

Βοήθημα για τις εξετάσεις του μαθήματος “Κατασκευές Ωπλισμένου Σκυροδέματος” (Μηχ. Περιβάλλοντος)
(Προσοχή: Εκτύπωση 4 σελίδων σε 2 φύλλα)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΑΛΥΒΑ

Συντελεστές υλικών και φορτίων για ΟΚΑ (βασικοί συνδυασμοί): $\gamma_c=1.5$, $\gamma_s=1.15$ και $\gamma_g=1.35$ (1.00), $\gamma_q=1.5$ (0.00)
 Ειδικό βάρος Ω/Σ : 25 kN/m^3 ; $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$ (MPa); $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$ (MPa); $f_{cm} = f_{ck}+8$ (MPa); $E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0.3}$ (GPa); $f_{ctm} = 0.3f_{ck}^{2/3}$ (MPa)
 $f_{ctk0.05} = 0.7f_{ctm}$ (MPa); $E_s = 200 \text{ GPa}$

\varnothing (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25
A_s (mm ²) [= $\pi\varnothing^2/4$]	50.3	78.5	113	154	201	254.5	314.2	380	491

Αποστάσεις διαμήκων ράβδων: $a = \max(\varnothing_{\max}, 20 \text{ mm}, d_g+5 \text{ mm})$, όπου: d_g : διάμετρος μέγιστου κόκκου αδρανών.
Μέγιστος αριθμός διαμήκων ράβδων (n_p) σε μία στρώση: $n_p\varnothing + (n_p-1)a + 2\varnothing_w + 2c_{\text{nom}} \leq b_w$, όπου: b_w : πλάτος κορμού δοκού.
Θεωρητικό άνοιγμα: $l = l_n + \min(t_1/2, h/2) + \min(t_2/2, h/2)$ όπου: l_n το καθαρό άνοιγμα, t_1 και t_2 το πλάτος των στηριξέων.

ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ – ΣΥΝΑΦΕΙΑ – ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ, ΜΑΤΙΣΕΙΣ, ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ & ΚΑΜΨΗ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Επικαλύψεις οπλισμών:

$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + 10\text{mm}$, όπου: $c_{\text{min}} = \max\{c_{\text{min,b}}, c_{\text{min,dur}}, 10 \text{ mm}\}$ και $c_{\text{min,b}} = \varnothing$ ($d_g \leq 32 \text{ mm}$) ή $c_{\text{min,b}} = \varnothing+5 \text{ mm}$ ($d_g > 32 \text{ mm}$).

Περιβαλλοντολογική απαίτηση για την $c_{\text{min,dur}}$ (mm)							
Κατηγορία Κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

(S4 για χρόνο ζωής 50 έτη).

Αντοχή σχεδιασμού συνάφειας: $f_{bd} = \eta_1\eta_2\eta_3f_{ctk0.05}/\gamma_c$ όπου:

- $\eta_1 = 1$ για ευνοϊκές & $= 0.7$ για μη ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας (εν γένει: μη ευνοϊκές συνθήκες στο άνω μέρος δοκών).
- $\eta_2 = 1$ για $\varnothing \leq 32 \text{ mm}$ & $= (132-\varnothing)/100$ για $\varnothing > 32 \text{ mm}$
- $\eta_3 = 1$ για λείες ράβδους & $= 2.25$ για νευροχάλυβες.

Βασικό μήκος αγκύρωσης: $l_{b,rd} = (\varnothing/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd})$

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης: $l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rd} \geq l_{b,min}$

- α_1 συντελεστής που σχετίζεται με τη μορφή των ράβδων:
 - = 1.0 για ευθύγραμμες αγκυρώσεις ράβδων υπό εφελκυσμό
 - = 1.0 για μη ευθύγραμμες αγκυρώσεις υπό εφελκυσμό και όταν $c_d \leq 3\varnothing$
 - = 0.7 για μη ευθύγραμμες αγκυρώσεις υπό εφελκυσμό και όταν $c_d > 3\varnothing$
 - = 1.0 για αγκυρώσεις ράβδων (ευθύγραμμες ή μη) υπό θλίψη
- α_2 συντελεστής που σχετίζεται με την επικάλυψη των οπλισμών:
 - $= 1 - 0.15 \frac{c_d - \varnothing}{\varnothing} \begin{cases} \geq 0.7 \\ \leq 1.0 \end{cases}$ για ευθύγραμμες αγκυρώσεις υπό εφελκυσμό
 - $= 1 - 0.15 \frac{c_d - 3\varnothing}{\varnothing} \begin{cases} \geq 0.7 \\ \leq 1.0 \end{cases}$ για μη ευθύγραμμες αγκυρώσεις υπό εφελκυσμό
 - = 1.0 για αγκυρώσεις ράβδων υπό θλίψη
- α_3 συντελεστής που σχετίζεται με την περίσφιγξη με μη συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο (εάν δεν υφίσταται = 1.0):
 = $1 - K_l$ (≥ 0.7 & ≤ 1.0) για αγκυρώσεις ράβδων υπό εφελκυσμό & = 1.0 για ράβδους υπό θλίψη
- α_4 συντελεστής που σχετίζεται με την περίσφιγξη με συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο διαμέτρου $\geq 0.6\varnothing$ που τοποθετείται σε απόσταση $\geq 5\varnothing$ από την αρχή της αγκύρωσης και = 0.7 (εάν δεν υφίσταται = 1.0).
- α_5 συντελεστής που σχετίζεται με την περίσφιγξη με εγκάρσια πίεση p (MPa) στην κατάσταση αστοχίας κατά μήκος του l_{bd} (εάν δεν υφίσταται λαμβάνει τιμή: 1.0):
 = $1.0 - 0.04p$ (≥ 0.7 & ≤ 1.0) για αγκυρώσεις ράβδων υπό εφελκυσμό & = 1.0 για ράβδους υπό θλίψη

$c_d = \min\{a/2, c_1, c_t\}$ για ευθύγραμμες ράβδους, = $\min\{a/2, c_1\}$ για καμπτόμενες ράβδους ή άγκιστρα & = c_t για αναβολείς (βρόχους)

$K = 0.10$ για ράβδους δοκών, = 0.05 για τις υπερκείμενες ράβδους σε εσχάρα οπλισμών πλακών & = 0 για τις υποκείμενες ράβδους σε εσχάρα οπλισμών πλακών.

$$\lambda = \frac{\sum A_{st} - \sum A_{st,min}}{A_s}$$

$\sum A_{st}$ εμβαδόν διατομής του συνολικού εγκάρσιου οπλισμού κατά μήκος του l_{bd}

A_s εμβαδόν διατομής της ράβδου που αγκυρώνεται (= $\pi\varnothing^2/4$)

$\sum A_{st,min}$ εμβαδόν διατομής του ελάχιστου εγκάρσιου οπλισμού:
 = $0.25A_s$ για δοκούς και 0 για πλάκες

Ελάχιστο ευθύγραμμο μήκος αγκύρωσης: $\ell_{b,min} = \max(0.3\ell_{b,rqd}$ ράβδοι υπό εφελκυσμό ή $0.6\ell_{b,rqd}$ ράβδοι υπό θλίψη, $10\varnothing$, 100 mm)

Ενώσεις με υπερκάλυψη (ματίσεις ράβδων): $\ell_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot \ell_{b,rqd} \geq \ell_{o,min} = \max(0.3\alpha_6 \cdot \ell_{b,rqd}$, $15\varnothing$, 200 mm).

$\alpha_6 = \sqrt{\rho_1/25}$: συντελεστής που σχετίζεται με το ποσοστό των υπό ένωση με υπερκάλυψη ράβδων ρ_1 σε αποστάσεις $0.65\ell_o$ εκατέρωθεν του θεωρούμενου μέσου του μήκους υπερκάλυψης ($1.0 \leq \alpha_6 \leq 1.5$)

Ελάχιστη απαιτούμενη διάμετρος τυμπάνου καμπύλωσης: $\varnothing_{m,min} \geq \begin{cases} 4\varnothing & (\varnothing \leq 16 \text{ mm}) \\ 7\varnothing & (\varnothing > 16 \text{ mm}) \end{cases}$

ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΠΟ ΜΕΓΕΘΗ ΟΡΘΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ (M+N) ΜΕ ΠΡΟΕΧΟΥΣΑ ΚΑΜΨΗ

$M_{s,Ed} = M_{Ed} - N_{Ed}y_{s1} \xrightarrow{y_{s1} = \frac{h}{2} - d_1} M_{s,Ed} = M_{Ed} - N_{Ed}(h/2 - d_1)$
 $\mu_{sd} = \frac{M_{s,Ed}}{bd^2f_{cd}}$
 $M_{s,Ed,lim} = \mu_{lim} bd^2f_{cd}$

$F_c = \alpha 0.85f_{cd} x b \xrightarrow{x = \xi d} F_c = \alpha 0.85f_{cd} \xi bd$
 $F_{s1} = A_{s1} \sigma_{sdi} = \begin{cases} A_{s1} f_{yd} & (\epsilon_{s1} \geq \epsilon_{yd}) \\ A_{s1} \epsilon_{s1} E_s & (\epsilon_{s1} < \epsilon_{yd}) \end{cases}$

$\xi = \frac{0.688 - \sqrt{0.4733 - 1.144\mu_{sd}}}{0.572}$
 $\xi_{EC2} = \frac{0.68 - \sqrt{0.4624 - 1.088\mu_{sd}}}{0.544}$
 $\mu_{lim} = \begin{cases} \xi_{lim} (0.688 - 0.268\xi_{lim}) \\ \eta \\ \xi_{lim,EC2} (0.68 - 0.272\xi_{lim,EC2}) \end{cases}$
 $\xi_{lim} = \min \left\{ \frac{1}{1 + \frac{f_{yk}}{805}}, \frac{1}{0.601 \frac{h}{d}} \right\}$
 $\xi_{lim,EC2} = \min \left\{ \frac{1}{1 + \frac{f_{yk}}{805}}, \frac{1}{0.625 \frac{h}{d}} \right\}$

$\alpha = \begin{cases} \frac{|\epsilon_c|(6 - |\epsilon_c|)}{12} & (|\epsilon_c| \leq |\epsilon_{co}| = 0.002) \\ \frac{3|\epsilon_c| - 2}{3|\epsilon_c|} & (|\epsilon_c| > |\epsilon_{co}| = 0.002) \end{cases}$
 $\zeta' = \begin{cases} \frac{8 - |\epsilon_c|}{4(6 - |\epsilon_c|)} & (|\epsilon_c| \leq |\epsilon_{co}| = 0.002) \\ \frac{|\epsilon_c|(3|\epsilon_c| - 4) + 2}{2|\epsilon_c|(3|\epsilon_c| - 2)} & (|\epsilon_c| > |\epsilon_{co}| = 0.002) \end{cases}$
 $\lambda = \begin{cases} 0.8 & (f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}) \\ 0.8 - \frac{(f_{ck} - 50)}{400} & (50 \text{ MPa} < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}) \end{cases}$
 $\eta = \begin{cases} 1.0 & (f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}) \\ 1.0 - \frac{(f_{ck} - 50)}{200} & (50 \text{ MPa} < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}) \end{cases}$

Διπλός οπλισμός: $A_{s1} = \frac{1}{f_{yd}} \left(\frac{M_{s,Ed,lim}}{z} + \frac{M_{s,Ed} - M_{s,Ed,lim}}{d - d_2} - N_{Ed} \right)$ & $A_{s2} = \frac{1}{f_{yd}} \left(\frac{M_{s,Ed} - M_{s,Ed,lim}}{d - d_2} \right)$
 όπου: $z = d(1 - 0.416\xi_{lim})$ ή $z = d(1 - 0.4\xi_{lim,EC2})$

ΔΙΑΤΜΗΣΗ

$V_{Rd,c} = [(0.18/\gamma_c)k(100\rho_1f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}]b_w d \geq (0.035\sqrt{k^3f_{ck}} + 0.15\sigma_{cp})b_w d$ όπου:

$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2$ (d σε mm), $\rho_1 = A_{s1}/(b_w d) \leq 2\%$ και $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0.2f_{cd}$ ($N_{Ed} > 0$ για θλίψη) και $A_c = b_w \cdot h$

$V_{Rd} = \min\{V_{Rd,s}, V_{Rd,max}\}$ όπου:

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} 0.9df_{ywd} \cot \theta \xrightarrow{\theta=45^\circ} V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} 0.9df_{ywd}$ και

$V_{Rd,max} = a_{cw}b_w 0.9dv_1f_{cd}/(\cot \theta + \tan \theta) \xrightarrow{\theta=45^\circ} V_{Rd,max} = a_{cw}b_w 0.45dv_1f_{cd}$ όπου:

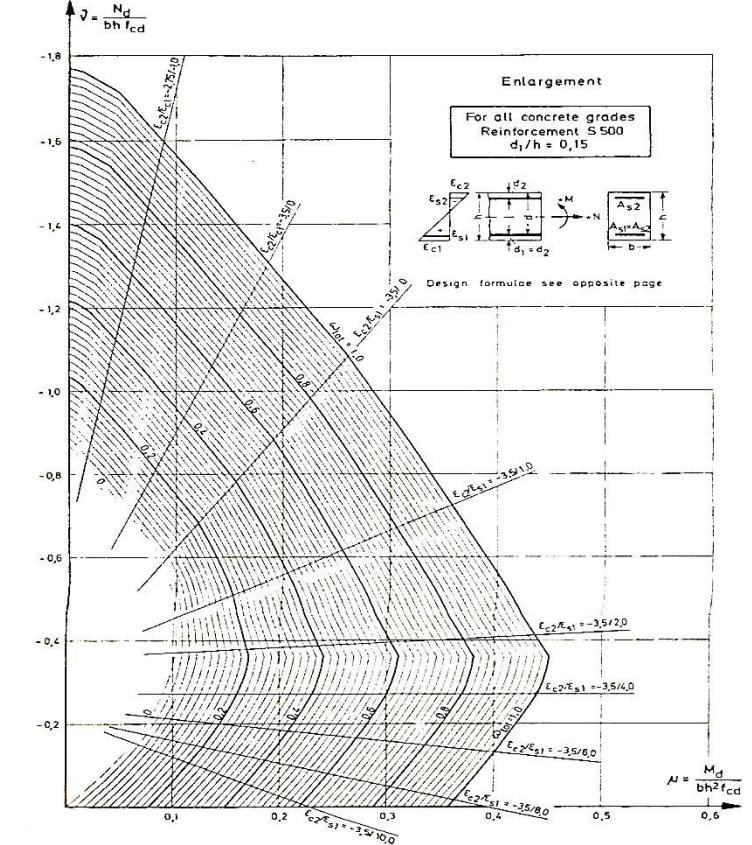
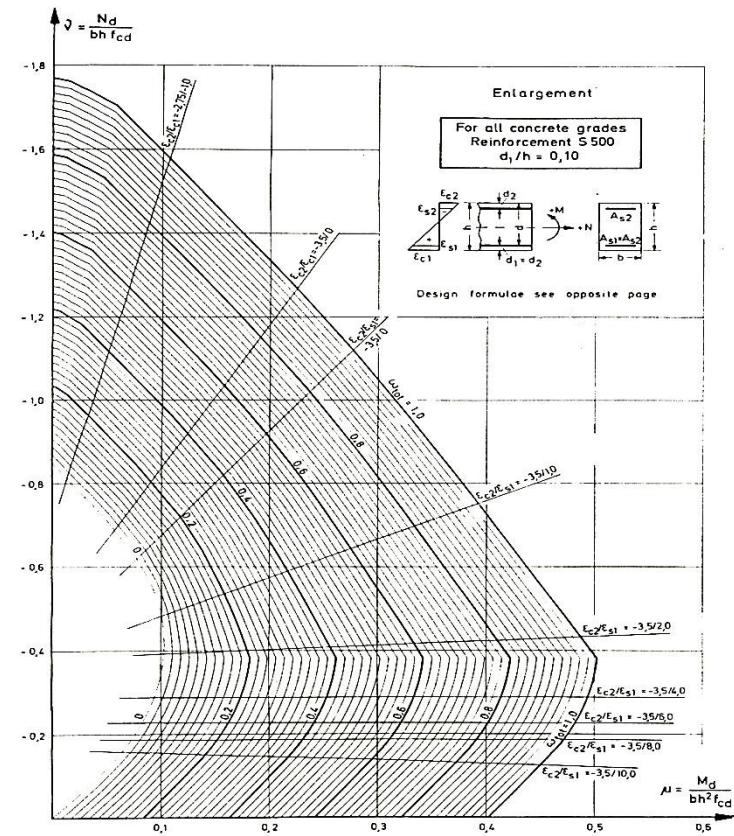
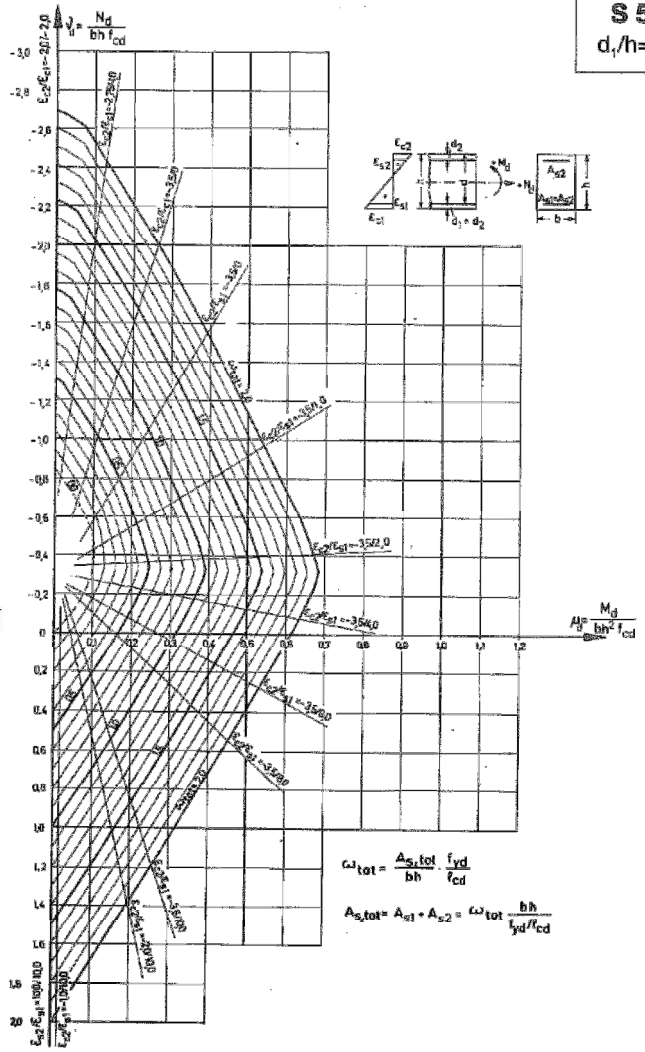
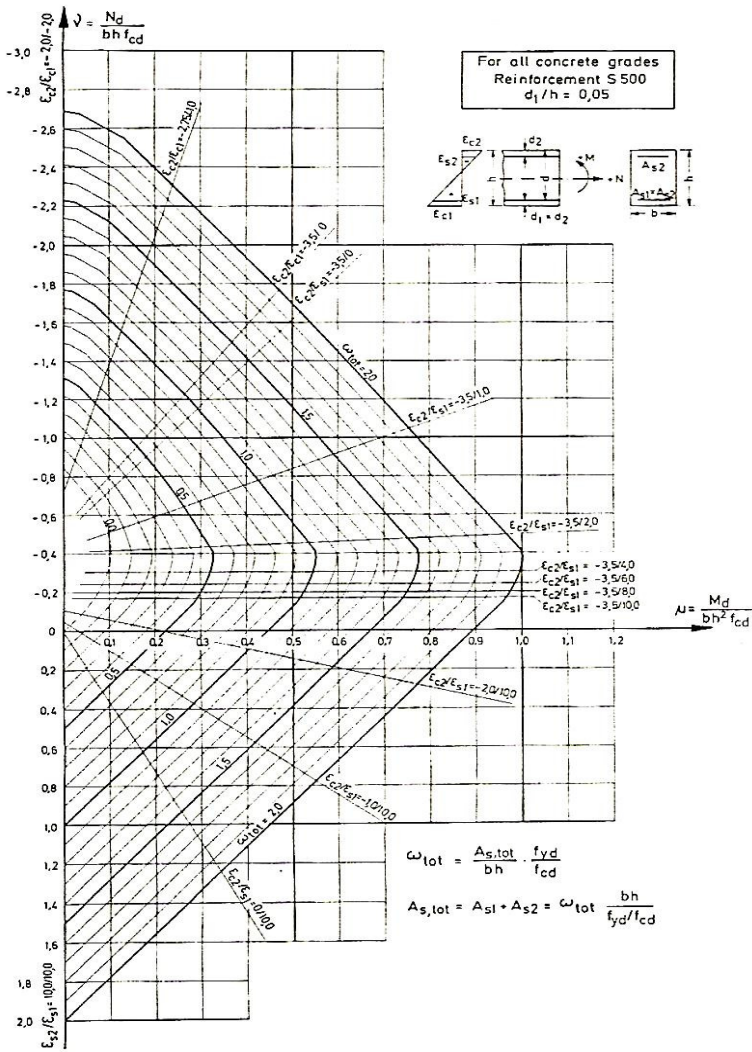
$v_1 = v = 0.6(1 - f_{ck}/250)$ και $a_{cw} = 1$ για μη προεντεταμένες κατασκευές και $1 \leq \cot \theta \leq 2.5 \rightarrow 22^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

Ελάχιστο ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού: $\rho_{w,min} = 0.08\sqrt{f_{ck}/f_{yk}}$ όπου: $\rho_w = A_{sw}/(b_w s)$

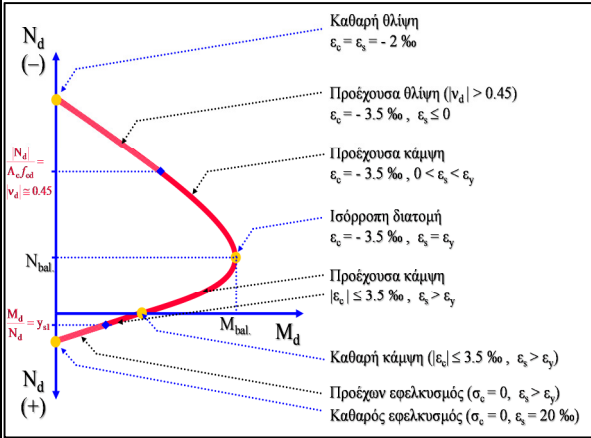
Μέγιστη απόσταση συνδετήρων: $s_{max} = 0.75d$

Κατανομή εγκάρσιου οπλισμού σε απόσταση $L_{cr} = h$ (από παρειά στήριξης) και $L_{cr} = 2h$ (από συγκεντρωμένο φορτίο)

S 500
d₁/h=0.20



Πρόσθετες κατ' επιλογήν σημειώσεις



1. Πίνακας CEB για απλό οπλισμό

μsd	ω	ξ = x/d	ζ' = z/d	εc		εs		σsd (MPa)		
				(‰)	(‰)	S220	S400	S500		
0.01	0.0102	0.050	0.983	-0.52	10.00	191	348	435		
0.02	0.0205	0.072	0.975	-0.77	10.00	191	348	435		
0.03	0.0310	0.089	0.969	-0.98	10.00	191	348	435		
0.04	0.0415	0.104	0.963	-1.16	10.00	191	348	435		
0.05	0.0522	0.118	0.958	-1.34	10.00	191	348	435		
0.06	0.0630	0.131	0.953	-1.54	10.00	191	348	435		
0.07	0.0739	0.144	0.947	-1.68	10.00	191	348	435		
0.08	0.0849	0.156	0.942	-1.85	10.00	191	348	435		
0.09	0.0961	0.168	0.937	-2.03	10.00	191	348	435		
0.10	0.1074	0.181	0.931	-2.21	10.00	191	348	435		
0.11	0.119	0.194	0.925	-2.40	10.00	191	348	435		
0.12	0.131	0.207	0.919	-2.60	10.00	191	348	435		
0.13	0.143	0.220	0.912	-2.82	10.00	191	348	435		
0.14	0.155	0.233	0.905	-3.04	10.00	191	348	435		
0.15	0.167	0.247	0.899	-3.27	10.00	191	348	435		
0.16	0.179	0.261	0.892	-3.50	9.92	191	348	435		
0.17	0.192	0.280	0.884	-3.50	9.02	191	348	435		
0.18	0.206	0.299	0.878	-3.50	8.22	191	348	435		
0.19	0.219	0.318	0.868	-3.50	7.50	191	348	435		
0.20	0.233	0.338	0.859	-3.50	6.85	191	348	435		
0.21	0.247	0.359	0.851	-3.50	6.26	191	348	435		
0.22	0.261	0.380	0.842	-3.50	5.72	191	348	435		
0.23	0.276	0.401	0.833	-3.50	5.22	191	348	435		
0.24	0.291	0.423	0.824	-3.50	4.77	191	348	435		
0.25	0.307	0.446	0.814	-3.50	4.35	191	348	435		
0.26	0.323	0.470	0.805	-3.50	3.95	191	348	435		
0.27	0.340	0.494	0.795	-3.50	3.59	191	348	435		
0.28	0.357	0.519	0.784	-3.50	3.24	191	348	435		
0.29	0.375	0.545	0.773	-3.50	2.92	191	348	435		
0.30	0.394	0.572	0.762	-3.50	2.62	191	348	435		
0.31	0.413	0.600	0.750	-3.50	2.33	191	348	435		
0.32	0.434	0.630	0.738	-3.50	2.05	191	348	410		
0.33	0.455	0.662	0.725	-3.50	1.79	191	348	358		
0.34	0.478	0.695	0.711	-3.50	1.54	191	308	308		
0.35	0.503	0.731	0.696	-3.50	1.29	191	258	258		
0.36	0.529	0.770	0.680	-3.50	1.05	191	210	210		
0.37	0.559	0.812	0.662	-3.50	0.81	162	162	162		
0.38	0.592	0.860	0.642	-3.50	0.57	104	104	104		
0.39	0.630	0.915	0.619	-3.50	0.32	64	64	64		

2α. Πίνακας CEB για διπλό οπλισμό S220

μsd	d2/d = 0.05		d2/d = 0.10		d2/d = 0.15		d2/d = 0.20	
	ω1	ω2	ω1	ω2	ω1	ω2	ω1	ω2
0.33	0.444	0.010	0.455	0.000	0.455	0.000	0.455	0.000
0.34	0.455	0.021	0.466	0.011	0.477	0.001	0.478	0.000
0.35	0.466	0.031	0.477	0.023	0.489	0.013	0.500	0.003
0.36	0.476	0.042	0.489	0.034	0.500	0.025	0.512	0.016
0.37	0.487	0.052	0.400	0.045	0.512	0.037	0.525	0.028
0.38	0.497	0.063	0.511	0.056	0.524	0.049	0.537	0.041
0.39	0.508	0.073	0.522	0.067	0.536	0.060	0.550	0.053
0.40	0.518	0.084	0.533	0.078	0.548	0.072	0.562	0.066
0.41	0.529	0.095	0.544	0.089	0.559	0.084	0.575	0.078
0.42	0.539	0.105	0.555	0.100	0.571	0.096	0.587	0.091
0.43	0.550	0.116	0.566	0.11	0.583	0.107	0.600	0.103
0.44	0.560	0.126	0.577	0.123	0.595	0.119	0.612	0.116
0.45	0.571	0.137	0.589	0.134	0.606	0.131	0.625	0.128
0.46	0.581	0.147	0.600	0.145	0.618	0.143	0.637	0.141
0.47	0.592	0.158	0.611	0.156	0.630	0.154	0.650	0.153
0.48	0.602	0.168	0.622	0.167	0.642	0.166	0.662	0.166
0.49	0.613	0.179	0.633	0.178	0.653	0.178	0.675	0.178
0.50	0.623	0.189	0.644	0.189	0.665	0.190	0.687	0.191

2β. Πίνακας CEB για διπλό οπλισμό S400

μsd	d2/d = 0.05		d2/d = 0.10		d2/d = 0.15		d2/d = 0.20	
	ω1	ω2	ω1	ω2	ω1	ω2	ω1	ω2
0.33	0.444	0.010	0.455	0.000	0.455	0.000	0.455	0.000
0.34	0.455	0.021	0.466	0.011	0.469	0.010	0.470	0.010
0.35	0.466	0.031	0.477	0.023	0.481	0.021	0.482	0.023
0.36	0.476	0.042	0.489	0.034	0.493	0.033	0.495	0.035
0.37	0.487	0.052	0.400	0.045	0.504	0.045	0.507	0.048
0.38	0.497	0.063	0.511	0.056	0.516	0.057	0.520	0.060
0.39	0.508	0.073	0.522	0.067	0.528	0.068	0.532	0.073
0.40	0.518	0.084	0.533	0.078	0.540	0.080	0.545	0.085
0.41	0.529	0.095	0.544	0.089	0.552	0.092	0.557	0.098
0.42	0.539	0.105	0.555	0.100	0.563	0.104	0.570	0.110
0.43	0.550	0.116	0.566	0.111	0.575	0.115	0.582	0.123
0.44	0.560	0.126	0.577	0.123	0.587	0.127	0.595	0.135
0.45	0.571	0.137	0.589	0.134	0.599	0.139	0.607	0.148
0.46	0.581	0.147	0.600	0.145	0.610	0.151	0.620	0.160
0.47	0.592	0.158	0.611	0.156	0.622	0.162	0.633	0.173
0.48	0.602	0.168	0.622	0.167	0.634	0.174	0.645	0.185
0.49	0.613	0.179	0.633	0.178	0.646	0.186	0.657	0.198
0.50	0.623	0.189	0.644	0.189	0.657	0.198	0.670	0.210

2γ. Πίνακας CEB για διπλό οπλισμό S500 (B500C)

μsd	d2/d = 0.05		d2/d = 0.10		d2/d = 0.15		d2/d = 0.20	
	ω1	ω2	ω1	ω2	ω1	ω2	ω1	ω2
0.32	0.429	0.005	0.429	0.005	0.430	0.005	0.430	0.006
0.33	0.440	0.015	0.440	0.016	0.441	0.017	0.443	0.016
0.34	0.450	0.026	0.451	0.027	0.453	0.029	0.455	0.031
0.35	0.461	0.036	0.463	0.038	0.465	0.041	0.468	0.043
0.36	0.471	0.047	0.474	0.049	0.477	0.052	0.480	0.056
0.37	0.482	0.057	0.485	0.061	0.489	0.064	0.493	0.068
0.38	0.492	0.068	0.496	0.072	0.500	0.076	0.505	0.081
0.39	0.503	0.078	0.507	0.083	0.512	0.088	0.518	0.093
0.40	0.513	0.089	0.518	0.094	0.524	0.099	0.530	0.106
0.41	0.524	0.099	0.529	0.105	0.536	0.111	0.543	0.118
0.42	0.534	0.110	0.541	0.116	0.547	0.123	0.555	0.131
0.43	0.545	0.120	0.552	0.127	0.559	0.135	0.568	0.143
0.44	0.555	0.131	0.563	0.138	0.571	0.146	0.580	0.156
0.45	0.566	0.142	0.574	0.149	0.583	0.158	0.593	0.168
0.46	0.577	0.152	0.585	0.161	0.594	0.170	0.605	0.181
0.47	0.587	0.163	0.596	0.172	0.606	0.182	0.618	0.193
0.48	0.598	0.173	0.607	0.183	0.618	0.193	0.630	0.206
0.49	0.608	0.184	0.618	0.194	0.630	0.205	0.643	0.218
0.50	0.619	0.194	0.629	0.205	0.641	0.217	0.655	0.231

1. Απλός οπλισμός: $A_s = \omega b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$

2. Διπλός οπλισμός: $A_{s1} = \omega_1 b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$ & $A_{s2} = \omega_2 b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$