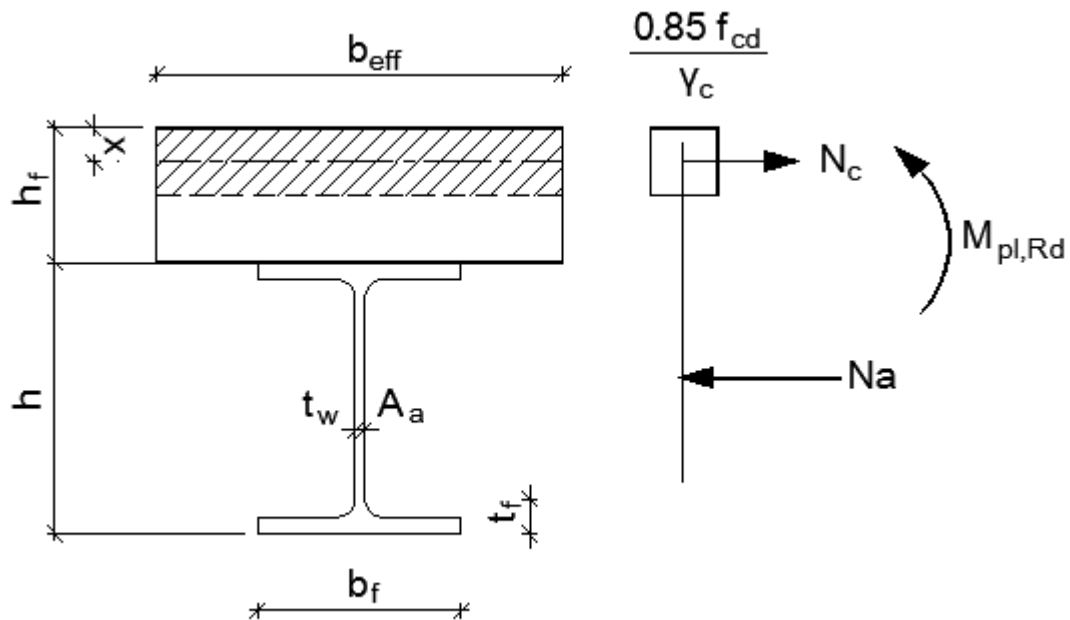


Καμπτική αντοχή σε θετική ροπή.

1. Ως προς την θέση του ουδέτερου άξονα διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις :

Ουδέτερος άξονας εντός της πλάκας σκυροδέματος



Σχήμα 1 – Κάμψη σύμμεικτης πλακοδοκού με ουδέτερο άξονα εντός της πλάκας.

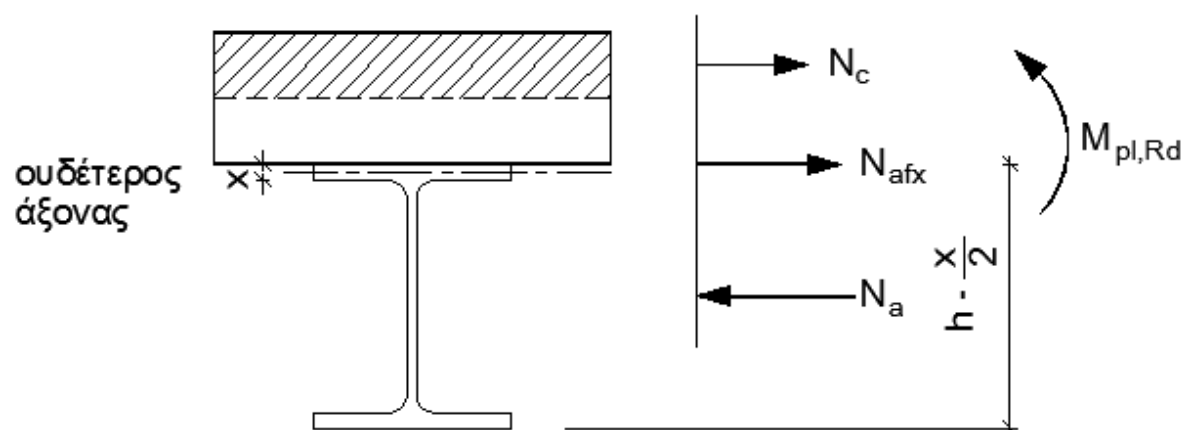
$$N_c = \frac{0,85f_{ck}}{\gamma_c} b_{eff}(h_f - h_p)$$

$$N_a = A_a \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$x = \frac{N_a}{\frac{0,85f_{ck}}{\gamma_c} b_{eff}}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a \left[\frac{h}{2} + h_f - \frac{x}{2} \right]$$

Ουδέτερος άξονας εντός του πέλματος της σιδηροδοκού :



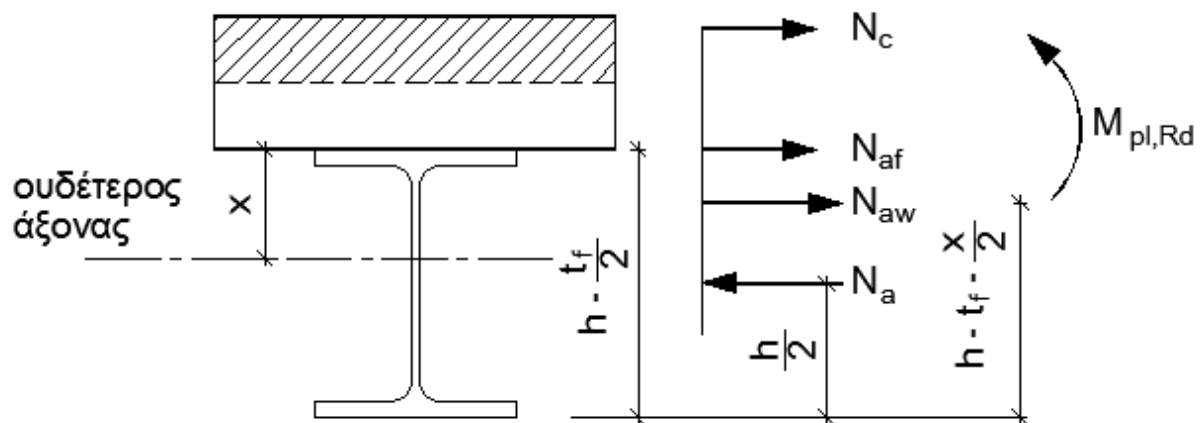
Σχήμα 2 – Κάμψη σύμμεικτης πλακοδοκού με ουδέτερο άξονα εντός του πέλματος της σιδηροδοκού.

$$N_{afx} = xb \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$x = \frac{N_{ac}}{2b \frac{f_y}{\gamma_a}}$$

$$M_{pl,Rd} = N_c \left(h + \frac{h_p + h_f}{2} \right) + 2N_{afx} \left(h - \frac{x}{2} \right) - N_a \frac{h}{2}$$

Ουδέτερος άξονας εντός του κορμού της σιδηροδοκού



Σχήμα 3 - Κάμψη σύμμεικτης πλακοδοκού με ουδέτερο άξονα εντός του κορμού της σιδηροδοκού.

$$N_{ac} = N_a - N_c$$

$$N_{af} = b_{ftf} \frac{f_y}{\gamma_a}$$

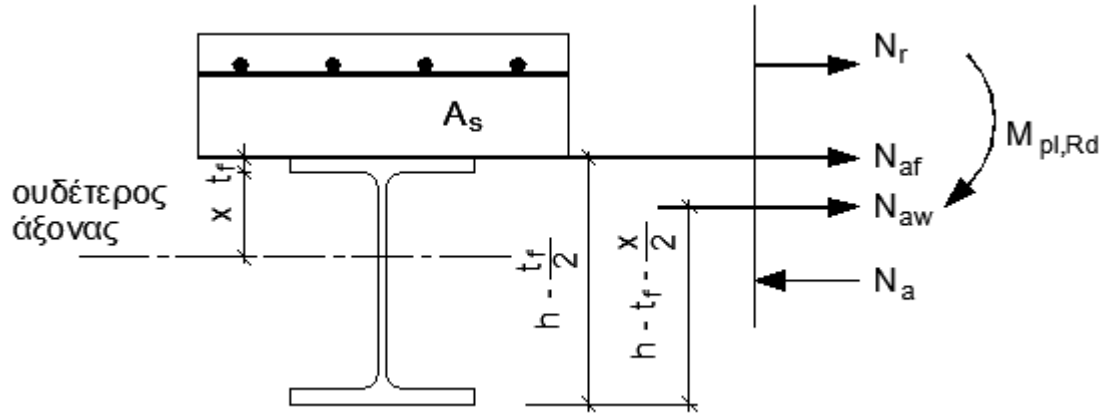
$$x = \frac{N_{ac} - N_{af}}{2t_w \frac{f_y}{\gamma_a}}$$

$$N_{aw} = xt_w \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$M_{pl,Rd} = N_c \left(h + \frac{h_p + h_s}{2} \right) + 2N_{af} \left(h - \frac{t_f}{2} \right) + 2N_{aw} \left(h - t_f - \frac{x}{2} \right) - N_a \frac{h}{2}$$

Καμπτική αντοχή σε αρνητική ροπή.

Ο ουδέτερος άξονας στον κορμό της σιδηροδοκού.



Σχήμα 4 – Κάμψη αρνητικής ροπής. Ουδέτερος άξονας εντός του κορμού της σιδηροδοκού.

$$N_a = A_a \frac{f_y}{\gamma_a}$$

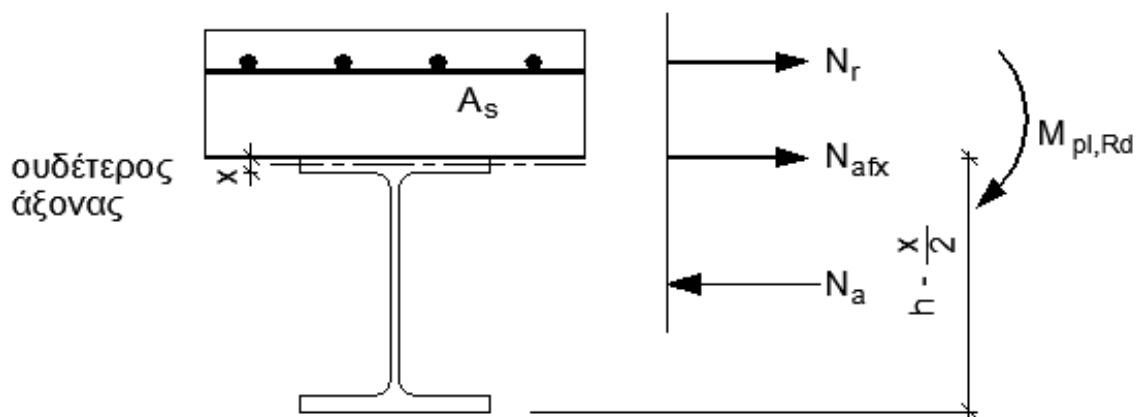
$$N_{af} = b_{ftf} \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$x = \frac{N_a - N_r - 2N_{af}}{2t_w \frac{f_y}{\gamma_a}}$$

$$N_{aw} = xt_w \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$M_{pl,Rd} = N_r(h + h_s - c) + N_{af}\left(h - \frac{t_f}{2}\right) + N_{aw}\left(h - t_f - \frac{x}{2}\right) - N_a \frac{h}{2}$$

Ο ουδέτερος άξονας στο πέλμα της σιδηροδοκού.



Σχήμα 5 – Κάμψη αρνητικής ροπής. Ουδέτερος άξονας εντός του πέλαμτος της σιδηροδοκού.

$$x = \frac{N_a - N_r}{2b \frac{f_y}{\gamma_a}}$$

$$N_{afx} = xb_f \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$M_{pl,Rd} = N_r(h + h_f - c) + N_{afx} \left(h - \frac{x}{2} \right) - N_a \frac{h}{2}$$

Εγκάρσια διατμητική αντοχή συμμείκτων δοκών .

Η εγκάρσια διατμητική αντοχή των συμμείκτων δοκών χωρίς ή με μερικό εγκιβωτισμό του κορμού, θεωρείται ότι παραλαμβάνεται εξολοκλήρου από τον κορμό της σιδηροδοκού.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 3.1 § 6.2.6(2) :

$$V_{pl,Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_a} \cdot A_v = 0.58 f_y A_v$$

Όπου A_v η διατμητική επιφάνεια της σιδηροδοκού.

Έλεγχος διαμήκους διάτμησης.

Αντοχή μεμονομένου ήλου κεφαλής.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.6.3.1 η διατμητική αντοχή σχεδιασμού των ήλων κεφαλής P_{Rd} δίνεται από τις σχέσεις :

$$P_{Rd} = \frac{0,8f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_v} \dots\dots\dots (\text{ΕΚ 4.1 εξ. 6.18})$$

ή

$$P_{Rd} = \frac{0,29ad^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_v} \dots\dots\dots (\text{ΕΚ 4.1 εξ. 6.19})$$

Καθοριστικό είναι το μικρότερο εκ των δύο.

Όπου :

$$a = 0,2 \left[\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right] \text{ αν } 3 \leq h_{sc}/d \leq 4$$

$$a = 1 \text{ αν } h_{sc}/d > 4$$

γ_v : μερικός συντελεστής ασφάλειας (1.25)

d : διάμετρος ήλου

f_u : όριο θραύσης χάλυβα ήλων

h_{sc} : ύψος ήλων

Διαμήκης διατμητική σύνδεση.

Βαθμός διατμητικής σύνδεσης.

Εάν n ο αριθμός των υπαρχόντων ήλων και n_f ο απαιτούμενος αριθμός ήλων για πλήρη διατμητική διαμήκη σύνδεση ο λόγος $\eta = n / n_f$ ονομάζεται βαθμός διατμητικής σύνδεσης.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.6.1.2 ο βαθμός διατμητικής σύνδεσης η πρέπει να βρίσκεται εντός των εξής ορίων :

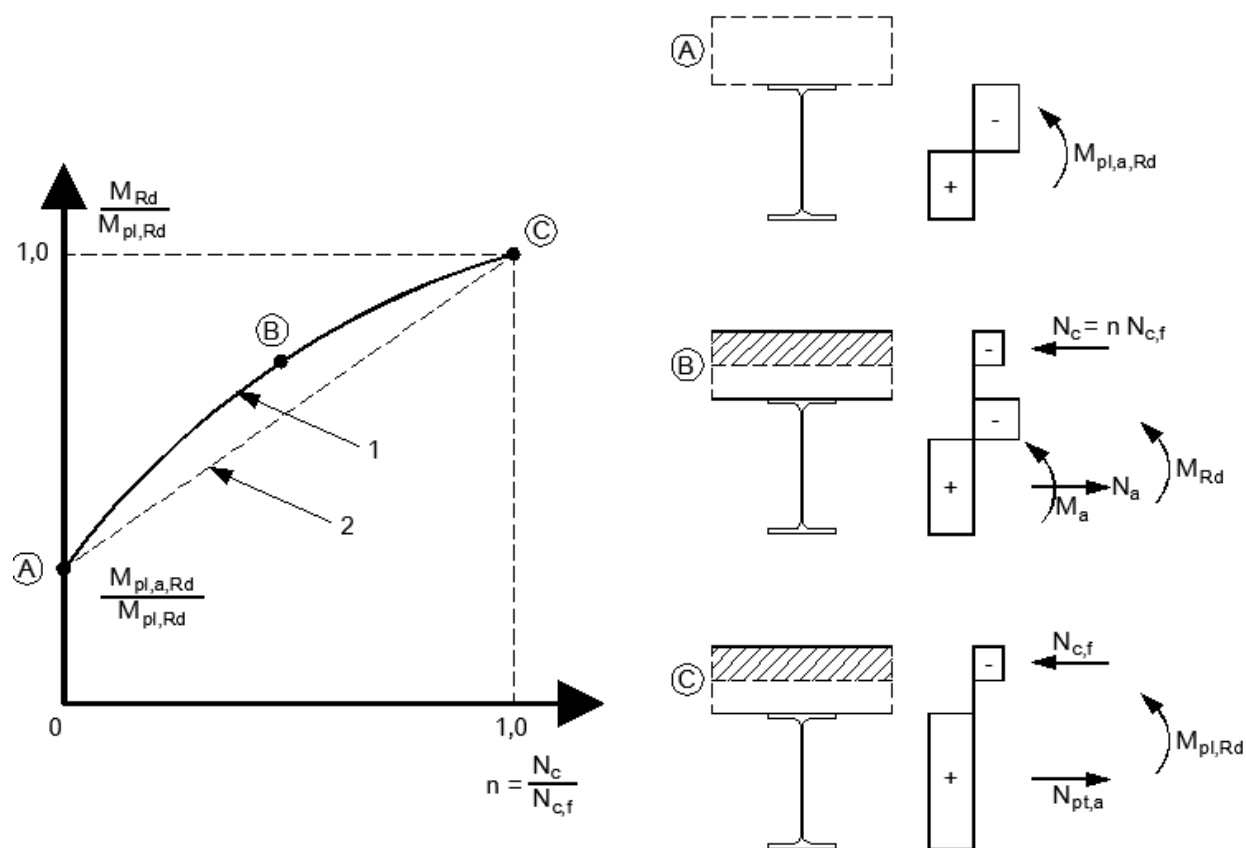
$$\text{Αν } L_e \leq 25m \text{ τότε : } \eta \geq 1 - \frac{355}{f_y} (0,75 - 0,03L_e) \geq 0,4$$

$$\text{Αν } L_e \geq 25m \text{ τότε : } \eta \geq 1,0$$

Όπου L_e το μήκος μηδενισμού των ροπών στην δοκό.

Καμπτική αντοχή δοκού μερικής διατμητικής σύνδεσης.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 6.2.1.3 η καμπτική ροπή αντοχής των συμμείκτων δοκών επηρεάζεται άμεσα από τον βαθμό διατμητικής σύνδεσης.



Σχήμα 6 – Ροπή αντοχής πλακοδοκού σε σχέση με τον βαθμό διατμητικής σύνδεσης.

Αν M_{Rd} η ροπή αντοχής μιας συμμείκτης δοκού με μερική διαμήκη διατμητική σύνδεση, $M_{pl,Rd}$ η ροπή αντοχής της ίδιας δοκού με πλήρη διαμήκη διατμητική σύνδεση και εάν N_c η δύναμη της θλιβόμενης ζώνης για βαθμό διατμητικής σύνδεσης η , το σημείο 'Α' του παραπάνω διαγράμματος παριστάνει την αντοχή της πλακοδοκού χωρίς συμμεικτή δράση, το σημείο 'Β' με μερική συμμεικτή δράση και το 'C' με πλήρη συμμεικτή δράση, δηλαδή βαθμός διατμητικής σύνδεσης $\eta=1.0$ – βλ. ΕΚ 4.1 σχ. 6.5

Στο παραπάνω σχήμα η καμπύλη '1' είναι η ακριβής σχέση, ενώ η '2' η γραμμική απλοποίηση της.

Αυτή εκφράζεται ως :

$$M_{Rd} = M_{a,pl,Rd} + \eta (M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}) \dots \dots \dots \text{ΕΚ 4.1 εξ. 6.1}$$

Όπου :

M_{Rd} : Η τελική ροπή αντοχής της σύμμεικτης δοκού

$M_{pl.Rd}$: Η ροπή αντοχής της σύμμεικτης δοκού με $\eta=1.0$

$M_{apl.Rd}$: Η ροπή αντοχής της σιδηροδοκού

Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας συμμείκτων δοκών.

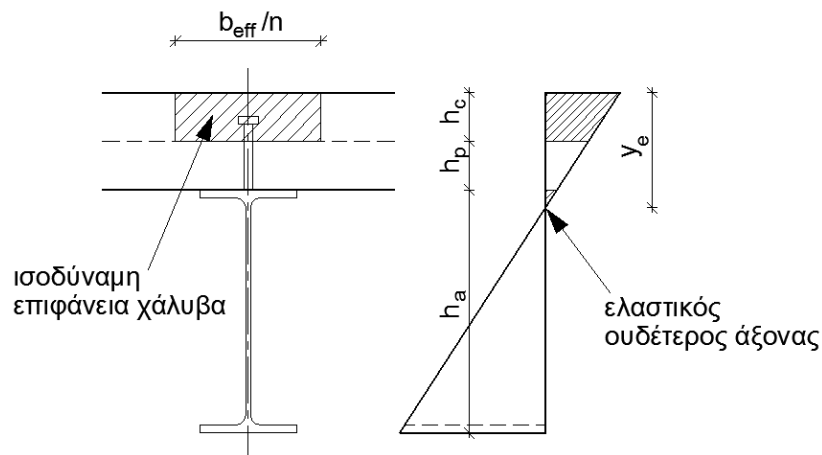
Γενικές παραδοχές :

Η οριακή κατάσταση λειτουργικότητας στις σύμμεικτες δοκούς αναφέρεται στον έλεγχο παραμόρφωσης των δοκών και στον έλεγχο ρηγμάτωσης τους.

Η θεώρηση της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας ότι αφορά την παραμόρφωση, βασίζεται στην θεώρηση της ελαστικής ανάλυσης των δοκών.

Σαν όριο ελαστικής παραμόρφωσης δ των συμμείκτων δοκών θεωρείται το $L/200$ όπου L , το άνοιγμα της υπό εξέταση δοκού.

Δυσκαμψία συμμείκτων δοκών :



Σχήμα 7 – Διατομή πλακοδοκού με ισοδύναμη μεταλλική επιφάνεια πλάκας.

Ο υπολογισμός της ελαστικής παραμόρφωσης των δοκών βασίζεται στην δυσκαμψία που προκύπτει θεωρώντας την δεύτερη ροπή επιφάνειας της αρηγμάτωσης σύμμεικτης διατομής, αναγόμενη το σύνολο της διατομής σε ένα ομοιογενές υλικό (χάλυβας) σύμφωνα με τον τύπο :

$$I_e = \frac{A_a(h_c + h_p + h)^2}{4(1 + nr)} + \frac{b_{eff}h_c^3}{12n} + I_{ay}$$

Όπου :

n : ο λόγος των μέτρων ελαστικότητας δομικού χάλυβα προς σκυρόδεμα. Λαμβάνεται $n=7$

r : ο λόγος της διατομής της σιδηροδοκού σε σχέση με την θλιβόμενη πλάκα σκυροδέματος.

I_{ay} : η δεύτερη ροπή επιφάνειας της σιδηροδοκού.

Ελεγχος ρηγματώσεων :

Επιρροή ρηγματώσεων στην ανάλυση .

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 5.4.2.3 (3) η μείωση της δυσκαμψίας των συνεχών δοκών μπορεί να προσομοιωθεί στην ελαστική ανάλυση, μέσω μερικής ανακατανομής των ροπών στήριξης των δοκών κατά ποσοστό -15%.

Προϋπόθεση αυτού είναι, τα γειτονικά ανοίγματα των συνεχών δοκών να μην έχουν λόγο μικρότερο από 0.6.

Περιορισμός των ρηγματώσεων στις στηρίξεις.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 4.1 § 7.4.2 απαιτείται ένας ελάχιστος οπλισμός στήριξης των δοκών A_s σύμφωνα με την σχέση :

$$A_s = k_s \cdot k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s \dots \dots \dots \text{ΕΚ 4.1 εξ. 7.1}$$

Όπου :

$f_{ct,eff}$: Η μέση τιμή εφελκυστικής αντοχής του χάλυβα σύμφωνα με τον ΕΚ 2.1 § 7.3.2(1)

k : συντελεστής απομείωσης λόγω ανομοιόμορφων τάσεων = 0.8

k_s : συντελεστής απομείωσης λόγω ρηγματώσεων πλάκας και ολίσθησης = 0.9

k_c : συντελεστής απομείωσης που λαμβάνει υπόψη την κατανομή τάσεων πριν την ρηγμάτωση.

$$k_c = \frac{1}{1+h_c/(2z_0)} + 0,3 \leq 1,0 \dots \dots \dots \text{ΕΚ 4.1 εξ. 7.1}$$

Όπου :

h_c : Το καθαρό πάχος της πλάκας

z_0 : Η απόσταση μεταξύ Κ.Β. πλάκας και σιδηροδοκού

σ_s : Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση οπλισμού σύμφωνα με τον Ε.Κ. 4.1 πιν. 7.1

A_{ct} : Η επιφάνεια εφελκυσμού πριν την ρηγμάτωση.