

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΑΘΗΜΑ : Ανάλυση Κατασκευών και Οπλισμένο Σκυρόδεμα
ΕΞΑΜΗΝΟ : 5^ο
ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ : Ι. ΤΣΟΜΠΑΝΑΚΗΣ
ΠΑΡΑΔΟΣΗ : 11/1/2026
ΤΡΟΠΟΣ : Ως «Εργασία» στο e-class σε ένα ευανάγνωστο αρχείο PDF

Θ Ε Μ Α Ο Π Λ Ι Σ Μ Ε Ν Ο Υ Σ Κ Υ Ρ Ο Δ Ε Μ Α Τ Ο Σ

Δίνεται ο ξυλότυπος του σχήματος 1. Η ποιότητα του σκυροδέματος είναι **C30** (συντ. ασφαλείας σκυροδέματος $\gamma_c=1.50$) και του χάλυβα των οπλισμών κάμψης και διάτμησης είναι **S500** (συντ. ασφαλείας χάλυβα $\gamma_s=1.15$).

α Στο σχήμα 1 παρουσιάζονται οι συνθήκες στήριξης των πλακών κατά x και y. Η διατομή της πλακολωρίδας για την εύρεση των καμπτικών οπλισμών των πλακών είναι διαστάσεων $(b \times h)=(1.0m \times 0.18m)$, το στατικό ύψος της ισούται με $d=0.15m$ και η απόσταση $d_1=0.03m$.

β Η γεωμετρία της **ανεστραμμένης** δοκού τριών ανοιγμάτων Δ1-Δ2-Δ3 παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Η ορθογωνική διατομή της δοκού είναι διαστάσεων $(b_w \times h)=(0.25m \times 0.60m)$, το στατικό ύψος της ισούται με $d=0.55m$ και η απόσταση $d_1=0.05m$. Στη Δ1 υπάρχει πλάκα εκατέρωθεν της δοκού πάχους $h_f=0.18m$ (βλ. τομή) και το πλάτος της πλακοδοκού (μορφής ταυ) λαμβάνεται ίσο με $b_{ef}=1.20m$. Στη Δ2 υπάρχει πλάκα σκυροδέματος πάχους $h_f=0.18m$ μόνο από τη μία πλευρά, οπότε το πλάτος της πλακοδοκού (μορφής γάμα) λαμβάνεται ίσο με $b_{ef}=0.90m$.

~~Τέλος, στο σχήμα 3 δίνονται τα στοιχεία της διατομής του υποστυλώματος Κ1. Η διατομή του είναι διαστάσεων $(b \times h)=(0.50m \times 0.50m)$ και $d_1=0.05m$. Οι οπλισμοί διάτμησης που θα χρησιμοποιηθούν στο υποστύλωμα είναι τρίμητοι συνδετήρες, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.~~

Χρησιμοποιώντας τις παρακάτω τιμές των εντατικών μεγεθών σχεδιασμού να υπολογισθούν οι απαιτούμενοι οπλισμοί κάμψης και διάτμησης ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

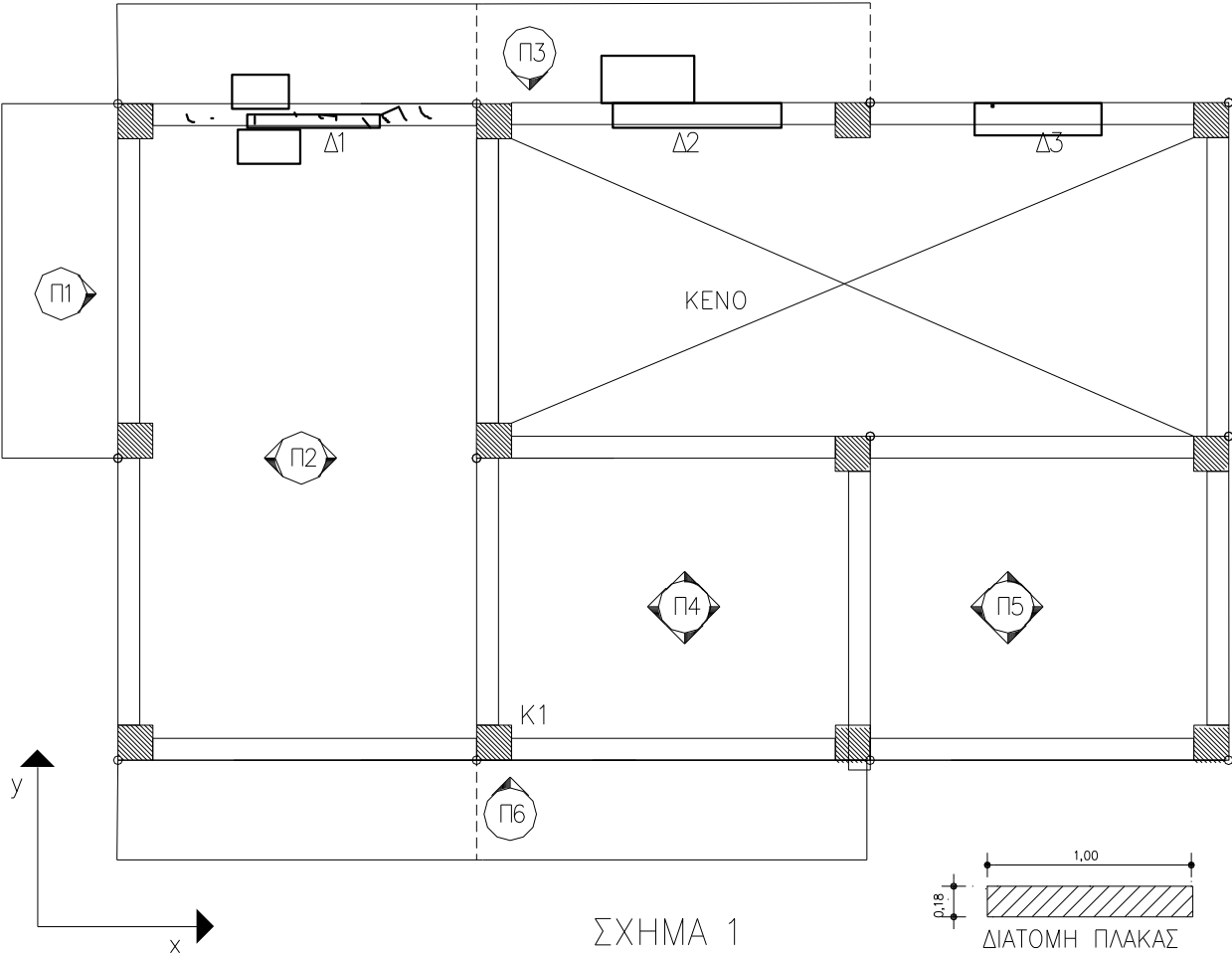
α. Έλεγχος σε κάμψη (όπου χρειάζεται) κατά τη διεύθυνση x στα ανοίγματα των πλακών για $M_{sd}=17+(i+j+k)$ kNm και στις στηρίξεις των πλακών όπου $M_{sd}=-[22+(i+j+k)]$ kNm.

Έλεγχος σε κάμψη (όπου χρειάζεται) κατά τη διεύθυνση y στα ανοίγματα των πλακών για $M_{sd}=20+(i+j)$ kNm και στις στηρίξεις των πλακών όπου $M_{sd}=-[25+(i+j)]$ kNm.

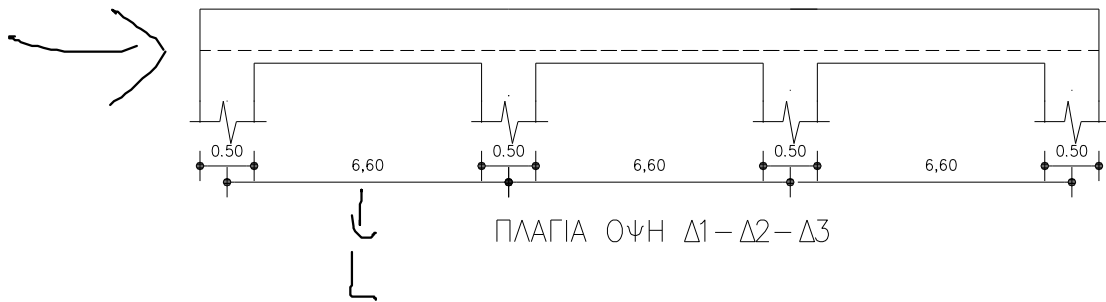
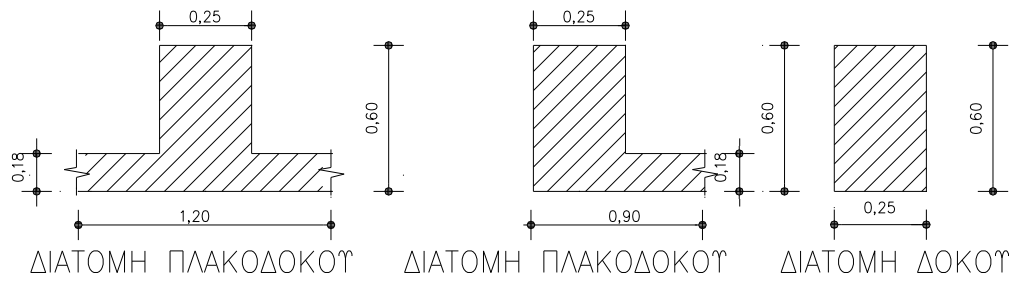
(Σημείωση: Δεν ζητούνται δευτερεύοντες έλεγχοι για τον οπλισμό κάμψης των πλακών. Όπου είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί δευτερεύων οπλισμός να υπολογισθεί προσεγγιστικά και να σχεδιασθεί.)

ΟΝΟΜΑ - ΕΠΩΝΥΜΟ:.....($i=[O4]/2$, $j=[E3]/2$, $k=[E4]/2$)

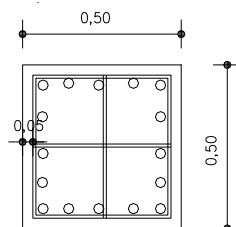
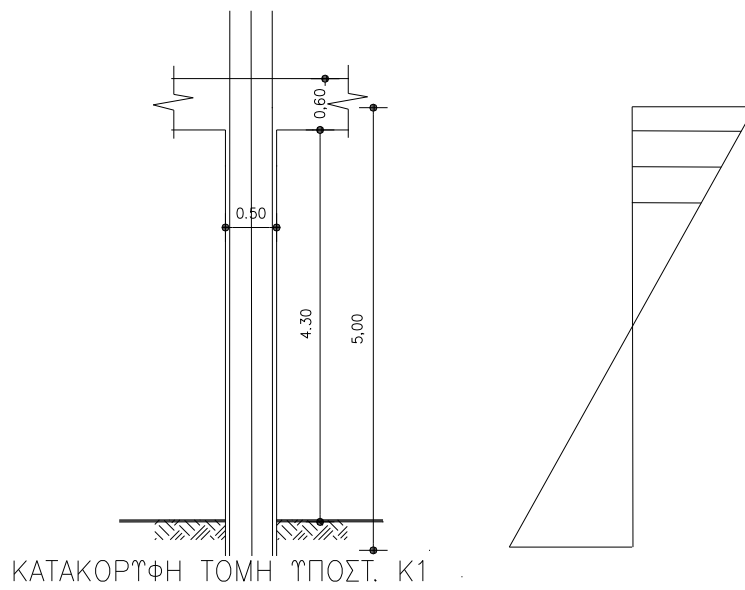
- β. Έλεγχος σε κάμψη στα ανοίγματα των δοκών Δ1, Δ2, Δ3 όπου $M_{sd}=110+10*(i+j+k)$ kNm και στις ενδιάμεσες στηρίξεις των δοκών Δ1-Δ2 & Δ2-Δ3 όπου $M_{sd}=-[130+5*(i+j+k)]$ kNm.
- γ. Έλεγχος σε διάτμηση στις στηρίξεις των δοκών με την εξής τέμνουσα σχεδιασμού (στη στήριξη, στο μέσον του κάθε υποστυλώματος) $V_{sd}=190+10*(i+j+k)$ kN. Πάρτε ως αντιπροσωπευτική τη δοκό Δ1 και βάλτε τα ίδια σίδερα και στις Δ2 & Δ3.
- δ. Έλεγχος σε κάμψη και αξονική της διατομής του υποστυλώματος K1 όπου $M_d=270+10*(i+j+k)$ kNm και $N_d=-[420+10*(i+j+k)]$ kN.
- ε. Έλεγχος σε διάτμηση της διατομής του υποστυλώματος K1 με την εξής τέμνουσα σχεδιασμού (στον κόμβο) $V_{sd}=250+10*(i+j+k)$ kN.
- στ. Χρησιμοποιώντας τους οπλισμούς που υπολογίσατε φτιάξτε επεξηγηματικά σκίτσα τοποθέτησης των οπλισμών κάμψης στις πλάκες, κάμψης και διάτμησης στις δοκούς Δ1-Δ2-Δ3 και στο υποστύλωμα K1.



ΟΝΟΜΑ - ΕΠΩΝΥΜΟ:.....($i=[O4]/2$, $j=[E3]/2$, $k=[E4]/2$)



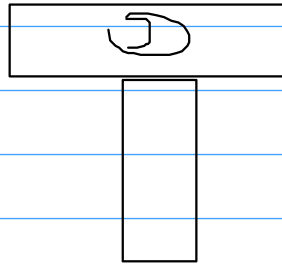
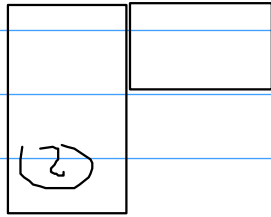
ΣΧΗΜΑ 2



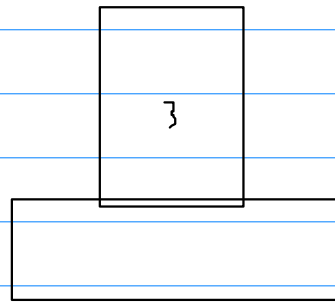
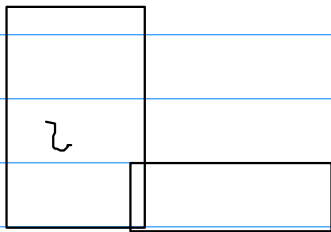
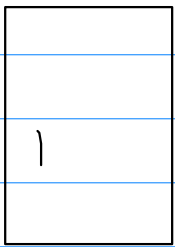
ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΤΟΜΗ ΥΠΟΣΤ. Κ1

ΣΧΗΜΑ 3

Κανονικη



Ανιστορευμενη



Κανονικη ο Αναισχηματα ειναι 1, 2, 3
Στηπιξεις ειναι μονο το
1

Ανιστορευμενες Αναισχηματα ειναι μονο
το 1
Στηπιξεις 1, 2, 3

1. ΠΛΑΚΕΣ

Εμβαδόν (σε cm^2) διατομών ραβδών σε 1m ηχάτους ηχάους

Απόσταση ραβδών (cm)	Διάμετροι ραβδών (mm)											
	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
8.0	2.5	3.5	6.3	9.8	14.1	19.2	25.1	31.8	39.3	47.5	56.5	66.5
8.5	2.3	3.3	5.9	9.2	13.3	18.1	23.7	29.9	37.0	44.7	53.2	62.5
9.0	2.2	3.1	5.6	8.7	12.6	17.1	22.3	28.3	34.9	42.2	50.3	59.0
9.5	2.1	3.0	5.3	8.3	11.9	16.2	21.2	26.8	33.1	40.0	47.6	55.9
10.0	2.0	2.8	5.0	7.9	11.3	15.4	20.1	25.5	31.4	38.0	45.2	53.1
10.5	1.9	2.7	4.8	7.5	10.8	14.7	19.2	24.2	29.9	36.2	43.1	50.6
11.0	1.8	2.6	4.6	7.1	10.3	14.0	18.3	23.1	28.6	34.6	41.1	48.6
11.5	1.7	2.5	4.4	6.8	9.8	13.4	17.5	22.1	27.3	33.1	39.3	46.2
12.0	1.6	2.4	4.2	6.5	9.4	12.8	16.8	21.2	26.2	31.7	37.7	44.2
12.5	1.6	2.3	4.0	6.3	9.1	12.3	16.1	20.4	25.1	30.4	36.2	42.5
13.0	1.5	2.2	3.9	6.0	8.7	11.8	15.5	19.6	24.2	29.2	34.8	40.8
13.5	1.5	2.1	3.7	5.8	8.4	11.4	14.9	18.9	23.3	28.1	33.5	39.4
14.0	1.4	2.0	3.6	5.6	8.1	11.0	14.4	18.2	22.4	27.2	32.3	38.0
14.5	1.4	2.0	3.5	5.4	7.8	10.6	13.9	17.6	21.7	26.2	31.2	36.6
15.0	1.3	1.9	3.4	5.2	7.5	10.3	13.4	17.0	20.9	25.3	30.2	35.4
16.0	1.2	1.7	3.1	4.9	7.1	9.6	12.5	15.9	19.6	23.8	28.2	33.2
18.0	1.1	1.5	2.8	4.4	6.3	8.6	11.2	14.1	17.4	21.1	25.1	29.5
20.0	1.0	1.4	2.5	4.0	5.6	7.7	10.1	12.7	15.7	19.0	22.6	26.6

↑

2. ΔΟΚΟΙ

Μέγιστος αριθμός ραβδών που χωρούν σε μία σειρά.

Πλάτος δοκού (m)	Διάμετροι ραβδών (mm)								
	10	12	14	16	18	20	22	24	26
0.20	(6)	5	5	(5)	4	4	4	3	3
0.25	7	7	6	6	(6)	5	5	4	4
0.30	9	8	(8)	7	7	6	6	5	5
0.35	(11)	10	9	9	8	8	7	6	6
0.40	12	11	(11)	10	9	9	8	7	7
0.45	14	12	12	(12)	11	10	9	8	8
0.50	(16)	(15)	13	13	12	11	10	9	9
0.60	19	18	16	16	15	14	13	(12)	11

(Οι εντός παρενθέσεων τιμές εφαρμόζονται μόνον εν ανάγκη)

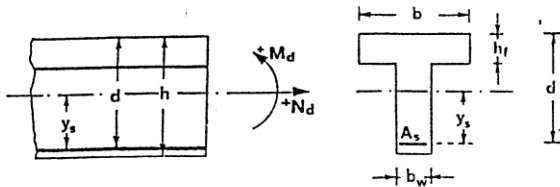
ΔΙΑΤΟΜΕΙΣ ΚΥΚΛΙΚΩΝ ΡΑΒΔΩΝ

Διάμετρος (mm)	Βάρος ανά μ.μ. (kg)	Διατομή (cm ²)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0.154	0.20	0.39	0.59	0.78	0.98	1.18	1.37	1.57	1.76
6	0.222	0.28	0.57	0.85	1.13	1.42	1.70	1.98	2.26	2.55
8	0.395	0.50	1.01	1.51	2.01	2.52	3.02	3.52	4.02	4.53
10	0.617	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07
12	0.898	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.78	7.91	9.04	10.17
14	1.21	1.54	3.08	4.62	6.16	7.70	9.24	10.78	12.32	13.86
16	1.58	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.09
18	2.00	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	15.24	17.78	20.32	22.86
20	2.47	3.14	6.28	9.42	12.56	15.70	18.84	21.98	25.12	28.26
22	2.98	3.80	7.60	11.40	15.20	19.00	22.80	26.60	30.40	34.20
24	3.55	4.52	9.04	13.56	18.08	22.60	27.12	31.64	36.16	40.68
26	4.17	5.31	10.62	15.93	21.24	26.55	31.86	37.17	42.48	47.79

Πίνακας 7.2

πίνακας CEB για ορθογωνικές διατομές με απλό οπλισμό

μ_{sd}	ρ	ξ	ζ	σ_{sd1} (MPa)			ε_{c2} (‰)	ε_{s1} (‰)			
				S220	S400	S500					
0	0	0	1	191	347.8	435	0	20			
0.01	0.01	0.036	0.987				-0.752				
0.02	0.02	0.053	0.981				-1.12				
0.03	0.031	0.066	0.976				-1.43				
0.04	0.041	0.079	0.97				-1.72				
0.05	0.052	0.091	0.966				-2				
0.06	0.062	0.103	0.96				-2.31				
0.07	0.073	0.116	0.954				-2.62				
0.08	0.084	0.128	0.948				-2.94				
0.09	0.095	0.141	0.942				-3.28				
0.096	0.102	0.149	0.938				-3,5	19			
0.10	0.107	0.155	0.935					16.8			
0.11	0.118	0.172	0.928					15.0			
0.12	0.130	0.189	0.921					13.4			
0.13	0.142	0.207	0.914					12.1			
0.14	0.154	0.224	0.907					10.9			
0.15	0.167	0.242	0.899					9.92			
0.16	0.179	0.261	0.892					9.02			
0.17	0.192	0.28	0.884					8.22			
0.18	0.205	0.299	0.876					7.50			
0.19	0.219	0.318	0.868					6.85			
0.20	0.233	0.338	0.859					6.26			
0.21	0.247	0.359	0.851					5.72			
0.22	0.261	0.38	0.842					5.22			
0.23	0.276	0.401	0.833					4.77			
0.24	0.291	0.423	0.824					4.35			
0.25	0.307	0.446	0.814					3.95			
0.26	0.323	0.47	0.805					3.59			
0.27	0.34	0.494	0.795					3.24			
0.28	0.357	0.519	0.784					2.92			
0.29	0.375	0.545	0.773					2.62			
0.30	0.394	0.572	0.762					2.33			
0.31	0.413	0.601	0.75					410	(S500)	$\varepsilon_{yd}=2.17$	
0.315	0.424	0.617	0.743				2.05				
0.32	0.434	0.63	0.738				1.79				
0.33	0.455	0.662	0.725				347.8	(S400)	$\varepsilon_{yd}=1.74$		
0.332	0.460	0.668	0.722					1.54			
0.34	0.478	0.695	0.711					1.29			
0.35	0.503	0.731	0.696				210	308	1.05		
0.36	0.529	0.769	0.68						191	(S220)	$\varepsilon_{yd}=.956$
0.364	0.54	0.785	0.673							0.811	
0.37	0.558	0.812	0.662	162.2	162.2	162.2	0.571				
0.38	0.591	0.86	0.642	114.2	114.2	114.2	0.324				
0.39	0.63	0.915	0.619	64.8	64.8	64.8	0.055				
0.40	0.677	0.984	0.591	11.0	11.0	11.0	0				
0.402	0.688	1.000	0.584	0	0	0	0				



$$\mu_{sd} \leq \mu_{lim}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_d - N_d \cdot y_s}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}}$$

$$\mu_{sd} > \mu_{lim}$$

$$M_{sd} = M_{lim} + \Delta M_{sd} = \mu_{lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} + \Delta M_{sd}$$

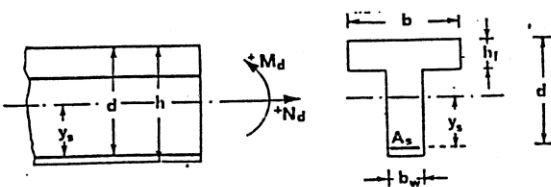
$$\Delta \mu = \Delta M_{sd} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$$

$$A_{s1} = \frac{1}{f_{yd}} \left[\omega_{lim} + \frac{\Delta \mu}{1 - d_2/d} \right] \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_d$$

$$A_{s2} = \frac{1}{f_{yd}} \left(\frac{\Delta \mu}{1 - d_2/d} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \right)$$

μ_{sd}	$h_f/d=0.05$ 1000 ω for $b/b_w =$					$h_f/d=0.10$ 1000 ω for $b/b_w =$					$h_f/d=0.15$ 1000 ω for $b/b_w =$				
	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1
0.02	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
0.04	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
0.06	65	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
0.08		91	87	85	84	84	84	85	85	85	85	85	85	85	85
0.10			114	110	107	111	108	108	107	107	107	107	107	107	107
0.12			146	137	131		138	134	132	131	130	130	130	130	131
0.14				166	155			164	158	155		157	155	155	155
0.16				199	179			200	188	179		192	184	182	179
0.18				237	206				220	206			219	211	206
0.20					233				259	233				244	233
0.22					261					261				283	261
0.24					291					291					291
0.26					323					323					323
0.28					357					357					357
0.30					394					394					394
0.32					434					434					434
S220 μ_{lim}	0.070	0.099	0.138	0.186	0.330	0.106	0.131	0.164	0.205	0.330	0.139	0.160	0.189	0.224	0.330
S400 $1000 \omega_{lim}$	84	125	180	249	455	122	159	208	270	455	160	192	237	291	455
S500 μ_{lim}	0.069	0.096	0.133	0.178	0.316	0.104	0.128	0.159	0.198	0.316	0.138	0.157	0.184	0.217	0.316
S500 $1000 \omega_{lim}$	81	119	170	233	424	119	153	198	254	424	157	187	226	276	424

Πιν. 6β Πίνακας σχεδιασμού διατομών μορφής πλακοδοκού για καμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη.



$$\mu_{sd} \leq \mu_{lim}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_d - N_d \cdot y_s}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}}$$

$$\mu_{sd} > \mu_{lim}$$

$$M_{sd} = M_{lim} + \Delta M_{sd} = \mu_{lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} + \Delta M_{sd}$$

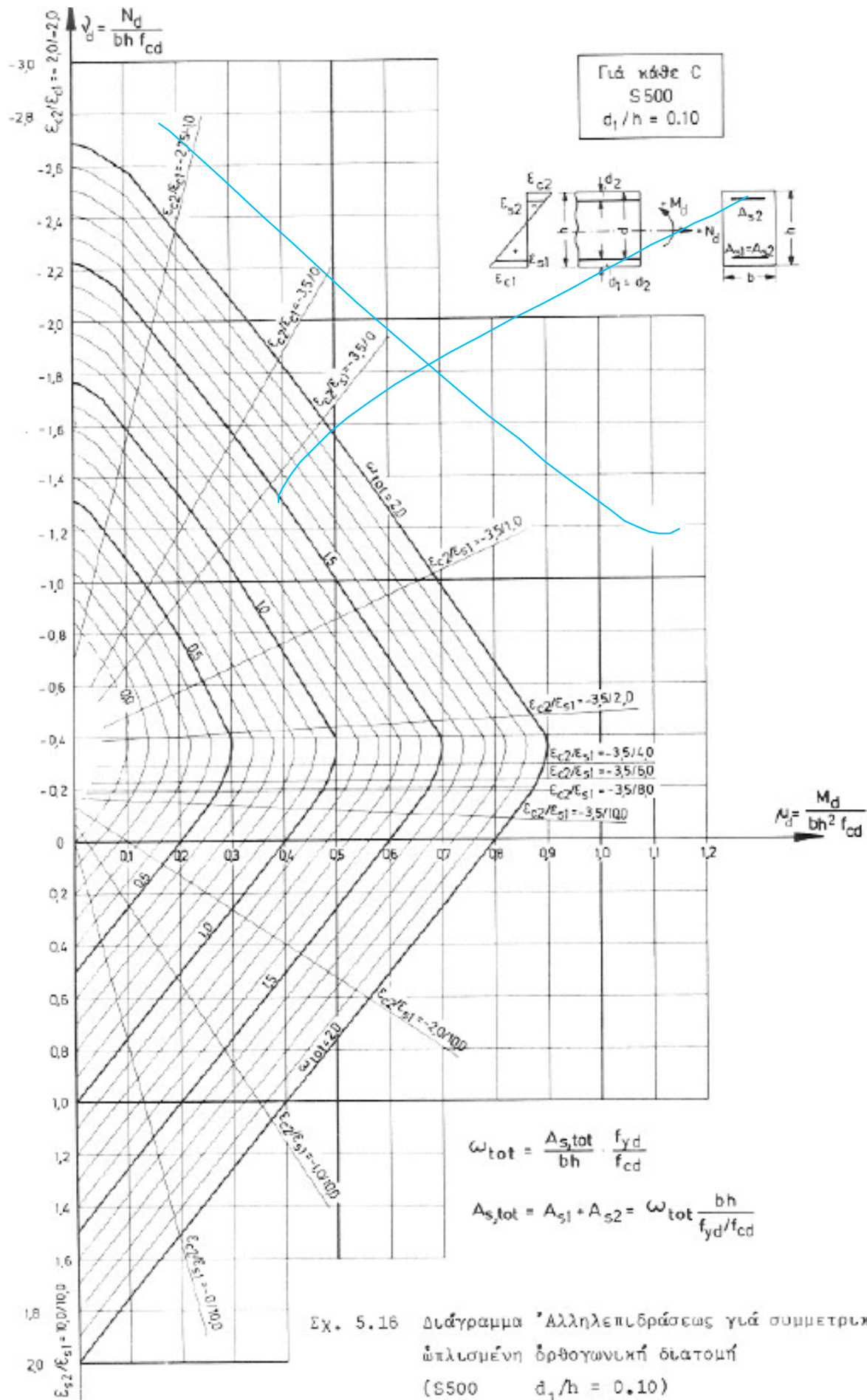
$$\Delta \mu = \Delta M_{sd} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$$

$$A_{s1} = \frac{1}{f_{yd}} \left[\omega_{lim} + \frac{\Delta \mu}{1 - d_2/d} \right] \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_d$$

$$A_{s2} = \frac{1}{f_{yd}} \left(\frac{\Delta \mu}{1 - d_2/d} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \right)$$

μ_{sd}	$h_f/d=0.20$ 1000 ω for $b/b_w =$					$h_f/d=0.30$ 1000 ω for $b/b_w =$					$h_f/d=0.40$ 1000 ω for $b/b_w =$				
	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1
0.02	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
0.04	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
0.06	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
0.08	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
0.10	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
0.12	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131	131
0.14	154	154	154	154	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
0.16	180	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
0.18		210	207	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206
0.20			241	236	233	232	233	233	233	233	233	233	233	233	233
0.22				270	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261
0.24				309	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291
0.26					323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
0.28					357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357
0.30					394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394
0.32					434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434
S220 μ_{lim}	0.171	0.188	0.212	0.241	0.330	0.220	0.239	0.254	0.273	0.330	0.279	0.285	0.293	0.302	0.33
S400 $1000 \omega_{lim}$	190	277	265	312	455	275	295	322	355	455	354	367	381	400	45
S500 μ_{lim}	0.169	0.186	0.207	0.234	0.316	0.227	0.236	0.250	0.266	0.316	0.273	0.278	0.284	0.292	0.31
S500 $1000 \omega_{lim}$	195	221	255	297	424	272	289	311	340	424	343	352	364	379	42

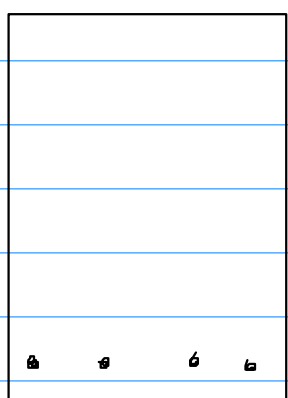
ΟΝΟΜΑ - ΕΠΩΝΥΜΟ:.....(i=[O4]/2, j=[E3]/2, k=[E4]/2)



$$i = \frac{24 - 12}{2} = 6, \quad j = \frac{15}{2} = 7,5$$

$$k = \frac{18 - 9}{2} = 4,5$$

6) Εξισώση ισορροπίας άξονα x
 άνοιγμα



$$0,25 \text{ m} \rightarrow b_w$$

$$0,6 \text{ m} = h$$

$$\mu_{sd} = \frac{m_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$\swarrow$ $\searrow$
 b_w d f_{cd}
 $2^{\text{ος}} \text{ οριζ. άξονας}$
 $0,55 \text{ m}$

$$\mu_{sd} = \frac{395 \text{ kNm}}{0,25 \cdot 0,55^2 \cdot \frac{30}{1,5} \cdot 10^3}$$

$$= 0,144$$

Τύπος άξονα x άνοιγμα ρ

$$\frac{0,15 - 0,14}{0,167 - 0,154} = \frac{0,144 - 0,14}{x - 0,154} \Rightarrow$$

$$0,01(x - 0,154) = 0,013 \cdot (0,604)$$

$$0,01x - 1,54 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 2 \cdot 10^{-5}$$

$$\Rightarrow x = 0,159$$

$$\text{Αρα } \rho = 0,159$$

Υπολογισμός το A_s ,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{cm}^2$$

$\swarrow$ $\searrow$
 $b_w = 25$ $d = 55$

$$= 0,159 \cdot 25 \cdot 55 \cdot \frac{30}{1,5}$$

$$\frac{500}{1,15}$$

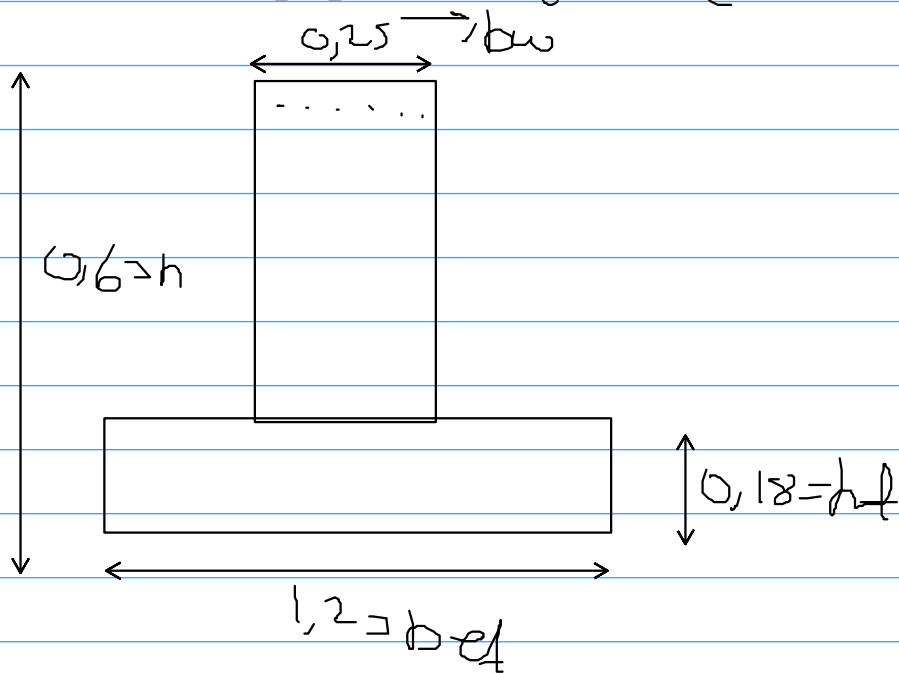
$$= 10,66 \text{ cm}^2 \quad 2 \delta \text{ αμδμα}$$

Από τον κανόνα $4 \Phi 18 = 10,66 \text{ cm}^2$

Βήμα 5^ο Έλεγχος

$\Sigma \tau_{np, f_{cl, s}}$

001-002 (upotrebna)



$$\mu_{sd}, \frac{h_f}{d}, \frac{b_{eff}}{b_w}$$

$$\mu_{sd} = \frac{142,5 \text{ kNm}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \leq \mu_{lim}$$

$b_{eff} \leftarrow 1,2$ $d \leftarrow 0,55$ $f_{cd} \leftarrow 30$

$$= \frac{142,5 \text{ kNm}}{1,2 \cdot 0,55 \cdot \frac{30}{1,5} \cdot 10^3} \leq \mu_{lim}$$

$$\psi_{sd} = 0,029$$

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0,18}{0,55} = 0,32 \approx 0,3$$

$$\frac{b_{ef}}{b_w} = \frac{1,2}{0,25} = 4,8 \approx 5$$

$$\frac{0,04 - 0,02}{42 - 21} = \frac{0,029 - 0,02}{x - 21}$$

$$\Rightarrow x = 30,45$$

$$1000w = 30,45$$

$$w = 0,030$$

$$A_{s1} = w \cdot b_{ef} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

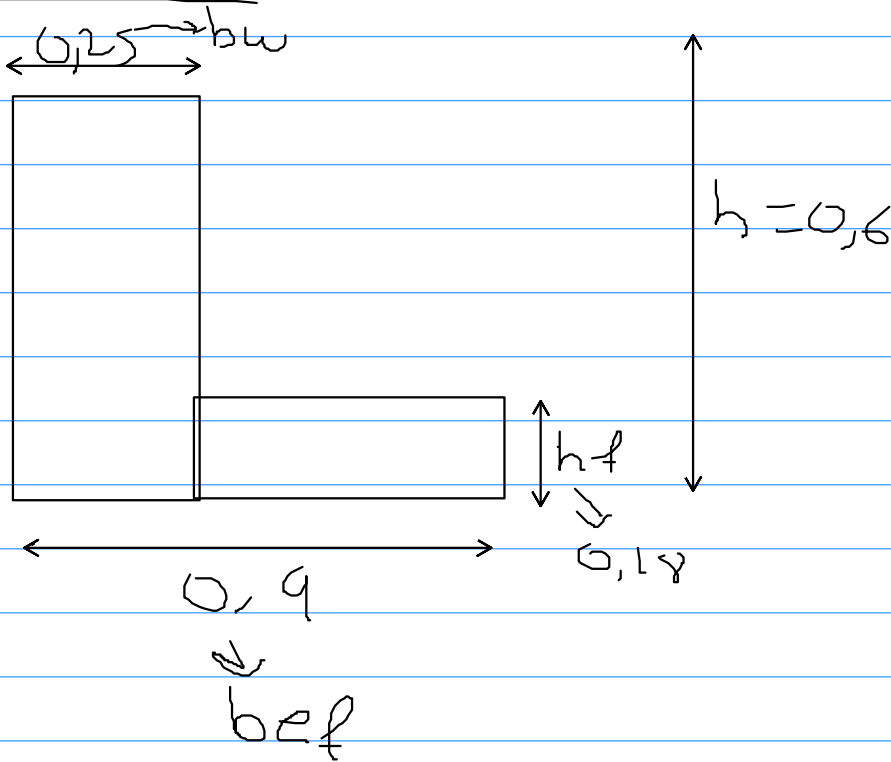
$$= 0,030 \cdot 120 \cdot 50 \cdot \frac{30}{1,5}$$

$$= 500 / 1,5$$

$$= 9,11 \text{ cm}^2$$

$$A_{pa} \text{ GPH} = 9,24 \text{ cm}^2 \text{ (wauw)}$$

202-203



$$\mu_{sd} = \frac{142,5 \text{ kNm}}{0,9 \cdot 0,55^2 \frac{30 \cdot 10^3}{1,5}} < \mu_{lim}$$

$$= 0,039$$

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0,18}{0,55} - 0,32 = 0,3$$

$$\frac{b_{ef}}{b_w} = \frac{0,9}{0,25} = 3,6 \approx 4$$

$$\frac{0,04 - 0,02}{42 - 21} = \frac{0,039 - 0,02}{x - 21}$$

$$x = 40,95$$

$$1000w = 40,95$$

$$w = 0,040$$

$$A_{s1} = w \cdot b \cdot e \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$= 0,040 \cdot 40 \cdot 55 \cdot \frac{30}{1,5}$$

$$= 9,11 \text{ cm}^2$$

$$6 \phi 14 = 9,24 \text{ cm}^2 \text{ (www)}$$

202-203 (αφίστρεα) αφού είναι
αρθρωτών ούτως τα ανώτερα
και τη διαφορά τα υπόλοιπα είναι
ωσυνω

Γεωμετρία

$$L = 6,6$$

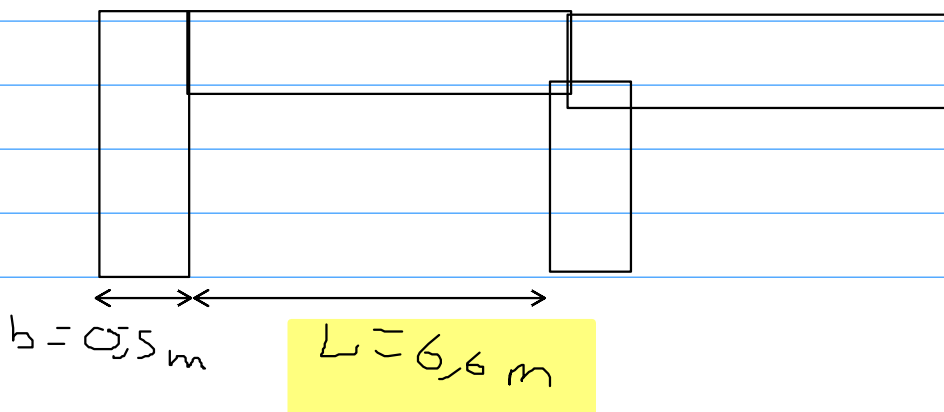
$$V_{sd} = 475 \text{ kN}$$

$$\omega 1^\circ \quad d = 0,55$$

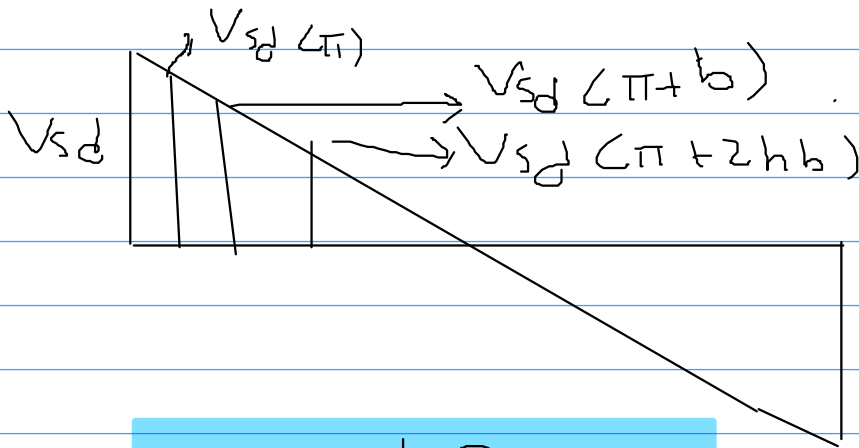
$$d_1 = 0,05$$

$$b_w \times h = 0,25 \cdot 0,6$$

$$h_f = 0,18$$



Bnpa 1°



Apou $V_{sd} = 475 \text{ kV}$

$$\pi = \frac{0,5}{2} = 0,25, \quad d = 0,55$$

$$\frac{L}{2} = 3,3$$

$$V_{sd}(\pi+b) = \left(\underbrace{3,3}_{\substack{\text{bw} \\ \uparrow}} - \underbrace{0,25}_{\substack{d \\ \uparrow}} - 0,55 \right) \cdot 475$$

$$V_{sd}(\pi+b) = 359,84 \text{ kV}$$

$$V_{sb}(\pi) = \underbrace{3,3}_{\substack{\text{bw} \\ \uparrow}} - 0,25 \cdot 475 = 439,02 \text{ kV}$$

$$V_{sb}(\pi + 2hb) = \underbrace{3,3}_{bw} - 0,25 - \underbrace{1}_{l_{cr}} \cdot 475 = 295,08 \text{ kW}$$

casou

$$l_{cr} = \underbrace{(h - d_1 - d_2)}_{2^{\text{a}} \text{ sustentação}} \cdot 2 = 0,6 - 0,05 - 0,05 = 1$$

$2^{\text{a}} \text{ sustentação}$
Β ερωτημα

$$M_{sd} = q \cdot \frac{L^2}{8} \quad (1)$$

$$\frac{V_{sd}}{2} = q \cdot \frac{L}{2} \Rightarrow q = \frac{2 V_{sd}}{L} = \frac{2 \cdot 475}{6,6}$$

$$\Rightarrow q = 143,94$$

$$\begin{aligned} (1) \Rightarrow M_{sd} &= 143,94 \cdot \frac{6,6^2}{8} \\ &= 783,75 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\rho_d = \frac{783,75}{1,2 \cdot 0,55^2 \cdot \frac{30}{1,5} \cdot 10^3} = 0,108$$

$$\frac{h_f}{d} = \frac{0,148}{0,55} = 0,27 \leq 0,3$$

$$\frac{b_{ef}}{b_w} = 1,2 = 4,8 \leq 5$$

$$\frac{0,12 - 0,10}{131 - 107} = \frac{0,108 - 0,10}{x - 107}$$

$$\Rightarrow x = 116,6$$

$$\text{OWSOTU} \quad 10000w = 116,6.$$

$$w = 0,116$$

$$A_{s1} = w \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s1} = 0,116 \cdot 120 \cdot 55 \cdot \frac{30/1,5}{500/1,15}$$

$$A_{s1} = 35,22 \text{ cm}^2$$

$$89241 \text{ (uutw)}$$

Bnyia 4°

105 Σ d/8 x 05 Distinctions $V_{rd,1}$, V_{sb}

($\pi + b$)

$$V_{rd,1} = \tau_{rd} \cdot k \cdot (12 + 40 \rho l) d \cdot bw$$

0,55 0,25

↑ ↑

0,55

$$k = 1,6 - d = 1,0571$$

C	$\tau_{rd} \rightarrow \text{MPa}$
C12	0,18
C16	0,22
C20	0,26
C25	0,30
C30	0,34

$$\rho l = \frac{A_{s1}}{bw \cdot d} = \frac{35,22}{25 \cdot 55}$$

0,25 → 25 cm

0,03

$$V_{rd1} = \frac{340 \text{ kW}}{\text{m}^2} \cdot 1,05 (1,2 + 40 \cdot 0,03) \cdot 0,55 \cdot$$

$$0,25$$

$$= 117,81$$

Συνολως χρειαζεται οωδιοςος διατη-
non. $\checkmark V_{rd1} < V_{sd(\pi+b)}$

Βηηα 5° 0 205 ελκxος διατηnon

$$V_{r2}, V_{sd(\pi)} = 439,02 \text{ kW}$$



$$V_{r2} = 0,5 \cdot \checkmark \cdot \checkmark \cdot \checkmark \cdot \checkmark \cdot 0,9 \checkmark (1 + \checkmark \checkmark \checkmark)$$

$$v = 0,7 \cdot \frac{\checkmark \checkmark \checkmark}{200} = 0,6 > 0,5 \quad \checkmark$$

$$V_{R2} = 0,5 \cdot 0,6 \cdot \frac{30}{1,5} \cdot 10^3 \cdot 0,25 \cdot 0,9 \cdot 0,55$$

$$= 742,57,439,02 \text{ W}$$

Συνολως δευ χρειαζεται αλλαγη της διατασης

Βημα 6^ο 6 3^ος ελεγχος ευρεως

αδιστου διατασης

a) Για κριση υπερικης

$$V_{Rd3} > V_{sd}(\pi + b)$$

↓

$$V_{Rd3} = V_{sd} + V_{cd}$$

↓

$$V_{cd} = 0,3 V_{Rd1}$$

$$= 0,3 \cdot 117,81$$

$$= 35,34 \text{ W}$$

$$V_{wd} = \frac{0,9 \cdot d}{s} \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} (1 + \alpha_{te})$$

$\begin{matrix} 0,55 \\ \uparrow \\ d \end{matrix}$
 $\begin{matrix} 500/1,15 \\ \uparrow \\ f_{ywd} \end{matrix}$
 $\begin{matrix} 0,5 \\ \uparrow \\ \alpha_{te} \end{matrix}$

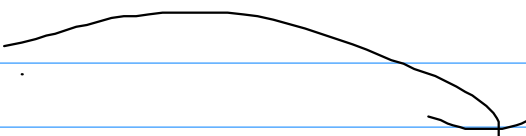
$s = 1 \cdot 10^3$

$$V_{wd} = \frac{0,9 \cdot 0,55}{1,5} \cdot A_{sw} \cdot \frac{500}{1,15} (1 + 0,5) \cdot 10^3$$

$$V_{wd} = 322,83 \cdot 10^3 \frac{A_{sw}}{1,5} \frac{m^2}{m} \cdot kN$$

$$V_{wd} = 32,28 \cdot 10^3 \frac{A_{sw}}{1,5} \cdot \frac{cm^2}{cm} kN \quad \textcircled{1}$$

Εφαρμογή διατήρησης ομοιοτήτων Πασκάλι

$\Phi 10$ 

$$A_{sw} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 0,10^2 \cdot \pi}{4} = 1,57 cm^2 \quad \textcircled{3}$$

(2)

$$P_{\text{DOW OTI CO}} V_{\text{wd}} = V_{\text{sd}} (C_{\text{t+b}}) - V_{\text{cd}}$$

$$V_{\text{wd}} = 359,84 - 35,34$$

$$= 324,5 \text{ m}$$

(1)

$$\Rightarrow 324,5 \cdot \text{m} = 32,28 \cdot 10^3 \cdot \frac{1 \text{ m}}{5}$$

(2)(3)

$$\Rightarrow S = 0,153 \text{ m} = 15,3 \text{ cm}$$

i) Ελεγχος μέρ. αμορτισέρων συνδεδεμένων
υπερινοητής ωρετοχίας

$$2h_b = (h - d_1 - d_2) 2$$

$$\begin{array}{c} \downarrow \quad \quad \quad \downarrow \\ 0,6 \quad \quad \quad 0,05 \\ \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad 2h \end{array}$$

$$2h_b = 1 \text{ m}$$

$$h_b = 0,5 \text{ m}$$

$$S_{max_{cr}} = \min \left\{ \frac{h_b}{3}, 10 \cdot \text{mm}\Phi, 20\Phi_w, 200 \text{ mm} \right\}$$

$$= \min \left\{ \frac{500}{3}, 10 \cdot 20, 20 \cdot 10, 200 \text{ mm} \right\}$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 $166,67 \text{ mm}$ 200 mm 200 mm

$$S_{max_{cr}} = 166,67 \text{ mm} = 16,7 \text{ cm}$$

Δηλαδή $\Phi 10 / 33,4$ συνδέονται στις
 κοίτες αλκυονίδες

β) Έντοσ αλκυονίδων αλκυονίδων

$$V_{R3} = V_{wd} + V_{cd} \geq V_{sd} (\pi + l_{cr}) = 295,05 \text{ kN}$$

$$V_{cd} = V_{Rb} = 117,81 \text{ kN}$$

$$V_{wd} = 295,05 - 117,81 = 177,24 \text{ kN}$$

Συνδέω ομοίως τα διαμήκη $\Phi 10$

$$A_{pu} \quad 177,24 = 32,28 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot 1,57$$

$$\Rightarrow s = 0,25m = 25cm$$

1) Έλεγχος μέγιστης απόστασης οπλισμού
 την v ελαστική οπλισμένη σε ορθή

$$V_{sd} (a + l_{cr}) = 295,08 < 0,67 \cdot V_{rd2}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \underbrace{0,6 \cdot d}_{330mm}, \underbrace{300mm}_{s_{50}} \right\} \quad \downarrow \quad 497,48kN$$

$$\Rightarrow S_{max} = 300mm \rightarrow 30cm$$

$$\phi 10/25$$