

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
Δ.Ε.Υ.Α. ΠΥΛΑΙΑΣ - ΧΟΡΤΙΑΤΗ

ΑΡ. ΕΡΓΟΥ:

ΑΡ. ΜΕΛΕΤΗΣ:

ΜΕΛΕΤΗ:

«ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ Δ.Κ. ΦΙΛΥΡΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΠΥΛΑΙΑΣ-ΧΟΡΤΙΑΤΗ»

ΤΙΤΛΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ:

ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΝΕΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΨΩΜΑ ΠΛΗΣΙΟΝ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
ΜΕΛΕΤΗΣ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΕΥΧΟΥΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021

ΚΛΙΜΑΚΑ: ΑΝΕΥ

ΥΔΡ.ΔΕΞ.5

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ :

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ:
ΚΑΝΔΥΛΑΣ ΦΩΤΙΟΣ

ΒΑΣ.ΟΛΓΑΣ 212, ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ, Τ.Κ.:55133, ΤΗΛ: 2310 414133
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ:

FOTIOS
KANDYLAS

Digitally signed by
FOTIOS KANDYLAS
Date: 2021.10.28
19:21:25 +03'00'

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ - 10 - 2021

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ - 10 - 2021

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ - 10 - 2021

Ο ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Η ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ Τ.Ο.Υ.Ε.

Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ Δ/ΝΣΗΣ Τ.Υ.

Ψηφιακά
υπογεγραμμένο από
ΖΙΝΟΝ ΧΟΡΙΣ
Ημερομηνία: 2021.11.01
08:10:34 EET

Ψηφιακά υπογεγραμμένο
από ΚΥΡΙΑΚΙ ΤΣΟΜΠΑΝΙ
Ημερομηνία: 2021.11.01

Ψηφιακά υπογεγραμμένο
από ΙΓΝΑΤΙΟΣ
CHARALAMPIDIS
Ημερομηνία: 2021.11.02

ΧΩΡΗΣ ΖΗΝΩΝ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΤΣΟΜΠΑΝΗ ΚΥΡΙΑΚΗ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΔΗΣ ΙΓΝΑΤΙΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΕΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ Δ.Σ. ΔΕΥΑ ΠΥΛΑΙΑΣ-ΧΟΡΤΙΑΤΗ:

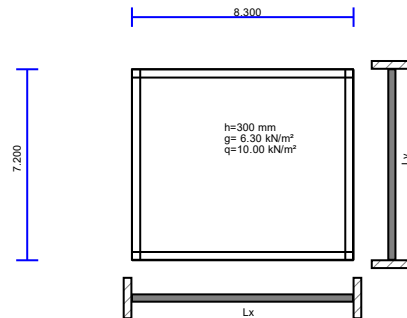
**1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΓΡΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 8,60m X 7,35m
ΕΚΑΣΤΟΣ**

1Α. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΛΑΚΑΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΥΓΡΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ

Project Beton**1. ΕΠΙΚΑ-8.60*7.35****Πλάκα συμπαγής, τετραέρσειστη**

(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/m³
 $\gamma_c=1.50$, $\gamma_s=1.15$ (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)
 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 0.85 \times 1.8 / 1.50 = 1.02$ 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 $h=0.300$ m, Ανοίγματα $L_x=8.300$ m, $L_y=7.200$ m
 Τίδιο βάρος πλάκας: $g_o=25.00 \times 0.300=7.50$ kN/m²
 Φορτία πλάκας: μόνιμο $g=(7.50+6.30)=13.80$ kN/m², κινητό $q=10.00$ kN/m²
 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 $d=h-d_1$, $d_1=C_{nom}+\varnothing/2=50+14/2=57$ mm, $d=300-57=243$ mm

Μέθοδος ανάλυσης: Czerny F., "Tafeln für vierseitig und dreiseitig gelagerte Rechteckplatten", Beton Kalender 1983, Berlin, Ernst Sohn, 1983
 $L_y/L_x=7.200/8.300=0.87$, Πίνακας 2.2.6

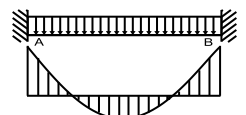
3. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Φορτίο (STR) $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35g + 1.50q = 1.35 \times 13.80 + 1.50 \times 10.00 = 33.63$ kN/m

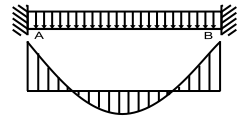
3.1. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας x-x, $L_x=8.300$ m

Ροπή στήριξης $M_{edsupA}=(1.35 \times 13.80 + 1.50 \times 10.00) \times 7.200^2 / 18.09 = -96.38$ kNm/m
 Ροπή στήριξης $M_{edsupB}=(1.35 \times 13.80 + 1.50 \times 10.00) \times 7.200^2 / 18.09 = -96.38$ kNm/m
 Ροπή ανοίγματος $M_{edspan}=(1.35 \times 13.80 + 1.50 \times 10.00) \times 7.200^2 / 62.78 = 27.77$ kNm/m
 Αντιδράσεις μόνιμα, $V_{gA}=13.80 \times 7.200 / 2.14 = 46.45$ $V_{gB}=13.80 \times 7.200 / 2.14 = 46.45$ kN/m
 Αντιδράσεις κινητά, $V_{qA}=10.00 \times 7.200 / 2.14 = 33.66$ $V_{qB}=10.00 \times 7.200 / 2.14 = 33.66$ kN/m



3.2. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας γ-γ, Ly=7.200 m

Ροπή στήριξης MedsupA=(1.35x13.80+1.50x10.00) x7.200²/16.26=-107.25 kNm/m
 Ροπή στήριξης MedsupB=(1.35x13.80+1.50x10.00) x7.200²/16.26=-107.25 kNm/m
 Ροπή ανοίγματος Medspan=(1.35x13.80+1.50x10.00) x7.200²/42.23=41.28 kNm/m
 Αντιδράσεις μόνιμα, VgA=13.80x7.200/2.05=48.52 VgB=13.80x7.200/2.05=48.52 kN/m
 Αντιδράσεις κινητά, VqA=10.00x7.200/2.05=35.16 VqB=10.00x7.200/2.05=35.16 kN/m

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

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Med= 27.77kNm/m, d=229mm, Kd= 4.35 x/d=0.07 εc2/εs1=-1.5/20.0 ks=2.36, **As= 2.86cm²/m**
 Med= 41.28kNm/m, d=243mm, Kd= 3.78 x/d=0.08 εc2/εs1=-1.8/20.0 ks=2.37, **As= 4.03cm²/m**
 Med=-96.38kNm/m, d=243mm, Kd= 2.48 x/d=0.15 εc2/εs1=-3.5/19.5 ks=2.45, **As= 9.73cm²/m**
 Med=-107.25kNm/m, d=243mm, Kd= 2.35 x/d=0.17 εc2/εs1=-3.5/17.0 ks=2.47, **As=10.92cm²/m**

Ελάχιστος οπλισμός πλάκας, As>=0.26bd·fctm/fyk=3.29cm²/m, s<=400mm, s'<=450mm (EC2 §9.3.1)
 ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός Ø14/25.0 (6.16cm²/m), δευτερεύων Ø14/30.0 (5.13cm²/m)

Οπλισμοί ανοιγμάτων: x-x Ø14/15.0 (10.27cm²/m)
γ-γ Ø14/15.0 (10.27cm²/m) (κάτω στρώση)
Οπλισμοί στηρίξεων: Αριστερά Ø14/15.5 (9.94cm²/m)
Δεξιά Ø14/15.5 (9.94cm²/m)
Κάτω Ø16/18.0 (11.17cm²/m)
Πάνω Ø16/18.0 (11.17cm²/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=114.16 kN/m
 Άντοχή τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης Vrdc (EC2 §6.2.2)
 $Vrdc = \frac{[Crdc \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_l \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d}{1000}$ (EC2 Εξ.6.2.a)
 $Vrdc \geq (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}) \cdot bw \cdot d$ (EC2 Εξ.6.2.b)
 $Crdc = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.50 = 0.120$, $f_{ck} = 25\text{MPa}$, $bw = 1000\text{mm}$, $d = 243\text{mm}$
 $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$, $k = 1.91$, $k_l = 0.15$
 $\rho_l = As_l / (bw \cdot d) = 1117 / (1000 \times 243) = 0.0046$
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.46\text{N/mm}^2$, (EC2 Εξ.6.3N)
 $Vrd, c (min) = 0.001 \times (0.46) \times 1000 \times 243 = 111.78\text{kN/m}$
 $Vrdc = 0.001 \times [0.120 \times 1.91 \times (0.46 \times 25)^{0.33}] \times 1000 \times 243 = 125.71\text{kN/m}$
 $V_{ed} = 114.16\text{ kN/m} \leq Vrdc = 125.71\text{ kN/m}$, **Ved<=Vrdc δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης**

6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

L=7.200m, b=1.000m, h=0.300m, d=0.243m
 Φορτίο (ημι-μόνιμος συνδυασμός) qed=g+ψ2·q=13.80+0.60x10.00=19.80 kN/m
 Ly<Lx, Leff=7.200m, Med=(19.80/33.63)x41.28=24.30 kNm/m, Med(SLS)=24.30 kNm/m
 Τελικός συντελεστής ερπυσμού φ(∞,to)=2.50 (EC2 §3.1.4, Παράρτημα Β)
 Ολική συστολή ξήρανσης εcs=-0.30‰
 γc=1.00, γs=1.00 (EC2 §2.4.2.4.2)
 Μέτρο Ελαστικότητας σκυροδέματος Ecm=31.0GPa, Eceff=31.0/(1+2.50)=8.86GPa=8860MPa (EC2 Εξ.7.20)
 Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα Es=200GPa=200000MPa
 Λόγος μέτρων Ελαστικ. Es/Ec=200/31.0=6.45, ενεργό Es/Ec,eff=200/8.86=22.57
 Εφελκυσμένος οπλισμός: Ø14/150 (10.27cm²/m)
 Λόγος οπλισμών ρ=As1/(b·d)=1027/(1000x243)=0.004

6.1. Κατάσταση I (αρρηγμάτωτη διατομή) (SLS)

Δυσκαμψία αρρηγμάτωτης διατομής, EI=(200/22.57)x(0.001x2.428)=21519 kNm²
 $Ai = Ac + (n-1)(As1 + As2)$, $e = (n-1)(As1 \cdot y1s - As2 \cdot y2s) / Ai$, $I = Ic + b \cdot h \cdot e^2 + (As1 \cdot y1s^2 + As2 \cdot y2s^2) \cdot (n-1)$
 $S = As \cdot y2s = (0.001)^2 \times 1027 \times 0.087 = (0.001) \times 0.089\text{ m}^3$, $y2 = 144\text{mm}$, $y2s = y2 - d = 144 - 57 = 87\text{mm}$ (EC2 Εξ.7.21)
 καμπυλότητα λόγω ροής 1/rM=24.30/21519=(0.001)x1.129 (1/m)
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης 1/rcs=(0.001x0.30)x22.57x(0.089/2.428)=(0.001)x0.248 (1/m)
 Ολική καμπυλότητα 1/r=(0.001)x1.129+(0.001)x0.248=(0.001)x1.377 (1/m)
 Ροπή ρηγμάτωσης, Mcr=fctm·(I/y2)=2.6x(2.428/0.144)=43.97 kNm

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

$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.004$, $n \cdot \alpha_e = 22.57$, $n \cdot \rho = 0.090$, $\xi = 0.581$, $\alpha = 0.344$, $x = \alpha \cdot d = 0.084m$
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, $EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0.581 \times 200 \times 1027 \times 0.243^2 = 7042 \text{ kNm}^2$
 $y_2 = (1 - \alpha) d = 159mm$, $\epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 159 \times 24.30 / 7042 = 0.55$
 $S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 1027 \times 0.159 = (0.001) \times 0.164 \text{ m}^3$ (EC2 Εξ.7.21)
 καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M = 24.30 / 7042 = (0.001) \times 3.451 \text{ (1/m)}$
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.164 / 0.795) = (0.001) \times 0.456 \text{ (1/m)}$
 Ολική καμπυλότητα $1/r = (0.001) \times 3.451 + (0.001) \times 0.456 = (0.001) \times 3.907 \text{ (1/m)}$
 $M_{ed} = 24.30 \text{ kNm}$, $\epsilon_c / \epsilon_s = 0.29 / 0.55$, $x = 84mm$, $\sigma_s = 110 \text{ N/mm}^2$

6.3. Ελεγχος παραμορφώσεων χωρίς άμεσο υπολογισμό (SLS)

(EC2 §7.4.2)

$1/d = K[11 + 1.5 \sqrt{f_{ck}(\rho_o/\rho) + 3.2 \sqrt{f_{ck}(\rho_o/\rho - 1)}^{3/2}}] = 33.56$ (EC2 Εξ.7.16a)
 $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$, $\rho_o = 0.001 \times \sqrt{25.00} = 0.005$, $\rho = 0.004$, $\rho' = 0.000$, $\rho \leq \rho_o$, $K = 1.5$
 $1/d = (310/\sigma_s) \times (1/d)$, $\sigma_s = 110 \text{ N/mm}^2$, $1/d = (310/110) \times 33.56 = 94.58$ (EC2 Εξ.7.17)
 $l_{eff}/d = 7.200 / 0.243 = 29.63 \leq 94.58$, **Ανοιγμα/ύψος κάτω ορίου**

6.4. Ελεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed} = 24.30 < 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 43.97 = 30.78 \text{ kNm}$, $\zeta = 0.00$ (Εξ.7.19)
 Τελική καμπυλότητα $(1/r) = 0.00 \times (0.001 \times 3.907) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 1.377) = (0.001) \times 1.377 \text{ (1/m)}$ (Εξ.7.18)
 $\beta = (M_a + M_b) / M_c = (107.25 + 107.25) / 41.28 = 5.20$, $k = 0.104(1 - 5.20/10) = 0.0500$
 $f = k \cdot l_{eff}^2 \cdot (1/r) = 0.0500 \times 7.200^2 \times 1.377 = 3.57 \text{ mm}$
 $f = 3.57 \text{ mm} \leq 1000 \times 7.200 / 250 = 28.80 \text{ mm}$, **Παραμόρφωση κάτω ορίου**

6.5. 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)
 $b = 1.000m$, $b_{eff} = 1.000m$, $h = 0.300m$, $d = 0.243m$, $x = 0.084m$, $\varnothing = 14mm$
 $N_{ed} = 0.00kN$, $\sigma_c = (N_{ed}/bh) = 0.0N/mm^2$, $\sigma_s = f_{yd} = 435N/mm^2$
 $A_{ct} = (h - x) \cdot b = (300 - 84) \times 1000 = 216377 \text{ mm}^2$
 $\max(h, b_l) = 0mm$, $f_{ctm} = 2.60N/mm^2$, $A_{ct} = 216377mm^2$, $k = 1.00$, $k_c = 0.40$, $k_1 = 1.50$
 Ελάχιστος οπλισμός, $A_{s,min} = 0.40 \times 1.00 \times 2.60 \times 216377 / 435 = 517mm^2/m$

6.6. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

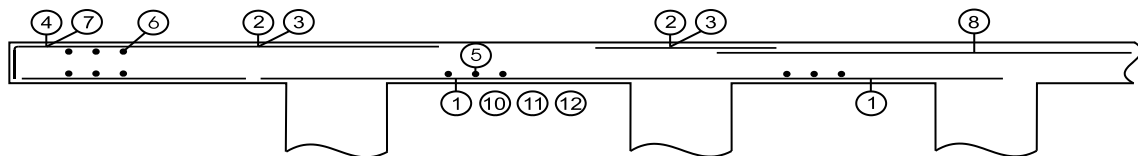
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ (EC2 Εξ.7.8)
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$ (EC2 Εξ.7.9)
 $\sigma_s = 110N/mm^2$, μικρής διάρκ. φόρτιση: $E_s/E_c = 6.45$, $k_t = 0.6$, μακράς διάρκ. φόρτ.: $E_s/E_c = 22.57$, $k_t = 0.4$
 $A_{ceff} = 0.333(h - x)b = 0.333 \times (300 - 84) \times 1000 = 72053 \text{ mm}^2$ (§7.3.2.3)
 $\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 1027 / 72053 = 0.014$
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [110 - 0.4 \times (2.6 / 0.014) (1 + 22.57 \times 0.014)] / 200 = 0.07\% \geq 0.6 \times 110 / 200 = 0.33\%$
 $s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing / \rho_{eff}$ (EC2 Εξ.7.11)
 $\varnothing = 14mm$, $k_1 = 0.8$, $k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5$, $k_3 = 3.4$, $k_4 = 0.425$
 $s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 14 / 0.014 = 336.98 \text{ mm}$
 $w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 336.98 \times 0.001 \times 0.33 = 0.11 \text{ mm}$
 $w_k = 0.11mm \leq 0.30mm = w_{max}$, Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, **Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου**

7. Κατάλογος οπλισμού

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	Ø	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	8980	48	14	1.210	8.980	521.56
2	①	7880	55	14	1.210	7.880	524.41
3	②	5110	46	14	1.210	5.110	284.42
4	⑥	7200	11	10	0.617	7.200	48.87
5	②	5110	46	14	1.210	5.110	284.42
6	⑥	7200	11	10	0.617	7.200	48.87
7	②	4700	46	16	1.580	4.700	341.60
8	⑥	8300	10	10	0.617	8.300	51.21
9	②	4700	46	16	1.580	4.700	341.60
10	⑥	8300	10	10	0.617	8.300	51.21

Ολικό βάρος [kg]

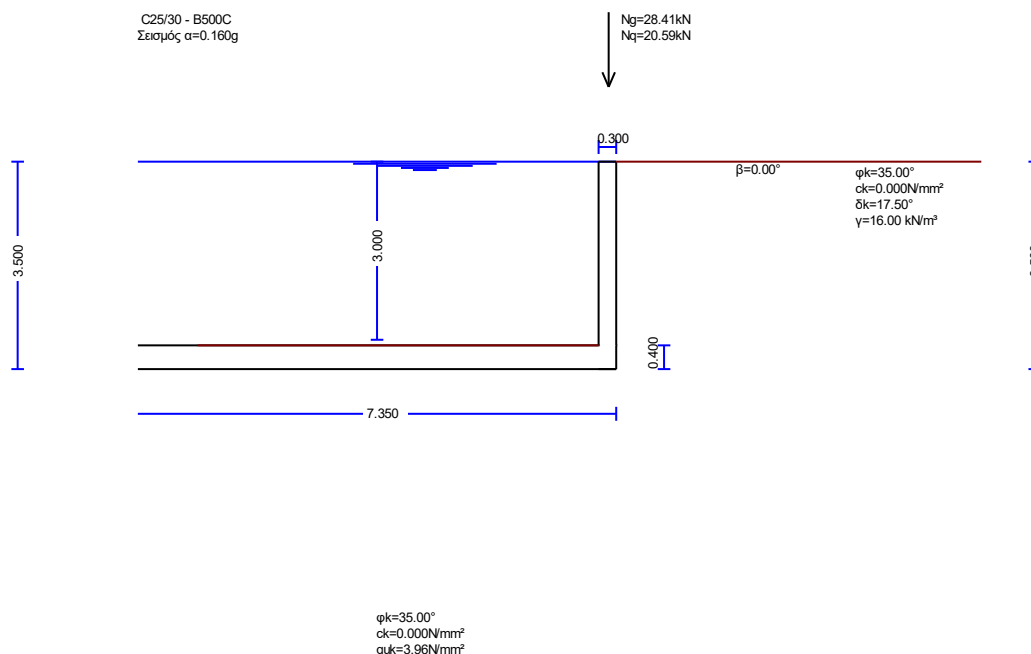
2498.17



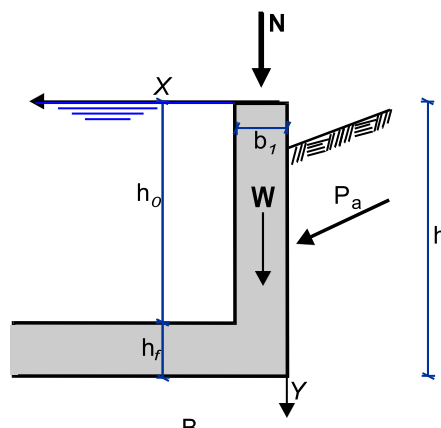
1B. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΚΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΥΓΡΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ

Project Beton**1. Δ.ΥΓ_8.6x7.35****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	$h = 3.500\text{ m}$
Πλάτος πισίνας	$B = 7.350\text{ m}$
Μήκος πισίνας	$L = 8.650\text{ m}$
Υψος κορμού τοίχου	$h_o = 3.100\text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην κορυφή	$b_1 = 0.300\text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην βάση	$b_2 = 0.300\text{ m}$
Πάχος πυθμένα	$h_f = 0.400\text{ m}$
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	$N_g = 28.41\text{ kN/m}$
Κατακόρυφο κινητό φορτίο	$N_q = 20.59\text{ kN/m}$

Βάρος τοίχου

Ειδικό βάρος υλικού τοίχου	$\gamma_g = 25.000\text{ kN/m}^3$
Εμβαδόν διατομής τοίχου	$A = 1.050\text{ m}^2$
Ιδιο βάρος τοίχου ανά μέτρο	$W = 1.050 \times 25.000 = 26.25\text{ kN/m}$
Κέντρο βάρους τοίχου	$x = 0.150\text{ m}, y = 1.750\text{ m} (x_o = 0.150\text{ m}, y_o = 1.750\text{ m})$
Πλάκα πυθμένα πισίνας	$q_f = 0.400 \times 25.000 = 10.00\text{ kN/m}$

Υλικά κατασκευής

Τοίχος πρίσνας : Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C (EN1992-1-1, §3)
 : Επικάλυψη οπλισμού: Cnom=50 mm (EN1992-1-1, §4.4.1)
 Πλάκα πυθμένα πρίσνας: 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 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 $L_x=B=7.35 \text{ m}$
 Πλάτος πεδίου $L_y=L=8.65 \text{ m}$
 Βάθος θεμελίωσης $d=4.50 \text{ m}$

Κατακόρυφο φορτίο $N_{ed}=3608 \text{ kN}$
 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 $\gamma_\phi = 1.25 \gamma_c = 1.25$ $B'/L'=7.35/8.65=0.85, A'=B' \cdot L'=7.35 \times 8.65=63.58 \text{ m}^2$ $\phi_k=35.0, \tan(\phi_d)=\tan(\phi_k)/\gamma_\phi=0.700/1.25=0.560, \phi_d=29.26^\circ$ $c_k=0.0, c_d=c_k/\gamma_c=0.0/1.25=0.0 \text{ kPa}, A' \cdot c_d \cdot \cot(\phi_d)=63.58 \times 0.0 \times 1.785=0 \text{ kN}$ $N_q=e^{\pi \cdot \tan(\phi_d)} \cdot \tan^2(45^\circ+\phi_d/2)=e^{\pi \cdot \tan(29.26)} \cdot \tan^2(59.63)=e^{1.760} \times 1.707^2=16.9$ $N_c=(N_q-1) \cdot \cot(\phi_d)=(16.9-1) \times \cot(29.26)=15.9 \times 1.785=28.4$ $N_\gamma=2(N_q-1) \cdot \tan(\phi_d)=2 \times (16.9-1) \times \tan(29.26)=2 \times 15.9 \times 0.560=17.8$ $q'=\gamma_k \cdot d=18.00 \times 4.50=81.0 \text{ kPa}$ $s_q=1+(B'/L') \sin(\phi_d)=1+0.85 \times \sin(29.26)=1.42$ $s_c=(s_q \cdot N_q-1)/(N_q-1)=(1.42 \times 16.9-1)/(16.9-1)=22.998/15.9=1.45$ $s_\gamma=1-0.3(B'/L')=1-0.3 \times (0.85)=0.75$ $H=0, i_c=1, i_q=1, i_\gamma=1$ $R/A'=c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$ $=0.0 \times 28.4 \times 1.45 \times 1.00 + 81.0 \times 16.9 \times 1.42 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 7.35 \times 17.8 \times 0.75 \times 1.00 =$ $=0.0+1943.8+883.1=2826.9 \text{ kPa}$ Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους $q_{ud}=2826.9 \text{ kPa}=2.827 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα αντίσταση $q_{uk}=2826.9 \cdot \gamma_{qu}=2826.9 \times 1.40=3957.7 \text{ kPa}=3.958 \text{ N/mm}^2$

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

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

$B'/L' = 7.35/8.65 = 0.85$, $A' = B' \cdot xL' = 7.35 \times 8.65 = 63.58 \text{ m}^2$

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

$c_k = 0.0$, $c_d = c_k / \gamma_c = 0.0 / 1.00 = 0.0 \text{ kPa}$, $A' \cdot c_d \cdot \cot(\phi_d) = 63.58 \times 0.0 \times 1.428 = 0 \text{ kN}$

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

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

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

$q' = \gamma_k \cdot d = 18.00 \times 4.50 = 81.0 \text{ kPa}$

$s_q = 1 + (B'/L') \sin(\phi_d) = 1 + 0.85 \times \sin(35.00) = 1.49$

$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) = (1.49 \times 33.3 - 1) / (33.3 - 1) = 48.617 / 32.3 = 1.51$

$s_\gamma = 1 - 0.3(B'/L') = 1 - 0.3 \times (0.85) = 0.75$

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

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

$= 0.0 \times 46.1 \times 1.51 \times 1.00 + 81.0 \times 33.3 \times 1.49 \times 1.00 + 0.5 \times 18.00 \times 7.35 \times 45.2 \times 0.75 \times 1.00 =$

$= 0.0 + 4019.0 + 2242.5 = 6261.5 \text{ kPa}$

Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους $q_{ud} = 6261.5 \text{ kPa} = 6.262 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα αντίσταση $q_{uk} = 6261.5 \cdot \gamma_{qu} = 6261.5 \times 1.40 = 8766.1 \text{ kPa} = 8.766 \text{ N/mm}^2$

Θλιπτική αντοχή εδάφους $q_{uk} = \min(3.96, 8.77) = 3.96 \text{ N/mm}^2$

Συνθήκες πλήρους στράγγισης, Θλιπτική αντοχή εδάφους $q_{uk} = 3.96 \text{ N/mm}^2$

5. Ιδιότητες εδάφους θεμελίωσης

Θλιπτική αντοχή εδάφους στη βάση $q_u = 3.96 \text{ N/mm}^2$

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 $\alpha_g = \alpha_{xg}$, $\alpha = 0.16$

(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 $\gamma_I = 1.15$

(EC8 §3.2.1, T.4.3)

Μειωτικός συντελεστής συμπεριφοράς $r = 1.50$

(EC8-5 Πίνακας 7.1)

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής $k_h = 1.15 \times 0.16 \times 1.00 / 1.500 = 0.123$

(EC8-5 Εξ.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής $k_v = 0.50 \times 0.123 = 0.062$

(EC8-5 Εξ.7.2)

Σεισμικές δυνάμεις (εκτός δυνάμεων λόγω ώθησης γαιών)

Οριζόντια δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους $F_{wx} = 26.25 \times 0.123 = 3.23 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού λόγω ιδίου βάρους $F_{wy} = 26.25 \times 0.062 = 1.63 \text{ kN/m}$

Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή N_g $F_{gx} = 28.41 \times 0.123 = 3.49 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή N_g $F_{gy} = 28.41 \times 0.062 = 1.76 \text{ kN/m}$

Οριζόντια δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή N_q $F_{qx} = 20.59 \times 0.123 = 2.53 \text{ kN/m}$

Κατακόρυφη δύναμη σεισμού φορτίου στην κορυφή N_q $F_{qy} = 20.59 \times 0.062 = 1.28 \text{ kN/m}$

7. Υπολογισμός ενεργητικής ώθησης γαιών κατά (Coulomb)

7.1. Τμήμα τοίχου από $Y = 0.000 \text{ m}$ έως $Y = 3.500 \text{ m}$, $H_s = 3.500 \text{ m}$

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

Κάτω Σημείο B $x = 0.000 \text{ m}$ $y = 3.500 \text{ m}$

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

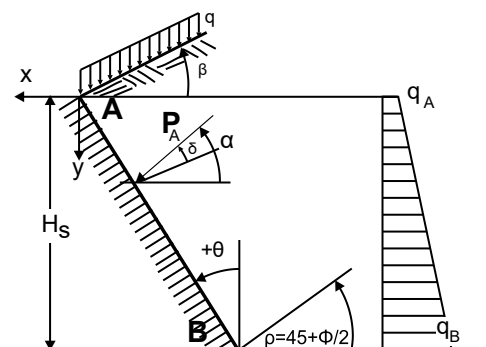
Γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους $\phi = 35.00^\circ$

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 $\delta = 17.50^\circ$



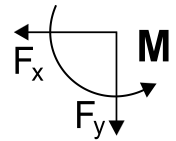
Ωθηση σύμφωνα με θεωρία Coulomb

Γωνία επιπέδου ολίσθησης $\rho=45^\circ+\phi/2= 59.00 \quad 62.50^\circ$
 Συντελεστής ενεργητικής ώθησης $K_a = 0.326 \quad 0.246$
 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

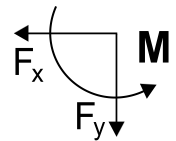
	EQU	A1+M1
Ωθηση (πίεση) στην κορυφή ($y=y_A$)	$q_A = 0.00$	0.00 kN/m^2
Ωθηση (πίεση) στην βάση ($y=y_A+ 3.50\text{m}$)	$q_B = 18.26$	13.78 kN/m^2
Ωθηση (δύναμη) γαιών $P_a = \frac{1}{2}(q_A+q_B)H$	$P_a = 31.95$	24.11 kN/m
Γωνία ώθησης γαιών	$\alpha = 14.00$	17.50°
Ωθηση γαιών κατά x κατεύθυνση	$P_{ax} = 31.00$	22.99 kN/m
Ωθηση γαιών κατά y κατεύθυνση	$P_{ay} = 7.73$	7.25 kN/m
Ροπή ώθησης γαιών ως προς σημείο ($x=0, y=0$)	$M = -72.32$	-53.64 kNm/m
Σημείο εφαρμογής ώθησης γαιών $x= 0.000 \text{ m}, y= 2.333 \text{ m}$		

**Σύνολα δυνάμεων και ροπών**

Δυνάμεις και ροπές στο κάτω σημείο B ($x=0.000 \text{ m}, y=3.500 \text{ m}$)

Μόνιμες δράσεις

	EQU	A1+M1
Συνολική οριζόντια ώθηση γαιών	$F_{sx} = 31.00$	22.99 kN/m
Συνολική κατακόρυφη ώθηση γαιών	$F_{sy} = 7.73$	7.25 kN/m
Συνολική ροπή ώθησης γαιών	$M_s = 36.18$	26.83 kNm/m

**Σεισμικές δυνάμεις**

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

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής $k_h=1.15 \times 0.16 \times 1.00 / 1.500 = 0.123$

(EC8-5 Εξ.7.1, Τ.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής $k_v=0.50 \times 0.123 = 0.062$

(EC8-5 Εξ.7.2)

Εδάφος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα

(EC8-5 Παράρτημα Ε.5)

$\tan(\omega) = k_h / (1 - k_v) = 0.123 / (1 - 0.062) = 0.131, \omega = 7.47^\circ$

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

για ώθηση γαιών κατά τη διάρκεια σεισμού

Συντελεστής ενεργητικής ώθησης, $K_e^*(STR) = 0.327$

Πρόσθετη πίεση εδάφους λόγω σεισμού

επί της STR κατάστασης φόρτισης $\xi = (K_e^* / K_e - 1) = (0.327 / 0.246 - 1) = 0.329$

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

Δύναμη εδάφους λόγω σεισμικού φορτίου (Μόνιμες δράσεις) $F_x = 1.329 \times 22.99 = 30.55 \text{ kN/m}$

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 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 πισίνας $h = 0.400 \text{ m}$

Πλάτος πισίνας $L = 7.350 \text{ m}$

8.1. Κόμβοι κατασκευής

Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]
1	0.000	3.300	2	0.000	1.650	3	0.000	0.000
4	0.000	-1.000	5	0.459	0.000	6	0.459	-1.000
7	0.919	0.000	8	0.919	-1.000	9	1.378	0.000
10	1.378	-1.000	11	1.837	0.000	12	1.837	-1.000
13	2.297	0.000	14	2.297	-1.000	15	2.756	0.000
16	2.756	-1.000	17	3.216	0.000	18	3.216	-1.000
19	3.675	0.000	20	3.675	-1.000	21	4.134	0.000
22	4.134	-1.000	23	4.594	0.000	24	4.594	-1.000
25	5.053	0.000	26	5.053	-1.000	27	5.512	0.000
28	5.512	-1.000	29	5.972	0.000	30	5.972	-1.000
31	6.431	0.000	32	6.431	-1.000	33	6.891	0.000
34	6.891	-1.000	35	7.350	0.000	36	7.350	-1.000
37	7.350	1.650	38	7.350	3.300			

8.2. Στηρίξεις κατασκευήςκύληση $\delta x=0$ 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**

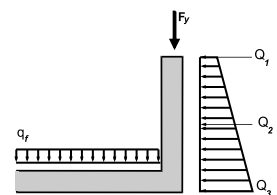
Στοιχ.	κόμβ.-1	κόμβ.-2	μήκος (mm)	γωνία (°)	E (MPa)	A (m ²)	I (m ⁴)
1	2	1	1.650	90.00	31000	0.300	2.250x10 ⁻³
2	3	2	1.650	90.00	31000	0.300	2.250x10 ⁻³
3	38	37	1.650	270.00	31000	0.300	2.250x10 ⁻³
4	37	35	1.650	270.00	31000	0.300	2.250x10 ⁻³
5	3	5	0.459	0.00	31000	0.400	5.333x10 ⁻³
6	5	7	0.459	0.00	31000	0.400	5.333x10 ⁻³
7..19	7..	9..	0.459	0.00	31000	0.400	5.333x10 ⁻³
20	33	35	0.459	0.00	31000	0.400	5.333x10 ⁻³
21	3	4	1.000	270.00	46	1.000	0.001x10 ⁻³
22	5	6	1.000	270.00	46	1.000	0.001x10 ⁻³
23..35	7..	8..	1.000	270.00	46	1.000	0.001x10 ⁻³
36	33	34	1.000	270.00	46	1.000	0.001x10 ⁻³
37	35	36	1.000	270.00	46	1.000	0.001x10 ⁻³

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	19.98	14.12		8.50
Βάρος τοίχου	W x1.10					28.88
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				11.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					31.25
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					30.89
	Σύνολα=	0.00	19.98	14.12	11.00	99.52

**9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-99.52kN κόμβοι: [1,38]

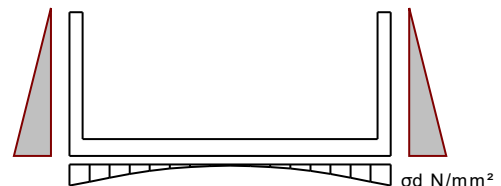
Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 19.98kN κόμβοι: [2], Fx=-19.98kN κόμβοι: [37]

Fx= 14.12kN κόμβοι: [3], Fx=-14.12kN κόμβοι: [35]

Κατανομμένα φορτία σε δοκούς

q=11.00kN/m στοιχεία: [5,...,20]



9.3. 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: $N_{ed}=-99.52 \text{ kN}$, $V_{ed}= 34.10 \text{ kN}$, $M_{ed}=-32.97 \text{ kNm}$
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed}=-34.10 \text{ kN}$, $V_{ed}= 63.30 \text{ kN}$, $M_{ed}=-32.97 \text{ kNm}$

9.4. 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 $q_u=3.960/1.40=2.829 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d=0.084 < q_u/\gamma_M=2.829 \text{ N/mm}^2$, 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					28.88
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				11.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					31.25
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					30.89
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-4.69	-26.43	-21.74	34.10	
Σύνολα=		-4.69	-26.43	-21.74	45.10	91.02

9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

$F_y=-91.02 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38]

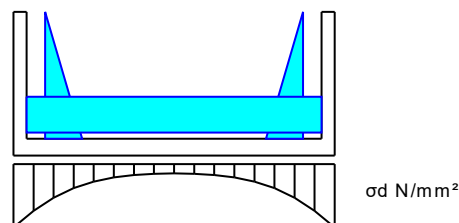
$F_x=-4.69 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x= 4.69 \text{ kN}$ κόμβοι: [38]

$F_x=-26.43 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x= 26.43 \text{ kN}$ κόμβοι: [37]

$F_x=-21.74 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x= 21.74 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανομημένα φορτία σε δοκούς

$q=45.10 \text{ kN/m}$ στοιχεία: [5,...,20]

**9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s=0.158 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+}=0.158 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed}=-91.02 \text{ kN}$, $V_{ed}=-52.86 \text{ kN}$, $M_{ed}= 59.08 \text{ kNm}$

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed}= 52.86 \text{ kN}$, $V_{ed}= 29.12 \text{ kN}$, $M_{ed}= 72.21 \text{ kNm}$

9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d=0.158 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u=3.960/1.40=2.829 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d=0.158 < q_u/\gamma_M=2.829 \text{ N/mm}^2$, Έλεγχος ικανοποιείται

9.9. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη με ωθήσεις γαιών (EQU)

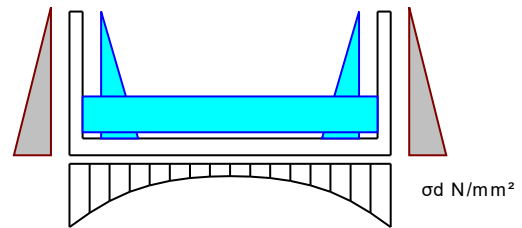
Φορτίο	(P.γ)	Q1 [kN]	Q2 [kN]	Q3 [kN]	qf [kN/m]	Fy [kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	Pax1.10	0.00	19.98	14.12		8.50
Βάρος τοίχου	W x1.10					28.88
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				11.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					31.25
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					30.89
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-4.69	-26.43	-21.74	34.10	
Σύνολα=		-4.69	-6.45	-7.62	45.10	99.52

9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

 $F_y = -99.52 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38] $F_x = -4.69 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x = 4.69 \text{ kN}$ κόμβοι: [38] $F_x = -6.45 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x = 6.45 \text{ kN}$ κόμβοι: [37] $F_x = -7.62 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x = 7.62 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q = 45.10 \text{ kN/m}$ στοιχείο: [5,...,20]**9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s = 0.147 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+} = 0.147 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-} = 0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed} = -99.52 \text{ kN}$, $V_{ed} = -18.76 \text{ kN}$, $M_{ed} = 26.11 \text{ kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed} = 18.76 \text{ kN}$, $V_{ed} = 42.49 \text{ kN}$, $M_{ed} = 50.68 \text{ kNm}$ **9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)**

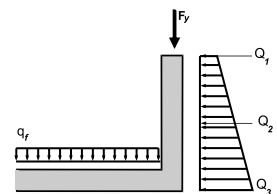
(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d = 0.147 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u = 3.960 / 1.40 = 2.829 \text{ N/mm}^2$ (EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d = 0.147 < q_u / \gamma_M = 2.829 \text{ N/mm}^2$, 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)

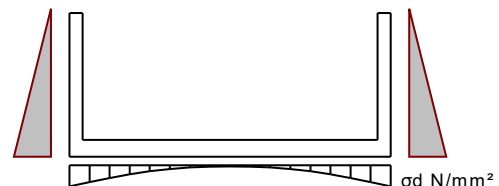
Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Ενεργητική ώθηση γαιών	$P_{ax} \times 1.35$	0.00	18.19	12.85		9.79
Βάρος τοίχου	$W \times 1.35$					35.44
Βάρος πυθμένα	$g_{fx} \times 1.35$				13.50	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx} \times 1.35$					38.35
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx} \times 1.50$					30.89
	Σύνολο=	0.00	18.19	12.85	13.50	114.47

**10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y = -114.47 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38] $F_x = 0.00 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x = 0.00 \text{ kN}$ κόμβοι: [38] $F_x = 18.19 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x = -18.19 \text{ kN}$ κόμβοι: [37] $F_x = 12.85 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x = -12.85 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q = 13.50 \text{ kN/m}$ στοιχείο: [5,...,20]**10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s = 0.102 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+} = 0.102 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-} = 0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed} = -114.47 \text{ kN}$, $V_{ed} = 31.04 \text{ kN}$, $M_{ed} = -30.01 \text{ kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed} = -31.04 \text{ kN}$, $V_{ed} = 70.50 \text{ kN}$, $M_{ed} = -30.01 \text{ kNm}$ **10.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (STR/GEO A1+M1)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d = 0.102 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u = 3.960 / 1.40 = 2.829 \text{ N/mm}^2$ (EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d = 0.102 < q_u / \gamma_M = 2.829 \text{ N/mm}^2$, 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					35.44
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				13.50	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					38.35
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					30.89
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-5.75	-32.43	-26.68	41.85	
Σύνολα=		-5.75	-32.43	-26.68	55.35	104.68

10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-104.68kN κόμβοι: [1,38]

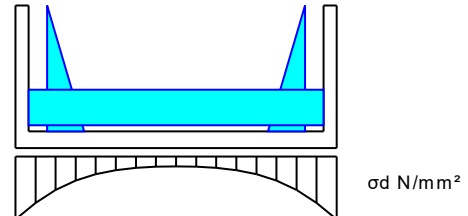
Fx= -5.75kN κόμβοι: [1], Fx= 5.75kN κόμβοι: [38]

Fx=-32.43kN κόμβοι: [2], Fx= 32.43kN κόμβοι: [37]

Fx=-26.68kN κόμβοι: [3], Fx= 26.68kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=55.35kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.188 N/mm², qs+=0.188 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-104.68kN, Ved=-64.87kN, Med= 72.50kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 64.87kN, Ved= 35.20kN, Med= 86.82kNm

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

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.188 N/mm²Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=3.960/1.40=2.829 N/mm²

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.188 < qu/γM=2.829 N/mm² , 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	18.19	12.85		9.79
Βάρος τοίχου	W x1.35					35.44
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				13.50	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					38.35
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					30.89
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-5.75	-32.43	-26.68	41.85	
Σύνολα=		-5.75	-14.24	-13.83	55.35	114.47

10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-114.47kN κόμβοι: [1,38]

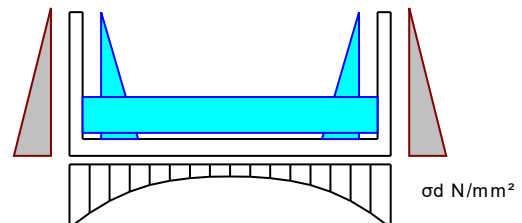
Fx= -5.75kN κόμβοι: [1], Fx= 5.75kN κόμβοι: [38]

Fx=-14.24kN κόμβοι: [2], Fx= 14.24kN κόμβοι: [37]

Fx=-13.83kN κόμβοι: [3], Fx= 13.83kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=55.35kN/m στοιχεία: [5,...,20]

**10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.179 N/mm², qs+=0.179 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-114.47kN, Ved=-33.83kN, Med= 42.49kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 33.83kN, Ved= 44.97kN, Med= 66.56kNm

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

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d = 0.179 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u = 3.960/1.40 = 2.829 \text{ N/mm}^2$

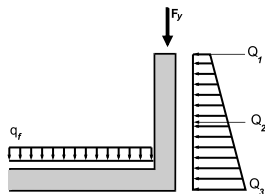
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d = 0.179 < q_u/\gamma_M = 2.829 \text{ N/mm}^2$, 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	$Pax1.33$	0.00	17.91	12.65		9.64
Βάρος τοίχου	$Wx1.12$					29.40
Βάρος πυθμένα	$gfx1.12$				11.20	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$Ngx1.12$					31.82
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$Nqx1.12$					23.06
Σύνολα=		0.00	17.91	12.65	11.20	93.92

**11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y = -93.92 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38] $F_x = 0.00 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x = 0.00 \text{ kN}$ κόμβοι: [38] $F_x = 17.91 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x = -17.91 \text{ kN}$ κόμβοι: [37] $F_x = 12.65 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x = -12.65 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q = 11.20 \text{ kN/m}$ στοιχεία: [5,...,20]**11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s = 0.081 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+} = 0.081 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-} = 0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed} = -93.92 \text{ kN}$, $V_{ed} = 30.56 \text{ kN}$, $M_{ed} = -29.55 \text{ kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed} = -30.56 \text{ kN}$, $V_{ed} = 59.20 \text{ kN}$, $M_{ed} = -29.55 \text{ kNm}$ **11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d = 0.081 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u = 3.960/1.40 = 2.829 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d = 0.081 < q_u/\gamma_M = 2.829 \text{ N/mm}^2$, 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	$Wx1.12$					29.40
Βάρος πυθμένα	$gfx1.12$				11.20	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$Ngx1.12$					31.82
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$Nqx1.12$					23.06
Πίεση νερού εσωτερικά	$qwx1.12$	-4.77	-26.91	-22.13	34.72	
Σύνολα=		-4.77	-26.91	-22.13	45.92	84.28

11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

 $F_y = -84.28 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38] $F_x = -4.77 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x = 4.77 \text{ kN}$ κόμβοι: [38] $F_x = -26.91 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x = 26.91 \text{ kN}$ κόμβοι: [37] $F_x = -22.13 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x = 22.13 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q = 45.92 \text{ kN/m}$ στοιχεία: [5,...,20]

11.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s=0.153 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+}=0.153 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$
 Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed}=-84.28 \text{ kN}$, $V_{ed}=-53.82 \text{ kN}$, $M_{ed}= 60.15 \text{ kNm}$
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed}= 53.82 \text{ kN}$, $V_{ed}= 29.00 \text{ kN}$, $M_{ed}= 71.37 \text{ kNm}$

11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d=0.153 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u=3.960/1.40=2.829 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d=0.153 < q_u/\gamma_M=2.829 \text{ N/mm}^2$, 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	$P_{ax}1.33$	0.00	17.91	12.65		9.64
Βάρος τοίχου	$W \times 1.12$					29.40
Βάρος πυθμένα	$g_{fx}1.12$				11.20	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx}1.12$					31.82
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx}1.12$					23.06
Πίεση νερού εσωτερικά	$q_{wx}1.12$	-4.77	-26.91	-22.13	34.72	
Σύνολα=		-4.77	-9.00	-9.48	45.92	93.92

11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

$F_y=-93.92 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38]

$F_x=-4.77 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x= 4.77 \text{ kN}$ κόμβοι: [38]

$F_x=-9.00 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x= 9.00 \text{ kN}$ κόμβοι: [37]

$F_x=-9.48 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x= 9.48 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

$q=45.92 \text{ kN/m}$ στοιχεία: [5,...,20]

**11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s=0.145 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+}=0.145 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed}=-93.92 \text{ kN}$, $V_{ed}=-23.26 \text{ kN}$, $M_{ed}= 30.60 \text{ kNm}$

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed}= 23.26 \text{ kN}$, $V_{ed}= 38.02 \text{ kN}$, $M_{ed}= 51.64 \text{ kNm}$

11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d=0.145 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u=3.960/1.40=2.829 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d=0.145 < q_u/\gamma_M=2.829 \text{ N/mm}^2$, 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	$P_{ax}1.00$	0.00	13.47	9.52		7.25
Βάρος τοίχου	$W \times 1.00$					26.25
Βάρος πυθμένα	$g_{fx}1.00$				10.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx}1.00$					28.41
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx}1.00$					20.59
Σύνολα=		0.00	13.47	9.52	10.00	82.50

12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-82.50kN κόμβοι: [1,38]

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

Fx= 13.47kN κόμβοι: [2], Fx=-13.47kN κόμβοι: [37]

Fx= 9.52kN κόμβοι: [3], Fx= -9.52kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=10.00kN/m στοιχεία: [5,...,20]

12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείωνΜέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.074 N/mm², qs+=0.074 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-82.50kN, Ved= 22.99kN, Med=-22.23kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned=-22.99kN, Ved= 50.94kN, Med=-22.23kNm

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					26.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				10.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					28.41
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					20.59
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-4.26-24.02-19.76			31.00	
Σύνολα=		-4.26-24.02-19.76			41.00	75.25

12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-75.25kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -4.26kN κόμβοι: [1], Fx= 4.26kN κόμβοι: [38]

Fx=-24.02kN κόμβοι: [2], Fx= 24.02kN κόμβοι: [37]

Fx=-19.76kN κόμβοι: [3], Fx= 19.76kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=41.00kN/m στοιχεία: [5,...,20]

12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείωνΜέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.137 N/mm², qs+=0.137 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-75.25kN, Ved=-48.05kN, Med= 53.71kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 48.05kN, Ved= 25.89kN, Med= 63.72kNm

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	13.47	9.52		7.25
Βάρος τοίχου	W x1.00					26.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				10.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					28.41
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					20.59
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-4.26-24.02-19.76			31.00	
Σύνολα=		-4.26-10.55-10.24			41.00	82.50

12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-82.50kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -4.26kN κόμβοι: [1], Fx= 4.26kN κόμβοι: [38]

Fx=-10.55kN κόμβοι: [2], Fx= 10.55kN κόμβοι: [37]

Fx=-10.24kN κόμβοι: [3], Fx= 10.24kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=41.00kN/m στοιχεία: [5,...,20]

12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείωνΜέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.130 N/mm², qs+=0.130 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-82.50kN, Ved=-25.06kN, Med= 31.48kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 25.06kN, Ved= 32.03kN, Med= 48.47kNm

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/m³

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=300mm

Ροπή κάμψης Med= 72.50kNm (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -104.68kN (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)²], fcd=14.17MPa, εc2=0.0020, εcu2=0.0035, fyd=435MPa)Med= 72.50kNm/m, d=250mm, Kd= 2.94 x/d=0.12 εc2/εs1=-2.6/20.0 ks=2.41, **As= 6.98cm²/m**ελάχιστος οπλισμός, As>=0.26bd·fctm/fyk=3.38cm²/m, s<=400mm, s'<=450mm (EC2 §9.3.1)ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός Ø14/25.0 (6.16cm²/m), δευτερεύων Ø14/25.0 (6.16cm²/m)**Οπλισμός σε μπρός και πίσω όψεις τοίχου****κύριος οπλισμός Ø14/15.0 (10.27cm²/m), δευτερεύων Ø14/25.0 (6.16cm²/m)****13.3. Έλεγχος σε διάτμηση Ved<=Vrd**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου και οπλισμός h=300mm, d=250mm, As=1027mm²

Τέμνουσα δύναμη Ved= 64.87kN (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -104.68kN (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)
 $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ (EC2 Εξ.6.2.b)
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$, $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$, $b_w = 1000 \text{ mm}$, $d = 250 \text{ mm}$
 $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$, $k = 1.89$, $k_1 = 0.15$
 $\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 1027 / (1000 \times 250) = 0.0041$
 $\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = -1000 \times 104.68 / 300000 = -0.35 \text{ N/mm}^2$
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.45 \text{ N/mm}^2$, (EC2 Εξ.6.3N)
 $V_{rd, c (min)} = 0.001 \times (0.45 - 0.15 \times 0.35) \times 1000 \times 250 = 99.38 \text{ kN/m}$
 $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.89 \times (0.41 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.35] \times 1000 \times 250 = 110.04 \text{ kN/m}$
 $V_{ed} = 64.87 \text{ kN/m} \leq V_{rdc} = 110.04 \text{ kN/m}$, διάτμηση OK

13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης (EC2 Εξ.8.3)
 $l_b, r_{qd} = (\varnothing/4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (14/4) \times (296/1.61) = 643 \text{ mm}$
 $\sigma_{sd} = 435.00 \times 698 / 1027 = 296 \text{ MPa}$, $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61 \text{ MPa}$ (EC2 §8.4.2)
 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{bd} = 0.70 \times 643 = 450 \text{ mm}$, $C_{nom} = 50 \text{ mm} > 3 \times 14 = 42 \text{ mm} = (3\varnothing)$ (EC2 §8.4.4, T.8.2)
 Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης $l_{b, min} = \max(0.30 l_{br, qd}, 10\varnothing, 100 \text{ mm}) = 193 \text{ mm}$
 Απαραίτητο άγκιστρο 150mm 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 $h = 300 \text{ mm}$, $d = 250 \text{ mm}$, $A_s = 1027 \text{ mm}^2$
 Ροπή κάμψης $M_{ed} = 53.71 \text{ kNm}$ (SLS)
 Αξονική δύναμη $N_{ed} = -75.25 \text{ kN}$ (SLS)
 Τέμνουσα δύναμη $V_{ed} = 48.05 \text{ kN}$ (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)
 $b = 1.000 \text{ m}$, $b_{eff} = 1.000 \text{ m}$, $h = 0.300 \text{ m}$, $d = 0.250 \text{ m}$, $N = -75.25 \text{ kN}$, $\sigma_c = (N/bh) = -0.25 \text{ N/mm}^2$, $\Phi = 14 \text{ mm}$
 $\max(h, b_l) = 300 \text{ mm}$, $f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2$, $h_{c, eff} = 2.50 \times (h - d) = 125 \text{ mm}$, $k = 1.00$, $k_c = 0.46$ (EC2 Εξ.7.2)
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής, $A_{s, min} = 0.46 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 500 = 299 \text{ mm}^2 = 2.9 \text{ cm}^2$
 Έλεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής $w_k = 0.3 \text{ mm}$, για διάμετρο οπλισμού $\varnothing = 14 \text{ mm}$
 $\varnothing_s = \varnothing_s (f_{ctm} / 2.9) [k_c \cdot h_{cr} / 2 (h - d)]$, $\varnothing_s = 14 \text{ mm}$, $\varnothing$ (EC2 Εξ.7.6N)
 Διάμετρο οπλισμού $= 23 \text{ mm}$, εύρος ρωγμής $w_k = 0.3 \text{ mm}$, τάση χάλυβα $\sigma_s = 209 \text{ N/mm}^2$ (EC2 Πιν. 7.2N)
 Ελαχ. οπλισμός για $w_k = 0.3 \text{ mm}$, $\varnothing = 14 \text{ mm}$, $A_{s, min} = 0.46 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 209 = 715 \text{ mm}^2 = 7.15 \text{ cm}^2$

$M_{ed} (SLS) = 53.71 \text{ kNm}$, $V_{ed} (SLS) = 48.05 \text{ kN}$, $N_{ed} (SLS) = -75.25 \text{ kN}$
 Τελικός συντελεστής ερπυσμού $\phi(\infty, t_0) = 2.50$ (EC2 §3.1.4, Παράρτημα B)
 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 $E_s / E_{c, eff} = 200 / 8.86 = 22.57$
 Εφεκνόμενος οπλισμός: $\varnothing 14 / 150$ ($10.27 \text{ cm}^2 / \text{m}$), Θλιβόμενος οπλισμός: $\varnothing 14 / 150$ ($10.27 \text{ cm}^2 / \text{m}$)
 Λόγος οπλισμών $\rho = A_{sl} / (b \cdot d) = 1027 / (1000 \times 250) = 0.004$, $\rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 1027 / (1000 \times 250) = 0.004$

13.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)

Δυσκαμψία αρηγμάτωσης διατομής, $EI = (200 / 22.57) \times (0.001 \times 2.966) = 26286 \text{ kNm}^2$
 $A_i = A_c + (n-1) (A_{s1} + A_{s2})$, $e = (n-1) (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$, $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$
 $S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 1027 \times 0.103 = (0.001) \times 0.106 \text{ m}^3$, $y_2 = 153 \text{ mm}$, $y_{2s} = y_2 - d = 153 - 50 = 103 \text{ mm}$ (EC2 Εξ.7.21)
 καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M = 53.71 / 26286 = (0.001) \times 2.043$ (1/m)
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.106 / 2.966) = (0.001) \times 0.242$ (1/m)
 Ολική καμπυλότητα $1/r = (0.001) \times 2.043 + (0.001) \times 0.242 = (0.001) \times 2.285$ (1/m)
 Ροπή ρηγμάτωσης, $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.6 \times (2.966 / 0.153) = 50.34 \text{ kNm}$

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

$\rho=0.004$, $\rho'=0.004$, $\rho'/\rho=1.000$, $n=\alpha_e=22.57$, $n \cdot \rho=0.090$, $\xi=0.630$, $\alpha=0.300$, $x=\alpha \cdot d=0.075m$
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.630 \times 200 \times 1027 \times 0.250^2=8084 \text{ kNm}^2$
 $y_2=(1-\alpha)d=175mm$, $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 175 \times 53.71/8084=1.16$
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001) \times 1027 \times 0.175=(0.001) \times 0.180 \text{ m}^3$ (EC2 Εξ.7.21)
 καμπυλότητα λόγω ροής $1/r_M=53.71/8084=(0.001) \times 6.644 \text{ (1/m)}$
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.180/0.912)=(0.001) \times 0.410 \text{ (1/m)}$
 Ολική καμπυλότητα $1/r=(0.001) \times 6.644+(0.001) \times 0.410=(0.001) \times 7.054 \text{ (1/m)}$
 $M_{ed}=53.71 \text{ kNm}$, $N_{ed}=-75.25 \text{ kN}$, $\epsilon_c/\epsilon_s=0.53/1.13$, $x=79mm$, $\sigma_s=227 \text{ N/mm}^2$

13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta=1-0.50 \cdot (M_{cr}/M_{ed})^2=1-0.50 \times (50.34/53.71)^2=0.56$ (Εξ.7.19)

Τελική καμπυλότητα $(1/r)=0.56 \times (0.001 \times 7.054) + (1-0.56) \times (0.001 \times 2.285) = (0.001) \times 4.959 \text{ (1/m)}$ (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)
 $b=1.000m$, $b_{eff}=1.000m$, $h=0.300m$, $d=0.250m$, $x=0.079m$, $\varnothing=14mm$
 $N_{ed}=-75.25 \text{ kN}$, $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.3 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s=f_{yd}=435 \text{ N/mm}^2$
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(300-79) \times 1000=220666 \text{ mm}^2$
 $\max(h,b_1)=0mm$, $f_{ctm}=2.6 \text{ N/mm}^2$, $A_{ct}=220666 \text{ mm}^2$, $k=1.00$, $k_c=0.33$, $k_1=0.67$
 Ελάχιστος οπλισμός, $A_{s,min}=0.33 \times 1.00 \times 2.6 \times 220666 / 435 = 435 \text{ mm}^2/m$

13.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)

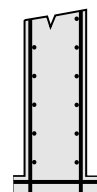
(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$ (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 Εξ.7.9)
 $\sigma_s=227 \text{ N/mm}^2$, μικρή διάρκ. φόρτιση: $E_s/E_c=6.45$, $k_t=0.6$, μακράς διάρκ. φόρτ.: $E_s/E_c=22.57$, $k_t=0.4$
 $A_{ceff}=0.333(h-x)b=0.333 \times (300-79) \times 1000=73482 \text{ mm}^2$ (§7.3.2.3)
 $\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=1027/73482=0.014$
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[227-0.4 \times (2.6/0.014) (1+22.57 \times 0.014)]/200=0.64\% \geq 0.6 \times 227/200=0.68\%$
 $s_{r,max}=k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing / \rho_{eff}$ (EC2 Εξ.7.11)
 $\varnothing=14mm$, $k_1=0.8$, $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0.5$, $k_3=3.4$, $k_4=0.425$
 $s_{r,max}=3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 14 / 0.014 = 340.29 \text{ mm}$
 $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=340.29 \times 0.001 \times 0.68=0.23 \text{ mm}$
 $w_k=0.23 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm}=w_{max}$, Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου

13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου

Οπλισμοί εσωτερικής παρειάς τοίχου $\varnothing 14/15.0 \text{ (10.27 cm}^2/m)$
 Οπλισμός διανομής $\varnothing 14/25.0 \text{ (6.16 cm}^2/m)$

Οπλισμός εξωτερικής παρειάς τοίχου $\varnothing 14/15.0 \text{ (10.27 cm}^2/m)$
 Οπλισμός διανομής $\varnothing 14/25.0 \text{ (6.16 cm}^2/m)$

**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 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)
 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk}/\gamma_c=0.85 \times 1.8/1.50=1.02 \text{ MPa}$ (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 $h=400\text{mm}$
 Ροπή κάμψης $M_{ed}=86.82\text{kNm}$ (ULS)
 Αξονική δύναμη $N_{ed}=64.87\text{kN}$ (ULS)

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

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

Εφελκυσμός πλάκας πυθμένα $N_{ed}=64.87\text{kN}$, $\sigma=64869/(350 \times 1000)=0.185\text{N/mm}^2 < 1.020\text{N/mm}^2 = f_{ctd}$

Εφελκυσμένος οπλισμός $A_s = N_{ed}/F_{yd} = 64869/435 = 149\text{mm}^2/\text{m} = 1.49\text{cm}^2/\text{m}$

$M_{ed}=86.82\text{kNm/m}$, $d=350\text{mm}$, $K_d=3.99$ $x/d=0.08$ $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.7/20.0$ $k_s=2.36$, **$A_s=6.70\text{cm}^2/\text{m}$**

ελάχιστος οπλισμός, $A_s \geq 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk} = 4.73\text{cm}^2/\text{m}$, $s \leq 400\text{mm}$, $s' \leq 450\text{mm}$ (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 $h=400\text{mm}$, $d=350\text{mm}$, $A_s=1027\text{mm}^2$
 Τέμνουσα δύναμη $V_{ed}=70.50\text{kN}$ (ULS)
 Αξονική δύναμη $N_{ed}=-31.04\text{kN}$ (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)

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

(EC2 Εξ.6.2.b)

$C_{rdc}=0.18/\gamma_c=0.18/1.50=0.120$, $f_{ck}=25\text{MPa}$, $b_w=1000\text{mm}$, $d=350\text{mm}$

$k=1+\sqrt{(200/d)} \leq 2$, $k=1.76$, $k_1=0.15$

$\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 1027/(1000 \times 350) = 0.0029$

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = -1000 \times 31.04/400000 = -0.08\text{N/mm}^2$

$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.41\text{N/mm}^2$,

(EC2 Εξ.6.3N)

$V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.41 - 0.15 \times 0.08) \times 1000 \times 350 = 139.30\text{kN/m}$

$V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.76 \times (0.29 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.08] \times 1000 \times 350 = 138.87$, $V_{rdc} = 139.30\text{kN/m}$

$V_{ed} = 70.50\text{kN/m} \leq V_{rdc} = 139.30\text{kN/m}$, διάτμηση OK

14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης

(EC2 Εξ.8.3)

$l_{b,rqd} = (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (14/4) \times (284/1.61) = 617\text{mm}$

$\sigma_{sd} = 435.00 \times 670/1027 = 284\text{MPa}$ $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61\text{MPa}$

(EC2 §8.4.2)

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{bd} = 0.70 \times 617 = 432\text{mm}$, $C_{nom} = 50\text{mm} > 3 \times 14 = 42\text{mm} = (3\varnothing)$

(EC2 §8.4.4, T.8.2)

Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης $l_{b,min} = \max(0.30 l_{b,rqd}, 10\varnothing, 100\text{mm}) = 185\text{mm}$

Απαραίτητο άγκιστρο 190mm 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 $h=400\text{mm}$, $d=350\text{mm}$, $A_s=1027\text{mm}^2$
 Ροπή κάμψης $M_{ed}=63.72\text{kNm}$ (SLS)
 Αξονική δύναμη $N_{ed}=48.05\text{kN}$ (SLS)
 Τέμνουσα δύναμη $V_{ed}=25.89\text{kN}$ (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) $b=1.000m, b_{eff}=1.000m, h=0.400m, d=0.350m, N=48.05kN, \sigma_c=(N/bh)=0.12N/mm^2, \Phi=14mm$ $\max(h,b_l)=400mm, f_{ctm}=2.60N/mm^2, h_{c,eff}=2.50x(h-d)=125mm, k=0.93, k_c=0.39$ (EC2 Εξ.7.2)Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής, $A_{s,min}=0.39x0.93x2.60x1000x125/500=236mm^2=2.3cm^2$ Ελεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής $w_k=0.3mm$, για διάμετρο οπλισμού $\varnothing=14mm$ $\varnothing_s=\varnothing_s(f_{ctm}/2.9)[k_c \cdot h_{cr}/2(h-d)], \varnothing_s=14mm, \varnothing$ (EC2 Εξ.7.6N)Διάμετρο οπλισμού $=20mm$, εύρος ρωγμής $w_k=0.3mm$, τάση χάλυβα $\sigma_s=222N/mm^2$ (EC2 Πιν. 7.2N)Ελαχ. οπλισμός για $w_k=0.3mm, \varnothing=14mm, A_{s,min}=0.39x0.93x2.60x1000x125/222=531mm^2=5.31cm^2$

Med(SLS)=63.72 kNm, Ved(SLS)=25.89 kN, Ned(SLS)=48.05 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 $E_s/E_{c,eff}=200/8.86=22.57$ Εφελκυσμένος οπλισμός: $\varnothing 14/150$ ($10.27cm^2/m$), Θλιβόμενος οπλισμός: $\varnothing 14/150$ ($10.27cm^2/m$)Λόγος οπλισμών $\rho=A_{s1}/(b \cdot d)=1027/(1000x350)=0.003, \rho'=A_{s2}/(b \cdot d)=1027/(1000x350)=0.003$ **14.7. Κατάσταση I (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)**Δυσκαμψία αρηγμάτωσης διατομής, $EI=(200/22.57)x(0.001x6.715)=59505 kNm^2$ $A_i=A_c+(n-1)(A_{s1}+A_{s2}), e=(n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s}-A_{s2} \cdot y_{2s})/A_i, I=I_c+b \cdot h \cdot e^2+(A_{s1} \cdot y_{1s}^2+A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$ $S=A_{s1} \cdot y_{2s}=(0.001)^2x1027x0.152=(0.001)x0.157 m^3, y_2=202mm, y_{2s}=y_2-d_2=202-50=152mm$ (EC2 Εξ.7.21)καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M=63.72/59505=(0.001)x1.071 (1/m)$ καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs}=(0.001x0.30)x22.57x(0.157/6.715)=(0.001)x0.158 (1/m)$ Ολική καμπυλότητα $1/r=(0.001)x1.071+(0.001)x0.158=(0.001)x1.229 (1/m)$ Ροπή ρηγμάτωσης, $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6x(6.715/0.202)=86.22 kNm$ **14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)** $\rho=0.003, \rho'=0.003, \rho'/\rho=1.000, n=\alpha e=22.57, n \cdot \rho=0.068, \xi=0.659, \alpha=0.274, x=\alpha \cdot d=0.096m$ Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.659x200x1027x0.350^2=16572 kNm^2$ $y_2=(1-\alpha)d=254mm, \epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001)x254x63.72/16572=0.98$ $S=A_{s1} \cdot y_2=(0.001)^2x1027x0.254=(0.001)x0.261 m^3$ (EC2 Εξ.7.21)καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M=63.72/16572=(0.001)x3.845 (1/m)$ καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs}=(0.001x0.30)x22.57x(0.261/1.870)=(0.001)x0.263 (1/m)$ Ολική καμπυλότητα $1/r=(0.001)x3.845+(0.001)x0.263=(0.001)x4.108 (1/m)$ Med=63.72 kNm, Ned=48.05kN, $\epsilon_c/\epsilon_s=0.35/0.99, x=92mm, \sigma_s=198 N/mm^2$ **14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

 $\zeta=1-0.50 \cdot (M_{cr}/Med)^2=1-0.50x(86.22/63.72)^2=0.08$ (Εξ.7.19)Τελική καμπυλότητα $(1/r)=0.08x(0.001x4.108)+(1-0.08)x(0.001x1.229)=(0.001)x1.472 (1/m)$ (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) $b=1.000m, b_{eff}=1.000m, h=0.400m, d=0.350m, x=0.092m, \varnothing=14mm$ Ned=48.05kN, $\sigma_c=(Ned/bh)=-0.1N/mm^2, \sigma_s=f_{yd}=435N/mm^2$ $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(400-92)x1000=307765 mm^2$ $\max(h,b_l)=0mm, f_{ctm}=2.60N/mm^2, A_{ct}=307765mm^2, k=0.93, k_c=0.41, k_1=1.50$ Ελάχιστος οπλισμός, $A_{s,min}=0.41x0.93x2.60x307765/435=701mm^2/m$

14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad (\text{EC2 Εξ.7.8})$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s \quad (\text{EC2 Eq.7.9})$$

$\sigma_s = 198 \text{ N/mm}^2$, μικρής διάρκ. φόρτιση: $E_s/E_c = 6.45$, $k_t = 0.6$, μακράς διάρκ. φόρτ.: $E_s/E_c = 22.57$, $k_t = 0.4$

$$A_{ceff} = 0.333(h-x)b = 0.333 \times (400-92) \times 1000 = 102486 \text{ mm}^2 \quad (\text{§7.3.2.3})$$

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 1027 / 102486 = 0.010$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [198 - 0.4 \times (2.6 / 0.010) (1 + 22.57 \times 0.010)] / 200 = 0.35\% \geq 0.6 \times 198 / 200 = 0.59\%$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_s / \rho_{eff} \quad (\text{EC2 Εξ.7.11})$$

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

$$s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 14 / 0.010 = 407.50 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 407.50 \times 0.001 \times 0.59 = 0.24 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.24 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{max}, \text{ Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

15. Προμέτρηση υλικών

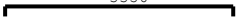
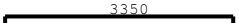
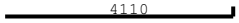
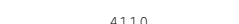
Σκυρόδεμα ανά μέτρο μήκους πρισίνας 5.040 m³/m

Οπλισμός ανά μέτρο μήκους πρισίνας 553.498 kg/m

Συνολικό σκυρόδεμα πρισίνας 8.650x 5.040 = 43.596 m³

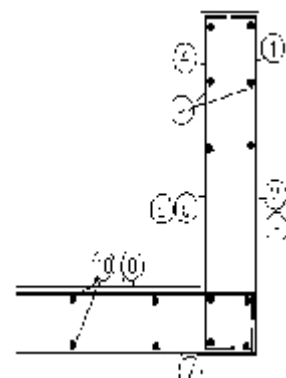
Συνολικός οπλισμός πρισίνας 8.650x 553.498 = 4787.760 kg

16. Κατάλογος οπλισμού

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	Ø	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	150  140	214	14	1.210	3.640	942.54
2	④	150  140	214	14	1.210	3.640	942.54
3	⑨	 190	104	14	1.210	8.650	1088.52
4	⑦	 190	116	14	1.210	4.300	603.55
5	⑧	 190	116	14	1.210	4.300	603.55
6	⑩	 190	58	14	1.210	8.650	607.06

Ολικό βάρος [kg]

4787.76



Περιεχόμενα

1. Δ.ΥΓ_8.6x7.35
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 $Y=0.000\text{ m}$ έως $Y=3.500\text{ m}$, $Hs=3.500\text{ m}$
8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πρίσνας σε ελαστικό έδαφος.
 - 8.1. Κόμβοι κατασκευής
 - 8.2. Στηρίξεις κατασκευής
 - 8.3. Στοιχεία κατασκευής
9. Ελεγχος 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 γεμής 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 γεμής με ωθήσεις γαιών (EQU)
 - 9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
 - 9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
 - 9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
10. Ελεγχος 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 γεμής 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 γεμής 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. Ελεγχος 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 γεμής 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 γεμής 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

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΒΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 8,20m x 3,60m

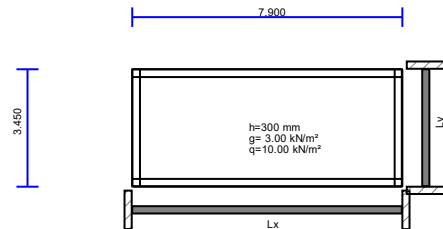
2Α. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΛΑΚΑΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΒΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ

Project Beton**1. ΕΠΙΚΑ 8.20x3.60**

Πλάκα συμπαγής, τετραέρειστη

(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/m³
 $\gamma_c=1.50$, $\gamma_s=1.15$ (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)
 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 0.85 \times 1.8 / 1.50 = 1.02$ 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 $h=0.300$ m, Ανοίγματα $L_x=7.900$ m, $L_y=3.450$ m
 Τδιο βάρος πλάκας: $g_o = 25.00 \times 0.300 = 7.50$ kN/m²
 Φορτία πλάκας: μόνιμο $g=(7.50+3.00)=10.50$ kN/m², κινητό $q=10.00$ kN/m²
 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 $d=h-d_1$, $d_1=C_{nom}+\varnothing/2=50+14/2=57$ mm, $d=300-57=243$ mm

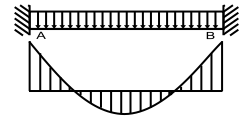
Μέθοδος ανάλυσης: Czerny F., "Tafeln für vierseitig und dreiseitig gelagerte Rechteckplatten", Beton Kalender 1983, Berlin, Ernst Sohn, 1983

Η πλάκα επιλύεται σαν αμφιέριστη στην κατεύθυνση y-y

3. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Φορτίο (STR) $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35g + 1.50q = 1.35 \times 10.50 + 1.50 \times 10.00 = 29.18$ kN/m

3.1. Διεύθυνση επίλυσης πλάκας γ-γ, $L_y=3.450$ mΦορτία: $q_y=1.000 \times 10.50=10.50$ kN/m², $q_y=1.000 \times 10.00=10.00$ kN/m²Ροπή στήριξης $Med_{supA}=(1.35 \times 10.50+1.50 \times 10.00) \times 3.450^2/12=-28.94$ kNm/mΡοπή στήριξης $Med_{supB}=(1.35 \times 10.50+1.50 \times 10.00) \times 3.450^2/12=-28.94$ kNm/mΡοπή ανοίγματος $Med_{span}=(1.35 \times 10.50+1.50 \times 10.00) \times 3.450^2/24=14.47$ kNm/mΑντιδράσεις μόνιμα, $V_{gA}=0.5 \times 10.50 \times 3.450=18.11$, $V_{gB}=0.5 \times 10.50 \times 3.450=18.11$ kN/mΑντιδράσεις κινητά, $V_{qA}=0.5 \times 10.00 \times 3.450=17.25$, $V_{qB}=0.5 \times 10.00 \times 3.450=17.25$ kN/m**4. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

 $Med=14.47$ kNm/m, $d=243$ mm, $K_d=6.39$ $x/d=0.04$ $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-0.9/20.0$ $k_s=2.34$, **As= 1.39 cm²/m** $Med=-28.94$ kNm/m, $d=243$ mm, $K_d=4.52$ $x/d=0.07$ $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.4/20.0$ $k_s=2.35$, **As= 2.80 cm²/m**Ελάχιστος οπλισμός πλάκας, $As \geq 0.26 b d \cdot f_{ctm} / f_{yk} = 3.29$ cm²/m, $s \leq 400$ mm, $s' \leq 450$ mm (EC2 §9.3.1)ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός $\varnothing 14/25.0$ (6.16 cm²/m), δευτερεύων $\varnothing 14/30.0$ (5.13 cm²/m)**Οπλισμοί ανοιγμάτων: x-x** $\varnothing 14/30.0$ (5.13 cm²/m)**y-y** $\varnothing 14/15.0$ (10.27 cm²/m) (κάτω στρώση)**Οπλισμοί στηρίξεων: Αριστερά** $\varnothing 14/25.0$ (6.16 cm²/m)**Δεξιά** $\varnothing 14/25.0$ (6.16 cm²/m)**Κάτω** $\varnothing 14/25.0$ (6.16 cm²/m)**Πάνω** $\varnothing 14/25.0$ (6.16 cm²/m)**5. Διαστασιολόγηση για τέμνουσα (ULS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Μέγιστες τέμνουσες σε απόσταση d από παρειά στήριξης $\max V=46.78$ kN/mΑντοχή 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) $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ (EC2 Εξ.6.2.b) $C_{rdc}=0.18/\gamma_c=0.18/1.50=0.120$, $f_{ck}=25$ MPa, $b_w=1000$ mm, $d=243$ mm $k=1+\sqrt{(200/d)} \leq 2$, $k=1.91$, $k_1=0.15$ $\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 616/(1000 \times 243) = 0.0025$ $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.46$ N/mm², (EC2 Εξ.6.3N) $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.46) \times 1000 \times 243 = 111.78$ kN/m $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.91 \times (0.25 \times 25)^{0.33}] \times 1000 \times 243 = 102.59$, $V_{rdc} = 111.78$ kN/m $V_{ed} = 46.78$ kN/m $\leq V_{rdc} = 111.78$ kN/m, **$V_{ed} \leq V_{rdc}$ δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης****6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

 $L=3.450$ m, $b=1.000$ m, $h=0.300$ m, $d=0.243$ mΦορτίο (ημι-μόνιμος συνδυασμός) $q_{ed}=g+\psi_2 \cdot q=10.50+0.60 \times 10.00=16.50$ kN/m $L_y < L_x$, $L_{eff}=3.450$ m, $Med=(16.50/29.18) \times 14.47=8.18$ kNm/m, $Med(SLS)=8.18$ kNm/mΤελικός 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 $E_{cm}=31.0$ GPa, $E_{ceff}=31.0/(1+2.50)=8.86$ GPa=8860 MPa (EC2 Εξ.7.20)Μέτρο Ελαστικότητας χάλυβα $E_s=200$ GPa=200000 MPaΛόγος μέτρων Ελαστικ. $E_s/E_c=200/31.0=6.45$, ενεργό $E_s/E_{c,eff}=200/8.86=22.57$ Εφελκόμενος οπλισμός: $\varnothing 14/150$ (10.27 cm²/m)Λόγος οπλισμών $\rho=A_{s1}/(b \cdot d)=1027/(1000 \times 243)=0.004$ **6.1. Κατάσταση I (αρρηγμάτωτη διατομή) (SLS)**Δυσκαμψία αρρηγμάτωτης διατομής, $EI=(200/22.57) \times (0.001 \times 2.428)=21519$ kNm² $A_i=A_c+(n-1)(A_{s1}+A_{s2})$, $e=(n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s}-A_{s2} \cdot y_{2s})/A_i$, $I=I_c+b \cdot h \cdot e^2+(A_{s1} \cdot y_{1s}^2+A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$ $S=A_s \cdot y_{2s}=(0.001)^2 \times 1027 \times 0.087=(0.001) \times 0.089$ m³, $y_2=144$ mm, $y_{2s}=y_2-d_2=144-57=87$ mm (EC2 Εξ.7.21)καμπυλότητα λόγω ροής $1/r_M=8.18/21519=(0.001) \times 0.380$ (1/m)καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.089/2.428)=(0.001) \times 0.248$ (1/m)Ολική καμπυλότητα $1/r=(0.001) \times 0.380+(0.001) \times 0.248=(0.001) \times 0.628$ (1/m)Ροπή ρηγμάτωσης, $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6 \times (2.428/0.144)=43.97$ kNm

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

$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.004$, $n \cdot \alpha_e = 22.57$, $n \cdot \rho = 0.090$, $\xi = 0.581$, $\alpha = 0.344$, $x = \alpha \cdot d = 0.084\text{m}$
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, $EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0.581 \times 200 \times 1027 \times 0.243^2 = 7042 \text{ kNm}^2$
 $y_2 = (1 - \alpha) d = 159\text{mm}$, $\epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 159 \times 8.18 / 7042 = 0.19$
 $S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 1027 \times 0.159 = (0.001) \times 0.164 \text{ m}^3$ (EC2 Εξ.7.21)
 καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M = 8.18 / 7042 = (0.001) \times 1.162 \text{ (1/m)}$
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.164 / 0.795) = (0.001) \times 0.456 \text{ (1/m)}$
 Ολική καμπυλότητα $1/r = (0.001) \times 1.162 + (0.001) \times 0.456 = (0.001) \times 1.618 \text{ (1/m)}$
 $M_{ed} = 8.18 \text{ kNm}$, $\epsilon_c / \epsilon_s = 0.10 / 0.19$, $x = 84\text{mm}$, $\sigma_s = 37 \text{ N/mm}^2$

6.3. Ελεγχος παραμορφώσεων χωρίς άμεσο υπολογισμό (SLS)

(EC2 §7.4.2)

$1/d = K[11 + 1.5 \sqrt{f_{ck}(\rho_o/\rho) + 3.2 \sqrt{f_{ck}(\rho_o/\rho - 1)}}]^{3/2} = 33.56$ (EC2 Εξ.7.16a)
 $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$, $\rho_o = 0.001 \times \sqrt{25.00} = 0.005$, $\rho = 0.004$, $\rho' = 0.000$, $\rho \leq \rho_o$, $K = 1.5$
 $1/d = (310/\sigma_s) \times (1/d)$, $\sigma_s = 37 \text{ N/mm}^2$, $1/d = (310/37) \times 33.56 = 280.89$ (EC2 Εξ.7.17)
 $l_{eff}/d = 3.450 / 0.243 = 14.20 \leq 280.89$, **Ανοίγμα/ύψος κάτω ορίου**

6.4. Ελεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed} = 8.18 < 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 43.97 = 30.78 \text{ kNm}$, $\zeta = 0.00$ (Εξ.7.19)
 Τελική καμπυλότητα $(1/r) = 0.00 \times (0.001 \times 1.618) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 0.628) = (0.001) \times 0.628 \text{ (1/m)}$ (Εξ.7.18)
 $\beta = (M_a + M_b) / M_c = (28.94 + 28.94) / 14.47 = 4.00$, $k = 0.104(1 - 4.00/10) = 0.0624$
 $f = k \cdot l_{eff}^2 \cdot (1/r) = 0.0624 \times 3.450^2 \times 0.628 = 0.47 \text{ mm}$
 $f = 0.47\text{mm} \leq 1000 \times 3.450 / 250 = 13.80\text{mm}$, **Παραμόρφωση κάτω ορίου**

6.5. 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)
 $b = 1.000\text{m}$, $b_{eff} = 1.000\text{m}$, $h = 0.300\text{m}$, $d = 0.243\text{m}$, $x = 0.084\text{m}$, $\varnothing = 14\text{mm}$
 $N_{ed} = 0.00\text{kN}$, $\sigma_c = (N_{ed}/bh) = 0.0\text{N/mm}^2$, $\sigma_s = f_{yd} = 435\text{N/mm}^2$
 $A_{ct} = (h - x) \cdot b = (300 - 84) \times 1000 = 216377 \text{ mm}^2$
 $\max(h, b_1) = 0\text{mm}$, $f_{ctm} = 2.60\text{N/mm}^2$, $A_{ct} = 216377\text{mm}^2$, $k = 1.00$, $k_c = 0.40$, $k_1 = 1.50$
 Ελάχιστος οπλισμός, $A_{s,min} = 0.40 \times 1.00 \times 2.60 \times 216377 / 435 = 517\text{mm}^2/\text{m}$

6.6. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

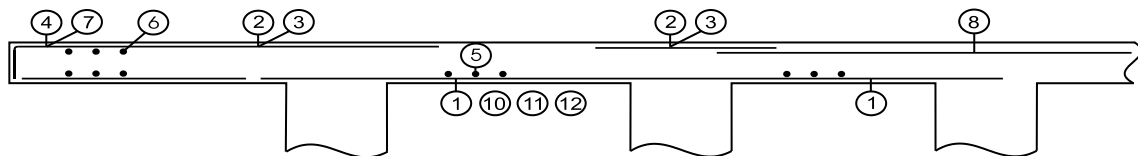
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ (EC2 Εξ.7.8)
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$ (EC2 Εξ.7.9)
 $\sigma_s = 37\text{N/mm}^2$, μικρής διάρκ. φόρτιση: $E_s/E_c = 6.45$, $k_t = 0.6$, μακράς διάρκ. φόρτ.: $E_s/E_c = 22.57$, $k_t = 0.4$
 $A_{ceff} = 0.333(h - x)b = 0.333 \times (300 - 84) \times 1000 = 72053 \text{ mm}^2$ (§7.3.2.3)
 $\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 1027 / 72053 = 0.014$
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [37 - 0.4 \times (2.6 / 0.014) (1 + 22.57 \times 0.014)] / 200 = -0.30\% \geq 0.6 \times 37 / 200 = 0.11\%$
 $s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing / \rho_{eff}$ (EC2 Εξ.7.11)
 $\varnothing = 14\text{mm}$, $k_1 = 0.8$, $k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5$, $k_3 = 3.4$, $k_4 = 0.425$
 $s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 14 / 0.014 = 336.98 \text{ mm}$
 $w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 336.98 \times 0.001 \times 0.11 = 0.04 \text{ mm}$
 $w_k = 0.04\text{mm} \leq 0.30\text{mm} = w_{max}$, 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	8580	12	14	1.210	8.580	124.58
2	①	4130	53	14	1.210	4.130	264.86
3	②	4910	14	14	1.210	4.910	83.18
4	⑥	3450	11	10	0.617	3.450	23.42
5	②	4910	14	14	1.210	4.910	83.18
6	⑥	3450	11	10	0.617	3.450	23.42
7	②	2680	32	14	1.210	2.680	103.77
8	⑥	7900	6	10	0.617	7.900	29.25
9	②	2680	32	14	1.210	2.680	103.77
10	⑥	7900	6	10	0.617	7.900	29.25

Ολικό βάρος [kg]

868.68



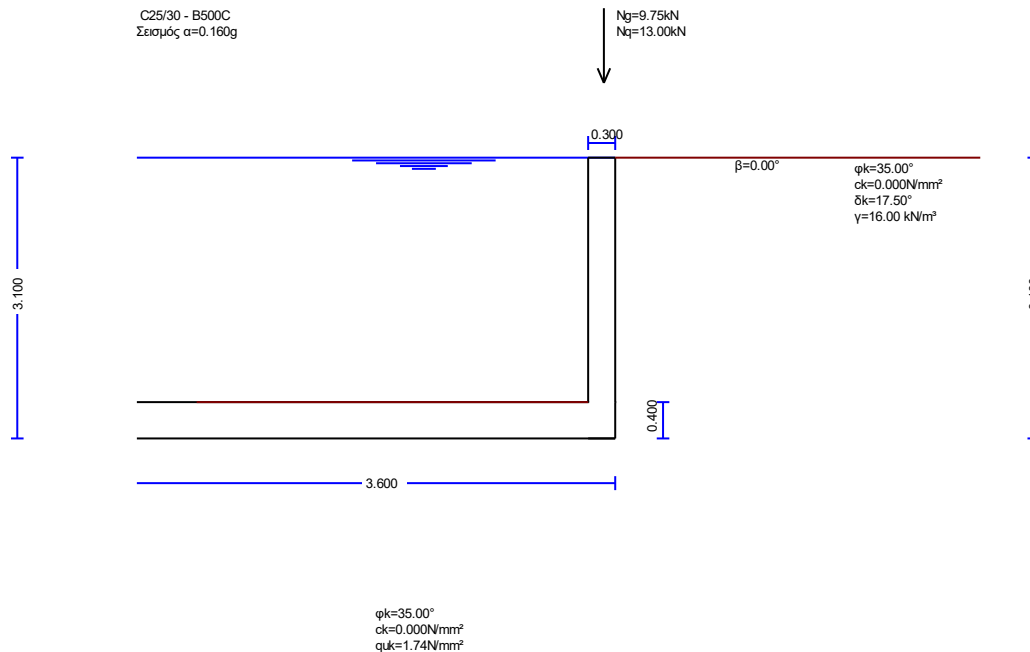
2B. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΛΑΚΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΒΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ

Project Beton

1. BAN 8.2x3.60

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

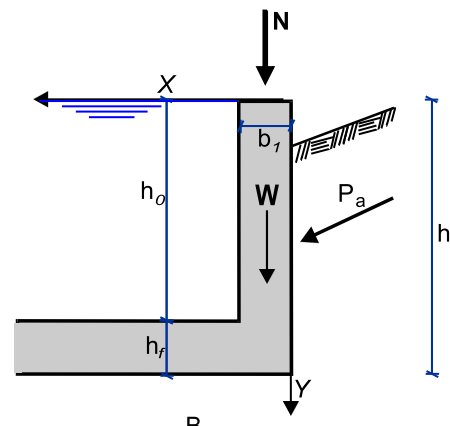
Ολικό ύψος τοίχου	$h = 3.100 \text{ m}$
Πλάτος πισίνας	$B = 3.600 \text{ m}$
Μήκος πισίνας	$L = 8.200 \text{ m}$
Υψος κορμού τοίχου	$h_o = 2.700 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην κορυφή	$b_1 = 0.300 \text{ m}$
Πλάτος τοίχου στην βάση	$b_2 = 0.300 \text{ m}$
Πάχος πυθμένα	$h_f = 0.400 \text{ m}$
Γωνία εμπρός παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$
Γωνία πίσω παρειάς με κατακόρυφο	$0.000^\circ (0:1)$

Φορτία στην κορυφή

Κατακόρυφο μόνιμο φορτίο	$N_g = 9.75 \text{ kN/m}$
Κατακόρυφο κινητό φορτίο	$N_q = 13.00 \text{ kN/m}$

Βάρος τοίχου

Ειδικό βάρος υλικού τοίχου	$\gamma_g = 25.000 \text{ kN/m}^3$
Εμβαδόν διατομής τοίχου	$A = 0.930 \text{ m}^2$
Ιδιο βάρος τοίχου ανά μέτρο	$W = 0.930 \times 25.000 = 23.25 \text{ kN/m}$
Κέντρο βάρους τοίχου	$x = 0.150 \text{ m}, y = 1.550 \text{ m} (x_o = 0.150 \text{ m}, y_o = 1.550 \text{ m})$
Πλάκα πυθμένα πισίνας	$q_f = 0.400 \times 25.000 = 10.00 \text{ kN/m}$



Υλικά κατασκευής

Τοίχος πρίσνας : Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C (EN1992-1-1, §3)
 : Επικάλυψη οπλισμού: C_{nom}=50 mm (EN1992-1-1, §4.4.1)
 Πλάκα πυθμένα πρίσνας: Σκυρόδεμα-Χάλυβας: C25/30-B500C
 : Επικάλυψη οπλισμού: C_{nom}=50 mm

3. Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και εδαφικές ιδιότητες

(EC7 Πιν. A.1-A.4, EC8-5 §3.1)

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

(EQU) (STR/GEO) (Σεισμός)
 (A1+M1)

Δράση	Μόνιμη Δυσμενής	γ _{Gdst} :	1.10	1.35	1.00
	Μόνιμη Ευνοική	γ _{Gstb} :	0.90	1.00	1.00
	Μεταβλητή Δυσμενής	γ _{Qdst} :	1.50	1.50	1.00
	Μεταβλητή Ευνοική	γ _{Qstb} :	0.00	0.00	0.00
Εδαφικές ιδιότητες	Γωνία διατμητικής αντοχής	γ _φ :	1.25	1.00	1.00
	Συνοχή c	γ _c :	1.25	1.00	1.00
	Διατμητική αντοχή c _u	γ _{c_u} :	1.40	1.00	1.00
	Θλιπτική αντοχή q _u	γ _{q_u} :	1.40	1.00	1.00
	Βάρος	γ _w :	1.00	1.00	1.00

γ_{R,v}(R2)=1.40, γ_{R,h}(R2)=1.10, γ_{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 φ_k = 35.0 °
 Ενεργός συνοχή εδάφους c_k = 0.0 kPa
 Ειδικό βάρος γ_k = 18.0 kN/m³

Μήκος πεδίου L_x=B= 3.60 m
 Πλάτος πεδίου L_y=L= 8.20 m
 Βάθος θεμελίωσης d= 2.00 m

Κατακόρυφο φορτίο N_{ed}= 1553 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 γ_φ= 1.25 γ_c= 1.25B'/L'=3.60/8.20=0.44, A'=B'xL'=3.60x8.20=29.52 m²φ_k=35.0, tan(φ_d)=tan(φ_k)/γ_φ=0.700/1.25=0.560, φ_d= 29.26°c_k=0.0, c_d=c_k/γ_c=0.0/1.25= 0.0 kPa, A'·c_d·cot(φ_d)=29.52x0.0x1.785=0 kNN_q=e^{π·tan(φ_d)}·tan²(45°+φ_d/2)=e^{π·tan(29.26)}·tan²(59.63)=e^{1.760}·x1.707²= 16.9N_c=(N_q-1)·cot(φ_d)=(16.9-1)xcot(29.26)=15.9x1.785= 28.4N_γ=2(N_q-1)·tan(φ_d)=2x(16.9-1)xtan(29.26)=2x15.9x0.560= 17.8q'=γ_k·d=18.00x2.00=36.0 kPas_q=1+(B'/L')sin(φ_d)=1+0.44xsin(29.26)= 1.22s_c=(s_q·N_q-1)/(N_q-1)=(1.22x16.9-1)/(16.9-1)=19.618/15.9= 1.23s_γ=1-0.3(B'/L')=1-0.3x(0.44)= 0.87H=0, i_c=1, i_q=1, i_γ=1R/A'= c_d·N_c·s_c·i_c+q'·N_q·s_q·i_q+0.5γ·B·N_γ·s_γ·i_γ=

=0.0x28.4x1.23x1.00 + 36.0x16.9x1.22x1.00 + 0.5x18.00x3.60x17.8x0.87x1.00=

=0.0+742.2+501.7= 1244.0 kPa

Φέρουσα αντίσταση σχεδιασμού εδάφους q_{ud}=1244.0 kPa= 1.244 N/mm²Φέρουσα αντίσταση q_{uk}=1244.0·γ_{qu}= 1244.0x1.40=1741.6 kPa= 1.742 N/mm²

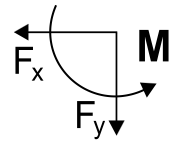
Ωθηση σύμφωνα με θεωρία Coulomb

Γωνία επιπέδου ολίσθησης $\rho=45^\circ+\phi/2= 59.00 \quad 62.50^\circ$
 Συντελεστής ενεργητικής ώθησης $K_a = 0.326 \quad 0.246$
 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

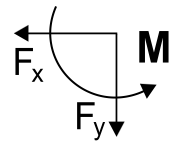
	EQU	A1+M1
Ωθηση (πίεση) στην κορυφή ($y=y_A$)	$q_A = 0.00$	0.00 kN/m^2
Ωθηση (πίεση) στην βάση ($y=y_A+3.10\text{m}$)	$q_B = 16.17$	12.20 kN/m^2
Ωθηση (δύναμη) γαιών $P_a = \frac{1}{2}(q_A+q_B)H$	$P_a = 25.06$	18.91 kN/m
Γωνία ώθησης γαιών	$\alpha = 14.00$	17.50°
Ωθηση γαιών κατά x κατεύθυνση	$P_{ax} = 24.32$	18.03 kN/m
Ωθηση γαιών κατά y κατεύθυνση	$P_{ay} = 6.06$	5.69 kN/m
Ροπή ώθησης γαιών ως προς σημείο ($x=0, y=0$)	$M = -50.27$	-37.27 kNm/m
Σημείο εφαρμογής ώθησης γαιών $x=0.000 \text{ m}, y=2.067 \text{ m}$		

**Σύνολα δυνάμεων και ροπών**

Δυνάμεις και ροπές στο κάτω σημείο B ($x=0.000 \text{ m}, y=3.100 \text{ m}$)

Μόνιμες δράσεις

	EQU	A1+M1
Συνολική οριζόντια ώθηση γαιών F_{sx}	24.32	18.03 kN/m
Συνολική κατακόρυφη ώθηση γαιών F_{sy}	6.06	5.69 kN/m
Συνολική ροπή ώθησης γαιών M_s	25.12	18.62 kNm/m

**Σεισμικές δυνάμεις**

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

Οριζόντιος σεισμικός συντελεστής $k_h=1.15 \times 0.16 \times 1.00 / 1.500 = 0.123$

(EC8-5 Εξ.7.1, Τ.7.1)

Κατακόρυφος σεισμικός συντελεστής $k_v=0.50 \times 0.123 = 0.062$

(EC8-5 Εξ.7.2)

Εδάφος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα

(EC8-5 Παράρτημα Ε.5)

$\tan(\omega) = k_h / (1 - k_v) = 0.123 / (1 - 0.062) = 0.131, \omega = 7.47^\circ$

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

για ώθηση γαιών κατά τη διάρκεια σεισμού

Συντελεστής ενεργητικής ώθησης, $K_e^*(STR) = 0.327$

Πρόσθετη πίεση εδάφους λόγω σεισμού

επί της STR κατάστασης φόρτισης $\xi = (K_e^* / K_e - 1) = (0.327 / 0.246 - 1) = 0.329$

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

Δύναμη εδάφους λόγω σεισμικού φορτίου (Μόνιμες δράσεις) $F_x = 1.329 \times 18.03 = 23.96 \text{ kN/m}$

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 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 πισίνας $h = 0.400 \text{ m}$

Πλάτος πισίνας $L = 3.600 \text{ m}$

8.1. Κόμβοι κατασκευής

Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]	Κόμβο	x [m]	y [m]
1	0.000	2.900	2	0.000	1.450	3	0.000	0.000
4	0.000	-1.000	5	0.225	0.000	6	0.225	-1.000
7	0.450	0.000	8	0.450	-1.000	9	0.675	0.000
10	0.675	-1.000	11	0.900	0.000	12	0.900	-1.000
13	1.125	0.000	14	1.125	-1.000	15	1.350	0.000
16	1.350	-1.000	17	1.575	0.000	18	1.575	-1.000
19	1.800	0.000	20	1.800	-1.000	21	2.025	0.000
22	2.025	-1.000	23	2.250	0.000	24	2.250	-1.000
25	2.475	0.000	26	2.475	-1.000	27	2.700	0.000
28	2.700	-1.000	29	2.925	0.000	30	2.925	-1.000
31	3.150	0.000	32	3.150	-1.000	33	3.375	0.000
34	3.375	-1.000	35	3.600	0.000	36	3.600	-1.000
37	3.600	1.450	38	3.600	2.900			

8.2. Στηρίξεις κατασκευής

κύληση δx=0 κόμβοι: [17]

πάκτωση δx=δy=δφ=0 κόμβοι: [4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,28,30,32,34,36]

8.3. Στοιχεία κατασκευής

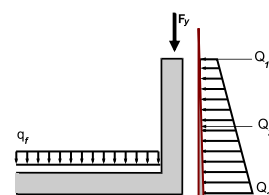
Στοιχ.	κόμβ.-1	κόμβ.-2	μήκος (mm)	γωνία (°)	E (MPa)	A (m ²)	I (m ⁴)
1	2	1	1.450	90.00	31000	0.300	2.250x10 ⁻³
2	3	2	1.450	90.00	31000	0.300	2.250x10 ⁻³
3	38	37	1.450	270.00	31000	0.300	2.250x10 ⁻³
4	37	35	1.450	270.00	31000	0.300	2.250x10 ⁻³
5	3	5	0.225	0.00	31000	0.400	5.333x10 ⁻³
6	5	7	0.225	0.00	31000	0.400	5.333x10 ⁻³
7..19	7..	9..	0.225	0.00	31000	0.400	5.333x10 ⁻³
20	33	35	0.225	0.00	31000	0.400	5.333x10 ⁻³
21	3	4	1.000	270.00	23	1.000	0.001x10 ⁻³
22	5	6	1.000	270.00	23	1.000	0.001x10 ⁻³
23..35	7..	8..	1.000	270.00	23	1.000	0.001x10 ⁻³
36	33	34	1.000	270.00	23	1.000	0.001x10 ⁻³
37	35	36	1.000	270.00	23	1.000	0.001x10 ⁻³

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	15.37	11.38		6.67
Βάρος τοίχου	W x1.10					25.58
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				11.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					10.73
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					19.50
Σύνολα=		0.00	15.37	11.38	11.00	62.48

**9.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-62.48kN κόμβοι: [1,38]

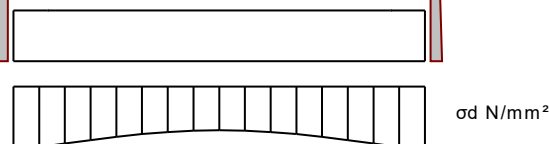
Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 15.37kN κόμβοι: [2], Fx=-15.37kN κόμβοι: [37]

Fx= 11.38kN κόμβοι: [3], Fx=-11.38kN κόμβοι: [35]

Κατανομημένα φορτία σε δοκούς

q=11.00kN/m στοιχεία: [5,...,20]



9.3. 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: $N_{ed}=-62.48 \text{ kN}$, $V_{ed}= 26.75 \text{ kN}$, $M_{ed}=-22.29 \text{ kNm}$
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed}=-26.75 \text{ kN}$, $V_{ed}= 51.96 \text{ kN}$, $M_{ed}=-23.78 \text{ kNm}$

9.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d=0.052 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u=1.740/1.40=1.243 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d=0.052 < q_u/\gamma_M=1.243 \text{ N/mm}^2$, 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					25.58
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				11.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					10.73
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					19.50
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-3.59	-20.05	-16.46	29.70	
Σύνολα=		-3.59	-20.05	-16.46	40.70	55.81

9.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

$F_y=-55.81 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38]

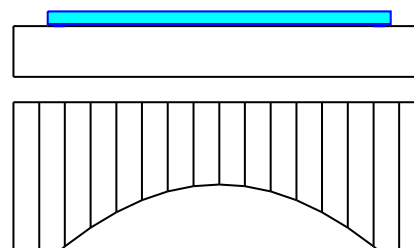
$F_x=-3.59 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x= 3.59 \text{ kN}$ κόμβοι: [38]

$F_x=-20.05 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x= 20.05 \text{ kN}$ κόμβοι: [37]

$F_x=-16.46 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x= 16.46 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

$q=40.70 \text{ kN/m}$ στοιχεία: [5,...,20]

 $\sigma_d \text{ N/mm}^2$ **9.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s=0.104 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+}=0.104 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed}=-55.81 \text{ kN}$, $V_{ed}=-40.10 \text{ kN}$, $M_{ed}= 39.48 \text{ kNm}$

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed}= 40.10 \text{ kN}$, $V_{ed}= 36.98 \text{ kN}$, $M_{ed}= 62.57 \text{ kNm}$

9.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d=0.104 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u=1.740/1.40=1.243 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d=0.104 < q_u/\gamma_M=1.243 \text{ N/mm}^2$, 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	15.37	11.38		6.67
Βάρος τοίχου	W x1.10					25.58
Βάρος πυθμένα	gfx1.10				11.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.10					10.73
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					19.50
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.10	-3.59	-20.05	-16.46	29.70	
Σύνολα=		-3.59	-4.68	-5.08	40.70	62.48

9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-62.48kN κόμβοι: [1,38]

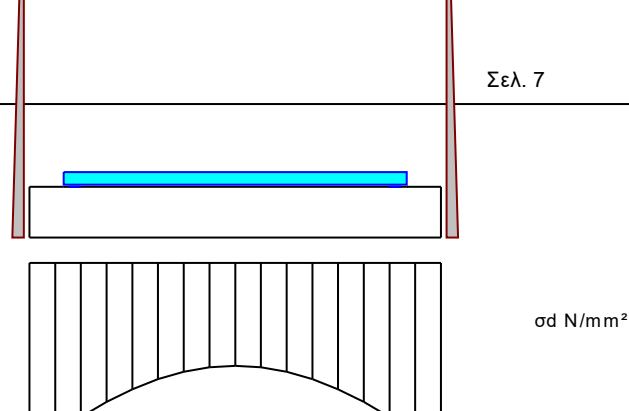
Fx= -3.59kN κόμβοι: [1], Fx= 3.59kN κόμβοι: [38]

Fx= -4.68kN κόμβοι: [2], Fx= 4.68kN κόμβοι: [37]

Fx= -5.08kN κόμβοι: [3], Fx= 5.08kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=40.70kN/m στοιχείο: [5,...,20]

**9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.099 N/mm², qs+=0.099 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-62.48kN, Ved=-13.34kN, Med= 17.19kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 13.35kN, Ved= 44.86kN, Med= 50.58kNm

9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (ΕQU)

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.099 N/mm²

Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.740/1.40=1.243 N/mm²

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

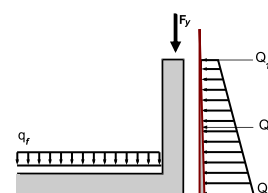
Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.099 < qu/γM=1.243 N/mm² , Έλεγχος ικανοποιείται

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	13.98	10.36		7.68
Βάρος τοίχου	W x1.35					31.39
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				13.50	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					13.16
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					19.50
Σύνολο=		0.00	13.98	10.36	13.50	71.73

**10.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

Fy=-71.73kN κόμβοι: [1,38]

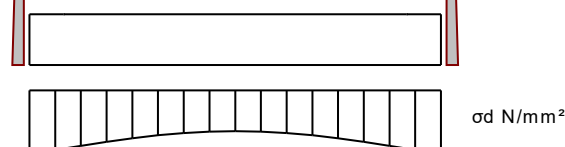
Fx= 0.00kN κόμβοι: [1], Fx= 0.00kN κόμβοι: [38]

Fx= 13.98kN κόμβοι: [2], Fx=-13.98kN κόμβοι: [37]

Fx= 10.36kN κόμβοι: [3], Fx=-10.36kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=13.50kN/m στοιχείο: [5,...,20]

**10.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.063 N/mm², qs+=0.063 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-71.73kN, Ved= 24.34kN, Med=-20.27kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned=-24.34kN, Ved= 58.99kN, Med=-31.14kNm

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

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους sd=0.063 N/mm²

Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.740/1.40=1.243 N/mm²

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους sd=0.063 < qu/γM=1.243 N/mm² , 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					31.39
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				13.50	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					13.16
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					19.50
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-4.40	-24.60	-20.20	36.45	
Σύνολα=		-4.40	-24.60	-20.20	49.95	64.05

10.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-64.05kN κόμβοι: [1,38]

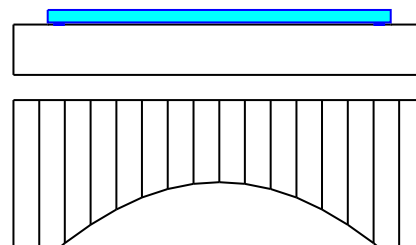
Fx= -4.40kN κόμβοι: [1], Fx= 4.40kN κόμβοι: [38]

Fx=-24.60kN κόμβοι: [2], Fx= 24.60kN κόμβοι: [37]

Fx=-20.20kN κόμβοι: [3], Fx= 20.20kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=49.95kN/m στοιχεία: [5,...,20]

σd N/mm²**10.7. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.124 N/mm², qs+=0.124 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-64.05kN, Ved=-49.21kN, Med= 48.45kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 49.21kN, Ved= 41.79kN, Med= 73.87kNm

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

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους σd=0.124 N/mm²Φέρουσα ικανότητα εδάφους qu=1.740/1.40=1.243 N/mm²

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους σd=0.124 < qu/γM=1.243 N/mm² , 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	13.98	10.36		7.68
Βάρος τοίχου	W x1.35					31.39
Βάρος πυθμένα	gfx1.35				13.50	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.35					13.16
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.50					19.50
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.35	-4.40	-24.60	-20.20	36.45	
Σύνολα=		-4.40	-10.62	-9.84	49.95	71.73

10.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-71.73kN κόμβοι: [1,38]

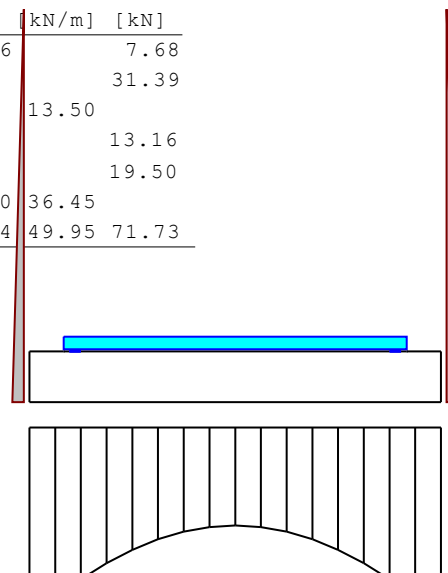
Fx= -4.40kN κόμβοι: [1], Fx= 4.40kN κόμβοι: [38]

Fx=-10.62kN κόμβοι: [2], Fx= 10.62kN κόμβοι: [37]

Fx= -9.84kN κόμβοι: [3], Fx= 9.84kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=49.95kN/m στοιχεία: [5,...,20]

σd N/mm²**10.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.120 N/mm², qs+=0.120 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-71.73kN, Ved=-24.87kN, Med= 28.18kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 24.87kN, Ved= 50.27kN, Med= 64.02kNm

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

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d = 0.120 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u = 1.740/1.40 = 1.243 \text{ N/mm}^2$

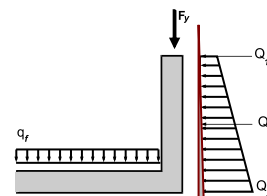
(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d = 0.120 < q_u/\gamma_M = 1.243 \text{ N/mm}^2$, 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	$P_{ax} \times 1.33$	0.00	13.77	10.20		7.56
Βάρος τοίχου	$W \times 1.12$					26.04
Βάρος πυθμένα	$g_{fx} \times 1.12$				11.20	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx} \times 1.12$					10.92
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx} \times 1.12$					14.56
Σύνολα=		0.00	13.77	10.20	11.20	59.08

**11.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων**

Κομβικά φορτία

 $F_y = -59.08 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38] $F_x = 0.00 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x = 0.00 \text{ kN}$ κόμβοι: [38] $F_x = 13.77 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x = -13.77 \text{ kN}$ κόμβοι: [37] $F_x = 10.20 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x = -10.20 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q = 11.20 \text{ kN/m}$ στοιχεία: [5,...,20]**11.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s = 0.051 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+} = 0.051 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-} = 0.000 \text{ N/mm}^2$ Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed} = -59.08 \text{ kN}$, $V_{ed} = 23.97 \text{ kN}$, $M_{ed} = -19.97 \text{ kNm}$ Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed} = -23.97 \text{ kN}$, $V_{ed} = 48.93 \text{ kN}$, $M_{ed} = -23.24 \text{ kNm}$ **11.4. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)**

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d = 0.051 \text{ N/mm}^2$ Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u = 1.740/1.40 = 1.243 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d = 0.051 < q_u/\gamma_M = 1.243 \text{ N/mm}^2$, Έλεγχος ικανοποιείται**11.5. Δράσεις στην κατασκευή, Πισίνα γεμάτη χωρίς ωθήσεις γαιών**

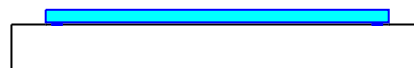
Φορτίο	(P.γ)	Q1	Q2	Q3	qf	Fy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN]
Βάρος τοίχου	$W \times 1.12$					26.04
Βάρος πυθμένα	$g_{fx} \times 1.12$				11.20	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx} \times 1.12$					10.92
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx} \times 1.12$					14.56
Πίεση νερού εσωτερικά	$q_{wx} \times 1.12$	-3.65	-20.41	-16.76	30.24	
Σύνολα=		-3.65	-20.41	-16.76	41.44	51.52

11.6. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

 $F_y = -51.52 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38] $F_x = -3.65 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x = 3.65 \text{ kN}$ κόμβοι: [38] $F_x = -20.41 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x = 20.41 \text{ kN}$ κόμβοι: [37] $F_x = -16.76 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x = 16.76 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

 $q = 41.44 \text{ kN/m}$ στοιχεία: [5,...,20]

11.7. 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: $N_{ed}=-51.52 \text{ kN}$, $V_{ed}=-40.82 \text{ kN}$, $M_{ed}= 40.19 \text{ kNm}$
 Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed}= 40.82 \text{ kN}$, $V_{ed}= 33.35 \text{ kN}$, $M_{ed}= 60.23 \text{ kNm}$

11.8. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d=0.101 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u=1.740/1.40=1.243 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d=0.101 < q_u/\gamma_M=1.243 \text{ N/mm}^2$, 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	$P_{ax}1.33$	0.00	13.77	10.20		7.56
Βάρος τοίχου	$W \times 1.12$					26.04
Βάρος πυθμένα	$g_{fx}1.12$				11.20	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx}1.12$					10.92
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx}1.12$					14.56
Πίεση νερού εσωτερικά	$q_{wx}1.12$	-3.65	-20.41	-16.76	30.24	
Σύνολα=		-3.65	-6.64	-6.56	41.44	59.08

11.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

$F_y=-59.08 \text{ kN}$ κόμβοι: [1,38]

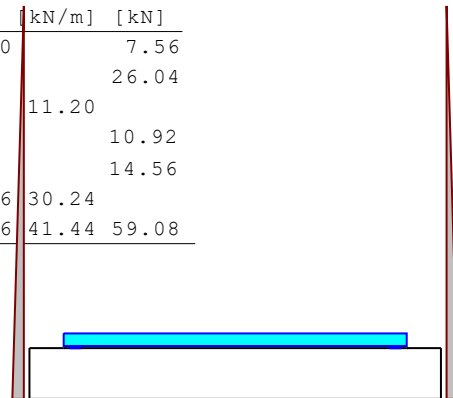
$F_x=-3.65 \text{ kN}$ κόμβοι: [1], $F_x= 3.65 \text{ kN}$ κόμβοι: [38]

$F_x=-6.64 \text{ kN}$ κόμβοι: [2], $F_x= 6.64 \text{ kN}$ κόμβοι: [37]

$F_x=-6.56 \text{ kN}$ κόμβοι: [3], $F_x= 6.56 \text{ kN}$ κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

$q=41.44 \text{ kN/m}$ στοιχεία: [5,...,20]

**11.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων**

Μέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : $q_s=0.098 \text{ N/mm}^2$, $q_{s+}=0.098 \text{ N/mm}^2$, $q_{s-}=0.000 \text{ N/mm}^2$

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: $N_{ed}=-59.08 \text{ kN}$, $V_{ed}=-16.85 \text{ kN}$, $M_{ed}= 20.23 \text{ kNm}$

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : $N_{ed}= 16.85 \text{ kN}$, $V_{ed}= 41.70 \text{ kN}$, $M_{ed}= 50.52 \text{ kNm}$

11.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (με σεισμό)

(EC7 EN1997-1-1:2004, §6.5.2)

Τάσεις εδάφους $\sigma_d=0.098 \text{ N/mm}^2$

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $q_u=1.740/1.40=1.243 \text{ N/mm}^2$

(EC7 Εξ.2.2, Εξ.6.1)

Φέρουσα ικανότητα εδάφους $\sigma_d=0.098 < q_u/\gamma_M=1.243 \text{ N/mm}^2$, 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	$P_{ax}1.00$	0.00	10.36	7.67		5.69
Βάρος τοίχου	$W \times 1.00$					23.25
Βάρος πυθμένα	$g_{fx}1.00$				10.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	$N_{gx}1.00$					9.75
Κατακ. φορτίο (κινητό)	$N_{qx}1.00$					13.00
Σύνολα=		0.00	10.36	7.67	10.00	51.69

12.2. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-51.69kN κόμβοι: [1,38]

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

Fx= 10.36kN κόμβοι: [2], Fx=-10.36kN κόμβοι: [37]

Fx= 7.67kN κόμβοι: [3], Fx= -7.67kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=10.00kN/m στοιχεία: [5,...,20]

12.3. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείωνΜέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.046 N/mm², qs+=0.046 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-51.69kN, Ved= 18.03kN, Med=-15.02kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned=-18.03kN, Ved= 42.53kN, Med=-22.12kNm

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					23.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				10.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					9.75
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					13.00
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-3.26	-18.22	-14.96	27.00	
Σύνολα=		-3.26	-18.22	-14.96	37.00	46.00

12.5. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-46.00kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -3.26kN κόμβοι: [1], Fx= 3.26kN κόμβοι: [38]

Fx=-18.22kN κόμβοι: [2], Fx= 18.22kN κόμβοι: [37]

Fx=-14.96kN κόμβοι: [3], Fx= 14.96kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=37.00kN/m στοιχεία: [5,...,20]

12.6. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείωνΜέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.091 N/mm², qs+=0.091 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-46.00kN, Ved=-36.45kN, Med= 35.89kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 36.45kN, Ved= 29.80kN, Med= 53.77kNm

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	10.36	7.67		5.69
Βάρος τοίχου	W x1.00					23.25
Βάρος πυθμένα	gfx1.00				10.00	
Κατακ. φορτίο (μόνιμο)	Ngx1.00					9.75
Κατακ. φορτίο (κινητό)	Nqx1.00					13.00
Πίεση νερού εσωτερικά	qwx1.00	-3.26	-18.22	-14.96	27.00	
Σύνολα=		-3.26	-7.86	-7.29	37.00	51.69

12.8. Φορτία κόμβων και στοιχείων

Κομβικά φορτία

Fy=-51.69kN κόμβοι: [1,38]

Fx= -3.26kN κόμβοι: [1], Fx= 3.26kN κόμβοι: [38]

Fx= -7.86kN κόμβοι: [2], Fx= 7.86kN κόμβοι: [37]

Fx= -7.29kN κόμβοι: [3], Fx= 7.29kN κόμβοι: [35]

Κατανεμημένα φορτία σε δοκούς

q=37.00kN/m στοιχείο: [5,...,20]

12.9. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείωνΜέγιστη πίεση επί εδάφους στον πυθμένα : qs=0.088 N/mm², qs+=0.088 N/mm², qs-=0.000 N/mm²

Μέγιστες δράσεις διατομής στη βάση του τοίχου: Ned=-51.69kN, Ved=-18.42kN, Med= 20.87kNm

Μέγιστες δράσεις διατομής στον πυθμένα : Ned= 18.42kN, Ved= 36.06kN, Med= 46.48kNm

13. Σχεδιασμός τοίχου πρισίνας

(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/m³

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·fctk/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=300mm

Ροπή κάμψης Med= 48.45kNm (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -64.05kN (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)²], fcd=14.17MPa, εc2=0.0020, εcu2=0.0035, fyd=435MPa)Med= 48.45kNm/m, d=250mm, Kd= 3.59 x/d=0.09 εc2/εs1=-1.9/20.0 ks=2.38, **As= 4.60cm²/m**ελάχιστος οπλισμός, As>=0.26bd·fctm/fyk=3.38cm²/m, s<=400mm, s'<=450mm (EC2 §9.3.1)ελάχιστος οπλισμός κύριος οπλισμός Ø12/25.0 (4.52cm²/m), δευτερεύων Ø12/25.0 (4.52cm²/m)**Οπλισμός σε μπρός και πίσω όψεις τοίχου****κύριος οπλισμός Ø12/15.0 (7.53cm²/m), δευτερεύων Ø12/25.0 (4.52cm²/m)****13.3. Έλεγχος σε διάτμηση Ved<=Vrd**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2.2)

Διαστάσεις, φορτία

Πάχος τοίχου και οπλισμός h=300mm, d=250mm, As=753mm²

Τέμνουσα δύναμη Ved= 49.21kN (ULS)

Αξονική δύναμη Ned= -64.05kN (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)
 $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ (EC2 Εξ.6.2.b)
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$, $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$, $b_w = 1000 \text{ mm}$, $d = 250 \text{ mm}$
 $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$, $k = 1.89$, $k_1 = 0.15$
 $\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 753 / (1000 \times 250) = 0.0030$
 $\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = -1000 \times 64.05 / 300000 = -0.21 \text{ N/mm}^2$
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.45 \text{ N/mm}^2$, (EC2 Εξ.6.3N)
 $V_{rd, c}(\text{min}) = 0.001 \times (0.45 - 0.15 \times 0.21) \times 1000 \times 250 = 104.63 \text{ kN/m}$
 $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.89 \times (0.30 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.21] \times 1000 \times 250 = 103.11$, $V_{rdc} = 104.63 \text{ kN/m}$
 $V_{ed} = 49.21 \text{ kN/m} \leq V_{rdc} = 104.62 \text{ kN/m}$, διάτμηση OK

13.4. Αγκυρώσεις οπλισμών

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης (EC2 Εξ.8.3)
 $l_b, r_{qd} = (\varnothing/4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (12/4) \times (266 / 1.61) = 495 \text{ mm}$
 $\sigma_{sd} = 435.00 \times 460 / 753 = 266 \text{ MPa}$, $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61 \text{ MPa}$ (EC2 §8.4.2)
 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{bd} = 0.70 \times 495 = 347 \text{ mm}$, $C_{nom} = 50 \text{ mm} > 3 \times 12 = 36 \text{ mm} = (3\varnothing)$ (EC2 §8.4.4, T.8.2)
 Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης $l_{b, min} = \max(0.30 l_{brqd}, 10\varnothing, 100 \text{ mm}) = 149 \text{ mm}$
 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 $h = 300 \text{ mm}$, $d = 250 \text{ mm}$, $A_s = 753 \text{ mm}^2$
 Ροπή κάμψης $M_{ed} = 35.89 \text{ kNm}$ (SLS)
 Αξονική δύναμη $N_{ed} = -46.00 \text{ kN}$ (SLS)
 Τέμνουσα δύναμη $V_{ed} = 36.45 \text{ kN}$ (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)
 $b = 1.000 \text{ m}$, $b_{eff} = 1.000 \text{ m}$, $h = 0.300 \text{ m}$, $d = 0.250 \text{ m}$, $N = -46.00 \text{ kN}$, $\sigma_c = (N/bh) = -0.15 \text{ N/mm}^2$, $\Phi = 12 \text{ mm}$
 $\max(h, b_l) = 300 \text{ mm}$, $f_{ctm} = 2.60 \text{ N/mm}^2$, $h_{c, eff} = 2.50 \times (h - d) = 125 \text{ mm}$, $k = 1.00$, $k_c = 0.43$ (EC2 Εξ.7.2)
 Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής, $A_{s, min} = 0.43 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 500 = 280 \text{ mm}^2 = 2.8 \text{ cm}^2$
 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 $= 21 \text{ mm}$, εύρος ρωγμής $w_k = 0.3 \text{ mm}$, τάση χάλυβα $\sigma_s = 218 \text{ N/mm}^2$ (EC2 Πιν. 7.2N)
 Ελαχ. οπλισμός για $w_k = 0.3 \text{ mm}$, $\varnothing = 12 \text{ mm}$, $A_{s, min} = 0.43 \times 1.00 \times 2.60 \times 1000 \times 125 / 218 = 641 \text{ mm}^2 = 6.41 \text{ cm}^2$
 $M_{ed}(\text{SLS}) = 35.89 \text{ kNm}$, $V_{ed}(\text{SLS}) = 36.45 \text{ kN}$, $N_{ed}(\text{SLS}) = -46.00 \text{ kN}$
 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 $E_{cm} = 31.0 \text{ GPa}$, $E_{ceff} = 31.0 / (1 + 2.50) = 8.86 \text{ GPa} = 8860 \text{ MPa}$ (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 $E_{s, eff} = 200 / 8.86 = 22.57$
 Εμφελευόμενος 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 $\rho = A_{sl} / (b \cdot d) = 753 / (1000 \times 250) = 0.003$, $\rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 753 / (1000 \times 250) = 0.003$

13.7. Κατάσταση Ι (αρηγμάτωση διατομή) (SLS)

Δυσκαμψία αρηγμάτωσης διατομής, $EI = (200 / 22.57) \times (0.001 \times 2.776) = 24598 \text{ kNm}^2$
 $A_i = A_c + (n-1) (A_{s1} + A_{s2})$, $e = (n-1) (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$, $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$
 $S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001)^2 \times 753 \times 0.102 = (0.001) \times 0.077 \text{ m}^3$, $y_2 = 152 \text{ mm}$, $y_{2s} = y_2 - d = 152 - 50 = 102 \text{ mm}$ (EC2 Εξ.7.21)
 καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M = 35.89 / 24598 = (0.001) \times 1.459$ (1/m)
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.077 / 2.776) = (0.001) \times 0.188$ (1/m)
 Ολική καμπυλότητα $1/r = (0.001) \times 1.459 + (0.001) \times 0.188 = (0.001) \times 1.647$ (1/m)
 Ροπή ρηγμάτωσης, $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.6 \times (2.776 / 0.152) = 47.34 \text{ kNm}$

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

$\rho=0.003$, $\rho'=0.003$, $\rho'/\rho=1.000$, $n=\alpha_e=22.57$, $n \cdot \rho=0.068$, $\xi=0.659$, $\alpha=0.274$, $x=\alpha \cdot d=0.068m$
 Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.659 \times 200 \times 753 \times 0.250^2=6199 \text{ kNm}^2$
 $y_2=(1-\alpha)d=182mm$, $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001) \times 182 \times 35.89/6199=1.05$
 $S=A_s \cdot y_2=(0.001) \cdot 2 \times 753 \times 0.182=(0.001) \times 0.137 \text{ m}^3$ (EC2 Εξ.7.21)
 καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M=35.89/6199=(0.001) \times 5.789 \text{ (1/m)}$
 καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 22.57 \times (0.137/0.700)=(0.001) \times 0.334 \text{ (1/m)}$
 Ολική καμπυλότητα $1/r=(0.001) \times 5.789+(0.001) \times 0.334=(0.001) \times 6.123 \text{ (1/m)}$
 $M_{ed}=35.89 \text{ kNm}$, $N_{ed}=-46.00 \text{ kN}$, $\epsilon_c/\epsilon_s=0.41/1.03$, $x=71mm$, $\sigma_s=207 \text{ N/mm}^2$

13.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta=1-0.50 \cdot (M_{cr}/M_{ed})^2=1-0.50 \times (47.34/35.89)^2=0.13$ (Εξ.7.19)

Τελική καμπυλότητα $(1/r)=(0.13 \times (0.001 \times 6.123) + (1-0.13) \times (0.001 \times 1.647)) = (0.001) \times 2.228 \text{ (1/m)}$ (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)

$b=1.000m$, $b_{eff}=1.000m$, $h=0.300m$, $d=0.250m$, $x=0.071m$, $\varnothing=12mm$

$N_{ed}=-46.00 \text{ kN}$, $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.2 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s=f_{yd}=435 \text{ N/mm}^2$

$A_{ct}=(h-x) \cdot b=(300-71) \times 1000=228610 \text{ mm}^2$

$\max(h,b_1)=0mm$, $f_{ctm}=2.6 \text{ N/mm}^2$, $A_{ct}=228610 \text{ mm}^2$, $k=1.00$, $k_c=0.35$, $k_1=0.67$

Ελάχιστος οπλισμός, $A_{s,min}=0.35 \times 1.00 \times 2.6 \times 228610/435=478 \text{ mm}^2/m$

13.11. Υπολογισμός εύρους ραγμών (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 Εξ.7.9)

$\sigma_s=207 \text{ N/mm}^2$, μικρής διάρκ. φόρτιση: $E_s/E_c=6.45$, $k_t=0.6$, μακράς διάρκ. φόρτ.: $E_s/E_c=22.57$, $k_t=0.4$

$A_{ceff}=0.333(h-x)b=0.333 \times (300-71) \times 1000=76127 \text{ mm}^2$ (§7.3.2.3)

$\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=753/76127=0.010$

$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[207-0.4 \times (2.6/0.010) (1+22.57 \times 0.010)]/200=0.39\% \geq 0.6 \times 207/200=0.62\%$

$s_{r,max}=k_3 \cdot C_{nom}+k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing/\rho_{eff}$ (EC2 Εξ.7.11)

$\varnothing=12mm$, $k_1=0.8$, $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0.5$, $k_3=3.4$, $k_4=0.425$

$s_{r,max}=3.4 \times 50.00+0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12/0.010=376.24 \text{ mm}$

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=376.24 \times 0.001 \times 0.62=0.23 \text{ mm}$

$w_k=0.23 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm}=w_{max}$, Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ραγμής κάτω ορίου

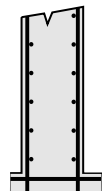
13.12. Οπλισμοί Κορμού τοίχου

Οπλισμοί εσωτερικής παρειάς τοίχου $\varnothing 12/15.0$ ($7.53 \text{ cm}^2/m$)

Οπλισμός διανομής $\varnothing 12/25.0$ ($4.52 \text{ cm}^2/m$)

Οπλισμός εξωτερικής παρειάς τοίχου $\varnothing 12/15.0$ ($7.53 \text{ cm}^2/m$)

Οπλισμός διανομής $\varnothing 12/25.0$ ($4.52 \text{ cm}^2/m$)

**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 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 $E_{cm}=31.0 \text{ GPa}$

14.2. Διαστασιολόγηση έναντι αστοχίας σε κάμψη (ULS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Διαστάσεις, φορτίαΠάχος πυθμένα $h=400\text{mm}$ Ροπή κάμψης $M_{ed}=73.87\text{kNm}$ (ULS)Αξονική δύναμη $N_{ed}=49.21\text{kN}$ (ULS)

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

$$(\sigma_c = f_{cd}[1 - (1 - \epsilon_c/\epsilon_{c2})^2], f_{cd}=14.17\text{MPa}, \epsilon_{c2}=0.0020, \epsilon_{cu2}=0.0035, f_{yd}=435\text{MPa})$$
Εφελκυσμός πλάκας πυθμένα $N_{ed}=49.21\text{kN}$, $\sigma=49208/(350 \times 1000)=0.141\text{N/mm}^2 < 1.020\text{N/mm}^2 = f_{ctd}$ Εφελκυσμένος οπλισμός $A_s = N_{ed}/F_{yd} = 49208/435 = 113\text{mm}^2/\text{m} = 1.13\text{cm}^2/\text{m}$ $M_{ed}=73.87\text{kNm/m}$, $d=350\text{mm}$, $K_d=4.29$, $x/d=0.07$, $\epsilon_c/\epsilon_{s1}=-1.5/20.0$, $k_s=2.36$, **$A_s=5.61\text{cm}^2/\text{m}$** ελάχιστος οπλισμός, $A_s \geq 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk} = 4.73\text{cm}^2/\text{m}$, $s \leq 400\text{mm}$, $s' \leq 450\text{mm}$ (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, φορτίαΠάχος πυθμένα και οπλισμός $h=400\text{mm}$, $d=350\text{mm}$, $A_s=1027\text{mm}^2$ Τέμνουσα δύναμη $V_{ed}=58.99\text{kN}$ (ULS)Αξονική δύναμη $N_{ed}=-24.34\text{kN}$ (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)

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

(EC2 Εξ.6.2.b)

 $C_{rdc}=0.18/\gamma_c=0.18/1.50=0.120$, $f_{ck}=25\text{MPa}$, $b_w=1000\text{mm}$, $d=350\text{mm}$ $k=1+\sqrt{(200/d)} \leq 2$, $k=1.76$, $k_1=0.15$ $\rho_l = A_{s1}/(b_w \cdot d) = 1027/(1000 \times 350) = 0.0029$ $\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c = -1000 \times 24.34/400000 = -0.06\text{N/mm}^2$ $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.41\text{N/mm}^2$,

(EC2 Εξ.6.3N)

 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.41 - 0.15 \times 0.06) \times 1000 \times 350 = 140.35\text{kN/m}$ $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.76 \times (0.29 \times 25)^{0.33} - 0.15 \times 0.06] \times 1000 \times 350 = 139.92$, $V_{rdc} = 140.35\text{kN/m}$ $V_{ed} = 58.99\text{kN/m} \leq V_{rdc} = 140.35\text{kN/m}$, διάτμηση OK**14.4. Αγκυρώσεις οπλισμών**

(EC2 §8.4)

Βασικό μήκος αγκύρωσης

(EC2 Εξ.8.3)

 $l_{b,rqd} = (\varnothing/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (14/4) \times (238/1.61) = 517\text{mm}$ $\sigma_{sd} = 435.00 \times 561/1027 = 238\text{MPa}$, $f_{bd} = 2.25 \times 0.70 \times f_{ctd} = 1.61\text{MPa}$

(EC2 §8.4.2)

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{bd} = 0.70 \times 517 = 362\text{mm}$, $C_{nom} = 50\text{mm} > 3 \times 14 = 42\text{mm} = (3\varnothing)$

(EC2 §8.4.4, T.8.2)

Ελάχιστο μήκος αγκύρωσης $l_{b,min} = \max(0.30 l_{b,rqd}, 10\varnothing, 100\text{mm}) = 155\text{mm}$

Απαραίτητο άγκιστρο 120mm 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, φορτίαΠάχος πυθμένα και οπλισμός $h=400\text{mm}$, $d=350\text{mm}$, $A_s=1027\text{mm}^2$ Ροπή κάμψης $M_{ed}=53.77\text{kNm}$ (SLS)Αξονική δύναμη $N_{ed}=36.45\text{kN}$ (SLS)Τέμνουσα δύναμη $V_{ed}=29.80\text{kN}$ (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) $b=1.000m, b_{eff}=1.000m, h=0.400m, d=0.350m, N=36.45kN, \sigma_c=(N/bh)=0.09N/mm^2, \Phi=14mm$ $\max(h, b_l)=400mm, f_{ctm}=2.60N/mm^2, h_{c,eff}=2.50x(h-d)=125mm, k=0.93, k_c=0.39$ (EC2 Εξ.7.2)Ελαχ. οπλισμός χωρίς άμεσο υπολογισμό εύρους ρωγμής, $A_{s,min}=0.39x0.93x2.60x1000x125/500=236mm^2=2.3cm^2$ Ελεγχος ρηγμάτωσης για εύρος ρωγμής $w_k=0.3mm$, για διάμετρο οπλισμού $\varnothing=14mm$ $\varnothing_s=\varnothing_s(f_{ctm}/2.9)[k_c \cdot h_{cr}/2(h-d)], \varnothing_s=14mm, \varnothing$ (EC2 Εξ.7.6N)Διάμετρο οπλισμού $=20mm$, εύρος ρωγμής $w_k=0.3mm$, τάση χάλυβα $\sigma_s=222N/mm^2$ (EC2 Πιν. 7.2N)Ελαχ. οπλισμός για $w_k=0.3mm, \varnothing=14mm, A_{s,min}=0.39x0.93x2.60x1000x125/222=531mm^2=5.31cm^2$

Med(SLS)=53.77 kNm, Ved(SLS)=29.80 kN, Ned(SLS)=36.45 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 $E_s/E_{c,eff}=200/8.86=22.57$ Εφελκυσμένος οπλισμός: $\varnothing 14/150$ ($10.27cm^2/m$), Θλιβόμενος οπλισμός: $\varnothing 14/150$ ($10.27cm^2/m$)Λόγος οπλισμών $\rho=A_{s1}/(b \cdot d)=1027/(1000x350)=0.003, \rho'=A_{s2}/(b \cdot d)=1027/(1000x350)=0.003$ **14.7. Κατάσταση I (αρρηγμάτωτη διατομή) (SLS)**Δυσκαμψία αρρηγμάτωτης διατομής, $EI=(200/22.57)x(0.001x6.715)=59505 kNm^2$ $A_i=A_c+(n-1)(A_{s1}+A_{s2}), e=(n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s}-A_{s2} \cdot y_{2s})/A_i, I=I_c+b \cdot h \cdot e^2+(A_{s1} \cdot y_{1s}^2+A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$ $S=A_{s1} \cdot y_{2s}=(0.001)^2x1027x0.152=(0.001)x0.157 m^3, y_2=202mm, y_{2s}=y_2-d_2=202-50=152mm$ (EC2 Εξ.7.21)καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M=53.77/59505=(0.001)x0.904 (1/m)$ καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs}=(0.001x0.30)x22.57x(0.157/6.715)=(0.001)x0.158 (1/m)$ Ολική καμπυλότητα $1/r=(0.001)x0.904+(0.001)x0.158=(0.001)x1.062 (1/m)$ Ροπή ρηγμάτωσης, $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6x(6.715/0.202)=86.22 kNm$ **14.8. Κατάσταση II (πλήρως ρηγματωμένη διατομή) (SLS)** $\rho=0.003, \rho'=0.003, \rho'/\rho=1.000, n=\alpha e=22.57, n \cdot \rho=0.068, \xi=0.659, \alpha=0.274, x=\alpha \cdot d=0.096m$ Δυσκαμψία πλήρως ρηγματωμένης διατομής, $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0.659x200x1027x0.350^2=16572 kNm^2$ $y_2=(1-\alpha)d=254mm, \epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0.001)x254x53.77/16572=0.82$ $S=A_{s1} \cdot y_2=(0.001)^2x1027x0.254=(0.001)x0.261 m^3$ (EC2 Εξ.7.21)καμπυλότητα λόγω ροπής $1/r_M=53.77/16572=(0.001)x3.245 (1/m)$ καμπυλότητα λόγω ξήρανσης $1/r_{cs}=(0.001x0.30)x22.57x(0.261/1.870)=(0.001)x0.263 (1/m)$ Ολική καμπυλότητα $1/r=(0.001)x3.245+(0.001)x0.263=(0.001)x3.508 (1/m)$ Med=53.77 kNm, Ned=36.45kN, $\epsilon_c/\epsilon_s=0.30/0.84, x=93mm, \sigma_s=167 N/mm^2$ **14.9. Έλεγχος παραμορφώσεων με άμεσο υπολογισμό (SLS)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

Med=53.77<0.70xM_{cr}=0.70x86.22=60.36 kNm, $\zeta=0.00$

(Εξ.7.19)

Τελική καμπυλότητα $(1/r)=0.00x(0.001x3.508)+(1-0.00)x(0.001x1.062)=(0.001)x1.062 (1/m)$ (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) $b=1.000m, b_{eff}=1.000m, h=0.400m, d=0.350m, x=0.093m, \varnothing=14mm$ Ned=36.45kN, $\sigma_c=(Ned/bh)=-0.1N/mm^2, \sigma_s=f_{yd}=435N/mm^2$ $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(400-93)x1000=307408 mm^2$ $\max(h, b_l)=0mm, f_{ctm}=2.60N/mm^2, A_{ct}=307408mm^2, k=0.93, k_c=0.41, k_1=1.50$ Ελάχιστος οπλισμός, $A_{s,min}=0.41x0.93x2.60x307408/435=701mm^2/m$

14.11. Υπολογισμός εύρους ρωγμών (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad (\text{EC2 Εξ.7.8})$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s \quad (\text{EC2 Eq.7.9})$$

$$\sigma_s = 167 \text{ N/mm}^2, \text{ μικρή διάρκ. φόρτιση: } E_s/E_c = 6.45, k_t = 0.6, \text{ μακράς διάρκ. φόρτ.: } E_s/E_c = 22.57, k_t = 0.4$$

$$A_{ceff} = 0.333(h-x)b = 0.333 \times (400-93) \times 1000 = 102367 \text{ mm}^2 \quad (\text{§7.3.2.3})$$

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 1027 / 102367 = 0.010$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [167 - 0.4 \times (2.6 / 0.010) (1 + 22.57 \times 0.010)] / 200 = 0.20\% \geq 0.6 \times 167 / 200 = 0.50\%$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_s / \rho_{eff} \quad (\text{EC2 Εξ.7.11})$$

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

$$s_{r,max} = 3.4 \times 50.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 14 / 0.010 = 407.23 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 407.23 \times 0.001 \times 0.50 = 0.20 \text{ mm}$$

$$w_k = 0.20 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{max}, \text{ Κατηγορία περιβάλλοντος: XC3, Πλάτος ρωγμής κάτω ορίου}$$

15. Προμέτρηση υλικών

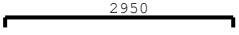
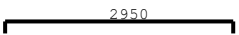
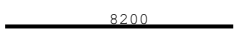
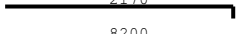
$$\text{Σκυρόδεμα ανά μέτρο μήκους πρισίνας} \quad 3.300 \text{ m}^3/\text{m}$$

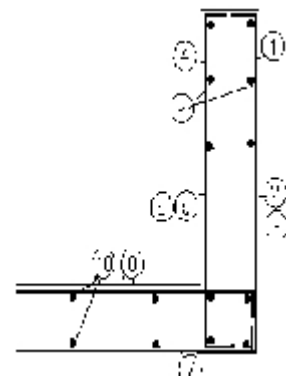
$$\text{Οπλισμός ανά μέτρο μήκους πρισίνας} \quad 302.633 \text{ kg/m}$$

$$\text{Συνολικό σκυρόδεμα πρισίνας} \quad 8.200 \times 3.300 = 27.060 \text{ m}^3$$

$$\text{Συνολικός οπλισμός πρισίνας} \quad 8.200 \times 302.633 = 2481.590 \text{ kg}$$

16. Κατάλογος οπλισμού

α/α	είδ.	οπλισμός [mm]	τεμμ.	Ø	g/m [kg/m]	μήκος [m]	βάρος [kg]
1	①	120  120	158	12	0.888	3.190	447.57
2	④	120  120	158	12	0.888	3.190	447.57
3	⑨	 8200	96	12	0.888	8.200	699.03
4	⑦	 120	110	14	1.210	2.290	304.80
5	⑧	 120	110	14	1.210	2.290	304.80
6	⑩	 120	28	14	1.210	8.200	277.82

Ολικό βάρος [kg]**2481.59**

Περιεχόμενα

1. BAN 8.2x3.60
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 $Y=0.000\text{ m}$ έως $Y=3.100\text{ m}$, $Hs=3.100\text{ m}$
8. Μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων πρίσνας σε ελαστικό έδαφος.
 - 8.1. Κόμβοι κατασκευής
 - 8.2. Στηρίξεις κατασκευής
 - 8.3. Στοιχεία κατασκευής
9. Ελεγχος 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 γεμής 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 γεμής με ωθήσεις γαιών (EQU)
 - 9.10. Φορτία κόμβων και στοιχείων
 - 9.11. Αποτελέσματα ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων
 - 9.12. Φέρουσα ικανότητα εδάφους (EQU)
10. Ελεγχος 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 γεμής 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 γεμής 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. Ελεγχος 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 γεμής 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 γεμής 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