

Εξέταση στο μάθημα
Ωπλισμένο Σκυρόδεμα II
του 7^{ου} εξ. Δε 11-2-2019

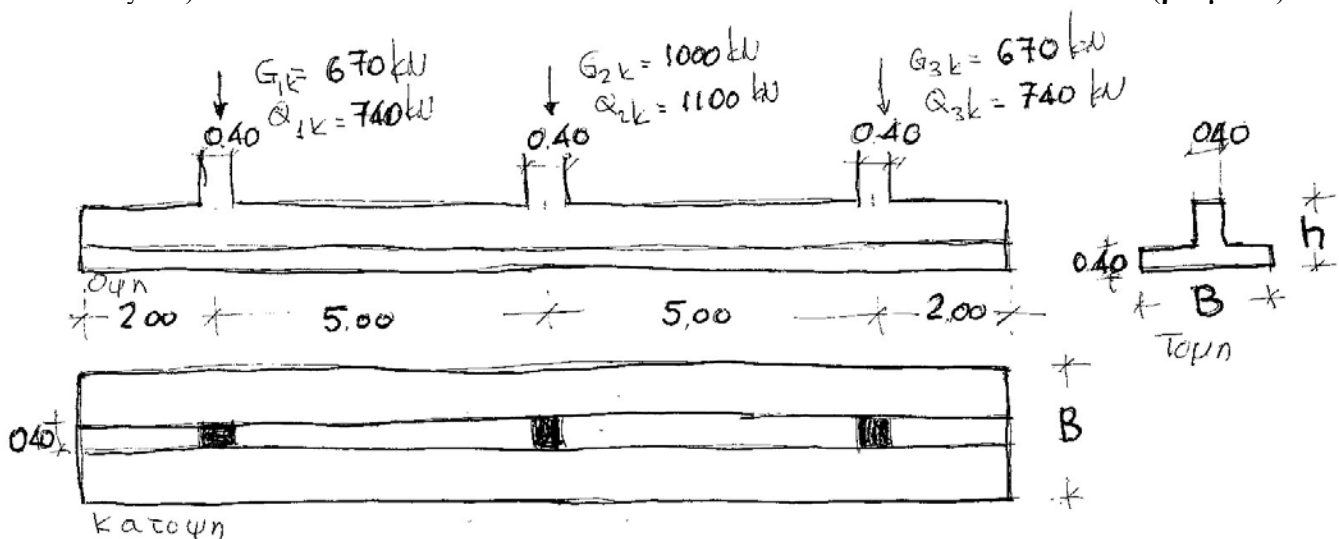
Διάρκεια 3h Απαντήστε σε όλα τα ερωτήματα. Επιτρέπεται μόνο η χρήση του Τυπολογίου. Τα κινητά τηλέφωνα πρέπει να είναι **απενεργοποιημένα** (όχι απλώς σιωπηλά).

- Ζήτημα 1^ο α)** Κατά τους ελέγχους περισφίγξεως και διατμήσεως σε ένα υποστύλωμα, οι απαιτούμενοι συνδετήρες προκύπτουν ως το άθροισμα των απαιτούμενων από τους δύο ελέγχους ή τίθενται οι δυσμενέστεροι που προκύπτουν από τους δύο ελέγχους ξεχωριστά? Αιτιολογήσατε την απάντησή-σας.
- β)** Κατά τους ελέγχους στρέψεως και διατμήσεως σε μία δοκό, οι απαιτούμενοι συνδετήρες προκύπτουν ως το άθροισμα των απαιτούμενων από τους δύο ελέγχους ή τίθενται οι δυσμενέστεροι που προκύπτουν από τους δύο ελέγχους ξεχωριστά? Αιτιολογήσατε την απάντησή-σας. **(βαθμ. 1.5)**

Ζήτημα 2^ο Τρία τετραγωνικά υποστυλώματα (0.40*0.40m) θεμελιώνονται μέσω πεδιλοδοκού κατά το παρακάτω Σχήμα. B500C, C30/37. Ζητούνται:

- α)** Να επιλέξετε το πλάτος, B, της πεδιλοδοκού ώστε οι πρόσθετες τάσεις από τα φορτία λειτουργίας (G+Q) της ανωδομής (δεν συμπεριλαμβάνεται το ι.β. της πεδιλοδοκού) να μην υπερβαίνουν την τιμή $\sigma_{ed}=200\text{KPa}$ (η πεδιλοδοκός να θεωρηθεί άκαμπτη και οι τάσεις του εδάφους σταθερές)
- β)** Να υπολογισθεί το ύψος, h, της πεδιλοδοκού ώστε η μέγιστη δρώσα τέμνουσα να μην υπερβαίνει την τιμή $0.5V_{Rd,max}$, όπου $V_{Rd,max}$ η μέγιστη τέμνουσα αντοχής λόγω αστοχίας των λοξών θλιπτήρων σκυροδέματος.
- γ)** Να υπολογισθούν οι απαιτούμενοι συνδετήρες, σταθεροί σε όλο το μήκος
- δ)** Να υπολογισθούν και σχεδιασθούν οι οπλισμοί κάμψεως του πέλματος και του κορμού της πεδιλοδοκού, σταθεροί σε όλο το μήκος.

Σημείωση: Δεν ζητείται ο έλεγχος ή η τήρηση των κατασκευαστικών διατάξεων (ελάχιστοι οπλισμοί, μέγιστες αποστάσεις κλπ). **(βαθμ. 3.5)**

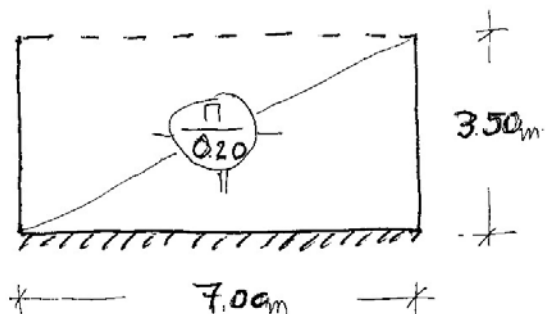


Ζήτημα 3^ο Δίδεται μεμονωμένη τριέριστη ορθογωνική πλάκα από Ω.Σ. με υλικά C25/30 και B500C με γεωμετρία κατά το παραπλεύρως σκαρίφημα. Πλέον του ιδίου βάρους της πλάκας, ($g_{d,πλ}$), δρουν και ομοιομόρφως κατανεμημένα φορτία ως εξής (χαρακτηριστικές τιμές):

Ίδιον βάρος επικαλύψεων $g_{k,επ}=2\text{kPa}$ και
Ωφέλιμο φορτίο $q_k=5\text{kPa}$

Για πάχος πλάκας $h=0.2\text{m}$ και επικάλυψη οπλισμών $c_{nom}=30\text{mm}$, ζητείται η επίλυση και πλήρης όπλιση της υπόψη πλάκας, συντάσσοντας ξυλότυπον (υπό κλίμακα), με αναλυτική παρουσίαση όλων των οπλισμών. Περιμετρικές δοκοί 0.30*0.70m, υποστυλώματα 0.30*0.30m. Επίσης, ζητείται να περιγράψετε ποιοτικά τί αλλαγές θα υπήρχαν στην όπλιση (όπως την υπολογίσατε) αν και η 3^η πλευρά (η απέναντι της ελεύθερης) ήταν απλή έδραση και όχι πλήρης πάκτωση (κατά το σκαρίφημα).

Σημείωση: Δεν ζητείται ο έλεγχος ή η τήρηση των κατασκευαστικών διατάξεων και ο έλεγχος των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας (βέλη, ρωγμές). **(βαθμ. 2.5)**



Ζήτημα 4° Διατομή υποστυλώματος 400/400 mm, C30/37, B500C, έχει οπλισθεί με διαμήκη οπλισμό 8Φ18 και εγκάρσιο οπλισμό 2Φ8/200, c=33mm (βλ. Σχήμα) και καταπονείται σε μονοαξονική ορθή ένταση.

Δίδονται οι εξής πληροφορίες:

- για τον σεισμικό συνδυασμό, στην ΟΚΑ και αγνοώντας την περίσφιγξη, το ύψος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x=131\text{mm}$,
- για τον σεισμικό συνδυασμό την στιγμή της διαρροής του πλέον εφελκυσμένου οπλισμού και αγνοώντας την περίσφιγξη, το ύψος της θλιβόμενης ζώνης είναι $x=150\text{mm}$

4.1) Ζητείται να προσδιορισθεί η διατιθέμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων, μ_ϕ , αμελώντας την περίσφιγξη.

4.2) Να συγκρίνετε τη διατιθέμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων που βρήκατε στο προηγούμενο ερώτημα, μ_ϕ , με την προσεγγιστική σχέση (αγνοώντας τους δύο ενδιάμεσους οπλισμούς πλησίον της ουδετέρας γραμμής)

$$\mu_\phi = 1.2 \varepsilon_{cud} \left\{ \frac{0.6}{\nu_d + (\varrho_1 - \lambda \varrho_2) \frac{f_{yd}}{f_{cd}}} - 1 \right\} \frac{E_s}{f_{syd}}$$

Η προσεγγιστική σχέση να εφαρμοσθεί τόσο αγνοώντας την περίσφιγξη όσο και λαβαίνοντάς-την υπόψη.

Υπενθυμίζεται ότι για το περισφιγμένο σκυρόδεμα είναι:

$$f_{c,conf} = (1.000 + 2.50\alpha_w)f_c \quad \text{για } \alpha_w < 0.1$$

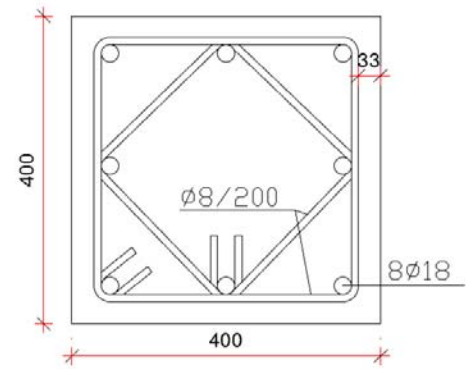
$$f_{c,conf} = (1.125 + 1.25\alpha_w)f_c \quad \text{για } \alpha_w \geq 0.1$$

$$\varepsilon_{cu,conf} = \varepsilon_{cu} + 0.1\alpha_w$$

4.3) Για την διατιθέμενη περίσφιγξη, πόση είναι η μέγιστη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων σύμφωνα με την σχέση του Ευρωκώδικα 8:

$$\alpha_{\omega_{wd}} \geq 30\mu_\phi \nu_d \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

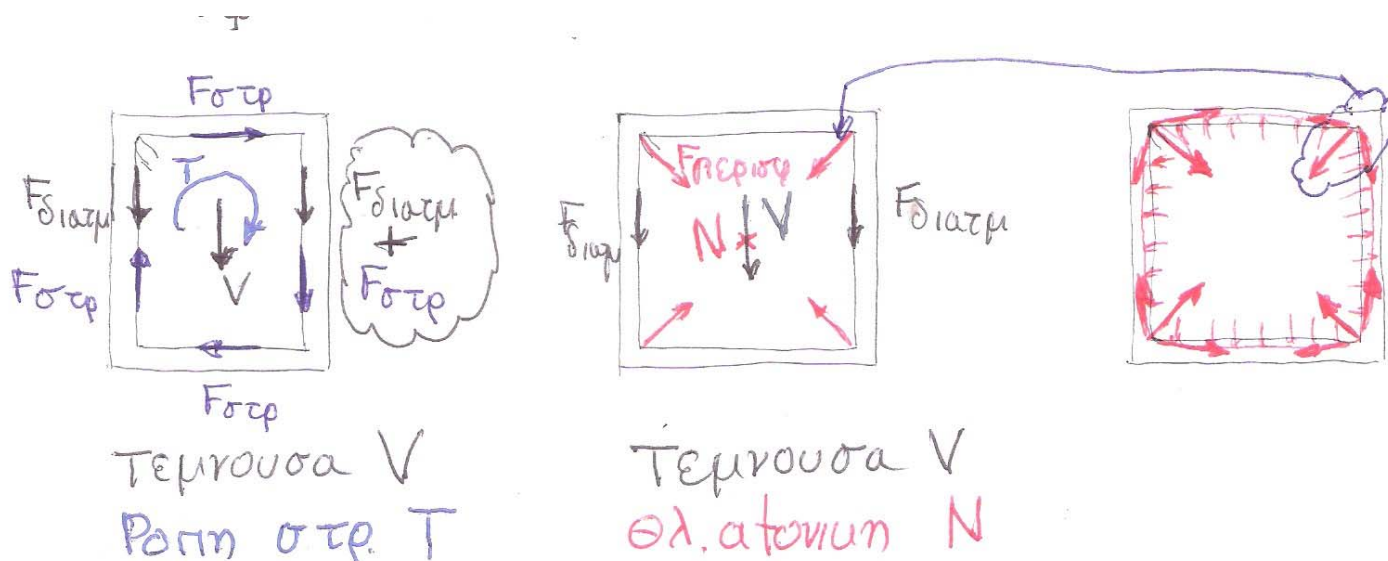
(βαθμ. 2.5)



Ζήτημα 1β) Αθροίζονται (βαθμ. 0.0), διότι αθροίζουμε τις δυνάμεις που απαιτούνται από στρέψη και διάτμηση (οι δύο δράσεις δημιουργούν απαίτηση στο κατακόρυφο σκέλος του συνδετήρα) (βαθμ. 0.4). Προφανώς η αιτιολόγηση με αναφορά στην έκφραση υπολογισμού των συνδετήρων από στρέψη και διάτμηση δεν αξιολογείται. Επίσης θεωρείται λάθος η απάντηση: «αθροίζουμε διότι οι δύο εντάσεις ενδέχεται να συνυπάρχουν». Εννοείται ότι συνυπάρχουν, αν δεν συνυπήρχαν δεν θα τοποθετούσαν το άθροισμα.

α) Δεν αθροίζονται (βαθμ. 0.2), διότι η μεν διάτμηση δημιουργεί απαιτήσεις για **κατακόρυφα σκέλη** συνδετήρα, ενώ η περίσφιγξη δημιουργεί απαιτήσεις για την «συγκεντρωμένη» δύναμη που εισάγεται στην **γωνία** του συνδετήρα (Ο συνδετήρας, με το κατακόρυφο σκέλος-του, αναλαμβάνει τέμνουσα, αλλά δεν παύει ταυτόχρονα να εισάγει θλίψη στον πυρήνα: στην γωνία του συνδετήρα, η εκτροπή/αλλαγή διεύθυνσης της εφελκυστικής δύναμης εισάγει θλιπτική δύναμη στον πυρήνα του σκυροδέματος με αποτέλεσμα την περίσφιγξη). (Τίθενται) Τίθενται (ή τοποθετούνται) οι δυσμενέστεροι. (βαθμ. 0.9)

Λάθος απάντηση στο 1α αφαιρείται βαθμ. 1.1. Επίσης θεωρείται λάθος η απάντηση: «... οι δύο εντάσεις δεν συνυπάρχουν». Εννοείται ότι συνυπάρχουν, αν δεν συνυπήρχαν δεν θα είχε νόημα το ερώτημα.



Ζήτημα 2α) (κατάσταση λειτουργικότητας) $B=[2*(670+740)+(1000+1100)]/14/200=1.76$, **Αρα $B=1.80m$ (βαθμ. 0.7)**
2β) (κατάσταση αστοχίας) $V_{Ed,max}=0.5*(1.35*1000+1.5*1100)=1500kN$, (Δεκτόν και όποιος δούλεψε με $V_{Ed,max}=1400kN$)
 $V_{Rd,max}=0.5*[0.5*0.4*0.9*d*[0.6*(1-30/250)]*20000]=950.4d \rightarrow d=1.58m$

Αρα $h=1.65m$ (βαθμ. 1.2)

2γ) (κατάσταση αστοχίας, δεν έχουμε «άμεση» στήριξη, άρα όχι σε απόσταση d από παρειά, δρώσα τέμνουσα ή 1400 ή 1500 δεκτά και τα δύο): $A_s/s=1500/[0.9*1.58]/43.5=24.3cm^2/m$ **Αρα $4\Phi 10/130mm$ (βαθμ. 0.7)**

2δ) Πέλμα: $\sigma_{ed}=502/1.8=279kPa$, $\rightarrow m_{par}=0.5*279*0.7^2=68.4kNm/m \rightarrow \mu=68.4/[0.35^2*17000]=0.033 \rightarrow \omega=0.033 \rightarrow A_s=0.033*100*35*17/435=4.5cm^2/m$ π.χ. **$\Phi 12/250mm$ (βαθμ. 0.4)**

Κορμός: κάτω: $\mu=2242/[0.4*1.58^2*17000]=0.132 \rightarrow \omega=0.143 \rightarrow A_s=0.143*40*165*17/435=35.3cm^2$ π.χ.

$(4+4)\Phi 25$ κάτω (βαθμ. 0.5)

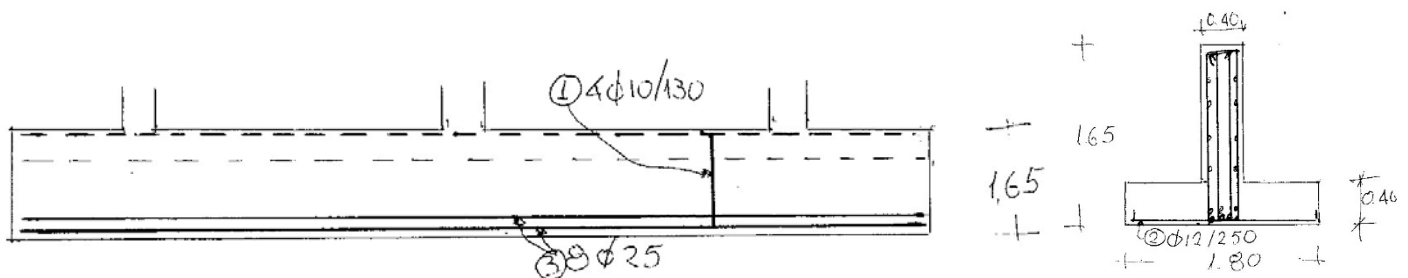
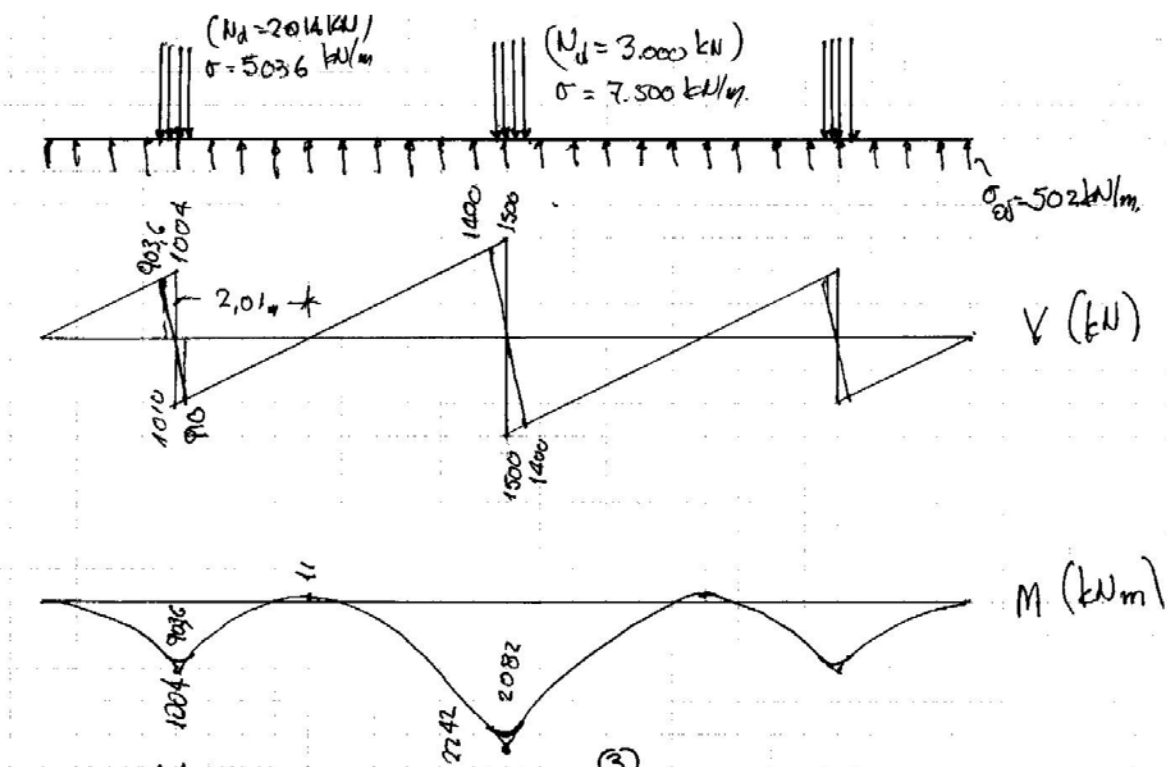
Ανω: Δεν απαιτείται. Τίθενται οι ελάχιστοι (δεν ζητούνται)

Παριές: Τίθενται $2*4\Phi 12$ (δεν ζητούνται)

Λάθος χρήση επιμέρους συντελεστών ασφαλείας αφαιρείται βαθμ. 0.3

Ας είμαστε, κατά κρίση, ελαστικοί σε λάθη της στατικής επίλυσης, αλλά:

- η πεδילוδοκός δεν είναι συνεχής δοκός με τρεις στηρίξεις
- όποιος θεώρησε ως δρώσα τέμνουσα ολόκληρη την αξονική δύναμη του υποστυλώματος αφαιρείται βαθμ. 0.8
- λάθος εκτίμηση του γραμμικού φορτίου κάτω από την πεδילוδοκό ή του επιφανειακού φορτίου κάτω από το πέλμα της πεδילוδοκού αφαιρείται βαθμ. 0.9
- όποιος έκανε ελέγχους διατρήσεως κλπ αφαιρείται βαθμ. 2.0



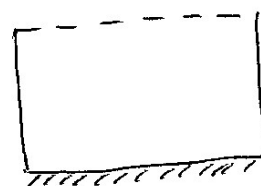
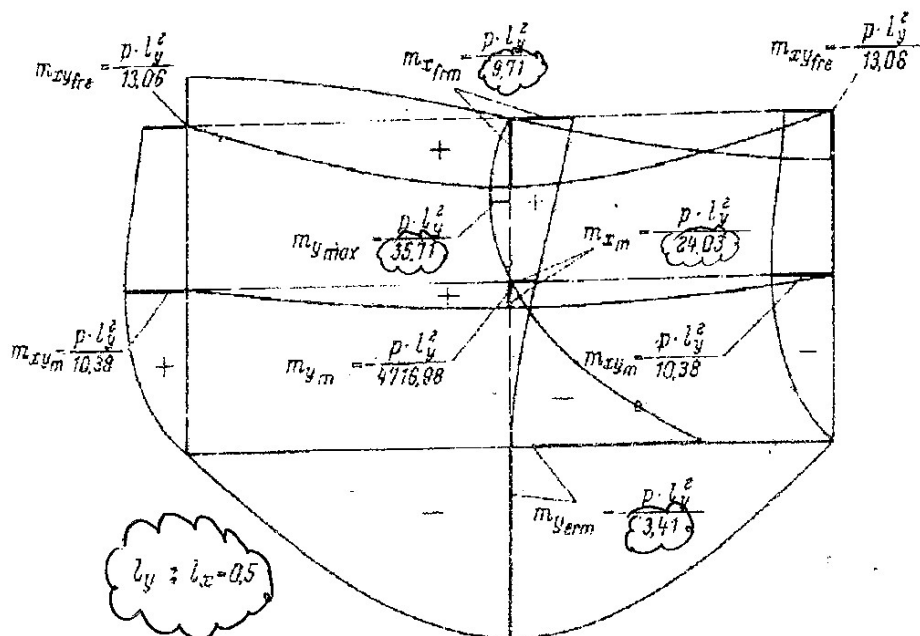
Ζήτημα 3) Προσοχή στα εξής σημεία:

1. Η πλάκα, σύμφωνα με την εκφώνηση, είναι μεμονωμένη (επίπτωση στις καθαρές διαστάσεις, οι οπλισμοί αγκυρώνονται μέσα στις δοκούς).
2. Οι οπλισμοί της πάκτωσης υπολογίσθηκαν με μειωμένη τάση χάλυβα για λόγους αγκυρώσεως (αυτό δεν απαιτείτο να το γνωρίζουν οι Σπουδαστές και δεν αξιολογήθηκε).
3. Ευλόγως υπό κλίμακα και σαφής σχεδίαση οπλισμών.
4. Αν αγνοηθεί η πάκτωση, ναι μεν δεν υπάρχει η αρνητική ροπή στηρίζεως, αλλά μεγαλώνουν πολύ οι ροπές ανοίγματος με αποτέλεσμα να απαιτείται διπλάσιος οπλισμός τόσο κατά x όσο και κατά y.

Τριέρειςτοι όρθογωνικά πλάκες

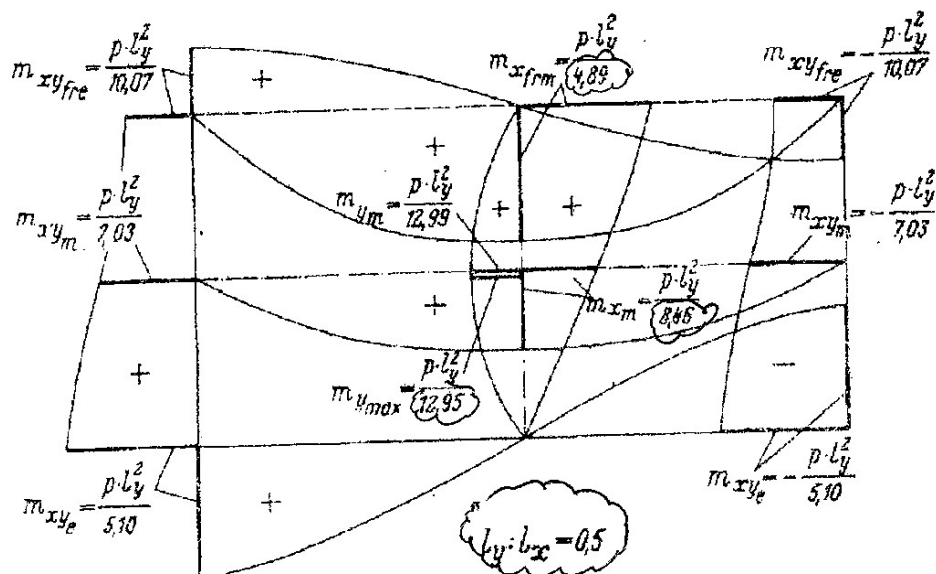
211

3.1



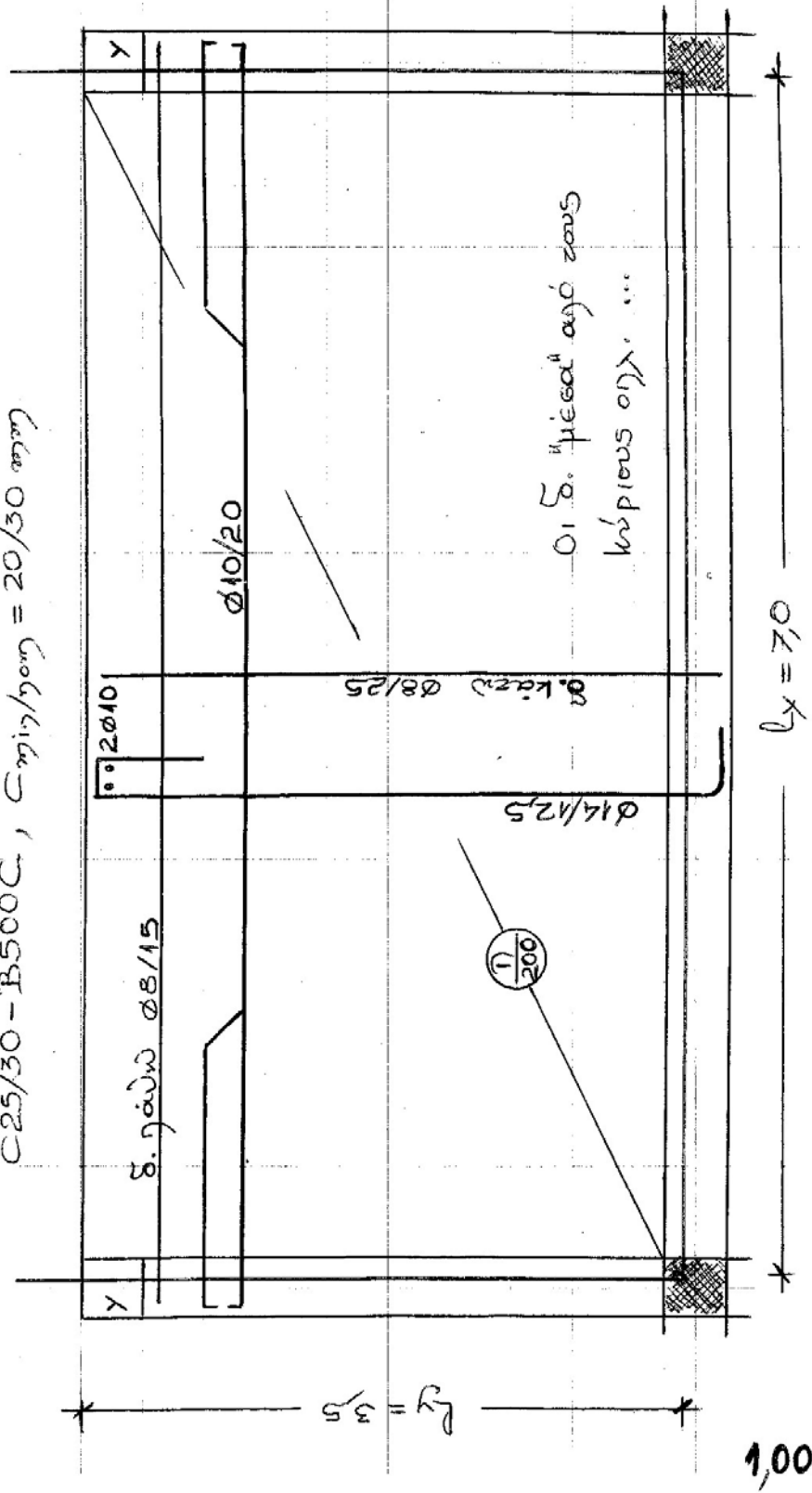
Τριέρειςτοι όρθογωνικά πλάκες

209



1) κύρια επιρροές (ακραία) χωρίδα	$m_{x_{\text{φτμ}}} = + p_d \cdot l_y^2 = 9,71 \approx 21,5$
[Σμ πιέρ, $y/l_y = 0,5$	$m_{x_m} = + - - : 24,03$]
2) κύρια επιρροές (μεσαία) χωρίδα	$m_{y_{\text{εμ}}} = - - - : 3,41 \approx 61,0$ $y/l_y = 0,50 \quad m_{y_m} = - - - : 1717$ $y/l_y = 0,75 \quad m_{y_{\text{max}}} = + - - : 3571 \approx 610$
σημείων	$m = 21,5^+$ $m = 610^-$ $\rightarrow A_s \approx 3,5 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\rightarrow A_s \approx 11,5 \text{ cm}^2/\text{m}$
0,75	<p>ΠΡΟΣΟΧΗ: Για $\sigma_{sd} = 0,8 f_{yk}$ (αγκυρώσεων, δοκών)</p> <p>X, κέρω $\phi 10/20 \quad (3,93 \text{ cm}^2)$</p> <p>Y, γέρω $\phi 14/12,5 \quad (12,32 \text{ cm}^2)$</p>
	3,2

C25/30 - B500C, $\sigma_{yk}/\sigma_{yk} = 20/30$ mm



$$l_{eff} = l_y + a_1 + a_2, \quad a_1 = m \ln \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{200}{12.5} \cdot 300 \right) m$$

$$l_y/l_x = 0.5$$

Δοκί 30/70, γ_{η/za} 30/30 (za m/za γ δει είναι υποπεριχλω, αλλόα...)

$$g_{k,1B} = 5, g_{k,ey} = 2 / g_{k,t} = 7 \text{ } \gamma \text{ } q_k = 5 \longrightarrow P_d = 135 \cdot 7 + 150 \cdot 5 \approx 17 \text{ kN/m}^2$$

Για 3-έρεση με ελεύθερες επιλογές (αυτοί):

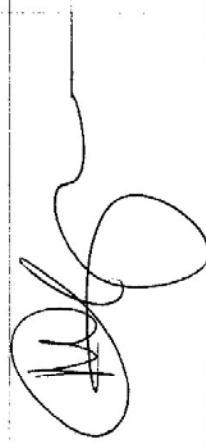
Βλ. γρίν/έντα.

Επιβάρυνση των επιφορέων λωπίδων (άλη: δια 4,89/μίσχ: δια 8,96)

Έχει οισμή-πρόβος για τη επιφορέση λωπίδων,
αλλά πακτωίς αφιέρωται! (μίσχ: δια 12,99/μίσχ: δια 13,95)

Ένατη διαγοροποίητη με οήλωση.

0,75

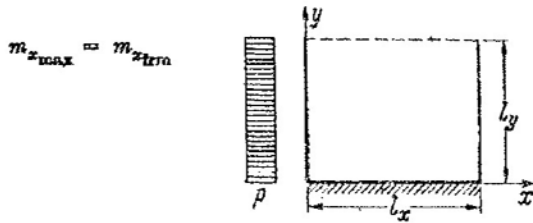


3.2.2. Πλήρης κάκτωση της έναντι της ελευθέρως κειμένης παρυφής και ελεύθερα έδρασις των δύο ξένων

210

Τριερείστοι όρθογωνικοί πλάκες

$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{x_m} =$	78,19	52,29	31,74	24,03	20,57	18,92	18,63	18,92	19,70	20,68	21,98	23,51	26,24	27,18
$m_{x_{trm}} =$	26,42	18,09	11,75	9,71	9,09	9,13	9,59	10,36	11,37	12,81	14,06	15,72	17,58	19,64
$m_{y_{erm}} =$	2,26	2,42	2,85	3,41	4,11	4,94	5,95	7,14	8,51	10,06	11,79	13,72	15,82	18,13
$m_{y_m} =$	-12,69	-17,24	-43,58	-4716,98	-32,03	-56,95	-52,20	-53,97	-59,16	-67,51	-78,66	-92,89	-110,56	-132,38
$m_{y_{max}} =$				35,71					54,48					126,58
				$v/l_y = 0,75$					$v/l_y = 0,6$					$v/l_y = 0,43$
$m_{xy_m} = \pm$	8,00	8,32	9,11	10,38	12,21	14,68	17,87	21,99	27,24	33,83	42,07	52,32	65,00	80,73
$m_{xy_{trm}} = \pm$	8,68	9,02	10,48	13,06	17,10	23,18	32,15	45,35	64,50	92,32	132,53	190,51	273,74	393,54

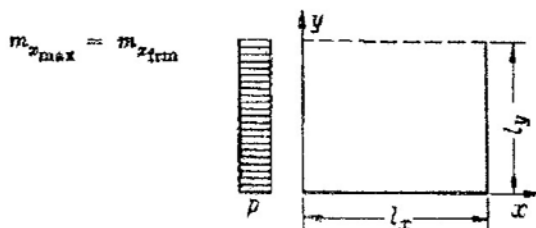


3.2. Πίνακες τριερείστων όρθογωνικών πλακών με όμοιόμορφον καθολικήν φόρτισιν

208

3.2.1. Έλεύθερα έδρασις των τριών παρυφών

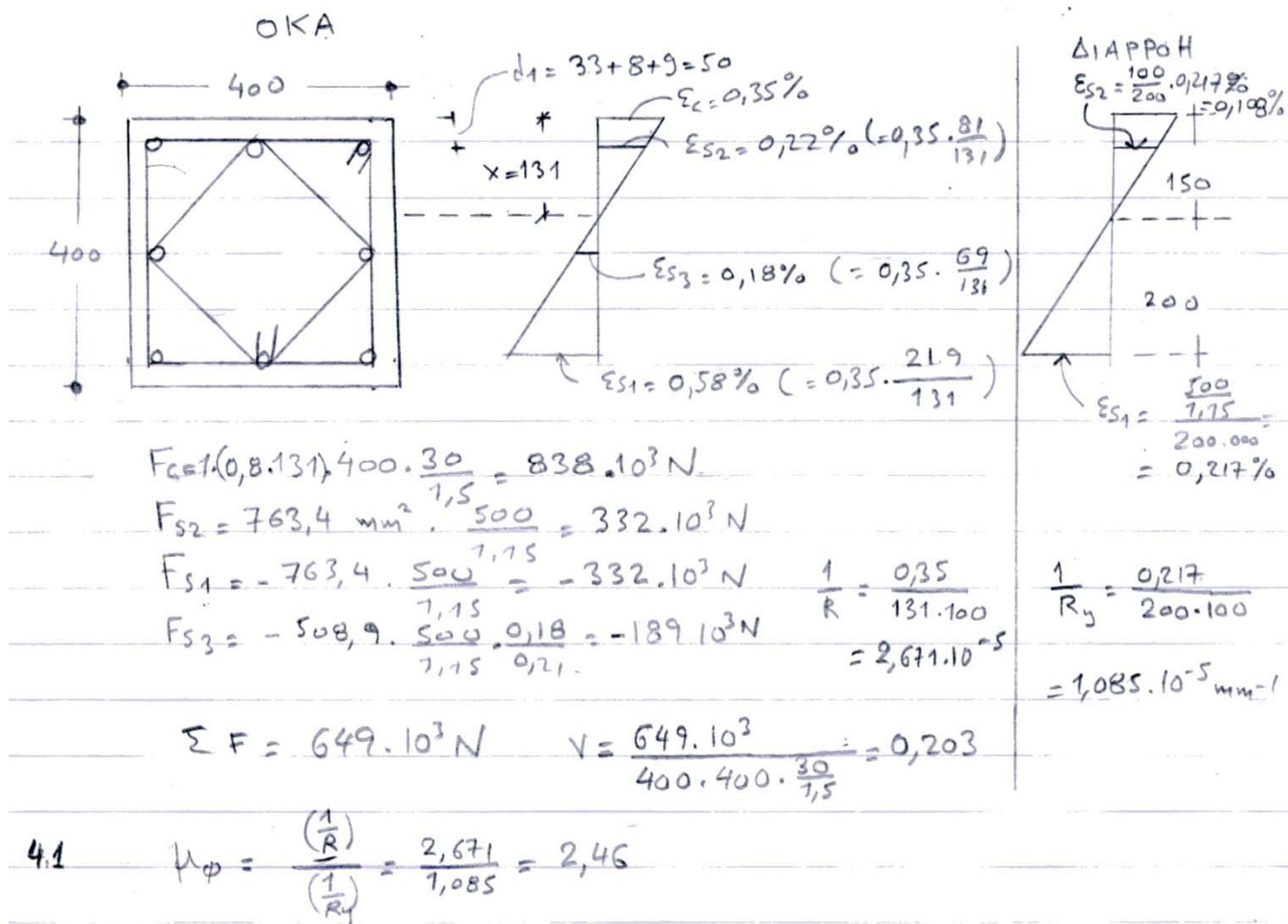
$l_y : l_x$	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$m_{x_m} =$	7,88	7,88	8,04	8,46	9,11	9,97	11,04	12,26	13,67	15,24	16,96	18,83	20,86	23,04
$m_{x_{trm}} =$	4,04	4,12	4,41	4,89	5,53	6,34	7,32	8,46	9,77	11,25	12,90	14,73	16,73	18,90
$m_{y_m} =$	8,43	8,92	10,51	12,99	16,51	21,27	27,56	35,72	46,15	59,35	75,90	96,51	122,04	153,54
$m_{y_{max}} =$	8,43	8,92	10,51	12,95	16,44	20,94	26,58	33,47	41,67	50,42	59,99	70,42	81,67	93,75
	$v/l_y = 0,5$	0,5	0,5	0,48	0,45	0,42	0,4	0,38	0,33	0,28	0,26	0,25	0,24	0,22
$m_{xy_e} = \pm$	2,23	2,74	3,84	5,10	6,58	8,31	10,32	12,65	15,30	18,27	21,56	25,17	29,10	33,34
$m_{xy_m} = \pm$	2,55	3,24	4,89	7,03	9,81	13,42	18,10	24,11	31,78	41,51	53,78	69,19	88,44	112,41
$m_{xy_{trm}} = \pm$	2,90	3,83	6,32	10,07	15,79	24,47	37,57	57,22	86,46	129,72	193,27	286,29	421,76	618,43



Τριερείστοι όρθογωνικοί πλάκες

Ζήτημα 4) Προσοχή στα εξής σημεία:

1. Η απάντηση στο ερώτημα 4.1 πρακτικώς δίνεται μιας και δίνονται οι καμπυλότητες διαρροής και αστοχίας (δεδομένου ότι έχουν δοθεί τα αντίστοιχα ύψη θλιβόμενης ζώνης).
2. Για τον λόγο, λ , (= ο λόγος των τάσεων εφελκόμενου/θλιβόμενου οπλισμού) δεχόμαστε οποιαδήποτε αιτιολογημένη τιμή (είτε από την κατάσταση της διαρροής, είτε από την κατάσταση της αστοχίας, είτε την μέση τιμή των δύο). Το απλούστερο $\lambda=1$ ή ότι άλλο υπολόγισαν.
3. Το πονηρό σημείο της άσκησης είναι ότι, αφού δίνεται το σ_{yk} οι ανηγμένες παραμορφώσεις, σημαίνει ότι δίνεται η αξονική δύναμη που καταπονεί την διατομή (από την εξίσωση ισοδυναμίας αξονικών δυνάμεων προκύπτει $N=649\text{kN}$). Η αξονική προκύπτει (ίδια προφανώς) είτε από την εξίσωση στην κατάσταση αστοχίας είτε από την εξίσωση στην διαρροή. Κανονικά, το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στην κατάσταση διαρροής δεν θα έπρεπε να είχε δοθεί, αλλά να υπολογισθεί με δοκιμές. Δόθηκε για οικονομία χρόνου.



$$4.2 \quad \lambda_3 = \frac{0,108}{0,217} = 0,57 \quad (\text{Δεχόμεστε και την τιμή } \lambda=1)$$

$$p_1 = p_2 = \frac{763,4}{4002} = 0,48\%$$

$$\varepsilon_{\text{culd}} = 0,0035 + 0,1 \cdot 0,0365 = 0,0071 \quad \text{βλ. 4.3}$$

$$f_{c,\text{conf}} = (1 + 2,50 \cdot 0,0365) \cdot 30 = 32,70 \quad f_{cd} = \frac{32,70}{1,5} = 21,80$$

$$\text{για } \lambda=0,5 \quad \mu_{\phi} = 1,2 \cdot 0,00532 \left[\frac{0,6}{0,203 + (0,0048 - 0,5 \cdot 0,0048) \frac{435}{21,80}} - 1 \right] \frac{200.000}{435} =$$

$$[-] = 1,37$$

$$\mu_{\phi} = 1,2 \cdot 0,00532 \cdot 1,37 \cdot \frac{200.000}{435} = 4,03$$

$$\text{για } \lambda=1 \rightarrow \mu_{\phi} = 1,2 \cdot 0,00532 \left[\frac{0,6}{0,203} - 1 \right] \cdot \frac{200.000}{435} = 5,74$$

$$\beta) \text{ για αντισφιντα } \lambda=0,5 \rightarrow [-] = 1,35$$

$$\mu_{\phi} = 1,2 \cdot 0,0035 \cdot 1,30 \cdot \frac{200.000}{435} = 2,60$$

$$\text{για } \lambda=1 \rightarrow \mu_{\phi} = 1,2 \cdot 0,0035 \cdot \left[\frac{0,6}{0,203} - 1 \right] \cdot \frac{200.000}{435} = 3,78$$

$$4.3 \quad b_o = 400 - 2 \cdot 33 - 8 = 326 \quad w_{wd} = \frac{4 \cdot 326 (1 + \sqrt{2}/2) \cdot 50}{326 \cdot 200 \cdot 326} \cdot \frac{434,8}{20} = 0,114$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{200}{2 \cdot 326} \right)^2 = 0,480$$

$$\alpha_n = 1 - \sum_{i=1}^8 \frac{(326/2)^2}{6 \cdot 326^2} = 1 - \frac{8 \cdot 326^2}{4 \cdot 6 \cdot 326^2} = 1 - 0,333 = 0,667$$

$$\alpha = 0,48 \cdot 0,667 = 0,32$$

$$\alpha w_{wd} = 0,32 \cdot 0,114 = 0,0365 (< 0,1)$$

$$\alpha w_{wd} > 30 \mu\phi \cdot V_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_o} = 0,035$$

$$\leadsto 0,0365 > 30 \mu\phi \cdot 0,203 \cdot 0,00217 \cdot \frac{400}{326} = 0,035$$

$$\leadsto 0,0365 > 1,6215 \cdot \mu\phi = 0,035 \leadsto \mu\phi \leq \frac{0,0365 + 0,035}{0,016} = 4,40$$