

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Βαθείς Θεμελιώσεις Θεμελίωση Σιδηροδρομικής Γέφυρας Ποταμού Σύθα



Σπουδαστές: Δεμενεοπούλου Ελένη
Κονδύλης Παναγιώτης
Πρωτόπαπα Δήμητρα

Εισηγήτρια: Βγενοπούλου Ειρήνη

Πάτρα 2007

Περιεχόμενα

<u>Εισαγωγή</u>	5
<u>Κεφάλαιο 1: Επιφανειακές θεμελιώσεις.</u>	8
1.1 Γενικά.	9
1.2 Κατηγορίες επιφανειακών θεμελιώσεων.	10
1.2.1 Μεμονωμένα πέδιλα.	10
1.2.2 Πεδιλοδοκοί.	11
1.2.3 Γενικές κοιτοστρώσεις ή Radiers.	11
<u>Κεφάλαιο 2: Βαθιές θεμελιώσεις με πασσάλους.</u>	13
2.1 Γενικά.	14
2.2 Σχεδιασμός βαθιών θεμελιώσεων.	15
2.2.1 Κατηγορίες σχεδιασμού.	15
2.2.2 Θεωρήσεις κατά το σχεδιασμό των πασσάλων.	16
2.3 Πάσσαλοι.	17
2.4 Ομάδες πασσάλων.	25
2.5 Κατηγορίες πασσάλων.	27
2.5.1 Κατηγορίες πασσάλων ανάλογα με την μέθοδο κατασκευής.	28
2.5.1(α) Πάσσαλοι με εκτόπιση εδάφους ή εμπηγόμενοι πάσσαλοι.....	28
2.5.1(β) Πάσσαλοι χωρίς εκτόπιση ή πάσσαλοι εκσκαφής.....	31
2.5.2 Κατηγορίες πασσάλων ανάλογα με τον τρόπο μεταβίβασης δυνάμεων στο έδαφος.	39
(α) Πάσσαλοι αιχμής.	39
(β) Πάσσαλοι τριβής.	39
2.5.3 Κατηγορίες πασσάλων ανάλογα με τον τρόπο καταπόνησης.....	41
(α) Θλιβόμενοι πάσσαλοι.	41
(β) Εφελκούμενοι πάσσαλοι.	41
(γ) Καμπτόμενοι πάσσαλοι.	42
2.6 Υλικά κατασκευής.	43
2.6.1 Ξύλινοι στρογγυλοί πάσσαλοι.	43
2.6.2 Χαλύβδινοι πάσσαλοι.	44
2.6.3 Χαλύβδινοι πτερυγοφόροι πάσσαλοι.....	45
2.6.4 Πρόχυτοι πάσσαλοι από οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα.	46
2.6.5 Συμπαγείς πρόχυτοι πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα.	46
2.6.6 Κοίλοι πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα.	48

2.6.7 Προεντεταμένοι πάσσαλοι.	48
2.6.8 Πρόχυτοι πάσσαλοι με ενισχυμένο κάτω άκρο.	49
2.7 Μέθοδοι και μηχανήματα τοποθέτησης πασσάλων	49
2.7.1 Έμψη.	49
(α) Πασσαλοπήκτες ελεύθερης πτώσης.	50
(β) Ατμοκίνητος πασσαλοπήκτης.	51
(γ) Ντιζελκίνητος πασσαλοπήκτης.	52
(δ) Ατμόσφουρα.	54
(ε) Δονητικός πασσαλοπήκτης.	55
(στ) Υδραυλικός πασσαλοπήκτης.	55
2.7.2 Έμψη με υδραυλική υποσκαφή.	56
2.7.3 Ικρίωματα έμψης.	57
(α) Απλά ικρίωματα σε σιδηροτροχιές.	57
(β) Περιστρεφόμενα ικρίωματα.	57
(γ) Ικρίωματα γενικής χρήσης.	58
(δ) Πασσαλοπήκτες σε γερανό ή εκσκαφέα.	58
2.8 Θέση του πασσαλοπήκτη και εκτέλεση των εργασιών.	59
2.8.1 Έμψη από ξηρά.	59
2.8.2 Έμψη μέσα στο νερό.	59
(α) Έμψη από πλωτό μέσο.	60
(β) Έμψη από ανυψούμενη εξέδρα.	60
(γ) Έμψη από ειδικό ικρίωμα.	61
Κεφάλαιο 3: Κατασκευαστικοί κανόνες.	62
3.1 Κατασκευαστικοί κανόνες για θεμελιώσεις με πασσάλους.	63
3.1.1 Επίδραση της μεθοδολογίας κατασκευής των πασσάλων στις ιδιότητες του περιβάλλοντος εδάφους.	63
3.2 Μήκος είσδυσης.	64
3.3 Η κλίση των πασσάλων.	65
3.4 Διάταξη των πασσάλων.	66
3.5 Κεφαλόδεσμοι πασσάλων.	66
3.6 Όπλιση και κατασκευαστική διαμόρφωση της πλάκας της πασσαλοεσχάρας.	67
Κεφάλαιο 4: Φορτίσεις μεμονωμένων πασσάλων.	69
4.1 Οριζόντια φορτία σε μεμονωμένους πασσάλους.	70
4.2 Φέρουσα ικανότητα σε οριζόντια φόρτιση με απλουστευτικές αναλύσεις.	72
4.2.1 Μέθοδος Broms.	72
4.2.2 Πάσσαλος σε συνεκτικό έδαφος.	73

4.3 Εκτίμηση φέρουσας ικανότητας πασσάλου σε κατακόρυφη φόρτιση.	74
4.3.1 Μέθοδοι βασιζόμενοι σε στατικούς τύπους.	75
4.3.1.α Φέρουσα ικανότητα της αιχμής πασσάλου.	75
4.3.2 Θεωρία κατά Terzaghi.	76
4.3.3 Θεωρία κατά Meyerhof.	78
4.3.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων των θεωριών Terzaghi – Meyerhof.....	80
4.4 Πλευρική φόρτιση μεμονωμένων πασσάλων.	81
4.4.1 Οριακό πλευρικό φορτίο.	81
4.4.2 Αστοχία εδάφους.	81
4.4.3 Ανάλυση της πλευρικής συμπεριφοράς πασσάλου.	85
(α) Μέθοδος αντιδράσεως του εδάφους “ $p - y$ ”.	86
(β) Μέθοδος ελαστικού ημιχώρου.	86
Κεφάλαιο 5: Φορτίσεις ομάδας πασσάλων.	87
5.1 Οριζόντιες φορτίσεις σε ομάδες πασσάλων.	88
5.1.1 Απλοποιητικές μέθοδοι.	88
5.1.2 Μέθοδοι βάση της θεωρίας της ελαστικότητας.	89
5.2 Κατακόρυφη φόρτιση πασσάλων.	89
5.2.1 Φέρουσα ικανότητα ομάδας πασσάλων σε συνεκτικό έδαφος.	89
5.2.2 Φέρουσα ικανότητα ομάδας πασσάλων σε μη συνεκτικό έδαφος.	91
5.3 Διάταξη πασσάλων και κατανομή φορτίων στην ομάδα.	93
Κεφάλαιο 6: Καθιζήσεις μεμονωμένων πασσάλων.	97
6.1 Γενικά.	98
6.2 Μέθοδοι υπολογισμού καθίζησης μεμονωμένου πασσάλου.	101
6.2.1 Μέθοδοι ελαστικότητας.	101
6.2.2 Μέθοδοι ελατηριακής σταθεράς.	105
Κεφάλαιο 7: Καθιζήσεις ομάδας πασσάλων.	109
7.1 Γενικά.	110
7.2 Ημ εμπειρικές συσχετίσεις.	110
7.2.1 Συνεκτικά εδάφη.	110
7.2.2 Μη συνεκτικά εδάφη.	112
7.3 Θεωρία ελαστικότητας.	114
Κεφάλαιο 8: Δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων.	115
8.1 Οι δοκιμές πεδίου και η αξιολόγηση τους.	116
8.1.1 Πρότυπη δοκιμή διείσδυσης.....	117
8.1.2 Δοκιμή στατικής πνευτρομέτρησης.....	118
8.1.3 Πρεσσιομετρική δοκιμή.....	121

8.2 Δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων.....	122
8.2.1 Δοκιμή στατικής φορτίσεως..	123
8.2.2 Δοκιμή σταθερής ταχύτητας διεισδύσεως.....	125
8.3 Μέθοδοι βασιζόμενες σε αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών.....	127
8.3.1 Γενικές αρχές και μεθοδολογία υπολογισμού.....	127
8.3.2 Εκτίμηση της Φ.Ι. πασσάλων βάσει αποτελεσμάτων CPT.....	129
8.3.3 Εκτίμηση φέρουσας ικανότητας πασσάλων βάσει αποτελεσμάτων SPT.....	131
8.4 Δοκιμές πεδίου μεγάλης κλίμακας.....	132
8.4.1 Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου.....	132
Κεφάλαιο 9: Συντελεστές ασφαλείας.	140
9.1 Γενικά.	141
9.2 Προτεινόμενοι συντελεστές ασφαλείας.	143
Κεφάλαιο 10: Αρνητική τριβή.	144
10.1 Αρνητική τριβή για μεμονωμένους πασσάλους.	145
10.2 Αρνητική τριβή για ομάδα πασσάλων.	148
Κεφάλαιο 11 : Τεχνική έκθεση σιδηροδρομικής γεφύρας ποταμού Σύθα.....	150
11.1 Γενικά χαρακτηριστικά σιδηροδρομικής γέφυρα.....	151
11.2 Θεμελίωση.....	152
11.3 Προεργασίες.....	154
11.4 Κατασκευή Χαλικοπασσάλων.....	154
11.5 Μηχανικός Εξοπλισμός και κατασκευή Φρεατοπασσάλων.....	156
11.6 Κατασκευή.....	157
11.7 Οπλισμός Πασσάλου.....	160
11.8 Μηχανικός Εξοπλισμός.....	162
Σχέδια και Φωτογραφίες σιδηροδρομικής γέφυρας ποταμού Σύθα	165
Παράρτημα	170
I. Πίνακες συντελεστή καθιζήσεων.....	171
Βιβλιογραφία.....	174



Εισαγωγή

Όταν θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα έργο πρέπει να εξετάσουμε κάποια ζητήματα όπως: οι εδαφικές συνθήκες όπως η στρωματογραφία και τα φυσικά χαρακτηριστικά, τα μηχανικά χαρακτηριστικά όπως η διατμητική αντοχή και η συμπίεσιτότητα, η θέση του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα και η διαπερατότητα των σχηματισμών, και τέλος την σεισμική δραστηριότητα στην θέση του έργου.

Ακόμα θα πρέπει να εξεταστεί η συμπεριφορά της αβαθούς θεμελίωσης σε ότι αφορά τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους και τις αναμενόμενες καθιζήσεις αυτών με τον τύπο και το χαρακτήρα της ανωδομής. Εξετάζεται το μέγεθος των επιβαλλόμενων φορτίων και στατικά και δυναμικά, την σχέση οριζόντιων και κατακόρυφων φορτίων και αν υπάρχει άνωση ή άλλων έμμεσων φορτίων όπως αυτά που προέρχονται από το φαινόμενο της διόγκωσης των αργίλων ή από την καθίζηση τεχνιτών επιχώσεων στη θέση του έργου. Τέλος θα πρέπει να δοθεί σημασία στους παράγοντες που επηρεάζουν τη μέθοδο κατασκευής όπως τον διαθέσιμο χώρο για την ανάπτυξη του εργοταξίου, την διαθέσιμη τεχνογνωσία και τον εξοπλισμό.

Εφ' όσον μετά την εξέταση των παραπάνω ζητημάτων προκύπτουν απαντήσεις που δεν συνηγορούν στην επιλογή αβαθούς θεμελίωσης τόσο από τεχνική(μικρή φέρουσα ικανότητα και η μη αποδεκτές καθιζήσεις) όσο και από οικονομική άποψη(άλλες λύσεις πως βελτίωσης του εδάφους είτε είναι εφαρμόσιμες είτε δεν δικαιολογούν το απαιτούμενο κόστος σε σχέση με το αναμενόμενο όφελος) τότε η λύση της θεμελίωσης με πασσάλους είναι η ενδεδειγμένη.

Η επιλογή των πασσάλων σαν λύση θεμελίωσης αποτελεί μια σωστή τεχνοοικονομική επιλογή όταν λαμβάνοντας υπόψη τις επικρατούσες εδαφικές συνθήκες και τον τύπο του έργου, εξασφαλίζει την μεταφορά των φορτίων της ανωδομής με επιθυμητή ασφάλεια, τόσο από την άποψη της φέρουσας ικανότητας όσο και των καθιζήσεων. Οι συνθήκες κατασκευής θα πρέπει να δημιουργούν την μικρότερη παρέμβαση στο περιβάλλον, πράγμα αναπόφευκτο πολλές φορές στις διάφορες μεθόδους βελτίωσης του εδάφους. Η χρήση των πασσάλων αποτελεί την μοναδική λύση σε αστικές περιοχές με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα. Είναι λύση και σε εδάφη με χαμηλή διατμητική αντοχή, σε περιοχές με μεγάλη ανομοιομορφία εδαφικών συνθηκών, σε ορισμένες θαλάσσιες κατασκευές ή και σε κατασκευές που υπόκεινται πιέσεις ανώσεως.

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τις βαθιές θεμελιώσεις και με το δομικό τους στοιχείο τον πάσσαλο. Θα εξετάσουμε τις κατηγορίες των πασσάλων ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, τον τρόπο που μεταφέρουν τα φορτία και τον τρόπο καταπόνησης τους, τα υλικά πασσάλων, τους μεθόδους έμπτηξης των πασσάλων. Ένα σημαντικό κομμάτι που θα αναπτυχθεί είναι οι φορτίσεις των πασσάλων για την μέτρηση της αντοχής του συστήματος έδαφος – πάσσαλος.

Ακόμα θα εξετασθούν ο σχεδιασμός της βαθιάς θεμελίωσης η οποία θα πρέπει να είναι η πλέον ενδεδειγμένη τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική άποψη, οι κατασκευαστικοί κανόνες για την ορθή μελέτη της πασσαλοθεμελίωσης, οι καθιζήσεις, καθώς και οι δοκιμαστικές φορτίσεις.



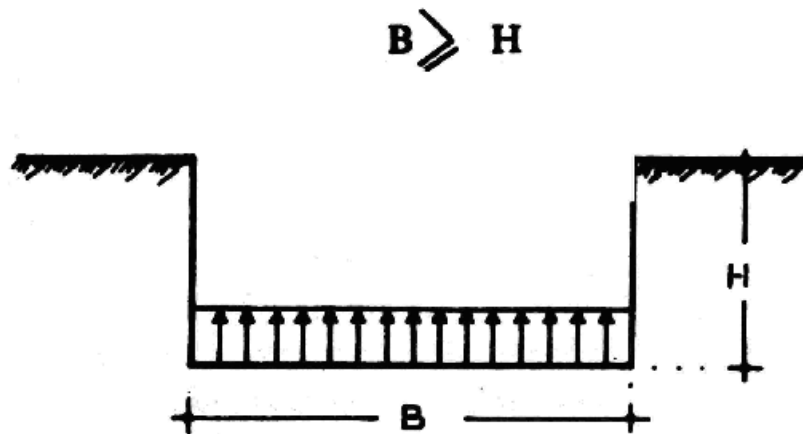
Κεφάλαιο 1

Επιφανειακές θεμελιώσεις

1.1 Γενικά.

Επιφανειακές θεμελιώσεις εννοούμε εκείνες τις θεμελιώσεις που μεταβιβάζουν το φορτίο τους στο έδαφος μόνο με την βάση τους. Τοποθετούνται σε μικρό βάθος και μεταφέρουν τα φορτία μόνο με την οριζόντια επιφάνεια τους, η οποία αποτελεί την επιφάνεια θεμελίωσης. Η πλευρική επιφάνεια τους για την παραλαβή φορτίων είναι μηδενική, είτε είναι πολύ μικρή σε σχέση με την συνεισφορά φορτίων της βάσης και συνεπώς δεν λαμβάνεται υπόψη. Οι επιφανειακές θεμελιώσεις χρησιμοποιούνται όταν το στρώμα είναι καλής ποιότητας, έστω και αν πιο βαθιά υπάρχει στρώμα κακής ποιότητας. Το πιο συνηθισμένο βάθος θεμελίωσης είναι 0,30 έως 0,50 m.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο τρόπος μεταβίβασης φορτίων στο έδαφος ενός επιφανειακού θεμελίου.



Σχήμα 1.1: Τρόπος μεταβίβασης φορτίων στο έδαφος ενός επιφανειακού θεμελίου.

Σκοπός των επιφανειακών θεμελιώσεων είναι αν μεταφέρουν σε σχετικά μικρό βάθος τα φορτία της ανωδομής κτιριακών έργων. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω θα πρέπει να επιλεγεί το κατάλληλο βάθος θεμελίωσης να σχεδιαστούν και να υπολογιστούν οι διαστάσεις και οι οπλισμοί των στοιχείων της θεμελίωσης. Στη σωστή επιλογή του κατάλληλου βάθους θεμελίωσης πρέπει να ληφθούν υπ' όψη παράγοντες, όπως:

1. Η στάθμη της θεμελίωσης πρέπει να βρίσκεται κάτω από την ζώνη που γίνονται αισθητές οι εποχιακές μεταβολές, ώστε να προστατεύονται τα θεμέλια από τις δράσεις αυτές.

2. Η στάθμη έδρασης θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε κάτω από τα θεμέλια να μην υπόκειται σε πιθανή διάβρωση λόγω της ροής νερού.
3. Η έδραση των θεμελίων πρέπει να γίνεται σε υγιές έδαφος χωρίς επιφανειακές προσμίξεις με οργανικά υλικά. Επιβάλλεται να γίνει εξυγιαντική στρώση.
4. Θα πρέπει να αποτελεί άρτια οικονομοτεχνική λύση.
5. Να εξασφαλίζει , σε συνδυασμό με τις διαστάσεις θεμελίων , (σε τομή και κάτοψη) τη μη υπέρβαση της αντοχής εδάφους και των επιτρεπόμενων καθιζήσεων.

1.2 Κατηγορίες επιφανειακών θεμελιώσεων.

Οι πλέον χαρακτηριστικές περιπτώσεις επιφανειακών θεμελιώσεων είναι οι παρακάτω:

1.2.1 Τα μεμονωμένα πέδιλα.

Αποτελούνται από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος που μέσα πακτώνονται τα υποστρώματα . Η μορφή τους είναι απλή και συμμετρική . Η πιο απλή μορφή είναι το τετραγωνικό πέδιλο. Κάτω από το πέδιλο τοποθετείται στρώμα απλού σκυροδέματος, πάχους 8-10 cm, που είναι μπετόν καθαριότητας, για να είναι ομαλή η επιφάνεια που θα τοποθετηθεί ο οπλισμός του πέδιλου. Ο οπλισμός αποτελείται από πλέγμα ράβδων του ίδιου μήκους και σταθερής διαμέτρου. Ο οπλισμός του υποστρώματος τοποθετείται πριν γίνει η διάστρωση του σκυροδέματος του πέδιλου. Όταν γίνεται η θεμελίωση με την βοήθεια πέδιλων τότε δεν μπορούμε αν έχουμε και θεμελίωση με πασσάλους.

Τα πέδιλα συνήθως έχουν μεγάλες διαστάσεις που φθάνουν τα 3-4 m. Η οικονομία που επιτυγχάνουμε όταν προσπαθούμε να μειώσουμε όσο μπορούμε τις διαστάσεις του πεδίλου γίνεται αμελητέα, όταν τα πέδιλα είναι μικρά. Τα πέδιλα που έχουν μικρές διαστάσεις μπορεί να προκαλέσουν τοπική διάτμηση, γι 'αυτό δεν πρέπει να γίνονται πέδιλα με πλευρά μικρότερη από 40 cm, αλλά είναι καλύτερα να έχουν πλευρά τουλάχιστον 60 cm ακόμα και αν το έδαφος επιτρέπει μικρές διαστάσεις.

Οι κύριες μορφές μεμονωμένων πέδιλων είναι:

1. Κεντρικό πέδιλο στο οποίο ο άξονας του κατακόρυφου φορτίζοντος στοιχείου συμπίπτει με τον άξονα του πέδιλου.
2. Έκκεντρο πέδιλο στο οποίο ο διαμήκης άξονας του κατακόρυφου φορτίζοντος στοιχείου δεν συμπίπτει με τον άξονα του πέδιλου, συνεπώς εμφανίζεται μια κατασκευαστική εκκεντρότητα.

Τα μεμονωμένα πέδιλα συνδέονται μεταξύ τους και στις δύο διευθύνσεις με ισχυρά δοκάρια , τα οποία ονομάζονται συνδετήριες δοκοί.

1.2.2 Πεδιλοδοκοί.

Αποτελούν ένα τρόπο ομαδικής θεμελίωσης υποστυλωμάτων των οποίων οι άξονες βρίσκονται στην ίδια περίπτωση ευθεία γραμμή. Αποτελούνται από μια πλάκα σταθερού ή μεταβλητού πάχους που η μορφή σε κάτοψη είναι συνήθως ορθογωνική και από μια δοκό που συνδέει τα υποστυλώματα και προεκτείνεται πολλές φορές και ως τα όρια της πλάκας. Η μορφή της πλάκας προσδιορίζεται με τρόπο που το γεωμετρικό κέντρο της συμπίπτει με το κέντρο βάρους των φορτίων σε περίπτωση της μέγιστης φόρτισης. Οι πεδιλοδοκοί εκτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τοποθετούνται πάνω σε στρώμα καθαριότητας από απλό σκυρόδεμα.

Ο τρόπος θεμελίωσης με πεδιλοδοκούς είναι πιο δυσχερής, σε σχέση με τα πέδιλα όσο αφορά την μελέτη και την κατασκευή. Οι πεδιλοδοκοί χρησιμοποιούνται:

1. Όταν το έδαφος είναι συμπιεστό και τα φορτία των υποστυλωμάτων είναι μεγάλα.
2. Όταν τα φορτία μεταξύ των υποστυλωμάτων διαφέρουν πολύ μεταξύ τους.
3. Όταν η θεμελίωση με πέδιλα είναι αντιοικονομική.
4. Όταν σε περίπτωση θεμελίωσης με μεμονωμένα πέδιλα, οι ελεύθερες αποστάσεις μεταξύ τους μειώνονται.

1.2.3 Γενικές Κοιτοστρώσεις ή Radiers.

Είναι ενιαίες πλάκες θεμελίωσης , οι οποίες φέρουν κάθετα στο επίπεδο τους περισσότερα από δύο υποστυλώματα και κατά τις δύο κατευθύνσεις. Το πλάτος της πλάκας θεμελίωσης κυμαίνεται από 0,4m έως 0.6 m, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις

φτάνει τα 2-3 m. Είναι επιφανειακοί φορείς, οι οποίοι ισορροπούν τα φορτία ανωδομής από πάνω και τις αντιδράσεις του εδάφους από κάτω, ανεπτυγμένες σε όλη την έκταση τους.

Οι κοιτοστρώσεις διακρίνονται σε

(α) Γενικές κοιτοστρώσεις που περιλαμβάνουν όλα τα φέροντα στοιχεία του οικοδομικού έργου.

(β) Μερικές κοιτοστρώσεις που περιλαμβάνουν μόνο από τα φέροντα στοιχεία κλιμακοστασίου και κάποια γειτονικά.

Οι χαρακτηριστικές μορφές των κοιτοστρώσεων είναι οι παρακάτω:

1. Με απευθείας έδραση των υποστυλωμάτων επάνω στην πλάκα θεμελίωσης.

2. Με έδραση υποστυλωμάτων επάνω στη πλάκα θεμελίωσης η οποία έχει ενισχυθεί με δοκούς κάτω από το δάπεδο της. Παρουσιάζει το πλεονέκτημα δημιουργίας επιπέδου υπογείου.

3. Όπως προηγουμένως αλλά με τις δοκούς επάνω από το επίπεδο της πλάκας.

Είναι η συχνότερη μορφή που κατασκευάζονται οι κοιτοστρώσεις στην Ελλάδα. Παρουσιάζει το πλεονέκτημα ομαλής μεταβίβασης των φορτίων στο έδαφος. Οι ελάχιστες διαστάσεις για την πλάκα της κοιτόστρωσης είναι πάχος πλάκας 0.3 m , πλάτος δοκών 0.3 m και ύψος δοκών 0.8 m.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου Radiers είναι αξιόλογα αλλά η χρήση της περιορίζεται μόνο όταν κρίνεται σκόπιμο και όταν είναι η μοναδική λύση . Αυτά είναι τα εξής :

1. Μεγάλη ασφάλεια από πλευράς υπέρβασης της φέρουσας ικανότητας, ιδίως σε αμμώδη εδάφη.

2. Μικρές αναμενόμενες καθιζήσεις.

3. Μείωση των διαφορικών καθιζήσεων λόγω της ακαμψίας της πλάκας θεμελίωσης, των ισχυρών δοκών και της ανωδομής. Η αύξηση των επιτρεπόμενων καθιζήσεων.

4. Αντισεισμική συμπεριφορά.

5. Εύκολη αντιμετώπιση προβλημάτων υπογείου νερού.



Κεφάλαιο 2

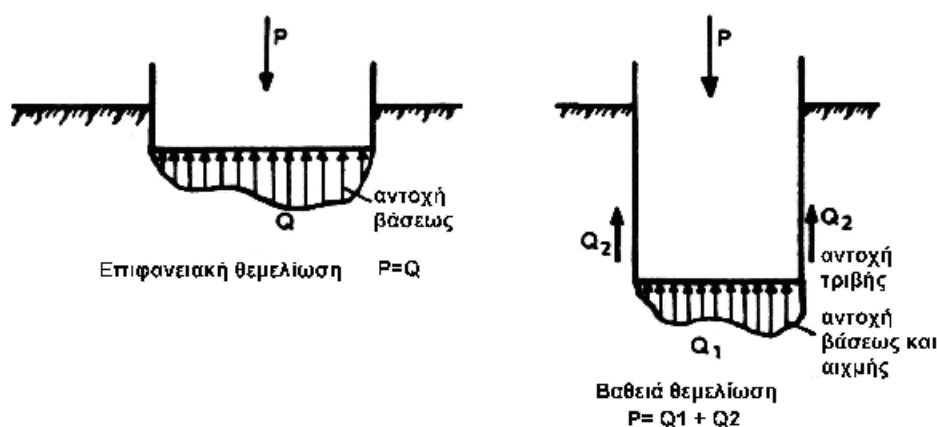
Βαθιές θεμελιώσεις με πασσάλους

2.1 Γενικά.

Οι βαθιές θεμελιώσεις είναι οι μη επιφανειακές θεμελιώσεις. Οι βαθιές θεμελιώσεις περιλαμβάνουν όλα τα συστήματα θεμελίωσης τα οποία μεταφέρουν τα φορτία ανωδομής σε εδαφικές στρώσεις που βρίσκονται βαθύτερα από τις στρώσεις σε άμεση επαφή με το δομικό έργο. Τα φορτία μεταφέρονται με όλες τις επιφάνειες και συχνά μόνο με τις κατακόρυφες επιφάνειες. Μέρος του φορτίου μπορεί να μεταφερθεί και πάνω από την επιφάνεια επαφής με το έδαφος χάρη στη δύναμη τριβής εδάφους και κατακόρυφων παρειών. Γι 'αυτό ο καλύτερος τρόπος ορισμού της βαθιάς θεμελίωσης βασίζεται στον τρόπο κατασκευής της. Βαθιές θεμελιώσεις είναι αυτές που εκτελούνται με ειδικό τρόπο χωρίς να γίνεται ανοικτή εκσκαφή της ζώνης θεμελίωσης. Ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας τους, δηλαδή της επιδράσεως εδάφους-θεμελίωσης, όσο και της αντοχής του σώματος της θεμελίωσης εξαρτώνται από την μέθοδο κατασκευής και τοποθέτησης της θεμελίωσης.

Η εισαγωγή και η μεταβίβαση των φορτίων είναι δυνατό να γίνει κατά σημεία (δηλαδή με πασσάλους) είτε κατά επιφάνειες (δηλαδή με καταδυόμενα κιβώτια ή με θεμελιώσεις με πεπιεσμένο αέρα). Οι θεμελιώσεις με καταδυόμενα κιβώτια χρησιμοποιούνται λιγότερο. Με τους πασσάλους αντιμετωπίζονται σίγουρα και σχετικά εύκολα και οικονομικά, τα προβλήματα που θέτει η θεμελίωση σε εδάφη με μικρή αντοχή. Το πιο σύνηθές βάθος θεμελίωσης είναι 20-30 m. Υπάρχουν όμως και παραδείγματα θεμελίωσης σε βάθη μεγαλύτερα των 60 m. Εμείς θα ασχοληθούμε με τις θεμελιώσεις με πασσάλους.

Η βασική διαφορά μεταξύ επιφανειακών θεμελίωσης και των βαθιών θεμελίωσης είναι στον τρόπο που μεταφέρονται τα φορτία στο έδαφος όπως παριστάνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.1: Τρόπος μετάδοσης φορτίων στο έδαφος σε επιφανειακή θεμελίωση και σε βαθιά θεμελίωση.

Οι βαθιές θεμελιώσεις δεν είναι και ιδιαίτερα αναπτυγμένες στην Ελλάδα. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται περισσότερο σε γεωτεχνικά έργα. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που επιβάλλουν την εφαρμογή συστημάτων θεμελίωσης σε βάθος όπως:

1. Η ύπαρξη μικρής αντοχής εδαφικών στρώσεων μεγάλου πάχους, των οποίων η βελτίωση ή η απομάκρυνση είναι πολύ δαπανηρή.
2. Η ύπαρξη εδαφικών στρώσεων με μεγάλη κλίση, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές άνισες καθιζήσεις(διαφορικές καθιζήσεις).
3. Η ακανόνιστη διαδοχή των στρώσεων (θύλακες μη ανθεκτικού υλικού με διάφορα πάχη που π.χ. συναντώνται στα αλλούβια ποταμών ή λιμνών) οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε μεγάλες διαφορές καθιζήσεων.
4. Τα φορτία ανωδομών των γειτονικών κτιρίων που οι τιμές απέχουν πολύ μεταξύ τους. Δηλαδή ψηλά κτίρια δίπλα σε χαμηλά με σημαντική αμοιβαία αλληλεπίδραση των τάσεων στο έδαφος θεμελίωσης.
5. Έργα στο ανοιχτό νερό, όπου απαιτείται τα φορτία να μεταφέρονται με ασφάλεια και οικονομικότητα στο ανθεκτικό έδαφος.

2.2 Σχεδιασμός βαθιών θεμελιώσεων.

2.2.1 Κατηγορίες σχεδιασμού.

Ο σχεδιασμός και η ανάλυση των βαθιών θεμελιώσεων μπορεί να καταταγεί σε τρεις διακεκριμένες κατηγορίες (Ρουλος, 1987) αναλόγως με τη μεθοδολογία που ακολουθείται.

Στην κατηγορία 1 υπάγονται οι περισσότερες μέθοδοι υπολογισμού των πασσάλων, όπως π.χ. μέθοδοι που βασίζονται σε αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών. Περιλαμβάνουν εμπειρικές συσχετίσεις οι οποίες όμως δεν βασίζονται, απαραίτητα, σε αρχές της εδαφομηχανικής.

Στην κατηγορία 2 υπάγονται μέθοδοι που περιλαμβάνουν απλοποιητικές θεωρήσεις (π.χ. της θεωρίας πλαστικότητας ή ελαστικότητας) και με τις οποίες είναι δυνατόν να εκτιμηθεί και η καθίζηση των πασσάλων. Στην κατηγορία αυτή οι

απαραίτητες για την ανάλυση εδαφικές παράμετροι εκτιμώνται με τις συνήθεις εργαστηριακές ή επί τόπου δοκιμές.

Στην *κατηγορία 3* υπάγονται μέθοδοι που χρησιμοποιούν προχωρημένα αναλυτικά εδαφικά πρότυπα ή αριθμητικές αναλύσεις όπως π.χ. πεπερασμένα στοιχεία ή συνοριακά στοιχεία. Για τον προσδιορισμό των εδαφικών παραμέτρων χρησιμοποιούνται ειδικές δοκιμές οι οποίες κατά το δυνατόν απεικονίζουν την εντατική κατάσταση του προβλήματος.

Κατηγορία	Χαρακτηριστικά της μεθοδολογίας	Μέθοδος για τον προσδιορισμό εδαφικών παραμέτρων
1	Εμπειρική, χωρίς να βασίζεται σε θεμελιώδεις αρχές της εδαφομηχανικής.	Απλές επί τόπου ή εργαστηριακές δοκιμές και συσχετίσεις.
2	Βάσει απλοποιητικής θεωρητικής ανάλυσεως και θεμελιωδών αρχών της εδαφομηχανικής.	Συνήθεις επί τόπου ή εργαστηριακές δοκιμές και μερική χρήση συσχετισμών
3	Με βάση προχωρημένη θεωρητική ανάλυση και τις θεμελιώδεις αρχές της εδαφομηχανικής.	Ειδικές εργαστηριακές ή επί τόπου δοκιμές βάσει καθορισμένων διαδρομών τάσεων.

Σημειώνεται ότι και ο Ευρωκώδικας Γεωτεχνικής Μηχανικής, EC-7, αναγνωρίζει 3 κατηγορίες σχεδιασμού ανάλογα με τη σοβαρότητα του έργου και τα διατιθέμενα γεωτεχνικά στοιχεία.

Τα γενικά κριτήρια σχεδιασμού, οι τρεις βασικές προϋποθέσεις πρέπει να εξασφαλίζονται κατά το σχεδιασμό μιας βαθιάς θεμελιώσεως:

- 1)** Να μην γίνεται υπέρβαση της αντοχής του πασσάλου, ως φέροντος στοιχείου.
- 2)** Να μην γίνεται υπέρβαση της φέρουσας ικανότητας του συστήματος πάσσαλος-έδαφος.
- 3)** Οι παραμορφώσεις (π.χ. καθιζήσεις) να είναι εντός των επιτρεπομένων ορίων για την ανωδομή.

2.2.2 Θεωρήσεις κατά το σχεδιασμό των πασσάλων.

Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας βαθιάς θεμελιώσεως κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο των φορτίσεων.

- (α)** Συνήθεις στατικές κατακόρυφες ή πλευρικές φορτίσεις.

(β) Ασυνήθεις φορτίσεις προερχόμενες: από "εξωτερικές" μετακινήσεις του εδάφους, από κυκλικές ή επαναλαμβανόμενες φορτίσεις, καθώς και από δυναμικές φορτίσεις.

Έτσι ο σχεδιασμός πασσάλων για συνήθεις περιπτώσεις φορτίσεων γίνεται με τη βοήθεια μεθόδων που υπάγονται στις κατηγορίες (α) και (β) και περιλαμβάνει την εξέταση των κάτωθι παραγόντων :

- 1) Φέρουσα ικανότητα σε κατακόρυφη φόρτιση: Προσδιορίζεται το απαιτούμενο μήκος πασσάλου καθώς και ο αριθμός τους.
- 2) Καθιζήσεις: Περιορισμός των καθιζήσεων στα επιθυμητά όρια.
- 3) Φέρουσα ικανότητα σε οριζόντια φόρτιση και παραμορφώσεις: Ελέγχονται η επάρκεια του εδάφους και των πασσάλων καθώς και εάν οι πλευρικές παραμορφώσεις ευρίσκονται σε επιτρεπτά όρια.
- 4) Επίδραση της ομάδος πασσάλων: φέρουσας ικανότητας της ομάδος, κατανομή των φορτίων στην ομάδα, εκτίμηση των παραμορφώσεων.

2.3 Πάσσαλοι.

Οι πάσσαλοι είναι η παλαιότερη μορφή θεμελίωσης σε βάθος. Όταν η θεμελίωση σε βάθος είναι αναπόφευκτη, οι πάσσαλοι είναι η δημοφιλέστερη λύση λόγω του οικονομικού τρόπου κατασκευής τους και τις προσαρμοστικότητας στις απαιτήσεις κάθε έργου.

Οι πάσσαλοι είναι δομικά στοιχεία μεγάλους μήκους και κυλινδρικής συνήθως διατομής τα οποία χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν τα φορτία της κατασκευής σε βαθιές εδαφικές στρώσεις. Η μεταφορά των φορτίων της ανωδομής μέσα στο έδαφος γίνεται με ασφάλεια τόσο έναντι θραύσεως όσο και έναντι υπερβολικών καθιζήσεων.

Οι πάσσαλοι μπορεί να βρίσκονται και κεκλιμένοι εκτός από κατακόρυφοι. Οι πάσσαλοι συνήθως χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, ανάλογα με την διάμετρο τους, σε:

(α) Μικροπάσσλους, με διάμετρο από 70 mm έως 300 mm. Οι μικροπάσσαλοι σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα N° 7 είναι το δομικό στοιχείο του οποίου η διάμετρος φτάνει το πολύ έως 300mm. Το πεδίο εφαρμογής των μικροπασσάλων είναι ποικίλο όπως

- σε έργα αντιστήριξης
- σε θεμελιώσεις
- σε ενισχύσεις εδαφών και

- σε υποθεμελιώσεις.

Ο οπλισμός τους μπορεί να είναι, είτε μορφωμένος κλωβός (διαμήκης οπλισμός με εγκάρσια περίσφιξη) είτε με δέσμη διαμηκών μορφοσιδήρων (ενθέματα), είτε με προφίλ μεταλλικών διατομών (HEA, HEB, UPN). Η κύρια λειτουργία είναι η μεταφορά των φορτίων σε βαθύτερα στρώματα με μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα έναντι των επιφανειακών.

Οι τεχνικές διάτρησης ποικίλουν και εξαρτώνται από το έδαφος στο οποίο θα πρέπει να κατασκευαστούν οι μικροπάσσαλοι. Συνήθεις τεχνικές είναι η χρήση σωληνώσεων, η χρήση έλικα καθώς και κοπτικών για βραχώδη εδάφη. Στις τεχνικές αυτές πρωτεύοντα ρόλο έχει η ταυτόχρονη εφαρμογή νερού ή αέρα.

Το μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο σε αξονική θλίψη που μπορεί να μεταβιβάσει στο έδαφος ένας συνήθης μικροπάσσαλος είναι 150-250 KN.

Ως υλικό πλήρωσης του, συνήθως επιλέγεται γαρμπιλοσκυρόδεμα, αμμοτσιμεντοκονίαμα καθώς και τσιμεντοκονίαμα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατασκευή μικροπασσάλων σε εδάφη με σημαντικό πορώδες όπου με το πέρας της σκυροδέτησης και την ταυτόχρονη εξαγωγή του διατρητικού υλικού, το υλικό πλήρωσης, διεισδύει και στην ευρύτερη περιοχή του πασσάλου πληρώνοντας τα κενά του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή ο πάσσαλος ονομάζεται ριζοπάσσαλος.

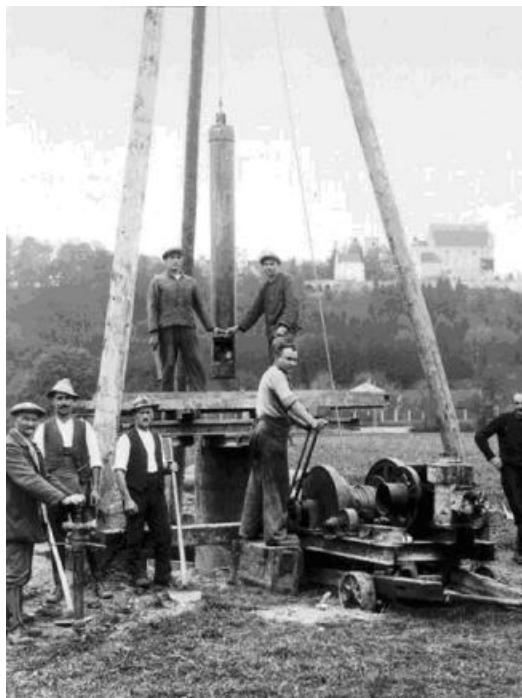
Σημαντική είναι η εφαρμογή των μικροπασσάλων στις υποθεμελιώσεις. Οι μικροπάσσαλοι χρησιμοποιούνται ως δομικά στοιχεία ενίσχυσης υφιστάμενων θεμελιώσεων ή προβλημάτων στην θεμελίωση ή θεμελιώσεων που έχουν υποστεί βλάβες.

(β) Φρεατοπάσσαλους, με διάμετρο από 300 mm έως 1800 mm. Συνήθης διαμέτρους για φρεατοπάσσαλους είναι 600 mm, 800 mm, 1000 mm και 1200 mm.

Οι θεμελιώσεις με πασσάλους άρχισαν να χρησιμοποιούνται από τους προϊστορικούς χρόνους και περιλάμβαναν αρχικά κορμούς δέντρων, τους οποίους οι άνθρωποι συνήθιζαν να εμπήγουν σε μαλακά εδάφη παραλίμνιων περιοχών για να κτίσουν επάνω τις κατοικίες τους. Αργότερα, ολόκληρες πόλεις, όπως η Βενετία τον 8^ο μ.Χ αιώνα και το Άμστερνταμ τον 10^ο μ.Χ αιώνα κτίστηκαν πάνω σε ξύλινους πασσάλους.

Σήμερα το οπλισμένο σκυρόδεμα και ο χάλυβας έχουν αντικαταστήσει σχεδόν πλήρως τη χρήση του ξύλου στην κατασκευή πασσαλοθεμελιώσεων και οι χρησιμοποιούμενες διαμέτροι, που στους ξύλινους πασσάλους έφθαναν μέχρι 30cm, μπορούν τώρα να ξεπεράσουν ακόμη και τα 3m. Επίσης το μήκος των πασσάλων που στους ξύλινους δεν ξεπερνούσε συνήθως τα 10m, σήμερα μπορεί να φθάσει και τα 100m. Μάλιστα πέρα από την κλασική μέθοδο της εμπήξης των πασσάλων

έχουν αναπτυχθεί και διάφορες άλλες μέθοδοι κατασκευής πασσάλων με αποτέλεσμα να έχει διευρυνθεί σημαντικά το πεδίο εφαρμογής των πασσαλοθεμελιώσεων.



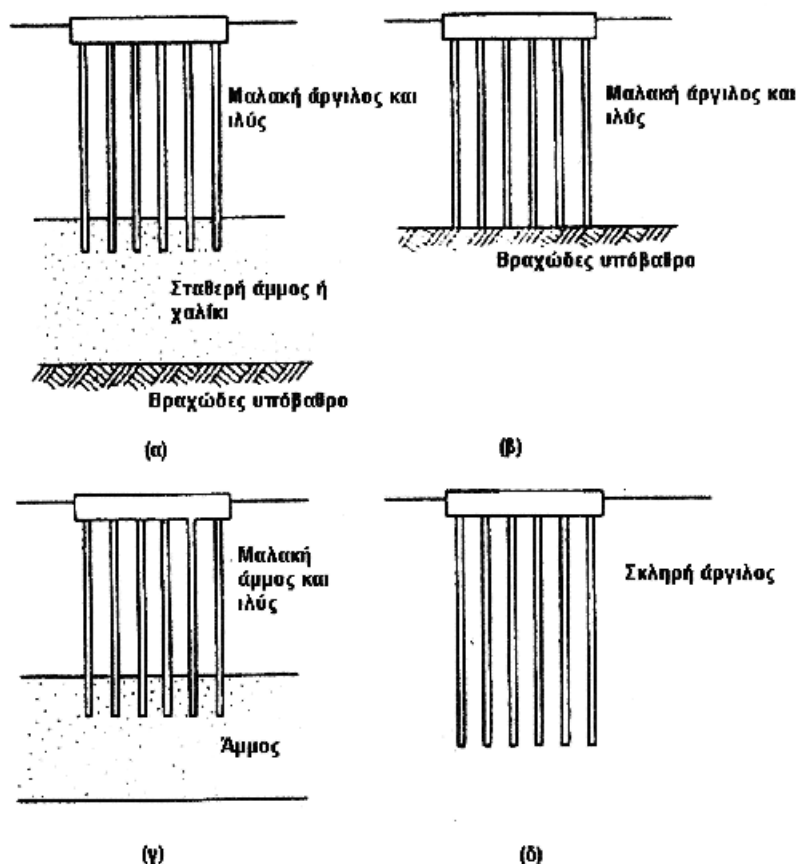
Σχήμα 2.2: Θεμελιώσεις με ξύλινους πασσάλους.

Οι πασσαλοθεμελιώσεις χρησιμοποιούνται κυρίως στις περιπτώσεις που οι επιφανειακές θεμελιώσεις δεν είναι επαρκείς. Από άποψη λειτουργίας η κύρια διαφορά τους με τις επιφανειακές θεμελιώσεις, είναι ότι ένα μέρος του φορτίου μεταβιβάζεται στο έδαφος από την παράπλευρη επιφάνεια, ενώ στις επιφανειακές ολόκληρο το φορτίο μεταβιβάζεται με την βάση έδρασης.

Όταν η επιφανειακή στρώση του εδάφους είναι κακής ποιότητας, με αποτέλεσμα να προκύπτουν μεγάλες καθιζήσεις και μικρή φέρουσα ικανότητα των επιφανειακών θεμελίων, τα φορτία μπορούν να μεταφερθούν με πασσάλους στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις χρησιμοποίησης πασσάλων σε εδάφη όπου ένα στρώμα μαλακής αργίλου υπέρκειται ενός στρώματος πυκνής άμμου, αμμοχάλικου ή βράχου όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.

Στις περιπτώσεις (α),(β),(γ) του σχήματος 2.3 οι πάσσαλοι μεταφέρουν κυρίως με τις αιχμές τους τα φορτία της κατασκευής στο βαθύτερο καλής ποιότητας έδαφος και ονομάζονται "πάσσαλοι αιχμής". Στην περίπτωση (δ) του σχήματος 2.3, όπου το πάχος του αργιλικού στρώματος είναι πολύ μεγάλο, οι πάσσαλοι χρησιμοποιούνται για να μεταβιβάσουν τα φορτία στο έδαφος με την πλευρική τριβή

που αναπτύσσεται στη διεπιφάνεια πάσσαλου εδάφους και ονομάζονται " πάσσαλοι τριβής ".



Σχήμα 2.3: Τυπικές περιπτώσεις εδαφών στις οποίες χρησιμοποιούνται πασσαλοθεμελιώσεις (α),(β),(γ) : πάσσαλοι αιχμής και (δ) : πάσσαλοι τριβής.

Η μελέτη μιας πασσαλοθεμελίωσης εξετάζει την συμπεριφορά πασσάλων σε αξονικά και πλευρικά φορτία και καταλήγει στον προσδιορισμό του απαιτούμενου αριθμού μήκους, διαμέτρου και ακαμψίας πασσάλων, της διάταξης τους και τον τρόπο σύνδεσης τους με την ανωδομή. Η αξονική ανάλυση μιας ομάδας πασσάλων περιλαμβάνει τον υπολογισμό του επιτρεπόμενου φορτίου(θλιπτικού ή εφελκυστικού) και της καθίζησης ενός μεμονωμένου πασσάλου και ολόκληρης της ομάδας πασσάλων. Η πλευρική ανάλυση περιλαμβάνει τον υπολογισμό της οριζόντιας μετακίνησης της κεφαλής των πασσάλων και κυρίως τον υπολογισμό των φορτίων διατομής (ροπές κάμψης και τέμνουσες δυνάμεις) κατά μήκος των πασσάλων λαμβάνοντας υπ 'όψη και την αλληλεπίδραση μεταξύ των διάφορων πασσάλων της ομάδας. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ενώ στην περίπτωση των επιφανειακών θεμελιώσεων η μελέτη βασίζεται συχνά σε μια κατά εκτίμηση τιμή της επιτρεπόμενης τάσης εδάφους για τη συγκεκριμένη περιοχή χωρίς να προηγηθεί γεωτεχνική έρευνα, στην περίπτωση θεμελίωσης με πασσάλους η διεξαγωγή γεωτεχνικής έρευνας και

μάλιστα σε σημαντικό βάθος είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση της αντίστοιχης μελέτης.

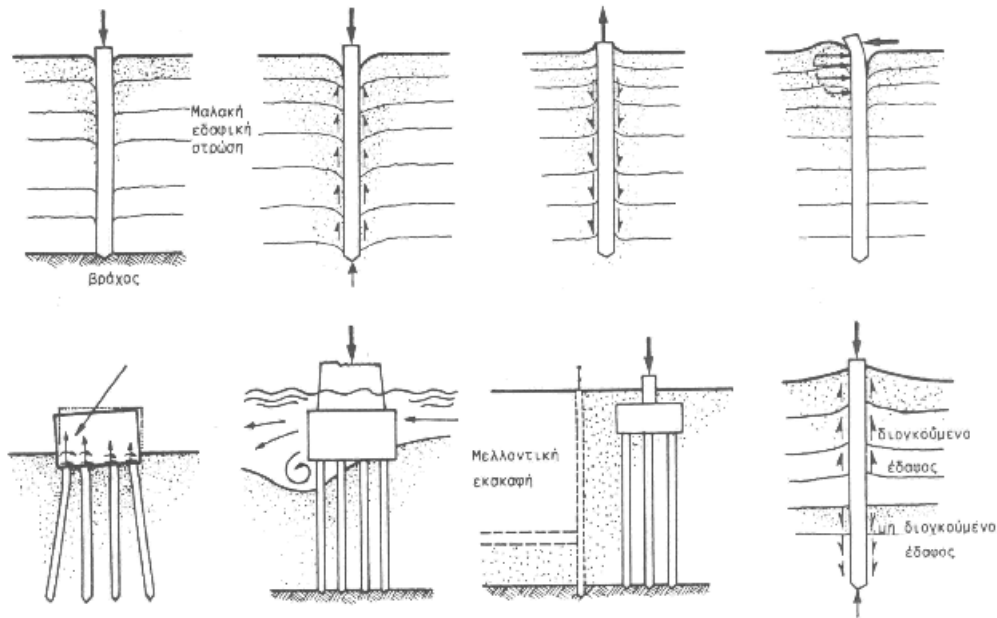
Οι θεμελιώσεις με πασσάλους χρησιμοποιούνται :

1. Όταν χρειάζεται να παραληφθούν σημαντικά οριζόντια φορτία, που μπορεί να προέρχονται από ωθήσεις γαίων, θαλάσσια κύματα, προσκρούσεις πλοίων, σεισμούς και άλλα.
2. Όταν η θεμελίωση απαιτείται να παραλάβει εφελκυστικές δυνάμεις, που μπορεί να προέρχονται από δυνάμεις άνωσης, από σημαντικές ροπές στην βάση της κατασκευής και άλλα.
3. Όταν απαιτείται ενίσχυση θεμελίων υφιστάμενων κατασκευών που παρουσιάζουν προβλήματα καθιζήσεων (υποθεμελιώσεις), σταθεροποίηση πρανών που κατολισθαίνουν, κατασκευή διαφραγματικών τοίχων αντιστήριξης.
4. Και στις περιπτώσεις που υπάρχει κίνδυνος υποσκαφής των επιφανειακών θεμελιώσεων.

Οι πάσσαλοι έχουν διάφορες ιδιότητες όπως

1. Εκτός από σπάνιες εξαιρέσεις, δέχονται μόνο αξονικά φορτία.
2. Τα φορτία αυτά μεταφέρονται στο έδαφος, όχι μόνο με την αιχμή δηλαδή κάτω από την επιφάνεια εδράσεως, αλλά και με την τριβή των επιφανειών σ' όλο το μήκος ή σ' ένα μέρος του μήκους τους.

Στο παρακάτω σχήμα παριστάνονται περιπτώσεις θεμελίωσης που απαιτούν την χρήση πασσάλων. Οι πάσσαλοι ως στοιχεία θεμελιώσεων χρησιμοποιούνται συνήθως: όταν μαλακά εδάφη υπέρκεινται στιφρών, σε αποθέσεις μαλακών ή χαλαρών εδαφών μεγάλου πάχους, για μεταβίβαση στο έδαφος υψηλών φορτίων με ταυτόχρονο περιορισμό των καθιζήσεων, για την ανάληψη υψηλών φορτίων με τρόπο που να μην επηρεάζουν υπάρχουσες κατασκευές με επιφανειακή θεμελίωση, για ανάληψη οριζοντίων φορτίων, κ.τ.λ.



Σχήμα 2.4: Περιπτώσεις θεμελίωσης που απαιτούν την χρήση πασσάλων.

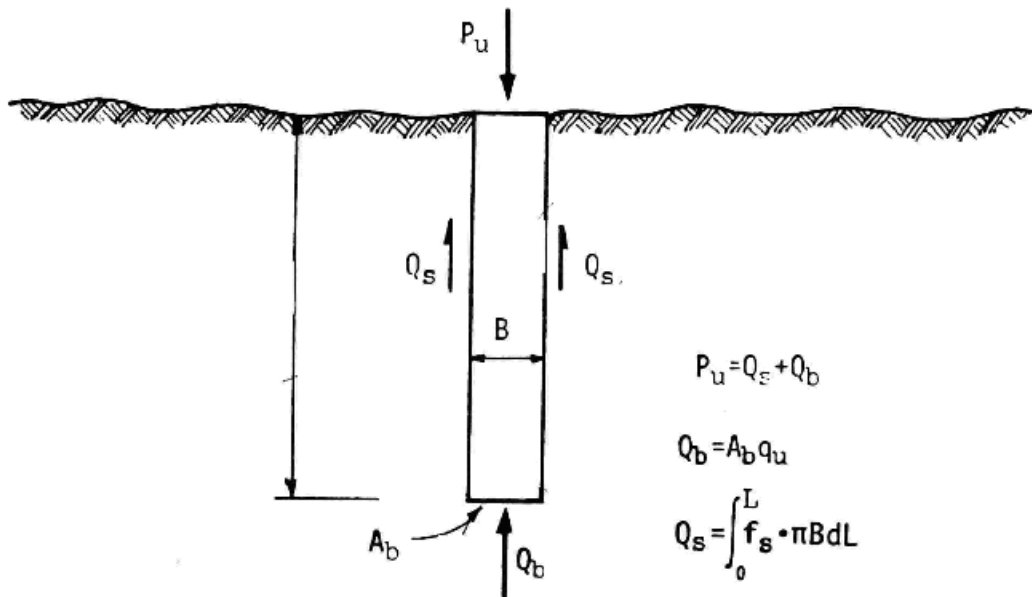
Για την επίλυση των προβλημάτων θεμελιώσεων με πασσάλους απαιτείται η κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος πάσσαλος-έδαφος και κυρίως η κατανόηση του μηχανισμού μεταβίβασης των φορτίων από τον πάσσαλο στο έδαφος.

Κατά τον ποσοτικό προσδιορισμό της φερούσης ικανότητας (Φ.Ι.) P_u ενός πασσάλου δεχόμαστε ότι το φορτίο της ανωδομής μεταβιβάζεται στο έδαφος μέσω του πασσάλου δια της αντοχής της αιχμής του, (Q_b), και της αντοχής εκ πλευρικών τριβών, (Q_s), (σχήμα 2.5) ισχύει η σχέση:

$$P_u = Q_b + Q_s$$

Η φέρουσα ικανότητα όμως του πασσάλου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το υλικό, τη μορφή και τον τρόπο κατασκευής του πασσάλου καθώς και το είδος του περιβάλλοντος εδάφους. Στην πράξη ο ποσοτικός προσδιορισμός της φέρουσας ικανότητας γίνεται ουσιαστικά, υπολογίζοντας ανεξάρτητα την Q_b και την Q_s , δηλ. υπό την παραδοχή ότι δεν επηρεάζεται η μία συνιστώσα από την άλλη. Σημειώνεται όμως, ότι σε αποτελέσματα δοκιμαστικών φορτίσεων σε εμπνηυόμενους πασσάλους έχει παρατηρηθεί ότι:

- (α) σε κοκκώδη εδάφη η ανάπτυξη της Q_s επηρεάζει την Q_b ,
- (β) σε συνεκτικά εδάφη η ανάπτυξη της Q_s δεν επηρεάζει την Q_b .



Σχήμα 2.5: Τρόπος μεταβίβασης φορτίων στο έδαφος μέσω του πασσάλου δια της αντοχής της αιχμής και της αντοχής εκ πλευρικών τριβών.

Τα συνήθη συστήματα λειτουργίας πασσάλων - εδάφους χαρακτηρίζονται ως:

- α) πάσσαλοι αιχμής,** (όταν η αιχμή του πασσάλου φτάνει μέχρι ένα σκληρό στρώμα, όπως βράχο ή πολύ πυκνή άμμος ή χαλίκια, το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου μεταφέρεται μέσω της αιχμής στο στρώμα αυτό)
- β) πάσσαλοι τριβής** (όταν δεν υπάρχει ανθεκτικό στρώμα ο μηχανισμός μεταφοράς του φορτίου γίνεται αφενός μέσω της τριβής πασσάλου με το περιβάλλον έδαφος και αφετέρου μέσω της αιχμής. Ο πάσσαλος μεταφέρει το μεγαλύτερο φορτίο μέσω της τριβής κατά μήκος της παράπλευρης επιφάνειας), και
- γ) πάσσαλοι αιχμής-τριβής,** ανάλογα με τον τρόπο μεταβίβασης των φορτίων στο έδαφος και τον τρόπο ανάπτυξης της αντοχής των πασσάλων.

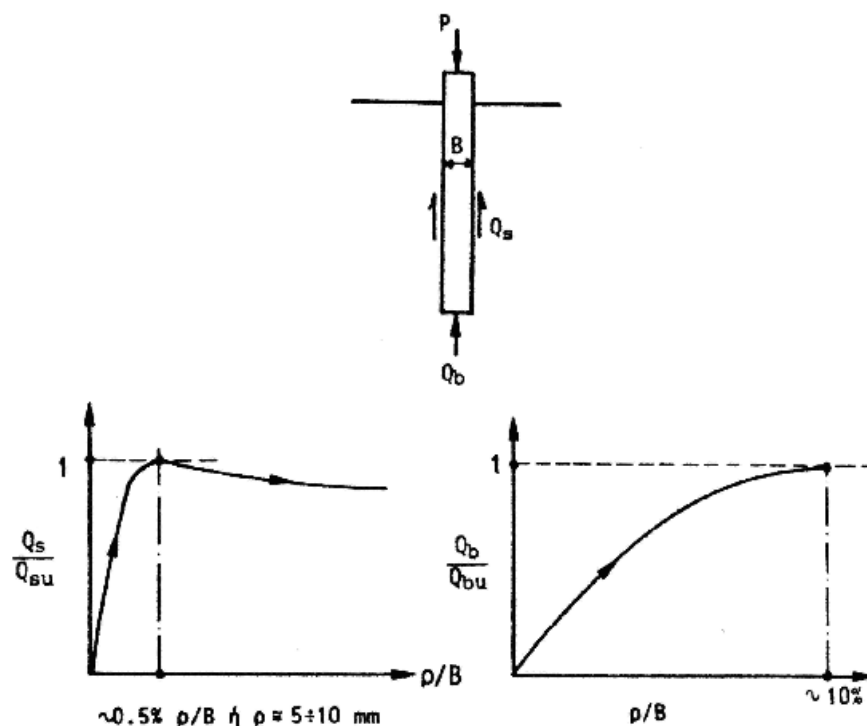
Για την ανάπτυξη όμως της αντοχής, (δηλ. της φερούσης ικανότητας), απαιτείται, όπως και στις επιφανειακές θεμελιώσεις, μία μετακίνηση-υποχώρηση του πασσάλου λόγω της φορτίσεως. Έτσι η πλήρης ανάπτυξη της αντοχής αιχμής, (Q_b), χρειάζεται μία σημαντική κατακόρυφη μετακίνηση, 5 έως 10% του B (όπου B η διάμετρος του πασσάλου). Η αντοχή λόγω πλευρικών τριβών, (Q_s), αναπτύσσεται πλήρως για μικρές κατακόρυφες μετακινήσεις του πασσάλου, 0,5 % B ή 0,5 με 2 cm.

Έτσι μικρά φορτία επί του πασσάλου αναλαμβάνονται κυρίως από τις πλευρικές τριβές, ενώ υψηλά φορτία αναλαμβάνονται συνήθως κατά το μεγαλύτερο

μέρος τους από την αντίσταση της αιχμής. Όπως προκύπτει από τα ανωτέρω ο τρόπος αναπτύξεως της αντοχής των πασσάλων είναι ένα σύνθετο πρόβλημα. Απαιτείται λοιπόν πλήρης κατανόηση των μηχανισμών:

- α) αναπτύξεως της αντοχής αιχμής (πρόβλημα Φ. Ι.),
- β) αναπτύξεως των δυνάμεων τριβής/συνάφειας κατά την παράπλευρο επιφάνεια του πασσάλου (πρόβλημα αλληλεπιδράσεως πασσάλου/εδάφους).

Για την κατανόηση του μηχανισμού της συμπεριφοράς των πασσάλων υπό την επενέργεια μιας φορτίσεως στο σχήμα 2.6 δίδονται τα διαγράμματα φορτίου-υποχωρήσεων (Burland, 1987) για δύο περιπτώσεις πασσάλων με διαφορετικές σχέσεις ποσοτών αντοχής αιχμής/αντοχής εκ τριβών, (Q_b/Q_s). Στην πρώτη περίπτωση η αιχμή του πασσάλου αναλαμβάνει μικρό ποσοστό του συνολικού φορτίου, ενώ στη δεύτερη πολύ μεγάλο. Είναι προφανές ότι η συσχέτιση των ενεργοποιουμένων, Q_b και Q_s επηρεάζει σημαντικά τη μορφή του διαγράμματος ολικού φορτίου-υποχωρήσεων του πασσάλου. Η ορθή ερμηνεία διαγραμμάτων όπως του σχήματος 2.6, βοηθά σημαντικά την κατανόηση του μηχανισμού συμπεριφοράς και του τρόπου αναπτύξεως της αντοχής των πασσάλων.



Σχήμα 2.6: Ενεργοποίηση των αντοχών αιχμής και τριβής του πασσάλου με την υποχώρηση, ρ .

2.4 Ομάδες πασσάλων.

Στις περισσότερες περιπτώσεις βαθιών θεμελιώσεων γίνεται χρήση περισσότερων του ενός πασσάλων, δηλαδή μιας ομάδας πασσάλων. Η δράση της ομάδας αυτής, πολλές φορές εκτός από τη μετάδοση των φορτίων σε βαθύτερα στρώματα συντελεί, και στη βελτίωση του περιβάλλοντος εδάφους των πασσάλων. Όπως έχει παρατηρηθεί όμως από την πράξη η συμβολή ενός πασσάλου στη φέρουσα ικανότητα της ομάδας (αποδοτικότητας), επηρεάζεται από την ύπαρξη των γειτονικών πασσάλων, με αποτέλεσμα το οριακό εδαφικό φορτίο της ομάδας να μην αντιστοιχεί στο άθροισμα των οριακών φορτίων των μεμονωμένων πασσάλων. Η επιρροή αυτή συνίσταται στη μείωση του οριακού φορτίου εδάφους του μεμονωμένου πασσάλου μέσα στην ομάδα, με συνέπεια να μην θεωρείται πάντα ως βέλτιστη μια λύση ομάδας με μεγάλο αριθμό πασσάλων.

Έτσι με τον όρο "αποδοτικότητας", Ef, που χρησιμοποιείται συχνά στην περίπτωση ομάδας πασσάλων, ορίζεται ο λόγος του μέσου οριακού φορτίου ανά πάσσαλο στην ομάδα κατά την "θραύση" της ομάδας προς το οριακό φορτίο εδάφους ενός αντιστοίχου μεμονωμένου πασσάλου. Επίσης και η καθίζηση μιας ομάδας πασσάλων διαφέρει σημαντικά από την καθίζηση μεμονωμένου πασσάλου, υπό φορτίο ίσο προς το μέσο φορτίο επί των πασσάλων της ομάδας. Ανάλογες παρατηρήσεις ισχύουν και για την περίπτωση αναλήψεως οριζοντίων φορτίων από μεμονωμένο πάσσαλο ή ομάδα πασσάλων.

Για τον ορθό σχεδιασμό μιας ομάδας πασσάλων, είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητός ο μηχανισμός αλληλεπιδράσεως τόσο των πασσάλων μεταξύ τους, όσο και της ομάδας με το περιβάλλον έδαφος. Το είδος του περιβάλλοντος εδάφους καθώς και ειδικότερα η στρωματογραφία της περιοχής του έργου έχουν ιδιαίτερη σημασία στον τρόπο μεταβιβάσεως των φορτίων στο περιβάλλον έδαφος. Όσον αφορά τους μηχανισμούς αλληλεπιδράσεως των πασσάλων μεταξύ τους καθώς και οι καθιζήσεις των ομάδων, έχουν διερευνηθεί κυρίως με πειραματικές διατάξεις σε ομοιώματα πασσάλων μικρών διαστάσεων. Αντίστοιχα στοιχεία από πραγματικές διατάξεις πασσάλων είναι σχετικά περιορισμένα, λόγω της μεγάλης κλίμακας και κόστους τέτοιων ερευνών.

Γενικά ο σχεδιασμός μιας ομάδας πασσάλων θα πρέπει να περιλαμβάνει τους κάτωθι ελέγχους:

(α) Κατανομής του συνολικού φορτίου της ομάδας στους πασσάλους για τον προσδιορισμό του πιο επιβαρημένου πασσάλου.

(β) Της φερούσης ικανότητας του εδάφους στην περιοχή επιρροής της ομάδας.

(γ) Την καθίζηση της ομάδας.

Κατά την αντιμετώπιση προβλημάτων ομάδας πασσάλων, εκτός της αποδοτικότητας, υπεισέρχονται κι άλλες έννοιες όπως:

(α) Η αξονική απόσταση μεταξύ των κέντρων των πασσάλων (e).

(β) Η θραύση τύπου βάρου, Η έννοια αυτή περιγράφει την περίπτωση κατά την οποία η θραύση γίνεται κατά την περίμετρο της ομάδας (δηλαδή σχηματίζεται έτσι ένα ιδεατό βάρο).

(γ) Ο λόγος καθιζήσεων, δηλαδή ο λόγος της μέσης καθιζήσεως της ομάδας δια της καθιζήσεως αντίστοιχου μεμονωμένου πασσάλου υπό φόρτιση ίση προς το μέσο φορτίο, ανά πάσσαλο στην ομάδα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός από το είδος και την ποιότητα του περιβάλλοντος εδάφους και τον τρόπο κατασκευής των πασσάλων, επίσης και ο τρόπος συνδέσεως των κεφαλών τους μεταξύ τους, επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά μιας ομάδας πασσάλων, γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τους υπολογισμούς. Έτσι οι Ρουίος και Davis (1980) επισημαίνουν δυο βασικούς τύπους ομάδων πασσάλων, σε σχέση με τον τρόπο συνδέσεως των κεφαλών των πασσάλων:

1.Ομάδες "ελευθέρων πασσάλων" (Free standing groups), στις οποίες ο κεφαλόδεσμος τους δεν εδράζεται στο έδαφος.

2.Ομάδες πασσάλων στις οποίες ο κεφαλόδεσμος εδράζεται επί του εδάφους (Piled foundation).

2.5 Κατηγορίες πασσάλων.

Η επιλογή του τύπου πασσάλου αποτελεί σημαντικό σημείο κατά την φάση του σχεδιασμού μιας βαθιάς θεμελίωσης. Από την επιλογή αυτή επηρεάζονται τόσο η συμπεριφορά όσο και το κόστος του έργου. Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή συγκεκριμένου τύπου πασσάλου σ' ένα έργο είναι:

1. Η θέση και ο τύπος της ανωδομής.
2. Οι συνθήκες του υπεδάφους καθώς και η στάθμη των υπόγειων νερών.
3. Οι ειδικές επί τόπου συνθήκες (π.χ. άλατα και οξειδία που προσβάλλουν τα πασσάλους, οι μεταλλικοί πάσσαλοι οξειδώνονται όταν δεν προστατεύονται κατάλληλα, οι ξύλινοι πάσσαλοι επηρεάζονται από τα μεταβολές τα στάθμης των υπογείων υδάτων κ.τ.λ.).
4. Η διάρκεια ζωής του έργου, και
5. Οι δυνατότητες και το κόστος κατασκευής.

Η ταξινόμηση των πασσάλων σε διάφορες κατηγορίες μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Ως κριτήριο ταξινόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί το υλικό κατασκευής τους (ξύλο, χάλυβας, οπλισμένο σκυρόδεμα), η μορφή της διατομής τους (κυκλική , ορθογωνική, πολυγωνική) η μέθοδος τοποθέτησης τους (πάσσαλοι έμπηξης, πάσσαλοι εκσκαφής), ανάλογα με τον τρόπο μεταβίβασης των δυνάμεων στο έδαφος, ανάλογα με τον τρόπο καταπόνησης,ή την καταπόνηση που προκαλείται στο έδαφος κατά την κατασκευής τους (πάσσαλοι εκτόπισης, πάσσαλοι χωρίς εκτόπιση). Ο τελευταίος τρόπος ταξινόμησης ανταποκρίνεται καλύτερα στην μηχανική συμπεριφορά των πασσάλων και για τον λόγο αυτό η χρήση του έχει καθιερωθεί τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμια κλίμακα. Πάσσαλοι χωρίς εκτόπιση είναι εκείνοι στους οποίους το έδαφος αφαιρείται (συνήθως με γεώτρηση) και στο κενό που δημιουργείται κατασκευάζεται ο πάσσαλος.

2.5.1 Κατηγορίες πασσάλων ανάλογα με την μέθοδο κατασκευής

2.5.1(α) Πάσσαλοι με εκτόπιση εδάφους ή εμπηγόμενοι πάσσαλοι.

Πάσσαλοι εκτόπισης ονομάζονται αυτοί που κατά την τοποθέτησή τους εκτοπίζουν πλευρικά το έδαφος και καταλαμβάνουν το δημιουργούμενο κενό με αποτέλεσμα να υπάρχει σημαντική αύξηση των πλευρικών τάσεων που ασκεί το έδαφος στον πάσσαλο.

Οι πάσσαλοι με εκτόπιση χωρίζονται στις εξής δύο κατηγορίες:

(α) Τους προκατασκευασμένους πασσάλους έμπηξης

Οι προκατασκευασμένους πασσάλους έμπηξης, οι οποίοι συνήθως τοποθετούνται στο έδαφος κρουστικά με τη βοήθεια σφύρας. Το υλικό κατασκευής τους είναι χάλυβας, οπλισμένο σκυρόδεμα και σπανιότερα προεντεταμένο σκυρόδεμα ή ξύλο. Οι πάσσαλοι από σκυρόδεμα έχουν συνήθως τετραγωνική διατομή με πλευρά από 0.25m μέχρι 0.6m, ή πολυγωνική με ανάλογες διαστάσεις. Κατασκευάζονται σε οριζόντια θέση και ο οπλισμός τους υπολογίζεται έτσι ώστε να αντέχει τόσο στα φορτία της ανωδομής, όσο και στις καμπτικές ροπές που αναπτύσσονται λόγω ιδίου βάρους κατά το στάδιο της μεταφοράς τους πριν από την έμπηξη. Η εφαρμογή τους έχει περιοριστεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των έγχυτων πασσάλων εκσκαφής, οι οποίοι μπορούν να κατασκευαστούν με αρκετά μεγαλύτερες διαμέτρους και κατά συνέπεια να παραλάβουν μεγαλύτερα φορτία.

Οι χαλύβδινοι πάσσαλοι κατασκευάζονται κυρίως από χαλυβδοσωλήνα μεγάλης διαμέτρου, (από 0.6 έως 3 m) και πάχους 12,5 έως 75mm. Το κόστος των πασσάλων αυτών είναι αρκετά υψηλό και για το λόγο αυτό η χρήση τους περιορίζεται κυρίως σε θαλάσσια και λιμενικά έργα όπου προτιμούνται για κατασκευαστικούς λόγους.

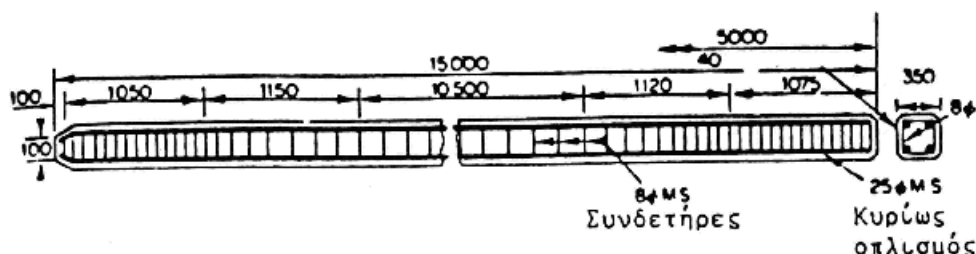
Τα πλεονεκτήματα των εμπηγμένων προκατασκευασμένων πασσάλων είναι:

1. Μπορούν να εμπηχθούν σε προκαθορισμένη διάταξη.
2. Κατάλληλα για να περιβάλλονται από μαλακούς σχηματισμούς.
3. Η ποιότητα τους ελέγχεται προ της εμπήξεως.
4. Επανεμπήγονται σε περίπτωση ανυψώσεως.
5. Η κατασκευή τους δεν επηρεάζεται από τα υπόγεια ύδατα.

6. Επιτυχάνουν μεγάλα βάθη π.χ. με επιμηκυνόμενους πασσάλους.
7. Κατάλληλα για θαλάσσιες κατασκευές.

Τα μειονεκτήματα των εμπηγμένων προκατασκευασμένων πασσάλων είναι:

1. Ανύψωση και διατάραξη του εδάφους κατά την έμπηξη.
2. Δεν μεταβάλλεται εύκολα το μήκος τους.
3. Μπορούν να καταστραφούν κατά την έμπηξη.
4. Ο οπλισμός των πασσάλων οπλισμένου σκυροδέματος πολλές φορές εξαρτάται από τον τρόπο μεταφοράς των φορτίων και τον τρόπο έμπηξης.
5. Δύσκολη έμπηξη για μεγάλη διατομή.
6. Θόρυβος, δονήσεις, εδαφικές μετακινήσεις κατά την κατασκευή τους προκαλούν δυσκολίες (δύσκολο να κατασκευαστούν εντός πυκνοκατοικημένων αστικών περιοχών).



Σχήμα 2.7: Λεπτομέρειες διατάξεως οπλισμού προκατασκευασμένου πάσσαλου με οπλισμένο σκυρόδεμα (διαστάσεις σε mm).

(β) Τους πασσάλους έμπηξης επί τόπου σκυροδέτησης

Εκτός από τους προκατασκευασμένους πασσάλους υπάρχουν και οι πάσσαλοι έμπηξης επί τόπου σκυροδέτησης. Η κατασκευή των πασσάλων αυτών περιλαμβάνει την έμπηξη ενός χαλύβδινου σωλήνα (διαμέτρου 0.3 έως 0.6 m) με φραγμένη αιχμή και στη συνέχεια τη σκυροδέτηση του εσωτερικού κενού με οπλισμένο ή άοπλο σκυρόδεμα το οποίο συμπυκνώνεται κατά την έξοδο του σωλήνα σε τέτοιο βαθμό ώστε να δημιουργηθεί μια εσωτερική επαφή μεταξύ εδάφους και σκυροδέματος.

Συνήθως ο σωλήνας που χρησιμοποιείται για τη διάνοιξη της οπής αφαιρείται μετά την έγχυση του σκυροδέματος, αλλά μπορεί και να παραμείνει μέσα στο έδαφος ως τμήμα του πασσάλου. Η απόφραξη της αιχμής του σωλήνα διάνοιξης της οπής γίνεται είτε με ένα χαλύβδινο κώνο, ο οποίος παραμένει μέσα στο έδαφος μετά την εξόλκευση του σωλήνα, είτε με μία ποσότητα σκυροδέματος (πάσσαλοι Franki). Αρκετές κατασκευαστικές εταιρείες έχουν αναπτύξει τα δικά τους συστήματα κατασκευής πασσάλων αυτού του τύπου. μερική από. Για την κατασκευή των τελευταίων μπήγεται στην αρχή ένας σωλήνας στο έδαφος και στη συνέχεια το εσωτερικό του γεμίζεται με σκυρόδεμα,

Οι πάσσαλοι αυτοί είναι δυνατό να οπλιστούν. Ο πλευρικός εκτοπισμός του εδάφους έχει ουσιώδη σημασία για την φέρουσα ικανότητα των εμπηγμένων πασσάλων. Στα μη συνεκτικά εδάφη ο εκτοπισμός του εδάφους μαζί με την ευνοϊκή επίδραση των κραδασμών που προκαλεί την συμπύκνωση εδαφών στην περιφέρεια πασσάλου η οποία αυξάνει την φέρουσα ικανότητα του. Στα συνεκτικά εδάφη ο εκτοπισμός συμβαίνει προς τις περιοχές μειωμένης αντίστασης. Τότε μπορεί να προκληθεί και ανύψωση του εδάφους. Άρα μπορεί να προκληθούν φαινόμενα στερεοποίησης με την ανεπιθύμητη συνέπεια της αρνητικής τριβής.

Τα πλεονεκτήματα των εμπηγμένων επί τόπου εγχυόμενων πασσάλων είναι:

1. Μπορούν να εμπηχθούν σε προκαθορισμένο βάθος ή διάταξη.
2. Το μήκος τους μπορεί να καθοριστεί και κατά την έμπηξη.
3. Μπορούν να αποκτήσουν διευρυμένη βάση.
4. Ο οπλισμός τους δεν εξαρτάται από την διαδικασία εμπήξεως.
5. Σε περίπτωση στάθμης υπογείων υδάτων κατασκευάζονται με κλειστό σωλήνα.
6. Ο θόρυβος και η δόνηση της εμπήξεως μπορούν να μειωθούν με έμπηξη κατά την βάση του πασσάλου.

Τα μειονεκτήματα των εμπηγμένων επί τόπου εγχυόμενων πασσάλων είναι:

1. Ανύψωση της παρακείμενης εδαφικής επιφάνειας.
2. Διατάραξη του παράπλευρου εδάφους.
3. Πιθανή ανύψωση γειτονικών πασσάλων λόγω έμπηξης.
4. Δημιουργία εφελκυστικών τάσεων σε παρακείμενους πασσάλους.

5. Χρειάζεται έλεγχος της ακεραιότητας των πασσάλων.
6. Ειδικά μέτρα στην περίπτωση υπάρξεως αρτεσιανής ροής.
7. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την απομάκρυνση του σωλήνα επενδύσεως.
8. Θόρυβος, δονήσεις, οριζόντιες εδαφικές μετατοπίσεις μπορούν να επηρεάσουν γειτονικές εκσκαφές.

2.5.1(β) Πάσσαλοι χωρίς εκτόπιση ή πάσσαλοι εκσκαφής.

Ο κύριος τύπος πασσάλων χωρίς εκτόπιση είναι οι φρεατοπάσσαλοι διαμέτρων 0.8 έως 2.2 m. Παραλαμβάνουν πολύ μεγάλα φορτία (δεν είναι σπάνιες τιμές 4000 έως 6000 kN) και προσφέρονται για την ανάληψη οριζόντιων καταπονήσεων. Από άποψη στατικής λειτουργίας συγκρίνονται με τα καταδυόμενα κιβώτια. Μεγάλες επιτρεπόμενες φορτίσεις σημαίνουν λιγότερους πασσάλους, ενώ η διαφορά κόστους κατασκευής είναι μικρή. Επιπλέον μπορούν να σχηματίσουν πασσαλότοιχους, αγκυρωμένους ή όχι, για έργα αντιστηρίξεων. Η αρχική μέθοδος κατασκευής με ειδική αρπάγη ή με την ξηρή διάτρηση, αναπτύχθηκε για λόγους οικονομικότητας και σήμερα υπάρχουν πολλά συστήματα εκσκαφής που μπορούν να προσαρμοστούν στις κάθε φορά συνθήκες εδάφους και υπόγειου νερού. Ανάλογα με τις εδαφικές συνθήκες, η οπή της εκσκαφής κατασκευάζεται με έναν από τους εξής τρόπους:

Με χρήση αρπάγης

Η αρπάγη χρησιμοποιείται στη μέθοδο Benoto. Το ειδικό ικρίωμα της σωλήνωσης προώθησης επιτρέπει βάθη εκσκαφής μέχρι 50m χωρίς σημαντικές αποκλίσεις. Η σωλήνωση εισχωρεί στο έδαφος υπό την πίεση που της ασκούν δύο κατακόρυφοι υδραυλικοί γρύλοι μέσω δακτυλιοειδούς συγκρατητικής διάταξης, η οποία λειτουργεί υδραυλικά. Οι γρύλοι αντιστηρίζονται στην μηχανή Benoto. Η πλευρική τριβή μειώνεται με την βοήθεια δυο άλλων οριζόντιων υδραυλικών γρύλων που προσδίνουν παλινδρομική περιστροφική κίνηση στην συγκρατητική διάταξη. Η εκσκαφή γίνεται με ειδική αρπάγη φορτίου 10 ως 20 kN (κρουστική αρπάγη), η οποία μπορεί να χαλαρώσει και να απομακρύνει και στερεά εδαφικά υλικά.

Η αρπάγη βοηθείται από την αιχμή της σωλήνωσης προώθησης η οποία έχει ενισχυθεί, επενδυθεί με σκληρό μέταλλο και να διαμορφωθεί σε κοπήρα. Οι οπλισμένοι πάσσαλοι διαστρώνονται με ειδικούς κάδους, εφόσον δεν υπάρχει

υπόγειο νερό. Κάτω από τον φρεάτιο ορίζοντα απαιτείται η εφαρμογή ειδικής μεθόδου, π.χ. σκυροδέματος. Το σκυροδέμα συμπυκνώνεται με την παλινδρομική κίνηση καθώς και την ανύψωση και βύθιση της σωλήνωσης προώθησης, ενώ δρα ευνοϊκά η τουλάχιστο 10m υψηλή στήλη νωπού σκυροδέματος. Ο κίνδυνος διάρρηξης της στήλης σκυροδέματος είναι περιορισμένος. Τυχόν κοιλότητες ακόμη και στη γειτονιά του πασσάλου γεμίζουν και συμπυκνώνονται. Στο ανώτερο τμήμα του πασσάλου, όπου δεν διατίθεται το επιφορτίο από το σκυροδέμα, απαιτείται χρήση δονητών μάζας.

Η μέθοδος Benoto μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε όλα τα χαλαρά εδάφη ακόμη κι όταν περιέχουν λίθινους θύλακες, ακόμη και σε εδαφικές στρώσεις βράχου. Η ταχύτητα εκσκαφής είναι μικρότερη από την ταχύτητα των άλλων μεθόδων, π.χ. για διάμετρο σωλήνα 1000 mm η ταχύτητα φτάνει τα 1,0 ως 3,0 m /ώρα. Η επιτρεπόμενη μέγιστη κλίση εκσκαφής φτάνει το 15%.

Με ξηρή διάτρηση

Παρόμοια προς τη μέθοδο Benoto αναπτύχθηκαν σειρά ολόκληρη άλλων μεθόδων ακόμη και με διαφορετικούς συνδυασμούς μηχανημάτων. Συχνά εφαρμόζεται η μέθοδος της ξηρής διάτρησης με φέρον μηχανήμα εκσκαφέα, εφοδιασμένο με συσκευή σωληνώσεων και περιστροφική τράπεζα. Η διάτρηση γίνεται στο εσωτερικό της σωλήνωσης με γεωτρύπανο εφοδιασμένο με ελικοφόρο ή πεππλατυσμένο στέλεχος διάτρησης και τηλεσκοπικές ράβδους απόληψης του υλικού. Η μέθοδος είναι κατάλληλη μόνο για χαλαρά εδάφη χωρίς λίθους πάνω από την στάθμη του υπόγειου νερού. Στα στερεά εδάφη μπορεί να μη χρησιμοποιηθεί σωλήνωση, με αποτέλεσμα σημαντική οικονομία.

Διάτρηση υδραυλική υποσκαφή

Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας παρουσιάζουν την μεγαλύτερη απόδοση λόγω της συνεχούς λειτουργίας και απόληψης των γεωτρημάτων, χρειάζονται όμως περισσότερο χώρο λόγω της απαιτούμενης λεκάνης αποθέσεων. Στο ανοικτό νερό εφαρμόζονται με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

1. Κεντρική υδραυλική υποσκαφή.

Η συνηθισμένη στις βαθιές ερευνητικές γεωτρήσεις κεντρική υδραυλική υποσκαφή (μέθοδος Rotary), κατά την οποία το ρευστό παροχετεύεται μέσω του κεντρικού σωλήνα στον πυθμένα της οπής και ανέρχεται κατά τον δακτύλιο μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού σωλήνα παρασύροντας το εδαφικό υλικό, χρησιμοποιείται σχετικά σπάνια στην κατασκευή πασσάλων.

Συνήθως χρησιμοποιούνται μέθοδοι περιμετρικής υδραυλικής υποσκαφής, όπου το νερό διοχετεύεται μέσω του δακτυλίου και ανέρχεται κατά τον κεντρικό σωλήνα (κοίλη ράβδος διάτρησης).

.2 Μέθοδοι αναρροφητικής διάτρησης.

Οι μέθοδοι αναρροφητικής διάτρησης χρησιμοποιούν φυγοκεντρικές ή ακτινωτές αντλίες νερού. Και οι δύο μορφές βασίζονται στη δημιουργία υποπίεσης αέρα, η οποία παρέχει στην ευνοϊκότερη περίπτωση ύψος ανύψωσης 9,5m πάνω από την στάθμη του νερού. Εφόσον συνεπώς τα ύψη ανύψωσης πρέπει να τηρούνται μικρά, οι αντλίες πρέπει να τοποθετούνται αμέσως πάνω από την στάθμη του νερού. Το έδαφος χαλαρώνεται με περιστροφικά γεωτρήπανα ή με κοπτήρες, που μπορούν να αντιμετωπίσουν και τα σκληρότερα βραχώδη εδάφη. Συνεπώς η μέθοδος εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε έδαφος.

3. Αερανυψωτική διάτρηση.

Κατά την αερανυψωτική διάτρηση χρησιμοποιείται αντί της φυγοκεντρικής ή ακτινωτής αντλίας νερού μια αντλία τύπου μαμούθ (είδος αναμικτικού σίφωνα). Διοχετεύεται αέρας υπό πίεση στον πυθμένα της γεώτρησης όπου εμφυσάτε κατά διαστήματα μέσω ακροφυσίων, οπότε δημιουργείται ένα μίγμα αέρα-νερού, με μικρότερο ειδικό βάρος από το νερό της έκπλυσης. Το μίγμα ανέρχεται στο κοίλο εσωτερικό της ράβδου διάτρησης και συμπαρασύρει το γεώτρημα. Απαιτούνται ειδικοί κοπτήρες για να εξασφαλιστεί συνεχής ροή. Το βάθος κατάδυσης των ακροφυσίων πρέπει να αντιστοιχεί στο ύψος ανύψωσης του μίγματος της έκπλυσης και ο λόγος βάθος κατάδυσης: ύψος ανύψωσης να γίνει μικρότερος από 1:3. Ο βαθμός απόδοσης της μεθόδου είναι μικρός, η μέθοδος όμως προσφέρεται για μεγαλύτερα βάθη (πάνω από 10m). Οι αντλίες της μεθόδου εργάζονται χωρίς διαταράξεις στα συνεκτικά εδάφη, ιδιαίτερα στα αργιλώδη.

Για την κατασκευή των φρεατοπασσάλων διανοίγεται στο έδαφος με τη βοήθεια ειδικών γεωτρήπανων μία οπή με διάμετρο ίση προς την επιθυμητή διάμετρο του πασσάλου. Στο εσωτερικό της τοποθετείται ο οπλισμός και ακολουθεί η σκυροδέτηση. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ευρύτατα οι πάσσαλοι αυτοί στη χώρα μας καθώς είναι δυνατή η κατασκευή πασσάλων μεγάλης διαμέτρου και μεγάλου μήκους σε κάθε τύπο εδάφους, ακόμη και όταν παρεμβάλλονται σκληρές στρώσεις οι οποίες θα παρεμπόδιζαν την έμπηξη πασσάλων άλλου τύπου. Αποτέλεσμα αυτού είναι η δυνατότητα παραλαβής μεγάλων φορτίων.

Σε αντίθεση με τους πασσάλους έμπηξης δεν δημιουργούνται δονήσεις κατά την κατασκευή τους. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μέσα σε κατοικημένες περιοχές δίπλα σε υπάρχουσες κατασκευές. Συχνά μάλιστα χρησιμοποιούνται για

την κατασκευή διαφραγματικών τοίχων (εφαπτόμενοι φρεατοπάσσαλοι) προκειμένου να γίνει η αντιστήριξη παρακείμενων οικοδομών κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των εκσκαφών κάποιου νέου έργου.

Η εμπειρία που αποκτήθηκε από τις κατασκευαστικές εταιρείες το τελευταία χρόνια στην κατασκευή φρεατοπασσάλων και η τελειοποίηση των γεωτρητικών μηχανημάτων, είχαν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας και τον περιορισμό του κόστους κατασκευής που παλαιότερα συνιστούσαν τα κύρια μειονεκτήματα των πασσάλων αυτού του τύπου.

Τα κυρία στάδια κατασκευής ενός φρεατοπάσσαλου είναι τα εξής :

1. Διάνοιξη της οπής με περιστροφικό γεωτρήπανο. Εάν το έδαφος είναι μη-συνεκτικό ή μαλακό συνεκτικό και απαιτείται υποστήριξη των παρειών της γεώτρησης για να αποφευχθούν καταπτώσεις, χρησιμοποιείται μπεντονίτης ή γίνεται σωλήνωση μέρους ή ολόκληρης της γεώτρησης.
2. Τοποθέτηση του οπλισμού μέσα στην οπή της γεώτρησης με τη βοήθεια γερανού. Ο οπλισμός συναρμολογείται στο εργοτάξιο σε "καλάθια" και περιλαμβάνει διαμήκεις ράβδους, σπειροειδείς συνδετήρες και δακτυλίουσ συναρμολόγησης (montage),
3. Σκυροδέτηση του πασσάλου με σωλήνα από την αιχμή προς τα πάνω, ώστε να εκτοπίζονται προς την επιφάνεια και να απομακρύνονται ο μπεντονίτης και το νερό. Ο μπεντονίτης που εκτοπίζεται από το σκυρόδεμα συλλέγεται για να χρησιμοποιηθεί και στους επόμενους πασσάλους, και
4. Εξόλκευση της σωλήνωσης υποστήριξης των παρειών της γεώτρησης.

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής ακολουθεί ο καθαρισμός του οπλισμού στην κεφαλή του πασσάλου (όπου το σκυρόδεμα είναι κακής ποιότητας) και η επανασκυροδέτηση. Όλες οι προηγούμενες μέθοδοι εισάγουν στο έδαφος με έμπηξη ή δόννηση έτοιμους πασσάλους ή σωληνώσεις προώθησης. Η εφαρμογή τους όμως δεν είναι απεριόριστη εξαιτίας των αναπόφευκτων θορύβων και κραδασμών, ή λόγω προβλημάτων χώρου. Οι ηχοπροστατευτικές διατάξεις παρέχουν βέβαια κάποια βοήθεια, αυξάνουν όμως τις τεχνικές δυσχέρειες.

Αν όμως η απομάκρυνση του εδάφους δεν θα γίνει με εκτοπισμό του αλλά με εκσκαφή, ο σωλήνας προώθησης εισέρχεται με υδραυλική πίεση στο έδαφος. Κατά την διείσδυση της σωλήνωσης προώθησης αντιμετωπίζεται μόνο η πλευρική τριβή. Για να μειωθεί η πλευρική τριβή, η οποία αυξάνει σωλήνωση περιστρέφεται υδραυλικά περί τον άξονα της το εδαφικό υλικό στο εσωτερικό του σωλήνα αφαιρείται και προφανώς δεν προκαλείται εκτοπισμός του εδάφους. Άλλωστε οι πάσσαλοι αυτού του είδους, που λέγονται πάσσαλοι διάτρησης ή εκσκαφής, μπορούν να κατασκευαστούν και σε περιορισμένους χώρους (π.χ. όταν το διατιθέμενο ύψος είναι μικρό). Κατασκευάζονται σαν έγχυτοι πάσσαλοι από σκυρόδεμα.

Σπανιότερα και σε ειδικές περιπτώσεις τοποθετούνται έτοιμοι πάσσαλοι σε από πριν ανοιγμένες οπές τις οποίες κλείνουν στην συνέχεια. Σε ιδιαίτερα επικίνδυνα εδάφη πρώτα τοποθετείται η σωλήνωση και κατόπιν ακολουθεί η εκσκαφή, ώστε να αποφευχθούν θραύσεις του εδάφους από έξω προς τα μέσα. Αλλιώς η αποτόνωση του εδάφους στη γειτονία του πασσάλου μπορεί να προκαλέσει μείωση αντοχής και καθιζήσεις στην επιφάνεια.

Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στους φρεατοπάσσάλους θα πρέπει να έχει υψηλή αντίσταση κατά του διαχωρισμού, υψηλή πλαστικότητα και ικανή εργασιμότητα και ρευστότητα καθ' όλη την διάρκεια των εργασιών της σκυροδέτησης. Οι παραπάνω ιδιότητες επιτυγχάνονται με κατάλληλη σύνθεση και ταυτόχρονη χρήση πρόσμικτων υλικών.

Η κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος πρέπει να κυμαίνεται από C20/25 έως C30/37 εκτός σε περίπτωση του απαιτείται μεγαλύτερη κατηγορία. Χαμηλότερη κατηγορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή βασικών πασσάλων ενός πασσαλοδιαφράγματος. Ο μέγιστος κόκκος αδρανών που θα χρησιμοποιηθεί δεν πρέπει να έχει μεγαλύτερη διάμετρο από 37 mm ή από το 1/4 της καθαρής απόστασης των διαμηκών ράβδων του οπλισμού. Το τσιμέντο για τους έγχυτους φρεατοπάσσάλους θα είναι τύπου Portland. Η χρήση άλλων τύπων θα επιτρέπεται μόνο κατόπιν τεκμηρίωσης της καταλληλότητας τους.

Σαν διατρητικό – σταθεροποιητικό υλικό χρησιμοποιείται αιώρημα μπετονίτη με ή χωρίς πρόσμικτα. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθούν και πολυμερή, αφρός ή άλλα υποκατάστατα μπετονίτη. Ο μπετονίτης είναι συνήθως ελληνικής προέλευσης και προμηθεύεται από εργοστάσια σε σκόνη.

Ο μπετονίτης αναμιγνύεται επιμελώς με καθαρό νερό, με συνιστώμενη τιμή pH 7,0 – 8,5, στην δεξαμενή παρασκευής ώστε να δημιουργηθεί αιώρημα το οποίο θα εξασφαλίζει την ευστάθεια του σκάμματος για την περίοδο που είναι αναγκαία έως την διάστρωση σκυροδέματος και την συμπλήρωση της κατασκευής.

Το νερό που θα χρησιμοποιείται για την κατασκευή του αιωρήματος θα πρέπει να είναι γλυκό, απαλλαγμένο από οξέα, αλκάλια και μεγάλες ποσότητες αλάτων, οργανικών υλικών ή άλλων ακαθαρσιών. Η θερμοκρασία που χρησιμοποιείται για ανάμιξη νερού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 5 °C. Στην περίπτωση όπου συναντάται αλμυρό ή χημικά επικίνδυνό υπόγειο νερό, το οποίο εμφανίζει αυξημένες ποσότητες θειούχων και χλωριούχων αλάτων, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ειδικά ενεργητικά πρόσμικτα όπως αλκαλική σόδα, CMC, και άλλα. Η ακριβής δοσολογία προσμίκτων καθορίζεται από δοκιμές. Στην περίπτωση συνάντησης αρτεσιανού νερού, είναι πιθανή η χρήση βαρέων προσμίκτων όπως είναι ο βαρύτης.

Στο στάδιο της ανάμιξης πραγματοποιούνται δοκιμές πυκνότητας σε δείγματα προερχόμενα από δεξαμενή παρασκευής, οι οποίες καθορίζουν την αναλογία ανάμιξης με τρόπο τέτοιο ώστε η τιμή της πυκνότητας του αιωρήματος να βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Το νεοπαρασκευασθέν αιώρημα μεταφέρεται με αντλία από την δεξαμενή παρασκευής στην δεξαμενή ωρίμανσης όπου μετά την πάροδο 6 – 12 ωρών αποκτά τις ιδιότητες του. Σε όλη αυτή την διάρκεια το αιώρημα πρέπει να αναδύεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτό θα οδηγήσει στην βελτιστοποίηση ορισμένων ιδιοτήτων όπως η πυκνότητα και το ιξώδες. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται όλες οι απαιτούμενες δοκιμές σε δείγματα αιωρήματος ώστε να αποδειχθεί κατάλληλο για χρήση. Οι προϋποθέσεις που πρέπει να πλήρη το αιώρημα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Ιδιότητες σκυροδέματος	Μονάδες μέτρησης	Όρια καθαρού	Όρια χρησι/νου	Πριν τη σκυροδέτηση
πυκνότητα	gr/cm ³	< 1,10	< 1,25	< 1,15
ιξώδες	sec	32 - 50	32 - 60	32 - 50
φιλτράρισμα	cm ³	< 30	< 50	-
περιεκτικότητα σε άμμο	% κ.ο.	-	-	< 4
διατμητική αντοχή	N / m ²	1,40 - 10	1,40 - 10	1,40 - 10
πάχος κρούστας	mm	< 3	< 6	-
ρh	-	7-11	7-12	-

Το χρησιμοποιημένο κατά την εκσκαφή αιώρημα μπορεί να περισυλλεχθεί σε δεξαμενή καθίζησης και αφού υποστεί κατάλληλη επεξεργασία, μέσω μηχανημάτων απάμμωσης εφόσον απαιτηθεί, διοχετεύεται στην δεξαμενή ωρίμανσης, ώστε να ξαναχρησιμοποιηθεί. Παρά την ανάκτηση των ιδιοτήτων του, το αιώρημα αυτό μπορεί να εμφανίζει μια αυξημένη περιεκτικότητα σε άμμο η οποία μετά από αρκετές επαναλήψεις πρόσμιξης του νέου με το ήδη χρησιμοποιημένο αιώρημα στην δεξαμενή, θα οδηγήσει σε αποδεκτές τιμές πυκνότητας. Για τον λόγο αυτό η δεξαμενή ωρίμανσης θα πρέπει να αδειάζει και να καθαρίζεται, όποτε κρίνεται απαραίτητο. Συνήθως η παραπάνω διαδικασία γίνεται όταν η τιμή της πυκνότητας του αιωρήματος μέσα στην δεξαμενή γίνεται οριακή.

Φυσικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και όταν υπάρχει υπόγειο νερό ή και στο ανοικτό νερό. Στο ανοικτό νερό χρησιμοποιούνται ανυψούμενες εξέδρες, που επιτρέπουν μεγάλη ακρίβεια. Επειδή όμως η σωλήνωση δεν είναι πια κάτω κλειστή, το νερό μπορεί να μπει στο εσωτερικό του σωλήνα, οπότε η διάστρωση του σκυροδέματος πρέπει να γίνει με κατάλληλη μέθοδο. Όταν χρησιμοποιείται

πεπιεσμένος αέρας για τη συγκράτηση του νερού έξω από τον σωλήνα, οι πάσσαλοι, στους οποίους γενικά χρησιμοποιούνται καλύτερες ποιότητες σκυροδέματος, ονομάζονται πάσσαλοι σκυροδέματος υπό πίεση.

Η σωλήνωση προώθησης είναι ανοιχτή και συνεπώς το νερό του εδάφους μπαίνει στο εσωτερικό της. Αν ο σωλήνας πρέπει να περάσει από στρώσεις λεπτόκοκκης άμμου, για να αποτραπούν οι υδραυλικές θραύσεις, θα πρέπει να τηρηθεί σταθερά ψηλότερη η στάθμη του νερού στο εσωτερικό του σωλήνα που παράγει πτώση της πίεσης του από μέσα προς τα έξω.

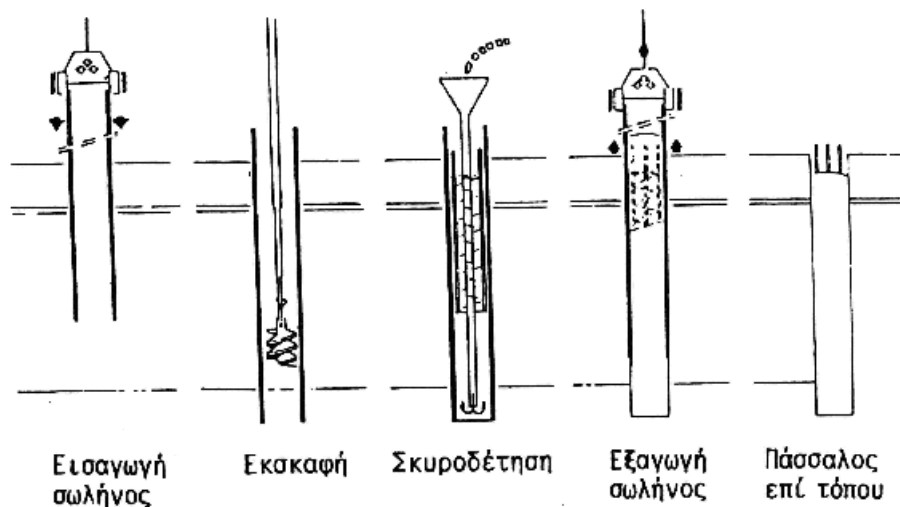
Η σκυροδέτηση πραγματοποιείται σύμφωνα με κάποιες από τις μεθόδους σκυροδέτησης μέσα σε νερό, κατάλληλη για τον περιορισμένο χώρο που διατίθεται. Κατά την σκυροδέτηση η σωλήνωση απομακρύνεται. Μέσα στο νερό το σκυρόδεμα είναι δυνατό μόνο να διαστρωθεί και όχι και να συμπυκνωθεί, γι' αυτό η απαιτούμενη ποιότητα σκυροδέματος επιτυγχάνεται μόνο με αυξημένο ποσοστό τσιμέντου. Για τον λόγο αυτό κατασκευάζονται πάσσαλοι διάτρησης από σκυρόδεμα υπό πίεση. Στους πάσσαλους αυτούς το νερό εκτοπίζεται από πεπιεσμένο αέρα που συμπυκνώνει το σκυρόδεμα και συμβάλλει στην έξοδο της σωλήνωσης. Με την βοήθεια της σωλήνωσης προώθησης εισάγονται λεπτότοιχοι σωλήνες οι οποίοι παραμένουν στο έδαφος και περιβάλλουν το σκυρόδεμα. Έτσι μειώνεται η αρνητική πλευρική τριβή και προστατεύει τον πάσσαλο από διαβρωτικά εδάφη ή νερά. Ονομάζονται πάσσαλοι με μανδύα. Οι πάσσαλοι διάτρησης κατασκευάζονται πάντα χωρίς ιδιαίτερους θορύβους και κραδασμούς.

Τα πλεονεκτήματα των επί τόπου εγχυόμενων πασσάλων διάτρησης είναι:

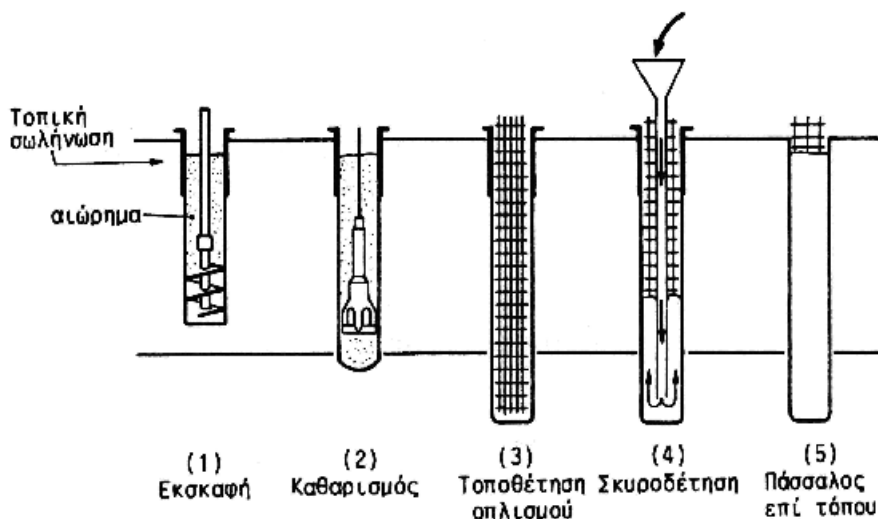
1. Δεν προκαλούν ανύψωση του περιβάλλοντος εδάφους.
2. Το μήκος τους μπορεί να καθοριστεί κατά την κατασκευή τους.
3. Λαμβάνεται συνεχής εικόνα του εκσκαπτόμενου εδάφους.
4. Αν χρειαστεί κατασκευάζονται με διευρυμένη βάση.
5. Επιτυγχάνονται μεγάλα βάθη καθώς και μεγάλη διάμετρος.
6. Η κατασκευή τους γίνεται χωρίς δυνατό θόρυβο ή δονήσεις.
7. Πολύ μικρή επίδραση σε υπάρχουσες κατασκευές.
8. Ο οπλισμός τους δεν εξαρτάται από την μεταφορά ή την έμπηξη.

Τα μειονεκτήματα των επί τόπου εγχυόμενων πασσάλων διάτρησης είναι:

1. Η διαδικασία διατρήσεως μπορεί να χαλαρώσει τα κοκκώδη εδάφη.
2. Πιθανή δημιουργία λαιμού στην περίπτωση μαλακών εδαφών.
3. Δυσκολίες κατά την σκυροδέτηση του πασσάλου κάτω από το νερό καθώς και για την επίτευξη καλής ποιότητας σκυροδέματος.
4. Τυχόν εισροή νερού στο σωλήνα μπορεί να επηρεάσει το σκυρόδεμα ή το έδαφος στην αιχμή του πασσάλου.
5. Δεν επιτυγχάνεται διεύρυνση της βάσης σε κοκκώδη εδάφη.
6. Έλεγχος ακεραιότητας είναι αναγκαίος.



Σχήμα 2.8: Πάσσαλος εκσκαφής με την βοήθεια επενδύσεως.



Σχήμα 2.9 : Πάσσαλοι εκσκαφής κατασκευαζόμενοι χωρίς σωλήνα με τη βοήθεια αιωρήματος.

2.5.2 Κατηγορίες πασσάλων ανάλογα με τον τρόπο μεταβίβασης δυνάμεων στο έδαφος.

(α) Πάσσαλοι αιχμής.

Στους πάσσालους αιχμής ένα τμήμα του φορτίου του πασσάλου μεταβιβάζεται στο έδαφος μέσω της αντίστασης κατά την αιχμή του πασσάλου και το υπόλοιπο μεταβιβάζεται μέσω της τριβής κατά την πλευρική επιφάνεια. Αν η μεταβίβαση φορτίου επιτυγχάνεται κυρίως με την αντίσταση αιχμής και την πλευρική τριβή στην περιοχή αιχμής, ο πάσσαλος λέγεται πάσσαλος αιχμής.

Στην περίπτωση πασσάλων αιχμής επιδιώκεται περιορισμένη και λεία επιφάνεια και συγχρόνως μεγάλη διατομή. Οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται με πασσάλους συμπαγείς, σωληνωτούς ή κιβωτιοειδείς. Η φέρουσα ικανότητα αυξάνει σημαντικά αν αυξηθεί η διατομή και η πλευρική επιφάνεια στην περιοχή αιχμής. Τα μέτρα που θα πρέπει να λαμβάνονται σχετικά με τα παραπάνω είναι:

1. Κατασκευή πρόχυτων πασσάλων με ενισχυμένη αιχμή.
2. Επισυγκόλληση πτερυγίων σε χαλύβδινους πασσάλους.
3. Διεύρυνση του κάτω άκρου έγχυτων πασσάλων.

Τα μέτρα αυτά δεν πρέπει να αυξήσουν τις αντιστάσεις εισόδου των εμπηγόμενων πασσάλων στις ανώτερες εδαφικές στρώσεις. Η εφαρμογή των πασσάλων αιχμής περιορίζεται μόνο στις περιπτώσεις με μαλακά επιφανειακά εδάφη.

(β) Πάσσαλοι τριβής.

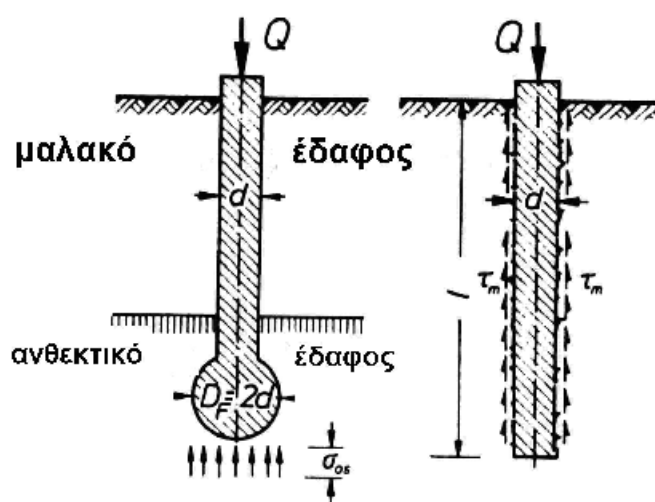
Ως πάσσαλος τριβής χαρακτηρίζεται ο πάσσαλος που το φορτίο του μεταβιβάζεται κυρίως μέσω της πλευρικής τριβής. Απαιτούνται τότε πλευρικές μεγάλες πλευρικές επιφάνειες με σημαντική τραχύτητα. Οι έγχυτοι πάσσαλοι ή οι χαλύβδινοι πάσσαλοι με μορφή δοκού ικανοποιούν αυτές τις απαιτήσεις. Όταν η απαιτούμενη πλευρική τριβή μπορεί να ενεργοποιηθεί μόνο σε βαθύτερες ανθεκτικές, χαλικώδεις ή αμμώδεις στρώσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε χαλύβδινους πασσάλους μορφής δοκού με επισυγκολλημένα πτερύγια τα οποία θα έχουν μεγαλύτερο μήκος. Τα πτερύγια αυξάνουν σημαντικά την φέρουσα ικανότητα επειδή το κοκκώδες έδαφος τίθεται υπό ένταση στις σχηματιζόμενες κυψέλες και δημιουργείται βύσμα. Συγχρόνως αυξάνεται η επιφάνεια. Τα ανώτερα μαλακά

στρώματα δεν παρουσιάζουν σημαντική αύξηση της αντίστασης κατά την έμπηξη αυτών των ιδιαίτερα μικρών χαλύβδινων διατομών.

Πάντα πρέπει να επιδιώκεται οι πάσσαλοι να μεταφέρουν τα φορτία τους σε κάποια στρώση επαρκούς αντοχής στην οποία εισδύουν σε αρκετό βάθος. Οι καθιζήσεις αυτών των εδραζόμενων πασσάλων παραμένουν σε ανεκτά όρια. Η μορφή αυτή είναι κανονική. Αν όμως το ανθεκτικό έδαφος βρίσκεται σε τέτοιο βάθος ώστε να μην είναι αποδεκτή οικονομικά η παραπάνω λύση, χρησιμοποιείται κατ'εξαίρεση η μορφή του αιωρούμενου πασσάλου. Τότε τα φορτία μεταφέρονται κυρίως μέσω της πλευρικής τριβής σε βαθύτερες, περισσότερο στερεοποιημένες, στρώσεις συνεκτικού εδάφους.

Στην περίπτωση αυτή το κέντρο βάρους εισαγωγής των δυνάμεων βρίσκεται βαθύτερα από την αντίστοιχη αβαθή θεμελίωση. Οποιαδήποτε συμπίεση σ 'αυτό το βάθος είναι αρκετά μεγαλύτερη απ' ότι στην επιφάνεια. Εμφανίζονται σημαντικές καθιζήσεις που ερμηνεύονται από την αναπόφευκτη καθίζηση εδαφικών στρώσεων υπό το πρόσθετο φορτίο και την αναγκαία μετάθεση κατά μήκος του πασσάλου ώστε να ενεργοποιηθεί η πλευρική τριβή. Για τους λόγους αυτούς κανονικά θα πρέπει να αποφεύγεται η αιωρούμενη θεμελίωση.

Πάσσαλος αιχμής Πάσσαλος τριβής



Σχήμα 2.10 : Πάσσαλοι αιχμής και τριβής.

2.5.3 Κατηγορίες πασσάλων ανάλογα με τον τρόπο καταπόνησης.

(α) Θλιβόμενοι πάσσαλοι.

Χρησιμοποιούνται σε θεμελιώσεις κτιρίων και έργων υποδομής. Οι θλιβόμενοι πάσσαλοι καταπονούνται σε κεντρική θλίψη. Για λόγους περιορισμού καθιζήσεων κατασκευάζονται κυρίως σαν πάσσαλοι αιχμής ή τριβής και πρέπει να εισδύουν αρκετά στο έδαφος περίπου στα 3 m. Ως θλιβόμενοι πάσσαλοι χρησιμοποιούνται όλα τα είδη εμπηγμένων πασσάλων ή πασσάλων διάτρησης με ή χωρίς ενίσχυση του κάτω άκρου.

(β) Εφελκούμενοι πάσσαλοι.

Οι εφελκούμενοι πάσσαλοι χρησιμοποιούνται όταν πρέπει να παραληφθούν οριζόντιες δυνάμεις, όπως σε έργα αντιστηρίξεων (ωθήσεις γαίων και νερού) ή σε πυργοειδείς κατασκευές (άνεμος). Στην περίπτωση πυργοειδών κατασκευών προκαλούνται στον αρμό θεμελίωσης ροπές, οι οποίες ανάλογα με το ύψος του έργου και τον περιορισμένο βάρος των πυργοειδών κατασκευών, οδηγούν σε μεγάλες εκκεντρότητες. Οι εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται συχνά είναι δυνατό να μεταβιβαστούν στο έδαφος μόνο με εφελκόμενους πασσάλους, όταν δεν είναι ανεκτός ένας πολύ ανοιχτός αρμός.

Ένα άλλο πεδίο εφαρμογής των εφελκόμενων πασσάλων είναι τα αγκύρια των τοίχων αντιστήριξης και οι εξασφαλίσεις από την άνωση του πυθμένα των υδραυλικών έργων. Στον τομέα αυτό αναπτύχθηκαν ειδικού τύπου πάσσαλοι.

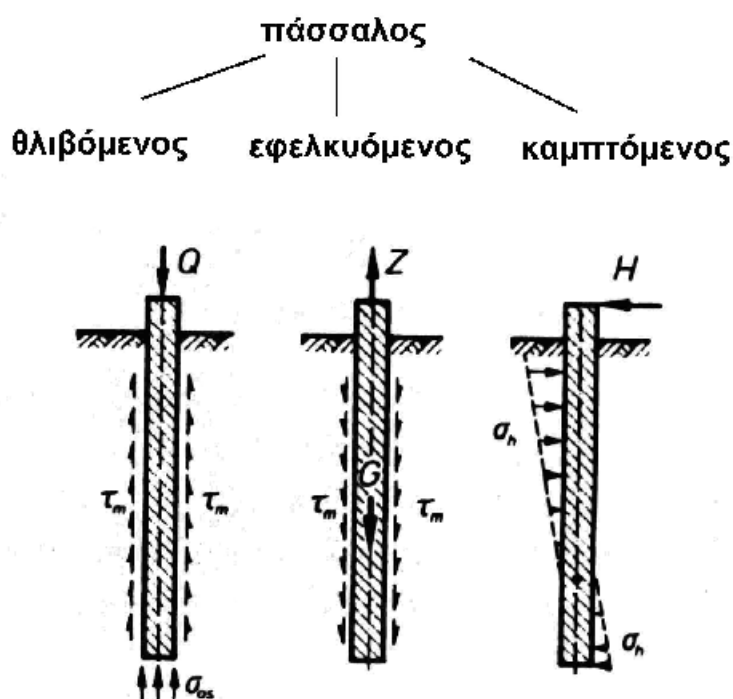
Η εφελκυστική δύναμη είναι δυνατό να μεταβιβαστεί στο έδαφος μόνο μέσω της πλευρικής τριβής. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο πάσσαλοι τριβής. Συνεπώς όλοι οι πάσσαλοι με μεγάλη και τραχεία επιφάνεια είναι κατάλληλοι. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι έγχυτοι πάσσαλοι από σπλισμένο σκυρόδεμα που συχνά είναι εφοδιασμένοι με ενίσχυση του κάτω άκρου ώστε να αξιοποιηθεί το βάρος της σχηματιζόμενης χωμάτινης στήλης.

Όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και χαλύβδινοι πάσσαλοι μορφής δοκού λόγω της μεγάλης επιφάνειας. Η τραχεία επιφάνεια σχηματίζεται μετά από χρονικό διάστημα λόγω διάβρωσης.

(γ) Καμπτόμενοι πάσσαλοι.

Οι καμπτόμενοι πάσσαλοι χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο, παρόλο που συνιστάται να καταπονούνται οι πάσσαλοι κατά τον άξονα τους. Ακόμα και όταν χρησιμοποιούνται βάθρα ή αγκυρώσεις για την παραλαβή των οριζόντιων δυνάμεων, προκαλούνται αθέμιτες εκκεντρότητες στους λοξούς πασσάλους, και συνεπώς και καμπτική καταπόνηση λόγω καθιζήσεων του εδάφους λόγω πάκτωσης του άνω άκρου και λόγω αναπόφευκτων ανακρίβειών κατά την έμπηξη.

Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη και χρήση μεγάλων πασσάλων αυξάνει άλλωστε την τάση να χρησιμοποιούνται οι κατακόρυφοι πάσσαλοι για την παραλαβή τόσο οριζόντιων όσο και κατακόρυφων δυνάμεων ή και ροπών. Οι διαστάσεις του πασσάλου καθορίζουν αν οι πάσσαλοι θα συμπεριφερθούν δύσκαμπτα ή σαν δοκός με ελαστική στήριξη.



Σχήμα 2.11 : Θλιβόμενος, εφελκυσμένος και καμπτόμενος πάσσαλος.

2.6 Υλικά κατασκευής.

2.6.1 Ξύλινοι στρογγυλοί πάσσαλοι.

Οι ξύλινοι στρογγυλοί πάσσαλοι λόγω της εύκολης κατεργασίας τους χρησιμοποιήθηκαν από την αρχαιότητα. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη ελαστικότητα και σημαντική διάρκεια ζωής, εφόσον βρίσκονται μέσα στο νερό δεν εκτίθενται κατά διαστήματα στο οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Λόγω της ανθεκτικότητας στα οξέα προσφέρονται για οργανικά εδάφη και διαβρωτικά περιβάλλοντα. Μειονέκτημα αποτελεί η ευαισθησία του ξύλου στις φυτικές ασθένειες στο περιβάλλον του νερού των λιμνών. Η φέρουσα ικανότητα των ξύλινων πασσάλων είναι περιορισμένη.

Τα βαρέα εδάφη προσφέρονται λιγότερο εξαιτίας του κινδύνου μετακίνησης του εδάφους κατά την έμπηξη. Προτιμάται πεύκο και έλατο επειδή είναι ευκολότερο να δοθούν οι κατάλληλες διαστάσεις και μήκη. Η δρυς σχεδόν δεν χρησιμοποιείται λόγω κόστους.

Η ξυλεία που χρησιμοποιείται θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις μήκους και ανθεκτικότητας. Καταφεύγουμε στην τροπική ξυλεία όταν χρειάζεται μεγάλη σκληρότητα και αντοχή στον θρυμματισμό. Υπάρχει σε όλες τις διαστάσεις και χρησιμοποιούνται για κοινούς πασσάλους ή πασσάλους μέσα σε νερό. Η επεξεργασία τους είναι δύσκολη λόγω της σκληρότητας τους, όμως οι μηχανές επεξεργασίας ξύλου έχουν καταργήσει τα προβλήματα. Θα πρέπει να προτιμώνται ευθύγραμμοι κορμοί, που αναπτύχθηκαν χωρίς συστροφές και ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις ποιότητας της δομικής στρογγυλής ξυλείας. Η μέση διάμετρος πρέπει να προσαρμόζεται στο μήκος του πασσάλου. Σε μήκος μικρότερο από 6 m η διάμετρος είναι $d \geq 25$ cm ενώ σε μήκη μεγαλύτερα από 6 m αντίστοιχα $d \geq 20 + L/100$ cm.

Οι ξύλινοι πάσσαλοι πρέπει να εμπήγονται με την κορυφή του δέντρου προς τα κάτω οπότε δέχεται τις κρούσεις το ανθεκτικότερο τμήμα του κορμού. Στην αιχμή των ξύλινων πασσάλων δίνεται πάντα η μορφή τετραγωνικής πυραμίδας με ύψος ανάλογο με την ποιότητα εδάφους. Όσο το έδαφος είναι στερεό, τόσο μικρότερο είναι το μήκος της πυραμοειδούς αιχμής, ώστε να καταστρέφεται εύκολα η αιχμή κατά την έμπηξη. Η αιχμή συνήθως δεν εφοδιάζεται με περίβλημα. Μόνο σε περίπτωση πετρωδών εδαφών χρησιμοποιείται περίβλημα από χάλυβα με σφυρήλατη αιχμή. Η αιχμή αυτή θα πρέπει να μορφωθεί ομοιόμορφα και με προσοχή ώστε να συμπέσει με τον άξονα του πασσάλου. Η κεφαλή του, προστατεύεται με μια κωνική χαλύβδινη στεφάνη που τοποθετείται εν θερμώ. Το όριο σήψης σε κατάσταση πλημμύρας αντιστοιχεί στη μέση στάθμη του νερού, συνιστάται οι ξύλινοι πάσσαλοι να

τελειώνουν κάτω από το σημείο αυτό και να συνεχίζονται με άλλο υλικό προς τα κάτω.

2.6.2 Χαλύβδινοι πάσσαλοι.

Χαλύβδινοι πάσσαλοι υπάρχουν σε διάφορες μορφές. Συχνά εφαρμόζονται σε διατομές της κανονικής παραγωγής των χαλυβουργείων, όπως τα ελάσματα μορφής δοκού (διπλού ταυ). Ακόμα εφαρμόζονται σωληνωτοί πάσσαλοι οι οποίοι είναι χωρίς ραφή εφόσον δεν απαιτείται μεγάλη διάμετρος, αλλιώς είναι συγκολλητοί σωλήνες από εμπόριο. Οι κιβωτοειδείς πάσσαλοι αποτελούνται από συγκολλούμενα μεταξύ τους ελάσματα, είτε κανονικά είτε ειδικής παραγωγής.

Χρησιμοποιούνται είτε κανονικές διατομές πασσαλοσανίδων είτε ημίτοιμα προϊόντα. Η συγκόλληση γίνεται με συγκολλητικές μηχανές. Έτσι εξασφαλίζεται ομοιόμορφη ποιότητα των ραφών. Η ποιότητα του χάλυβα των αρχικών διατομών καθορίζει τις ιδιότητες αντοχής του πασσάλου. Ανάλογα με την μορφή χρησιμοποιούνται :

(α) γενικοί δομικοί χάλυβες

(β) χάλυβες πασσαλοσανίδων

(γ) χάλυβες σωληνώσεων χωρίς ραφή

Οι χαλύβδινοι πάσσαλοι έμπηξης, παράγονται σε μήκη ως 34 m. Τα μήκη αυτά όμως δημιουργούν προβλήματα τόσο κατά την μεταφορά όσο και κατά την έμπηξη. Το συνηθισμένο μέγιστο χρησιμοποιούμενο μήκος είναι 20 m. Είναι δυνατό να έμπηχθούν με οποιαδήποτε κλίση. Προσφέρονται ιδιαίτερα για την έμπηξη και παραμορφώνονται δύσκολα κατά την κεφαλή ή την αιχμή. Είναι δυνατό να έμπηχθούν μέσω βαρέων εδαφών η εμποδίων. Η μεγάλη αντοχή του υλικού, η ελαστικότητα, ο ενιαίος ιστός και η υψηλή πλευρική δυσκαμψία, η οποία φυσικά εξαρτάται από τις ροπές αδράνειας, εξασφαλίζουν τους χαλύβδινους πασσάλους από τις συνέπειες των καμπτικών καταπονήσεων κατά την μεταφορά, την έμπηξη και την λειτουργία τους.

Οι σωληνωτοί και κιβωτοειδείς πάσσαλοι λειτουργούν κυρίως ως πάσσαλοι αιχμής ενώ οι πάσσαλοι μορφής δοκού ως πάσσαλοι τριβής. Οι κιβωτοειδείς και σωληνωτοί πάσσαλοι σχεδόν πάντα είναι κάτω ανοικτοί, δηλ. δεν εφοδιάζονται με ειδική αιχμή. Στα κοκκώδη εδάφη και για πασσάλους με Φ 500 mm σχηματίζεται με την ένταση των εδαφικών στοιχείων ένα βύσμα που λειτουργεί σαν αιχμή.

Οι χαλύβδινοι πάσσαλοι είναι δυνατό να επιμηκυνθούν όσο χρειάζεται κάθε φορά, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα είδη πασσάλων έμπηξης. Τα επιμέρους τμήματα

του πασσάλου συγκολλούνται και η θέση σύνδεσης καλύπτεται πλήρως με εξωτερικές λεπίδες σύνδεσης. Για την συγκόλληση του χάλυβα χρειάζονται κατάλληλα ηλεκτρόδια. Ένα σοβαρό πρόβλημα είναι η διάβρωση που όμως αμβλύνεται αν ο πάσσαλος πληρωθεί με σκυρόδεμα και εκλέγουν μεγαλύτερα πάχη τοιχωμάτων (χωρίς να ληφθούν υπόψη στον στατικό υπολογισμό), ώστε να υπάρχουν περιθώρια οξειδωσης. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί καθοδική επιφανειακή προστασία του πασσάλου.

2.6.3 Χαλύβδινοι πτερυγοφόροι πάσσαλοι.

Οι χαλύβδινοι πτερυγοφόροι πάσσαλοι είναι μορφής κιβωτιοειδούς ή μορφής δοκού με ενίσχυση στο κάτω άκρο. Η ενίσχυση σχηματίζεται από συμμετρικά επισυγκολλημένα τμήματα διατομής διπλού ταυ και αυξάνει την πλευρική τριβή και συνεπώς και την φέρουσα ικανότητα του πασσάλου. Η ευκολία έμπηξης μειώνεται μόνο επειδή τα πτερύγια κόβουν το έδαφος. Αν το έδαφος είναι κοκκώδες δεν αφήνουν πίσω τους κοιλότητες. Στις μεσόπυκνες άμμους το έδαφος μέσα στις κυψέλες εντείνεται και δημιουργείται βύσμα, το οποίο δίνει μια κλειστή επιφάνεια αιχμής. Οι κυψέλες δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλες, δηλ. μέχρι 350 mm. Ο σχηματισμός του βύσματος επιτρέπει μικρότερα βάθη είσδυσης, δηλ. μικρότερο μήκος πασσάλου.

Όταν το έδαφος είναι σκληρότερο, τα πτερύγια καταπονούνται έντονα και τείνουν να αποκοπούν. Για τον λόγο αυτό το μήκος τους πρέπει να είναι περίπου δεκαπλάσιο του ύψους τους, τουλάχιστον όμως 2,50 ως 3,00 m. Η σύνδεση πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και πάντοτε παράλληλα προς τον άξονα του πασσάλου επειδή ο πάσσαλος κατά την έμπηξη τείνει να περιστραφεί. Τα πτερύγια αρχίζουν περίπου 1,0 ως 2,0 cm πιο πάνω από την αιχμή του πασσάλου, ώστε να είναι δυνατή η κατά κεφαλή συγκόλληση, η οποία συνεχίζεται σε κατακόρυφες ραφές μήκους 50 cm. Το ίδιο γίνεται και στο ανώτερο άκρο του πτερύγιου. Το ενδιάμεσο τμήμα συγκολλάτε με ραφές μήκους 5 cm κατά αποστάσεις 10 ως 15 cm. Οι χαλύβδινοι πτερυγοφόροι πάσσαλοι χρησιμοποιούνται, με επιτυχία σαν εφελκούμενοι πάσσαλοι.

2.6.4 Πρόχυτοι πάσσαλοι από οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα.

Οι πρόχυτοι πάσσαλοι από οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται σε δυο μορφές τις συμπαγείς όσο και τις κοίλες. Οι συμπαγείς πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα έχουν σχεδόν πάντα τετραγωνική ή ορθογωνική διατομή και μόνο σπάνια κυκλική ή πολυγωνική. Οι κοίλες διατομές είτε είναι κυκλικές είτε πολυγωνικές. Το κάτω άκρο είναι ανοικτό ή κλειστό. Συνήθως είναι σωλήνες από φυγοκεντρημένο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής.

2.6.5 Συμπαγείς πρόχυτοι πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι συμπαγείς πρόχυτοι πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευάζονται ανάλογα με τις ανάγκες του έργου, σε οποιοσδήποτε σχεδόν διαστάσεις και μήκος. Χρειάζεται μελέτη της σύνθεσης του σκυροδέματος, διότι πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ανάγκη ανθεκτικότητας στο νερό και στις υπόλοιπες βλαβερές επιδράσεις.

Κατά την έμπηξη η μεγάλη μάζα του πασσάλου προκαλεί σημαντική συμπύκνωση. Το μεγάλο βάρος του πασσάλου αποτελεί μειονέκτημα, επειδή προκαλεί δυσκολίες κατά τον χειρισμό τους. Μετατοπίζονται και μεταφέρονται, δύσκολα και το μεγαλύτερο πρόβλημα δημιουργεί τότε η κάμψη. Κατά την μεταφορά και την ανύψωση πριν την έμπηξη δημιουργείται η μεγαλύτερη καταπόνηση του πασσάλου. Οι θέσεις ανάρτησης και στήριξης κατά την μεταφορά βρίσκονται σε αποστάσεις $0,2L$ από τα άκρα και η θέση ανάρτησης κατά την έμπηξη βρίσκεται σε απόσταση $0,33L$ από την κεφαλή.

Το μεγάλο ίδιο βάρος επιβάλλει την χρήση βαρέως πασσαλοπήκτη. Σε εδάφη με θύλακες εμποδίων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, διότι μπορεί να απαιτείται η χρήση πασσάλων από άλλο υλικό. Κραδασμοί σημαντικής έκτασης είναι αναπόφευκτοι. Κατά την έμπηξη χρησιμοποιείται σκούφος έμπηξης με μαξιλάρι μαλακού υλικού.

Κατά την κατασκευή των πασσάλων θα λαμβάνονται υπόψη και όλες οι σχετικές διατάξεις και συστάσεις. Ιδιαίτερη σημασία έχει η αντοχή του σκυροδέματος. Η αντοχή του σκυροδέματος δεν πρέπει να είναι μικρότερη από $22,5 \text{ MPa/m}^2$ κατά τη μεταφορά και από 35 MPa/m^2 κατά την έμπηξη. Εφόσον είναι δυνατό θα πρέπει να αναγράφεται ευκρινώς η ημερομηνία και το εργοστάσιο κατασκευής στην επιφάνεια του πασσάλου. Η διατομή καθορίζεται από το μήκος. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε ενδεικτικές τιμές ανάλογα με το μήκος του πασσάλου:

Μήκος πασσάλου	6,00m	9,00m	12,00m	16,00m	22,00m
a / b σε cm	20 / 20	25 / 25	30 / 30	35 / 35	40 / 40

Ορθωγωνικές διατομές 30/40 και 35/45 χρησιμοποιούνται μετά τα 18,00m γιατί οι ροπές ανάρτησης πριν την έμπηξη γίνονται πολύ σημαντικές. Συχνά χρησιμοποιείται η διατομή 34/44 cm. Για τον διαμήκη οπλισμό χρησιμοποιούνται χάλυβες S 500s και για τον εγκάρσιο κατά προτίμηση S 400. Αν το μήκος του πασσάλου είναι πάνω από 10,00 m το ποσοστό οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστο 0,8% της διατομής του πασσάλου. Ο ελάχιστος οπλισμός είναι διαμέτρου από 4 έως 14 mm στις γωνίες των τετραγωνικών ή ορθωγωνικών πασσάλων ή διαμέτρου από 5 έως 14 mm διαμήκεις ράβδοι, ομοιόμορφα διανεμημένες στη διατομή. Εγκάρσια διατάσσονται συνδετήρες ή σπειροειδής οπλισμός με ελάχιστη διάμετρο οπλισμού 5 mm. Λόγω της δυναμικής καταπόνησης, οι συνδετήρες η ή σπείρα πυκνώνουν σε μήκη 1,00 m κατά την κεφαλή και την αιχμή, και τοποθετούνται με αποστάσεις (ή βήμα της έλικας) 5 cm. Για τους ίδιους λόγους πρέπει ο εγκάρσιος οπλισμός να παραμένει στερεά συνδεδεμένος με τον διαμήκη. Η επικάλυψη του οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστο 3 cm ενώ μέσα στο θαλάσσιο νερό είναι 4 cm.

Οι πάσσαλοι εφοδιάζονται με αιχμή μήκους 1,3d (όπου d η μικρότερη πλευρά). Κατά την μεταφορά, την αποθήκευση και την ανάρτηση οι πάσσαλοι δεν πρέπει να δέχονται αιφνίδια τινάγματα. Κατά την έμπηξη είναι δυνατό να σχηματιστούν εγκάρσιες ρωγμές οι οποίες δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αν έχουν εύρος μικρότερο από 0,15 mm. Αν χρειαστεί να επιμηκυνθεί ο πάσσαλος, αποκόπτεται κατά 1,0 m η κεφαλή και η επιμήκυνση ακολουθεί τους κανόνες του οπλισμένου σκυροδέματος. Η νέα έμπηξη πρέπει να γίνει αφού αποκτηθεί η απαιτούμενη αντοχή, η οποία θα ελέγχεται επιτόπου.

Οι πάσσαλοι κατασκευάζονται εργοστασιακά ή σε εργοτάξια. Για λόγους οικονομίας ξυλοτύπων, η σκυροδέτηση γίνεται κατά περισσότερες θέσεις εφόσον το έδαφος δεν παρουσιάζει άνισες καθιζήσεις. Οι επιμέρους θέσεις σκυροδέτησης διαχωρίζονται με επιχρίσεις ή βάσεις. Η ελάχιστη ποσότητα τσιμέντου είναι 325 kg/m³ και η ελάχιστη ποσότητα λεπτόκόκκου υλικού είναι 400 kg/m³.

2.6.6 Κοίλοι πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι κοίλοι πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα σχεδόν πάντα κατασκευάζονται σαν σωλήνες με φυγοκέντρωση. Συχνά η διατομή λεπταίνει προς την αιχμή (1,5 cm ανά μέτρο μήκους). Ο διαμήκης οπλισμός, διαμέτρου 4 ως 5 mm, αποτελείται από δύο διασταυρούμενες έλικες, μία εξωτερική και μία εσωτερική. Το βήμα των ελίκων είναι 5cm στον κορμό και 3cm στα άκρα. Κοίλοι πάσσαλοι κατασκευάζονται συνήθως με μήκος 4,00 ως 16,00m. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις μήκους πάνω από 30,00 m. Οι παραπάνω διάμετροι φτάνουν τα 30 ως 60cm και τα αντίστοιχα πάχη τοιχώματος 75 ως 100mm. Ανάλογα με την φόρτιση και το μήκος καθορίζεται το πάχος του τοιχώματος. Οι διάμετροι στην αιχμή μεταβάλλονται κατά 30 cm για επιτρεπόμενες φορτίσεις 200 και 500 kN.

Το μικρό ίδιον βάρος και η αυξημένη λόγω της φυγοκέντρωσης ποιότητα σκυροδέματος και η ανθεκτικότητα στις διαβρωτικές επιρροές είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα των κοίλων πασσάλων. Λόγω της μεγάλης αντοχής σε λυγισμό, χρησιμοποιούνται με επιτυχία σαν ελεύθεροι πάσσαλοι μέσα στο νερό.

2.6.7 Προεντεταμένοι πάσσαλοι.

Οι προεντεταμένοι πάσσαλοι χρησιμοποιούνται όταν χρειάζεται μεγάλο μήκος, από 14,00 ως 30,00 m. Εφαρμόζονται τετραγωνικές ή ορθογωνικές διατομές ή και μορφής διπλού ταυ αν επιδιώκεται μείωση του ίδιου βάρους.

Όταν επιθυμείται εξασφάλιση μεγαλύτερης διάρκειας ζωής χρησιμοποιούνται προεντεταμένοι πάσσαλοι διότι η προένταση αποσκοπεί στον περιορισμό της ρηγματώσης. Οι πάσσαλοι κατασκευάζονται είτε εργοστασιακά σε κλίνη προέντασης, είτε εργοταξιακά με μια από τις συνηθισμένες μεθόδους.

Ο τένοντας τοποθετείται κεντρικά και συνοδεύεται από χαλαρό οπλισμό. Η ενεργός αγκύρωση, τοποθετείται για λόγους προστασίας της κατά την έμπηξη, στην αιχμή και καλύπτεται με πρόσθετο σκυρόδεμα. Στην κεφαλή διαμορφώνεται νεκρή αγκύρωση μεγάλου μήκους. Διατομές ορθογωνικές και μορφής διπλού ταυ προτιμούνται όταν η καμπτική καταπόνηση κατά την μια διεύθυνση είναι αναπόφευκτη, όπως π.χ. σε πασσάλους με μεγάλη κλίση ή λόγω της ώθησης γαιών πίσω από πασσαλοσανίδες.

Για ειδικές περιπτώσεις μεταφορών αναπτύχθηκαν πάσσαλοι οι οποίοι αποτελούνται από περισσότερα τμήματα μικρού μήκους. Το καθένα τους συνδέεται

μέσω κοχλιωτής σύνδεσης με το επόμενο του. Η έμπηξη γίνεται τμηματικά μετά από την εκτέλεση κάθε επιμέρους σύνδεσης. Οι παραπάνω πάσσαλοι προσφέρονται όταν το διατιθέμενο ύψος είναι μικρό αλλά δεν πρέπει το φορτίο τους να είναι μεγάλο. Η προσαρμογή των τμημάτων πρέπει να είναι άψογη γι 'αυτό απαιτείται εξαιρετική προσοχή κατά την προκατασκευή.

2.6.8 Πρόχυτοι πάσσαλοι με ενισχυμένο κάτω άκρο.

Οι διαστάσεις του κάτω άκρου είναι διπλάσιες ως τριπλάσιες των διαστάσεων του κορμού. Η ενίσχυση λαμβάνει πρόσθετο σπλισμό και στην αιχμή σχηματίζει κόλουρη πυραμίδα ύψους 0,25 ως 0,435 dF. Το ύψος της είναι περίπου 1,25 dF. Εφαρμόζονται σε ανθεκτικά εδάφη που καλύπτονται από μαλακές στρώσεις μεγάλου πάχους. Χρησιμοποιούνται σε μήκη ως 25,0 m. Η μορφή αυτή αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται πολύ στην Ολλανδία.

2.7 Μέθοδοι και μηχανήματα τοποθέτησης των πασσάλων.

2.7.1 Έμπηξη.

Σε παραπάνω κεφάλαιο αναφέραμε τα διάφορα είδη πασσάλων. Οι πάσσαλοι μπήγονται στο έδαφος ή εισδύουν με τη βοήθεια δονήσεων. Υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις που η τοποθέτηση υποβοηθείται με υδραυλική υποσκαφή . Η εκλογή των κατάλληλων μηχανημάτων εξαρτάται από τον τύπο του πασσάλου, το ίδιο βάρος του, το υλικό του και το έδαφος. Ο πάσσαλος μπήγεται με πασσαλοπήκτες. Οι πασσαλοπήκτες χρησιμοποιούν κριό που κινείται με τη βοήθεια ορθοστάτη. Ο ορθοστάτης κρέμεται αρθρωτά από το ικρίωμα του πασσαλοπήκτη ή από γερανό ή από εκσκαφέα και εξασφαλίζει αφενός την κεντρική και αξονική εισαγωγή του φορτίου με την καθοδήγηση του κριού και αφετέρου την ακρίβεια της θέσης του πασσάλου με την καθοδήγηση του σκούφου κρούσης. Υπάρχουν πολύ διαφορετικά είδη πασσαλοπηκτών .

(α) Πασσαλοπήκτες ελεύθερης πτώσης.

Οι πασσαλοπήκτες ελεύθερης πτώσης ονομάζονται και πασσαλοπήκτες έμμεσης ενέργειας. Ο κριός τους είναι από χυτοσίδηρο, βάρους 5 ως 30 kN. Αναρτάται με σχοινί από βαρούλκο, το οποίο σχεδόν πάντα είναι μηχανοκίνητο. Ο κριός ανυψώνεται και στη συνέχεια αφήνεται να πέσει ελεύθερα πάνω στον πάσσαλο (ή την πασσαλοσανίδα).

Διακρίνονται δυο παραλλαγές:

α. πασσαλοπήκτες ελεύθερης πτώσης χωρίς σύρτη

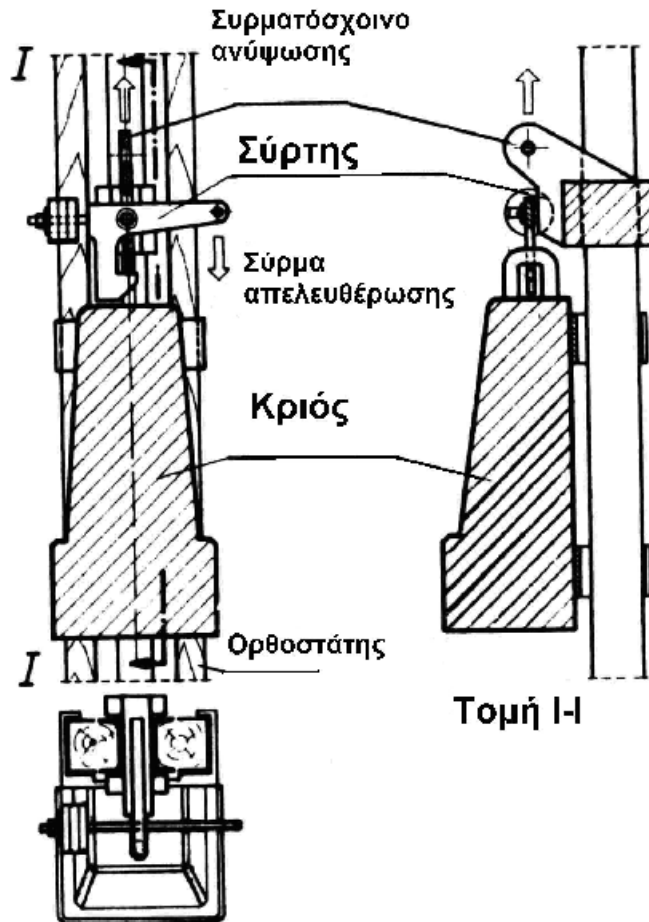
β. πασσαλοπήκτες ελεύθερης πτώσης με σύρτη.

Στους πασσαλοπήκτες ελεύθερης πτώσης χωρίς σύρτη το σχοινί ή το συρματοσχοινο στερεώνεται στον κριό και κατά την πτώση ξεδιπλώνεται από την τροχαλία του βαρούλκου. Οι απώλειες ενέργειας φτάνουν ανάλογα με το είδος του βαρούλκου το 10% ως 30 % για σχετικά μεγάλο αριθμό κρούσεων (18 έως 26 sec).

Στους πασσαλοπήκτες ελεύθερης πτώσης με σύρτη το σχοινί στερεώνεται στον συρτή. Ο σύρτης κατά την πτώση συνδέεται με τον κριό, τον όποιο στη συνέχεια συμπαρασύρει προς τα πάνω μέχρι το κατάλληλο ύψος πτώσης, οπότε ο κριός αφήνεται να πέσει. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται οι απώλειες ενέργειας. Η απώλεια χρόνου για την κάθοδο του συρτή μειώνει, τον αριθμό κρούσεων σε 4 ως 12 sec. Η δυνατότητα μεταβολής του ύψους πτώσης και συνεπώς και της ενέργειας έμπηξης επιτρέπει την προσαρμογή σε οποιεσδήποτε συνθήκες. Δηλαδή ο πασσαλοπήκτης ελεύθερης πτώσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού. Το βάρος του κριού είναι προτιμότερο να μην είναι μικρότερο από του 1,0 ως 1,5 του ίδιου βάρους του πασσάλου. Γενικά το ύψος πτώσης δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλο και είναι προτιμότερο να αυξάνεται το βάρος του κριού.

Ο κριός μπορεί να φέρεται από γερανό ή εκσκαφέα είτε από ικριώμα μετακινούμενο σε σιδηροτροχιές ή περιστρεφόμενο. Ικριώματα γενικής χρήσης δεν χρησιμοποιούνται. Γενικά λόγω της ελαστικότητας τους προτιμούνται ικριώματα από ξύλο ή από σωληνώσεις. Εκτός από τον πασσαλοπήκτη ελεύθερης πτώσης οι υπόλοιποι πασσαλοπήκτες είναι άμεσης ενέργειας επειδή η ενέργεια λειτουργίας παρέχεται άμεσα στον κριό.

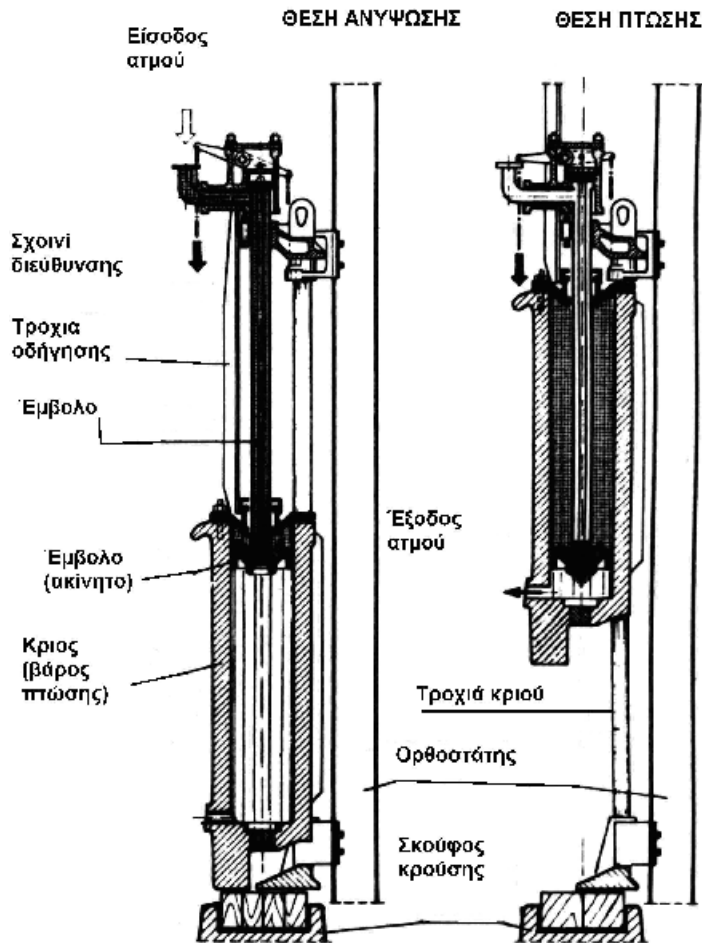
Ο πασσαλοπήκτης ελεύθερης πτώσης προσφέρεται για πασσάλους από οπλισμένο σκυρόδεμα επειδή είναι δυνατό να μειωθεί η ενέργεια έμπηξης και να αποφευχθούν βλάβες της κεφαλής του πασσάλου.



Σχήμα 2.12 : Πασσαλοπήκτης ελεύθερης πτώσης με σύρτη.

(β) Ατμοκίνητος πασσαλοπήκτης.

Ο ατμοκίνητος πασσαλοπήκτης προσφέρεται για πολύ βαρείες θεμελιώσεις με πασσάλους. Η λειτουργία του έχει σαν βάση τον ατμό. Η ρύθμιση του είναι ημιαυτόματη. Τοποθετείται σε ορθοστάτη άμεσα, πάνω στον σκούφο κρούσης, και ακολουθεί τον πάσσαλο κατά την βύθιση του στο έδαφος. Ο βαρύς κύλινδρος του κριού από χυτοσίδηρο ανυψώνεται με την πίεση του ατμού πάνω από το σταθερό έμβολο, καθοδηγούμενος από το βάκτρο του εμβόλου μέχρι το ανώτατο σημείο του. Τότε ο ατμός παύει να διοχετεύεται και ο κριός πέφτει ελεύθερα. Το βάρος πτώσης είναι 20 ως 200 kN και το ύψος πτώσης 1,25m το πολύ. Το βάρος του πασσαλοπήκτη φτάνει τα 28 ως 330kN. Συνήθως χρησιμοποιούνται ικριώματα γενικής χρήσης. Οι αριθμοί κρούσης είναι 35 ως 50 sec. Ακόμα είναι γνωστός με την επωνυμία του κατασκευαστή Menck. Η κατανάλωση ατμού φτάνει τα 400 ως 2500 kg/ώρα και συνεπώς χρειάζονται λέβητες μεγάλης επιφάνειας.

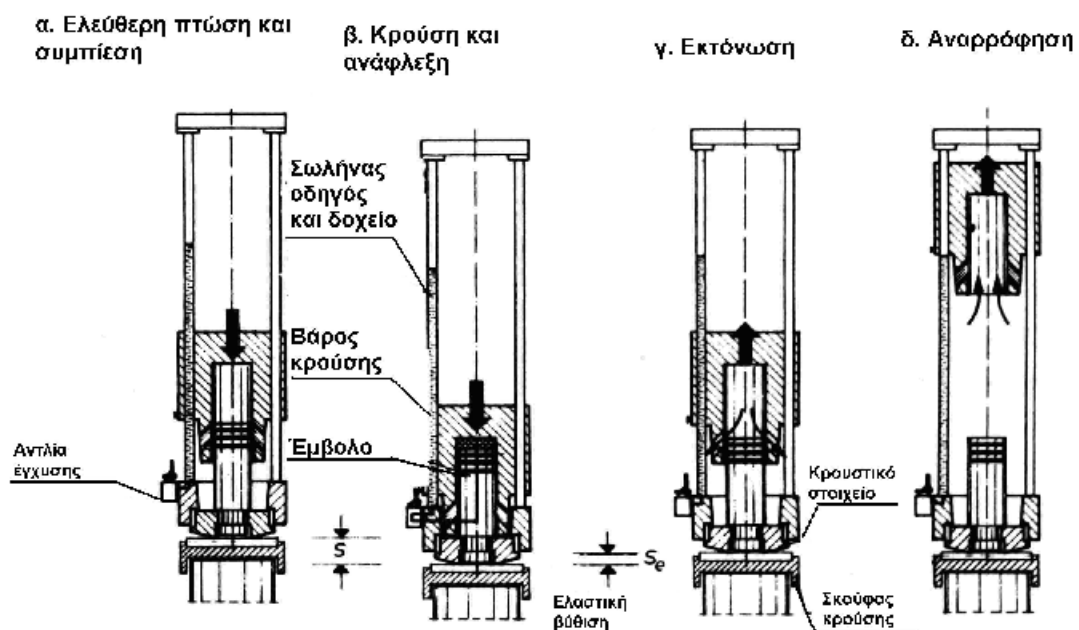


Σχήμα 2.13: Ημιαυτόματος ατμοκίνητος πασσαλοπήκτης.

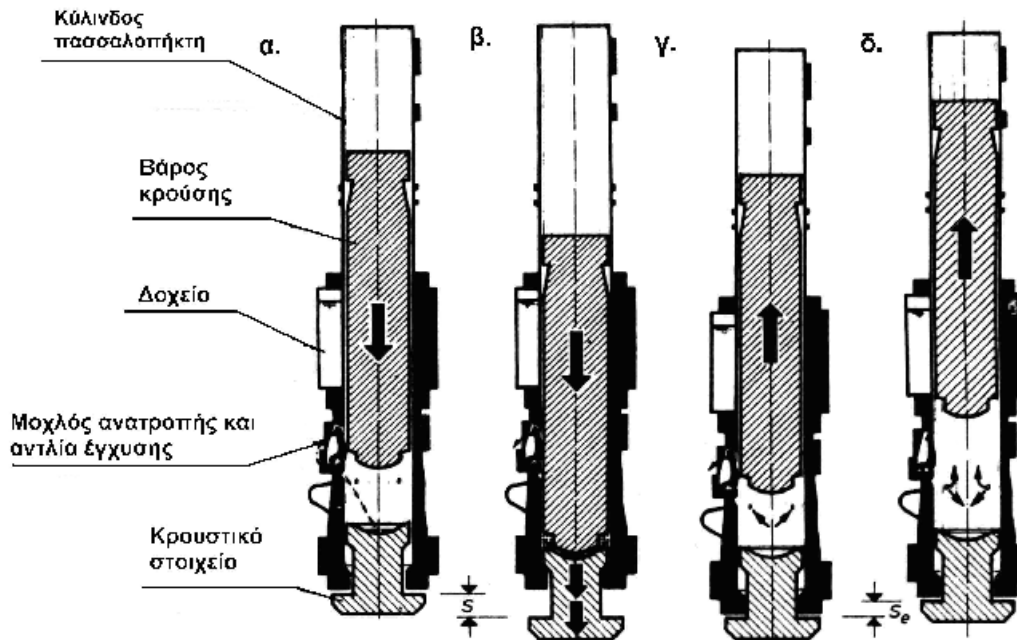
(γ) Ντιζελοκίνητος πασσαλοπήκτης.

Οι ντιζελοκίνητοι πασσαλοπήκτες είναι πασσαλοπήκτες εσωτερικής καύσης. Διαδέχτηκαν τους ατμοκίνητους πασσαλοπήκτες λόγω της μεγάλης δαπάνης τους στην παραγωγή ατμού. Σύμφωνα με παλαιότερο σύστημα του καθηγητή Seidl εργάζεται όπως ο ατμοκίνητος πασσαλοπήκτης σταθερού εμβόλου. Τοποθετείται πάνω στο κρουστικό στοιχείο που στηρίζεται στον πάσσαλο μέσω του σκούφου κρούσης. Ο κινητός κύλινδρος οδηγείται με δύο βάρτρα. Με την ανάφλεξη μίγματος καύσιμου και αέρα ο κύλινδρος ωθείται προς τα πάνω. Κατά την κάθοδο συμπιέζει την νέα ποσότητα μίγματος, που διοχετεύτηκε στο μεταξύ, μέχρι την θερμοκρασία ανάφλεξης οπότε προκαλείται νέα ανάφλεξη. Η πρόσπτωση του κυλίνδρου και η πίεση των καυσαερίων που ακολουθεί αμέσως ωθούν τον πάσσαλο μέσα στο έδαφος. Εφόσον επαρκεί η συμπίεση, το φαινόμενο επαναλαμβάνεται αυτόματα. Σήμερα χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά η νεώτερη μέθοδος κρουστικής

εκνέφωσης. Στην τελευταία, ο κοίλος κύλινδρος συνδέεται σταθερά με ένα συμπαγές κρουστικό στοιχείο. Το έμβολο, εφοδιασμένο κάτω με στρογγυλή κεφαλή, συμπιέζει με την πτώση τον αέρα, θέτει σε ενέργεια την αντλία έγχυσης καυσίμου και προκαλεί κατά την πρόσκρουση εκνέφωση του καυσίμου. Τότε το μίγμα αναφλέγεται σε πλευρικό δακτυλιοειδή χώρο καύσης και το έμβολο ωθείται ξανά προς τα πάνω. Η συσκευή της νεώτερης μεθόδου είναι λιγότερο ευαίσθητη από την συσκευή Seidl επειδή είναι αυτοτελής. Το βάρος του κριού είναι 5 ως 20 kN, το ύψος πτώσης 1,20 ως 2,00 m και ο αριθμός κρούσης 42 ως 60 sec. Η συσκευή απαιτεί ορθοστάτη και προσαρμόζεται σε κάθε πασσαλοπήκτη. Ο ντιζελοκίνητος πασσαλοπήκτης χρειάζεται προσεκτική συντήρηση και κυρίως λίπανση. Όταν ο κριός είναι ψυχρός και το έδαφος μαλακό, μπορεί να υπάρξουν δυσκολίες αν δεν επιτευχθεί στην αρχή η απαραίτητη θερμοκρασία και συμπίεση ανάφλεξης, το έμπειρο τεχνικό προσωπικό είναι σε θέση όμως να τις ξεπεράσει. Η αδυναμία μεταβολής της ενέργειας κρούσης αποτελεί μειονέκτημα.



Σχήμα 2.14 : Ντιζελοκίνητος πασσαλοπήκτης, σύστημα Seidl.



Σχήμα 2.15 : Ντιζελοκίνητος πασσαλοπήκτης, σύστημα κρουστικής εκνέφωσης.

(δ) Ατμόσφουρα.

Στην ατμόσφουρα ο βαρύς κύλινδρος από χυτοσίδηρο, συνδέεται αρθρωτά με την πλάκα κρούσης και το σύνολο εδράζεται άμεσα στον πάσσαλο και παρακολουθεί την βύθιση του. Στον κύλινδρο κινείται ταχύτατα, παλινδρομικό έμβολο διπλής λειτουργίας με περιορισμένο ύψος πτώσης. Ωθείται διαδοχικά από πάνω και από κάτω με ατμό ή πεπιεσμένο αέρα. Με τον τρόπο αυτό η διαδικασία έμπηξης κάθε κρούσης φτάνει το 5-πλάσιο ή 6-πλάσιο της τιμής στην ελεύθερη πτώση για την ίδια μάζα. Συνολικά όμως παραμένει περιορισμένη. Η συσκευή όμως επιτυγχάνει μεγάλους αριθμούς κρούσεων, 100 έως 215 sec, οπότε η ανά λεπτό ενέργεια έμπηξης φτάνει 280 έως 3500 kNm. Οι βαρύτερες συσκευές επιτυγχάνουν μικρότερους αριθμούς κρούσεων από τις ελαφρότερες. Για πίεση λειτουργίας μεταξύ 8 και 10 bar, η κατανάλωση ατμού φτάνει τα 250 έως 1050 kg/ώρα. Αν χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας, οι ανάγκες σε ατμό φτάνουν τα 4 έως 23 m³/sec για πίεση λειτουργίας 5 έως 7 bar.

Πρέπει να γνωρίζουμε ότι ο ατμός εισέρχεται μεταξύ της πάνω βάσης του κυλίνδρου και του εμβόλου. Ο ατμός πρέπει να προτιμάται, γιατί εκτός των άλλων η λίπανση είναι ευκολότερη. Η μειωμένη ενέργεια κρούσης κάθε πρόσπτωσης προστατεύει τον πάσσαλο, οπότε δεν χρειάζεται σκούφος κρούσης γιατί αρκεί η πλάκα κρούσης. Η ατμόσφουρα προσφέρεται ιδιαίτερα για την έμπηξη χαλύβδινων

πασσάλων σε εδάφη αμμώδη, χαλικώδη και ελαφρά συνεκτικά. Η χρήση ορθοστάτη δεν είναι απαραίτητη. Όταν η έμπηξη είναι ελεύθερη χρησιμοποιείται μια διάταξη συγκράτησης για να παρεμποδιστεί η ανατροπή: η ατμόσφουρα βρίσκεται πάνω από τον πάσσαλο. Η ατμόσφουρα είναι η μόνη που δεν παρουσιάζει μείωση της απόδοσης για έμπηξη υπό 45°. Ίσως χρειαστεί να προσδεθεί με σχοινί πάνω στον πάσσαλο ώστε να μην παρουσιαστούν αναπηδήσεις.

(ε) Δονητικός πασσαλοπήκτης.

Ο δονητικός πασσαλοπήκτης αποτελείται από στρεφόμενες μάζες που προκαλούν ημιτονοειδείς ταλαντώσεις, οι οποίες εισάγονται στον πάσσαλο μέσω μιας διάταξης σφιγκτήρων. Η κάθετη προς τον άξονα του πασσάλου προκαλούμενη ταλάντωση μειώνει την πλευρική τριβή. Εφόσον το έδαφος δεν παρουσιάζει σημαντική αντίσταση αιχμής, ο πάσσαλος βυθίζεται από την επίδραση του ίδιου βάρους και του στατικού φορτίου του πασσαλοπήκτη. Στα μη συνεκτικά εδάφη τυχόν συμπυκνώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία της μεθόδου. Η συχνότητα και το εύρος πρέπει να προσαρμόζονται στις τοπικές συνθήκες. Σήμερα είναι συνήθεις υψηλές συχνότητες στην περιοχή των 3000 sec. Αν χρειαστεί, μπορεί να αυξηθεί το στατικό φορτίο. Οι κραδασμοί που μεταδίνονται στην περιοχή δεν είναι ασήμαντοι και μπορεί να προκαλέσουν βλάβες σε γειτονικά κτίρια και οπωσδήποτε αποτελούν σημαντική ενόχληση. Σχεδόν πάντα απαιτείται ιδιαίτερη πηγή ενέργειας, επειδή οι υψηλές εντάσεις του ρεύματος κατά την εκκίνηση είναι δυνατόν να προκαλέσουν διαταράξεις στα τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα.

(στ) Υδραυλικός πασσαλοπήκτης.

Πρόκειται για πλήρως αυτοματοποιημένο πασσαλοπήκτη με υδραυλική λειτουργία. Το σώμα κρούσης βάρους 10 kN ανυψώνεται μέσω ενός υδραυλικού κυλίνδρου teal προσπίπτει υπό πίεση στην πλάκα κρούσης. Η ενέργεια κρούσης φτάνει τα 14 kNm ανά κρούση. Είναι δυνατό να εκτελεστούν μεμονωμένες κρούσεις είτε σειρές κρούσεων μέχρι το πολύ 140sec. Η συσκευή μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιονδήποτε ορθοστάτη, έχει συνολικό μήκος 3,80 m και βάρος 22 kN. Το μικρό βάρος επιτρέπει την χρήση ελαφρών φερόντων μηχανημάτων, δεν επαρκεί όμως για να εμποδίσει αναπηδήσεις. Για τον λόγο αυτό κατά την προς τα κάτω επιτάχυνση, το βάρος του πασσάλου μεταβιβάζεται σαν πρόσθετο φορτίο στον πασσαλοπήκτη. Η σύνδεση πασσάλου και πασσαλοπήκτη γίνεται μέσω μιας διάταξης υδραυλικής

σύσφιγξης, η οποία λύνεται λίγο πριν την πρόσκρουση του βάρους κρούσης στην πλάκα κρούσης. Οπότε ο πάσσαλος μπορεί να κινηθεί ελεύθερα. Η σύνδεση αποκαθίσταται μόνον όταν αρχίσει η επόμενη προς τα κάτω κίνηση βάρους κρούσης, οπότε το σώμα του πασσαλοπήκτη τείνει να ανυψωθεί λόγω των αντιδράσεων. Με τον τρόπο αυτό έχουμε ανέλπιστα μια πρόσθετη ευνοϊκή συνέπεια: ο πάσσαλος δεν μπορεί να ηρεμήσει. Μέχρι πρόσφατα υπήρχε πρόβλημα φερόντων μηχανημάτων, επειδή είτε δεν διέθεταν υδραυλικό σύστημα λειτουργίας και η ανύψωση του πασσάλου γινόταν με σχοινιά είτε αντίστροφα. Σήμερα υπάρχουν κατάλληλες διατάξεις ανάρτησης των πασσάλων που επιτρέπουν την χρήση αμιγών υδραυλικών συστημάτων. Τα πλεονεκτήματα του υδραυλικού πασσαλοπήκτη συνοψίζονται στα εξής:

1. Κίνηση μέσω του υδραυλικού συστήματος του φέροντος μηχανήματος (δεν απαιτείται ιδιαίτερη πηγή ενέργειας ενώ η κατανάλωση είναι μικρή).
2. Ρύθμιση της ενέργειας κρούσης από τον κινητήρα.
3. Δυνατότητα μεμονωμένων κρούσεων.
4. Καθαρότερη λειτουργία (χωρίς καυσαέρια, καπνούς από το πετρέλαιο ή νερό από τη συμπύκνωση).
5. Απλότητα υποδοχής και τοποθέτησης του πασσάλου.
6. Σημαντική ηχοπροστασία και εύκολοι χειρισμοί. Και τέλος
7. Περιορισμένη δαπάνη.

2.7.2 Έμπηξη με υδραυλική υποσκαφή.

Η έμπηξη με υδραυλική υποσκαφή χρησιμοποιείται πάντα όταν δεν επαρκεί η απλή έμπηξη. Μέσω ενός σωλήνα (Φ 1,5 ως 2") διοχετεύεται νερό υπό πίεση 4 ως 6 bar μέχρι το κάτω άκρο του πασσάλου όπου εξέρχεται με ταχύτητα περίπου 30m/s. Το έδαφος χαλαρώνει και δημιουργείται ροή νερού προς τα πάνω που μειώνει την τριβή.

Συχνά ο πάσσαλος βυθίζεται τότε χωρίς κρούσεις μόνο υπό το ίδιο βάρος και το βάρος του πασσαλοπήκτη, και μπήγεται μόνο στα τελευταία μέτρα. Άργιλοι και βραχώδη εδάφη δεν είναι κατάλληλα για την υδραυλική υποσκαφή σε αντίθεση με την υγρή άμμο. Ιδιαίτερα εκτιμάται ο συνδυασμός δόνησης των πασσάλων και υδραυλικής υποσκαφής κατά τη μέθοδο Keller, επειδή τότε οι πάσσαλοι βυθίζονται με ακρίβεια και χωρίς να εντείνονται.

2.7.3 Ικριώματα έμπηξης.

Διακρίναμε δυο κατηγορίες ανάρτησης των πασσαλοπηκτών:

(α) πασσαλοπήκτες σε ικρίωμα και

(β) πασσαλοπήκτες σε γερανό.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την απλούστερη μορφή του απλού ικριώματος σε σιδηροτροχιές, την ενδιάμεση μορφή του περιστρεφόμενου ικριώματος και την σύγχρονη μορφή του ικριώματος γενικής χρήσης. Τα ικρίωματα αυτής της κατηγορίας λόγω της εξάρτησης από την σιδηροτροχιά και λόγω του βάρους τους είναι σχετικά δυσκίνητα. Η εγκατάσταση τους άλλωστε απαιτεί σημαντική προεργασία. Η δημιουργία του ορθοστάτη που αναρτάται σε γερανό ή ερπυστριοφόρο εκσκαφέα ανάπτυξε έναν τύπο πασσαλοπήκτη, κατάλληλο για κάθε έδαφος.

(α) Απλά ικρίωματα σε σιδηροτροχιές.

Τα άπλα ικρίωματα σε σιδηροτροχιές είναι ελαφρές σωληνωτές κατασκευές. Οι κατασκευές αυτές είτε είναι ξύλινες ή από πρότυπες διατομές χάλυβα, τις οποίες κατασκευάζουν μόνες τους οι εταιρίες που κατασκευάζουν πάσσαλους. Κινούνται σε σιδηροτροχιές και συνεπώς προσφέρονται ιδιαίτερα για την έμπηξη πασσαλοσειρών και πασσαλοσανίδων (σανιδότοιχων). Με μέγιστη οπίσθια κλίση 1:3,5 και πρόσθια κλίση 1:9 εμφανίζουν μέγιστο ύψος <math>< 19,00 \text{ m}</math>. Τότε το υπό τον κριό ωφέλιμο ύψος είναι 15,00 ως 16,00m. Δέχονται όλα τα είδη των πασσαλοπηκτών.

(β) Περιστρεφόμενα ικρίωματα.

Αποτελούνται από χαλύβδινη κατασκευή, προσαρμοσμένη σε ένα ανώτερο πλαίσιο, το οποίο περιστρέφεται ελεύθερα πάνω σε ένα κατώτερο πλαίσιο που κινείται σε σιδηροτροχιές. Μετακινούνται και περιστρέφονται με συστήματα σχοινιών μέσω αμοκίνητων βαρούλκων. Η κλίση προσδίδεται χειροκίνητα με τη βοήθεια ατράκτων. Οι μέγιστες κλίσεις είναι αυτές του απλού ικριώματος καθώς και τα φορτία και οι διαστάσεις. Ο λέβητας, η ατμομηχανή και το βαρούλκο τοποθετούνται στην πλατφόρμα. Το περιστρεφόμενο ικρίωμα παρέχει περισσότερες δυνατότητες εργασιών. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν όλοι οι πασσαλοπήκτες, προτιμούνται

όμως οι ημιαυτόματοι ή αυτόματοι ατμοκίνητοι, επειδή διατίθεται ήδη αυτή η μορφή ενέργειας.

(γ) Ικριώμα γενικής χρήσης.

Τα ικριώμα γενικής χρήσης επιτρέπουν όλους τους χειρισμούς, όπως ανύψωση του πασσαλοπήκτη ή του πασσάλου, περιστροφή, μετατόπιση και επικλινή θέση. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται πολύ η ελευθερία κινήσεων. Αναπτύχθηκε για την έμπηξη των βαρέων και ευαίσθητων πασσάλων από σπλισμένο σκυρόδεμα, οι οποίοι απαιτούν μηχανικούς χειρισμούς. Τα ικριώματα είναι σωληνωτά λόγω μικρότερου βάρους. Ο ορθοστάτης αναρτάται με σύστημα Kardan. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή πλευρική κλίση μέχρι 1:20. Με τη βοήθεια ατράκτων και της μεταθετής εξέδρας επιτυγχάνεται πρόσθια κλίση μέχρι 1:25 και οπίσθια κλίση από 1:6 ως 1:4. Η επικλινή θέση του ορθοστάτη και η μεταθετή εξέδρα παρέχουν μεγαλύτερες δυνατότητες προσαρμογής κατά την έμπηξη, καθώς και παρακολούθησης τυχόν πασσάλων με απόκλιση. Σχεδόν πάντα το συνολικό ύψος φτάνει τα 26,00m με ωφέλιμο ύψος 20,5 m. Υπάρχουν όμως ικριώματα με συνολικό ύψος 44,00 m και ωφέλιμο 35,00 m. Μια άλλη αξιόλογη δυνατότητα είναι η καταβύθιση του ορθοστάτη μέχρι 6,00 m και το πολύ μέχρι 9,00 m. Με τον τρόπο αυτό η έμπηξη είναι δυνατό να συνεχιστεί με ακρίβεια και κάτω από την στάθμη του ικριώματος.

(δ) Πασσαλοπήκτες σε γερανό ή εκσκαφέα.

Μπορούν να χρησιμεύσουν όλοι οι εκσκαφείς με συρματοσχοινο. Στον πρόβολο του εκσκαφέα στερεώνεται αρθρωτά ελαφρός σωληνωτός ορθοστάτης, τον οποίο παρέχουν όλες οι κατασκευάστριες εταιρίες σε ποικιλία μορφών, ενώ συγχρόνως στερεώνεται με δύο υδραυλικούς κυλίνδρους στον στρεφόμενο φορέα του εκσκαφέα. Οι τελευταίοι επιτρέπουν πρόσθια και οπίσθια κλίση 1:4 και πλευρική 1:20. Οι ορθοστάτες κατασκευάζονται με συνολικό ύψος 23,00m οπότε το ωφέλιμο ύψος είναι 18,00m. Λόγω της σημαντικής ενεργειακής ανεξαρτησίας που προσφέρει, προτιμάται ο ντιζελοκίνητος πασσαλοπήκτης. Φυσικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα είδη όπως ατμόσφυρες, οι οποίες όμως πρέπει τότε να λειτουργήσουν με πεπιεσμένο αέρα. Η τροφοδοσία με αέρα έχει κάποια προβλήματα, επειδή το

κομπρεσέρ πρέπει να οδηγηθεί χωριστά στην περιοχή εργασίας. Ερπυστριοφόροι πασσαλοπήκτες αυτού του είδους με δικό τους ιδιαίτερο κινητήρα είναι εξαιρετικά ευέλικτοι και μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς ιδιαίτερη προετοιμασία και σε δύσβατες περιοχές. Για τον λόγο αυτό η δημοτικότητα τους συνεχώς αυξάνει.

2.8 Θέση του πασσαλοπήκτη και εκτέλεση των εργασιών.

2.8.1 Έμπηξη από την ξηρά.

Η έμπηξη από ξηρά παρέχει την ασφαλέστερη θέση για τα μηχανήματα και επιτρέπει μεγαλύτερη ακρίβεια λόγω της καλύτερης καθοδήγησης του πασσάλου. Εξαιρετική σημασία έχει η κατασκευή του διαδρόμου πορείας των βαρέων ικριωμάτων. Σχεδόν πάντα διατάσσονται βαρείες σιδηροτροχιές σε εγκάρσιους στρωτήρες, η απόσταση των οποίων καθορίζεται από το βάρος του πασσαλοπήκτη και τις ιδιότητες του εδάφους. Όταν οι εδαφικές συνθήκες είναι ιδιαίτερα αντίξοες, χρησιμοποιούνται και διαμήκεις στρωτήρες από χάλυβα, σκυρόδεμα ή και δικτυωτοί. Όταν η έμπηξη πρέπει να γίνει σε όρυγμα, χρησιμοποιείται όχημα που κινείται κατά μήκος του ορύγματος ενώ εγκάρσια προς αυτό μπορεί να κινηθεί ο πασσαλοπήκτης, ο οποίος τοποθετείται πάνω σ' αυτό το όχημα. Όταν η έμπηξη εκτελείται σε πλαγιές ή απότομες μεταβολές της τοπογραφίας, χρησιμοποιείται όχημα με πρόβολο, εφόσον δεν χρησιμοποιηθεί πασσαλοπήκτης-εκσκαφέας ή σε γερανό.

2.8.2 Έμπηξη μέσω στο νερό.

Χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι έμπηξης μέσα στο νερό :

- (α)** έμπηξη από πλωτό μέσο,
- (β)** έμπηξη από ανυψούμενη εξέδρα,
- (γ)** έμπηξη από ειδικό ικρίωμα.

(α) Έμπηξη από πλωτό μέσο.

Συχνά όταν απαιτείται να εμπηχθούν πάσσαλοι στο ανοιχτό νερό χρησιμοποιούνται πασσαλοπήκτες προσαρμοσμένοι σε πλωτά μέσα, όπως μαούνες, ρυμουλκά, βάρκες και πλωτήρες βυθοκόρων, οι όποιοι συνδέονται ανά δύο με δύσκαμπτες τραβέρσες ώστε να αυξηθεί η ευστάθεια πλεύσης. Συχνότερα πάντως χρησιμοποιούνται ειδικά για τον σκοπό αυτό κατασκευασμένοι πλωτήρες με μεγάλη επιφάνεια και μικρή καρίνα. Η μεγάλη επιφάνεια αυξάνει την ευστάθεια κατά την έμπηξη. Βασικά χρησιμοποιούνται περιστρεφόμενα ικριώματα ή ικριώματα γενικής χρήσης, τα όποια προσαρμόζονται πιο εύκολα.

Χρησιμοποιούνται και πασσαλοπήκτες σε γερανό, ή ικριώμα. Τα ικριώματα των πασσαλοπηκτών πρέπει να είναι αναδιπλούμενα ώστε να περνούν κάτω από γέφυρες και να επιτυγχάνεται ευσταθέστερη θέση πλεύσης. Επειδή οι πλωτοί πασσαλοπήκτες μπορούν να συγκρατούνται και να διευθύνονται μόνο με άγκυρες, το κατάστρωμα τους πρέπει να είναι εφοδιασμένο με αρκετά βαρούλκα αγκύρων. Γενικά πάντως τα ρεύματα, οι κυματισμοί, ο άνεμος, η στάθμη του νερού και η πλεύση κάνουν προβληματική την πασσάλωση από πλωτό μέσο.

(β) Έμπηξη από ανυψούμενη εξέδρα.

Μεγαλύτερη ακρίβεια προσφέρει η έμπηξη από ανυψούμενη εξέδρα, η οποία συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της ελαφρύς και γρήγορης συναρμολόγησης με την ακρίβεια της έμπηξης από ειδικό ικριώμα. Ο πασσαλοπήκτης, με ικριώμα γενικής χρήσης ή σε γερανό, στηρίζεται σε πλωτήρα εφοδιασμένο με έναν αριθμό σκελών.

Ο πλωτήρας σύρεται μέχρι τη θέση έμπηξης και στη συνέχεια ανυψώνεται υδραυλικά πάνω στα σκέλη του σε τόσο ύψος, ώστε να μην τον φτάνουν τα κύματα της θύελλας. Με τον τρόπο αυτό η ανυψούμενη εξέδρα είναι πάντα πολύ ευσταθής. Η ευστάθεια πάντοτε είναι δυνατόν να βελτιώνεται. Ανάλογα με την εξέδρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι βαρύτερες συσκευές. Η ακρίβεια είναι υψηλή και στις δυσμενέστερες συνθήκες.

(v) Έμπηξη από ειδικό ικρίωμα.

Εκτεταμένες εργασίες πασσαλώσεων, π.χ. λιμενικών έργων, εκτελούνται εφόσον είναι δυνατόν με ειδικά ικρίωματα. Τα ικρίωματα πρέπει να κατασκευάζονται ιδιαίτερα στέρεα. Η στάθμη έμπηξης τοποθετείται πάνω από την υψηλότερη στάθμη του νερού. Τα ικρίωματα συνήθως στηρίζονται σε ξύλινους πασσάλους οι οποίοι μπήγονται από πλωτό μέσο. Το αυξημένο κόστος κατασκευής του ειδικού ικριώματος αντισταθμίζεται από την μεγαλύτερη απόδοση και αξιοπιστία.



Κεφάλαιο 3

Κατασκευαστικοί κανόνες

3.1 Κατασκευαστικοί κανόνες για θεμελιώσεις με πασσάλους.

Η μορφή μιας θεμελίωσης με πασσάλους δεν καθορίζεται μόνο με στατικές θεωρήσεις. Η μεταγενέστερη λειτουργία του έργου και η κατασκευή της ανωδομής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την μελέτη και την εκλογή του τρόπου κατασκευής. Το είδος και το μέγεθος των πασσαλοπηκτών που θα χρησιμοποιηθούν, οι δυνατότητες μεταφοράς των πασσάλων, το έδαφος και το υλικό του πασσάλου μαζί με τις απαιτήσεις στατικής επάρκειας καθορίζουν το μήκος, τον αριθμό, τη διατομή, την κλίση και την απόσταση των πασσάλων. Οι οδηγίες των DIN 4014, πάσσαλοι διάτρησης, και DIN 4026, εμπηγόμενοι πάσσαλοι, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ώστε να αποφεύγονται οι δαπανηροί έλεγχοι που αλλιώς είναι απαραίτητοι.

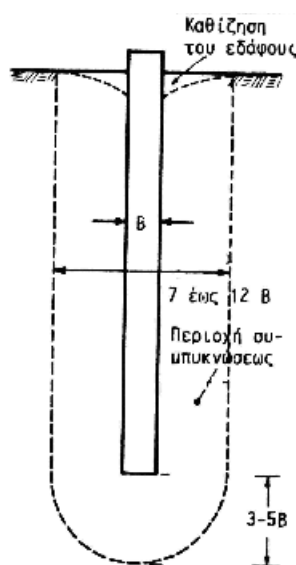
3.1.1 Επίδραση της μεθοδολογίας κατασκευής των πασσάλων στις ιδιότητες του περιβάλλοντος εδάφους.

Η μεθοδολογία κατασκευής των πασσάλων επηρεάζει σημαντικά τις ιδιότητες του περιβάλλοντος εδάφους, ανάλογα και με τον τύπο του εδάφους. Ο Broms (1966) δίνει μια ποιοτική απεικόνιση της επιδράσεως του τρόπου κατασκευής των πασσάλων στις δύο βασικές κατηγορίες εδάφους με τις απεικονίσεις των σχημάτων 3.1 και 3.2.

α) Εδάφη μη συνεκτικά

- Συμπύκνωση του μη συνεκτικού εδάφους κατά την έμπηξη πάσσαλου (κυρίως σε χαλαρές άμμους).

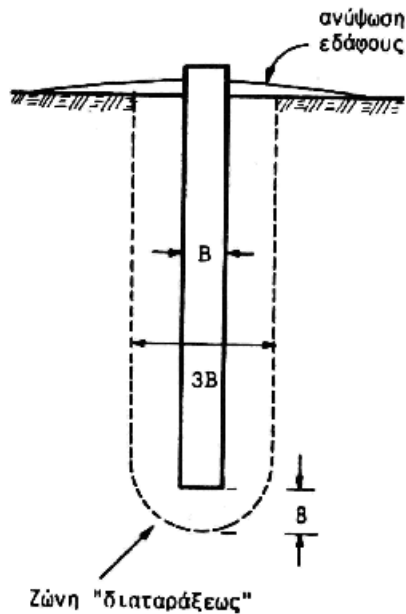
- Αντίθετα οι πάσσαλοι εκσκαφής μπορεί να επηρεάσουν δυσμενώς ένα χαλαρό σχηματισμό.



Σχήμα 3.1: Συμπύκνωση μη συνεκτικού εδάφους από την έμπηξη πάσσαλου.

β) Εδάφη συνεκτικά

- Διατάραξη συνεκτικού εδάφους κατά την έμπηξη. Η αντοχή μειώνεται μέχρι την τιμή της παραμένουσας διατμητικής αντοχής στην διεπιφάνεια πασσάλου-εδάφους.
- Ανάλογη διατάραξη γίνεται και κατά την κατασκευή πασσάλου εκσκαφής σε μάργα.
- Σε συνεκτικά εδάφη η έμπηξη του πασσάλου προκαλεί ανάπτυξη υπερπίεσεως πόρων, που μπορεί να φθάσει την τιμή της πίεσης των υπερκειμένων γαιών.



Σχήμα 3.2 : Διατάραξη συνεκτικού εδάφους από την έμπηξη πασσάλου.

3.2 Μήκος είσδυσης.

Το μήκος είσδυσης καθορίζεται από την φέρουσα ικανότητα του πασσάλου. Στις κανονικές περιπτώσεις πρέπει να είναι 3,00m, εφόσον το έδαφος είναι αμμώδες πυκνής εναπόθεσης ή χαλικώδες με αρκετό πάχος. Μικρότερες τιμές επιτρέπονται μόνο αν το έδαφος είναι ιδιαίτερα σκληρό και είναι δοσμένος ο κίνδυνος αναστροφής της κίνησης του πασσάλου ή βράχυνσης του. Όταν το έδαφος δεν είναι πυκνής εναπόθεσης, το μήκος είσδυσης πρέπει να είναι φυσικά μεγαλύτερο εάν η είσδυση του πασσάλου κατά τις τελευταίες κρούσεις είναι σημαντική.

Το πάχος μιας εδαφικής στρώσης θεωρείται επαρκές αν μετά την αιχμή του κάθε μεμονωμένου πασσάλου διατίθεται πάχος:

$a > 4 d > 1,50$ m αν ο πάσσαλος είναι μεμονωμένος, και

$a > 2 b$ αν ο πάσσαλος ανήκει σε πασσαλοομάδα,

όπου d ή διάμετρος του πασσάλου,

b το συνολικό πλάτος της πασσαλοομάδας.

Οι χαλύβδινοι πάσσαλοι με ενισχυμένο κάτω άκρο τοποθετούνται με μικρότερα μήκη είσδυσης για τους πιο πάνω λόγους, μολονότι δεν γίνεται ρητή αναφορά από το DIN 4026. Για τους πασσάλους διάτρησης τηρείται πάντα η $L_e = 2,50 \text{ m}$.

Είναι λογικό να δεχτούμε την τελευταία τιμή και για τους εμπηγόμενους έγχυτους πασσάλους με ενισχυμένο κάτω άκρο. Το κάτω από το κάτω άκρο υπόλοιπο πάχος της εδαφικής στρώσης πρέπει να είναι $a > 2d$ ή $a < 2b$. Αν η φέρουσα εδαφική στρώση έχει κλίση, ή για άλλους λόγους απαιτείται κλιμάκωση του μήκους των πασσάλων, τοποθετούνται πρώτα οι μακρύτεροι πάσσαλοι.

3.3 Η κλίση των πασσάλων.

Καθορίζεται από το μέγεθος της οριζόντιας δύναμης που πρέπει να παραληφθεί. Στους εμπηγόμενους πασσάλους η κλίση καθορίζεται καταρχήν από την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί και από τον διατιθέμενο χώρο. Τυχόν γειτονικές θεμελιώσεις, οι θέσεις (και μελλοντικές) έργων αντιστήριξης και παράχθιων κατασκευών και οι υπόγειες εγκαταστάσεις έργων κοινής ωφέλειας, αποτελούν υποχρεωτικές κατασκευαστικές δεσμεύσεις. Τα σύγχρονα ικριώματα πασσαλοπηκτών επιτυγχάνουν κλίσεις μέχρι 1:1 και τα παλαιότερα μέχρι 3:1 και 2,5:1. Αν σε ένα έργο χρησιμοποιηθούν λοξοί πάσσαλοι, το έργο γίνεται λιγότερο μεταθετό και μειώνεται ο αριθμός των πασσάλων που απαιτούνται. Οποσδήποτε όμως λοξοί πάσσαλοι με σημαντική κλίση σε ευαίσθητα στις καθιζήσεις εδάφη κινδυνεύουν από αυξημένη καμπτική καταπόνηση. Οι ξύλινοι και χαλύβδινοι πάσσαλοι δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι, επειδή διαθέτουν αρκετά περιθώρια αντοχής. Αντίθετα, η μέγιστη κλίση των έγχυτων πασσάλων και ιδιαίτερα των πασσάλων διάτρησης επιτρέπεται να φτάσει το πολύ το 8:1. Στην περίπτωση των πασσάλων διάτρησης η απαίτηση αυτή θεμελιώνεται και σε κατασκευαστικούς λόγους. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όπως για πασσάλους σκυροδέματος υπό πίεση (Press-beton) που κατασκευάζονται με κάποια ειδική μέθοδο, η κλίση μπορεί να φτάσει το 4:1. Όταν χρησιμοποιούνται εμπηγόμενοι πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα με σημαντική κλίση, απαιτείται ορθογωνική διατομή με την μεγαλύτερη πλευρά στο επίπεδο κάμψης.

3.4 Διάταξη των πασσάλων.

Βασική αρχή είναι τα σημεία εφαρμογής των δυνάμεων να απέχουν όσο το δυνατό λιγότερο από τους πασσάλους. Εφόσον είναι δυνατό πρέπει να επιδιώκεται ομοιόμορφη διανομή. Οι ελάχιστες αποστάσεις πρέπει πάντοτε να τηρούνται. Η απαίτηση αυτή προκύπτει από την ανάγκη να αποφευχθεί αλληλεπίδραση των τάσεων έδρασης και συνεπώς αύξηση των καθιζήσεων.

Τα συγκεντρωμένα φορτία πρέπει να μεταφέρονται κεντρικά και άμεσα στους πασσάλους, εφόσον είναι δυνατό. Οι αποστάσεις των άνω άκρων των πασσάλων πρέπει να είναι οι ελάχιστες δυνατές, όσο επιτρέπει η τεχνολογία έμπηξης. Στους πασσάλους δίνεται μικρή κλίση ώστε να τηρηθούν οι ελάχιστες αποστάσεις αξόνων κατά τα κάτω άκρα. Στις περιπτώσεις μεγαλύτερων εσχάρων συνιστάται να τηρούνται μεγαλύτερες αποστάσεις από τις κατά DIN. Η έμπηξη πρέπει να γίνεται από το εσωτερικό προς την περίμετρο της εσχάρας και να λαμβάνονται υπόψη οι πιθανοί εκτοπισμοί του εδάφους.

Κατασκευαστικοί λόγοι επιβάλλουν να ομαδοποιούνται πάσσαλοι διαφορετικών κλίσεων. Κάθε φορά πρέπει να μειώνεται στο ελάχιστο ο αριθμός των διαφορετικών κλίσεων. Όταν μια κατασκευή με πασσάλους καταπονείται, κυρίως κατά την μια διεύθυνση, οι πάσσαλοι συνδέονται κατά παράλληλους ζυγούς. Οι τυχόν κατά την εγκάρσια διεύθυνση δυνάμεις, θα παραλαμβάνονται με κατασκευές βάθρων κατά τα άκρα ή κατά το μέσον του έργου, οι οποίες θα προορίζονται αποκλειστικά για τον σκοπό αυτό.

3.5 Κεφαλόδεσμοι πασσάλων.

Η μεταφορά των δυνάμεων από τους πασσάλους στην εσχάρα πρέπει να ελέγχεται (DIN 1054). Σχεδόν πάντοτε οι κεφαλόδεσμοι των πασσάλων διαμορφώνονται αρθρωτοί. Στους θλιβόμενους πασσάλους η άρθρωση επιτυγχάνεται αν περιορίσαμε το βάθος του πασσάλου μέσα στην πλάκα σε 15 ως 20cm. Η μεταβίβαση των δυνάμεων ελέγχεται εύκολα για συμπαγείς διατομές πασσάλων από ξύλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα ενώ ο έλεγχος είναι δυσκολότερος για χαλύβδινες διατομές, κιβωτιοειδείς ή διπλού ταυ, επειδή το υλικό είναι περιορισμένο και οι επιτρεπόμενες τάσεις μεγάλες. Ο έλεγχος διευκολύνεται σημαντικά αν ο πάσσαλος εφοδιαστεί με πλάκα κεφαλής. Η κεφαλή των πρόχυτων πασσάλων αποκόπτεται και ο οπλισμός διατάσσεται ελεύθερος κατά μήκος, ίσως προς την διάμετρο του πασσάλου στο εσωτερικό του κλωβού οπλισμού της εσχάρας.

Απαιτείται έλεγχος διάτρησης. Καλό είναι να αποφεύγεται πρόσθετος οπλισμός διάτρησης με επαρκές πάχος πλάκας.

Η παραλαβή των εφελκυστικών δυνάμεων εφελκόμενων πασσάλων χρειάζεται μεγαλύτερο μήκος, το όποιο όμως δεν πρέπει να είναι τόσο μεγάλο ώστε να σχηματίζεται πάκτωση. Επειδή δεν μπορούμε να εμπιστευτούμε τη μεταφορά δυνάμεων από χαλύβδινους πασσάλους σε σκυρόδεμα μόνο στην τριβή, περικλείαμε τους χαλύβδινους πασσάλους με συνδετήρες, ή επισυγκολλούμε ράβδους εφελκυσμού επαρκούς μήκους ώστε η σύνδεση που θα σχηματιστεί να είναι παρόμοια με τη σύνδεση πρόχυτου πασσάλου.

Πρέπει να ελέγχεται η επάρκεια των ραφών συγκόλλησης, οι τάσεις και τα μήκη αγκύρωσης των ράβδων, οι τάσεις των συνδετήρων. Η σύνδεση ξύλινων πασσάλων είναι η μόνη που παρουσιάζει αντοχή σε διάρκεια, όταν υπάρχουν κίνδυνοι ολισθήσεων. Οι δυνάμεις διάρρηξης που προκαλεί η σφήνα, αντιμετωπίζονται με συνδετήρες.



Σιδέρωμα Κεφαλοδέσμου



Καλούπωμα Κεφαλοδέσμου



Κεφαλόδεσμος


3.6 Όπλιση και κατασκευαστική διαμόρφωση της πλάκας της πασσαλοεσχάρας.

Η πλάκα της πασσαλοεσχάρας πρέπει να επιδιώκεται να διαμορφώνεται με κιβωτιοειδές σχήμα ή σαν σύστημα νευρώσεων και πλακών ώστε να μειωθεί το ίδιο βάρος. Ο υπολογισμός της εκτελείται όπως και στις συνηθισμένες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Με βάση πειράματα, ο Leonhardt συνιστά τα ακόλουθα για την όπλιση μεμονωμένων θεμελίων σε πασσάλους: επειδή το ύψος της πλάκας του κεφαλόδεσμου σε σχέση με την απόσταση των πασσάλων είναι μεγάλο, δημιουργείται, όπως και στο αβαθές θεμέλιο, μια θλιπτική αμφικλινής δέσμη με σημαντική κλίση από τον στύλο προς τους πασσάλους. Λόγω αυτής προκαλούνται οριζόντιες εφελκυστικές δυνάμεις που πρέπει να παραληφθούν από εφελκυσόμενο οπλισμό. Ο οπλισμός αυτός πιέζεται έντονα στη ζώνη αγκύρωσης και συνεπώς δεν χρειάζεται τα συνηθισμένα άγκιστρα. Οι ράβδοι του οπλισμού θα διανέμονται μόνο στην περιοχή των διατομών των πασσάλων αλλιώς προκαλούνται ρωγμές. Αν προκύπτουν πολύ μικρές αποστάσεις ράβδων, οι ράβδοι θα τοποθετούνται σε περισσότερες στρώσεις. Όπως και στις υψίκορμες δοκούς, ο οπλισμός μπορεί να κατανέμεται σε ύψος 0,1 ως 0,2d. Απαιτούνται κλειστοί συνδετήρες.

Και στην περίπτωση των θεμελιώσεων σε περισσότερους από δυο πασσάλους, η διάδοση του φορτίου είναι παρόμοια δηλ. δημιουργείται θλιπτική κωνική δέσμη, η οποία ευνοείται από τις μικρές αποστάσεις μεταξύ των πασσάλων. Συνεπώς και πάλι απαιτείται σύνδεση των κεφαλών των πασσάλων με συγκεντρωμένο οπλισμό ελκυστήρα. Η διανομή των ράβδων σε όλο το πλάτος της πλάκας δεν είναι σκόπιμη λόγω του κινδύνου ρηγματώσεων.

Μόνον όταν η απόσταση μεταξύ των πασσάλων ξεπεράσει τα 3d δεν πρέπει να αφηθεί άοπλη η περιοχή μεταξύ των πασσάλων. Κατά τις παραυφές απαιτείται οπλισμός ανάρτησης όπως και στις έμμεσες στηρίξεις.



Κεφάλαιο 4

Φορτίσεις μεμονωμένων πασσάλων

4.1 Οριζόντια φορτία σε μεμονωμένους πασσάλους.

Στις θεμελιώσεις με πασσάλους επιβάλλονται οριζόντιες φορτίσεις. Οι οριζόντιες φορτίσεις χωρίζονται συνήθως σε δύο κατηγορίες:

α) Οριζόντιες δυνάμεις στην κορυφή των πασσάλων π.χ. εξ ανεμοπιέσεων, σεισμικών δυνάμεων, άλλων οριζοντίων δυνάμεων εκ της ανωδομής, δυνάμεις από την πρόσδεση πλοίων ή από την ενέργεια των κυμάτων σε παραθαλάσσιες ή θαλάσσιες κατασκευές κ.λ.π.

β) Οριζόντιες φορτίσεις κατά το μήκος της παράπλευρης επιφάνειας των πασσάλων όπως π.χ. στις περιπτώσεις πασσαλοτοίχων, πασσάλων θεμελιώσεως βάθρων γέφυρας σε περιοχές επιχωμάτων επί μαλακού υπεδάφους, πασσάλων ενισχύσεως της ευστάθειας πρανών κ.λ.π. Τα επιβαλλόμενα φορτία αναλαμβάνονται συνήθως με κατακόρυφους πασσάλους και σε ειδικές μόνο περιπτώσεις από κεκλιμένους.

Οι κατακόρυφοι πάσσαλοι αναλαμβάνουν τις οριζόντιες δυνάμεις καμπτόμενοι ενεργοποιώντας έτσι τόσο την αντοχή τους όσο και την αντοχή του εδάφους που τους περιβάλλει. Ο έλεγχος λοιπόν της φερούσης ικανότητας πασσάλων σε οριζόντια φόρτιση θα πρέπει να περιλαμβάνει:

α) τη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος τον πάσσαλο εδάφους,

β) τον έλεγχο της αντοχής του πασσάλου ως φέροντος στοιχείου σε κάμψη λόγω των πλευρικών επιπονήσεων καθώς και τον

γ) έλεγχο της μετατοπίσεως της κεφαλής του πασσάλου, εάν δηλαδή είναι ανεκτή από την ανωδομή.

Η συμπεριφορά των πασσάλων σε οριζόντιες φορτίσεις, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως: την ευκαμψία των πασσάλων σε σχέση με την ακαμψία του περιβάλλοντος εδάφους, κυρίως των ανωτέρων στρωμάτων, τη σχέση τάσεων-παραμορφώσεων και την αντοχή του εδάφους, καθώς και τις συνθήκες δεσμεύσεως ή όχι της κεφαλής του πασσάλου.

Η κεφαλή του πασσάλου ανάλογα από το εάν είναι μεμονωμένος ή εάν ανήκει σε ομάδα πασσάλων, καθώς και από ης ειδικότερες συνθήκες στερεώσεως της μπορεί να θεωρηθεί ως ελεύθερη, ως αρθρωτή, ή ακόμη ως πλήρως πακτωμένη. Ανάλογα από τα χαρακτηριστικά των διαγραμμάτων οριζοντίων φορτίων μετατοπίσεων ολοκλήρου του πασσάλου οι πάσσαλοι μπορούν να χαρακτηρισθούν:

α) ως άκαμπτοι (κοντοί) στην περίπτωση που περιστρέφονται πέραξ ενός σημείου περιστροφής, σε κάποιο βάθος κατά το μήκος του πασσάλου, χωρίς ουσιαστική παραμόρφωση τους περί τον άξονα συμμετρίας τους και

β) ως εύκαμπτοι (μακροί) εφόσον η συμπεριφορά τους κατά την οριζόντια φόρτιση μπορεί να παρομοιασθεί με αυτή μιας ελαστικής δοκού εντός ελαστικού εδάφους.

Ένας κοντός, άκαμπτος πάσσαλος, υπό την επενέργεια ενός οριζοντίου φορτίου περιστρέφεται γύρω από ένα σημείο περιστροφής εντός του εδάφους και η εκτίμηση της κρούσης ικανότητας του βασίζεται κυρίως στην αντοχή του περιβάλλοντος εδάφους. Αντίθετα η συμπεριφορά ενός μακρού, εύκαμπτου πασσάλου, θεωρείται αντίστοιχη με αυτή της πεδιλοδοκού επί ελαστικού εδάφους. Στην περίπτωση αυτή η φέρουσα ικανότητα του συστήματος πάσσαλος-έδαφος συνδέεται κυρίως με την κάμψη του πασσάλου λόγω της οριζόντιας φορτίσεως και των εξ αυτής παραγομένων καμπτικών ροπών.

Όπως προκύπτει από τα ανωτέρω το πρόβλημα της αντοχής καθώς και της συμπεριφοράς γενικότερα των πασσάλων υπό οριζόντιες φορτίσεις είναι εξαιρετικά πολύπλοκο. Γι' αυτό οι συνήθως χρησιμοποιούμενες στην καθημερινή πρακτική μέθοδοι αναλύσεως θα πρέπει να χαρακτηρισθούν ως μάλλον εμπειρικές τόσο λόγω της αβεβαιότητας ως προς τη συμπεριφορά του πασσάλου κατά την επιβαλλόμενη φόρτιση, όσο και λόγω των αβεβαιοτήτων ως προς τον τρόπο αντιδράσεως του εδάφους που περιβάλλει τον πάσσαλο.

Η αντίδραση του εδάφους στην παράπλευρη επιφάνεια του πασσάλου, λόγω οριζοντίων φορτίων επί του πασσάλου, μπορεί να εκφρασθεί με διάφορους τρόπους, οι κυριότεροι των οποίων είναι:

• Ο δείκτης εδάφους σε οριζόντια διεύθυνση, k_h

Η φυσική έννοια του ανωτέρω δείκτη είναι αντίστοιχη με αυτή του δείκτη εδάφους, και για κατακόρυφη φόρτιση κατά την επίλυση των πεδιλοδοκών με παραδοχή ελαστικού εδάφους Winkler. Η χρήση του είναι δυνατή στις περιπτώσεις που το έδαφος βρίσκεται σε ελαστική περιοχή.

• Το μέτρο ελαστικότητας Young.

Τέμνον κυρίως, με το οποίο είναι δυνατόν να προσδιορισθούν συσχετίσεις Φορτίσεων-υποχωρήσεων ακόμη και για επιπονήσεις που πλησιάζουν την οριακή διατρητική αντοχή του περιβάλλοντος εδάφους.

• Καμπύλες πιέσεων-υποχωρήσεων, $p-y$.

Οι καμπύλες αυτές συνδέουν τις εδαφικές αντιδράσεις με την παραμόρφωση του πασσάλου, για διάφορα βάθη κατά μήκος του πασσάλου κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Οι μέθοδοι αναλύσεως του προβλήματος οριζοντίων φορτίων στους πασσάλους μπορούν να διακριθούν σε δύο κυρίως κατηγορίες:

α) Απλουστευτικές αναλύσεις για την εκτίμηση της φερούσης ικανότητας πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση.

Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην αποδοχή συγκεκριμένου μηχανισμού θραύσεως (π.χ. μέθοδος Broms) για το σύστημα πάσσαλος-έδαφος, καθώς επίσης και ισοδιανομή της οριζόντιας δυνάμεως στους κατακόρυφους πασσάλους για την περίπτωση ομάδας πασσάλων.

β) Ακριβείς μέθοδοι αναλύσεως της συνολικής λειτουργίας του συστήματος πάσσαλος-έδαφος.

Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην αποδοχή συγκεκριμένου προτύπου παραμορφωσιμότητας (π.χ. έδαφος Winkler). Κατά την επίλυση λαμβάνουν υπόψη το συμβιβαστό των παραμορφώσεων και προσδιορίζουν τις παραμορφώσεις του πασσάλου καθόλο το μήκος του. Η αποδοχή μιας τέτοιας μεθόδου απαιτεί οι επιπληρώσεις να επιτρέπουν τη θεώρηση ελαστικής ισορροπίας στο έδαφος και η ανάλυση είναι δυνατόν να περιλάβει ακόμη και την επίδραση της ακαμψίας της πασσαλοεσχάρας.

4.2 Φέρουσα ικανότητα σε οριζόντια φόρτιση με απλουστευτικές αναλύσεις.

4.2.1 Μέθοδος Broms.

Ο Broms (1964, 1965) επέλυσε το πρόβλημα των οριζοντίων φορτίσεων μεμονωμένου πασσάλου με την βοήθεια απλοποιητικών παραδοχών, όσον αφορά την κατανομή των εδαφικών αντιδράσεων κατά μήκος του πασσάλου. Αρχικώς διακρίνει τους πασσάλους σε "κοντούς" πρακτικά άκαμπτους, και "μακρούς", πρακτικά εύκαμπτους, με βάση τον τρόπο αστοχίας του συστήματος πάσσαλος-έδαφος για οριζόντιο φορτίο μεγαλύτερο του ανεκτού. Η αστοχία του συστήματος πάσσαλος-έδαφος πραγματοποιείται:

α) λόγω θραύσεως του εδάφους στην περίπτωση των κοντών πασσάλων και

β) λόγω υπερβάσεως της αντοχής του πασσάλου έναντι καμπτικών ροπών στην περίπτωση των μακρών πασσάλων.

Με βάση τους ανωτέρω μηχανισμούς θραύσεως για τις δύο περιπτώσεις πασσάλων (κοντών ή μακρών) διακρίνοντας χωριστά τις περιπτώσεις πασσάλων με ελεύθερη ή πακτωμένη κεφαλή ο Broms επέλυσε στατικά το πρόβλημα, θεωρώντας την ισορροπία όλων των δυνάμεων επί του πασσάλου με τη βοήθεια κατάλληλων

απλοποιητικών διαγραμμάτων κατανομής των εδαφικών αντιδράσεων ανάλογα με τον τύπο του εδάφους (συνεκτικού ή μη συνεκτικού). Κατά την ανάλυση ο πάσσαλος θεωρείται ως αιωρούμενος εντός ομοιογενούς εδάφους.

Η μέθοδος εξασφαλίζει τις απαιτήσεις:

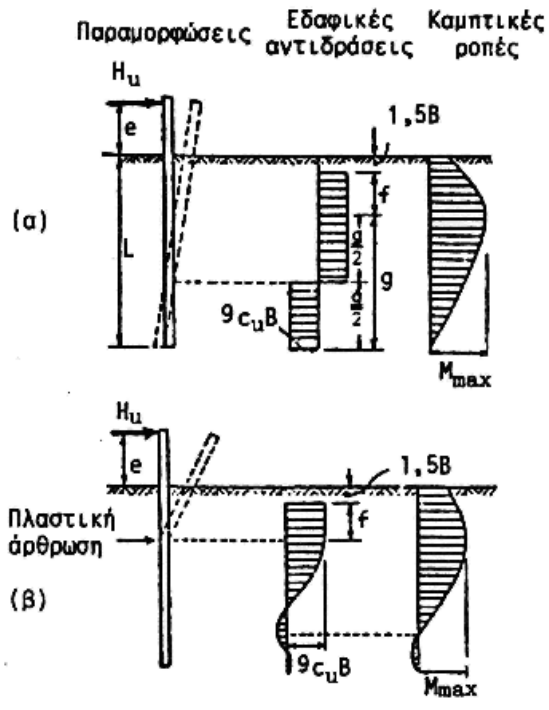
- οι πιέσεις να είναι ανεκτές από το έδαφος
- οι ροπές κάμψεως και τέμνουσες δυνάμεις να είναι ανεκτές από τον πάσσαλο
- οι μετακινήσεις της κεφαλής του πασσάλου να είναι ανεκτές από τη λειτουργικότητα της κατασκευής.

Για τον προσδιορισμό των παραμορφώσεων δέχεται ότι το έδαφος συμπεριφέρεται ελαστικά κατά το πρότυπο Winkler και ο συντελεστής ασφαλείας σε θραύση για το έδαφος είναι τουλάχιστον 2 έως 2.5. Σημειώνεται ότι η απαίτηση αυτή αφορά στο έδαφος, και απαιτείται προσοχή στις περιπτώσεις εκείνες για τις οποίες η φέρουσα ικανότητα κατά την οριζόντια, του συστήματος πασσάλου-εδάφους, εξαρτάται από την καμπτική επάρκεια του πασσάλου, η οποία αναλόγως της μεθόδου υπολογισμού εξάγεται υπό ελάχιστο συντελεστή ασφαλείας που ενδεχομένως είναι χαμηλότερος (π.χ. κατά τη μέθοδο συνολικής αντοχής, $\min F=1.75$).

4.2.2 Πάσσαλος σε συνεκτικό έδαφος.

Κοντοί πάσσαλοι σε συνεκτικό έδαφος, έχουν σχετικά μικρό μήκος σε σχέση με την ακαμψία τους, ώστε πριν γίνουν κρίσιμες για τον ίδιο τον πάσσαλο οι καμπτικές ροπές, λόγω ενός συνεχώς αυξανόμενου οριζοντίου φορτίου H_u , αστοχεί το έδαφος λόγω υπερβάσεως της διατμητικής του αντοχής. Σαν πίεση θραύσεως του εδάφους θεωρείται κατά Broms η $9c_u$ όπου c_u η αστράγγιστη διατμητική αντοχή του εδάφους. Μακροί πάσσαλοι σε συνεκτικό έδαφος, αντίθετα, αστοχούν λόγω υπερβάσεως της καμπτικής επάρκειας τους, πριν οι εδαφικές αντιδράσεις φθάσουν σε κρίσιμη τιμή.

Στο σχήμα 4.1 φαίνονται οι μηχανισμοί θραύσεως μεμονωμένου πασσάλου κοντού ή μακρού, ελεύθερης κεφαλής, σε συνεκτικό έδαφος, τα διαγράμματα κατανομής με το βάθος των εδαφικών αντιδράσεων καθώς και τα διαγράμματα των ροπών κάμψεως.



Σχήμα 4.1: Μηχανισμοί θραύσεως πασσάλων με ελεύθερη κεφαλή σε συνεκτικό έδαφος
(α) Κοντών, (β) Μακρών.

4.3 Εκτίμηση φέρουσας ικανότητας πασσάλου σε κατακόρυφη φόρτιση.

Ο υπολογισμός του οριακού φορτίου (φορτίου θραύσεως) ενός μεμονωμένου κατακόρυφου πασσάλου, υπό αξονική κατακόρυφη φόρτιση, δίνεται από τη γενική σχέση:

$$P_u = \Sigma f_s A_s + f_b A_b - W_b$$

όπου: f_s = οριακή τιμή πλευρικής τριβής

f_b = αντοχή σε θραύση της αιχμής του πασσάλου

A_s = παράπλευρος επιφάνεια του πάσσαλου

A_b = επιφάνεια της αιχμής του πασσάλου

W_b = βάρος του πασσάλου

Το φορτίο το οποίο αναλαμβάνεται από την παράπλευρη επιφάνεια του πασσάλου είναι: $Q_s = \Sigma f_s \cdot A_s$ ενώ το φορτίο το οποίο αναλαμβάνεται από την αντοχή της αιχμής του πασσάλου είναι: $Q_b = f_b \cdot A_b$. Γενικά οι πλέον διαδεδομένες μέθοδοι υπολογισμού του οριακού φορτίου πασσάλου είναι οι ακόλουθες:

(α) Μέθοδοι βασιζόμενες σε μετρηθείσες ιδιότητες του εδάφους κα τη βοήθεια στατικών τύπων φέρουσας ικανότητας.

(β) Εμπειρικές μέθοδοι βασιζόμενες σε αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών (SPT, CPT, πρεσσιομετρήσεις).

(γ) Μέθοδοι που βασίζονται σε παρατηρήσεις κατά τη διείδυση με κρούση των πασσάλων (δυναμικοί τύποι).

(δ) Μέθοδοι που βασίζονται στην εξίσωση της μεταδόσεως κύματος κατά την κρούση για την έμπηξη πασσάλου.

(ε) Μέθοδοι με τις οποίες αξιολογούνται δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων.

4.3.1 Μέθοδοι βασιζόμενες σε στατικούς τύπους.

4.3.1α Φέρουσα ικανότητα της αιχμής του πασσάλου.

Στην περίπτωση των πασσάλων το πρόβλημα της φέρουσα ικανότητας διαφοροποιείται ως προς αυτό των επιφανειακών θεμελιώσεων λόγω:

(α) Αυξημένου βάθους θεμελιώσεως: μεγάλος λόγος D/B (βάθος προς πλάτος θεμελιώσεως), μεγάλη πλευρική πίεση σ_h στη βάση καθώς και στην παράπλευρο επιφάνεια της θεμελιώσεως (πασσάλου εν προκειμένω).

(β) Διαφορετικής μορφής μηχανισμού θραύσεως, π.χ. κατά Vesic σε ομοιογενή εδάφη πλησιάζει περισσότερο προς τη μορφή διεισδύσεως παρά της γενικής θραύσεως.

(γ) Τρόπου κατασκευής του πασσάλου (εκσκαφής ή εκτοπίσεως) που επηρεάζει την φέρουσα ικανότητα.

Στις μεθόδους που βασίζονται σε στατικούς τύπους ο πάσσαλος θεωρείται ότι έχει άπειρο μήκος, με πλάτος B. Το έδαφος θεωρείται πλήρως πλαστικό υλικό που "υπακούει" στο κριτήριο Mohr-Coulomb. Επιλέγεται "μηχανισμός θραύσεως", της εδαφικής μάζας που βρίσκεται σε πλαστική ισορροπία, χωρίς ασυνέχειες στις επιφάνειες ολισθήσεως (π.χ. Meyerhof), ενώ η διατμητική αντοχή θεωρείται ότι ενεργοποιείται πλήρως, κατά τη στιγμή της οριακής ισορροπίας.

Η "διόρθωση" των αποτελεσμάτων γίνεται με κατάλληλους ημιεμπειρικούς συντελεστές, "συντελεστές μορφής" (π.χ. Terzaghi, Meyerhof), ανάλογα προς τη

μορφή του πασσάλου. Έτσι ο υπολογισμός του οριακού φορτίου γίνεται με την εξέταση της ισορροπίας των εξωτερικών και εσωτερικών δυνάμεων όπου: εξωτερικές δυνάμεις είναι το φορτίο και το βάρος του πασσάλου, ενώ οι εσωτερικές δυνάμεις υπολογίζονται με την ολοκλήρωση των διατμητικών τάσεων που αναπτύσσονται στις επιφάνειες ολισθήσεως.

Οι διαφορές στις μεθόδους υπολογισμού της φέρουσα ικανότητας της αιχμής μεταξύ αβαθών και βαθιών θεμελιώσεων οφείλονται κυρίως: σε άλλη γεωμετρία του μηχανισμού θραύσεως (π.χ. Meyerhof) και στο γεγονός ότι επιδιώκεται λύση στατικά και κινηματικά αποδεκτή.

Άρα οι γνωστές λύσεις έχουν:

1. Προσεγγιστικό χαρακτήρα (όπως και για τα πέδιλα).
2. Δεν εξετάζουν την επίδραση του ρυθμού φορτίσεως.
3. Δεν εξετάζουν την επίδραση της συμπίεστικότητας του εδάφους.

4.3.2 Θεωρία Terzaghi.

Είναι θεωρία σταθερών συντελεστών φέρουσας ικανότητας. Χρησιμοποιεί για τους πασσάλους την αυτή μορφή μηχανισμού θραύσεως (μορφή γενικής θραύσεως) όπως και στην περίπτωση των αβαθών θεμελιώσεων (σχήμα 4.2).

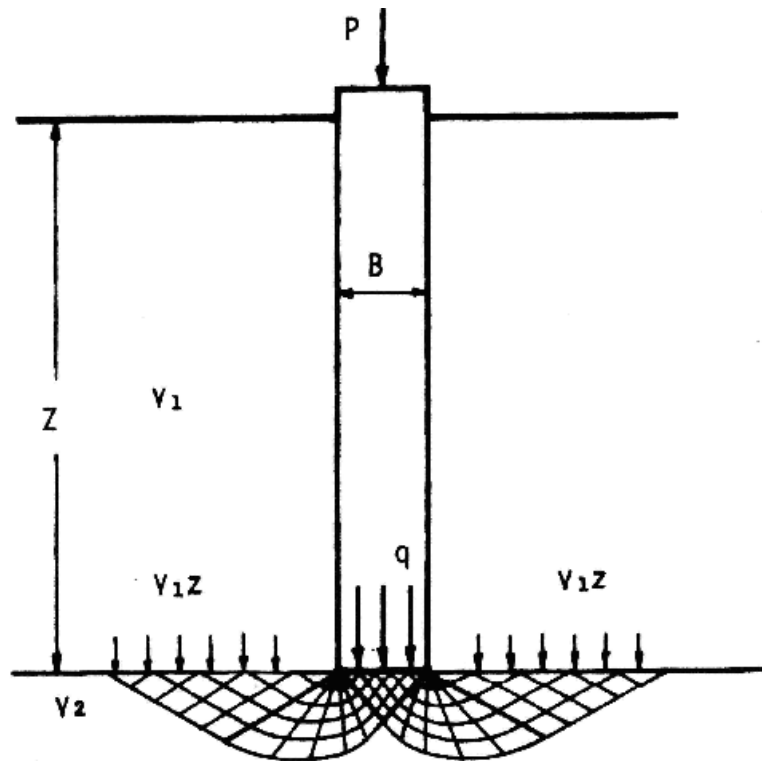
Έτσι, κατά Terzaghi:

(α) Η επιφάνεια "ολισθήσεως" είναι σύνθετη και αποτελείται από ευθύγραμμα και ακτινικά τμήματα.

(β) Το έδαφος θεωρείται σαν ιδεατά πλαστικό υλικό και "υπακούει" στο νόμο Mohr-Coulomb.

(γ) Η βάση του πασσάλου θεωρείται "τραχεία" με αποτέλεσμα η "σφήνα" κατά το μηχανισμό θραύσεως, να θεωρείται μέρος του πασσάλου.

(δ) Το τμήμα του εδάφους πάνω από τη βάση του πασσάλου λαμβάνεται υπόψη μόνο σαν επιφόρτιση. Δηλαδή αγνοείται η συνεισφορά του εδάφους πάνω από τη βάση στη διαμόρφωση των γραμμών ολισθήσεως.



Σχήμα 4.2: Μηχανισμός θραύσεως κατά Terzaghi.

Ο Terzaghi θεωρεί μία θεμελίωση ως "βαθιά" εάν $D_f > B$ (μικρότερα πλευρά θεμελίου). Σημειώνεται ότι ο ορισμός αυτός θα πρέπει να θεωρηθεί ως εντελώς αυθαίρετος. Γενικά ο ορισμός μιας θεμελιώσεως ως βαθιάς ή αβαθούς είναι σχετικός και εξαρτάται κυρίως από:

- Τη μορφή της επιφανείας θραύσεως που θα αναπτυχθεί.
- Την επιρροή των παραπλευρών τριβών στο θεμέλιο.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η φέρουσα ικανότητα της αιχμής ενός πασσάλου, ανά μονάδα επιφανείας, δίδεται κατά Terzaghi :

- Για κυκλικής διατομής, διαμέτρου B , πασσάλους: $q_u = 1,3cN_c + \gamma_1 z N_q + 0,3Y_2 B N_\gamma$

- Για τετραγωνικής διατομής, πασσάλους πλευράς B : $q_u = 1,3cN_c + \gamma_1 z N_q + 0,4Y_2 B N_\gamma$

όπου N_c, N_q, N_γ συντελεστές φέρουσας ικανότητας εξαρτώμενοι από την γωνία τριβής του εδάφους. Είναι προφανές ότι ο τρίτος όρος του τριωνύμου της φέρουσας ικανότητας ο όρος που αναφέρεται στο πλάτος του πασσάλου, είναι πρακτικά αμελητέος.

4.3.3 Θεωρία κατά Meyerhof.

Είναι γενική θεωρία θραύσεως που βρίσκει εφαρμογή τόσο σε αβαθείς όσο και σε βαθιές θεμελιώσεις. Η ανάπτυξη του μηχανισμού θραύσεως κατά Meyerhof, σχήμα 4.3, βασίζεται μεν σε ανάλογες αρχές με τη θεωρία Terzaghi, αλλά διαφοροποιείται διότι:

(α) θεωρεί ότι η επιφάνεια του μηχανισμού ολισθήσεως δεν σταματά στο επίπεδο της βάσεως του θεμελίου, αλλά επεκτείνεται και άνωθεν.

(β) Έχει διαφορετική γεωμετρία η "σφήνα" του εδάφους, κάτω από τη βάση του θεμελίου (πασσάλου).

(γ) Λαμβάνει υπόψη της τη συνεισφορά της διατμητικής αντοχής του εδάφους και άνωθεν του επιπέδου της βάσεως.

(δ) Έχει ιδιαίτερη σημασία εάν η επιφάνεια του θεμελίου (π.χ. του πασσάλου) είναι λεία ή τραχεία, διότι στην ανάπτυξη της οριακής αντιστάσεως συμμετέχει εκτός από τη βάση και η παράπλευρος επιφάνεια του θεμελίου.

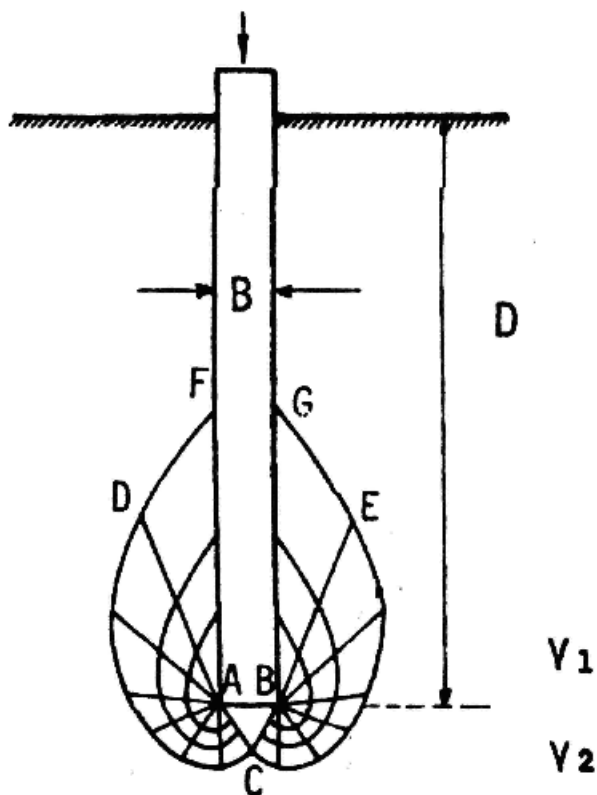
Ο Meyerhof εκφράζει την αντοχή αιχμής του πασσάλου ανά μονάδα επιφανείας με τη γνωστή γενική σχέση:

$$q_u = cN_c + k_s v_1 DN_q + v_2 B/2 N_\gamma$$

όπου: k_s = συντελεστής ωθήσεως των γαιών επί της παραπλεύρου επιφανείας του πασσάλου, εντός της περιοχής του μηχανισμού θραύσεως. Ο συντελεστής ωθήσεως λαμβάνει τιμές από 0.5 για την περίπτωση χαλαρού εδάφους έως 1 για την περίπτωση εδάφους πυκνής διαστρώσεως.

N_c, N_q και N_γ = συντελεστές φέρουσας ικανότητας, εξαρτώμενοι όχι μόνο από τη γωνία τριβής ϕ , αλλά και από το λόγο D/B καθώς και τη μεθοδολογία κατασκευής του πασσάλου.

Στην πράξη κατά την εφαρμογή του τύπου του Meyerhof για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας αιχμής του πασσάλου και πάλι ο όρος του πλάτους μπορεί να αγνοηθεί ως ουσιαστικά αμελητέος.



Σχήμα 4.3 : Μηχανισμός θραύσεως κατά Meyerhof.

Ο Meyerhof (1976) με διαγράμματα δίνει συντελεστές φέρουσας ικανότητας για την περιπτώσεις εμπηγνυομένων πασσάλων (κυκλικών ή τετραγωνικών). Οι συντελεστές αυτοί προέκυψαν από ημιεμπειρικές συσχετίσεις και συνδέονται με τη γωνία τριβής του εδάφους ϕ (προ της εμπήξεως) καθώς και με το λόγο D/B (D βάθος εμπήξεως και B διάμετρος του πασσάλου). Από τα διαγράμματα αυτά γίνεται επίσης δυνατή και η εκτίμηση του "κρίσιμου βάθους", D_c , βάθους πέραν του οποίου δεν αυξάνεται η φέρουσα ικανότητα με την αύξηση του βάθους.

Η ύπαρξη του "κρίσιμου βάθους" είναι μία πειραματική διαπίστωση τα τελευταία χρόνια. Έχει διαπιστωθεί δηλαδή στην πράξη, ότι η φέρουσα ικανότητα της αιχμής του πασσάλου, πέραν ενός ορισμένου βάθους (D_c), δεν αυξάνεται με το βάθος σύμφωνα με τις γνωστές θεωρίες της φέρουσας ικανότητας αλλά παραμένει σταθερή. Η διαπίστωση αυτή, ισχύει και για τις πλευρικές τριβές. Από πολλούς ερευνητές έχει διαπιστωθεί για το κρίσιμο βάθος, και είναι πλέον γενικώς αποδεκτό το γεγονός ότι στα μη συνεκτικά εδάφη οι στατικοί τύποι προσδιορισμού της φερούσης ικανότητας των πασσάλων δεν ικανοποιούν τις διαπιστώσεις της πράξεως (Αναγνωστόπουλος, 1988). Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην ύπαρξη "κρίσιμου βάθους" (D_c) πέραν του οποίου η φέρουσα ικανότης των πασσάλων (αιχμής και λόγω πλευρικών τριβών) δεν αυξάνεται με το βάθος.

Ο μηχανισμός που επεξηγεί την ανωτέρω διαπίστωση δεν έχει διαπιστωθεί πλήρως. Όλοι όμως οι ερευνητές συμφωνούν στο γεγονός ότι στην περίπτωση άμμου σε πυκνή διάστρωση, υφίσταται "κρίσιμος λόγος" D_c/B , (όπου B η διάμετρος του πασσάλου), ο οποίος οπωσδήποτε είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο για την αυτή άμμο σε χαλαρή διάστρωση και για τον αυτό τύπο πασσάλου.

Για τις συνήθεις περιπτώσεις της πράξεως, είναι χρήσιμες οι κατωτέρω διαπιστώσεις:

α) Για πυκνής διαστρώσεως άμμους $D_c/B \approx 15-20$.

β) Για χαλαρής διαστρώσεως άμμους $D_c/B \approx 6-8$.

γ) Ο κρίσιμος λόγος D_c/B θεωρείται ανεξάρτητος του τρόπου κατασκευής του πασσάλου.

δ) Ο κρίσιμος λόγος D_c/B είναι πρακτικά ο αυτός για την αντοχή αιχμής και την αντοχή λόγω πλευρικών τάσεων.

Σημειώνεται ότι ήδη σύγχρονοι κανονισμοί (π.χ. Αυστραλίας, DIN κ.ά.) αναφέρονται σε συγκεκριμένες προτάσεις για το κρίσιμο βάθος, για την περίπτωση μη συνεκτικών εδαφών. Για τις αργίλους ελάχιστα αντίστοιχα στοιχεία αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

4.3.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων των θεωριών Terzaghi-Meyerhof.

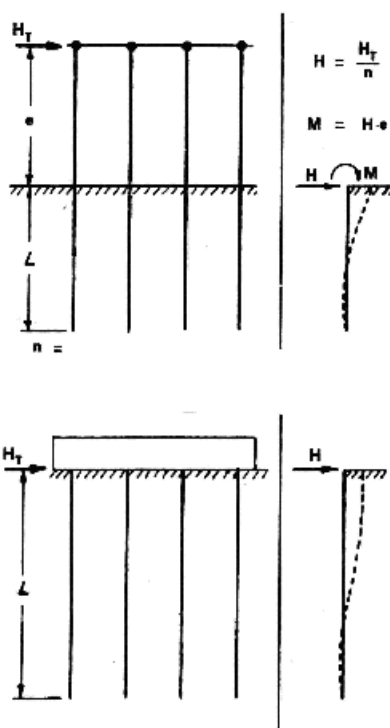
Ο Terzaghi για ένα έδαφος δίνει τιμές φέρουσας ικανότητας που βρίσκονται στην πλευρά της ασφαλείας. Η ανάλυση του Meyerhof παρόλο που βασίζεται σε μία πιο γενικευμένη λύση, πολλές φορές, και κυρίως για πυκνές άμμους, υπερεκτιμά την φέρουσα ικανότητα της αιχμής. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι ο μηχανισμός θραύσεως κατά Meyerhof είναι το άνω όριο ενός κινηματικά αποδεκτού μηχανισμού θραύσεως του εδάφους, πέριξ της αιχμής του πασσάλου.

Γενικά μπορεί απλά να λεχθεί ότι οι διαφορές τους οφείλονται κυρίως στην επιλογή διαφορετικής γεωμετρίας μηχανισμού θραύσεως. Πάντως και οι δύο μέθοδοι, λόγω των πολλών αβεβαιοτήτων κατά την εφαρμογή των, θεωρούνται ως προσεγγιστικού χαρακτήρα και είναι κατάλληλες για μία αρχική διαστασιολόγηση των πασσάλων.

4.4 Πλευρική φόρτιση μεμονωμένου πασσάλου.

4.4.1 Οριακό πλευρικό φορτίο.

Το οριακό πλευρικό φορτίο που μπορεί να δεχθεί ένας πάσσαλος εξαρτάται τόσο από την αντοχή του εδάφους όσο και από την αντοχή του υλικού του πασσάλου. Στους πασσάλους μικρού μήκους το φορτίο αυτό καθορίζεται από την αστοχία του εδάφους ενώ στους πασσάλους μεγάλου μήκους από την αστοχία του υλικού του πασσάλου. Πρέπει να επισημανθεί ότι πολύ σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά του πασσάλου παίζουν οι συνθήκες πάκτωσης της κεφαλής του. Οι δύο ακραίες συνθήκες πάκτωσης, είναι η "ελεύθερη κεφαλή" η οποία μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα και η "άκαμπτη κεφαλή" η οποία είναι πλήρως άστρεπτη.

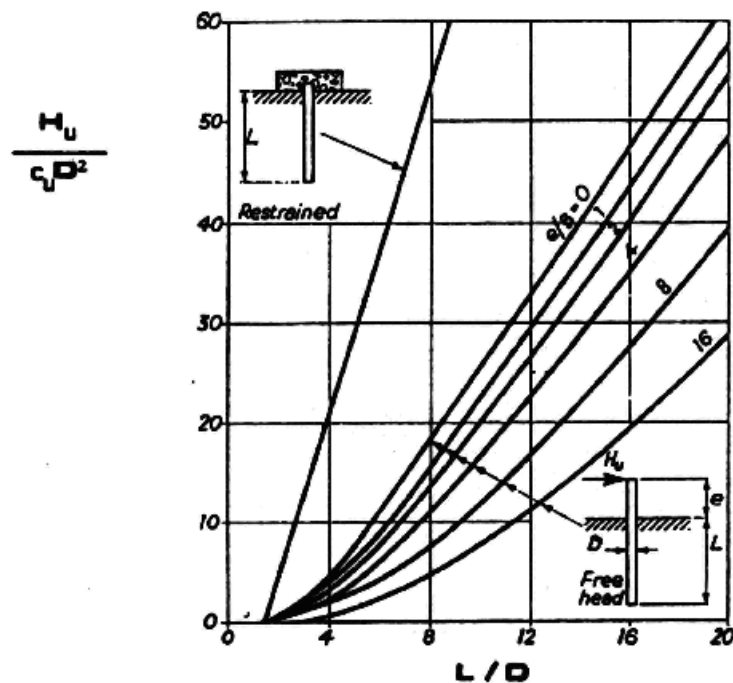
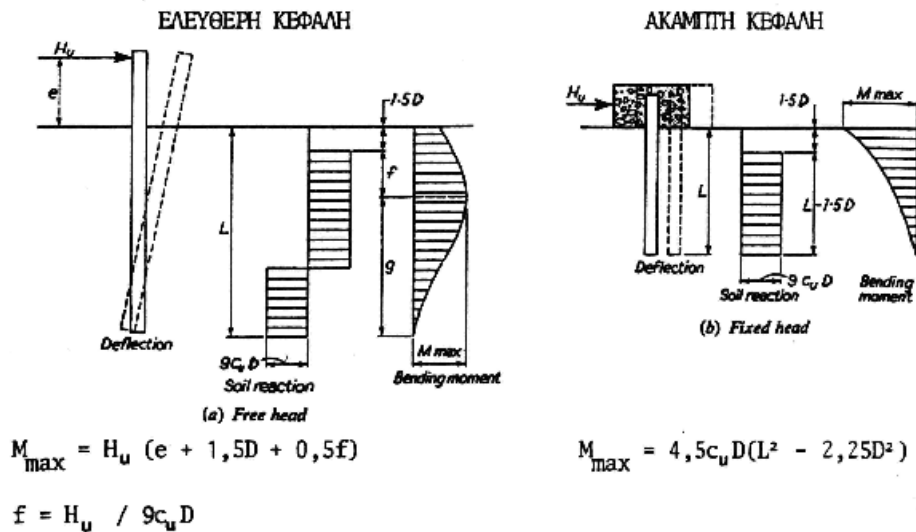


Σχήμα 4.4 : Ομάδες πασσάλων (α) ελεύθερη κεφαλή και (β) άστρεπτη κεφαλή.

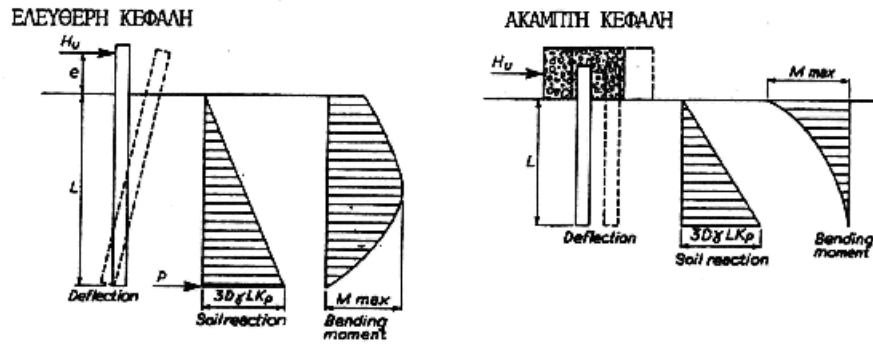
4.4.2 Αστοχία του εδάφους.

Προκειμένου να προσδιοριστεί το οριακό πλευρικό φορτίο για την περίπτωση αστοχίας του εδάφους, ο πάσσαλος θεωρείται άκαμπτος και η κατανομή της αντίδρασης του εδάφους κατά μήκος του πασσάλου στην κατάσταση οριακής ισορροπίας θεωρείται ότι έχει τη μορφή που φαίνεται στα σχήματα 4.5 και 4.6 για

συνεκτικό και μη συνεκτικό έδαφος αντίστοιχα. Από τις εξισώσεις στατικής ισορροπίας του πασσάλου προκύπτουν το οριακό πλευρικό φορτίο (H_u) και η μέγιστη ροπή (M_{max}) η οποία αντιστοιχεί στο φορτίο αυτό. Στα σχήματα 4.5 και 4.6 δίνονται επίσης αδιάστατα νομογραφήματα από τα οποία μπορεί να προσδιορισθεί άμεσα το H_u ως συνάρτηση των διαστάσεων του πασσάλου και των χαρακτηριστικών του εδάφους.



Σχήμα 4.5: Προσδιορισμός του οριζόντιου φορτίου αστοχίας H_u και της μέγιστης αναπτυσσόμενης καμπτικής ροπής M_{max} πασσάλων μικρού μήκους σε συνεκτικό έδαφος.



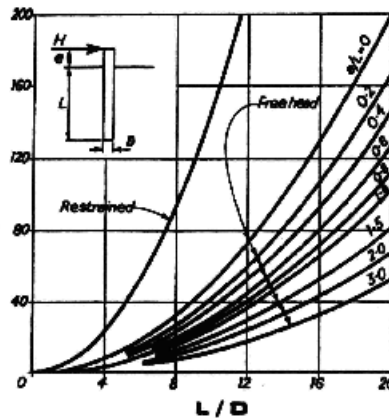
$$M_{\max} = H_u \left(e + \frac{2}{3}f \right)$$

$$M_{\max} = D\gamma L^3 K_p$$

$$f = \sqrt{\frac{H_u}{1,5D\gamma K_p}}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin\alpha}{1 - \sin\alpha}$$

$$\frac{H_u}{K_p D^3 \gamma}$$

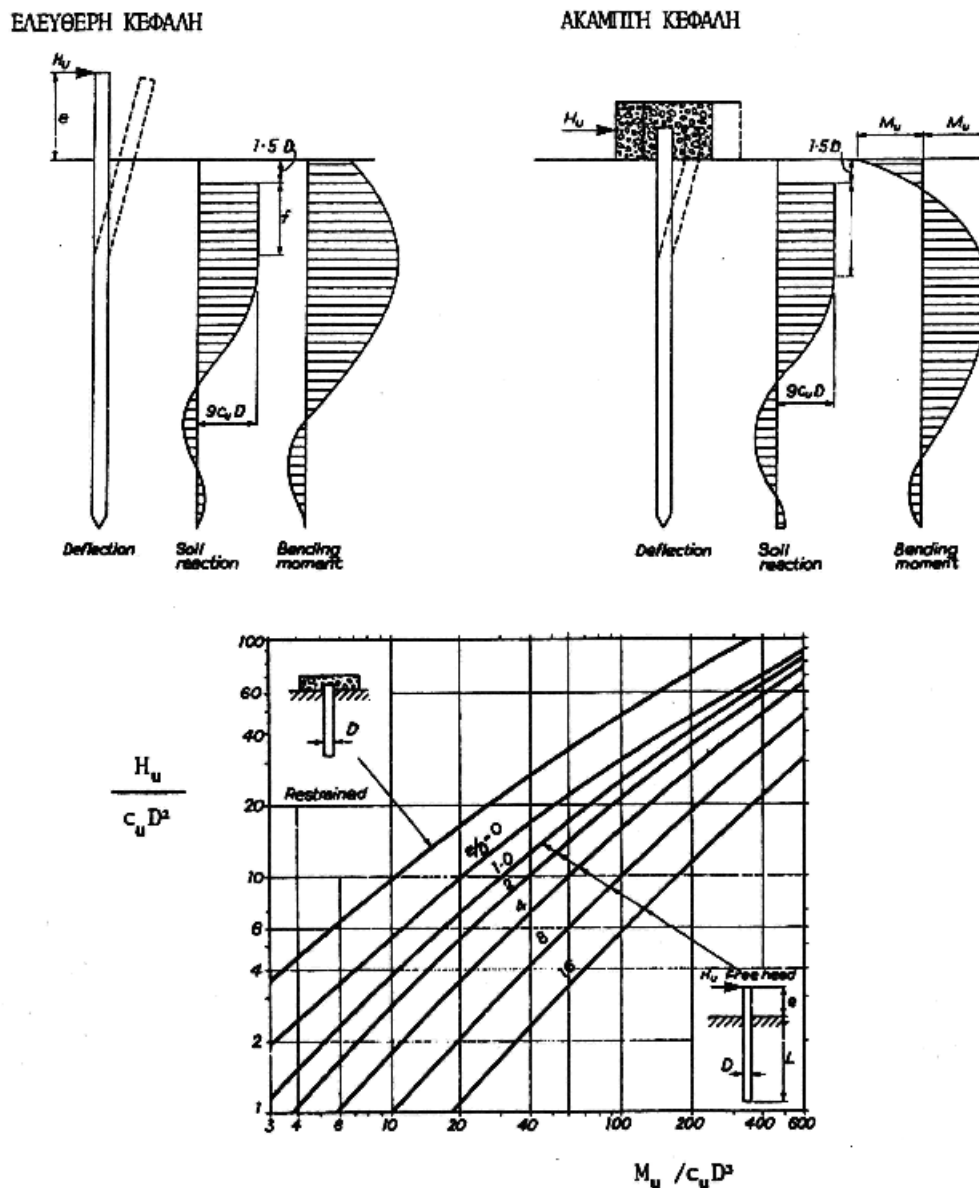


Σχήμα 4.6: Προσδιορισμός του οριζόντιου φορτίου αστοχίας H_u και της μέγιστης αναπτυσσόμενης καμπτικής ροπής M_{\max} πασσάλων μικρού μήκους σε μη συνεκτικό έδαφος.

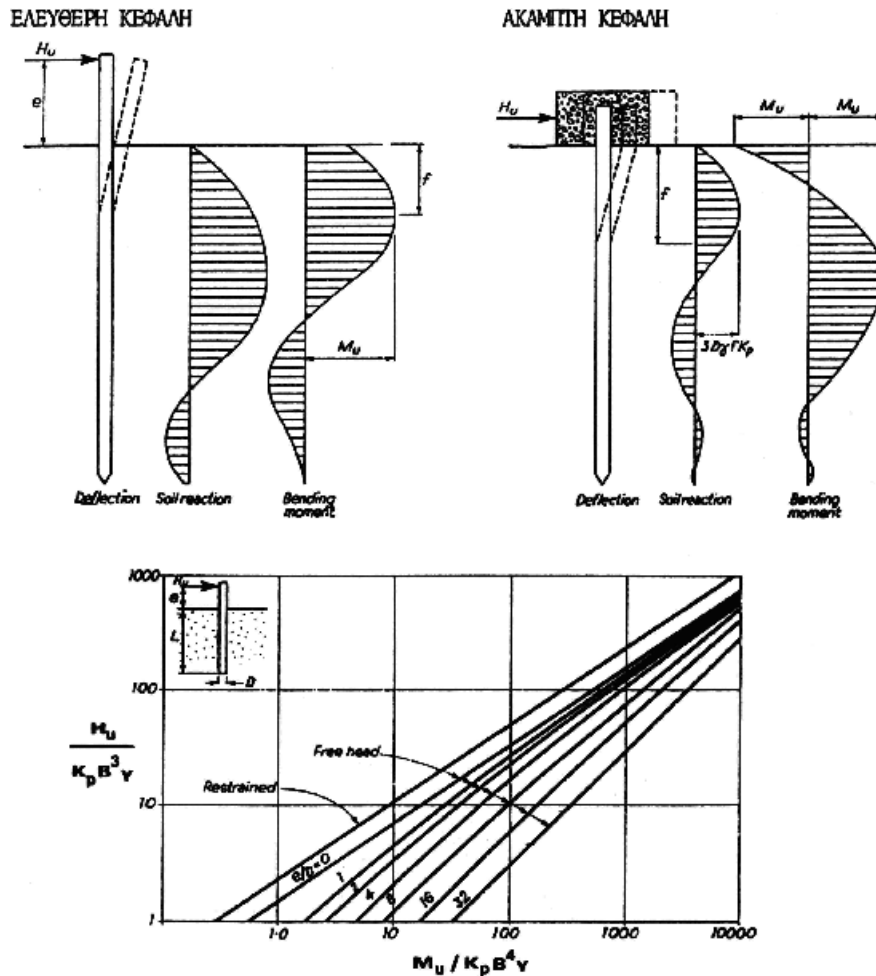
Επίσης δίνονται οι σχέσεις με τις οποίες μπορεί να προσδιορισθεί η μέγιστη ροπή M_{\max} η οποία αναπτύσσεται στον πάσσαλο. Είναι προφανές ότι εάν η M_{\max} είναι μεγαλύτερη από τη ροπή αστοχίας της διατομής του πασσάλου (M_u) το οριακό πλευρικό φορτίο του πασσάλου δεν καθορίζεται από την αστοχία του εδάφους, αλλά από την αστοχία του υλικού. Στην περίπτωση των πασσάλων μεγάλου μήκους η αστοχία οφείλεται στις καμπτικές ροπές που αναπτύσσονται στον πάσσαλο. Με βάση μία υποτιθέμενη προσεγγιστική κατανομή των αντιδράσεων του εδάφους και των καμπτικών ροπών που αναπτύσσονται κατά μήκος του πασσάλου στην κατάσταση οριακής ισορροπίας, προσδιορίζεται το οριακό φορτίο H_u που μπορεί να δεχθεί ο πάσσαλος. Νομογραφήματα για τον προσδιορισμό του H_u ως συνάρτηση

της ροπής αστοχίας (M_u) της διατομής του πασσάλου δίδονται στα σχήματα 4.7 και 4.8 για συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη αντίστοιχα.

Πρέπει να επισημανθεί, ότι τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου υπολογισμού του οριακού φορτίου που μπορούν να παραλάβουν πάσσαλοι μεγάλου μήκους, είναι πολύ προσεγγιστικά καθώς δεν λαμβάνεται υπόψη η ακαμψία του εδάφους. Γι' αυτό δεν ενδείκνυται η χρήση της στο στάδιο της οριστικής μελέτης.



Σχήμα 4.7: Προσδιορισμός του οριζόντιου φορτίου αστοχίας H_u πασσάλων μεγάλου μήκους σε συνεκτικό έδαφος.



Σχήμα 4.8: Προσδιορισμός του οριζόντιου φορτίου αστοχίας H_u πασσάλων μεγάλου μήκους σε μη συνεκτικό έδαφος.

4.4.3 Ανάλυση της πλευρικής συμπεριφοράς πασσάλου.

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι ανάλυσης της πλευρικής συμπεριφοράς ενός μεμονωμένου πασσάλου, δηλαδή του προσδιορισμού των μετακινήσεων και της εντατικής κατάστασης κατά μήκος του πασσάλου, είναι:

- (α) η μέθοδος αντίδρασης του εδάφους η οποία συνήθως ονομάζεται μέθοδος "p-y", και
- (β) η μέθοδος του ελαστικού ημιχώρου.

(α) Μέθοδος αντίδρασης του εδάφους "p-y".

Στη μέθοδο αυτή ο πάσσαλος θεωρείται ως μία ελαστική δοκός η οποία εδράζεται σε οριζόντια ελατήρια Winkler τα οποία όμως συμπεριφέρονται μη γραμμικά. Η σχέση "φορτίου - μετακίνησης" αυτών των ελατηρίων, η οποία έχει καθιερωθεί να ονομάζεται καμπύλη "p-y", εξαρτάται από τις εδαφικές ιδιότητες, το βάθος στο οποίο αντιστοιχεί το ελατήριο, τη διάμετρο του πασσάλου και το είδος της φόρτισης. Η συμπεριφορά του πασσάλου περιγράφεται από μια διαφορική εξίσωση της ελαστικής δοκού.

Η επίλυση της εξίσωσης γίνεται συνήθως με τη βοήθεια αριθμητικών μεθόδων ώστε να μπορεί να λαμβάνεται υπόψη η μη γραμμικότητα των ελατηρίων καθώς επίσης και η μεταβολή της ακαμψίας των ελατηρίων με το βάθος. Είναι προφανές ότι λόγω της μη γραμμικότητας του μοντέλου, η μέθοδος "p-y" δίνει την πλήρη μη γραμμική σχέση φορτίου-μετατόπισης για την κεφαλή του πασσάλου και κατά συνέπεια παρέχει και το οριακό πλευρικό φορτίο H_u , είτε αυτό οφείλεται σε αστοχία του εδάφους, είτε σε αστοχία της διατομής του πασσάλου.

(β) Μέθοδος ελαστικού ημιχώρου

Στη μέθοδο αυτή θεωρείται ότι ο πάσσαλος είναι μία ελαστική δοκός και ότι η συμπεριφορά του εδάφους είναι γραμμική. Η ανάλυση είναι παρόμοια με εκείνη που αφορά την αξονική φόρτιση πασσάλων σε ελαστικό έδαφος και εξισώνει τις μετακινήσεις πασσάλου και εδάφους. Από μία σειρά παραμετρικών αναλύσεων προέκυψαν αδιάστατοι συντελεστές οι οποίοι δίδονται υπό μορφή νομογραφημάτων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της μετακίνησης και της εντατικής κατάστασης του πασσάλου. Λύσεις υπάρχουν τόσο για την περίπτωση που το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους, E_s , μπορεί να θεωρηθεί σταθερό με το βάθος όσο και για τις περιπτώσεις που το E_s , αυξάνει γραμμικά με το βάθος, όπως συμβαίνει στα αμμώδη εδάφη και στις κανονικά στερεοποιημένες αργίλους.



Κεφάλαιο 5

Φορτίσεις ομάδας πασσάλων

5.1 Οριζόντιες φορτίσεις σε ομάδες πασσάλων.

Για την ανάληψη των οριζοντίων φορτίων από ομάδα πασσάλων, έχει επικρατήσει πλέον η άποψη αναλήψεως των φορτίων με κατακόρυφους πασσάλους (Fleming et al 1985), παρά με διάταξη κεκλιμένων πασσάλων. Αυτό έχει γίνει περισσότερο εφικτό από τη στιγμή που έγινε δυνατή η κατασκευή πασσάλων μεγάλης διαμέτρου με επακόλουθο την αύξηση της ακαμψίας τους και την ως εκ τούτου δυνατότητα αναλήψεως μεγάλων οριζοντίων φορτίων και ροπών. Έτσι αποφεύγονται πολλά από τα προβλήματα των κεκλιμένων πασσάλων και κυρίως αυτό της καμπτικής τους επιπρόσθεσης, π.χ. από την τυχόν καθίζηση του περιβάλλοντος εδάφους των πασσάλων. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες μεθόδων για να εκτιμηθεί η επιρροή του αριθμού και της διατάξεως των πασσάλων, επί του συνολικού οριζοντίου φορτίου το οποίο μπορεί να αναλάβει μία ομάδα πασσάλων, όταν είναι γνωστό το μέγιστο δυνατό αναλαμβανόμενο φορτίο από μεμονωμένο πάσσαλο.

5.1.1. Απλοποιητικές μέθοδοι.

Οι απλοποιητικές μέθοδοι δέχονται ισοκατανομή του συνολικού οριζοντίου φορτίου στους πασσάλους της ομάδας. Για την εκτίμηση δε της συνολικής φερούσης ικανότητας ομάδος ομοίων πασσάλων φορτιζομένης οριζοντίως, βάσει της αντίστοιχης φερούσης ικανότητας μεμονωμένου πασσάλου, εφαρμόζεται "συντελεστής αποδόσεως", E_{fh} . Ο συντελεστής αυτός E_{fh} για οριζόντιες φορτίσεις λαμβάνεται κατά την κρίση του Μηχανικού. Σημειώνεται σχετικώς, ότι από περιορισμένο αριθμό μετρήσεων σε ομοιώματα ομάδος πασσάλων τόσον σε αμμώδη όσο και σε αργιλικά εδάφη» φαίνεται ότι ο συντελεστής E_{fh} λαμβάνει χαμηλότερες τιμές από τον αντίστοιχο συντελεστή αποδόσεως ομάδος φορτιζομένης κατακορύφως.

5.1.2 Μέθοδοι βάσει της θεωρίας της ελαστικότητας.

Έχουν διατυπωθεί γενικές μέθοδοι επιλύσεως ομάδος με τυχαία διάταξη πασσάλων, όχι απαραίτητως ομοίων μεταξύ τους, κατακόρυφων είτε λοξών, με βάση τη θεωρία της ελαστικότητας. Η επίλυση βασίζεται στην εκτίμηση της αλληλεπιδράσεως μεταξύ των γειτονικών πασσάλων, φορτιζόμενων υπό μέρους του συνολικού οριζοντίου φορτίου καταρχήν αγνώστου, που προσδιορίζεται όμως

αφενός μεν υπό τις συνθήκες γενικής ισορροπίας αφετέρου δε με τη συνθήκη του συμβιβαστού των παραμορφώσεων των κεφαλών των πασσάλων. Για ορισμένες απλές περιπτώσεις διατίθενται διαγράμματα για το συντελεστή αποδόσεως της ομάδος κατά Poulos και Davis, 1980.

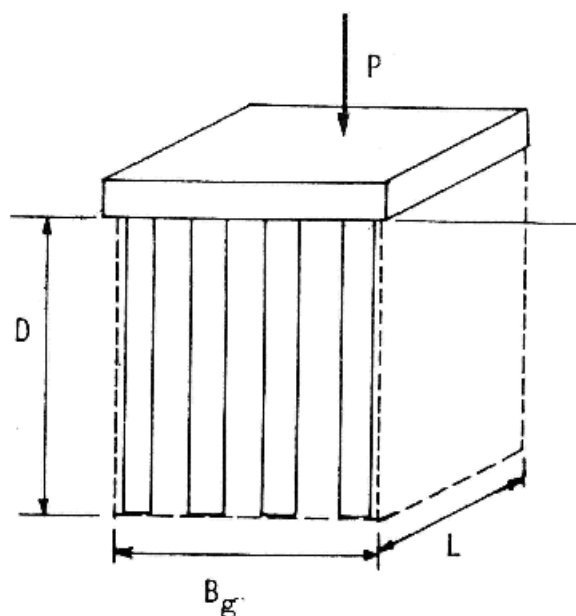
5.2 Κατακόρυφη φόρτιση σε ομάδα πασσάλων

5.2.1 Φέρουσα ικανότητα ομάδας πασσάλων σε συνεκτικό έδαφος.

Υφίστανται δύο βασικοί μηχανισμοί αστοχίας ομάδων πασσάλων σε αργιλικά εδάφη:

- α)** θραύση τύπου βάρου, κατά την οποία το μεταξύ των πασσάλων έδαφος, κινείται προς τα κάτω μαζί με τους πασσάλους ως να αποτελούσαν ένα ιδεατό ενιαίο βάρου,
- β)** διείσδυση των πασσάλων, μεμονωμένα μέσα στο έδαφος.

Έτσι για αξονικές αποστάσεις των πασσάλων μικρότερες από $2B$, όπου B η διάμετρος τους, αναμένεται η ανάπτυξη μηχανισμού θραύσεως τύπου βάρου. Στην περίπτωση αυτή η φέρουσα ικανότητα της ομάδας (σχήμα 5.1) εκτιμάται σύμφωνα με σχετική πρόταση των Terzaghi-Peck .



Σχήμα 5.1: Γεωμετρικά στοιχεία μηχανισμού βάρου, όπου: B_g , L , D = πλάτος, μήκος και βάθος θεμελιώσεων του ιδεατού βάρου που περιβάλλει την ομάδα των πασσάλων.

Σημειώνεται ότι εάν κατά τον ανωτέρω υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας της ομάδας ως βάθρου, προσδιορισθεί φορτίο θραύσεως μεγαλύτερο από αυτό που προκύπτει από το άθροισμα της φέρουσας ικανότητας των πασσάλων της ομάδας ως μεμονωμένων, τότε το τελευταίο αποτελεί την φέρουσα ικανότητα της ομάδας. Όπως έχει παρατηρηθεί από την πράξη για αξονικές αποστάσεις πασσάλων $e > 3B$ δεν είναι πιθανή η δημιουργία μηχανισμού θραύσεως τύπου βάθρου. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να εκτιμηθεί η φέρουσα ικανότητα των μεμονωμένων πασσάλων της ομάδας και να συνεκτιμηθεί η αλληλεπίδραση τους (δηλαδή μείωση της φέρουσας ικανότητας) στην φέρουσα ικανότητα της ομάδας, σύμφωνα με την αρχή του συντελεστή αποδοτικότητας.

Όπως έχει ανεφέρθη η αποδοτικότητας (E_f) μιας ομάδας πασσάλων, αφορά κυρίως το οριακό φορτίο του πασσάλου λόγω πλευρικών τριβών Q_s , διότι όπως έχει παρατηρηθεί, η αντοχή αιχμής Q_b των πασσάλων μιας ομάδας δεν υφίσταται μείωση λόγω αλληλεπίδρασης μεταξύ τους. Την παρατήρηση αυτή για την αντοχή αιχμής των πασσάλων έχει διατυπώσει ο Vesic (1977) σε πασσάλους με αξονικές αποστάσεις $e > 2,5B$. Έτσι κατά τον υπολογισμό του οριακού φορτίου εδάφους της ομάδας ο συντελεστής αποδοτικότητας, E_f , θα εφαρμόζεται μόνο στην αντοχή λόγω πλευρικών τριβών.

Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η αποδοτικότητας δεν εξαρτάται μόνο από την αξονική απόσταση e , αλλά και από τον αριθμό των πασσάλων στην ομάδα καθώς και από το εάν ο κεφαλόδεσμος εδράζεται στο έδαφος ή εάν οι πάσσαλοι της ομάδας μπορούν να θεωρηθούν ως "ελεύθεροι". Από πειραματικά αποτελέσματα εργαστηριακών διατάξεων πασσάλων για την περίπτωση "ελευθέρων πασσάλων" ο De Melo (1969) παρατήρησε ότι μεγαλύτερες τιμές αποδοτικότητας προκύπτουν για:

- (α)** Πασσάλους με μικρότερο λόγο μήκους προς διάμετρο.
- (β)** Μεγαλύτερες αξονικές αποστάσεις μεταξύ των πασσάλων.
- (γ)** Μικρότερο αριθμό πασσάλων στην ομάδα.

Για τη συνήθη χρησιμοποιούμενη στην πράξη αξονική απόσταση μεταξύ πασσάλων τριβής, $e=3B$, τόσο από τις ανωτέρω διαπιστώσεις όσο και από παρατηρήσεις άλλων ερευνητών συνιστάται $E_f=0,7-0,8$, ενώ για $e>8B$ η αποδοτικότητας είναι περίπου 1.

Από αντίστοιχα αποτελέσματα εργαστηριακών διατάξεων ο Whitaker (1960), για την περίπτωση πασσάλων με κεφαλόδεσμο εδραζόμενο στο έδαφος, παρατήρησε ότι για μικρές αξονικές αποστάσεις έλαβε χώρα θραύση τύπου βάθρου ενώ για μεγαλύτερες αξονικές αποστάσεις η συσχέτιση της αποδοτικότητας με την αξονική απόσταση αποτελεί ουσιαστικά μια επέκταση της συσχέτισης αξονικών αποστάσεων αποδοτικότητας.

Επίσης και η κατανομή του φορτίου εκ της ανωδομής μεταξύ των πασσάλων ομάδας με άκαμπτο κεφαλόδεσμο διαφέρει από αυτή για την περίπτωση ομάδας "ελεύθερων πασσάλων". Έτσι π.χ. για ομάδα πασσάλων, με κεφαλόδεσμο, διατεταγμένη σε τετραγωνικό κάρναβο με $e=2-4B$, οι κεντρικοί πάσσαλοι παραλαμβάνουν μικρότερο φορτίο παρά οι περιμετρικοί (Whitaker, 1957).

Όπως προκύπτει από τα προαναφερθέντα, η συμπεριφορά, η αποδοτικότητα καθώς και η κατανομή του φορτίου μεταξύ των πασσάλων, για την περίπτωση συνεκτικού εδάφους, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί, θα πρέπει να ληφθεί, ότι περισσότερο ποιοτικά παρά ποσοτικά λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάλυση στην καθημερινή πράξη, με τη σημερινή γνώση στο θέμα.

Τέλος κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν οι συστάσεις του Αγγλικού Κανονισμού θεμελιώσεων, CP8004, για την πράξη οι οποίες αφορούν τις αξονικές αποστάσεις, e , μεταξύ των πασσάλων μιας ομάδας. Για πασσάλους τριβής συνιστώνται αποστάσεις e μεγαλύτερες από την περίμετρο του πασσάλου, ενώ για πασσάλους αιχμής συνιστάται $e>2B$.

5.2.2 Φέρουσα ικανότητα ομάδας πασσάλων σε μη συνεκτικό έδαφος.

Οι γενικές αρχές υπολογισμού της φερούσης ικανότητας ομάδας πασσάλων σε άμμο είναι ανάλογες τόσο με αυτές για τον υπολογισμό του αντίστοιχου Φορτίου για την περίπτωση πασσάλου σε άμμο όσο και με αυτές για ομάδα πασσάλων σε άργιλο. Ειδικότερο όμως για τις άμμους η μέθοδος που ακολουθείται για την κατασκευή των πασσάλων εντός του εδάφους, επηρεάζει σημαντικά την πυκνότητα και κατά συνέπεια την αντοχή του περιβάλλοντος τους πασσάλους εδάφους.

Έτσι σε άμμους με χαλαρή έως μέση πυκνότητα η έμπηξη μιας ομάδας πασσάλων έχει ως επακόλουθο την αύξηση της διατμητικής αντοχής του εδαφικού υλικού τόσο μεταξύ των πασσάλων όσο και στην περιοχή που τους περιβάλλει. Συνέπεια του ανωτέρου φαινομένου είναι η αύξηση της αποδοτικότητας της ομάδας πέραν της μονάδας. Αντίθετα σε άμμο πυκνής διαστρώσεως η κατασκευή των πασσάλων μπορεί να προκαλέσει χαλάρωση της διαστρώσεως με συνέπεια η αποδοτικότητα της ομάδας να λαμβάνει τιμές μικρότερες από τη μονάδα.

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος υπολογισμού του οριακού φορτίου ομάδας πασσάλων σε άμμο, η οποία να μπορεί να λάβει υπόψη της τους διάφορους ανωτέρω παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την φέρουσα ικανότητα της ομάδας και ταυτόχρονα να έχει τη δυνατότητα συγκρίσεως της φερούσης ικανότητας της ομάδας με αυτή του μεμονωμένου πασσάλου, θα πρέπει να τονισθεί όμως ότι στην

περίπτωση θεμελιώσεως ομάδας πασσάλων σε άμμο, η καθίζηση της ομάδος αποτελεί το κρισιμότερο κριτήριο σχεδιασμού παρά το οριακό φορτίο. Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης τόσο η διάταξη των πασσάλων όσο και η σειρά κατά την οποία θα εμπευχθούν.

Εργαστηριακά πειράματα επί ομοιωμάτων ομάδας κατακόρυφων πασσάλων σε άμμο (Vesic, 1969) έδειξαν ότι θραύση τύπου βάρους συμβαίνει για περιπτώσεις μικρών αξονικών αποστάσεων, e , μεταξύ των πασσάλων, ενώ αντίθετα για μεγάλες τιμές της e , λαμβάνει χώρα διείσδυση των μεμονωμένων πασσάλων. Διαπιστώθηκε επίσης ότι η αύξηση της αποδοτικότητας των πασσάλων οφείλεται κυρίως στην αύξηση των πλευρικών τριβών, ενώ αντίθετα η αποδοτικότης για την αιχμή της ομάδας ήταν σχεδόν πάντα $E_f = 1$. Σύμφωνα και με παρατηρήσεις του Broms (1975) η αντοχή αιχμής των εμπευγνυομένων πασσάλων αυξάνει με την αύξηση του αριθμού τους στην ομάδα, σε σχέση με την αντοχή αιχμής του μεμονωμένου, λόγω της φαινόμενης αυξήσεως της πίεσεως εξ υπερκειμένων γαιών από την αλληλοτομή των βολβών πίεσεως των μεμονωμένων πασσάλων της ομάδας. Επίσης και η πλευρική τριβή αυξάνει με την αύξηση του αριθμού των πασσάλων, λόγω αυξήσεως των πλευρικών εδαφικών πιέσεων από τις εμπεύξεις.

Επίσης και η κατανομή των φορτίων μεταξύ των πασσάλων μιας ομάδας έχει διερευνηθεί τόσο με εργαστηριακά πειράματα, όσο και με μετρήσεις επί τόπου σε μεγάλης κλίμακας έργα. Είναι γενική διαπίστωση ότι στην περίπτωση των άμμων οι κεντρικοί πάσσαλοι αναλαμβάνουν μεγαλύτερα φορτία παρά οι περιμετρικοί.

Γενικά εφόσον η φέρουσα ικανότητα των πασσάλων της ομάδας ως μεμονωμένων εξασφαλίζει ικανοποιητικό συντελεστή ασφάλειας, δεν υφίσταται κίνδυνος θραύσεως τύπου βάρους. Επίσης παρά τις διάφορες παρατηρήσεις για την αύξηση των αντοχών (αιχμής και πλευρικών τριβών) στην πράξη δεν συνίσταται σε καμία περίπτωση να λαμβάνεται η αποδοτικότης μεγαλύτερη από τη μονάδα.

Όσον αφορά τις αξονικές αποστάσεις μεταξύ των πασσάλων μιας ομάδας σε άμμο, οι πλέον συνήθεις διατάξεις ακολουθούν τον κανόνα: εμπευγνυομένοι πάσσαλοι $e=2\sqrt{3}B$, πάσσαλοι δι' εκσκαφής $e \gg 0,75m$ ή $e > 2B$. Κατά τον Αγγλικό Κανονισμό CP8004 ως ελάχιστες αξονικές αποστάσεις μεταξύ των πασσάλων θα πρέπει να λαμβάνονται, για πασσάλους αιχμής $e=2B$ ενώ για πασσάλους που φέρουν το μεγαλύτερο φορτίο τους μέσω πλευρικών τριβών $e > 3B$. Ειδικότερα για πασσάλους εκσκαφής γενικά η αξονική απόσταση e δεν μπορεί να είναι μικρότερη από $0.75m$ ή $2B$.

5.3. Διάταξη των πασσάλων και κατανομή φορτίων στην ομάδα.

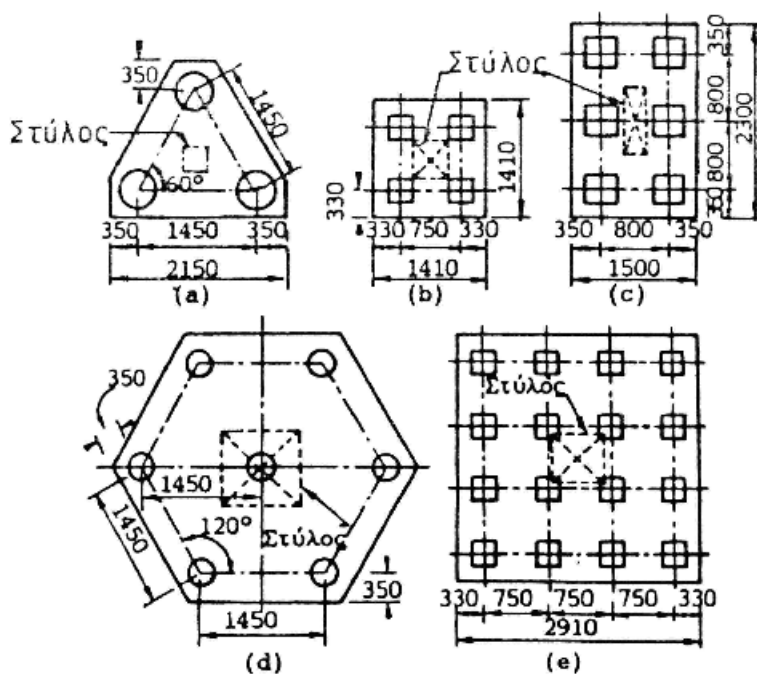
Οι διάφορες επιθυμητές αξονικές αποστάσεις μεταξύ των πασσάλων μιας ομάδας αναφέρθηκαν προηγουμένως. Γενικά σε μια διάταξη πασσάλων είναι επιθυμητό το κέντρο βάρους της ομάδας να συμπίπτει με τον άξονα του επιβαλλομένου φορτίου. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται μια πιθανή περιστροφή της ομάδας, ιδίως στις περιπτώσεις που εδράζεται σε συμπιεστό υπέδαφος. Στα σχήματα 5.2 και 5.3 δίδονται ενδεικτικές διατάξεις πασσάλων από τους Tomlinson και Teng.

Για την περίπτωση έκκεντρου κατακόρυφου φορτίου ή κατακόρυφου φορτίου με ροπή είναι δυνατή η εκτίμηση της κατανομής του φορτίου επί των πασσάλων για την περίπτωση της ομάδας με n όμοιους πασσάλους, με βάση τις ακόλουθες απλοποιητικές παραδοχές:

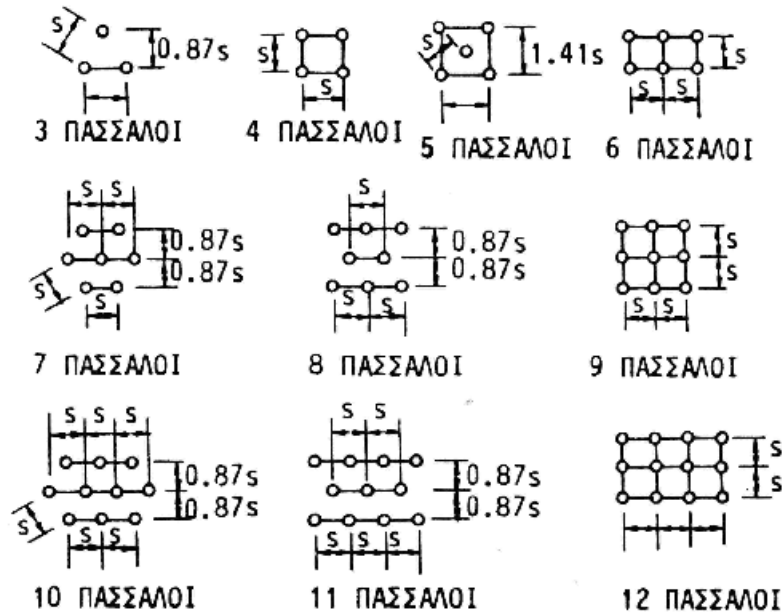
(α) ο κεφαλόδεσμος θεωρείται απολύτως άκαμπτος,

(β) θεωρείται εξασφαλισμένη η επιπεδότης του κεφαλόδεσμου κατά την περιστροφή του,

(γ) το πρόσθετο φορτίο λόγω εκκεντρότητας σε κάθε πάσσαλο, είναι ανάλογο της αποστάσεως του από τον κεντροβαρικό άξονα της ομάδας τον κάθετο επί το επίπεδο της ροπής.



Σχήμα 5.2: Τυπικές διατάξεις ομάδων πασσάλων κατά Tomlinson.



Σχήμα 5.3: Συνήθεις διατάξεις ομάδας πασσάλων κατά Teng.

Βεβαίως οι ανωτέρω απλοποιητικές παραδοχές, για την εκτίμηση των συνεπειών της εκκεντρότητας στην ομάδα, μπορούν να γίνουν δεκτές στην πράξη για τις περιπτώσεις που εξασφαλίζεται η ισχύς τους και για εκκεντρότητες που δεν θα προκαλούσαν εφελκυστικά φορτία στους πασσάλους. Το πρόβλημα όμως της εκκεντρότητας είναι αρκετά πολύπλοκο κι έχουν γίνει ορισμένες προσπάθειες κατανόησης των διαφόρων μηχανισμών και επιδράσεων με τη βοήθεια κυρίως εργαστηριακών πειραματικών διατάξεων πολύ μικρής κλίμακας πασσάλων. Έτσι ο Meyerhof (1963), από αποτελέσματα φορτίσεως πασσάλων με κεφαλόδεσμούς σε αργιλικά εδαφικά υλικά αναφέρει ότι η εκκεντρότης της φορτίσεως δεν επιδρά στην φέρουσα ικανότητα της ομάδος για εκκεντρότητες μέχρι το 50% της αξονικής αποστάσεως των πασσάλων της ομάδας. Ειδικότερα δε συνιστά να αγνοείται στις περιπτώσεις αυτές η αντοχή λόγω πλευρικών τριβών, και να εκτιμάται η φέρουσα ικανότητα των αιχμών με ανάλογο τρόπο όπως για την περίπτωση επιφανειακών θεμελιώσεων, με τη χρήση μιας ιδεατής (μειωμένης) ισοδύναμης επιφάνειας βάσεως της ομάδας.

Για την περίπτωση ομάδας πασσάλων σε άμμο ο Meyerhof (1965) αναφέρει ότι μικρές εκκεντρότητες δεν επηρεάζουν την φέρουσα ικανότητα της ομάδος. Για μεγάλες όμως εκκεντρότητες η φέρουσα ικανότητα μειώνεται ταχύτατα αναλογικά προς την ιδεατή ισοδύναμη επιφάνεια της βάσεως της ομάδος. Έτσι κατά τους ανωτέρω ερευνητές η ροπή λόγω εκκεντρότητας αναλαμβάνεται από την αντίστοιχη ροπή που αναπτύσσεται λόγω παθητικών ωθήσεων στην παράπλευρη επιφάνεια της

ομάδος για την περίπτωση μικρής σχετικά εκκεντρότητας. Για μεγαλύτερη εκκεντρότητα, δέχονται ότι η πρόσθετη ροπή, πέραν αυτής που μπορεί να αναληφθεί από πλευρικές παθητικές ωθήσεις, αναλαμβάνεται είτε από μία έκκεντρα φορτιζόμενη βάση εφόσον η ομάδα λειτουργεί ως βάθρο, είτε από μεμονωμένους πασσάλους.

Στην περίπτωση όμως ομάδας πασσάλων που εκτός από κατακόρυφο φορτίο και ροπή υφίσταται και οριζόντια συνιστώσα φορτίσεως είναι δυνατόν μερικοί από τους πασσάλους να τοποθετηθούν κεκλιμένοι. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η σημερινή τάση στην τεχνολογία των πασσάλων είναι να αναλαμβάνονται οι οριζόντιες δυνάμεις από κατακόρυφους πασσάλους. Σε περιπτώσεις όμως υπάρξεως μονίμων κεκλιμένων φορτίων είναι δυνατόν να προτιμηθεί η κατασκευή κεκλιμένων πασσάλων. Ένας από τους κυριότερους λόγους αποφυγής των κεκλιμένων πασσάλων είναι η τυχόν καμπτική επιπρόσθνησή τους όπως π.χ. στην περίπτωση που περιβάλλονται από μαλακό έδαφος που καθιζάνει.

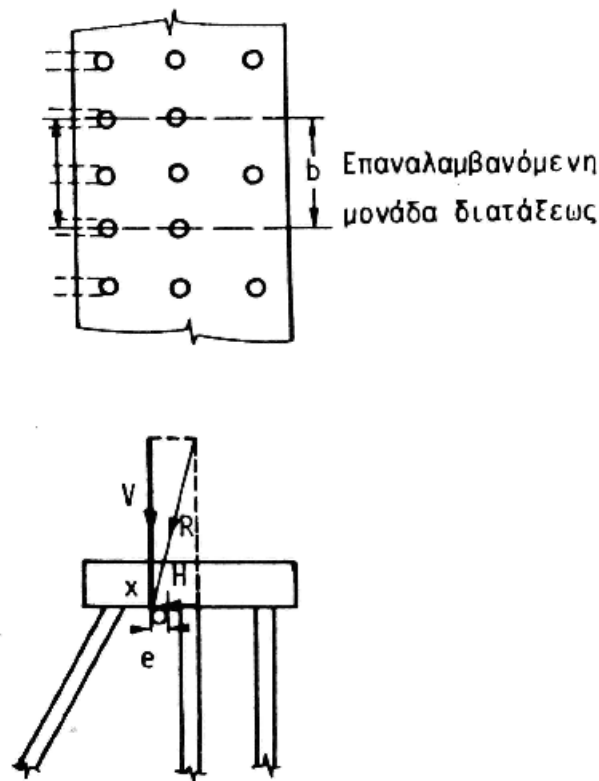
Ο υπολογισμός των φορτίων και ροπών που αναλαμβάνονται από την κεφαλή των διαφόρων πασσάλων είναι εξαιρετικά πολύπλοκο πρόβλημα, για το οποίο θα πρέπει να δεχθούμε ότι δεν υφίστανται ακόμη ακριβείς επιλύσεις. Προσεγγίσεις του προβλήματος σύμφωνα με τη μεθοδολογία της στατικής θεωρούν τον κεφαλόδεσμο άκαμπτα, τους πασσάλους ως μέλη χωρικού πλαισίου ενώ η αντίδραση του εδάφους στις αιχμές των πασσάλων υποκαθίσταται μέσω συστήματος δυνάμεων και ροπών. Είναι προφανές ότι οι ανωτέρω φορείς είναι αόριστοι και η επίλυση τους απαιτεί αριθμό απλοποιητικών παραδοχών.

Στις απλούστερες των περιπτώσεων οι πάσσαλοι θεωρούνται ως μέλη δικτυώματος, δηλαδή ράβδοι αρθρωτές στην κεφαλή τους αξονικά φορτιζόμενες και αρθρωτές ή πακτωμένες στις αιχμές τους. Στο σχήμα 5.4 δίδεται ένα απλό παράδειγμα θεμελιώσεως τοίχου αντιστηρίξεως επί πασσάλων. Η διεύθυνση της συνισταμένης των εξωτερικών δυνάμεων R θεωρείται γνωστή και ότι διέρχεται από τη βάση του κεφαλόδεσμου σε απόσταση x από το κέντρο βάρους των πασσάλων, O . Οι δυνάμεις V και H είναι οι συνιστώσες της συνισταμένης R κατά την κατακόρυφη και οριζόντια διεύθυνση αντίστοιχα.

Η επίδραση της V στη θέση x επί των κεφαλών των πασσάλων είναι ισοδύναμη με αυτή μιας κατακόρυφου δυνάμεως V στο O και ροπής $M=e V$. Έτσι σύμφωνα με την προηγούμενη μεθοδολογία είναι δυνατό να προσδιορίσουμε την κατακόρυφη συνιστώσα σε κάθε πάσσαλο ως ακολούθως: Η οριζόντια δύναμη θεωρείται ότι αναλαμβάνεται εξ ολοκλήρου από τους κεκλιμένους πασσάλους και ότι οι κατακόρυφοι πάσσαλοι δεν συνεισφέρουν καθόλου στην ανάληψη της. Δεδομένου ότι η κατακόρυφος συνιστώσα V είναι γνωστή καθώς και η διεύθυνση των

κεκλιμένων πασσάλων, η τιμή της οριζόντιας δύναμews η θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι η αναλαμβανόμενη από τους κεκλιμένους πασσάλους δύναμη είναι αξονική. Σημειώνεται ότι η ασφάλεια της θεμελίωσης απαιτεί οι οριζόντιες συνιστώσες των φορτίων των κεκλιμένων πασσάλων να είναι μεγαλύτερες ή το πολύ ίσες προς την Η.

Λοξά φορτία μεταβλητής διεύθυνσεως επί ορισμένου όμως επιπέδου αναλαμβάνονται από πασσάλους (κατακόρυφους και κεκλιμένους) διατεταγμένους κατά τρεις ομοεπίπεδες διευθύνσεις. Το πρόβλημα επιλύεται με ανάλογες ως προηγουμένως παραδοχές και τη βοήθεια γραφοστατικών μεθόδων.



Σχήμα 5.4: Διάταξη πασσάλων κάτω από τοίχο αντιστηρίξεως.



Κεφάλαιο 6

Καθιζήσεις μεμονωμένων πασσάλων

6.1 Γενικά.

Η εκτίμηση των καθιζήσεων στην περίπτωση των βαθιών θεμελίων βασίζεται σε διάφορες αρχές όπως και για την περίπτωση των επιφανειακών θεμελιώσεων. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές που προέρχονται τόσο από τον τρόπο διαταράξεως του εδάφους που περιβάλλει τον πάσσαλο, όσο και στο διαφορετικό τρόπο μεταδόσεως των φορτίων, από τον πάσσαλο στο έδαφος, σε σχέση με τα επιφανειακά πέδιλα. Ο ακριβής τρόπος μεταδόσεως των φορτίων από τον πάσσαλο στο έδαφος δεν είναι απόλυτα γνωστός καθώς επίσης και το μέγεθος της μεταβολής της εντατικής καταστάσεως του εδάφους μετά την "τοποθέτηση" ενός πασσάλου (πάσσαλοι εκσκαφής ή πάσσαλοι εμπήξεως).

Το πρόβλημα είναι ακόμη πιο πολύπλοκο στην περίπτωση ομάδας πασσάλων, όπου πλέον θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η αλληλεπίδραση τους. Οι εκτιμήσεις για την καθίζηση θα πρέπει να θεωρούνται ως προσεγγιστικές και κατά την εφαρμογή τους να λαμβάνονται υπόψη οι διάφοροι περιορισμοί τους. Η καθίζηση ενός πασσάλου μπορεί να υπολογισθεί με διάφορες μεθόδους οι οποίες ποικίλουν από απλές εμπειρικές σχέσεις βασισμένες σε δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων μέχρι σύνθετες αριθμητικές μεθόδους που λαμβάνουν υπόψη τη μη γραμμική συμπεριφορά του εδάφους. Οι σύγχρονες μέθοδοι υπολογισμού μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες :

- (α) Μέθοδοι ελαστικότητας, οι οποίες θεωρούν το έδαφος ως ελαστικό ημίχωρο.
- (β) Μέθοδοι ελατηριακής σταθεράς στις οποίες το έδαφος αντικαθίσταται από μία σειρά αξονικών ελατήριων κατανεμημένων κατά μήκος του πασσάλου.
- (γ) Μέθοδοι πεπερασμένων στοιχείων στις οποίες μπορεί να λαμβάνεται υπόψη η μη γραμμική σχέση τάσεων - παραμορφώσεων του εδάφους.

Εδώ θα ασχοληθούμε με τις δυο πρώτες μεθόδους υπολογισμού της εκτίμησης καθίζησης πασσάλου.

Αν αντιμετωπίζαμε το πρόβλημα υπολογισμού της καθιζήσεως μεμονωμένου πασσάλου από θεωρητική άποψη θα περιελάμβανε την εκτίμηση τριών συνιστωσών:

- 1) Της αξονικής βραχύνσεως του πασσάλου λόγω της φορτίσεως.
- 2) Της καθιζήσεως λόγω μεταδόσεως φορτίων στο έδαφος μέσω πλευρικών τριβών.
- 3) Της καθιζήσεως της βάσεως του πασσάλου, λόγω του φορτίου στην αιχμή του πασσάλου.

Η βράχυνση του πασσάλου μπορεί να εκτιμηθεί ανεξαρτήτως, από τη σχέση:

$$\Delta L = P / A E_p \times L$$

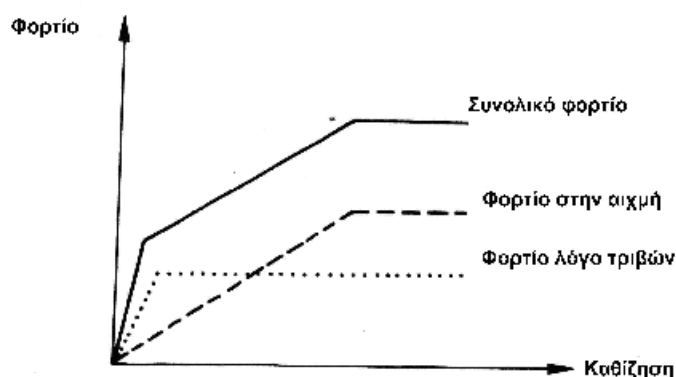
όπου: P =το φορτίο επί του πασσάλου

L,A,E_p=το μήκος,η διατομή και το μέτρο ελαστικότητας του πασσάλου αντίστοιχα.

Οι συνήθειες όμως μέθοδοι της πράξεως εκτιμούν συνολικά και τις τρεις ανωτέρω συνιστώσες τις καθιζήσεως ενός μεμονωμένου πασσάλου.

Τα μικρά αρχικά φορτία αναλαμβάνονται εξ ολοκλήρου από την πλευρική τριβή, η οποία για να ενεργοποιηθεί χρειάζεται μια μετακίνηση προς τα κάτω ολίγων χιλιοστών. Με την αύξηση της φορτίσεως, τα φορτία μεταδίδονται στο έδαφος μέσω της αιχμής.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζει με παραστατικό τρόπο τις αρχές για την εκτίμηση των καθιζήσεων ενός πασσάλου.



Σχήμα 6.1: Αρχές υπολογισμού των συνιστωσών της καθιζήσεως μεμονωμένου πασσάλου.

Η μεγαλύτερη αβεβαιότητα για κάθε μεθοδολογία που θα αναπτυχθεί παρακάτω, είναι η ορθή εκτίμηση των απαραίτητων παραμέτρων παραμορφωσιμότητας του εδάφους, π.χ. του μέτρου ελαστικότητας.

Οι τιμές του μέτρου ελαστικότητας, E_s, για τριαξονική εντατική κατάσταση και συνθήκες που να επιτρέπουν τη στράγγιση μπορεί να εκτιμηθεί είτε εργαστηριακά, είτε από ανάστροφες αναλύσεις δοκιμαστικών φορτίσεων πασσάλων. Η τελευταία αυτή μέθοδος θεωρείται ως πιο αξιόπιστη. Στα διαγράμματα του σχήματος προτείνονται τιμές E_s με βάση αποτελέσματα δοκιμαστικών φορτίσεων πασσάλων, σε αργιλικά εδάφη.

Τιμές του μέτρου ελαστικότητας υπό αστράγγιστες συνθήκες, E_u, προσδιορίζονται από εργαστηριακές δοκιμές τριαξονικής θλίψεως (UU ή CU).

Μπορούν να εκτιμηθούν επίσης από συσχετίσεις E_u/c_u ή εφόσον δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία από τιμές του σχήματος 6. 2 και τη βοήθεια της σχέσεως:

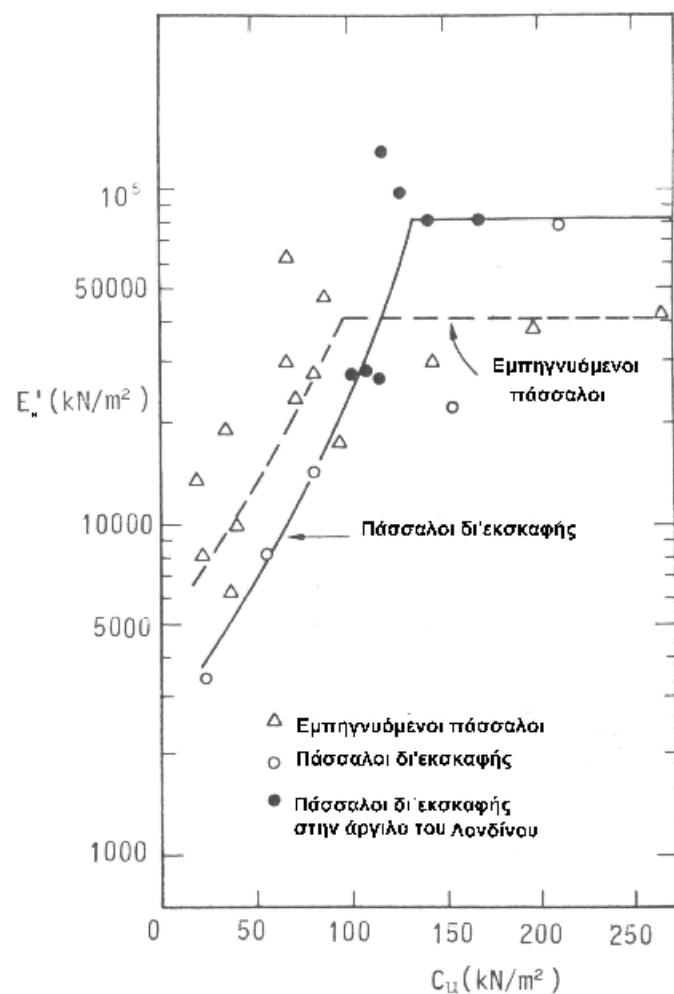
$$E_u = 3 E_s / 2(1 + \nu')$$

όπου $\nu' = \nu$ ο λόγος του Poisson υπό στραγγιζόμενες συνθήκες.

Στην περίπτωση κορεσμένων αργιλικών εδαφών το μέτρο συμπίεστότητας, E_s' , από δοκιμές συμπίεσομέτρου, για έδαφος που ακολουθεί τις αρχές της γραμμικής ελαστικότητας συνδέεται με το μέτρο ελαστικότητας E_s κατά τη σχέση:

$$E_s' = E_s (1 - \nu') / (1 + \nu') * (1 - 2 \nu')$$

Το ανωτέρω μέτρο E_s' είναι διάφορο του E_s που αναφέρουν στις σχέσεις τους οι Roulos και Davis (1980). Μία αξιόπιστη τιμή λόγου Poisson ν' τόσο για άμμους όσο και αργίλους θεωρείται η τιμή $\nu'=0.3$. Σε αργίλους για περιπτώσεις που αποκλείεται η στράγγιση, λαμβάνεται $\nu_u=0,5$. Τέλος για την περίπτωση των μη συνεκτικών εδαφών είναι δυνατή η εκτίμηση του E_s με γνωστές συσχετίσεις, από τη διεθνή βιβλιογραφία, $E_s' - N$ ή $E_s' - q_c$.

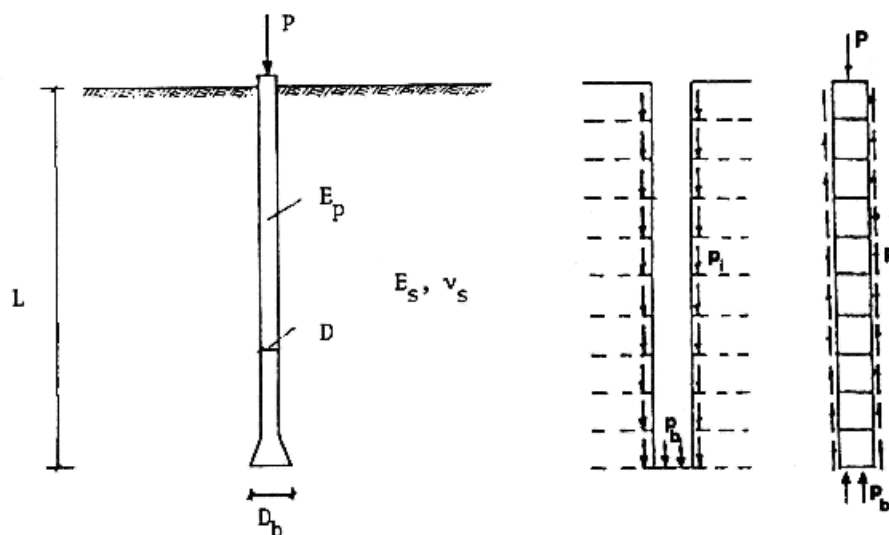


Σχήμα 6.2: Τιμές E_s' , από ανάστροφες αναλύσεις (Roulos, 1975)

6.2 Μέθοδοι υπολογισμού καθίζησης μεμονωμένου πασσάλου.

6.2.1 Μέθοδοι ελαστικότητας.

Στις μεθόδους ελαστικότητας ο πάσσαλος διαιρείται σε ένα αριθμό (n) ομοιόμορφων φορτιζόμενων στοιχείων, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.3: Αξονική ανάλυση πασσάλου σε ελαστικό ημιχώρο.

Το στοιχείο i του πασσάλου ασκεί στο παράπλευρο έδαφος μία τάση p_i με φορά προς τα κάτω και αντίστροφα το έδαφος ασκεί στον πάσσαλο την ίδια τάση με φορά προς τα πάνω. Αντίστοιχη είναι και η φόρτιση πασσάλου - εδάφους στην αιχμή του πασσάλου (P_b). Στη συνέχεια ο πάσσαλος θεωρείται ως μία ελαστική ράβδος και εκφράζονται οι μετακινήσεις p_i του κάθε στοιχείου του πασσάλου συναρτήσει του συνόλου των φορτίων p_j ($j = 1$ έως n) και του P_b . Αντίστοιχα οι μετακινήσεις p_j του εδάφους εκφράζονται συναρτήσει του συνόλου των φορτίων p_j και του p_b με τη βοήθεια των εξισώσεων του Mindlin, οι οποίοι δίνουν τη μετακίνηση ενός σημείου μέσα σε ελαστικό ημιχώρο, που προκαλείται από ένα φορτίο σε κάποιο άλλο σημείο του ημιχώρου. Από εξίσωση των μετακινήσεων πασσάλου και εδάφους προκύπτει ένα σύστημα $n+1$ εξισώσεων (μετακινήσεις των n στοιχείων του πασσάλου και την μετακίνηση της αιχμής) με $n+1$ αγνώστους (τα φορτία p_j και p_b η αντίσταση αιχμής). Η επίλυση του συστήματος δίνει τα φορτία p_j με βάση τα οποία υπολογίζεται στη συνέχεια η καθίζηση του πασσάλου.

Η παραπάνω μέθοδος χρησιμοποιήθηκε σε σειρά παραμετρικών αναλύσεων και προέκυψαν νομογραφήματα από τα οποία μπορεί υπολογισθεί άμεσα η καθίζηση ρ του πασσάλου που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\rho = P / E_s * D * I$$

όπου : P είναι το αξονικό φορτίο

E_s είναι το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους

D είναι η διάμετρος του πασσάλου και

I είναι ένας συντελεστής καθίζησης που προσδιορίζεται με τις εξής σχέσεις:

$I = I_0 R_k R_h R_v$ για πασσάλους τριβής και

$I = I_0 R_k R_b R_v$ για πασσάλους αιχμής

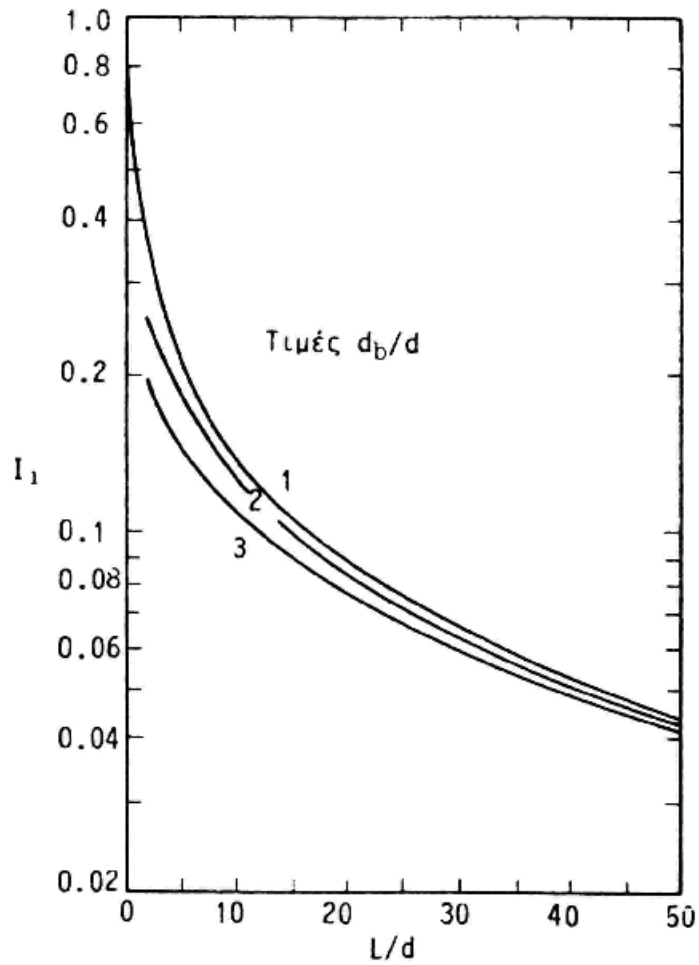
Όπου: I_0 : συντελεστής καθίζησης προσδιορίζεται από το νομογράφημα του σχήματος 6.4 και εξαρτάται από τα μεγέθη L/D και D_b/D , όπου με D συμβολίζεται η διάμετρος της βάσης του πασσάλου. Ο συντέλεσης αναφέρεται στην περίπτωση ενός άκαμπτου πασσάλου μέσα σε συμπιεστό στρώμα άπειρου βάθους με λόγο του Poisson $\nu_s=0.5$.

R_k : Ο διορθωτικός συντελεστής σχετικής ακαμψίας R_k προσδιορίζεται από το νομογράφημα του σχήματος 6.5 και εξαρτάται από το λόγο L/D και την ακαμψία του πασσάλου

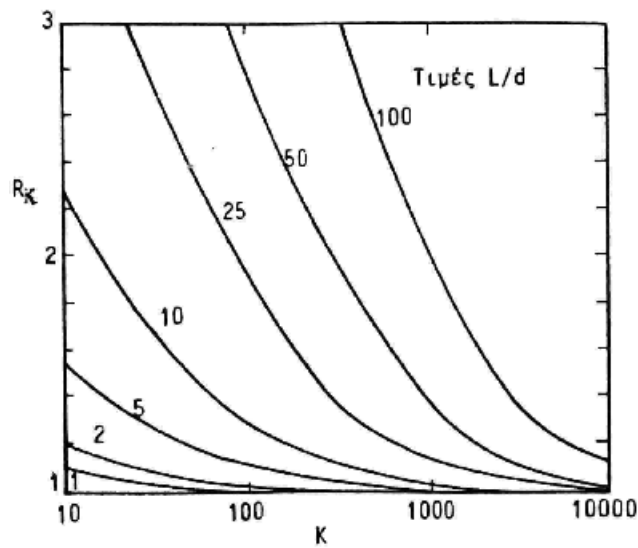
R_h : Ο διορθωτικός συντελεστής R_h εκφράζει την επίδραση ενός ασυμπύεστου στρώματος σε βάθος h κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Εξαρτάται από τα μεγέθη L/D και L/h , και μπορεί να προσδιοριστεί από το νομογράφημα του σχήματος 6.6.

R_v : Ο διορθωτικός συντελεστής R_v χρησιμοποιείται όταν ο λόγος του Poisson ν_s είναι διάφορος του 0.5. Εξαρτάται από το λόγο του Poisson και τον συντελεστή K και μπορεί να προσδιοριστεί από το νομογράφημα του σχήματος 6.7.

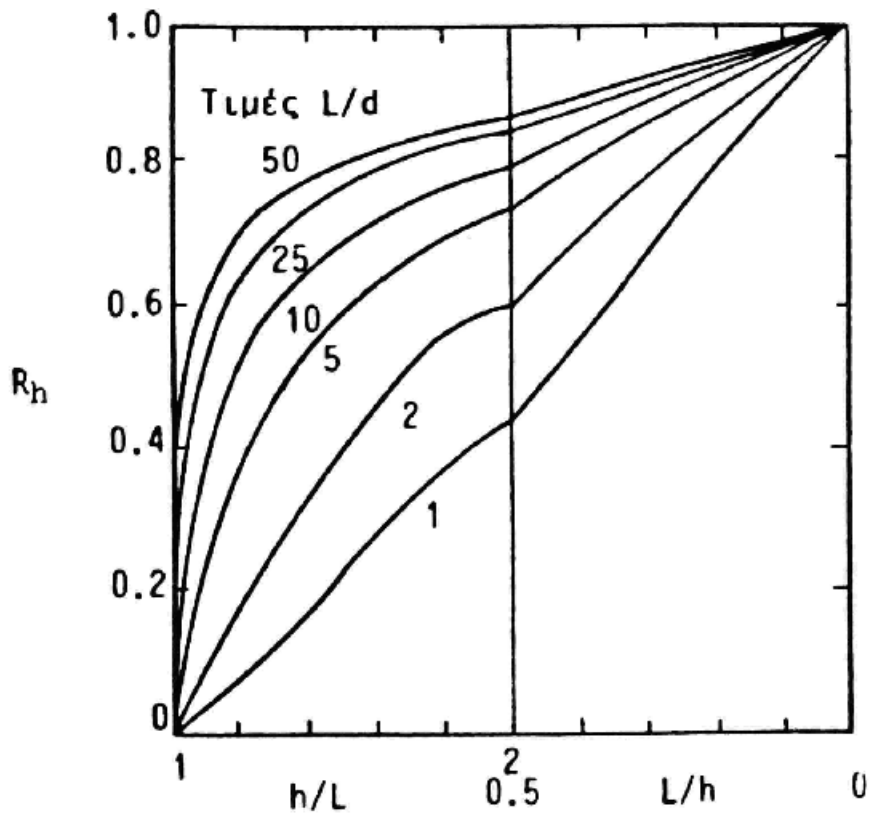
R_b : Ο διορθωτικός συντελεστής R_b αναφέρεται στην ακαμψία του στρώματος στο οποίο εδράζεται η αιχμή του πασσάλου και εξαρτάται από τα μεγέθη E_b/E_s , L/D και K (σχήμα 5.8), όπου E_b είναι το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους κάτω από την αιχμή του πασσάλου.



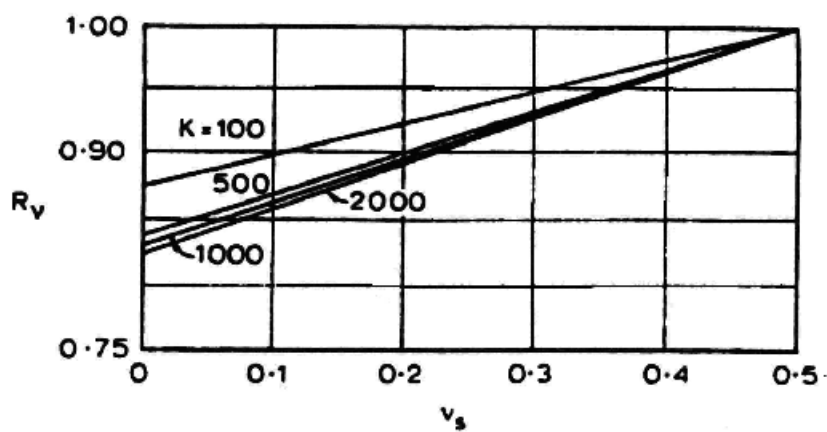
Σχήμα 6.4: Συντελεστής καθίζησης I_0 άκαμπτος πάσσαλος σε συμπιεστό έδαφος απείρου πάχους με $\nu_s=0.5$.



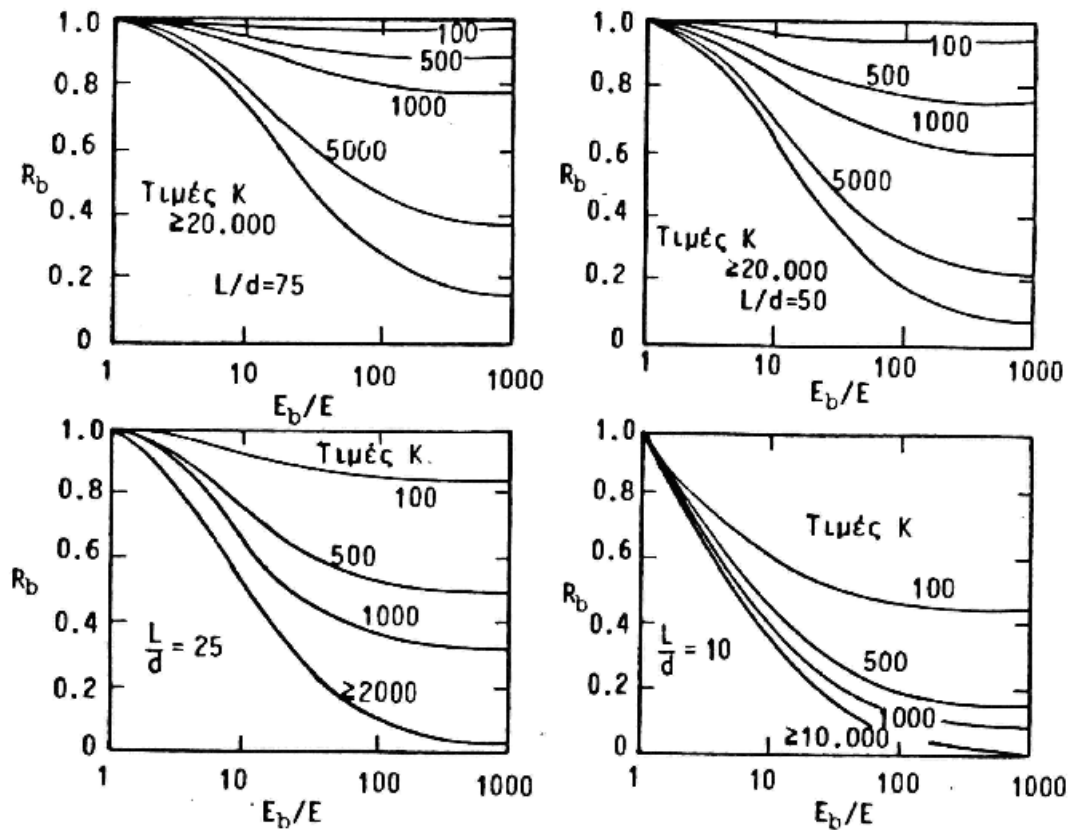
Σχήμα 6.5: Διορθωτικός συντελεστής R_k για την επίδραση της ακαμψίας του πασσάλου.



Σχήμα 6.6: Διορθωτικός συντελεστής R_h για την επίδραση του πάχους του συμπιεστού στρώματος.



Σχήμα 6.7: Διορθωτικός συντελεστής R_v για την επίδραση του λόγου του Poisson.

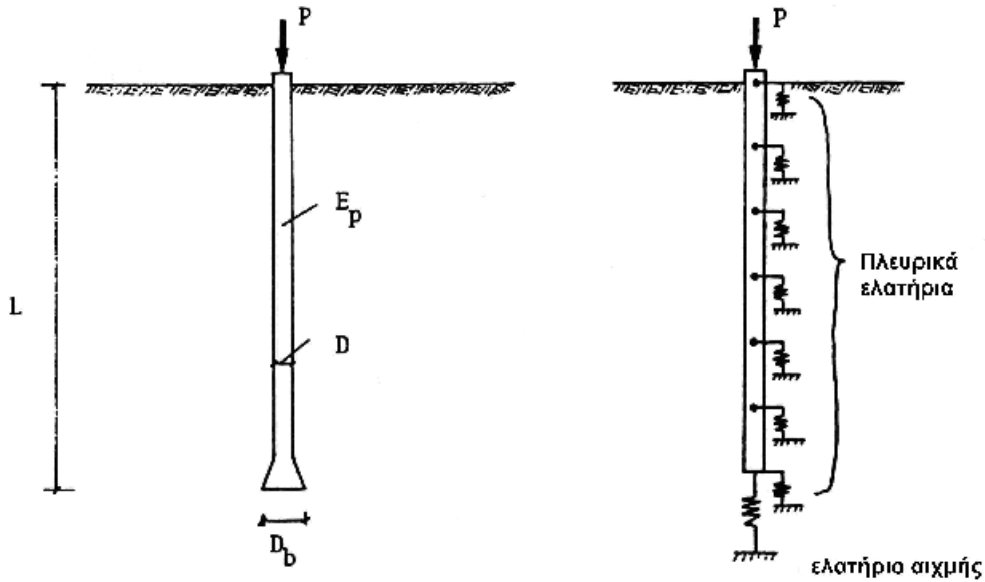


Σχήμα 6.8: Διορθωτικός συντελεστής R_b για την επίδραση του λόγου E_b/E_s .

Η παραπάνω μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια για περισσότερα του ενός στρώματα εδάφους, αρκεί να μη διαφέρουν πολύ τα μέτρα ελαστικότητας τους (πρέπει $E_{max}/E_{min} < 5$). Στην περίπτωση αυτή ως μέτρο ελαστικότητας του εδάφους χρησιμοποιείται το μέσο μέτρο ελαστικότητας των διαφόρων στρωμάτων.

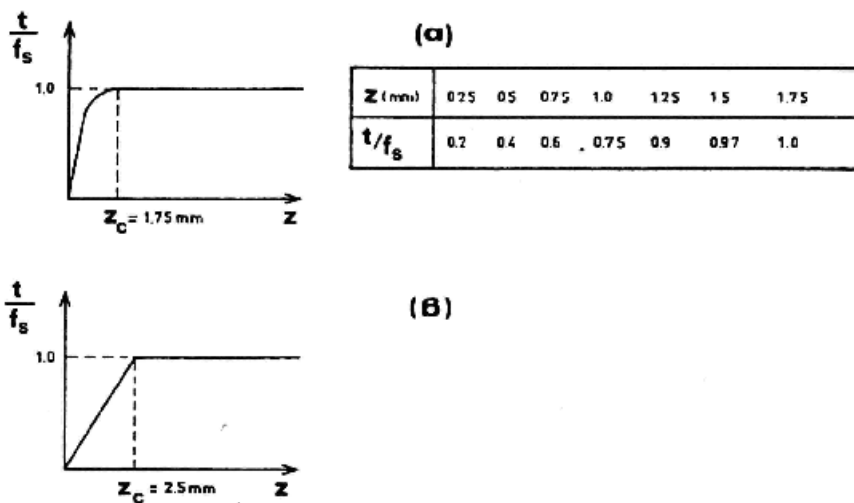
6.2.2 Μέθοδοι ελατηριακής σταθεράς.

Στη μέθοδο της ελατηριακής σταθεράς ο πάσσαλος θεωρείται ως μία ελαστική ράβδος η οποία διαιρείται σε n τμήματα. Κάθε τμήμα του συνδέεται με ένα αξονικό μη γραμμικό ελατήριο το οποίο αναπαριστά την πλευρική τριβή πασσάλου-εδάφους. Επίσης, ένα ελατήριο τοποθετείται στην αιχμή του πασσάλου και αναπαριστά την αντίσταση της αιχμής όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

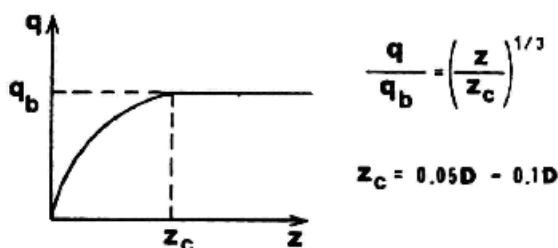


Σχήμα 6.9: Ελατηριακό μοντέλο αξονικής ανάλυσης πασσάλου.

Η ακαμψία των ελατηρίων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και τη διάμετρο του πασσάλου και μπορεί να μεταβάλλεται με το βάθος ανάλογα με το είδος των εδαφικών στρώσεων. Από δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων έχουν προκύψει διάφορες σχέσεις για την ακαμψία των ελατηρίων, όπως αυτές που παρουσιάζονται στα σχήματα 6.10 και 6.11. Η πλευρική τριβή ανά μονάδα επιφάνειας (t) αυξάνει συναρτήσει της σχετικής μετακίνησης πασσάλου - εδάφους (z) μέχρι την οριακή πλευρική τριβή f_s και αντίστοιχα η αντίσταση της αιχμής (q) αυξάνει συναρτήσει της καθίζησης της αιχμής του πασσάλου (z) μέχρι την οριακή αντίσταση αιχμής q_b .



Σχήμα 6.10: Καμπύλες t - z των πλευρικών ελατηρίων για (α) συνεκτικά (β) μη συνεκτικά εδάφη



Σχήμα 6.11: Καμπύλη q-z του ελατηρίου αιχμής.

Αν τα χαρακτηριστικά του πασσάλου είναι γνωστά (διαστάσεις και μέτρο ελαστικότητας E_p) και τα χαρακτηριστικά των ελατηρίων, είναι εύκολο να γίνει η επίλυση με τη χρήση μιας αριθμητικής μεθόδου, από την οποία προκύπτει η πλήρης μη γραμμική σχέση φορτίου - καθίζησης της κεφαλής του πασσάλου.

Στην μέθοδο "μεταφοράς φορτίου" αρχικά ο πάσσαλος διαιρείται σε ένα αριθμό τμημάτων για απλοποίηση όπως φαίνεται στο σχήμα 6.12 όπου διαιρείται σε 3 τμήματα. Θεωρείται ότι η αιχμή του πασσάλου έχει μία μικρή καθίζηση ρ_b στην οποία αντιστοιχεί μία δύναμη στην αιχμή του πασσάλου Q_b . Η Q_b υπολογίζεται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$Q_b = q * \pi D^2 / 4$$

Γίνεται η υπόθεση ότι η μετακίνηση στο μέσο του κάτω τμήματος, ρ_3 είναι ίση με ρ_b . Από την ρ_3 και με τη βοήθεια του σχήματος 5.10 προσδιορίζεται η πλευρική τριβή ανά μονάδα επιφανείας t_3 , και στη συνέχεια η δύναμη τριβής στο αντίστοιχο τμήμα του πασσάλου.

$$T = \pi D L_3 t_3$$

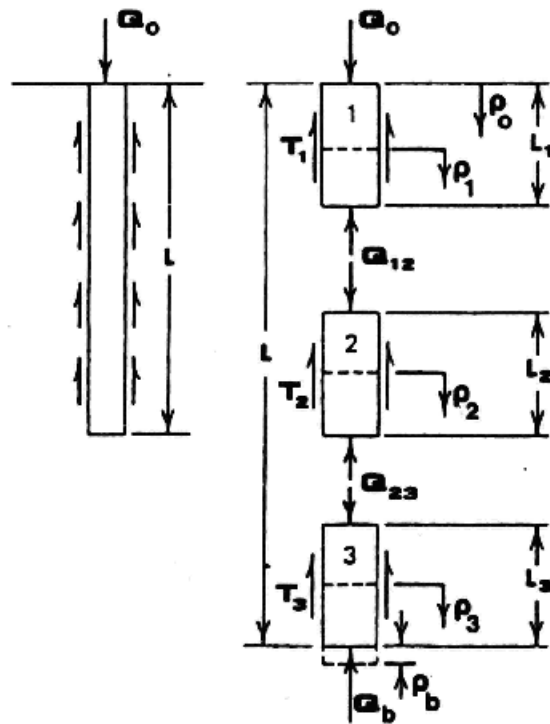
Υπολογίζεται το φορτίο που μεταφέρεται από το τρίτο τμήμα στο δεύτερο τμήμα του πασσάλου :

$$Q_{23} = Q_b + T_3$$

Υπολογίζεται η ελαστική βράχυνση του κάτω μισού μέρους του τρίτου τμήματος του πασσάλου δηλαδή το $\Delta\rho_3$. Άρα η νέα μετακίνηση του μέσου του τρίτου τμήματος του πασσάλου είναι: $\rho_3' = \rho_3 + \Delta\rho_3$. Εάν όμως η ρ_3' διαφέρει σημαντικά από τη ρ_3 επαναλαμβάνονται ο προσδιορισμός της πλευρικής τριβής άρα και η νέα μετακίνηση και η νέα τιμή της : $\rho_3' = \rho_3$

Όταν επιτευχθεί σύγκλιση στην τιμή της ρ_3 η επίλυση προχωρά στο επόμενο τμήμα του πασσάλου και ακολουθείται η ίδια διαδικασία μέχρι να προσδιοριστούν τελικά το φορτίο Q_0 και η καθίζηση ρ_0 της κεφαλής του πασσάλου που αντιστοιχούν στην αρχική υπόθεση για την καθίζηση της αιχμής ρ_b .

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για διαφορετικές τιμές της καθίζησης αιχμής και προσδιορίζονται νέα ζεύγη τιμών Q_0 και ρ_0 ώστε να προκύψει το διάγραμμα φορτίου - καθίζησης της κεφαλής του πασσάλου.



Σχήμα 6.12: Αξονική ανάλυση πασσάλου με τη μέθοδο “μεταφοράς φορτίου”.



Κεφάλαιο 7

Καθιζήσεις ομάδας πασσάλων

7.1 Γενικά.

Το πρόβλημα της εκτιμήσεως των καθιζήσεων μιας ομάδας πασσάλων είναι ένα αρκετά πολύπλοκο πρόβλημα αφού ούτε ο ακριβής τρόπος μεταδόσεως των φορτίων από την ομάδα στο έδαφος είναι γνωστός αλλά ούτε και το μέγεθος της μεταβολής της εντατικής καταστάσεως του εδάφους μετά την κατασκευή της ομάδας είναι επίσης γνωστό. Γι' αυτό οι λύσεις θα πρέπει να θεωρούνται ως προσεγγιστικές και κατά την εφαρμογή τους να λαμβάνονται υπόψη διάφοροι οι περιορισμοί τους. Οι συνήθεις μέθοδοι που χρησιμοποιούνται μπορούν να χαρακτηρισθούν σε δύο διακεκριμένες κατηγορίες:

- α)** Σε ημιεμπειρικές συσχετίσεις.
- β)** Σε μεθόδους που βασίζονται αυστηρά στην εφαρμογή της θεωρίας ελαστικότητας, βάσει των εξισώσεων Mindlin.

7.2 Ημιεμπειρικές συσχετίσεις.

7.2.1 Εδάφη συνεκτικά.

Το πρόβλημα εκτιμήσεως της καθιζήσεως ομάδας πασσάλων σε άργιλο είναι εντελώς διαφορετικό από αυτό για μεμονωμένο πάσσαλο και δεν μπορεί να συσχετισθεί εύκολα με την καθίζηση του μεμονωμένου πασσάλου. Η καθίζηση μιας ομάδας πασσάλων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως:

- α)** τη γεωμετρία της ομάδας σε σχέση με το υπέδαφος,
- β)** τη διατάραξη του υπεδάφους κατά την τοποθέτηση των πασσάλων,
- γ)** την ακαμψία του κεφαλόδεσμου κ.α.

Οι περισσότεροι ερευνητές προτείνουν τη χρήση μιας "ισοδύναμης πλάκας θεμελιώσεως", σε ένα συγκεκριμένο βάθος όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα 7.1 και 7.2. Για την εκτίμηση της καθιζήσεως μιας ομάδας πασσάλων, η ομάδα πασσάλων υποκαθίσταται από μια εύκαμπτη επιφανειακή θεμελίωση (την ισοδύναμη πλάκα) και ισχύει ότι και στις επιφανειακές θεμελιώσεις. Παρά τον ημιεμπειρικό χαρακτήρα, η λύση αυτή είναι η πλέον διαδεδομένη στην πράξη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο μηχανισμός της "ισοδύναμης πλάκας" δεν έχει καμιά σχέση με το "μηχανισμό βάρους" που χρησιμοποιούμε για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας. Οι Simons και Menzies (1975) συνόψισαν τις τέσσερις επικρατέστερες παραδοχές για την ισοδύναμη πλάκα, με κριτήρια τη θέση και το μέγεθος της, σε σχέση με τη γεωμετρία του προβλήματος. Οι οποίες είναι:

(α) Ισοδύναμη πλάκα εδραζομένη σε βάθος ίσο προς τα $2/3L$ (όπου L το μήκος των πασσάλων) και με επιφάνεια που περικλείεται από το περίγραμμα των πασσάλων.

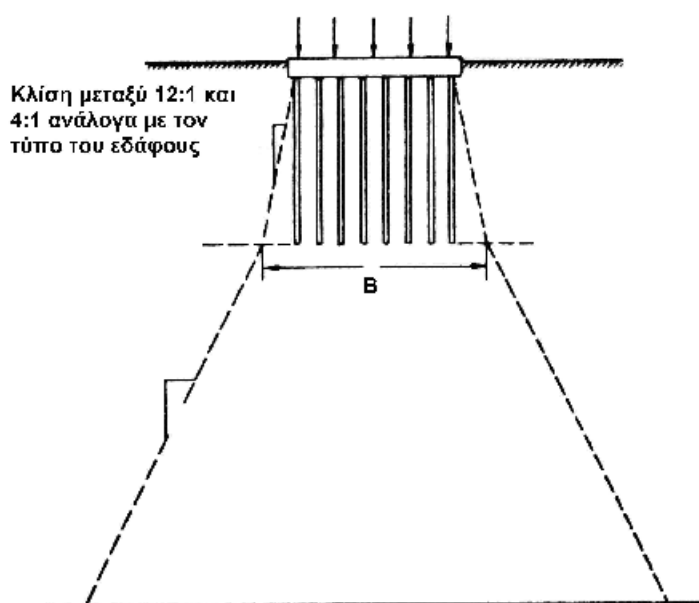
(β) Ισοδύναμη πλάκα, εδραζομένη σε βάθος ίσο προς τα $2/3 L$ και με επιφάνεια μεγαλύτερη από αυτή του περιγράμματος των πασσάλων.

(γ) Ισοδύναμη πλάκα, εδραζόμενη στη στάθμη των αιχμών των πασσάλων, με επιφάνεια ίση προς αυτή που προκύπτει από το περίγραμμά τους.

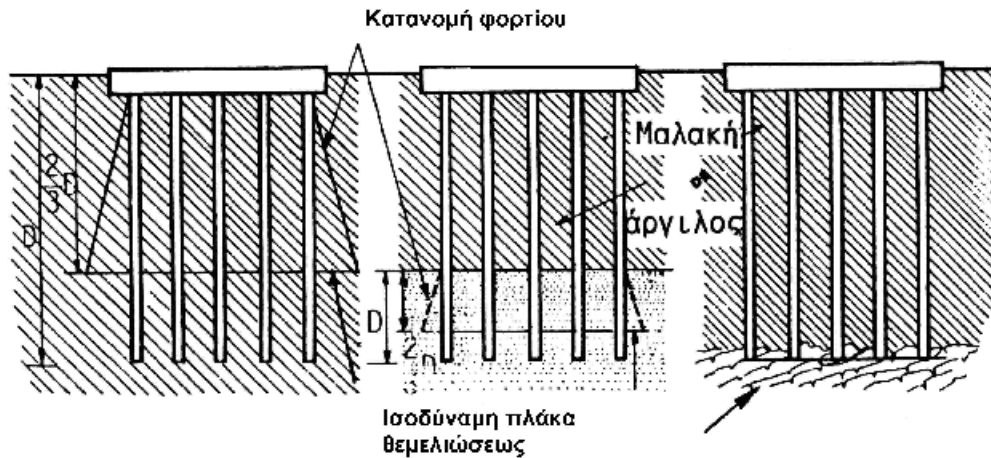
(δ) Ισοδύναμη πλάκα, εδραζόμενη στη στάθμη των αιχμών των πασσάλων αλλά με επιφάνεια μεγαλύτερη από αυτή του περιγράμματος των.

Επιφάνεια "ισοδύναμης πλάκας" μεγαλύτερη από το περίγραμμα των πασσάλων, αποδίδεται στη μεταβίβαση των φορτίων στο έδαφος μέσω πλευρικών τριβών. Τελικά οι Simons και Menzies (1975) συνιστούν ως πλέον ρεαλιστικές τις παραδοχές: την ισοδύναμη πλάκα της περιπτώσεως (α) για πασσάλους εκτοπίσεως. Την ισοδύναμη πλάκα της περιπτώσεως (γ), για πασσάλους εκσκαφής σε μάλλον πυκνή διάταξη.

Οι καθιζήσεις επηρεάζονται από την ύπαρξη κεφαλόδεσμου ο οποίος αναλαμβάνει ένα μέρος του φορτίου. Έτσι για την ακραία περίπτωση κοντών πασσάλων σε αραιή διάταξη ο κεφαλόδεσμος μπορεί να αναλάβει μέχρι το 60% του επιβαλλόμενου φορτίου, ενώ στις συνήθεις περιπτώσεις ένα 10-20% του φορτίου μεταβιβάζεται στο έδαφος μέσω του κεφαλόδεσμου (Broms, 1975).



Σχήμα 7.1: "Ισοδύναμη πλάκα θεμελιώσεως" στις αιχμές των πασσάλων.



Σχήμα 7.2: Θέσεις "ισοδύναμης πλάκας θεμελίωσης"

7.2.2 Εδάφη μη συνεκτικά.

Η καθίζηση ομάδας πασσάλων σε μη συνεκτικά εδάφη οφείλεται:

- α) στην ελαστική συμπίεση των πασσάλων (βράχυνση) και
- β) στην καθίζηση του εδάφους λόγω μεταβίβασης των φορτίων στο έδαφος.

Η καθίζηση του εδάφους εξαρτάται από τη σχετική πυκνότητα του κοκκώδους εδάφους. Η σχετική πυκνότητα όμως, του περιβάλλοντος εδάφους της ομάδας, επηρεάζεται από τον τρόπο κατασκευής των πασσάλων. Ο Bererantzen et al (1961), από δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων σε λεπτές άμμους παρατήρησε ότι η καθίζηση μιας ομάδας πασσάλων αυξάνει σχεδόν γραμμικά με το πλάτος "ισοδύναμης πλάκας" στις αιχμές των πασσάλων και ότι η καθίζηση δεν επηρεάζεται από τον αριθμό των πασσάλων στην ομάδα (σχήμα 7.3).

Ο Vesic (1977) αξιοποιώντας τις παρατηρήσεις Bererantzen καθώς και από παρατηρήσεις καθιζήσεων ομάδων πασσάλων σε άμμο, προτείνει για την εκτίμηση της καθιζήσεως ομάδας πασσάλων την αύξηση της καθιζήσεως του μεμονωμένου πασσάλου υπό το φορτίο λειτουργίας, κατά το συντελεστή καθιζήσεως ομάδας Z_g , σύμφωνα με τη σχέση:

$$P_g = Z_g * P$$

όπου: $Z_g = \sqrt{B' / B}$

B = η διάμετρος του μεμονωμένου πασσάλου.

B' = το πλάτος της ομάδας πασσάλων.

P_g, P = η καθίζηση της ομάδας και του πασσάλου αντίστοιχα.

Είναι λογικό η επίδραση της ομάδας στις καθιζήσεις να είναι πιο έντονη στην περίπτωση πασσάλων τριβής. Η ανωτέρω σχέση του Vesic έχει προκύψει από παρατηρήσεις σε εμπηγνυομένους πασσάλους μήκους $L=15B$. Έτσι για μήκος πασσάλου $L > 15B$ η καθίζηση πρέπει να υποεκτιμάτε., ενώ αντίθετα για $L < 15B$ θα υπερεκτιμάται.

Τέλος, ο Meyerhof, με βάση το μηχανισμό της ισοδύναμης πλάκας, εκτιμά την καθίζηση ομάδας πασσάλων σε άμμο σε ίντσες, για την περίπτωση λόγου $D/B > 4$, με τη βοήθεια αποτελεσμάτων επί τύπου δοκιμών (SPT, CPT) με την εμπειρική σχέση:

$$P_g = 2P \sqrt{B} / N * 0,5 \text{ (in)}$$

όπου: B = το πλάτος της ομάδας σε πόδια (ft)

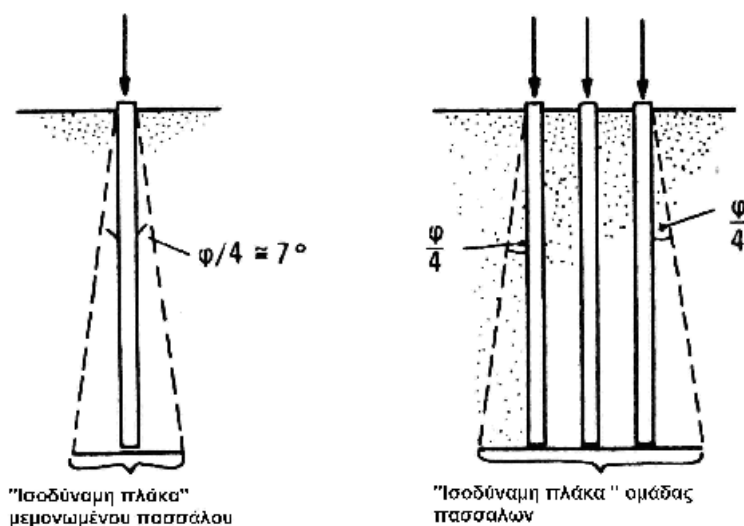
ρ = πρόσθετη πίεση στην "ισοδύναμη πλάκα" σε 100 kN/m^2 .

N = μέση διορθωμένη τιμή αριθμού SPT, για ένα βάθος ίσο προς $4B$ στο φέρον στρώμα.

D = βάθος εδράσεως των πασσάλων σε πόδια (ft).

Για βάθος εδράσεως των πασσάλων, D , μικρότερο του $4B$ ο συντελεστής $0,5$ αντικαθίσταται με το συντελεστή επιρροής βάθους.

Για την περίπτωση που διαθέτουμε αποτελέσματα δοκιμών CPT οι παραπάνω σχέσεις αλλάζουν μορφή. Ο Meyerhof (1976) συνιστά επίσης για την περίπτωση των άμμων, η θέση της "ισοδύναμης πλάκας" να λαμβάνεται στα $2/3$ του μήκους των για την περίπτωση εμπηγνυομένων πασσάλων και στην αιχμή των πασσάλων, για την περίπτωση πασσάλων εκσκαφής.



Σχήμα 7.3: "Ισοδύναμες πλάκες θεμελίωσης" για την εκτίμηση καθιζήσεων σε μη συνεκτικά εδάφη.

7.3. Θεωρία ελαστικότητας.

Με βάση τη θεωρία ελαστικότητας, έχουν γίνει διάφορες εργασίες, που έχουν αναλύσει το πρόβλημα των καθιζήσεων ομάδας πασσάλων με ή χωρίς κεφαλόδεσμο, για την περίπτωση ομογενών εδαφικών σχηματισμών. Με βάση την θεωρία της ελαστικότητας οι H.Poulos και Davis έχουν αναπτύξει μια συγκεκριμένη μέθοδο.

Με βάση την μέθοδο αυτή, η καθίζηση P_g μιας ομάδας πασσάλων σε ομογενές έδαφος μπορεί να συνδεθεί με την καθίζηση του μεμονωμένου πασσάλου, που φέρει ως φορτίο το μέσο όρο του φορτίου της ομάδας με τη σχέση:

$$P_g = P * R_s$$

όπου: R_s συντελεστής καθιζήσεων.

Η τιμή του συντελεστή καθιζήσεων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων η αξονική απόσταση μεταξύ των πασσάλων, οι διαστάσεις των πασσάλων, η σχετική ακαμψία του πασσάλου σε σχέση με το έδαφος, το πάχος του εδάφους κάτω από την αιχμή των πασσάλων (για πασσάλους τριβής), η φύση του ανθεκτικού υπόβαθρου (για πασσάλους αιχμής) κ.λ.π.

Γενικώς πάντως, η καθίζηση μιας ομάδας πασσάλων σε σχετικά ομοιόμορφο στρώμα εξαρτάται πρωταρχικά από τις διαστάσεις της ομάδας παρά από τον αριθμό των πασσάλων. Έτσι η τυχόν αύξηση του αριθμού των πασσάλων σε μία ομάδα μόνο οριακά μπορεί να βελτιώσει το μέγεθος της καθιζήσεως της, εκτός εάν $e > 6B$. (Θεωρητικές τιμές του συντελεστή καθιζήσεων για ομάδες αιωρούμενων πασσάλων τριβής σε ομογενές έδαφος μεγάλου πάχους δίνονται στο παράρτημα στον πίνακα 1 και στον πίνακα 2 για ομάδες πασσάλων αιχμής σε ανθεκτικό υπόβαθρο).



Κεφάλαιο 8

Δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων

8.1 Οι δοκιμές πεδίου και η αξιολόγηση τους.

Η επίλυση γεωτεχνικών προβλημάτων στηρίζεται σε πληροφορίες αναφορικά με τη δομή και τη σύσταση του υπεδάφους και τις μηχανικές παραμέτρους που το χαρακτηρίζουν. Το υψηλό χρονικό και οικονομικό κόστος των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και του εργαστηριακού ελέγχου σαν μέσου πληροφόρησης, συνετέλεσαν στην ανάπτυξη των δοκιμών πεδίου. Οι δοκιμές αυτές αποσκοπούσαν στη μείωση του αριθμού των γεωτρήσεων, στη γρήγορη παροχή συμπληρωματικών πληροφοριών ή σε ορισμένες περιπτώσεις και στην πλήρη ακόμη αντικατάσταση των ερευνητικών γεωτρήσεων. Οι δυσκολίες που παρουσιάζει η δειγματοληψία των αμμωδών εδαφών έδωσε πρωταρχικό ρόλο στις δοκιμές πεδίου. Αναζητήθηκαν έτσι θεωρητικές, κυρίως όμως εμπειρικές σχέσεις ανάμεσα στο αποτέλεσμα της δοκιμής και στις μηχανικές παραμέτρους του εδάφους. Η προσομοίωση της εντατικής κατάστασης πολλών προβλημάτων εφαρμογών με την εντατική κατάσταση που προκαλεί η εφαρμογή μιας επιτόπου δοκιμής, οδήγησε τέλος στην ανάπτυξη ημιθεωρητικών μεθόδων ανάλυσης- οι μέθοδοι αυτές στηρίζονται απευθείας στο αποτέλεσμα των δοκιμών, χωρίς να χρειάζεται η μεσολάβηση των μηχανικών παραμέτρων.

Βασικά διακρίνουμε δύο διαφορετικές κατηγορίες επιτόπου δοκιμών:

1. Δοκιμές διείσδυσης με τις οποίες προκαλούμε αμέσως τη θραύση του εδάφους.
2. Δοκιμές φόρτισης με τις οποίες προκαλούμε βαθμιαία τη φόρτιση του εδάφους.

Και στις δύο κατηγορίες δοκιμών υπάρχουν δοκιμές για την εκτέλεση των οποίων δε χρειάζεται να προηγηθεί γεώτρηση (δοκιμή στατικής πενετρομέτρησης, δοκιμή διείσδυσης με τη γερμανική σφύρα) και δοκιμές οι οποίες εκτελούνται μέσα από γεωτρήσεις (πρότυπη δοκιμή διείσδυσης, πρεσσιομετρική δοκιμή, δοκιμή πτερυγίου).

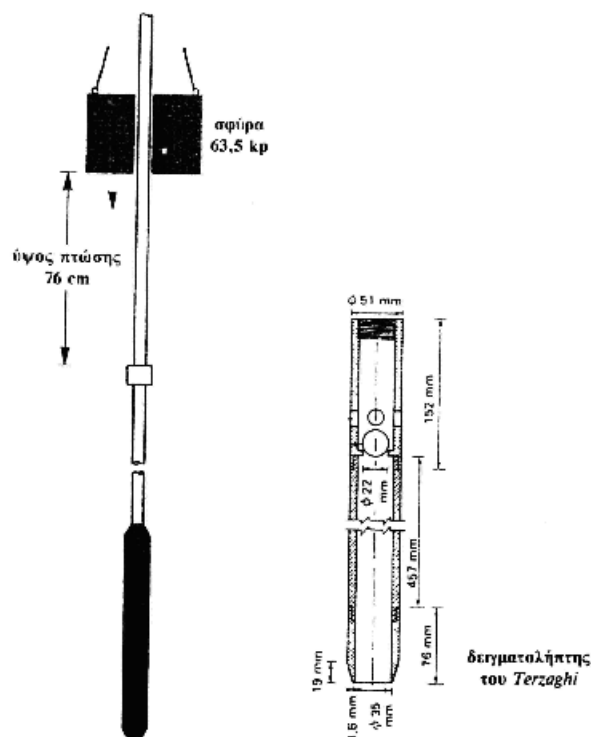
Στις δοκιμές διείσδυσης μετρούμε την αντίσταση του εδάφους σε δυναμική ή στατική έμπηξη μεταλλικής ράβδου, η οποία φέρει στο κάτω άκρο της αιχμή. Στις δοκιμές δυναμικής διείσδυσης η έμπηξη γίνεται με κρούσεις που επιφέρονται με μια σφύρα η οποία αφήνεται να πέφτει ελεύθερα από ορισμένο ύψος. Κατά τη δοκιμή μετρείται ο αριθμός των κρούσεων που χρειάζονται για να διεισδύσει η αιχμή σε συγκεκριμένο μήκος (10 έως 30 cm). Στις δοκιμές στατικής διείσδυσης, η έμπηξη δε γίνεται με κρούσεις, αλλά η ράβδος με την αιχμή ωθείται με σταθερή ταχύτητα στο έδαφος με την εφαρμογή υδραυλικής πίεσης. Καταγράφεται η μεταβολή με το βάθος της πίεσης που χρειάζεται για την προώθηση της αιχμής.

Στις δοκιμές φόρτισης εφαρμόζονται βαθμιαία αυξανόμενα φορτία μέχρι τη θραύση του εδάφους. Το αποτέλεσμα των δοκιμών αυτών είναι μια καμπύλη τάσεων - παραμορφώσεων και η οριακή τιμή της τάσης για την οποία επέρχεται η θραύση του εδάφους.

Οι δοκιμές δυναμικής διείσδυσης με τη γερμανική σφύρα και η δοκιμή στατικής διείσδυσης στις οποίες δε χρειάζεται να προηγηθεί γεώτρηση, ενδείκνυνται για το γρήγορο και οικονομικό καθορισμό του εδαφικού προφίλ και του βαθμού ομοιογένειας. Εκτελούνται σε συνδυασμό με δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, με ημερήσια απόδοση η οποία μπορεί να φθάσει μέχρι και διακόσια μέτρα, και αποσκοπούν στη συμπλήρωση των στοιχείων των γεωτρήσεων, κυρίως σε περιπτώσεις έντονης ανομοιομορφίας των στρωματικών συνθηκών.

8.1.1 Πρότυπη δοκιμή διείσδυσης (Standard Penetration Test).

Ένας πρότυπος διαιρετός δειγματολήπτης εισάγεται μέσω της διατρητικής στήλης στον πυθμένα γεώτρησης και προωθείται κατά 45cm με ελεύθερες, επαναλαμβανόμενες κρούσεις. Οι διαστάσεις του δειγματολήπτη, το βάρος και το ύψος πτώσεως της σφύρας είναι τυποποιημένα .



Σχήμα 8.1:Πρότυπη δοκιμή διείσδυσης.

Κατά τη δοκιμή μετριοούνται οι αριθμοί των κρούσεων που απαιτούνται για την ανά 15 cm διείσδυση του δειγματολήπτη στο έδαφος. Το αποτέλεσμα της δοκιμής είναι ο αριθμός των κρούσεων που απαιτούνται για τη διείσδυση των 30 τελευταίων cm και συμβολίζεται με N. Οι κρούσεις για τη διείσδυση των πρώτων 15 cm δε λαμβάνονται υπόψη επειδή είναι πολύ πιθανό στον πυθμένα να υπάρχουν υλικά κατάπτωσης ή το έδαφος στη θέση της δοκιμής να έχει διαταραχθεί κατά την εκτέλεση της γεώτρησης.

Αν και ειδικές προδιαγραφές της ISSMFE (1989) ορίζουν λεπτομερώς τον τρόπο εκτέλεσης της δοκιμής, εντούτοις απροσεξίες αλλά και άλλοι αστάθμητοι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν αρκετά το αποτέλεσμα της δοκιμής. Σε λόγους απροσεξίας αποδίδονται κυρίως επιρροές από διακυμάνσεις του ύψους πτώσεως της σφύρας, καθόσον αυτό εκτιμάται πρακτικά από το χειριστή της δοκιμής, και από παρεμπόδιση, σε ένα βαθμό της ελεύθερης πτώσης λόγω τριβών στον οδηγό (κακή συντήρηση του εξοπλισμού). Αντιμετωπίζονται με την παρακολούθηση των δοκιμών από έμπειρο εργοδηγό.

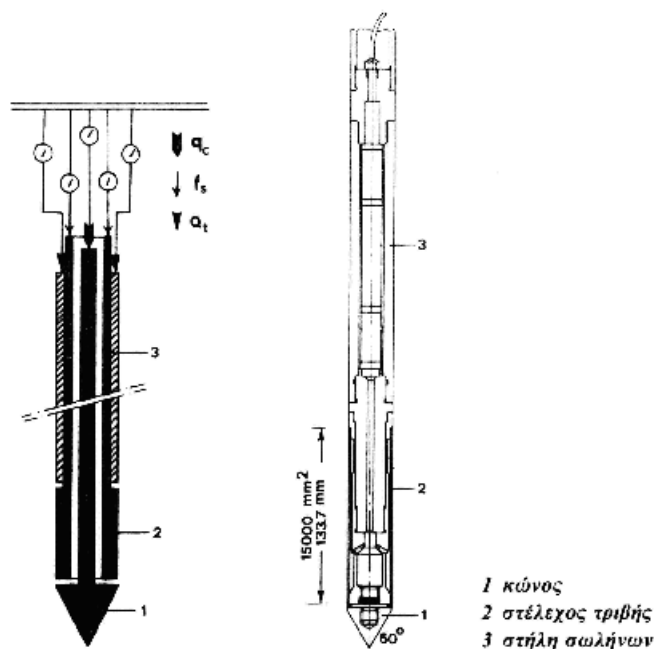
Δύο βασικοί παράγοντες που δε γίνονται αντιληπτοί κατά τη δοκιμή είναι οι εξής:

1. Στην περίπτωση ανεπτυγμένου φρεατίου ορίζοντα προκαλείται πολλές φορές κατά τις εργασίες διάτρησης και συγκεκριμένα κατά την εξαγωγή της διατρητικής στήλης, ταπείνωση της στάθμης του νερού στη γεώτρηση. Αυτό έχει σαν συνέπεια να προκληθεί ανοδική ροή στην περιοχή του πυθμένα και να χαλαρώσει η δομή της περιοχής αυτής λόγω υδραυλικής ανύψωσης (θραύσης) του εδάφους.
2. Η παρουσία μεμονωμένων λίθων σε αμμοχαλικώδεις χαλαρούς σχηματισμούς οι οποίοι λόγω της ανεπαρκούς δειγματοληψίας στους σχηματισμούς αυτούς δεν είναι δυνατόν να εντοπιστούν, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλές τιμές N με συνέπεια την ανασφαλή εκτίμηση των μηχανικών παραμέτρων.

8.1.2 Δοκιμή στατικής πενετρομέτρησης (Cone Penetration Test).

Κατά τη δοκιμή στατικής πενετρομέτρησης ένας τυποποιημένος κώνος και ένα κυλινδρικό στέλεχος (στέλεχος τριβής) ωθούνται με τη βοήθεια υδραυλικού συστήματος μαζί ή χωριστά στο έδαφος με σταθερή ταχύτητα (σχήμα 8.2). Ο κώνος και το στέλεχος τριβής που αποτελούν το κάτω άκρο του πενετρομέτρου συνδέονται μέσω στήλης σωλήνων με το χειριστήριο το οποίο βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους. Μανόμετρα στο χειριστήριο και ενσωματωμένοι (στα σύγχρονα πενετρόμετρα) στον κώνο αισθητήρες μετρούν τη μεταβολή με το βάθος των

αντιστάσεων που αναπτύσσονται κατά την προώθηση του πενετρομέτρου και τη μεταβολή των πιέσεων του νερού των πόρων που αναπτύσσονται στην περιοχή του κώνου. Τα στοιχεία των αισθητήρων μεταβιβάζονται μέσω ηλεκτρικών καλωδιώσεων στο χειριστήριο όπου και καταγράφονται αυτόματα.



Σχήμα 8.2: Δοκιμή στατικής πενετρομέτρησης.

Διακρίνουμε περισσότερους τύπους πενετρομέτρων. Στο σχήμα 8.2 φαίνεται η τυπική γεωμετρία του κάτω άκρου. Ο κώνος σχηματίζει γωνία 60° και το εμβαδόν της βάσης του είναι 100 cm². Το στέλεχος τριβής έχει μήκος 13,37 cm και εμβαδόν κυλινδρικής επιφάνειας 150 cm². Ειδικές προδιαγραφές (ISSMFE, 1989) ορίζουν με λεπτομέρεια τον τρόπο εκτέλεσης της δοκιμής. Η ταχύτητα προώθησης του πενετρομέτρου προδιαγράφεται ίση με 2 cm/sec.

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής μπορούν μέσω κατάλληλων χειρισμών να μετρηθούν:

(α) Η αντίσταση αιχμής q_c . Είναι ίση με την ανηγμένη στην επιφάνεια της βάσης του κώνου A_c δύναμη Q_c , η οποία απαιτείται για την προώθηση μόνο του κώνου. Μετριέται προωθώντας στο έδαφος μόνο τον κώνο:

$$q_c = Q_c / A_c$$

(β) Η τοπική, μοναδιαία αντίσταση πλευρικής τριβής f_s . Είναι ίση με την ανηγμένη στην κυλινδρική επιφάνεια A_s του στελέχους τριβής δύναμη Q_s , η οποία απαιτείται για την προώθηση μόνο του στελέχους τριβής:

$$f_s = Q_s / A_s$$

(γ) Η συνολική δύναμη Q_t είναι η δύναμη που απαιτείται για την ταυτόχρονη προώθηση του κώνου, του στελέχους τριβής και της στήλης των σωλήνων.

(δ) Η συνολική αντίσταση πλευρικής τριβής Q_{st} είναι η δύναμη που απαιτείται για να υπερβληθούν οι αντιστάσεις τριβής που αναπτύσσονται κατά μήκος του στελέχους τριβής και της στήλης των σωλήνων:

$$Q_{st} = Q_t - Q_c$$

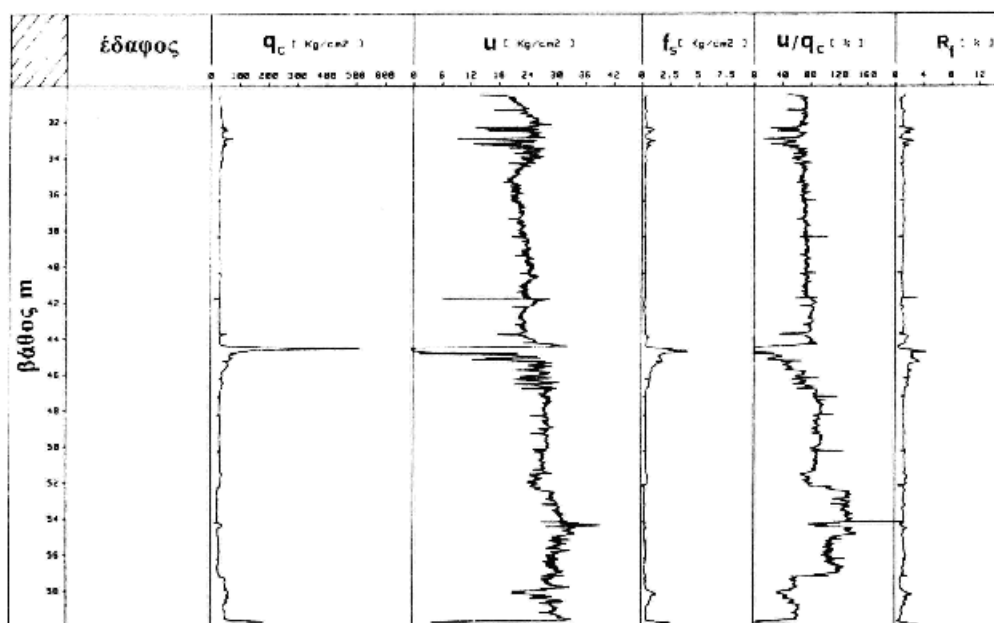
(ε) Ο λόγος τριβής (Friction Ratio) R_f . Ο λόγος της τοπικής μοναδιαίας αντίστασης τριβής f_s προς την αντίσταση αιχμής q_c που έχουν μετρηθεί στο ίδιο βάθος:

$$R_f = f_s / q_c$$

(στ) Ο δείκτης τριβής (Friction Index) I_f . Ο λόγος της αντίστασης αιχμής q_c προς τη μοναδιαία αντίσταση τριβής f_s που έχουν μετρηθεί στο ίδιο βάθος:

$$I_f = q_c / f_s$$

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή προφίλ πενетроμετρήσεων (σχήμα 8.3). Η αντίσταση αιχμής για τα συνήθη εδάφη μεταβάλλεται σε μεγάλο εύρος (0-400 kg/cm^2). Επιτρέπει έτσι τον ακριβέστερο προσδιορισμό της σχετικής πυκνότητας απ' ό,τι οι δοκιμές SPT. Στοιχεία για υπολογισμούς εφελκόμενων πασσάλων προκύπτουν από τη μέτρηση της αντίστασης τριβής κατά την εξαγωγή του πενетроμέτρου από το έδαφος.



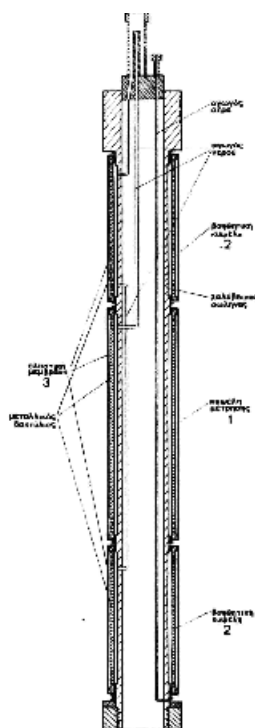
σχήμα 7.3: Προφίλ πενетроμετρήσεων.

8.1.3 Πρεσσιομετρική δοκιμή (Pressuremeter Test).

Η πρεσσιομετρική μονάδα αποτελείται από ένα υδραυλικό χειριστήριο το οποίο βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους και από ένα διασταλτό στέλεχος το οποίο προσαρμόζεται στα τοιχώματα μιας γεώτρησης. Το χειριστήριο συνδέεται με το στέλεχος με έναν εύκαμπτο πλαστικό σωλήνα. Μετά την εισαγωγή του στελέχους στη θέση στην οποία θέλουμε να κάνουμε τη δοκιμή εφαρμόζονται μέσω του χειριστηρίου με κατάθλιψη νερού βαθμιαία πιέσεις στο εσωτερικό του στελέχους το οποίο διαστέλλεται οριζόντια και φορτίζει το έδαφος. Ογκομετρική διάταξη και μανόμετρα μετρούν τις παραμορφώσεις του εδάφους σε συνάρτηση με την πίεση και το χρόνο. Το πρεσσιομετρικό στέλεχος αποτελείται από τρεις ανεξάρτητες κυψέλες. Την κεντρική κυψέλη η οποία χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή των μετρήσεων και δύο βοηθητικές κυψέλες, οι οποίες έχουν σκοπό να εξασφαλίσουν την ανάπτυξη στο έδαφος ενός κυλινδρικού εντατικού πεδίου κατά τη διόγκωση της κεντρικής κυψέλης.

Ο τρόπος εκτέλεσης της πρεσσιομετρικής δοκιμής, τυποποιημένος, προδιαγράφει την εφαρμογή πιέσεων σε δέκα έως δεκατέσσερις βαθμίδες, μέχρι τη θραύση του εδάφους. Κάθε βαθμίδα εφαρμόζεται επί δύο πρώτα λεπτά ενώ μετρήσεις όγκων γίνονται σε κάθε βαθμίδα και σε χρόνους 15, 30, 60 και 120 δευτερόλεπτα από την εφαρμογή κάθε βαθμίδας.

Στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 8.4) παριστάνεται η τομή του πρεσσιομετρικού στελέχους., για την εκτέλεση πρεσσιομετρήσεων σε αμμώδης σχηματισμούς.



Σχήμα 8.4: Τομή πρεσσιομετρικού στελέχους.

8.2 Δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων.

Η δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου είναι η μόνη μέθοδος η οποία προσφέρει μία πραγματική εικόνα της συμπεριφοράς πασσάλου, συγκεκριμένου τρόπου κατασκευής, υπό την επενέργεια σταδιακής φορτίσεως σε δεδομένες συνθήκες υπεδάφους. Κατά τη δοκιμή προσδιορίζονται οι υποχωρήσεις για κάθε φόρτιση καθώς και η φέρουσα ικανότητα του πασσάλου.

Για τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας, επιδιώκεται θραύση του περιβάλλοντος εδάφους του πάσσαλου με σταδιακή αύξηση της φορτίσεως και στη συνέχεια καθορισμό του "επιτρεπόμενου φορτίου θραύσεως".

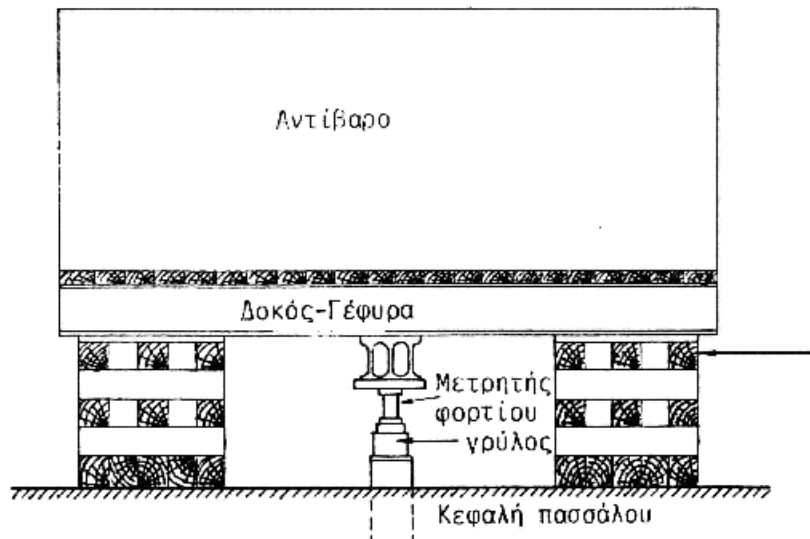
Είναι δυνατόν επίσης, με κατάλληλα εξοπλισμένους πασσάλους να μετρηθεί, κατά τα διάφορα στάδια των φορτίσεων, το ποσοστό της συνολικής φορτίσεως που αναλαμβάνεται από την αιχμή ή τις πλευρικές τριβές ή ακόμη η κατανομή του φορτίου κατά το ύψος του πασσάλου.

Δύο είναι οι πλέον διαδεδομένες μεθοδολογίες δοκιμαστικών φορτίσεων:

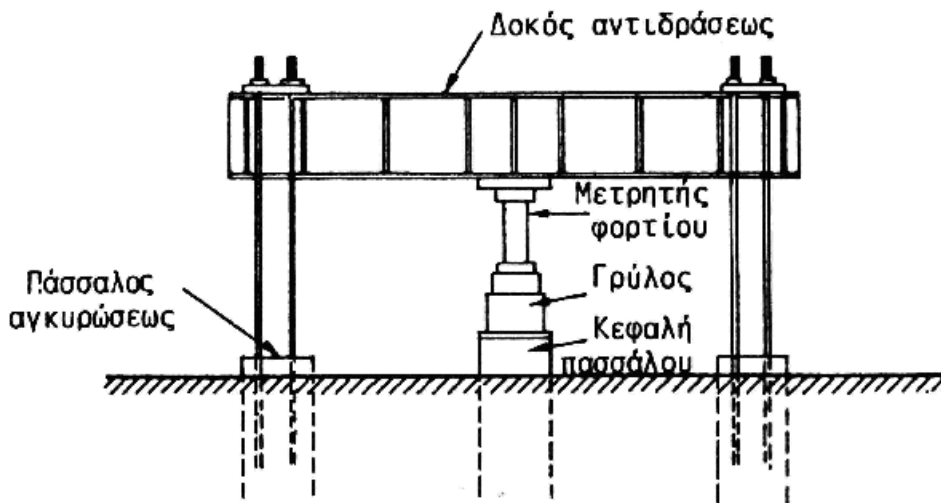
(α) Η δοκιμή στατικής φορτίσεως και

(β) Η δοκιμή σταθεράς ταχύτητας διεισδύσεως.

Στα σχήματα 8.5 και 8.6 απεικονίζονται δύο συνήθεις διατάξεις φορτίσεως. Οι διατάξεις ενεργούν ως "αντιδράσεις" για την επιβολή μέσω γρύλου της φορτίσεως. Στην πρώτη περίπτωση το φορτίο αντιδράσεως επιτυγχάνεται με νεκρό φορτίο, ενώ στη δεύτερη μέσω πασσάλων αγκυρώσεως. Σημειώνεται ότι οι φορτίσεις θα πρέπει να επιβάλλονται μετά την παρέλευση ορισμένου χρόνου από την "κατασκευή" του υπό δοκιμή πασσάλου και ότι στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται διάταξη αγκυρωμένων πασσάλων για την επιβολή της φόρτισης, οι τελευταίοι θα πρέπει να βρίσκονται σε κατάλληλη απόσταση ώστε να μην επηρεάζουν το φορτιζόμενο πάσσαλο.



Σχήμα 8.5: Διάταξη δοκιμαστικής φορτίσεως με πασσάλους με αντίβαρο.



Σχήμα 8.6: Διάταξη δοκιμαστικής φορτίσεως με πασσάλους αγκυρώσεως.

8.2.1 Δοκιμή στατικής φορτίσεως.

Κατά τη δοκιμή επιδιώκεται δια συγκεκριμένων σταδιακών φορτίσεων επί του πασσάλου, θραύση του εδάφους. Στην περίπτωση κατά την οποία δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί η "θραύση" λόγω αντοχής του εδάφους ή αδυναμίας επιβολής μεγαλύτερου φορτίου, τότε με την επιλογή διαφόρων κριτηρίων επιδιώκεται ο καθορισμός ενός "συμβατικού φορτίου αστοχίας".

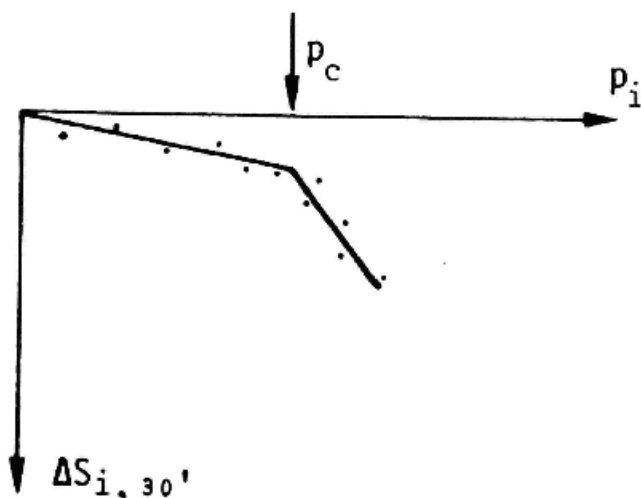
Συνήθη συμβατικά φορτία αστοχίας είναι:

(α) το φορτίο για το οποίο επιτυγχάνεται καθίζηση του πασσάλου ίση προς το 10% της διαμέτρου της αιχμής του,

(β) το σημείο της μέγιστης καμπυλότητας του διαγράμματος φορτίου- υποχωρήσεων ή ακόμη η τομή των εφαπτόμενων του αρχικού και του τελικού τμήματος του ανωτέρω διαγράμματος,

(γ) το φορτίο P_c που προκύπτει από το διάγραμμα φορτίου $\Delta S_{i,30}$, όπου $\Delta S_{i,30}$ η αύξηση της καθίζησης κατά τα τελευταία 30' της φορτίσεως, σύμφωνα με το σχήμα 8.7.

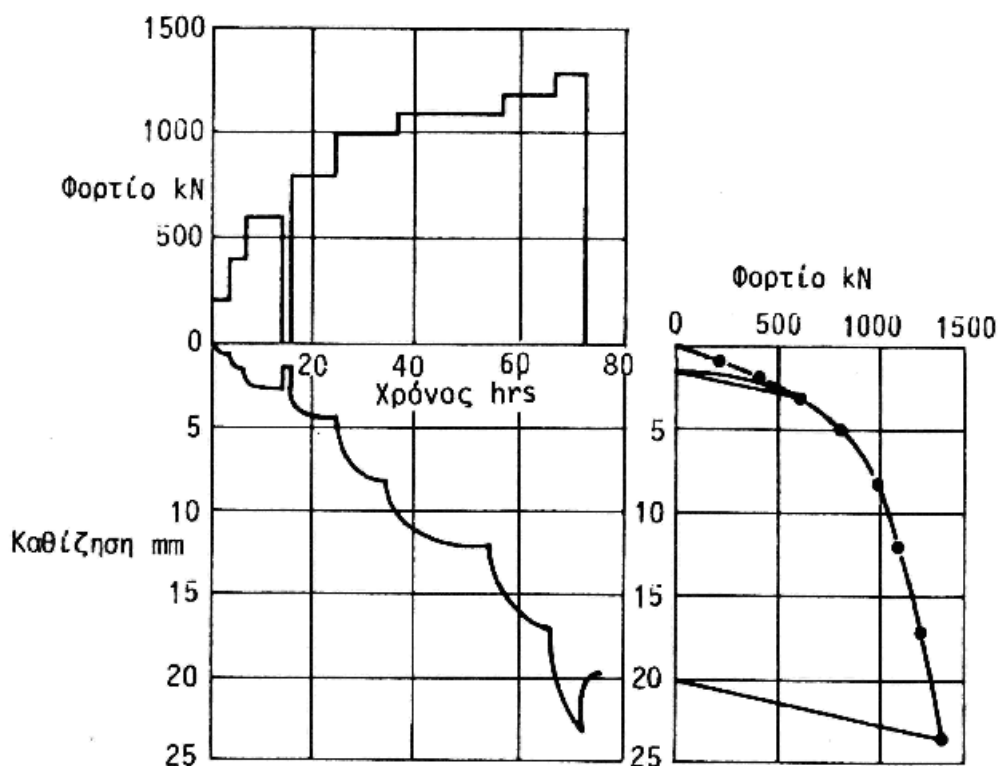
Το φορτίο P_c ονομάζεται "κρίσιμο φορτίο ερπυσμού" κατά τους σχετικούς Γαλλικούς Κανονισμούς (LPC No 31/1989) και την σχετική πρόταση της ISSMFE (1985). Το φορτίο αυτό αποτελεί κρίσιμο σημείο της καμπύλης του σχήματος 8.3 και προειδοποιεί για την αποφυγή μεγάλων καθιζήσεων.



Σχήμα 8.7: Προσδιορισμός οριακού φορτίου.

Κατά τη δοκιμή στατικής φορτίσεως, τα φορτία επιβάλλονται επί του πασσάλου κατά βαθμίδες ως ποσοστό του φορτίου λειτουργίας, π.χ. 25%-50%-100%-125%-150% και παραμένουν επί του πασσάλου μέχρι το πέρας της προκαλούμενης καθιζήσεως ή μέχρις επιτεύξεως ελαχίστου ρυθμού διεισδύσεως. Το μέγιστο επιβαλλόμενο φορτίο εξαρτάται τόσο από τον αριθμό των πασσάλων του έργου, όσο και τη σχετική ομοιογένεια του υπεδάφους. Οι διάφορες βαθμίδες φορτίσεως καθώς και ο χρόνος παραμονής των, αναφέρονται στους διάφορους σχετικούς κανονισμούς (DIN, CP8004, ASTM, ISSMFE, LPC κ.λ.π.).

Στα διαγράμματα του σχήματος 8.8 δίδεται ένας συνήθης τρόπος παρουσιάσεως των αποτελεσμάτων δοκιμής στατικής φορτίσεως, με ένα ενδιάμεσο στάδιο αποφορτίσεως. Χαράσσονται τα διαγράμματα: χρόνου-φορτίσεων, χρόνου-υποχωρήσεων, για κάθε βαθμίδα φορτίσεως καθώς και φορτίσεων-μεγίστης καθιζήσεως. Ιδιαίτερη σημασία έχει η επιλογή κατάλληλης κλίμακας σχεδιάσεως των διαγραμμάτων φορτίου καθιζήσεων, στον καθορισμό του φορτίου θραύσεως. Οι δοκιμές στατικής φορτίσεως χρησιμοποιούνται επίσης και για την επιβολή εφελκυστικών ή οριζοντίων φορτίων επί πασσάλων.



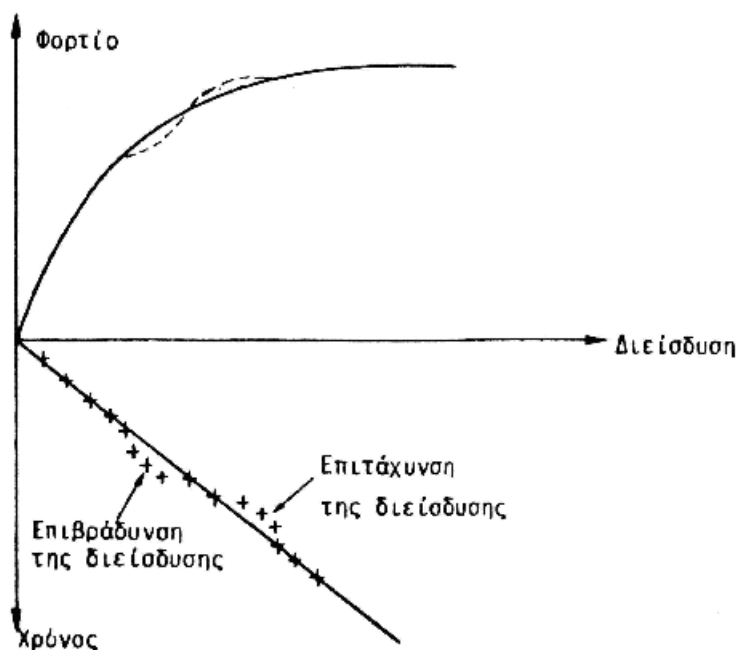
Σχήμα 8.8: Παρουσίαση αποτελεσμάτων στατικής δοκιμαστικής φορτίσεως.

8.2.2 Δοκιμή σταθερής ταχύτητας διεισδύσεως.

Η δοκιμή αυτή αρχικά προτάθηκε από τους Whitaker και Cook (1961) και στη συνέχεια έγινε αποδεκτή ως πρότυπη δοκιμή από τον Αγγλικό Κανονισμό CP8004 καθώς και τη διεθνή πρακτική. Για την κατανόηση της δοκιμής θα πρέπει να θεωρήσουμε τον μεν πάσσαλους μέσο μετρήσεως της αντοχής του εδάφους, τις δε μετακινήσεις του πασσάλου ως τα μέσα ενεργοποιήσεως των δυνάμεων αντοχής του εδάφους. Έτσι κατά τη δοκιμή η φέρουσα ικανότητα του πασσάλου ορίζεται ως το φορτίο για το οποίο η αντοχή του εδάφους ενεργοποιείται πλήρως.

Η εκτέλεση της δοκιμής είναι η ακόλουθη: με συνεχή φόρτιση του πασσάλου, μέσω γρύλου, ο πάσσαλος διεισδύει υπό σταθερά ταχύτητα διεισδύσεως στο έδαφος. Κατά τη διείσδυση καταγράφεται το επιβαλλόμενο φορτίο, το οποίο αυξανόμενο συνεχώς πλησιάζει ένα μέγιστο φορτίο και στη συνέχεια ελαττώνεται (σχήμα 8.9).

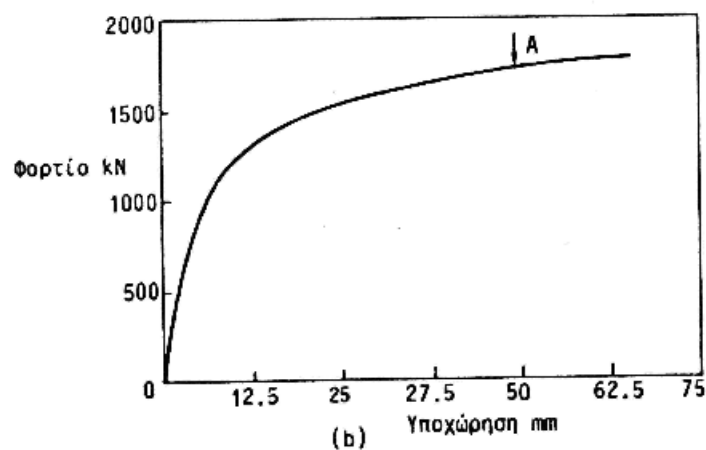
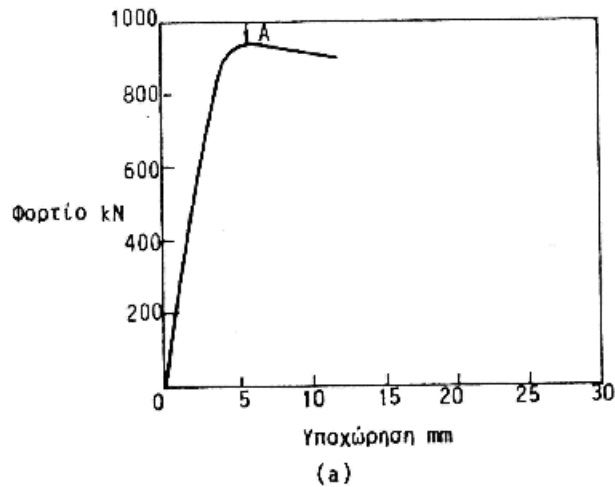
Μικρές ταχύτητες φορτίσεως χρησιμοποιούνται σε συνεκτικά υλικά ενώ μεγαλύτερες σε μη συνεκτικά. Έτσι κατά την Αγγλική πρακτική ταχύτης $u=0,5$ mm/min συνιστάται για τις αργίλους και ταχύτης $u=2$ mm/min για μη συνεκτικά εδάφη. Ο Broms (1975) συνιστά για την περίπτωση πασσάλων τριβής σε άργιλο να επιβάλλεται διείσδυση περί τα 20 mm μετά το μέγιστο φορτίο, ενώ για πασσάλους τριβής σε άμμο η ολική διείσδυση να είναι της τάξεως των 60 mm.



Σχήμα 8.9: Αποτελέσματα δοκιμής σταθερής ταχύτητας διεισδύσεως.

Τέλος, για την περίπτωση ίων πασσάλων αιχμής συνιστά ως πέρας της δοκιμής να λαμβάνεται είτε η επίτευξη φορτίου θραύσεως, είτε η επιβολή φορτίσεως 2/3 φορές το φορτίο σχεδιασμού.

Βασικά πλεονεκτήματα της δοκιμής είναι η ταχύτης εκτελέσεως της δοκιμαστικής φορτίσεως και το ότι από τα λαμβανόμενα διαγράμματα φορτίου-υποχωρήσεων είναι συνήθως ευκρινής η διάκριση του φορτίου θραύσεως (σχήμα 8.10). Από τα μειονεκτήματα της δοκιμής είναι το γεγονός ότι οι προκύπτουσες καθιζήσεις είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες για δοκιμή στατικής φορτίσεως, καθότι κατά τη δοκιμή σταθεράς ταχύτητας διεισδύσεως δεν προλαμβάνουν να πραγματοποιηθούν οι πλαστικές υποχωρήσεις του εδάφους.



Σχήμα 8.10: Τυπικά διαγράμματα φορτίου υποχωρήσεως
(α) Πάσσαλος τριβής και (b) Πάσσαλος αιχμής.

8.3 Μέθοδοι βασιζόμενες σε αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών.

8.3.1 Γενικές αρχές και μεθοδολογία υπολογισμού.

Πολλές φορές, και ιδιαίτερα στα μη συνεκτικά εδάφη, η δειγματοληψία και η μόρφωση δοκιμίων είναι ανέφικτη, με αποτέλεσμα την αδυναμία προσδιορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών του υπεδάφους. Το κενό που πηγάζει από την ελλιπή γνώση των ανωτέρω παραμέτρων, λόγω αδυναμίας εκτελέσεως των συμβατικών εργαστηριακών δοκιμών, καλύπτεται με την εκτέλεση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων επί τόπου δοκιμών. Οι δοκιμές αυτές, πολλές φορές αποτελούν πρακτικά το καταλληλότερο μέσο προσδιορισμού όχι μόνο των μηχανικών χαρακτηριστικών του υπεδάφους αλλά ακόμη και της απ' ευθείας εκτιμήσεως της φέρουσας ικανότητας ή καθιζήσεων μιας θεμελιώσεως.

Βασικοί παράγοντες αξιοπιστίας των δοκιμών αυτών είναι αφενός μεν η προτυποποίηση κατά την εκτέλεση τους χωρίς αποκλίσεις από τις υπάρχουσες προδιαγραφές και αφετέρου η επιστημονικά τεκμηριωμένη ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους. Ειδικότερα η εκτίμηση του οριακού φορτίου της αιχμής του πασσάλου με τη βοήθεια αποτελεσμάτων επί τόπου δοκιμών γίνεται κατά κανόνα με εμπειρικές συσχετίσεις και πλεονεκτεί από τον αντίστοιχο προσδιορισμό με στατικούς τύπους διότι:

(α) γίνεται άμεσα και όχι μέσω συντελειών φέρουσης ικανότητας που είναι πολύ ευαίσθητοι στη μεταβολή της γωνίας εσωτερικής τριβής ϕ' , και

(β) ο άμεσος αυτός προσδιορισμός της αντοχής αιχμής του πασσάλου από τα αποτελέσματα μιας επί τόπου δοκιμής (SPT ή CPT) στην περιοχή της αιχμής του πασσάλου, στο "πραγματικό" πεδίο πιέσεων, δεν χρειάζεται διόρθωση λόγω κρίσιμου βάθους.

Η προσπάθεια εκτιμήσεως της φέρουσας ικανότητας των πασσάλων με βάση τα αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών, πενετρομετρήσεων (CPT) και προτύπου δοκιμής διεισδύσεως (SPT) έχει αρχίσει από την δεκαετία του 1950. Οι σχετικές έρευνες κυρίως αφορούσαν θεμελιώσεις σε μη συνεκτικά εδάφη αλλά αργότερα περιέλαβαν και την περίπτωση συνεκτικών εδαφών. Πλέον πρόσφατες έρευνες συνδέουν την φέρουσα ικανότητα των πασσάλων με αποτελέσματα πρεσσιομετρήσεων (PT-tests). Σχετικές έρευνες και εμπειρία υφίστανται κυρίως στη Γαλλία, ως αποτέλεσμα συστηματικών ερευνών του LCPC, τόσο σε συνεκτικά όσο και σε μη συνεκτικά εδάφη.

Στον ελληνικό χώρο οι πλέον διαδεδομένες επί τόπου δοκιμές είναι οι δοκιμές SPT και CPT. Πρόσφατα όμως εκτελούνται δοκιμές πρεσσιομετρήσεων από το ΚΕΔΕ, τα δε αποτελέσματα τους συσχετίζονται με την φέρουσα ικανότητα πασσάλων, με βάση αποτελέσματα δοκιμαστικών φορτίσεων σε παρακειμένους πασσάλους (Frank et al , 1990).

8.3.2. Εκτίμηση της Φ.Ι. πασσάλων βάσει αποτελεσμάτων CPT.

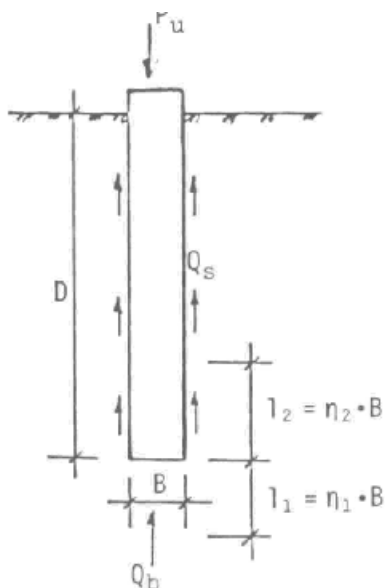
Είναι εξαιρετικά διαδεδομένη μεθοδολογία και βασίζεται κυρίως:

(α) Στη γεωμετρική ομοιότητα πασσάλου-στοιχείων πενετρομέτρου.

(β) Στην επανάληψη των δοκιμών CPT.

Και άλλοι παράγοντες όπως, η ομοιότητα της "λειτουργίας" ενός εμπηγνυόμενου πασσάλου και της διεργασίας κατά τη διείσδυση του πενετρομέτρου, η δυνατότητα συνδέσεως των αποτελεσμάτων δοκιμών CPT και με τη διάμετρο του πασσάλου, και άλλα, βοήθησαν στην ευρεία χρήση μεθόδων εκτιμήσεως της φέρουσας ικανότητας πασσάλων από αποτελέσματα δοκιμών CPT. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι υφίστανται πλέον των 20 τέτοιων μεθόδων.

Είναι λογικό λοιπόν σε μια σχετική μεθοδολογία, η αντοχή αιχμής του πασσάλου ανά μονάδα επιφανεΐας, Q_b , να συνδέεται με την αντίστοιχη αντοχή της αιχμής του κώνου, q_c . Όσον αφορά την αντοχή εκ πλευρικών τριβών του πασσάλου, Q_s , αυτή συνδέεται είτε με την αντίσταση σε πλευρική τριβή, ανά μονάδα επιφανεΐας, f_c , του "μανδύα" του κώνου, είτε με τη μέση αντοχή της αιχμής του κώνου καθ' ύψος του πασσάλου, q_c . Έτσι το οριακό φορτίο του πασσάλου, P_u , εκτιμάται γενικά ως το άθροισμα των οριακών φορτίων αιχμής, Q_b , και πλευρικών τριβών, Q_s , του πασσάλου, σύμφωνα με τη γνωστή σχέση: $P_u = Q_b + Q_s$



Σχήμα 8.11: Γεωμετρικά στοιχεία για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας πασσάλου βάσει δοκιμών CPT.

Παρόλο που όλες οι μέθοδοι εκτιμήσεως της φέρουσας ικανότητας από δοκιμές CPT έχουν ως βάση τις προηγούμενες σχέσεις διαφέρουν:

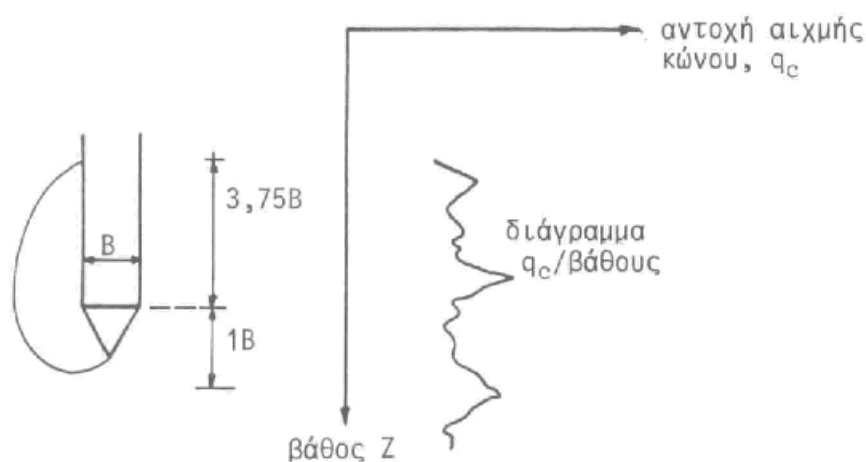
(α) Στον υπολογισμό της μείωσης αντίστασης αιχμής (q_{cb}) με βάση τη θεώρηση κατάλληλης αντιπροσωπευτικής "περιοχής αιχμής" του πασσάλου δηλαδή την επιλογή των μηκών l_1 και l_2 , (σχήμα 8.11).

(β) Στη θεώρηση των μειωτικών συντελεστών.

(γ) Στην εξάρτηση της q_{cb} με τη διάμετρο της βάσεως του πασσάλου και τέλος

(δ) Στην εκτίμηση της πλευρικής τριβής του πασσάλου την οποία όλες σχεδόν οι μέθοδοι την υπολογίζουν μέσω της αντοχής αιχμής του κώνου κατά μήκος του πασσάλου.

Για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας της αιχμής του πασσάλου, Q_b , χρειάζεται να γίνει εκτίμηση της "μέσης αντοχής αιχμής του κώνου", στην περιοχή της αιχμής του (σχήματα 8.11 και 8.12). Για την περίπτωση εμπηγνυομένων πασσάλων σε άμμο, των οποίων η διάμετρος δεν υπερβαίνει τα 50 εκ., η αντοχή αιχμής του πασσάλου, q_b , ισούται κατά Van der Veen (1957), με τη μέση αντοχή αιχμής του κώνου, q_c , κατά τα μήκη $1B$ και $3,75B$ όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 8.8. Ως τιμή όμως της αντοχής αιχμής του πασσάλου δεν λαμβάνεται μεγαλύτερη από την τιμή 10 MPa. Σε περίπτωση πασσάλων με μεγαλύτερη διάμετρο ή κατά τα ανωτέρω τιμή της Q_b θα πρέπει να μειώνεται μέχρι και κατά 50%, με την αύξηση της B . Από σχετική εμπειρία έχει βρεθεί ότι για συντελεστή ασφαλείας $F=2,5$, στο κατά τα ανωτέρω προσδιοριζόμενο φορτίο θραύσεως, Q_b η καθίζηση του πασσάλου δεν υπερβαίνει τα 15 mm.



Σχήμα 8.12: Καθορισμός της μέσης αντοχής αιχμής κώνου, (q_c), στην περιοχή αιχμής του πασσάλου.

Συνήθως όμως η μεταβολή της q_c με το βάθος είναι μεγάλη. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία σε πασσάλους με μεγάλη διάμετρο, όπου η περιοχή μέσα στην οποία αναπτύσσεται η αντοχή αιχμής του πασσάλου, Q_b , έχει μεγάλο ύψος.

Για την περίπτωση πασσάλων εκσκαφής ο Meyerhof (1982) δέχεται ότι η αντοχή εκ πλευρικών τριβών είναι περίπου το $1/2$ της αντίστοιχης για περίπτωση εμπηγνυομένων πασσάλων. Ειδικότερα για την περίπτωση πασσάλων εκσκαφής μεγάλης διαμέτρου ακολουθείται συγκεκριμένη μεθοδολογία κατά την οποία συνεκτιμώνται τόσο η τεχνολογία κατασκευής όσο και η γεωμετρία του πασσάλου, (π.χ. μεθοδολογία κατά το DIN 4014/1990). Με βάση τις ανωτέρω συστάσεις το επιτρεπόμενο φορτίο θραύσεως (αιχμής και πλευρικών τριβών) του πασσάλου εκτιμάται με ολικό συντελεστή ασφαλείας 2.5. Ειδικότερα για πασσάλους με συνηθισμένες διαμέτρου, σύμφωνα με την Ολλανδική εμπειρία μπορεί να ληφθεί $F=2,0$ για την αντοχή αιχμής και $F = 2,5$ για πασσάλους που φέρουν εφελκυστικά φορτία.

8.3.3. Εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας πασσάλων βάσει αποτελεσμάτων SPT.

Η εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας μέσω αποτελεσμάτων δοκιμών SPT θέλει ιδιαίτερη προσοχή, λόγω των πολλών αβεβαιοτήτων που μπορεί να υπάρξουν για την ορθή μέτρηση του αριθμού κτύπων N .

Ο Meyerhof (1976) για την περίπτωση εμπηγνυομένων πασσάλων σε κοκκώδη εδάφη συνιστά για την φέρουσα ικανότητα της αιχμής τη σχέση $Q_b = 0.4N(\text{MPa})$, όπου N η μέση τιμή N περί την αιχμή του πασσάλου ανηγμένη σε πίεση εξ υπερκειμένων γαιών $\sigma' = 100 \text{ kN/m}^2$. Η ανωτέρω τιμή ισχύει για λόγο μήκους/ διαμέτρου πασσάλου ίσο προς 10, άλλως μειώνεται αναλογικά. Για την περίπτωση μη πλαστικών ιλύων ισχύει η σχέση $Q_b = 0,3N(\text{MPa})$.

Τέλος αναφέρεται ότι ορισμένοι ερευνητές, (π.χ. Burland), προτείνουν τη μετατροπή των τιμών N σε αντίστοιχες τιμές q_c , και στη συνέχεια εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας με μεθόδους που βασίζονται σε αποτελέσματα CPT, λόγω της σχετικά εκτεταμένης εμπειρίας στο θέμα αυτό. Άλλοι όμως ερευνητές εκφράζουν αντιρρήσεις σε μία τέτοια μετατροπή και στη συνέχεια εφαρμογή μεθοδολογίας με βάση αποτελέσματα δοκιμών CPT, γι' αυτό και δεν συνίσταται η μετατροπή παρά μόνο σε επίπεδο προμελέτης.

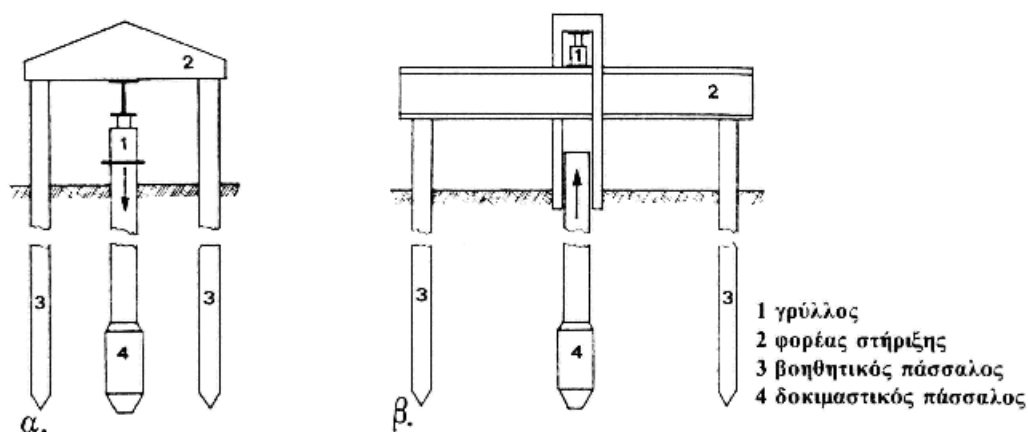
8.4 Δοκιμές πεδίου μεγάλης κλίμακας (Large Scale Tests).

Παρά τις σημαντικές προόδους στη θεωρητική και στην πειραματική Εδαφομηχανική που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια, η εμπειρία δείχνει ότι οι δοκιμές μεγάλης κλίμακας αποτελούν τον πλέον σίγουρο τρόπο για τη μελέτη της συμπεριφοράς τεχνικών έργων. Το υψηλό τους κόστος περιορίζει την εφαρμογή των μεθόδων αυτών μόνο σε έργα ιδιαίτερης σημασίας με σύνθετα προβλήματα θεμελίωσης.

8.4.1 Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου (Static Pile Load Test).

Το επιτρεπόμενο φορτίο πασσάλων έμπηξης, έγχυτων ή προκατασκευασμένων πασσάλων προσδιορίζεται με δοκιμές φόρτισης σε δοκιμαστικούς πασσάλους οι οποίοι κατασκευάζονται ειδικά για το σκοπό αυτόν.

Στο σχήμα 8.13 παρουσιάζονται διατάξεις δοκιμαστικής φόρτισης σε θλίψη και σε έλξη του πασσάλου. Τα φορτία ασκούνται μέσω ενός ή περισσότερων υδραυλικών γρύλων οι οποίοι στηρίζονται σε μεταλλικό φορέα ακυρωμένο σε βοηθητικούς πασσάλους. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των βοηθητικών πασσάλων και του κυρίως πασσάλου πρέπει να είναι ίση με $4d$ έως $6d$ ώστε να αποκλείονται φαινόμενα αλληλεπίδρασης των πασσάλων, Η απόσταση μεταξύ δύο δοκιμαστικών πασσάλων πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 μέτρα.



Σχήμα 8.13 :Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου. α) Θλιβόμενος πάσσαλος
β) Ελκυσόμενος πάσσαλος

Ο χρόνος έναρξης της δοκιμαστικής φόρτισης εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους. Σε συνεκτικούς σχηματισμούς η δοκιμαστική φόρτιση επιτρέπεται να αρχίσει το νωρίτερο τρεις εβδομάδες μετά την κατασκευή του πασσάλου. Σε αμμώδεις σχηματισμούς προδιαγράφεται ελάχιστος χρόνος αναμονής δύο ημερών. Η διάρκεια της δοκιμαστικής φόρτισης εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους στο οποίο εδράζεται η αιχμή του πασσάλου. Σε περίπτωση συνεκτικού εδάφους η δοκιμαστική φόρτιση πρέπει να διαρκεί πολύ καιρό εάν θέλουμε να έχουμε αξιόπιστα αποτελέσματα για τη συμπεριφορά του πασσάλου.

Τα φορτία στον πάσσαλο εφαρμόζονται σταδιακά. Για τις τιμές των επιμέρους βαθμίδων δεν υπάρχουν προδιαγραφές. Συνήθως η πρώτη βαθμίδα ορίζεται ίση με το 15% του φορτίου λειτουργίας του πασσάλου. Ακολουθούν η δεύτερη βαθμίδα με φορτίο ίσο με το 25% και οι υπόλοιπες με φορτία ίσα περίπου με το 10% του φορτίου λειτουργίας. Σε κάθε περίπτωση, ο αριθμός των βαθμίδων θα πρέπει να είναι υψηλός ώστε να εξασφαλίζεται η ακριβής σχεδίαση της καμπύλης φορτίου-καθίζησης, κυρίως στις περιοχές του φορτίου λειτουργίας και του τελικού φορτίου που θα εφαρμοστεί κατά τη δοκιμή. Για τον προσδιορισμό της παραμένουσας καθίζησης η φόρτιση του πασσάλου διακόπτεται από μια ή περισσότερες αποφορτίσεις.

Οι καθιζήσεις ή οι ανυψώσεις μετριοούνται καθόλη τη διάρκεια της δοκιμής με γεωδαιτικές μεθόδους και με μηκυσιόμετρα. Τα στοιχεία τα οποία πρέπει να συνοδεύουν μια δοκιμαστική φόρτιση προδιαγράφονται στο DIN 1054. Παρακάτω αναφέρονται τα κυριότερα από αυτό.

1. Κάτοψη της προβλεπόμενης κατασκευής με τις θέσεις των δοκιμαστικών πασσάλων.
2. Γεωτεχνικό προφίλ (προηγείται γεωτεχνική έρευνα).
3. Κατασκευαστικά στοιχεία του πασσάλου, διαστάσεις, παράμετροι αντοχής κ.λ.π.
4. Λεπτομερής περιγραφή του τρόπου κατασκευής του πασσάλου, Σε περιπτώσεις πασσάλων έμπηξης, η ενέργεια που απαιτήθηκε για την έμπηξη του πασσάλου, η ισχύς των μηχανημάτων. τυχόν διακοπές κατά την έμπηξη κ.λπ.
5. Τρόπος με τον οποίο ασκήθηκαν τα φορτία. Στοιχεία σχετικά με τη μέγιστη ικανότητα των γρύλων, τύποι μηκυσιομέτρων, βαθμός ακρίβειας κ.λπ.
6. Οι καμπύλες φορτίου-καθίζησης και καθίζησης-χρόνου.

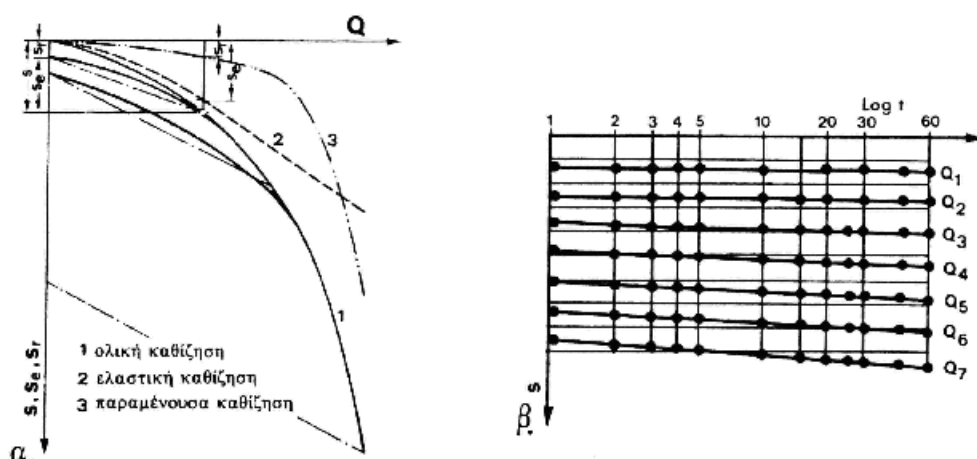
7. Ειδικές παρατηρήσεις. Μεταβολές που παρατηρήθηκαν στην επιφάνεια του εδάφους γύρω από τον πάσσαλο. Τυχόν μετατοπίσεις στους βοηθητικούς πασσάλους και στις αγκυρώσεις τους.

8. Στοιχεία αναφορικά με την εξαγωγή του πασσάλου μετά τη δοκιμαστική φόρτιση. Τρόπος που χρησιμοποιήθηκε, δυνάμεις που απαιτήθηκαν κ.λπ. Κατάσταση του πασσάλου και περιγραφή τυχόν ζημιών στο σώμα του.

9. Χρόνος έναρξης και πέρατος όλων των φάσεων της δοκιμαστικής φόρτισης.

Το αποτέλεσμα μιας δοκιμαστικής φόρτισης είναι η καμπύλη φορτίου-καθίζησης και η καμπύλη καθίζησης-χρόνου (σχήμα 8.14). Από την καμπύλη φορτίου-καθίζησης προκύπτουν συμπεράσματα για τη συμπεριφορά, κατά τη δοκιμαστική φόρτιση, του σώματος του πασσάλου. Απότομες μεταβολές στην καμπύλη αυτή υποδηλώνουν συνήθως αστοχία του πασσάλου εξαιτίας ελαττωματικής κατασκευής

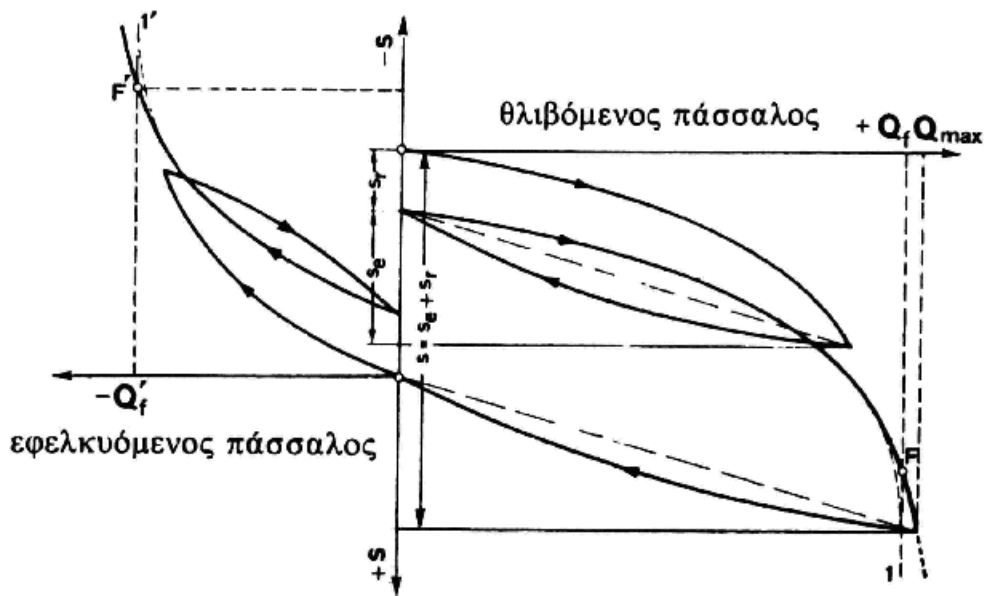
Σχεδιάζονται χωριστά η καμπύλη φορτίου-ελαστικής καθίζησης, η καμπύλη φορτίου-παραμένουσας καθίζησης και η καμπύλη φορτίου ολικής καθίζησης (σχήμα 8.15). Η διαφορά της ολικής και της παραμένουσας καθίζησης είναι ίση με το άθροισμα της ελαστικής καθίζησης του πασσάλου και της ελαστικής καθίζησης του εδάφους.



Σχήμα 8.14: Αποτελέσματα δοκιμαστικής φόρτισης πασσάλου.

α) Καμπύλες φορτίου – καθίζησης.

β) Καμπύλες ολικών καθιζήσεων – χρόνου.



Σχήμα 8.15: Διαγράμματα φορτίου – μετατόπισης για θλιβόμενο και εφελκυόμενο πάσσαλο.

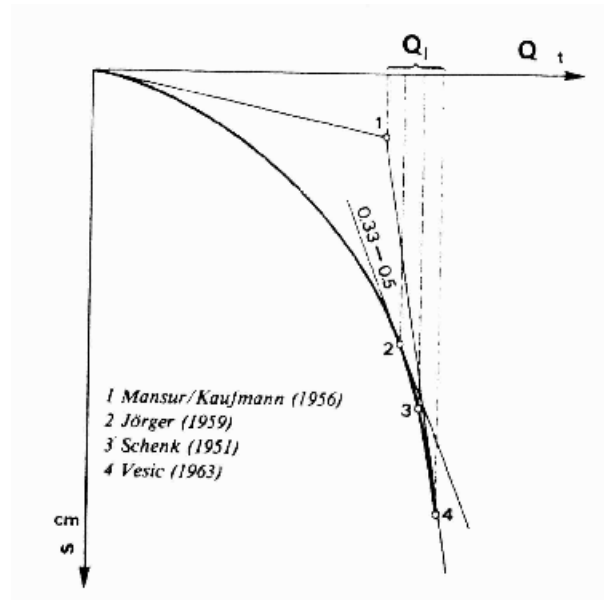
Ο σκοπός μιας δοκιμαστικής φόρτισης είναι ο προσδιορισμός του επιτρεπόμενου φορτίου του πασσάλου.

Θα ονομάζουμε φορτίο θραύσης Q_f το φορτίο το οποίο αρχίζει να προκαλεί τη βύθιση ή την εξόλκευση του πασσάλου (σημεία F και F στο σχήμα 8.15). Με τον όρο οριακό φορτίο ορίζουμε εκείνο το φορτίο πέρα από το οποίο παρατηρείται μεγάλη αύξηση των καθιζήσεων.

Ο προσδιορισμός του φορτίου θραύσης από την καμπύλη φορτίου-καθίζησης δεν είναι πάντοτε ακριβής· ιδίως όταν η καμπύλη αυτή καταλήγει σε κεκλιμένη ευθεία. Τις περισσότερες φορές η καμπύλη φορτίου-καθίζησης προσεγγίζει μια κατακόρυφη ασύμπτωτη 1. Εάν καθορίσουμε τη θέση της σχεδιάζοντας τη διακεκομμένη καμπύλη που φαίνεται στο σχήμα 8.15 βρίσκουμε το φορτίο θραύσης Q_f από το σημείο τομής της 1 με την καμπύλη φορτίου-καθίζησης.

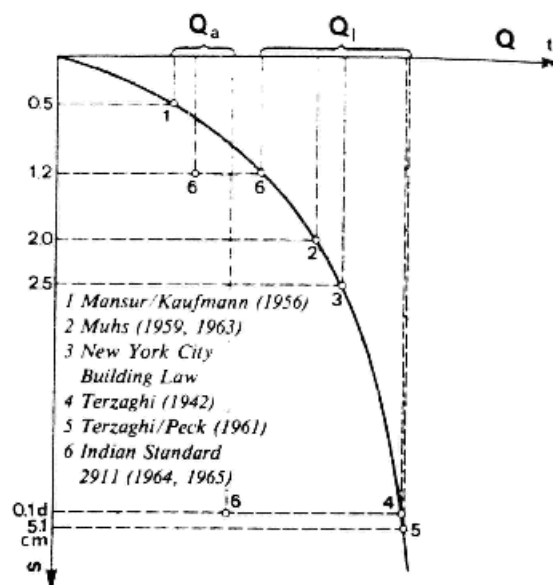
Για τον προσδιορισμό του επιτρεπόμενου φορτίου χρησιμοποιείται η τιμή του οριακού φορτίου. Προσδιορίζεται δηλαδή αρχικά η τιμή της Q_1 και μετά η τιμή του επιτρεπόμενου φορτίου. Για τον προσδιορισμό του Q_1 προτείνονται διάφοροι τρόποι:

(α) Προσδιορισμός του οριακού φορτίου Q_1 από την καμπύλη φορτίου-ολικής καθίζησης (σχήμα 8.16)



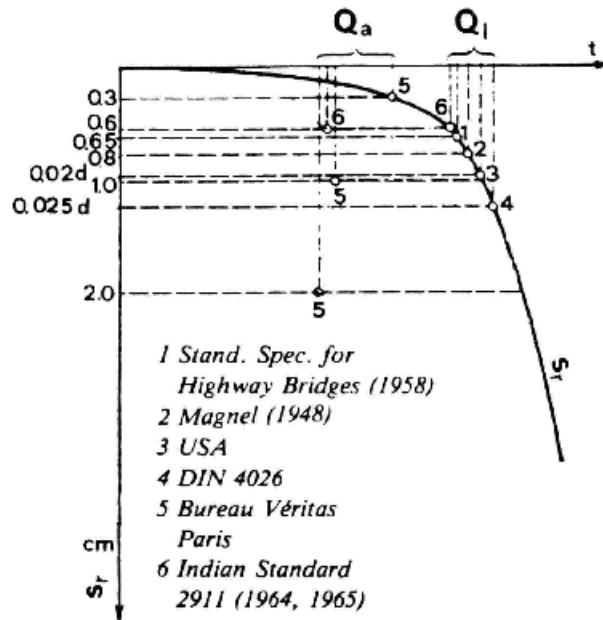
Σχήμα 8.16: Προσδιορισμός του οριακού φορτίου πασσάλων από την καμπύλη φορτίου – ολικής καθίζησης.

(β) Προσδιορισμός του οριακού φορτίου Q_l με βάση μια καθορισμένη τιμή της ολικής καθίζησης (σχήμα 8.17).



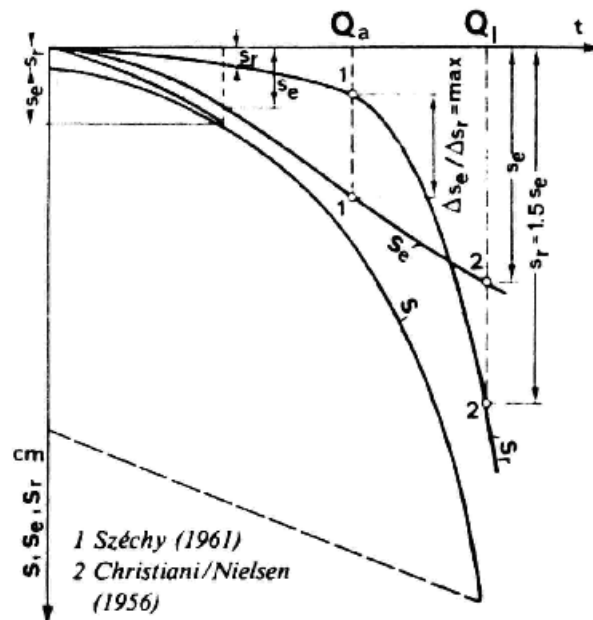
Σχήμα 8.17: Προσδιορισμός των φορτίων Q_l και Q_a με βάση μια καθορισμένη τιμή της ολικής καθίζησης.

(γ) Προσδιορισμός του οριακού φορτίου Q_1 με βάση μια καθορισμένη τιμή της παραμένουσας καθίζησης (σχήμα 8.18).



Σχήμα 8.18: Προσδιορισμός των φορτίων Q_1 και Q_a με βάση μια καθορισμένη τιμή της παραμένουσας καθίζησης.

(δ) Προσδιορισμός του οριακού φορτίου Q_1 από το λόγο της ελαστικής προς την παραμένουσα καθίζηση (σχήμα 8.19).



Σχήμα 8.19: Προσδιορισμός των φορτίων Q_1 και Q_a από τον λόγο της ελαστικής προς την παραμένουσα καθίζηση

Κατά τον προσδιορισμό του επιτρεπόμενου φορτίου με έναν από τους παραπάνω τρόπους θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η τιμή της επιτρεπόμενης καθίζησης η οποία δε μπορεί να οριστεί με γενικό τρόπο καθόσον είναι συνάρτηση της επιτρεπόμενης γωνιακής απόκλισης.

Μια ομάδα πασσάλων προξενεί μεγαλύτερη καθίζηση από ότι ο μεμονωμένος πάσσαλος, θα πρέπει συνεπώς εάν θέλουμε να μην ξεπεράσουμε την επιτρεπόμενη τιμή της καθίζησης να μειώσουμε το επιτρεπόμενο φορτίο που προσδιορίσαμε με τη δοκιμαστική φόρτιση σε μεμονωμένο πάσσαλο.

Οι νόμοι αναγωγής των αποτελεσμάτων μιας δοκιμαστικής φόρτισης μεμονωμένου πασσάλου σε μια ομάδα πασσάλων είναι διαφορετικοί για πασσάλους αιχμής και για πασσάλους τριβής. Για να ξεπεραστούν σχετικές δυσκολίες ο δοκιμαστικός πάσσαλος τοποθετείται πολλές φορές μέσα στην περιοχή μιας ήδη κατασκευασθείσας ομάδας πασσάλων. Κατά τη φόρτιση του δοκιμαστικού πασσάλου μετριούνται και οι καθιζήσεις των πασσάλων της ομάδας. Με τον τρόπο αυτόν προκύπτουν στοιχεία τα οποία επιτρέπουν τον προσδιορισμό της καθίζησης της ομάδας.

Για να μπορέσουμε με θεωρητικό τρόπο να εφαρμόσουμε τα αποτελέσματα μιας δοκιμαστικής φόρτισης μεμονωμένου πασσάλου σε μια ομάδα πασσάλων, θα πρέπει να αναλύσουμε το οριακό φορτίο στην αντοχή τριβής και στην αντοχή αιχμής του πασσάλου. Εάν μετρηθούν οι δύο αυτές αντιστάσεις (με δοκιμές έλξης του πασσάλου ή με την τοποθέτηση αισθητήρων τάσης στην αιχμή του πασσάλου) μπορούμε εφαρμόζοντας σχέσεις της θεωρίας της ομοιότητας να μελετήσουμε τη συμπεριφορά της ομάδας.

Δοκιμές οριζόντιας φόρτισης πασσάλου (horizontal pile load tests) εφαρμόζονταν όταν απαιτούνται στοιχεία αναφορικά με το δείκτη εδάφους k_s . Κατά τις δοκιμές αυτές ασκούνται μέσω υδραυλικών γρύλων οριζόντια φορτία στον πάσσαλο. Το αποτέλεσμα της δοκιμής είναι μια καμπύλη φορτίου-οριζόντιων μετατοπίσεων από την οποία προσδιορίζεται η τιμή του k_s . Αισθητήρες τοποθετημένοι στο σώμα του πασσάλου μετρούν τις καμπτικές τάσεις που αναπτύσσονται κατά τη δοκιμή.

Για να αποφεύγονται οι βαριές εγκαταστάσεις στήριξης των γρύλων (βοηθητικοί πάσσαλοι, αγκυρώσεις κ.λπ.) έχουν αναπτυχθεί τρόποι φόρτισης του πασσάλου μέσω υδραυλικών γρύλων οι οποίοι τοποθετούνται στο σώμα του πασσάλου.

Τελευταία έχει αναπτυχθεί μια δυναμική μέθοδος δοκιμαστικής φόρτισης (dynamic pile load test). Στη μέθοδο αυτή μια βαριά σφύρα αφήνεται να πέφτει ελεύθερα επάνω στην κεφαλή του πασσάλου. Κατά τη διάρκεια των κρούσεων

μετριούνται επιμηκύνσεις και επιταχύνσεις στην κεφαλή του πασσάλου οι οποίες καταγράφονται και επεξεργάζονται μέσω προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή σε διαγράμματα χρόνου-φορτίου και χρόνου-ταχύτητας. Το επιτρεπόμενο φορτίο καθώς και διαγράμματα φορτίου-καθίζησης προσδιορίζονται μέσω ειδικών μεθόδων οι οποίες έχουν αναπτυχθεί στο Case Institute of Technology, Cleveland, Ohio (CASE method, Case Pile Wave Analysis Program).

Η μέθοδος έχει ήδη γίνει πλήρως αποδεκτή για πασσάλους έμπηξης. Για έγχυτους πασσάλους μεγάλης διαμέτρου η σχετική εμπειρία είναι ακόμη μικρή.



Κεφάλαιο 9

Συντελεστές ασφαλείας

9.1 Γενικά.

Η επιλογή του καταλλήλου συντελεστή ασφαλείας κατά το σχεδιασμό των βαθιών θεμελιώσεων είναι ένα αρκετά πολύπλοκο πρόβλημα. Η ορθή ερμηνεία της συμπεριφοράς ενός πασσάλου, υπό την επενέργεια μιας φορτίσεως, απαιτεί την εξέταση των διαφόρων παραγόντων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα.

Η απάντηση στο ερώτημα "τι συντελεστή ασφαλείας θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε σε μία βαθιά θεμελίωση" μπορεί να διευκολυνθεί με το να παρακολουθήσουμε τη μεθοδολογία που ακολουθείται σε αντίστοιχα προβλήματα της τεχνικής μηχανικής, όπως πολύ επιτυχώς προτείνουν οι Cole και Lord (1981). Θεωρούμε λοιπόν τις σχέσεις:

$$F = \sigma_u / \sigma_w \quad F_1 = \sigma_{yp} / \sigma_w$$

όπου: σ_w = η επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας.

σ_u = η τάση θραύσεως.

σ_{yp} = η τάση διαρροής.

Οι ανωτέρω συντελεστές ασφαλείας F και F_1 , καθορίζουν την επιτρεπόμενη τάση (σ_w) με βάση το μέγεθος μιας τάσεως που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο γεγονός. Έτσι για να αναφερθούμε στην πράξη με παραδείγματα, στις μεταλλικές κατασκευές χρησιμοποιείται το κριτήριο διαρροής ενώ στο σκυρόδεμα το κριτήριο θραύσεως.

Είναι πολλοί οι παράγοντες που πρέπει να καλύπτει ένας συντελεστής ασφάλειας σε προβλήματα Μηχανικού. π.χ. για την περίπτωση επιλογής συντελεστού ασφαλείας, για εφαρμογή μεθοδολογίας επιτρεπομένων τάσεων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

α) Η ομοιομορφία του υλικού.

β) Η ακρίβεια του υπολογισμού των τάσεων.

γ) Η ακρίβεια καθορισμού των εξωτερικών φορτίσεων.

Η επιλογή "μερικών συντελεστών ασφαλείας", (ΜΣΑ), για την περίπτωση μεθοδολογίας οριακής ισορροπίας, επίσης δεν είναι απλή. Και άλλοι παράγοντες, πέραν των προηγουμένως αναφερθέντων, υπεισέρχονται στο πρόβλημα καθώς και η αξιοπιστία τους.

Σε προβλήματα γεωτεχνικής, στην περίπτωση που γίνεται χρήση ΜΣΑ, καταβάλλεται προσπάθεια τα προκύπτοντα μεγέθη να είναι ανάλογα με αυτά που προκύπτουν με χρήση ενιαίου συντελεστού ασφαλείας.

Καταρχήν όμως είναι απαραίτητο να δοθούν οι ορισμοί των επιτρεπομένων κ. ά. φορτίων που υπεισέρχονται στα προβλήματα επιλογής συντελεστών ασφαλείας

για πασσάλους όπως αυτοί διατυπώνονται στην σχετική Αγγλική βιβλιογραφία (Burland, 1988).

1. Φορτίο θραύσεως, P_u , καθορίζεται είτε ως το φορτίο για το οποίο κινητοποιείται πλήρως η αντοχή του περιβάλλοντος εδάφους του πάσσαλου, είτε ως το φορτίο για το οποίο πραγματοποιείται καθίζηση του πασσάλου ίση προς το 10% της διαμέτρου του.

2. Επιτρεπόμενο φορτίο, P_a , ορίζεται ως το φορτίο το οποίο μπορεί να επιβληθεί επί του πασσάλου με εξασφάλιση των προϋποθέσεων:

(α) Φερούσης ικανότητας.

(β) Αρνητικών τριβών.

(γ) Αποστάσεων μεταξύ των πασσάλων, λόγω λειτουργίας ομάδος.

(δ) Γενικής ευστάθειας του εδάφους κάτω από την αιχμή των πασσάλων.

(ε) Επιτρεπομένων καθιζήσεων.

3. Φορτίο σχεδιασμού, P_d , το φορτίο το οποίο είναι δυνατόν να επιβληθεί σ' ένα μεμονωμένο πάσσαλο, χωρίς να ληφθεί υπόψη κατά τον καθορισμό του η τυχόν επίδραση της ομάδας πασσάλων ή η επίδραση του περιβάλλοντος εδάφους (π.χ. εξ αρνητικών τριβών).

4. Φορτίο λειτουργίας, P_w , το φορτίο που αναλογεί στο μεμονωμένο πάσσαλο, με βάση τους στατικούς υπολογισμούς της ανωδομής. Ως γενικές παρατηρήσεις επί των ανωτέρω μπορούν να αναφερθούν:

(α) Εξ ορισμού $P_a > P_w$.

(β) Το P_a δεν συσχετίζεται απευθείας με το P_u .

(γ) Είναι λογικό σε μία κατασκευή μεταξύ των πασσάλων της θεμελιώσεως να υφίστανται διαφορετικές τιμές συντελεστών ασφαλείας (π.χ. τιμές λόγου $F=P_u / P_a$).

9.2 Προτεινόμενοι συντελεστές ασφαλείας.

Είναι χαρακτηριστικό της πολυπλοκότητας του προβλήματος τόσο οι διαφορετικές τιμές όσο και ο διαφορετικός τρόπος καθορισμού των συντελεστών ασφαλείας κατά τους διάφορους κανονισμούς (π.χ. Γερμανικά DIN, Πολωνικούς PS, Αγγλικός CP8004 κ.ά.).

Πολύ παραστατικά τίθεται το πρόβλημα στον CP8004 με την πρόταση: Ο συντελεστής ασφαλείας πρέπει να επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη τη φύση του υπεδάφους, τις τυχόν μεταβολές του καθώς και την αξιοπιστία της μεθόδου με την οποία προσδιορίσθηκε η φέρουσα ικανότητα του πασσάλου.

Για την περίπτωση που υφίστανται περιορισμένα εδαφικά στοιχεία ή υπάρχει ενδεχόμενο μεταβολής ορισμένων μεγεθών του υπεδάφους, ο ανωτέρω ολικός συντελεστής ασφαλείας, θα πρέπει να ληφθεί ως $F=2,5$ και ο αντίστοιχος ΜΣΑ για την αιχμή $F=3,5$.



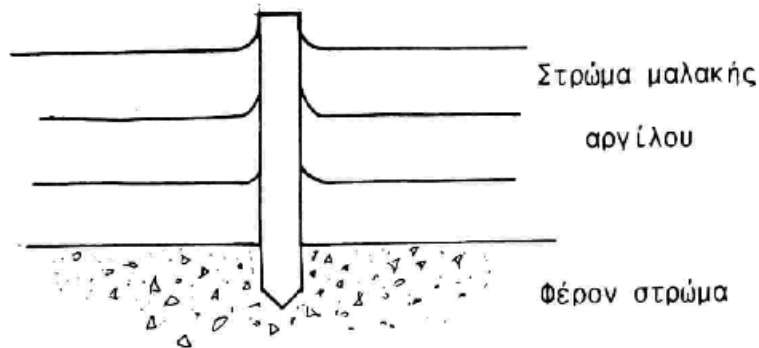
Κεφάλαιο 10

Αρνητική τριβή

10.1 Αρνητική τριβή σε μεμονωμένους πασσάλους.

Συνήθως οι πάσσαλοι διέρχονται μέσω μαλακών αργιλικών στρωμάτων για να εδραστούν σε βαθύτερα στρώματα σφιγρής αργίλου ή πυκνής άμμου. Η διέλευση των πασσάλων μέσα από τα μαλακά αργιλικά στρώματα προκαλεί μία αύξηση της πίεσεως των πόρων στο περιβάλλον έδαφος. Η αποτόνωση της ανωτέρω πίεσεως προκαλεί μία στερεοποίηση του μαλακού εδάφους, με συνέπεια το άνω μέρος του εδαφικού στρώματος να τείνει να κινηθεί προς τα κάτω.

Κατά την παράπλευρο επιφάνεια του πασσάλου, λόγω συνάφειας πασσάλου-εδάφους, παρεμποδίζεται η καθίζηση του εδαφικού στρώματος, λόγω της αναπτύξεως ενός "μηχανισμού" αρνητικής τριβής (NSF), όπως ποιοτικά εικονίζεται στο σχήμα 10.1.



Σχήμα 10.1: Ανάπτυξη αρνητικής τριβής.

Επειδή ο πάσσαλος του σχήματος 10.1, αδυνατεί να παρακολουθήσει την καθίζηση του περιβάλλοντος εδάφους, αφού εδράζεται σε πρακτικά ασυμπίεστο στρώμα, τείνει να "συγκρατήσει" το περιβάλλον έδαφος με συνέπεια μια αύξηση στο φορτίο που φέρει. Το πρόσθετο αυτό φορτίο (αρνητικό φορτίο) ισούται, κατά προσέγγιση, με το γινόμενο της παράπλευρης επιφάνειας του πασσάλου στο μαλακό έδαφος επί την ανά μονάδα επιφανείας αντοχή σε συνάφεια μεταξύ πασσάλου-εδάφους.

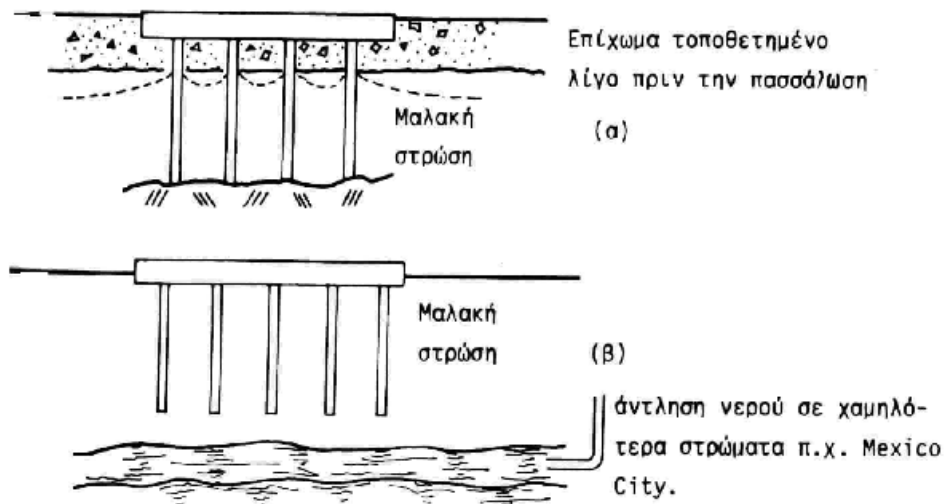
Η εκτίμηση του φορτίου επί του πασσάλου, λόγω αναπτύξεως αρνητικών τριβών γίνεται με ανάλογο τρόπο όπως και κατά την εκτίμηση της αντοχής λόγω

πλευρικών τριβών, είναι $f_{SN} = \alpha c_u$, όπου α ο συντελεστής συνάφειας και c_u αστράγγιστη διατμητική αντοχή (Broms, 1966).

Άλλες πιθανές περιπτώσεις αναπτύξεως αρνητικών τριβών είναι:

(α) Η διέλευση πασσάλων μέσω στρωμάτων μαλακής αργίλου ή αργιλοιλύων υπό στερεοποίηση.

(β) Περιπτώσεις θεμελιώσεων με πασσάλους όπως στο σχήμα 10.2.



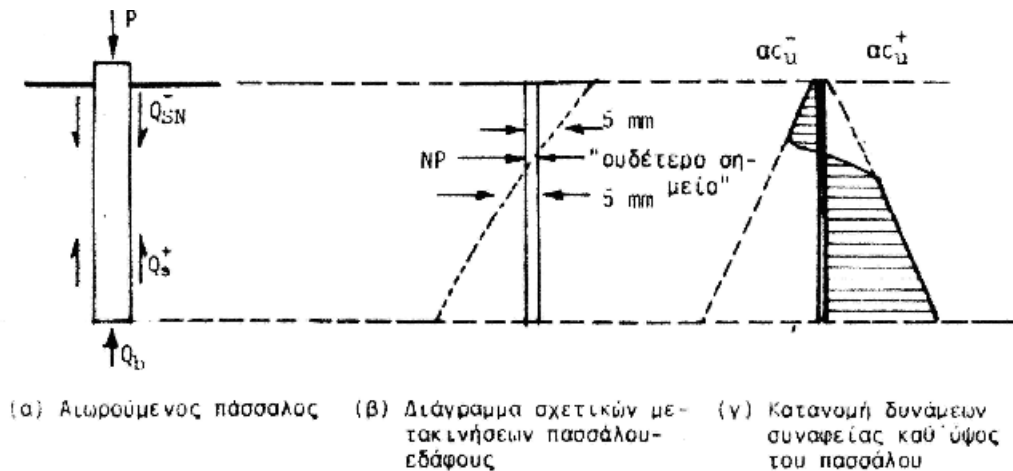
Σχήμα 10.2: Περιπτώσεις αναπτύξεως αρνητικής τριβής.

Για την ανάπτυξη αρνητικής τριβής χρειάζεται μία ελαχίστη σχετική μετακίνηση πασσάλου-εδάφους περί τα 5 mm. Έτσι στην περίπτωση αιωρουμένων πασσάλων σε μαλακά υπό στερεοποίηση εδάφη καθ' ύψος των πασσάλων είναι δυνατόν να αναπτυχθούν και αρνητικές (στο ανώτερο τμήμα του) και θετικές τριβές, ανάλογα με το μέγεθος και τη φορά της σχετικής μετακίνησης εδάφους-πασσάλου. (σχήμα 10.3).

Το σημείο μηδενισμού της σχετικής μετακινήσεως εδάφους-πασσάλου καλείται "ουδέτερο σημείο", NP, (neutral point). Έτσι άνω του ουδετέρου σημείου το έδαφος κινείται προς τα κάτω σε σχέση με τον πάσσαλο και κάτω του ουδετέρου σημείου ο πάσσαλος κινείται προς τα κάτω σε σχέση με το περιβάλλον έδαφος.

Η εξωτερική ισορροπία πασσάλου, ως ελευθέρου σώματος, για την περίπτωση αναπτύξεως αρνητικής τριβής κατά το σχήμα 10.3 και για συντελεστή ασφαλείας $F=1$, δίνεται από τη σχέση:

$$P + Qs_N - Qb - Qs = 0$$



Σχήμα 10.3: Αιωρούμενος πάσσαλος σε μαλακή εδαφική στρώση υπό-στερεοποίηση. (Burland, 1988).

Το πρόβλημα εκτιμήσεως των φορτίων εξ αρνητικών τριβών είναι πολύπλοκο και ο παράγων χρόνος έχει εδώ ιδιαίτερη σημασία. Για απλές περιπτώσεις η φόρτιση λόγω αρνητικής τριβής ανά μονάδα επιφανείας πασσάλου μπορεί να εκτιμηθεί κατά δύο τρόπους:

1. Κατά τη σχέση $f_{SN} = \alpha c_u$ με την βοήθεια συντελεστού συναφείας και αναφορά σε ολικές τάσεις.
2. Κατά τη μέθοδο-β του Burland και αναφορά σε ενεργές τάσεις. Για την περίπτωση αυτή ο Burland (1988) συνιστά τιμές $\beta = 0,2 - 0,25$.

Οι πρακτικές συνέπειες της αναπτύξεως των αρνητικών τριβών είναι:

- (α) Η αύξηση του κατακόρυφου φορτίου που μπορεί να μειώσει οριακά τον συντελεστή ασφαλείας έναντι θραύσεως του εδάφους ή ακόμη και να οδηγήσει σε οριακή καταπόνηση του υλικού του πασσάλου.
- (β) Η επιρροή των αυξημένων φορτίων επί των καθιζήσεων του πασσάλου ή ακόμη μιας ομάδος πασσάλων.
- (γ) Η μείωση της ενεργού πίεσεως λόγω υπερκειμένων γαιών τόσο στη βάση όσο και καθ' ύψος του πασσάλου, με προφανή πρόσθετα δυσμενή αποτελέσματα σε περίπτωση μη συνεκτικών σχηματισμών, λόγω της μείωσης τόνων των θετικών τριβών όσον και της αντοχής αιχμής του πασσάλου.

Στην πράξη είναι δυνατή η μείωση του φορτίου εξ αρνητικών τριβών κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης (καθιζήσεως) του εδάφους γύρω από τους πασσάλους με διάφορους τρόπους όπως:

1. Με μείωση της συνάφειας πασσάλου-εδάφους π.χ. με επάλειψη της παράπλευρης επιφάνειας του πασσάλου με ασφαλική επίστρωση.
2. Με χρησιμοποίηση πασσάλων με μειωμένη κατά το δυνατόν περίμετρο.
3. Με χρησιμοποίηση εξωτερικής σωληνώσεως που περιβάλλει τον πάσσαλο.
4. Με κατάλληλο χρονικό προγραμματισμό της κατασκευής των πασσάλων, αφού τα φαινόμενα αρνητικής τριβής παύουν να υπάρχουν μετά το πέρας της στερεοποίησης του μαλακού εδάφους.

Σημειώνεται ότι φαινόμενα αναπτύξεως αρνητικών τριβών παρουσιάζονται, για τους αυτούς λόγους, και στην περίπτωση χαλαρών μη συνεκτικών εδαφών. Στην περίπτωση αυτή η φόρτιση λόγω αρνητικών πλευρικών τριβών μπορεί, να εκτιμηθεί, με αναφορά σε ενεργές τάσεις, κατά τη σχέση:

$$f_{SN} = K\sigma' \cdot \epsilon\phi'$$

όπου: ϕ' =γωνία εσωτερικής τριβής

K = συντελεστής ωθήσεως γαιών, εξαρτώμενος από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής του πασσάλου καθώς και τη φύση του περιβάλλοντος εδάφους, και

σ' =πίεση εξ υπερκειμένων γαιών, με αναφορά σε ενεργές τάσεις.

10.2 Αρνητική τριβή σε ομάδα πασσάλων.

Η συνολική φόρτιση πασσάλου σε ομάδα, περιλαμβανομένης και της επιρροής αρνητικών τριβών στην παράπλευρη επιφάνεια της ομάδας δίνεται κατά Terzaghi-Peck (1967) από τη σχέση: $Q_{max} = Q + Q' + Q_{SN}$

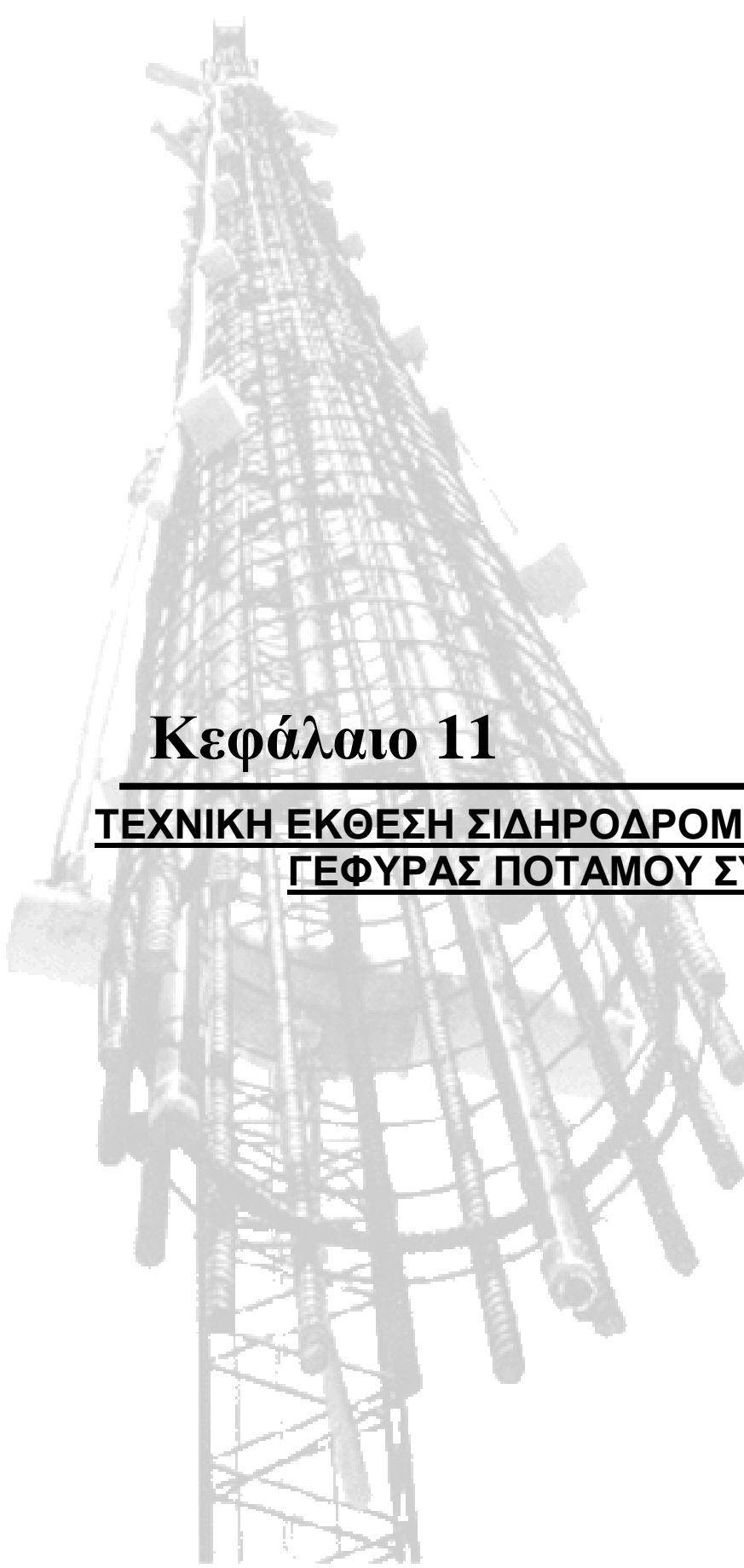
όπου: Q =το φορτίο ανά πάσσαλο εκ της ανωδομής.

Q' =μέση επιβάρυνση ανά πάσσαλο λόγω του ιδίου βάρους του εδάφους που περιλαμβάνεται μεταξύ των πασσάλων της ομάδας.

Q_{SN} =μέση επιβάρυνση ανά πάσσαλο λόγω της συνολικής δύναμης εξ αρνητικών τριβών κατά την παράπλευρη επιφάνεια της ομάδας.

Σημειώνεται ότι η ανωτέρω μέθοδος θεωρείται συντηρητική, λόγω των βασικών παραδοχών της και κυρίως διότι το "ουδέτερο σημείο" λαμβάνεται στην

αιχμή των πασσάλων. Επίσης και οι Ρουλος και Davis (1980) προτείνουν μια απλουστευτική μέθοδο εκτιμήσεως της αλληλεπιδράσεως μεταξύ των πασσάλων μιας ομάδος, λόγω αναπτύξεως αρνητικών τριβών. Κατά τη μέθοδο λαμβάνεται υπόψη η γεωμετρία της ομάδος, οι αποστάσεις μεταξύ των πασσάλων καθώς και η σχετική ακαμψία τους.



Κεφάλαιο 11

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΥΘΑ.

11.1. Γενικά χαρακτηριστικά σιδηροδρομικής γέφυρας

Η παρούσα τεχνική έκθεση αναφέρεται στη θεμελίωση της σιδηροδρομικής Γέφυρας του ποταμού Σύθα στην περιοχή του Ξυλοκάστρου νομού Κορινθίας.

Το έργο αυτό διέρχεται πάνω από τον ποταμό Σύθα σε μικρό σχετικά ύψος από την κοίτη του, κυμαινόμενο από 4,50~7,70μ. Το μήκος της γέφυρας είναι 83,00μ. δεδομένου του εύρους της κοίτης και της λοξότητας αυτής ως προς τον άξονα της σιδηροδρομικής γραμμής στη θέση του έργου γέφυρα αποτελείται από 5 ανοίγματα των 16,60μ.

Τα βάθρα της γέφυρας προκύπτουν με καθαρό ύψος κυμαινόμενο από 7,00m~7,45m στις θέσεις των μεσοβάθρων, ενώ στις θέσεις των ακροβάθρων το ολικό ύψος έως το κατάστρωμα της γέφυρας προκύπτει ίσο με ~5,90m και το καθαρό ελεύθερο κάτω από το πέλμα του φορέα ίσο προς ~4,00m.

Το πλάτος της γέφυρας καθορίζεται από τις τυπικές διατομές για διπλή σιδηροδρομική γραμμή (πρότυπα Ο.Ε.Μ.) με πρόβλεψη θέσης για ιστό ηλεκτροκίνησης, δεδομένου ότι το μήκος της γέφυρας ξεπερνά τα 50,0m. Με πλάτος διαδρόμου πεζοδρομίων 0,75m το συνολικό πλάτος της γέφυρας ανέρχεται σε 12,90m.

Για το φορέα της γέφυρας πλέον ενδεικνυόμενη λύση για τον προτεινόμενο φορέα των πέντε ανοιγμάτων είναι η συνεχής πλάκα με κυκλικά διάκενα και μονολιθικές συνδέσεις στα μεσόβαθρα. Στα ακρόβαθρα η σύνδεση είναι έδραση επί εφεδράνων ολίσθησης, ενώ η εγκάρσια δέσμευση της μετακίνησης θα εξασφαλίζεται από μηχανικό μεταλλικό διατμητικό σύνδεσμο βιομηχανικής κατασκευής. Υπολογίστηκε απαιτούμενο συνολικό πάχος 1,45m για την πλάκα ανωδομής με διάκενα διαμέτρου 0,95m και πάχη άνω και κάτω πέλματος 0,25m.

Τα πεζοδρόμια θα φέρονται επί προβόλων μήκους 1,50m με σκοπό τη μείωση του πλάτους των βάθρων, τη μείωση του βάρους της ανωδομής και την αισθητική αναβάθμιση του έργου.

Τα μεσόβαθρα έχουν προβλεφθεί με σχετικά περιορισμένο συνολικό πλάτος 7,30m, ώστε να συμβάλλουν στη συνολική αισθητική της γέφυρας λόγω του πλήθους αυτών και δομένου ότι η γέφυρα είναι ορατή από το τοπικό παράπλευρο οδικό δίκτυο. Τα μεσόβαθρα φέρουν κυκλικές απολήξεις ώστε να είναι υδραυλικά αποδεκτά. Το πάχος των μεσοβάθρων υπολογίστηκε σε 1,40m ενώ το καθαρό ύψος αυτών έως την άνω στάθμη του κεφαλοδέσμου κυμαίνεται από 7,00 ~ 7,45 m. Η θεμελίωσή τους γίνεται με έξι έγχυτους φρεατοπασσάλους (τρεις σε διπλή σειρά) Φ 1,50 m ανά 5,00m μήκους 35,0m

δεδομένης της χαμηλής ποιότητας του εδάφους θεμελίωσης, μέσω ορθογωνικού κεφαλοδέσμου διαστάσεων 7,40 x 12,40 m πάχους 1,50m.

Τα ακρόβαθρα της γέφυρας προβλέπεται να είναι βάθρα τοιχοειδούς μορφής με συνολικό ύψος περί τα 5,90 μ. τα οποία εδράζονται επί διπλής σειράς πέντε εγχύτων φρεατοπασσάλων Φ 1,20 m μήκους 20,0m μέσω ορθογωνικού κεφαλοδέσμου διαστάσεων 5,60 x 16,40 m πάχους 1,50m.

Προς το μέρος του ακροβάθρου A2 (προς Πάτρα) και στη δεξιά οριογραμμή στη συνέχεια του πτερυγότοιχου θα κατασκευαστεί συμβατικός τοίχος αντιστήριξης για την αντιστήριξη του πρανούς του επιχώματος μήκους ~10,50m.

11.2 Θεμελίωση

Για τον προσδιορισμό των συνθηκών του εδάφους θεμελίωσης πραγματοποιήθηκαν κάποιες γεωτρήσεις και στατικές πνευτρομετρήσεις.

Βάσει των αποτελεσμάτων των ερευνών που πραγματοποιήθηκαν προκύπτει ότι το υπέδαφος της περιοχής άμεσου ενδιαφέροντος αποτελείται από ποτάμιες αποθέσεις. Πρόκειται για σύγχρονες αποθέσεις που δημιουργήθηκαν από την αποσάθρωση ιζηματογενών σχηματισμών που διέσχισε ο ποταμός.

Πιο συγκεκριμένα η στρωματογραφική *ακολουθία* παρουσιάζεται ως ακολούθως:

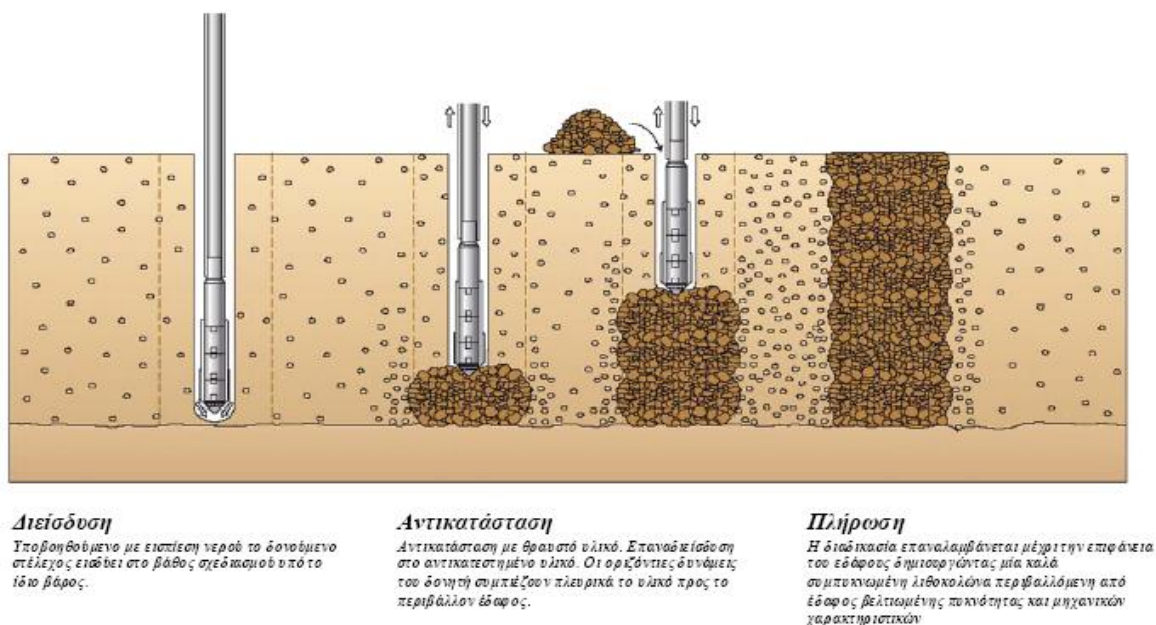
(α) Αμμοχάλικα και κροκάλες: Εμφανίζονται επιφανειακά στην κοίτη καθώς και στις όχθες του ποταμού. Πρόκειται για αδρομερή υλικά κοίτης καθώς και υλικά επιχώσεων.

(β) Αμμοίλυσ – ιλυώδης άμμος: Πρόκειται για εναλλαγές αμμοίλυδων και ιλοαμμωδών στρώσεων που αποτελούν προϊόντα ήρεμης απόθεσης και εκβολής ποταμού σε λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον.

(γ) Αργιλόμαργα: Το υλικό αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως υπόβαθρο για το βάθος μέχρι το οποίο έφτασαν οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις. Αποτελείται από αργιλικό υλικό που εμφανίζεται σφιγρό.

Βάσει των μετρήσεων της πιεζομετρικής στάθμης εντός των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν προκύπτει ότι ο υδροφόρος ορίζοντας στην περιοχή είναι σχεδόν επιφανειακός, γεγονός που είναι αναμενόμενο λόγω της ροής του ποταμού. Κατά την περίοδο έντονων βροχοπτώσεων και αυξημένης ροής του ποταμού αναμένεται ότι η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα ενδέχεται να ξεπερνά την στάθμη της κοίτης του ποταμού.

Για την βελτίωση των εδαφικών συνθηκών προτείνεται να προηγηθεί η μέθοδος κατασκευής χαλικοπασσάλων και δονητικής αντικατάστασης του εδάφους στις περιοχές των βάθρων της γέφυρας, όπως παρουσιάζεται και στο αντίστοιχο σχέδιο της θεμελίωσης.



Σχήμα 11.1: Μέθοδος βελτίωσης του εδάφους με χαλικοπασσάλους και δονητική αντικατάσταση.

Η βελτίωση του εδάφους με χαλικοπασσάλους εξασφαλίζει τα ακόλουθα:

- (α) Μείωση υποχωρήσεων επιφανειακών θεμελίων
- (β) Αύξηση της φέρουσας ικανότητας
- (γ) Μείωση – εξάλειψη του δυναμικού ρευστοποίησης
- (δ) Αποτροπή φαινομένου πλευρικής εξάπλωσης κατά τον σεισμό
- (ε) Δυνατότητα για ακτινική στράγγιση

Ο υπολογισμός της θεμελίωσης των μεσοβάθρων και των ακροβάθρων έγινε με βάση τις παραμέτρους σχεδιασμού και τις προτάσεις της ως άνω μελέτης θεμελίωσης, Το κάθε μεσόβαθρο θεμελιώνεται με έξι έγχυτους φρεατοπασσάλους (τρεις σε διπλή σειρά) Φ 1,50 m ανά 5,0 x 5.0 m μήκους 35m. Το κάθε ακρόβαθρο θεμελιώνεται επί διπλής σειράς πέντε εγχύτων φρεατοπασσάλων Φ 1,20 m μήκους 20m.

Για την αποφυγή ανάπτυξης αρνητικών τριβών στους πασσάλους θεμελίωσης των ακροβάθρων θα πρέπει, η κατασκευή των επιχωμάτων πρόσβασης να προηγηθεί της κατασκευής των πασσάλων αυτών.

11.3 Προεργασίες

Προηγουμένως της κατασκευής των χαλικοπασσάλων μορφώνεται κατάλληλο δάπεδο εργασίας προκειμένου για την άρτια εκτέλεση των εργασιών. Αρχικά, γίνεται εκσκαφή του εδάφους μέχρι την επιθυμητή στάθμη, και οπωσδήποτε μέχρι να αφαιρεθούν οι φυτικές γαίες, σε όλη την έκταση κατασκευής των χαλικοπασσάλων.

Η έναρξη των εργασιών μπορεί να ξεκινήσει από τη στάθμη αυτή ή να διαστρωθεί στρώση αποτελούμενη από χαλίκια και σκύρα διαστάσεων 20-70mm, με πάχος ανάλογο με τις εκάστοτε απαιτήσεις. Η στρώση αυτή αποτελεί εξυγιαντική στρώση και παράλληλα δάπεδο εργασίας για την κατασκευή των χαλικοπασσάλων.

11.4 Κατασκευή Χαλικοπασσάλων

Οι χαλικοπάσσαλοι κατασκευάζονται με εκτόπιση του εδαφικού υλικού και με αντικατάσταση του με χαλίκια κατάλληλης κοκκομετρικής διαβάθμισης, καλά συμπυκνωμένα, όπως περιγράφεται στα επόμενα, προκειμένου να ενισχυθεί / βελτιωθεί η διατμητική αντοχή του εδάφους, να μειωθούν οι καθιζήσεις από τα φορτία των υπερκείμενων κατασκευών και να μειωθεί ο κίνδυνος ρευστοποίησης σε περίπτωση ισχυρού σεισμού.

Υλικά

Το υλικό πλήρωσης των χαλικοπασσάλων θα αποτελείται από θραυστά γωνιώδη χαλίκια (σκύρα) διαστάσεων 8-70mm (ανάλογα με τη μέθοδο, όπως περιγράφεται στη συνέχεια), απαλλαγμένα προσμίξεων (λεπτόκοκκα υλικά, πέτρες, φυτικά κλπ.).

Προσδιορισμός Θέσης Χαλικοπασσάλων

Αμέσως πριν από την τοποθέτηση κάθε χαλικοπασσάλου η θέση του θα προσδιορίζεται ταχυμετρικά ή με άλλη δόκιμη μέθοδο. Ο έλεγχος και η εξασφάλιση των θέσεων θα γίνεται από σταθερά σημεία αναφοράς που θα δημιουργηθούν γι' αυτό το σκοπό (π.χ. σταθερά γερεε σε συνδυασμό με απλά στη διαδικασία τους όργανα, όπως ηλεκτρονικά ταχύμετρα πολικών συντεταγμένων).

Μέθοδοι Κατασκευής

Οι χαλικοπάσσαλοι μπορούν να κατασκευαστούν με μία από τις παρακάτω περιγραφόμενες μεθόδους ή με κάθε άλλη δοκιμασμένη μέθοδο που θα προτείνει ο Ανάδοχος και θα εγκρίνει ο κύριος του έργου.

Μέθοδος κλειστού σωλήνα

Η μέθοδος συνίσταται στις εξής φάσεις εργασίας:

1 Έμπηξη μέσα στο έδαφος ενός άκαμπτου χαλύβδινου σωλήνα εξωτερικής διαμέτρου ίσης με την προβλεπόμενη διάμετρο του χαλικοπασσάλου, πωματισμένου προσωρινά στο κάτω άκρο. Το πωμάτισμα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός αρθρωτά συνδεδεμένου πώματος, κωνικού ή επίπεδου σχήματος, αποτελούμενου από δύο ή περισσότερα τμήματα, που τοποθετείται μόνιμα στο κάτω άκρο του σωλήνα έμπηξης. Το σύστημα είναι απαραίτητο για την συμπύκνωση του υλικού των χαλικοπασσάλων, όπως αναφέρεται πιο κάτω.

Η έμπηξη του σωλήνα γίνεται δονητικά, με κατάλληλο δονητή, ικανό να επιτύχει την έμπηξη μέχρι το επιθυμητό βάθος και την ακόλουθη ανάσχυση του σωλήνα.

2 Πλήρωση του σωλήνα, μετά το πέρας της έμπηξης, με τα αδρανή υλικά (σκύρα διαστάσεων 15-60mm), με τη βοήθεια χοάνης που τοποθετείται στο άνω άκρο του σωλήνα.

3 Διαδοχικές ανασύψεις του σωλήνα για την εκκένωση των αδρανών και επανέμπηξες αυτού για τη συμπύκνωση του υλικού πλήρωσης του χαλικοπασσάλου, ως εξής:

Ο σωλήνας έμπηξης, αφού πληρωθεί με τον απαιτούμενο όγκο αδρανών, ανασύρεται αρχικά κατά 1.50m περίπου από τη στάθμη της αιχμής. Κατά την ανάσχυση, το πώμα ανοίγει και το χαλικώδες υλικό γεμίζει το αντίστοιχο τμήμα του διατρήματος. Στη συνέχεια γίνεται επανέμπηξη του σωλήνα επί μήκους έως 0,75m, κατά την οποία το μεταλλικό πώμα ξαναπωματίζει το σωλήνα που, με τη σειρά του, συμπυκνώνει το υλικό των σκύρων και διευρύνει τη διάμετρο του χαλικοπασσάλου.

Ακολουθούν διαδοχικές φάσεις ανάσχυσης κατά 1,50-2,25m και επανέμπηξης κατά 0,50-0,75m αντίστοιχα, μέχρι την ολοκλήρωση της κατασκευής του χαλικοπασσάλου από συμπυκνωμένα αδρανή υλικά εντός του εδάφους, μέχρι τη στάθμη του δαπέδου εργασίας. Μετά την τελευταία φάση επανέμπηξης ακολουθεί πλήρης ανάσχυση του σωλήνα και πλήρωση του διατρήματος με όσο κοκκώδες υλικό απαιτηθεί επιπλέον, χωρίς περαιτέρω συμπύκνωση, μέχρι το δάπεδο εργασίας.

Κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων ανάσχυσης και επανέμπηξης, ο σωλήνας πρέπει να επαναπληρώνεται με υλικό, τέτοιου συμπληρωματικού όγκου, ώστε η συνολική τελικά διοχετευόμενη ποσότητα να αρκεί για την ολοκλήρωση του υπό κατασκευή χαλικοπασσάλου.

Για να μειωθούν κυρίως οι τριβές επαφής των σκύρων τόσο μεταξύ τους όσο και με τα εσωτερικά τοιχώματα του σωλήνα έμπηξης, είναι δυνατόν να διοχετεύεται μέσα στο σωλήνα μαζί με τα σκύρα μία ποσότητα νερού, αρκετή για να γεμίσουν τα

κενά. Δημιουργείται έτσι μια υπερπίεση μέσα στο σωλήνα, που διευκολύνει το γέμισμα του διατρήματος, αντιμετωπίζοντας μαζί και τις έντονες οριζόντιες πιέσεις που ασκεί η εδαφική μάζα που περιβάλλει το σωλήνα, μετά την έμπηξη.

Ο σωλήνας έμπηξης θα πρέπει να είναι αριθμημένος σε όλο το μήκος του, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εύκολη μέτρηση του βάθους έμπηξης του κάτω από το δάπεδο εργασίας. Προκειμένου να εκτιμηθεί η μέση διάμετρος του κατασκευαζόμενου χαλικοπασσάλου θα πρέπει να μετράται ο όγκος των χρησιμοποιούμενων αδρανών σε κάθε χαλικοπάσσαλο και να αναγράφεται στο σχετικό μητρώο.

11.5 Μηχανικός Εξοπλισμός και κατασκευή Φρεατοπασσάλων

Ανάλογα με τη μέθοδο κατασκευής των χαλικοπασσάλων ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι:

Μέθοδος κλειστού σωλήνα

- Δονητής (ηλεκτρικός ή υδραυλικός) κατάλληλης ισχύος για την έμπηξη του σωλήνα στο απαιτούμενο βάθος.
- Χαλύβδινος σωλήνας μήκους ανάλογο με το βάθος έμπηξης με πώμα αρθρωτά συνδεδεμένου στο σωλήνα, κωνικού ή επίπεδου σχήματος αποτελούμενου από δύο ή περισσότερα τμήματα. Στο άνω μέρος του έχει κατάλληλα διαμορφωμένο άνοιγμα για την προσαρμογή χοάνης και την τροφοδοσία των αδρανών.
- Γερανός ερπυστριοφόρος κατάλληλης ανυψωτικής ικανότητας, για την ανάρτηση του δονητή και του σωλήνα έμπηξης.
- Φορτωτής ελαστικοφόρος για την τροφοδοσία των αδρανών.
- Ηλεκτροπαράγωγο ζεύγος 220-300 kVA

Όσο αφορά την κατασκευή των φρεατοπασσάλων, στην παρούσα τεχνική έκθεση αφορά την μεθοδολογία κατασκευής Έγχυτων Πασσάλων με αφαίρεση εδαφικού υλικού (φρεατοπάσσαλοι) σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό prEN 1536 – Ιαν.1997 (Διαμ. 0.3μ-3.0μ)

Το σκυρόδεμα των φρεατοπασσάλων πρέπει να έχει ιδιότητες όπως: υψηλή αντίσταση κατά του διαχωρισμού, υψηλή πλαστικότητα, ικανή εργασιμότητα και ρευστότητα (κάθιση > 18cm) καθ'όλη τη διάρκεια των εργασιών σκυροδέτησης. Οι

παραπάνω ιδιότητες επιτυγχάνονται με κατάλληλη σύνθεση σκυροδέματος και ταυτόχρονη χρήση πρόσμικτων υλικών.

Η κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος πρέπει να κυμαίνεται από C20/25 έως C30/37, εκτός από την περίπτωση που σαφώς απαιτείται ακόμα μεγαλύτερη αντοχή. Χαμηλότερη κατηγορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή των πρωτευόντων πασσάλων (primary piles) ενός πασσαλοδιαφράγματος.

Ο μέγιστος κόκκος αδρανών που θα χρησιμοποιηθεί δεν πρέπει να έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 32mm ή από το 1/4 της καθαρής απόστασης των διαμηκών ράβδων οπλισμού.

Το τσιμέντο για τους έγχυτους φρεατοπασσάλους πρέπει να είναι τύπου Portland. Η χρήση άλλων τύπων επιτρέπεται μόνο κατόπιν τεκμηρίωσης της καταλληλότητάς τους.

Η σύνθεση του μίγματος πρέπει να προσαρμόζεται κατάλληλα σε περιπτώσεις μεγάλης εισροής νερού στο διάτρημα ή γενικότερα κακών εδαφολογικών συνθηκών, ώστε να έχει το νωπό σκυρόδεμα ικανή προστασία.

Ως διατρητικό - σταθεροποιητικό υγρό χρησιμοποιείται αιώρημα μπεντονίτη με ή χωρίς πρόσμικτα, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και πολυμερή, αφρός ή άλλα υποκατάστατα του μπεντονίτη. Ο μπεντονίτης είναι ελληνικής προέλευσης και προμηθεύεται στο εργοτάξιο σε σκόνη.

Ο σιδηρούς οπλισμός πρέπει να είναι σύμφωνος προς τις διατάξεις του Νέου Κανονισμού Σκυροδέματος για τη Μελέτη και Εκτέλεση Έργων από σκυρόδεμα, να είναι απαλλαγμένος από σκουριές και να έχει καθαρή επιφάνεια.

Η ποιότητα των σιδηρών οπλισμών θα είναι αυτή που περιγράφεται στα σχέδια. Οι ράβδοι κατά την επεξεργασία και τη μετέπειτα σκυροδέτηση θα καθαρίζονται από την επιφανειακή χαλαρή σκωρίαση.

11.6 Κατασκευή

Οι φρεατοπάσσαλοι κατασκευάζονται με αφαίρεση του εδαφικού υλικού με κατάλληλο γεωδιατρητικό συγκρότημα και ταυτόχρονη αντιστήριξη των παρειών του φρέατος με τα κατάλληλα, κατά περίπτωση, μέσα.

Ο κλωβός του οπλισμού, με τις ράβδους και τη διάταξη που προβλέπεται στη μελέτη, κατασκευάζεται σε άλλη θέση και τοποθετείται με γερανό εντός του φρέατος.

Η σκυροδέτηση, όταν χρησιμοποιείται διατρητικό-σταθεροποιητικό υγρό, γίνεται με τη μέθοδο του βυθιζόμενου σωλήνα (TREMIE PIPE) χωρίς διακοπή μέχρις ότου συμπληρωθεί ο πάσσαλος.

Στα πρώτα μέτρα της εκσκαφής (συνήθως 3), τοποθετείται προσωρινή μεταλλική σωλήνωση διαμέτρου λίγο μεγαλύτερης της ονομαστικής διαμέτρου των πασσάλων (lead-in tube), για καλύτερη προστασία του φρέατος από τα επιφανειακά χαλαρά υλικά για την σωστή εκτέλεση των εργασιών τοποθέτησης του οπλισμού και της σκυροδέτησης. Η σωλήνωση αυτή δεν είναι απαραίτητη σε σκληρά εδάφη και σε διαμέτρους πασσάλων μικρότερες από 600mm, ενώ σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να τοποθετηθεί και σε μεγαλύτερο μήκος ή και στο σύνολο της οπής.

Κατά την εξέλιξη της διάτρησης, σε μη συνεκτικά εδάφη τα ενδεχόμενα προβλήματα λόγω ανεξέλεγκτης εισροής νερού στο διάτρημα και κατάπτωση τοιχωμάτων, αντιμετωπίζονται συνήθως με δύο τρόπους, ανάλογα με τη σοβαρότητά τους:

Γενικά, αστάθεια των παρειών του φρέατος αναμένεται συνήθως σε χαλαρά αμμώδη εδάφη και μαλακές αργίλους ή ιλύες.

Σε περίπτωση αδιαπέρατου στρώματος, οι εργασίες διάτρησης πρέπει να αναστέλλονται και να ενημερώνεται ο μελετητής για πιθανή τροποποίηση της μελέτης. Η χρήση εκρηκτικών για την απομάκρυνση εμποδίου ή τη διάνοιξη οπής σε βράχο, πρέπει να αποφεύγεται εάν υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης ζημιών σε γειτονικούς πασσάλους ή άλλες κατασκευές.

Μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής, ο πυθμένας της οπής καθαρίζεται από τυχόν χαλαρά υπολείμματα και ενισχύεται με χτυπήματα όπου αυτό είναι δυνατόν.

Σε περίπτωση όπου ο πάσσαλος εδράζεται σε βραχομάζα με κλίση, θα πρέπει ο πυθμένας του διατρήματος να ακολουθεί την κλίση αυτή, ώστε να εξασφαλίζεται ο πάσσαλος από πιθανή ολίσθηση. Όταν η κλίση της βραχομάζας είναι μεγάλη, μπορεί να απαιτηθεί διάτρηση και εντός του βράχου για την πλήρη πάκτωση της βάσης του πασσάλου μέσα σε αυτόν.

Τοποθέτηση του γεωτρυπάνου και κατακορυφότητα

Οι θέσεις των πασσάλων θα καθορίζονται από οριζοντιογραφική χάραξη και το υψόμετρο κεφαλής της διάτρησης θα ορίζεται κατόπιν υψομετρικής αποτύπωσης.

Για την κατά το δυνατόν ακριβέστερη τοποθέτηση του γεωτρυπάνου, θα προηγείται επισήμανση της θέσης του πασσάλου με τοποθέτηση ορόσημων εξασφάλισης (πασσαλάκια) και βάψιμο του εδάφους με έντονο χρώμα για την αποτύπωση της περιφέρειας του διατρήματος.

Κατά τη διάρκεια της διάτρησης θα ελέγχεται η κατακορυφότητα της διάτρησης (συνεχής έλεγχος της κατακορυφότητας του τηλεσκοπικού διατρητικού

στελέχους (Kelly) με αλφάδι) και θα γίνονται οι κατάλληλες διορθώσεις για την εξασφάλιση της κατά το δυνατόν κατακόρυφης θέσης του πασσάλου.

Διάτρηση με τη χρήση αντιστηρικτικού αιωρήματος

Για να εξασφαλιστεί η ευστάθεια των παρειών του διατρήματος σε εδάφη χαλαρά με τάση προς κατάπτωση, χρησιμοποιείται αντιστηρικτικό αιώρημα κατάλληλης σύνθεσης με πρόσθεση ορισμένων βελτιωτικών, εάν αυτό κριθεί σκόπιμο.

Η στάθμη του αιωρήματος θα πρέπει να διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών τουλάχιστον 1,5m πάνω από τη στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ώστε να διατηρείται η απαραίτητη υπερπίεση έναντι των εδαφικών ωθήσεων και της πίεσης του υπογείου νερού. Η απαιτούμενη υπερπίεση του αιωρήματος εξαρτάται κυρίως από το είδος αυτού, τη διάμετρο της διάτρησης και την αντοχή του εδάφους. Για υψηλής στάθμης υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες μπορεί να είναι απαραίτητη η επέκταση του Lead- in -tube πάνω από το δάπεδο εργασίας.

Ικανή ποσότητα αιωρήματος πρέπει να παραμένει διαθέσιμη για την αντιμετώπιση περιπτώσεων απώλειας του αιωρήματος του διατρήματος στα κενά του εδάφους.

Διάτρηση με σωλήνωση προστασίας

Η προσωρινή σωλήνωση προστασίας χρησιμοποιείται στο σύνολο ή σε τμήμα της οπής, εφόσον τα τοιχώματα του φρέατος, ακόμα και με τη χρήση στηρίζοντος διατρητικού υγρού, δεν κρίνονται ασφαλή από καταπτώσεις. Υπογραμμίζεται ότι, στην περίπτωση αυτή πρέπει να γίνεται χρήση σωλήνα λείας εσωτερικής επιφάνειας για την ομαλή σκυροδέτηση του πασσάλου, καθώς και λείας εξωτερικής επιφάνειας για την ομαλή ανάσυρση αυτής.

Ο μεταλλικός σωλήνας μπορεί να τοποθετηθεί με δύο τρόπους: πριν την εκσκαφή του διατρήματος με έμπηξη ταυτόχρονα με εκσκαφή του διατρήματος με χρήση βυθιστή (oscillator).

Για να αποφεύγονται χαλαρώσεις του πυθμένα της διάτρησης κατά τη διάρκεια της διάτρησης, θα πρέπει η σωλήνωση να προηγείται της διάτρησης σε απόσταση που εξαρτάται από το είδος του εδάφους. Σε μαλακά συνεκτικά ή μη συνεκτικά εδάφη, (π.χ. λεπτή άμμος και ιλύς) κάτω από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, απαιτείται γενικά, ένα προβάδισμα της σωλήνωσης μέχρι το μισό της διαμέτρου διάτρησης.

Σε περίπτωση παρουσίας αρτεσιανής ροής ή διάτρησης χαμηλότερα από τη στάθμη των υπόγειων υδάτων, θα πρέπει να υπάρχει εντός του σωλήνα νερό ή άλλο υγρό, ύψους τουλάχιστον 1m πάνω από τη στάθμη του υδροφόρου, για τη δημιουργία υπερπίεσης.

11.7 Οπλισμός Πασσάλου

Ο κλωβός του οπλισμού κατασκευάζεται κατά τμήματα και συναρμολογείται στο σύνολό του πριν την τοποθέτησή του εντός του φρέατος, αμέσως μετά το πέρας της εκσκαφής.

Η κατά τη μελέτη γεωμετρία του κλωβού επιτυγχάνεται με μεταλλικούς οδηγούς (στεφάνια) από χάλυβα σκυροδέματος, ST I, για το σχηματισμό στερεού κλωβού που να μη κάμπτεται ή να παραμορφώνεται κατά τη μεταφορά και τοποθέτησή του. Όλες οι ενώσεις των ράβδων συγκολλούνται ή δένονται με σύρμα.

Η ελεύθερη απόσταση μεταξύ των ράβδων του κλωβού πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 7cm. Η απαιτούμενη επικάλυψη του οπλισμού (min 7 cm) και η συμμετρική τοποθέτηση του κλωβού στην οπή θα επιτυγχάνεται με ειδικούς αποστάτες (spacer blocks) οι οποίοι διατάσσονται συμμετρικά γύρω από τον σιδηροκλωβό και τοποθετούνται ανά διαστήματα όχι μεγαλύτερα όμως από 3m.

Πριν από την τοποθέτηση του ο κλωβός θα καθαρίζεται από τυχόν λάσπες κλπ. Οι σιδηροί οπλισμοί των πασσάλων πρέπει να εξέχουν πάνω από την οριστική στάθμη των κεφαλών των πασσάλων μετά την αποκοπή-καθάρισμα της κεφαλής, τουλάχιστον κατά το μήκος πρόσφυσης εντός του κεφαλόδεσμου.

Η τοποθέτηση του οπλισμού θα γίνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά τον καθαρισμό του πυθμένα της διάτρησης και ο κλωβός θα συγκρατείται στη σωστή θέση κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης.

Σκυροδέτηση πασσάλου

Το άνω τμήμα της οπής του διατρήματος που δε σκυροδετείτε, συμπληρώνεται προσωρινά με κατάλληλο κοκκώδες υλικό ή σκυρόδεμα χαμηλής αντοχής, μέχρι της στάθμης του δαπέδου εργασίας των μηχανημάτων.

Σκυροδέτηση εν ξηρώ

Η σκυροδέτηση αυτού του είδους δεν εφαρμόζεται εάν υπάρχει στάσιμο νερό στον πυθμένα του πασσάλου. Η σκυροδέτηση θα γίνεται κατά τρόπο ώστε να αποφεύγεται η απόμιξη του σκυροδέματος. Το σκυρόδεμα πρέπει να κατευθύνεται κάθετα στο κέντρο του διατρήματος ώστε να μη χτυπήσει στον οπλισμό ή στα τοιχώματα της οπής

Σκυροδέτηση παρουσία νερού ή διατρητικού υγρού

Η σκυροδέτηση γίνεται με τη μέθοδο του βυθιζόμενου σωλήνα διάστρωσης (TREMIE PIPE). Σημειώνονται τα ακόλουθα:

Η χοάνη και ο σωλήνας σκυροδέτησης θα πρέπει να βρίσκονται σε καλή κατάσταση και να είναι υδατοστεγανοί.

Πριν από την έναρξη της σκυροδέτησης θα πρέπει να εξακριβώνεται ότι δεν υπάρχει συγκεντρωμένη λάσπη ή λασπωμένο διατρητικό υγρό (π.χ. λασπωμένο αιώρημα μπεντονίτη) στον πυθμένα της οπής. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να ληφθεί με κατάλληλη δειγματοληπτική συσκευή, δείγμα του αιωρήματος μπεντονίτη από τον πυθμένα της οπής του πασσάλου. Αν το ειδικό βάρος του δείγματος που πάρθηκε υπερβαίνει τα 1,20 gr/cm³ δεν θα επιτρέπεται η σκυροδέτηση. Στη περίπτωση αυτή ο Κατασκευαστής θα τροποποιήσει ή θα αντικαταστήσει το αιώρημα μπεντονίτη ώστε να ανταποκριθεί προς τα προδιαγραφόμενα χαρακτηριστικά του.

Κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης και μετά από αυτήν, θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή να αποφευχθεί βλάβη του σκυροδέματος από τυχόν άντληση νερού ή καταβίβαση της στάθμης του υπόγειου νερού.

Καθ' όλη τη διάρκεια της σκυροδέτησης θα υπάρχει επαρκής ποσότητα σκυροδέματος μέσα στο σωλήνα σκυροδέτησης ώστε να εξασφαλίζεται η υπερπίεση έναντι της πίεσης του αντιστηρικτικού αιωρήματος.

Η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα σκυροδέτησης δεν θα είναι μικρότερη από 150 mm για σκυρόδεμα με μέγιστο κόκκο αδρανούς 20 mm, ή μικρότερη από 200 mm για σκυρόδεμα με μέγιστη διάμετρο αδρανούς 32 mm. Η εξωτερική διάμετρος του πρέπει να είναι μικρότερη του 0,35 της ονομαστικής διαμέτρου του πασσάλου ή 0,6 του πλάτους του κλωβού οπλισμού. Το μήκος του πρέπει να είναι ίσο με το συνολικό μήκος του πασσάλου.

Η εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα σκυροδέτησης θα πρέπει να είναι λεία, ενώ η εξωτερική θα πρέπει να έχει κατά το δυνατόν λιγότερες εξωτερικές προεξοχές, για να μπορεί να περνάει μέσα από τον κλωβό οπλισμού χωρίς να του προξενεί

βλάβες. Κατά την έναρξη της σκυροδέτησης, ο σωλήνας tremie πρέπει να ανασπώνεται κατάτι (όσο και η εσωτερική του διάμετρος) για να απελευθερωθεί το σκυρόδεμα, και κατόπιν να ανασύρεται σταδιακά καθώς το σκυρόδεμα γεμίζει το διάτρημα.

Θα πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα ώστε να αποφευχθεί η άμεση επαφή του σκυροδέματος που πρωτοεισάγεται στην οπή, με το νερό ή το διατρητικό υγρό (π.χ. με τη χρήση βαλβίδας εκτόπισης του νερού που περνάει μέσα από το σωλήνα σκυροδέτησης ή με τη βοήθεια μιας πρόχειρης "τάπας", που τοποθετείται στο στόμιο του σωλήνα και η οποία ωθείται κάτω από το βάρος του σκυροδέματος).

Το άκρο του σωλήνα σκυροδέτησης πρέπει να διατηρείται τουλάχιστον 1,5 m κάτω από τη στάθμη του νωπού σκυροδέματος μέσα στο διάτρημα, ενώ για πασσάλους διαμέτρου $D > 1,2$ m τουλάχιστον 2,5 m.

Κατά τη σκυροδέτηση του πασσάλου, ο οπλισμός υφίσταται την άνωση του ρευστού σκυροδέματος και ανυψώνεται. Το φαινόμενο αυτό επιδεινώνεται όταν ο σωλήνας σκυροδέτησης βυθίζεται περισσότερο απ' όσο χρειάζεται μέσα στο σκυρόδεμα και για το λόγο αυτό, πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης.

Ανέλκυση προσωρινής Σωλήνωσης

Η ανέλκυση της προσωρινής σωλήνωσης θα πρέπει να γίνεται ενόσω το σκυρόδεμα είναι ακόμη εργάσιμο, αργά, ομοιόμορφα και με την πρέπουσα προσοχή ώστε να μην σχηματίζονται καθ' οιονδήποτε τρόπο κενά στη μάζα του σκυροδέματος ή στενώσεις της διατομής του πασσάλου. Η χρήση δονητικών εξολκέων θα πρέπει να αποφεύγεται όταν:

- (α) Δημιουργούνται ανεπίτρεπτες συνθήκες θορύβου και οχλήσεις των περιοίκων.
- (β) Δημιουργούνται κίνδυνοι για την ασφάλεια των δικτύων των ΟΚΩ ή των παρακείμενων κατασκευών.

11.8 Μηχανικός Εξοπλισμός

Κατά τη διάτρηση θα πρέπει να παρατηρηθεί επακριβώς η συμπεριφορά του εδάφους. Για επανεξέταση και ολοκλήρωση των αποτελεσμάτων των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων της εδαφοτεχνικής έρευνας θα πρέπει στα μητρώα των πασσάλων να σημειωθούν τα στρώματα των πασσαλο-γεωτρήσεων. Για κάθε

μεμονωμένο πάσσαλο θα πρέπει να τηρηθεί το βάθος που θα πρέπει να διεισδύσει ο πάσσαλος στο φέρον στρώμα.

Αν, κατά την άποψη του Κατασκευαστή, γεννώνται αμφιβολίες ως προς τη σύσταση του εδάφους θεμελίωσης κάτω από τους πασσάλους, τότε ο Κατασκευαστής μπορεί να προτείνει στον Εργοδότη για έγκριση, την εκτέλεση συμπληρωματικής εδαφοτεχνικής έρευνας στο στρώμα αυτό και τις ανάλογες τροποποιήσεις, εφόσον απαιτηθούν.

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός για την κατασκευή έργων θεμελίωσης με φρεατοπασσάλους διακρίνεται σε βασικό και βοηθητικό.

Ένα τυπικό συγκρότημα κατασκευής φρεατοπασσάλων αποτελείται από:

ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

- Ειδικό γεωδιατηρητικό μηχάνημα (γεωτρύπανο)
- Βοηθητικός γερανός (κατά περίπτωση)
- Συγκρότημα παραγωγής και ανακύκλωσης αιωρήματος μπεντονίτη (εφόσον απαιτείται)

Γεωτρύπανα φρεατοπασσάλων

Τα γεωτρύπανα φρεατοπασσάλων, αναλόγως του μηχανήματος στο οποίο εδράζονται, διακρίνονται σε:

α. Γεωτρύπανα επί ελαστικοφόρου οχήματος.

β. Γεωτρύπανα επί γερανού: η κεφαλή περιστροφής τροφοδοτείται από δικό της κινητήρα και εδράζεται στο σώμα του γερανού.

γ. Γεωτρύπανα επί υδραυλικού γερανού: η κεφαλή περιστροφής τροφοδοτείται από τον κινητήρα του γερανού και εδράζεται σε γλυσιέρα.

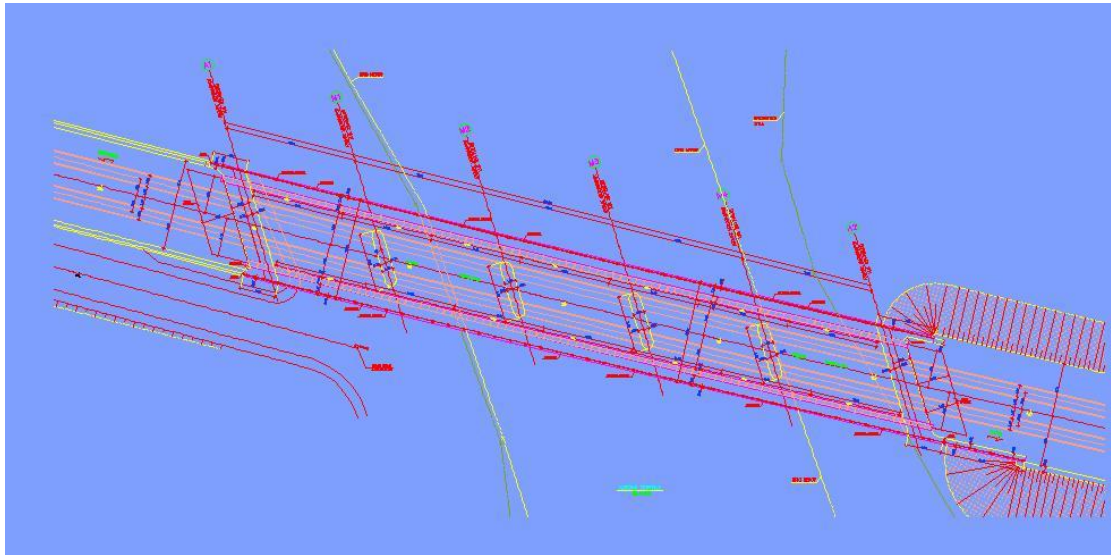
ΤΕΧΝ. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	IMT 802/28	IMT 805/35	SOIL MEC RTA/a
Μέγιστη διάμετρος γεώτρησης	1000 mm	1500 mm	1500 mm
Μέγιστο βάθος γεώτρησης	28 m	35 m	35 m
Μέγιστη ροπή στρέψης	45 kNm	84 kNm	85 kNm
Ανυψωτική Ικανότητα Πρωτεύοντος Βαρούλκου	73 Kn	100 kN	112 kN
Ανυψωτική Ικανότητα Δευτερεύοντος Βαρούλκου	50 kN	50 kN	60 kN
ΤΥΠΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	DEUTZ F6L 912	DEUTZ BF6L 913	GEN. MOTORS 4D-0135
ΙΣΧΥΣ	78 Kw/2300 rpm	108 kW/2300 rpm	92 Kw/2200 rpm
ΒΑΡΟΣ (Χωρίς το αυτοκίνητο)	16500 kg	18000 kg	19300 kg

Πίνακας 1: Γεωτρύπανα φρεατοπασσάλων επί ελαστικοφόρου οχήματος
(ΘΕΜΕΛΙΟΔΟΜΗ Α.Ε.)

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	SOIL-MEC RT3/A2	SOIL-MEC RT3/S
Μέγιστη διάμετρος γεώτρησης	1500 mm	2500 mm
Μέγιστο βάθος γεώτρησης	42 m	42 m
Μέγιστη ροπή στρέψης	200 kNm	100 kNm
ΤΥΠΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	DEUTZ F6L 912	DEUTZ BF6L 913
ΙΣΧΥΣ	78 Kw/2300 rpm	108 kW/2300 rpm
ΒΑΡΟΣ (Χωρίς το γερανό και το kelly)	4600 kg	7100 kg

Πίνακας 2: Γεωτρύπανα φρεατοπασσάλων επί γερανού
(ΘΕΜΕΛΙΟΔΟΜΗ Α.Ε.)

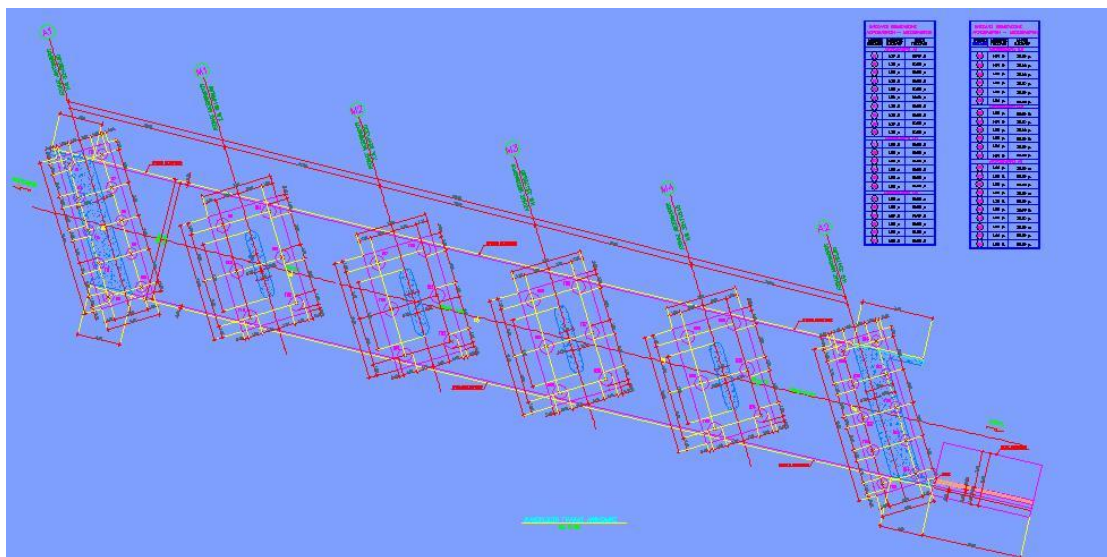
Σχέδια σιδηροδρομικής γέφυρας ποταμού Σύθα



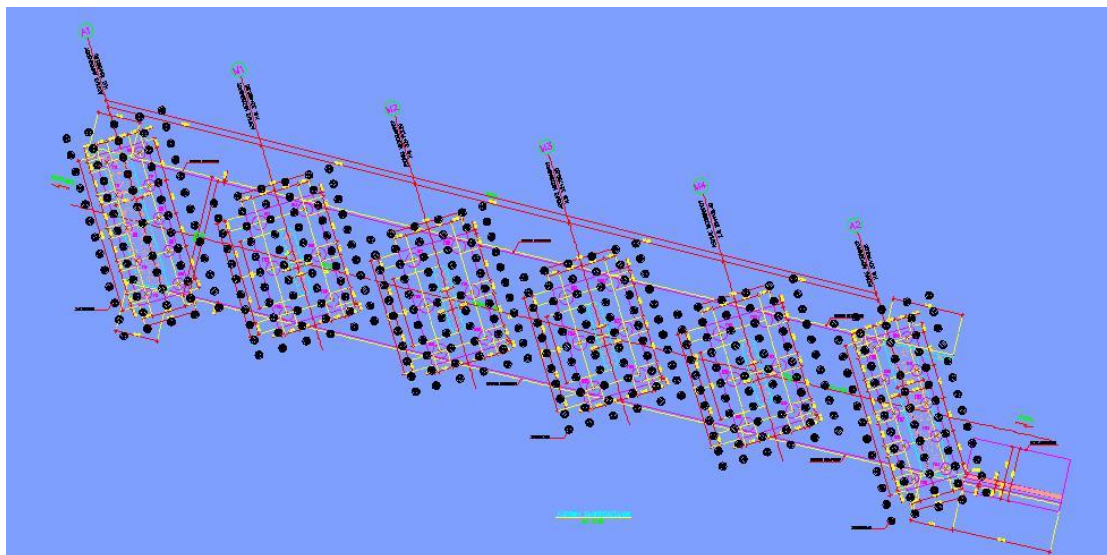
Σχήμα 11.2: Κάτοψη



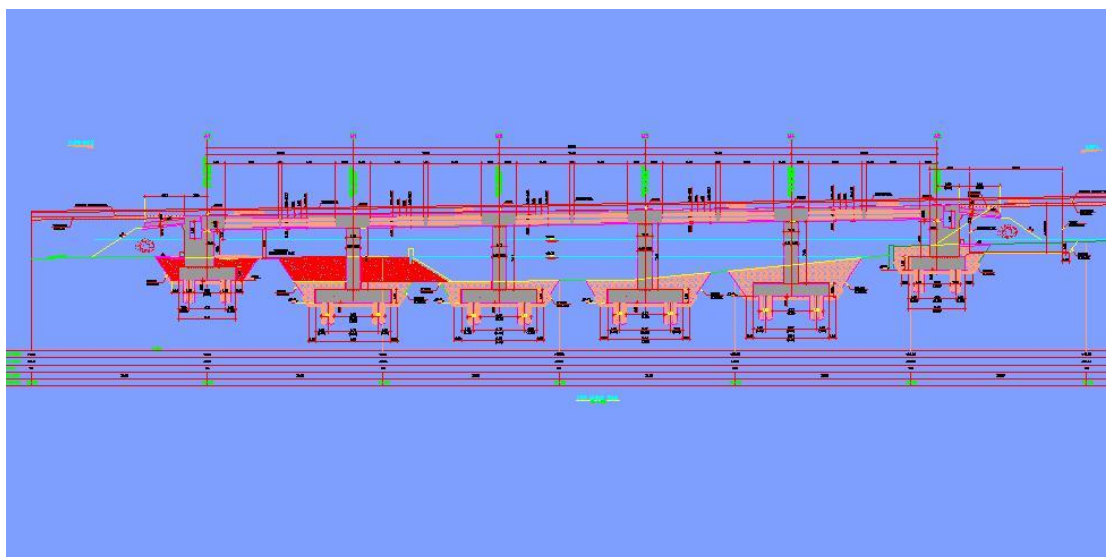
Σχήμα 11.3: Όψη



Σχήμα 11.4: Κάτοψη φρεατοπασσάλων



Σχήμα 11.5: Κάτοψη χαλικοπασσάλων



Σχήμα 11.7: Κατά μήκος τομή

Φωτογραφίες Σιδηροδρομικής Γέφυρας Ποταμού Σύθα.









Παράρτημα

Ι. Πίνακες συντελεστή καθίζησης.

		ΛΟΓΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ															
		ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ ΣΤΗΝ ΟΜΑΔΑ, n															
Λόγος μή- κος προς διάμετρο L/B	Λόγος αξ. απόστασης προς διάμ. e/B	4			9			16			25						
		10	100	1000	∞	10	100	1000	∞	10	100	1000	∞				
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΨΙΑΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ Κ															
10	2	1.83	2.25	2.54	2.62	2.78	3.80	4.42	4.48	3.76	5.49	6.40	6.53	4.75	7.20	8.48	6.68
	5	1.40	1.73	1.88	1.90	1.83	2.49	2.82	2.85	2.26	3.25	3.74	3.82	2.68	3.98	4.70	4.75
	10	1.21	1.39	1.48	1.50	1.42	1.76	1.97	1.99	1.63	2.14	2.46	2.46	1.85	2.53	2.95	2.95
25	2	1.99	2.14	2.65	2.87	3.01	3.64	4.84	5.29	4.22	5.38	7.44	8.10	5.40	7.25	10.28	11.25
	5	1.47	1.74	2.09	2.19	1.98	2.61	3.48	3.74	2.46	3.54	4.96	5.34	2.95	4.48	6.50	7.03
	10	1.25	1.46	1.74	1.78	1.49	1.95	2.57	2.73	1.74	2.46	3.42	3.63	1.98	2.98	4.28	4.50
100	2	2.56	2.31	2.26	3.16	4.43	4.05	4.11	6.15	6.42	6.14	6.50	9.92	8.48	8.40	9.25	14.35
	5	1.88	1.88	2.01	2.64	2.80	2.94	3.38	4.87	3.74	4.05	4.98	7.54	4.68	5.18	6.75	10.55
	10	1.47	1.56	1.76	2.28	1.95	2.17	2.73	3.93	2.45	2.80	3.81	5.82	2.95	3.48	5.00	7.88

Πίνακας 1: Τιμές του Συντελεστή Καθιζήσεων R_s , για την περιπτώση ομάδας αιωρούμενων πασσάλων τριβής, με άκαμπτο κεφαλόδεσμο, μέσα σε ομογενή εδαφική μάζα μεγάλου πάχους.

		ΛΟΓΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ															
		ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ ΣΤΗΝ ΟΜΑΔΑ, η															
		4			9			16			25						
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ Κ															
Λόγος μή- κους προς διάμετρο L/B	Λογος αξ. απόστασης προς διαμ. e/B	10	100	1000	∞	10	100	1000	∞	10	100	1000	∞	10	100	1000	∞
		10	2	1.52	1.14	1.00	2.02	1.31	1.31	1.00	1.00	2.39	1.49	1.00	1.00	2.70	1.63
	5	1.15	1.08	1.00	1.23	1.23	1.12	1.02	1.00	1.30	1.14	1.02	1.00	1.33	1.15	1.03	1.00
	10	1.02	1.01	1.00	1.04	1.04	1.02	1.00	1.00	1.04	1.02	1.00	1.00	1.03	1.02	1.00	1.00
	2	1.88	1.62	1.05	1.00	2.84	2.57	1.16	1.00	3.70	3.28	1.33	1.00	4.48	4.13	1.50	1.00
25	5	1.36	1.36	1.08	1.00	1.67	1.70	1.16	1.00	1.94	2.00	1.23	1.00	2.15	2.23	1.28	1.00
	10	1.14	1.15	1.04	1.00	1.23	1.26	1.06	1.00	1.30	1.33	1.07	1.00	1.33	1.38	1.08	1.00
	2	2.54	2.26	1.81	1.00	4.40	3.95	3.04	1.00	6.24	5.89	4.61	1.00	8.18	7.93	6.40	1.00
	5	1.85	1.84	1.67	1.00	2.71	2.77	2.52	1.00	3.54	3.74	3.47	1.00	4.33	4.68	4.45	1.00
100	10	1.44	1.49	1.46	1.00	1.84	1.99	1.98	1.00	2.21	2.48	2.53	1.00	2.53	2.98	3.10	1.00

Πίνακας 2: Τιμές του Συντελεστή Καθιζήσεων R_S , για την περίπτωση ομάδας πασσάλων αιχμής, με άκαμπτο κεφαλόδεσμο που εδράζονται σε άκαμπτο υπόδαφος.



Βιβλιογραφία

Ø **Θεμελιώσεις – Αντιστηρίξεις.**

Χρήστος Αναγνωστόπουλος, Μιχάλης Γεωργιάδης, Κυριαζής Πιπιλάκης
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιεύσεων
Ιούνιος 1994

Ø **Αντιστηρίξεις και θεμελιώσεις**

Δημήτριος Βαλαλάς
Εκδοτικός οίκος Αδελφών Κυριακίδη
Θεσσαλονίκη 1991

Ø **Θεμελιώσεις με πασσάλους.**

Α.Γ. Αναγνωστόπουλος
Εκδόσεις Συμεών

Ø **Θεμελιώσεις - Αβαθείς θεμελιώσεις**
-Βελτίωση εδάφους
-Πάσσαλοι

Εκδότης Μ. Γ κιούρδας
Αθήνα 1979

Ø **Σχεδιασμός θεμελιώσεων με δοκιμές πεδίου**

Χρήστος Μαραγκός
Θεσσαλονίκη 1993

Ø **Ευχαριστούμε** την εταιρία ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε. που μας βοήθησε δίνοντάς μας πληροφορίες για την Σιδηροδρομική Γέφυρα του ποταμού Σύθα και συγκεκριμένα την Κα. Μαραγκού Μαρία-Τερέζα- Στέλεχος Διεύθυνσης Κατασκευών ΕΡΓΑ IV.

Ø **Ευχαριστούμε** την Κα.Πλακιά Ελένη-Επιβλέπουσα Μηχανικό στο έργο του ποταμού Σύθα που μας ενημέρωσε επι τόπου στο έργο για την θεμελίωση της Γέφυρας.