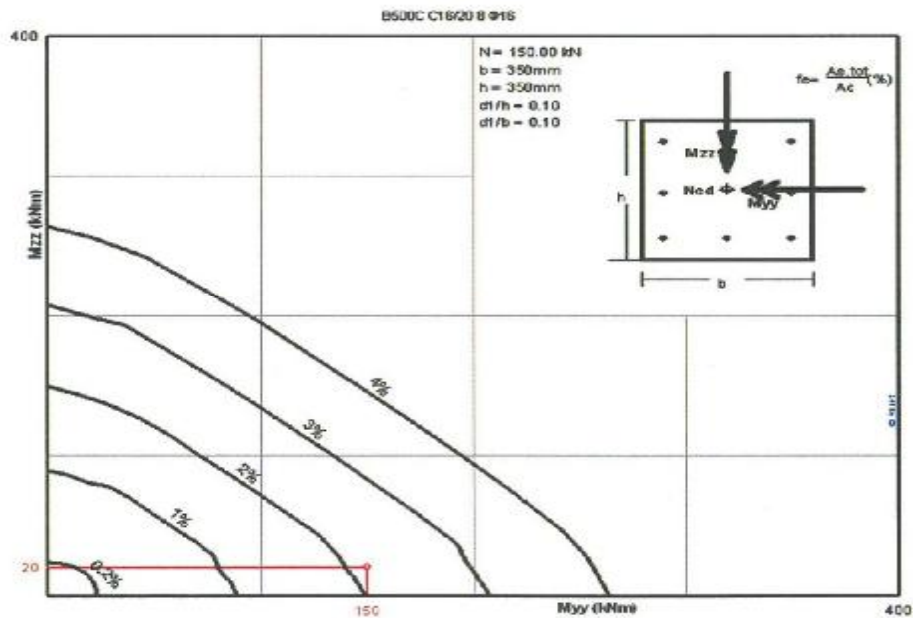




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΤΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ RUNNET.  
STUDY OF CONTRUCTION ELEMENTS FROM REINFORCENT  
CONCRETE USING THE PROGRAM RUNNET.



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΣΥΡΙΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΚΑΒΑΣ-ΠΑΠΑΝΙΑΡΟΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ

2016

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1η ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ.....	2
ΓΕΝΙΚΑ.....	2
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ.....	2
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ.....	2
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	2
1.2 ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ.....	2
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ.....	2
ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ.....	3
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ.....	3
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	3
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ.....	3
ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ.....	4
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ.....	5
Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων.....	5
Μέτρο ελαστικότητας.....	5
Λόγος Poisson.....	6
Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης.....	6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ.....	8
ΧΑΛΥΒΑΣ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	8
Γενικά.....	8
Διατομή υπολογισμών.....	9
Χαρακτηριστική αντοχή.....	9
ΧΑΛΥΒΑΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ.....	11
ΓΕΝΙΚΑ.....	11
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΑΣΕΩΝ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ.....	12
Μέτρο ελαστικότητας $E_s$ .....	14
Ολκιμότητα.....	15
2η ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ.....	16
Εισαγωγή.....	16
Κατηγορίες έκθεσης - επικάλυψη $C_{nom}$ .....	18
Γεωμετρικά δεδομένα.....	20
Σχεδιασμός φορέων από Σκυρόδεμα.....	23
Γενικοί Κανόνες και Κανόνες για κτίρια.....	23
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	26
ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ EC-1-1 ΚΑΙ ΕΚΩΣ2000.....	27
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	33
ΘΛΙΠΤΙΚΗ & ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	34
3η ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ.....	37
ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ.....	37
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΔΟΜΙΚΟΥ.....	37
ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ (ΕΝΑΝΤΙ ΣΕΙΣΜΟΥ).....	40
ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΡΑΣΕΩΝ-ΟΡΙΣΜΟΙ.....	44
ΜΟΝΙΜΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ.....	44
ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ.....	44
ΜΟΝΙΜΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ.....	46
ΤΥΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ.....	49
ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΤΟΧΩΝ.....	53
ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ.....	55
ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	59
ΕΞΩΦΥΛΛΟ.....	62

# 1η ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ

## ΓΕΝΙΚΑ

Για θέματα τεχνολογίας του σκυροδέματος βλέπετε Κ.Τ.Σ. Και σχετικά πρότυπα.

Η πραγματική συμπεριφορά του σκυροδέματος στην κατασκευή ενδέχεται να είναι διαφορετική από αυτή που προσδιορίζεται μέσω τυποποιημένων δοκιμών, δεδομένου ότι σε μία κατασκευή αφενός μεν δεν καταπονείται με τον ίδιο τρόπο όπως στις τυποποιημένες δοκιμές, αφετέρου δε διαφέρει από άποψη ποιότητας, διαστάσεων, σχήματος, ηλικίας, συντηρήσεως κ.α.

## ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ

Στους υπολογισμούς μπορεί να ληφθεί το φαινόμενο βάρος άοπλου σκυροδέματος ίσο με  $24 \text{ kN/m}^3$  και το φαινόμενο βάρος οπλισμένου ή προεντεταμένου σκυροδέματος ίσο με  $25 \text{ kN/m}^3$ , σε περίπτωση συνήθων ποσοστών οπλισμού.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Σε ειδικές περιπτώσεις και υπό τη προϋπόθεση πλήρους αιτιολόγησης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν δοκίμια ηλικίας διάφορης των 28 ημερών.

Σε ορισμένους υπολογισμούς, π.χ. Εκτίμηση του μέτρου ελαστικότητας, χρησιμοποιείται η μέση θλιπτική αντοχή η οποία μπορεί να προκύψει από τη χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή, μέσω της σχέσης:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (Mpa)}$$

Εκτός από σπάνιες περιπτώσεις, η πραγματική τιμή της χαρακτηριστικής αντοχής δεν μπορεί να προσδιορισθεί γιατί ο αριθμός των δοκιμών που απαιτούνται για αυτόν τον σκοπό είναι μεγάλος.

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Ο κανονισμός αυτός δεν ισχύει για ειδικά σκυροδέματα κατηγορίας υψηλότερης από C50/60.

## 1.2 ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ

Η αντοχή και τα άλλα δεδομένα για το σκυρόδεμα καθορίζονται βάσει τυποποιημένων δοκιμών.

## ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ

Το φαινόμενο βάρος θα προσδιορίζεται μέσω δοκιμών ή θα εκτομάται με βάση τις γνωστές τιμές

φαινομένων βαρών των συστατικών του σκυροδέματος.

## ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Ο κανονισμός αυτός βασίζεται σε θλιπτική αντοχή σκυροδέματος που μετράται στις 28 μέρες σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150mm και ύψους 300mm ή κυβικά δοκίμια ακμής 150mm, σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού τεχνολογίας σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.).

Χαρακτηριστική αντοχής κυλινδρικού δοκιμίου  $F_{ck}$  ή κυβικού δοκιμίου  $F_{ck,cube}$  θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου.

Στην πράξη το σκυρόδεμα θεωρείται ότι ανήκει στην κατηγορία που προδιαγράφεται στην μελέτη, αν τα αποτελέσματα των δοκιμών συμφωνούν με τα κριτήρια συμμόρφωσης του Κ.Τ.Σ.

### ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η διαστασιολόγηση πρέπει να βασίζεται σε κατηγορία σκυροδέματος που αντιστοιχεί σε καθορισμένη τιμή χαρακτηριστικής αντοχής.

Οι κατηγορίες σκυροδέματος είναι οι ακόλουθες.

C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

όπου ο πρώτος αριθμός κάθε κατηγορίας ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή (\*στους 3ς ορόφους συμπεριλαμβάνεται και τυχόν υπάρχον υπόγειο).

### ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Οι τιμές του πίνακα 2.1 προκύπτουν από την σχέση:

$$F_{ctm} = 0.30 * F_{ck}^{(2/3)}$$

( $F_{ctm}$  \*  $F_{ck}$  σε Μρα)

Το εύρος της διακύμανσης της  $F_{ct}$  είναι από 0.70  $F_{ctm}$  μέχρι 1.30  $F_{ctm}$ .

Η εκλογή της τιμής  $F_{ct}$  που θα εισαχθεί στους υπολογισμούς εξαρτάται από το είδος του εξεταζόμενου προβλήματος.  
( $F_{ck}$  κυλίνδρου) ( $F_{ck,cube}$  κύβου)

Η χρήση της κατηγορίας C12/15 σε οπλισμένο σκυρόδεμα επιτρέπεται μόνο για κτίρια χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας με τρεις το πολύ ορόφους.

Η χρήση της κατηγορίας C16/20 σε οπλισμένο σκυρόδεμα επιτρέπεται μόνο:

- για κτίρια χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ανεξαρτήτως του αριθμού των ορόφων.
- Για κτίρια με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, με τρεις το πολύ ορόφους.

Για προεντεταμένο σκυρόδεμα δεν επιτρέπονται οι κατηγορίες C12/15, C16/20 και C20/25.

## ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Στον Κανονισμό αυτό και εφόσον δεν υπάρχει άλλη ένδειξη, ο όρος "εφελκυστική αντοχή" αναφέρεται σε καθαρό αξονικό εφελκυσμό, όπως έχει οριστεί από τον Κ.Τ.Σ.

Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος  $f_{ct}$  μπορεί να εκτιμηθεί βάσει της χαρακτηριστικής αντοχής του σκυροδέματος από τον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Εφελκυστική αντοχή σε MPa

$f_{ck}$	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ctk,0.05}$	1.10	1.30	1.50	1.80	2.00	2.20	2.50	2.70	2.90
$f_{ctm}$	1.60	1.90	2.20	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80	4.10
$f_{ctk,0.95}$	2.00	2.50	2.90	3.30	3.80	4.20	4.60	4.90	5.30

Η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος ( $F_{ct}$ ) μπορεί να εκτιμηθεί από τις αντίστοιχες αντοχές εφελκυσμού από κάμψη ( $F_{ct,fl}$ ) ή από διάρρηξη ( $F_{ct,sp}$ ) από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$F_{ct} = 0.5 \cdot F_{ct,n}$$

$$F_{ct} = 0.90 \cdot F_{ct,sp}$$

Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των συστατικών του σκυροδέματος και την ταχύτητα επιβολής των παραμορφώσεων, για συνήθεις περιπτώσεις, η τετμημένη της κορυφής του διαγράμματος κυμαίνεται μεταξύ -0.2% και -0.25%, η συμβατική παραμόρφωση θραύσης μεταξύ -0.35% και -0.7% και η τάση θραύσης μεταξύ  $0.75 f_c$  και  $1.25 f_c$ .

Σχετικώς, υπενθυμίζεται ότι η κρίσιμη ανηγμένη παραμόρφωση του σκυροδέματος υπό εφελκυσμό έχει τιμή +0.02 έως +0.04%, δηλαδή περίπου ίση με την ελάχιστη τιμή της συστολής ξήρανσης.

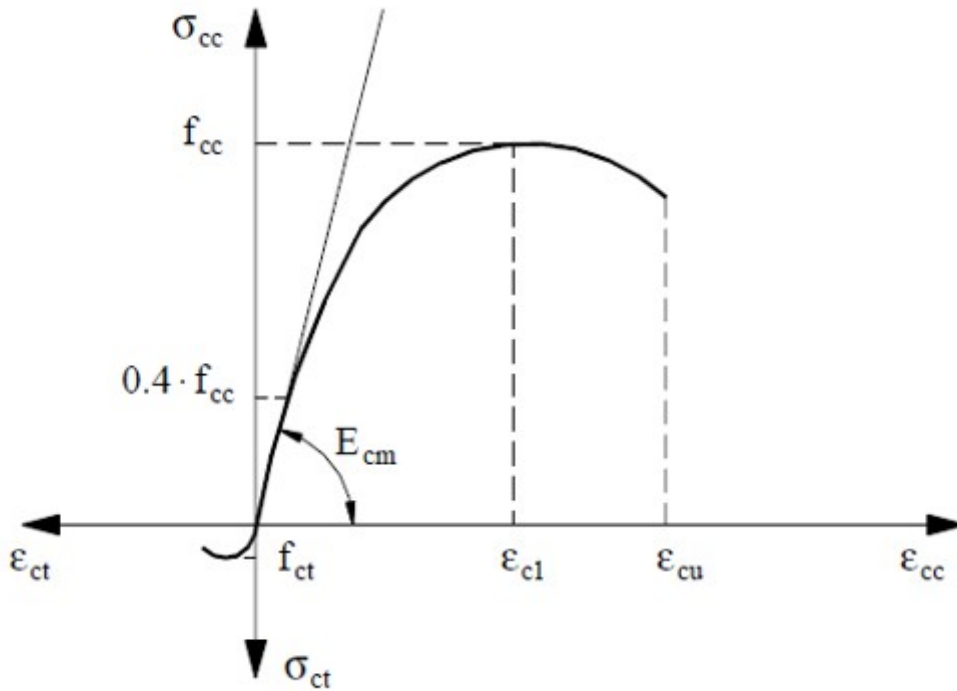
"Έτσι, και μόνο η συστολή ξήρανσης θα μπορούσε να οδηγήσει σε ρηγμάτωση (ακόμη και έντονη ή εκτεταμένη).

## ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

### Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιεί αιτιολογημένως διάστροφες μορφές του διαγράμματος τάσεων - παραμορφώσεων, ανάλογα με την φύση του έργου και με τις ειδικές απαιτήσεις της μελέτης. Για οικοδομικά έργα, κατάλληλα ιδεατά διαγράμματα περιέχονται στα αντίστοιχα Κεφάλαια του Κανονισμού.

Η γενική μορφή των διαγραμμάτων τάσεων - παραμορφώσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1: Σχηματικό διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος (c=θλίψη, t=εφελκυσμός).

### Μέτρο ελαστικότητας

Η μέση τιμή E του επιβατικού μέτρου ελαστικότητας μπορεί να εκτιμηθεί βάσει της χαρακτηριστικής Θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, μέσω του πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Επιβατικό μέτρο ελαστικότητας σε GPa

Πίνακας 2.2: Επιβατικό μέτρο ελαστικότητας σε GPa

$f_{ck}$	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$E_{cm}$	26	27.5	29	30.5	32	33.5	35	36	37

Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες  $\sigma_c = 0.10 \cdot f_{ck}$  οι τιμές του Πίνακα μπορούν να αυξηθούν κατά 10%.

Το διάστημα εμπιστοσύνης του  $E_{cm}$  είναι πρακτικώς από  $0.70E_{cm}$  μέχρι και  $1.30E_{cm}$ .

## Λόγος Poisson

Στην περιοχή ελαστικών παραμορφώσεων ο λόγος του Poisson λαμβάνεται ίσος με 0.20. Μπορεί να ληφθεί μηδέν (0) όταν επιτρέπεται η ρηγμάτωση του εσρελκόμενου σκυροδέματος.

## Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης

Οι τιμές του Πίνακα 2.3 ισχύουν για συνήθη σκυροδέματα (με συνήθη αδρανή και με μέση συνεκτικότητα) υπό θερμοκρασία περιβάλλοντος  $+10$  έως  $+20^\circ\text{C}$ .

Οι τιμές  $\varphi$  και  $\epsilon_{cs}$  ισχύουν και για εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας ( $-10$  έως  $+40^\circ\text{C}$ ) και της σχετικής υγρασίας (π.χ.  $+20^\circ\text{C}$ ).

### Λόγος Poisson

Για το λόγο του Poisson μπορεί να ληφθεί μία τιμή μεταξύ 0.00 και 0.20.

### Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης

Για οικοδομικά έργα μπορούν να ληφθούν για τον τελικό συντελεστή ερπυσμού και την τελική συστολή ξήρανσης ( $t=\infty$ ), ως αντιπροσωπευτικές οι τιμές του πίνακα 2.3 εφόσον η τάση του σκυροδέματος δεν υπερβαίνει την τιμή  $0.50f_{ck}$

Πίνακας 2.3: Τελικές τιμές του συντελεστή ερπυσμού  $\varphi(t_{\infty}, t_0)$  και της συστολής ξήρανσης  $\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$  σκυροδέματος

$\varphi(t_{\infty}, t_0)$						
Ηλικία $t_0$ τη στιγμή της φόρτισης (ημέρες)	Ιδεατό μέγεθος $2 \cdot A_c / u$ σε mm					
	50	150	600	50	150	600
	Ξηρές ατμοσφαιρικές συνθήκες εσωτερικού χώρου (RH=50%)			Υγρές ατμοσφαιρικές συνθήκες υπαίθρου (RH=80%)		
1	5.50	4.60	3.70	3.60	3.20	2.90
7	3.90	3.10	2.60	2.60	2.30	2.00
28	3.00	2.50	2.00	1.90	1.70	1.50
90	2.40	2.00	1.60	1.50	1.40	1.20
365	1.80	1.50	1.20	1.10	1.00	1.00

$\varepsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0) \cdot 10^3$			
Θέση του στοιχείου	Σχετική υγρασία (%)	Ιδεατό μέγεθος $2 \cdot A_c / u$ σε mm	
		$\leq 150$	$\geq 600$
Εσωτερικός χώρος	50	-0.60	-0.50
Υπαίθριος	80	-0.33	-0.28

RH = σχετική υγρασία.

$A_c$  είναι το εμβαδόν της διατομής του στοιχείου και  $u$  είναι η περίμετρος της διατομής σε επαφή με την ατμόσφαιρα.

Στην περίπτωση κιβωτοειδούς διατομής ή διατομής με διάκενα της οποίας το εσωτερικό συγκοινωνεί με

Αυτή η παραδοχή οδηγεί στη σχέση:

$$\varepsilon_{cc}(t, t_0) = \frac{\sigma_{c0}}{E_{c28}} \varphi(t, t_0) \dots\dots\dots (\Sigma 2.4)$$

όπου:

- $t_0$  ηλικία του σκυροδέματος τη στιγμή έναρξης της φόρτισης
- $\varepsilon_{cc}(t, t_0)$  ερπυστική παραμόρφωση τη στιγμή  $t (> t_0)$
- $\sigma_{c0}$  σταθερή τάση που εφαρμόζεται τη στιγμή  $t_0$
- $E_{c28}$  μέση τιμή του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος σε ηλικία 28 ημερών (Πίνακας 2.2)
- $\varphi(t, t_0)$  συντελεστής ερπυσμού τη στιγμή  $t (> t_0)$ .

Σημαντικές αποκλίσεις από την παραδοχή αυτή παρατηρούνται όταν οι μεταβολές της τάσης συνοδεύονται από μείωση παραμορφώσεων (π.χ. σε περίπτωση αποφόρτισης).



Για τάσεις  $\sigma < 0.5F_{ck}$  γίνονται οι εξής παραδόχες:

- Οι ερπυστικές παραμορφώσεις συνδέονται γραμμικά με τις τάσεις
- Όταν η επιβαλλόμενη μεταβάλλεται που αντιχτοιχούν στο διάστημα επιβολής κάθε τιμής της τάσης προστίθενται.

## ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται ίσος με  $10 \cdot 10^{-9}$  ανα βαθμ. Κελσίου C.

Γενικά

Το Κειράλαιο αυτό συμπληρώνεται από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος (Κ.Τ.Χ.) και τις διατάξεις περί χαλύβων των προτύπων ΕΛΟΤ 959 και 971. Στον Κανονισμό αυτό τα πρότυπα, οι εγκριτικές αποφάσεις ή τα πιστοποιητικά συμμόρφωσης αναφέρονται ως «πιστοποιητικά». Οι χρησιμοποιούμενοι χάλυβες πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με τα ανάλογα πιστοποιητικά.

βλ. ΕΛΟΤ 959

βλ. ΕΛΟΤ 971

Διατομή υπολογισμών

Για τις ονομαστικές διαμέτρους που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση

Χαρακτηριστική αντοχή

Χάλυβες που έχουν υποστεί ολική ή μερική ψυχρή κατεργασία με όλκηση (συρματοποίηση) ενδέχεται να έχουν  $F_{yk}$  σε Θλίψη μικρότερη από ό,τι σε εφελκυσμό:

$|F_{yk}| < F_{ykt}$

## ΧΑΛΥΒΑΣ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### Γενικά

Τα μηχανικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά των χαλύβων που χρησιμοποιούνται στο οπλισμένο σκυρόδεμα καθορίζονται από πρότυπα και εγκριτικές αποφάσεις ή πιστοποιητικά συμμόρφωσης.

Οι χάλυβες που καλύπτονται από τον Κανονισμό αυτόν μπορούν να διακριθούν ως εξής:

α) σύμφωνα με τη μέθοδο της παραγωγής. Οι ακολουθούμενες μέθοδοι παραγωγής είναι:

• Θερμή έλαση, δίχως καμιά περαιτέρω επεξεργασία • Θερμή έλαση, η οποία ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά θερμική κατεργασία • ψυχρή κατεργασία με στρέψη ή με όλκηση (συρματοποίηση) του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση

β) σύμφωνα με τη μορφή της επιφανείας σε: • λείες κυλινδρικές ράβδους ή σύρματα (και συγκολλητά δομικά πλέγματα) • ράβδους ή σύρματα υψηλής συνάφειας (και συγκολλητά δομικά πλέγματα), με νευρώσεις (νευροχάλυβες) γ) σύμφωνα με τη συγκολλησιμότητα σε: • χάλυβες

συγκολλησίμους υπό προϋποθέσεις • χάλυβες συγκολλησίμους

## Διατομή υπολογισμών

Οι υπολογισμοί πρέπει να βασίζονται στην ονομαστική διατομή που καθορίζεται από την ονομαστική διάμετρο.

## Χαρακτηριστική αντοχή

Χαρακτηριστική αντοχή  $F_{yk}$ , Θεωρείται εκείνη η τιμή του ορίου διαρροής  $F_y$  ή του συμβατικού ορίου διαρροής  $F_{0.2}$  (που αντιστοιχεί σε παραμένουσα παραμόρφωση  $0.2\%$ ) κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου. Εάν ο παραγωγός χάλυβα εγγυάται μία ελάχιστη τιμή για το  $f_y$  ή  $f_{0.2}$  η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως χαρακτηριστική.

Σε αυτές τις περιπτώσεις η τιμή του  $f$  γιγε πρέπει να καθορίζεται στα πιστοποιητικά του υπόψη χάλυβα.

Οι υψηλής πλαστιμότητας χάλυβες που τοποθετούνται στις κρίσιμες περιοχές δομικών στοιχείων, με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, πρέπει να ικανοποιούν και τις πρόσθετες απαιτήσεις του πίνακα Σ 3.1.

Πίνακας Σ 3.1: Πρόσθετες ιδιότητες χαλύβων για οπλισμένο σκυρόδεμα.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ		ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			
		ΜΕ ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ		ΧΩΡΙΣ ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ	
Χαρακτηριστικές τιμές σε ποσοστημόριο 90%		ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	ΛΟΙΠΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
		I	Ομοιόμορφη $\epsilon_{uk}$	$\geq 7\%$	Χάλυβας
II	$(f_t / f_y)_k$	$\geq 1.1$			
III		$\leq 1.35$	H	H	H (ή N)
IV	$(f_{y,act} / f_{y,nom})_k$	$\leq 1.3$			

Οι απαιτήσεις (I) και (II) εξασφαλίζουν μεγαλύτερα μήκη και στροφές πλαστικών αρθρώσεων και μεγαλύτερη αντοχή μετά την αποφλοιώση, και κατά συνέπεια μεγαλύτερη τοπική (και γενική) πλαστιμότητα των στοιχείων (και των φορέων).

Οι απαιτήσεις (III) και (IV) εξασφαλίζουν αξιόπιστο και οικονομικό έλεγχο / περιορισμό των κατά τα άλλα επιθυμητών και επιδιωκόμενων μεταλαστικών παραμορφώσεων και μηχανισμών.

Τα πρότυπα ΕΛΟΤ 959 και 971 ορίζουν τις εξής κατηγορίες χάλυβα:

S220, S400, S500, S400s, S500s

όπου οι αριθμοί αντιστοιχούν στην χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής μετρούμενη σε MPa.

Οι τρεις πρώτες κατηγορίες περιλαμβάνουν χάλυβες συγκολλησίμους υπό προϋποθέσεις σύμφωνα

με το πρότυπο ΕΛΟΤ 959, ενώ οι υπόλοιπες δύο περιλαμβάνουν τους συγκολλησίμους χάλυβες σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 971.

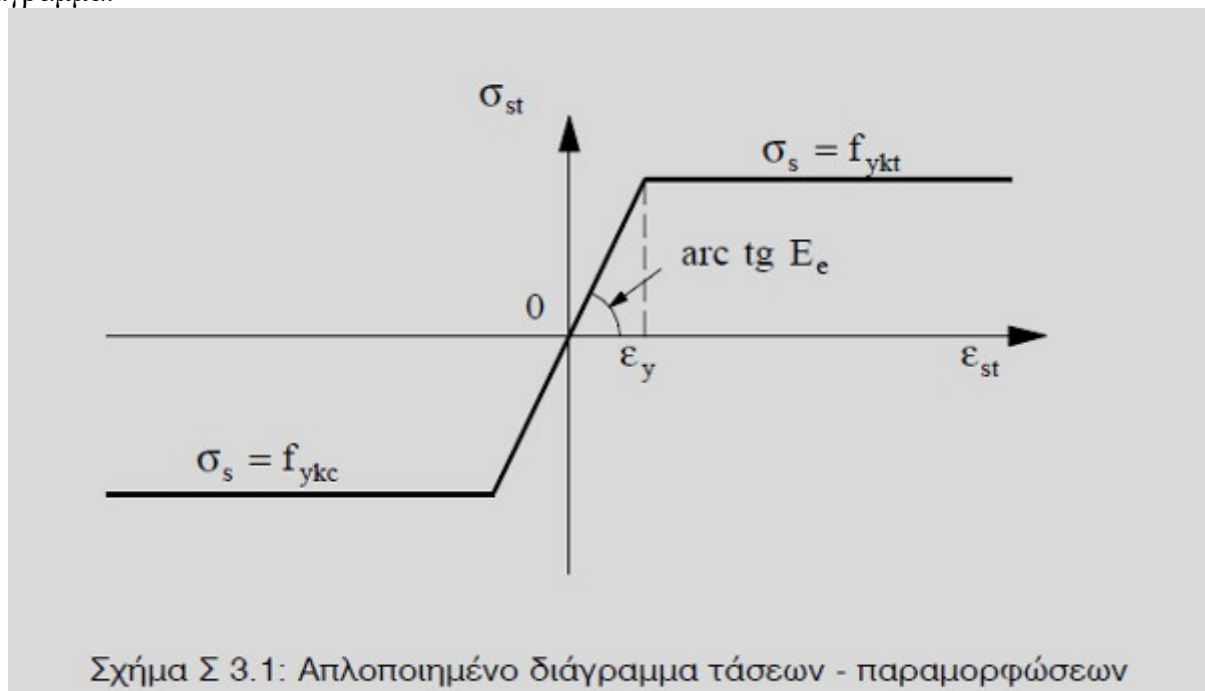
Η ποιότητα S220 περιλαμβάνει λείες ράβδους θερμής εξέλασης, ενώ οι ποιότητες S400, S400s, S500 και S500s περιλαμβάνουν ράβδους και σύρματα υψηλής συνάφειας συνήθως (νευροχάλυβες).

### Συγκολλητά δομικά πλέγματα

Οι χάλυβες S500 και S500s, μορφής λείας ή με νευρώσεις, χρησιμοποιούνται και για την παραγωγή δομικών πλεγμάτων.

### Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Σε περίπτωση έλλειψης ακριβέστερων στοιχείων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους χάλυβες θερμής έλασης ή τους χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με όλκηση το ακόλουθο διγραμμικό διάγραμμα:



\*Σε περίπτωση έλλειψης ακριβέστερων στοιχείων, μπορεί για τους χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με στρέψη να χρησιμοποιηθεί ένα απλοποιημένο διγραμμικό διάγραμμα

### Συγκολλησιμότητα

Βλ. και Κ.Τ.Χ. καθώς και ΕΛΟΤ 959 και 971

### Συγκολλητά δομικά πλέγματα

Όταν η παρουσία εγκάρσιων συγκολλημένων ράβδων λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό του μήκους αγκυρώσεως (παρ. 17.6.1), τότε κάθε συγκόλληση πρέπει να μπορεί να αναλάβει τέμνουσα δύναμη ίση με  $0.30F_{yk} \cdot A_s$ , όπου  $A_s$  είναι η διατομή της μεγαλύτερης από τις ράβδους που συγκολλούνται.

### Παραμορφώσεις

## Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Τα πραγματικά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων μπορούν να αντικατασταθούν με διγραμμικά ή τριγραμμικά διαγράμματα, διαλεγμένα έτσι ώστε η απλοποίηση αυτή να δίνει προσεγγίσεις υπέρ της ασφάλειας.

## Μέτρο ελαστικότητας $E_s$

Για όλους τους χάλυβες οπλισμένου σκυροδέματος το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να ληφθεί ίσο με 200 GPa.

## Συντελεστής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής Θερμικής διαστολής του χάλυβα μπορεί να λαμβάνεται ίσος με  $10 \cdot 10^{-6}$  ανά  $^{\circ}\text{C}$ .

# ΧΑΛΥΒΑΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

## ΓΕΝΙΚΑ

Οι μηχανικές και φυσικές ιδιότητες των χαλύβων προέντασης καθορίζονται από πιστοποιητικά.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

π.χ. S1500/1770 υποδηλώνει χάλυβα προένταση  $F_{p0,1k} = 1500 \text{ Mpa}$  και  $F_{pTk} = 1770 \text{ Mpa}$

Οι χάλυβες προέντασης που καλύπτονται από τον Κανονισμό αιπό είναι δυνατόν να περιγραφούν ως ακολούθως:

α) Σύμφωνα με την κατεργασία: α.1) θερμή κατεργασία • χάλυβες ειδικής κατεργασίας, • χάλυβες σκληρυμένοι με βαφή, α.2) μηχανική κατεργασία • χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με διέγκυση ή εξέλαση • χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με συστρόφι ή έλξη.

Οι κατεργασίες αυτές μπορούν να συμπληρωθούν με γήρανση και σταθεροποίηση.

β) Σύμφωνα με τον τύπο: • σύρματα και ράβδοι, • συρμστόσχοινα ή καλώδια,

γ) Σύμφωνα με τη μορφή:

• σύρματα ή ράβδοι λείες και κυκλικές (τα σύρματα μπορούν να είναι ίσια ή πλεγμένα), • σύρματα ή ράβδοι με νευρώσεις κυκλικές ή μη κυκλικές.

## Διατομή υπολογισμού

Οι υπολογισμοί πρέπει να βασίζονται στην ονομαστική διατομή, η οποία για τα σύρματα ή τις ράβδους καθορίζεται από την ονομαστική τους διάμετρο, ενώ για τα συρματόσχοινα ή τα καλώδια από τις ονομαστικές διατομές των συρμάτων ή των ράβδων που τα συνθέτουν.

## Χαρακτηριστική αντοχή

Η τιμή  $F$ , μπορεί να αντικατασταθεί από την τιμή  $F_{0,1}$  (που αντιστοιχεί σε παραμένουσα παραμόρφωση 0.1%).

Κανονικά η κατηγορία ενός χάλυβα προέντασης πρέπει να προδιαγράφεται με βάση το χαρακτηριστικό όριο διαρροής ( $F_{p,0,2}$  ή  $f_{p0,1k}$ ) και την χαρακτηριστική του εφελκυστική αντοχή

F<sub>ptk</sub>.

Για την εφελκυστική αντοχή F<sub>ptk</sub>, που προσδιορίζεται από τις δοκιμές εφελκυσμού, πρέπει να ισχύουν οι σχέσεις:

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

Οι συνθήκες εφαρμογής σχετίζονται ειδικότερα με:

- την αρχική τάση των τενόντων,
- τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος κατά την στιγμή της προέντασης,
- την θέση και την επικάλυψη των τενόντων και
- την εντατική κατάσταση του σκυροδέματος.

"Όταν τα πιστοποιητικά δεν δίνουν τιμές για τον λόγο του μήκους αγκύρωσης προς την ονομαστική διάμετρο του τένοντα, επιτρέπονται τιμές μεταξύ των παρακάτω ορίων:

- 100 μέχρι 140 για σύρματα που δεν είναι λεία
- 45 μέχρι 90 για συρματόσχοινα 7 συρμάτων.

Οι τιμές αυτές έχουν υπολογισθεί με την παραδοχή ότι η προένταση εφαρμόζεται στο υπόψη στοιχείο με σταδιακή απελευθέρωση των άκρων των τενόντων. Εάν η προένταση επιτυγχάνεται με κοπή των άκρων των τενόντων που προεξέχουν, οι τιμές αυτές πρέπει να αυξηθούν κατά 25%.

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΑΣΕΩΝ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Σε περίπτωση έλλειψης ακριβέστερων στοιχείων ή σε φασή προμελέτης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το ακόλουθο διάγραμμα:

$$F_{ptk} \geq 1.10 \cdot F_{o,2k}$$

$$F_{ptk} \geq 1.05 \cdot F_{o,2,obs}$$

F<sub>o,2,obs</sub> όριο διαρροής που προκύπτει απ αυτές τις δοκιμές

Χαρακτηριστικά συνάφειας

Το μήκος αγκύρωσης (L<sub>br</sub> που απαιτείται για να εξασραλισθεί η μεταβίβαση της δύναμης προέντασης στο σκυρόδεμα μετά την απελευθέρωση των άκρων των τενόντων (προεντεταμένη κλίση, προτανυόμενοι τένοντες, βλ. παρ. 4.1), πρέπει να προσδιορίζεται είτε βάσει των τιμών που περιλαμβάνονται στα πιστοποιητικά του χάλυβα προέντασης προσαρμοσμένων, εάν χρειάζεται, στις συνθήκες εφαρμογής, είτε μέσω δοκιμών που να εξομοιώνουν τις συνθήκες εφαρμογής.

Κατά τον έλεγχο οριακών καταστάσεων ρηγμάτωσης, οι προεντεταμένοι τένοντες μπορούν να θεωρηθούν ως οπλισμοί υψηλής συνάφειας υπό την προϋπόθεση ότι πληρούν τα κριτήρια

Διατάξεις αγκυρώσεων

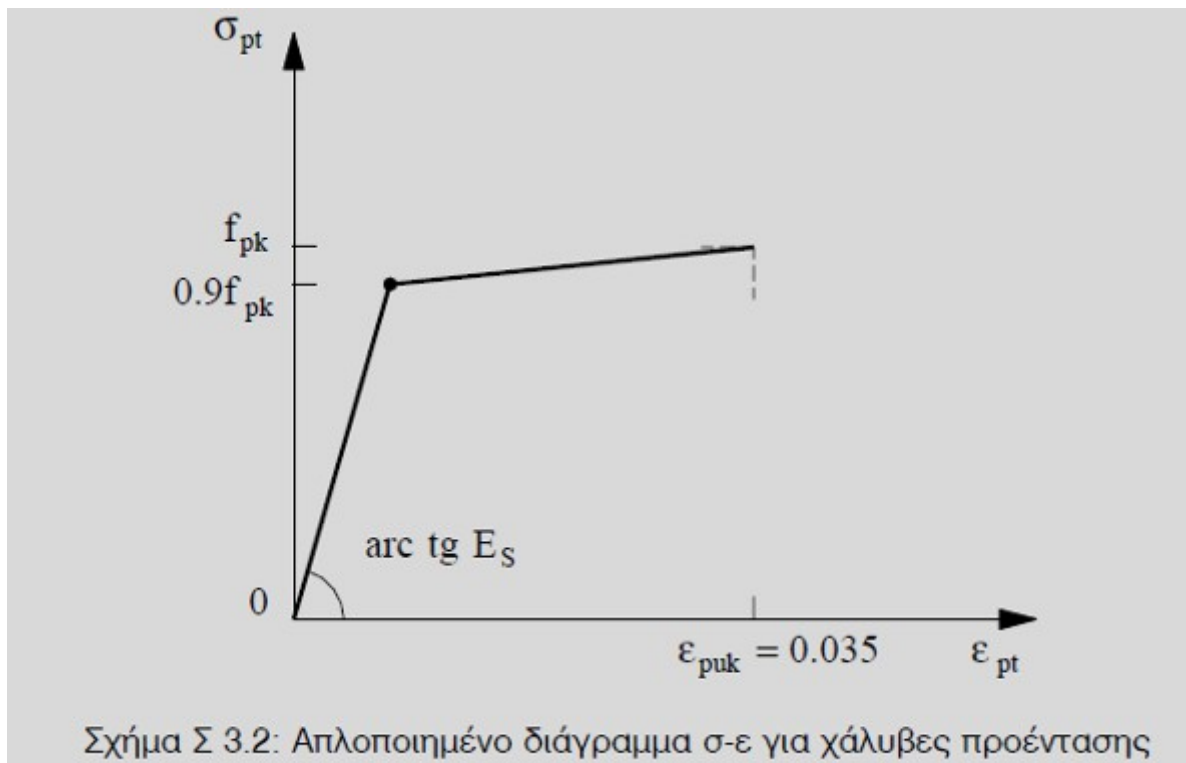
Τα πιστοποιητικά των χάλυβων προέντασης δίνουν στοιχεία σχετικά με τις διατάξεις αγκυρώσεων. Εάν οι παραδοχές της μελέτης ή οι συνθήκες εφαρμογής

διαίρεται από εκείνες που προβλέπονται στα πιστοποιητικά, είναι απαραίτητο να γίνονται συμπληρωματικοί έλεγχοι.  
να γίνονται συμπληρωματικοί έλεγχοι.

### Παραμορφώσεις

#### Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων

Τα διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων λαμβάνονται από τα σχετικά πιστοποιητικά των χαλύβων.



Στην περίπτωση συρματόσχοινων υπό σχετικά χαμηλή τάση, η σχέση εφελκυστικής δύναμης και επιμήκυνσης δεν εξαρτάται μόνον από το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα.

Η επιρροή των διαφόρων προσθέτων παραμορφώσεων που συνοδεύουν την επιμήκυνση κατά τη στιγμή της επιβολής της προέντασης μπορεί να είναι σημαντική και πρέπει να λαμβάνεται κατάλληλα υπόψη.

### Χαλάρωση

Η χαλάρωση εκτιμάται για τις ακόλουθες τιμές αρχικής προέντασης:

$$\sigma_{p0} = 0.60 f_{ptk}, 0.70 f_{ptk}, 0.80 f_{ptk}$$

(Για ενδιάμεσες τιμές μπορεί να γίνει γραμμική παρεμβολή).

Κατάλληλες τιμές θεωρούνται εκείνες που περιλαμβάνονται στον παρακάτω

Πίνακα, οι οποίες ισχύουν για διάρκεια επιβολής της τάσεως ίση με 1000 ώρες.  
Πίνακας Σ 3.2: Μέγιστες τιμές χαλάρωσης σε 1000 ώρες

Πίνακας Σ 3.2: Μέγιστες τιμές χαλάρωσης σε 1000 ώρες			
$\sigma_{p0} / f_{pkt}$	0.60	0.70	0.80
Χάλυβες προέντασης χωρίς ειδική μέριμνα έναντι χαλάρωσης, κλάσεως 1	4.00%	8.00%	12.00%
Χάλυβες προέντασης χαμηλής χαλάρωσης, κλάσεως 2	1.50%	3.00%	6.00%

## Μέτρο ελαστικότητας $E_s$

Για όλους τους χάλυβες προέντασης το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να ληφθεί ίσο με 200 Gρα.

Συντελεστής Θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής Θερμικής διαστολής των χάλυβων προέντασης λαμβάνεται ίσος με  $10 \cdot 10^{-6}$  ανά  $^{\circ}\text{C}$ .

Χαλάρωση

Οι τιμές της χαλάρωσης που θα ληφθούν υπόψη για τον υπολογισμό της τελικής δύναμης προεντάσεως μπορούν να προσδιορισθούν:

- βάσει των δεδομένων που περιέχονται στα πιστοποιητικά, ή
- από αποτελέσματα αξιόπιστων δοκιμών χαλάρωσης, ή
- όταν κρίνεται ότι τα διατιθέμενα στοιχεία δεν είναι αξιόπιστα ή επαρκή (π.χ. τιμές βασιζόμενες σε δοκιμές μικρής διάρκειας), τότε μπορούν να ληφθούν υπόψη κατάλληλες τιμές της χαλάρωσης, οι οποίες δίνονται στην διεθνή βιβλιογραφία για τις συνήθεις περιπτώσεις.

Η τελική χαλάρωση μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται μετά από  $0.50 \cdot 10^6$  ώρες επιβολής της τάσης. Αν δεν γίνουν δοκιμές, η μείωση δεδομένης τάσης λόγω χαλάρωσης μετά από περίοδο  $t > 1000$  ώρες μπορεί να εκτιμηθεί εάν είναι γνωστή η απώλεια  $\Delta\sigma_{p,rel}$  μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$\frac{\Delta\sigma_{p,rel,t}}{\Delta\sigma_{p,rel,1000}} = \left( \frac{t}{1000} \right)^{\beta}$$

όπου:

- $\beta$  συντελεστής, ανάλογα με τον τύπο του χάλυβα και την τιμή της αρχικής τάσης προεντάσεως. Όταν δεν διατίθενται ακριβέστερα

στοιχεία για την επιρροή του τύπου του χάλυβα, το  $\beta$  μπορεί να ληφθεί ίσο με:

$\beta = 0.12$  για κλάση 1

$\beta = 0.19$  για κλάση 2.

Για περιόδους μικρότερες από 1000 ώρες, η ισχύς της εξίσωσης (πανω) πρέπει να ελεγχθεί. Γενικώς, για 100 ώρες η χαλάρωση είναι = 70%, ενώ για 500 ώρες η χαλάρωση είναι - 90% αυτής που αντιστοιχεί σε 1000 ώρες.

## **Ολκιμότητα**

Η απαίτηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι ικανοποιείται, εάν στο διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων η περιοχή πλαστικών παραμορφώσεων είναι τριπλάσια της περιοχής ελαστικών παραμορφώσεων. Η παραμόρφωση υπό το μέγιστο φορτίο πρέπει να είναι - τουλάχιστον 3.50%.

Οι χρησιμοποιούμενοι χάλυβες προέκτασης πρέπει να έχουν επαρκή ολκιμότητα ώστε να είναι δυνατή η ανακατανομή εντάσεως.



## 2η ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ

# Ευρωκώδικα 2 Εφαρμογή στο FESPA

### Εισαγωγή

Ο Ευρωκώδικας 2 περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη:

Μέρος 1.1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια

Μέρος 1.2: Σχεδιασμός για πυρασφάλεια

Μέρος 2: Γέφυρες από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα

Μέρος 3: Υδατοδεξαμενές και κατασκευές υπό υδατοφόρτιση

## Κεφάλαια του μέρους 1.1

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Κεφάλαιο 2: Βάσεις του σχεδιασμού

Κεφάλαιο 3: Υλικά

Κεφάλαιο 4: Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμών

Κεφάλαιο 5: Ανάλυση του δομικού συστήματος

Κεφάλαιο 6: Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Κεφάλαιο 7: Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Κεφάλαιο 8: Κατασκευαστική διαμόρφωση των χαλαρών οπλισμών και των τενόντων

προέντασης - Γενικά

Κεφάλαιο 9: Κατασκευαστική διαμόρφωση δομικών στοιχείων και ειδικοί κανόνες

Κεφάλαιο 10: Συμπληρωματικοί κανόνες για προκατασκευασμένα στοιχεία και

κατασκευές από σκυρόδεμα

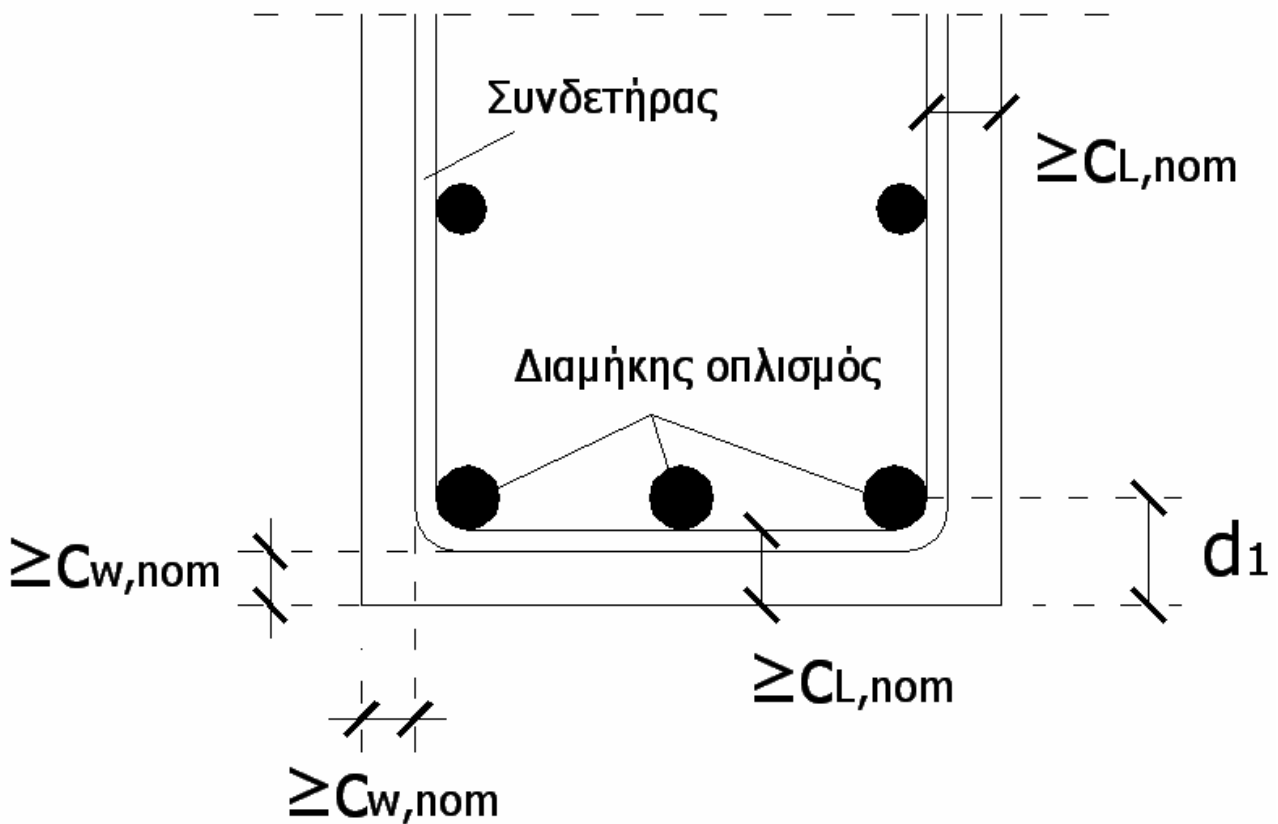
Κεφάλαιο 11: Κατασκευές από ελαφροσκυρόδεμα

Κεφάλαιο 12: Άοπλες και ελαφρώς οπλισμένες κατασκευές

## Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμών

Με επαρκή επικάλυψη εξασφαλίζεται:

- Επαρκής συνάφεια
- Επιβράδυνση διάβρωσης οπλισμών
- Αύξηση ανθεκτικότητας σε πυρκαγιά (EC2-1-2)



Στον EC2-1-2 καθορίζονται όρια για τα  **$b_w/d_1$**

**Ονομαστική επικάλυψη  
(σχεδιασμού)**

$$C_{nom} = C_{min} + 10mm$$

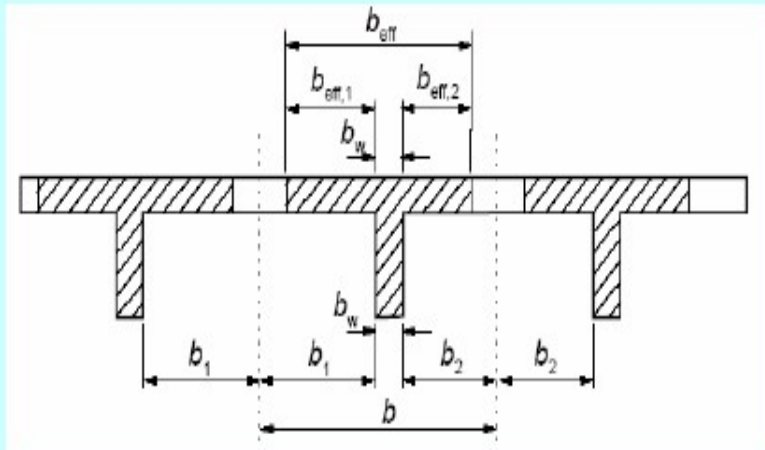
Η ελάχιστη επικάλυψη θα εξασφαλίζεται τόσο για τους διαμήκεις οπλισμούς όσο και για τους συνδετήρες

## **Κατηγορίες έκθεσης - επικάλυψη $C_{nom}$**

Κατηγορία έκθεσης	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα	C <sub>nom</sub> (mm)	C <sub>nom</sub> πλάκες	Ενδεικτικές κατηγορίες αντοχής
<b>1 Χωρίς διακινδύνευση διάβρωσης ή προσβολής</b>					
<b>X0</b>	Άοπλο σκυρόδεμα Οπλισμένο σκυρόδεμα: πολύ ξηρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος	<b>20</b>	<b>20</b>	-
<b>2 Διάβρωση από ενανθράκωση</b>					
<b>XC1</b>	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα <b>εντός κτιρίων</b> με <b>μέτρια ή υψηλή υγρασία</b> αέρος <b>ή</b> μόνιμα βυθισμένο στο νερό	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>C20</b>
<b>XC2</b>	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος υπό μακροχρόνια επαφή με το νερό. <b>Πληθώρα θεμελιώσεων.</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>C25</b>
<b>XC3</b>	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος. Εξωτερικό σκυρόδεμα <b>προσβαλλόμενο από τη βροχή</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>C30</b>
<b>XC4</b>	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος <b>σε επαφή με το νερό, εκτός θεμελιώσεων</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>C30</b>
<b>3 Διάβρωση από χλωριούχα</b>					
<b>XD2</b>	Υγρό, σπανίως ξηρό	<b>Πισίνες.</b> Στοιχεία σκυροδέματος εκτεθειμένα σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν χλωριούχα.	<b>50</b>	<b>45</b>	<b>C30</b>
<b>XD3</b>	Περιοδικά υγρό και ξηρό	<b>Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων.</b>	-	<b>50</b>	<b>C35</b>
<b>4 Διάβρωση από χλωριούχα θαλασσινού νερού</b>					
<b>XS1</b>	Εκτεθειμένο σε <b>άλατα θαλάσσης</b> αερομεταφερόμενα χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό.	Κατασκευές <b>κοντά ή επί της ακτής</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>C30</b>

## Γεωμετρικά δεδομένα

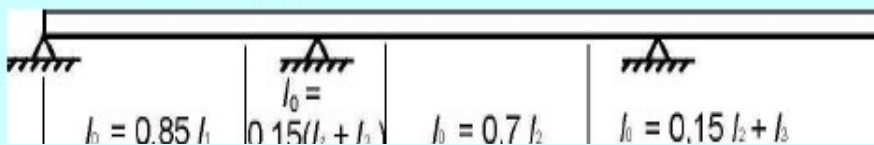
## Συνεργαζόμενο πλάτος



$$b_{eff,i} = \min \{ 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 ; 0.2 \cdot l_0 ; b_i \}$$

Η διαδικασία υπολογισμού απλοποιείται σχετικά με τον ΕΚΩΣ, ενώ γενικά προκύπτουν **μικρότερα πλάτη**.

Προσδιορισμός  $l_0$



## Σχεδιασμός έναντι τέμνουσας

### Έλεγχος μέγιστης τέμνουσας

που μπορεί να αναληφθεί από το στοιχείο, όπως καθορίζεται από τη αστοχία των λοξών

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \cdot f_{ck}$$

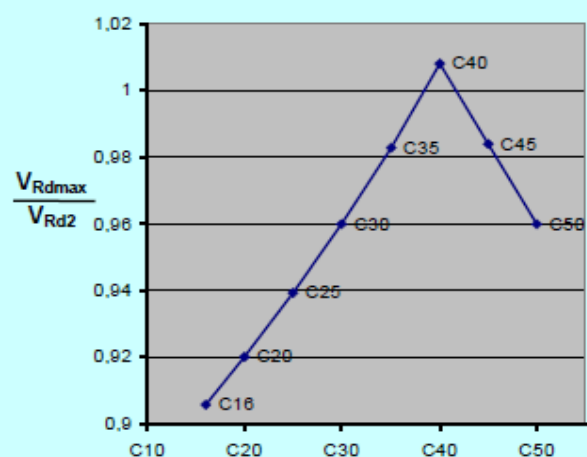
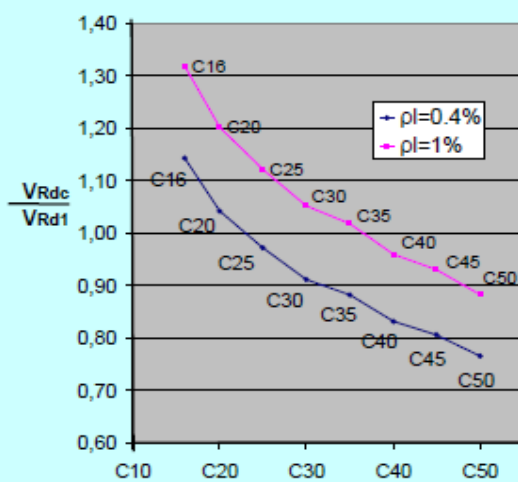
### Διάτμηση: Σύγκριση EC2 - ΕΚΩΣ

Αντοχή διατομής σε τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης

$$V_{Rd,c} = [CRd \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

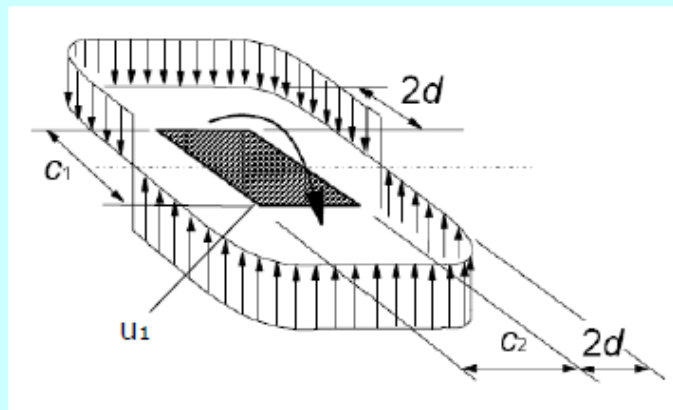
Αντοχή λοξού θλιπτήρα σκυροδέματος

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$



## Έλεγχος έναντι διάτρησης

### Συνεισφορά της εκκεντρότητας της φόρτισης



Διατμητική τάση σχεδιασμού στην περίμετρο  $u_1$

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

Ο συντ.  $\beta$  εισάγει την συνεισφορά της εκκεντρότητας της φόρτισης

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$$

Το  $W_1$  αντιστοιχεί σε μια κατανομή της τέμνουσας στην περίμετρο  $u_1$

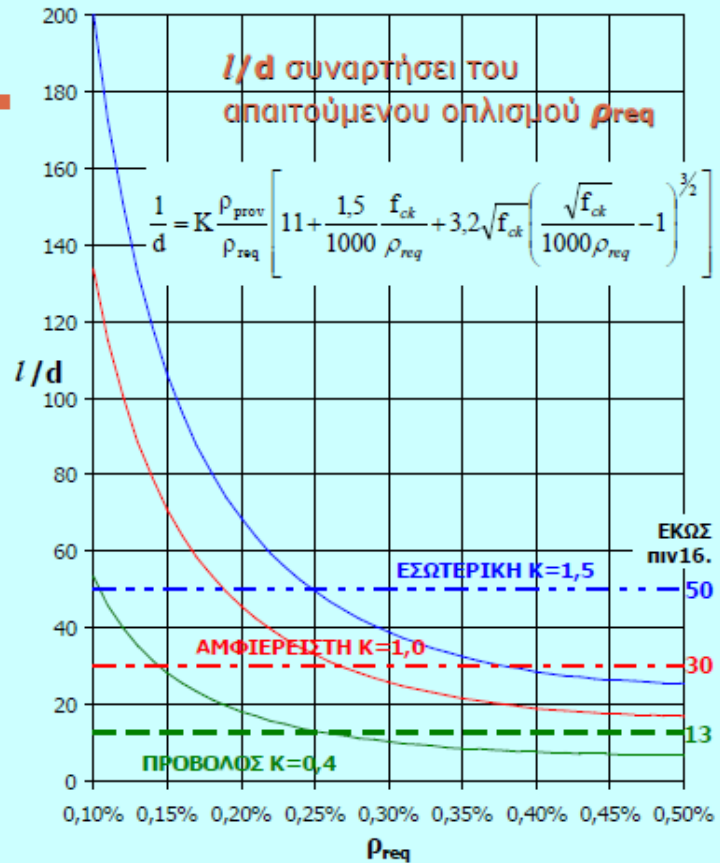
$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl$$

## Έλεγχος βέλους

### Απλοποιημένος έλεγχος

Όριο  $l/d$  μη απαίτησης υπολογιστικού ελέγχου βέλους

Στη συνήθη περίπτωση πλακών με χαμηλή απαίτηση οπλισμού το όριο  $l/d$  του **EC2** ενδέχεται να προκύπτει σημαντικά υψηλότερο από αυτό του **ΕΚΩΣ**



## Έλεγχος βέλους

### Παράδειγμα σύγκρισης EC2-ΕΚΩΣ

#### EC2

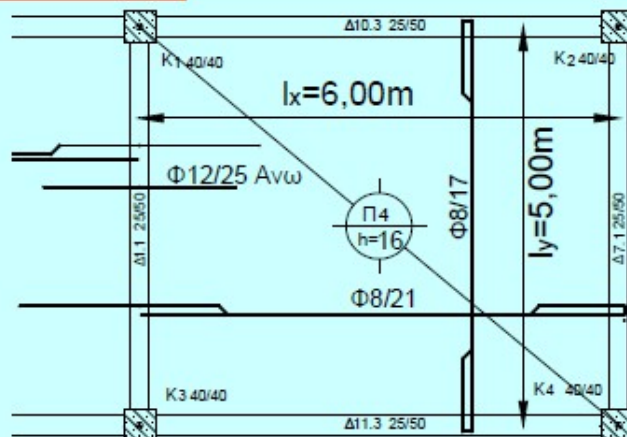
ο έλεγχος πραγματοποιείται μόνο βάσει του μικρότερου ανοίγματος  $l_y$  ( $K=1.0$ ).

Ο υπολογιζόμενος οπλισμός στο άνοιγμα είναι  $\rho_{req,y} = 2.14\%$

Ο εφαρμοζόμενος οπλισμός  $\Phi 8/17 \rightarrow \rho_{prov,y} = 2.19\%$

Τελικά:  $l_y/d_y = 5.0/0.135 = 37.0 < (l/d)_{lim} = 42.3$

Επομένως **δεν απαιτείται** υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων



#### ΕΚΩΣ

το ιδεατό μήκος είναι

στη διεύθυνση **X**:  $a \cdot l = 0.8 \cdot 6 = 4.8\text{m}$  και **Z**:  $a \cdot l = 1 \cdot 5 = 5.0\text{m}$

Επομένως καθοριστικό είναι το μήκος  $l_x$

$a \cdot l_x/d_x = 4.8/0.125 = 38.4 > (l/d)_{lim} = 30.0$

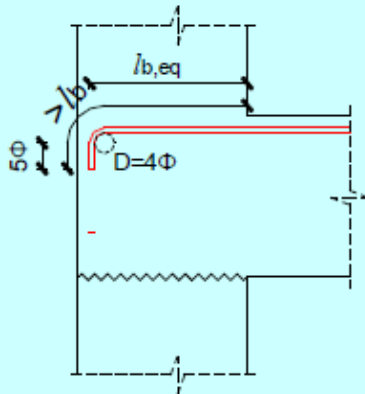
Επομένως **απαιτείται** υπολογιστικός έλεγχος παραμορφώσεων

## Αγκυρώσεις διαμήκων ράβδων

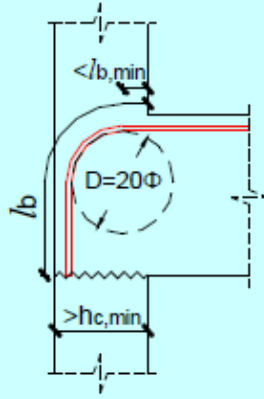
Μήκος αγκύρωσης  $l_b = \frac{\Phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$  (όπως ακριβώς και στον ΕΚΩΣ)

### EC2

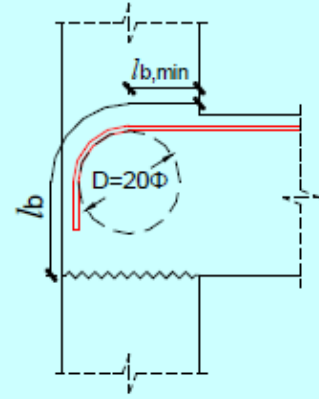
Εάν  $l_{b,eq} + 5\Phi > l_b$   
τότε τύμπανο  
αγκύρωσης  $4\Phi$  ή  $7\Phi$



...αλλιώς  
τύμπανο αγκύρωσης  
 $\approx 20\Phi$



### ΕΚΩΣ



δεν απαιτείται ευθύγραμμο μήκος αγκύρωσης

## Ευρωκώδικας 2:

Σχεδιασμός φορέων από Σκυρόδεμα

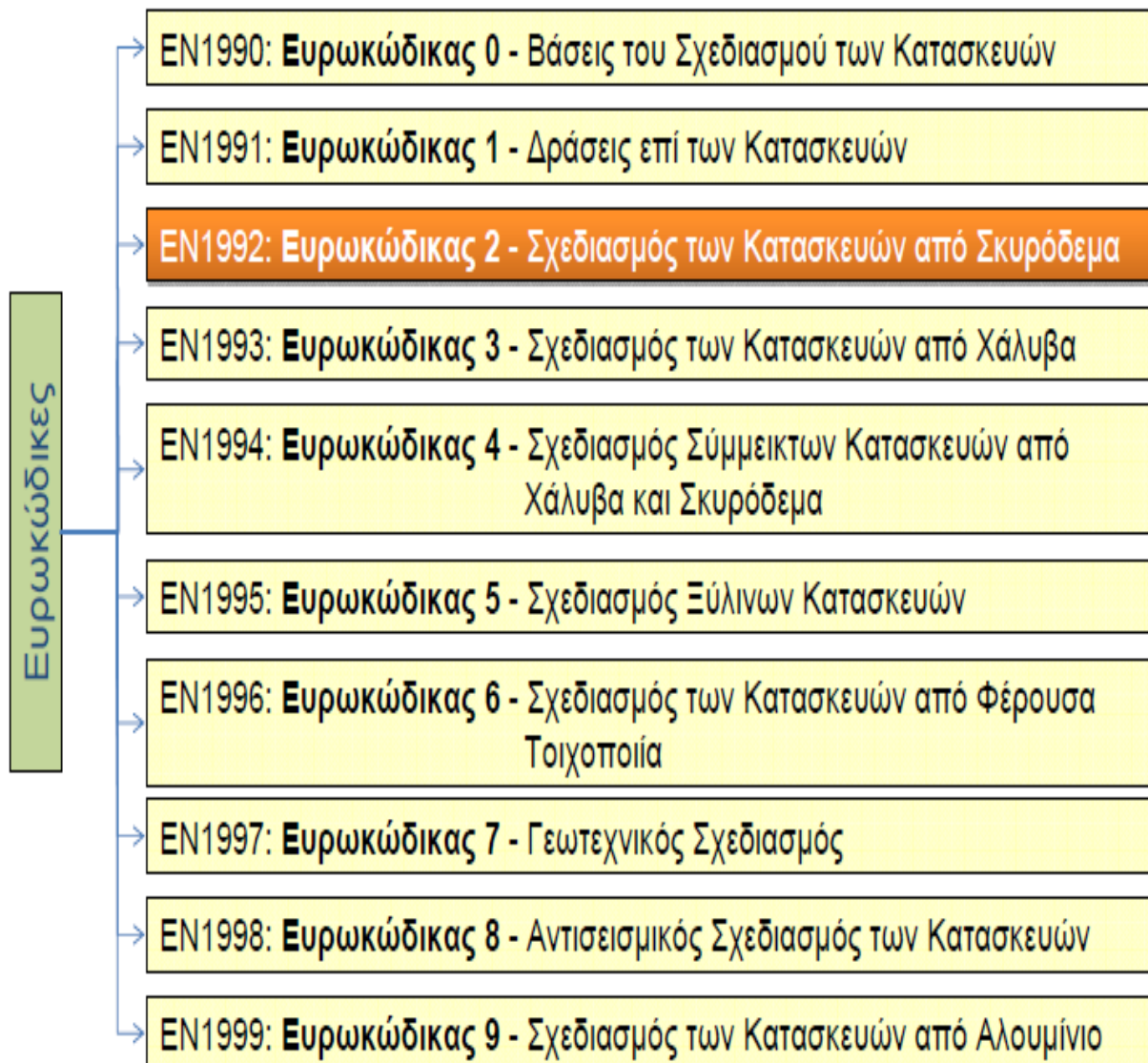
## Μέρος 1-1:

Γενικοί Κανόνες και Κανόνες για κτίρια

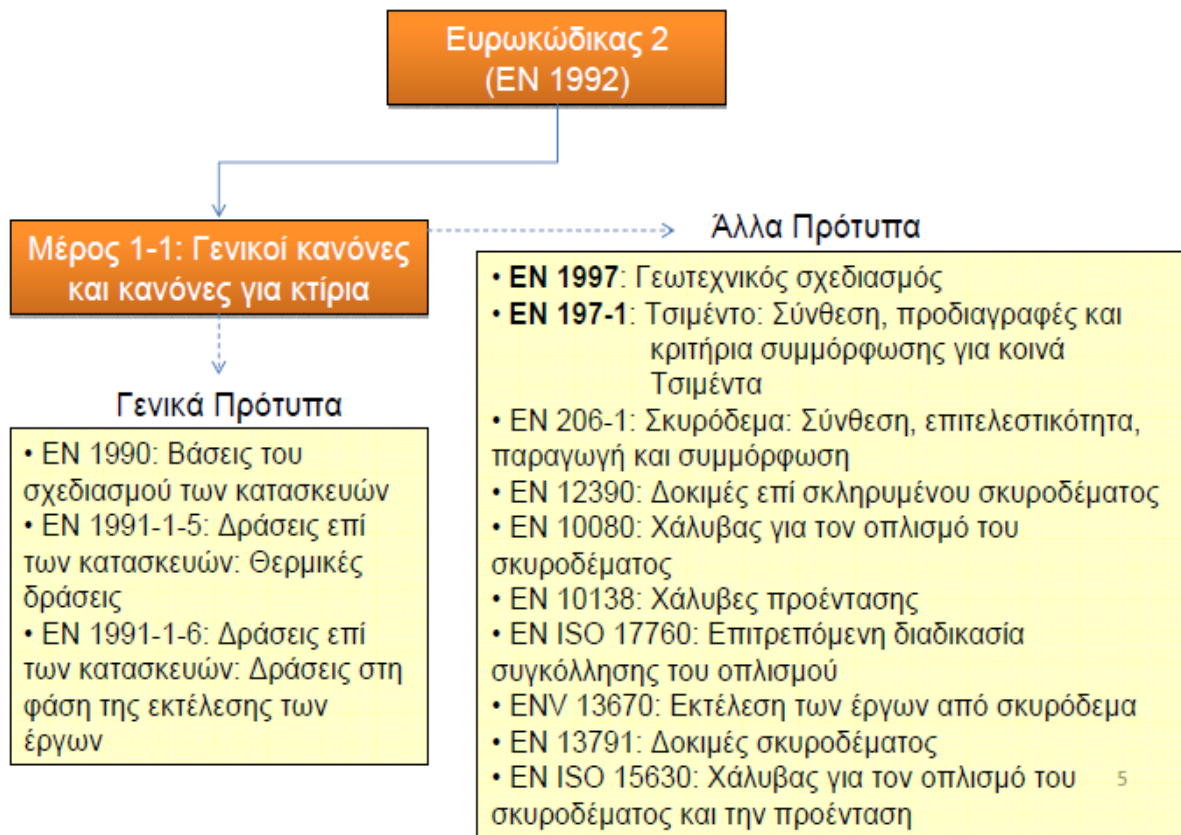
## Κεφάλαια 1-5



# Διάρθρωση Ευρωκωδίκων



## Πρότυπα αναφοράς Ευρωκώδικα 2



### Βασικές απαιτήσεις

Οι βασικές απαιτήσεις του Κεφαλαίου 2 του EN 1990 κρίνεται ότι ικανοποιούνται για κατασκευές από σκυρόδεμα όταν εφαρμόζονται ταυτοχρόνως τα κάτωθι:

- σχεδιασμός οριακής κατάστασης σε συνδυασμό με τη μέθοδο του μερικού συντελεστή ασφαλείας σύμφωνα με το EN 1990
- δράσεις σύμφωνα με το EN 1991,
- συνδυασμός δράσεων σύμφωνα με το EN 1990 και
- αντοχή, ανθεκτικότητα σε διάρκεια και λειτουργικότητα σύμφωνα με το παρόν πρότυπο

### Οριακές καταστάσεις (υπόμνηση από EN 1990)

1. **Οριακή κατάσταση αστοχίας:** η κατάσταση η οποία σχετίζεται με την κατάρρευση ή αστοχία μιας κατασκευής ή ενός δομικού στοιχείου (συμπεριλαμβανομένης της απώλειας ισορροπίας ή ευστάθειας).
2. **Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας:** η κατάσταση η οποία σχετίζεται με την ευκαμψία της κατασκευής, δηλαδή την παραμόρφωση, τη ρηγμάτωση και την ταλάντωση που προκαλεί βλάβη σε δομικά και μη-δομικά στοιχεία ή προκαλεί αίσθηση ανασφάλειας στους ανθρώπους ή επιδρά αρνητικά στην αισθητική της κατασκευής.

## Κυριότερες διαφορές EC2-1-1 και ΕΚΩΣ2000 (1/2)

Οι δύο κανονισμοί έχουν μεγάλες ομοιότητες ιδιαίτερα σε ότι αφορά τον υπολογισμό στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας και αστοχίας.

- Ο EN1992-1-1 **δεν περιέχει Α/Σ διατάξεις** (τις οποίες περιέχει ο ΕΚΩΣ) και γι' αυτό δεν μπορεί να εφαρμοσθεί αυτοτελώς, αλλά πρέπει να εφαρμοσθεί σε συνδυασμό με τον Ευρωκώδικα 8. (ακριβέστερα ο EN1992-1-1 μπορεί να εφαρμοσθεί σε περιοχές με χαμηλή σεισμικότητα, που δεν είναι όμως η περίπτωση της Ελλάδος)
- Ο EN1992-1-1 αναφέρεται **σε τρεις κατηγορίες** έργων οι οποίες δεν καλύπτονται από τον ΕΚΩΣ: Προκατασκευή, Ελαφροσκυρόδεμα και Άοπλο (ή ελαφρώς οπλισμένο) σκυρόδεμα.
- Ο EN1992-1-1 αναφέρεται διεξοδικά σε κατασκευές από **προεντεταμένο σκυρόδεμα**, και επιτρέπει την χρήση τενόντων χωρίς συνάφεια καθώς και την εξωτερική προένταση κάτι που δεν επιτρέπει ο ΕΚΩΣ2000.

## ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ EC-1-1 ΚΑΙ ΕΚΩΣ2000

## Κυριότερες διαφορές EC2-1-1 και ΕΚΩΣ2000 (2/2)

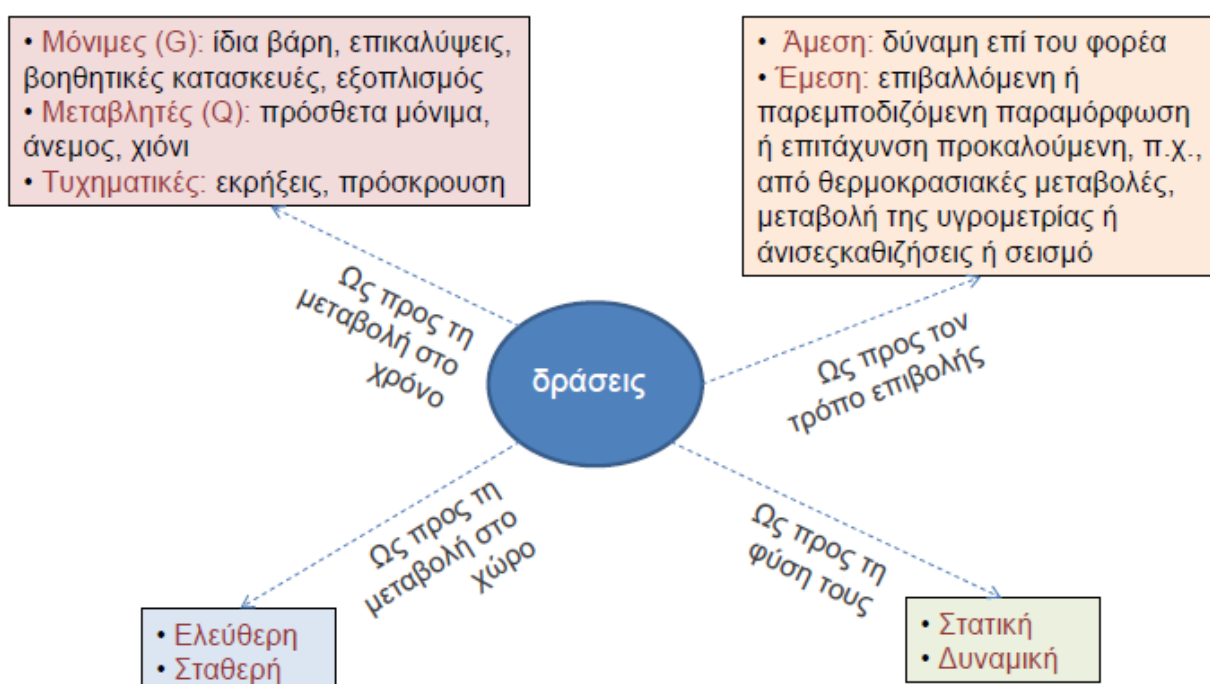
- Ο EN1992-1-1 επιτρέπει την χρήση της **πλαστικής ανάλυσης** για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας σε αντίθεση με τον ΕΚΩΣ ο οποίος την επέτρεπε μόνο για τον έλεγχο υφισταμένων κατασκευών. Στο πλαίσιο αυτό εισάγει και νομιμοποιεί την εφαρμογή της μεθόδου «θλιπτήρα-ελκυστήρα» για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων αστοχίας και (υπό ορισμένες προϋποθέσεις) για τον έλεγχο οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας.
- Ο EN1992-1-1, σε αντίθεση προς τον ΕΚΩΣ, δεν αναφέρεται στην **εκλογή των υλικών, στην εκτέλεση των εργασιών, στον ποιοτικό έλεγχο** και στην συντήρηση των κατασκευών (Κεφ. 19 έως 22 του ΕΚΩΣ) διότι παραπέμπει σε άλλα πιο εξειδικευμένα πρότυπα και κανονισμούς.



## Καταστάσεις σχεδιασμού (υπόμνηση από EN1990)

- **Μόνιμες & μεταβλητές** (με διάρκεια): αναφέρονται στις συνθήκες κανονικής χρήσης.
- **Τυχηματικές**: αναφέρονται σε εξαιρετικές συνθήκες που προκύπτουν για το φορέα ή στην έκθεσή του π.χ. σε πυρκαγιά, έκρηξη, πρόσκρουση ή τις συνέπειες τοπικής αστοχίας.
- **Σεισμικές**: αναφέρονται σε συνθήκες που προκύπτουν για το φορέα υπό την επίδραση σεισμικών συμβάντων.
- **Παροδικές**: αναφέρονται σε παροδικές συνθήκες που προκύπτουν για το φορέα, π.χ. κατά τη φάση κατασκευής ή επισκευής.

## Κατάταξη δράσεων (υπόμνηση από EN1990)



## Βασικές μεταβλητές: Δράσεις και περιβαλλοντικές επιρροές

Οι δράσεις που θα χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό μπορούν να λαμβάνονται από τα σχετικά μέρη του **EN 1991**, δηλαδή:

EN 1991-1.1 Πυκνότητες, ίδιο βάρος και επιβαλλόμενα φορτία

EN 1991-1.2 Δράσεις πυρός

EN 1991-1.3 Φορτία χιονιού

EN 1991-1.4 Ανεμοπίεση

EN 1991-1.5 Θερμοκρασιακές δράσεις

EN 1991-1.6 Δράσεις κατά την εκτέλεση

EN 1991-1.7 Τυχηματικές δράσεις που οφείλονται σε κρούση ή εκρήξεις

EN 1991-2 Φορτία κυκλοφορίας γεφυρών

EN 1991-3 Δράσεις προκαλούμενες από γερανούς και λοιπά μηχανήματα

EN 1991-4 Δράσεις σε σιλό και δεξαμενές

✓ **Σημείωση:** Δράσεις ωθήσεων εδάφους και πίεσης νερού μπορούν να λαμβάνονται από το **EN 1997**.

## Βασικές μεταβλητές: Θερμοκρασιακές επιρροές

θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- κατά τον έλεγχο έναντι **οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας**.
- για την **οριακή κατάσταση αστοχίας** μόνο εφόσον είναι σημαντικές (π.χ. συνθήκες κόπωσης, κατά τον έλεγχο της ευστάθειας όταν τα φαινόμενα 2ας τάξεως είναι σημαντικά κλπ).

✓ **Σημείωση:** Όπου λαμβάνονται υπόψη, πρέπει να θεωρούνται ως μεταβλητές δράσεις και να εφαρμόζονται με χρήση του επιμέρους συντελεστή ασφαλείας καθώς και του συντελεστή ψ.

## Βασικές μεταβλητές: Διαφορικές καθιζήσεις / μετακινήσεις

θα πρέπει :

- πρέπει να κατηγοριοποιούνται ως **μόνιμες δράσεις**, *Gset* οι οποίες εισάγονται αντιστοίχως στο συνδυασμό των δράσεων.
- να λαμβάνονται υπόψη για τον έλεγχο έναντι **οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας**.

## Βασικές μεταβλητές: Προένταση

- Η προένταση επιβάλλεται με τένοντες προέντασης από χάλυβα υψηλής αντοχής (σύρματα, συρματόσχοινα ή ράβδους).
- Οι τένοντες δύνανται να είναι ενσωματωμένοι στο σκυρόδεμα. Μπορεί να είναι προεντεταμένοι πριν την έγχυση του σκυροδέματος, ενσωματωμένοι με συνάφεια, ή προεντεταμένοι μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος με ή χωρίς ενσωμάτωση.
- Οι τένοντες είναι δυνατό να τοποθετούνται εξωτερικά του φορέα με σημεία επαφής στους εκτροπείς και στις αγκυρώσεις.
- οι διατάξεις που αφορούν την προένταση βρίσκονται στην παράγραφο 5.10.

## Έλεγχοι στατικής ισορροπίας και αντίστασης (υπόμνηση από EN 1990)

- Εκτελούνται ξεχωριστοί έλεγχοι για τις παρακάτω δύο καταστάσεις:
- Οριακές καταστάσεις καταστάσεις (στατικής) ισορροπίας (EQU)

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

- Οριακές καταστάσεις αντίστασης (STR/GEO)

$$E_d \leq R_d$$

## Συντελεστές $\psi_i$ (υπόμνηση από EN 1990)

Δράσεις	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Επιβ. Φορτ. Κατ. A, B	0,7	0,5	0,3
Επιβ. Φορτ. Κατ. C, D	0,7	0,7	0,6
Επιβ. Φορτ. Κατ. E	1,0	0,9	0,8
Χιόνι	0,5-0,7	0,2-0,5	0,0-0,2
Ανεμος	0,6	0,2	0,0
Θερμοκρασία	0,6	0,5	0,0



## Έλεγχος βάσει της μεθόδου των επί μέρους συντελεστών. Τιμές σχεδιασμού

- Επιμέρους συντελεστής για τη δράση της **συρρίκνωσης** :  $\gamma_{SH}=1.0$
- Επιμέρους συντελεστής για την **προένταση** :  $\gamma_{P,fav}=1.0$
- Επιμέρους συντελεστής για **φορτία κόπωσης** :  $\gamma_{P,unfav}=1.3$  ή  $1.2$
- Επιμέρους συντελεστής για **φορτία κόπωσης** :  $\gamma_{F,fat}=1.0$
- Επιμέρους συντελεστές για τα **υλικά**

Για την οριακή κατάσταση αστοχίας πρέπει να χρησιμοποιούνται οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας υλικών  $\gamma_C$  και  $\gamma_S$

Καταστάσεις σχεδιασμού	$\gamma_C$ για σκυρόδεμα	$\gamma_S$ για χάλυβα όπλισης	$\gamma_S$ για χάλυβα προέντασης
Μόνιμες & Παροδικές	1,5	1,15	1,15
Τυχηματικές	1,2	1,0	1,0

- Επιμέρους συντελεστής για τα υλικά **θεμελίωσης** :
- ✓ οι τιμές σχεδιασμού των μηχανικών παραμέτρων αντοχής του εδάφους πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με το **EN 1997**.
- ✓ ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα  $\gamma_C$  πρέπει να πολλαπλασιάζεται επί έναν συντελεστή, **k=1.1**

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Κεφάλαιο 3: Υλικά

### Κατηγορίες σκυροδέματος

- Η **θλιπτική αντοχή** του σκυροδέματος υποδηλώνεται με τις Κατηγορίες Σκυροδέματος οι οποίες αντιστοιχίζονται στη χαρακτηριστική (5%) κυλινδρική αντοχή  $f_{ck}$ , ή την κυβική αντοχή  $f_{ck,cube}$

	Κατηγορία σκυροδέματος													
$f_{ck}$ (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
$f_{cm}$ (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
$f_{ctm}$ (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
$E_{cm}$ (Gpa)	27	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	41	42	44
$\epsilon_{c1}$ (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
$\epsilon_{cu1}$ (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8
$\epsilon_{c2}$ (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
$\epsilon_{cu2}$ (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4
$\epsilon_{c3}$ (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
$\epsilon_{cu3}$ (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6

# ΘΛΙΠΤΙΚΗ & ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 3: Υλικά

## Θλιπτική & εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού

Θλιπτική αντοχή σχεδιασμού  $f_{cd}$ :

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C$$

- $\gamma_C$  = ο μερικός συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα
- $\alpha_{cc}$  = συντελεστής που συνεκτιμά μακροχρόνιες επιδράσεις στην θλιπτική αντοχή και δυσμενείς επιρροές που προκύπτουν από τον τρόπο με τον οποίο επιβάλλεται το φορτίο, ίσος προς 1.0.

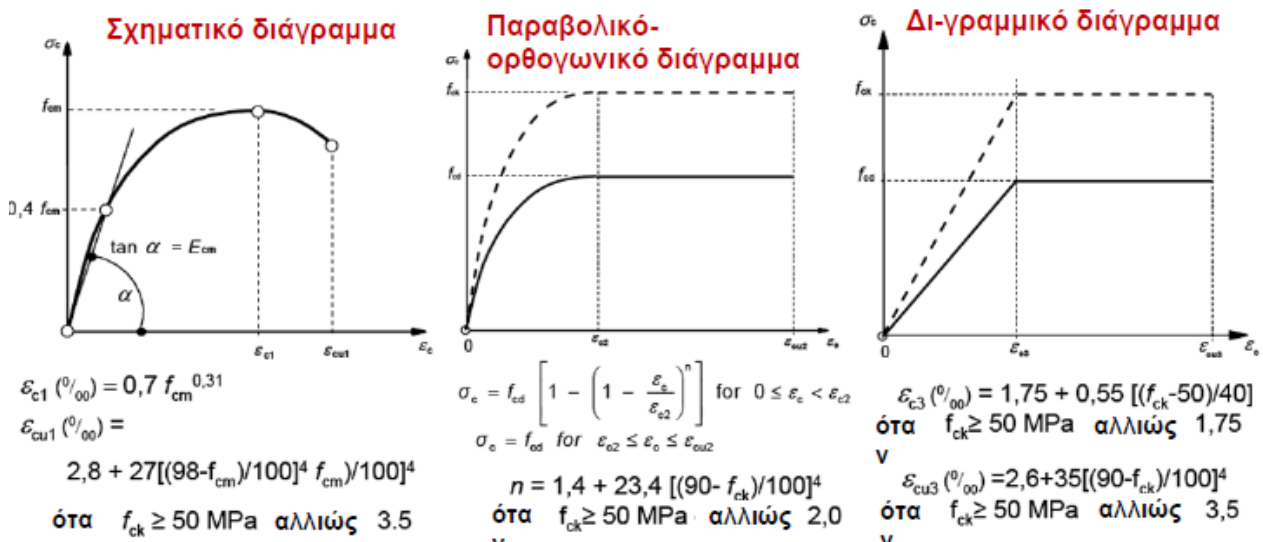
εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού  $f_{ctd}$ :

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0,05} / \gamma_C$$

- $\gamma_C$  = ο μερικός συντελεστής ασφαλείας για το σκυρόδεμα
- $\alpha_{ct}$  = συντελεστής που συνεκτιμά μακροχρόνιες επιδράσεις στην εφελκυστική αντοχή και δυσμενείς επιρροές που προκύπτουν από τον τρόπο με τον οποίο επιβάλλεται το φορτίο, ίσος προς 1.0.

Κεφάλαιο 3: Υλικά

## Σχέσεις τάσεων-παραμορφώσεων για το σκυρόδεμα (1/2)



v

$$\varepsilon_{c2} (‰) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$$

v

ότα  $f_{ck} \geq 50$  MPa αλλιώς 2,0

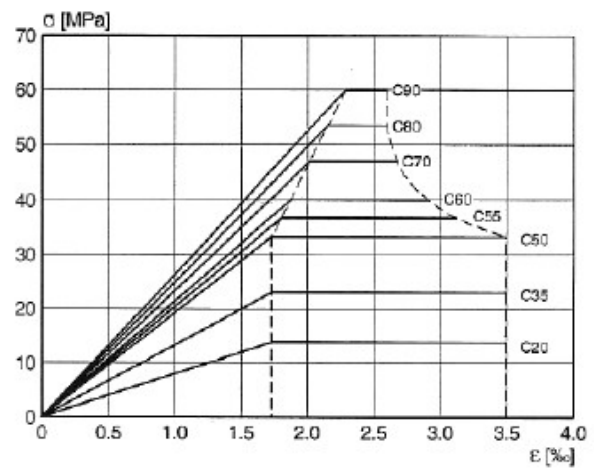
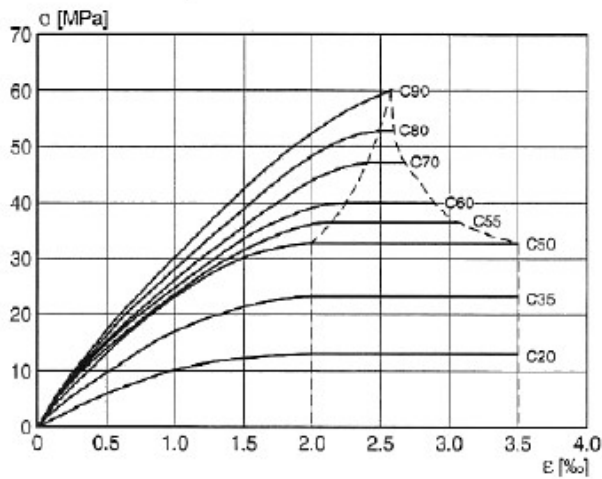
v

$$\varepsilon_{cu2} (‰) = 2,6 + 35 [(90 - f_{ck})/100]^4$$

ότα  $f_{ck} \geq 50$  MPa αλλιώς 3,5

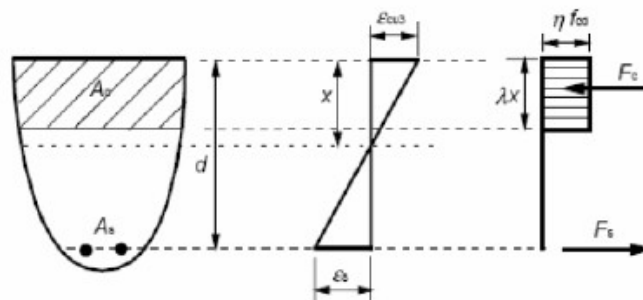
v

## Σχέσεις τάσεων-παραμορφώσεων για το σκυρόδεμα (2/2)



✓ το σκυρόδεμα υψηλότερης αντοχής έχει περισσότερο ψαθυρή συμπεριφορά (ο οριζόντιος κλάδος είναι μικρότερος)

## Ορθογωνική κατανομή τάσεων



- είναι δυνατό να θεωρηθεί ορθωγωνική κατανομή τάσεων.
- ο συντελεστής λ, ο οποίος ορίζει το ενεργό (effective) ύψος της θλιβόμενης ζώνης και ο συντελεστής η, ο οποίος ορίζει τη δρώσα αντοχή προκύπτουν ως:

$$\lambda = 0,8 \text{ για } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \text{ για } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

και

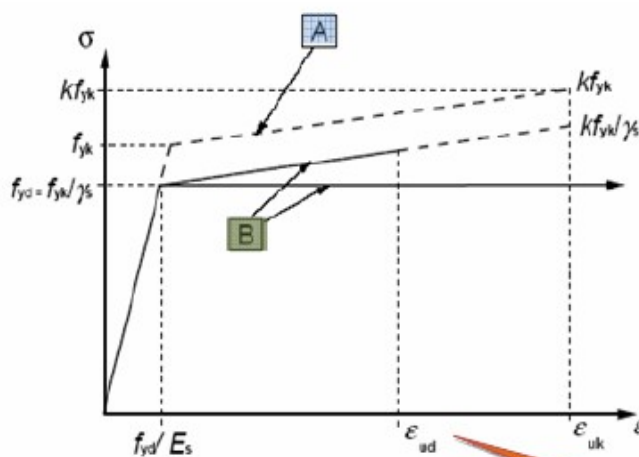
$$\eta = 1,0 \text{ για } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \text{ για } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

- ✓ Σημείωση: Εάν το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης μειώνεται προς το μέρος της θλιβόμενης ίνας, τότε η τιμή της  $f_{cd}$  πρέπει να απομειώνεται κατά 10%.

## Κεφάλαιο 8: Υλικά

### Εξειδανικευμένο διάγραμμα τάσεων- παραμορφώσεων και διάγραμμα σχεδιασμού χάλυβα οπλισμού (για εφελκυσμό και θλίψη)



Μέγεθος προεπιλεγμένης	Μέγιστο και ελάχιστο προεπιλεγμένο εύρος					Απόκλιση ή απόκλιση από προεπιλεγμένη τιμή
	A	B	C	D	E	
Στάθμη	-	-	-	-	-	0,3
Απόκλιση από προεπιλεγμένη τιμή	-	-	-	-	-	100
Εφαρμοστέα κλίση $k = f_t/f_{yk}$	+1,00	+1,00	+1,00	+1,00	+1,00	100
Απόκλιση από προεπιλεγμένη τιμή από προεπιλεγμένη τιμή	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	100
Κλίση	Δεν απαιτείται					-
Απόκλιση από προεπιλεγμένη τιμή	-	-	-	-	-	0,5
Τύπος απόκλισης από προεπιλεγμένη τιμή	-	-	-	-	-	0,5

$$k = (f_t/f_{yk}) \text{ Κλίση } k \text{ από Παράρτημα C}$$

**A** Εξειδανικευμένο

**B** Σχεδιασμού

Όριο παραμόρφωσης  $\epsilon_{ud} = 0,9 \epsilon_{uk}$



## 3η ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ

### ΑΡΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

### ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΔΟΜΙΚΟΥ

Συνήθεις περιπτώσεις μη ευνοϊκής μορφολογίας αποτελούν:

- Έμμεσες στηρίξεις κυρίων δομικών στοιχείων.
- Σημαντικές κατασκευαστικές εκκεντρότητες.
- Συνεργασία δομικών στοιχείων που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές δυσκαμψίας.
- Συνεργασία ισχυρών οριζοντίων στοιχείων και ασθενών κατακόρυφων στοιχείων.
- Σημαντική λυγηρότητα δομικών στοιχείων.
- Απότομη μεταβολή δυσκαμψίας δομικού στοιχείου, ορόφου (εκτός υπογείου) και δομικού συστήματος σε κάτοψη και τομή.
- Ασυμμετρία δομικού συστήματος σε κάτοψη και τομή.

Η σημασία της καλής μορφολογίας είναι ιδιαίτερος μεγάλη για τυχηματικές και μάλιστα δυναμικές δράσεις όπως ο σεισμός.

Τα προβλήματα μη ευνοϊκής μορφολογίας πρέπει κατ' αρχήν να αποφεύγονται με κατάλληλη μόρφωση του δομικού συστήματος. Σε αντίθετη περίπτωση, απαιτείται ακριβέστερη ανάλυση και κατάλληλη μόρφωση και όπλιση των δομικών στοιχείων.

#### 6.1.2 Αρχές σχεδιασμού

Η ανίσωση (6.1) εφαρμόζεται για τα επιμέρους στοιχεία ή για το σύνολο της κατασκευής (παρ. 6.5).

Η ανίσωση (6.1) πρέπει να θεωρείται συμβολική.

Ο γενικός όρος «αντίσταση» χρησιμοποιείται για να σημαίνει κάθε απόκριση του φορέα στις επιβαλλόμενες δράσεις, λ.χ. αντοχή ή βέλος κάμψης ή άνοιγμα ρωγμής.

## 6.1 ΓΕΝΙΚΑ

### 6.1.1 Μορφολογία δομικού συστήματος

Ο σχεδιασμός των κατασκευών βασίζεται καταρχήν στην μόρφωση ενός σαφούς δομικού συστήματος καλής μορφολογίας, τόσο στα επιμέρους δομικά στοιχεία, όσο και στο σύνολο.

Κατασκευές μη ευνοϊκής μορφολογίας πρέπει να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερη προσοχή και επιμέλεια, τόσο κατά την ανάλυση του δομικού συστήματος (με σκοπό τον αξιόπιστο προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών), όσο και κατά τις λεπτομέρειες κατασκευής και όπλισης.

Κατά τον σχεδιασμό έναντι σεισμικών δράσεων πρέπει να εφαρμόζονται οι περί μορφολογίας διατάξεις του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ).

### 6.1.2 Αρχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός ενός δομικού συστήματος γίνεται για να εξασφαλιστεί η αντοχή, η λειτουργικότητα και η ανθεκτικότητά του.

Για τον σκοπό αυτό εξετάζονται δύο κατηγορίες οριακών καταστάσεων, οι οριακές καταστάσεις αστοχίας και οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (παρ. 6.2).

Ο έλεγχος στην οριακή κατάσταση αστοχίας γίνεται συγκρίνοντας ένα εντατικό μέγεθος από τις δράσεις σχεδιασμού  $S_d$ , με την αντίστοιχη αντίσταση σχεδιασμού  $R_d$ , δηλαδή με τη τιμή του ίδιου εντατικού μεγέθους που μπορεί να αναλάβει το δομικό στοιχείο.

$$S_d \leq R_d \dots\dots\dots (6.1)$$

Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ελέγχεται το εύρος ρωγμής και ο περιορισμός των παραμορφώσεων και σε ορισμένες περιπτώσεις οι αναπτυσσόμενες τάσεις.

Οι δράσεις και οι αντιστάσεις σχεδιασμού καθορίζονται με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας όπως στην παρ. 6.3.

### 6.1.3 Πλαστιμότητα (έναντι σεισμού)

Ο Κανονισμός αυτός αφορά δομικά στοιχεία φορέων από οπλισμένο (ή και προεντεταμένο) σκυρόδεμα με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Φορείς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι αυτοί που σχεδιάζονται με μέγιστη τιμή συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς κατά ΕΑΚ ίση με:

$q^* = 1.5$  για τις περιπτώσεις α και β του Πίνακα 2.6.1. του ΕΑΚ,

$q^* = 1$  για την περίπτωση γ του Πίνακα 2.6.1. του ΕΑΚ.

Φορείς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι αυτοί που σχεδιάζονται με τιμή συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς μεγαλύτερη από την τιμή  $q^*$ :

Δομικά στοιχεία όπως:

- Πλάκες εν γένει.
- Στοιχεία υπογείων ορόφων εν γένει, περιλαμβανομένων και των στοιχείων θεμελίωσης.
- Δευτερεύουσες δοκοί, δηλ. δοκοί που δεν εδράζονται απευθείας σε κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.
- Κόμβοι στους οποίους δεν συντρέχουν κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

θεωρούνται δομικά στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ασχέτως του αν ανήκουν σε φορείς με (ή χωρίς) αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Από τον προηγούμενο Κανόνα εξαιρούνται τα τμήματα συμπαγών πλακών χωρίς δοκούς που συμμετέχουν σε συστήματα ισοδύναμων πλαισίων πλακών – στύλων μερικής ανάληψης οριζοντίων φορτίων, σύμφωνα με την παρ. 9.1.7.

## 6.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Ένας φορέας θεωρείται ότι δεν εκπληρώνει τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε, όταν φθάσει σε μία ειδική κατάσταση (που λέγεται «οριακή κατάσταση») όπου παύει να ανταποκρίνεται σε ένα από τα κριτήρια τα σχετικά με την αντοχή του ή την λειτουργικότητά του.

Οι οριακές καταστάσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- α) Οριακές καταστάσεις αστοχίας, που αντιστοιχούν στη μέγιστη φέρουσα ικανότητα - αντοχή,
- β) Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας, που συνδέονται με τα κριτήρια που διέπουν την κανονική χρήση.



## ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ (ΕΝΑΝΤΙ ΣΕΙΣΜΟΥ)

### 6.1.3 Πλαστιμότητα (έναντι σεισμού)

Ως πλαστιμότητα (είτε τοπική, είτε γενική) νοείται η ικανότητα απορρόφησης (κατανάλωσης) ενέργειας. Η πλαστιμότητα (και κατά συνέπεια, η ικανότητα και ανακατανομή της εντάσεως) είναι σημαντική ιδιότητα των κατασκευών, και έναντι τυχηματικών δράσεων (π.χ. πυρκαγιά) και μάλιστα δυναμικών (όπως ο σεισμός, η κρούση, η έκρηξη, κλπ) και έναντι συνήθων – βασικών δράσεων.

Στις παρ. 8.2.2.2 (για γραμμικά στοιχεία) και 9.1.3.2 (για πλάκες και δίσκους) δίνονται συνθήκες πλαστιμότητας για γραμμική ελαστική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή, ενώ στα περί πλαστικής αναλύσεως (μόνο για μετέλεγχο υφισταμένων κατασκευών) δίνονται πρόσθετα στοιχεία για την επιτρεπόμενη τοπική πλαστική στροφή.

Ως αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας νοούνται εδώ οι ειδικές απαιτήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια κυρίως έναντι σεισμού (βλ. και Κεφάλαια 17 και 18), όπως ο ικανοτικός σχεδιασμός, η περίσφιγξη, κλπ. (βλ. και ΕΑΚ).

Για τα στοιχεία της οροφής του πρώτου υπογείου, ισχύει το Παράρτημα Β του ΕΑΚ.

Τέτοιοι κόμβοι είναι οι έμμεσες εδράσεις δοκών επί δοκών ταλαντώσεων.

### 6.2.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Οριακές καταστάσεις αστοχίας θεωρούνται οι ακόλουθες:

1. Απώλεια στατικής ισορροπίας ενός στοιχείου ή του συνόλου της κατασκευής θεωρούμενης ως στερεού σώματος (παρ. 6.5).
2. Μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό (παρ. 8.3 και 9.1.4).
3. Οριακές καταστάσεις αντοχής σε κρίσιμες διατομές:
  - α) έναντι ορθών εντατικών μεγεθών (ροπή κάμψης και/ ή αξονική δύναμη, βλ. Κεφάλαιο 10)
  - β) έναντι διατμητικών καταπονήσεων, δηλαδή:
    - τέμνουσα (βλ. Κεφάλαιο 11)
    - στρέψη (βλ. Κεφάλαιο 12)
    - διάτρηση (βλ. Κεφάλαιο 13)
    - συνάφεια, αγκύρωση.
4. Οριακές καταστάσεις λυγισμού (βλ. Κεφάλαιο 14) και ύβωσης. Πρόκειται για οριακές καταστάσεις αστοχίας λόγω παραμόρφωσης του φορέα.  
  
Σε λυγισμό εξετάζονται οι γραμμικοί φορείς και σε ύβωση οι επιφανειακοί
5. Οριακές καταστάσεις κόπωσης.

### 6.2.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας προέρχονται από:

1. Ρηγμάτωση ή και υπέρβαση τάσεων (βλ. Κεφάλαιο 15)
2. Παραμόρφωση (βλ. Κεφάλαιο 16)

### 6.3.1 Γενικά

Ένα μέγεθος ενδέχεται να έχει περισσότερες από μια τιμές σχεδιασμού, οι οποίες αντιστοιχούν σε διαφορετικούς ελέγχους.

Αντιπροσωπευτική τιμή ενός μεγέθους είναι μια τυπική οριακή τιμή αυτού του μεγέθους. Διακρίνονται δύο τύποι αντιπροσωπευτικών τιμών ανάλογα με τον τρόπο καθορισμού τους: η χαρακτηριστική τιμή και η ονομαστική τιμή.

Χαρακτηριστική είναι εκείνη η αντιπροσωπευτική τιμή που προσδιορίζεται πιθανοτικά και στην οποία αντιστοιχεί μια προκαθορισμένη πιθανότητα υπέρβασης της (ή υποσκέλισης της), μέσα σε ένα επίσης προκαθορισμένο χρονικό διάστημα (για τις δράσεις).

Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι για ορισμένες δράσεις για συνήθη κτιριακά έργα η πιθανότητα υπέρβασης της χαρακτηριστικής τιμής λαμβάνεται συνήθως ίση με 5% σε 50 χρόνια. Για τις αντοχές, η πιθανότητα αυτή μπορεί να είναι 95% (που ισοδυναμεί με πιθανότητα 5% υποσκέλισης της χαρακτηριστικής τιμής).

Ονομαστική είναι η αντιπροσωπευτική τιμή που προσδιορίζεται εμπειρικά ή καθορίζεται αυθαίρετα. Η ονομαστική τιμή εισάγεται στις περιπτώσεις όπου η χαρακτηριστική τιμή δεν είναι δυνατόν να καθορισθεί, λόγω έλλειψης επαρκών στατιστικών δεδομένων. Επιτρέπεται επίσης η χρήση της ονομαστικής τιμής στις περιπτώσεις όπου η μεταβλητότητα του μεγέθους είναι μικρή.

Ουσιαστικά η ονομαστική τιμή αντιμετωπίζεται στην διαδικασία ελέγχου σαν χαρακτηριστική τιμή. Ο όρος ονομαστική τιμή εισάγεται απλώς και μόνο για να φανεί ότι η τιμή αυτή δεν προέκυψε από πιθανοτικούς υπολογισμούς.

Σχετικώς, οι τιμές εφαρμογής βαρών και φορτίων που δίνονται στον «Κανονισμό Φορτίσεως Δομικών Έργων», ΦΕΚ 171Α/16.05.46 και ΦΕΚ 325Α/31.12.45, θεωρούνται ονομαστικές τιμές και αντιμετωπίζονται σαν χαρακτηριστικές.

Άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές (όπως λειτουργίας, βραχυχρόνιες, μακροχρόνιες) είναι παράγωγες της χαρακτηριστικής τιμής η οποία είναι συνήθως και η βασική κύρια αντιπροσωπευτική τιμή.

### 6.3.2 Τιμές σχεδιασμού δράσεων

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_f$  της παραγράφου αυτής αφορούν κυρίως τα κτιριακά έργα. Για άλλα έργα (γέφυρες, καπνοδόχοι κλπ.), οι τιμές αυτών των συντελεστών καθορίζονται σε συνδυασμό με συμπληρωματικές διατάξεις για τα έργα αυτά.

#### 6.3.2.1 Ορισμοί

## 6.3 ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### 6.3.1 Γενικά

Τιμή σχεδιασμού ονομάζεται η τιμή με την οποία οι δράσεις ή οι αντοχές εισάγονται στην βασική ανίσωση σχεδιασμού (6.1).

Οι τιμές σχεδιασμού  $S_d$  μιας δράσης προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό της αντιπροσωπευτικής της τιμής  $S_k$  επί τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας  $\gamma_f$ :

$$S_d = \gamma_f \cdot S_k \dots\dots\dots (6.2)$$

Οι τιμές σχεδιασμού  $R_d$  ενός μεγέθους αντοχής προκύπτουν από την διαίρεση της αντιπροσωπευτικής του τιμής  $R_k$  με τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας  $\gamma_m$ :

$$R_d = R_k / \gamma_m \dots\dots\dots (6.3)$$

### 6.3.2 Τιμές σχεδιασμού δράσεων

#### 6.3.2.1 Ορισμοί

Οι δράσεις που ασκούνται σε μια κατασκευή μπορούν να είναι:

- δυνάμεις συγκεντρωμένες ή κατανεμημένες ή/και

Οι παρεμποδιζόμενες ή επιβαλλόμενες παραμορφώσεις ενδέχεται να προέλθουν από θερμοκρασιακές μεταβολές, συστολή ξήρανσης, ερπυσμό, μεταβολές συνθηκών στηρίξεων κλπ.

Από τις έμμεσες αυτές δράσεις, οι μεταβολές συνθηκών στηρίξεων θεωρούνται μόνιμες δράσεις, ενώ οι υπόλοιπες θεωρούνται μεταβλητές δράσεις.

## ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΡΑΣΕΩΝ-ΟΡΙΣΜΟΙ

### ΜΟΝΙΜΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

Εδώ νοούνται αποθηκευμένα υγρά (ή υλικά). Βεβαίως, η ύπαρξή τους ή μη πρέπει να λαμβάνεται καταλλήλως υπόψη.

### ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

Οι δράσεις που οφείλονται στην παρουσία υγρών (αποθηκευμένων ή μη) με καθορισμένες πυκνότητες και εξασφαλισμένο μέγιστο ύψος μπορεί μεν να ποικίλλουν ανάλογα με την στάθμη των υγρών από μηδέν έως τις δράσεις που αντιστοιχούν στο μέγιστο ύψος, αλλά θα έχουν μέγιστη τιμή επιμέρους συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_q = 1.35$  αντί 1.50. Το αυτό ισχύει και για τις ωθήσεις γαιών αν το φαινόμενο βάρος των γαιών έχει προσδιορισθεί με γεωτεχνική έρευνα.

- παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις που διακρίνονται σε μόνιμες, μεταβλητές και τυχηματικές.





## ΜΟΝΙΜΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

### 6.3.2.2 Μόνιμες δράσεις

Στις μόνιμες δράσεις με αντιπροσωπευτική τιμή  $G_k$  περιλαμβάνονται:

- το ίδιο βάρος της φέρουσας κατασκευής υπολογιζόμενο βάσει των ονομαστικών διαστάσεων,
- το βάρος του οργανισμού πλήρωσης, των επιστρώσεων και επικαλύψεων και γενικά το βάρος κάθε πρόσθετης κατασκευής που θα παραμείνει μόνιμως στο έργο,
- οι δράσεις που οφείλονται στην παρουσία υγρών (ή άλλων υλικών) με πρακτικά σταθερή στάθμη.

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές της προέντασης  $P_k$  δίνονται στην παρ. 4.4. Οι τιμές σχεδιασμού  $G_d$  των μόνιμων δράσεων δίνονται από τη σχέση:

$$G_d = \gamma_g \cdot G_k \dots\dots\dots (6.4)$$

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_g$  των μόνιμων δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.1

Πίνακας 6.1: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_g$

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.35	1.00
	Τυχηματικοί	1.00	1.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	1.00

### 6.3.2.3 Μεταβλητές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων δίνονται από τους Κανονισμούς Φορτίσεων.

Για ειδικές κατασκευές άμεσα εκτεθειμένες στις περιβαλλοντικές δράσεις (άνεμος, χιόνι, θερμοκρασία) επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν, μετά από σύμφωνη γνώμη της Ελεγκτικής Αρχής, ακριβέστερες αντιπροσωπευτικές τιμές εφόσον υπάρχουν τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία.



Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας των παρεμποδιζομένων και επιβαλλόμενων παραμορφώσεων  $\gamma_{q,imp}$  λαμβάνονται ίσοι με (βλ. επίσης και παρ. 6.3.2.6):

#### **Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (ΟΚΑ)**

ΟΚΑ, Βασικοί συνδυασμοί, Δυσμενής επιρροή

$\gamma_{q,imp} = 1.50$  ή  $1.20$  για πλαστική ή γραμμική ανάλυση, αντιστοίχως

ΟΚΑ, Τυχηματικοί συνδυασμοί, Δυσμενής επιρροή

$\gamma_{q,imp} = 0$

#### **Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (ΟΚΛ)**

ΟΚΛ, Βασικοί συνδυασμοί, Δυσμενής επιρροή

$\gamma_{q,imp} = 1.00$

Στις οριακές καταστάσεις αστοχίας εξετάζεται γενικώς μόνο ο βραχυχρόνιος συνδυασμός των μεταβλητών δράσεων για τους βασικούς συνδυασμούς και μόνο ο μακροχρόνιος συνδυασμός για τους τυχηματικούς συνδυασμούς.

Στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας εξετάζεται και ο βραχυχρόνιος και ο μακροχρόνιος συνδυασμός (π.χ. για έλεγχο της ρηγματώσεως και της παραμορφώσεως, αντιστοίχως).

Στις περιοχές της χώρας στις οποίες υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ταυτόχρονης ύπαρξης ανέμου και χιονιού με μεγάλες τιμές, πρέπει αυτό να λαμβάνεται υπόψη στους συντελεστές  $\psi$ .

Όταν δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μιας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετάζονται κατάλληλοι συνδυασμοί δράσεων.

Οι τιμές σχεδιασμού  $Q_d$  των μεταβλητών δράσεων είναι:

- για τη δράση με την μεγαλύτερη επιρροή στην οριακή κατάσταση (κύρια δράση)

$$Q_d = \gamma_q \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot Q_k \dots\dots\dots (6.5)$$

- για όλες τις υπόλοιπες

$$Q_d = \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_q \cdot \psi_2 \cdot Q_k \dots\dots\dots (6.6)$$

για τους βραχυχρόνιους (μάλλον σπάνιους) ή τους μακροχρόνιους (μάλλον συχνούς) συνδυασμούς αντιστοίχως.

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_q$  των μεταβλητών δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_q$

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		Δυσμενής	Ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.50	0.00
	Τυχηματικοί	1.00	0.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	0.00

Οι συντελεστές συνδυασμού  $\psi$  είναι διαφορετικοί για τις διάφορες δράσεις και εξαρτώνται από την μακροχρόνια ή βραχυχρόνια επίδρασή τους στην εξεταζόμενη οριακή κατάσταση. Τιμές του  $\psi$  δίνονται στον Πίνακα 6.3.

Για βιομηχανικά κτίρια των οποίων η λειτουργία μπορεί να προσομοιωθεί με μία κατηγορία συνήθων κτιρίων, θα λαμβάνεται ο αντίστοιχος συντελεστής συνδυασμού  $\psi$  του Πίνακα 6.3.

Οι έμμεσες δράσεις εξετάζονται μόνο όταν ληφθούν ως κύρια δράση. Ως πλευρικές τάσεις ή πιέσεις νοούνται οι δράσεις υγρών (ή άλλων αγαθών), οι ωθήσεις γαιών και υπόγειου νερού κλπ.

## ΤΥΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

### 6.3.2.4 Τυχηματικές δράσεις

Στις τυχηματικές δράσεις υπάγεται ο σεισμός και η πυρκαγιά.

Άλλες τυχηματικές δράσεις είναι οι κρούσεις, οι εκρήξεις, η καθίζηση εδάφους λόγω υπόγειων στοών, οι κατολισθήσεις, ο ανεμοστρόβιλος κλπ.

Τυχηματικές δράσεις θα λαμβάνονται υπόψη όταν εκτιμάται ότι είναι πιθανή η εμφάνισή τους.

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές  $A_k$  εκλέγονται έτσι ώστε, για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας (για τις οποίες και μόνο γίνεται έλεγχος των τυχηματικών δράσεων), οι αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας δράσεων να λαμβάνονται ίσοι με 1.0, ενώ οι αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας αντοχών θα λαμβάνονται γενικώς μειωμένοι (πλην σεισμού).

### 6.3.2.5 Προένταση

Σύμφωνα με την παρ. 4.5, η προένταση λογίζεται, γενικώς, ως τμήμα των δράσεων, για αυτό η αντιπροσωπευτική της τιμή πολλαπλασιάζεται με το  $\gamma_p$  (συντελεστή ασφαλείας δράσεων) και εισέρχεται στην αριστερή πλευρά της εξ. (6.1) (βλ. εξ. (6.11) έως (6.15)). Η μόνη περίπτωση κατά την οποία η προένταση λογίζεται ως

Πίνακας 6.3: Συντελεστές συνδυασμού  $\psi$  των μεταβλητών δράσεων για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

ΔΡΑΣΕΙΣ		Τιμή συνδυασμού για σύνοδες δράσεις υπό συνδυασμό	
		βραχυχρόνιο $\Psi_1$	μακροχρόνιο $\Psi_2$
Ωφέλιμα φορτία	* Κατοικίες	0.60	0.30
	* Γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία	0.70	0.30
	* Χώροι συνάθροισης κοινού (στάδια, σχολεία, θέατρα κλπ.)	0.80	0.50
	* Χώροι μακροχρόνιας αποθήκευσης (βιβλιοθήκες, αποθήκες δεξαμενές, σιλό κλπ.)	1.00	0.80
	* Χώροι στάθμευσης	0.90	0.60
Περιβ. Δράσεις	Άνεμος	0.60	0.00
	Χιόνι	0.60	0.0/0.3*
Έμμεσες δράσεις / παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (διαφορικές καθιζήσεις, θερμοκρασία, συστολή ξηράνσεως κλπ.)		0.00	0.00
Πλευρικές τάσεις ή πιέσεις		1.00	1.00
(*: μόνο για μη βατές στέγες ή δώματα για τις οποίες $\Psi_2=0$ για τα ωφέλιμα φορτία)			

#### 6.3.2.4 Τυχηματικές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των τυχηματικών δράσεων  $A_k$  δίνονται από τους αντίστοιχους Κανονισμούς σαν τιμές σχεδιασμού  $A_d$ .

$$A_k = A_d \dots\dots\dots (6.7)$$

#### 6.3.2.5 Προένταση

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των δυνάμεων προέντασης  $P_k$  δίνονται στην παρ.4.4 (βλ. επίσης παρ. 4.5). Οι τιμές σχεδιασμού  $P_d$  της προέντασης δίνονται από τη 50 σχέση:

$$P_d = \gamma_p \cdot P_k \dots\dots\dots (6.8)$$

τιμή της αντοχής μιας διατομής είναι όταν πραγματοποιείται έλεγχος έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας λόγω ισοστατικών επιρροών και υπό την προϋπόθεση ότι η επιμήκυνση των τενόντων υπερβαίνει μια καθορισμένη τιμή (βλ. παρ. 4.5.3).

Στην περίπτωση αυτή, η χαρακτηριστική τιμή αντοχής των τενόντων θα πρέπει να διαιρεθεί με τον αντίστοιχο  $\gamma_m$  (συντελεστή ασφαλείας υλικού) και η επιρροή της προέντασης εισέρχεται στην δεξιά πλευρά της εξ. (6.1).

Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να χρειάζεται να αυξηθούν οι τιμές του  $\gamma_p$  (κατά 20%) για δυσμενή επιρροή της προέντασης σε δευτερεύοντες ελέγχους (δυνάμεις εκτροπής, έλεγχοι στις ζώνες αγκύρωσης κλπ.).

### 6.3.2.6 Παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις

Σε φορείς ή στοιχεία που σχεδιάζονται με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (παρ. 6.1.3) ή που διαθέτουν επαρκή πλαστιμότητα (παρ. 8.2.2.2 και 9.1.3.2) θεωρείται ότι είναι δυνατή η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών.

Συνιστάται η πρόβλεψη αρμών διαστολής ανά αποστάσεις 40 μέτρων (περίπου).

Υψηλές εφελκυστικές τάσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών ή και συστολής ξηράνσεως ενδέχεται να εμφανισθούν σε δομικά στοιχεία κτιρίων των οποίων μια από τις διαστάσεις κατόψεως υπερβαίνει τα 40m ή των οποίων η μορφολογία και η διάταξη των στοιχείων δυσκαμψίας ευνοεί την ανάπτυξη τέτοιων τάσεων.

Συνιστάται η πρόβλεψη τέτοιων αρμών διακοπής (εργασίας) π.χ. ανά αποστάσεις 20 μέτρων. 51



Οι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_p$  για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.4.

Πίνακας 6.4: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_p$

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.10	0.90
	Τυχηματικοί	1.00	1.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	1.00

### 6.3.2.6 Παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις

Οι παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (ή δράσεις καταναγκασμού) προέρχονται από τις θερμοκρασιακές μεταβολές, τη συστολή ξηράνσεως και τον ερπυσμό, τη χαλάρωση και την μετακίνηση των στηρίξεων. Οι έμμεσες αυτές δράσεις δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό έναντι της οριακής καταστάσεως αστοχίας, εφόσον η κατασκευή εμφανίζει επαρκή πλαστιμότητα, ώστε να είναι δυνατή η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών.

Η οριακή κατάσταση λειτουργικότητας αφορά δομικά στοιχεία στα οποία ενδέχεται να αναπτυχθούν υψηλές εφελκυστικές τάσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών και χρόνιας συμπεριφοράς του σκυροδέματος (κυρίως λόγω συστολής ξηράνσεως). Σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα (ελάχιστος οπλισμός ρηγματώσεως σύμφωνα με την παρ. 15.5, αρμοί διακοπής (εργασίας), κατάλληλη συντήρηση, κλπ.)

Για τον υπολογισμό της εντάσεως επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη δυσκαμψία του σταδίου II, όπως αυτή καθορίζεται στον ΕΑΚ.

Η επίδραση της συστολής ξηράνσεως επιτρέπεται να λαμβάνεται ως ομοιόμορφη πτώση θερμοκρασίας:

$$\Delta T_{Cd} = 0.50 \varepsilon_{cs} / \alpha_t$$

Οι μεταβολές θερμοκρασίας επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες (ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου), από τον τύπο του φορέα (μορφή διατομής) και από τις ιδιότητες του υλικού.

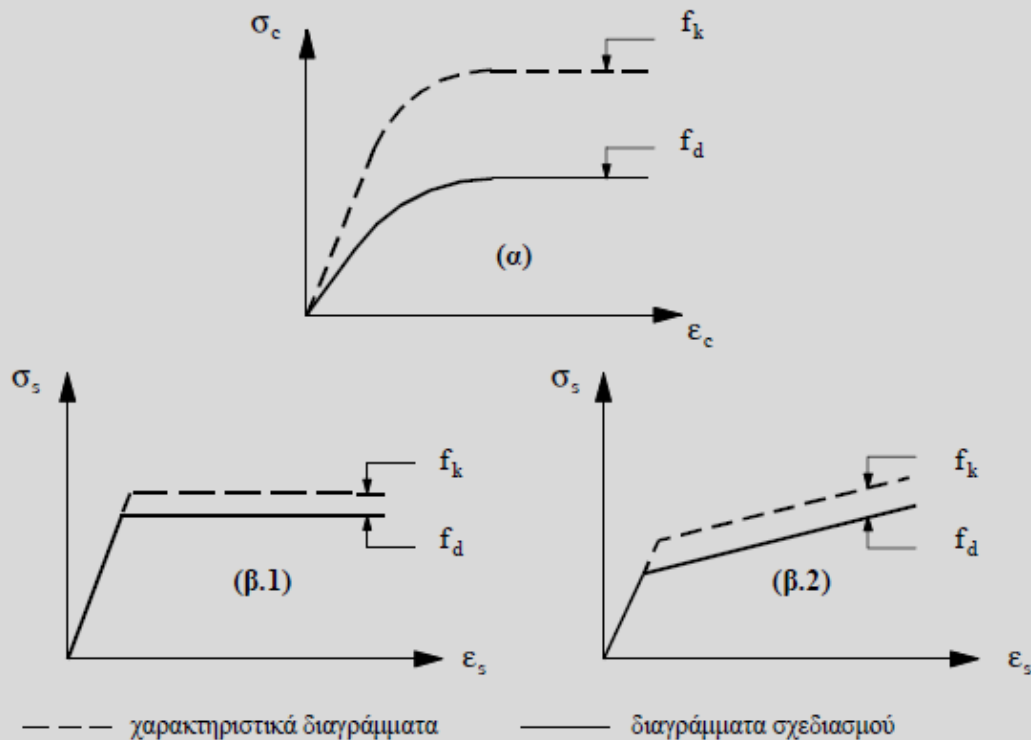
Δομικά έργα τα οποία από τη χρήση τους υπόκεινται σε μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές π.χ. λόγω εγκαταστάσεων ψύξεως ή θερμάνσεως ή μονόπλευρης ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστές περιπτώσεις.

Η ομοιόμορφη μεταβολή θερμοκρασίας αναφέρεται σε μέση θερμοκρασία

## ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΤΟΧΩΝ

### 6.3.3 Τιμές σχεδιασμού αντοχών

Η εξίσωση (6.9) δεν ισχύει για το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα  $E_s$  (παρ. 10.4.4).



Σχήμα Σ 6.1: Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων:  
(α) σκυροδέματος, (β) χάλυβα

Στην περίπτωση συνδυασμού με σεισμό υιοθετούνται συντελεστές  $\gamma_m$  ίσοι με τους συντελεστές  $\gamma_m$  για τους βασικούς συνδυασμούς δράσεων. Αυτό γίνεται για να ληφθεί προσεγγιστικά υπόψη η μείωση της αντοχής λόγω της ανακυκλιζόμενης φόρτισης από σεισμό.

## 6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Ο σχεδιασμός των δομικών στοιχείων θεμελιώσεως γίνεται για τους ίδιους συνδυασμούς δράσεων που χρησιμοποιούνται και για την ανωδομή.



κατασκευής +10°C και επιτρέπεται να λαμβάνεται ίση με ±20°C (για έργα στο ύπαιθρο). Για συνήθη υπόγεια έργα ή τμήματα έργων επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη  $\Delta T_{red} \cong 2/3 \Delta T$ .

### 6.3.3 Τιμές σχεδιασμού αντοχών

Για την διευκόλυνση της μελέτης χρησιμοποιούνται ιδεατά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων για το σκυρόδεμα και για τον χάλυβα.

Τα διαγράμματα σχεδιασμού τάσεων - παραμορφώσεων προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά διαγράμματα μέσω της σχέσεως:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{\gamma_m} \dots\dots\dots (6.9)$$

Ιδιαίτερα για την αντοχή σχεδιασμού των υλικών ισχύει:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \dots\dots\dots (6.10)$$

Οι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_m$  (των αντοχών του σκυροδέματος  $\gamma_c$  και του χάλυβα  $\gamma_s$ ) για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται από τον Πίνακα 6.5.

Πίνακας 6.5: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_m$

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Σκυρόδεμα	Χάλυβες
		$\gamma_c$	$\gamma_s$
Αστοχίας	Βασικοί	1.50	1.15
	Τυχηματικοί	1.30	1.00
	Τυχηματικοί με σεισμό	1.50	1.15
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00*	1.00

\* Σε ειδικές περιπτώσεις (π.χ. σε κατασκευές με απαίτηση υδατοστεγανότητας) ο συντελεστής  $\gamma_c$  πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με την περίπτωση. Για συνήθη τέτοια έργα μπορεί να ληφθεί σχετικώς  $\gamma_c = 1.3$ .

## 6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Ο έλεγχος έναντι των οριακών καταστάσεων αστοχίας και λειτουργικότητας γίνεται μέσω της εξίσωσης (6.1).

Σε περίπτωση που δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μίας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετασθούν διάφοροι συνδυασμοί δράσεων ώστε να προσδιοριστεί η δυσμενέστερη τιμή  $S_d$ .

## ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

### 6.4.1.1 Συνδυασμός βασικών δράσεων

Απλοποίηση:

Για μόνο μια μεταβλητή δράση

$$S_d = S(\gamma_g \cdot G_k + 1.50 \cdot Q_k) \dots\dots\dots (\Sigma 6.1)$$

Για δύο ή περισσότερες μεταβλητές δράσεις

$$S_d = S(\gamma_g \cdot G_k + 1.35 \cdot \sum Q_{k,i}) \dots\dots\dots (\Sigma 6.2)$$

όπου  $i \geq 1$ .

### 6.4.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Κατά το συνδυασμό περισσότερων δράσεων γίνεται διάκριση μεταξύ βασικών και τυχηματικών δράσεων.

#### 6.4.1.1 Συνδυασμός βασικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού δράσεων  $S_d$  προσδιορίζεται εξετάζοντας γενικώς τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς:

$$S_d = S(\gamma_g \cdot G_k + \gamma_{q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{q,i} \cdot \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.11)$$

όπου:

$$i > 1,$$

$Q_{k,1}$  είναι η χαρακτηριστική τιμή της βασικής μεταβλητής δράσης του υπόψη συνδυασμού.

Κάθε μεταβλητή δράση  $Q_k$  λαμβάνεται διαδοχικά ως κύρια, εκτός εάν είναι προφανές ότι κάποιος από τους συνδυασμούς δεν είναι καθοριστικός.

Όλες οι δράσεις χωρίζονται σε τμήματα που δρουν ευμενώς και τμήματα που δρουν δυσμενώς στην οριακή κατάσταση και πολλαπλασιάζονται με τους αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας.

#### 6.4.1.2 Συνδυασμός τυχηματικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων  $S_d$  προκύπτει από τους μακροχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S(A_d + G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.12)$$

όπου:

$$i > 1$$

Στις τυχηματικές δράσεις εντάσσεται και ο σεισμός (E) ο οποίος δεν συνδυάζεται με άλλες τυχηματικές δράσεις ή/και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις. Εξ άλλου επιτρέπεται να μην εξετάζονται δυσμενείς φορτίσεις στον συνδυασμό με σεισμό (τόσον για τις μόνιμες, όσον και για τις μεταβλητές δράσεις) και επιτρέπεται οι τιμές των μαζών να υπολογίζονται από τον εξής συνδυασμό μόνιμων φορτίων (οιονεί μόνιμα):  $G_k + \sum \psi_{2i} \cdot Q_{k,i}$ , όπου  $i \geq 1$ .

Ειδικώς υπό σεισμό εξετάζεται ο ακόλουθος συνδυασμός:

$$S_d = S(E + G_k + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.13)$$



### 6.4.2.1 Συνδυασμοί δράσεων

Απλοποίηση:

Και για τους βραχυχρόνιους και για τους μακροχρόνιους συνδυασμούς

Για μόνο μία μεταβλητή δράση

$$S_d = S(G_k + Q_k) + P_k \dots\dots\dots (\Sigma 6.3)$$

Για δύο ή περισσότερες μεταβλητές δράσεις

$$S_d = S(G_k + 0.90 \cdot \sum Q_{k,i}) + P_k \dots\dots\dots (\Sigma 6.4)$$

όπου  $i \geq 1$ .

ΣΗΜΕΙΩΣΗ (και για την παρ. 6.4.1 και για την παρ. 6.4.2):

Για τα συνήθη οικοδομικά έργα αρκεί να εξετασθούν από το σύνολο των συνδυασμών δράσεων μόνον οι παρακάτω:

- Οριακές καταστάσεις αστοχίας:

$$S_d = S(\gamma_g \cdot Q_k + \gamma_q \cdot Q_k + \gamma_p \cdot P_k^*) \dots\dots\dots (\Sigma 6.5)$$

$$S_d = S(\gamma_g \cdot Q_k + \gamma_q \cdot Q_k + \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot W_k + \gamma_p \cdot P_k^*) \dots\dots\dots (\Sigma 6.6)$$

$$S_d = S(E + G_k + \psi_2 \cdot Q_k + \gamma_p \cdot P_k^*) \dots\dots\dots (\Sigma 6.7)$$

- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας:
- βραχυχρόνιος συνδυασμός

$$S_d = S(G_k + Q_k + P_k) \dots\dots\dots (\Sigma 6.8)$$

- μακροχρόνιος συνδυασμός

$$S_d = S(G_k + \psi_1 \cdot Q_k + P_k) \dots\dots\dots (\Sigma 6.9)$$

όπου:

$G_k, Q_k, W_k$  αντιπροσωπευτικές τιμές των δράσεων από μόνιμα

## ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

### 6.4.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

#### 6.4.2.1 Συνδυασμοί δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων  $S_d$  προσδιορίζεται από τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S(G_k + Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.14)$$

όπου:

$$i > 1$$

και τους μακροχρόνιους συνδυασμούς

$$S_d = S(G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.15)$$

όπου:

$$i > 1.$$

E

$P_k^*$

$P_k$

$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$

$\psi_1, \psi_2$

φορτία, μεταβλητά φορτία (ωφέλιμα, χιόνι) και άνεμο, σεισμική δράση κατά τον ΕΑΚ,

η χαρακτηριστική τιμή του τμήματος της προέντασης που συνυπολογίζεται στις δράσεις (βλ. παρ. 4.5.3),

η χαρακτηριστική τιμή της προέντασης,

οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας των δράσεων και,

οι συντελεστές συνδυασμού του Πίνακα 6.3.

- Για τα συνήθη οικοδομικά έργα αρκεί να εξετασθούν από το σύνολο των παραπάνω συνδυασμών μόνο οι συνδυασμοί (Σ 6.5), (Σ.6.7) και (Σ 6.8).
- Στην περίπτωση απλών οικοδομικών έργων, δηλαδή συνήθων έργων χωρίς μεγάλα ανοίγματα ή και προβόλους και χωρίς μεγάλα μόνιμα φορτία, το μόνιμο φορτίο μπορεί να λαμβάνεται υπόψη καθολικώς με την τιμή του συνδυασμού  $1.35G_k$  (ή  $1.00 G_k$ ).

## 6.5 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Εδώ η στατική ισορροπία εξετάζεται μόνο υπό τους βραχυχρόνιους βασικούς συνδυασμούς δράσεων.

Υπό τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων, βλ. ΕΑΚ (Κεφάλαιο 5), για ιδιαίτερους ελέγχους (π.χ. οριζόντιες αντιστάσεις τριβής και παθητικών ωθήσεων γαιών).

Τα τμήματα των μεταβλητών δράσεων  $Q_{k,1}$  τα οποία ενδεχομένως δρουν ευμενώς, δεν λαμβάνονται υπόψη.



## 6.5 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Για τον έλεγχο της στατικής ισορροπίας της κατασκευής πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες:

$$S(0.90G - 1.50(Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} Q_{k,i})) > 0 \dots\dots\dots (6.16\alpha)$$

και

$$S(1.00G_1 - 1.10G_2 - 1.50(Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} Q_{k,i})) > 0 \dots\dots\dots (6.16\beta)$$

όπου:

$$i > 1.$$

Στην σχέση (6.16) λαμβάνονται με την απόλυτη τιμή τους:

- το σύνολο των μονίμων δράσεων G
- τα τμήματα  $G_1$  και  $G_2$  του συνόλου των μονίμων δράσεων G που συμβάλλουν στην ευστάθεια ή δρουν κατά της ευστάθειας αντιστοίχως.
- οι μεταβλητές δράσεις  $Q_{k,1}$  που δρουν κατά της ευστάθειας, και στις οποίες περιλαμβάνονται και τυχόν ειδικές δράσεις κατά την φάση της κατασκευής.

Ο έλεγχος της στατικής ισορροπίας περιλαμβάνει τους ελέγχους ολίσθησης, ανατροπής και ανύψωσης (π.χ. υπό άνωση).

Η ενεργοποίηση τυχόν παθητικής ώθησης γαιών η οποία συμβάλλει στην ευστάθεια πρέπει να αποδεικνύεται. Για να ληφθεί υπόψη στην εξίσωση (6.16)

### ΠΗΓΕΣ:

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA\\_SEMINARIA/SEMINARIO\\_GIA\\_EYROKWDIKES/Tab2/Eurocode2\\_1\\_5.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIO_GIA_EYROKWDIKES/Tab2/Eurocode2_1_5.pdf) (ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΙΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ)

<http://www.oasp.gr/userfiles/ΕΚΟΣ2000.pdf> ΕΚΩΣ [2000-ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ 2000 ΟΑΣΠ(ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ) ΣΠΜΕ(ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ) ΕΚΔΟΣΗ: ΟΑΣΠ (ΑΘΗΝΑ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2001) ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ: ΣΠΜΕ]