

ΑΡΧΕΣ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ  
ΤΗΣ  
ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ



## Γ.1 ΣΥΜΒΟΛΑ

$A_r$	Διατομή οπλισμού μέσα στη ζώνη ενεργού επιρροής
$A_{ct}$	Εμβαδόν διατομής της ζώνης ενεργού επιρροής
$E_s$	Μέτρο ελαστικότητας χάλυβα
$W_{max}, W_m, W_k$	Μέγιστο ανεκτό, μέσο και χαρακτηριστικό εύρος εγκάρσιας ρωγμής, αντιστοίχως
$s, s_{rm}$	Απόσταση ράβδων οπλισμού, μέση απόσταση μεταξύ διαδοχικών εγκάρσιων ρωγμών
$\emptyset$	Διάμετρος οπλισμού
$c, c_{min}$	Πραγματική και ελάχιστη επικάλυψη οπλισμού αντιστοίχως
$K_1, K_2$	Συντελεστής για συνθήκες συνάφειας, συντελεστής για συνθήκες φόρτισης
$\beta, \zeta$	Συντελεστές
$\sigma_s, \sigma_{sr}$	Μέση τάση οπλισμού, τάση οπλισμού κατά τη ρηγμάτωση
$\epsilon_{sm}$	Μέση ανηγμένη παραμόρφωση ράβδων οπλισμού
$t, \delta$	Συντελεστής κατανομής, διασπορά
$\rho_r$	Ποσοστό οπλισμού μέσα στη ζώνη ενεργού επιρροής

## Γ.2 ΓΕΝΙΚΑ

Στο Παράρτημα αυτό δίνονται βασικές αρχές και μια απλοποιημένη διαδικασία υπολογισμού της ρηγματώσεως (απόσταση και εύρος – άνοιγμα ρωγμών), κυρίως για καμπτόμενα στοιχεία, όπως πλάκες, δοκοί και πλαίσια.

Η ρηγμάτωση των στοιχείων από σκυρόδεμα, τόσο προεντεταμένο όσο, κυρίως, και οπλισμένο, επηρεάζεται από πλήθος παραμέτρων, με αυξημένες αβεβαιότητες.

Σχετικά, και όσον αφορά την συμπεριφορά του σκυροδέματος υπό εφελκυσμό, υπενθυμίζεται ότι το εύρος διακύμανσης της αντοχής είναι  $\pm 30\%$  ενώ η κρίσιμη ανηγμένη παραμόρφωση έχει τιμή  $+0,02$  (έως  $0,04$ )%, δηλαδή πολύ μικρή, έτσι ώστε και μόνο η συστολή ξήρανσης θα μπορούσε να οδηγήσει σε ρηγμάτωση. Επιπλέον, υπάρχει μεγάλη ευαισθησία και έναντι των πραγματικών συνθηκών π.χ. συντήρησης του σκυροδέματος ή και φόρτισης.

Και, βεβαίως, τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος υπό εφελκυσμό επηρεάζουν αμέσως την συνάφεια των ράβδων του σιδηροοπλισμού (και επομένως και τις συνθήκες αγκύρωσης και την αναπτυσσόμενη τάση), πέραν άλλων παραμέτρων επιρροής, όπως οι συνθήκες συνάφειας, η επικάλυψη, η διάμετρος και η ενδεχόμενη «συμφόρηση» των οπλισμών κλπ.

Έτσι, τα πραγματικά χαρακτηριστικά της ρηγματώσεως μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από τις υπολογιζόμενες μέσες τιμές, ειδικά αν τα δρώντα εντατικά



μεγέθη έχουν τιμές παραπλήσιες αυτών της ρηγματώσεως. Γι' αυτό τα σχετικά αποτελέσματα οποιουδήποτε υπολογισμού είναι συμβατικά και πρέπει να θεωρούνται ως πιθανές εκτιμήτριες και μόνο.

Τέλος, πρέπει να τονισθεί ότι ιδιαίτερες περιπτώσεις όπως π.χ. η ρηγματώση από διάτμηση ή διάτρηση ή στρέψη, δεν καλύπτονται απ' αυτό το Παράρτημα.

### Γ.3 ΑΡΧΕΣ

Η μέθοδος που θα ακολουθηθεί για τον υπολογισμό της ρηγματώσεως πρέπει να προσομοιάζει επαρκώς την πραγματική συμπεριφορά του στοιχείου με ακρίβεια αντίστοιχη των στόχων του σχεδιασμού.

Υπενθυμίζεται ότι για ρηγματωμένα στοιχεία δεν ισχύει η αρχή της επαλληλίας.

Σε συνήθη κτίρια αρκεί γενικώς ο έλεγχος της ρηγματώσεως για τους βασικούς συνδυασμούς λειτουργικότητας, και μάλιστα μόνο τους βραχυχρόνιους (συντελεστές συνδυασμού  $\psi_1$ ), λαμβάνοντας βεβαίως καταλλήλως υπόψη και τις επιρροές των εμμέσων δράσεων (επιβαλλόμενων και παρεμποδιζόμενων παραμορφώσεων).

Επίσης, υπενθυμίζεται ότι για την θεωρούμενη εγκάρσια (κάθετη προς τις ράβδους «κύριου» οπλισμού) και όχι διαμήκη («παράλληλη») ρηγματώση, αρκεί ο έλεγχος του ανοίγματος – εύρους των ρωγμών για το οπλισμένο σκυρόδεμα και ο έλεγχος των τάσεων του σκυροδέματος για το προεντεταμένο σκυρόδεμα, καθώς και η απαραίτητη πρόβλεψη κατάλληλου ελάχιστου οπλισμού (ίσως και επιδερμικού ή οπλισμού κορμού).

Ο έλεγχος – περιορισμός της ρηγματώσεως και, κυρίως, του ανοίγματος – εύρους των ρωγμών σχετίζεται με τις απαιτήσεις εμφανίσεως (όχι συναίσθημα δυσαρέσκειας και ανασφάλειας – φόβου), χρηστικότητας, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας, ιδιαίτερος για «ευαίσθητους» χάλυβες.

Ως ευαίσθητοι χάλυβες θεωρούνται οι χάλυβες προεντάσεως, οι χάλυβες ψυχρής κατεργασίας ή σκλήρυνσης με βαφή, καθώς και κάθε ράβδος με πολύ μικρή διάμετρο  $\varnothing < 5\text{mm}$ .

Για μη ευαίσθητους χάλυβες, και αναλόγως της κατηγορίας συνθηκών περιβάλλοντος (για την οποία καθορίζεται και ελάχιστη επικάλυψη), προδιαγράφεται και μέγιστο ανεκτό άνοιγμα – εύρος εγκάρσιας ρωγμής, ως εξής:

Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος	Μέγιστο ανεκτό άνοιγμα – εύρος εγκάρσιας ρωγμής $W_{\max}$ σε mm
1	0.3 – 0.4
2	0.2
3, 4	0.1



Για ειδικές περιπτώσεις, ο Κύριος του έργου μπορεί να θέτει ιδιαίτερες απαιτήσεις για έλεγχο – περιορισμό της ρηγματώσης.

#### Γ.4 ΜΕΘΟΔΟΣ

- α) Για τον έλεγχο – περιορισμό της ρηγματώσης πρέπει να εκτιμηθεί το πιθανό μέγιστο άνοιγμα – εύρος εγκάρσιας ρωγμής  $W_k$  (χαρακτηριστική τιμή) που οφείλει να είναι μικρότερο από το αντίστοιχο ανεκτό όριο, αναλόγως της κατηγορίας συνθηκών περιβάλλοντος (βλ. παρ. Γ.3):

$$W_k \leq W_{\max}.$$

- β) Το πιθανό μέγιστο άνοιγμα ρωγμής, δηλ. η χαρακτηριστική τιμή για πιθανότητα υπερσκελισμού 5%, μπορεί να εκτιμηθεί από το αντίστοιχο πιθανό μέσο άνοιγμα ρωγμής, υποθέτοντας κανονική κατανομή Gauss και διασπορά περί την μέση τιμή της τάξεως του 45%, ως εξής:

$$W_k \cong W_m (1 + \delta \cdot t) \cong 1.75 W_m,$$

όπου:

- $\delta$  η διασπορά, ανηγμένη τυπική απόκλιση ( $\delta = s / W_m \cong 0.450$ ),  
 $t$  ο συντελεστής κατανομής, για  $p = 2.05\%$  ( $t \cong 1.645$ ).

- γ) Το πιθανό μέσο άνοιγμα – εύρος εγκάρσιας ρωγμής, στην εξωτερική παρειά – πλέον εφελκυσμένη ίνα του στοιχείου, μπορεί να εκτιμηθεί από την μέση απόσταση μεταξύ διαδοχικών ρωγμών  $s_{rm}$  και την μέση ανηγμένη παραμόρφωση των ράβδων του σιδηροπλισμού  $\varepsilon_{sm}$  ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ρωγμές, στη στάθμη του κέντρου βάρους του οπλισμού:

$$W_m \cong s_{rm} \cdot \varepsilon_{sm}$$

Σε περιπτώσεις όπου η πραγματοποιούμενη επικάλυψη του «κύριου» οπλισμού  $c$  είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη ελάχιστη τιμή  $c_{\min}$ , τότε η τιμή  $W_m$  πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί τον λόγο  $c / c_{\min} \leq 1.5$ .

- δ) Η μέση απόσταση μεταξύ διαδοχικών εγκάρσιων ρωγμών μπορεί να εκτιμηθεί από την σχέση:

$$s_{rm} \cong K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_r}, \quad \rho_r = \frac{A_r}{A_{ct}} \quad \text{για γραμμικά στοιχεία}$$





$$s_{rm} \cong K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{\varnothing}{\rho_r} + 2 \left( c + \frac{s}{10} \right) \quad \text{για πλάκες}$$

(όπου το ημι-εμπειρικό συμπλήρωμα για πλάκες μπορεί απλοποιητικά να αντικατασταθεί και από την τιμή 50mm).

όπου:

$K_1$	συντελεστής, για τις συνθήκες συνάφειας: $K_1 = 0.4$ για ράβδους με νευρώσεις $K_1 = 0.8$ για ράβδους λείες
$K_2$	συντελεστής, για τις συνθήκες φόρτισης: $K_2 = 1/8$ για καθαρή κάμψη $K_2 = 1/4$ για καθαρό εφελκυσμό
$\varnothing, s$	η διάμετρος και η απόσταση, αντιστοίχως, των ράβδων σιδηροπλισμού (σε mm, με $s \leq 15\varnothing$ ).
$c$	η επικάλυψή τους (σε mm)
$A_r, \rho_r$	η διατομή και το ποσοστό, αντιστοίχως, του οπλισμού, μέσα στη ζώνη ενεργού επιρροής
$A_{ct}$	το εμβαδόν την διατομής της ζώνης ενεργού επιρροής του εφελκυσμένου οπλισμού, που απλοποιητικά, και για όχι ιδιαίτερα λεπτά στοιχεία μικρού πάχους, μπορεί να θεωρηθεί ως τετράγωνο πλευράς $b \leq 15\varnothing$ γύρω από το κέντρο κάθε ράβδου, λαμβάνοντας βεβαίως υπόψη την πραγματική επικάλυψη και απόσταση μεταξύ ράβδων (με $s \leq 15\varnothing$ ).

- ε) Η μέση ανηγμένη παραμόρφωση των ράβδων του σιδηροπλισμού ανάμεσα σε δύο διαδοχικές εγκάρσιες ρωγμές μπορεί να εκτιμηθεί από την σχέση:

$$\varepsilon_{sm} \cong \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \zeta, \zeta = 1 - \beta \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

όπου:

$\sigma_s$	η μέση τάση του οπλισμού, για «γυμνές» ράβδους (χωρίς σκυρόδεμα)
$\zeta$	ο συντελεστής βαρύτητας – κατανομής, που εκφράζει την «ανακούφιση» που οφείλεται στην συνάφεια και στην συμβολή του εφελκυσμένου σκυροδέματος (σε διατομές ανάμεσα στις ρωγμές) στην ανάληψη εφελκυστικών τάσεων.



Για τους συντελεστές  $\beta$  και  $\zeta$ , καθώς και για τις τάσεις  $\sigma_s$  και  $\sigma_{sr}$  βλ. εκτενή αναφορά στο επόμενο Παράρτημα Δ.

- στ) Σε κάθε περίπτωση, και πέραν του ελέγχου – περιορισμού του ανοίγματος – εύρους των εγκάρσιων ρωγμών, επιβάλλεται και η διάταξη κατάλληλου ελάχιστου οπλισμού, ίσως και επιδερμικού ή οπλισμού κορμού (για υψίκορμες δοκούς).



