Έλεγχος τοίχου έναντι ολίσθησης



## Μέθοδος Ευρωκώδικα 7:

- (α) Υπολογισμός  $E_d$
- (β) Υπολογισμός  $R_d$  ( $R_d = W_d \cdot \tan \delta_d$ )
- (γ) Έλεγχος:  $R_d \geq E_d$

## Παλαιά μέθοδος:

- (α) Υπολογισμός  $E$
- (β) Υπολογισμός  $R$  ( $R = W \cdot \tan \delta$ )
- (γ) Έλεγχος:  $\frac{R}{E} \geq 1.50$

## Τρόποι Σχεδιασμού

- Οι διαφωνίες μεταξύ Δομοστατικών – Γεωτεχνικών μηχανικών για τον τρόπο επαλήθευσης των οριακών καταστάσεων STR & GEO
- Αλλά και για να επιτευχθεί ομόφωνη έγκριση του EC7-1 μεταξύ των διαφόρων χωρών μελών της Ε.Ε

επέβαλαν την αποδοχή **τριών εναλλακτικών Τρόπων Σχεδιασμού (DA)**

Οι τρόποι σχεδιασμού διαφοροποιούνται ως προς την μέθοδο με την οποία διανέμονται οι επιμέρους συντελεστές μεταξύ των Δράσεων, Εντάσεων, Ιδιοτήτων υλικών και Αντιστάσεων

Ο εφαρμοστέος Τρόπος σε κάθε χώρα μέλος της ΕΕ αποτελεί  
**Εθνική Επιλογή**

## Τρόπος Σχεδιασμού 1 (DA-1)

Εφαρμόζονται οι σχέσεις (2α) και (3α), δηλαδή επαλήθευση της:

$$E(\gamma_F F_K, X_K / \gamma_M) \leq R(\gamma_F F_K, X_K / \gamma_M) \quad (4)$$

- Ο πρώτος συνδυασμός επί μέρους συντελεστών (1):  $A_1 + M_1 + R_1$  προσαυξάνει τις δράσεις ( $\gamma_F > 1$ ), χωρίς απομείωση των εδαφικών παραμέτρων ( $\gamma_M = 1$ ). (Αβεβαιότητες των δράσεων)
- Ο δεύτερος συνδυασμός επιμέρους συντελεστών (2):  $A_2 + M_2 + R_2$  απομειώνει τις εδαφικές ιδιότητες ( $\gamma_M > 1$ ), χωρίς ταυτόχρονη προσαύξηση των δράσεων ( $\gamma_F = 1$ ). (Αβεβαιότητες των εδαφικών προτύπων)

όπου  $A, M, R$ : επιμέρους συντελεστές των δράσεων, παραμέτρων, αντιστάσεων

Απαιτείται η εκτέλεση και των δύο ελέγχων για  
την εύρεση του πλέον κρίσιμου

## Τρόπος Σχεδιασμού 2 (DA-2)

- Περιλαμβάνει δύο παραλλαγές: DA-2 και DA-2\*

Εφαρμόζεται κυρίως κατά την επαλήθευση **ULS**:

1) **GEO & STR**: θεμελιώσεων, αγκυρώσεων, αντιστηρίξεων

2) **STR**: πρανών ή επιχωμάτων με ενισχυμένα δομικά στοιχεία

*Σημείωση: Οι αναλύσεις της ολικής ευστάθειας των ανωτέρω έργων γίνονται ως ULS τύπου GEO*

3) **GEO & STR**: με χρήση αριθμητικών μεθόδων

- Είναι ο απλούστερος τρόπος εκ των 3 επιλογών ως προς τον όγκο υπολογισμών.

## Παραλλαγή DA-2

Εφαρμόζονται οι σχέσεις (2α) και (3γ), δηλαδή επαληθεύεται ότι:

$$E(\gamma_F F_K, X_K / \gamma_M) \leq \frac{1}{\gamma_R} R(\gamma_F F_K, X_K / \gamma_M) \quad (5)$$

Ο συνδυασμός των επιμέρους συντελεστών είναι:  $A_1 + M_1 + R_1$

Σημειώνεται ότι οι συντελεστές  $M$  είναι μοναδιαίοι δηλ,  $\gamma_M=1$

## Παραλλαγή DA-2\*: ΕΘΝΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

Εφαρμόζονται οι σχέσεις (2β) και (3β), με  $\gamma_M=1$  και  $\gamma_F=1$ , δηλαδή επαληθεύεται ότι:

$$\gamma_E E(F_K, X_K) \leq \frac{1}{\gamma_R} R(F_K, X_K)$$

με βάση τον ανωτέρω συνδυασμό επιμέρους συντελεστών όπως στον DA-2



## Παραλλαγή DA-2\*

Επειδή η τιμή σχεδιασμού της έντασης υπολογίζεται ευχερέστερα από την σχέση (2α) και  $\gamma_M=1$ , η επαλήθευση κατά DA2\* λαμβάνει την ισοδύναμη μορφή:

$$E(\gamma_F F_K, X_K) \leq \frac{1}{\gamma_R} R(F_K, X_K)$$

Όπου:  $\gamma_F > 1$

### Παρατήρηση:

Οι δράσεις κατά τον υπολογισμό των αντιστάσεων υπεισέρχονται:

Στην παραλλαγή DA2: με τιμές σχεδιασμού

Στην παραλλαγή DA2\*: με χαρακτηριστικές τιμές

Συμπερασματικά οι Τρόποι Σχεδιασμού DA-2 και DA-2\* επελέγησαν κυρίως επειδή:

1. Είναι οι απλούστεροι εκ των τριών εναλλακτικών επιλογών
2. Ευχέρεια επιλογής επιμέρους συντελεστών και του βαθμού απόκλισης των αποτελεσμάτων από τις έως σήμερα εφαρμοζόμενες μεθόδους
3. Πλεονεκτεί σαφώς σε περιπτώσεις αριθμητικών αναλύσεων (αφού  $\gamma_M=1$ )
4. Με τον τρόπο DA-2\* είναι ευχερής η συσχέτιση του γνωστού ενιαίου συντελεστή ασφαλείας FS, με τους επιμέρους συντελεστές κατά τη σχέση:  **$FS = \gamma_E \cdot \gamma_R$**

## Τρόπος Σχεδιασμού 3 (DA-3)

Αποτελεί **Εθνική Επιλογή**

Εφαρμόζεται κατά τον έλεγχο γεωτεχνικών (**GEO**) οριακών καταστάσεων αστοχίας:

- 1) ευστάθεια γεωτεχνικών έργων χωρίς δομικά στοιχεία αντιστήριξης
- 2) ολική ευστάθεια γεωτεχνικών έργων με δομικά στοιχεία

Εφαρμόζονται οι σχέσεις (2α) και (3α), δηλαδή επαληθεύεται ότι:

$$E(\gamma_F F_K, X_K / \gamma_M) \leq R(\gamma_F F_K, X_K / \gamma_M)$$

Ο συνδυασμός των επιμέρους συντελεστών είναι  $A_1$  ή  $A_2 + M_2 + R_3$ , όπου:

- $A_1$  , για δομικές δράσεις από την ανωδομή
- $A_2$  , για δράσεις από το έδαφος
- $M_2$  , για τις εδαφικές παραμέτρους
- $R_3$  , για τις αντιστάσεις

# ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ GEO/STR

Τρόπος Ανάλυσης 1	Συνδυασμός 1		↓	↓	↓	↓	↓	↓	
	Συνδυασμός 2			↓		↓	↓		
Τρόπος Ανάλυσης 2			↓		↓			↓	
Τρόπος Ανάλυσης 3			↓	↓		↓		↓	
Ομάδες επιμέρους συντελεστών			A1	A2	M1	M2	R1	R2	R3
Μόνιμες δράσεις (G)	Δυσμενείς	$\gamma_G$	1,35	1,0					
	Ευνοϊκές	$\gamma_{G,fav}$	1,0	1,0					
Μεταβλητές δράσεις (Q)	Δυσμενείς	$\gamma_Q$	1,5	1,3					
	Ευνοϊκές	$\gamma_{Q,fav}$	0	0					
Γωνία διατμητικής αντοχής ( $\tan\phi$ )		$\gamma_\phi$			1,0	1,25			
Ενεργός συνοχή ( $c'$ )		$\gamma_{c'}$			1,0	1,25			
Αστράγγιστη διατμητική αντοχή ( $c_u$ )		$\gamma_{c_u}$			1,0	1,4			
Αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη ( $q_u$ )		$\gamma_{q_u}$			1,0	1,4			
Φαινόμενο βάρος ( $\gamma$ )		$\gamma_\gamma$			1,0	1,0			
Αντοχή φέρουσας ικανότητας ( $R_v$ )		$\gamma_{R_v}$					1,0	1,4	1,0
Αντοχή σε ολίσθηση ( $R_h$ )		$\gamma_{R_h}$					1,0	1,1	1,0
Αντοχή γαιών		$\gamma_{R_e}$					1,0		1,0
... κατασκευές αντιστηρίξεως								1,4	
... Πρανή								1,1	
Προεντεταμένες αγκυρώσεις		$\gamma_a$					1,1	1,1	1,0

# ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (SLS)

1. Εκτίμηση των χαρακτηριστικών τιμών των δράσεων και των εδαφικών ιδιοτήτων.
2. Επαλήθευση για οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας στο έδαφος ή σε διατομή φορέα ή δομικό στοιχείο:

$$E_d \leq C_d$$

**όπου:**  $E_d$ : η τιμή σχεδιασμού από την ένταση (π.χ. διαφορική καθίζηση, μετακίνηση κλπ.)

$C_d$ : η οριακή τιμή σχεδιασμού του αποτελέσματος της έντασης (π.χ. η επιτρεπόμενη καθίζηση ή στροφή κλπ.)

Οι οριακές τιμές των μετακινήσεων και παραμορφώσεων θα πρέπει να καθορίζονται κατά το σχεδιασμό του φορέα. Εάν δεν έχουν προσδιορισθεί θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι σχετικές προτάσεις που δίνονται στο Παράρτημα Η του EC7-1.

Τελικά, ο έλεγχος στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας κατά την παλαιά μέθοδο και EC7-1 είναι ακριβώς ίδιος και δίνει πρακτικά τα ίδια αποτελέσματα

# ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

## 1. Εδαφικές παράμετροι:

- Χαρακτηριστική τιμή:  $X_k$
- Επιμέρους συντελεστής:  $\gamma_M = 1$
- Τιμή σχεδιασμού (για τους υπολογισμούς):  $X_d = X_k$

## 2. Φορτία (δράσεις):

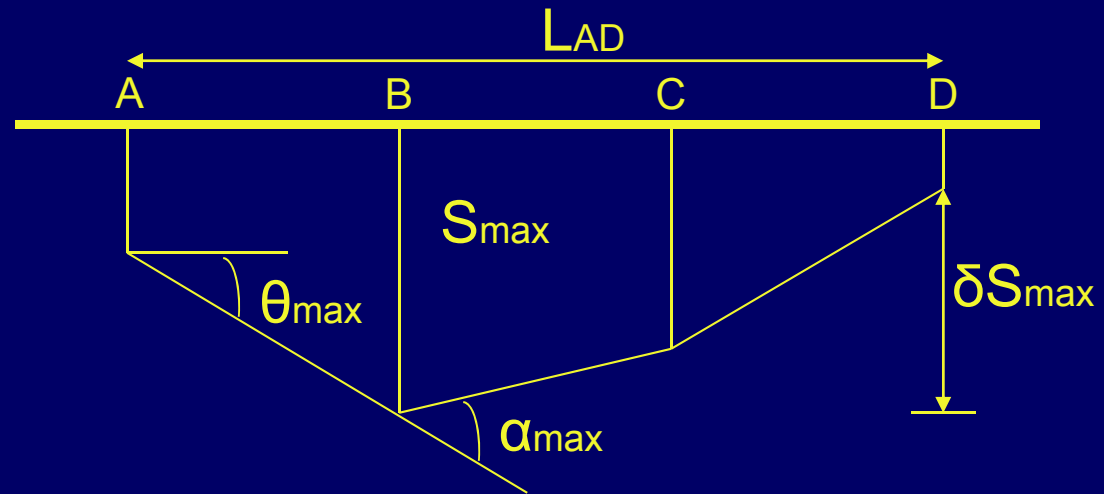
- Χαρακτηριστική τιμή:  $F_k$
- Επιμέρους συντελεστής:  $\gamma_F = 1$
- Τιμή σχεδιασμού (για τους υπολογισμούς):  $F_d = F_k$

## 3. Έλεγχος επάρκειας:

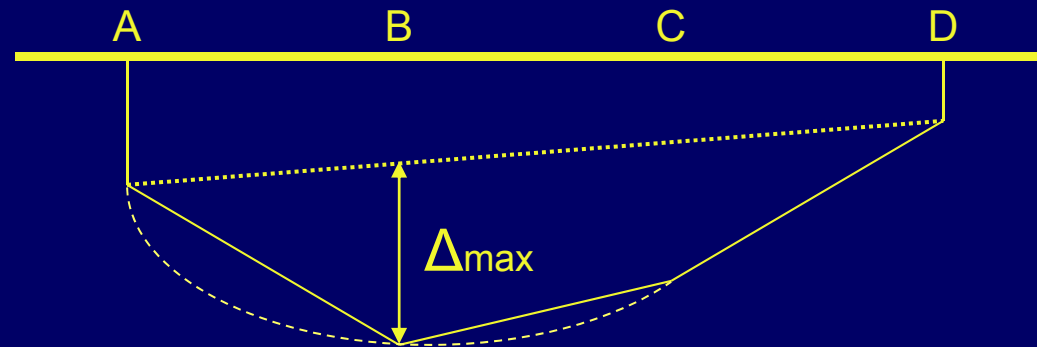
- Τιμή σχεδιασμού της έντασης:  $E_d$  (π.χ. καθίζηση)
- Οριακή τιμή σχεδιασμού του αποτελέσματος της έντασης:  $C_d$  (π.χ. επιτρεπόμενη καθίζηση)
- Απαίτηση:  $E_d \leq C_d$

# Συνιστώσες Μετακινήσεων (που πρέπει να εξετάζονται)

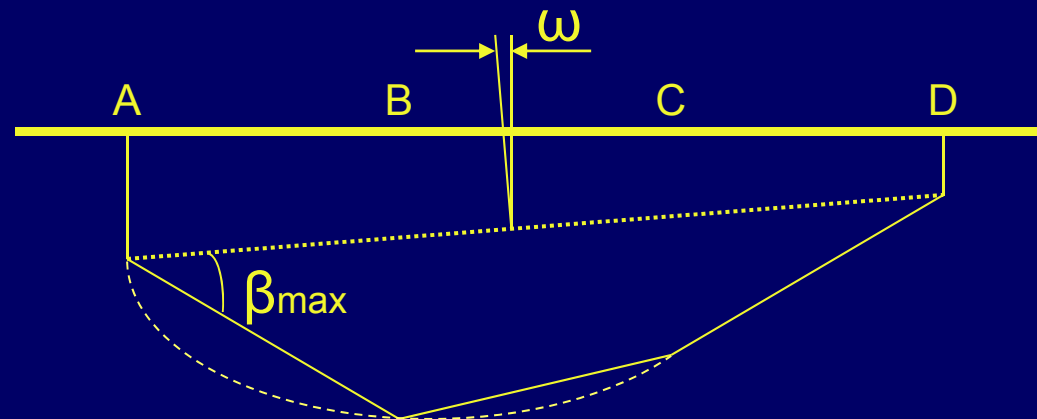
- S: Καθίζηση
- $\delta S$ : Διαφορική καθίζηση
- $\theta$ : Στροφή
- $\alpha$ : Γωνιακή παραμόρφωση



$\Delta/L$ : Λόγος σχετικής μετατόπισης



- $\omega$ : Απόκλιση
- $\beta$ : Σχετική στροφή



- Μέγιστες επιτρεπόμενες σχετικές στροφές ( $\beta$ ) για φέροντα οργανισμό, φέρουσες τοιχοποιίες κυμαίνονται μεταξύ  $1/2000$  έως  $1/300$  ώστε να αποφεύγεται η εμφάνιση Ο.Κ.Λ. (SLS)
- Μέγιστη σχετική στροφή  $1/500$  είναι αποδεκτή από πολλά έργα
- Σχετική στροφή που πιθανόν να προκαλέσει οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) είναι περίπου  $1/150$
- Για απλά έργα με μεμονωμένα θεμέλια, ολικές υποχωρήσεις 50 mm είναι συχνά αποδεκτές
- Μεγαλύτερες υποχωρήσεις είναι αποδεκτές υπό τις προϋποθέσεις ότι οι σχετικές στροφές είναι σε αποδεκτά όρια



## Σχεδιασμός βάσει κανονιστικών διατάξεων (prescriptive measures)

Σε καταστάσεις σχεδιασμού όπου δεν διατίθενται ή δεν απαιτούνται υπολογιστικά προσομοιώματα, η υπέρβαση οριακών καταστάσεων μπορεί να αποκλεισθεί με χρήση μέτρων που επιβάλλονται από κανονιστικές διατάξεις.

Ο σχεδιασμός βάσει κανονιστικών διατάξεων μπορεί να χρησιμοποιείται όπου η συναφής εμπειρία καθιστά τους υπολογισμούς σχεδιασμού πρακτικά μη απαραίτητους.

# Δοκιμαστικές φορτίσεις και δοκιμές σε πειραματικά προσομοιώματα

Αποτελέσματα δοκιμαστικών φορτίσεων ή δοκιμών σε προσομοιώματα μεγάλης ή μικρής κλίμακας χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση του σχεδιασμού ή για τη συμπλήρωση μιας από τις άλλες εναλλακτικές περιπτώσεις σχεδιασμού.

Λαμβάνονται υπόψη:

- οι τυχόν διαφορές στις εδαφικές συνθήκες
- οι χρονικές επιδράσεις
- οι επιδράσεις κλίμακας

## Μέθοδος παρατήρησης (observational method)

Η εφαρμογή της «μεθόδου παρατήρησης» είναι κατάλληλη σε περίπτωση κατά την οποία ο σχεδιασμός επανεξετάζεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Πριν από την έναρξη της κατασκευής του έργου πρέπει:

- α) να καθορίζονται τα αποδεκτά όρια συμπεριφοράς.
- β) να καταστρώνεται σχέδιο ενόργανης παρακολούθησης.
- γ) να καταστρώνεται σχέδιο επανορθωτικών ενεργειών.

# Έκθεση Γεωτεχνικού Σχεδιασμού

Η Έκθεση Γεωτεχνικού Σχεδιασμού αποτελεί μία καινοτομία του EN 1997-1 και συντάσσεται μετά την εκτέλεση των υπολογισμών

Πρέπει να περιλαμβάνει:

- α) περιγραφή των εδαφικών συνθηκών
- β) περιγραφή της προτεινόμενης κατασκευής και των δράσεων
- γ) τις τιμές σχεδιασμού των εδαφικών υλικών
- δ) αναφορά των κανονισμών και προτύπων που εφαρμόστηκαν
- ε) υπολογισμούς και σχέδια
- στ) προτάσεις θεμελιώσεως
- ζ) επισήμανση αντικειμένων που απαιτούν έλεγχο κατά τη διάρκεια της κατασκευής ή ακόμη για τη συντήρηση του έργου.

# Επιπτώσεις από την εισαγωγή του EN1997-1

## ΤΙ ΑΛΛΑΞΕ:

1. **Απαιτούνται πλέον υποχρεωτικά δύο έλεγχοι:**
  - Σε οριακή κατάσταση αστοχίας ( $R_d \geq E_d$ )
  - Σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ( $E_d \leq C_d$ )
2. **Οι έλεγχοι γίνονται μέσω «επιμέρους συντελεστών» ( $\gamma_F, \gamma_M$ ) αντί ενός ενιαίου «συντελεστή ασφαλείας» ( $FS_{min}$ )**
3. **Εισάγονται οι «χαρακτηριστικές τιμές» δράσεων ( $F_k$ ) και εδαφικών παραμέτρων ( $X_k$ ) αντί των «ονομαστικών τιμών»**

Δηλαδή για:  $R$  = αντοχή,  $E$  = εντατικό μέγεθος (π.χ. ροπή)

Έως τώρα:  $\frac{R}{E} \geq FS_{min} \Rightarrow R \geq FS_{min} \cdot E$

**EC-7:**  $R_d \left( \gamma_F \cdot F_k, \frac{X_k}{\gamma_M} \right) \geq E_d \left( \gamma_F \cdot F_k, \frac{X_k}{\gamma_M} \right)$

**Αντοχή σχεδιασμού  $\geq$  αποτέλεσμα δράσεων σχεδιασμού**

## Σχόλια για τις επιπτώσεις από την εισαγωγή του EN 1997-1 στο Γεωτεχνικό Σχεδιασμό

- Εισάγει και στην Γεωτεχνική τον σχεδιασμό μέσω της μεθοδολογίας των οριακών καταστάσεων (LSD).
- Εξασφαλίζει ένα ενιαίο τρόπο μελέτης των έργων του Πολιτικού Μηχανικού (σύστημα των Δομικών Ευρωκωδίκων).
- Εναρμονίζεται ο τρόπος μελέτης των γεωτεχνικών έργων. Κάθε χώρα επιλέγει τον επιθυμητό βαθμό ασφαλείας μέσω των Εθνικών Προσαρτημάτων.
- Οι έως τώρα λαμβανόμενες τιμές των εδαφικών παραμέτρων μπορούν να λαμβάνονται ως χαρακτηριστικές τιμές.
- Ουδεμία αλλαγή απαιτείται στις μέχρι σήμερα εφαρμοζόμενες μεθόδους ανάλυσης.
- Επιβάλλει τη σύνταξη Εκθέσεων Γεωτεχνικού Σχεδιασμού μετά το πέρας των υπολογισμών.
- Σημερινή κατάσταση: Μικρή εμπειρία από εφαρμογές στη γεωτεχνική πράξη.