



**ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΓΙΕΣ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΓΙΑ
ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΟΡΙΑΚΗΣ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εκπόνηση: Σαμπρή Χουσεΐν Ουμούτ
Επιβλέπων Καθηγητής: Κωμοδρόμος Αιμίλιος

ΒΟΛΟΣ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2015



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 13628/1
Ημερ. Εισ.: 27-04-2015
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ
2015
ΣΑΜ

Η εργασία αυτή αφιερώνεται
ολόψυχα στους γονείς μου

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον κ. Κωμοδρόμο Αιμίλιο, Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη συνεχή επιστημονική και ηθική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, τον κ. Ντακούλα Παναγιώτη, Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον κ. Εφραιμίδη Γεώργιο, Λέκτορα του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Θεωρώ επίσης χρέος μου να ευχαριστήσω όλους τους Καθηγητές μου, για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Είναι αξιέπαινη η προσπάθεια τους για την παροχή υψηλού επιπέδου εκπαίδευσης στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμη, όλα τα μέλη της οικογένειας μου για τη συμβολή τους με κάθε δυνατό τρόπο σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	1
2. Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση	4
2.1 Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης.....	4
2.2 Τεχνική περιγραφή δοκιμής.....	4
2.3 Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης με ένα θλιβόμενο και τέσσερεις εφελκόμενους πασσάλους.....	8
3. Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση	13
3.1 Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης.....	13
3.2 Τεχνική περιγραφή και ανάλυση τις δοκιμής.....	13
3.2.1 Αναλυτική αποτίμηση των επιπτώσεων της ρηγμάτωσης.....	15
3.2.2 Αποτίμηση των επιπτώσεων της ρηγμάτωσης με τρισδιάστατη αριθμητική ανάλυση (πλαίσιο προσομοίωσης).....	17
3.3 Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης.....	19
4. Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση του κελιού Osterberg	25
4.1 Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης.....	25
4.2 Γενικά για την κυψέλη του Osterberg.....	26
4.3 Τεχνική περιγραφή δοκιμής με χρήση μιας κυψέλης Osterberg.....	27
4.4 Τεχνική περιγραφή δοκιμής με χρήση πολλαπλών κυψέλων Osterberg.....	30
4.5 Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης με τη χρήση της κυψέλης Osterberg.....	30
5. Δοκιμαστική κατακόρυφη και οριζόντια φόρτιση πασσάλου με τη Στατναμική μέθοδο	38
5.1 Κατακόρυφη δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη Στατναμική μέθοδο φόρτισης.....	38
5.1.1. Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης.....	38
5.1.2. Τεχνική περιγραφή δοκιμής.....	39
5.1.3. Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης με τη χρήση τις στατικής και ύστερα τις Στατναμικής μεθόδου στον ίδιο πάσσαλο.....	42
5.2 Δοκιμαστική οριζόντια φόρτιση πασσάλου με τη Στατναμική μέθοδο.....	45
5.2.1. Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης.....	45
5.2.2. Τεχνική περιγραφή δοκιμής.....	45
5.2.3. Παράδειγμα δοκιμαστικής οριζόντιας φόρτισης με τη χρήση τις Στατναμικής μεθόδου.....	48

6. Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο.....	50
6.1 Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης.....	51
6.2. Τεχνική περιγραφή δοκιμής.....	51
6.2.1 PDA- Αναλύσεις οδήγησης πασσάλων.....	52
6.2.2. Αντιστοίχιση κυμάτων.....	53
6.2.3. Τα αποτελέσματα που αποκτούνται.....	55
6.2.4. Σχόλια.....	56
6.2.5. Ακρίβεια.....	56
6.2.6. Τα αποτελέσματα αναλύσεων PDA και αντιστοίχιση σημάτων.....	57
6.2.7. Σύγκριση φορτίου κινητοποίησης με το οριακό φορτίο.....	58
6.3. Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης.....	59
6.3.1 Η δοκιμή και τα αποτελέσματα της δοκιμής πασσάλου.....	61
6.3.2 Σύνθεση- επιπτώσεις για την υποταγή του EK7.....	65
6.3.3. Συμπεράσματα.....	66
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</u>	66

-Εισαγωγή-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Η απόκριση των θεμελιώσεων με πασσάλους σε συνθήκες κάθετης και οριζόντιας φόρτισης αποτέλεσαν και αποτελούν σημαντικό ερευνητικό πεδίο. Κατά την κατασκευή σημαντικών έργων με έδραση σε πασσάλους προβλέπεται η διεξαγωγή δοκιμαστικών φορτίσεων για την επιβεβαίωση της ικανότητας ανάληψης του προβλεπόμενου φορτίου, για την μέτρηση των μετακινήσεων που αναπτύσσονται και τη διεξαγωγή αντίστροφης ανάλυσης για τον προσδιορισμό και επαλήθευση των εδαφικών παραμέτρων των στρώσεων του υπεδάφους. Συνήθως οι δοκιμαστικές φορτίσεις περιορίζονται στον πρώτο στόχο για διευκόλυνση του όλου

-Εισαγωγή-

έργου δεδομένου ότι, λαμβάνοντας υπόψη σειρά συντηρητικών παραδοχών ο έλεγχος επάρκειας ως προς το φορτίο επιτυγχάνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα και για καθιζήσεις μερικών χιλιοστών του μέτρου. Αντίθετα, για την επίτευξη του δεύτερου και τρίτου στόχου απαιτείται η επιβολή πολύ μεγαλύτερου φορτίου ώστε να προκαλέσει καθίζηση της τάξης του 10%D. Παρά την ομολογουμένως πρόσθετη και αισθητά μεγαλύτερη δυσκολία του τρίτου αυτού στόχου είναι ιδιαίτερο το ενδιαφέρον για τα αποτελέσματα στα οποία οδηγεί και τα οποία επιτρέπουν αρτιότερο, τεχνικά και οικονομικά, σχεδιασμό θεμελιώσεων και των ανωδομών.

Για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας, ελαχιστοποίηση χρονικής διάρκειας της δοκιμής και των απαιτούμενων υλικών και προσωπικού για τη διεξαγωγή της δόκιμης φόρτισης πασσάλου γίνονται συνεχώς έρευνες. Η κλασική μέθοδος απαιτεί εκτός από υλικά και επιπλέον δύο βοηθητικούς (εφελκόμενους) πασσάλους για τη διεξαγωγή της δοκιμής. Όλα αυτά συνεπάγονται αύξηση κόστους και χρόνου ολοκλήρωσης της δοκιμής και του έργου.

Η επιστημονική πρόοδος, σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, οδήγησαν στη βελτίωση των μεθόδων προσέγγισης του προβλήματος. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, έχοντας υπ' όψιν όλα αυτά ο Dr. Jorj O. Osterberg, έκανε την εφεύρεση μιας καινούριας μεθόδου δοκιμής πασσάλου, η οποία πήρε το όνομά της από τον εφευρέτη της, Osterberg Cell. Η νέα αυτή υδραυλικά οδηγούμενη, υψηλής χωρητικότητας, θυσιαζόμενη συσκευή φόρτισης εγκατεστημένη εντός της μονάδας, απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή διότι πλέον η πολυπλοκότητα τις δοκιμής πασσάλου εξαφανίζεται και η δοκιμή μπορεί να ολοκληρωθεί με μόνο έναν πάσσαλο.

Τον ίδιο στόχο είχε και η εταιρία Berminghammer Foundation Equipment of Canada σε συνεργασία με την TNO Building Research of the Netherlands όταν το 1985 έκαναν τη δοκιμή με τη συσκευή που το ονόμασαν Statnamic Device (Στατναμική συσκευή) το οποίο δεν απαιτούσε βοηθητικό πάσσαλο και ούτε πολλές ώρες εργασίας για την ολοκλήρωση της δοκιμής. Η μέθοδος αυτή διέφερε αρκετά από τις κλασικές μεθόδους και χρησιμοποιούσε την ώθηση του πασσάλου για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου συνήθως το 1/2 δευτερολέπτου ή κάτι λιγότερο για να υπολογίσει το φορτίο και τις καθιζήσεις που μπορεί να παραλάβει ο δοκιμαζόμενος πάσσαλος. Με το πέρασμα του χρόνου αναπτύχθηκε και η οριζόντια φόρτιση του πασσάλου με αυτή τη μέθοδο.

Επίσης αναπτύχθηκε και μια δυναμική μέθοδος φόρτισης όπου πάλι δεν απαιτεί βοηθητικούς πασσάλους τα οποία επιβαρύνουν οικονομικά το έργο. Σε αυτή τη μέθοδο γίνεται κτύπος στην κεφαλή του πασσάλου και αυτό δημιουργεί ένα κύμα πίεσης που διαδίδεται κατά μήκος του πασσάλου το οποίο αντανακλάται από τη βάση του, ύστερα λαμβάνει τα μετρημένα αντανακλώμενα κύματα ο υπολογιστής πεδίου και μετράει τις παραμορφώσεις και τις επιταχύνσεις και ολοκληρώνοντας αυτά παράγει αποτελέσματα δύναμης και ταχύτητας του δοκιμαζόμενου πασσάλου. Και με αυτή τη μέθοδο παράλληλα μπορεί να επιτευχθεί η οριζόντια φόρτιση του πασσάλου.

-Εισαγωγή-

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η «*ανάλυση τύπων και μεθοδολογιών δοκιμαστικών φορτίσεων για τον προσδιορισμό της απόκρισης και της οριακής αντίστασης πασσάλων*». Στα πλαίσια της μελέτης θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν με πραγματικά παραδείγματα δοκιμαστικών φορτίσεων οι μέθοδοι φόρτισης πασσάλων υπό κάθετη και οριζόντια φόρτιση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση

2.1. Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης

Μια τυπική δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου αποτελείται από τρία βασικά συστήματα υποδομής:

το σύστημα αντίδρασης, το οποίο θα αναλάβει το επιβαλλόμενο φορτίο,

το σύστημα φόρτισης, μέσω του οποίου επιβάλλεται το προβλεπόμενο φορτίο κατά τα διάφορα βήματα τις φόρτισης,

και το σύστημα των μετρήσεων, το οποίο παρέχει όλες τις πληροφορίες για τον έλεγχο και χρονικό καθορισμό των βημάτων φόρτισης.

2.2. Τεχνική περιγραφή δοκιμής

Για τη διεξαγωγή της δοκιμαστικής φόρτισης κατασκευάζονται σε γραμμική διάταξη τρεις έγχυτοι πάσσαλοι ίδιων διαμέτρων (η διάμετρος, το μήκος και οι οπλισμοί προκύπτουν από την στατική ανάλυση της κατασκευής που πρόκειται να κατασκευαστεί και από τους ιδιότητες του γεωυλικού κατά μήκος του πασσάλου). Ο κεντρικός πάσσαλος είναι ο δοκιμαζόμενος πάσσαλος, ενώ οι δυο ακραίοι πάσσαλοι ίδιου μήκους αποτελούν τους πασσάλους αγκύρωσης. Η μεταφορά

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση-

των φορτίων από τον κεντρικό πάσσαλο στους δυο ακραίους υλοποιείται με την βοήθεια τις δοκού αντίστασης από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από μεταλλική δοκό που τοποθετείται για τη διεξαγωγή της δοκιμής. Μία άλλη περίπτωση φόρτισης είναι αντί της χρήσης βοηθητικών πασσάλων χρήση αγκυρώσεων .

Στην περίπτωση που οι ακραίοι πάσσαλοι συνδέονται ακάμπτως με τις κεφαλές των ακραίων πασσάλων τοποθετείται ο υδραυλικός γρύλος στον κεντρικό πάσσαλο έτσι ώστε το ασκούμενο σε αυτόν θλιπτικό φορτίο μέσω υδραυλικού γρύλου να αναλαμβάνεται εξ'ημισείας από τους δύο ακραίους πασσάλους αντίδρασης, οι οποίοι πλέον καταπονούνται με εφελκυσμό (Εικόνα 2.2.1.). Ενώ στην περίπτωση που η δοκός αντίδρασης είναι μεταλλική τότε η ένωση του με τους πασσάλους αντίδρασης γίνεται με τη χρήση οπλισμών προέντασης τα οποία ενώνονται με τους οπλισμούς των πασσάλων με τη βοήθεια των σφικτήρων (Εικόνα 2.2.2.). Στη μέθοδο που γίνεται η χρήση των αγκυρώσεων το σύστημα γρύλων έχει σαν αντίδραση μια μεταλλική δοκό (πολύ μικρότερων διαστάσεων σε σύγκριση με αυτή που είχαμε δύο εφελκυσμένους πασσάλους και ένα θλιβόμενο) όπου αυτή στηρίζεται στο έδαφος με αγκυρώσεις στις οποίες το μήκος αγκύρωσης και η διάμετρος του οπλισμού των αγκυρώσεων υπολογίζονται ανάλογα με τα φορτία που θα επιβληθούν κατά τη διάρκεια τις δοκιμής (Σχήμα 2.2.1.).

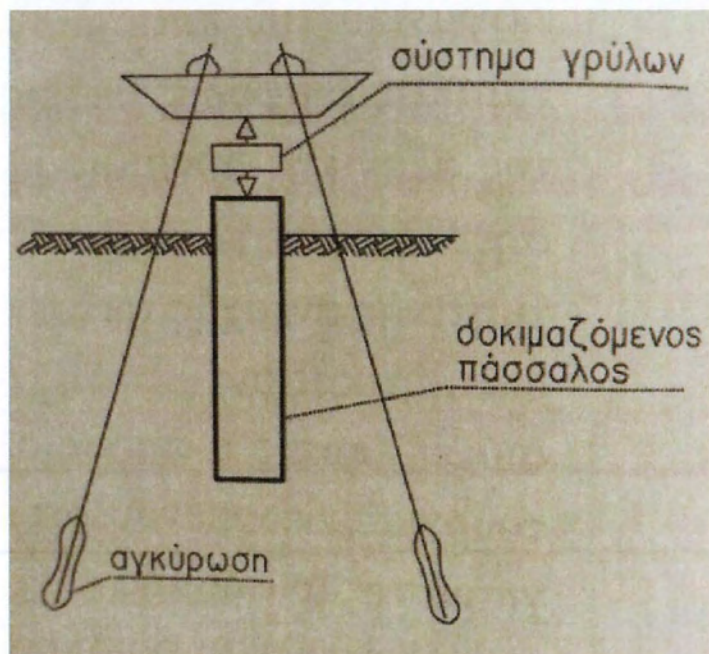


Εικόνα 2.2.1. – Πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο από σκυρόδεμα, (ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε.)

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση-



Εικόνα 2.2.2. – Πάσσαλος με δοκό αντίστασης από χάλυβα (ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ Α.Ε., 2009)

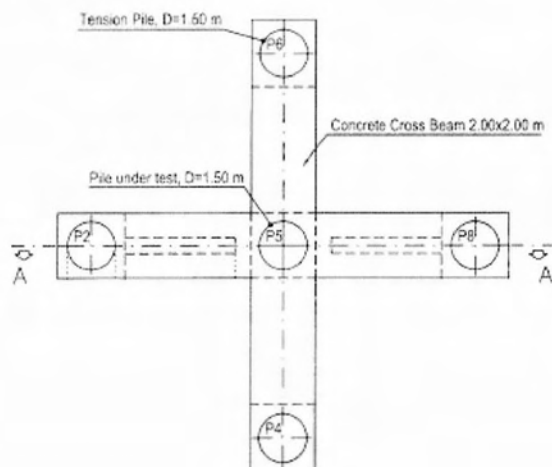


Σχήμα 2.2.1. – Πάσσαλος με αγκυρώσεις, (Αναπαραγωγή από Mandolini et al., 2005)

Επίσης μια άλλη διάταξη είναι να έχουμε τέσσερις εφελκόμενους πασσάλους (βλ. Σχήμα 2.2.2.). Όπου κατά την προσομοίωση της δοκιμαστικής φόρτισης το σύνολο του επιβαλλόμενου

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση-

φορτίου εξασκείται στη κορυφή του δοκιμαζόμενου πασσάλου, ενώ ταυτόχρονα το $\frac{1}{4}$ του φορτίου αυτού επιβάλλεται στη κορυφή κάθε εφελκυόμενου πασσάλου.



Σχήμα 2.2.2. – Διάταξη με έναν θλιβόμενο και τέσσερις εφελκυόμενους πασσάλους
[Comodromos et al., 2003]

Και στις τρεις περιπτώσεις τοποθετούνται αναλογικά ή και ψηφιακά μηχανοσκόπια για τη μέτρηση των καθιζήσεων σε όλους τους πασσάλους. Επίσης με την τοποθέτηση μηχανοσκόπιων στις ράβδους χάλυβα του πασσάλου καθίσταται δυνατή η μέτρηση των παραμορφώσεων σε διάφορα σημεία καθ' όλο το βάθος του πασσάλου και δίνεται δυνατότητα υπολογισμού της αξονικής δύναμης και συνεπώς της πλευρικής αντίστασης του εδάφους κατά τα διάφορα βήματα φόρτισης.

Τα βήματα φόρτισης είναι ως εξής: Ξεκινώντας από το 25% του λειτουργικού φορτίου του πασσάλου αυξάνουμε το φορτίο κατά 25% ανά 20 λεπτά και μετράμε την καθίζηση (και τις μετακινήσεις των πασσάλων αντίδρασης). Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρις ότου φτάσουμε στο 150% του λειτουργικού φορτίου (Νασκούμενο=1,5·Nλειτ). Μετά αποφορτίζουμε με ρυθμό 50% του λειτουργικού φορτίου.

Από τις μετρήσεις αυτές μπορούν να υπολογισθούν οι επικρατούσες τάσεις και με ολοκλήρωση στην επιφάνεια του πασσάλου και στις ράβδους οπλισμού προσδιορίζεται η αξονική δύναμη σε διάφορες θέσεις. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να προσδιορισθεί η κατανομή της πλευρικής αντίστασης. Επίσης η αξιοποίηση αυτών των τιμών επιτρέπει τον προσδιορισμό της διατμητικής αντοχής των εδαφικών στρώσεων, καθώς επίσης και την ενεργοποίηση της διατμητικής αντίστασης συναρτήσει της βύθισης του πασσάλου. Ενδιαφέρων παρουσιάζει επίσης ο

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση-

προσδιορισμός της δυσκαμψίας του πασσάλου για το φορτίο λειτουργίας, δεδομένου ότι αυτό είναι και το πιο καθοριστικό σημείο κατά τον υπολογισμό της ανωδομής.

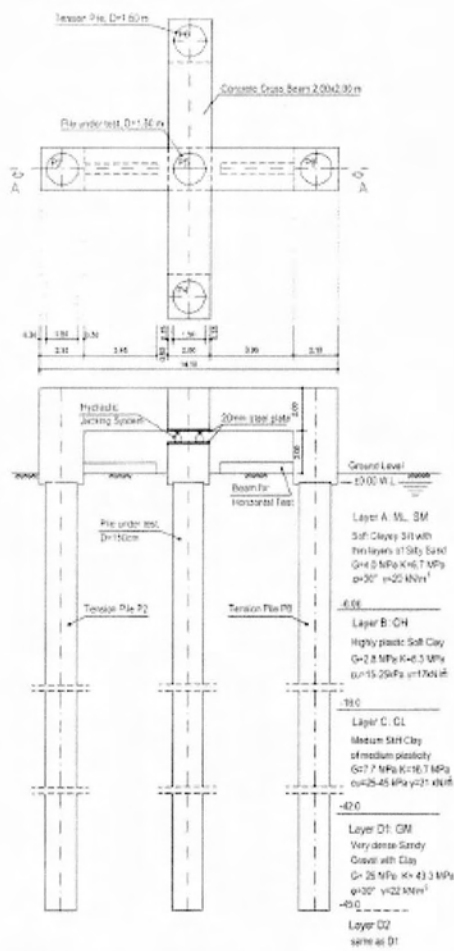
Η εκτέλεση δοκιμαστικής φόρτισης με πλήρη ενοργάνωση επιτρέπει επιπλέον τη διεξαγωγή αντίστροφης ανάλυσης. Επιπρόσθετα ενδιαφέρον παρουσιάζει η διεξαγωγή τρισδιάστατης αντίστροφης ανάλυσης, κατά την οποία προσδιορίζονται οι επιπτώσεις της διάταξης της δοκιμαστικής φόρτισης στην απόκριση του δοκιμαζόμενου πασσάλου.

2.3. Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης με ένα θλιβόμενο και τέσσερις εφελκόμενους πασσάλους

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η διεξαχθείσα από τους Comodromos et al (2003) ανάλυση κατά την οποία προσομοιώνεται με τρισδιάστατη μη-γραμμική ανάλυση δοκιμαστική φόρτιση με εφελκόμενους πασσάλους. Η δοκιμαστική φόρτιση αυτή πραγματοποιήθηκε στη θέση του βου προβλήτα Θεσσαλονίκης από την εταιρεία ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε. (Κωμοδρόμος και Νάσκος 1994). Το υπέδαφος της ευρύτερης περιοχής του νέου λιμένα της Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται από υψηλή συμπίεστικότητα και πολύ μικρή διατμητική αντοχή, γεγονός που οδήγησε στην απόφαση πρόσβασης του βου προβλήτα μέσω εκτεταμένου μήκους γέφυρας εδραζόμενης σε πασσάλους.

Η διάταξη της δοκιμαστικής φόρτισης περιελάμβανε το δοκιμαζόμενο πάσσαλο και τέσσερις εφελκόμενους πασσάλους. Όλοι οι πάσσαλοι της δοκιμαστικής φόρτισης είχαν την ίδια γεωμετρία και οπλισμό με τους προς κατασκευή πασσάλους και η θέση του ήταν σε μικρή απόσταση από τη θέση του τελευταίου ακροβάθρου της γέφυρας. Υλοποιήθηκε κατακόρυφο φορτίο με τη χρήση έξι υδραυλικών γρύλων συνολικής ικανότητας 15MN, οι οποίοι τοποθετήθηκαν ανάμεσα στο δοκιμαζόμενο πάσσαλο και το σταυροειδούς μορφής σύστημα δοκών σύνδεσης των εφελκόμενων πασσάλων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3.1. Επίσης στο Σχήμα 2.3.1 η εδαφικές παράμετροι σε κάθε στρώμα κατά μήκος του πασσάλου (για περισσότερους παραμέτρους βλέπε Comodromos et al (2003) και Κωμοδρόμος (2004)).

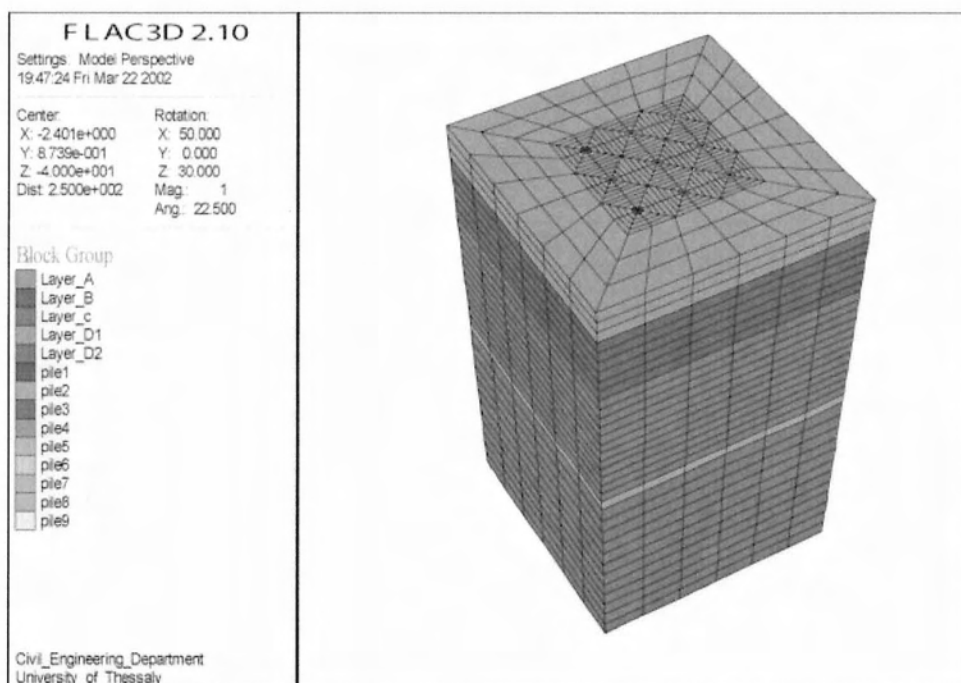
-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση-



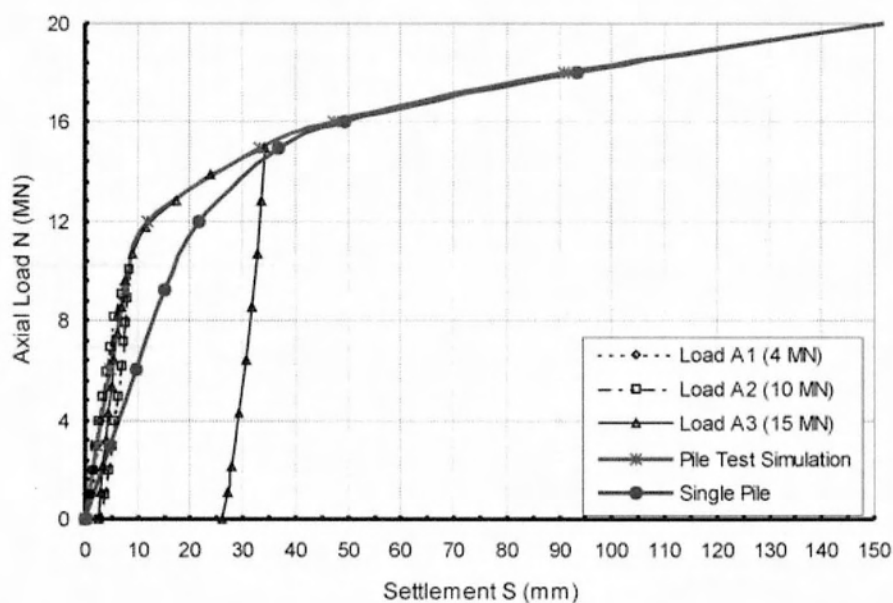
Σχήμα 2.3.1. – Διάταξη δοκιμαστικής φόρτισης με τέσσερις εφελκόμενους πασσάλους [Comodromos et al., 2003]

Το πείραμα αυτό ακολούθησαν οι αριθμητικές αναλύσεις που έγινα με τη χρήση του προγράμματος FLAC3D, όπου στο Σχήμα 2.3.2 βλέπουμε το πλέγμα ανάλυσης. Περιλαμβάνει 1290 στοιχεία και 14488 κόμβους, ενώ έχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης ομάδας πασσάλων μέχρι 3 x 3. Η ανάλυση αρχικά περιελάμβανε την προσομοίωση της διεξαχθείσας δοκιμαστικής φόρτισης στην οποία εφαρμόστηκαν τρεις κύκλοι φόρτισης – αποφόρτισης, οι A1 , A2 και A3, με μέγιστο επιβαλλόμενο φορτίο εκείνο της φόρτισης A3, ίσο με τη μέγιστη ικανότητα των υδραυλικών γρύλων, το οποίο ήταν 15MN. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δίνονται στο σχήμα απόκρισης – καθίζησης, στο Σχήμα 2.3.3 παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και αυτά της δοκιμαστικής φόρτισης βρίσκονται σε αξιοσημείωτη συμφωνία.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση-



Σχήμα 2.3.2. – Προσομοίωμα ανάλυσης δοκιμαστικής φόρτισης [Comodromos et al., 2003]



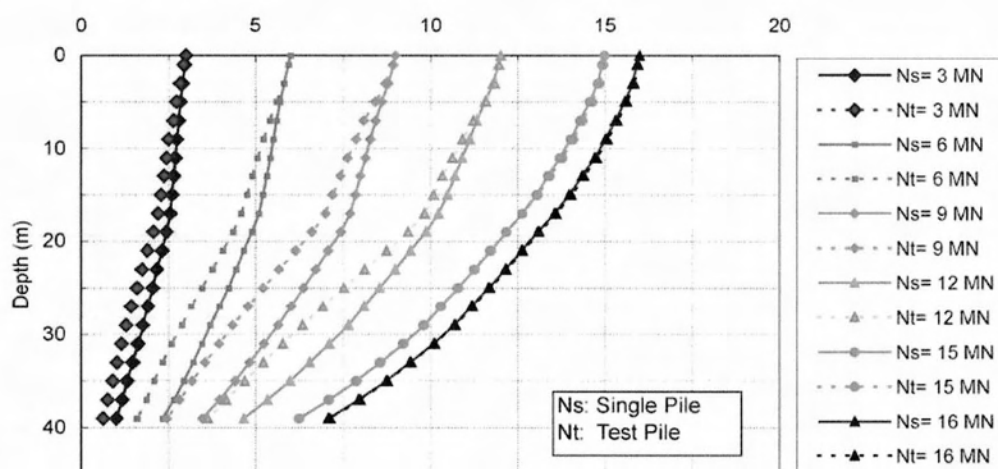
Σχήμα 2.3.3. – Σύγκριση καμπυλών απόκρισης φορτίου-καθίζησης της δοκιμαστικής φόρτισης, της προσομοίωσης της και της προσομοίωσης του μεμονωμένου πασσάλου [Comodromos et al., 2003]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση-

Στο επόμενο στάδιο έγινε η αριθμητική ανάλυση με θεώρηση μόνο του δοκιμαζόμενου πασσάλου (μη ενεργοποίηση των εφελκόμενων πασσάλων), τα αποτελέσματα της οποίας δίνονται στο ίδιο ανωτέρα σχήμα. Παρατηρείται ότι ο μεμονωμένος πάσσαλος εμφανίζει σημαντικά μικρότερη δυσκαμψία, ενώ η φέρουσα ικανότητα δε φαίνεται να διαφοροποιείται αισθητά.

Η διαφοροποίηση της απόκρισης στα μικρά φορτία θα πρέπει να αποδοθεί στη δράση των εφελκόμενων πασσάλων. Είναι δε αισθητά μεγαλύτερη στα μικρά φορτία όπου η αλληλεπίδραση εμφανίζει τη μέγιστη επίπτωσή της. Αντίθετα, όσο αυξάνει η φόρτιση και το περιβάλλον έδαφος πλαστικοποιείται οι επιπτώσεις της αλληλεπίδρασης μειώνονται μέχρι που εξαλείφονται τελείως όταν επέρχεται πλήρης πλαστικοποίηση.

Τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης μεταξύ του υπό δοκιμή πασσάλου και των εφελκόμενων πασσάλων φαίνεται και από το Σχήμα 2.3.4. στο οποίο παρουσιάζεται η μεταβολή του αξονικού φορτίου κατά μήκος του άξονα του δοκιμαζόμενου πασσάλου και το μεμονωμένου για διάφορα επίπεδα φόρτισης. Λόγω των εφελκυστικών δυνάμεων που επιβάλλονται από τους πασσάλους αντίδρασης, η συμμετοχή της πλευρικής αντίστασης είναι μεγαλύτερη στο δοκιμαζόμενο πάσσαλο από ότι στον μεμονωμένο μέχρι την πλαστικοποίηση. Από το σημείο αυτό και στη συνέχεια και οι δύο πάσσαλοι αποκτούν το ίδιο ποσοστό φορτίου στην αιχμή και στην παράπλευρη επιφάνειά τους.

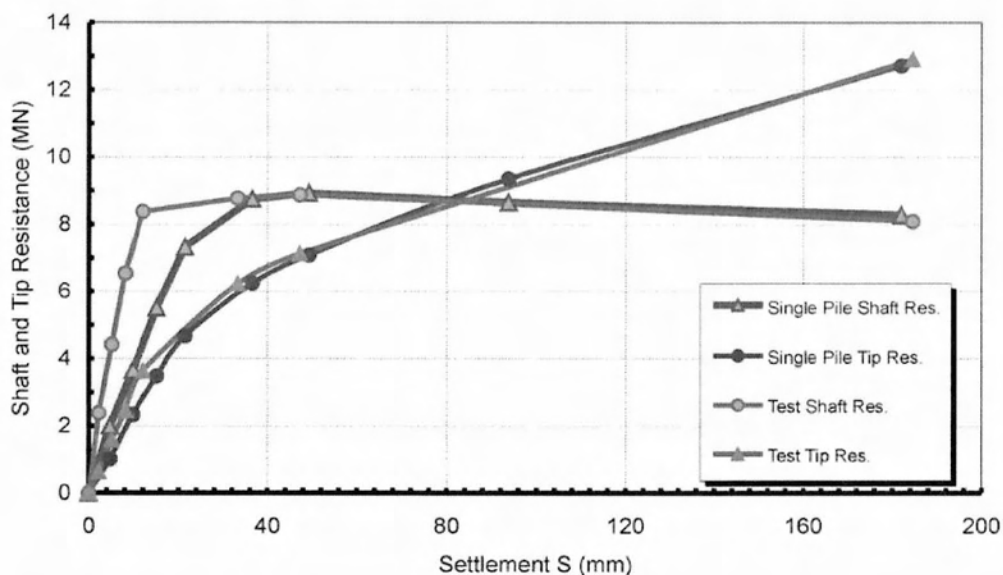


Σχήμα 2.3.4. – Κατανομή του αξονικού φορτίου συναρτήσει του βάθους για το δοκιμαζόμενο και το μεμονωμένο πάσσαλο [Comodromos et al., 2003]

Το Σχήμα 2.3.5. αποτυπώνει επίσης ποιοτικά και ποσοτικά τις επιπτώσεις των εφελκόμενων πασσάλων στην απόκριση του φορτιζόμενου πασσάλου. Παρατηρείται ότι η πλευρική αντίσταση

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό αξονική φόρτιση-

ενεργοποιείται για μικρότερο καθίζησης στην περίπτωση της δοκιμαστικής φόρτισης από ότι στην περίπτωση του μεμονωμένου πασσάλου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ανύψωση των εφελκόμενων πασσάλων, οι οποίοι οδηγούν σε εκδήλωση μεγαλύτερης διατμητικής παραμόρφωσης στο έδαφος ανάμεσα στους πασσάλους και, κατά συνέπεια, σε μεγαλύτερη ενεργοποίηση της διατμητικής αντίστασης. Από κάποιο σημείο και μετά, όταν επέρχεται πλαστικοποίηση του εδάφους, οι δύο καμπύλες ταυτίζονται. Αυτή η επίπτωση παρατηρείται μόνο στην πλευρική αντίσταση, ενώ ελάχιστη είναι η διαφοροποίηση της αντίστασης αιχμής.



Σχήμα 2.3.4. – Μεταβολή της αντίστασης αιχμής και της πλευρικής αντίστασης του δοκιμαζόμενου και το μεμονωμένου πασσάλου συναρτήσει του επιπέδου καθίζησης [Comodromos et al., 2003]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση

3.1. Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης

Μια τυπική δοκιμαστική οριζόντια φόρτιση πασσάλου αποτελείται από τρία βασικά συστήματα υποδομής:
το σύστημα αντίδρασης, το οποίο θα αναλάβει το επιβαλλόμενο φορτίο,

το σύστημα φόρτισης, μέσω του οποίου επιβάλλεται το προβλεπόμενο φορτίο κατά τα διάφορα βήματα τις φόρτισης,

και το σύστημα των μετρήσεων, το οποίο παρέχει όλες τις πληροφορίες για τον έλεγχο και χρονικό καθορισμό των βημάτων φόρτισης.

3.2. Τεχνική περιγραφή και ανάλυση τις δοκιμής

Ο κύριος στόχος της δοκιμαστικής οριζόντιας φόρτισης πασσάλου είναι ο προσδιορισμός του οριακού φορτίου και της οριζόντιας μετατόπισης του δοκιμαζόμενου πασσάλου. Στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται το φορτίο, σύμφωνα με τους κανονισμούς (συνήθως με δύο κύκλους φορτίσεων), στην κεφαλή του πασσάλου και σε αυτή τη θέση μετράται η οριζόντια μετακίνηση του πασσάλου. Σημαντικό επιπλέον στόχο της δοκιμαστικής φόρτισης αποτελεί η

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-

περιπτώσεις (σεισμική δράση, πρόσκρουση κλπ.), προκαλείται ρηγμάτωση της διατομής των πασσάλων οπλισμένου σκυροδέματος. Μετά την εκδήλωση της ρηγμάτωσης επέρχεται μείωση της δυσκαμψίας των πασσάλων, γεγονός που, όπως προαναφέρθηκε, καθιστά το σύστημα θεμελίωσης πιο εύκαμπτο και με μικρότερη πλέον ικανότητα ανάληψης εντατικών μεγεθών. Το σύνθετο αυτό πρόβλημα απαιτεί προσέγγιση πειραματική και αριθμητική. Τα πειραματικά αποτελέσματα είναι απαραίτητα για την επαλήθευση της μορφής και της εκδήλωσης των μηχανισμών. Η χρήση αριθμητικών μεθόδων μπορεί, με διεξαγωγή αντίστροφης ανάλυσης, να δώσει τη δυνατότητα ακριβούς αποτίμησης των παραμέτρων αντοχής και παραμορφωσιμότητας των υλικών που συνιστούν το πρόβλημα απόκρισης πασσάλων υπό οριζόντια φόρτιση (μη γραμμική απόκριση εδάφους, ρηγμάτωση σκυροδέματος, διολίσθηση ή/και διαρροή χάλυβα). Στη συνέχεια, με τα δεδομένα αυτά, μπορούν να πραγματοποιηθούν παραμετρικές αριθμητικές αναλύσεις σε ομάδες πασσάλων και να αποτιμηθούν κατά τον τρόπο αυτό οι επιπτώσεις της ρηγμάτωσης σε ομάδες πασσάλων αρχικά και στη συνέχεια στην ανωδομή.

Για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων της ρηγμάτωσης στην απόκριση πασσάλου χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα δοκιμαστικής φόρτισης και της αντίστροφης ανάλυσης που παρουσιάζεται από τους Κωμοδρόμος κ.ά. (2009). Ειδικότερα, διερευνάται ο ρόλος των οριακών συνθηκών στην κεφαλή του πασσάλου και η ταυτόχρονη δράση αξονικής δύναμης, ενώ δίνεται η μεθοδολογία προσέγγισης του προβλήματος σε περίπτωση που η μετελαστική ανάλυση της απόκρισης πασσάλου ή κατασκευής εδραζόμενης σε πασσάλους περιλαμβάνει και το μηχανισμό της ρηγμάτωσης.

3.2.1. Αναλυτική αποτίμηση των επιπτώσεων της ρηγμάτωσης

Προ της εκδήλωσης της ρηγμάτωσης η καμπτική ροπή του πασσάλου μπορεί να υπολογιστεί μετά από διπλή παραγώγιση του διανύσματος των οριζόντιων μετακινήσεων σύμφωνα με την Εξίσωση (1)

$$(1) M = -E_p I_p \varphi = E_p I_p d^2 y / dz^2$$

Όπου:

E_p : το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος,

I_p : η ροπή αδράνειας της διατομής του πασσάλου,

y : η οριζόντια μετακίνηση σε βάθος z ,

z : το βάθος από την κεφαλή του πασσάλου.

Μετά την εκδήλωση ρηγμάτωσης επέρχεται μείωση της καμπτικής δυσκαμψίας του πασσάλου $E_p I_p$, και μετατόπιση του ουδέτερου άξονα. Στην περίπτωση αυτή, για τον προσδιορισμό της καμπυλότητας, αντί της διπλής παραγώγισης χρησιμοποιείται η Εξίσωση (2).

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-

$$(2) \varphi = (\varepsilon_r - \varepsilon_c) / h$$

όπου:

ε_i : η εφελκυστική παραμόρφωση ράβδου χάλυβα στην εφελκυστική ίνα κατά τη διεύθυνση φόρτισης,

ε_c : η θλιπτική παραμόρφωση ράβδου χάλυβα στη θλιβόμενη ίνα κατά τη διεύθυνση φόρτισης,

h : η απόσταση μεταξύ των ράβδων.

Η αναλαμβανόμενη καμπτική ροπή μπορεί στη συνέχεια να υπολογισθεί ως το άθροισμα της ροπής που αναλαμβάνεται από το σκυρόδεμα και το χάλυβα σύμφωνα με τις Εξίσησεις (3) έως (5) και το Σχήμα 4.2.1.

$$M_c = -E_r i_p \varphi \quad (3)$$

$$M_s = E_s \varphi \sum_{i=1}^n (I_{si} + A_{si} h_{si}^2) \quad (4)$$

$$M = M_c + M_s \quad (5)$$

Όπου:

M_c : η αναλαμβανόμενη από το σκυρόδεμα καμπτική ροπή,

M_s : η αναλαμβανόμενη από τις ράβδους χάλυβα καμπτική ροπή,

E_c : το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος,

E_s : το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα,

I_c : η ροπή αδράνειας διατομής σκυροδέματος,

I_s : η ροπή αδράνειας της ράβδου i ,

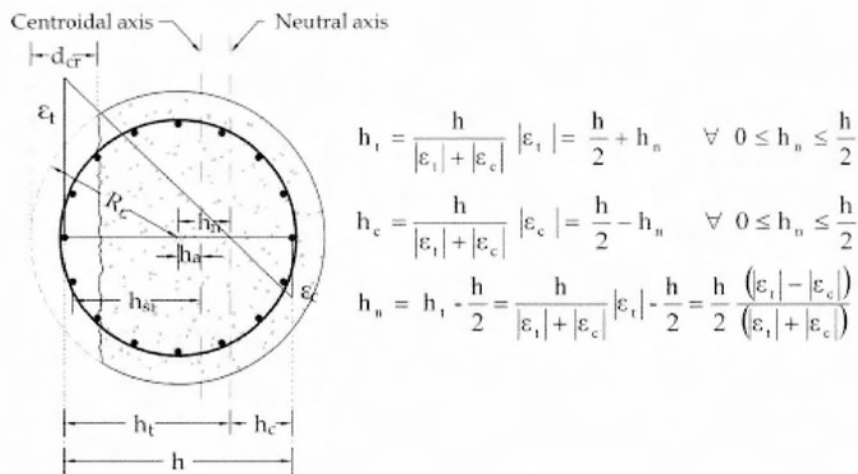
φ : η καμπυλότητα της διατομής,

A_{si} : η διατομή ράβδου i ,

h_{si} : η απόσταση ράβδου χάλυβα από τον ουδέτερο άξονα, σύμφωνα με το Σχήμα 3.2.1.,

n : ο αριθμός ράβδων χάλυβα.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-



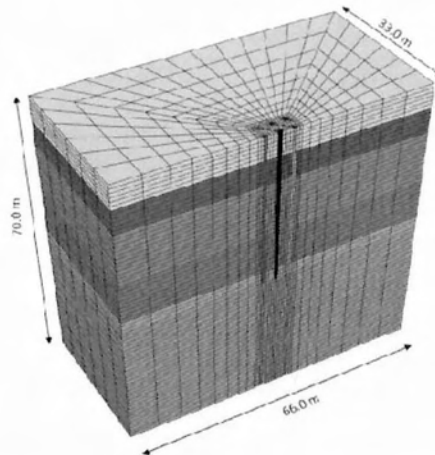
Σχήμα 3.2.1. – Γεωμετρία κυκλικής διατομής οπλισμένου σκυροδέματος [Comodromos et al., 2009]

Στις ανωτέρω εξισώσεις, τα μέτρα ελαστικότητας του σκυροδέματος και του χάλυβα παραμένουν σταθερά, ενώ με την επέκταση της ρηγμάτωσης και τη μετατόπιση της θέσης του ουδέτερου άξονα οι ροπές αδράνειας μεταβάλλονται, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η δυσκαμψία του πασσάλου.

3.2.2. Αποτίμηση των επιπτώσεων της ρηγμάτωσης με τρισδιάστατη αριθμητική ανάλυση (πλαίσιο προσομοίωσης)

Για την αποτίμηση των επιπτώσεων της ρηγμάτωσης στην απόκριση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση πραγματοποιήθηκε τρισδιάστατη μη γραμμική ανάλυση με χρήση του κώδικα πεπερασμένων διαφορών $FLAC^{3D}$ (2005). Στο Σχήμα 3.2.2. απεικονίζεται το πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά την αντίστροφη ανάλυση και το οποίο περιλαμβάνει 87424 κόμβους, 87332 στοιχεία τριών διαστάσεων, 342 ραβδόμορφα στοιχεία και 351 κόμβους στοιχείων.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-



Σχήμα 3.2.2. – Πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων αντίστροφης ανάλυσης [Comodromos et al., 2009]

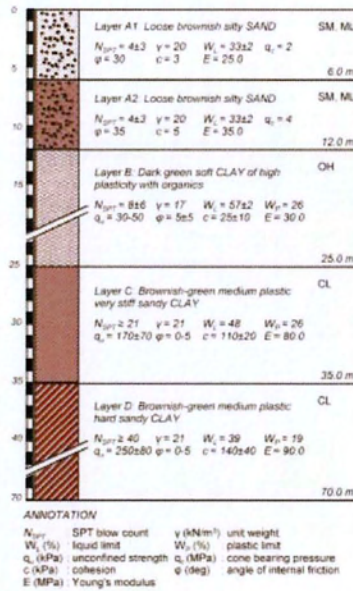
Οι τιμές των παραμέτρων των εδαφικών στρώσεων δίνονται αναλυτικά από τους Κωμοδρόμος κ.ά.(2009). Για το σκυροδέμα και το χάλυβα χρησιμοποιήθηκε μέτρο ελαστικότητας $E_c=29\text{GPa}$ και $E_s=200\text{GPa}$, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα (EN1992-1-1). Η συμπεριφορά του σκυροδέματος θεωρήθηκε γραμμική ελαστική σε κατάσταση θλίψης και ελκυσμού για εφελκυστικές τάσεις μικρότερες της αντοχής του σε εφελκυσμό. Η ανάπτυξη εφελκυστικής τάσης σε κάποιο στοιχείο μεγαλύτερης της αντοχής σε εφελκυσμό οδηγεί στην ανάπτυξη ρωγμής, με συνέπεια στο στοιχείο να τίθεται μηδενική αντοχή σε εφελκυσμό και η εφελκυστική τάση να ολοκληρώνεται και ανακατανέμεται ως επικόμβιο φορτίο στα γειτνιάζοντα στοιχεία επιπρόσθετα το μέτρο ελαστικότητας κατά την κάθετη διεύθυνση στη ρωγή μηδενίζεται επίσης (Cedolin et al. 1982). Ο ανωτέρω μηχανισμός ενσωματώθηκε στο πρόγραμμα $\text{FLAC}^{3\text{D}}$ με χρήση της εσωτερικής γλώσσας προγραμματισμού και οι εφελκυστικές τάσεις σε κάθε στοιχείο του πασσάλου τελούσαν υπό διαρκεί έλεγχο κατά την επαναληπτική διαδικασία επίλυσης.

Για της ράβδους σπλισμού θεωρήθηκε γραμμική ελαστικότητα η συνάφεια – σκυροδέματος λύφθηκε ίση με την αντοχή του σκυροδέματος σε ελκυσμό σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2. Η συμμετρία του προβλήματος επέτρεψε τη χρήση του μισού πλέγματος και την αντίστοιχη επιτάχυνση των υπολογισμών. Για την αποφυγή αριθμητικών ασταθειών, η επιβολή του φορτίου έγινε σταδιακά σε κάθε βήμα φόρτισης (Ramp loading). Ειδικότερες πληροφορίες αναφορικά με την αριθμητική προσομοίωση και τους καταστατικούς νόμους των συστατικών υλικών και τον στοιχείων διεπιφάνειας που χρησιμοποιήθηκαν, ο αναγνώστης μπορεί να αναζητήσει στη δημοσίευση Comodromos (2008), Κωμοδρόμος (2008) και Comodromos et al. (2009).

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-

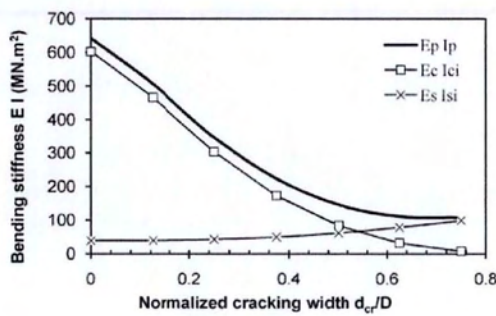
3.3. Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης

Πρόκειται να κατασκευαστεί έγχυτος πάσσαλος στο εδαφικό προφίλ με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.3.1.



Σχήμα 3.3.1. Εδαφικό προφίλ και τα στοιχεία του εδάφους στην ευρύτερη περιοχή του έργου [Comodromos et al., 2009]

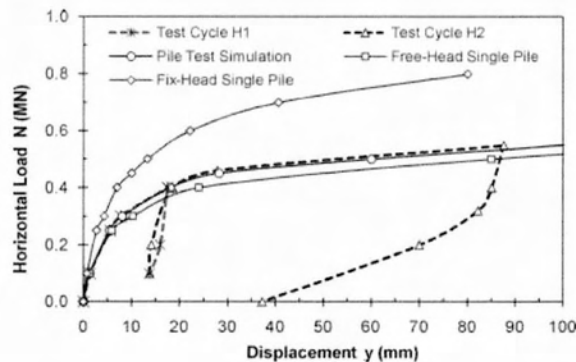
Με χρήση των Εξισώσεων (3) έως (5) και των αντιστοιχών του Σχήμα 3.3.2. προσδιορίζεται η μεταβολή της καμπτικής δυσκαμψίας πασσάλου λόγω της ρηγμάτωσης. Στο Σχήμα 3.3.2. δίνεται η μεταβολή της δυσκαμψίας πασσάλου δοκιμαστικής φόρτισης ($D=0.80m$ με οπλισμό 16Φ18) καθώς επίσης και η μεταβολή της συμβολής του σκυροδέματος και των ράβδων χάλυβα συναρτήσει του ανηγμένου εύρους ρηγμάτωσης.



Σχήμα 3.3.2. –Μεταβολή της δυσκαμψίας του πασσάλου με το εύρος ρηγμάτωσης [Comodromos et al., 2009]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-

Πρώτο στάδιο της τρισδιάστατης αριθμητικής ανάλυσης αποτέλεσε η διεξαγωγή αντίστροφης ανάλυσης της οποίας τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Σχήμα 3.3.3. Τα αριθμητικά αποτελέσματα πρακτικά ταυτίζονται με τα πειραματικά, γεγονός που επιβεβαιώνει την επιλογή των τιμών αντοχής, των μέτρων παραμορφωσιμότητας και της προσομοίωσης των αναπτυσσόμενων μηχανισμών.

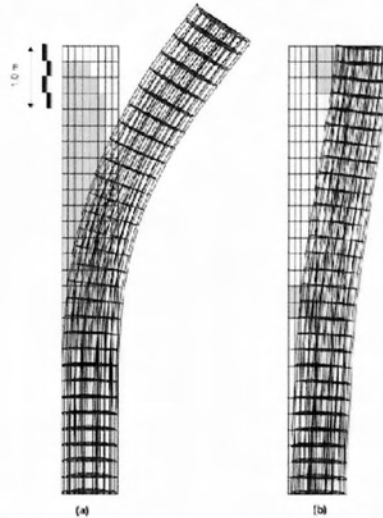


Σχήμα 3.3.3. Απόκριση φορτίου – μετακίνησης δοκιμαστικής φόρτισης και πρόβλεψης τρισδιάστατης ανάλυσης [Comodromos et al., 2009]

Σε αντίθεση με την κατακόρυφη φόρτιση, όπου οι οριακές συνθήκες μικρή επίπτωση έχουν στην απόκριση φορτίου – καθίζησης, η απόκριση φορτίου – μετακίνησης στην οριζόντια φόρτιση καθορίζεται σημαντικά από τις οριακές συνθήκες. Ειδικότερα, η δοκιμαστική φόρτιση αντιστοιχεί σε οριακές συνθήκες ελεύθερης κεφαλής, γεγονός που επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων καμπυλοτήτων στο άνω μέρος του πασσάλου, με συνέπεια τη ρηγμάτωση και την εκδήλωση μεγάλων μετακινήσεων. Στην περίπτωση ομάδας πασσάλων σε ενιαίο κεφαλόδεσμο οι οριακές συνθήκες αντιστοιχούν πρακτικά σε πακτωμένη κεφαλή, γεγονός που δρα ευεργετικά λόγω της ανάπτυξης μεγαλύτερων μετακινήσεων σε πιο μεγάλα βάθη, με συνέπεια την ανάπτυξη μεγαλύτερης αντίστασης από το έδαφος. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε επίλυση μεμονωμένου πασσάλου πακτωμένης κεφαλής, η καμπύλη φορτίου – μετακίνησης του οποίου απεικονίζεται στο Σχήμα 3.3.3. με συνεχή γραμμή και σύμβολα ρόμβου. Η πιο δύσκαμπτη απόκριση του πάσσαλου στην περίπτωση αυτή και η μεγαλύτερη πλευρική οριακή του αντίσταση αποδίδεται σε δύο αιτίες. Πρώτη αιτία αποτελεί η προαναφερόμενη μορφή παραμόρφωσης του πασσάλου, που στην περίπτωση της ελεύθερης κεφαλής εμφανίζει μεγαλύτερες μετακινήσεις στην κεφαλή για το ίδιο επίπεδο φόρτισης. Η δεύτερη αιτία αποδίδεται στα επιπτώσεις που προκαλούνται από τη ρηγμάτωση. Ειδικότερα, για το φορτίο, ο πάσσαλος ελεύθερης κεφαλής επιδεικνύει μεγαλύτερη καμπυλότητα, με αποτέλεσμα να ρηγματώνεται νωρίτερα σε σχέση με τον πάσσαλο πακτωμένη κεφαλής.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-

Στο Σχήμα 3.3.4.. δίνονται σε μεγέθυνση οι τύποι παραμόρφωσης για πάσσαλο ελεύθερης και πακτωμένης κεφαλής, όπως προσδιορίστηκαν από τη μη γραμμική ανάλυση για το φορτίο ίσο με 0.4 MN. Στο ίδιο σχήμα αποτυπώνονται οι ρηγματωμένες περιοχές των πασσάλων, όπου φαίνεται ότι στην περίπτωση της πακτωμένης κεφαλής τα ρηγματωμένα στοιχεία σκυροδέματος συγκεντρώνονται στο πάνω μέρος του πασσάλου, ενώ ο πάσσαλος με ελεύθερη κεφαλή εμφανίζει εκτεταμένη περιοχή ρηγμάτωσης σε μεγαλύτερο μήκος του.



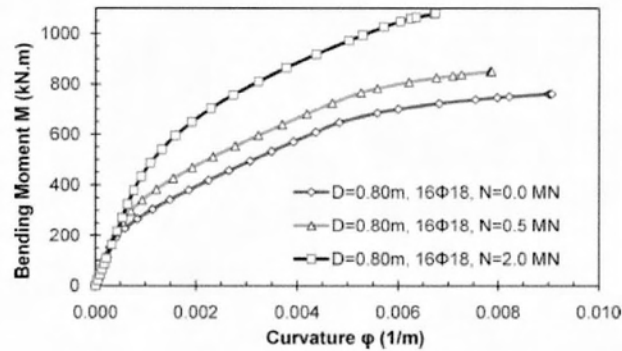
Σχήμα 3.3.4. Σύγκριση κινηματικής και περιοχών ρηγμάτωσης μεμονωμένου πασσάλου[Comodromos et al., 2009]

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον προσδιορισμό της δυσκαμψίας και της καμπτικής ροπής ρηγματωμένης διατομής παρουσιάζει η προσέγγιση με διαγράμματα ροπών-καμπυλοτήτων που προκύπτουν από τη θεωρία δοκού (Park and Paulay, 1975), μοντέλο το οποίο ενσωματώνεται σε πολλούς κώδικες ανάλυσης που έχουν τη δυνατότητα υπολογισμού της μη γραμμικής καμπύλης ροπής – καμπυλότητας δεδομένης διατομής οπλισμένου σκυροδέματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων της διατομής του δοκιμαζόμενου πασσάλου προσδιορίστηκε με το πρόγραμμα *Sofistik* (2003), λαμβάνοντας υπόψη τα διαγράμματα τάσεων – παραμορφώσεων του Ευρωκώδικα για σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 και χάλυβα S500.

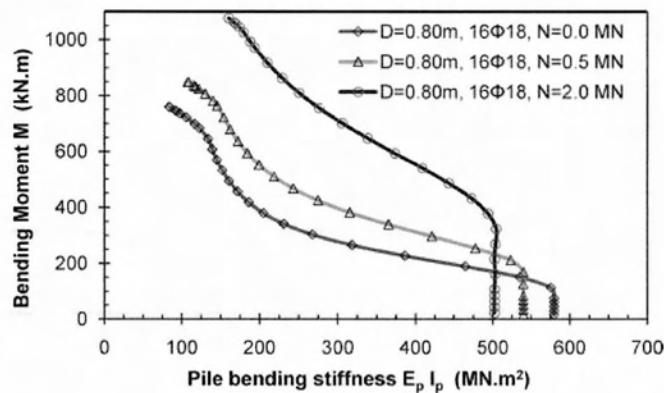
Κατά κανόνα, οι πάσσαλοι ταυτόχρονα με τα οριζόντια φορτία δέχονται και αξονική φόρτιση, η οποία δρα ευνοϊκά στην απόκριση του πασσάλου σε πλευρική φόρτιση, καθιστώντας τον πιο δύσκαμπτο και μεταθέτοντας την έναρξη της ρηγμάτωσης σε πιο υψηλά επίπεδα φόρτισης. Η επίδραση του αξονικού φορτίου φαίνεται στο Σχήμα 3.3.5 όπου παρουσιάζει το διάγραμμα ροπών – καμπυλοτήτων της διατομής για αξονικό φορτίο 0, 0.5 και 2.0 MN. Το τέμνον μέτρο δυσκαμψίας $E_p I_p$ της διατομής μπορεί να προσδιορισθεί έμμεσα από το λόγο M/φ , σύμφωνα με την Εξίσωση (1), ενώ στα διαγράμματα του Σχήματος 3.3.6. δίνεται η μεταβολή της με την

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-

καμπτική ροπή, ανάλογα με το επίπεδο της αξονικής φόρτισης. Το τμήμα των καμπλών του Σχήματος 6β, όπου η δυσκαμψία παραμένει σταθερή υποδεικνύει ότι η διατομή βρίσκεται στην ελαστική περιοχή, ενώ με την έναρξη της ρηγμάτωσης, όπου η ροπή ισούται με την ροπή ρηγμάτωσης, M_{cr} , η δυσκαμψία αρχίζει να μειώνεται, και η απόκριση του πασσάλου, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.3.3. παύει να είναι γραμμική ελαστική. Η ροπή ρηγμάτωσης M_{cr} κυκλικής διατομής οπλισμένου σκυροδέματος δίνεται από την Εξίσωση (6) και για τον εξεταζόμενο πάσσαλο ($D=0.80m$, $16\Phi 18$) υπολογίζεται ίση με 101.4 kNm τιμή η οποία συμφωνεί με τα διαγράμματα των Σχημάτων 3.3.5. και 3.3.6.



Σχήμα 3.3.5. Διάγραμμα ροπών – καμπυλοτήτων [Comodromos et al., 2009]

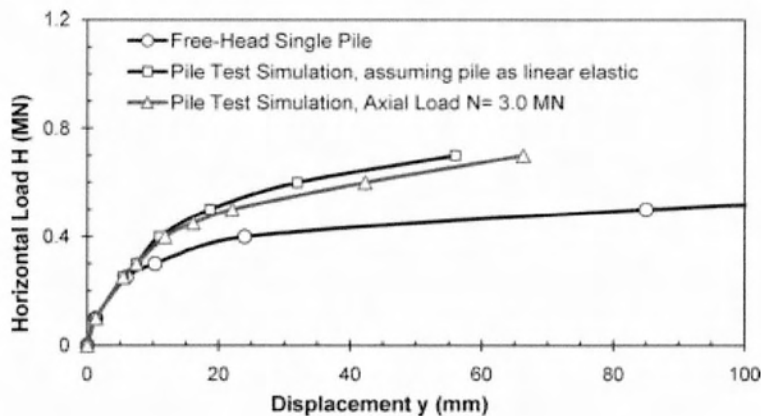


Σχήμα 3.3.6. Μεταβολή της δυσκαμψίας με την καμπτική ροπή για τη διατομή του δοκιμαζόμενου πασσάλου [Comodromos et al., 2009]

Στο Σχήμα 3.3.7. α) απεικονίζεται με συνεχή γραμμή και τριγωνικά σύμβολα η κατανομή της καμπτικής ροπής του πασσάλου, για το φορτίο ίσο με 0.10 MN , που προκύπτει από την

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-

εφαρμογή της θεωρίας δοκού και την εξαγωγή της καμπύλης ροπών – καμπυλοτήτων με το πρόγραμμα *Sofistik*, ενώ με συνεχή γραμμή και σύμβολα ρόμβου δίνεται το αντίστοιχο διάγραμμα που προκύπτει από την εφαρμογή της εξίσωσης (1) και χρήση του διαγράμματος του Σχήματος 3.3.6. και στις δύο περιπτώσεις λαμβάνεται η αρχική δυσκαμψία της διατομής του πασσάλου, δεδομένου ότι η διατομή είναι αρηγμάτωτη, ενώ η καμπυλότητα έχει προσδιορισθεί από την τρισδιάστατη ανάλυση. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση του Σχήμα 3.3.7. b), όπου, για την περίπτωση άσκησης φορτίου ίσου με 0,40MN, η υιοθέτηση της αρχικής δυσκαμψίας (συνεχής γραμμή με κυκλικά σύμβολα) και την τρισδιάστατη ανάλυση (συνεχής γραμμή με τριγωνικά σύμβολα) βρίσκονται σε καλή συμφωνία, με τη θεωρία δοκού να εμφανίζει ελαφρά μικρότερες τιμές. Η διαφορά αυτή των δύο μεθόδων προσέγγισης βρίσκεται εντός αποδεκτών ορίων αν αναλογισθεί κανείς την πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει τους μηχανικούς του προβλήματος.

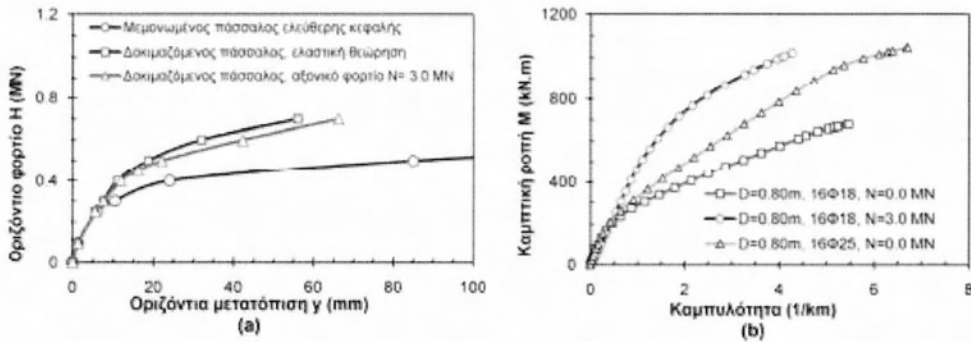


Σχήμα 3.3.7. Κατανομή της ροπής με το βάθος α) FLAC^{3D} και το SOFISTIK για φορτίο 0.10MN, b) από το FLAC^{3D} (με και χωρίς θεώρηση της ρηγμάτωσης) και το SOFISTIK για φορτίο 0.40MN [Comodromos et al., 2009]

Έχει ήδη αναφερθεί ότι η ταυτόχρονη δράση αξονικής δύναμης έχει ευεργετική δράση και δίνει τη δυνατότητα σε διατομή οπλισμένου σκυροδέματος για ανάληψη μεγαλύτερης καμπτικής ροπής. Για την ποσοτική αποτίμηση της διαφοροποίησης της απόκρισης του πασσάλου της δοκιμαστικής φόρτισης στην περίπτωση γραμμικής ελαστικής ανάλυσης και ταυτόχρονης δράσης αξονικού φορτίου πραγματοποιήθηκαν πρόσθετες επιλύσεις. Στο Σχήμα 3.3.8. a) παρουσιάζεται η απόκριση φορτίου μετακίνησης μεμονωμένου πασσάλου ελεύθερης κεφαλής και η απόκριση του πασσάλου της δοκιμαστικής φόρτισης με ταυτόχρονη δράση αξονικού φορτίου με 3,0MN. Διαπιστώνεται ότι η απόκριση του πασσάλου με αξονικό φορτίο είναι σημαντικά πιο δύσκαμπτη σε σχέση με τον πάσσαλο χωρίς θλιπτικό φορτίο, με την καμπύλη φορτίου-μετακίνησης να πλησιάζει την αντίστοιχη του πασσάλου με θεώρηση ελαστικής

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση-

συμπεριφοράς. Ειδικότερα, υπό την ευεργετική δράση της θλιπτικής δύναμης, ο πάσσαλος παραμένει αρηγμάτωτος μέχρι το οριζόντιο φορτίο των 0,5MN, σε αντίθεση με τον πάσσαλο χωρίς θλιπτικό φορτίο στον οποίο η ρηγμάτωση εμφανίζεται από τα 0.25MN οριζόντιας δύναμης.



Σχήμα 3.3.8. Επίδραση αξονικού θλιπτικού φορτίου και ποσοστού οπλισμού στην απόκριση πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση [Comodromos et al., 2009]

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον εμφανίζει και το Σχήμα 3.3.8. b). παρουσιάζει την επίπτωση του οπλισμού και της αξονικής δύναμης στη δυσκαμψία του πασσάλου. Παρατηρείται ότι πριν από τη ρηγμάτωση, η δυσκαμψία όλων των περιπτώσεων είναι πρακτικά ίδια. Το γεγονός αυτό εύκολα εξηγείται και αποδίδεται στη σημαντικά μεγαλύτερη τιμή της δυσκαμψίας της διατομής σκυροδέματος σε σχέση με αυτή των ράβδων οπλισμού, όπως άλλωστε με εύληπτο τρόπο δίνεται στο Σχήμα 3.3.2. για μηδενική ανηγμένη τιμή ρηγμάτωσης. Περαιτέρω αύξηση του φορτίου οδηγεί σε σταδιακά αυξανόμενο εύρος ρηγμάτωσης με συνέπεια τη μείωση της δυσκαμψίας, γεγονός που αποτυπώνεται με ανάληψη πολύ μικρότερης καμπτικής ροπής σε σχέση με τον πάσσαλο που φέρει ταυτόχρονα και αξονική δύναμη (για καμπυλότητα 2/km στον πάσσαλο με ρηγμάτωση αναπτύσσεται καμπτική ροπή 400 kNm, ενώ κατά την ανάλυση πασσάλου με ταυτόχρονη αξονική δύναμη αναπτύσσεται ροπή 750 kNm, γεγονός που ισοδυναμεί με διπλάσια περίπου δυσκαμψία). Η αύξηση του οπλισμού σε 16Φ25 από 16Φ18 οδηγεί επίσης σε αύξηση της δυσκαμψίας μετά τη ρηγμάτωση, γεγονός που ποσοτικά αποτιμάται από την αύξηση της καμπύλης της δυσκαμψίας των ράβδων οπλισμού στο Σχήμα 3.3.2. Η αύξηση, παρότι σημαντική, οδηγεί σε καμπύλη με σαφώς μικρότερη δυσκαμψία σε σχέση με τον πάσσαλο που φέρει ταυτόχρονα και αξονική δύναμη, η οποία περιορίζει το εύρος της ρηγμάτωσης. Η σύγκριση των τριών καμπυλών επιτρέπει την ποσοτική αποτίμηση της ευεργετικής δράσης ταυτόχρονης θλιπτικής αξονικής δύναμης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Δοκιμαστική πασσάλου φόρτιση με τη χρήση κυψέλης Osterberg

4.1. Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης

Μια τυπική δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση του κελιού Osterberg αποτελείται από οκτώ βασικά συστήματα υποδομής:

η κυψέλη Osterberg, το οποίο θα επιβάλλει το απαιτούμενο φορτίο,

σύρματα γραμμικής κινησιομετατροπείς δόνησης, μέσω των οποίων μετριέται η επέκταση της κυψέλης Osterberg,

επιμηκυνσιόμετρα, με τα οποία μετριέται η μεταφορά του φορτίου τις πλευρικής διάτμησης επάνω στην κυψέλη Osterberg

σύρματα εμπέδωσης δόνησης, τα οποία μετράνε τυχόν δονήσεις που μπορούν να δημιουργηθούν στον πάσσαλο

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-

ενδεικτικές λυχνίες, με τα οποία μετρείται η συμπίεση του πασσάλου

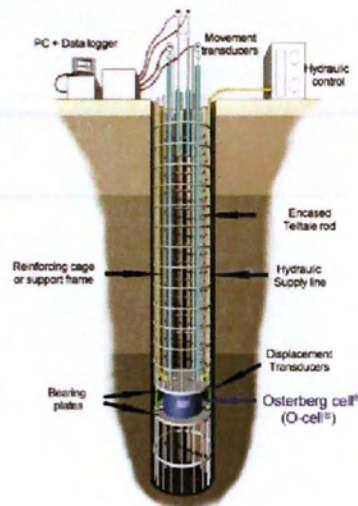
μεταλλικές σωλήνες των Φ12, μέσα στα οποία τοποθετούνται τα LVWDT's,

μετρητής πίεσης τύπου Bourdon, με τα οποία μετρείται η πίεση που εφαρμόζεται στην κυψέλη Osterberg

μετατροπείς πίεσης, με τα οποία ρυθμίζεται αυτόματα και διατηρείται το φορτίο και παράλληλα αναλύει τα δεδομένα για τη λήψη σε πραγματικό χρόνο

4.2. Γενικά για την κυψέλη Osterberg

Αυτή η μέθοδος φόρτισης Osterberg® Cell, ή Ο-κυψέλη, παίρνει το όνομά του από τον εφευρέτη, Dr Jorj O. Osterberg. Το Ο-κυψέλη είναι μια υδραυλικά οδηγούμενη, υψηλής χωρητικότητας, θυσιαζόμενη συσκευή φόρτισης, εγκατεστημένη εντός της μονάδας θεμελίωσης. Χρησιμοποιείται συχνά σε κάποιες χώρες όπως Η.Π.Α., Καναδάς, κλπ.. Οι κυψέλες Osterberg έχουν πολύ μεγάλα έμβολα πράγμα το οποίο καθιστά δυνατό την εφαρμογή μεγάλων φορτίων (από 26,7 MN δηλαδή περίπου 3000 τόνων) για σχετικά μικρές πιέσεις γρύλου (<69 Mpa). Προκειμένου να λάβουν τις κατάλληλες αντιδράσεις, οι κυψέλες Osterberg δεν εισάγονται κατευθείαν στην οπή που θα γίνει η δοκιμή αλλά εισάγονται μέσα στον οπλισμό της πασσάλου με τη μέθοδο της συγκόλλησης είτε στη βάση είτε σε κάποια απόσταση πάνω από τη βάση (ή και τα δύο ταυτόχρονα) ανάλογα με τη στρατηγική τις δοκιμής. Για αυτό το λόγο μπορούμε να διακρίνουμε ανάλογα με την περίπτωση σε δοκιμή με χρήση μιας κυψέλης Osterberg και σε δοκιμή με χρήση πολλαπλών κυψέλων Osterberg.



Σχήμα 5.2.1. Διάταξη της δοκιμής [<http://www.loadtest.com/services/ocell.htm>]

4.3. Τεχνική περιγραφή δοκιμής με χρήση μιας κυψέλης Osterberg

Οι κυψέλες Osterberg συνήθως λειτουργούν σπρώχνοντας τον πάσσαλο προς τα πάνω μέρος της οπής έχοντας σαν αντίδραση το γεωυλικό στη βάση της πασσάλου. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται είτε αστοχία της πλευρικής διάτμησης είτε η αστοχία της βάσης αλλά όχι και τα δύο ταυτόχρονα (εκτός αυτό αν γίνει κατά τύχη). Η εφαρμοζόμενη φόρτιση επιτυγχάνεται και μετρείται στην επιφάνεια με μετρητές που επικοινωνούν με τη καλιμπραρισμένη κυψέλη Osterberg και οι μετακινήσεις στη βάση και στην κορυφή της δοκιμαζόμενης πασσάλου μετριοούνται με ενδεικτικές λυχνίες. Οι διορθώσεις για το εφαρμοζόμενο φορτίο γίνονται συνήθως με την επίδραση της πίεσης του υγρού σε όλη τη γραμμή τις κυψέλης Osterberg και με το ίδιο βάρος του πασσάλου επάνω στη κυψέλη. Όπου υπάρχουν αδύναμα γεωυλικά στη βάση και η πρόθεση της δοκιμής είναι η εξέταση της πλευρικής αντίστασης, η προέκταση στο άνοιγμα της οπής_εκσκαφής μπορεί να κατασκευαστεί σε ένα βάθος που επαρκεί για να δώσει την αναμενόμενη αντίδραση μέσω ενός συνδυασμού αντίστασης του ανοίγματος και της βάσης του πασσάλου θεμελίωσης στο τμήμα της αντίδρασης, η κυψέλη Osterberg τοποθετείται στην κορυφή της επέκτασης και το τμήμα του πασσάλου πάνω στην κυψέλη Osterberg φορτίζεται με απόλυτη πλευρική αντίσταση. Η σκυροδέτηση της δοκιμαζόμενης διατομής και του τμήματος αντίδρασης μπορεί να επιτευχθεί με ταυτόχρονη σκυροδέτηση έτσι ώστε θα αποφευχθεί και από της κατασκευαστικές διαφορές μεταξύ των δύο κομματιών.

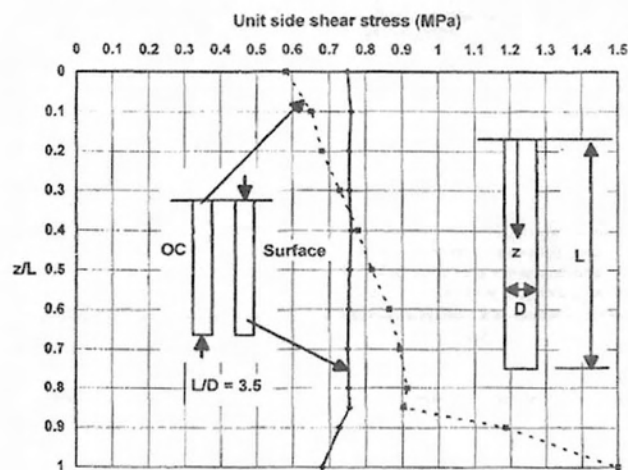
Παρόλα που οι κυψέλες Osterberg είναι ικανές να παράγουν μεγάλο φορτίο σε σχετικά μικρό κόστος, δεν δημιουργούν τις ίδιες συνθήκες πίεσης στον πάσσαλο και στα γεωυλικά τα οποία παράγονται από τη συνηθισμένη συμπίεση η από την ανύψωση που προέρχεται από την κορυφή του άξονα, η οποία είναι κατά κάποιο τρόπο αντιφατική. Το φορτίο συμπίεσης από την κορυφή του πασσάλου το συμπιέζει, προκαλώντας εξωτερική αξονική παραμόρφωση στο συγκεκριμένο (Poisson effect), το οποίο συντελεί σε μεγαλύτερη πίεση τριβής στη διεπιφάνεια με το γεωυλικό, ταυτόχρονα προσθέτει κάθετη πίεση στο γεωυλικό γύρω από τον άξονα και μέσα από τη διαδικασία μεταφοράς του φορτίου, το οποίο συνεπώς προσθέτει δύναμη στα γεωυλικά που στραγγίζεται κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Αυτά τα αποτελέσματα προέρχονται σε αυτό το κομμάτι του πασσάλου που είναι πιο κοντά στο σημείο φόρτισης της εφαρμογής. Παρόμοια αποτελέσματα συμβαίνουν και με την κυψέλη Osterberg στην οποία το φορτίο εφαρμόζεται βαθιά μέσα στον άξονα όπου συχνά υπάρχει το πιο δυνατό και πιο σκληρό γεωυλικό, δίνοντας ανύψωση στον δοκιμαζόμενο πάσσαλο χρησιμοποιώντας την κυψέλη Osterberg το οποίο ίσως παράγουν μεγαλύτερες αντιστάσεις, από αυτά που έγιναν δοκιμές με συμπιεστικό φορτίο στην κορυφή. Οι μηχανισμοί για αυτό το αποτέλεσμα ήρθαν στο φως από τον Carter και Kulhawy χρησιμοποιώντας ένα απλό και σταθερό μαθηματικό μοντέλο.

Οι φαινομενολογικές διαφορές μεταξύ της κυψέλης Osterberg και φόρτισης από τη κεφαλή είναι πιο σαφές. Η φόρτιση με κυψέλη Osterberg δημιουργεί θετική επίδραση του δείκτη Poisson όπου από την άλλη πλευρά η επιφανειακή φόρτιση δημιουργεί αρνητική επίδραση του δείκτη

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-

Poisson (ακτινική συστολή του σκυροδέματος). Το τέντωμα του άξονα από την επιφανειακή φόρτιση επίσης μειώνει τις συνολικές κάθετες τάσεις στο γεωλικό που περικλείει τον πάσσαλο, ενώ όταν φόρτιση με την κυψέλη Osterberg αυξάνεται παράλληλα αυξάνονται και τα φορτία αφού αυτό πιέζει τον πάσσαλο.

Από την άλλη μεριά, η ύπαρξη της κυψέλης Osterberg τείνει να τοποθετήσει τα γεωλικά κατά την ανύψωση της κυψέλης σε ένταση καθώς ο πάσσαλος πλησιάζει στην αστοχία, μειώνοντας έτσι τις ενεργές πιέσεις στο γεωλικό που υποβάλλει σε στραγγιζόμενη φόρτιση στο εύρος βάθους της κυψέλης Osterberg και η συνοδός αντίσταση του πασσάλου σε αυτή τη ζώνη, το οποίο μπορεί να τείνει στη μείωση ή στην οριστική εκμηδένιση οποιουδήποτε προφανή έλλειψη συντηρισμού της δοκιμής κυψέλης Osterberg. Οι Mc Vay et al εκτέλεσαν σπουδές στοιχείων στη φόρτιση από τη κεφαλή του πασσάλου και έκαναν φόρτιση κυψέλης Osterberg σε διάτρητους πασσάλους σε ομοιόμορφο ασβεστόλιθο χρησιμοποιώντας ένα ελαστικό – πλαστικό μοντέλο σε μορφή καπέλο συστολικού μοντέλου για ασβεστόλιθους τριβής (στραγγισμένες), με αποτελέσματα τα οποία προβάλλονται στην Σχήμα 4.3.1. Για L (μήκος) και D (διάμετρος) L/D στο 3,5 και κατά τεκμήριο για τρυπημένες οπές με μεγαλύτερο L/D , η δοκιμή κυψέλης Osterberg παράγει μέσες αντιστάσεις κατά μήκος της οπής όπου ήταν περίπου τα ίδια όπως στη φόρτιση από την κεφαλή πάνω από απόσταση 0,5 πάνω από την κυψέλη (0,76 MPa για φόρτιση από κεφαλή έναντι 0,78 MPa για φόρτιση με κυψέλη Osterberg).

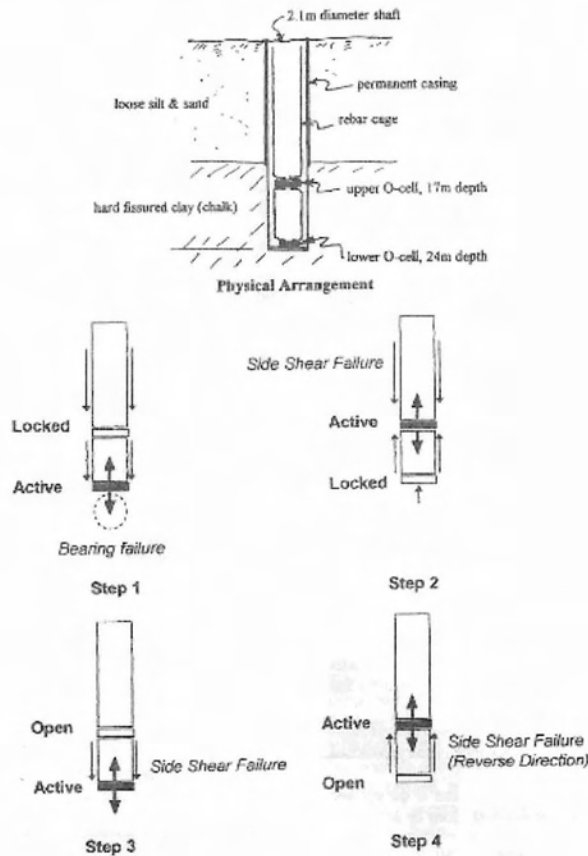


Σχήμα 4.3.1. Σύγκριση των αναπτυσσόμενων διατμητικών τάσεων μεταξύ τις δοκιμή κυψέλης Osterberg και φόρτισης από την κεφαλή [Michael W. O'Neill et al, 1997]

Η σύγκριση έχει γίνει στο Σχήμα 4.3.2. για φορτίο που επέφερε αστοχία σε πραγματική νουμερική δοκιμή Osterberg. Ωστόσο, στη φόρτιση από την κεφαλή επιπλέον φόρτιση μπορεί να εφαρμοστεί στον πάσσαλο μέχρι να δημιουργηθεί αστοχία αιχμής, η οποία σύμφωνα με τη

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-

μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων (FEM) προκαλεί σημαντικά περισσότερη πλευρική διατμητική αντίσταση για να αναπτύξει λόγω της τριβής στο βράχο κοντά στη κορυφή της οπής και ξαφνικά οδηγεί σε μια υψηλότερη πλευρική διατμητική αντίσταση σε σύγκριση με τη δοκιμή Osterberg. Η αναλυτική ανωμαλία στη βάση 0,5D οδηγεί να γίνει οργανομέτρηση της φόρτισης είναι ορθή σε όλο το μήκος του πασσάλου στις δοκιμές της κυψέλης Osterberg.



Σχήμα 4.3.2. Σχηματική απεικόνιση από δοκιμή με δύο επίπεδα φόρτισης από την Alabama [Michael W. O'Neill et al,1997]

Ο Hassan et al σημείωσαν ότι οι δοκιμές με κυψέλη Osterberg σε έγχυτους πασσάλους υποδοχής σε συνεκτική σαπρολίτη με $L/D = 2.4$ ($D=1.53$) παρουσίασαν γενικά ομοιομορφία στη μεταφορά φορτίου στην αστοχία πλευρικής διάτμησης και δύσκαμπτη συμπεριφορά στο φορτίο –μετακίνησης από μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων με ρητή τραχύ περιβάλλον από τη δοκιμή κυψέλης Osterberg και τα αποτελέσματα των πεπερασμένων στοιχείων για φόρτιση συμπίεσης

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-

συμφώνησαν στενά με την υποδοχή. Ο Ouga et al στην έκθεση του με συνδυασμό της φόρτισης της κυψέλης Osterberg και δοκιμή φόρτισης από την κεφαλή ενός ολοκληρωμένου πασσάλου διαμέτρου $D=1,2\text{m}$ και μήκος $L=26,5\text{m}$ μέσα σε άμμο χρησιμοποιώντας μία συμπληρωματική αντίδραση για να βοηθήσει την επίτευξη πλήρους αστοχίας της βάσης μετά από την πλευρική αστοχία. Χρησιμοποιώντας τη μετρούμενη αντίσταση βάσης και τη καμπύλες της πλευρικής διάτμησης –καθιζήσεων από τη δοκιμή Osterberg με ένα μοντέλο μεταφοράς του φορτίου για την επαναδημιουργία του διαγράμματος φορτίου – καθιζήσης της φόρτισης από την κεφαλή, αυτοί βρήκαν ωραία συμφωνία στα αποτελέσματα με την δοκιμή της πίεσης από κεφαλή (σε αυτό το ειδικό παράδειγμα περίπου 75% της μέγιστης αντίστασης του διάτρητου πασσάλου είχε υπερβεί την αντίσταση της βάσης). Άρα, τα τρέχοντα στοιχεία δείχνουν ότι η δοκιμή της κυψέλης Osterberg είναι πιθανότατα ένα ακριβές υποκατάστατο της δοκιμής φόρτισης από κεφαλή αλλά περαιτέρω αναλύσεις χρειάζονται για τη φόρτιση προς τα πάνω.

4.4. Τεχνική περιγραφή δοκιμής με χρήση πολλαπλών κυψέλων Osterberg

Δοκιμή φόρτισης με χρήση μιας κυψέλης Osterberg είναι περιορισμένο στο μέγεθος της αντίστασης αιχμής ή της αντίστασης πασσάλου το οποίο είναι μικρότερο. Είναι δυνατών ωστόσο, η τοποθέτηση των κυψέλων Osterberg σε δύο (ή περισσότερες) θέσεις μέσα στον πάσσαλο. Η πρώτη καινοτόμα εφαρμογή αυτής της τεχνικής ήταν η δοκιμή στο Alabama στο τμήμα της συγκοινωνίας (Department of Transportation, DOT) στο 1994. (Στο Σχήμα 4.3.2 είναι ένα σχεδιάγραμμα τις δοκιμής. Η ρύθμιση των δύο 26,7 MN (3000 τόνων) κυψέλων Osterberg ήταν δυνατόν να μετρήσουν την αντίσταση βάσης, την αντίσταση του κομματιού που είναι στο στρώμα κιμωλίας, την αντίσταση του κομματιού που είναι στο εγκιβωτισμένο τμήμα πάνω από την κιμωλία και το κομμάτι που είναι στην αντίθετη κατεύθυνση της φόρτισης. Τα βήματα φόρτισης παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.3.2.

Αυτή η ρύθμιση έχει τη δυνατότητα μέτρησης της συνολικής αντίστασης το οποίο είναι 80 MN (9000 τόνοι), εάν οι κυψέλες είναι τοποθετημένα στα καταλληλότερα σημεία, τα οποία συγκρίνονται με επιφανειακούς γρύλλους με ικανότητα φόρτισης περίπου με 11 MN (1250 τόνοι). Δοκιμές φόρτισης με μεγαλύτερες φορτίσεις έχουν γίνει πρόσφατα με της κυψέλες Osterberg, και της κυψέλες Osterberg έχουν χρησιμοποιηθεί και στους πασσάλους που τοποθετούνται με έμπηξη.

4.5. Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης με τη χρήση της κυψέλης Osterberg

Έγχυτος πάσσαλος κατασκευάστηκε στην περιφερειακή οδό της Edmonton για χρήση ως θεμελίωση γέφυρας του ανισόπεδου κόμβου. Ο κόμβος αυτός κατασκευάστηκε στην περιοχή 127 Street Site. Η διάνοιξη τις οπής πασσάλου έγινε το καλοκαίρι του 2008 και έγιναν πρότυπες δοκιμές διείδυσης (SPT) ανά 1.5m. Η γενική στρωματογραφία αποτελείται από: στρώμα αργίλου και λάσπης έως το βάθος 8.5m με 9.9m το οποίο ακολουθεί στρώμα παγετώδης αργίλου

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-

έως το βάθος των 30m με 33m το οποίο υπέρκειται από το σχηματισμό του Edmonton το οποίο αποτελείται από άργιλο σχιστόλιθου και υπόβαθρο ψαμμίτη. Από τις μετρήσεις χτύπων τις δοκιμής SPT διαπίστωσαν διαφορά από 4 έως 7 χτύπους ανά 300mm. Από τρεις αστράγγιστες έρευνες τριαξονικής δοκιμής από την άργιλο του πρώτου στρώματος έδωσαν αντοχές σε θλίψη από 86 έως 133kPa. Η άργιλος του δεύτερου στρώματος παίρνει τιμές από τη δοκιμή SPT είναι από 20 έως 24 χτύπους ανά 300mm, οι δοκιμές τις τριαξονικής δοκιμής έδωσαν συμπιεστικές αντοχές από 263 έως 318 kPa. Η στάθμη του νερού κυμαίνεται από 1.2m έως 3m εντός της αργίλου.

Ο πάσσαλος σχεδιάστηκε να κατασκευαστεί με διάμετρο $D=910\text{mm}$ και με διάμετρο καμπάνας στη βάση του $D=1800\text{mm}$. Η οπή του πασσάλου είχε διάμετρο $D=990\text{mm}$ και το προσωρινό χαλύβδινο περίβλημα που τοποθετείται είχε διάμετρο $D=965\text{mm}$ και εισάγεται έως το βάθος των 1.7m. το χαλύβδινο περίβλημα εγκαταστάθηκε για τον έλεγχο της διαρροής από τη λάσπη και από την άργιλο. Χρησιμοποιήθηκε τρυπάνι διαμέτρου 914mm για τη διάνοιξη της οπής έως το βάθος των 18m και το εργαλείο δημιουργίας καμπάνας χρησιμοποιήθηκε για τον καθαρισμό της βάσης και ύστερα για τη δημιουργία καμπάνας των 1800mm.

Μετά το καθαρισμό της βάσης, το κλουβί οπλισμών συνδέεται με την κυψέλη Osterberg όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.5.1, εισάγεται στην οπή και προσωρινά στηρίζεται με το κλουβί οπλισμών. Το σκυρόδεμα αντλείται μέσω ενός σωλήνα από τη βάση του πασσάλου μέχρι την κορυφή του πασσάλου που είναι η επιφάνεια του εδάφους. Ο ανάδοχος αφαιρεί το προσωρινό περίβλημα αμέσως μετά τη σκυροδέτηση. Η εγκατάσταση του πασσάλου αυτού ολοκληρώθηκε το Νοέμβρη του 2008.

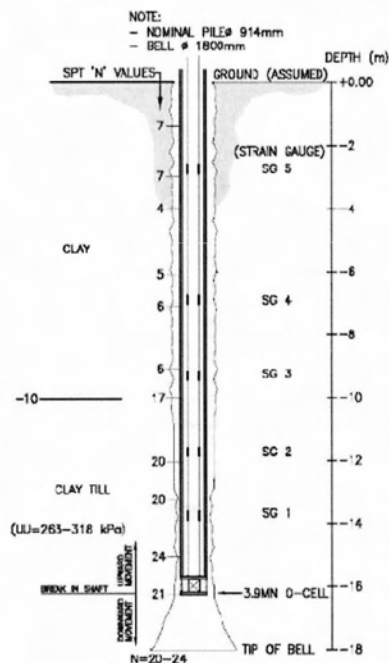


Εικόνα 4.5.1. Σύνδεση της κυψέλης Osterberg με το κλουβί οπλισμών [Tony Ruban et al, 2011]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-

Το σύστημα φόρτισης αποτελείται από 330mm κυψέλης Osterberg με ικανότητα φόρτισης έως 3,9MN το οποίο τοποθετείται σε απόσταση 1,52m από τον πόδα του πασσάλου. Επίσης η δοκιμή αυτή περιέχει σύρματα γραμμικής κινησιομετατροπείς δόνησης (LVWDT's) τοποθετημένα μεταξύ των άνω και κάτω πλακών της κυψέλης Osterberg για τη μέτρηση επέκτασης του. Δύο μεταλλικές σωλήνες συνδέονται με το πλαίσιο μεταφοράς (με ονομαστική διάμετρο των 12mm) και τοποθετούνται αντιδιαμετρικά όπου εκτείνεται από την κορυφή της κυψέλης Osterberg πέρα από το πάνω μέρος του σκυροδέματος.

Χρησιμοποιήθηκαν επιμηκυσιόμετρα για την εκτίμηση της μεταφοράς του φορτίου πλευρικής διάτμησης επάνω στην κυψέλη του Osterberg. Τοποθετούνται πέντε επίπεδα από δύο αντιδιαμετρικά σύρματα εμπέδωσης δόνησης πάνω από τη βάση της συνδεδεμένης κυψέλης Osterberg. Επίσης εισάγονται δύο σιδερένιες σωλήνες από την κορυφή του πασσάλου έως την πάνω πλάκα της κυψέλης Osterberg για να εκτονωθεί η διακοπή του πασσάλου που σχηματίζεται από την επέκταση του κελιού Osterberg. Στο Σχήμα 4.5.2. παρουσιάζεται σχηματικά η εγκατάσταση του δοκιμαστικού πασσάλου.



Σχήμα 4.5.2. Σχηματική απεικόνιση και η διάταξη του δοκιμαζόμενου πασσάλου [Tony Ruban et al, 2011]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-

Η συμπίεση του πασσάλου μετρείται με τη χρήση των ενδεικτικών λυχνιών των 6mm που τοποθετούνται μέσα στους μεταλλικούς σωλήνες των 12mm τα οποία παρακολουθούνται με τα LVWDT's. Δύο αυτοματοποιημένα ψηφιακά επίπεδα έρευνας χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση της μετακίνησης της κορυφής του πασσάλου από μια απόσταση περίπου 4,7m.

Μετρήσεις πίεσης τύπου Bourdon και μετατροπείς πίεσης χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση τις πίεσης που εφαρμόζεται στην κυψέλη Osterberg σε κάθε βήμα της φόρτισης. Οι μετατροπείς χρησιμοποιούνται για την αυτόματη ρύθμιση και για τη διατήρηση του φορτίου και παράλληλα για την ανάλυση και λήψη των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

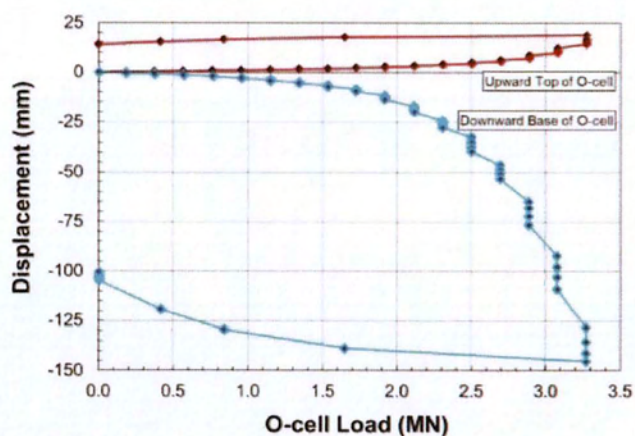
Όλα τα όργανα συνδέονται με τον καταγραφέα δεδομένων σε ένα φορητό υπολογιστή όπου αποθηκεύονται αυτόματα τα δεδομένα ανά διαστήματα των 30 δευτερολέπτων και εμφανίζονται εκείνη τη στιγμή. Ο ίδιος φορητός υπολογιστής συγχρονίζεται με το σύστημα καταγραφής δεδομένων και καταγράφει τα δεδομένα της δοκιμής.

Η συμπεριφορά του φορτίου-μετακίνησης καταγράφηκε κατά τη διάρκεια τις δοκιμής και αναλύθηκε σε επιμέρους συστατικά του και ανασυνδιάσθηκε η κατάσταση του για να αξιολογηθεί η συμπεριφορά του ολοκληρωμένου πασσάλου. Τα φορτία που εφαρμόζονται με την κυψέλη Osterberg λαμβάνουν πράξη στις δύο αντίθετες κατευθύνσεις όπου τους αντιστέκεται από τις ικανότητες του πάνω μέρος και του κάτω μέρος του πασσάλου. Θεωρητικά, η κυψέλη Osterberg δεν επιβάλλει πρόσθετο ανοδικό φορτίο μέχρι η δύναμη εκτόνωσης υπερβεί ελαφρά το βάρος του πασσάλου πάνω από την κυψέλη Osterberg. Ως εκ τούτου, το καθαρό φορτίο το οποίο ορίζεται ως ακάθαρτο φορτίο της κυψέλη Osterberg μείον το ίδιο βάρος του πάνω μέρους του πασσάλου, έτσι προσδιορίζεται η πλευρική διατμητική αντίσταση πάνω από την κυψέλη Osterberg και κατασκευάζεται το ισοδύναμο διάγραμμα (με μέγιστη φόρτιση) φορτίου-καθίζησης.

Προκειμένου να εκτιμηθεί η πλευρική αντίσταση του πασσάλου, τα φορτία υπολογίζονται με βάση τα δεδομένα που λαμβάνονται από τις μετρήσεις των τάσεων από τις εκτιμήσεις σύνθετου μέτρου του πασσάλου. Το υπολογιζόμενο φορτίο από τις τάσεις των μετρήσεων αποδείχθηκε ότι είναι περίπλοκη η εφαρμογή ενός σταθερού στις μετρήσεις τάσεων το οποίο παράγαγε μια παράλογη κατανομή φορτίου. Ως εκ τούτου, μια προσέγγιση για τον καθορισμό του συντελεστή που βασίζεται στις τάσεις συνιστάται από τον Fellenius (2001) εκδόθηκε για τη μετατροπή των τάσεων σε φορτίο.

Για αυτή τη δοκιμαστική φόρτιση αναλαμβάνεται ότι το μέγιστο εφαρμοζόμενο ανοδικό καθαρό φορτίο στην άνω πλευρά είναι 3,07MN το οποίο είναι η πλευρική διάτμηση. Για αυτή τη φόρτιση η ανοδική μετατόπιση της κυψέλης Osterberg ήταν 18,75mm. Το γράφημα φορτίου-μετακίνησης, πλευρικής αντίστασης και της φέρουσας ικανότητας παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.5.3.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-



Σχήμα 4.5.3. Διάγραμμα φορτίου μετακίνησης του πασσάλου από τη δοκιμή κυψέλης Osterberg [Tony Ruban et al,2011]

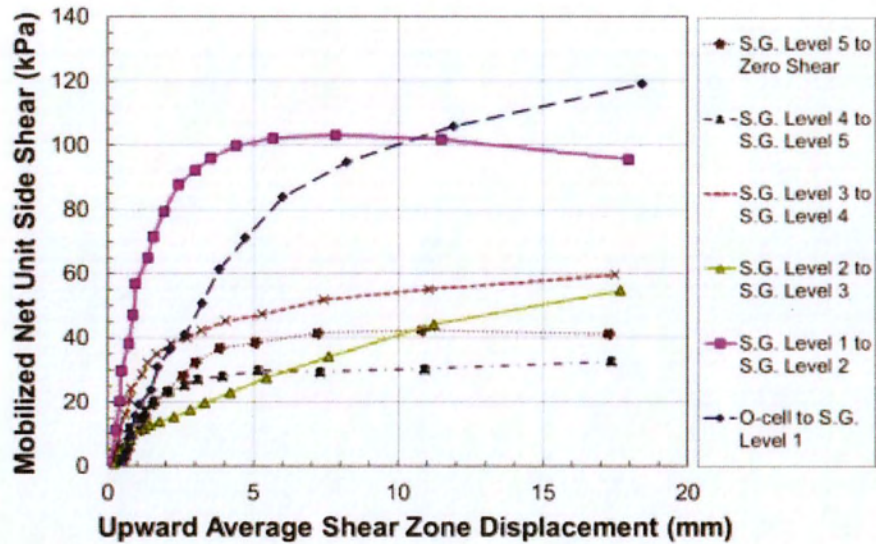
Καθαρή μονάδα πλευρικής διάτμησης που αναπτύχθηκε από τις ενδείξεις των μηχανομετρών παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.5.3. και η κινητοποιημένες τιμές τις πλευρικής αντίστασης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5.1. και στο Σχήμα 4.5.4.

Table 1. Mobilized Side Shear Resistance – 127 Street

Load Transfer Zone	Soil Strata	Unit Side Shear (kPa)
0 to 3 m	Clay	41
3 to 7 m	Clay	33
7 to 9.5 m	Clay	60
9.5 to 12 m	Till	55
12 to 14 m	Till	96
14 to 16.5 m	Till	119

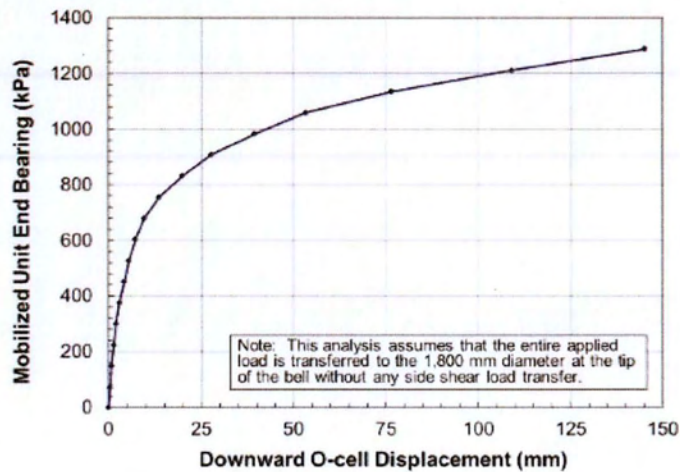
Πίνακας 4.5.1. Πλευρική αντίσταση κινητοποιούμενου πασσάλου [Tony Ruban et al,2011]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-



Σχήμα 4.5.4. Πλευρική αντίσταση κινητοποιούμενου πασσάλου [Tony Ruban et al,2011]

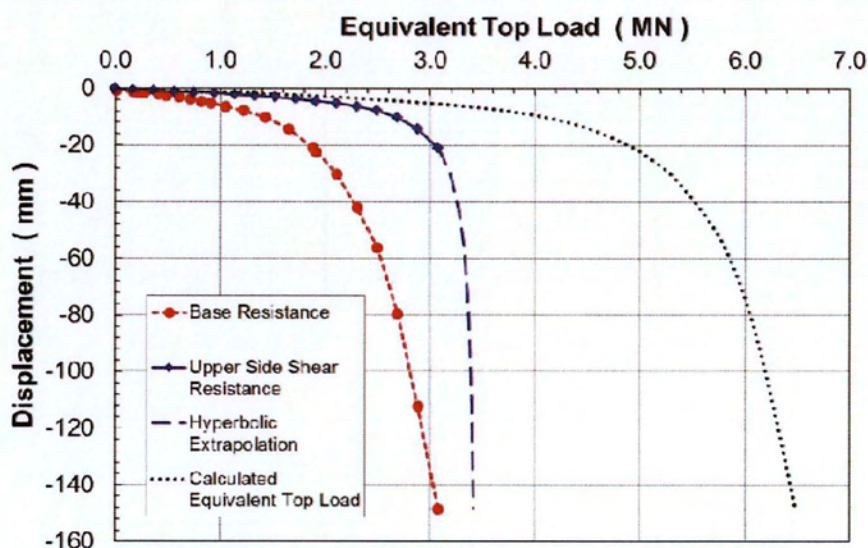
Το μέγιστο φορτίο που εφαρμόζεται από την κυψέλη Osterberg σε συνδυασμό με την πλευρική διάτμηση και την φέρουσα ικανότητα της βάσης του πασσάλου κάτω από την κυψέλη Osterberg ήταν 3,28MN. Στο τέλος της φόρτισης, ο μέσος όρος της καθοδικής μετακίνησης της κυψέλης Osterberg ήταν 145mm. υποθέτοντας ότι όλο το εφαρμοζόμενο φορτίο μεταφέρθηκε στη βάση χωρίς καμία πλευρική αντίσταση, η τιμή της φέρουσας ικανότητας βάσης υπολογίστηκε ως 1287kPa το οποίο παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 4.5.5.



Σχήμα 4.5.5. Αντίσταση αιχμής κινητοποιούμενου πασσάλου [Tony Ruban et al,2011]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη χρήση κυψέλης Osterberg-

Τα αποτελέσματα τις πλευρικής αντίστασης από τη δοκιμή αυτή κυψέλη Osterberg ενώθηκαν για να δημιουργηθεί ένα ενιαίο διάγραμμα φορτίου-μετακίνησης από τη μέγιστη φόρτιση που δέχτηκε ο πάσσαλος αυτός (βλέπε Σχήμα 4.5.5.). Η καμπύλη τις συνολικής μετακίνησης προσαρμόστηκε για την αντίστοιχη ελαστική συμπίεση του πασσάλου το οποίο θα λαμβάναμε το ίδιο εάν αντί να φορτίσουμε από κάτω με τη κυψέλη Osterberg το φορτίζαμε με γρύλους από τη κεφαλή του.



Σχήμα 4.5.6. Διάγραμμα φορτίου-καθίζησης κινητοποιούμενου πασσάλου [Tony Ruban et al,2011]

Η ανάπτυξη της πλευρικής αντίστασης και τις φέρουσας ικανότητας της βάσης και η μετακίνηση τις κεφαλής του δοκιμαζόμενου πασσάλου απεικονίζονται με ξεχωριστές καμπύλες στο Σχήμα 4.5.6.. Έτσι από το διάγραμμα αυτό καταλήγουμε ότι για τη μέγιστη αυτή φόρτιση που δέχεται ο πάσσαλος καθιζάνει κατά 150mm.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

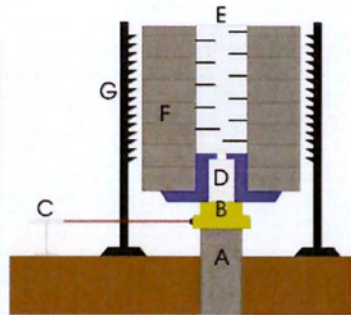
Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση
μάζας (Στατναμική)

5.1 Κατακόρυφη δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με τη Στατναμική μέθοδο φόρτισης

5.1.1 Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης

- A- Μονάδα θεμελίωσης
- B- Καλιμπραρισμένο κελί φόρτισης
- C- Σύστημα μέτρησης μετατόπισης λέιζερ
- D- Έμβολο και κύλινδρος
- E- Σιγαστήρας θορύβου
- F- Μάζα αντίδρασης
- G- Μηχανισμοί κράτησης

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-



Σχήμα 5.1.1. Διάταξη της δοκιμής [www.birminghamhammer.com]

5.1.2 Τεχνική περιγραφή δοκιμής

Η Στατναμική μέθοδος φόρτισης είναι σχετικά καινούρια τεχνολογία, έχοντας αναπτυχθεί από κοινού από τον Birminghamhammer Foundation Equipment (Canada) από τον οργανισμό TNO της Ολλανδίας στα τέλη της δεκαετίας του 80.

Η δοκιμή Στατναμικής φόρτισης βασίζεται στον 2^ο και 3^ο νόμο του Νεύτωνα τα οποία είναι ίσα με $F=m \cdot a$ και ότι για κάθε δράση υπάρχει μια ίση και αντίθετη δύναμη δηλαδή η αντίδραση ($F=-F$). Φορτία που κυμαίνονται από 5 τόνους έως 5000 τόνους παράγονται (αξονικά ή οριζόντια) με την ώθηση της μάζας αντίδρασης πάνω από (τη μονάδα θεμελίωσης) τον πάσσαλο. Όταν η μάζα είναι σε επαφή με τον πάσσαλο το φορτίο που θα επιβληθεί με την ώθηση της μάζας ασκείται ίση και αντίθετη στη θεμελίωση. Η Στατναμική φόρτιση δεν χρειάζεται πασσάλους αντίδρασης, υδραυλικούς γρύλους, δοκούς αντίδρασης και τόσο κόστος όσο οι κλασσικές μέθοδοι φόρτισης.

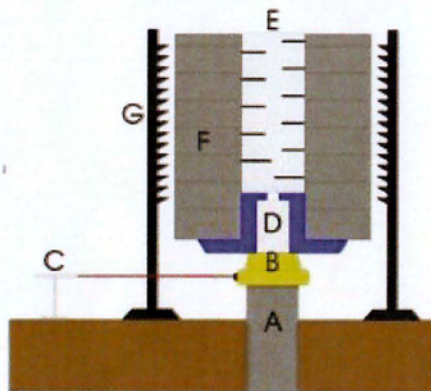
Για την επίτευξη του φορτίου γίνεται ανάφλεξη ενός ειδικού καυσίμου που παράγει πίεση αέρα μέσα στον κύλινδρο και στο έμβολο (ενεργοποιείται ανάλογα με μια υποδοχή αερίου). Όσο δημιουργείται η πίεση, αυτό δρα πάνω στη βαριά μάζα πάνω από τον πάσσαλο (τυπικά 5 με 7% του επιθυμητού φορτίου τις δοκιμής). Η πίεση δημιουργείται απότομα το οποίο ωθεί τη μάζα αντίδρασης προς τα πάνω, με τη σειρά του ένα φορτίο που είναι κατευθυνόμενο προς τα κάτω ασκείται στην κεφαλή του πασσάλου το οποίο είναι πολλές φορές περισσότερο από το βάρος της μάζας αντίδρασης. Ο τύπος αυτός του καυσίμου παράγει μια ομαλή αύξηση της δύναμης και ελεγχόμενη εκτόνωση της πίεσεως του παράγει μια μαλακή εκφόρτωση. Το φορτίο που παράγεται δεν είναι μια κρούση, αλλά μάλλον ώθηση φορτίου συνήθως με διάρκεια της τάξεως του 1/2 δευτερολέπτου ή κάτι λιγότερο. Το φορτίο μετριέται με ένα καλιμπραρισμένο κελί φόρτισης και η μετατόπιση του πασσάλου μετριέται με ένα φωτοβολταϊκό αισθητήρα το οποίο ενεργοποιείται με ένα σταθερό λέιζερ αναφοράς. Τρία επιταχυνσιόμετρα παρέχουν επιπλέον

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-

μέτρηση της μετατόπισης στην κεφαλή του πασσάλου. Το βάρος του καυσίμου σε σχέση με το φορτίο παρέχει πλεονασμό τις μέτρησης του φορτίου. Η πίεση του αέρα μπορεί να μετρηθεί με χορήγηση επιπλέον φόρτισης και με επαναληπτική μέτρηση του φορτίου. Σημειώστε ότι η προς τα άνω επιτάχυνση της μάζας αντίδρασης δεν είναι σημαντική στην ανάλυση του θεμελίου είναι μόνο ένα υποπροϊόν του φορτίου που παράγεται. Έτσι μπορούμε να απομονώσουμε τη δοκιμή σε τρία στάδια:

1^ο στάδιο

Πριν τη δοκιμή η μάζα αντίδρασης είναι σε επαφή με τον πάσσαλο

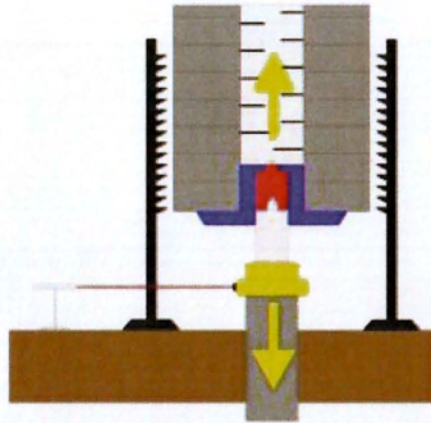


Σχήμα 5.1.2. Διάταξη της δοκιμής στο 1^ο στάδιο [www.birminghamhammer.com]

2^ο στάδιο

Το καύσιμο που γίνεται η καύση του δημιουργεί υψηλές πιέσεις ταυτόχρονα ωθεί τη μάζα αντίδρασης προς τα πάνω και αυτό συμπιέζει τον πάσσαλο προς τα κάτω. Το εφαρμοζόμενο φορτίο και η μετατόπιση του πασσάλου μετριούνται με τη χρήση οργάνων υψηλής ακρίβειας και σύστημα απόκτησης δεδομένων.

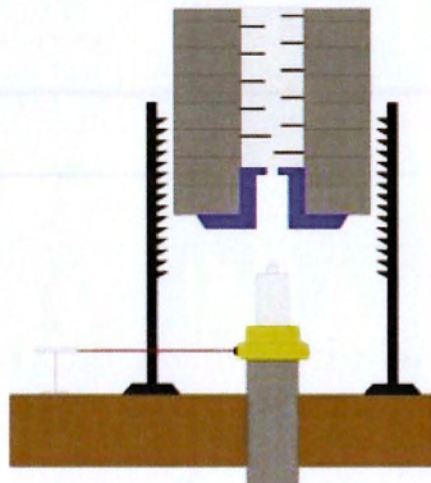
-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Σταταναμική)-



Σχήμα 5.1.3. Διάταξη της δοκιμής στο 2^ο στάδιο [www.birminghamhammer.com]

3^ο στάδιο

Μετά από τη δοκιμαστική φόρτιση, η μάζα αντίδρασης με ασφάλεια κρατιέται με τη χρήση υδραυλικών συστημάτων ή με μηχανικά μέσα. Η μάζα κατεβαίνει εύκολα για την κυκλική φόρτιση πάνω στον ίδιο πάσσαλο.



Σχήμα 5.1.4 . Διάταξη της δοκιμής στο 3^ο στάδιο[www.birminghamhammer.com]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-

Κατά τη διάρκεια τις Στατναμικής φόρτισης, ένα υψηλής ταχύτητας σύστημα απόκτησης δεδομένων ανιχνεύει και καταγράφει τις μετρήσεις με τη χρήση του κελίου φόρτισης, των μετατροπέων μετατόπισης, των επιταχυνσιόμετρων και ενσωματωμένων μετρητών έντασης (εάν έχουν τοποθετηθεί). Οι δοκιμαστικές μετρήσεις παρέχουν υψηλό βαθμό ανάλυσης στον καθορισμό του φορτίου των πασσάλων και απόκριση εκτροπής πάνω από 100.000 σημεία πληροφοριών που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του τυπικού ½ δευτερολέπτου δοκιμής. Επειδή η διάρκεια της αξονικής Στατναμικής δοκιμής είναι επαρκώς μακρύτερα από τη φυσική περίοδο του στοιχείου θεμελίωσης, το σύνολο της θεμελίωσης παραμένει υπό συμπίεση. Έτσι, δεν υπάρχουν κύματα τάσεων και ένα απλό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό τις στατικής ικανότητας. Ωστόσο, η μετρούμενη Στατναμική δύναμη δεν είναι απλά η ικανότητα θεμελίωσης αλλά πρέπει να διορθωθεί για τη δύναμη αδράνειας και δύναμη απόσβεσης μέσω της θεμελιώδεις εξίσωσης της κίνησης. Η τιμή της απόσβεσης ποσοτικοποιείται με τη χρήση των αρχών της Uploading Point Method (UPM – Μέθοδος Σημείου Εκφόρτωσης) προτεινόμενη από τον Peter Middendorp της οργάνωσης TNO. Το στατικό εφαρμοζόμενο φορτίο υπολογίζεται παρακάτω:

$$F_{\text{STATIC}}=F_{\text{STN}}-ma-cv$$

Όπου

F_{STATIC} = το παραγόμενο στατικό φορτίο (kx)

F_{STN} = η Στατναμική δύναμη που μετράται (κελί φόρτισης)

ma = η μετρούμενη αδράνεια

cv = απόσβεση του εδάφους/ τις θεμελίωσης

και

m = η μάζα της θεμελίωσης

a = η επιτάχυνση της θεμελίωσης

c = συντελεστής απόσβεσης θεμελίωσης/εδάφους

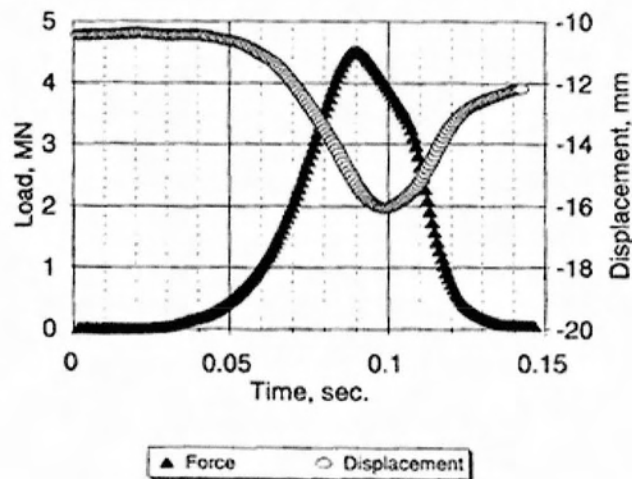
v = ταχύτητα της θεμελίωσης

5.1.3 Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης με τη χρήση τις στατικής και ύστερα τις Στατναμικής μεθόδου στον ίδιο πάσσαλο

Ένας πάσσαλος διαμέτρου $D=0,76\text{m}$ και μήκους $M=13,8\text{m}$ εγκαταστάθηκε σε ένα ξηρό αργιλώδες έδαφος και υλοποιήθηκε στατική δοκιμαστική φόρτιση και Στατναμική δοκιμαστική

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-

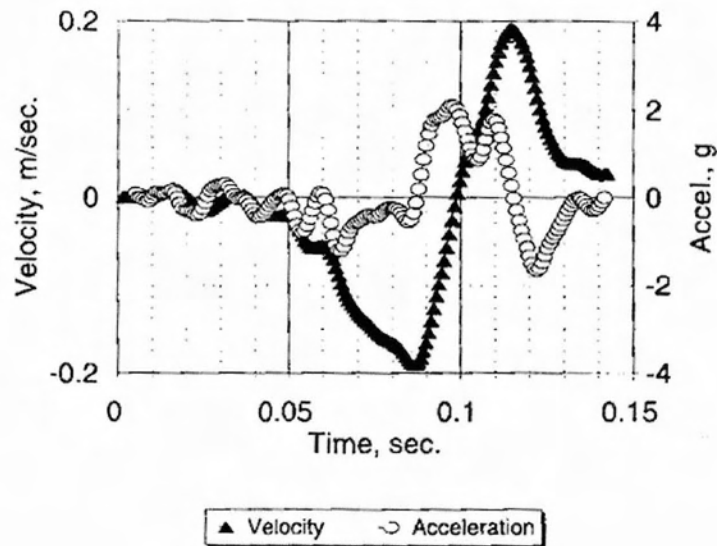
φόρτιση έως ότου την αστοχία του πασσάλου. Οι συνθήκες του εδάφους αποτελούνται από πολύ λασπώδες αργίλους και αργιλώδες λάσπη με πρότυπη δοκιμή διείδυσης καταμέτρησης χτυπημάτων, τυπικά στο εύρος από 17 έως 32b/ft (b/300mm) και περιεκτικότητα υγρασίας τυπικά στο εύρος του 8 έως 19%. Κατά τη διάρκεια τις δοκιμής στις 1 Απριλίου του 1993, ο πάσσαλος φορτίστηκε έως 3,65 MN και εμφάνισε μια μέγιστη βύθιση των 13 mm. Σημειώνεται ότι αυτή η βύθιση αυτή στις δοκιμές φόρτισης στους αργίλους. Η Στατναμική δοκιμή διεξήχθη στον ίδιο πάσσαλο στις 5 Απριλίου του 1993. Γράφημα φορτίου σε σχέση με τη μετατόπιση για την κάθε δοκιμή δείχνοντας στο Σχήμα 5.1.5. Όπου η προβλεπόμενη στατική απόκριση υπολογίστηκε με τη χρήση τις διαδικασίας Middendorp με τα δεδομένα της Στατναμική δοκιμής. Σημειώστε ότι η καταγεγραμμένη μόνιμη παραμόρφωση του πασσάλου στο τέλος της στατικής δοκιμής χρησιμοποιείται ως η αρχή της Στατναμικής δοκιμής.



Σχήμα 5.1.5. Διάγραμμα φορτίου και καθίζησης συναρτήσει χρόνου

[Brown, Dan A., 1994]

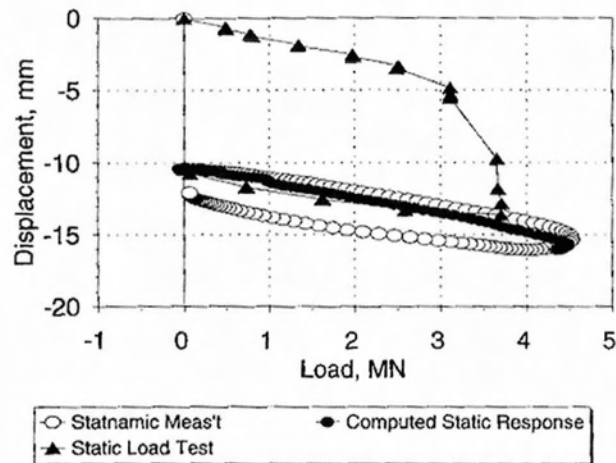
-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-



Σχήμα 5.1.6. Διάγραμμα ταχύτητας και επιτάχυνσης σε σχέση με το χρόνο [Brown, Dan A., 1994]

Στα Σχήματα 5.1.5. και 5.1.6. απεικονίζονται τα μετρημένα Στατναμικά φορτία και μετατοπίσεις με υπολογισμένο διάγραμμα χρόνου και επιτάχυνση ως προς το χρόνο. Σημειώστε ότι οι επιταχύνσεις είναι λίγο μικρές έως ότου επιτευχθεί η μέγιστη καθοδική ταχύτητα (αρνητική ταχύτητα). Η μεγαλύτερη επιτάχυνση γίνεται αισθητή από τον άξονα κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης όπως ο άξονας τείνει να σταματήσει. Η ταχύτητα περνάει τον άξονα του μηδενός μετά από μικρό χρόνο από την αποκορύφωση του Στατναμικού φορτίου. Η Στατναμική δοκιμαστική φόρτιση παρέχει μια εκτιμώμενη στατική αντίσταση των 4.5 MN. Η προσαρμογή για την απόσβεση επιτρέπει τον υπολογισμό του εκτιμωμένου διαγράμματος φορτίου-μετακίνησης το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1.7. Αυτά τα στοιχεία υποδηλώνουν ότι η διαδικασία που ακολουθήθηκε με τα δεδομένα της Στατναμικής δοκιμαστικής φόρτισης ή ώστε η στατική συνιστώσα της αντίστασης κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης Στατναμικής φόρτισης ήταν κάπως υψηλότερο από εκείνο κατά τη προηγούμενη δοκιμή στατικού φορτίου. Φυσικά, κάποια σκλήρυνση θα μπορούσε να συμβεί με μία δεύτερη φόρτιση διάτρητου πασσάλου.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-



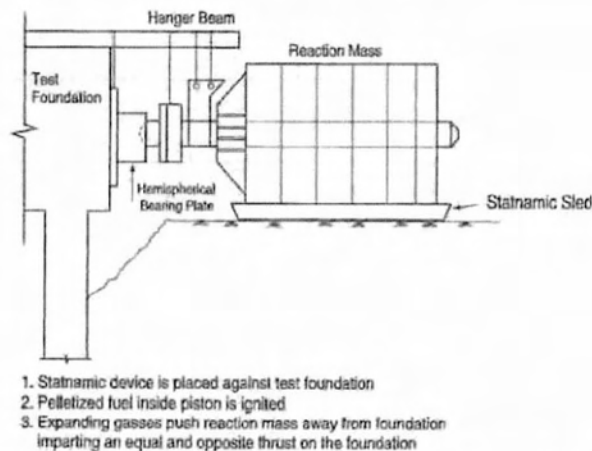
Σχήμα 5.1.7. Διάγραμμα φορτίου-καθίζησης [Brown, Dan A., 1994]

5.2 Δοκιμαστική οριζόντια φόρτιση πασσάλου με τη Στατναμική μέθοδο

5.2.1 Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης

Για τη δοκιμή αυτή τα μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης δεν αλλάζει και είναι τα ίδια με την κατακόρυφη φόρτιση (βλέπε κεφάλαιο 5.1.1.), έχει μόνο ένα έλκνητρο σαν πρόσθετο μέρος. Για το οποίο θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

5.2.2 Τεχνική περιγραφή δοκιμής



Σχήμα 5.2.1. Διάγραμμα φορτίου-καθίζησης [Brown, Dan A., 1994]

Η Στατναμική συσκευή που απεικονίζεται στο Σχήμα 5.2.1. το οποίο αποτελείται από τη μάζα αντίδρασης, πιστόνι στο οποίο η πίεση του αερίου χτίζει την κίνηση του φορτίου, μια ένωση του

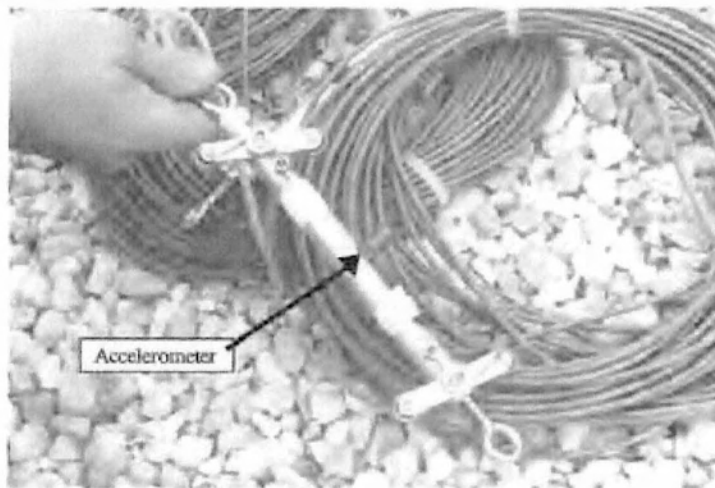
-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-

δοκιμαζόμενου πασσάλου το οποίο περιλαμβάνει ένα κελί φόρτισης και ημισφαιρικό έδρανο για να διευκολύνει την περιστροφή της θεμελίωσης. Για την πλευρική φόρτιση η μάζα αντίδρασης τοποθετείται πάνω σε ένα «έλικθρο» το οποίο επιτρέπει να την κύλιση της μάζας αντίδρασης επάνω του αντί να κυλάει στην επιφάνεια του εδάφους. Η οριζόντια ώθηση έναντι τις δοκιμαζόμενης θεμελίωσης παράγεται όταν η πίεση αερίου δημιουργεί και επιταχύνει τη μάζα αντίδρασης μακριά από τον πάσσαλο. Μετά από λίγη μετατόπιση της μάζας αντίδρασης από τον κύλινδρο μια θύρα εξάτμισης ανοίγει και η πίεση του αερίου εξαερώνεται. Τυπική διάρκεια παλμού φόρτισης είναι περίπου 100 msec, αν και αυτό μπορεί να μεταβάλλεται κάπως ανάλογα με το μέγεθος της μάζας αντίδρασης και τη θέση τις θύρας εξαγωγής εξάτμισης. Το μέγεθος του φορτίου ελέγχεται από το ποσό του καυσίμου που εισάγεται στο θάλαμο καύσης.

Η δοκιμαστική φόρτιση τυπικά διεξάγεται με τέσσερα σταδιακά αυξανόμενα διαστήματα φόρτισης, όπου το καθένα είναι ένας ξεχωριστός παλμός ταχείας φόρτισης. Απαιτείται περίπου μια ώρα μεταξύ των διαστημάτων φόρτισης για να γίνει η επαναφόρτωση τις συσκευής, συναρμολογείται εκ νέου και επανατοποθετείται έναντι του δοκιμαζόμενου θεμελίου. Η εκτέλεση τεσσάρων επιτυχημένων και σταδιακά αυξανόμενων παλμών φόρτισης έχουν παρατηρηθεί να παρέχουν τα καλύτερα μέσα αναπαραγωγής τις μη γραμμικής φόρτισης με τη σχέση τις μετατόπισης με τα οποία είναι γνωστά από μηχανικούς από τη στατική φόρτιση.

Οι μετρήσεις στην κεφαλή της θεμελίωσης περιέχουν το φορτίο, την μετατόπιση και την επιτάχυνση. Το καλιμπραρισμένο κελί φόρτιση παρέχει ακριβής και έμπιστη μέτρηση του εφαρμοζόμενου φορτίου στη θεμελίωση συναρτήσει του χρόνου. Τα επιταχυνσιόμετρο τυπικά τοποθετούνται σε διάφορες θέσεις πάνω στο δοκιμαζόμενο πάσσαλο και παρέχουν μετρήσεις συναρτήσει χρόνου και με διπλή ολοκλήρωση αποκτάμε τη μετατόπιση. Οι αισθητήρες μετατόπισης που αποτελούνται από LVTD's (μακρύ ταξιδιού) ή τα γραμμικά ποτενσιόμετρα τυπικά τοποθετούνται σε μια δέσμη αναφοράς για να παρέχει μια δεύτερη και περιττή μέτρηση της μετακίνησης. Συχνά είναι δύσκολο να αποφευχθεί η δόνηση που επάγεται από το έδαφος στο σύστημα αναφοράς αν και τέτοιες παροδικές κινήσεις είναι συχνά πολύ μικρές σε σχέση με την κίνηση του θεμελίου. Ωστόσο, η χρήση των αισθητήρων μετατόπισης και η χρήση αυτών των αισθητήρων ταυτόχρονα με τις ολοκληρωμένες μετρήσεις επιταχυνσιομέτρου δίνουν τον απαιτούμενο πλεονασμό δεδομένων. Ένα πρόσθετο επιταχυνσιόμετρο στερεωμένο επάνω στη δέσμη αναφοράς χρησιμοποιείται τυπικά για να ελέγξει τις τυχόν δονήσεις στο σύστημα αναφοράς.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντρωση (Στατναμική)-



Εικόνα 5.2.2. Επιταχυνσιόμετρο [Brown, Dan A., 2007]

Μετρήσεις επίσης γίνονται κάτω από την κορυφή της θεμελίωσης για τον προσδιορισμό της μετατοπισμένης μορφής του πασσάλου ή της οπής και για την εύρεση της τοποθεσίας των μέγιστων τάσεων κάμψης. Ο προσδιορισμός της μετατοπισμένης μορφής γίνεται με τη χρήση ανακτήσιμων επιταχυνσιομέτρων τα οποία παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.2.2. Αυτά είναι τοποθετημένα σε έναν οδηγό ο οποίος τοποθετείται σε ένα προκαθορισμένο ύψος μέσα σε ένα περίβλημα κλισιομέτρου. Η ρυθμιζόμενη εγκατάσταση επιτρέπει στη συσκευή να προσανατολίζεται προς τη σωστή κατεύθυνση για να ευθυγραμμιστεί με το φορτίο και τη κατεύθυνση της μετατόπισης του δοκιμαζόμενου θεμελίου. Η διπλή ολοκλήρωση των σημάτων που αποκτούνται από τις μετρήσεις των επιταχυνσιομέτρων επιτρέπουν τον προσδιορισμό της μετατόπισης συναρτήσει του χρόνου σε κάθε σημείο μέτρησης. Για τις περισσότερες από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα, μια σειρά από 8 επιταχυνσιόμετρα εντός του φρέατος (μαζί με τις παραπάνω μετρήσεις τις μετατόπισης εδάφους) έχουν αποδειχθεί κατάλληλα για τον καθορισμό του μετατοπισμένου σχήματος τις δοκιμαζόμενης θεμελίωσης και το σημείο σχηματισμού της πλαστικής άρθρωσης κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Επιμηκυνσιόμετρα τυπικά χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των καμπτικών τάσεων μέσα στον πάσσαλο και στην οπή του.

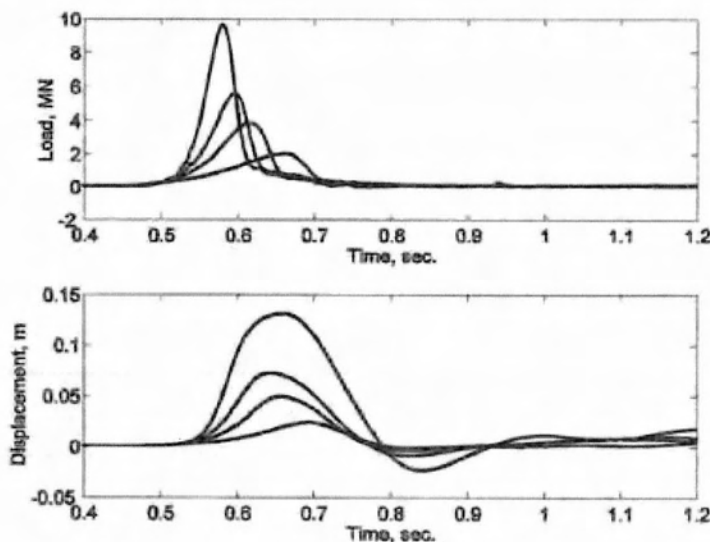
Σημειώστε ότι οι αισθητήρες τύπου αντίστασης επιμήκυνσης παρά ενσύρματων οργάνων δόνησης που απαιτούνται για την απόκτηση των δεδομένων με τη συχνότητα που απαιτείται για τη δυναμική φόρτιση. Όλα αυτά τα όργανα μέτρησης πρέπει να ελεγχθούν και να παρατηρηθούν μέσω του συστήματος απόκτησης δεδομένων υψηλής ταχύτητας. Η συχνότητα δειγματοληψίας των 1000 δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο έχει αποδειχθεί επαρκής για την ταχεία πλευρική δοκιμή των έγχυτων πασσάλων, επίσης για τους πασσάλους μικρότερης κλίμακας απαιτείται δειγματοληψία με μεγαλύτερη συχνότητα. Συνηθέστερα το σύστημα έχει ρυθμιστεί να

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-

ενεργοποιηθεί από το κελί φόρτισης και καταγραφής δεδομένων από ένα χρόνο 0,5 δευτερόλεπτο πριν την ενεργοποίηση έως για 4 δευτερόλεπτα μετά την ενεργοποίηση. Τα περισσότερα συστήματα θεμελίων έχουν μια συχνότητα συντονισμού αρκετά πάνω από 3 Hz και τα δεδομένα που μας ενδιαφέρουν συμβαίνουν μέσα στο πρώτο δευτερόλεπτο μετά την ενεργοποίηση.

5.2.3 Παράδειγμα δοκιμαστικής οριζόντιας φόρτισης με τη χρήση τις τις Στατναμικής μεθόδου

Στο Σχήμα 5.2.3. παρουσιάζονται τα διαγράμματα φορτίου-χρόνου για τη δοκιμαστική φόρτιση που διεξήχθη στο Charleston SC (Brown and Camp, 2002). Αυτός ο έγχυτος πάσσαλος είχε διάμετρο $D=2.6\text{m}$ και μήκος $L=46\text{m}$, όπου είχε οπλιστεί με $\Phi 25$ στα πρώτα 17m από την κορυφή του. Οι εδαφικές ιδιότητες στην περιοχή αποτελούνταν από μαλακή άργιλο με οργανικά υλικά στα πρώτα 15m από την επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια ακολουθούσε το στρώμα πολύ σκληρού ασβεστούχου αργίλου το οποίο ήταν γνωστό στην περιοχή ως σχηματισμός Cooper Marl.

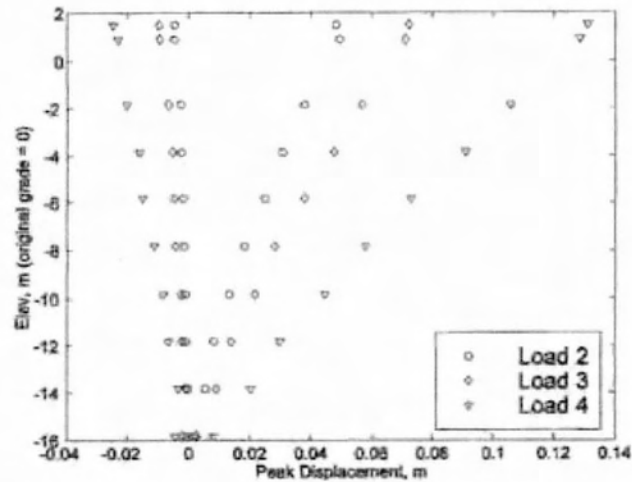


Σχήμα 5.2.3. Διάγραμμα φορτίου και καθίζησης συναρτήσει χρόνου [Brown, Dan A., 2007]

Επιπλέον στο Σχήμα 5.2.3. παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης χρόνου για τις αντίστοιχες 4 φορτίσεις, όπου μετρήθηκαν στο σημείο που ασκήθηκε η δύναμη φόρτισης στο 1° μέτρο πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Αυτή η θεμελίωση είχε μεγάλη απόσβεση, για αυτό οι ταλαντώσεις απόσβεναν πολύ γρήγορα μετά από την αρχική μεγιστοποίηση του ασκούμενου φορτίου.

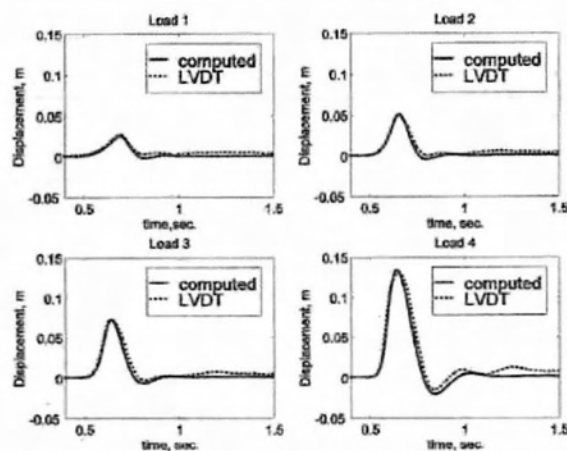
-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με ταχεία φυγοκέντριση (Στατναμική)-

Στην Σχήμα 5.2.4. παρουσιάζονται οι μέγιστες μετατοπίσεις από τις μετρήσεις επιταχυνσιομέτρων στο βάθος του θεμελίου, παρουσιάζονται συναρτήσει του βάθους κάτω από την επιφάνεια του εδάφους για τα γεγονότα φορτίσεων από δύο έως τέσσερα.



Σχήμα 5.2.4. Διάγραμμα μετατόπισης σε συγκεκριμένες αποστάσεις [Brown, Dan A., 2007]

Με τη χρήση ενεργής μάζας των 102.000 kg για κάθε περίπτωση και ακαμψίας η οποία μειώνεται σταδιακά σε κάθε φάση από 80 MN/m για την πρώτη φόρτιση έως 35 MN/m για την τελευταία και η συνιστώσα ιξώδους απόσβεσης η οποία είναι 52% για κρίσιμη απόσβεση σε κάθε φάση. Αυτή η αναλογία απόσβεσης είναι υψηλή σε σύγκριση με τις παρόμοιες δοκιμές αλλά αντικατοπτρίζει τη μεγάλη απόσβεση η οποία παρατηρείται για τις συνθήκες της προκειμένης περίπτωσης τα οποία παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.2.5.



Εικόνα 5.2.5. Διάγραμμα καθίζησης-χρόνου σε κάθε επανάληψη φόρτισης [Brown, Dan A., 2007]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο

6.1. Μέρη του συστήματος τις δοκιμαστικής φόρτισης

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή τις δοκιμής δυναμικής φόρτισης αποτελείται από τα παρακάτω:

- Τουλάχιστον δύο σετ από παραμορφωσίμετρα (strain gages) και επιταχυνσιόμετρα (βιδωμένα αντιδιαμετρικά)
- Φορητό υπολογιστή για τη συγκέντρωση των πληροφοριών και αποθήκευση των σημάτων.

6.2. Τεχνική περιγραφή δοκιμής

Ο σκοπός της δυναμικής φόρτισης των πασσάλων είναι η εκτίμηση της συμπεριφοράς του πασσάλου. Στη διαδικασία, η εκτίμηση καταλληλότητας του πασσάλου να εκτελέσει το έργο του σχεδιασμού της. Είναι πιο σημαντικό να εκτιμήσουν τις άμεσες μετρήσεις του πασσάλου φόρτισης και των σχετικών μετακινήσεων τα οποία δεν έχουν γίνει με τη δοκιμή τις δυναμικής

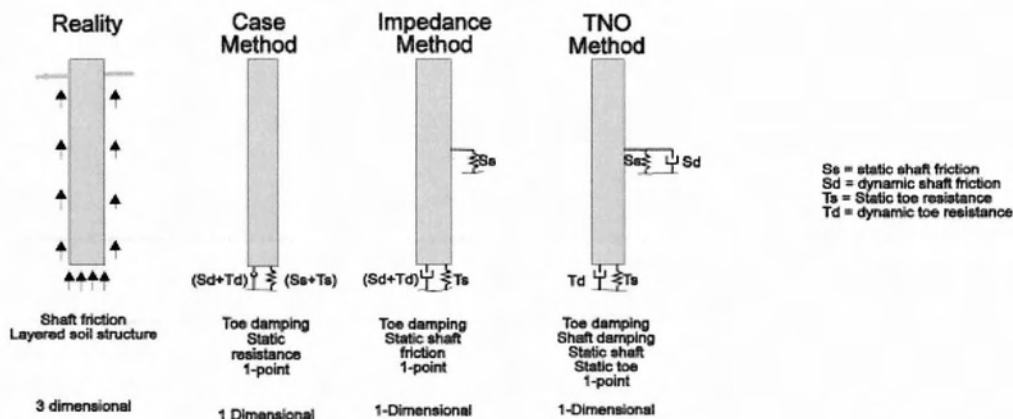
-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

φόρτισης. Η αντίσταση κινητοποίησης κατά τη διάρκεια τις δοκιμής είναι μια πρόβλεψη, όπως είναι η επακόλουθη συμπεριφορά φορτίου- μετακίνησης, τις απόδοσης του πασσάλου.

Ο κτύπος για τη δοκιμή γίνεται συνήθως από ένα σφυρί πασσάλων. Αυτό δημιουργεί ένα κύμα πίεσης που θα διαδίδεται κάτω από τον πάσσαλο, το οποίο θα αντανακλάται από τη βάση του πασσάλου. Το κύμα που ταξιδεύει προς τα κάτω μπορεί μερικός ή και τελείως να αντανακλάται λόγω τον ανωμαλιών και ασυνεχιών της πασσάλου και με αλληλεπίδρασης με τα έδαφος γύρω από τον πάσσαλο για να παράγει «ανοδικά κύματα που να ταξιδεύουν». Ο υπολογιστής πεδίου λαμβάνει τα μετρημένα κύματα των παραμορφώσεων και τον επιταχύνσεων και αυτά είναι ολοκληρωμένα να παράγουν δύναμη και αποτελέσματα ταχύτητας. Ένας αριθμός από σχέσεις χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση των ανοδικών και καθοδικών ταξιδεμένων κυμάτων και από αυτές τις σχέσεις δημιουργείται μια πρόβλεψη της απόδοσης του πασσάλου. Οι προβλέψεις αρχικά γίνονται με τη μέθοδο PDA (Pile Driving Analysis/Analyzer – Αναλύσεις οδήγησης πασσάλων) και πρέπει να επιβεβαιωθεί από τους «μεθόδους ταιριάγματος κυμάτων».

6.2.1 PDA- Αναλύσεις οδήγησης πασσάλων

Οι αναλύσεις οδήγησης πασσάλων παράγουν στιγμιαία πρόβλεψη της κινητοποιημένης αντίστασης κατά τη διάρκεια του χτυπήματος, χρησιμοποιώντας μεθόδους όπως Case ή TNO ή Impedance, οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων αυτών παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.2.1. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη ανάλυση οδήγησης πασσάλων (PDA) μέθοδος είναι η Case.



Σχήμα 6.2.1. Μέθοδοι PDA [University of Sydney Lectures, 2007]

Η μέθοδος ‘Case’ βασικά υποθέτει ένα μοντέλο ενσωματώνοντας ένα ελατήριο και έναν αποσβεστήρα στη βάση του πασσάλου. Η συμπεριφορά του πασσάλου δεν μοντελοποιείται με αυτή τη μέθοδο, άρα καλύτερα ταιριάζει σε πασσάλους που παίρνουν κατά κύριο λόγο όλη την αντίσταση από τον πόδα του πασσάλου (από τη βάση του).

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

Η σημασία του φορτίου μετακίνησης, μπορεί σε μεγάλο βαθμό να βασίζεται πάνω στην απόσβεση του εδάφους (το οποίο αποκαλείται J value) το οποίο εγκρίνεται από τον διαχειριστή.

Από μαθηματική άποψη , η έκφραση για αντίσταση κινητοποιημένων πασσάλου δίνεται από τα εξής:

$$R_{total} = R_{static} + R_{dynamic}$$

Και

$$R_{dynamic} = J * V_{ioe} \text{ όπου}$$

J = σταθερά απόσβεσης

V_{ioe} = ταχύτητα του πασσάλου.

Άρα μπορούμε να δούμε ότι η ποσότητα του J μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στο μέγεθος της αντίστασης πασσάλου προβλεπόμενη από τη μέθοδο Case.

Η κατάλληλη ποσότητα J είναι συχνά καλύτερα από μία εμπειρική υπόθεση και πρέπει πάντα να συσχετισθεί με της δοκιμές της στατικής φόρτισης, το οποίο θα οδηγήσει στη δημιουργία περισσότερα αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει η δοκιμή πασσάλου να προβλεφτεί το φορτίου αντίστασης να περιλαμβάνει μόνο τη δοκιμή PDA. Η μικρότερη απαίτηση πρέπει να γίνει για την εκτέλεση πιο αναλυτικών αναλύσεων χρησιμοποιώντας τεχνικές ταιριάγματος σημάτων (θα σχολιαστεί μετά) και προτιμότερα συσχετίζονται με καλά εκτελεσμένη δοκιμή στατικής φόρτισης για μέγιστη αξιοπιστία .

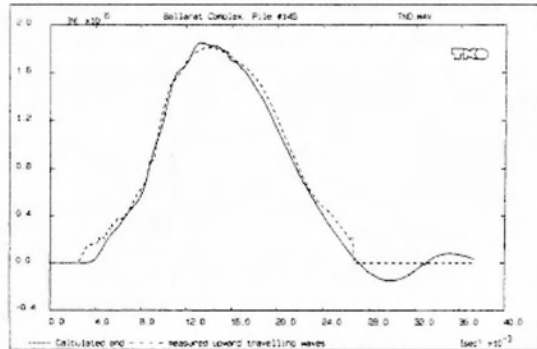
Πρέπει να σημειωθεί ότι μια πρόβλεψη της κατανομής φορτίου μεταξύ της οπής πασσάλου και της βάσης του πασσάλου μπορεί να μην γίνουν με τη μέθοδο του PDA μόνο .

6.2.2. Αντιστοίχιση κυμάτων

Η αντιστοίχιση κυμάτων παρέχει τους πιο αξιόπιστους τρόπους εύρεσης συμπεριφοράς του πασσάλου που δοκιμάζετε με τους δυναμικούς μεθόδους . Οι πληροφορίες του πασσάλου και του εδάφους μοντελοποιούνται σύμφωνα με τις καλύτερες εκτιμήσεις που γίνονται από το διαχειριστή που εκτελεί τις αναλύσεις , και του υπολογισμού με τα οποία γίνονται με τους μεθόδους εξίσωσης κυμάτων . Τα υπολογισμένα κύματα προβάλλονται στην οθόνη του υπολογιστή μαζί με τα μετρούμενα σήματα . Ο διαχειριστής έπειτα εκτελεί μια σειρά από επαναλήψεις , μεταβάλλοντας τα δεδομένα εισόδου μέχρι να δημιουργηθεί μια ικανοποιητική αντιστοίχιση μεταξύ των υπολογισμένων και μετρούμενων σημάτων. Μόλις ληφθεί μια ικανοποιητική αντιστοίχιση , ένα εύλογο μοντέλο του συστήματος πασσάλου εδάφους

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

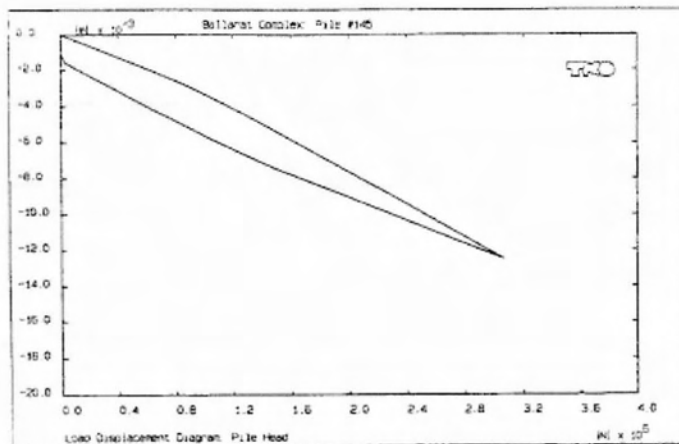
θεωρείται ότι καθιερώθηκε και από αυτό μπορεί να προβλεφτεί η κινητοποιημένη στατική φόρτιση . Ένα ικανοποιητικό παράδειγμα τις αντιστοίχισης σημάτων είναι στο Σχήμα 6.2.2.



Σχήμα 6.2.2. Αποτελέσματα της μεθόδου αντιστοίχισης σημάτων [University of Sydney Lectures, 2007]

Ένα περαιτέρω πλεονέκτημα τις μεθόδου αντιστοίχισης σημάτων είναι ότι η κατανομή της αντίστασης πασσάλου κάτω στην οπή του πασσάλου και στην βάση του πασσάλου προβλέπονται .

Μια περαιτέρω υπορουτίνα της διαδικασίας αντιστοίχισης σημάτων επιτρέπει την πρόβλεψη της απόδοσης του στατικού φορτίου – μετακίνησης που πρέπει να γίνουν , και σαν παράδειγμα το οποίο απεικονίζεται στο Σχήμα 6.2.3.

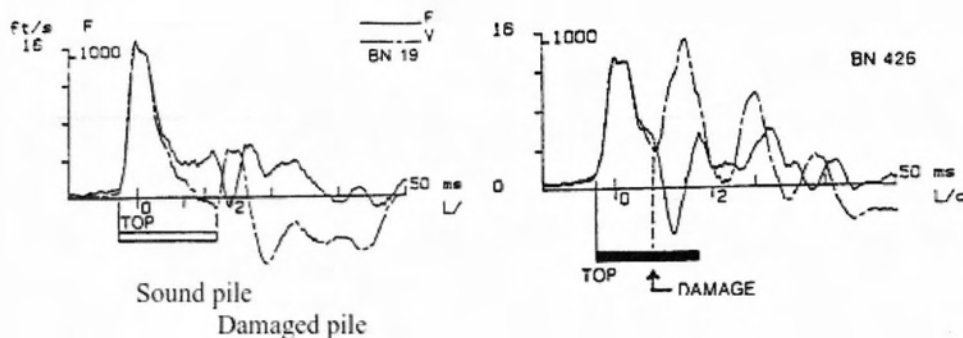


Σχήμα 6.2.3. Παρουσίαση του διαγράμματος φορτίου - καθίζησης [University of Sydney Lectures, 2007]

6.2.3. Τα αποτελέσματα που αποκτούνται

Οι πληροφορίες που συλλέγονται και ενδέχονται να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της δυναμικής δοκιμής είναι το πιο εντυπωσιακό και περιέχει τα ακόλουθα :

1. Δύναμη : Οι δυνάμεις κρούσεως που προσδίδονται στον πάσσαλο συναρτήσει του πραγματικού χρόνου για κάθε μετρητή . Μέσος όρος των δυνάμεων επίσης παρουσιάζονται
2. Ταχύτητα : Η ταχύτητα του πασσάλου στη στάθμη μέτρησης συναρτήσει του χρόνου καθορίζεται από τον κάθε μετρητή . Μέσος όρος ταχύτητας επίσης παρουσιάζεται
3. Χρόνος δύναμης και ταχύτητας αντίστασης : Ένα γράφημα της δύναμης που μεταδίδεται στον πάσσαλο , απεικονίζεται συνάρτηση του προϊόντος της ταχύτητας χρόνου αντίστασης (αντίσταση ορίζεται ως προϊόν του μέτρου πασσάλου και του εμβαδού , διαιρούμενο με τη ταχύτητα του κύματος) , απεικονίζονται συναρτήσει του χρόνου. Τα χαρακτηριστικά των γραφημάτων μπορούν να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για έναν έμπειρο διαχειριστή, συμπεριλαμβανομένης μιας ιδέας της σχετικής κατανομής της οπής πασσάλου και της αντίστασης της βάσης πασσάλου. Το σχήμα των γραφημάτων επίσης παρέχουν πληροφορίες πάνω στην ακεραιότητα του πασσάλου όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.2.4.



Σχήμα 6.2.4. Τυπικές καμπύλες φόρτισης και ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου τα οποία δείχνουν τη ζημιά του πασσάλου [University of Sydney Lectures, 2007]

4. Καθοδικό κύμα : Το υπολογισμένο καθοδικά ταξιδεμένο κύμα πίεσης απεικονίζεται συναρτήσει χρόνου

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

5. Ανοδικό κύμα : Το υπολογιζόμενο ανοδικό ταξιδεμένο κύμα που αναπτύχθηκε από αντανakλάσεις σε ασυνέχειες (π.χ. βάση πασσάλου , μηχανικά δημιουργημένα αρμού , ρωγμές) και οι αλληλεπιδράσεις με το γύρω έδαφος
6. Συνολική στατική και δυναμική αντίσταση : Αυτά υπολογίζονται από τα διαγράμματα “φορτίου – ταχύτητας “
7. Καθιζήσεις : Η καθίζηση του πασσάλου δεικνύεται για τη περίοδο πριν την πρόσκρουση μέσω της περιόδου δοκιμής με παραμένουσα μετατόπιση
8. Μεταφορά ενέργειας : Η μεταφορά ενέργειας από τη σύγκρουση όπως υπολογίζεται στο επίπεδο μέτρησης φαίνεται συναρτήσει χρόνου

Πιέσεις οδήγησης : Τάσεις θλίψης και εφελκυσμού μπορούν να φανούν συνεχώς για κάθε χτύπο κατά τη διάρκεια της οδήγησης εάν απαιτηθεί , να παρέχει έναν έλεγχο για να μην γίνουν υπερβολικές οι τάσεις οδήγησης έτσι ώστε να προκαλείται πιθανή κατασκευαστική ζημία στον πάσσαλο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικά για πασσάλους σκυροδέματος όπου οι εφελκυστικές τάσεις εύκολα εφαρμόσιμες κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε μαλακά εδάφη .Όλα αυτά τα στοιχεία αποθηκεύονται αυτόματα κατά τη διάρκεια της δοκιμής και μπορούν να προβάλλονται κατά τη διάρκεια της δοκιμής , με επιλεγμένα στοιχεία που θα παρουσιάζονται για αναφορικούς λόγους .

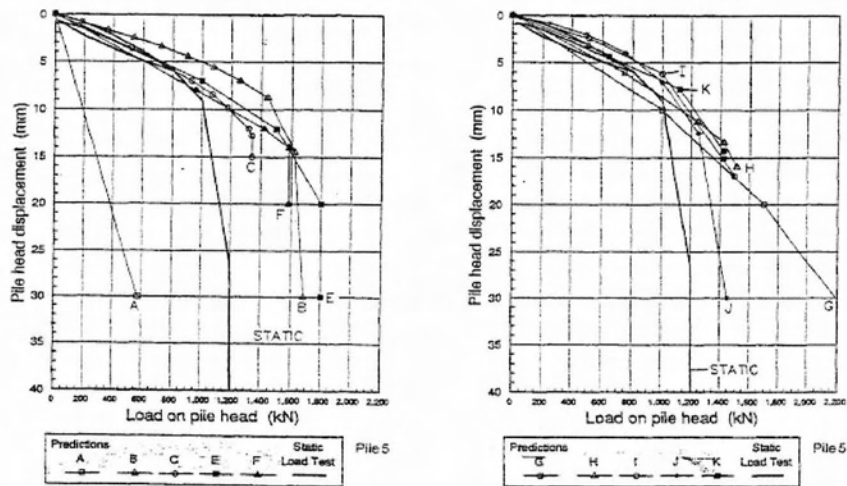
6.2.4. Σχόλια

Τα ακολουθούμενα επιλεγμένα στοιχεία μπορούν να βοηθήσουν στην αποσαφήνιση κάποιων παρανοήσεων που σχετίζονται με την απόδοση και μετέπειτα με τις αναλύσεις των δοκιμών δυναμικής φόρτισης .

6.2.5. Ακρίβεια

Η ακρίβεια τις δυναμικής φόρτισης , όταν αυτό συγκρίνεται με της δοκιμές που διεξάγονται με στατική φόρτιση πάνω στον ίδιο πάσσαλο έχουν αναφερθεί σε πολλούς να είναι αλάνθαστα ακριβές, συχνά μέσα σε ένα μικρό ποσοστό , αποδεικνύοντας έτσι ότι μπορεί να επιτύχει εξαιρετικά αποτελέσματα. Ωστόσο, μια σειρά από καλά διεξαγόμενες συγκρίσιμες δοκιμές διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια των διάφορων διαγωνισμών και τα δύο ήταν τοπικά (π.χ 4th ANZ conference) και διεθνώς (Βρυξέλλες , 5^ο Συνέδριο κυμάτων πίεσης) δεν παρέχουν τόσο λαμπερά αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα όπως του διαγωνισμού, αυτά που παρουσιάστηκαν στο 4^ο Συνέδριο κυμάτων πίεσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.2.5.

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-



Σχήμα 6.2.5. Αποτελέσματα των δοκιμών [University of Sydney Lectures, 2007]

Το Σχήμα 6.2.5. παρουσιάζει μεγάλες διαφορές στην απόδοση του πασσάλου όπως προβλέπεται από τις δοκιμές δυναμικής φόρτισης και τις δοκιμές πραγματικής στατικής φόρτισης αποτελεσμάτων αυτών, αλλά τονίζεται ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων κατάφεραν να είναι σε λογική συμφωνία με τις πρόβλεψές τους.

Αποτελέσματα όπως τα παραπάνω τείνουν να είναι λιγότερο πειστικές από ότι λαμπερές εκθέσεις που έχουν εκδοθεί από εμάς τους επαγγελματίες στο παρελθόν, αλλά συνολικά μπορεί να καταληχθεί το συμπέρασμα ότι δοκιμές δυναμικής φόρτισης πασσάλου μπορούν συνήθως να προβλέπουν τα αποτελέσματα της στατικής φόρτισης πασσάλου μέσα σε μια τάξη της ακρίβειας τον 10 % έως 25 %, η οποία πρέπει να θεωρηθεί ως αποδεκτή για γεωτεχνικές εργασίες. Επίσης φαίνεται να μην υπάρχει κάποια αμφιβολία ότι η σειρά της ακρίβειας αυξάνεται για δοκιμή πραγματοποιείται σε προκατασκευασμένους πασσάλους σε σύγκριση για να γίνει σε in situ πασσάλου. Παρόλο αυτά καλά αποτελέσματα έχουν αναφερθεί για όλους τους τύπους των πασσάλου.

Όταν η ακρίβεια που υποδηλώνεται παραπάνω τίθεται σε πλαίσιο με τη σύγκριση του κόστους της δυναμικής φόρτιση πασσάλου σε σχέση με τη στατική φόρτιση πασσάλου η αξία της δυναμικής δοκιμής θα πρέπει να γίνει άμεσα εμφανή.

6.2.6. Τα αποτελέσματα αναλύσεων PDA και αντιστοίχιση σημάτων

Εδώ φαίνεται ότι υπάρχουν δύο σκέψεις όσον αφορά το πόσοι πάσσαλοι θα πρέπει να υποβάλλονται για ανάλυση των αναλυτικών αντιστοιχίσεων σημάτων πάνω σε συγκεκριμένο έργο.

Πιθανός η πιο κοινή σκέψη σε εθνικό και διεθνές επίπεδο είναι να γίνει δοκιμή σε ένα ποσοστό (τυπικά 5 έως 10%) των πασσάλων σε ένα έργο και “αντιπροσωπευτικός” αριθμός των

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

επιλεγμένων πιο αυστηρή CAPWAP/TNO WAVE αναλύσει. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότεροι πάσσαλοι έχουν δοκιμαστεί και υποβληθεί σε ταίριαγμα σημάτων τόσο μεγαλύτερη είναι η εμπιστοσύνη στους πασσάλους και ως εκ τούτου υψηλότερους συντελεστές μείωσης μπορούν να ενσωματωθούν στον σχεδιασμό ή στην απαιτούμενη δοκιμαστική φόρτιση(αυτό είναι καθαρά αναφερόμενο στο AS2159-1995).

Μετά την ολοκλήρωση αυτών των αναλύσεων, ο μέσος όρος των χαρακτηριστικών του εδάφους μέσω της τιμής του 'J', στη συνέχεια εφαρμόζονται σε όλους τους πασσάλους που δοκιμάζονται μόνο με τους μεθόδους PDA, για να καταλήξουμε σε μια πιο αξιόπιστη εκτίμηση της μετατοπιστικής ικανότητας του πασσάλου από εκείνη που αναφέρεται από τις πρώτες PDA μεθόδους και μόνο. Η πρόθεση αυτής της πρακτικής είναι απλώς να δοκιμάσει ένα μεγάλο αριθμό των πασσάλων; Καθιέρωση του μέσου όρους των χαρακτηριστικών εδάφους κατάλληλες για την περιοχή και για τη χρήση αυτής της τιμής για τη πρόβλεψη της συμπεριφοράς όλων των πασσάλων. Ο στόχος του περιορισμού του αριθμού των CAPWAP/TNO WAVE αναλύσεων είναι απλούστατα για τη μείωση του κόστους, φαινομενικά χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τα τεχνικά πρότυπα.

Μια εναλλακτική σκέψη, προωθείται ιδιαίτερα με την TNO διοργάνωση της Ολλανδίας, είναι να υποβληθούν όλοι οι πάσσαλοι σε πιο αυστηρή διαδικασία αντιστοίχισης σήματος. Η φιλοσοφία που υιοθετήθηκε για την προώθηση αυτής της λογικής είναι να ληφθεί η υψηλότερη δυνατή εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα της σχετικά χαμηλής τιμής. Στην περαιτέρω ενίσχυση αυτού του επιχειρήματος, μπορεί να δηλώσει ότι μόλις μια ακριβή αντιστοιχία σήματος έχει ληφθεί για έναν πάσσαλο, σχετικά λίγη δουλειά πρέπει να γίνει για να ληφθούν ικανοποιητικές αντιστοιχίες για τους άλλους πασσάλους που δοκιμάστηκαν.

Πολλοί επαγγελματίες συμφώνησαν στην "σωστή" λογική ότι θα έπρεπε να εγκριθεί. Αυτό καλύτερα αφήνεται στον σχεδιαστή και στην αρχή τις δοκιμής για να φτάσει σε ένα αποδεκτό σύστημα που ταιριάζει καλύτερα στο έργο, πριν από τη δοκιμή και τις μεταγενέστερες αναλύσεις.

Σε καμία περίπτωση όμως, πρέπει οι πάσσαλοι να δοκιμάζονται με της μεθόδους PDA, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά σφάλματα στην αντίσταση κινητοποιούμενου πασσάλου. Δεν αρκεί να υιοθετήσουν τις τιμές του 'J' από τη λογοτεχνία ως ιερό και απαραβίαστο, για σημαντικές αποκλίσεις από τις δημοσιευμένες τιμές που είναι κοινές. Για την εκτέλεση της αντιστοίχισης σημάτων απαιτείται ένας ελάχιστος αριθμός για την απόκτηση μιας αντιπροσωπευτικής τιμής του "J". Η προτεινόμενη εναλλακτική λύση είναι να συσχετιστούν τα αποτελέσματα της δυναμικής φόρτισης με μια καλά εκτελούμενη στατική φόρτιση.

6.2.7. Σύγκριση φορτίου κινητοποίησης με το οριακό φορτίο

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα με τη δυναμική φόρτιση είναι τα χτυπήματα σφυριού της ανεπάρκειας της ενέργειας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει/αποδείξει την ικανότητα φορτίου. Οι περισσότερες δυναμικές δοκιμαστικές φορτίσεις έχουν χρησιμοποιηθεί

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

ως μέσο τις παροχής ικανοποιητικού αποδεικτικού φορτίου, όχι για τη πρόβλεψη του “οριακού φορτίου”. Ως συνέπεια, η επαρκής ενέργεια σπάνια μεταδίδεται στον πάσσαλο για τη δημιουργία αστοχίας της πασσάλου, ούτε υποχρεούνται.

Πολλοί μηχανικοί εμφανίζονται ότι έχουν δυσκολίες στην αποδοχή της έννοιας “φορτίου μετακίνησης”. Απλά λόγια, μια ελαφρύ κτύπος από ένα σφυρί μπορεί να μετακινήσει τη βάση του πασσάλου μηδενικά (δεν υπάρχει κίνηση) σε μια αμελητέα μικρή απόσταση και δεν θα κινητοποιηθεί πουθενά στη διαθέσιμη γεωτεχνική αντίσταση. Με μια δυνατή κτύπο, η βάση του πασσάλου μπορεί να γίνει για τη μετακίνηση σε μεγαλύτερη απόσταση και ως εκ τούτου την επίτευξη υψηλότερου φορτίου ως υπακοουθία της κινητοποίησης περισσότερης αντίστασης βάσης. Εν συντομία, εάν η βάση της πασσάλου δεν μπορεί να φτιαχτεί για να διεισδύσει το στρώμα της έδρασης, τότε μόνο ένα ποσοστό της μέγιστης αντίστασης πασσάλου μπορεί να κινητοποιηθεί. Στέκει στη λογική και στη συνέχεια εάν ο πάσσαλος βρεθεί πάνω σε ισχυρό βράχο και ρυθμίζεται μηδενικός με μία κατάλληλη κτύπο από κατάλληλο σφυρί, τότε, ο πάσσαλος μπορεί να αστοχήσει κατασκευαστικά πριν προλάβει να υπερβεί τη διαθέσιμη γεωτεχνική του στήριξη.

Σαν γενικός οδηγός, μπορεί να γίνει επίκληση σε μια 6 τόνων και 8 τόνων σφυρί επάνω σε πάσσαλο για τη μετακίνηση του, γύρω στα 3000kN και 4000kN αντίστοιχα για προκατασκευασμένου πασσάλου συνήθως χρησιμοποιούνται στην αφορά της Αυστραλίας. Η πτώση σφυριού των 20 τόνων χρησιμοποιήθηκε για την κινητοποίηση σχεδόν 30MN.

6.3. Παράδειγμα δοκιμαστικής φόρτισης

Οι κλασσικές προκαταρκτικές γεωτρήσεις εδάφους στη Γαλλία –πιεσόμετρου και πενετρομέτρου- στοχεύουν τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του εδάφους, οδηγώντας τους σε ρήξη (οριακή πίεση και πιθανή παραμόρφωση). Αναλυτικοί τύποι υπολογισμού που βασίζονται στις συσχετίσεις που κάνουν δυνατό την εκτίμηση τις φέρουσας ικανότητας του εδάφους με τους σημαντικούς συντελεστές ασφάλειας που απαιτούνται σε αυτούς τους εμπειρικούς μεθόδους.

Οι προκαταρκτικές εδαφικές γεωτρήσεις διεξάγονται στα περιγράμματα και στα στάδια προσχεδίων.

Η δοκιμή πασσάλων υψηλής ενέργειας επίσης συνίσταται σε εδάφη που φορτίζονται μέχρι τη ρήξη. Αυτό φέρνει σε όλη την ανάλυση της αλληλεπίδρασης πασσάλου-εδάφους τα οποία δεν περιλαμβάνονται στις εδαφικές γεωτρήσεις.

Η ακριβής γνώση των συνθηκών φόρτισης που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια τις δοκιμής είναι θεμελιώδεις. Πράγματι, η δοκιμή προσομοιώνει τις συνθήκες φόρτισης κατά τη διάρκεια τις υπηρεσίας κατασκευής. Έτσι, ο σχεδιαστής πρέπει να μάθει τη συμπεριφορά των πασσάλων από κάθε οπτική γωνία:

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

- Η αντίσταση κινητοποίησης του πασσάλου/εδάφους (οπής και αιχμής) κάτω από το φορτίο του ερπυσμού και ενδεχομένως της ρήξης, τα οποία κάνουν εφικτό τον προσδιορισμό τις φέρουσας ικανότητας κατά μήκος του πασσάλου.
- Οι σχετικές μετακινήσεις με τις συνθήκες φόρτισης πρέπει να συμπληρώνουν τις απαιτήσεις τις υπερκατασκευής (αποδεκτές οι διαφορικές μετακινήσεις)
- Η αντίσταση του υλικού του πασσάλου το οποίο δίνει εσωτερική αντίσταση στις θεμελιώσεις

Η δυναμική φόρτιση πασσάλου και στατική φόρτιση πασσάλου περιγράφονται εδώ εντός πλαισίου του έργου που βασίζονται σε έγχυτους (καλουπωμένους) πασσάλους (in situ piles). Αυτοί οι έγχυτοι in situ πάσσαλοι έχουν την ιδιαιτερότητα ότι έχουν να δοκιμαστούν μετά από σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα για τη σκλήρυνση του σκυροδέματος. Επαρκή αντίσταση επιτυγχάνεται μετά από 10 με 14 ημέρες. Οι συνθήκες τις χύτευσης τότε γίνονται αναλύσιμες με απλή επανεξέταση των κακογραφημένων γεωτρήσεων. Επιπλέον, σε αντίθεση με τους εμπιγνιόμενους πασσάλους οι έγχυτοι in situ πάσσαλοι δεν είναι εξαρτημένες από το χρόνο. Κάνει τη σύγκριση και τη συσχέτιση πιο αξιόπιστα.

Σύμφωνα με τη φάση του έργου, η δοκιμή μπορεί να διεξαχθεί πάνω σε δοκιμαστικό πάσσαλο ή σε υπηρετούμενο πάσσαλο. Οι φορτίσεις τις δοκιμής είναι διαφορετικές. Ο Πίνακας 6.3.1. παρουσιάζει το φορτίο και τα κύρια αποτελέσματα που αναμένονται από διαφορετικές διαμορφώσεις δοκιμαστικών φορτίσεων πασσάλου.

Pile Ref	Test type	PILES MATERIAL	PRELIMINARY SOIL TESTS		SLT			DLT			
		Interm concrete resistance	Service Load design		Main results (without design)			Main results (without design)			
		Service load capacity	French Standard	Starfore use	max load	settl. Max load	settl. Service Load	max load	settl. Max load	settl. Service Load	max concrete stress δ
	For δ bconcrete =12 MPa	MN	MN	MN	mm	mm	MN		mm	MPa	
T01	prelim.	3.6	4.3	5.9	7.2	15.0	5.0	8.6	12.0	4.3	25-30
T02	prelim.		3.8	5.2	7.2	17.2	5.2	7.0	12.0	3.8	25-30
T05	prelim.		3.5	4.7	7.2	38.3	5.2	6.6	50.0	4.0	20-25
10MC01	control	2.7						4.2	6.5	4.1	13-16
10 MC63	control							4.8	7.0	3.5	13-16
10TG01	control							4.5	7.5	4.2	12-15
10HA83	control							4.6	7.5	4.0	13-15
10HA100	control							3.8	5.5	2.7	13-15
10MY22	control							4.4	6.0	3.2	13-15
T04	prelim.	1.2	1.8	2.3	2.3	11.7	3.9	2.3	9.0	4.0	19-22
T06	prelim.		1.5	2.5	2.5	8.8	3.0	2.3	8.0	3.0	20-23
00GC108	control							2.0	7.0	4.0	17-18
10EZ04	control							2.8	7.0	4.4	17-20
00CA76	control							2.1	5.2	4.0	15-17
00CA64	control							1.9	5.5	4.0	15-17
T03	prelim.	3.6	2.2	6.4	4.5	52.9	2.0	5.2	70.0	1.5	25-30
10RC14	control							2.7	3.5	2.2	7-11
10RC16	control							2.6	3.3	2.2	8-10

Πίνακας 6.3.1. Βασικές υποθέσεις και τα αποτελέσματα [Orsetti V.,& Rosa B., 2012]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

Για τις προκαταρκτικές δοκιμές η στατική φόρτιση πασσάλου γενικός οδηγεί σε περίπου 1.5 φορές του μέγιστου φορτίου τις ικανότητες πασσάλου προκειμένου να επιτευχθεί καθίζηση ίση με το 5-10% της διαμέτρου του πασσάλου. Το βάρος του εμβόλου που πέφτει στη ΔΦΠ είναι περίπου 1 με 2% του στόχου τις στατικής φόρτισης το οποίο κάνει εφικτό να περάσει την ισοδύναμη ενέργεια προκαλώντας μια υπολειμματική καθίζηση από 1 έως 3 mm.

Οι δοκιμές ελέγχου πρέπει να προσομοιώνουν ένα φορτίου υπέρβασης από 30 έως 50% του φορτίου λειτουργίας και τα δύο από τη δυναμική φόρτιση πασσάλου και στατική φόρτιση πασσάλου.

6.3.1. Η δοκιμή και τα αποτελέσματα της δοκιμής πασσάλου

Για την κατασκευή ενός θερμοκηπίου στην Ανατολική Γαλλία χρειάστηκε να γίνει έγχυση περίπου 1000 πασσάλων σε ασβεστολιθικό υπόστρωμα και περίπου 18μ βάθους.

Δύο μήνες πριν ξεκινήσουν την κατασκευή 6 δοκιμαστικών πασσάλων με διαφορετικές αγκυρώσεις και διαμέτρους δοκιμάστηκαν με τη δυναμική φόρτιση πασσάλου και με τη στατική φόρτιση πασσάλου.

Οι Εικόνες 6.3.1. και 6.3.2. δείχνουν φωτογραφίες από δύο διαφορετικές εγκαταστάσεις δοκιμών (στατική φόρτιση και δυναμική φόρτιση πασσάλου).



Πίνακας 6.3.1. Εγκατάσταση στατικής δοκιμαστικής φόρτισης πασσάλου [Orsetti V., & Rosa B., 2012]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-



Πίνακας 6.3.2. Εγκατάσταση δυναμικής δοκιμαστικής φόρτισης πασσάλου [Orsetti V., & Rosa B., 2012]

Η σύνθεση των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.3.1. όπου έχουν συμμαζευτεί τα οριακά φορτία από όλες τις φάσεις σχεδιασμού. Περιέχει τιμές που έχουν συγκαίνια με τα υλικά συστατικά (συμπιεστική πίεση σκυροδέματος), για τις εδαφικές γεωτρήσεις (αναλυτικός σχεδιασμός σύμφωνα με τον Γαλλικό πρότυπο και τις προδιαγραφές Straforeuse) και ερμηνείες για τη δυναμική φόρτιση πασσάλου και τη στατική φόρτιση πασσάλου (αντίσταση κινητοποίησης του πασσάλου). Οι δοκιμές πασσάλων επιτρέπουν την αξιολόγηση των μονίμων καθιζήσεων λόγω των μεγίστων και φορτίων λειτουργίας.

Μέγιστες καθιζήσεις και οι τάσεις σκυροδέματος που μετρούνται έδειξαν ότι οι δοκιμές επιτυγχάνουν το αναμενόμενο φορτίο χωρίς να καταστρέφονται οι πάσσαλοι. Οι τιμές διατηρούνται από τον επόπτη του έργου για τις προκαταρκτικές δοκιμές οι οποίες είναι στον Πίνακα 6.3.2. Τότε, σε όλη την χύτευση, οι δοκιμές ελέγχου στην οριστική υπηρεσία αποτελούνται από:

- Δοκιμές αντίστασης (δοκιμή χαμηλής ενέργειας) σε κάθε πάσσαλο για τον έλεγχο ακεραιότητας.
- 12 δυναμικές φορτίσεις πασσάλου για τις δοκιμές συμπεριφοράς. Μια δυναμική φόρτιση ισοδύναμη με 1,5 φορές παραπάνω από το φορτίο λειτουργίας το οποίο δεν πρέπει να

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

παράγει συστατικά υλικά ανεπανόρθωτες παραμορφώσεις και ούτε τάσεις συμπίεσης υψηλότερες από εκείνες που προβλέπονται κατά τη διάρκεια της φάσης σχεδιασμού.

Diameter	Service load capacity ($\delta=12\text{MPa}$)	SLT max load	DLT falling mass
mm	MN	MN	Ton
420	1.7	2.5	2.3
620	3.6	7.2	5
720	4.9	7.2	5

Πίνακας 6.3.2. Χαρακτηριστικά τις δοκιμαστικής φόρτισης [Orsetti V., & Rosa B., 2012]

Κατά τη διάρκεια των προκαταρκτικών δοκιμών, ο ερπυσμός υπερβλήθηκε στους πασσάλους T03 και T05 (Πίνακας 6.3.1.). Τα αποτελέσματα συμφωνούν πάνω στις δυναμική φόρτιση πασσάλου και τις στατικής φόρτισης πασσάλου. Οι περαιτέρω αναλύσεις αποτελούνται από συγκρίσεις των τιμών φορτίου – καθιζήσεων. Αυτά λαμβάνονται είτε κατευθείαν τα παραμορφωσίμετρα της στατικής φόρτισης πασσάλου είτε τα σήματα αναλύσεων και το μοντέλο καλιμπραρίσματος της στατικής φόρτισης πασσάλου.

Η αναλογία καθιζήσεων μεταξύ δύο μεθόδων κατά τη διάρκεια των λειτουργικών φορτίων είναι της τάξης των 0,8 έως 1. Σε αυτήν την συγκεκριμένη περίπτωση της δυναμικής φόρτισης πασσάλου ελαφρός υποεκτιμά τις καθιζήσεις.

Αυτές οι αναλύσεις επιτρέπουν των σχεδιασμού πασσάλων σύμφωνα με τον ΕΚ7. Η αντίσταση λειτουργίας πασσάλων λαμβάνεται διαιρώντας το μέγιστο φορτίο με τον συντελεστή ασφάλειας. Και οι δύο δοκιμές υψηλής ενέργειας αποδίδουν συγκρίσιμες μέγιστες φορτίσεις πασσάλου.

Οι δοκιμές ελέγχου καθιστούν δυνατό να προσδιοριστεί η ακεραιότητα και η επιβεβαίωση των αναμενόμενων καθιζήσεων υπό ο φορτίο λειτουργίας τα οποία είναι κάτω από μισό εκατοστό.

Η χρήση της μεθόδου δυναμικής φόρτισης πασσάλου απαιτεί ιδιαίτερης επαγρύπνησης από έμπειρη ομάδα στο πεδίο τις δοκιμής (κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης τις δοκιμής).

Τρεις απόψεις πρέπει να κατέχουν την προσοχή:

- Η ποιότητα των δονήσεων(σοκ). Το έμβολο που πέφτει πρέπει να μεταδώσει μια ενέργεια για να είναι σωστά μετρήσιμη. Η δόνηση σοκ πρέπει να παράγει ένα συμπίεστικό/εφελκυστικό κύμα στερημένο από παράσιτα.
- Αναλύσεις των κυμάτων. Το σήμα του κύματος που ταξιδεύει προς τα κάτω και μετά η αντανάκλαση του κατά μήκος του πασσάλου του ανοδικού κύματος πρέπει να μετρηθεί

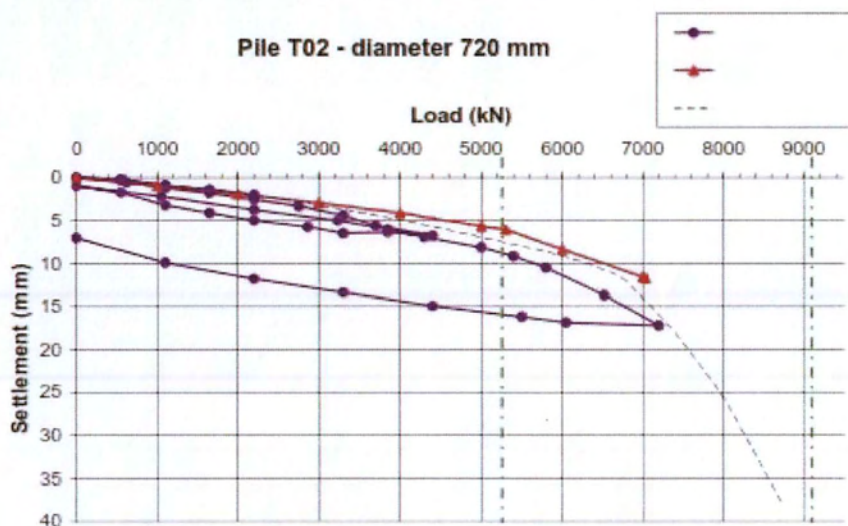
-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

χωρίς απώλεια πληροφοριών λόγω ενός λάθους τοποθετημένου αισθητήρα ή μη ομογενούς πασσάλου.

- Συνοχή της ακολουθίας των σοκ. Η ακολουθία πρέπει να εναλλάσσει την ενέργεια των σοκ παίρνοντας μέσα σε λογαριασμό τη μετρούμενη τάση σκυροδέματος και της παραμένουσες μετρούμενες τιμές των καθιζήσεων.

Στη φάση ανάλυσης σημάτων η απόσβεση ακτινοβολίας και η εκτίμηση τιμών σεισμού απαιτούν καλή γνώση της γεωμορφολογίας και των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών του κάθε στρώματος εδάφους. Ο Charpie το 2004 συγκέντρωσε την προσοχή των συγγραφέων επιχειρούν να συσχετίσουν αυτές τις τιμές. Μόνο τάξεις μεγέθους για διάφορους τύπους εδαφών μπορούν να εκτιμηθούν χωρίς καμία ακριβής συσχέτιση.

Τα γραφήματα φορτίου-καθιζήσεων που λαμβάνονται μπορούν να αναλυθούν χωριστά και επάλληλα για τον ίδιο πάσσαλο να εκτιμηθούν οι ερπυστικές (Q_c) και οι μέγιστες (Q_u) τιμές φορτίου. Σχήμα 6.3.1. συγκρίνει τα γραφήματα φορτίου-καθιζήσης που λαμβάνονται από τη δυναμική φόρτιση πασσάλου και τη στατική φόρτιση πασσάλου και ο Franck & Zhao (1982) έβγαλαν το μοντέλο καθιζήσης. Αυτή η τελευταία μέθοδος είναι καλιμπραρισμένη στα στρώματα εδάφους και στις ηχογράφησες γεωτρήσεων. Αποδίδει μέσα αποτελέσματα μεταξύ δύο μεθόδων τύπων δοκιμών. Αυτός ο τρόπος μπορεί να δώσει λανθασμένα αποτελέσματα και περίπου προβλέπει τη διαδικασία τις στατικής φόρτισης πασσάλου.

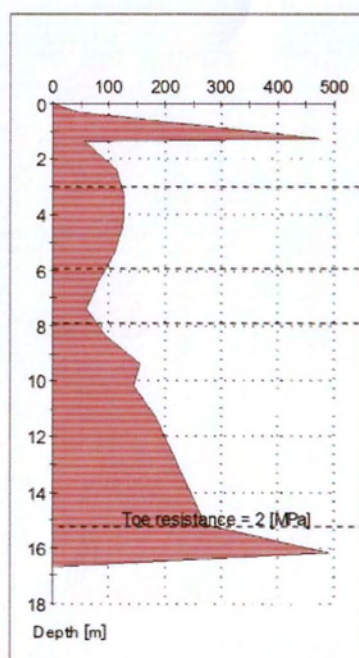


Σχήμα 6.3.1. Διαγράμματα φορτίου-καθιζήσης και για τις δύο διαφορετικές φορτίσεις [Orsetti V., & Rosa B., 2012]

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

Στο Σχήμα 6.3.1. το μέγιστο σχετικό σφάλμα των 15% μπορεί να εκτιμηθεί. Είναι ένα λάθος που βρίσκεται στη φιλολογία, ένα παράδειγμα έχει δοθεί από τους Likins και Rausche (2004).

Τέλος, μια ικανοποιητική μέθοδος προσαρμογής δυναμικής φόρτισης πασσάλου μπορεί να επιτρέψει την εκτίμηση των διανυμένων αντιστάσεων κατά μήκος του πασσάλου όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3.2.. Η τριβή της οπής μπορεί να συγκριθεί με τα Πρότυπα για αναλυτικές τιμές. Προκαταρκτικές γεωτρήσεις στα γεωτεχνικά στρώματα που υποδιαιρούνται μπορούν να ελεγχθούν και να βρεθεί η ακρίβεια τους.



Σχήμα 6.3.2. Διαγράμματα φορτίου-καθίζησης και για τις δύο διαφορετικές φορτίσεις [Orsetti V., & Rosa B., 2012]

6.3.2. Σύνθεση- επιπτώσεις για την υποταγή του ΕΚ7

Η ρουτίνα γεωτεχνικής δοκιμής σε συμφωνία με το ΕΚ7 περιέχει τέσσερις φάσεις που κάνουν εφικτή τη βελτίωση του σχεδιασμού και μετά την επιτήρηση της εκτέλεσης.

Τα οποία αποτελούνται από:

- Γεωλογικές και γεωτεχνικές έρευνες από προκαταρκτικές δοκιμές εδάφους
- Σχεδιασμός και πραγματοποίηση των προκαταρκτικών τις εκστρατείας τις στατικής φόρτισης πασσάλου και τις δυναμικής φόρτισης πασσάλου

-Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου με δυναμική μέθοδο-

- Ανάλυση και εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων για τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και έλεγχος της συσχέτισης στατικής φόρτισης πασσάλου /δυναμικής φόρτισης πασσάλου
- Οριστικές υπηρετούμενες πάσσαλοι δυναμικής φόρτισης και έλεγχοι αντίστασης

Εντός αυτού του πλαισίου, ο γεωτεχνικός επεμβαίνει σε όλες τις φάσεις εκμετάλλευσης των θεμελιώσεων και αναλαμβάνει την ευθύνη του προς το σύνολο των υποδομών.

Δοκιμές πασσάλων μετά την έρευνα του εδάφους αντιπροσωπεύουν την καλύτερη ασφάλιση ενός βελτιστοποιημένου και την υλοποίηση σε συμμόρφωση. Ωστόσο, ο γεωτεχνικός και ο υπεύθυνος του έργου πρέπει να έχουν πολύ καλή γνώση στη δοκιμή και στους σχεδιαστικούς μεθόδους για την επιβεβαίωση τις ποιότητας.

Για το θερμοκήπιο, οι προκαταρκτικές δοκιμαστικές φορτίσεις κατέστησαν δυνατό την επιβεβαίωση πασσάλων με φορτίο λειτουργίας ίσο με 12 MPa το οποίο είναι διπλάσιο από τα Γαλλικά Πρότυπα σχεδιασμού.

6.3.3. Συμπεράσματα

Τα οικονομικά και τα πρακτικά οφέλη στο χώρο εργασίας είναι υψηλά. Παρά τη τεχνική της λεπτομέρεια, η δυναμική φόρτιση πασσάλου έχει μια καλή και εύκολα επαληθεύσιμη αξιοπιστία ελέγχονται το πρόγραμμα της δοκιμής και επανεξετάζοντας τα αποτελέσματα.

Αυτή η μέθοδος θα πρέπει να πραγματοποιείται από έμπιστους μηχανικούς δοκιμών. Επιπλέον, οι μηχανικοί πρέπει να θυμούνται ότι η δυναμική φόρτιση πασσάλου είναι ένα ενεργό πεδίο έρευνας προκειμένου να κρατήσει καλώντας την πρακτική του ερώτηση.

Οι έγχυτοι *in situ* πάσσαλοι θα έπρεπε να δοκιμάζονται και ερευνούνται περισσότερο. Πράγματι, επιτρέπουν να κάνουν αξιόπιστες αναλύσεις και συσχετίσεις στους δοκιμαστικούς πασσάλους επειδή είναι μη χρονοεξαρτημένες αντιστάσεις πασσάλων και εύκολες ηχογραφήσεις των αναλύσεων τρυπήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κωμοδρόμος Αιμ. Μ., *Βαθιές Θεμελιώσεις Αντιστηρίξεις*, Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2009.
- Brown, Dan A., *Evaluation of Static Capacity of Deep Foundations from Statnamic Testing*, Geotechnical Testing Journal, Vol. 17, no 4, December 1994
- Brown, Dan A., *Rapid Lateral Load Testing of Deep Foundations*, Harbert Engineering Center, Auburn University, DFI Journal, USA, November 2007
- Comodromos E.M, Anagnostopoulos C.T., Georgiadis M.K., *Numerical assessment of axial pile group response based on load test*, Computers and Geotechnics, 2003
- Comodromos, E.M. et al., *The Effect of Cracking Response of Pile Test under Horizontal Loading*, Geot. & Geoenv. Engin., University of Thessaly, 2009
- Lectures, *Analysis and Design of Pile Foundations*, , Sydney University, DFI Journal, Australia, 2007
- Mandolini, A, Russo, G and Viggiani (2005). Pile foundations: Experimental investigations, analysis and design. In Proc. 16th Int. Conf. Soil Mech. Geotech. Engrg, Osaka, 177-213.
- Michael W. O'Neill, Dan A. Brown, rank C. Townsend, Nariman Abar, *Innovative Load Testing of Deep Foundations*, From Transportation Research Record no 1569, Washington, 1997
- Orsetti V. & Rosa B., *Eurocode 7 dynamic pile testing: philosophy and application*, Rincet BTP Engineering Instrumentation, France, 2012
- Tony Ruban, Denton A. Kort, *Pile load testing of concrete belled pile and rock socket pile using the Osterberg load cell*, Pan-Am CGS Geotechnical Conference, USA, 2011


Ιστοσελίδες

- <http://www.loadtest.com/services/ocell.htm>
- <http://www.berminghammer.com>
- <http://www.profound-usa.com>
- <http://www.testpile.com>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Statnamic_load_test



[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

004000124480