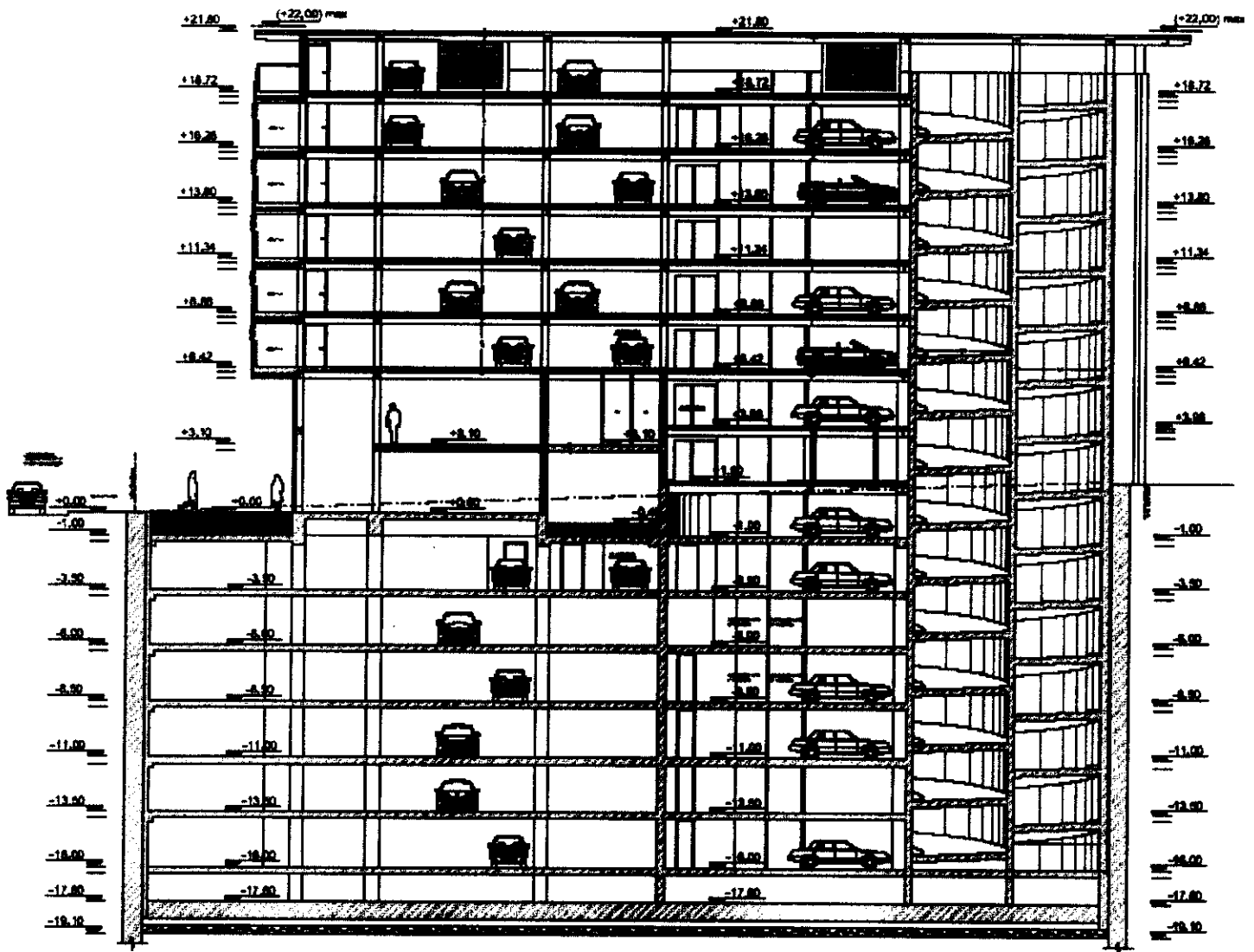


Πολυώροφο κτίριο στάθμευσης αυτοκινήτων στη διασταύρωση των οδών Δημητριάδος - Φιλελλήνων στο Βόλο



Στην παρούσα Τεχνική Έκθεση περιγράφεται η εφαρμογή της μεθόδου 'TOP-DOWN' (επικάλυψη-εκσκαφή υπογείων χώρων εκ των άνω προς τα κάτω) για την κατασκευή των επτά υπογείων σταθμών του Πολυώροφου Κτιρίου Στάθμευσης Αυτοκινήτων στη διασταύρωση των οδών Δημητριάδος-Φιλελλήνων στο Βόλο.

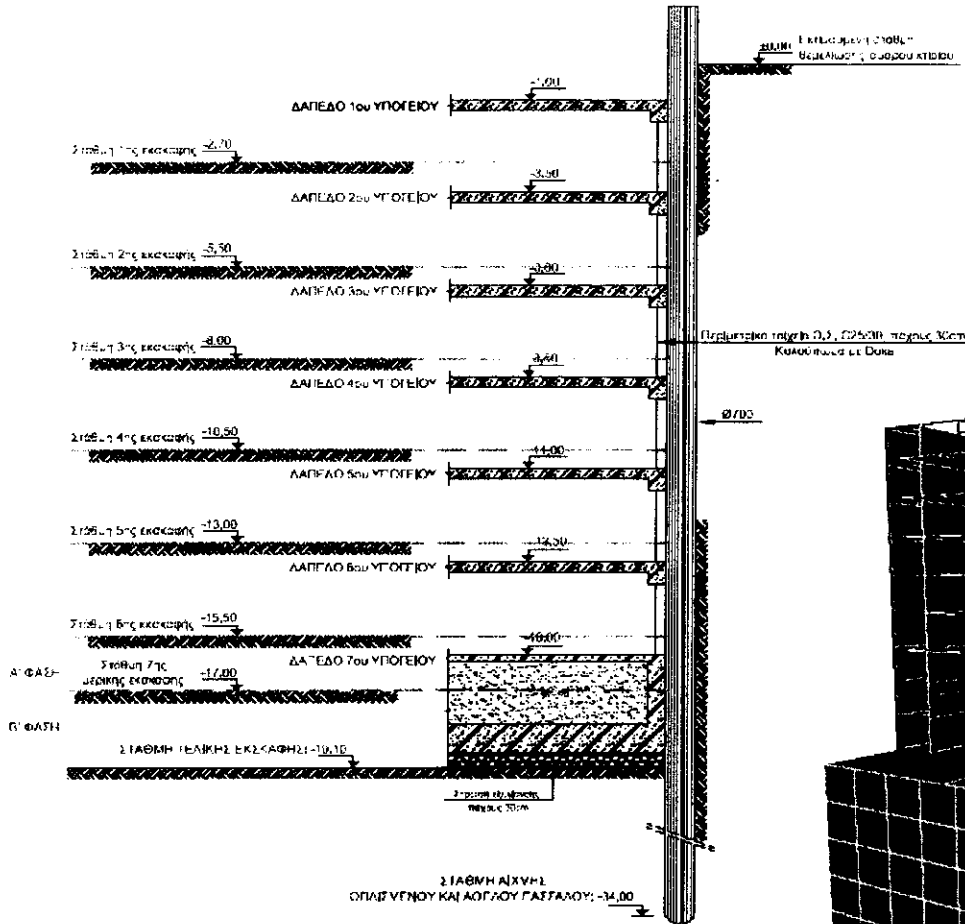
Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια της μεθόδου, καθώς και οι απαιτούμενες τροποποι-

ήσεις στα φέροντα στοιχεία των υπογείων, προκειμένου να διευκολυνθεί η εφαρμογή της μεθόδου.

Στην παρούσα μελέτη συνεργάστηκαν με τη «ΔΟΜΟΣ» οι

συνάδελφοι πολιτικοί μηχανικοί Σωτήρης Μπιτζαράκης και Στεφάνια Κορνάρου για τη διαστασιολόγηση των πλακών, δοκών, υποστυλωμάτων (σύμμικτων και μη) και παντός είδους

τοιχειών, έγινε ανάλυση με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ETABΣ και SOFISTIC όπου λήφθηκε υπόψη ο συνολικός φορέας στη φάση λειτουργίας του.



Η ΜΕΘΟΔΟΣ "TOP-DOWN"

Με τη μέθοδο 'TOP-DOWN' (επικάλυψη-εκσκαφή υπογείων χώρων εκ των άνω προς τα κάτω) είναι δυνατή η κατασκευή πολυώρων υπόγειων σταθμών, χωρίς τη χρήση παρελκόμενων προσωρινών μέτρων αντιστήριξης των πρανών εκσκαφής, ήτοι προενταμένον αγκυρίων ή/και μεταλλικών αντιπριδών.

Τα στάδια της μεθόδου είναι σε σύνοψη τα ακόλουθα:

i. Κατασκευή, από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους, των κατακόρυφων περιμετρικών πετάσμάτων αντιστήριξης (συστοι-

χίες αλληλοτεννόμενων πασσάλων ή πασσαλοδιαφραγμάτων).
 ii. Κατασκευή, από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους, δικτύου εσωτερικών φρεατοπασσάλων με μεταλλικά προφίλ (τύπου HEB-550) εγκιβωτισμένα σε μίγμα αμμοσιμέντου.
 iii. Πρώτη εκσκαφή σε στάθμη χαμηλότερη του δαπέδου Α' υπογείου (-2.70). Αναλόγως του βάθους της εκσκαφής αυτής, είναι πιθανό να απαιτηθεί ήπια αντιστήριξη των παρειών. Αυτό θα υποδειχθεί επιτόπου, από τον γεωτεχνικό μηχανικό

σε συνεργασία με τον επιβλέποντα της ανωδομής.
 iv. Σκυροδέτηση της πλάκας δαπέδου του πρώτου υπογείου (σε στάθμη 0.00/-1.00) επί ξυλοτύπου, επάνω σε κοντούς οικοδομικούς πύργους, οι οποίοι εδράζονται στον πυθμένα της πρώτης εκσκαφής (-2.70). Η πλάκα συνδέεται, μέσω περιμετρικού καλινού-δοκού Ω.Σ. διατομής (50/60), με τα κατακόρυφα περιμετρικά πετάσματα αντιστήριξης. Στην πλάκα δαπέδου προβλέπονται οπές κατάλληλων δια-

στάσεων για την εξασφάλιση της κατακόρυφης κυκλοφορίας (κλιμακοστασιών, μηχανημάτων, υλικών, προσωπικού), μεταξύ επιφάνειας και της εκάστοτε στάθμης εκσκαφής.
 v. Εκσκαφή (και απομάκρυνση των προϊόντων αυτής), σε βάθος 1,70m κάτω από την επιφάνεια της πλάκας δαπέδου του Β' υπογείου.
 vi. Επανάληψη των σταδίων iv. και v. έως τη στάθμη θεμελίωσης (-19,10) με στάθμες εκσκαφής σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Δάπεδο	Ανω στάθμη πλακός Ω.Σ.	Στάθμη γενικής εκσκαφής
Α' υπογείου	0,00/-1,00	-2,70
Β' υπογείου	-3,50	-5,50
Γ' υπογείου	-6,00	-8,00
Δ' υπογείου	-8,50	-10,50
Ε' υπογείου	-11,00	-13,00
ΣΤ' υπογείου	-13,50	-15,50
Ζ' υπογείου	-16,00	-19,10

vii. Σκυροδέτηση των δομικών στοιχείων της θεμελίωσης.
 viii. Σταδιακή σκυροδέτηση των κατακόρυφων φερόντων δομικών στοιχείων, από τη στάθμη θεμελίωσης προς τις ανώτερες υπόγειες στάθμες (φάση ανόδου).

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα γεωτεχνικά στοιχεία λήφθηκαν από τη γεωτεχνική έρευνα που εκτελέστηκε στα πλαίσια της αρχικής μελέτης, από το γραφείο Γεωτεχνικών Μελετών και Έρευνών "Δ. Φωτιάδης και Συνεργάτες" (Ιανουάριος 2006), στο χώρο του οικπέδου και αποτελείτο από τρεις (3) περιστροφικές γεωτρήσεις Γ1, Γ2 και Γ3, βάθους 25.00m έκαστη.

Σύμφωνα με την ανωτέρω έκθεση, στο βάθος που διερευνήθηκε, μέχρι τα 25.00m, συναντήθηκαν οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

[Ε] Επιφανειακά και μέχρι βάθους

0.40m (Γ3), 2.00m (Γ2) και 4.25m (Γ1), συναντήθηκαν ασφαλτικά υλικά και τεχνητές επιχώσεις.

[1α] Στη συνέχεια και μέχρι βάθους 8.80m (Γ3), 9.00m (Γ1) και 9.50m (Γ2), συναντήθηκε ΑΡΓΙΛΟΣ μέσης πλαστικότητας (CL2a) και ΙΛΥΣ χαμηλής πλαστικότητας (ML), μαλακή έως μέσης συνεκτικότητας, έως ιλυώδης ΑΜΜΟΣ, μέσης πυκνότητας, ανοικτού καστανού έως καστανότεφρου χρώματος, με ενστρώσεις αργιλωδών

έως ιλυωδών ΧΑΛΙΚΩΝ (GC-GM). Ο αριθμός κρούσεων της δοκιμής SPT έδωσε $N = 5$ έως $N = 28$, με μέση τιμή $N_{avg} = 18$.

[1β] Τέλος και μέχρι το μέγιστο βάθος που διερευνήθηκε στα 25.00m (Γ1, Γ2 και Γ3) συναντήθηκε ΑΡΓΙΛΟΣ μέσης πλαστικότητας (CL2a), μέσης συνεκτικότητας έως σπφρή, έως αργιλο-ιλυώδης ΑΜΜΟΣ (SCSM), μέσης πυκνότητας έως πυκνή, ανοικτού καστανού έως καστανού χρώματος, με χάλικες κατά θέσεις. Ο αριθμός κρούσεων της

δοκιμής SPT έδωσε $N = 6$ έως $N = 68$, με μέση τιμή $N_{avg} = 37$.

Η στάθμη του υπόγειου ορίζοντα μετρήθηκε μέσα στις γεωτρήσεις Γ1, Γ2 και Γ3 και βρέθηκε σε βάθος 2.00m, από την επιφάνεια των γεωτρήσεων, κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου, το μήνα Δεκέμβριο του 2005.

Λόγω της εγγύτητας της θέσης του έργου με τη θάλασσα, το υπόγειο νερό που συναντήθηκε είναι υφάλμυρο, στοχείο το οποίο πρέπει να ληφθεί υπ' όψη στη σύνθεση του σκυροδέματος και στο σύστημα στεγανοποίησης.

ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Λόγω του μεγάλου βάθους εκσκαφής σε επαφή τόσο με τα όμορα κτίρια όσο και τους δρόμους, απαιτείται σταδιακή εκσκαφή και αντιστήριξη των παρειών της στα τμήματα αυτά. Η μέθοδος αντιστήριξης θα πρέπει γενικά να εξασφαλίζει:

- Ασφάλεια έναντι αστοχίας του εδάφους,
- Ελαχιστοποίηση των παραμορφώσεων του εδάφους, ιδιαίτερα στην περιοχή των γειτονικών κτιρίων,
- Στεγανότητα κατά την εκσκαφή για την αποφυγή υπερβολικής ταπεινώσης

- του Υ.Υ.Ο. που θα μπορούσε να οδηγήσει σε καθιζήσεις των όμορων κτιρίων,
- Ελευθερία κινήσεων των δομικών μηχανημάτων και του προσωπικού τόσο κατά τη διάρκεια της εκσκαφής, όσο και κατά την κατασκευή των υπογείων,
- Οικονομία.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω γενικά κριτήρια σε συνδυασμό με τα επιμέρους προβλήματα και κατασκευαστικούς περιορισμούς, επιλέχθηκε η λύση της αντιστήριξης με τη μέθοδο "top-down", σε συνδυασμό με το περιμετρικό διάφραγμα των αλληλοτεμνόμενων φρεστοπασσάλων

ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εκλογή γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού

Η επιλογή των παραμέτρων σχεδιασμού στηρίχθηκε στη γεωτεχνική έρευνα που εκτελέστηκε στο χώρο του οικοπέδου (Δ. Φωτιάδης, Δεκέμβριος 2005):

Στρώμα [E]: 0.00 - 0.70 m

$\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$, $c = 0 \text{ kPa}$, $\phi = 27.0^\circ$, $ES = 5.000 \text{ kPa}$

Στρώμα [1]: Βάθος: 0.70 - 8.00 m

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$, $c = 2 \text{ kPa}$, $\phi = 28.0^\circ$, $ES = 7.000 \text{ kPa}$

Στρώμα [2]: Βάθος: 8.00 - 30.00 m

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$, $c = 5 \text{ kPa}$, $\phi = 32.0^\circ$, $ES = 15.000 \text{ kPa}$

Μέθοδοι υπολογισμού

α) Ωθήσεις γαιών:

Οι ωθήσεις γαιών υπολογίζονται κατά DIN 4085 σύμφωνα με τη θεωρία Coulomb και τις πιο κάτω παραδοχές:

$$\delta_a = \frac{1}{3} \omega \quad (\text{γωνία τριβής γαιών - τοίχου για ενεργητικές ωθήσεις})$$

$$\delta_p = -\frac{1}{3} \omega \quad (\text{γωνία τριβής γαιών - τοίχου για παθητικές ωθήσεις})$$

$$\delta_o = 0' \quad (\text{γωνία τριβής γαιών - τοίχου για ωθήσεις ηρεμίας})$$

$$K_{ah} = \frac{\cos^2 \phi}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta_a) \sin(\phi - \beta)}{\cos \delta_a \cdot \cos \beta}}\right]^2} \quad (\text{συντελεστής ενεργητικών ωθήσεων})$$

$$K_{ph} = \frac{\cos^2 \phi}{\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta_p) \sin(\phi + \beta)}{\cos \delta_p \cdot \cos \beta}}\right]^2} \quad (\text{συντελεστής παθητικών ωθήσεων})$$

$$\alpha = 1 - \sin \omega \quad (\text{συντελεστής ωθήσεων ηρεμίας})$$

όπου β : η κλίση της επιφάνειας του αντιστηριζόμενου πρανού

Ο υπολογισμός γίνεται για ωθήσεις γαιών:

Ενδιάμεση τιμή μεταξύ ενεργητικών και ηρεμίας, σε περιπτώσεις ύπαρξης πλάσιον της στέψης της εκσκαφής πολυόροφων κτιρίων ή γενικά κατασκευών ευπαθών σε μετακινήσεις,

$$K = (1 - a)K_a + aK_o$$

$$\delta = 1/2\delta_a + 1/2\delta_o$$

Ενεργητικές, σε περιπτώσεις αντιστήριξης δρόμων και γενικά, όπου δεν τίθεται θέμα μετακινήσεων των παρακείμενων κτισμάτων. Σε όλες τις φάσεις εκσκαφής γίνεται ανακατανομή των ωθήσεων, με διάγραμμα ορθογωνικής ή τραπεζοειδούς μορφής (για περισσότερες από 1 αντιρίδες), σύμφωνα με τις συστάσεις της ΕΑΒ (Γερμανική επιτροπή για τις βαθιές εκσκαφές).

Το τμήμα της ώθησης που εξαρτάται από τη συνοχή, αφ' ενός μεν μειώνει την οριζόντια ώθηση στην ενεργό πλευρά της αντιστήριξης του ορύγματος, αφ' ετέρου δε αυξάνει την οριζόντια παθητική αντίσταση στην άλλη πλευρά. Η τιμή του τμήματος αυτού της ώθησης, δίνεται από τη σχέση:

$$P_{e\text{r}\beta} = -2c' \frac{\cos \omega' \cdot \cos \beta \cdot \cos \delta_a}{1 + \sin(\omega' + \delta_a - \beta)} \cdot (1 - r)$$

, όπου r : ποσοστό ωθήσεων ηρεμίας

Λόγω της συνοχής του εδάφους μπορούν να αναπτυχθούν αρνητικές πιέσεις στον τοίχο. Στην περίπτωση αυτή, κατά τον υπολογισμό με ανακατανομή της ώθησης, οι αρνητικές πμές δεν συυπολογίζονται, ενώ λαμβάνεται και ελάχιστος συντελεστής ωθήσεων γαιών $K_a = 0.20$.

Ελέγχονται όλες οι φάσεις εκσκαφής, με παρόμοιο ανακατανομή των ωθήσεων κατά ΕΑΒ για τις μεταλλικές αντιρίδες.

Στον υπολογισμό των ωθήσεων λαμβάνονται υπόψη υδροστατικές πιέσεις, κάτω από την στάθμη του Υ.Υ.Ο.

β) Εξωτερικές φορτίσεις:

Σύμφωνα με τις συστάσεις της ΕΑΒ, όπου προβλέπεται κυκλοφορία βαρέων μηχανημάτων, το γενικό κινητό φορτίο είναι ίσο με 10 kPa, ενώ λωρίδα πλάτους 1.50 m από τη στέψη της εκσκαφής φορτίζεται με πρόσθετο κινητό φορτίο

ΕΙΔΙΚΑ

20 kPa. Για τη σύνθη κυκλοφορία οχημάτων θεωρείται μόνο το γενικό φορτίο των 10 kPa. Τα γειτονικά κτίρια θεωρείται ότι επιβάλλουν ομοιόμορφα κατανομημένη φορτίση ίση με 10 kPa ανά όροφο. Το εξωτερικό φορτίο κατανέμεται μέσω της εδαφικής μάζας με γωνίες ϕ και $\theta=45^\circ-\phi/2$.

γ) Στατικό προσομοίωμα:

Ο τοίχος/πάσσαλος θεωρείται σαν συνεχής δοκός ελαστικά εδραζόμενη σε μεμονωμένα θλιπτικά ελατήρια (αντηρίδες). Ο πόδας του πασσάλου θεωρείται είτε ελαστοπλαστικά πακτωμένος, είτε εναλλακτικά ελεύθερος φορτιζόμενος με τις παθητικές ωθήσεις σαν εξωτερικό φορτίο.

δ) Έλεγχοι:

Γίνεται έλεγχος της ευστάθειας της εκσκαφής έναντι γενικής θραύσης ή ολίσθησης, με τη μέθοδο των λωρίδων κατά Krey και απαιτούμενο συντελεστή ασφάλειας 1.40 για στατική φόρτιση προσωρινής κατασκευής ή 1.00 για περίπτωση σεισμικής φόρτισης.

ε) Έλεγχοι για σεισμικά φορτία:

Σύμφωνα με την ΤΣ.Υ., λόγω της προσωρινής φύσης της κατασκευής λαμβάνεται σεισμική επιτάχυνση σχεδιασμού ίση με το 50% της προβλεπόμενης από τον ΕΑΚ.

Παραδοχές και φορτίσεις

Φορτία

α) Μόνιμες δράσεις

Ειδικό βάρος οπλισμένου σκυροδέματος	: 25.0 kN/m ³
Ειδικό βάρος άοπλου σκυροδέματος	: 24.0 kN/m ³
Φορτία λόγω κτηρίων	: 10 kN/m ² / ανά όροφο
Υδροστατικές πιέσεις	: 10 kN/m ³

β) Κινητά φορτία -Συντελεστές μεταβλητών δράσεων ψ

Από αποθήκευση εργοταξιακών υλικών:	10 kN/m ²	$\psi_2 = 0.50$
Κυκλοφορίας γενικό:	10 kN/m ²	$\psi_2 = 0.50$
Πρόσθετο για σύνθη κυκλοφορία σε απόσταση από στέψη $0.60\text{ m} < d < 1.00\text{ m}$: 10 kN/m ²	$\psi_2 = 0.50$, για λωρίδα πλάτους 1.50 m

Πρόσθετο για βαριά κυκλοφορία σε απόσταση από στέψη $0.60\text{ m} < d < 1.00\text{ m}$: 20 kN/m ²	$\psi_2 = 0.50$, για λωρίδα πλάτους 1.50 m
---	------------------------	---

Υλικά

α) Φρεατοπάσσαλοι	
Τύπος ταίμεντου	: κοινό Πόρτλαντ
Ποιότητα οπλισμένου σκυροδέματος	: C20/25
Σκυρόδεμα μέγιστου κόκκου αδρανών	: 16 mm
Κάθιση οπλισμένου σκυροδέματος	: $\geq 180\text{ mm}$
Λόγος νερό/ταίμεντο (w/c)	: ≤ 0.55
Ποιότητα χάλυβα οπλισμών	: B500c
Ποιότητα χάλυβα σπείρας	: B500c
Επικάλυψη οπλισμών με σκυρόδεμα	: $\geq 40\text{ mm}$
β) Μεταλλικά στοιχεία	
Ποιότητα χάλυβα	: S275

Περιγραφή λογισμικού

Οι δυνάμεις των αντηρίδων (διαφραγμάτων) και τα εντατικά μεγέθη των πασσάλων στις διάφορες φάσεις κατασκευής έχουν υπολογιστεί με τη βοήθεια του προγράμματος WALLS της εταιρείας SOFISTIK GmbH. Το πρόγραμμα WALLS υπολογίζει τις πιέσεις, οριζόντιες μετατοπίσεις, τέμνουσες και καμπικές ροπές που αναπτύσσονται σε ένα πάσσαλο μεταβλητής ακαμψίας, στον οποίο επιβάλλονται οριζόντιες πιέσεις (ωθήσεις γαιών, ύδατος, κλπ.), οριζόντια και κατακόρυφα φορτία, καμπικές ροπές και εξαναγκασμένες οριζόντιες μετατοπίσεις. Ο πάσσαλος προσομοιώνεται στο πρόγραμμα από μία συνεχή δοκό με ελαστικές στήριξεις (αντηρίδες), ενώ το έδαφος στη μεν αντιστηρίζομενη πλευρά υποκαθίσταται από μία προκαθορισμένη ώθηση γαιών, στη δε πλευρά της εκσκαφής προσομοιώνεται με μία σειρά μη γραμμικών, ανεξάρτητων οριζόντιων ελατηρίων. Οι εφαρμοζόμενες ωθήσεις γαιών μπορεί να είναι οι αρχικές ή ανακατανομημένες, όπου επιλέγεται η μορφή της ανακατανομής (ορθογωνική, τραπεζοειδής, κ.α.). Το μήκος πάκτωσης είναι δεδομένο ή εναλλακτικά προσδιορίζεται από το πρόγραμμα σε κάθε φάση εκσκαφής (μέθοδος Blum ή συντελεστής πάκτωσης). Επίσης το πρόγραμμα πραγματοποιεί έλεγχο στον βαθύ αρμό ολίσθησης (κατά Kranz/Ostermayer) και έλεγχο για κυκλική επιφάνεια ολίσθησης πρηνούς, διερχόμενη από τον πόδα του πασσάλου (μέθοδος λωρίδων κατά Krey).

Στο Παράρτημα παρουσιάζονται οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις στις αντηρίδες, οι περιβάλλουσες των καμπικών ροπών και διατμητικών δυνάμεων κατά τις φάσεις εκσκαφής και οι πλήρεις αναλυτικοί υπολογισμοί.

Η διαστασιολόγηση σε κόμψη και διάτμηση των φρεατοπασσάλων γίνεται με τη χρήση λογιστικών φύλλων (spreadsheets) του EXCEL.