

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

**Παράδειγμα Εφαρμογής
(για συνδυασμούς δράσεων
που περιλαμβάνουν σεισμό)**

Δεδομένα:

Διατομή 400/400, C25/30, B500C, 5Φ18

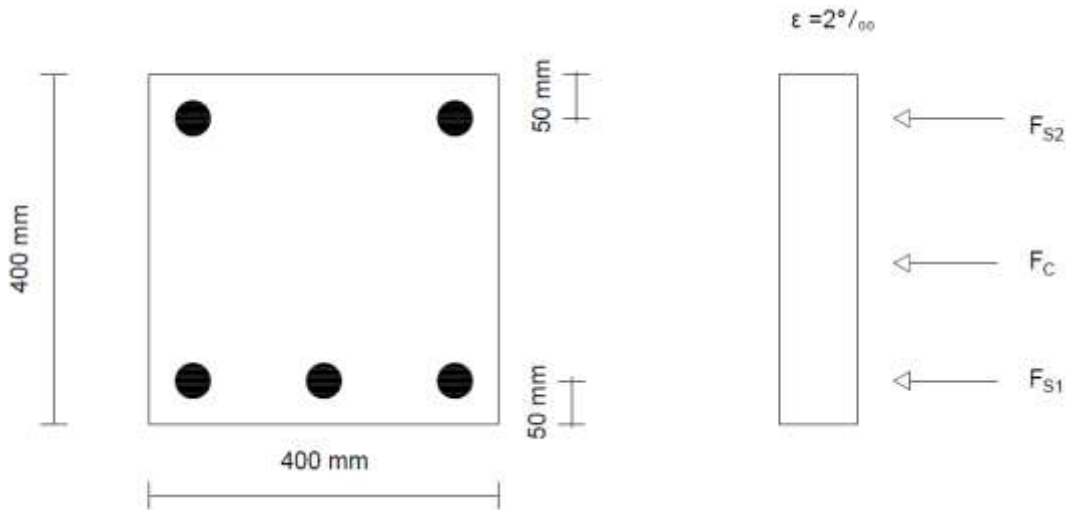
Εφελκυσμένος Οπλισμός $A_{S2} = 5.09 \text{ cm}^2$

Θλιβόμενος Οπλισμός $A_{S1} = 7.63 \text{ cm}^2$

Θετική σήμανση (+): στις θλιπτικές αξονικές και σε ροπές που θλίβουν την κάτω ακραία ίνα της διατομής

Περίπτωση (1) – Διατομή Σε Θλίψη

Για παραμόρφωση $2\text{‰} < \varepsilon_y = 2.17\text{‰}$ ο χάλυβας δεν διαρρέει.



$$F_{S1} = A_{S1} * f_{yd} * \frac{\varepsilon_{S1}}{\varepsilon_{yd}} = 7.63 * \frac{500}{1.15} * \frac{2}{2.17} \Rightarrow F_{S1} = 305,8 \text{ kN}$$

$$F_{S2} = A_{S2} * f_{yd} * \frac{\varepsilon_{S2}}{\varepsilon_{yd}} = 5.09 * \frac{500}{1.15} * \frac{2}{2.17} \Rightarrow F_{S2} = 203,9 \text{ kN}$$

$$F_c = A_c * f_{cd} = 0.4 * 0.4 * 0.8 * \frac{25000}{1.5} \Rightarrow F_c = 2.133,3 \text{ kN}$$

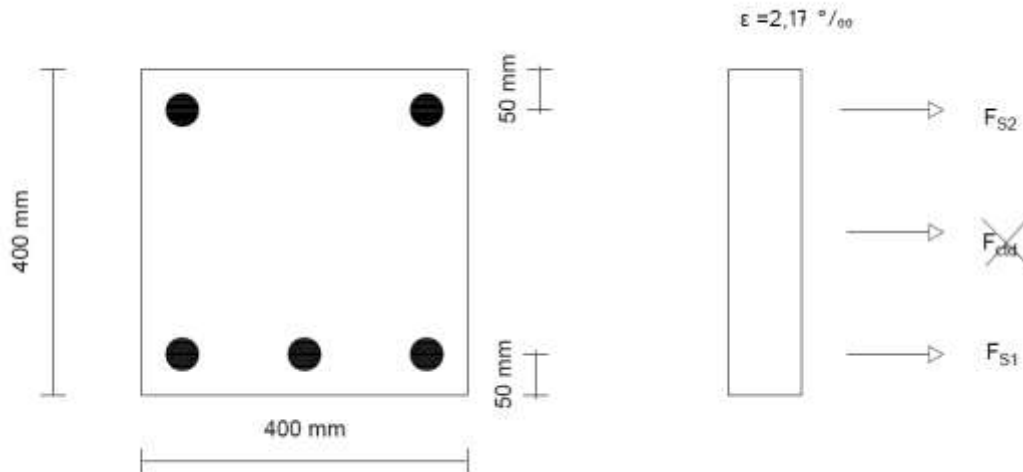
$$N_d = F_{S1} + F_{S2} + F_c \Rightarrow N_d = +2643 \text{ kN}$$

$$M_d = F_{S1} * z_1 - F_{S2} * z_2 = 305,8 * (0.2 - 0.05) - 203,9 * (0.2 - 0.05) \Rightarrow M_d = +15,3 \text{ kNm}$$

$$(M, N) = (-15,3, +2643)$$

Περίπτωση (2) – Διατομή Σε Εφελκυσμό

Για παραμόρφωση 2.17 ‰ ο χάλυβας διαρρέει.



Η εφελκυστική δύναμη του σκυροδέματος αγνοείται.

$$F_{S1} = A_{S1} * f_{yd} * \frac{\epsilon_{S1}}{\epsilon_{yd}} = 7.63 * \frac{500}{1.15} * \frac{2.17}{2.17} \Rightarrow F_{S1} = -331,8 \text{ kN}$$

$$F_{S2} = A_{S2} * f_{yd} * \frac{\epsilon_{S2}}{\epsilon_{yd}} = 5.09 * \frac{500}{1.15} * \frac{2.17}{2.17} \Rightarrow F_{S2} = -221,3 \text{ kN}$$

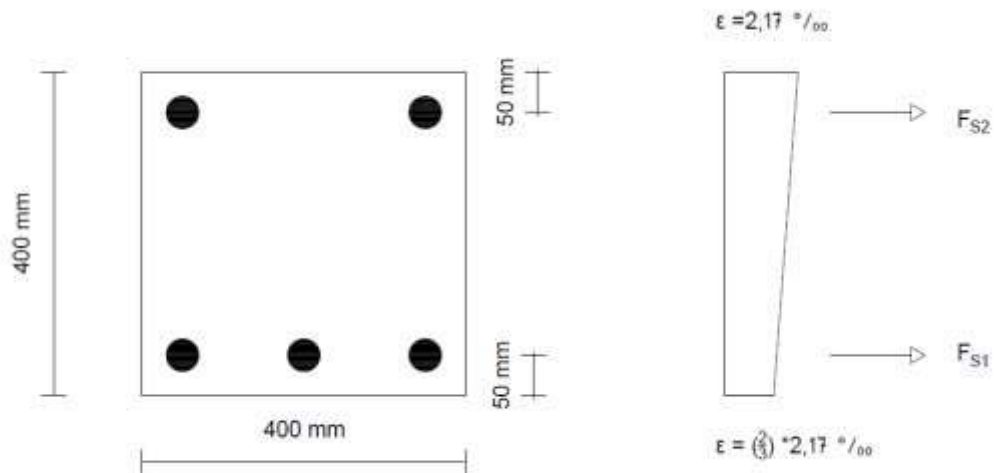
$$N_d = F_{S1} + F_{S2} + F_c \Rightarrow N_d = -553,1 \text{ kN}$$

$$M_d = F_{S1} * z_1 - F_{S2} * z_2 = 331,8 * (0.2-0.05) - 221,3 * (0.2-0.05) \Rightarrow M_d = -16,6 \text{ kNm}$$

$$(M,N) = (+16,6, -553,1)$$

Περίπτωση (3) – Διατομή Σε Καθαρό Εφελκυσμό

Για καθαρό εφελκυσμό ισχύει $\varepsilon_{S1} > \varepsilon_{yd}$ και $\varepsilon_{S2} > \varepsilon_{yd}$ και το σκυρόδεμα δεν συμμετέχει.



Ο A_{S2} άρα τη στιγμή της διαρροής του θα ισχύει $\varepsilon_{S2} = \varepsilon_{yd}$.

$$F_{S1} = A_{S1} \cdot f_{yd} \cdot \frac{\varepsilon_{S1}}{\varepsilon_{yd}} \quad (1)$$

$$F_{S2} = A_{S2} \cdot f_{yd} \cdot \frac{\varepsilon_{S2}}{\varepsilon_{yd}} \quad (2)$$

Εξισώνοντας τις (1) και (2) λαμβάνεται $\varepsilon_{S1} = \left(\frac{2}{3}\right) \cdot \varepsilon_{S2} \Rightarrow \varepsilon_{S1} = \left(\frac{2}{3}\right) \cdot \varepsilon_{yd}$

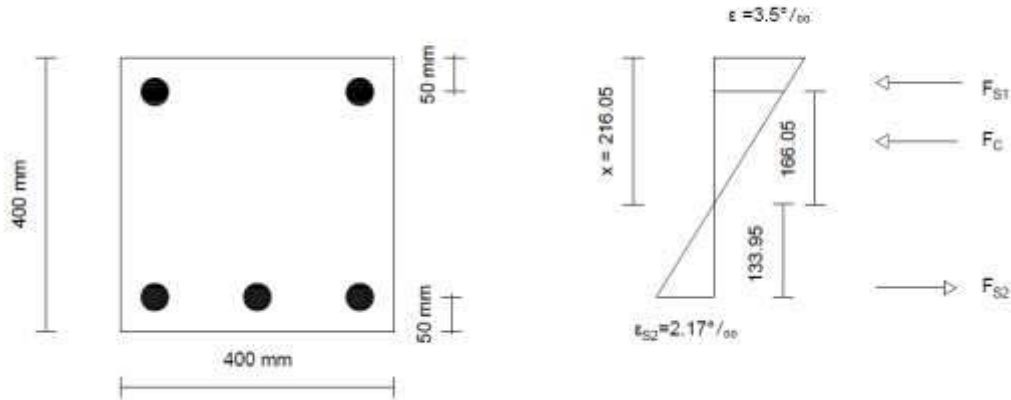
$$(1) \Rightarrow F_{S1} = A_{S1} \cdot f_{yd} = 7.63 \cdot \frac{500}{1.15} \Rightarrow F_{S1} = -221,3 \text{ kN και } F_{S2} = -221,3 \text{ kN}$$

$$N_d = F_{S1} + F_{S2} \Rightarrow N_d = -442,3 \text{ kN}$$

$$M_d = 0 \text{ kNm}$$

$$(M,N) = (0, -442,3)$$

Περίπτωση (4) – Μέγιστη Ροπή για Εφελκυσμό Κάτω Πέλματος



Από Όμοια Τρίγωνα λαμβάνεται το βάθος θλιβόμενης ζώνης $x = 216.05 \text{ mm}$, καθώς και οι παραμόρφωση του σπλισμού A_{S1} ως $\epsilon_{S1} = 2.69 \text{ ‰}$ για $\epsilon_{S2} = 2.17 \text{ ‰}$.

Σημειώνεται πως σε αυτή την περίπτωση με A_{S1} συμβολίζεται ο άνω σπλισμός (το αντίθετο από αυτό που ορίστηκε στην αρχή της άσκησης) καθώς στο επάνω τμήμα υπάρχει θλίψη.

$$F_{S1} = A_{S1} * f_{yd} = 5.09 * \frac{500}{1.15} \Rightarrow F_{S1} = +221,3 \text{ kN}$$

$$F_{S2} = A_{S2} * f_{yd} = 7.63 * \frac{500}{1.15} \Rightarrow F_{S2} = -331,7 \text{ kN}$$

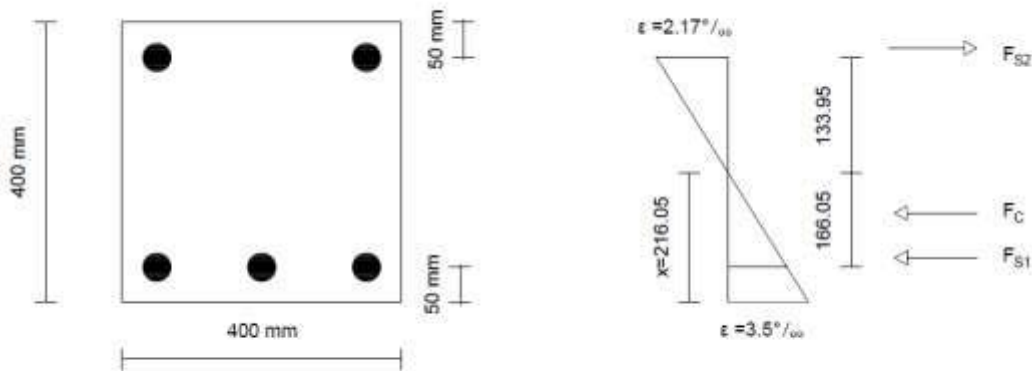
$$F_c = A_c * f_{cd} = 0.8 * x * b * f_{cd} = 0.8 * 0.21605 * 0.4 * 0.8 * \frac{25000}{1.5} \Rightarrow F_c = +921,8 \text{ kN}$$

$$N_d = F_{S1} + F_{S2} + F_c \Rightarrow N_d = 811,4 \text{ kN}$$

$$M_d = F_{S1} * z_1 + F_{S2} * z_2 + F_c * \left(\frac{h}{2} - 0.4 * x \right) \Rightarrow M_d = -185,9 \text{ kNm}$$

$$(M,N) = (+ 185,9 , +811,4)$$

Περίπτωση (5) – Μέγιστη Ροπή για Εφελκυσμό Άνω Πέλματος



Από Όμοια Τρίγωνα λαμβάνεται το βάθος θλιβόμενης ζώνης $x = 216.05$ mm, καθώς και οι παραμόρφωση του σπλισμού A_{S1} ως $\epsilon_{S1} = 2.69$ ‰ για $\epsilon_{S2} = 2.17$ ‰ .

$$F_{S1} = A_{S1} * f_{yd} = 7.63 * \frac{500}{1.15} \Rightarrow F_{S1} = +331,8 \text{ kN}$$

$$F_{S2} = A_{S2} * f_{yd} = 5.09 * \frac{500}{1.15} \Rightarrow F_{S2} = -221,3 \text{ kN}$$

$$F_c = A_c * f_{cd} = 0.8 * x * b * f_{cd} = 0.8 * 0.21605 * 0.4 * 0.8 * \frac{25000}{1.5} \Rightarrow F_c = +921,8 \text{ kN}$$

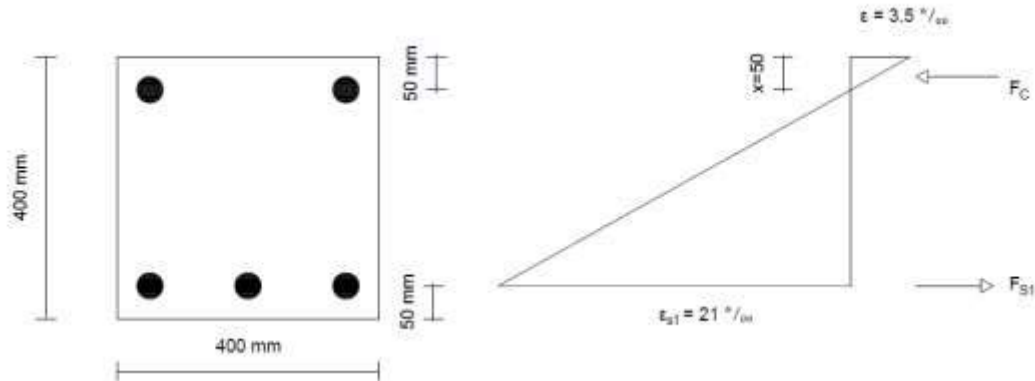
$$N_d = F_{S1} + F_{S2} + F_c \Rightarrow N_d = +1.032,3 \text{ kN}$$

$$M_d = F_{S1} * z_1 + F_{S2} * z_2 + F_c * \left(\frac{h}{2} - 0.4 * x \right) \Rightarrow M_d = - 189,4 \text{ kNm}$$

$$(M,N) = (- 189,4 , +1.032,3)$$

Περίπτωση (6)

Θλιβόμενη Ζώνη Βάθους $x=50\text{mm}$ Στο Άνω Πέλμα



Από Όμοια Τρίγωνα λαμβάνεται $\epsilon_{s1} = 21 \text{ ‰}$ επομένως ο χάλυβας διαρρέει.

$$F_{s1} = A_{s1} * f_{yd} = 7.63 * \frac{500}{1.15} \Rightarrow F_{s1} = -331,7 \text{ kN}$$

$$F_c = A_c * f_{cd} = 0.8 * x * b * f_{cd} = 0.8 * 0.05 * 0.4 * 0.8 * \frac{25000}{1.5} \Rightarrow F_c = +213.3 \text{ kN}$$

$$N_d = F_{s1} + F_c \Rightarrow N_d = -118,4 \text{ kN}$$

$$M_d = F_c * \left(\frac{h}{2} - 0.4 * x \right) + F_{s1} * \left(\frac{h}{2} - d_1 \right) = 213,3 * (0.2 - 0.4 * 0.05) + 331,7 * (0.2 - 0.05) \Rightarrow$$

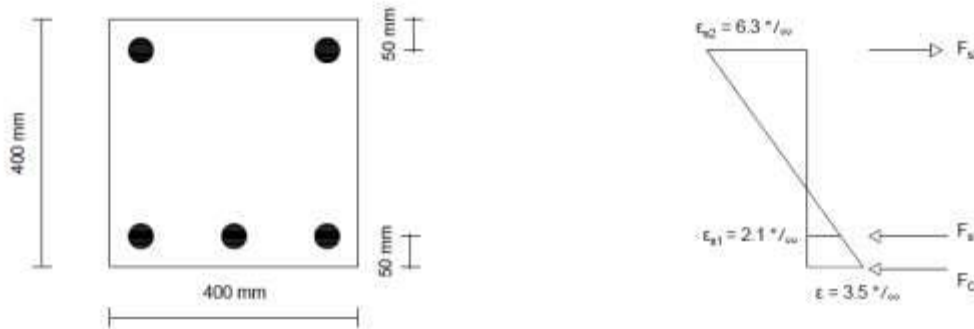
$$M_d = -88,1 \text{ kNm}$$

$$(M,N) = (+ 88,1 , -118,4)$$

Περίπτωση (7)

Θλιβόμενη Ζώνη Βάθους $x=125\text{mm}$ Στο Κάτω Πέλιμα

Από Όμοια Τρίγωνα λαμβάνεται $\varepsilon_{S1} = 2.1\text{‰} < \varepsilon_{yd}$ επομένως ο θλιβόμενος χάλυβας δε διαρρέει, ενώ $\varepsilon_{S2} = 6.3\text{‰} > \varepsilon_{yd}$ και άρα ο εφελκυσμένος χάλυβας διέρρηξε.



$$F_{S1} = A_{S1} * f_{yd} * \frac{\varepsilon_{S1}}{\varepsilon_{yd}} = 7.63 * \frac{500}{1.15} * \frac{2.1}{2.17} \Rightarrow F_{S1} = +321 \text{ kN}$$

$$F_{S2} = A_{S2} * f_{yd} = 5.09 * \frac{500}{1.15} \Rightarrow F_{S2} = -221,3 \text{ kN}$$

$$F_c = A_c * f_{cd} = 0.8 * x * b * f_{cd} = 0.8 * 0.125 * 0.4 * 0.8 * \frac{25000}{1.5} \Rightarrow F_c = +533.3 \text{ kN}$$

$$N_d = F_{S1} - F_{S2} + F_c \Rightarrow N_d = +633 \text{ kN}$$

$$M_d = F_c * z_1 + F_{S1} * z_1 + F_{S2} * z_2 = F_c * \left(\frac{h}{2} - 0.4 * x \right) + F_{S1} * 0,075 + F_{S2} * 0,175 =$$

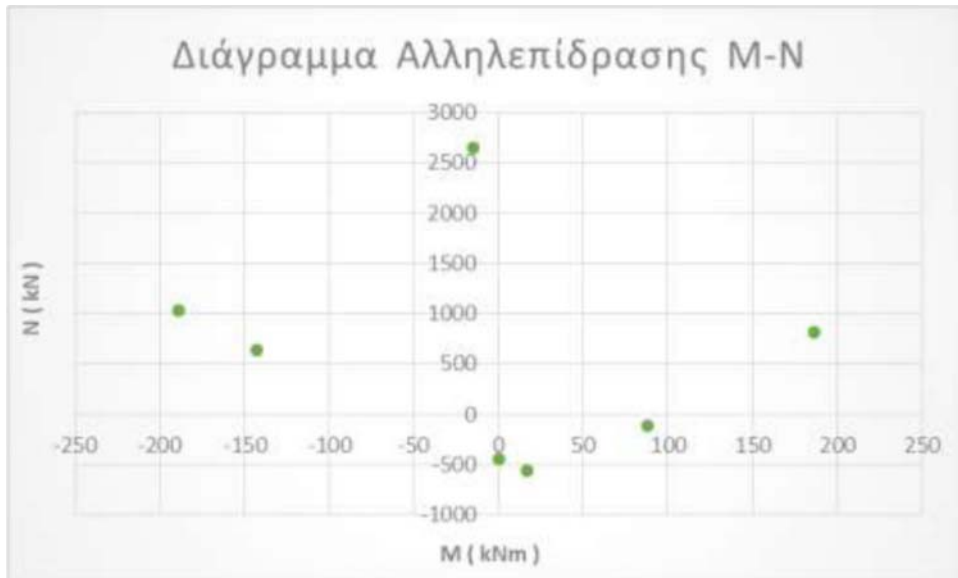
$$533.3 * (0.2 - 0.4 * 0.125) + 321 * 0.075 + 221,3 * 0.175 \Rightarrow M_d = +142,8 \text{ kNm}$$

$$(M,N) = (- 142,8 , +633)$$

Συνολικά, για τις προηγούμενες 7 περιπτώσεις έχουμε τα ζεύγη τιμών που συνοψίζονται στον Πίνακα 1. και προβάλλονται στο ακόλουθο Σχήμα 1. που όπως φαίνεται προσεγγίζουν σχήμα ρόμβου ο οποίος περιβάλλει την ασφαλή περιοχή τιμών:

M (kNm)	N (Kn)
-15,3	2643
16,6	-553,1
0	-442,3
185,9	811,4
-189,4	1032,3
88,1	-118,4
-142,8	633

Πίνακας 1. Ζεύγη Τιμών M,N κατά την Ο.Κ.Α.



Σχήμα 1. Διάγραμμα αλληλεπίδρασης M,N κατά την Ο.Κ.Α.