

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ  
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΜΕΣΣΗΝΗΣ

ΑΡ. ΕΡΓΟΥ:

ΑΡ. ΜΕΛΕΤΗΣ:

ΜΕΛΕΤΗ: «ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ 7η  
ΕΠΑΡΧΙΑΚΗ ΟΔΟ: ΜΕΣΣΗΝΗ-ΕΥΑ-ΛΑΜΠΑΙΝΑ»

ΕΡΓΟ: «ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ 7η ΕΠΑΡΧΙΑΚΗ ΟΔΟ:  
ΜΕΣΣΗΝΗ-ΕΥΑ-ΛΑΜΠΑΙΝΑ»

ΤΙΤΛΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ:

ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:

- Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,  
Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,  
Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ  
Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ  
ΜΕΛΕΤΗΣ

ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΙΟΥΛΙΟΣ 2022

ΚΛΙΜΑΚΑ: ΑΝΕΥ

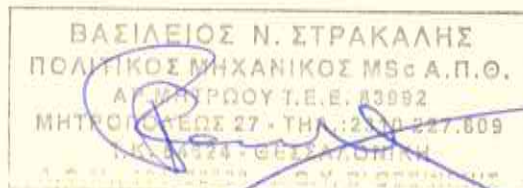
ΥΔΡ.17

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:

ΣΤΡΑΚΑΛΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Α.Π.Θ. Msc  
ΕΔΡΑ: ΒΑΣΙΛΕΩΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ 26, 54624 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ  
ΤΗΛ: 2310 227609

Ο ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:



ΣΤΡΑΚΑΛΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ  
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Α.Π.Θ Msc

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ 99...-9- 2022

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ 22.08 2022

Ο ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ  
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΔΗΜΟΥ ΜΕΣΣΗΝΗΣ

ΚΟΥΒΕΛΑΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ  
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΚΑΡΑΣΤΑΘΗ ΓΕΩΡΓΙΑ  
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

**Α. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ  
ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ  
ΑΓΩΓΟΥ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200mm**

**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

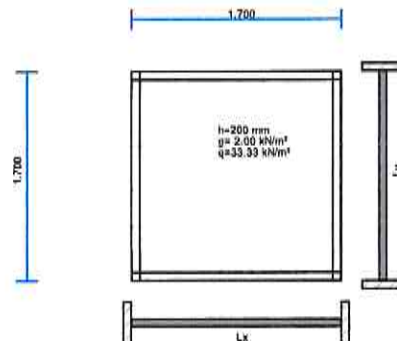
**Α1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΛΑΚΑΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΧΟΥΣ 20cm ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ  
ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m, ΚΑΤΑ  
ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200mm**

**Project Beton****1. 1.5X1.5 ΔΕΥΑΜ ΕΠ**

Πλάκα συμπαγής, τετραέρεστη

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-ELOT:2010)

C25/30 - B500C

**Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυρόδεμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)  
 Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)  
 Επικάλυψη οπλισμού :  $C_{nom}=50$  mm (EC2 §4.4.1)  
 Βάρος σκυροδέματος : 25.0 kN/m<sup>3</sup>  
 $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (EC2 Πίνακας 2.1N)  
 $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times 25 / 1.50 = 14.17$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05 / \gamma_c = 0.85 \times 1.8 / 1.50 = 1.02$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)  
 Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0$  GPa

**2. Διαστάσεις, φορτία**

Πάχος πλάκας  $h=0.200$  m, Ανοίγματα  $L_x=1.700$  m,  $L_y=1.700$  m  
 Τίδιο βάρος πλάκας:  $g_o=25.00 \times 0.200=5.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 Φορτία πλάκας: μόνιμο  $g=(5.00+2.00)=7.00$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q=33.33$  kN/m<sup>2</sup>  
 Συντελεστές ασφαλείας δράσεων :  $\gamma_G=1.35$ ,  $\gamma_Q=1.50$  (EC0 Παράρτημα A1)  
 Συνδυασμός μεταβλητών δράσεων :  $\psi_0=0.70$ ,  $\psi_1=0.70$ ,  $\psi_2=0.60$   
 Ωφέλιμο ύψος διατομής  $d=h-d_1$ ,  $d_1=C_{nom}+\varnothing/2=50+12/2=56$ mm,  $d=200-56=144$ mm

Μέθοδος ανάλυσης: Czerny F., "Tafeln für vierseitig und dreiseitig gelagerte Rechteckplatten", Beton Kalender 1983, Berlin, Ernst Sohn, 1983

$L_y/L_x=1.700/1.700=1.00$ , Πίνακας 2.2.6

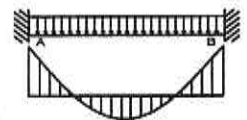
**3. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Φορτίο (STR)  $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35g + 1.50q = 1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33 = 59.45$  kN/m

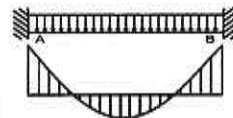
**3.1. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας κ-κ,  $L_x=1.700$  m**

Ροπή στήριξης  $M_{ed, supA} = (1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 1.700^2 / 19.40 = -8.86$  kNm/m  
 Ροπή στήριξης  $M_{ed, supB} = (1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 1.700^2 / 19.40 = -8.86$  kNm/m  
 Ροπή ανοίγματος  $M_{ed, span} = (1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 1.700^2 / 56.80 = 3.02$  kNm/m  
 Αντιδράσεις μόνιμα,  $V_{gA} = 7.00 \times 1.700 / 2.24 = 5.31$   $V_{gB} = 7.00 \times 1.700 / 2.24 = 5.31$  kN/m  
 Αντιδράσεις κινητά,  $V_{qA} = 33.33 \times 1.700 / 2.24 = 25.30$   $V_{qB} = 33.33 \times 1.700 / 2.24 = 25.30$  kN/m



**3.2. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας γ-γ, Ly=1.700 m**

Ροπή στήριξης	Med <sub>sup</sub> A=(1.35x7.00+1.50x33.33) x1.700 <sup>2</sup> /19.40=-8.86 kNm/m	
Ροπή στήριξης	Med <sub>sup</sub> B=(1.35x7.00+1.50x33.33) x1.700 <sup>2</sup> /19.40=-8.86 kNm/m	
Ροπή ανοίγματος	Med <sub>span</sub> =(1.35x7.00+1.50x33.33) x1.700 <sup>2</sup> /56.80= 3.02 kNm/m	
Αντιδράσεις μόνιμα, V <sub>g</sub> A= 7.00x1.700/2.24= 5.31 V <sub>g</sub> B= 7.00x1.700/2.24= 5.31 kN/m		
Αντιδράσεις κινητά, V <sub>q</sub> A=33.33x1.700/2.24=25.30 V <sub>q</sub> B=33.33x1.700/2.24=25.30 kN/m		

**4. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Med= 3.02kNm/m, d=144mm, Kd= 8.28 x/d=0.03 $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-0.7/20.0$ $k_s=2.33$ , <b>As= 0.49cm<sup>2</sup>/m</b>
Med= 3.02kNm/m, d=132mm, Kd= 7.59 x/d=0.04 $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-0.8/20.0$ $k_s=2.33$ , <b>As= 0.53cm<sup>2</sup>/m</b>
Med= -8.86kNm/m, d=144mm, Kd= 4.84 x/d=0.06 $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.3/20.0$ $k_s=2.35$ , <b>As= 1.44cm<sup>2</sup>/m</b>
Med= -8.86kNm/m, d=144mm, Kd= 4.84 x/d=0.06 $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.3/20.0$ $k_s=2.35$ , <b>As= 1.44cm<sup>2</sup>/m</b>

Ελάχιστος οπλισμός πλάκας,  $A_s \geq 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk} = 1.95 \text{ cm}^2/\text{m}$ ,  $s \leq 400 \text{ mm}$ ,  $s' \leq 450 \text{ mm}$  (EC2 §9.3.1)  
 ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m), δευτερευόντων  $\varnothing 12/30.0$  ( 3.77cm<sup>2</sup>/m)

Οπλισμοί ανοιγμάτων: <b>x-x</b>	$\varnothing 12/15.0$ ( 7.53cm <sup>2</sup> /m) (κάτω στρώση)
	<b>y-y</b> $\varnothing 12/15.0$ ( 7.53cm <sup>2</sup> /m)
Οπλισμοί στηρίξεων: <b>Αριστερά</b>	$\varnothing 12/25.0$ ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	<b>Δεξιά</b> $\varnothing 12/25.0$ ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	<b>Κάτω</b> $\varnothing 12/25.0$ ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	<b>Πάνω</b> $\varnothing 12/25.0$ ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)

**5. Διαστασιολόγηση για τέρνουσα (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Μέγιστες τέρνουσες σε απόσταση d από παρειά στήριξης maxV=40.83 kN/m

Αντοχή τέρνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης V<sub>rdc</sub>

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Εξ.6.2.a)

$$V_{rdc} \geq (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Εξ.6.2.b)

$$C_{rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.50 = 0.120, f_{ck} = 25 \text{ MPa}, b_w = 1000 \text{ mm}, d = 144 \text{ mm}$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2, k = 2.00, k_l = 0.15$$

$$\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 452/(1000 \times 144) = 0.0031$$

$$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49 \text{ N/mm}^2,$$

(EC2 Εξ.6.3N)

$$V_{rd, c(min)} = 0.001 \times (0.49) \times 1000 \times 144 = 70.56 \text{ kN/m}$$

$$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.31 \times 25)^{0.33}] \times 1000 \times 144 = 68.39, V_{rdc} = 70.56 \text{ kN/m}$$

$$V_{ed} = 40.83 \text{ kN/m} \leq V_{rdc} = 70.56 \text{ kN/m}, V_{ed} \leq V_{rdc} \text{ δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης}$$

**6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$L = 1.700 \text{ m}, b = 1.000 \text{ m}, h = 0.200 \text{ m}, d = 0.144 \text{ m}$$

$$\text{Φορτίο (ημι-μόνιμος συνδυασμός)} q_{ed} = g + \psi_2 \cdot q = 7.00 + 0.60 \times 33.33 = 27.00 \text{ kN/m}$$

$$l_x = l_y, l_{eff} = 1.700 \text{ m}, M_{ed} = (27.00/59.45) \times 3.02 = 1.37 \text{ kNm/m}, M_{ed}(SLS) = 1.37 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Τελικός συντελεστής ερπυσμού } \varphi(\infty, t_0) = 2.50$$

(EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

$$\text{Ολική συστολή ξήρανσης } \epsilon_{cs} = -0.30\%$$

$$\gamma_c = 1.00, \gamma_s = 1.00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος } E_{cm} = 31.0 \text{ GPa}, E_{ceff} = 31.0 / (1 + 2.50) = 8.86 \text{ GPa} = 8860 \text{ MPa}$$

(EC2 Εξ.7.20)

$$\text{Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα } E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Λόγος μέτρων Ελαστικ. } E_s/E_c = 200/31.0 = 6.45, \text{ ενεργό } E_s/E_{c,eff} = 200/8.86 = 22.57$$

$$\text{Εφελκυσμένος οπλισμός: } \varnothing 12/150 \text{ ( 7.53cm}^2/\text{m)}$$

$$\text{Λόγος οπλισμών } \rho = A_{s1}/(b \cdot d) = 753/(1000 \times 144) = 0.005$$

**6.1. Κατάσταση I (αρηγμάτωτη διατομή) (SLS)**

$$\text{Δυσκαμψία αρηγμάτωτης διατομής, } EI = (200/22.57) \times (0.001 \times 0.696) = 6165 \text{ kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1) \cdot (A_{s1} + A_{s2}), e = (n-1) \cdot (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i, I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) \cdot (n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 753 \times 0.041 = (0.001) \times 0.031 \text{ m}^3, y_2 = 97 \text{ mm}, y_{2s} = y_2 - d_2 = 97 - 56 = 41 \text{ mm}$$

(EC2 Εξ.7.21)

$$\text{καμπυλότητα λόγω ροής } 1/r_M = 1.37/6165 = (0.001) \times 0.223 \text{ (1/m)}$$

$$\text{καμπυλότητα λόγω ξήρανσης } 1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.031/0.696) = (0.001) \times 0.298 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Ολική καμπυλότητα } 1/r = (0.001) \times 0.223 + (0.001) \times 0.298 = (0.001) \times 0.521 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Ροπή ρηγμάτωσης, } M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2.6 \times (0.696/0.097) = 18.71 \text{ kNm}$$

**6.2. Κατάσταση ΙΙ (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.005, \quad n = \alpha_e = 22.57, \quad n \cdot \rho = 0.113, \quad \xi = 0.546, \quad \alpha = 0.375, \quad x = \alpha \cdot d = 0.054 \text{ m}$$

$$\text{Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, } EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0.546 \times 200 \times 753 \times 0.144^2 = 1706 \text{ kNm}^2$$

$$y_2 = (1 - \alpha) d = 90 \text{ mm}, \quad \epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 90 \times 1.37 / 1706 = 0.05$$

$$S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 753 \times 0.090 = (0.001) \times 0.068 \text{ m}^3$$

(EC2 Εξ.7.21)

$$\text{καμπυλότητα λόγω ροπής } 1/r_M = 1.37 / 1706 = (0.001) \times 0.805 \text{ (1/m)}$$

$$\text{καμπυλότητα λόγω ξήρασης } 1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.068 / 0.193) = (0.001) \times 0.659 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Ολική καμπυλότητα } 1/r = (0.001) \times 0.805 + (0.001) \times 0.659 = (0.001) \times 1.464 \text{ (1/m)}$$

$$M_{ed} = 1.37 \text{ kNm}, \quad \epsilon_c / \epsilon_s = 0.05 / 0.05, \quad x = 54 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 10 \text{ N/mm}^2$$

**6.3. Έλεγχος παραμορφώσεων χωρίς άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EC2 §7.4.2)

$$1/d = K [11 + 1.5 \sqrt{f_{ck} (\rho_o / \rho)} + 3.2 \sqrt{f_{ck} (\rho_o / \rho - 1)^{3/2}}] = 27.75$$

(EC2 Εξ.7.16a)

$$f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_o = 0.001 \times \sqrt{25.00} = 0.005, \quad \rho = 0.005, \quad \rho' = 0.000, \quad \rho < \rho_o, \quad K = 1.5$$

$$1/d = (310 / \sigma_s) \times (1/d), \quad \sigma_s = 10 \text{ N/mm}^2, \quad 1/d = (310 / 10) \times 27.75 = 860.25$$

(EC2 Εξ.7.17)

$$l_{eff} / d = 1.700 / 0.144 = 11.81 \leq 860.25, \quad \text{Άνοιγμα/ύψος κάτω ορίου}$$

**6.4. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$$M_{ed} = 1.37 < 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 18.71 = 13.10 \text{ kNm}, \quad \zeta = 0.00$$

(Εξ.7.19)

$$\text{Τελική καμπυλότητα } (1/r) = 0.00 \times (0.001 \times 1.464) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 0.521) = (0.001) \times 0.521 \text{ (1/m)}$$

(Εξ.7.18)

$$\beta = (M_a + M_b) / M_c = (8.86 + 8.86) / 3.02 = 5.86, \quad k = 0.104 (1 - 5.86 / 10) = 0.0431$$

$$f = k \cdot l_{eff}^2 \cdot (1/r) = 0.0431 \times 1.700^2 \times 0.521 = 0.06 \text{ mm}$$

$$f = 0.06 \text{ mm} \leq 1000 \times 1.700 / 250 = 6.80 \text{ mm}, \quad \text{Παραμόρφωση κάτω ορίου}$$

**6.5. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

$$\text{Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού } A_{s, \min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct, \text{eff}} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

(EC2 Εξ.7.1)

$$b = 1.000 \text{ m}, \quad b_{eff} = 1.000 \text{ m}, \quad h = 0.200 \text{ m}, \quad d = 0.144 \text{ m}, \quad x = 0.054 \text{ m}, \quad \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = 0.00 \text{ kN}, \quad \sigma_c = (N_{ed} / bh) = 0.00 \text{ N/mm}^2, \quad \sigma_s = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ct} = (h - x) \cdot b = (200 - 54) \times 1000 = 145935 \text{ mm}^2$$

$$\max(h, b_1) = 0 \text{ mm}, \quad f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2, \quad A_{ct} = 145935 \text{ mm}^2, \quad k = 1.00, \quad k_c = 0.40, \quad k_1 = 1.50$$

$$\text{Ελάχιστος οπλισμός, } A_{s, \min} = 0.40 \times 1.00 \times 2.60 \times 145935 / 435 = 349 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

**6.6. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r, \max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

(EC2 Εξ.7.8)

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct, \text{eff}} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Εξ.7.9)

$$\sigma_s = 10 \text{ N/mm}^2, \quad \text{μικρή διάρκ. φόρτιση: } E_s / E_c = 6.45, \quad k_t = 0.6, \quad \text{μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s / E_c = 22.57, \quad k_t = 0.4$$

$$A_{ceff} = 0.333 (h - x) b = 0.333 \times (200 - 54) \times 1000 = 48597 \text{ mm}^2$$

(§7.3.2.3)

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff}, \quad \rho_{eff} = 753 / 48597 = 0.015$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [10 - 0.4 \times (2.6 / 0.015) (1 + 22.57 \times 0.015)] / 200 = -0.40\% \geq 0.6 \times 10 / 200 = 0.03\%$$

$$s_{r, \max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset / \rho_{eff}$$

(EC2 Εξ.7.11)

$$\emptyset = 12 \text{ mm}, \quad k_1 = 0.8, \quad k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, \quad k_3 = 3.4, \quad k_4 = 0.425$$

$$s_{r, \max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12 / 0.015 = 301.66 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r, \max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 301.66 \times 0.001 \times 0.03 = 0.01 \text{ mm}$$

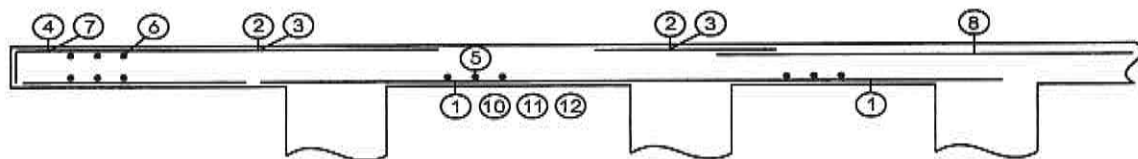
$$w_k = 0.01 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{\max}, \quad \text{Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

## 7. Κατάλογος οπλισμού

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	∅	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	2280	11	12	0.888	2.280	22.27
2	①	2280	11	12	0.888	2.280	22.27
3	②	1670	7	12	0.888	1.670	10.38
4	⑥	1700	4	10	0.617	1.700	4.20
5	②	1670	7	12	0.888	1.670	10.38
6	⑥	1700	4	10	0.617	1.700	4.20
7	②	1670	7	12	0.888	1.670	10.38
8	⑥	1700	4	10	0.617	1.700	4.20
9	②	1670	7	12	0.888	1.670	10.38
10	⑥	1700	4	10	0.617	1.700	4.20

Ολικό βάρος [kg]

102.86



**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

**Α2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΑΧΟΥΣ 20cm ΚΑΙ ΠΛΑΚΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΠΑΧΟΥΣ 25cm**  
**ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ**  
**1,50x1,50x1,80m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ,**  
**ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200mm**

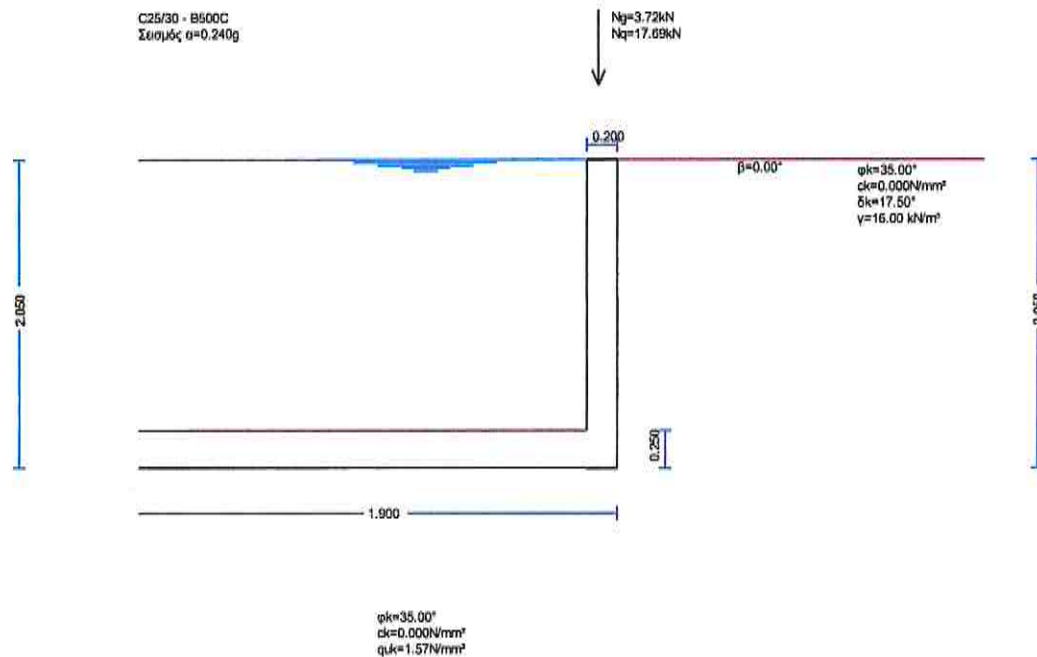


## Project Beton

### 1. 1.5x1.5 ΔΕΥΑΜ ΦΡ

Τοίχος αντιστήριξης ωπλισμένου σκυροδέματος, Δεξαμενή νερού-πισίνα

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, EC7 EN1997-1-1:2004, EC8 EN1998-5:2004, +NA-ΕΛΟΤ:2010)



### 2. Στοιχεία τοίχου-Παράμετροι-Κανονισμοί

#### Διαστάσεις

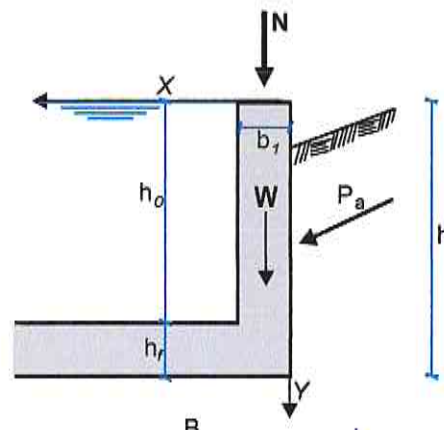
Ολικό ύψος τοίχου	$h = 2.050 \text{ m}$
Πλάτος πισίνας	$B = 1.900 \text{ m}$
Μήκος πισίνας	$L = 1.900 \text{ m}$
Υψος κορυφής τοίχου	$h_o = 1.800 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην κορυφή	$b_1 = 0.200 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην βάση	$b_2 = 0.200 \text{ m}$
Πάχος πυθμένα	$hf = 0.250 \text{ m}$
Γωνία εμπρός παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$
Γωνία πίσω παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$

#### Φορτία στην κορυφή

Κατακόρυφο μόνιμο φορτίο	$N_q = 3.72 \text{ kN/m}$
Κατακόρυφο κινητό φορτίο	$N_q = 17.69 \text{ kN/m}$

#### Βάρος τοίχου

Ειδικό βάρος υλικού τοίχου	$\gamma_g = 25.000 \text{ kN/m}^3$
Εμβαδόν διατομής τοίχου	$A = 0.410 \text{ m}^2$
Ιδίο βάρος τοίχου ανά μέτρο	$W = 0.410 \times 25.000 = 10.25 \text{ kN/m}$
Κέντρο βάρους τοίχου	$x = 0.100 \text{ m}, y = 1.025 \text{ m} (x_o = 0.100 \text{ m}, y_o = 1.025 \text{ m})$
Πλάκα πυθμένα πισίνας	$q_f = 0.250 \times 25.000 = 6.25 \text{ kN/m}$



**Υλικά κατασκευής**

Τοίχος πιάνας	: Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C	(EN1992-1-1, §3
	: Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm	(EN1992-1-1, §4.4.1
Πλάκα πυθμένα πιάνας	: Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C	
	: Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm	

**3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες**

(EC7 Πιν. A.1-A.4, EC8-5 §3.1

Οριακή κατάσταση Ισσοροπίας (EQU), Δομικού τύπου (STR), Γεωτεχνικού τύπου (GEO)

		( EQU )	( STR/GEO )	( Σεισμός )
		( A1+M1 )		
Δράση	Μόνιμη Δυσμενής	$\gamma_{Gdst}$ : 1.10	1.35	1.00
	Μόνιμη Ευνοϊκή	$\gamma_{Gstb}$ : 0.90	1.00	1.00
	Μεταβλητή Δυσμενής	$\gamma_{Qdst}$ : 1.50	1.50	1.00
	Μεταβλητή Ευνοϊκή	$\gamma_{Qstb}$ : 0.00	0.00	0.00
Εδαφικές ιδιότητες	Γωνία διατμητικής αντοχής	$\gamma_{\phi}$ : 1.25	1.00	1.00
	Συνοχή c	$\gamma_c$ : 1.25	1.00	1.00
	Διατμητική αντοχή cu	$\gamma_{cu}$ : 1.40	1.00	1.00
	Θλιπτική αντοχή qu	$\gamma_{qu}$ : 1.40	1.00	1.00
	Βάρος	$\gamma_w$ : 1.00	1.00	1.00

 $\gamma_{R,v(R2)}=1.40$ ,  $\gamma_{R,h(R2)}=1.10$ ,  $\gamma_{R,e(R2)}=1.40$ **4. Υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας εδάφους**

(EC7 EN1997-1-1:2004 Παράρτημα D)

Αποστράγγιστη διατμητική αντοχή	$c_{uk} = 400.0$ kPa
Ενεργός τριβή εδάφους	$\phi_k = 35.0$ °
Ενεργός συνοχή εδάφους	$c_k = 0.0$ kPa
Ειδικό βάρος	$\gamma_k = 18.0$ kN/m <sup>3</sup>

Μήκος πεδίου	$L_x=B=$ 1.90 m
Πλάτος πεδίου	$L_y=L=$ 1.90 m
Βάθος θεμελίωσης	$d=$ 2.00 m

Κατακόρυφο φορτίο	$N_{ed} = 126$ kN
Οριζόντιο φορτίο	$H_{ed} = 0$ kN
Ροπή	$M_{ed} = 0$ kNm

**4.1. Συνθήκες πλήρους στράγγισης**

(EC7 EN1997-1-1:2004 Παράρτημα D.4)

Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) (EQU)

Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_{\phi} = 1.25$   $\gamma_c = 1.25$   
 $B'/L' = 1.90/1.90 = 1.00$ ,  $A' = B' \times L' = 1.90 \times 1.90 = 3.61$  m<sup>2</sup>  
 $\phi_k = 35.0$ ,  $\tan(\phi_d) = \tan(\phi_k) / \gamma_{\phi} = 0.700 / 1.25 = 0.560$ ,  $\phi_d = 29.26$  °  
 $c_k = 0.0$ ,  $c_d = c_k / \gamma_c = 0.0 / 1.25 = 0.0$  kPa,  $A' \cdot c_d \cdot \cot(\phi_d) = 3.61 \times 0.0 \times 1.785 = 0$  kN

$N_q = e^{\pi \cdot \tan(\phi_d)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi_d/2) = e^{\pi \cdot \tan(29.26)} \cdot \tan^2(59.63) = e^{1.760} \times 1.707^2 = 16.9$   
 $N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi_d) = (16.9 - 1) \times \cot(29.26) = 15.9 \times 1.785 = 28.4$   
 $N_{\gamma} = 2(N_q - 1) \cdot \tan(\phi_d) = 2 \times (16.9 - 1) \times \tan(29.26) = 2 \times 15.9 \times 0.560 = 17.8$   
 $q' = \gamma_k \cdot d = 18.00 \times 2.00 = 36.0$  kPa

$s_q = 1 + (B'/L') \sin(\phi_d) = 1 + 1.00 \times \sin(29.26) = 1.49$   
 $s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) = (1.49 \times 16.9 - 1) / (16.9 - 1) = 24.181 / 15.9 = 1.52$   
 $s_{\gamma} = 1 - 0.3(B'/L') = 1 - 0.3 \times (1.00) = 0.70$   
 $H = 0$ ,  $i_c = 1$ ,  $i_q = 1$ ,  $i_{\gamma} = 1$

$R/A' = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} =$   
 $= 0.0 \times 28.4 \times 1.52 \times 1.00 + 36.0 \times 16.9 \times 1.49 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 1.90 \times 17.8 \times 0.70 \times 1.00 =$   
 $= 0.0 + 906.5 + 213.1 = 1119.6$  kPa

Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους  $q_{ud} = 1119.6$  kPa = 1.120 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα αντίσταση  $q_{uk} = 1119.6 \cdot \gamma_{qu} = 1119.6 \times 1.40 = 1567.4$  kPa = 1.567 N/mm<sup>2</sup>

Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) (STR/GEO A1+M1)

Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_{\phi} = 1.00$   $\gamma_c = 1.00$

$B'/L' = 1.90/1.90 = 1.00$ ,  $A' = B' \times L' = 1.90 \times 1.90 = 3.61 \text{ m}^2$

$\phi_k = 35.0$ ,  $\tan(\phi_d) = \tan(\phi_k) / \gamma_{\phi} = 0.700 / 1.00 = 0.700$ ,  $\phi_d = 35.00^\circ$

$c_k = 0.0$ ,  $c_d = c_k / \gamma_c = 0.0 / 1.00 = 0.0 \text{ kPa}$ ,  $A' \cdot c_d \cdot \cot(\phi_d) = 3.61 \times 0.0 \times 1.428 = 0 \text{ kN}$

$N_q = e^{-\pi \cdot \tan(\phi_d)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi_d/2) = e^{-\pi \cdot \tan(35.00)} \cdot \tan^2(62.50) = e^{-2.200} \times 1.921^2 = 33.3$

$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi_d) = (33.3 - 1) \times \cot(35.00) = 32.3 \times 1.428 = 46.1$

$N_{\gamma} = 2(N_q - 1) \cdot \tan(\phi_d) = 2 \times (33.3 - 1) \times \tan(35.00) = 2 \times 32.3 \times 0.700 = 45.2$

$q' = \gamma_k \cdot d = 18.00 \times 2.00 = 36.0 \text{ kPa}$

$s_q = 1 + (B'/L') \sin(\phi_d) = 1 + 1.00 \times \sin(35.00) = 1.57$

$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) = (1.57 \times 33.3 - 1) / (33.3 - 1) = 51.281 / 32.3 = 1.59$

$s_{\gamma} = 1 - 0.3(B'/L') = 1 - 0.3 \times (1.00) = 0.70$

$H = 0$ ,  $i_c = 1$ ,  $i_q = 1$ ,  $i_{\gamma} = 1$

$R/A' = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} =$

$= 0.0 \times 46.1 \times 1.59 \times 1.00 + 36.0 \times 33.3 \times 1.57 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 1.90 \times 45.2 \times 0.70 \times 1.00 =$

$= 0.0 + 1882.1 + 541.0 = 2423.2 \text{ kPa}$

Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους  $q_{ud} = 2423.2 \text{ kPa} = 2.423 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα αντίσταση  $q_{uk} = 2423.2 \cdot \gamma_{qu} = 2423.2 \times 1.40 = 3392.5 \text{ kPa} = 3.393 \text{ N/mm}^2$

Θλιπτική αντοχή εδάφους  $q_{uk} = \min(1.57, 3.39) = 1.57 \text{ N/mm}^2$

Συνθήκες πλήρους στράγγισης, Θλιπτική αντοχή εδάφους  $q_{uk} = 1.57 \text{ N/mm}^2$

### 5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσης

Θλιπτική αντοχή εδάφους στη βάση  $q_u = 1.57 \text{ N/mm}^2$

Γωνία τριβής εδάφους στη βάση  $\phi = 35.00^\circ$ , συντελεστής τριβής  $\tan(\phi) = 0.700$

Μοντέλο θεμελίωσης Winkler  $K_s = 100000 \text{ kNm}^2/\text{m}$

### 6. Σεισμικοί συντελεστές

(EC8 EN1998-5:2004, §7.3.2)

Ανηγμένη σεισμική επιτάχυνση εδάφους  $\alpha_g = \alpha_{kg}$ ,  $\alpha = 0.24$  (EC8-5 §7.3.2)

Κατακόρ./οριζ. σεισμική επιτάχυνση  $\alpha_{vg}/\alpha_g = 0.90$  (EC8 §3.2.2.3)

Συντ. θεμελίωσης  $S = 1.00$  (EC8 §3.2.2.2)

Συντ. αποδαιότητας κτιρίου  $\gamma_I = 1.00$  (EC8 §3.2.1, T.4.3)

Μειωτικός συντελεστής συμπεριφοράς  $r = 1.50$  (EC8-5 Πίνακας 7.1)

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής  $k_h = 1.00 \times 0.24 \times 1.00 / 1.500 = 0.160$  (EC8-5 Εξ.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής  $k_v = 0.50 \times 0.160 = 0.080$  (EC8-5 Εξ.7.2)

### Σεισμικές δυνάμεις (εκτός δυνάμεων λόγω ώθησης γαιών)

Οριζόντια δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους  $F_{wx} = 10.25 \times 0.160 = 1.64 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους  $F_{wy} = 10.25 \times 0.080 = 0.82 \text{ kN/m}$

Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_g$   $F_{gx} = 3.72 \times 0.160 = 0.60 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_g$   $F_{gy} = 3.72 \times 0.080 = 0.30 \text{ kN/m}$

Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_q$   $F_{qx} = 17.69 \times 0.160 = 2.83 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_q$   $F_{qy} = 17.69 \times 0.080 = 1.42 \text{ kN/m}$

### 7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)

#### 7.1. Τμήμα τοίχου από $Y=0.000 \text{ m}$ έως $Y=2.050 \text{ m}$ , $H_s=2.050 \text{ m}$

Ανω Σημείο A  $x = 0.000 \text{ m}$   $y = 0.000 \text{ m}$

Κάτω Σημείο B  $x = 0.000 \text{ m}$   $y = 2.050 \text{ m}$

#### Ιδιότητες εδάφους

Τύπος εδάφους : Αμμοχάλικο

Ειδικό βάρος ξηρού εδάφους  $\gamma = 16.00 \text{ kN/m}^3$

Ειδικό βάρος κορεσμένου εδάφους  $\gamma_s = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Ειδικό βάρος νερού  $\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3$

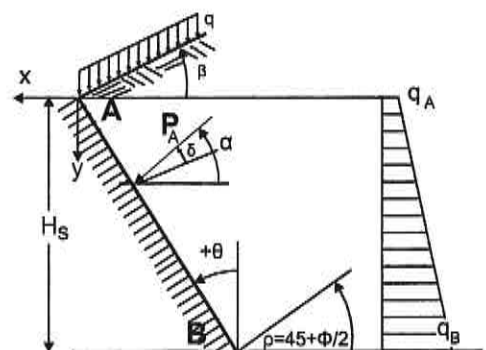
Γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους  $\phi = 35.00^\circ$

Συντελεστής συνεκτικότητας εδάφους  $c = 0.000 \text{ N/mm}^2$

Γωνία επιφάνειας εδάφους με οριζόντια  $\beta = 0.00^\circ$

Γωνία πίσω παρειάς τοίχου με κατακόρυφο  $\theta = 0.00^\circ$

Γωνία τριβής μεταξύ τοίχου και εδάφους  $\delta = 17.50^\circ$



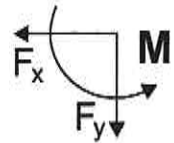
**Ωθηση σύμφωνα με θεωρία Coulomb**

	EQU	A1+M1
Γωνία επιπέδου ολίσθησης $\rho=45^\circ+\varphi/2=$	59.00	62.50°
Συντελεστής ενεργητικής ώθησης $K_a =$	0.326	0.246
Ωθηση γαιών καθ ύψος $q(y)=q_A+y \cdot \gamma \cdot K_a$		

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

**Μόνιμες δράσεις**

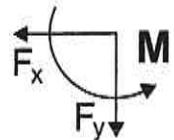
	EQU	A1+M1
Ωθηση (πίεση) στην κορυφή ( $y=y_A$ )	$q_A = 0.00$	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Ωθηση (πίεση) στην βάση ( $y=y_A+2.05m$ )	$q_B = 10.69$	8.07 kN/m <sup>2</sup>
Ωθηση (δύναμη) γαιών $P_a = \frac{1}{2}(q_A+q_B)H$	$P_a = 10.96$	8.27 kN/m
Γωνία ώθησης γαιών	$\alpha = 14.00$	17.50°
Ωθηση γαιών κατά x κατεύθυνση	$P_{ax} = 10.63$	7.89 kN/m
Ωθηση γαιών κατά y κατεύθυνση	$P_{ay} = 2.65$	2.49 kN/m
Ροπή ώθησης γαιών ως προς σημείο ( $x=0, y=0$ )	$M = -14.53$	-10.79 kNm/m
Σημείο εφαρμογής ώθησης γαιών $x = 0.000$ m, $y = 1.367$ m		

**Σύνολα δυνάμεων και ροπών**

Δυνάμεις και ροπές στο κάτω σημείο B ( $x=0.000$  m,  $y=2.050$  m)

**Μόνιμες δράσεις**

	EQU	A1+M1
Συνολική οριζόντια ώθηση γαιών	$F_{sx} = 10.63$	7.89 kN/m
Συνολική κατακόρυφη ώθηση γαιών	$F_{sy} = 2.65$	2.49 kN/m
Συνολική ροπή ώθησης γαιών	$M_s = 7.26$	5.39 kNm/m

**Σεισμικές δυνάμεις**

(EC8 EN1998-5:2004, §7.3.2, Παράρτημα E)

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής  $k_h=1.00 \times 0.24 \times 1.00 / 1.500 = 0.160$

(EC8-5 Εξ.7.1, Τ.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής  $k_v=0.50 \times 0.160 = 0.080$

(EC8-5 Εξ.7.2)

Εδαφος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα

(EC8-5 Παράρτημα E.5)

$\tan(\omega) = k_h / (1 - k_v) = 0.160 / (1 - 0.080) = 0.174$ ,  $\omega = 9.87^\circ$

Method Mononobe-Okabe (EC8-5 Παράρτημα E.4)

για ώθηση γαιών κατά τη διάρκεια σεισμού

Συντελεστής ενεργητικής ώθησης,  $K_e^*(STR) = 0.359$

Πρόσθετη πίεση εδάφους λόγω σεισμού

επί της STR κατάστασης φόρτισης  $\xi = (K_e^* / K_e - 1) = (0.359 / 0.246 - 1) = 0.459$

$$K_E = \frac{\cos^2(\varphi-\omega-\theta)}{\cos\omega \cos^2\theta \cos(\delta+\theta+\omega) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\omega-\beta)}{\cos(\theta+\omega+\delta)\cos(\theta-\beta)}} \right]^2}$$

Δύναμη εδάφους λόγω σεισμικού φορτίου (Μόνιμες δράσεις )  $F_x = 1.459 \times 7.89 = 11.51$  kN/m

**8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πισίνας σε ελαστικό έδαφος.**

Χρησιμοποιούνται 2-διαστάσεων ραβρωτά στοιχεία. Οι κόμβοι του πυθμένα στηρίζονται

σε ελατήρια με ιδιότητες που προκύπτουν από το μοντέλο θεμελίωσης Winkler.

Τα κατακόρυφα στοιχεία τοίχων φορτίζονται με τριγωνική ώθηση γαιών από έξω προς τα μέσα.

Ομοιόμορφο φορτίο νερού στον πυθμένα και τριγωνικό στους τοίχους λαμβάνεται υπ όψη.

Από την ανάλυση υπολογίζονται οι πιέσεις εδάφους και οι εωτερικές δυνάμεις διατομών.

Μοντέλο θεμελίωσης Winkler  $K_s = 100000$  kN/m<sup>3</sup>/m

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E = 31.0$  GPa

Πάχος πυθμένα πισίνας  $h = 0.250$  m

Πλάτος πισίνας  $L = 1.900$  m

**8.1. Κόμβοι κατασκευής**

Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]
1	0.000	1.925	2	0.000	0.962	3	0.000	0.000
4	0.000	-1.000	5	0.119	0.000	6	0.119	-1.000
7	0.237	0.000	8	0.237	-1.000	9	0.356	0.000
10	0.356	-1.000	11	0.475	0.000	12	0.475	-1.000
13	0.594	0.000	14	0.594	-1.000	15	0.712	0.000
16	0.712	-1.000	17	0.831	0.000	18	0.831	-1.000
19	0.950	0.000	20	0.950	-1.000	21	1.069	0.000
22	1.069	-1.000	23	1.188	0.000	24	1.188	-1.000
25	1.306	0.000	26	1.306	-1.000	27	1.425	0.000
28	1.425	-1.000	29	1.544	0.000	30	1.544	-1.000
31	1.663	0.000	32	1.663	-1.000	33	1.781	0.000
34	1.781	-1.000	35	1.900	0.000	36	1.900	-1.000
37	1.900	0.962	38	1.900	1.925			

**8.2. Στηρίξεις κατασκευής**κύλιση  $\delta x=0$  κόμβοι: [17]πάκτωση  $\delta x=\delta y=\delta \phi=0$  κόμβοι: [4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,28,30,32,34,36]**8.3. Στοιχεία κατασκευής**

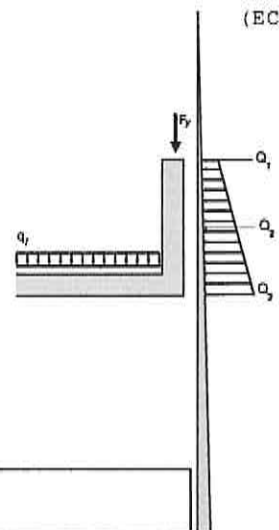
Στοιχ.	κόμβ.-1	κόμβ.-2	μήκος(mm)	γωνία(°)	E (MPa)	A (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )
1	2	1	0.962	90.00	31000	0.200	0.667x10 <sup>-3</sup>
2	3	2	0.962	90.00	31000	0.200	0.667x10 <sup>-3</sup>
3	38	37	0.962	270.00	31000	0.200	0.667x10 <sup>-3</sup>
4	37	35	0.962	270.00	31000	0.200	0.667x10 <sup>-3</sup>
5	3	5	0.119	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
6	5	7	0.119	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
7..19	7..	9..	0.119	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
20	33	35	0.119	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
21	3	4	1.000	270.00	12	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
22	5	6	1.000	270.00	12	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
23..35	7..	8..	1.000	270.00	12	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
36	33	34	1.000	270.00	12	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
37	35	36	1.000	270.00	12	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>

**9. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (EQU)**

(EC7 §6.5.2)

**9.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (EQU)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	kN/m	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	6.78	4.91		2.92
Βάρος τοίχου	W x1.10					11.28
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					4.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					26.54
	Σύνολο=	0.00	6.78	4.91	6.88	44.83

**9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-44.83kN κόμβοι: [1,38]

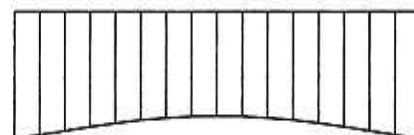
Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 6.78kN κόμβοι: [2], Fx= -6.78kN κόμβοι: [37]

Fx= 4.91kN κόμβοι: [3], Fx= -4.91kN κόμβοι: [35]

Κατανομημένα φορτία σε δοκούς

q= 6.88kN/m στοιχεία: [5,...,20]



**9.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.057 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.057 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-44.83\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 11.69\text{kN}$ ,  $M_{ed}= -6.53\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}=-11.69\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 38.48\text{kN}$ ,  $M_{ed}=-12.32\text{kNm}$

**9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.057 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.570/1.40=1.121 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.057 < q_u/\gamma_M=1.121 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**9.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (EQU)**

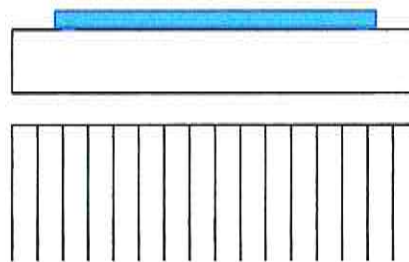
Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Βάρος τοίχου	W x1.10					11.28
Βάρος πυθμένα	σfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					4.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					26.54
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-1.59	-8.91	-7.32	19.80	
Σύνολο=		-1.59	-8.91	-7.32	26.68	41.91

**9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-41.91\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x=-1.59\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 1.59\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x=-8.91\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 8.91\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x=-7.32\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 7.32\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=26.68\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.084 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.084 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-41.91\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-17.82\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 11.63\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 17.82\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 33.58\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 27.01\text{kNm}$ **9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.084 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.570/1.40=1.121 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.084 < q_u/\gamma_M=1.121 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (EQU)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	6.78	4.91		2.92
Βάρος τοίχου	W x1.10					11.28
Βάρος πυθμένα	σfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					4.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					26.54
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-1.59	-8.91	-7.32	19.80	
Σύνολο=		-1.59	-2.13	-2.41	26.68	44.83

**9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-44.83kN κόμβοι: [1,38]

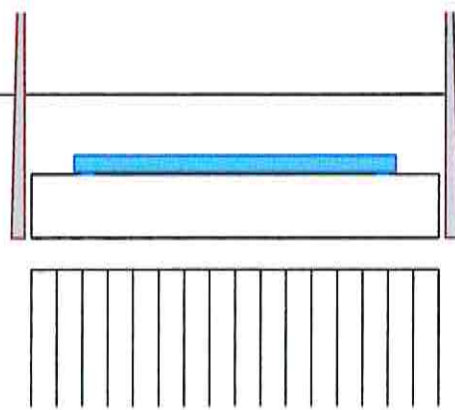
Fx= -1.59kN κόμβοι: [1], Fx= 1.59kN κόμβοι: [38]

Fx= -2.13kN κόμβοι: [2], Fx= 2.13kN κόμβοι: [37]

Fx= -2.41kN κόμβοι: [3], Fx= 2.41kN κόμβοι: [35]

Καταναμημένα φορτία σε δοκούς

q=26.68kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.083 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.083 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-44.83kN, Ved= -6.13kN, Med= 5.11kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 6.13kN, Ved= 36.60kN, Med= 22.32kNm

**9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.083 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.570/1.40=1.121 N/mm<sup>2</sup>

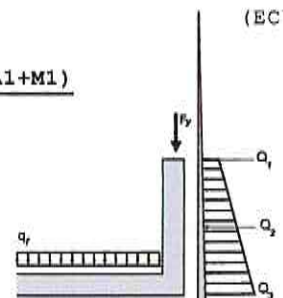
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.083 < qu/γM=1.121 N/mm<sup>2</sup> , Έλεγχος ικανοποιείται**10. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 §6.5.2)

**10.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	kN/m	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.35	0.00	6.18	4.48		3.36
Βάρος τοίχου	W x1.35					13.84
Βάρος πυθμένα	qfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Nqx1.35					5.02
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					26.54
	Σύνολο=	0.00	6.18	4.48	8.44	48.76

**10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-48.76kN κόμβοι: [1,38]

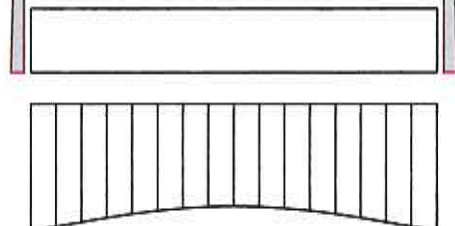
Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 6.18kN κόμβοι: [2], Fx= -6.18kN κόμβοι: [37]

Fx= 4.48kN κόμβοι: [3], Fx= -4.48kN κόμβοι: [35]

Καταναμημένα φορτία σε δοκούς

q= 8.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

sd N/mm<sup>2</sup>**10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.064 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.064 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-48.76kN, Ved= 10.66kN, Med= -5.95kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned=-10.66kN, Ved= 41.72kN, Med=-14.41kNm

**10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.064 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.570/1.40=1.121 N/mm<sup>2</sup>

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.064 < qu/γM=1.121 N/mm<sup>2</sup> , Έλεγχος ικανοποιείται

**10.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Βάρος τοίχου	W x1.35					13.84
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					5.02
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					26.54
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-1.95	-10.93	-8.99	24.30	
	Σύνολοα=	-1.95	-10.93	-8.99	32.74	45.40

**10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-45.40kN κόμβοι: [1,38]

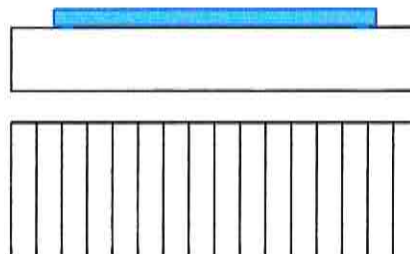
Fx= -1.95kN κόμβοι: [1], Fx= 1.95kN κόμβοι: [38]

Fx=-10.93kN κόμβοι: [2], Fx= 10.93kN κόμβοι: [37]

Fx= -8.99kN κόμβοι: [3], Fx= 8.99kN κόμβοι: [35]

Καταναεμημένα φορτία σε δοκούς

q=32.74kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.095 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.095 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-45.40kN, Ved=-21.87kN, Med= 14.28kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 21.87kN, Ved= 36.04kN, Med= 30.68kNm

**10.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.095 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.570/1.40=1.121 N/mm<sup>2</sup>

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.095 < qu/γM=1.121 N/mm<sup>2</sup> , Έλεγχος ικανοποιείται**10.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.35	0.00	6.18	4.48		3.36
Βάρος τοίχου	W x1.35					13.84
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					5.02
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					26.54
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-1.95	-10.93	-8.99	24.30	
	Σύνολοα=	-1.95	-4.75	-4.51	32.74	48.76

**10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-48.76kN κόμβοι: [1,38]

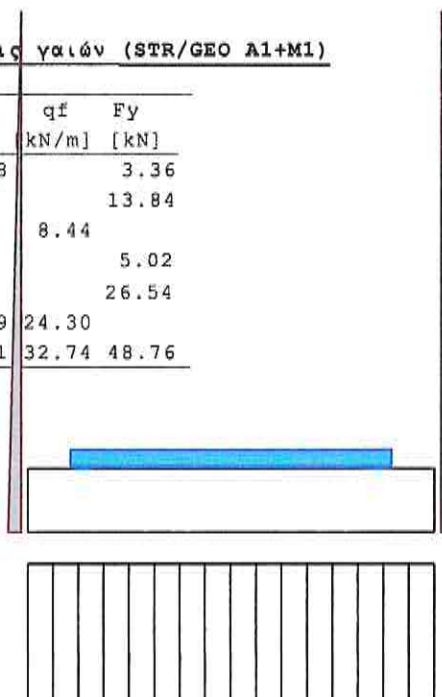
Fx= -1.95kN κόμβοι: [1], Fx= 1.95kN κόμβοι: [38]

Fx= -4.75kN κόμβοι: [2], Fx= 4.75kN κόμβοι: [37]

Fx= -4.51kN κόμβοι: [3], Fx= 4.51kN κόμβοι: [35]

Καταναεμημένα φορτία σε δοκούς

q=32.74kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.095 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.095 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-48.76kN, Ved=-11.21kN, Med= 8.33kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 11.21kN, Ved= 39.38kN, Med= 26.69kNm





**10.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.095 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.570/1.40=1.121 \text{ N/mm}^2$ 

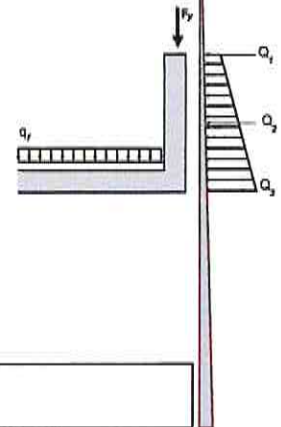
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.095 < q_u/\gamma_M=1.121 \text{ N/mm}^2$  , Ελεγχος ικανοποιείται**11. Ελεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 §6.5.2) (με σεισμό)

**11.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]		
Ενεργητική ώθηση γαιών	$Pax1.16$	0.00	6.67	4.84		3.63
Βάρος τοίχου	$W x1.16$					11.89
Βάρος πυθμένα	$gfx1.16$				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$Ngx1.16$					4.32
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$Nqx1.16$					20.52
	Σύνολα=	0.00	6.67	4.84	7.25	40.36

**11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-40.36\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x= 0.00\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 0.00\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x= 6.67\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= -6.67\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x= 4.84\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= -4.84\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q= 7.25\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.052 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.052 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-40.36\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 11.51\text{kN}$ ,  $M_{ed}= -6.42\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}=-11.51\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 34.64\text{kN}$ ,  $M_{ed}=-10.57\text{kNm}$ **11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.052 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.570/1.40=1.121 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.052 < q_u/\gamma_M=1.121 \text{ N/mm}^2$  , Ελεγχος ικανοποιείται**11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]		
Βάρος τοίχου	$W x1.16$					11.89
Βάρος πυθμένα	$gfx1.16$				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$Ngx1.16$					4.32
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$Nqx1.16$					20.52
Πίεση νερού εσωτερικά	$qwx1.16$	-1.67	-9.40	-7.72	20.88	
	Σύνολα=	-1.67	-9.40	-7.72	28.13	36.73

**11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-36.73\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x= -1.67\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 1.67\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x= -9.40\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 9.40\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x= -7.72\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 7.72\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=28.13\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]

**11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.079 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.079 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-36.73\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-18.79\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 12.27\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 18.79\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 29.04\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 25.43\text{kNm}$

**11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

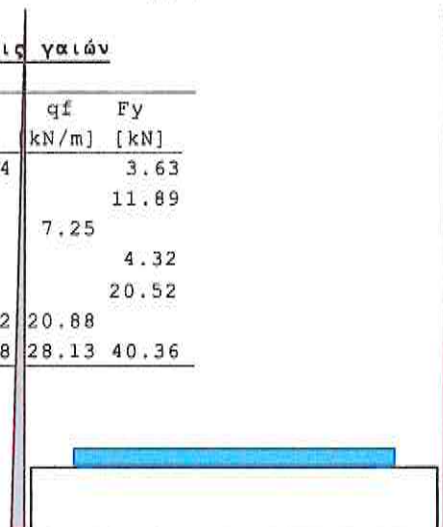
(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.079 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.570/1.40=1.121 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.079 < q_u/\gamma_M=1.121 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**11.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf kN/m	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.46	0.00	6.67	4.84		3.63
Βάρος τοίχου	W x1.16					11.89
Βάρος πυθμένα	gfx1.16				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.16					4.32
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.16					20.52
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.16	-1.67	-9.40	-7.72	20.88	
Σύνολο=		-1.67	-2.73	-2.88	28.13	40.36

**11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-40.36\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x=-1.67\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 1.67\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x=-2.73\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 2.73\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x=-2.88\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 2.88\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=28.13\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.079 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.079 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-40.36\text{kN}$ ,  $V_{ed}= -7.28\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 5.85\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 7.28\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 32.64\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 21.13\text{kNm}$ **11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.079 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.570/1.40=1.121 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.079 < q_u/\gamma_M=1.121 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**12. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC7 §6.5.2)

**12.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.00	0.00	4.57	3.32		2.49
Βάρος τοίχου	W x1.00					10.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					3.72
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					17.69
Σύνολο=		0.00	4.57	3.32	6.25	34.15

**12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-34.15kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 4.57kN κόμβοι: [2], Fx= -4.57kN κόμβοι: [37]

Fx= 3.32kN κόμβοι: [3], Fx= -3.32kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 6.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.045 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.045 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-34.15kN, Ved= 7.89kN, Med= -4.40kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= -7.89kN, Ved= 29.22kN, Med= -9.87kNm

**12.4. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	W x1.00					10.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					3.72
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					17.69
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-1.44	-8.10	-6.66	18.00	
	Σύνολοα=	-1.44	-8.10	-6.66	24.25	31.66

**12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-31.66kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -1.44kN κόμβοι: [1], Fx= 1.44kN κόμβοι: [38]

Fx= -8.10kN κόμβοι: [2], Fx= 8.10kN κόμβοι: [37]

Fx= -6.66kN κόμβοι: [3], Fx= 6.66kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=24.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.068 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.068 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-31.66kN, Ved=-16.20kN, Med= 10.58kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 16.20kN, Ved= 25.04kN, Med= 21.92kNm

**12.7. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.00	0.00	4.57	3.32		2.49
Βάρος τοίχου	W x1.00					10.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					3.72
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					17.69
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-1.44	-8.10	-6.66	18.00	
	Σύνολοα=	-1.44	-3.53	-3.34	24.25	34.15

**12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-34.15kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -1.44kN κόμβοι: [1], Fx= 1.44kN κόμβοι: [38]

Fx= -3.53kN κόμβοι: [2], Fx= 3.53kN κόμβοι: [37]

Fx= -3.34kN κόμβοι: [3], Fx= 3.34kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=24.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.068 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.068 N/mm<sup>2</sup>, qs--0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-34.15kN, Ved= -8.31kN, Med= 6.18kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 8.31kN, Ved= 27.50kN, Med= 18.97kNm

**13. Σχεδιασμός τοίχου πισίνας**

(EC2 EN1992-1-1:2004)

**13.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυρόδεμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)

Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)

Επικάλυψη οπλισμού : Cnom=50 mm (EC2 §4.4.1)

Βάρος σκυροδέματος : 25.0 kN/m<sup>3</sup>

γc=1.50, γs=1.15 (EC2 Πίνακας 2.1N)

fcd=acc·fck/γc=0.85x25/1.50=14.17 MPa (EC2 §3.1.6)

fctd=act·fctk0.05/γc=0.85x1.8/1.50=1.02 MPa (EC2 §3.1.6)

fyd=fyk/γs=500/1.15=435 MPa (EC2 §3.2.7)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος Ecm=31.0 GPa

**13.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου h=200mm

Ροπή κάμψης Med= 14.28kNm (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -45.40kN (ULS)

Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη: Allgower,G.-Avak,R. Bemessungstabeln nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

(σc=fcd[1-(1-εc/εc2)<sup>2</sup>], fcd=14.17MPa, εc2=0.0020, εcu2=0.0035, fyd=435MPa)Med= 14.28kNm/m, d=150mm, Kd= 3.97 x/d=0.08 εc2/εs1=-1.7/20.0 ks=2.37, As= 2.25cm<sup>2</sup>/mελάχιστος οπλισμός, As>=0.26bd·fctm/fyk=2.03cm<sup>2</sup>/m, s<=400mm, s'<=450mm (EC2 §9.3.1)ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m), δευτερεύων Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)

Οπλισμός σε μπρός και πίσω όψεις τοίχου

κύριος οπλισμός Ø12/15.0 ( 7.53cm<sup>2</sup>/m), δευτερεύων Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)**13.3. Έλεγχος σε διάτμηση Ved<=Vrd**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτίαΠάχος τοίχου και οπλισμός h=200mm, d=150mm, As=753mm<sup>2</sup>

Τέμνουσα δύναμη Ved= 21.87kN (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -45.40kN (ULS)

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.a)  
 $V_{rdc} > (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 1000 \text{ mm}$ ,  $d = 150 \text{ mm}$   
 $k = 1 + \sqrt{(200/d)} < 2$ ,  $k = 2.00$ ,  $k_l = 0.15$   
 $\rho_l = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 753 / (1000 \times 150) = 0.0050$   
 $\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = -1000 \times 45.40 / 200000 = -0.23 \text{ N/mm}^2$   
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49 \text{ N/mm}^2$ , (EC2 Εξ.6.3N)  
 $V_{rd, c (min)} = 0.001 \times (0.49 - 0.15 \times 0.23) \times 1000 \times 150 = 68.33 \text{ kN/m}$   
 $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.50 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.23] \times 1000 \times 150 = 78.37 \text{ kN/m}$   
 $V_{ed} = 21.87 \text{ kN/m} < V_{rdc} = 78.37 \text{ kN/m}$ , διάτμηση OK

**13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών**

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης (EC2 Εξ.8.3)  
 $l_b, r_{qd} = (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (12/4) \times (130/1.61) = 242 \text{ mm}$   
 $\sigma_{sd} = 435.00 \times 225 / 753 = 130 \text{ MPa}$ ,  $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61 \text{ MPa}$  (EC2 §8.4.2)  
 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{bd} = 0.70 \times 242 = 170 \text{ mm}$ ,  $C_{nom} = 50 \text{ mm} > 3 \times 12 = 36 \text{ mm} = (3\varnothing)$  (EC2 §8.4.4, T.8.2)  
 Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης  $l_b, min = \max(0.30 l_b, r_{qd}, 10\varnothing, 100 \text{ mm}) = 120 \text{ mm}$   
 Απαραίτητο άγκιστρο 120mm στο κάτω άκρο των ράβδων οπλισμού

**13.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου και οπλισμός  $h = 200 \text{ mm}$ ,  $d = 150 \text{ mm}$ ,  $A_s = 753 \text{ mm}^2$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed} = 10.58 \text{ kNm}$  (SLS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed} = -31.66 \text{ kN}$  (SLS)  
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed} = 16.20 \text{ kN}$  (ULS)

**13.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s, min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct, eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b = 1.000 \text{ m}$ ,  $b_{eff} = 1.000 \text{ m}$ ,  $h = 0.200 \text{ m}$ ,  $d = 0.150 \text{ m}$ ,  $N = -31.66 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c = (N/bh) = -0.16 \text{ N/mm}^2$ ,  $\phi = 12 \text{ mm}$   
 $\max(h, b_l) = 200 \text{ mm}$ ,  $f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2$ ,  $h_{c, eff} = 2.50 \times (h - d) = 125 \text{ mm}$ ,  $k = 1.00$ ,  $k_c = 0.44$  (EC2 Εξ.7.2)  
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής,  $A_{s, min} = 0.44 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 500 = 286 \text{ mm}^2 = 2$ .  
 Έλεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ , για διάμετρο οπλισμού  $\varnothing = 12 \text{ mm}$   
 $\varnothing_s = \varnothing_s (f_{ctm} / 2.9) [k_c \cdot h_{cr} / 2 (h - d)]$ ,  $\varnothing_s = 12 \text{ mm}$ ,  $\varnothing$  (EC2 Εξ.7.6N)  
 Διάμετρο οπλισμού  $= 30 \text{ mm}$ , εύρος ρωγμής  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ , τάση χάλυβα  $\sigma_s = 171 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Πιν. 7.2N)  
 Ελαχ. οπλισμός για  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ ,  $\varnothing = 12 \text{ mm}$ ,  $A_{s, min} = 0.44 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 171 = 836 \text{ mm}^2 = 8.36 \text{ cm}^2$

$M_{ed} (SLS) = 10.58 \text{ kNm}$ ,  $V_{ed} (SLS) = 16.20 \text{ kN}$ ,  $N_{ed} (SLS) = -31.66 \text{ kN}$

Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\phi(\infty, t_0) = 2.50$

(EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs} = -0.30\%$

$\gamma_c = 1.00$ ,  $\gamma_s = 1.00$

(EC2 §2.4.2.4.2)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm} = 31.0 \text{ GPa}$ ,  $E_{c, eff} = 31.0 / (1 + 2.50) = 8.86 \text{ GPa} = 8860 \text{ MPa}$

(EC2 Εξ.7.20)

Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$

Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s / E_c = 200 / 31.0 = 6.45$ , ενεργό  $E_s / E_c, eff = 200 / 8.86 = 22.57$

Εφελκούμενος οπλισμός:  $\varnothing 12 / 150$  (  $7.53 \text{ cm}^2 / \text{m}$  ), θλιβόμενος οπλισμός:  $\varnothing 12 / 150$  (  $7.53 \text{ cm}^2 / \text{m}$  )

Λόγος οπλισμών  $\rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 753 / (1000 \times 150) = 0.005$ ,  $\rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 753 / (1000 \times 150) = 0.005$

**13.7. Κατάσταση Ι (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)**

Δυσκαμψία αρηγμάτωσης διατομής,  $EI = (200 / 22.57) \times (0.001 \times 0.867) = 7682 \text{ kNm}^2$

$A_i = A_c + (n-1) (A_{s1} + A_{s2})$ ,  $e = (n-1) (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$ ,  $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$

$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001) \times 753 \times 0.053 = (0.001) \times 0.040 \text{ m}^3$ ,  $y_2 = 103 \text{ mm}$ ,  $y_{2s} = y_2 - d = 103 - 50 = 53 \text{ mm}$  (EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M = 10.58 / 7682 = (0.001) \times 1.377$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.040 / 0.867) = (0.001) \times 0.315$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r = (0.001) \times 1.377 + (0.001) \times 0.315 = (0.001) \times 1.691$  (1/m)

Ροπή ρηγμάτωσης  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.6 \times (0.867 / 0.103) = 21.78 \text{ kNm}$

**13.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$\rho=0.005$ ,  $\rho'=0.005$ ,  $\rho'/\rho=1.000$ ,  $n=\alpha_e=22.57$ ,  $n \cdot \rho=0.113$ ,  $\xi=0.608$ ,  $\alpha=0.321$ ,  $x=\alpha \cdot d=0.048m$   
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.608 \times 200 \times 753 \times 0.150^2=2059 \text{ kNm}^2$   
 $y_2=(1-\alpha)d=102mm$ ,  $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 102 \times 10.58/2059=0.52$   
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001)^2 \times 753 \times 0.102=(0.001) \times 0.077 \text{ m}^3$  (EC2 Εξ.7.21)  
 καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M=10.58/2059=(0.001) \times 5.137 \text{ (1/m)}$   
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.077/0.232)=(0.001) \times 0.599 \text{ (1/m)}$   
 Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 5.137+(0.001) \times 0.599=(0.001) \times 5.736 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed}=10.58 \text{ kNm}$ ,  $N_{ed}=-31.66 \text{ kN}$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0.27/0.51$ ,  $x=52mm$ ,  $\sigma_s=101 \text{ N/mm}^2$

**13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=10.58 < 0.70 \times M_{cr}=0.70 \times 21.78=15.24 \text{ kNm}$ ,  $\zeta=0.00$  (Εξ.7.19)  
 Τελική καμπυλότητα  $(1/r)=(0.001 \times 5.736)+(1-0.00) \times (0.001 \times 1.691)=(0.001) \times 1.691 \text{ (1/m)}$  (Εξ.7.18)

**13.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.200m$ ,  $d=0.150m$ ,  $x=0.052m$ ,  $\emptyset=12mm$   
 $N_{ed}=-31.66 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.2 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(200-52) \times 1000=148327 \text{ mm}^2$   
 $\max(h,b_1)=0mm$ ,  $f_{ctm}=2.60 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_{ct}=148327 \text{ mm}^2$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.35$ ,  $k_1=0.67$   
 Ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s,min}=0.35 \times 1.00 \times 2.60 \times 148327/435=310 \text{ mm}^2/m$

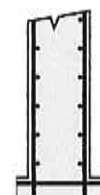
**13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$  (EC2 Εξ.7.8)  
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff}) (1+\alpha_e \cdot \rho_{eff})]/E_s \geq 0.6 \sigma_s/E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s=101 \text{ N/mm}^2$ , μικρή διάρκ. φόρτιση:  $E_s/E_c=6.45$ ,  $k_t=0.6$ , μακράς διάρκ. φόρτ.:  $E_s/E_c=22.57$ ,  $k_t=0.4$   
 $A_{ceff}=0.333(h-x)b=0.333 \times (200-52) \times 1000=49393 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=753/49393=0.015$   
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[101-0.4 \times (2.6/0.015) (1+22.57 \times 0.015)]/200=0.05\% \geq 0.6 \times 101/200=0.30\%$   
 $s_{r,max}=k_3 \cdot C_{nom}+k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset/\rho_{eff}$  (EC2 Εξ.7.11)  
 $\emptyset=12mm$ ,  $k_1=0.8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0.5$ ,  $k_3=3.4$ ,  $k_4=0.425$   
 $s_{r,max}=3.4 \times 50.00+0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12/0.015=303.81 \text{ mm}$   
 $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=303.81 \times 0.001 \times 0.30=0.09 \text{ mm}$   
 $w_k=0.09 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm}=w_{max}$ , Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου

**13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου**

Οπλισμοί εσωτερικής παρειάς τοίχου  $\emptyset 12/15.0$  ( 7.53cm<sup>2</sup>/m)  
 Οπλισμός διανομής  $\emptyset 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)  
 Οπλισμός εξωτερικής παρειάς τοίχου  $\emptyset 12/15.0$  ( 7.53cm<sup>2</sup>/m)  
 Οπλισμός διανομής  $\emptyset 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)

**14. Σχεδιασμός πλάκας πυθμένα πισίνας**

(EC2 EN1992-1-1:2004)

**14.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυροδέμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)  
 Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)  
 Επικάλυψη οπλισμού :  $C_{nom}=50 \text{ mm}$  (EC2 §4.4.1)  
 Βάρος σκυροδέματος :  $25.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (EC2 Πίνακας 2.1N)  
 $f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c=0.85 \times 25/1.50=14.17 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd}=a_{ct} \cdot f_{ctk0.05}/\gamma_c=0.85 \times 1.8/1.50=1.02 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s=500/1.15=435 \text{ MPa}$  (EC2 §3.2.7)  
 Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0 \text{ GPa}$

**14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα  $h=250\text{mm}$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed}=30.68\text{kNm}$  (ULS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=21.87\text{kN}$  (ULS)

Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

( $\sigma_c = f_{cd} [1 - (1 - e_c / e_{c2})^2]$ ,  $f_{cd} = 14.17\text{MPa}$ ,  $e_{c2} = 0.0020$ ,  $e_{cu2} = 0.0035$ ,  $f_{yd} = 435\text{MPa}$ )

Εφελκυσμός πλάκας πυθμένα  $N_{ed} = 21.87\text{kN}$ ,  $\sigma = 21870 / (200 \times 1000) = 0.109\text{N/mm}^2 < 1.020\text{N/mm}^2 = f_{ctd}$

Εφελκυσμένος οπλισμός  $A_s = N_{ed} / f_{yd} = 21870 / 435 = 50\text{mm}^2/\text{m} = 0.50\text{cm}^2/\text{m}$

$M_{ed} = 30.68\text{kNm/m}$ ,  $d = 200\text{mm}$ ,  $K_d = 3.71 \times d = 0.08$   $e_{c2} / \epsilon_{s1} = -1.8 / 20.0$   $k_s = 2.37$ ,  $A_s = 3.95\text{cm}^2/\text{m}$

ελάχιστος οπλισμός,  $A_s > 0.26bd \cdot f_{ctm} / f_{yk} = 2.70\text{cm}^2/\text{m}$ ,  $s \leq 400\text{mm}$ ,  $s' \leq 450\text{mm}$  (EC2 §9.3.1)

ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ )

Οπλισμός σε πάνω και κάτω επιφάνεια πυθμένα

κύριος οπλισμός  $\varnothing 14/15.0$  ( $10.27\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ )

**14.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$** 

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=1027\text{mm}^2$   
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}=41.72\text{kN}$  (ULS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=-10.66\text{kN}$  (ULS)

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$

(EC2 §6.2.2)

$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$

(EC2 Εξ.6.2.a)

$V_{rdc} >= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$

(EC2 Εξ.6.2.b)

$C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25\text{MPa}$ ,  $b_w = 1000\text{mm}$ ,  $d = 200\text{mm}$

$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2$ ,  $k = 2.00$ ,  $k_1 = 0.15$

$\rho_l = A_s / (b_w \cdot d) = 1027 / (1000 \times 200) = 0.0051$

$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = -1000 \times 10.66 / 250000 = -0.04\text{N/mm}^2$

$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49\text{N/mm}^2$ ,

(EC2 Εξ.6.3N)

$V_{rd, c(min)} = 0.001 \times (0.49 - 0.15 \times 0.04) \times 1000 \times 200 = 96.80\text{kN/m}$

$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.51 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.04] \times 1000 \times 200 = 110.94\text{kN/m}$

$V_{ed} = 41.72\text{kN/m} \leq V_{rdc} = 110.94\text{kN/m}$ , διάτμηση OK

**14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών**

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης

(EC2 Εξ.8.3)

$l_b, r_{qd} = (\varnothing/4) (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (14/4) \times (167/1.61) = 364\text{mm}$

$\sigma_{sd} = 435.00 \times 395 / 1027 = 167\text{MPa}$   $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61\text{MPa}$

(EC2 §8.4.2)

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{bd} = 0.70 \times 364 = 255\text{mm}$ ,  $C_{nom} = 50\text{mm} > 3 \times 14 = 42\text{mm} = (3\varnothing)$

(EC2 §8.4.4, T.8.2)

Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης  $l_b, min = \max(0.30 l_b, r_{qd}, 10\varnothing, 100\text{mm}) = 140\text{mm}$

Απαραίτητο άγκιστρο 110mm στο κάτω άκρο των ράβδων οπλισμού

**14.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=1027\text{mm}^2$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed}=21.92\text{kNm}$  (SLS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=16.20\text{kN}$  (SLS)  
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}=25.04\text{kN}$  (ULS)

**14.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $N=16.20kN$ ,  $\sigma_c=(N/bh)=0.06N/mm^2$ ,  $\Phi=14mm$   
 $\max(h,b_1)=250mm$ ,  $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $h_{c,eff}=2.50 \times (h-d)=125mm$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.39$  (EC2 Εξ.7.2)  
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής,  $A_{s,min}=0.39 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 500 = 253mm^2 = 2.$   
 Έλεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής  $w_k=0.3mm$ , για διάμετρο οπλισμού  $\Phi=14mm$   
 $\sigma_s = \sigma_s (f_{ctm} / 2.9) [k_c \cdot h_{cr} / 2(h-d)]$ ,  $\sigma_s=14mm$ ,  $\sigma_s=14mm$  (EC2 Εξ.7.6N)  
 Διάμετρο οπλισμού  $=32mm$ , εύρος ρωγμής  $w_k=0.3mm$ , τάση χάλυβα  $\sigma_s=160N/mm^2$  (EC2 Πιν. 7.2N)  
 Ελαχ. οπλισμός για  $w_k=0.3mm$ ,  $\Phi=14mm$ ,  $A_{s,min}=0.39 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 160 = 792mm^2 = 7.92cm^2$

$M_{ed}(SLS)=21.92 kNm$ ,  $V_{ed}(SLS)=25.04 kN$ ,  $N_{ed}(SLS)=16.20 kN$

Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\varphi(\infty, t_0)=2.50$

(EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs}=-0.30\%$

$\gamma_c=1.00$ ,  $\gamma_s=1.00$

(EC2 §2.4.2.4.2)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0GPa$ ,  $E_{ceff}=31.0 / (1+2.50)=8.86GPa=8860MPa$

(EC2 Εξ.7.20)

Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s=200GPa=200000MPa$

Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s/E_c=200/31.0=6.45$ , ενεργό  $E_s/E_{c,eff}=200/8.86=22.57$

Εφελκόμενος οπλισμός:  $\Phi 14/150$  ( $10.27cm^2/m$ ),  $\Theta$ λιβόμενος οπλισμός:  $\Phi 14/150$  ( $10.27cm^2/m$ )

Λόγος οπλισμών  $\rho=A_{s1}/(b \cdot d)=1027/(1000 \times 200)=0.005$ ,  $\rho'=A_{s2}/(b \cdot d)=1027/(1000 \times 200)=0.005$

**14.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωτη διατομή) (SLS)**

Δυσκαμψία αρηγμάτωτης διατομής,  $EI=(200/22.57) \times (0.001 \times 1.769)=15673 kNm^2$

$A_1=A_c+(n-1)(A_{s1}+A_{s2})$ ,  $e=(n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s}-A_{s2} \cdot y_{2s})/A_1$ ,  $I=I_c+b \cdot h \cdot e^2+(A_{s1} \cdot y_{1s}^2+A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$

$S=A_s \cdot y_{2s}=(0.001)^2 \times 1027 \times 0.079=(0.001) \times 0.081 m^3$ ,  $y_2=129mm$ ,  $y_{2s}=y_2-d_2=129-50=79mm$  (EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M=21.92/15673=(0.001) \times 1.398$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.081/1.769)=(0.001) \times 0.310$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 1.398+(0.001) \times 0.310=(0.001) \times 1.708$  (1/m)

Ροπή ρηγμάτωσης  $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6 \times (1.769/0.129)=35.71 kNm$

**14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$\rho=0.005$ ,  $\rho'=0.005$ ,  $\rho'/\rho=1.000$ ,  $n=\alpha_e=22.57$ ,  $n \cdot \rho=0.113$ ,  $\xi=0.608$ ,  $\alpha=0.321$ ,  $x=\alpha \cdot d=0.064m$

Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.608 \times 200 \times 1027 \times 0.200^2=4992 kNm^2$

$y_2=(1-\alpha)d=136mm$ ,  $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 136 \times 21.92/4992=0.60$

$S=A_s \cdot y_2=(0.001)^2 \times 1027 \times 0.136=(0.001) \times 0.139 m^3$

(EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M=21.92/4992=(0.001) \times 4.391$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.139/0.563)=(0.001) \times 0.534$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 4.391+(0.001) \times 0.534=(0.001) \times 4.924$  (1/m)

$M_{ed}=21.92 kNm$ ,  $N_{ed}=16.20kN$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0.27/0.60$ ,  $x=63mm$ ,  $\sigma_s=121 N/mm^2$

**14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=21.92 < 0.70 \times M_{cr}=0.70 \times 35.71=25.00 kNm$ ,  $\zeta=0.00$

(Εξ.7.19)

Τελική καμπυλότητα  $(1/r)=0.00 \times (0.001 \times 4.924) + (1-0.00) \times (0.001 \times 1.708) = (0.001) \times 1.708$  (1/m)

(Εξ.7.18)

**14.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)

(EC2 Εξ.7.1)

$b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $x=0.063m$ ,  $\Phi=14mm$

$N_{ed}=16.20kN$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=-0.1N/mm^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435N/mm^2$

$A_{ct}=(h-x) \cdot b=(250-63) \times 1000=187405 mm^2$

$\max(h,b_1)=0mm$ ,  $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $A_{ct}=187405mm^2$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.41$ ,  $k_1=1.50$

Ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s,min}=0.41 \times 1.00 \times 2.60 \times 187405 / 435 = 459mm^2/m$



**14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm})$$

(EC2 Εξ.7.8)

$$e_{sm} - e_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Εξ.7.9)

$$\sigma_s = 121 \text{ N/mm}^2, \text{ μικρής διάρκ. φόρτιση: } E_s/E_c = 6.45, k_t = 0.6, \text{ μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s/E_c = 22.57, k_t = 0.4$$

(§7.3.2.3)

$$A_{ceff} = 0.333(h-x) b = 0.333 \times (250-63) \times 1000 = 62406 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff}, \text{ eff} = 1027 / 62406 = 0.016$$

$$e_{sm} - e_{cm} = [121 - 0.4 \times (2.6 / 0.016) (1 + 22.57 \times 0.016)] / 200 = 0.17\% \geq 0.6 \times 121 / 200 = 0.36\%$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_s / \rho_{eff}$$

(EC2 Εξ.7.11)

$$\sigma_s = 14 \text{ mm}, k_1 = 0.8, k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, k_3 = 3.4, k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 14 / 0.016 = 314.62 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) = 314.62 \times 0.001 \times 0.36 = 0.11 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.11 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{max}, \text{ Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

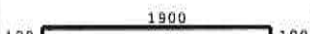
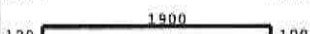
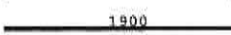
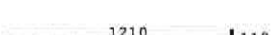
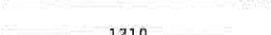
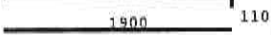
**15. Προμέτρηση υλικών**Σκυρόδεμα ανά μέτρο μήκους πλάκας 1.295 m<sup>3</sup>/m

Οπλισμός ανά μέτρο μήκους πλάκας 222.947 kg/m

Συνολικό σκυρόδεμα πλάκας 1.900x 1.295= 2.461 m<sup>3</sup>

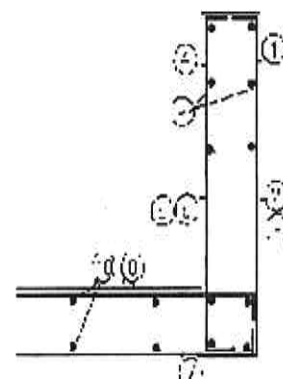
Συνολικός οπλισμός πλάκας 1.900x 222.947= 423.600 kg

**16. Κατάλογος οπλισμού**

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	∅	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	120  100	52	12	0.888	2.120	97.89
2	④	120  100	52	12	0.888	2.120	97.89
3	⑨	 1900	64	12	0.888	1.900	107.98
4	⑦	 110	26	14	1.210	1.320	41.53
5	⑧	 110	26	14	1.210	1.320	41.53
6	⑩	 110	16	14	1.210	1.900	36.78

Ολικό βάρος [kg]

423.60



**Περιεχόμενα**

1. 1.5X1.5 ΔΕΥΑΜ ΦΡ
2. Στοιχεία τοίχου-Παράμετροι-Κανονισμοί
3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες
4. Υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας εδάφους
  - 4.1. Συνθήκες πλήρους στράγγισης
5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσης
6. Σεισμικοί συντελεστές
7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)
  - 7.1. Τμήμα τοίχου από  $Y=0.000$  m έως  $Y=2.050$  m,  $H_s=2.050$  m
8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πιάσας σε ελαστικό έδαφος.
  - 8.1. Κόμβοι κατασκευής
  - 8.2. Στηρίξεις κατασκευής
  - 8.3. Στοιχεία κατασκευής
9. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (EQU)
  - 9.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα άδεια με ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
  - 9.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
  - 9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
10. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα άδεια με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
11. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (με σεισμό)
  - 11.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα άδεια με ωθήσεις γαιών
  - 11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
  - 11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών
  - 11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
  - 11.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πιάσινα γεμέτη με ωθήσεις γαιών
  - 11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

**Περιεχόμενα**

- 11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
- 11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
- 12. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)
  - 12.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 12.4. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 12.7. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
- 13. Σχεδιασμός τοίχου πισίνας
  - 13.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος
  - 13.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)
  - 13.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$
  - 13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών
  - 13.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 13.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 13.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)
  - 13.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)
  - 13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)
  - 13.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)
  - 13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)
  - 13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου
- 14. Σχεδιασμός πλάκας πυθμένα πισίνας
  - 14.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος
  - 14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)
  - 14.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$
  - 14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών
  - 14.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 14.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 14.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)
  - 14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)
  - 14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)
  - 14.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)
  - 14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)
- 15. Προμέτρηση υλικών
- 16. Κατάλογος οπλισμού

**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

**Β. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ-ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΟΥ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200mm**

**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

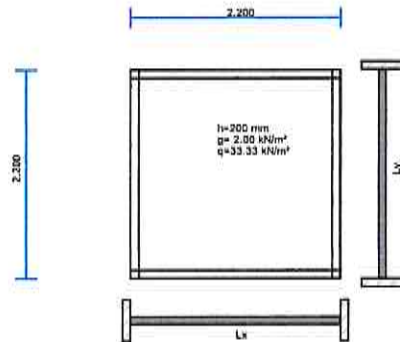
**Β1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΛΑΚΑΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΧΟΥΣ 20cm ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ  
ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ-ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΟΥ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ  
ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200mm**

Project Beton1. 2Χ2Χ2 ΔΕΥΑΜ ΕΠΙΚ

Πλάκα συμπαγής, τετραέρριστη

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-ΕΛΟΤ:2010)

C25/30 - B500C

Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος

Σκυρόδεμα-Χάλυβας	: C25/30-B500C	(EC2 §3)
Κατηγορία περιβάλλοντος	: XC3	(EC2 §4.4.1)
Επικάλυψη οπλισμού	: $C_{nom}=50$ mm	(EC2 §4.4.1)
Βάρος σκυροδέματος	: $25.0$ kN/m <sup>3</sup>	
$\gamma_c=1.50$ , $\gamma_s=1.15$		(EC2 Πίνακας 2.1N)
$f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times 25 / 1.50 = 14.17$ MPa		(EC2 §3.1.6)
$f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05 / \gamma_c = 0.85 \times 1.8 / 1.50 = 1.02$ MPa		(EC2 §3.1.6)
$f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 435$ MPa		(EC2 §3.2.7)
Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος	$E_{cm}=31.0$ GPa	

2. Διαστάσεις, φορτίαΠάχος πλάκας  $h=0.200$  m, Ανοίγματα  $L_x=2.200$  m,  $L_y=2.200$  mΤίθιο βάρος πλάκας:  $g_0=25.00 \times 0.200=5.00$  kN/m<sup>2</sup>Φορτία πλάκας: μόνιμο  $g=(5.00+2.00)=7.00$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q=33.33$  kN/m<sup>2</sup>Συντελεστές ασφαλείας δράσεων:  $\gamma_G=1.35$ ,  $\gamma_Q=1.50$ 

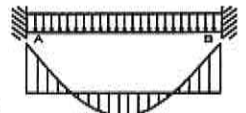
(EC0 Παράρτημα A1)

Συνδυασμός μεταβλητών δράσεων:  $\psi_0=0.70$ ,  $\psi_1=0.70$ ,  $\psi_2=0.60$ Ωφέλιμο ύψος διατομής  $d=h-d_1$ ,  $d_1=C_{nom}+\varnothing/2=50+12/2=56$ mm,  $d=200-56=144$ mm

Μέθοδος ανάλυσης: Czerny F., "Tafeln für vierseitig und dreiseitig gelagerte Rechteckplatten", Beton Kalender 1983, Berlin, Ernst Sohn, 1983

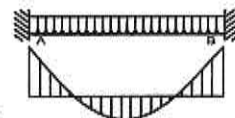
 $L_y/L_x=2.200/2.200=1.00$ , Πίνακας 2.2.63. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Φορτίο (STR)  $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35g + 1.50q = 1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33 = 59.45$  kN/m3.1. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας κ-κ,  $L_x=2.200$  mΡοπή στήριξης  $M_{edsupA}=(1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 2.200^2 / 19.40 = -14.83$  kNm/mΡοπή στήριξης  $M_{edsupB}=(1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 2.200^2 / 19.40 = -14.83$  kNm/mΡοπή ανοίγματος  $M_{edspan}=(1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 2.200^2 / 56.80 = 5.07$  kNm/mΑντιδράσεις μόνιμα,  $V_{qA}=7.00 \times 2.200 / 2.24 = 6.88$   $V_{qB}=7.00 \times 2.200 / 2.24 = 6.88$  kN/mΑντιδράσεις κινητά,  $V_{qA}=33.33 \times 2.200 / 2.24 = 32.73$   $V_{qB}=33.33 \times 2.200 / 2.24 = 32.73$  kN/m

**3.2. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας γ-γ, Ly=2.200 m**

Ροπή στήριξης	MedsupA=(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.200 <sup>2</sup> /19.40=-14.83 kNm/m
Ροπή στήριξης	MedsupB=(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.200 <sup>2</sup> /19.40=-14.83 kNm/m
Ροπή ανοίγματος	Medspan=(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.200 <sup>2</sup> /56.80= 5.07 kNm/m
Αντιδράσεις μόνιμα, VqA= 7.00x2.200/2.24= 6.88 VqB= 7.00x2.200/2.24= 6.88 kN/m	
Αντιδράσεις κινητά, VqA=33.33x2.200/2.24=32.73 VqB=33.33x2.200/2.24=32.73 kN/m	

**4. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Med= 5.07kNm/m, d=144mm, Kd= 6.40 x/d=0.04 $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-0.9/20.0$ $k_s=2.34$ , <b>As= 0.82cm<sup>2</sup>/m</b>
Med= 5.07kNm/m, d=132mm, Kd= 5.86 x/d=0.05 $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.0/20.0$ $k_s=2.34$ , <b>As= 0.90cm<sup>2</sup>/m</b>
Med=-14.83kNm/m, d=144mm, Kd= 3.74 x/d=0.08 $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.8/20.0$ $k_s=2.37$ , <b>As= 2.44cm<sup>2</sup>/m</b>
Med=-14.83kNm/m, d=144mm, Kd= 3.74 x/d=0.08 $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.8/20.0$ $k_s=2.37$ , <b>As= 2.44cm<sup>2</sup>/m</b>

Ελάχιστος οπλισμός πλάκας,  $A_s \geq 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk} = 1.95 \text{ cm}^2/\text{m}$ ,  $s \leq 400 \text{ mm}$ ,  $s' \leq 450 \text{ mm}$  (EC2 §9.3.1)  
 ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m), δευτερεύων  $\varnothing 12/30.0$  ( 3.77cm<sup>2</sup>/m)

Οπλισμοί ανοιγμάτων: κ-κ	$\varnothing 12/15.0$ ( 7.53cm <sup>2</sup> /m) (κάτω στρώση)
	γ-γ $\varnothing 12/15.0$ ( 7.53cm <sup>2</sup> /m)
Οπλισμοί στηρίξεων: Αριστερά	$\varnothing 12/25.0$ ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	Δεξιά $\varnothing 12/25.0$ ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	Κάτω $\varnothing 12/25.0$ ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	Πάνω $\varnothing 12/25.0$ ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)

**5. Διαστασιολόγηση για τέμνουσα (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Μέγιστες τέμνουσες σε απόσταση d από παρειά στήριξης  $\max V = 54.10 \text{ kN/m}$ Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$ 

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Εξ.6.2.a)

$$V_{rdc} \geq (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Εξ.6.2.b)

$$C_{rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.50 = 0.120, f_{ck} = 25 \text{ MPa}, b_w = 1000 \text{ mm}, d = 144 \text{ mm}$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2, k = 2.00, k_l = 0.15$$

$$\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 452/(1000 \times 144) = 0.0031$$

$$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49 \text{ N/mm}^2,$$

(EC2 Εξ.6.3N)

$$V_{rd, c(min)} = 0.001 \times (0.49) \times 1000 \times 144 = 70.56 \text{ kN/m}$$

$$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.31 \times 25)^{0.33}] \times 1000 \times 144 = 68.39, V_{rdc} = 70.56 \text{ kN/m}$$

$$V_{ed} = 54.10 \text{ kN/m} \leq V_{rdc} = 70.56 \text{ kN/m}, V_{ed} < V_{rdc} \text{ δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης}$$

**6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$L = 2.200 \text{ m}, b = 1.000 \text{ m}, h = 0.200 \text{ m}, d = 0.144 \text{ m}$$

$$\text{Φορτίο (ημι-μόνιμος συνδυασμός)} q_{ed} = g + \psi_2 \cdot q = 7.00 + 0.60 \times 33.33 = 27.00 \text{ kN/m}$$

$$L_x = L_y, L_{eff} = 2.200 \text{ m}, M_{ed} = (27.00/59.45) \times 5.07 = 2.30 \text{ kNm/m}, M_{ed}(SLS) = 2.30 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Τελικός συντελεστής ερπυσμού } \phi(\infty, t_0) = 2.50$$

(EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

$$\text{Ολική συστολή ξήρανσης } \epsilon_{cs} = -0.30\%$$

$$\gamma_c = 1.00, \gamma_s = 1.00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος } E_{cm} = 31.0 \text{ GPa}, E_{ceff} = 31.0 / (1 + 2.50) = 8.86 \text{ GPa} = 8860 \text{ MPa}$$

(EC2 Εξ.7.20)

$$\text{Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα } E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Λόγος μέτρων Ελαστικ. } E_s/E_c = 200/31.0 = 6.45, \text{ ενεργό } E_s/E_{c,eff} = 200/8.86 = 22.57$$

$$\text{Εφελκόμενος οπλισμός: } \varnothing 12/150 \text{ ( 7.53cm}^2/\text{m)}$$

$$\text{Λόγος οπλισμών } \rho = A_{s1}/(b \cdot d) = 753/(1000 \times 144) = 0.005$$

**6.1. Κατάσταση I (αρηγμάτωτη διατομή) (SLS)**

$$\text{Δυσκαμψία αρηγμάτωτης διατομής, } EI = (200/22.57) \times (0.001 \times 0.696) = 6165 \text{ kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1) (A_{s1} + A_{s2}), e = (n-1) (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i, I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 753 \times 0.041 = (0.001) \times 0.031 \text{ m}^3, y_2 = 97 \text{ mm}, y_{2s} = y_2 - d = 97 - 56 = 41 \text{ mm}$$

(EC2 Εξ.7.21)

$$\text{καμψυλότητα λόγω ροής } 1/r_M = 2.30/6165 = (0.001) \times 0.373 \text{ (1/m)}$$

$$\text{καμψυλότητα λόγω ξήρανσης } 1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.031/0.696) = (0.001) \times 0.298 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Ολική καμψυλότητα } 1/r = (0.001) \times 0.373 + (0.001) \times 0.298 = (0.001) \times 0.671 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Ροπή ρηγμάτωσης } \epsilon_t, M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2.6 \times (0.696/0.097) = 18.71 \text{ kNm}$$

**6.2. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.005, \quad n = \alpha_e = 22.57, \quad n \cdot \rho = 0.113, \quad \xi = 0.546, \quad \alpha = 0.375, \quad x = \alpha \cdot d = 0.054 \text{ m}$$

Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0.546 \times 200 \times 753 \times 0.144^2 = 1706 \text{ kNm}^2$

$$y_2 = (1 - \alpha) d = 90 \text{ mm}, \quad \epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 90 \times 2.30 / 1706 = 0.12$$

$$S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 753 \times 0.090 = (0.001) \times 0.068 \text{ m}^3$$

(EC2 Εξ.7.2.1)

$$\text{καμπυλότητα λόγω ροπής } 1/r_M = 2.30 / 1706 = (0.001) \times 1.348 \text{ (1/m)}$$

$$\text{καμπυλότητα λόγω ξήρανσης } 1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.068 / 0.193) = (0.001) \times 0.659 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Ολική καμπυλότητα } 1/r = (0.001) \times 1.348 + (0.001) \times 0.659 = (0.001) \times 2.007 \text{ (1/m)}$$

$$M_{ed} = 2.30 \text{ kNm}, \quad \epsilon_c / \epsilon_s = 0.07 / 0.12, \quad x = 54 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 24 \text{ N/mm}^2$$

**6.3. Έλεγχος παραμορφώσεων χωρίς άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EC2 §7.4.2)

$$1/d = K [1 + 1.5 \sqrt{f_{ck}} (\rho_o / \rho) + 3.2 \sqrt{f_{ck}} (\rho_o / \rho - 1)^{3/2}] = 27.75$$

(EC2 Εξ.7.16a)

$$f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_o = 0.001 \times \sqrt{25.00} = 0.005, \quad \rho = 0.005, \quad \rho' = 0.000, \quad \rho \leq \rho_o, \quad K = 1.5$$

$$1/d = (310 / \sigma_s) \times (1/d), \quad \sigma_s = 24 \text{ N/mm}^2, \quad 1/d = (310 / 24) \times 27.75 = 354.72$$

(EC2 Εξ.7.17)

$$l_{eff} / d = 2.200 / 0.144 = 15.28 \leq 354.72, \quad \text{Άνοιγμα/ύψος κάτω ορίου}$$

**6.4. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$$M_{ed} = 2.30 < 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 18.71 = 13.10 \text{ kNm}, \quad \zeta = 0.00$$

(Εξ.7.19)

$$\text{Τελική καμπυλότητα } (1/r) = 0.00 \times (0.001 \times 2.007) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 0.671) = (0.001) \times 0.671 \text{ (1/m)}$$

(Εξ.7.18)

$$\beta = (M_a + M_b) / M_c = (14.83 + 14.83) / 5.07 = 5.86, \quad k = 0.104 (1 - 5.86 / 10) = 0.0431$$

$$f = k \cdot l_{eff}^2 \cdot (1/r) = 0.0431 \times 2.200^2 \times 0.671 = 0.14 \text{ mm}$$

$$f = 0.14 \text{ mm} \leq 1000 \times 2.200 / 250 = 8.80 \text{ mm}, \quad \text{Παραμόρφωση κάτω ορίου}$$

**6.5. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

$$\text{Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού } A_{s, \min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct, \text{eff}} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

(EC2 Εξ.7.1)

$$b = 1.000 \text{ m}, \quad b_{eff} = 1.000 \text{ m}, \quad h = 0.200 \text{ m}, \quad d = 0.144 \text{ m}, \quad x = 0.054 \text{ m}, \quad \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = 0.00 \text{ kN}, \quad \sigma_c = (N_{ed} / b h) = 0.0 \text{ N/mm}^2, \quad \sigma_s = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ct} = (h - x) \cdot b = (200 - 54) \times 1000 = 145935 \text{ mm}^2$$

$$\max(h, b_1) = 0 \text{ mm}, \quad f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2, \quad A_{ct} = 145935 \text{ mm}^2, \quad k = 1.00, \quad k_c = 0.40, \quad k_1 = 1.50$$

$$\text{Ελάχιστος οπλισμός, } A_{s, \min} = 0.40 \times 1.00 \times 2.60 \times 145935 / 435 = 349 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

**6.6. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r, \max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

(EC2 Εξ.7.8)

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct, \text{eff}} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Εξ.7.9)

$$\sigma_s = 24 \text{ N/mm}^2, \quad \text{μικρή διάρκ. φόρτιση: } E_s / E_c = 6.45, \quad k_t = 0.6, \quad \text{μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s / E_c = 22.57, \quad k_t = 0.4$$

$$A_{c, \text{eff}} = 0.333 (h - x) b = 0.333 \times (200 - 54) \times 1000 = 48597 \text{ mm}^2$$

(§7.3.2.3)

$$\rho_{eff} = A_s / A_{c, \text{eff}}, \quad \rho_{eff} = 753 / 48597 = 0.015$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [24 - 0.4 \times (2.6 / 0.015) (1 + 22.57 \times 0.015)] / 200 = -0.33\% \geq 0.6 \times 24 / 200 = 0.07\%$$

$$s_{r, \max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset / \rho_{eff}$$

(EC2 Εξ.7.11)

$$\emptyset = 12 \text{ mm}, \quad k_1 = 0.8, \quad k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, \quad k_3 = 3.4, \quad k_4 = 0.425$$

$$s_{r, \max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12 / 0.015 = 301.66 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r, \max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 301.66 \times 0.001 \times 0.07 = 0.02 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.02 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{\max}, \quad \text{Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, \quad Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

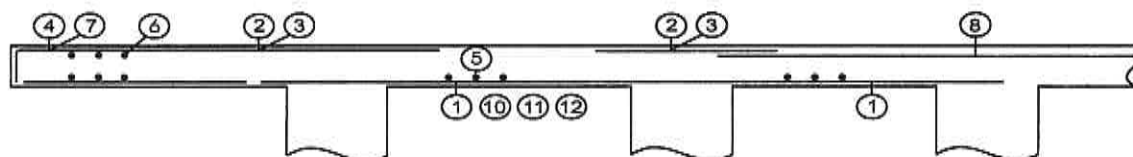


## 7. Κατάλογος οπλισμού

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	∅	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	2780	15	12	0.888	2.780	37.03
2	①	2780	15	12	0.888	2.780	37.03
3	②	1920	9	12	0.888	1.920	15.34
4	⑥	2200	4	10	0.617	2.200	5.43
5	②	1920	9	12	0.888	1.920	15.34
6	⑥	2200	4	10	0.617	2.200	5.43
7	②	1920	9	12	0.888	1.920	15.34
8	⑥	2200	4	10	0.617	2.200	5.43
9	②	1920	9	12	0.888	1.920	15.34
10	⑥	2200	4	10	0.617	2.200	5.43

Ολικό βάρος [kg]

157.14



**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,  
Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,  
Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ  
Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m

---

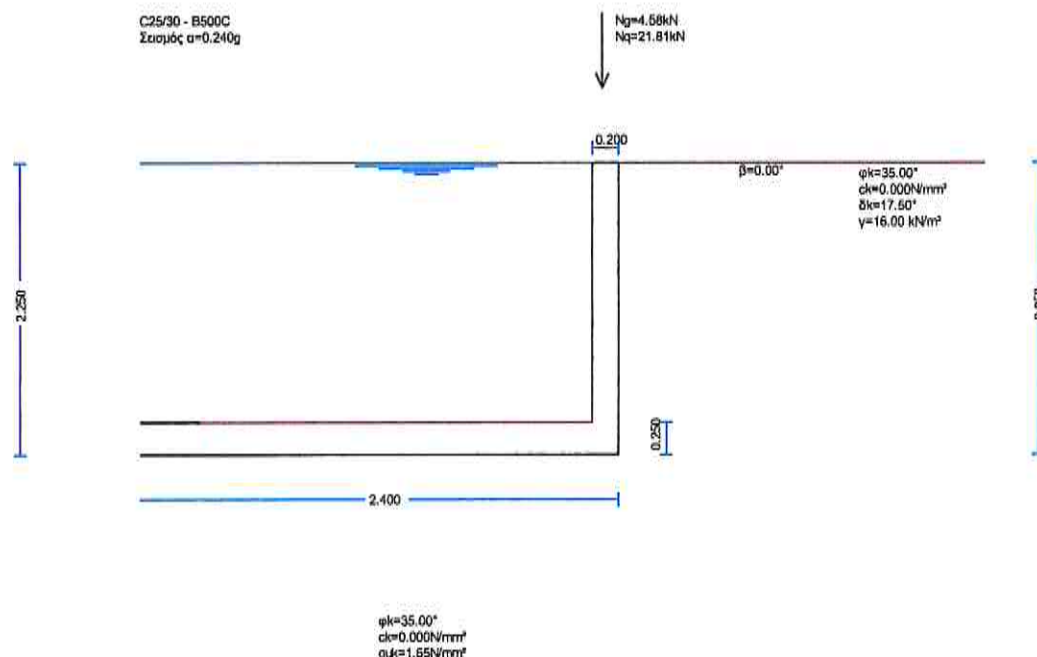
**Β2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΑΧΟΥΣ 20cm ΚΑΙ ΠΛΑΚΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΠΑΧΟΥΣ 25cm  
ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΕΚΚΕΝΩΣΗΣ-ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΟΥ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ  
2,00x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΒΑΡΥΤΙΚΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ,  
ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200mm**

## Project Beton

## 1. 2Χ2Χ2 ΔΕΥΑΜ ΦΡ

Τοίχος αντιστήριξης ωπλισμένου σκυροδέματος, Δεξαμενή νερού-πισίνα

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, EC7 EN1997-1-1:2004, EC8 EN1998-5:2004, +NA-ELOT:2010)



## 2. Στοιχεία τοίχου-Παράμετροι-Κανονισμοί

## Διαστάσεις

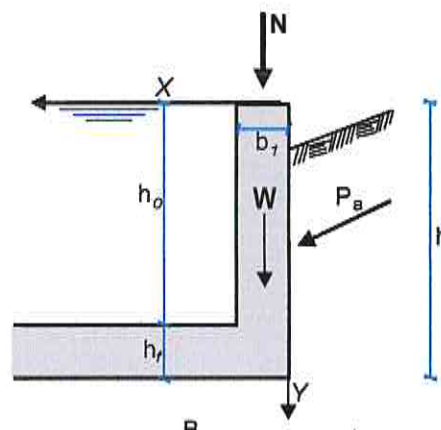
Ολικό ύψος τοίχου	$h = 2.250 \text{ m}$
Πλάτος πισίνας	$B = 2.400 \text{ m}$
Μήκος πισίνας	$L = 2.400 \text{ m}$
Υψος κορμού τοίχου	$h_o = 2.000 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην κορυφή	$b_1 = 0.200 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην βάση	$b_2 = 0.200 \text{ m}$
Πάχος πυθμένα	$h_f = 0.250 \text{ m}$
Γωνία εμπρός παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$
Γωνία πίσω παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$

## Φορτία στην κορυφή

Κατακόρυφο μόνιμο φορτίο	$N_g = 4.58 \text{ kN/m}$
Κατακόρυφο κινητό φορτίο	$N_q = 21.81 \text{ kN/m}$

## Βάρος τοίχου

Ειδικό βάρος υλικού τοίχου	$\gamma_g = 25.000 \text{ kN/m}^3$
Εμβαδόν διατομής τοίχου	$A = 0.450 \text{ m}^2$
Ιδίο βάρος τοίχου ανά μέτρο	$W = 0.450 \times 25.000 = 11.25 \text{ kN/m}$
Κέντρο βάρους τοίχου	$x = 0.100 \text{ m}, y = 1.125 \text{ m} (x_o = 0.100 \text{ m}, y_o = 1.125 \text{ m})$
Πλάκα πυθμένα πισίνας	$q_f = 0.250 \times 25.000 = 6.25 \text{ kN/m}$



**Υλικά κατασκευής**

Τοίχος πρισίνας : Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C  
 : Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm  
 Πλάκα πυθμένα πρισίνας: Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C  
 : Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm

(EN1992-1-1, §3  
 (EN1992-1-1, §4.4.1

**3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες**

(EC7 Πιν. Α.1-Α.4, EC8-5 §3.1

Οριακή κατάσταση Ισοροπίας (EQU), Δομικού τύπου (STR), Γεωτεχνικού τύπου (GEO)

		( EQU )	( STR/GEO )	( Σεισμός )	
		( A1+M1 )			
Δράση	Μόνιμη Δυσμενής	γGdst:	1.10	1.35	1.00
	Μόνιμη Ευνοϊκή	γGstb:	0.90	1.00	1.00
	Μεταβλητή Δυσμενής	γQdst:	1.50	1.50	1.00
	Μεταβλητή Ευνοϊκή	γQstb:	0.00	0.00	0.00
Εδαφικές ιδιότητες	Γωνία διατμητικής αντοχής	γφ:	1.25	1.00	1.00
	Συνοχή c	γc:	1.25	1.00	1.00
	Διατμητική αντοχή cu	γcu:	1.40	1.00	1.00
	Θλιπτική αντοχή qu	γqu:	1.40	1.00	1.00
	Βάρος	γw:	1.00	1.00	1.00

 $\gamma_R, v(R2)=1.40, \gamma_{R,h}(R2)=1.10, \gamma_{R,e}(R2)=1.40$ 
**4. Υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας εδάφους**

(EC7 EN1997-1-1:2004 Παράρτημα D

Αποστράγγιστη διατμητική αντοχή  $c_{uk}=400.0 \text{ kPa}$   
 Ενεργός τριβή εδάφους  $\phi_k = 35.0^\circ$   
 Ενεργός συνοχή εδάφους  $c_k = 0.0 \text{ kPa}$   
 Ειδικό βάρος  $\gamma_k = 18.0 \text{ kN/m}^3$

Μήκος πεδίου  $L_x=B=2.40 \text{ m}$   
 Πλάτος πεδίου  $L_y=L=2.40 \text{ m}$   
 Βάθος θεμελίωσης  $d=2.00 \text{ m}$

Κατακόρυφο φορτίο  $N_{ed}=215 \text{ kN}$   
 Οριζόντιο φορτίο  $H_{ed}=0 \text{ kN}$   
 Ροπή  $M_{ed}=0 \text{ kNm}$

**4.1. Συνθήκες πλήρους στράγγισης**

(EC7 EN1997-1-1:2004 Παράρτημα D.4)

Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) (EQU)

Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_\phi=1.25 \gamma_c=1.25$   
 $B'/L'=2.40/2.40=1.00, A'=B' \cdot L'=2.40 \times 2.40=5.76 \text{ m}^2$   
 $\phi_k=35.0, \tan(\phi_d)=\tan(\phi_k)/\gamma_\phi=0.700/1.25=0.560, \phi_d=29.26^\circ$   
 $c_k=0.0, c_d=c_k/\gamma_c=0.0/1.25=0.0 \text{ kPa}, A' \cdot c_d \cdot \cot(\phi_d)=5.76 \times 0.0 \times 1.785=0 \text{ kN}$

$N_q=e^{\pi \cdot \tan(\phi_d)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi_d/2) = e^{\pi \cdot \tan(29.26)} \cdot \tan^2(59.63) = e^{1.760} \times 1.707^2 = 16.9$   
 $N_c=(N_q-1) \cdot \cot(\phi_d) = (16.9-1) \times \cot(29.26) = 15.9 \times 1.785 = 28.4$   
 $N_\gamma=2(N_q-1) \cdot \tan(\phi_d) = 2 \times (16.9-1) \times \tan(29.26) = 2 \times 15.9 \times 0.560 = 17.8$   
 $q'=\gamma_k \cdot d = 18.00 \times 2.00 = 36.0 \text{ kPa}$

$s_q=1+(B'/L') \sin(\phi_d) = 1+1.00 \times \sin(29.26) = 1.49$   
 $s_c=(s_q \cdot N_q-1)/(N_q-1) = (1.49 \times 16.9-1)/(16.9-1) = 24.181/15.9 = 1.52$   
 $s_\gamma=1-0.3(B'/L') = 1-0.3 \times (1.00) = 0.70$   
 $H=0, i_c=1, i_q=1, i_\gamma=1$

$R/A' = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$   
 $= 0.0 \times 28.4 \times 1.52 \times 1.00 + 36.0 \times 16.9 \times 1.49 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 2.40 \times 17.8 \times 0.70 \times 1.00 =$   
 $= 0.0 + 906.5 + 269.1 = 1175.7 \text{ kPa}$

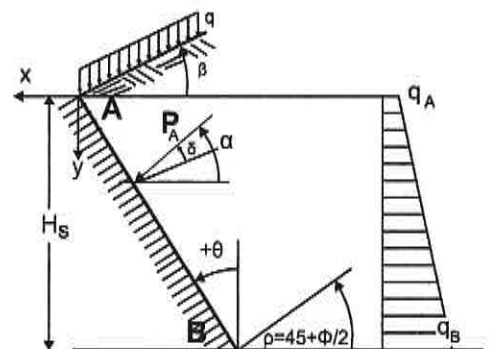
Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους  $q_{ud}=1175.7 \text{ kPa} = 1.176 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα αντίσταση  $q_{uk}=1175.7 \cdot \gamma_{qu} = 1175.7 \times 1.40 = 1646.0 \text{ kPa} = 1.646 \text{ N/mm}^2$

Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) (STR/GEO A1+M1)Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_{\phi} = 1.00$   $\gamma_c = 1.00$  $B'/L' = 2.40/2.40 = 1.00$ ,  $A' = B' \times L' = 2.40 \times 2.40 = 5.76 \text{ m}^2$  $\phi_k = 35.0$ ,  $\tan(\phi_d) = \tan(\phi_k) / \gamma_{\phi} = 0.700 / 1.00 = 0.700$ ,  $\phi_d = 35.00^\circ$  $c_k = 0.0$ ,  $c_d = c_k / \gamma_c = 0.0 / 1.00 = 0.0 \text{ kPa}$ ,  $A' \cdot c_d \cdot \cot(\phi_d) = 5.76 \times 0.0 \times 1.428 = 0 \text{ kN}$  $N_q = e^{-\pi \cdot \tan(\phi_d)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi_d/2) = e^{-\pi \cdot \tan(35.00)} \cdot \tan^2(62.50) = e^{-2.200} \times 1.921^2 = 33.3$  $N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi_d) = (33.3 - 1) \times \cot(35.00) = 32.3 \times 1.428 = 46.1$  $N_{\gamma} = 2(N_q - 1) \cdot \tan(\phi_d) = 2 \times (33.3 - 1) \times \tan(35.00) = 2 \times 32.3 \times 0.700 = 45.2$  $q' = \gamma_k \cdot d = 18.00 \times 2.00 = 36.0 \text{ kPa}$  $s_q = 1 + (B'/L') \sin(\phi_d) = 1 + 1.00 \times \sin(35.00) = 1.57$  $s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) = (1.57 \times 33.3 - 1) / (33.3 - 1) = 51.281 / 32.3 = 1.59$  $s_{\gamma} = 1 - 0.3(B'/L') = 1 - 0.3 \times (1.00) = 0.70$  $H = 0$ ,  $i_c = 1$ ,  $i_q = 1$ ,  $i_{\gamma} = 1$  $R/A' = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} =$  $= 0.0 \times 46.1 \times 1.59 \times 1.00 + 36.0 \times 33.3 \times 1.57 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 2.40 \times 45.2 \times 0.70 \times 1.00 =$  $= 0.0 + 1882.1 + 683.4 = 2565.5 \text{ kPa}$ Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους  $q_{ud} = 2565.5 \text{ kPa} = 2.566 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα αντίσταση  $q_{uk} = 2565.5 \cdot \gamma_{qu} = 2565.5 \times 1.40 = 3591.7 \text{ kPa} = 3.592 \text{ N/mm}^2$ Θλιπτική αντοχή εδάφους  $q_{uk} = \min(1.65, 3.59) = 1.65 \text{ N/mm}^2$ Συνθήκες πλήρους στράγγισης, Θλιπτική αντοχή εδάφους  $q_{uk} = 1.65 \text{ N/mm}^2$ **5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσης**Θλιπτική αντοχή εδάφους στη βάση  $q_u = 1.65 \text{ N/mm}^2$ Γωνία τριβής εδάφους στη βάση  $\phi = 35.00^\circ$ , συντελεστής τριβής  $\tan(\phi) = 0.700$ Μοντέλο θεμελίωσης Winkler  $K_s = 100000 \text{ kNm}^2/\text{m}$ **6. Σεισμικοί συντελεστές**

(EC8 EN1998-5:2004, §7.3.2)

Ανηγμένη σεισμική επιτάχυνση εδάφους  $\alpha_g = \alpha_{xg}$ ,  $\alpha = 0.24$  (EC8-5 §7.3.2)Κατακόρ./οριζ. σεισμική επιτάχυνση  $\alpha_{vg} / \alpha_g = 0.90$  (EC8 §3.2.2.3)Συντ. θεμελίωσης  $S = 1.00$  (EC8 §3.2.2.2)Συντ. σπουδαιότητας κτιρίου  $\gamma_I = 1.00$  (EC8 §3.2.1, T.4.3)Μειωτικός συντελεστής συμπεριφοράς  $r = 1.50$  (EC8-5 Πίνακας 7.1)Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής  $k_h = 1.00 \times 0.24 \times 1.00 / 1.500 = 0.160$  (EC8-5 Εξ.7.1)Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής  $k_v = 0.50 \times 0.160 = 0.080$  (EC8-5 Εξ.7.2)**Σεισμικές δυνάμεις (εκτός δυνάμεων λόγω ώθησης γαιών)**Οριζόντια δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους  $F_{wx} = 11.25 \times 0.160 = 1.80 \text{ kN/m}$ Κατακόρυφη δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους  $F_{wy} = 11.25 \times 0.080 = 0.90 \text{ kN/m}$ Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_g$   $F_{gx} = 4.58 \times 0.160 = 0.73 \text{ kN/m}$ Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_g$   $F_{gy} = 4.58 \times 0.080 = 0.37 \text{ kN/m}$ Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_q$   $F_{qx} = 21.81 \times 0.160 = 3.49 \text{ kN/m}$ Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_q$   $F_{qy} = 21.81 \times 0.080 = 1.74 \text{ kN/m}$ **7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)****7.1. Τμήμα τοίχου από  $Y=0.000 \text{ m}$  έως  $Y=2.250 \text{ m}$ ,  $H_s=2.250 \text{ m}$** Ανω Σημείο A  $x = 0.000 \text{ m}$   $y = 0.000 \text{ m}$ Κάτω Σημείο B  $x = 0.000 \text{ m}$   $y = 2.250 \text{ m}$ **Ιδιότητες εδάφους**

Τύπος εδάφους : Αμμοχάλικο

Ειδικό βάρος ξηρού εδάφους  $\gamma = 16.00 \text{ kN/m}^3$ Ειδικό βάρος κορεσμένου εδάφους  $\gamma_s = 20.00 \text{ kN/m}^3$ Ειδικό βάρος νερού  $\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3$ Γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους  $\phi = 35.00^\circ$ Συντελεστής συνεκτικότητας εδάφους  $c = 0.000 \text{ N/mm}^2$ Γωνία επιφάνειας εδάφους με οριζόντια  $\beta = 0.00^\circ$ Γωνία πίσω παρειάς τοίχου με κατακόρυφο  $\theta = 0.00^\circ$ Γωνία τριβής μεταξύ τοίχου και εδάφους  $\delta = 17.50^\circ$ 

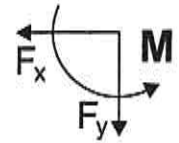
**Ωθηση σύμφωνα με θεωρία Coulomb**

	EQU	A1+M1
Γωνία επιπέδου ολίσθησης $\rho=45^\circ+\varphi/2=$	59.00	62.50°
Συντελεστής ενεργητικής ώθησης $K_a =$	0.326	0.246
Ωθηση γαιών καθ ύψος $q(y)=q_A+\gamma \cdot y \cdot K_a$		

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

**Μόνιμες δράσεις**

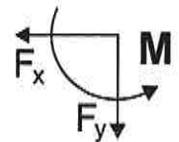
	EQU	A1+M1
Ωθηση (πίεση) στην κορυφή ( $y=y_A$ )	$q_A = 0.00$	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Ωθηση (πίεση) στην βάση ( $y=y_A+2.25$ m)	$q_B = 11.74$	8.86 kN/m <sup>2</sup>
Ωθηση (δύναμη) γαιών $P_a = \frac{1}{2}(q_A+q_B)H$	$P_a = 13.21$	9.97 kN/m
Γωνία ώθησης γαιών	$\alpha = 14.00$	17.50°
Ωθηση γαιών κατά x κατεύθυνση	$P_{ax} = 12.82$	9.51 kN/m
Ωθηση γαιών κατά y κατεύθυνση	$P_{ay} = 3.20$	3.00 kN/m
Ροπή ώθησης γαιών ως προς σημείο ( $x=0, y=0$ )	$M = -19.23$	-14.27 kNm/m
Σημείο εφαρμογής ώθησης γαιών $x=$	0.000 m,	$y= 1.500$ m

**Σύνολα δυνάμεων και ροπών**

Δυνάμεις και ροπές στο κάτω σημείο B ( $x=0.000$  m,  $y=2.250$  m)

**Μόνιμες δράσεις**

	EQU	A1+M1
Συνολική οριζόντια ώθηση γαιών	$F_{sx} = 12.82$	9.51 kN/m
Συνολική κατακόρυφη ώθηση γαιών	$F_{sy} = 3.20$	3.00 kN/m
Συνολική ροπή ώθησης γαιών	$M_s = 9.61$	7.13 kNm/m

**Σεισμικές δυνάμεις**

(EC8 EN1998-5:2004, §7.3.2, Παράρτημα E)

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής  $k_h=1.00 \times 0.24 \times 1.00 / 1.500 = 0.160$

(EC8-5 Εξ.7.1, Τ.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής  $k_v=0.50 \times 0.160 = 0.080$

(EC8-5 Εξ.7.2)

Εδαφος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα

(EC8-5 Παράρτημα E.5)

$\tan(\omega) = k_h / (1 - k_v) = 0.160 / (1 - 0.080) = 0.174$ ,  $\omega = 9.87^\circ$

Method Mononobe-Okabe (EC8-5 Παράρτημα E.4)

για ώθηση γαιών κατά τη διάρκεια σεισμού

Συντελεστής ενεργητικής ώθησης,  $K_e^*(STR) = 0.359$

Πρόσθετη πίεση εδάφους λόγω σεισμού

επί της STR κατάστασης φόρτισης  $\xi = (K_e^*/K_e - 1) = (0.359/0.246 - 1) = 0.459$

$$K_E = \frac{\cos^2(\varphi-\omega-\theta)}{\cos\omega \cos^2\theta \cos(\delta+\theta+\omega) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\omega-\beta)}{\cos(\theta+\omega+\delta)\cos(\theta-\beta)}} \right]^2}$$

Δύναμη εδάφους λόγω σεισμικού φορτίου (Μόνιμες δράσεις )  $F_x = 1.459 \times 9.51 = 13.88$  kN/m

**8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πισίνας σε ελαστικό έδαφος.**

Χρησιμοποιούνται 2-διαστάσεων ραβρωτά στοιχεία. Οι κόμβοι του πυθμένα στηρίζονται

σε ελατήρια με ιδιότητες που προκύπτουν από το μοντέλο θεμελίωσης Winkler.

Τα κατακόρυφα στοιχεία τοίχων φορτίζονται με τριγωνική ώθηση γαιών από έξω προς τα μέσα.

Ομοιόμορφο φορτίο νερού στον πυθμένα και τριγωνικό στους τοίχους λαμβάνεται υπ όψη.

Από την ανάλυση υπολογίζονται οι πιέσεις εδάφους και οι εωτερικές δυνάμεις διατομών.

Μοντέλο θεμελίωσης Winkler  $K_s = 100000$  kN/m<sup>2</sup>/m

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E = 31.0$  GPa

Πάχος πυθμένα πισίνας  $h = 0.250$  m

Πλάτος πισίνας  $L = 2.400$  m

**8.1. Κόμβοι κατασκευής**

Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]
1	0.000	2.125	2	0.000	1.063	3	0.000	0.000
4	0.000	-1.000	5	0.150	0.000	6	0.150	-1.000
7	0.300	0.000	8	0.300	-1.000	9	0.450	0.000
10	0.450	-1.000	11	0.600	0.000	12	0.600	-1.000
13	0.750	0.000	14	0.750	-1.000	15	0.900	0.000
16	0.900	-1.000	17	1.050	0.000	18	1.050	-1.000
19	1.200	0.000	20	1.200	-1.000	21	1.350	0.000
22	1.350	-1.000	23	1.500	0.000	24	1.500	-1.000
25	1.650	0.000	26	1.650	-1.000	27	1.800	0.000
28	1.800	-1.000	29	1.950	0.000	30	1.950	-1.000
31	2.100	0.000	32	2.100	-1.000	33	2.250	0.000
34	2.250	-1.000	35	2.400	0.000	36	2.400	-1.000
37	2.400	1.063	38	2.400	2.125			

**8.2. Στηρίξεις κατασκευής**κύλιση  $\delta x=0$  κόμβοι: [17]πάκτιση  $\delta x=\delta y=\delta \phi=0$  κόμβοι: [4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36]**8.3. Στοιχεία κατασκευής**

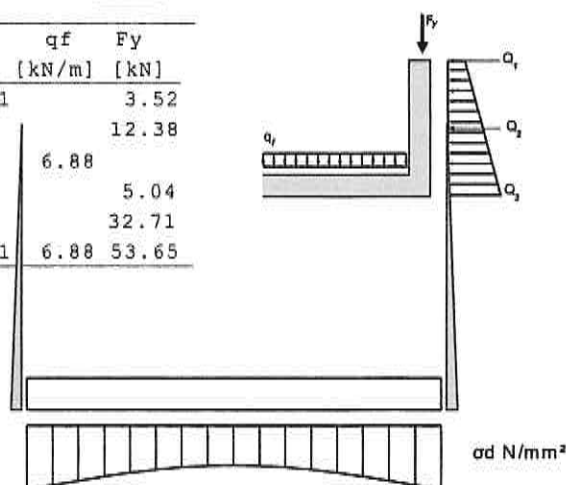
Στοιχ.	κόμβ.-1	κόμβ.-2	μήκος (mm)	γωνία(°)	E (MPa)	$\Lambda$ (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )
1	2	1	1.063	90.00	31000	0.200	0.667x10 <sup>-3</sup>
2	3	2	1.063	90.00	31000	0.200	0.667x10 <sup>-3</sup>
3	38	37	1.063	270.00	31000	0.200	0.667x10 <sup>-3</sup>
4	37	35	1.063	270.00	31000	0.200	0.667x10 <sup>-3</sup>
5	3	5	0.150	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
6	5	7	0.150	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
7..19	7..	9..	0.150	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
20	33	35	0.150	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
21	3	4	1.000	270.00	15	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
22	5	6	1.000	270.00	15	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
23..35	7..	8..	1.000	270.00	15	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
36	33	34	1.000	270.00	15	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
37	35	36	1.000	270.00	15	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>

**9. Ελεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (EQU)**

(EC7 §6.5.2)

**9.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (EQU)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	8.30	5.81		3.52
Βάρος τοίχου	W x1.10					12.38
Βάρος πυθμένα	σfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					5.04
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					32.71
Σύνολα=		0.00	8.30	5.81	6.88	53.65

**9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων****Κομβικά φορτία**

Fy=-53.65kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 8.30kN κόμβοι: [2], Fx= -8.30kN κόμβοι: [37]

Fx= 5.81kN κόμβοι: [3], Fx= -5.81kN κόμβοι: [35]

**Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς**

q= 6.88kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**9.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.063 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.063 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-53.65\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 14.11\text{kN}$ ,  $M_{ed}= -8.82\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}=-14.11\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 44.80\text{kN}$ ,  $M_{ed}=-17.45\text{kNm}$

**9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.063 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.650/1.40=1.179 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.063 < q_u/\gamma_M=1.179 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**9.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πίσίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (EQU)**

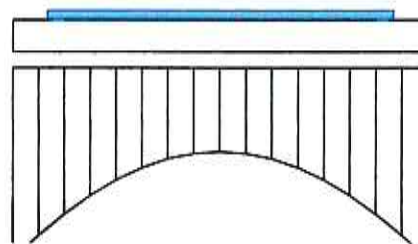
Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Βάρος τοίχου	W x1.10					12.38
Βάρος πυθμένα	σfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					5.04
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					32.71
Πίεση νερού εσωτερικά	qx1.10	-1.95-11.00	-9.05	22.00		
Σύνολο=		-1.95-11.00	-9.05	28.88	50.13	

**9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-50.13\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x=-1.95\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 1.95\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x=-11.00\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 11.00\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x=-9.05\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 9.05\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=28.88\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]sd N/mm<sup>2</sup>**9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.101 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.101 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-50.13\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-22.00\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 15.83\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 22.00\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 37.09\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 34.21\text{kNm}$ **9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.101 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.650/1.40=1.179 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.101 < q_u/\gamma_M=1.179 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πίσίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (EQU)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	8.30	5.81		3.52
Βάρος τοίχου	W x1.10					12.38
Βάρος πυθμένα	σfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					5.04
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					32.71
Πίεση νερού εσωτερικά	qx1.10	-1.95-11.00	-9.05	22.00		
Σύνολο=		-1.95	-2.70	-3.24	28.88	53.65



**9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-53.65kN κόμβοι: [1,38]

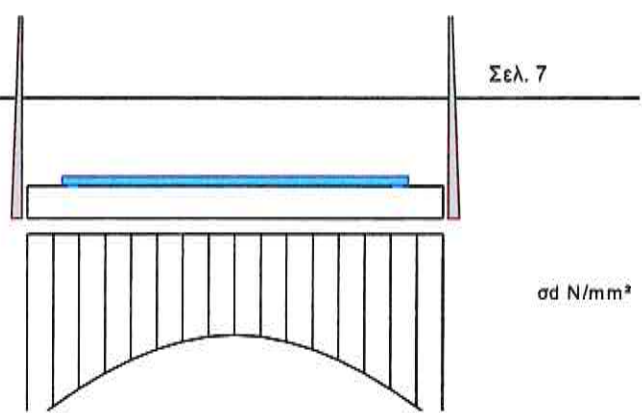
Fx= -1.95kN κόμβοι: [1], Fx= 1.95kN κόμβοι: [38]

Fx= -2.70kN κόμβοι: [2], Fx= 2.70kN κόμβοι: [37]

Fx= -3.24kN κόμβοι: [3], Fx= 3.24kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=28.88kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.097 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.097 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-53.65\text{kN}$ ,  $V_{ed}= -7.89\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 7.01\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 7.89\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 41.21\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 28.98\text{kNm}$ **9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.097 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.650/1.40=1.179 \text{ N/mm}^2$ 

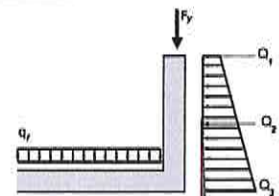
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.097 < q_u/\gamma_M=1.179 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**10. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 §6.5.2)

**10.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.35	0.00	7.55	5.29		4.05
Βάρος τοίχου	W x1.35					15.19
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					6.18
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					32.71
	Σύνολο=	0.00	7.55	5.29	8.44	58.13

**10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-58.13kN κόμβοι: [1,38]

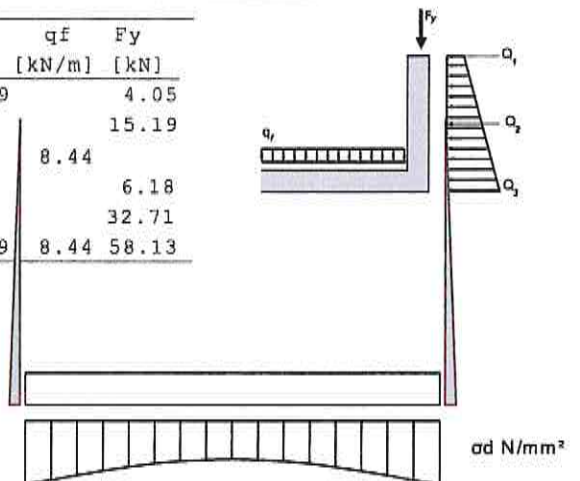
Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 7.55kN κόμβοι: [2], Fx= -7.55kN κόμβοι: [37]

Fx= 5.29kN κόμβοι: [3], Fx= -5.29kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 8.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.070 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.070 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-58.13\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 12.84\text{kN}$ ,  $M_{ed}= -8.02\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}=-12.84\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 48.26\text{kN}$ ,  $M_{ed}=-20.06\text{kNm}$ **10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.070 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.650/1.40=1.179 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.070 < q_u/\gamma_M=1.179 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται

**10.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	W x1.35					15.19
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					6.18
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					32.71
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-2.39	-13.50	-11.11	27.00	
	Σύνολο=	-2.39	-13.50	-11.11	35.44	54.08

**10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-54.08kN κόμβοι: [1,38]

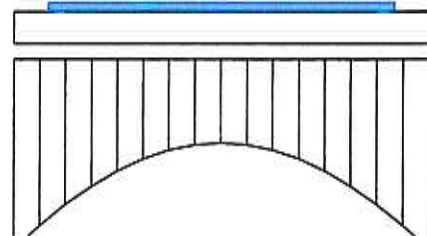
Fx= -2.39kN κόμβοι: [1], Fx= 2.39kN κόμβοι: [38]

Fx=-13.50kN κόμβοι: [2], Fx= 13.50kN κόμβοι: [37]

Fx=-11.11kN κόμβοι: [3], Fx= 11.11kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=35.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

σd N/mm<sup>2</sup>**10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.115 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.115 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-54.08kN, Ved=-27.00kN, Med= 19.42kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 27.00kN, Ved= 39.42kN, Med= 38.59kNm

**10.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

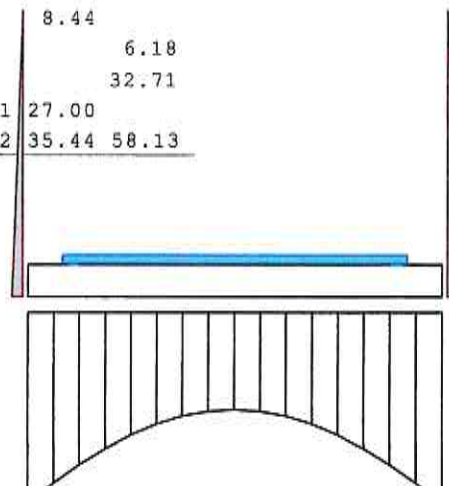
(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους σd=0.115 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.650/1.40=1.179 N/mm<sup>2</sup>

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους σd=0.115 < qu/γM=1.179 N/mm<sup>2</sup> , Έλεγχος ικανοποιείται**10.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Paх1.35	0.00	7.55	5.29		4.05
Βάρος τοίχου	W x1.35					15.19
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					6.18
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					32.71
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-2.39	-13.50	-11.11	27.00	
	Σύνολο=	-2.39	-5.95	-5.82	35.44	58.13

σd N/mm<sup>2</sup>**10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-58.13kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -2.39kN κόμβοι: [1], Fx= 2.39kN κόμβοι: [38]

Fx= -5.95kN κόμβοι: [2], Fx= 5.95kN κόμβοι: [37]

Fx= -5.82kN κόμβοι: [3], Fx= 5.82kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=35.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.113 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.113 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-58.13kN, Ved=-14.16kN, Med= 11.40kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 14.16kN, Ved= 43.88kN, Med= 34.21kNm

**10.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.113 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.650/1.40=1.179 \text{ N/mm}^2$ 

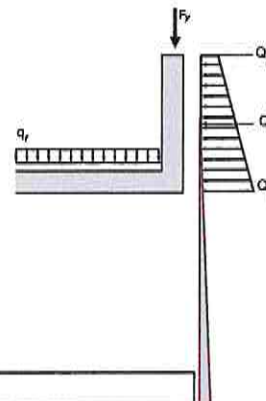
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.113 < q_u/\gamma_M=1.179 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**11. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 §6.5.2) (με σεισμό)

**11.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.46	0.00	8.16	5.71		4.38
Βάρος τοίχου	W x1.16					13.05
Βάρος πυθμένα	gfx1.16				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.16					5.31
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.16					25.30
	Σύνολο=	0.00	8.16	5.71	7.25	48.04

**11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-48.04kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 8.16kN κόμβοι: [2], Fx= -8.16kN κόμβοι: [37]

Fx= 5.71kN κόμβοι: [3], Fx= -5.71kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 7.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.056 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.056 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ 

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-48.04kN, Ved= 13.87kN, Med= -8.67kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned=-13.87kN, Ved= 40.15kN, Med=-14.99kNm

**11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.056 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.650/1.40=1.179 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.056 < q_u/\gamma_M=1.179 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Βάρος τοίχου	W x1.16					13.05
Βάρος πυθμένα	gfx1.16				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.16					5.31
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.16					25.30
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.16	-2.05-11.60	-9.55	23.20		
	Σύνολο=	-2.05-11.60	-9.55	30.45	43.66	

**11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-43.66kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -2.05kN κόμβοι: [1], Fx= 2.05kN κόμβοι: [38]

Fx=-11.60kN κόμβοι: [2], Fx= 11.60kN κόμβοι: [37]

Fx= -9.55kN κόμβοι: [3], Fx= 9.55kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=30.45kN/m στοιχεία: [5,...,20]



**11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.096 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.096 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-43.66\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-23.20\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 16.69\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 23.20\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 31.56\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 31.87\text{kNm}$

**11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

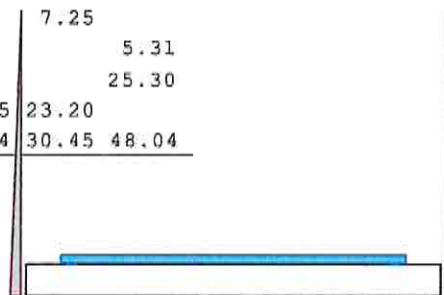
(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.096 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.650/1.40=1.179 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.096 < q_u/\gamma_M=1.179 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**11.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.46	0.00	8.16	5.71		4.38
Βάρος τοίχου	W x1.16					13.05
Βάρος πυθμένα	gfx1.16				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.16					5.31
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.16					25.30
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.16	-2.05	-11.60	-9.55	23.20	
Σύνολο=		-2.05	-3.44	-3.84	30.45	48.04

**11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-48.04\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x= -2.05\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 2.05\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x= -3.44\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 3.44\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x= -3.84\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 3.84\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=30.45\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.093 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.093 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-48.04\text{kN}$ ,  $V_{ed}= -9.33\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 8.02\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 9.33\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 36.37\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 27.14\text{kNm}$ **11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.093 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.650/1.40=1.179 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.093 < q_u/\gamma_M=1.179 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**12. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC7 §6.5.2)

**12.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.00	0.00	5.59	3.92		3.00
Βάρος τοίχου	W x1.00					11.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					4.58
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					21.81
Σύνολο=		0.00	5.59	3.92	6.25	40.64

**12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-40.64kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 5.59kN κόμβοι: [2], Fx= -5.59kN κόμβοι: [37]

Fx= 3.92kN κόμβοι: [3], Fx= -3.92kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 6.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.049 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.049 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-40.64kN, Ved= 9.51kN, Med= -5.94kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= -9.51kN, Ved= 33.76kN, Med=-13.76kNm

**12.4. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Βάρος τοίχου	W x1.00					11.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					4.58
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					21.81
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-1.77-10.00	-8.23	20.00		
	Σύνολα=	-1.77-10.00	-8.23	26.25	37.64	

**12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-37.64kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -1.77kN κόμβοι: [1], Fx= 1.77kN κόμβοι: [38]

Fx=-10.00kN κόμβοι: [2], Fx= 10.00kN κόμβοι: [37]

Fx= -8.23kN κόμβοι: [3], Fx= 8.23kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=26.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.083 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.083 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-37.64kN, Ved=-20.00kN, Med= 14.39kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 20.00kN, Ved= 27.22kN, Med= 27.48kNm

**12.7. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.00	0.00	5.59	3.92		3.00
Βάρος τοίχου	W x1.00					11.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					4.58
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					21.81
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-1.77-10.00	-8.23	20.00		
	Σύνολα=	-1.77	-4.41	-4.31	26.25	40.64

**12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-40.64kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -1.77kN κόμβοι: [1], Fx= 1.77kN κόμβοι: [38]

Fx= -4.41kN κόμβοι: [2], Fx= 4.41kN κόμβοι: [37]

Fx= -4.31kN κόμβοι: [3], Fx= 4.31kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=26.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.081 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.081 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-40.64kN, Ved=-10.49kN, Med= 8.45kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 10.49kN, Ved= 30.51kN, Med= 24.24kNm

**13. Σχεδιασμός τοίχου πρίσνας**

(EC2 EN1992-1-1:2004)

**13.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυρόδεμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)

Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)

Επικάλυψη οπλισμού : Cnom=50 mm (EC2 §4.4.1)

Βάρος σκυροδέματος : 25.0 kN/m<sup>3</sup>

γc=1.50, γs=1.15 (EC2 Πίνακας 2.1N)

fcd=acc·fck/γc=0.85x25/1.50=14.17 MPa (EC2 §3.1.6)

fctd=act·fctk0.05/γc=0.85x1.8/1.50=1.02 MPa (EC2 §3.1.6)

fyd=fyk/γs=500/1.15=435 MPa (EC2 §3.2.7)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος Ecm=31.0 GPa

**13.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου h=200mm

Ροπή κάμψης Med= 19.42kNm (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -54.08kN (ULS)

Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

(σc=fcd[1-(1-εc/εc2)<sup>2</sup>], fcd=14.17MPa, εc2=0.0020, εcu2=0.0035, fyd=435MPa)Med= 19.42kNm/m, d=150mm, Kd= 3.40 x/d=0.09 εc2/εs1=-2.1/20.0 ks=2.38, As= 3.09cm<sup>2</sup>/mελάχιστος οπλισμός, As>=0.26bd·fctm/fyk=2.03cm<sup>2</sup>/m, s<=400mm, s'<=450mm (EC2 §9.3.1)ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m), δευτερεύων Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)

Οπλισμός σε μπρός και πίσω όψεις τοίχου

κύριος οπλισμός Ø12/15.0 ( 7.53cm<sup>2</sup>/m), δευτερεύων Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)**13.3. Έλεγχος σε διάτμηση Ved<=Vrd**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτίαΠάχος τοίχου και οπλισμός h=200mm, d=150mm, As=753mm<sup>2</sup>

Τέμνουσα δύναμη Ved= 27.00kN (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -54.08kN (ULS)

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [Crdc \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.a)  
 $V_{rdc} > (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot bw \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.b)  
 $Crdc = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25\text{MPa}$ ,  $bw = 1000\text{mm}$ ,  $d = 150\text{mm}$   
 $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 2.00$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $\rho_l = A_{s1}/(bw \cdot d) = 753/(1000 \times 150) = 0.0050$   
 $\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = -1000 \times 54.08/200000 = -0.27\text{N/mm}^2$   
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49\text{N/mm}^2$ , (EC2 Εξ.6.3N)  
 $V_{rd, c(min)} = 0.001 \times (0.49 - 0.15 \times 0.27) \times 1000 \times 150 = 67.43\text{kN/m}$   
 $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.50 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.27] \times 1000 \times 150 = 77.47\text{kN/m}$   
 $V_{ed} = 27.00\text{ kN/m} \leq V_{rdc} = 77.47\text{ kN/m}$ , διάτμηση OK

**13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών**

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης (EC2 Εξ.8.3)  
 $l_b, r_{qd} = (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (12/4) \times (179/1.61) = 333\text{mm}$   
 $\sigma_{sd} = 435.00 \times 309/753 = 179\text{MPa}$ ,  $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61\text{ MPa}$  (EC2 §8.4.2)  
 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{bd} = 0.70 \times 333 = 233\text{mm}$ ,  $C_{nom} = 50\text{mm} > 3 \times 12 = 36\text{mm} = (3\emptyset)$  (EC2 §8.4.4, T.8.2)  
 Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης  $l_b, min = \max(0.30 l_b r_{qd}, 10\emptyset, 100\text{mm}) = 120\text{mm}$   
 Απαραίτητο άγκιστρο 120mm στο κάτω άκρο των ράβδων οπλισμού

**13.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου και οπλισμός  $h = 200\text{mm}$ ,  $d = 150\text{mm}$ ,  $A_s = 753\text{mm}^2$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed} = 14.39\text{kNm}$  (SLS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed} = -37.64\text{kN}$  (SLS)  
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed} = 20.00\text{kN}$  (ULS)

**13.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s, min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct, eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b = 1.000\text{m}$ ,  $b_{eff} = 1.000\text{m}$ ,  $h = 0.200\text{m}$ ,  $d = 0.150\text{m}$ ,  $N = -37.64\text{kN}$ ,  $\sigma_c = (N/bh) = -0.19\text{N/mm}^2$ ,  $\Phi = 12\text{mm}$   
 $\max(h, b_l) = 200\text{mm}$ ,  $f_{ctm} = 2.60\text{N/mm}^2$ ,  $h_{c, eff} = 2.50 \times (h - d) = 125\text{mm}$ ,  $k = 1.00$ ,  $k_c = 0.44$  (EC2 Εξ.7.2)  
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής,  $A_{s, min} = 0.44 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125/500 = 286\text{mm}^2 = 2.86\text{cm}^2$   
 Έλεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής  $w_k = 0.3\text{mm}$ , για διάμετρο οπλισμού  $\emptyset = 12\text{mm}$   
 $\emptyset_s = \emptyset_s (f_{ctm}/2.9) [k_c \cdot h_{c, eff}/2(h-d)]$ ,  $\emptyset_s = 12\text{mm}$ ,  $\emptyset$  (EC2 Εξ.7.6N)  
 Διάμετρο οπλισμού  $= 30\text{mm}$ , εύρος ρωγμής  $w_k = 0.3\text{mm}$ , τάση χάλυβα  $\sigma_s = 171\text{N/mm}^2$  (EC2 Πιν. 7.2N)  
 Ελαχ. οπλισμός για  $w_k = 0.3\text{mm}$ ,  $\emptyset = 12\text{mm}$ ,  $A_{s, min} = 0.44 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125/171 = 836\text{mm}^2 = 8.36\text{cm}^2$

$M_{ed}(SLS) = 14.39\text{ kNm}$ ,  $V_{ed}(SLS) = 20.00\text{ kN}$ ,  $N_{ed}(SLS) = -37.64\text{ kN}$

Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\phi(\infty, t_0) = 2.50$

(EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs} = -0.30\%$

$\gamma_c = 1.00$ ,  $\gamma_s = 1.00$

(EC2 §2.4.2.4.2)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm} = 31.0\text{GPa}$ ,  $E_{c, eff} = 31.0/(1+2.50) = 8.86\text{GPa} = 8860\text{MPa}$

(EC2 Εξ.7.20)

Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s = 200\text{GPa} = 200000\text{MPa}$

Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s/E_c = 200/31.0 = 6.45$ , ενεργό  $E_s/E_c, eff = 200/8.86 = 22.57$

Εφελκόμενος οπλισμός:  $\emptyset 12/150$  (  $7.53\text{cm}^2/\text{m}$  ), θλιβόμενος οπλισμός:  $\emptyset 12/150$  (  $7.53\text{cm}^2/\text{m}$  )

Λόγος οπλισμών  $\rho = A_{s1}/(b \cdot d) = 753/(1000 \times 150) = 0.005$ ,  $\rho' = A_{s2}/(b \cdot d) = 753/(1000 \times 150) = 0.005$

**13.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)**

Δυσκαμψία αρηγμάτωσης διατομής,  $EI = (200/22.57) \times (0.001 \times 0.867) = 7682\text{ kNm}^2$

$A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2})$ ,  $e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s})/A_i$ ,  $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$

$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 753 \times 0.053 = (0.001) \times 0.040\text{ m}^3$ ,  $y_2 = 103\text{mm}$ ,  $y_{2s} = y_2 - d = 103 - 50 = 53\text{mm}$  (EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M = 14.39/7682 = (0.001) \times 1.873$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.040/0.867) = (0.001) \times 0.315$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r = (0.001) \times 1.873 + (0.001) \times 0.315 = (0.001) \times 2.188$  (1/m)

Ροπή ρηγμάτωσης,  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2.6 \times (0.867/0.103) = 21.78\text{ kNm}$

**13.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$\rho=0.005$ ,  $\rho'=0.005$ ,  $\rho'/\rho=1.000$ ,  $n=\alpha_e=22.57$ ,  $n \cdot \rho=0.113$ ,  $\xi=0.608$ ,  $\alpha=0.321$ ,  $x=\alpha \cdot d=0.048m$   
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.608 \times 200 \times 753 \times 0.150^2=2059 \text{ kNm}^2$   
 $y_2=(1-\alpha)d=102mm$ ,  $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 102 \times 14.39/2059=0.71$   
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001)^2 \times 753 \times 0.102=(0.001) \times 0.077 \text{ m}^3$  (EC2 Εξ.7.21)  
 καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M=14.39/2059=(0.001) \times 6.989 \text{ (1/m)}$   
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.077/0.232)=(0.001) \times 0.599 \text{ (1/m)}$   
 Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 6.989+(0.001) \times 0.599=(0.001) \times 7.587 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed}=14.39 \text{ kNm}$ ,  $N_{ed}=-37.64 \text{ kN}$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0.36/0.69$ ,  $x=51mm$ ,  $\sigma_s=138 \text{ N/mm}^2$

**13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=14.39 < 0.70 \times M_{cr}=0.70 \times 21.78=15.24 \text{ kNm}$ ,  $\zeta=0.00$  (Εξ.7.19)  
 Τελική καμπυλότητα  $(1/r)=(0.001) \times (0.001 \times 7.587) + (1-0.00) \times (0.001 \times 2.188)=(0.001) \times 2.188 \text{ (1/m)}$  (Εξ.7.18)

**13.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.200m$ ,  $d=0.150m$ ,  $x=0.051m$ ,  $\emptyset=12mm$   
 $N_{ed}=-37.64 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.2 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(200-51) \times 1000=148765 \text{ mm}^2$   
 $\max(h,b_l)=0mm$ ,  $f_{ctm}=2.60 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_{ct}=148765 \text{ mm}^2$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.35$ ,  $k_1=0.67$   
 Ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s,min}=0.35 \times 1.00 \times 2.60 \times 148765 / 435=311 \text{ mm}^2/m$

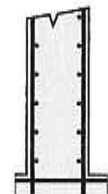
**13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$  (EC2 Εξ.7.8)  
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff}) (1+\alpha_e \cdot \rho_{eff})]/E_s \geq 0.6 \sigma_s/E_s$  (EC2 Εξ.7.9)  
 $\sigma_s=138 \text{ N/mm}^2$ , μικρής διάρκ. φόρτιση:  $E_s/E_c=6.45$ ,  $k_t=0.6$ , μακράς διάρκ. φόρτ.:  $E_s/E_c=22.57$ ,  $k_t=0.4$   
 $A_{ceff}=0.333(h-x)b=0.333 \times (200-51) \times 1000=49539 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}$ ,  $\rho_{eff}=753/49539=0.015$   
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[138-0.4 \times (2.6/0.015) (1+22.57 \times 0.015)]/200=0.23\% \geq 0.6 \times 138/200=0.41\%$   
 $s_{r,max}=k_3 \cdot C_{nom}+k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset/\rho_{eff}$  (EC2 Εξ.7.11)  
 $\emptyset=12mm$ ,  $k_1=0.8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0.5$ ,  $k_3=3.4$ ,  $k_4=0.425$   
 $s_{r,max}=3.4 \times 50.00+0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12/0.015=304.21 \text{ mm}$   
 $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=304.21 \times 0.001 \times 0.41=0.13 \text{ mm}$   
 $w_k=0.13 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm}=w_{max}$ , Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου

**13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου**

Οπλισμοί εσωτερικής παρειάς τοίχου  $\emptyset 12/15.0$  (  $7.53 \text{ cm}^2/m$  )  
 Οπλισμός διανομής  $\emptyset 12/25.0$  (  $4.52 \text{ cm}^2/m$  )  
 Οπλισμός εξωτερικής παρειάς τοίχου  $\emptyset 12/15.0$  (  $7.53 \text{ cm}^2/m$  )  
 Οπλισμός διανομής  $\emptyset 12/25.0$  (  $4.52 \text{ cm}^2/m$  )

**14. Σχεδιασμός πλάκας πυθμένα πισίνας**

(EC2 EN1992-1-1:2004)

**14.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυροδέμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)  
 Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)  
 Επικάλυψη οπλισμού :  $C_{nom}=50 \text{ mm}$  (EC2 §4.4.1)  
 Βάρος σκυροδέματος :  $25.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (EC2 Πίνακας 2.1N)  
 $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c=0.85 \times 25/1.50=14.17 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05/\gamma_c=0.85 \times 1.8/1.50=1.02 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s=500/1.15=435 \text{ MPa}$  (EC2 §3.2.7)  
 Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0 \text{ GPa}$



**14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα  $h=250\text{mm}$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed}=38.59\text{kNm}$  (ULS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=27.00\text{kN}$  (ULS)

Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

( $\sigma_c = f_{cd}[1 - (1 - e_c/e_c2)^2]$ ,  $f_{cd}=14.17\text{MPa}$ ,  $e_c2=0.0020$ ,  $e_{cu2}=0.0035$ ,  $f_{yd}=435\text{MPa}$ )

Εφελκυσμός πλάκας πυθμένα  $N_{ed}=27.00\text{kN}$ ,  $\sigma=27000/(200 \times 1000)=0.135\text{N/mm}^2 < 1.020\text{N/mm}^2 = f_{ctd}$

Εφελκυσμένος οπλισμός  $A_s = N_{ed}/F_{yd} = 27000/435 = 62\text{mm}^2/\text{m} = 0.62\text{cm}^2/\text{m}$

$M_{ed}=38.59\text{kNm/m}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $K_d=3.31$   $x/d=0.10$   $e_c2/e_{s1}=-2.1/20.0$   $k_s=2.39$ ,  **$A_s=4.98\text{cm}^2/\text{m}$**

ελάχιστος οπλισμός,  $A_s > 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk} = 2.70\text{cm}^2/\text{m}$ ,  $s \leq 400\text{mm}$ ,  $s' \leq 450\text{mm}$  (EC2 §9.3.1)

ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ )

**Οπλισμός σε πάνω και κάτω επιφάνεια πυθμένα**

κύριος οπλισμός  $\varnothing 14/15.0$  ( $10.27\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ )

**14.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$** 

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=1027\text{mm}^2$   
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}=48.26\text{kN}$  (ULS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=-12.84\text{kN}$  (ULS)

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$

(EC2 §6.2.2)

$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$

(EC2 Εξ.6.2.a)

$V_{rdc} >= (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$

(EC2 Εξ.6.2.b)

$C_{rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25\text{MPa}$ ,  $b_w = 1000\text{mm}$ ,  $d = 200\text{mm}$

$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2$ ,  $k = 2.00$ ,  $k_l = 0.15$

$\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 1027/(1000 \times 200) = 0.0051$

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = -1000 \times 12.84/250000 = -0.05\text{N/mm}^2$

$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49\text{N/mm}^2$ ,

(EC2 Εξ.6.3N)

$V_{rd, c(\min)} = 0.001 \times (0.49 - 0.15 \times 0.05) \times 1000 \times 200 = 96.50\text{kN/m}$

$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.51 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.05] \times 1000 \times 200 = 110.64\text{kN/m}$

$V_{ed} = 48.26\text{kN/m} \leq V_{rdc} = 110.64\text{kN/m}$ , διάτμηση OK

**14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών**

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης

(EC2 Εξ.8.3)

$l_b, r_{qd} = (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (14/4) \times (211/1.61) = 459\text{mm}$

$\sigma_{sd} = 435.00 \times 498/1027 = 211\text{MPa}$   $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61\text{MPa}$

(EC2 §8.4.2)

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{bd} = 0.70 \times 459 = 321\text{mm}$ ,  $C_{nom} = 50\text{mm} > 3 \times 14 = 42\text{mm} = (3\varnothing)$

(EC2 §8.4.4, T.8.2)

Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης  $l_b, \min = \max(0.30 l_b, r_{qd}, 10\varnothing, 100\text{mm}) = 140\text{mm}$

Απαραίτητο άγκιστρο 180mm στο κάτω άκρο των ράβδων οπλισμού

**14.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=1027\text{mm}^2$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed}=27.48\text{kNm}$  (SLS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=20.00\text{kN}$  (SLS)  
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}=27.22\text{kN}$  (ULS)

**14.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $N=20.00kN$ ,  $\sigma_c=(N/bh)=0.08N/mm^2$ ,  $\phi=14mm$   
 $\max(h,b_1)=250mm$ ,  $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $h_c,eff=2.50 \times (h-d)=125mm$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.39$  (EC2 Εξ.7.2)  
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής,  $A_{s,min}=0.39 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125/500=253mm^2=2.$   
 Έλεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής  $w_k=0.3mm$ , για διάμετρο οπλισμού  $\phi=14mm$   
 $\phi_s=\phi_s(f_{ctm}/2.9)[k_c \cdot h_{cr}/2(h-d)]$ ,  $\phi_s=14mm$ ,  $\phi$  (EC2 Εξ.7.6N)  
 Διάμετρο οπλισμού  $=32mm$ , εύρος ρωγμής  $w_k=0.3mm$ , τάση χάλυβα  $\sigma_s=160N/mm^2$  (EC2 Πιν. 7.2N)  
 Ελαχ. οπλισμός για  $w_k=0.3mm$ ,  $\phi=14mm$ ,  $A_{s,min}=0.39 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125/160=792mm^2=7.92cm^2$

$Med(SLS)=27.48 kNm$ ,  $Ved(SLS)=27.22 kN$ ,  $Ned(SLS)=20.00 kN$   
 Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\phi(\infty, t_0)=-2.50$  (EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)  
 Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs}=-0.30\%$   
 $\gamma_c=1.00$ ,  $\gamma_s=1.00$  (EC2 §2.4.2.4.2)  
 Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0GPa$ ,  $E_{ceff}=31.0/(1+2.50)=8.86GPa=8860MPa$  (EC2 Εξ.7.20)  
 Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s=200GPa=200000MPa$   
 Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s/E_c=200/31.0=6.45$ , ενεργό  $E_s/E_c,eff=200/8.86=22.57$   
 Εφελκόμενος οπλισμός:  $\phi 14/150$  ( $10.27cm^2/m$ ),  $\theta$ λιβόμενος οπλισμός:  $\phi 14/150$  ( $10.27cm^2/m$ )  
 Λόγος οπλισμών  $\rho=A_{s1}/(b \cdot d)=1027/(1000 \times 200)=0.005$ ,  $\rho'=A_{s2}/(b \cdot d)=1027/(1000 \times 200)=0.005$

**14.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)**

Δυσκαμψία αρηγμάτωσης διατομής,  $EI=(200/22.57) \times (0.001 \times 1.769)=15673 kNm^2$   
 $A_i=A_c+(n-1)(A_{s1}+A_{s2})$ ,  $e=(n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s}-A_{s2} \cdot y_{2s})/A_i$ ,  $I=I_c+b \cdot h \cdot e^2+(A_{s1} \cdot y_{1s}^2+A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$   
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001)^2 \times 1027 \times 0.079=(0.001) \times 0.081 m^3$ ,  $y_2=129mm$ ,  $y_2s=y_2-d_2=129-50=79mm$  (EC2 Εξ.7.21)  
 καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M=27.48/15673=(0.001) \times 1.753$  (1/m)  
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.081/1.769)=(0.001) \times 0.310$  (1/m)  
 Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 1.753+(0.001) \times 0.310=(0.001) \times 2.063$  (1/m)  
 Ροπή ρηγμάτωσης,  $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6 \times (1.769/0.129)=35.71 kNm$

**14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$\rho=0.005$ ,  $\rho'=0.005$ ,  $\rho/\rho'=1.000$ ,  $n=\alpha e=22.57$ ,  $n \cdot \rho=0.113$ ,  $\xi=0.608$ ,  $\alpha=0.321$ ,  $x=\alpha \cdot d=0.064m$   
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.608 \times 200 \times 1027 \times 0.200^2=4992 kNm^2$   
 $y_2=(1-\alpha)d=136mm$ ,  $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 136 \times 27.48/4992=0.75$   
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001)^2 \times 1027 \times 0.136=(0.001) \times 0.139 m^3$  (EC2 Εξ.7.21)  
 καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M=27.48/4992=(0.001) \times 5.504$  (1/m)  
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.139/0.563)=(0.001) \times 0.534$  (1/m)  
 Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 5.504+(0.001) \times 0.534=(0.001) \times 6.038$  (1/m)  
 $Med=27.48 kNm$ ,  $Ned=20.00kN$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0.34/0.76$ ,  $x=63mm$ ,  $\sigma_s=151 N/mm^2$

**14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta=1-0.50 \cdot (M_{cr}/Med)^2=1-0.50 \times (35.71/27.48)^2=0.16$  (Εξ.7.19)  
 Τελική καμπυλότητα  $(1/r)=0.16 \times (0.001 \times 6.038)+(1-0.16) \times (0.001 \times 2.063)=(0.001) \times 2.680$  (1/m) (Εξ.7.18)

**14.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $x=0.063m$ ,  $\phi=14mm$   
 $Ned=20.00kN$ ,  $\sigma_c=(Ned/bh)=-0.1N/mm^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435N/mm^2$   
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(250-63) \times 1000=187380 mm^2$   
 $\max(h,b_1)=0mm$ ,  $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $A_{ct}=187380mm^2$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.41$ ,  $k_1=1.50$   
 Ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s,min}=0.41 \times 1.00 \times 2.60 \times 187380/435=459mm^2/m$

**14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

(EC2 Εξ.7.8)

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Εξ.7.9)

$$\sigma_s = 151 \text{ N/mm}^2, \text{ μικρής διάρκ. φόρτιση: } E_s / E_c = 6.45, k_t = 0.6, \text{ μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s / E_c = 22.57, k_t = 0.4$$

$$A_{ceff} = 0.333 (h - x) b = 0.333 \times (250 - 63) \times 1000 = 62398 \text{ mm}^2$$

(§7.3.2.3)

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff}, \text{ eff} = 1027 / 62398 = 0.016$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [151 - 0.4 \times (2.6 / 0.016) (1 + 22.57 \times 0.016)] / 200 = 0.32\% \geq 0.6 \times 151 / 200 = 0.45\%$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_s / \rho_{eff}$$

(EC2 Εξ.7.11)

$$\sigma_s = 14 \text{ mm}, k_1 = 0.8, k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, k_3 = 3.4, k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 14 / 0.016 = 314.60 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 314.60 \times 0.001 \times 0.45 = 0.14 \text{ mm}$$

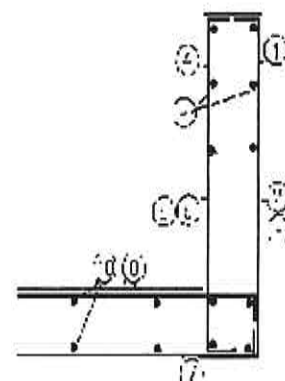
$$w_k = 0.14 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{max}, \text{ Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

**15. Προμέτρηση υλικών**

Σκυρόδεμα ανά μέτρο μήκους πισίνας	1.500 m <sup>3</sup> /m
Οπλισμός ανά μέτρο μήκους πισίνας	253.188 kg/m
Συνολικό σκυρόδεμα πισίνας	2.400x 1.500 = 3.600 m <sup>3</sup>
Συνολικός οπλισμός πισίνας	2.400x 253.188 = 607.650 kg

**16. Κατάλογος οπλισμού**

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	∅	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	120 ————— 2100 ————— 100	64	12	0.888	2.320	131.85
2	④	120 ————— 2100 ————— 100	64	12	0.888	2.320	131.85
3	⑨	————— 2400 —————	72	12	0.888	2.400	153.45
4	⑦	————— 1530 ————— 180	32	14	1.210	1.710	66.21
5	⑧	————— 1530 ————— 180	32	14	1.210	1.710	66.21
6	⑩	————— 2400 ————— 180	20	14	1.210	2.400	58.08
<b>Ολικό βάρος [kg]</b>							<b>607.65</b>



**Περιεχόμενα**

1. 2Χ2Χ2 ΔΕΥΑΜ ΦΡ
2. Στοιχεία τοίχου-Παράμετροι-Κανονισμοί
3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες
4. Υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας εδάφους
  - 4.1. Συνθήκες πλήρους στράγγισης
5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσης
6. Σεισμικοί συντελεστές
7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)
  - 7.1. Τμήμα τοίχου από  $Y=0.000$  m έως  $Y=2.250$  m,  $H_s=2.250$  m
8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πλάσας σε ελαστικό έδαφος.
  - 8.1. Κόμβοι κατασκευής
  - 8.2. Στηρίξεις κατασκευής
  - 8.3. Στοιχεία κατασκευής
9. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (EQU)
  - 9.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
  - 9.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
  - 9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
10. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
11. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (με σεισμό)
  - 11.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών
  - 11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
  - 11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών
  - 11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
  - 11.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών
  - 11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

**Περιεχόμενα**

- 11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
- 11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
- 12. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)
  - 12.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 12.4. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 12.7. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
- 13. Σχεδιασμός τοίχου πισίνας
  - 13.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος
  - 13.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)
  - 13.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$
  - 13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών
  - 13.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 13.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 13.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)
  - 13.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)
  - 13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)
  - 13.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)
  - 13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)
  - 13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου
- 14. Σχεδιασμός πλάκας πυθμένα πισίνας
  - 14.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος
  - 14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)
  - 14.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$
  - 14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών
  - 14.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 14.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 14.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)
  - 14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)
  - 14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)
  - 14.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)
  - 14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)
- 15. Προμέτρηση υλικών
- 16. Κατάλογος οπλισμού

**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

**Γ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ,  
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΒΑΡΥΤΙΚΩΝ  
ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΩΝ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200/110mm ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΑΓΩΓΟΥ,  
ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ160mm**

**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

**Γ1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΛΑΚΑΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΧΟΥΣ 20εκ ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ  
ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ  
3,50x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΒΑΡΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΩΝ,  
ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200/110mm ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΑΓΩΓΟΥ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ160mm**

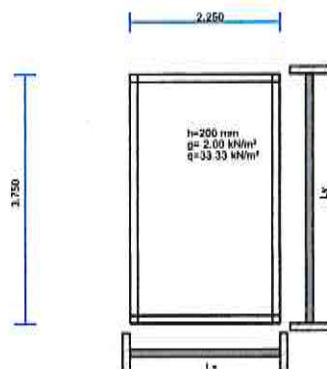
## Project Beton

### 1. 3.5X2 ΔΕΥΑΜ ΕΠΙΚ

Πλάκα συμπαγής, τετραέρειστη

(EC2 EN1992-1-1:2004, ECO EN1990:2002, +NA-ELOT:2010)

C25/30 - B500C



#### Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος

Σκυρόδεμα-Χάλυβας	: C25/30-B500C	(EC2 §3)
Κατηγορία περιβάλλοντος	: XC3	(EC2 §4.4.1)
Επικάλυψη οπλισμού	: $C_{nom}=50$ mm	(EC2 §4.4.1)
Βάρος σκυροδέματος	: $25.0$ kN/m <sup>3</sup>	
$\gamma_c=1.50$ , $\gamma_s=1.15$		(EC2 Πίνακας 2.1N)
$f_{cd}=acc \cdot f_{ck}/\gamma_c=0.85 \times 25/1.50=14.17$ MPa		(EC2 §3.1.6)
$f_{ctd}=act \cdot f_{ctk} \cdot 0.05/\gamma_c=0.85 \times 1.8/1.50=1.02$ MPa		(EC2 §3.1.6)
$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s=500/1.15=435$ MPa		(EC2 §3.2.7)
Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος	$E_{cm}=31.0$ GPa	



### 2. Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πλάκας  $h=0.200$  m, Ανοίγματα  $L_x=2.250$  m,  $L_y=3.750$  m  
 Ίδιο βάρος πλάκας:  $g_0=25.00 \times 0.200=5.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 Φορτία πλάκας: μόνιμο  $g=(5.00+2.00)=7.00$  kN/m<sup>2</sup>, κινητό  $q=33.33$  kN/m<sup>2</sup>  
 Συντελεστές ασφαλείας δράσεων :  $\gamma_G=1.35$ ,  $\gamma_Q=1.50$   
 Συνδυασμός μεταβλητών δράσεων :  $\psi_0=0.70$ ,  $\psi_1=0.70$ ,  $\psi_2=0.60$   
 Ωφέλιμο ύψος διατομής  $d=h-d_1$ ,  $d_1=C_{nom}+\varnothing/2=50+12/2=56$ mm,  $d=200-56=144$ mm

(ECO Παράρτημα A1)

Μέθοδος ανάλυσης: Czerny F., "Tafeln für vierseitig und dreiseitig gelagerte Rechteckplatten", Beton Kalender 1983, Berlin, Ernst Sohn, 1983  
 $L_y/L_x=3.750/2.250=1.67$ , Πίνακας 2.2.6

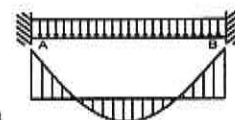
### 3. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Φορτίο (STR)  $q_{ed}=\gamma_G \cdot g+\gamma_Q \cdot q=1.35g+1.50q=1.35 \times 7.00+1.50 \times 33.33=59.45$  kN/m

#### 3.1. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας x-x, $L_x=2.250$ m

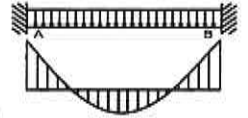
Ροπή στήριξης  $M_{edsupA}=(1.35 \times 7.00+1.50 \times 33.33) \times 2.250^2/12.63=-23.82$  kNm/m  
 Ροπή στήριξης  $M_{edsupB}=(1.35 \times 7.00+1.50 \times 33.33) \times 2.250^2/12.63=-23.82$  kNm/m  
 Ροπή ανοίγματος  $M_{edspan}=(1.35 \times 7.00+1.50 \times 33.33) \times 2.250^2/27.30=11.02$  kNm/m  
 Αντιδράσεις μόνιμα,  $V_{gA}=7.00 \times 2.250/1.92=8.22$   $V_{gB}=7.00 \times 2.250/1.92=8.22$  kN/m  
 Αντιδράσεις κινητά,  $V_{qA}=33.33 \times 2.250/1.92=39.13$   $V_{qB}=33.33 \times 2.250/1.92=39.13$  kN/m





**3.2. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας γ-γ, Ly=3.750 m**

Ροπή στήριξης MedsupA=(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.250<sup>2</sup>/17.50=-17.20 kNm/m  
 Ροπή στήριξης MedsupB=(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.250<sup>2</sup>/17.50=-17.20 kNm/m  
 Ροπή ανοίγματος Medspan=(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.250<sup>2</sup>/100.37= 3.00 kNm/m  
 Αντιδράσεις μόνιμα, VgA= 7.00x2.250/2.12= 7.43 VgB= 7.00x2.250/2.12= 7.43 kN/m  
 Αντιδράσεις κινητά, VqA=33.33x2.250/2.12=35.37 VqB=33.33x2.250/2.12=35.37 kN/m

**4. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Med= 11.02kNm/m, d=144mm, Kd= 4.34 x/d=0.07  $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-1.5/20.0$   $k_s=2.36$ , **As= 1.80cm<sup>2</sup>/m**  
 Med= 3.00kNm/m, d=132mm, Kd= 7.62 x/d=0.04  $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-0.8/20.0$   $k_s=2.33$ , **As= 0.53cm<sup>2</sup>/m**  
 Med=-23.82kNm/m, d=144mm, Kd= 2.95 x/d=0.11  $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-2.6/20.0$   $k_s=2.41$ , **As= 3.98cm<sup>2</sup>/m**  
 Med=-17.20kNm/m, d=144mm, Kd= 3.47 x/d=0.09  $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-2.0/20.0$   $k_s=2.38$ , **As= 2.84cm<sup>2</sup>/m**

Ελάχιστος οπλισμός πλάκας,  $A_{s0} \geq 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk} = 1.95 \text{ cm}^2/\text{m}$ ,  $s \leq 400 \text{ mm}$ ,  $s' \leq 450 \text{ mm}$  (EC2 §9.3.1)  
 ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m), δευτερεύων  $\varnothing 12/30.0$  ( 3.77cm<sup>2</sup>/m)

**Οπλισμοί ανοιγμάτων: κ-κ**  $\varnothing 12/15.0$  ( 7.53cm<sup>2</sup>/m) (κάτω στρώση)  
**Οπλισμοί στηρίξεων: Αριστερά**  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)  
**Δεξιά**  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)  
**Κάτω**  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)  
**Πάνω**  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)

**5. Διαστασιολόγηση για τέμνουσα (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Μέγιστες τέμνουσες σε απόσταση d από παρειά στήριξης maxV=65.50 kN/m

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτρησης  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)

$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.a)

$V_{rdc} \geq (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.b)

$C_{rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 1000 \text{ mm}$ ,  $d = 144 \text{ mm}$

$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2$ ,  $k = 2.00$ ,  $k_l = 0.15$

$\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 452/(1000 \times 144) = 0.0031$

$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49 \text{ N/mm}^2$ , (EC2 Εξ.6.3N)

$V_{rd, c(min)} = 0.001 \times (0.49) \times 1000 \times 144 = 70.56 \text{ kN/m}$

$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.31 \times 25)^{0.33}] \times 1000 \times 144 = 68.39$ ,  $V_{rdc} = 70.56 \text{ kN/m}$

$V_{ed} = 65.50 \text{ kN/m} \leq V_{rdc} = 70.56 \text{ kN/m}$ , **Ved <= Vrdc δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης**

**6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

L=2.250m, b=1.000m, h=0.200m, d=0.144m

Φορτίο (ημι-μόνιμος συνδυασμός)  $q_{ed} = g + \psi_2 \cdot q = 7.00 + 0.60 \times 33.33 = 27.00 \text{ kN/m}$

$l_x < l_y$ ,  $l_{eff} = 2.250 \text{ m}$ ,  $M_{ed} = (27.00/59.45) \times 11.02 = 5.01 \text{ kNm/m}$ ,  $M_{ed(SLS)} = 5.01 \text{ kNm/m}$

Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\phi(\infty, t_0) = 2.50$  (EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs} = -0.30\%$

$\gamma_c = 1.00$ ,  $\gamma_s = 1.00$  (EC2 §2.4.2.4.2)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm} = 31.0 \text{ GPa}$ ,  $E_{ceff} = 31.0 / (1 + 2.50) = 8.86 \text{ GPa} = 8860 \text{ MPa}$  (EC2 Εξ.7.20)

Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$

Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s/E_c = 200/31.0 = 6.45$ , ενεργό  $E_s/E_{c,eff} = 200/8.86 = 22.57$

Εφελκυσμένος οπλισμός:  $\varnothing 12/150$  ( 7.53cm<sup>2</sup>/m)

Λόγος οπλισμών  $\rho = A_{s1}/(b \cdot d) = 753/(1000 \times 144) = 0.005$

**6.1. Κατάσταση I (αρηγμάτωτη διατομή) (SLS)**

Δυσκαμψία αρηγμάτωτης διατομής,  $EI = (200/22.57) \times (0.001 \times 0.696) = 6165 \text{ kNm}^2$

$A_i = A_c + (n-1) \cdot (A_{s1} + A_{s2})$ ,  $e = (n-1) \cdot (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$ ,  $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) \cdot (n-1)$

$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 753 \times 0.041 = (0.001) \times 0.031 \text{ m}^3$ ,  $y_2 = 97 \text{ mm}$ ,  $y_{2s} = y_2 - d = 97 - 56 = 41 \text{ mm}$  (EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροής  $1/r_M = 5.01/6165 = (0.001) \times 0.812$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.031/0.696) = (0.001) \times 0.298$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r = (0.001) \times 0.812 + (0.001) \times 0.298 = (0.001) \times 1.110$  (1/m)

Ροπή ρηγμάτωσης  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2.6 \times (0.696/0.097) = 18.71 \text{ kNm}$

**6.2. Κατάσταση ΙΙ (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.005, \quad n \cdot \alpha e = 22.57, \quad n \cdot \rho = 0.113, \quad \xi = 0.546, \quad \alpha = 0.375, \quad x = \alpha \cdot d = 0.054 \text{ m}$$

$$\text{Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, } EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0.546 \times 200 \times 753 \times 0.144^2 = 1706 \text{ kNm}^2$$

$$y_2 = (1 - \alpha) d = 90 \text{ mm}, \quad \epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 90 \times 5.01 / 1706 = 0.26$$

$$S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 753 \times 0.090 = (0.001) \times 0.068 \text{ m}^3$$

(EC2 Εξ.7.21)

$$\text{καμπυλότητα λόγω ροής } 1/r_M = 5.01 / 1706 = (0.001) \times 2.934 \text{ (1/m)}$$

$$\text{καμπυλότητα λόγω ξήρανσης } 1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.068 / 0.193) = (0.001) \times 0.659 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Ολική καμπυλότητα } 1/r = (0.001) \times 2.934 + (0.001) \times 0.659 = (0.001) \times 3.593 \text{ (1/m)}$$

$$M_{ed} = 5.01 \text{ kNm}, \quad \epsilon_c / \epsilon_s = 0.16 / 0.26, \quad x = 54 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 53 \text{ N/mm}^2$$

**6.3. Έλεγχος παραμορφώσεων χωρίς άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EC2 §7.4.2)

$$1/d = K [1 + 1.5 \sqrt{f_{ck}} (\rho_o / \rho) + 3.2 \sqrt{f_{ck}} (\rho_o / \rho - 1)^{3/2}] = 27.75$$

(EC2 Εξ.7.16a)

$$f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_o = 0.001 \times \sqrt{25.00} = 0.005, \quad \rho' = 0.000, \quad \rho < \rho_o, \quad K = 1.5$$

$$1/d = (310 / \sigma_s) \times (1/d), \quad \sigma_s = 53 \text{ N/mm}^2, \quad 1/d = (310 / 53) \times 27.75 = 163.00$$

(EC2 Εξ.7.17)

$$l_{eff} / d = 2.250 / 0.144 = 15.63 \leq 163.00, \quad \text{Άνοιγμα/ύψος κάτω ορίου}$$

**6.4. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$$M_{ed} = 5.01 < 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 18.71 = 13.10 \text{ kNm}, \quad \zeta = 0.00$$

(Εξ.7.19)

$$\text{Τελική καμπυλότητα } (1/r) = 0.00 \times (0.001 \times 3.593) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 1.110) = (0.001) \times 1.110 \text{ (1/m)}$$

(Εξ.7.18)

$$\beta = (M_a + M_b) / M_c = (23.82 + 23.82) / 11.02 = 4.32, \quad k = 0.104 (1 - 4.32 / 10) = 0.0591$$

$$f = k \cdot l_{eff}^2 \cdot (1/r) = 0.0591 \times 2.250^2 \times 1.110 = 0.33 \text{ mm}$$

$$f = 0.33 \text{ mm} \leq 1000 \times 2.250 / 250 = 9.00 \text{ mm}, \quad \text{Παραμόρφωση κάτω ορίου}$$

**6.5. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

$$\text{Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού } A_{s, \min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct, \text{eff}} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

(EC2 Εξ.7.1)

$$b = 1.000 \text{ m}, \quad b_{eff} = 1.000 \text{ m}, \quad h = 0.200 \text{ m}, \quad d = 0.144 \text{ m}, \quad x = 0.054 \text{ m}, \quad \varnothing = 12 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = 0.00 \text{ kN}, \quad \sigma_c = (N_{ed} / bh) = 0.0 \text{ N/mm}^2, \quad \sigma_s = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ct} = (h - x) \cdot b = (200 - 54) \times 1000 = 145935 \text{ mm}^2$$

$$\max(h, b_1) = 0 \text{ mm}, \quad f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2, \quad A_{ct} = 145935 \text{ mm}^2, \quad k = 1.00, \quad k_c = 0.40, \quad k_1 = 1.50$$

$$\text{Ελάχιστος οπλισμός, } A_{s, \min} = 0.40 \times 1.00 \times 2.60 \times 145935 / 435 = 349 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

**6.6. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r, \max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

(EC2 Εξ.7.8)

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct, \text{eff}} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Eq.7.9)

$$\sigma_s = 53 \text{ N/mm}^2, \quad \text{μικρής διάρκ. φόρτιση: } E_s / E_c = 6.45, \quad k_t = 0.6, \quad \text{μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s / E_c = 22.57, \quad k_t = 0.4$$

$$A_{c, \text{eff}} = 0.333 (h - x) b = 0.333 \times (200 - 54) \times 1000 = 48597 \text{ mm}^2$$

(§7.3.2.3)

$$\rho_{eff} = A_s / A_c, \quad \rho_{eff} = 753 / 48597 = 0.015$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [53 - 0.4 \times (2.6 / 0.015) (1 + 22.57 \times 0.015)] / 200 = -0.19\% \geq 0.6 \times 53 / 200 = 0.16\%$$

$$s_{r, \max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing / \rho_{eff}$$

(EC2 Εξ.7.11)

$$\varnothing = 12 \text{ mm}, \quad k_1 = 0.8, \quad k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, \quad k_3 = 3.4, \quad k_4 = 0.425$$

$$s_{r, \max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12 / 0.015 = 301.66 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r, \max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 301.66 \times 0.001 \times 0.16 = 0.05 \text{ mm}$$

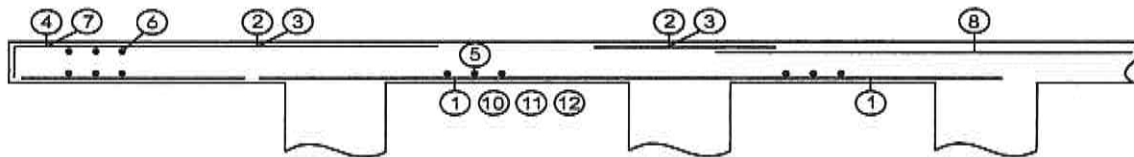
$$w_k = 0.05 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{k, \max}, \quad \text{Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

## 7. Κατάλογος οπλισμού

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	∅	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	2830	25	12	0.888	2.830	62.83
2	①	4330	15	12	0.888	4.330	57.68
3	②	1940	15	12	0.888	1.940	25.84
4	⑥	3750	4	10	0.617	3.750	9.25
5	②	1940	15	12	0.888	1.940	25.84
6	⑥	3750	4	10	0.617	3.750	9.25
7	②	2690	9	12	0.888	2.690	21.50
8	⑥	2250	6	10	0.617	2.250	8.33
9	②	2690	9	12	0.888	2.690	21.50
10	⑥	2250	6	10	0.617	2.250	8.33

Ολικό βάρος [kg]

250.35



**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

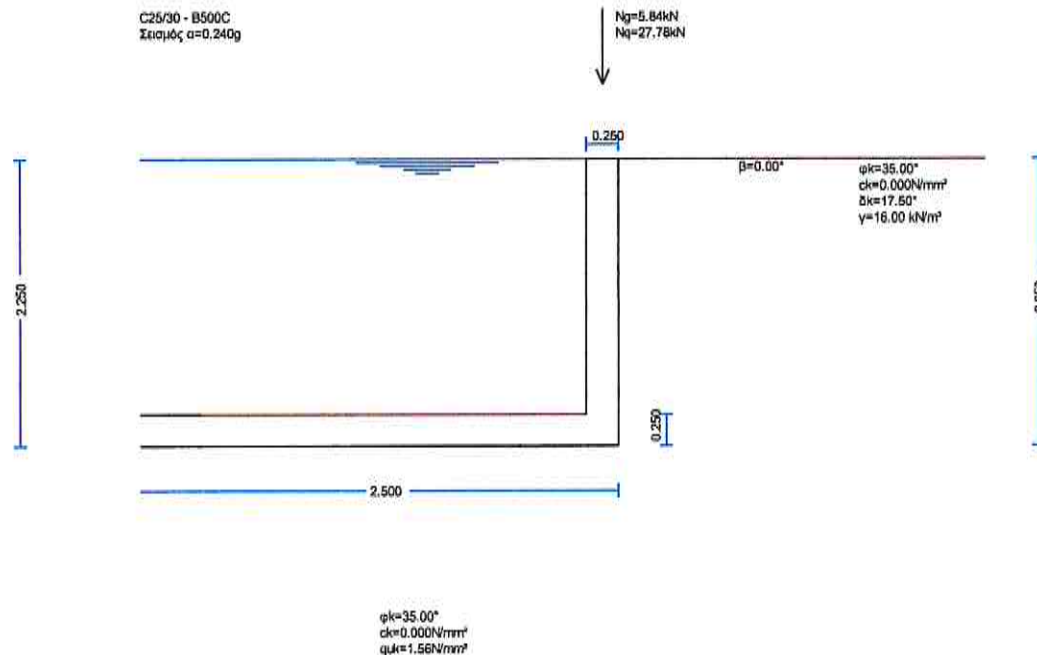
**Γ2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΑΧΟΥΣ 25cm ΚΑΙ ΠΛΑΚΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΠΑΧΟΥΣ 25cm**  
**ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ**  
**ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΒΑΡΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ**  
**ΑΓΩΓΩΝ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200/110mm ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΑΓΩΓΟΥ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ**  
**Φ160mm**

## Project Beton

### 1. 3.5X2 ΔΕΥΑΜ ΦΡ

Τοίχος αντιστήριξης ωπλισμένου σκυροδέματος, Δεξαμενή νερού-πισίνα

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, EC7 EN1997-1-1:2004, EC8 EN1998-5:2004, +NA-ΕΛΟΤ:2010)



### 2. Στοιχεία τοίχου-Παράμετροι-Κανονισμοί

#### Διαστάσεις

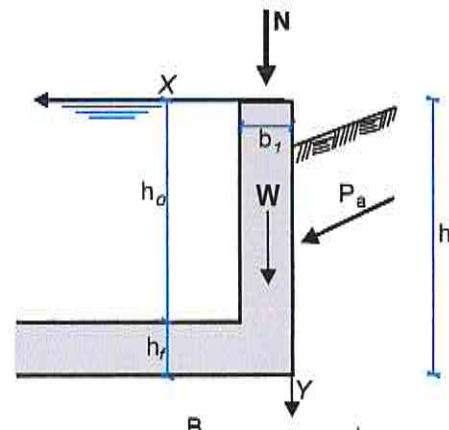
Ολικό ύψος τοίχου	$h = 2.250 \text{ m}$
Πλάτος πισίνας	$B = 2.500 \text{ m}$
Μήκος πισίνας	$L = 4.000 \text{ m}$
Υψος κορμού τοίχου	$h_o = 2.000 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην κορυφή	$b_1 = 0.250 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην βάση	$b_2 = 0.250 \text{ m}$
Πάχος πυθμένα	$h_f = 0.250 \text{ m}$
Γωνία εμπρός παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$
Γωνία πίσω παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$

#### Φορτία στην κορυφή

Κατακόρυφο μόνιμο φορτίο	$N_q = 5.84 \text{ kN/m}$
Κατακόρυφο κινητό φορτίο	$N_k = 27.78 \text{ kN/m}$

#### Βάρος τοίχου

Ειδικό βάρος υλικού τοίχου	$\gamma_g = 25.000 \text{ kN/m}^3$
Εμβαδόν διατομής τοίχου	$A = 0.563 \text{ m}^2$
Ίδιο βάρος τοίχου ανά μέτρο	$W = 0.563 \times 25.000 = 14.05 \text{ kN/m}$
Κέντρο βάρους τοίχου	$x = 0.125 \text{ m}, y = 1.125 \text{ m} (x_o = 0.125 \text{ m}, y_o = -1.125 \text{ m})$
Πλάκα πυθμένα πισίνας	$q_f = 0.250 \times 25.000 = 6.25 \text{ kN/m}$



**Υλικά κατασκευής**

Τοίχος πισίνας : Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C  
 : Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm  
 Πλάκα πυθμένα πισίνας: Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C  
 : Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm

(EN1992-1-1, §3  
 (EN1992-1-1, §4.4.1

**3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες**

(EC7 Πιν. A.1-A.4, EC8-5 §3.1)

Οριακή κατάσταση Ισσοροπίας (EQU), Δομικού τύπου (STR), Γεωτεχνικού τύπου (GEO)  
 ( EQU ) (STR/GEO) (Σεισμός)  
 ( A1+M1 )

Δράση	Μόνιμη Δυσμενής	γGdst:	1.10	1.35	1.00
	Μόνιμη Ευνοϊκή	γGstb:	0.90	1.00	1.00
	Μεταβλητή Δυσμενής	γQdst:	1.50	1.50	1.00
	Μεταβλητή Ευνοϊκή	γQstb:	0.00	0.00	0.00
Εδαφικές ιδιότητες	Γωνία διατμητικής αντοχής	γφ:	1.25	1.00	1.00
	Συνοχή c	γc:	1.25	1.00	1.00
	Διατμητική αντοχή cu	γcu:	1.40	1.00	1.00
	Θλιπτική αντοχή qu	γqu:	1.40	1.00	1.00
	Βάρος	γw:	1.00	1.00	1.00

$\gamma_{R,v}(R2)=1.40$ ,  $\gamma_{R,h}(R2)=1.10$ ,  $\gamma_{R,e}(R2)=1.40$

**4. Υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας εδάφους**

(EC7 EN1997-1-1:2004 Παράρτημα D)

Αποστράγγιστη διατμητική αντοχή  $c_{uk}=400.0$  kPa  
 Ενεργός τριβή εδάφους  $\phi_k=35.0^\circ$   
 Ενεργός συνοχή εδάφους  $c_k=0.0$  kPa  
 Ειδικό βάρος  $\gamma_k=18.0$  kN/m<sup>3</sup>

Μήκος πεδίου  $L_x=B=2.50$  m  
 Πλάτος πεδίου  $L_y=L=4.00$  m  
 Βάθος θεμελίωσης  $d=2.00$  m

Κατακόρυφο φορτίο  $N_{ed}=376$  kN  
 Οριζόντιο φορτίο  $H_{ed}=0$  kN  
 Ροπή  $M_{ed}=0$  kNm

**4.1. Συνθήκες πλήρους στράγγισης**

(EC7 EN1997-1-1:2004 Παράρτημα D.4)

Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) (EQU)

Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_\phi=1.25$   $\gamma_c=1.25$   
 $B'/L'=2.50/4.00=0.62$ ,  $A'=B' \times L'=2.50 \times 4.00=10.00$  m<sup>2</sup>  
 $\phi_k=35.0$ ,  $\tan(\phi_d)=\tan(\phi_k)/\gamma_\phi=0.700/1.25=0.560$ ,  $\phi_d=29.26^\circ$   
 $c_k=0.0$ ,  $c_d=c_k/\gamma_c=0.0/1.25=0.0$  kPa,  $A' \cdot c_d \cdot \cot(\phi_d)=10.00 \times 0.0 \times 1.785=0$  kN

$N_q=e^{\pi \cdot \tan(\phi_d)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi_d/2) = e^{\pi \cdot \tan(29.26)} \cdot \tan^2(59.63) = e^{1.780} \times 1.707^2 = 16.9$   
 $N_c=(N_q-1) \cdot \cot(\phi_d) = (16.9-1) \times \cot(29.26) = 15.9 \times 1.785 = 28.4$   
 $N_\gamma=2(N_q-1) \cdot \tan(\phi_d) = 2 \times (16.9-1) \times \tan(29.26) = 2 \times 15.9 \times 0.560 = 17.8$   
 $q'=\gamma_k \cdot d = 18.00 \times 2.00 = 36.0$  kPa

$s_q=1+(B'/L') \sin(\phi_d) = 1+0.62 \times \sin(29.26) = 1.30$   
 $s_c=(s_q \cdot N_q-1)/(N_q-1) = (1.30 \times 16.9-1)/(16.9-1) = 20.970/15.9 = 1.32$   
 $s_\gamma=1-0.3(B'/L') = 1-0.3 \times (0.62) = 0.81$   
 $H=0$ ,  $i_c=1$ ,  $i_q=1$ ,  $i_\gamma=1$

$R/A' = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$   
 $= 0.0 \times 28.4 \times 1.32 \times 1.00 + 36.0 \times 16.9 \times 1.30 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 2.50 \times 17.8 \times 0.81 \times 1.00 =$   
 $= 0.0 + 790.9 + 324.4 = 1115.3$  kPa

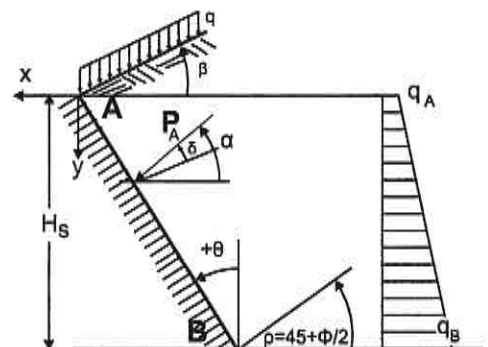
Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους  $q_{ud}=1115.3$  kPa = 1.115 N/mm<sup>2</sup>  
 Φέρουσα αντίσταση  $q_{uk}=1115.3 \cdot \gamma_{qu} = 1115.3 \times 1.40 = 1561.4$  kPa = 1.561 N/mm<sup>2</sup>

Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) (STR/GEO A1+M1)Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_{\phi} = 1.00$   $\gamma_c = 1.00$  $B'/L' = 2.50/4.00 = 0.62$ ,  $A' = B' \times L' = 2.50 \times 4.00 = 10.00 \text{ m}^2$  $\phi_k = 35.0$ ,  $\tan(\phi_d) = \tan(\phi_k) / \gamma_{\phi} = 0.700 / 1.00 = 0.700$ ,  $\phi_d = 35.00^\circ$  $c_k = 0.0$ ,  $c_d = c_k / \gamma_c = 0.0 / 1.00 = 0.0 \text{ kPa}$ ,  $A' \cdot c_d \cdot \cot(\phi_d) = 10.00 \times 0.0 \times 1.428 = 0 \text{ kN}$  $N_q = e^{-\pi \cdot \tan(\phi_d)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi_d/2) = e^{-\pi \cdot \tan(35.00)} \cdot \tan^2(62.50) = e^{-2.200} \times 1.921^2 = 33.3$  $N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi_d) = (33.3 - 1) \times \cot(35.00) = 32.3 \times 1.428 = 46.1$  $N_{\gamma} = 2(N_q - 1) \cdot \tan(\phi_d) = 2 \times (33.3 - 1) \times \tan(35.00) = 2 \times 32.3 \times 0.700 = 45.2$  $q' = \gamma_k \cdot d = 18.00 \times 2.00 = 36.0 \text{ kPa}$  $s_q = 1 + (B'/L') \sin(\phi_d) = 1 + 0.62 \times \sin(35.00) = 1.36$  $s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) = (1.36 \times 33.3 - 1) / (33.3 - 1) = 44.288 / 32.3 = 1.37$  $s_{\gamma} = 1 - 0.3(B'/L') = 1 - 0.3 \times (0.62) = 0.81$  $H = 0$ ,  $i_c = 1$ ,  $i_q = 1$ ,  $i_{\gamma} = 1$  $R/A' = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} =$   
 $= 0.0 \times 46.1 \times 1.37 \times 1.00 + 36.0 \times 33.3 \times 1.36 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 2.50 \times 45.2 \times 0.81 \times 1.00 =$   
 $= 0.0 + 1630.4 + 823.8 = 2454.1 \text{ kPa}$ Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους  $q_{ud} = 2454.1 \text{ kPa} = 2.454 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα αντίσταση  $q_{uk} = 2454.1 \cdot \gamma_{qu} = 2454.1 \times 1.40 = 3435.7 \text{ kPa} = 3.436 \text{ N/mm}^2$ Θλιπτική αντοχή εδάφους  $q_{uk} = \min(1.56, 3.44) = 1.56 \text{ N/mm}^2$ Συνθήκες πλήρους στράγγισης, θλιπτική αντοχή εδάφους  $q_{uk} = 1.56 \text{ N/mm}^2$ 5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσηςΘλιπτική αντοχή εδάφους στη βάση  $q_u = 1.56 \text{ N/mm}^2$ Γωνία τριβής εδάφους στη βάση  $\phi = 35.00^\circ$ , συντελεστής τριβής  $\tan(\phi) = 0.700$ Μοντέλο θεμελίωσης Winkler  $K_s = 100000 \text{ kNm}^2/\text{m}$ 6. Σεισμικοί συντελεστές

(EC8 EN1998-5:2004, §7.3.2)

Αυξημένη σεισμική επιτάχυνση εδάφους  $\alpha_g = \alpha_{xg}$ ,  $\alpha = 0.24$  (EC8-5 §7.3.2)Κατακόρ./οριζ. σεισμική επιτάχυνση  $\alpha_{vg}/\alpha_g = 0.90$  (EC8 §3.2.2.3)Συντ. θεμελίωσης  $S = 1.00$  (EC8 §3.2.2.2)Συντ. σπουδαιότητας κτιρίου  $\gamma_I = 1.00$  (EC8 §3.2.1, T.4.3)Μειωτικός συντελεστής συμπεριφοράς  $r = 1.50$  (EC8-5 Πίνακας 7.1)Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής  $k_h = 1.00 \times 0.24 \times 1.00 / 1.500 = 0.160$  (EC8-5 Εξ.7.1)Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής  $k_v = 0.50 \times 0.160 = 0.080$  (EC8-5 Εξ.7.2)Σεισμικές δυνάμεις (εκτός δυνάμεων λόγω ώθησης γαιών)Οριζόντια δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους  $F_{wx} = 14.05 \times 0.160 = 2.25 \text{ kN/m}$ Κατακόρυφη δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους  $F_{wy} = 14.05 \times 0.080 = 1.12 \text{ kN/m}$ Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_g$   $F_{gx} = 5.84 \times 0.160 = 0.93 \text{ kN/m}$ Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_g$   $F_{gy} = 5.84 \times 0.080 = 0.47 \text{ kN/m}$ Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_q$   $F_{qx} = 27.78 \times 0.160 = 4.44 \text{ kN/m}$ Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_q$   $F_{qy} = 27.78 \times 0.080 = 2.22 \text{ kN/m}$ 7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)7.1. Τμήμα τοίχου από  $Y=0.000 \text{ m}$  έως  $Y=2.250 \text{ m}$ ,  $H_s=2.250 \text{ m}$ Ανω Σημείο A  $x = 0.000 \text{ m}$   $y = 0.000 \text{ m}$ Κάτω Σημείο B  $x = 0.000 \text{ m}$   $y = 2.250 \text{ m}$ Ιδιότητες εδάφους

Τύπος εδάφους : Αμμοχάλικο

Ειδικό βάρος ξηρού εδάφους  $\gamma = 16.00 \text{ kN/m}^3$ Ειδικό βάρος κορεσμένου εδάφους  $\gamma_s = 20.00 \text{ kN/m}^3$ Ειδικό βάρος νερού  $\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3$ Γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους  $\phi = 35.00^\circ$ Συντελεστής συνεκτικότητας εδάφους  $c = 0.000 \text{ N/mm}^2$ Γωνία επιφάνειας εδάφους με οριζόντια  $\beta = 0.00^\circ$ Γωνία πίσω παρειάς τοίχου με κατακόρυφο  $\theta = 0.00^\circ$ Γωνία τριβής μεταξύ τοίχου και εδάφους  $\delta = 17.50^\circ$ 

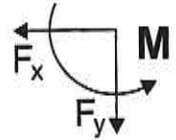
**Ωθηση σύμφωνα με θεωρία Coulomb**

EQU A1+M1  
 Γωνία επιπέδου ολίσθησης  $\rho=45^\circ+\varphi/2= 59.00 \quad 62.50^\circ$   
 Συντελεστής ενεργητικής ώθησης  $K_a = 0.326 \quad 0.246$   
 Ωθηση γαιών καθ ύψος  $q(y)=qA+\gamma \cdot y \cdot K_a$

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

**Μόνιμες δράσεις**

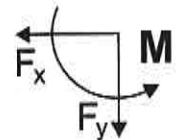
	EQU	A1+M1
Ωθηση (πίεση) στην κορυφή ( $y=y_A$ )	$q_A = 0.00$	$0.00 \text{ kN/m}^2$
Ωθηση (πίεση) στην βάση ( $y=y_A+2.25\text{m}$ )	$q_B = 11.74$	$8.86 \text{ kN/m}^2$
Ωθηση (δύναμη) γαιών $P_a = \frac{1}{2}(q_A+q_B)H$	$P_a = 13.21$	$9.97 \text{ kN/m}$
Γωνία ώθησης γαιών	$\alpha = 14.00$	$17.50^\circ$
Ωθηση γαιών κατά x κατεύθυνση	$P_{ax} = 12.82$	$9.51 \text{ kN/m}$
Ωθηση γαιών κατά y κατεύθυνση	$P_{ay} = 3.20$	$3.00 \text{ kN/m}$
Ροπή ώθησης γαιών ως προς σημείο ( $x=0, y=0$ )	$M = -19.23$	$-14.27 \text{ kNm/m}$
Σημείο εφαρμογής ώθησης γαιών $x=0.000 \text{ m}, y=1.500 \text{ m}$		

**Σύνολα δυνάμεων και ροπών**

Δυνάμεις και ροπές στο κάτω σημείο B ( $x=0.000 \text{ m}, y=2.250 \text{ m}$ )

**Μόνιμες δράσεις**

	EQU	A1+M1
Συνολική οριζόντια ώθηση γαιών	$F_{sx} = 12.82$	$9.51 \text{ kN/m}$
Συνολική κατακόρυφη ώθηση γαιών	$F_{sy} = 3.20$	$3.00 \text{ kN/m}$
Συνολική ροπή ώθησης γαιών	$M_s = 9.61$	$7.13 \text{ kNm/m}$

**Σεισμικές δυνάμεις**

(EC8 EN1998-5:2004, §7.3.2, Παράρτημα E)

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής  $k_h=1.00 \times 0.24 \times 1.00 / 1.500 = 0.160$

(EC8-5 Εξ.7.1, T.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής  $k_v=0.50 \times 0.160 = 0.080$

(EC8-5 Εξ.7.2)

Εδαφος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα

(EC8-5 Παράρτημα E.5)

$\tan(\omega) = k_h / (1 - k_v) = 0.160 / (1 - 0.080) = 0.174, \omega = 9.87^\circ$

Method Mononobe-Okabe (EC8-5 Παράρτημα E.4)

για ώθηση γαιών κατά τη διάρκεια σεισμού

Συντελεστής ενεργητικής ώθησης,  $K_e^*(STR) = 0.359$

Πρόσθετη πίεση εδάφους λόγω σεισμού

επί της STR κατάστασης φόρτισης  $\xi = (K_e^*/K_e - 1) = (0.359/0.246 - 1) = 0.459$

$$K_E = \frac{\cos^2(\varphi-\omega-\theta)}{\cos\omega \cos^2\theta \cos(\delta+\theta+\omega) \left[ 1 + \frac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\omega-\beta)}{\cos(\theta+\omega+\delta)\cos(\theta-\beta)} \right]^2}$$

Δύναμη εδάφους λόγω σεισμικού φορτίου (Μόνιμες δράσεις)  $F_x = 1.459 \times 9.51 = 13.88 \text{ kN/m}$

**8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πείνας σε ελαστικό έδαφος.**

Χρησιμοποιούνται 2-διαστάσεων ραβρωτά στοιχεία. Οι κόμβοι του πυθμένα στηρίζονται σε ελατήρια με ιδιότητες που προκύπτουν από το μοντέλο θεμελίωσης Winkler.

Τα κατακόρυφα στοιχεία τοίχων φορτίζονται με τριγωνική ώθηση γαιών από έξω προς τα μέσα.

Ομοιόμορφο φορτίο νερού στον πυθμένα και τριγωνικό στους τοίχους λαμβάνεται υπ όψη.

Από την ανάλυση υπολογίζονται οι πιέσεις εδάφους και οι εξωτερικές δυνάμεις διατομών.

Μοντέλο θεμελίωσης Winkler  $K_s = 100000 \text{ kN/m}^2/\text{m}$

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E = 31.0 \text{ GPa}$

Πάχος πυθμένα πείνας  $h = 0.250 \text{ m}$

Πλάτος πείνας  $L = 2.500 \text{ m}$



**8.1. Κόμβοι κατασκευής**

Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]
1	0.000	2.125	2	0.000	1.063	3	0.000	0.000
4	0.000	-1.000	5	0.156	0.000	6	0.156	-1.000
7	0.313	0.000	8	0.313	-1.000	9	0.469	0.000
10	0.469	-1.000	11	0.625	0.000	12	0.625	-1.000
13	0.781	0.000	14	0.781	-1.000	15	0.938	0.000
16	0.938	-1.000	17	1.094	0.000	18	1.094	-1.000
19	1.250	0.000	20	1.250	-1.000	21	1.406	0.000
22	1.406	-1.000	23	1.563	0.000	24	1.563	-1.000
25	1.719	0.000	26	1.719	-1.000	27	1.875	0.000
28	1.875	-1.000	29	2.031	0.000	30	2.031	-1.000
31	2.188	0.000	32	2.188	-1.000	33	2.344	0.000
34	2.344	-1.000	35	2.500	0.000	36	2.500	-1.000
37	2.500	1.063	38	2.500	2.125			

**8.2. Στηρίξεις κατασκευής**κύλιση  $\delta x=0$  κόμβοι: [17]πάκτωση  $\delta x=\delta y=\delta \phi=0$  κόμβοι: [4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36]**8.3. Στοιχεία κατασκευής**

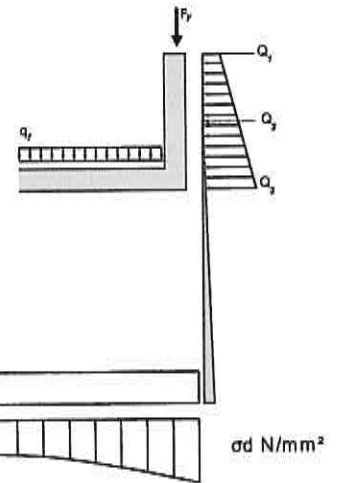
Στοιχ.	κόμβ.-1	κόμβ.-2	μήκος(mm)	γωνία(°)	E(MPa)	A(m <sup>2</sup> )	I(m <sup>4</sup> )
1	2	1	1.063	90.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
2	3	2	1.063	90.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
3	38	37	1.063	270.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
4	37	35	1.063	270.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
5	3	5	0.156	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
6	5	7	0.156	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
7..19	7..	9..	0.156	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
20	33	35	0.156	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
21	3	4	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
22	5	6	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
23..35	7..	8..	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
36	33	34	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
37	35	36	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>

**9. Ελεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (EQU)**

(EC7 §6.5.2)

**9.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (EQU)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	8.30	5.81		3.52
Βάρος τοίχου	W x1.10					15.46
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					6.42
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					41.67
Σύνολα=		0.00	8.30	5.81	6.88	67.07

**9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-67.07kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 8.30kN κόμβοι: [2], Fx= -8.30kN κόμβοι: [37]

Fx= 5.81kN κόμβοι: [3], Fx= -5.81kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 6.88kN/m στοιχεία: [5, ..., 20]

**9.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.079 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.079 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-67.07\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 14.11\text{kN}$ ,  $M_{ed}= -8.82\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}=-14.11\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 55.30\text{kN}$ ,  $M_{ed}=-24.06\text{kNm}$

**9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.079 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.560/1.40=1.114 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.079 < q_u/\gamma_M=1.114 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**9.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (EQU)**

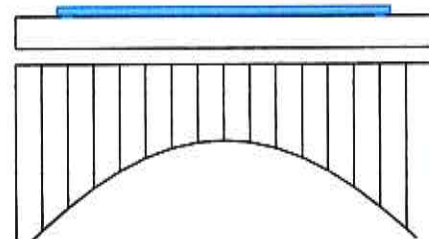
Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	W x1.10					15.46
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					6.42
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					41.67
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-1.95-11.00	-9.05	22.00		
	Σύνολα=	-1.95-11.00	-9.05	28.88	63.55	

**9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-63.55\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x=-1.95\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 1.95\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x=-11.00\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 11.00\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x=-9.05\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 9.05\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=28.88\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20] $\sigma_d \text{ N/mm}^2$ **9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.119 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.119 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-63.55\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-22.00\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 15.83\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 22.00\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 47.24\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 39.99\text{kNm}$

**9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.119 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.560/1.40=1.114 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.119 < q_u/\gamma_M=1.114 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (EQU)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	8.30	5.81		3.52
Βάρος τοίχου	W x1.10					15.46
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					6.42
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					41.67
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-1.95-11.00	-9.05	22.00		
	Σύνολα=	-1.95	-2.70	-3.24	28.88	67.07

**9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-67.07kN κόμβοι: [1,38]

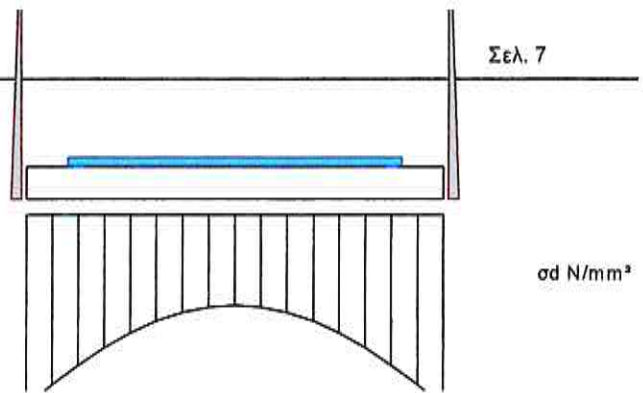
Fx= -1.95kN κόμβοι: [1], Fx= 1.95kN κόμβοι: [38]

Fx= -2.70kN κόμβοι: [2], Fx= 2.70kN κόμβοι: [37]

Fx= -3.24kN κόμβοι: [3], Fx= 3.24kN κόμβοι: [35]

Κατανομημένα φορτία σε δοκούς

q=28.88kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.114 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.114 N/mm<sup>2</sup>, qs=-0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-67.07kN, Ved= -7.89kN, Med= 7.01kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 7.89kN, Ved= 51.46kN, Med= 35.05kNm

**9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.114 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.560/1.40=1.114 N/mm<sup>2</sup>

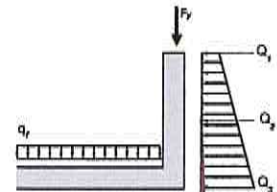
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.114 < qu/γM=1.114 N/mm<sup>2</sup> , Έλεγχος ικανοποιείται**10. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 §6.5.2)

**10.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.35	0.00	7.55	5.29		4.05
Βάρος τοίχου	W x1.35					18.97
Βάρος πυθμένα	qfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Nqx1.35					7.88
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					41.67
	Σύνολο=	0.00	7.55	5.29	8.44	72.57

**10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-72.57kN κόμβοι: [1,38]

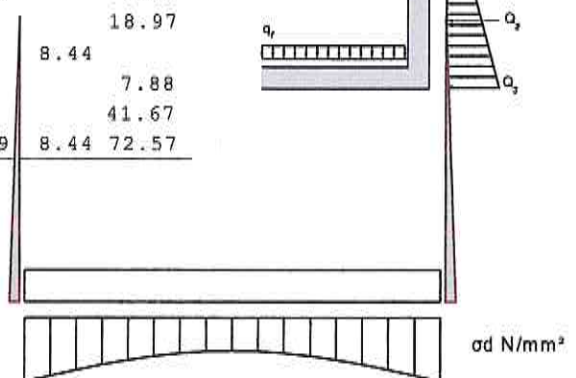
Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 7.55kN κόμβοι: [2], Fx= -7.55kN κόμβοι: [37]

Fx= 5.29kN κόμβοι: [3], Fx= -5.29kN κόμβοι: [35]

Κατανομημένα φορτία σε δοκούς

q= 8.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.088 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.088 N/mm<sup>2</sup>, qs=-0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-72.57kN, Ved= 12.84kN, Med= -8.02kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned=-12.84kN, Ved= 59.54kN, Med=-27.13kNm

**10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.088 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.560/1.40=1.114 N/mm<sup>2</sup>

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.088 < qu/γM=1.114 N/mm<sup>2</sup> , Έλεγχος ικανοποιείται

**10.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	W x1.35					18.97
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					7.88
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					41.67
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-2.39	-13.50	-11.11	27.00	
Σύνολο=		-2.39	-13.50	-11.11	35.44	68.52

**10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-68.52kN κόμβοι: [1,38]

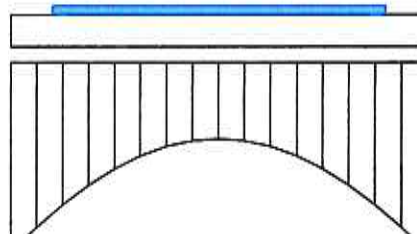
Fx= -2.39kN κόμβοι: [1], Fx= 2.39kN κόμβοι: [38]

Fx=-13.50kN κόμβοι: [2], Fx= 13.50kN κόμβοι: [37]

Fx=-11.11kN κόμβοι: [3], Fx= 11.11kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=35.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

sd N/mm<sup>2</sup>**10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.134 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.134 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-68.52kN, Ved=-27.00kN, Med= 19.42kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 27.00kN, Ved= 50.30kN, Med= 44.72kNm

**10.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

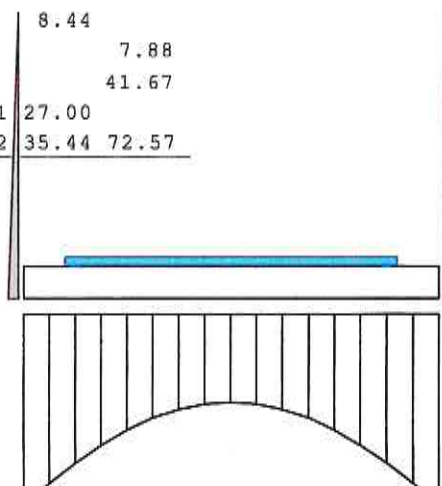
(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.134 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.560/1.40=1.114 N/mm<sup>2</sup>

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.134 < qu/γM=1.114 N/mm<sup>2</sup> , Έλεγχος ικανοποιείται**10.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.35	0.00	7.55	5.29		4.05
Βάρος τοίχου	W x1.35					18.97
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					7.88
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					41.67
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-2.39	-13.50	-11.11	27.00	
Σύνολο=		-2.39	-5.95	-5.82	35.44	72.57

sd N/mm<sup>2</sup>**10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-72.57kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -2.39kN κόμβοι: [1], Fx= 2.39kN κόμβοι: [38]

Fx= -5.95kN κόμβοι: [2], Fx= 5.95kN κόμβοι: [37]

Fx= -5.82kN κόμβοι: [3], Fx= 5.82kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=35.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.131 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.131 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-72.57kN, Ved=-14.16kN, Med= 11.40kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 14.16kN, Ved= 54.83kN, Med= 40.62kNm

**10.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.131 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.560/1.40=1.114 \text{ N/mm}^2$ 

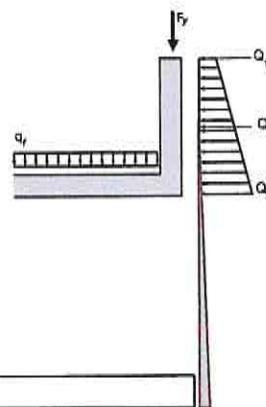
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.131 < q_u/\gamma_M=1.114 \text{ N/mm}^2$  , Ελεγχος ικανοποιείται**11. Ελεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 §6.5.2) (με σεισμό)

**11.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	$P_{ax}1.46$	0.00	8.16	5.71		4.38
Βάρος τοίχου	$W \times 1.16$					16.30
Βάρος πυθμένα	$g_{fx}1.16$				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx}1.16$					6.77
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx}1.16$					32.22
	Σύνολο=	0.00	8.16	5.71	7.25	59.67

**11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-59.67kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 8.16kN κόμβοι: [2], Fx= -8.16kN κόμβοι: [37]

Fx= 5.71kN κόμβοι: [3], Fx= -5.71kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 7.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_{s+}=0.070 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.070 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-59.67\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 13.87\text{kN}$ ,  $M_{ed}= -8.67\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}=-13.87\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 49.26\text{kN}$ ,  $M_{ed}=-20.75\text{kNm}$ **11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.070 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.560/1.40=1.114 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.070 < q_u/\gamma_M=1.114 \text{ N/mm}^2$  , Ελεγχος ικανοποιείται**11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	$W \times 1.16$					16.30
Βάρος πυθμένα	$g_{fx}1.16$				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx}1.16$					6.77
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx}1.16$					32.22
Πίεση νερού εσωτερικά	$q_{wx}1.16$	-2.05	-11.60	-9.55	23.20	
	Σύνολο=	-2.05	-11.60	-9.55	30.45	55.29

**11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-55.29kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -2.05kN κόμβοι: [1], Fx= 2.05kN κόμβοι: [38]

Fx=-11.60kN κόμβοι: [2], Fx= 11.60kN κόμβοι: [37]

Fx= -9.55kN κόμβοι: [3], Fx= 9.55kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=30.45kN/m στοιχεία: [5,...,20]



**11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.111 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.111 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-55.29\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-23.20\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 16.69\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 23.20\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 40.31\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 36.78\text{kNm}$

**11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

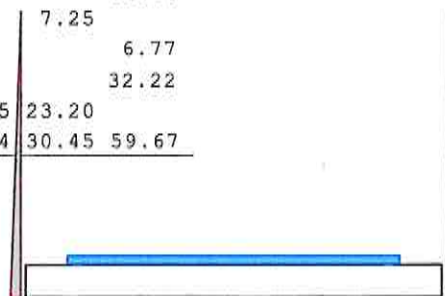
(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.111 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.560/1.40=1.114 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.111 < q_u/\gamma_M=1.114 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**11.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.46	0.00	8.16	5.71		4.38
Βάρος τοίχου	W x1.16					16.30
Βάρος πυθμένα	gfx1.16				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.16					6.77
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.16					32.22
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.16	-2.05	-11.60	-9.55	23.20	
Σύνολο=		-2.05	-3.44	-3.84	30.45	59.67

**11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-59.67\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x= -2.05\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 2.05\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x= -3.44\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 3.44\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x= -3.84\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 3.84\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=30.45\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.108 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.108 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-59.67\text{kN}$ ,  $V_{ed}= -9.33\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 8.02\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 9.33\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 45.20\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 32.34\text{kNm}$

**11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.108 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.560/1.40=1.114 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.108 < q_u/\gamma_M=1.114 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**12. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC7 §6.5.2)

**12.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.00	0.00	5.59	3.92		3.00
Βάρος τοίχου	W x1.00					14.05
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					5.84
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					27.78
Σύνολο=		0.00	5.59	3.92	6.25	50.67

**12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-50.67kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 5.59kN κόμβοι: [2], Fx= -5.59kN κόμβοι: [37]

Fx= 3.92kN κόμβοι: [3], Fx= -3.92kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 6.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.061 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.061 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ 

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-50.67kN, Ved= 9.51kN, Med= -5.94kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= -9.51kN, Ved= 41.59kN, Med=-18.68kNm

**12.4. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Βάρος τοίχου	W x1.00					14.05
Βάρος πυθμένα	qfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					5.84
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					27.78
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-1.77-10.00	-8.23	20.00		
	Σύνολο=	-1.77-10.00	-8.23	26.25	47.67	

**12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων**Κομβικά φορτία

Fy=-47.67kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -1.77kN κόμβοι: [1], Fx= 1.77kN κόμβοι: [38]

Fx=-10.00kN κόμβοι: [2], Fx= 10.00kN κόμβοι: [37]

Fx= -8.23kN κόμβοι: [3], Fx= 8.23kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=26.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.096 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.096 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ 

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-47.67kN, Ved=-20.00kN, Med= 14.39kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 20.00kN, Ved= 34.76kN, Med= 31.71kNm

**12.7. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.00	0.00	5.59	3.92		3.00
Βάρος τοίχου	W x1.00					14.05
Βάρος πυθμένα	qfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					5.84
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					27.78
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-1.77-10.00	-8.23	20.00		
	Σύνολο=	-1.77	-4.41	-4.31	26.25	50.67

**12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-50.67kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -1.77kN κόμβοι: [1], Fx= 1.77kN κόμβοι: [38]

Fx= -4.41kN κόμβοι: [2], Fx= 4.41kN κόμβοι: [37]

Fx= -4.31kN κόμβοι: [3], Fx= 4.31kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=26.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.094 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.094 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-50.67\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-10.49\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 8.45\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 10.49\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 38.10\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 28.67\text{kNm}$ **13. Σχεδιασμός τοίχου πιάνας**

(EC2 EN1992-1-1:2004)

**13.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυρόδεμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)

Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)

Επικάλυψη οπλισμού :  $c_{nom}=50 \text{ mm}$  (EC2 §4.4.1)Βάρος σκυροδέματος :  $25.0 \text{ kN/m}^3$  $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (EC2 Πίνακας 2.1N) $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c=0.85 \times 25/1.50=14.17 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6) $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk}0.05/\gamma_c=0.85 \times 1.8/1.50=1.02 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6) $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s=500/1.15=435 \text{ MPa}$  (EC2 §3.2.7)Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0 \text{ GPa}$ **13.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτίαΠάχος τοίχου  $h=250\text{mm}$ Ροπή κάμψης  $M_{ed}= 19.42\text{kNm}$  (ULS)Αξονική δύναμη  $N_{ed}= -68.52\text{kN}$  (ULS)*Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)* $(\alpha_{cc}=f_{cd}[1-(1-\epsilon_c/\epsilon_{c2})^2]$ ,  $f_{cd}=14.17\text{MPa}$ ,  $\epsilon_{c2}=0.0020$ ,  $\epsilon_{cu2}=0.0035$ ,  $f_{yd}=435\text{MPa}$ ) $M_{ed}= 19.42\text{kNm/m}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $K_d= 4.54$   $x/d=0.07$   $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.4/20.0$   $k_s=2.35$ ,  **$A_s= 2.29\text{cm}^2/\text{m}$** ελάχιστος οπλισμός,  $A_s \geq 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk}=2.70\text{cm}^2/\text{m}$ ,  $s' \leq 400\text{mm}$ ,  $s' \leq 450\text{mm}$  (EC2 §9.3.1)ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός  $\varnothing 12/25.0$  ( $4.52\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 12/25.0$  ( $4.52\text{cm}^2/\text{m}$ )**Οπλισμός σε μπρός και πίσω όψεις τοίχου****κύριος οπλισμός  $\varnothing 12/15.0$  ( $7.53\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 12/25.0$  ( $4.52\text{cm}^2/\text{m}$ )****13.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$** 

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτίαΠάχος τοίχου και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=753\text{mm}^2$ Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}= 27.00\text{kN}$  (ULS)Αξονική δύναμη  $N_{ed}= -68.52\text{kN}$  (ULS)



Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = (C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.a)  
 $V_{rdc} > (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 1000 \text{ mm}$ ,  $d = 200 \text{ mm}$   
 $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 2.00$ ,  $k_l = 0.15$   
 $\rho_l = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 753 / (1000 \times 200) = 0.0038$   
 $\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = -1000 \times 68.52 / 250000 = -0.27 \text{ N/mm}^2$   
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49 \text{ N/mm}^2$ , (EC2 Εξ.6.3N)  
 $V_{rd,c}(\text{min}) = 0.001 \times (0.49 - 0.15 \times 0.27) \times 1000 \times 200 = 89.90 \text{ kN/m}$   
 $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.38 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.27] \times 1000 \times 200 = 93.56 \text{ kN/m}$   
 $V_{ed} = 27.00 \text{ kN/m} \leq V_{rdc} = 93.56 \text{ kN/m}$ , διάτμηση OK

### 13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης (EC2 Εξ.8.3)  
 $l_b, r_{qd} = (\phi/4) (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (12/4) \times (132 / 1.61) = 247 \text{ mm}$   
 $\sigma_{sd} = 435.00 \times 229 / 753 = 132 \text{ MPa}$ ,  $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61 \text{ MPa}$  (EC2 §8.4.2)  
 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{bd} = 0.70 \times 247 = 173 \text{ mm}$ ,  $C_{nom} = 50 \text{ mm} > 3 \times 12 = 36 \text{ mm} = (3\phi)$  (EC2 §8.4.4, T.8.2)  
 Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης  $l_{b, min} = \max(0.30 l_b, r_{qd}, 10\phi, 100 \text{ mm}) = 120 \text{ mm}$   
 Απαραίτητο άγκιστρο 120mm στο κάτω άκρο των ράβδων οπλισμού

### 13.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

#### Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου και οπλισμός  $h = 250 \text{ mm}$ ,  $d = 200 \text{ mm}$ ,  $A_s = 753 \text{ mm}^2$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed} = 14.39 \text{ kNm}$  (SLS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed} = -47.67 \text{ kN}$  (SLS)  
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed} = 20.00 \text{ kN}$  (ULS)

### 13.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s, min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct, eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b = 1.000 \text{ m}$ ,  $b_{eff} = 1.000 \text{ m}$ ,  $h = 0.250 \text{ m}$ ,  $d = 0.200 \text{ m}$ ,  $N = -47.67 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c = (N/bh) = -0.19 \text{ N/mm}^2$ ,  $\phi = 12 \text{ mm}$   
 $\max(h, b_l) = 250 \text{ mm}$ ,  $f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2$ ,  $h_{c, eff} = 2.50 \times (h - d) = 125 \text{ mm}$ ,  $k = 1.00$ ,  $k_c = 0.44$  (EC2 Εξ.7.2)  
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής,  $A_{s, min} = 0.44 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 500 = 286 \text{ mm}^2 = 2$ .  
 Έλεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ , για διάμετρο οπλισμού  $\phi = 12 \text{ mm}$   
 $\phi_s = \phi_s (f_{ctm} / 2.9) [k_c \cdot h_{cr} / 2 (h - d)]$ ,  $\phi_s = 12 \text{ mm}$ ,  $\phi$  (EC2 Εξ.7.6N)  
 Διάμετρο οπλισμού = 24mm, εύρος ρωγμής  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ , τάση χάλυβα  $\sigma_s = 204 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Πιν. 7.2N)  
 Ελαχ. οπλισμός για  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ ,  $\phi = 12 \text{ mm}$ ,  $A_{s, min} = 0.44 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 204 = 701 \text{ mm}^2 = 7.01 \text{ cm}^2$

$M_{ed}(\text{SLS}) = 14.39 \text{ kNm}$ ,  $V_{ed}(\text{SLS}) = 20.00 \text{ kN}$ ,  $N_{ed}(\text{SLS}) = -47.67 \text{ kN}$

Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\phi(\omega, t_0) = 2.50$  (EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs} = -0.30\%$

$\gamma_c = 1.00$ ,  $\gamma_s = 1.00$

(EC2 §2.4.2.4.2)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm} = 31.0 \text{ GPa}$ ,  $E_{ceff} = 31.0 / (1 + 2.50) = 8.86 \text{ GPa} = 8860 \text{ MPa}$  (EC2 Εξ.7.20)

Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$

Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s / E_c = 200 / 31.0 = 6.45$ , ενεργό  $E_s / E_c, eff = 200 / 8.86 = 22.57$

Εφελκυσμένος οπλισμός:  $\phi 12 / 150$  (  $7.53 \text{ cm}^2 / \text{m}$  ), θλιβόμενος οπλισμός:  $\phi 12 / 150$  (  $7.53 \text{ cm}^2 / \text{m}$  )

Λόγος οπλισμών  $\rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 753 / (1000 \times 200) = 0.004$ ,  $\rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 753 / (1000 \times 200) = 0.004$

### 13.7. Κατάσταση I (αρρηγμάτωση διατομή) (SLS)

Δυσκαμψία αρρηγμάτωσης διατομής,  $EI = (200 / 22.57) \times (0.001 \times 1.645) = 14576 \text{ kNm}^2$

$A_i = A_c + (n-1) (A_{s1} + A_{s2})$ ,  $e = (n-1) (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$ ,  $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$

$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 753 \times 0.078 = (0.001) \times 0.059 \text{ m}^3$ ,  $y_2 = 128 \text{ mm}$ ,  $y_{2s} = y_2 - d_2 = 128 - 50 = 78 \text{ mm}$  (EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M = 14.39 / 14576 = (0.001) \times 0.987$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.059 / 1.645) = (0.001) \times 0.241$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r = (0.001) \times 0.987 + (0.001) \times 0.241 = (0.001) \times 1.228$  (1/m)

Ροπή ρηγμάτωσης  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.6 \times (1.645 / 0.128) = 33.44 \text{ kNm}$

**13.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$\rho=0.004$ ,  $\rho'=0.004$ ,  $\rho'/\rho=1.000$ ,  $n=\alpha_e=22.57$ ,  $n \cdot \rho=0.090$ ,  $\xi=0.630$ ,  $\alpha=0.300$ ,  $x=\alpha \cdot d=0.060m$   
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.630 \times 200 \times 753 \times 0.200^2=3793 \text{ kNm}^2$   
 $y_2=(1-\alpha)d=140mm$ ,  $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 140 \times 14.39/3793=0.53$   
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001)^2 \times 753 \times 0.140=(0.001) \times 0.105 \text{ m}^3$  (EC2 Εξ.7.21)  
 καμπυλότητα λόγω ροπήs  $1/r_M=14.39/3793=(0.001) \times 3.793 \text{ (1/m)}$   
 καμπυλότητα λόγω ξήρανης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.105/0.428)=(0.001) \times 0.434 \text{ (1/m)}$   
 Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 3.793+(0.001) \times 0.434=(0.001) \times 4.227 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed}=14.39 \text{ kNm}$ ,  $N_{ed}=-47.67 \text{ kN}$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0.25/0.51$ ,  $x=66mm$ ,  $\sigma_s=102 \text{ N/mm}^2$

**13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=14.39 < 0.70 \times M_{cr}=0.70 \times 33.44=23.41 \text{ kNm}$ ,  $\zeta=0.00$  (Εξ.7.19)  
 Τελική καμπυλότητα  $(1/r)=(0.001 \times 4.227)+(1-0.00) \times (0.001 \times 1.228)=(0.001) \times 1.228 \text{ (1/m)}$  (Εξ.7.18)

**13.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $x=0.066m$ ,  $\emptyset=12mm$   
 $N_{ed}=-47.67 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.2 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(250-66) \times 1000=184268 \text{ mm}^2$   
 $\max(h,b_l)=0mm$ ,  $f_{ctm}=2.60 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_{ct}=184268 \text{ mm}^2$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.35$ ,  $k_l=0.67$   
 Ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s,min}=0.35 \times 1.00 \times 2.60 \times 184268/435=385 \text{ mm}^2/m$

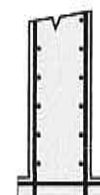
**13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$  (EC2 Εξ.7.8)  
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff})(1+\alpha_e \cdot \rho_{eff})]/E_s \geq 0.6 \sigma_s/E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s=102 \text{ N/mm}^2$ , μικρής διάρκ. φόρτιση:  $E_s/E_c=6.45$ ,  $k_t=0.6$ , μακράς διάρκ. φόρτ.:  $E_s/E_c=22.57$ ,  $k_t=0.4$   
 $A_{ceff}=0.333(h-x)b=0.333 \times (250-66) \times 1000=61361 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=753/61361=0.012$   
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[102-0.4 \times (2.6/0.012)(1+22.57 \times 0.012)]/200=-0.03\% \geq 0.6 \times 102/200=0.31\%$   
 $s_{r,max}=k_3 \cdot C_{nom}+k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset/\rho_{eff}$  (EC2 Εξ.7.11)  
 $\emptyset=12mm$ ,  $k_1=0.8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0.5$ ,  $k_3=3.4$ ,  $k_4=0.425$   
 $s_{r,max}=3.4 \times 50.00+0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12/0.012=336.24 \text{ mm}$   
 $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=336.24 \times 0.001 \times 0.31=0.10 \text{ mm}$   
 $w_k=0.10 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm}=w_{max}$ , Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου

**13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου**

Οπλισμοί εσωτερικής παρειάς τοίχου  $\emptyset 12/15.0$  (  $7.53 \text{ cm}^2/m$  )  
 Οπλισμός διανομής  $\emptyset 12/25.0$  (  $4.52 \text{ cm}^2/m$  )  
 Οπλισμός εξωτερικής παρειάς τοίχου  $\emptyset 12/15.0$  (  $7.53 \text{ cm}^2/m$  )  
 Οπλισμός διανομής  $\emptyset 12/25.0$  (  $4.52 \text{ cm}^2/m$  )

**14. Σχεδιασμός πλάκας πυθμένα πισίνας**

(EC2 EN1992-1-1:2004)

**14.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυροδέμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)  
 Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)  
 Επικάλυψη οπλισμού :  $C_{nom}=50 \text{ mm}$  (EC2 §4.4.1)  
 Βάρος σκυροδέματος :  $25.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (EC2 Πίνακας 2.1N)  
 $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c=0.85 \times 25/1.50=14.17 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05/\gamma_c=0.85 \times 1.8/1.50=1.02 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s=500/1.15=435 \text{ MPa}$  (EC2 §3.2.7)  
 Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0 \text{ GPa}$

**14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα  $h=250\text{mm}$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed}=44.72\text{kNm}$  (ULS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=27.00\text{kN}$  (ULS)

Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

( $\sigma_c = f_{cd}[1 - (1 - e_c/e_{c2})^2]$ ,  $f_{cd}=14.17\text{MPa}$ ,  $e_{c2}=0.0020$ ,  $e_{cu2}=0.0035$ ,  $f_{yd}=435\text{MPa}$ )

Εφελκυσμός πλάκας πυθμένα  $N_{ed}=27.00\text{kN}$ ,  $\sigma=27001/(200 \times 1000)=0.135\text{N/mm}^2 << 1.020\text{N/mm}^2 = f_{ctd}$

Εφελκυσμένος οπλισμός  $A_s = N_{ed}/f_{yd} = 27001/435 = 62\text{mm}^2/\text{m} = 0.62\text{cm}^2/\text{m}$

$M_{ed}=44.72\text{kNm/m}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $K_d=3.06$   $x/d=0.11$   $e_{c2}/\epsilon_{s1}=-2.4/20.0$   $k_s=2.40$ ,  $A_s=5.74\text{cm}^2/\text{m}$

ελάχιστος οπλισμός,  $A_s >= 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk} = 2.70\text{cm}^2/\text{m}$ ,  $s <= 400\text{mm}$ ,  $s' <= 450\text{mm}$  (EC2 §9.3.1)

ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ )

Οπλισμός σε πάνω και κάτω επιφάνεια πυθμένα

κύριος οπλισμός  $\varnothing 14/15.0$  ( $10.27\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ )

**14.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} <= V_{rd}$** 

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=1027\text{mm}^2$   
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}=59.54\text{kN}$  (ULS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=-12.84\text{kN}$  (ULS)

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$

(EC2 §6.2.2)

$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$

(EC2 Εξ.6.2.a)

$V_{rdc} >= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$

(EC2 Εξ.6.2.b)

$C_{rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25\text{MPa}$ ,  $b_w = 1000\text{mm}$ ,  $d = 200\text{mm}$

$k = 1 + \sqrt{(200/d)} <= 2$ ,  $k = 2.00$ ,  $k_1 = 0.15$

$\rho_l = A_s / (b_w \cdot d) = 1027 / (1000 \times 200) = 0.0051$

$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = -1000 \times 12.84 / 250000 = -0.05\text{N/mm}^2$

$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49\text{N/mm}^2$ ,

(EC2 Εξ.6.3N)

$V_{rd, c(min)} = 0.001 \times (0.49 - 0.15 \times 0.05) \times 1000 \times 200 = 96.50\text{kN/m}$

$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.51 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.05] \times 1000 \times 200 = 110.64\text{kN/m}$

$V_{ed} = 59.54\text{kN/m} <= V_{rdc} = 110.64\text{kN/m}$ , διάτμηση OK

**14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών**

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης

(EC2 Εξ.8.3)

$l_b, r_{qd} = (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (14/4) \times (243/1.61) = 529\text{mm}$

$\sigma_{sd} = 435.00 \times 574 / 1027 = 243\text{MPa}$   $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61\text{MPa}$

(EC2 §8.4.2)

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{bd} = 0.70 \times 529 = 370\text{mm}$ ,  $C_{nom} = 50\text{mm} > 3 \times 14 = 42\text{mm} = (3\varnothing)$

(EC2 §8.4.4, T.8.2)

Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης  $l_b, min = \max(0.30 l_b, r_{qd}, 10\varnothing, 100\text{mm}) = 159\text{mm}$

Απαραίτητο άγκιστρο 170mm στο κάτω άκρο των ράβδων οπλισμού

**14.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=1027\text{mm}^2$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed}=31.71\text{kNm}$  (SLS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=20.00\text{kN}$  (SLS)  
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}=34.76\text{kN}$  (ULS)

**14.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $N=20.00kN$ ,  $\sigma_c=(N/bh)=0.08N/mm^2$ ,  $\phi=14mm$   
 $\max(h,b1)=250mm$ ,  $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $h_{c,eff}=2.50 \times (h-d)=125mm$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.39$  (EC2 Εξ.7.2)  
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής,  $A_{s,min}=0.39 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 500 = 253mm^2 = 2.$   
 Ελεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής  $w_k=0.3mm$ , για διάμετρο οπλισμού  $\phi=14mm$   
 $\phi_s = \phi_s (f_{ctm} / 2.9) [k_c \cdot h_{cr} / 2(h-d)]$ ,  $\phi_s = 14mm$ ,  $\phi$  (EC2 Εξ.7.6N)  
 Διάμετρο οπλισμού  $= 32mm$ , εύρος ρωγμής  $w_k=0.3mm$ , τάση χάλυβα  $\sigma_s=160N/mm^2$  (EC2 Πιν. 7.2N)  
 Ελαχ. οπλισμός για  $w_k=0.3mm$ ,  $\phi=14mm$ ,  $A_{s,min}=0.39 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 160 = 792mm^2 = 7.92cm^2$

Med(SLS)=31.71 kNm, Ved(SLS)=34.76 kN, Ned(SLS)=20.00 kN

Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\phi(\infty, t_0) = 2.50$

(EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs} = -0.30\%$

$\gamma_c = 1.00$ ,  $\gamma_s = 1.00$

(EC2 §2.4.2.4.2)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm} = 31.0GPa$ ,  $E_{ceff} = 31.0 / (1 + 2.50) = 8.86GPa = 8860MPa$

(EC2 Εξ.7.20)

Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s = 200GPa = 200000MPa$

Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s/E_c = 200/31.0 = 6.45$ , ενεργό  $E_s/E_{c,eff} = 200/8.86 = 22.57$

Εφελκούμενος οπλισμός:  $\phi 14/150$  ( $10.27cm^2/m$ ), Θλιβόμενος οπλισμός:  $\phi 14/150$  ( $10.27cm^2/m$ )

Λόγος οπλισμών  $\rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 1027 / (1000 \times 200) = 0.005$ ,  $\rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 1027 / (1000 \times 200) = 0.005$

**14.7. Κατάσταση I (αρρηγμάτωση διατομή) (SLS)**

Δυσκαμψία αρρηγμάτωσης διατομής,  $EI = (200/22.57) \times (0.001 \times 1.769) = 15673 \text{ kNm}^2$

$A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2})$ ,  $e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$ ,  $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$

$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 1027 \times 0.079 = (0.001) \times 0.081 \text{ m}^3$ ,  $y_2 = 129mm$ ,  $y_{2s} = y_2 - d_2 = 129 - 50 = 79mm$  (EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M = 31.71 / 15673 = (0.001) \times 2.023$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.081 / 1.769) = (0.001) \times 0.310$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r = (0.001) \times 2.023 + (0.001) \times 0.310 = (0.001) \times 2.333$  (1/m)

Ροπή ρηγμάτωσης  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.6 \times (1.769 / 0.129) = 35.71 \text{ kNm}$

**14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$\rho = 0.005$ ,  $\rho' = 0.005$ ,  $\rho' / \rho = 1.000$ ,  $n = \alpha_e = 22.57$ ,  $n \cdot \rho = 0.113$ ,  $\xi = 0.608$ ,  $\alpha = 0.321$ ,  $x = \alpha \cdot d = 0.064m$

Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0.608 \times 200 \times 1027 \times 0.200^2 = 4992 \text{ kNm}^2$

$y_2 = (1 - \alpha) d = 136mm$ ,  $\epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 136 \times 31.71 / 4992 = 0.86$

$S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 1027 \times 0.136 = (0.001) \times 0.139 \text{ m}^3$

(EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M = 31.71 / 4992 = (0.001) \times 6.352$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.139 / 0.563) = (0.001) \times 0.534$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r = (0.001) \times 6.352 + (0.001) \times 0.534 = (0.001) \times 6.885$  (1/m)

Med=31.71 kNm, Ned=20.00kN,  $\epsilon_c / \epsilon_s = 0.40 / 0.87$ ,  $x = 63mm$ ,  $\sigma_s = 174 \text{ N/mm}^2$

**14.9. Ελεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta = 1 - 0.50 \cdot (M_{cr} / Med)^2 = 1 - 0.50 \times (35.71 / 31.71)^2 = 0.37$

(Εξ.7.19)

Τελική καμπυλότητα  $(1/r) = 0.37 \times (0.001 \times 6.885) + (1 - 0.37) \times (0.001 \times 2.333) = (0.001) \times 3.997$  (1/m) (Εξ.7.18)

**14.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)

(EC2 Εξ.7.1)

$b = 1.000m$ ,  $b_{eff} = 1.000m$ ,  $h = 0.250m$ ,  $d = 0.200m$ ,  $x = 0.063m$ ,  $\phi = 14mm$

Ned=20.00kN,  $\sigma_c = (Ned/bh) = -0.1N/mm^2$ ,  $\sigma_s = f_{yd} = 435N/mm^2$

$A_{ct} = (h-x) \cdot b = (250-63) \times 1000 = 187161 \text{ mm}^2$

$\max(h,b1) = 0mm$ ,  $f_{ctm} = 2.60N/mm^2$ ,  $A_{ct} = 187161mm^2$ ,  $k = 1.00$ ,  $k_c = 0.41$ ,  $k_1 = 1.50$

Ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s,min} = 0.41 \times 1.00 \times 2.60 \times 187161 / 435 = 459mm^2/m$

**14.11. Υπολογισμός εύρους ραγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

(EC2 Εξ.7.8)

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Εξ.7.9)

$$\sigma_s = 174 \text{ N/mm}^2, \text{ μικρής διάρκ. φόρτιση: } E_s / E_c = 6.45, k_t = 0.6, \text{ μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s / E_c = 22.57, k_t = 0.4$$

$$A_{ceff} = 0.333(h-x)b = 0.333 \times (250-63) \times 1000 = 62325 \text{ mm}^2$$

(§7.3.2.3)

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 1027 / 62325 = 0.016$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = [174 - 0.4 \times (2.6 / 0.016) (1 + 22.57 \times 0.016)] / 200 = 0.44\% \geq 0.6 \times 174 / 200 = 0.52\%$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_s / \rho_{eff}$$

(EC2 Εξ.7.11)

$$\sigma_s = 174 \text{ N/mm}^2, k_1 = 0.8, k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, k_3 = 3.4, k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 174 / 0.016 = 314.43 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 314.43 \times 0.001 \times 0.52 = 0.16 \text{ mm}$$

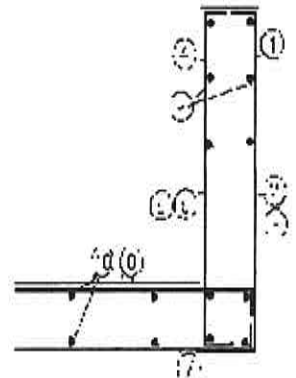
$$w_k = 0.16 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{max}, \text{ Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ραγμής κάτω ορίου}$$

**15. Προμέτρηση υλικών**

Σκυρόδεμα ανά μέτρο μήκους πισίνας	1.750 m <sup>3</sup> /m
Οπλισμός ανά μέτρο μήκους πισίνας	238.045 kg/m
Συνολικό σκυρόδεμα πισίνας	4.000x 1.750= 7.000 m <sup>3</sup>
Συνολικός οπλισμός πισίνας	4.000x 238.045= 952.180 kg

**16. Κατάλογος οπλισμού**

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	∅	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	120 ————— 2100 ————— 120	88	12	0.888	2.340	182.86
2	④	120 ————— 2100 ————— 120	88	12	0.888	2.340	182.86
3	⑨	————— 4000 —————	72	12	0.888	4.000	255.74
4	⑦	————— 1620 ————— 170	54	14	1.210	1.790	116.96
5	⑧	————— 1620 ————— 170	54	14	1.210	1.790	116.96
6	⑩	————— 4000 ————— 170	20	14	1.210	4.000	96.80
<b>Ολικό βάρος [kg]</b>							<b>952.18</b>



## Περιεχόμενα

1. 3.5X2 ΔΕΥΑΜ ΦΡ
2. Στοιχεία τοίχου-Παράμετροι-Κανονισμοί
3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες
4. Υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας εδάφους
  - 4.1. Συνθήκες πλήρους στράγγισης
5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσης
6. Σεισμικοί συντελεστές
7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)
  - 7.1. Τμήμα τοίχου από  $Y=0.000$  m έως  $Y=2.250$  m,  $H_s=2.250$  m
8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πσίνας σε ελαστικό έδαφος.
  - 8.1. Κόμβοι κατασκευής
  - 8.2. Στηρίξεις κατασκευής
  - 8.3. Στοιχεία κατασκευής
9. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (EQU)
  - 9.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
  - 9.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
  - 9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
10. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
11. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (με σεισμό)
  - 11.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα άδεια με ωθήσεις γαιών
  - 11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
  - 11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών
  - 11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
  - 11.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πσίνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών
  - 11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

**Περιεχόμενα**

- 11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
- 11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
- 12. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)
  - 12.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 12.4. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμής χωρίς ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 12.7. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμής με ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
- 13. Σχεδιασμός τοίχου πισίνας
  - 13.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος
  - 13.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)
  - 13.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$
  - 13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών
  - 13.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 13.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 13.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)
  - 13.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)
  - 13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)
  - 13.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)
  - 13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)
  - 13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου
- 14. Σχεδιασμός πλάκας πυθμένα πισίνας
  - 14.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος
  - 14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)
  - 14.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$
  - 14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών
  - 14.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 14.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 14.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)
  - 14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)
  - 14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)
  - 14.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)
  - 14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)
- 15. Προμέτρηση υλικών
- 16. Κατάλογος οπλισμού

**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

**Δ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΒΑΡΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΩΝ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200/90mm**



**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

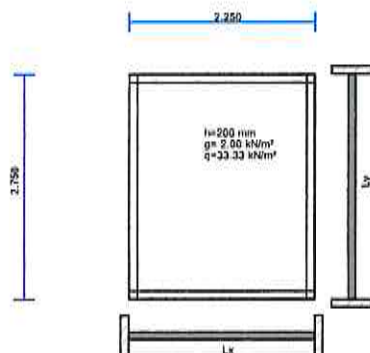
**Δ1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΛΑΚΑΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΠΑΧΟΥΣ 20εκ ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΒΑΡΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΩΝ, ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200/90mm**

**Project Beton****1. 2.5X2 ΔΕΥΑΜ ΕΠΙΚ**

Πλάκα συμπαγής, τετραέριστη

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-ELOT:2010)

C25/30 - B500C

**Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυροδεμα-Χάλυβας	: C25/30-B500C	(EC2 §3)
Κατηγορία περιβάλλοντος	: XC3	(EC2 §4.4.1)
Επικάλυψη οπλισμού	: $C_{nom}=50\text{ mm}$	(EC2 §4.4.1)
Βάρος σκυροδέματος	: $25.0\text{ kN/m}^3$	
$\gamma_c=1.50$ , $\gamma_s=1.15$		(EC2 Πίνακας 2.1N)
$f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times 25 / 1.50 = 14.17\text{ MPa}$		(EC2 §3.1.6)
$f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 0.85 \times 1.8 / 1.50 = 1.02\text{ MPa}$		(EC2 §3.1.6)
$f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 435\text{ MPa}$		(EC2 §3.2.7)
Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος	$E_{cm}=31.0\text{ GPa}$	

**2. Διαστάσεις, φορτία**Πάχος πλάκας  $h=0.200\text{ m}$ , Ανοίγματα  $L_x=2.250\text{ m}$ ,  $L_y=2.750\text{ m}$ Τίδιο βάρος πλάκας:  $g_0=25.00 \times 0.200=5.00\text{ kN/m}^2$ Φορτία πλάκας: μόνιμο  $g=(5.00+2.00)=7.00\text{ kN/m}^2$ , κινητό  $q=33.33\text{ kN/m}^2$ Ευτελεστές ασφαλείας δράσεων:  $\gamma_G=1.35$ ,  $\gamma_Q=1.50$ 

(EC0 Παράρτημα A1)

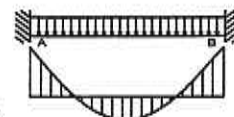
Συνδυασμός μεταβλητών δράσεων:  $\psi_0=0.70$ ,  $\psi_1=0.70$ ,  $\psi_2=0.60$ Ωφέλιμο ύψος διατομής  $d=h-d_1$ ,  $d_1=C_{nom}+\varnothing/2=50+12/2=56\text{ mm}$ ,  $d=200-56=144\text{ mm}$ 

Μέθοδος ανάλυσης: Czerny F., "Tafeln für vierseitig und dreiseitig gelagerte

Rechteckplatten", Beton Kalender 1983, Berlin, Ernst Sohn, 1983

 $L_y/L_x=2.750/2.250=1.22$ , Πίνακας 2.2.6**3. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Φορτίο (STR)  $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35g + 1.50q = 1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33 = 59.45\text{ kN/m}$ **3.1. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας x-x,  $L_x=2.250\text{ m}$** Ροπή στήριξης  $M_{ed\text{sup}A}=(1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 2.250^2 / 15.23 = -19.76\text{ kNm/m}$ Ροπή στήριξης  $M_{ed\text{sup}B}=(1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 2.250^2 / 15.23 = -19.76\text{ kNm/m}$ Ροπή ανοίγματος  $M_{ed\text{span}}=(1.35 \times 7.00 + 1.50 \times 33.33) \times 2.250^2 / 38.33 = 7.85\text{ kNm/m}$ Αντιδράσεις μόνιμα,  $V_{gA}=7.00 \times 2.250 / 2.00 = 7.89$   $V_{gB}=7.00 \times 2.250 / 2.00 = 7.89\text{ kN/m}$ Αντιδράσεις κινητά,  $V_{qA}=33.33 \times 2.250 / 2.00 = 37.56$   $V_{qB}=33.33 \times 2.250 / 2.00 = 37.56\text{ kN/m}$ 

**3.2. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας γ-γ, L<sub>γ</sub>=2.750 m**

Ροπή στήριξης	Med <sub>supA</sub> =(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.250 <sup>2</sup> /17.81=-16.90 kNm/m	
Ροπή στήριξης	Med <sub>supB</sub> =(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.250 <sup>2</sup> /17.81=-16.90 kNm/m	
Ροπή ανοίγματος	Med <sub>span</sub> =(1.35x7.00+1.50x33.33) x2.250 <sup>2</sup> /67.40= 4.46 kNm/m	
Αντιδράσεις μόνιμα, V <sub>gA</sub> = 7.00x2.250/2.12= 7.44 V <sub>gB</sub> = 7.00x2.250/2.12= 7.44 kN/m		
Αντιδράσεις κινητά, V <sub>qA</sub> =33.33x2.250/2.12=35.45 V <sub>qB</sub> =33.33x2.250/2.12=35.45 kN/m		

**4. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Med= 7.85kNm/m, d=144mm, K <sub>d</sub> = 5.14 x/d=0.06 ec <sub>2</sub> /ε <sub>s1</sub> =-1.2/20.0 ks=2.35, <b>As= 1.28cm<sup>2</sup>/m</b>
Med= 4.46kNm/m, d=132mm, K <sub>d</sub> = 6.25 x/d=0.05 ec <sub>2</sub> /ε <sub>s1</sub> =-1.0/20.0 ks=2.34, <b>As= 0.79cm<sup>2</sup>/m</b>
Med=-19.76kNm/m, d=144mm, K <sub>d</sub> = 3.24 x/d=0.10 ec <sub>2</sub> /ε <sub>s1</sub> =-2.2/20.0 ks=2.39, <b>As= 3.28cm<sup>2</sup>/m</b>
Med=-16.90kNm/m, d=144mm, K <sub>d</sub> = 3.50 x/d=0.09 ec <sub>2</sub> /ε <sub>s1</sub> =-2.0/20.0 ks=2.38, <b>As= 2.79cm<sup>2</sup>/m</b>

Ελάχιστος οπλισμός πλάκας, As>=0.26bd·f<sub>ctm</sub>/f<sub>yk</sub>=1.95cm<sup>2</sup>/m, s<=400mm, s'<=450mm (EC2 §9.3.1)  
ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m), δευτερεύων Ø12/30.0 ( 3.77cm<sup>2</sup>/m)

Οπλισμοί ανοιγμάτων: κ-κ	Ø12/15.0 ( 7.53cm <sup>2</sup> /m) (κάτω στρώση)
	γ-γ Ø12/15.0 ( 7.53cm <sup>2</sup> /m)
Οπλισμοί στηρίξεων: Άριστ	Ø12/25.0 ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	Δεξιά Ø12/25.0 ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	Κάτω Ø12/25.0 ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)
	Πάνω Ø12/25.0 ( 4.52cm <sup>2</sup> /m)

**5. Διαστασιολόγηση για τέμνουσα (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Μέγιστες τέμνουσες σε απόσταση d από παρειά στήριξης maxV=62.71 kN/m

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης V<sub>rdc</sub>

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc}=[Cr_{dc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Εξ.6.2.a)

$$V_{rdc} >= (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Εξ.6.2.b)

$$Cr_{dc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.50 = 0.120, f_{ck} = 25\text{MPa}, b_w = 1000\text{mm}, d = 144\text{mm}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2, k = 2.00, k_l = 0.15$$

$$\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 452/(1000 \times 144) = 0.0031$$

$$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49\text{N/mm}^2,$$

(EC2 Εξ.6.3N)

$$V_{rd, c(min)} = 0.001 \times (0.49) \times 1000 \times 144 = 70.56\text{kN/m}$$

$$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.31 \times 25)^{0.33}] \times 1000 \times 144 = 68.39, V_{rdc} = 70.56\text{kN/m}$$

$$V_{ed} = 62.71\text{kN/m} \leq V_{rdc} = 70.56\text{kN/m}, V_{ed} < V_{rdc} \text{ δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης}$$

**6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$L = 2.250\text{m}, b = 1.000\text{m}, h = 0.200\text{m}, d = 0.144\text{m}$$

$$\text{Φορτίο (ημι-μόνιμος συνδυασμός)} q_{ed} = g + \psi_2 \cdot q = 7.00 + 0.60 \times 33.33 = 27.00\text{kN/m}$$

$$L_x < L_y, L_{eff} = 2.250\text{m}, Med = (27.00/59.45) \times 7.85 = 3.57\text{kNm/m}, Med(SLS) = 3.57\text{kNm/m}$$

$$\text{Τελικός συντελεστής ερπυσμού } \varphi(\infty, t_0) = 2.50$$

(EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

$$\text{Ολική συστολή ξήρανσης } \epsilon_{cs} = -0.30\%$$

$$\gamma_c = 1.00, \gamma_s = 1.00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος } E_{cm} = 31.0\text{GPa}, E_{eff} = 31.0/(1+2.50) = 8.86\text{GPa} = 8860\text{MPa}$$

(EC2 Εξ.7.20)

$$\text{Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα } E_s = 200\text{GPa} = 200000\text{MPa}$$

$$\text{Λόγος μέτρων Ελαστικ. } E_s/E_c = 200/31.0 = 6.45, \text{ ενεργό } E_s/E_{c,eff} = 200/8.86 = 22.57$$

$$\text{Εφελεκόμενος οπλισμός: } \text{Ø}12/150 ( 7.53\text{cm}^2/\text{m})$$

$$\text{Λόγος οπλισμών } \rho = A_{s1}/(b \cdot d) = 753/(1000 \times 144) = 0.005$$

**6.1. Κατάσταση I (αρηγάτωτη διατομή) (SLS)**

$$\text{Δυσκαμψία αρηγάτωτης διατομής, } EI = (200/22.57) \times (0.001 \times 0.696) = 6165\text{kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1) (A_{s1} + A_{s2}), e = (n-1) (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s})/A_i, I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 753 \times 0.041 = (0.001) \times 0.031\text{ m}^3, y_2 = 97\text{mm}, y_{2s} = y_2 - d_2 = 97 - 56 = 41\text{mm}$$

(EC2 Εξ.7.21)

$$\text{καμψυλότητα λόγω ροής } 1/r_M = 3.57/6165 = (0.001) \times 0.578 (1/\text{m})$$

$$\text{καμψυλότητα λόγω ξήρανσης } 1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.031/0.696) = (0.001) \times 0.298 (1/\text{m})$$

$$\text{Ολική καμψυλότητα } 1/r = (0.001) \times 0.578 + (0.001) \times 0.298 = (0.001) \times 0.877 (1/\text{m})$$

$$\text{Ροπή ρηγμάτωσης, } M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2.6 \times (0.696/0.097) = 18.71\text{kNm}$$

**6.2. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.005, \quad n = \alpha_e = 22.57, \quad n \cdot \rho = 0.113, \quad \xi = 0.546, \quad \alpha = 0.375, \quad x = \alpha \cdot d = 0.054 \text{ m}$$

$$\text{Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, } EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0.546 \times 200 \times 753 \times 0.144^2 = 1706 \text{ kNm}^2$$

$$y_2 = (1 - \alpha) d = 90 \text{ mm}, \quad \epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 90 \times 3.57 / 1706 = 0.19$$

$$S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 753 \times 0.090 = (0.001) \times 0.068 \text{ m}^3$$

(EC2 Εξ.7.21)

$$\text{καμπυλότητα λόγω ροπής } 1/r_M = 3.57 / 1706 = (0.001) \times 2.090 \text{ (1/m)}$$

$$\text{καμπυλότητα λόγω ξήρανσης } 1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.068 / 0.193) = (0.001) \times 0.659 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Ολική καμπυλότητα } 1/r = (0.001) \times 2.090 + (0.001) \times 0.659 = (0.001) \times 2.749 \text{ (1/m)}$$

$$\text{Med} = 3.57 \text{ kNm}, \quad \epsilon_c / \epsilon_s = 0.11 / 0.19, \quad x = 54 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 38 \text{ N/mm}^2$$

**6.3. Έλεγχος παραμορφώσεων χωρίς άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EC2 §7.4.2)

$$l/d = K[11 + 1.5 \sqrt{f_{ck}(\rho_o/\rho)} + 3.2 \sqrt{f_{ck}(\rho_o/\rho - 1)^{3/2}}] = 27.75$$

(EC2 Εξ.7.16a)

$$f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_o = 0.001 \times \sqrt{25.00} = 0.005, \quad \rho = 0.005, \quad \rho' = 0.000, \quad \rho < \rho_o, \quad K = 1.5$$

$$l/d = (310/\sigma_s) \times (l/d), \quad \sigma_s = 38 \text{ N/mm}^2, \quad l/d = (310/38) \times 27.75 = 228.87$$

(EC2 Εξ.7.17)

$$l_{eff}/d = 2.250/0.144 = 15.63 \leq 228.87, \quad \text{Ανοιγμα/ύψος κάτω ορίου}$$

**6.4. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$$\text{Med} = 3.57 < 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 18.71 = 13.10 \text{ kNm}, \quad \zeta = 0.00$$

(Εξ.7.19)

$$\text{Τελική καμπυλότητα (1/r)} = 0.00 \times (0.001 \times 2.749) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 0.877) = (0.001) \times 0.877 \text{ (1/m)}$$

(Εξ.7.18)

$$\beta = (M_a + M_b) / M_c = (19.76 + 19.76) / 7.85 = 5.03, \quad k = 0.104 (1 - 5.03/10) = 0.0517$$

$$f = k \cdot l_{eff}^2 \cdot (1/r) = 0.0517 \times 2.250^2 \times 0.877 = 0.23 \text{ mm}$$

$$f = 0.23 \text{ mm} \leq 1000 \times 2.250 / 250 = 9.00 \text{ mm}, \quad \text{Παραμόρφωση κάτω ορίου}$$

**6.5. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

$$\text{Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού } A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

(EC2 Εξ.7.1)

$$b = 1.000 \text{ m}, \quad b_{eff} = 1.000 \text{ m}, \quad h = 0.200 \text{ m}, \quad d = 0.144 \text{ m}, \quad x = 0.054 \text{ m}, \quad \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = 0.00 \text{ kN}, \quad \sigma_c = (N_{ed}/bh) = 0.00 \text{ N/mm}^2, \quad \sigma_s = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ct} = (h - x) \cdot b = (200 - 54) \times 1000 = 145935 \text{ mm}^2$$

$$\max(h, b_1) = 0 \text{ mm}, \quad f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2, \quad A_{ct} = 145935 \text{ mm}^2, \quad k = 1.00, \quad k_c = 0.40, \quad k_1 = 1.50$$

$$\text{Ελάχιστος οπλισμός, } A_{s,min} = 0.40 \times 1.00 \times 2.60 \times 145935 / 435 = 349 \text{ mm}^2/\text{m}$$

**6.6. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

(EC2 Εξ.7.8)

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Εξ.7.9)

$$\sigma_s = 38 \text{ N/mm}^2, \quad \text{μικρής διάρκ. φόρτιση: } E_s / E_c = 6.45, \quad k_t = 0.6, \quad \text{μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s / E_c = 22.57, \quad k_t = 0.4$$

$$A_{ceff} = 0.333 (h - x) b = 0.333 \times (200 - 54) \times 1000 = 48597 \text{ mm}^2$$

(§7.3.2.3)

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff}, \quad \rho_{eff} = 753 / 48597 = 0.015$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [38 - 0.4 \times (2.6 / 0.015) (1 + 22.57 \times 0.015)] / 200 = -0.27\% \geq 0.6 \times 38 / 200 = 0.11\%$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset / \rho_{eff}$$

(EC2 Εξ.7.11)

$$\emptyset = 12 \text{ mm}, \quad k_1 = 0.8, \quad k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, \quad k_3 = 3.4, \quad k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12 / 0.015 = 301.66 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 301.66 \times 0.001 \times 0.11 = 0.03 \text{ mm}$$

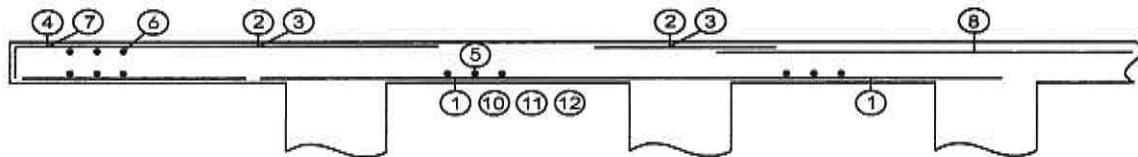
$$w_k = 0.03 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{max}, \quad \text{Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

## 7. Κατάλογος οπλισμού

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	∅	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	2830	18	12	0.888	2.830	45.23
2	①	3330	15	12	0.888	3.330	44.36
3	②	1940	11	12	0.888	1.940	18.95
4	⑥	2750	4	10	0.617	2.750	6.79
5	②	1940	11	12	0.888	1.940	18.95
6	⑥	2750	4	10	0.617	2.750	6.79
7	②	2190	9	12	0.888	2.190	17.50
8	⑥	2250	5	10	0.617	2.250	6.94
9	②	2190	9	12	0.888	2.190	17.50
10	⑥	2250	5	10	0.617	2.250	6.94

Ολικό βάρος [kg]

189.95



**ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ:**  
**Α) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 1,50x1,50x1,80m,**  
**Β) ΑΕΡΕΞΑΓΩΓΩΝ-ΕΚΚΕΝΩΤΩΝ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,00x2,00x2,00m,**  
**Γ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 3,50x2,00x2,00m ΚΑΙ**  
**Δ) ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 2,50x2,00x2,00m**

---

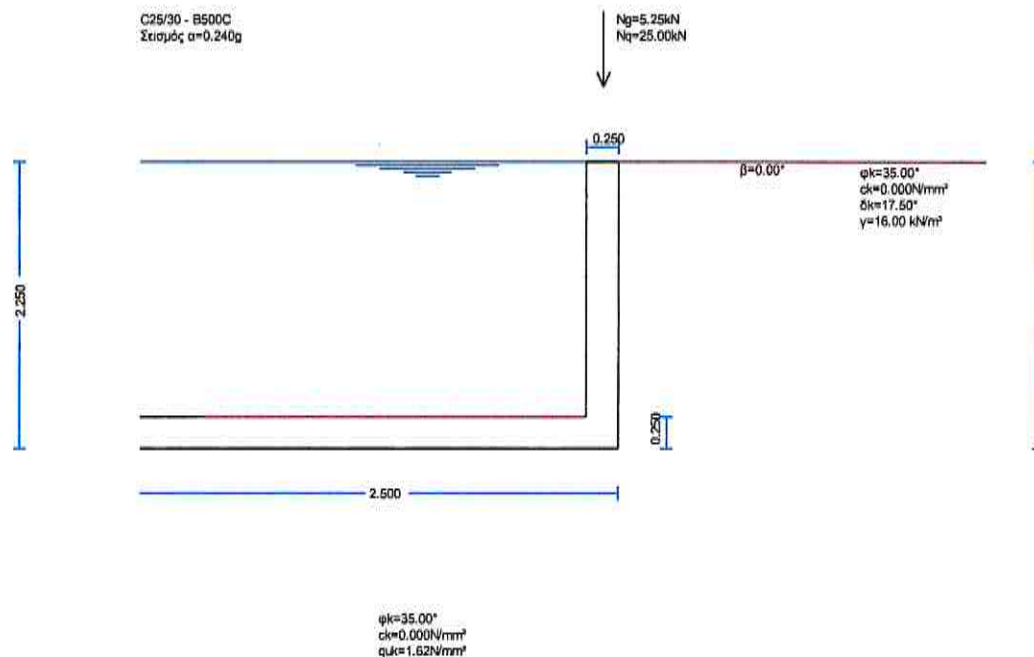
**Δ2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΑΧΟΥΣ 25cm ΚΑΙ ΠΛΑΚΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΠΑΧΟΥΣ 25cm**  
**ΧΥΤΟΥ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΔΙΚΛΕΙΔΩΝ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ**  
**2,50x2,00x2,00m, ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΒΑΡΥΤΙΚΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΑΓΩΓΩΝ,**  
**ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ Φ200/90mm**

## Project Beton

### 1. 2.5X2X2 ΔΕΥΑΜ ΦΡ

Τοίχος αντιστήριξης ωπλισμένου σκυροδέματος, Δεξαμενή νερού-πισίνα

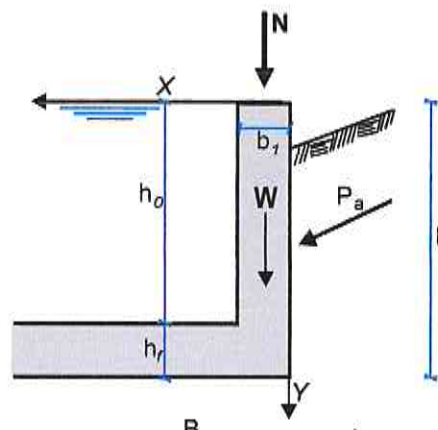
(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, EC7 EN1997-1-1:2004, EC8 EN1998-5:2004, +NA-ELOT:2010)



### 2. Στοιχεία τοίχου-Παράμετροι-Κανονισμοί

#### Διαστάσεις

Ολικό ύψος τοίχου	$h = 2.250 \text{ m}$
Πλάτος πισίνας	$B = 2.500 \text{ m}$
Μήκος πισίνας	$L = 3.000 \text{ m}$
Υψος κορμού τοίχου	$h_o = 2.000 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην κορυφή	$b_1 = 0.250 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην βάση	$b_2 = 0.250 \text{ m}$
Πάχος πυθμένα	$h_f = 0.250 \text{ m}$
Γωνία εμπρός παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$
Γωνία πίσω παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$



#### Φορτία στην κορυφή

Κατακόρυφο μόνιμο φορτίο	$N_g = 5.25 \text{ kN/m}$
Κατακόρυφο κινητό φορτίο	$N_q = 25.00 \text{ kN/m}$

#### Βάρος τοίχου

Ειδικό βάρος υλικού τοίχου	$\gamma_g = 25.000 \text{ kN/m}^3$
Εμβαδόν διατομής τοίχου	$A = 0.563 \text{ m}^2$
Ιδίο βάρος τοίχου ανά μέτρο	$W = 0.563 \times 25.000 = 14.05 \text{ kN/m}$
Κέντρο βάρους τοίχου	$x = 0.125 \text{ m}, y = 1.125 \text{ m} (x_o = 0.125 \text{ m}, y_o = 1.125 \text{ m})$
Πλάκα πυθμένα πισίνας	$q_f = 0.250 \times 25.000 = 6.25 \text{ kN/m}$

**Υλικά κατασκευής**

Τοίχος πείσινας	: Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C	(EN1992-1-1, §3
	: Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm	(EN1992-1-1, §4.4.1
Πλάκα πυθμένα πείσινας:	Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C	
	: Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm	

**3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες** (EC7 Πιν. Α.1-Α.4, EC8-5 §3.1

Οριακή κατάσταση Ισοροπίας (EQU), Δομικού τύπου (STR), Γεωτεχνικού τύπου (GEO)

		( EQU )	( STR/GEO )	( Σεισμός )
		( A1+M1 )		
Δράση	Μόνιμη Δυσμενής	γGdst: 1.10	1.35	1.00
	Μόνιμη Ευνοϊκή	γGstb: 0.90	1.00	1.00
	Μεταβλητή Δυσμενής	γQdst: 1.50	1.50	1.00
	Μεταβλητή Ευνοϊκή	γQstb: 0.00	0.00	0.00
Εδαφικές ιδιότητες	Γωνία διατμητικής αντοχής	γφ: 1.25	1.00	1.00
	Συνοχή c	γc: 1.25	1.00	1.00
	Διατμητική αντοχή cu	γcu: 1.40	1.00	1.00
	Θλιπτική αντοχή qu	γqu: 1.40	1.00	1.00
	Βάρος	γw: 1.00	1.00	1.00

γR,v(R2)=1.40, γR,h(R2)=1.10, γR,e(R2)=1.40

**4. Υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας εδάφους**

(EC7 EN1997-1-1:2004 Παράρτημα D

Αποστράγγιστη διατμητική αντοχή	cuk= 400.0 kPa
Ενεργός τριβή εδάφους	φk = 35.0 °
Ενεργός συνοχή εδάφους	ck = 0.0 kPa
Ειδικό βάρος	γκ = 18.0 kN/m <sup>3</sup>

Μήκος πεδίου	Lx=B= 2.50 m
Πλάτος πεδίου	Ly=L= 3.00 m
Βάθος θεμελίωσης	d= 2.00 m

Κατακόρυφο φορτίο	Ned= 282 kN
Οριζόντιο φορτίο	Hed= 0 kN
Ροπή	Med= 0 kNm

**4.1. Συνθήκες πλήρους στράγγισης**

(EC7 EN1997-1-1:2004 Παράρτημα D.4

**Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) (EQU)**

Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας γφ= 1.25 γc= 1.25

B'/L'=2.50/3.00=0.83, A'=B'xL'=2.50x3.00=7.50 m<sup>2</sup>

φk=35.0, tan(φd)=tan(φk)/γφ=0.700/1.25=0.560, φd= 29.26°

ck=0.0, cd=ck/γc=0.0/1.25= 0.0kPa, A'·cd·cot(φd)=7.50x0.0x1.785=0kN

$$Nq=e^{\pi \cdot \tan(\phi d)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi d/2) = e^{\pi \cdot \tan(29.26)} \cdot \tan^2(59.63) = e^{1.760} \times 1.707^2 = 16.9$$

$$Nc = (Nq - 1) \cdot \cot(\phi d) = (16.9 - 1) \times \cot(29.26) = 15.9 \times 1.785 = 28.4$$

$$N\gamma = 2(Nq - 1) \cdot \tan(\phi d) = 2 \times (16.9 - 1) \times \tan(29.26) = 2 \times 15.9 \times 0.560 = 17.8$$

$$q' = \gamma k \cdot d = 18.00 \times 2.00 = 36.0 \text{ kPa}$$

$$sq = 1 + (B'/L') \sin(\phi d) = 1 + 0.83 \times \sin(29.26) = 1.41$$

$$sc = (sq \cdot Nq - 1) / (Nq - 1) = (1.41 \times 16.9 - 1) / (16.9 - 1) = 22.829 / 15.9 = 1.44$$

$$s\gamma = 1 - 0.3(B'/L') = 1 - 0.3 \times (0.83) = 0.75$$

$$H=0, ic=1, iq=1, i\gamma=1$$

$$R/A' = cd \cdot Nc \cdot sc \cdot ic + q' \cdot Nq \cdot sq \cdot iq + 0.5 \gamma \cdot B' \cdot N\gamma \cdot s\gamma \cdot i\gamma =$$

$$= 0.0 \times 28.4 \times 1.44 \times 1.00 + 36.0 \times 16.9 \times 1.41 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 2.50 \times 17.8 \times 0.75 \times 1.00 =$$

$$= 0.0 + 857.8 + 300.4 = 1158.2 \text{ kPa}$$

Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους qud=1158.2 kPa= 1.158 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα αντίσταση quk=1158.2·γqu= 1158.2x1.40=1621.5 kPa= 1.622 N/mm<sup>2</sup>



Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS) (STR/GEO A1+M1)

Επιμέρους συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_{\varphi} = 1.00$   $\gamma_c = 1.00$

$B'/L' = 2.50/3.00 = 0.83$ ,  $A' = B' \times L' = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ m}^2$

$\varphi_k = 35.0$ ,  $\tan(\varphi_d) = \tan(\varphi_k) / \gamma_{\varphi} = 0.700 / 1.00 = 0.700$ ,  $\varphi_d = 35.00^\circ$

$c_k = 0.0$ ,  $c_d = c_k / \gamma_c = 0.0 / 1.00 = 0.0 \text{ kPa}$ ,  $A' \cdot c_d \cdot \cot(\varphi_d) = 7.50 \times 0.0 \times 1.428 = 0 \text{ kN}$

$N_q = e^{-\frac{2B'(1-\sin(\varphi_d))}{L' \sin(\varphi_d)}} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi_d/2) = e^{-\frac{2 \cdot 7.50(1-\sin(35.00))}{3.00 \sin(35.00)}} \cdot \tan^2(62.50) = e^{-2.200} \times 1.921^2 = 33.3$

$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\varphi_d) = (33.3 - 1) \times \cot(35.00) = 32.3 \times 1.428 = 46.1$

$N_{\gamma} = 2(N_q - 1) \cdot \tan(\varphi_d) = 2 \times (33.3 - 1) \times \tan(35.00) = 2 \times 32.3 \times 0.700 = 45.2$

$q' = \gamma_k \cdot d = 18.00 \times 2.00 = 36.0 \text{ kPa}$

$s_q = 1 + (B'/L') \sin(\varphi_d) = 1 + 0.83 \times \sin(35.00) = 1.48$

$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) = (1.48 \times 33.3 - 1) / (33.3 - 1) = 48.284 / 32.3 = 1.49$

$s_{\gamma} = 1 - 0.3(B'/L') = 1 - 0.3 \times (0.83) = 0.75$

$H = 0$ ,  $i_c = 1$ ,  $i_q = 1$ ,  $i_{\gamma} = 1$

$R/A' = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} =$

$= 0.0 \times 46.1 \times 1.49 \times 1.00 + 36.0 \times 33.3 \times 1.48 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 2.50 \times 45.2 \times 0.75 \times 1.00 =$

$= 0.0 + 1774.2 + 762.8 = 2537.0 \text{ kPa}$

Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους  $q_{ud} = 2537.0 \text{ kPa} = 2.537 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα αντίσταση  $q_{uk} = 2537.0 \cdot \gamma_{qu} = 2537.0 \times 1.40 = 3551.8 \text{ kPa} = 3.552 \text{ N/mm}^2$

Θλιπτική αντοχή εδάφους  $q_{uk} = \min(1.62, 3.55) = 1.62 \text{ N/mm}^2$

Συνθήκες πλήρους στράγγισης, θλιπτική αντοχή εδάφους  $q_{uk} = 1.62 \text{ N/mm}^2$

## 5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσης

Θλιπτική αντοχή εδάφους στη βάση  $q_u = 1.62 \text{ N/mm}^2$

Γωνία τριβής εδάφους στη βάση  $\varphi = 35.00^\circ$ , συντελεστής τριβής  $\tan(\varphi) = 0.700$

Μοντέλο θεμελίωσης Winkler  $K_s = 100000 \text{ kNm}^2/\text{m}$

## 6. Σεισμικοί συντελεστές

(EC8 EN1998-5:2004, §7.3.2)

Ανηγμένη σεισμική επιτάχυνση εδάφους  $\alpha_g = \alpha_{kg}$ ,  $\alpha = 0.24$  (EC8-5 §7.3.2)

Κατακόρ./οριζ. σεισμική επιτάχυνση  $\alpha_{vg} / \alpha_g = 0.90$  (EC8 §3.2.2.3)

Συντ. θεμελίωσης  $S = 1.00$  (EC8 §3.2.2.2)

Συντ. σπουδαιότητας κτιρίου  $\gamma_I = 1.00$  (EC8 §3.2.1, T.4.3)

Μειωτικός συντελεστής συμπεριφοράς  $r = 1.50$  (EC8-5 Πίνακας 7.1)

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής  $k_h = 1.00 \times 0.24 \times 1.00 / 1.500 = 0.160$  (EC8-5 Εξ.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής  $k_v = 0.50 \times 0.160 = 0.080$  (EC8-5 Εξ.7.2)

**Σεισμικές δυνάμεις (εκτός δυνάμεων λόγω ώθησης γαιών)**

Οριζόντια δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους  $F_{wx} = 14.05 \times 0.160 = 2.25 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους  $F_{wy} = 14.05 \times 0.080 = 1.12 \text{ kN/m}$

Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_g$   $F_{gx} = 5.25 \times 0.160 = 0.84 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_g$   $F_{gy} = 5.25 \times 0.080 = 0.42 \text{ kN/m}$

Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_q$   $F_{qx} = 25.00 \times 0.160 = 4.00 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή  $N_q$   $F_{qy} = 25.00 \times 0.080 = 2.00 \text{ kN/m}$

## 7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)

### 7.1. Τμήμα τοίχου από $Y = 0.000 \text{ m}$ έως $Y = 2.250 \text{ m}$ , $H_s = 2.250 \text{ m}$

Ανω Σημείο A  $x = 0.000 \text{ m}$   $y = 0.000 \text{ m}$

Κάτω Σημείο B  $x = 0.000 \text{ m}$   $y = 2.250 \text{ m}$

**Ιδιότητες εδάφους**

Τύπος εδάφους : Αμμοχάλικο

Ειδικό βάρος ξηρού εδάφους  $\gamma = 16.00 \text{ kN/m}^3$

Ειδικό βάρος κορεσμένου εδάφους  $\gamma_s = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Ειδικό βάρος νερού  $\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3$

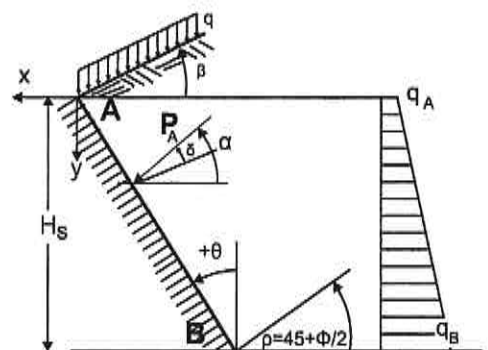
Γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους  $\varphi = 35.00^\circ$

Συντελεστής συνεκτικότητας εδάφους  $c = 0.000 \text{ N/mm}^2$

Γωνία επιφάνειας εδάφους με οριζόντια  $\beta = 0.00^\circ$

Γωνία πίσω παρειάς τοίχου με κατακόρυφο  $\theta = 0.00^\circ$

Γωνία τριβής μεταξύ τοίχου και εδάφους  $\delta = 17.50^\circ$



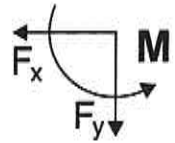
**Ωθηση σύμφωνα με θεωρία Coulomb**

	EQU	A1+M1
Γωνία επιπέδου ολίσθησης $\rho=45^\circ+\varphi/2=$	59.00	62.50°
Συντελεστής ενεργητικής ώθησης $K_a =$	0.326	0.246
Ωθηση γαιών καθ ύψος $q(y)=q_A+y \cdot \gamma \cdot K_a$		

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

**Μόνιμες δράσεις**

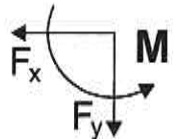
	EQU	A1+M1
Ωθηση (πίεση) στην κορυφή ( $y=y_A$ )	$q_A=$ 0.00	0.00 kN/m <sup>2</sup>
Ωθηση (πίεση) στην βάση ( $y=y_A+ 2.25m$ )	$q_B=$ 11.74	8.86 kN/m <sup>2</sup>
Ωθηση (δύναμη) γαιών $P_a= \frac{1}{2}(q_A+q_B)H$	$P_a=$ 13.21	9.97 kN/m
Γωνία ώθησης γαιών	$\alpha =$ 14.00	17.50 °
Ωθηση γαιών κατά x κατεύθυνση	$P_{ax}=$ 12.82	9.51 kN/m
Ωθηση γαιών κατά y κατεύθυνση	$P_{ay}=$ 3.20	3.00 kN/m
Ροπή ώθησης γαιών ως προς σημείο ( $x=0, y=0$ )	$M =$ -19.23	-14.27 kNm/m
Σημείο εφαρμογής ώθησης γαιών $x=$ 0.000 m, $y=$ 1.500 m		

**Σύνολα δυνάμεων και ροπών**

Δυνάμεις και ροπές στο κάτω σημείο B ( $x=0.000$  m,  $y=2.250$  m)

**Μόνιμες δράσεις**

	EQU	A1+M1
Συνολική οριζόντια ώθηση γαιών $F_{sx}=$	12.82	9.51 kN/m
Συνολική κατακόρυφη ώθηση γαιών $F_{sy}=$	3.20	3.00 kN/m
Συνολική ροπή ώθησης γαιών $M_s =$	9.61	7.13 kNm/m

**Σεισμικές δυνάμεις**

(EC8 EN1998-5:2004, §7.3.2, Παράρτημα E)

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής  $k_h=1.00 \times 0.24 \times 1.00 / 1.500 = 0.160$

(EC8-5 Εξ.7.1, Τ.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής  $k_v=0.50 \times 0.160 = 0.080$

(EC8-5 Εξ.7.2)

Εδαφος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα

(EC8-5 Παράρτημα E.5)

$\tan(\omega) = k_h / (1 - k_v) = 0.160 / (1 - 0.080) = 0.174$ ,  $\omega = 9.87^\circ$

Method Mononobe-Okabe (EC8-5 Παράρτημα E.4)

για ώθηση γαιών κατά τη διάρκεια σεισμού

Συντελεστής ενεργητικής ώθησης,  $K_e^*(STR) = 0.359$

Πρόσθετη πίεση εδάφους λόγω σεισμού

επί της STR κατάστασης φόρτισης  $\xi = (K_e^* / K_e - 1) = (0.359 / 0.246 - 1) = 0.459$

$$K_E = \frac{\cos^2(\varphi-\omega-\theta)}{\cos\omega \cos^2\theta \cos(\delta+\theta+\omega) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\beta)}{\cos(\theta+\omega+\delta)\cos(\theta-\beta)}} \right]^2}$$

Δύναμη εδάφους λόγω σεισμικού φορτίου (Μόνιμες δράσεις )  $F_x = 1.459 \times 9.51 = 13.88$  kN/m

**8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πisinάς σε ελαστικό έδαφος.**

Χρησιμοποιούνται 2-διαστάσεων ραβρωτά στοιχεία. Οι κόμβοι του πυθμένα στηρίζονται

σε ελατήρια με ιδιότητες που προκύπτουν από το μοντέλο θεμελίωσης Winkler.

Τα κατακόρυφα στοιχεία τοίχων φορτίζονται με τριγωνική ώθηση γαιών από έξω προς τα μέσα.

Ομοίμορφο φορτίο νερού στον πυθμένα και τριγωνικό στους τοίχους λαμβάνεται υπ όψη.

Από την ανάλυση υπολογίζονται οι πιέσεις εδάφους και οι εωτερικές δυνάμεις διατομών.

Μοντέλο θεμελίωσης Winkler  $K_s = 100000$  kN/m<sup>2</sup>/m

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E = 31.0$  GPa

Πάχος πυθμένα πisinάς  $h = 0.250$  m

Πλάτος πisinάς  $L = 2.500$  m

**8.1. Κόμβοι κατασκευής**

Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]
1	0.000	2.125	2	0.000	1.063	3	0.000	0.000
4	0.000	-1.000	5	0.156	0.000	6	0.156	-1.000
7	0.313	0.000	8	0.313	-1.000	9	0.469	0.000
10	0.469	-1.000	11	0.625	0.000	12	0.625	-1.000
13	0.781	0.000	14	0.781	-1.000	15	0.938	0.000
16	0.938	-1.000	17	1.094	0.000	18	1.094	-1.000
19	1.250	0.000	20	1.250	-1.000	21	1.406	0.000
22	1.406	-1.000	23	1.563	0.000	24	1.563	-1.000
25	1.719	0.000	26	1.719	-1.000	27	1.875	0.000
28	1.875	-1.000	29	2.031	0.000	30	2.031	-1.000
31	2.188	0.000	32	2.188	-1.000	33	2.344	0.000
34	2.344	-1.000	35	2.500	0.000	36	2.500	-1.000
37	2.500	1.063	38	2.500	2.125			

**8.2. Στηρίξεις κατασκευής**κύληση  $\delta x=0$  κόμβοι: [17]πάκτωση  $\delta x=\delta y=\delta \varphi=0$  κόμβοι: [4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36]**8.3. Στοιχεία κατασκευής**

Στοιχ.	κόμβ.-1	κόμβ.-2	μήκος(mm)	γωνία(°)	E (MPa)	$\Lambda$ (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )
1	2	1	1.063	90.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
2	3	2	1.063	90.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
3	38	37	1.063	270.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
4	37	35	1.063	270.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
5	3	5	0.156	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
6	5	7	0.156	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
7..19	7..	9..	0.156	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
20	33	35	0.156	0.00	31000	0.250	1.302x10 <sup>-3</sup>
21	3	4	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
22	5	6	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
23..35	7..	8..	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
36	33	34	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>
37	35	36	1.000	270.00	16	1.000	0.001x10 <sup>-3</sup>

**9. Ελεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (ΕΦΥ)**

(EC7 §6.5.2)

**9.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πίσινα άδεια με ωθήσεις γαιών (ΕΦΥ)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	8.30	5.81		3.52
Βάρος τοίχου	W x1.10					15.46
Βάρος πυθμένα	σfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					5.78
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					37.50
Σύνολο=		0.00	8.30	5.81	6.88	62.26

**9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-62.26kN κόμβοι: [1,38]

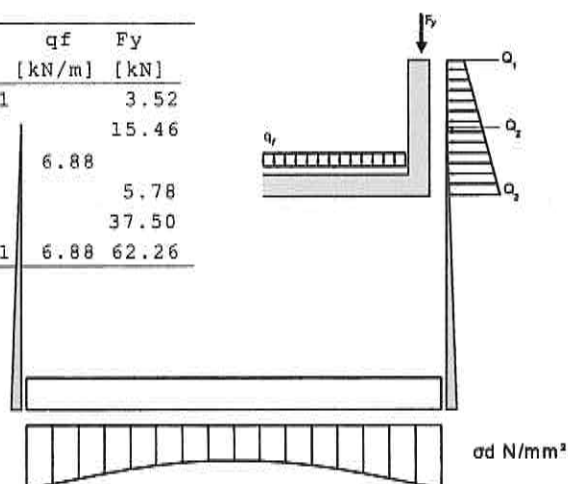
Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 8.30kN κόμβοι: [2], Fx= -8.30kN κόμβοι: [37]

Fx= 5.81kN κόμβοι: [3], Fx= -5.81kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 6.88kN/m στοιχεία: [5, ..., 20]



**9.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.073 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.073 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-62.26\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 14.11\text{kN}$ ,  $M_{ed}= -8.82\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}=-14.11\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 51.39\text{kN}$ ,  $M_{ed}=-21.85\text{kNm}$

**9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.073 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.620/1.40=1.157 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.073 < q_u/\gamma_M=1.157 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**9.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (EQU)**

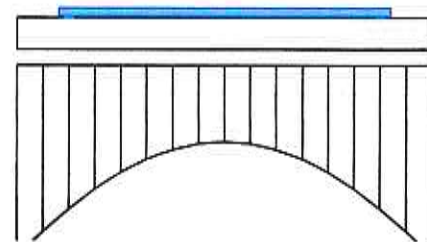
Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Βάρος τοίχου	W x1.10					15.46
Βάρος πυθμένα	qfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					5.78
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					37.50
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-1.95-11.00	-9.05	22.00		
	Σύνολο=	-1.95-11.00	-9.05	28.88	58.74	

**9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-58.74\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x= -1.95\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 1.95\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x=-11.00\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 11.00\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x= -9.05\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 9.05\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=28.88\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.113 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.113 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-58.74\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-22.00\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 15.83\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 22.00\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 43.35\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 37.78\text{kNm}$

**9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.113 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.620/1.40=1.157 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.113 < q_u/\gamma_M=1.157 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (EQU)**

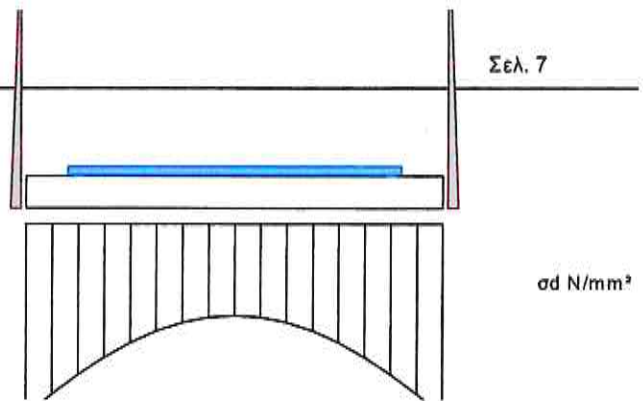
Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	8.30	5.81		3.52
Βάρος τοίχου	W x1.10					15.46
Βάρος πυθμένα	qfx1.10				6.88	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					5.78
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					37.50
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-1.95-11.00	-9.05	22.00		
	Σύνολο=	-1.95	-2.70	-3.24	28.88	62.26

**9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y = -62.26 \text{ kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x = -1.95 \text{ kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x = 1.95 \text{ kN}$  κόμβοι: [38] $F_x = -2.70 \text{ kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x = 2.70 \text{ kN}$  κόμβοι: [37] $F_x = -3.24 \text{ kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x = 3.24 \text{ kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q = 28.88 \text{ kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s = 0.109 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_s = +0.109 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_s = -0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed} = -62.26 \text{ kN}$ ,  $V_{ed} = -7.89 \text{ kN}$ ,  $M_{ed} = 7.01 \text{ kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed} = 7.89 \text{ kN}$ ,  $V_{ed} = 47.57 \text{ kN}$ ,  $M_{ed} = 32.84 \text{ kNm}$ **9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d = 0.109 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u = 1.620/1.40 = 1.157 \text{ N/mm}^2$ 

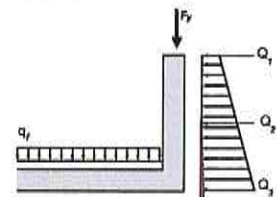
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d = 0.109 < q_u/\gamma_M = 1.157 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**10. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 §6.5.2)

**10.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

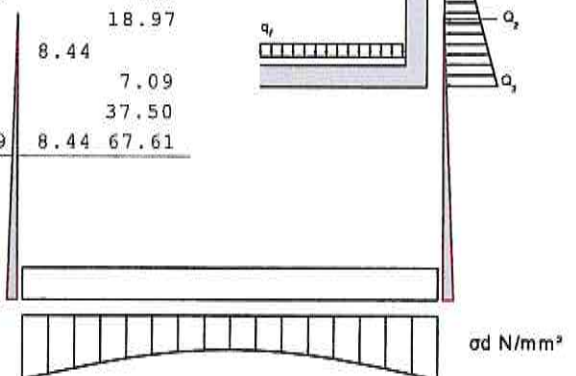
Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	$P_{ax} 1.35$	0.00	7.55	5.29		4.05
Βάρος τοίχου	$W 1.35$					18.97
Βάρος πυθμένα	$g_f 1.35$				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_g 1.35$					7.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_q 1.50$					37.50
	Σύνολο=	0.00	7.55	5.29	8.44	67.61

**10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y = -67.61 \text{ kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x = 0.00 \text{ kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x = 0.00 \text{ kN}$  κόμβοι: [38] $F_x = 7.55 \text{ kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x = -7.55 \text{ kN}$  κόμβοι: [37] $F_x = 5.29 \text{ kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x = -5.29 \text{ kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q = 8.44 \text{ kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s = 0.082 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_s = +0.082 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_s = -0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed} = -67.61 \text{ kN}$ ,  $V_{ed} = 12.84 \text{ kN}$ ,  $M_{ed} = -8.02 \text{ kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed} = -12.84 \text{ kN}$ ,  $V_{ed} = 55.51 \text{ kN}$ ,  $M_{ed} = -24.85 \text{ kNm}$ **10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d = 0.082 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u = 1.620/1.40 = 1.157 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d = 0.082 < q_u/\gamma_M = 1.157 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται

**10.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	W x1.35					18.97
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					7.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					37.50
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-2.39	-13.50	-11.11	27.00	
	Σύνολο=	-2.39	-13.50	-11.11	35.44	63.56

**10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-63.56kN κόμβοι: [1,38]

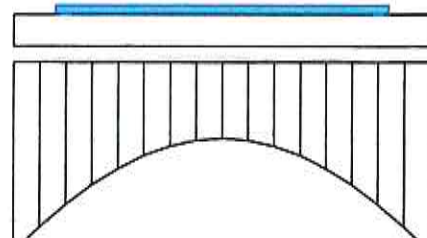
Fx= -2.39kN κόμβοι: [1], Fx= 2.39kN κόμβοι: [38]

Fx=-13.50kN κόμβοι: [2], Fx= 13.50kN κόμβοι: [37]

Fx=-11.11kN κόμβοι: [3], Fx= 11.11kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=35.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.128 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.128 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-63.56kN, Ved=-27.00kN, Med= 19.42kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 27.00kN, Ved= 46.28kN, Med= 42.44kNm

**10.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

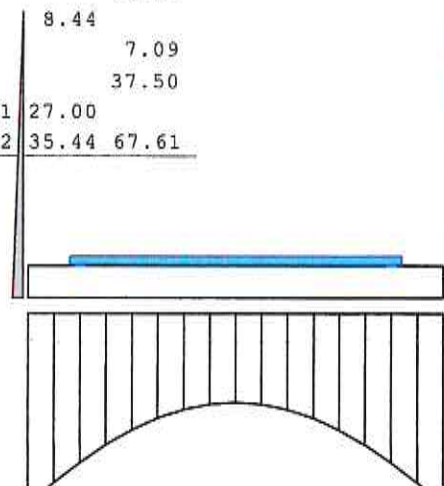
(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους σd=0.128 N/mm<sup>2</sup>Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.620/1.40=1.157 N/mm<sup>2</sup>

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους σd=0.128 < qu/γM=1.157 N/mm<sup>2</sup> , Έλεγχος ικανοποιείται**10.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.35	0.00	7.55	5.29		4.05
Βάρος τοίχου	W x1.35					18.97
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				8.44	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					7.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					37.50
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-2.39	-13.50	-11.11	27.00	
	Σύνολο=	-2.39	-5.95	-5.82	35.44	67.61

**10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-67.61kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -2.39kN κόμβοι: [1], Fx= 2.39kN κόμβοι: [38]

Fx= -5.95kN κόμβοι: [2], Fx= 5.95kN κόμβοι: [37]

Fx= -5.82kN κόμβοι: [3], Fx= 5.82kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=35.44kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.125 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.125 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-67.61kN, Ved=-14.16kN, Med= 11.40kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 14.16kN, Ved= 50.81kN, Med= 38.33kNm

**10.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.125 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.620/1.40=1.157 \text{ N/mm}^2$ 

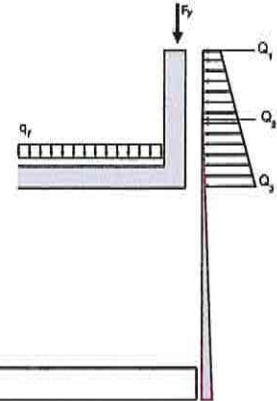
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.125 < q_u/\gamma_M=1.157 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**11. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 §6.5.2) (με σεισμό)

**11.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.46	0.00	8.16	5.71		4.38
Βάρος τοίχου	W x1.16					16.30
Βάρος πυθμένα	gfx1.16				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.16					6.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.16					29.00
	Σύνολο=	0.00	8.16	5.71	7.25	55.77

**11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-55.77kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 8.16kN κόμβοι: [2], Fx= -8.16kN κόμβοι: [37]

Fx= 5.71kN κόμβοι: [3], Fx= -5.71kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 7.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.066 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.066 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ 

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-55.77kN, Ved= 13.87kN, Med= -8.67kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned=-13.87kN, Ved= 46.10kN, Med=-18.96kNm

**11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.066 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.620/1.40=1.157 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.066 < q_u/\gamma_M=1.157 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	W x1.16					16.30
Βάρος πυθμένα	gfx1.16				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.16					6.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.16					29.00
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.16	-2.05	-11.60	-9.55	23.20	
	Σύνολο=	-2.05	-11.60	-9.55	30.45	51.39

**11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-51.39kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -2.05kN κόμβοι: [1], Fx= 2.05kN κόμβοι: [38]

Fx=-11.60kN κόμβοι: [2], Fx= 11.60kN κόμβοι: [37]

Fx= -9.55kN κόμβοι: [3], Fx= 9.55kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=30.45kN/m στοιχεία: [5,...,20]



**11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.106 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.106 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-51.39\text{kN}$ ,  $V_{ed}=-23.20\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 16.69\text{kNm}$   
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 23.20\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 37.14\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 34.98\text{kNm}$

**11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

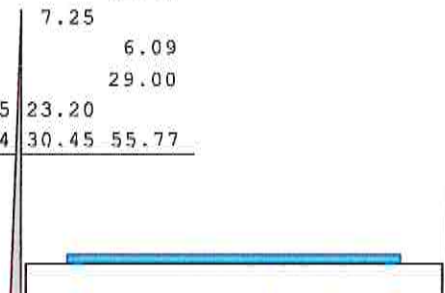
(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.106 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.620/1.40=1.157 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.106 < q_u/\gamma_M=1.157 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**11.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.46	0.00	8.16	5.71		4.38
Βάρος τοίχου	W x1.16					16.30
Βάρος πυθμένα	gfx1.16				7.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.16					6.09
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.16					29.00
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.16	-2.05	-11.60	-9.55	23.20	
Σύνολο		-2.05	-3.44	-3.84	30.45	55.77

**11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y=-55.77\text{kN}$  κόμβοι: [1,38] $F_x=-2.05\text{kN}$  κόμβοι: [1],  $F_x= 2.05\text{kN}$  κόμβοι: [38] $F_x=-3.44\text{kN}$  κόμβοι: [2],  $F_x= 3.44\text{kN}$  κόμβοι: [37] $F_x=-3.84\text{kN}$  κόμβοι: [3],  $F_x= 3.84\text{kN}$  κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q=30.45\text{kN/m}$  στοιχεία: [5,...,20]**11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα :  $q_s=0.103 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s+}=0.103 \text{ N/mm}^2$ ,  $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου:  $N_{ed}=-55.77\text{kN}$ ,  $V_{ed}= -9.33\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 8.02\text{kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα :  $N_{ed}= 9.33\text{kN}$ ,  $V_{ed}= 42.03\text{kN}$ ,  $M_{ed}= 30.54\text{kNm}$ **11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους  $\sigma_d=0.103 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $q_u=1.620/1.40=1.157 \text{ N/mm}^2$ 

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους  $\sigma_d=0.103 < q_u/\gamma_M=1.157 \text{ N/mm}^2$  , Έλεγχος ικανοποιείται**12. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC7 §6.5.2)

**12.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.00	0.00	5.59	3.92		3.00
Βάρος τοίχου	W x1.00					14.05
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					5.25
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					25.00
Σύνολο		0.00	5.59	3.92	6.25	47.30



**12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-47.30kN κόμβοι: [1,38]

Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 5.59kN κόμβοι: [2], Fx= -5.59kN κόμβοι: [37]

Fx= 3.92kN κόμβοι: [3], Fx= -3.92kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q= 6.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.057 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.057 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-47.30kN, Ved= 9.51kN, Med= -5.94kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= -9.51kN, Ved= 38.87kN, Med=-17.13kNm

**12.4. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	W x1.00					14.05
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					5.25
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					25.00
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-1.77-10.00	-8.23	20.00		
	Σύνολο=	-1.77-10.00	-8.23	26.25	44.30	

**12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-44.30kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -1.77kN κόμβοι: [1], Fx= 1.77kN κόμβοι: [38]

Fx=-10.00kN κόμβοι: [2], Fx= 10.00kN κόμβοι: [37]

Fx= -8.23kN κόμβοι: [3], Fx= 8.23kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=-26.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.092 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.092 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-44.30kN, Ved=-20.00kN, Med= 14.39kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 20.00kN, Ved= 32.02kN, Med= 30.16kNm

**12.7. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (SLS)**

Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.00	0.00	5.59	3.92		3.00
Βάρος τοίχου	W x1.00					14.05
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				6.25	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					5.25
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					25.00
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-1.77-10.00	-8.23	20.00		
	Σύνολο=	-1.77	-4.41	-4.31	26.25	47.30

**12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-47.30kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -1.77kN κόμβοι: [1], Fx= 1.77kN κόμβοι: [38]

Fx= -4.41kN κόμβοι: [2], Fx= 4.41kN κόμβοι: [37]

Fx= -4.31kN κόμβοι: [3], Fx= 4.31kN κόμβοι: [35]

Κατανομημένα φορτία σε δοκούς

q=26.25kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.089 N/mm<sup>2</sup>, qs+=0.089 N/mm<sup>2</sup>, qs-=0.000 N/mm<sup>2</sup>

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-47.30kN, Ved=-10.49kN, Med= 8.45kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 10.49kN, Ved= 35.38kN, Med= 27.12kNm

**13. Σχεδιασμός τοίχου πρίνας**

(EC2 EN1992-1-1:2004)

**13.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυροδεμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)

Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)

Επικάλυψη οπλισμού : Cnom=50 mm (EC2 §4.4.1)

Βάρος σκυροδέματος : 25.0 kN/m<sup>3</sup>

γc=1.50, γs=1.15 (EC2 Πίνακας 2.1N)

fcd=αcc·fck/γc=0.85x25/1.50=14.17 MPa (EC2 §3.1.6)

fctd=act·fctk0.05/γc=0.85x1.8/1.50=1.02 MPa (EC2 §3.1.6)

fyd=fyk/γs=500/1.15=435 MPa (EC2 §3.2.7)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος Ecm=31.0 GPa

**13.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου h=250mm

Ροπή κάμψης Med= 19.42kNm (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -63.56kN (ULS)

Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη: Allgower,G.-Avak,R. Bemessungstabeln nach Eurocode 2 fur Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

(αc=fcd[1-(1-αc/εc2)<sup>2</sup>], fcd=14.17MPa, εc2=0.0020, εcu2=0.0035, fyd=435MPa)Med= 19.42kNm/m, d=200mm, Kd= 4.54 x/d=0.07 εc2/εs1=-1.4/20.0 ks=2.35, As= 2.29cm<sup>2</sup>/mελάχιστος οπλισμός, As>=0.26bd·fctm/fyk=2.70cm<sup>2</sup>/m, s<=400mm, s'<=450mm (EC2 §9.3.1)ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m), δευτερευόν Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)

Οπλισμός σε μπρός και πίσω όψεις τοίχου

κύριος οπλισμός Ø12/15.0 ( 7.53cm<sup>2</sup>/m), δευτερευόν Ø12/25.0 ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)**13.3. Έλεγχος σε διάτμηση Ved<=Vrd**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτίαΠάχος τοίχου και οπλισμός h=250mm, d=200mm, As=753mm<sup>2</sup>

Τέμνουσα δύναμη Ved= 27.00kN (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -63.56kN (ULS)

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.a)  
 $V_{rdc} >= (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 1000 \text{ mm}$ ,  $d = 200 \text{ mm}$   
 $k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2$ ,  $k = 2.00$ ,  $k_l = 0.15$   
 $\rho_l = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 753 / (1000 \times 200) = 0.0038$   
 $\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = -1000 \times 63.56 / 250000 = -0.25 \text{ N/mm}^2$   
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49 \text{ N/mm}^2$ , (EC2 Εξ.6.3N)  
 $V_{rd, c}(\text{min}) = 0.001 \times (0.49 - 0.15 \times 0.25) \times 1000 \times 200 = 90.50 \text{ kN/m}$   
 $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.38 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.25] \times 1000 \times 200 = 94.16 \text{ kN/m}$   
 $V_{ed} = 27.00 \text{ kN/m} \leq V_{rdc} = 94.16 \text{ kN/m}$ , Διάτμηση OK

**13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών**

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης (EC2 Εξ.8.3)  
 $l_b, r_{qd} = (\phi/4) (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (12/4) \times (132 / 1.61) = 247 \text{ mm}$   
 $\sigma_{sd} = 435.00 \times 229 / 753 = 132 \text{ MPa}$ ,  $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61 \text{ MPa}$  (EC2 §8.4.2)  
 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{bd} = 0.70 \times 247 = 173 \text{ mm}$ ,  $C_{nom} = 50 \text{ mm} > 3 \times 12 = 36 \text{ mm} = (3\phi)$  (EC2 §8.4.4, T.8.2)  
 Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης  $l_b, \text{min} = \max(0.30 l_b, r_{qd}, 10\phi, 100 \text{ mm}) = 120 \text{ mm}$   
 Απαραίτητο άγκιστρο 120mm στο κάτω άκρο των ράβδων οπλισμού

**13.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου και οπλισμός  $h = 250 \text{ mm}$ ,  $d = 200 \text{ mm}$ ,  $A_s = 753 \text{ mm}^2$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed} = 14.39 \text{ kNm}$  (SLS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed} = -44.30 \text{ kN}$  (SLS)  
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed} = 20.00 \text{ kN}$  (ULS)

**13.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s, \text{min}} = k_c \cdot k \cdot f_{ct, \text{eff}} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b = 1.000 \text{ m}$ ,  $b_{\text{eff}} = 1.000 \text{ m}$ ,  $h = 0.250 \text{ m}$ ,  $d = 0.200 \text{ m}$ ,  $N = -44.30 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c = (N/bh) = -0.18 \text{ N/mm}^2$ ,  $\phi = 12 \text{ mm}$   
 $\max(h, b_l) = 250 \text{ mm}$ ,  $f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2$ ,  $h_{c, \text{eff}} = 2.50 \times (h - d) = 125 \text{ mm}$ ,  $k = 1.00$ ,  $k_c = 0.44$  (EC2 Εξ.7.2)  
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής,  $A_{s, \text{min}} = 0.44 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 500 = 286 \text{ mm}^2 = 2.86 \text{ cm}^2$   
 Έλεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ , για διάμετρο οπλισμού  $\phi = 12 \text{ mm}$   
 $\phi_s = \phi_s (f_{ctm} / 2.9) [k_c \cdot h_{cr} / 2 (h - d)]$ ,  $\phi_s = 12 \text{ mm}$ ,  $\phi = 12 \text{ mm}$  (EC2 Εξ.7.6N)  
 Διάμετρο οπλισμού = 24mm, εύρος ρωγμής  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ , τάση χάλυβα  $\sigma_s = 204 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Πιν. 7.2N)  
 Ελαχ. οπλισμός για  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ ,  $\phi = 12 \text{ mm}$ ,  $A_{s, \text{min}} = 0.44 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 204 = 701 \text{ mm}^2 = 7.01 \text{ cm}^2$

$M_{ed}(\text{SLS}) = 14.39 \text{ kNm}$ ,  $V_{ed}(\text{SLS}) = 20.00 \text{ kN}$ ,  $N_{ed}(\text{SLS}) = -44.30 \text{ kN}$

Τελικός συντελεστής ερπυσμού  $\phi(\infty, t_0) = 2.50$

(EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)

Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs} = -0.30\%$

$\gamma_c = 1.00$ ,  $\gamma_s = 1.00$

(EC2 §2.4.2.4.2)

Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm} = 31.0 \text{ GPa}$ ,  $E_{c, \text{eff}} = 31.0 / (1 + 2.50) = 8.86 \text{ GPa} = 8860 \text{ MPa}$

(EC2 Εξ.7.20)

Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$

Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s / E_c = 200 / 31.0 = 6.45$ , ενεργό  $E_s / E_{c, \text{eff}} = 200 / 8.86 = 22.57$

Εφελκόμενος οπλισμός:  $\phi 12 / 150$  (  $7.53 \text{ cm}^2 / \text{m}$  ),  $\phi$  λιβόμενος οπλισμός:  $\phi 12 / 150$  (  $7.53 \text{ cm}^2 / \text{m}$  )

Λόγος οπλισμών  $\rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 753 / (1000 \times 200) = 0.004$ ,  $\rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 753 / (1000 \times 200) = 0.004$

**13.7. Κατάσταση Ι (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)**

Δυσκαμψία αρηγμάτωσης διατομής,  $EI = (200 / 22.57) \times (0.001 \times 1.645) = 14576 \text{ kNm}^2$

$A_i = A_c + (n-1) (A_{s1} + A_{s2})$ ,  $e = (n-1) (A_{s1} \cdot y_{1s} + A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$ ,  $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$

$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 753 \times 0.078 = (0.001) \times 0.059 \text{ m}^3$ ,  $y_2 = 128 \text{ mm}$ ,  $y_{2s} = y_2 - d_2 = 128 - 50 = 78 \text{ mm}$  (EC2 Εξ.7.21)

καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M = 14.39 / 14576 = (0.001) \times 0.987$  (1/m)

καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.059 / 1.645) = (0.001) \times 0.241$  (1/m)

Ολική καμπυλότητα  $1/r = (0.001) \times 0.987 + (0.001) \times 0.241 = (0.001) \times 1.228$  (1/m)

Ροπή ρηγμάτωσης,  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.6 \times (1.645 / 0.128) = 33.44 \text{ kNm}$

**13.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$\rho=0.004$ ,  $\rho'=0.004$ ,  $\rho'/\rho=1.000$ ,  $n-\alpha e=22.57$ ,  $n \cdot \rho=0.090$ ,  $\xi=0.630$ ,  $\alpha=0.300$ ,  $x=\alpha \cdot d=0.060m$   
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.630 \times 200 \times 753 \times 0.200^2=3793 \text{ kNm}^2$   
 $y_2=(1-\alpha)d=140mm$ ,  $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 140 \times 14.39/3793=0.53$   
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001)^2 \times 753 \times 0.140=(0.001) \times 0.105 \text{ m}^3$  (EC2 Εξ.7.21)  
 καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/r_M=14.39/3793=(0.001) \times 3.793 \text{ (1/m)}$   
 καμπυλότητα λόγω ξήρασης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.105/0.428)=(0.001) \times 0.434 \text{ (1/m)}$   
 Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 3.793+(0.001) \times 0.434=(0.001) \times 4.227 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed}=14.39 \text{ kNm}$ ,  $N_{ed}=-44.30 \text{ kN}$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0.25/0.51$ ,  $x=65mm$ ,  $\sigma_s=102 \text{ N/mm}^2$

**13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=14.39 < 0.70 \times M_{cr}=0.70 \times 33.44=23.41 \text{ kNm}$ ,  $\zeta=0.00$  (Εξ.7.19)  
 Τελική καμπυλότητα  $(1/r)=(0.001) \times (0.001 \times 4.227) + (1-0.00) \times (0.001 \times 1.228)=(0.001) \times 1.228 \text{ (1/m)}$  (Εξ.7.18)

**13.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $x=0.065m$ ,  $\varnothing=12mm$   
 $N_{ed}=-44.30 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.2 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(250-65) \times 1000=184669 \text{ mm}^2$   
 $\max(h,b_1)=0mm$ ,  $f_{ctm}=2.60 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_{ct}=184669 \text{ mm}^2$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.35$ ,  $k_1=0.67$   
 Ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s,min}=0.35 \times 1.00 \times 2.60 \times 184669/435=386 \text{ mm}^2/m$

**13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$  (EC2 Εξ.7.8)  
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s \cdot k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff}) (1+\alpha e \cdot \rho_{eff})]/E_s \geq 0.6 \sigma_s/E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s=102 \text{ N/mm}^2$ , μικρή διάρκ. φόρτιση:  $E_s/E_c=6.45$ ,  $k_t=0.6$ , μακράς διάρκ. φόρτ.:  $E_s/E_c=22.57$ ,  $k_t=0.4$   
 $A_{ceff}=0.333(h-x)b=0.333 \times (250-65) \times 1000=61495 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=753/61495=0.012$   
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[102-0.4 \times (2.6/0.012) (1+22.57 \times 0.012)]/200=-0.03\% \geq 0.6 \times 102/200=0.31\%$   
 $s_{r,max}=k_3 \cdot C_{nom}+k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing/\rho_{eff}$  (EC2 Εξ.7.11)  
 $\varnothing=12mm$ ,  $k_1=0.8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0.5$ ,  $k_3=3.4$ ,  $k_4=0.425$   
 $s_{r,max}=3.4 \times 50.00+0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12/0.012=336.60 \text{ mm}$   
 $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=336.60 \times 0.001 \times 0.31=0.10 \text{ mm}$   
 $w_k=0.10 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm}=w_{max}$ , Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου

**13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου**

Οπλισμοί εσωτερικής παρειάς τοίχου  $\varnothing 12/15.0$  ( 7.53cm<sup>2</sup>/m)  
 Οπλισμός διανομής  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)  
 Οπλισμός εξωτερικής παρειάς τοίχου  $\varnothing 12/15.0$  ( 7.53cm<sup>2</sup>/m)  
 Οπλισμός διανομής  $\varnothing 12/25.0$  ( 4.52cm<sup>2</sup>/m)

**14. Σχεδιασμός πλάκας πυθμένα πισίνας**

(EC2 EN1992-1-1:2004)

**14.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος**

Σκυρόδεμα-Χάλυβας : C25/30-B500C (EC2 §3)  
 Κατηγορία περιβάλλοντος : XC3 (EC2 §4.4.1)  
 Επικάλυψη οπλισμού :  $C_{nom}=50 \text{ mm}$  (EC2 §4.4.1)  
 Βάρος σκυροδέματος :  $25.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (EC2 Πίνακας 2.1N)  
 $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c=0.85 \times 25/1.50=14.17 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05/\gamma_c=0.85 \times 1.8/1.50=1.02 \text{ MPa}$  (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s=500/1.15=435 \text{ MPa}$  (EC2 §3.2.7)  
 Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0 \text{ GPa}$

**14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα  $h=250\text{mm}$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed}=42.44\text{kNm}$  (ULS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=27.00\text{kN}$  (ULS)

Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

( $\sigma = f_{cd}[1 - (1 - \epsilon_c/\epsilon_{c2})^2]$ ,  $f_{cd}=14.17\text{MPa}$ ,  $\epsilon_{c2}=0.0020$ ,  $\epsilon_{cu2}=0.0035$ ,  $f_{yd}=435\text{MPa}$ )

Εφελκυσμός πλάκας πυθμένα  $N_{ed}=27.00\text{kN}$ ,  $\sigma=27001/(200 \times 1000)=0.135\text{N/mm}^2 < 1.020\text{N/mm}^2 = f_{ctd}$

Εφελκυσμένος οπλισμός  $A_s = N_{ed}/f_{yd} = 27001/435 = 62\text{mm}^2/\text{m} = 0.62\text{cm}^2/\text{m}$

$M_{ed}=42.44\text{kNm/m}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $K_d=3.15$   $x/d=0.10$   $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-2.3/20.0$   $k_s=2.39$ ,  **$A_s=5.46\text{cm}^2/\text{m}$**

ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s1} \geq 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk} = 2.70\text{cm}^2/\text{m}$ ,  $s \leq 400\text{mm}$ ,  $s' \leq 450\text{mm}$  (EC2 §9.3.1)

ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ )

**Οπλισμός σε πάνω και κάτω επιφάνεια πυθμένα**

κύριος οπλισμός  $\varnothing 14/15.0$  ( $10.27\text{cm}^2/\text{m}$ ), δευτερεύων  $\varnothing 14/25.0$  ( $6.16\text{cm}^2/\text{m}$ )

**14.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$** 

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=1027\text{mm}^2$   
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}=55.51\text{kN}$  (ULS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=-12.84\text{kN}$  (ULS)

Αντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)

$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.a)

$V_{rdc} \geq (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Εξ.6.2.b)

$C_{rdc}=0.18/\gamma_c=0.18/1.50=0.120$ ,  $f_{ck}=25\text{MPa}$ ,  $b_w=1000\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$

$k=1+\sqrt{200/d} \leq 2$ ,  $k=2.00$ ,  $k_l=0.15$

$\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 1027/(1000 \times 200) = 0.0051$

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = -1000 \times 12.84/250000 = -0.05\text{N/mm}^2$

$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.49\text{N/mm}^2$ , (EC2 Εξ.6.3N)

$V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.49 - 0.15 \times 0.05) \times 1000 \times 200 = 96.50\text{kN/m}$

$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 2.00 \times (0.51 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.05] \times 1000 \times 200 = 110.64\text{kN/m}$

$V_{ed} = 55.51\text{kN/m} \leq V_{rdc} = 110.64\text{kN/m}$ , διάτμηση OK

**14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών**

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης

(EC2 Εξ.8.3)

$l_b, r_{qd} = (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (14/4) \times (231/1.61) = 503\text{mm}$

$\sigma_{sd} = 435.00 \times 546/1027 = 231\text{MPa}$   $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61\text{MPa}$

(EC2 §8.4.2)

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης  $l_{bd} = 0.70 \times 503 = 352\text{mm}$ ,  $C_{nom} = 50\text{mm} > 3 \times 14 = 42\text{mm} = (3\varnothing)$  (EC2 §8.4.4, T.8.2)

Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης  $l_b, min = \max(0.30 l_b, r_{qd}, 10\varnothing, 100\text{mm}) = 151\text{mm}$

Απαραίτητο άγκιστρο 160mm στο κάτω άκρο των ράβδων οπλισμού

**14.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος πυθμένα και οπλισμός  $h=250\text{mm}$ ,  $d=200\text{mm}$ ,  $A_s=1027\text{mm}^2$   
 Ροπή κάμψης  $M_{ed}=30.16\text{kNm}$  (SLS)  
 Αξονική δύναμη  $N_{ed}=20.00\text{kN}$  (SLS)  
 Τέμνουσα δύναμη  $V_{ed}=32.02\text{kN}$  (ULS)

**14.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2, §7.3.3)

Ελάχιστη εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot Act / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $N=20.00kN$ ,  $\sigma_c=(N/bh)=0.08N/mm^2$ ,  $\phi=14mm$   
 $\max(h,b_1)=250mm$ ,  $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $h_c,eff=2.50 \times (h-d)=125mm$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.39$  (EC2 Εξ.7.2)  
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής,  $A_{s,min}=0.39 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 500 = 253mm^2 = 2.53cm^2$   
 Έλεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής  $w_k=0.3mm$ , για διάμετρο οπλισμού  $\phi=14mm$   
 $\phi_s = \phi_s (f_{ctm}/2.9) [k_c \cdot h_{cr}/2(h-d)]$ ,  $\phi_s=14mm$ ,  $\phi$  (EC2 Εξ.7.6N)  
 Διάμετρο οπλισμού  $=32mm$ , εύρος ρωγμής  $w_k=0.3mm$ , τάση χάλυβα  $\sigma_s=160N/mm^2$  (EC2 Πιν. 7.2N)  
 Ελαχ. οπλισμός για  $w_k=0.3mm$ ,  $\phi=14mm$ ,  $A_{s,min}=0.39 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 160 = 792mm^2 = 7.92cm^2$

$M_{ed}(SLS)=30.16 kNm$ ,  $V_{ed}(SLS)=32.02 kN$ ,  $N_{ed}(SLS)=20.00 kN$   
 Τελικός συντελεστής ερυσμού  $\varphi(\omega, t_0)=2.50$  (EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)  
 Ολική συστολή ξήρανσης  $\epsilon_{cs}=-0.30\%$   
 $\gamma_c=1.00$ ,  $\gamma_s=1.00$  (EC2 §2.4.2.4.2)  
 Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος  $E_{cm}=31.0GPa$ ,  $E_{ceff}=31.0/(1+2.50)=8.86GPa=8860MPa$  (EC2 Εξ.7.20)  
 Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα  $E_s=200GPa=200000MPa$   
 Λόγος μέτρων Ελαστικ.  $E_s/E_c=200/31.0=6.45$ , ενεργό  $E_s/E_{c,eff}=200/8.86=22.57$   
 Εφελκόμενος οπλισμός:  $\phi 14/150$  ( $10.27cm^2/m$ ), θλιβόμενος οπλισμός:  $\phi 14/150$  ( $10.27cm^2/m$ )  
 Λόγος οπλισμών  $\rho=A_{s1}/(b \cdot d)=1027/(1000 \times 200)=0.005$ ,  $\rho'=A_{s2}/(b \cdot d)=1027/(1000 \times 200)=0.005$

**14.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωτη διατομή) (SLS)**

Δυσκαμψία αρηγμάτωτης διατομής,  $EI=(200/22.57) \times (0.001 \times 1.769)=15673 kNm^2$   
 $A_i=A_c+(n-1)(A_{s1}+A_{s2})$ ,  $e=(n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s}-A_{s2} \cdot y_{2s})/A_i$ ,  $I=I_c+b \cdot h \cdot e^2+(A_{s1} \cdot y_{1s}^2+A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$   
 $S=A_s \cdot y_{2s}=(0.001) \times 1027 \times 0.079-(0.001) \times 0.081 m^3$ ,  $y_2=129mm$ ,  $y_{2s}=y_2-d=129-50=79mm$  (EC2 Εξ.7.21)  
 καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/rM=30.16/15673=(0.001) \times 1.924$  (1/m)  
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.081/1.769)=(0.001) \times 0.310$  (1/m)  
 Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 1.924+(0.001) \times 0.310=(0.001) \times 2.234$  (1/m)  
 Ροπή ρηγμάτωσης,  $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6 \times (1.769/0.129)=35.71 kNm$

**14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)**

$\rho=0.005$ ,  $\rho'=0.005$ ,  $\rho'/\rho=1.000$ ,  $n=\alpha e=22.57$ ,  $n \cdot \rho=0.113$ ,  $\xi=0.608$ ,  $\alpha=0.321$ ,  $x=\alpha \cdot d=0.064m$   
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.608 \times 200 \times 1027 \times 0.200^2=4992 kNm^2$   
 $y_2=(1-\alpha)d=136mm$ ,  $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 136 \times 30.16/4992=0.82$   
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001) \times 1027 \times 0.136=(0.001) \times 0.139 m^3$  (EC2 Εξ.7.21)  
 καμπυλότητα λόγω ροπής  $1/rM=30.16/4992=(0.001) \times 6.041$  (1/m)  
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.139/0.563)=(0.001) \times 0.534$  (1/m)  
 Ολική καμπυλότητα  $1/r=(0.001) \times 6.041+(0.001) \times 0.534=(0.001) \times 6.575$  (1/m)  
 $M_{ed}=30.16 kNm$ ,  $N_{ed}=20.00kN$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0.38/0.83$ ,  $x=63mm$ ,  $\sigma_s=166 N/mm^2$

**14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta=1-0.50 \cdot (M_{cr}/M_{ed})^2=1-0.50 \times (35.71/30.16)^2=0.30$  (Εξ.7.19)  
 Τελική καμπυλότητα  $(1/r)=0.30 \times (0.001 \times 6.575)+(1-0.30) \times (0.001 \times 2.234)=(0.001) \times 3.531$  (1/m) (Εξ.7.18)

**14.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Ελάχιστα εμβαδά οπλισμού  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot Act / \sigma_s$  (EC2 Εξ.7.1)  
 $b=1.000m$ ,  $b_{eff}=1.000m$ ,  $h=0.250m$ ,  $d=0.200m$ ,  $x=0.063m$ ,  $\phi=14mm$   
 $N_{ed}=20.00kN$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=-0.1N/mm^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435N/mm^2$   
 $Act=(h-x) \cdot b=(250-63) \times 1000=187234 mm^2$   
 $\max(h,b_1)=0mm$ ,  $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $Act=187234mm^2$ ,  $k=1.00$ ,  $k_c=0.41$ ,  $k_1=1.50$   
 Ελάχιστος οπλισμός,  $A_{s,min}=0.41 \times 1.00 \times 2.60 \times 187234 / 435=459mm^2/m$

**14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

(EC2 Εξ.7.8)

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Εξ.7.9)

$$\sigma_s = 166 \text{ N/mm}^2, \text{ μικρής διάρκ. φόρτιση: } E_s / E_c = 6.45, k_t = 0.6, \text{ μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s / E_c = 22.57, k_t = 0.4$$

$$A_{ceff} = 0.333 (h - x) b = 0.333 \times (250 - 63) \times 1000 = 62349 \text{ mm}^2$$

(§7.3.2.3)

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 1027 / 62349 = 0.016$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = [166 - 0.4 \times (2.6 / 0.016) (1 + 22.57 \times 0.016)] / 200 = 0.40\% \geq 0.6 \times 166 / 200 = 0.50\%$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma / \rho_{eff}$$

(EC2 Εξ.7.11)

$$\sigma = 14 \text{ mm}, k_1 = 0.8, k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, k_3 = 3.4, k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 14 / 0.016 = 314.49 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 314.49 \times 0.001 \times 0.50 = 0.16 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.16 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{max}, \text{ Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

**15. Προμέτρηση υλικών**

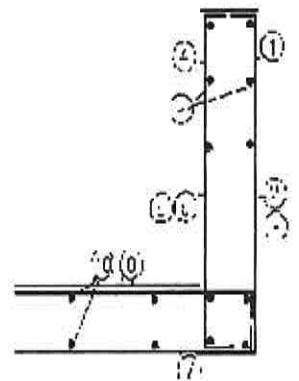
Σκυρόδεμα ανά μέτρο μήκους πρισίνας	1.750 m <sup>3</sup> /m
Οπλισμός ανά μέτρο μήκους πρισίνας	247.763 kg/m
Συνολικό σκυρόδεμα πρισίνας	3.000x 1.750 = 5.250 m <sup>3</sup>
Συνολικός οπλισμός πρισίνας	3.000x 247.763 = 743.290 kg

**16. Κατάλογος οπλισμού**

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	∅	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	120 ————— 2100 ————— 120	74	12	0.888	2.340	153.77
2	④	120 ————— 2100 ————— 120	74	12	0.888	2.340	153.77
3	⑨	————— 3000 —————	72	12	0.888	3.000	191.81
4	⑦	————— 1610 ————— 160	40	14	1.210	1.770	85.67
5	⑧	————— 1610 ————— 160	40	14	1.210	1.770	85.67
6	⑩	————— 3000 ————— 160	20	14	1.210	3.000	72.60

Ολικό βάρος [kg]

743.29



**Περιεχόμενα**

1. 2.5X2X2 ΔΕΥΑΜ ΦΡ
2. Στοιχεία τοίχου-Παράμετροι-Κανονισμοί
3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες
4. Υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας εδάφους
  - 4.1. Συνθήκες πλήρους στράγγισης
5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσης
6. Σεισμικοί συντελεστές
7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)
  - 7.1. Τμήμα τοίχου από  $Y=0.000$  m έως  $Y=2.250$  m,  $Hs=2.250$  m
8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πρίσνας σε ελαστικό έδαφος.
  - 8.1. Κόμβοι κατασκευής
  - 8.2. Στηρίξεις κατασκευής
  - 8.3. Στοιχεία κατασκευής
9. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (EQU)
  - 9.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα άδεια με ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
  - 9.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
  - 9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (EQU)
  - 9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
10. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα άδεια με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
  - 10.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (STR/GEO A1+M1)
  - 10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 10.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)
11. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους (με σεισμό)
  - 11.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα άδεια με ωθήσεις γαιών
  - 11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
  - 11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών
  - 11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
  - 11.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πρίσνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών
  - 11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων



## Περιεχόμενα

- 11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
- 11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)
- 12. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)
  - 12.1. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα άδεια με ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 12.4. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη χωρίς ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
  - 12.7. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμέτη με ωθήσεις γαιών (SLS)
  - 12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων
  - 12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
- 13. Σχεδιασμός τοίχου πισίνας
  - 13.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος
  - 13.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)
  - 13.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$
  - 13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών
  - 13.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 13.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 13.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)
  - 13.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)
  - 13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)
  - 13.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)
  - 13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)
  - 13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου
- 14. Σχεδιασμός πλάκας πυθμένα πισίνας
  - 14.1. Υπολογισμοί οπλισμένου σκυροδέματος
  - 14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)
  - 14.3. Έλεγχος σε διάτμηση  $V_{ed} \leq V_{rd}$
  - 14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών
  - 14.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 14.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας από ρηγμάτωση
  - 14.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)
  - 14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)
  - 14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)
  - 14.10. Ελάχιστα εμβαδα οπλισμών (SLS)
  - 14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)
- 15. Προμέτρηση υλικών
- 16. Κατάλογος οπλισμού

