

**ΟΡΙΑΚΗ  
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ  
ΑΠΟ  
ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15**

### 15.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Αφορά κάθε κατασκευή από σκυρόδεμα. Εξαρτάται από τις συνθήκες περιβάλλοντος και την ευαισθησία του οπλισμού. Ο σχηματισμός ρωγμών στο οπλισμένο σκυρόδεμα μπορεί, υπό ορισμένες συνθήκες περιβάλλοντος, να μην αυξάνει τον κίνδυνο διάβρωσης του μη προεντεταμένου οπλισμού υπό την προϋπόθεση ότι το άνοιγμα ρωγμών δεν θα ξεπερνά ένα ορισμένο μέγεθος.

### 15.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Έργα με ειδικές απαιτήσεις έναντι ρηγματώσεως (π.χ. δεξαμενές) δεν καλύπτονται πλήρως από τις διατάξεις του παρόντος Κεφαλαίου, οι οποίες για τις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να συμπληρώνονται με πρόσθετες διατάξεις.

Η τοποθέτηση του ελάχιστου οπλισμού γίνεται ώστε επιπρόσθετα:

- να εξασφαλισθεί η αποφυγή ψαθυρής αστοχίας κατά τον σχηματισμό των ρωγμών
- να καλυφθούν και οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με τα υλικά και τα υπολογιστικά προσομοιώματα.

### 15.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Η ρηγμάτωση είναι πρακτικώς αναπόφευκτη στις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Η εμφάνιση ρωγμών όμως δεν συνεπάγεται αφ' εαυτής έλλειψη λειτουργικότητας ή ανθεκτικότητας της κατασκευής.

Ο έλεγχος της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας από ρηγμάτωση γίνεται για να ικανοποιηθούν οι παρακάτω απαιτήσεις:

- α) Η λειτουργία της κατασκευής δεν πρέπει να εμποδίζεται λόγω σχηματισμού ρωγμών.
- β) Η ανθεκτικότητα σε διάρκεια της κατασκευής πρέπει να εξασφαλίζεται.
- γ) Η εμφάνιση της κατασκευής δεν πρέπει να επηρεάζεται δυσμενώς.
- δ) Η πλαστιμότητα των δομικών στοιχείων δεν πρέπει να επηρεάζεται δυσμενώς.

Τα κριτήρια σχεδιασμού που δίνονται στο Κεφάλαιο αυτό θεωρείται ότι ικανοποιούν τις απαιτήσεις αυτές, εκτός εάν επιβάλλονται άλλοι ειδικοί κανόνες.

### 15.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο περιορισμός της εγκάρσιας ρηγμάτωσης (καθέτως προς τις ράβδους του οπλισμού), ώστε να ικανοποιούνται οι γενικές απαιτήσεις της παρ. 15.1, επιτυγχάνεται όταν ικανοποιούνται ταυτόχρονα τα παρακάτω κριτήρια α) και β):

- α) Με έλεγχο (περιορισμό) του ανοίγματος ρωγμών, για στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με την παρ. 15.3, είτε με έλεγχο των τάσεων σκυροδέματος για στοιχεία από προεντεταμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με την παρ. 15.4.
- β) Με τοποθέτηση ελάχιστου οπλισμού σύμφωνα με την παρ. 15.5.

Ο περιορισμός της διαμήκου ρηγμάτωσης (παραλλήλως προς τις ράβδους του οπλισμού) ώστε να ικανοποιούνται οι γενικές απαιτήσεις της παρ. 15.1, επιτυγχάνεται:

- α) με κατάλληλη εκλογή της επικάλυψης σκυροδέματος ώστε να εξασφαλισθεί η πλήρης ανάπτυξη της συνάφειας χωρίς να συμβεί διαμήκης ρηγμάτωση (βλ. παρ. 17.3 και 17.5) και
- β) με περιορισμό των τάσεων του σκυροδέματος (βλ. παρ. 15.4).

### 15.3 ΕΛΕΓΧΟΣ (ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ) ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΡΩΓΜΩΝ

Δεν απαιτείται έλεγχος του περιορισμού του ανοίγματος ρωγμών σε θλιβόμενα στοιχεία κτιρίων (π.χ. υποστυλώματα), που δεν φορτίζονται και εγκαρσίως.

Για το νόημα των αναφερομένων τιμών και δή στη περίπτωση του προεντεταμένου σκυροδέματος βλέπε σχετικό σχόλιο της παρ. 15.3.2

#### 15.3.1 Απλοποιητικός έλεγχος

Απλοποιητικά επιτρέπεται να ληφθεί  $\sigma_s = 0.70 \cdot f_{yk}$ .

### 15.3 ΕΛΕΓΧΟΣ (ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ) ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΡΩΓΜΩΝ

Ο έλεγχος για περιορισμό του ανοίγματος ρωγμών γίνεται είτε απλοποιητικά, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1, είτε αναλυτικά σύμφωνα με την παρ. 15.3.2. Στην πρώτη περίπτωση η ικανοποίηση του ελέγχου θεωρείται ότι εξασφαλίζει τον περιορισμό του ανοίγματος των ρωγμών κάτω από μία ονομαστική τιμή 0.3mm για οπλισμένο σκυρόδεμα και 0.20 mm για προεντεταμένο σκυρόδεμα. Στη δεύτερη περίπτωση η υπολογιστική τιμή του ανοίγματος ρωγμής πρέπει να μην υπερβαίνει τις παραπάνω ονομαστικές τιμές.

Διευκρινίζεται ότι και στις δύο περιπτώσεις η πραγματική τιμή του ανοίγματος των ρωγμών που θα εμφανισθούν στο έργο μπορεί να υπερβαίνει την παραπάνω ονομαστική τιμή χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν ικανοποιείται ο έλεγχος της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας από ρηγμάτωση.

#### 15.3.1 Απλοποιητικός έλεγχος

Ο απλοποιητικός έλεγχος συνίσταται στον περιορισμό συναρτήσεων των τάσεων του οπλισμού, είτε της διαμέτρου των οπλισμών, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1.1, είτε των αποστάσεων μεταξύ των ράβδων του οπλισμού, σύμφωνα με την παρ. 15.3.1.2.

Οι τιμές  $\sigma_s$  των τάσεων του οπλισμού υπολογίζονται σε στάδιο II για τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς δράσεων [εξ. (6.14)] και δεν επιτρέπεται να λαμβάνονται μεγαλύτερες του  $f_{yk}$ .

##### 15.3.1.1 Μέγιστες διαμέτροι ράβδοι οπλισμού

Η απαίτηση περιορισμού της ρηγμάτωσης σύμφωνα με την παρ. 15.1 θεωρείται ότι ικανοποιείται, εάν οι διαμέτροι των ράβδων με νευρώσεις του οπλισμού δεν υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 15.1. Για δέσμες ράβδων οι τιμές του Πίνακα 15.1, εφαρμόζονται για την ισοδύναμη διάμετρο  $\varnothing_n$ .

Πίνακας 15.1: Μέγιστες διαμέτροι ράβδων υψηλής συνάφειας σε (mm) για περιορισμό της ρηγμάτωσης

Τάση χάλυβα $\sigma_s$ (MPa)	160	200	240	280	350	400	450
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1, 2	36	36	28	25	16	10	6
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 3, 4	28	20	16	12	8	6	-

Για λείες ράβδους οι τιμές των διαμέτρων διαιρούνται δια 2.  
 Ενδιάμεσες τιμές προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή.  
 Για πάχη δομικών στοιχείων  $h > 300\text{mm}$  επιτρέπεται αύξηση των μεγίστων διαμέτρων κατά  $h(\text{mm})/300$ .

### 15.3.2 Αναλυτικός έλεγχος

Μία τέτοια αποδεκτή μέθοδος παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ των Σχολίων. Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε ρωγμές υπό συνθήκες περιβάλλοντος ελάχιστα ή μέτρια διαβρωτικού (κατηγορίας 1 και 2) και βραχυχρόνιους συνδυασμούς δράσεων σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας. Σε ότι αφορά το προεντεταμένο σκυρόδεμα η αναγραφόμενη τιμή αντικατοπτρίζει μόνο ποιοτικά το μέγεθος της ρωγμής που υπό τις συνθήκες αυτές αναμένεται να εξασφαλίσει την απαίτηση της παρ. 15.1 και δεν αποτελεί απαίτηση σχεδιασμού διότι στη περίπτωση αυτή, για το σχεδιασμό, επιβάλλεται ο έλεγχος των τάσεων του σκυροδέματος σύμφωνα με την παρ.15.2.

### 15.3.1.2 Μέγιστες αποστάσεις ράβδων οπλισμού

Η απαίτηση περιορισμού της ρηγμάτωσης σύμφωνα με την παρ. 15.1 θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν οι αποστάσεις των ράβδων με νευρώσεις του οπλισμού δεν υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 15.2.

Οι τιμές αυτές ισχύουν για τις ράβδους που βρίσκονται στις εφελκυσμένες περιοχές δομικών στοιχείων, τα οποία καταπονούνται από κάμψη ή έκκεντρη θλίψη.

Για δομικά στοιχεία καταπονούμενα από καθαρό εφελκυσμό, οι τιμές του Πίνακα 15.2 πρέπει να διαιρεθούν δια 2.

Για στοιχεία καταπονούμενα σε έκκεντρο εφελκυσμό γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Πίνακας 15.2: Μέγιστες αποστάσεις ράβδων υψηλής συνάφειας σε (mm) για περιορισμό της ρηγμάτωσης

Τάση χάλυβα $\sigma_s$ (MPa)	160	200	240	280	350
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1 ή 2	250	250	250	200	150
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 3 ή 4	250	200	150	100	70
Για λείες ράβδους οι τιμές των αποστάσεων διαιρούνται δια 2.					

### 15.3.2 Αναλυτικός έλεγχος

Ο αναλυτικός έλεγχος του περιορισμού της ρηγμάτωσης συνίσταται στον υπολογισμό μιας χαρακτηριστικής τιμής ανοίγματος ρωγμής σύμφωνα με αποδεκτές, απο την επί του θέματος διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, μεθόδους. Ο έλεγχος ικανοποιείται όταν η τιμή αυτή του ανοίγματος των ρωγμών είναι μικρότερη από 0.3 mm για οπλισμένο σκυρόδεμα και 0.20 mm για προεντεταμένο σκυρόδεμα.

**15**

## 15.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

### 15.4.1 Ωπλισμένο σκυρόδεμα

#### 15.4.1.1 Γενικά

Εν γένει δεν απαιτείται έλεγχος των τάσεων εφόσον:

- i) οι έλεγχοι για την οριακή κατάσταση αστοχίας και η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών έχουν γίνει σύμφωνα με τον παρόντα κανονισμό,
- ii) οι παραμορφώσεις έχουν ελεγχθεί σύμφωνα με τα Κεφάλαια 14 και 16,

#### 15.4.1.2 Περιορισμός των θλιπτικών τάσεων σκυροδέματος

Δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος θεωρούνται οι των κατηγοριών 3 και 4 της παρ. 5.1.

Πρόσθετα μέτρα θεωρούνται ή η ύπαρξη περίσφιγξης (Κεφάλαιο 18) ή η αύξηση της επικάλυψης σκυροδέματος.

Οι παραμορφώσεις λόγω ερπυσμού μπορεί να καταστούν σημαντικές όταν οι θλιπτικές τάσεις του σκυροδέματος υπερβαίνουν την τιμή  $\sigma_c \cong 0.5 \cdot f_{ck}$ .

#### 15.4.2.1 Περιορισμός των τάσεων σκυροδέματος

Η πλήρης προένταση συνιστάται για συνθήκες περιβάλλοντος πολύ διαβρωτικές (π.χ. των κατηγοριών 3 και 4 της παρ. 5.1).

Η περιορισμένη προένταση μπορεί να εφαρμόζεται για συνθήκες περιβάλλοντος ελάχιστα ή μέτρια διαβρωτικές. Επιτρέπεται επίσης να εφαρμόζεται για την θλιβόμενη ίνα υπό την κατάσταση ελάχιστης εντάσεως.

Ως εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος  $f_{ct}$  λαμβάνεται επί το δυσμενέστερο  $f_{ctk0.05}$ .



- iii) η κατασκευαστική διαμόρφωση έχει εκτελεσθεί σύμφωνα με τα Κεφάλαια 17 και 18, και
- iv) έχουν τηρηθεί οι απαιτήσεις για τους ελάχιστους οπλισμούς.

Σε ειδικές περιπτώσεις απαιτείται έλεγχος (περιορισμός) των τάσεων σύμφωνα με τις παραγράφους 15.4.1.2 και 15.4.1.3.

#### 15.4.1.2 Περιορισμός των θλιπτικών τάσεων σκυροδέματος

Σε περιοχές όπου το σκυρόδεμα εκτίθεται σε δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος και αν δεν ληφθούν πρόσθετα μέτρα, απαιτείται περιορισμός των θλιπτικών τάσεων υπό τον βραχυχρόνιο συνδυασμό δράσεων (εξίσωση 6.14) έτσι ώστε:

$$\sigma_c \leq 0.6 \cdot f_{ck}$$

#### 15.4.1.3 Περιορισμός των εφελκυστικών τάσεων χάλυβα

Οι εφελκυστικές τάσεις χάλυβα υπό τον βραχυχρόνιο συνδυασμό δράσεων πρέπει να περιορίζονται έτσι ώστε:

$$\sigma_s \leq 0.8 \cdot f_{yk}$$

Όταν οι τάσεις προέρχονται κυρίως από παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (δράσεις καταναγκασμού) επιτρέπεται:

$$\sigma_s \leq 1.0 \cdot f_{yk}$$

### 15.4.2 Προεντεταμένο σκυρόδεμα

#### 15.4.2.1 Περιορισμός των τάσεων σκυροδέματος

- a) Εφελκυστικές τάσεις

Για πλήρη προένταση δεν επιτρέπεται να αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις σε καμία ίνα της προθλιβόμενης εφελκυστικής ζώνης του σκυροδέματος.

Για περιορισμένη προένταση δεν επιτρέπεται οι εφελκυστικές τάσεις σε καμία ίνα της προθλιβόμενης εφελκυστικής ζώνης να ξεπερνούν την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος (Πίνακας 2.1).

### 15.5 ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Δεν απαιτείται έλεγχος του ελάχιστου οπλισμού σε θλιβόμενα στοιχεία κτιρίων (π.χ. υποστυλώματα) που δεν φορτίζονται και εγκαρσίως.

Επιτρέπεται να μη γίνει υπολογιστικός έλεγχος κατά την παρ. 6.3.2.6, αρκεί να ληφθεί υπόψη ως  $A_{ct}$  ολόκληρη η διατομή του στοιχείου ( $A_{ct} = A_c$ ).

## β) Θλιπτικές τάσεις

Οι θλιπτικές τάσεις υπό τον βραχυχρόνιο συνδυασμό δράσεων (εξίσωση 6.14) δεν επιτρέπεται σε καμία ίνα του στοιχείου να ξεπερνούν την τιμή  $0.60f_{ck}$ .

**15.4.2.2 Περιορισμός των τάσεων χάλυβα προέντασης**

Οι εφελκυστικές τάσεις των τενόντων, για τη μέση τιμή της προεντάσεως, υπό τον μακροχρόνιο συνδυασμό δράσεων, πρέπει να περιορίζονται, μετά την αφαίρεση των απωλειών της δυνάμεως προεντάσεως, έτσι ώστε:

$$\sigma_p \leq 0.65 \cdot f_{ptk}$$

**15.5 ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ**

Σε περιοχές δομικών στοιχείων στις οποίες είναι δυνατόν να αναπτυχθούν υψηλές εφελκυστικές τάσεις (βλ. παρ. 6.3.2.6) λόγω επιβαλλόμενων και παρεμποδιζομένων παραμορφώσεων (λόγω συστολής ξήρανσης, θερμοκρασίας, καθιζήσεων κλπ.), πρέπει να τοποθετείται ένας ελάχιστος οπλισμός με υψηλή συνάφεια, ώστε η τάση του οπλισμού κατά την ενδεχόμενη ρηγμάτωση να παραμείνει μικρότερη από την τάση διαρροής. Η συνολική διατομή  $A_s$  αυτού του οπλισμού για περιορισμό της ρηγμάτωσης καθορίζεται από την σχέση:

$$A_s = k \cdot f_{ctm} \frac{A_{ct}}{\sigma_s} \dots\dots\dots (15.5)$$

όπου:

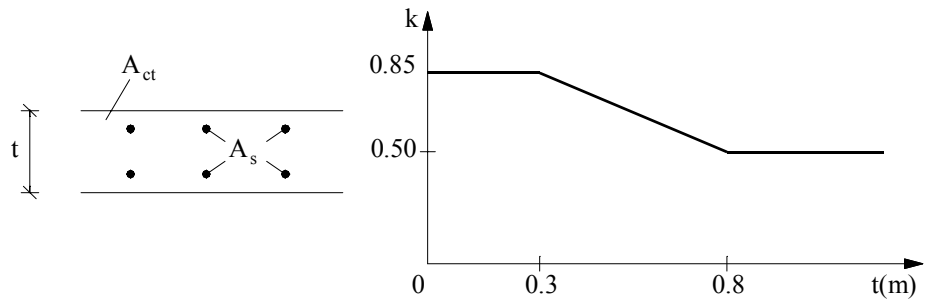
$A_{ct}$  εφελκυστική ζώνη σκυροδέματος σταδίου I,

$f_{ctm}$  μέση εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος σύμφωνα με τον Πίνακα 2.1,

$\sigma_s$  τάση οπλισμού σταδίου II, η οποία προσδιορίζεται συναρτήσει της εκλεγμένης διαμέτρου από τον Πίνακα 15.1,

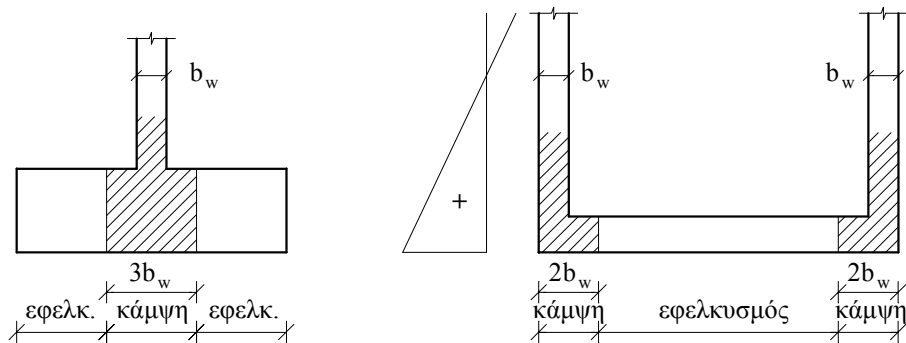
k συντελεστής συναρτήσει της εντατικής κατάστασης του στοιχείου:  
για κάμψη  $k=0.5$ ,  
για καθαρό εφελκυσμό και ορθογωνική διατομή οι τιμές του k δίνονται συναρτήσει του πάχους του στοιχείου t από το Σχήμα 15.1.





Σχήμα 15.1: Τιμές του k για καθαρό εφελκυσμό

Για εφελκυσμένα πέλατα πλακοδοκών, σε πλάτος  $b_w$  εκατέρωθεν του κορμού, λαμβάνεται  $k=0.5$  (Σχ.15.2). Για το υπόλοιπο τμήμα των πελμάτων ισχύουν οι τιμές k κατά το Σχ. 15.1.



Σχήμα 15.2: Τιμές του k για εφελκυσμένα πέλατα

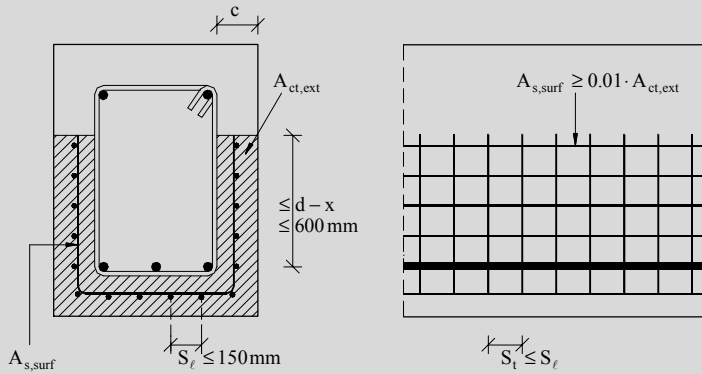
Ο οπλισμός αυτός συνιστάται να κατανέμεται καθ' ύψος ανάλογα με την μορφή του διαγράμματος των εφελκυστικών τάσεων. Ο οπλισμός που διατάσσεται για άλλους λόγους συνυπολογίζεται στον ελάχιστο οπλισμό για περιορισμό της ρηγματώσεως.

Σε δοκούς με ύψος μέχρι 60 cm και σε πλάκες με ύψος μέχρι 25 cm, ο οπλισμός αυτός επιτρέπεται να διατάσσεται σε μια μόνο στάθμη.

Οι τένοντες προεντάσεως επιτρέπεται να προσμετρώνται στον ελάχιστο οπλισμό ρηγματώσεως στο εσωτερικό τετραγώνου πλευράς 300mm με κέντρο τον τένοντα, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται καταλλήλως υπόψη οι διαφορετικές συνθήκες συνάφειας των τενόντων και του οπλισμού.

### 15.6 ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Αν το τελικό ελάχιστο πάχος επικάλυψης με σκυρόδεμα είναι  $>50\text{mm}$ , π.χ. λόγω δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών ή διατάξεως ομάδων ράβδων ή ράβδων μεγάλης διαμέτρου, επιβάλλεται η χρήση επιδερμικού οπλισμού (βλ. παρ. 5.1).



Σχήμα Σ.15.1: Επιδερμικός οπλισμός

## 15.6 ΕΠΙΔΕΡΜΙΚΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η διάταξη πρόσθετου ειδικού επιδερμικού οπλισμού προς έλεγχο της ρηγματώσεως ή και της απολεπίσεως της επικάλυψης.

Ο επιδερμικός οπλισμός πρέπει να αποτελείται από πλέγματα ή λεπτές ράβδους υψηλής συνάφειας.

Το απαιτούμενο εμβαδόν  $A_{s,surf}$  επιδερμικού οπλισμού παραλλήλως προς τον κυρίως εφελκόμενο οπλισμό του δομικού στοιχείου είναι μεγαλύτερο από  $0.01A_{ct,ext}$ , όπου  $A_{ct,ext}$  είναι το εμβαδόν της εφελκόμενης επικάλυψης σκυροδέματος.

