

### Ασκηση 3.1

(a) Αν μία ράβδος οπλισμού θεωρηθεί ότι λυγίζει μεταξύ δύο διαδοχικών συνδετήρων με μήκος λυγισμού το μισό της απόστασης,  $s_w$ , των συνδετήρων, να υπολογισθεί η απόσταση συνδετήρων,  $s_w$ , πέραν από την οποία η ράβδος μπορεί να λυγίσει προτού διαρρεύσει.

(b) Κατά τη θεωρία Shanley για το λυγισμό μετά τη διαρροή, ο τύπος του Euler για το φορτίο λυγισμού ισχύει, αλλά με μέτρο ελαστικότητας  $E$  το εφαπτομενικό,  $E_t$ , και την τάση  $\sigma$  του χάλυβα στην κράτυνση, αντί της  $f_y$ . Επειδή ο λυγισμός της ράβδου συμβαίνει υπό συνθήκες επιβεβλημένης αξονικής παραμόρφωσης και όχι επιβεβλημένης δύναμης, η ράβδος μπορεί να ξεπεράσει το πλατώ διαρροής χωρίς να λυγίσει και να φθάσει στην κράτυνση, όπου το εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας,  $E_t$ , είναι μη μηδενικό. Για μονοτονική φόρτιση, η τάση  $\sigma$  στην κράτυνση μπορεί να εκφρασθεί συναρτήσει της παραμόρφωσης  $\varepsilon$  [3.11]:

$$\sigma = f_t - (f_t - f_y) \left( \frac{\varepsilon_{su} - \varepsilon}{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}} \right)^{\frac{E_{sh}}{E_{sec}}}$$

όπου  $\varepsilon_{sh}$  η παραμόρφωση στο πέρας του πλατώ διαρροής και στην έναρξη της κράτυνσης,  $E_{sh}$  το εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας στην έναρξη της κράτυνσης και  $E_{sec} = (f_t - f_y) / (\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})$  το επιβατικό μέτρο ελαστικότητας μεταξύ έναρξης κράτυνσης (για  $\sigma = f_y$ ,  $\varepsilon = \varepsilon_{sh}$ ) και εφελκυστικής αντοχής (για  $\sigma = f_t$ ,  $\varepsilon = \varepsilon_{su}$ ).

$f_y = 575 \text{MPa}$ ,  $f_t = 650 \text{MPa}$ ,  $\varepsilon_{sh} = 1\%$ ,  $\varepsilon_{su} = 8\%$ ,  $E_{sh} = 3500 \text{MPa}$ .

### Ασκηση 3.2

Να εκτιμηθεί η αύξηση της τάσης διαρροής του χάλυβα λόγω ταχύτητας παραμόρφωσης σε μία διατομή, η οποία που εκτιμάται ότι θα παραμορφωθεί μέχρι μέγιστη τιμή του δείκτη πλαστιμότητας καμπυλοτήτων,  $\mu_\varphi = \varphi / \varphi_y$ , ίση με 7 (θεωρούμενη ως προς την ονομαστική καμπυλότητα διαρροής,  $\varphi_y$ , που υπολογίζεται με βάση την ονομαστική τάση διαρροής του χάλυβα). Ο χάλυβας είναι κατηγορίας S500 και η (ενεργός) περίοδος της απόκρισης στη φάση της μέγιστης απαιτούμενης πλαστιμότητας ισούται με 0,8sec.

### Ασκηση 3.3

Δείγματα χάλυβα οπλισμού με ονομαστικό όριο διαρροής  $f_{y,nom} = 500 \text{MPa}$ , ελέγχονται ως προς την ικανοποίηση των απαιτήσεων του Ευρωκώδικα 8 για τις τρεις

κατηγορίες πλαστιμότητας έργων οπλισμένου σκυροδέματος, Χαμηλή (L), Μέση (M) ή Υψηλή (H). Μεγάλος αριθμός μετρήσεων έδωσαν τα εξής, για τη μέση τιμή  $m$  και την τυπική απόκλιση  $s$  των βασικών ιδιοτήτων του δείγματος:

	$f_y$ (MPa)	$\varepsilon_{su}$ (%)	$f_t/f_y$
Μέσος όρος, $m$	560	10,2	1,24
Τυπική απόκλιση, $s$	42	2,2	0,065

Ζητείται ο έλεγχος της ικανοποίησης των απαιτήσεων του Ευρωκώδικα 8.

Όταν ο αριθμός των δειγμάτων είναι μεγάλος, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι η πιθανοτική κατανομή μηχανικών ιδιοτήτων, όπως αυτές που μας ενδιαφέρουν εδώ, είναι Κανονική (Gauss) με μέση τιμή,  $\mu$ , και τυπική απόκλιση,  $\sigma$ , ίσες με το μέσο όρο και την τυπική απόκλιση του δείγματος,  $m$  και  $s$ . Περαιτέρω, μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύουν οι εξής τύποι της Κανονικής κατανομής για τις άνω και κάτω χαρακτηριστικές τιμές με πιθανότητα υπέρβασης 95%, 90% και 10%:

$$x_{k,0,05}=m-1,645s,$$

$$x_{k,0,10}=m-1,282s,$$

$$x_{k,0,90}=m+1,282s$$

### Ασκηση 3.4

Θεωρώντας ότι η τελική αστοχία δοκού οφείλεται σε θραύση του εφελκόμενου χάλυβα της διατομής, να υπολογισθεί με βάση την εξ.(2.1) η ικανότητα παραμόρφωσης δοκού με μήκος διάτμησης  $L_s=2,8m$ , στατικό ύψος  $d=0,5m$ , ανηγμένο ύψος θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή και στην αστοχία  $\xi_y=0,22$  και  $\xi_u=0,17$  αντίστοιχα, χάλυβα S500 με  $\varepsilon_{su}=8.5\%$  και  $f_t/f_y=1,09$  και να συγκριθεί με αυτήν παρόμοιου μέλους με  $f_t/f_y=1,16$ .

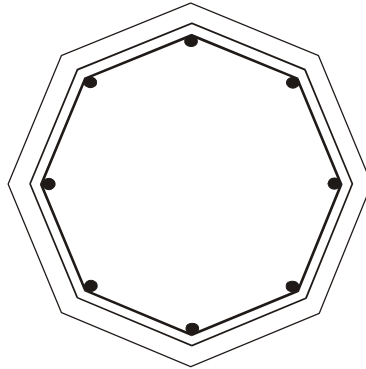
### Ασκηση 3.5

Η ενεργός περίοδος της σεισμικής απόκρισης έργων οπλισμένου σκυροδέματος είναι της τάξεως του 1,0sec. Η σεισμική δράση σχεδιασμού αναμένεται να έχει διάρκεια ισχυρής κίνησης 10sec περίπου. Όμως μόνον κατά το 50% της ανωτέρω διάρκειας αναμένεται οι κύκλοι της απόκρισης να ξεπερνούν το 15% έως 30% της μέγιστης απόκρισης κατά το σεισμό. Να εκτιμηθεί κατά πόσον αναμένονται φαινόμενα ολιγοκυκλικής κόπωσης του σκυροδέματος υπό αυτές τις συνθήκες.

### Ασκηση 3.6

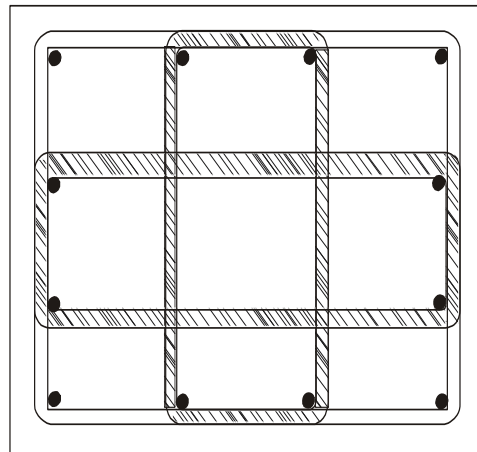
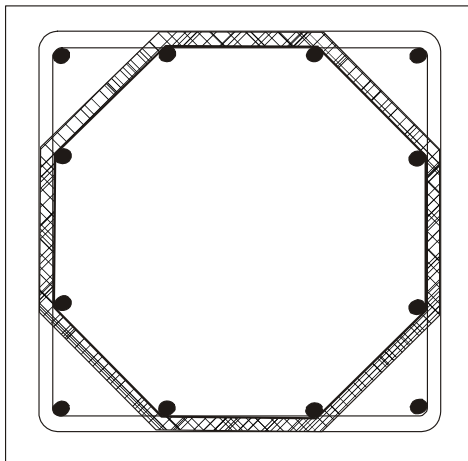
Υπολογίστε το συντελεστή αποδοτικότητας της περίσφιγξης εντός της διατομής,  $\alpha_n$ ,

για οκταγωνική διατομή με οκταγωνικό συνδετήρα που συγκρατεί τις διαμήκειες ράβδους στις 8 γωνίες της διατομής.



### Ασκηση 3.7

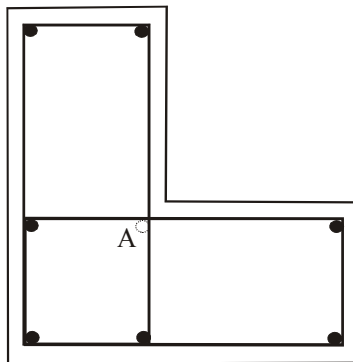
Τετραγωνική διατομή έχει δύο ράβδους στο ενδιάμεσο της κάθε πλευράς. Για την ίδια τάση περισφιγξης,  $p/f_c = \rho_x f_{yw} / f_c = \rho_y f_{yw} / f_c$ , ποιά διάταξη εσωτερικών συνδετήρων που συμπληρώνουν τον περιμετρικό δίνει μικρότερη ποσότητα εγκάρσιου οπλισμού;  
 α) ένας οκταγωνικός συνδετήρας που συγκρατεί και τις 8 συνολικά ενδιάμεσες ράβδους, ή (β) δύο εσωτερικοί ορθογωνικοί συνδετήρες, ο καθένας από τη μία πλευρά στην απέναντι, που συγκρατεί τις 4 ενδιάμεσες ράβδους των πλευρών αυτών;



### Ασκηση 3.8

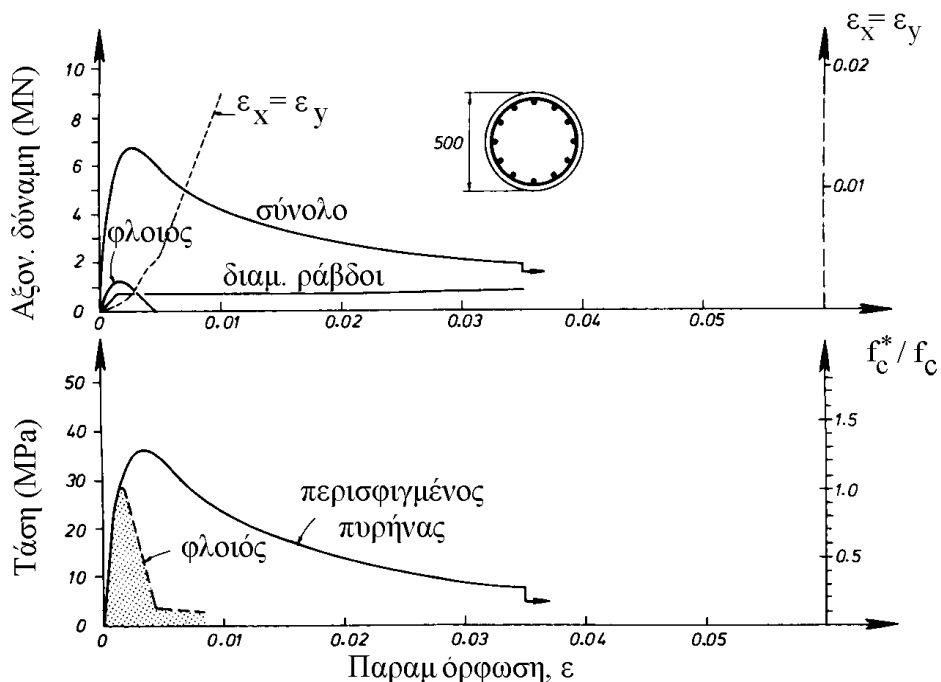
Υποστύλωμα  $\Gamma$  έχει δύο ορθογωνικούς συνδετήρες, έναν για κάθε σκέλος του  $\Gamma$ , οι οποίοι επικαλύπτονται στο κοινό τμήμα των δύο σκελών κοντά στην εξωτερική γωνία του  $\Gamma$ . Να υπολογισθεί ο συντελεστής αποδοτικότητας της περισφιγξης εντός της διατομής,  $\alpha_n$ , αν η διατομή έχει 7 διαμήκειες ράβδους, μία σε κάθε γωνία συνδετήρα (όπου οι δύο συνδετήρες έχουν κοινή γωνία στην εξωτερική γωνία του  $\Gamma$ ). Πως αλλάζει η τιμή του  $\alpha_n$  αν προστεθεί και 8<sup>η</sup> ράβδος,  $A$ , στη διασταύρωση των

συνδετήρων κοντά στην εισέχουσα γωνία του Γ;



### Άσκηση 3.9

Το υποστυλώμα του Σχήματος έχει διάμετρο 0,5m, κατακόρυφο οπλισμό από 12Φ14 με  $f_y=310\text{MPa}$  και σπειροειδή συνδετήρα διαμέτρου 8mm και βήματος 120mm, από χάλυβα με  $f_s=625\text{MPa}$  και  $\epsilon_{su}=0,10$ . Το σκυρόδεμα έχει  $f_c=29\text{MPa}$ ,  $\epsilon_{co}=0,2\%$  και  $\epsilon_{cu}=0,4\%$ . Η επικάλυψη του συνδετήρα με σκυρόδεμα είναι 28mm. Ζητείται ο υπολογισμός των παραμέτρων  $f_c^*$ ,  $\epsilon_{co}^*$  και  $\epsilon_{cu}^*$  κατά Mander et al και της αντοχής της διατομής σε κεντρική θλίψη.



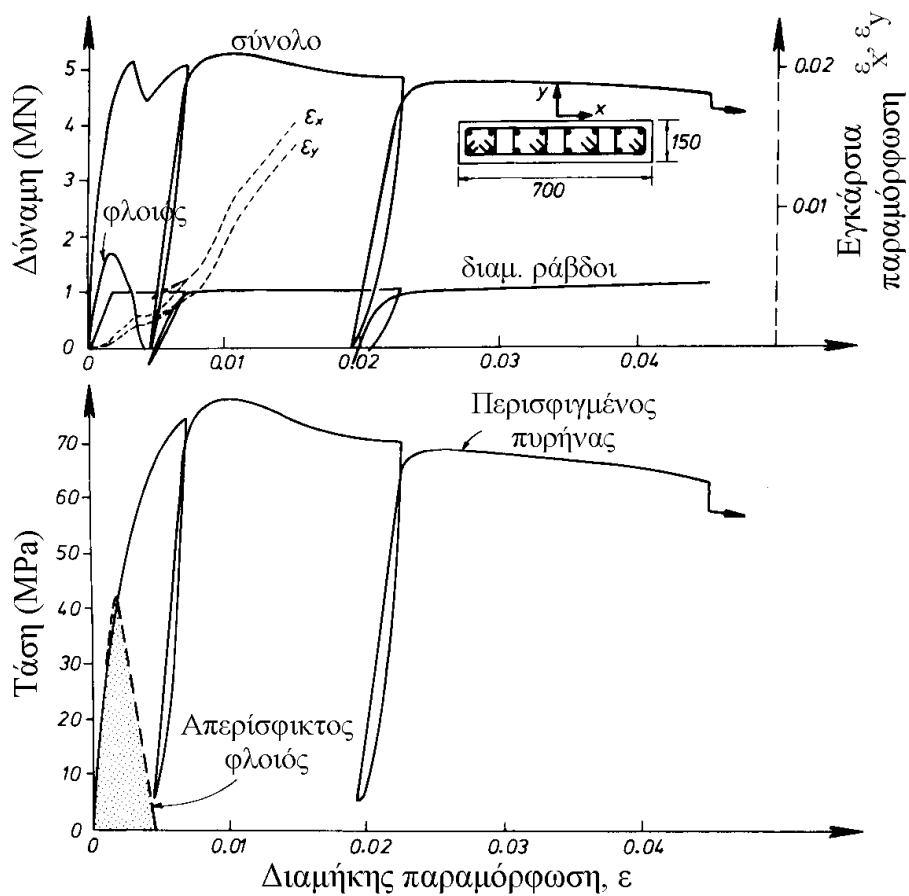
:Αξονική δύναμη και τάση  $\sigma_1$  περισφιγμένου και απερίσφικτου σκυροδέματος ως συνάρτηση της αξονικής βράχυνσης  $\epsilon_1$ . Πείραμα κεντρικής θλίξης σε κυκλική διατομή (κατά Mander et al [3.10])

### Άσκηση 3.10

Αν θέλομε να αυξήσουμε τη θλιπτική αντοχή υποστυλώματος, πιο συμπέρασμα

προκύπτει με βάση το προσομοίωμα του Model Code 90. Χρειάζεται μικρότερη ποσότητα χάλυβα αν το κάνουμε με διαμήκη οπλισμό απ' ότι αν το κάνουμε με εγκάρσιο; (Να συγκριθεί η ποσότητα διαμήκους ή εγκάρσιου χάλυβα που απαιτείται για την ίδια αξονική θλιπτική αντοχή του υποστυλώματος, ως συνάρτηση του μηχανικού ογκομετρικού ποσοστού εγκάρσιου οπλισμού  $\omega_w$ ). Ο συντελεστής αποδοτικότητας της περισφιγξης είναι  $\alpha=0.4$ , και ο διαμήκης οπλισμός έχει την ίδια τάση διαρροής με τον εγκάρσιο.

### Άσκηση 3.11



Αξονική δύναμη και τάση  $\sigma_1$  περισφιγμένου και απερίσφικτου σκυροδέματος ως συνάρτηση της αξονικής βράχυνσης  $\epsilon_1$ . Πείραμα κεντρικής θλίψης σε ορθογωνική διατομή (από Mander et al, [3.10])

Η διατομή του Σχήματος, διαστάσεων 0,15m x 0,7m, οπλίζεται με 16Φ14 με  $f_y=430\text{MPa}$ , ισοκατανεμημένα κατά μήκος των μεγάλων πλευρών. Ως οπλισμό περισφιγξης έχει έναν περιμετρικό συνδετήρα και 4 τετράγωνα εσωτερικούς που αγκαλιάζουν τετράδες διαμήκων ράβδων με διάμετρο  $d_h=8\text{mm}$  από χάλυβα με  $f_{yw}=515\text{MPa}$  και  $\epsilon_{su}=0,13$  και ανά αποστάσεις κατά τον άξονα του μέλους 42mm. Η

επικάλυψη των συνδετήρων με σκυρόδεμα είναι  $c=28\text{mm}$ . Το σκυρόδεμα σε μονοαξονική θλίψη έχει αντοχή  $f_c=43\text{MPa}$  σε παραμόρφωση  $\varepsilon_{co}=0,2\%$  και βράχυνση αστοχίας  $\varepsilon_{cu}=0,4\%$ .

1. Να υπολογισθεί το ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό συνδετήρων, ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης,  $\alpha$ , και οι παράμετροι  $f_c^*$ ,  $\varepsilon_{co}^*$  και  $\varepsilon_{cu}^*$  του περισφιγμένου σκυροδέματος, κατά τα σχετικά προσομοιώματα που παρουσιάστηκαν στην υποενότητα 2.1.2.2.
2. Να εκτιμηθεί η αντοχή του στοιχείου σε κεντρική θλίψη.
3. Να υπολογισθούν η ροπή διαρροής και η καμπυλότητα διαρροής της διατομής στην ισχυρή διεύθυνση κάμψης για θλιπτική αξονική δύναμη  $N=750\text{kN}$

### Άσκηση 3.12

Να αποδειχθούν οι εξ.(2.26), (2.27), (2.29) για γραμμική-ελαστική συμπεριφορά.