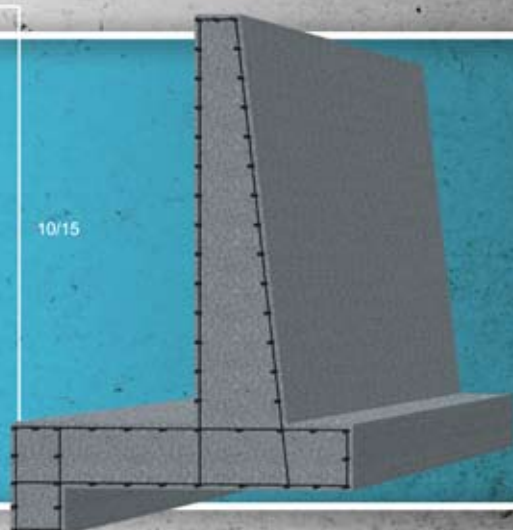
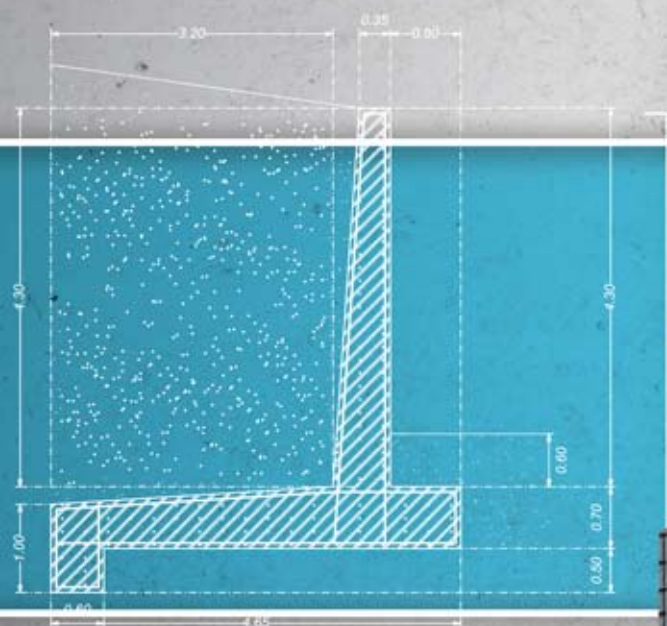


ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Πρόγραμμα υπολογισμού τοίχου αντιστήριξης



Εγχειρίδιο χρήσης

Τοίχος αντιστήριξης

Ευρωκώδικες

Εγχειρίδιο αναφοράς



Αθήνα, Μάρτιος 2012

Version 1.0.29

Περιεχόμενα

1	Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα	3
2	Εισαγωγή δεδομένων	3
2.1	Διατομή	4
2.2	Επίχωση.....	7
2.3	Θεμελίωση.....	9
2.4	Φορτία	16
2.5	Οπλισμοί	16
2.6	Φάσμα	17
2.7	Σκυρόδεμα.....	20
2.8	Σχέδιο	23
3	Menu.....	24
4	Αποτελέσματα.....	29
4.1	Συνοπτικά αποτελέσματα της μελέτης	29
4.2	Αναλυτικά αποτελέσματα της μελέτης - Τεύχος.....	29
4.3	Ερμηνεία αποτελεσμάτων	30
4.4	Έλεγχος εκκεντρότητας.....	33
5	Παράδειγμα τοίχου αντιστήριξης	34
6	Βιβλιογραφία.....	49

Εικόνα 1.1 Η οθόνη εισαγωγής δεδομένων του τοίχου.

2 Εισαγωγή δεδομένων

Η εισαγωγή δεδομένων γίνεται στις καρτέλες του παραθύρου των παραμέτρων του προγράμματος. Μετά την εισαγωγή των επιθυμητών μεταβλητών, με το κουμπί «**Εφαρμογή - Επίλυση**», καταχωρούνται τα δεδομένα, επανασχεδιάζεται ο τοίχος και γίνεται η επίλυσή του.

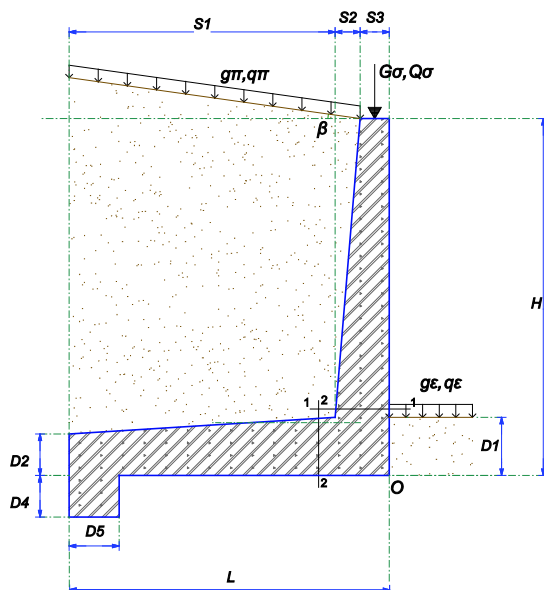
Σκυρόδεμα	Φάσμα	Διατομή	Φορτία	Επίστρωση	Θεμελίωση	Οπισμοί	Σχέδιο
Μήκος πεδίου πίσω [S1] [m]		2.20					
Πάχος ενίσχυσης πίσω [S2] [m]		0.25					
Πάχος στέψης τοίχου [S3] [m]		0.30					
Πάχος ενίσχυσης εμπρός [S4] [m]		0.25					
Μήκος επεκτασης τοίχου εμπρός [S5] [m]		1.00					
Συνολικό ύψος τοίχου [H] [m]		4.50					
Πάχος πέλματος πεδίου εμπρός [D1] [m]		0.50					
Πάχος πέλματος πεδίου πίσω [D2] [m]		0.50					
Υψομετ. διαφορά άκρων πεδίου [D3] [m]		0.30					
Υψος κώματος εμπρός [Heδ] [m]		0.80					
Υψος χαλινού [D4] [m]		0.00					
Πάχος χαλινού [D5] [m]		0.50					

Εφαρμογή-Επίλυση

Εικόνα 2.1 Το παράθυρο παραμέτρων του προγράμματος. Με το κουμπί «Εφαρμογή – Επίλυση» καταχωρούνται τα δεδομένα και επανασχεδιάζεται ο τοίχος.

2.1 Διατομή

Περιγράφετε την γεωμετρία του τοίχου ορίζοντας τις κατάλληλες τιμές στις παραπάνω μεταβλητές όπως φαίνονται στο Σχήμα 2.1 και Σχήμα 2.2.



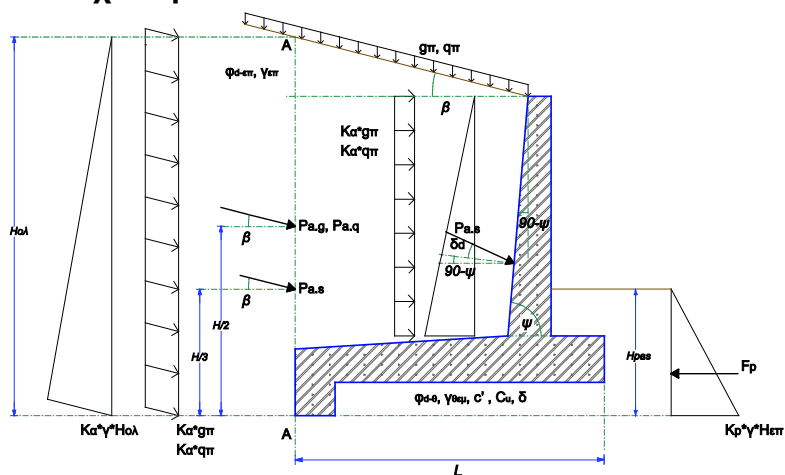
Σχήμα 2.2 Γεωμετρικά στοιχεία τοίχου αντιστήριξης με χαλινό (ή δόντι) (base key) και επιβαλλόμενα φορτία. Η διαμόρφωση χαλινού έχει νόημα μόνο εφόσον λαμβάνεται υπόψη η παθητική αντίσταση.

Προεκτίμηση διαστάσεων

Όταν πρόκειται για τοίχο βαρύτητας στην βιβλιογραφία προτείνεται πλάτος της βάσης L μεταξύ του 30% και 50% του ύψους H του τοίχου. Η προεξοχή του πέλματος εμπρός μεταξύ του 10% και 15% του ύψους.

Το πάχος στέψης $S3$ προτείνεται μεγαλύτερο από 25cm ώστε να διευκολύνεται η όπλιση και η σκυροδέτηση. Σε περιπτώσεις υψηλών τοίχων καλό είναι το πάχος της στέψης να έχει ως άνω όριο το 5% του ύψους H του τοίχου. Και στις δύο περιπτώσεις των τοίχων ανεξάρτητα των εξωτερικών συνθηκών, τα θεμέλια του τοίχου πρέπει να είναι βυθισμένα σε αναγκαίο βάθος για να προστατεύονται σε περίπτωση παγετού.

2.2 Επίχωση



Σχήμα 2.3 Δράσεις που ασκούνται στον τοίχο αντιστήριξης.

Γωνία διατμητικής αντοχής επίχωσης ϕ_d -επ [°]

Δίδεται η τιμή σχεδιασμού της γωνίας διατμητικής αντοχής του εδαφικού υλικού επίχωσης ϕ_d , η οποία υπεισέρχεται στον υπολογισμό της ενεργητικής και παθητικής ώθησης κατά Coulomb για τα στατικά φορτία και κατά Mononobe-Okabe για τα Σεισμικά. Βλ. Κεφάλαιο [4.3 Ερμηνεία αποτελεσμάτων](#). Οι γωνία ϕ_d συνήθως, αποτελεί στοιχείο που προδιαγράφεται από τον μελετητή λαμβάνοντας υπόψη και την ποιότητα τυχόν διαθέσιμων υλικών εκσκαφής. Οι συνήθεις τιμές της ϕ_d κυμαίνονται μεταξύ $28^\circ - 32^\circ$.

Στον Τρόπο Ανάλυσης 2 (DA2* & DA2) η τιμή σχεδιασμού ϕ_d ισούται με την χαρακτηριστική τιμή ϕ_k .

Γωνία τριβής τοίχου- επίχωσης δ_d -επ [°]

Δίδεται η τιμή σχεδιασμού της γωνίας διατμητικής αντοχής μεταξύ εδάφους και τοίχου δ_d , οι οποία υπεισέρχεται στον υπολογισμό της ενεργητικής ώθησης κατά Coulomb για τα στατικά φορτία και κατά Mononobe-Okabe για τα Σεισμικά. Βλ. Κεφάλαιο [4.3 Ερμηνεία αποτελεσμάτων](#). Η δ_d συνίσταται να λαμβάνεται συντηρητικά περίπου ίση με $1/3 - 1/2$ της ϕ_d για τις ενεργητικές ωθήσεις και μηδέν για τις παθητικές. Βλ. και EC5-5 §7.3.2.3(6)A.

Στον Τρόπο Ανάλυσης 2 (DA2* & DA2) η τιμή σχεδιασμού δ_d ισούται με την χαρακτηριστική τιμή δ_k .

Μοναδιαίο βάρος επίχωσης γ-επ [kN /m³]

Η τιμή του μοναδιαίου βάρους του εδαφικού υλικού επίχωσης, η οποία υπεισέρχεται στον υπολογισμό της συνολικής δύναμης σχεδιασμού που ενεργεί στον φορέα αντιστήριξης από την πλευρά του εδάφους για ενεργές και παθητικές καταστάσεις. Βλ. π.χ. EC8-5 (E.1) & (E.5).

Υπολογισμός παθητικής ώθησης (Ναι/Όχι)

Ο μελετητής μπορεί να επιλέξει αν θέλει να λάβει υπόψη στην επίλυση και διαστασιολόγηση του τοίχου την επιρροή της παθητικής ώθησης λόγω γαιών, αλλά και λόγω φορτίων που ενδέχεται να βρίσκονται μπροστά από τον τοίχο.

Παρατήρηση

Εφόσον διαμορφώνεται χαλινός (δόντι), τότε θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η παθητική αντίσταση.

Συντελεστής υπολογισμού παθητικής ώθησης $\lambda \cdot k_p$. $\lambda = \dots$

Είναι το ποσοστό λ της πλήρους παθητικής ώθησης k_p που δεχόμαστε ότι αναπτύσσεται και διαμορφώνει την αντοχή έναντι ολίσθησης και ειδικά τον όρο των παθητικών ωθήσεων $R_{p,d}$ (βλ. EC7-1 §6.5.3). Προεπιλεγμένη τιμή για στατικά φορτία, αλλά και σεισμικές καταστάσεις, λαμβάνεται το **0,30**, όπως αναφέρεται σε EC8-5 §5.3.2(3)Α.

Γωνία κλίσης πρανού β [°]

Δίδεται η γωνία κλίσης του πρανού επίχωσης πίσω από τον τοίχο. Βλέπε Σχήμα 2.1 και Σχήμα 2.2.

Παρατήρηση

Από το πρόγραμμα η παραδοχή ότι το πρανές διατηρεί τη ίδια κλίση σε πολύ μεγάλο μήκος. Εφόσον, όμως, στην πραγματικότητα η κλίση μειώνεται μετά από 2-3m, τότε εισάγοντας την μεγαλύτερη κλίση οι ενεργητικές ωθήσεις που θα προκύψουν θα είναι μη ρεαλιστικά μεγάλες. Συνίσταται, λοιπόν, σε τέτοιες περιπτώσεις ως κλίση β να λαμβάνεται μια μέση τιμή.

2.3 Θεμελίωση

Έλεγχος Φέρουσας Ικανότητας εδάφους

Ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ δύο μεθόδων υπολογισμού της αντίστασης του εδάφους R_d (της αναλυτικής και της απλοποιημένης) για έλεγχο της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης στην Οριακή Κατάσταση Αστοχίας.

► Αναλυτική μέθοδος

EC7-1 §6.5.2.2 & Παράρτημα Δ. Ανάλογα με το είδος εδάφους ο Πίνακας 2.1 παρέχει προτεινόμενες τιμές για τις παραμέτρους (c' , ϕ' , κ.λπ.). Όταν, βέβαια, είναι γνωστές οι τιμές από, εισάγονται κατευθείαν στις αντίστοιχες παραμέτρους.

► Απλοποιημένη μέθοδος

Συνίσταται μόνο όταν είναι γνωστή η επιτρεπόμενη τάση εδάφους $\sigma_{επ}$ είτε από εδαφοτεχνική μελέτη, είτε βάσει της εμπειρίας από γειτονικές κατασκευές. Σε κάθε περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη τα εδαφικά χαρακτηριστικά, **η επιτρεπόμενη τάση θα πρέπει να δίδεται για δεδομένο ενεργό πλάτος b' και βάθος θεμελίωσης D** . Η τιμή του πλάτους b' εμφανίζεται στο τεύχος στα αποτελέσματα ελέγχου της Φέρουσας Ικανότητας. Συνίσταται, λοιπόν, μετά από μια πρώτη επίλυση του τοίχου, ο μελετητής να επανεκτιμά την $\sigma_{επ}$ βάσει της ελάχιστης τιμής του ενεργού πλάτους b' από όλες τις φορτίσεις.

Παρατήρηση

Επιτρέπεται να παραλείπεται η εδαφοτεχνική έρευνα μόνο για τις περιπτώσεις συνδυασμού κατηγορίας εδάφους - σπουδαιότητας – σεισμικότητας, οι οποίες αναφέρονται στο EC8-1 §3.1.1(4) και το Εθνικό προσάρτημα.

Συνθήκες φόρτισης

Όταν επιλέγεται η **αναλυτική μέθοδος** υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας βάσει του παραρτήματος Δ του EC7-1, τότε πρέπει να διευκρινιστεί και ο τύπος της φόρτισης:

- ▶ **Αστράγγιστες συνθήκες:** Εφαρμόζεται η μεθοδολογία του EC7-1, Παράρτημα Δ.3 (για αργιλώδη, συνεκτικά εδάφη).
- ▶ **Πλήρους στράγγισης:** Εφαρμόζεται η μεθοδολογία του EC7-1, Παράρτημα Δ.4 (για αμμώδη, μη-συνεκτικά εδάφη).

Κορεσμένο έδαφος

Στην **αναλυτική μέθοδο** υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας και για αμμώδη, μη-συνεκτικά εδάφη μπορεί να οριστεί εάν το έδαφος είναι κορεσμένο ή όχι

- ▶ **Ναι:** π.χ. σε περιπτώσεις, όπου η στάθμη έδρασης του τοίχου είναι υπό τον υδροφόρο ορίζοντα. Το ενεργό ειδικό βάρος του εδάφους έδρασης λαμβάνεται από το πρόγραμμα ίσο με $\gamma' = \gamma - \gamma_w$
- ▶ **Όχι:** Όταν ο υδροφόρος ορίζοντας τη μεγαλύτερη περίοδο του έτους βρίσκεται χαμηλότερα από τη στάθμη θεμελίωσης. Το ενεργό ειδικό βάρος του εδάφους γ' λαμβάνεται ίσο με το ολικό γ .

Παρατήρηση

Θεώρηση κορεσμένου εδάφους οδηγεί περίπου σε υποδιπλασιασμό του ενεργού ειδικού βάρους γ' συγκριτικά με θεώρηση μη κορεσμένου, με αποτέλεσμα να μειώνεται σημαντικά η φέρουσα ικανότητα του εδάφους όπως αυτή υπολογίζεται από την σχέση EC7-1 Δ2.

Υπολογισμός επιφόρτισης εδάφους

Στον **αναλυτικό υπολογισμό** της φέρουσας ικανότητας βάσει του παραρτήματος Δ του EC7-1 επιλέγεται εάν θα ληφθεί υπόψη η ευνοϊκή επιρροή της επιφόρτισης του εδάφους έδρασης με το βάρος των γαιών που απομακρύνονται με την εκσκαφή:

- ▶ **Όχι :** Δυσμενής παραδοχή (δεν συνίσταται).

- **Ναι:** Υπολογιστικά λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά του όρου που οφείλεται:
- στην **πίεση επιφόρτισης** $q = \gamma \cdot D$ στη στάθμη της βάσης του θεμελίου στην περίπτωση φόρτισης υπό αστράγγιστες συνθήκες. Βλ. EC7-1, σχέση (Δ.1).
 - στην **ενεργό πίεση επιφόρτισης** $q' = \gamma' \cdot D$ στη στάθμη έδρασης στην περίπτωση φόρτισης υπό συνθήκες πλήρους στράγγισης. Βλ. EC7-1, σχέση (Δ.2).

Το βάθος επιφόρτισης D λαμβάνεται ίσο με $D1 + H_{εδ} + \frac{1}{2}D3$ (βλ. [Σχήμα 2.1](#)).

Παρατήρηση

Στην απλοποιημένη μέθοδο υπολογισμού της Φ.Ι., η επιφόρτιση του εδάφους, το οποίο απομακρύνεται με την εκσκαφή, πρέπει να ληφθεί υπόψη από τον μελετητή κατά την εκτίμηση του μεγέθους $\sigma_{επ}$.

Αστράγγιστη διατμητική αντοχή C_u [kN /m²]

Τιμή σχεδιασμού της εδαφικής παραμέτρου της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής **αργιλικών και γενικά συνεκτικών εδαφών**, η οποία υπεισέρχεται:

- Στον αναλυτικό υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας βάσει του EC7-1, Παράρτημα Δ.3. Βλ. και EC7-1 §1.6(1).
- Στον υπολογισμό της αντοχής σε ολίσθηση $R_{h;d} = (A' \cdot C_u) / \gamma_{R,h}$. Βλ. EC7-1 §6.5.3(10).

Ενεργός συνοχή εδάφους [kN /m²] c'

Ενεργός γωνία διατμητικής αντίστασης $\phi_d - \theta$ [°]

Τιμή σχεδιασμού της εδαφικής παραμέτρου της συνοχής του εδάφους σε όρους ενεργού τάσης c' και της γωνίας διατμητικής αντίστασης ϕ_d . Αφορά την αναλυτική μέθοδο υπολογισμού της Φέρουσας Ικανότητας και συγκεκριμένα αμμώδη, μη-συνεκτικά εδάφη. Βλ. EC7-1, Παράρτημα Δ.4 και EC7-1 §1.6(1).

Για τυπικές κατηγορίες εδαφών ο Πίνακας 2.1 παρέχει προτεινόμενες τιμές για τις παραμέτρους αυτές.

Ολικό ειδικό βάρος εδάφους γ [kN/m^3]

Εδαφική παράμετρος, η οποία υπεισέρχεται στον καθορισμό του (ενεργού) ειδικού βάρους του εδάφους έδρασης ή τιμή του οποίου υπεισέρχεται στον υπολογισμό του όρου της επιφόρτισης στην περίπτωση του αναλυτικού υπόγισμου της Φέρουσας Ικανότητας.

γ	Αστράγγιστες συνθήκες	EC71 (Δ.1)
$\gamma' = \gamma$	μη κορεσμένο έδαφος	EC71 (Δ.2)
$\gamma' = \gamma - \gamma_w$	κορεσμένο έδαφος	

Για τυπικές κατηγορίες εδαφών ο Πίνακας 2.1 παρέχει προτεινόμενες τιμές για το ειδικό βάρος.

Γωνία τριβής στη βάση του θεμελίου δ [$^\circ$]

Τιμή σχεδιασμού της εδαφικής παραμέτρου της γωνίας τριβής, η οποία υπεισέρχεται στον έλεγχο αστοχίας λόγω ολίσθησης στη βάση του θεμελίου. Βλ. EC7-1 §6.5.3. Σύμφωνα με την ίδια παράγραφο η τιμή της παραμέτρου μπορεί να λαμβάνεται ίση με την τιμή σχεδιασμού της ενεργού γωνίας διατμητικής αντίστασης, $\phi_a - \theta$, για θεμελιώσεις από έγχυτο σκυρόδεμα (Πίνακας 2.1).

ΕΙΔΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	Συνοχή εδάφους c [kN/m ²]	Γωνία εσωτερικής τριβής ϕ [°]	Γωνία τριβής (βάση θεμελίου) δ [°]	Ολικό ειδικό βάρος εδάφους γ [kN/m ³]
Τύρφη	5,0	20,0	15,0	13,0
Επίχωση	0,0	35,0	20,0	20,0
Λεπτή θαλάσσια άμμος	10,0	20,0	20,0	16,0
Άμμος πολύ λεπτή	0,0	30,0	22,0	18,0
Άργιλος πολύ υγρή	25,0	20,0	22,0	20,0
Άμμος λίγο συνεκτική	0,0	30,0	25,0	16,0
Άργιλος λίγο υγρή	30,0	20,0	25,0	20,0
Άργιλος ξηρή	40,0	25,0	25,0	18,0
Χούμους	20,0	25,0	28,0	23,0
Άργιλος με λίγη άμμο	-	-	28,0	12,0
Άμμος αρκετά συνεκτική	5,0	35,0	30,0	19,0
Άργιλος ξηρή και σκληρή	50,0	29,0	30,0	21,0
Λεπτοί χάλικες με άμμο	0,0	40,0	32,0	19,0
Άμμος πολύ συνεκτική	7,5	38,0	32,0	19,5
Μέτριοι χάλικες με άμμο	0,0	35,0	32,0	20,0
Χονδροί χάλικες με άμμο	0,0	40,0	35,0	20,0
Σκληρός βράχος	0,0	45,0	38,0	23,0

Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά εδάφους.

Επιτρεπόμενη τάση εδάφους σεπ [kN /m²]

Δίδεται η τιμή της επιτρεπόμενης τάσης του εδάφους $\sigma_{\text{επ}}$ στη **στάθμη θεμελίωσης υπό τα φορτία λειτουργίας (G+Q)**, συνεπώς για τους συνδυασμούς φόρτι-

σης, για τους οποίους γίνεται έλεγχος Φ.Ι. στην Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (GEO), η φέρουσα ικανότητα R_d υπολογίζεται ως εξής:

$$R_d / A' = FS \cdot i \cdot \sigma_{\varepsilon\pi} / \gamma_{RV}$$

όπου:

- i** εκφράζει την κλίση του οριζόντιου φορτίου H_d $i = (1 - H_d/V_d)^{1.4}$
- A'** η ενεργός επιφάνεια σχεδιασμού της θεμελίωσης, όπως προσδιορίζεται βάσει της εκκεντρότητας e της φόρτισης. Πρακτικά, για την περίπτωση του τοίχου αντιστήριξης, ο οποίος ελέγχεται ως θεμελιολωρίδα η ενεργός επιφάνεια A' ισούται με $b' \cdot 1.0$, όπου η τιμή του ενεργού πλάτους b' αναγράφεται στα αποτελέσματα του τεύχους για κάθε συνδυασμό φόρτισης.
- γ_{RV}** συντελεστής ασφαλείας η τιμή του οποίου δίνεται σε επόμενη παράμετρο
- FS** ενιαίος συντελεστής ασφαλείας, ο οποίος ουσιαστικά αφορά φορτία λειτουργίας χωρίς επιμέρους συντελεστές γ_E . Βλ. §3.1 της αιτιολογικής έκθεσης του Εθνικού Προσαρτήματος του EC7-1. Για την συγκεκριμένη μεθοδολογία λαμβάνεται από το πρόγραμμα FS=2.0.

Για λόγους καλύτερης εποπτείας της συμπεριφοράς της θεμελίωσης, όταν επιλέγεται η «Απλοποιημένη μέθοδος» και εφόσον ο έλεγχος υπέρβασης της Φ.Ι. ικανοποιείται τότε πραγματοποιείται και έλεγχος της τάσης αιχμής για τους σεισμικούς συνδυασμούς και τους συνδυασμούς στατικών φορτίσεων. Συγκεκριμένα ελέγχεται:

$$\text{Τάση αιχμής: } \max \sigma_{\varepsilon\delta} \leq 2 \cdot \sigma_{\varepsilon\pi}$$

Εμφανίζεται ειδοποίηση όταν έχουμε υπέρβαση του παραπάνω ορίου.

Συντελεστής ασφαλείας (στατικός)

Σύμφωνα με το Ελληνικό και Κυπριακό Προσάρτημα λαμβάνονται οι τιμές της ομάδας R2 του πιν. Α.5 του EC7-1:

$$\gamma_{RV} = 1,40 \text{ (Φέρουσας ικανότητας)}$$

$$\gamma_{RH} = 1,10 \text{ (Ολίσθησης)}$$

Συντελεστής ασφαλείας (σεισμικός)

Σύμφωνα με την §3.1(3) του EC8-5 και το Ελληνικό και Κυπριακό Προσάρτημα λαμβάνονται οι παρακάτω τιμές:

$\gamma_{RV} = 1,00$ (Φέρουσας ικανότητας)

$\gamma_{RH} = 1,00$ (Ολίσθησης)

Τρόπος ανάλυσης γεωτεχνικών οριακών καταστάσεων [GEO]

Σύμφωνα με το Ελληνικό και Κυπριακό προσάρτημα για την επαλήθευση της οριακής κατάστασης εδάφους [GEO] (ολίσθηση, Φέρουσα Ικανότητα) ακολουθείται ο τρόπος ανάλυσης 2 (DA2). Με την παρούσα παράμετρο εξειδικεύεται η χρήση της εξίσωσης (2.7β), και συγκεκριμένα οι επιμέρους συντελεστές των φορτίων γ_F που υπεισέρχονται στον υπολογισμό των αντιστάσεων όπως το κατακόρυφο φορτίο V (για την αντίσταση σε τριβή), η εκκεντρότητα e και η κλίση της φόρτισης i (για την φέρουσα ικανότητα).

$$(2.7\beta) \quad R_d = R(\gamma_F \cdot F_{rep}; X_k; a_d) / \gamma_R \quad \text{EC7}$$

- **DA2* EC7 (B.6.2.2)** (προεπιλεγμένη τιμή για Ελλάδα και Κύπρο)

Η εξίσωση (2.7β) ανάγεται στην μορφή της εξίσωσης (B.6.2.2) δηλαδή με τιμή του επιμέρους συντελεστή στις δράσεις $\gamma_F=1$.

$$(B.6.2.2) \quad R_d = R(F_{rep}; X_k; a_d) / \gamma_R \quad \text{EC7}$$

- **DA2 EC7 (B.6.2.1)** (δεν προτείνεται)

Οι συντελεστές των φορτίων λαμβάνονται με $\gamma_F > 1$ και η εξίσωση (2.7β) χρησιμοποιείται στην μορφή της εξίσωσης (B.6.2.1).

$$(B.6.2.1) \quad R_d = R(\gamma_F \cdot F_{rep}; X_k; a_d) / \gamma_R \quad \text{EC7}$$

Παρατήρηση

Η χρήση της εξίσωσης (B.6.2.1) καθιστά ευμενέστερο τον έλεγχο έναντι ολίσθησης συγκριτικά με την (B.6.2.2), ενώ κατά περίπτωση μπορεί να προκύπτει περισσότερο ή λιγότερο ευνοϊκή στον έλεγχο Φέρουσας Ικανότητας.

2.4 Φορτία

Βλέπε [Σχήμα 2.1](#) και [Σχήμα 2.2](#).

Παρατήρηση

Το ομοιόμορφο φορτίο πρανούς επίχωσης πίσω από τον τοίχο θεωρείται απειρομήκης και εφαρμόζεται αμέσως μετά την στρέψη του τοίχου.

2.5 Οπλισμοί**Χαρακτηριστική αντοχή χάλυβα f_{yk} [MPa]**

Προεπιλεγμένη τιμή $f_{yk} = 500\text{MPa}$ (B500C).

Συντελεστής ασφαλείας χάλυβα γ_s

Δίδεται ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας του χάλυβα για τους ελέγχους έναντι **Οριακής Κατάστασης Αστοχίας**.

$\gamma_s = 1,15$ (Προεπιλεγμένη τιμή). Βλ. EC2-1-1 (πίνακας 2.1).

Διάμετροι οπλισμών

Οι διαθέσιμες διαμέτροι οπλισμών που το πρόγραμμα θα χρησιμοποιήσει για την όπλιση του τοίχου (προεπιλεγμένες τιμές: Φ10, Φ12, Φ14).

2.6 Φάσμα

Επίλυση με σεισμό (Ναι/Όχι)

Ο μελετητής μπορεί να διαλέξει αν θα ενεργοποιήσει ή όχι κατά την επίλυση, την επιρροή των πρόσθετων σεισμικών φορτίων τα οποία υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Monopobe-Okabe. Βλ. EC8-5 παράρτημα Ε.

Σεισμική ζώνη

Επιλέγεται από το μελετητή ανάλογα με την περιοχή κατασκευής του έργου.

Συντελεστής σεισμικής επιτάχυνσης $ag = \gamma_i \cdot agR$

Δίδεται η τιμή της ανηγμένης σεισμικής επιτάχυνσης, η οποία υπεισέρχεται στον υπολογισμό του οριζόντιου σεισμικού συντελεστή k_h σύμφωνα με της EC8-5 §7.3.2.2(4)Α:

$$k_h = a_g \cdot S / r$$

Όπου οι τιμές των S και r δίδονται από τις παρακάτω παραμέτρους.

Η τιμή του a_g ενημερώνεται αυτόματα από το πρόγραμμα όταν αλλάζει η τιμή της παραμέτρου «Σεισμική ζώνη» σύμφωνα τις τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, ενώ τελικά θα πρέπει να εισαχθεί από τον μελετητή πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή σπουδαιότητας γ_i (βλ. EC8-1 πίν.4.3) καθώς και με τον συντελεστή τοπογραφίας S_T (βλ. EC8-1 §3.2.2.1(6) & EC8-5 παράρτ. Α):

agR	Ελλάδα	Κύπρος
Z1	0.16	0.15
Z2	0.24	0.20
Z3	0.36	0.25

Πίνακας 2.2 Εδαφική επιτάχυνση a_{gR} για την κάθε σεισμική ζώνη σύμφωνα με τα Εθνικά Προσαρτήματα.

Συντελεστής εδάφους S

Κατηγορία εδάφους	Περιγραφή στρωματογραφίας	$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (κρούσεις/ 30cm)	c_u (kPa)	S
A	Βράχος ή άλλος βραχώδης γεωλογικός σχηματισμός, που περιλαμβάνει το πολύ 5 m ασθενέστερου επιφανειακού υλικού.	> 800	–	–	1,0
B	Αποθέσεις πολύ πυκνής άμμου, χαλίκων, ή πολύ σκληρής αργίλου, πάχους τουλάχιστον αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος.	360 – 800	> 50	> 250	1,2
C	Βαθιές αποθέσεις πυκνής ή μετρίως πυκνής άμμου, χαλίκων ή σκληρής αργίλου πάχους από δεκάδες έως πολλές εκατοντάδες μέτρων.	180 – 360	15 - 50	70 - 250	1,15
D	Αποθέσεις χαλαρών έως μετρίως χαλαρών μη συνεκτικών υλικών (με ή χωρίς κάποια μαλακά στρώματα συνεκτικών υλικών), ή κυρίως μαλακά έως μετρίως σκληρά συνεκτικά υλικά.	< 180	< 15	< 70	1,35
E	Εδαφική τομή που αποτελείται από ένα επιφανειακό στρώμα ιλύος με τιμές v_s κατηγορίας C ή D και πάχος που ποικίλλει μεταξύ περίπου 5m και 20m, με υπόστρωμα από πιο σκληρό υλικό με $v_s > 800$ m/s.				1,4

Πίνακας 2.3 Ενδεικτική κατάταξη των εδαφών βάσει της μέσης ταχύτητας των διατμητικών κυμάτων $v_{s,30}$, των αποτελεσμάτων της δοκιμής κρουσίμετρου N_{SPT} για κοκκώδη εδάφη και της τιμής της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής c_u για αργιλικά εδάφη. Βλ. EC8-1, Πίνακας 3.1. για κάθε εδαφικό τύπο δίδεται και ο Συντελεστής εδάφους S . Βλ. EC8-1 πιν. 3.2 και ελληνικό ή κυπριακό προσάρτημα.

Εδαφική επιτάχυνση κατακόρυφη a_{vg}/a_g

Βάσει της τιμής του λόγου a_{vg}/a_g καθορίζεται η τιμή του κατακόρυφου σεισμικού συντελεστή k_v σύμφωνα με της EC8-5 §7.3.2.2(4)Α:

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad \text{εάν } a_{vg}/a_g > 0,60$$

$$k_v = \pm 0,33 \cdot k_h \quad \text{εάν } a_{vg}/a_g \leq 0,60$$

Η τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού στην κατακόρυφη διεύθυνση a_{vg} καθορίζεται εθνικά ως λόγος λ της οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού a_g . Στο ελληνικό και το κυπριακό Εθνικό Προσάρτημα, το λ ($=a_{vg}/a_g$) δίδεται ίσο με 0,9. Βλ. EC8-1 πίν. 3.4.

Συντελεστής υπολογισμού οριζόντιας σεισμικής δράσης r

Η τιμή του εξαρτάται από τον τύπο αντιστήριξης και λαμβάνεται από τον Πίνακα 7.1 του EC8-5, §7.3.2.2.

Τύπος Φορέα Αντιστήριξης	r
Ελεύθεροι τοίχοι βαρύτητας με αποδεκτή οριζόντια μετακίνηση μέχρι $d_r = 300a \cdot S (mm)$	2,0
Ελεύθεροι τοίχοι βαρύτητας με αποδεκτή οριζόντια μετακίνηση μέχρι $d_r = 200a \cdot S (mm)$	1,5
Εύκαμπτοι, καμπτόμενοι τοίχοι οπλισμένου σκυροδέματος, τοίχοι αγκυρομένοι ή με αντηρίδες, τοίχοι οπλισμένου σκυροδέματος εδραζόμενοι σε πασσάλους, τοίχοι υπογείων και ακρόβαθρα γεφυρών με εμποδιζόμενη μετακίνηση	1,0
Κορεσμένα μη συνεκτικά εδάφη ευαίσθητα σε ανάπτυξη υψηλής πίεσης πόρων	1,0

Πίνακας 2.4 Τιμές του συντελεστή υπολογισμού οριζόντιας σεισμικής δράσης r (EC8-5, Πίν. 7.1) & §7.3.2.2(5).

Συντελεστής συνδυασμού μεταβλητής δράσης Ψ_2

Η τιμή του συντελεστή ψ_2 με τον οποίο τα αποτελέσματα των μεταβλητών φορτίων στο πρηνές επίχωση ή στην στέψη του τοίχου, που υπεισέρχονται στον συνδυασμό των οιονεί μόνιμων δράσεων για έλεγχο στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Βλ. EC0 §6.4.3.4.

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$\psi_2 = 0.50$ (προτεινόμενη τιμή)

2.7 Σκυρόδεμα

Ποιότητα σκυροδέματος

Ο μελετητής μηχανικός μπορεί να δώσει μία από τις τυποποιημένες ποιότητες σκυροδέματος όπως αυτές φαίνονται στον κανονισμό (π.χ. C16, C20, C25, C26, C28, C30, C32, C35, C40, C45, C50, C55) ή να δώσει διαφορετική ποιότητα (αν η παραγωγή σκυροδέματος γίνεται επιτόπου του έργου).

Οι προτεινόμενες ποιότητες του EC2 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1, ενώ στο ελληνικό πρότυπο EN 206-1, Πίνακας 7Α φαίνονται και οι πρόσθετες κατηγορίες θλιπτικής αντοχής.

Σύμφωνα με το παράρτημα Ε του EC2-1-1 §Ε.1(2), οι ελάχιστες κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος για ανθεκτικότητα πρέπει να λαμβάνονται ανάλογα με το Εθνικό προσάρτημα ως εξής:

- Ελλάδα: σύμφωνα με τον Πίνακα του Παραρτήματος ΣΤ.1 του ΕΛΟΤ EN 206-1
- Κύπρος: σύμφωνα με τον πίνακα Ε1 του προσαρτήματος.

Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [MPa]

Βλ. EC2-1-1, Πίνακας 3.1 & EN 206-1, Πίνακας 7Α.

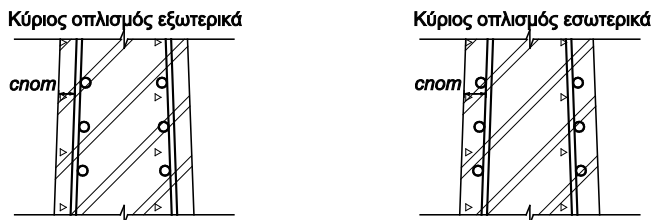
Ο σχεδιασμός θα γίνει με την επιλεγμένη ποιότητα σκυροδέματος. Αλλάζοντας την «Ποιότητα σκυροδέματος», ενημερώνεται αυτόματα η τιμή της χαρακτηριστικής αντοχής, αλλά ο μελετητής μπορεί να εισάγει και οποιαδήποτε ενδιάμεση τιμή.

Ειδικό βάρος σκυροδέματος $[kN/m^3]$

Μπορεί να λαμβάνεται ίσο με $25 \text{ kN} / m^3$.

Επικάλυψη κύριων οπλισμών c_{nom} [m]

Ανάλογα με την κατηγορία έκθεσης της κατασκευής ο μελετητής επιλέγει την τιμή της ονομαστικής επικάλυψης οπλισμών. Βλ. EC2-1-1 §4.4, παράρτημα Ε και EN206-1. Δεδομένου ότι η τιμή αυτή καθορίζει το στατικό ύψος της διατομής $d=H-c_{nom}-\Phi/2$, βάσει του οποίου διαστασιολογείται ο τοίχος έναντι κάμψης, θα πρέπει ως c_{nom} να ορίζεται η απόσταση του **κύριου** καμπτόμενου οπλισμού από την εξωτερική επιφάνεια του σκυροδέματος. Βλ. Σχήμα 2.4.



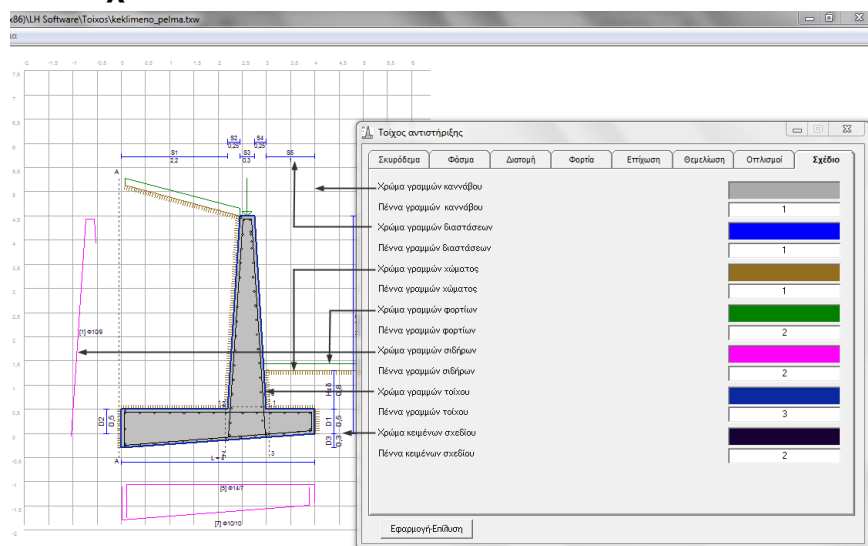
Σχήμα 2.4 Επικάλυψη c_{nom} . Διακρίνονται δύο περιπτώσεις, ανάλογα με το αν ο κύριος οπλισμός είναι η εξωτερική ή εσωτερική στρώση.

Συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος γ_c

Δίδεται ο συντελεστής ασφαλείας γ_c του σκυροδέματος για το σχεδιασμό των στοιχείων από σκυρόδεμα στην οριακή κατάσταση αστοχίας. Βλ. EC2-1-1 πιν.2.1N.

Προεπιλεγμένη τιμή $\gamma_c = 1.50$.

2.8 Σχέδιο



Εικόνα 2.2 Οι παράμετροι της κάρτας «Σχέδιο» των παραμέτρων του Τοίχου.

Από την αναπτυσσόμενη παλέτα χρωμάτων των παραμέτρων αυτής της κάρτας μπορείτε να επιλέξετε το χρώμα με το οποίο θέλετε αυτές να εμφανίζονται. Αντίστοιχα, από την αναπτυσσόμενη λίστα πενών της κάθε παραμέτρου μπορείτε να επιλέξετε την πένα που θέλετε να χρησιμοποιηθεί για την σχεδιάσή της κατά την εκτύπωση.

3 Menu

Παράθυρο λαθών επίλυσης

Τυχόν λάθη κατά την επίλυση του προβλήματος φαίνονται στο παράθυρο με την ονομασία «*Σφάλματα Επίλυσης*». Τοποθετώντας το βελάκι του ποντικιού στο περίγραμμα του παραθύρου και σύροντάς το μεγαλώνουμε το παράθυρο όσο απαιτείται για να δούμε τα τυχόν λάθη της επίλυσης. Στην αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται στο παράθυρο το παρακάτω μήνυμα:

«Δεν βρέθηκε κανένα πρόβλημα κατά την επίλυση....»

«Αρχεία»

Δημιουργία

Πατώντας την παραπάνω επιλογή ξεκινά την δημιουργία ενός νέου τοίχου. Το πρόγραμμα αυτόματα τοποθετεί κάποιες αρχικές τιμές στα στοιχεία του τοίχου: γεωμετρικά, εδαφικά, φορτία, κ.ά. τα οποία ο μελετητής θα τροποποιήσει έτσι ώστε να περιγράψει τον τοίχο που αυτός θέλει.

Δυνατότητα αλλαγής τους, στις νέες μελέτες, δίνεται μετά από παρέμβαση στο **αρχείο αρχικών τιμών** του προγράμματος (C:\Program Files (x86)\LH Software\Toixos\Defaults.txw).

Ανοιγμα

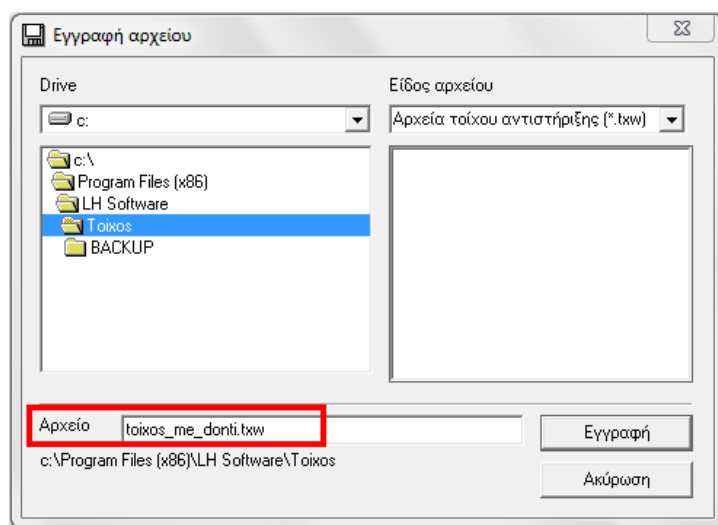
Με αυτή την επιλογή ο μελετητής αναζητά αρχειοθετημένη μελέτη.

Αυτό γίνεται εύκολα χάρη στο παράθυρο που εμφανίζεται με τίτλο «*Ανάγνωση αρχείου*». Επιλέγεται το drive που βρίσκονται οι παλαιότερες μελέτες με επίθεμα **‘.txw’**, και στην συνέχεια το επιθυμητό αρχείο.

Αποθήκευση

Με την επιλογή αυτή το πρόγραμμα αποθηκεύει το αρχείο που μόλις δημιουργήθηκε. Στο παράθυρο με τίτλο «Εγγραφή Αρχείου» (βλ. [Εικόνα 3.1](#)) ο μελετητής θα ορίσει το Drive, το Directory και την ονομασία με την οποία θα αποθηκεύσει το αρχείο εξασφαλίζοντας προηγουμένως ότι στο παράθυρο «Αρχείο» εμφανίζεται **μόνο το όνομα** του αρχείου **χωρίς την διαδρομή** (βλ. [Εικόνα 3.1](#)). Η καταχώρηση γίνεται πατώντας το πλήκτρο «Εγγραφή». Με το πλήκτρο «Ακύρωση» ή το «Esc» δεν γίνεται φύλαξη του αρχείου.

Σημείωση: Μπορείτε να ανοίξετε και να τυπώσετε το αρχείο δεδομένων / αποτελεσμάτων (.txw) του “Τοίχου” μέσα από το πρόγραμμα “Τεύχος” της LH Λογισμικής, για καλύτερη παρουσίαση της μελέτης σας.



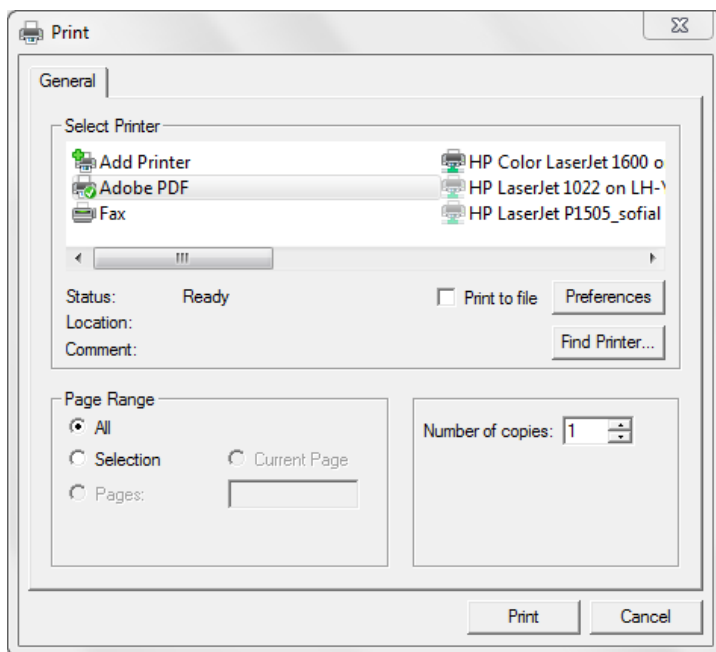
Εικόνα 3.1 Το παράθυρο αποθήκευσης αρχείου.

Αποθήκευση ως...

Πατώντας την παραπάνω επιλογή το πρόγραμμα θα καταχωρήσει το υπάρχον αρχείο με όνομα διαφορετικό από αυτό που έχει.

Καθορισμός εκτυπωτή

Με την εντολή «Αρχεία > Καθορισμός εκτυπωτή» επιλέγετε έναν από τους εγκατεστημένους εκτυπωτές για να τυπώσετε το σχέδιο του υπό μελέτη τοίχου σας.



Εικόνα 3.2 Το παράθυρο επιλογής εκτυπωτή.

Συνοπτικά αποτελέσματα

Εκτυπώνονται μόνο τα συνοπτικά αποτελέσματα της μελέτης, τα οποία αναφέρονται στο Κεφ. 4 - [Αποτελέσματα](#). Ο μελετητής μπορεί να επιλέξει αν στη σελίδα που θα εκτυπωθεί θα υπάρχει και το σκαρίφημα του τοίχου σε κατάλληλη κλίμακα πάνω στο οποίο φαίνονται οι διαστάσεις του.

Τεύχος

Εκκίνηση του προγράμματος παρουσίασης του Τεύχους της μελέτης.

«Εργαλεία»

Ενεργοποιώντας την επιλογή «Εργαλεία» στη γραμμή επιλογών ο μελετητής επιλέγει αν θα είναι ενεργοποιημένο (ορατό στην οθόνη) το παράθυρο εισαγωγής δεδομένων και το παράθυρο με τα σφάλματα της επίλυσης.

«Παράμετροι»

Ενεργοποιώντας την επιλογή «Παράμετροι» στη γραμμή επιλογών ο μελετητής μπορεί να επιλέξει τον τρόπο με τον οποίο θα επιλύσει τον υπό μελέτη τοίχο καθώς και τον τίτλο που θα δώσει στο συγκεκριμένο έργο. Παρουσιάζονται στην οθόνη οι παρακάτω επιλογές:

Τίτλος τοίχου

Ο μελετητής δίνει στο συγκεκριμένο έργο που μελετά έναν τίτλο για να μπορεί να το ξεχωρίζει.

Τοίχος βαρύτητας

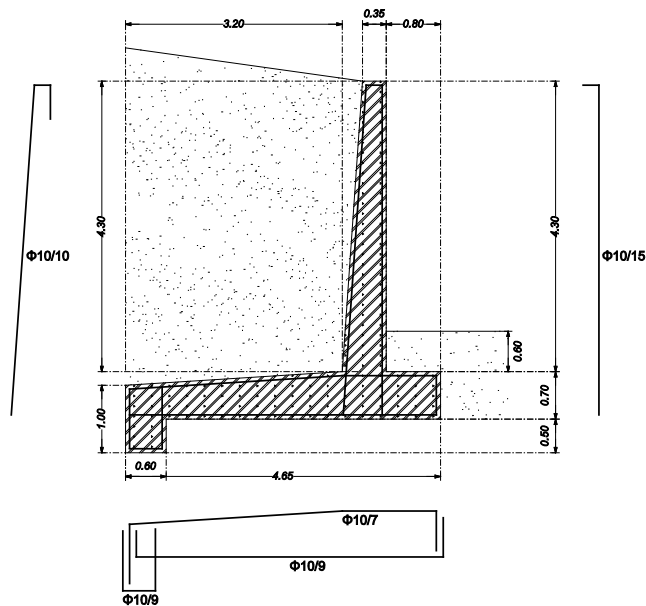
Η κατασκευή τοίχου βαρύτητας μπορεί να επιλέγεται όταν δεν είναι επιθυμητή ή εφικτή η διαμόρφωση πέλματος κάτω από τον τοίχο ώστε να γίνει εκμετάλλευση του βάρους του πρίσματος γαιών που φέρει το πέλμα στον έλεγχο ευστάθειας. Σε τέτοια περίπτωση η ευστάθεια πρακτικά εξασφαλίζεται από το βάρος του ίδιου του τοίχου, ενώ ο κορμός του τοίχου πρέπει να διαμορφώνεται με σημαντικό πάχος αφού άλλωστε θα είναι άοπλος. Εκτός από του γεωτεχνικούς ελέγχους το πρόγραμμα ελέγχει εάν επαρκεί ο κορμός χωρίς οπλισμό διάτμησης.

Κανονισμοί επίλυσης

Για την επίλυση χρησιμοποιούνται οι παρακάτω κανονισμοί: Ευρωκώδικας 0, Ευρωκώδικας 2, Ευρωκώδικας 7, Ευρωκώδικας 8. λαμβάνονται υπόψη τα σεισμικά φορτία με βάση τον Ευρωκώδικα 8. Οι συνδυασμοί φορτίσεων και οι συντελεστές ασφαλείας λαμβάνουν τις τιμές που ορίζονται στους παραπάνω κανονισμούς.

Εξαγωγή αρχείου ΤΕΚ

Το πρόγραμμα έχει δυνατότητα εξαγωγής αρχείου tek, προκειμένου να γίνει περαιτέρω επεξεργασία και σχεδίαση μέσω του Fespa.



Σχήμα 3.1 Με την εντολή «Παράμετροι > Εξαγωγή σκαριφήματος σε .tek» δημιουργείται ένα αρχείο μορφής .tek, το οποίο μπορεί να εισαχθεί στο Fespa.

4 Αποτελέσματα

4.1 Συνοπτικά αποτελέσματα της μελέτης

Με την εντολή «Αρχεία – Συνοπτικά αποτελέσματα» εκτυπώνονται συνοπτικά τα γεωμετρικά και γεωτεχνικά δεδομένα της μελέτης, το σκαρίφημα του τοίχους, καθώς και επιλεγμένα αποτελέσματα της μελέτης, όπως:

Συντελεστές ασφαλείας (ή λόγοι επάρκειας): Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους στατικούς και σεισμικούς συνδυασμούς εμφανίζονται οι πιο κρίσιμοι συντελεστές ασφαλείας για κάθε έλεγχο (ολίσθηση, ανατροπή και φέρουσα ικανότητα).

Ροπές - Οπλισμοί: Υπολογίζονται και τυπώνονται οι ροπές στις δυσμενέστερες θέσεις. Στις θέσεις αυτές υπολογίζονται και οι απαιτούμενοι οπλισμοί (σε cm^2) λαμβάνοντας υπόψη και τον ελάχιστο απαιτούμενο οπλισμό βάσει του EC2-1-1 §9.3. Επιπλέον, τυπώνεται και η προτεινόμενη διάταξη κύριου και δευτερεύοντος οπλισμού βάσει των διαθέσιμων διαμέτρων.

Θέση 1-1: Στον κορμό του τοίχου, στην ένωση του κορμού με το πέδιλο του τοίχου όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.1 και στο Σχήμα 2.2, ή στην οθόνη σχεδίασης. Ο οπλισμός αυτός τοποθετείται κατακόρυφα καθ' ύψος του τοίχου στην παρειά των γαιών.

Θέση 2-2: Βλέπε Σχήμα 2.1 και Σχήμα 2.2. Ο οπλισμός αυτός τοποθετείται άνω, στο πίσω πέλμα του τοίχου (εφόσον διαμορφώνεται) κατά μήκος της διάστασης $S1$.

Θέση 3-3: Υπολογίζεται ο απαιτούμενος οπλισμός στο πέλμα εμπρός (εφόσον διαμορφώνεται), ενώ τοποθετείται κατά το μήκος L του πέλματος - κάτω.

4.2 Αναλυτικά αποτελέσματα της μελέτης - Τεύχος

Το πρόγραμμα δίνει σε ξεχωριστό περιβάλλον τα δεδομένα του τοίχου, τα αποτελέσματα για τους στατικούς και σεισμικούς συνδυασμούς των γεωτεχνικών ελέγχων, την διαστασιολόγηση σε κάμψη, καθώς και την προμέτρηση σκυροδέματος χάλυβα οπλισμού. Καλείται μετά την επίλυση με την εντολή «Αρχείο > Τεύχος». Βλ. §1.

Στατικές φορτίσεις:

Οι ενεργητικές και παθητικές ωθήσεις υπολογίζονται κατά Coulomb. Βλέπε [KRAM96].

Επιρροή του σεισμού**Σεισμικές φορτίσεις:**

Η μέθοδος που συνιστάται για τον καθορισμό των σεισμικών εδαφικών δυνάμεων είναι αυτή των ισοδύναμων στατικών φορτίων.

Σύμφωνα με την ισοδύναμη στατική μέθοδο, στο κέντρο βάρους της μάζας του εδάφους θεωρείται ότι ενεργεί μία οριζόντια σεισμική δύναμη ίση με το βάρος του πρίσματος πολλαπλασιασμένη με ένα σεισμικό συντελεστή. Η σεισμική αυτή δύναμη αποτελεί μία πρόσθετη φόρτιση στις ήδη ασκούμενες στατικές φορτίσεις του τοίχου.

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον υπολογισμό των πρόσθετων ωθήσεων λόγω σεισμού, είναι αυτή που διατύπωσαν οι Mononobe και Okabe, η οποία βασίζεται στην θεωρία του Coulomb. Βλ. EC8-5 παράρτημα E.

Η συνολική δύναμη σχεδιασμού που ενεργεί στον τοίχο από την πλευρά του εδάφους, E_d δίνεται από τη σχέση:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) K_{aE} \cdot H^2$$

όπου:

$$\text{Εάν } \beta \leq \phi'_d - \theta$$

$$K_{aE} = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta_d) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \cdot \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\text{Εάν } \beta > \phi'_d - \theta$$

$$K_{aE} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$$

Η αντίστοιχη έκφραση για την παθητική ώθηση που αναπτύσσεται λόγω της κίνησης του τοίχου προς την επίχωση είναι η ακόλουθη:

$$K_{pE} = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi + \theta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin \phi'_d \cdot \sin(\phi'_d + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

όπου:

$$\theta \quad \tan \theta = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

όπου:

k_h ο οριζόντιος σεισμικός συντελεστής και k_v ο κατακόρυφος. Βλ. «Φάσμα > Συντελεστής σεισμικής επιτάχυνσης $ag = \gamma_i^* agR$ ».

γ Το μοναδιαίο ειδικό βάρος του εδάφους. Βλ. παράμετρο στη «Επίχωση».

H Το ύψος του τοίχου. Βλ. Σχήμα 2.1 και Σχήμα 2.2.

β Η γωνία κλίσης του πρανούς επίχωσης.

ψ Η γωνία κλίσης του τοίχου στην παρειά γαιών μετρούμενη ως προς την οριζόντιο. Βλ. Σχήμα 2.1 και Σχήμα 2.2.

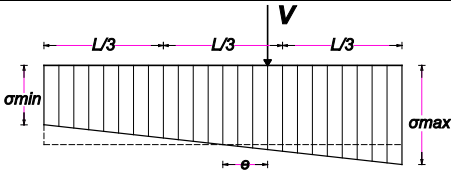
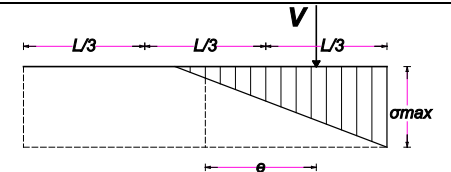
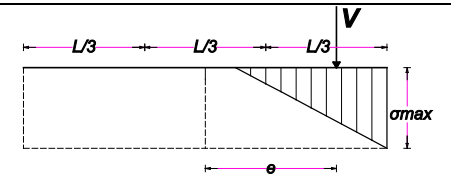
ϕ'_d Η τιμή σχεδιασμού της γωνίας διατμητικής αντοχής (εσωτερικής τριβής) του εδάφους. Βλ. παράμετρο στη «Επίχωση». Στον Τρόπο Ανάλυσης 2 (DA2* & DA2) ισούται με την χαρακτηριστική τιμή.

δ'_d Η τιμή σχεδιασμού της γωνίας διατμητικής αντοχής (εσωτερικής τριβής) μεταξύ τοίχου – εδάφους. Βλ. παράμετρο στη «Επίχωση». Στον Τρόπο Ανάλυσης 2 (DA2* & DA2) ισούται με την χαρακτηριστική τιμή.

Παρατήρηση

Οι παραπάνω τύποι εφαρμόζονται στον υπολογισμό των ωθήσεων επί του τοίχου για την οριακή κατάσταση δομικής αστοχίας [STR]. Για τον υπολογισμό των ωθήσεων στην κατακόρυφη θέση A-A (γεωτεχνικές οριακές καταστάσεις [GEO] και ισορροπίας [EQU]) λαμβάνεται $\psi = 90^\circ$.

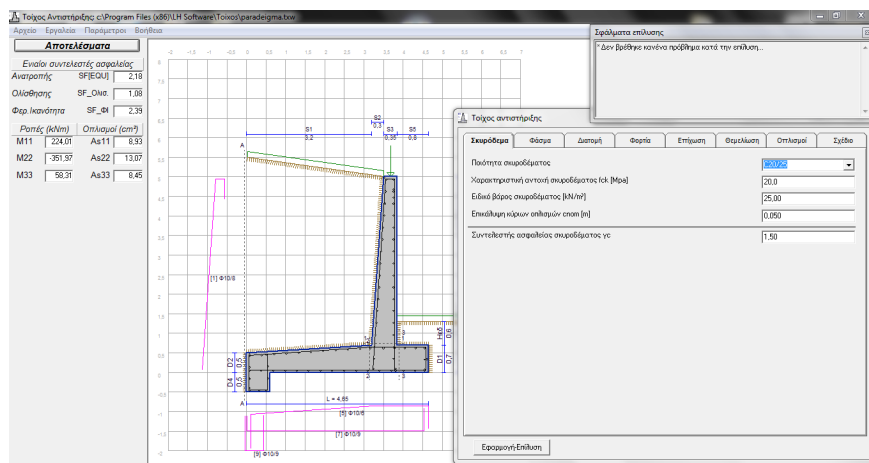
4.4 Έλεγχος εκκεντρότητας

	$e < L/6$	Μικρή εκκεντρότητα – όλο το πέλμα υπό θλίψη
	$L/6 < e < L/3$	Μεγάλη εκκεντρότητα – Χαίμων αρμός
	$L/3 < e$	Πολύ μεγάλη εκκεντρότητα – κίνδυνος ανατροπής

Σχήμα 4.2 Διαγράμματα τάσεων εδάφους και εκκεντρότητες φόρτισης. Ο έλεγχος εκκεντρότητας γίνεται σύμφωνα με την §6.5.4 του EC7.

5 Παράδειγμα τοίχου αντιστήριξης

Ζητείται ο σχεδιασμός του τοίχου με πέλματα που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, ο οποίος αντιστηρίζει εδαφικό επίχωμα από άμμο με τα εξής χαρακτηριστικά: $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$, $\varphi=30^\circ$, $\delta=15^\circ$. Ο τοίχος εδράζεται σε έδαφος με εσωτερική γωνία τριβής $\varphi=32^\circ$. Στο πρηνές πίσω από τον τοίχο εφαρμόζεται κατανεμημένο φορτίο $g_p=10 \text{ kN/m}^2$ και στον πόδα εμπρός ίσο με $g_e=10 \text{ kN/m}^2$. Ασκείται επίσης συγκεντρωμένο φορτίο στην στέγη του τοίχου ίσο με $G_s=20 \text{ kN/m}$.



Εικόνα 5.1 Η οθόνη εισαγωγής των δεδομένων.

Δεδομένα τοίχου αντιστήριξης

1. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά τοίχου.

Ύψος τοίχου αντιστήριξης	$H = 5,00 \text{ [m]}$
Πάχος πέλματος πεδίου εμπρός	$D1 = 0,70 \text{ [m]}$
Πάχος πέλματος πεδίου πίσω	$D2 = 0,50 \text{ [m]}$
Υψομετ. διαφορά άκρων πεδίου	$D3 = 0,00 \text{ [m]}$
Ύψος χαλινού	$D4 = 0,50 \text{ [m]}$
Πάχος χαλινού	$D5 = 0,60 \text{ [m]}$
Υψος επίχωσης εμπρός	$H_{εδ} = 0,60 \text{ [m]}$
Μήκος πίσω πέλματος	$S1 = 3,20 \text{ [m]}$
Μήκος	$S2 = 0,30 \text{ [m]}$
Πλάτος στέψης	$S3 = 0,35 \text{ [m]}$
Μήκος	$S4 = 0,00 \text{ [m]}$
Μήκος εμπρός πέλματος	$S5 = 0,80 \text{ [m]}$
Γωνία κλίσης παρειάς γαιών-τοίχου	$\psi = 86,01 \text{ [}^\circ\text{]}$
Γωνία κλίσης θεμελίου	$\alpha = 0,00 \text{ [}^\circ\text{]}$

2. Εδαφικά Χαρακτηριστικά επίχωσης.

Γωνία διατμητικής αντοχής επίχωσης	$\phi_d - \epsilon\pi = 30,00 \text{ [}^\circ\text{]}$
Γωνία τριβής τοίχου-επίχωσης	$\delta_d - \epsilon\pi = 15,00 \text{ [}^\circ\text{]}$
Μοναδιαίο βάρος επίχωσης	$\gamma = 18,00 \text{ [kN/m}^3\text{]}$
Γωνία κλίσης πρανού	$\beta = 8,00 \text{ [}^\circ\text{]}$
Συντελ. υπολογισμού παθητικής ώθησης	$\lambda = 0,30$

3. Στοιχεία εδάφους θεμελίωσης.

Τρόπος ανάλυσης γεωτεχνικών οριακών καταστάσεων [GEO]	DA2* EC7 (B.6.2.2)
Γωνία τριβής στη βάση του θεμελίου	$\delta = 32,00 \text{ [}^\circ\text{]}$
Επιτρεπόμενη τάση εδάφους	$\sigma_{\epsilon\pi} = 300,00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

4. Επιβαλλόμενα Φορτία

Μόνιμο φορτίο πρανούς επίχωσης	$g_p = 10,00 \text{ [kN/m]}$
Κινητό φορτίο πρανούς επίχωσης	$q_p = 0,00 \text{ [kN/m]}$
Μόνιμο συγκεντρωμένο στέψης τοίχου	$G_s = 20,00 \text{ [kN]}$
Κινητό συγκεντρωμένο στέψης τοίχου	$Q_s = 0,00 \text{ [kN]}$
Μόνιμο φορτίο πόδα (εμπρός)	$g_e = 15,00 \text{ [kN/m]}$
Κινητό φορτίο πόδα (εμπρός)	$q_e = 0,00 \text{ [kN/m]}$

Όλα τα φορτία και τα εντατικά μεγέθη δίδονται ανά μέτρο μήκους.

5. Επιμέρους συντελεστές δράσεων και αντιστάσεων

Μόνιμα φορτία	$\gamma_g = 1,35$
Κινητά φορτία	$\gamma_q = 1,50$
Φέρουσας Ικανότητας (στατικά φορτία)	$\gamma_{RV} = 1,40$
Φέρουσας Ικανότητας (σεισμικά φορτία)	$\gamma_{RV} = 1,00$
Ολίσθησης (στατικά φορτία)	$\gamma_{RH} = 1,10$
Ολίσθησης (σεισμικά φορτία)	$\gamma_{RH} = 1,00$

6. Υλικά κατασκευής - Γενικά στοιχεία

Ποιότητα Σκυροδέματος	C20/25
Χαρακτηριστική αντοχή Σκυροδέματος	$f_{ck} = 20,0 \text{ [MPa]}$
Συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος	$\gamma_c = 1,50$
Ποιότητα Χάλυβα	B500C
Χαρακτηριστική αντοχή Χάλυβα	$f_{yk} = 500,0 \text{ [MPa]}$
Συντελεστής ασφαλείας χάλυβα	$\gamma_s = 1,15$

7. Σεισμικά χαρακτηριστικά

Σεισμική ζώνη	Z2
Εδαφική επιτάχυνση οριζόντια $a_g = [\gamma_I \cdot a_{gR}]$	$a_g = 0,24g$
Εδαφική επιτάχυνση κατακόρυφα $[a_{vg}/a_g]$	$\lambda = 0,90$
Μειωτικός συντελεστής συμπερ. Τοίχου	$r = 1,50$
Συντελεστής εδάφους [EC8-1 πιν. 3.2]	$S = 1,20$
Σεισμικός συντελεστής (οριζόντια)	$k_H = 0,192$
Σεισμικός συντελεστής (κατακόρυφα)	$k_V = 0,096$
Γωνία κλίσης θ (ΚΑΤΩ ΣΕΙΣΜΟΣ)	$\theta_A = 9,936 [^\circ]$
Γωνία κλίσης θ (ΑΝΩ ΣΕΙΣΜΟΣ)	$\theta_B = 11,991 [^\circ]$

8. Κανονισμοί

Για την επίλυση χρησιμοποιούνται οι παρακάτω κανονισμοί:
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 0, ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 2, ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 7, ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 8.
Λαμβάνονται υπόψιν τα πρόσθετα σεισμικά φορτία, με βάση τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 8.
Οι συνδυασμοί φορτίσεων όπως ορίζονται από τους παραπάνω κανονισμούς.
Οι συντελεστές ασφαλείας όπως ορίζονται από τους παραπάνω κανονισμούς.

Στατική φόρτιση

Παθητική ώθηση στον τοίχο από *Coulomb*

Συντ. υπολογισμού παθ. Ωθησης	$k_{Pe} = 3,00$
Γαίες τοίχου εμπρός	$F_{pS} = 87,48 \text{ [kN]}$
Από μόνιμο πόδα (εμπρός)	$F_{pg} = 40,50 \text{ [kN]}$
Από κινητό πόδα (εμπρός)	$F_{pq} = 0,00 \text{ [kN]}$
Συνολική παθητική ώθηση	$F_p = 127,98 \text{ [kN]}$

Στην κατακόρυφη παρειά A-A [EQU, GEO]

Κατακόρυφα φορτία	
Ιδιο Βάρος τοίχου	$W = 134,63 \text{ [kN]}$
Ιδιο Βάρος γαιών	$S = 280,54 \text{ [kN]}$
Μόνιμο φορτίο πρανούς επίχωσης	$g_p = 35,00 \text{ [kN]}$
Κινητό φορτίο πρανούς επίχωσης	$q_p = 0,00 \text{ [kN]}$
Συντελεστής K_a	0,343
Συντελεστής K_{aH}	0,340
Οριζόντια συνιστώσα λόγω ενεργητικής ώθησης	
Λόγω γαιών	$H_s = 109,90 \text{ [kN]}$
Λόγω μόνιμου φορτίου πρανούς	$H_{gp} = 20,38 \text{ [kN]}$
Λόγω κινητού φορτίου πρανούς	$H_{qp} = 0,00 \text{ [kN]}$
Συνολική ενεργητική ώθηση	175,88 [kN]
Κατακόρυφη συνιστώσα λόγω ενεργητικής ώθησης	
Λόγω γαιών	$V_s = 15,45 \text{ [kN]}$
Λόγω μόνιμου φορτίου πρανούς	$V_{gp} = 2,86 \text{ [kN]}$
Λόγω κινητού φορτίου πρανούς	$V_{qp} = 0,00 \text{ [kN]}$

Ροπές ανατροπής κ' ευστάθειας.

Ροπές ανατροπής

Λόγω ώθησης γαιών	MHs = 164,55 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών από μόνιμο φορτίο πρανούς	MHgπ = 50,87 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών από κινητό φορτίο πρανούς	MHqπ = 0,00 [kNm]

Ροπές ευστάθειας

Ροπή λόγω ίδιου βάρους τοίχου	Mw = 250,00 [kNm]
Ροπή λόγω ίδιου βάρους γαιών	Ms = 845,71 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών (κατακόρυφα)	Mvs = 71,82 [kNm]
Λόγω ώθησης μόνιμου φορτίου πρανούς (κατακόρυφα)	Mvgπ = 13,32 [kNm]
Λόγω ώθησης κινητού φορτίου πρανούς (κατακόρυφα)	Mvqπ = 0,00 [kNm]
Λόγω μόνιμου φορτίου στέψης τοίχου	MGs = 19,50 [kNm]
Λόγω παθητικής ώθησης εμπρός	MPas = 12,80 [kNm]

Στην επιφάνεια μεταξύ τοίχου & γαιών (τομή 1-1) [STR]

Συντελεστής Ka	0,367
Συντελεστής KaH	0,347
Λόγω ώθησης γαιών-(Οριζόντια)	Hs = 57,70 [kN]
Ώθηση γαιών λόγω μόνιμου φορτίου πρανούς-(Οριζόντια)	Hgπ = 14,91 [kN]
Ώθηση γαιών λόγω κινητού φορτίου πρανούς-(Οριζόντια)	Hqπ = 0,00 [kN]
Συνολική τέμνουσα δύναμη	VEd = 98,03 [kN]

Ροπές διαστασιολόγησης [τομή 1-1]

Λόγω ώθησης γαιών	MsH = 82,71 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών από μόνιμο φορτίο πρανούς	Mgπ = 32,06 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών από κινητό φορτίο πρανούς	Mqπ = 0,00 [kNm]
Συνολική Ροπή	MEd = 154,93 [kNm]

Έλεγχος ολίσθησης - (GEO) (EC7 §6.5.3)

Φόρτιση - ΣΦ(1) [Στατική φόρτιση]

Οριζόντια φορτία

Δύναμη ολίσθησης σχεδιασμού	Hd = 175,88 [kN]
------------------------------------	-------------------------

Κατακόρυφα φορτία - Αντίσταση έναντι ολίσθησης

Συνολική κατακόρυφη δύναμη	Vk = 453,48 [kN]
Παθητική ώθηση γαιών	Fp = 127,98 [kN]
Αντίσταση ολίσθησης = $Vk \cdot \epsilon \phi(\delta) / \gamma RH + \lambda \cdot Fp / \gamma RV$	Rd = 285,03 [kN]
Συντελεστής ασφαλείας έναντι ολίσθησης	SF = 1,62

Έλεγχος ανατροπής - (EQU) (EC7 §2.4.7.2)

Φόρτιση - ΣΦ(6) [Στατική φόρτιση]

Ροπές ανατροπής

Συνολική ροπή ανατροπής	Mov = 236,96 [kNm]
--------------------------------	---------------------------

Ροπές ευστάθειας

Συνολική ροπή ευστάθειας	Msta = 1100,80 [kNm]
Συντελεστής ασφαλείας έναντι ανατροπής	SF = 4,65

EKKENTROTHTA => $\xi = (1100,80[\text{kNm}] - 236,96[\text{kNm}]) / (411,79[\text{kN}]) = 2,10[\text{m}]$ => $e = L/2 - \xi = 0,23$

Φόρτιση - ΣΦ(7) [Στατική φόρτιση]

Ροπές ανατροπής

Συνολική ροπή ανατροπής	Mov = 226,79 [kNm]
--------------------------------	---------------------------

Ροπές ευστάθειας

Συνολική ροπή ευστάθειας	Msta = 1098,13 [kNm]
Συντελεστής ασφαλείας έναντι ανατροπής	SF = 4,84

EKKENTROTHTA => $\xi = (1098,13[\text{kNm}] - 226,79[\text{kNm}]) / (411,22[\text{kN}]) = 2,12[\text{m}]$ => $e = (L/2 - \xi) = 0,21$

Έλεγχος Φέρουσας Ικανότητας - (GEO)

Φόρτιση - ΣΦ(1) [Στατική φόρτιση]	
Οριζόντια δύναμη	Hk = 91,89 [kN]
Κατακόρυφη δύναμη	Vk = 453,48 [kN]
Ροπή σχεδιασμού [Mst-Mon]	Mk = 988,76 [kNm]
Εκκεντρότητα φόρτισης	e = 0,14 [m]
Ενεργό πλάτος θεμελίωσης	b' = 4,36 [m]
Φέρουσα Ικανότητα εδάφους	RVd = 2586,24 [kN]
Συντελεστής ασφαλείας έναντι υπέρβασης της Φέρουσας Ικανότητας [RVd/Vd]SF = 4,22	

Έλεγχος εκκεντρότητας (EC7 §6.5.4) => $e = L/2 - \xi = 0,14 < L/6 = 0,78[m]$

Παρατήρηση

Η τιμή της επιτρεπόμενης τάσης του εδάφους εξαρτάται από την τιμή του ενεργού πλάτους θεμελίωσης, σύμφωνα με τον DIN1054 (Παράρτημα Α, Πίνακας Α.1).

Τάσεις εδάφους & Οπλισμοί πέλματος

Κατακόρυφη δύναμη	Vd = 612,20 [kN]
Κατακόρυφη δύναμη	Md = 1333,49 [kN]
Εκκεντρότητα φόρτισης	e = 0,15 [m]
Μέγιστη τάση στο θεμέλιο	$\sigma_{\max} = 156,59 [kN/m^2]$
Ελάχιστη τάση στο θεμέλιο	$\sigma_{\min} = 106,72 [kN/m^2]$
Μήκος προβόλου υπολογισμού	L = 3,20 [m]
Τάση στην θέση υπολογισμού 2-2	$\sigma_{22} = 141,04 [kN/m^2]$
Ροπή ελέγχου πεδίου στην θέση 2-2 (πίσω πρόβολος), για οπλισμό	M22 = -117,88 [kN/m]
Τάση στην θέση υπολογισμού 3-3	$\sigma_{33} = 148,01 [kN/m^2]$
Ροπή ελέγχου πεδίου στην θέση 3-3 (εμπρός πρόβολος), για οπλισμό	M33 = 41,63 [kN/m]

Συντελεστές υπολογισμού Φέρουσας Ικανότητας

Συντελεστής κλίσης φορτίου	$i_c = 0,73$
----------------------------	--------------

Φόρτιση - ΣΦ(3) [Στατική φόρτιση]

Οριζόντια δύναμη	Hk = 91,89 [kN]
Κατακόρυφη δύναμη	Vk = 488,48 [kN]
Ροπή σχεδιασμού [Mst-Mov]	Mk = 1090,27 [kNm]
Εκκεντρότητα φόρτισης	e = 0,09 [m]
Ενεργό πλάτος θεμελίωσης	b' = 4,46 [m]
Φέρουσα Ικανότητα εδάφους	RVd = 2715,13 [kN]
Συντελεστής ασφαλείας έναντι υπέρβασης της Φέρουσας Ικανότητας [RVd/Vd] SF	
= 4,12	

Έλεγχος εκκεντρότητας (EC7 §6.5.4) => $e = L/2 - \xi = 0,09 < L/6 = 0,78[m]$

Τάσεις εδάφους & Οπλισμοί πέλματος

Κατακόρυφη δύναμη	Vd = 659,45 [kN]
Κατακόρυφη δύναμη	Md = 1470,51 [kN]
Εκκεντρότητα φόρτισης	e = 0,10 [m]
Μέγιστη τάση στο θεμέλιο	$\sigma_{max} = 159,22 [kN/m^2]$
Ελάχιστη τάση στο θεμέλιο	$\sigma_{min} = 124,42 [kN/m^2]$
Μήκος προβόλου υπολογισμού	L = 3,20 [m]
Τάση στην θέση υπολογισμού 2-2	$\sigma_{22} = 148,36 [kN/m^2]$
Ροπή ελέγχου πεδίου στην θέση 2-2 (πίσω πρόβολος), για οπλισμό	M22= - 114,09 [kN/m]
Τάση στην θέση υπολογισμού 3-3	$\sigma_{33} = 153,23 [kN/m^2]$
Ροπή ελέγχου πεδίου στην θέση 3-3 (εμπρός πρόβολος), για οπλισμό	M33= 42,75 [kN/m]

Συντελεστές υπολογισμού Φέρουσας Ικανότητας

Συντελεστής κλίσης φορτίου	ic = 0,75
----------------------------	-----------

Σεισμική φόρτιση

[1.] Σεισμός προς τα πάνω [αρνητικός]

Παθητική ώθηση στον τοίχο από Mononobe-Okabe

Γωνία κλίσης υπολογισμού	$\theta = 11,991 [^\circ]$
Συντ. υπολογισμού παθ. ώθησης	$kP = 2,60$
Γαίες τοίχου εμπρός	$FpS = 68,65 [kN]$
Από μόνιμο πόδα (εμπρός)	$Fpg = 31,78 [kN]$
Από κινητό πόδα (εμπρός)	$Fpq = 0,00 [kN]$
Συνολική παθητική ώθηση	$Fp = 100,43 [kN]$

Συντελεστές ενεργητικής ώθησης από Mononobe-Okabe στην παρειά (A-A)

Συντελεστής K_{ae}	$K_{ae} = 0,549$
Συντελεστής K_{aeH}	$K_{aeH} = 0,543$

Στην κατακόρυφη παρειά A-A [EQU, GEO]

Οριζόντια συνιστώσα λόγω ενεργητικής ώθησης	
Λόγω γαιών	$H_s = 158,71 [kN]$
Λόγω μόνιμου φορτίου πρανούς	$H_{gp} = 29,43 [kN]$
Λόγω κινητού φορτίου πρανούς[*ψ2]	$H_{qp} = 0,00 [kN]$
Συνολική ενεργητική ώθηση	$= 188,14 [kN]$
Κατακόρυφη συνιστώσα λόγω ενεργητικής ώθησης	
Λόγω γαιών	$V_s = 22,31 [kN]$
Λόγω μόνιμου φορτίου πρανούς	$V_{gp} = 4,14 [kN]$
Λόγω κινητού φορτίου πρανούς[*ψ2]	$V_{qp} = 0,00 [kN]$

Ροπές ανατροπής κ' ευστάθειας.

Ροπές ανατροπής

Λόγω αδρανειακής δύναμης τοίχου	Mw = 31,33 [kNm]
Λόγω αδρανειακής δύναμης γαιών	Ms = 159,54 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών	MHs = 237,64 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών από μόνιμο φορτίο πρανούς	MHgπ = 73,46 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών από κινητό φορτίο πρανούς[*ψ2]	MHqπ = 0,00 [kNm]
Λόγω αδρανειακής δύναμης μόνιμου φορτίου στέψης	MGσ = 19,20 [kNm]

Ροπές ευστάθειας

Ροπή λόγω ίδιου βάρους τοίχου	Mw = 226,00 [kNm]
Ροπή λόγω ίδιου βάρους γαιών	Ms = 764,52 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών (κατακόρυφα)	Mvs = 103,72 [kNm]
Λόγω ώθησης μόνιμου φορτίου πρανούς (κατακόρυφα)	Mvgπ = 19,23 [kNm]
Λόγω ώθησης κινητού φορτίου πρανούς (κατακόρυφα)[*ψ2]	Mvqπ = 0,00 [kNm]
Λόγω μόνιμου φορτίου στέψης τοίχου	MGσ = 17,63 [kNm]
Λόγω παθητικής ώθησης εμπρός	MPas = 10,04 [kNm]

Στην επιφάνεια μεταξύ τοίχου & γαιών (τομή 1-1) [STR]

Συντελεστής Ka	= 0,593
Συντελεστής KaH	= 0,561
Λόγω ώθησης γαιών-(Οριζόντια)	Hs = 84,36 [kN]
Ώθηση γαιών λόγω μόνιμου φορτίου πρανούς-(Οριζόντια)	Hgπ = 21,80 [kN]
Ώθηση γαιών λόγω κινητού φορτίου πρανούς-(Οριζόντια)[*ψ2]	Hqπ = 0,00 [kN]
Αδρανειακή δύναμη τοίχου	Hw = 10,32 [kN]
Αδρανειακή δύναμη μόνιμου φορτίου στέψης τοίχου	HGσ = 3,84 [kN]
Συνολική τέμνουσα δύναμη	VEd = 120,32 [kN]

Ροπές διαστασιολόγησης [τομή 1-1]

Λόγω αδρανειακής δύναμης τοίχου	Mw = 22,19 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών	MsH = 120,92 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών από μόνιμο φορτίο πρανούς	Mgπ = 46,87 [kNm]
Λόγω ώθησης γαιών από κινητό φορτίο πρανούς[*ψ2]	Mqπ = 0,00 [kNm]
Λόγω αδρανειακής δύναμης μόνιμου φορτίου στέψης τοίχου	MGσ = 16,51 [kNm]
Συνολική Ροπή	MEd = 206,48 [kNm]

Έλεγχος ολίσθησης - (GEO) (EC7 §6.5.3)

Φόρτιση - ΣΣ(1) [Σεισμική φόρτιση]

Οριζόντια φορτία

Δύναμη ολίσθησης σχεδιασμού	Hd = 271,69 [kN]
-----------------------------	------------------

Κατακόρυφα φορτία - Αντίσταση έναντι ολίσθησης

Συνολική κατακόρυφη δύναμη	Vd = 419,83 [kN]
Παθητική ώθηση γαιών	Fp = 100,43 [kN]
Αντίσταση ολίσθησης = $Vd \cdot \epsilon \phi(\delta) / \gamma RH + \lambda \cdot Fp / \gamma RV$	Rd = 292,47 [kN]
Συντελεστής ασφαλείας έναντι ολίσθησης	SF = 1,08

Έλεγχος ανατροπής - (EQU) (EC7 §2.4.7.2)

Φόρτιση - ΣΣ(1) [Σεισμική φόρτιση]

Ροπές ανατροπής

Συνολική ροπή ανατροπής	Mov = 521,17 [kNm]
-------------------------	--------------------

Ροπές ευστάθειας

Συνολική ροπή ευστάθειας	Msta = 1134,11 [kNm]
Συντελεστής ασφαλείας έναντι ανατροπής	SF = 2,18

EKKENTΡΟΤΗΤΑ => $\xi = (1134,11[\text{kNm}] - 521,17[\text{kNm}]) / (419,83[\text{kN}]) = 1,46[\text{m}]$ => $e = L/2 - \xi = 0,87$

Έλεγχος Φέρουσας Ικανότητας - (GEO)

Φόρτιση - ΣΣ(1) [Σεισμική φόρτιση]

Οριζόντια δύναμη	$Hd = 241,57 \text{ [kN]}$	
Κατακόρυφη δύναμη	$Vd = 419,83 \text{ [kN]}$	
Ροπή σχεδιασμού [Mst-Mov]	$MEd = 612,94 \text{ [kNm]}$	
Εκκεντρότητα φόρτισης	$e = 0,87 \text{ [m]}$	
Ενεργό πλάτος θεμελίωσης	$b' = 2,92 \text{ [m]}$	
Φέρουσα Ικανότητα εδάφους	$RVd = 1003,40 \text{ [kN]}$	
Συντελεστής ασφαλείας έναντι υπέρβασης της Φέρουσας Ικανότητας [RVd/Vd]	SF	= 2,39

Έλεγχος εκκεντρότητας (EC7 §6.5.4) $\Rightarrow e = L/2 - \xi = 0,87 \Rightarrow L/6 = 0,78 < e < L/3 = 1,55$

Τάσεις εδάφους & Οπλισμοί πέλματος

Κατακόρυφη δύναμη	$Vd = 419,83 \text{ [kN]}$	
Κατακόρυφη δύναμη	$Md = 612,94 \text{ [kN]}$	
Εκκεντρότητα φόρτισης	$e = 0,87 \text{ [m]}$	
Μέγιστη τάση στο θεμέλιο	$\sigma_{max} = 191,71 \text{ [kN/m}^2\text{]}$	
Ελάχιστη τάση στο θεμέλιο	$\sigma_{min} = 0,00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$	
Μήκος προβόλου υπολογισμού	$L = 2,93 \text{ [m]}$	
Τάση στην θέση υπολογισμού 2-2	$\sigma_{22} = 128,24 \text{ [kN/m}^2\text{]}$	
Ροπή ελέγχου πεδίου στην θέση 2-2 (πίσω πρόβολος), για οπλισμό	$M_{22} = 351,97 \text{ [kN/m]}$	
Τάση στην θέση υπολογισμού 3-3	$\sigma_{33} = 156,69 \text{ [kN/m}^2\text{]}$	
Ροπή ελέγχου πεδίου στην θέση 3-3 (εμπρός πρόβολος), για οπλισμό	$M_{33} = 52,01 \text{ [kN/m]}$	

Συντελεστές υπολογισμού Φέρουσας Ικανότητας

Συντελεστής κλίσης φορτίου	$i_c = 0,30$
----------------------------	--------------

[2.] Σεισμός προς τα κάτω [θετικός]

Γίνονται οι ίδιοι έλεγχοι και τυπώνονται οι ίδιοι πίνακες, όπως για το σεισμό προς τα πάνω.

Διαστασιολόγηση τοίχου

Έλεγχος διάτμησης τοίχου

Έλεγχος επάρκειας πλάτους κορμού τοίχου

Τέμνουσα σχεδιασμού	$V_{Ed} = 131,41 \text{ [kN]}$
Αντοχή σε τέμνουσα	$V_{Rdc} = 297,09 \text{ [kN]}$
Συντελεστής ασφαλείας έναντι διάτμησης = $[V_{Rdc}/V_{Ed}]$	SF = 2,26

Ο έλεγχος έγινε σύμφωνα με τον EC2 §6.2.2 'Στοιχεία στα οποία δεν απαιτείται οπλισμός διάτμησης'

Ο έλεγχος έγινε για την δυσμενέστερη από όλες τις (στατικές + σεισμικές) φορτίσεις.

Οπλισμοί στις θέσεις ελέγχου

Σίδερο [1] - Παρειά γαιών

Ροπή διαστασιολόγησης	$M_{1-1} = 224,01 \text{ [kNm]}$
Απαιτούμενος κατακόρυφος οπλισμός	$A_{s,req} = 8,93 \text{ [cm}^2\text{]}$
Τοποθετούνται : $\Phi 10/8$	$A_{s,prv} = 9,82 \text{ [cm}^2\text{]}$

Σίδερο [2] - Παρειά γαιών

Απαιτούμενος οριζόντιος οπλισμός = 20% Κύριου οπλισμού	$A_{s,req} = 5,24 \text{ [cm}^2\text{]}$
Τοποθετούνται : $\Phi 10/15$	$A_{s,prv} = 5,24 \text{ [cm}^2\text{]}$

Σίδερα [3] + [4]

Οπλισμός εμπρός πλευράς τοίχου αντιστήριξης	
Τοποθετούμενος οπλισμός = 20% Κύριου οπλισμού	
Εσχάρα: $\Phi 10/15$	$A_{s,prv} = 5,24 \text{ [cm}^2\text{]}$

Ο ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με: [EC2-1-1 §9.3.1.1]

Σίδερο [5] - Πέδιλο, οπλισμός Άνω	
Ροπή διαστασιολόγησης	M2-2 = -351,97 [kNm]
Απαιτούμενος άνω οπλισμός πέλματος	As,req = 13,07 [cm ²]
Τοποθετούνται : Φ10/6	As,prv = 13,09 [cm ²]
Σίδερο [6]	
Τοποθετούμενος οπλισμός = 20% Κύριου οπλισμού	
Απαιτούμενος άνω πέλματος (διανομές)	As,req = 5,23 [cm ²]
Τοποθετούνται : Φ10/15	As,prv = 5,24 [cm ²]
Σίδερα [7] - Πέδιλο, οπλισμός Κάτω	
Ροπή διαστασιολόγησης	M3-3 = 58,3 [kNm]
Απαιτούμενος κάτω οπλισμός πέλματος	As,req = 8,45 [cm ²]
Εσχάρα: Φ10/9	As,prv = 8,73 [cm ²]
Σίδερο [8]	
Τοποθετούμενος οπλισμός = 20% Κύριου οπλισμού	
Απαιτούμενος κάτω πέλματος (διανομές)	As,req = 5,23 [cm ²]
Τοποθετούνται : Φ10/15	As,prv = 5,24 [cm ²]

Προμέτρηση τοίχου

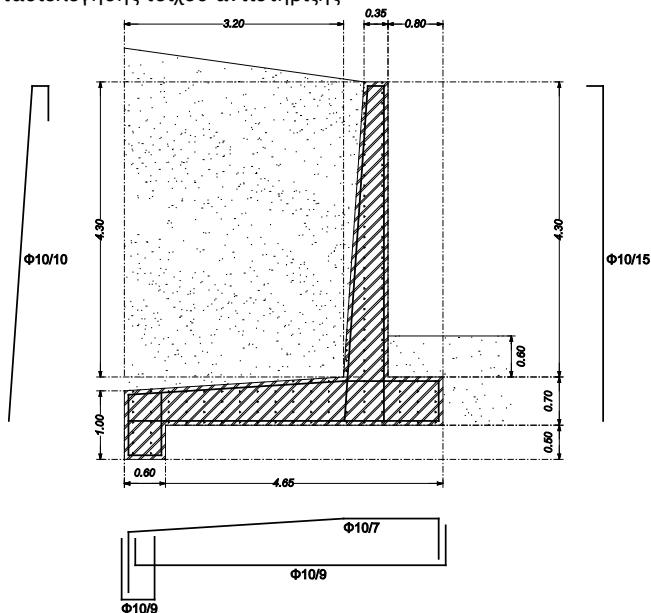
Πίνακας οπλισμών τοίχου αντιστήριξης

A/A [-]	Αριθμός [/]	Διάμετρος [mm]	Μήκος [m]	Βάρος kg
1	13	10	5,26	42,16
2	36	10	1,00	22,20
3	7	10	4,55	19,64
4	31	10	4,55	19,11
5	17	10	5,95	62,36
6	31	10	1,00	19,11
7	12	10	5,95	44,02
8	31	10	1,00	7,40
9	178		25,71	236,00

Ποσότητες Σκυροδέματος - Σιδηρού οπλισμού

Ογκος σκυροδέματος τοίχου	$V_t = 2,15 \text{ m}^3/\mu.\mu$
Ογκος σκυροδέματος πεδίου	$V_p = 3,23 \text{ m}^3/\mu.\mu$
Συνολικός όγκος σκυροδέματος	$Vol = 5,38 \text{ m}^3/\mu.\mu$
Βάρος σιδηρού οπλισμού τοίχου	$= 103,11 \text{ kg}/\mu.\mu$
Βάρος σιδηρού οπλισμού πέλματος	$= 132,89 \text{ kg}/\mu.\mu$
Βάρος σιδηρού οπλισμού	$G = 236,00 \text{ kg}/\mu.\mu$
Αναλογία οπλισμού / σκυροδέματος	$G/Vol = 43,83 \text{ kg}/\text{m}^3$

Τέλος διαστασιολόγησης τοίχου αντιστήριξης



Σχήμα 5.1

Το αρχείο που δημιουργείται με την εντολή «Παράμετροι > Εξαγωγή σκαριφήματος σε .tek» και εισάγεται στο *Fespa*.

6 Βιβλιογραφία

[BOWL88] **Bowles JE**, “Foundation Analysis and Design” 4th edition, McGraw-Hill, 1988.

[KRAM96] **Kramer SL**, “Geotechnical Earthquake Engineering”, Prentice Hall, 1996.

[STIE75], **Stiegler W**, “Τοίχοι αντιστηρίξεως”, Μ. Γκιούρδας, 1975

ΕΛΟΤ EN1997-1:2004, **Ευρωκώδικας 7** Γεωτεχνικός σχεδιασμός, Μέρος 1: Γενικοί κανόνες

ΕΛΟΤ EN1998-5:2005, **Ευρωκώδικας 8** Αντισεισμικός σχεδιασμός, Μέρος 5: Θεμελιώσεις, φορείς αντιστήριξης και γεωτεχνικά θέματα