ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
1. ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ
2. ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΥΓΡΟΥ
3. ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΩΘΗΣΕΩΝ ΓΑΙΩΝ
4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΝΩ-ΚΑΤΩ ΙΝΑΣ
5. ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ
6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ (Ο.Κ.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ)
7. ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (Ο.Κ.ΑΣΤΟΧΙΑΣ)

ΕΡΓΟ:	**ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ 1300m^3**
ΘΕΣΗ:	
ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ:	
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:	**ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΚΑΓΙΑΝΝΗΣ πολιτικός μηχανικός**

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2013

Ο ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Δεδομένα…….. σελ.3
2. Υπολογισμός Ι.Β. - Μάζας…… σελ.4
3. Σεισμική Ανάλυση στη διεύθυνση Χ…….σελ.4
3.1.Παράμετροι του μοντέλου μάζας - ελατηρίου…… σελ.4
3.2.Ιδιοπερίοδος Δεξαμενής……σελ.5
3.3.Σεισμική Επιτάχυνση Σχεδιασμού……σελ.6
3.4.Τέμνουσα Βάσης…… σελ.6
3.5.Ροπή Ανατροπής αμέσως πάνω από τον Πυθμένα…… σελ.6
3.6.Ροπή Ανατροπής αμέσως κάτω από τον Πυθμένα…… σελ.6
3.7.Έλεγχος Ανατροπής & Ολίσθησης…… σελ.6
3.8.Ύψος Κυματισμού του Ταλαντευόμενου Υγρού…… σελ.6
3.9.Έλεγχος Απαίτησης Αγκύρωσης της Δεξαμενής…… σελ.6
3.10. Υδροδυναμική Πίεση ……σελ.7
3.11.Πίεση από την Αδράνεια των Τοιχίων……σελ.10
3.12.Αδρανειακή Δύναμη στην Πλάκα Οροφής……σελ.10
3.13.Πίεση λόγω Κατακόρυφης Σεισμικής Συνιστώσας…… σελ.10
3.14.Μέγιστη Υδροδυναμική Πίεση - Πραγματική Κατανομή……σελ.11
4. Σεισμική Ανάλυση στη διεύθυνση Υ…….. σελ.12
4.1.Παράμετροι του μοντέλου μάζας - ελατηρίου…… σελ.12
4.2.Ιδιοπερίοδος Δεξαμενής……σελ.13
4.3.Σεισμική Επιτάχυνση Σχεδιασμού……σελ.13
4.4.Τέμνουσα Βάσης…… σελ.13
4.5.Ροπή Ανατροπής αμέσως πάνω από τον Πυθμένα…… σελ.14
4.6.Ροπή Ανατροπής αμέσως κάτω από τον Πυθμένα…… σελ.14
4.7.Έλεγχος Ανατροπής & Ολίσθησης…… σελ.14
4.8.Ύψος Κυματισμού του Ταλαντευόμενου Υγρού…… σελ.14
4.9.Έλεγχος Απαίτησης Αγκύρωσης της Δεξαμενής…… σελ.14
4.10. Υδροδυναμική Πίεση ……σελ.14
4.11.Πίεση από την Αδράνεια των Τοιχίων……σελ.18
4.12.Αδρανειακή Δύναμη στην Πλάκα Οροφής……σελ.18
4.13.Πίεση λόγω Κατακόρυφης Σεισμικής Συνιστώσας…… σελ.18
4.14.Μέγιστη Υδροδυναμική Πίεση - Πραγματική Κατανομή……σελ.18
5.Υδροστατική Πίεση…… σελ.19
6.Ωθήσεις Γαιών…… σελ.19
6.1.Ωθήσεις Γαιών υπό Σεισμικές Συνθήκες - Μέθοδος Mononobe-Okabe…….. σελ.20
6.2.Ωθήσεις Γαιών υπό Στατικές Συνθήκες - Μέθοδος Coulomb…… σελ.21
7.Θερμοκρασιακές Διαφορές άνω - κάτω ίνας (για έλεγχο Λειτουργικότητας)…… σελ.22
8.Συστολή Ξήρανσης (για έλεγχο Λειτουργικότητας)…… σελ.23
9.Έλεγχος σε ανύψωση από Άνωση των υπόγειων υδάτων…….. σελ.23
10.Προδιαστασιολόγηση - Εκτίμηση Πάχους & Οπλισμού Τοιχίων {Παραδοχή Τοιχίο Πρόβολος}… σελ.23
11.Προδιαστασ. - Εκτίμηση Πάχους & Οπλισμού Τοιχίων {Παραδοχή Τοιχίο Τριέρειστη Πλάκα}… σελ.27
11.1.Προδιαστασιολόγηση - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Υ……σελ.30
11.2.Προδιαστασιολόγηση - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Χ……σελ.35
12.Προδιαστασ. - Εκτίμ. Πάχους & Οπλισμού Τοιχίων {Παραδοχή Τοιχίο Τετραέρειστη Πλάκα}… σελ.40
12.1.Προδιαστασιολόγηση - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Υ……σελ.43
12.2.Προδιαστασιολόγηση - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Χ……σελ.47

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ:

•ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 1 - ΜΕΡΟΣ 4: Silos and Tanks
•ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 1 - ΜΕΡΟΣ 1-5: General Actions - Thermal Actions
•ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 8 - ΜΕΡΟΣ 4: Design of Structures for Earthquake Resistance: Silos, Tanks and Pipelines
•ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 2 - ΜΕΡΟΣ1: General Rules and Rules for Buildings
•ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 2 - ΜΕΡΟΣ3: Liquid Retaining and Containment Structures
•ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ {ACI 350.3 - 01}:
Seismic Design of Liquid - Containing Concrete Structures and Commentary
•New Zealand Society for Earthquake Engineering: Seismic Design of Storage Tanks 2009

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1. Δεδομένα:

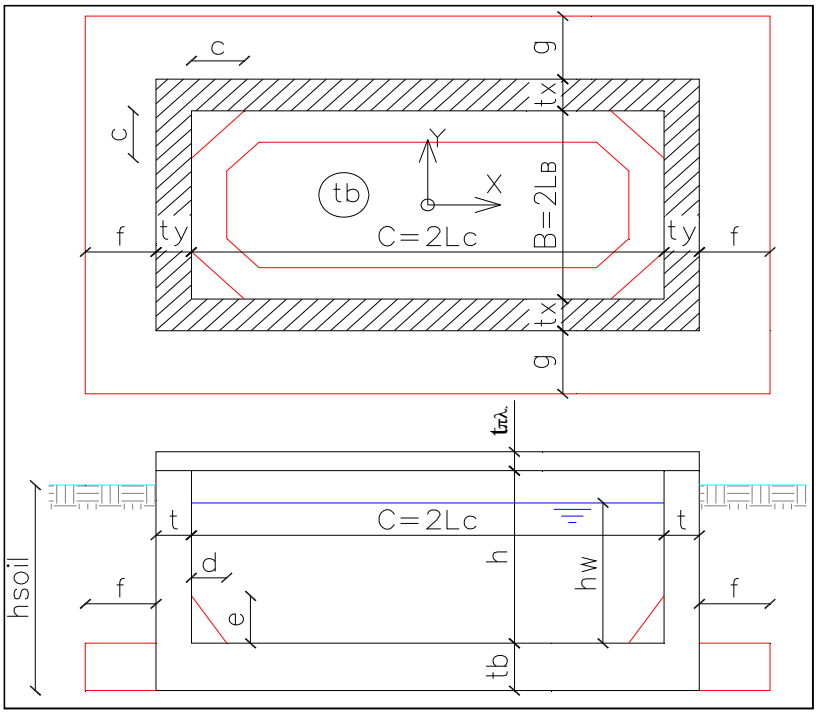
Γεωμετρία Δεξαμενής:

C =2Lc=	25,00	m
B =2L_B=	16,00	m
tx =	0,35	m
ty =	0,35	m
tb =	0,50	m
c =	0,00	m
d =	0,00	m
e =	0,00	m
f =	1,00	m
g =	1,00	m
h =	4,00	m
h_w =	3,20	m
hsoil=	3,00	m

☑ Υπάρχει Πλάκα οροφής

$t_{πλ.}$ =	0,20	m
$g_{προσθ.}$ =	1,00	kN/m^2
q =	2,00	kN/m^2
ψ2 =	0,30	

τριέρειστες & τετραέρειστες



Χαρακτηριστικά Υγρού:

$γ_w$ =	10,00	kN/m^3
$ρ_w$ =	1019,37	kg/m^3

Φάσμα Σχεδιασμού:

EC8 - ΕΠ Ελλάδα

Ζώνη σεισμ. Επικινδ.:	Z2	a_{gR} =	0,24	g
		$γ_I a_{gR} S$ =	2,708	m/s^2
Σπουδαιότητα:	II	$γ_I$ =	1,00	
Έδαφος:	C	$T_{B,h}$ =	0,20	sec
		$T_{C,h}$ =	0,60	sec
Συντ. εδάφους S=	1,15	$T_{D,h}$ =	2,50	sec
Συντ. Συμπεριφοράς q=	1,0	T_1=	-	sec
Ποσ. απόσβεσης ξi=	5%	$η_i$ =	1,00	
Ποσ. απόσβεσης ξc=	0,5%	$η_c$ =	1,35	
Οριζ. Συντ. Φασμ. Εν. =	2,50			
Κατ. Συντ. Φασμ. Εν. =	3,00			
Συντελ. θεμελίωσης θ=	1,00			

Παράμετροι Υπολογισμών:

Τριγωνικές Ενισχύσεις Άκρων

ΔΕΝ Λαμβάνονται Υπόψιν

$T_{B,v}$ =	0,05	sec
$T_{C,v}$ =	0,15	sec
$T_{D,v}$ =	1,00	sec
T_2=	-	sec

Υλικά:

		fk (N/mm^2)	E (N/mm^2)	γi	fd=fk/γi	fctm (MPa)	τRd (MPa)	γ (kN/m^3)
σκυρόδεμα	C25/30	25	31.000	1,50	16,67	2,6	0,30	25,0
χάλυβας	B500C	500	200.000	1,15	434,78			78,5

επικάλυψη c=	0,040	m	
τιμή σχεδιασμού της τάσης συνάφειας	fbd=	2,7	MPa
ελάχιστο ποσοστό οπλισμού διάτμησης	ρw=	0,0011	
εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος 3 ημερών	fct^{3day} =	1,3	MPa
κυβική χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος	fcu=	30	MPa
λόγος του Poisson	ν=	0,20	

2. Υπολογισμός Ι.Β. - Μάζας:

τοίχωμα:			υγρό:		
$V_{τοιχ.}$=	116,8	m^3	V_w=	1280,0	m^3
$W_{τοιχ.}$=	2919,0	kN	W_w=	12800,0	kN
$m_{τοιχ.}$=	297,6	t	m_w=	1304,8	t

πυθμένας:			πλάκα:		
$V_{πυθ.}$=	259,0	m^3	$V_{πλ.}$=	85,8	m^3
$W_{πυθ.}$=	6474,9	kN	$W_{πλ.}$=	2832,7	kN
$m_{πυθ.}$=	660,0	t	$m_{πλ.}$=	288,8	t

Η σεισμική ανάλυση της δεξαμενής θα γίνει και στις δύο διευθύνσεις X & Y.

3. Σεισμική Ανάλυση στη διεύθυνση X:

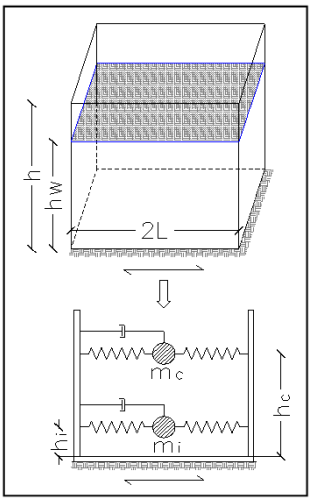
3.1.Παράμετροι του μοντέλου μάζας - ελατηρίου:

$v_n = (2n+1)\cdot\pi/2$

$$m_i = m_w 2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} \frac{I_1(v_n/\gamma)}{v_n^3 I_1'(v_n/\gamma)} = m_w 2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} A_n$$

στάθμη z

$\gamma = h_w/Lc =$ 0,26



$$h_i' = h_w \frac{\frac{1}{2} + 2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} \frac{v_n + 2(-1)^{n+1}}{v_n^4} \times \frac{I_1(v_n/\gamma)}{I_1'(v_n/\gamma)}}{2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} \frac{I_1(v_n/\gamma)}{v_n^3 I_1'(v_n/\gamma)}} = h_w \frac{\frac{1}{2} + 2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} B_n}{2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} A_n}$$

$$h_i = h_w \frac{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{v_n^4} \times \frac{I_1(v_n/\gamma)}{I_1'(v_n/\gamma)} \times [v_n(-1)^n - 1]}{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{I_1(v_n/\gamma)}{v_n^3 I_1'(v_n/\gamma)}} = h_w \frac{\sum_{n=0}^{\infty} C_n}{\sum_{n=0}^{\infty} A_n}$$

$$T_{c1} = 2\pi \sqrt{\frac{L/g}{\frac{\pi}{2}\tanh(\frac{\pi}{2}\frac{h_w}{L})}} \qquad \psi_n = \frac{2L}{(\lambda_n^2 - 1) J_1(\lambda_n) \cosh(\lambda_n \gamma)}$$

$$m_{cn} = m_w \frac{2\tanh(\lambda_n \gamma)}{\gamma \lambda_n (\lambda_n^2 - 1)}$$

$$h_{cn}' = h_w (1 + \frac{2 - \cosh(\lambda_n \gamma)}{\lambda_n \gamma \sinh(\lambda_n \gamma)}) = h_w \times Dn \qquad h_{cn} = h_w (1 + \frac{1 - \cosh(\lambda_n \gamma)}{\lambda_n \gamma \sinh(\lambda_n \gamma)}) = h_w \times En$$

n	v_n	$I_0(v_n/\gamma)$	$I_1(v_n/\gamma)$	$I'_1(v_n/\gamma)$	A_n	B_n	C_n
0	1,57	7,61E+01	6,96E+01	6,48E+01	2,77E-01	-7,58E-02	1,01E-01
1	4,71	9,24E+06	8,99E+06	8,76E+06	9,81E-03	1,40E-02	1,19E-02
2	7,85	1,53E+12	1,50E+12	1,48E+12	2,10E-03	1,56E-03	1,83E-03
3	11,00	2,75E+17	2,72E+17	2,69E+17	7,61E-04	8,99E-04	8,30E-04
4	14,14	5,18E+22	5,13E+22	5,08E+22	3,57E-04	3,07E-04	3,32E-04
5	17,28	1,00E+28	9,92E+27	9,85E+27	1,95E-04	2,18E-04	2,07E-04
6	20,42	1,96E+33	1,95E+33	1,94E+33	1,18E-04	1,07E-04	1,12E-04
7	23,56	3,90E+38	3,88E+38	3,86E+38	7,69E-05	8,34E-05	8,01E-05
8	26,70	7,83E+43	7,79E+43	7,76E+43	5,28E-05	4,88E-05	5,08E-05
9	29,85	1,58E+49	1,58E+49	1,57E+49	3,78E-05	4,03E-05	3,90E-05
10	32,99	3,21E+54	3,20E+54	3,19E+54	2,80E-05	2,63E-05	2,71E-05
				Αθροίσματα:	**2,91E-01**	**-5,85E-02**	**1,16E-01**

n	λ_n	$J_1(\lambda_n)$	$\cosh(\lambda_n\gamma)$	ψ_n		m_{cn}	Dn	En
1	1,811	5,82E-01	1,11E+00	16,99		1069,2	4,999	0,509
2	5,331	-3,46E-01	2,09E+00	-1,26		61,2	0,966	0,565
3	8,536	2,73E-01	4,50E+00	0,28		16,2	0,739	0,635
					Αθροίσματα:	**1146,6**		

Για το σχεδιασμό δεξαμενών είναι αρκετό να ληφθεί υπόψιν μόνο η πρώτη ιδιομορφή ταλάντωσης υγρού (n=1)

Γενική μέθοδος

m_i/m_w =	0,149		m_i =	194,3	t			
m_c/m_w =	0,819		m_c =	1069,2	t			
h_i/h_w =	0,399	==>	h_i =	1,28	m	h_i =	1,29	m
h'_i/h_w =	3,157		h'_i =	10,10	m			
h_{c1}/h_w =	0,509		h_{c1}=	1,63	m			
h'_{c1}/h_w =	4,999		h'_{c1}=	16,00	m			

ποσοστό μάζας υγρού που ταλαντώνεται μαζί με τα τοιχία (impulsive mode):	14,9%
ποσοστό μάζας υγρού που ταλαντώνεται ανεξάρτητα από τα τοιχία (convective mode):	81,9%
Σύνολο μάζας:	96,8%
Ποσοστό απόκλισης από το 100% της μάζας	
λόγω παραδοχών της μεθοδολογίας:	3,2%

3.2.Ιδιοπερίοδος Δεξαμενής:

ιδιοπερίοδος impulsive mode:			ΔΕΝ δίνεται σχέση από τον EC8	Ti=	**0,400**	**sec**
			ACI 350.3-01	$Ti= 2\pi\cdot(m / K)^{0,5}$ =	**2,215**	**sec**
			$h^{*}= (m_{τοιχ.}\cdot h/2 + m_i\cdot h_i + m_{πλ}\cdot h_t) / (m_{τοιχ.} + m_i + m_{πλ})$ =		2,60	m
			$K= (Ec / 12,03)\cdot(tx / h^{*})^3$ =		6280,1	kN/m
			$m= m_{τοιχ} + m_i + m_{πλ}$ =		780,6	t
			Indian Code	$Ti= 2\pi\cdot(d/g)^{0,5}$ =	**0,066**	**sec**
$m^{*}_w = h\cdot t_y\cdot B\cdot\gamma_c / g$ =	57,1	t		$h^{*}= (m_i/2 \cdot h_i + m^{*}_w\cdot h/2) / (m_i/2 + m^{*}_w)$ =	1,55	m
$I_{τοιχ.} =1,0\cdot t_y^3 /12$ =	0,00357	m^4		$q= (m_i/2 + m^{*}_w)\cdot g / (B\cdot h_w)$=	29,55	kN/m^2
$P= q\cdot h_w\cdot 1,0$ =	94,55	kN		$d= P\cdot(h^{*})^3 / 3\cdot EI_{τοιχ.}$ =	0,00107	
			New Zealand Code	$Ti= 2\pi\cdot(d_f/g)^{0,5}$ =	**0,019**	**sec**
				$q= m_f g / (4Lc\cdot h_w)$=	30,2	kN/m^2
				$d_f= qh_i^4 / 8EI$ =	9,08E-05	m

ιδιοπερίοδος convective mode:	EC8	$T_{c1}= 2\pi/\{(L/g) / (\pi/2)\tanh((\pi/2)(h_w/L))\}^{1/2}$ =	**9,159** **sec**
	ACI 350.3-01	$Tc= 2\pi/\lambda\cdot(C)^{0,5}$ =	**9,108** **sec**
	Indian Code	$Tc= Cc\cdot(C/g)^{0,5}$ =	**9,108** **sec**
	New Zealand Code	$Tc1= 2\pi\cdot(C/g)^{0,5} / ((\pi/2)\tanh((\pi/2)(h_w/C))^{0,5}$=	**9,159** **sec**

3.3.Σεισμική Επιτάχυνση Σχεδιασμού:

Οριζόντια Σεισμ. Επιτάχυνση impulsive mode: χρησιμοποιείται το φάσμα του EC8

T_{imp} =	0,400	sec	$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$ =	0,24	g	ή	2,354	m/sec^2
			$S_e(Ti)$ =	6,769	m/sec^2	ή	0,690	g
φάσμα EC8	κλάδος φάσματος	2	$S_e(Ti)$ =	6,769	m/sec^2	ή	0,690	g
φάσμα ΕΑΚ	κλάδος φάσματος	1	$S_e(Ti)$ =	-	m/sec^2	ή	-	g

Οριζόντια Σεισμ. Επιτάχυνση convective mode: χρησιμοποιείται το φάσμα του EC8

T_{con} =	9,159	sec	$S_e(Tc)$ =	0,163	m/sec^2	ή	0,017	g
φάσμα EC8	κλάδος φάσματος	4	$S_e(Tc)$ =	0,163	m/sec^2	ή	0,017	g
φάσμα ΕΑΚ	κλάδος φάσματος	1	$S_e(Tc)$ =	-	m/sec^2	ή	-	g

3.4.Τέμνουσα Βάσης:

Η τέμνουσα βάσης αποτιμάται με ολοκλήρωση του προφίλ των πιέσεων

Τέμνουσα Βάσης impulsive mode: $Qi = Q_{i,1} + a_g(m_{τοιχ}+m_{πλ})$= 1.757,41 kN

Τέμνουσα Βάσης convective mode: Qc = 79,81 kN

Ολική Τέμνουσα Βάσης: Q = Qi + Qc = 1.837,22 kN

3.5.Ροπή Ανατροπής αμέσως πάνω από τον πυθμένα:

Η ροπή ανατροπής αποτιμάται με ολοκλήρωση του προφίλ των πιέσεων

Ροπή impulsive mode: $Mi = M_{i,1} + a_g(m_{τοιχ}h/2+m_{πλ}h_t)$= 914,33 kNm

Ροπή convective mode: Mc = 130,01 kNm

Ολική Ροπή: M = Mi + Mc = 1.044,34 kNm

3.6.Ροπή Ανατροπής αμέσως κάτω από τον πυθμένα:

Η ροπή ανατροπής αποτιμάται με ολοκλήρωση του προφίλ των πιέσεων

Ροπή impulsive mode: $M'i = M'_{i,1} + a_g(m_{τοιχ}h/2+m_{πλ}h_t)$= 1.102,84 kNm

Ροπή convective mode: M'c = 169,91 kNm

Ολική Ροπή: M' = M'i + M'c = 1.272,75 kNm

3.7.Έλεγχος Ανατροπής & Ολίσθησης:

$M_{ανατρ.}$ = 1.272,8 kNm

$M_{ευσταθ.}$ = 346.617,4 kNm $M_{ευστ.}/M_{αν.}$ = 272,34 > 1,0 Δεν ανατρέπεται

Συνολικό Βάρος: $W_{ολ}$ = 25.026,5 kN

Τέμνουσα Βάσης: Q = 1.837,2 kN

Συντελ. Τριβής εδάφους-δεξαμενής: f= 0,40

$FS = f \cdot W_{ολ} / Q$ = 5,45 > 1,20 Δεν Ολισθαίνει

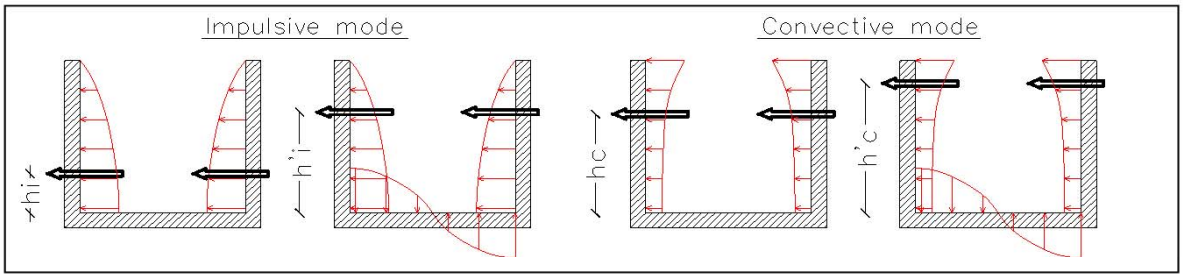
3.8.Ύψος Κυματισμού του Ταλαντευόμενου Υγρού:

$d_{max} = 0,84 \cdot (C/2) \cdot S_e(Tc)/g$ = 0,17 m

3.9.Έλεγχος Απαίτησης Αγκύρωσης της Δεξαμενής:

$(h_w/2)/(C/2+f)$ = 0,12 < $1/a_g$ = 4,17 Δεν απαιτείται αγκύρωση

3.10. Υδροδυναμική Πίεση:

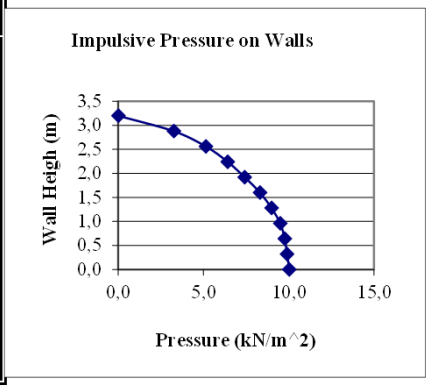


Υδροδυναμική Πίεση στο Τοιχίο impulsive mode:

$\gamma = h_w/Lc =$ 0,256 z= μεταβλητό $q_o(0)=$ 0,334 $p_i(z) = q_o(z)\cdot\rho\cdot Lc\cdot a_g$

τιμές z (m)		τιμές z/h_w	τιμές $\gamma=h_w/Lc$	$q_o(0)$	$q_o(z)/q_o(0)$ $h_w/Lc=0,1$	$q_o(z)/q_o(0)$ $h_w/Lc=1,0$	$q_o(z)/q_o(0)$ $h_w/Lc=3,0$	$q_o(z)/q_o(0)$ $h_w/Lc=5,0$
z= 0	0,00	0,00	0,00	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000
z= 1·hw/10	0,32	0,10	0,10	0,134	0,987	0,987	0,995	1,000
z= 2·hw/10	0,64	0,20	0,20	0,268	0,973	0,973	0,991	1,000
z=3·hw/10	0,96	0,30	0,30	0,386	0,947	0,947	0,984	1,000
z= 4·hw/10	1,28	0,40	0,40	0,553	0,894	0,905	0,964	0,995
z= 5·hw/10	1,60	0,50	0,50	0,700	0,825	0,845	0,934	0,985
z= 6·hw/10	1,92	0,60	0,60	0,853	0,735	0,761	0,887	0,958
z= 7·hw/10	2,24	0,70	0,70	1,080	0,635	0,663	0,822	0,907
z= 8·hw/10	2,56	0,80	0,80	1,347	0,508	0,533	0,732	0,828
z= 9·hw/10	2,88	0,90	0,90	1,853	0,324	0,324	0,476	0,635
z=10·hw/10	3,20	1,00	1,00	3,440	0,000	0,000	0,113	0,113

$q_o(z)$ $h_w/Lc=0,1$	$q_o(z)$ $h_w/Lc=1,0$	$q_o(z)$ $h_w/Lc=3,0$	$q_o(z)$ $h_w/Lc=5,0$	qo(z) hw/Lc=0,256	$p_{iw}(z)$ (kN/m^2)
0,334	0,334	0,334	0,334	0,334	10,02
0,330	0,330	0,332	0,334	0,330	9,89
0,325	0,325	0,331	0,334	0,325	9,75
0,316	0,316	0,329	0,334	0,316	9,49
0,299	0,302	0,322	0,332	0,299	8,98
0,276	0,282	0,312	0,329	0,277	8,30
0,246	0,254	0,296	0,320	0,247	7,41
0,212	0,221	0,275	0,303	0,214	6,41
0,170	0,178	0,245	0,277	0,171	5,13
0,108	0,108	0,159	0,212	0,108	3,25
0,000	0,000	0,038	0,038	0,000	0,00



Αποτίμηση των μεγεθών απόκρισης Qi & Mi

$q_{iw}(z)$ (kN/m^2)	zi (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi$ (kN/m)	hi (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi\cdot hi$ (kN)	h'i (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi\cdot h'i$ (kN)
9,96	0,32	3,19	0,160	0,51	0,660	2,10
9,82	0,32	3,14	0,480	1,51	0,980	3,08
9,62	0,32	3,08	0,800	2,46	1,300	4,00
9,24	0,32	2,96	1,120	3,31	1,620	4,79
8,64	0,32	2,77	1,440	3,98	1,940	5,36
7,86	0,32	2,51	1,760	4,43	2,260	5,68
6,91	0,32	2,21	2,080	4,60	2,580	5,71
5,77	0,32	1,85	2,400	4,43	2,900	5,36
4,19	0,32	1,34	2,720	3,65	3,220	4,32
1,62	0,32	0,52	3,040	1,58	3,540	1,84
		23,56		**30,46**		**42,24**

αποτίμηση τέμνουσας βάσης impulsive mode	$Q_{i,1}$ =	377,01	kN
αποτίμηση ροπής ανατροπής άνω της βάσης impulsive mode	$M_{i,1}$ =	487,38	kNm
αποτίμηση ροπής ανατροπής κάτω της βάσης impulsive mode	$M'_{i,1}$ =	675,88	kNm
	hi= $M_{i,1}$ / $Q_{i,1}$ =	1,29	m

Υδροδυναμική Πίεση στον Πυθμένα impulsive mode (εφαρμόζονται οι σχέσεις των κυκλικών δεξαμενών):

$\gamma = h_w/Lc$ = 0,256 $\xi = x/Lc$ = μεταβλητό θ= 0,0 $\varsigma = z/h_w$ = 0,0

$$p_i(\xi,\varsigma,\theta) = C_i(\xi,\varsigma)\cdot\rho\cdot h_w\cdot\cos\theta\cdot a_g \qquad C_i(\xi,\varsigma) = 2\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{I_1'(\nu_n/\gamma)\cdot\nu_n^2}\cdot\cos(\nu_n\varsigma)\cdot I_1(\frac{\nu_n}{\gamma}\xi)$$

n	ν_n	$I_0(\nu_n/\gamma)$	$I_1(\nu_n/\gamma)$	$I'_1(\nu_n/\gamma)$	$\cos(\nu_n\varsigma)$ ς=0	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-1.0	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-0.8	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-0.6
0	1,57	7,61E+01	6,96E+01	6,48E+01	1,000	-6,96E+01	-2,24E+01	-7,31E+00
1	4,71	9,24E+06	8,99E+06	8,76E+06	1,000	-8,99E+06	-2,52E+05	-7,25E+03
2	7,85	1,53E+12	1,50E+12	1,48E+12	1,000	-1,50E+12	-3,62E+09	-8,99E+06
3	11,00	2,75E+17	2,72E+17	2,69E+17	1,000	-2,72E+17	-5,64E+13	-1,21E+10
4	14,14	5,18E+22	5,13E+22	5,08E+22	1,000	-5,13E+22	-9,14E+17	-1,68E+13

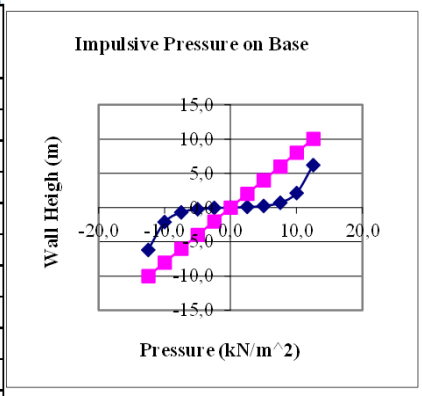
$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-0.4	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-0.2	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=0	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+0.2	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+0.4	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+0.6	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+0.8	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+1.0
-2,41E+00	-7,37E-01	0,00E+00	7,37E-01	2,41E+00	7,31E+00	2,24E+01	6,96E+01
-2,19E+02	-7,31E+00	0,00E+00	7,31E+00	2,19E+02	7,25E+03	2,52E+05	8,99E+06
-2,36E+04	-6,96E+01	0,00E+00	6,96E+01	2,36E+04	8,99E+06	3,62E+09	1,50E+12
-2,72E+06	-6,99E+02	0,00E+00	6,99E+02	2,72E+06	1,21E+10	5,64E+13	2,72E+17
-3,27E+08	-7,25E+03	0,00E+00	7,25E+03	3,27E+08	1,68E+13	9,14E+17	5,13E+22

$C_i(\xi$=-1.0, ς=0)	$C_i(\xi$=-0.8, ς=0)	$C_i(\xi$=-0.6, ς=0)	$C_i(\xi$=-0.4, ς=0)	$C_i(\xi$=-0.2, ς=0)	$C_i(\xi$=0.0, ς=0)	$C_i(\xi$=+0.2, ς=0)	$C_i(\xi$=+0.4, ς=0)
-8,71E-01	-2,80E-01	-9,15E-02	-3,02E-02	-9,22E-03	0,00E+00	9,22E-03	3,02E-02
9,25E-02	2,59E-03	7,46E-05	2,26E-06	7,52E-08	0,00E+00	-7,52E-08	-2,26E-06
-3,29E-02	-7,94E-05	-1,97E-07	-5,18E-10	-1,53E-12	0,00E+00	1,53E-12	5,18E-10
1,67E-02	3,47E-06	7,42E-10	1,68E-13	4,30E-17	0,00E+00	-4,30E-17	-1,68E-13
-1,01E-02	-1,80E-07	-3,31E-12	-6,44E-17	-1,43E-21	0,00E+00	1,43E-21	6,44E-17
-0,805	**-0,278**	**-0,091**	**-0,030**	**-0,009**	**0,000**	**0,009**	**0,030**

$C_i(\xi$=+0.6, ς=0)	$C_i(\xi$=+0.8, ς=0)	$C_i(\xi$=+1.0, ς=0)
9,15E-02	2,80E-01	8,71E-01
-7,46E-05	-2,59E-03	-9,25E-02
1,97E-07	7,94E-05	3,29E-02
-7,42E-10	-3,47E-06	-1,67E-02
3,31E-12	1,80E-07	1,01E-02
0,091	**0,278**	**0,805**

Απλοιποιητικά μπορεί να εφαρμοστεί γραμμική κατανομή πιέσεων πυθμένα με τιμές άκρων τις τιμές βάσης από το προφίλ των πιέσεων στα τοιχία.

τιμές x		τιμές ξ=x/Lc	$C_i(\xi, \varsigma$=0)	αναλυτικά $p_{ib}(\xi)$ (kN/m^2)	απλοποίηση $p_{ib}(\xi)$ (kN/m^2)
x= -5Lc/5	-12,50	ξ=-1,00	-0,805	-6,18	-10,02
x= -4Lc/5	-10,00	ξ=-0,80	-0,278	-2,13	-8,02
x= -3Lc/5	-7,50	ξ=-0,60	-0,091	-0,70	-6,01
x= -2Lc/5	-5,00	ξ=-0,40	-0,030	-0,23	-4,01
x= -1Lc/5	-2,50	ξ=-0,20	-0,009	-0,07	-2,00
x= 0	0,00	ξ= 0,00	0,000	0,00	0,00
x= +1Lc/5	2,50	ξ=+0,20	0,009	0,07	2,00
x= +2Lc/5	5,00	ξ=+0,40	0,030	0,23	4,01
x= +3Lc/5	7,50	ξ=+0,60	0,091	0,70	6,01
x= +4Lc/5	10,00	ξ=+0,80	0,278	2,13	8,02
x= +5Lc/5	12,50	ξ=+1,00	0,805	6,18	10,02

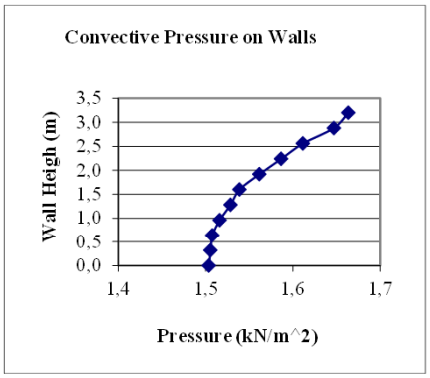


Υδροδυναμική Πίεση στο Τοιχίο convective mode:

$\gamma = h_w/Lc =$ 0,256 z= μεταβλητό $p_c(z) = q_{c1}(z) \cdot \rho \cdot L \cdot S_e(T_c)$

τιμές z (m)		τιμές z/h_w	$q_{c1}(z)$ $h_w/Lc=0,3$	$q_{c1}(z)$ $h_w/Lc=0,5$	$q_{c1}(z)$ $h_w/Lc=1,0$	$q_{c1}(z)$ $h_w/Lc=2,0$	$q_{c1}(z)$ $h_w/Lc=5,0$	qc1(z) hw/Lc=0,25
z= 0	0,00	0,00	0,723	0,608	0,317	0,073	0,000	0,723
z= 1·hw/10	0,32	0,10	0,724	0,608	0,320	0,074	0,000	0,724
z= 2·hw/10	0,64	0,20	0,725	0,612	0,331	0,089	0,000	0,725
z=3·hw/10	0,96	0,30	0,729	0,622	0,354	0,108	0,000	0,729
z= 4·hw/10	1,28	0,40	0,735	0,634	0,380	0,135	0,000	0,735
z= 5·hw/10	1,60	0,50	0,740	0,649	0,420	0,174	0,015	0,740
z= 6·hw/10	1,92	0,60	0,751	0,667	0,485	0,229	0,380	0,751
z= 7·hw/10	2,24	0,70	0,763	0,697	0,531	0,308	0,089	0,763
z= 8·hw/10	2,56	0,80	0,775	0,726	0,600	0,423	0,171	0,775
z= 9·hw/10	2,88	0,90	0,792	0,766	0,700	0,595	0,369	0,792
z=10·hw/10	3,20	1,00	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800

$p_{cw}(z)$ (kN/m^2)
1,50
1,51
1,51
1,52
1,53
1,54
1,56
1,59
1,61
1,65
1,66



Αποτίμηση των μεγεθών απόκρισης Qc & Mc

$q_{cw}(z)$ (kN/m^2)	zi (m)	$q_{iw}(z) \cdot zi$ (kN/m)	hi (m)	$q_{iw}(z) \cdot zi \cdot hi$ (kN)	h'i (m)	$q_{iw}(z) \cdot zi \cdot h'i$ (kN)
1,50	0,32	0,48	0,160	0,08	0,660	0,32
1,51	0,32	0,48	0,480	0,23	0,980	0,47
1,51	0,32	0,48	0,800	0,39	1,300	0,63
1,52	0,32	0,49	1,120	0,55	1,620	0,79
1,53	0,32	0,49	1,440	0,71	1,940	0,95
1,55	0,32	0,50	1,760	0,87	2,260	1,12
1,57	0,32	0,50	2,080	1,05	2,580	1,30
1,60	0,32	0,51	2,400	1,23	2,900	1,48
1,63	0,32	0,52	2,720	1,42	3,220	1,68
1,66	0,32	0,53	3,040	1,61	3,540	1,88
		4,99		**8,13**		**10,62**

αποτίμηση τέμνουσας βάσης convective mode	$Q_{c,1}$ =	79,81	kN
αποτίμηση ροπής ανατροπής άνω της βάσης convective mode	$M_{c,1}$ =	130,01	kNm
αποτίμηση ροπής ανατροπής κάτω της βάσης convective mode	$M'_{c,1}$ =	169,91	kNm

Υδροδυναμική Πίεση στον Πυθμένα convective mode (εφαρμόζονται οι σχέσεις των κυκλικών δεξαμενών):

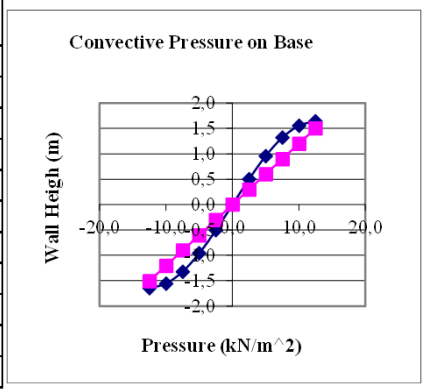
$\gamma = h_w/Lc =$ 0,26 $\xi = x/Lc =$ μεταβλητό $\theta =$ 0,0 $\varsigma = z/h_w =$ 0,0

$$p_c(\xi,\varsigma,\theta) = \rho \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \psi_n \cdot \cosh(\lambda_n \gamma \varsigma) \cdot J_1(\lambda_n \cdot \xi) \cdot \cos\theta \cdot S_e(T_c) \qquad \psi_n = \frac{2R}{(\lambda_n^2 - 1) J_1(\lambda_n) \cosh(\lambda_n \gamma)}$$

n	λ_n	$J_1(\lambda_n)$	$\cosh(\lambda_n\gamma)$	ψ_n
1	1,811	5,82E-01	1,11E+00	16,99

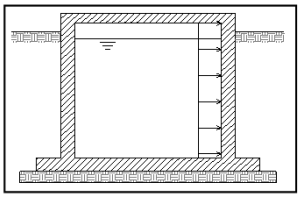
είναι αρκετό στο σχεδιασμό να ληφθεί υπόψιν μόνο η πρώτη ιδιομορφή

τιμές x		τιμές $\xi = x/Lc$	$J_1(\lambda_1\xi)$	αναλυτικά $p_{cb}(\xi)$ (kN/m^2)	απλοποίηση $p_{cb}(\xi)$ (kN/m^2)
x= -5Lc/5	-12,50	ξ=-1,00	-5,82E-01	-1,64	-1,50
x= -4Lc/5	-10,00	ξ=-0,80	-5,50E-01	-1,56	-1,20
x= -3Lc/5	-7,50	ξ=-0,60	-4,67E-01	-1,32	-0,90
x= -2Lc/5	-5,00	ξ=-0,40	-3,39E-01	-0,96	-0,60
x= -1Lc/5	-2,50	ξ=-0,20	-1,78E-01	-0,50	-0,30
x= 0	0,00	ξ= 0,00	0,00E+00	0,00	0,00
x= +1Lc/5	2,50	ξ=+0,20	1,78E-01	0,50	0,30
x= +2Lc/5	5,00	ξ=+0,40	3,39E-01	0,96	0,60
x= +3Lc/5	7,50	ξ=+0,60	4,67E-01	1,32	0,90
x= +4Lc/5	10,00	ξ=+0,80	5,50E-01	1,56	1,20
x= +5Lc/5	12,50	ξ=+1,00	5,82E-01	1,64	1,50



Απλοιποιητικά μπορεί να εφαρμοστεί γραμμική κατανομή πιέσεων πυθμένα με τιμές άκρων τις τιμές βάσης από το προφίλ των πιέσεων στα τοιχία.

3.11.Πίεση από την Αδράνεια των Τοιχίων:



$p_{ww} = \rho_s \cdot t_x \cdot a_g =$ 6,04 kN/m^2

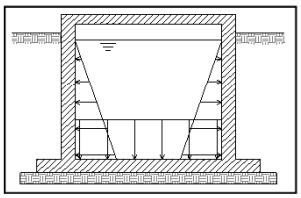
Η πίεση κατανέμεται ομοιόμορφα καθ' ύψος των τοιχίων.

3.12.Αδρανειακή Δύναμη στην Πλάκα Οροφής: ΔΕΝ Υπάρχει

$p_{\pi\lambda.} = a_g \cdot m_{\pi\lambda.} =$ 1954,5 kN

ή 4,55 kN/m^2

3.13.Πίεση λόγω Κατακόρυφης Σεισμικής Συνιστώσας: χρησιμοποιείται το φάσμα του EC8



για z= 0,00 $p_{vr}(\varsigma) = \rho_w \cdot h_w \cdot (1 - z/h_w) \cdot S_{ve}(Tv) =$ 11,52 kN/m^2

Συνίσταται η χρήση ιδιοπεριόδου Tv= 0,30 sec

$S_{ve}(Tv)=$ 3,53 m/sec^2

ή 0,36 g

φάσμα EC8	$S_{ve}(Tv)=$	3,532	m/sec^2	ή	0,36	g	κλάδος φ.	3
φάσμα ΕΑΚ	$S_{ve}(Tv)=$	-	m/sec^2	ή	-	g	κλάδος φ.	1

Η πίεση κατανέμεται τριγωνικά καθ' ύψος των τοιχίων με μέγιστη τιμή πυθμένα αυτή που υπολογίζεται.

3.14.Μέγιστη Υδροδυναμική Πίεση - Πραγματική Κατανομή:

$p_{x.max} = (p_{iw} + p_w + p_{cw})$ Η οριζόντια και η κατακόρυφη δράση συνδυάζονται με τον κανόνα

$\pm Ex \pm 0,3 \cdot Ez$ & $\pm 0,3Ex$ ∃ $p_{max} = p_{x.max} + 0,3p_v$ $p_{max} = 0,3p_{x.max} + p_v$

Μέγιστες Πιέσεις Τοιχίων

τιμές z		p_{iw} kN/m²	p_{ww} kN/m²	p_{cw} kN/m²	$p_{x.max}$ kN/m²	$p^*_{x.max}$ kN/m	$z_i \cdot p^*_{x.max}$ kNm/m	p_{vw} kN/m²
z= 0	0,00	10,02	6,04	1,50	17,56			11,52
z= 1·hw/10	0,32	9,89	6,04	1,51	17,44	5,60	2,80	10,37
z= 2·hw/10	0,64	9,75	6,04	1,51	17,30	5,56	8,34	9,22
z=3·hw/10	0,96	9,49	6,04	1,52	17,04	5,49	13,74	8,06
z= 4·hw/10	1,28	8,98	6,04	1,53	16,55	5,37	18,81	6,91
z= 5·hw/10	1,60	8,30	6,04	1,54	15,88	5,19	23,35	5,76
z= 6·hw/10	1,92	7,41	6,04	1,56	15,01	4,94	27,18	4,61
z= 7·hw/10	2,24	6,41	6,04	1,59	14,04	4,65	30,21	3,46
z= 8·hw/10	2,56	5,13	6,04	1,61	12,78	4,29	32,19	2,30
z= 9·hw/10	2,88	3,25	6,04	1,65	10,93	3,79	32,25	1,15
z=10·hw/10	3,20	0,00	6,04	1,66	7,70	2,98	28,32	0,00
						47,87	**217,18**	

Συνισταμένη υδροδυναμική δύναμη V_x= 47,87 kN/m

Συνισταμένη υδροδυναμική ροπή M_x= 217,18 kNm/m

Θέση εφαρμογής h= M_x/V_x= 4,54 m

ή h/hw = 1,42

Συνισταμένη υδροδυναμική δύναμη V_z= 18,43 kN/m

Συνισταμένη υδροδυναμική ροπή M_z= 19,66 kNm/m

Θέση εφαρμογής h= M_z/V_z= 1,07 m

ή h/hw = 0,33

Ισοδύναμη Γραμμική Πίεση		
z	ισοδ. $p_{x.max}$	
0,00	19,32	10,0%
3,20	12,32	60,0%

Υδροδυναμική πίεση στη βάση του τοιχίου (y=0): $p_{x.max} + 0,3p_v$ = 21,02 kN/m²

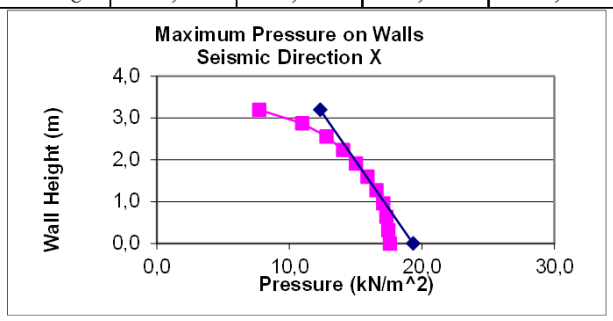
$0,3p_{x.max} + p_v$ = 16,79 kN/m²

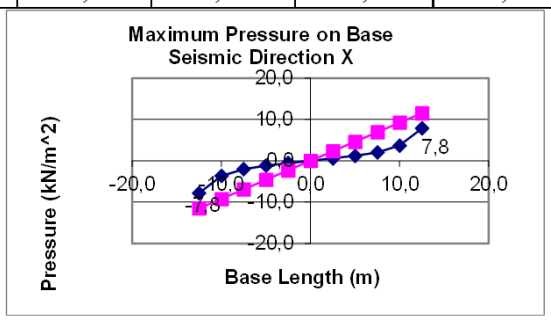
Υδροστατική πίεση στη βάση του τοιχίου (y=0): p = 32,00 kN/m²

Η υδροδυναμική πίεση είναι περίπου το 59,1% της υδροστατικής και θα επηρεάσει σημαντικά το σχεδιασμό

Μέγιστες Πιέσεις Πυθμένα $p_{xb} = p_{ib} + p_{cb}$

τιμές x		αναλυτικά			απλοποίηση			
		p_{ib} kN/m²	p_{cb} kN/m²	$+ p_{xb}$ kN/m²	p_{ib} kN/m²	p_{cb} kN/m²	$+ p_{xb}$ kN/m²	p_{vb} kN/m²
x= -5L_C/5	-12,50	-6,18	-1,64	-7,83	-10,02	-1,50	-11,53	11,52
x= -4L_C/5	-10,00	-2,13	-1,56	-3,69	-8,02	-1,20	-9,22	11,52
x= -3L_C/5	-7,50	-0,70	-1,32	-2,02	-6,01	-0,90	-6,92	11,52
x= -2L_C/5	-5,00	-0,23	-0,96	-1,19	-4,01	-0,60	-4,61	11,52
x= -1L_C/5	-2,50	-0,07	-0,50	-0,57	-2,00	-0,30	-2,31	11,52
x= 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,52
x= +1L_C/5	2,50	0,07	0,50	0,57	2,00	0,30	2,31	11,52
x= +2L_C/5	5,00	0,23	0,96	1,19	4,01	0,60	4,61	11,52
x= +3L_C/5	7,50	0,70	1,32	2,02	6,01	0,90	6,92	11,52
x= +4L_C/5	10,00	2,13	1,56	3,69	8,02	1,20	9,22	11,52
x= +5L_C/5	12,50	6,18	1,64	7,83	10,02	1,50	11,53	11,52





4. Σεισμική Ανάλυση στη διεύθυνση Y:

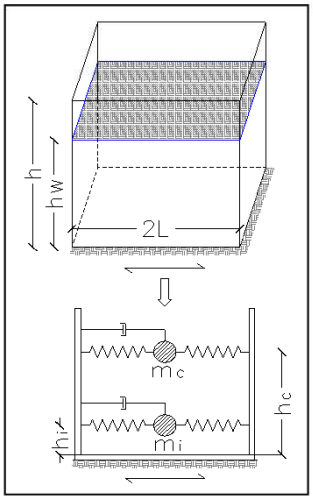
4.1.Παράμετροι του μοντέλου μάζας - ελατηρίου:

$v_n = (2n+1)\cdot\pi/2$

$$m_i = m_w 2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} \frac{I_1(v_n/\gamma)}{v_n^3 I_1'(v_n/\gamma)} = m_w 2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} A_n$$

στάθμη z

$\gamma = h_w/L_B =$ 0,40



$$h_i' = h_w \frac{\frac{1}{2} + 2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} \frac{v_n + 2(-1)^{n+1}}{v_n^4} \times \frac{I_1(v_n/\gamma)}{I_1'(v_n/\gamma)}}{2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} \frac{I_1(v_n/\gamma)}{v_n^3 I_1'(v_n/\gamma)}} = h_w \frac{\frac{1}{2} + 2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} B_n}{2\gamma \sum_{n=0}^{\infty} A_n}$$

$$h_i = h_w \frac{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{v_n^4} \times \frac{I_1(v_n/\gamma)}{I_1'(v_n/\gamma)} \times [v_n(-1)^n - 1]}{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{I_1(v_n/\gamma)}{v_n^3 I_1'(v_n/\gamma)}} = h_w \frac{\sum_{n=0}^{\infty} C_n}{\sum_{n=0}^{\infty} A_n}$$

$$T_{c1} = 2\pi \sqrt{\frac{L/g}{\frac{\pi}{2}\tanh(\frac{\pi}{2}\frac{h_w}{L})}} \qquad \psi_n = \frac{2L}{(\lambda_n^2 - 1) J_1(\lambda_n) \cosh(\lambda_n \gamma)}$$

$$m_{cn} = m_w \frac{2\tanh(\lambda_n \gamma)}{\gamma \lambda_n (\lambda_n^2 - 1)}$$

$$h_{cn}' = h_w (1 + \frac{2 - \cosh(\lambda_n \gamma)}{\lambda_n \gamma \sinh(\lambda_n \gamma)}) = h_w \times Dn \qquad h_{cn} = h_w (1 + \frac{1 - \cosh(\lambda_n \gamma)}{\lambda_n \gamma \sinh(\lambda_n \gamma)}) = h_w \times En$$

n	v_n	$I_0(v_n/\gamma)$	$I_1(v_n/\gamma)$	$I'_1(v_n/\gamma)$	A_n	B_n	C_n
0	1,57	1,06E+01	9,13E+00	8,29E+00	2,84E-01	-7,77E-02	1,03E-01
1	4,71	1,54E+04	1,47E+04	1,41E+04	9,95E-03	1,42E-02	1,21E-02
2	7,85	3,05E+07	2,97E+07	2,90E+07	2,12E-03	1,58E-03	1,85E-03
3	11,00	6,63E+10	6,51E+10	6,40E+10	7,66E-04	9,05E-04	8,35E-04
4	14,14	1,51E+14	1,48E+14	1,46E+14	3,59E-04	3,08E-04	3,34E-04
5	17,28	3,50E+17	3,46E+17	3,42E+17	1,96E-04	2,19E-04	2,07E-04
6	20,42	8,30E+20	8,22E+20	8,14E+20	1,19E-04	1,07E-04	1,13E-04
7	23,56	1,99E+24	1,97E+24	1,96E+24	7,71E-05	8,36E-05	8,04E-05
8	26,70	4,81E+27	4,78E+27	4,74E+27	5,29E-05	4,89E-05	5,09E-05
9	29,85	1,17E+31	1,16E+31	1,16E+31	3,79E-05	4,04E-05	3,91E-05
10	32,99	2,87E+34	2,86E+34	2,84E+34	2,80E-05	2,63E-05	2,72E-05
				Αθροίσματα:	**2,98E-01**	**-6,02E-02**	**1,19E-01**

n	λ_n	$J_1(\lambda_n)$	$\cosh(\lambda_n\gamma)$	ψ_n		m_{cn}	Dn	En
1	1,811	5,82E-01	1,27E+00	9,47		979,1	2,269	0,521
2	5,331	-3,46E-01	4,28E+00	-0,39		43,4	0,743	0,630
3	8,536	2,73E-01	1,52E+01	0,05		10,6	0,745	0,635
				Αθροίσματα:		**1033,1**		

Για το σχεδιασμό δεξαμενών είναι αρκετό να ληφθεί υπόψιν μόνο η πρώτη ιδιομορφή ταλάντωσης υγρού (n=1)

Γενική μέθοδος

m_i/m_w =	0,238		m_i =	311,2	t			
m_c/m_w =	0,750		m_c =	979,1	t			
h_i/h_w =	0,399	==>	h_i =	1,28	m	h_i =	1,29	m
h'_i/h_w =	1,895		h'_i =	6,06	m			
h_{c1}/h_w =	0,521		h_{c1}=	1,67	m			
h'_{c1}/h_w =	2,269		h'_{c1}=	7,26	m			

ποσοστό μάζας υγρού που ταλαντώνεται μαζί με τα τοιχία (impulsive mode):	23,8%
ποσοστό μάζας υγρού που ταλαντώνεται ανεξάρτητα από τα τοιχία (convective mode):	75,0%
Σύνολο μάζας:	98,9%
Ποσοστό απόκλισης από το 100% της μάζας λόγω παραδοχών της μεθοδολογίας:	1,1%

4.2.Ιδιοπερίοδος Δεξαμενής:

ιδιοπερίοδος impulsive mode:			ΔΕΝ δίνεται σχέση από τον EC8	Ti=	**0,400**	**sec**
			ACI 350.3-01	$Ti= 2\pi\cdot(m / K)^{0,5}$ =	**2,146**	**sec**
			$h^{-}= (m_{τοιχ.}\cdot h/2 + m_i\cdot h_i + m_{πλ}\cdot h_t) / (m_{τοιχ.} + m_i + m_{πλ})$ =		2,43	m
			$K= (Ec / 12,03)\cdot(ty / h^{-})^3$ =		7689,8	kN/m
			$m= m_{τοιχ.} + m_i + m_{πλ}$ =		897,5	t
			Indian Code	$Ti= 2\pi\cdot(d/g)^{0,5}$ =	**0,066**	**sec**
$m^{-}_w = h\cdot t_x\cdot C\cdot\gamma_c / g$ =	89,2	t	$h^{-}= (m_i/2 \cdot h_i + m^{-}_w\cdot h/2) / (m_i/2 + m^{-}_w)$ =		1,55	m
$I_{τοιχ.} =1,0\cdot t_x^3 /12$ =	0,00357	m^4	$q= (m_i/2 + m^{-}_w)\cdot g / (C\cdot h_w)$=		30,02	kN/m^2
$P= q\cdot h_w\cdot 1,0$ =	96,05	kN	$d= P\cdot(h^{-})^3 / 3\cdot EI_{τοιχ.}$ =		0,00108	m
			New Zealand Code	$Ti= 2\pi\cdot(d_f/g)^{0,5}$ =	**0,027**	**sec**
			$q= m_f g / (4L_B\cdot h_w)$=		58,3	kN/m^2
			$d_f= qh_i^4 / 8EI$ =		1,75E-04	m

ιδιοπερίοδος convective mode:	EC8	$T_{c1}= 2\pi/\{(L/g) / (\pi/2)\tanh((\pi/2)(h_w/L))\}^{1/2}$ =	**6,067**	**sec**
		ACI 350.3-01 $Tc= 2\pi/\lambda\cdot(B)^{0,5}$ =	**6,035**	**sec**
		Indian Code $Tc= Cc\cdot(B/g)^{0,5}$ =	**6,035**	**sec**
	New Zealand Code	$Tc1= 2\pi\cdot(B/g)^{0,5} / ((\pi/2)\tanh((\pi/2)(h_w/B))^{0,5}$=	**6,067**	**sec**

4.3.Σεισμική Επιτάχυνση Σχεδιασμού:

Οριζόντια Σεισμ. Επιτάχυνση impulsive mode: χρησιμοποιείται το φάσμα του EC8

T_{imp} =	0,400	sec	$a_g = \gamma_I\cdot a_{gR}$ =	0,24	g	ή	2,354	m/sec^2
			$S_e(Ti)$ =	6,769	m/sec^2	ή	0,690	g
φάσμα EC8	κλάδος φάσματος	2	$S_e(Ti)$ =	6,7689	m/sec^2	ή	0,690	g
φάσμα ΕΑΚ	κλάδος φάσματος	1	$S_e(Ti)$ =	-	m/sec^2	ή	-	g

Οριζόντια Σεισμ. Επιτάχυνση convective mode: χρησιμοποιείται το φάσμα του EC8

T_{con} =	6,067	sec	$S_e(Tc)$ =	0,372	m/sec^2	ή	0,038	g
φάσμα EC8	κλάδος φάσματος	4	$S_e(Tc)$ =	0,372	m/sec^2	ή	0,038	g
φάσμα ΕΑΚ		1	$S_e(Tc)$ =	-	m/sec^2	ή	-	g

4.4.Τέμνουσα Βάσης:

Η τέμνουσα βάσης αποτιμάται με ολοκλήρωση του προφίλ των πιέσεων

Τέμνουσα Βάσης impulsive mode:	$Qi =Q_{i,1} + a_g(m_{τοιχ}+m_{πλ})$=	1.758,31	kN
Τέμνουσα Βάσης convective mode:	Qc =	172,07	kN
Ολική Τέμνουσα Βάσης:	Q = Qi + Qc =	1.930,39	kN

4.5.Ροπή Ανατροπής αμέσως πάνω από τον πυθμένα:

Η ροπή ανατροπής αποτιμάται με ολοκλήρωση του προφίλ των πιέσεων

Ροπή impulsive mode: $Mi = M_{i,1} + a_g(m_{τοιχ}h/2 + m_{πλ}h_t) =$ 916,16 kNm

Ροπή convective mode: $Mc =$ 284,12 kNm

Ολική Ροπή: $M = Mi + Mc =$ 1.200,29 kNm

4.6.Ροπή Ανατροπής αμέσως κάτω από τον πυθμένα:

Η ροπή ανατροπής αποτιμάται με ολοκλήρωση του προφίλ των πιέσεων

Ροπή impulsive mode: $M'i = M'_{i,1} + a_g(m_{τοιχ}h/2 + m_{πλ}h_t) =$ 1.105,12 kNm

Ροπή convective mode: $M'c =$ 370,16 kNm

Ολική Ροπή: $M' = M'i + M'c =$ 1.475,28 kNm

4.7.Έλεγχος Ανατροπής & Ολίσθησης:

$M_{ανατρ.} =$ 1.475,3 kNm

$M_{ευσταθ.} =$ 233.998,0 kNm $M_{ευστ.}/M_{αν.} =$ 158,61 > 1,0 Δεν ανατρέπεται

Συνολικό Βάρος: $W_{ολ} =$ 25.026,5 kN

Τέμνουσα Βάσης: $Q =$ 1.930,4 kN

Συντελ. Τριβής εδάφους-δεξαμενής: $f =$ 0,40

$FS = f \cdot W_{ολ} / Q =$ 5,19 > 1,20 Δεν Ολισθαίνει

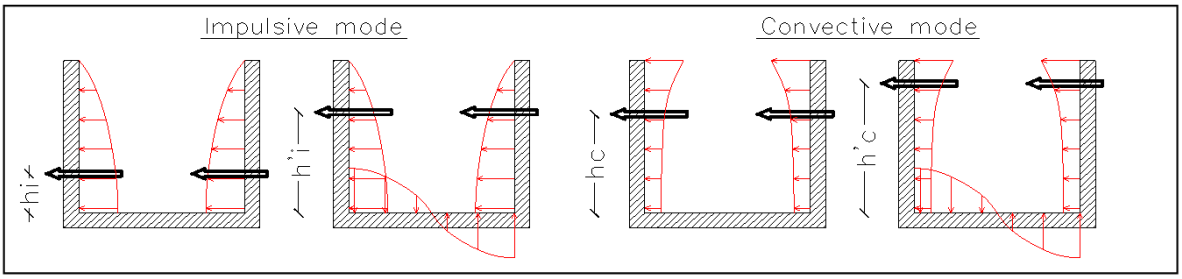
4.8.Ύψος Κυματισμού του Ταλαντευόμενου Υγρού:

$d_{max} = 0{,}84 \cdot (B/2) \cdot S_c(Tc)/g =$ 0,25 m

4.9.Έλεγχος Απαίτησης Αγκύρωσης της Δεξαμενής:

$(h_w/2)/(B/2+g) =$ 0,18 < $1/a_g =$ 4,17 Δεν απαιτείται αγκύρωση

4.10.Υδροδυναμική Πίεση:

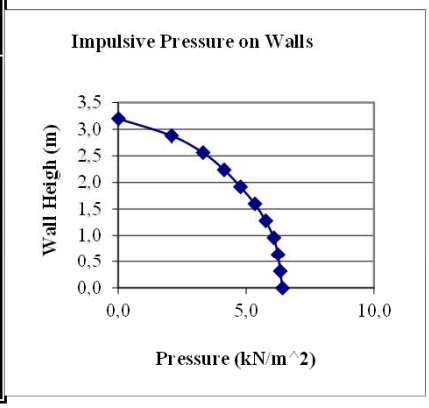


Υδροδυναμική Πίεση στο Τοιχίο impulsive mode:

$\gamma = h_w/L_B =$ 0,400 z= μεταβλητό $q_o(0) =$ 0,553 $p_i(z) = q_o(z) \cdot \rho \cdot L_B \cdot a_g$

τιμές z (m)		τιμές z/h_w	τιμές $\gamma = h_w/Lc$	$q_o(0)$	$q_o(z)/q_o(0)$ $h_w/L_B = 0{,}1$	$q_o(z)/q_o(0)$ $h_w/L_B = 1{,}0$	$q_o(z)/q_o(0)$ $h_w/L_B = 3{,}0$	$q_o(z)/q_o(0)$ $h_w/L_B = 5{,}0$
z= 0	0,00	0,00	0,00	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000
z= 1·hw/10	0,32	0,10	0,10	0,134	0,987	0,987	0,995	1,000
z= 2·hw/10	0,64	0,20	0,20	0,268	0,973	0,973	0,991	1,000
z=3·hw/10	0,96	0,30	0,30	0,386	0,947	0,947	0,984	1,000
z= 4·hw/10	1,28	0,40	0,40	0,553	0,894	0,905	0,964	0,995
z= 5·hw/10	1,60	0,50	0,50	0,700	0,825	0,845	0,934	0,985
z= 6·hw/10	1,92	0,60	0,60	0,853	0,735	0,761	0,887	0,958
z= 7·hw/10	2,24	0,70	0,70	1,080	0,635	0,663	0,822	0,907
z= 8·hw/10	2,56	0,80	0,80	1,347	0,508	0,533	0,732	0,828
z= 9·hw/10	2,88	0,90	0,90	1,853	0,324	0,324	0,476	0,635
z=10·hw/10	3,20	1,00	1,00	3,440	0,000	0,000	0,113	0,113

$q_o(z)$ h_w/L_B=0,1	$q_o(z)$ h_w/L_B=1,0	$q_o(z)$ h_w/L_B=3,0	$q_o(z)$ h_w/L_B=5,0	qo(z) hw/LB=0,4	$p_{iw}(z)$ (kN/m^2)
0,334	0,334	0,334	0,334	0,334	6,41
0,330	0,330	0,332	0,334	0,330	6,33
0,325	0,325	0,331	0,334	0,325	6,24
0,316	0,316	0,329	0,334	0,316	6,07
0,299	0,302	0,322	0,332	0,300	5,76
0,276	0,282	0,312	0,329	0,278	5,33
0,246	0,254	0,296	0,320	0,248	4,77
0,212	0,221	0,275	0,303	0,215	4,13
0,170	0,178	0,245	0,277	0,172	3,31
0,108	0,108	0,159	0,212	0,108	2,08
0,000	0,000	0,038	0,038	0,000	0,00



Αποτίμηση των μεγεθών απόκρισης Qi & Mi

$q_{iw}(z)$ (kN/m^2)	zi (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi$ (kN/m)	hi (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi\cdot hi$ (kN)	h'i (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi\cdot h'i$ (kN)
6,37	0,32	2,04	0,160	0,33	0,660	1,35
6,29	0,32	2,01	0,480	0,97	0,980	1,97
6,16	0,32	1,97	0,800	1,58	1,300	2,56
5,92	0,32	1,89	1,120	2,12	1,620	3,07
5,55	0,32	1,77	1,440	2,56	1,940	3,44
5,05	0,32	1,62	1,760	2,85	2,260	3,65
4,45	0,32	1,42	2,080	2,96	2,580	3,68
3,72	0,32	1,19	2,400	2,86	2,900	3,45
2,70	0,32	0,86	2,720	2,35	3,220	2,78
1,04	0,32	0,33	3,040	1,01	3,540	1,18
		15,12		**19,57**		**27,13**

αποτίμηση τέμνουσας βάσης impulsive mode	$Q_{i,1}$ =	377,92	kN
αποτίμηση ροπής ανατροπής άνω της βάσης impulsive mode	$M_{i,1}$ =	489,21	kNm
αποτίμηση ροπής ανατροπής κάτω της βάσης impulsive mode	$M'_{i,1}$ =	678,16	kNm
	hi= $M_{i,1}$ / $Q_{i,1}$ =	1,29	m

Υδροδυναμική Πίεση στον Πυθμένα impulsive mode (εφαρμόζονται οι σχέσεις των κυκλικών δεξαμενών):

$\gamma=h_w/L_B$ = 0,400 ξ= y/L_B = μεταβλητό θ= 0,0 ς= z/h_w = 0,0

$$p_i(\xi,\varsigma,\theta) = C_i(\xi,\varsigma)\cdot\rho\cdot h_w\cdot\cos\theta\cdot a_g \qquad C_i(\xi,\varsigma) = 2\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{I_1'(\nu_n/\gamma)\cdot\nu_n^2}\cdot\cos(\nu_n\varsigma)\cdot I_1(\frac{\nu_n}{\gamma}\xi)$$

n	ν_n	$I_0(\nu_n/\gamma)$	$I_1(\nu_n/\gamma)$	$I'_1(\nu_n/\gamma)$	$\cos(\nu_n\varsigma)$ ς=0	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-1.0	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-0.8	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-0.6
0	1,57	1,06E+01	9,13E+00	8,29E+00	1,000	-9,13E+00	-4,49E+00	-2,21E+00
1	4,71	1,54E+04	1,47E+04	1,41E+04	1,000	-1,47E+04	-1,54E+03	-1,66E+02
2	7,85	3,05E+07	2,97E+07	2,90E+07	1,000	-2,97E+07	-6,52E+05	-1,47E+04
3	11,00	6,63E+10	6,51E+10	6,40E+10	1,000	-6,51E+10	-2,97E+08	-1,40E+06
4	14,14	1,51E+14	1,48E+14	1,46E+14	1,000	-1,48E+14	-1,41E+11	-1,38E+08

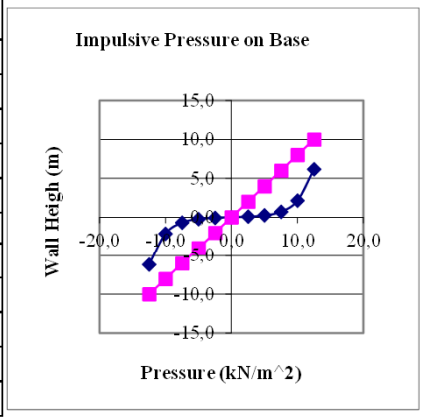
$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-0.4	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=-0.2	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=0	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+0.2	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+0.4	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+0.6	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+0.8	$I_1\{(\nu_n/\gamma)\cdot\xi\}$ ξ=+1.0
-1,05E+00	-4,24E-01	0,00E+00	4,24E-01	1,05E+00	2,21E+00	4,49E+00	9,13E+00
-1,87E+01	-2,21E+00	0,00E+00	2,21E+00	1,87E+01	1,66E+02	1,54E+03	1,47E+04
-3,48E+02	-9,13E+00	0,00E+00	9,13E+00	3,48E+02	1,47E+04	6,52E+05	2,97E+07
-6,92E+03	-3,85E+01	0,00E+00	3,85E+01	6,92E+03	1,40E+06	2,97E+08	6,51E+10
-1,42E+05	-1,66E+02	0,00E+00	1,66E+02	1,42E+05	1,38E+08	1,41E+11	1,48E+14

$C_i(\xi=-1.0, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=-0.8, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=-0.6, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=-0.4, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=-0.2, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=0.0, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=+0.2, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=+0.4, \varsigma=0)$
-8,93E-01	-4,39E-01	-2,16E-01	-1,03E-01	-4,15E-02	0,00E+00	4,15E-02	1,03E-01
9,38E-02	9,85E-03	1,06E-03	1,19E-04	1,41E-05	0,00E+00	-1,41E-05	-1,19E-04
-3,32E-02	-7,28E-04	-1,64E-05	-3,89E-07	-1,02E-08	0,00E+00	1,02E-08	3,89E-07
1,68E-02	7,68E-05	3,61E-07	1,79E-09	9,96E-12	0,00E+00	-9,96E-12	-1,79E-09
-1,01E-02	-9,63E-06	-9,43E-09	-9,74E-12	-1,14E-14	0,00E+00	1,14E-14	9,74E-12
-0,826	**-0,430**	**-0,215**	**-0,103**	**-0,041**	**0,000**	**0,041**	**0,103**

$C_i(\xi=+0.6, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=+0.8, \varsigma=0)$	$C_i(\xi=+1.0, \varsigma=0)$
2,16E-01	4,39E-01	8,93E-01
-1,06E-03	-9,85E-03	-9,38E-02
1,64E-05	7,28E-04	3,32E-02
-3,61E-07	-7,68E-05	-1,68E-02
9,43E-09	9,63E-06	1,01E-02
0,215	**0,430**	**0,826**

Απλοιποιητικά μπορεί να εφαρμοστεί γραμμική κατανομή πιέσεων πυθμένα με τιμές άκρων τις τιμές βάσης από το προφίλ των πιέσεων στα τοιχία.

τιμές y		**τιμές $\xi=y/L_B$**	**$C_i(\xi, \varsigma=0)$**	**αναλυτικά $p_{ib}(\xi)$ (kN/m^2)**	**απλοποίηση $p_{ib}(\xi)$ (kN/m^2)**
$y= -5L_B/5$	-8,00	$\xi=-1,00$	-0,826	-6,35	-6,41
$y= -4L_B/5$	-6,40	$\xi=-0,80$	-0,430	-3,30	-5,13
$y= -3L_B/5$	-4,80	$\xi=-0,60$	-0,215	-1,65	-3,85
$y= -2L_B/5$	-3,20	$\xi=-0,40$	-0,103	-0,79	-2,57
$y= -1L_B/5$	-1,60	$\xi=-0,20$	-0,041	-0,32	-1,28
y= 0	0,00	$\xi= 0,00$	0,000	0,00	0,00
$y= +1L_B/5$	1,60	$\xi=+0,20$	0,041	0,32	1,28
$y= +2L_B/5$	3,20	$\xi=+0,40$	0,103	0,79	2,57
$y= +3L_B/5$	4,80	$\xi=+0,60$	0,215	1,65	3,85
$y= +4L_B/5$	6,40	$\xi=+0,80$	0,430	3,30	5,13
$y= +5L_B/5$	8,00	$\xi=+1,00$	0,826	6,35	6,41

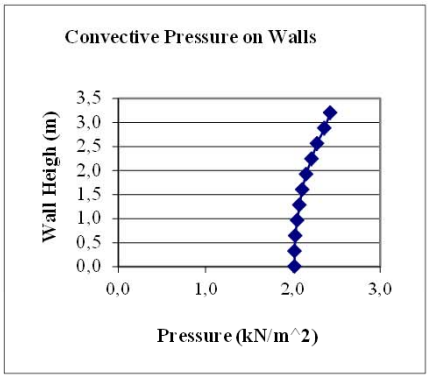


Υδροδυναμική Πίεση στο Τοιχίο convective mode:

$\gamma=h_w/L_B =$ 0,400 z= μεταβλητό $p_c(z)= q_{c1}(z)\cdot\rho\cdot L\cdot S_e(T_c)$

τιμές z (m)		**τιμές z/h_w**	**$q_{c1}(z)$ $h_w/L_B=0,3$**	**$q_{c1}(z)$ $h_w/L_B=0,5$**	**$q_{c1}(z)$ $h_w/L_B=1,0$**	**$q_{c1}(z)$ $h_w/L_B=2,0$**	**$q_{c1}(z)$ $h_w/L_B=5,0$**	**qc1(z) hw/LB=0,4**
z= 0	0,00	0,00	0,723	0,608	0,317	0,073	0,000	0,666
z= 1·hw/10	0,32	0,10	0,724	0,608	0,320	0,074	0,000	0,666
z= 2·hw/10	0,64	0,20	0,725	0,612	0,331	0,089	0,000	0,669
z=3·hw/10	0,96	0,30	0,729	0,622	0,354	0,108	0,000	0,676
z= 4·hw/10	1,28	0,40	0,735	0,634	0,380	0,135	0,000	0,685
z= 5·hw/10	1,60	0,50	0,740	0,649	0,420	0,174	0,015	0,695
z= 6·hw/10	1,92	0,60	0,751	0,667	0,485	0,229	0,380	0,709
z= 7·hw/10	2,24	0,70	0,763	0,697	0,531	0,308	0,089	0,730
z= 8·hw/10	2,56	0,80	0,775	0,726	0,600	0,423	0,171	0,751
z= 9·hw/10	2,88	0,90	0,792	0,766	0,700	0,595	0,369	0,779
z=10·hw/10	3,20	1,00	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800

$p_{cw}(z)$ (kN/m^2)
2,02
2,02
2,03
2,05
2,08
2,11
2,15
2,21
2,28
2,36
2,43



Αποτίμηση των μεγεθών απόκρισης Qc & Mc

$q_{cw}(z)$ (kN/m^2)	zi (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi$ (kN/m)	hi (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi\cdot hi$ (kN)	h'i (m)	$q_{iw}(z)\cdot zi\cdot h'i$ (kN)
2,02	0,32	0,65	0,160	0,10	0,660	0,43
2,02	0,32	0,65	0,480	0,31	0,980	0,63
2,04	0,32	0,65	0,800	0,52	1,300	0,85
2,06	0,32	0,66	1,120	0,74	1,620	1,07
2,09	0,32	0,67	1,440	0,96	1,940	1,30
2,13	0,32	0,68	1,760	1,20	2,260	1,54
2,18	0,32	0,70	2,080	1,45	2,580	1,80
2,25	0,32	0,72	2,400	1,72	2,900	2,08
2,32	0,32	0,74	2,720	2,02	3,220	2,39
2,40	0,32	0,77	3,040	2,33	3,540	2,71
		6,88		**11,36**		**14,81**

αποτίμηση τέμνουσας βάσης convective mode	$Q_{c,1}$ =	172,07	kN
αποτίμηση ροπής ανατροπής άνω της βάσης convective mode	$M_{c,1}$ =	284,12	kNm
αποτίμηση ροπής ανατροπής κάτω της βάσης convective mode	$M'_{c,1}$ =	370,16	kNm

Υδροδυναμική Πίεση στον Πυθμένα convective mode (εφαρμόζονται οι σχέσεις των κυκλικών δεξαμενών):

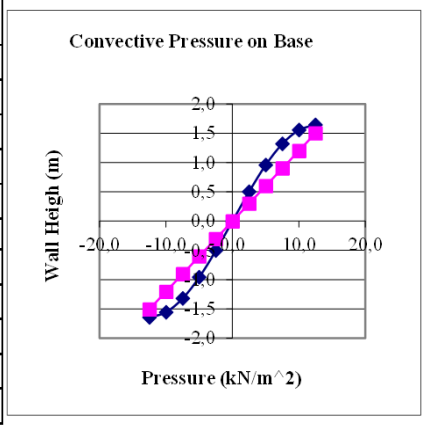
$\gamma = h_w/L_B$ = 0,400 $\xi = y/L_B$ = μεταβλητό θ= 0,0 $\varsigma = z/h_w$ = 0,0

$$p_c(\xi,\varsigma,\theta) = \rho\cdot\sum_{n=1}^{\infty}\psi_n\cdot\cosh(\lambda_n\gamma\varsigma)\cdot J_1(\lambda_n\cdot\xi)\cdot\cos\theta\cdot S_e(T_c) \qquad \psi_n = \frac{2R}{(\lambda_n^2-1)J_1(\lambda_n)\cosh(\lambda_n\gamma)}$$

n	λ_n	$J_1(\lambda_n)$	$\cosh(\lambda_n\gamma)$	ψ_n
1	1,811	5,82E-01	1,27E+00	9,47

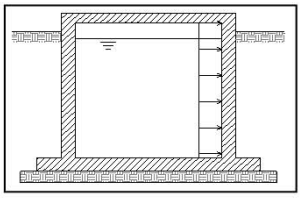
είναι αρκετό στο σχεδιασμό να ληφθεί υπόψιν μόνο η πρώτη ιδιομορφή

τιμές y		τιμές $\xi=y/L_B$	$J_1(\lambda_1\xi)$	αναλυτικά $p_{cb}(\xi)$ (kN/m^2)	απλοποίηση $p_{cb}(\xi)$ (kN/m^2)
y= -5L_B/5	-8,00	ξ=-1,00	-5,82E-01	-2,09	-2,02
y= -4L_B/5	-6,40	ξ=-0,80	-5,50E-01	-1,98	-1,62
y= -3L_B/5	-4,80	ξ=-0,60	-4,67E-01	-1,68	-1,21
y= -2L_B/5	-3,20	ξ=-0,40	-3,39E-01	-1,22	-0,81
y= -1L_B/5	-1,60	ξ=-0,20	-1,78E-01	-0,64	-0,40
y= 0	0,00	ξ= 0,00	0,00E+00	0,00	0,00
y= +1L_B/5	1,60	ξ=+0,20	1,78E-01	0,64	0,40
y= +2L_B/5	3,20	ξ=+0,40	3,39E-01	1,22	0,81
y= +3L_B/5	4,80	ξ=+0,60	4,67E-01	1,68	1,21
y= +4L_B/5	6,40	ξ=+0,80	5,50E-01	1,98	1,62
y= +5L_B/5	8,00	ξ=+1,00	5,82E-01	2,09	2,02



Απλοιποιητικά μπορεί να εφαρμοστεί γραμμική κατανομή πιέσεων πυθμένα με τιμές άκρων τις τιμές βάσης από το προφίλ των πιέσεων στα τοιχία.

4.11.Πίεση από την Αδράνεια των Τοιχίων:



$p_{ww} = \rho_s \cdot t_y \cdot a_g =$ 6,04 kN/m^2

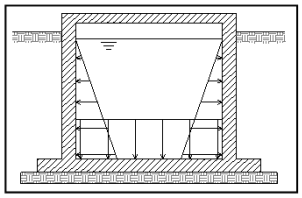
Η πίεση κατανέμεται ομοιόμορφα καθ' ύψος των τοιχίων.

4.12.Αδρανειακή Δύναμη στην Πλάκα Οροφής: ΔΕΝ Υπάρχει

$p_{\pi\lambda.} = a_g \cdot m_{\pi\lambda.} =$ 1954,5 kN

ή 4,55 kN/m^2

4.13.Πίεση λόγω Κατακόρυφης Σεισμικής Συνιστώσας: χρησιμοποιείται το φάσμα του EC8



για z= 0,00 $p_{vr}(\varsigma) = \rho_w \cdot h_w \cdot (1-z/h_w) \cdot S_{ve}(Tv) =$ 11,52 kN/m^2

Συνίσταται η χρήση ιδιοπεριόδου Tv= 0,30 sec

$S_{ve}(Tv)=$ 3,53 m/sec^2

ή 0,36 g

φάσμα EC8	$S_{ve}(Tv)=$	3,532	m/sec^2	ή	0,36	g	κλάδος φ.	3
φάσμα ΕΑΚ	$S_{ve}(Tv)=$	-	m/sec^2	ή	-	g	κλάδος φ.	1

Η πίεση κατανέμεται τριγωνικά καθ' ύψος των τοιχίων με μέγιστη τιμή πυθμένα αυτή που υπολογίζεται.

4.14.Μέγιστη Υδροδυναμική Πίεση - Πραγματική Κατανομή:

$p_{y.max} = (p_{iw} + p_w + p_{cw})$ Η οριζόντια και η κατακόρυφη δράση συνδυάζονται με τον κανόνα

$\pm Ey \pm 0,3 \cdot Ez$ & $\pm 0,3Ey \pm$ $p_{max} = p_{y.max} + 0,3p_v$ $p_{max} = 0,3p_{y.max} + p_v$

Μέγιστες Πιέσεις Τοιχίων

τιμές z		p_{iw} kN/m^2	p_{ww} kN/m^2	p_{cw} kN/m^2	$p_{y.max}$ kN/m^2	$p^*_{y.max}$ kN/m	$z_i \cdot p^*_{y.max}$ kNm/m	p_{vw} kN/m^2
z= 0	0,00	6,41	6,04	2,02	14,47			11,52
z= 1·hw/10	0,32	6,33	6,04	2,02	14,39	4,62	2,31	10,37
z= 2·hw/10	0,64	6,24	6,04	2,03	14,31	4,59	6,89	9,22
z=3·hw/10	0,96	6,07	6,04	2,05	14,16	4,55	11,39	8,06
z= 4·hw/10	1,28	5,76	6,04	2,08	13,87	4,49	15,70	6,91
z= 5·hw/10	1,60	5,33	6,04	2,11	13,48	4,38	19,69	5,76
z= 6·hw/10	1,92	4,77	6,04	2,15	12,96	4,23	23,26	4,61
z= 7·hw/10	2,24	4,13	6,04	2,21	12,39	4,05	26,36	3,46
z= 8·hw/10	2,56	3,31	6,04	2,28	11,63	3,84	28,81	2,30
z= 9·hw/10	2,88	2,08	6,04	2,36	10,48	3,54	30,06	1,15
z=10·hw/10	3,20	0,00	6,04	2,43	8,46	3,03	28,79	0,00
						41,32	**193,27**	

Συνισταμένη υδροδυναμική δύναμη $V_Y=$ 41,32 kN/m

Συνισταμένη υδροδυναμική ροπή $M_Y=$ 193,27 kNm/m

Θέση εφαρμογής $h= M_Y/V_Y=$ 4,68 m

ή h/hw = 1,46

Συνισταμένη υδροδυναμική δύναμη $V_z=$ 18,43 kN/m

Συνισταμένη υδροδυναμική ροπή $M_z=$ 19,66 kNm/m

Θέση εφαρμογής $h= M_z/V_z=$ 1,07 m

ή h/hw = 0,33

Ισοδύναμη Γραμμική Πίεση		
z	ισοδ. $p_{y.max}$	
0,00	15,92	10,0%
3,20	13,54	60,0%

Υδροδυναμική πίεση στη βάση του τοιχίου (y=0): $p_{y.max} + 0,3p_v =$ 17,93 kN/m^2

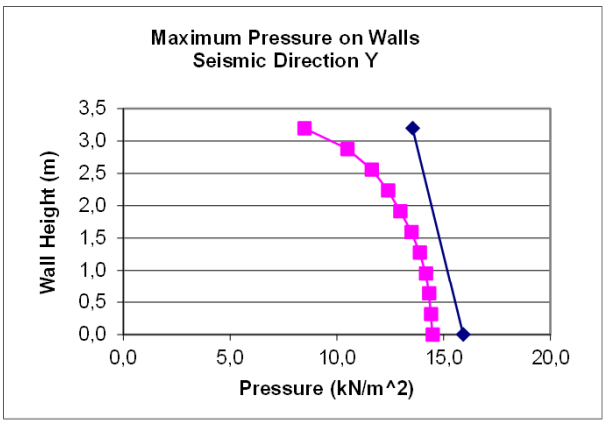
$0,3p_{y.max} + p_v =$ 15,86 kN/m^2

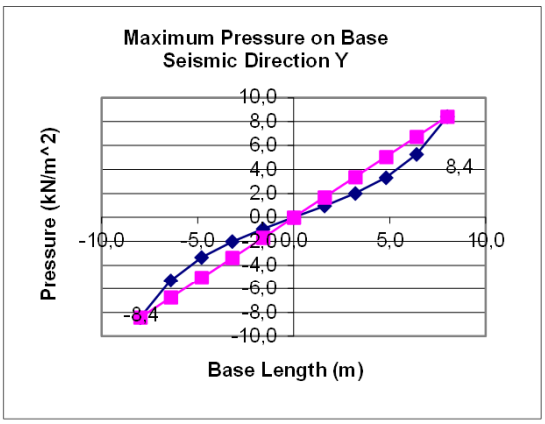
Υδροστατική πίεση στη βάση του τοιχίου (y=0): p = 32,00 kN/m^2

Η υδροδυναμική πίεση είναι περίπου το 52,8% της υδροστατικής και θα επηρεάσει σημαντικά το σχεδιασμό

Μέγιστες Πιέσεις Πυθμένα $p_{yb} = p_{ib} + p_{cb}$

τιμές y		αναλυτικά			απλοποίηση			
		p_{ib} kN/m^2	p_{cb} kN/m^2	$+ p_{xb}$ kN/m^2	p_{ib} kN/m^2	p_{cb} kN/m^2	$+ p_{xb}$ kN/m^2	p_{vb} kN/m^2
y= -5L_B/5	-8,00	-6,35	-2,09	-8,43	-6,41	-2,02	-8,43	11,52
y= -4L_B/5	-6,40	-3,30	-1,98	-5,28	-5,13	-1,62	-6,75	11,52
y= -3L_B/5	-4,80	-1,65	-1,68	-3,33	-3,85	-1,21	-5,06	11,52
y= -2L_B/5	-3,20	-0,79	-1,22	-2,01	-2,57	-0,81	-3,37	11,52
y= -1L_B/5	-1,60	-0,32	-0,64	-0,96	-1,28	-0,40	-1,69	11,52
y= 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,52
y= +1L_B/5	1,60	0,32	0,64	0,96	1,28	0,40	1,69	11,52
y= +2L_B/5	3,20	0,79	1,22	2,01	2,57	0,81	3,37	11,52
y= +3L_B/5	4,80	1,65	1,68	3,33	3,85	1,21	5,06	11,52
y= +4L_B/5	6,40	3,30	1,98	5,28	5,13	1,62	6,75	11,52
y= +5L_B/5	8,00	6,35	2,09	8,43	6,41	2,02	8,43	11,52

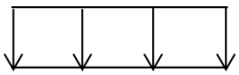


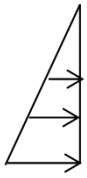


5.Υδροστατική Πίεση:

Ο.Κ.Αστοχίας: $P_H = h \cdot \gamma_w =$ **40,00** kN/m^2

Ο.Κ.Λειτουργικότητα: $P_H = h_w \cdot \gamma_w =$ **32,00** kN/m^3

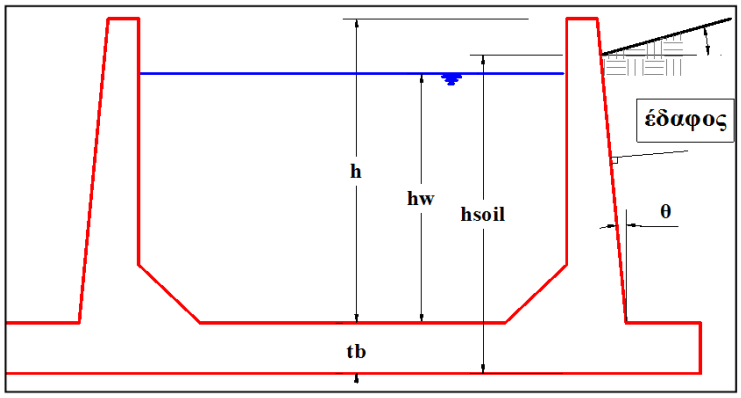




h = **4,00** m

h_w = **3,20** m

6.Ωθήσεις Γαιών:



hsoil=	3,00	m
hsoil-tb=	2,50	m
γ_{soil} =	18,0	kN/m^3
φ^o =	28,0	degrees
β^o =	0,0	degrees
θ^o =	0,0	degrees
δ^o =	17,0	degrees

παθητικές ωθήσεις

ποσοστό συμμετοχής ρ% 100%

K_h = 0,240 g

K_v = 0,072 g

6.1.Ωθήσεις Γαιών υπό Σεισμικές Συνθήκες - Μέθοδος Mononobe-Okabe:

Σεισμικές ενεργητικές ωθήσεις:

$\psi = \arctan\{K_h/(1+K_v)\} =$ 12,6 degrees

$\psi = \arctan\{K_h/(1-K_v)\} =$ 14,5 degrees

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi-\theta-\psi)}{\cos\psi\cdot\cos^2\theta\cdot\cos(\delta+\theta+\psi)\cdot\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\delta+\varphi)\cdot\sin(\varphi-\beta-\psi)}{\cos(\delta+\theta+\psi)\cdot\cos(\beta-\theta)}}\right]^2} = \begin{cases} (+k_v)\ K_{AE} = & 0{,}511 \\ (-k_v)\ K_{AE} = & 0{,}552 \end{cases}$$

$$P_{AE} = 0{,}5\cdot K_{AE}\cdot\gamma_{soil}\cdot H^2\cdot(1\pm K_v) = \begin{cases} (+k_v)\ P_{AE} = & 30{,}8 & \text{kN/m} \\ (-k_v)\ P_{AE} = & 28{,}8 & \text{kN/m} \end{cases}$$

		$(+k_v)$	$(-k_v)$	
οριζόντια ώθηση:	$P_{AE,h} = P_{AE}\cdot\cos(\theta+\delta) =$	29,46	27,57	kN/m
κατακόρυφη ώθηση:	$P_{AE,v} = P_{AE}\cdot\sin(\theta+\delta) =$	9,01	8,43	kN/m

Γίνεται η παραδοχή ότι οι ωθήσεις ακολουθούν τα παρακάτω προφίλ καθ' ύψος του τοίχου:

στατικές ωθήσεις		σεισμική επαύξηση		συνολικές ωθήσεις	
		$1{,}50\cdot d =$	6,78 kN/m^2	**6,78**	**kN/m^2**
P_A	+	ΔP_{AE}	=	P_{AE}	H= h = **2,50** m
$K_A\cdot\gamma\cdot H =$ 14,5	kN/m^2	$0{,}50\cdot d =$	2,26 kN/m^2	**16,79**	**kN/m^2**

	$(+k_v)$	$(-k_v)$	
$d = (P_{AE,h} - P_{A,h}) / H =$	4,52	4,59	kN/m^2

Σεισμικές παθητικές ωθήσεις:

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi+\theta-\psi)}{\cos\psi\cdot\cos^2\theta\cdot\cos(\delta-\theta+\psi)\cdot\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\delta+\varphi)\cdot\sin(\varphi+\beta-\psi)}{\cos(\delta-\theta+\psi)\cdot\cos(\beta-\theta)}}\right]^2} = \begin{cases} (+k_v)\ K_{PE} = & 3{,}821 \\ (-k_v)\ K_{PE} = & 3{,}652 \end{cases}$$

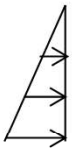
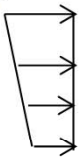
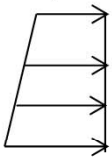
$$P_{PE} = \rho\%\cdot K_{PE}\cdot\gamma_{soil}\cdot H\cdot(1\pm Kv) = \begin{cases} (+k_v)\ P_{PE} = & 184{,}33 & \text{kN/m}^2 \\ (-k_v)\ P_{PE} = & 152{,}52 & \text{kN/m}^2 \end{cases}$$

		$(+k_v)$	$(-k_v)$	
οριζόντια ώθηση:	$P_{PE,h} = P_{PE}\cdot\cos(\theta-\delta) =$	**176,28**	**145,86**	kN/m^2
κατακόρυφη ώθηση:	$P_{PE,v} = P_{PE}\cdot\sin(\theta-\delta) =$	-53,89	-44,59	kN/m^2

H= h = **2,50** m

145,86 **kN/m^2**

Σεισμικές ωθήσεις για ακλόνητους τοίχους:

ωθήσεις ηρεμίας		σεισμική επαύξηση					
		$1{,}50\cdot\alpha_g\cdot\gamma_{soil}\cdot H=$	16,20	kN/m^2		**16,20**	**kN/m^2**
	+				=		H= h = **2,50** m
$Ko\cdot\gamma\cdot H=$	23,87	$0{,}50\cdot\alpha_g\cdot\gamma_{soil}\cdot H=$	5,40	kN/m^2		**29,27**	**kN/m^2**

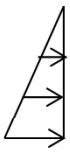
$K_o = 1\text{-}\sin\varphi =$ 0,53

6.2.Ωθήσεις Γαιών υπό Στατικές Συνθήκες - Μέθοδος Coulomb:

Στατικές ενεργητικές ωθήσεις:

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi-\theta)}{\cos^2\theta\cdot\cos(\delta+\theta)\cdot\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\delta+\varphi)\cdot\sin(\varphi-\beta)}{\cos(\delta+\theta)\cdot\cos(\beta-\theta)}}\right]^2} = 0{,}323$$

$P_A = K_A\cdot\gamma_{soil}\cdot H =$ 14,5 kN/m^2



H= h = **2,50** m

13,89 kN/m^2

οριζόντια ώθηση:	$P_{A,h} = P_A\cdot\cos(\theta+\delta) =$	**13,89**	kN/m^2
κατακόρυφη ώθηση:	$P_{A,v} = P_A\cdot\sin(\theta+\delta) =$	4,25	kN/m^2
Συνολική Δύναμη:	$P_A = 0{,}5\cdot K_A\cdot\gamma_{soil}\cdot H^2 =$	18,16	kN/m
οριζόντια Δύναμη:	$P_{A,h} = P_A\cdot\cos(\theta+\delta) =$	17,36	kN/m
κατακόρυφη Δύναμη:	$P_{A,v} = P_A\cdot\sin(\theta+\delta) =$	5,31	kN/m

Στατικές παθητικές ωθήσεις:

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi+\theta)}{\cos^2\theta\cdot\cos(\delta-\theta)\cdot\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\delta+\varphi)\cdot\sin(\varphi+\beta)}{\cos(\delta-\theta)\cdot\cos(\beta-\theta)}}\right]^2} = 4{,}830$$

$P_P = \rho\%\cdot K_P\cdot\gamma_{soil}\cdot H =$ 217,36 kN/m^2

H= h = **2,50** m

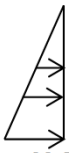
207,87 kN/m^2

οριζόντια ώθηση:	$P_{P,h} = P_P\cdot\cos(\theta-\delta) =$	**207,87**	kN/m^2
κατακόρυφη ώθηση:	$P_{P,v} = P_P\cdot\sin(\theta-\delta) =$	-63,55	kN/m^2

Στατικές ωθήσεις σε ηρεμία:

$K_o = 1\text{-}\sin\varphi =$ 0,53

$P_o = K_o\cdot\gamma_{soil}\cdot H =$ 23,9 kN/m^2



H= h = **2,50** m

22,83 kN/m^2

οριζόντια ώθηση:	$P_{A,h} = P_A\cdot\cos(\theta+\delta) =$	**22,83**	kN/m^2
κατακόρυφη ώθηση:	$P_{A,v} = P_A\cdot\sin(\theta+\delta) =$	6,98	kN/m^2

7.Θερμοκρασιακές Διαφορές άνω - κάτω ίνας (για έλεγχο Λειτουργικότητας):

a/a	Καλοκαίρι	Χειμώνας	
θερμοκρασία αέρα	37	0	°C
θερμοκρασία εδάφους	15	10	°C

$$\Delta T = (h/\lambda c)\cdot(T_2 - T_1) / (\alpha_1 + h/\lambda c + \alpha_2)$$

α_1, α_2 : 0,005 $m^2\,°C/w$ για υγρά
0,110 1 για έδαφος
0,060 $m^2\,°C/w$ για ατμόσφαιρα

h: πάχος δομικού στοιχείου

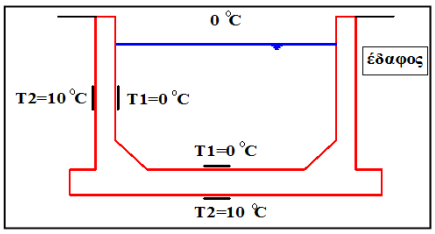
λc: 1,75 w/m/°C

T1: θερμοκρασία στην επιφάνεια 1

T2 θερμοκρασία στην επιφάνεια 2

ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

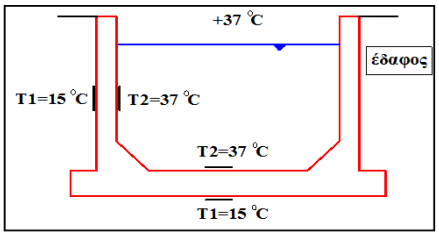
Χειμώνας



θεμελίωση: ΔT = **-7,1** °C

τοιχία: ΔT = **-6,3** °C

Καλοκαίρι

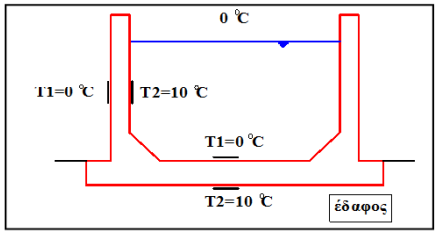


θεμελίωση: ΔT = **15,7** °C

τοιχία: ΔT = **14,0** °C

ΥΠΕΡΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

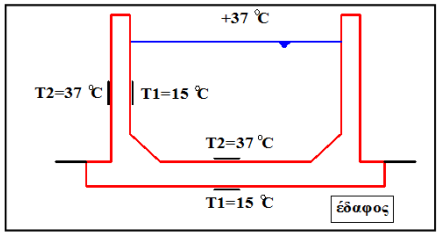
Χειμώνας



θεμελίωση: ΔT = **-7,1** °C

τοιχία: ΔT = **7,5** °C

Καλοκαίρι



θεμελίωση: ΔT = **15,7** °C

τοιχία: ΔT = **-16,6** °C

8.Συστολή Ξήρανσης (για έλεγχο Λειτουργικότητας):

Επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψιν ως ομοιόμορφη πτώση θερμοκρασίας.

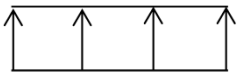
συντελεστής Θερμικής διαστολής: α_t = 1,00 $x10^{-5}$ $^oC^{-1}$

	A_c (m^2)	u (m)	$2A_c$ / u (mm)	ε_{cs} $x10^3$	**Ts = - 0,5·ε_{cs} /α_t**
διεύθυνση X:	14,49	82,80	350	-0,308	**-15,4 ^oC**
διεύθυνση Y:	20,79	118,80	350	-0,308	**-15,4 ^oC**

9.Έλεγχος σε ανύψωση από Άνωση των υπόγειων υδάτων:

hw =	1,00	m
hsoil =	3,00	m
γsoil =	18,0	kN/m^3

α= $\gamma_w \cdot h_w$=	-10,0	kN/m^2
A= α·C·B =	-5179,9	kN



I.B. πυθμένα Wπυθ.=	6474,9	kN
I.B. τοιχίων Wτοιχ.=	2919,0	kN
I.B. πλάκας Wπλ.=	2832,7	kN
I.B. εδάφους Wεδ.=	3996,0	kN
Σύνολο Wολ.=	16222,5	kN

FS= Wολ. / A = 3,13 ok > 1,30

10.Προδιαστασιολόγηση - Εκτίμηση Πάχους & Οπλισμού Τοιχίων {Παραδοχή Τοιχίο Πρόβολος}:

Γίνεται η απλουστευμένη παραδοχή ότι το τοιχίο είναι πρόβολος πακτωμένος στη θεμελίωση.
Στην πραγματικότητα, όταν τα εγκάρσια τοιχία είναι κοντά, πρόκειται για τριέρειστη πλάκα με ελαστικές πακτώσεις στη θεμελίωση και στα τοιχία.
Ακόμη αγνοούνται κατά τους υπολογισμούς οι θλιπτικές και εφελκυστικές δυνάμεις εντός επιπέδου του τοιχίου και θεωρείται ότι αυτό υπόκειται σε καθαρή κάμψη.

Εντατικά Μεγέθη Δράσεων:

ΟΚΑ $M_{υδροστ.}$ =	106,7	kNm/m	ΟΚΑ $V_{υδροστ.}$ =	80,0	kN/m
ΟΚΛ $M_{υδροστ.}$ =	54,6	kNm/m	ΟΚΛ $V_{υδροστ.}$ =	51,2	kN/m
$M_{Στατ.Ωθησεων}$ =	23,8	kNm/m	$V_{Στατ.Ωθησεων}$ =	28,5	kN/m
$M_{Σεισμ.Ωθησεων}$ =	64,2	kNm/m	$V_{Σεισμ.Ωθησεων}$ =	56,8	kN/m
$M_{υδροδυναμικη-X}$ =	217,2	kNm/m	$V_{υδροδυναμικη-X}$ =	47,9	kN/m
$M_{υδροδυναμικη-Y}$ =	193,3	kNm/m	$V_{υδροδυναμικη-Y}$ =	41,3	kN/m
$M_{υδροδυναμικη-Z}$ =	19,7	kNm/m	$V_{υδροδυναμικη-Z}$ =	18,4	kN/m

Συνδυασμοί ΟΚΑ:

I. 1,35x(ΙΒ)+1,50x(Υδροστατική):
II. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+1,00x(Υδροδυναμική-X)+0,30x(Υδροδυναμική-Y)+0,30x(Υδροδυναμική-Z):
III. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+0,30x(Υδροδυναμική-X)+1,00x(Υδροδυναμική-Y)+0,30x(Υδροδυναμική-Z):
IV. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+0,30x(Υδροδυναμική-X)+0,30x(Υδροδυναμική-Y)+1,00x(Υδροδυναμική-Z):
V. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+1,00x(Υδροδυν.-X)+0,30x(Υδροδυν.-Y)+0,30x(Υδροδυν.-Z
VI. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-1,00x(Υδροδυν.-X)-0,30x(Υδροδυν.-Y)-0,30x(Υδροδυν.-Z)
VII. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+0,30x(Υδροδυν.-X)+1,00x(Υδροδυν.-Y)+0,30x(Υδροδυν.
VIII. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-0,30x(Υδροδυν.-X)-1,00x(Υδροδυν.-Y)-0,30x(Υδροδυν.-
IX. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+0,30x(Υδροδυν.-X)+0,30x(Υδροδυν.-Y)+1,00x(Υδροδυν.-
X. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-0,30x(Υδροδυν.-X)-0,30x(Υδροδυν.-Y)-1,00x(Υδροδυν.-Z):
XI. 1,35x(ΙΒ)-1,50x(Στατ. Ωθήσεις):

Συνδυασμοί ΟΚΛ:
I. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική):
II. 1,00x(ΙΒ)-1,0x(Στατ. Ωθήσεις):

Εντατικά Μεγέθη Συνδυασμών ΟΚΛ:

I. Msd=	160,0	kNm/m	**I**. Vsd=	120,0	kN/m
II. Msd=	277,7	kNm/m	**II**. Vsd=	104,6	kN/m
III. Msd=	253,8	kNm/m	**III**. Vsd=	98,0	kN/m
IV. Msd=	139,4	kNm/m	**IV**. Vsd=	84,0	kN/m
V. Msd=	213,5	kNm/m	**V**. Vsd=	47,8	kN/m
VI. Msd=	-232,7	kNm/m	**VI**. Vsd=	-59,0	kN/m
VII. Msd=	189,5	kNm/m	**VII**. Vsd=	41,2	kN/m
VIII. Msd=	-156,7	kNm/m	**VIII**. Vsd=	-52,5	kN/m
IX. Msd=	75,2	kNm/m	**IX**. Vsd=	27,2	kN/m
X. Msd=	-94,4	kNm/m	**X**. Vsd=	-38,4	kN/m
XI. Msd=	-35,7	kNm/m	**XI**. Vsd=	-42,8	kN/m

Εντατικά Μεγέθη Συνδυασμών ΟΚΛ:

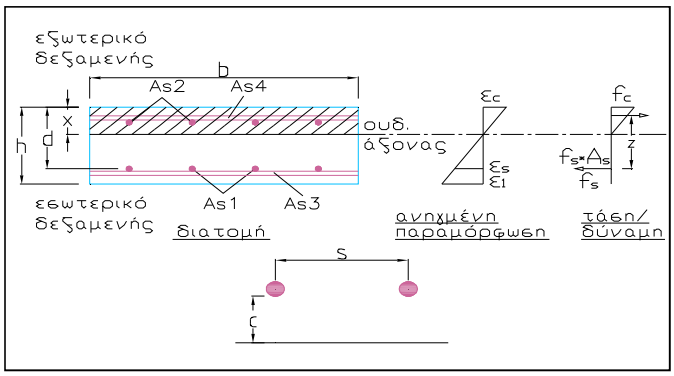
I. Msd=	54,6	kNm/m	**I**. Vsd=	51,2	kN/m
II. Msd=	-23,8	kNm/m	**II**. Vsd=	-28,5	kN/m

Επιλογή Οπλισμού τοιχίου

πάχος τοιχίου tx:	0,35	m	η επιλογή του έχει γίνει στην αρχή των υπολογισμών
τριγ. ενίσχυση τοιχίου:	0,00	m	

Διαμήκης Οπλισμός Διατομής:

As1:	Φ20 /	125	
εφελκυσμός	20	125	
As.τοπ.:	25,13	cm^2/m	
As2:	Φ18 /	125	
θλίψη	18	125	
As.τοπ.:	20,36	cm^2/m	



Οπλισμός Διανομής:

As3:	Φ12 /	150	**As4:**	Φ12 /	150	
	12	150		12	150	
As.τοπ.:	7,54	cm^2/m	As.τοπ.:	7,54	cm^2/m	

Οπλισμός Τριγωνικής Ενίσχυσης:
βάση τοιχίου

As.ενισχ.:	Φ10 /	150
	10	150
As.τοπ.:	5,24	cm^2/m

Έλεγχος σε Κάμψη σε κατάσταση Λειτουργικότητας:
κατηγορία περιβάλλοντος XC4
κατηγορία σφιξίματος 3 (EN 1992-3, παρ.7.3.1) Τοποθετείται λωρίδα waterstop για την πλήρη διακοπή διαρροών

στατικό ύψος:	d= h - c - Φ/2 =	288	mm
ποσοστό οπλισμού:	(I) ρ= As / (bd) =	0,00873	
	(II) ρ= As / (bd) =	0,00707	
μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος	Ecm =	31.000	MPa
μέτρο ελαστικότητας χάλυβα	Es =	200.000	MPa
λόγος μέτρων ελαστικότητας	a_e= Es/Ecm =	6,5	

ουδέτερος άξονας:	$x_I/d = (a_e\rho_1)\,[(1+2/a_e\rho_1)^{0,5} - 1] =$		0,284			
	οπότε	$x_I =$	81,8	mm		
	$x_{II}/d = (a_e\rho_2)\,[(1+2/a_e\rho_2)^{0,5} - 1] =$		0,260			
	οπότε	$x_{II} =$	74,8	mm		
μοχλοβραχίονας:	$z_I = d - x_1/3 =$	260,7	mm	$z/d =$	0,91	πρέπει
	$z_{II} = d - x_2/3 =$	263,1	mm	$z/d =$	0,91	$z/d < 0,95$
εφελκυστική τάση χάλυβα:	$\sigma_{sI} = M^I sd/(z_I \cdot A_{s1}) =$		83,3	MPa	ok ,	$\sigma s < 0,8 \cdot fyk$
	$\sigma_{sII} = M^{II} sd/(z_{II} \cdot A_{s2}) =$		44,4	MPa	ok ,	$\sigma s < 0,8 \cdot fyk$
θλιπτική τάση σκυροδέματος:	$\sigma_{cbI} = 2 \cdot M^I sd/(z_I \cdot b \cdot x_I) =$		5,12	MPa	ok ,	$\sigma cb < 0,45 \cdot fck$
	$\sigma_{cbI} = 2 \cdot M^{II} sd/(z_{II} \cdot b \cdot x_{II}) =$		2,42	MPa	ok ,	$\sigma cb < 0,45 \cdot fck$

<u>υπολογισμός εύρους ρωγμής</u>

(I) $w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	**0,06**	**mm**	ok		
(II) $w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	**0,04**	**mm**	ok		
(I) $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \max\{ [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1 + a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s \; ; \; 0,6\sigma_s/E_s \}$	2,500E-04		$< 0,6\sigma s/Es$		
(II) $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \max\{ [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1 + a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s \; ; \; 0,6\sigma_s/E_s \}$	1,332E-04		$< 0,6\sigma s/Es$		
(I) $\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff} =$	0,02811				
(II) $\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff} =$	0,02219				
για αποστάσεις οπλισμών <= $5(c+\varphi/2)=$	245		για αποστάσεις οπλισμών > $5(c+\varphi/2)=$	245	
(I) $s_{r,max} = 3,4c + 0,425 k_1 k_2 \varphi/\rho_{p,eff} =$	257,0	mm	(I) $s_{r,max} = 1,3 \cdot (t_x - x_I) =$	348,7	mm
(II) $s_{r,max} = 3,4c + 0,425 k_1 k_2 \varphi/\rho_{p,eff} =$	273,9	mm	(II) $s_{r,max} = 1,3 \cdot (t_x - x_{II}) =$	357,7	mm

Επιλογή max εύρους ρωγμής για σχεδιασμό:	Wmax = 0,20mm	**0,20**	**mm**

<u>Έλεγχος σε Κάμψη σε κατάσταση Αστοχίας:</u>

max Msd=	277,7	kNm/m	Nsd=	-35,0	kN/m
min Msd=	-232,7	kNm/m	Nsd=	-35,0	kN/m

ελάχιστες απαιτήσεις:

~ποσοστό οπλισμού:	$A_{s,min} = \max$	$0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d$	3,89	3,89	cm^2/m	ok
		$0,0013 \cdot b \cdot d$	3,74			
~αποστάσεις ράβδων:	$s_{max} = \min$	250	250	250	mm	
		$2 \cdot h$	700	σε περιοχές μέγιστης ένταση		

$v_d = N_{sd} / (b\, d\, f_{cd}) =$	-0,007	$\mu_{sd} = \max M_{sd} / (b\, d^2\, f_{cd}) =$	0,201	$\omega_1 = 1 - (1 - 2\mu_{sd})^{1/2} + v_d =$	0,22
$v_d = N_{sd} / (b\, d\, f_{cd}) =$	-0,007	$\mu_{sd} = \min M_{sd} / (b\, d^2\, f_{cd}) =$	0,168	$\omega_1 = 1 - (1 - 2\mu_{sd})^{1/2} + v_d =$	0,18

$A_{s1,\alpha\pi.} = \omega_1\, b\, d\, (f_{cd}/f_{sd}) =$	24,20	cm^2/m	$A_{s1.\tau o\pi.} =$	25,13	cm^2/m	ok
$A_{s2,\alpha\pi.} = \omega_1\, b\, d\, (f_{cd}/f_{sd}) =$	19,68	cm^2/m	$A_{s2.\tau o\pi.} =$	20,36	cm^2/m	ok

Έλεγχος σε Διάτμηση σε κατάσταση Αστοχίας:

$C_{Rd,c}= 0,18/\gamma_c =$	0,12		$k= 1+(200/d)^{1/2} =$	1,83	<=2		
$\rho_l= As1/b\cdot d =$	0,00873	<=0,02	$\sigma_{cp}= N_{Ed}/A_c =$	0,100	MPa	$<=0,2\cdot f_{cd}$	
$k_1=$	0,15		$\nu_{min}= 0,035\cdot k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2} =$	0,355			
$V_{Rd,c}= [C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$			181,36	kN/m			
$minV_{Rd,c}= [\nu_{min}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$			106,47	kN/m			
$\rightarrow V_{Rd,c}=$	181,36	kN/m	>=	max Vsd=	120,0	kN/m	

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

$C_{Rd,c}= 0,18/\gamma_c =$	0,12		$k= 1+(200/d)^{1/2} =$	1,83	<=2		
$\rho_l= As2/b\cdot d =$	0,00707	<=0,02	$\sigma_{cp}= N_{Ed}/A_c =$	0,100	MPa	$<=0,2\cdot f_{cd}$	
$k_1=$	0,15		$\nu_{min}= 0,035\cdot k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2} =$	0,355			
$V_{Rd,c}= [C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$			169,35	kN/m			
$minV_{Rd,c}= [\nu_{min}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$			106,47	kN/m			
$\rightarrow V_{Rd,c}=$	169,35	kN/m	>=	min Vsd=	59,0	kN/m	

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

Έλεγχος Ελάχιστου Οπλισμού Διανομής (κατά BS 8007):

Στον οπλισμό διανομής τίθονται τα παρακάτω ελάχιστα όρια για την αποφυγή ρηγμάτωσης του νεαρού σκυροδέματος τις πρώτες 3 ημέρες, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας σκυροδέματος - περιβάλλοντος.

$\rho_{crit}= f_{ct}^{3days}/f_{yk}=$ **0,26%**

T1 + T2 = 40 °C

$w= s_{max}\cdot 0,5\cdot a_t\cdot(T1+T2)$ → $s_{max}= w / [0,5\cdot a_t\cdot(T1+T2)]=$ 1000 mm

$s_{max}= (fct/fb)\cdot(\Phi/2\rho)$ → $\rho= (\Phi/2s_{max})\cdot(fct/fb) =$ **0,40%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s3.απαιτ.}=$ 7,00 cm^2/m

$A_{s3.τοπ.}=$ 7,54 cm^2/m ok

$s_{max}= (fct/fb)\cdot(\Phi/2\rho)$ → $\rho= (\Phi/2s_{max})\cdot(fct/fb) =$ **0,40%** *ρmin= 0,35%*

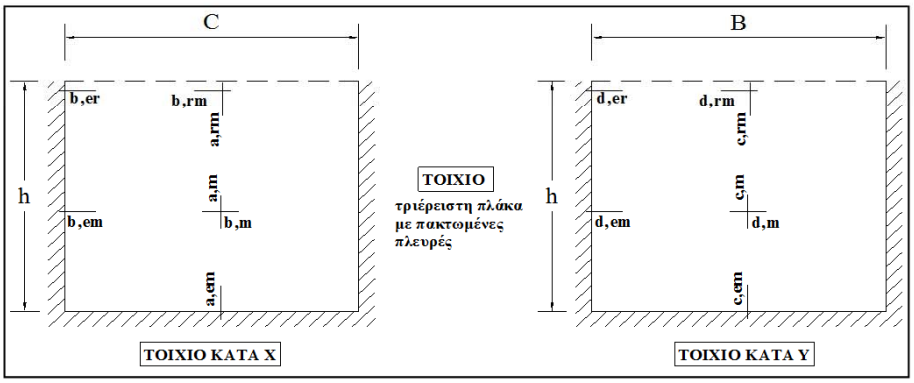
$A_{s4.απαιτ.}=$ 7,00 cm^2/m

$A_{s4.τοπ.}=$ 7,54 cm^2/m ok

ΑΝ ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΤΟΙΧΙΟ ΠΡΟΒΟΛΟ ΔΕΝ ΕΊΝΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟ.
ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΠΙΟ ΑΚΡΙΒΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΤΟΙΧΙΟ ΩΣ ΤΡΙΕΡΕΙΣΤΗ ή ΤΕΤΡΑΕΡΕΙΣΤΗ ΠΛΑΚΑ.
Η ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΘΑ ΕΛΕΓΧΘΕΙ ΤΕΛΙΚΩΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

11.Προδιαστασιολόγηση - Εκτίμηση Πάχους & Οπλισμού Τοιχίων {Παραδοχή Τοιχίο Τριέρειστη Πλάκα}:

Γίνεται η απλουστευμένη παραδοχή ότι το τοιχίο είναι τριέρειστη πλάκα πακτωμένη στη θεμελίωση και στα δυο εγκάρσια τοιχία. Αυτό προϋποθετει τα εγκάρσια τοιχία να βρίσκονται σχετικά κοντά.
Στην πραγματικότητα πρόκειται για τριέρειστη πλάκα με ελαστικές πακτώσεις στη θεμελίωση και στα τοιχία. Ακόμη αγνοούνται κατά τους υπολογισμούς οι θλιπτικές και εφελκυστικές δυνάμεις εντός επιπέδου του τοιχίου και θεωρείται ότι αυτό υπόκειται σε καθαρή κάμψη.



Η επίλυση γίνεται με χρήση των πινάκων Stiglat / Wippel.

Λόγος πλευρών πλάκας:

τοιχίο κατά Υ:	ε_Y= h/B=	0,250	Τα παρακάτω ισχύουν εφόσον τα ε είναι ≤ 1,5
	$1/\varepsilon_Y$= B/h=	4,000	
τοιχίο κατά Χ:	ε_X= h/C=	0,160	
	$1/\varepsilon_X$= C/h=	6,250	

Φορτία	Μορφή Φορτίου		Συντελ. Φορτίου Τοιχίο Υ		Συντελ. Φορτίου Τοιχίο Χ	
	ομοιόμορ. τιμή kN/m^2	τριγωνικό τιμή kN/m^2	ομοιομορ. K=p·B·h	τριγωνικό K=p·B·h/2	ομοιομορ. K=p·C·h	τριγωνικό K=p·C·h/2
a. Στατικές Ωθήσεις	-	22,83	-	730,6	-	1141,5
b. Σεισμικές Ωθήσεις	16,20	13,07	1036,8	418,4	1620,0	653,7
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	40,00	-	1280,0	-	2000,0
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	32,00	-	1024,0	-	1600,0
e. Υδροδυναμική E_X	12,32	7,00	788,6	223,9	-	-
f. Υδροδυναμική E_Y	13,54	2,37	-	-	1354,3	118,7
g. Υδροδυναμική E_Z	-	11,52	-	368,6	-	576,0

Εύρεση ροπών για ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Υ

Φορτία	$M_{c,em}$	$M_{c,m}$	$M_{d,em}$	$M_{d,m}$	$M_{d,er}$	$M_{d,rm}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-	-	-	-	-	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-107,66	-16,04	-38,18	4,71	-120,83	13,72	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	-	-	-	-	-	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	-	-	-	-	-	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-81,89	-12,20	-29,04	3,58	-91,90	10,44	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	-	-	-	-	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-	-	-	-	-	-	kNm/m

Εύρεση ροπών για ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ -ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Υ

Φορτία	$M_{c,em}$	$M_{c,m}$	$M_{d,em}$	$M_{d,m}$	$M_{d,er}$	$M_{d,rm}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-53,00	-1,51	-20,05	1,74	-41,35	5,31	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-30,35	-0,86	-11,48	1,00	-23,68	3,04	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-92,86	-2,64	-35,13	3,05	-72,45	9,31	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-74,29	-2,11	-28,11	2,44	-57,96	7,45	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-16,25	-0,46	-6,15	0,53	-12,67	1,63	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	-	-	-	-	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-26,75	-0,76	-10,12	0,88	-20,86	2,68	kNm/m

Εύρεση ροπών για ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Χ

Φορτία	$M_{a,em}$	$M_{a,m}$	$M_{b,em}$	$M_{b,m}$	$M_{b,er}$	$M_{b,rm}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-	-	-	-	-	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-133,49	-0,92	-42,00	3,16	-138,16	9,79	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	-	-	-	-	-	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	-	-	-	-	-	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-	-	-	-	-	-	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-111,60	-0,77	-35,11	2,65	-115,50	8,18	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	4,00	-	-	-	-	-	kNm/m

Εύρεση ροπών για ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Χ

Φορτία	$M_{a,em}$	$M_{a,m}$	$M_{b,em}$	$M_{b,m}$	$M_{b,er}$	$M_{b,rm}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-64,22	-0,22	-21,93	1,13	-47,25	3,82	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	0,00	-0,13	-12,56	0,65	-27,06	2,19	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-112,52	-0,39	-38,43	1,99	-82,79	6,69	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-90,02	-0,31	-30,74	1,59	-66,23	5,36	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-	-	-	-	-	-	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-6,68	-0,02	-2,28	0,12	-4,92	0,40	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-32,41	-0,11	-11,07	0,57	-23,84	1,93	kNm/m

I.B. αξονική κατακόρυφη δύναμη στη βάση των τοιχίων:

τοιχίο X: $N_{sd}= tx\cdot h\cdot\gamma_c + (C+2tx)\cdot(B+2ty)\cdot t_{\pi\lambda}\cdot\gamma_c / (2C+2B+4tx+4ty) =$ -60,31 kN/m

τοιχίο Y: $N_{sd}= ty\cdot h\cdot\gamma_c + (C+2tx)\cdot(B+2ty)\cdot t_{\pi\lambda}\cdot\gamma_c / (2C+2B+4tx+4ty) =$ -60,31 kN/m

Συνδυασμοί ΟΚΑ:

I. 1,35x(ΙΒ)+1,50x(Υδροστατική):
II. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+1,00x(Υδροδυναμική-Χ)+0,30x(Υδροδυναμική-Υ)+0,30x(Υδροδυναμική-Ζ):
III. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+0,30x(Υδροδυναμική-Χ)+1,00x(Υδροδυναμική-Υ)+0,30x(Υδροδυναμική-Ζ):
IV. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+0,30x(Υδροδυναμική-Χ)+0,30x(Υδροδυναμική-Υ)+1,00x(Υδροδυναμική-Ζ):
V. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+1,00x(Υδροδυν.-Χ)+0,30x(Υδροδυν.-Υ)+0,30x(Υδροδυν.-Ζ
VI. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-1,00x(Υδροδυν.-Χ)-0,30x(Υδροδυν.-Υ)-0,30x(Υδροδυν.-Ζ)
VII. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+0,30x(Υδροδυν.-Χ)+1,00x(Υδροδυν.-Υ)+0,30x(Υδροδυν.-
VIII. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-0,30x(Υδροδυν.-Χ)-1,00x(Υδροδυν.-Υ)-0,30x(Υδροδυν.-
IX. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+0,30x(Υδροδυν.-Χ)+0,30x(Υδροδυν.-Υ)+1,00x(Υδροδυν.-
X. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-0,30x(Υδροδυν.-Χ)-0,30x(Υδροδυν.-Υ)-1,00x(Υδροδυν.-Ζ):
XI. 1,35x(ΙΒ)-1,50x(Στατ. Ωθήσεις):

Συνδυασμοί ΟΚΛ:

I. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική):
II. 1,00x(ΙΒ)-1,0x(Στατ. Ωθήσεις):

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού για Ο.Κ.Αστοχίας:

ΡΟΠΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Y

Φορτία	$M_{c,em}$	$M_{c,m}$	$M_{d,em}$	$M_{d,m}$	$M_{d,er}$	$M_{d,rm}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-53,00	-1,51	-20,05	1,74	-41,35	5,31	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-138,02	-16,91	-49,66	5,70	-144,51	16,77	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-92,86	-2,64	-35,13	3,05	-72,45	9,31	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-74,29	-2,11	-28,11	2,44	-57,96	7,45	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-98,14	-12,66	-35,19	4,11	-104,58	12,07	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-26,75	-0,76	-10,12	0,88	-20,86	2,68	kNm/m
Συνδυασμός I	-79,51	-2,26	-30,08	2,61	-62,02	7,97	kNm/m
Συνδυασμός II	-180,45	-15,00	-66,33	6,82	-168,79	20,32	kNm/m
Συνδυασμός III	-111,76	-6,14	-41,70	3,94	-95,59	11,87	kNm/m
Συνδυασμός IV	-130,48	-6,67	-48,78	4,55	-110,19	13,75	kNm/m
Συνδυασμός V	-42,44	1,90	-16,66	1,11	-24,29	3,55	kNm/m
Συνδυασμός VI	169,88	27,69	59,78	-7,64	197,39	-22,19	kNm/m
Συνδυασμός VII	26,26	10,77	7,97	-1,77	48,92	-4,90	kNm/m
Συνδυασμός VIII	101,19	18,82	35,15	-4,76	124,18	-13,74	kNm/m
Συνδυασμός IX	7,54	10,23	0,88	-1,15	34,31	-3,02	kNm/m
Συνδυασμός X	119,91	19,35	42,23	-5,38	138,79	-15,62	kNm/m
Συνδυασμός XI	79,51	2,26	30,08	-2,61	62,02	-7,97	kNm/m
min Msd	-180,45	-15,00	-66,33	-7,64	-168,79	-22,19	kNm/m
max Msd	169,88	27,69	59,78	6,82	197,39	20,32	kNm/m

ΡΟΠΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ X

Φορτία	$M_{a,em}$	$M_{a,m}$	$M_{b,em}$	$M_{b,m}$	$M_{b,er}$	$M_{b,rm}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-64,22	-0,22	-21,93	1,13	-47,25	3,82	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-133,49	-1,05	-54,56	3,81	-165,22	11,98	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-112,52	-0,39	-38,43	1,99	-82,79	6,69	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-90,02	-0,31	-30,74	1,59	-66,23	5,36	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-118,28	-0,79	-37,39	2,76	-120,41	8,58	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-28,41	-0,11	-11,07	0,57	-23,84	1,93	kNm/m
Συνδυασμός I	-96,34	-0,34	-32,90	1,70	-70,88	5,73	kNm/m
Συνδυασμός II	-134,02	-0,59	-45,28	2,59	-109,51	8,51	kNm/m
Συνδυασμός III	-216,82	-1,14	-71,46	4,52	-193,80	14,51	kNm/m
Συνδυασμός IV	-153,91	-0,67	-53,03	2,99	-126,20	9,86	kNm/m
Συνδυασμός V	-0,53	0,46	9,28	-1,22	55,71	-3,47	kNm/m
Συνδυασμός VI	87,48	1,01	38,35	-3,23	142,26	-9,78	kNm/m
Συνδυασμός VII	2,00	-0,09	-16,90	0,71	-28,58	2,54	kNm/m
Συνδυασμός VIII	170,27	1,56	64,53	-5,16	226,55	-15,78	kNm/m
Συνδυασμός IX	-20,42	0,38	1,53	-0,82	39,02	-2,12	kNm/m
Συνδυασμός X	107,36	1,09	46,10	-3,63	158,95	-11,12	kNm/m
Συνδυασμός XI	96,34	0,34	32,90	-1,70	70,88	-5,73	kNm/m
min Msd	-216,82	-1,14	-71,46	-5,16	-193,80	-15,78	kNm/m
max Msd	170,27	1,56	64,53	4,52	226,55	14,51	kNm/m

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού για Ο.Κ.Λειτουργικότητας:

ΡΟΠΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Y

Φορτία	$M_{c,em}$	$M_{c,m}$	$M_{d,em}$	$M_{d,m}$	$M_{d,er}$	$M_{d,rm}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-53,00	-1,51	-20,05	1,74	-41,35	5,31	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-138,02	-16,91	-49,66	5,70	-144,51	16,77	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-92,86	-2,64	-35,13	3,05	-72,45	9,31	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-74,29	-2,11	-28,11	2,44	-57,96	7,45	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-98,14	-12,66	-35,19	4,11	-104,58	12,07	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-26,75	-0,76	-10,12	0,88	-20,86	2,68	kNm/m
Συνδυασμός I	-74,29	-2,11	-28,11	2,44	-57,96	7,45	kNm/m
Συνδυασμός II	53,00	1,51	20,05	-1,74	41,35	-5,31	kNm/m

ΡΟΠΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ X

Φορτία	$M_{a,em}$	$M_{a,m}$	$M_{b,em}$	$M_{b,m}$	$M_{b,er}$	$M_{b,rm}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-64,22	-0,22	-21,93	1,13	-47,25	3,82	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-133,49	-1,05	-54,56	3,81	-165,22	11,98	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-112,52	-0,39	-38,43	1,99	-82,79	6,69	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-90,02	-0,31	-30,74	1,59	-66,23	5,36	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-118,28	-0,79	-37,39	2,76	-120,41	8,58	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-28,41	-0,11	-11,07	0,57	-23,84	1,93	kNm/m
Συνδυασμός I	-90,02	-0,31	-30,74	1,59	-66,23	5,36	kNm/m
Συνδυασμός II	64,22	0,22	21,93	-1,13	47,25	-3,82	kNm/m

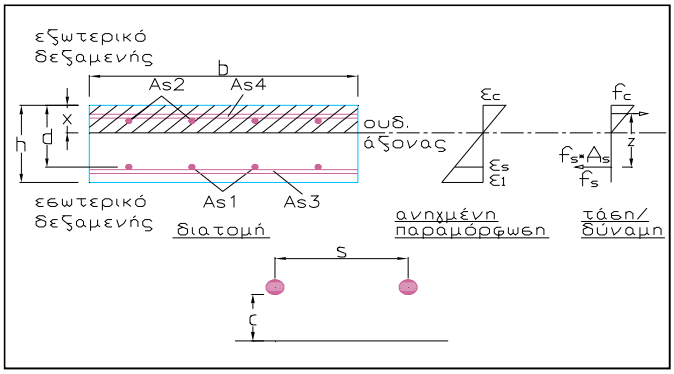
11.1.Προδιαστασιολόγηση - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Y:

Επιλογή Οπλισμού τοιχίου

πάχος τοιχίου ty:	0,35	m	η επιλογή του έχει γίνει στην αρχή των υπολογισμών
τρ.Ενίσχ.Τοιχίου κάτω:	0,00	m	
τρ.Ενίσχ.Τοιχίου γωνίες:	0,00	m	

Κατακόρυφος Οπλισμός Διατομής:

As1:	Φ18 /	150
εφελκυσμός	18	150
As.τοπ.:	16,96	cm^2/m
As2:	Φ16 /	150
θλίψη	16	150
As.τοπ.:	13,40	cm^2/m



Οριζόντιος Οπλισμός Διατομής:

As3:	Φ16 /	125	**As4:**	Φ16 /	125
	16	125		16	125
As.τοπ.:	16,08	cm^2/m	As.τοπ.:	16,08	cm^2/m

Οπλισμός Τριγωνικής Ενίσχυσης:

As.κατω:	Φ10 /	150	**As.γωνίες.:**	Φ10 /	150
	10	150		10	150
As.τοπ.:	5,24	cm^2/m	As.τοπ.:	5,24	cm^2/m

Έλεγχος σε Κάμψη σε κατάσταση Λειτουργικότητας:

κατηγορία περιβάλλοντος XC4

κατηγορία σφιξίματος 3 (EN 1992-3, παρ.7.3.1) Τοποθετείται λωρίδα waterstop για την πλήρη διακοπή διαρροών

στατικό ύψος:	$d_{1,2}$= h - c - Φ/2 =	285,0	mm		
	$d_{3,4}$= h - c - Φ/2 =	302,0	mm		
ποσοστό οπλισμού:	ρ_1= As / (bd) =	0,00595		ρ_3= As / (bd) =	0,00533
	ρ_2= As / (bd) =	0,00470		ρ_4= As / (bd) =	0,00533
μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος	Ecm =	31.000	MPa		
μέτρο ελαστικότητας χάλυβα	Es =	200.000	MPa		
λόγος μέτρων ελαστικότητας	a_e= Es/Ecm =	6,5			

ουδέτερος άξονας:

$x_1/d= (a_e\rho_1)\,[(1+2/a_e\rho_1)^{0,5} - 1]$ =	0,241	οπότε	x_1 =	68,8	mm
$x_2/d= (a_e\rho_2)\,[(1+2/a_e\rho_2)^{0,5} - 1]$ =	0,218	οπότε	x_2 =	62,1	mm
$x_3/d= (a_e\rho_3)\,[(1+2/a_e\rho_3)^{0,5} - 1]$ =	0,230	οπότε	x_3 =	69,5	mm
$x_4/d= (a_e\rho_4)\,[(1+2/a_e\rho_4)^{0,5} - 1]$ =	0,230	οπότε	x_4 =	69,5	mm

μοχλοβραχίονας:	$z_1= d_1 - x_1/3$ =	262,1	mm	z/d =	0,92	πρέπει
	$z_2= d_2 - x_2/3$ =	264,3	mm	z/d =	0,93	z/d < 0,95
	$z_3= d_3 - x_3/3$ =	278,8	mm	z/d =	0,92	
	$z_4= d_4 - x_4/3$ =	278,8	mm	z/d =	0,92	

εφελκυστική τάση χάλυβα:	$\sigma_{s1} = M^{I}sd/(z_1 \cdot A_{s1})$ =	167,1	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma_{s2} = M^{II}sd/(z_2 \cdot A_{s2})$ =	149,6	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma_{s3} = M^{I}sd/(z_3 \cdot A_{s3})$ =	62,7	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma_{s4} = M^{II}sd/(z_4 \cdot A_{s4})$ =	44,7	MPa	ok , σs<0,8·fyk
θλιπτική τάση σκυροδέματος:	$\sigma_{cb1} = 2 \cdot M^{I}sd/(z_1 \cdot b \cdot x_1)$ =	8,24	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb2} = 2 \cdot M^{II}sd/(z_2 \cdot b \cdot x_2)$ =	6,46	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb3} = 2 \cdot M^{I}sd/(z_3 \cdot b \cdot x_3)$ =	2,90	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb4} = 2 \cdot M^{II}sd/(z_4 \cdot b \cdot x_4)$ =	2,07	MPa	ok , σcb<0,45·fck

υπολογισμός εύρους ρωγμής

(I) $w_{k1} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,16**	**mm**	ok
(II) $w_{k2} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,15**	**mm**	ok
(I) $w_{k3} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,06**	**mm**	ok
(II) $w_{k4} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,05**	**mm**	ok

Αρνητικό w σημαίνει μηδενικό εύρος ρωγμής.

(I) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_1$= max { $[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	5,146E-04	>= 0,6σs/Es
(II) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_2$= max { $[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	4,488E-04	< 0,6σs/Es
(I) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_3$= max { $[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	1,880E-04	< 0,6σs/Es
(II) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_4$= max { $[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	1,341E-04	< 0,6σs/Es

(I) $\rho_{p,eff1}= (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01810		(I) $\rho_{p,eff3}= (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01720	
(II) $\rho_{p,eff2}= (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01397		(II) $\rho_{p,eff4}= (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01720	
για αποστάσεις οπλισμών <= 5(c+φ/2)=		240	για αποστάσεις οπλισμών > 5(c+φ/2)=		240
(I) $s_{r,max1}= 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	305,1	mm	(I) $s_{r,max1}= 1,3 \cdot (t_y-x_1)$=	365,6	mm
(II) $s_{r,max2}= 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	330,7	mm	(II) $s_{r,max2}= 1,3 \cdot (t_y-x_2)$=	374,3	mm
(I) $s_{r,max3}= 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	294,1	mm	(I) $s_{r,max3}= 1,3 \cdot (t_y-x_3)$=	364,7	mm
(II) $s_{r,max4}= 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	294,1	mm	(II) $s_{r,max4}= 1,3 \cdot (t_y-x_4)$=	364,7	mm

Επιλογή max εύρους ρωγμής για σχεδιασμό:	Wmax = 0,20mm	**0,20**	**mm**

Έλεγχος σε Κάμψη σε κατάσταση Αστοχίας:

minMsd,c=	-180,5	kNm/m	Nsd=	-60,3	kN/m
maxMsd,c=	169,9	kNm/m	Nsd=	-60,3	kN/m
minMsd,d=	-168,8	kNm/m	Nsd=	0,0	kN/m
maxMsd,d=	197,4	kNm/m	Nsd=	0,0	kN/m

ελάχιστες απαιτήσεις:

~ποσοστό οπλισμού: $A_{s,min}$= max { $0,26\cdot(f_{ctm}/f_{yk})\cdot b\cdot d$ = 4,08 ; $0,0013\cdot b\cdot d$ = 3,93 } → 4,08 cm^2/m ok

~αποστάσεις ράβδων: s_{max}= min { 250 = 250 ; $2\cdot h$ = 700 } → 250 mm σε περιοχές μέγιστης ένταση

$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	-0,013	$\mu_{sd}= minM_{sd,c} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,133	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,13
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	-0,013	$\mu_{sd}= maxM_{sd,c} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,125	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,12
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	0,000	$\mu_{sd}= minM_{sd,d} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,111	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,12
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	0,000	$\mu_{sd}= maxM_{sd,d} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,130	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,14

$A_{s1,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	14,30	cm^2/m	$A_{s1.τοπ.}$=	16,96	cm^2/m	ok
$A_{s2,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	13,31	cm^2/m	$A_{s2.τοπ.}$=	13,40	cm^2/m	ok
$A_{s3,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	13,66	cm^2/m	$A_{s3.τοπ.}$=	16,08	cm^2/m	ok
$A_{s4,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	16,16	cm^2/m	$A_{s4.τοπ.}$=	16,08	cm^2/m	check

Έλεγχος σε διάτμηση σε κατάσταση Αστοχίας - Έλεγχος στον πυθμένα:

▪Μέση Τιμή Τέμνουσας

ΤΕΜΝΟΥΣΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ_Y

Φορτία	Κομοιομ.	Κτριγ.	Vsd		
a. Στατικές Ωθήσεις	-	730,6	-34,25	kN/m	
b. Σεισμικές Ωθήσεις	1036,8	418,4	-68,21	kN/m	
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	1280,0	60,00	kN/m	
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	1024,0	48,00	kN/m	
e. Υδροδυναμική E_X	788,6	223,9	47,46	kN/m	
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	0,00	kN/m	
f. Υδροδυναμική E_Z	-	368,6	17,28	kN/m	
Συνδυασμός I			90,00	kN/m	
Συνδυασμός II			100,65	kN/m	
Συνδυασμός III			67,42	kN/m	
Συνδυασμός IV			79,52	kN/m	
Συνδυασμός V			32,44	kN/m	
Συνδυασμός VI			-72,86	kN/m	
Συνδυασμός VII			-0,79	kN/m	
Συνδυασμός VIII			-39,63	kN/m	
Συνδυασμός IX			11,31	kN/m	
Συνδυασμός X			-51,73	kN/m	
Συνδυασμός XI			-51,37	kN/m	
min Vsd			-72,86	kN/m	εφελκύεται ο οπλισμός As2
max Vsd			100,65	kN/m	εφελκύεται ο οπλισμός As1

$C_{Rd,c}= 0,18/\gamma_c =$ 0,12 $k= 1+(200/d)^{1/2} =$ 1,84 <=2

$\rho_l= As1/b\cdot d =$ 0,00595 <=0,02 $\sigma_{cp}= N_{Ed}/A_c =$ 0,172 MPa $<=0,2\cdot f_{cd}$

$k_1=$ 0,15 $\nu_{min}= 0,035\cdot k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2} =$ 0,436

$V_{Rd,c}= [C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$ 161,96 kN/m

$minV_{Rd,c}= [\nu_{min}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$ 131,62 kN/m

→ $V_{Rd,c}=$ 161,96 kN/m >= max Vsd= 100,6 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

$C_{Rd,c}= 0,18/\gamma_c =$ 0,12 $k= 1+(200/d)^{1/2} =$ 1,84 <=2

$\rho_l= As2/b\cdot d =$ 0,00470 <=0,02 $\sigma_{cp}= N_{Ed}/A_c =$ 0,172 MPa $<=0,2\cdot f_{cd}$

$k_1=$ 0,15 $\nu_{min}= 0,035\cdot k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2} =$ 0,436

$V_{Rd,c}= [C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$ 150,28 kN/m

$minV_{Rd,c}= [\nu_{min}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$ 131,62 kN/m

→ $V_{Rd,c}=$ 150,28 kN/m >= min Vsd= 72,9 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

▪Μέγιστη Τιμή Τέμνουσας

Shear = Cs x q x h

	bottom edge midpoint		side edge maximum		bottom edge	side edge	
	Cs ομοιομ.	Cs τριγ.	Cs ομοιομ.	Cs τριγ.			
	1,030	0,501	1,680	0,380			
Φορτία	Νομοιομ.	Ντριγ.	Νομοιομ.	Ντριγ.	maxVsd	maxVsd	
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-45,8	-	-34,7	-45,8	-34,7	kN/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-66,7	-26,2	-108,9	-19,9	-92,9	-128,7	kN/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	80,2	-	60,8	80,2	60,8	kN/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	64,1	-	48,6	64,1	48,6	kN/m
e. Υδροδυναμική E_X	50,8	14,0	82,8	10,6	64,8	93,4	kN/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	-	-	0,0	0,0	kN/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-	23,1	-	17,5	23,1	17,5	kN/m
Συνδυασμός I					120,24	91,20	kN/m
Συνδυασμός II					135,84	147,33	kN/m
Συνδυασμός III					90,49	81,93	kN/m
Συνδυασμός IV					106,65	94,18	kN/m
Συνδυασμός V					42,90	18,60	kN/m
Συνδυασμός VI					-100,53	-178,79	kN/m
Συνδυασμός VII					-2,45	-46,81	kN/m
Συνδυασμός VIII					-55,18	-113,38	kN/m
Συνδυασμός IX					13,71	-34,55	kN/m
Συνδυασμός X					-71,34	-125,64	kN/m
Συνδυασμός XI					-68,63	-52,05	kN/m
min Vsd					-100,53	-178,79	kN/m
max Vsd					135,84	147,33	kN/m

→ $V_{Rd,c}=$ 161,96 kN/m >= max Vsd= 147,3 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

→ $V_{Rd,c}=$ 150,28 kN/m < min Vsd= 178,8 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

Ο έλεγχος γίνεται με ανοχή 20%, επειδή πρόκειται για μέγιστη τιμή, η οποία έχει τοπικό χαρακτήρα και δεν επεκτείνεται σε μεγάλη περιοχή.

Υπολογισμός Οριζόντιας Μετακίνησης Τοιχίου στην Κορυφή:

$U = Cd \times q \times h^4 / 1000D$ Λύσεις από πίνακες: "Rectangular Concrete Tanks", Javeed A. Munshi

	Cd ομοιομ.	Cd τριγ.	
	96,50	25,80	
Φορτία	Uομοιομ.	Uτριγ.	U (mm)
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-1,31	-1,31
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-3,47	-0,75	-4,22
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	2,29	2,29
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	1,83	1,83
e. Υδροδυναμική E_X	2,64	0,40	3,04
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	0,00
g. Υδροδυναμική E_Z	-	0,66	0,66
Συνδυασμός I			3,43
Συνδυασμός II			5,07
Συνδυασμός III			2,94
Συνδυασμός IV			3,40
Συνδυασμός V			0,85
Συνδυασμός VI			-5,62
Συνδυασμός VII			-1,28
Συνδυασμός VIII			-3,49
Συνδυασμός IX			-0,81
Συνδυασμός X			-3,96
Συνδυασμός XI			-1,96
min U (mm)			**-5,62**
max U (mm)			**5,07**

$D = E \times t^3 / 12(1-v^2) =$ 115375,4 kNm

(-) U σημαίνει φορά προς το έσω της δεξαμενής
(+) U σημαίνει φορά προς το έξω της δεξαμενής

Έλεγχος Ελάχιστου Οπλισμού Διανομής (κατά BS 8007):

Στον οπλισμό διανομής τίθονται τα παρακάτω ελάχιστα όρια για την αποφυγή ρηγμάτωσης του νεαρού σκυροδέματος τις πρώτες 3 ημέρες, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας σκυροδέματος - περιβάλλοντος.

$\rho_{crit} = f_{ct}^{3days}/f_{yk} =$ **0,26%**

T1 + T2 = 45 °C

$w = s_{max} \cdot 0,5 \cdot a_t \cdot (T1+T2)$ → $s_{max} = w / [0,5 \cdot a_t \cdot (T1+T2)] =$ 889 mm

A_{s1}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,68%** *ρmin= 0,35%*
$A_{s1.απαιτ.} =$ 11,81 cm^2/m
$A_{s1.τοπ.} =$ 16,96 cm^2/m ok

A_{s2}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,60%** *ρmin= 0,35%*
$A_{s2.απαιτ.} =$ 10,50 cm^2/m
$A_{s2.τοπ.} =$ 13,40 cm^2/m ok

A_{s3}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,60%** *ρmin= 0,35%*
$A_{s3.απαιτ.} =$ 10,50 cm^2/m
$A_{s3.τοπ.} =$ 16,08 cm^2/m ok

A_{s4}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,60%** *ρmin= 0,35%*
$A_{s4.απαιτ.} =$ 10,50 cm^2/m
$A_{s4.τοπ.} =$ 16,08 cm^2/m ok

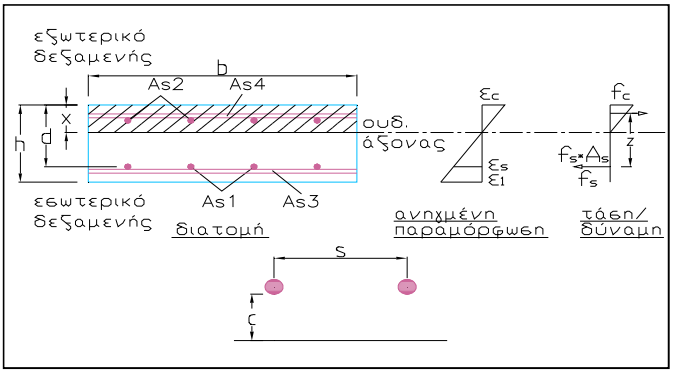
11.2.Προδιαστασιολόγηση - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Χ:

Επιλογή Οπλισμού τοιχίου

πάχος τοιχίου tχ:	0,35	m	η επιλογή του έχει γίνει στην αρχή των υπολογισμών
τρ.Ενίσχ.Τοιχίου κάτω:	0,00	m	
τρ.Ενίσχ.Τοιχίου γωνίες:	0,00	m	

Κατακόρυφος Οπλισμός Διατομής:

As1: εφελκυσμός	Φ20 / 20	150 / 150	
As.τοπ.:	20,94	cm^2/m	
As2: θλίψη	Φ16 / 16	150 / 150	
As.τοπ.:	13,40	cm^2/m	



Οριζόντιος Οπλισμός Διατομής:

As3:	Φ16 / 16	125 / 125	**As4:**	Φ18 / 18	125 / 125
As.τοπ.:	16,08	cm^2/m	As.τοπ.:	20,36	cm^2/m

Οπλισμός Τριγωνικής Ενίσχυσης:

As.κατω:	Φ10 / 10	150 / 150	**As.γωνίες.:**	Φ10 / 10	150 / 150
As.τοπ.:	5,24	cm^2/m	As.τοπ.:	5,24	cm^2/m

Έλεγχος σε Κάμψη σε κατάσταση Λειτουργικότητας:

κατηγορία περιβάλλοντος XC4

κατηγορία σφιξίματος 3 (EN 1992-3, παρ.7.3.1) Τοποθετείται λωρίδα waterstop για την πλήρη διακοπή διαρροών

στατικό ύψος:	$d_{1,2}$= h - c - Φ/2 =	284,0	mm		
	$d_{3,4}$= h - c - Φ/2 =	302,0	mm		
ποσοστό οπλισμού:	ρ_1= As / (bd) =	0,00737		ρ_3= As / (bd) =	0,00533
	ρ_2= As / (bd) =	0,00472		ρ_4= As / (bd) =	0,00674
μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος	Ecm =	31.000	MPa		
μέτρο ελαστικότητας χάλυβα	Es =	200.000	MPa		
λόγος μέτρων ελαστικότητας	a_e= Es/Ecm =	6,5			

ουδέτερος άξονας:

x_1/d= $(a_e\rho_1)\,[(1+2/a_e\rho_1)^{0,5} - 1]$ =	0,265	οπότε	x_1 =	75,1	mm
x_2/d= $(a_e\rho_2)\,[(1+2/a_e\rho_2)^{0,5} - 1]$ =	0,218	οπότε	x_2 =	62,0	mm
x_3/d= $(a_e\rho_3)\,[(1+2/a_e\rho_3)^{0,5} - 1]$ =	0,230	οπότε	x_3 =	69,5	mm
x_4/d= $(a_e\rho_4)\,[(1+2/a_e\rho_4)^{0,5} - 1]$ =	0,255	οπότε	x_4 =	76,9	mm

μοχλοβραχίονας:	z_1= d_1 -x_1/3 =	259,0	mm	z/d =	0,91	πρέπει
	z_2= d_2 -x_2/3 =	263,3	mm	z/d =	0,93	z/d < 0,95
	z_3= d_3 -x_3/3 =	278,8	mm	z/d =	0,92	
	z_4= d_4 -x_4/3 =	276,4	mm	z/d =	0,92	

εφελκυστική τάση χάλυβα:	$\sigma_{s1} = M^{I}sd/(z_1 \cdot A_{s1}) =$	166,0	MPa	ok , $\sigma s<0,8 \cdot fyk$
	$\sigma_{s2} = M^{II}sd/(z_2 \cdot A_{s2}) =$	181,9	MPa	ok , $\sigma s<0,8 \cdot fyk$
	$\sigma_{s3} = M^{I}sd/(z_3 \cdot A_{s3}) =$	68,5	MPa	ok , $\sigma s<0,8 \cdot fyk$
	$\sigma_{s4} = M^{II}sd/(z_4 \cdot A_{s4}) =$	39,0	MPa	ok , $\sigma s<0,8 \cdot fyk$
θλιπτική τάση σκυροδέματος:	$\sigma_{cb1} = 2 \cdot M^{I}sd/(z_1 \cdot b \cdot x_1) =$	9,25	MPa	ok , $\sigma cb<0,45 \cdot fck$
	$\sigma_{cb2} = 2 \cdot M^{II}sd/(z_2 \cdot b \cdot x_2) =$	7,87	MPa	ok , $\sigma cb<0,45 \cdot fck$
	$\sigma_{cb3} = 2 \cdot M^{I}sd/(z_3 \cdot b \cdot x_3) =$	3,17	MPa	ok , $\sigma cb<0,45 \cdot fck$
	$\sigma_{cb4} = 2 \cdot M^{II}sd/(z_4 \cdot b \cdot x_4) =$	2,06	MPa	ok , $\sigma cb<0,45 \cdot fck$

<u>υπολογισμός εύρους ρωγμής</u>

(I) $w_{k1} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}) =$	**0,16**	**mm**	ok
(II) $w_{k2} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}) =$	**0,18**	**mm**	ok
(I) $w_{k3} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}) =$	**0,06**	**mm**	ok
(II) $w_{k4} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}) =$	**0,03**	**mm**	ok

Αρνητικό w σημαίνει μηδενικό εύρος ρωγμής.

(I) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_1 = \max\{ [\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s ; 0,6\sigma_s/E_s \}$	5,688E-04	>= 0,6σs/Es
(II) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_2 = \max\{ [\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s ; 0,6\sigma_s/E_s \}$	5,458E-04	< 0,6σs/Es
(I) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_3 = \max\{ [\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s ; 0,6\sigma_s/E_s \}$	2,056E-04	< 0,6σs/Es
(II) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_4 = \max\{ [\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s ; 0,6\sigma_s/E_s \}$	1,170E-04	< 0,6σs/Es

(I) $\rho_{p,eff1} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff} =$	0,02286		(I) $\rho_{p,eff3} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff} =$	0,01720	
(II) $\rho_{p,eff2} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff} =$	0,01396		(II) $\rho_{p,eff4} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff} =$	0,02236	
για αποστάσεις οπλισμών <= 5(c+φ/2)=		240	για αποστάσεις οπλισμών > 5(c+φ/2)=		240
(I) $s_{r,max1} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff} =$	284,7	mm	(I) $s_{r,max1} = 1,3 \cdot (t_y-x_1) =$	357,3	mm
(II) $s_{r,max2} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff} =$	330,8	mm	(II) $s_{r,max2} = 1,3 \cdot (t_y-x_2) =$	374,4	mm
(I) $s_{r,max3} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff} =$	294,1	mm	(I) $s_{r,max3} = 1,3 \cdot (t_y-x_3) =$	364,7	mm
(II) $s_{r,max4} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff} =$	272,8	mm	(II) $s_{r,max4} = 1,3 \cdot (t_y-x_4) =$	355,0	mm

Επιλογή max εύρους ρωγμής για σχεδιασμό:	Wmax = 0,20mm	**0,20**	**mm**

<u>Έλεγχος σε Κάμψη σε κατάσταση Αστοχίας:</u>

minMsd,a=	-216,8	kNm/m	Nsd=	-60,3	kN/m
maxMsd,a=	170,3	kNm/m	Nsd=	-60,3	kN/m
minMsd,b=	-193,8	kNm/m	Nsd=	0,0	kN/m
maxMsd,b=	226,6	kNm/m	Nsd=	0,0	kN/m

ελάχιστες απαιτήσεις:

~ποσοστό οπλισμού: $A_{s,min} = \max \begin{cases} 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d & 4,08 \\ 0,0013 \cdot b \cdot d & 3,93 \end{cases}$ → 4,08 cm^2/m ok

~αποστάσεις ράβδων: $s_{max} = \min \begin{cases} 250 & 250 \\ 2 \cdot h & 700 \end{cases}$ → 250 mm σε περιοχές μέγιστης ένταση

$v_d = N_{sd} / (b\ d\ f_{cd}) =$	-0,013	$\mu_{sd} = \min M_{sd,a} / (b\ d^2\ f_{cd}) =$	0,161	$\omega_1 = 1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d =$	0,16
$v_d = N_{sd} / (b\ d\ f_{cd}) =$	-0,013	$\mu_{sd} = \max M_{sd,a} / (b\ d^2\ f_{cd}) =$	0,127	$\omega_1 = 1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d =$	0,12
$v_d = N_{sd} / (b\ d\ f_{cd}) =$	0,000	$\mu_{sd} = \min M_{sd,b} / (b\ d^2\ f_{cd}) =$	0,127	$\omega_1 = 1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d =$	0,14
$v_d = N_{sd} / (b\ d\ f_{cd}) =$	0,000	$\mu_{sd} = \max M_{sd,b} / (b\ d^2\ f_{cd}) =$	0,149	$\omega_1 = 1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d =$	0,16

$A_{s1,απ.} = \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd}) =$	17,88	cm^2/m	$A_{s1,τοπ.} =$	20,94	cm^2/m	ok
$A_{s2,απ.} = \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd}) =$	13,41	cm^2/m	$A_{s2,τοπ.} =$	13,40	cm^2/m	check
$A_{s3,απ.} = \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd}) =$	15,84	cm^2/m	$A_{s3,τοπ.} =$	16,08	cm^2/m	ok
$A_{s4,απ.} = \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd}) =$	18,78	cm^2/m	$A_{s4,τοπ.} =$	20,36	cm^2/m	ok

Έλεγχος σε διάτμηση σε κατάσταση Αστοχίας - Έλεγχος στον πυθμένα:

▪Μέση Τιμή Τέμνουσας

ΤΕΜΝΟΥΣΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ X

Φορτία	Κομοιομ.	Κτριγ.	Vsd		
a. Στατικές Ωθήσεις	-	1141,5	-38,36	kN/m	
b. Σεισμικές Ωθήσεις	1620,0	653,7	-76,40	kN/m	
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	2000,0	67,20	kN/m	
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	1600,0	53,76	kN/m	
e. Υδροδυναμική E_X	-	-	0,00	kN/m	
f. Υδροδυναμική E_Y	1354,3	118,7	49,49	kN/m	
f. Υδροδυναμική E_Z	-	576,0	19,35	kN/m	
Συνδυασμός I			100,80	kN/m	
Συνδυασμός II			74,41	kN/m	
Συνδυασμός III			109,06	kN/m	
Συνδυασμός IV			87,96	kN/m	
Συνδυασμός V			-1,98	kN/m	
Συνδυασμός VI			-43,29	kN/m	
Συνδυασμός VII			32,66	kN/m	
Συνδυασμός VIII			-77,94	kN/m	
Συνδυασμός IX			11,57	kN/m	
Συνδυασμός X			-56,84	kN/m	
Συνδυασμός XI			-57,53	kN/m	
min Vsd			-77,94	kN/m	εφελκύεται ο οπλισμός As2
max Vsd			109,06	kN/m	εφελκύεται ο οπλισμός As1

$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c =$ 0,12 $\quad k = 1 + (200/d)^{1/2} =$ 1,84 <=2

$\rho_l = As1/b \cdot d =$ 0,00737 <=0,02 $\quad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c =$ 0,172 MPa <=0,2·f_{cd}

$k_1 =$ 0,15 $\quad \nu_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$ 0,436

$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$ 172,92 kN/m

$\min V_{Rd,c} = [\nu_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$ 131,30 kN/m

→ $V_{Rd,c} =$ 172,92 kN/m **>=** max Vsd= 109,1 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c =$ 0,12 $\quad k = 1 + (200/d)^{1/2} =$ 1,84 <=2

$\rho_l = As2/b \cdot d =$ 0,00472 <=0,02 $\quad \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c =$ 0,172 MPa <=0,2·f_{cd}

$k_1 =$ 0,15 $\quad \nu_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$ 0,436

$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$ 150,04 kN/m

$\min V_{Rd,c} = [\nu_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d =$ 131,30 kN/m

→ $V_{Rd,c} =$ 150,04 kN/m **>=** min Vsd= 77,9 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

▪Μέγιστη Τιμή Τέμνουσας

Shear = Cs x q x h

	bottom edge midpoint		side edge maximum		bottom edge	side edge	
	Cs ομοιομ.	Cs τριγ.	Cs ομοιομ.	Cs τριγ.			
	1,030	0,501	1,680	0,380			
Φορτία	Vομοιομ.	Vτριγ.	Vομοιομ.	Vτριγ.	maxVsd	maxVsd	
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-45,8	-	-34,7	-45,8	-34,7	kN/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-66,7	-26,2	-108,9	-19,9	-92,9	-128,7	kN/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	80,2	-	60,8	80,2	60,8	kN/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	64,1	-	48,6	64,1	48,6	kN/m
e. Υδροδυναμική E_X	-	-	-	10,6	0,0	10,6	kN/m
f. Υδροδυναμική E_Y	55,8	4,8	91,0	3,6	60,6	94,6	kN/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-	23,1	-	17,5	23,1	17,5	kN/m
Συνδυασμός I					120,24	91,20	kN/m
Συνδυασμός II					89,22	92,92	kN/m
Συνδυασμός III					131,61	151,70	kN/m
Συνδυασμός IV					105,38	97,73	kN/m
Συνδυασμός V					-3,72	-35,82	kN/m
Συνδυασμός VI					-53,91	-124,37	kN/m
Συνδυασμός VII					38,67	22,97	kN/m
Συνδυασμός VIII					-96,30	-183,16	kN/m
Συνδυασμός IX					12,44	-31,01	kN/m
Συνδυασμός X					-70,07	-129,18	kN/m
Συνδυασμός XI					-68,63	-52,05	kN/m
min Vsd					-96,30	-183,16	kN/m
max Vsd					131,61	151,70	kN/m

→ $V_{Rd,c}$= 172,92 kN/m >= max Vsd= 151,7 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

→ $V_{Rd,c}$= 150,04 kN/m < min Vsd= 183,2 kN/m

Απαιτείται οπλισμός διάτμησης

Ο έλεγχος γίνεται με ανοχή 20%, επειδή πρόκειται για μέγιστη τιμή, η οποία έχει τοπικό χαρακτήρα και δεν

Υπολογισμός Οριζόντιας Μετακίνησης Τοιχίου στην Κορυφή:

U = Cd x q x h^4 / 1000D Λύσεις από πίνακες: "Rectangular Concrete Tanks", Javeed A. Munshi

	Cd ομοιομ.	Cd τριγ.	
	96,50	25,80	
Φορτία	Uομοιομ.	Uτριγ.	U (mm)
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-1,31	-1,31
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-0,93	-0,75	-1,68
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	2,29	2,29
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	1,83	1,83
e. Υδροδυναμική E_X	-	-	0,00
f. Υδροδυναμική E_Y	0,78	0,14	0,91
g. Υδροδυναμική E_Z	-	0,66	0,66
Συνδυασμός I			3,43
Συνδυασμός II			2,30
Συνδυασμός III			2,94
Συνδυασμός IV			2,76
Συνδυασμός V			0,63
Συνδυασμός VI			-0,32
Συνδυασμός VII			1,27
Συνδυασμός VIII			-0,95
Συνδυασμός IX			1,09
Συνδυασμός X			-0,78
Συνδυασμός XI			-1,96
min U (mm)			**-1,96**
max U (mm)			**3,43**

D = E x t^3 / 12(1-v^2) = 115375,4 kNm

(-) U σημαίνει φορά προς τα έσω της δεξαμενής
(+) U σημαίνει φορά προς το έξω της δεξαμενής

Έλεγχος Ελάχιστου Οπλισμού Διανομής (κατά BS 8007):

Στον οπλισμό διανομής τίθονται τα παρακάτω ελάχιστα όρια για την αποφυγή ρηγμάτωσης του νεαρού σκυροδέματος τις πρώτες 3 ημέρες, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας σκυροδέματος - περιβάλλοντος.

$\rho_{crit} = f_{ct}^{3days}/f_{yk} =$ **0,26%**

T1 + T2 = 45 °C

$w = s_{max} \cdot 0,5 \cdot a_t \cdot (T1+T2)$ → $s_{max} = w / [0,5 \cdot a_t \cdot (T1+T2)] =$ 889 mm

A_{s1}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,75%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s1.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 13,13 cm^2/m

$A_{s1.\tau o\pi.} =$ 20,94 cm^2/m ok

A_{s2}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,60%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s2.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 10,50 cm^2/m

$A_{s2.\tau o\pi.} =$ 13,40 cm^2/m ok

A_{s3}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,60%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s3.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 10,50 cm^2/m

$A_{s3.\tau o\pi.} =$ 16,08 cm^2/m ok

A_{s4}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,68%** *ρmin= 0,35%*

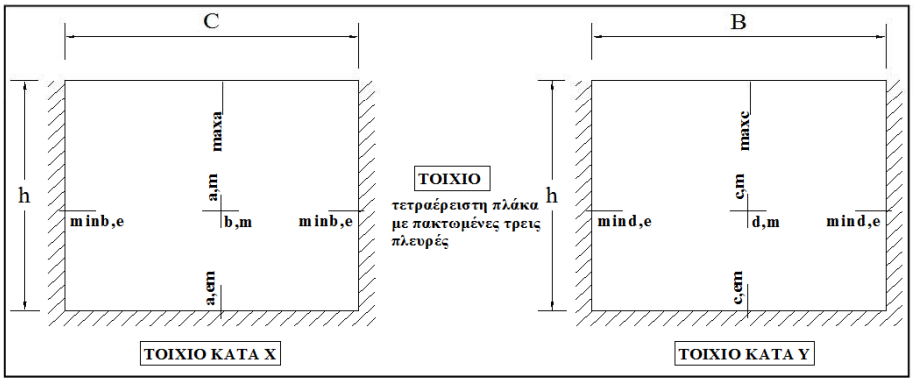
$A_{s4.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 11,81 cm^2/m

$A_{s4.\tau o\pi.} =$ 20,36 cm^2/m ok

ΑΝ ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΜΕ ΤΟΙΧΙΟ ΩΣ ΤΡΙΕΡΕΙΣΤΗ ΠΛΑΚΑ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟ.
Η ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΘΑ ΕΛΕΓΧΘΕΙ ΤΕΛΙΚΩΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

12.Προδιαστασιολόγηση - Εκτίμηση Πάχους & Οπλισμού Τοιχίων {Παραδοχή Τοιχίο Τετραέρειστη Πλάκα}:

Γίνεται η απλουστευμένη παραδοχή ότι το τοιχίο είναι τετραέρειστη πλάκα πακτωμένη στη θεμελίωση και στα δυο εγκάρσια τοιχία και απλά εδραζόμενη στην κορυφή. Αυτό προϋποθετει τα εγκάρσια τοιχία να βρίσκονται σχετικά κοντά και να υπάρχει πλάκα στην κορυφή ή κάποιος διάδρομος που να λειτουργεί ως οριζόντια δοκός. Στην πραγματικότητα πρόκειται για τετραέρειστη πλάκα με ελαστικές πακτώσεις περιμετρικά.
Ακόμη αγνοούνται κατά τους υπολογισμούς οι θλιπτικές και εφελκυστικές δυνάμεις εντός επιπέδου του τοιχίου και θεωρείται ότι αυτό υπόκειται σε καθαρή κάμψη.



Η επίλυση γίνεται με χρήση των πινάκων Stiglat / Wippel.

Λόγος πλευρών πλάκας:

τοιχίο κατά Υ:	ε_Y= h/B=	0,250	Τα παρακάτω ισχύουν εφόσον τα ε είναι ≤ 2,0
	$1/\varepsilon_Y$= B/h=	4,000	
τοιχίο κατά Χ:	ε_X= h/C=	0,160	
	$1/\varepsilon_X$= C/h=	6,250	

	Μορφή Φορτίου		Συντελ. Φορτίου Τοιχίο Υ		Συντελ. Φορτίου Τοιχίο Χ	
Φορτία	ομοιόμορ. τιμή kN/m^2	τριγωνικό τιμή kN/m^2	ομοιομορ. K=p·B·h	τριγωνικό K=p·B·h/2	ομοιομορ. K=p·C·h	τριγωνικό K=p·C·h/2
a. Στατικές Ωθήσεις	-	22,83	-	730,6	-	1141,5
b. Σεισμικές Ωθήσεις	16,20	13,07	1036,8	418,4	1620,0	653,7
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	40,00	-	1280,0	-	2000,0
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	32,00	-	1024,0	-	1600,0
e. Υδροδυναμική E_X	12,32	7,00	788,6	223,9	-	-
f. Υδροδυναμική E_Y	13,54	2,37	-	-	1354,3	118,7
g. Υδροδυναμική E_Z	-	11,52	-	368,6	-	576,0

Εύρεση ροπών για ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Υ

Φορτία	$M_{c,em}$	$M_{c,m}$	M_{maxc}	$M_{mind,e}$	$M_{d,m}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-	-	-	-	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-35,99	1,88	70,47	-24,44	1,17	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	-	-	-	-	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	-	-	-	-	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-27,37	1,43	53,60	-18,59	0,89	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	-	-	-	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-	-	-	-	-	kNm/m

Εύρεση ροπών για ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ -ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Υ

Φορτία	$M_{c,em}$	$M_{c,m}$	M_{maxc}	$M_{mind,e}$	$M_{d,m}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-26,86	41,30	11,22	-15,63	0,71	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-15,38	23,65	6,42	-8,95	0,40	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-47,06	72,35	19,65	-27,38	1,24	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-37,65	57,88	15,72	-21,90	0,99	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-8,23	12,66	3,44	-4,79	0,22	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	-	-	-	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-13,55	20,84	5,66	-7,89	0,36	kNm/m

Εύρεση ροπών για ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Χ

Φορτία	$M_{a,em}$	$M_{a,m}$	M_{maxa}	$M_{minb,e}$	$M_{b,m}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-	-	-	-	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-43,88	1,42	-89,11	-30,58	1,12	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	-	-	-	-	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	-	-	-	-	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-	-	-	-	-	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-36,68	1,19	-74,50	-25,57	0,93	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-	-	-	-	-	kNm/m

Εύρεση ροπών για ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Χ

Φορτία	$M_{a,em}$	$M_{a,m}$	M_{maxa}	$M_{minb,e}$	$M_{b,m}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-32,09	-70,27	12,92	-19,74	0,68	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-18,37	-40,24	7,40	-11,30	0,39	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-56,22	-123,11	22,64	-34,59	1,19	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-44,97	-98,49	18,11	-27,67	0,95	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-	-	-	-	-	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-3,34	-7,31	1,34	-2,05	0,07	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-16,19	-35,46	6,52	-9,96	0,34	kNm/m

Ι.Β. αξονική κατακόρυφη δύναμη στη βάση των τοιχίων:

τοιχίο Χ: $N_{sd}= tx\cdot h\cdot\gamma_c + (C+2tx)\cdot(B+2ty)\cdot t_{\pi\lambda}\cdot\gamma_c / (2C+2B+4tx+4ty) =$ -60,31 kN/m

τοιχίο Υ: $N_{sd}= ty\cdot h\cdot\gamma_c + (C+2tx)\cdot(B+2ty)\cdot t_{\pi\lambda}\cdot\gamma_c / (2C+2B+4tx+4ty) =$ -60,31 kN/m

συνδυασμοί ΟΚΑ:

I. 1,35x(ΙΒ)+1,50x(Υδροστατική):
II. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+1,00x(Υδροδυναμική-Χ)+0,30x(Υδροδυναμική-Υ)+0,30x(Υδροδυναμική-Ζ):
III. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+0,30x(Υδροδυναμική-Χ)+1,00x(Υδροδυναμική-Υ)+0,30x(Υδροδυναμική-Ζ):
IV. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)+0,30x(Υδροδυναμική-Χ)+0,30x(Υδροδυναμική-Υ)+1,00x(Υδροδυναμική-Ζ):
V. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+1,00x(Υδροδυν.-Χ)+0,30x(Υδροδυν.-Υ)+0,30x(Υδροδυν.-Ζ
VI. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-1,00x(Υδροδυν.-Χ)-0,30x(Υδροδυν.-Υ)-0,30x(Υδροδυν.-Ζ)
VII. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+0,30x(Υδροδυν.-Χ)+1,00x(Υδροδυν.-Υ)+0,30x(Υδροδυν.-
VIII. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-0,30x(Υδροδυν.-Χ)-1,00x(Υδροδυν.-Υ)-0,30x(Υδροδυν.-
IX. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)+0,30x(Υδροδυν.-Χ)+0,30x(Υδροδυν.-Υ)+1,00x(Υδροδυν.-
X. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική)-1,00x(Σεισμ. Ωθήσεις)-0,30x(Υδροδυν.-Χ)-0,30x(Υδροδυν.-Υ)-1,00x(Υδροδυν.-Ζ):
XI. 1,35x(ΙΒ)-1,50x(Στατ. Ωθήσεις):

συνδυασμοί ΟΚΛ:

I. 1,00x(ΙΒ)+1,00x(Υδροστατική):
II. 1,00x(ΙΒ)-1,0x(Στατ. Ωθήσεις):

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού για Ο.Κ.Αστοχίας:

ΡΟΠΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Y

Φορτία	$M_{c,em}$	$M_{c,m}$	M_{maxc}	$M_{mind,e}$	$M_{d,m}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-26,86	41,30	11,22	-15,63	0,71	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	0,00	25,53	76,89	-33,38	1,57	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-47,06	72,35	19,65	-27,38	1,24	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-37,65	57,88	15,72	-21,90	0,99	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-35,61	14,09	57,03	-23,38	1,10	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-13,55	20,84	5,66	-7,89	0,36	kNm/m
Συνδυασμός I	0,00	108,53	29,48	-41,07	1,86	kNm/m
Συνδυασμός II	-77,32	78,22	74,45	-47,64	2,20	kNm/m
Συνδυασμός III	-52,39	68,36	34,53	-31,28	1,43	kNm/m
Συνδυασμός IV	-61,88	82,94	38,49	-36,80	1,68	kNm/m
Συνδυασμός V	-77,32	52,69	-2,43	-14,26	0,63	kNm/m
Συνδυασμός VI	2,03	12,02	-119,90	37,22	-1,79	kNm/m
Συνδυασμός VII	-52,39	42,83	-42,36	2,10	-0,14	kNm/m
Συνδυασμός VIII	-22,90	21,88	-79,97	20,86	-1,02	kNm/m
Συνδυασμός IX	-61,88	57,42	-38,40	-3,42	0,11	kNm/m
Συνδυασμός X	-13,41	7,29	-83,94	26,38	-1,27	kNm/m
Συνδυασμός XI	9,00	-61,94	-16,83	9,00	0,00	kNm/m
min Msd	-77,32	-61,94	-119,90	-47,64	-1,79	kNm/m
max Msd	9,00	108,53	74,45	37,22	2,20	kNm/m

ΡΟΠΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ X

Φορτία	$M_{a,em}$	$M_{a,m}$	M_{maxa}	$M_{minb,e}$	$M_{b,m}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-32,09	-70,27	12,92	-19,74	0,68	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-62,25	-38,82	-81,72	-41,89	1,51	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-56,22	-123,11	22,64	-34,59	1,19	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-44,97	-98,49	18,11	-27,67	0,95	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-40,02	-6,12	-73,16	-27,62	1,00	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-16,19	-35,46	6,52	-9,96	0,34	kNm/m
Συνδυασμός I	-84,33	-184,67	33,96	-51,88	1,78	kNm/m
Συνδυασμός II	-61,84	-110,96	-1,88	-38,94	1,36	kNm/m
Συνδυασμός III	-89,85	-115,25	-53,09	-58,28	2,06	kNm/m
Συνδυασμός IV	-73,17	-135,78	2,68	-45,92	1,60	kNm/m
Συνδυασμός V	0,42	-72,15	79,83	2,94	-0,15	kNm/m
Συνδυασμός VI	34,14	-47,20	119,82	25,49	-0,96	kNm/m
Συνδυασμός VII	-27,60	-76,43	28,63	-16,39	0,55	kNm/m
Συνδυασμός VIII	62,16	-42,91	171,03	44,83	-1,66	kNm/m
Συνδυασμός IX	-10,92	-96,97	84,40	-4,03	0,09	kNm/m
Συνδυασμός X	45,48	-22,38	115,25	32,47	-1,20	kNm/m
Συνδυασμός XI	48,13	105,40	-19,38	29,61	-1,02	kNm/m
min Msd	-89,85	-184,67	-53,09	-58,28	-1,66	kNm/m
max Msd	62,16	105,40	171,03	44,83	2,06	kNm/m

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού για Ο.Κ.Λειτουργικότητας:

ΡΟΠΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Y

Φορτία	$M_{c,em}$	$M_{c,m}$	M_{maxc}	$M_{mind,e}$	$M_{d,m}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-26,86	41,30	11,22	-15,63	0,71	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	0,00	25,53	76,89	-33,38	1,57	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-47,06	72,35	19,65	-27,38	1,24	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-37,65	57,88	15,72	-21,90	0,99	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	-35,61	14,09	57,03	-23,38	1,10	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-13,55	20,84	5,66	-7,89	0,36	kNm/m
Συνδυασμός I	-37,65	57,88	15,72	-21,90	0,99	kNm/m
Συνδυασμός II	26,86	-41,30	-11,22	15,63	-0,71	kNm/m

ΡΟΠΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ X

Φορτία	$M_{a,em}$	$M_{a,m}$	M_{maxa}	$M_{minb,e}$	$M_{b,m}$	
a. Στατικές Ωθήσεις	-32,09	-70,27	12,92	-19,74	0,68	kNm/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-62,25	-38,82	-81,72	-41,89	1,51	kNm/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-56,22	-123,11	22,64	-34,59	1,19	kNm/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-44,97	-98,49	18,11	-27,67	0,95	kNm/m
e. Υδροδυναμική E_X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kNm/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-40,02	-6,12	-73,16	-27,62	1,00	kNm/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-16,19	-35,46	6,52	-9,96	0,34	kNm/m
Συνδυασμός I	-44,97	-98,49	18,11	-27,67	0,95	kNm/m
Συνδυασμός II	32,09	70,27	-12,92	19,74	-0,68	kNm/m

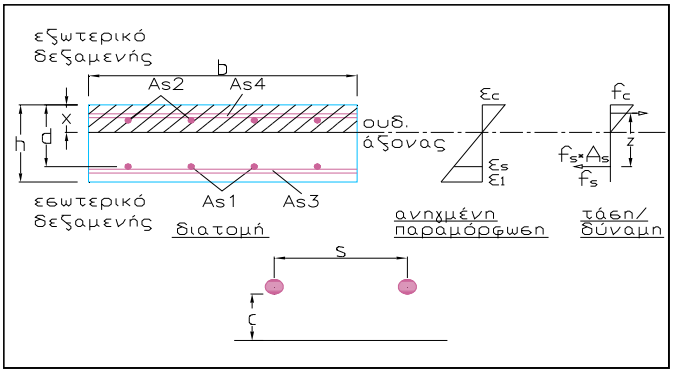
12.1.Προδιαστασιολόγηση - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Y:

πάχος τοιχίου ty: 0,35 m η επιλογή του έχει γίνει στην αρχή των υπολογισμών

Κατακόρυφος Οπλισμός Διατομής:

As1: Φ14 / 150
εφελκυσμός 14 150
As.τοπ.: 10,26 cm^2/m

As2: Φ14 / 150
θλίψη 14 150
As.τοπ.: 10,26 cm^2/m



Οριζόντιος Οπλισμός Διατομής:

As3: Φ14 / 150
14 150
As.τοπ.: 10,26 cm^2/m

As4: Φ14 / 150
14 150
As.τοπ.: 10,26 cm^2/m

Έλεγχος σε κάμψη σε κατάσταση Λειτουργικότητας:

στατικό ύψος:	$d_{1,2}$= h - c - Φ/2 =	289	mm		
	$d_{3,4}$= h - c - Φ/2 =	303	mm		
ποσοστό οπλισμού:	ρ_1= As / (bd) =	0,00355		ρ_3= As / (bd) =	0,00339
	ρ_2= As / (bd) =	0,00355		ρ_4= As / (bd) =	0,00339
μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος	Ecm =	31.000	MPa		
μέτρο ελαστικότητας χάλυβα	Es =	200.000	MPa		
λόγος μέτρων ελαστικότητας	a_e= Es/Ecm =	6,5			

ουδέτερος άξονας:

x_1/d= $(a_e\rho_1)\,[(1+2/a_e\rho_1)^{0,5} - 1]$ =	0,192	οπότε	x_1 =	55,6	mm
x_2/d= $(a_e\rho_2)\,[(1+2/a_e\rho_2)^{0,5} - 1]$ =	0,192	οπότε	x_2 =	55,6	mm
x_3/d= $(a_e\rho_3)\,[(1+2/a_e\rho_3)^{0,5} - 1]$ =	0,188	οπότε	x_3 =	57,1	mm
x_4/d= $(a_e\rho_4)\,[(1+2/a_e\rho_4)^{0,5} - 1]$ =	0,188	οπότε	x_4 =	57,1	mm

μοχλοβραχίονας:	$z_1 = d_1 - x_1/3$ =	270,5	mm	z/d =	0,94	πρέπει
	$z_2 = d_2 - x_2/3$ =	270,5	mm	z/d =	0,94	z/d < 0,95
	$z_3 = d_3 - x_3/3$ =	284,0	mm	z/d =	0,94	
	$z_4 = d_4 - x_4/3$ =	284,0	mm	z/d =	0,94	

εφελκυστική τάση χάλυβα:	$\sigma s_1 = M^I sd/(z_1 \cdot A_{s1})$ =	135,6	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma s_2 = M^{II} sd/(z_2 \cdot A_{s2})$ =	96,8	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma s_3 = M^I sd/(z_3 \cdot A_{s3})$ =	75,2	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma s_4 = M^{II} sd/(z_4 \cdot A_{s4})$ =	53,6	MPa	ok , σs<0,8·fyk

θλιπτική τάση σκυροδέματος:	$\sigma_{cb1} = 2 \cdot M^I sd/(z_1 \cdot b \cdot x_1)$ =	5,01	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb2} = 2 \cdot M^{II} sd/(z_2 \cdot b \cdot x_2)$ =	3,57	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb3} = 2 \cdot M^I sd/(z_3 \cdot b \cdot x_3)$ =	2,70	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb4} = 2 \cdot M^{II} sd/(z_4 \cdot b \cdot x_4)$ =	1,93	MPa	ok , σcb<0,45·fck

υπολογισμός εύρους ρωγμής

(I) $w_{k1} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,15**	**mm**	ok	
(II) $w_{k2} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,11**	**mm**	ok	
(I) $w_{k3} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,08**	**mm**	ok	
(II) $w_{k4} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,06**	**mm**	ok	**Αρνητικό w σημαίνει μηδενικό εύρος ρωγμής.**

(I) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_1$= max { $[\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	4,069E-04	< 0,6σs/Es
(II) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_2$= max { $[\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	2,903E-04	< 0,6σs/Es
(I) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_3$= max { $[\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	2,255E-04	< 0,6σs/Es
(II) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_4$= max { $[\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	1,609E-04	< 0,6σs/Es

(I) $\rho_{p,eff1} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01046	(I) $\rho_{p,eff3} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01051
(II) $\rho_{p,eff2} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01046	(II) $\rho_{p,eff4} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01051
για αποστάσεις οπλισμών <= 5(c+φ/2)=	235	για αποστάσεις οπλισμών > 5(c+φ/2)=	235
(I) $s_{r,max1} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	363,6 mm	(I) $s_{r,max1} = 1,3 \cdot (t_y-x_1)$=	382,7 mm
(II) $s_{r,max2} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	363,6 mm	(II) $s_{r,max2} = 1,3 \cdot (t_y-x_2)$=	382,7 mm
(I) $s_{r,max3} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	362,4 mm	(I) $s_{r,max3} = 1,3 \cdot (t_y-x_3)$=	380,8 mm
(II) $s_{r,max4} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	362,4 mm	(II) $s_{r,max4} = 1,3 \cdot (t_y-x_4)$=	380,8 mm

Επιλογή max εύρους ρωγμής για σχεδιασμό:	Wmax = 0,20mm	**0,20**	**mm**

Έλεγχος σε κάμψη σε κατάσταση Αστοχίας:

minMsd,c=	-119,9	kNm/m	Nsd=	-60,3	kN/m
maxMsd,c=	108,5	kNm/m	Nsd=	-60,3	kN/m
minMsd,d=	-47,6	kNm/m	Nsd=	0,0	kN/m
maxMsd,d=	37,2	kNm/m	Nsd=	0,0	kN/m

ελάχιστες απαιτήσεις:

~ποσοστό οπλισμού: $A_{s,min}$= max { $0{,}26\cdot(f_{ctm}/f_{yk})\cdot b\cdot d$ = 4,10 ; $0{,}0013\cdot b\cdot d$ = 3,94 } → 4,10 cm^2/m ok

~αποστάσεις ράβδων: s_{max}= min { 250 = 250 ; $2\cdot h$ = 700 } → 250 mm σε περιοχές μέγιστης ένταση

$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	-0,013	$\mu_{sd}= minM_{sd,c} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,086	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,08
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	-0,013	$\mu_{sd}= maxM_{sd,c} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,078	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,07
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	0,000	$\mu_{sd}= minM_{sd,d} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,031	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,03
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	0,000	$\mu_{sd}= maxM_{sd,d} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,024	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,02

$A_{s1,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	8,61	cm^2/m	$A_{s1.τοπ.}$=	10,26	cm^2/m	ok
$A_{s2,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	7,62	cm^2/m	$A_{s2.τοπ.}$=	10,26	cm^2/m	ok
$A_{s3,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	3,67	cm^2/m	$A_{s3.τοπ.}$=	10,26	cm^2/m	ok
$A_{s4,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	2,86	cm^2/m	$A_{s4.τοπ.}$=	10,26	cm^2/m	ok

Έλεγχος σε διάτμηση σε κατάσταση Αστοχίας - Έλεγχος στον πυθμένα:

▪Μέση Τιμή Τέμνουσας

ΤΕΜΝΟΥΣΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ_Y

Φορτία	Κομοιομ.	Κτριγ.	Vsd		
a. Στατικές Ωθήσεις	-	730,6	-34,25	kN/m	
b. Σεισμικές Ωθήσεις	1036,8	418,4	-68,21	kN/m	
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	1280,0	60,00	kN/m	
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	1024,0	48,00	kN/m	
e. Υδροδυναμική E_X	788,6	223,9	47,46	kN/m	
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	0,00	kN/m	
g. Υδροδυναμική E_Z	-	368,6	17,28	kN/m	
Συνδυασμός I			90,00	kN/m	
Συνδυασμός II			100,65	kN/m	
Συνδυασμός III			67,42	kN/m	
Συνδυασμός IV			79,52	kN/m	
Συνδυασμός V			32,44	kN/m	
Συνδυασμός VI			-72,86	kN/m	
Συνδυασμός VII			-0,79	kN/m	
Συνδυασμός VIII			-39,63	kN/m	
Συνδυασμός IX			11,31	kN/m	
Συνδυασμός X			-51,73	kN/m	
Συνδυασμός XI			-51,37	kN/m	
min Vsd			-72,86	kN/m	εφελκύεται ο οπλισμός As2
max Vsd			100,65	kN/m	εφελκύεται ο οπλισμός As1

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c = 0,12 k= 1+(200/d)$^{1/2}$ = 1,83 <=2

ρ_l= As1/b·d = 0,00355 <=0,02 σ_{cp}= N_{Ed}/A_c = 0,172 MPa <=0,2·f_{cd}

k_1= 0,15 ν_{min}= 0,035·$k^{3/2}$·$f_{ck}^{1/2}$ = 0,434

$V_{Rd,c}$= [$C_{Rd,c}$·k·(100·ρ_l·f_{ck})$^{1/3}$+k_1·σ_{cp}]·b_w·d = 139,02 kN/m

min$V_{Rd,c}$= [ν_{min}+k_1·σ_{cp}]·b_w·d = 132,87 kN/m

→ $V_{Rd,c}$= 139,02 kN/m >= max Vsd= 100,6 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c = 0,12 k= 1+(200/d)$^{1/2}$ = 1,83 <=2

ρ_l= As2/b·d = 0,00355 <=0,02 σ_{cp}= N_{Ed}/A_c = 0,172 MPa <=0,2·f_{cd}

k_1= 0,15 ν_{min}= 0,035·$k^{3/2}$·$f_{ck}^{1/2}$ = 0,434

$V_{Rd,c}$= [$C_{Rd,c}$·k·(100·ρ_l·f_{ck})$^{1/3}$+k_1·σ_{cp}]·b_w·d = 139,02 kN/m

min$V_{Rd,c}$= [ν_{min}+k_1·σ_{cp}]·b_w·d = 132,87 kN/m

→ $V_{Rd,c}$= 139,02 kN/m >= min Vsd= 72,9 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

▪Μέγιστη Τιμή Τέμνουσας

Shear = Cs x q x h

	bottom edge midpoint		side edge maximum		bottom edge	side edge	
	Cs ομοιομ.	Cs τριγ.	Cs ομοιομ.	Cs τριγ.			
	0,622	0,401	0,563	0,263			
Φορτία	Νομοιομ.	Ντριγ.	Νομοιομ.	Ντριγ.	maxVsd	maxVsd	
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-36,6	-	-24,0	-36,6	-24,0	kN/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-40,3	-21,0	-36,5	-13,8	-61,3	-50,2	kN/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	64,2	-	42,1	64,2	42,1	kN/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	51,3	-	33,7	51,3	33,7	kN/m
e. Υδροδυναμική E_X	30,7	11,2	-27,7	7,4	41,9	-20,4	kN/m
f. Υδροδυναμική E_Y	-	-	-	-	0,0	0,0	kN/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-	18,5	-	12,1	18,5	12,1	kN/m
Συνδυασμός I					96,24	63,12	kN/m
Συνδυασμός II					98,75	16,91	kN/m
Συνδυασμός III					69,44	31,18	kN/m
Συνδυασμός IV					82,37	39,67	kN/m
Συνδυασμός V					37,48	-33,32	kN/m
Συνδυασμός VI					-57,37	0,18	kN/m
Συνδυασμός VII					8,16	-19,05	kN/m
Συνδυασμός VIII					-28,06	-14,09	kN/m
Συνδυασμός IX					21,09	-10,57	kN/m
Συνδυασμός X					-40,99	-22,57	kN/m
Συνδυασμός XI					-54,93	-36,03	kN/m
min Vsd					-57,37	-36,03	kN/m
max Vsd					98,75	63,12	kN/m

→ $V_{Rd,c}$= 139,02 kN/m >= max Vsd= 98,8 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

→ $V_{Rd,c}$= 139,02 kN/m >= min Vsd= 57,4 kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

Ο έλεγχος γίνεται με ανοχή 20%, επειδή πρόκειται για μέγιστη τιμή, η οποία έχει τοπικό χαρακτήρα και δεν επεκτείνεται σε μεγάλη περιοχή.

Έλεγχος Ελάχιστου Οπλισμού Διανομής:

Στον οπλισμό διανομής τίθονται τα παρακάτω ελάχιστα όρια για την αποφυγή ρηγμάτωσης του νεαρού σκυροδέματος τις πρώτες 3 ημέρες, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας σκυροδέματος - περιβάλλοντος.

$\rho_{crit} = f_{ct}^{3days}/f_{yk} =$ **0,26%**

T1 + T2 = 45 °C

$w = s_{max} \cdot 0{,}5 \cdot a_t \cdot (T1+T2)$ → $s_{max} = w / [0{,}5 \cdot a_t \cdot (T1+T2)] =$ 889 mm

A_{s1}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,53%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s1.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 9,19 cm^2/m

$A_{s1.\tau o\pi.} =$ 10,26 cm^2/m ok

A_{s2}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,53%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s2.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 9,19 cm^2/m

$A_{s2.\tau o\pi.} =$ 10,26 cm^2/m ok

A_{s3}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,53%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s3.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 9,19 cm^2/m

$A_{s3.\tau o\pi.} =$ 10,26 cm^2/m ok

A_{s4}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,53%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s4.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 9,19 cm^2/m

$A_{s4.\tau o\pi.} =$ 10,26 cm^2/m ok

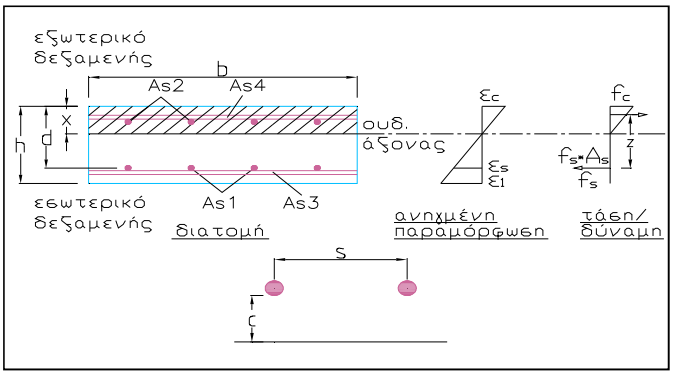
12.2.Προδιαστασιολόγηση - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ Χ:

πάχος τοιχίου tx: 0,35 m η επιλογή του έχει γίνει στην αρχή των υπολογισμών

Κατακόρυφος Οπλισμός Διατομής:

As1: Φ18 / 150
εφελκυσμός 18 150
As.τοπ.: 16,96 cm^2/m

As2: Φ16 / 150
θλίψη 16 150
As.τοπ.: 13,40 cm^2/m



Οριζόντιος Οπλισμός Διατομής:

As3: Φ14 / 150
14 150
As.τοπ.: 10,26 cm^2/m

As4: Φ14 / 150
14 150
As.τοπ.: 10,26 cm^2/m

Έλεγχος σε κάμψη σε κατάσταση Λειτουργικότητας:

στατικό ύψος:	$d_{1,2}$= h - c - Φ/2 =	287	mm		
	$d_{3,4}$= h - c - Φ/2 =	303	mm		
ποσοστό οπλισμού:	ρ_1= As / (bd) =	0,00591		ρ_3= As / (bd) =	0,00339
	ρ_2= As / (bd) =	0,00467		ρ_4= As / (bd) =	0,00339
μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος	Ecm =	31.000	MPa		
μέτρο ελαστικότητας χάλυβα	Es =	200.000	MPa		
λόγος μέτρων ελαστικότητας	a_e= Es/Ecm =	6,5			

ουδέτερος άξονας:

x_1/d= $(a_e\rho_1)\,[(1+2/a_e\rho_1)^{0,5} - 1]$ =	0,241	οπότε	x_1 =	69,1	mm
x_2/d= $(a_e\rho_2)\,[(1+2/a_e\rho_2)^{0,5} - 1]$ =	0,217	οπότε	x_2 =	62,3	mm
x_3/d= $(a_e\rho_3)\,[(1+2/a_e\rho_3)^{0,5} - 1]$ =	0,188	οπότε	x_3 =	57,1	mm
x_4/d= $(a_e\rho_4)\,[(1+2/a_e\rho_4)^{0,5} - 1]$ =	0,188	οπότε	x_4 =	57,1	mm

μοχλοβραχίονας:	$z_1 = d_1 - x_1/3$ =	264,0	mm	z/d =	0,92	πρέπει
	$z_2 = d_2 - x_2/3$ =	266,2	mm	z/d =	0,93	z/d < 0,95
	$z_3 = d_3 - x_3/3$ =	284,0	mm	z/d =	0,94	
	$z_4 = d_4 - x_4/3$ =	284,0	mm	z/d =	0,94	

εφελκυστική τάση χάλυβα:	$\sigma s_1 = M^I sd/(z_1 \cdot A_{s1})$ =	100,4	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma s_2 = M^{II} sd/(z_2 \cdot A_{s2})$ =	89,9	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma s_3 = M^I sd/(z_3 \cdot A_{s3})$ =	94,9	MPa	ok , σs<0,8·fyk
	$\sigma s_4 = M^{II} sd/(z_4 \cdot A_{s4})$ =	67,7	MPa	ok , σs<0,8·fyk

θλιπτική τάση σκυροδέματος:	$\sigma_{cb1} = 2 \cdot M^I sd/(z_1 \cdot b \cdot x_1)$ =	4,93	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb2} = 2 \cdot M^{II} sd/(z_2 \cdot b \cdot x_2)$ =	3,87	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb3} = 2 \cdot M^I sd/(z_3 \cdot b \cdot x_3)$ =	3,41	MPa	ok , σcb<0,45·fck
	$\sigma_{cb4} = 2 \cdot M^{II} sd/(z_4 \cdot b \cdot x_4)$ =	2,44	MPa	ok , σcb<0,45·fck

υπολογισμός εύρους ρωγμής

(I) $w_{k1} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,09**	**mm**	ok
(II) $w_{k2} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,09**	**mm**	ok
(I) $w_{k3} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,10**	**mm**	ok
(II) $w_{k4} = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$=	**0,07**	**mm**	ok

Αρνητικό w σημαίνει μηδενικό εύρος ρωγμής.

(I) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_1$= max { $[\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	3,013E-04	< 0,6σs/Es
(II) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_2$= max { $[\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	2,698E-04	< 0,6σs/Es
(I) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_3$= max { $[\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	2,848E-04	< 0,6σs/Es
(II) $(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})_4$= max { $[\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) \cdot (1+a_e \cdot \rho_{p,eff})]/E_s$; $0,6\sigma_s/E_s$ }	2,032E-04	< 0,6σs/Es

(I) $\rho_{p,eff1} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01812	(I) $\rho_{p,eff3} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01051
(II) $\rho_{p,eff2} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01398	(II) $\rho_{p,eff4} = (A_s+\xi_1^2 \cdot A'_p) / A_{c,eff}$ =	0,01051
για αποστάσεις οπλισμών <= 5(c+φ/2)=	235	για αποστάσεις οπλισμών > 5(c+φ/2)=	235
(I) $s_{r,max1} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	304,9 mm	(I) $s_{r,max1} = 1,3 \cdot (t_y-x_1)$=	365,2 mm
(II) $s_{r,max2} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	330,6 mm	(II) $s_{r,max2} = 1,3 \cdot (t_y-x_2)$=	374,0 mm
(I) $s_{r,max3} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	362,4 mm	(I) $s_{r,max3} = 1,3 \cdot (t_y-x_3)$=	380,8 mm
(II) $s_{r,max4} = 3,4c+0,425k_1k_2\varphi/\rho_{p,eff}$ =	362,4 mm	(II) $s_{r,max4} = 1,3 \cdot (t_y-x_4)$=	380,8 mm

Επιλογή max εύρους ρωγμής για σχεδιασμό:	Wmax = 0,20mm	**0,20**	**mm**

Έλεγχος σε Κάμψη σε κατάσταση Αστοχίας:

minMsd,a=	-184,7	kNm/m	Nsd=	-60,3	kN/m
maxMsd,a=	171,0	kNm/m	Nsd=	-60,3	kN/m
minMsd,b=	-58,3	kNm/m	Nsd=	0,0	kN/m
maxMsd,b=	44,8	kNm/m	Nsd=	0,0	kN/m

ελάχιστες απαιτήσεις:

~ποσοστό οπλισμού: $A_{s,min}$= max { $0,26\cdot(f_{ctm}/f_{yk})\cdot b\cdot d$ = 4,10 ; $0,0013\cdot b\cdot d$ = 3,94 } → 4,10 cm^2/m ok

~αποστάσεις ράβδων: s_{max}= min { 250 = 250 ; $2\cdot h$ = 700 } → 250 mm σε περιοχές μέγιστης ένταση

$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	-0,013	$\mu_{sd}= minM_{sd,a} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,135	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,13
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	-0,013	$\mu_{sd}= maxM_{sd,a} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,125	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,12
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	0,000	$\mu_{sd}= minM_{sd,b} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,038	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,04
$v_d= N_{sd} / (b\ d\ f_{cd})$ =	0,000	$\mu_{sd}= maxM_{sd,b} / (b\ d^2\ f_{cd})$ =	0,029	$\omega_1=1-(1-2\mu_{sd})^{1/2}+v_d$ =	0,03

$A_{s1,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	14,57	cm^2/m	$A_{s1.τοπ.}$=	16,96	cm^2/m	ok
$A_{s2,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	13,30	cm^2/m	$A_{s2.τοπ.}$=	13,40	cm^2/m	ok
$A_{s3,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	4,51	cm^2/m	$A_{s3.τοπ.}$=	10,26	cm^2/m	ok
$A_{s4,απ.}= \omega_1\ b\ d\ (f_{cd}/f_{sd})$ =	3,45	cm^2/m	$A_{s4.τοπ.}$=	10,26	cm^2/m	ok

Έλεγχος σε διάτμηση σε κατάσταση Αστοχίας - Έλεγχος στον πυθμένα:

▪Μέση Τιμή Τέμνουσας

ΤΕΜΝΟΥΣΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΤΟΙΧΙΟ ΚΑΤΑ_Χ

Φορτία	Κομοιομ.	Κτριγ.	Vsd		
a. Στατικές Ωθήσεις	-	1141,5	-38,36	kN/m	
b. Σεισμικές Ωθήσεις	1620,0	653,7	-76,40	kN/m	
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	2000,0	67,20	kN/m	
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	1600,0	53,76	kN/m	
e. Υδροδυναμική E_{XZ}	-	-	0,00	kN/m	
f. Υδροδυναμική E_{YZ}	1354,3	118,7	49,49	kN/m	
g. Υδροδυναμική E_Z	-	576,0	19,35	kN/m	
Συνδυασμός I			100,80	kN/m	
Συνδυασμός II			74,41	kN/m	
Συνδυασμός III			109,06	kN/m	
Συνδυασμός IV			87,96	kN/m	
Συνδυασμός V			-1,98	kN/m	
Συνδυασμός VI			-43,29	kN/m	
Συνδυασμός VII			32,66	kN/m	
Συνδυασμός VIII			-77,94	kN/m	
Συνδυασμός IX			11,57	kN/m	
Συνδυασμός X			-56,84	kN/m	
Συνδυασμός XI			-57,53	kN/m	
min Vsd			-77,94	kN/m	εφελκύεται ο οπλισμός As2
max Vsd			109,06	kN/m	εφελκύεται ο οπλισμός As1

$C_{Rd,c}= 0,18/\gamma_c =$	0,12		$k= 1+(200/d)^{1/2} =$	1,83	<=2	
$\rho_l= As1/b\cdot d =$	0,00591	<=0,02	$\sigma_{cp}= N_{Ed}/A_c =$	0,172	MPa	$<=0,2\cdot f_{cd}$
$k_1=$	0,15		$\nu_{min}= 0,035\cdot k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2} =$	0,435		
$V_{Rd,c}= [C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$			162,48	kN/m		
$minV_{Rd,c}= [\nu_{min}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$			132,24	kN/m		
$\rightarrow V_{Rd,c}=$	162,48	kN/m	>=	max Vsd=	109,1	kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

$C_{Rd,c}= 0,18/\gamma_c =$	0,12		$k= 1+(200/d)^{1/2} =$	1,83	<=2	
$\rho_l= As2/b\cdot d =$	0,00467	<=0,02	$\sigma_{cp}= N_{Ed}/A_c =$	0,172	MPa	$<=0,2\cdot f_{cd}$
$k_1=$	0,15		$\nu_{min}= 0,035\cdot k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2} =$	0,435		
$V_{Rd,c}= [C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$			150,77	kN/m		
$minV_{Rd,c}= [\nu_{min}+k_1\cdot\sigma_{cp}]\cdot b_w\cdot d =$			132,24	kN/m		
$\rightarrow V_{Rd,c}=$	150,77	kN/m	>=	min Vsd=	77,9	kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

▪Μέγιστη Τιμή Τέμνουσας

Shear = Cs x q x h

	bottom edge midpoint		side edge maximum		bottom edge	side edge	
	Cs ομοιομ.	Cs τριγ.	Cs ομοιομ.	Cs τριγ.			
	0,622	0,401	0,563	0,263			
Φορτία	Νομοιομ.	Ντριγ.	Νομοιομ.	Ντριγ.	maxVsd	maxVsd	
a. Στατικές Ωθήσεις	-	-36,6	-	-24,0	-36,6	-24,0	kN/m
b. Σεισμικές Ωθήσεις	-40,3	-21,0	-36,5	-13,8	-61,3	-50,2	kN/m
c. Υδροστατική Ο.Κ.Α.	-	64,2	-	42,1	64,2	42,1	kN/m
d. Υδροστατική Ο.Κ.Λ.	-	51,3	-	33,7	51,3	33,7	kN/m
e. Υδροδυναμική E_X	-	-	-	-	0,0	0,0	kN/m
f. Υδροδυναμική E_Y	33,7	3,8	30,5	2,5	37,5	33,0	kN/m
g. Υδροδυναμική E_Z	-	18,5	-	12,1	18,5	12,1	kN/m
Συνδυασμός I					96,24	63,12	kN/m
Συνδυασμός II					68,12	47,20	kN/m
Συνδυασμός III					94,38	70,30	kN/m
Συνδυασμός IV					81,06	55,68	kN/m
Συνδυασμός V					6,85	-3,04	kN/m
Συνδυασμός VI					-26,74	-30,11	kN/m
Συνδυασμός VII					33,10	20,06	kN/m
Συνδυασμός VIII					-53,00	-53,20	kN/m
Συνδυασμός IX					19,78	5,45	kN/m
Συνδυασμός X					-39,68	-38,59	kN/m
Συνδυασμός XI					-54,93	-36,03	kN/m
min Vsd					-54,93	-53,20	kN/m
max Vsd					96,24	70,30	kN/m

$\rightarrow V_{Rd,c}=$	162,48	kN/m	>=	max Vsd=	96,2	kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

$\rightarrow V_{Rd,c}=$	150,77	kN/m	>=	min Vsd=	54,9	kN/m

ΔΕΝ απαιτείται οπλισμός διάτμησης

Ο έλεγχος γίνεται με ανοχή 20%, επειδή πρόκειται για μέγιστη τιμή, η οποία έχει τοπικό χαρακτήρα και δεν επεκτείνεται σε μεγάλη περιοχή.

Έλεγχος Ελάχιστου Οπλισμού Διανομής:

Στον οπλισμό διανομής τίθονται τα παρακάτω ελάχιστα όρια για την αποφυγή ρηγμάτωσης του νεαρού σκυροδέματος τις πρώτες 3 ημέρες, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας σκυροδέματος - περιβάλλοντος.

$\rho_{crit} = f_{ct}^{3days}/f_{yk} =$ **0,26%**

T1 + T2 = 45 °C

$w = s_{max} \cdot 0,5 \cdot a_t \cdot (T1+T2)$ → $s_{max} = w / [0,5 \cdot a_t \cdot (T1+T2)] =$ 889 mm

A_{s1}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,68%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s1.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 11,81 cm^2/m

$A_{s1.\tau o\pi.} =$ 16,96 cm^2/m ok

A_{s2}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,60%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s2.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 10,50 cm^2/m

$A_{s2.\tau o\pi.} =$ 13,40 cm^2/m ok

A_{s3}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,53%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s3.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 9,19 cm^2/m

$A_{s3.\tau o\pi.} =$ 10,26 cm^2/m ok

A_{s4}: $s_{max} = (f_{ct}/f_b) \cdot (\Phi/2\rho)$ → $\rho = (\Phi/2s_{max}) \cdot (fct/fb) =$ **0,53%** *ρmin= 0,35%*

$A_{s4.\alpha\pi\alpha\iota\tau.} =$ 9,19 cm^2/m

$A_{s4.\tau o\pi.} =$ 10,26 cm^2/m ok

ΑΝ ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΜΕ ΤΟΙΧΙΟ ΩΣ ΤΕΤΡΑΕΡΕΙΣΤΗ ΠΛΑΚΑ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟ.
Η ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΘΑ ΕΛΕΓΧΘΕΙ ΤΕΛΙΚΩΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.