

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Ν.ΓΕΡΟΛΥΜΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
Β.ΤΣΑΜΗΣ, ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΥΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΜΕΣΟΒΑΘΡΟΥ  
ΟΔΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ  
ΣΕ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ  
ΜΕ ΧΑΛΑΡΗ ΑΜΜΟ ΚΑΙ ΜΑΛΑΚΗ ΑΡΓΙΛΟ

ΚΩΣΤΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΚΟΖΥΡΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ  
ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε από τους υπογράφοντες στα πλαίσια του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Πραγματοποιήθηκε κατά το θερινό εξάμηνο του Ακαδημαϊκού Έτους 2012 – 2013. Η Διπλωματική Εργασία έγινε υπό την επίβλεψη του κυρίου Ν. Γερόλυμου, Επίκουρου Καθηγητή και του κυρίου Β. Τσάμη, επιστημονικού συνεργάτη.

Αντικείμενο της εργασίας, είναι η μελέτη εναλλακτικών λύσεων θεμελίωσης Μεσοβάθρου οδικής γέφυρας σε έδαφος με χαλαρή άμμο, μαλακή άργιλο και πυκνή άμμο. Μετά από τη διαδικασία εκπόνησης μας παρουσιάστηκε η ευκαιρία να αφομοιώσουμε καλύτερα τις βασικές έννοιες της εδαφομηχανικής και των θεμελιώσεων. Επίσης κατανοήσαμε τη διαδικασία και τα στάδια κατασκευής ενός μεγάλου τεχνικού έργου, από την αρχή μέχρι το τέλος.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΚΩΣΤΑΚΗΣ  
ΜΙΧΑΛΗΣ Ι. ΚΟΖΥΡΗΣ

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η σελίδα αυτή είναι αφιερωμένη σε όλους όσους μας βοήθησαν για την αποπεράτωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

### **Ευχαριστούμε**

Αρχικά, τους καθηγητές της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π για τις πολύτιμες επιστημονικές γνώσεις που μας προσέφεραν στα χρόνια των σπουδών μας.

Τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Νίκο Γερόλυμο, για την επίβλεψη της εργασίας και τις πολύτιμες συμβουλές που μας παρείχε.

Ιδιαίτερος, τον Επιστημονικό Συνεργάτη κ. Βασίλη Τσάμη για την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον του, καθώς επίσης και τις πολύτιμες συμβουλές του σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης τον ευχαριστούμε πολύ, για την προθυμία του στην επίλυση αποριών και τη βοήθεια του σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Επιπλέον τους Πολιτικούς Μηχανικούς, κ.κ. Γιάννη Χουζούρη και Νίκο Σπανό για τη σημαντική βοήθεια τους στην εκτέλεση των προγραμμάτων H/Y, LARIX και PFAHL αντίστοιχα.

Επίσης, τη Φωτεινή Σιστοβάρη για τη βοήθεια της στην δακτυλογράφηση του κειμένου.

Τέλος, **ένα μεγάλο ευχαριστώ** στις Οικογένειες μας !!!

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

Πρόλογος.....σελ. 1	σελ. 1
Ευχαριστίες.....σελ. 2	σελ. 2
Περιεχόμενα.....σελ. 3	σελ. 3
Περίληψη.....σελ. 4	σελ. 4
Abstract.....σελ. 5	σελ. 5
Επεξήγηση συμβόλων.....σελ. 6	σελ. 6
Κεφάλαιο 1 – Γεωτεχνικά Χαρακτηριστικά Εδάφους.....σελ. 7	σελ. 7
Κεφάλαιο 2 – Θεμελίωση με Πασσάλους.....σελ. 28	σελ. 28
Κεφάλαιο 3 – Θεμελίωση με Κυψελωτό Κιβώτιο.....σελ. 64	σελ. 64
Κεφάλαιο 4 – Επιφανειακή Θεμελίωση μετά από Βελτίωση του Εδάφους.....σελ. 133	σελ. 133
Κεφάλαιο 5 – Επίλογος – Συμπεράσματα.....σελ. 152	σελ. 152
Παράρτημα.....σελ. 163	σελ. 163
Βιβλιογραφία.....σελ. 178	σελ. 178

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό την εξέταση εναλλακτικών λύσεων Θεμελίωσης Μεσοβάθρου Οδικής Γέφυρας. Στην περιοχή Θεμελίωσης, το έδαφος περιλαμβάνει τρεις στρώσεις συνολικά. Η πρώτη στρώση είναι χαλαρή άμμος πάχους έξι μέτρων, η δεύτερη στρώση είναι μαλακή άργιλος πάχους οκτώ μέτρων, ενώ η τρίτη στρώση είναι πυκνή άμμος πάχους έντεκα μέτρων.

Συνολικά εξετάστηκαν τρεις λύσεις Θεμελίωσης. Η πρώτη είναι βαθιά Θεμελίωση με πασσάλους, κατά την οποία η κατασκευή θεμελιώνεται απ'ευθείας στην τρίτη στρώση. Η δεύτερη περίπτωση, είναι ένα κυψελωτό κιβώτιο – θεμέλιο, που εδράζεται την άργιλο. Σε αυτήν την περίπτωση έχει προηγηθεί της κατασκευής του θεμελίου, η τοποθέτηση στραγγιστηρίων και ακολούθως προφόρτιση με επίχωμα σε τρεις φάσεις. Η Τρίτη λύση είναι Θεμελίωση με επιφανειακό θεμέλιο, ύστερα από βελτίωση, αρχικά της δεύτερης στρώσης με προφόρτιση και στη συνέχεια της πρώτης με δονητική συμπύκνωση.

Οι τρεις αυτές λύσεις αναλύονται και συγκρίνονται με κριτήρια την φέρουσα ικανότητα, τις καθιζήσεις, το κόστος και τον χρόνο.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά η στρωματογραφία του εδάφους και τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η βαθιά θεμελίωση με πασσάλους, που είναι και η πρώτη λύση

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελείται από τη δεύτερη λύση, δηλαδή το κυψελωτό κιβώτιο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η τρίτη και τελευταία λύση, που είναι η επιφανειακή θεμελίωση μετά από διαδοχικές βελτιώσεις των δύο προβληματικών στρώσεων.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι συγκρίσεις και τα συμπεράσματα των τριών λύσεων.

## **ABSTRACT**

The purpose of the present Diploma Thesis is to examine alternative foundation solutions for a mid – abutment of a Road Bridge. The soil stratigraphy at the area as established from a geotechnical investigation including a borehole (with SPT and FVT in situ tests and sampling), a cone penetration (CPT) test and a series of laboratory tests includes a 6m thick layer of loose sand, overlying an 8m thick layer of soft clay and an 11m thick layer of dense sand. Three solutions were envisaged:

1. Deep foundation with six piles 1.20 m diameter at an elevation –20 m.
2.
  - Improvement of the clay layer with preloading in three stages (3 m, 3 m and 2.5 m height respectively) with slope inclination  $\frac{1}{2}$ ) and consolidation time 3 months for each stage after placement of plastic drains in a square pattern  $s = 1.5\text{m}$ .
  - Construction of anchored sheet pile walls total length 14 m and anchors at – 1.0 m and total excavation of the loose sand layer up to –6 m.
  - Construction of a caisson 11m x 17m x 6 m with six empty cells and the abutments superstructure.
3. Improvement initially of the clay layer by preloading embankment 3 m height ( after placing sand drains at square pattern  $s = 1.5\text{ m}$ ) for 3 months and subsequently of the sand layer by vibrocompaction (triangular pattern  $x = 2.5\text{ m}$ ) and a shallow foundation 7 x 15 x 1.5 m.

## ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

<b>ΣΥΜΒΟΛΑ</b>	<b>ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ</b>	<b>ΣΥΜΒΟΛΑ</b>	<b>ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ</b>
$\gamma_s$	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	$Q_f$	ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΙΧΜΗΣ
$\gamma_d$	ΞΗΡΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	$f_s, \tau_f$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΩΝ
$\gamma_{υγρ}$	ΥΓΡΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	$F_r$	ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΛΟΓΟΣ ΤΡΙΒΩΝ
$\sigma_v$	ΟΛΙΚΗ ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	$I_c$	ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
$\sigma'_v$	ΕΝΕΡΓΟΣ ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	$q_{ci}$	ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΛΟΓΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΩΝΟΥ
$c_c$	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΡΧΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	$q_{cis}$	ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΛΟΓΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΩΝΟΥ ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟΣ ΛΟΓΩ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ
$c_R$	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗ	$FC$	ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ
$E_s$	ΜΕΤΡΟ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	$C_N$	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΟΓΩ ΕΝΕΡΓΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΩΝ ΓΑΙΩΝ
$c_v, c_{vl}$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ	$r_d$	ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΟΓΩ ΒΑΘΟΥΣ
$c_H$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ	$\lambda$	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΟΓΩ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ $c_u$
$w$	ΥΓΡΑΣΙΑ	$\delta$	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΛΑΦΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ
$\varphi$	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ Ή ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ	$Q_s$	ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ
$c_u$	ΣΥΝΟΧΗ Ή ΑΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ	$Q_b$	ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ
$CSR$	ΛΟΓΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΙΖΟΜΕΝΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$p_u$	ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ
$CRR$	ΛΟΓΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΑΝΑΚΥΚΛΙΖΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	$W$	ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ
$M$	ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΕΙΣΜΟΥ	$K$	ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΥΔΕΤΕΡΗΣ ΩΘΗΣΗΣ
$MWF$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ	$i_s$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ
$a$	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ	$k_s$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΩΤΕΡΗΣ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ
$g$	ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ		

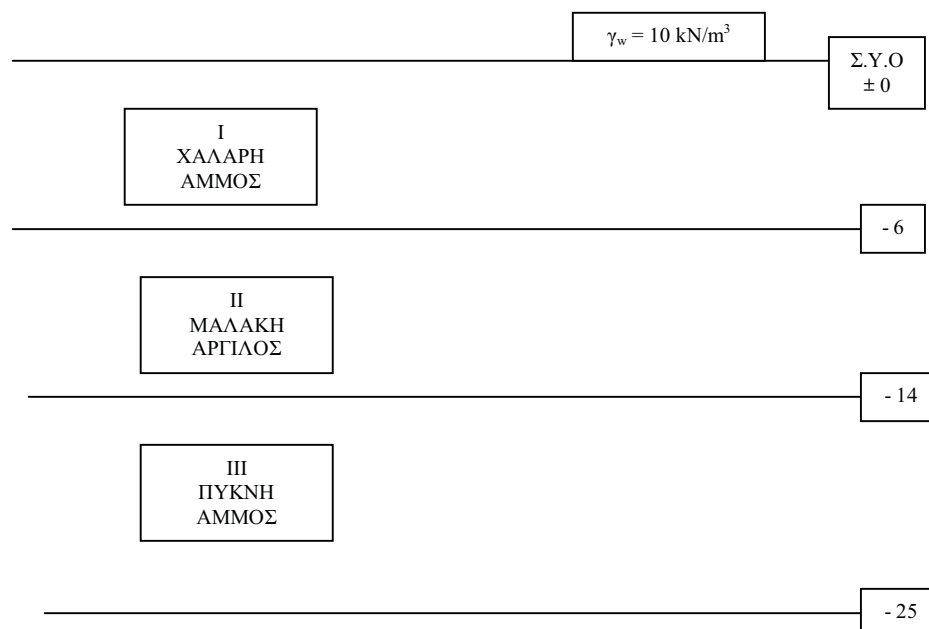
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Το έδαφος στην περιοχή θεμελίωσης αποτελείται από τρεις (3) στρώσεις. Η πρώτη στρώση είναι μεσόκκοκη χαλαρή άμμος με μέσο πάχος 6 m, η δεύτερη στρώση είναι μαλακή άργιλος μέσης πλαστιμότητας με μέσο πάχος 8 m, και η Τρίτη στρώση είναι πυκνή άμμος καλά διαβαθμισμένη με μέσο πάχος 11 m.

Με βάση τα στοιχεία της γεώτρησης και της πενетроμέτρησης προσδιορίστηκαν, άμεσα ή έμμεσα, τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφικών υλικών των παραπάνω στρώσεων.

Από την μοναδική γεώτρηση στην περιοχή του έργου, δόθηκαν αποτελέσματα πρότυπης δοκιμής διείσδυσης (SPT – Standard Penetration Test), κοκομετρικής διαβάθμισης, ορίων Atterberg, καθώς και κατάταξη των υλικών κατά A.U.S.C.S. Επίσης δόθηκαν για την αργιλική στρώση αναλυτικά αποτελέσματα ως προς τις παραμέτρους διατμητικής αντοχής και συμπίεσότητας.

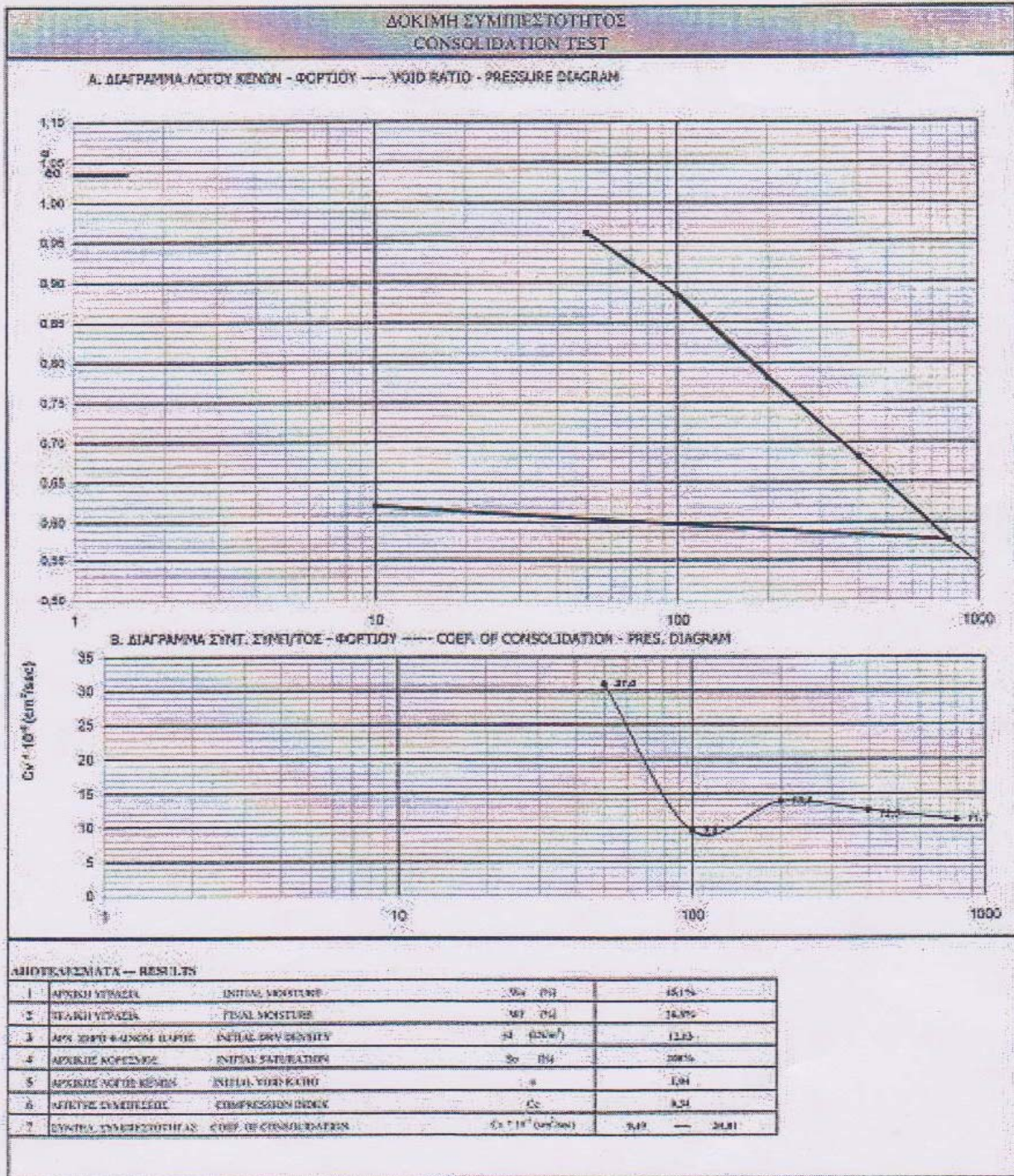


Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες όπου φαίνονται λεπτομερέστερα τα στοιχεία για κάθε στρώση.

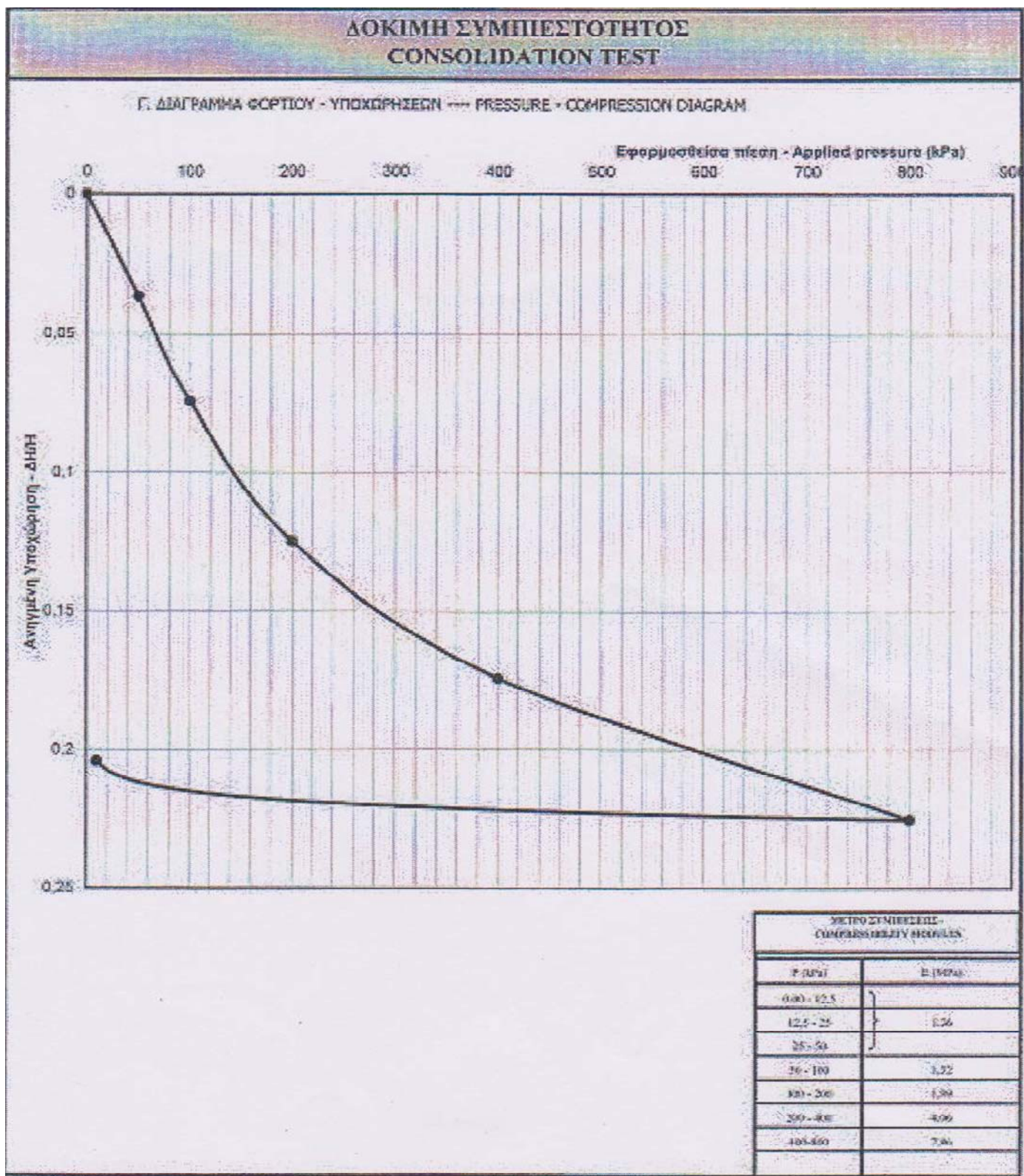




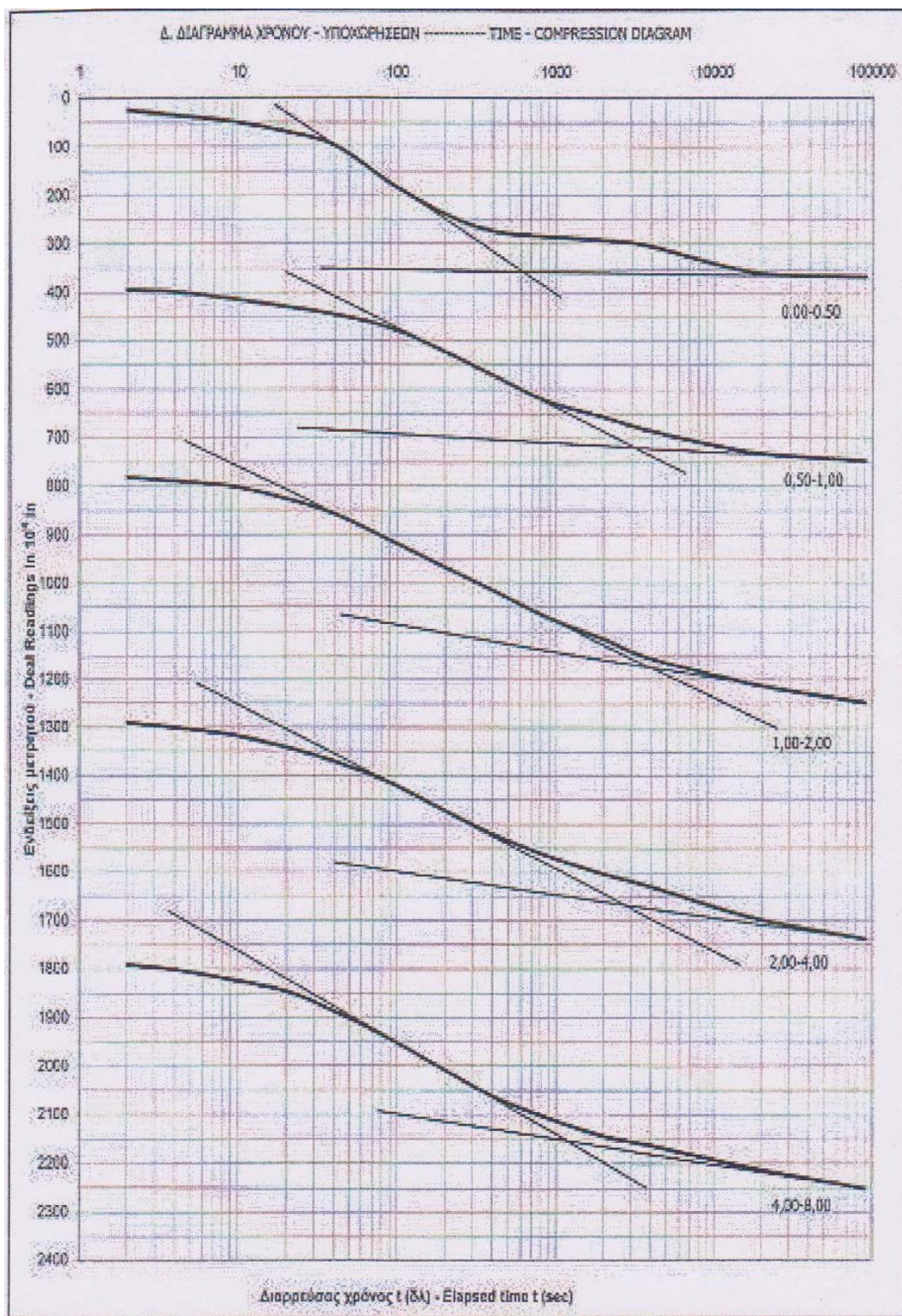
# ΣΥΜΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟ



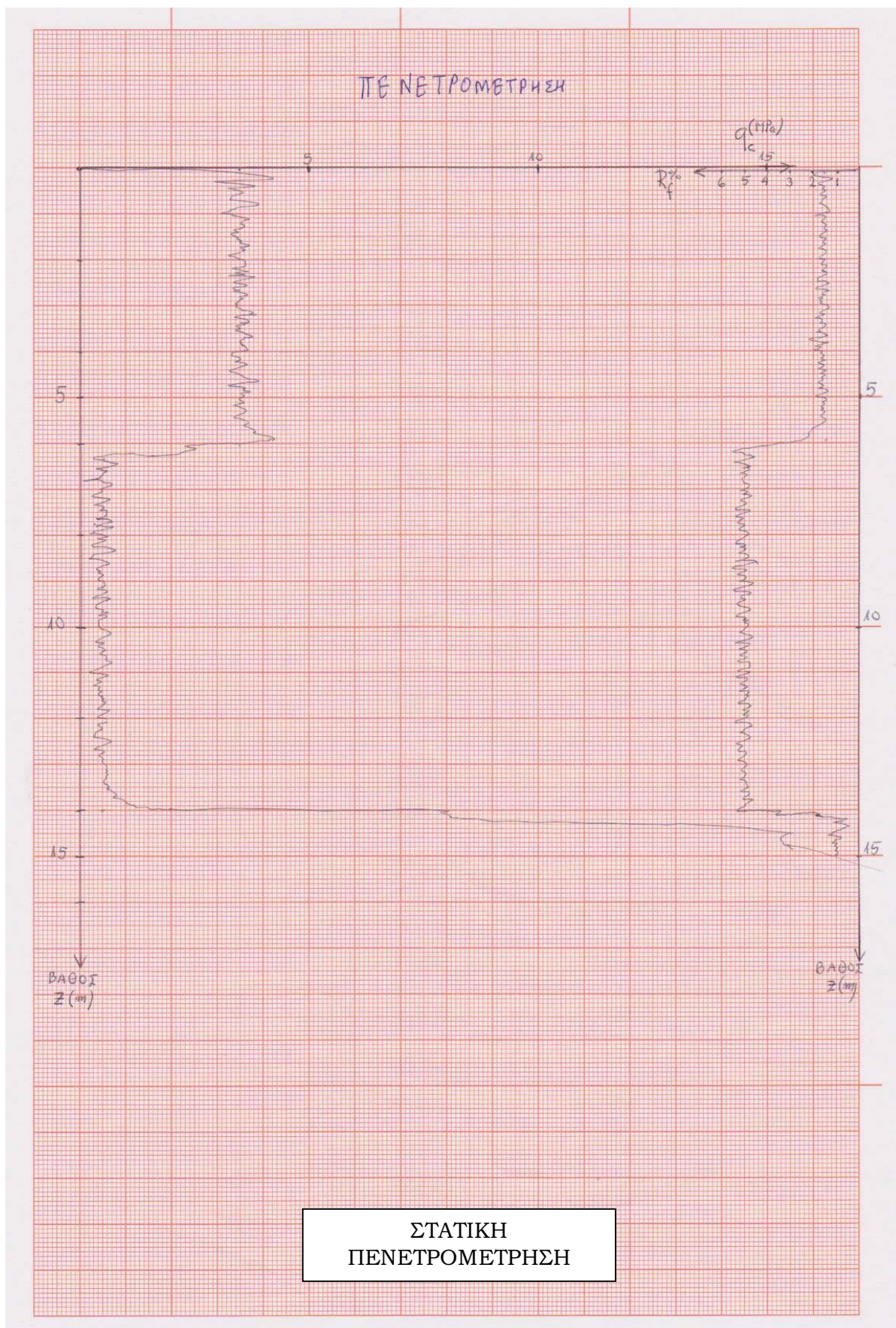
ΚΑΜΠΥΛΗ  
ΣΥΜΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟΥ

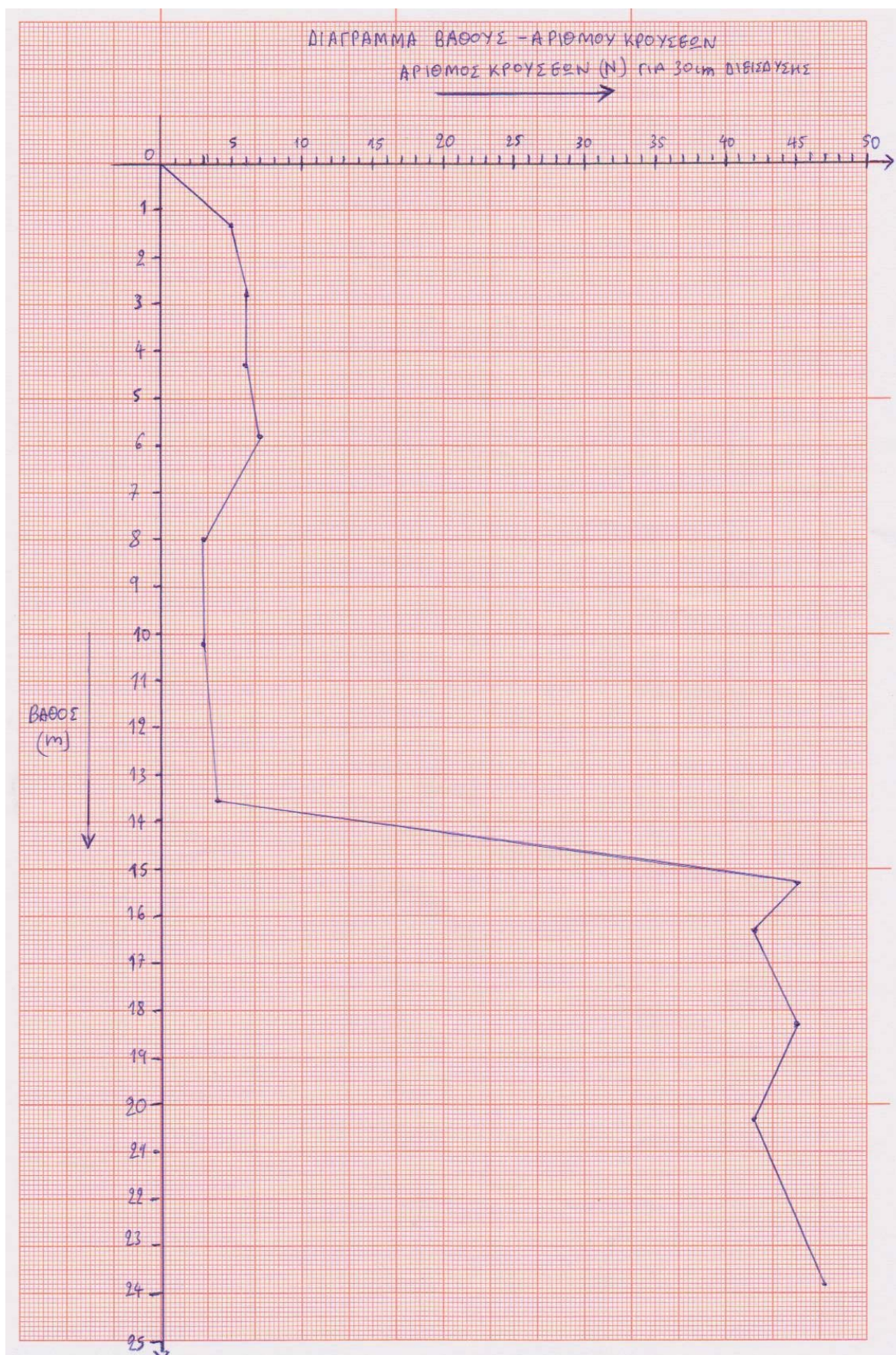


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ  
ΦΟΡΤΙΟΥ - ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ  
ΧΡΟΝΟΥ - ΥΠΟΧΩΡΗΣΕΩΝ





**ΣΤΡΩΣΗ Ι****ΜΕΣΟΚΚΟΚΗ ΧΑΛΑΡΗ ΑΜΜΟΣ**

Συναντάται από τη στάθμη 0 (που είναι και στάθμη υδροφόρου οριζοντα) έως τη στάθμη -6. Χαρακτηρίζεται κατά το ενιαίο σύστημα ταξινόμησης εδαφών (A.U.S.C.S) ως SP, δηλαδή καθαρή άμμος κακώς διαβαθμισμένη. Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά είναι:

ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΙΜΩΝ		ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΑΠΟ	ΕΩΣ		
ΠΟΣΟΣΤΟ ΧΑΛΙΚΙΩΝ %	0		3	0
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΜΜΟΥ %	95	97	3	96
ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ %	3	5	3	4
ΥΓΡΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kN/m <sup>3</sup> )	18.9		1	18.9
ΞΗΡΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kN/m <sup>3</sup> )	14.3		1	14.3
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ (e)	0.85		1	0.85
ΥΓΡΑΣΙΑ (w) %	32		1	32
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΕΩΝ (N) SPT	5	7	4	6
ΑΝΤΟΧΗ ΚΩΝΟΥ q <sub>c</sub> (mPa)	3.5		1	3.5

**ΣΤΡΩΣΗ ΙΙ****ΜΑΛΑΚΗ ΑΡΓΙΛΟΣ**

Συναντάται από τη στάθμη -6 έως τη στάθμη -14. Χαρακτηρίζεται κατά το ενιαίο σύστημα ταξινόμησης εδαφών (A.U.S.C.S) ως CL, δηλαδή άργιλος χαμηλής έως και μέσης πλαστιμότητας. Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά είναι:

ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΙΜΩΝ		ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΑΠΟ	ΕΩΣ		
ΠΟΣΟΣΤΟ ΧΑΛΙΚΙΩΝ %	0	0	5	0
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΜΜΟΥ %	3	11	5	7.6
ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ %	89	97	5	92.4
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΡΓΙΛΟΥ %	40	46	3	42.67
ΥΓΡΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kN/m <sup>3</sup> )	17.9	18.3	3	18.1
ΞΗΡΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kN/m <sup>3</sup> )	12.6	13.2	3	12.9
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ (e)	1.05	1.12	3	1.09
ΥΓΡΑΣΙΑ (w) %	39	42	5	40.4
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΕΩΝ (N) SPT	3	4	3	3.33
ΑΝΤΟΧΗ ΚΩΝΟΥ q <sub>c</sub> (mPa)	0.5		1	0.5
ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL) %	47	50	5	48.8
ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ (PL) %	20	22	5	21
ΑΝΤΟΧΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ q <sub>u</sub> (kPa)	0.28	0.42	3	0.35
<b>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ</b>				
FVT (kPa)	18		1	18
ΔΟΚΙΜΗ UU (kPa)	15	20	2	17.5
CPT (kPa)	17.9		1	17.9
c' (kPa) / φ' (°)	0 / 26	0.26	1	0/26
<b>ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟΥ</b>				
c <sub>c</sub> / c <sub>R</sub>	0.25/0.02	0.34/0.02	2	0.33/0.02
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ c <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /y)	2.8	9.8	2	2.8



**ΣΤΡΩΣΗ ΙΙΙ****ΠΥΚΝΗ ΑΜΜΟΣ**

Συναντάται από τη στάθμη -14 έως τη στάθμη -25. Χαρακτηρίζεται κατά το ενιαίο σύστημα ταξινόμησης εδαφών (A.U.S.C.S) ως SW, δηλαδή καθαρή άμμος καλώς διαβαθμισμένη. Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά είναι:

ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΙΜΩΝ		ΠΛΗΘΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΑΠΟ	ΕΩΣ		
ΠΟΣΟΣΤΟ ΧΑΛΙΚΙΩΝ %	1	3	4	3.5
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΜΜΟΥ %	65	72	4	68.5
ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ %	16	30	4	23
ΥΓΡΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kN/m <sup>3</sup> )	21		1	21
ΞΗΡΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kN/m <sup>3</sup> )	17.3		1	17.3
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ (e)	0.57		1	0.57
ΥΓΡΑΣΙΑ (w) %	21		1	21
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΡΟΥΣΕΩΝ (N) SPT	42	47	5	44.2
ΑΝΤΟΧΗ ΚΩΝΟΥ q <sub>c</sub> (mPa)	>20		1	>20

## ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

### **ΣΤΡΩΣΗ Ι : ΜΕΣΟΚΟΚΚΗ ΧΑΛΑΡΗ ΑΜΜΟΣ**

Από την πρότυπη δοκιμή διείδυσης (SPT) προκύπτει ο αριθμός κρούσεων  $N$ , ο οποίος διορθώνεται λόγω υπερκειμένων γαιών και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της γωνίας διατμητικής αντοχής και το μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης. Ακολουθούν οι αναλυτικοί υπολογισμοί.

*Διορθωμένο  $N$  κατά Peck – Hanson – Thornburn*

<b>ΒΑΘΟΣ (m)</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma'_v</math> (kPa)</b>	<b><math>C_N</math></b>	<b><math>N_c</math></b>	<b><math>\tilde{N}_c</math></b>
1.30	5	11.57	1.76	8.8	9.17
2.80	6	24.92	1.62	9.72	
4.30	6	38.27	1.45	8.7	
5.80	7	51.62	1.35	9.45	

*Εκτίμηση γωνίας διατμητικής αντοχής  $\varphi$*

Εφαρμόζοντας τις παρακάτω εμπειρικές σχέσεις, υπολογίζουμε το  $\varphi$  συναρτήσει του  $N$ .

κατά Peck – Hanson – Thornburn

$$\varphi = 27.3 + 0.3 * N_c - 0.00054 * N_c = 30.1^\circ$$

κατά Osaki

$$\varphi = \sqrt{20 * N_c} + 15 = 28.54^\circ$$

κατά Dunham

$$\varphi = \sqrt{12 * N_c} + 25 = 35.48^\circ$$

κατά Hatanaka – Uchida

$$\varphi = \sqrt{20 * N_c} + 20 = 33.54^\circ$$

κατά De Mello

Με το αντίστοιχο νομογράφημα προκύπτει  $\varphi = 27^\circ$

Ακολουθούν οι τιμές του  $\varphi$  που προκύπτουν από συσχέτιση με τα αποτελέσματα της δοκιμής CPT.

κατά Kuhlway – Maine

$$\varphi = \tan^{-1}[0.1 + 0.38 * \log(q_c / \sigma'_v)] = 42.13^\circ$$

κατά Robertson – Campanella

$$\varphi = 35^\circ + 1.15 * (q_c / (30 * \sigma'_v)) = 35.01^\circ$$

κατά Durgunoglu – Mitchel

Με το σχετικό νομογράφημα προκύπτει  $\varphi = 39.5^\circ$

Αμελώντας τις προνώς υπερεκτιμημένες τιμές, η μέση αντιπροσωπευτική τιμή που προκύπτει είναι

$$\underline{\varphi_I = 30^\circ}$$

Εκτίμηση μέσου μονοδιάστατης συμπίεσης  $E_s$

Για τον υπολογισμό του  $E_s$  συναρτήσει του  $N$ , χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις :

κατά Παπαδόπουλο – Αναγνωστόπουλο

$$E_s = 690 * N + 2600 = 6740 \text{ kPa}$$

κατά Schultze – Menzebach

$$E_s = 450 * N + 3900 = 6600 \text{ kPa}$$

κατά Farrent

$$E_s = 750 * (1 - \nu^2) * N = 4172 \text{ kPa}$$

κατά Webb

$$E_s = 333.3 * (N+5) = 3667 \text{ kPa}$$

Ενώ συναρτήσει της αντοχής κώνου ( $q_c$ ), το  $E_s$  υπολογίζεται από τις ακόλουθες σχέσεις

κατά Schmertmann

$$E_s = 2.5 * q_c = 8.75 \text{ mPa} = 8750 \text{ kPa}$$

κατά Webb

$$E_s = 2.5 * (q_c + 3.2) = 16.75 \text{ mPa} = 16750 \text{ kPa}$$

Από τις παραπάνω σχέσεις , εκτιμούμε τη μέση τιμή του μέτρου μονοδιάστατης συμπίεσης για τη στρώση I,

$$\underline{\underline{E_s = 5500 \text{ kPa}}}$$

Ακολουθεί ο έλεγχος ρευστοποίησης της ΣΤΡΩΣΗΣ I.

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

### ΜΕΘΟΔΟΣ LUNNE – ROBERTSON – POWELL

Οι αναπτυσσόμενες διατμητικές τάσεις κατά τη διάρκεια του σεισμού μεγέθους  $M$ , εκφράζονται από το λόγο :

$$CSR = \tau_{av} / \sigma'_{v-3} = 0.65 * MWF * (a_{max}/g) * (\sigma_v/\sigma'_{v-3}) * r_d = 0.65 * 1.005 * 0.24 * 0.995 * 56.7/26.7 = 0.331$$

- ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ II (  $a_{max}/g = 0.24$  )
- $r_d = 1 - 0.015 * z = 0.995$  m (  $z = 3$  στο μέσο της στρώσης )
- $MWF = (M)^{2.56}/173 = 1.005$  όπου  $M = 7,5$  Richter
- $\sigma_{v-3} = 18.9 * 3 = 56.7$  kPa
- $\sigma'_{v-3} = 8.9 * 3 = 26.7$  kPa

Οι απαιτούμενες τάσεις, για να προκληθεί ρευστοποίηση, εκφράζονται από το λόγο :

$$CRR = 93 * [ (q_{ci})_{cs}/1000 ]^3 + 0.08 = 93 * (76.35/1000)^3 + 0.08 = 0.12$$

- $Q_f = (q_c - \sigma_v) / \sigma'_{v-3} = (3500 - 56.7) / 26.7 = 128.9$
- $f_s = R_f * q_c = 1.5 * 3.5 = 5.25$
- $F_r = [f_s / (q_c - \sigma_v)] * 100 \% = (5.25 * 100) / (3500 - 56.7) = 1.52$
- $I_c = \sqrt{(3.47 - \log Q_f)^2 + (\log F_s + 1.22)^2} = \sqrt{1.85 + 1.96} = 1.95$
- $q_{ci} = (q_c/P_a) * \sqrt{P_a/\sigma'_{v-3}} = (3500/100) * \sqrt{100/26.7} = 67.73$  όπου Pa = 100 kPa η ατμοσφαιρική πίεση.
- $FC\% = 1.75 * I_c^3 - 3.7 = 9.31 \%$
- $FC\% = 9.31$  και  $5\% < FC < 35\% \rightarrow \Delta q_{ci} = 2 * (FC\% - 5) = 8.62$
- $(q_{ci})_{cs} = q_{ci} + \Delta q = 67.73 + 8.62 = 76.35$

Επομένως είναι **CSR = 0.331 > CRR = 0.12** .

Άρα **ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

### ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ S.P.T

Στην αρχή υπολογίζουμε τη διατμητική τάση λόγω σεισμού  $\tau_d$  από τη σχέση

$$\tau_d / \sigma'_{v-3} = 0.65 * (a_{max}/g) * (\sigma_v/\sigma'_{v-3}) * r_d = 0.65 * 0.24 * (56.7/26.7) * 0.995 = 0.329$$

- ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ II ( $a_{max}/g = 0.24$ )
- $r_d = 1 - 0.015 * z = 0.995$  m ( $z = 3$  στο μέσο της στρώσης)
- $\sigma_{v-3} = 18.9 * 3 = 56.7$  kPa
- $\sigma'_{v-3} = 56.7 - 10 * 3 = 26.7$  kPa

Υπολογισμός της ελάχιστης διατμητικής τάσης ρευστοποίησης  $\tau_{cyc}$

- $N_m = 6$  στο μέσο της αμμόδους στρώσης
- $\sigma_{v-3} = 18.9 * 3 = 56.7$  kPa
- $\sigma'_{v-3} = 56.7 - 10 * 3 = 26.7$  kPa
- $C_N$  : ο διορθωτικός συντελεστής λόγω ενεργών τάσεων υπερκειμένων γαιών. Υπολογίζεται από τον τύπο :

$$C_N = 1 / \sqrt{\sigma'_{v-3} / P_a} = 1 / \sqrt{26.7 / 100} = 1.94$$

όπου  $P_a = 100$  kPa η ατμοσφαιρική πίεση.

- $(ER_m / 60) = 1.12$
- Επειδή το ποσοστό ιλύος είναι 5%, έχουμε  $\Delta N_1 = 1$

Ο διορθωμένος αριθμός κρούσεων δίνεται από τον τύπο :

$$(N_1)_{60} = (ER_m / 60) * (C_N * N_m + \Delta N_1) = 1.12 * (1.94 * 6 + 1) = 14.2$$

Βάσει διαγράμματος, υπολογίζεται τελικά  $(\tau_{cyc} / \sigma'_{v})_{m=7.5} = 0.153$

**Επομένως έχουμε  $(\tau_d / \sigma'_{v}) = 0.329 > (\tau_{cyc} / \sigma'_{v})_{m=7.5} = 0.153$**

Άρα **ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ**

*Και με τις δύο μεθόδους προκύπτει ότι υπάρχει κίνδυνος ρευστοποίησης. Δεν είναι δυνατόν να γίνει κατασκευή με επιφανειακό θεμέλιο στην πρώτη στρώση.*

## ΣΤΡΩΣΗ ΙΙ : ΜΑΛΑΚΗ ΑΡΓΙΛΟΣ

Χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της γεώτρησης για να εκτιμηθεί η αστράγγιστη διατμητική αντοχή του αργιλικού στρώματος. Από τις διάφορες δοκιμές προκύπτουν τιμές της  $c_u$ . Στη συνέχεια εκτιμάται μία εξίσωση η οποία παρέχει την αστράγγιστη διατμητική αντοχή ως συνάρτηση του βάθους. Ακολουθούν οι δοκιμές.

- Δοκιμή πτερυγίου FVT:

Από τα πέντε (5) δείγματα που λαμβάνονται σε διαφορετικές στάθμες της αργιλικής στρώσης, προκύπτει μέση τιμή δείκτη  $PI = 27.8$ . Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του διορθωτικού συντελεστή  $\lambda$  από την καμπύλη Bjerrum, ο οποίος είναι  $\lambda = 0.93$ . Η μετρημένη τιμή, κατά την δοκιμή, είναι  $c_u = 18 \text{ kPa}$ . Η τελική διορθωμένη τιμή είναι:

$$c_{u \text{ διορθ}} = \lambda * c_u = 0.93 * 18 = 16.74 \text{ kPa}$$

- Τριαξονική καταπόνηση χωρίς αποστράγγιση UU:

Καταγράφησαν οι εξής τιμές:

$$c_u = 15 \text{ kPa σε βάθος } 9 \text{ m}$$

και

$$c_u = 20 \text{ kPa σε βάθος } 13.55 \text{ m}$$

- Αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη:

Καταγράφησαν οι εξής τιμές:

$$c_u = q_u/2 = 14 \text{ kPa σε βάθος } 8 \text{ m}$$

και

$$c_u = q_u/2 = 17 \text{ kPa σε βάθος } 10.35 \text{ m}$$

και

$$c_u = q_u/2 = 21 \text{ kPa σε βάθος } 13.55 \text{ m}$$

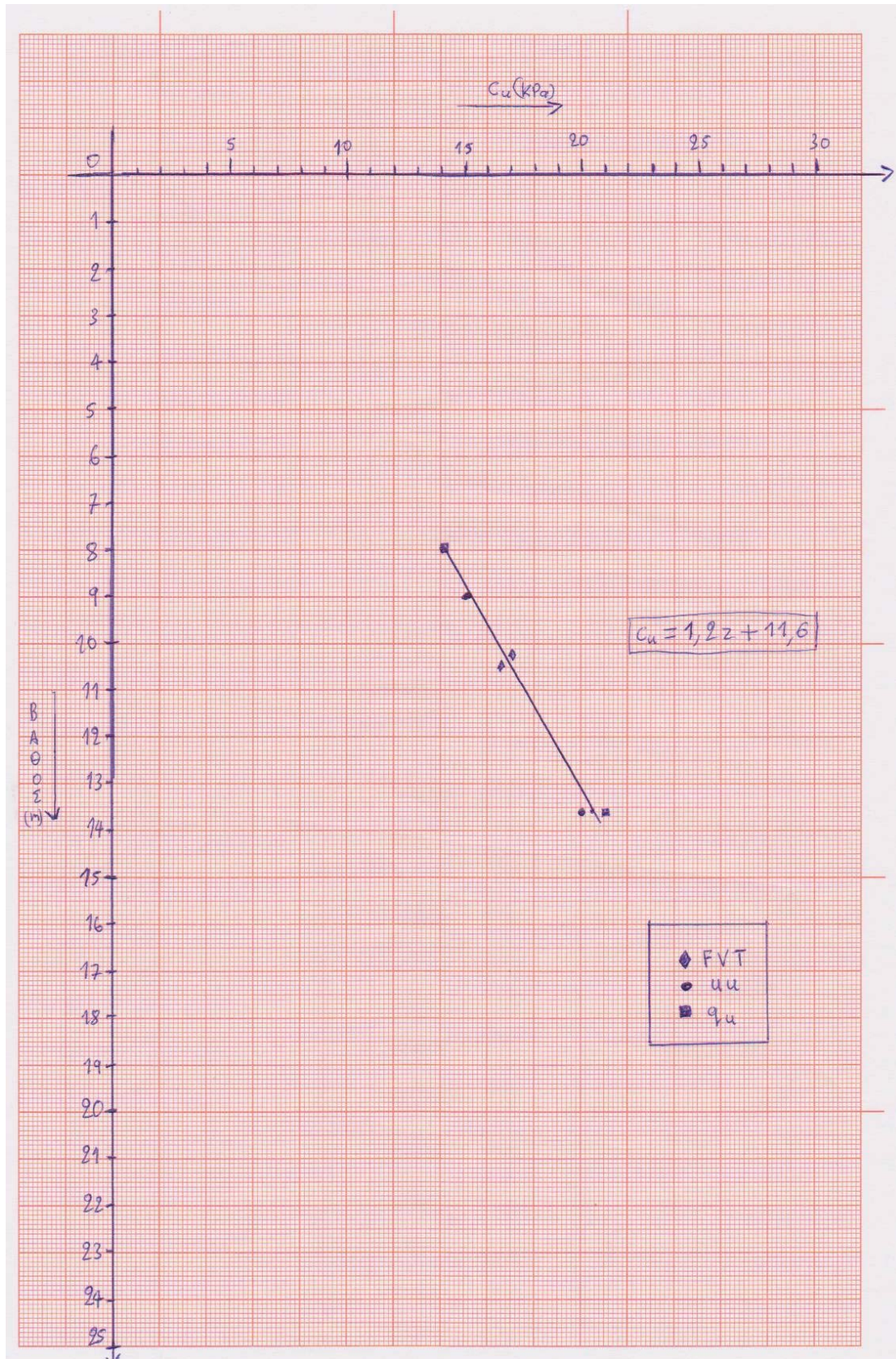
Συγκεντρώνοντας τις παραπάνω τιμές σε ένα διάγραμμα  $c_u - z$  (αστράγγιστης διατμητικής αντοχής – βάθους). Προκύπτει η εξίσωση που περιγράφει την κατανομή της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής στην αργιλική στρώση.

<b>x</b>	<b>y</b>
<b>Βάθος z (m)</b>	<b>Συνοχή <math>c_u</math> (kPa)</b>
8	14
9	15
10.2	17
13.55	20
13.55	21

Η εξίσωση του  $c_u$  σε συνάρτηση με το βάθος είναι:

$$y - y_0 = a * (x - x_0) \rightarrow \mathbf{c_u = 1.2 * z + 11.6}$$

**Ακολουθεί, στην επόμενη σελίδα, το διάγραμμα αστράγγιστης διατμητικής αντοχής ( $c_u$  σε kPa) σε συνάρτηση με το βάθος ( $z$  σε m).**





### **Εκτίμηση της φορτικής ιστορίας της αργίλου**

Εφαρμόζονται οι ακόλουθες σχέσεις υπολογισμού του λόγου  $c_u / \sigma'_v$  μιάς κανονικά στερεοποιημένης (N.C) αργίλου.

- κατά Skempton:  $c_u / \sigma'_v = 0.11 + 0.0037 * PI = 0.21$
- κατά Bjerrum – Simons:  $c_u / \sigma'_v = 0.045 * \sqrt{PI} = 0.24$
- κατά Karisson – Vieberg:  $c_u / \sigma'_v = 0.005 * LL = 0.24$

Επομένως προκύπτει, μέση τιμή  $(c_u / \sigma'_v)_{\text{μέσο}} = \mathbf{0.23}$

Στο μέσο της αργιλικής στρώσης ισχύει:

$$(c_u / \sigma'_v) = 16.5 / [(8.9 * 6) + (8.1 * 4)] = 16.5 / 85.8 = 0.192 .$$

**Συμπέρασμα: Η άργιλος θεωρείται κανονικά προφορτισμένη (N.C).**

**ΣΤΡΩΣΗ ΙΙΙ : ΠΥΚΝΗ ΑΜΜΟΣ**

Από την πρότυπη δοκιμή διείσδυσης (SPT) προκύπτει ο αριθμός κρούσεων  $N$ , ο οποίος διορθώνεται λόγω υπερκειμένων γαιών και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της γωνίας τριβής ( $\varphi$ ) και το μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης ( $E_s$ ).

*Διορθωμένο  $N$  κατά Peck – Hanson – Thornburn*

<b>ΒΑΘΟΣ (m)</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma'_v</math> (kPa)</b>	<b><math>C_N</math></b>	<b><math>N_c</math></b>	<b><math>\bar{N}_c</math></b>
15.3	45	132.5	0.86	38.7	33.81
16.3	42	143.5	0.82	34.44	
18.3	45	165.5	0.77	34.65	
20.3	42	187.5	0.72	30.24	
23.8	47	226	0.66	31.02	

*Εκτίμηση γωνίας διατμητικής αντοχής ( $\varphi$ )*

Για τον υπολογισμό του  $\varphi$ , συναρτήσεσι του  $N$  εφαρμόζονται οι ακόλουθες εμπειρικές σχέσεις.

κατά Peck – Hanson – Thornburn

$$\varphi = 27.3 + 0.3 * N_c - 0.00054 * N_c = 38.06^\circ$$

κατά Osaki

$$\varphi = \sqrt{20 * N_c} + 15 = 41^\circ$$

κατά Dunham

$$\varphi = \sqrt{12 * N_c} + 25 = 41^\circ$$

κατά Hatanaka – Uchida

$$\varphi = \sqrt{20 * N_c} + 20 = 46^\circ$$

κατά De Mello

Από το αντίστοιχο νομογράφημα, προκύπτει  $\varphi = 42.5^\circ$

Ενώ συναρτήσεσι της αντοχής κώνου  $q_c$ ,

κατά Kuhlway – Maine

$$\varphi = \tan^{-1}[0.1 + 0.38 * \log(q_c / \sigma'_v)] = 41.15^\circ$$

κατά Robertson – Campanella

$$\varphi = 35^\circ + 1.15 * [q_c / (30 * \sigma'_v)] = 39.17^\circ$$

κατά Durgunoglu – Mitchell

Από το αντίστοιχο νομογράφημα προκύπτει  $\varphi = 40.5^\circ$

Συνεκτειμώντας όλες τις παραπάνω τιμές ( εκτός από τις υπερεκτιμημένες), προκύπτει η αντιπροσωπευτική τιμή για τη γωνία τριβής της στρώσης III

$$\varphi_{III} = 41^\circ$$

Εκτίμηση του μέτρου μονοδιάστατης συμπίεσης  $E_s$

Για τον υπολογισμό του  $E_s$  συναρτήσεσι του  $N$  , χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω σχέσεις :

κατά Παπαδόπουλο – Αναγνωστόπουλο

$$E_s = 690 * N + 2600 = 33098 \text{ kPa}$$

κατά Schultze – Menzebach

$$E_s = 450 * N + 3900 = 23790 \text{ kPa}$$

κατά Farrent

$$E_s = 750 * (1 - \nu^2) * N = 30733 \text{ kPa}$$

κατά Webb

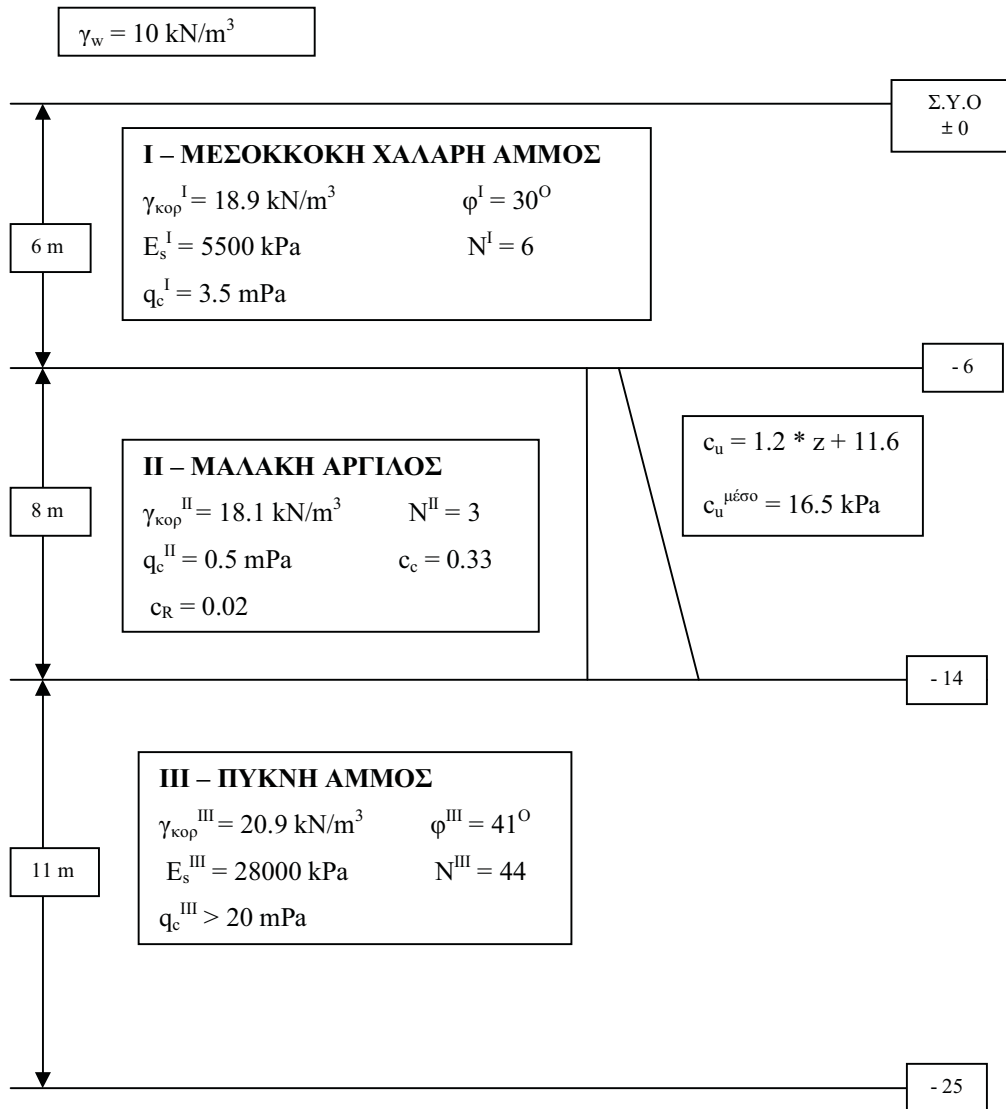
$$E_s = 333.3 * (N + 5) = 16398 \text{ kPa}$$

Από τα παραπάνω προκύπτει η μέση τιμή μέτρου μονοδιάστατης συμπίεσης για τη στρώση III,

$$E_s^{III} = 28000 \text{ kPa}$$

Με βάση όλη την παραπάνω ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας, για την περιοχή που θα κατασκευαστεί η γέφυρα και συνεπώς και το μεσόβαθρο, προκύπτει η « υπολογιστική » στρωματογραφία της επομένης σελίδας.

## ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ



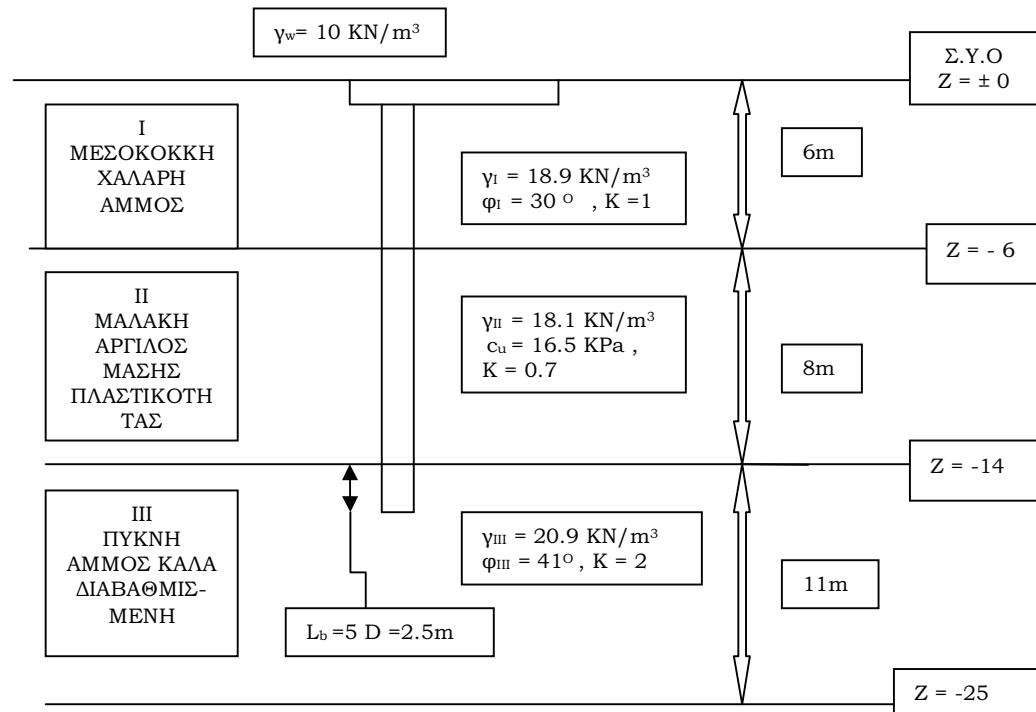
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### **ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ**

Η πρώτη λύση θεμελίωσης είναι με πασσάλους. Παρακάμπτονται και τα δύο μη ανθεκτικά εδαφικά στρώματα, η χαλαρή άμμος (Στρώμα I - με ειδικό βάρος  $\gamma_I = 18.9 \text{ KN/m}^3$ , και γωνία τριβής  $\phi_I = 30^\circ$ ) και η μαλακή άργιλος (Στρώμα II - με ειδικό βάρος  $\gamma_{II} = 18.1 \text{ KN/m}^3$ , και συνοχή  $c_u = 16.5 \text{ KPa}$ ). Έτσι θεμελιώνεται η κατασκευή απ'ευθείας σε μη προβληματικό έδαφος, την πυκνή άμμο (Στρώμα III - με ειδικό βάρος  $\gamma_{III} = 20.9 \text{ KN/m}^3$ , και γωνία τριβής  $\phi_{III} = 41^\circ$ ).

Εξετάστηκαν τρεις τύποι πασσάλων,  $\Phi 50$ ,  $\Phi 80$ ,  $\Phi 120$ . Οι πάσσαλοι διαμέτρου 50 cm υπολογίζονται με στατικούς τύπους, ενώ οι πάσσαλοι διαμέτρου 120cm υπολογίζονται με τη μέθοδο του DIN 4014. Για τους πασσάλους διαμέτρου 80cm, χρησιμοποιούνται και οι δύο μέθοδοι, και επιλέγεται αυτή που έχει το δυσμενέστερο αποτέλεσμα. Γίνεται η παραδοχή ότι ο κεφαλόδεσμος έχει ύψος 1,20 m.

## ΔΟΚΙΜΗ 1 – ΠΑΣΣΑΛΟΙ Φ50



### ΜΕ ΣΤΑΤΙΚΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ

Οι γεωστατικές τάσεις στο τέλος της στρώσης I (βάθος 6m), είναι

$$\begin{aligned} \text{Κατακόρυφη ολική} \quad \sigma_{v-6} &= \gamma_I \cdot 6 = 18.9 \cdot 6 = 113.4 \text{ kPa} \\ \text{Πίεση πόρων νερού} \quad u_{-6} &= \gamma_w \cdot 6 = 10 \cdot 6 = 60 \text{ kPa} \\ \text{Κατακόρυφη ενεργός} \quad \sigma'_{v-6} &= \sigma_{v-6} - u_{-6} = 113.4 - 60 = 53.4 \text{ kPa} \\ \text{Οριζόντια ενεργός} \quad \sigma'_{h-6} &= K \cdot \sigma'_{v-6} = 1 \cdot 53.4 = 53.4 \text{ kPa} \\ \text{Οριζόντια ολική} \quad \sigma_{h-6} &= \sigma'_{h-6} + u_w = 53.4 + 60 = 113.4 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Οι γεωστατικές τάσεις σε βάθος 3.60 m, είναι

$$\begin{aligned} \sigma_{v-3.6} &= \gamma_I \cdot 3.6 = 18.9 \cdot 3.6 = 68.04 \text{ kPa} \\ u_{-3.6} &= \gamma_w \cdot 3.6 = 10 \cdot 3.6 = 36 \text{ kPa} \\ \sigma'_{v-3.6} &= \sigma_{v-3.6} - u_{-3.6} = 68.04 - 36 = 32.04 \text{ kPa} \\ \sigma'_{h-3.6} &= K \cdot \sigma'_{v-3.6} = 1 \times 32.04 \rightarrow \sigma'_{h-3.6} = \mathbf{32.04 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

Οι γεωστατικές τάσεις σε βάθος 16.5 m (ΤΕΛΟΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ)

$$\begin{aligned} \sigma_{v-16.5} &= \gamma_I \cdot 6 + \gamma_{II} \cdot 8 + \gamma_{III} \cdot 2.5 = 310.45 \text{ kPa} \\ u_{-16.5} &= \gamma_w \cdot (6+8+2.5) = 165 \text{ kPa} \\ \sigma'_{v-16.5} &= \sigma_{v-16.5} - u_{-16.5} = 310.45 - 165 = 145.45 \text{ kPa} \\ \sigma'_{h-16.5} &= K \cdot \sigma'_{v-16.5} = 2 \cdot 145.45 = 290.9 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Τέλος, οι γεωστατικές τάσεις σε βάθος 15.25 m, είναι

$$\sigma_{v-15.25} = \gamma_I * 6 + \gamma_{II} * 8 + \gamma_{III} * 1.25 = 18.9 * 6 + 18.1 * 8 + 20.9 * 1.25 = 284.33 \text{ KPa}$$

$$u_{-15.25} = \gamma_w * (6+8+1.25) = 10 * 15.25 = 152.5 \text{ KPa}$$

$$\sigma'_{v-15.25} = \sigma_{v-15.25} - u_{-15.25} = 284.33 - 152.5 = 131.83 \text{ KPa}$$

$$\sigma'_{h-15.25} = K * \sigma'_{v-15.25} = 2 * 131.83 \rightarrow \sigma'_{h-15.25} = \mathbf{263.66 \text{ KPa}}$$

Έχοντας υπολογίσει τις απαιτούμενες γεωστατικές τάσεις μπορούμε τώρα να προχωρήσουμε στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας, καθώς και του αριθμού των πασσάλων.

#### ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ

$$\text{Για } \varphi = 30^\circ \rightarrow \delta_I = 0.5 * \varphi_I = 15^\circ$$

$$\text{Για } \varphi = 41^\circ \rightarrow \delta_{III} = 0.5 * \varphi_{III} = 20.5^\circ$$

Όπου  $\delta$  : Εσωτερική γωνία τριβής διεπιφάνειας εδάφους - πασσάλου

Συντελεστές πλευρικών τριβών ( $\tau_f$ )

$$\tau_{II} = \sigma'_{h-3.6} * \tan \delta_I = 32.04 * \tan 15^\circ \rightarrow \tau_{II} = 8.585 \text{ KPa}$$

$$\tau_{III} = a * c_{uIII} = 1 * 16.5 \rightarrow \tau_{III} = 16.5 \text{ KPa}$$

$$\tau_{III} = \sigma'_{h-15.25} * \tan \delta_{III} = 263.66 * \tan 20.5^\circ \rightarrow \tau_{III} = 98.58 \text{ KPa}$$

Αντοχή πλευρικής τριβής ( $Q_s$ )

$$Q_{sI} = \pi * D * h_I * \tau_{II} = 3.14 * 0.5 * 4.8 * 8.585 \rightarrow Q_{sI} = 64.73 \text{ KN}$$

$$Q_{sII} = \pi * D * h_{II} * \tau_{III} = 3.14 * 0.5 * 8 * 16.5 \rightarrow Q_{sII} = 207.35 \text{ KN}$$

$$Q_{sIII} = \pi * D * h_{III} * \tau_{III} = 3.14 * 0.5 * 2.5 * 98.58 \rightarrow Q_{sIII} = 387.12 \text{ KN}$$

$$\Sigma Q_s = Q_{sI} + Q_{sII} + Q_{sIII} = 64.73 + 207.35 + 387.12 \rightarrow \mathbf{\Sigma Q_s = 659.2 \text{ KN}}$$

Αντοχή Αιχμής ( $Q_b$ )

$$Q_b = [(\pi * D^2) / 4] * q_b = [(3.14 * D^2) / 4] * \sigma'_{v-16.5} * N_q = [(3.14 * (0.5)^2) / 4] * 145.45 * 80 \rightarrow \mathbf{Q_b = 2284.72 \text{ KN}}$$

Άρα η φέρουσα ικανότητα είναι

$$P_u = Q_b + \Sigma Q_s = 2284.72 + 659.2 \rightarrow \mathbf{P_u = 2943.92 \text{ KN}}$$

Το επιτρεπόμενο φορτίο είναι

$$P_{επ} = \min \{ [(Q_b + 0.8 * \Sigma Q_s) / 2], [Q_b / 2.5 + (0.8 * \Sigma Q_s) / 1], [f_{cd} * A_b] \} = \min \{ [(2284.72 + 0.8 * 659.2) / 2], [2284.72 / 2.5 + (0.8 * 659.2) / 1], [a_{cc} * (f_{ck} / \gamma_c) * A_b = 0.85 * (12000 / 1.5) * (3.14 * (0.5)^2 / 4)] \} = \min \{ 2812.08 \text{ KN}, 1441.25 \text{ KN}, 1335.18 \text{ KN} \} \rightarrow$$

$$\mathbf{P_{επ} = 1335.18 \text{ KN}}$$

Το βάρος του πασσάλου, υπό άνωση, είναι

$$W'_p = (\pi * (0.8)^2 / 4) * (16.5 - 1.2) * (25 - 10) = 45.06 \text{ KN}$$

Επιτρεπόμενο φορτίο Κεφαλής πασσάλου  $(P_{\text{επ}})^{\text{ΚΕΦ}} = P_{\text{επ}} - W'_p = 1335.48 - 45.06 \rightarrow \mathbf{(P_{\text{επ}})^{\text{ΚΕΦ}} = 1290.12 \text{ KN}}$

Επομένως, ο αριθμός των πασσάλων είναι  $n = 1.2 * \Sigma V_{\text{στατ}} / (P_{\text{επ}})^{\text{ΚΕΦ}} = 1.2 * 15000 / 1290.12 = 13.95 \rightarrow \mathbf{n = 14 \text{ πάσσαλοι } \Phi 50}$ .

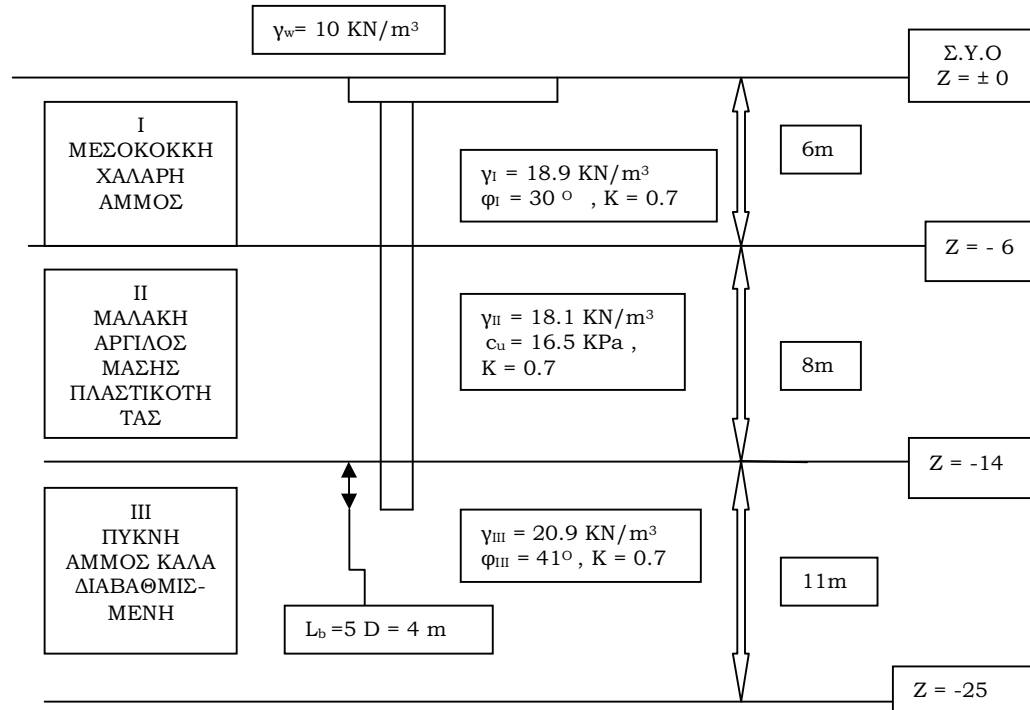
Άρα χρειάζονται 14 πάσσαλοι  $\Phi 50$ . Ο αριθμός είναι πολύ μεγάλος, και επομένως **η λύση των πασσάλων  $\Phi 50$  ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ.**

Προχωράμε στην δεύτερη δοκιμή (ΔΟΚΙΜΗ 2) με πασσάλους  $\Phi 80$ .



## ΔΟΚΙΜΗ 2 – ΠΑΣΣΑΛΟΙ Φ80

Οι πάσσαλοι Φ80 υπολογίζονται και με τη μέθοδο των στατικών τύπων και με τη μέθοδο του DIN4014. Τελικά κρατάμε τη δυσμενέστερη.



### ΜΕ ΣΤΑΤΙΚΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ

$$\sigma_{v-6} = \gamma_w * 6 = 113.4 \text{ kPa}$$

$$u_{-6} = \gamma_w * 6 = 60 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-6} = \sigma_{v-6} - u_{-6} = 53.4 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{h-6} = K * \sigma'_{v-6} = 0.7 * 53.4 = 37.38 \text{ kPa}$$

Οι γεωστατικές τάσεις σε βάθος 3.60 m είναι

$$\sigma_{v-3.6} = \gamma_I * 3.6 = 68.04 \text{ kPa}$$

$$u_{-3.6} = \gamma_w * 3.6 = 36 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-3.6} = \sigma_{v-3.6} - u_{-3.6} = 68.04 - 36 = 32.04 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{h-3.6} = K * \sigma'_{v-3.6} = 0.7 * 32.04 \rightarrow \sigma'_{h-3.6} = \mathbf{22.43 \text{ kPa}}$$

Οι γεωστατικές τάσεις σε βάθος 18 m είναι

$$\sigma_{v-18} = \gamma_I * 6 + \gamma_{II} * 8 + \gamma_{III} * 4 = 18.9 * 6 + 18.1 * 8 + 20.9 * 4 = 341.8 \text{ kPa}$$

$$u_{-18} = \gamma_w * (6 + 8 + 4) = 10 * 18 = 180 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-18} = \sigma_{v-18} - u_{-18} = 341.8 - 180 = 161.8 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{h-18} = K * \sigma'_{v-18} = 0.7 * 161.8 = 113.26 \text{ kPa}$$

Οι γεωστατικές τάσεις σε βάθος 16 m είναι

$$\sigma_{v-16} = \gamma_I * 6 + \gamma_{II} * 8 + \gamma_{III} * 2 = 18.9 * 6 + 18.1 * 8 + 20.9 * 2 = 300 \text{ kPa}$$

$$u_{-16} = \gamma_w * (6 + 8 + 2) = 10 * 16 = 160 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-16} = \sigma_{v-16} - u_{-16} = 300 - 160 = 140 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{h-16} = K \times \sigma'_{v-16} = 0.7 * 140 \rightarrow \underline{\sigma'_{h-16} = 98 \text{ kPa}}$$

Το υπό άνωση βάρος του πασσάλου είναι

$$W'_p = [\pi * (0.8)^2/4] * (18 - 1.2) * (25 - 10) = 126.67 \text{ kPa}$$

$$\text{Για } \varphi = 30^\circ \rightarrow \delta = 30^\circ$$

$$\text{Για } \varphi = 41^\circ \rightarrow \delta = 41^\circ$$

$$\tau_{II} = \sigma'_{h-3.6} * \tan\delta = 22.43 * \tan 41^\circ = 12.95 \text{ kPa}$$

$$\tau_{III} = a * c_u = 0.8 * 16.5 = 13.2 \text{ kPa}$$

$$\tau_{III} = \sigma'_{h-16} * \tan\delta = 98 * \tan 41^\circ = 85.19 \text{ kPa}$$

Αντοχή πλευρικής τριβής

$$Q_{sI} = \pi * D * h_I * \tau_{II} = 3.14 * 0.8 * 4.8 * 12.95 = 156.25 \text{ kN}$$

$$Q_{sII} = \pi * D * h_{II} * \tau_{III} = 3.14 * 0.8 * 8 * 13.2 = 265.4 \text{ kN}$$

$$Q_{sIII} = \pi * D * h_{III} * \tau_{III} = 3.14 * 0.8 * 4 * 85.19 = 856.42 \text{ kN}$$

$$\Sigma Q_s = Q_{sI} + Q_{sII} + Q_{sIII} = 156.25 + 265.4 + 856.42 \rightarrow \underline{\Sigma Q_s = 1278.07 \text{ kN}}$$

Αντοχή αιχμής

$$Q_b = [(\pi * D^2)/4] * q_b = [(3.14 * (0.8)^2)/4] * 161.8 * 80 \rightarrow \underline{Q_b = 6506.36 \text{ kN}}$$

$$\text{Άρα η φέρουσα ικανότητα είναι } P_u = Q_b + \Sigma Q_s \rightarrow \underline{P_u = 7784.43 \text{ kN}}$$

$$\begin{aligned} P_{επ} &= \min \{ [(Q_b + \Sigma Q_s * 0.8)/2] , [Q_b/2.5 + (0.8 * \Sigma Q_s)/1] , [f_{cd} * A_b] \} = \\ &= \min \{ [(6506.36 + 0.8 * 1278.07)/2] , [(6506.36/2.5) + (0.8 * \\ &1278.07)] , [(0.85 * 12000/1.5) * (3.14 * (0.8)^2/4)] \} = \\ &= \min \{ 3764.4 , 3624.25 , 3418.08 \} \rightarrow \underline{P_{επ} = 3418.05 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$(P_{επ})^{KEΦ} = P_{επ} - W'_p = 3418.05 - 126.67 \rightarrow \underline{(P_{επ})^{KEΦ} = 3291.38 \text{ kN}}$$

$$\text{ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ } n = (1.2 * \Sigma_v) / (P_{επ})^{KEΦ} = (1.2 * 15000)/3291.38 = 5.47 \rightarrow$$

**n = 6 πάσσαλοι Φ80**

ΚΑΤΑ DIN 4014

$$q_{cI} = 3.5 \text{ mPa} \rightarrow f_{suI} = (3.5/5) * 0.04 = 0.028 \text{ mPa} = 28 \text{ kPa}$$

$$c_{uII} = 16.5 \text{ kPa} \rightarrow f_{suII} = a * c_{uII} = 1 * 16.5 = 16.5 \text{ kPa}$$

$$q_{cIII} = 20 \text{ mPa} \rightarrow f_{suIII} = 0.12 \text{ mPa} = 120 \text{ kPa} \quad (q_{bu} = 3.5 \text{ mPa} = 3500 \text{ kPa})$$

Όπου  $q_c$  η αντοχή αιχμής κώνου.

## Αντοχή πλευρικής τριβής

$$Q_{sI} = f_{suI} * \pi * D * h_I = 28 * 3.14 * 0.8 * 4.8 = 337.48 \text{ kN}$$

$$Q_{sII} = f_{suII} * \pi * D * h_{II} = 16.5 * 3.14 * 0.8 * 8 = 331.75 \text{ kN}$$

$$Q_{sIII} = f_{suIII} * \pi * D * h_{III} = 120 * 3.14 * 0.8 * 4 = 1206.37 \text{ kN}$$

$$\Sigma Q_s = Q_{sI} + Q_{sII} + Q_{sIII} = 337.48 + 331.75 + 1206.37 \rightarrow \underline{\Sigma Q_s = 1875.9 \text{ kN}}$$

## Αντοχή αιχμής

$$Q_b = q_{bu} * (\pi * (0.8)^2) / 4 = 1759.3 \text{ kN} \rightarrow \underline{Q_b = 1759.3 \text{ kN}}$$

Άρα, η φέρουσα ικανότητα, είναι  $P_u = Q_b + \Sigma Q_s = 1759.3 + 1875.9 \rightarrow$

$$\underline{P_u = 3635.2 \text{ kN}}$$

Το επιτρεπόμενο φορτίο Κεφαλής, είναι

$$(P_{\varepsilon\pi})^{KE\Phi} = p_u / 2 \rightarrow \underline{(P_{\varepsilon\pi})^{KE\Phi} = 1817.6 \text{ kN}}$$

$$\text{ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ} \quad n = (1.2 * \Sigma v) / (P_{\varepsilon\pi})^{KE\Phi} = (1.2 * 15000) / 1817.6 = 9.9$$

$$\rightarrow \underline{n = 10 \text{ πάσσαλοι } \Phi 80}$$

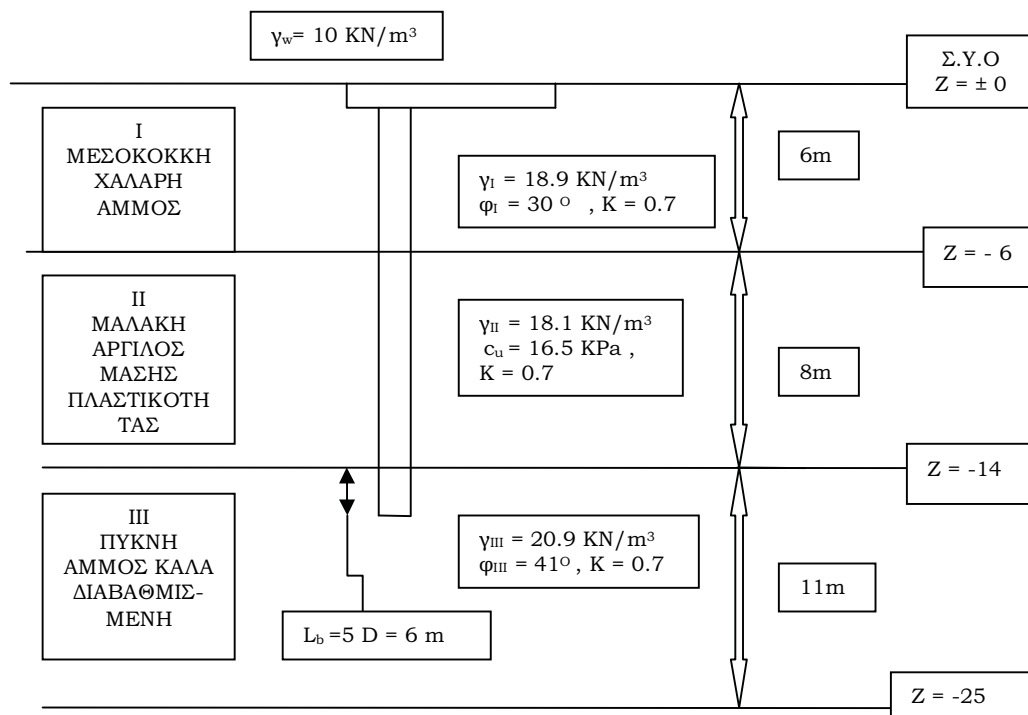
Συμπερασματικά, με τη μέθοδο των στατικών τύπων έχουμε  $n = 6$  πασσάλους  $\Phi 80$ , ενώ με τη μέθοδο του DIN 4014 έχουμε  $n = 10$  πασσάλους  $\Phi 80$ . Το DIN 4014 είναι δυσμενέστερο, και επομένως κρατάμε το  $n = 10$ .

Αυτός ο αριθμός όμως θεωρείται μεγάλος και συνεπώς η **λύση των πασσάλων  $\Phi 80$  ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ**. Επιπλέον οι πάσσαλοι  $\Phi 80$  παρ' όλον ότι είναι οικονομικότεροι από τους πασσάλους  $\Phi 120$ , είναι πολύ πιθανόν να παρουσιάσουν πρόβλημα κατά το σεισμό, λόγω της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής.

Προχωράμε στην τελική δοκιμή (ΔΟΚΙΜΗ 3) που είναι οι πάσσαλοι  $\Phi 120$ .

### ΔΟΚΙΜΗ 3 – ΠΑΣΣΑΛΟΙ Φ120

Οι πάσσαλοι Φ120 μελετώνται με τη μέθοδο του DIN 4014.



#### ΚΑΤΑ DIN 4014

$$q_{cI} = 3.5 \text{ mPa} \rightarrow f_{suI} = (3.4/5) * 0.04 = 28 \text{ kPa}$$

$$c_{uII} = 16.5 \text{ kPa} \rightarrow f_{suII} = 16.5 \text{ kPa}$$

$$q_{cIII} = 20 \text{ mPa} \rightarrow f_{suIII} = 0.12 \text{ mPa} = 120 \text{ kPa}$$

Αντοχή πλευρικής τριβής

$$Q_{sI} = f_{suI} * \pi * D * h_I = 28 * 3.14 * 1.2 * 4.8 = 506.6 \text{ kN}$$

$$Q_{sII} = f_{suII} * \pi * D * h_{II} = 16.5 * 3.14 * 1.2 * 8 = 497.63 \text{ kN}$$

$$Q_{sIII} = f_{suIII} * \pi * D * h_{III} = 120 * 3.14 * 1.2 * 6 = 2714.34 \text{ kN}$$

$$\Sigma Q_s = Q_{sI} + Q_{sII} + Q_{sIII} = 506.68 + 497.63 + 2714.34 \rightarrow \Sigma Q_s = \mathbf{3718.65 \text{ kN}}$$

Αντοχή αιχμής

$$Q_b = [(\pi * D^2)/4] * q_b = [(3.14 * (1.2)^2)/4] * 3500 \rightarrow Q_b = \mathbf{3958.41 \text{ kN}}$$

(  $q_b = 3.5 \text{ mPa}$  για  $q_{cIII} = 20 \text{ mPa}$  )

$$\text{Επομένως η φέρουσα ικανότητα, είναι } P_u = Q_b + \Sigma Q_s = 3958.41 + 3718.65 = 7677.06 \text{ kN} \rightarrow$$

$$\mathbf{P_u = 7677.06 \text{ kN}}$$

Το επιτρεπόμενο φορτίο Κεφαλής πασσάλου, είναι

$$(P_{επ})^{KE\Phi} = P_u/2 \rightarrow \mathbf{(P_{επ1})^{KE\Phi} = 3838.5 \text{ kN} = 3.84 \text{ mN}}$$

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ  $n = (1.2 * \Sigma_v) / (P_{\varepsilon\pi})^{KE\Phi} = (1.2 * 15000) / 3838.5 = 4.69$   
 $\rightarrow$

**$n = 5$  πάσσαλοι  $\Phi 120$**

ΚΑΜΠΥΛΗ "P - S"  
(ΦΟΡΤΙΩΝ - ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ) ΚΑΤΑ DIN 4014  
ΓΙΑ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ  $\Phi 120$

$$1) s_{rg} = \min \{ 0.5 * Q_{rg}^{(mN)} + 0.5, 3 \} = \min \{ 2.36, 3 \}$$

$$\rightarrow s_{rg} = \mathbf{2.36 \text{ cm}}$$

(όπου  $Q_{rg} = \Sigma Q_s = 3718.65 \text{ kN}$ , και  $Q_{bu} = 3958 \text{ kN} = 3.96 \text{ mN}$ )

$$2) \text{ Για } s = 0.02 * d = 0.02 * 120 = 2.4 \text{ cm} \rightarrow Q_{b0.02d} = 1.4 * (\pi * (1.2)^2) / 4 = 1.584 \rightarrow \mathbf{Q_{b0.02d} = 1.58 \text{ mN}}$$

$$3) \text{ Για } s = 0.03 * d = 0.03 * 120 = 3.6 \text{ cm} \rightarrow Q_{b0.03d} = 1.8 * (\pi * (1.2)^2) / 4 = 2.36 \rightarrow \mathbf{Q_{b0.03d} = 2.04 \text{ mN}}$$

$$4) \text{ Για } s = 0.1 * d = 0.1 * 120 = 12 \text{ cm} \rightarrow \mathbf{Q = Q_{rg} = \Sigma Q_s = 3.72 \text{ mN}}$$

$$Q_{bpsu} / Q_{b0.02d} = s_{rg} / (0.02 * d) \rightarrow Q_{bpsu} = (2.36 / 2.4) * 1.584 \rightarrow Q_{bpsu} = 1.5576$$

$$\rightarrow \mathbf{Q_{bpsu} = 1.56 \text{ Mn}}$$

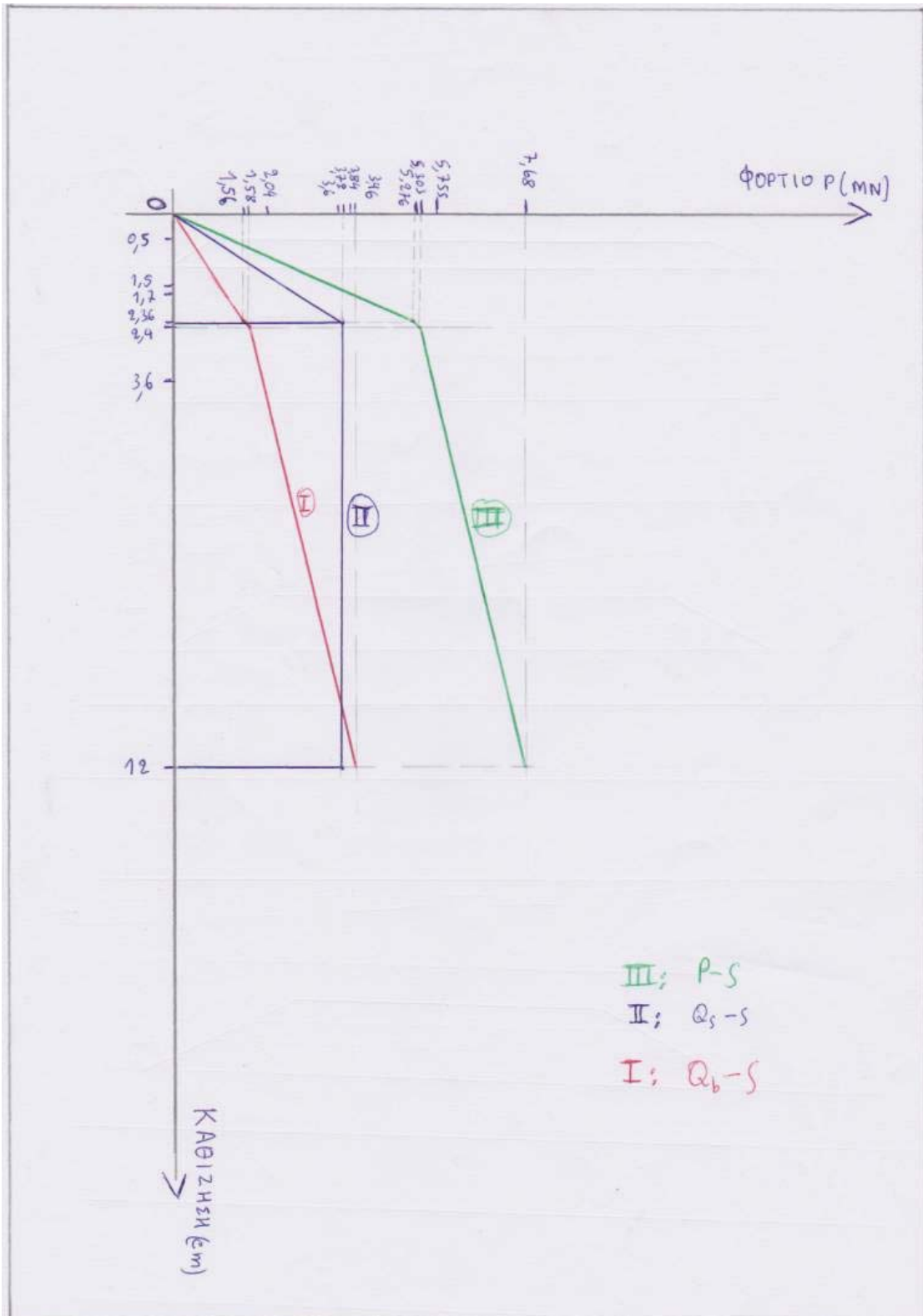
$$\text{Για } P_u / 2 = 3.84 \text{ mN} \rightarrow s = 1.7 \text{ cm}$$

$$\text{Για } s_{\max\pi} = 1.5 \text{ cm} \rightarrow \mathbf{[P_{\varepsilon\pi 2}]^{KE\Phi} = 3.6 \text{ mN}}$$

$$\text{Επομένως, } [P_{\varepsilon\pi}]^{KE\Phi} = \min \{ [P_{\varepsilon\pi 1}]^{KE\Phi}, [P_{\varepsilon\pi 2}]^{KE\Phi} \} = \min \{ 3.84 \text{ mN}, 3.6 \text{ mN} \} \rightarrow$$

$$\mathbf{[P_{\varepsilon\pi}]^{KE\Phi} = 3.6 \text{ mN}}$$

Ακολουθεί το διάγραμμα ΦΟΡΤΙΩΝ - ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΟΡΤΙΩΝ - ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΚΑΜΠΥΛΗΣ 'ΦΟΡΤΙΩΝ - ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ'

**ΚΑΜΠΥΛΗ 'P - s' (ΠΡΑΣΙΝΗ - III)**

$$\text{Για } Q_{III1} = 0 \rightarrow S_{III1} = 0$$

$$\text{Για } Q_{III2} = Q_{bpsu} + \Sigma Q_s = 5.276 \text{ mN} \rightarrow s_{III2} = s_{rg} = 2.36 \text{ cm}$$

$$\text{Για } Q_{III3} = Q_{b0.02d} + \Sigma Q_s = 5.303 \text{ mN} \rightarrow s_{III3} = s_{0.02d} = 2.4 \text{ cm}$$

$$\text{Για } Q_{III4} = Q_{b0.03d} + \Sigma Q_s = 5.755 \text{ mN} \rightarrow s_{III4} = s_{0.03d} = 3.6 \text{ cm}$$

$$\text{Για } Q_{III5} = P_u = Q_{bu} + \Sigma Q_s = 7.68 \text{ mN} \rightarrow s_{III5} = s_{0.1d} = 12 \text{ cm}$$

**ΚΑΜΠΥΛΗ 'Q<sub>b</sub> - s' (ΚΟΚΚΙΝΗ - II)**

$$\text{Για } Q_{II1} = 0 \rightarrow s_{II1} = 0$$

$$\text{Για } Q_{II2} = Q_{bpsu} = Q_{b0.02d} * (s_{rg}/s_{0.02d}) = 1.584 * (2.36/2.4) = 1.56 \text{ mN} \rightarrow s_{II2} = s_{rg} = 2.36 \text{ cm}$$

$$\text{Για } Q_{II3} = Q_{b0.02d} = 1.4 * [\pi * (1.2)^2]/4 = 1.58 \text{ mN} \rightarrow s_{II3} = s_{0.02d} = 2.4 \text{ cm}$$

$$\text{Για } Q_{II4} = Q_{b0.03d} = 1.8 * [\pi * (1.2)^2]/4 = 2.04 \text{ mN} \rightarrow s_{II4} = s_{0.03d} = 3.6 \text{ cm}$$

$$\text{Για } Q_{II5} = Q_{b0.1d} = 3.5 * [\pi * (1.2)^2]/4 = 3.96 \text{ mN} \rightarrow s_{II5} = s_{0.1d} = 12 \text{ cm}$$

**ΚΑΜΠΥΛΗ 'Q<sub>s</sub> - s' (ΜΠΛΕ - I)**

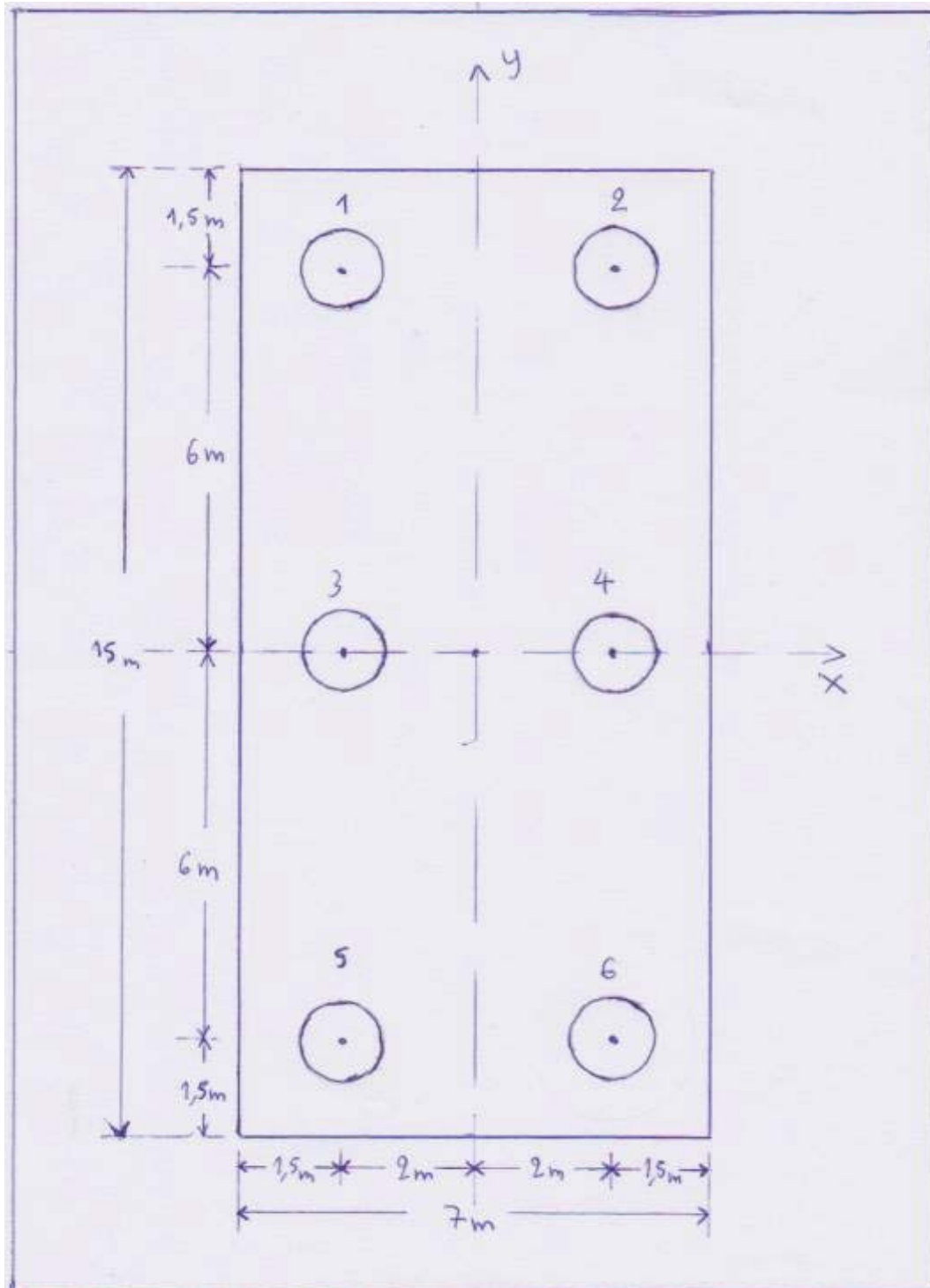
$$\text{Για } Q_{I1} = 0 \rightarrow s_{I1} = 0$$

$$\text{Για } Q_{I2} = \Sigma Q_s = 3.72 \text{ mN} \rightarrow s_{I2} = s_{rg} = 2.36 \text{ cm}$$

$$\text{Για } Q_{I3} = \Sigma Q_s = 3.72 \text{ mN} \rightarrow s_{I3} = s_{0.1d} = 12 \text{ cm}$$

Επομένως, τελικά επιλέγουμε να τοποθετηθούν 6 πάσσαλοι Φ120.

Στην επόμενη σελίδα ακολουθεί η διάταξη των πασσάλων



#### ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΑΣΣΑΛΩΝ

Συντεταγμένες				
A/A	$x_i$	$y_i$	$(x_i)^2$	$(y_i)^2$
1	-2	+6	4	36
2	+2	+6	4	36
3	-2	0	4	0
4	+2	0	4	0
5	-2	-6	4	36
6	+2	-6	4	36
Σ	-	-	24	144



Στατική Φόρτιση

$$[P_{\max}]_{\text{στατ}} = \Sigma V_{\text{στατ}}/n + M_{x-x} * (x_i)_{\max} / \Sigma(x_i)^2 = (15000/6) + [(9000 * 2)/24] = 2500 + 750 \rightarrow [P_{\max}]_{\text{στατ}} = 3250 \text{ kN} < P_{\text{επ}} = 3600 \text{ kN}$$

$$[P_{\min}]_{\text{στατ}} = \Sigma V_{\text{στατ}}/n + M_{x-x} * (x_i)_{\max} / \Sigma(x_i)^2 = (15000/6) - [(9000 * 2)/24] = 2500 - 750 \rightarrow [P_{\min}]_{\text{στατ}} = 1750 \text{ kN}$$

Σεισμική Φόρτιση

$$[P_{\max}]_{\text{σεισμ}} = \Sigma V_{\text{σεισμ}}/n + M_{x-x} * (x_i)_{\max} / \Sigma(x_i)^2 = (11500/6) + [(16000 * 2)/24] = 1916.67 + 1333.33 \rightarrow [P_{\max}]_{\text{σεισμ}} = 3250 \text{ kN} < P_{\text{επ}} = 3600 \text{ kN}$$

$$[P_{\min}]_{\text{σεισμ}} = \Sigma V_{\text{σεισμ}}/n - M_{x-x} * (x_i)_{\max} / \Sigma(x_i)^2 = (11500/6) - [(16000 * 20)/24] = 1916.67 - 1333.33 \rightarrow [P_{\min}]_{\text{σεισμ}} = 583.34 \text{ kN}$$

ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ

$$e_{\text{στατ}} = [\Sigma M / \Sigma V]_{\text{στατ}} = 9000 / 15000 = 0.6 \text{ m}$$

$$e_{\text{σεισμ}} = [\Sigma M / \Sigma V]_{\text{σεισμ}} = 16000 / 11500 = 1.39 \text{ m}$$

Προσδιορισμός Ροπής αντοχής ( $M_{\text{yield}}$ ) πασσάλου Φ120

$$(r = 0.6 \text{ m}, B_n = 250 \rightarrow B_R = 17.5 \text{ mPa}, B_s/B_R = 24)$$

Βήμα 1 : Υπολογισμός N και n

Στατική Φόρτιση

$$N = \Sigma V_{\text{στατ}}/6 = 15000/6 = 2500 \text{ kN} = 2.5 \text{ mN}$$

$$n = N / (B_R * r^2) = 2.5 / [17.5 * (0.6)^2] = 0.3968 \rightarrow \underline{n = 0.4}$$

Σεισμική Φόρτιση

$$N_{\text{σεισμ}} = \Sigma V_{\text{σεισμ}} / 6 = 1916.67 \text{ kN}$$

$$n_{\text{σεισμ}} = 1.91667 / [17.5 * (0.6)^2] = 0.051$$

Βήμα 2 : Υπολογισμός  $\mu_0$

$$\text{συνFe} = \mu_0 \times [1 / (B_s / B_R)] * \pi * r^2 \leftrightarrow 0.01\pi * r^2 = \mu_0 * [1/24] * \pi * r^2 \rightarrow \rightarrow \underline{\mu_0 = 0.24}$$

Βήμα 3 : Από (n,  $\mu_0$ )  $\rightarrow v = 1.6$  και  $m = 0.525$

$$m = M_{\text{επ}} / (B_R * r^3) \rightarrow M_{\text{επ}} = m * r^3 * B_R = 0.525 * (0.6)^3 * 17.5 \rightarrow$$

$$\underline{M_{\text{επ}} = 1984.5 \text{ kNm}}$$

Βήμα 4:

Από  $M_{\text{επ}} = m * B_R * r^3 = 1984.5$  και  $v = 1.6$ , προκύπτει **η Ροπή Αντοχής** του πασσάλου (Φ120), που είναι  $M_{\text{yield}} = v * M_{\text{επ}} = 1.6 * 1984.5 \rightarrow$

$$\underline{M_{yield} = 3175.2 \text{ kNm}}$$

Ανάλυση πασσάλου Φ120 σε Οριζόντια Φόρτιση κατά Broms

Δια της ατόπου απαγωγής θα βρούμε αν ο πάσσαλος, υπό οριζόντια φόρτιση, συμπεριφέρεται ως κοντός, ενδιάμεσος ή μακρός.

Έστω ότι ο πάσσαλος συμπεριφέρεται σαν κοντός :

$$(H_u)_κ = 1.5 * \gamma' * L^2 * B * k_p = 1.5 * (18.9 - 10) * 20^2 * 1.2 * 3 = 19224 \text{ kN}$$

$$(M_{\Pi})_κ = (H_u)_κ * (2/3) * 20 = 25630 \text{ kNm} > M_{yield} = 3175.2 \text{ kNm}.$$

Άρα δεν είναι κοντός.

Έστω ότι ο πάσσαλος συμπεριφέρεται σαν ενδιάμεσος :

$$M_{yield} = (0.5 * \gamma' * B * L^3 * k_p) - [H_u]_{ενδ} * L \rightarrow (H_u)_{ενδ} = (0.5 * (18.9 - 10) * 1.2 * 20^3) / 20 \rightarrow [H_u]_{ενδ} = 2136 \text{ kN}$$

$$f_{ενδ} = 0.82 * [(H_u)_{ενδ} / (B * k_p * \gamma')]^{0.5} = 0.82 * (2136 / (1.2 * 3 * 8.9))^{0.5} = 6.695 \text{ m}$$

$$(M^{av})_{max} = (H_u)_{ενδ} * (2/3) * f_{ενδ} = 2136 * (2/3) * 6.695 = 9533.68 \text{ kNm} > 2 * M_{yield} = 6350.4 \text{ kNm}.$$

Άρα δεν είναι ούτε ενδιάμεσος.

Έστω ότι συμπεριφέρεται σαν μακρός:

$$(H_u)_M * [(2/3) * 0.82 * [(H_u)_M / (3 * 8.9 * 1.2)]^{0.5} + e^{0.6}] = 2 * M_{yield}$$

$$\leftrightarrow (H_u)_M * [0.09658 * [(H_u)_M]^{0.5} + 0.6] = 6350.9$$

ΜΕ ΔΟΚΙΜΕΣ

$$\underline{(H_u)_M = 1474,15 \text{ kN}}$$

$$\text{και } f_M = 0.82 * [(H_u)_M / (3 * 8.9 * 1.2)]^{0.5} = 5.652 \text{ m} < 6 \text{ m} .$$

$$(H_{επ})_{ομ} = n * (H_u)_M / 2 \rightarrow \underline{(H_{επ})_{ομ} = 4422.45 \text{ kN}} > \Sigma H_{στατ} = 1800 \text{ kN}.$$

Άρα ο πάσσαλος, υπό οριζόντια φόρτιση συμπεριφέρεται ως ΜΑΚΡΟΣ .

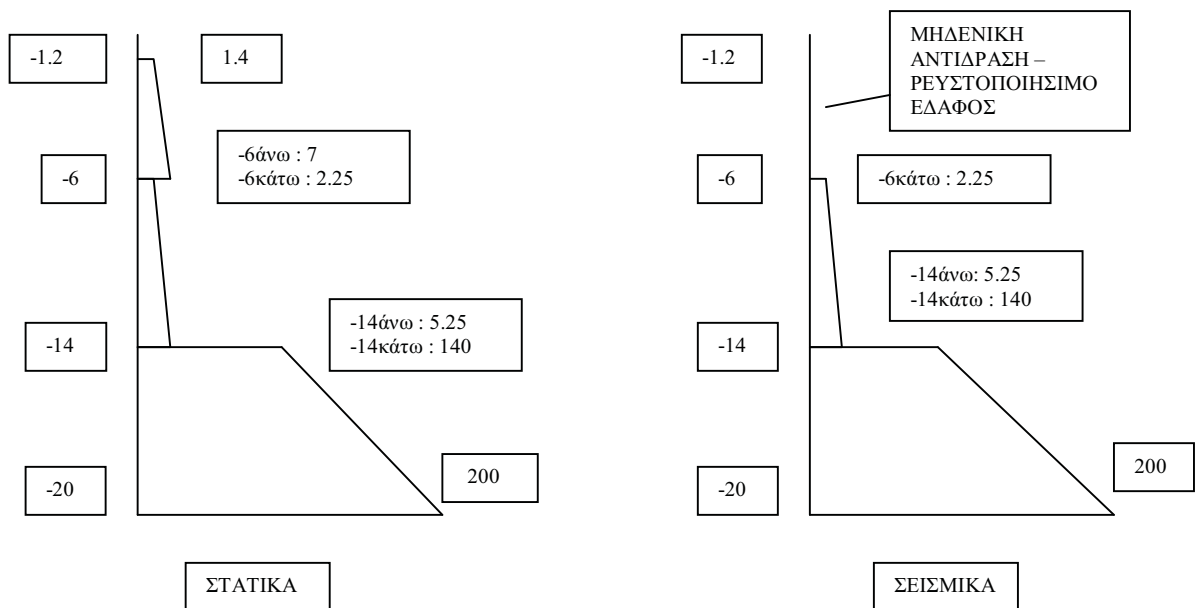
Σημείωση: Για τον υπολογισμό της ροπής αντοχής χρησιμοποιήθηκαν οι ΠΙΝΑΚΕΣ 1Α – 1Δ του παραρτήματος.

ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΛΑΦΟΥΣ  
ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Οι οριζόντιοι δείκτες εδάφους σε μορφή πίνακα

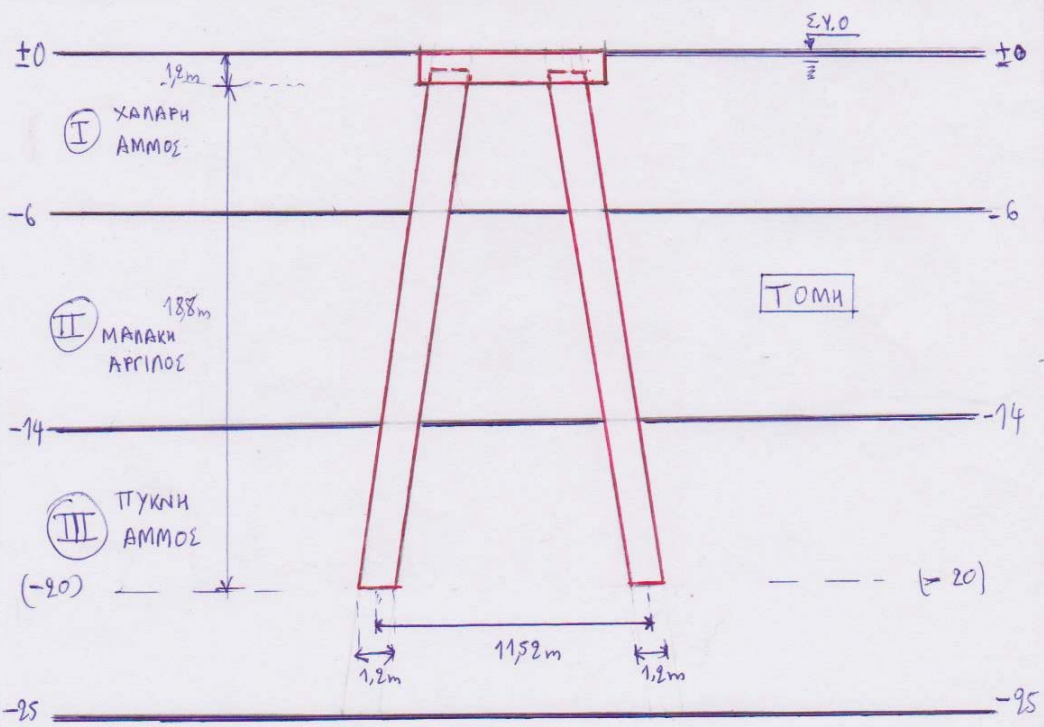
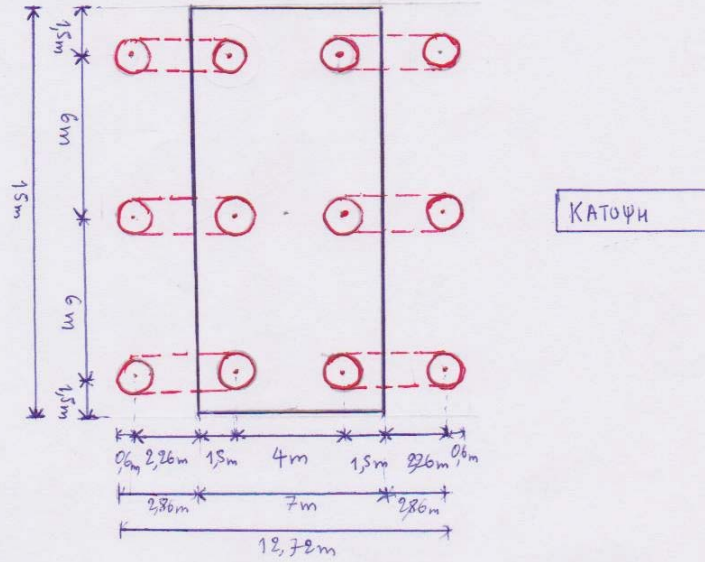
ΣΤΑΤΙΚΑ	ΒΑΘΟΣ	ΣΕΙΣΜΙΚΑ
$K_{h-1,2} = 1.4 \times (1.2/1.2) = 1.4$ mN/m <sup>3</sup>	- 1.2	$K_{h-1,2} = 0$
$K_{h-6άνω} = 1.4 \times (6/1.20) = 7$ mN/m <sup>3</sup>	- 6 άνω	$K_{h-6άνω} = 0$
$K_{h-6κάτω} = 0.45 \times (6/1.20) = 2.25$ mN/m <sup>3</sup>	- 6 κάτω	$K_{h-6κάτω} = 2.25$ mN/m <sup>3</sup>
$K_{h-14άνω} = 0.45 \times (14/1.2) = 5.25$ mN/m <sup>3</sup>	- 14 άνω	$K_{h-14άνω} = 5.25$ mN/m <sup>3</sup>
$K_{h-14κάτω} = 12 \times (14/1.2) = 140$ mN/m <sup>3</sup>	- 14 κ'άτω	$K_{h-14κάτω} = 140$ mN/m <sup>3</sup>
$K_{h-20} = 12 \times (20/1.2) = 200$ mN/m <sup>3</sup>	- 20	$K_{h-20} = 200$ mN/m <sup>3</sup>

Και σε μορφή διαγράμματος



Ακολουθούν, η τελική διάταξη των πασσάλων και κατόπιν τα αποτελέσματα του προγράμματος ΡΦΑΗΛ. Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει τα διαγράμματα κατανομών των τεμνουσών δυνάμεων και των ροπών κάμψης καθ' ύψος. Επίσης υπολογίζει την πλευρική μετατόπιση κεφαλής του κάθε πασσάλου, για διάφορες διατάξεις των πασσάλων, υπό στατική και σεισμική λειτουργία..

ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΑΣΣΑΛΩΝ  $\phi 120$   
(ΛΥΣΗ ΠΑΣΣΑΛΩΝ)



ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
 ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 1

RIB/RZB-Prog. P F A H L I04 Räumliche Pfahlwerke

PILE GROUP 6 PILES D=1.2m (STATIKH FORTISH)

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ

E C H O D R U C K D E R E I N G A B E  
 =====

GEOM 1 18.8 0.0 -2.0 -6.0 0.00 0.00  
 2 = = 2.0 -6.0 = =  
 3 = = -2.0 0.0 = =  
 4 = = 2.0 0.0 = =  
 5 = = -2.0 6.0 = =  
 6 = = 2.0 6.0 = =  
 QUER (1 6 1) 0.116 0.116 0.232 1.13  
 MATE 30000. 13000.  
 BETT 1 5.00 4.8  
 1 4.50 8.0  
 1 204.00 6.0  
 RAND (1 6 1) 0 1 1 0 0 0.  
 LAST 1 15000.0 1800.0 0.0 0.0 0.0 9000.0  
 AUSG 1 10 0 1  
 ENDE

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
 ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 2

PROTOKOLL DER EINGABE  
 =====

1. SYSTEM

BRAUCHBARKEITSUNTERSUCHUNG WURDE DURCHGEFUEHRT  
 \*\*\*\*\*

DIMENSIONEN:

LAENGE ,ABSTAND ,KOORDINATEN (M)  
 WINKEL (ALTGRAD)  
 TRAEGHEITSMOMENTE (M\*\*4)  
 FLAECHE (M\*\*2)  
 BETTUNGSGROESSE QUER Z. PFAHL (MN/M\*\*2)  
 BETTUNGSGROESSE AM FUSS (MN/M\*\*3)  
 KRAEFTE (KN)  
 MOMENTE (KN.M)  
 VERSCHIEBUNGEN (M)  
 VERDREHUNGEN (1)  
 BODENPRESSUNG (MN/M)

LAGERUNGSART:

ART KOPF FUSS  
 0 I-----I  
 1 0-----I  
 2 0-----0  
 3 I-----0  
 4 I-----  
 5 0-----

GEOMETRIE DES SYSTEMS

PFAHL	L (M)	X (M)	Y (M)	Z (M)	ALPHA (GRD)	OMEGA (GRD)
1	18.800	.000	-2.000	-6.000	.000	.000
2	18.800	.000	2.000	-6.000	.000	.000
3	18.800	.000	-2.000	.000	.000	.000
4	18.800	.000	2.000	.000	.000	.000
5	18.800	.000	-2.000	6.000	.000	.000
6	18.800	.000	2.000	6.000	.000	.000

E= 30000. (MN/M2) G= 13000. (MN/M2)

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ

ΣΕΛΙΔΑ: 3

## ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

## QUERSCHNITTSWERTE

PFAHL	I1 (M4)	I2 (M4)	IT (M4)	F (M2)
1- 6	.11600	.11600	.23200	1.13000

## SYSTEM BESCHREIBUNG

PFAHL	LAGERUNG ART	QUERBELASTUNG Y1 Z1	BETTUNGSVERLAUF Y1 Z1	FUSS (MN/M3)
1- 6	0	0 0	1 1	STARR

## BETTUNGSVERLAUF

BETTUNGSNR.	ABSCHN.	ORDINATE (MN/M2)	ABSTAND (M)
1	1	5.0000	4.800
	2	4.5000	8.000
	3	204.0000	6.000

## LASTFAELLE

LFNR	RX (KN)	RY (KN)	RZ (KN)	MX (KNM)	MY (KNM)	MZ (KNM)
1	15000.0	1800.0	.0	.0	.0	9000.0

## E R G E B N I S S E

## GESAMTFORMAENDERUNG AM BEZUGSPUNKT

LFNR	VX (M)	VY (M)	VZ (M)	DX (1)	DY (1)	DZ (1)
1	.00139	.00786	.00000	.00000	.00000	.00005

ΕΡΓΟ : ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ

ΣΕΛΙΔΑ: 4

## ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

LASTFALL: 1

## SCHNITTKRAEFTE

PF	X/L	M1 (KNM)	Q2 (KN)	M2 (KNM)	Q1 (KN)	MRES (KNM)	QRES (KN)	N (KN)	MT (KNM)
1	.0	.0	.0	-1153.2	-300.0	1153.2	300.0	-2673.4	.0
	.1	.0	.0	-658.1	-227.3	658.1	227.3		
	.2	.0	.0	-293.7	-162.0	293.7	162.0		
	.3	.0	.0	-40.5	-110.8	40.5	110.8		
	.4	.0	.0	132.2	-74.9	132.2	74.9		
	.5	.0	.0	248.5	-50.7	248.5	50.7		
	.6	.0	.0	329.1	-36.6	329.1	36.6		
	.7	.0	.0	384.3	4.7	384.3	4.7		
	.8	.0	.0	273.9	90.0	273.9	90.0		
	.9	.0	.0	94.5	95.6	94.5	95.6		
	1.0	.0	.0	-82.0	93.1	82.0	93.1		
2	.0	.0	.0	-1153.2	-300.0	1153.2	300.0	-2326.6	.0
	.1	.0	.0	-658.1	-227.3	658.1	227.3		
	.2	.0	.0	-293.7	-162.0	293.7	162.0		
	.3	.0	.0	-40.5	-110.8	40.5	110.8		
	.4	.0	.0	132.2	-74.9	132.2	74.9		
	.5	.0	.0	248.5	-50.7	248.5	50.7		
	.6	.0	.0	329.1	-36.6	329.1	36.6		
	.7	.0	.0	384.3	4.7	384.3	4.7		
	.8	.0	.0	273.9	90.0	273.9	90.0		
	.9	.0	.0	94.5	95.6	94.5	95.6		
	1.0	.0	.0	-82.0	93.1	82.0	93.1		
3	.0	.0	.0	-1153.2	-300.0	1153.2	300.0	-2673.4	.0
	.1	.0	.0	-658.1	-227.3	658.1	227.3		
	.2	.0	.0	-293.7	-162.0	293.7	162.0		
	.3	.0	.0	-40.5	-110.8	40.5	110.8		
	.4	.0	.0	132.2	-74.9	132.2	74.9		
	.5	.0	.0	248.5	-50.7	248.5	50.7		
	.6	.0	.0	329.1	-36.6	329.1	36.6		
	.7	.0	.0	384.3	4.7	384.3	4.7		
	.8	.0	.0	273.9	90.0	273.9	90.0		
	.9	.0	.0	94.5	95.6	94.5	95.6		
	1.0	.0	.0	-82.0	93.1	82.0	93.1		
4	.0	.0	.0	-1153.2	-300.0	1153.2	300.0	-2326.6	.0
	.1	.0	.0	-658.1	-227.3	658.1	227.3		
	.2	.0	.0	-293.7	-162.0	293.7	162.0		
	.3	.0	.0	-40.5	-110.8	40.5	110.8		
	.4	.0	.0	132.2	-74.9	132.2	74.9		
	.5	.0	.0	248.5	-50.7	248.5	50.7		
	.6	.0	.0	329.1	-36.6	329.1	36.6		
	.7	.0	.0	384.3	4.7	384.3	4.7		
	.8	.0	.0	273.9	90.0	273.9	90.0		
	.9	.0	.0	94.5	95.6	94.5	95.6		
	1.0	.0	.0	-82.0	93.1	82.0	93.1		



ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ

ΣΕΛΙΔΑ: 5

ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

SCHNITTKRAEFTE									
PF	X/L	M1	Q2	M2	Q1	MRES	QRES	N	MT
		(KNM)	(KN)	(KNM)	(KN)	(KNM)	(KN)	(KN)	(KNM)
5	.0	.0	.0	-1153.2	-300.0	1153.2	300.0	-2673.4	.0
	.1	.0	.0	-658.1	-227.3	658.1	227.3		
	.2	.0	.0	-293.7	-162.0	293.7	162.0		
	.3	.0	.0	-40.5	-110.8	40.5	110.8		
	.4	.0	.0	132.2	-74.9	132.2	74.9		
	.5	.0	.0	248.5	-50.7	248.5	50.7		
	.6	.0	.0	329.1	-36.6	329.1	36.6		
	.7	.0	.0	384.3	4.7	384.3	4.7		
	.8	.0	.0	273.9	90.0	273.9	90.0		
	.9	.0	.0	94.5	95.6	94.5	95.6		
	1.0	.0	.0	-82.0	93.1	82.0	93.1		
6	.0	.0	.0	-1153.2	-300.0	1153.2	300.0	-2326.6	.0
	.1	.0	.0	-658.1	-227.3	658.1	227.3		
	.2	.0	.0	-293.7	-162.0	293.7	162.0		
	.3	.0	.0	-40.5	-110.8	40.5	110.8		
	.4	.0	.0	132.2	-74.9	132.2	74.9		
	.5	.0	.0	248.5	-50.7	248.5	50.7		
	.6	.0	.0	329.1	-36.6	329.1	36.6		
	.7	.0	.0	384.3	4.7	384.3	4.7		
	.8	.0	.0	273.9	90.0	273.9	90.0		
	.9	.0	.0	94.5	95.6	94.5	95.6		
	1.0	.0	.0	-82.0	93.1	82.0	93.1		

E N D E  
=====

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 1

RIB/RZB-Prog. P F A H L I04 Räumliche Pfahlwerke

PILE GROUP 6 PILES      D=1.2m      (SEISMΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ)

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ

E C H O D R U C K D E R E I N G A B E

```

=====
GEOM 1 18.8 0.0 -2.0 -6.0 0.00 0.00
      2  =   =  2.0 -6.0  =   =
      3  =   = -2.0  0.0  =   =
      4  =   =  2.0  0.0  =   =
      5  =   = -2.0  6.0  =   =
      6  =   =  2.0  6.0  =   =
QUER (1 6 1) 0.116 0.116 0.232 1.13
MATE 30000. 13000.
BETT 1 0.00 4.8
      1  4.50 8.0
      1 204.00 6.0
RAND (1 6 1) 0 1 1 0 0 0.
LAST 1 11500.0 2740.0 0.0 0.0 0.0 16000.0
AUSG 1 10 0 1
ENDE

```

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 2

PROTOKOLL DER EINGABE

1. SYSTEM

BRAUCHBARKEITSUNTERSUCHUNG WURDE DURCHGEFUEHRT  
\*\*\*\*\*

DIMENSIONEN:

LAENGE, ABSTAND, KOORDINATEN (M)  
WINKEL (ALTGRAD)  
TRAEGHEITSMOMENTE (M\*\*4)  
FLAECHEEN (M\*\*2)  
BETTUNGSGROESSE QUER Z. PFAHL (MN/M\*\*2)  
BETTUNGSGROESSE AM FUSS (MN/M\*\*3)  
KRAEFTE (KN)  
MOMENTE (KN.M)  
VERSCHIEBUNGEN (M)  
VERDREHUNGEN (1)  
BODENPRESSUNG (MN/M)

LAGERUNGSART:

ART KOPF FUSS  
0 I-----I  
1 0-----I  
2 0-----0  
3 I-----0  
4 I-----  
5 0-----

GEOMETRIE DES SYSTEMS

PFAHL	L (M)	X (M)	Y (M)	Z (M)	ALPHA (GRD)	OMEGA (GRD)
1	18.800	.000	-2.000	-6.000	.000	.000
2	18.800	.000	2.000	-6.000	.000	.000
3	18.800	.000	-2.000	.000	.000	.000
4	18.800	.000	2.000	.000	.000	.000
5	18.800	.000	-2.000	6.000	.000	.000
6	18.800	.000	2.000	6.000	.000	.000

E= 30000. (MN/M2) G= 13000. (MN/M2)

ΕΡΓΟ : ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ

ΣΕΛΙΔΑ: 3

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

QUERSCHNITTSWERTE

PFAHL	I1 (M4)	I2 (M4)	IT (M4)	F (M2)
1- 6	.11600	.11600	.23200	1.13000

SYSTEM BESCHREIBUNG

PFAHL	LAGERUNG ART	QUERBELASTUNG Y1 Z1	BETTUNGSVERLAUF Y1 Z1	FUSS (MN/M3)
1- 6	0	0 0	1 1	STARR

BETTUNGSVERLAUF

BETTUNGSNR.	ABSCHN.	ORDINATE (MN/M2)	ABSTAND (M)
1	1	.0000	4.800
	2	4.5000	8.000
	3	204.0000	6.000

LASTFAELLE

LFNR	RX (KN)	RY (KN)	RZ (KN)	MX (KNM)	MY (KNM)	MZ (KNM)
1	11500.0	2740.0	.0	.0	.0	16000.0

=====

GESAMTFORMAENDERUNG AM BEZUGSPUNKT

LFNR	VX (M)	VY (M)	VZ (M)	DX (1)	DY (1)	DZ (1)
1	.00106	.02561	.00000	.00000	.00000	-.00002

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 4

LASTFALL: 1

## SCHNITTKRAEFTE

PF	X/L	M1 (KNM)	Q2 (KN)	M2 (KNM)	Q1 (KN)	MRES (KNM)	QRES (KN)	N (KN)	MT (KNM)
1	.0	.0	.0	-2808.3	-456.7	2808.3	456.7	-1845.8	.0
	.1	.0	.0	-1949.8	-456.7	1949.8	456.7		
	.2	.0	.0	-1091.3	-456.7	1091.3	456.7		
	.3	.0	.0	-261.3	-390.0	261.3	390.0		
	.4	.0	.0	352.6	-269.6	352.6	269.6		
	.5	.0	.0	776.7	-187.7	776.7	187.7		
	.6	.0	.0	1079.7	-139.7	1079.7	139.7		
	.7	.0	.0	1295.5	3.2	1295.5	3.2		
	.8	.0	.0	935.2	301.9	935.2	301.9		
	.9	.0	.0	329.0	324.6	329.0	324.6		
	1.0	.0	.0	-270.9	316.6	270.9	316.6		
2	.0	.0	.0	-2808.3	-456.7	2808.3	456.7	-1987.5	.0
	.1	.0	.0	-1949.8	-456.7	1949.8	456.7		
	.2	.0	.0	-1091.3	-456.7	1091.3	456.7		
	.3	.0	.0	-261.3	-390.0	261.3	390.0		
	.4	.0	.0	352.6	-269.6	352.6	269.6		
	.5	.0	.0	776.7	-187.7	776.7	187.7		
	.6	.0	.0	1079.7	-139.7	1079.7	139.7		
	.7	.0	.0	1295.5	3.2	1295.5	3.2		
	.8	.0	.0	935.2	301.9	935.2	301.9		
	.9	.0	.0	329.0	324.6	329.0	324.6		
	1.0	.0	.0	-270.9	316.6	270.9	316.6		
3	.0	.0	.0	-2808.3	-456.7	2808.3	456.7	-1845.8	.0
	.1	.0	.0	-1949.8	-456.7	1949.8	456.7		
	.2	.0	.0	-1091.3	-456.7	1091.3	456.7		
	.3	.0	.0	-261.3	-390.0	261.3	390.0		
	.4	.0	.0	352.6	-269.6	352.6	269.6		
	.5	.0	.0	776.7	-187.7	776.7	187.7		
	.6	.0	.0	1079.7	-139.7	1079.7	139.7		
	.7	.0	.0	1295.5	3.2	1295.5	3.2		
	.8	.0	.0	935.2	301.9	935.2	301.9		
	.9	.0	.0	329.0	324.6	329.0	324.6		
	1.0	.0	.0	-270.9	316.6	270.9	316.6		
4	.0	.0	.0	-2808.3	-456.7	2808.3	456.7	-1987.5	.0
	.1	.0	.0	-1949.8	-456.7	1949.8	456.7		
	.2	.0	.0	-1091.3	-456.7	1091.3	456.7		
	.3	.0	.0	-261.3	-390.0	261.3	390.0		
	.4	.0	.0	352.6	-269.6	352.6	269.6		
	.5	.0	.0	776.7	-187.7	776.7	187.7		
	.6	.0	.0	1079.7	-139.7	1079.7	139.7		
	.7	.0	.0	1295.5	3.2	1295.5	3.2		
	.8	.0	.0	935.2	301.9	935.2	301.9		
	.9	.0	.0	329.0	324.6	329.0	324.6		
	1.0	.0	.0	-270.9	316.6	270.9	316.6		

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ

ΣΕΛΙΔΑ: 5

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

SCHNITTKRAEFTE

PF	X/L	M1 (KNM)	Q2 (KN)	M2 (KNM)	Q1 (KN)	MRES (KNM)	QRES (KN)	N (KN)	MT (KNM)
5	.0	.0	.0	-2808.3	-456.7	2808.3	456.7	-1845.8	.0
	.1	.0	.0	-1949.8	-456.7	1949.8	456.7		
	.2	.0	.0	-1091.3	-456.7	1091.3	456.7		
	.3	.0	.0	-261.3	-390.0	261.3	390.0		
	.4	.0	.0	352.6	-269.6	352.6	269.6		
	.5	.0	.0	776.7	-187.7	776.7	187.7		
	.6	.0	.0	1079.7	-139.7	1079.7	139.7		
	.7	.0	.0	1295.5	3.2	1295.5	3.2		
	.8	.0	.0	935.2	301.9	935.2	301.9		
	.9	.0	.0	329.0	324.6	329.0	324.6		
	1.0	.0	.0	-270.9	316.6	270.9	316.6		
6	.0	.0	.0	-2808.3	-456.7	2808.3	456.7	-1987.5	.0
	.1	.0	.0	-1949.8	-456.7	1949.8	456.7		
	.2	.0	.0	-1091.3	-456.7	1091.3	456.7		
	.3	.0	.0	-261.3	-390.0	261.3	390.0		
	.4	.0	.0	352.6	-269.6	352.6	269.6		
	.5	.0	.0	776.7	-187.7	776.7	187.7		
	.6	.0	.0	1079.7	-139.7	1079.7	139.7		
	.7	.0	.0	1295.5	3.2	1295.5	3.2		
	.8	.0	.0	935.2	301.9	935.2	301.9		
	.9	.0	.0	329.0	324.6	329.0	324.6		
	1.0	.0	.0	-270.9	316.6	270.9	316.6		

E N D E

=====

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
 ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 1

RIB/RZB-Prog. P F A H L I04 Raeumliche Pfahlwerke

PILE GROUP 6 PILES D=1.2m (STATIKH FORTISH)

ΛΟΣΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ - ΚΛΙΣΗ 11.3° ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ

E C H O D R U C K D E R E I N G A B E  
 =====

GEOM	1	18.8	0.0	-2.0	-6.0	11.3	180.00
	2	=	=	2.0	-6.0	=	0.00
	3	=	=	-2.0	0.0	=	180.00
	4	=	=	2.0	0.0	=	0.00
	5	=	=	-2.0	6.0	=	180.00
	6	=	=	2.0	6.0	=	0.00
QUER	(1 6 1)	0.116	0.116	0.232	1.13		
MATE		30000.	13000.				
BETT	1	5.00	4.8				
	1	4.50	8.0				
	1	204.00	6.0				
RAND	(1 6 1)	0	1	1	0	0	0.
LAST	1	15000.0	1800.0	0.0	0.0	0.0	9000.0
AUSG	1	10	0	1			
ENDE							

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
 ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 2

PROTOKOLL DER EINGABE  
 =====

1. SYSTEM

BRAUCHBARKEITSUNTERSUCHUNG WURDE DURCHGEFUEHRT  
 \*\*\*\*\*

DIMENSIONEN:

LAENGE, ABSTAND, KOORDINATEN (M)  
 WINKEL (ALTGRAD)  
 TRAEGHEITSMOMENTE (M\*\*4)  
 FLAECHE (M\*\*2)  
 BETTUNGSGROESSE QUER Z. PFAHL (MN/M\*\*2)  
 BETTUNGSGROESSE AM FUSS (MN/M\*\*3)  
 KRAEFTE (KN)  
 MOMENTE (KN.M)  
 VERSCHIEBUNGEN (M)  
 VERDREHUNGEN (1)  
 BODENPRESSUNG (MN/M)

LAGERUNGSART:

ART KOPF FUSS  
 0 I-----I  
 1 0-----I  
 2 0-----0  
 3 I-----0  
 4 I-----  
 5 0-----

GEOMETRIE DES SYSTEMS

PFAHL	L (M)	X (M)	Y (M)	Z (M)	ALPHA (GRD)	OMEGA (GRD)
1	18.800	.000	-2.000	-6.000	11.300	180.000
2	18.800	.000	2.000	-6.000	11.300	.000
3	18.800	.000	-2.000	.000	11.300	180.000
4	18.800	.000	2.000	.000	11.300	.000
5	18.800	.000	-2.000	6.000	11.300	180.000
6	18.800	.000	2.000	6.000	11.300	.000

E= 30000. (MN/M2) G= 13000. (MN/M2)



ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
 ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 3

QUERSCHNITTSWERTTE

PFAHL	I1 (M4)	I2 (M4)	IT (M4)	F (M2)
1- 6	.11600	.11600	.23200	1.13000

SYSTEM BESCHREIBUNG

PFAHL	LAGERUNG ART	QUERBELASTUNG Y1 Z1	BETTUNGSVERLAUF Y1 Z1	FUSS (MN/M3)
1- 6	0	0 0	1 1	STARR

BETTUNGSVERLAUF

BETTUNGSNR.	ABSCHN.	ORDINATE (MN/M2)	ABSTAND (M)
1	1	5.0000	4.800
	2	4.5000	8.000
	3	204.0000	6.000

LASTFAELLE

LFNR	RX (KN)	RY (KN)	RZ (KN)	MX (KNM)	MY (KNM)	MZ (KNM)
1	15000.0	1800.0	.0	.0	.0	9000.0

ER G E B N I S S E

=====

GESAMTFORMAENDERUNG AM BEZUGSPUNKT

LFNR	VX (M)	VY (M)	VZ (M)	DX (1)	DY (1)	DZ (1)
1	.00144	.00581	.00000	.00000	.00000	.00057

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
 ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 4

LASTFALL: 1

SCHNITTKRAEFTE

PF	X/L	M1 (KNM)	Q2 (KN)	M2 (KNM)	Q1 (KN)	MRES (KNM)	QRES (KN)	N (KN)	MT (KNM)
1	.0	.0	.0	1466.2	311.9	1466.2	311.9	-2524.5	.0
	.1	.0	.0	936.7	250.7	936.7	250.7		
	.2	.0	.0	523.0	190.3	523.0	190.3		
	.3	.0	.0	215.2	140.0	215.2	140.0		
	.4	.0	.0	-11.4	102.9	11.4	102.9		
	.5	.0	.0	-178.8	77.0	178.8	77.0		
	.6	.0	.0	-307.3	61.3	307.3	61.3		
	.7	.0	.0	-406.7	12.5	406.7	12.5		
	.8	.0	.0	-306.2	-93.2	306.2	93.2		
	.9	.0	.0	-114.3	-104.2	114.3	104.2		
	1.0	.0	.0	79.2	-102.2	79.2	102.2		
2	.0	.0	.0	-1386.9	-290.8	1386.9	290.8	-2570.1	.0
	.1	.0	.0	-892.1	-234.8	892.1	234.8		
	.2	.0	.0	-503.8	-179.1	503.8	179.1		
	.3	.0	.0	-213.5	-132.4	213.5	132.4		
	.4	.0	.0	1.3	-97.8	1.3	97.8		
	.5	.0	.0	160.8	-73.6	160.8	73.6		
	.6	.0	.0	284.0	-58.9	284.0	58.9		
	.7	.0	.0	379.8	-13.0	379.8	13.0		
	.8	.0	.0	287.1	86.9	287.1	86.9		
	.9	.0	.0	107.7	97.6	107.7	97.6		
	1.0	.0	.0	-73.3	95.7	73.3	95.7		
3	.0	.0	.0	1466.2	311.9	1466.2	311.9	-2524.5	.0
	.1	.0	.0	936.7	250.7	936.7	250.7		
	.2	.0	.0	523.0	190.3	523.0	190.3		
	.3	.0	.0	215.2	140.0	215.2	140.0		
	.4	.0	.0	-11.4	102.9	11.4	102.9		
	.5	.0	.0	-178.8	77.0	178.8	77.0		
	.6	.0	.0	-307.3	61.3	307.3	61.3		
	.7	.0	.0	-406.7	12.5	406.7	12.5		
	.8	.0	.0	-306.2	-93.2	306.2	93.2		
	.9	.0	.0	-114.3	-104.2	114.3	104.2		
	1.0	.0	.0	79.2	-102.2	79.2	102.2		
4	.0	.0	.0	-1386.9	-290.8	1386.9	290.8	-2570.1	.0
	.1	.0	.0	-892.1	-234.8	892.1	234.8		
	.2	.0	.0	-503.8	-179.1	503.8	179.1		
	.3	.0	.0	-213.5	-132.4	213.5	132.4		
	.4	.0	.0	1.3	-97.8	1.3	97.8		
	.5	.0	.0	160.8	-73.6	160.8	73.6		
	.6	.0	.0	284.0	-58.9	284.0	58.9		
	.7	.0	.0	379.8	-13.0	379.8	13.0		
	.8	.0	.0	287.1	86.9	287.1	86.9		
	.9	.0	.0	107.7	97.6	107.7	97.6		
	1.0	.0	.0	-73.3	95.7	73.3	95.7		

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ

ΣΕΛΙΔΑ: 5

ΣΤΑΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

SCHNITTKRÄEFTE

PF	X/L	M1 (KNM)	Q2 (KN)	M2 (KNM)	Q1 (KN)	MRES (KNM)	QRES (KN)	N (KN)	MT (KNM)
5	.0	.0	.0	1466.2	311.9	1466.2	311.9	-2524.5	.0
	.1	.0	.0	936.7	250.7	936.7	250.7		
	.2	.0	.0	523.0	190.3	523.0	190.3		
	.3	.0	.0	215.2	140.0	215.2	140.0		
	.4	.0	.0	-11.4	102.9	11.4	102.9		
	.5	.0	.0	-178.8	77.0	178.8	77.0		
	.6	.0	.0	-307.3	61.3	307.3	61.3		
	.7	.0	.0	-406.7	12.5	406.7	12.5		
	.8	.0	.0	-306.2	-93.2	306.2	93.2		
	.9	.0	.0	-114.3	-104.2	114.3	104.2		
	1.0	.0	.0	79.2	-102.2	79.2	102.2		
6	.0	.0	.0	-1386.9	-290.8	1386.9	290.8	-2570.1	.0
	.1	.0	.0	-892.1	-234.8	892.1	234.8		
	.2	.0	.0	-503.8	-179.1	503.8	179.1		
	.3	.0	.0	-213.5	-132.4	213.5	132.4		
	.4	.0	.0	1.3	-97.8	1.3	97.8		
	.5	.0	.0	160.8	-73.6	160.8	73.6		
	.6	.0	.0	284.0	-58.9	284.0	58.9		
	.7	.0	.0	379.8	-13.0	379.8	13.0		
	.8	.0	.0	287.1	86.9	287.1	86.9		
	.9	.0	.0	107.7	97.6	107.7	97.6		
	1.0	.0	.0	-73.3	95.7	73.3	95.7		

E N D E

=====

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 1

RIB/RZB-Prog. P F A H L I04 Räumliche Pfahlwerke

PILE GROUP 6 PILES      D=1.2m      (SEISMΙΚΗ FORTISH)

ΛΟΣΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ - ΚΛΙΣΗ 11.3° ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ

E C H O D R U C K   D E R   E I N G A B E

```

=====
GEOM 1 18.8 0.0 -2.0 -6.0 11.3 180.00
      2 = = 2.0 -6.0 = 0.00
      3 = = -2.0 0.0 = 180.00
      4 = = 2.0 0.0 = 0.00
      5 = = -2.0 6.0 = 180.00
      6 = = 2.0 6.0 = 0.00
QUER (1 6 1) 0.116 0.116 0.232 1.13
MATE 30000. 13000.
BETT 1 0.00 4.8
      1 4.50 8.0
      1 204.00 6.0
RAND (1 6 1) 0 1 1 0 0 0.
LAST 1 11500.0 2740.0 0.0 0.0 0.0 16000.0
AUSG 1 10 0 1
ENDE

```

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 2

PROTOKOLL DER EINGABE  
=====

1. SYSTEM

BRAUCHBARKEITUNTERSUCHUNG WURDE DURCHGEFUEHRT  
\*\*\*\*\*

DIMENSIONEN:

LAENGE, ABSTAND, KOORDINATEN (M)  
WINKEL (ALTGRAD)  
TRAEGHEITSMOMENTE (M\*\*4)  
FLAEGHEN (M\*\*2)  
BETTUNGSGROESSE QUER Z. PFAHL (MN/M\*\*2)  
BETTUNGSGROESSE AM FUSS (MN/M\*\*3)  
KRAEFTE (KN)  
MOMENTE (KN.M)  
VERSCHIEBUNGEN (M)  
VERDREHUNGEN (1)  
BODENPRESSUNG (MN/M)

LAGERUNGSART:

ART KOPF FUSS  
0 I-----I  
1 0-----I  
2 0-----0  
3 I-----0  
4 I-----  
5 0-----

GEOMETRIE DES SYSTEMS

PFAHL	L (M)	X (M)	Y (M)	Z (M)	ALPHA (GRD)	OMEGA (GRD)
1	18.800	.000	-2.000	-6.000	11.300	180.000
2	18.800	.000	2.000	-6.000	11.300	.000
3	18.800	.000	-2.000	.000	11.300	180.000
4	18.800	.000	2.000	.000	11.300	.000
5	18.800	.000	-2.000	6.000	11.300	180.000
6	18.800	.000	2.000	6.000	11.300	.000

E= 30000. (MN/M2) G= 13000. (MN/M2)

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 3

QUERSCHNITTSWERTE

PFAHL	I1 (M4)	I2 (M4)	IT (M4)	F (M2)
1- 6	.11600	.11600	.23200	1.13000

SYSTEM BESCHREIBUNG

PFAHL	LAGERUNG ART	QUERBELASTUNG Y1 Z1	BETTUNGSVERLAUF Y1 Z1	FUSS (MN/M3)
1- 6	0	0 0	1 1	STARR

BETTUNGSVERLAUF

BETTUNGSNR.	ABSCHN.	ORDINATE (MN/M2)	ABSTAND (M)
1	1	.0000	4.800
	2	4.5000	8.000
	3	204.0000	6.000

LASTFAELLE

LFNR	RX (KN)	RY (KN)	RZ (KN)	MX (KNM)	MY (KNM)	MZ (KNM)
1	11500.0	2740.0	.0	.0	.0	16000.0

ER G E B N I S S E

GESAMTFORMAENDERUNG AM BEZUGSPUNKT

LFNR	VX (M)	VY (M)	VZ (M)	DX (1)	DY (1)	DZ (1)
1	.00110	.01451	.00000	.00000	.00000	.00138

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 4

LASTFALL: 1

SCHNITTKRAEFTE		M1	Q2	M2	Q1	MRES	QRES	N	MT
PF	X/L	(KNM)	(KN)	(KNM)	(KN)	(KNM)	(KN)	(KN)	(KNM)
1	.0	.0	.0	3005.6	420.8	3005.6	420.8	-1709.8	.0
	.1	.0	.0	2214.4	420.8	2214.4	420.8		
	.2	.0	.0	1423.3	420.8	1423.3	420.8		
	.3	.0	.0	653.5	370.6	653.5	370.6		
	.4	.0	.0	49.2	276.8	49.2	276.8		
	.5	.0	.0	-404.4	210.4	404.4	210.4		
	.6	.0	.0	-758.2	170.0	758.2	170.0		
	.7	.0	.0	-1036.6	42.6	1036.6	42.6		
	.8	.0	.0	-790.3	-236.3	790.3	236.3		
	.9	.0	.0	-299.9	-267.5	299.9	267.5		
	1.0	.0	.0	197.1	-262.7	197.1	262.7		
2	.0	.0	.0	-2957.8	-413.1	2957.8	413.1	-2197.7	.0
	.1	.0	.0	-2181.2	-413.1	2181.2	413.1		
	.2	.0	.0	-1404.6	-413.1	1404.6	413.1		
	.3	.0	.0	-649.0	-364.0	649.0	364.0		
	.4	.0	.0	-55.1	-272.2	55.1	272.2		
	.5	.0	.0	391.3	-207.2	391.3	207.2		
	.6	.0	.0	739.9	-167.6	739.9	167.6		
	.7	.0	.0	1014.6	-42.6	1014.6	42.6		
	.8	.0	.0	774.4	231.2	774.4	231.2		
	.9	.0	.0	294.3	262.0	294.3	262.0		
	1.0	.0	.0	-192.5	257.4	192.5	257.4		
3	.0	.0	.0	3005.6	420.8	3005.6	420.8	-1709.8	.0
	.1	.0	.0	2214.4	420.8	2214.4	420.8		
	.2	.0	.0	1423.3	420.8	1423.3	420.8		
	.3	.0	.0	653.5	370.6	653.5	370.6		
	.4	.0	.0	49.2	276.8	49.2	276.8		
	.5	.0	.0	-404.4	210.4	404.4	210.4		
	.6	.0	.0	-758.2	170.0	758.2	170.0		
	.7	.0	.0	-1036.6	42.6	1036.6	42.6		
	.8	.0	.0	-790.3	-236.3	790.3	236.3		
	.9	.0	.0	-299.9	-267.5	299.9	267.5		
	1.0	.0	.0	197.1	-262.7	197.1	262.7		
4	.0	.0	.0	-2957.8	-413.1	2957.8	413.1	-2197.7	.0
	.1	.0	.0	-2181.2	-413.1	2181.2	413.1		
	.2	.0	.0	-1404.6	-413.1	1404.6	413.1		
	.3	.0	.0	-649.0	-364.0	649.0	364.0		
	.4	.0	.0	-55.1	-272.2	55.1	272.2		
	.5	.0	.0	391.3	-207.2	391.3	207.2		
	.6	.0	.0	739.9	-167.6	739.9	167.6		
	.7	.0	.0	1014.6	-42.6	1014.6	42.6		
	.8	.0	.0	774.4	231.2	774.4	231.2		
	.9	.0	.0	294.3	262.0	294.3	262.0		
	1.0	.0	.0	-192.5	257.4	192.5	257.4		

ΕΡΓΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΟΙΧΙΑ 6 ΠΑΣΣΑΛΩΝ  
ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

ΣΕΛΙΔΑ: 5

## SCHNITTKRAEFTE

PF	X/L	M1 (KNM)	Q2 (KN)	M2 (KNM)	Q1 (KN)	MRES (KNM)	QRES (KN)	N (KN)	MT (KNM)
5	.0	.0	.0	3005.6	420.8	3005.6	420.8	-1709.8	.0
	.1	.0	.0	2214.4	420.8	2214.4	420.8		
	.2	.0	.0	1423.3	420.8	1423.3	420.8		
	.3	.0	.0	653.5	370.6	653.5	370.6		
	.4	.0	.0	49.2	276.8	49.2	276.8		
	.5	.0	.0	-404.4	210.4	404.4	210.4		
	.6	.0	.0	-758.2	170.0	758.2	170.0		
	.7	.0	.0	-1036.6	42.6	1036.6	42.6		
	.8	.0	.0	-790.3	-236.3	790.3	236.3		
	.9	.0	.0	-299.9	-267.5	299.9	267.5		
	1.0	.0	.0	197.1	-262.7	197.1	262.7		
6	.0	.0	.0	-2957.8	-413.1	2957.8	413.1	-2197.7	.0
	.1	.0	.0	-2181.2	-413.1	2181.2	413.1		
	.2	.0	.0	-1404.6	-413.1	1404.6	413.1		
	.3	.0	.0	-649.0	-364.0	649.0	364.0		
	.4	.0	.0	-55.1	-272.2	55.1	272.2		
	.5	.0	.0	391.3	-207.2	391.3	207.2		
	.6	.0	.0	739.9	-167.6	739.9	167.6		
	.7	.0	.0	1014.6	-42.6	1014.6	42.6		
	.8	.0	.0	774.4	231.2	774.4	231.2		
	.9	.0	.0	294.3	262.0	294.3	262.0		
	1.0	.0	.0	-192.5	257.4	192.5	257.4		

E N D E  
=====



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΕ ΚΥΨΕΛΩΤΟ ΚΙΒΩΤΙΟ

Η δεύτερη λύση θεμελίωσης που εξετάστηκε, είναι η θεμελίωση του μεσοβάθρου να γίνει με ένα κυψελωτό κιβώτιο το οποίο θα έχει ύψος 6 m, αφού προηγουμένως έχει γίνει βελτίωση της αργίλου με προφόρτιση. Με αυτόν τον τρόπο παρακάμπτεται το πρώτο μη ανθεκτικό στρώμα (ΧΑΛΑΡΗ ΑΜΜΟΣ -  $h_{στρ} = 6 \text{ m}$ ,  $\gamma_I = 18.9 \text{ kN/m}^3$  και  $\varphi = 30^\circ$ ), ενώ έχουμε ήδη βελτιώσει το δεύτερο (ΜΑΛΑΚΗ ΑΡΓΙΛΟΣ -  $h_{στρ} = 8 \text{ m}$ ,  $\gamma_{II} = 18.1 \text{ kN/m}^3$  και  $c_u = 16.5 \text{ kPa}$ ).

Αρχικά θα τοποθετηθούν στραγγιστήρια. Μετά θα κατασκευαστεί επίχωμα το οποίο θα προφορτίσει το έδαφος. Μετά από αυτήν τη διαδικασία η άργιλος θα έχει βελτιωθεί. Κατόπιν, θα εκσκαφεί το πρώτο στρώμα της άμμου σε βάθος 6 m και θα κατασκευαστεί το κυψελωτό κιβώτιο. Το κιβώτιο θα είναι κυψελωτό, ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο ελαφρύ γίνεται. Θα αποτελείται από 4 περιμετρικούς τοίχους, πάνω και κάτω πλάκα πάχους 50 cm και θα χωρίζεται εσωτερικά σε 6 κυψέλες οι οποίες θα είναι κενές. Για την ευστάθεια των πρηνών θα χρησιμοποιηθούν πασσαλοσανίδες με αγκύρια.

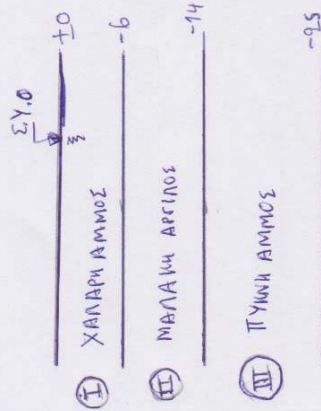
Για τον ακριβή προσδιορισμό διαστάσεων του κιβωτίου, καθώς και του επιχώματος, έγιναν συνολικά 10 δοκιμές. Τελικά, αποφασίστηκε ότι οι διαστάσεις του κιβωτίου θα είναι [ 17 m x 11 m x 6 m ], ενώ το επίχωμα που θα χρειαστεί, θα έχει διαστάσεις [ 73 m x 67 m x 8.5 m ]. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τονιστεί ότι δεν ελέγχθηκε η στατική επάρκεια του κιβωτίου (π.χ διατήρηση, διατήρηση, κάμψη, κλπ), και ότι έγινε η παραδοχή ότι αυτή ισχύει. Η επάρκεια του επιχώματος (ΚΥΚΛΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ) ελέγχθηκε και με τη βοήθεια του προγράμματος Iarix 5 και του κυρίου Χουζούρη, τον οποίον ευχαριστούμε ακόμη μία φορά.

Στις επόμενες σελίδες ακολουθούν κατά σειρά, πρώτα η τελική αποδεκτή λύση, και κατόπιν οι υπόλοιπες 9 απορριφθείσες προκαταρκτικές λύσεις.

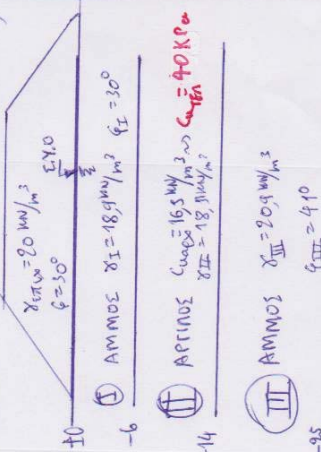
Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται συνοπτικά τα στάδια της κατασκευής του κυψελωτού κιβωτίου.

ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΥΦΕΛΟΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ - ΘΕΜΕΛΙΟΥ

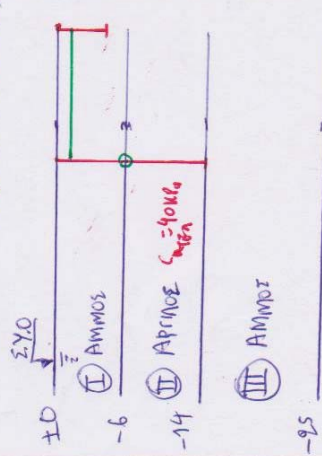
ΑΡΧΙΚΑ: ΦΥΣΙΚΟ-ΕΔΑΦΟΣ



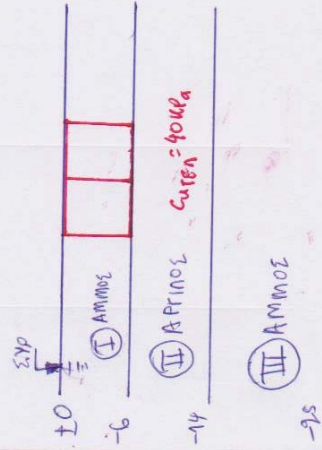
ΒΗΜΑ 2: ΕΠΙΧΩΜΑ 8,5m ύψους (ΣΥΝΟΛΙΚΑ 9 ΜΗΤΡΕΣ)



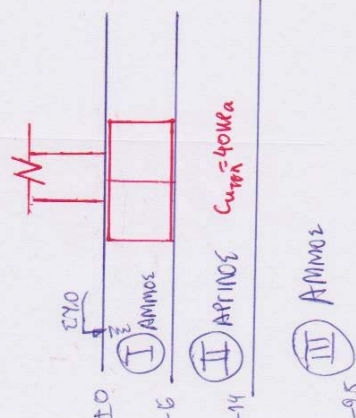
ΒΗΜΑ 3: ΕΠΕΚΡΑΦΗ ΠΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΠΑΡΕΛΛΟΛΟΓΜΙΔΕΣ ΜΕ ΑΡΕΡΕΙΑ ΚΑΙ ΑΓΥΡΙΑ (FIXED EARTH SUPPORT)

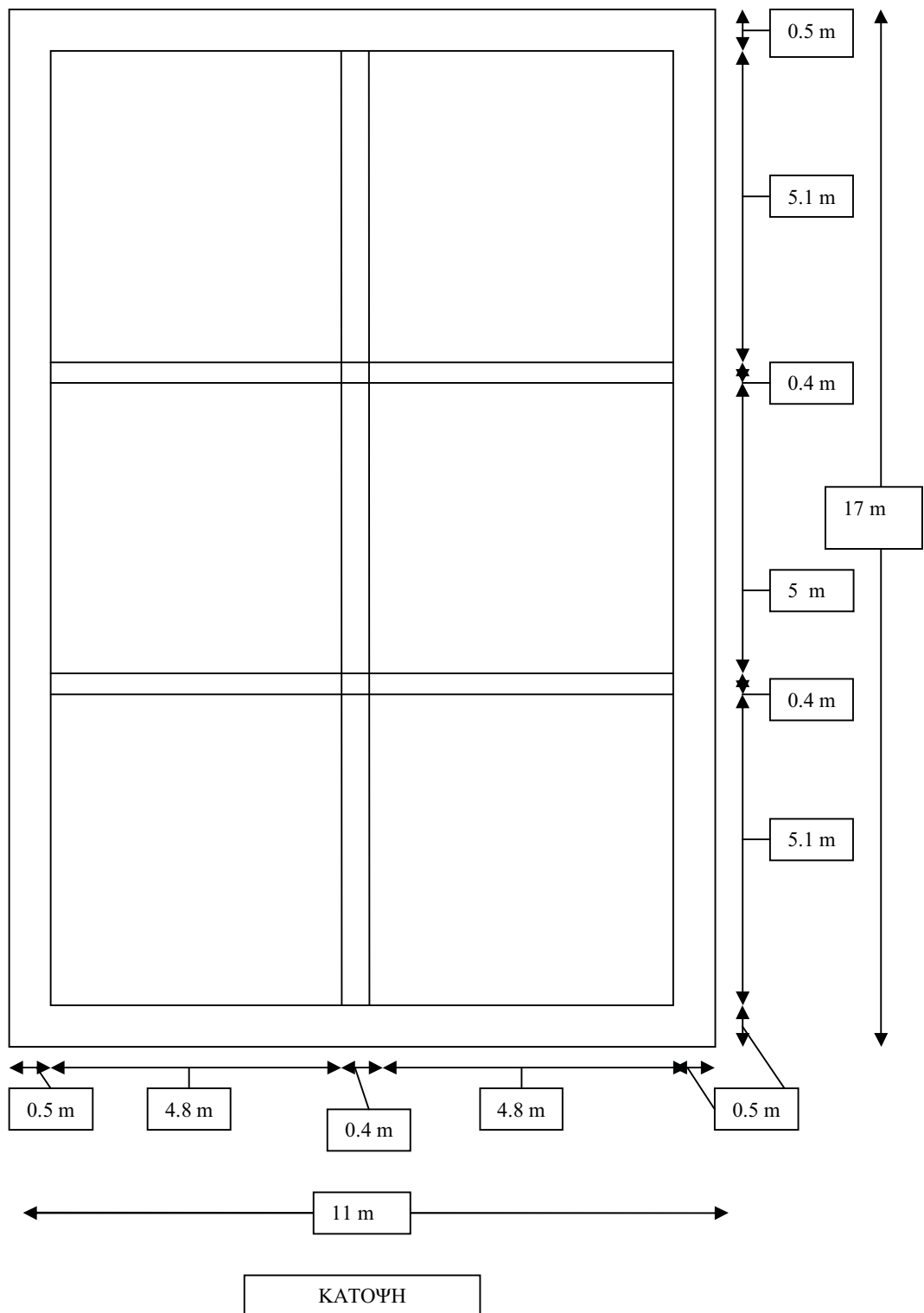


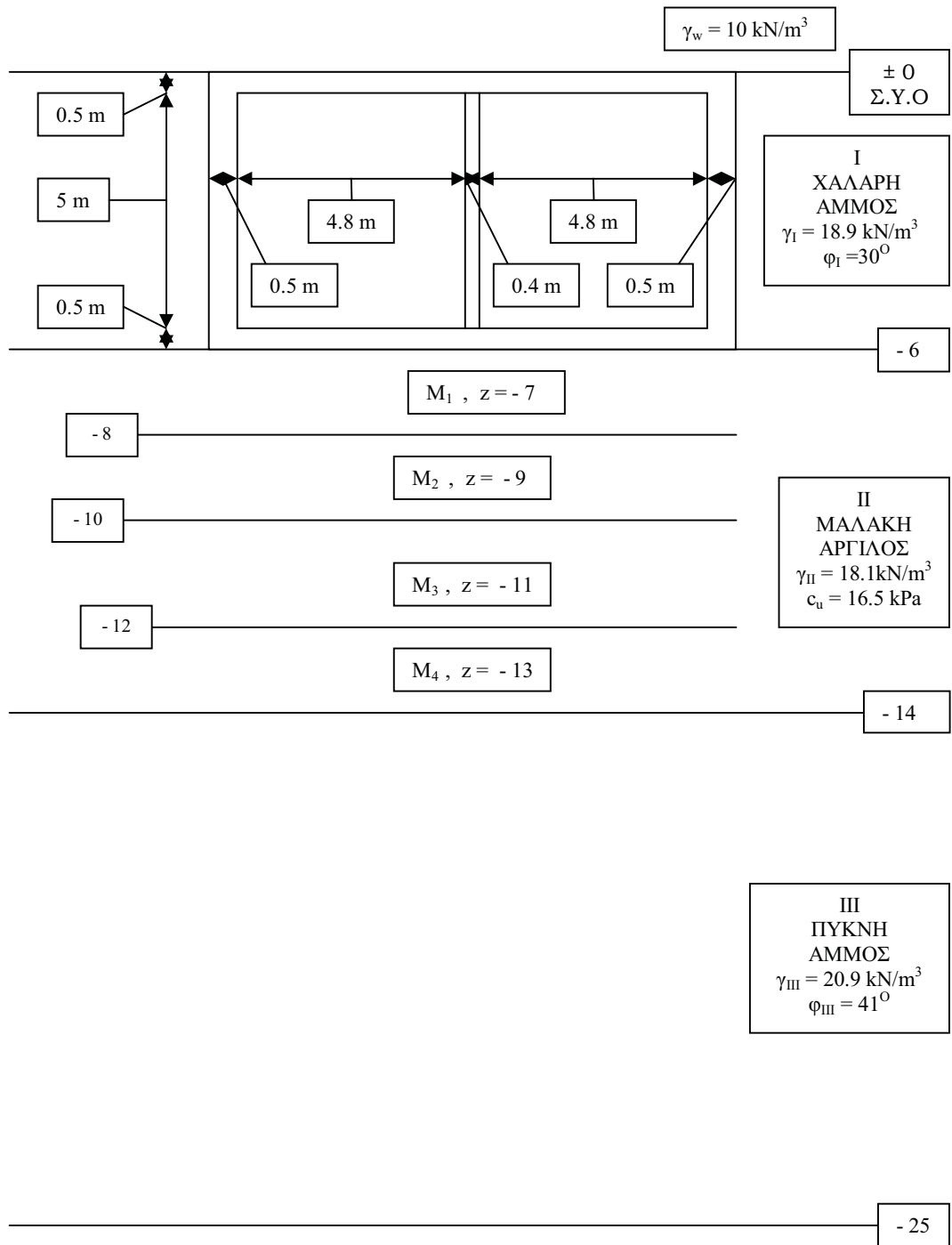
ΒΗΜΑ 4: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΥΦΕΛΟΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ (17x11x6)



ΒΗΜΑ 5: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΣΟΒΑΘΡΟΥ



**ΤΕΛΙΚΗ ΛΥΣΗ** (ΔΟΚΙΜΗ 10)



TOMH

Ο συνολικός όγκος των κενών κυψελών είναι

$$[V_{KY\Psi}]_{OL} = 4 * [ 5.1 * 4.8 * 5 ] + 2 * [ 5 * 4.8 * 5 ] = 4 * 122.4 + 2 * 120 = 729.6 \rightarrow [V_{KY\Psi}]_{OL} = 729.6 \text{ m}^3$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{OL} = 17 \times 11 \times 6 = 1122 \text{ m}^3$

Άρα ο όγκος σκυροδέματος θα είναι  $V_{σκυρ} = V_{OL} - [V_{KY\Psi}]_{OL} = 1122 - 729.6 \rightarrow V_{σκυρ} = 392.4 \text{ m}^3$ . Επομένως το συνολικό βάρος του κυψελωτού κιβωτίου,

είναι  $W_{\Theta EM} = V_{σκυρ} * (\gamma_{σκυρ} - \gamma_w) = 392.4 * (25 - 10) \rightarrow \mathbf{W_{\Theta EM} = 5886 \text{ kN}}$

Η ολική τάση που προκύπτει από την ανωδομή ( ΘΕΜΕΛΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ) είναι  $\sigma_{ολ} = (\Sigma V_{στατ} + W_{\Theta EM}) / E_{\Theta EM} = (15000 + 5886) / 187 \rightarrow$

$$\rightarrow \sigma_{ολ} = 111.7 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση για το έδαφος είναι,  $q_{προσθ} = \sigma_{ολ} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w \times 6 \rightarrow$

$\rightarrow \mathbf{q_{προσθ} = -1,7 \text{ kPa}} < 0$ . Αυτό σημαίνει ότι δεν θα υπάρχουν επιπλέον καθιζήσεις μετά την κατασκευή του θεμελίου – κιβωτίου.

ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ ( $e = \Sigma M / \Sigma V$ )

$$e_{στατ} = (\Sigma M_{στατ} + \Sigma H_{στατ} * 6) / (\Sigma V_{στατ} + W_{\Theta EM}) =$$

$$= (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 5886) = 19800 / 20886 = 0.948$$

$$\rightarrow \mathbf{e_{στατ} = 0.95 \text{ m}}$$

$$e_{σεισμ} = (\Sigma M_{σεισμ} + \Sigma H_{σεισμ} * 6) / (\Sigma V_{σεισμ} + W_{\Theta EM}) =$$

$$= (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 5886) = 32440 / 17386 = 1.87$$

$$\rightarrow \mathbf{e_{σεισμ} = 1.87 \text{ m}}$$

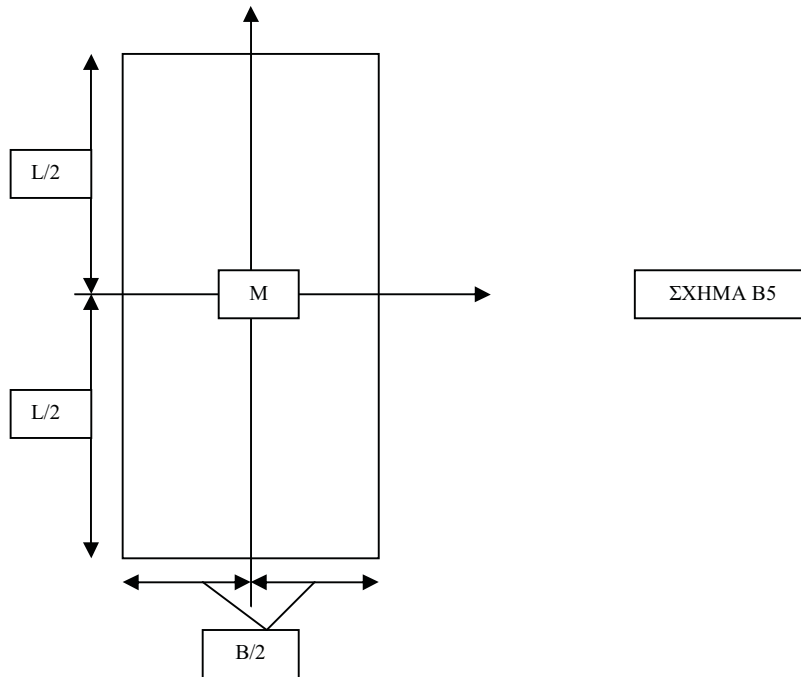
Ενεργός διατομή:  $L' = L = 17 \text{ m}$ ,  $B' = B - 2 * e$ ,  $A' = L' * B'$

$$B'_{στατ} = B - 2 * e_{στατ} = 11 - 2 * 0.95 \rightarrow B'_{στατ} = 9.1 \text{ m}, \text{ και } A'_{στατ} = 154.7 \text{ m}^2$$

$$B'_{σεισμ} = B - 2 * e_{σεισμ} = 11 - 2 * 1.87 \rightarrow B'_{σεισμ} = 7.26 \text{ m}, \text{ και } A'_{σεισμ} = 123.4 \text{ m}^2$$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Για τον υπολογισμό των καθιζήσεων χρησιμοποιήθηκαν τα σημεία  $M_1$  και  $M_2$ , που είναι τα μέσα των 4 ζωνών της αργίλου. Κάθε ζώνη έχει πάχος 2 m. Οι καθιζήσεις υπολογίζονται από την αρχική στάθμη του εδάφους ( $z = \pm 0$ ). Είναι  $q' = \sigma_{ολ} - \gamma_w * 6 = 111.7 - 10 * 6 = 51.7 \text{ kPa}$ .



Για τις καθιζήσεις χρησιμοποιήθηκε ο ΠΙΝΑΚΑΣ 3 του παραρτήματος.

$$n_i = y/z_i \text{ και } m_i = x/z_i$$

$$\Delta\sigma_{zi} = 4 * (\sigma_z/p)_i * q'$$

$$S_i = [ c_{R}/(1 + e_0) ] * h_i * \log[ (\sigma'_{vi} + \Delta\sigma_{zi}) / \sigma'_{vi} ]$$

$$c_R = 0.02 \text{ και } e_0 = 1.09$$

$$h_i = 2 \text{ m} = 200\text{cm}$$

$$\text{Άρα } [ c_R / (1 + e_0) ] * h_i = 0.02 / (1 + 1.09) * 200 = 1.91 \text{ (cm)}$$

Οι γεωστατικές τάσεις στα μέσα  $M_i$  των 4 ζωνών της αργίλου είναι

$$\sigma'_{v-7} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 1 = 53.4 + 8.1 = 61.5 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-9} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 3 = 53.4 + 24.3 = 77.7 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-11} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 5 = 53.4 + 40.5 = 93.9 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-13} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 7 = 53.4 + 56.7 = 110.1 \text{ kPa}$$

$$n_{II\alpha} = 8.5/1 = 8.5 \text{ και } m_{II\alpha} = 5.5/1 = 5.5 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\alpha} = 0.249 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\alpha} = 4 * 0.249 * 51.7 = 51.49 \text{ kPa}$$

$$n_{II\beta} = 8.5/3 = 2.5 \text{ και } m_{II\beta} = 5.5/3 = 1.167 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\beta} = 0.204 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\beta} = 4 * 0.204 * 51.7 = 42.19 \text{ kPa}$$

$$n_{II\gamma} = 8.5/5 = 1.5 \text{ και } m_{II\gamma} = 5.5/5 = 0.7 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\gamma} = 0.167 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\gamma} = 4 * 0.167 * 51.7 = 34.54 \text{ kPa}$$

$$n_{II\delta} = 8.5/7 = 1.0714 \text{ και } m_{II\delta} = 5.5/7 = 0.5 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\delta} = 0.121 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\delta} = 4 * 0.121 * 51.7 = 25.03 \text{ kPa}$$

$$s_{II\alpha} = [ c_R / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-7} + \Delta\sigma_{zII\alpha}) / \sigma'_{v-7} ] =$$

$$= 1.91 * \log[ (61.5 + 51.49) / 61.5 ] \rightarrow s_{II\alpha} = 0.505 \text{ cm}$$

$$s_{II\beta} = [ c_R / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-9} + \Delta\sigma_{zII\beta}) / \sigma'_{v-9} ] =$$

$$= 1.91 * \log[ (77.7 + 42.19) / 77.7 ] \rightarrow s_{II\beta} = 0.365 \text{ cm}$$

$$s_{II\gamma} = [ c_R / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-11} + \Delta\sigma_{zII\gamma}) / \sigma'_{v-11} ] =$$

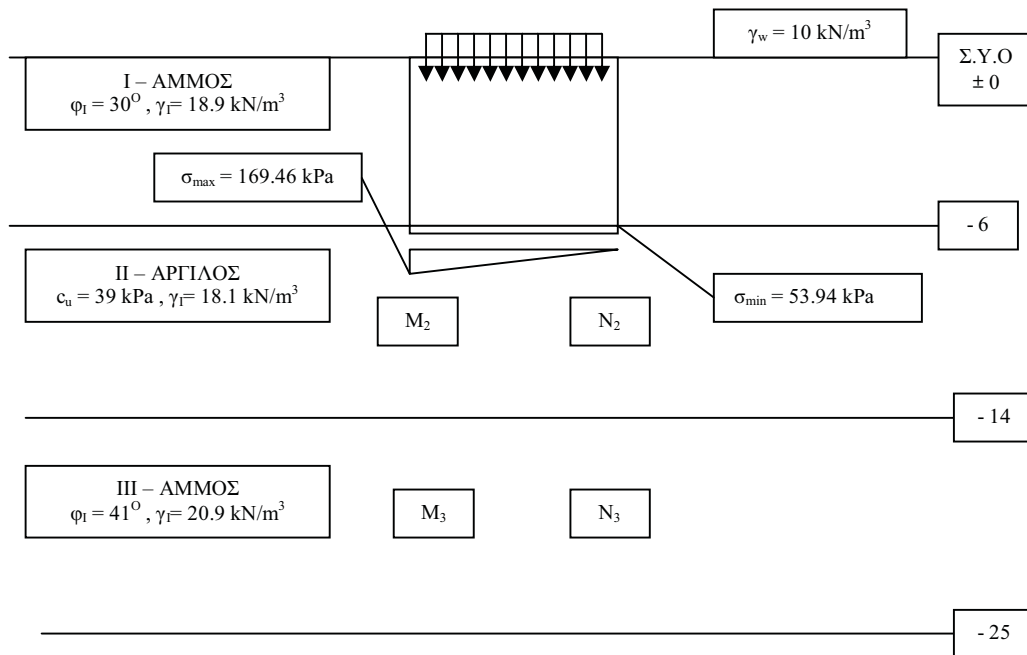
$$= 1.91 * \log[ (93.9 + 34.54) / 93.9 ] \rightarrow s_{II\gamma} = 0.259 \text{ cm}$$

$$s_{II\delta} = [ c_R / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-13} + \Delta\sigma_{zII\delta}) / \sigma'_{v-13} ] =$$

$$= 1.91 * \log[ (110.1 + 25.03) / 110.1 ] \rightarrow s_{II\delta} = 0.171 \text{ cm}$$

$$\text{Συνολικά η καθίζηση είναι, } s_{II} = s_{II\alpha} + s_{II\beta} + s_{II\gamma} + s_{II\delta} \rightarrow \underline{s_{II} = 1.3 \text{ cm}}$$

ή διαφορετικά



Επιλέγουμε χαρακτηριστικά σημεία στα μέσα της κάθε στρώσης στις προβολές των άκρων της θέσης του μελλοντικού θεμελίου. Το ένα άκρο θα είναι μέγιστα φορτισμένο, ενώ το άλλο ελάχιστο. Δηλαδή τα  $M_2$  ( $z_{M2} = 10 \text{ m}$ ),  $M_3$  ( $z_{M3} = 19.5 \text{ m}$ ) είναι μέγιστα φορτισμένα, ενώ τα  $N_2$  ( $z_{N2} = 10 \text{ m}$ ),  $N_3$  ( $z_{N3} = 19.5 \text{ m}$ ) είναι ελάχιστα φορτισμένα.

$$\sigma_{\min}^{\max} = [V_{ολ}/(L*B)] * [1 \pm (6 * e/7)] \text{ και } e_{στατ} = 0.948 \text{ m}, B' = 9.1 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = [20886/(17 * 11)] * [1 + (6 * 0.948/11)] = 111.7 * 1.5171$$

$$\rightarrow \sigma_{\max} = \mathbf{169.46 \text{ kPa}}$$

$$\sigma_{\min} = [20886/(17 * 11)] * [1 - (6 * 0.948/11)] = 111.7 * 0.4829$$

$$\rightarrow \sigma_{\min} = \mathbf{53.94 \text{ kPa}}$$

Ο υπολογισμός των πρόσθετων τάσεων και καθιζήσεων λόγω του θεμελίου, γίνεται με τη βοήθεια των ΠΙΝΑΚΩΝ 8Α, 8Β, 8Γ του παραρτήματος.

ΣΗΜΕΙΑ Μ

Σημείο M<sub>2</sub>:  $L = 17/2 = 8.5 \text{ m}$ ,  $B = 11 \text{ m}$  και  $z_{II} = 10 - 6 = 4 \text{ m}$

Ορθογώνιο :  $m = L/z_{II} = 8.5/4 = 2.125$  και  $n = B/z_{II} = 11/4 = 2.75 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M2}^{OP\Theta} = 0.245$

Τρίγωνο :  $m = L/z_{II} = 8.5/4 = 2.125$  και  $n = B/z_{II} = 11/4 = 2.75 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M2}^{TPI\Gamma} = 0.19$

Άρα  $I_{M2} = I_{M2}^{OP\Theta} + I_{M2}^{TPI\Gamma} = 0.245 + 0.19 = 0.435 \rightarrow$

$\rightarrow \Delta\sigma_z^{M2} = 2 * I_{M2} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.435 * 51.7 \rightarrow \Delta\sigma_z^{M2} = \mathbf{44.98 \text{ kPa}}$

ΠΡΟΣΟΧΗ : Είναι  $\Delta\sigma_z^{M2} < \Delta\sigma_{z_{\text{επιχ}^I}} = 160.4 \text{ kPa}$

Σημείο M<sub>3</sub>:  $L = 17/2 = 8.5 \text{ m}$ ,  $B = 11 \text{ m}$  και  $z_{III} = 19.5 - 6 = 13.5 \text{ m}$

Ορθογώνιο :  $m = L/z_{III} = 8.5/13.5 = 0.63$  και  $n = B/z_{III} = 11/13.5 = 0.815$   
 $\rightarrow I_{M3}^{OP\Theta} = 0.1$

Τρίγωνο :  $m = L/z_{III} = 8.5/13.5 = 0.63$  και  $n = B/z_{III} = 11/13.5 = 0.815 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M3}^{TPI\Gamma} = 0.08$

Άρα  $I_{M3} = I_{M3}^{OP\Theta} + I_{M3}^{TPI\Gamma} = 0.1 + 0.08 = 0.18$

$\rightarrow \Delta\sigma_z^{M3} = 2 * I_{M3} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.18 * 51.7 \rightarrow \Delta\sigma_z^{M3} = \mathbf{18.61 \text{ kPa}}$

ΣΗΜΕΙΑ Ν

Σημείο N<sub>2</sub>:  $L = 17/2 = 8.5 \text{ m}$ ,  $B = 11 \text{ m}$  και  $z_{II} = 10 - 6 = 4 \text{ m}$

Ορθογώνιο :  $m = L/z_{II} = 8.5/4 = 2.125$  και  $n = B/z_{II} = 11/4 = 2.75 \rightarrow I_{N2}^{OP\Theta} =$   
 $0.245$

Τρίγωνο :  $m = L/z_{II} = 8.5/4 = 2.125$  και  $n = B/z_{II} = 11/4 = 2.75 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N2}^{TPI\Gamma} = 0.04$

Άρα  $I_{N2} = I_{N2}^{OP\Theta} + I_{N2}^{TPI\Gamma} = 0.245 + 0.04 = 0.285 \rightarrow$

$\rightarrow \Delta\sigma_z^{N2} = 2 * I_{N2} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.285 * 51.7 \rightarrow \Delta\sigma_z^{N2} = \mathbf{29.47 \text{ kPa}}$

ΠΡΟΣΟΧΗ : Είναι  $\Delta\sigma_z^{N2} < \Delta\sigma_{z_{\text{επιχ}^I}} = 160.4 \text{ kPa}$

Σημείο N<sub>3</sub>:  $L = 17/2 = 8.5 \text{ m}$ ,  $B = 11 \text{ m}$  και  $z_{III} = 19.5 - 6 = 13.5 \text{ m}$

Ορθογώνιο :  $m = L/z_{III} = 8.5/13.5 = 0.63$  και  $n = B/z_{III} = 11/13.5 = 0.815 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N3}^{OP\Theta} = 0.175$

Τρίγωνο :  $m = L/z_{III} = 8.5/13.5 = 0.63$  και  $n = B/z_{III} = 11/13.5 = 0.815 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N3}^{TPI\Gamma} = 0.065$

Άρα  $I_{N3} = I_{N3}^{OP\Theta} + I_{N3}^{TPI\Gamma} = 0.065 + 0.175 = 0.24 \rightarrow$

$\rightarrow \Delta\sigma_z^{N3} = 2 * I_{N3} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.24 * 51.7 \rightarrow \Delta\sigma_z^{N3} = \mathbf{24.82 \text{ kPa}}$

Στην επόμενη σελίδα φαίνονται οι υπολογισμοί των καθιζήσεων του κάθε σημείου και συνολικά των στρώσεων κάτω από τα δύο άκρα του θεμελίου.



ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣΣΗΜΕΙΑ Μ

$$\text{ΣΤΡΩΣΗ II : } (\sigma'_{v-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 4 = 85.8 \text{ kPa})$$

$$\begin{aligned} s_{M2} &= [ c_R / (1 + e_0) ] * h_{II} * \log [ (\sigma'_{v-10} + \Delta\sigma_z^{M2}) / \sigma'_{v-10} ] = \\ &= [ 0.02 / (1 + 1.09) ] * 800 * \log [ (85.8 + 45) / 85.8 ] + \\ &= 7.6555 * \log[1.564] = 1.36 \rightarrow \\ &\rightarrow s_{M2} = 1.36 \text{ cm} \end{aligned}$$

ΣΤΡΩΣΗ III :

$$s_{M3} = (\Delta\sigma_z^{M3} / E_{sIII}) * h_{III} = (18.61 / 28000) * 1100 \rightarrow s_{M3} = 0.73 \text{ cm}$$

Επομένως, η συνολική καθίζηση από την πλευρά των σημείων Μ (μέγιστα φορτισμένη πλευρά) είναι :

$$s_{o\lambda}^{\max} = s_{M2} + s_{M3} = 1.36 + 0.73 = 2.09$$

$$\rightarrow \underline{s_{o\lambda}^{\max} = 2.09 \text{ cm}} < 12.7 \text{ cm (} = 5 \text{ inches)}$$

ΣΗΜΕΙΑ Ν

$$\text{ΣΤΡΩΣΗ II : } (\sigma'_{v-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 4 = 85.8 \text{ kPa})$$

$$\begin{aligned} s_{N2} &= [ c_R / (1 + e_0) ] * h_{II} * \log [ (\sigma'_{v-10} + \Delta\sigma_z^{N2}) / \sigma'_{v-10} ] = \\ &= [ 0.02 / (1 + 1.09) ] * 800 * \log [ (85.8 + 29.5) / 85.8 ] = \\ &= 7.6555 * \log[1.354] = 0.98 \rightarrow s_{N2} = 0.98 \text{ m} \end{aligned}$$

ΣΤΡΩΣΗ III :

$$s_{N3} = (\Delta\sigma_z^{N3} / E_{sIII}) * h_{III} = (24.82 / 28000) * 1100 \rightarrow s_{N3} = 0.98 \text{ cm}$$

Επομένως, η συνολική καθίζηση από την πλευρά των σημείων Ν (ελάχιστη φορτισμένη πλευρά) είναι :

$$s_{o\lambda}^{\min} = s_{N2} + s_{N3} = 0.98 + 0.98 = 1.96$$

$$\rightarrow \underline{s_{o\lambda}^{\min} = 1.96 \text{ cm}} < 12.7 \text{ cm (} = 5 \text{ inches)}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ

$$p_u = c * N_c * s_c * d_c * i_c + (q + \gamma * D) * N_q * s_q * d_q * i_q + 0.5 * \gamma * B * N_y * s_y * d_y * i_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$  (ΠΙΝΑΚΑΣ 2 παραρτήματος)

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1, N_q = 1, N_y = 0, d_q = d_y = 1, s_q = s_y = 1, i_y = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L), d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L),$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2, \tan a = \Sigma H / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$$

$$s_{c\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau}/L = 1 + 0.2 * 9.1/17 = 1.107$$

$$s_{c\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu}/L = 1 + 0.2 * 7.26/17 = 1.085$$

$$d_{c\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 1 + 0.2 * 6/9.1 = 1.132$$

$$d_{c\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 1 + 0.2 * 6/7.26 = 1.165$$

$$\tan(a_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau}) = \Sigma H_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau} / (\Sigma V_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau} + W_{\Theta EM}) = 1800/(15000+5886) = 0.0862 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 4.9257 \rightarrow i_{c\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = i_{q\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 0.894$$

$$\tan(a_{\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu}) = \Sigma H_{\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} / (\Sigma V_{\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} + W_{\Theta EM}) = 2740/(11500+5886) = 0.1576 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 8.956 \rightarrow i_{c\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = i_{q\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 0.811$$

$$\text{Άρα } p_{u\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 16.5 * 5.1 * 1.107 * 1.132 * 0.894 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.894$$

$$\rightarrow \mathbf{p_{u\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 142 \text{ kPa}}$$

$$\text{Και } p_{u\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 16.5 * 5.1 * 1.085 * 1.165 * 0.811 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.811 \rightarrow$$

$$\rightarrow \mathbf{p_{u\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 129.61 \text{ kPa}}$$

Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$  .

Πρέπει  $n_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau} \geq 2$  και  $n_{\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} \geq 1.2$

$$n_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = (142 * 154.7) / (15000 + 5886) = 1.05 < 2$$

$$n_{\sigma\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = (129.61 * 123.42) / (11500 + 5886) = 0.92 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 2 \rightarrow p'_{u\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 270 \text{ kPa} \rightarrow c'_{u\sigma\sigma\tau\alpha\tau} = 38.9 \text{ kPa} \rightarrow \mathbf{c_u = 39 \text{ kPa}}$$

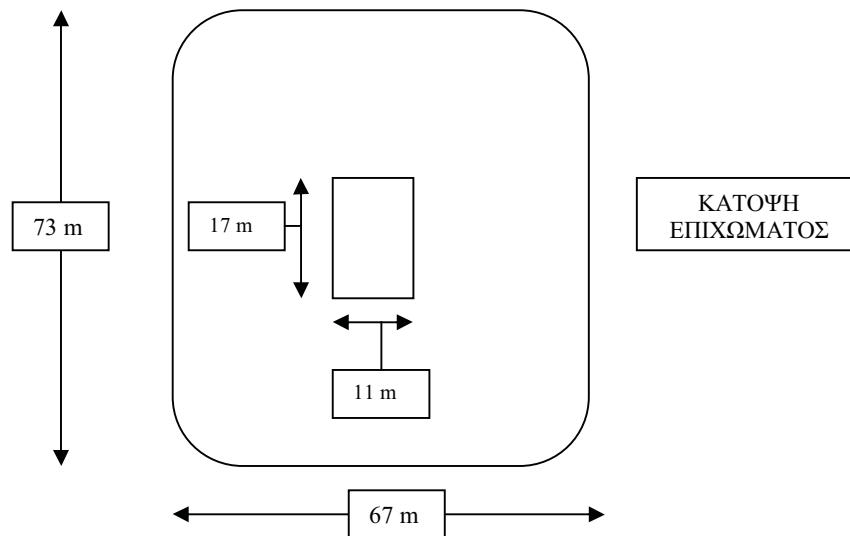
Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επίχωμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(39/16.5)^{1.25} - 1] = 165.65 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{v-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{v-10} = (8.9 * 6) + (8.1 * 6) = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επίχωμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ .

Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 165.65/20 = 8.2825 = 8.3 \text{ m}$  .

Επομένως, το επίχωμα θα έχει ύψος 8.5 m. Το επίχωμα θα γίνει σε τρεις φάσεις ( 3 m + 3 m + 2.5 m ), και θα έχει κλίση 1:2 . Αυτό αποδεικνύεται και με το πρόγραμμα larix 5. Η μικρή διάσταση του επιχώματος θα είναι  $B_{\text{επιχ}} = B_{\Theta EM} + 2*B_{\Theta EM} + 2*(2*h_{\text{επιχ}}) = 3*11 + 2*2*8.5 = 33 + 34 = 67 \text{ m}$  . Η μεγάλη διάσταση του επιχώματος θα είναι  $L_{\text{επιχ}} = L_{\Theta EM} + 2*B_{\Theta EM} + 2*(2*h_{\text{επιχ}}) = 17 + 2*11 + 2*(2*8.5) = 17 + 22 + 34 = 73 \text{ m}$ .

Άρα, **ΕΠΙΧΩΜΑ:  $L_{\text{επιχ}} = 73 \text{ m}$  ,  $B_{\text{επιχ}} = 67 \text{ m}$  ,  $h_{\text{επιχ}} = 8.5 \text{ m}$**

**ΘΕΜΕΛΙΟ - ΚΙΒΩΤΙΟ :  $L_{\Theta EM} = 17 \text{ m}$  ,  $B_{\Theta EM} = 11 \text{ m}$  ,  $H_{\Theta EM} = 6 \text{ m}$**



### ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΑ

Πριν το επίχωμα θα τοποθετηθούν στραγγιστήρια σε σχήμα κανάβου σε απόσταση  $s$  το ένα από το άλλο, ώστε να ελαττωθεί σημαντικά ο συνολικός χρόνος βελτίωσης της αργίλου. Αυτό γίνεται γιατί τα στραγγιστήρια έχουν σημαντική παροχευτική ικανότητα, η οποία επιταχύνει τη ροή του νερού και κατακόρυφα και οριζόντια (ακτινικά των στραγγιστηρίων). Χωρίς τα στραγγιστήρια, ο χρόνος που απαιτείται για τη στερεοποίηση είναι  $t_c = H^2/c_v = (8/2)^2 / (9.5 \cdot 10^{-8}) = 5.4$  years.

Υπολόγισμος απόστασης  $s$  :

Για πίεση 50 – 100 kPa αντιστοιχεί  $C_v = 2.8 \text{ m}_2/\text{έτος} = C_{vL}$

$t = 3$  μήνες = 0.25 έτη.

$T_v = C_{vL} \cdot t / H^2 = 2.8 \cdot 0.25 / (8/2)^2 = 0.7/16 \rightarrow T_v = 0.04375$

$u_v = [ (4 \cdot T_v / \pi)^{0.5} ] = [ (4 \cdot 0.04375 / 3.14)^{0.5} ] = (0.175 / 3.14)^{0.5} \rightarrow u_v = 0.236$

$T_R = C_{hL} \cdot t / De^2 = (4 \cdot C_{vL} \cdot t) / (1.13 \cdot s)^2 = (4 \cdot 2.8 \cdot 0.25) / (1.2769 \cdot s^2) \rightarrow$

$\rightarrow T_R = 2.193 / s^2$

$A = \ln(De/d_{\sigma tp}) - 0.75 + (K_h/K_{h-s} - 1) \cdot \ln(R_s/R_{\sigma tp}) = \ln(1.13 \cdot s / 0.07) - 0.75 + (4 \cdot K_v / 2 \cdot K_v - 1) \cdot \ln(2 \cdot 0.035 / 0.035) = \ln(16.143 \cdot s) - 0.75 + (2 - 1) \cdot \ln 2 =$

$= \ln(16.143) + \ln s - 0.75 + \ln 2 \rightarrow A = \ln s + 2.725$

$8 \cdot T_R / A = 8 \cdot (2.193 / s^2) / (\ln s + 2.735) \rightarrow [8 \cdot T_R / A] = 17.544 / [(\ln s + 2.725) \cdot s^2]$

$(1-u) = (1-u_v) \cdot (1-u_R) \leftrightarrow 1 - 0.92 = (1 - 0.236) \cdot (1 - u_R) \leftrightarrow 1 - u_R = 0.105$

$\leftrightarrow u_R = 0.895$

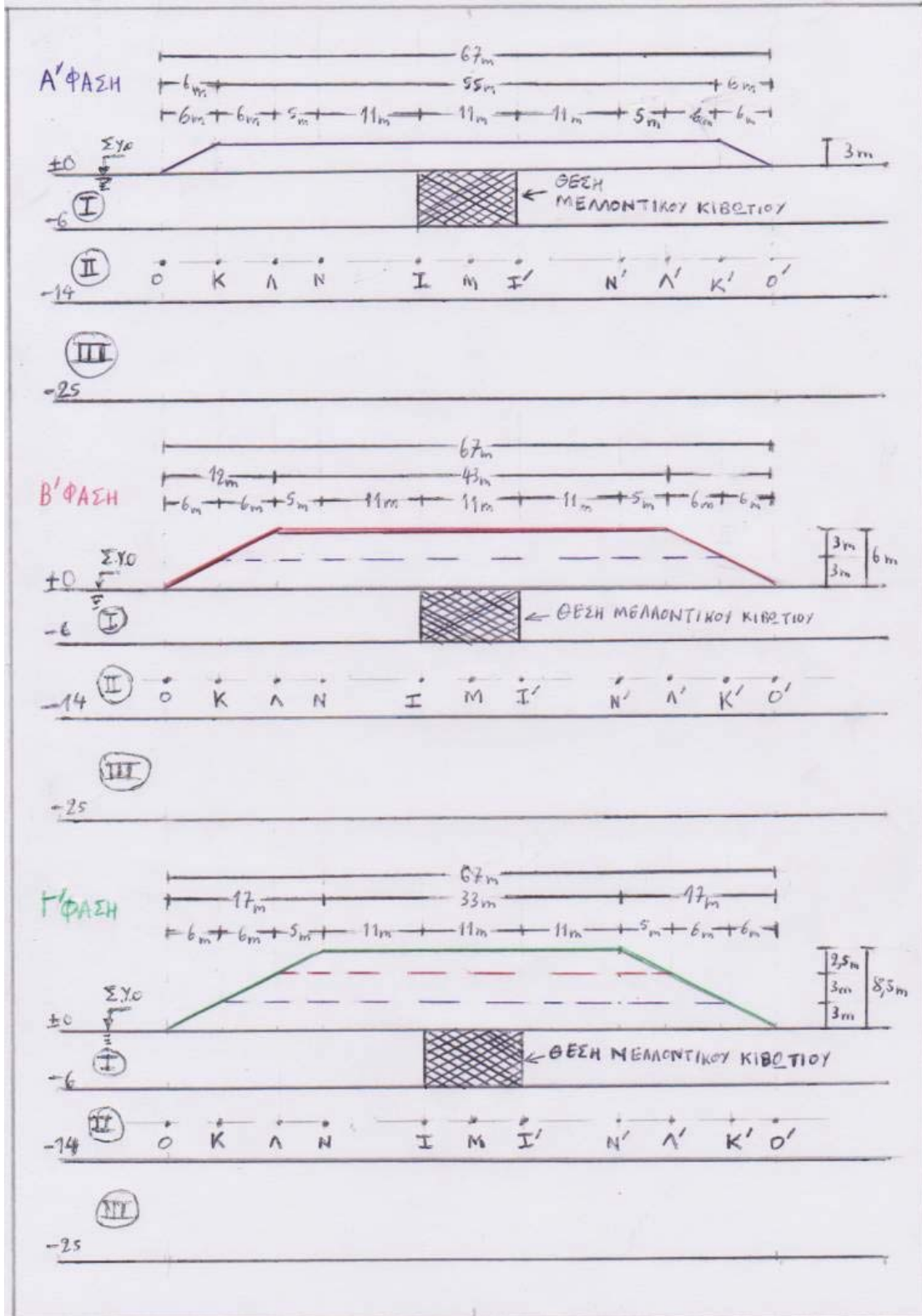
ΙΣΧΥΕΙ  $1 - u_R = 1 / e^{(8 \cdot T_R / A)} \leftrightarrow 0.105 = 1 / e^{(8 \cdot T_R / A)} \leftrightarrow 8 \cdot T_R / A = 2.254 \leftrightarrow 17.544 / [(\ln s + 2.725) \cdot s^2] = 2.254 \leftrightarrow (\ln s + 2.725) \cdot s^2 = 7.78$

ΜΕ ΔΟΚΙΜΕΣ  $s = 1.5658 \text{ m} \rightarrow \mathbf{s = 1.5 \text{ m}}$

Τα σπραγγιστήρια, όπως είπαμε θα μπουν πρώτα. Μετά θα κατασκευαστεί το επίχωμα. Το επίχωμα, όπως φαίνεται και στα αποτελέσματα του προγράμματος larix 5 δεν μπορεί να κατασκευαστεί σε μία φάση (λόγω αστοχίας), και έτσι κατασκευάζεται σε 3 φάσεις (  $3 \text{ m} + 3 \text{ m} + 2.5 \text{ m} = 8.5 \text{ m}$  ). Κάθε φάση διαρκεί 3 μήνες. Έτσι, το επίχωμα συνολικά θα υπάρχει για 9 μήνες. Μετά το επίχωμα θα πρέπει να περάσει και ο χρόνος της αποφόρτισης προκειμένου η συνοχή να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα. Ο χρόνος αυτός είναι το  $1/10$  περίπου του χρόνου προφόρτισης, ήτοι  $(1/10) * 3 * 30 = 9$  ημέρες.

Στην επόμενη σελίδα ακολουθεί η ανάλυση του επιχώματος στις 3 φάσεις. Η πρώτη φάση είναι 3m , η δεύτερη 3m, και η τρίτη 2.5 m.

ΦΑΣΕΙΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ



Σε βάθος 10 m, στο μέσο δηλαδή της αργιλικής στρώσης, επιλέγονται τα σημεία

- 1) Ο και Ο' (στις προβολές των άκρων της βάσης του επικώματος, ΟΟ' = 67 m)
- 2) Κ και Κ' (στις προβολές των άκρων της στέψης της πρώτης φάσης, ΚΚ' = 55 m)
- 3) Λ και Λ' (στις προβολές των άκρων της στέψης της δεύτερης φάσης, ΛΛ' = 43 m)
- 4) Ν και Ν' (στις προβολές των άκρων της στέψης της τρίτης και τελευταίας φάσης, ΝΝ' = 33 m)
- 5) Ι και Ι' (στις προβολές των άκρων της θέσης του μελλοντικού κιβωτίου, ΙΙ' = 11 m) και
- 6) Μ (στην προβολή του μέσου της θέσης του μελλοντικού κιβωτίου, και του κέντρου συμμετρίας του επικώματος αλλά και του θεμελίου).

Επίσης είναι ΟΚ = Κ'Ο' = 6 m, ΚΛ = Κ'Λ' = 6 m, ΝΛ = Λ'Ν' = 5 m, ΝΙ = Ι'Ν' = 11 m, ΙΜ = ΜΙ' = 5.5 m.

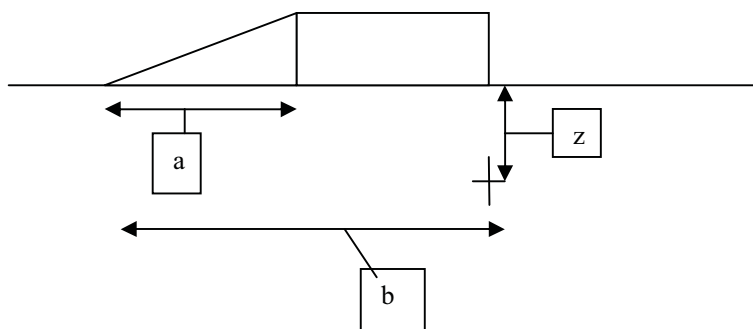
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗΣ  $c_u$  ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗ ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΕ ΚΑΘΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

Η βελτιωμένη  $c_u$  υπολογίζεται από τον τύπο

$c_u = (c_u / \sigma'_v) * (OCR)^{0.8} * (\sigma'_v + \Delta\sigma_z)$ , με  $\sigma'_v = \sigma'_{v-10} = 85.8$  kPa, και

$(c_u / \sigma'_v) = 16.5/85.8 = 0.192$ . Η  $\Delta\sigma_z$  είναι η επιπλέον τάση από το επίκωμα που ασκείται στα χαρακτηριστικά σημεία που επιλέξαμε, σε βάθος 10 m. Η πρόσθετη αυτή τάση υπολογίζεται από τη σχέση  $\Delta\sigma_z = I * \gamma_{επιix} * h_{επιix}$ , όπου I είναι ο συντελεστής οχήματος και βρίσκεται από τον πίνακα. Για να προκύψει ο συντελεστής I, πρέπει να βρούμε και τα πηλίκια  $a/z$  (λόγος απόστασης του άκρου της στέψης του επικώματος από το άκρο της βάσης του επικώματος, προς το βάθος του σημείου που μας ενδιαφέρει από το φυσικό έδαφος), και  $b/z$  (λόγος απόστασης σημείου που μας ενδιαφέρει από το άκρο του επικώματος, προς το βάθος αυτού του σημείου από το φυσικό έδαφος). Για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκε ο ΠΙΝΑΚΑΣ 5 του παραρτήματος.

Δηλαδή



Στην περιπτώσή μας είναι  $c_u = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + \Delta\sigma_z)$  και  $\Delta\sigma_z = I * 20 * h_{επιix}$

**Α' ΦΑΣΗ** (3m )Σημείο Μ

$$(a/z)_M = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_M = 27.5/10 = 2.75$$

$$I_M = 2 * 0.488 = 0.976$$

$$\Delta\sigma_{zA}^M = 0.976 * 20 * 3 = 58.56 \rightarrow \Delta\sigma_{zA}^M = 58.56 \text{ kPa}$$

$$c_{uA}^M = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 58.56) = 27.72 \rightarrow c_{uA}^M = 27.72 \text{ kPa}$$

Σημείο Ι και Ι'

$$(a/z)_I = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_{I1} = 22/10 = 2.2 \rightarrow I_1 = 0.484$$

$$(a/z) = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_{I2} = 33/10 = 3.3 \rightarrow I_2 = 0.44$$

$$I_I = 0.974$$

$$\Delta\sigma_{zA}^I = 0.974 * 20 * 3 = 58.44 \rightarrow \Delta\sigma_{zA}^I = 58.44 \text{ kPa}$$

$$c_{uA}^I = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 58.44) = 27.69 \rightarrow c_{uA}^I = 27.69 \text{ kPa}$$

Σημείο Ν και Ν'

$$(a/z)_N = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_{N1} = 11/10 = 1.1 \rightarrow I_1 = 0.45$$

$$(a/z)_N = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_{N2} = 44/10 = 4.4 \rightarrow I_2 = 0.491$$

$$I_N = 0.941$$

$$\Delta\sigma_{zA}^N = 0.941 * 20 * 3 = 56.46 \rightarrow \Delta\sigma_{zA}^N = 56.46 \text{ kPa}$$

$$c_{uA}^N = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 56.46) = 27.31 \rightarrow c_{uA}^N = 27.31 \text{ kPa}$$

Σημείο Λ και Λ'

$$(a/z)_\Lambda = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_{\Lambda1} = 6/10 = 0.6 \rightarrow I_1 = 0.389$$

$$(a/z)_\Lambda = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_{\Lambda2} = 49/10 = 4.9 \rightarrow I_2 = 0.491$$

$$I_\Lambda = 0.88$$

$$\Delta\sigma_{zA}^\Lambda = 0.88 * 20 * 3 = 52.8 \rightarrow \Delta\sigma_{zA}^\Lambda = 52.8 \text{ kPa}$$

$$c_{uA}^\Lambda = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 52.8) = 26.61 \rightarrow c_{uA}^\Lambda = 26.61 \text{ kPa}$$

Σημείο Κ και Κ'

$$(a/z)_K = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_{K1} = 0 \rightarrow I_1 = 0.168$$

$$(a/z)_K = 6/10 = 0.6 \text{ και } (b/z)_{K2} = 55/10 \rightarrow I_2 = 0.4915$$

$$I_K = 0.6595$$

$$\Delta\sigma_{zA}^K = 0.6595 * 20 * 3 = 39.57 \rightarrow \Delta\sigma_{zA}^K = 39.57 \text{ kPa}$$

$$c_{uA}^K = 0.192 * 1^{0.8} * (8.58 + 39.57) = 24.07 \rightarrow c_{uA}^K = 24.07 \text{ kPa}$$

Σημείο Ο και Ο'

$$\text{Όπως ήταν στην αρχή, δηλαδή } c_{uA}^O = c_{u\text{αρχ}} = 16.5 \text{ kPa}$$

**Β' ΦΑΣΗ** (3 + 3 = 6 m)Σημείο Μ

$$(a/z)_M = 12/10 = 1.2 \text{ και } (b/z)_M = 21.5/10 = 2.15$$

$$I_M = 2 * 0.484 = 0.968$$

$$\Delta\sigma_{zB}^M = 0.968 * 20 * 6 = 116.16 \rightarrow \Delta\sigma_{zB}^M = 116.16 \text{ kPa}$$

$$c_{uB}^M = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 116.16) = 38.78 \rightarrow c_{uB}^M = 38.78 \text{ kPa}$$

Σημείο Ι και Ι'

$$(a/z)_I = 12/10 = 1.2 \text{ και } (b/z)_{I1} = 16/10 = 1.6 \rightarrow I_1 = 0.476$$

$$(a/z)_{I'} = 12/10 = 1.2 \text{ και } (b/z)_{I2} = 27/10 = 2.7 \rightarrow I_2 = 0.489$$

$$I_I = 0.965$$

$$\Delta\sigma_{zB}^I = 0.965 * 20 * 6 = 115.8 \rightarrow \Delta\sigma_{zB}^I = 115.8 \text{ kPa}$$

$$c_{uB}^I = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 115.8) = 38.7 \rightarrow c_{uB}^I = 38.7 \text{ kPa}$$

Σημείο Ν και Ν'

$$(a/z)_N = 12/10 = 1.2 \text{ και } (b/z)_{N1} = 5/10 = 0.5 \rightarrow I_{N1} = 0.4$$

$$(b/z)_N = 12/10 = 1.2 \text{ και } (b/z)_{N2} = 38/10 = 3.8 \rightarrow I_{N2} = 0.49$$

$$I_N = 0.89$$

$$\Delta\sigma_{zB}^N = 0.89 * 20 * 6 = 106.8 \rightarrow \Delta\sigma_{zB}^N = 106.8 \text{ kPa}$$

$$c_{uB}^N = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 106.8) = 36.98 \rightarrow c_{uB}^N = 36.98 \text{ kPa}$$

Σημείο Λ και Λ'

$$(a/z)_\Lambda = 12/10 = 1.2 \text{ και } (b/z)_{\Lambda1} = 0 \rightarrow I_{\Lambda1} = 0.2685$$

$$(a/z)_{\Lambda'} = 12/10 = 1.2 \text{ και } (b/z)_{\Lambda2} = 43/10 = 4.3 \rightarrow I_{\Lambda2} = 0.4915$$

$$I_\Lambda = 0.76$$

$$\Delta\sigma_{zB}^\Lambda = 0.76 * 20 * 6 = 91.2 \rightarrow \Delta\sigma_{zB}^\Lambda = 91.2 \text{ kPa}$$

$$c_{uB}^\Lambda = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 91.2) = 33.984 \rightarrow c_{uB}^\Lambda = 33.984 \text{ kPa}$$

Σημείο Κ και Κ'

Όπως ήταν στο τέλος της πρώτης φάσης, δηλαδή  $c_{uB}^K = c_{uA}^K = 24.07 \text{ kPa}$

Σημείο Ο και Ο'

Όπως ήταν στην αρχή. Δηλαδή  $c_{uB}^O = c_{uαρχ} = 16.5 \text{ kPa}$



**Γ' ΦΑΣΗ** (3 + 3 + 2.5 = 8.5m)Σημείο Μ

$$(a/z)_M = 17/10 = 1.7 \text{ και } (b/z)_M = 16.5/10 = 1.65 \rightarrow I_M = 2 * 0.4855 = 0.971$$

$$\Delta\sigma_{zI}^M = 0.971 * 20 * 8.5 = 165.2 \rightarrow \Delta\sigma_{zI}^M = 165.2 \text{ kPa}$$

$$c_{uI}^M = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 165.2) = 48.19 \rightarrow c_{uI}^M = 48.19 \text{ kPa}$$

Σημείο Ι και Ι'

$$(a/z)_I = 17/10 = 1.7 \text{ και } (b/z)_{I1} = 11/10 = 1.1 \rightarrow I_1 = 0.4775$$

$$(a/z)_I = 17/10 = 1.7 \text{ και } (b/z)_{I2} = 22/10 = 2.2 \rightarrow I_2 = 0.4525$$

$$I_I = 0.96$$

$$\Delta\sigma_{zI}^I = 0.96 * 20 * 8.5 = 163.2 \rightarrow \Delta\sigma_{zI}^I = 163.2 \text{ kPa}$$

$$c_{uI}^I = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 163.2) = 47.808 \rightarrow c_{uI}^I = 47.81 \text{ kPa}$$

Σημείο Ν και Ν'

$$(a/z)_N = 17/10 = 1.7 \text{ και } (b/z)_{N1} = 0 \rightarrow I_{N1} = 0.33$$

$$(a/z)_N = 17/10 = 1.7 \text{ και } (b/z)_{N2} = 0.49 \rightarrow I_{N2} = 0.49$$

$$I_N = 0.82$$

$$\Delta\sigma_{zI}^N = 0.82 * 20 * 8.5 = 139.4 \text{ kPa}$$

$$c_{uI}^N = 0.192 * 1^{0.8} * (85.8 + 139.4) = 43.24 \rightarrow c_{uI}^N = 43.24 \text{ kPa}$$

Σημείο Λ και Λ'

$$\text{Όπως στο τέλος της δεύτερης φάσης } c_{uI}^\Lambda = c_{uB}^\Lambda = 33.984 \text{ kPa}$$

Σημείο Κ και Κ'

$$\text{Όπως πριν, } c_{uI}^K = c_{uB}^K = c_{uA}^K = 24.07 \text{ kPa}$$

Σημείο Ο και Ο'

$$\text{Όπως στην αρχή, } c_{uI}^O = c_{uB}^O = c_{uA}^O = c_{uαρχ} = 16.5 \text{ kPa}$$

$$\text{Επομένως, τελικά } \Delta\sigma_{zTE\Lambda} = 165.2 \text{ kPa} = \Delta\sigma_{zM}$$

$$\text{Άρα } c_{uTE\Lambda} = 0.192 * [(85.8 + 165.2)/85.8]^{0.8} * 85.8 = 38.9 \rightarrow$$

$$\mathbf{c_{uTE\Lambda} = 39kPa}$$

Συμπερασματικά, μετά το τέλος της τρίτης φάσης δημιουργούνται 5 ζώνες συνοχής  $c_u$  στο στρώμα της αργίλου.

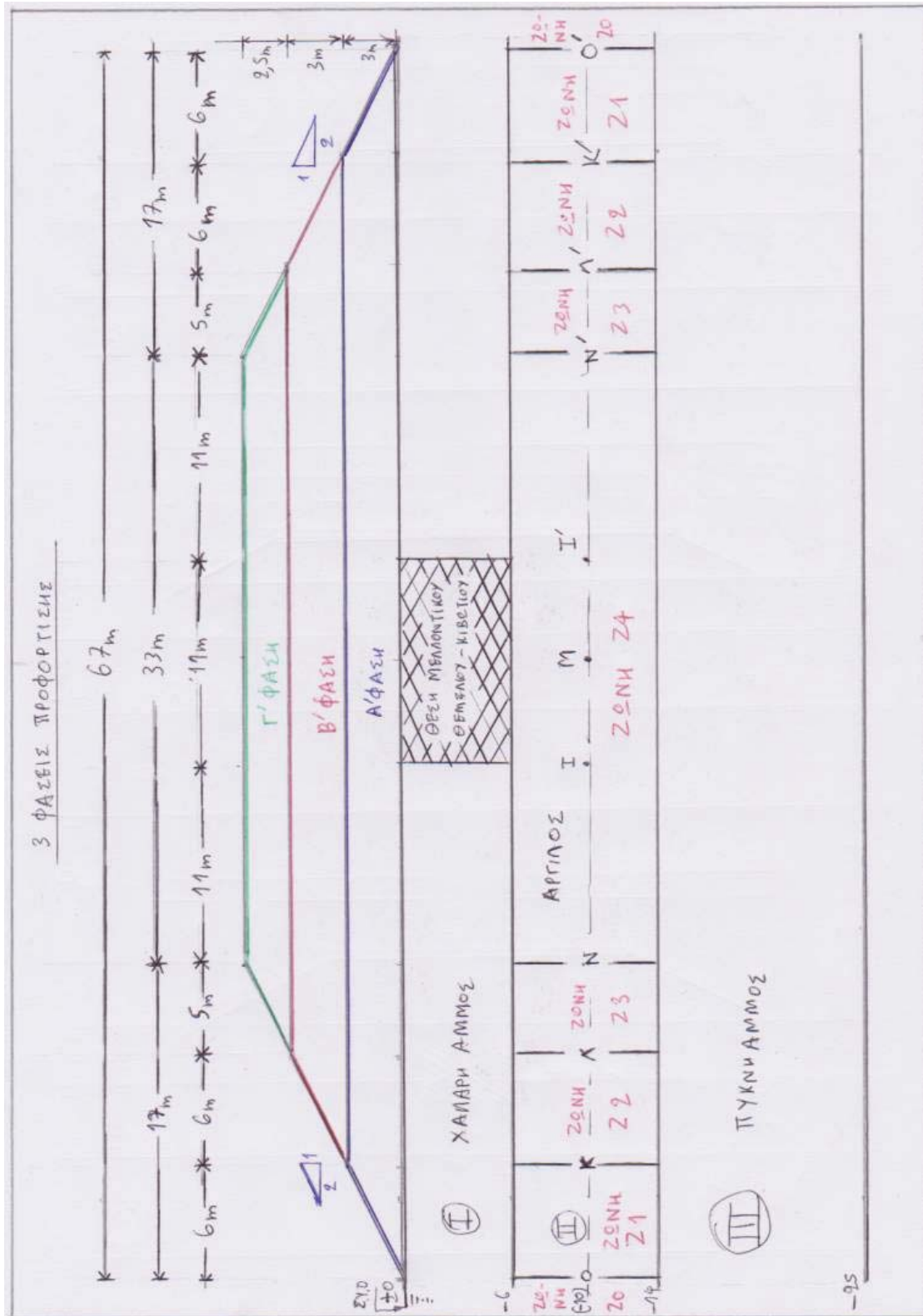
$$\text{ΖΩΝΗ 0 : Αριστερά του Ο και δεξιά του Ο' , } c_{uZ0} = 16.5 \text{ kPa}$$

$$\text{ΖΩΝΗ 1 : ΟΚ και Κ'Ο' , } c_{uZ1} = 20.29 \text{ kPa}$$

$$\text{ΖΩΝΗ 2 : ΚΛ και Λ'Κ' , } c_{uZ2} = 29.03 \text{ kPa}$$

$$\text{ΖΩΝΗ 3 : ΛΝ και Ν'Λ' , } c_{uZ3} = 38.61 \text{ kPa}$$

$$\text{ΖΩΝΗ 4 : ΝΜ και ΜΝ' , } c_{uZ4} = 45.7 \text{ kPa}$$

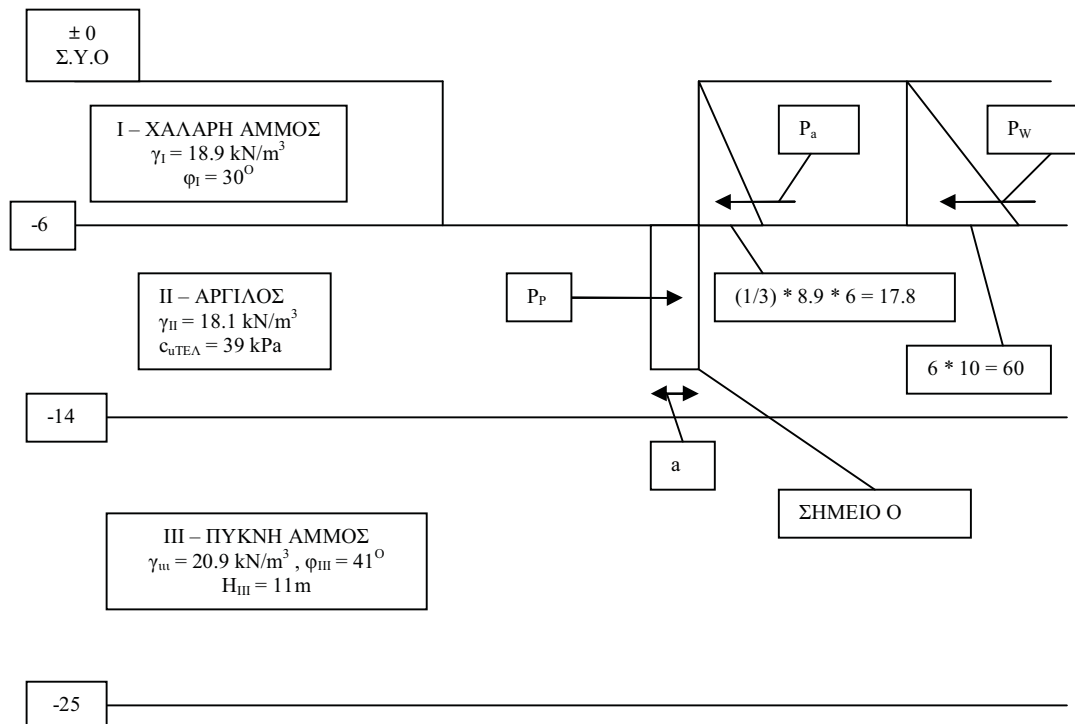


Αφου το επίχωμα παραμείνει συνολικά 9 μήνες ( 3 μήνες για την κάθε φάση), και αφαιρεθεί, θα πρέπει να περάσει ακόμα λίγος χρόνος ( περίπου το 1/10 των 3 μηνών, δηλαδή περίπου  $3 * 30 * 0.1 = 9$  ημέρες) για να φθάσει το έδαφος (και συγκεκριμένα η άργιλος) στα επιθυμητά επίπεδα, ήτοι να έχει συνοχή  $c_u = 39$  kPa, κάτω και γύρω από την περιοχή του θεμελίου – περιοχή NM και MN'.

Αφού η άργιλος αποκτήσει την επιθυμητή συνοχή (αυτό θα διαπιστωθεί με νέα γεώτρηση), θα αρχίσει η εκσκαφή της πρώτης στρώσης ( ΣΤΡΩΜΑ I – χαλαρή μεσόκκοκη Άμμος με  $\gamma_i = 18.9$  kN/m<sup>3</sup> και  $\phi_i = 30^\circ$ ). Το επόμενο πρόβλημα είναι η ευστάθεια των πρανών κατά την εκσκαφή (εκτεταμένη εκσκαφή 6 m ύψος, εμβαδόν  $17 * 11 = 187$  m<sup>2</sup>). Η αντιστήριξη των πρανών θα γίνει με πασαλοσανίδες και με αγκύρια, όπως θα δούμε.

Πρώτα εξετάζεται η περίπτωση να χρησιμοποιηθούν πασαλοσανίδες χωρίς αγκύρια. Αναζητείται ένα ύψος  $D \leq 8$  m μέσα στο στρώμα της αργίλου, για το οποίο η παθητική ώθηση θα εξισορροπεί τις δυνάμεις της παθητικής ώθησης και της υδροστατικής πίεσης του νερού στο πρώτο στρώμα της Άμμου. Αυτό όμως , όπως φαίνεται παρακάτω είναι άτοπο, καθότι  $D = 12.68$  m  $> 8$  m.

ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΕΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΙΑ



Ενεργητική Ωθηση :  $P_a = (1/3) * 8.9 * 6 * 6 * (1/2) = 53.4 \text{ kN}$

Πίεση νερού :  $P_w = 60 * 6 * (1/2) = 180 \text{ kN}$

$a = 4 * c_{uTEΛ} - (\sigma_{v-6}^{\delta\epsilon\zeta} - \sigma_{v-6}^{ap}) = 4 * 39 - 18.9 * 6 + 0 = 156 - 113.4 \rightarrow a = 42.6 \text{ kPa}$

Παθητική Ωθηση :  $P_p = a * D = 42.6 * D$

$\Sigma M_O = 0 \rightarrow P_p * D/2 - P_a * [(1/3) * 6 + D] - P_w * [(1/3) * 6 + 0] = 0 \rightarrow$

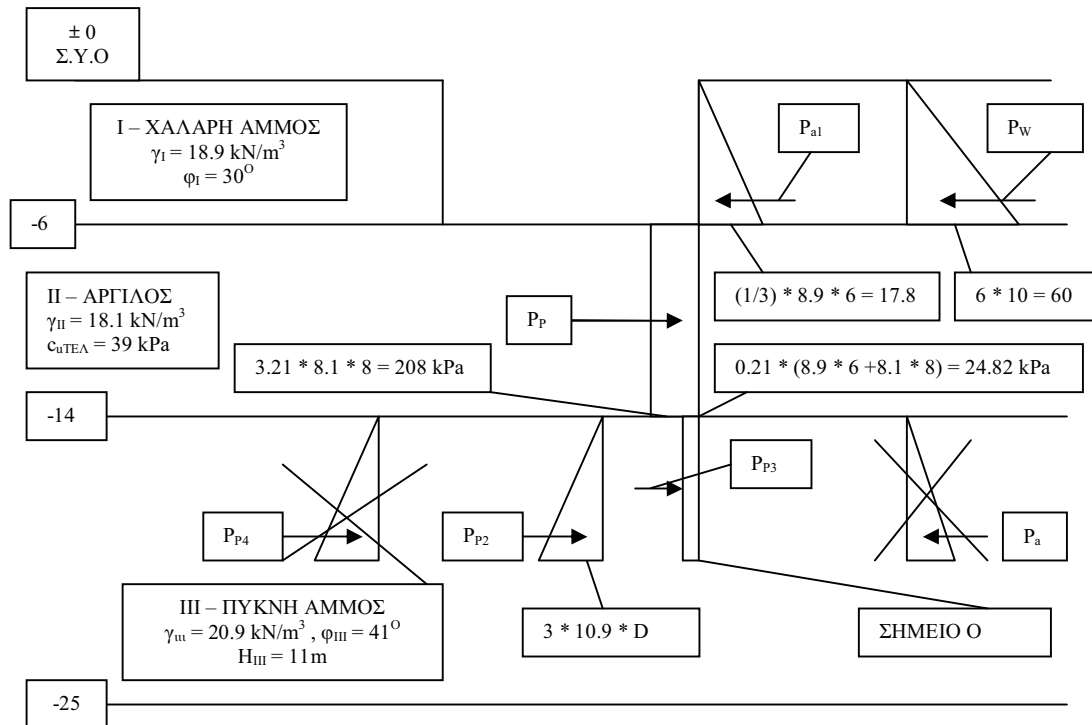
$\rightarrow 42.6 * D * D/2 - 53.4 * (2 + D) - 180 * (2 + D) = 0 \rightarrow 21.3 * D^2 - 233.4 * (2 + D) = 0 \rightarrow$

$\rightarrow D^2 - 10.95775 * (D + 2) = 0 \rightarrow D^2 - 10.95775 * D - 21.9155 = 0 \rightarrow$

$\rightarrow D_1 = 12.685 > 0$  ΔΕΚΤΟ και  $D_2 = -3.455 < 0$  ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ.

Όμως  $D_1 = 12.685 \text{ m} > 8 \text{ m}$ . Άρα ελέγχουμε αν μπορεί να γίνει με αυτοφερόμενο συνεχές πέτασμα και να εισέρχεται και στο τρίτο στρώμα.

ΑΥΤΟΦΕΡΟΜΕΝΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΠΕΤΑΣΜΑ



$$P_{P1} = 42.6 * 8 = 340.8 \text{ kN}, P_{a1} = 53.4 \text{ kN}, P_w = 180 \text{ kN}$$

$$K_{aIII} = \tan^2(45 - (\varphi/2)) = \tan^2(24.5) = 0.21$$

$$K_{pIII} = \tan^2(45 + (\varphi/2)) = \tan^2(65.5) = 4.816 \rightarrow K_{pIII\text{TEΛ}} = (2/3) * K_{pIII} = 3.21$$

$$P_{P2} = 3.21 * 10.9 * D * D/2 - 0.21 * 10.9 * D * D/2 \rightarrow P_{P2} = 16.35 * D^2$$

$$P_{P3} = (208 - 24.82) * D \rightarrow P_{P3} = 183.18 * D$$

$$\Sigma M_0 = 0 \rightarrow -53.4 * (6/3 + 8 + D) - 180 * (6/3 + 8 + D) + 340.8 * (4 + D) + 16.35 * D^2 * D/3 + 183.18 * D * D/2 = 0 \rightarrow 5.45 * D^3 + 91.59 * D^2 + 107.4 * D - 970.8 = 0 \rightarrow D^3 + 16.81 * D^2 + 19.71 * D - 178.13 = 0$$

ΜΕ ΔΟΚΙΜΕΣ  $D = 2.57 \text{ m}$ . Το τελικό ύψος της πασσαλοσανίδας, θα είναι  $H_{\text{TEΛ}} = 6 + 8 + 2.57 * 1.2 = 17 \text{ m}$ .

$$\underline{\text{ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ}} : 42.6 * z_Q = 53.4 + 180 = 233.4 \rightarrow z_Q = 5.478$$

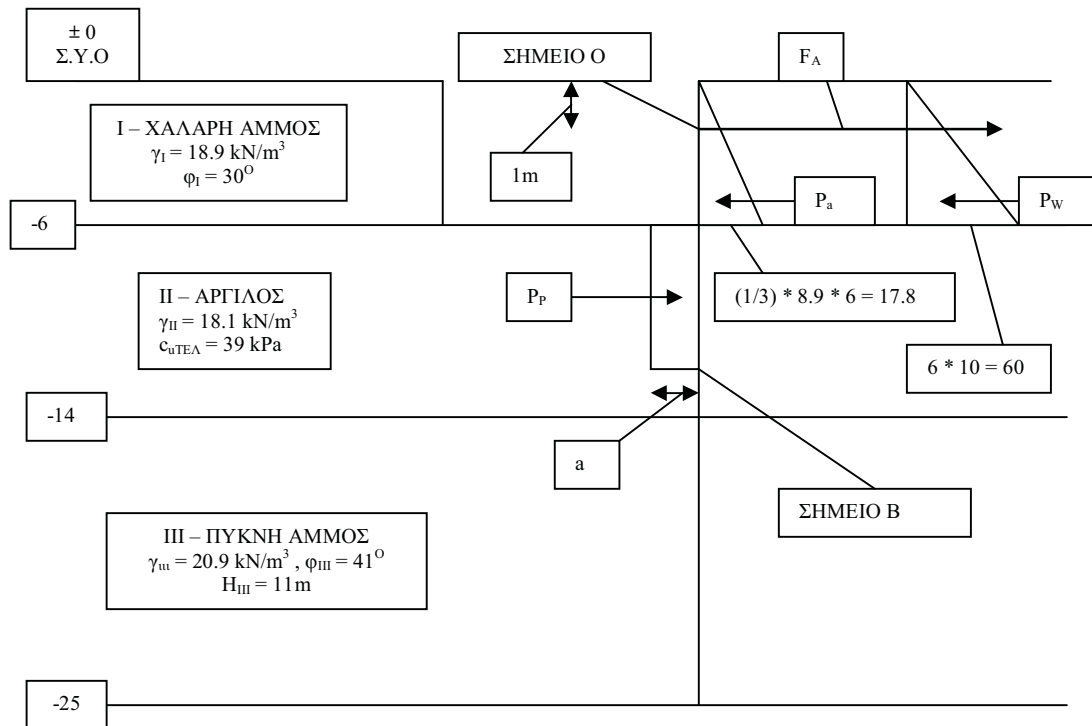
Στα 5.478 m ( μέσα στο δεύτερο στρώμα) μηδενίζεται η τέμνουσα. Η μέγιστη ροπή σε αυτήν τη θέση είναι

$$M_{\text{max}z_Q} = -233.4 * (2 + 5.478) + 42.6 * 5.478 * 5.478/2 = -1745.37 + 639.18 =$$

$$-1106.19 \text{ kNm} \rightarrow W_{\text{επ}} = 1106.19 / 155000 = 0.007 \text{ m}^3 = 7140 \text{ cm}^3 > 6000 \text{ cm}^3. \text{ Άρα, η ροπή αντίστασης είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη, επομένως η λύση αυτή απορρίπτεται.}$$

Η επόμενη επιλογή, είναι να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα αγκύρια.

ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΕΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΑΚΡΟΥ ΜΕ ΑΓΚΥΡΙΑ  
(FREE EARTH SUPPORT)



$$P_a = 53.4 \text{ kN} , P_w = 180 \text{ kN} , P_p = 42.6 * D$$

$$\Sigma M_O = 0 \rightarrow (53.4 + 180) * 3 - 42.6 * D * [(D/2) + 5] = 0 \rightarrow 700.2 - 21.3 * D^2 - 213 * D = 0 \rightarrow D^2 + 10 * D - 32.87 = 0 \rightarrow D_1 = 2.605 > 0 \text{ ΔΕΚΤΟ και}$$

$$D_2 = -12.61 < 0 \text{ ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ. Άρα, } D = 2.61 \text{ m}$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow 42.6 * 2.61 + F_A - 53.4 - 180 = 0 \rightarrow F_A = 122.21 \text{ kN}$$

ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ

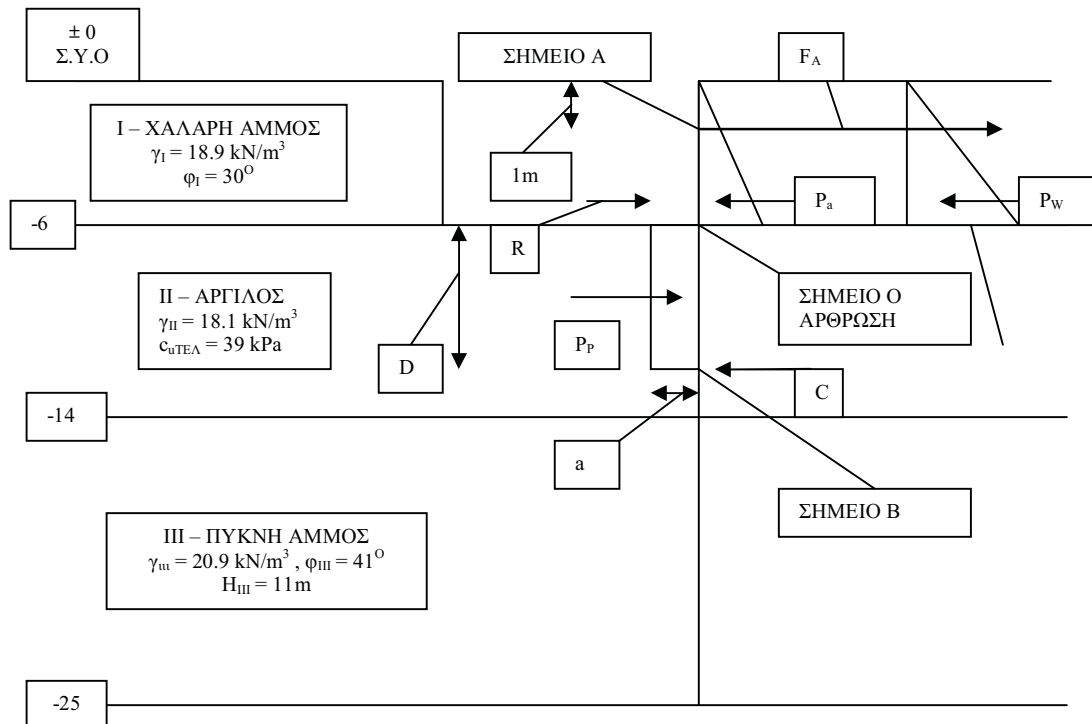
$$-[(1/3) * 8.9 * z * (z/2)] - [10 * z * (z/2)] + F_A = 0 \leftrightarrow -1.483 * z^2 - 5 * z^2 + 122.21 = 0 \leftrightarrow z = 4.34 \text{ m}$$

$$M_{\max z} = F_A * 3.34 - [(1/3) * 8.9 * 4.34 * (4.34/2) * 1/3 * 4.34 - 10 * 4.34 * (4.34/2) * 1/3 * 4.34] = 408.184 - 40.42 - 136.244 \rightarrow M_{\max z} = 230.52 \text{ kNm}$$

Η ροπή αντίστασης είναι  $W_{\text{επ}} = 230.52 / 155000 = 0.001487225 \text{ m}^3 = 1487 \text{ cm}^3 \rightarrow$  ΑΠΟ ΠΙΝΑΚΑ  $\rightarrow$  Ο ΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΕΙΝΑΙ 3B και Ο ΤΥΠΟΣ ΤΟΥ ΑΓΚΥΡΙΟΥ ΕΙΝΑΙ Φ50 (d = 50 mm)

Για τους τύπους αγκυρίου και πασσαλοσανίδας χρησιμοποιήθηκαν οι ΠΙΝΑΚΕΣ 6 , 7A , 7B του παραρτήματος.

**ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΕΣ ΠΑΚΤΩΜΕΝΟΥ ΑΚΡΟΥ ΜΕ ΑΓΚΥΡΙΑ  
(FIXED EARTH SUPPORT)**



$$\Sigma M_O = 0 \rightarrow F_A \cdot 5 - 233.4 \cdot 2 = 0 \rightarrow F_A = 93.36 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F_A + R = 233.4 \rightarrow R = 140.09 \text{ kN}$$

$$D = 2 \cdot R / a = 2 \cdot 140.4 / 42.6 = 6.57 \text{ m}$$

$$D_{ολ} = 1.2 \cdot 6.57 = 7.89 \rightarrow \underline{D_{ολ} = 8 \text{ m}}$$

$$C = 6.57 \cdot 42.6 - 140.04 = 139.84 \text{ kN}$$

**ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ**

$$[2.97 \cdot z^2 / 2] + [10 \cdot z^2 / 2] = 93.36 \rightarrow z = 3.79 \text{ m}$$

$$\max M_1 = [93.36 \cdot (3.79 - 1)] - [21.3 \cdot 3.79 / 3] - [71.82 \cdot 3.79 / 2] = 260.47 - 117.64 = 142.83 \text{ kNm}$$

$$\max M_2 = a \cdot D^2 / 8 = 42.6 \cdot (6.57)^2 / 8 = 229.85 \text{ kNm}$$

$$M_{TEΛ} = \max\{\max M_1, \max M_2\} = \max\{142.83, 229.85\} = 229.85 \text{ kNm}$$

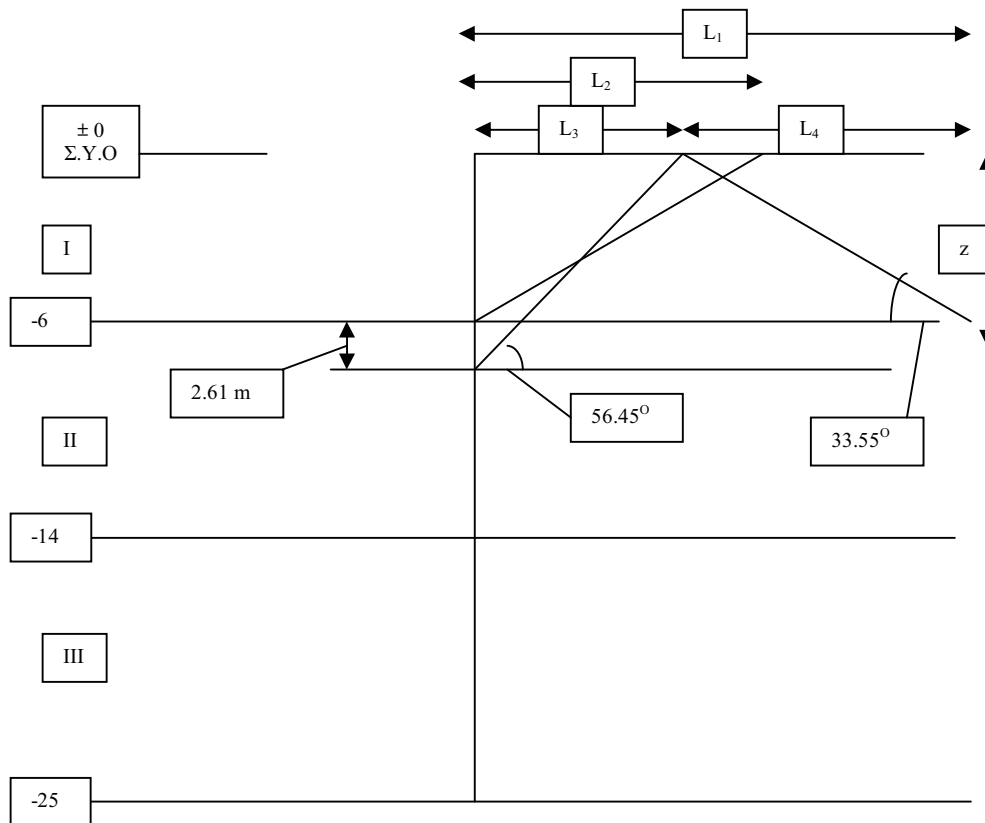
$$W_{επ} = 229.85 / 155000 = 1483 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{ΤΥΠΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ 3B}$$

Και **ΤΥΠΟΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ Φ50**

Για τους τύπους αγκυρίου και πασσαλοσανίδας χρησιμοποιήθηκαν οι ΠΙΝΑΚΕΣ 6, 7A, 7B του παραρτήματος.

Ακολουθούν οι αποστάσεις των δευτέρων πασσαλοσανίδων που θα πρέπει να τοποθετηθούν, προκειμένου να υπάρχει ολοκληρωμένη ευστάθεια του πρανούς.

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ



$$\tan\varphi_{\mu} = (6 * \tan\varphi_I + \tan\varphi_{II}) / 8.61 = 0.423 \rightarrow \varphi_{\mu} = 22.9^{\circ}$$

$$(45 - \varphi_{\mu}/2) = 33.55^{\circ}$$

$$(45 + \varphi_{\mu}/2) = 56.45^{\circ}$$

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ

$$\frac{1}{2} * 13.35 * z_1^2 = 122.21 \leftrightarrow z_1 = 4.85 \text{ m}$$

$$z_1 / L_4 = \tan 33.55 \rightarrow L_4 = 4.85 / 0.66 \rightarrow L_4 = 7.31 \text{ m}$$

$$\tan 60 = L_2 / 6 \rightarrow L_2 = 6 * \tan 60 \rightarrow L_2 = 10.4 \text{ m}$$

$$\tan 33.55 = L_3 / 8.61 \rightarrow L_3 = 8.61 * \tan 33.55 \rightarrow L_3 = 5.71 \text{ m}$$

$$L_1 = L_3 + L_4 = 5.71 + 7.31 \rightarrow L_1 = 13.02 \text{ m}$$

$$\max\{L_1, L_2\} = \max\{13.02, 10.4\} = \mathbf{13.02 \text{ m}}$$

ΠΑΚΤΩΜΕΝΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ

$$\frac{1}{2} * 13.35 * z_2^2 = 93.36 + \frac{1}{2} * 2.97 * z_2^2 \leftrightarrow 5.19 * z_2^2 = 93.36 \leftrightarrow z_2 = 4.24 \text{ m}$$

$$L'_2 = L_2 = 10.4 \text{ m}$$

$$z_2 / L'_4 = \tan 33.55 \rightarrow L'_4 = 6.42 \text{ m}$$

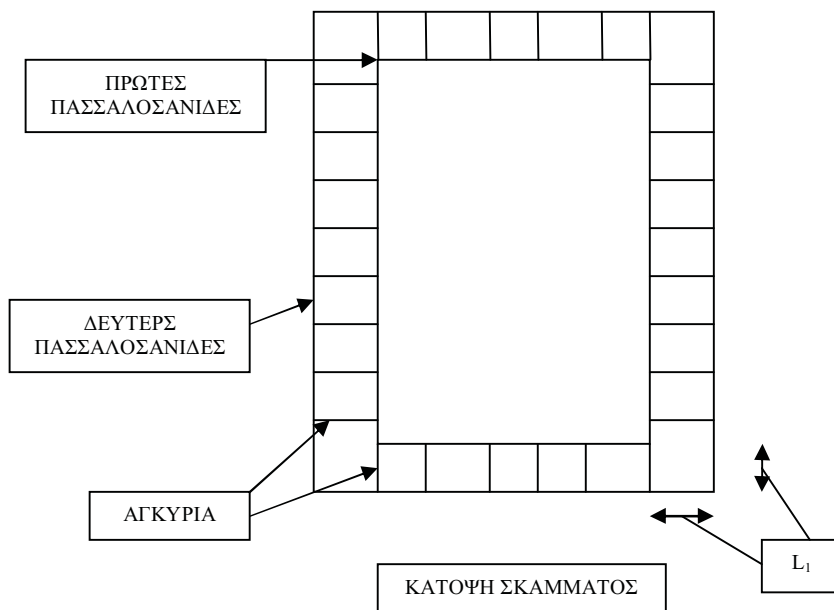
$$\tan 33.55 = L'_3 / ((2/3) * 8 + 6) \rightarrow L'_3 = 7.51 \text{ m}$$



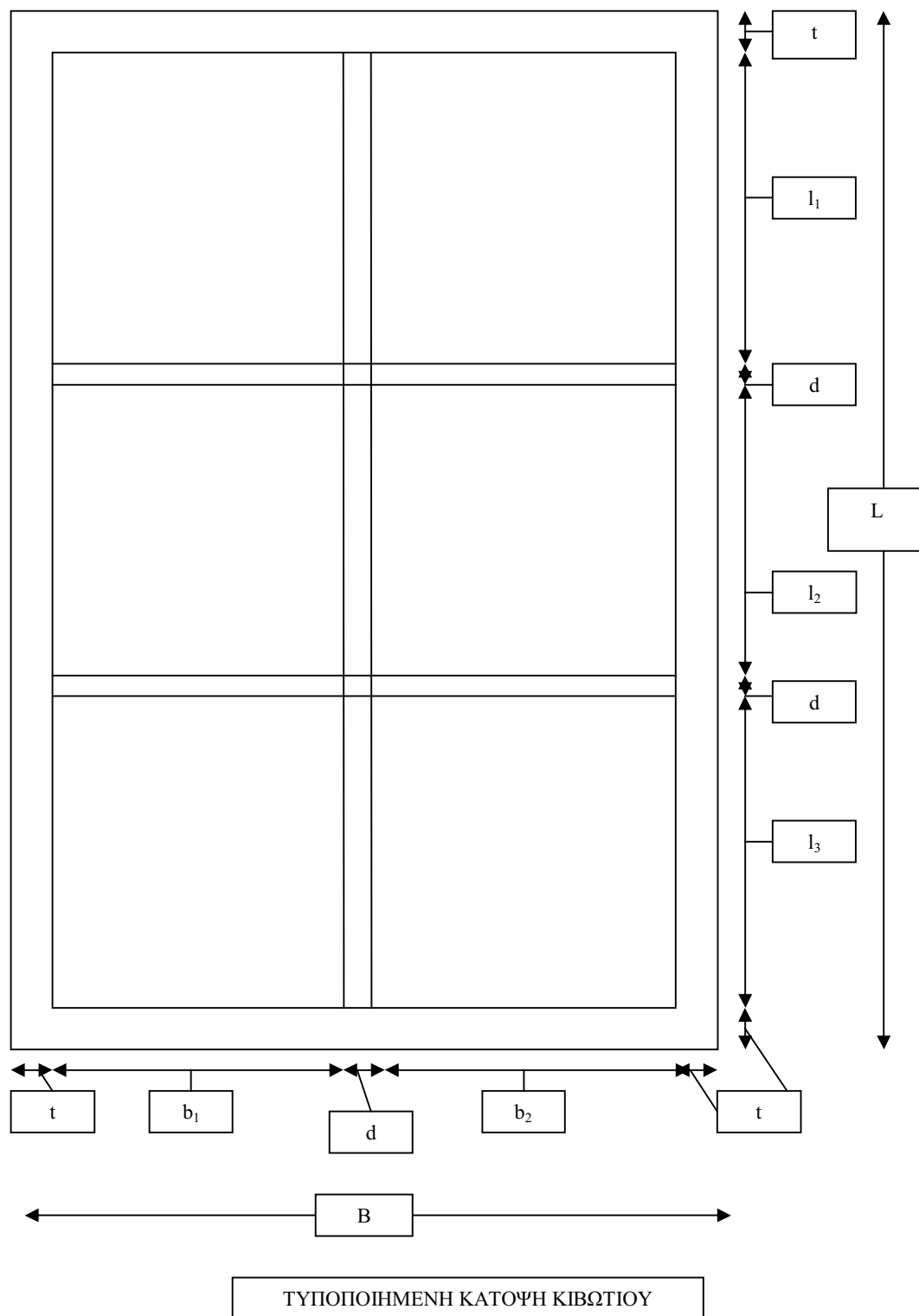
$$L'_1 = L'_3 + L'_4 \rightarrow L'_1 = 13.93 \text{ m}$$

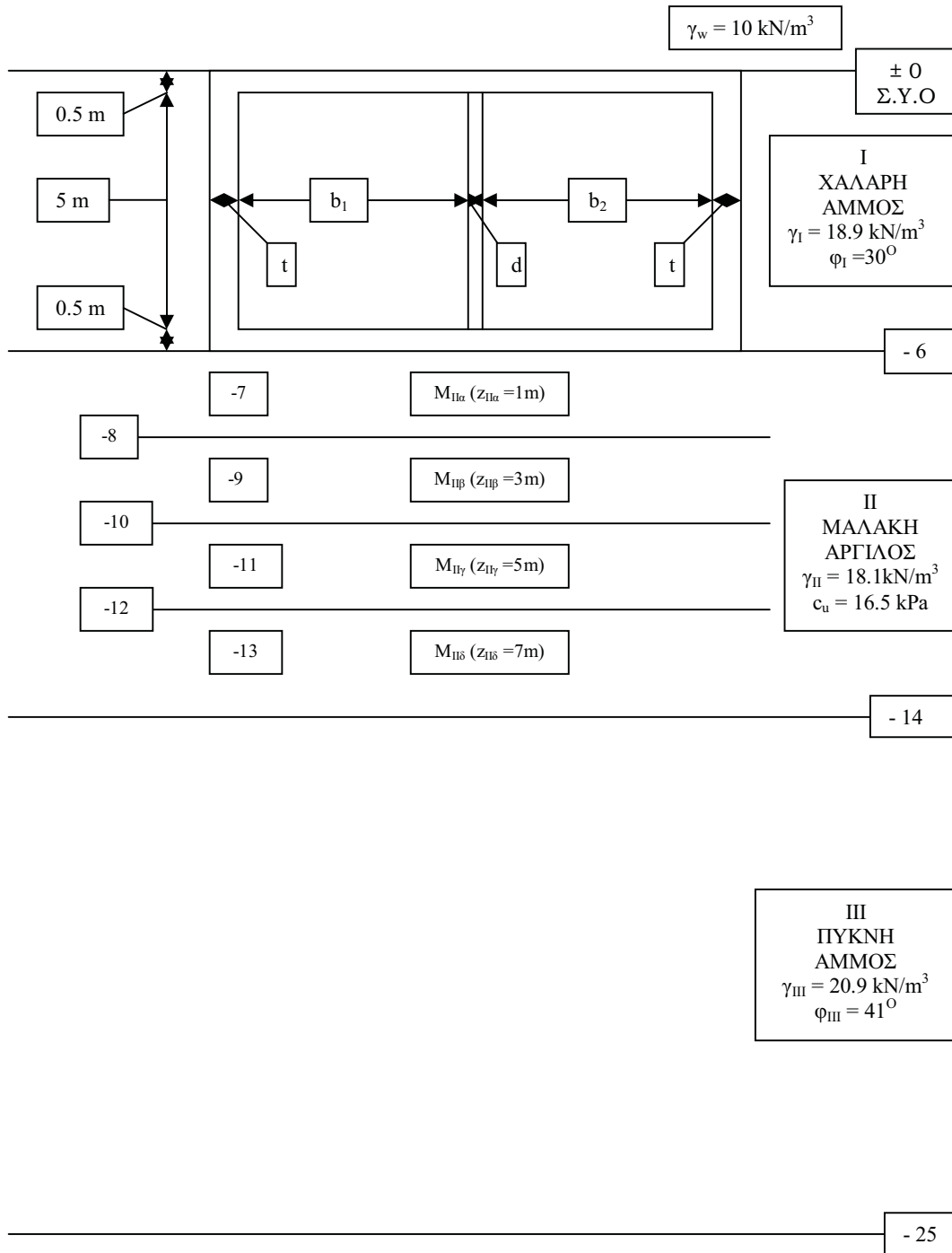
$$\max\{L'_1, L'_2\} = \max\{13.93, 10.4\} = \mathbf{13.93 \text{ m}}$$

Θεωρούμε ότι το κάθε αγκύριο έχει περιοχή δράσης 2.5 m. Επίσης το συνολικό σκάμμα θα έχει διαστάσεις περίπου 20 x 15, οπότε θα χρειαστούν  $2 * (20/2.5) + 2 * (15/2.5) = (2 * 8) + (2 * 6) = 16 + 12 = 28$  ΑΓΚΥΡΙΑ. Αυτά θα τοποθετηθούν περιμετρικά κάθε 2.5 m .



Οι πασσαλοσανίδες απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $L_1$  όπως υπολογίστηκε πιο πάνω.

**ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ**



ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΟΜΗ ΚΙΒΩΤΙΟΥ

**ΔΟΚΙΜΗ 1** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 15 x 7 x 6 )**ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**

$$L = 15 \text{ m} , l_1 = 4.7 \text{ m} , l_2 = 4.6 \text{ m} , l_3 = 4.7 \text{ m}$$

$$B = 7 \text{ m} , b_1 = 3,1 \text{ m} , b_2 = 3,1$$

$$t = 0.3 \text{ m} , d = 0.2 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{ΟΛ} = 15 * 7 * 6 = 630 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 4 * (4.7 * 3.1 * 5) + 2 * (4.6 * 3.1 * 5) = 4 * 72.85 + 2 * 71.3 = 291.4 + 142.6 \rightarrow [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 434 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{σκυρ} = V_{ΟΛ} - V_{[ΚΥΨ]_{ΟΛ}} = 630 - 434 = 196 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου - θεμελίου είναι

$$W_{ΘΕΜ} = V_{σκυρ} * (\gamma_{σκυρ} - \gamma_w) = 196 * (25 - 10) = 196 * 15 = 2940 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{ολ} = (W_{ΘΕΜ} + \Sigma V_{στατ}) / (15 * 7) = (2940 + 15000) / 105 = 17940 / 105 \rightarrow$$

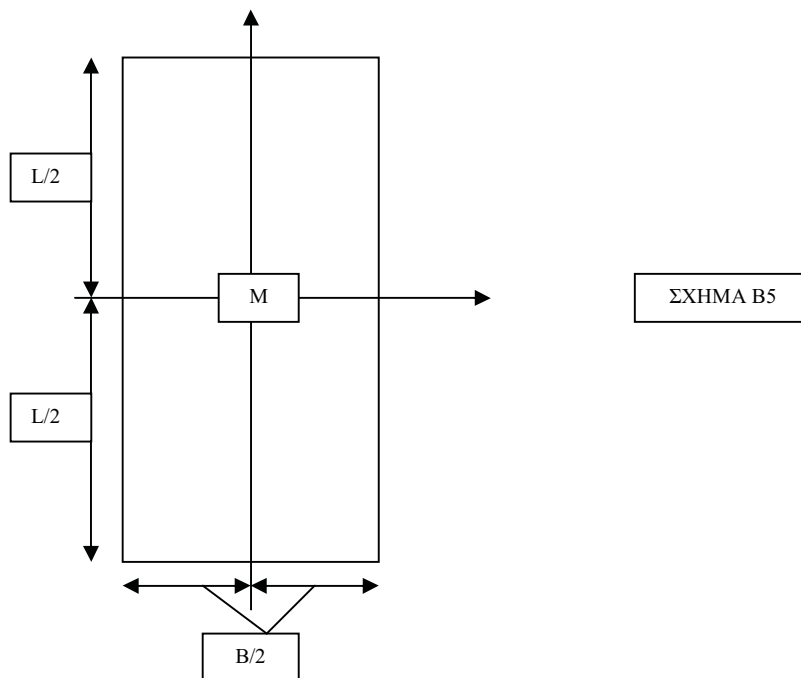
$$\rightarrow \sigma_{ολ} = 170.86 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{πρoσθ} = \sigma_{ολ} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 170.86 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 170.86 - 53,4 - 60 \rightarrow q_{πρoσθ} = 57.46 \text{ kPa} .$$

Ακολουθεί ο έλεγχος των καθιζήσεων για το στρώμα της αργίλου.

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ**

Για τις καθιζήσεις χρησιμοποιήθηκε ο ΠΙΝΑΚΑΣ 3 του παραρτήματος.

$$n_i = y/z_i \text{ και } m_i = x/z_i$$

$$\Delta\sigma_{zi} = 4 * (\sigma_z/p)_i * q$$

$$S_i = [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i * \log[ (\sigma'_{vi} + \Delta\sigma_{zi}) / \sigma'_{vi} ]$$

$$c_c = 0.33 \text{ και } e_0 = 1.09$$

$$h_i = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$$

$$\text{Άρα } [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i = 0.33 / (1 + 1.09) * 200 = 31.58 \text{ (cm)}$$

Οι γεωστατικές τάσεις στα μέσα  $M_i$  των 4 ζωνών της αργίλου είναι

$$\sigma'_{v-7} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 1 = 53.4 + 8.1 = 61.5 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-9} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 3 = 53.4 + 24.3 = 77.7 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-11} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 5 = 53.4 + 40.5 = 93.9 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-13} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 7 = 53.4 + 56.7 = 110.1 \text{ kPa}$$

$$n_{IIa} = 7.5/1 = 7.5 \text{ και } m_{IIa} = 3.5/1 \rightarrow (\sigma_z/p)_{IIa} = 0.249 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zIIa} = 4 * 0.249 * 57.46 = 57.23 \text{ kPa}$$

$$n_{II\beta} = 7.5/3 = 2.5 \text{ και } m_{II\beta} = 3.5/3 = 1.167 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\beta} = 0.204 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\beta} = 4 * 0.204 * 57.46 = 46.89 \text{ kPa}$$

$$n_{II\gamma} = 7.5/5 = 1.5 \text{ και } m_{II\gamma} = 3.5/5 = 0.7 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\gamma} = 0.167 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\gamma} = 4 * 0.167 * 57.46 = 38.38 \text{ kPa}$$

$$n_{II\delta} = 7.5/7 = 1.0714 \text{ και } m_{II\delta} = 3.5/7 = 0.5 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\delta} = 0.121 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\delta} = 4 * 0.121 * 57.46 = 27.81 \text{ kPa}$$

$$s_{IIa} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-7} + \Delta\sigma_{zIIa}) / \sigma'_{v-7} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (61.5 + 57.23) / 61.5 ] \rightarrow s_{IIa} = 9.02 \text{ cm}$$

$$s_{II\beta} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-9} + \Delta\sigma_{zII\beta}) / \sigma'_{v-9} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (77.7 + 46.89) / 77.7 ] \rightarrow s_{II\beta} = 6.48 \text{ cm}$$

$$s_{II\gamma} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-11} + \Delta\sigma_{zII\gamma}) / \sigma'_{v-11} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (93.9 + 38.38) / 93.9 ] \rightarrow s_{II\gamma} = 4.7 \text{ cm}$$

$$s_{II\delta} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-13} + \Delta\sigma_{zII\delta}) / \sigma'_{v-13} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (110.1 + 27.81) / 110.1 ] \rightarrow s_{II\delta} = 3.09 \text{ cm}$$

Άρα η συνολική καθίζηση του στρώματος της αργίλου, είναι το άθροισμα των επιμέρους ζωνών. Δηλαδή:  $s_{II} = s_{IIa} + s_{II\beta} + s_{II\gamma} + s_{II\delta} \rightarrow s_{II} = 23.29 \text{ cm}$ .

Αυτό είναι μεγαλύτερο από το όριο των 5 ιντσών ( = 12.7 cm περίπου ), και επομένως θα πρέπει να βελτιωθεί η άργιλος με προφόρτιση.

### ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ

$$e_{\sigma_{\text{στατ}}} = (\Sigma M_{\sigma_{\text{στατ}}} + \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} * 6) / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 2940) = 19800 / 17140 = 1.104 \rightarrow e_{\sigma_{\text{στατ}}} = 1.1 \text{ m}$$

$$e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = (\Sigma M_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} * 6) / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 2940) = 32440 / 17940 = 1.808 \rightarrow e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1.81 \text{ m}$$

### Ενεργός διατομή

$$L' = L = 15 \text{ m}, B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = B - 2 * e_{\sigma_{\text{στατ}}} = 7 - 2 * 1.1 = 4.8 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 72 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = B - 2 * e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 7 - 2 * 1.81 = 3.38 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 50.7 \text{ m}^2$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_y * d_y * \gamma_2 * B' * N_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1, N_q = 1, N_y = 0, d_q = d_y = 1, s_q = s_y = 1, i_y = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L), d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L),$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2, \tan a = \Sigma H / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$$

$$s_{c\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} / L = 1 + 0.2 * 4.8 / 15 = 1.064$$

$$s_{c\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} / L = 1 + 0.2 * 3.38 / 15 = 1.045$$

$$d_{c\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 1 * 6 / B'_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 6 / 4.8 = 1.25$$

$$d_{c\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 1 * 6 / B'_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 6 / 3.38 = 1.1.355$$

$$\tan(a_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma}) = \Sigma H_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} / (\Sigma V_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} + W_{\Theta EM}) = 1800 / (15000 + 2940) = 0.1 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 5.73 \rightarrow i_{c\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = i_{q\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 0.877$$

$$\tan(a_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma}) = \Sigma H_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} / (\Sigma V_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} + W_{\Theta EM}) = 2740 / (11500 + 2940) = 0.192 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 10.89 \rightarrow i_{c\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = i_{q\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 0.773$$

$$\text{Άρα } p_{u\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 16.5 * 5.1 * 1.064 * 1.25 * 0.877 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.877 \rightarrow$$

$$\underline{p_{u\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 145 \text{ kPa}}$$

$$\text{Και } p_{u\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 16.5 * 5.1 * 1.045 * 1.355 * 0.773 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.773 \rightarrow$$

$$\rightarrow \underline{p_{u\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 133.38 \text{ kPa}}$$

Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM}) .$

Πρέπει  $n_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} \geq 2$  και  $n_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} \geq 1.2$

$$n_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = (145 * 72) / (15000 + 2940) = 0.582 < 2$$

$$n_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = (133.38 * 50.7) / (11500 + 2940) = 0.468 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 2 \rightarrow p'_{u\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 498.33 \text{ kPa} \rightarrow c'_{u\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 75.88 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επίχωμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(75.88/16.5)^{1.25} - 1] = 492 \text{ kPa} . ( q_{\text{προφ}} = \sigma'_{v-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{v-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa} )$  Έστω ότι το επίχωμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ .

Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 492/20 = 24.6 = 25 \text{ m}.$

Είναι πολύ μεγάλο και ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ !!!!

## **ΔΟΚΙΜΗ 2** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 15 x 8 x 6 )

### ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

$$L = 15 \text{ m} , l_1 = 4.7 \text{ m} , l_2 = 4.5 \text{ m} , l_3 = 4.7 \text{ m}$$

$$B = 8 \text{ m} , b_1 = 3,55 \text{ m} , b_2 = 3,55 \text{ m}$$

$$t = 0.35 \text{ m} , d = 0.2 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{ΟΛ} = 15 * 8 * 6 = 720 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 4 * (4.7 * 3.55 * 5) + 2 * (4.5 * 3.55 * 5) = 4 * 83.425 + 2 * 79.875 = 333.7 + 159.75 \rightarrow [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 493.45 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{σκυρ} = V_{ΟΛ} - [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 720 - 493.45 = 226.55 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου - θεμελίου είναι

$$W_{ΘΕΜ} = V_{σκυρ} * (\gamma_{σκυρ} - \gamma_w) = 226.55 * (25 - 10) = 226.55 * 15 = 3398.25 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{ολ} = (W_{ΘΕΜ} + \Sigma V_{στατ}) / (15 * 7) = (3398.25 + 15000) / 120 = 18398.25 / 120$$

$$\rightarrow \sigma_{ολ} = 153.32 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{πρoσθ} = \sigma_{ολ} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 153.32 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 153.32 - 53,4 - 60 \rightarrow q_{πρoσθ} = 39.92 \text{ kPa} .$$

Ακολουθεί ο έλεγχος των καθιζήσεων για το στρώμα της αργίλου.

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

$$n_i = y/z_i \text{ και } m_i = x/z_i$$

$$\Delta\sigma_{zi} = 4 * (\sigma_z/p)_i * q$$

$$S_i = [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i * \log[ (\sigma'_{vi} + \Delta\sigma_{zi}) / \sigma'_{vi} ]$$

$$c_c = 0.33 \text{ και } e_0 = 1.09$$

$$h_i = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$$

$$\text{Άρα } [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i = 0.33 / (1 + 1.09) * 200 = 31.58 \text{ (cm)}$$

Οι γεωστατικές τάσεις στα μέσα  $M_i$  των 4 ζωνών της αργίλου είναι

$$\sigma'_{v-7} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 1 = 53.4 + 8.1 = 61.5 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-9} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 3 = 53.4 + 24.3 = 77.7 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-11} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 5 = 53.4 + 40.5 = 93.9 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-13} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 7 = 53.4 + 56.7 = 110.1 \text{ kPa}$$

$$n_{II\alpha} = 7.5/1 = 7.5 \text{ και } m_{II\alpha} = 4/1 = 4 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\alpha} = 0.25 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\alpha} = 4 * 0.25 * 39.92 = 39.92 \text{ kPa}$$

$$n_{II\beta} = 7.5/3 = 2.5 \text{ και } m_{II\beta} = 4/3 = 1.33 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\beta} = 0.22 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\beta} = 4 * 0.22 * 39.92 = 35.13 \text{ kPa}$$

$$n_{II\gamma} = 7.5/5 = 1.5 \text{ και } m_{II\gamma} = 4/5 = 0.8 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\gamma} = 0.175 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\gamma} = 4 * 0.175 * 39.92 = 27.94 \text{ kPa}$$

$$n_{II\delta} = 7.5/7 = 1.0714 \text{ και } m_{II\delta} = 4/7 = 0.5714 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\delta} = 0.146 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\delta} = 4 * 0.146 * 39.92 = 23.31 \text{ kPa}$$

$$s_{II\alpha} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-7} + \Delta\sigma_{zII\alpha}) / \sigma'_{v-7} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (61.5 + 39.92) / 61.5 ] \rightarrow s_{II\alpha} = 6.861 \text{ cm}$$

$$s_{II\beta} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-9} + \Delta\sigma_{zII\beta}) / \sigma'_{v-9} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (77.7 + 35.13) / 77.7 ] \rightarrow s_{II\beta} = 5.116 \text{ cm}$$

$$s_{II\gamma} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-11} + \Delta\sigma_{zII\gamma}) / \sigma'_{v-11} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (93.9 + 27.94) / 93.9 ] \rightarrow s_{II\gamma} = 3.573 \text{ cm}$$

$$s_{\text{II}\delta} = [c_c / (1 + e_0)] * \log[(\sigma'_{v-13} + \Delta\sigma_{z\text{II}\delta}) / \sigma'_{v-13}] =$$

$$= 31.58 * \log[(110.1 + 23.31) / 110.1] \rightarrow s_{\text{II}\delta} = 2.63 \text{ cm}$$

Άρα η συνολική καθίζηση του στρώματος της αργίλου, είναι το άθροισμα των επιμέρους ζωνών. Δηλαδή:  $s_{\text{II}} = s_{\text{II}\alpha} + s_{\text{II}\beta} + s_{\text{II}\gamma} + s_{\text{II}\delta} \rightarrow s_{\text{II}} = 18.18 \text{ cm}$ .

Αυτό είναι μεγαλύτερο από το όριο των 5 ιντσών (= 12.7 cm περίπου), και επομένως θα πρέπει να βελτιωθεί η άργιλος με προφόρτιση.

### ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ

$$e_{\text{στατ}} = (\Sigma M_{\text{στατ}} + \Sigma H_{\text{στατ}} * 6) / (\Sigma V_{\text{στατ}} + W_{\text{ΘEM}}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 3398.25) = 19800 / 18398.25 = 1.076 \rightarrow e_{\text{στατ}} = 1.076 \text{ m}$$

$$e_{\text{σεισμ}} = (\Sigma M_{\text{σεισμ}} + \Sigma H_{\text{σεισμ}} * 6) / (\Sigma V_{\text{σεισμ}} + W_{\text{ΘEM}}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 3398.25) = 32440 / 14898.25 = 2.177 \rightarrow e_{\text{σεισμ}} = 2.177 \text{ m}$$

### Ενεργός διατομή

$$L' = L = 15 \text{ m}, B'_{\text{στατ}} = B - 2 * e_{\text{στατ}} = 7 - 2 * 1.076 = 5.88 \text{ m} \rightarrow A'_{\text{στατ}} = 87.75 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{\text{σεισμ}} = B - 2 * e_{\text{σεισμ}} = 7 - 2 * 2.177 = 3.65 \text{ m} \rightarrow A'_{\text{σεισμ}} = 54.75 \text{ m}^2$$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_y * d_y * \gamma_2 * B' * N_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1, N_q = 1, N_y = 0, d_q = d_y = 1, s_q = s_y = 1, i_y = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L), d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L),$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2, \tan a = \Sigma H / (\Sigma V + W_{\text{ΘEM}})$$

$$s_{c\text{στατ}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\text{στατ}}/L = 1 + 0.2 * 5.88/15 = 1.078$$

$$s_{c\text{σεισμ}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\text{σεισμ}}/L = 1 + 0.2 * 3.65/15 = 1.04867$$

$$d_{c\text{στατ}} = 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\text{στατ}} = 1 + 0.2 * 6/5.88 = 1.204$$

$$d_{c\text{σεισμ}} = 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\text{σεισμ}} = 1 + 0.2 * 6/3.65 = 1.329$$

$$\tan(a_{\text{στατ}}) = \Sigma H_{\text{στατ}} / (\Sigma V_{\text{στατ}} + W_{\text{ΘEM}}) = 1800 / (15000 + 3398.25) = 0.0978 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\text{στατ}} = 5.588 \rightarrow i_{c\text{στατ}} = i_{q\text{στατ}} = 0.88$$

$$\tan(a_{\text{σεισμ}}) = \Sigma H_{\text{σεισμ}} / (\Sigma V_{\text{σεισμ}} + W_{\text{ΘEM}}) = 2740 / (11500 + 3398.25) = 0.1839 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\text{σεισμ}} = 10.421 \rightarrow i_{c\text{σεισμ}} = i_{q\text{σεισμ}} = 0.782$$

$$\text{Άρα } p_{u\text{στατ}} = 16.5 * 5.1 * 1.078 * 1.204 * 0.88 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.88 \rightarrow$$

$$\mathbf{p_{u\text{στατ}} = 143.41 \text{ kPa}}$$

$$\text{Και } p_{u\text{σεισμ}} = 16.5 * 5.1 * 1.04867 * 1.329 * 0.782 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.782 \rightarrow$$

$$\mathbf{p_{u\text{σεισμ}} = 133.47 \text{ kPa}}$$



Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$  .  
 Πρέπει  $n_{\sigma\tau\alpha\tau} \geq 2$  και  $n_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} \geq 1.2$

$$n_{\sigma\tau\alpha\tau} = (143.41 * 87.75) / (15000 + 3398.25) = 0.683 < 2$$

$$n_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = (133.47 * 54.75) / (11500 + 3398.25) = 0.49 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma\tau\alpha\tau} = 2 \rightarrow p'_{\text{υστατ}} = 419.33 \text{ kPa} \rightarrow c'_{\text{u}} = 63.92 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επίχωμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(63.92/16.5)^{1.25} - 1] = 380.51 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{\nu-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{\nu-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επίχωμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ . Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 380.51/20 = 19 \text{ m}$ . Είναι πολύ μεγάλο και ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ !!!!

### **ΔΟΚΙΜΗ 3** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 17 x 9 x 6 )

#### ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

$$L = 17 \text{ m} , l_1 = 5.2 \text{ m} , l_2 = 5.2 \text{ m} , l_3 = 5.2 \text{ m}$$

$$B = 9 \text{ m} , b_1 = 3,95 \text{ m} , b_2 = 3,95 \text{ m}$$

$$t = 0.4 \text{ m} , d = 0.3 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{ΟΛ} = 17 * 9 * 6 = 918 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 6 * (5.2 * 3.95 * 5) = 6 * 102.7 = 616.2 \rightarrow [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 616.2 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{σκυρ} = V_{ΟΛ} - [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 918 - 616.2 = 301.8 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου - θεμελίου είναι

$$W_{ΘΕΜ} = V_{σκυρ} * (\gamma_{σκυρ} - \gamma_w) = 301.8 * (25 - 10) = 301.8 * 15 = 4527 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{ολ} = (W_{ΘΕΜ} + \Sigma V_{στατ}) / (17 * 9) = (4527 + 15000) / 153 = 19527 / 153 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{ολ} = 127.63 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{πρoσθ} = \sigma_{ολ} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 127.63 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 127.63 - 53,4 - 60 \rightarrow q_{πρoσθ} = 14.23 \text{ kPa} .$$

Ακολουθεί ο έλεγχος των καθιζήσεων για το στρώμα της αργίλου.

#### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

$$n_i = y/z_i \text{ και } m_i = x/z_i$$

$$\Delta\sigma_{zi} = 4 * (\sigma_z/p)_i * q$$

$$S_i = [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i * \log [ (\sigma'_{vi} + \Delta\sigma_{zi}) / \sigma'_{vi} ]$$

$$c_c = 0.33 \text{ και } e_0 = 1.09$$

$$h_i = 2 \text{ m} = 200\text{cm}$$

$$\text{Άρα } [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i = 0.33 / (1 + 1.09) * 200 = 31.58 \text{ (cm)}$$

Οι γεωστατικές τάσεις στα μέσα  $M_i$  των 4 ζωνών της αργίλου είναι

$$\sigma'_{v-7} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 1 = 53.4 + 8.1 = 61.5 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-9} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 3 = 53.4 + 24.3 = 77.7 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-11} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 5 = 53.4 + 40.5 = 93.9 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-13} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 7 = 53.4 + 56.7 = 110.1 \text{ kPa}$$

$$n_{II\alpha} = 8.5/1 = 8.5 \text{ και } m_{II\alpha} = 4.5/1 = 4.5 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\alpha} = 0.25 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\alpha} = 4 * 0.25 * 14.23 = 14.23 \text{ kPa}$$

$$n_{II\beta} = 8.5/3 = 2.83 \text{ και } m_{II\beta} = 4.5/3 = 1.5 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\beta} = 0.228 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\beta} = 4 * 0.228 * 14.23 = 12.98 \text{ kPa}$$

$$n_{II\gamma} = 8.5/5 = 1.7 \text{ και } m_{II\gamma} = 4.5/5 = 0.9 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\gamma} = 0.188 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\gamma} = 4 * 0.188 * 14.23 = 10.7 \text{ kPa}$$

$$n_{II\delta} = 8.5/7 = 1.2143 \text{ και } m_{II\delta} = 4.5/7 = 0.6429 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\delta} = 0.18 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\delta} = 4 * 0.18 * 14.23 = 8.54 \text{ kPa}$$

$$s_{II\alpha} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log [ (\sigma'_{v-7} + \Delta\sigma_{zII\alpha}) / \sigma'_{v-7} ] =$$

$$= 31.58 * \log [ (61.5 + 14.23) / 61.5 ] \rightarrow s_{II\alpha} = 2.85 \text{ cm}$$

$$s_{II\beta} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log [ (\sigma'_{v-9} + \Delta\sigma_{zII\beta}) / \sigma'_{v-9} ] =$$

$$= 31.58 * \log [ (77.7 + 12.98) / 77.7 ] \rightarrow s_{II\beta} = 2.12 \text{ cm}$$

$$s_{II\gamma} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log [ (\sigma'_{v-11} + \Delta\sigma_{zII\gamma}) / \sigma'_{v-11} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (93.9 + 10.7) / 93.9 ] \rightarrow s_{II\gamma} = 1.48 \text{ cm}$$

$$s_{II\delta} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-13} + \Delta\sigma_{zII\delta}) / \sigma'_{v-13} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (110.1 + 8.54) / 110.1 ] \rightarrow s_{II\delta} = 1.03 \text{ cm}$$

Άρα η συνολική καθίζηση του στρώματος της αργίλου, είναι το άθροισμα των επιμέρους ζωνών. Δηλαδή:  $s_{II} = s_{II\alpha} + s_{II\beta} + s_{II\gamma} + s_{II\delta} \rightarrow s_{II} = 7.48 \text{ cm}$ .

Αυτό είναι μικρότερο από το όριο των 5 ιντσών ( = 12.7 cm περίπου ), και επομένως δεν χρειάζεται να βελτιωθεί η άργιλος με προφόρτιση.

### ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ

$$e_{\sigma_{\text{στατ}}} = (\Sigma M_{\sigma_{\text{στατ}}} + \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} * 6) / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 4527) = 19800 / 19527 = 1.014 \rightarrow e_{\sigma_{\text{στατ}}} = 1.014 \text{ m}$$

$$e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = (\Sigma M_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} * 6) / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 4527) = 32440 / 16027 = 2.024 \rightarrow e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 2.024 \text{ m}$$

### Ενεργός διατομή

$$L' = L = 15 \text{ m} , B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = B - 2 * e_{\sigma_{\text{στατ}}} = 7 - 2 * 1.014 = 6.972 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 118.52 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = B - 2 * e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 7 - 2 * 2.024 = 4.952 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 84.18 \text{ m}^2$$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΔΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_y * d_y * \gamma_2 * B' * N_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1 , N_q = 1 , N_y = 0 , d_q = d_y = 1 , s_q = s_y = 1 , i_y = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L) , d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L) ,$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2 , \text{tana} = \Sigma H / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$$

$$s_{c\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{στατ}}} / L = 1 + 0.2 * 6.972 / 17 = 1.082$$

$$s_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} / L = 1 + 0.2 * 4.952 / 17 = 1.058$$

$$d_{c\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 1 * 6 / B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 6 / 6.972 = 1.172$$

$$d_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 1 * 6 / B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 6 / 4.952 = 1.242$$

$$\tan(a_{\sigma_{\text{στατ}}}) = \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = 1800 / (15000 + 4527) = 0.09218 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma_{\text{στατ}}} = 5.267 \rightarrow i_{c\sigma_{\text{στατ}}} = i_{q\sigma_{\text{στατ}}} = 0.8864$$

$$\tan(a_{\sigma_{\text{σεισμ}}}) = \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = 2740 / (11500 + 4527) = 0.170962 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 9.7016 \rightarrow i_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = i_{q\sigma_{\text{σεισμ}}} = 0.796$$

$$\text{Άρα } p_{u\sigma_{\text{στατ}}} = 16.5 * 5.1 * 1.082 * 1.172 * 0.8864 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.8864 \rightarrow \underline{p_{u\sigma_{\text{στατ}}} = 141.92 \text{ kPa}}$$

$$\text{Και } p_{u\sigma_{\text{σεισμ}}} = 16.5 * 5.1 * 1.058 * 1.242 * 0.796 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.796 \rightarrow \underline{p_{u\sigma_{\text{σεισμ}}} = 130.525 \text{ kPa}}$$

Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$  .  
 Πρέπει  $n_{\sigma\tau\alpha\tau} \geq 2$  και  $n_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} \geq 1.2$

$$n_{\sigma\tau\alpha\tau} = (141.92 * 118.52) / (15000 + 4527) = 0.861 < 2$$

$$n_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = (130.525 * 84.18) / (11500 + 4527) = 0.69 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma\tau\alpha\tau} = 2 \rightarrow p'_{\text{υστατ}} = 329.51 \text{ kPa} \rightarrow c'_{\text{u}} = 49.22 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επίχωμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(49.22/16.5)^{1.25} - 1] = 250.56 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{\nu-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{\nu-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επίχωμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ . Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 250.56/20 = 12.5 \text{ m}$ . Είναι πολύ μεγάλο και ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ !!!!

**ΔΟΚΙΜΗ 4** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 17 x 10 x 6 )

ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

$$L = 17 \text{ m} , l_1 = 5.2 \text{ m} , l_2 = 5.1 \text{ m} , l_3 = 5.2 \text{ m}$$

$$B = 10 \text{ m} , b_1 = 4,4 \text{ m} , b_2 = 4,4 \text{ m}$$

$$t = 0.45 \text{ m} , d = 0.3 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{ΟΛ} = 17 * 10 * 6 = 1020 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 4 * (5.2 * 4.4 * 5) + 2 * (5.1 * 4.4 * 5) = 4 * 114.4 + 2 * 112.2 = 457.6 + 224.4 \rightarrow [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 682 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{σκυρ} = V_{ΟΛ} - V_{[ΚΥΨ]_{ΟΛ}} = 1020 - 682 = 338 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου - θεμελίου είναι

$$W_{ΘΕΜ} = V_{σκυρ} * (\gamma_{σκυρ} - \gamma_w) = 338 * (25 - 10) = 338 * 15 = 5070 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{ολ} = (W_{ΘΕΜ} + \Sigma V_{στατ}) / (17 * 10) = (5070 + 15000) / 170 = 20070 / 170 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{ολ} = 118.06 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{πρoσθ} = \sigma_{ολ} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 118.06 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 118.06 - 53,4 - 60 \rightarrow q_{πρoσθ} = 4.66 \text{ kPa} .$$

Ακολουθεί ο έλεγχος των καθιζήσεων για το στρώμα της αργίλου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

$$n_i = y/z_i \text{ και } m_i = x/z_i$$

$$\Delta\sigma_{zi} = 4 * (\sigma_z/p)_i * q$$

$$S_i = [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i * \log[ (\sigma'_{vi} + \Delta\sigma_{zi}) / \sigma'_{vi} ]$$

$$c_c = 0.33 \text{ και } e_0 = 1.09$$

$$h_i = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$$

$$\text{Άρα } [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i = 0.33 / (1 + 1.09) * 200 = 31.58 \text{ (cm)}$$

Οι γεωστατικές τάσεις στα μέσα  $M_i$  των 4 ζωνών της αργίλου είναι

$$\sigma'_{v-7} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 1 = 53.4 + 8.1 = 61.5 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-9} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 3 = 53.4 + 24.3 = 77.7 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-11} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 5 = 53.4 + 40.5 = 93.9 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-13} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 7 = 53.4 + 56.7 = 110.1 \text{ kPa}$$

$$n_{II\alpha} = 8.5/1 = 8.5 \text{ και } m_{II\alpha} = 5/1 = 5 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\alpha} = 0.246 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\alpha} = 4 * 0.246 * 4.66 = 4.58544 \text{ kPa}$$

$$n_{II\beta} = 8.5/3 = 2.83 \text{ και } m_{II\beta} = 5/3 = 1.67 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\beta} = 0.2325 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\beta} = 4 * 0.2325 * 4.66 = 4.3338 \text{ kPa}$$

$$n_{II\gamma} = 8.5/5 = 1.7 \text{ και } m_{II\gamma} = 5/5 = 1 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\gamma} = 0.198 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\gamma} = 4 * 0.198 * 4.66 = 3.69072 \text{ kPa}$$

$$n_{II\delta} = 8.5/7 = 1.214 \text{ και } m_{II\delta} = 5/7 = 0.714 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\delta} = 0.158 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\delta} = 4 * 0.158 * 4.66 = 2.94512 \text{ kPa}$$

$$s_{II\alpha} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-7} + \Delta\sigma_{zII\alpha}) / \sigma'_{v-7} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (61.5 + 4.58544) / 61.5 ] \rightarrow s_{II\alpha} = 0.986 \text{ cm}$$

$$s_{II\beta} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-9} + \Delta\sigma_{zII\beta}) / \sigma'_{v-9} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (77.7 + 4.3338) / 77.7 ] \rightarrow s_{II\beta} = 0.744 \text{ cm}$$

$$s_{II\gamma} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-11} + \Delta\sigma_{zII\gamma}) / \sigma'_{v-11} ] =$$

$$= 31.58 * \log[ (93.9 + 3.69072) / 93.9 ] \rightarrow s_{II\gamma} = 0.528 \text{ cm}$$

$$s_{II\delta} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log [ (\sigma'_{v-13} + \Delta\sigma_{zII\delta}) / \sigma'_{v-13} ] =$$

$$= 31.58 * \log [ (110.1 + 2.94512) / 110.1 ] \rightarrow s_{II\delta} = 0.362 \text{ cm}$$

Άρα η συνολική καθίζηση του στρώματος της αργίλου, είναι το άθροισμα των επιμέρους ζωνών. Δηλαδή:  $s_{II} = s_{II\alpha} + s_{II\beta} + s_{II\gamma} + s_{II\delta} \rightarrow s_{II} = 2.62 \text{ cm}$ .

Αυτό είναι μικρότερο από το όριο των 5 ιντσών ( = 12.7 cm περίπου ), και επομένως δε θα χρειαστεί να βελτιωθεί η άργιλος με προφόρτιση.

### ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ

$$e_{\sigma_{\text{στατ}}} = (\Sigma M_{\sigma_{\text{στατ}}} + \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} * 6) / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 5070) = 19800 / 20070 = 0.987 \rightarrow e_{\sigma_{\text{στατ}}} = 0.987 \text{ m}$$

$$e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = (\Sigma M_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} * 6) / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 5070) = 32440 / 16570 = 1.96 \rightarrow e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1.96 \text{ m}$$

### Ενεργός διατομή

$$L' = L = 15 \text{ m}, B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = B - 2 * e_{\sigma_{\text{στατ}}} = 7 - 2 * 0.987 = 8.026 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 136.44 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = B - 2 * e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 7 - 2 * 1.96 = 6.08 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 103.36 \text{ m}^2$$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_y * d_y * \gamma_2 * B' * N_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1, N_q = 1, N_y = 0, d_q = d_y = 1, s_q = s_y = 1, i_y = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L), d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L),$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2, \text{ tana} = \Sigma H / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$$

$$s_{c\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{στατ}}} / L = 1 + 0.2 * 8.026 / 17 = 1.0944$$

$$s_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} / L = 1 + 0.2 * 6.08 / 17 = 1.072$$

$$d_{c\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 1 * 6 / B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 6 / 8.026 = 1.15$$

$$d_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 1 * 6 / B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 6 / 6.08 = 1.2$$

$$\tan(a_{\sigma_{\text{στατ}}}) = \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = 1800 / (15000 + 5070) = 0.0897 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma_{\text{στατ}}} = 5.12 \rightarrow i_{c\sigma_{\text{στατ}}} = i_{q\sigma_{\text{στατ}}} = 0.8894$$

$$\tan(a_{\sigma_{\text{σεισμ}}}) = \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = 2740 / (11500 + 5070) = 0.1654 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 9.39 \rightarrow i_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = i_{q\sigma_{\text{σεισμ}}} = 0.8022$$

$$\text{Άρα } p_{u\sigma_{\text{στατ}}} = 16.5 * 5.1 * 1.0944 * 1.15 * 0.8894 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.8894 \rightarrow \underline{p_{u\sigma_{\text{στατ}}} = 141.69 \text{ kPa}}$$

$$\text{Και } p_{u\sigma_{\text{σεισμ}}} = 16.5 * 5.1 * 1.072 * 1.2 * 0.8022 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.8022 \rightarrow$$

$$\rightarrow \underline{p_{u\sigma_{\text{σεισμ}}} = 129.68 \text{ kPa}}$$

Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$  .  
 Πρέπει  $n_{\sigma\tau\alpha\tau} \geq 2$  και  $n_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} \geq 1.2$

$$n_{\sigma\tau\alpha\tau} = (141.69 * 136.44) / (15000 + 5070) = 0.96 < 2$$

$$n_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = (129.68 * 103.36) / (11500 + 5070) = 0.808 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma\tau\alpha\tau} = 2 \rightarrow p'_{\sigma\tau\alpha\tau} = 294.2 \text{ kPa} \rightarrow c'_{\text{u}} = 43.21 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επίχωμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(43.21/16.5)^{1.25} - 1] = 200 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{v-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{v-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επίχωμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ . Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 200/20 = 10 \text{ m}$ . Είναι πολύ μεγάλο και ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ !!!!

**ΔΟΚΙΜΗ 5** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 18 x 10 x 6 )

ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

$$L = 18 \text{ m} , l_1 = 5.4 \text{ m} , l_2 = 5.4 \text{ m} , l_3 = 5.4 \text{ m}$$

$$B = 10 \text{ m} , b_1 = 4,3 \text{ m} , b_2 = 4,3 \text{ m}$$

$$t = 0.5 \text{ m} , d = 0.4 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{OL} = 18 * 10 * 6 = 1080 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{KY\Psi}]_{OL} = 6 * (5.4 * 4.3 * 5) = 6 * 116.1$

$$\rightarrow [V_{KY\Psi}]_{OL} = 696.6 \text{ m}^3$$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{\sigma\kappa\upsilon\rho} = V_{OL} - [V_{KY\Psi}]_{OL} = 1080 - 696.6 = 383.4 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου - θεμελίου είναι

$$W_{\Theta EM} = V_{\sigma\kappa\upsilon\rho} * (\gamma_{\sigma\kappa\upsilon\rho} - \gamma_w) = 383.4 * (25 - 10) = 383.4 * 15 = 5751 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{OL} = (W_{\Theta EM} + \Sigma V_{\sigma\tau\alpha\tau}) / (18 * 10) = (5751 + 15000) / 170 = 20751 / 180 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{OL} = 115.28 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{\text{πρoσθ}} = \sigma_{OL} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 115.28 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 115.28 - 53,4 - 60 \rightarrow q_{\text{πρoσθ}} = 1.8833 \text{ kPa} .$$

Ακολουθεί ο έλεγχος των καθιζήσεων για το στρώμα της αργίλου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

$$n_i = y/z_i \text{ και } m_i = x/z_i$$

$$\Delta\sigma_{zi} = 4 * (\sigma_z/p)_i * q$$

$$S_i = [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i * \log [ (\sigma'_{vi} + \Delta\sigma_{zi}) / \sigma'_{vi} ]$$

$$c_c = 0.33 \text{ και } e_0 = 1.09$$

$$h_i = 2 \text{ m} = 200\text{cm}$$

$$\text{Άρα } [ c_c / (1 + e_0) ] * h_i = 0.33 / (1 + 1.09) * 200 = 31.58 \text{ (cm)}$$

Οι γεωστατικές τάσεις στα μέσα  $M_i$  των 4 ζωνών της αργίλου είναι

$$\sigma'_{v-7} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 1 = 53.4 + 8.1 = 61.5 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-9} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 3 = 53.4 + 24.3 = 77.7 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-11} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 5 = 53.4 + 40.5 = 93.9 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{v-13} = (18.9 - 10) * 6 + (18.1 - 10) * 7 = 53.4 + 56.7 = 110.1 \text{ kPa}$$

$$n_{II\alpha} = 9/1 = 9 \text{ και } m_{II\alpha} = 5/1 = 5 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\alpha} = 0.2475 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\alpha} = 4 * 0.2475 * 1.8833 = 1.864 \text{ kPa}$$

$$n_{II\beta} = 9/3 = 3 \text{ και } m_{II\beta} = 5/3 = 1.67 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\beta} = 0.2325 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\beta} = 4 * 0.2325 * 1.8833 = 1.7515 \text{ kPa}$$

$$n_{II\gamma} = 9/5 = 1.8 \text{ και } m_{II\gamma} = 5/5 = 1 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\gamma} = 0.1975 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\gamma} = 4 * 0.1975 * 1.8833 = 1.488 \text{ kPa}$$

$$n_{II\delta} = 9/7 = 1.285 \text{ και } m_{II\delta} = 5/7 = 0.714 \rightarrow (\sigma_z/p)_{II\delta} = 0.1575 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta\sigma_{zII\delta} = 4 * 0.1575 * 1.8833 = 1.865 \text{ kPa}$$

$$s_{II\alpha} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log [ (\sigma'_{v-7} + \Delta\sigma_{zII\alpha}) / \sigma'_{v-7} ] =$$

$$= 31.58 * \log [ (61.5 + 1.864) / 61.5 ] \rightarrow s_{II\alpha} = 0.4095 \text{ cm}$$

$$s_{II\beta} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log [ (\sigma'_{v-9} + \Delta\sigma_{zII\beta}) / \sigma'_{v-9} ] =$$

$$= 31.58 * \log [ (77.7 + 1.7515) / 77.7 ] \rightarrow s_{II\beta} = 0.3057 \text{ cm}$$

$$s_{II\gamma} = [ c_c / (1 + e_0) ] * \log [ (\sigma'_{v-11} + \Delta\sigma_{zII\gamma}) / \sigma'_{v-11} ] =$$

$$= 31.58 * \log [ (93.9 + 1.488) / 93.9 ] \rightarrow s_{II\gamma} = 0.2156 \text{ cm}$$



$$s_{II\delta} = [c_c / (1 + e_0)] * \log[(\sigma'_{v-13} + \Delta\sigma_{zII\delta}) / \sigma'_{v-13}] =$$

$$= 31.58 * \log[(110.1 + 1.865) / 110.1] \rightarrow s_{II\delta} = 0.2304 \text{ cm}$$

Άρα η συνολική καθίζηση του στρώματος της αργίλου, είναι το άθροισμα των επιμέρους ζωνών. Δηλαδή:  $s_{II} = s_{II\alpha} + s_{II\beta} + s_{II\gamma} + s_{II\delta} \rightarrow s_{II} = 1.16 \text{ cm}$ .

Αυτό είναι μικρότερο από το όριο των 5 ιντσών (= 12.7 cm περίπου), και επομένως δε θα χρειαστεί να βελτιωθεί η άργιλος με προφόρτιση.

### ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ

$$e_{\sigma_{\text{στατ}}} = (\Sigma M_{\sigma_{\text{στατ}}} + \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} * 6) / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 5751) = 19800 / 20751 = 0.954 \rightarrow e_{\sigma_{\text{στατ}}} = 0.954 \text{ m}$$

$$e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = (\Sigma M_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} * 6) / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 5751) = 32440 / 17251 = 1.88 \rightarrow e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1.88 \text{ m}$$

### Ενεργός διατομή

$$L' = L = 15 \text{ m}, B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = B - 2 * e_{\sigma_{\text{στατ}}} = 7 - 2 * 0.954 = 8.092 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 145.66 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = B - 2 * e_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 7 - 2 * 1.88 = 6.24 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 112.32 \text{ m}^2$$

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΔΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_y * d_y * \gamma_2 * B' * N_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1, N_q = 1, N_y = 0, d_q = d_y = 1, s_q = s_y = 1, i_y = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L), d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L),$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2, \tan a = \Sigma H / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$$

$$s_{c\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{στατ}}}/L = 1 + 0.2 * 8.092/18 = 1.09$$

$$s_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}}/L = 1 + 0.2 * 6.24/18 = 1.069$$

$$d_{c\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 1 + 0.2 * 6/8.092 = 1.148$$

$$d_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1 + 0.2 * 6/6.24 = 1.192$$

$$\tan(a_{\sigma_{\text{στατ}}}) = \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = 1800 / (15000 + 5751) = 0.08674 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma_{\text{στατ}}} = 4.96 \rightarrow i_{c\sigma_{\text{στατ}}} = i_{q\sigma_{\text{στατ}}} = 0.95$$

$$\tan(a_{\sigma_{\text{σεισμ}}}) = \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = 2740 / (11500 + 5751) = 0.1588 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 9.0232 \rightarrow i_{c\sigma_{\text{σεισμ}}} = i_{q\sigma_{\text{σεισμ}}} = 0.8$$

$$\text{Άρα } p_{u\sigma_{\text{στατ}}} = 16.5 * 5.1 * 1.09 * 1.148 * 0.95 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.95 \rightarrow$$

$$\underline{p_{u\sigma_{\text{στατ}}} = 150.77 \text{ kPa}}$$

$$\text{Και } p_{u\sigma_{\text{σεισμ}}} = 16.5 * 5.1 * 1.069 * 1.192 * 0.8 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.8 \rightarrow$$

$$\underline{p_{u\sigma_{\text{σεισμ}}} = 128.52 \text{ kPa}}$$

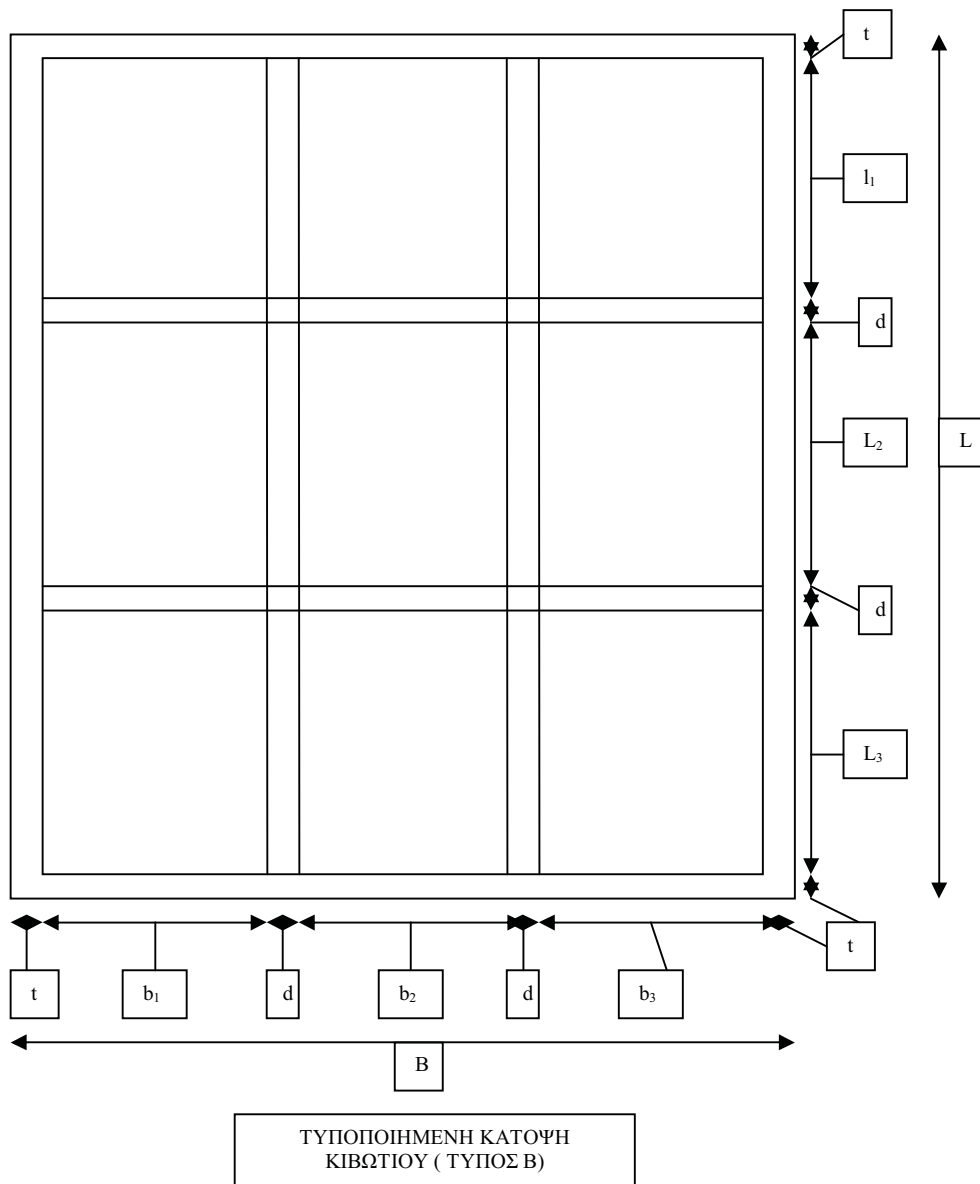
Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$  .  
 Πρέπει  $n_{\sigma\tau\alpha\tau} \geq 2$  και  $n_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} \geq 1.2$

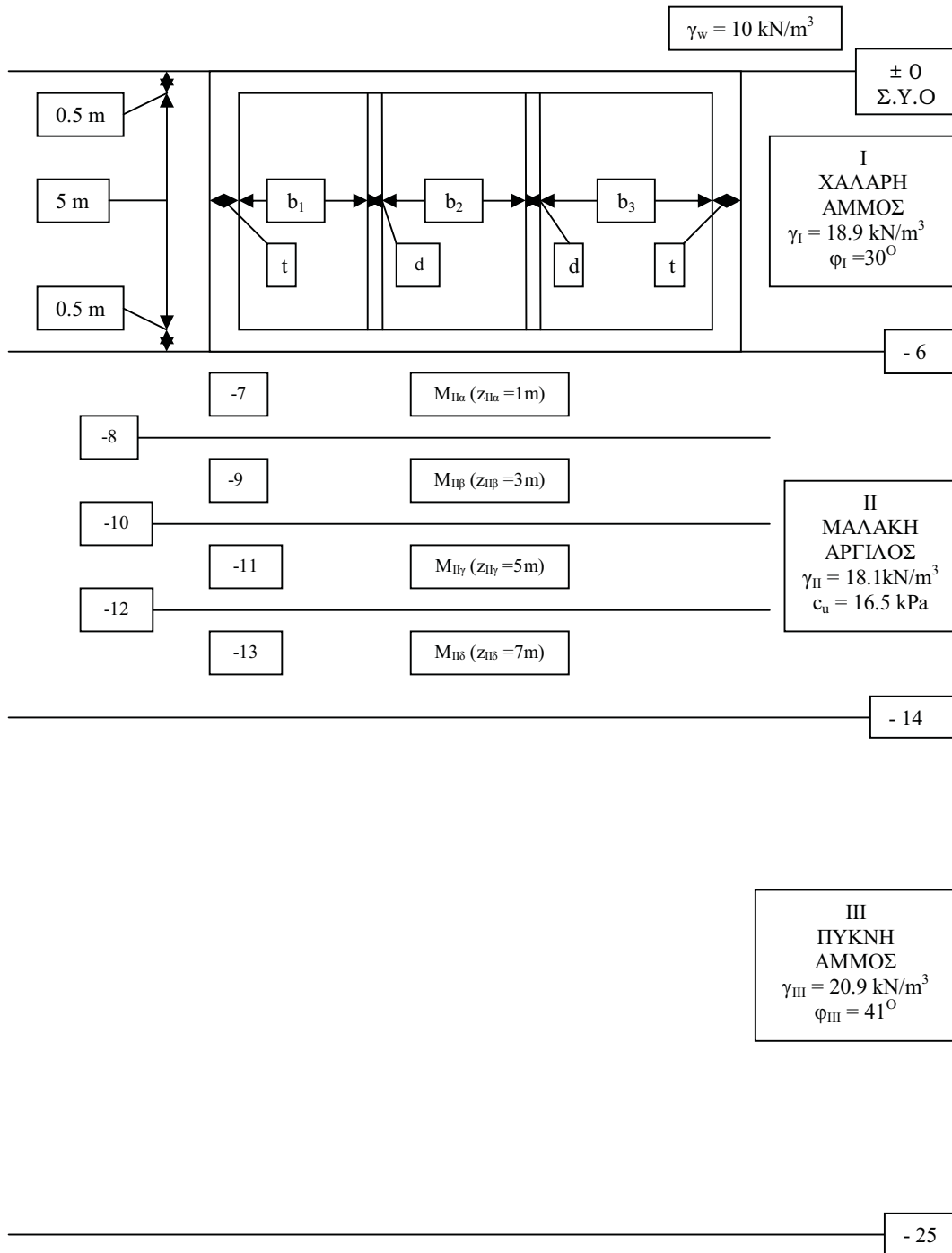
$$n_{\sigma\tau\alpha\tau} = (150.77 * 145.66) / (15000 + 5751) = 1.06 < 2$$

$$n_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = (128.52 * 112.32) / (11500 + 5751) = 0.837 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma\tau\alpha\tau} = 2 \rightarrow p'_{\sigma\tau\alpha\tau} = 284.92 \text{ kPa} \rightarrow c'_{\sigma\tau\alpha\tau} = 38.63 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επίχωμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(38.63/16.5)^{1.25} - 1] = 162.68 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{v-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{v-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επίχωμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ .  
 Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 162.68/20 = 8.14 \text{ m}$ .

**ΔΟΚΙΜΕΣ 6,7,8,9**



ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΟΜΗ  
ΚΙΒΩΤΙΟΥ (ΤΥΠΟΣ Β)

**ΔΟΚΙΜΗ 6** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 17 x 13 x 6 )**ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**

$$L = 17 \text{ m} , l_1 = 5.1 \text{ m} , l_2 = 5 \text{ m} , l_3 = 5.1 \text{ m}$$

$$B = 13 \text{ m} , b_1 = 3.75 \text{ m} , b_2 = 3.7 \text{ m} , b_3 = 3.75 \text{ m}$$

$$t = 0.5 \text{ m} , d = 0.4 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{ΟΛ} = 17 * 13 * 6 = 1326 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 4 * (5.1 * 3.75 * 5) + 2 * (5.1 * 3.7 * 5) + 2 * (5 * 3.75 * 5) + 1 * (5 * 3.7 * 5) = 4 * 95.625 + 2 * 94.35 + 2 * 93.75 + 92.5 = 382.5 + 188.7 + 187.5 + 92.5 \rightarrow [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 851.2 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{σκυρ} = V_{ΟΛ} - [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 1326 - 851.2 = 474.8 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου - θεμελίου είναι

$$W_{ΘΕΜ} = V_{σκυρ} * (\gamma_{σκυρ} - \gamma_w) = 474.8 * (25 - 10) = 474.8 * 15 = 7122 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{ολ} = (W_{ΘΕΜ} + \Sigma V_{στατ}) / (17 * 13) = (7122 + 15000) / 221 = 22122 / 221 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{ολ} = 100.01 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{προσθ} = \sigma_{ολ} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 100.01 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 100.01 - 53,4 - 60 \rightarrow q_{προσθ} = - 13.3 \text{ kPa} < 0. \text{ Άρα δε θα υπάρχουν επιπλέον καθιζήσεις.}$$

**ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ**

$$e_{στατ} = (\Sigma M_{στατ} + \Sigma H_{στατ} * 6) / (\Sigma V_{στατ} + W_{ΘΕΜ}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 7122) = 19800 / 22122 = 0.895 \rightarrow e_{στατ} = 0.895 \text{ m}$$

$$e_{σεισμ} = (\Sigma M_{σεισμ} + \Sigma H_{σεισμ} * 6) / (\Sigma V_{σεισμ} + W_{ΘΕΜ}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 7122) = 32440 / 18622 = 1.742 \rightarrow e_{σεισμ} = 1.742 \text{ m}$$

**Ενεργός διατομή**

$$L' = L = 15 \text{ m} , B'_{στατ} = B - 2 * e_{στατ} = 7 - 2 * 0.895 = 11.21 \text{ m} \rightarrow A'_{στατ} = 190.57 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{σεισμ} = B - 2 * e_{σεισμ} = 7 - 2 * 1.742 = 9.526 \text{ m} \rightarrow A'_{σεισμ} = 161.772 \text{ m}^2$$

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΦ**

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_\gamma * d_\gamma * \gamma_2 * B' * N_\gamma$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_\gamma$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_\gamma$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_\gamma$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_\gamma$

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1 , N_q = 1 , N_\gamma = 0 , d_q = d_\gamma = 1 , s_q = s_\gamma = 1 , i_\gamma = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L) , d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L) ,$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2 , \tan a = \Sigma H / (\Sigma V + W_{ΘΕΜ})$$

$$\begin{aligned}
s_{\sigma_{\text{στατ}}} &= 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{στατ}}}/L = 1.132 \\
s_{\sigma_{\text{σεισμ}}} &= 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}}/L = 1.112 \\
d_{\sigma_{\text{στατ}}} &= 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 1.107 \\
d_{\sigma_{\text{σεισμ}}} &= 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1.1261 \\
\tan(a_{\sigma_{\text{στατ}}}) &= \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = 1800/(15000+7122) = 0.081367 \rightarrow \\
\rightarrow a_{\sigma_{\text{στατ}}} &= 4.65 \rightarrow i_{\sigma_{\text{στατ}}} = i_{q_{\sigma_{\text{στατ}}}} = 0.8993 \\
\tan(a_{\sigma_{\text{σεισμ}}}) &= \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = 2740/(11500+7122) = 0.14714 \rightarrow \\
\rightarrow a_{\sigma_{\text{σεισμ}}} &= 8.37 \rightarrow i_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = i_{q_{\sigma_{\text{σεισμ}}}} = 0.8226 \\
\text{Άρα } p_{\text{υστατ}} &= 16.5 * 5.1 * 1.132 * 1.107 * 0.8993 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * \\
0.8993 &\rightarrow \mathbf{p_{\text{υστατ}} = 142.85 \text{ kPa}} \\
\text{Και } p_{\text{υσεισμ}} &= 16.5 * 5.1 * 1.112 * 1.1261 * 0.8226 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * \\
0.8226 &\rightarrow \mathbf{p_{\text{υσεισμ}} = 130.61 \text{ kPa}}
\end{aligned}$$

Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$  .

Πρέπει  $n_{\sigma_{\text{στατ}}} \geq 2$  και  $n_{\sigma_{\text{σεισμ}}} \geq 1.2$

$$n_{\sigma_{\text{στατ}}} = (142.85 * 190.57) / (15000 + 7122) = 1.231 < 2$$

$$n_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = (130.61 * 161.772) / (11500 + 7122) = 1.135 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma_{\text{στατ}}} = 2 \rightarrow p'_{\text{υστατ}} = 232.17 \text{ kPa} \rightarrow c'_{\text{υ}} = 32.04 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επιχώμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(32.04/16.5)^{1.25} - 1] = 110.87 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{v-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{v-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επιχώμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ .

Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 110.87/20 = 5.54 \text{ m}$ .

**ΔΟΚΙΜΗ 7** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 18 x 12 x 6 )**ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**

$$L = 18 \text{ m} , l_1 = 5.5 \text{ m} , l_2 = 5 \text{ m} , l_3 = 5.5 \text{ m}$$

$$B = 12 \text{ m} , b_1 = 3.5 \text{ m} , b_2 = 3 \text{ m} , b_3 = 3.5 \text{ m}$$

$$t = 0.55 \text{ m} , d = 0.45 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{ΟΛ} = 18 * 12 * 6 = 1296 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 4 * (5.5 * 3.5 * 5) + 2 * (5.5 * 3 * 5) + 2 * (5 * 3.5 * 5) + 1 * (5 * 3 * 5) = 4 * 96.25 + 2 * 82.5 + 2 * 87.5 + 75 = 385 + 165 + 175 + 75 \rightarrow [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 800 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{σκυρ} = V_{ΟΛ} - V_{[ΚΥΨ]_{ΟΛ}} = 1296 - 800 = 496 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου - θεμελίου είναι

$$W_{ΘΕΜ} = V_{σκυρ} * (\gamma_{σκυρ} - \gamma_w) = 496 * (25 - 10) = 496 * 15 = 7440 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{ολ} = (W_{ΘΕΜ} + \Sigma V_{στατ}) / (18 * 12) = (7440 + 15000) / 216 = 22440 / 216 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{ολ} = 103.89 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{προσθ} = \sigma_{ολ} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 103.89 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 103.89 - 53,4 - 60 \rightarrow q_{προσθ} = - 9.51 \text{ kPa} < 0. \text{ Άρα δε θα υπάρχουν επιπλέον}$$

καθιζήσεις.

**ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ**

$$e_{στατ} = (\Sigma M_{στατ} + \Sigma H_{στατ} * 6) / (\Sigma V_{στατ} + W_{ΘΕΜ}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 7440) = 19800 / 22440 = 0.88 \rightarrow e_{στατ} = 0.88 \text{ m}$$

$$e_{σεισμ} = (\Sigma M_{σεισμ} + \Sigma H_{σεισμ} * 6) / (\Sigma V_{σεισμ} + W_{ΘΕΜ}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 7440) = 32440 / 18940 = 1.71 \rightarrow e_{σεισμ} = 1.71 \text{ m}$$

**Ενεργός διατομή**

$$L' = L = 15 \text{ m} , B'_{στατ} = B - 2 * e_{στατ} = 7 - 2 * 0.88 = 10.24 \text{ m} \rightarrow A'_{στατ} = 184.32 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{σεισμ} = B - 2 * e_{σεισμ} = 7 - 2 * 1.71 = 8.58 \text{ m} \rightarrow A'_{σεισμ} = 154.44 \text{ m}^2$$

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ**

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_y * d_y * \gamma_2 * B' * N_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1 , N_q = 1 , N_y = 0 , d_q = d_y = 1 , s_q = s_y = 1 , i_y = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L) , d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L) ,$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2 , \text{ tana} = \Sigma H / (\Sigma V + W_{ΘΕΜ})$$

$$s_{\text{στατ}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\text{στατ}}/L = 1.11378$$

$$s_{\text{σεισμ}} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\text{σεισμ}}/L = 1.09833$$

$$d_{\text{στατ}} = 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\text{στατ}} = 1.1172$$

$$d_{\text{σεισμ}} = 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\text{σεισμ}} = 1.14$$

$$\tan(a_{\text{στατ}}) = \Sigma H_{\text{στατ}} / (\Sigma V_{\text{στατ}} + W_{\text{ΘEM}}) = 1800/(15000+7440) = 0.0802 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\text{στατ}} = 4.5861 \rightarrow i_{\text{στατ}} = i_{\text{qστατ}} = 0.901$$

$$\tan(a_{\text{σεισμ}}) = \Sigma H_{\text{σεισμ}} / (\Sigma V_{\text{σεισμ}} + W_{\text{ΘEM}}) = 2740/(11500+7440) = 0.145 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\text{σεισμ}} = 8.2317 \rightarrow i_{\text{σεισμ}} = i_{\text{qσεισμ}} = 0.825$$

$$\text{Άρα } p_{\text{υστατ}} = 16.5 * 5.1 * 1.11378 * 1.1172 * 0.901 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.901 \rightarrow \mathbf{p_{\text{υστατ}} = 142.5 \text{ kPa}}$$

$$\text{Και } p_{\text{υσεισμ}} = 16.5 * 5.1 * 1.09833 * 1.14 * 0.825 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.825 \rightarrow \mathbf{p_{\text{υσεισμ}} = 130.74 \text{ kPa}}$$

Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\text{ΘEM}})$  .

Πρέπει  $n_{\text{στατ}} \geq 2$  και  $n_{\text{σεισμ}} \geq 1.2$

$$n_{\text{στατ}} = (142.5 * 184.32) / (15000 + 7440) = 1.28 < 2$$

$$n_{\text{σεισμ}} = (130.74 * 154.44) / (11500 + 7440) = 1.2767 > 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\text{στατ}} = 2 \rightarrow p'_{\text{υστατ}} = 240.04 \text{ kPa} \rightarrow c'_u = 33.55 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επίχωμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(33.55/16.5)^{1.25} - 1] = 122.53 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{v-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{v-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επίχωμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ .

Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 122.53/20 = 6.2 \text{ m}$ .



**ΔΟΚΙΜΗ 8** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 15 x 12 x 6 )**ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**

$$L = 15 \text{ m} , l_1 = 4.5 \text{ m} , l_2 = 4.5 \text{ m} , l_3 = 4.5 \text{ m}$$

$$B = 12 \text{ m} , b_1 = 3.5 \text{ m} , b_2 = 3.5 \text{ m} , b_3 = 3.5 \text{ m}$$

$$t = 0.4 \text{ m} , d = 0.35 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{ΟΛ} = 15 * 12 * 6 = 1080 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 9 * (4.5 * 3.5 * 5) = 9 * 78.75 \rightarrow [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 708.75 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{σκυρ} = V_{ΟΛ} - [V_{ΚΥΨ}]_{ΟΛ} = 1080 - 708.75 = 371.25 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου – θεμελίου είναι

$$W_{ΘΕΜ} = V_{σκυρ} * (\gamma_{σκυρ} - \gamma_w) = 371.25 * (25 - 10) = 371.25 * 15 = 5568.75 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{ολ} = (W_{ΘΕΜ} + \Sigma V_{στατ}) / (15 * 12) = (5568.75 + 15000) / 180 = 22440 / 180 \rightarrow \sigma_{ολ} = 114.27 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{προσθ} = \sigma_{ολ} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 114.27 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 114.27 - 53.4 - 60 \rightarrow q_{προσθ} = 0.87 \text{ kPa} . \text{ Άρα θα υπάρχουν μηδαμινές επιπλέον κατιζήσεις.}$$

**ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ**

$$e_{στατ} = (\Sigma M_{στατ} + \Sigma H_{στατ} * 6) / (\Sigma V_{στατ} + W_{ΘΕΜ}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 5568.75) = 19800 / 20568.75 = 0.44 \rightarrow e_{στατ} = 0.44 \text{ m}$$

$$e_{σεισμ} = (\Sigma M_{σεισμ} + \Sigma H_{σεισμ} * 6) / (\Sigma V_{σεισμ} + W_{ΘΕΜ}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 5568.75) = 32440 / 17068.75 = 0.94 \rightarrow e_{σεισμ} = 0.94 \text{ m}$$

**Ενεργός διατομή**

$$L' = L = 15 \text{ m} , B'_{στατ} = B - 2 * e_{στατ} = 12 - 2 * 0.44 = 11.12 \text{ m} \rightarrow A'_{στατ} = 166.8 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{σεισμ} = B - 2 * e_{σεισμ} = 12 - 2 * 0.94 = 10.12 \text{ m} \rightarrow A'_{σεισμ} = 151.8 \text{ m}^2$$

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ**

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_y * d_y * \gamma_2 * B' * N_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

Για  $\varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1 , N_q = 1 , N_y = 0 , d_q = d_y = 1 , s_q = s_y = 1 , i_y = 0$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L) , d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L) ,$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2 , \text{ tana} = \Sigma H / (\Sigma V + W_{ΘΕΜ})$$

$$\begin{aligned}
s_{\sigma_{\text{στατ}}} &= 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{στατ}}}/L = 1.15 \\
s_{\sigma_{\text{σεισμ}}} &= 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}}/L = 1.135 \\
d_{\sigma_{\text{στατ}}} &= 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\sigma_{\text{στατ}}} = 1.108 \\
d_{\sigma_{\text{σεισμ}}} &= 1 + 0.2 * 1 * 6/B'_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = 1.119 \\
\tan(a_{\sigma_{\text{στατ}}}) &= \Sigma H_{\sigma_{\text{στατ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{στατ}}} + W_{\Theta EM}) = 1800/(15000+5568.75) = 0.0875 \rightarrow \\
\rightarrow a_{\sigma_{\text{στατ}}} &= 5 \rightarrow i_{\sigma_{\text{στατ}}} = i_{q_{\sigma_{\text{στατ}}}} = 0.89195 \\
\tan(a_{\sigma_{\text{σεισμ}}}) &= \Sigma H_{\sigma_{\text{σεισμ}}} / (\Sigma V_{\sigma_{\text{σεισμ}}} + W_{\Theta EM}) = 2740/(11500+5568.75) = 0.160527 \rightarrow \\
\rightarrow a_{\sigma_{\text{σεισμ}}} &= 9.12 \rightarrow i_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = i_{q_{\sigma_{\text{σεισμ}}}} = 0.80761 \\
\text{Άρα } p_{\text{υστατ}} &= 16.5 * 5.1 * 1.15 * 1.108 * 0.89195 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * \\
0.89195 &\rightarrow \mathbf{p_{\text{υστατ}} = 143.27 \text{ kPa}} \\
\text{Και } p_{\text{υσεισμ}} &= 16.5 * 5.1 * 1.135 * 1.119 * 0.80761 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * \\
0.80761 &\rightarrow \mathbf{p_{\text{υσεισμ}} = 129.44 \text{ kPa}}
\end{aligned}$$

Συντελεστής Ασφαλείας :  $n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$  .

Πρέπει  $n_{\sigma_{\text{στατ}}} \geq 2$  και  $n_{\sigma_{\text{σεισμ}}} \geq 1.2$

$$n_{\sigma_{\text{στατ}}} = (143.27 * 166.8) / (15000 + 5568.75) = 1.16 < 2$$

$$n_{\sigma_{\text{σεισμ}}} = (129.44 * 151.8) / (11500 + 5568.75) = 1.15 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma_{\text{στατ}}} = 2 \rightarrow p'_{\text{υστατ}} = 246.63 \text{ kPa} \rightarrow c'_{\text{υ}} = 34.33 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επιχώμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(34.33/16.5)^{1.25} - 1] = 128.15 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{\text{v-10}} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{\text{v-10}} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επιχώμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ .

Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 128.15/20 = 6.41 = 6.5 \text{ m}$ .

**ΔΟΚΙΜΗ 9** ( ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΒΩΤΙΟΥ : 16 x 12 x 6 )**ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**

$$L = 16 \text{ m} , l_1 = 4.8 \text{ m} , l_2 = 4.8 \text{ m} , l_3 = 4.8 \text{ m}$$

$$B = 12 \text{ m} , b_1 = 3.5 \text{ m} , b_2 = 3.4 \text{ m} , b_3 = 3.5 \text{ m}$$

$$t = 0.45 \text{ m} , d = 0.35 \text{ m}$$

Ο συνολικός όγκος του κιβωτίου είναι  $V_{OL} = 16 * 12 * 6 = 1152 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος των κυψελών είναι  $[V_{KY\Psi}]_{OL} = 6 * (4.8 * 3.5 * 5) + 3 * (4.8 * 3.4 * 5) = 6 * 84 + 3 * 81.6 = 504 + 244.8 \rightarrow [V_{KY\Psi}]_{OL} = 748.8 \text{ m}^3$

Ο συνολικός όγκος σκυροδέματος είναι

$$V_{\sigma\kappa\upsilon\rho} = V_{OL} - [V_{KY\Psi}]_{OL} = 1152 - 748.8 = 403.2 \text{ m}^3$$

Το βάρος του κιβωτίου - θεμελίου είναι

$$W_{\Theta EM} = V_{\sigma\kappa\upsilon\rho} * (\gamma_{\sigma\kappa\upsilon\rho} - \gamma_w) = 403.2 * (25 - 10) = 403.2 * 15 = 6048 \text{ kN}$$

Η ολική τάση που ασκείται από την ανωδομή ( ΚΙΒΩΤΙΟ + ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ + ΓΕΦΥΡΑ) στο έδαφος σε βάθος 6 m είναι

$$\sigma_{OL} = (W_{\Theta EM} + \Sigma V_{\sigma\tau\alpha\tau}) / (16 * 12) = (6048 + 15000) / 192 = 21048 / 192 \rightarrow$$

$$\rightarrow \sigma_{OL} = 109.63 \text{ kPa}$$

Η πρόσθετη τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος είναι

$$q_{\text{πρoσθ}} = \sigma_{OL} - \sigma'_{v-6} - \gamma_w * 6 = 109.63 - (18.9 - 10) - 10 * 6 =$$

$$= 109.63 - 53.4 - 60 \rightarrow q_{\text{πρoσθ}} = - 3.78 \text{ kPa} < 0. \text{ Άρα δε θα υπάρχουν επιπλέον καθιζήσεις.}$$

**ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ**

$$e_{\sigma\tau\alpha\tau} = (\Sigma M_{\sigma\tau\alpha\tau} + \Sigma H_{\sigma\tau\alpha\tau} * 6) / (\Sigma V_{\sigma\tau\alpha\tau} + W_{\Theta EM}) = (9000 + 1800 * 6) / (15000 + 6048) = 19800 / 21048 = 0.43 \rightarrow e_{\sigma\tau\alpha\tau} = 0.43 \text{ m}$$

$$e_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = (\Sigma M_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} + \Sigma H_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} * 6) / (\Sigma V_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} + W_{\Theta EM}) = (16000 + 2740 * 6) / (11500 + 6048) = 32440 / 17548 = 0.91 \rightarrow e_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 0.91 \text{ m}$$

**Ενεργός διατομή**

$$L' = L = 15 \text{ m} , B'_{\sigma\tau\alpha\tau} = B - 2 * e_{\sigma\tau\alpha\tau} = 7 - 2 * 0.43 = 11.14 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma\tau\alpha\tau} = 178.24 \text{ m}^2$$

$$\text{Και } B'_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = B - 2 * e_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 7 - 2 * 0.91 = 10.18 \text{ m} \rightarrow A'_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 162.88 \text{ m}^2$$

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΜΕΥΕΡΗΟΦ**

$$p_u = s_c * d_c * i_c * c * N_c + s_q * d_q * i_q * \gamma_1 * D * N_q + 0.5 * s_y * d_y * \gamma_2 * B' * N_y$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας :  $N_c, N_q, N_y$

Συντελεστές σχήματος :  $s_c, s_q, s_y$

Συντελεστές βάθους :  $d_c, d_q, d_y$

Συντελεστές λοξότητας της φόρτισης :  $i_c, i_q, i_y$

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) \rightarrow K_p = 1$$

$$\text{Για } \varphi = 0 \rightarrow N_c = 5.1 , N_q = 1 , N_y = 0 , d_q = d_y = 1 , s_q = s_y = 1 , i_y = 0$$

$$s_c = 1 + 0.2 * K_p * (B/L) , d_c = 1 + 0.2 * [\sqrt{K_p}] * (B/L) ,$$

$$i_c = i_q = (1 - a/90)^2 , \text{ tana} = \Sigma H / (\Sigma V + W_{\Theta EM})$$

$$s_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma\sigma\sigma\sigma} / L = 1.14$$

$$s_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 1 * B'_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} / L = 1.127$$

$$d_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 1 * 6 / B'_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1.108$$

$$d_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1 + 0.2 * 1 * 6 / B'_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 1.118$$

$$\tan(a_{\sigma\sigma\sigma\sigma}) = \Sigma H_{\sigma\sigma\sigma\sigma} / (\Sigma V_{\sigma\sigma\sigma\sigma} + W_{\Theta EM}) = 1800 / (15000 + 6048) = 0.0855 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 4.888 \rightarrow i_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = i_{q\sigma\sigma\sigma\sigma} = 0.894$$

$$\tan(a_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma}) = \Sigma H_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} / (\Sigma V_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} + W_{\Theta EM}) = 2740 / (11500 + 6048) = 0.15614 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 9.861 \rightarrow i_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = i_{q\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 0.793$$

$$\text{Άρα } p_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 16.5 * 5.1 * 1.14 * 1.108 * 0.894 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.894 \rightarrow$$

$$\underline{\underline{p_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 142.76 \text{ kPa}}}$$

$$\text{Και } p_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 16.5 * 5.1 * 1.127 * 1.118 * 0.793 + (0 + 8.9 * 6) * 1 * 1 * 1 * 0.793 \rightarrow$$

$$\underline{\underline{p_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = 126.43 \text{ kPa}}}$$

$$\text{Συντελεστής Ασφαλείας : } n = (p_u * A') / (\Sigma V + W_{\Theta EM}) .$$

$$\text{Πρέπει } n_{\sigma\sigma\sigma\sigma} \geq 2 \text{ και } n_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} \geq 1.2$$

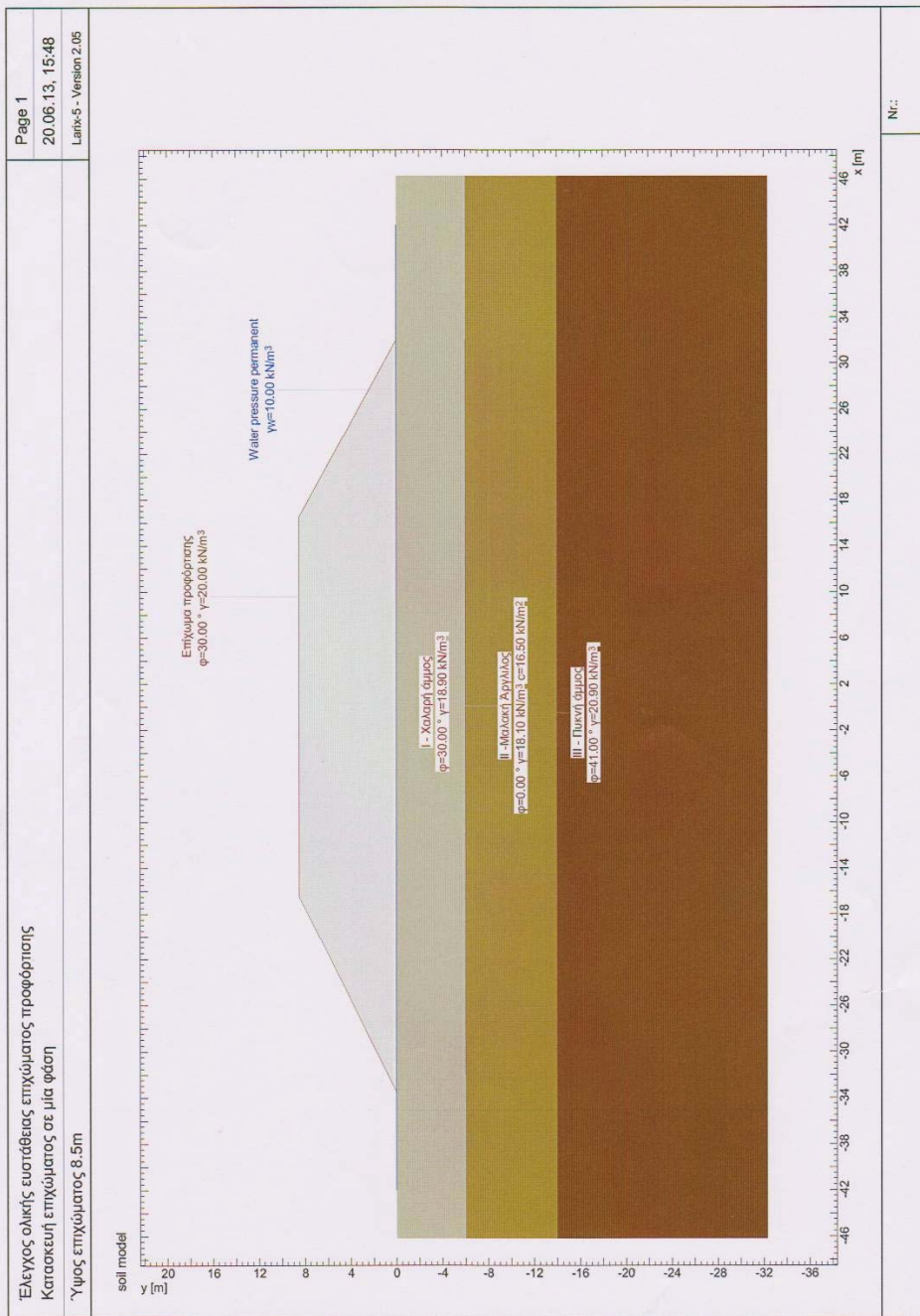
$$n_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = (142.76 * 178.24) / (15000 + 6048) = 1.21 < 2$$

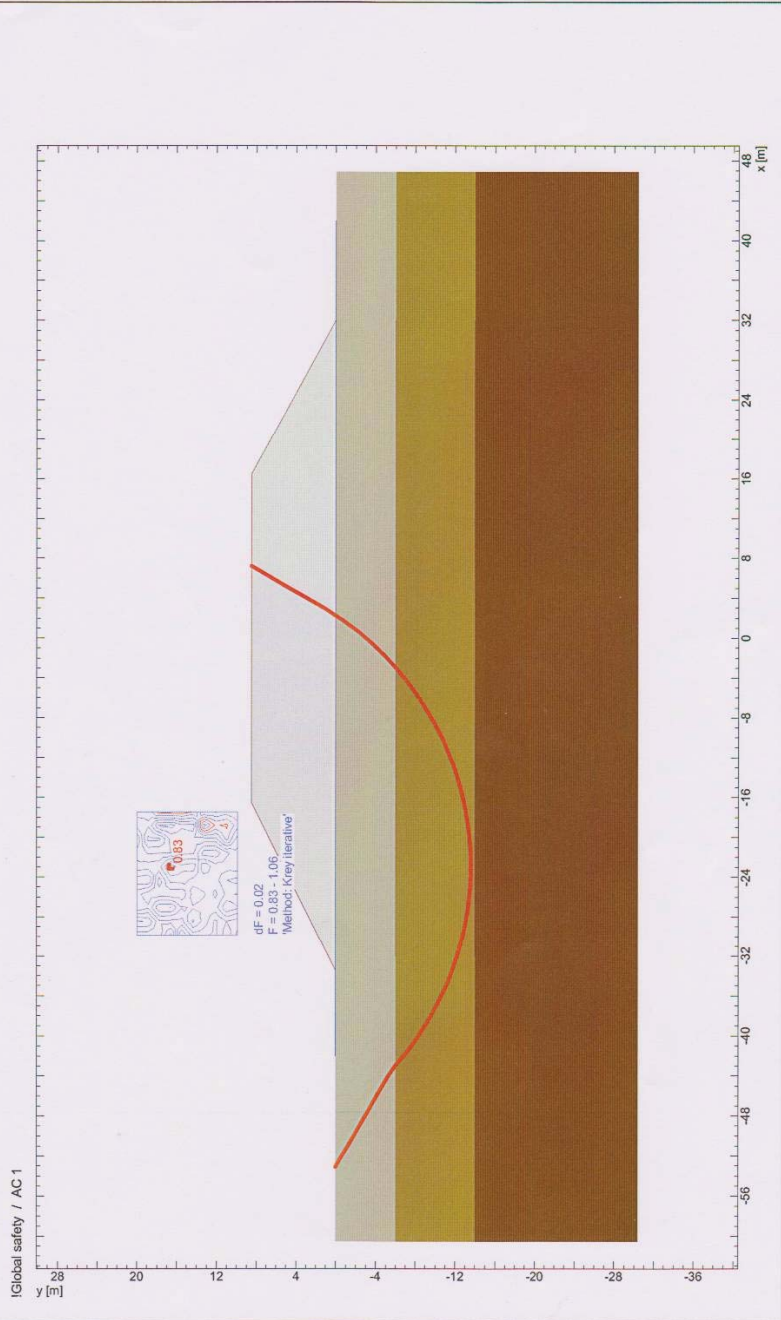
$$n_{\sigma\sigma\sigma\sigma\sigma} = (126.43 * 162.88) / (11500 + 6048) = 1.174 < 1.2$$

$$\text{Αν } n_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 2 \rightarrow p'_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 236.18 \text{ kPa} \rightarrow c'_{\sigma\sigma\sigma\sigma} = 32.72 \text{ kPa}$$

Αυτή είναι η συνοχή που πρέπει να έχει η άργιλος ώστε να υπάρχει η επάρκεια του εδάφους. Αυτή θα επιτευχθεί με την προφόρτιση, που θα γίνει με το επίχωμα. Η τάση προφορτίσεως θα είναι  $q_{\text{προφ}} = 85.8 * [(32.72/16.5)^{1.25} - 1] = 116.11 \text{ kPa}$  . (  $q_{\text{προφ}} = \sigma'_{v-10} * [(c_{\text{υτελ}}/c_{\text{υαρχ}})^{1.25} - 1]$  και  $\sigma'_{v-10} = 8.9 * 6 + 8.1 * 6 = 85.8 \text{ kPa}$  ) Έστω ότι το επίχωμα θα έχει  $\gamma_{\text{επιχ}} = 20 \text{ kN/m}^3$ .

Τότε, το ύψος του επιχώματος θα είναι,  $h_{\text{επιχ}} = 116.11/20 = 5.8055 = 6 \text{ m}$ .





**GEOTECHNICAL MODEL**

**Soil layer boundaries**

Description	Parameters			Point			Polygon points		
	$\phi$ [°]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	x [m]	y [m]	Point	x [m]	y [m]	Point
Επίχωμα προφόρτισης	30.00	20.00	0	1	-40.00	0	2	-33.50	0
				3	-16.50	8.50	4	16.50	8.50
I - Χοιλαρή άμμος	30.00	18.90	0	5	32.00	-0.00	6	40.00	0
				1	-40.00	0	2	-33.50	0
II - Μελακή άργιλλος	0.00	18.10	16.50	2	40.00	-0.00	4	32.00	-0.00
				1	-30.00	-6.00	2	-16.62	-6.00
III - Πυκνή άμμος	41.00	20.90	0	3	17.75	-6.00	4	30.00	-6.00
				1	-30.00	-14.00	2	-16.62	-14.00
				3	17.75	-14.00	4	30.00	-14.00

**Water table**

Water pressure permanent

State	Parameters			Point			Polygon points		
	$\gamma_w$ [kN/m <sup>3</sup> ]	u [m]	u	x [m]	y [m]	Point	x [m]	y [m]	Point
10.00 active static				1	-40.00	0	2	40.00	0

State : Groundwater active or inactive in the analysis  
 u : Pore pressure calculated hydrodynamically or hydrostatically

**CALCULATION OPTIONS**

**Options**

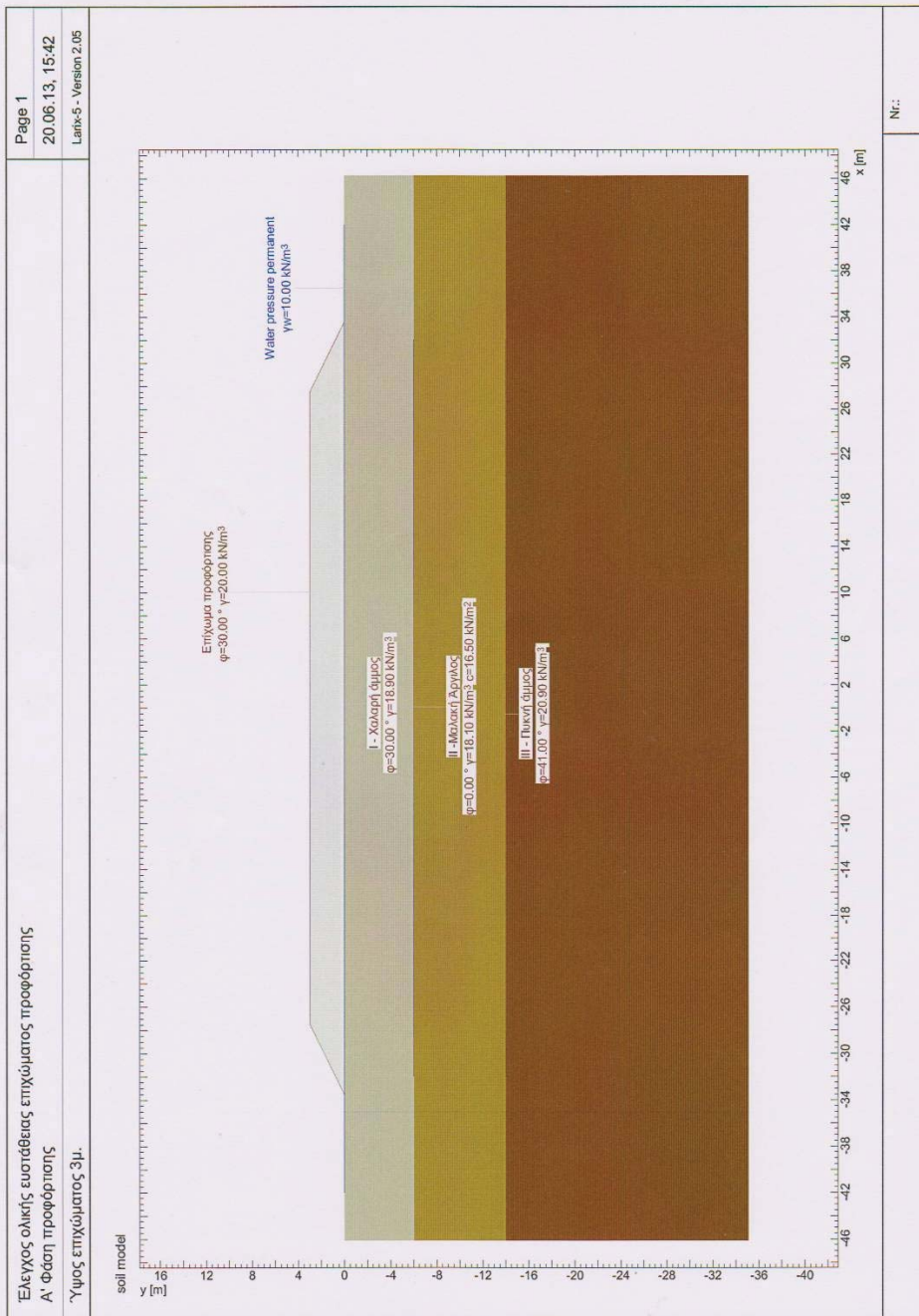
Method	$\delta r$ [m]	$n_L$	$n_L$	Method
Krey	0.0200	50.000	with	Safety factor determined iteratively

$\delta r$  : Convergence tolerance of the iteration  
 $n_L$  : Number of slices

Nr.:

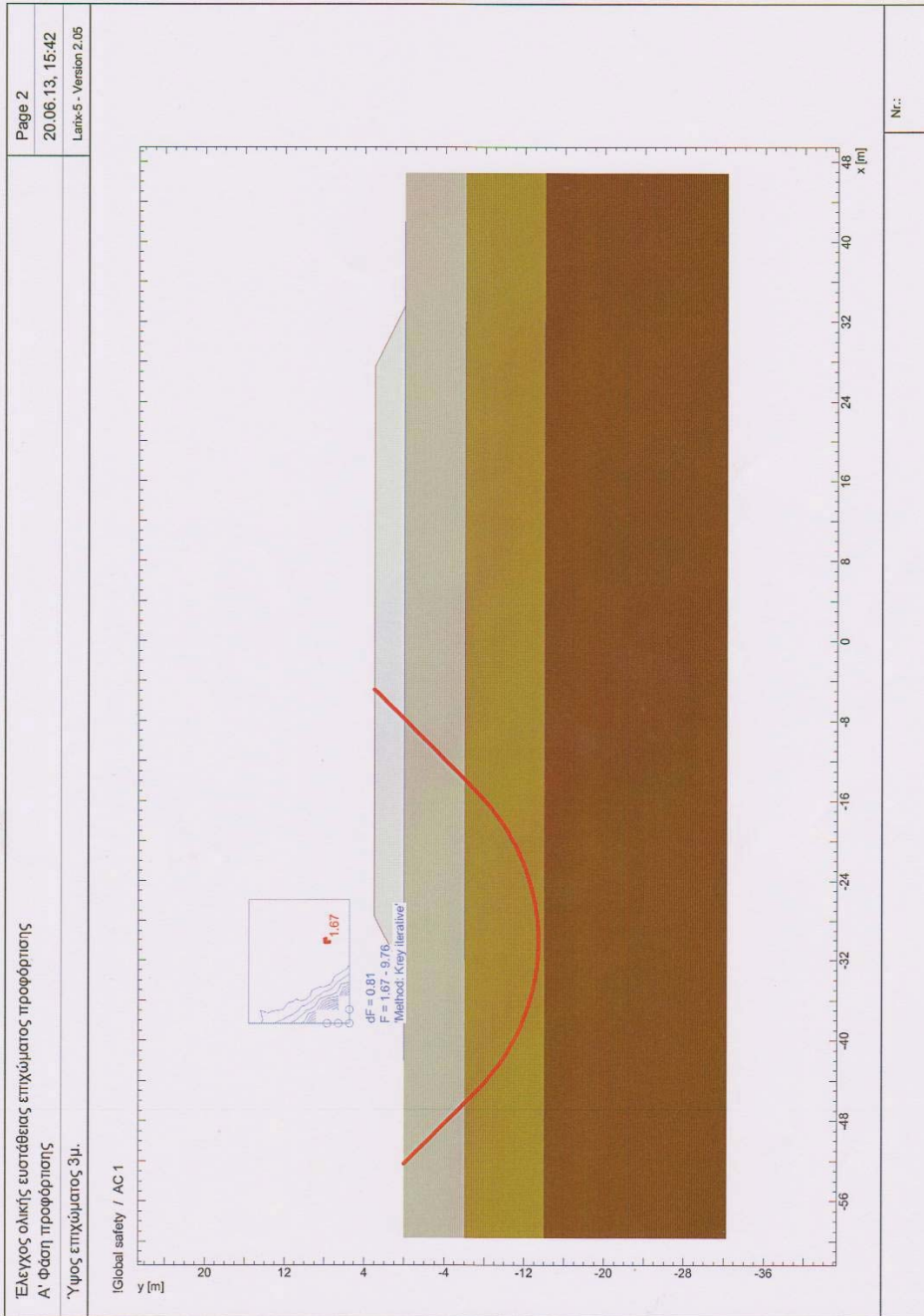
Έλεγχος ολκής ευστάθειας επιχώματος προφύρτισης Κατασκευή επιχώματος σε μία φάση Ύψος επιχώματος 8.5m		Page 4 20.06.13, 15:48 Lank-5 - Version 2.05							
<b>LIMIT VALUES</b> <b>Slip circle with minimum safety</b>									
Circle No.	x [m]	y [m]	R [m]	point of constraint	Anchor	F <sub>ax</sub> [-]	L <sub>req</sub> [m]	L <sub>min</sub> [m]	Remark
657	-22.95	16.59	30.18	7		0.83			1.)
F <sub>ax</sub>	: existing safety, required safety F <sub>req</sub> = 1.00								
L <sub>req</sub>	: calculated required free anchor length between L <sub>min</sub> - L <sub>max</sub>								
L <sub>min</sub>	: input minimum free anchor length								
<b>Legend of the footnotes</b> Footnote 1.) below specified safety.									
Remark									
Nf.:									





C:\cibus\Data\Dipl\_2013\Α φάση\_L5S

Nf.:



**GEOTECHNICAL MODEL**

**Soil layer boundaries**

Description	Parameters			Point		Polygon points	
	$\phi$ [°]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
Επίχωμα προφόρτισης	30.00	20.00	0	1 -40.00	0	2 -33.50	0
I - Χάλωση άμμος	30.00	18.90	0	3 -27.50	3.00	4 27.50	3.00
II - Βαλεακή Άργιλος	0.00	18.10	16.50	5 33.50	-0.00	6 40.00	0
III - Πυκνή άμμος	41.00	20.90	0	1 -40.00	-0.00	2 -33.50	-0.00
				3 40.00	-6.00	2 -16.62	-6.00
				1 -30.00	-14.00	4 30.00	-6.00
				3 17.75	-14.00	2 -16.62	-14.00
				1 -30.00	-14.00	4 30.00	-14.00

**Water table**

Water pressure permanent

State	u [kN/m <sup>2</sup> ]	Point		Polygon points	
		x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
10.00 active static	1	-40.00	0	2	40.00

State : Groundwater active or inactive in the analysis  
 u : Pore pressure calculated hydrodynamically or hydrostatically

**CALCULATION OPTIONS**

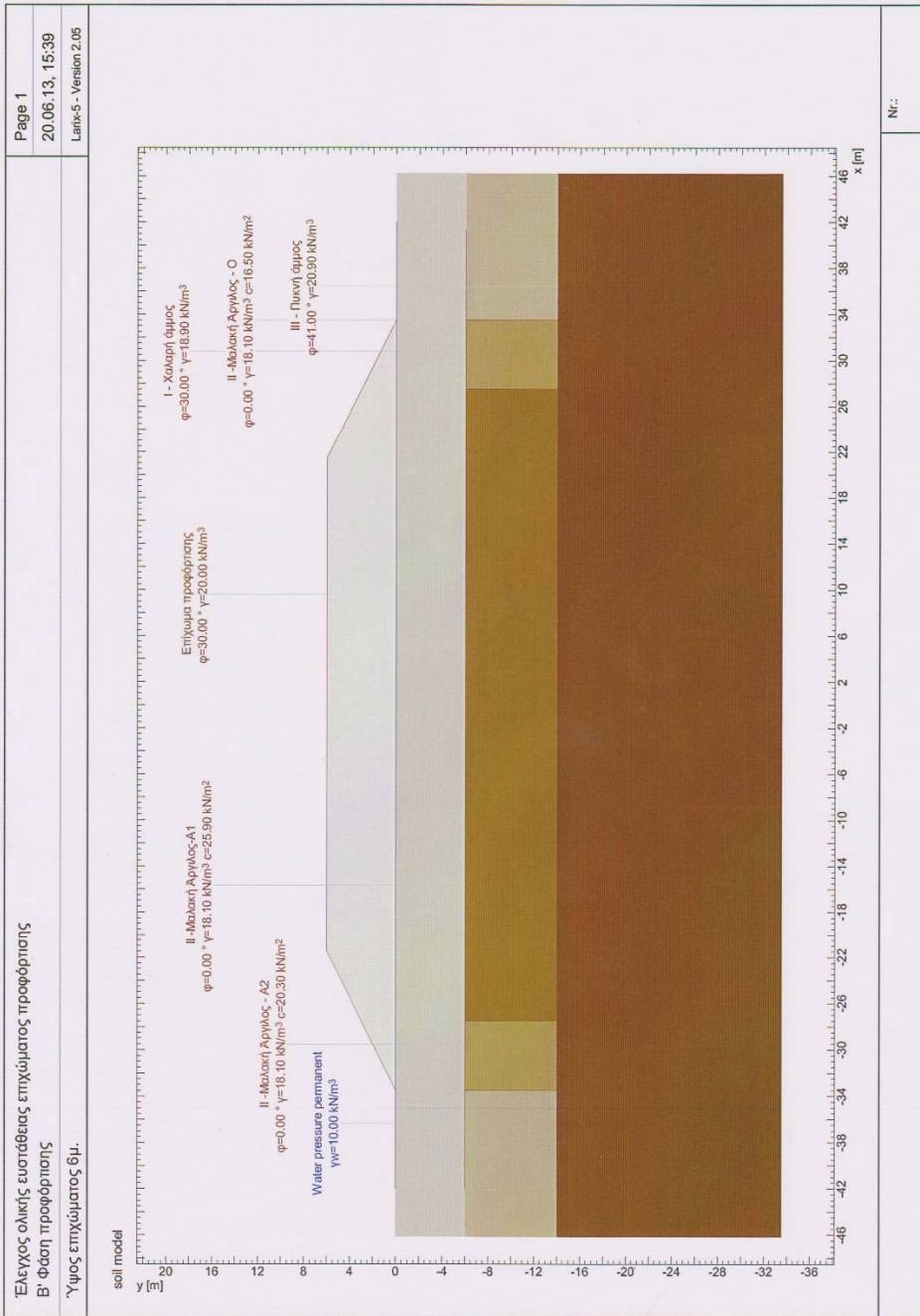
**Options**

Method	$\delta_T$	$n_L$	Options
Krey	0.0200	50.000	Straight extensions of slip circles
			with Safety factor determined iteratively
			Convergence tolerance of the iteration
			Number of slices

Nr.:

Έλεγχος ολικής ευστάθειας επιχώματος προφόρτισης		Page 3							
Α' φάση προφόρτισης		20.06.13, 15:42							
Υψος επιχώματος 3μ.		Latik-5 - Version 2.05							
<b>GEOTECHNICAL MODEL</b>									
<b>Soil layer boundaries</b>									
Description	Parameters	Polygon points							
	$\phi$ [°]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Point	x [m]	y [m]	Point	x [m]	y [m]
Επιχώμα προφόρτισης	30.00	20.00	0	1	-40.00	0	2	-33.50	0
				3	-27.50	3.00	4	27.50	3.00
I - Χολοπή άμμος	30.00	18.90	0	5	33.50	-0.00	6	40.00	0
				1	-40.00	0	2	-33.50	0
II - Βαλακιά Άργιλος	0.00	18.10	16.50	3	0.50	-0.00	4	33.50	-0.00
				5	40.00	0	2	-16.62	-6.00
III - Πυκνή άμμος	41.00	20.90	0	1	-30.00	-14.00	2	-16.62	-14.00
				3	17.75	-14.00	4	30.00	-14.00
<b>Water table</b>									
Water pressure permanent									
Parameters	Point	x [m]	y [m]	Polygon points					
$\gamma_w$ [kN/m <sup>3</sup> ]	10.00	active	static	1	-40.00	0	2	40.00	0
State									
u									
State : Groundwater active or inactive in the analysis u : Pore pressure calculated hydrodynamically or hydrostatically									
<b>CALCULATION OPTIONS</b>									
<b>Options</b>									
Method	$\delta_T$	$n_L$	Straight extensions of slip circles						
Krey	0.0200	50.000	with	Safety factor determined iteratively					
$\delta_T$	Convergence tolerance of the iteration								
$n_L$	Number of slices								
Nr.:									

Έλεγχος ολικής ευστάθειας επιχώματος προφόρτισης Α' φάση προφόρτισης		Page 4 20.06.13, 15.42 Larkis-5 - Version 2.05							
Ύψος επιχώματος 3μ.									
<b>LIMIT VALUES</b> <b>Slip circle with minimum safety</b>									
Circle No.	x [m]	y [m]	R [m]	point of constraint	Anchor	F <sub>ex</sub> [t]	L <sub>req</sub> [m]	L <sub>min</sub> [m]	Remark
263	-30.06	7.70	21.14	3		1.67			see footnotes
F <sub>ex</sub>	: existing safety, required safety F <sub>req</sub> = 1.00								
L <sub>req</sub>	: calculated required free anchor length								
L <sub>min</sub>	: input minimum free anchor length								
C:\cibus\Deltaeta\Dipl_2013\Α' φάση_1.65									
									Nr.:





**GEOTECHNICAL MODEL**

**Soil layer boundaries**

Description	Parameters			Point		Polygon points	
	$\phi$ [°]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
Επίχωμα προφόρτισης	30.00	20.00	0	1 -40.00	0	2 -33.50	0
				3 -21.50	6.00	4 21.50	6.00
I - Χαλαρή άμμος	30.00	18.90	0	5 33.50	-0.00	6 40.00	0
				1 -40.00	0	2 -33.50	0
II -Μαλακή Άργιλος - Ο	0.00	18.10	16.50	3 0.50	-0.00	4 33.50	-0.00
				5 40.00	0	6 27.50	-6.00
II -Μαλακή Άργιλος - Α	0.00	18.10	20.30	1 -40.00	-6.00	2 -33.50	-6.00
				5 33.50	-6.00	6 39.32	-6.00
II -Μαλακή Άργιλος-Α1	0.00	18.10	25.90	3 -33.50	-6.00	4 -27.50	-6.00
				5 27.50	-6.00	6 33.50	-6.00
III - Πυκνή άμμος	41.00	20.90	0	7 33.50	-14.00	8 39.32	-14.00
				1 -40.00	-14.00	2 -33.50	-14.00
				3 -27.50	-14.00	4 27.50	-14.00
				5 33.50	-14.00	6 39.32	-14.00

**Water table**

Water pressure permanent

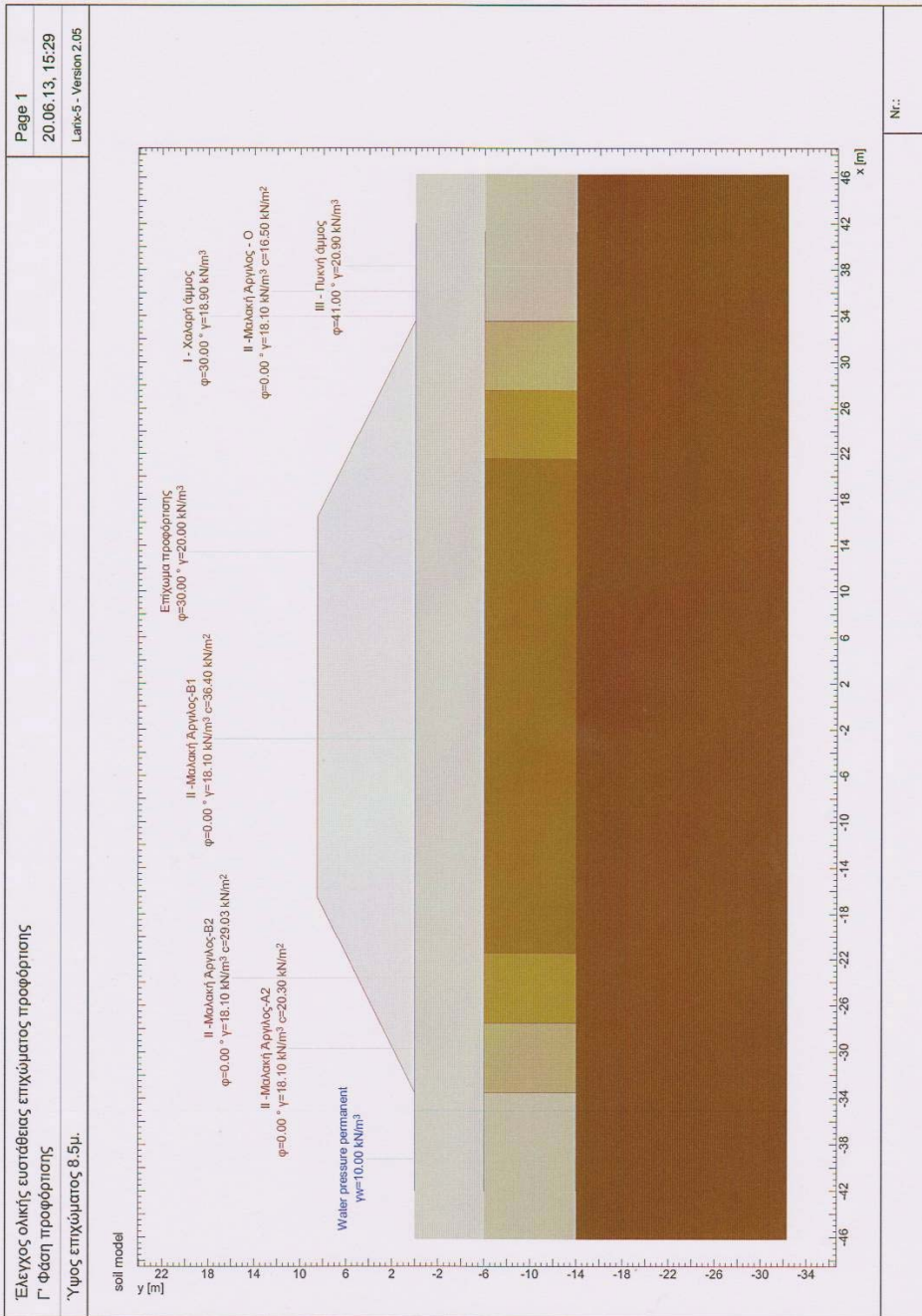
State	u [kN/m <sup>2</sup> ]	Point		Polygon points			
		x [m]	y [m]	x [m]	y [m]		
10.00 active	static	1	-40.00	0	2	40.00	0

State : Groundwater active or inactive in the analysis  
 u : Pore pressure calculated hydrodynamically or hydrostatically

Nr.:



	Page 4 20.06.13, 15:39 Lanik-5 - Version 2.05								
Έλεγχος ολικής ευστάθειας επιχώματος προφόρτισης Β' φάση προφόρτισης Ύψος επιχώματος 6μ.									
<b>CALCULATION OPTIONS</b>									
<b>Options</b>									
Method	$n_L$ Straight extensions of slip circles								
Krey	0.0200 50.000 with Safety factor determined iteratively								
$\delta_T$	Convergence tolerance of the iteration								
$n_L$	Number of slices								
<b>LIMIT VALUES</b>									
<b>Slip circle with minimum safety</b>									
Circle No.	x	y	R	point of constraint	Anchor	$F_{ok}$	$L_{req}$	$L_{min}$	Remark
445	-30.80	18.91	32.63	5		1.26			see footnotes
$F_{ok}$	: existing safety; required safety; $F_{req} = 1.00$								
$L_{req}$	: calculated required free anchor length between $L_{min}$ - $L_{max}$								
$L_{min}$	: input minimum free anchor length								
C:\cubus\Data\Dirp_2013\B φάση_15S									
Nr.:									





**GEOTECHNICAL MODEL**

**Soil layer boundaries**

Description	Parameters			Point		Polygon points		Point	
	$\phi$	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
Επίχωμα προφύρτισης	30.00	20.00	0	1 -40.00	0	2 -33.50	0	2 -33.50	0
I - Χάλαση άμμος	30.00	18.90	0	3 -16.50	8.50	4 16.50	8.50	4 16.50	8.50
II - Χαλαρή Άργιλος - 0	0.00	18.10	16.50	5 33.50	-0.00	6 40.00	0	6 40.00	0
II - Χαλαρή Άργιλος - 0	0.00	18.10	16.50	1 -40.00	-0.00	2 -33.00	-0.00	2 -33.00	-0.00
II - Χαλαρή Άργιλος-A2	0.00	18.10	20.30	3 -27.50	-6.00	4 -21.50	-6.00	4 -21.50	-6.00
II - Χαλαρή Άργιλος-B2	0.00	18.10	29.03	5 21.50	-6.00	6 27.50	-6.00	6 27.50	-6.00
II - Χαλαρή Άργιλος-B1	0.00	18.10	36.40	7 33.50	-14.00	8 39.32	-6.00	8 39.32	-6.00
III - Πυκνή άμμος	41.00	20.90	0	1 -40.00	-14.00	2 -33.50	-14.00	2 -33.50	-14.00
				3 -27.50	-14.00	4 -27.50	-6.00	4 -27.50	-6.00
				5 21.50	-6.00	6 21.50	-6.00	6 21.50	-6.00
				7 33.50	-14.00	8 39.32	-14.00	8 39.32	-14.00
				9 33.50	-14.00	10 39.32	-14.00	10 39.32	-14.00
				1 40.00	-14.00	2 -33.50	-14.00	2 -33.50	-14.00
				3 -27.50	-14.00	4 -21.50	-6.00	4 -21.50	-6.00
				5 21.50	-6.00	6 21.50	-6.00	6 21.50	-6.00
				7 33.50	-14.00	8 39.32	-14.00	8 39.32	-14.00

**Water table**

**Water pressure permanent**

State	Parameters			Point		Polygon points		Point	
	$\gamma_w$ [kN/m <sup>3</sup> ]	u	State	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
10.00 active static			1	-40.00	0	2	40.00	0	0
State : Groundwater active or inactive in the analysis									
u : Pore pressure calculated hydrodynamically or hydrostatically									

Nr.:

	Page 4 20.06.13, 15:29 Lanik-5 - Version 2.05																				
Έλεγχος ολικής ευστάθειας επιχώματος προφόρτισης Γ' Φάση προφόρτισης Ύψος επιχώματος 8.5μ.																					
<b>CALCULATION OPTIONS</b>																					
<b>Options</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Method</td> <td style="width: 15%;">δ<sub>T</sub></td> <td style="width: 15%;">n<sub>L</sub></td> <td style="width: 55%;">Straight extensions of slip circles</td> </tr> <tr> <td>Krey</td> <td>0.0200</td> <td>50.000</td> <td>with</td> </tr> </table> δ <sub>T</sub> : Convergence tolerance of the iteration n <sub>L</sub> : Number of slices Safety factor determined iteratively		Method	δ <sub>T</sub>	n <sub>L</sub>	Straight extensions of slip circles	Krey	0.0200	50.000	with												
Method	δ <sub>T</sub>	n <sub>L</sub>	Straight extensions of slip circles																		
Krey	0.0200	50.000	with																		
<b>LIMIT VALUES</b>																					
<b>Slip circle with minimum safety</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Circle No.</th> <th>x [m]</th> <th>y [m]</th> <th>R [m]</th> <th>point of constraint</th> <th>Anchor</th> <th>F<sub>ex</sub> [-]</th> <th>L<sub>req</sub> [m]</th> <th>L<sub>min</sub> [m]</th> <th>Remark</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>345</td> <td>-29.79</td> <td>16.42</td> <td>30.13</td> <td>5</td> <td></td> <td>1.22</td> <td></td> <td></td> <td>see footnotes</td> </tr> </tbody> </table> F <sub>ex</sub> : existing safety; required safety F <sub>lim</sub> = 1.00 L <sub>req</sub> : calculated required free anchor length L <sub>min</sub> : input minimum free anchor length		Circle No.	x [m]	y [m]	R [m]	point of constraint	Anchor	F <sub>ex</sub> [-]	L <sub>req</sub> [m]	L <sub>min</sub> [m]	Remark	345	-29.79	16.42	30.13	5		1.22			see footnotes
Circle No.	x [m]	y [m]	R [m]	point of constraint	Anchor	F <sub>ex</sub> [-]	L <sub>req</sub> [m]	L <sub>min</sub> [m]	Remark												
345	-29.79	16.42	30.13	5		1.22			see footnotes												
C:\cubus\Data\Dip_2013Γ' φάση_16S																					
Nr.:																					

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΒΑΘΡΟΥ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΘΕΜΕΛΙΟ ΥΣΤΕΡΑ ΑΠΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

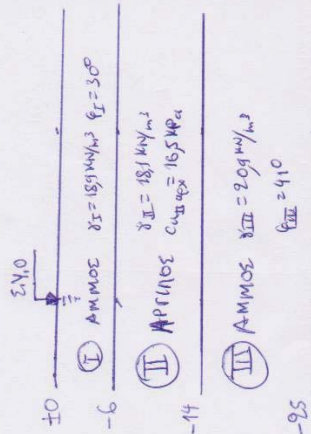
Η Τρίτη λύση που εξετάστηκε ήταν η επιφανειακή θεμελίωση του μεσοβάθρου, ύστερα από βελτίωση και των δύο μη ανθεκτικών στρώσεων, δηλαδή και της χαλαρής άμμου (με  $\gamma_I = 18.9 \text{ kN/m}^3$  και  $\varphi_I = 30^\circ$ ) και της μαλακής αργίλου (με  $c_u = 16.5 \text{ kPa}$  και  $\gamma_{II} = 18.1 \text{ kN/m}^3$ ). Η βελτίωση αυτή θα είναι δονητική συμπύκνωση στην πρώτη στρώση της χαλαρής άμμου, και προφόρτιση (με επίχωμα) στη δεύτερη στρώση της μαλακής αργίλου. Αρχικά θα μπουν στραγγιστήρια σε σχηματισμό τετραγωνικού κανάβου με απόσταση 1.50 m το ένα από το άλλο. Ο σχεδιασμός των στραγγιστηρίων θα είναι ακριβώς ο ίδιος όπως και στην δεύτερη προτεινόμενη λύση (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3). Μετά θα κατασκευαστεί το επίχωμα ύψους 3m, ώστε να προφορτισθεί η άργιλος και να αυξηθεί η  $c_u$ . Το επίχωμα θα μείνει για 3 μήνες. Τέλος, αφού η  $c_u$  φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα, θα βελτιωθεί και η πρώτη στρώση με δονητική συμπύκνωση. Έτσι η χαλαρή άμμος θα βελτιωθεί και θα αποκτήσει γωνία τριβής  $\varphi = 40^\circ$  και  $E_s = 20500 \text{ kPa}$ .

Πρέπει να τονίσουμε, ότι είναι σημαντικό να γίνει πρώτα η προφόρτιση και μετά η δονητική συμπύκνωση. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν γίνει πρώτα η δονητική συμπύκνωση θα ανέβει πολύ το μέτρο συμπίεσότητας της πρώτης στρώσης και επομένως, όταν γίνει η προφόρτιση δε θα φτάνει η απαιτούμενη πρόσθετη τάση λόγω επιχώματος στο στρώμα της αργίλου. Θα φτάνει ένα ποσοστό αυτής, το οποίο όμως δε θα είναι αρκετό για να αυξηθεί η συνοχή  $c_u$  και να βελτιωθεί η άργιλος. Έτσι, ουσιαστικά « ακυρώνεται » η προφόρτιση.

Στις επόμενες σελίδες ακολουθούν πρώτα ο σχεδιασμός δονητικής συμπύκνωσης, μετά οι αναλυτικοί υπολογισμοί της δίστρωτης φέρουσας ικανότητας, και μετά η ανάλυση του επιχώματος. Αυτό γίνεται διότι εξετάστηκε η πιθανότητα να αρκεί η δονητική συμπύκνωση και να μην χρειάζεται προφόρτιση. Όμως κατασκευαστικά, επαναλαμβάνουμε ότι πρώτα γίνεται η προφόρτιση και μετά η δονητική συμπύκνωση.

Στην επόμενη εικόνα, φαίνονται σε σκαριφήματα, όλα τα στάδια της κατασκευής του επιφανειακού θεμελίου.

ΑΡΧΙΚΑ: ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ



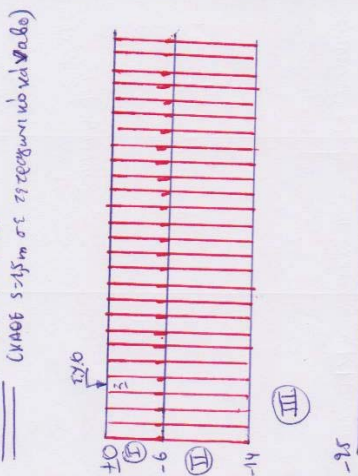
ΒΗΜΑ 4: ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΝΣΗ

ΕΤΗΝ ΤΡΟΣΗ ΣΤΡΩΣΗ (ΑΜΜΟΣ)  
 ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΙΚΟΥΣ ΚΑΝΑΒΟΥΣ ΠΛΕΥΡΑΣ  
 $X = 23.5 \text{ m}$   
 Εμβαδόν καναβού =  $\frac{1}{2} \cdot 23.5 \cdot 23.5 = 278.3 \approx 3,1 \text{ m}^2$   
 Σύνολο: Εμβαδόν =  $15 \times 7 = 105 \text{ m}^2$   
 Αριθμός καναβών =  $\frac{105}{278.3} \approx 34$  καναβών

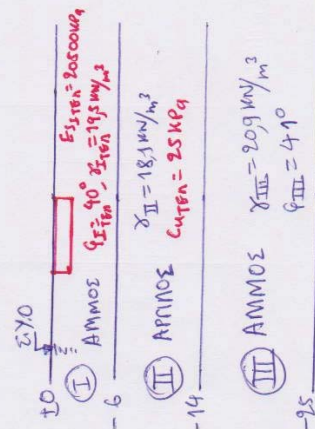
$\phi_{\text{Iαφχ}} = 30^\circ$   
 $\phi_{\text{IIαφχ}} = 40^\circ$   
 $\gamma_{\text{Iαφχ}} = 18.9 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_{\text{IIαφχ}} = 19.5 \text{ kN/m}^3$   
 $E_{\text{Iαφχ}} = 5500 \text{ kPa}$   
 $E_{\text{IIαφχ}} = 20500 \text{ kPa}$

ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΘΕΜΕΛΙΟΥ (15x7x15) ΥΨΕΡΑ ΑΠΟ ΠΡΟΦΟΡΙΤΗ ΚΑΙ ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΝΣΗ

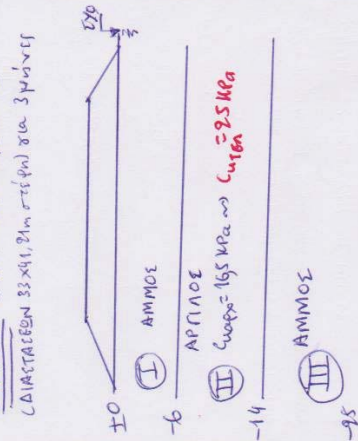
ΒΗΜΑ 1: ΣΤΡΑΤΙΣΤΗΡΙΑ



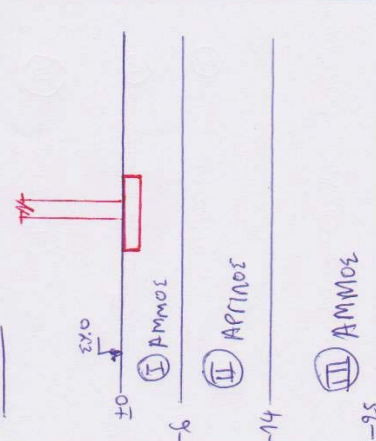
ΒΗΜΑ 5: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΘΕΜΕΛΙΟΥ (ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ 15x7x15)



ΒΗΜΑ 2: ΕΠΙΧΩΜΑ Ύψους 3m



ΒΗΜΑ 6: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΣΟΒΑΘΡΟΥ



## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΟΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ

### Προσδιορισμός N'

Η ολική τάση στο μέσο της άμμου I (0.00 – 6.00m) είναι

$$\sigma_{v-3} = 18.9 * 3 = 56.7 \text{ kPa}$$

και η επιθυμητή τελική σχετική πυκνότητα  $D_r = 75\%$ . Από διάγραμμα προκύπτει η τελική αντοχή αιχμής κώνου  $q_c = 7 \text{ mPa}$ . Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη διάμετρο  $D_{50}$ , που προκύπτει από τα αρχικά κοκκομετρικά δεδομένα και τις αντίστοιχες κοκκομετρικές καμπύλες:

$$D_{50} = (0.6 + 0.65 + 0.85) / 3 = 0.7$$

Για  $D_{50} = 0.7$  η καμπύλη του Ζερβογιάννη μας δίνει τελικά  $N' = 18$ .

Αρχικά επιλέγουμε τριγωνικό κάναβο και διάμετρο αμμοπασσάλου  $d = 0.6 \text{ m}$ .

Για να υπολογίσουμε τον λόγο αντικατάστασης  $a_s$  θα χρησιμοποιήσουμε τρεις μεθόδους.

### Μέθοδος 1

Για αρχικό  $N = 6$  και τελικό επιθυμητό  $N' = 18$  πρόκύπτει ότι  $a_s = 0.14$

### Μέθοδος 2

$$D_{60} = (0.75 + 0.8 + 1.05) / 3 = 0.867$$

Έχουμε  $D_{10} = (0.1 + 0.15 + 0.15) / 3 = 0.133$ . Προκύπτει από το διάγραμμα  $e_{\max} = 0.9$  και  $e_{\min} = 0.32$ . Άρα  $U_c = D_{60} / D_{10} = 6.5$

$$N = 6 \rightarrow D_r = 45\% \rightarrow e_0 = 0.7$$

$$N' = 18 \rightarrow D_r = 70\% \rightarrow e_1 = 0.52$$

$$\text{Επομένως } a_s = (e_0 - e_1) / (1 + e_0) = (0.7 - 0.52) / (1 + 0.7) = 0.11$$

### Μέθοδος 3

Ποσοστό λεπτόκοκκων  $F_c = 4\%$ .

$$\text{Επομένως } e_{\max} = 0.02 * F_c + 1 = 0.02 * 4 + 1 = 1.08$$

$$\text{και } e_{\min} = 0.008 * F_c + 0.6 = 0.008 * 4 + 0.6 = 0.632$$

$$D_{r0} = 21 * [\sqrt{[N_0 / (0.7 + \sigma_v)]}] = 21 * [\sqrt{[6 / (0.7 + 0.267)]}] = 52.3\%$$

$$e_0 = e_{\max} - [D_{r0} / 100] * (e_{\max} - e_{\min}) = 1.08 - 0.523 * (1.08 - 0.632) = 0.85$$

$$\beta = 1.05 - 0.51 * \log F_c = 1.05 - 0.51 * \log 4 = 0.743$$

$$N'_1 = N_0 + (N_1 - N_0) / \beta = 6 + (18 - 6) / 0.743 = 22.15$$

$$D_{r1} = 21 * [\sqrt{[N_1 / (0.7 + \sigma_v)]}] = 21 * [\sqrt{[22.15 / (0.7 + 0.267)]}] = 99\%$$

$$e_1 = e_{\max} - (D_{r1} / 100) * (e_{\max} - e_{\min}) = 1.08 - 0.99 * (1.08 - 0.632) = 0.64$$

$$\text{Τελικά } a_s = (e_0 - e_1) / (1 + e_0) = (0.85 - 0.64) / (1 + 0.64) = 0.13$$

Για λόγους ασφαλείας επιλέγω  $a_s = \max \{0.14, 0.11, 0.13\} = 0.14$

Οπότε η απόσταση  $x$  των βολισμάτων είναι

$$x = (2 / \sqrt{3}) * (A_s / a_s) = (2 / \sqrt{3}) * [(3.14 * 0.6^2 / 4) / 0.14] = 2.35 \text{ m}$$

$$\text{Με } A_s = \pi * r^2 / 4$$

Άρα τα βολίσματα τοποθετούνται σε τριγωνικό κάναβο με απόσταση  $x = 2.35 \text{ m}$



**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΝΕΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ  
ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ**

Έχουμε  $D_{rTEΛ} = 75\%$  ,  $e_{max} = 1.08$  ,  $e_{min} = 0.632$

$$D_{rTEΛ} = ((e_{max}^{TEΛ} - e^{TEΛ}) / ((e_{max})^{TEΛ} - (e_{min})^{TEΛ})) = 0.75 \rightarrow e^{TEΛ} = 0.744$$

$$(\gamma_s)^{TEΛ} = \gamma_s / (1 + e^{TEΛ}) = 26.5 / (1 + 0.744) = 15.2 \text{ kN/m}^3$$

$$(\gamma_{KOP})^{TEΛ} = (\gamma_s + 10 * e^{TEΛ}) / (1 + e^{TEΛ}) = (26.5 + 10 * 0.744) / (1 + 0.744) = 19.5 \text{ kN/m}^3$$

Είναι  $N = 18$  στο μέσο της στρώσης και η ενεργός τάση είναι

$$\sigma'_{v-3} = 9.5 * 3 = 28.5 \text{ kPa}$$

$$c_N = \frac{2}{1 + \sigma'_{v-3}} = 1.54 \rightarrow N_c = C_N * N = 1.54 * 18 = 27.72$$

Υπολογισμός νέας γωνιάς τριβής :

κατά Peck – Hanson – Thornbun :

$$\varphi = 27.3 + 0.3 * N_c - 0.00054 * N_c = 27.3 + 0.3 * 27.72 - 0.00054 * 27.72 = 35.5^\circ$$

κατά Osaki :

$$\varphi = \sqrt{20 * N_c} + 15^\circ = \sqrt{20 * 27.72} + 15^\circ = 38^\circ$$

κατά Dunham :

$$\varphi = \sqrt{12 * N_c} + 25^\circ = \sqrt{12 * 27.72} + 25^\circ = 42^\circ$$

κατά De Mello :

Για  $N = 18$  και  $\sigma'_{v-3} = 58.5 \text{ kPa}$  εκτιμούμε  $\varphi = 41^\circ$

κατά Hatanaka – Uchida :

$$\varphi = \sqrt{20 * N_c} + 20^\circ = \sqrt{20 * 27.72} + 20^\circ = 43.5^\circ$$

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε  **$\varphi = 40^\circ$**

Υπολογισμός νέου μέτρου συμπίεσιότητας  $E_s$  :

Για  $N = 18$

κατά Παπαδόπουλο – Αναγνωστόπουλο :

$$E_s = C_1 * N + C_2 = 800 * 18 + 7500 = 21900 \text{ kPa}$$

κατά Webb:

$$E_s = 500 * (N+15) = 500 * (18+15) = 16500 \text{ kPa}$$

Επίσης για  $q_c = 7 \text{ mPa}$

κατά Webb :

$$E_s = 2.5 * (q_s + 3.2) = 2.5 * (7 + 3.2) = 25.5 \text{ mPa} = 25500 \text{ kPa}$$

κατά Schmertmann :

$$E_s = 2.5 * q_c = 2.5 * 7 = 17.5 \text{ mPa} = 17500 \text{ kPa}$$

Άρα συμπεραίνουμε  **$E_s = 20500 \text{ kPa}$**

Επομένως το πρώτο στρώμα μετά τη δονητική συμπύκνωση θα έχει

$$\gamma_{\text{Iτελ}} = 19.5 \text{ kN} / \text{m}^3$$

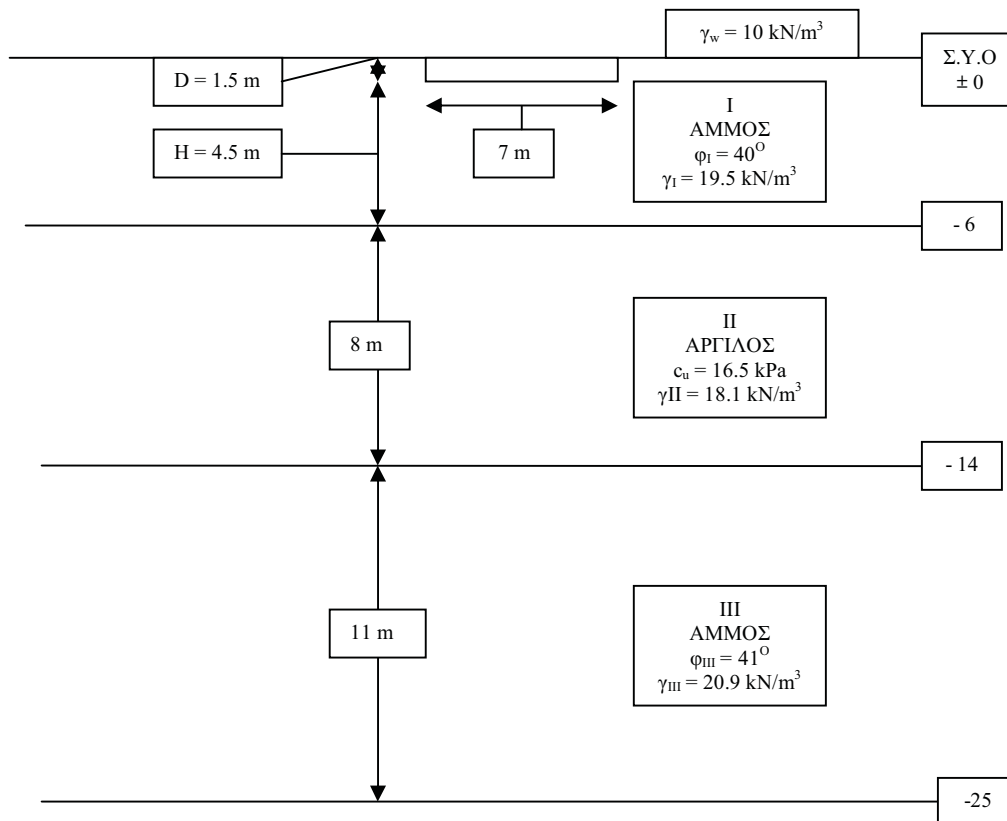
$$\varphi_{\text{Iτελ}} = 40^\circ$$

$$E_{s\text{Iτελ}} = 20500 \text{ kPa}$$

Ακολουθεί ο υπολογισμός της διστρωτης φέρουσας ικανότητας

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΣΤΡΩΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Οι διαστάσεις του επιφανειακού θεμελίου θα είναι 15 m (μήκος), 7 m (πλάτος), και 1.5 m (ύψος).



Βάρος επιφανειακού θεμελίου :  $W_{\Theta EM} = 15 * 7 * 1.5 * (25 - 10) \rightarrow$

$$\mathbf{W_{\Theta EM} = 2362.5 \text{ kN}}$$

Τα συνολικά κατακόρυφα φορτία ( Ίδια βάρη κατασκευής και κινητά και μόνιμα φορτία ), είναι

$$[V_{o\lambda}]_{\sigma\tau\alpha\tau} = \Sigma V_{\sigma\tau\alpha\tau} + W_{\Theta EM} = 15000 + 2362.5 \rightarrow \mathbf{[V_{o\lambda}]_{\sigma\tau\alpha\tau} = 17362.5 \text{ kN}}$$

$$[V_{o\lambda}]_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = \Sigma V_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} + W_{\Theta EM} = 11500 + 2362.5 \rightarrow \mathbf{[V_{o\lambda}]_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 13862.5 \text{ kN}}$$

Οι συνολικές ροπές, είναι

$$[M_{o\lambda}]_{\sigma\tau\alpha\tau} = \Sigma M_{\sigma\tau\alpha\tau} + \Sigma H_{\sigma\tau\alpha\tau} * 1.5 = 9000 + 1800 * 1.5 \rightarrow \mathbf{[M_{o\lambda}]_{\sigma\tau\alpha\tau} = 11700 \text{ kNm}}$$

$$[M_{o\lambda}]_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = \Sigma M_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} + \Sigma H_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} * 1.5 = 16000 + 2740 * 1.5 \rightarrow$$

$$\rightarrow \mathbf{[M_{o\lambda}]_{\sigma\epsilon\iota\sigma\mu} = 20110 \text{ kNm}}$$

Οι εκκεντρότητες είναι εστατ =  $[M_{ολ}]_{στατ} / [V_{ολ}]_{στατ} = 11700 / 17362.5 \rightarrow$

$$\rightarrow e_{στατ} = 0.674 \text{ m}$$

$$\text{και } e_{σεισμ} = [M_{ολ}]_{σεισμ} / [V_{ολ}]_{σεισμ} = 20110 / 13862.5 = 1.451 \text{ m}$$

Η ενεργός διατομή είναι  $L' = 15 \text{ m}$ ,  $B' = B - 2 * e$ ,  $A' = L' * B'$

$$B'_{στατ} = 5.652 \text{ m} \rightarrow A'_{στατ} = 84.78 \text{ m}^2$$

$$B'_{σεισμ} = 4.098 \text{ m} \rightarrow A'_{σεισμ} = 61.47 \text{ m}^2$$

Γωνία ως προς την κατακόρυφο :

$$\tan(a_{στατ}) = \Sigma H_{στατ} / \Sigma V_{στατ} = 1800 / 17362.5 = 0.103671706 \rightarrow a_{στατ} = 5.92^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow i_{cστατ} = i_{qστατ} = (1 - (a_{στατ}/90)) \rightarrow i_{cστατ} = i_{qστατ} = 0.873$$

$$\tan(a_{σεισμ}) = \Sigma H_{σεισμ} / \Sigma V_{σεισμ} = 2740 / 13862.5 = 0.197655545 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{σεισμ} = 11.181^\circ \rightarrow i_{cσεισμ} = i_{qσεισμ} = (1 - (a_{σεισμ}/90)) \rightarrow i_{cσεισμ} = i_{qσεισμ} = 0.767$$

$$p_{u2} = (\pi + 2) * i_c * c_u + (q + \gamma_1 * D)$$

$$p_{u2στατ} = (\pi + 2) * 0.873 * 16.5 + 19.5 * 6 = 74.06 + 117 \rightarrow$$

$$\rightarrow \underline{p_{u2στατ} = 191.06 \text{ kPa}}$$

$$p_{u2σεισμ} = (\pi + 2) * 0.767 * 16.5 + 19.5 * 6 = 65.07 + 117 \rightarrow$$

$$\rightarrow \underline{p_{u2σεισμ} = 182.07 \text{ kPa}}$$

Για  $\varphi > 10^\circ$

$$i_y = (1 - (a/\varphi))^2 \rightarrow i_{yστατ} = (1 - (5.92/40))^2 = 0.726 \text{ και}$$

$$i_{yσεισμ} = (1 - (11.181/40))^2 = 0.519$$

$$p_{u1} = (q + \gamma_1 * D) * N_q * c_q + 0.5 * \gamma_1 * B * N_\gamma * i_y$$

Για  $\varphi_I = 40^\circ \rightarrow N_q = 64.2$  και  $N_\gamma = 93.69$  και  $i_{sστατ} = 0.85$  και  $i_{sσεισμ} = 0.7$

$$p_{u1στατ} = (0 + 9.5 * 1.5) * 64.2 * 0.873 + 0.5 * 9.5 * 5.652 * 93.69 * 0.726 =$$

$$= 798.664 + 1826.106 \rightarrow \underline{p_{u1στατ} = 2624.77 \text{ kPa}}$$

$$p_{u1σεισμ} = (0 + 9.5 * 1.5) * 64.2 * 0.767 + 0.5 * 9.5 * 4.098 * 93.69 * 0.519 =$$

$$= 701.69 + 946.51 \rightarrow \underline{p_{u1σεισμ} = 1648.2 \text{ kPa}}$$

Η διστρωτη φέρουσα ικανότητα είναι :  $p_u = \min \{ p_{u1}, p_{u2} + X \}$ , όπου

$$X = \gamma_1 * H * [ (1 + 2 * (D/H) * \cos a) * (H/B') * k_s * i_s * \tan \varphi - 1 ]$$

$$p_{u2}^* / p_{u1}^* = [(\pi + 2) * c_u] / [0.5 * \gamma_1 * B * N_\gamma] = 0.0272 \rightarrow k_s = 2.5$$

$$X_{στατ} = 19.5 * 4.5 * [ (1 + 2 * (1.5/4.5) * \cos(5.92^\circ)) * (4.5/5.652) * 2.5 * 0.85$$

$$* \tan(40^\circ) - 1 ] = 87.75 * [ 1 + (2/3) * 0.99467 ] * 0.7962 * 2.5 * 0.85 * 0.8391$$

$$- 1 ] = 87.75 * [ 1.663 * 1.4197 - 1 ] = 87.75 * [ 2.361 - 1 ] \rightarrow$$

$$\rightarrow \underline{X_{στατ} = 119.42 \text{ kPa}} \text{ και}$$

$$X_{σεισμ} = 19.5 * 4.5 * [ (1 + 2 * (1.5/4.5) * \cos(11.181^\circ)) * (4.5/4.098) * 2.5 * 0.7$$

$$* \tan(40^\circ) - 1 ] = 87.75 * [ (1 + 2 * (2/3) * 0.981) * 1.0981 * 2.5 * 0.7 *$$

$$0.8391 - 1 ] = 87.75 * [ 1.654 * 1.6125 - 1 ] = 87.75 * [ 2.667 - 1 ] \rightarrow$$

$$\rightarrow \underline{X_{σεισμ} = 146.29 \text{ kPa}}$$

$$\text{Άρα } [ p_{u2} + X ]_{στατ} = 191.06 + 119.42 \rightarrow \underline{[p_{u2} + X]_{στατ} = 310.48 \text{ kPa}}$$

$$\text{και } [p_{u2} + X]_{\text{σεισμ}} = 182.07 + 146.29 \rightarrow \underline{[p_{u2} + X]_{\text{σεισμ}} = 328.36 \text{ kPa}}$$

$$\text{Άρα } p_{\text{υστατ}} = \min \{ 2624.77, 310.48 \} \rightarrow \underline{p_{\text{υστατ}} = 310.48 \text{ kPa}}$$

$$\text{και } p_{\text{υσεισμ}} = \min \{ 1648.2, 328.36 \} \rightarrow \underline{p_{\text{υσεισμ}} = 328.36 \text{ kPa}}$$

### Συντελεστές Ασφαλείας

$$n_{\text{στατ}} = p_{\text{υστατ}} * A'_{\text{στατ}} / [V_{\text{ολ}}]_{\text{στατ}} = 310.48 * 84.78 / 17362.5 = 1.52 < 2$$

$$n_{\text{σεισμ}} = p_{\text{υσεισμ}} * A'_{\text{σεισμ}} / [V_{\text{ολ}}]_{\text{σεισμ}} = 328.36 * 61.47 / 13862.5 = 1.46 > 1.2$$

Επομένως **δεν αρκεί μόνο η δονητική συμπύκνωση**. Χρειάζεται να γίνει και προφόρτιση με επίχωμα. Έστω ότι το επίχωμα θα έχει ύψος 3 m. Τότε :

$$\text{Για επίχωμα με } h_{\text{επιχ}} = 3 \text{ m είναι } \Delta\sigma_z^M = 53.4 \text{ kPa} \rightarrow c_u^{\text{TEΛ}} = 0.188 * [ (87.75 + 53.4) / 87.75 ] * 87.75 = 24.64 \text{ kPa} \rightarrow \underline{c_u^{\text{TEΛ}} = 24.64 \text{ kPa}}$$

Με αυτήν τη  $c_u$  **η δίστρωτη φέρουσα ικανότητα είναι  $p_{\text{υστατ}} = 471.33 \text{ kPa}$**  ( με  $p_{u2\text{στατ}} = 227.6 \text{ kPa}$  και  $X_{\text{στατ}} = 243.73 \text{ kPa}$  ) και  **$n_{\text{στατ}} = 2.3 > 2$**  .

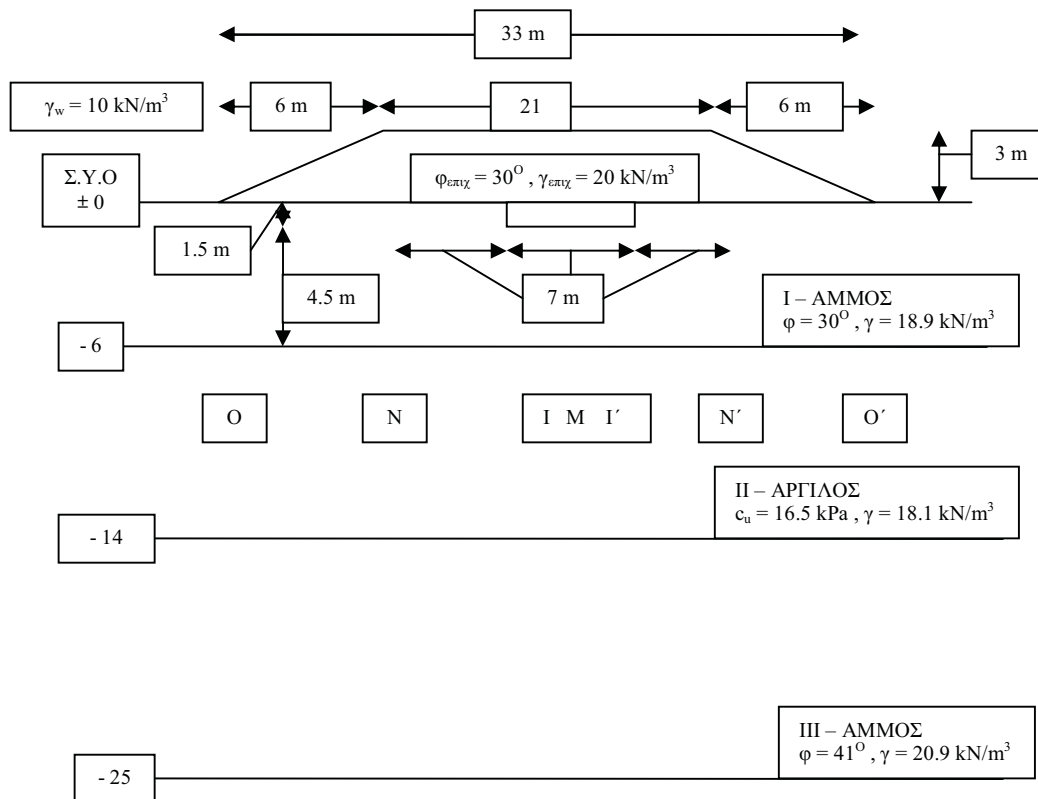
Επίσης  **$p_{\text{υσεισμ}} = 500.84 \text{ kPa}$**  ( με  $p_{u2\text{σεισμ}} = 214.131 \text{ kPa}$  και  $X_{\text{σεισμ}} = 286.71 \text{ kPa}$  ) και  **$n_{\text{σεισμ}} = 2.22 > 1.2$**

$$\text{Άρα τελικά, η ολική τάση είναι } \sigma_{\text{ολ}} = [V_{\text{ολ}}]_{\text{στατ}} / (15 * 7) = 17362.5 / 105 = 165.35 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{και η πρόσθετη τάση από το επιφανειακό θεμέλιο είναι } q = \sigma_{\text{ολ}} - \sigma'_{v-1.5} - \gamma_w * 1.5 = 165.35 - (18.9 - 10) * 1.5 - 10 * 1.5 \rightarrow \underline{q = 137 \text{ kPa}} .$$

Για τους υπολογισμούς των συντελεστών  $i_s$  ,  $k_s$  χρησιμοποιήθηκε ο ΠΙΝΑΚΑΣ 4 του παραρτήματος.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ



Επιλέγουμε 7 χαρακτηριστικά σημεία στη στρώση της αργίλου, σε βάθος -10 (δηλαδή στο μέσο της στρώσης II) προκειμένου να δούμε την πρόσθετη τάση από το επίχωμα στο κάθε σημείο, καθώς και τη  $c_u$ . Τα σημεία αυτά είναι στην προβολή του κέντρου του επιχώματος που ταυτίζεται με την προβολή του κέντρου του μελλοντικού θεμελίου (Σημείο M), στις προβολές των άκρων του μελλοντικού θεμελίου (Σημεία I και I',  $IM = MI' = 3.5\text{ m}$ ,  $II' = 7\text{ m}$ ), στις προβολές των άκρων της στέψης του θεμελίου (N και N',  $NI = I'N' = 7\text{ m}$ ,  $NN' = 21\text{ m}$ ), και στις προβολές των άκρων της βάσης του επιχώματος (O και O',  $ON = N'O' = 6\text{ m}$ ,  $OO' = 33\text{ m}$ ). Χρησιμοποιήθηκε ο ΠΙΝΑΚΑΣ 5 του παραρτήματος. Δηλαδή :

Σημείο M :  $(a/z)_M = 6/10 = 0.6$  και  $(b/z)_M = 10.5/10 = 1.05 \rightarrow I_M = 2 * 0.445$   
 $\rightarrow I_M = 0.89 \rightarrow \Delta\sigma_z^M = 0.89 * 20 * 3 \rightarrow \Delta\sigma_z^M = \mathbf{53.4\text{ kPa}}$   
 και  $c_u^M = 0.192 * 10.8 * (85.8 + 53.4) \rightarrow c_u^M = \mathbf{26.73\text{ kPa}}$

Σημεία I και I' :  $(a/z)_{I1} = 6/10 = 0.6$  και  $(b/z)_{I1} = 7/10 = 0.7 \rightarrow I_{I1} = 0.405$   
 και  $(a/z)_{I2} = 6/10 = 0.6$  και  $(b/z)_{I2} = 14/10 = 1.4 \rightarrow I_{I2} = 0.435$   
 Άρα  $I_I = I_{I1} + I_{I2} = 0.405 + 0.435 \rightarrow I_I = 0.84 \rightarrow$   
 $\rightarrow \Delta\sigma_z^I = 0.84 * 20 * 3 \rightarrow \Delta\sigma_z^I = \mathbf{50.4\text{ kPa}}$   
 και  $c_u^I = 0.192 * 10.8 * (85.8 + 50.4) \rightarrow c_u^I = \mathbf{26.15\text{ kPa}}$

Σημεία N και N' :  $(a/z)_{N1} = 6/10 = 0.6$  και  $(b/z)_{N2} = 0 \rightarrow I_{N1} = 0.1625$   
 και  $(a/z)_{N2} = 6/10 = 0.6$  και  $(b/z)_{N2} = 21/10 = 2.1 \rightarrow I_{N2} = 0.4875$   
 Άρα  $I_N = I_{N1} + I_{N2} = 0.1625 + 0.4875 \rightarrow I_N = 0.65 \rightarrow$

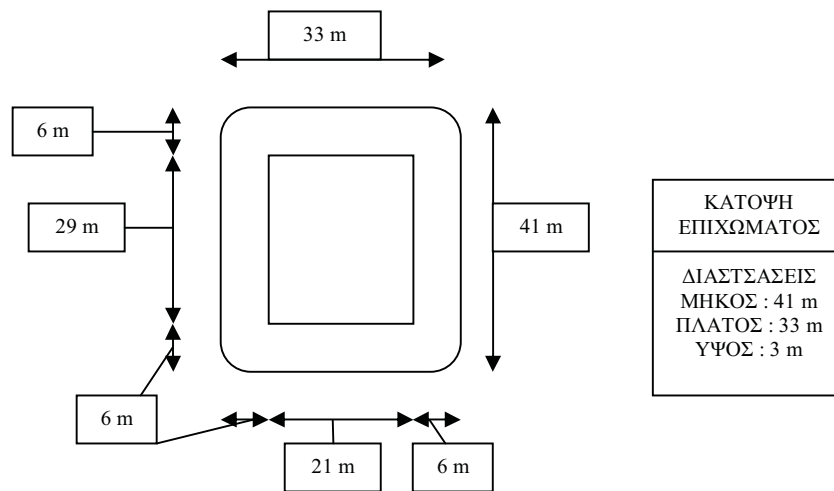
$$\rightarrow \Delta\sigma_z^N = 0.65 * 20 * 3 \rightarrow \Delta\sigma_z^N = \mathbf{39 \text{ kPa}}$$

$$\text{και } c_u^N = 0.192 * 10.8 * (85.8 + 39) \rightarrow c_u^N = \mathbf{23.96 \text{ kPa}}$$

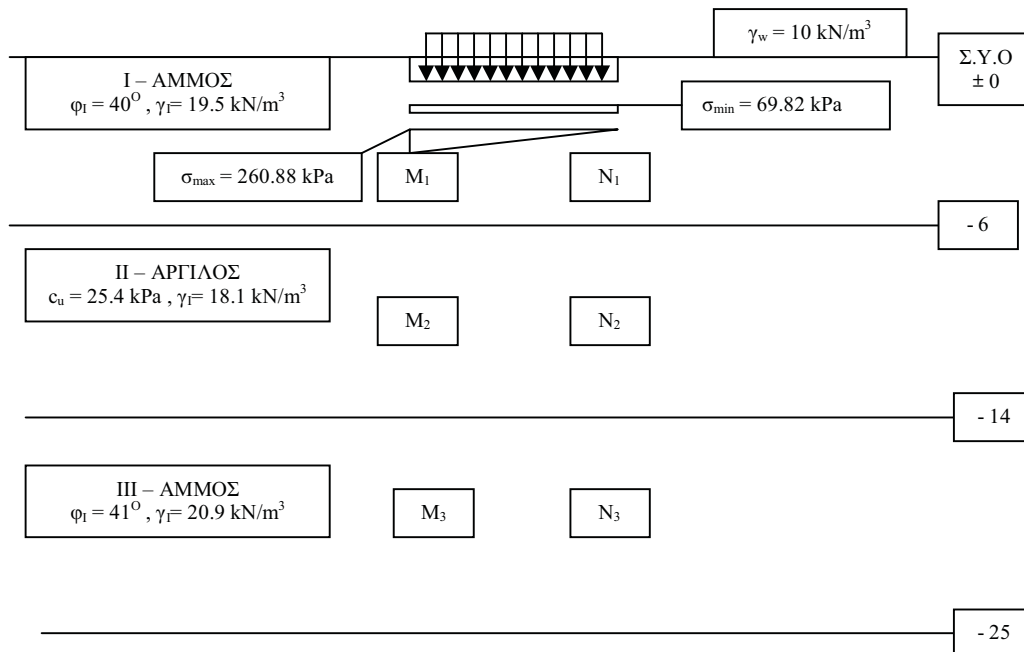
Σημεία Ο και Ο': Όπως πριν το επίχωμα  $c_u^O = c_{uαρχ} = \mathbf{16.5 \text{ kPa}}$

Έτσι στο τέλος της προφόρτισης θα δημιουργηθούν 3 ζώνες με διαφορετικές συνοχές  $c_u$  :

ZΩΝΗ 0 : Αριστερά του Ο και δεξιά του Ο',  $c_{uz0} = 16. \text{kPa}$   
 ZΩΝΗ 1 : ON και Ν'Ο' ,  $c_{uz1} = 20 \text{ kPa}$   
 ZΩΝΗ 2 : NM και ΜΝ' ,  $c_{uz2} = 25.4 \text{ kPa}$



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΘΕΜΕΛΙΟΥ



Επιλέγουμε χαρακτηριστικά σημεία στα μέσα της κάθε στρώσης στις προβολές των άκρων της θέσης του μελλοντικού θεμελίου. Το ένα άκρο θα είναι μέγιστα φορτισμένο, ενώ το άλλο ελάχιστο. Δηλαδή τα  $M_1$  ( $z_{M1} = 3.75 \text{ m}$ ),  $M_2$  ( $z_{M2} = 10 \text{ m}$ ),  $M_3$  ( $z_{M3} = 19.5 \text{ m}$ ) είναι μέγιστα φορτισμένα, ενώ τα  $N_1$  ( $z_{N1} = 3.75 \text{ m}$ ),  $N_2$  ( $z_{N2} = 10 \text{ m}$ ),  $N_3$  ( $z_{N3} = 19.5 \text{ m}$ ) είναι ελάχιστα φορτισμένα.

$$\sigma_{\min}^{\max} = [V_{\text{ολ}} / (L \cdot B)] * [1 \pm (6 * e / 7)] \text{ και } e_{\text{στατ}} = 0.674 \text{ m}, B' = 5.652 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = [17362.5 / (15 * 7)] * [1 + (6 * 0.674 / 7)] = 165.35 * 1.5777$$

$$\rightarrow \sigma_{\max} = \mathbf{260.88 \text{ kPa}}$$

$$\sigma_{\min} = [17362.5 / (15 * 7)] * [1 - (6 * 0.674 / 7)] = 165.35 * 0.4223$$

$$\rightarrow \sigma_{\min} = \mathbf{69.82 \text{ kPa}}$$

Ο υπολογισμός των πρόσθετων τάσεων και καθιζήσεων λόγω του θεμελίου, γίνεται με τη βοήθεια των ΠΙΝΑΚΩΝ 8Α, 8Β, 8Γ του παραρτήματος.



ΣΗΜΕΙΑ Μ

Σημείο M<sub>1</sub>:  $L = 15/2 = 7.5 \text{ m}$ ,  $B = 7 \text{ m}$  και  $z_I = 3.75 - 1.5 = 2.25 \text{ m}$

Ορθογώνιο:  $m = L/z_I = 7.5/2.25 = 3.33$  και  $n = B/z_I = 7/2.25 = 3.11 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M1}^{OP\Theta} = 0.245$

Τρίγωνο:  $m = L/z_I = 7.5/2.25 = 3.33$  και  $n = B/z_I = 7/2.25 = 3.11 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M1}^{TPIΓ} = 0.205$

Άρα  $I_{M1} = I_{M1}^{OP\Theta} + I_{M1}^{TPIΓ} = 0.245 + 0.205 = 0.45 \rightarrow$   
 $\rightarrow \Delta\sigma_z^{M1} = 2 * I_{M1} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.45 * 137 \rightarrow \Delta\sigma_z^{M1} = \mathbf{123.3 \text{ kPa}}$

Σημείο M<sub>2</sub>:  $L = 15/2 = 7.5 \text{ m}$ ,  $B = 7 \text{ m}$  και  $z_{II} = 10 - 1.5 = 8.5 \text{ m}$

Ορθογώνιο:  $m = L/z_{II} = 7.5/8.5 = 0.882$  και  $n = B/z_{II} = 7/8.5 = 0.824 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M2}^{OP\Theta} = 0.15$

Τρίγωνο:  $m = L/z_{II} = 7.5/8.5 = 0.882$  και  $n = B/z_{II} = 7/8.5 = 0.824 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M2}^{TPIΓ} = 0.094$

Άρα  $I_{M2} = I_{M2}^{OP\Theta} + I_{M2}^{TPIΓ} = 0.15 + 0.094 = 0.244 \rightarrow$   
 $\rightarrow \Delta\sigma_z^{M2} = 2 * I_{M2} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.244 * 137 \rightarrow \Delta\sigma_z^{M2} = \mathbf{66.86 \text{ kPa}}$

ΠΡΟΣΟΧΗ: Είναι  $\Delta\sigma_z^{M2} > \Delta\sigma_{z_{\text{επιχ}^I}} = 50.4 \text{ kPa}$

Σημείο M<sub>3</sub>:  $L = 15/2 = 7.5 \text{ m}$ ,  $B = 7 \text{ m}$  και  $z_{III} = 19.5 - 1.5 = 18 \text{ m}$

Ορθογώνιο:  $m = L/z_{III} = 7.5/18 = 0.41667$  και  $n = B/z_{III} = 7/18 = 0.389 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M3}^{OP\Theta} = 0.062$

Τρίγωνο:  $m = L/z_{III} = 7.5/18 = 0.41667$  και  $n = B/z_{III} = 7/18 = 0.389 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{M3}^{TPIΓ} = 0.0325$

Άρα  $I_{M3} = I_{M3}^{OP\Theta} + I_{M3}^{TPIΓ} = 0.062 + 0.0325 = 0.0945 \rightarrow$   
 $\rightarrow \Delta\sigma_z^{M3} = 2 * I_{M3} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.0945 * 137 \rightarrow \Delta\sigma_z^{M3} = \mathbf{25.91 \text{ kPa}}$

ΣΗΜΕΙΑ Ν

Σημείο Ν<sub>1</sub>:  $L = 15/2 = 7.5 \text{ m}$  ,  $B = 7 \text{ m}$  και  $z_I = 3.75 - 1.5 = 2.25 \text{ m}$

Ορθογώνιο :  $m = L/z_I = 7.5/2.25 = 3.33$  και  $n = B/z_I = 7/2.25 = 3.11 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N1}^{OP\Theta} = 0.245$

Τρίγωνο :  $m = L/z_I = 7.5/2.25 = 3.33$  και  $n = B/z_I = 7/2.25 = 3.11 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N1}^{TPIΓ} = 0.045$

Άρα  $I_{N1} = I_{N1}^{OP\Theta} + I_{N1}^{TPIΓ} = 0.245 + 0.045 = 0.29 \rightarrow$   
 $\rightarrow \Delta\sigma_z^{N1} = 2 * I_{N1} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.29 * 137 \rightarrow \Delta\sigma_z^{N1} = \mathbf{79.46 \text{ kPa}}$

Σημείο Ν<sub>2</sub>:  $L = 15/2 = 7.5 \text{ m}$  ,  $B = 7 \text{ m}$  και  $z_{II} = 10 - 1.5 = 8.5 \text{ m}$

Ορθογώνιο :  $m = L/z_{II} = 7.5/8.5 = 0.882$  και  $n = B/z_{II} = 7/8.5 = 0.824 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N2}^{OP\Theta} = 0.15$

Τρίγωνο :  $m = L/z_{II} = 7.5/8.5 = 0.882$  και  $n = B/z_{II} = 7/8.5 = 0.824 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N2}^{TPIΓ} = 0.063$

Άρα  $I_{N2} = I_{N2}^{OP\Theta} + I_{N2}^{TPIΓ} = 0.15 + 0.063 = 0.213 \rightarrow$   
 $\rightarrow \Delta\sigma_z^{N2} = 2 * I_{N2} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.213 * 137 \rightarrow \Delta\sigma_z^{N2} = \mathbf{58.36 \text{ kPa}}$

ΠΡΟΣΟΧΗ : Είναι  $\Delta\sigma_z^{N2} > \Delta\sigma_{z_{\text{επιχ}^I}} = 50.4 \text{ kPa}$

Σημείο Ν<sub>3</sub>:  $L = 15/2 = 7.5 \text{ m}$  ,  $B = 7 \text{ m}$  και  $z_{III} = 19.5 - 1.5 = 18 \text{ m}$

Ορθογώνιο :  $m = L/z_{III} = 7.5/18 = 0.41667$  και  $n = B/z_{III} = 7/18 = 0.389 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N3}^{OP\Theta} = 0.062$

Τρίγωνο :  $m = L/z_{III} = 7.5/18 = 0.41667$  και  $n = B/z_{III} = 7/18 = 0.389 \rightarrow$   
 $\rightarrow I_{N3}^{TPIΓ} = 0.0275$

Άρα  $I_{N3} = I_{N3}^{OP\Theta} + I_{N3}^{TPIΓ} = 0.062 + 0.0275 = 0.0895 \rightarrow$   
 $\rightarrow \Delta\sigma_z^{N3} = 2 * I_{N3} * q_{\text{προσθ}} = 2 * 0.0895 * 137 \rightarrow \Delta\sigma_z^{N3} = \mathbf{24.54 \text{ kPa}}$

Στην επόμενη σελίδα φαίνονται οι υπολογισμοί των καθιζήσεων του κάθε σημείου και συνολικά των στρώσεων κάτω από τα δύο άκρα του θεμελίου.

ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣΣΗΜΕΙΑ Μ

ΣΤΡΩΣΗ Ι :

$$s_{M1} = (\Delta\sigma_z^{M1}/E_{sI}) * h_I = (123.3 / 20500) * 450 \rightarrow s_{M1} = 2.71 \text{ cm}$$

ΣΤΡΩΣΗ ΙΙ : ( $\sigma'_{v-10} = 9.5 * 6 + 8.1 * 4 = 89.4 \text{ kPa}$ )

$$\begin{aligned} s_{M2} &= [ c_R/(1+e_0) ] * h_{II} * \log[ (\sigma'_{v-10} + \Delta\sigma_{zεπιπλ^I})/\sigma'_{v-10} ] + \\ &+ [ c_c/(1+e_0) ] * \log[ (\sigma'_{v-10} + \Delta\sigma_z^{M2})/(\sigma'_{v-10} + \Delta\sigma_{zεπιπλ^I}) ] = \\ &= [ 0.02/(1 + 1.09) ] * 800 * \log[ (89.4 + 50.4)/89.4 ] + \\ &+ [ 0.33/(1 + 1.09) ] * 800 * \log[ (89.4 + 66.86)/(89.4 + 50.4) ] = \\ &= 7.6555 * \log[1.564] + 126.315 * \log[1.118] = 1.49 + 6.12 \rightarrow \\ &\rightarrow s_{M2} = 7.61 \text{ cm} \end{aligned}$$

ΣΤΡΩΣΗ ΙΙΙ :

$$s_{M3} = (\Delta\sigma_z^{M3}/E_{sIII}) * h_{III} = (25.905/28000) * 1100 \rightarrow s_{M3} = 1.02 \text{ cm}$$

Επομένως, η συνολική καθίζηση από την πλευρά των σημείων Μ (μέγιστα φορτισμένη πλευρά) είναι :

$$s_{o\lambda}^{\max} = s_{M1} + s_{M2} + s_{M3} = 2.71 + 7.61 + 1.02 = 11.34$$

$$\rightarrow \underline{s_{o\lambda}^{\max} = 11.34 \text{ cm}} < 12.7 \text{ cm (= 5 inches)}$$

ΣΗΜΕΙΑ N

ΣΤΡΩΣΗ I :

$$s_{N1} = (\Delta\sigma_z^{N1}/E_{sI}) * h_I = (79.46 / 20500) * 450 \rightarrow s_{N1} = 1.8 \text{ cm}$$

ΣΤΡΩΣΗ II : ( $\sigma'_{v-10} = 9.5 * 6 + 8.1 * 4 = 89.4 \text{ kPa}$ )

$$\begin{aligned} s_{N2} &= [ c_R / (1 + e_0) ] * h_{II} * \log [ (\sigma'_{v-10} + \Delta\sigma_{z\text{επιχ}^I}) / \sigma'_{v-10} ] + \\ &\quad + [ c_c / (1 + e_0) ] * \log [ (\sigma'_{v-10} + \Delta\sigma_z^{M2}) / (\sigma'_{v-10} + \Delta\sigma_{z\text{επιχ}^I}) ] = \\ &= [ 0.02 / (1 + 1.09) ] * 800 * \log [ (89.4 + 50.4) / 89.4 ] + \\ &\quad + [ 0.33 / (1 + 1.09) ] * 800 * \log [ (89.4 + 58.36) / (89.4 + 50.4) ] = \\ &= 7.6555 * \log[1.564] + 126.315 * \log[1.057] = 1.49 + 3.04 \rightarrow \\ &\rightarrow s_{N2} = 4.53 \text{ cm} \end{aligned}$$

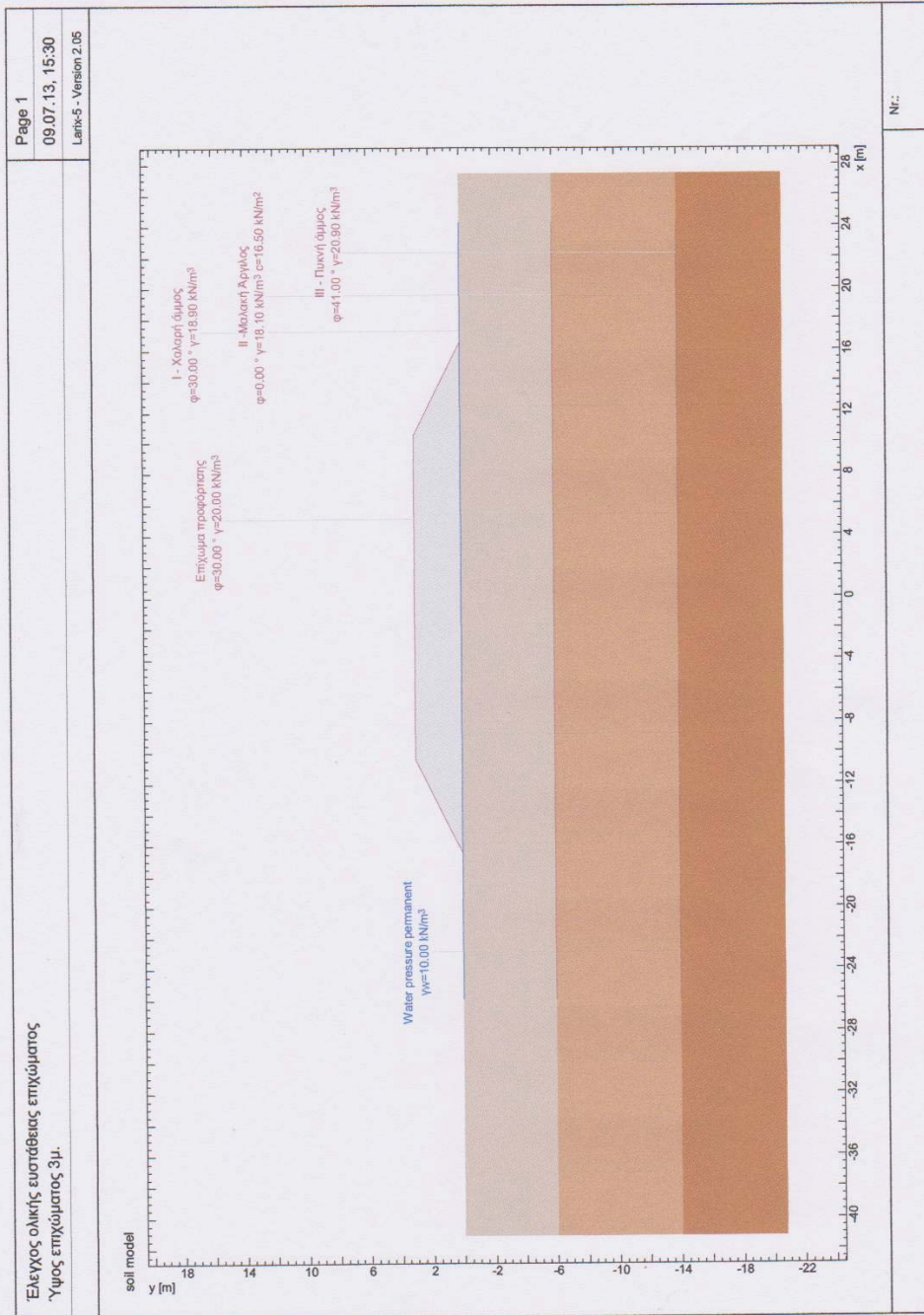
ΣΤΡΩΣΗ III :

$$s_{N3} = (\Delta\sigma_z^{N3}/E_{sIII}) * h_{III} = (24.54/28000) * 1100 \rightarrow s_{N3} = 0.96 \text{ cm}$$

Επομένως, η συνολική καθίζηση από την πλευρά των σημείων N (ελάχιστα φορτισμένη πλευρά) είναι :

$$s_{o\lambda}^{\min} = s_{N1} + s_{N2} + s_{N3} = 1.8 + 4.53 + 0.96 = 7.29$$

$$\rightarrow \underline{s_{o\lambda}^{\min} = 7.29 \text{ cm}} < 12.7 \text{ cm (= 5 inches)}$$





**GEOTECHNICAL MODEL**

**Soil layer boundaries**

Description	Parameters		Point		Polygon points	
	$\phi$ [°]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
Επιχώμα προφορτίσεως	30.00	20.00	1 -23.95	0	2 -16.50	0
			3 -10.50	3.00	4 10.50	3.00
I - Χαλαρή άμμος	30.00	18.90	5 16.50	0	6 22.24	0
			1 -23.95	0	2 -16.50	0
			3 -3.00	-0.00	4 0.50	-0.00
			5 4.00	-0.00	6 16.50	0
II -Μελακή Άργιλος	0.00	18.10	7 22.24	0	2 -16.50	-6.00
			1 -23.95	-6.00	4 -3.00	-6.00
			3 -10.50	-6.00	6 0.50	-6.00
			5 16.50	-6.00	8 22.24	-6.00
III - Πυκνή άμμος	41.00	20.90	1 -23.95	-14.00	2 -16.50	-14.00
			3 -10.50	-14.00	4 -3.00	-14.00
			5 4.00	-14.00	6 10.50	-14.00
			7 16.50	-14.00	8 22.24	-14.00

**Water table**

**Water pressure permanent**

State	u	Point		Polygon points	
		x [m]	y [m]	x [m]	y [m]
active	static	1 -23.95	0	2 22.24	0

State : Groundwater active or inactive in the analysis  
 u : Pore pressure calculated hydrodynamically or hydrostatically

**CALCULATION OPTIONS**

**Options**

Method	$\delta_T$ [°]	$\eta_L$	Straight extensions of slip circles	
Krey	0.0200	50.000	with	Safety factor determined iteratively
$\delta_T$	Convergence tolerance of the iteration			
$\eta_L$	Number of slices			

Nr.:

Έλεγχος ολικής ευστάθειας επιχώματος		Page 4							
Υψος επιχώματος 3μ.		09.07.13, 15:30							
		Lank-5 - Version 2.05							
<b>LIMIT VALUES</b>									
<b>Slip circle with minimum safety</b>									
Circle No.	x [m]	y [m]	R [m]	point of constraint	Anchor	F <sub>ex</sub> [-]	L <sub>req</sub> [m]	L <sub>min</sub> [m]	Remark
268	-14.18	7.20	20.72	8		1.89			see footnotes
F <sub>ex</sub>	: existing safety required safety F <sub>req</sub> = 1.00								
L <sub>req</sub>	: calculated required free anchor length								
L <sub>min</sub>	: input minimum free anchor length								
Nr.:									
CircularData/Dipl_2013/Επιχώματ 3m.L5S									

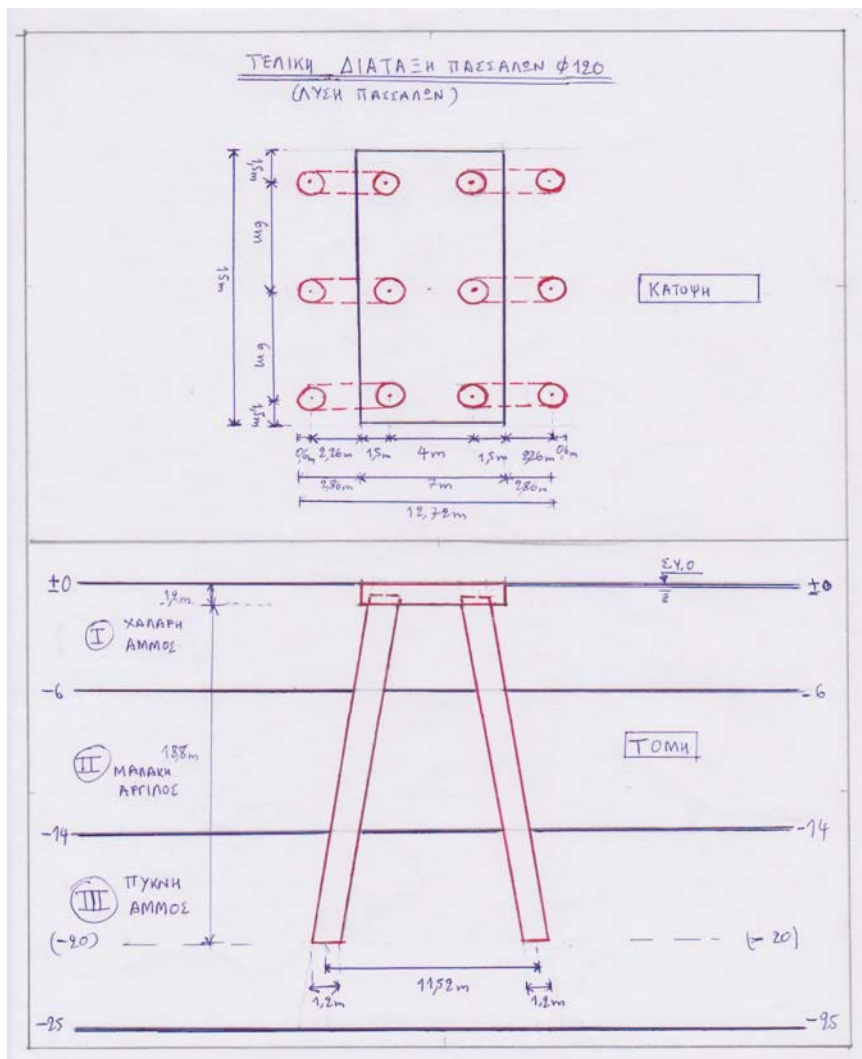


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

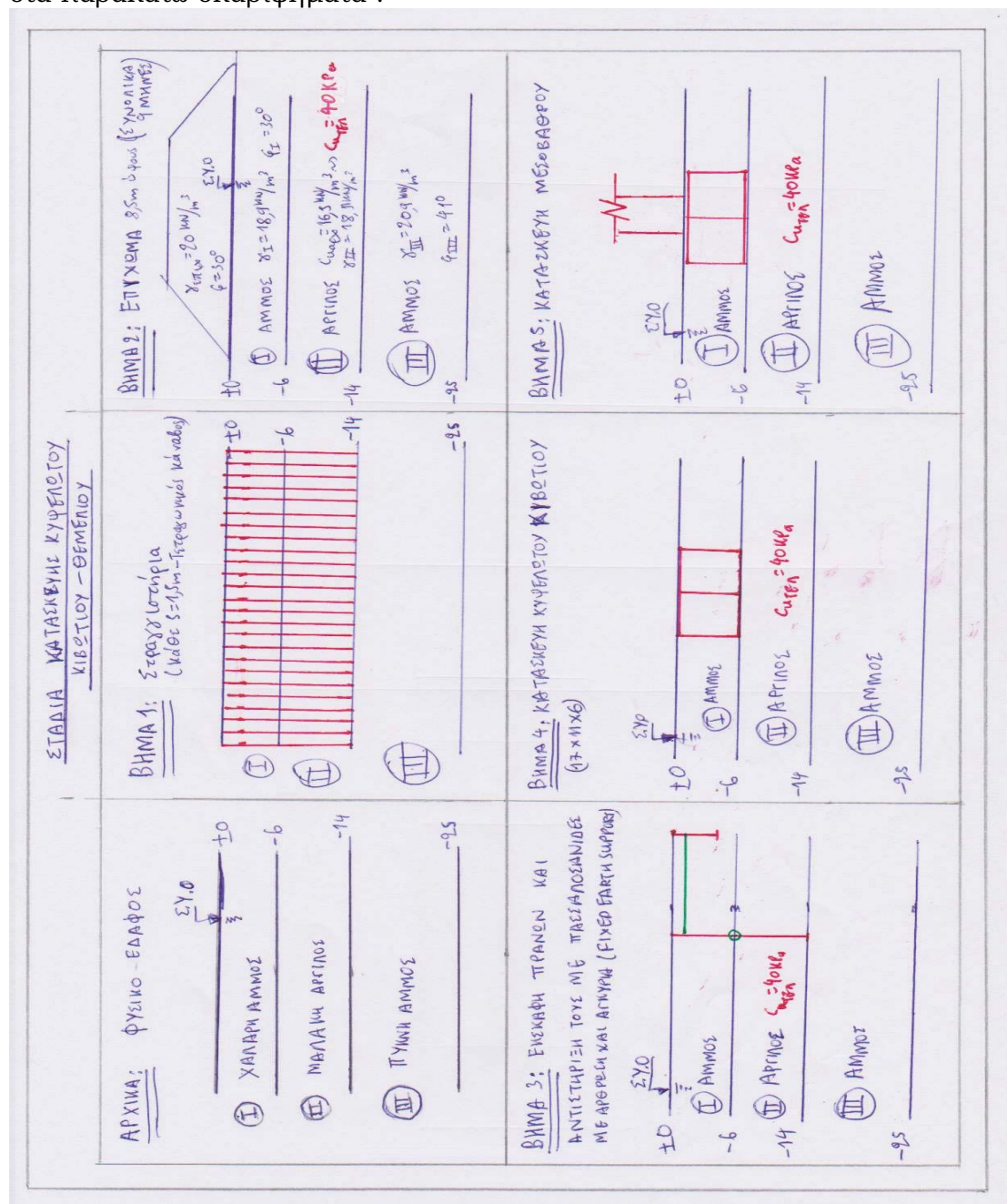
### ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

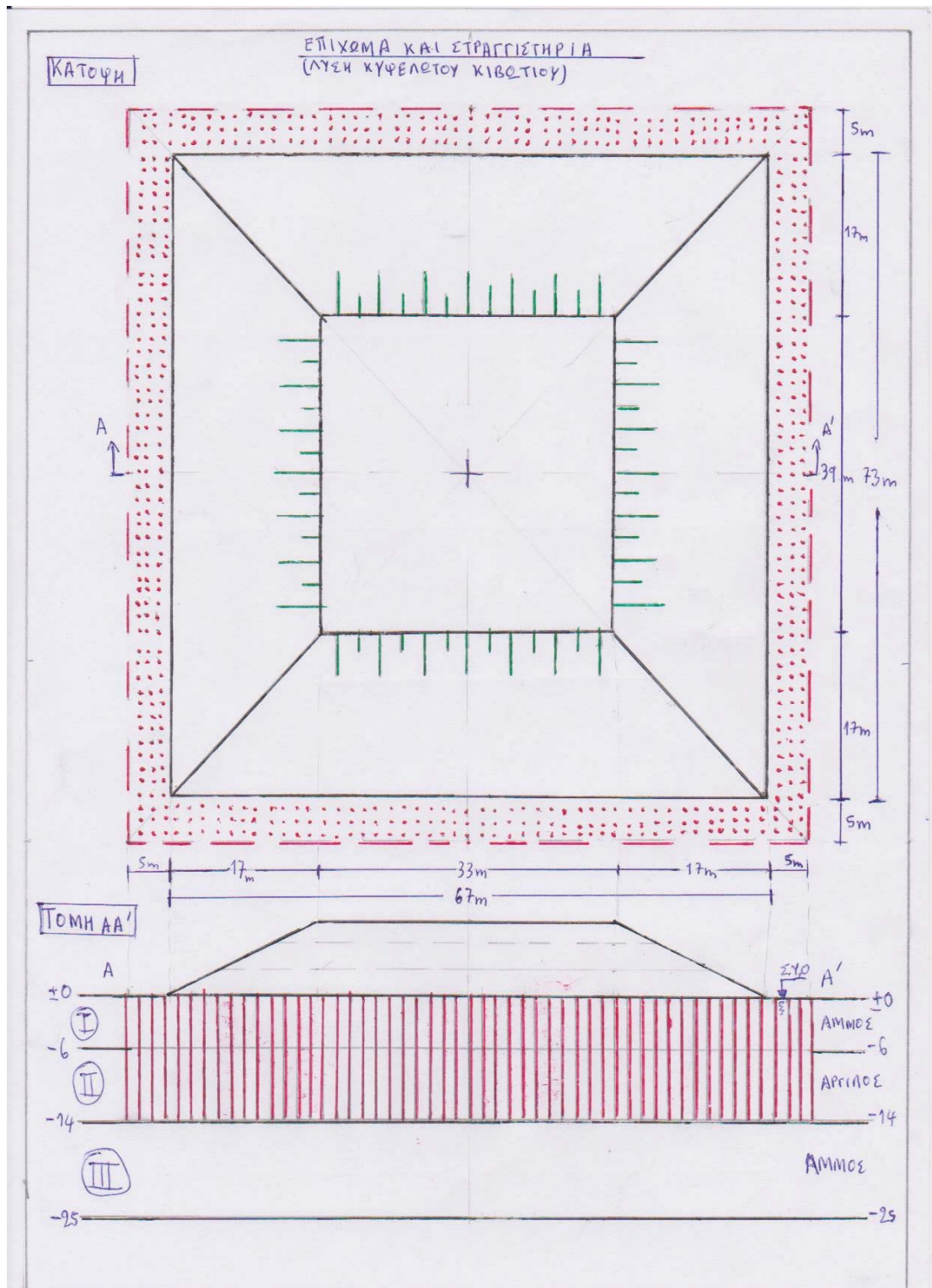
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της Διπλωματικής Εργασίας. Συνοψίζονται όλες οι εναλλακτικές λύσεις που εξετάστηκαν, συγκρίνονται μεταξύ τους και προτείνεται η βέλτιστη.

Η πρώτη λύση που εξετάστηκε ήταν αυτή των πασσάλων. Μελετήθηκαν πάσσαλοι διαμέτρου Φ50, Φ80 και Φ120. Τελικά επιλέχθηκαν οι πάσσαλοι Φ120. Οι πάσσαλοι Φ50 και Φ80 απορρίφθηκαν λόγω μεγάλου αριθμού (θα χρειαζόντουσαν 14 πάσσαλοι Φ50 και 10 πάσσαλοι Φ80), αλλά και λόγω της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής ( $a/g = 0.24$ ). Οι έξι πάσσαλοι Φ120 που επιλέχθηκαν τελικά διατάσσονται σε 2 στήλες των 3 πασσάλων η κάθε μία. Κάθε πάσσαλος τοποθετείται με κλίση 1/5 (ήτοι γωνία  $11.31^\circ$ ) ως προς την κατακόρυφο. Έτσι μειώνονται οι μετατοπίσεις των πασσάλων και είναι εντός των αποδεκτών ορίων. Η διάταξη των πασσάλων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα :

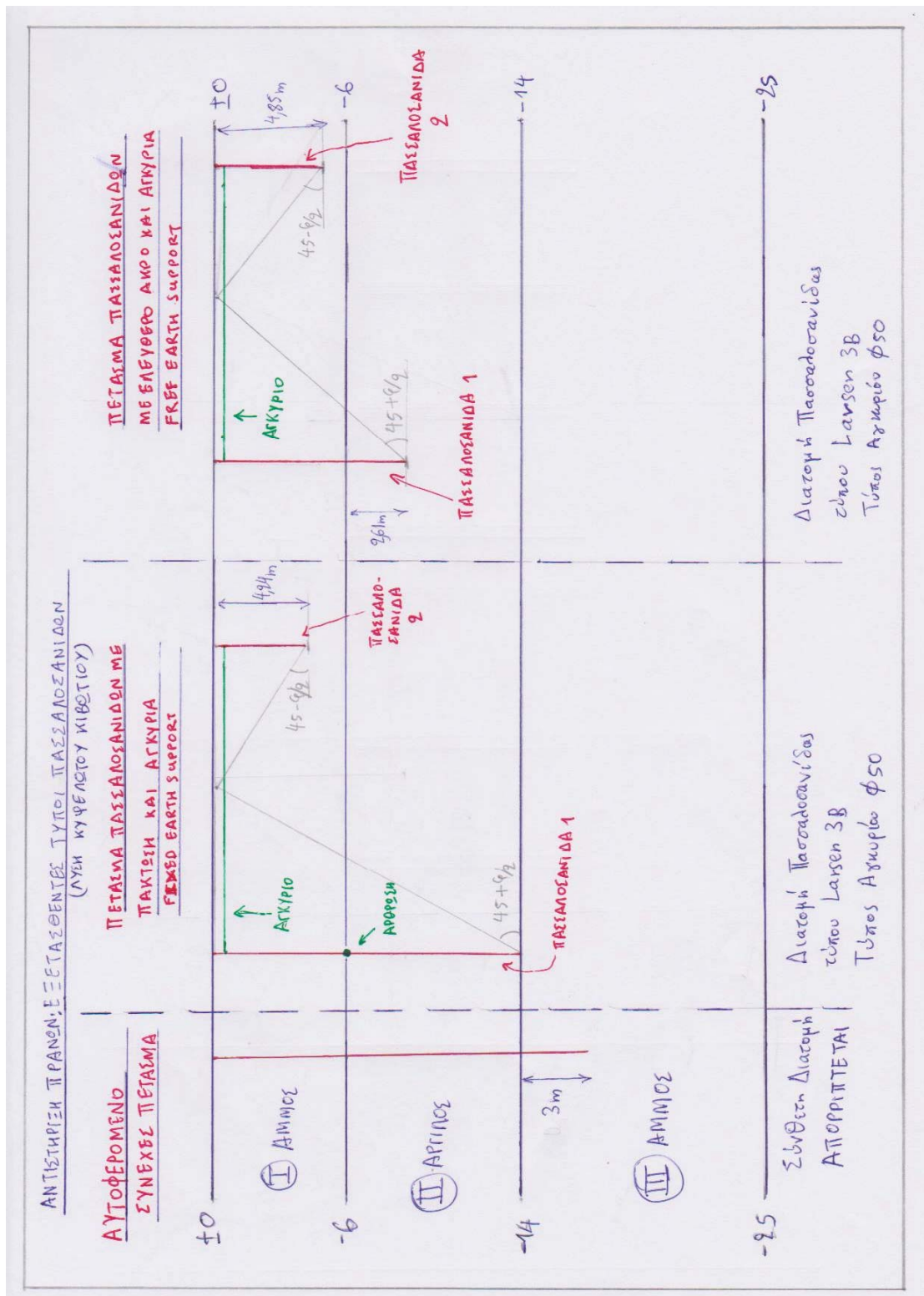


Η δεύτερη λύση που εξετάστηκε, ήταν η λύση του κυβελωτού κιβωτίου, το οποίο θα καλύπτει όλη την πρώτη στρώση. Δηλαδή θα έχει ύψος 6 m. Οι τελικές διαστάσεις του κιβωτίου προέκυψαν μετά από 10 δοκιμές. Αυτό συνέβη διότι υπήρχε πρόβλημα ως προς τον έλεγχο της φέρουσας ικανότητας. Το πρόβλημα έγκειται στο ότι η άργιλος στη δεύτερη στρώση ήταν μικρής αντοχής ( $c_u = 16.5 \text{ kPa}$ ). Συνεπώς έπρεπε να βελτιωθεί με προφόρτιση. Τελικά οι διαστάσεις, για τις οποίες τηρούνται οι συντελεστές ασφαλείας (σε στατική και σεισμική φόρτιση), είναι  $17 \times 11 \times 6$  σε m. Η προφόρτιση θα γίνει με επικώμα ύψους 8.5 m το οποίο θα ολοκληρωθεί σε 3 φάσεις (από 3 μήνες η κάθε μία). Επίσης προκειμένου να ολοκληρωθεί σύντομα η βελτίωση της αργίλου θα χρησιμοποιηθούν στραγγιστήρια, πριν την κατασκευή του επικώματος. Μετά την κατασκευή του επικώματος, θα εμπηχθούν πασσαλοσανίδες πακτωμένου άκρου, για την αντιστήριξη των πρανών και έπειτα θα αρχίσει η κατασκευή του κιβωτίου. Η διαδικασία της κατασκευής φαίνεται στα παρακάτω σκαριφήματα :



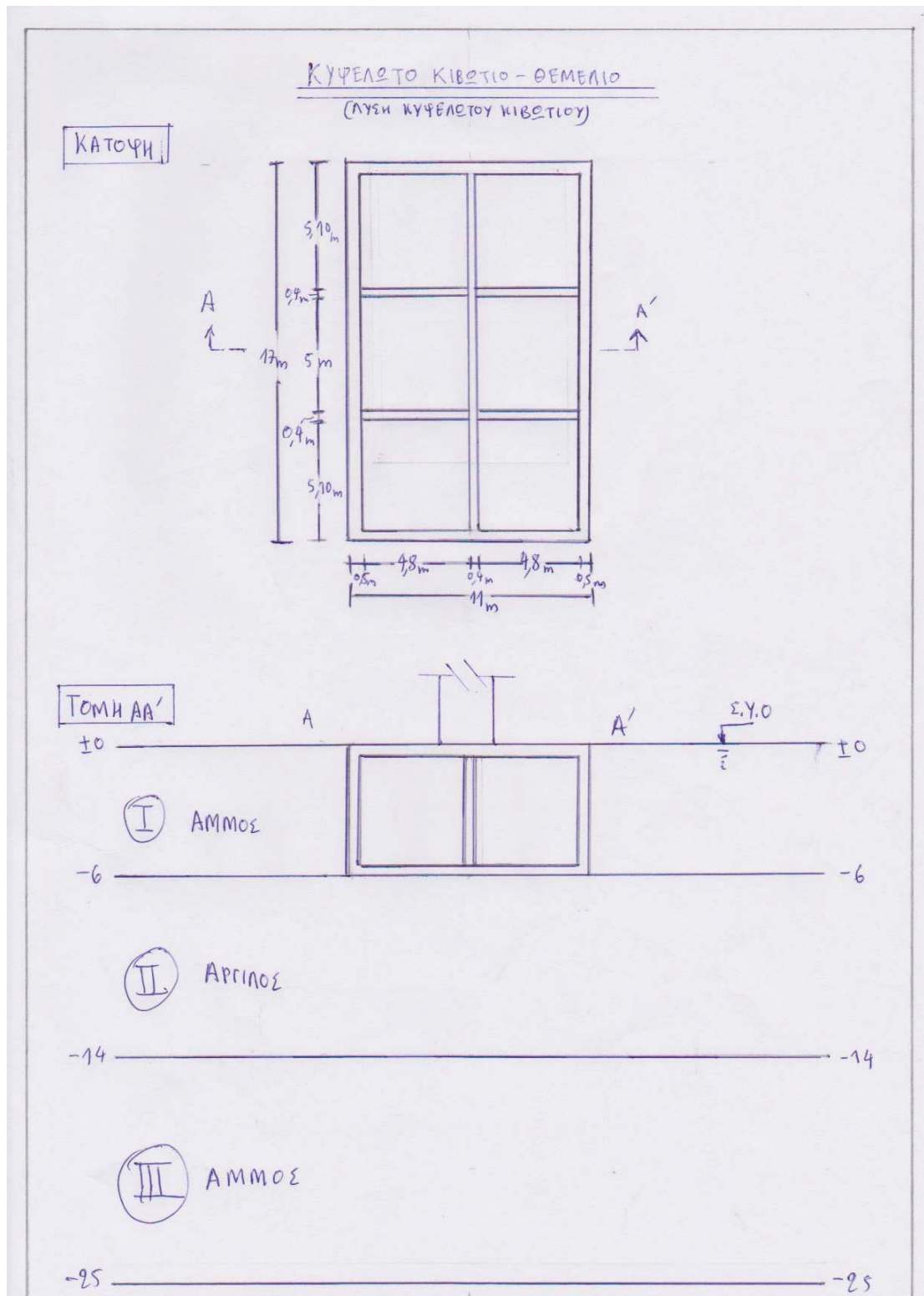


Τα στραγγιστήρια, θα τοποθετηθούν σε τετραγωνικό κάναβο, με μεταξύ τους απόσταση  $s = 1.5 \text{ m}$ . Συνολικά θα τοποθετηθούν περίπου  $(77/1.5) * (83/1.5) = 3000$  στραγγιστήρια.



Οι πασσαλοσανίδες θα είναι με αγκύρια και πάκτωση στον πόδα (FIXED EARTH SUPPORT). Αυτός ο τύπος επιλέχθηκε διότι έτσι μειώνονται τα βέλη κάμψης σημαντικά. Έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη ευστάθεια των πρανών,

διότι το μήκος έμπτυξης, είναι τέτοιο ώστε να εξασφαλίζει αντιστροφή φοράς ενεργητικών - παθητικών ωθήσεων.

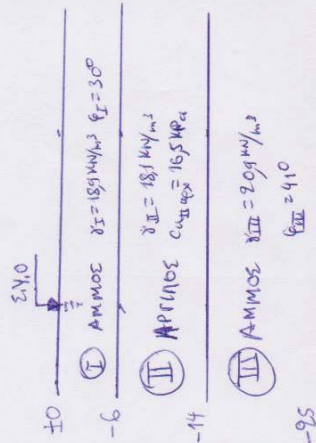


Συγκεντρωτικά οι δοκιμές που έγιναν, για τις διαστάσεις των κιβωτίων :

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΤΕΛΙΚΗ $c_u$ (kPa)	ΥΨΟΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ (m)
1 <sup>η</sup>	15 x 7 x 6	75.88	25
2 <sup>η</sup>	15 x 8 x 6	63.92	19
3 <sup>η</sup>	17 x 9 x 6	49.22	12.5
4 <sup>η</sup>	17 x 10 x 6	43.21	10
5 <sup>η</sup>	18 x 10 x 6	38.63	8.1
6 <sup>η</sup>	17 x 13 x 6	32.04	5.5
7 <sup>η</sup>	18 x 12 x 6	33.55	6.2
8 <sup>η</sup>	15 x 12 x 6	34.33	6.4
9 <sup>η</sup>	16 x 12 x 6	32.72	5.8
10 <sup>η</sup>	17 x 11 x 6	39	8.3

Όσον αφορά την τρίτη λύση, αυτή είναι η επιφανειακή θεμελίωση με ορθογωνικό θεμέλιο διαστάσεων 15 x 7 x 6, αφού όμως πρώτα βελτιωθεί το έδαφος με προφόρτιση (επίχωμα ύψους 3 m –  $c_{u}^{τελ} = 25$  kPa) και δονητική συμπύκνωση ( βολίσματα σε τριγωνικό κάναβο με μεταξύ τους απόσταση  $x = 2.35$  m -  $\varphi_{1}^{τελ} = 40^\circ$  ,  $\gamma_{1}^{τελ} = 19.5$  kN/m<sup>3</sup> ,  $E_{s1}^{τελ} = 20500$  kPa). Η λύση της επιφανειακής θεμελίωσης φαίνεται συνοπτικά στα παρακάτω σκαριφήματα :

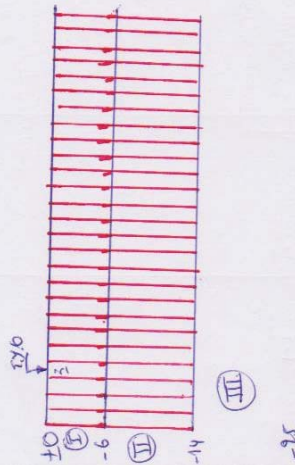
ΑΡΧΙΚΑ: ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ



ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΘΕΜΕΛΙΟΥ (15x7x35) ΨΕΤΕΡΑ ΑΠΟ ΠΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΚΝΩΣΗ

ΒΗΜΑ 1: ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΑ

ΚΑΘΕ 5x5m σε εσοφώνι κωκάλωδο



ΒΗΜΑ 4: ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΚΝΩΣΗ

ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΣΤΡΩΣΗ (ΑΜΜΟΣ)

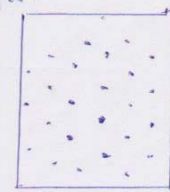
ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΙΚΕΣ ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΛΕΥΡΑΣ

$X = 23.5 \text{ m}$

Εμβαδόν κανόνων =  $\frac{1}{2} \cdot 2.25 \cdot \frac{2.25}{\sqrt{3}} = 3.1 \text{ m}^2$

Συνολικά Εμβαδόν =  $15 \times 7 = 105 \text{ m}^2$

Αριθμός κανόνων =  $\frac{105}{3.1} \approx 34$  κανόνες



$\phi_{I,αρχ} = 30^\circ$

$\phi_{I,τελ} = 40^\circ$

$\gamma_{I,αρχ} = 15.5 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{I,τελ} = 19.5 \text{ kN/m}^3$

$E_{I,αρχ} = 5500 \text{ kPa}$

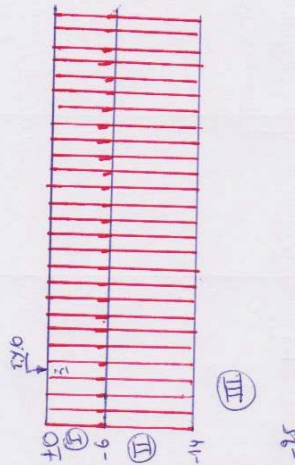
$E_{I,τελ} = 20500 \text{ kPa}$

ΒΗΜΑ 2: ΕΠΙΧΩΣΜΑ

Πλάτος 3m

ΒΗΜΑ 5: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΣΟΒΑΘΡΟΥ

Πλάτος 3m



ΒΗΜΑ 6: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕΣΟΒΑΘΡΟΥ

Πλάτος 3m

Πλάτος 3m

$\phi_{I,αρχ} = 30^\circ$

$\phi_{I,τελ} = 40^\circ$

$\gamma_{I,αρχ} = 15.5 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{I,τελ} = 19.5 \text{ kN/m}^3$

$E_{I,αρχ} = 5500 \text{ kPa}$

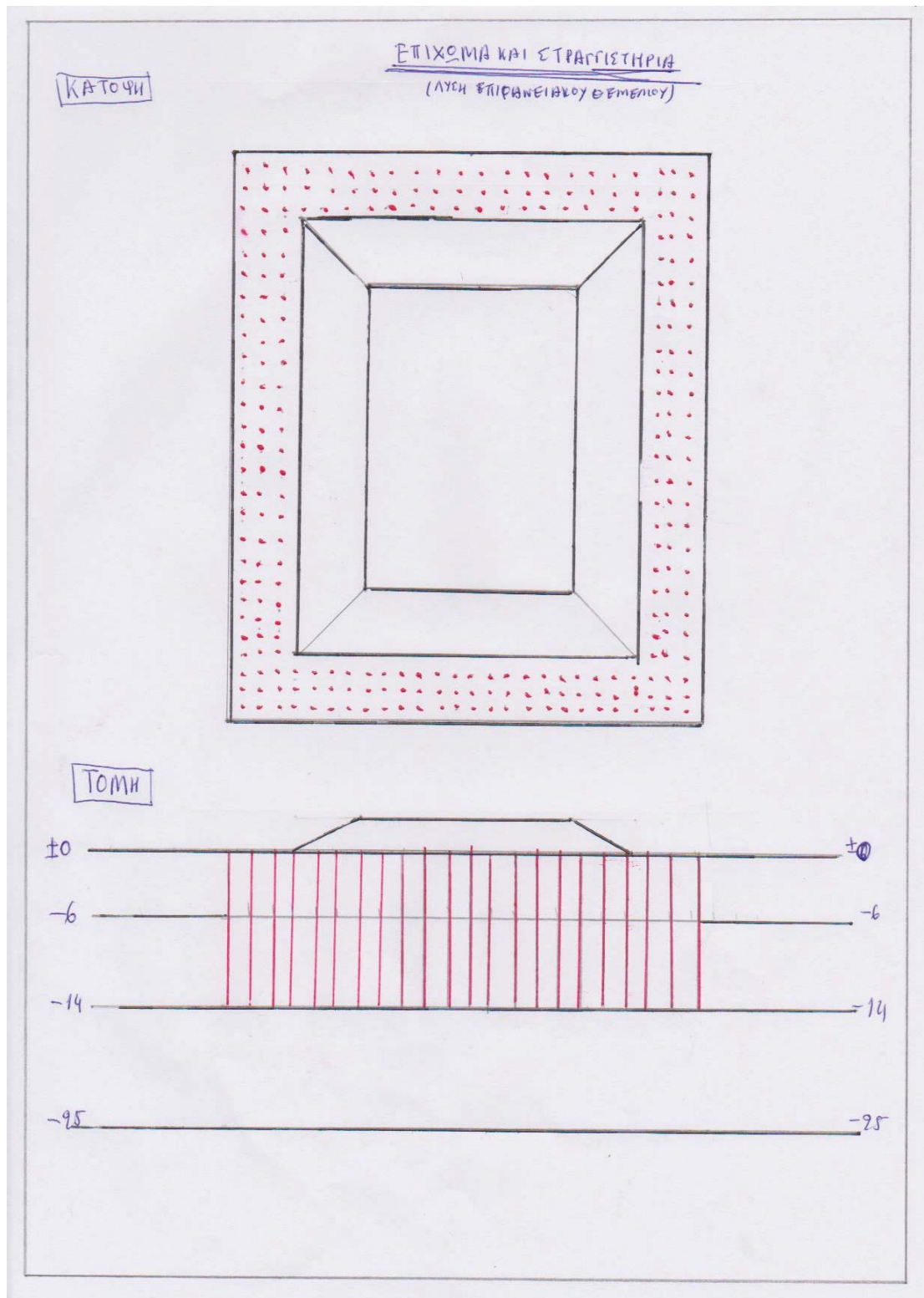
$E_{I,τελ} = 20500 \text{ kPa}$

$\gamma_{II} = 18.1 \text{ kN/m}^3$

$c_{I,τελ} = 2.5 \text{ kPa}$

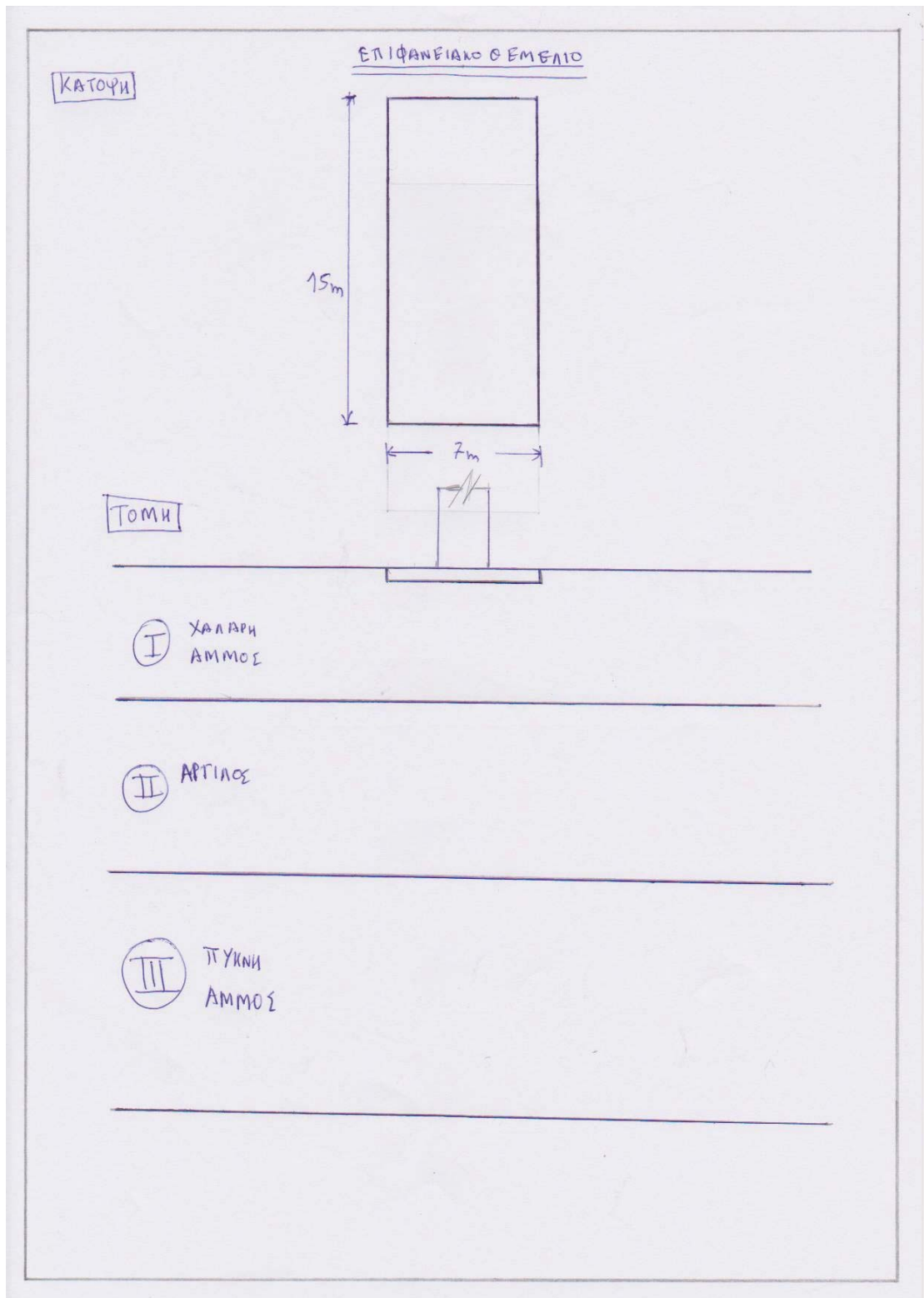
$\gamma_{III} = 20.9 \text{ kN/m}^3$

$\phi_{III} = 41^\circ$



Συνολικά θα τοποθετηθούν  $(43/1.5) + (51/1.5) = 980$  στραγγιστήρια. Επίσης για τη δονητική συμπίκνωση θα χρησιμοποιηθούν  $(51 \cdot 43) / (2.35 \cdot 2.035 \cdot 0.5) = 600$  τριγωνικοί κানাβοί.





Οι τεχνικώς αποδεκτές λύσεις είναι :

1. ΛΥΣΗ ΠΑΣΣΑΛΩΝ ( 6 πάσσαλοι  $\Phi 120$ )
2. ΛΥΣΗ ΚΥΨΕΛΩΤΟΥ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ( ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΑ ΚΑΘΕ 1,5 m ΣΕ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΚΑΝΑΒΟ  $\rightarrow$  ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗ ΜΕ ΕΠΙΧΩΜΑ 8,5 m σε 3 φάσεις  $\rightarrow$  πασσαλοσανίδα με αγκύριο και άρθρωση  $\rightarrow$  ΚΙΒΩΤΙΟ 17 x 11 x 6)
3. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΘΕΜΕΛΙΟ (ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΑ ΣΕ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΚΑΝΑΒΟ ΜΕ  $s = 1.5$  m  $\rightarrow$  ΕΠΙΧΩΜΑ 3 m  $\rightarrow$  ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΜΕ ΒΟΛΙΣΜΑΤΑ ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΙΚΟΥΣ ΚΑΝΑΒΟΥΣ ΜΕ ΠΛΕΥΡΑ  $x = 2.35$  m)

Οι λύσεις θα πρέπει να συγκριθούν μεταξύ τους με κριτήρια:

1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ
2. ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ
3. ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
4. ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

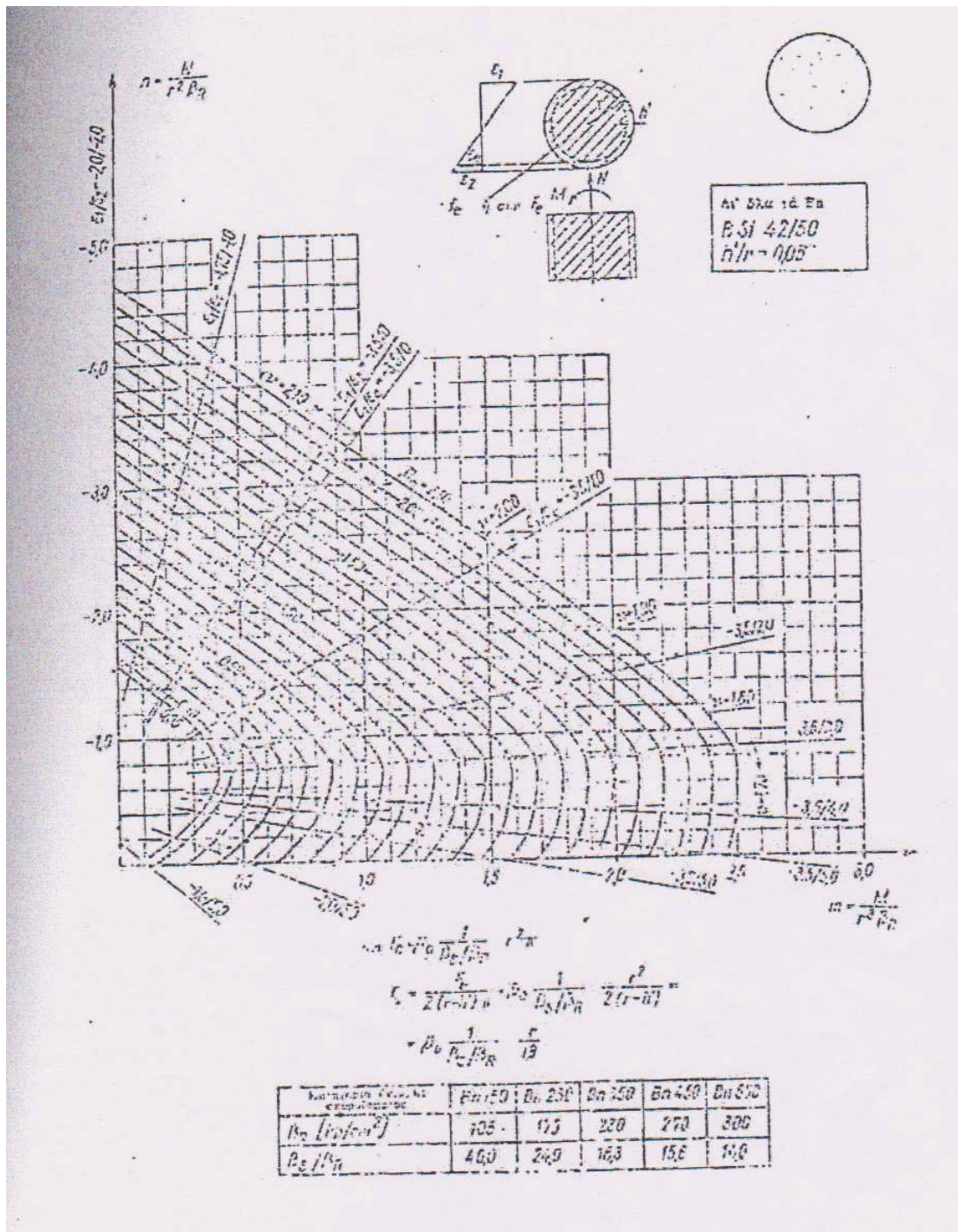
### ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΥΣΕΩΝ

ΛΥΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
ΠΑΣΣΑΛΟΙ Φ120	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΜΙΚΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (max 1 ΜΗΝΑΣ).</li> <li>• ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ.</li> <li>• ΠΡΟΣΙΤΟ ΚΟΣΤΟΣ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΚΛΙΣΗ 1/5 (ΔΥΣΚΟΛΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ)</li> </ul>
ΚΥΨΕΛΩΤΟ ΚΙΒΩΤΙΟ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΑΜΕΛΗΤΕΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ (ΠΕΡΙΠΟΥ 1.9 cm).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΑ ΜΕΓΑΛΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ΠΕΡΙΠΟΥ 1 ΧΡΟΝΟΣ).</li> <li>• ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΑ ΜΕΓΑΛΟ ΕΠΙΧΩΜΑ.</li> <li>• ΠΙΘΑΝΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΛΟΓΩ ΑΤΕΛΕΙΩΝ ΣΤΗ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ</li> <li>• ΜΕΓΑΛΟ ΚΟΣΤΟΣ</li> </ul>
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΘΕΜΕΛΙΟ (ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΜΙΚΡΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.</li> <li>• ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ΠΕΡΙΠΟΥ 4 ΜΗΝΕΣ).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ (ΔΟΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ).</li> </ul>

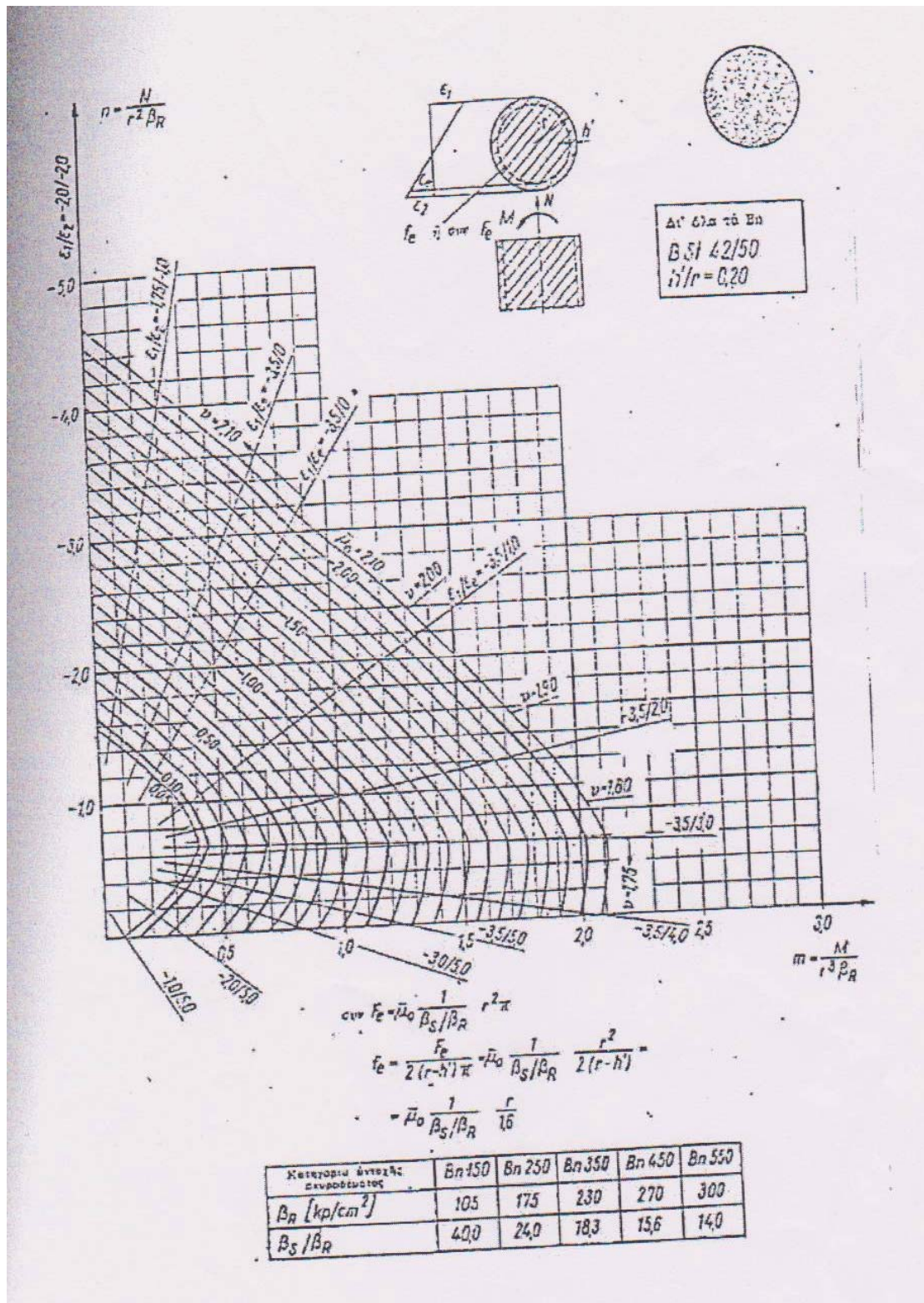
Με βάση αυτά, προέκυψε ότι η βέλτιστη λύση κυρίως από πλευράς χρόνου είναι αυτή των πασσάλων. Επομένως προτείνουμε τη λύση των 6 κεκλιμένων πασσάλων Φ120.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

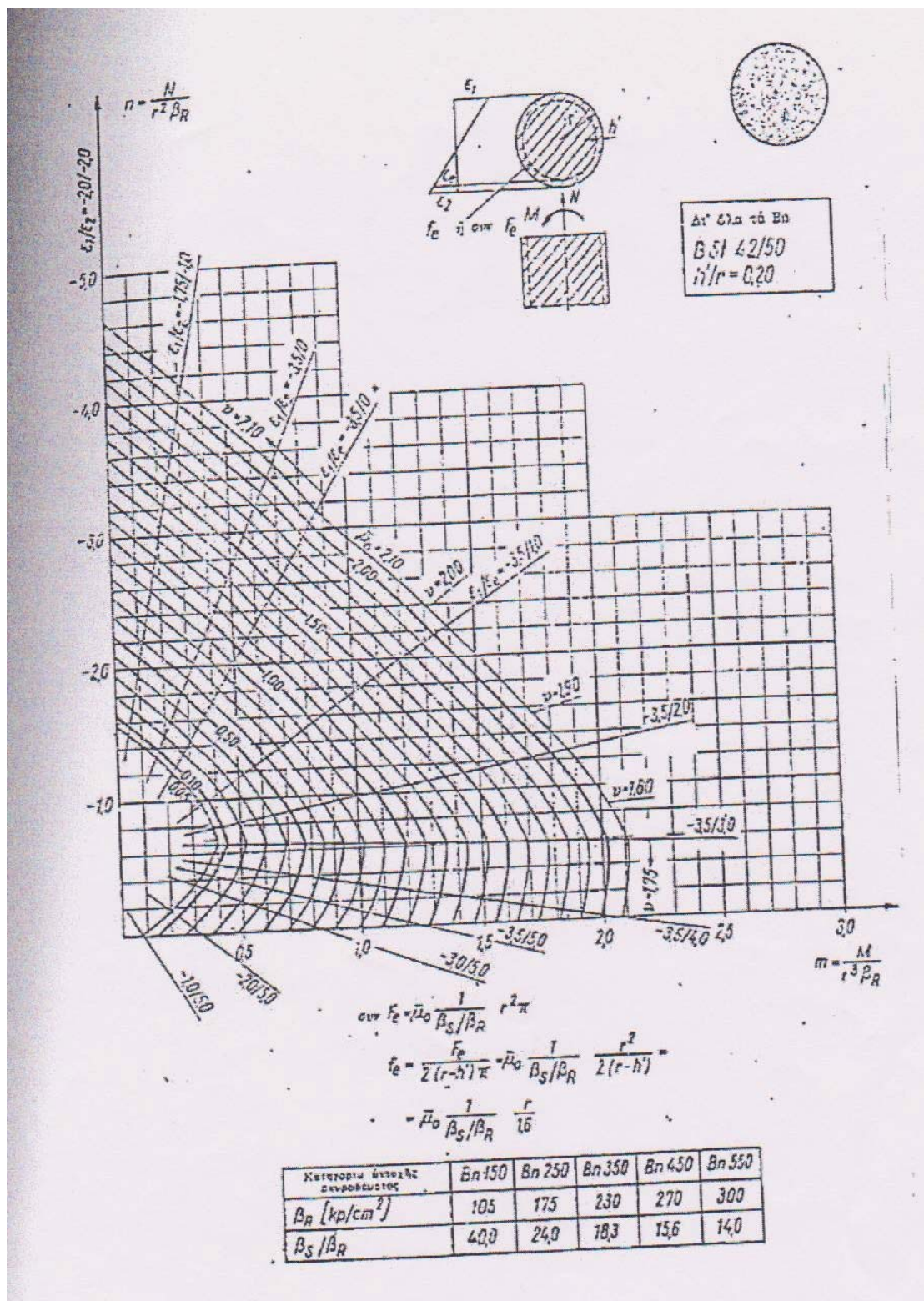
Στο κεφάλαιο αυτό υπάρχουν όλοι οι πίνακες και τα νομογραφήματα που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς και των τριών εξεταζομένων λύσεων



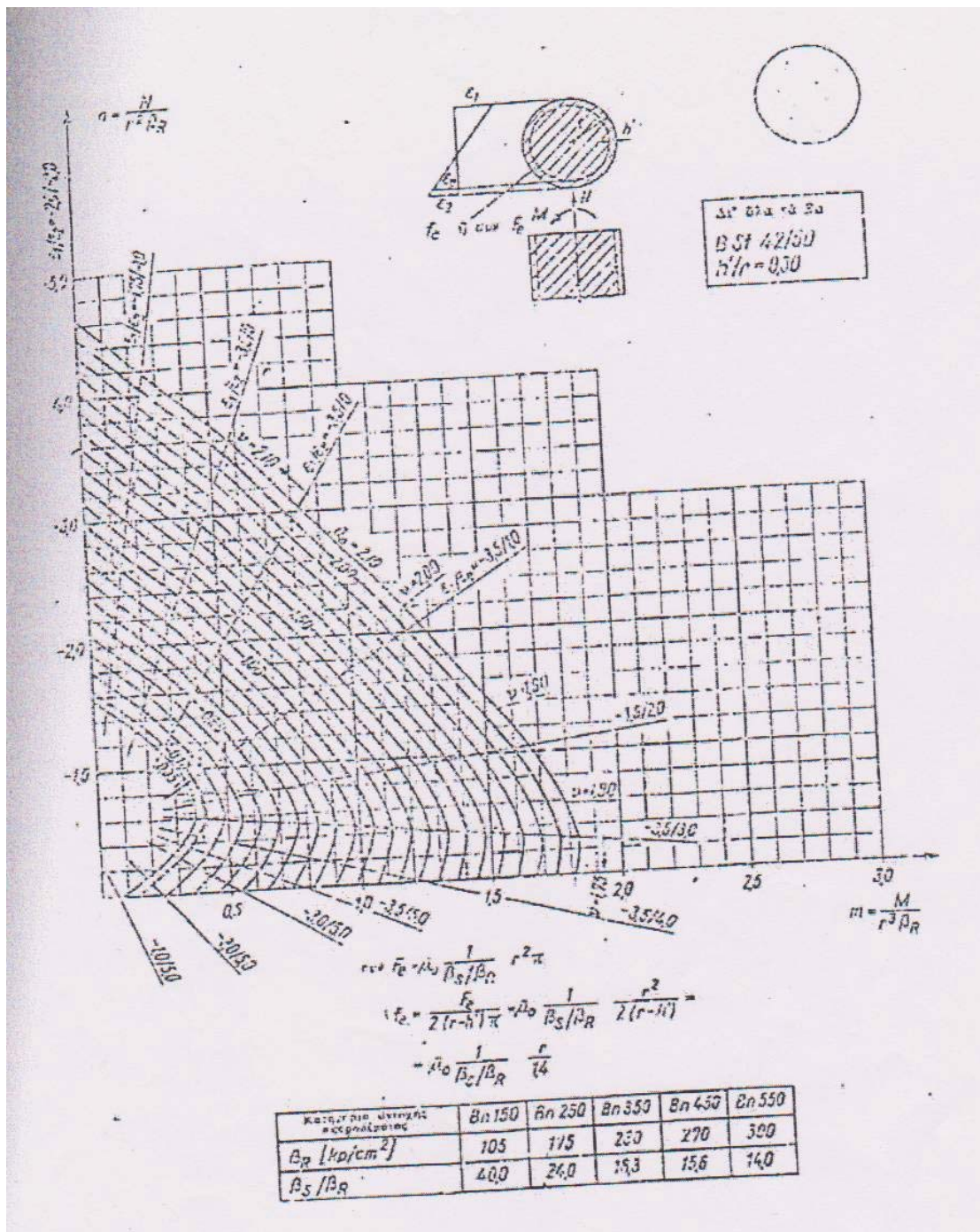
**ΠΙΝΑΚΑΣ 1Α**  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ



ΠΙΝΑΚΑΣ 1B  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ



**ΠΙΝΑΚΑΣ 1Γ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ**



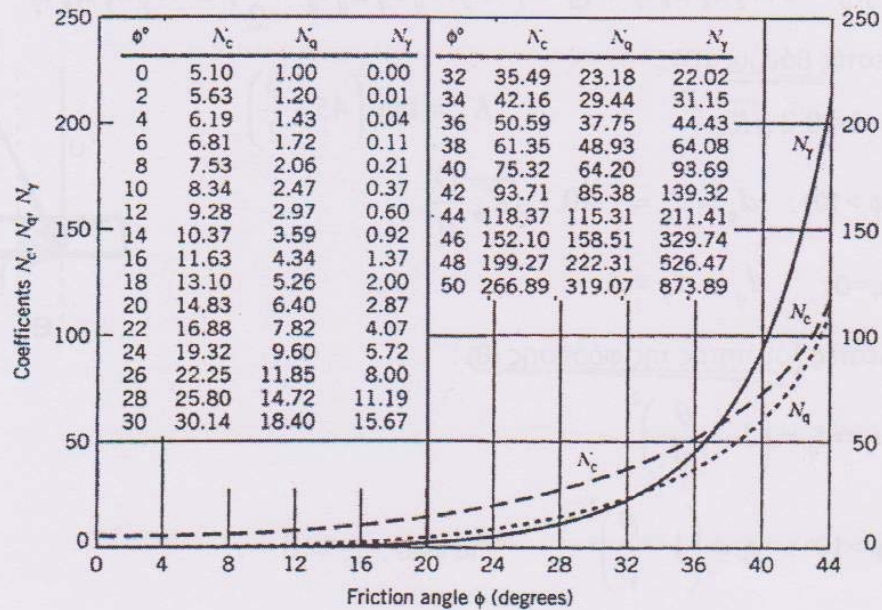
**ΠΙΝΑΚΑΣ 1Δ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥ**



### Φέρουσα Ικανότητα Επιφανειακών Θεμελιώσεων (πεδίων)

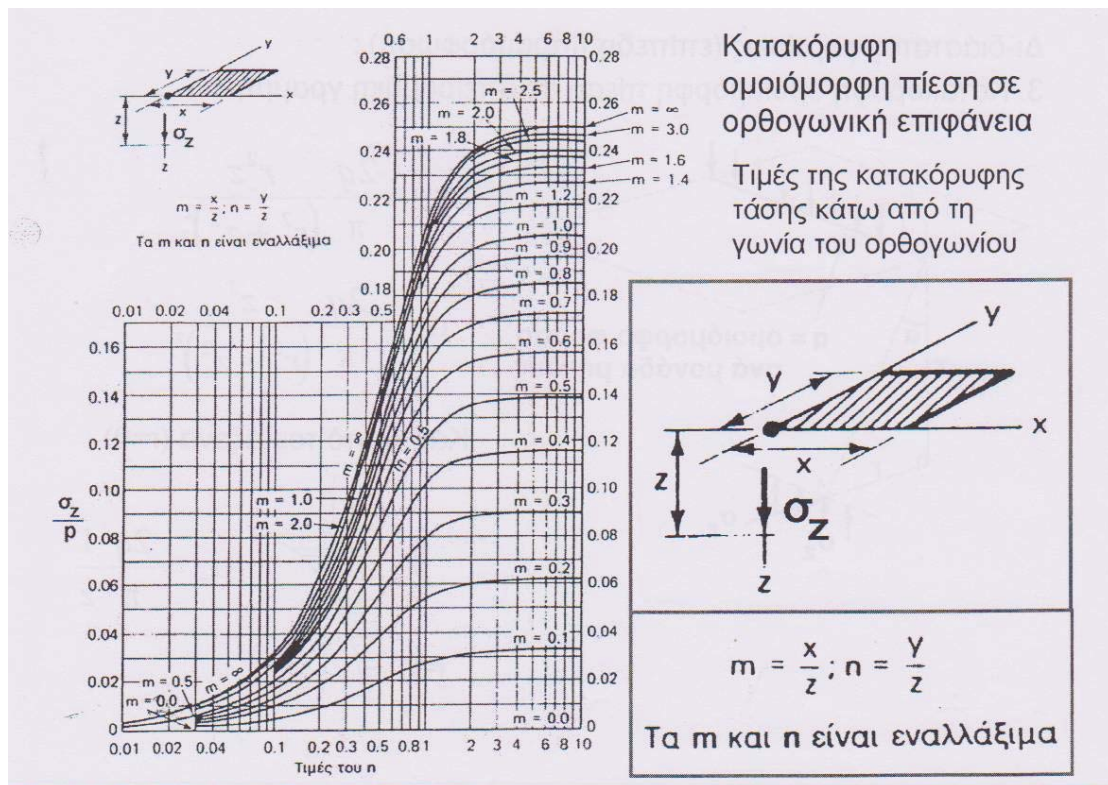
Εφαρμογή : Λωριδωτό πέδιλο πλάτους (B) σε βάθος (D) από την επιφάνεια, σε έδαφος με c και φ, ειδικό βάρος (γ) και επιφόρτιση (q) :

$$\text{Επίλυση Meyerhof (1963)} : p_u = c N_c + (q + \gamma D) N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$



ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ  
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ N<sub>c</sub> , N<sub>q</sub> , N<sub>γ</sub>

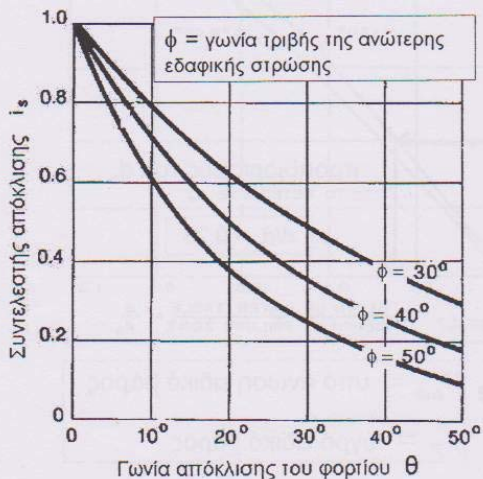


**ΠΙΝΑΚΑΣ 3**  
**ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΠΙΕΣΗ ΣΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ**

### Φέρουσα Ικανότητα Επιφανειακών Θεμελιώσεων (πεδύλων)

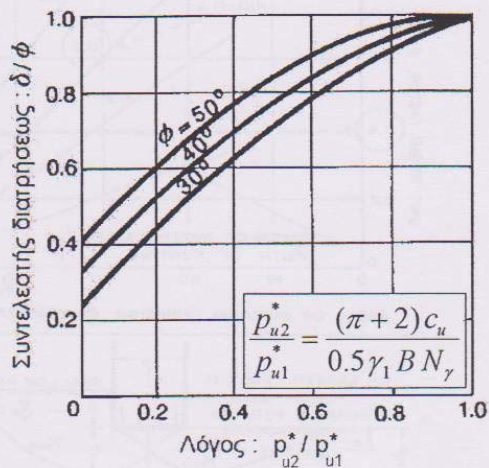
Φέρουσα ικανότητα λωριδωτού πεδύλου υπό λοξή φόρτιση σε δίστρωτο σχηματισμό, με μη-συνεκτική ανώτερη στρώση (π.χ. αμμοχάλικο) και συνεκτική κατώτερη στρώση (άργιλος υπό αστράγγιστες συνθήκες) – Επίλυση κατά Meyerhof & Hanna (1978)

$i_s$  = συντελεστής απόκλισης του φορτίου από την κατακόρυφο (γωνία  $\theta$ )



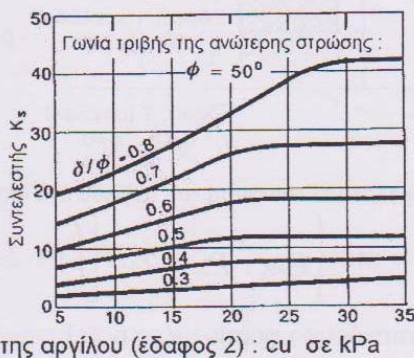
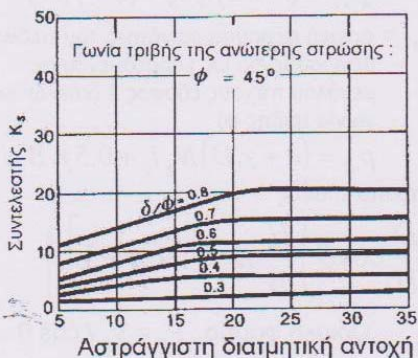
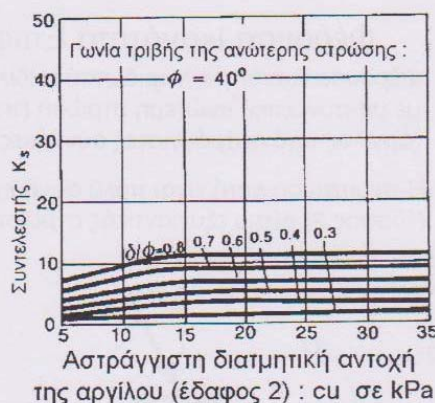
$K_s$  = συντελεστής διατήρησης της ανώτερης εδαφικής στρώσης. Προκύπτει ως συνάρτηση του ακόλουθου συντελεστή ( $\delta/\phi$ )

$N_\gamma$  = συντ. φέρουσας ικανότητας του εδάφους 1

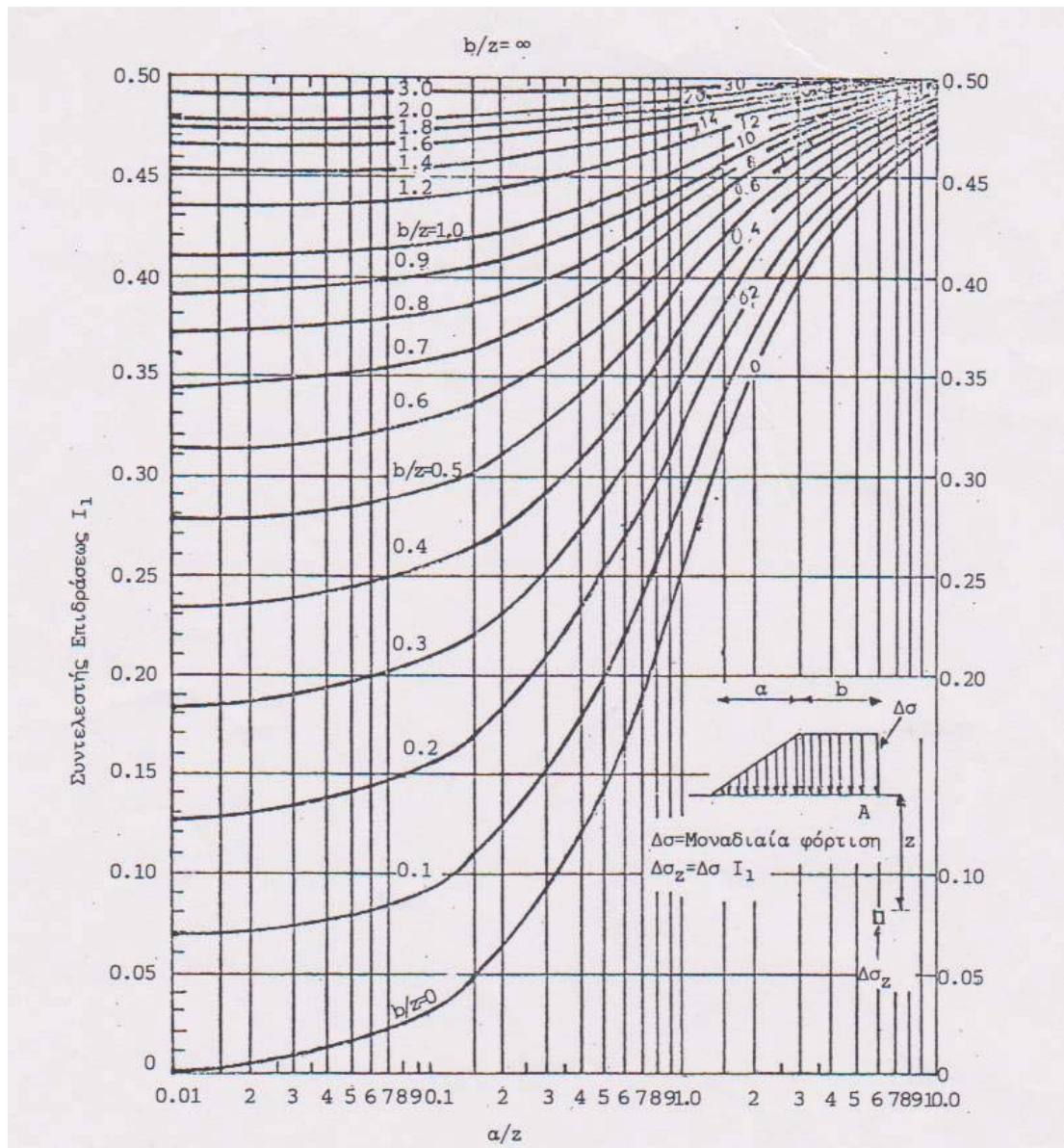


Φέρουσα ικανότητα λωριδωτού πεδύλου υπό λοξή φόρτιση σε δίστρωτο σχηματισμό, με μη-συνεκτική ανώτερη στρώση (π.χ. αμμοχάλικο) και συνεκτική κατώτερη στρώση (άργιλος υπό αστράγγιστες συνθήκες) – Επίλυση κατά Meyerhof & Hanna (1978)

$K_s$  = συντελεστής διατήρησης της ανώτερης εδαφικής στρώσης. Προκύπτει ως συνάρτηση του συντελεστή ( $\delta/\phi$ )



ΠΙΝΑΚΑΣ 4  
ΔΙΣΤΡΩΤΗ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ  $i_s$ ,  $k_s$



ΠΙΝΑΚΑΣ 5

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΣΗΜΕΙΟ ΑΠΕΙΡΟΜΗΚΟΥΣ  
 ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΟSTERBERG  
 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

## Tie Rods

E29

Table E18 DESIGN DATA—ROLLED THREADS

As supplied by  
BSC Reinforcement Steel Services  
P.O. Box 41, Sheffield

Nominal Diameter	Actual Diameter	Thread Type	Major Thread Diameter	Mass per Metre	Characteristic Falling Load
mm	mm		mm	kg	kN
<b>MILD STEEL</b>					
50	48	Rolled-Whitworth	50.8	13.88	740
60	60	Rolled-Whitworth	63.5	22.44	1176
75	72	Rolled-Whitworth	76.2	32.88	1706
<b>HIGH YIELD STEEL</b>					
50	48	Rolled-Whitworth	50.8	13.88	905
60	60	Rolled-Whitworth	63.5	22.44	1437
75	72	Rolled-Whitworth	76.2	32.88	2085
<b>COLD WORKED HIGH TENSILE ALLOY STEEL</b>					
20	20.5	Rolled Special	21.1	2.69	325
25	25.5	Rolled Special	26.2	4.01	505
32	32.5	Rolled Special	33.4	6.51	830
40	41.0	Rolled Special	41.7	10.36	1300

Table E19 SUGGESTED WORKING LOADS—ROLLED THREADS

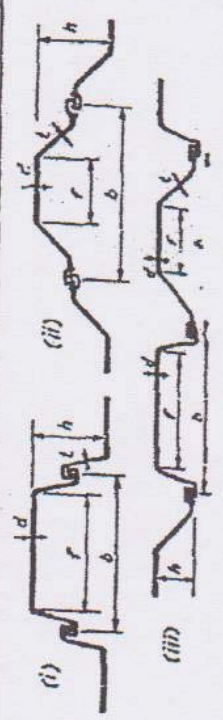
Nominal Diameter	MILD STEEL		HIGH YIELD STEEL		COLD WORKED HIGH STRENGTH ALLOY STEEL	
	Working Load 170N/mm <sup>2</sup>	Strain at Working Load	Working Load 175N/mm <sup>2</sup>	Strain at Working Load	Working Load at FOS of 3 on Characteristic	Strain at Working Load
mm	kN	%	kN	%	kN	%
20	—	—	—	—	110	0.20
25	—	—	—	—	170	0.20
32	70	0.042	115	0.080	265	0.20
40	—	—	—	—	435	0.20
50	390	0.051	300	0.080	—	—
60	300	0.052	480	0.083	—	—
75	440	0.053	700	0.084	—	—

ΠΙΝΑΚΑΣ 6  
ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΑΓΚΥΡΙΩΝ

**Τύποι Πασσαλοσανίδων**

Τύποι, διατομή και στοιχεία μεταλλικών πασσαλοσανίδων.  
(α) Τύποι Larsen της British Steel Corporation

Τύπος	b (χλ.)	h (χλ.)	d (χλ.)	l (χλ.)	r (χλ.)	Έμβεδόν διατομής (εκ²/μ τοιχού)	Βύρος		Ροπή αόρνησις εκ¹/μ	Ροπή αν- τιστάσις εκ²/μ (W)	W C
							ΧΥ/μ	ΧΥ/μ² (G)			
1A	400	130	7.2	5.8	302	107	33.6	84	2.476	384	4.57
1B	400	178	7.1	6.4	305	114	35.6	89	4.998	562	6.31
1GB	400	130	8.1	5.8	302	115	36.2	90	2.729	419	4.66
1U	400	130	9.4	9.4	302	135	42.4	106	3.184	489	4.61
2	400	200	10.2	7.8	270	156	48.8	122	8.494	850	6.97
2B	400	270	8.6	7.1	248	149	46.7	117	13.663	1013	8.66
2N	400	270	9.4	7.1	248	156	48.3	122	14.853	1101	9.02
3	400	247	14.0	8.9	248	198	62.9	155	16.839	1360	8.77
3B	400	298	13.5	8.9	235	198	62.1	155	23.910	1602	10.34
3/20	508	343	11.7	8.4	330	175	69.6	137	28.554	1665	12.15
4A	400	381	15.7	9.4	219	236	74.0	185	43.160	2371	12.82
4B	420	343	15.5	10.9	257	256	84.3	201	39.165	2235	11.37
4/20	508	381	14.3	9.4	351	207	82.5	162	43.167	2266	13.99
5	508	381	15.7	9.4	321	218	86.8	171	45.924	2414	14.12
6	420	343	22.1	11.9	257	303	100.0	218	50.777	2982	12.45
10A	420	440	22.0	14.0	248	370	122.0	290	92.798	4200	14.48
10B/20	420	440	25.4	14.0	251	398	131.0	312	101.689	4618	14.80
10A-10B/20	450/508	171	28.6	14.0	251	421	138.7	330	109.968	5000	15.15
	450/508	171	12.7	12.7	130	176	62.2	138	4.166	486	3.52
	450/508	108	12.7	12.7	273	167	66.4	131	6.054	706	5.39
	508	108	12.7	12.7	130/273	171	62.2/66.4	134	2.250	356	2.66



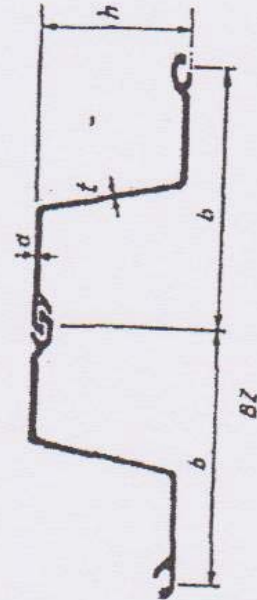
— Το Σχ. (i) άφορβ όλους τούς τύπους πλίν 10 A και 2 (10 A)  
 — Το Σχ. (ii) άφορβ τόν τύπον 10 A  
 — Το Σχ. (iii) άφορβ τόν τύπον 2 (10 A)

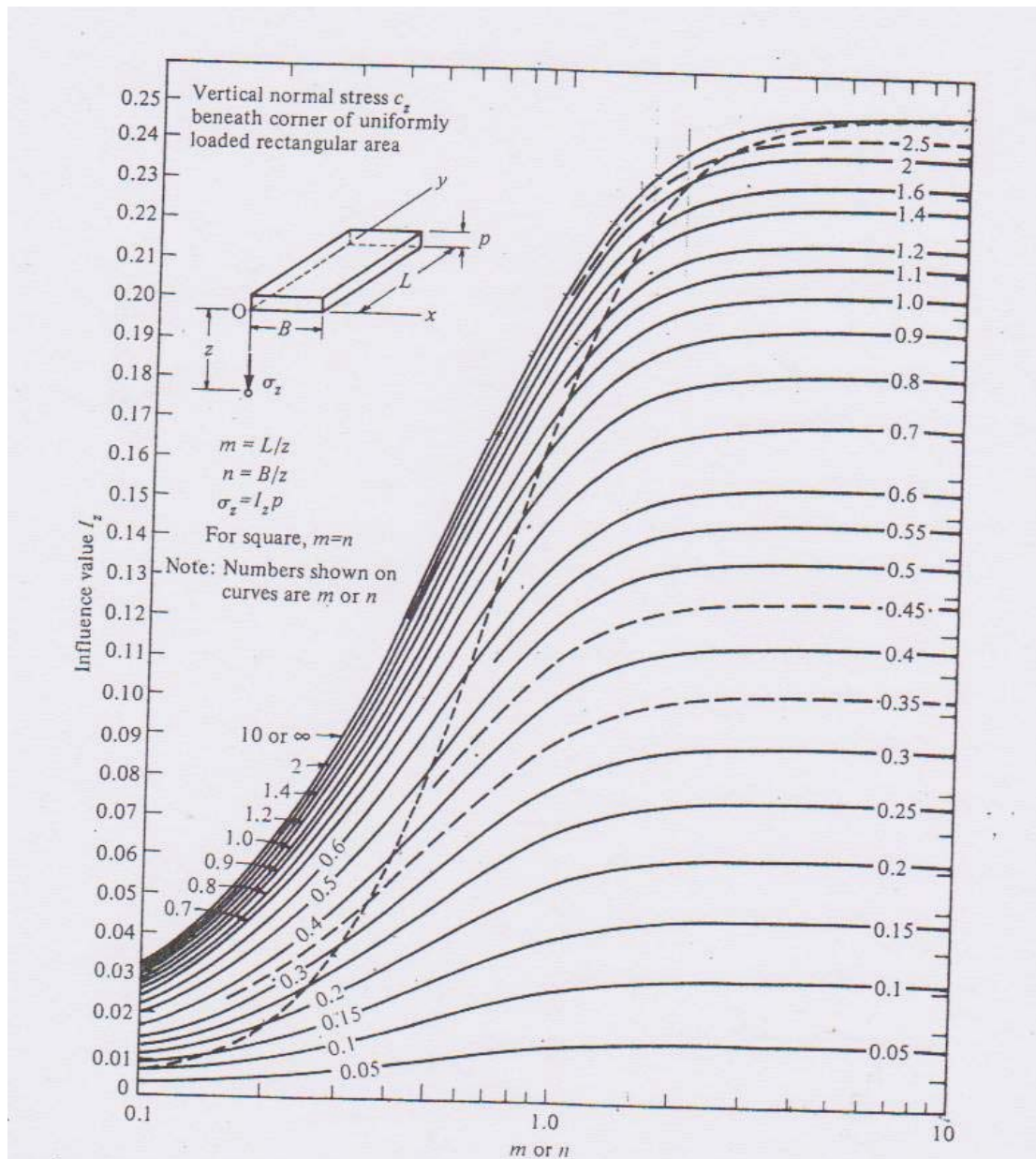
ΠΙΝΑΚΑΣ 7A  
ΤΥΠΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ

(δ) Τύπου Arbed - Belval

Τύπος	b (χλμ.)	h (χλμ.)	d (χλμ.)	t (χλμ.)	Έμβασθών διατομής (εκ²/μ τρύχου)	Βάρος		Ροπή δράνειας εκ⁴/μ	Ροπή αν- τιστάσεως εκ²/μ (W)	W G
						χγ/μ	χγ/μ³ (G)			
*BZ 0	500	135	9.5	9.5	132.5	52.00	104.0	3510	520	5.00
*BZ 0R	500	135	12.7	12.7	159.9	62.75	125.5	4120	610	4.86
BZ 1N	420	165	8.0	8.0	127.4	42.00	100.0	5940	720	7.20
BZ 1RA	420	167	9.5	9.5	150.3	49.56	118.0	7100	850	7.20
BZ 1R	420	167	10.0	10.0	155.4	51.24	122.0	7180	860	7.05
*BZ 250	500	240	8.5	8.5	142.9	56.10	112.2	14400	1200	10.70
BZ 1IN	450	220	5.5	5.5	155.4	54.90	122.0	13200	1200	9.84
BZ 1IR	450	222	11.0	11.0	178.3	63.00	140.0	15210	1370	9.79
BZ 350	500	295	9.5	9.5	166.4	65.30	130.6	24630	1670	12.79
BZ 1IN-50	450	260	12.5	12.5	197.4	69.75	155.0	23270	1790	11.55
BZ 1IR	500	290	14.0	14.0	212.5	79.50	159.0	29720	2050	12.89
BZ 1VN	450	263	15.0	15.0	215.7	83.25	185.0	27750	2110	11.41
BZ 1VNR	450	300	14.0	14.0	224.2	79.20	176.0	35400	2360	13.41
BZ 1VN	450	302	15.2	15.2	216.3	83.47	185.5	37980	2515	13.56
BZ 1VNR	500	350	20.0	20.0	301.9	118.50	237.0	65100	3720	15.70
BZ 1VR	500	354	24.0	24.0	346.5	136.00	272.0	74690	4320	15.51

\* Διατομή όμοια με την 1B του τύπου Frodingham (Πίναξ 1γ)

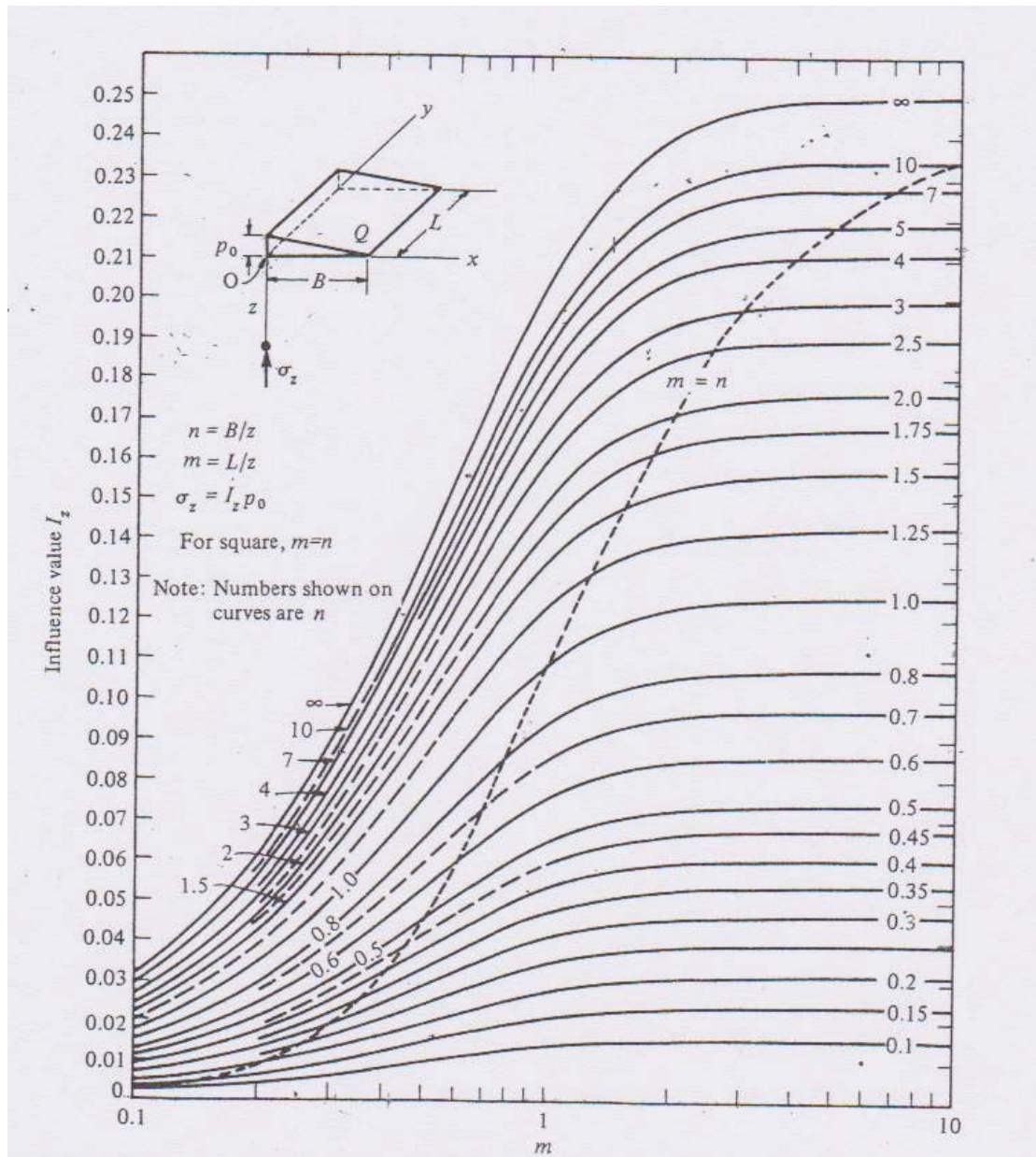




ΠΙΝΑΚΑΣ 8Α

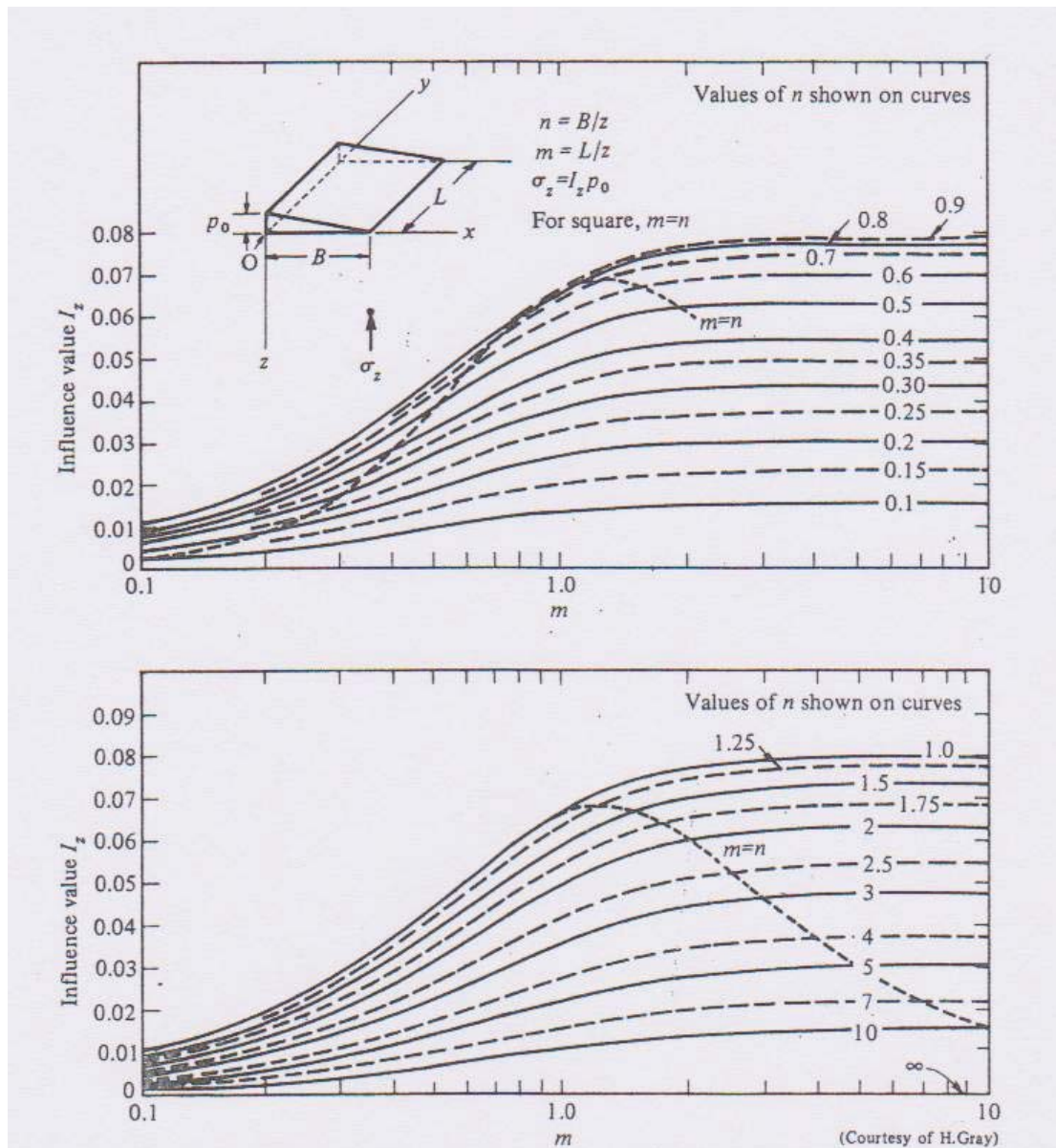
ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΓΩΝΙΑΚΟ ΣΗΜΕΙΟ  
 ΕΥΚΑΜΠΤΟΥ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΥ ΚΑΤΑ ΡΑΔΙΟ  
 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΘΕΜΕΛΙΟΥ





ΠΙΝΑΚΑΣ 8B

ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟΥ  
 ΕΥΚΑΜΠΤΟΥ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΥ ΚΑΤΑ ΡΑΔΙΟΝ  
 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΘΕΜΕΛΙΟΥ



ΠΙΝΑΚΑΣ 8Γ

ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΑΦΟΡΤΙΣΤΟΥ ΑΚΡΟΥ  
ΕΥΚΑΜΠΤΟΥ ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΥ ΚΑΤΑ ΕΑΔΜ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΘΕΜΕΛΙΟΥ

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ  
(Μ.ΚΑΒΒΑΔΑΣ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π 2008).
2. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ  
(Α.ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ , Β.ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΕΩΝ 2004).
3. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ  
(Α.ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ , Β.ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΕΩΝ 2002).
4. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
(Γ. ΓΚΑΖΕΤΑΣ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π 2006 – ΕΚΔΟΣΗ 2.7).
5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
(Μ.ΚΑΒΒΑΔΑΣ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π 2006).
6. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
(Κ.ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Μ.ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ 2011).
7. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ – ΤΟΜΟΣ Ι  
(Σ.Δ. ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ – ΕΚΔΟΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗ).
8. FOUNDATION ENGINEERING HANDBOOK  
(EDITED BY HANS F. WINTERKORN, HSAI-YANG FANG ).
9. REMEDIAL MEASURES AGAINST SOIL LIQUEFACTION  
(EDITED BY THE JAPANESE GEOTECHNICAL SOCIETY.
10. ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ – ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ  
(G.E. BARNES – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ).
11. ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
(Σ. ΧΡΙΣΤΟΥΛΑΣ – ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΕΩΝ).