

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΜΜΙΚΤΗΣ ΑΜΦΙΕΡΕΙΣΤΗΣ ΔΟΚΟΥ (EN 1993 & EN 1994)

Διατομή Δοκού

HE 450 A ▼

IPE

HEA

HEB

HEM

2

section	HE 450 A
g (Kg/m)	140
ha (mm)	440
b (mm)	300
tw (mm)	11,5
tf (mm)	21
r1 (mm)	27
r2 (mm)	0
Aa (cm ²)	178
Iya (cm ⁴)	63720
Wya (cm ³)	2896
Wpl,ya (cm ³)	3216
iya (cm)	18,92
Iza (cm ⁴)	9465
Wza (cm ³)	631
Wpl,za (cm ³)	965,5
iza (cm)	7,29
ITa (cm ⁴)	243,8
Iwa (cm ⁶)	4148000

Υλικό:		f (N/mm ²)	E (N/mm ²)	τ _{Rd} (N/mm ²)	γ _i
Χάλυβας	S235 ▼	235	210000	-	1,00
Σκυρόδεμα	C20/25 ▼	20	29000	0,25	1,50
Χάλυβας Ο/Σ	B500C ▼	500	200000	-	1,15
Χ/Φ	S320 ▼	320	210000	-	-
Συνδ. Διατμ.		450	210000	-	1,25

Οπλισμός Δοκού (εντός πλάκας)					
άνω στρώση	Διάμετρος Φ=	16	αριθμός n1=	6	m ²
	z1=	0,025	As1=	0,001206	
κάτω στρώση	Διάμετρος Φ=	10	αριθμός n2=	6	m ²
	z2=	119,975	As2=	0,000471	

Σύνδεσμοι διάττησης:		d=	19 ▼	19	mm
h/d=	5,26	h=	100 ▼	100	mm
πρέπει d ≤ 2,5·t _f =		52,5 mm	ok		

Δοκός:

Συνεργαζόμενο πλάτος	EC4 beff=	3,00	m
λόγος ελαστικότητας	n=Ea/Ecm=	7,2	
Ισοδύναμο εμβαδόν	Ac'=Ac/n	0,0497	m ²
Ισοδ. ροπή αδράνειας	Ic'=Ic/n=	5,97E-05	m ⁴
K.B.	eo=	0,134	m

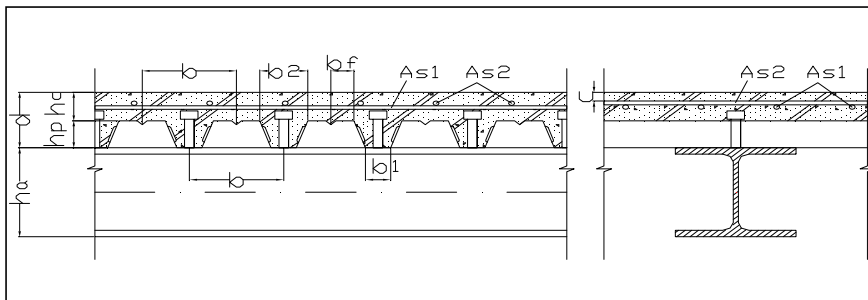
Χαρακτηριστικά Αρτημότητας διατομής:

A=	0,06751	m ²	Wel3=	0,00405	m ³
It=	-	m ⁴	Wel2=	-	m ³
I33=	0,00172	m ⁴	Wpl3=	0,00727	m ³
I22=	-	m ⁴	Wpl2=	-	m ³
Av2=	0,00658	m ²	i3=	0,1598	m
Av3=	-	m ²	i2=	-	m

Πλάκα Σκυροδέματος:

πάχος πλάκας
πάχος συμπαγούς σκυροδ.
ύψος χαλυβδόφυλλου

Ολόσωμη Πλάκα ▼	d=	90	mm	> 80mm ok
	hc=	120	mm	> 40mm ok
	hp=	73	mm	



ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΜΦΙΕΡΕΙΣΤΗΣ ΔΟΚΟΥ

Φορτία:

μόνιμα:	kN/m ²	kN/m
Ι.Β. δοκού	-	1,40
Ι.Β. πλάκας	3,00	9,00
δάπ.+τοιχοί	2,00	6,00

μήκος δοκού L= 12,00 m
 πλάτος ευθύνης α= 3,00 m

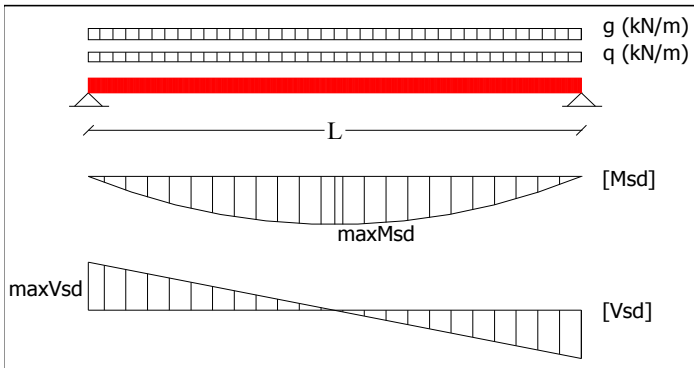
Συνδυασμοί Φόρτισης:

Ο.Κ.Α.	1,35g+1,5q	31,14	kN/m
Ο.Κ.Λ.	g+q	22,40	kN/m
Φάση κατασκ.	1,35g _{L.B.} +1,5q'	16,29	kN/m

κινητό:	2,00	6,00
κινητό Φ.Κ.:	0,50	1,50

Εντατικά Μεγέθη:

a/a	Msd (kNm)	Vsd (kN)
Ο.Κ.Α.	560,5	186,8
Ο.Κ.Λ.	403,2	134,4
Φάση κατασκ.	293,2	97,7



Φάση Κατασκευής

Με υποστήριξη 2

Χωρίς υποστήριξη

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΜΜΙΚΤΗΣ ΔΟΚΟΥ

beam HE 450 A hc= 120 mm

αντοχές υλικών

fcd=0,85fck/γc= 11333,3 kN/m²
 fad=fa/γα= 235000,0 kN/m²
 fsd=fsk/γs= 434782,6 kN/m²

κατάταξη διατομής σε κάμψη

πέλμα: κατηγορία 1 λόγω σκυροδεματος
 κορμός: 29,9 <=72ε κλάση
 κλάση συμμετρικής διατομής 1

1. Θετικές ροπές (σύμμεκτη λειτουργία) - πλαστική ροπή αντοχής Mpl.Rd

πλαστικός ουδέτερος άξονας z0

- Υπόθεση ότι ο ουδέτερος άξονας είναι εντός του πάχους της πλάκας σκυροδέματος
 υπόθεση ότι zo <= hc zo=Aafad/b_{eff}fcd= 0,1230 σωστή υπόθεση
 Mpl.Rd=Aafad(zo-hc/2)= 1164,9 kNm 1
- Υπόθεση ότι ο ουδέτερος άξονας είναι εντός του άνω πέλματος της σιδηροδοκού
 υπόθεση ότι hc < zo < hc+tf zo=hc+(Aafad-b_{eff}hcfc)/(2f_{ad}ba)= 0,1207 λάθος υπόθεση
 Mpl.Rd=Aafad(zo-hc/2)-2fadba(zo-hc)zo/2= 1165,0 kNm 2
- Υπόθεση ότι ο ουδέτερος άξονας είναι εντός του κορμού της σιδηροδοκού
 υπόθεση ότι hc+tf <= zo zo=hc+tf+(A_af_{ad}-f_{cd}b_{eff}hc-2f_{ad}b_atf)/(2f_{ad}t_w)= -0,3878 λάθος υπόθεση
 Mpl.Rd=A_af_{ad}(z_o-h_c/2)-2f_{ad}t_w(z_o-h_c-t_f)[(z_o+t_f)/2]-2f_{ad}b_at_f[(hc+t_f)/2]= 438,4 kNm 2

zo= 0,1230 m

διερεύνηση απομείωσης λόγω επιρροής ύψους θλιβόμενης ζώνης

zo/h = 0,220 ok συντελ. απομείωσης β= 0,96
 Mpl.Rd= 1116,2 kNm m=M_{sd}/M_{Rd}= 0,502 ok

2. Θετικές ροπές (γαλύβδινη λειτουργία) - πλαστική ροπή αντοχής Mpl.Rd - Φάση Κατασκευής

Mpl.a.Rd= 755,8 kNm γίνεται έλεγχος m=M_{sd}/M_{Rd}= 0,388 ok

3. πλαστική αντοχή σε τέμνουσα $V_{pl,Rd}$

$$A_v = A_a - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f = 0,00658 \text{ m}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot f_{ad} / 3^{0,5} = 892,1 \text{ kN}$$

$$v = V_{sd} / V_{Rd} = 0,209 \quad \text{ok}$$

4. πλαστική αντοχή σε αξονική δύναμη $N_{pl,Rd}$

θλίψη $N_{pl,Rd}^- = A_{afad} + A_{sfsd} + bdfcd = 8992,4 \text{ kN}$
 εφελκυσμός $N_{pl,Rd}^+ = A_{afad} + A_{sfsd} = 4912,4 \text{ kN}$

5. κύρτωση

κορμός <input checked="" type="radio"/> Μη ενισχυμένος - Μη εγκιβωτισμένος 1 <input type="radio"/> Ενισχυμένος - Μη εγκιβωτισμένος	Ενισχυμένος κορμός απόσταση νέυρων a = 300 mm λόγος a = a/d = 0,872 Kτ = 11,02 η = 1,0 για ποιότητα χάλυβα ως S460 η = 1,2 για ποιότητα χάλυβα μεγαλύτερη δεν απαιτείται έλεγχος
--	--

$d/t_w = 29,9 < 72,0$ πρέπει $< 72\epsilon/\eta$

6. Αντοχή σε στρέβλωση γαλβδίνης δοκού - Φάση κατασκευής $\epsilon = (235/f_a)^{0,5} = 1$

κατάταξη:	κορμός	29,9	$\leq 72\epsilon$	κλάση	1			
(κάμψη)	πέλμα	7,1	$\leq 10\epsilon$	κλάση	1	κλαση διατομής	1	
						$\beta_w =$	1,000	
Στα άκρα της δοκού υπάρχουν απλές πλευρικές στηρίξεις οπότε $k =$					1	και	$k_w =$	1
Από πίνακα F.1.2	$C_1 =$	1,132		$C_2 =$	0,459	$C_3 =$	0,525	

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left\{ \left[\frac{k}{k_w} \right]^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} \right\}^{0,5} = 66931,5 \text{ kNcm}$$

φορτίο στο Κ.Β.

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left\{ \left[\frac{k}{k_w} \right]^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 \right\}^{0,5} - (C_2 z_g - C_3 z_j) = 53146,7 \text{ kNcm}$$

φορτίο στο άνω πέλμα

$\lambda_{LT} = [\beta_w W_{pl,y} f_y / M_{cr}]^{0,5} = 1,19$ καμπύλη c $\alpha_{LT} = 0,49$

$\phi_{LT} = 1,45$ $\chi_{LT} = 0,437$

$M_b.Rd = 300,5 \text{ kNm}$ γίνεται έλεγχος $m = M_{sd} / M_{Rd} = 0,976 \quad \text{ok}$

7. Συνδέσμοι Διάτμησης

Πλήρης Σύνδεση

$$V_l = F_{cf} = \min \left\{ \begin{array}{ll} A_a f_y / \gamma_a & 4183,0 \\ 0.85 f_{ck} b_{eff} h_c / \gamma_c & 4080,0 \end{array} \right. \quad \text{οπότε } V_l = 4080,0 \quad \text{kN}$$

$$P_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{ll} 0.8 f_u (\pi d^2 / 4) / \gamma_v & 81,66 \\ 0.29 a d^2 \sqrt{(f_{ck} E_{cm})} / \gamma_v & 63,78 \end{array} \right. \quad \text{οπότε } P_{Rd} = 63,78 \quad \text{kN}$$

πρέπει $t_f > 0,4d$ ok

Απαιτ. Αριθμ. συνδέσμων $N_f = 2F_{cf}/P_{Rd} =$	127,9	επιλέγονται	128	διατμ. Ήλοι	ok
αριθμός σερών συνδέσμων $N_r =$	2				
απόσταση μεταξύ 2 σειρών $e_1 = 2,5 \cdot d =$	47,5	mm		για ολόσωμη πλάκα	
απόσταση μεταξύ 2 σειρών $e_1 = 4 \cdot d =$	76	mm		για σύμμικτη πλάκα με χαλυβδόφυλλο \perp στη δοκό	
απόστ. διατμ. συνδ. από άκρο πέλαματος $e'_T \leq 9 \cdot t_f \cdot \epsilon =$	189 mm			ok	

προϋποθέσεις ισοκατανομής - όγκιμη συμπεριφορά συνδέσμων διάτμησης

1) διατομές κλάσης 1 ή 2	ok		
2) $M_{pl.Rd}/M_{apl.Rd} \leq 2.5$	$M_{pl.Rd}/M_{apl.Rd} =$	1,48	ok
ακόμη πρέπει $h \geq 4d$	ok	$hc-h \geq 20$	ok
πρέπει η διάμετρος $16mm \leq d \leq 22mm$	ok		

απαιτ. αποστάσεις ήλων

διαμήκεις αποστάσεις $e_L =$	190	mm	επιλέγεται	180	mm	ok
πρέπει $e_L \geq 5 \cdot d$	ok	πρέπει $e_L \leq 6 \cdot hc$	ok	πρέπει $e_L \leq 800$		ok

Αν η χαλύβδινη δοκός είναι κατηγ. 3 ή 4 τότε, πρέπει να ισχύουν τα παρακάτω για να είναι η σύμμικτη διατομή κατηγ. 1

πρέπει $e_L \leq \min\{22 \cdot t_f \cdot \epsilon, 6 \cdot hc, 800mm\} =$	462 mm	ok	για ολόσωμες πλάκες
πρέπει $e_L \leq \min\{15 \cdot t_f \cdot \epsilon, 6 \cdot (hc+hp), 800mm\} =$	315 mm	ok	για πλάκες με χαλυβδόφυλλο

Μερική Σύνδεση

προϋποθέσεις εφαρμογής:

1) διατομές κλάσης 1 ή 2		Ελάχιστος βαθμός σύνδεσης	
2) $h \geq 4d$	ok	$N/N_f \geq 0,25+0,03L$	0,61

Η δύναμη που μεταφέρουν οι σύνδεσμοι είναι:

$$F_c = \frac{M_{sd} - M_{apl.Rd}}{M_{pl.Rd} - M_{apl.Rd}} F_{cf} = -2210,1 \quad \text{kN}$$

Απαιτ. Αριθμ. συνδέσμων $N_f = 2F_c/P_{Rd} =$	-69,3	επιλέγονται	80	διατμ. Ήλοι	ok
αριθμός σερών συνδέσμων $N_r =$	1				
απόσταση μεταξύ 2 σειρών $4d =$	76	οπότε ο βαθμός σύνδεσης είναι $N/N_f =$	0,63		ok

Απομειωμένη αντοχή σε ροπή

$$M_{pl.Rd}^{red} = M_{apl.Rd} + \left(M_{pl.Rd} - M_{apl.Rd} \right) \frac{N}{N_f} = 981,0 \quad \text{kNm}$$

$m = M_{sd}/M_{Rd} = 0,571$ ok

8. Αντοχή σε διαμήκη διάτμηση της πλάκας

ελάχιστος εγκάρσιος σπλισμός πλάκας $A_e > 0.002A_c$	240	mm^2/m		
τοποθετείται $\Phi 8/20$ α & κ	251	mm^2/m		
διαμήκης διάτμηση σχεδιασμού	$V_{sd}=P_{Rd}/s1=$	354,4	kN/m	
για κάθε επίπεδο α-α:	$V_{sd}/2=$	177,2	kN/m	
$V_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2.5A_{cv}\eta\tau_{Rd} + A_e f_{sk} / \gamma_s + v_{pd} \\ 0.2A_{cv}\eta f_{ck} / \gamma_c + v_{pd} / \sqrt{3} \end{array} \right.$	293,3			
	320,0	οπότε $V_{Rd}=$	293,3	kN/m
	$v=(V_{sd}/2)/V_{Rd}=$		0,604	ok
κατά το περίγραμμα των συνδέσμων b-b	$A_{cv}=$	222000	mm^2/m	
$V_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2.5A_{cv}\eta\tau_{Rd} + A_e f_{sk} / \gamma_s + v_{pd} \\ 0.2A_{cv}\eta f_{ck} / \gamma_c + v_{pd} / \sqrt{3} \end{array} \right.$	357,0			
	592,0	οπότε $V_{Rd}=$	357,0	kN/m
	$v=V_{sd}/V_{Rd}=$		0,993	ok

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

9. Πλήρης διατμητική σύνδεση

a.Βύθιση από Μακρογρόνια φορτία

$n = E_a/(E_{cm}/3) =$	21,72			
$A_{c'} = A_c/n =$	0,0166	m^2		
$J_{c'} = j_c/n =$	1,989E-05	m^4		
$J_{i,1} =$	0,001330	m^4		
q=μονιμα φορτία=	16,40	kN/m		
$\delta_1 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI_{i,1}} =$	1,66	cm		
			$e_o = \frac{A_c' \frac{h_c}{2} + A_a \left(h_c + \frac{h_a}{2} \right)}{A_c' + A_a} =$	0,205 m

b.Βύθιση από Βραχυγρόνια φορτία

$n = E_a/E_{cm} =$	7,2			
$A_{c'} = A_c/n =$	0,0497	m^2		
$J_{c'} = j_c/n =$	0,000060	m^4		
$J_{i,2} =$	0,0017245	m^4		
q=κινητά φορτία=	6,00	kN/m		
$\delta_2 = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI_{i,1}} =$	0,45	cm		
			$\text{πρέπει } \leq \delta_{2max} = L/350 =$	3,43 cm ok

c.Βύθιση λόγω συστολής

$\epsilon_{cs} =$	3,25E-04		Όριο εφαρμογής 4,00E-04	<u>δεν χρειάζεται έλεγχο</u>
$N_s = \epsilon_{cs} A_c E_{cm} / 3 =$	1131,0	kN	<input checked="" type="checkbox"/> λαμβάνεται υπόψιν η βύθιση	TRUE
$M_s = N_s (e_o - h_c / 2) =$	164,00	kNm		
$\delta_s = M_s L^2 / (8 E_a J_{i,1}) =$	1,06	cm		

Ο.Κ.Λ. - Βυθίσεις

	δ_{max}	δ_2
<input type="radio"/> Δοκός στέγης	L/200	L/250
<input type="radio"/> Πάτωμα γενικώς	L/250	L/300
<input checked="" type="radio"/> Πάτωμα - Ευαίσθητα διαχωριστικά	L/250	L/350

$\delta_{ολ} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_s =$	3,17	cm	$\text{πρέπει } \leq \delta_{max} = L/250 =$	4,80	cm	ok
--	------	----	--	------	----	-----------

10. Μερική διατμητική σύνδεση - Επίδραση στη βύθιση

Με συστολή ξήρανσης

$q_a = g+q = 22,40$ kN/m

$$\delta_a = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI_a} =$$

4,52 cm

$\delta_c = \delta_1 + \delta_2 =$

2,11 cm

για $\delta = \delta_{max} - \delta_s = 3,74$ cm έχουμε

$$\frac{\delta}{\delta_c} = 1 + C \left[1 - \frac{N}{N_f} \right] \left[\frac{\delta_a}{\delta_c} - 1 \right] \Rightarrow N \geq N_f \cdot \left[1 - \frac{\left[\frac{\delta}{\delta_c} - 1 \right]}{C \cdot \left[\frac{\delta_a}{\delta_c} - 1 \right]} \right] = -161,0$$

ok

επιλέγονται 80 διαμ. Ήλοι

ok

απαιτ. αποστάσεις ήλων $e_L = 307$ mm

πρέπει $e_L \geq 5 \cdot d$ ok

πρέπει $e_L \leq 6 \cdot h_c$ ok

πρέπει $e_L \leq 800$ ok

Τελική επιλογή τρόπου Σύνδεσης

Πλήρης σύνδεση Μερική σύνδεση 1

Τελικά τοποθετούνται: 128 ήλοι ανά 189,84 mm σε NΓ= 2 σειρές