

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ : ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**ΘΕΜΑ: ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΧΩΡΟΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ
ΠΛΑΤΕΙΑ ΠΥΡΡΟΥ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΤΣΑΜΠΗ ΓΕΩΡΓΙΑ
ΜΠΑΛΑΜΑΤΣΙΑΣ ΗΛΙΑΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ:
ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ**

ΠΑΤΡΑ 6- 4-2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	(4)
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	(5)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	(6)
I. Γεωλογικά και σεισμολογικά στοιχεία.....	(6)
II. Υπόγεια νερά.....	(6)
III. Τυπική εδαφική τομή σχεδιασμού.....	(7)
IV. Υπόμνημα.....	(8)
V. Κανονισμοί.....	(8)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	(10)
I. Επιλογή λύσης.....	(10)
II. Πάσσαλοι.....	(13)
III. Προεντεταμένες αγκυρώσεις-Έλεγχος εκτόξευσης.....	(14)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	(15)
I. Αμμώδες έδαφος.....	(15)
II. Αργιλώδες έδαφος.....	(16)
III. Έλεγχος ολίσθησης ενέματος-αγκυρίου.....	(18)
IV. Έλεγχος ολίσθησης ενέματος-εδάφους.....	(18)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	(19)
I. Δοκιμές ελέγχου.....	(19)
II. Τεχνική περιγραφή.....	(20)
III. Προμέτρηση.....	(22)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	(22)
I. Στήριξη του πετρώματος.....	(22)
II. Ράβδοι συνεχούς πάκτωσης.....	(23)
III. Ράβδοι σημειακής πάκτωσης.....	(23)
IV. Ράβδοι σκυροδέματος.....	(24)
V. Ράβδοι πλήρους πάκτωσης.....	(25)
VI. Ράβδοι ρητίνης.....	(26)

VII. Παθητικές (μη προεντεταμένες)σκυροδέματος άπλες.....	(27)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	(29)
I. Προεντεταμένα αγκύρια.....	(29)
II. Υλικά.....	(30)
III. Τένοντες αγκύρωσης.....	(31)
IV. Κεφαλές αγκύρωσης.....	(32)
V. Σωλήνες προστασίας αγκυρίων.....	(34)
VI. Διατρητικό υγρό.....	(34)
VII. Ένεμα.....	(35)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	(35)
I. Εκτέλεση εργασιών.....	(35)
II. Διάτρηση Οπών	(36)
III. Καθαρισμός διατρημάτων και δοκιμή διαπερατότητας	(37)
IV. Κατασκευή και τοποθέτηση τενόντων.....	(38)
V. Ενεμάτωση αγκυρίων.....	(39)
VI. Προσαρμογή κεφαλών αγκύρωσης και τάνυσης.....	(40)
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	(42)
I. Εφαρμογές προεντεταμένων αγκυρίων εδάφους.....	(42)
II. Περιγραφή-χαρακτηριστικά αγκυρίων.....	(43)
III. Προστασία αγκυρίων.....	(44)
IV. Ανάλυση διαστασιολόγηση αντιστήριξης.....	(48)
V. Δράσεις	(51)
VI. Συνδιασμοί συνδέσεων.....	(53)
VII. Διατομές υλικά.....	(53)
VIII. Διαστασιολόγηση μετώπου αντιστήριξης T1-T1(H=13,10m)...	(54)
IX. Διαστασιολόγηση μετώπου αντιστήριξης T2-T2(H=8.90).....	(60)
X. Διαστασιολόγηση μετώπου αντιστήριξης T4-T4(H=4.40m).....	(66)
XI. Ευχαριστίες	(70)
XII. Βιβλιογραφία.....	(71)
XIII. Παράρτημα.....	(72)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την κατασκευή του υπόγειου σταθμού αυτοκινήτων στην πλατεία Πύρρου στα Ιωάννινα. Συγκεκριμένα στην εν λόγω εργασία γίνεται εκτενής αναφορά όλων των κατασκευαστικών φάσεων του έργου, η ολοκλήρωση του οποίου θα δώσει λύση στο εντονότατο κυκλοφοριακό πρόβλημα που αντιμετωπίζει η πρωτεύουσα της Ηπείρου.

Απώτερο στόχο της εργασίας αυτής αποτελεί η κατανόηση του ολοκληρωμένου κατασκευαστικού τρόπου με τις ιδιάζουσες ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά της περιοχής κατασκευής του έργου, την προμελέτη έως το κατασκευαστικό στάδιο της παράδοσής του στο ωφελούμενο από το έργο κοινό. Επίσης γίνεται αναφορά στην χρήση των αγκυρίων και την λειτουργία τους ως προς το έργο.

Η πλήρης αφομοίωση του τρόπου κατασκευής, του υπό εξέταση έργου καλύπτεται και από τα σχετικά επεξηγηματικά κατασκευαστικά σχέδια που επισυνάπτονται στο Παράρτημα που βρίσκεται στο τέλος της εργασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο υπόγειος σταθμός κατασκευάστηκε σε οικοπέδο εμβαδού 5.364.50m² στην πλατεία Πύρρου στα Ιωάννινα έτσι όπως δείχνεται στο τοπογραφικό διάγραμμα Α-01(βλέπε Παράρτημα). Η βορειοανατολική πλευρά της πλατείας συνορεύει με την οδό Δωδώνης (πλάτους 17,0m), η νοτιοανατολική και η βορειοδυτική με την ανώνυμη οδό, ενώ η βορειοανατολική συνορεύει με το εντευκτήριο Όαση.

Ο υπόγειος χώρος κατασκευάστηκε σε όλη την έκταση του οικοπέδου. Το χαμηλότερο υψόμετρο της πλατείας +493, βρίσκεται στο νότιο άκρο της ανώνυμης οδού, ενώ το υψηλότερο σημείο συναντάται στη συμβολή της ανώνυμης οδού και της οδού Δωδώνης με υψόμετρο +496.

Στο έργο αυτό έγινε μελέτη και διαστασιολόγηση για την αντιστήριξη του τριόροφου υπόγειου σταθμού αυτοκινήτων. Οι στάθμες των δαπέδων του υπόγειου σταθμού προβλέπονται στα ακόλουθα υψόμετρα:

Δάπεδο 3^ο υπογείου : +484,70(ΣΧΕΔΙΟ Α-05(Παράρτημα))

Δάπεδο 2^ο υπογείου : +487,70

Δάπεδο 1^ο υπογείου : +490,70

Οροφή 1^ο υπογείου : +494,50

Δεδομένου ότι η εκσκαφή προβλέπεται περίπου σε υψόμετρο +482,2 το μέγιστο αντιστηριζόμενο ύψος είναι περίπου 14,0m.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

i. Γεωλογικά και σεισμολογικά στοιχεία

Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ το υπέδαφος στην παραλίμνια περιοχή της πόλης των Ιωαννίνων συνίσταται από τεταρτογενείς αποθέσεις κοιλάδων (a1), ενώ προς τα δυτικά εμφανίζονται διαδοχικά πυριτιακές προσχώσεις (Sc_3), πλειστοκαινικές αργιλομιγείς άμμοι (PI) και ασβεστόλιθοι βιγλών (J_s-K_{8i}).

Σύμφωνα με τη γεωτεχνική έρευνα στη θέση του συγκεκριμένου οικοπέδου, το υπέδαφος συνίσταται επιφανειακά από τεχνητές επιχώσεις, ενώ βαθύτερα συναντώνται εναλλαγές από αργιλοαμμώδη και αμμοαργιλώδη γεωυλικά σε πυκνή – πολύ στιφρή κατάσταση αντίστοιχα. Το βραχώδες υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από ασβεστόλιθο.

Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή δομείται από τεχνητές επιχώσεις (παράκτιες αποθέσεις, προσχώσεις, ερυθρές αργίλους), ενώ βαθύτερα συναντάται το ασβεστολιθικό υπόβαθρο.

Η περιοχή των Ιωαννίνων ανήκει στη ζώνη I σεισμικής επικινδυνότητας με μέγιστη σεισμική εδαφική επιτάχυνση $A=0,16g$.

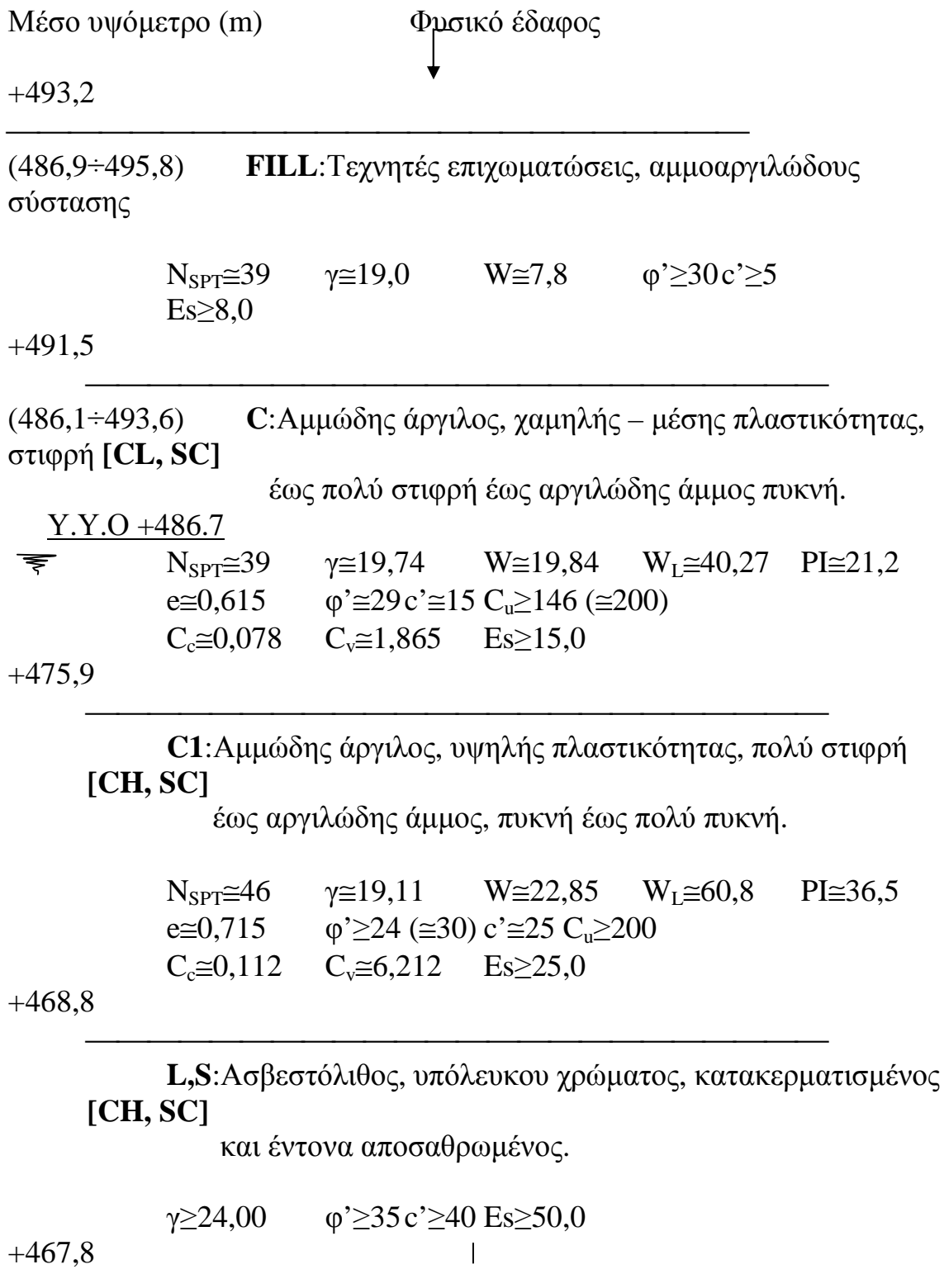
ii. Υπόγεια νερά

Η στάθμη των υπογείων υδάτων έτσι όπως μετρήθηκε στα πιεζόμετρα που εγκαταστάθηκαν κατά την εποχή της έρευνας (Απρίλιος 2000) κυμαίνεται από υψόμετρο +489,3 στο επίπεδο της οδού Δωδώνης (κοντά στο εντευκτήριο Όαση – γεώτρηση Γ3) μέχρι υψόμετρο +481,2 στο επίπεδο της ανώνυμης οδού στο νοτιοανατολικό άκρο του οικοπέδου (γεώτρηση Γ6), ενώ το μέσο υψόμετρο είναι περίπου +486,7. Είναι ευνόητο λοιπόν ότι ο υπόγειος υδάτινος ορίζοντας συναντάται υπό κλίση. Μικρή διακύμανση του υπόγειου υδάτινου ορίζοντα μπορεί να συμβαίνει εποχιακά και εκτιμάται της τάξης των 2,0 m περίπου.

iii. Τυπική εδαφική τομή σχεδιασμού

Η τυπική εδαφική τομή σχεδιασμού για όλη την έκταση που ερευνήθηκε, δίνεται στο ακόλουθο σχήμα 3:

Σχήμα 3:



iv. Υπόμνημα

- Υ.Υ.Ο.: υπόγειος υδάτινος ορίζοντας
N_{SPT}: αριθμός κρούσεων/30 cm διείσδυσης
W_L: όριο υδαρότητας
W: φυσική υγρασία (%)
γ: υγρό φαινόμενο βάρος (kN/m³)
C_u: αστράγγιστη συνοχή (kPa)
φ': ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής (Deg)
c': ενεργός συνοχή (kPa)
Es: μέτρο συμπίεστικότητας (MPa)
C_c: δείκτης συμπίεστικότητας (σε φόρτιση)
C_v: συντελεστής στερεοποίησης (m²/μήνα)

v. Κανονισμοί

Για την κατασκευή τριών υπογείων απαιτείται βάθος εκσκαφής της τάξης των 14,0m περίπου που θα γίνει εντός της στρώσης της αμμώδους αργίλου, χαμηλής έως μέσης πλαστικότητας, στιφρής έως αργιλώδους άμμου πυκνής μέχρι υψόμετρο +492,5 περίπου και της στρώσης της αμμώδους αργίλου, υψηλής πλαστικότητας πολύ στιφρής έως αργιλώδους άμμου πολύ πυκνής.

Δεδομένης της ύπαρξης των υπογείων υδάτων σε μέσο υψόμετρο +486,7m, η κατακόρυφη εκσκαφή του ορύγματος χωρίς αντιστήριξη, έστω και προσωρινά, είναι επικίνδυνη, ειδικά μάλιστα εφόσον υπάρχουν συνορεύουσες οδοί υψηλής κυκλοφορίας (οδός Δωδώνης και Ανώνυμη οδός) και το κτήριο Όαση σε μικρή απόσταση από το έργο.

Για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών και των παραμορφώσεων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα H/Y Walls2005.158 της εταιρείας Fides TV-Partner GmbH.

Οι τιμές των εδαφικών παραμέτρων και η στάθμη σχεδιασμού του υπόγειου υδάτινου ορίζοντα δίνονται στην τυπική εδαφική τομή σχεδιασμού του σχήματος 3.

Οι επιλύσεις πραγματοποιήθηκαν με βάση τις διατάξεις του DIN 1054(2003), οι μερικοί συντελεστές ασφάλειας των οποίων δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 1:

Πίνακας 1: Συντελεστές ασφάλειας κατά DIN1054 (2003)

Geotechnical		DIN1054(2003)			Standard values		
...Actions and loadings							
		LC1	LC2	LC3			
GZ1A Loss of locational stability							
Stabilising permanent	$\gamma_{G,stab}$	0.90	0.90	0.90			
Destabilising permanent	$\gamma_{G,dst}$	1.00	1.00	1.00			
Flowfric. stab. soil	γ_H	1.35	1.30	1.20			
Destabilising variable	$\gamma_{Q,dst}$	1.50	1.30	1.00			
GZ1B Failure of buildings and parts							
Permanent generally	γ_G	1.35	1.20	1.00			
Permanent earthpress.	γ_{E0g}	1.20	1.10	1.00			
Destabilising variable	γ_Q	1.50	1.30	1.00			
Water certain cond.	$\gamma_{G-W:red}$	1.20	1.10	1.00			
GZ1C Loss of overall stability							
Permanent	γ_G	1.00	1.00	1.00			
Destabilising variable	γ_Q	1.30	1.20	1.00			
...Resistances							
		LC1	LC2	LC3			
GZ1B Failure of buildings and parts							
Earthr. posib anchorfric.	γ_{Ep}	1.40	1.30	1.20			
Anchor pull out	γ_A	1.10	1.10	1.10			
Earthresist. bend.mom.	$\gamma_{E:red}$	1.20	1.15	1.10			
GZ1C Loss of overall stability							
Friction tan(phi)	γ_ϕ	1.25	1.15	1.10			
Cohesion	γ_c, γ_{cu}	1.25	1.15	1.10			
Anchor pull out	γ_A	1.10	1.10	1.10			

Για τη μελέτη της αντιστήριξης εξετάστηκαν και οι τρεις περιπτώσεις φορτίσεων και διαστασιολογήθηκε η δυσμενέστερη, η οποία αντιστοιχεί στην LC1 σε στατικές συνθήκες. Η περίπτωση του σεισμού αντιστοιχεί στην LC3.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

i. Επιλογή λύσης

Όπως προαναφέρθηκε στην πλευρά της οδού Δωδώνης παρουσιάζεται το μεγαλύτερο μέτωπο της εκσκαφής περίπου 14,0m. Στην προκειμένη περίπτωση, όπως προέκυψε από τους υπολογισμούς προτείνεται η κατασκευή περιμετρικής αντιστήριξης με έγχυτους φρεατοπασσάλους Φ800mm (Contiguous Pile) ανά 2,0m.



Το μεσοδιάστημα μεταξύ των πασσάλων καλύφθηκε με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (Guniting) πάχους 0,10 m με πλέγμα T131. Λόγω του μεγάλου ύψους του μετώπου της εκσκαφής κατασκευάστηκαν 4 σειρές προεντεταμένων αγκυρώσεων στις στάθμες -2,5m, -5,5m, -8,5m και τέλος σε στάθμη -11,50m.



Σύμφωνα με τα παραπάνω η κατασκευή της αντιστήριξης περιλαμβάνει πέντε (5) στάδια εκσκαφής. Ως υψόμετρο αναφοράς στην επιφάνεια του εδάφους λαμβάνεται +496,2 (οδός Δωδώνης – Ανώνυμη οδός), οπότε τα στάδια εκσκαφής είναι τα ακόλουθα :

1^ο στάδιο εκσκαφής : +492,7 (3,5m) – 1^η αγκύρωση +493,7

2^ο στάδιο εκσκαφής : +490,2 (6,0m) – 2^η αγκύρωση +490,7

3^ο στάδιο εκσκαφής : +487,2 (9,0m) – 3^η αγκύρωση +487,7

4^ο στάδιο εκσκαφής : +484,2 (12,0m) – 4^η αγκύρωση +484,7

5^ο στάδιο εκσκαφής : +482,0 (14,2m)

Δεδομένου ότι το αντιστηριζόμενο μέτωπο ακολουθεί τη μηκοτομική κλίση του εδάφους είναι επόμενο ότι η στάθμη του πρώτου αγκυρίου μεταβάλλεται, έτσι όπως δείχνεται στα σχέδια A-02 και A-03(Παράρτημα). Λόγω επίσης της κλίσης του εδάφους, το αντιστηριζόμενο μέτωπο έχει μεταβαλλόμενο ύψος, γεγονός που οδηγεί κατά συνέπεια στη διαστασιολόγηση διαφορετικών υψών μετώπου, προκειμένου για την διερεύνηση της βέλτιστης τεχνικοοικονομικά λύσης.



Ο γενικός σχεδιασμός της αντιστήριξης περιλαμβάνει την κατασκευή έγχυτων φρεατοπασσάλων Φ800mm και Φ600mm ανά δύο μέτρα (Φ800mm/2m και Φ600mm/2m). Οι αγκυρώσεις είναι προεντεταμένες και θα τοποθετηθούν στα υπολογισμένα ύψη στον κορμό των πασσάλων, έτσι όπως δείχνεται στο σχέδιο A-04(Παράρτημα).

Συνοπτικά οι λύσεις που επιλέχθηκαν για τα ακόλουθα ύψη αντιστηριζόμενο μετώπου δίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Υπολογισθέντα μήκη πασσάλων για διάφορα ύψη αντιστηριζόμενου μετώπου.

<i>Αντιστηριζόμενο μέτωπο (m)</i>	<i>Διάμετρος πασσάλου (mm)</i>	<i>Μήκος πασσάλου (m)</i>	<i>Αξονική μεταξύ (m)</i>
H=14,0÷11,5	Φ800	19,0	2,0
H=11,5÷9,0	Φ800	16,0	2,0
H=9,0÷7,0	Φ600	12,0	2,0
H=7,0÷5,0	Φ600	9,0	2,0
H<5,0	Φ600	7,0	2,0

ii. Πάσσαλοι

Η διαστασιολόγηση των πασσάλων έγινε βάσει των εντατικών μεγεθών που προέκυψαν από τους υπολογισμούς, τα οποία δίνονται στο πρόγραμμα H/Y ανά τρέχον μέτρο τοίχου. Δεδομένης της απόστασης των 2,0m μεταξύ των πασσάλων οι ανωτέρω τιμές των εντατικών διπλασιάστηκαν. Ακολουθώς παρατίθεται η διαστασιολόγηση για πάσσαλο Φ800mm-19m μήκους, Φ800mm-16m μήκους, Φ600mm-12m μήκους. Οι πάσσαλοι Φ600mm-12m, Φ600mm-9m και Φ600mm-7m διαστασιολόγηθηκαν με τον ελάχιστο οπλισμό.

iii. Προεντεταμένες αγκυρώσεις - Έλεγχος εξόλκευσης



Τα αγκύρια που επιλέχθηκαν αποτελούνται από επτάκλιωνα συρματόσχοινα $\Phi 0,6''$ (15,24mm) με όρια διαρροής / θραύσης=236,3 / 264,1kN και μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο $T_d=158,5$ kN. Το πλήθος των συρματόσχοινων καθώς και οι δυνάμεις προέντασης προέκυψαν από τους υπολογισμούς και δίνονται στο σχέδιο A-03.



Η διάμετρος του διατρήματος που επιλέχθηκε είναι $d=0,125m$, ενώ η μέση διάμετρος του βολβού πάκτωσης είναι $D=2d=0,25m$. Το ελεύθερο μήκος των αγκυρίων υπολογίστηκε από τους ελέγχους θραύσης του εδαφικού πρίσματος πίσω από το αντιστηριζόμενο μέτωπο καθώς και από τον έλεγχο κυκλικής ολίσθησης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Το μήκος πάκτωσης προέκυψε από τους ελέγχους εξόλκευσης. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία οι τύποι υπολογισμού του μήκους πάκτωσης αγκυρίου σε αμμώδες και αργιλώδες έδαφος είναι αντίστοιχα :

i. Αμμώδες έδαφος

$$T_f = A \cdot \sigma_v' \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot \tan \varphi' + [B \cdot \gamma \cdot h \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4]$$

όπου A = λόγος πίεσης επαφής / σ_v' στη ζώνη πάκτωσης

h = ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση του πακτωμένου τμήματος από την επιφάνεια του εδάφους

L = μήκος πακτωμένου τμήματος

σ_v' = μέση ενεργός τάση του υπερκείμενου εδάφους στο ανώτερο σημείο του πακτωμένου τμήματος

D = μέση διάμετρος βολβού πάκτωσης

φ' = ενεργός γωνία τριβής

B = συντελεστής φέρουσας ικανότητας ($=Nq/1.4$)

d = διάμετρος διατρήματος

γ = φαινόμενο βάρος εδάφους

T_f = αναλαμβανόμενο φορτίο αγκύρωσης

ii. Αργιλώδες έδαφος

$$T_f = \pi * D * L * f_d * c_u + c_u * N_c * \pi * (D^2 - d^2) / 4$$

Όπου T_f = αναλαμβανόμενο φορτίο αγκύρωσης

D = μέση διάμετρος βολβού πάκτωσης

d = διάμετρος διατρήματος

N_c = αδιάστατος συντελεστής (λαμβάνεται $N_c = 5,10$)

f_d = εμπειρικός παράγοντας συνάφειας (κυμαίνεται από 0,3 έως 0,6)

c_u = μέση αστράγγιστη διατμητική αντοχή στην περιοχή του πακτωμένου τμήματος

L = μήκος πακτωμένου τμήματος

Δεδομένου ότι τα αγκύρια κατασκευάζονται στη στρώση C (στιφρή έως πολύ στιφρή αμμώδης άργιλος έως πυκνή αργιλώδης άμμος) ο έλεγχος εξόλκευσης πραγματοποιήθηκε και για τους δύο τύπους των εδαφών. Όπως αποδεικνύεται στη συνέχεια ο έλεγχος αυτός αποτελεί και τον κρισιμότερο έλεγχο, βάσει του οποίου διαστασιολογείται το πακτωμένο τμήμα του αγκυρίου. Το μήκος πάκτωσης υπολογίσθηκε με τη θεώρηση ότι το έδαφος είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό αργιλικό (όπως προκύπτει από τις εργαστηριακές δοκιμές) λαμβάνοντας όμως υπόψη και τη συνεισφορά του ποσοστού της άμμου. Τα τελικά μήκη που επιλέχθηκαν δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 3:

Πίνακας 3: Μήκος αγκυρίων για $D=2d=0,25m$

<i>Αντιστηριζόμενο μέτωπο (m)</i>	<i>Προεντεταμένα αγκύρια</i>	<i>Μήκος πακτωμένου τμήματος (m)</i>	<i>Συνολικό μήκος αγκυρίου (m)</i>
5,0	1	6,0	10,0
7,0	1	6,0	11,0
	2	6,0	10,0
9,0	1	6,0	13,0
	2	6,0	13,0
	3	6,0	12,0
11,5	1	6,0	15,0
	2	6,0	16,0
	3	6,0	14,0
14,0	1	7,0	17,0
	2	6,0	17,0
	3	11,0	20,0
	4	7,0	17,0

Στους υπολογισμούς θεωρήθηκε ότι το πακτωμένο τμήμα του αγκυρίου θα διαθέτει διπλάσια διατομή από αυτή του διατρήματος μετά το πέρας της ενεμάτωσης με χαμηλή πίεση (μικρότερη του 1MPa). Επίσης, ανεξαρτήτως υπολογισμών, ως ελάχιστο μήκος πάκτωσης λήφθηκαν τα 6,0m.

Εναλλακτικά έγιναν υπολογισμοί με διεύρυνση του αρχικού διατρήματος κατά 30% περίπου. Το μήκος πάκτωσης υπολογίσθηκε για $D=1,28*d=0,16m$, δεδομένου ότι σε αργιλικής σύστασης εδάφη η κατασκευή βολβού πάκτωσης παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες. Στον Πίνακα 4 δίνονται τα αποτελέσματα των ανωτέρω υπολογισμών.

Πίνακας 4: Μήκος αγκυρίων για $D=1,28d=0,16m$

<i>Αντιστηριζόμενο μέτωπο (m)</i>	<i>Προεντεταμένα αγκύρια</i>	<i>Μήκος πακτωμένου τμήματος (m)</i>	<i>Συνολικό μήκος αγκυρίου (m)</i>
5,0	1	6,0	10,0
7,0	1	6,0	11,0
	2	6,0	11,0
9,0	1	6,0	13,0
	2	12,0	17,0
	3	8,5	14,0
11,5	1	15,0	21,0
	2	13,0	20,0
	3	11,0	18,0
14,0	1	12,0	20,0
	2	10,0	20,0
	3	20,0	27,0
	4	20,0	26,0

iii. Έλεγχος ολίσθησης ενέματος - αγκυρίου

Ο έλεγχος ολίσθησης ενέματος – αγκυρίου γίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$T_f = \pi \cdot d_{str} \cdot L \cdot N_{str} \cdot S_b$$

όπου T_f = αναλαμβανόμενο φορτίο αγκύρωσης

N_{str} = αριθμός συρματόσχοινων

d_{str} = διάμετρος συρματόσχοινου

L = μήκος πακτωμένου τμήματος

S_b = διατμητική τάση διεπιφάνειας ενέματος – αγκυρίου: πρόκειται για οριακή τιμή και λαμβάνεται ίση με 2 MPa.

Σύμφωνα με τον έλεγχο αυτό τα μήκη αγκύρωσης που προκύπτουν είναι συστηματικά μικρότερα από αυτά του ελέγχου εξόλκευσης.

iv. Έλεγχος ολίσθησης ενέματος - εδάφους

Η επιτρεπόμενη προτεινόμενη τιμή διατμητικής αντοχής στη διεπιφάνεια ενέματος και εδαφικού σχηματισμού είναι ίση 0,4 MPa. Το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος L που εξασφαλίζει την ολίσθηση ενέματος εδάφους προκύπτει από την ακόλουθη εξίσωση:

$$T_f = 2\pi \cdot d \cdot L \cdot \sigma_f$$

όπου T_f = αναλαμβανόμενο φορτίο αγκύρωσης

d = διάμετρος διατρήματος

σ_f = διατμητική τάση διεπιφάνειας ενέματος – εδάφους (λαμβάνεται ίση με 0,4 MPa)

Σύμφωνα με τον έλεγχο αυτό τα μήκη αγκύρωσης που προκύπτουν είναι σημαντικά μικρότερα από αυτά του ελέγχου εξόλκευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

i. Δοκιμές ελέγχου

Οι δοκιμές ελέγχου των αγκυρώσεων που πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το EN1537 είναι οι ακόλουθες:

Δοκιμή εξόλκευσης (Investigation Test) : Εφαρμόζεται σε δοκιμαστικά αγκύρια πριν από την έναρξη των εργασιών. Γίνεται για τον προσδιορισμό της οριακής δύναμης των αγκυρίων και συγχρόνως για τον έλεγχο της μεθόδου κατασκευής, όπως επίσης και για τον έλεγχο της τιμεντένεσης. Ο ελάχιστος αριθμός των δοκιμών που προτείνονται είναι 6.

Δοκιμή καταλληλότητας (Suitability Test) : Εφαρμόζεται σε δοκιμαστικά αγκύρια πριν από την έναρξη των εργασιών. Ο ελάχιστος αριθμός των δοκιμών που προβλέπεται από το EN1537 και DIN 4125 είναι 3 για αγκύρια τα οποία κατασκευάζονται στις ίδιες εδαφικές συνθήκες και δέχονται την ίδια καταπόνηση. Ελέγχεται η καταλληλότητα του συγκεκριμένου τύπου αγκύρωσης για το συγκεκριμένο έδαφος, η φέρουσα ικανότητα του πακτωμένου τμήματος και η προκαλούμενη από τη φόρτιση μετακίνηση. Ο ελάχιστος αριθμός των δοκιμών που προτείνονται είναι 6.

Δοκιμή έγκρισης (Acceptance Test) : Εφαρμόζεται σε όλα τα λειτουργικά αγκύρια στο στάδιο της προέντασης. Ελέγχεται η ικανότητα της αγκύρωσης να παραλάβει επιτυχώς το φορτίο του σχεδιασμού, πριν από την τελική επιβολή του.

Σε περίπτωση που από τις επιτόπου δοκιμές προκύψουν σημαντικές αποκλίσεις σε σχέση με τις τιμές που εκτιμήθηκαν στην παρούσα μελέτη, θα πρέπει αναλόγως να προσαρμοσθεί κατάλληλα, ο τρόπος διάτρησης, ο αριθμός των συρματόσχοινων (σε σχέση με το φορτίο) ή το μήκος πάκτωσης των αγκυρίων.

ii. Τεχνική περιγραφή

Η κατασκευή της αντιστήριξης περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια, αφού πρώτα έγινε ακριβής τοπογραφική αποτύπωση, προκειμένου να επιβεβαιώσει τα υψόμετρα της παρούσας μελέτης:

Κατασκευή των πασσάλων για κάθε αντιστηριζόμενο μέτωπο.

Εκσκαφή 1^{ου} σταδίου και τοποθέτηση της 1^{ης} σειράς αγκυρίων.

Εκσκαφή 2^{ου} σταδίου και τοποθέτηση της 2^{ης} σειράς αγκυρίων.

Εκσκαφή 3^{ου} σταδίου και τοποθέτηση της 3^{ης} σειράς αγκυρίων.

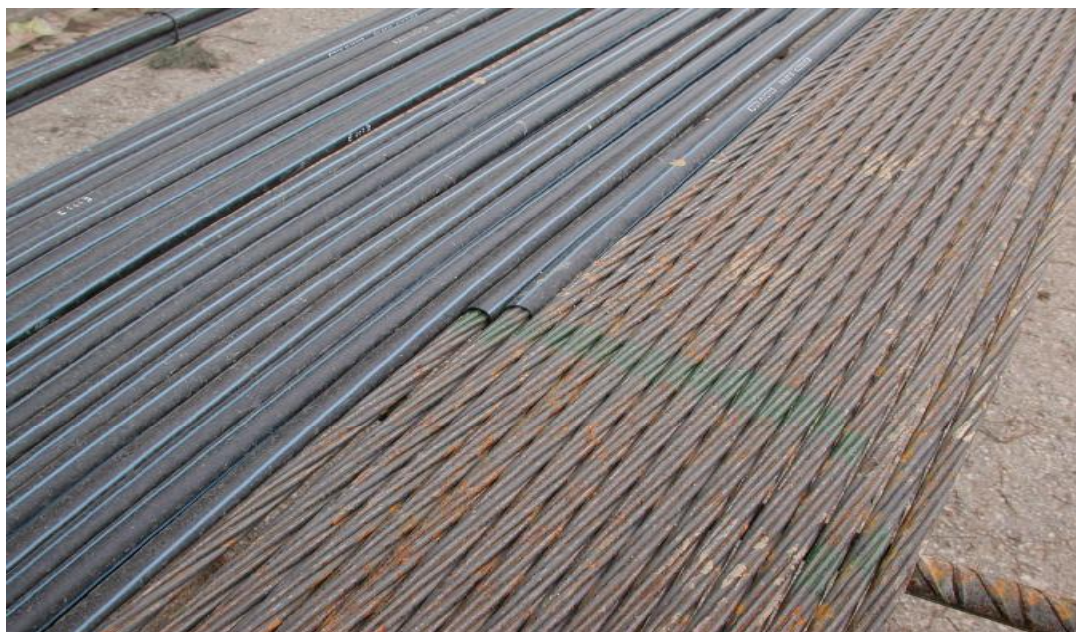
Εκσκαφή 4^{ου} σταδίου και τοποθέτηση της 4^{ης} σειράς αγκυρίων

Τελική εκσκαφή.

Στην κατασκευή των πασσάλων έγινε ιδιαίτερη μνεία στην τοποθέτηση πλαστικών σωλήνων Φ150mm μεταξύ των ράβδων του διαμήκους οπλισμού, έτσι ώστε να αποφευχθεί η κοπή τυχούσας ράβδου. Για τον ίδιο λόγο ο οπλισμός διάτμησης τοποθετήθηκε με κλίση 15° ως προς την οριζόντιο. Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε προβλέπεται κατηγορίας C20/25.

Η ελεύθερη επιφάνεια μεταξύ των πασσάλων σκάφθηκε κατά τέτοιο τρόπο ώστε το μέτωπο της εκσκαφής να σχηματίζει κοίλη επιφάνεια προς το εσωτερικό της εκσκαφής. Το τμήμα αυτό επενδύθηκε με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με οπλισμό 1T131, ο οποίος βλητρώθηκε στην παρειά των πασσάλων.





Όσον αφορά στην κατασκευή των αγκυρίων γίνονται οι ακόλουθες επισημάνσεις:

α. Τα αγκύρια κατασκευάζονται υπό γωνία 15° ως προς την οριζόντια, με διάμετρο οπής $d=0,125m$. Η μέγιστη απόκλιση δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2° . Το μήκος του διατρήματος δεν πρέπει να έχει απόκλιση μεγαλύτερη από το $1/30$ του μήκους του αγκυρίου.

β. Ο λόγος W/Z του ενέματος προσδιορίζεται σε $0,4-0,50$. Η χρήση μπεντονίτη απαγορεύεται ρητά, ενώ μπορεί να προστεθεί πρόσμικτο διογκωτικό υλικό για την εξασφάλιση καλύτερης πληρώσεως της οπής ή ακόμη και ρευστοποιητής για τη βελτίωση της εργασιμότητας του. Πρόσμικτα που περιέχουν χλωρίδια, θειικά και νιτρικά άλατα για περισσότερο από $0,1\%$ πρέπει να αποφεύγονται.

γ. Η πίεση ενεμάτωσης δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2 bar και επίσης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 8 έως 10 bars . Σημειώνεται ότι στις πρώτες δύο σειρές των αγκυρίων από την επιφάνεια του εδάφους η ενεμάτωση γίνεται πολύ προσεκτικά με αργά βήματα αύξησης της πίεσης. Επίσης έχει προηγηθεί επιμελής καθαρισμός της οπής πριν από την ενεμάτωση.

δ. Η διάμετρος της οπής καθορίζεται σε $d=0,125m$ ενώ του πακτωμένου τμήματος σε $D=2d=0,25m$, εκτός εάν από τις επιτόπου δοκιμές προκύψει ότι αυτό δεν είναι εφικτό, οπότε γίνεται νέος υπολογισμός.

ε. Μεταξύ του ελεύθερου και του πακτωμένου τμήματος του αγκυρίου τοποθετείται ελαστικό πάμα (Packer), το οποίο δεν επιτρέπει την είσοδο του τσιμεντενέματος στο ελεύθερο τμήμα.

στ. Τα συρματόσχοινα κατά το μήκος πάκτωσης είναι ανεπένδυτα και φέρουν δακτύλιους στένωσης και αποστάτες, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται

στένωση και διεύρυνση του σώματος των συρματόσχοινων. Επίσης τοποθετούνται κατάλληλα μεταλλικά ή πλαστικά τεμάχια (spacers) κάθε δύο ή τρία μέτρα περίπου για την ομόκεντρη τοποθέτηση του αγκυρίου στην οπή.

ζ. Η κεφαλή των αγκυρίων αποτελείται από τετράγωνη χαλύβδινη πλάκα διαστάσεων 30mm x 30mm και πάχους 30mm. Το κέντρο της πλάκας της τοποθετείται στην κεφαλή με μέγιστη απόκλιση 75mm.

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην κατασκευή των αποστραγγιστικών οπών Φ75mm, από PVC διάτρητο σωλήνα, ελάχιστου μήκους L=8,0m, σε κάρναβο 2x1,5 κάτω από το υψόμετρο +490,6.

iii. Προμέτρηση

Συνολικό μήκος πασσάλων Φ800 (m) : 1850

Συνολικό μήκος πασσάλων Φ600 (m) : 520

Σύνολο σκυροδέματος (m³): 1077

Σιδηρούς σπλισμός (ton) : 167

Μήκος διάτρησης αγκυρίων : 8050

Συνολικό μήκος συρματόσχοινων : 28620

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

i. Στήριξη του πετρώματος

Τα πετρώματα συνήθως δεν μπορούν να παραλάβουν εφελκυστικές ή διατμητικές δυνάμεις. Για το λόγο αυτόν τοποθετούμε γραμμικούς, μεταλλικούς ή μη μεταλλικούς φορείς που αναλαμβάνουν τις δυνάμεις αυτές. Η λειτουργία τους μπορεί να είναι ενεργητική ή παθητική. Διακρίνεται σε δυο κατηγορίες:

1. Στήριξη μετά την εκσκαφή

2. Στήριξη προ της εκσκαφής (προενίσχυση)

ii. Ράβδοι σημειακής πάκτωσης

Ονομάζονται αγκύρια ή κοχλίες ή μπουλόνια (rockbolts) και είναι προεντεταμένοι, εφελκούμενοι φορείς. Η λειτουργία τους καλείται επίσης ενεργητική. Είναι πακτωμένες στο άκρο τους.

iii. Ράβδοι συνεχούς (πλήρους) πάκτωσης

Ονομάζονται ήλοι ή βλήτρα ή καρφιά (dowels) και μεταβιβάζουν φορτία σε όλο τους το μήκος. Μπορεί να είναι:

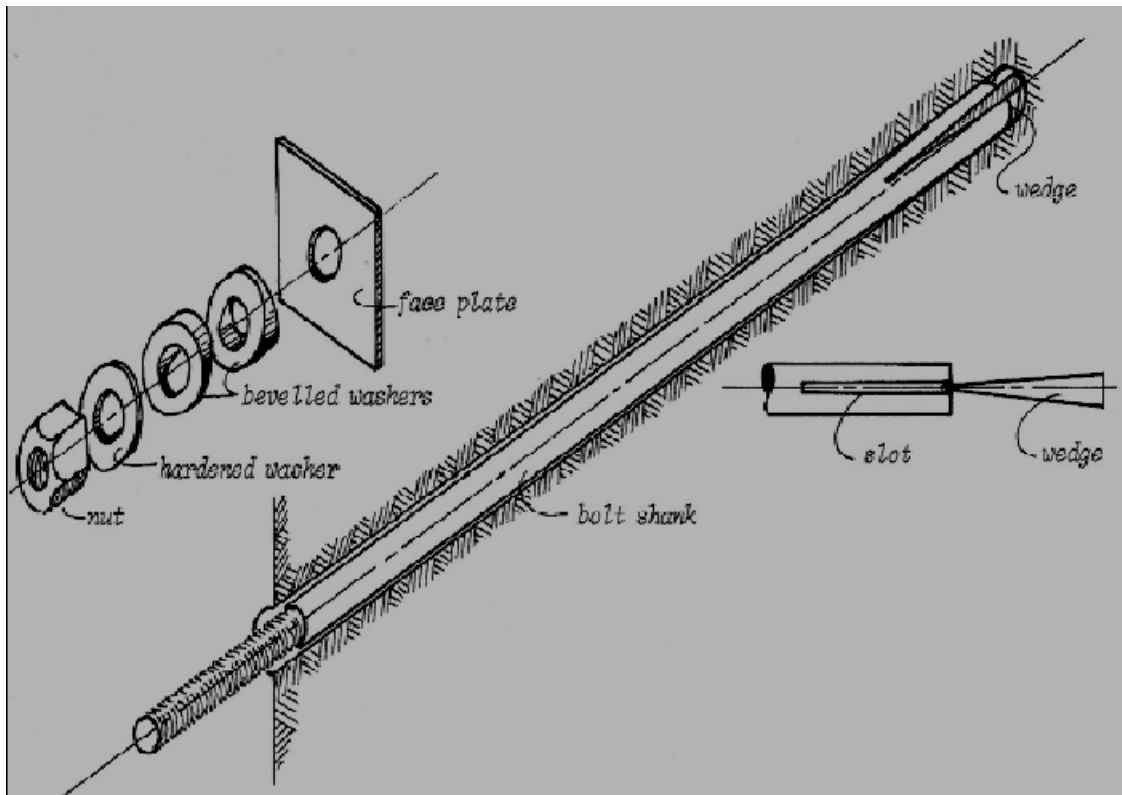
1. Ενεργητικές (τανυσμένες ή εφελκούμενες)

2. Παθητικές (μη προεντεταμένες) .Η λειτουργία τους συνίσταται στο να ενσωματώνονται στο πέτρωμα και έτσι το όλο σύστημα να παραμορφώνεται μονολιθικά. Είναι δηλαδή κάτι σαν «οπλισμός» του πετρώματος.

3. Παθητικές τριβής (διόγκωσης ή perfo). Συγκρατούντο πέτρωμα με δυνάμεις τριβής. Η διαφορά τους από την προηγούμενη κατηγορία είναι ότι αδυνατούν να παραλάβουν διατμητικές δυνάμεις. Γιαυτό δεν χρησιμοποιείται ο όρος βλήτρο αλλά μόνον ο όρος ήλος.

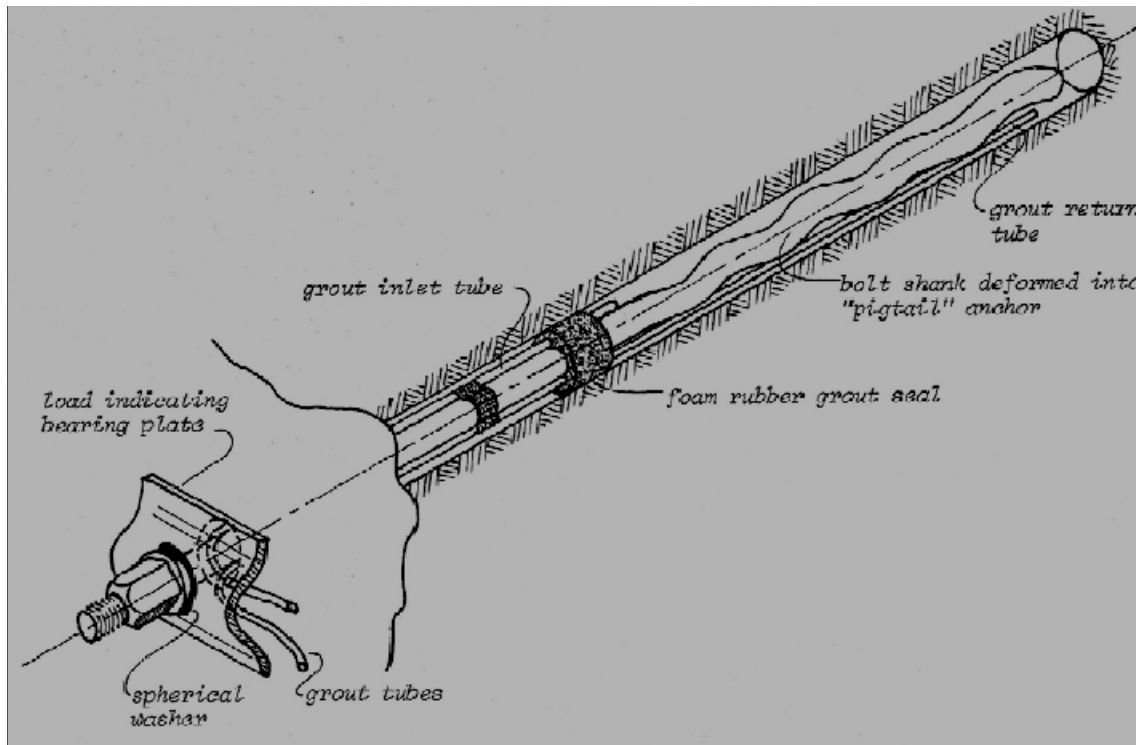
iv. Ράβδοι σημειακής πάκτωσης (αγκύρια ή κοχλίες)

Υπάρχουν διάφορα είδη: με εγκοπή και σφήνα , με διευρυνόμενο κέλυφος, σκυροδέματος κ.λ.π. Με εγκοπή και σφήνα. Η σφήνα είναι τοποθετημένη στο άκρο της εγκοπής. Η ράβδος εμπήγνυται με κρουστική σφύρα και η εγκοπή πιεζόμενη διαστέλλεται και αγκυρώνεται στα τοιχώματα του πετρώματος. Στο άλλο άκρο της ράβδου τοποθετούνται η πλάκα στήριξης, “ροδέλες” και το περικόχλιο. Η προένταση επιτυγχάνεται με την περιστροφή του περικόχλιου με ροπόκλειδο. Τα αγκύρια αυτά είναι εύκολα και φθηνά και η τοποθέτησή τους δεν είναι χρονοβόρα. Χρησιμοποιούνται μόνον σε καλής ποιότητας βράχο για να μπορέσει να προσφέρει την πάκτωση του άκρου. Το μειονέκτημά τους είναι ότι το πέτρωμα γύρω από τη στήριξη ενδέχεται να υποχωρήσει οπότε χάνεται μέρος της πάκτωσης.



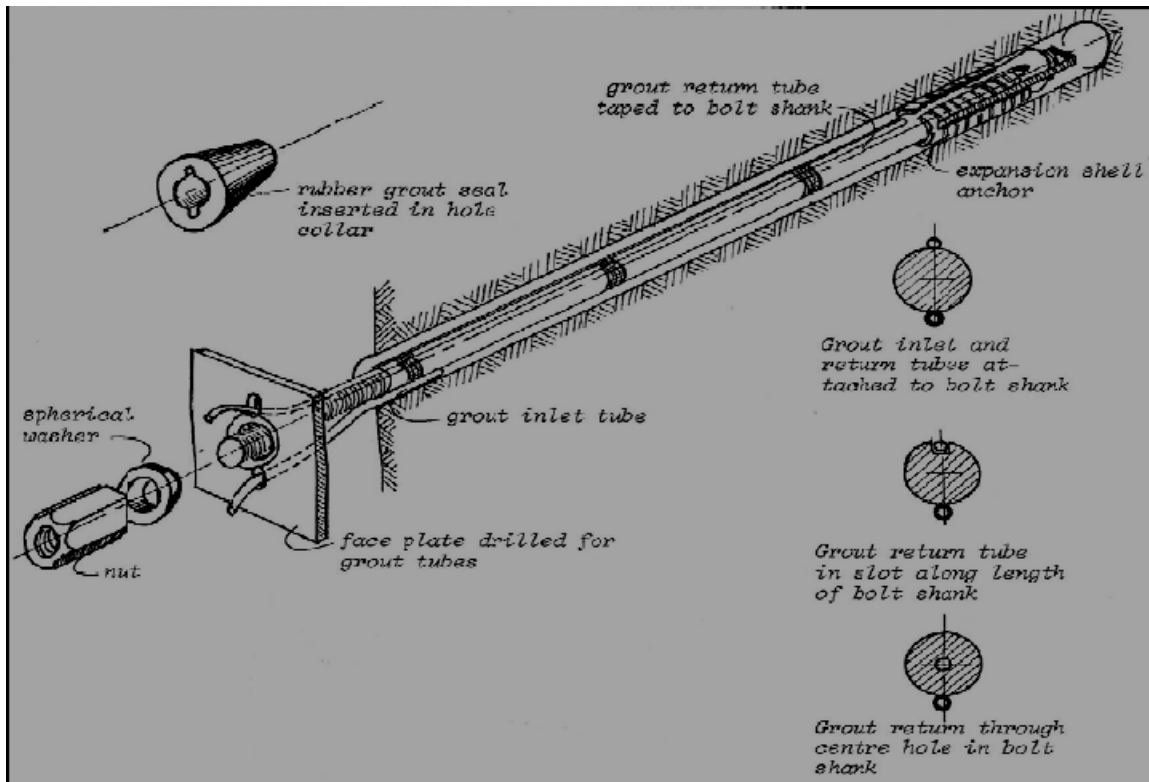
v. Ράβδοι σκυροδέματος(σημειακής πάκτωσης)

Η χαλύβδινη ράβδος εισάγεται στην οπή συνδεδεμένη με δυο λαστιχένιους σωλήνες. Σε κάποιο σημείο κοντά στο άκρο της (η θέση του καθορίζεται από τη μελέτη) τοποθετείται λαστιχένιος δακτύλιος ο οποίος σφραγίζει το χώρο που θα τοποθετηθεί το ένεμα. Το ένεμα εισάγεται από το ένα σωληνάκι και από το άλλο εξέρχεται ο αέρας. Όταν εξέλθει ένεμα σημαίνει ότι ο χώρος έχει πληρωθεί με ένεμα. Μετά την πήξη του ενέματος το αγκύριο προεντείνεται με το σφίξιμο το περικοχλίου και η περίσφιξη ελέγχεται από την αλλαγή του σχήματος της πλάκας στήριξης. Υπάρχουν παραλλαγές του συγκεκριμένου αγκυρίου. Είναι αγκύρια προσωρινής στήριξης γι' αυτό και δεν απαιτείται σκυροδέτηση και του υπόλοιπου μήκους (από το λαστιχένιο δακτύλιο μέχρι την πλάκα στήριξης) για λόγους προστασίας από διάβρωση. Είναι χαμηλού κόστους αγκύρια με ικανότητα καλής πάκτωσης και σε κακής ποιότητας πέτρωμα. Χρειάζεται όμως εξειδίκευση στην καλή ενεμάτωση της πάκτωσης και απαιτείται αναμονή μέχρι την πήξη του ενέματος.



vi. Ράβδοι πλήρους πάκτωσης (ήλοι ή βλήτρα)

Ενεργητικές ή προεντεταμένες σκυροδέματος με μηχανική αγκύρωση. Το άκρο της ράβδου είναι διαμορφωμένο σε διαστελλόμενη κεφαλή η οποία όταν περιστρέφεται («βιδώνεται»), αγκυρώνεται στο πέτρωμα. Στη ράβδο είναι συνδεδεμένα δυο σωληνάκια εισαγωγής του ενέματος και εξαγωγής του αέρα (υπάρχουν διάφορες παραλλαγές διαμόρφωσης της ράβδου και των σωλήνων, βλ. Σχήμα). Στο άκρο της ράβδου υπάρχει λαστιχένιος δακτύλιος σφραγίσματος της οπής. Στην αρχή τοποθετείται το αγκύριο, προεντείνεται και κατόπιν γίνεται έγχυση του ενέματος σε όλο του το μήκος. Η έγχυση τερματίζεται όταν το ένεμα ξεχειλίσει από το σωληνάκι επιστροφής. Τα αγκύρια αυτά χρησιμοποιούνται για μόνιμη στήριξη. Έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορεί να γίνει πρώτα η προένταση και σε επόμενη φάση η έγχυση του ενέματος. Είναι αξιόπιστα και μπορούν να παραλάβουν μεγάλα φορτία. Είναι σχετικά υψηλού κόστους. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και χωρίς ένεμα (σημειακής πάκτωσης, διευρυνόμενης κεφαλής).

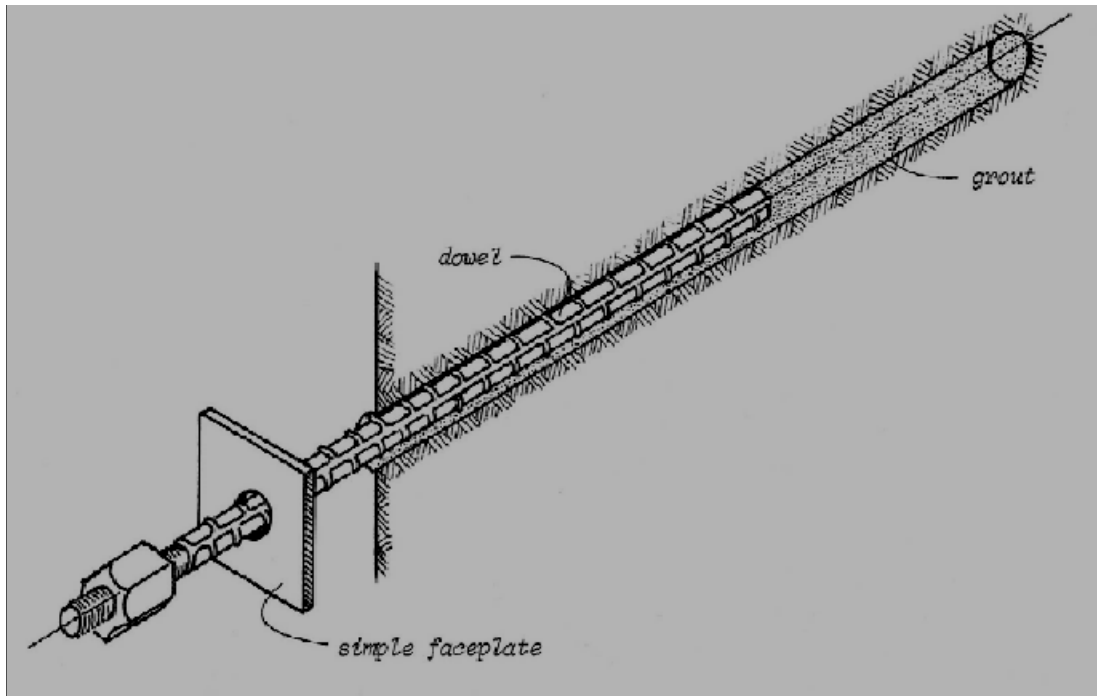


vii. Ράβδοι Ρητίνης

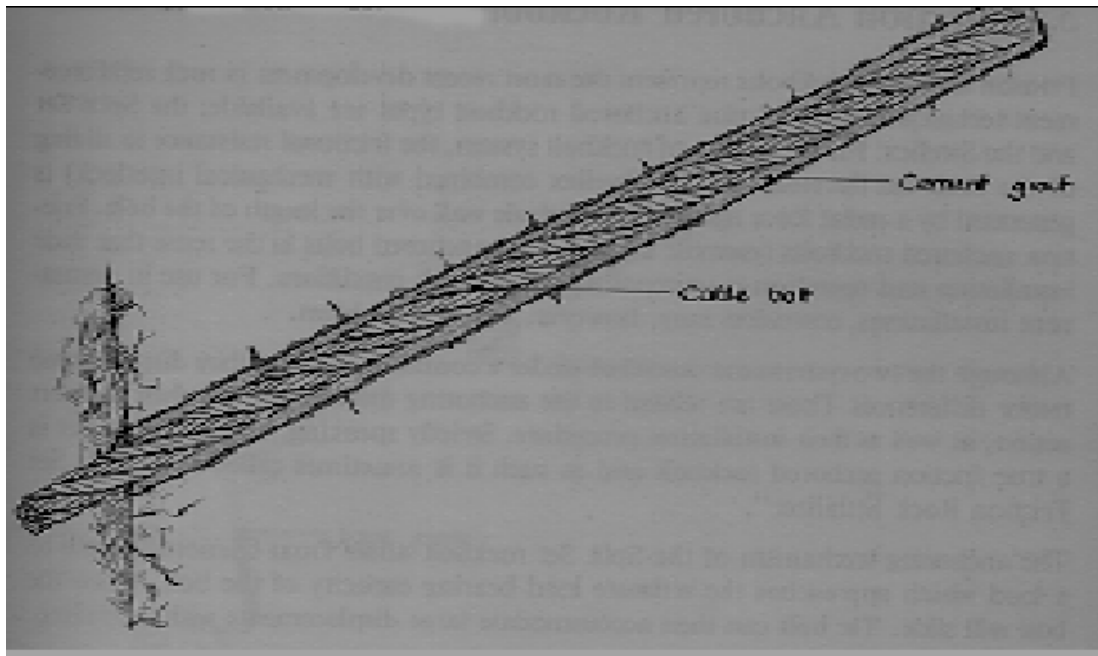
Είναι το πιο σύγχρονο σύστημα αγκύρωσης. Η ρητίνη και ο καταλύτης περιέχονται σε αμπούλες (ο καταλύτης στο εσωτερικό της ρητίνης απομονωμένος μέσα σε πλαστικό δοχείο). Οι αμπούλες εισάγονται στο εσωτερικό της οπής διαδοχικά. Η πρώτη αμπούλα στο βάθος της οπής είναι ταχείας πήξης. Στη συνέχεια εισάγεται η μεταλλική ράβδος με περιστροφή, σπάζοντας τις αμπούλες και ενώνοντας τη ρητίνη με τον καταλύτη. Αφού στερεοποιηθεί η ρητίνη στο βάθος της οπής, η ράβδος προεντείνεται. Σιγά σιγά στερεοποιείται και η υπόλοιπη βραδείας πήξεως ρητίνη. Τα αγκύρια ρητίνης είναι εύχρηστα και απλά στην τοποθέτηση. Διαμορφώνουν μεγάλης αντοχής αγκύριο ακόμα και σε χαμηλής ποιότητας βράχο. Είναι υψηλού κόστους και είναι ενδεχόμενο να έχουν πεπερασμένη διάρκεια ζωής ιδίως σε θερμά κλίματα.

viii. Παθητικές (μη προεντεταμένες) Σκυροδέματος απλές

Στην οπή εισάγεται πηχτό ένεμα με απλή αντλία. Στη συνέχεια εισάγεται η μεταλλική ράβδος (βλήτρο) η οποία πιέζει το ένεμα και το αναγκάζει να καταλάβει όλα τα κενά και να επιτύχει με τον τρόπο αυτό την πάκτωση της ράβδου σε όλο της το μήκος. Τα βλήτρα αυτά είναι απλά και χαμηλού κόστους. Δεν μπορούν να προενταθούν και για το λόγο αυτό πρέπει να τοποθετούνται πριν την παραμόρφωση του βράχου. Επίσης στην περίπτωση που το πέτρωμα είναι έντονα ρηγματωμένο το ένεμα χάνεται μέσα στις ρωγμές. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται το βλήτρο σκυροδέματος perfo.



Σκυροδέματος perfo .Διάτρητα ημικελύφη, γεμισμένα με τσιμεντοκονία και συνδεδεμένα με σύρμα εισάγονται στην οπή. Στη συνέχεια εισάγεται η μεταλλική ράβδος (βλήτρο) η οποία πιέζει το τσιμεντοκονίαμα να βγει από τις οπές των ημικελυφών προς το πέτρωμα και να γεμίσει τα κενά. Τα βλήτρα αυτά προσφέρουν καλή πρόσφυση. Επίσης αν είναι μικρού μήκους μπορούν να προενταθούν. Είναι υψηλότερου κόστους από τα απλά σκυροδέματος.



Καλώδια-Συρματόσχοινα, τένοντες και καλώδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως και οι ράβδοι χάλυβα στις παραπάνω εφαρμογές. Στη φωτογραφία φαίνεται το τμήμα του συρματόσχοινου που θα ενεματωθεί και προενταθεί και το τμήμα που θα μείνει χωρίς ένεμα και για λόγους προστασίας από διάβρωση έχει καλυφθεί με πλαστικό σωλήνα. Φαίνεται επίσης η σύνδεσή τους (και η τοποθέτηση πλαστικού αποστάτη) με το σωλήνα εισαγωγής του ενέματος. Τα συγκεκριμένα αγκύρια χρησιμοποιήθηκαν για αγκύρωση πασσαλότοιχου στο υπόγειο χώρο στάθμευσης της κεντρικής πλατείας Ιωαννίνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

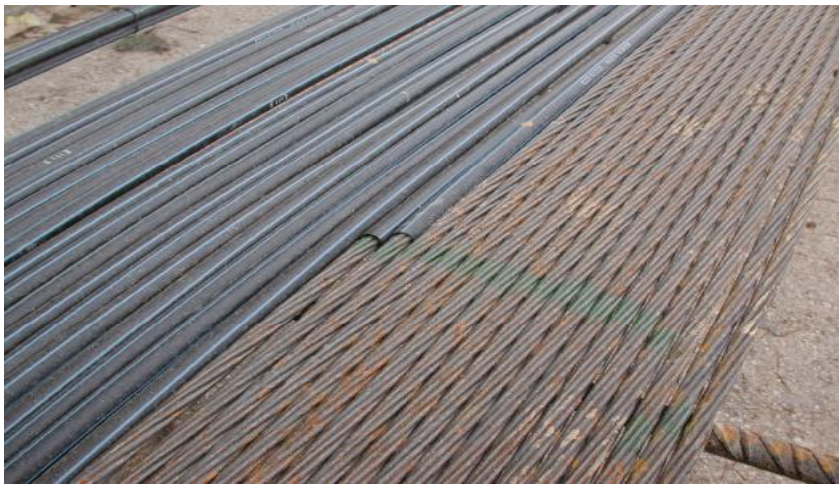


i. Προεντεταμένα αγκύρια

Πεδίο Εφαρμογής– Ορισμοί

- Η παρούσα προδιαγραφή περιλαμβάνει την κατασκευή προεντεταμένων αγκυρώσεων (προσωρινών και μονίμων) με χρήση τενόντων πακτωμένων στο έδαφος μέσω μάζας τσιμεντενέματος, για την παραλαβή ωθήσεων γαιών ενός πετάσματος αντιστήριξης (τοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος, πασσαλότοιχος, πασσαλοσανίδα κτλ.).
- Οι προσωρινές αγκυρώσεις διακρίνονται από τις μόνιμες, με βάση την ελάχιστη απαιτούμενη διάρκεια ζωής τους, η οποία για τις προσωρινές δεν υπερβαίνει τα 1,5 έως 2 έτη από το χρόνο κατασκευής τους.
- Ο τένοντας αγκύρωσης αποτελεί βασικό στοιχείο της αγκύρωσης και συνίσταται σε ένα συρματόσχοινο ή μια ράβδο ή δέσμη αυτών από χάλυβα υψηλής αντοχής σε εφελκυσμό, η οποία με το ένα άκρο πακτώνεται μέσω μάζας τσιμεντενέματος στο έδαφος και μεταφέρει μέσω τριβών στον τένοντα δυνάμεις, τις οποίες και αναλαμβάνει, με το άλλο δε άκρο προσαρμόζεται σε μεταλλική πλάκα έδρασης και στερεώνεται στο πέτασμα, το οποίο και αντιστηρίζει.

- Κάθε αγκύριο αποτελείται από τα εξής τρία τμήματα:
 - το μήκος πάκτωσης
 - το ελεύθερο μήκος (τανυόμενο τμήμα του αγκυρίου)
 - η κεφαλή αγκύρωσης ή προέντασης
- Ειδικότερα, το πεδίο εφαρμογής περιλαμβάνει τις ακόλουθες εργασίες:
 - δοκιμές εξόλκευσης αγκυρίων για τον προσδιορισμό της σχέσης ροπής στρέψης– φορτίου τάνυσης
 - διάνοιξη διατρήματος με ή χωρίς προσθήκη αιωρήματος μπεντονίτη (ή άλλου υποστηρικτικού μέσου)
 - δοκιμή διαπερατότητας των τοιχωμάτων της οπής και καθαρισμός αυτής
 - τοποθέτηση τένοντα και λοιπών εξαρτημάτων εντός της οπής και ενεμάτωση αγκυρίου
 - προσαρμογή κεφαλής προέντασης και τάνυση (και ενδεχομένως επανατάνυση) αγκυρίου.
- Για τα υλικά, τις εργασίες κατασκευής και τους ελέγχους των αγκυρώσεων σε έδαφος και βράχο, με τις όποιες τροποποιήσεις ή/και συμπληρώσεις αναφέρονται κατωτέρω.



ii. Υλικά

Τα υλικά, οι διάμετροι, ο αριθμός των ράβδων ή των συρματόσχοινων και τα φορτία λειτουργίας θα είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ισχυόντων προτύπων, της εγκεκριμένης τεχνικής μελέτης και της οδηγίας της Υπηρεσίας.

Τα συστήματα κατασκευής αγκυρίων θα είναι τυποποιημένα προϊόντα προμηθευτών με εξειδίκευση στη διάθεση συναφών ειδών. Όλα τα μεταλλικά εξαρτήματα (πλάκες έδρασης, κοχλίες, περικόχλια, κτλ.) του συστήματος κατασκευής αγκυρίων θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του προτύπου ASTM A675 Grade 90 και θα έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία για αντιδιαβρωτική προστασία. Εδικά για τις χαλύβδινες ράβδους απαιτείται η επιπλέον συμμόρφωσή τους με το πρότυπο ASTM A615 Grade 60.

Ανάλογα με τις συνθήκες της εδαφικής μάζας και τις απαιτήσεις της εγκεκριμένης τεχνικής μελέτης, το τελικό φορτίο λειτουργίας έκαστου αγκυρίου θα κυμαίνεται από 200 kN έως 600 kN, με συντελεστή ασφαλείας έναντι ορίου διαρροής και έναντι ορίου θραύσης μεγαλύτερο ίσο από 1,65 και 1,75 αντίστοιχα. Το φορτίο αποκόλλησης της πάκτωσης του τένοντα θα είναι μεγαλύτερο ή ίσο του φορτίου θραύσης του.

iii. Τένοντες Αγκύρωσης

Εφόσον δεν ορίζεται διαφορετικά στην εγκεκριμένη τεχνική μελέτη, ο τένοντας ενός αγκυρίου αποτελείται από δέσμη συρματόσχοινων, από δύο (2) το ελάχιστο έως έξι (6) το μέγιστο τον αριθμό, ελάχιστης διαμέτρου $\varnothing 15\text{mm}$ έκαστο, από χάλυβα με όριο διαρροής και όριο θραύσης όχι μικρότερα από 170kg/mm^2 και 190kg/mm^2 αντίστοιχα. Για τους τένοντες των προσωρινών αγκυρώσεων επιτρέπεται η χρήση χάλυβα με ως άνω όρια τουλάχιστον 160kg/mm^2 και 180kg/mm^2 αντίστοιχα.

Τα συρματόσχοινα είναι συνεχή, χωρίς ματίσεις ή μούφες και απαλλαγμένα από λίπη, έλαια, ακαθαρσίες, σκωρία και μηχανικές βλάβες. Η προμήθειά τους γίνεται σε περιελιγμένους σωρούς, διαμέτρου τουλάχιστον 1,5 m, κατάλληλα συσκευασμένους από το εργοστάσιο παραγωγής για την προστασία τους.

Το άκρο πάκτωσης των συρματόσχοινων είναι από κοινό ανθρακούχο χάλυβα και θα είναι εφοδιασμένο με παρέμβυσμα (ή ειδική σφραγιστική μαστίχη), το οποίο θα διαχωρίζει το μήκος πάκτωσης από το τανυόμενο τμήμα (ελεύθερο μήκος) του τένοντα.

Αντί των συρματόσχοινων επιτρέπεται η χρήση ράβδων με νευρώσεις από χάλυβα κατηγορίας S 500 ελάχιστης διαμέτρου $\varnothing 25\text{mm}$ για φορτίο

λειτουργίας 200kN. Για μεγαλύτερα φορτία λειτουργίας χρησιμοποιούνται ράβδοι μεγαλύτερης διαμέτρου (π.χ. $\varnothing 28\text{mm}$ για φορτίο λειτουργίας 400kN).

Το συνολικό μήκος κάθε τένοντα ισούται με το μήκος του διατρήματος πλέον το πάχος της κεφαλής προέντασης και πλέον όσο απαιτεί ο χρησιμοποιούμενος γρύλος προέντασης. Έτσι το επιπλέον μήκος που πρέπει ο τένοντας να εξέχει του διατρήματος, είναι περίπου 1 m.

iv. Κεφαλές Αγκύρωσης

Οι κεφαλή αγκύρωσης αποτελείται από πλάκα έδρασης από χάλυβα κατηγορίας St52 ή αναλόγου, η οποία θα επιτρέπει την τάνυση κάθε ράβδου ή συρματόσχοινου ιδιαιτέρως, ή όλων μαζί, καθώς και την ενεμάτωση του αγκυρίου. Οι πλάκες έδρασης είναι τετράγωνες με ελάχιστες διαστάσεις 150mm x 150mm x 7,5mm για φορτίο λειτουργίας 200kN. Για μεγαλύτερα φορτία λειτουργίας χρησιμοποιούνται πλάκες έδρασης μεγαλύτερων διαστάσεων (π.χ. 250mm x 250mm x 25mm για φορτίο λειτουργίας 300kN). Το στατικό φορτίο της αστοχίας της κεφαλής αγκύρωσης δεν θα να είναι μικρότερο από το άθροισμα των φορτίων θραύσης των ράβδων ή συρματόσχοινων.

Οι οπές της πλάκας έδρασης, διαμέσου των οποίων διέρχονται οι τένοντες, έχουν άνοιγμα κατά τι μεγαλύτερο από τη διάμετρο του τένοντα (π.χ. $\varnothing 18\text{mm}$ για συρματόσχοινο $\varnothing 15\text{mm}$) και διατάσσονται κυκλικά και ακτινωτά προς το εξωτερικό. Η εσωτερική επιφάνεια των οπών είναι κύλινδρος με διαμήκη άξονα κεκλιμένο υπό γωνία 9° έως 10° ως προς το επίπεδο της πλάκας. Η απόσταση μεταξύ των κέντρων των οπών στην εξωτερική παρειά της πλάκας είναι τουλάχιστον 55mm – 60mm για να διευκολύνεται η τοποθέτηση του γρύλου προέντασης.



Οι ράβδοι αγκύρωσης στην κεφαλή αγκύρωσης προεξέχουν της πλάκας έδρασης επαρκές μήκος και θα φέρουν σπείρωμα με εξαγωνικό περικόχλιο βαρέως τύπου και παράκυκλο (ροδέλα). Μεταξύ της πλάκας έδρασης και του παράκυκλου προσαρμόζονται σφηνοειδείς παράκυκλοι, κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται επιφάνεια έδρασης του περικοχλίου κάθετη προς τον άξονα της ράβδου.

Για την προστασία της κεφαλής του αγκυρίου, τοποθετείται μεταλλικό κάλυμμα κυλινδρικού σχήματος, πάχους ελάσματος 2mm και εφοδιασμένου με ελαστικό παρέμβυσμα στη βάση του κυλίνδρου. Για τένοντα 6 συρματόσχοινων $\varnothing 15\text{mm}$ τοποθετείται κάλυμμα και ελαστικό παρέμβυσμα διαμέτρων $\varnothing 220\text{mm}$ και $\varnothing 300\text{mm}$ αντιστοίχως. Το ύψος του καλύμματος είναι συνήθως 150mm – 200mm και φέρει στο επάνω μέρος του έναν γρασαδόρο και μια οπή εξαερισμού. Η επαφή του προστατευτικού καλύμματος με την πλάκα έδρασης γίνεται μέσω του προαναφερομένου ελαστικού παρεμβύσματος.

Στην κεφαλή αγκύρωσης των προσωρινών αγκυρίων δεν απαιτείται η τοποθέτηση προστατευτικού καλύμματος.

v. Σωλήνες Προστασίας Αγκυρίων

Τα μόνιμα αγκύρια προστατεύονται σε όλο το μήκος τους από οξείδωση, διάβρωση με σύστημα διπλού πλαστικού περιβλήματος ως εξής:

- Η δέσμη των συρματόσχοινων περιβάλλεται στην περιοχή της πάκτωσης από έναν ειδικό πλαστικό σωλήνα με αυλακώσεις στο εσωτερικό του. Η εξωτερική διάμετρος του υπόψη σωλήνα εξαρτάται από τον αριθμό των συρματόσχοινων της δέσμης (π.χ. σωλήνας Ø85mm για τένοντα 6 συρματόσχοινων Ø15mm).
- Στην περιοχή του ελεύθερου μήκους του αγκυρίου ο τένοντας περιβάλλεται από ένα λείο εύκαμπτο πλαστικό σωλήνα πάχους τουλάχιστον 2mm και εξωτερικής διαμέτρου ανάλογα με τον αριθμό των συρματόσχοινων της δέσμης (π.χ. σωλήνας Ø85mm για τένοντα 6 συρματόσχοινων Ø15mm).
- Κάθε συρματόσχοινο ή ράβδος ξεχωριστά, καθ' όλο το ελεύθερο μήκος του αγκυρίου, προστατεύεται από ένα περίβλημα (πλαστικό σωλήνα περίπου Ø20mm για συρματόσχοινο Ø15mm), το οποίο πληρώνεται με γράσο μηχανής για λόγους μείωσης των τριβών και προστασίας από την υγρασία.

Τα προσωρινά αγκύρια προστατεύονται στο ελεύθερο μόνο τμήμα τους, με τον ίδιο τρόπο που προστατεύονται και τα μόνιμα αγκύρια . Τα συρματόσχοινα και οι ράβδοι στο πακτωμένο τμήμα των προσωρινών αγκυρίων παραμένουν γυμνά.

vi. Διατρητικό Υγρό

Κατά τη διάτρηση για την κατασκευή αγκυρίων σε εδάφη άλλα εκτός του βράχου, είναι δυνατόν, μετά από έγκριση της Υπηρεσίας, να προστεθεί αιώρημα μπεντονίτη ως διατρητικό υγρό για την εξασφάλιση των τοιχωμάτων του διατρήματος.

Στην κατασκευή αγκυρίων, οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες αιωρήματος μπεντονίτη είναι πολύ μικρότερες από εκείνες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των έγχυτων πασσάλων και ως εκ τούτου κατά κανόνα δεν χρειάζεται η επαναχρησιμοποίηση του αιωρήματος και άρα αποφεύγονται οι εγκαταστάσεις καθαρισμού του.

vii. Ένεμα

Κατά κανόνα το ένεμα αποτελείται από μίγμα τσιμέντου τύπου Portland και νερού. Για το μίγμα τσιμεντενέματος εφαρμόστηκε ο μικρότερος δυνατός λόγος νερού προς τσιμέντο (w/c). Η αναλογία σύνθεσης του τσιμεντενέματος είναι 1,5 – 2,5 μέρη βάρους τσιμέντου προς 1,0 μέρος βάρους νερού, ή όπως συνιστά ο κατασκευαστής / προμηθευτής των αγκυρίων. Για την κατασκευή προσωρινών αγκυρώσεων επιτρέπεται η χρήση τσιμεντενέματος με αναλογία w/c = 1/1. Το μίγμα αναδεύτηκε επί τουλάχιστον 3min σε αναδευτήρα υψηλής ταχύτητας, πριν διοχετευθεί στο διάτρημα.

Στο μίγμα προστέθηκε και πρόσμικτα βελτιωτικά της εργασιμότητάς του, της έγκρισης της Υπηρεσίας, ιδίως στην περίπτωση που το μίγμα είναι πλούσιο σε τσιμέντο. Η εφίδρωση του μίγματος δεν υπερβαίνει το 1%. Στην κατασκευή προεντεταμένων αγκυρίων δεν επιτρέπεται η προσθήκη άμμου στο μίγμα του ενέματος.

Σε εξαιρετικές περιπτώσεις κατασκευής αγκυρίου σε βραχομάζα και ύστερα από έγκριση της Υπηρεσίας, επιτρέπεται η χρησιμοποίηση ρητινικού ενέματος αποτελούμενο από ταχυπηκτική εποξειδική ρητίνη δύο συστατικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

i. Εκτέλεση Εργασιών

Ο Ανάδοχος προσκόμισε επί τόπου του έργου προεντεταμένα αγκύρια, πλήρη με όλα τα παρελκόμενά τους, διάτρησε οπές με ή χωρίς χρήση διατρητικού υγρού ή σωλήνωσης προστασίας, καθάρισε τα διατρήματα και έλεγξε τη στεγανότητά τους, τοποθέτησε τα αγκύρια στα διατρήματα, εκτέλεσε την ενεμάτωση, προσάρμοσε τις κεφαλές των αγκυρώσεων, τάνυσε και ενδεχομένως, επανατάνυσε τις προεντεταμένες αγκυρώσεις στις θέσεις που δεικνύονται στα σχέδια της εγκεκριμένης τεχνικής μελέτης και σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας.

Ο Ανάδοχος, όχι αργότερα από σαράντα πέντε ημέρες πριν την έναρξη των εργασιών και πριν την προμήθεια των υλικών κατασκευής των αγκυρώσεων, υπέβαλε προς έγκριση στην Υπηρεσία, πλήρη στοιχεία για τον τύπο και τα υλικά των αγκυρώσεων που προτίθεται να χρησιμοποιήσει, συνοδευόμενα από πιστοποιητικά του κατασκευαστή / προμηθευτή,

στοιχεία για τη παρεχόμενη αντιδιαβρωτική προστασία, οδηγίες για τη μέθοδο τοποθέτησης, περιγραφή του εξοπλισμού τάνυσης και ενεμάτωσης, οδηγίες για τη μέθοδο ενεμάτωσης, τις δοκιμές των αγκυρώσεων και τον αντίστοιχο εξοπλισμό.

Ο Ανάδοχος για κάθε αγκύρωση κατέγραψε και υπέβαλλε στην Υπηρεσία όλα τα απαραίτητα, κατά την κρίση της Υπηρεσίας, διατρητικά στοιχεία (ρυθμός και ταχύτητα διάτρησης, χρώμα επιστρεφόμενου νερού, συμπεριφορά διατρητικών στελεχών, παρουσία κενών ή μαλακών στρωμάτων κτλ.), καθώς και όλα τα στοιχεία ενεμάτωσης (σύνθεση μίγματος, πίεση ενέματος, ποσότητα διοχετευθέντος ενέματος, μήκος πάκτωσης κτλ.).

ii. Διάτρηση Οπών

Η διάτρηση των οπών έγινε με περιστροφικό γεωτρύπανο ή με περιστροφικό-κρουστικό γεωτρύπανο, σύμφωνα με τις εντολές της Υπηρεσίας. Οι οπές των προεντεταμένων αγκυρώσεων διατρήονται κατά 0,50 m βαθύτερα από το απαιτούμενο μήκος των αγκυρώσεων. Το μήκος διάτρησης για κατασκευή προεντεταμένων αγκυρίων είναι συνήθως της τάξης των 12 m – 20 m, χωρίς να αποκλείονται μικρότερα ή μεγαλύτερα μήκη.

Οι συνήθεις διάμετροι διάτρησης είναι για μόνιμες αγκυρώσεις $\varnothing 130\text{mm}$ - $\varnothing 180\text{mm}$ και για προσωρινές $\varnothing 100\text{mm}$ - $\varnothing 130\text{mm}$.

Στην περίπτωση των μονίμων αγκυρώσεων, όπου απαιτείθηκε, εφαρμόστηκε διαφορετική (μεγαλύτερη) διάμετρος διάτρησης στην περιοχή του ελεύθερου τμήματος του αγκυρίου κοντά στην κεφαλή προέντασης (και επί μήκος περίπου 1,5 m) από αυτή που εφαρμόζεται στο υπόλοιπο μήκος του αγκυρίου.

Απαγορεύεται η διάτρηση κοντά σε άλλα αγκύρια που έχουν πρόσφατα σκυροδετηθεί και το τσιμεντένεμά τους είναι ακόμα εργάσιμο ή που δεν έχουν ακόμα ενεματωθεί, προς αποφυγή ενδεχομένων ζημιών.

Εάν το διατρηόμενο έδαφος είναι αρκετά συνεκτικό (ημιβραχώδες ή βραχώδες) και τα τοιχώματα της οπής δεν καταπίπτουν, τότε δεν χρειάζεται να ληφθούν μέτρα συγκράτησης των τοιχωμάτων με χρήση διατρητικού

υγρού (αιώρημα μπεντονίτη). Εάν όμως το έδαφος είναι κοκκώδες ή χαλαρό, τότε, με τη σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας, κατά τη διάτρηση διοχετεύεται μέσα στην οπή αιώρημα μπεντονίτη.

Σε περίπτωση ξαφνικής απώλειας του διατρητικού υγρού, η διάτρηση διακόπτεται και να πληρώνεται αμέσως με κατάλληλο υλικό (π.χ. τσιμεντένεμα). Συνέχιση της διάτρησης στη θέση αυτή επιτρέπεται μόνο μετά από εντολή της Υπηρεσίας.

Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να αποφεύγεται η διάχυση του αιωρήματος μπεντονίτη ή άλλου διατρητικού υγρού στην περιοχή του εργοταξίου, εκτός από την άμεση περιοχή του διατρήματος.

Το περισσευούμενο αιώρημα μπεντονίτη (ή άλλη περισσευούμενη ποσότητα διατρητικού υγρού) απομακρύνεται αμέσως από το εργοτάξιο. Η απόρριψη αιωρήματος μπεντονίτη (ή άλλου διατρητικού υγρού) γίνεται σε οποιαδήποτε απόσταση από το έργο σε θέσεις που επιτρέπονται από τις αρμόδιες Αρχές και ύστερα από έγκριση της Υπηρεσίας.

Σε περίπτωση διάτρησης οπής σε έδαφος κοκκώδες ή χαλαρό, για την προστασία των τοιχωμάτων της, επιπλέον ή αντί της χρησιμοποίησης διατρητικού υγρού, επιτρέπεται η προώθηση, ταυτόχρονα με τη διάτρηση, σωλήνωσης προστασίας είτε καθ' όλο το μήκος της οπής ή στην αρχή της. Κατά τα λοιπά, στην περίπτωση αυτή, ισχύουν τα αναφερόμενα στο εδάφιο «Διάτρηση με Προσωρινή Σωλήνωση Προστασίας» της παραγράφου 261.3.7 του άρθρου «Έγχυτοι Πάσσαλοι & Φρεατοπάσσαλοι» της παρούσας ΓΤΣΥ.

Σε περίπτωση διάτρησης διαμέσου στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα (π.χ. έγχυτο πάσσαλο, τοίχο αντιστήριξης) και προς αποφυγή τραυματισμού των τενόντων από εντός της οπής προεξέχοντα οπλισμό, το πρώτο μήκος της διάτρησης γίνεται με ειδικό εξοπλισμό λήψης πυρήνων οπλισμένου σκυροδέματος, ο οποίος αφήνει λεία την επιφάνεια των τοιχωμάτων της οπής.

iii. Καθαρισμός Διατρημάτων και Δοκιμή Διαπερατότητας

Αμέσως μετά τη διάτρηση, οι οπές των αγκυρίων καθαρίζονται με έκπλυση με καθαρό νερό, μέχρις ότου το επιστρεφόμενο από την οπή νερό εξέρχεται καθαρό.

Στη συνέχεια οι οπές καθαρίζονται περαιτέρω με εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα, μέχρις ότου δεν μείνει νερό μέσα στις οπές. Αν οι τένοντες δεν

πρόκειται να τοποθετηθούν αμέσως, οι οπές φράζονται στεγανά και επαναλαμβάνεται ο καθαρισμός τους (έκπλυση με νερό και εμφύσηση αέρα) αμέσως πριν την τοποθέτηση των τενόντων.

Πριν την τοποθέτηση των τενόντων, το διάτρημα, σε ολόκληρο το μήκος του, υποβάλλεται σε δοκιμή εισπίεσης ύδατος, με την τοποθέτηση στεγανού παρεμβύσματος, σε βάθος 2,0 m από το στόμιο της οπής και την εφαρμογή πίεσης 100kPa στο πιεσόμετρο για χρονικό διάστημα 5min. Αν κατά τη διάρκεια της δοκιμής παρατηρηθεί απώλεια ύδατος μεγαλύτερη από 3lt/s, ανεξάρτητα από το βάθος της οπής, εκτελείται τσιμεντένεση υπό πίεση, σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας. Μετά την πήξη του ενέματος γίνεται επαναδιάτρηση της οπής και εκτελείται νέα δοκιμή διαπερατότητας των τοιχωμάτων του διατρήματος, κατά τα ανωτέρω. Μόνον εφόσον εξασφαλιστεί το υδατοστεγές του διατρήματος, κατά τα ανωτέρω, θα τοποθετούνται οι τένοντες.

iv. Κατασκευή και Τοποθέτηση Τενόντων

Για την κατασκευή και συναρμολόγηση των τενόντων από δέσμη συρματόσχοινων σε κυλινδρική, κατά κανόνα, διάταξη, χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα εξαρτήματα - υλικά:

- Πλαστικοί αποστάτες-οδηγοί (συνήθως για 6 θέσεις συρματόσχοινων). Το σχήμα των οδηγών αυτών είναι κυλινδρικό και η περίμετρός τους είναι έτσι διαμορφωμένη ώστε να λειτουργούν και σαν αποστάτες και να συγκρατούν το σώμα της δέσμης των τενόντων στο κέντρο περίπου της οπής της διάτρησης. Τοποθετείται ένας τέτοιος αποστάτης κάθε 1m – 2m. Για τη διατήρηση των ράβδων αγκύρωσης στο κέντρο περίπου της οπής, χρησιμοποιούνται παρόμοια εξαρτήματα (αποστάτες / οδηγοί).

- Για τη διαμόρφωση του μήκους πάκτωσης του αγκυρίου που στα μόνιμα αγκύρια είναι προστατευμένο με τον αυλακωτό σωλήνα ενώ στα προσωρινά αγκύρια είναι γυμνό, η δέσμη των συρματόσχοινων συσφίγγεται μεταξύ των αποστατών με μεταλλικό σύρμα και έτσι δίδεται στο προς πάκτωση τμήμα του τένοντα ένα σχήμα από συνεχόμενα «δάρια», το οποίο αυξάνει τις δυνάμεις πρόσφυσης του τένοντα με το ένεμα.

- Στην περιοχή του ελεύθερου μήκους του αγκυρίου, ο τένοντας εξοπλίζεται με τον τρόπο που περιγράφεται στην ανωτέρω παράγραφο «Σωλήνες Προστασίας Αγκυρίων» .

- Στο σημείο διαχωρισμού πακτωμένου και ελεύθερου τμήματος τοποθετείται παρέμβυσμα (ή ειδική σφραγιστική μαστίχη), το οποίο εμποδίζει τη διείσδυση ενέματος από το μήκος πάκτωσης προς το τανυόμενο τμήμα (ελεύθερο μήκος) του τένοντα.

- Για την ενεμάτωση των διαφόρων περιοχών του αγκυρίου τοποθετείται ένα σύστημα σωληνώσεων. Κατά τη διοχέτευση ενέματος στο μήκος πάκτωσης, είναι απαραίτητη η εξασφάλιση εξαέρωσης μέσω ενός σωλήνα που τοποθετείται αποκλειστικά για το σκοπό αυτό.

Τα συρματόσχοινα ή οι ράβδοι που συνθέτουν τον τένοντα, είναι απαραίτητο να είναι κατά το δυνατόν ευθύγραμμο και προς την έξοδο του διατρήματος να σχηματίζουν ομάδα σε σχήμα συμβατό με εκείνο των οπών της πλάκας έδρασης.

Η τοποθέτηση των τενόντων μέσα στα διατρήματα γίνεται χειρωνακτικά. Ανάλογα με το μήκος και το βάρος του τένοντα, χρησιμοποιείται ο κατάλληλος αριθμός εργατών, οι οποίοι τον τοποθετούν αργά-αργά εντός του διατρήματος, αποφεύγοντας τις παραμορφώσεις ή φθορές του, ή τη μετατόπιση των σωληνώσεων που προορίζονται για την ενεμάτωση του αγκυρίου.

v. Ενεμάτωση Αγκυρίων

Για την ενεμάτωση των μονίμων αγκυρίων χρησιμοποιούνται εμβολοφόρες αντλίες ελάχιστης ικανότητας τουλάχιστον 700 kPa, κατάλληλες για τσιμεντενέσεις, με τη βοήθεια των οποίων γίνεται η εισπίεση του τσιμεντενέματος. Η ενεμάτωση των προσωρινών αγκυρώσεων επιτρέπεται να γίνεται και με απλή έγχυση του ενέματος εντός του διατρήματος με βαρύτητα, δηλ. χωρίς την ανάπτυξη πίεσης.

Σε περίπτωση ύπαρξης ύδατος εντός του διατρήματος ή χρησιμοποίησης διατρητικού υγρού, η ενεμάτωση γίνεται σε δύο φάσεις και υποχρεωτικά με την εξής σειρά:

- σε πρώτη φάση πληρώνεται με ένεμα το μήκος πάκτωσης
- σε δεύτερη φάση διοχετεύεται ένεμα στο ελεύθερο μήκος του αγκυρίου.

Η ενεμάτωση ενός αγκυρίου, αν δεν συντρέχουν οι προαναφερόμενοι λόγοι και μετά από έγκριση της Υπηρεσίας, είναι δυνατόν να γίνει και με την αντίστροφη από την ως άνω σειρά.

Η αγκύρωση δεν θα τανύεται πριν το διοχετευθέν ένεμα αποκτήσει τις απαιτούμενες αντοχές του, ενώ το ελεύθερο μήκος του αγκυρίου δεν θα ενεματώνεται πριν την τάνυση και ενδεχομένως επανατάνυση της αγκύρωσης.

Η ενεμάτωση συνεχίζεται μέχρις ότου παρατηρηθεί σταθερή επιστροφή καθαρού ενέματος (χωρίς εδαφικές προσμίξεις) μέσα από τον σωλήνα εξαέρωσης. Αν κατά τη διάρκεια της ενεμάτωσης παρατηρηθεί εκροή ενέματος από σημεία γύρω από το αγκύριο ή από γειτονικά σημεία στην εδαφική μάζα, ο Ανάδοχος θα λάβει μέτρα ώστε να σταματήσει η περαιτέρω διαρροή ενέματος.

Ολόκληρο το ελεύθερο μήκος των μονίμων αγκυρίων πληρώνεται με ένεμα. Ύστερα από άδεια της Υπηρεσίας ή εφόσον προβλέπεται από την εγκεκριμένη τεχνική μελέτη, το ελεύθερο μήκος των προσωρινών αγκυρίων είναι δυνατόν να πληρώνεται μερικώς.



vi. Προσαρμογή Κεφαλών Αγκύρωσης και Τάνυση

Η συναρμολόγηση των κεφαλών αγκύρωσης γίνεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην ανωτέρω παράγραφο «Κεφαλές Αγκύρωσης».

Όπου απαιτείται, κάτω από την πλάκα έδρασης εφαρμόζεται ταχυπηκτική εποξειδική τσιμεντοκονία για την εξασφάλιση καλών συνθηκών έδρασης της πλάκας επί της επιφάνειας του πετάσματος που αντιστηρίζεται με το υπό κατασκευή αγκύριο.

Ο εξοπλισμός τάνυσης είναι τέτοιος ώστε να επιβάλλεται το φορτίο τάνυσης στον τένοντα εγγυημένα και αξιόπιστα, να επιτρέπει την αποφόρτιση και επαναφόρτιση του τένοντα και να εγγυάται τη μέτρηση των φορτίων και των παραμορφώσεων κατά τη διάρκεια του ελέγχου τάνυσης.

Η τάνυση των αγκυρίων γίνεται είτε με δυναμόκλειδο πεπιεσμένου αέρα ή με μηχανικό δυναμόκλειδο και τα δύο προαναφερόμενα εξοπλισμένα με προεπιλογή εφαρμοστέας ροπής στρέψης, είτε με υδραυλικό γρύλο.

Η τάνυση δεν πραγματοποιείται πριν την παρέλευση τουλάχιστον επτά (7) ημερών από την ενεμάτωση του αγκυρίου. Ο υπόψη χρόνος μπορεί να μειωθεί σε τρεις (3) ημέρες μόνο σε περίπτωση που χρησιμοποιείται κατάλληλο πρόσμικτο και οπωσδήποτε μετά από έγκριση της Υπηρεσίας.

Κατά την τάνυση το περικόχλιο περιστρέφεται ελεύθερα στην κεφαλή της αγκύρωσης και συσφίγγεται μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη ροπή στρέψης. Το εφαρμοζόμενο φορτίο προέντασης επιβάλλεται βαθμιαία μέχρι μια τιμή ίση προς το 110% του μέγιστου φορτίου λειτουργίας που προβλέπεται από την εγκεκριμένη τεχνική μελέτη. Τελικά η σφήνωση της κεφαλής του αγκυρίου γίνεται στο φορτίο λειτουργίας της εγκεκριμένης τεχνικής μελέτης.

Προεντεταμένα αγκύρια που κατά την τάνυση εμφανίζουν παραμορφώσεις μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες, απορρίπτονται και με δαπάνη του Αναδόχου τοποθετούνται νέα προεντεταμένα αγκύρια δίπλα στα απορριφθέντα.

Μετά την εφαρμογή της τάνυσης και την παρέλευση τουλάχιστον επτά (7) ημερών από αυτήν, ή όπως άλλως ορίσει η Υπηρεσία, τα αγκύρια θα ελέγχονται με δυναμόκλειδο για να εξακριβωθεί τυχόν σημαντική ($\geq 5\%$) μείωση της τάσης που εφαρμόστηκε στους τένοντες σε πρώτη φάση. Τα περικόχλια θα πρέπει να βρίσκονται σε περιστροφή όταν λαμβάνεται η μέτρηση της υπόψη ροπής στρέψης.

Αν σε ένα αγκύριο κατά τον προαναφερόμενο έλεγχο προκύψει σημαντική μείωση της αρχικά εφαρμοσθείσας τάσης, το συγκεκριμένο αγκύριο επανατανύεται, όπως απαιτείται και μόνον τότε θα γίνεται η ενεμάτωση του ελεύθερου μήκους του αγκυρίου.

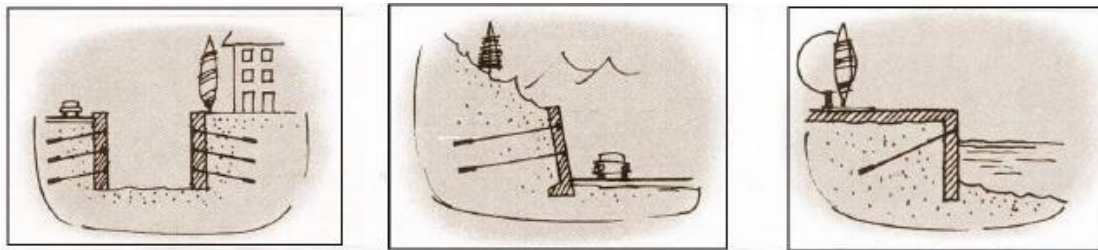
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Μία από τις κυριότερες εφαρμογές της προέντασης, είναι αυτή της τάνυσης αγκυρίων εδάφους. Ως αγκύριο εδάφους, μπορεί να οριστεί ένα σύνολο χαλύβδινου οπλισμού προέντασης το οποίο αγκυρώνεται στο έδαφος διαμέσου τσιμεντένεσης, και στη συνέχεια τανύζεται μεταβιβάζοντας καταυτόν τον τρόπο τη δύναμη προέντασης στο αγκυρούμενο έδαφος.

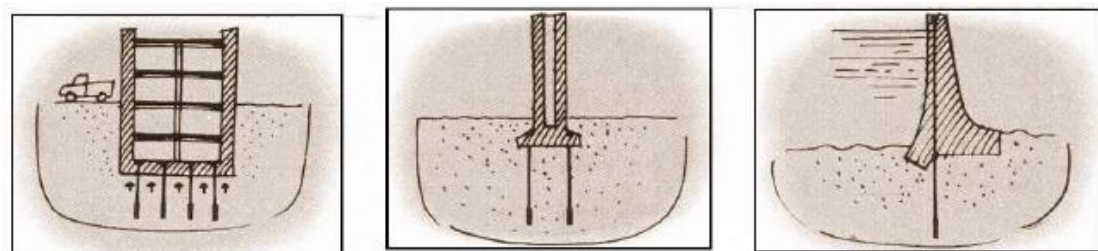
i. Εφαρμογές προεντεταμένων αγκυρίων εδάφους.

Η τεχνική των προεντεταμένων αγκυρίων μπορεί να εφαρμοσθεί σε πλήθος κατασκευών όπως σε:

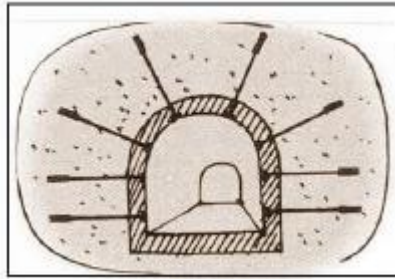
♦ Τοίχους Αντιστήριξης:



♦ Ενίσχυση θεμελίων μεγάλων έργων:



◆ Σήραγγες:



ii. Περιγραφή / Χαρακτηριστικά Αγκυρίων

Τύποι αγκυρίων

Τα αγκύρια εδάφους διαχωρίζονται σε:

◆ Προσωρινά : Αγκύρια που προορίζονται να λειτουργούν για μια περίοδο μικρότερη των 2 ετών (DIN 4125, cl. 2.1.4).

◆ Μόνιμα : Αγκύρια που προορίζονται να λειτουργούν σε όλη τη διάρκεια ζωής μίας κατασκευής (DIN 4124, cl. 2.1.5).

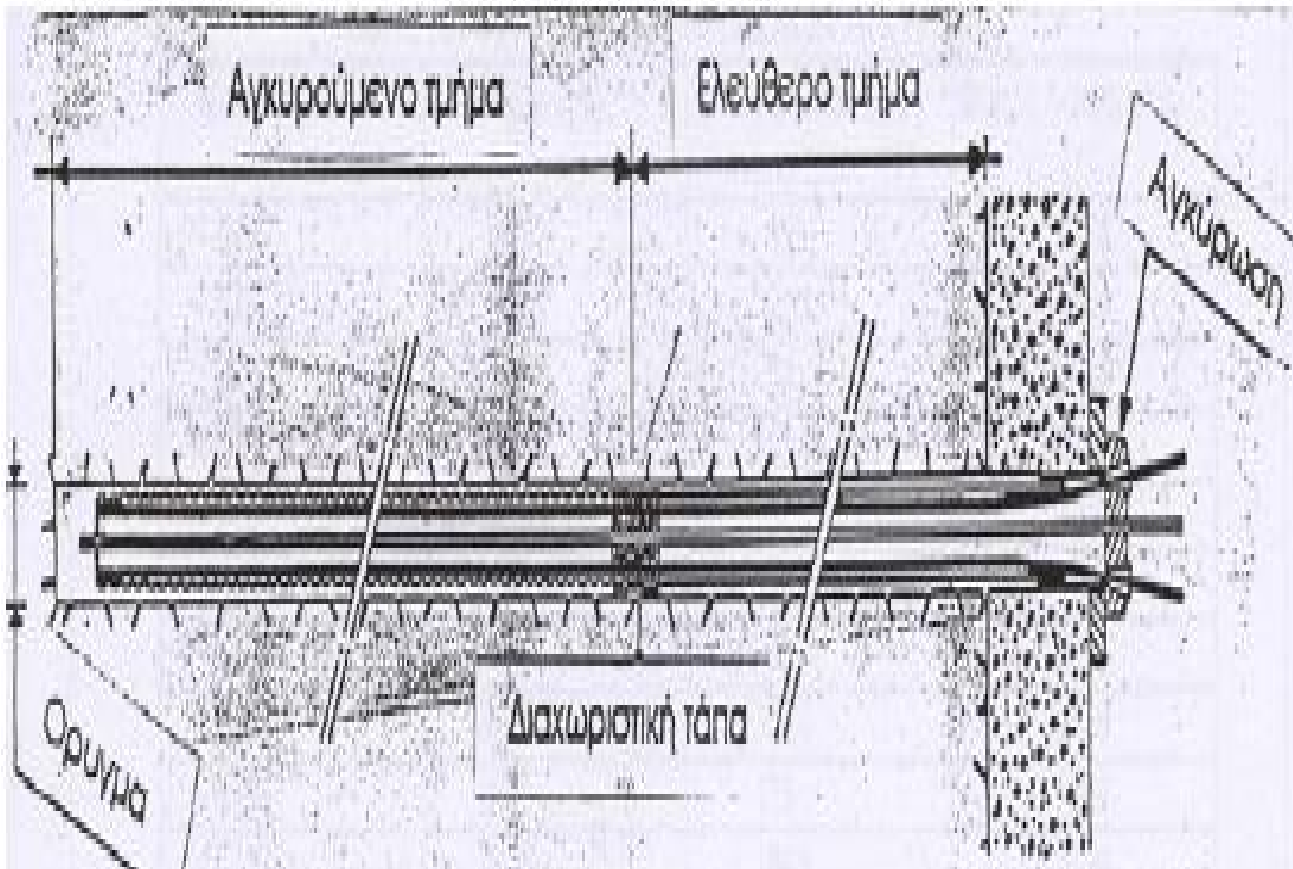
Χαρακτηριστικά αγκυρίων

Ανεξαρτήτου τύπου, τα αγκύρια εδάφους αποτελούνται από τρία βασικά μέρη:

◆ Το αγκυρούμενο τμήμα , το οποίο είναι εκείνο το τμήμα του αγκυρίου που εξασφαλίζει την αγκύρωση στο έδαφος με συνάφεια, δια μέσου της τσιμεντένεσης.

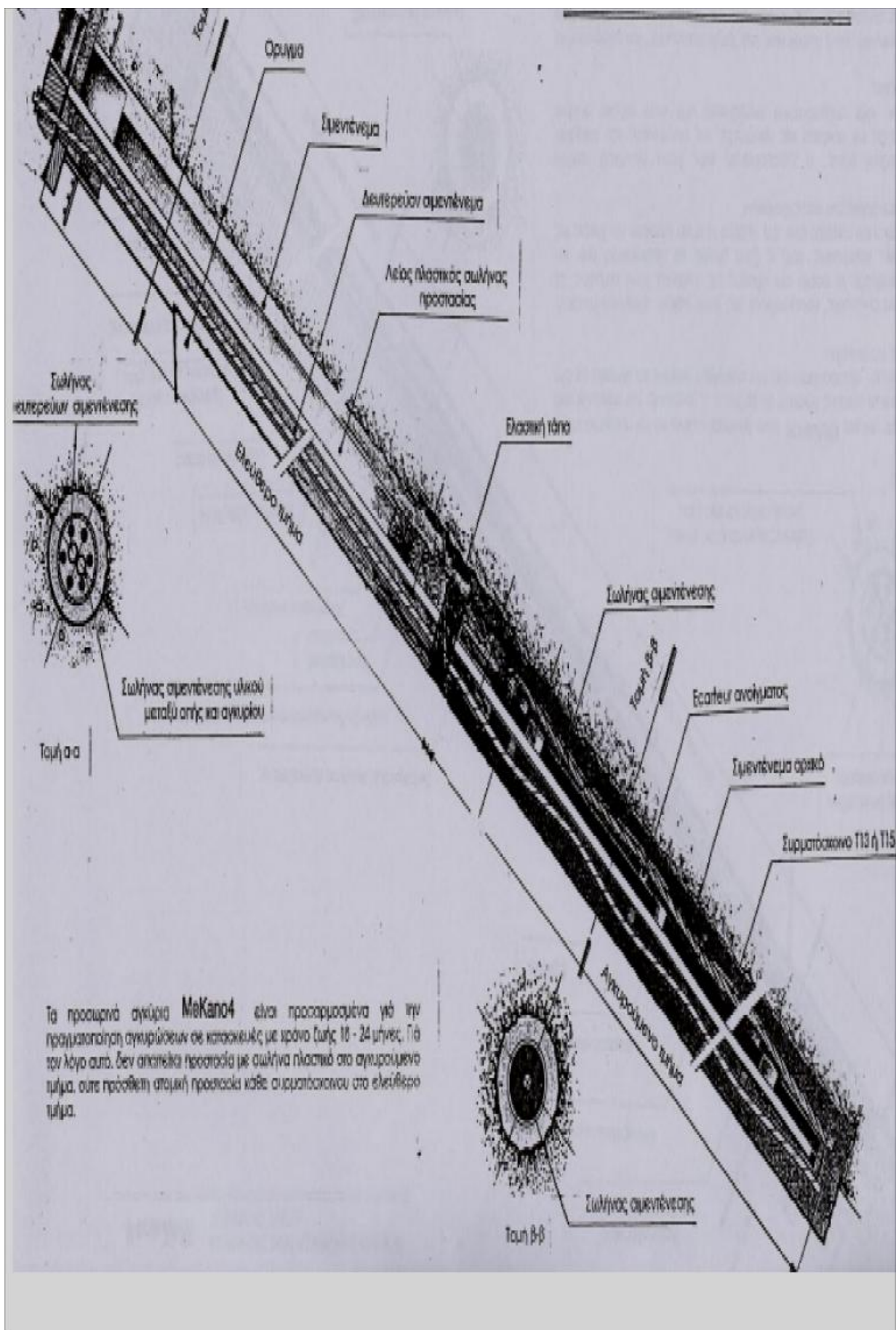
◆ Το ελεύθερο τμήμα, το οποίο είναι εκείνο το τμήμα στο οποίο ο οπλισμός δύναται να επιμηκύνεται ελεύθερα κατά τη διάρκεια της προέντασης.

◆ Η αγκύρωση, η οποία αποτελεί το μηχανικό τμήμα που εξασφαλίζει την εφαρμογή της δύναμης προέντασης.

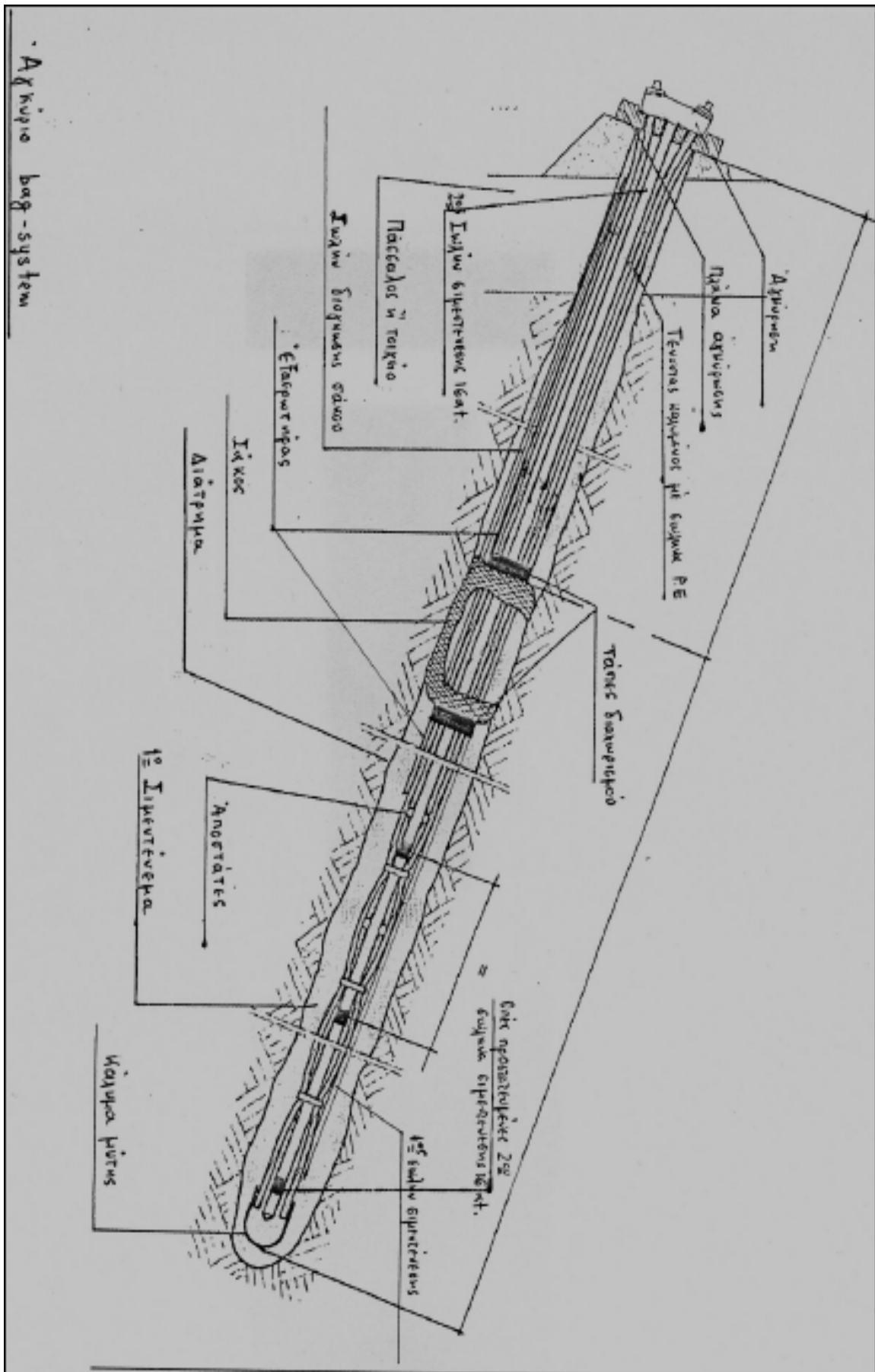


iii. Προστασία αγκυρίων

Η προστασία των οπλισμών από την οξείδωση εξασφαλίζεται από ένα στεγανό και συνεχές σωλήνωμα σε όλο το μήκος του αγκυρίου. Ειδικότερα, το αγκυρούμενο τμήμα των Μόνιμων αγκυρίων, προστατεύεται από έναν ανάγλυφο σωλήνα, που μεταβιβάζει τα φορτία στο έδαφος με συνάφεια λόγω σχήματος. Στο ελεύθερο μήκος, η χρησιμοποίηση ενός λείου πλαστικού σωλήνα, εξασφαλίζει τη συνέχεια της προστασίας στεγάνωσης του αγκυρίου. Επιπλέον, κάθε συρματόσχοινο περιβάλλεται από ατομικό σωλήνα προστασίας.



· Αρχαίο bag-system



iv. Ανάλυση - Διαστασιολόγηση Αντιστήριξης

Για την ανάλυση χρησιμοποιείται το πρόγραμμα H/Y RID04 version 4.01. Πρόκειται για ένα λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε από τη γαλλική εταιρεία Robert Fages Logiciels (RFL) και το οποίο υπολογίζει την ελαστοπλαστική ισορροπία συστημάτων αντιστήριξης, όπως διαφραγματικοί τοίχοι, τοίχοι τύπου Βερολίνου, πασσαλότοιχοι, πασσαλοσανίδες κ.α, ή πασσάλων μέσα σε διάφορους τύπους εδαφών. Η ανάλυση ακολουθεί βήμα προς βήμα τα στάδια κατασκευής, καθώς αυτά καθορίζουν τις εσωτερικές δυνάμεις οι οποίες οφείλονται στην μη αναστρέψιμη συμπεριφορά του εδάφους. Οι υπολογισμοί στην ελαστοπλαστική περιοχή γίνονται με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και υπολογίζονται οι δυνάμεις εκείνες οι οποίες ελαχιστοποιούν την ελαστική ενέργεια του όλου συστήματος αντιστήριξης.

- Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού

Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ EN 1997-1 / 2005 [6] for verification in persistent situations at ultimate limit states for the cases B (STR) and C (GEO) οι τιμές των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας που αφορούν στις εδαφικές παραμέτρους δίνονται στον πίνακα 1.

Case	Actions		Ground Properties	
	Permanen t	Variable	$\tan\phi'$	c'
B (STR)	1,35	1,50	1,00	1,00
C (GEO)	1,00	1,30	1,25	1,25
Earthquak e	1,00	0,50	1,10	1,20

Πίνακας 1: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γεωτεχνικών παραμέτρων και δράσεων

Στον πίνακα 2 δίνονται οι χαρακτηριστικές τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων όπως αυτές εκτιμήθηκαν μετά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας

Στρώμα		d>k	Ck [kPa]
ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ	1	30°	0,00
Καστανοκίτρινου χρώματος στιφρή έως πολύ στιφρή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ έως καστανού χρώματος πυκνή αργιλώδης ΑΜΜΟΣ	2	32,5°	15,00
Καστανοκίτρινου χρώματος πολύ στιφρή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ έως πυκνή αργιλώδης ΑΜΜΟΣ	3	30,5°	30,00

Πίνακας 2 : Χαρακτηριστικές τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων .Οι απαραίτητες τιμές σχεδιασμού για την επίλυση σε οριακή κατάσταση αστοχίας/case C (GEO) με τη βοήθεια του λογισμικού RIDO 4.01 δίνονται στον πίνακα 3 που ακολουθεί.

Στρώμα	Ysat [kN/m ³]	Y' [kN/m ³]	Kα	Kο	Kρ	Cd [kPa]	Od	δα cpd	δρ cpd	Ks kN/m ³
1	19,00	9,00	0	0,581	0	0,00	24,79	0,5	0,5	8000
2	19,75	9,75	0	0,546	0	12,00	27,01	0,5	0,5	30000
3	19,50	9,50	0	0,574	0	24,00	25,23	0,5	0,5	30000

Πίνακας 3 : Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού ULS/case C (GEO) Η τιμή του συντελεστή ωθήσεων σε ηρεμία

Η τιμή του συντελεστή ωθήσεων σε ηρεμία υπολογίζεται από τη σχέση: $K_o=1-\sin\Phi_d$

Η τιμή σχεδιασμού της γωνίας τριβής: $\tan\Phi_d=\tan\Phi_k/1.25$

Η τιμή σχεδιασμού της συνοχής: $C_d=C_k/1.25$

Οι απαραίτητες τιμές σχεδιασμού για την επίλυση σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας με τη βοήθεια του λογισμικού RIDO 4.01 δίνονται στον πίνακα 4 που ακολουθεί.

Στρώ-μα	Y _{sat} [kN/m ³]	Y' [kN/m ³]	K _α	K _ο	K _ρ	C _d [kPa]	O _d	δ _α <pd	δ _ρ cpd	K _s [kN/m ³]
1	19,00	9,00	0	0,500	0	0,00	30,00	0,5	0,5	8000
2	19,75	9,75	0	0,463	0	15,00	32,50	0,5	0,5	30000
3	19,50	9,50	0	0,492	0	30,00	30,50	0,5	0,5	30000

Η τιμή του συντελεστή ωθήσεων σε ηρεμία υπολογίζεται από τη σχέση: $K_o=1-\sin\Phi_d$

Η τιμή σχεδιασμού της γωνίας τριβής: $\tan\Phi_d=\tan\Phi_k/1.00$

Η τιμή σχεδιασμού της συνοχής: $C_d=C_k/1.00$

Οι απαραίτητες τιμές σχεδιασμού για την επίλυση σε οριακή κατάσταση αστοχίας/Σεισμός με τη βοήθεια του λογισμικού RIDO 4.01 δίνονται στον πίνακα 5 που ακολουθεί.

Στρώ-μα	Y _{sat} [kN/m ³]	Y' [kN/m ³]	K _α	K _ο	K _ρ	C _d [kPa]	O _d	δ _α cpd	ο _ρ cpd	K _s [kN/m ³]
1	19,00	9,00	0	0,535	0	0,00	27,69	0,5	0,5	8000*2,1
2	19,75	9,75	0	0,499	0	12,50	30,08	0,5	0,5	30000*2,1
3	19,50	9,50	0	0,528	0	25,00	28,17	0,5	0,5	30000*2,1

Η τιμή του συντελεστή ωθήσεων σε ηρεμία υπολογίζεται από τη σχέση: $K_o=1-\sin\Phi_d$

Η τιμή σχεδιασμού της γωνίας τριβής: $\tan\Phi_d=\tan\Phi_k/1.10$

Η τιμή σχεδιασμού της συνοχής: $C_d=C_k/1.20$

- **Γεωμετρικές παράμετροι σχεδιασμού**

Πασσαλοδιάφραγμα Φ800/2,00m

$$EI=29*10^4*\pi*0,80/64*2=291,539\text{kNm}$$

για τον υπολογισμό λαμβάνεται $EI=2/3*291.539\text{kNm}$

Πασσαλοδιάφραγμα Φ600/2,00m $EI=29*10^4*\pi*0,60/64*2=184.490$

kNm

για τον υπολογισμό λαμβάνεται $EI=2/3*184.490=122.993 \text{ kNm}$

v. Δράσεις

- Ωθήσεις γαιών

LC1

Το διάγραμμα ωθήσεων, για τους συγκεκριμένους εδαφικούς σχηματισμούς, υπολογίζεται μέσω του προγράμματος με βάση τις γεωτεχνικές παραμέτρους σχεδιασμού των πινάκων 4+5+6.

- Επιφορτίσεις

LC2

Λαμβάνεται εξωτερική επιφόρτιση ίση με 10kPa στη στέψη της εκσκαφής.

- Σεισμός

LC3

Η ανάλυση των μετώπων αντιστήριξης θα γίνει με βάση την παράγραφο Ε.9 σελίδα 34 του ΕΛΟΤ EN 1998-5/2005 [7] σύμφωνα με την οποία (dynamic earthpressure increment) $AP_d = \alpha*\gamma*H^2$ με ομοιόμορφη κατανομή καθ' ύψος του τοίχου.

Η σεισμική επιτάχυνση του εδάφους για την περιοχή της πόλης των Ιωαννίνων λαμβάνεται:

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I $a_g=0,16$

(Με πιθανότητα υπέρβασης 10% σε 50χρόνια (Τιτι=475χρόνια))

Γίνεται η παραδοχή ότι το σκάμμα θα παραμείνει ανοικτό για διάστημα δύο (2) ετών στη βαθύτερη στάθμη εκσκαφής. Η επιτάχυνση σχεδιασμού του εδάφους για την περίπτωση του σεισμού εκτιμάται ως εξής:

Διάρκεια ζωής (design time life)
της προσωρινής αντιστήριξης : $t_c = 2 \text{ χρόνια} < 5 \text{ χρόνια} =$
24μήνες

Πιθανότητα υπέρβασης : $\rho = 5\% = 0,05$

Περίοδος επαναφοράς του γεγονότος : $T_{rc} = 24/0.05 = 480 \text{ μήνες}$
 $= 40 \text{ χρόνια}$

Σεισμική επιτάχυνση σχεδιασμού : $A_{gc} = a_g * (T_{rc}/T_{ro})$

Αρα οι τεταγμένες του ομοιόμορφου διαγράμματος καθ' ύψος του τοίχου είναι:

$$\Delta P_1 = 0,076 * 20,12 * 13,10 = 20,03 \text{ kPa για ύψος μετώπου ίσο με } 13,10 \text{ m}$$

$$\Delta P_2 = 0,076 * 20,12 * 8,90 = 13,61 \text{ kPa για ύψος μετώπου ίσο με } 8,90 \text{ m}$$

$$\Delta P_3 = 0,076 * 20,12 * 4,40 = 6,73 \text{ kPa για ύψος μετώπου ίσο με } 4,40 \text{ m}$$

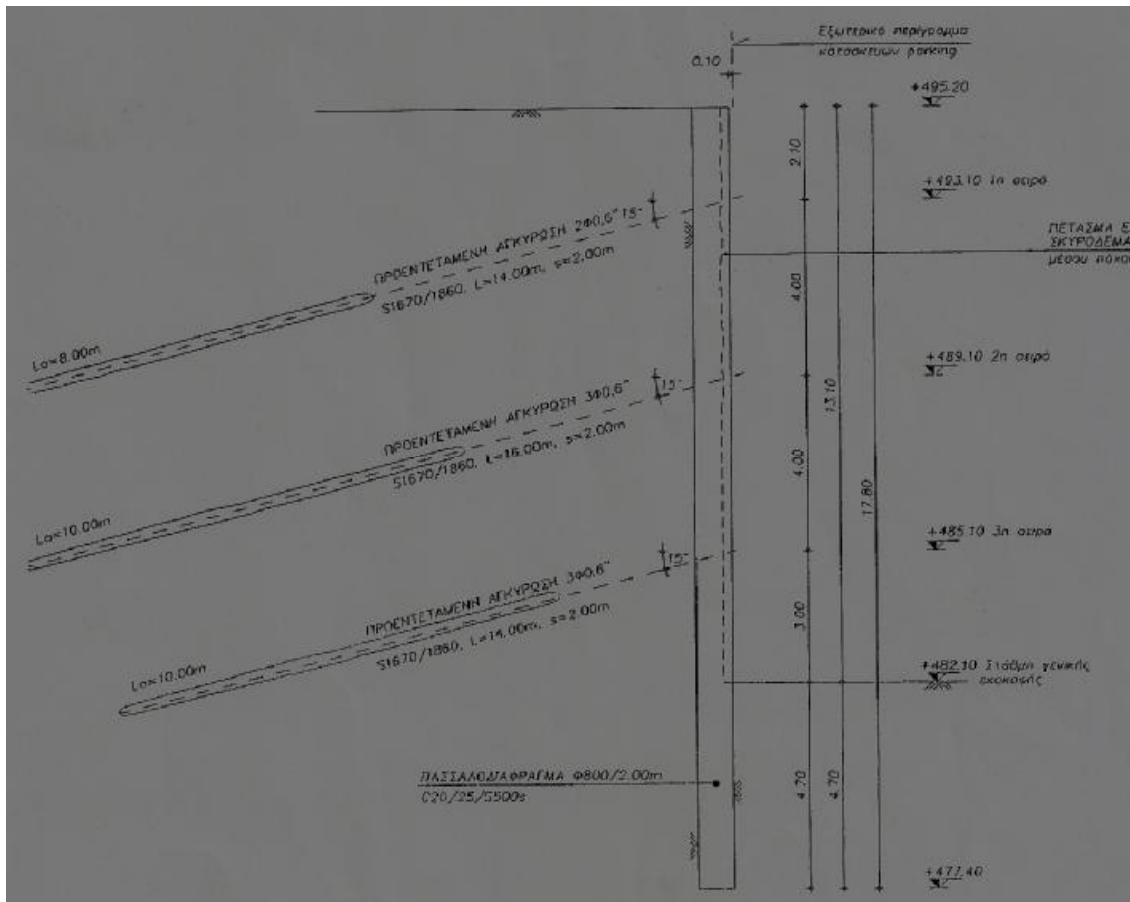
- Φρεατοπάσσαλοι Φ600

Διατομή : Φ600/2,00m

Ελάχιστη επικάλυψη : $d=60+10+20/2=80\text{mm}$
 : $d/h=80/800=0.10$

Υλικά : C20/25/S500S $f_{cd}=13,33\text{MPa}$ $f_{yd}=435\text{MPa}$

viii. Διαστασιολόγηση μετώπου αντιστήριξης T1-T1 (H=13,10m)



Σχήμα 4: Τυπική τομή αντιστήριξης μετώπου T1-T1

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δίνονται στο παράρτημα Α που ακολουθεί.

- Φάσεις κατασκευής

Στο συγκεκριμένο έργο αντιστήριξης, καθορίστηκαν εννέα (9) φάσεις κατασκευής, οι οποίες και έχουν ως εξής:

1^η φάση κατασκευής : Εκσκαφή στο εσωτερικό του σκάμματος βάθους 2,60m μέχρι το υψόμετρο +492,60, ήτοι 0,50m βαθύτερα από τη στάθμη όπου υλοποιείται η πρώτη σειρά αντιστήριξης, διαμορφώνοντας έτσι το αντίστοιχο δάπεδο εργασίας για την κατασκευή αυτής

2^η φάση κατασκευής : Κατασκευή της πρώτης σειράς αντιστήριξης στη στάθμη 493,10 με Lock-off load της κάθε προεντεταμένης αγκύρωσης ίσο με 100kN.

3^η φάση κατασκευής: Εξέλιξη της εκσκαφής στο εσωτερικό του σκάμματος βάθους 6,60m μέχρι το υψόμετρο +488,60, ήτοι 0,50m βαθύτερα από τη στάθμη όπου υλοποιείται η δεύτερη σειρά αντιστήριξης, διαμορφώνοντας έτσι το αντίστοιχο δάπεδο εργασίας για την κατασκευή αυτής.

4^η φάση κατασκευής : Κατασκευή της δεύτερης σειράς αντιστήριξης στη στάθμη +489,10 με Lock-off load της κάθε προεντεταμένης αγκύρωσης ίσο με 100kN.

5^η φάση κατασκευής : Εξέλιξη της εκσκαφής στο εσωτερικό του σκάμματος βάθους 10,60m μέχρι το υψόμετρο +484,60, ήτοι 0,50m βαθύτερα από τη στάθμη όπου υλοποιείται η τρίτη σειρά αντιστήριξης, διαμορφώνοντας έτσι το αντίστοιχο δάπεδο εργασίας για την κατασκευή αυτής.

6^η φάση κατασκευής : Κατασκευή της τρίτης σειράς αντιστήριξης στη στάθμη +485,10 με Lock-off load της κάθε προεντεταμένης αγκύρωσης ίσο με 100kN.

7^η φάση κατασκευής: Ολοκλήρωση της εκσκαφής βάθους 13,10m μέχρι το υψόμετρο ++482,10, ήτοι τη στάθμη γενικής εκσκαφής.

8^η φάση κατασκευής. Επιβολή φορτίου εξωτερικής επιφόρτισης ίσο με 10kPa στη στέψη της εκσκαφής.

9^η φάση κατασκευής : Μόνο για την περίπτωση του σεισμού υπάρχει μία φάση ακόμη που αφορά στην εφαρμογή του διαγράμματος των πρόσθετων ωθήσεων λόγω σεισμού.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης

Case	maxM [kNm/m]	maxVsd [kN/m]	T [kN/m]
C (GEO)	-80 στο ζ=+489,55 -301 στο ζ=+483,63	117 στο ζ = +489,100	T ₁ = 77 T ₂ = 131 T ₃ = 126
Σεισμός	-187 στο ζ=+483,98	108 στο ζ =+482,100	T ₁ = 144 T ₂ = 173 T ₃ = 156

Πίνακας 7: Αποτελέσματα της ανάλυσης

- Μετακινήσεις

Από την επίλυση σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές της οριζόντιας μετακίνησης καθ' ύψος του πασσαλοδιαφράγματος είναι μικρότερες ή της αυτής τάξης με την $u^{ax} = 2\% \circ H = 2\% \circ 13,10 \cdot 1000 = 26,20 \text{mm}$. Πιο συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή της μετακίνησης σε κάθε φάση κατασκευής είναι:

	Οριζόντια μετακίνηση καθ' ύψος του πασσάλου [mm]	Βάθος N
1 ^η φάση	-2,531	+495,20
2 ^η φάση	-1,031	+495,20
3 ^η φάση	-1,216	+489,10
4 ^η φάση	-1,000	+481,51
5 ^η φάση	-4,989	+486,85
6 ^η φάση	-4,749	+486,85
7 ^η φάση	-11,451	+485,54
8 ^η φάση	-13,633	+485,54

Πίνακας 8: Οριζόντιες μετακινήσεις καθ' ύψος του πασσαλοδιαφράγματος Φ800/2,00mm.

- Διαστασιολόγηση σε κάμψη

Βασικό καλάθι οπλισμού

Τίθεται οπλισμός $2 \times 5\Phi 20$ ($31,40\text{cm}^2$) ήτοι $0,62\% \cdot A_c$

$$A_s = \omega \cdot 3,14 \cdot 40 / 32,61 = 31,40\text{cm}^2 \Rightarrow \omega = 0,204 \Rightarrow \mu = 0,075$$

$$0,075 = M_{sd} / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,40^3 \cdot 13,33 \cdot 10^3 \Rightarrow M_{sd} = 402\text{kNm/ml} \text{ πάσσαλο}$$

ή 201kNm/ml

$$\max M_{sd} = -2,00 \cdot 301 = -602\text{kNm} / \text{πάσσαλο}$$

$$M_{sd} = 602 / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,40^3 \cdot 13,33 \cdot 10 = 0,11 \Rightarrow \omega = 0,35$$

$$A_s = 0,35 \cdot 3,14 \cdot 40 / 32,61 = 53,92\text{cm}^2$$

Πρόσθετα $2 \times 5\Phi 20$ ($31,40\text{cm}^2$)
 $62,80\text{cm}^2$

- Έλεγχος σε διάτμηση

$$V_{sd} = 117\text{kN}$$

Η κυκλική διατομή προσομοιώνεται με τετραγωνική του αυτού εμβαδού, ήτοι με πλευρά 708mm.

- Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού

$$V_{rd} = 1/2 \cdot (0,70 - 20/200) \cdot 13,33 \cdot 10 \cdot 0,708 \cdot 0,9 \cdot 0,628 = 1600\text{Kn} > 247\text{kN}$$

- Έλεγχος οπλισμού έναντι τεμνουσών

$$N_{sd} = 0 \text{ ήτοι } V_d = 0 > -0,10 \Rightarrow \text{Στοιχείο κυρίως καμπτόμενο}$$

$$P = 31,40 / 70,80 \cdot 62,80 = 7,06 \cdot 10$$

$$V_{cd} = 0,26 \cdot 10^3 \cdot (1,20 + 40 \cdot 7,06 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,708 \cdot 0,628 = 171 \text{ kN}$$

Τοποθετούνται σπειροειδείς συνδετήρες $\Phi 10/20$. Η τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης είναι ίση με:

$$V_{wd} = 2 \cdot 0,785 \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,628 \cdot 435 \cdot 10 / 0,20 = 193 \text{ kN}$$

—

$$V_{Rd3} = 171 + 193 = 364 \text{ kN} > 117 \text{ kN}$$

- Καθορισμός οριζοντίου καννάβου αγκυρώσεων

Χρησιμοποιούνται σε όλες τις σειρές αντιστήριξης συρματόσχοινα $\Phi 0,6''$ ($1,39 \text{ cm}^2$) S 1670/1860
 $P_0 = 150 \text{ kN}$

1η σειρά αντιστήριξης

Σεισμός

$$T = 144 \text{ kN/m}$$

$$\rho_{01} = \frac{143,87 \cdot 2,00}{\cos 15^\circ} = 298 \text{ Kn}$$

→ τοποθετούνται 2 $\Phi 0,6''$

2η σειρά αντιστήριξης

Σεισμός

$$T = 173 \text{ kN/m}$$

$$\rho_{02} = 172,74 \cdot 2,00 / \cos 15^\circ = 358 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{τοποθετούνται 3}\Phi 0,6''$$

3η σειρά αντιστήριξης

Σεισμός

$$T = 156 \text{ kN/m}$$

$$\rho_{03} = 156,27 \cdot 200 / \cos 15^\circ = 323 \text{ Kn} \quad \rightarrow \text{τοποθετούνται 3}\Phi 0,6''$$

- Καθορισμός μήκους βολβού πάκτωσης

1η σειρά αντιστήριξης
case C

$$T=77kN/m$$

$$77.43*2.00*1.25/ \cos 15^\circ=3.14*0.127L_{\alpha\pi}*120/1,40 \Rightarrow L_{\alpha\pi}=5,86m$$

Σεισμός

$$T=144kN/m$$

$$(143.87*2.00/ \cos 15^\circ)*1.30=3.14*0.127*L_{\alpha\pi}*120/1,4 \Rightarrow L_{\alpha\pi}=8.09m \Rightarrow L_o=8,00m$$

2η σειρά αντιστήριξης
case C

$$T=131kN/m$$

$$130.97*2.00*1.25/ \cos 15^\circ=3.14*0.127 L_{\alpha\pi}*120/1.40 \Rightarrow L_{\alpha\pi}=9.91m$$

Σεισμός

$$T=173kN/m$$

$$172.74*2*1.3/\cos 15^\circ=3.14*0.27*L_{\alpha\pi}*120/1.40 \Rightarrow L_{\alpha\pi}=9.99m \Rightarrow L_o=10,00m$$

3η σειρά αντιστήριξης
case C

$$T=126kN/m$$

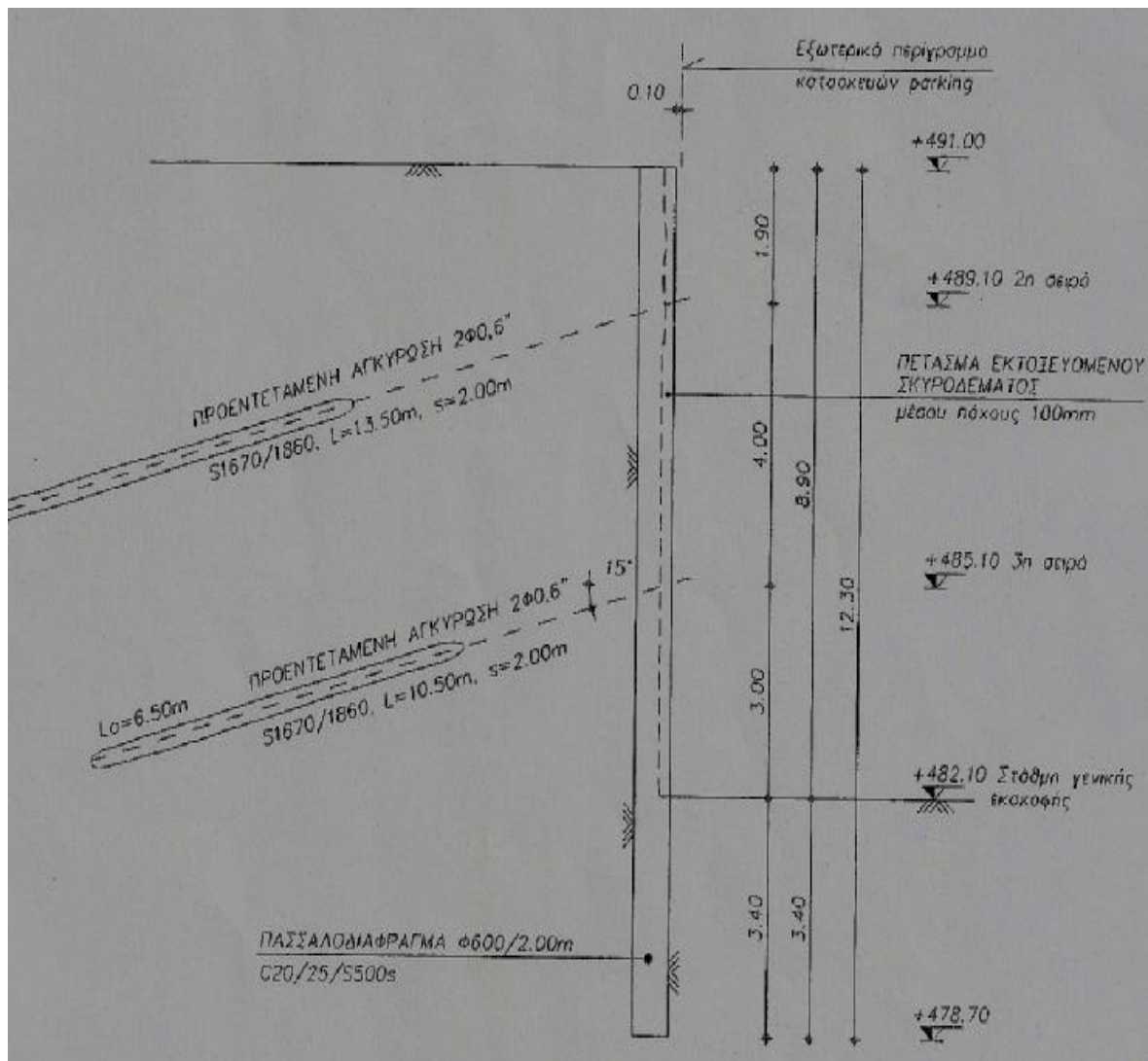
$$126.24*2*1.25/ \cos 15^\circ=3.14*0.127* L_{\alpha\pi}*120/1.4 \Rightarrow L_{\alpha\pi}=9.56m \Rightarrow L_o=10,00m$$

Σεισμός

$T=156kN/m$

$$156.27 \cdot 2 \cdot 1.3 / \cos 15^\circ = 3.14 \cdot 0.127 \cdot L_{\text{απ}} \cdot 120 / 1.4 \Rightarrow L_{\text{απ}} = 8.79 \text{m}$$

ix. Διαστασιολόγηση μετώπου αντιστήριξης T2-T2 (H=8.90μ)



Σχήμα 5: Τυπική τομή αντιστήριξης μετώπου T2-T2

- **Φάσεις κατασκευής**

Στο συγκεκριμένο έργο αντιστήριξης, καθορίστηκαν επτά (7) φάσεις κατασκευής, οι οποίες και έχουν ως εξής:

- 1^η φάση κατασκευής : Εκσκαφή στο εσωτερικό του σκάμματος βάθους 2,40m μέχρι το υψόμετρο +488,6, ήτοι 0,50m βαθύτερα από τη στάθμη όπου υλοποιείται η πρώτη σειρά αντιστήριξης, διαμορφώνοντας έτσι το αντίστοιχο δάπεδο εργασίας για την κατασκευή αυτής.
- 2^η φάση κατασκευής: Κατασκευή της πρώτης σειράς αντιστήριξης στη στάθμη 489,10 με Lock-off load της κάθε προεντεταμένης αγκύρωσης ίσο με 100kN
- 3^η φάση κατασκευής:Εξέλιξη της εκσκαφής στο εσωτερικό του σκάμματος βάθους 6,40m μέχρι το υψόμετρο +484,60, ήτοι 0,50m βαθύτερα από τη στάθμη όπου υλοποιείται η δεύτερη σειρά αντιστήριξης, διαμορφώνοντας έτσι το αντίστοιχο δάπεδο εργασίας για την κατασκευή αυτής.
- 4^η φάση κατασκευής: Κατασκευή της δεύτερης σειράς αντιστήριξης στη στάθμη +485,10 με Lock-off load της κάθε προεντεταμένης αγκύρωσης ίσο με 100kN.
- 5^η φάση κατασκευής: Ολοκλήρωση της εκσκαφής βάθους 8,90m μέχρι το υψόμετρο ++482,10, ήτοι τη στάθμη γενικής εκσκαφής.
- 6^η φάση κατασκευής: Επιβολή φορτίου εξωτερικής επιφόρτισης ίσο με 10kPa στη στέψη της εκσκαφής.
- 7^η φάση κατασκευής : Μόνο για την περίπτωση του σεισμού υπάρχει μία φάση ακόμη που αφορά στην εφαρμογή του διαγράμματος των πρόσθετων ωθήσεων λόγω σεισμού.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης

Case	maxM [kNm/m]	maxVsd [kN/m]	T [kN/m]
C (GEO)	-92 στο $\zeta=+483,35$	60 στο $\zeta = +482,10$	$T_1= 57$ $T_2= 80$
Σεισμός	-90 στο $\zeta=+483,35$	63 στο $\zeta = +482,10$	$T_1 = 84$ $T_2 = 99$

Πίνακας 9: Αποτελέσματα της ανάλυσης

- Μετακινήσεις

Από την επίλυση σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές της οριζόντιας μετακίνησης καθ' ύψος του πασσαλοδιαφράγματος είναι μικρότερες ή της αυτής τάξης με την $u_{TM}^{ax} = 2\% \circ H = 2\% \circ 8,90 \cdot 1000 = 17,80 \text{mm}$. Πιο συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή της μετακίνησης σε κάθε φάση κατασκευής είναι:

	Οριζόντια μετακίνηση καθ' ύψος του πασσάλου [mm]	Βάθος [m]
1 ^η φάση	-1,350	+491,00
2 ^η φάση	+0,338	+491,00
3 ^η φάση	-1,251	+484,29
4 ^η φάση	-0,993	+479,55
5 ^η φάση	-2,740	+482,73
6 ^η φάση	-3,445	+482,04

Πίνακας 10: Οριζόντιες μετακινήσεις καθ' ύψος του πασσαλοδιαφράγματος Φ600/2,00ΓΠ.

- Διαστασιολόγηση σε κάμψη

- Βασικό καλάθι οπλισμού

Τίθεται οπλισμός 2χ5Φ20 (31,40cm²) ήτοι 0,62%*Ac

$$A_s = \omega * 3,14 * 30 / 32,61 = 31,40 \text{ cm}^2 \quad \omega = 0,362 \quad \mu = 0,115$$

$$0,115 = M_{sd} / 2 * 3,14 * 0,30^3 * 13,33 * 10^3 \quad \Rightarrow \quad M_{sd} = 260 \text{ kNm} / \text{πάσσαλο}$$

ή 130kNm/ml

- Έλεγχος σε διάτμηση

Η κυκλική διατομή προσομοιώνεται με τετραγωνική του αυτού εμβαδού, ήτοι με πλευρά 532mm.

- Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού

$$V_{Rd2} = \lambda * (0,70 - \lambda) * 13,33 * 10^3 * 0,532 * 0,90 * 0,454 = 869 \text{ kN} > 63 \text{ kN}$$

- Έλεγχος οπλισμού έναντι τεμνουσών

$$N_{sd} = 0 \quad \text{ήτοι} \quad V_d = 0 > -0,10 \quad \Rightarrow \quad \text{Στοιχείο κυρίως καμπτόμενο}$$

$$P_1 = 31,40 / 53,20 * 45,4 = 13 * 10$$

$$V_{cd} = 0,26 * 10^3 * (1,20 + 40 * 13 * 10^{-3}) * 0,532 * 0,454 = 108 \text{ kN}$$

Τοποθετούνται σπειροειδείς συνδετήρες $\Phi 10/20$. Η τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης είναι ίση με:

$$V_{wd} = 2 * 0785 * 10 * 0,90 * 0,454 * 435 * 10^3 = 140 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 108 + 140 = 248 \text{ kN} > 63 \text{ kN}$$

- Καθορισμός οριζοντίου καννάβου αγκυρώσεων

Χρησιμοποιούνται σε όλες τις σειρές αντιστήριξης συρματόσχοινα $\Phi 0,6''$ ($1,39 \text{ cm}^2$) S1670/1860 $P_o = 150 \text{ kN}$

1η σειρά αντιστήριξης
Σεισμός

$$T = 84 \text{ kN/m}$$

$$P_0 = 84.33 * 2.00 / \cos 15^\circ = 175 \text{ kN} \Rightarrow \text{τοποθετούνται } 2\Phi 0,6''$$

2η σειρά αντιστήριξης

Σεισμός

$$T = 99 \text{ kN/m}$$

$$P_2 = 98.75 * 2.00 / \cos 15^\circ = 210 \text{ kN} \Rightarrow \text{τοποθετούνται } 2\Phi 0,6''$$

- Καθορισμός μήκους βολβού πάκτωσης

1η σειρά αντιστήριξης

case C

$$T=57kN/m$$

$$56.62*2.00*1.25/\cos 15^\circ=3.14*0.127*L_{\alpha\pi}*120/1.4 \mathbf{\grave{a}} L_{\alpha\pi}=4.29m$$

Σεισμός

$$T=84kN/m$$

$$84,33*2,00*1.30/\cos 15^\circ=3.14*0.127*L_{\alpha\pi}*120/1.4 \mathbf{\grave{a}} L_{\alpha\pi}=4.74m \mathbf{\grave{a}} L_o=8,00m$$

2η σειρά αντιστήριξης

case C

$$T=80kN/m$$

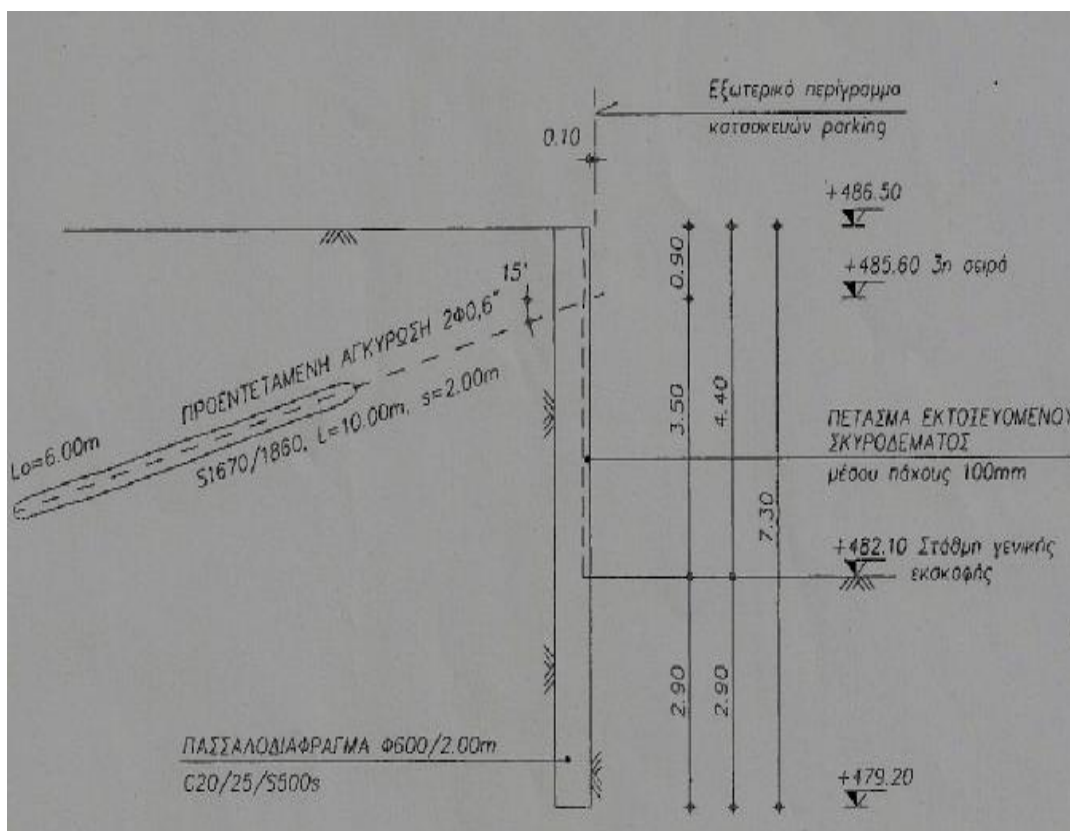
$$79.85*2.00*1.25/\cos 15^\circ=3.14*0.127*L_{\alpha\pi}*120/1.4 \mathbf{\grave{a}} L_{\alpha\pi}=6.05m \mathbf{\grave{a}} L_o=8,00m$$

Σεισμός

$$T=99kN/m$$

$$98.75*2.00*1.30/\cos 15^\circ=3.14*0.127*L_{\alpha\pi}*120/1.4 \mathbf{\grave{a}} L_{\alpha\pi}=5.71m$$

x. Διαστασιολόγηση μετώπου αντιστήριξης T4-T4(H=4.40m)



Σχήμα 6: Τυπική τομή αντιστήριξης μετώπου T4-T4

- Φάσεις κατασκευής

Στο συγκεκριμένο έργο αντιστήριξης, καθορίστηκαν πέντε (5) φάσεις κατασκευής, οι οποίες και έχουν ως εξής:

- 1^η φάση κατασκευής : Εκσκαφή στο εσωτερικό του σκάμματος βάθους 2,40m μέχρι το υψόμετρο +485,6, ήτοι 0,50m βαθύτερα από τη στάθμη όπου υλοποιείται η σειρά αντιστήριξης, διαμορφώνοντας έτσι το αντίστοιχο δάπεδο εργασίας για την κατασκευή αυτής.
- 2^η φάση κατασκευής : Κατασκευή της σειράς αντιστήριξης στη στάθμη 486,10 με Lock-off load της κάθε προεντεταμένης αγκύρωσης ίσο με 100kN.
- 3^η φάση κατασκευής : Ολοκλήρωση της εκσκαφής βάθους 4,40m μέχρι το υψόμετρο +482,10, ήτοι τη στάθμη γενικής εκσκαφής.
- 4^η φάση κατασκευής: Επιβολή φορτίου εξωτερικής επιφόρτισης ίσο με 10kPa στη στέψη της εκσκαφής.

5^η φάση κατασκευής: Μόνο για την περίπτωση του σεισμού υπάρχει μία φάση ακόμη που αφορά στην εφαρμογή του διαγράμματος των πρόσθετων ωθήσεων λόγω σεισμού.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης

Case	maxM [kNm/m]	maxVsd [kN/m]	T [kN/m]
C (GEO)	-15 στο ζ=+482,83	27 στο ζ = +485,60	T, = 49
Σεισμός	-16 στο ζ=+483,15	26 στο ζ = +485,60	T, = 49

Πίνακας 11: Αποτελέσματα της ανάλυσης

- Μετακινήσεις

Από την επίλυση σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας προκύπτει ότι οι μέγιστες τιμές της οριζόντιας μετακίνησης καθ' ύψος του πασσαλοδιαφράγματος είναι μικρότερες ή της αυτής τάξης με την $u^{TM^{ax}} = 2\% \circ H = 2\% \circ 4,40 \cdot 1000 = 8,80 \text{mm}$. Πιο συγκεκριμένα η μέγιστη τιμή της μετακίνησης σε κάθε φάση κατασκευής είναι:

	Οριζόντια μετακίνηση καθ' ύψος του πασσάλου [mm]	Βάθος [m]
1 ^η φάση	-0,290	+486,50
2 ^η φάση	+1,562	+486,50
3 ^η φάση	+1,711	+486,50
4 ^η φάση	+1,500	+486,50

Πίνακας 12: Οριζόντιες μετακινήσεις καθ' ύψος του πασσαλοδιαφράγματος Φ600/2,00mm.

- **Διαστασιολόγηση σε κάμψη**

- Βασικό καλάθι οπλισμού

Τίθεται οπλισμός $2\chi 3\Phi 20$ ($18,84\text{cm}^2$) ήτοι $0,67\% \cdot A_c$
 $A_s = w \cdot 3,14 \cdot 30 / 32,61 = 187,84\text{cm}^2 \rightarrow w = 0,127 \rightarrow \mu = 0,085$
 $0,085 = M_{sd} / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,30 \cdot 13,33 \cdot 10^3 \rightarrow M_{sd} = 192\text{kNm}$ ή 96kNm/ml

- **Έλεγχος σε διάτμηση**

$$V_{sd} = 27\text{kN}$$

Η κυκλική διατομή προσομοιώνεται με τετραγωνική του αυτού εμβαδού, ήτοι με πλευρά 532mm .

Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού

$$V_{Rd2} = 1 / 2 \cdot (0,70 - 20/200) \cdot 13,33 \cdot 10^3 \cdot 0,532 \cdot 0,90 \cdot 0,454 = 869\text{kN} > 27\text{kN}$$

Έλεγχος οπλισμού έναντι τεμνουσών

$$N_{sd} = 0 \text{ ήτοι } V_d = 0 > -0,10 \rightarrow \text{Στοιχείο κυρίως καμπτόμενο}$$

$$V_{cd} = 0,26 \cdot 10^3 \cdot (1,20 + 40 \cdot 7,80 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,532 \cdot 0,454 = 95\text{kN}$$

Τοποθετούνται σπειροειδείς συνδετήρες $\Phi 10/20$. Η τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης είναι ίση με:

$$V_{wd} = 2,0 \cdot 75 \cdot 10 \cdot 0,90 \cdot 0,454 \cdot 435 \cdot 10 / 0,20 = 140\text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 95 + 140 = 235\text{kN} > 27\text{ kN}$$

- **Καθορισμός οριζοντίου καννάβου αγκυρώσεων**

Χρησιμοποιούνται σε όλες τις σειρές αντιστήριξης συρματοσχοίνα $\Phi 0,6''$ ($1,39\text{cm}^2$) S1670/1860 $P_0=150\text{kN}$

1η σειρά αντιστήριξης

Σεισμός

$$T=49\text{kN/m}$$

$$P_{01} = \frac{49,08 * 2,00}{\cos 15^\circ} = 102\text{kN} \quad \text{\textbf{\textit{à}}}$$
 τοποθετούνται 2 $\Phi 0,6''$

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην καθηγήτρια μας Δρ.Βγενοπούλου Ειρήνη για την ανάθεση του θέματος, για τη διάθεση φωτογραφικού υλικού και για τις χρήσιμες συμβουλές και την καθοδήγησή της στη σύνταξη της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης ευχαριστούμε θερμά τον πολιτικό μηχανικό κ.Δημήτριο Αυδή για την ευγενή προσφορά του απαραίτητου για τη σύνταξη της πτυχιακής εργασίας υλικού και την αφιέρωση του πολύτιμου χρόνου του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

“ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε”.....(Γεωτεχνική αξιολόγηση)

“Εφραιμιδης. Χ Πολ.Μηχανικός”
(Μελέτη αντιστήριξης Υπόγειου parking)

Χρ. Μαραγκός, Τεχνικά Έργα Υποδομής , Κατασκευές στην επιφάνεια του βράχου, Υπόγειες κατασκευές, Φράγματα , 2001.

Α.Ι.Σοφιανός, Σημειώσεις Μηχανικής Πετρωμάτων, ΕΜΠ, 2001

Ε.Ηoek& Ε.Τ. Brown, Underground Excavations in Rock, E&FN Spon, 1997.

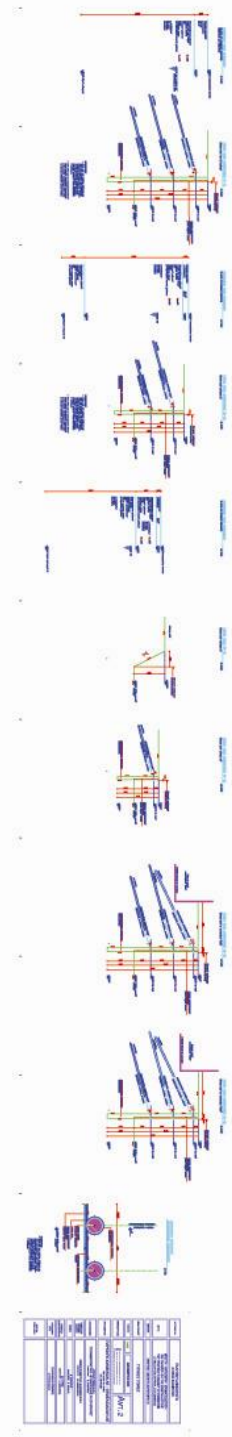
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



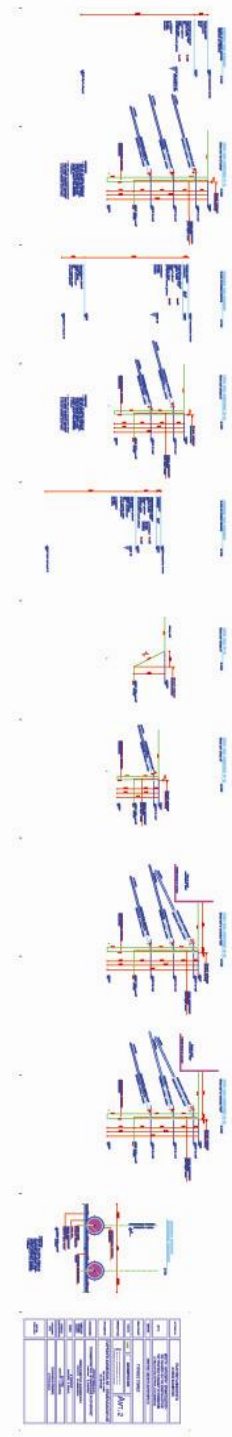
TITOLI E RIFERIMENTI CODICE PROGETTO: A-01 DATA: 12/11/2018 AUTORE: M. A. G. VERIFICATO: M. A. G. CLIENTE: UNIVERSITA' DELL'INFORMATICA E DELLA COMUNICAZIONE SITO: VIA BELLEGGIORE 42, 00137 ROMA COMMITTENTE: UNIVERSITA' DELL'INFORMATICA E DELLA COMUNICAZIONE PROGETTO: PIANO DI ZONAZIONE DEL GIARDINO BOTANICO INGRESSO: GIARDINO BOTANICO AREA: 1000 mq SCALE: 1:500 TIPO: PIANO DI ZONAZIONE DEL GIARDINO BOTANICO DATA: 12/11/2018	
PROGETTO UNIVERSITA' DELL'INFORMATICA E DELLA COMUNICAZIONE SITO: VIA BELLEGGIORE 42, 00137 ROMA COMMITTENTE: UNIVERSITA' DELL'INFORMATICA E DELLA COMUNICAZIONE PROGETTO: PIANO DI ZONAZIONE DEL GIARDINO BOTANICO INGRESSO: GIARDINO BOTANICO AREA: 1000 mq SCALE: 1:500 TIPO: PIANO DI ZONAZIONE DEL GIARDINO BOTANICO DATA: 12/11/2018	VERIFICA UNIVERSITA' DELL'INFORMATICA E DELLA COMUNICAZIONE SITO: VIA BELLEGGIORE 42, 00137 ROMA COMMITTENTE: UNIVERSITA' DELL'INFORMATICA E DELLA COMUNICAZIONE PROGETTO: PIANO DI ZONAZIONE DEL GIARDINO BOTANICO INGRESSO: GIARDINO BOTANICO AREA: 1000 mq SCALE: 1:500 TIPO: PIANO DI ZONAZIONE DEL GIARDINO BOTANICO DATA: 12/11/2018



Κλίμακα εκτύπωσης: 1:100
 Χάρτης - h=60cm



Κλίμακα εκτύπωσης: 1:100
 Χάρτης - h=60cm



Κλίμακα εκτύπωσης: 1:100
 Χάρτι: η=90cm

