



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΙΤΛΟΣ: «ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ
ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ»**



ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΤΥΦΤΙΚΙΔΗ ΡΕΒΕΚΚΑ ΑΜ:7225

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΜΑΡΙΝΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2022–2023

Στην οικογένεια μου...

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Τυφτικίδη Ρεβέκκα του Αναστασίου, με αριθμό μητρώου 7225, φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι η συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας και ότι βοήθεια πήρα για την συγγραφή της, προερχόμενη από Βιβλία ή το διαδίκτυο ή από άλλες εργασίες είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην Βιβλιογραφία μου. Επίσης βεβαιώνω ότι, οι πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, λέξεων ή ιδεών, είτε παραφρασμένες είτε επ' ακριβώς αναφέρονται αναλυτικά στο τέλος της εργασίας. Τέλος, αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμένα προσωπικά και αποτελεί πνευματική μου ιδιοκτησία, καθώς και του Ιδρύματος.

Η φοιτήτρια:

Τυφτικίδη Ρεβέκκα ΑΜ:7225

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί βασικό κομμάτι για την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, με αντικείμενο μελέτης **«Επιρροή των μηχανικών παραμέτρων του εδάφους στην ευστάθεια των πασσαλοσανίδων»**.

Περιγράφει αναλυτικά τι είναι οι κατασκευές αντιστήριξης, αλλά επικεντρώνεται κυρίως στις πασσαλοσανίδες, ποια είναι η χρήση τους, τα είδη τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους, οι απαιτούμενες διαδικασίες πριν και κατά την διάρκεια τοποθέτησης τους στο έδαφος, οι μέθοδοι έμπηξης και τέλος η εξαγωγή τους από το έδαφος. Επίσης, αναφέρεται ο ρόλος των αγκυρίων στις πασσαλοσανίδες, αλλά και οι ωθήσεις που δέχεται μια κατασκευή από το έδαφος την οποία περιβάλλει.

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την παραμετρική μελέτη της ευστάθειας των πασσαλοσανίδων είναι το Microsoft Excel.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου Βγενοπούλου Ειρήνη και Μαρινάκη Ευάγγελο για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφεραν καθ' όλη την διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας μου, αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δομή της πτυχιακής εργασίας απαρτίζεται από πέντε Κεφάλαια.

- Στο Κεφάλαιο 1^ο, γίνεται μια μικρή εισαγωγή για τις κατασκευές αντιστήριξης και τους τύπους των τοίχων αντιστήριξης.
- Στο Κεφάλαιο 2^ο, παρουσιάζεται αναλυτικά τι είναι η πασσαλοσανίδα, ποιος ο τρόπος κατασκευής τους, ποία είναι τα είδη τους, ποία η χρήση τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους, οι απαιτούμενες διαδικασίες πριν και κατά την διάρκεια τοποθέτησης τους στο έδαφος, οι μέθοδοι έμπηξης και τέλος η εξαγωγή τους από το έδαφος.
- Το Κεφάλαιο 3^ο αναφέρει τι είναι τα αγκύρια, τα τμήματα από τα οποία αποτελούνται, οι φάσεις κατασκευής τους καθώς επίσης και ποιοι είναι οι τύποι τους.
- Το Κεφάλαιο 4^ο, αναφέρεται στις ωθήσεις γαιών.
- Στο Κεφάλαιο 5^ο, παρουσιάζεται το πρόγραμμα Microsoft Excel (το οποίο πρόγραμμα αποτελεί μέρος του Microsoft Office) με το οποίο εξετάστηκαν οι διαφορές της πασσαλοσανίδας χωρίς αλλά και με αγκύρωση. Ακόμη, το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε υπολογίζει το βάθος έμπηξης της πασσαλοσανίδας στο έδαφος (για πασσαλοσανίδα χωρίς αλλά και με αγκύρωση) και στην συνέχεια πραγματοποιείται η παραμετρική μελέτη για τις εξής δυο περιπτώσεις:
 - I. Επιρροή της γωνίας εσωτερικής τριβής σε συνάρτηση με το βάθος έμπηξης της πασσαλοσανίδας, και
 - II. Επιρροή του βάθους αγκύρωσης σε συνάρτηση με το βάθος έμπηξης της αγκυρωμένης πασσαλοσανίδας.

Επιπρόσθετα, από τα διαγράμματα και τους πίνακες παρατηρούνται και καταγράφονται αναλυτικά τα αποτελέσματα. Στο ίδιο κεφάλαιο, αναλύονται και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα.

Τέλος, παρατίθεται η Βιβλιογραφία όπου αναγράφονται αναλυτικά όλες οι πηγές που συντέλεσαν στην συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ABSTRACT

The topic of this thesis is the influence of soil mechanical parameters on the stability of sheeting piles. The structure of the thesis consists of 5 Chapters.

- In Chapter 1, a small introduction is given to retaining structures and types of retaining walls.
- In Chapter 2, it is presented in detail what pile boards are, how they are manufactured, what their types are, what their use is, their advantages and disadvantages, the required procedures before and during their placement on the ground, the coagulation methods and finally their extraction from the ground.
- Chapter 3 states what anchors are (definition), the parts they consist of, their construction phases as well as what their types are.
- Chapter 4 refers to earth thrusts.
- In Chapter 5 the Microsoft Excel program (which program is part of Microsoft Office) is presented, with which the differences of the pile board without and with anchoring were examined. Furthermore, the created program calculates the depth of the pile board in the ground (for pile board without but also with anchoring) and then the parametric study is carried out for the following two cases:
 - I. Influence of the angle of internal friction as a function of the pile board embedment depth, and
 - II. Influence of the anchorage depth as a function of the depth of penetration of the anchored pile board.

In addition, the results are observed and recorded in detail from the charts and tables. In the same chapter, analyzed and presented the conclusions.

Finally, the Bibliography is listed, detailing all the sources that contributed to the writing of this thesis.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ	9
LIST OF SYMBOLS	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο - ΤΟΙΧΟΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ	12
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	12
1.2 ΤΥΠΟΙ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ.....	12
1.3 ΧΡΗΣΗ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΕΣ	15
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	15
2.2 ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ.....	16
2.3 ΜΟΡΦΕΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ.....	17
2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ.....	23
2.5 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΔΑΝΙΔΩΝ.....	24
2.6 ΕΜΠΙΞΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ.....	27
2.7 ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο – ΑΓΚΥΡΙΑ	32
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	32
3.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΓΚΥΡΙΟΥ.....	34
3.3 ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΓΚΥΡΙΟΥ.....	35
3.4 ΤΥΠΟΙ ΑΓΚΥΡΙΩΝ.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΩΘΗΣΗ ΓΑΙΩΝ	41
4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	41
4.2 ΩΘΗΣΕΙΣ ΓΑΙΩΝ.....	41
4.3 ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΤΑ RANKINE.....	43
4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΛΕΥΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΤΩΝ ΓΑΙΩΝ ΠΑΝΩ ΣΤΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΤΑ RANKINE.....	53
4.5 ΩΘΗΣΕΙΣ ΓΑΙΩΝ ΣΕ ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	59
4.6 ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΤΑ COULOMB.....	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΙ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ Η/Υ	61
5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΟΥΣ ΕΜΠΗΞΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΙ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MICROSOFT EXCEL.....	61
5.1.1 ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ	62
5.1.2 ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ.....	68
5.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΕΜΠΗΞΗΣ ΤΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ..	71
5.2.1 ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ MICROSOFT EXCEL	71
5.2.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ MICROSOFT EXCEL	73
5.2.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΒΑΘΗ ΕΜΠΗΞΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ ΧΩΡΙΣ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ.	75
5.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΕΜΠΗΞΗΣ ΤΗΣ ΑΓΚΥΡΩΜΕΝΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ.....	76
5.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

π : 3,14159

γ : Ειδικό βάρος (kg/m^3).

φ : Γωνία εσωτερικής τριβής (σε μοίρες).

δ : Γωνία τριβής μεταξύ εδάφους και τοίχου (σε μοίρες).

K_0 : Συντελεστής ώθησης σε ηρεμία.

K_a : Συντελεστής ενεργητικής τάσης-ώθησης.

K_p : Συντελεστής παθητικής τάσης-ώθησης.

H : Ολικό ύψος πασσαλοσανίδας (m).

d : Ύψος πασσαλοσανίδας έως την επιφάνεια του εδάφους.

d_1 : Βάθος έμπηξης της μη αγκυρωμένης πασσαλοσανίδας (m).

d_2 : Βάθος έμπηξης της αγκυρωμένης πασσαλοσανίδας (m).

F : Συντελεστής ασφαλείας.

P_a : Ενεργός ώθηση γαιών (KN/m).

P_p : Παθητική ώθηση γαιών (KN/m).

S : Βάθος αγκύρωσης (m).

LIST OF SYMBOLS

π : 3,14159

γ : Specific weight (kg/m^3).

φ : Angle of internal friction (in degrees).

δ : Angle of friction between ground and wall (in degrees).

K_0 : Coefficient of earth pressure at rest.

K_a : Coefficient of active earth pressure.

K_p : Coefficient of passive earth pressure.

H : Total sheet pile height (m)

d : Height of sheet piling to ground surface or excavation depth (m).

d_1 : Depth of embedment of the unanchored pile board (m).

d_2 : Depth of embedment of the unanchored pile board (m).

F : Safety factor.

P_a : Active earth thrust (KN/m).

P_p : Passive earth thrust (KN/m).

S : Anchoring depth (m).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία περιγράφεται και αναλύεται η αντιστήριξη του εδάφους με την χρήση πασσαλοσανίδων. Αρχικά, πρέπει να δούμε τι εννοούμε με τον όρο πασσαλοσανίδες. Οι πασσαλοσανίδες είναι όπως υποδηλώνει το όνομα τους, στενά φύλλα υλικού, συνήθως σχεδιασμένα με αλληλοσυνδεόμενες άκρες, έτσι ώστε να μπορούν να προσαρμοστούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν έναν δομικά σταθερό και συχνά υδατοστεγές τοίχο ή φράγμα.

Οι τοίχοι από πασσαλοσανίδες είναι κατασκευές αντιστήριξης που φτιάχνονται για να συγκρατούν χώμα, νερό ή οποιοδήποτε άλλο υλικό πλήρωσης. Αυτοί οι τοίχοι είναι λεπτότεροι σε τομή σε σύγκριση με τους τοίχους από τοιχοποιία

Συνήθως κατασκευάζονται από χάλυβα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ξύλο, όπως και το προκατασκευασμένο οπλισμένο σκυρόδεμα και ακόμη και ορισμένα είδη πλαστικού. Οι πασσαλοσανίδες κατασκευάζονται συχνά χρησιμοποιώντας βιώσιμα ανακυκλωμένα μέταλλα και, όπου η χημεία του εδάφους το απαιτεί, ψεκάζονται με αντιδιαβρωτική επίστρωση.

Οι πασσαλοσανίδες είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος τύπος, καθώς είναι πολύ ευέλικτες. Μπορούν να συγκολληθούν ή να βιδωθούν κάθετα για να παρέχουν μεγαλύτερο μήκος ή βάθος, εάν απαιτείται. Είναι πολύ ανθεκτικές και παρέχουν την καλύτερη επιλογή αντοχής σε σύγκριση με το βάρος τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο - ΤΟΙΧΟΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Τοίχοι αντιστήριξης ή αναλημματικοί τοίχοι είναι κάθε τεχνικό έργο που χρησιμοποιείται για την υποστήριξη της μάζας του εδάφους πλευρικά, προκειμένου να συγκρατείται σε διαφορετικά επίπεδα στις δύο πλευρές. Ουσιαστικά πρόκειται για δομές σχεδιασμένες να συγκρατούν το έδαφος σε μια κλίση που δεν θα διατηρούσε φυσικά (συνήθως μια απότομη, σχεδόν κάθετη ή κατακόρυφη κλίση).



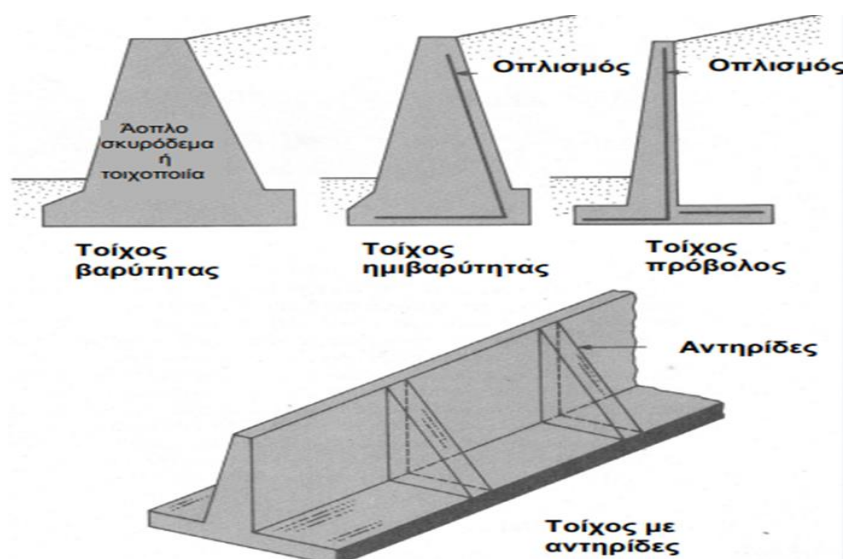
Εικόνα 1.1 – Πέτρινος τοίχος αντιστήριξης τύπου βαρύτητας

1.2 ΤΥΠΟΙ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Οι τοίχοι αντιστήριξης μπορεί να έχουν διάφορες μορφές και να είναι κατασκευασμένοι με διάφορες μεθοδολογίες και υλικά κατασκευής.

Τα βασικά είδη των τοίχων αντιστήριξης είναι οι τοίχοι βαρύτητας, ημιβαρύτητας, οι τοίχοι πρόβολοι και οι τοίχοι με αντηρίδες. Επίσης, κατασκευές αντιστήριξης γαιών είναι οι τοίχοι μορφής ανεστραμμένου T ή L, οι διαφραγματικοί, οι πασσαλοσανίδες, οι πασσαλότοιχοι κ.λ.π.

- Οι *τοιχοί βαρύτητας* κατασκευάζονται από άοπλο σκυρόδεμα ή από τοιχοποιία. Συγκρατούν το αντιστηριζόμενο έδαφος με το ίδιο τους το βάρος και με το έδαφος που πιθανόν συμμετέχει στην αντιστήριξη αυτή. Αυτός ο τύπος κατασκευής είναι οικονομικός για ψηλούς τοίχους. Σε πολλές περιπτώσεις μια μικρή ποσότητα οπλισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή μειώνοντας έτσι το μέγεθος του τοίχου. Αυτοί οι τοίχοι ονομάζονται *τοιχοί ημιβαρύτητας*.
- Οι *τοιχοί πρόβολου* κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα και αποτελούνται από το κατακόρυφο στέλεχος και την πλάκα βάσης. Αυτός ο τύπος κατασκευής είναι οικονομικός μέχρι ύψους 8 m.
- Οι *τοιχοί με αντηρίδες* μοιάζουν με τους τοίχους πρόβολου. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα παρατηρούνται λεπτές κατακόρυφες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος οι οποίες λέγονται αντηρίδες και οι οποίες συνδέουν τον τοίχο με την βάση του. Ο σκοπός κατασκευής των αντηρίδων είναι η μείωση των καμπτικών ροπών και της διάτμησης.



Εικόνα 1.2 – Τοίχοι αντιστήριξης

1.3 ΧΡΗΣΗ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Οι τοίχοι αντιστήριξης χρησιμοποιούνται για τη δέσμευση εδαφών μεταξύ δύο διαφορετικών υψομέτρων, συχνά σε περιοχές εδάφους που έχουν ανεπιθύμητες κλίσεις ή σε περιοχές όπου το τοπίο πρέπει να διαμορφωθεί σοβαρά και να σχεδιαστεί για πιο συγκεκριμένους σκοπούς.

Σκοπός των τοίχων αντιστήριξης είναι η στήριξη των εδαφικών μαζών σε περίπτωση κατολίσθησης.



Εικόνα 1.3 – Τοίχος αντιστήριξης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΕΣ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Οι πασσαλοσανίδες είναι τμήματα υλικών φύλλων με αλληλοσυνδεόμενες άκρες που οδηγούνται στο έδαφος σχηματίζοντας ένα τοίχο και παρέχουν μόνιμη ή προσωρινή συγκράτηση της γης και υποστήριξη εκσκαφής. Οι πασσαλοσανίδες κατασκευάζονται από μια ποικιλία υλικών, όπως χάλυβα, ξύλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνήθως, το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των πασσαλοσανίδων είναι ο χάλυβας. Ο χάλυβας θεωρείται το καταλληλότερο υλικό εάν η απαίτηση είναι να αντέχει ο τοίχος σε μεγάλες καμπτικές δυνάμεις και πιέσεις.



Εικόνα 2.1 (α) –Πασσαλοσανίδες



Εικόνα 2.1 (β) – Πασσαλοσανίδες

2.2 ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ

Όσον αφορά τον τρόπο κατασκευής τους οι πασσαλοσανίδες διακρίνονται σε θερμής και ψυχρής έλασης. Υπάρχουν και κάποια προφίλ ψυχρής διαμόρφωσης με μειωμένες όμως αντοχές και χρήσεις. Με κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους, κατασκευάζονται διάφορα προφίλ τα οποία διαφέρουν όσον αφορά την γεωμετρία και τις διαστάσεις τους, την ποιότητα χάλυβα, τις αντοχές τους, το βάρος τους και συνεπακόλουθα το κόστος τους.



Εικόνα 2.2 – Πασσαλοσανίδες

2.3 ΜΟΡΦΕΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ

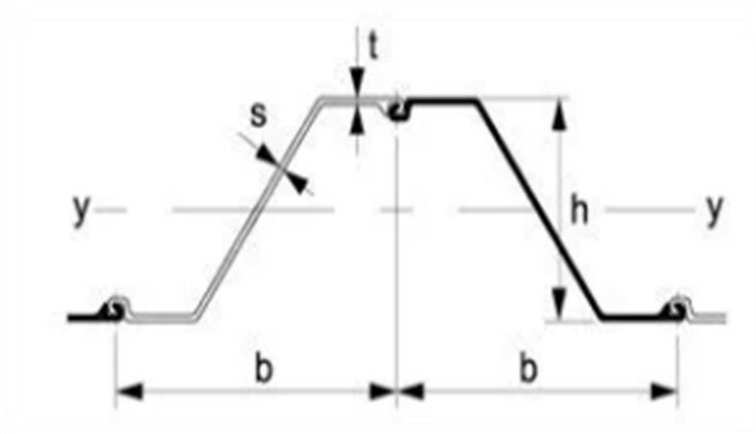
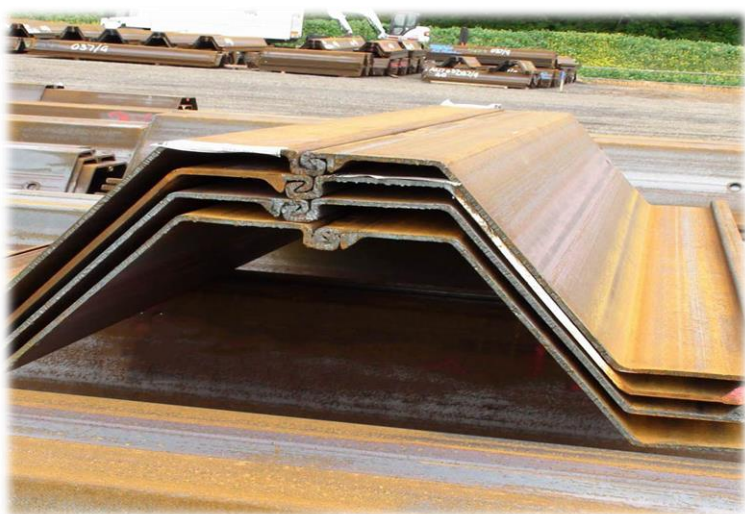
Κατά κύριο λόγο η επιλογή τύπου, προφίλ και μήκους της πασσαλοσανίδας έχει να κάνει με τις παρακάτω παραμέτρους:

- Διαστάσεις του ορύγματος.
- Σύσταση του εδάφους και αναμενόμενες ωθήσεις γαιών.
- Ύψος υδροφόρου ορίζοντα και παροχή νερού μέσα στο όρυγμα.
- Τρόπος εργασίας (με ή χωρίς εσωτερική αντιστήριξη, αγκύρωση κ.λ.π.)
- Απαιτούμενες χρήσεις.
- Τύπος και δυνατότητες πασσαλοπήκτη.

Οι μορφές πασσαλοσανίδων είναι τύπου Z και τύπου U.

- **Πασσαλοσανίδες τύπου Z:**

Ο τύπος πασσαλοσανίδας Z θεωρείται γενικά ισχυρότερος και πιο αποτελεσματικός. Ο τύπος σχήματος Z χρησιμοποιείται για βαρύτερα κατασκευαστικά έργα, όπως σε βάθρα που φέρουν φορτίο γέφυρας και σε περιπτώσεις που υπάρχει πρόβολος.



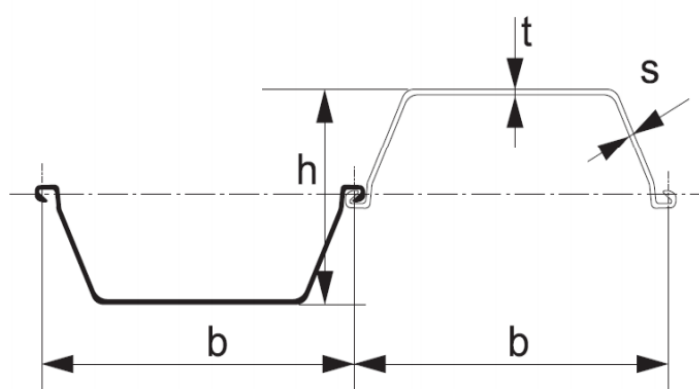
Εικόνα 2.3 (α) – Πασσαλοσανίδα τύπου Z.

• **Πασσαλοσανίδες τύπου U:**

Οι πασσαλοσανίδες με μορφή τύπου U χρησιμοποιούνται για παρόμοιες εφαρμογές, αλλά η αντίστασή τους στην κάμψη είναι χαμηλότερη από τους πασσάλους σχήματος Z.

Πασσαλοσανίδες θερμής έλασης τύπου U.

Τα προφίλ θερμής έλασης τύπου U προσφέρουν μεγαλύτερη ποικιλία τύπων, διατομών και αντοχών. Προορίζονται για την αντιστήριξη ορυγμάτων / εκσκαφών με αυξημένα βάθη και μεγάλη παροχή νερού μέσα στο όρυγμα. Διαθέτουν κλειδώματα τα οποία προσφέρουν μεγαλύτερη στεγανότητα σε σχέση με τα προφίλ ψυχρής έλασης αλλά και προβλήματα κατά την χρήση όπως συγκόλληση και βύθιση προηγούμενων πασσαλοσανίδων, λόγω των αυξημένων τριβών. Επίσης οι μεγαλύτερες τριβές των κλειδωμάτων τους απαιτούν μεγαλύτερους πασσαλοπήκτες για την χρήση τους.



Εικόνα 2.3 (β) – Τοποθέτηση πασσαλοσανίδων τύπου U.

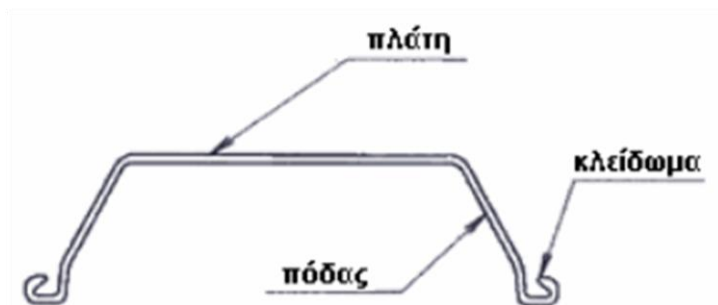
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ									
ΠΡΟΦΙΛ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΥΨΟΣ	ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ	ΡΟΠΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ		ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ		ΑΚΤΙΝΑ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ	
	S	h	e	W _y	W _z	I _y	I _z	r _y	r _z
	cm ²	mm	mm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm
lln	62.2	157	107	136	608	1453	13310	5.5	14.6
llln	78.9	168	112	271	880	3041	16820	7	14.6
VL 503	74.7	190	115.7	324	859	3752	23014	7.1	17.6
VL503K	78.2	190	115.7	337	900	3895	24121	7.1	17.6
VL 503Z	83.2	191	114.1	363	975	4148	26227	7.1	17.6
VL 601	59	175.5	107.8	223	770	2401	24419	6.4	20.3
VL 602 L	65.3	175.5	106.5	251	865	2669	27461	6.4	20.5
VL 602	69.2	175.5	106.3	259	913	2749	28947	6.3	20.5
VL 603	82.6	177	117.1	297	1123	3482	35766	6.5	20.8
VL 603K	86.9	177	115.9	317	1196	3679	38043	6.5	20.9
VL 603Z	91.5	177	114.5	343	1290	3921	41015	6.5	21.2
VL 604	94.4	212	137.8	419	1303	5777	41439	7.8	21
VL 604D	98.4	212	140.4	422	1316	5930	41973	7.8	20.7
VL 605	104.9	228	152	475	1354	7223	43206	8.3	20.3
VL 605K	107.7	228	149.5	493	1430	7371	45548	8.3	20.5

ΑΝΟΧΕΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ DIN EN 10 248-2	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΙΣΧΥΟΣ	ΑΝΟΧΗ
	ΥΨΟΣ ΠΡΟΦΙΛ h	h ≤ 200 mm	± 4 mm
		h > 200 mm	± 5 mm
	ΠΛΑΤΟΣ ΠΡΟΦΙΛ B		± 2 % B
	ΠΛΑΤΟΣ ΔΙΠΛΟΥ ΠΡΟΦΙΛ 2B		± 3% mm
	ΠΑΧΟΣ ΠΛΑΤΗΣ, ΠΟΔΑ	t.s ≤ 8.5 mm	± 0.5 mm
		t.s > 8.5 mm	± 6 % t.s
	ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΛΕΙΔΩΜΑΤΟΣ		± 2 mm
	ΠΛΑΤΟΣ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ ΚΛΕΙΔΩΜΑΤΟΣ		± 2.5 mm
	ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΦΙΛ L		± 100 mm
	ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑ ΠΡΟΦΙΛ		q ≤ 0.2 % L
	ΚΑΘΕΤΟΤΗΤΑ ΚΟΨΙΜΑΤΟΣ		p ≤ 2% B
ΒΑΡΟΣ	± 5 %		

Διάγραμμα 2.3 (α) – Διαστάσεις και τεχνικά χαρακτηριστικά μονής πασσαλοσανίδας – ΕΞ.Τ.ΕΡ.

Αοί ΠΕΠΟΝΑ Ο.Ε.

Εικόνα 2.3 (γ) – Τύπος πασσαλοσανίδας U.



Πασσαλοσανίδες ψυχρής έλασης τύπου U.

Οι πασσαλοσανίδες ψυχρής έλασης τύπου U προσφέρουν μικρότερη ποικιλία τύπων, διατομών και αντοχών. Προορίζονται για την αντιστήριξη ορυγμάτων ή εκσκαφών με μικρότερα βάθη. Διαθέτουν κλειδώματα τα οποία προσφέρουν σχετική στεγανότητα (μικρότερη των προφίλ θερμής έλασης) άλλα και μειωμένες τριβές κατά την χρήση. Τα κλειδώματα των πασσαλοσανίδων ψυχρής έλασης παρουσιάζουν λιγότερα φαινόμενα συγκόλλησης και βύθισης προηγούμενων πασσαλοσανίδων. Επίσης προσφέρουν δυνατότητα για μικρές διορθώσεις της καθετότητας των πασσαλοσανίδων κατά την έμπηξη. Τα “χαλαρά” κλειδώματα σε συνδυασμό με τα μεγαλύτερα ωφέλιμα πλάτη (700 και 750 mm) των πασσαλοσανίδων ψυχρής έλασης προσφέρουν μεγαλύτερη απόδοση και απαιτούν μικρότερους πασσαλοπήκτες για την χρήση τους.



Εικόνα 2.3 (δ) – Πασσαλοσανίδα τύπου U.

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ SBH.

ΠΡΟΦΙΛ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ			ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ	ΡΟΠΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	ΒΑΡΟΣ		ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΡΟΠΗ ΚΑΜΨΗΣ ΑΝΑ m ΤΟΙΧΟΥ		
	ΠΛΑΤΟΣ ΠΡΟΦΙΛ	ΥΨΟΣ ΠΡΟΦΙΛ	ΠΑΧΟΣ ΠΡΟΦΙΛ	I	W			ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΧΑΛΥΒΑ		
	W	h	t	I	W			S235JRC	S275JRC	
	mm	mm	mm	cm ⁴ /m	cm ³ /m	kg/m	kg/m	kNm/m	kNm/m	kNm/m

KD 6/8	600	80	8	968	242	49.9	83.2		51.5	
--------	-----	----	---	-----	-----	------	------	--	------	--

LP 76/7	700	150	7	3585	478	53.2	76		88	
LP 88/8	700	151	8	4133	552	61.7	88		101.6	

OMEGA 7	750	227	7	12778	1065	67.5	90		195	
OMEGA 8	750	278	8	14294	1237	76.9	103		233	
OMEGA 9	750	279	9	16083	1393	86.3	115		278	

ZN31/6	825	305	6	11499	755	50.9	62	121		
ZN 31/7	825	306	7	13416	880	58.1	70	141		



U profile

Διάγραμμα 2.3 (β) – Διαστάσεις και τεχνικά χαρακτηριστικά πασσαλοσανίδων SBH – ΕΞ.Τ.ΕΡ.

Αφοί ΠΕΠΙΟΝΑ Ο.Ε.

2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ

ο ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Διατίθεται μεγάλη γκάμα επιλογών μηκών, μεγέθους.
- Οι πασσαλοσανίδες είναι ελαφριές σε βάρος, κάνοντας εύκολη την ανύψωση και το χειρισμό τους.
- Οι πασσαλοσανίδες είναι ανακυκλώσιμες και επαναχρησιμοποιήσιμες.
- Δεν προκαλούν ζημιά στο περιβάλλον έδαφος, σε αντίθεση με τις βαριές ή συνεχόμενες πασσάλους από σκυρόδεμα.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προσωρινές και μόνιμες κατασκευές.
- Μπορούν να εγκατασταθούν πριν ξεκινήσουν άλλες εργασίες χρησιμοποιώντας αθόρυβες και χωρίς κραδασμούς μεθόδους.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε κάτω είτε πάνω από το νερό και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Κατασκευάζονται σε εργοστάσιο, όχι επί τόπου, επομένως ο ποιοτικός έλεγχος των εξαρτημάτων είναι καλύτερος.
- Είναι στενά, επιτρέποντάς τους να τοποθετούνται σε περιορισμένους χώρους.



Εικόνα 2.4 – Πασσαλότοιχος.

ο ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Εάν το έδαφος είναι βραχώδες ή έχει μεγάλους ογκόλιθους, η τοποθέτηση των πασσαλοσανίδων γίνεται δύσκολη.
- Κατά την διάρκεια της έμπηξης τους μπορεί να προκληθούν καθιζήσεις λόγω των δονήσεων.

2.5 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΔΑΝΙΔΩΝ

Οι απαιτούμενες διαδικασίες πριν και κατά την διάρκεια, τοποθέτησης των πασσαλοσανίδων:

1. Γεωτεχνική έρευνα σύμφωνα με τις γενικές αρχές που αναφέρονται στο EN 1997-1:2004, έτσι ώστε να προσφέρει τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά για την φύση του υπεδάφους στο οποίο θα γίνει η έμπηξη των πασσαλοσανίδων.
2. Γνώση των συνθηκών στην περιοχή τοποθέτησης των πασσαλοσανίδων (π.χ. έκταση, τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής, κλίση του εδάφους).
3. Πληροφορίες σχετικά με τις υφιστάμενες κατασκευές (π.χ. κτίρια, δρόμοι), υπόγειες κατασκευές, αρχαιολογικά αντικείμενα καθώς και έργα εξυπηρέτησης βασικών αναγκών του ανθρώπου.
4. Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη επικινδύνων ουσιών για τους εργαζόμενους αλλά και για το έργο.
5. Τήρηση και ικανοποίηση των νομικών και των περιβαλλοντικών περιορισμών
6. Πληροφορίες για τον τύπο, την διατομή την κλίση, την προστασία και συντήρηση των πασσαλοσανίδων καθώς και την τοποθέτησή τους.
7. Εμπειρία στην τοποθέτηση των πασσαλοσανίδων.
8. Δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με τον καιρό σε περιπτώσεις έντονων καιρικών συνθηκών
9. Γνώση των καιρικών φαινομένων κυρίως σε περιόδους όπου υπάρχει πιθανότητα ανάπτυξης σοβαρής δράσης παγετού στο έδαφος διότι προκαλεί επιπλέον φόρτιση στις κατασκευές τοίχων αντιστήριξης.
10. Περιορισμούς που αφορούν στη μέθοδο τοποθέτησης των πασσαλοσανίδων στο έδαφος και στην εν γένει υποβοήθηση της όλης διαδικασίας.
11. Πληροφορίες για την στεγανότητα του τοίχου από πασσαλοσανίδες.
12. Χρονοδιάγραμμα του έργου.
13. Δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με τις διακυμάνσεις της στάθμης του νερού στην περίπτωση παράκτιων κατασκευών.



Εικόνα 2.5 (α) – Τοποθέτηση πασσαλοσανίδων.



Εικόνα 2.5 (β) – Τοποθέτηση πασσαλοσανίδων.

2.6 ΕΜΠΗΞΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ

Η τεχνική, ο εξοπλισμός και η υποβοήθηση της έμπηξης των πασσαλοσανίδων εντός του εδάφους θα πρέπει να επιλέγεται με βάση την υπάρχουσα σχετική εμπειρία και να είναι σύμφωνες με την μελέτη, ιδιαίτερος όσον αφορά τις ανοχές που σχετίζονται με:

- Την έμπηξη των πασσαλοσανίδων έως και του απαιτούμενου βάθους.
- Την διατήρηση της οριζοντιογραφικής θέσης και της κατακορυφότητας των πασσαλοσανίδων.
- Την αποφυγή πρόκλησης σημαντικών βλαβών στις ήδη εγκατεστημένες πασσαλοσανίδες.
- Την επίτευξη στεγανοποίησης
- Την εξασφάλιση ότι οι δυνάμεις έμπηξης δρουν κατά μήκος του ουδέτερου άξονα των πασσαλοσανίδων και των κύριων στοιχείων τοίχων συνδυασμένου τύπου.
- Την διατήρηση της σειράς έμπηξης των κυρίων στοιχείων ενός τοίχου από πασσαλοσανίδες συνδυασμένου τύπου.
- Την επίτευξη της απαραίτητης φέρουσας ικανότητας (όπου θεωρείτε ότι απαιτείται).

Όταν δεν υπάρχει αντίστοιχη εμπειρία ή στις περιπτώσεις όπου αυτή θεωρείται ανεπαρκής, θα πρέπει η επιλογή της τεχνικής έμπηξης να βασίζεται στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων σχετικών δοκιμών έμπηξης. Επιπρόσθετα, με την βοήθεια εκτέλεσης τέτοιων δοκιμών θα πρέπει επιπλέον να επιβεβαιώνεται ότι η τελικώς επιλεγείσα μέθοδος έμπηξης των πασσαλοσανίδων δεν προκαλεί ζημιές σε παρακείμενα κτίρια και εγκαταστάσεις, αλλά και σε γειτονικές ήδη εγκατεστημένες πασσαλοσανίδες.

Η έμπηξη των πασσαλοσανίδων εντός των γεωϋλικών είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με μια ή με συνδυασμό των παρακάτω τεχνικών:

- Άσκηση κρούσης.
- Άσκηση δονήσεων.
- Άσκηση πίεσης.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι εξοπλισμού έμπηξης των πασσαλοσανίδων. Οι πλέον συνηθισμένοι τύποι είναι:

- Κρουστικές σφύρες ελεύθερης πτώσης.
- Πετρελαιοκίνητες κρουστικές σφύρες.
- Υδραυλικές κρουστικές σφύρες.
- Κρουστικές αεροσφύρες.

- Δονητικές σφύρες υψηλής και χαμηλής συχνότητας.
- Δονητικές σφύρες υψηλής συχνότητας με μεταβλητή εκκεντρότητα της περιστρεφόμενης μάζας.
- Δονητικές σφύρες υψηλής συχνότητας με συνεχώς μεταβαλλόμενη εκκεντρότητα και συντονισμό αρχικής και τελικής φάσης.
- Συστήματα άσκησης πίεσης.

Το σύνολο του εξοπλισμού έμπηξης θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του EN 996:1995.



Εικόνα 2.6 (α) – Εγκατάσταση πασσαλοσανίδας.



Εικόνα 2.6 (β) – Τοποθέτηση πασσαλοσανίδων.

Η τεχνική «έμπηξη ανά πασσαλοσανίδα» συνιστά την πλήρη έμπηξη (τοποθέτηση) εντός του γεωϋλικού της κάθε μονής ή διπλής πασσαλοσανίδας έως και του τελικού βάθους, πριν την έναρξη της σχετικής διαδικασίας για την επόμενη. Η εν λόγω τεχνική πλεονεκτεί ως προς το ότι η κάθε πασσαλοσανίδα θα πρέπει να ανυψωθεί από την επιφάνεια του εδάφους σε ύψος ίσο με το μήκος της και επίσης στο ότι μπορεί εύκολα να καθοδηγηθεί στην περιοχή συναρμογής της με την ήδη εγκατεστημένη πασσαλοσανίδα.



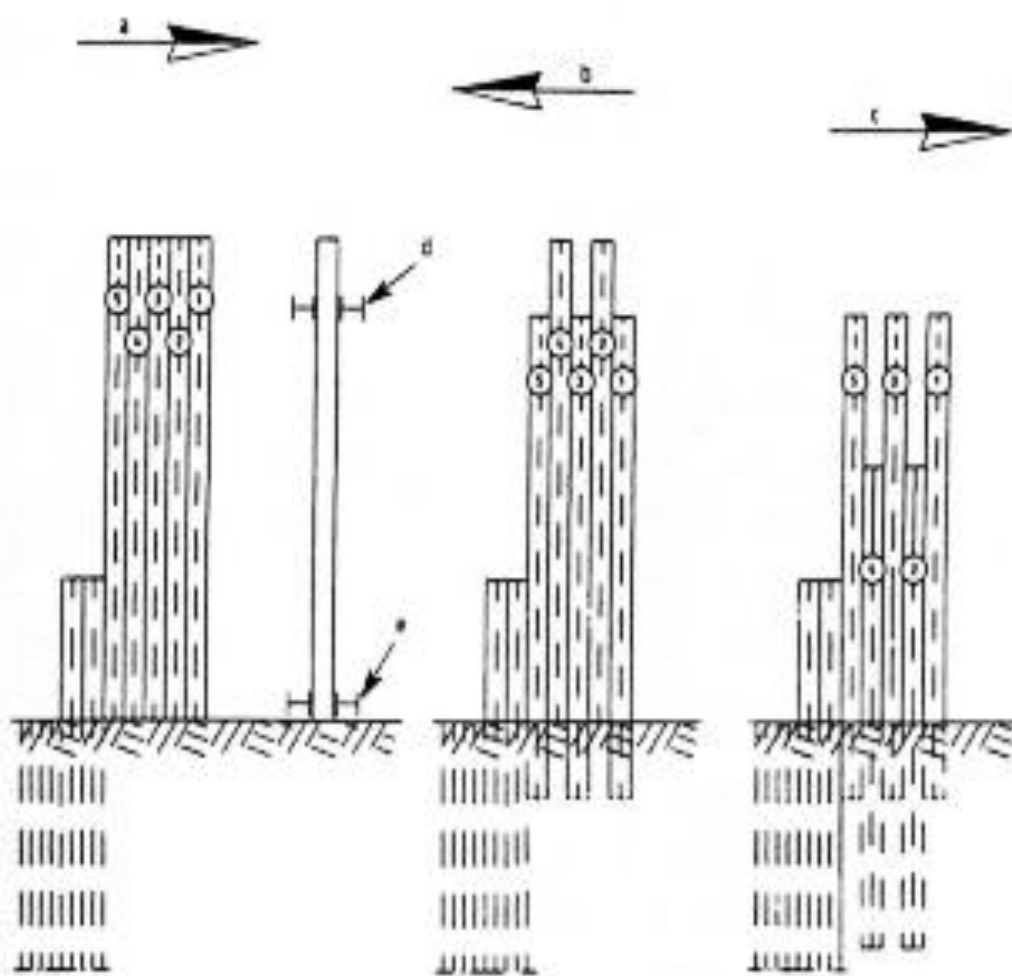
Εικόνα 2.6 (γ) – Εγκατάσταση πασσαλοσανίδων.

Στις περιπτώσεις πυκνών άμμων, συνεκτικών εδαφών και εδαφών που περιέχουν εμπόδια η τεχνική έμπηξη «ανά πασσαλοσανίδα» πιθανόν να προκαλέσει προβλήματα μεγάλων αποκλίσεων των πασσαλοσανίδων από τις απαιτούμενες θέσεις των εντός των γεωϋλικών.

Οι τεχνικές της «συνολικής διείδυσης πάνελου» και της «εναλλασσόμενης έμπηξης» επιτρέπουν τον καλύτερο έλεγχο των θέσεων των πασσαλοσανίδων κατά μήκος του υπό κατασκευή τοίχου αντιστήριξης. Επισημάνεται ότι δεν είναι απαραίτητη η έμπηξη όλων των πασσαλοσανίδων του κάθε «πάνελου» σε όλο το απαιτούμενο βάθος, καθώς εάν συναντηθούν εμπόδια, είναι δυνατόν μεμονωμένες πασσαλοσανίδες να αφήνονται ψηλά χωρίς να παρεμποδίζεται η διαδικασία εγκατάστασης των υπολοίπων. Το βασικό μειονέκτημα της τεχνικής της «συνολικής

διείσδυσης πάνελου» είναι ότι απαιτείται η ανύψωση των πασσαλοσανίδων από την επιφάνεια του εδάφους σε ύψος διπλάσιο του μήκους των.

Η τεχνική της «εναλλασσόμενης έμπηξης» είναι μια μορφή της τεχνικής της «συνολικής διείσδυσης πάνελου» της οποίας η εφαρμογή συνίσταται σε περιπτώσεις δυσμενών γεωτεχνικών συνθηκών.



Εικόνα 2.6 (δ) – Παράδειγμα εναλλασσόμενης έμπηξης.

2.7 ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ

Κατά την εξαγωγή των πασσαλοσανίδων από το έδαφος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Οι κατακόρυφες και οριζόντιες παραμορφώσεις .
- Αλλαγές στο δίκτυο ροής απογείων νερών.

Τα συνεκτικά εδάφη μπορούν να προσκολληθούν στα πλευρικά τοιχώματα των πασσαλοσανίδων κατά την αφαίρεση τους από το έδαφος, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν κενά .

Σε συνθήκες άμμων και ιλύων, οι δονήσεις που προκαλούνται σε συνδυασμό με τα εδαφικά κενά που έχουν δημιουργηθεί, μπορούν να προκαλέσουν εδαφικές μετατοπίσεις οι οποίες με την σειρά τους να προκαλέσουν βλάβες σε εγκαταστάσεις αλλά και σε κτίρια. Γι' αυτό η πλήρωση των κενών κατά την έλξη των πασσαλοσανίδων θα αντιμετωπίσει τις εδαφικές μετακινήσεις.

Επιπρόσθετα, πρέπει να δίνεται η κατάλληλη προσοχή και να τηρούνται όλοι οι κανόνες κατά την εξαγωγή των πασσαλοσανίδων ιδίως εάν πρόκειται για περιοχές που είναι κοντά σε κατασκευές όπως εργοτάξια, υπόγειοι σιδηρόδρομοι, χημικά εργοστάσια κ.τ.λ.

Τέλος, η μεταφορά αλλά συγχρόνως και η διαχείριση των πασσαλοσανίδων που πρόκειται να ξανά χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή.



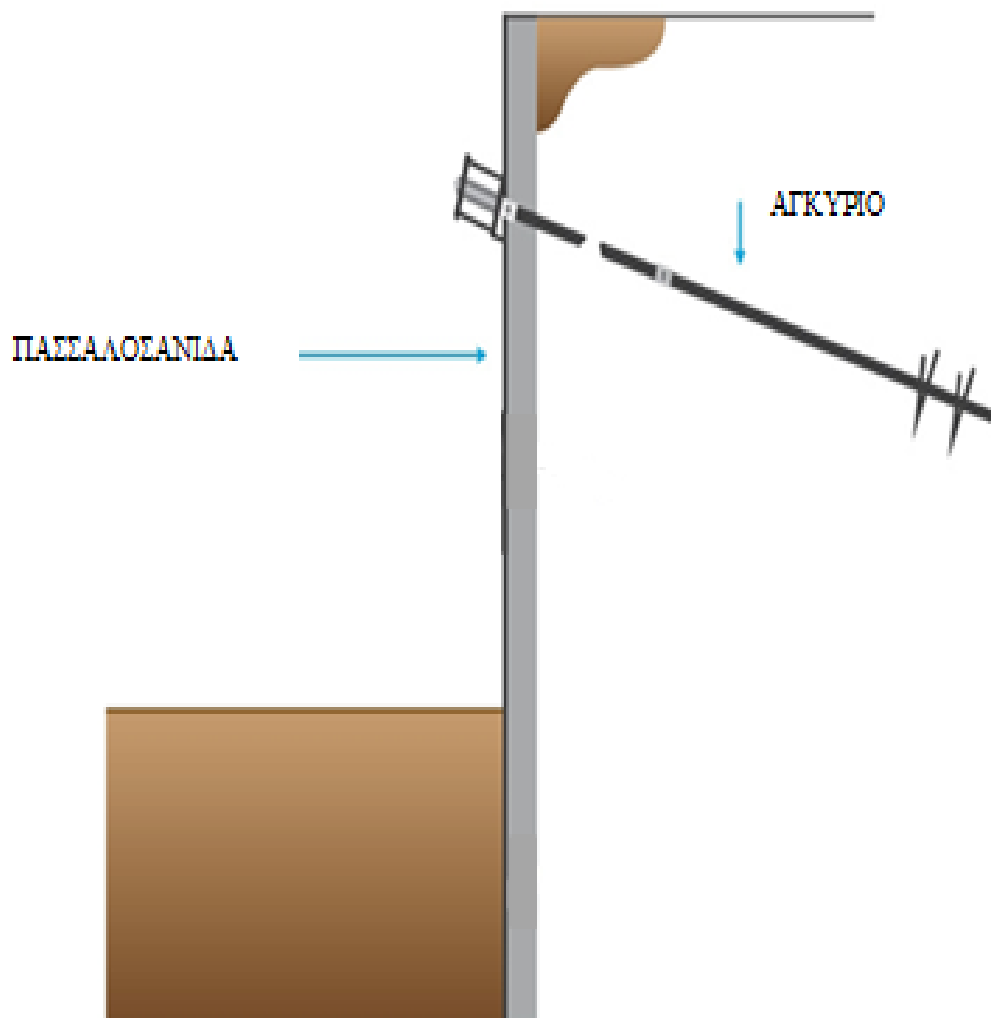
Εικόνα 2.7 – Αφαίρεση πασσαλοσανίδων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο – ΑΓΚΥΡΙΑ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Αγκύριο είναι μια κατασκευή η οποία τοποθετείται μέσα στο έδαφος, μεταβιβάζει δυνάμεις μέσα σε αυτό μέσω ενός γραμμικού στοιχείου ικανό σε εφελκυσμό και έτσι επιτυγχάνεται η εσωτερική ενίσχυση ή στήριξη του εδάφους.

Τα αγκύρια χρησιμοποιούνται σε ειδικά γεωτεχνικά έργα, όπως βαθιές εκσκαφές και αντιστηρίξεις, διευθέτηση ευστάθειας πρανών, ενίσχυση θεμελίων μεγάλων έργων, σήραγγες και άλλα ειδικά γεωτεχνικά έργα και λοιπά έργα πολιτικού μηχανικού.



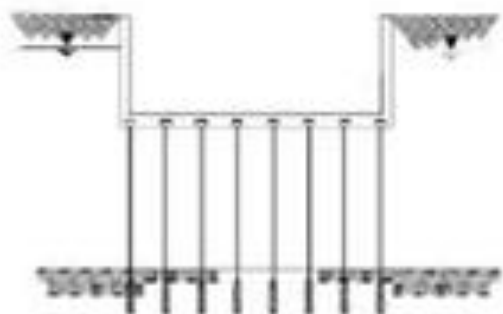
Εικόνα 3.1 – Αγκύρωση Πασσαλοσανίδας .



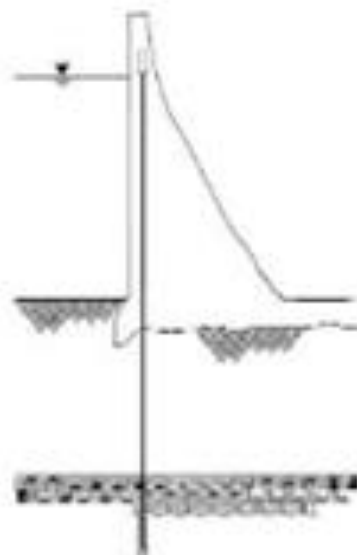
ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ



ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ



ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΝ



ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

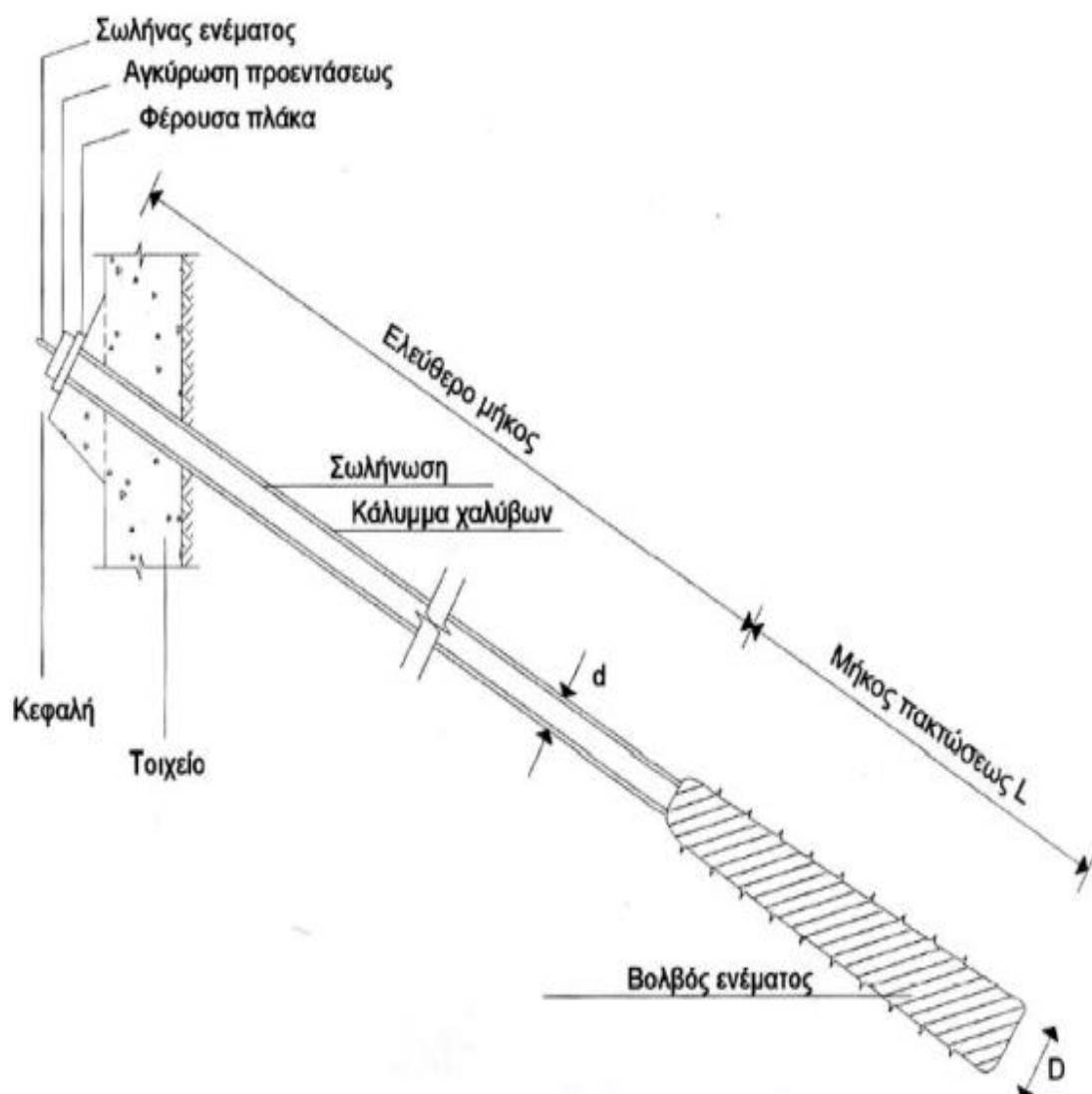


ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

3.2 ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΓΚΥΡΙΟΥ

Τα αγκύρια αποτελούνται από τρία βασικά τμήματα:

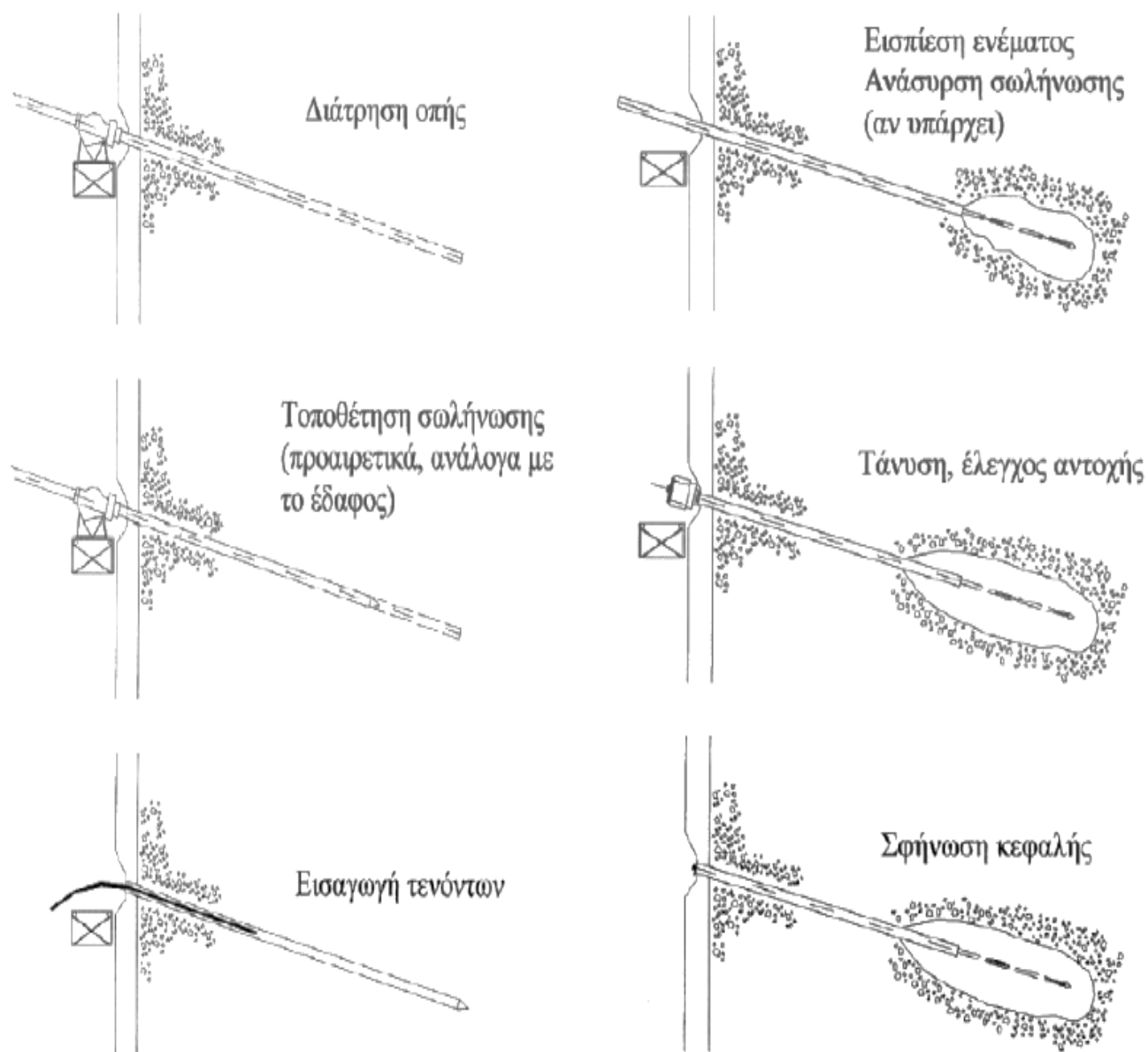
- Την κεφαλή ή αγκύρωση προέντασης, η οποία μεταφέρει το εφελκυστικό φορτίο του αγκυρίου στο αγκυρούμενο δομικό στοιχείο στην επιφάνεια του εδάφους.
- Το ελεύθερο τμήμα ή μήκος (τένοντας ή εντατήρας), παρεμβάλλεται μεταξύ της κεφαλής και του πακτωμένου τμήματος του αγκυρίου, επομένως μεταφέρει εφελκυστική δύναμη ανάμεσα σε αυτά τα δυο στοιχεία.
- Το πακτωμένο τμήμα (άκρο πίεσεως), που μεταφέρει το εφελκυστικό φορτίο του αγκυρίου στο έδαφος.



Εικόνα 3.2 – Τμήματα αγκυρίου.

3.3 ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΓΚΥΡΙΟΥ

Οι διαδοχικές φάσεις κατασκευής αγκυρίου παρουσιάζονται αναλυτικά στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3.3 –Φάσεις αγκυρίου.

3.4 ΤΥΠΟΙ ΑΓΚΥΡΙΩΝ

Υπάρχουν τέσσερις τύποι αγκυρίων, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους.

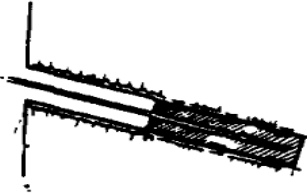


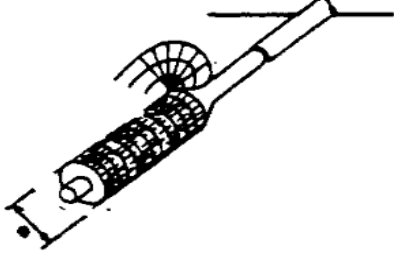
Τύπος Α: Χρησιμοποιείται σε βράχους και πολύ σκληρές αργίλους. Αυτός ο τύπος αγκυρίου είναι προτιμητέος στην Ελλάδα λόγω της φύσης των πετρωμάτων και των χαμηλών απαιτήσεων σε εξοπλισμού του συγκεκριμένου τύπου. Η εισαγωγή του ενέματος γίνεται χωρίς πίεση, από το άκρο του αγκυρίου προς την κεφαλή, με χρήση αντλίας ή απλά με τη βαρύτητα. Λόγω της φύσης των γεωυλικών αυτών το διάτρημα είναι λείο. Συνεπώς η διάμετρος του πακτωμένου τμήματος είναι ίση με τη διάμετρο του διατρήματος, εκτός αν το ένεμα εισχωρήσει στο έδαφος σε θέσεις που συναντώνται ρήγματα, έγκοιλα ή πορώδη μέσα. Η διατμητική αντοχή ενός τέτοιου αγκυρίου είναι αποτέλεσμα της πλευρικής τριβής στη διεπιφάνεια εδάφους-ενέματος. Τυπικά μεγέθη του τύπου αυτού είναι για το πακτωμένο τμήμα, μήκος 8m και διάμετρος 110mm.

Τύπος Β: Ο συγκεκριμένος τύπος αγκυρίου επιλέγεται συνήθως για μαλακούς ρωγματομένους βράχους και κοκκώδεις αλλουβιακούς σχηματισμούς. Το ένεμα εισάγεται με μικρή πίεση (μέχρι 1MPa), διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο τη διείσδυση του ενέματος στο εσωτερικό του εδάφους με αποτέλεσμα το ακανόνιστο σχήμα του πακτωμένου τμήματος και την μεγαλύτερη διάμετρο από αυτή του διατρήματος. Για το λόγο αυτό, η διατμητική του αντοχή είναι αυξημένη σε σχέση με αυτή των αγκυρίων τύπου Α. Η διατμητική αντοχή αυτού του τύπου αγκυρίου οφείλεται κατά κύριο λόγο στην πλευρική τριβή αλλά όμως και στην παθητική αντίσταση από τις παθητικές ωθήσεις του συμπιεσμένου εδάφους, που δημιουργούνται στο άνω άκρο του πακτωμένου τμήματος μόλις το αγκύριο αρχίσει να κινείται.

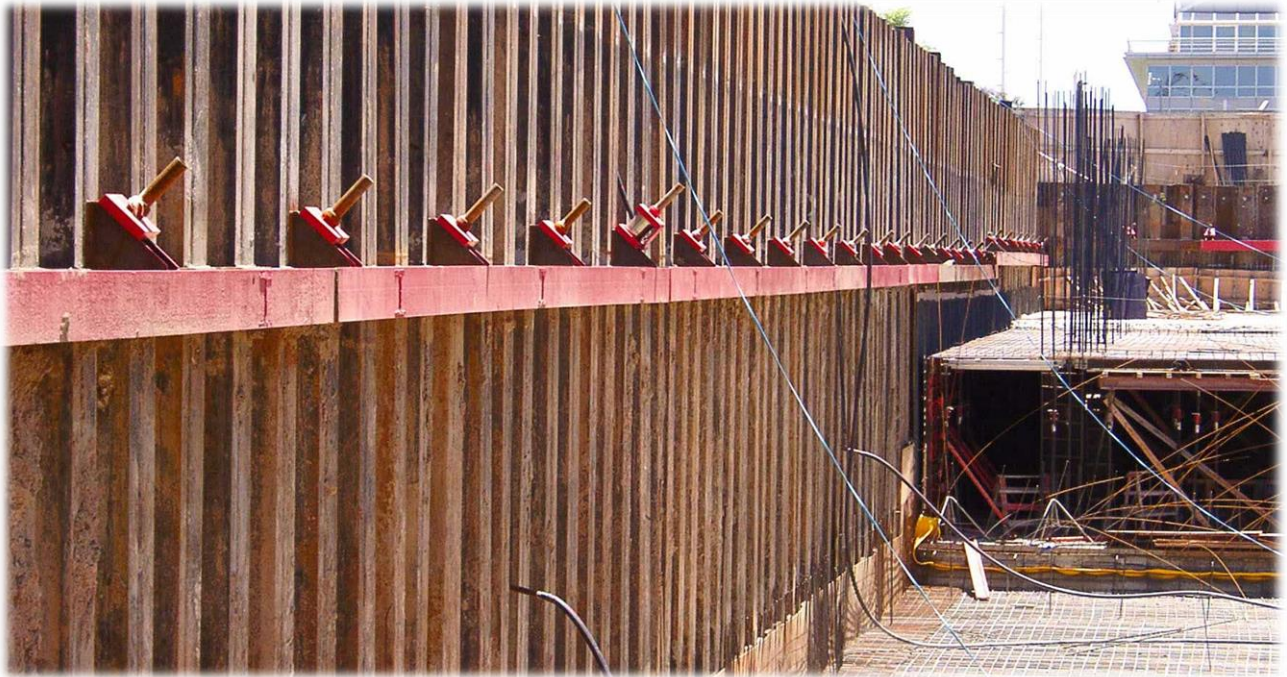
Τύπος Γ: Ο τύπος αγκυρίου ενδείκνυται για λεπτά κοκκώδη εδάφη και στιφρές εδαφικές αποθέσεις. Το ένεμα εισάγεται υπό υψηλή πίεση (>2MPa) σε μια ή δυο φάσεις, με αποτέλεσμα τη διείσδυση του ενέματος σε μεγάλη κλίμακα στο περιβάλλον έδαφος κατά ακανόνιστο τρόπο και την ενσωμάτωση σε αυτό σημαντικού όγκου εδάφους. Ο βολβός πάκτωσης παίρνει οδοντωτή μορφή με συνέπεια την αύξηση της διατμητικής αντοχής του αγκυρίου. Σε περιπτώσεις όπου η εφαρμογή υψηλών πιέσεων μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο περιβάλλον έδαφος ή σε γειτονικές κατασκευές, εφαρμόζεται η τεχνική των μετενέσεων. Σύμφωνα με αυτήν εισάγεται αρχικά ο τένοντας και στη συνέχεια το ένεμα χωρίς πίεση από το άκρο προς τα πάνω καταλαμβάνοντας το χώρο του διατρήματος και εισχωρώντας σε κάποια έγκοιλα ή ρωγμές. Μετά από ικανό χρονικό διάστημα για τη σκλήρυνση του ενέματος, επαναλαμβάνεται η εισαγωγή υπό πίεση από ειδικό σωλήνα μικρής διαμέτρου που έχει προβλεφθεί για το λόγο αυτό. Ο σωλήνας αυτός φέρει ανοίγματα που προστατεύονται από ελαστικό περίβλημα που εμποδίζει τη διείσδυση του αρχικού ενέματος και την αχρήστευση του σωλήνα. Η μετένεση γίνεται χωριστά σε κάθε θέση που φέρει ανοίγματα. Μέσα στο σωλήνα αυτό εισάγεται άλλος μικρότερος

που με βύσματα απομονώνει το τμήμα ενός ανοίγματος. Από αυτόν τον μικρότερο σωλήνα διοχετεύεται με πίεση το νέο ένεμα που πιέζει το ελαστικό περίβλημα, σπάει το αρχικό ένεμα και διαχέεται στο έδαφος. Όταν σταματήσει η τροφοδοσία του ενέματος, το ελαστικό περίβλημα υπό την επίδραση της εξωτερικής πίεσης επανέρχεται στη θέση του εμποδίζοντας την εισροή ενέματος στο σωλήνα και την πτώση της πίεσης. Στη συνέχεια τα βύσματα μεταφέρονται στην επόμενη θέση και η διαδικασία συνεχίζεται. Στον τύπο αυτό αγκυρίων η πρόσφυση ενέματος-εδάφους οφείλεται στους εξής παράγοντες: στην εσωτερική τριβή που δημιουργείται, που ενισχύεται από την ακτινική πίεση και στην εισαγωγή υπό πίεση του ενέματος η οποία δημιουργεί ανώμαλη επιφάνεια και ενισχύει την πρόσφυση μέσω μηχανικής εμπλοκής.

Τύπος Δ: Ο τύπος αυτός, χρησιμοποιείται σε στιφρά συνεκτικά εδάφη. Το πακτωμένο τμήμα κατασκευάζεται με διαδοχικές μηχανικές διευρύνσεις πριν την εισαγωγή του ενέματος υπό πίεση. Ανάμεσα στη διεύρυνση των βολβών και στην εισαγωγή του ενέματος πρέπει να παρεμβάλλεται όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα, ώστε να μην επέρχεται χαλάρωση των τοιχωμάτων της αργίλου λόγω ενυδάτωσης, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία λάσπης που μειώνει πολύ σημαντικά τα χαρακτηριστικά της τριβής στη διεπιφάνεια εδάφους ενέματος.

Τύπος	Χαρακτηριστικά	Περιοχή εφαρμογής
Α	 <p>Λείο διάτρημα Σταθερή διάμετρος Ένεμα χωρίς πίεση</p>	<p>Βραχώδη πετρώματα Συνεκτικά εδάφη</p>
Β	 <p>Ένεμα με ελαφρά πίεση ($p < 1 \text{MPa}$)</p>	<p>Αμμώδη εδάφη (Βραχώδη πετρώματα) (Συνεκτικά εδάφη)</p>
Γ	 <p>Ένεμα με ισχυρή πίεση ($p > 1 \text{MPa}$) σε μία ή δύο φάσεις</p>	<p>Αμμώδη εδάφη Συνεκτικά εδάφη (Βραχώδη πετρώματα)</p>
Δ	 <p>Διάτρημα με διαδοχικές διευρύνσεις</p>	<p>Συνεκτικά εδάφη (Μάργες, μαλακοί βράχοι)</p>

Εικόνα 3.4 (α) – Τύποι αγκυρίου.



Εικόνα 3.4 (β) –Αγκυρωμένος πασσαλότοιχος.



Εικόνα 3.4 (γ) –Αγκυρωμένος πασσαλότοιχος.



Εικόνα 3.4 (δ) –Αγκυρωμένος πασσαλότοιχος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΩΘΗΣΗ ΓΑΙΩΝ

4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

(Dunn et al., 1980, Budhu, 1999):

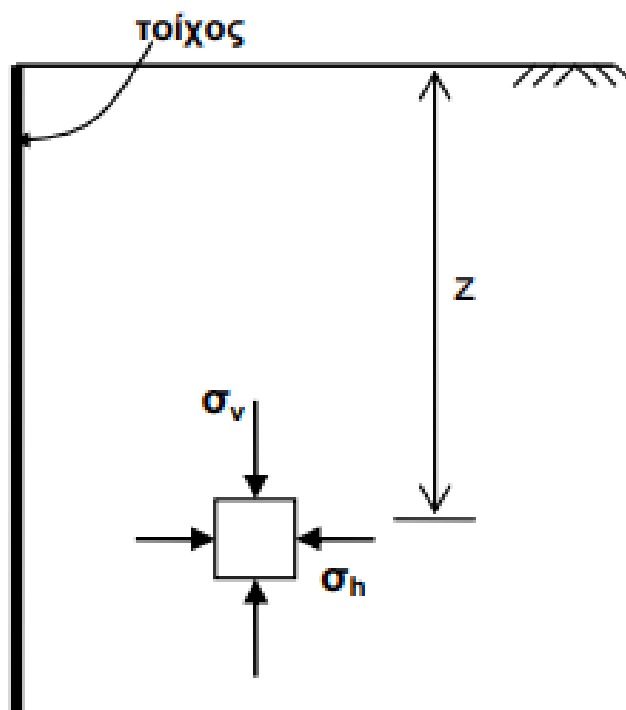
Ωθήσεις ονομάζονται οι (πλευρικές) πιέσεις που ασκεί το έδαφος υπό την επίδραση του βάρους του (και ενδεχόμενης εξωτερικής φόρτισης του) στην επιφάνεια ενός τεχνικού έργου και ειδικότερα σε τοίχους αντιστήριξης.

4.2 ΩΘΗΣΕΙΣ ΓΑΙΩΝ

Οι τιμές των ωθήσεων που ασκούνται από το έδαφος στην οριακή επιφάνεια, όπου κατασκευάζεται συνήθως ένα τεχνικό έργο (τοίχος αντιστήριξης , διαφράγματα πασσαλοσανίδων, βάθρα γεφυρών), εξαρτώνται από τον τρόπο που μπορεί να παραμορφωθεί το τεχνικό έργο σε σχέση με το έδαφος.

Το έδαφος αποτελείται από τρεις καταστάσεις της ύλης:

- Υγρή
- Στερεή
- Αέρια



Σχήμα 4.2 (α)- Ωθήσεις γαιών

Το πρώτο βήμα για την ανάλυση μιας κατασκευής αντιστήριξης είναι ο προσδιορισμός των ωθήσεων των γαιών που ασκούνται πάνω σ'αυτές.

Όσο ο τοίχος παραμένει ακίνητος και απαραμόρφωτος ισχύει η γεωστατική κατάσταση τάσεων:

$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$, όπου K_0 ο συντελεστής πλευρικής τάσης σε ισοροπία.

Οι πλευρικές πιέσεις του εδάφους στις κατασκευές αντιστήριξης εκφράζονται με την έννοια του συντελεστή τάσης-ώθησης K , ο οποίος ορίζεται ως λόγος της οριζόντιας τάσης σ_h , προς την κατακόρυφη τάση σ_v .

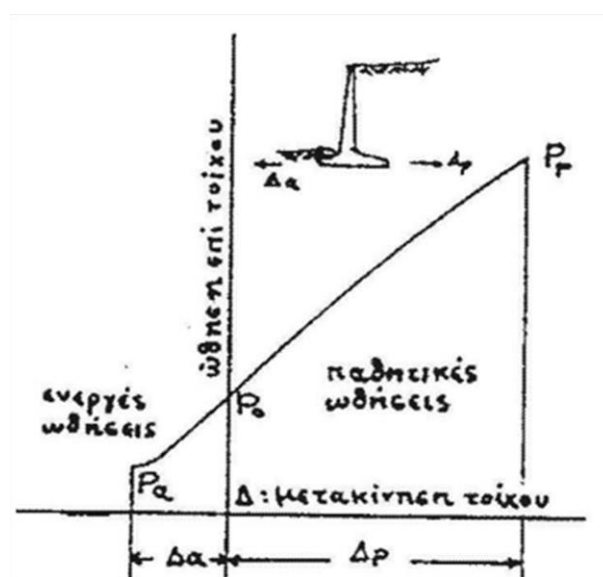
- Συντελεστής ενεργητικής τάσης-ώθησης K_a .
- Συντελεστής ενεργητικής τάσης-ώθησης K_p .
- Συντελεστής τάσης-ώθησης σε ηρεμία K_0 .

Διακρίνουμε τριών ειδών ωθήσεις γαιών:

- Ενεργός ώθηση (P_a): Διόγκωση του εδάφους
- Παθητική ώθηση (P_p): Συμπύεση του εδάφους.
- Ώθηση σε ηρεμία ή ουδέτερη ώθηση (P_0): Δεν υπάρχουν πλευρικές πιέσεις

Η Παθητική ώθηση είναι μεγαλύτερη από την ενεργό, ενώ από την άλλη μεριά η ώθηση σε ηρεμία είναι λίγο μεγαλύτερη της μέγιστης της ενεργούς.

Στην περίπτωση που ο τοίχος τείνει να μετακινηθεί κάτω από την πίεση του εδάφους η γεωστατική κατάσταση τάσεων παύει να ισχύει. Μια θεωρία που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ωθήσεων των γαιών είναι η θεωρία Rankine.



Σχήμα 4.2 (β)- Ώθήσεις γαιών

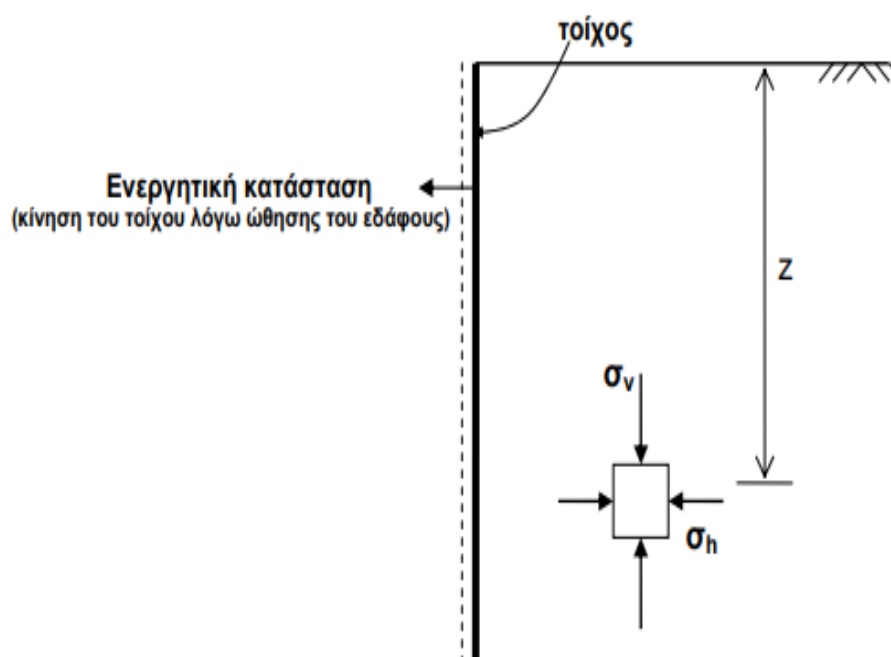


Σχήμα 4.2 (γ)- Είδη ωθήσεων γαιών

4.3 ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΤΑ RANKINE

Η θεωρία κατά Rankine ισχύει και εφαρμόζεται με την προϋπόθεση να μην υπάρχουν τριβές μεταξύ του τοίχου αντιστήριξης και του εδάφους, δηλαδή ο τοίχος να είναι λείος. Ακόμη, η κάθετη τάση που εφαρμόζεται στον τοίχο αντιστήριξης, αντιστοιχεί, υπογένοσ, σε κύρια τάση. Εάν ο τοίχος αντιστήριξης είναι κατακόρυφος και η επιφάνεια του εδάφους οριζόντια, τότε οι κατακόρυφες και οριζόντιες τάσεις που ασκούνται εντός της αντιστηριζόμενης εδαφόμαζας, αντιστοιχούν σε κύριες τάσεις.

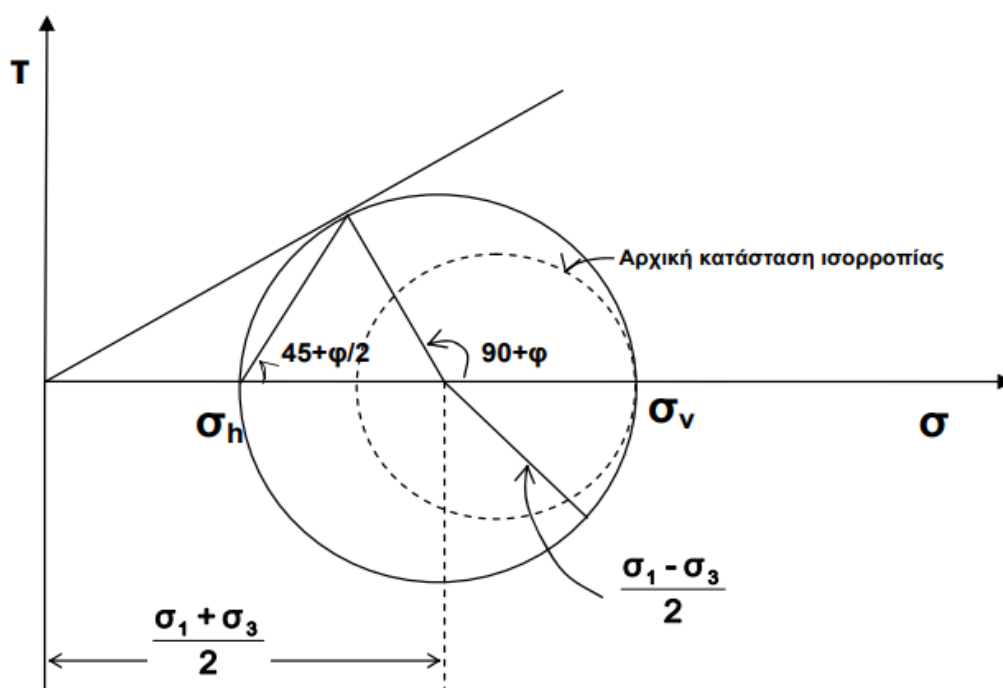
Ενεργητική κατάσταση



Αν ο τοίχος μετακινηθεί προς τα έξω το έδαφος χάνει την πλευρική του στήριξη. Μειώνεται τότε η πλευρική τάση σ_h ενώ διατηρείται σταθερή η κατακόρυφη σ_v (κύκλος α). Η διάμετρος του κύκλου Mohr, που ισούται με $\sigma_v - \sigma_h$, μεγαλώνει και τελικά ακουμπάει στην περιβάλλουσα Mohr - Coulomb οπότε επικρατούν συνθήκες αστοχίας. Η οριακή αυτή κατάσταση που δημιουργείται με την κίνηση του τοίχου προς τα έξω λέγεται **ενεργητική κατάσταση**. Οι οριακές οριζόντιες τάσεις σ_{ha} που ισχύουν στην κατάσταση αυτή λέγονται ενεργητικές τάσεις. Ο υποδείκτης a υποδηλώνει την οριακή κατάσταση αστοχίας. Ο συντελεστής πλευρικής τάσης σε ισορροπία K_0 δεν ισχύει πλέον και ο νέος συντελεστής που συνδέει την κατακόρυφη σ_v με την οριζόντια σ_{ha} ονομάζεται συντελεστής ενεργητικής τάσης K_a και ισούται:

$$K_a = \frac{\sigma_{ha}}{\sigma_v}$$

A) Μη συνεκτικά εδάφη

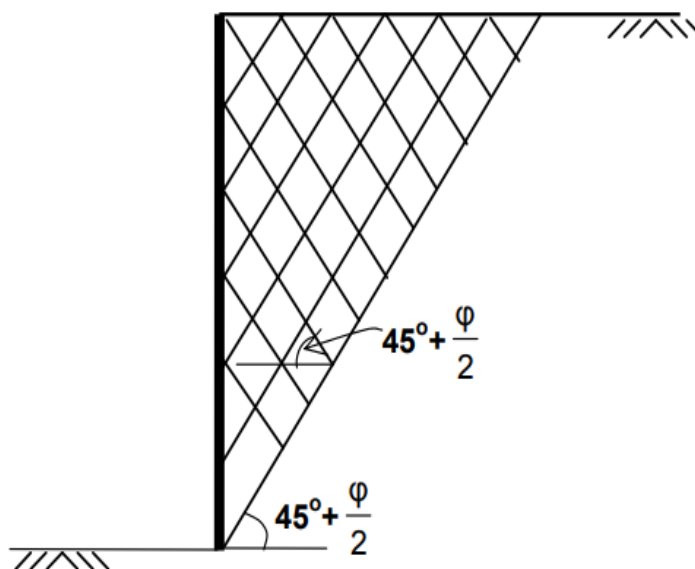


Από τον κύκλο του Mohr που αντιστοιχεί στην κατάσταση αστοχίας:

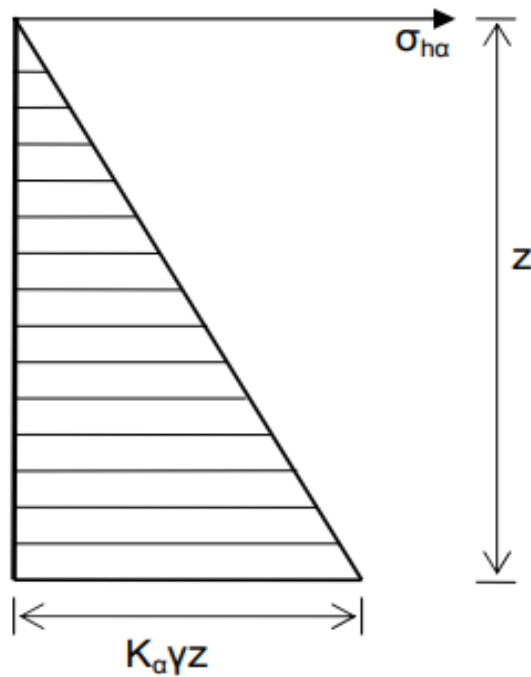
$$\sin \varphi = \frac{KA}{OA} = \frac{(\sigma_v - \sigma_h)/2}{\sigma_v - (\sigma_v - \sigma_h)/2} = \frac{\sigma_v - \sigma_{ha}}{\sigma_v + \sigma_{ha}} \rightarrow \frac{\sigma_{ha}}{\sigma_{va}} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

$$\text{Συντελεστής ενεργητικής τάσης } K_a = \frac{\sigma_{ha}}{\sigma_{va}} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Τα επίπεδα ολίσθησης επομένως θα έχουν προσανατολισμό $45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ ως προς την οριζόντια. Άρα τα πιθανά επίπεδα ολίσθησης μέσα στην εδαφική μάζα θα είναι:



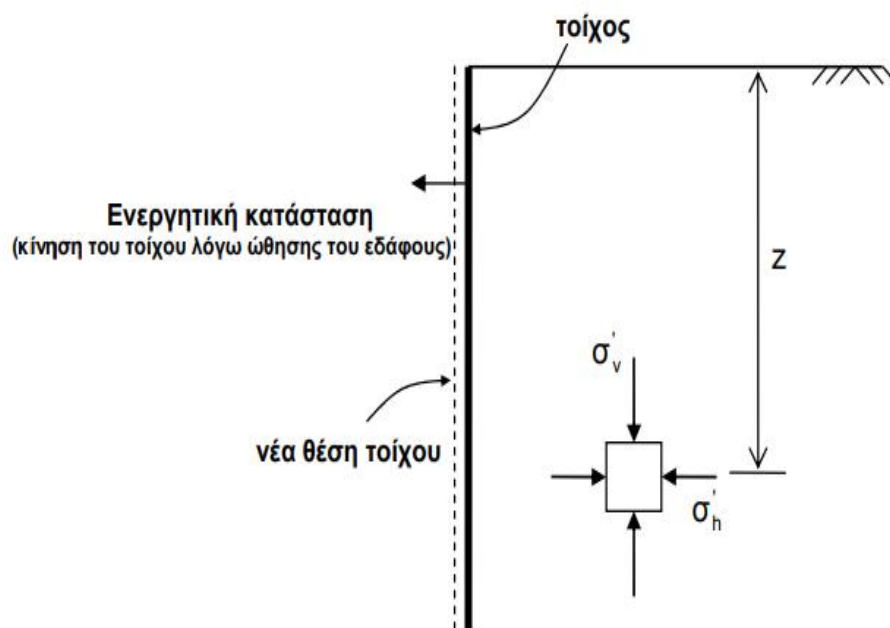
Η γραφική παράσταση της πλευρικής τάσης σ_{ha} συναρτήσει του βάθους:



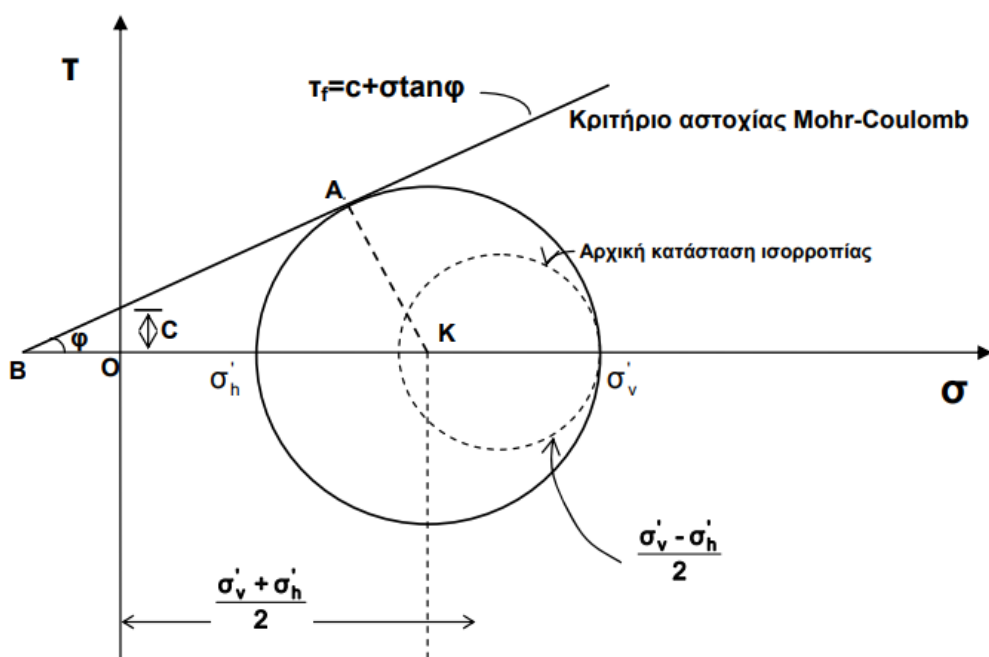
B) Συνεκτικά εδάφη

Στην περίπτωση που συνεκτικό έδαφος ασκεί ενεργητικές ωθήσεις ισχύουν ανάλογες συνθήκες με αυτές του μη συνεκτικού. Σε κατάσταση ισορροπίας, για τις ενεργές τάσεις ισχύει:

$$K_o = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v}$$



Κατά την κίνηση του τοίχου προς τα έξω μικραίνει η πλευρική τάση έως ότου προκύψει οριακή κατάσταση αστοχίας:



Από τον κύκλο Mohr που αντιστοιχεί σε κατάσταση αστοχίας

$$\sin \varphi = \frac{AK}{BK} = \frac{AK}{OB + OK}$$

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$AK = \frac{\sigma'_v - \sigma'_h}{2}, \quad BO = \frac{c}{\tan \varphi}, \quad OK = \frac{\sigma'_v + \sigma'_h}{2}$$

$$\sin \varphi = \frac{\frac{\sigma'_v - \sigma'_h}{2}}{\frac{c}{\tan \varphi} + \frac{\sigma'_v + \sigma'_h}{2}} \quad \text{και} \quad c \cos \varphi + \frac{\sigma'_v + \sigma'_h}{2} \sin \varphi = \frac{\sigma'_v - \sigma'_h}{2} \rightarrow$$

$$\sigma'_h = \sigma'_v \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} - 2c \frac{\cos \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad (1)$$

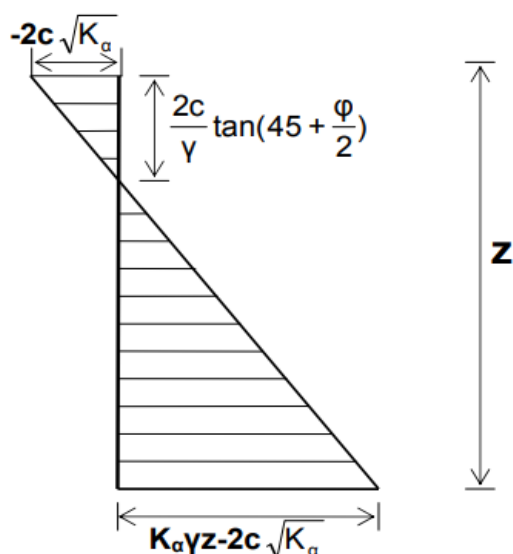
Αλλά $\sigma'_v = \gamma z$ (2) και ισχύουν οι τριγωνομετρικές σχέσεις:

$$\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad \text{και} \quad \frac{\cos \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Αντικαθιστώντας στην σχέση (1) την σχέση (2) προκύπτει:

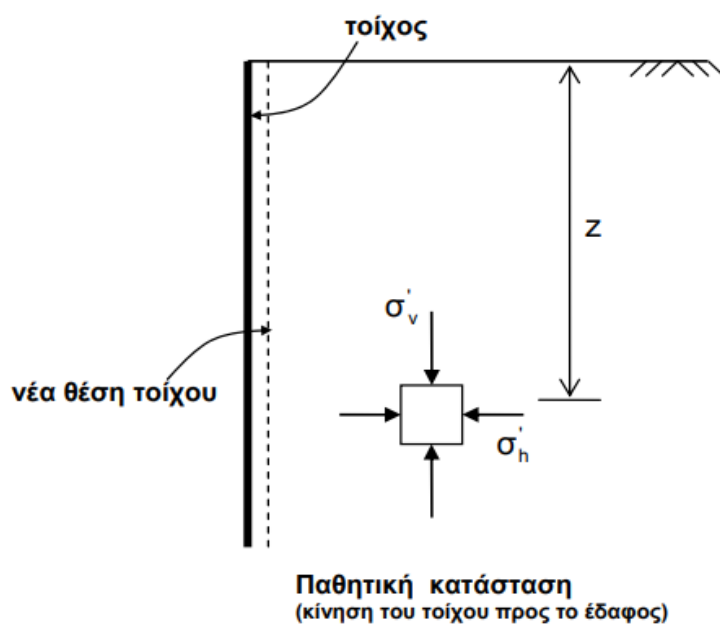
$$\sigma'_h = \gamma z \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) - 2c \tan \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Η μεταβολή της σ'_h συναρτήσει του βάθους φαίνεται πιο κάτω:



Παθητική κατάσταση

Αν ο τοίχος εξαναγκαστεί σε κίνηση προς το εσωτερικό του εδάφους θα του ασκήσει πλευρική οριζόντια τάση μεγαλύτερη από αυτή που ήδη δέχεται.



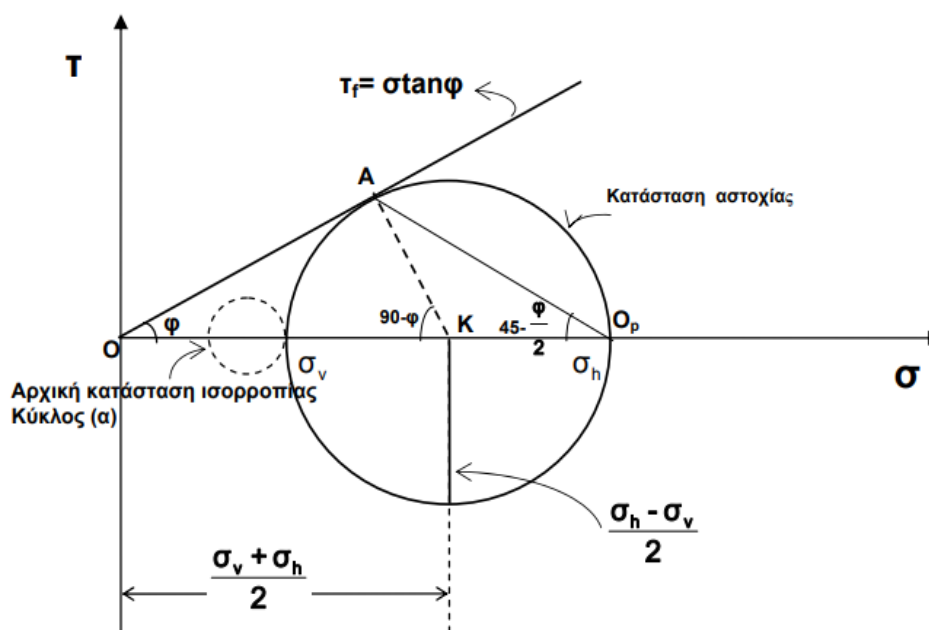
Έτσι, η σ_h θα μεγαλώσει μέχρις ότου επικρατήσουν τελικά συνθήκες αστοχίας. Η οριακή αυτή κατάσταση που δημιουργείται με την κίνηση του τοίχου προς τα μέσα λέγεται **παθητική κατάσταση**. Οι οριακές οριζόντιες τάσεις σ_{hp} που ισχύουν στην κατάσταση αυτή λέγονται παθητικές τάσεις και συνδέονται με τις κατακόρυφες σ_v με τη σχέση:

$$K_p = \frac{\sigma_{hp}}{\sigma_v}$$

Ο συντελεστής K_p ονομάζεται συντελεστής παθητικής τάσης σε ισορροπία και προκύπτει με τρόπο ανάλογο με αυτόν του K_a δηλαδή από γεωμετρικές σχέσεις του κύκλου Mohr σε κατάσταση αστοχίας.

A) Μη συνεκτικά εδάφη

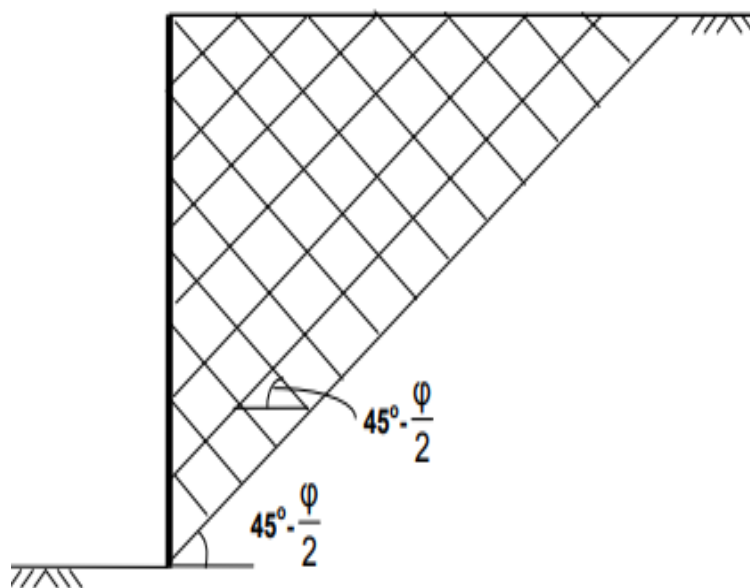
Σε κατάσταση ισορροπίας οι γεωστατικές τάσεις σ_v και σ_h εκφράζονται από τον κύκλο Mohr (α) του σχήματος. Με τη μετακίνηση του τοίχου προς το έδαφος η σ_h θα μεγαλώσει, θα ξεπεράσει την τιμή της σ_v , η διάμετρος του κύκλου του Mohr θα μεγαλώσει μέχρι τελικά ο κύκλος να ακουμπήσει στην περιβάλλουσα οπότε θα επικρατήσουν συνθήκες αστοχίας.



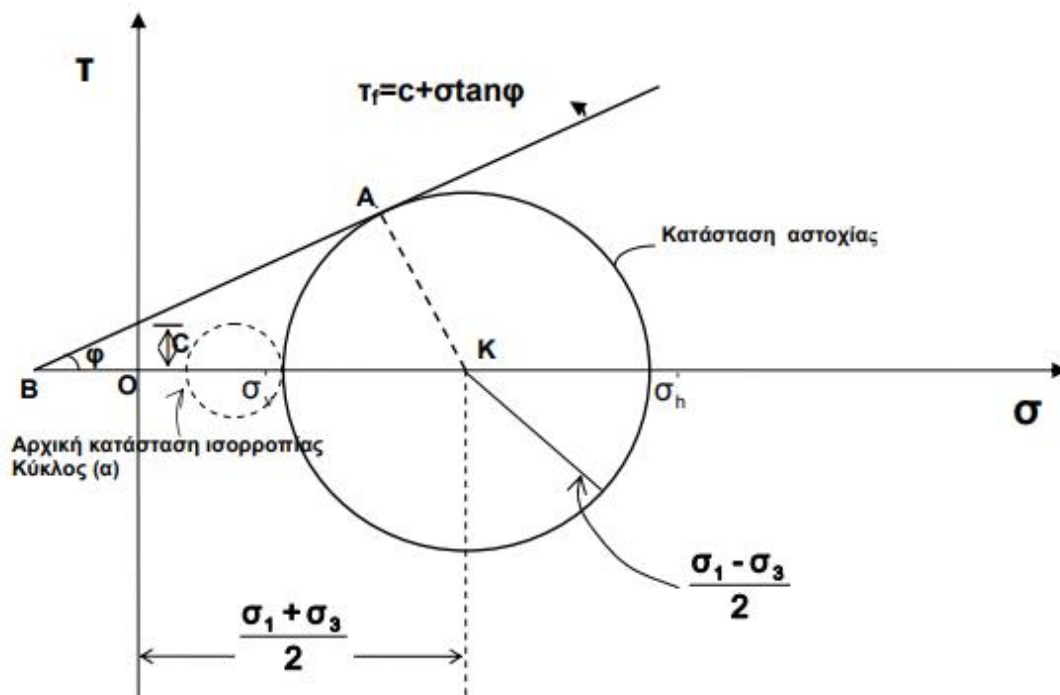
Από γεωμετρικές σχέσεις του κύκλου αστοχίας προκύπτει:

$$\sin \varphi = \frac{KA}{OA} = \frac{(\sigma_h - \sigma_v)/2}{\sigma_h - (\sigma_h - \sigma_v)/2} = \frac{(\sigma_{ha} - \sigma_v)}{(\sigma_v + \sigma_{ha})} \rightarrow Kp = \frac{\sigma_{ha}}{\sigma_{va}} = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1}{Ka}$$

Τα επίπεδα αστοχίας θα σχηματίζουν γωνία $45^\circ - \frac{\varphi}{2}$ με την οριζόντια:



Β) Συνεκτικά εδάφη

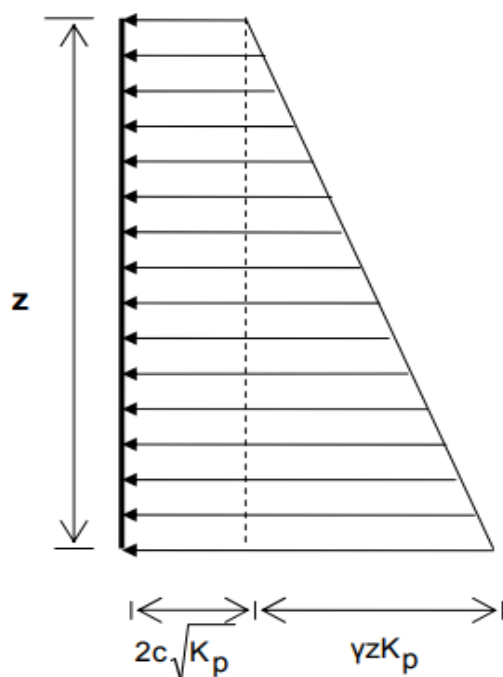


Με τρόπο ανάλογο με αυτόν της ενεργητικής κατάστασης για τα συνεκτικά εδάφη προκύπτει:

$$\sigma'_h = \gamma z \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad \text{ή}$$

$$\sigma'_h = \gamma z K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad \text{όπου } K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Η μεταβολή της σ'_h συναρτήσει του βάθους φαίνεται πιο κάτω:



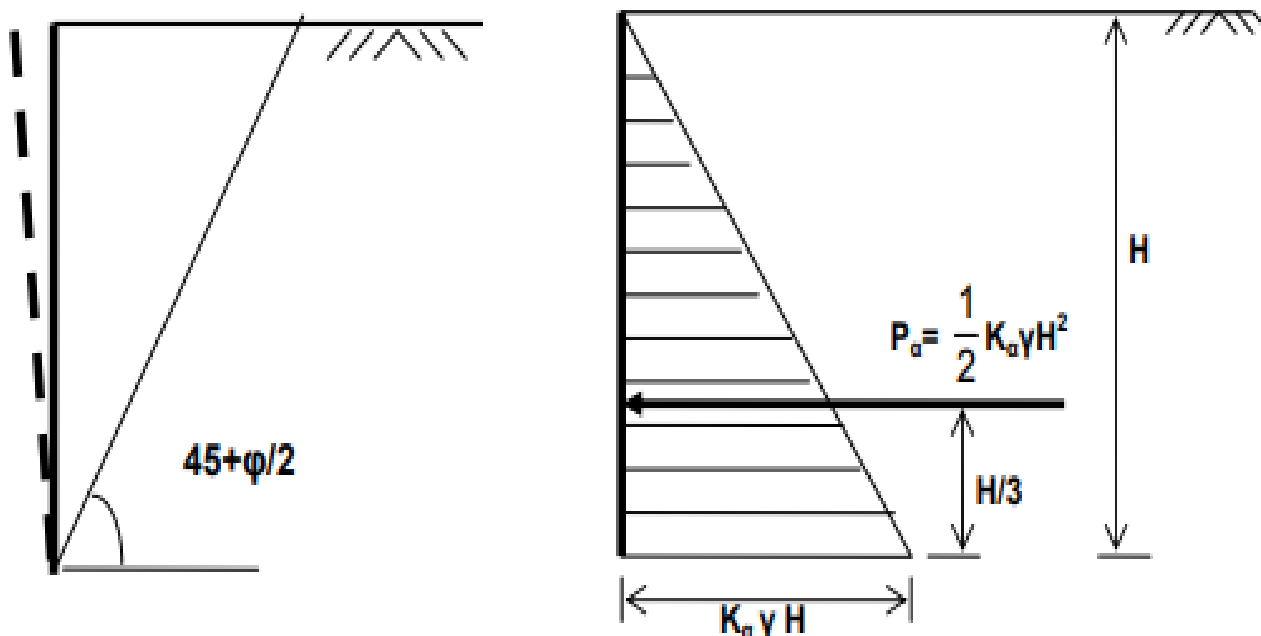
4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΛΕΥΡΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΤΩΝ ΓΑΙΩΝ ΠΑΝΩ ΣΤΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΤΑ RANKINE

Με τις παραδοχές: λείου, κατακόρυφου τοίχου και οριζόντιας επιφάνειας εδάφους πίσω απ' αυτόν υπολογίζονται οι ενεργητικές και παθητικές ωθήσεις δηλαδή οι ωθήσεις του εδάφους πάνω στον τοίχο και η αντίδραση του εδάφους μπροστά από τον τοίχο όταν αυτός το πιέζει.

A) Μη συνεκτικά εδάφη με οριζόντια επιφάνεια

Ενεργητική κατάσταση

Όπως προαναφέρθηκε είναι η κατάσταση που δημιουργείται από πλευράς τάσεων όταν ο τοίχος έχει ελευθερία κίνησης και ωθείται από το έδαφος :



Το πρίσμα που βρίσκεται πίσω από τον τοίχο και ορίζεται από το επίπεδο ολίσθησης (αστοχίας) ασκεί ενεργητικές τάσεις πάνω στον τοίχο:

$$\sigma_h = K_a \sigma_v = K_a \gamma z$$

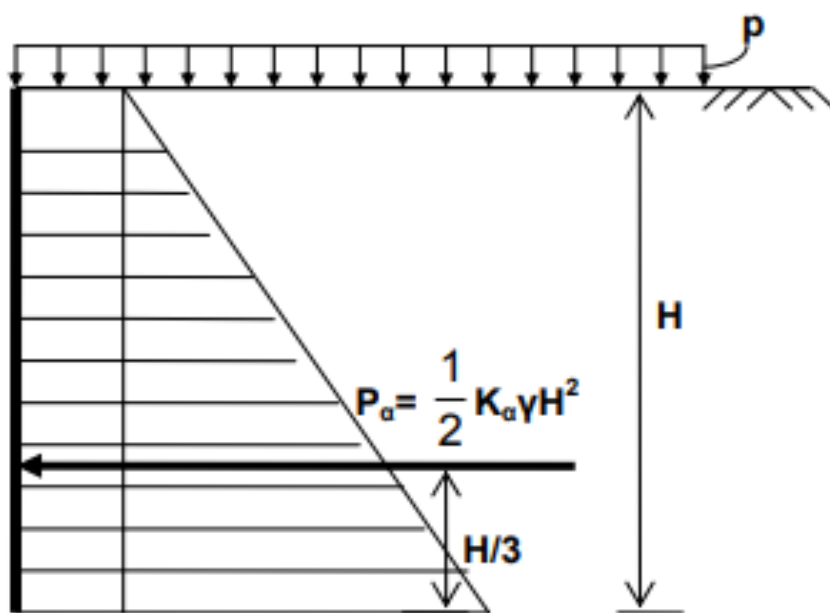
Η τιμή της P_a υπολογίζεται από το εμβαδόν του διαγράμματος των πλευρικών τάσεων:

$$P_a = \int_0^H K_a \gamma dz = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

Όπου:

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Αν στην επιφάνεια του εδάφους ασκείται ομοιόμορφο φορτίο :



$$\sigma_v = p + \gamma z$$

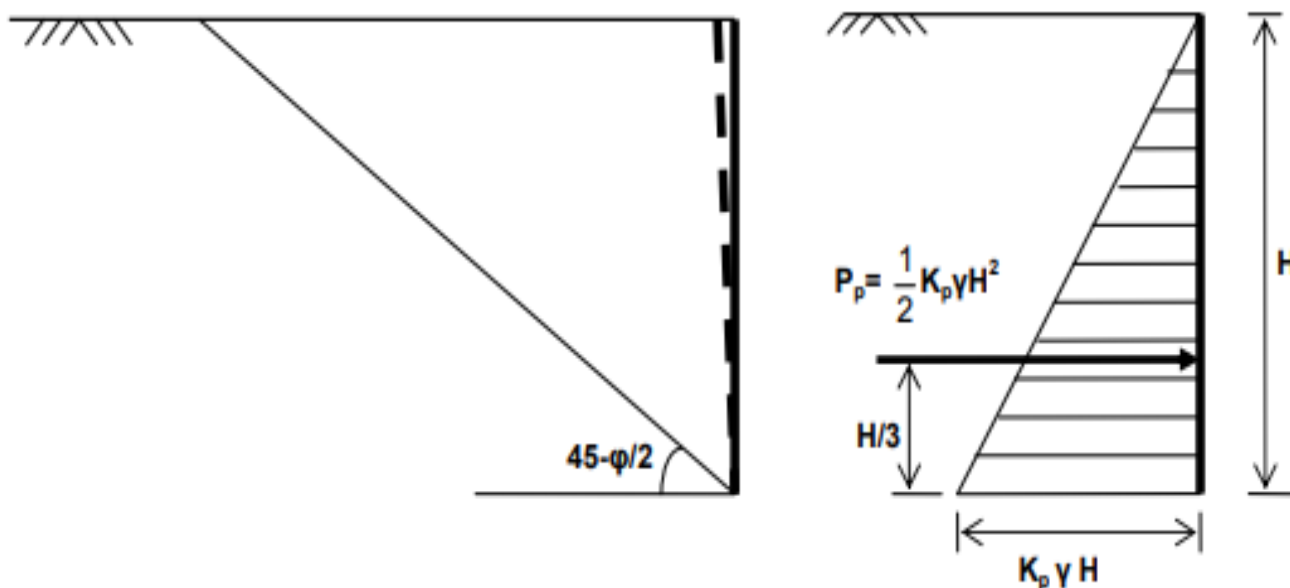
$$\sigma_h = K_a(p + \gamma z)$$

$$P_a = K_a p H + \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

Παθητική κατάσταση

Είναι η κατάσταση που δημιουργείται από πλευράς τάσεων όταν ο τοίχος έχει ελευθερία κίνησης και ωθεί το έδαφος :

Το πρίσμα που βρίσκεται πίσω από τον τοίχο και ορίζεται από το επίπεδο ολίσθησης (αστοχίας) ασκεί παθητικές τάσεις πάνω στον τοίχο:



$$\sigma_h = K_p \sigma_v = K_p \gamma z \rightarrow P_p = \int_0^H K_p \gamma dz = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2$$

Όπου:

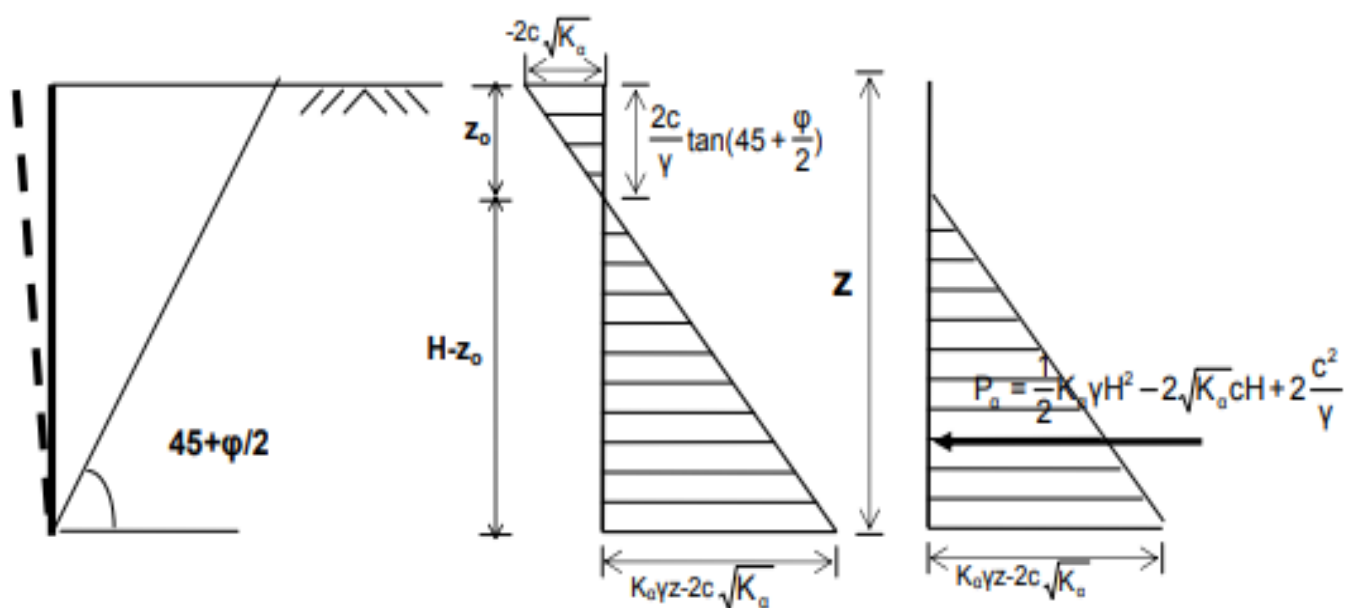
$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Β) Συνεκτικά εδάφη με οριζόντια επιφάνεια

Ενεργητική κατάσταση

Οι ενεργητικές ωθήσεις πάνω στον τοίχο δίνονται από τη σχέση:

$$\sigma'_h = \gamma z K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad \text{όπου:} \quad K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$



Παρατηρούμε ότι εμφανίζονται εφελκυστικές τάσεις μέχρι βάθος z_0 οποίο προσδιορίζεται ως εξής:

$$\sigma'_h = 0 \rightarrow K_a \gamma z - 2c\sqrt{K_a} \rightarrow z_0 = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

ή για αστράγγιστες συνθήκες ($\varphi=0$):

$$z_0 = \frac{2c_u}{\gamma}$$

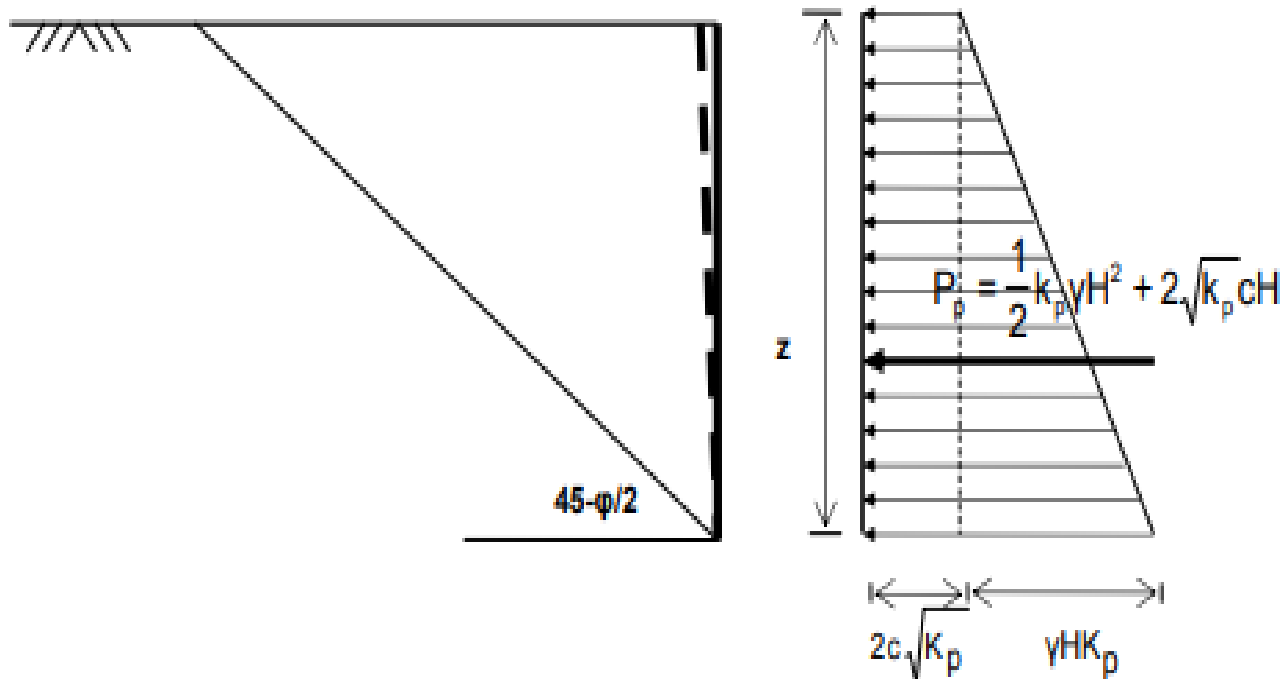
Οι εφελκυστικές αυτές τάσεις έχουν σαν συνέπεια την εμφάνιση ρωγμών ανάμεσα στον τοίχο και το έδαφος μέχρι βάθους z_0 . Η ενεργητική ώθηση υπολογίζεται από το εμβαδόν του διαγράμματος της πλευρικής τάσης. Για τον υπολογισμό της δεν λαμβάνεται υπόψη το εφελκυστικό τρίγωνο:

$$P_a = \frac{1}{2} (K_a \gamma H - 2c\sqrt{K_a}) \cdot \left(H - \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} \right) = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 - 2\sqrt{K_a} c H + 2 \frac{c^2}{\gamma}$$

Παθητική κατάσταση

Οι παθητικές ωθήσεις δίνονται από τη σχέση:

$$\sigma'_h = \gamma z \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$



Η παθητική δύναμη που ασκείται πάνω στον τοίχο προκύπτει από το εμβαδόν του διαγράμματος των τάσεων:

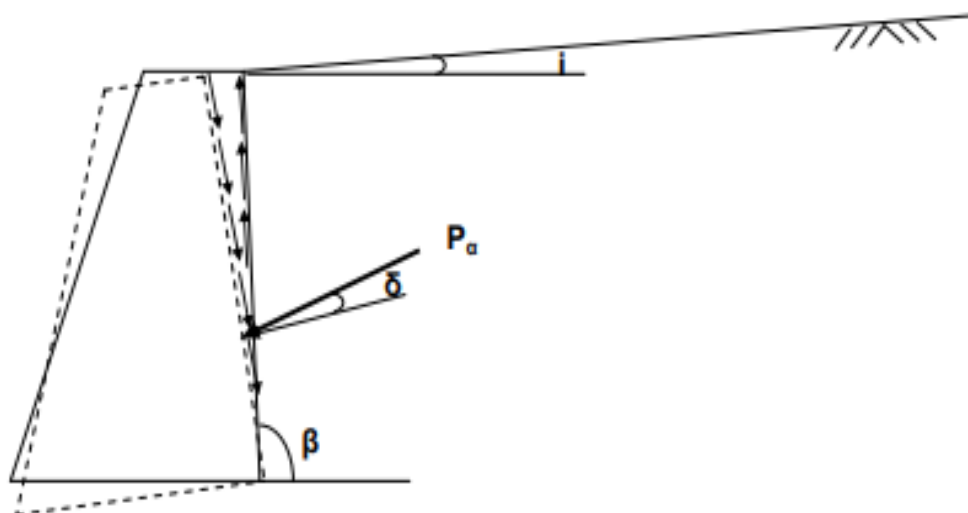
$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2 + 2\sqrt{K_p} c H \quad \text{όπου:} \quad K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Για αστράγγιστες συνθήκες (συνθήκη $\varphi=0$):

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 + 2c_u H$$

4.5 ΩΘΗΣΕΙΣ ΓΑΙΩΝ ΣΕ ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

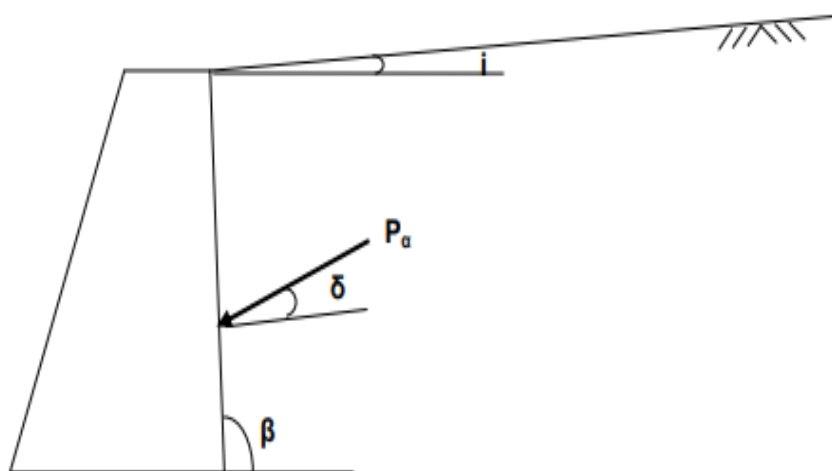
Στην γενική περίπτωση ο τοίχος δεν είναι λείος. Στην πραγματικότητα οι τοίχοι αντιστήριξης έχουν ανώμαλη κατακόρυφη επιφάνεια με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται δυνάμεις τριβής μεταξύ τοίχου και εδάφους όταν ο τελευταίος τείνει να μετακινηθεί προς τα έξω:



Στην περίπτωση αυτή δεν ισχύουν οι συνθήκες Rankine.

4.6 ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΤΑ COULOMB

Σε περιπτώσεις που δεν ικανοποιούνται οι συνθήκες Rankine (όχι οριζόντια επιφάνεια αντιστηριζόμενου εδάφους), ο υπολογισμός των ωθήσεων μπορεί να γίνει με την μέθοδο Coulomb, η οποία δεν είναι απόλυτα ακριβής, δίνει όμως υπό προϋποθέσεις, παραδεκτές τιμές (ελαφρά συντηρητικές).



$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a, \text{ όπου } K_a = \left(\frac{\csc \beta \sin(\beta - \varphi)}{\sqrt{\sin(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - i)}{\sin(\beta - i)}}} \right)^2 \text{ και } \csc \beta = 1/\sin \beta$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

Εξακολουθεί να ισχύει: $K_p = \frac{1}{K_a}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΙ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ Η/Υ

5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΟΥΣ ΕΜΠΗΞΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΚΑΙ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MICROSOFT EXCEL

Για την παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Microsoft Excel.

Για την επίλυση της άσκησης θεωρήθηκαν συνθήκες Rankine, δηλαδή ο τοίχος είναι λείος (δεν υπάρχουν τριβές μεταξύ τοίχου και εδάφους) καθώς και οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση της άσκησης αναγράφονται παρακάτω.

ΤΥΠΟΙ

$$K_a = \frac{1-\sin \alpha}{1+\sin \alpha} , \quad K_p = \frac{1+\sin \alpha}{1-\sin \alpha} , \quad F = \frac{M\varepsilon}{Ma}$$

Πίνακας 5.1

ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ	ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ
<p>ΕΝΕΡΓΟΣ ΩΘΗΣΗ : $\sigma_{A,C} = \gamma H K_a$</p> <p>ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ: $\sigma_{P,C} = \gamma d_1 K_p$</p> <p>ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΟΣ ΩΘΗΣΗ:</p> $P_a = \frac{1}{2} \gamma K_a H^2$ <p>ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ:</p> $P_p = \frac{1}{2} \gamma K_p d_1^2$ <p>ΡΟΠΕΣ:</p> $M_a = P_a \left(\frac{H}{3} \right) , \quad M\varepsilon = P_p \left(\frac{d_1}{3} \right)$	<p>ΕΝΕΡΓΟΣ ΩΘΗΣΗ : $\sigma_{A,C} = \gamma H K_a$</p> <p>ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗΣΗ: $\sigma_{P,C} = \gamma d_2 K_p$</p> <p>ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΟΣ ΩΘΗΣΗ:</p> $P_a = \frac{1}{2} \gamma K_a H^2$ <p>ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ:</p> $P_p = \frac{1}{2} \gamma K_p d_2^2$ <p>ΡΟΠΕΣ:</p> $M_a = P_a \left[\frac{2}{3} (H) - S \right],$ $M\varepsilon = P_p \left[\left(d + \frac{2}{3} d_2 \right) - S \right]$

5.1.1 ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ

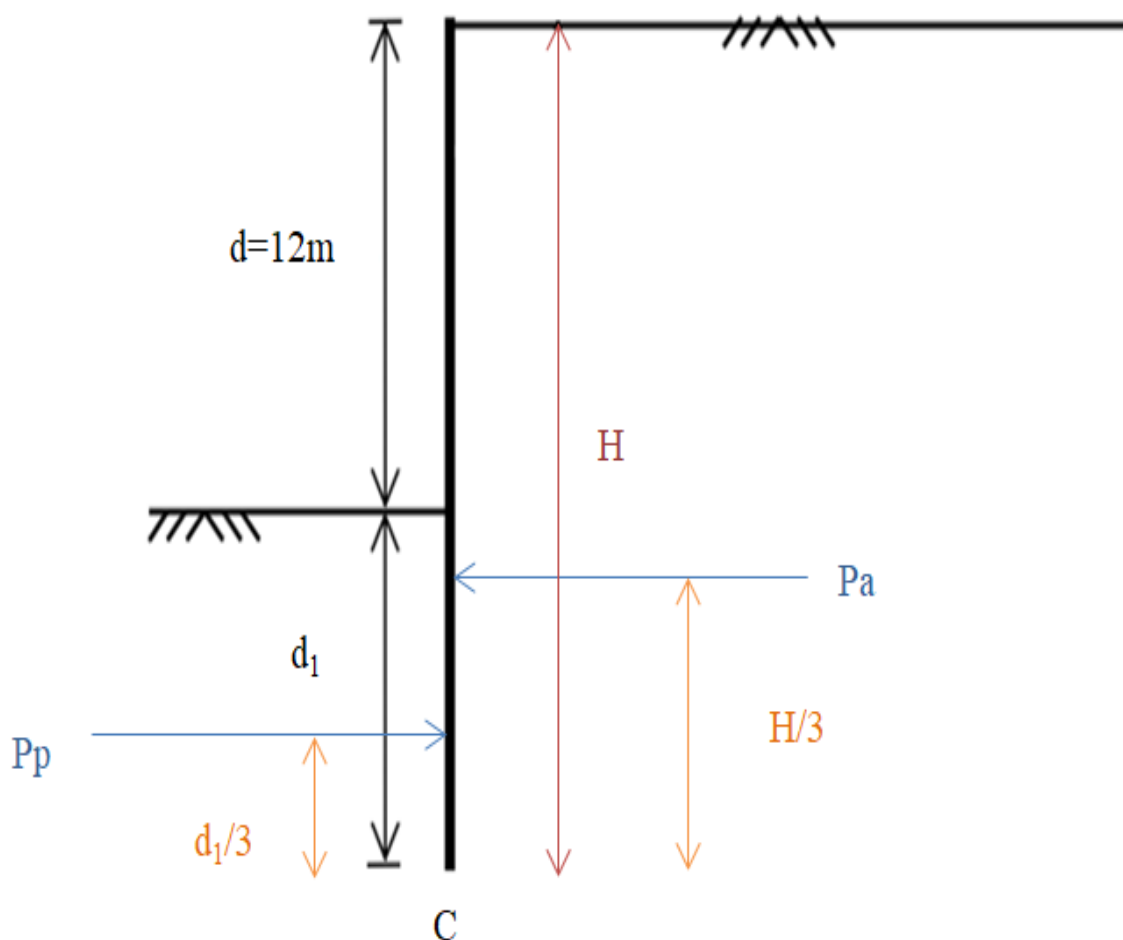
Για την δημιουργία και επίλυση του προγράμματος λήφθηκε υπόψη η άσκηση 5.8 από το βιβλίο ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ – ΑΣΚΗΣΕΙΣ & ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ με κάποιες τροποποιήσεις.

ΑΚΑΜΠΤΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ

ΕΚΦΩΝΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ (1) :

Πασσαλοσανίδα αντιστηρίζει κοκκώδες έδαφος με γωνία εσωτερικής τριβής $\phi=30^\circ$, ειδικό βάρος $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$, $d=12 \text{ m}$ και $F=2$.

- 1. Να υπολογιστεί το βάθος έμπηξης της πασσαλοσανίδας ώστε να εξασφαλιστεί η ισορροπία της.



Σχήμα 5.1.1 – Πασσαλοσανίδα χωρίς αγκύρωση

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ:

1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	φ=	30.00	°						
	γ=	18.00	kN/m ³		ΕΙΣΩΣΕΙΣ				
	d=	12.00	m		Pa=	$1/2*(12.00+d_1)^2*18*0.36 \rightarrow 3.24*(12.00+d_1)^2$			
	H=	30.43	m		Pp=	$1/2*d_1^2*18*2.77 \rightarrow 24.93*d_1^2$			
	F	2.00			Pp'=	$1/F*Pp \rightarrow 1/2*24.93*d_1^2 \rightarrow 12.465*d_1^2$			
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ	d ₁ =	18.43	m		ΡΟΠΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΣΗΜΕΙΟ C				
ΕΝΕΡΓΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ			σ _{A,c} =	18*0.36*(12.00+d ₁)	$Pa * \frac{H}{3} = Pp' * \left(\frac{d_1}{3}\right)$				
σ _{A,c} =	182.61		σ _{p,c} =	18*2.77*d ₁					
σ _{p,c} =	995.45		ΡΟΠΕΣ			d ₁ =	18.43	m	
ΔΥΝΑΜΕΙΣ			Ma (ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ)	28189.42	kNm	equation	0.00		
Ka =	0.33		Me (ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ)	56378.83	kNm	result	0.00		
Kp =	3.00		Συντελεστής Ασφαλείας F =	2.00					
Pa =	2778.72	kN/m	H Pa ασκείται σε H/3 ενώ η Pp ασκείται σε d ₁ /3			Παρατηρείται ότι Me > Ma συνεπώς η κατασκευή ΔΕΝ θα ανατραπεί.			
Pp =	9175.14	kN/m	HPa=	10.14	m				
Pp' =	4587.57	kN/m	HPp=	6.14	m				

Εικόνα 5.1.1 (α) – Υπολογισμός πασσαλοσανίδας χωρίς αγκύρωση με χρήση του προγράμματος Excel.

Βήματα:

1. Αρχικά ανοίγουμε το πρόγραμμα του Excel μέσα από την καρτέλα Microsoft Office.
2. Έπειτα δημιουργούμε έναν πίνακα όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα 5.1.1, και καταχωρούμε τα δεδομένα από την εκφώνηση της άσκησης τις τιμές φ , γ , d και F και στα ζητούμενα την τιμή d_1 .
3. Έπειτα ο υπολογίζουμε τις τιμές K_a και K_p αντίστοιχα χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους τύπους στα κελιά. Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τις τιμές K_a και K_p φαίνονται στις Εικόνες 5.1.1(β) και 5.1.1 (γ).

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = 0.33 \quad K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \frac{1 + \sin 30}{1 - \sin 30} = 3.00$$

4. Στην συνέχεια, υπολογίζουμε την τιμή d_1 παίρνοντας ροπές ως προς C. Επιλύοντας την εξίσωση $P_a \frac{H}{3} = P_p' \left(\frac{d_1}{3} \right)$, έχουμε το βάθος έμπηξης της πασσαλοσανίδας αλλά και τις δυνάμεις

$$\text{ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ: } P_a = \frac{1}{2} \gamma K_a H^2 = \frac{1}{2} \gamma K_a (d + d_1)^2 \text{ σε KN /m}$$

$$\text{ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ: } P_p = \frac{1}{2} \gamma K_p d_1^2 \text{ σε KN /m}$$

ΡΟΠΕΣ ως προς το σημείο C :

Ροπή ανατροπής:

$$M_a = P_a \left(\frac{H}{3} \right) = P_a \left(\frac{d + d_1}{3} \right) \text{ σε KNm}$$

Ροπή ευστάθειας:

$$M_e = P_p \left(\frac{d_1}{3} \right) \text{ σε KNm}$$

B12		=SUM(1-SIN(RADIANS(C2)))/(1+SIN(RADIANS(C2)))											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ													
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	φ=	30.00	°										
	γ=	18.00	kN/m ³		ΕΙΣΩΣΕΙΣ								
	d=	12.00	m		Pa=	$1/2*(12.00+d_1)^2*18*0.36 \rightarrow 3.24*(12.00+d_1)^2$							
	H=	30.43	m		Pp=	$1/2*d_1^2*18*2.77 \rightarrow 24.93*d_1^2$							
	F=	2.00			Pp'=	$1/F*Pp \rightarrow 1/2*24.93*d_1^2 \rightarrow 12.465*d_1^2$							
	ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ	d ₁ =	18.43	m		ΡΟΠΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΣΗΜΕΙΟ C							
ΕΝΕΡΓΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΩΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ				σ _{A,c} =	18*0.36*(12.00+d ₁)			$P_a * \frac{H}{3} = P_p' * \left(\frac{d_1}{3}\right)$					
σ _{A,c} =	182.61		σ _{P,c} =	18*2.77*d ₁									
σ _{P,c} =	995.45		ΡΟΠΕΣ			d ₁ =	18.43						
ΔΥΝΑΜΕΙΣ				Μα (ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ)	28189.42	kNm	equation	0.00					
Ka =	0.33		Με (ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ)	56378.83	kNm	result	0.00						
Kp =	3.00		Συντελεστής Ασφαλείας F =	2.00									
Pa =	2778.72	kN/m	Η Pa ασκείται σε H/3 ενώ η Pp ασκείται σε d ₁ /3				Παρατηρείται ότι Με > Μα συνέπως η κατασκευή ΔΕΝ θα ανατραπεί.						
Pp =	9175.14	kN/m	HPa=	10.14	m								
Pp' =	4587.57	kN/m	HPp=	6.14	m								

Εικόνα 5.1.1 (β) – Υπολογισμός της τιμής Ka.

B13		=(1+SIN(RADIANS(C2)))/(1-SIN(RADIANS(C2)))											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ													
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	φ=	30.00	°										
	γ=	18.00	kN/m ³		ΕΙΣΩΣΕΙΣ								
	d=	12.00	m		Pa=	$1/2*(12.00+d_1)^2*18*0.36 \rightarrow 3.24*(12.00+d_1)^2$							
	H=	30.43	m		Pp=	$1/2*d_1^2*18*2.77 \rightarrow 24.93*d_1^2$							
	F=	2.00			Pp'=	$1/F*Pp \rightarrow 1/2*24.93*d_1^2 \rightarrow 12.465*d_1^2$							
	ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ	d ₁ =	18.43	m		ΡΟΠΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΣΗΜΕΙΟ C							
ΕΝΕΡΓΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΘΩΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ				σ _{A,c} =	18*0.36*(12.00+d ₁)			$P_a * \frac{H}{3} = P_p' * \left(\frac{d_1}{3}\right)$					
σ _{A,c} =	182.61		σ _{P,c} =	18*2.77*d ₁									
σ _{P,c} =	995.45		ΡΟΠΕΣ			d ₁ =	18.43						
ΔΥΝΑΜΕΙΣ				Μα (ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ)	28189.42	kNm	equation	0.00					
Ka =	0.33		Με (ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ)	56378.83	kNm	result	0.00						
Kp =	3.00		Συντελεστής Ασφαλείας F =	2.00									
Pa =	2778.72	kN/m	Η Pa ασκείται σε H/3 ενώ η Pp ασκείται σε d ₁ /3				Παρατηρείται ότι Με > Μα συνέπως η κατασκευή ΔΕΝ θα ανατραπεί.						
Pp =	9175.14	kN/m	HPa=	10.14	m								
Pp' =	4587.57	kN/m	HPp=	6.14	m								

Εικόνα 5.1.1 (γ) – Υπολογισμός της τιμής Kp.

B14		=SUM((1/2)*B12*C3*(C5^2))											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L			
1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ													
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	φ=	30.00	°										
	γ=	18.00	kN/m ³		ΕΙΣΩΣΕΙΣ								
	d=	12.00	m		Pa=	$1/2*(12.00+d_1)^2*18*0.36 \rightarrow 3.24*(12.00+d_1)^2$							
	H=	30.43	m		Pp=	$1/2*d_1^2*18*2.77 \rightarrow 24.93*d_1^2$							
	F=	2.00			Pp'=	$1/F*Pp \rightarrow 1/2*24.93*d_1^2 \rightarrow 12.465*d_1^2$							
	ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ	d ₁ =	18.43	m		ΡΟΠΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΣΗΜΕΙΟ C							
ΕΝΕΡΓΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ			σ _{A,c} =	18*0.36*(12.00+d ₁)	$P_a * \frac{H}{3} = P_{p'} * \left(\frac{d_1}{3}\right)$								
σ _{A,c} =	182.61		σ _{P,c} =	18*2.77*d ₁									
σ _{P,c} =	995.45		ΡΟΠΕΣ				d ₁ =	18.43	m				
ΔΥΝΑΜΕΙΣ			Ma (ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ)	28189.42	kNm	equation	0.00						
Ka =	0.33		Mc (ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ)	56378.83	kNm	result	0.00						
Kp =	3.00		Συντελεστής Ασφαλείας F =	2.00									
Pa =	2778.72	kN/m	H Pa ασκείται σε H/3 ενώ η Pp ασκείται σε d ₁ /3				Παρατηρείται ότι Me > Ma συνέπως η κατασκευή ΔΕΝ θα ανατραπεί.						
Pp =	9175.14	kN/m	HPa=	10.14	m								
Pp' =	4587.57	kN/m	HPp=	6.14	m								

Εικόνα 5.1.1 (δ) – Υπολογισμός της τιμής Pa.

B15		=SUM((1/2)*B13*C3*(C7^2))											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L			
1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ													
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	φ=	30.00	°										
	γ=	18.00	kN/m ³		ΕΙΣΩΣΕΙΣ								
	d=	12.00	m		Pa=	$1/2*(12.00+d_1)^2*18*0.36 \rightarrow 3.24*(12.00+d_1)^2$							
	H=	30.43	m		Pp=	$1/2*d_1^2*18*2.77 \rightarrow 24.93*d_1^2$							
	F=	2.00			Pp'=	$1/F*Pp \rightarrow 1/2*24.93*d_1^2 \rightarrow 12.465*d_1^2$							
	ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ	d ₁ =	18.43	m		ΡΟΠΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΣΗΜΕΙΟ C							
ΕΝΕΡΓΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ			σ _{A,c} =	18*0.36*(12.00+d ₁)	$P_a * \frac{H}{3} = P_{p'} * \left(\frac{d_1}{3}\right)$								
σ _{A,c} =	182.61		σ _{P,c} =	18*2.77*d ₁									
σ _{P,c} =	995.45		ΡΟΠΕΣ				d ₁ =	18.43	m				
ΔΥΝΑΜΕΙΣ			Ma (ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ)	28189.42	kNm	equation	0.00						
Ka =	0.33		Mc (ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ)	56378.83	kNm	result	0.00						
Kp =	3.00		Συντελεστής Ασφαλείας F =	2.00									
Pa =	2778.72	kN/m	H Pa ασκείται σε H/3 ενώ η Pp ασκείται σε d ₁ /3				Παρατηρείται ότι Me > Ma συνέπως η κατασκευή ΔΕΝ θα ανατραπεί.						
Pp =	9175.14	kN/m	HPa=	10.14	m								
Pp' =	4587.57	kN/m	HPp=	6.14	m								

Εικόνα 5.1.1 (ε) – Υπολογισμός της τιμής Pp.

110 $f_x = ((1/2)*B12*C3*(C4+10)^2)*((C4+10)/3)-(1/C6*(1/2)*B13*C3*(110^2)*110/3)$											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	
1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ											
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	φ=	30.00	°								
	γ=	18.00	kN/m ³		ΕΙΣΩΣΕΙΣ						
	d=	12.00	m		Pa=	$1/2*(12.00+d_1)^2*18*0.36 \rightarrow 3.24*(12.00+d_1)^2$					
	H=	30.43	m		Pp=	$1/2*d_1^2*18*2.77 \rightarrow 24.93*d_1^2$					
	F=	2.00			Pp'=	$1/F*Pp \rightarrow 1/2*24.93*d_1^2 \rightarrow 12.465*d_1^2$					
	ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ	d ₁ =	18.43	m		ΡΟΠΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΣΗΜΕΙΟ C					
ΕΝΕΡΓΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ				σ _{A,c} =	$18*0.36*(12.00+d_1)$			$P_a * \frac{H}{3} = P_p' * \left(\frac{d_1}{3}\right)$			
σ _{A,c} =	182.61			σ _{p,c} =	$18*2.77*d_1$			Αναζήτηση στόχου ? X			
σ _{p,c} =	995.45			ΡΟΠΕΣ				d ₁ =	18.43	Αναζήτηση στόχου στο κελί I11 εύρεση λύσης.	
ΔΥΝΑΜΕΙΣ				Μα (ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ)	28189.42	kNm		equation	0.00	Τιμή - στόχος: 0	
Κα =	0.33			Με (ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ)	56378.83	kNm		result	0.00	Τρέχουσα τιμή: 0.00	
Κρ =	3.00			Συντελεστής Ασφαλείας F =	2.00					OK Ακυρο	
Pa =	2778.72	kN/m		H Pa ασκείται σε H/3 ενώ η Pp ασκείται σε d ₁ /3				Παρατηρείται ότι Με > Μα συνέπως η κατασκευή ΔΕΝ θα ανατραπεί.			
Pp =	9175.14	kN/m		HPa=	10.14	m					
Pp' =	4587.57	kN/m		HPp=	6.14	m					

Εικόνα 5.1.1 (στ) – Ζητούμενη τιμή d₁

111 $f_x = ((1/2)*B12*C3*(C4+10)^2)*((C4+10)/3)-(1/C6*(1/2)*B13*C3*(110^2)*110/3)$											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	
1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ											
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	φ=	30.00	°								
	γ=	18.00	kN/m ³		ΕΙΣΩΣΕΙΣ						
	d=	12.00	m		Pa=	$1/2*(12.00+d_1)^2*18*0.36 \rightarrow 3.24*(12.00+d_1)^2$					
	H=	30.43	m		Pp=	$1/2*d_1^2*18*2.77 \rightarrow 24.93*d_1^2$					
	F=	2.00			Pp'=	$1/F*Pp \rightarrow 1/2*24.93*d_1^2 \rightarrow 12.465*d_1^2$					
	ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ	d ₁ =	18.43	m		ΡΟΠΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΣΗΜΕΙΟ C					
ΕΝΕΡΓΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ				σ _{A,c} =	$18*0.36*(12.00+d_1)$			$P_a * \frac{H}{3} = P_p' * \left(\frac{d_1}{3}\right)$			
σ _{A,c} =	182.61			σ _{p,c} =	$18*2.77*d_1$			Κατάσταση αναζήτησης στόχου ? X			
σ _{p,c} =	995.45			ΡΟΠΕΣ				d ₁ =	18.43	Αναζήτηση στόχου στο κελί I11 εύρεση λύσης.	
ΔΥΝΑΜΕΙΣ				Μα (ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ)	28189.42	kNm		equation	0.00	Τιμή - στόχος: 0	
Κα =	0.33			Με (ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ)	56378.83	kNm		result	0.00	Τρέχουσα τιμή: 0.00	
Κρ =	3.00			Συντελεστής Ασφαλείας F =	2.00					OK Ακυρο	
Pa =	2778.72	kN/m		H Pa ασκείται σε H/3 ενώ η Pp ασκείται σε d ₁ /3				Παρατηρείται ότι Με > Μα συνέπως η κατασκευή ΔΕΝ θα ανατραπεί.			
Pp =	9175.14	kN/m		HPa=	10.14	m					
Pp' =	4587.57	kN/m		HPp=	6.14	m					

Εικόνα 5.1.1 (ζ) – Υπολογισμός της τιμής d₁

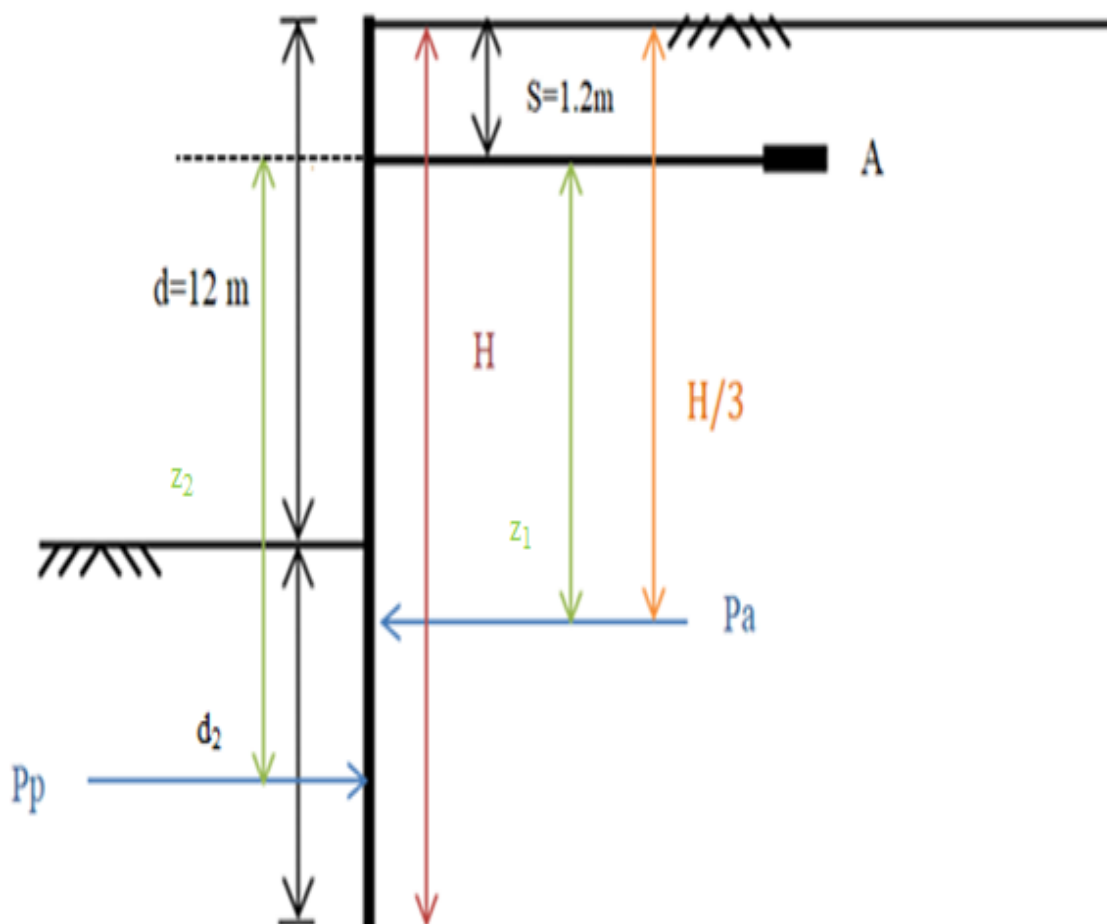
5.1.2 ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ

ΑΚΑΜΠΤΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ

ΕΚΦΩΝΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ (2) :

Πασσαλοσανίδα αντιστηρίζει κοκκώδες έδαφος με γωνία εσωτερικής τριβής $\phi=30^\circ$, ειδικό βάρος $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$, $d=12 \text{ m}$, $S=1.2 \text{ m}$ και $F=2$.

- Αν τοποθετηθεί αγκύρωση στην θέση A, να υπολογιστεί το βάθος έμπτυξης της πασσαλοσανίδας στο έδαφος ώστε να εξασφαλιστεί η ισορροπία της.



Σχήμα 5.1.2 – Πασσαλοσανίδα με σημείο αγκύρωσης στο A.

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ:

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ										
ΔΕΔΟΜΕΝΑ	φ=	30.00	°							
	γ=	18.00	kN/m ³		ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ					
	d=	12.00	m	Pa=	$1/2*(12.00+d_2)^2*18*0.36 \rightarrow 3.24*(12.00+d_2)^2$					
	S=	1.20	m	Pp=	$1/2*d_2^2*18*2.77 \rightarrow 24.93*d_2^2$					
	H=	20.33	m	Pp'=	$1/F*Pp \rightarrow 1/2*24.93*d_2^2 \rightarrow 12.465*d_2^2$					
	F	2.00								
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ	d ₂ =	8.33	m		ΡΟΠΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ Α					
ΕΝΕΡΓΗ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ				$Pa * \left[\frac{2}{3} * (d + d_2) - S \right] = Pp' * \left[d - S + \left(\frac{2}{3} * d_2 \right) \right] \rightarrow Pa * \left[\frac{2}{3} * (d + d_2) - S \right] - \frac{1}{F} * Pp * \left[\left(d + \frac{2}{3} * d_2 \right) - S \right] = 0$						
σ _{A,C}	121.97									
σ _{p,C}	449.77									
ΔΥΝΑΜΕΙΣ			ΡΟΠΕΣ							
Ka =	0.33		Ma (ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ)	15315.14	kNm					
Kp =	3.00		Me (ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ)	30630.28	kNm					
Pa =	1239.82	kN/m	Συντελεστής Ασφαλείας F =	2.00		d ₂ =	8.33	-3.09	-16.29	
Pp =	1873.10	kN/m								
Pp' =	936.55	kN/m								
Η Pa ασκείται σε H/3 ενώ η Pp ασκείται σε d ₂ /3										
Ροπές ως προς το Α:										
Μοχλοβραχίονες:										
HPa =	12.35	m	ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Συγκρίνοντας τις δύο περιπτώσεις παρατηρείτε ότι στην δεύτερη περίπτωση της αγκύρωσης μειώνεται αρκετά το βάθος βίθισης στο έδαφος.							
HPp =	16.35	m								
ΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ										
$Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$				=	$(x-\rho_1)(ax^2 + \beta x + \gamma)$				0.00	
A	B	C	D	=	ρ	a	β	γ		
7.00	77.40	-777.60	-2937.60		8.33	7.00	135.70	352.69		
-8.33	1.00	0.00		B	77.40	-0.12	-0.01	0.00		
0.00	-8.33	1.00		C	-777.60	0.00	-0.12	-0.01		
0.00	0.00	-8.33		D	-2937.60	0.00	0.00	-0.12		
				ΡΙΖΑ						
				ρ ₁	ρ ₂	ρ ₃				
				8.33	-3.09	-16.29				
				0.00	0.00	0.00				
				Δεκτή λύση.						
$(x - 8.33) * (7x^2 + 135.7x + 352.69) = 0$										

Εικόνα 5.1.2 – Υπολογισμός πασσαλοσανίδας με αγκύρωση με χρήση του προγράμματος Excel.

Βήματα:

1. Αρχικά ανοίγουμε το πρόγραμμα του Excel μέσα από την καρτέλα Microsoft Office.
2. Έπειτα δημιουργούμε έναν πίνακα όπως φαίνεται στην παραπάνω Εικόνα 5.1.2, και καταχωρούμε τα δεδομένα από την εκφώνηση της άσκησης τις τιμές φ , γ , d , S και F και στα ζητούμενα την τιμή d_2 .
3. Έπειτα ο υπολογίζουμε τις τιμές K_a και K_p αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους τύπους στα κελιά

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = 0.33 \quad K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \frac{1 + \sin 30}{1 - \sin 30} = 3.00$$

Ακριβώς όπως στην ενότητα 5.1.1 ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ.

4. Στην συνέχεια, υπολογίζουμε την τιμή d_2 παίρνοντας ροπές ως προς Α.
Επιλύοντας την εξίσωση: $P_a \left[\frac{2}{3} (d + d_2) - S \right] = P_p' \left[\left(d + \frac{2}{3} d_2 \right) - S \right] \rightarrow$
 $P_a \left[\frac{2}{3} (d + d_2) - S \right] - \frac{1}{F} P_p \left[d - S + \left(\frac{2}{3} d_2 \right) \right] = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \left[\frac{2}{3} (d + d_2) - S \right] -$
 $\frac{1}{F} \left(\frac{1}{2} K_p \gamma d_2^2 \right) \left[\left(d + \frac{2}{3} d_2 \right) - S \right] = 0$
5. Επειδή η εξίσωση είναι βαθμού 3^{ου} προκύπτουν τρεις ρίζες αλλά κάνουμε δεκτή μόνο την θετική ρίζα της εξίσωσης.
6. Τέλος, υπολογίζουμε τις τιμές P_a και P_p .

$$\text{ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ: } P_a = \frac{1}{2} \gamma K_a H^2 = \frac{1}{2} \gamma K_a (d + d_2)^2 \text{ σε KN /m}$$

$$\text{ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΩΘΗΣΗ: } P_p = \frac{1}{2} \gamma K_p d_2^2 \text{ σε KN /m}$$

ΜΟΧΛΟΒΡΑΧΙΟΝΕΣ:

$$\text{Για την } P_a \rightarrow z_1 = \left[\frac{2}{3} (H) - S \right] = \left[\frac{2}{3} (d + d_2) - S \right] \text{ σε m}$$

$$\text{Για την } P_p \rightarrow z_2 = \left[\left(d + \frac{2}{3} d_2 \right) - S \right] \text{ σε m}$$

ΡΟΠΕΣ ως προς το σημείο Α:

Ροπή ανατροπής:

$$M_a = P_a z_1 = P_a \left[\frac{2}{3} (H) - S \right] = P_a \left[\frac{2}{3} (d + d_2) - S \right] \text{ σε KNm}$$

Ροπή ευστάθειας:

$$M_e = P_p z_2 = P_p \left[\left(d + \frac{2}{3} d_2 \right) - S \right] \text{ σε KNm}$$

5.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΕΜΠΙΞΗΣ ΤΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ

5.2.1 ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ MICROSOFT EXCEL

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ

$$F = \frac{M_\varepsilon}{M_a}, \quad M_\varepsilon = Pp \left(\frac{d_1}{3} \right), \quad M_a = Pa \left(\frac{H}{3} \right)$$

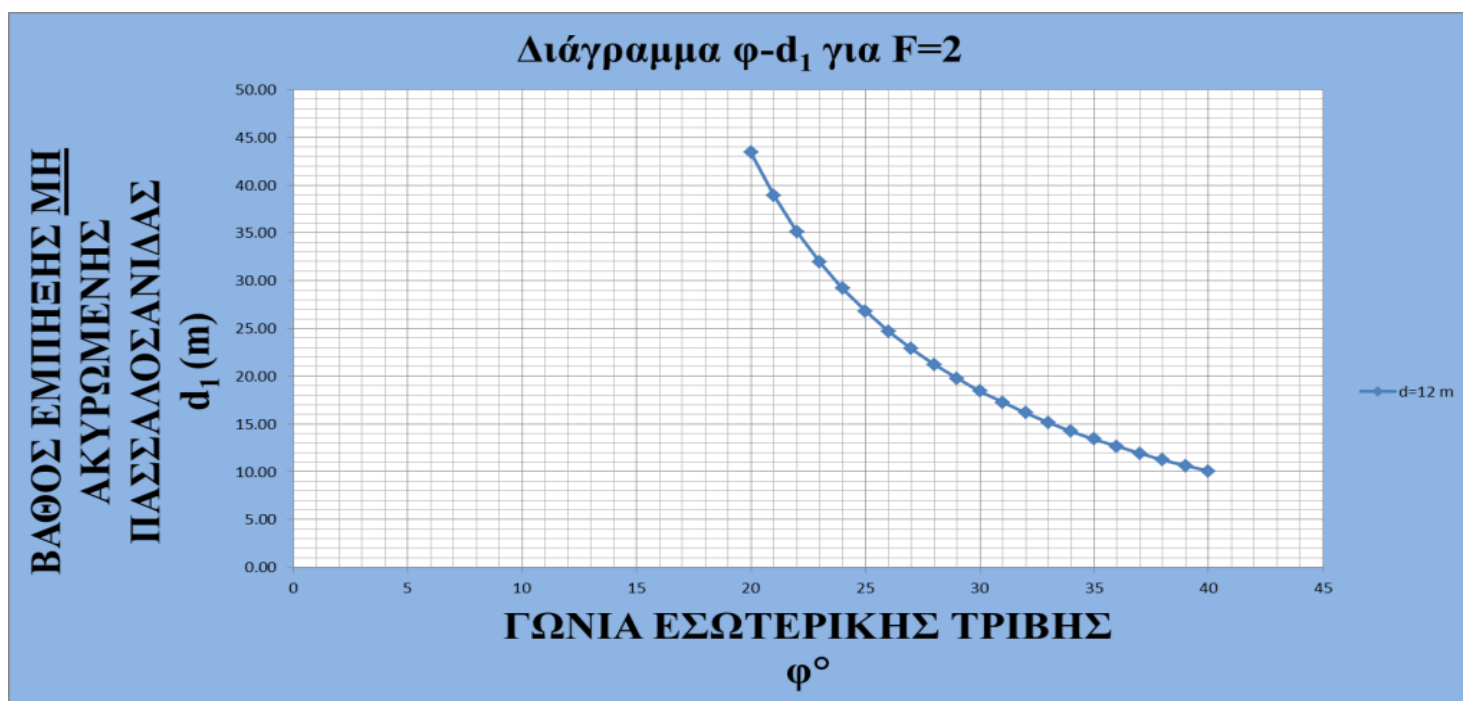
Ο συντελεστής ασφαλείας είναι:

$$F = \frac{M_\varepsilon}{M_a} \rightarrow F = \frac{Pp \left(\frac{d_1}{3} \right)}{Pa \left(\frac{H}{3} \right)} \rightarrow F = \frac{1/2 \gamma Kp (d_1)^2 \left(\frac{d_1}{3} \right)}{1/2 \gamma Ka (H)^2 \left(\frac{H}{3} \right)} \rightarrow F = \frac{Kp (d_1)^3}{Ka (H)^3} \rightarrow F = \frac{Kp (d_1)^3}{Ka (d+d_1)^3} \rightarrow$$

$$Kp (d_1)^3 = F Ka (d+d_1)^3 \rightarrow \frac{(d+d_1)^3}{d_1^3} = \frac{Kp}{F Ka} \rightarrow \frac{d+d_1}{d_1} = \sqrt[3]{\frac{Kp}{F Ka}} \rightarrow$$

$$\frac{d}{d_1} + \frac{d_1}{d_1} = \sqrt[3]{\frac{Kp}{F Ka}} \rightarrow \frac{d}{d_1} = \sqrt[3]{\frac{Kp}{F Ka}} - 1 \rightarrow d = \left(\sqrt[3]{\frac{Kp}{F Ka}} - 1 \right) d_1 \rightarrow d_1 = \frac{d}{\left(\sqrt[3]{\frac{Kp}{F Ka}} - 1 \right)}$$

- Διάγραμμα $\varphi - d_1$ για συγκεκριμένη τιμή του F και σταθερή τιμή d .



Σχήμα 5.2.1 Διάγραμμα $\varphi - d_1$ για $F=2$

Πίνακας 5.2.1

	d=12 m
φ°	d_1 (m)
20	43.40
21	38.88
22	35.11
23	31.92
24	29.17
25	26.79
26	24.71
27	22.86
28	21.22
29	19.76
30	18.43
31	17.24
32	16.15
33	15.15
34	14.24
35	13.40
36	12.63
37	11.91
38	11.24
39	10.62
40	10.04

5.2.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ MICROSOFT EXCEL

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ

$$F = \frac{M_{\varepsilon}}{M_a}, \quad M_{\varepsilon} = P_p z_2 = P_p \left[\left(d + \frac{2}{3} d_2 \right) - S \right],$$

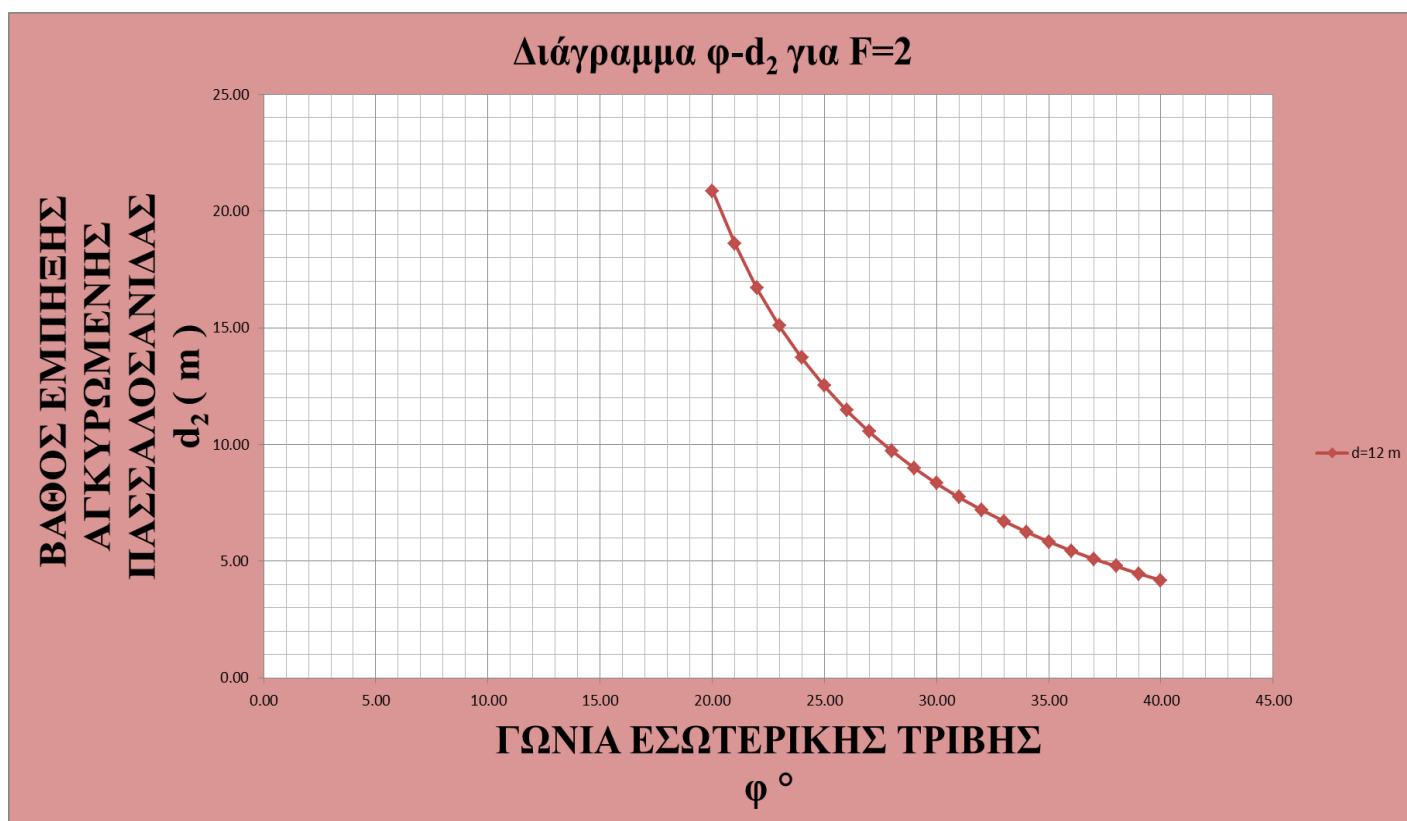
$$M_a = P_a z_1 = P_a \left[\frac{2}{3} (H) - S \right]$$

Ο συντελεστής ασφαλείας είναι:

$$F = \frac{M_{\varepsilon}}{M_a} = \frac{P_p z_2}{P_a z_1} \rightarrow F = \frac{P_p \left[\left(d + \frac{2}{3} d_2 \right) - S \right]}{P_a \left[\frac{2}{3} (H) - S \right]} \rightarrow F = \frac{\frac{1}{2} \gamma K_p d_2^2 \left[\left(d + \frac{2}{3} d_2 \right) - S \right]}{\frac{1}{2} \gamma K_a H^2 \left[\frac{2}{3} (d + d_2) - S \right]}$$

Η αναλυτική προσέγγιση δεν επιτεύχθηκε διότι πρόεκυψε εξίσωση βαθμού 3^{ου} και δεν θεωρήθηκε αναγκαίο να γραφεί.

- Διάγραμμα $\varphi - d_2$ για συγκεκριμένη τιμή του F , S και σταθερή τιμή d .



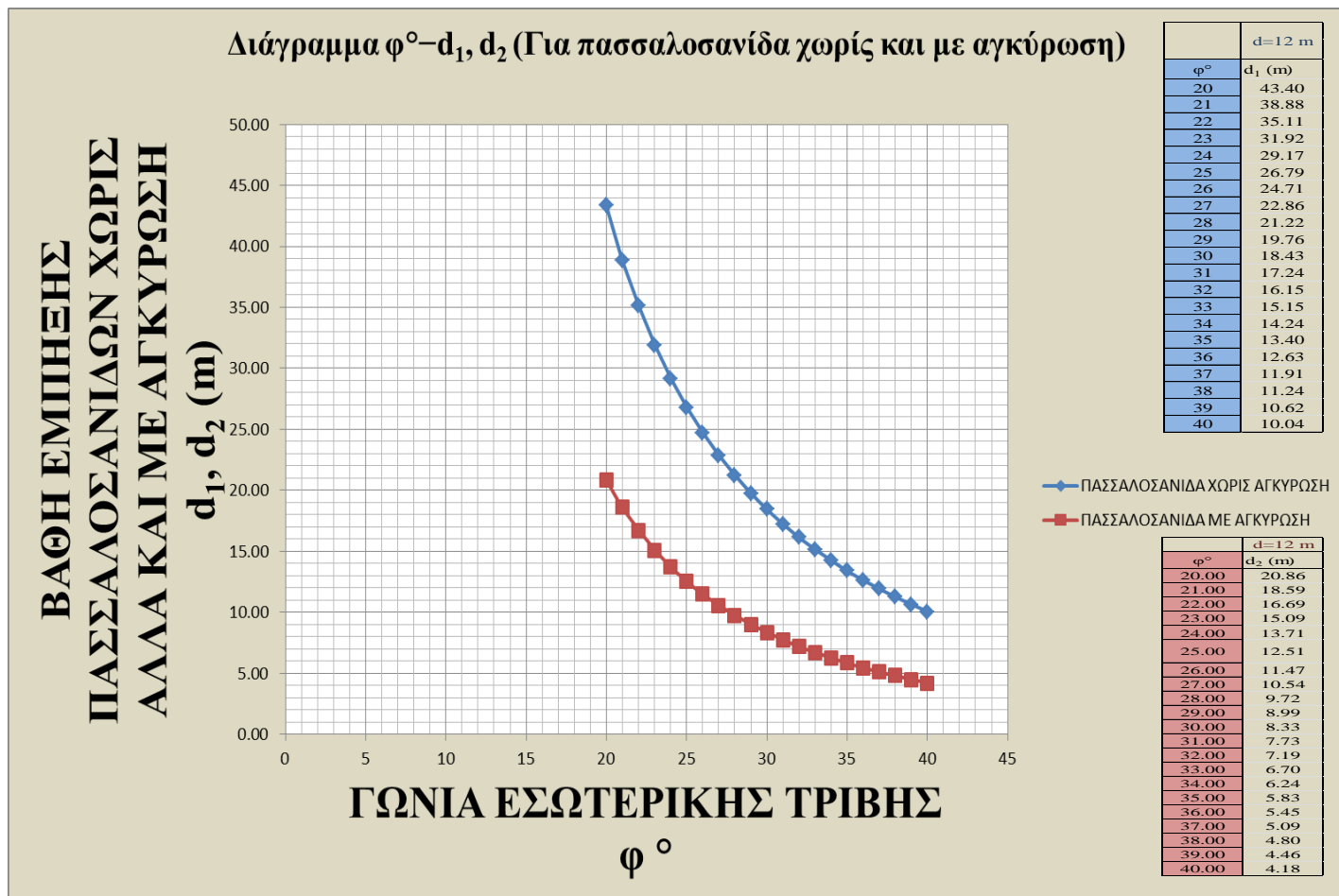
Σχήμα 5.2.2 Διάγραμμα $\varphi - d_2$ για $F=2$

Πίνακας 5.2.2

	d=12 m
φ°	d_2 (m)
20.00	20.86
21.00	18.59
22.00	16.69
23.00	15.09
24.00	13.71
25.00	12.51
26.00	11.47
27.00	10.54
28.00	9.72
29.00	8.99
30.00	8.33
31.00	7.73
32.00	7.19
33.00	6.70
34.00	6.24
35.00	5.83
36.00	5.45
37.00	5.09
38.00	4.77
39.00	4.46
40.00	4.18

5.2.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΒΑΘΗ ΕΜΠΙΞΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ ΧΩΡΙΣ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΜΕ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ

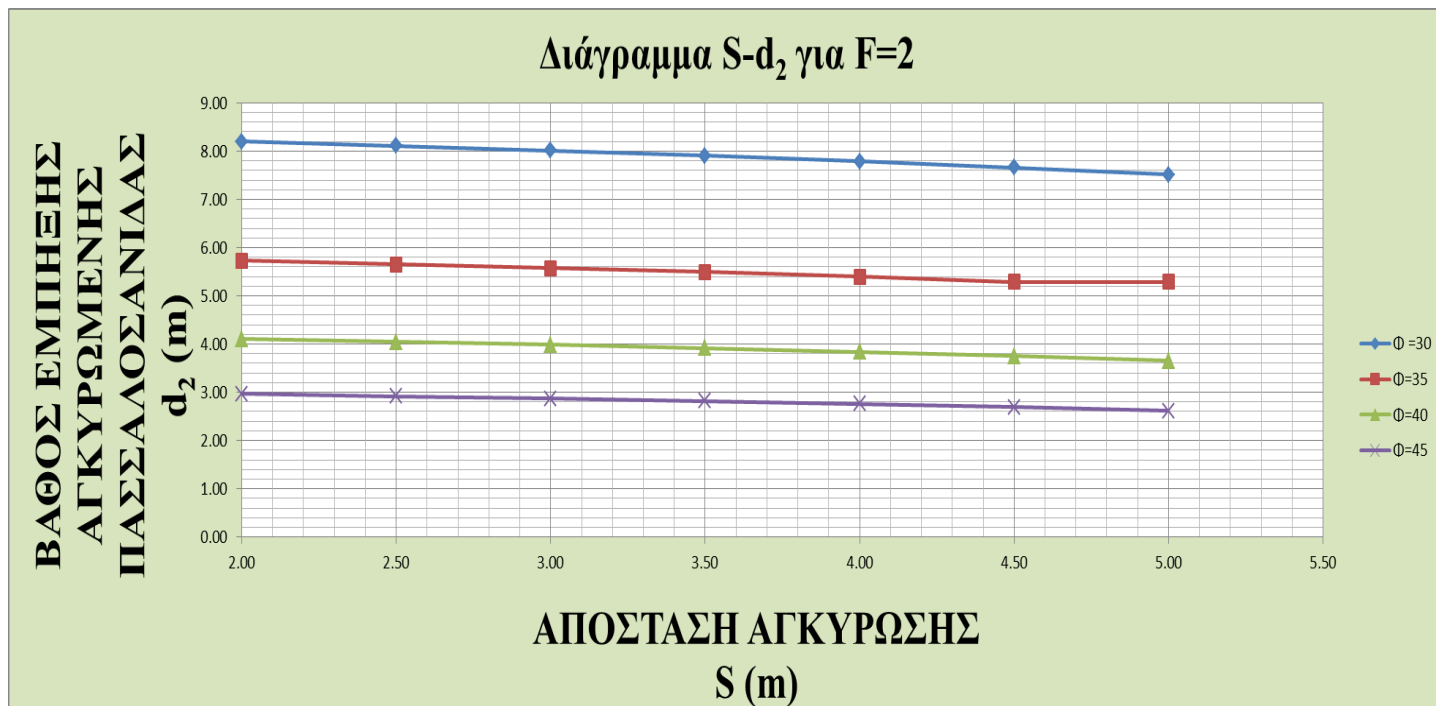
- Διάγραμμα φ° - d_1, d_2 (για πασσαλοσανίδα χωρίς αλλά και με αγκύρωση)



Σχήμα 5.2.3 Διάγραμμα $\varphi - d_1, d_2$ για $F=2$ (για πασσαλοσανίδα χωρίς αλλά και με αγκύρωση)

5.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΕΜΠΗΞΗΣ ΤΗΣ ΑΓΚΥΡΩΜΕΝΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ

- Διάγραμμα S- d₂ (για συγκεκριμένη τιμή του F=2)



Σχήμα 5.3 Διάγραμμα S- d₂ για F=2

Πίνακας 5.3

		φ°=30.00	φ°=35.00	φ°=40.00	φ°=45.00
d=12 m	S	d ₂ (m)	d ₂ (m)	d ₂ (m)	d ₂ (m)
	0.50	8.43	5.91	4.24	3.07
	1.00	8.36	5.85	4.20	3.04
	1.50	8.28	5.79	4.15	3.00
	2.00	8.20	5.73	4.10	2.96
	2.50	8.11	5.66	4.04	2.92
	3.00	8.01	5.58	3.98	2.87
	3.50	7.90	5.49	3.92	2.82
	4.00	7.79	5.40	3.84	2.76
	4.50	7.66	5.29	3.75	2.69
	5.00	7.51	5.29	3.65	2.61

5.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Από την επίλυση των Εφαρμογών (1) και (2) φαίνεται ότι η χρήση της αγκύρωσης μειώνει σημαντικά το βάθος έμπτυξης της πασσαλοσανίδας στο έδαφος.
- **Διάγραμμα μεταβολής του βάθους έμπτυξης της πασσαλοσανίδας σε συνάρτηση με την γωνία εσωτερικής τριβής:** Στα διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή του βάθους έμπτυξης της πασσαλοσανίδας d_1 (για πασσαλοσανίδα χωρίς αγκύρωση) και d_2 (για πασσαλοσανίδα με αγκύρωση), με την γωνία εσωτερικής τριβής φ° . Σύμφωνα με τους παραπάνω Πίνακες (Πίνακας 5.2.1 και Πίνακας 5.2.2) γίνεται αντιληπτό ότι, όσο αυξάνεται η γωνία εσωτερικής τριβής τόσο μειώνεται το βάθος έμπτυξης της πασσαλοσανίδας στο έδαφος. Η μεταβολή αυτή παρατηρείται και στα Διαγράμματα (Διάγραμμα 5.2.1. και 5. 2.2). Αυτό συμβαίνει διότι όσο αυξάνεται η γωνία εσωτερικής τριβής τόσο αυξάνεται και η αντοχή του εδάφους, συνεπώς λιγοστεύουν οι απαιτήσεις έμπτυξης της πασσαλοσανίδας στο έδαφος. Τέλος, για γωνίες εσωτερικής τριβής φ° με τιμές $20^\circ < \varphi^\circ < 25^\circ$ στην περίπτωση χωρίς αγκύρωση το βάθος έμπτυξης της πασσαλοσανίδας αυξάνεται αρκετά πιο γρήγορα.
- **Διάγραμμα μεταβολής του βάθους έμπτυξης της πασσαλοσανίδας σε συνάρτηση με το βάθος αγκύρωσης:** Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η απόσταση S της αγκύρωσης τόσο μικραίνει το βάθος έμπτυξης d_2 της πασσαλοσανίδας σε σχετικά μικρό ποσοστό.

Από Πίνακα 5.2.3 έχουμε:

Για $\varphi=30^\circ$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για } S=0.5 \text{ έως } 5.00 \\ d_2=8.43 \text{ έως } 7.51 \end{array} \right\} y = \frac{|8.43-7.51|}{8.43} = 0.1091 \text{ ή } 10.91\%$$

Για $\varphi=35^\circ$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για } S=0.5 \text{ έως } 5.00 \\ d_2=5.91 \text{ έως } 5.29 \end{array} \right\} y = \frac{|5.91-5.29|}{5.91} = 0.1049 \text{ ή } 10.49\%$$

Για $\varphi=40^\circ$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για } S=0.5 \text{ έως } 5.00 \\ d_2=4.24 \text{ έως } 3.65 \end{array} \right\} y = \frac{|4.24-3.65|}{4.24} = 0.1391 \text{ ή } 13.91\%$$

Για $\varphi=45^\circ$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για } S=0.5 \text{ έως } 5.00 \\ d_2=3.07 \text{ έως } 2.61 \end{array} \right\} y = \frac{|3.07-2.61|}{3.07} = 0.1498 \text{ ή } 14.98\%$$

Επιπρόσθετα, για τις μεγάλες τιμές της γωνίας φ° παρατηρείται μικρή απόκλιση στις τιμές της που παίρνει η d_2 (Πίνακας 5.2.3), συνεπώς η επιρροή του βάθους αγκύρωσης S είναι αρκετά μικρή.

Άρα τελικά συμπεραίνεται ότι, είναι προτιμότερο μεγαλύτερο βάθος αγκύρωσης για την κατασκευή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Σημειώσεις «ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΙ»- ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΓΑΙΩΝ, (e-class) - Δρ. Βγενοπούλου Ειρήνη
- Σημειώσεις «ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ- ΣΗΡΑΓΓΕΣ», (e-class) - Δρ. Βγενοπούλου Ειρήνη
- Sheet Pile Design by Pile Buck - https://www.pilebuck.com/wp-content/uploads/2021/08/Sheet_Pile_Design.pdf
- <https://hmconstruction.gr/blog/antistirixi-methodoi-ylika/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Retaining_wall
- https://en.wikipedia.org/wiki/Larssen_sheet_piling
- <https://constrofacilitator.com/sheet-piles-advantages-types-and-methods/>
- https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/All_you_need_to_know_about_sheet_piling
- «Εδαφομηχανική Αρχές και εφαρμογές» –Graham Barnes- 3^η αγγλική έκδοση- εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- «ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΣΚΗΣΕΙΣ & ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ» - ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟΠΟΥΛΟΣ, ΝΙΚΗ ΑΝΔΡΕΑΔΟΥ-MANOY, ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΧΑΤΖΗΓΩΓΟΣ- εκδόσεις Κυριακίδη.
- Μελέτη από οπλισμένο σκυρόδεμα (Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2) – Bill Mosley, John Bungey,Ray Hulse –Επιστημονική επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Αντώνιος Κυριαζόπουλος – 7^η αγγλική έκδοση – εκδόσεις Κλειδάριθμος
- ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ- Αριστείδη Δειμέζη ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜ.Ε.Μ.Π- ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ1954
- https://www.geodomisi.com/files/Publications/Professional/Sachpazis_8%20Later al%20Earth%20Pressures-Greek.pdf – ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΩΘΗΣΕΙΣ ΓΑΙΩΝ Dr. S Sachpazis
- ΕΞ.Τ.ΕΡ. Αφοί ΠΕΠΟΝΑ Ο.Ε Εξοπλισμοί τεχνικών έργων.- <https://exter.gr/products/%CF%80%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%83%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CF%82/>

- <https://exter.gr/products/%CF%80%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%83%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CF%82/passalosanides/>
- ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε ΠΕΤΕΠ 11-02-02-00 ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ « Τοίχοι αντιστηρίξεως από μεταλλικές πασσαλοσανίδες». - <http://www.ggde.gr/dmdocuments/11-02-02-00.pdf>
- ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε ΠΕΤΕΠ 11-02-02-00 ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ « Προεντεταμένες Αγκυρώσεις».- <http://www.ggde.gr/dmdocuments/11-02-04-00.pdf>
- Γιώργος Μπουκοβάλας Καθηγητής Ε.Μ.Π, «Ανάλυση & Σχεδιασμός αγκυρώσεων- <https://docplayer.gr/12223099-4-analysis-shediasmos.html>
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-02-02-00:2009 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ – Τοίχοι αντιστηρίξεως από μεταλλικές πασσαλοσανίδες.- <https://sate.gr/html/pdfDocuments/11-02-02-00.pdf>
- <https://core.ac.uk/download/pdf/38429641.pdf>
- <https://docplayer.gr/12551034-Daskaroli-67-16675-glyfada-til-210-9633385-fax-2109633604-mail-info-ekkaf-gr-url-www-ekkaf-gr-proentetamena-agkyria-edafos.html>
- <https://core.ac.uk/download/pdf/38429641.pdf>
- <https://www.sheetpilinguk.com/sheet-piling-explained/>
- http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg883e/chapt_5.htm
- <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg883e/pdf/Edafo5%20Retain.pdf>
- ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΥΣΑΝΘΗ και ΜΠΑΜΠΙΛΗ ΙΩΑΝΝΑ - « ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ» , Πάτρα 2016.
- ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ - «ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΝΕΡΟΥ», Πάτρα 2018
- <https://docplayer.gr/30265328-Kefalaio-4-feroysa-ikanotita-toy-e-afos-sympyknosi-toy-e-afos.html>
- <https://www.dundrum.com.au/fleet/specialised/sheet-piling>
- <https://stump-franki.de/en/services/specialist-civil-engineering-works/construction-pit-walls/sheet-pile-walls-1/>

- https://www.readgeo.com/geostrata/sept_oct_2019/MobilePagedArticle.action?articleId=1521705#articleId1521705
- ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε ΠΕΤΕΠ 12-03-03-00
ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ «Αγκύρια – Γενικές Διατάξεις».- <http://www.ggde.gr/dmdocuments/12-03-03-00.pdf>
- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ – ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ- ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ- ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ-
https://eclass.uniwa.gr/modules/document/file.php/PEY110/%CE%A4%CE%95%CE%9F_%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%97%2011%CE%B7%20%CE%91A%20%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%97%CE%A3%CE%97.pdf
- Κίρτας Εμμανουήλ- Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σερρών-Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών-Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων-ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Αντιστηρίξεις – Σέρρες , Σεπτέμβριος 2010 -
<http://themelia.weebly.com/uploads/1/4/1/5/1415681/05-antistirikseis.pdf>

ΕΙΚΟΝΕΣ

- https://en.wikipedia.org/wiki/Retaining_wall#/media/File:Stone_Retaining_wall.jpg
- <https://www.stevensec.com/sheet-h-pile>
- <https://exter.gr/portfolio-items/%CF%80%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%83%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CF%82-%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%AE%CF%82-%CE%AD%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82/>
- <https://www.chinasteel-group.com/>
- <https://www.ingenio-web.it/articoli/palancole-in-acciaio-gli-impieghi-e-le-tipologie/>
- <https://www.swissboring.com/Technologies/SteelSheetPiling>
- <https://static1.squarespace.com/static/5ecf336a03f3fc0a2f2b7b67/t/60f4cce76167905317eb8c9d/1626656840546/Capability-Statement-200623-Rev00.pdf>

- <https://dewateringandpiling.com/services/hyrotechnical/synthetic-sheet-piles?lang=en>
- https://www.issmge.org/uploads/publications/51/65/088-181-NGM%202016%20-%20Engineering%20and%20execution%20of%20tight%20sheet%20walls_Bruin.pdf
- http://cimtronic.com.ar/es/proyectos_servicios/anclajes/
- <https://stump-franki.de/en/services/specialist-civil-engineering-works/construction-pit-walls/sheet-pile-walls-1/>
- <https://www.ischebeck.es/fr.home/tablestacado/anclajes-es.html>

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΟΥΣ ΕΜΠΙΞΗΣ ΤΗΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ

Η επίλυση της εξίσωσης 3ου βαθμού στην περίπτωση της αγκύρωσης

- <https://www.youtube.com/watch?v=aE2pgQ9GWUg>

