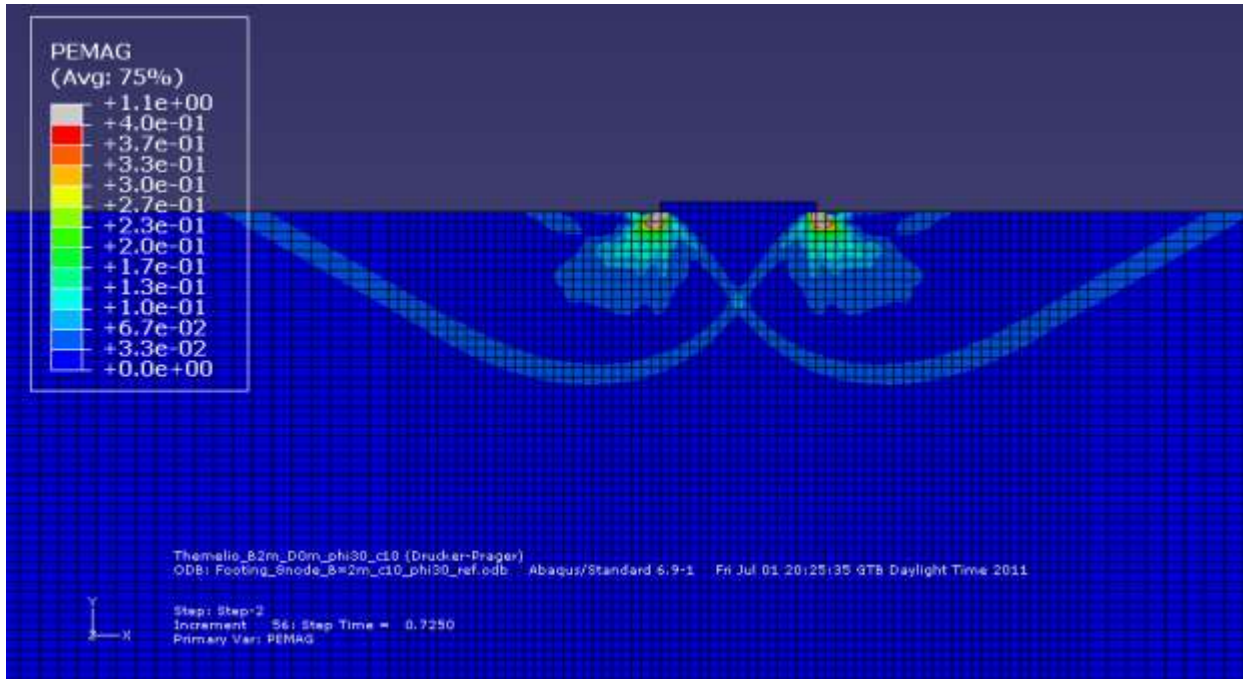




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

Επιβλέπων: Καβαδάς Μ.

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Δημητρίου Δήμητρα
Πολυδώρα Αντιγόνη

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μας κ. Μιχάλη Καββαδά για την πολύτιμη καθοδήγηση και την εξαιρετική συνεργασία του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τους υποψήφιους διδάκτορες Αλέξανδρο Καλό, Παναγιώτη Σιταρένιο και Κωνσταντίνο Τζιβάκο για την πολύτιμη βοήθεια τους που ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μέσα από τις πολύωρες και συχνές συναντήσεις μας, καθώς και για τη μετάδοση των απαραίτητων γνώσεων τους στο αντικείμενο της διπλωματικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής αποτελεί η διερεύνηση των διαφορετικών αναλυτικών μεθοδολογιών υπολογισμού φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων και η σύγκριση αυτών με τα αποτελέσματα αριθμητικών επιλύσεων.

Αρχικά, συνοψίζονται οι κυριότερες μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας στην βιβλιογραφία, καθώς και οι ισχύοντες κανονισμοί σχεδιασμού. Δίδεται έμφαση στις πρώτες και πιο διαδεδομένες μεθοδολογίες των Terzaghi (1943) και Meyerhof (1951), ενώ εν συνεχεία παρουσιάζονται επεκτάσεις αυτών όπως αυτές διατυπώθηκαν από τους Brinch-Hansen (1961,1970) και Vesic (1973,1975). Ακολουθεί εκτενής αναφορά στα γερμανικά πρότυπα DIN 4017 και τον Ευρωκώδικα 7, που είναι σε ισχύ σήμερα.

Κατόπιν, διεξήχθησαν παραμετρικές επιλύσεις για πολλαπλούς τύπους φορτίσεων (κεντρική κατακόρυφη, έκκεντρη κατακόρυφη, κεντρική λοξή). Ο απώτερος σκοπός της παραμετρικής διερεύνησης συνίσταται στον προσδιορισμό της επιρροής των τριών βασικών παραγόντων που συνθέτουν το τριώνυμο της φέρουσας ικανότητας (συνοχή εδάφους, βάθος θεμελίωσης, πλάτος θεμελίου). Επιπρόσθετα, εξετάζονται συγκριτικά οι τιμές φέρουσας ικανότητας των διαφόρων μεθοδολογιών. Τα διαγράμματα που εξήχθησαν διαφαίνονται κανονικοποιημένα ως προς τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7. Για έκκεντρη κατακόρυφη και κεντρική λοξή επιφόρτιση τα κανονικοποιημένα διαγράμματα έχουν αδιαστατικοποιηθεί ως προς τα αντίστοιχα για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση ως προβλέπονται από τον EC-7.

Για την περεταίρω διερεύνηση του προβλήματος τελέστηκαν αριθμητικές αναλύσεις με πεπερασμένα στοιχεία. Διδιάστατα αριθμητικά προσομοιώματα μορφώθηκαν και εξετάστηκαν παραμετρικά επιφανειακές θεμελιώσεις πλάτους B και βάθους θεμελίωσης D, για μη συνεκτικό και συνεκτικό έδαφος, συναρτήσει της γωνίας εσωτερικής τριβής του εδάφους ($20^{\circ} \div 35^{\circ}$). Κανονικοποιημένα διαγράμματα μορφώθηκαν προς την εξαγωγή συγκριτικών παρατηρήσεων και συμπερασμάτων που προέκυψαν από τις αριθμητικές αναλύσεις έναντι του Ευρωκώδικα 7.

ABSTRACT

The fundamental goal of the present thesis lies with the comparative study of the ensemble of bearing capacity analytical methods to numerical solutions.

The main methodologies estimating the bearing capacity of shallow foundations, as well as the design code provisions are summarized herein. The widespread analytical methodologies of Terzaghi (1943) and Meyerhof (1951), accompanied by any modifications proposed by Brinch-Hansen (1961,1970) and Vesic (1973,1975), are examined in detail. Furthermore, the German Code provisions DIN 4017 and Eurocode 7 in use are cited and evaluated.

Parametric investigations have been conducted for the ensemble of multiple types of loading (central vertical, eccentric vertical, central inclined). The fundamental goal lies in the quantification of the influence of namely three primal factors comprising the bearing capacity equation (cohesion, founding level, strip width). Comparative results are presented in terms of dimensionless diagrams, normalized to the bearing capacity predicted by the Eurocode 7 Design Code Provisions. In the case of eccentric vertical or inclined central loading the charts have been normalized in respect to the bearing capacity values predicted by the EC-7 for central vertical imposed loading.

Numerical analyses have been conducted on two-dimensional models based on Finite Element Methods. Parametric investigations are realized upon calculation of the bearing capacity of shallow foundation for strip footing width B , foundation level D , for cohesive and coarse soil deposits, as a function of friction angle φ (20° - 35°). Comparative results are visualized in terms of dimensionless diagrams, normalized to the bearing capacity predicted by the Eurocode 7 Design Code Provisions.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ABSTRACT	v
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1. Σκοπός της εργασίας	1
1.2. Δομή της εργασίας	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ	
2.1. Εισαγωγή	3
2.2. Βασικές μεθοδολογίες υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας εδάφους.	
2.2.1. Επίλυση Terzaghi	6
2.2.2. Επίλυση Meyerhof	11
2.3. Επεκτάσεις-τροποποιήσεις βασικών μεθοδολογιών	
2.3.1. Brinch-Hansen (1961,1970)	20
2.3.2. Vesic(1973,1975)	24
2.4. Υπολογισμός φέρουσας ικανότητας με βάση κανονισμούς και πρότυπα	
2.4.1. Γερμανικά πρότυπα DIN 4017	27
2.4.2. Ευρωκώδικας EN 1997-1:2003	32
2.5. Σύνοψη-Σύγκριση Μεθοδολογιών	
2.5.1. Συντελεστές φέρουσας ικανότητας (N_c , N_q , N_γ)	36
2.5.2. Συντελεστές σχήματος s_c , s_q , s_γ	38
2.5.3. Συντελεστές λοξότητας φορτίου i_c , i_q , i_γ	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΛΥΣΕΙΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ	
3.1. Εισαγωγή	49
3.2. Δεδομένα των επιλύσεων	49
3.3. Κεντρική και Κατακόρυφη φόρτιση	
3.3.1 Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)	50
3.3.2 Συνεκτικό έδαφος ($c\neq 0$)	56
3.3.3 Σύγκριση μη συνεκτικού ($c=0$) και συνεκτικού ($c\neq 0$) εδάφους	59

3.4.	Έκκεντρη και Κατακόρυφη φόρτιση	
3.4.1	Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)	
3.4.1.1	Σύγκριση φέρουσας ικανότητας εδάφους για θεμέλιο υπό έκκεντρη φόρτιση σε σχέση με την κεντρική φόρτιση	65
3.4.1.2	Σύγκριση Ευρωκώδικα 7 (EC-7) με τη μεθοδολογία Meyerhof	69
3.4.2	Συνεκτικό έδαφος ($c\neq 0$)	
3.4.2.1	Σύγκριση φέρουσας ικανότητας εδάφους για θεμέλιο υπό έκκεντρη φόρτιση σε σχέση με την κεντρική φόρτιση	73
3.4.2.2	Σύγκριση Ευρωκώδικα 7 (EC-7) με τη μεθοδολογία του Meyerhof	75
3.4.3	Σύγκριση μη συνεκτικών ($c=0$) και συνεκτικών εδαφών ($c\neq 0$)	78
3.5.	Κεντρική και Λοξή φόρτιση	
3.5.1	Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)	
3.5.1.1	Σύγκριση φέρουσας ικανότητας εδάφους για θεμέλιο υπό λοξή φόρτιση σε σχέση με την κεντρική φόρτιση	80
3.5.1.2	Σύγκριση Ευρωκώδικα 7 (EC-7) με τη μεθοδολογία του Meyerhof	84
3.5.2	Συνεκτικό έδαφος ($c\neq 0$)	
3.5.2.1	Σύγκριση φέρουσας ικανότητας εδάφους για θεμέλιο υπό λοξή φόρτιση σε σχέση με την κεντρική φόρτιση	89
3.5.2.2	Σύγκριση Ευρωκώδικα 7 (EC-7) με τη μεθοδολογία του Meyerhof	92
3.5.3	Τετραγωνικό θεμέλιο	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

4.1.	Εισαγωγή	103
4.2.	Περιγραφή του αριθμητικού προσομοιώματος	103
4.3.	Δομή αριθμητικών αναλύσεων	107
4.4.	Παραμετρική διερεύνηση αριθμητικών αναλύσεων	108
4.5.	Αποτελέσματα αριθμητικών αναλύσεων	110

4.6.	Διαγραμματική σύγκριση αποτελεσμάτων αριθμητικών αναλύσεων και αναλυτικής μεθοδολογίας EC-7	
4.6.1.	Έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση	
4.6.1.1.	Μη Συνεκτικό Έδαφος ($c=0$)	115
4.6.1.2.	Συνεκτικό Έδαφος ($c=10\text{kPa}$)	121
4.6.2.	Κεντρική και Λοξή Φόρτιση	
4.6.2.1.	Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)	126
4.6.2.2.	Συνεκτικό έδαφος ($c=10\text{ kPa}$)	131
4.7.	Παρατηρήσεις- Προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση	136

ΒΙΒΙΟΓΡΑΦΙΑ	137
--------------------	------------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής αποτελεί η διερεύνηση των διαφορετικών αναλυτικών μεθοδολογιών υπολογισμού φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων και η σύγκριση αυτών με τα αποτελέσματα αριθμητικών επιλύσεων. Αρχικά, συνοψίζονται οι κυριότερες μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας στην βιβλιογραφία, καθώς και οι ισχύοντες κανονισμοί σχεδιασμού. Εν συνεχεία, μορφώνεται και τελείται ένα σύνολο παραμετρικών αναλύσεων, αναλυτικών και αριθμητικών, με σκοπό την αντιπαραβολή αυτών και την εξαγωγή συγκριτικών παρατηρήσεων και συμπερασμάτων.

1.2 Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από 4 κεφάλαια, συμπεριλαμβανόμενης της εισαγωγής.

Στο κεφάλαιο 2 πραγματοποιείται εκτενής παρουσίαση των κυριότερων αναλυτικών μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας. Αρχικά, παρουσιάζονται οι πιο διαδεδομένες μεθοδολογίες των Terzaghi (1943) και Meyerhof (1951). Εν συνεχεία, μορφώνονται συγκριτικά διαγράμματα των συντελεστών φέρουσας ικανότητας (N_c , N_q , N_γ) που προβλέπονται από την κάθε μεθοδολογία, καθώς επίσης και των συντελεστών λοξότητας (i_c , i_q , i_γ) όπως διατυπώθηκαν από τον Meyerhof. Επιπροσθέτως, συνοψίζονται οι τροποποιήσεις των άνωθεν διαδεδομένων μεθοδολογιών (Terzaghi (1943), Meyerhof (1951)) που προτάθηκαν από τον Brinch Hansen (1961, 1970) και τον Vesic (1973, 1975). Ακολουθεί εκτενής αναφορά στα γερμανικά πρότυπα DIN 4017 και τον Ευρωκώδικα 7, συμπεριλαμβανομένων των αντιστοίχων διαγραμμάτων συντελεστών λοξότητας (i_c , i_q , i_γ). Τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση των συντελεστών που εμφανίζονται στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας κάθε μεθοδολογίας, μέσω κατάλληλων διαγραμμάτων.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των παραμετρικών επιλύσεων που πραγματοποιήθηκαν, με σκοπό τη σύγκριση των προαναφερθέντων μεθοδολογιών υπολογισμού φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν τρεις περιπτώσεις φόρτισης θεμελίου - κεντρική κατακόρυφη, έκκεντρη κατακόρυφη και κεντρική λοξή. Στην κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση, τα αποτελέσματα φέρουσας ικανότητας των μεθοδολογιών εμφανίζονται υπό μορφή κανονικοποιημένων διαγραμμάτων. Η αδιαστατικοποίηση πραγματοποιήθηκε ως προς την φέρουσα ικανότητα που προβλέπεται από τον Ευρωκώδικα 7. Για την διερεύνηση της επιρροής της συνοχής

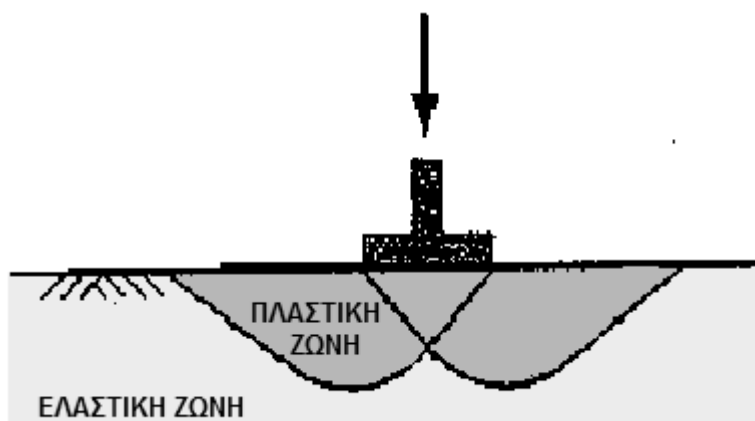
μορφώθηκαν επιπλέον κατάλληλα κανονικοποιημένα διαγράμματα. Στην έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση καθίσταται εμφανής η μεταβολή του λόγου της φέρουσας ικανότητας για δεδομένη εκκεντρότητα, όπως διαφαίνεται από τα κανονικοποιημένα διαγράμματα. Επιπροσθέτως, οι συγγραφείς προβαίνουν σε σύγκριση της μεθοδολογίας του Meyerhof με τον Ευρωκώδικα 7. Στην κεντρική και λοξή φόρτιση διαγράφονται αδιαστατοποιημένα διαγράμματα με σκοπό την αποσαφήνιση της επιρροής της λοξότητας φορτίου στη φέρουσα ικανότητα. Η μεθοδολογία του Meyerhof συγκρίνεται με τον Ευρωκώδικα 7, για κεντρική και λοξή φόρτιση. Τέλος, καθίσταται διακριτή η μεταβολή της φέρουσας ικανότητας από λωριδωτό σε τετραγωνικού θεμέλιο ως προβλέπονται από τις μεθοδολογίες EC-7 και DIN 4017.

Στο κεφάλαιο 4 προβάλλονται τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων που διεξήχθησαν, κατόπιν χρήσης του κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Abaqus. Οι αναλύσεις που διενεργήθηκαν αφορούν πολλαπλούς συνδυασμούς πλάτους θεμελίου B και βάθους θεμελίωσης D, σε συνεκτικά και κοκκώδη εδάφη, με γωνίες τριβής $\varphi=20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$. Επιπλέον, εξετάστηκαν τρεις περιπτώσεις φόρτισης θεμελίου, κεντρική κατακόρυφη, έκκεντρη κατακόρυφη και κεντρική λοξή. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται υπό μορφή κανονικοποιημένων διαγραμμάτων των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων αδιαστατικοποιημένες προς τις προβλεπόμενες κατά τον Ευρωκώδικα 7, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ . Τα κανονικοποιημένα διαγράμματα, που μορφώθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σκοπεύουν στην εξαγωγή συγκριτικών παρατηρήσεων και συμπερασμάτων που προέκυψαν από τις αριθμητικές αναλύσεις έναντι του Ευρωκώδικα 7.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

2.1. Εισαγωγή

Το θεμέλιο είναι το μέσο μεταφοράς των φορτίων από την ανωδομή στο έδαφος. Η προοδευτική αύξηση του φορτίου σε ένα επιφανειακό στοιχείο θεμελίωσης αρχικώς επιφέρει ελαστικές καθιζήσεις, όσο οι τάσεις κάτω από το θεμέλιο παραμένουν εντός της ελαστικής περιοχής, και εν συνεχεία ο ρυθμός αύξησης των καθιζήσεων μεγαλώνει καθώς το έδαφος αρχίζει να αναπτύσσει πλαστικές παραμορφώσεις στα άκρα της βάσης θεμελίωσης. Με την συνεχιζόμενη αύξηση του φορτίου όλο και μεγαλύτερο τμήμα του εδάφους κάτω από το θεμέλιο αναπτύσσει πλαστικές παραμορφώσεις και η πλαστική περιοχή συνεχώς διευρύνεται έως ότου τελικά το έδαφος εξαντλήσει όλη τη διαθέσιμη αντοχή του εντός της πλαστικής περιοχής οπότε και σχηματίζεται ένας μηχανισμός αστοχίας. Το φορτίο το οποίο αντιστοιχεί στην εξάντληση της διαθέσιμης διατμητικής αντοχής του εδάφους ονομάζεται φέρουσα ικανότητα και είναι συνάρτηση τόσο των παραμέτρων μηχανικής συμπεριφοράς τού εδάφους όσο και της γεωμετρίας του θεμελίου.



Σχ. 2.1. Απεικόνιση μηχανισμού αστοχίας σε φέρουσα ικανότητα επιφανειακού θεμελίου. Δημιουργία πλαστικής και ελαστικής ζώνης.

Ο μηχανισμός αστοχίας μιας επιφανειακής θεμελίωσης εκδηλώνεται με τη δημιουργία επιφανειών ολίσθησης στο έδαφος. Κατά μήκος των επιφανειών ολίσθησης αναπτύσσεται διατμητική αντίσταση, η οποία αντιτίθεται στην κίνηση της ενεργοποιούμενης από το θεμέλιο εδαφικής μάζας και συνεπώς στην καθίζηση του θεμελίου. Η διατμητική αντοχή στις επιφάνειες ολίσθησης περιγράφεται συνήθως μέσω του κριτηρίου Mohr-Coulomb ($\tau = c + \sigma' \tan \phi$). Ο μηχανισμός θραύσεως εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και πιο συγκεκριμένα από την συμπίεστότητα του, καθώς και από το είδος της φόρτισης.

Σε ένα πρακτικώς ασυμπίεστο εδαφικό υλικό, το οποίο δεν μπορεί να μειώσει τον όγκο του, προκαλούνται κατακόρυφες μετακινήσεις. Οι μετακινήσεις αυτές οφείλονται μόνο στις μετακινήσεις εδαφικών μαζών κατά μήκος των επιφανειών ολίσθησης, όπου συγκεντρώνεται η διατμητική παραμόρφωση. Αντίθετα, σε ένα συμπιεστό έδαφος οι κατακόρυφες μετακινήσεις προκαλούνται και από την ογκομετρική παραμόρφωση του εδάφους και συνοδεύονται από διατμητική παραμόρφωση μικρού μεγέθους.

Ο Vesic (1963) αναφέρει τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς – μορφές θραύσης.

Τύπος I: Θραύση μέσω γενικευμένης διάτμησης

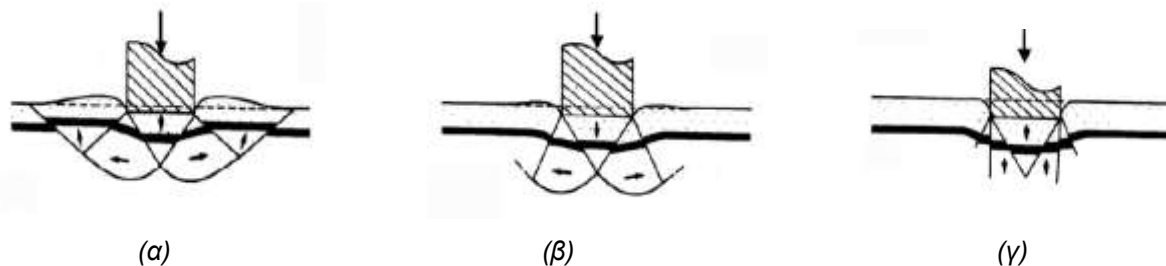
Η επιφάνεια ολίσθησης είναι συνεχής και καλά διαμορφωμένη. Εμφανίζεται εκτεταμένη διόγκωση του εδάφους στις δύο εκατέρωθεν πλευρές του θεμελίου, συνοδευόμενη με μικρή στροφή του θεμελίου στη μία πλευρά. Εκδηλώνεται συνήθως σε εδάφη χαμηλής συμπιεστότητας όπως οι πολύ πυκνές άμμοι, καθώς και σε κορεσμένες αργίλους υπό αστράγγιστες συνθήκες. Η αστοχία αυτή είναι συνήθως απότομη και καταστροφική. (βλ. σχ.2.2α)

Τύπος II: Θραύση λόγω τοπικής διάτμησης

Οι επιφάνειες ολίσθησης είναι καλά διαμορφωμένες μόνο κάτω από τη θεμελίωση και ασυνεχείς στις δύο πλευρές. Για την επέκταση των επιφανειών ολίσθησης μέχρι την επιφάνεια του εδάφους απαιτούνται μεγάλες καθιζήσεις. Παρατηρείται μικρή διόγκωση του εδάφους μόνο δίπλα από το πέδιλο, χωρίς στροφή. Μπορεί να εμφανιστεί σε εδάφη μέσης συμπιεστότητας όπως οι άμμοι μέσης πυκνότητας. Είναι μη καταστροφική αστοχία. (βλ. σχ.2.2β)

Τύπος III: Θραύση σε διάτρηση

Δεν εμφανίζεται καμία επιφάνεια ολίσθησης εκατέρωθεν του πεδίου αλλά μόνο καλά διαμορφωμένες επιφάνειες κάτω από τη θεμελίωση. Λόγω συμπίεσης του όγκου προκαλούνται μεγάλες καθιζήσεις χωρίς στροφή του θεμελίου. Η μορφή αυτή συμβαίνει σε εδάφη με μεγάλη συμπιεστότητα όπως οι πολύ χαλαρές άμμοι, ή σε αργίλους υπό στραγγισμένες συνθήκες. Λόγω της μορφής της αστοχίας δεν παρατηρείτε κάποια οριακή τιμή του φορτίου καθώς αυτό αυξάνει συνεχώς με την καθίζηση και για αυτό συνήθως σε τέτοιες περιπτώσεις το οριακό φορτίο λαμβάνεται ως αυτό το οποίο αντιστοιχεί στην μέγιστη επιτρεπόμενη καθίζηση του θεμελίου. (βλ. σχ.2.2γ)



Σχ. 2.2. Μηχανισμοί θραύσης κατά Vesic (1963). (α) Τύπος I (β) Τύπος II (γ) Τύπος III

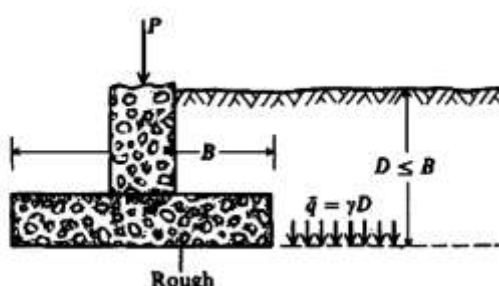
Προτού γίνει η παρουσίαση των πιο διαδεδομένων μεθοδολογιών υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας όπως αυτές έχουν αναπτυχθεί με την πάροδο των ετών, αξίζει να γίνει μια σύντομη αναφορά στην θεωρία του Prandtl, καθώς αποτελεί τη βάση των περισσότερων μεταγενέστερων μεθοδολογιών. Ο Prandtl το 1921, μελέτησε τη φέρουσα ικανότητα ισότροπου ομοιογενούς αργιλικού σχηματισμού, υπό αστράγγιστες συνθήκες, καταπονούμενο από ομοιόμορφα κατανεμημένη πίεση. Υπέθεσε στο σύστημα του ένα άκαμπτο πλαστικό σώμα, του οποίου οι παραμορφώσεις δεν έχουν καμία επίδραση στο επίπεδο των πιέσεων σε οριακή κατάσταση ισορροπίας. Αποφάσισε ότι η επιφάνεια αστοχίας του υλικού κάτω από το φορτίο θα μπορούσε να χωριστεί σε πέντε περιοχές, που αποτελούνται από τις ζώνες του Rankine και τμήματα λογαριθμικής σπείρας. Από τη θεωρία του Mohr για τις τάσεις και χρησιμοποιώντας τη λειτουργία πιέσεων Airy εξήγαγε μια διαφορική εξίσωση δευτέρας τάξεως. Η λύση της δίνει την αναλυτική έκφραση της οριακής φέρουσας ικανότητας εδάφους.

Αξιοποιώντας τη θεωρία του Prandtl, ο Buisman το 1940 εξέφρασε τη μέγιστη φέρουσα ικανότητα του εδάφους με υπέρθεση της συμβολής της συνοχής, της υπερκείμενης πίεσης και της πυκνότητας του εδάφους, που συνήθως αναφέρεται ως εξίσωση Terzaghi.

2.2. Βασικές μεθοδολογίες υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας εδάφους.

2.2.1. Επίλυση Terzaghi (1943)

Η εξίσωση του Terzaghi (1943) προήλθε από ελαφριά τροποποίηση της θεωρίας φέρουσας ικανότητας του Prandtl (1921). Η επίλυση του Terzaghi αναφέρεται σε λωριδωτό θεμέλιο πλάτους B , κοντά στην επιφάνεια του εδάφους ($D \leq B$) με παραμέτρους αντοχής c και ϕ , ειδικό βάρος (γ) και επιφόρτιση (q).



Σχ. 2.3. Επιφανειακό θεμέλιο πλάτους B , εδραζόμενο σε βάθος D , υποβαλλόμενο σε κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση.

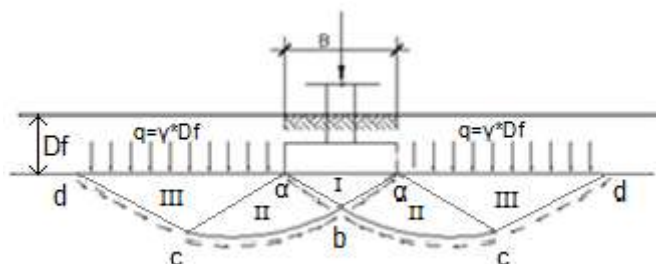
Οι παραδοχές στις οποίες βασίζεται η επίλυση του Terzaghi είναι οι ακόλουθες:

- Ορθή και κεντρική φόρτιση του θεμελίου
- Ασυμπύεστο, ομοιογενές και ισότροπο έδαφος
- Η διατμητική αντοχή του εδάφους περιγράφεται μέσω του κριτηρίου αστοχίας Mohr-Coulomb.
- Δεν λαμβάνεται υπόψη η επιφόρτιση στην επιφάνεια του εδάφους.
- Η διατμητική αντοχή του εδάφους πάνω από τη στάθμη θεμελίωσης αγνοείται και λαμβάνεται υπόψη μόνο το βάρος του ως ένα κατανεμημένο φορτίο (επιφόρτιση) το οποίο ασκείται στο επίπεδο θεμελίωσης ($q = \gamma D$).
- Η επιφάνεια έδρασης του θεμελίου (διεπιφάνεια εδάφους - θεμελίωσης) θεωρείται τραχεία.
- Δεν λαμβάνονται υπόψη τριβές στην πλευρική επιφάνεια του θεμελίου.
- Θεωρείται θεμέλιο απείρου μήκους και πρακτικώς άκαμπτο (παραδοχή επίπεδης παραμόρφωσης και γραμμικής κατανομής των πιέσεων επαφής).

Μηχανισμός αστοχίας

Ο Terzaghi θεωρεί ότι η θραύση του εδάφους θεμελίωσης οφείλεται σε γενικευμένη διατμητική αστοχία του εδάφους (τύπος I, σχ.2.2α). Η πλαστική περιοχή χωρίζεται σε τρεις διακριτές ζώνες.

- **Ζώνη I** : Ζώνη ελαστικής ισορροπίας
- **Ζώνη II** : Ζώνη Prandtl (ακτινική διάτμηση)
- **Ζώνη III** : Παθητική ζώνη Rankine



Σχ. 2.4. Ζώνες μηχανισμού θραύσεως κατά Terzaghi

Οι διατμητικές γραμμές ολίσθησης απεικονίζουν ποιοτικά τις τροχιές των τάσεων στην πλαστική ζώνη κάτω από το θεμέλιο, κατά την ανάπτυξη της οριακής φέρουσας ικανότητας.

Η επιφάνεια αστοχίας αποτελείται από την σφήνα **aba**, κάτωθεν του θεμελίου υπό γωνία ϕ (γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους με την βάση του θεμελίου), τα τμήματα **bc**, δύο τόξα λογαριθμικής σπείρας, και τέλος από τα ευθύγραμμα τμήματα **cd** που σχηματίζουν γωνία $(45^\circ - \phi/2)$ με την επιφάνεια εδράσεως του θεμελίου.

Εξίσωση φέρουσας ικανότητας

Η φέρουσα ικανότητα κατά Terzaghi δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$p_u = cN_c s_c + \gamma DN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \quad (2.1)$$

,όπου:

p_u η φέρουσα ικανότητα του εδάφους

c η συνοχή

γ το ειδικό βάρος του εδάφους

D το βάθος έδρασης του θεμελίου

B το πλάτος της στενής πλευράς του θεμελίου

N_i οι συντελεστές φέρουσας ικανότητας (N_c, N_q, N_γ) και

s_i οι συντελεστές σχήματος του θεμελίου (s_c, s_γ)

Παρατηρείται ότι η εξίσωση 2.1 την οποία διατύπωσε ο Terzaghi για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελίων αποτελείται από τρεις όρους και για αυτό πολύ συχνά αναφέρεται και ως τριώνυμο της φέρουσας ικανότητας. Ο πρώτος όρος περιγράφει την επιρροή της συνοχής στη φέρουσα ικανότητα και είναι γνωστός και ως όρος της συνοχής. Ο δεύτερος όρος λαμβάνει υπόψη την επιρροή του βάρους του υπερκείμενου του επιπέδου θεμελίωσης εδάφους και είναι γνωστός και ως όρος του βάθους, ενώ τέλος ο τρίτος όρος λαμβάνει υπόψη την επιρροή του πλάτους του θεμελίου και αναφέρεται συχνά και ως όρος του πλάτους.

Συντελεστές Φέρουσας Ικανότητας N_c, N_q, N_γ

Οι συντελεστές φέρουσας ικανότητας είναι αδιάστατα μεγέθη και εξαρτώνται μόνο από τη γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους. Δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi \quad (2.2)$$

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2} - \varphi\right) \cdot \tan \varphi}}{2 * \cos^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)} \quad (2.3)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} * \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right) * \tan \varphi \quad (2.4)$$

Οι συντελεστές N_c, N_q, N_γ έχουν εκτιμηθεί μεμονωμένα. Δηλαδή κατά τον προσδιορισμό για παράδειγμα του όρου του πλάτους (συντελεστής N_γ) έχουν αγνοηθεί η επίδραση τόσο της συνοχής όσο και της επιφόρτισης. Με αντίστοιχη διαδικασία έχουν υπολογιστεί και οι υπόλοιποι συντελεστές στη βάση των ακόλουθων υποθέσεων:

- Αβαρές μέσο για N_c, N_q
- Απουσία συνοχής για N_q, N_γ
- Απουσία επιφόρτισης για N_c, N_γ

Σε κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις οι επιφάνειες ολίσθησης δεν είναι ίδιες και προφανώς καμιά από αυτές δεν αντιστοιχεί στην κρίσιμη επιφάνεια ολίσθησης η οποία θα σχηματιστεί στην γενική περίπτωση όπου συνυπάρχουν συνοχή και επιφόρτιση.

Ο Terzaghi έδωσε τη σχέση (2.4) για τον προσδιορισμό του συντελεστή Φ.Ι. N_γ χωρίς να εξηγεί ούτε τι ακριβώς αντιπροσωπεύει ο συντελεστής $K_{p\gamma}$, ο οποίος υπεισέρχεται στην εξίσωση, ούτε το πώς αυτός προσδιορίζεται. Το μοναδικό στοιχείο που έδωσε ήταν μια

καμπύλη μικρής κλίμακας της γωνίας εσωτερικής τριβής του εδάφους και του συντελεστή N_γ με τρεις συγκεκριμένες τιμές του N_γ για δεδομένες τιμές της γωνίας τριβής ϕ (0° , 34° , 48°). Ο Bowles (1996) αναφέρει ότι επιλέγοντας επιπλέον σημεία από την καμπύλη αυτή και μέσω ανάστροφων αναλύσεων κατάφερε να υπολογίσει τις τιμές του συντελεστή N_γ για διάφορες τιμές της γωνίας εσωτερικής τριβής ϕ . Οι τιμές στις οποίες κατέληξε δίνονται στον ακόλουθο πίνακα 2.1.

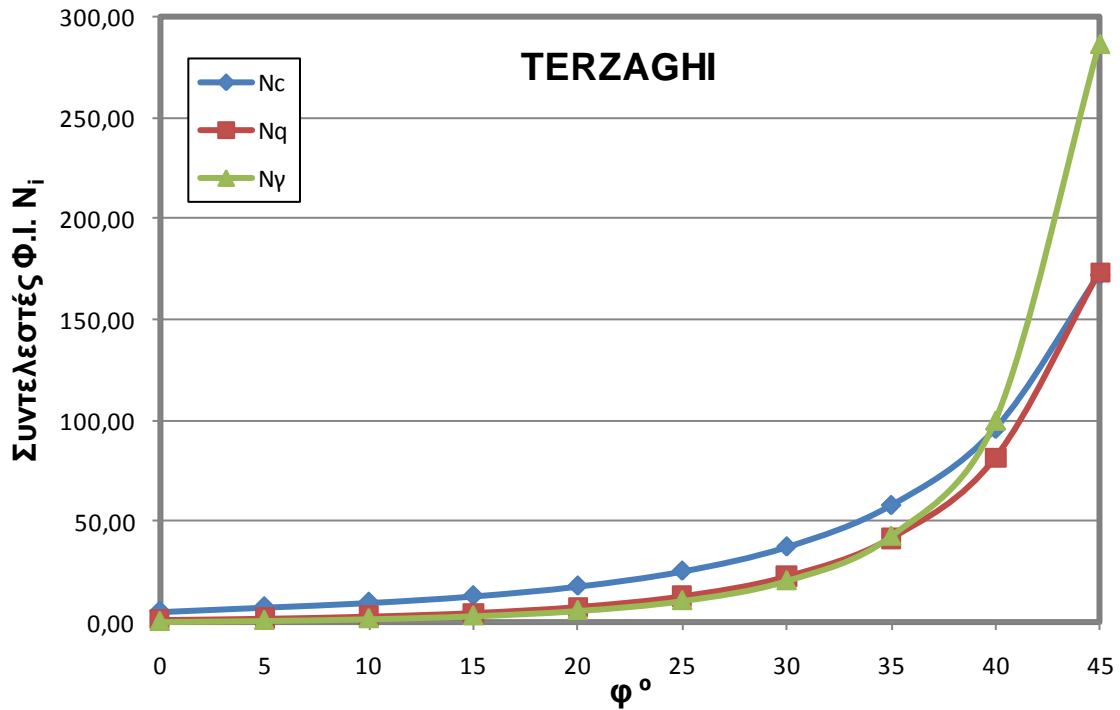
Πίνακας 2.1. Τιμές των συντελεστών φέρουσας ικανότητας κατά Terzaghi (N_c , N_q , N_γ) για διάφορες τιμές της γωνίας τριβής ϕ , όπως αυτές υπολογίστηκαν από τον Bowles.

ϕ , deg	N_c	N_q	N_γ	$K_{p\gamma}$
0	5.7*	1.0	0.0	10.8
5	7.3	1.6	0.5	12.2
10	9.6	2.7	1.2	14.7
15	12.9	4.4	2.5	18.6
20	17.7	7.4	5.0	25.0
25	25.1	12.7	9.7	35.0
30	37.2	22.5	19.7	52.0
34	52.6	36.5	36.0	
35	57.8	41.4	42.4	82.0
40	95.7	81.3	100.4	141.0
45	172.3	173.3	297.5	298.0
48	258.3	287.9	780.1	
50	347.5	415.1	1153.2	800.0

Ο Κωστόπουλος (2008) αναφέρει ότι ο συντελεστής $K_{p\gamma}$ προσδιορίστηκε μεταγενέστερα με προσεγγιστικό τρόπο. Η συσχέτιση του $K_{p\gamma}$ με τη γωνία ϕ δίνεται από την επόμενη σχέση.

$$K_{p\gamma} = 3 \tan^2 \left[45 + \left(\frac{\phi + 33^\circ}{2} \right) \right] \quad (2.5)$$

Με βάση τις σχέσεις (2.2), (2.3), (2.4) για τους συντελεστές φέρουσας ικανότητας N_i και τη σχέση για το συντελεστή $K_{p\gamma}$, (2.5), μορφώθηκε το διάγραμμα του σχ.2.5, στο οποίο φαίνεται η μεταβολή των συντελεστών N_i συναρτήσει της γωνίας τριβής του εδάφους.



Σχ. 2.5. Μεταβολή των συντελεστών φέρουσας ικανότητας (N_c , N_q , N_γ) συναρτήσεως της γωνίας τριβής ϕ , για τη μεθοδολογία Terzaghi (Κωστόπουλος 2008).

Συντελεστές σχήματος s_c , s_γ

Ο Terzaghi πρότεινε συντελεστές σχήματος μόνο για τους όρους της συνοχής (s_c) και του πλάτους (s_γ) στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας.

Οι συντελεστές σχήματος αυξάνουν ή μειώνουν τη φέρουσα ικανότητα ανάλογα με το σχήμα του θεμελίου. Επί της ουσίας τροποποιούν την φέρουσα ικανότητα, η οποία υπολογίζεται για θεμελιολωρίδα, κατάλληλα έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η ανάπτυξη τριαξονικών συνθηκών παραμόρφωσης έναντι των συνθηκών επίπεδης παραμόρφωσης οι οποίες αντιστοιχούν στην θεμελιολωρίδα. Για τρεις περιπτώσεις διαφορετικής γεωμετρίας θεμελίου (λωριδωτό, κυκλικό, τετραγωνικό) ο Terzaghi πρότεινε τις τιμές του πίνακα 2.2 για τους συντελεστές σχήματος.

Πίνακας 2.2. Τιμές των συντελεστών σχήματος θεμελίου (s_c , s_γ) για λωριδωτό, κυκλικό και τετραγωνικό θεμέλιο, κατά Terzaghi

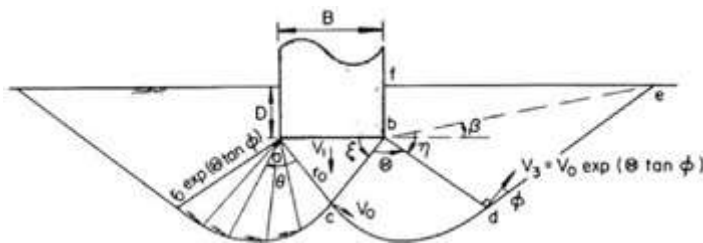
Σχήμα θεμελίου	λωρίδα	κύκλος	τετράγωνο
s_c	1,0	1,3	1,3
s_γ	1,0	0,6	0,8

2.2.2. Επίλυση Meyerhof (1951)

Ο Meyerhof το 1951 προέκτεινε την θεωρία του Terzaghi λαμβάνοντας υπόψη την διατμητική αντοχή του εδάφους, πάχους D , πάνω από την στάθμη θεμελίωσης η οποία αγνοείται στην μέθοδο Terzaghi.

Προϋποθέσεις-Παραδοχές:

- Ο Meyerhof θεωρεί ότι κατά την αστοχία το έδαφος κάτω από το θεμέλιο βρίσκεται σε κατάσταση πλαστικής ισορροπίας, ότι έχει δηλαδή εξαντλήσει όλη την διαθέσιμη διατμητική αντοχή του και παραμορφώνεται υπό σταθερό ρυθμό κάτω από σταθερή ένταση. Στην κατάσταση αυτή ακόμη και μία πολύ μικρή αύξηση του φορτίου οδηγεί στην ανάπτυξη πολύ μεγάλων πλαστικών παραμορφώσεων.
- Η επιφάνεια αστοχίας αποτελείται από μια σφήνα κάτω από την βάση θεμελίωσης της οποίας οι δυο ίσες πλευρές (ac,cb) κλίνουν υπό γωνία $45^\circ + \phi/2$ ως προς την οριζόντιο, ένα λογαριθμικό ελικοειδές τμήμα (cd) και ένα ευθύγραμμο τμήμα (de).
- Η γραμμή θραύσεως εκτείνεται μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, δηλαδή λαμβάνεται υπόψη η διατμητική αντοχή του εδάφους πάνω από το επίπεδο θεμελίωσης.



Σχ. 2.6. Μηχανισμός αστοχίας σε φέρουσα ικανότητα κατά Meyerhof

Ο Meyerhof κατά τη μόρφωση του τριωνύμου φέρουσας ικανότητας ακολούθησε μια υπολογιστική διαδικασία δύο φάσεων. Κατά την πρώτη φάση προσδιορίζεται το οριακό φορτίο που μπορεί να αναληφθεί από τον όρο της συνοχής c , σε αβαρή εδαφικό σχηματισμό, καθώς και το φορτίο που αναλαμβάνεται λόγω της επιφόρτισης q . Στην επόμενη φάση, προσδιορίζεται το οριακό φορτίο που αναπτύσσεται στις χαρακτηριστικές επιφάνειες λόγω του ίδιου βάρους της εδαφικής μάζας.

Μέσω κατάλληλων υπολογισμών και με την παραδοχή ισχύος της αρχής της επαλληλίας καταλήγει στην σχέση 2.6 για τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας λωριδωτού πεδίου πλάτους B σε βάθος D από την επιφάνεια του εδάφους, με χαρακτηριστικά εδάφους c και ϕ , ειδικό βάρος γ και επιφόρτιση q , υπό κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση.

$$p_u = cN_c + (q + \gamma D)N_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (2.6)$$

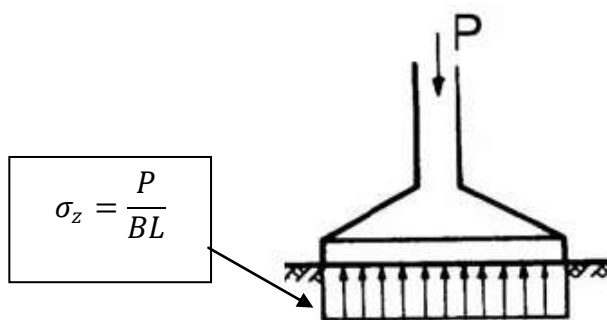
Για την γενίκευση του τύπου της φέρουσας ικανότητας για ορθογωνικά πέδιλα διαστάσεων $B \times L$, $L > B$, εδραζόμενα σε βάθος D σε έδαφος με c και ϕ , ειδικό βάρος γ και επιφόρτιση q , υπό κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση ο Meyerhof (1963) προσέθεσε τους συντελεστές σχήματος s_i και βάθους d_i . Η επιρροή του βάθους στην ενεργοποιούμενη στα ευθύγραμμα τμήματα ac διατμητική αντίσταση, που δεν λαμβάνει υπόψη ο Terzaghi, διαφαίνεται στους συντελεστές βάθους d_i (βλ. σχ.2.4).

Τα θεμέλια συχνά σχεδιάζονται για να φέρουν πέρα από τα κατακόρυφα φορτία και οριζόντια ή και ροπές, τα οποία μεταφέρονται από την ανωδομή στην θεμελίωση. Στη περίπτωση λοξής φόρτισης, δηλαδή της συνδυασμένης δράσης οριζόντιου και κατακόρυφου φορτίου, υπεισέρχονται στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας κατάλληλοι μειωτικοί συντελεστές i_c , i_q , i_γ . Μια γενικευμένη μορφή της εξίσωσης Φ.Ι δίνεται από την σχέση 2.7.

$$p_u = cN_c s_c d_c i_c + (q + \gamma D)N_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad (2.7)$$

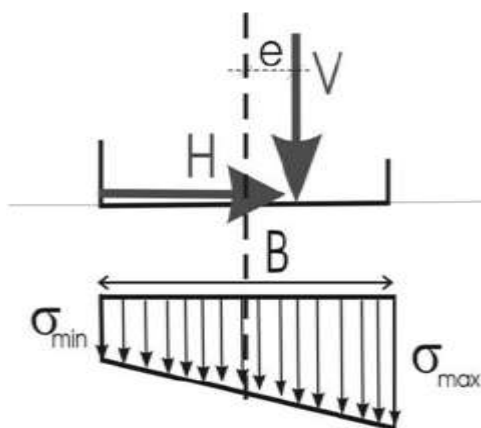
Στην περίπτωση έκκεντρης φόρτισης, όταν δηλαδή στο θεμέλιο ασκείται πέρα από το κατακόρυφο φορτίο V και ροπή M , ορίζεται ως υπολογιστική εκκεντρότητα e ο λόγος της ροπής ως προς το κατακόρυφο φορτίο, $e = \frac{M}{V}$.

Με την παραδοχή γραμμικής κατανομής των τάσεων στη βάση του θεμελίου (βλ. σχ.2.7) η κατακόρυφη τάση ορίζεται ως $\sigma_z = \frac{P}{BL}$. Ανάλογα με την τιμή της εκκεντρότητας προκύπτουν οι μέγιστες και ελάχιστες τάσεις στα άκρα του θεμελίου.



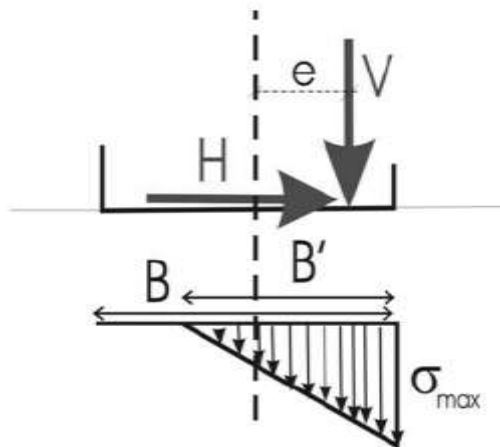
Σχ. 2.7. Γραμμική κατανομή πιέσεων στη βάση άκαμπτου πεδίου (ορθή και κεντρική φόρτιση)

Για μικρές εκκεντρότητες $0 \leq e \leq \frac{B}{6}$, όπως φαίνεται στο σχ.2.8 η κατανομή των τάσεων κάτω από το θεμέλιο είναι τραπεζοειδής. Οι τάσεις στα άκρα της θεμελίωσης προκύπτουν από τις σχέσεις $\sigma_{\max} = \sigma(1 + 6\frac{e}{B})$ και $\sigma_{\min} = \sigma(1 - 6\frac{e}{B}) \geq 0$.



Σχ. 2.8. Τραπεζοειδής κατανομή τάσεων στη βάση ορθογωνικού πεδίου για εκκεντρότητα $0 \leq e \leq \frac{B}{6}$.

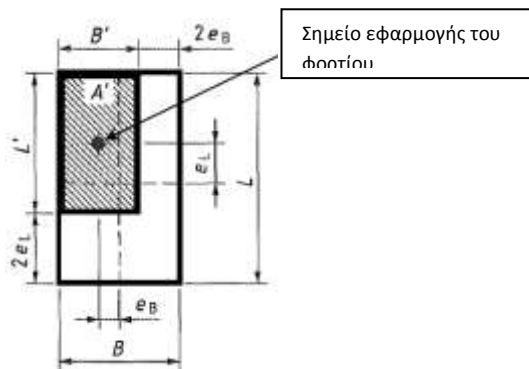
Ενώ αντίστοιχα, για μεγάλες εκκεντρότητες $\frac{B}{6} \leq e \leq \frac{B}{2}$ όπως φαίνεται στο σχ.2.9 η κατανομή των τάσεων είναι τριγωνική. Δηλαδή εμφανίζεται "ανασήκωμα" του θεμελίου και εμφανίζεται μία ανενεργός διατομή του θεμελίου με αποτέλεσμα οι τάσεις επαφής να ασκούνται σε πλάτος θεμελίου B' μικρότερο από τη πραγματική του διάσταση B , $B' = 3(\frac{B}{2} - e)$ και η μέγιστη τάση δίνεται από την σχέση $\sigma_{\max} = 2\sigma\frac{B}{B'}$.



Σχ. 2.9. Τριγωνική κατανομή τάσεων στη βάση ορθογωνικού πεδίου για εκκεντρότητα $\frac{B}{6} \leq e \leq \frac{B}{2}$.

Για να αποφεύγεται ο κίνδυνος ολίσθησης ή και ανατροπής του θεμελίου συνίσταται να εξασφαλίζεται ότι "εργάζεται" το μισό πλάτος του θεμελίου. Για να είναι αυτό δυνατό, η μέγιστη εκκεντρότητα e δεν πρέπει να υπερβαίνει το $1/3$ του πλάτους B του θεμελίου ($e \leq B/3$). Για την οριακή εκκεντρότητα $e = \frac{B}{3}$ το ενεργό πλάτος B' γίνεται ίσο με $B/2$ και η μέγιστη τάση στην πλευρά της εκκεντρότητας ίση με $\sigma_{\max} = 4\sigma$.

Για έκκεντρη φόρτιση θεμελίου και τις περιπτώσεις γραμμικής κατανομής των τάσεων, που περιγράφηκαν ανωτέρω, ο Meyerhof για να λάβει υπόψη του τη μείωση της φέρουσας ικανότητας με την ύπαρξη εκκεντρότητας εισήγαγε στην εξίσωση υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας μια μειωμένη τιμή του πλάτους, B' . Συγκεκριμένα, απέδειξε μέσω δοκιμών σε φυσικά προσομοιώματα ότι όσο μεγαλώνει η εκκεντρότητα προκαλείται ανασήκωμα του θεμελίου και μείωση του ενεργού πλάτους B' . Έτσι βασιζόμενος σε εμπειρικές παρατηρήσεις, πρότεινε μια συντηρητική προσέγγιση στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας. Όρισε ως ισοδύναμη ενεργό επιφάνεια του θεμελίου, A' το γινόμενο των μειωμένων, λόγω εκκεντρότητας, διαστάσεων του θεμελίου ($A' = B' \times L'$). Δηλαδή, θεώρησε ότι για την ανάληψη του φορτίου εργάζεται μία απομειωμένη περιοχή του θεμελίου στην οποία το φορτίο δρα ως κεντρικό και στην οποία οι πιέσεις επαφής είναι ομοιόμορφες και σταθερές. Στο σχ.2.10 απεικονίζονται τόσο οι πραγματικές όσο και οι ενεργές διαστάσεις του θεμελίου λόγω εκκεντρότητας της φόρτισης.



Σχ. 2.10. Ενεργός διατομή βάσης επιφανειακού θεμελίου υποβαλλόμενο σε έκκεντρη φόρτιση.

Το ενεργό μειωμένο πλάτος θεμελίωσης, B' , στην περίπτωση έκκεντρης φόρτισης κατά την διεύθυνση της πλευράς B είναι ίσο με $B' = B - 2e_B$, όπου e_B είναι η εκκεντρότητα του φορτίου κατά την διεύθυνση B . Ενώ αντίστοιχα για εκκεντρότητα του φορτίου κατά την διεύθυνση της διάστασης L η ενεργός μειωμένη τιμή είναι $L' = L - e_L$, όπου e_L είναι η εκκεντρότητα κατά την διεύθυνση L . Έτσι η φέρουσα ικανότητα θεωρείται ισοδύναμη με αυτή του θεμελίου διαστάσεων B' και L' όταν υποβάλλεται σε κατακόρυφη και κεντρική φόρτιση και είναι μειωμένη σε σχέση με την φέρουσα ικανότητα θεμελίου διατάσεων B και L .

Η γενικευμένη μορφή της εξίσωσης φέρουσας ικανότητας κατά Meyerhof στη περίπτωση που το φορτίο παρουσιάζει πέρα από λοξότητα και εκκεντρότητα δίνεται στην εξίσωση (2.8).

$$p_u = cN_c s_c d_c i_c + (q + \gamma D) N_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad (2.8)$$

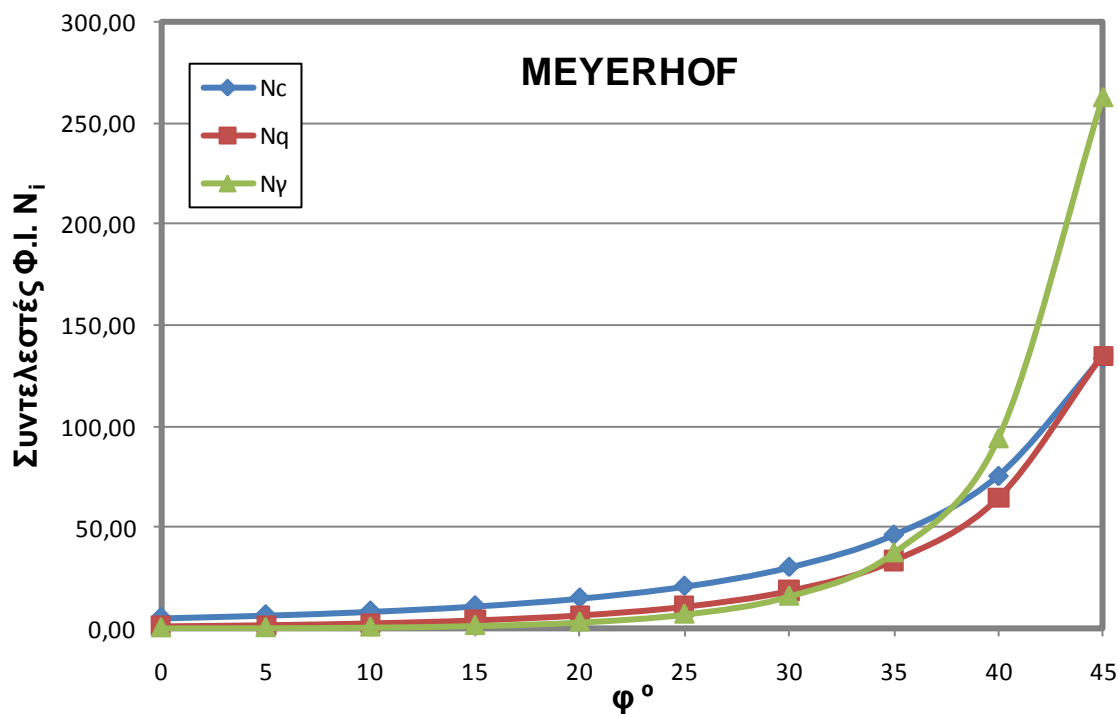
Συντελεστές Φέρουσας Ικανότητας N_c, N_q, N_γ

Ο Meyerhof προσδιόρισε τους συντελεστές N_i κάνοντας δοκιμές στην ζώνη **bce** με τόξο **cd** (βλ. σχ.2.6), προσεγγίζοντας την διάτμηση στην επιφάνεια αυτή. Στον προσδιορισμό των τιμών των συντελεστών χρησιμοποιείται γωνία κλίσεως σφήνας ίση με $45^\circ + \phi/2$. Λόγω τριβής μεταξύ της βάσης του θεμελίου και του εδάφους οι ίσες πλευρές της σφήνας μπορεί να έχουν κλίση μικρότερη από $45^\circ + \phi/2$. Έτσι υπολογίζονται οι συντελεστές N_i με την ελάχιστη δυνατή τιμή τους για γωνίες από ϕ έως $45^\circ + \phi/2$. Για τον συντελεστή φέρουσας ικανότητας N_c χρησιμοποιεί τον ίδιο τύπο με αυτό που πρότεινε ο Terzaghi [βλ. εξίσωση (2.2)], ενώ για τους συντελεστές N_q, N_γ προτείνει τις σχέσεις που φαίνονται παρακάτω.

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \phi/2) \quad (2.9)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan^2(1.4\phi) \quad (2.10)$$

Με βάση τις ανωτέρω σχέσεις για τον υπολογισμό των συντελεστών Φ.Ι, έγινε διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών για διάφορες γωνίες τριβής.



Σχ. 2.11. Μεταβολή των συντελεστών φέρουσας ικανότητας (N_c , N_q , N_γ) συναρτήσει της γωνίας τριβής φ , για τη μεθοδολογία Meyerhof.

Συντελεστές σχήματος s_c , s_q , s_γ

Οι σχέσεις για τον υπολογισμό των συντελεστών σχήματος φαίνονται στις ακόλουθες εξισώσεις:

$$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L} \quad \text{όπου } K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \text{ για οποιοδήποτε } \varphi \quad (2.11)$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L} \quad , \text{ για } \varphi > 10^\circ \quad (2.12)$$

$$s_q = s_\gamma = 1 \quad , \text{ για } \varphi = 0^\circ \quad (2.13)$$

Σημειώνεται ότι οι συντελεστές σχήματος εξαρτώνται όχι μόνο από το σχήμα του θεμελίου (διαστάσεις B και L) αλλά και από τη γωνία τριβής του εδάφους φ .

Συντελεστές βάθους d_c, d_q, d_γ

Οι συντελεστές βάθους υπολογίζονται με βάση τις ακόλουθες σχέσεις:

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad \text{όπου } K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad \text{για οποιοδήποτε } \varphi \quad (2.14)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad , \text{ για } \varphi > 10^\circ \quad (2.15)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad , \text{ για } \varphi = 0^\circ \quad (2.16)$$

Συντελεστές λοξότητας φορτίου i_c, i_q, i_γ

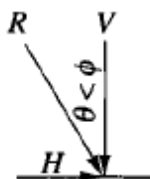
Ο υπολογισμός των συντελεστών λοξότητας φορτίου γίνεται μέσω των ακόλουθων σχέσεων όσο αφορά τη μεθοδολογία του Meyerhof.

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ} \right)^2 \quad , \text{ για οποιοδήποτε } \varphi \quad (2.17)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\varphi^\circ} \right)^2 \quad , \text{ για } \theta < \varphi \text{ και } \varphi > 0 \quad (2.18)$$

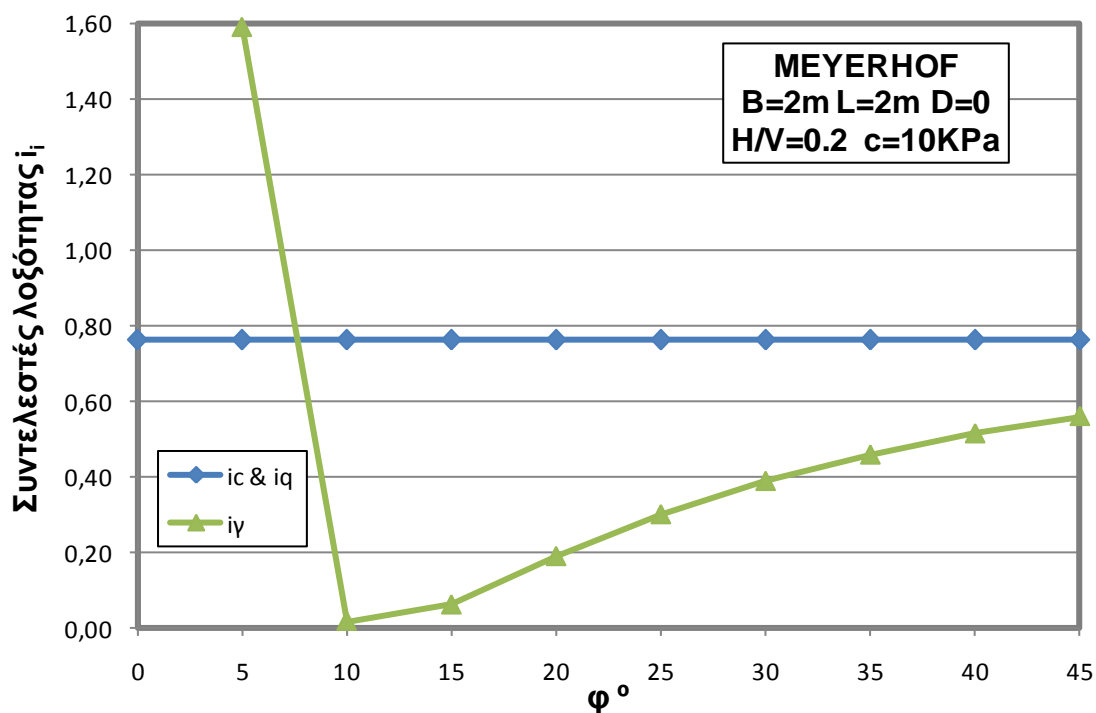
$$i_\gamma = 0 \quad , \text{ για } \theta > 0 \text{ και } \varphi = 0 \quad (2.19)$$

όπου θ η γωνία κλίσης του φορτίου ως προς την κατακόρυφο (βλ. σχ.2.12)



Σχ. 2.12. Φορτίο R επιβαλλόμενο υπό γωνία θ .

Με βάση τις ανωτέρω σχέσεις για τον υπολογισμό των συντελεστών λοξότητας φορτίου, έγινε διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών για διάφορες γωνίες τριβής (σχ.2.13).

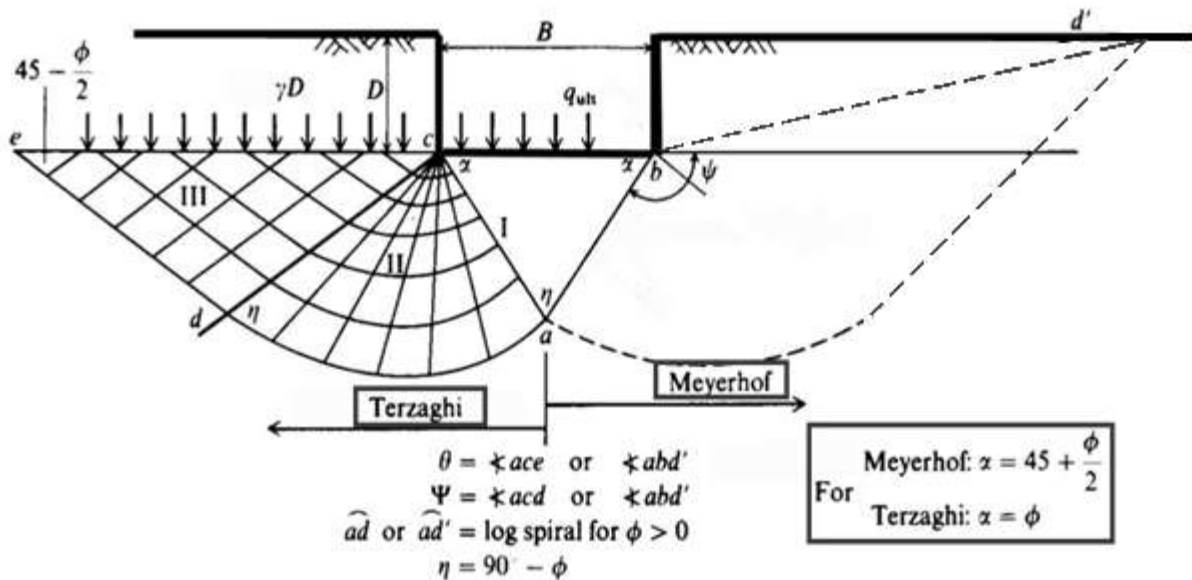


Σχ. 2.13. Μεταβολή των συντελεστών λοξότητας (i_c , i_q , i_y) συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ , για τετραγωνικό θεμέλιο με $B=2m$, εδραζόμενο στην επιφάνεια εδάφους με $c=10kPa$ και υποβαλλόμενο σε λοξή και κεντρική φόρτιση με λόγο $H/V=0.2$, για τη μεθοδολογία Meyerhof.

Παρατηρήσεις:

- Ο τύπος του Meyerhof χρησιμοποιείται και σε περιπτώσεις θεμελίωσης σε βάθος D μεγαλύτερο από το πλάτος του θεμελίου B ($D>B$). (Κωστόπουλος, 2008)
- Σε περιπτώσεις αβαθών θεμελιώσεων ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας κατά Meyerhof οδηγεί σε τιμές μεταξύ εκείνων που προκύπτουν από θεωρήση γενικής και τοπικής διατμητικής αστοχίας κατά Terzaghi.

Τέλος, αξίζει να συγκριθούν οι μορφές των γραμμών θραύσεως που λαμβάνουν υπόψη οι δύο βασικές μεθοδολογίες. Στο σχήμα 2.14 φαίνονται οι διαφορές στο μηχανισμό αστοχίας μεταξύ των δυο μεθοδολογιών. Η κύρια διαφορά που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι η γραμμή θραύσεως κατά Terzaghi φτάνει μέχρι την επιφάνεια εδράσεως του θεμελίου, ενώ κατά Meyerhof μέχρι την επιφάνεια του εδάφους. Επίσης ο Meyerhof λαμβάνει γωνία κλίσης των δύο ίσων πλευρών της σφήνας **abc** κάτω από την επιφάνεια έδρασης του θεμελίου, ίση με $45+\phi/2$, ενώ ο Terzaghi ίση με ϕ .

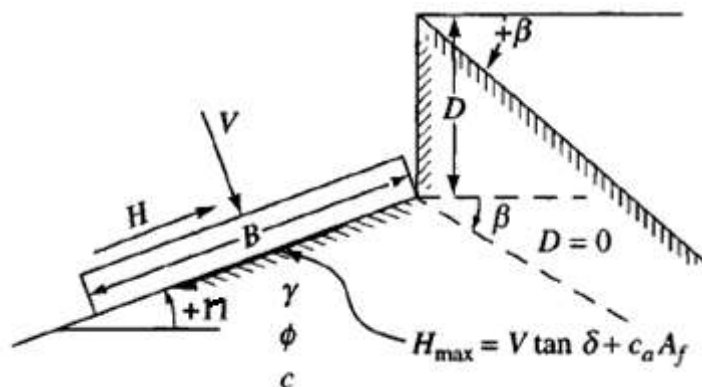


Σχ. 2.14. Μηχανισμός αστοχίας κατά Terzaghi και Meyerhof

2.3. Επεκτάσεις-τροποποιήσεις βασικών μεθοδολογιών

2.3.1. Brinch-Hansen(1961,1970)

Η μεθοδολογία του Brinch-Hansen βασίζεται σε επέκταση αυτής του Meyerhof με σκοπό να συμπεριλάβει στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας θεμελίου, θεμέλιο με κεκλιμένη βάση, καθώς και θεμέλιο το οποίο εδράζεται σε κεκλιμένη επιφάνεια εδάφους. Επομένως, ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας μπορεί να γίνει σε θεμέλιο με λοξή βάση, εδραζόμενο σε βάθος D , επί κεκλιμένης επιφάνειας, το οποίο καταπονείται από λοξή ή και έκκεντρη φόρτιση όπως φαίνεται στο σχήμα 2.15.



Σχ. 2.15. Επιφανειακό θεμέλιο εδραζόμενο σε βάθος D , σε επιφάνεια εδάφους με γωνία κλίσης η ως προς την οριζόντιο, υποβαλλόμενο σε κεντρική και λοξή φόρτιση.

Επιπρόσθετα, πρότεινε νέες σχέσεις για τον υπολογισμό του συντελεστή φέρουσας ικανότητας N_γ , των συντελεστών σχήματος s_i , των συντελεστών βάθους d_i και των συντελεστών λοξότητας φορτίου i_i . Προσέθεσε ακόμη συντελεστές κλίσης εδάφους g_i και κεκλιμένης βάσης θεμελίου b_i , οι οποίοι δεν αναφέρονται καθόλου στη μεθοδολογία του Meyerhof.

Η φέρουσα ικανότητα κατά τον Brinch-Hansen υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$p_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (q + \gamma D)N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (2.20)$$

Συντελεστές Φέρουσας Ικανότητας N_c, N_q, N_γ

Οι συντελεστές φέρουσας ικανότητας N_c και N_q υπολογίζονται από τις ίδιες σχέσεις που χρησιμοποιεί ο Meyerhof [βλ. εξισώσεις (2.2) και (2.9)]. Ο συντελεστής N_γ υπολογίζεται από τη σχέση που ακολουθεί.

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1)\tan\varphi \quad (2.21)$$

Η εκδοχή αυτή του N_γ αποδείχθηκε ότι προσεγγίζει αυστηρά τα αποτελέσματα για καθαρά εδάφη ($c=0, \varphi \neq 0$) και αρκετά καλά για τιμές της φ γύρω στις 40° , σύμφωνα με αναλυτικές επιλύσεις που έγιναν από τον Lyamin et al(2006) και Martin(2005) για την περίπτωση όπου $c=0$ και $q_0=q+\gamma D=0$.

Συντελεστές σχήματος s_c, s_q, s_γ

Οι συντελεστές σχήματος, όσο αφορά τους όρους της συνοχής (s_c) και του βάθους (s_q), στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας, εξαρτώνται όχι μόνο από το σχήμα του θεμελίου αλλά και από τη γωνία τριβής του εδάφους. Αντίθετα ο συντελεστής σχήματος που αναφέρεται στον όρο του πλάτους του θεμελίου (s_γ) εξαρτάται μόνο από τις διαστάσεις του θεμελίου. Ο υπολογισμός των συντελεστών σχήματος που προτείνονται από τον Brinch-Hansen γίνεται μέσω των ακόλουθων σχέσεων.

$$s_c = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad (2.22)$$

$$s_c = 1 \quad , \text{ για λωρίδα}$$

$$s_q = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \varphi \quad , \text{ για οποιαδήποτε } \varphi \quad (2.23)$$

$$s_\gamma = 1.0 - 0.4 \frac{B'}{L'} \geq 0.6 \quad (2.24)$$

Συντελεστές βάθους d_c, d_q, d_γ

Οι συντελεστές στους οποίους λαμβάνεται υπόψη το βάθος έδρασης του θεμελίου υπολογίζονται βάση των ακόλουθων εξισώσεων σύμφωνα με τον Brinch-Hansen.

$$d_c = 1.0 + 0.4k \quad , \text{ όπου } k = \frac{D}{B} \text{ για } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \text{ για } \frac{D}{B} > 1 \quad (2.25)$$

$$d_c = 0.4k \quad , \text{ για } \varphi=0^\circ$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 k \quad , \text{ το } k \text{ λαμβάνεται όπως παραπάνω} \quad (2.26)$$

$$d_\gamma = 1 \quad , \text{ για όλα τα } \varphi \quad (2.27)$$

Οι συντελεστές βάθους d_i αυξάνουν την φέρουσα ικανότητα αφού συνεισφέρει σε αυτή η διατμητική αντοχή του εδάφους πάνω από την στάθμη θεμελίωσης.

Συντελεστές λοξότητας φορτίου i_c, i_q, i_γ

Οι συντελεστές λοξότητας φορτίου υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις.

$$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f C_a}} \quad , \text{ για } \varphi=0 \quad (2.28)$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 H_i}{V + A_f C_a \cot \varphi} \right]^{\alpha_1} \quad , \quad 2 \leq \alpha_1 \leq 5 \quad (2.29)$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{(0.7 - \frac{\eta^\circ}{450^\circ}) H_i}{V + A_f C_a \cot \varphi} \right]^{\alpha_2} \quad , \quad 2 \leq \alpha_2 \leq 5 \quad (2.30)$$

όπου

- H_i η οριζόντια συνιστώσα του φορτίου κατά την Β ή L διάσταση του πεδίου, ή και τα δύο για $H_L > 0$
- C_a ισούται με (0.6-1.0) x συνοχή στη βάση
- η είναι η γωνία που σχηματίζει η βάση του θεμελίου με την οριζόντιο
- A_f το εμβαδόν της ενεργού επιφάνειας του θεμελίου ($A_f = B \cdot L$)

Σημειώνεται ότι στις σχέσεις λαμβάνονται υπόψη οι ενεργές διαστάσεις του θεμελίου $B' = B - 2e_B$, όπου e_B είναι η εκκεντρότητα του φορτίου κατά την διεύθυνση B και $L' = L - e_L$ όπου e_L είναι η εκκεντρότητα κατά την διεύθυνση L.

Για τους συντελεστές λοξότητας φορτίου δεν υπάρχει επαρκής πειραματική τεκμηρίωση (Κωστόπουλος, 2008).

Συντελεστές κλίσης εδάφους g_c, g_q, g_γ

Για την επιρροή της κεκλιμένης επιφάνειας έδρασης ο Brinch-Hansen εισήγαγε στην εξίσωση Φ.Ι. τους συντελεστές g_i , οι οποίοι υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ} \quad , \text{ για } \varphi=0 \quad (2.31)$$

$$g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^\delta \quad (2.32)$$

όπου β είναι η γωνία κλίσης της επιφάνειας του εδάφους στο βάθος θεμελίωσης ως προς την οριζόντιο (βλέπε σχ. 2.15)

Συντελεστές λοξότητας βάσης θεμελίου b_c, b_q, b_γ

Ο υπολογισμός των συντελεστών λοξότητας της βάσης του θεμελίου, σύμφωνα με τον Brinch-Hansen, υπολογίζονται από τις επόμενες σχέσεις.

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad , \text{ για } \varphi=0 \quad (2.33)$$

$$b_c = 1.0 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad , \text{ για } \varphi>0$$

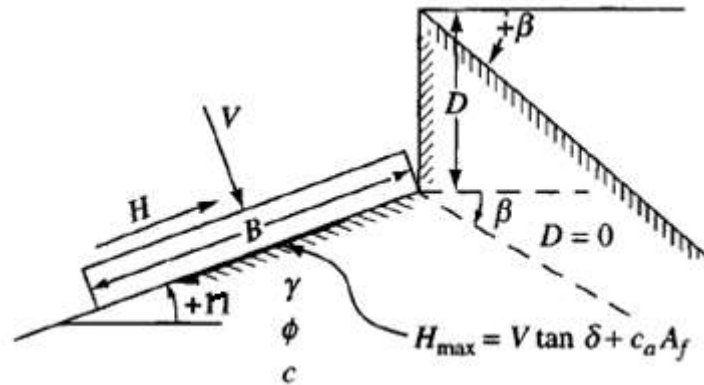
$$b_q = \exp\left[-2\eta \tan \varphi\right] \quad , \text{ η σε ακτίνια} \quad (2.34)$$

$$b_\gamma = \exp\left[-2.7\eta \tan \varphi\right] \quad , \text{ η σε ακτίνια} \quad (2.35)$$

όπου η είναι η γωνία που σχηματίζει η βάση του θεμελίου με την οριζόντιο (αριστερόστροφη θετική φορά)

2.3.2. Vesic (1973,1975)

Ο Vesic συμπεριέλαβε στη μεθοδολογία του, όπως και ο Brinch-Hansen, την περίπτωση θεμελίου με κεκλιμένη βάση, καθώς και θεμέλιο σε κεκλιμένη επιφάνεια εδάφους (βλ. σχ.2.16).



Σχ. 2.16. Επιφανειακό θεμέλιο εδραζόμενο σε βάθος D , σε επιφάνεια εδάφους με γωνία κλίσης η ως προς την οριζόντιο, υποβαλλόμενο σε κεντρική και λοξή φόρτιση.

Η μεθοδολογία του Vesic προτείνει την ίδια εξίσωση υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας με αυτή του Brinch-Hansen (2.35)

$$p_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (q + \gamma D)N_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (2.36)$$

Όσον αφορά τις σχέσεις των συντελεστών που προτείνει ο Vesic, υπάρχουν διαφοροποιήσεις με τις αντίστοιχες που προτείνει η μεθοδολογία Meyerhof. Οι διαφοροποιήσεις αφορούν το συντελεστή φέρουσας ικανότητας N_γ , τους συντελεστές σχήματος s_i , τους συντελεστές βάθους d_i και λοξότητας φορτίου i_i . Όπως και ο Brinch-Hansen έτσι και ο Vesic προτείνει επιπλέον συντελεστές κλίσης εδάφους g_i και κεκλιμένης βάσης θεμελίου b_i .

Συντελεστές Φέρουσας Ικανότητας N_c, N_q, N_γ

Οι συντελεστές φέρουσας ικανότητας N_c, N_q είναι ίδιοι με αυτούς που χρησιμοποιεί ο Meyerhof και ο Brinch-Hansen [(2.2), (2.9)], ενώ η διαφορετική εκδοχή που προτείνει για το συντελεστή N_γ δίνεται από την σχέση 2.37.

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \varphi \quad (2.37)$$

Όσον αφορά τους συντελεστές σχήματος s_c , s_q , s_γ λαμβάνει τις ίδιες σχέσεις που πρότεινε ο Brinch-Hansen [(2.22), (2.23),(2.24)] με την διαφορά ότι λαμβάνονται οι κανονικές διαστάσεις του θεμελίου και όχι οι ενεργές.

Οι σχέσεις υπολογισμού των συντελεστές βάθους d_c , d_q , d_γ είναι ακριβώς οι ίδιες με αυτές του Brinch-Hansen [(2.25), (2.26),(2.27)].

Για το συντελεστή λοξότητας φορτίου i_c η εξίσωση υπολογισμού είναι η ίδια με αυτή του Brinch-Hansen [(2.28)] για τις περιπτώσεις όπου η γωνία φ είναι μεγαλύτερη από 0. Για την περίπτωση εδάφους με $\varphi=0$ ο Vesic δίνει διαφορετική σχέση για τον συντελεστή i_c από αυτή του Hansen (2.38). Επίσης, για τους συντελεστές λοξότητας φορτίου i_q και i_γ προτείνει νέες εξισώσεις υπολογισμού. Οι σχέσεις για τον υπολογισμό των συντελεστών λοξότητας φορτίου που προτείνονται από τον Vesic φαίνονται παρακάτω.

Συντελεστές λοξότητας φορτίου i_c , i_q , i_γ

$$i'_c = 1 - \frac{mH_i}{A_f C_a N_c} \quad , \text{ για } \varphi=0 \quad (2.38)$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad , \text{ για } \varphi>0$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H_i}{V + A_f C_a \cot \varphi}\right]^m \quad (2.39)$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_i}{V + A_f C_a \cot \varphi}\right]^{m+1} \quad (2.40)$$

όπου

- $m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$ όταν η οριζόντια συνιστώσα του φορτίου είναι παράλληλη στην B πλευρά ($H_i = H_B$)
- $m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$ όταν η οριζόντια συνιστώσα του φορτίου είναι παράλληλη στην L πλευρά ($H_i = H_L$).
- Για φόρτιση με H_B και H_L προτείνει $m = \sqrt{m_B^2 + m_L^2}$.

Σε ότι αφορά τους συντελεστές κλίσης εδάφους και λοξότητας βάσης θεμελίου πρότεινε για τον προσδιορισμό τους τις ακόλουθες σχέσεις:

Συντελεστές κλίσης εδάφους g_c, g_q, g_γ

$$g'_c = \frac{\beta}{5.14} \quad , \text{ για } \varphi=0, \beta \text{ σε ακτίνια} \quad (2.41)$$

$$g_c = i_q - \frac{1 - i_q}{5.14 \tan \varphi} \quad , \text{ για } \varphi > 0$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2 \quad (2.42)$$

όπου β η γωνία κλίσης της επιφάνειας του εδάφους στο βάθος θεμελίωσης ως προς την οριζόντιο (δεξιόστροφη θετική φορά). Δίνεται σε ακτίνια.

Συντελεστές λοξότητας βάσης θεμελίου b_c, b_q, b_γ

$$b'_c = g'_c \quad , \text{ για } \varphi=0 \quad (2.43)$$

$$b_c = 1.0 - \frac{2\beta}{5.14 \tan \varphi} \quad , \text{ για } \varphi \neq 0$$

$$b_q = b_\gamma = \exp\left[-(1.0 - \eta \tan \varphi)^2\right] \quad (2.44)$$

όπου η είναι η γωνία που σχηματίζει η βάση του θεμελίου με την οριζόντιο (αριστερόστροφη θετική φορά)

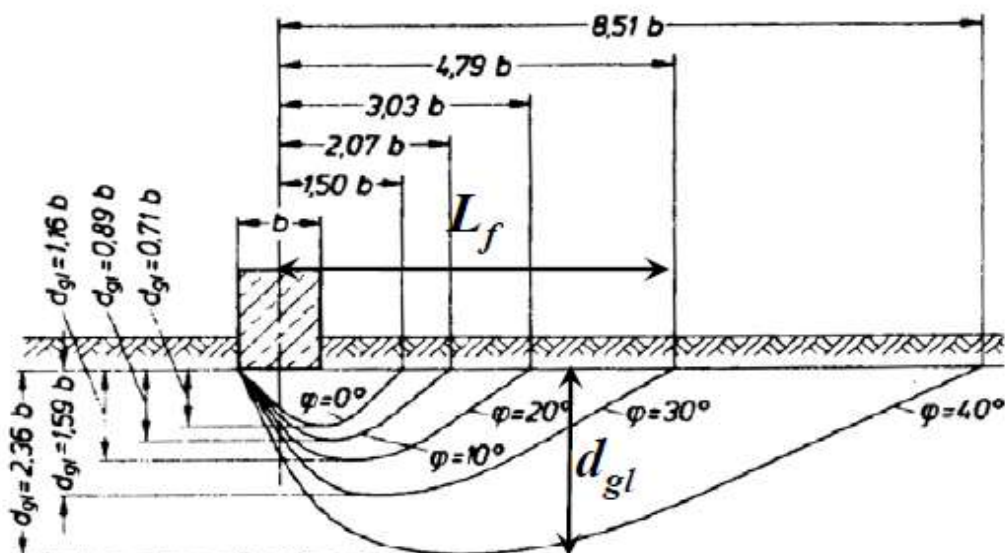
2.4. Υπολογισμός φέρουσας ικανότητας με βάση κανονισμούς και πρότυπα.

2.4.1. Γερμανικά πρότυπα DIN 4017

Τα δεδομένα των Γερμανικών προτύπων αναφέρονται σε εδαφικό προφίλ που είναι συμμετρικό ως προς δύο άξονες και στην περίπτωση κεντρικής και κατακόρυφης φόρτισης, το φορτίο ασκείται στο κέντρο βάρους του. Τα πρότυπα εφαρμόζονται για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας σε επιφανειακά θεμέλια, όπου με βάση τον Terzaghi θεωρούνται αυτά που εδράζονται σε ομοιογενές έδαφος, σε βάθος D μικρότερο του πλάτους του θεμελίου B .

Επιφάνεια αστοχίας

Η επιφάνεια αστοχίας είναι παρόμοιας μορφής με αυτή που προτάθηκε από το Meyerhof, αφού οι γραμμές ολίσθησης φτάνουν μέχρι την επιφάνεια του εδάφους. Αγνοούνται οι διατμητικές τάσεις στο πλευρικό έδαφος μεταξύ του εδαφικού σχηματισμού και της φέρουσας επιφάνειας. Η επιφάνεια αστοχίας εκτείνεται έως βάθους d_{gl} κάτω από το θεμέλιο, το οποίο είναι συνήθως από 1 έως 2,5 φορές το πλάτος του θεμελίου ανάλογα με τη γωνία τριβής του εδάφους θεμελίωσης (βλ.σχ.2.17).



Σχ. 2.17. Βάθος έκτασης της επιφάνεια αστοχίας d_{gl} κάτω από θεμέλιο, κατά DIN 4017.

Εξίσωση φέρουσας ικανότητας

Η εξίσωση φέρουσας ικανότητας με βάση τα Γερμανικά πρότυπα (DIN 4017) δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$p_u = c'N_c s_c i_c b_c + (q + \gamma' D) N_q s_q i_q b_q + \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma \quad (2.45)$$

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας N_c, N_q, N_γ

Οι συντελεστές φέρουσας ικανότητας N_c, N_q υπολογίζονται από τις ίδιες σχέσεις που χρησιμοποιεί ο Meyerhof.

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi \quad (2.2)$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2(45 + \varphi/2) \quad (2.9)$$

Όσον αφορά τον προσδιορισμό του συντελεστή φέρουσας ικανότητας για τον όρο του πλάτους N_γ , στη βιβλιογραφία, υφίσταται η διάκριση ανάμεσα σε μεθοδολογίες που στηρίζονται στην οριακή κατάσταση ισορροπίας, με σιωπηρή παραδοχή απαραμόρφωτης πλάκας, και σε εκείνες που προβλέπουν – επιτρέπουν το σχηματισμό πλαστικών παραμορφώσεων στις ζώνες καταβύθισης. Στις τελευταίες συμπεριλαμβάνονται και οι θεωρίες πλαστικότητας. Ωστόσο, όλες οι μεθοδολογίες, για θεμέλιο εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους ($D=0$), συγκλίνουν στην ύπαρξη ενός κατώτατου και ενός ανώτατου ορίου για τις τιμές του N_γ .

Οι κατώτερες οριακές τιμές του συντελεστή N_γ , για θεμέλιο εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους ($D=0$), εμφανίζονται συγκρίσιμες με εκείνες που προβλέπονται από τη μεθοδολογία του Brinch-Hansen. Για τις ανώτερες όμως οριακές τιμές, η τιμή του συντελεστή N_γ είναι περίπου 10% υψηλότερη. Επιπλέον, ο συντελεστής N_γ που προτείνεται από το Meyerhof, για θεμέλιο εδραζόμενο σε κάποιο βάθος ($D \neq 0$), δίνει τιμές κατά 33% μεγαλύτερες από το κατώτατο όριο για την τιμή του N_γ .

Ο άνωθεν ισχυρισμός, για τυχόν αποκλίσεις, επαληθεύτηκε και από δοκιμές μεγάλης κλίμακας που πραγματοποιήθηκαν από τη Degebo (Γερμανική εταιρεία εδαφομηχανικής έρευνας). Έτσι, τα όρια αυτά μπόρεσαν να αναπαραχθούν με τη βοήθεια μιας εμπειρικής βαθμονομημένης σχέσης, που φαίνεται πιο κάτω, και στην οποία βασίζονται τα Γερμανικά πρότυπα (DIN 4017).

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan \varphi \quad (2.46)$$

Συντελεστές σχήματος s_c, s_q, s_γ

Στον πίνακα 2.3 φαίνονται οι συντελεστές σχήματος, όπως αυτοί δίνονται στα Γερμανικά πρότυπα.

Πίνακας 2.3. Τιμές των συντελεστών σχήματος θεμελίου (s_c, s_q, s_γ) για λωρίδα, ορθογώνιο, κύκλο και τετράγωνο, κατά DIN 4017.

Σχήμα θεμελίου	$s_c (\varphi \neq 0)$	$s_c (\varphi = 0)$	s_q	s_γ
Λωρίδα	1.0	1.0	1.0	1.0
Ορθογώνιο	$\frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1}$	$1 + 0.2 \frac{B'}{L'}$	$1 + \frac{B'}{L'} \sin \varphi$	$1 - 0.3 \frac{B'}{L'}$
Τετράγωνο / Κύκλος	$\frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1}$	1.2	$1 + \sin \varphi$	0.7

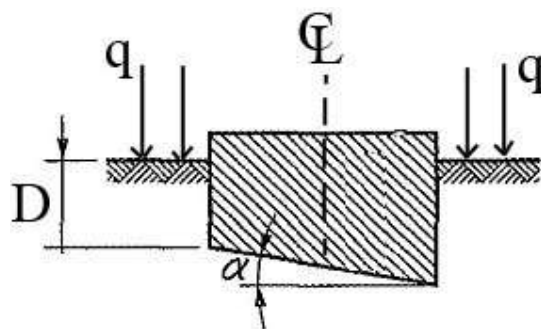
Συντελεστές λοξότητας βάσης θεμελίου b_c, b_q, b_γ

Οι συντελεστές λοξότητας βάσης θεμελίου δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \tan \varphi'} \quad (2.47)$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \tan \varphi')^2 \quad (2.48)$$

όπου α είναι η γωνία που σχηματίζει η βάση της θεμελίωσης με την οριζόντιο (βλ. σχ.2.18)



Σχ. 2.18. Επιφανειακή θεμελίωση με λοξή βάση που σχηματίζει γωνία α με την οριζόντιο.

Συντελεστές λοξότητας φορτίου i_c, i_q, i_γ

Οι σχέσεις για τους συντελεστές λοξότητας φορτίου με βάση τον DIN 4017 είναι οι ακόλουθες:

$$i_c = 0.5 + 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A' c_u}} \quad , \text{ για } \varphi=0 \quad (2.49)$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan \varphi'} \quad , \text{ για } \varphi \neq 0$$

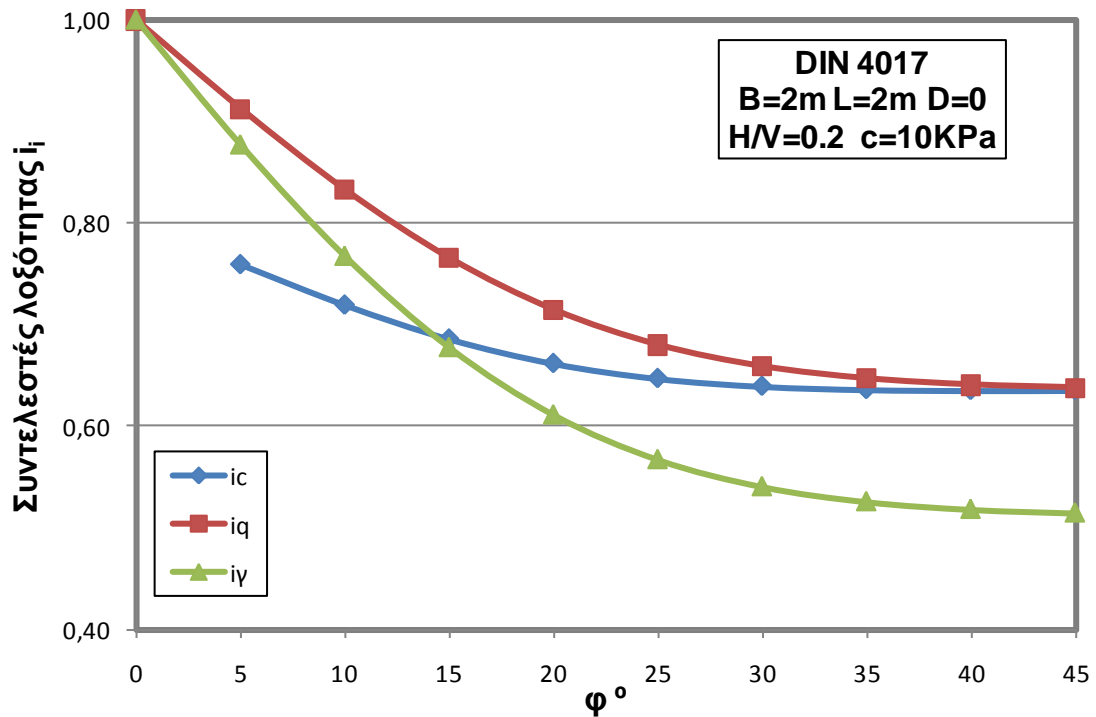
$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 H_i}{V + A' c' \cot \varphi'} \right]^3 \quad , \text{ για } \varphi \neq 0 \quad , \quad i_q = 1.00, \quad (\varphi=0) \quad (2.50)$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_i}{V + A' c' \cot \varphi'} \right]^3 \quad , \text{ για } \varphi \neq 0 \quad , \quad i_\gamma = 1.00, \quad (\varphi=0) \quad (2.51)$$

όπου $A' = B' \times L'$ είναι η ενεργός περιοχή της θεμελίωσης

Στις σχέσεις για τον υπολογισμό των συντελεστών λοξότητας φορτίου υπεισέρχεται η τιμή του κατακόρυφου φορτίου V . Η τιμή αυτή, στην περίπτωση υπολογισμού της οριακής φέρουσας ικανότητας ($SF=1.0$), θα πρέπει να ισούται με την φέρουσα ικανότητα του θεμελίου. Επειδή αυτή δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων απαιτείται η υπόθεση μιας αρχικής τιμής V_0 και στην συνέχεια μία επαναληπτική διαδικασία μέχρι να επιτευχθεί σύγκλιση ($V=Q_{ult}$).

Οι σχέσεις για τους συντελεστές λοξότητας φορτίου, που υπεισέρχονται στον υπολογισμό φέρουσας ικανότητας με βάση τα Γερμανικά Πρότυπα (DIN 4017), παραστάθηκαν στο διάγραμμα του σχ.2.19 συναρτήσει της γωνίας τριβής φ του εδάφους για δεδομένες διαστάσεις τετραγωνικού θεμελίου ($B=L=2\text{m}$, $D=0$), σε συνεκτικό έδαφος με συνοχή ίση με 10kPa . Λήφθηκε λόγος οριζόντιου προς κατακόρυφου φορτίου ίσος με 20% ($H/V=0.2$).



Σχ. 2.19. Μεταβολή των συντελεστών λοξότητας (i_c , i_q , i_y) συναρτήσει της γωνίας τριβής φ , για τετραγωνικό θεμέλιο με $B=2\text{m}$, εδραζόμενο στην επιφάνεια εδάφους με $c=10\text{kPa}$ και υποβαλλόμενο σε λοξή και κεντρική φόρτιση με λόγο $H/V=0.2$, για τη μεθοδολογία DIN 4017.

2.4.2. Ευρωκώδικας EN 1997-1:2003

Ο EC7 βασίζεται στη λογική του σχεδιασμού μέσω οριακών καταστάσεων. Για τον υπολογισμό των τιμών σχεδιασμού τόσο των δράσεων όσο και των αντιστάσεων εφαρμόζονται επιμέρους συντελεστές επί των αντίστοιχων χαρακτηριστικών τιμών των μεγεθών. Ο EC7 δεν δεσμεύει ως προς την μεθοδολογία υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας, παρά μόνο ως προς τις ανισότητες οι οποίες θα πρέπει να ικανοποιούνται κατά τους ελέγχους επάρκειας σχεδιασμού ενός συστήματος θεμελίωσης έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας και λειτουργικότητας. Εμπεριέχει αναλυτικά προσομοιώματα για τη φέρουσα ικανότητα θεμελιώσεων, τα οποία περιλαμβάνονται σε παράρτημα όμως έχουν πληροφοριακό και όχι υποχρεωτικό - δεσμευτικό χαρακτήρα. Παραμένει λοιπόν ανοικτή η δυνατότητα χρήσεως και άλλων κατάλληλων μεθοδολογιών για τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας.

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της κατακόρυφης φέρουσας ικανότητας εξήχθη από την θεωρία πλαστιμότητας και με την χρήση πειραματικών αποτελεσμάτων. Στην μόρφωση του τριωνύμου φέρουσας ικανότητας έχει βαθμονομηθεί η επιρροή των κάτωθεν παραμέτρων:

- Η αντίσταση του εδάφους, όπως σκιαγραφείται από τιμές c' και ϕ' για στραγγιζόμενες συνθήκες φόρτισης και την τιμή c_u για αστράγγιστες συνθήκες.
- Η εκκεντρότητα και η λοξότητα του φορτίου σχεδιασμού
- Το σχήμα, το βάθος και η κλίση της θεμελίωσης
- Η κλίση της επιφάνειας του εδάφους
- Η πίεση πόρων εδάφους και οι υδραυλικές κλίσεις
- Η μεταβλητότητα του εδάφους, ιδιαίτερα η διαστρωμάτωση της εδαφικής μάζας.

Η φέρουσα ικανότητα υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$p_u = c' N_c s_c i_c b_c + (q + \gamma' D) N_q s_q i_q b_q + \frac{1}{2} \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma \quad (2.52)$$

Συντελεστές Φέρουσας Ικανότητας N_c, N_q, N_γ

Οι συντελεστές φέρουσας ικανότητας που δίνονται στον Ευρωκώδικα 7 είναι ίδιες με τις σχέσεις που χρησιμοποιούνται στα Γερμανικά πρότυπα (DIN 4017).

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi' \quad (2.2)$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2(45 + \varphi/2) \quad (2.9)$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \varphi' \quad , \delta \geq \varphi' \text{ (τραχειά βάση)} \quad (2.46)$$

Συντελεστές σχήματος s_c, s_q, s_γ

Οι σχέσεις για τον υπολογισμό των συντελεστών σχήματος που δίνονται στον Ευρωκώδικα 7 είναι ίδιες με τις σχέσεις που χρησιμοποιούνται στα Γερμανικά πρότυπα (βλ. Πιν.2.3). Οι σχέσεις αυτές φαίνονται στις ακόλουθες εξισώσεις:

$$s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1} \quad , \text{ για ορθογώνιο, τετραγωνικό ή κυκλικό θεμέλιο} \quad (2.53)$$

$$s_q = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \varphi' \quad , \text{ για ορθογώνιο θεμέλιο} \quad (2.54)$$

$$s_q = 1.0 + \sin \varphi' \quad , \text{ για τετραγωνικό και κυκλικό θεμέλιο}$$

$$s_\gamma = 1.0 - 0.3 \frac{B'}{L'} \quad , \text{ για ορθογώνιο θεμέλιο} \quad (2.55)$$

$$s_\gamma = 0.7 \quad , \text{ για τετραγωνικό και κυκλικό θεμέλιο}$$

Συντελεστές λοξότητας βάσης θεμελίου b_c, b_q, b_γ

Οι σχέσεις για τον υπολογισμό των συντελεστών λοξότητας βάσης του θεμελίου για τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 είναι ίδιες με τις σχέσεις που χρησιμοποιούνται στα Γερμανικά πρότυπα. Οι σχέσεις αυτές φαίνονται στις ακόλουθες εξισώσεις:

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \tan \varphi'} \quad (2.47)$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \tan \varphi')^2 \quad (2.48)$$

όπου α είναι η γωνία που σχηματίζει η βάση της θεμελίωσης με την οριζόντιο (βλ.σχ.2.18)

Συντελεστές λοξότητας φορτίου i_c, i_q, i_γ

Ο υπολογισμός των συντελεστών λοξότητας φορτίου γίνεται μέσω των ακόλουθων σχέσεων όσο αφορά τη μεθοδολογία του EC-7. Η ομοιότητα στους συντελεστές λοξότητας φορτίου με τον DIN 4017 φαίνεται μόνο στο συντελεστή που αναφέρεται στον όρο της συνοχής (i_c).

$$i_c = 0.5 + 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A' c_u}} \quad , \text{ για } \varphi=0 \quad (2.49)$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan \varphi'} \quad , \text{ για } \varphi > 0$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H_i}{V + A' c' \cot \varphi'} \right]^m \quad (2.56)$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_i}{V + A' c' \cot \varphi'} \right]^{m+1} \quad (2.57)$$

όπου

- $A' = B' \times L'$ είναι η ενεργός περιοχή της θεμελίωσης
- $m = m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$, όταν το οριζόντιο φορτίο H ασκείται κατά την διεύθυνση της διάστασης B' .
- $m = m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}}$, όταν το οριζόντιο φορτίο H ασκείται κατά την διεύθυνση της διάστασης L' .

Στην περίπτωση που το οριζόντιο φορτίο ασκείται σε διεύθυνση που σχηματίζει γωνία θ με την διάσταση L' , το m μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$m = m_\theta = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta \quad (2.58)$$

,όπου

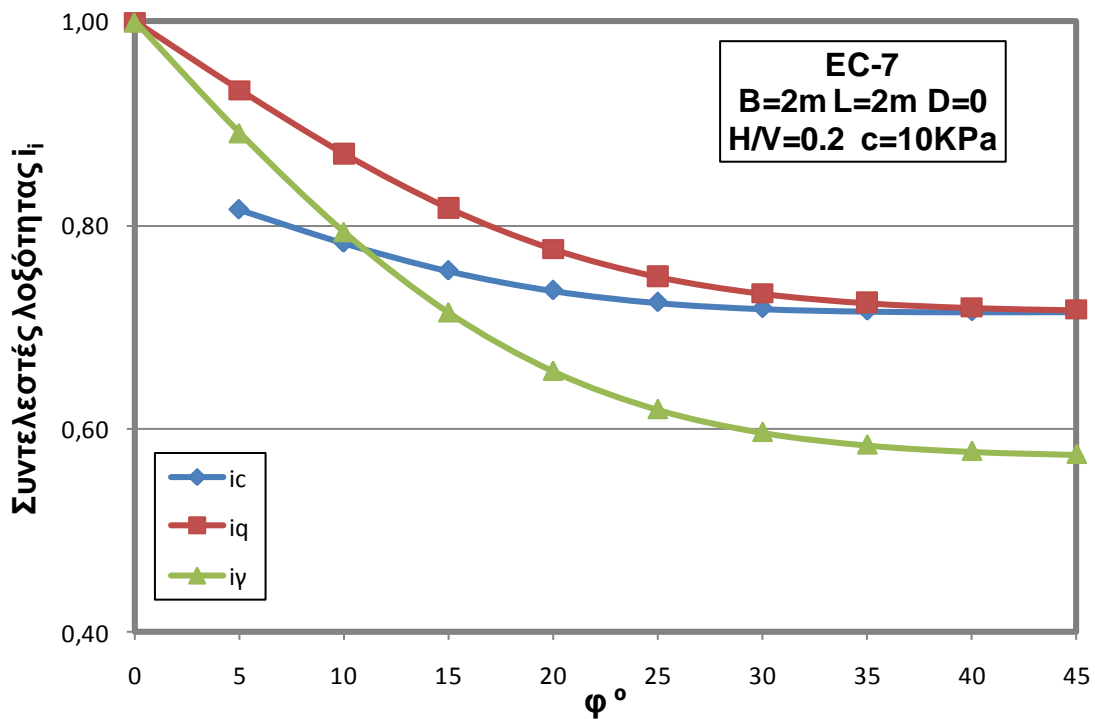
B', L' είναι οι ενεργές διαστάσεις του θεμελίου

φ', c' είναι οι ιδιότητες σχεδιασμού του εδάφους.

γ' είναι το ενεργό ειδικό βάρος σχεδιασμού του εδάφους πάνω από την στάθμη της επιφάνειας θεμελίωσης.

Η σχέση για τον υπολογισμό του συντελεστή λοξότητας i_c , που αφορά τον όρο της συνοχής, είναι ίδια με τη σχέση που προτείνεται από τα Γερμανικά πρότυπα (DIN 4017). Ενώ οι σχέσεις που αφορούν τους άλλους δύο συντελεστές λοξότητας φορτίου (i_q, i_γ) φαίνεται να ακολουθούν τη λογική της μεθοδολογίας του Vesic.

Στο επόμενο διάγραμμα (σχ.2.20) παραστάθηκε η μεταβολή των συντελεστών λοξότητας του φορτίου συναρτήσει της μεταβολής της γωνίας τριβής του εδάφους. Οι υπολογισμοί έγιναν για τετραγωνικό θεμέλιο διάστασης $B=L=2m$, εδραζόμενο κοντά στην επιφάνεια του εδάφους σε συνεκτικό έδαφος ($c=10kPa$) με κλίση φορτίου ως προς την κατακόρυφο $\theta=\arctan(0.2) \approx 11^\circ$.



Σχ. 2.20. Μεταβολή των συντελεστών λοξότητας (i_c, i_q, i_γ) συναρτήσει της γωνίας τριβής φ , για τετραγωνικό θεμέλιο με $B=2m$, εδραζόμενο στην επιφάνεια εδάφους με $c=10kPa$ και υποβαλλόμενο σε λοξή και κεντρική φόρτιση με λόγο $H/V=0.2$, για τη μεθοδολογία του EC-7.

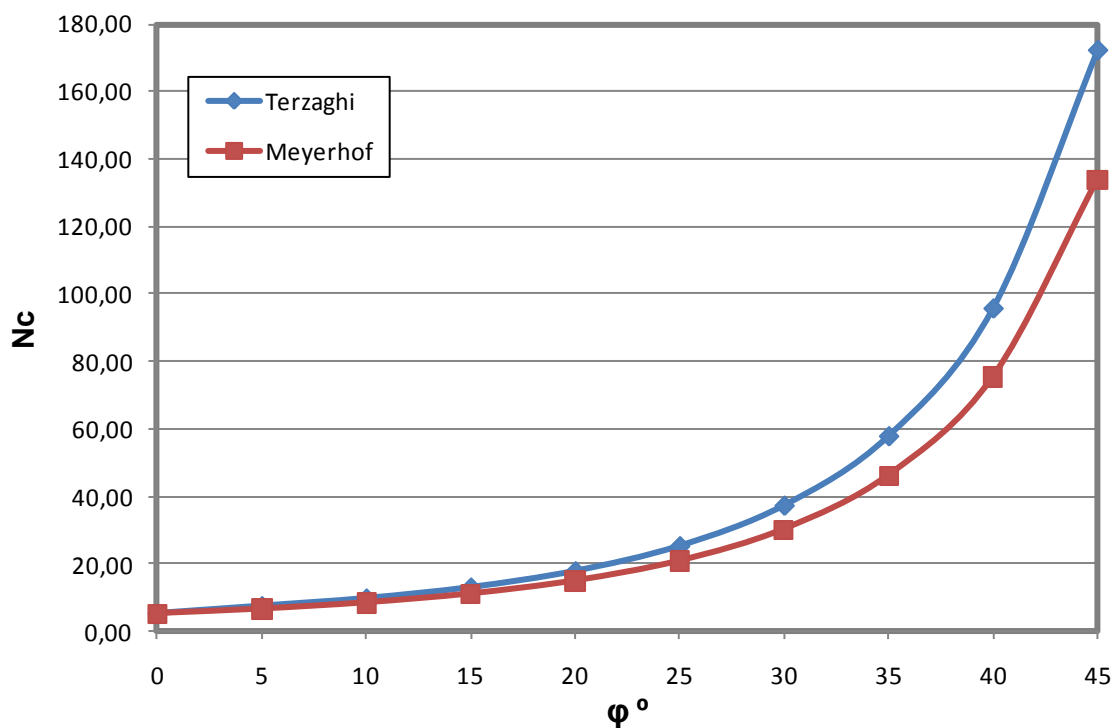
2.5. Σύνοψη-Σύγκριση Μεθοδολογιών

Στην παρούσα ενότητα με σκοπό να συγκριθούν οι προαναφερθείσες μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας, συνοψίστηκαν σε πίνακα οι εξισώσεις φέρουσας ικανότητας καθώς και οι σχέσεις υπολογισμού των διαφόρων επιμέρους συντελεστών. Ο πίνακας αυτός δίνεται στο Παράρτημα Α.

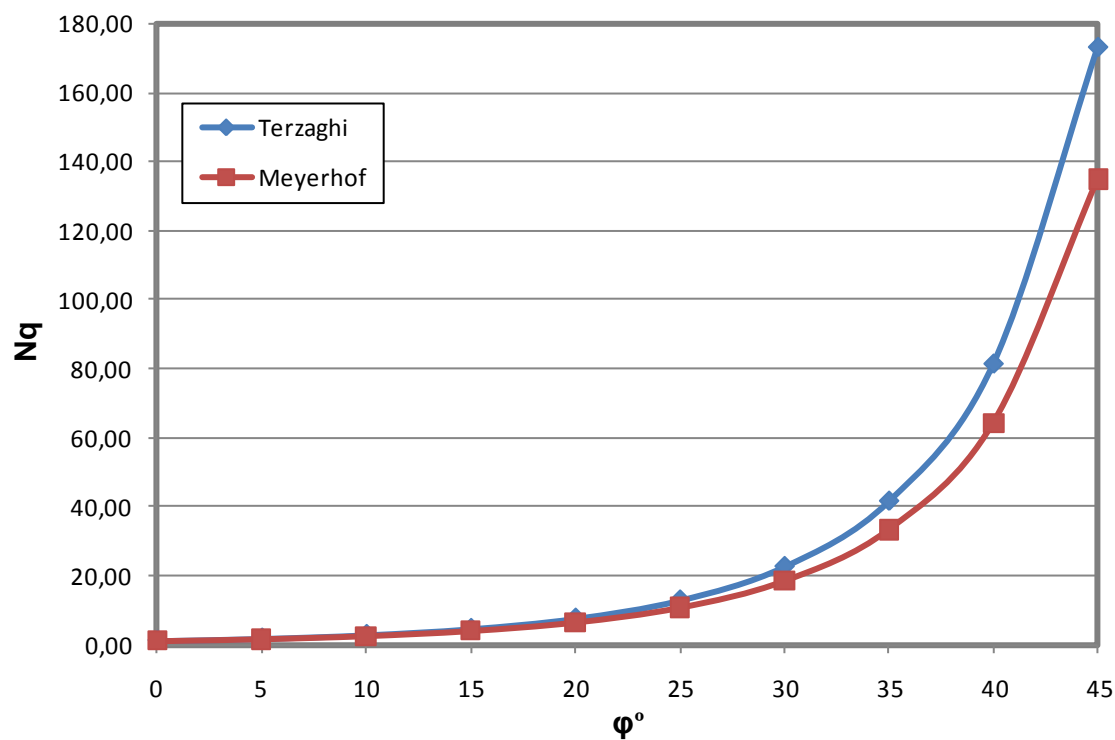
Για να γίνουν πιο ευκρινείς οι διαφορές και οι ομοιότητες μεταξύ των διαφόρων μεθοδολογιών που διερευνώνται στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας ακολουθεί μία πρώτη σύγκριση μεταξύ των επιμέρους συντελεστών της κάθε μεθοδολογίας. Μορφώνονται κατάλληλα διαγράμματα με σκοπό την κατά το δυνατόν πιο εποπτική απεικόνιση τόσο των ποιοτικών όσο και των ποσοτικών διαφορών που προκύπτουν.

2.5.1. Συντελεστές φέρουσας ικανότητας (N_c , N_q , N_γ)

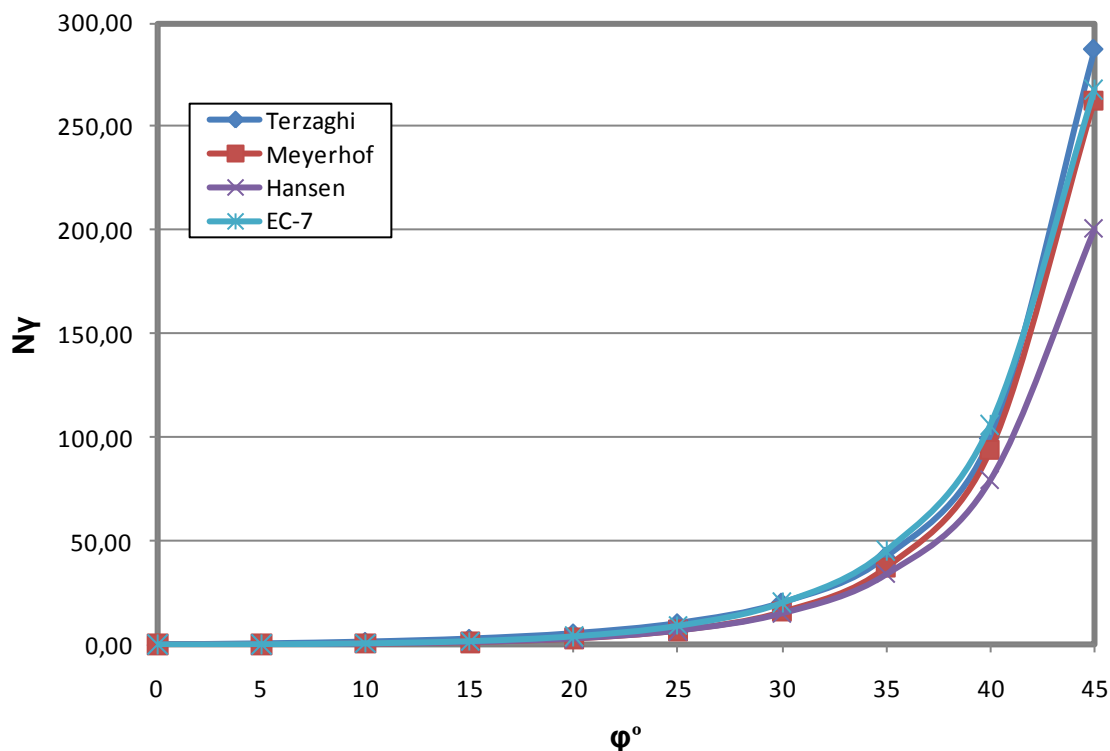
Αρχικά σε ότι αφορά τους συντελεστές φέρουσας ικανότητας (N_i) έγιναν διαγράμματα για κάθε συντελεστή ξεχωριστά συναρτήσεως της γωνίας τριβής του εδάφους. Συγκεκριμένα, για το συντελεστή Φ.Ι N_c , παραστάθηκε στο ίδιο διάγραμμα η μεταβολή του συντελεστή με τη ϕ , για τις μεθοδολογίες Terzaghi και Meyerhof, αφού οι υπόλοιπες μεθοδολογίες χρησιμοποιούν την ίδια σχέση με το Meyerhof (βλ.σχ.2.21). Αντίστοιχο διάγραμμα έγινε για το συντελεστή Φ.Ι N_q , στο οποίο για τον ίδιο λόγο παραστάθηκαν μόνο οι δύο βασικές μεθοδολογίες (βλ.σχ.2.22). Τέλος, για το συντελεστή Φ.Ι N_γ παραστάθηκαν οι μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, Brinch-Hansen και EC-7. Η μεθοδολογία DIN 4017 δεν παρουσιάζεται στο συγκεκριμένο διάγραμμα γιατί οι τιμές του συντελεστή συμπίπτουν με αυτές του Ευρωκώδικα 7. Επιπλέον, όσο αφορά τη μεθοδολογία του Vesic, παρόλο που υπάρχει διαφορά στην εξίσωση του συντελεστή N_γ σε σχέση με αυτή του EC-7, η διαφορά αυτή δεν μπορούσε να γίνει αντιληπτή στο συγκεκριμένο διάγραμμα, γι' αυτό παραλήφθηκε (βλ.σχ.2.23).



Σχ. 2.21. Μεταβολή του συντελεστή φέρουσας ικανότητας N_c συναρτήσει της γωνίας τριβής φ , για τις μεθοδολογίες Terzaghi και Meyerhof.



Σχ. 2.22. Μεταβολή του συντελεστή φέρουσας ικανότητας N_q συναρτήσει της γωνίας τριβής φ , για τις μεθοδολογίες Terzaghi και Meyerhof.

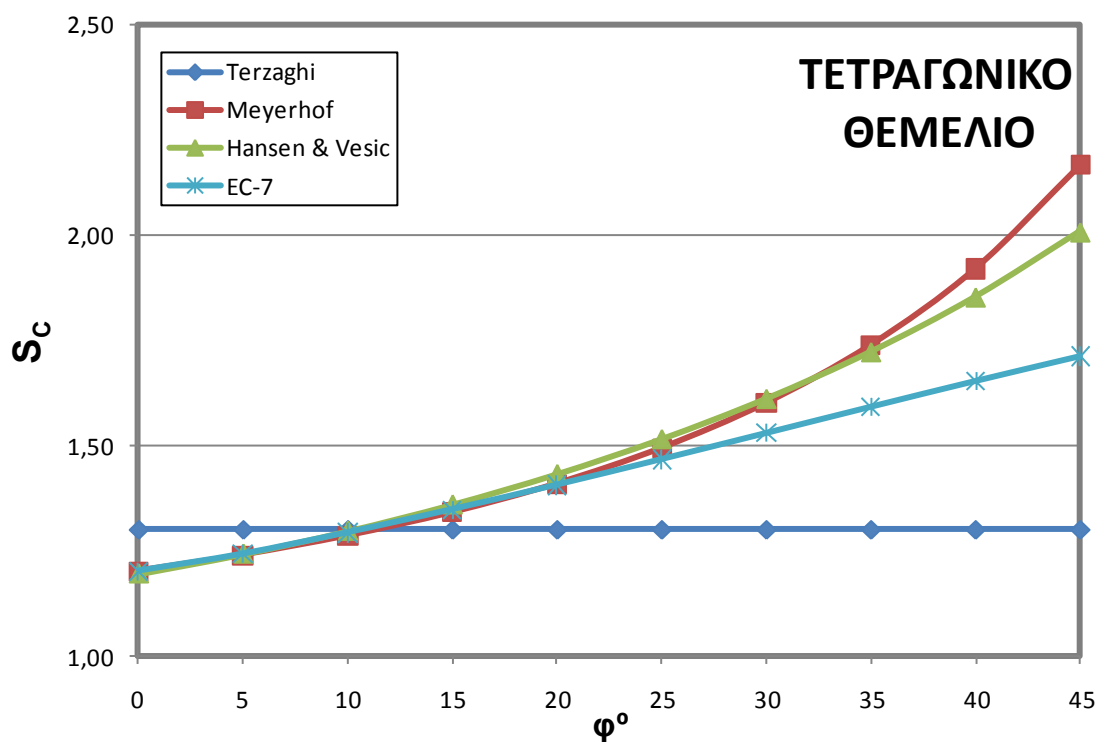


Σχ. 2.23. Μεταβολή του συντελεστή φέρουσας ικανότητας N_{γ} συναρτήσει της γωνίας τριβής φ , για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, Brinch-Hansen και EC7.

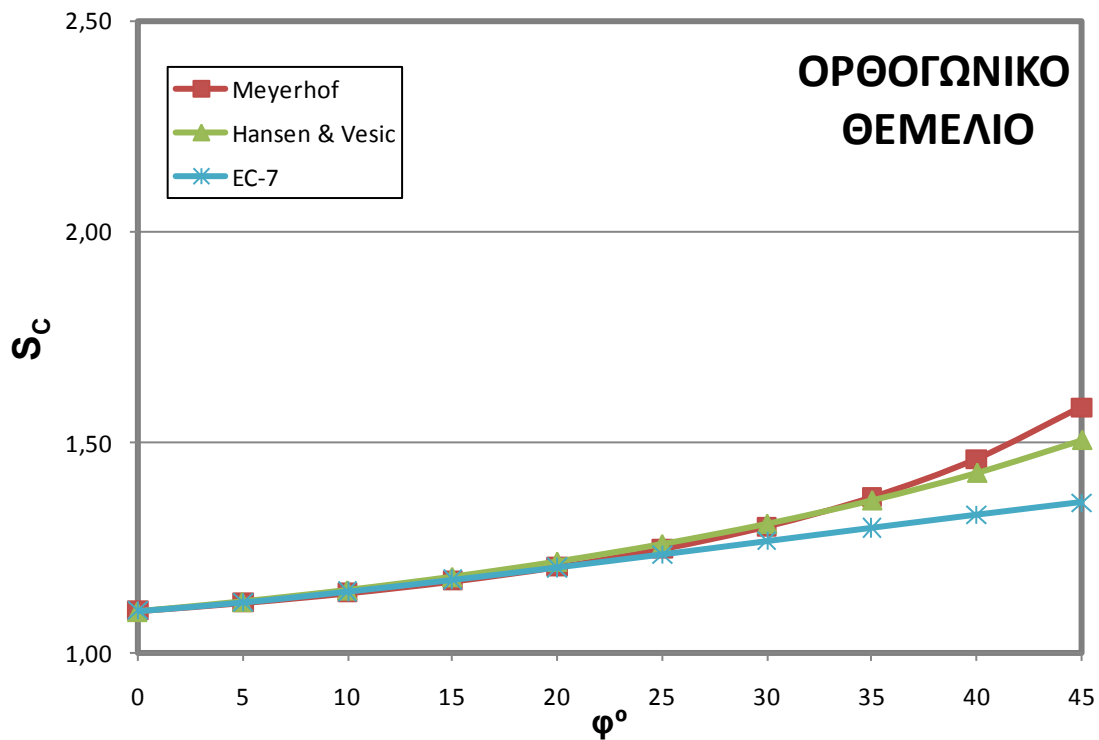
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι ο Terzaghi δίνει συστηματικά τις μεγαλύτερες, άρα και λιγότερο συντηρητικές τιμές για όλους τους συντελεστές φέρουσας ικανότητας (N_c , N_q , N_{γ}). Όσον αφορά το συντελεστή N_{γ} η μεθοδολογία Brinch-Hansen δίνει σταθερά μικρότερες τιμές από τις υπόλοιπες.

2.5.2. Συντελεστές σχήματος s_c , s_q , s_{γ}

Για τους συντελεστές s_c , s_q , s_{γ} , μορφώθηκαν διαγράμματα μεταβολής των τιμών τους συναρτήσει της γωνία τριβής φ , τόσο για ορθογωνικό όσο και για τετραγωνικό θεμέλιο με λόγο B/L 0.5 και 1 αντίστοιχα. Τα διαγράμματα αυτά έγιναν για όλες τις μεθοδολογίες που αναφέρονται στο παρών κεφάλαιο, εκτός από τη μεθοδολογία που προτείνεται από τα Γερμανικά πρότυπα, αφού οι σχέσεις των συντελεστών συμπίπτουν με αυτές του Ευρωκώδικα 7. Ακολουθούν τα διαγράμματα στα οποία φαίνεται η μεταβολή του συντελεστή s_c , τόσο για τετραγωνικό όσο και για ορθογωνικό θεμέλιο, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ .



Σχ. 2.24. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_c συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ , για τετραγωνικό θεμέλιο, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.

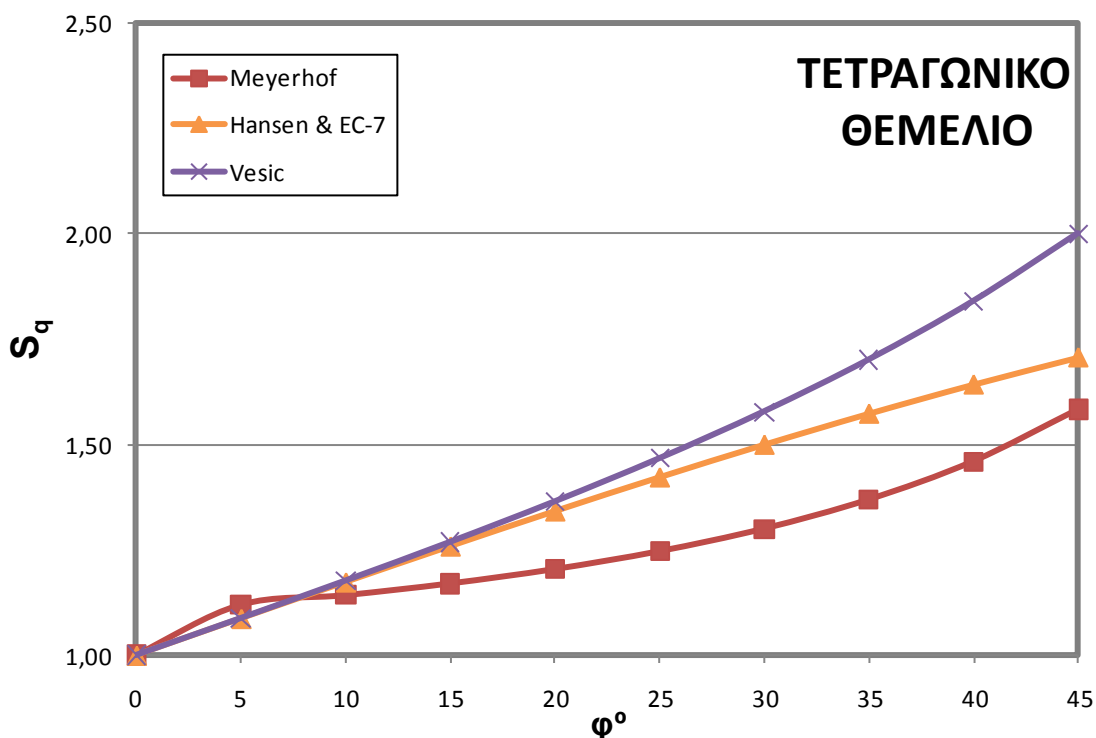


Σχ. 2.25. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_c συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ , για ορθογωνικό θεμέλιο με λόγο $B/L=0.5$, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.

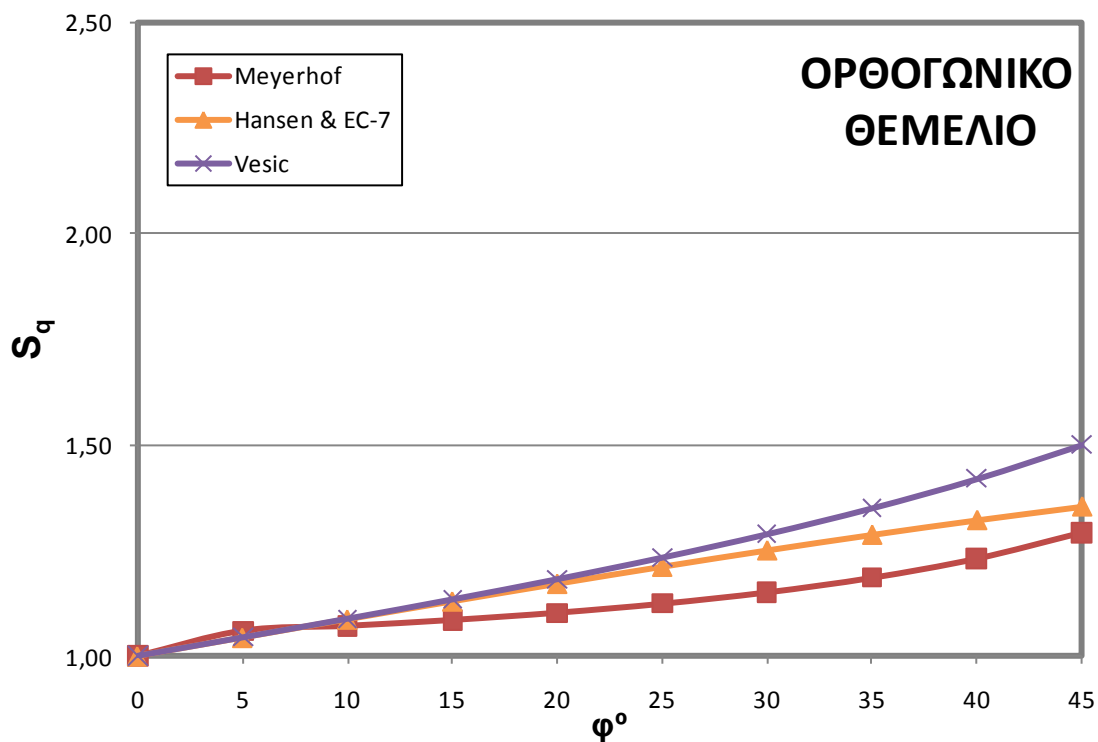
Παρατηρώντας τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Οι τιμές του συντελεστή s_c , που προκύπτουν από τις μεθοδολογίες Hansen και Vesic ταυτίζονται, όπως και αναμενόταν, αφού χρησιμοποιούν τις ίδιες σχέσεις υπολογισμού του συντελεστή s_c (βλ. Παράρτημα Α - Πίνακας Μεθοδολογιών).
- ❖ Στη περίπτωση που το σχήμα του θεμελίου είναι τετράγωνο, οι τιμές που προκύπτουν για το s_c είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές που προκύπτουν για ορθογωνικό θεμέλιο. Αυτό συμβαίνει γιατί στους τύπους υπολογισμού του s_c χρησιμοποιείται ο όρος B/L , ο οποίος παίρνει τη μέγιστη τιμή του για τετραγωνικό θεμέλιο ($B/L=1.00$). Για κάθε άλλη περίπτωση σχήματος επιφανειακού θεμελίου με $B < L$, ο λόγος B/L είναι πάντα μικρότερος της μονάδας.
- ❖ Ο Terzaghi προτείνει σταθερή τιμή του s_c για τετραγωνικό θεμέλιο ίση με 1.3 , ενώ για την περίπτωση ορθογωνικού θεμελίου δεν αναφέρει τιμή για το συντελεστή s_c .

Ακολουθούν τα διαγράμματα που δείχνουν τη μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_q , τόσο για τετραγωνικό όσο και για ορθογωνικό θεμέλιο, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ .



Σχ. 2.26. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_q συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ , για τετραγωνικό θεμέλιο, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.

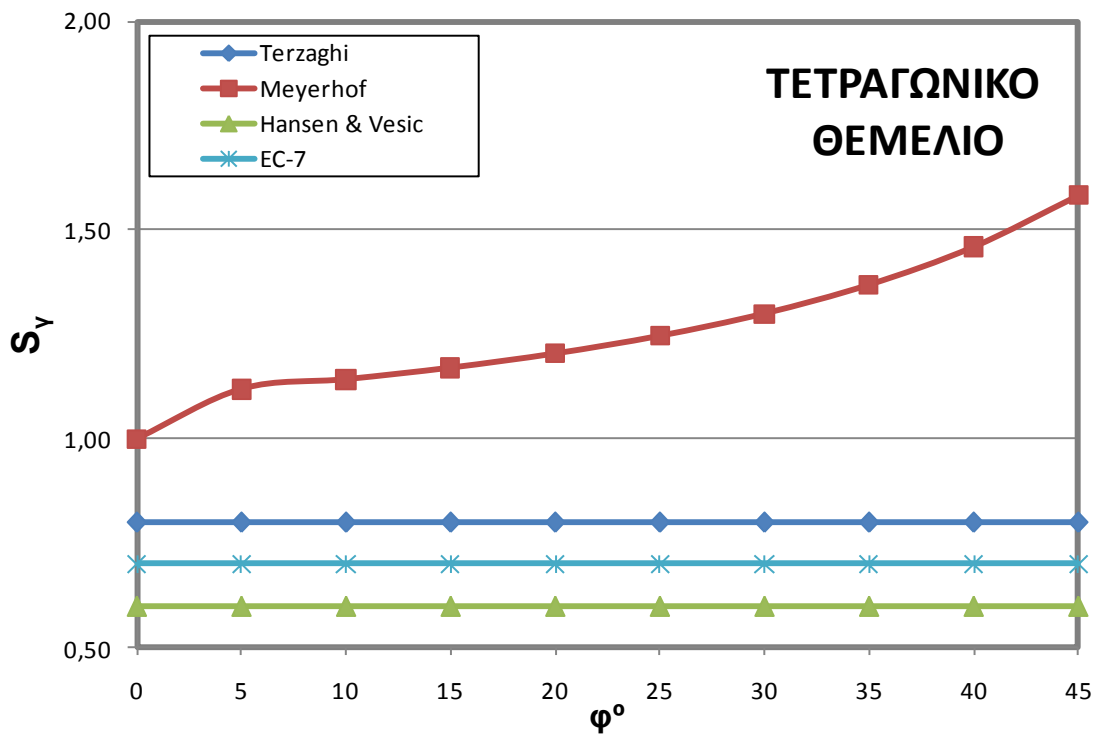


Σχ. 2.27. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_q συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ , για ορθογωνικό θεμέλιο με λόγο $B/L=0.5$, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.

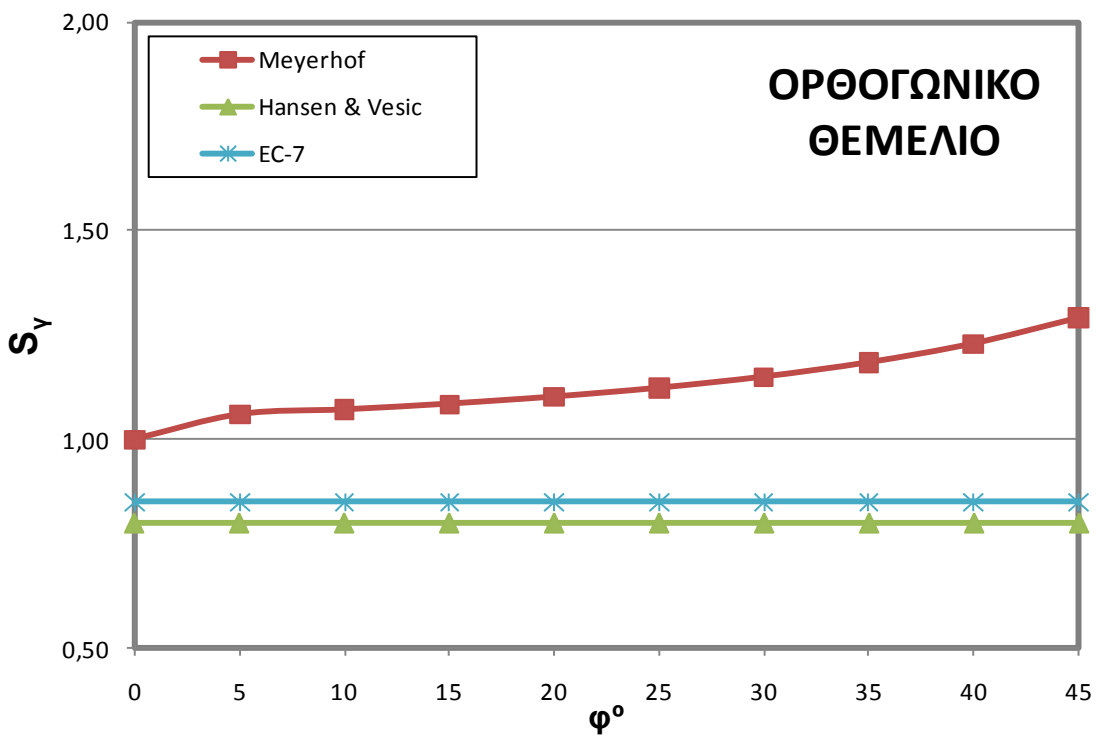
Παρατηρώντας τα σχ.2.26 και σχ.2.27 προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Οι τιμές του συντελεστή s_q , που προκύπτουν από τις μεθοδολογίες Hansen και EC-7 ταυτίζονται, όπως είναι αναμενόμενο, αφού χρησιμοποιούν τις ίδιες σχέσεις υπολογισμού του συντελεστή s_q (βλ. Παράρτημα Α - Πίνακας Μεθοδολογιών).
- ❖ Όπως και στην περίπτωση του συντελεστή σχήματος s_c , οι τιμές του s_q για την περίπτωση τετραγωνικού θεμελίου είναι μεγαλύτερες από αυτές που προκύπτουν για ορθογωνικό θεμέλιο.
- ❖ Η μεθοδολογία του Terzaghi δεν χρησιμοποιεί συντελεστή σχήματος s_q .

Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα που δείχνουν τη μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_q , τόσο για τετραγωνικό όσο και για ορθογωνικό θεμέλιο, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ .



Σχ. 2.28. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_y συναρτήσει της γωνίας τριβής φ , για τετραγωνικό θεμέλιο, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.

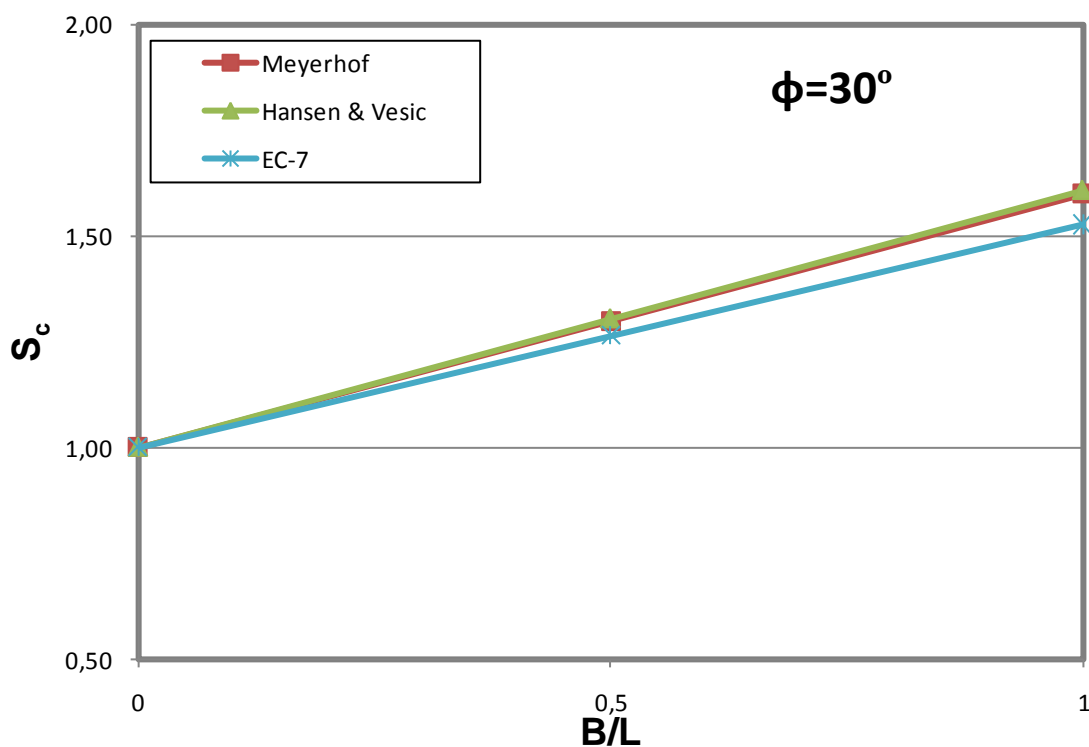


Σχ. 2.29. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_y συναρτήσει της γωνίας τριβής φ , για ορθογωνικό θεμέλιο με λόγο $B/L=0.5$, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.

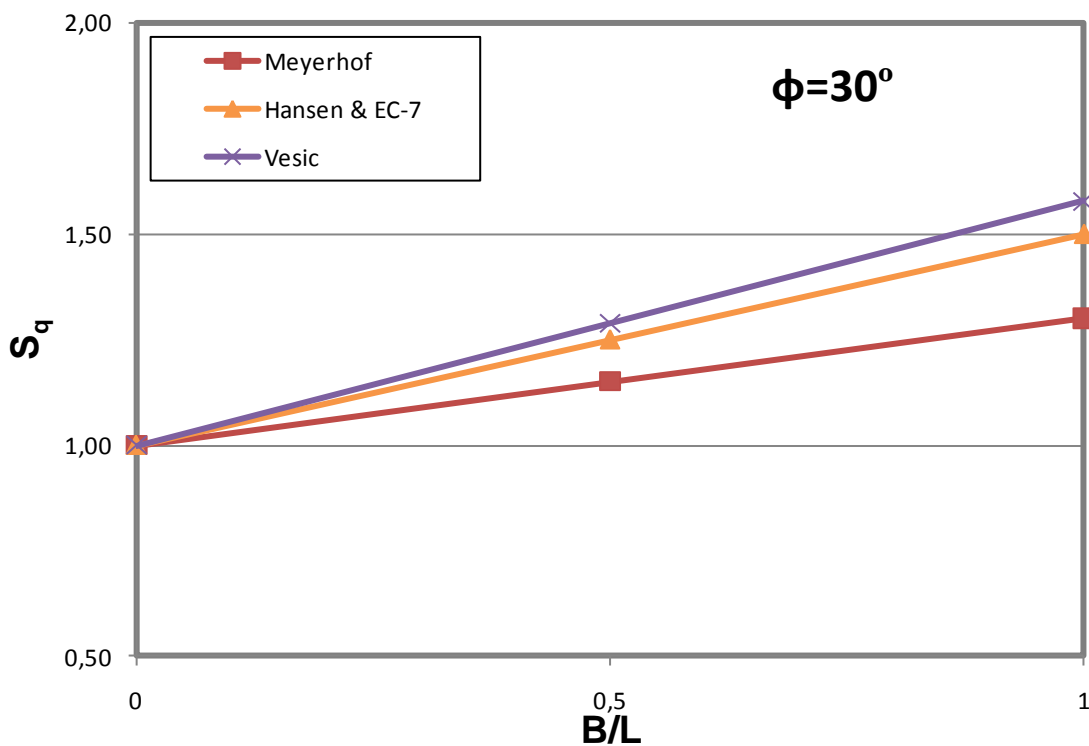
Από τα σχ.2.28 και σχ.2.29 προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Οι τιμές του συντελεστή s_v , που προκύπτουν από τις μεθοδολογίες Hansen και Vesic ταυτίζονται , όπως είναι αναμενόμενο, αφού χρησιμοποιούν τις ίδιες σχέσεις υπολογισμού του συντελεστή s_v (βλ. Παράρτημα Α - Πίνακας Μεθοδολογιών).
- ❖ Όπως και στην περίπτωση των συντελεστών σχήματος s_c και s_q , οι τιμές του s_v για την περίπτωση τετραγωνικού θεμελίου είναι μεγαλύτερες από αυτές που προκύπτουν για ορθογωνικό θεμέλιο.
- ❖ Η μεταβολή στις τιμές του s_v , τόσο για τετραγωνικό όσο και για ορθογωνικό θεμέλιο, είναι ανεξάρτητη της γωνίας τριβής του εδάφους ϕ , σε όλες τις μεθοδολογίες, με εξαίρεση αυτή του Meyerhof. Στη σχέση υπολογισμού του συντελεστή s_v , που δίνεται στη μεθοδολογία Meyerhof, υπεισέρχεται ο συντελεστής παθητικών ωθήσεων K_p , ο οποίος είναι συνάρτηση της γωνίας τριβής ϕ (βλ. Παράρτημα Α - Πίνακας Μεθοδολογιών).
- ❖ Οι τιμές του συντελεστή s_v , μειώνουν τη φέρουσα ικανότητα ($s_v < 1.00$) σε όλες τις μεθοδολογίες με εξαίρεση αυτή του Meyerhof.

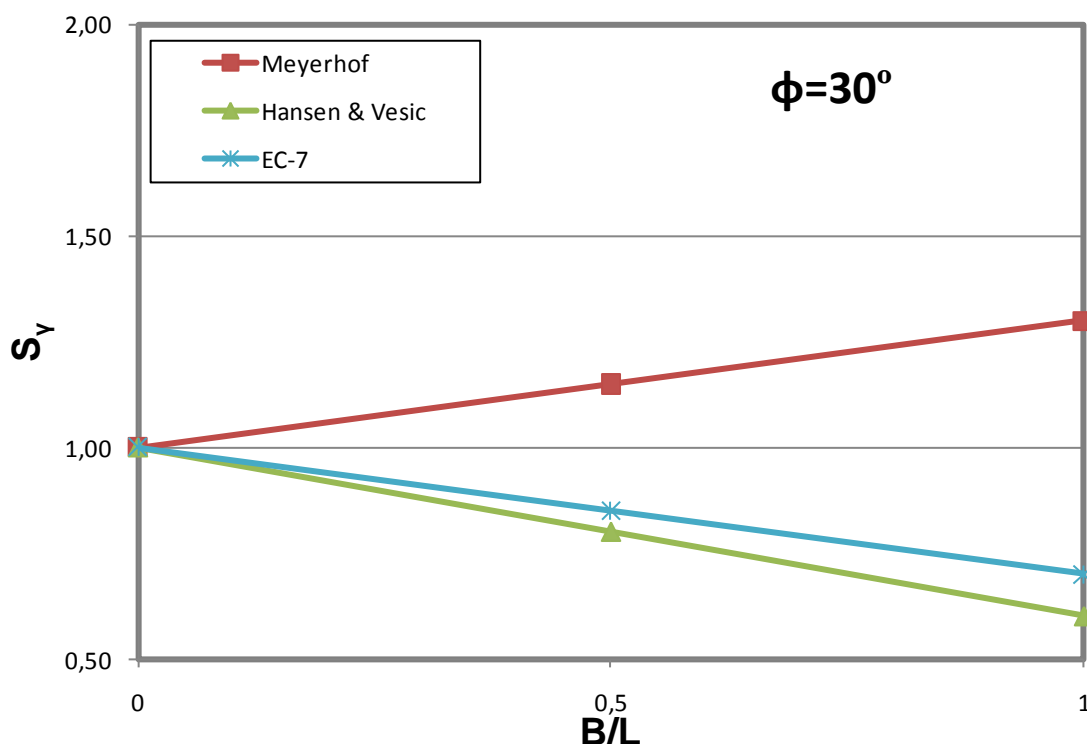
Για να φανεί η επιρροή του λόγου B/L στις τιμές των συντελεστών σχήματος s_c , s_q , s_v , έγιναν διαγράμματα μεταβολής του κάθε συντελεστή (s_c , s_q , s_v) συναρτήσει του λόγου B/L, για δεδομένη τιμή της γωνίας τριβής $\phi=30^\circ$. Συγκεκριμένα , για το λόγο B/L λήφθηκαν οι χαρακτηριστικές τιμές 0, 0.5 και 1 που αντιστοιχούν σε λωριδωτό , ορθογωνικό και τετραγωνικό θεμέλιο. Στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζονται όλες οι μεθοδολογίες, εκτός από τη μεθοδολογία του Terzaghi, αφού δεν προτείνει τιμές για ορθογωνικό θεμέλιο.



Σχ. 2.30. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_c συναρτήσει του λόγου B/L , για δεδομένη γωνία τριβής εδάφους $\phi=30^\circ$, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.



Σχ. 2.31. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_q συναρτήσει του λόγου B/L , για δεδομένη γωνία τριβής εδάφους $\phi=30^\circ$, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.



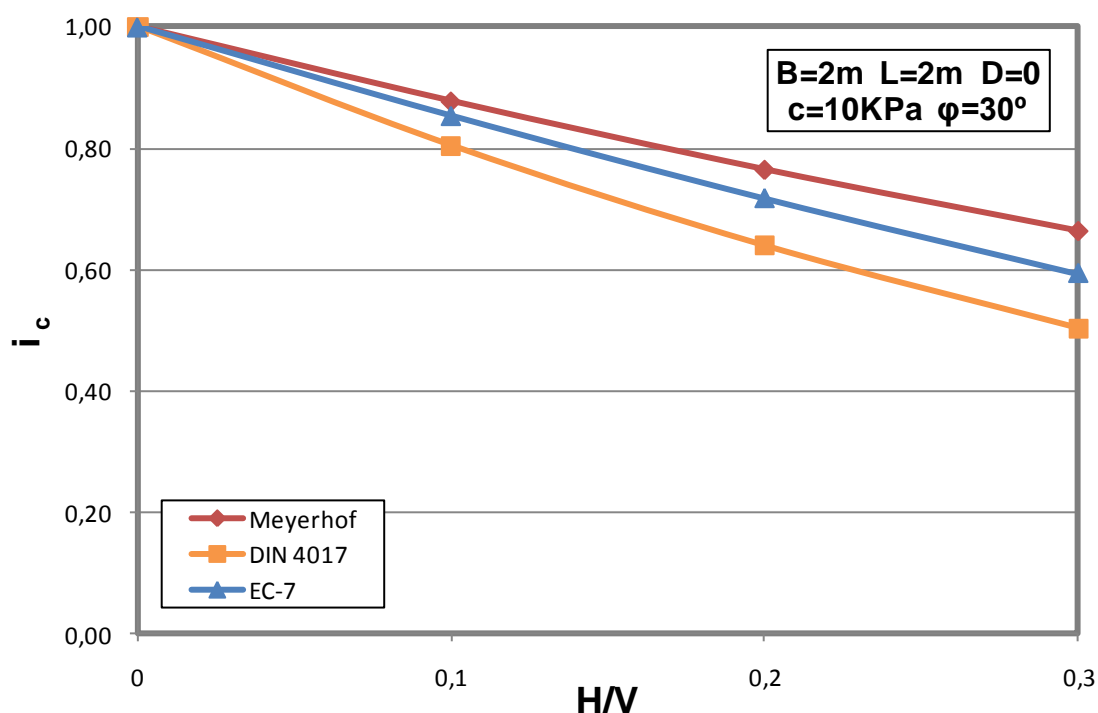
Σχ. 2.32. Μεταβολή του συντελεστή σχήματος s_y συναρτήσεως του λόγου B/L , για δεδομένη γωνία τριβής εδάφους $\phi=30^\circ$, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, Brinch-Hansen, Vesic και EC-7.

Από τα σχ.2.30 , σχ.2.31 και σχ.2.32 προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια:

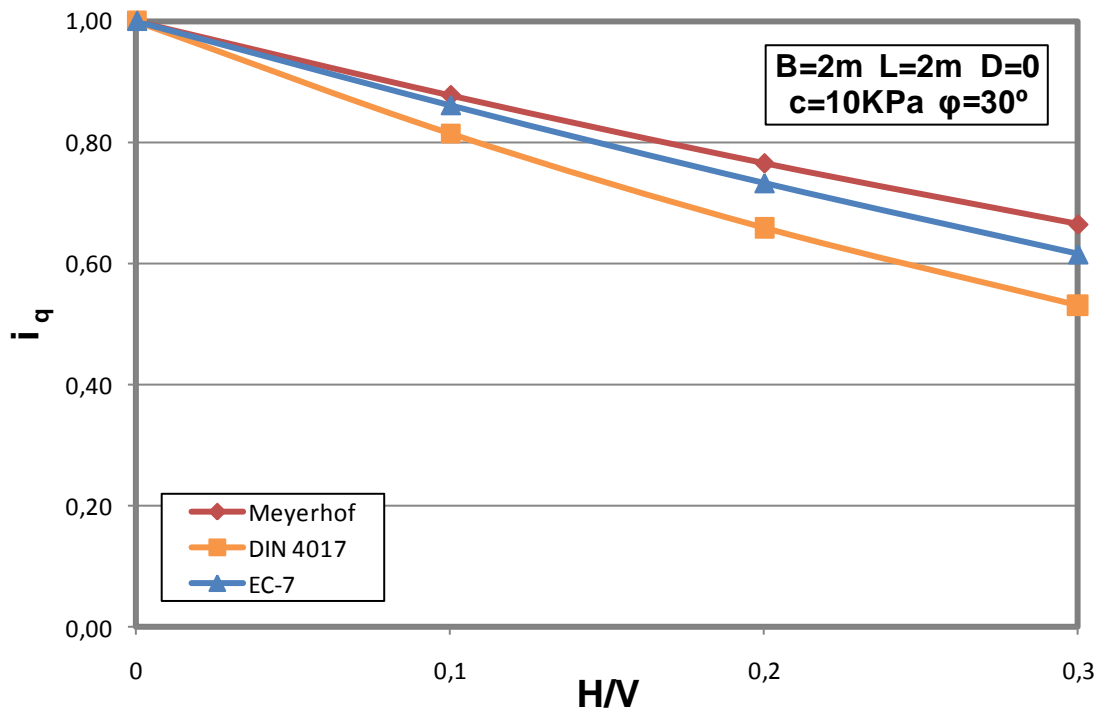
- ❖ Μετά από σύγκριση των σχ.2.30 και σχ.2.31, φαίνεται οι συντελεστές s_c και s_q να είναι γραμμικές συναρτήσεις του λόγου B/L με θετική κλίση, δηλαδή δρουν επαυξητικά στη φέρουσα ικανότητα όσο η γεωμετρία του θεμελίου πάει από την λωρίδα προς το τετράγωνο.
- ❖ Με την αύξηση του λόγου B/L παρατηρείται μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ των μεθοδολογιών, στην περίπτωση του συντελεστή s_q απ' ότι στην περίπτωση του συντελεστή s_c (βλ. σχ.2.30 και σχ.2.31)
- ❖ Από το σχ.2.32 φαίνεται ότι ο συντελεστής s_y είναι γραμμική συνάρτηση του λόγου B/L , με θετική κλίση στη μεθοδολογία του Meyerhof και αρνητική στις υπόλοιπες.

2.5.3. Συντελεστές λοξότητας φορτίου i_c , i_q , i_γ

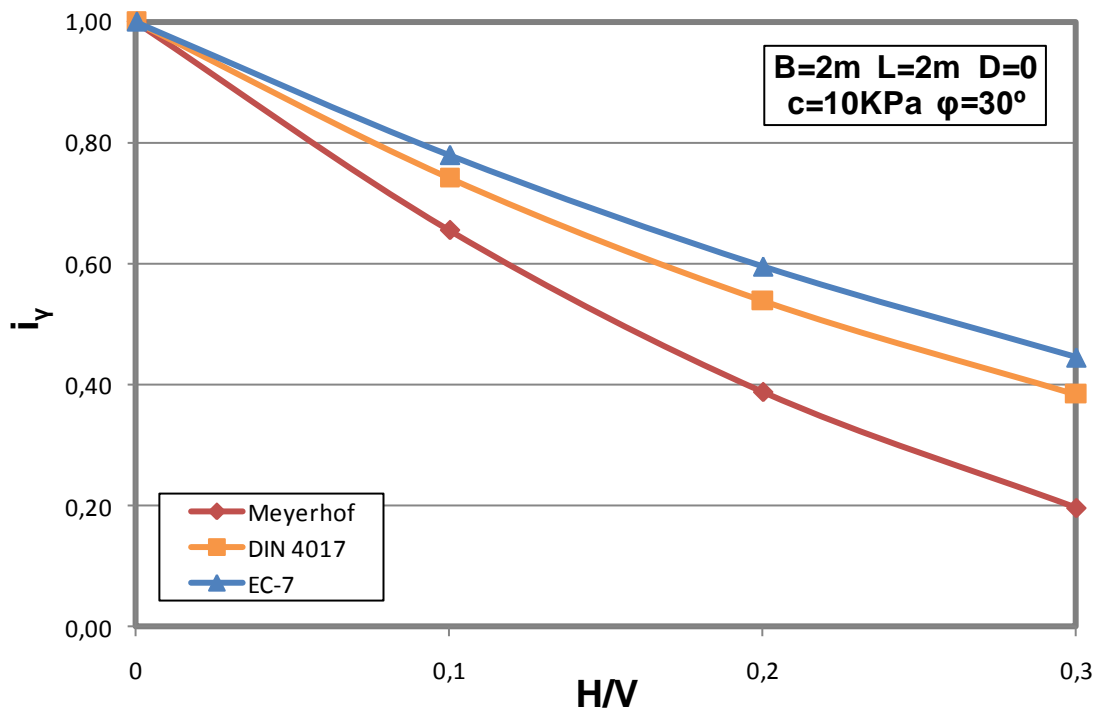
Για τις μεθοδολογίες που λαμβάνουν υπόψη την λοξότητα του φορτίου έγιναν διαγράμματα μεταβολής των συντελεστών συναρτήσει της γωνίας κλίσης του φορτίου ως προς την κατακόρυφο θ [$\theta = \arctan(H/V)$]. Τα διαγράμματα αυτά αναφέρονται στις μεθοδολογίες του Meyerhof, DIN 4017 και EC-7. Οι μεθοδολογίες Brinch-Hansen και Vesic δίνουν παραπλήσιες τιμές των συντελεστών σε σχέση με τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν στο εδάφιο αυτό, γι' αυτό και παραλείπονται. Οι τιμές των συντελεστών υπολογίστηκαν για δεδομένες διαστάσεις θεμελίου και εδαφικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε τετραγωνικό θεμέλιο πλάτους $B=L=2\text{m}$, εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους ($D=0$), σε έδαφος με συνοχή $c=10\text{kPa}$ και γωνία τριβής $\varphi=30^\circ$. Η μεταβολή του συντελεστή i_c συναρτήσει του λόγου H/V φαίνεται στο σχ.2.33, αντίστοιχα του i_q στο σχ.2.34 και του i_γ στο σχ.2.35.



Σχ. 2.33. Μεταβολή του συντελεστή λοξότητας i_c συναρτήσει του λόγου H/V , για τετραγωνικό θεμέλιο με $B=2\text{m}$, εδραζόμενο στην επιφάνεια εδάφους με $\varphi=30^\circ$ και $c=10\text{kPa}$ και υποβαλλόμενο σε λοξή και κεντρική φόρτιση, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, DIN 4017 και EC-7.



Σχ. 2.34. Μεταβολή του συντελεστή λοξότητας i_q συναρτήσει του λόγου H/V , για τετραγωνικό θεμέλιο με $B=2m$, εδραζόμενο στην επιφάνεια εδάφους με $\varphi=30^\circ$ και $c=10kPa$ και υποβαλλόμενο σε λοξή και κεντρική φόρτιση, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, DIN 4017 και EC-7.



Σχ. 2.35. Μεταβολή του συντελεστή λοξότητας i_γ συναρτήσει του λόγου H/V , για τετραγωνικό θεμέλιο με $B=2m$, εδραζόμενο στην επιφάνεια εδάφους με $\varphi=30^\circ$ και $c=10kPa$ και υποβαλλόμενο σε λοξή και κεντρική φόρτιση, για τις μεθοδολογίες Meyerhof, DIN 4017 και EC-7.

Μετά από παρατήρηση των παραπάνω σχημάτων προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Οι συντελεστές i_c , i_q , i_v σε όλες τις μεθοδολογίες φθίνουν με την αύξηση του λόγου H/V και επομένως μειώνουν την φέρουσα ικανότητα στην περίπτωση λοξής φόρτισης.
- ❖ Οι τιμές του συντελεστή i_v είναι μονίμως μικρότερες από τις τιμές των άλλων δύο συντελεστών με αποτέλεσμα να προκαλούν σημαντικά μεγαλύτερη μείωση της επιρροής του όρου του πλάτους, σε σχέση με τους υπόλοιπους δύο όρους, στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας.
- ❖ Η μεθοδολογία του Meyerhof στους συντελεστές i_c και i_q δίνει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τις μεθοδολογίες του DIN 4017 και του EC-7, ενώ για το συντελεστή i_v δίνει τις μικρότερες τιμές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΛΥΣΕΙΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

3.1. Εισαγωγή

Στο παρών κεφάλαιο διερευνάται η φέρουσα ικανότητα επιφανειακών θεμελιώσεων μέσω παραμετρικών επιλύσεων. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκαν τρεις περιπτώσεις φόρτισης θεμελίου, κεντρική και κατακόρυφη, έκκεντρη και κατακόρυφη και κεντρική και λοξή.

Στην κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση οι παραμετρικές επιλύσεις έγιναν για να προσδιοριστούν οι διαφορές μεταξύ των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής. Στις άλλες δύο περιπτώσεις φόρτισης, οι παραμετρικές επιλύσεις επικεντρώθηκαν κυρίως στον εντοπισμό των διαφορών ανάμεσα στον Ευρωκώδικα 7 και στη μεθοδολογία που προτείνεται από το Meyerhof.

3.2. Δεδομένα των επιλύσεων

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στις επιλύσεις για την φέρουσα ικανότητα λωριδωτού θεμελίου είναι οι εξής:

Ειδικό βάρος εδάφους: $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$

Συνοχή εδάφους: $c = 0, 10, 20 \text{ kPa}$ (η περίπτωση για $c=20\text{kPa}$ χρησιμοποιήθηκε σε συγκεκριμένες περιπτώσεις στην κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση)

Γωνία τριβής εδάφους: $\varphi = 0 - 45^\circ$

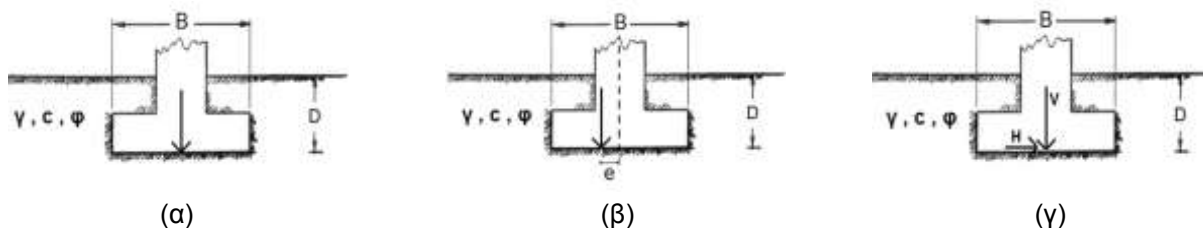
Πλάτος θεμελίου: $B = 2, 4 \text{ m}$

Βάθος θεμελίωσης: $D = 0, 2 \text{ m}$

Λόγος εκκεντρότητας ως προς το πλάτος θεμελίου: $e/B = 0, 1/8, 1/6, 1/3$

Λόγος οριζώντιου προς κατακόρυφου φορτίου: $H/V = 0, 0.1, 0.2, 0.3$

Τα δεδομένα των επιλύσεων φαίνονται σχηματικά παρακάτω :



Σχ. Γ.1. Θεμέλιο πλάτους B , εδραζόμενο σε βάθος D , σε έδαφος με χαρακτηριστικά γ, c, φ για περιπτώσεις φόρτισης (α) κεντρική και κατακόρυφη (β) έκκεντρη και κατακόρυφη και (γ) κεντρική και λοξή.

Οι επιλύσεις του τριωνύμου της φέρουσας ικανότητας κάθε μεθοδολογίας (βλ. Παράρτημα Α – Πίνακας Μεθοδολογιών) έγιναν μέσω κατάλληλων υπολογιστικών φύλλων του λογισμικού Microsoft Excel. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων έγιναν υπολογισμοί για διάφορους συνδυασμούς τιμών των παραπάνω παραμέτρων για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων.

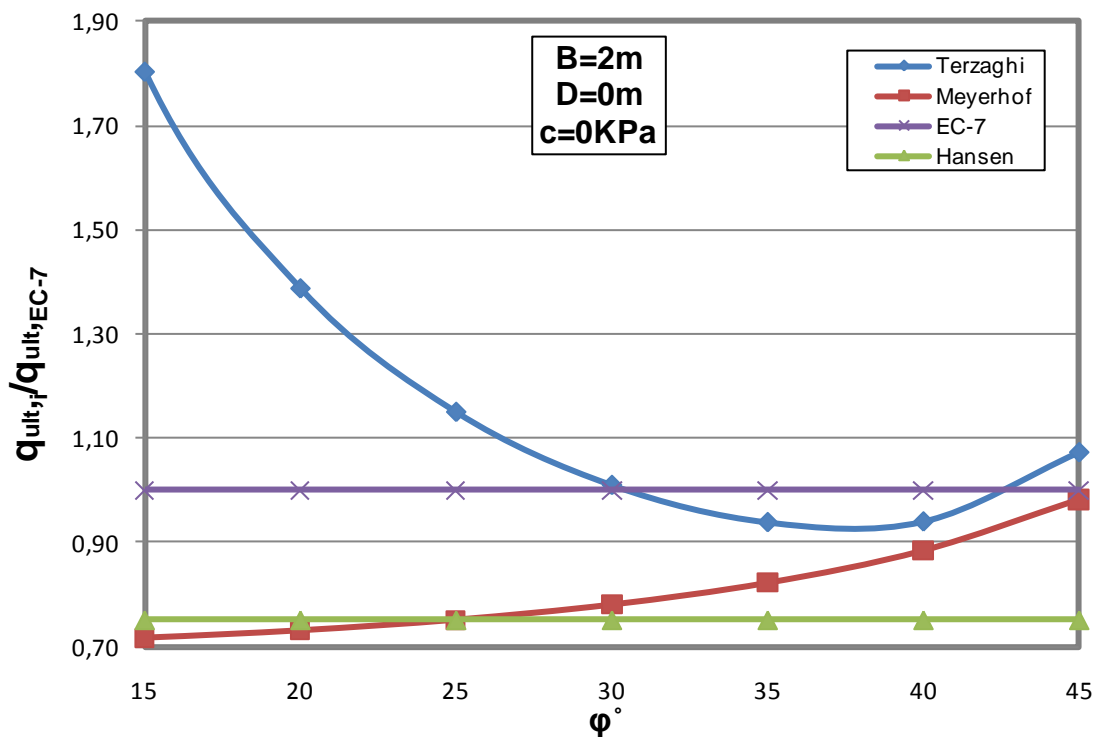
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις παραμετρικές επιλύσεις. Γίνεται διαχωρισμός τους με βάση τον τρόπο φόρτισης του θεμελίου. Επιπρόσθετα, η κάθε περίπτωση φόρτισης διαχωρίζεται κυρίως σε δύο υποκατηγορίες που αφορούν μη συνεκτικά και συνεκτικά εδάφη. Σημειώνεται ότι, αρκετά από τα διαγράμματα τα οποία προέκυψαν παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ, ενώ στο παρών κεφάλαιο δίνονται μόνο κάποια συγκριτικά διαγράμματα τα οποία βοηθούν στην εξαγωγή και καλύτερη κατανόηση των συμπερασμάτων που διατυπώνονται.

3.3. Κεντρική και Κατακόρυφη φόρτιση

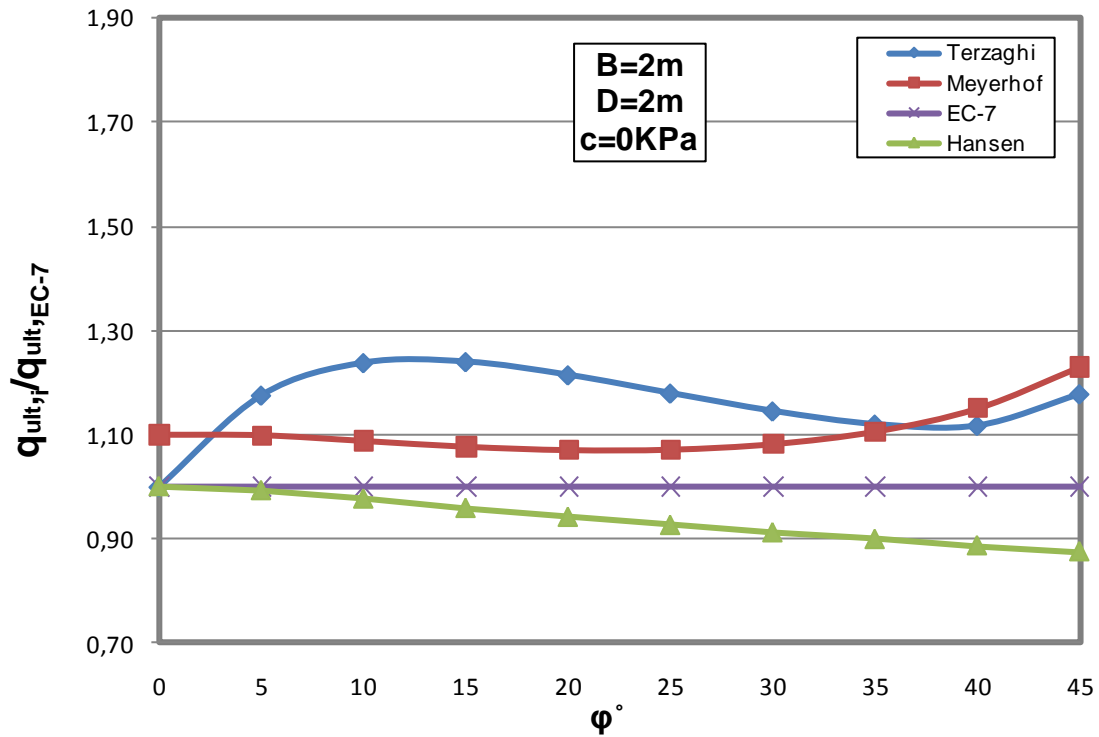
3.3.1 Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)

Με σκοπό να εντοπιστούν οι διαφορές στις τιμές φέρουσας ικανότητας μεταξύ των διαφόρων μεθοδολογιών, οι οποίες αναφέρθηκαν σε προηγούμενο εδάφιο, έγιναν διαγράμματα φέρουσας ικανότητας ως προς τη γωνία τριβής του εδάφους. Οι μεθοδολογίες που έδιναν συναφή αποτελέσματα μεταξύ τους, παραστάθηκαν στα διαγράμματα από μία μεθοδολογία για λόγους ευκρινείας. Συγκεκριμένα, η μεθοδολογία του Vesic και του DIN 4017 έδιναν πολύ κοντινές τιμές φέρουσας ικανότητας με τη μεθοδολογία που προτείνεται από τον Ευρωκώδικα 7. Γι' αυτό και στα διαγράμματα φαίνονται μόνο οι τιμές που προκύπτουν από τον EC7. Τελικά, στα διαγράμματα Φ.Ι. για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση παρουσιάζονται οι μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, Brinch-Hansen και EC-7 για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων που αναφέρονται στα δεδομένα. Τα διαγράμματα αυτά δίνονται στο Παράρτημα Γ.1.1. Επίσης, οι τιμές Φ.Ι. για τις μεγάλες γωνίες τριβής είναι της τάξεως των MPa, επομένως δεν φαίνονται ξεκάθαρα οι διαφορές ανάμεσα στις μεθοδολογίες για τις μικρές γωνίες τριβής όταν τα αποτελέσματα παριστάνονται σε διαγράμματα υπό κανονική κλίμακα. Για το λόγο αυτό έγιναν διαγράμματα με λογαριθμική κλίμακα στον άξονα της Φ.Ι. και παρατηρείται ότι και για μικρές γωνίες τριβής εδάφους οι μεθοδολογίες παρουσιάζουν αποκλίσεις. Τα διαγράμματα με λογαριθμική κλίμακα στον άξονα Φ.Ι. παρατίθενται επίσης στο Παράρτημα Γ.1.1.

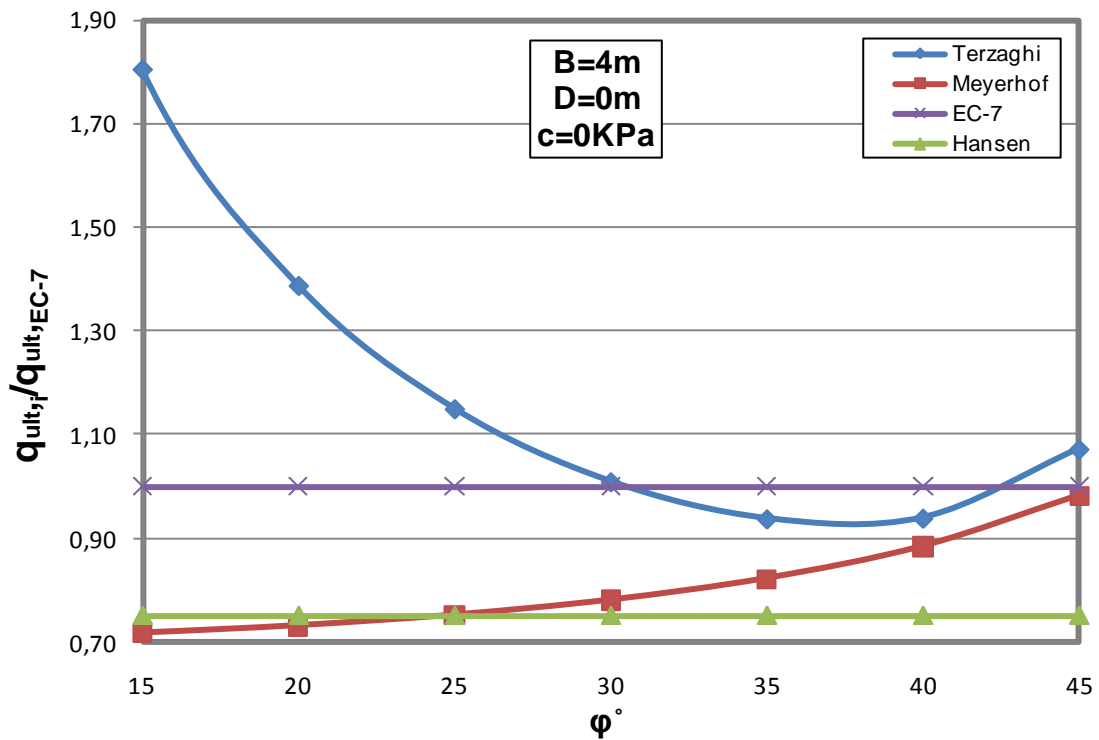
Για να προκύψει μια καλύτερη συγκριτική εικόνα των διαφόρων μεθοδολογιών θεωρήθηκε σκόπιμη η αδιαστατοποίηση των q_{ult} ως προς μια μέθοδο αναφοράς. Ως τέτοια επιλέχθηκε αυτή του Ευρωκώδικα 7, που είναι πλέον και βάση νομοθεσίας η κύρια χρησιμοποιούμενη στην Ελληνική Γεωτεχνική Πρακτική. Από τα διαγράμματα αυτά μπορεί να εκτιμηθεί πόσο μεγαλύτερες ή μικρότερες τιμές Φ.Ι. δίνει μία μέθοδος σε σχέση πάντα με τον EC-7. Στον κατακόρυφο άξονα δίνεται ο λόγος $q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$, όπου $q_{ult,i}$ είναι η Φ.Ι. που δίνει η μέθοδος i (Terzaghi, Meyerhof, Brinch-Hansen) και $q_{ult,EC-7}$ είναι η Φ.Ι. που υπολογίζεται κατά τον EC-7. Στη συνέχεια ακολουθούν τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα σε μη συνεκτικό έδαφος, με σκοπό τη διερεύνηση της επιρροής του βάθους θεμελίωσης και του πλάτους του θεμελίου.



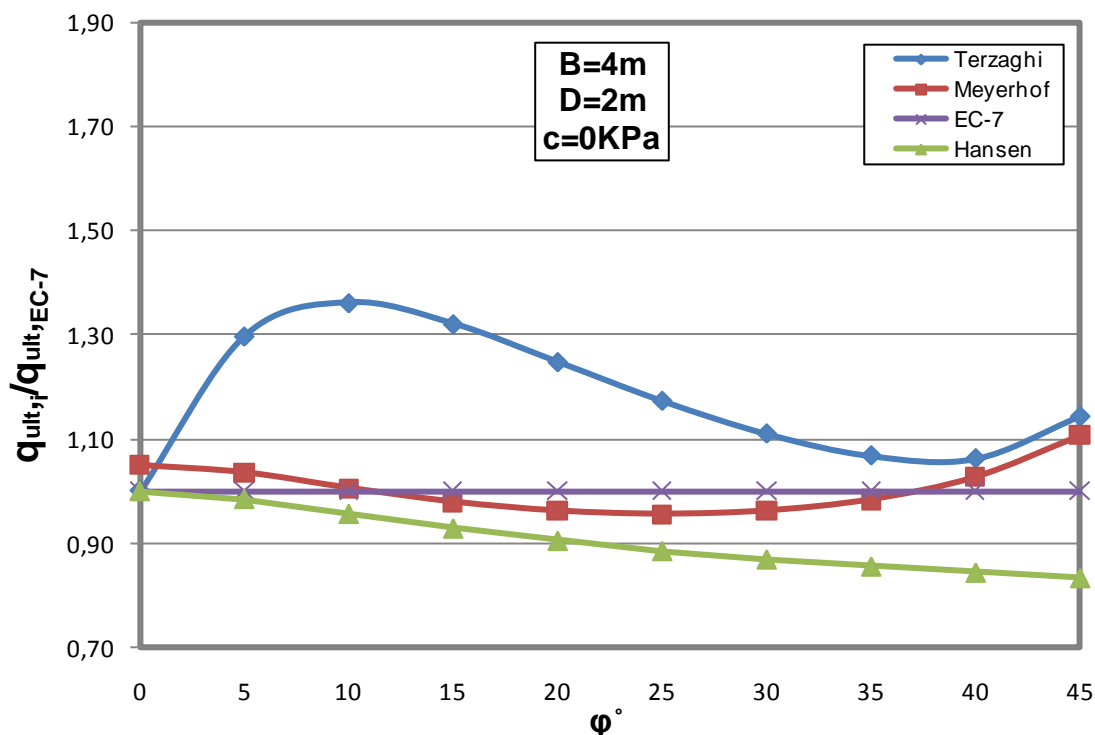
Σχ. Γ.2. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ. Γ.3. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,\phi}/q_{ult,EC-7}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ. Γ.4. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,\phi}/q_{ult,EC-7}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ. Γ.5. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,\phi}/q_{ult,EC-7}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).

Από τα ανωτέρω διαγράμματα για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση επιφανειακών θεμελίων σε μη συνεκτικό έδαφος προκύπτουν τα εξής σχόλια για τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους για τις διάφορες μεθοδολογίες:

- **Μηδενικό βάθος θεμελίωσης**

- ❖ Τα διαγράμματα που αναφέρονται σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης (σχ.3.2 και σχ.3.4) ουσιαστικά δείχνουν το λόγο του συντελεστή $\Phi.I. N_{\gamma}$ για τις διάφορες μεθοδολογίες ως προς το συντελεστή N_{γ} που προτείνεται από τον EC-7.
- ❖ Στα σχ.3.2 και σχ.3.4 ο άξονας της γωνίας τριβής εδάφους ξεκινάει από τις 15° για λόγους ευκρίνειας των δύο διαγραμμάτων αφού η μεθοδολογία του Terzaghi, για μικρές γωνίες τριβής ($\sim 5^{\circ}$), δίνει περίπου πέντε φορές μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα από αυτή που προκύπτει με τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7, ανεξαρτήτως πλάτους θεμελίου. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη διαφορά των συντελεστών $\Phi.I. N_{\gamma}$.
- ❖ Στα διαγράμματα που αναφέρονται σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης (σχ.3.2 και σχ.3.4) η μεθοδολογία του Brinch-Hansen δίνει σταθερά μικρότερες τιμές $\Phi.I.$ κατά 25% από τον EC-7, ανεξαρτήτως της γωνίας τριβής ϕ και του πλάτους του θεμελίου.

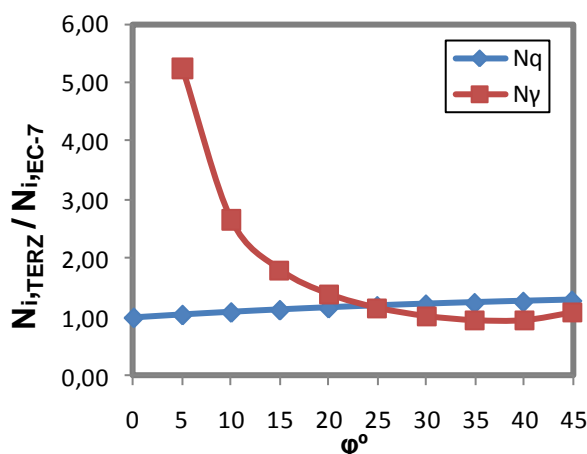
Ουσιαστικά η τιμή του λόγου $q_{ult,HANSEN} / q_{ult,EC-7}$ είναι η τιμή του λόγου των N_{γ} κάθε μεθοδολογίας. $[\frac{1.5(Nq-1) \tan \varphi}{2(Nq-1) \tan \varphi} = \frac{1.5}{2} = 0.75]$.

- ❖ Από τα διαγράμματα στα οποία το βάθος θεμελίωσης είναι μηδενικό (σχ.3.2 και σχ.3.4) παρατηρούμε ότι για μικρές έως συνήθεις γωνίες τριβής ($\varphi \approx 5^{\circ}$ - 30°) η μεθοδολογία του Meyerhof δίνει παραπλήσια αποτελέσματα με αυτή του Brinch-Hansen ανεξαρτήτως πλάτους θεμελίου.

• Βάθος θεμελίωσης D=2m

Όταν το θεμέλιο τοποθετείται σε βάθος D=2m παρατηρούνται αρκετές διαφορές στα αποτελέσματα και οι συσχετίσεις μεταξύ των μεθοδολογιών αλλάζουν σε σχέση με την περίπτωση μηδενικού βάθους θεμελίωσης.

- ❖ Παρατηρείται ότι η μεθοδολογία του Terzaghi στα σχ.3.3 και σχ.3.5 εμφανίζει αυξομειώσεις με τη μεταβολή της γωνίας τριβής σε σχέση με τον EC-7. Στη συγκεκριμένη περίπτωση στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας υπάρχει επιρροή δύο συντελεστών Φ.Ι. , του N_q και του N_{γ} . Ο κάθε συντελεστής επηρεάζει άλλοτε λιγότερο και άλλοτε περισσότερο την τιμή της Φ.Ι. ανάλογα με την τιμή της γωνίας τριβής. Παρατίθεται το παρακάτω σχήμα 3.6 στο οποίο φαίνεται η μεταβολή των λόγων των συντελεστών Φ.Ι. N_q και N_{γ} (Terzaghi/EC-7) με τη μεταβολή της γωνίας τριβής.



Σχ. Γ.6. Μεταβολή του λόγου των συντελεστών Φ.Ι. N_q και N_{γ} μεταξύ των μεθοδολογιών Terzaghi και EC-7 με τη μεταβολή της γωνίας τριβής του εδάφους φ .

Στο σχ.3.6 παρατηρείται ότι για μικρές γωνίες τριβής υπάρχει αυξητική τάση του συντελεστή N_q με την αύξηση της γωνίας τριβής του εδάφους. Επομένως και λόγω

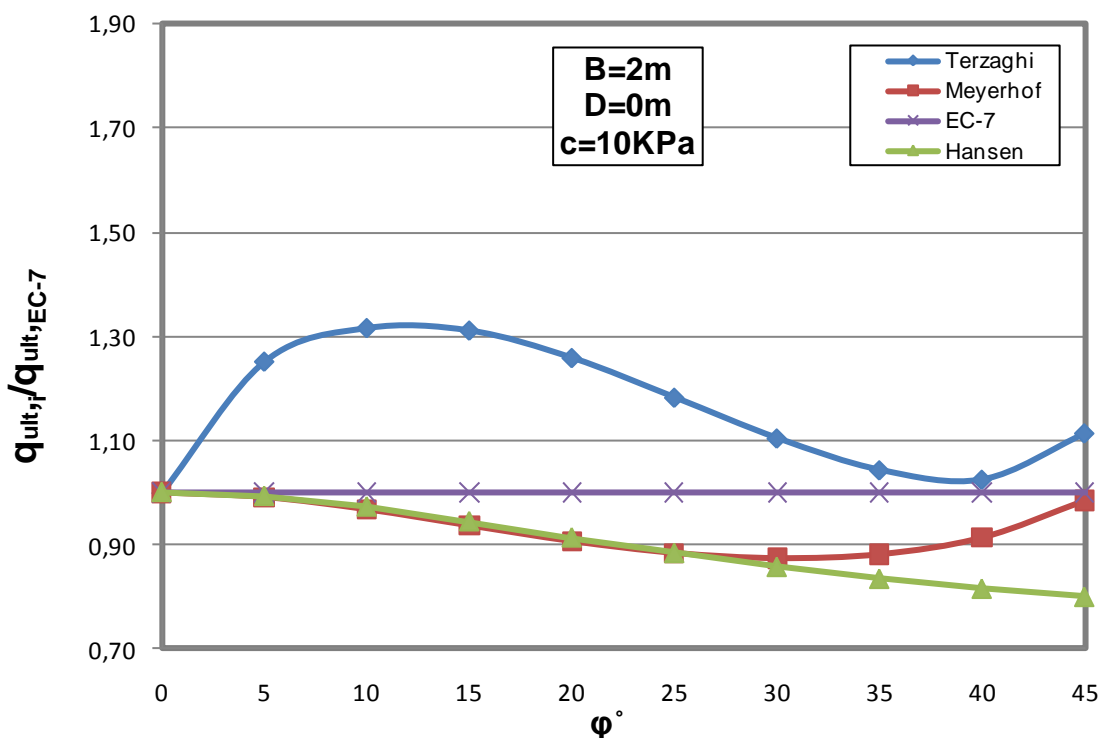
της αυξητικής τάσης που φαίνεται στα σχ.3.3 και σχ.3.5 , συμπεραίνεται ότι η τιμή του συντελεστή N_q είναι αυτή που κυρίως επηρεάζει την τιμή του λόγου $\Phi.I.$ (Terzaghi/EC-7) για μικρές γωνίες τριβής. Αντίθετα η μεγάλη καθοδική τάση του συντελεστή N_γ στις μικρές γωνίες τριβής δεν φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τον λόγο $\Phi.I.$ Ουσιαστική πτώση στο λόγο $\Phi.I.$ προκύπτει για γωνίες τριβής μεγαλύτερες των 20° . Έτσι το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι όσο μεγαλώνει η γωνία τριβής ο συντελεστής N_γ επηρεάζει το λόγο $\Phi.I.$ περισσότερο από το συντελεστή N_q . Τέλος, μια μικρή αύξηση στο λόγο $\Phi.I.$, για γωνίες τριβής μεγαλύτερες των 40° , και στα δύο διαγράμματα (σχ.3.3 και σχ.3.5) οφείλεται στη μικρή αύξηση του λόγου των συντελεστών N_γ .

- ❖ Με σύγκριση και των τεσσάρων διαγραμμάτων (σχ.3.2 , σχ.3.3 , σχ.3.4 και σχ.3.5) παρατηρείται ότι η μεθοδολογία του Meyerhof στις περιπτώσεις που το θεμέλιο εδράζεται σε βάθος συγκλίνει περισσότερο ως προς τη μεθοδολογία του EC7. Από αυτό συμπεραίνεται ότι, παρόλο που η μεθοδολογία του EC-7 δεν χρησιμοποιεί συντελεστές βάθους (d_c , d_q , d_γ) όπως αυτή του Meyerhof, (βλ. παράρτημα Α - Πίνακας Μεθοδολογιών) εντούτοις φαίνεται να λαμβάνει ικανοποιητικά υπόψη την επιρροή του βάθους θεμελίωσης.
- ❖ Από τα σχ.3.3 και σχ.3.5 παρατηρείται ότι η μεθοδολογία του Brinch-Hansen συγκλίνει περισσότερο με τη μεθοδολογία του EC-7 στην περίπτωση θεμελίου εδραζόμενου σε βάθος , αφού οι τιμές του λόγου $\Phi.I.$ είναι συστηματικά μεγαλύτερες από 75% (τιμή που παρατηρήθηκε για αβαθές θεμέλιο). Αυτό οφείλεται στην επιρροή του συντελεστή $\Phi.I. N_q$, ο οποίος μπαίνει στην εξίσωση $\Phi.I.$ στον όρο του πλάτους.
- ❖ Παρατηρείται σύγκλιση της μεθοδολογίας του Meyerhof ως προς τον EC-7 με την αύξηση του πλάτους θεμελίωσης (βλέπε σχ.3.3 και σχ.3.5). Αυτό συμβαίνει επειδή στους συντελεστές βάθους υπεισέρχεται ο λόγος D/B (βλέπε παράρτημα Α - Πίνακας Μεθοδολογιών). Για ίδιο βάθος θεμελίωσης και μεγαλύτερο πλάτος θεμελίου προκύπτουν μικρότερες τιμές στους συντελεστές σχήματος, επομένως και μικρότερες τιμές $\Phi.I.$
- ❖ Οι υπόλοιπες μεθοδολογίες (Terzaghi και Brinch-Hansen) φαίνεται να αποκλίνουν από τον EC-7 με την αύξηση του πλάτους θεμελίωσης, για γωνίες τριβής εδάφους $\varphi > 10^\circ$, αφού υπάρχει μεγάλη επιρροή της τιμής του πλάτους του θεμελίου στον τρίτο όρο της εξίσωσης της $\Phi.I.$

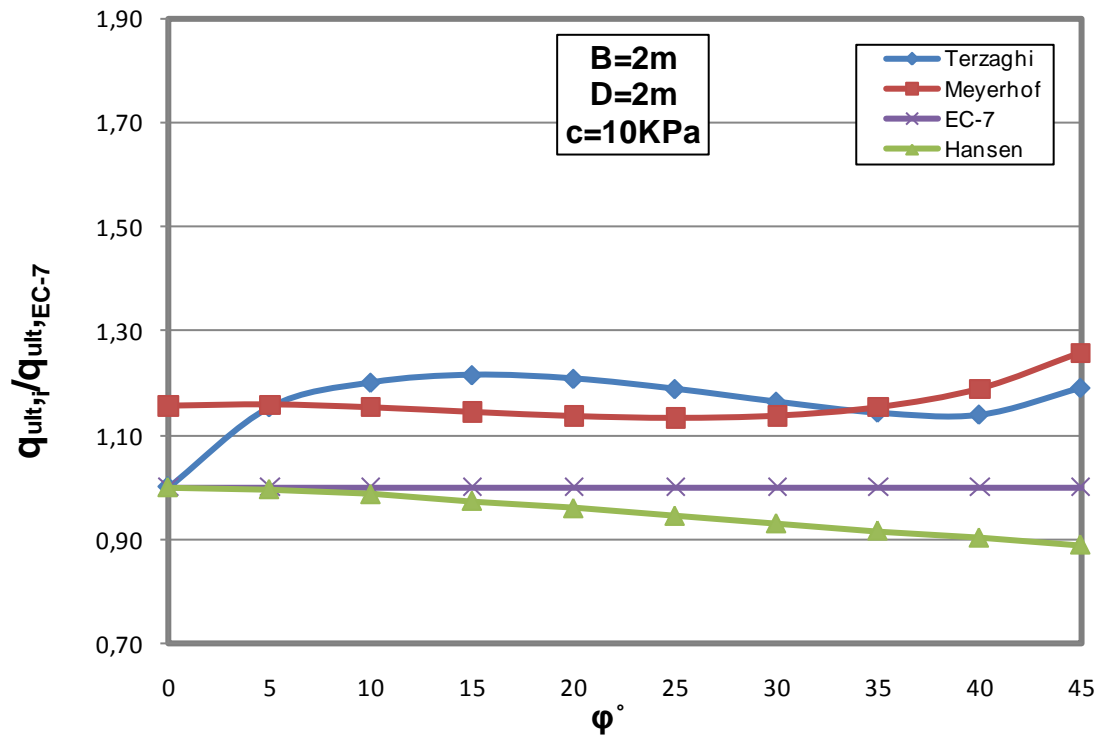
3.3.2 Συνεκτικό έδαφος (c≠0)

Όπως και στην περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους, μορφώθηκαν διαγράμματα μεταβολής της Φ.Ι. με τη γωνία τριβής του εδάφους για όλες τις μεθοδολογίες. Στα διαγράμματα αυτά ο άξονας της Φ.Ι. είναι σε μονάδες φορτίου ανά επιφάνεια (πίεσης), καθώς και σε λογαριθμική κλίμακα. Οι μορφές των διαγραμμάτων αυτών, τα οποία παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.1.2, είναι ίδιες με αυτές των διαγραμμάτων που αφορούν μη συνεκτικό έδαφος.

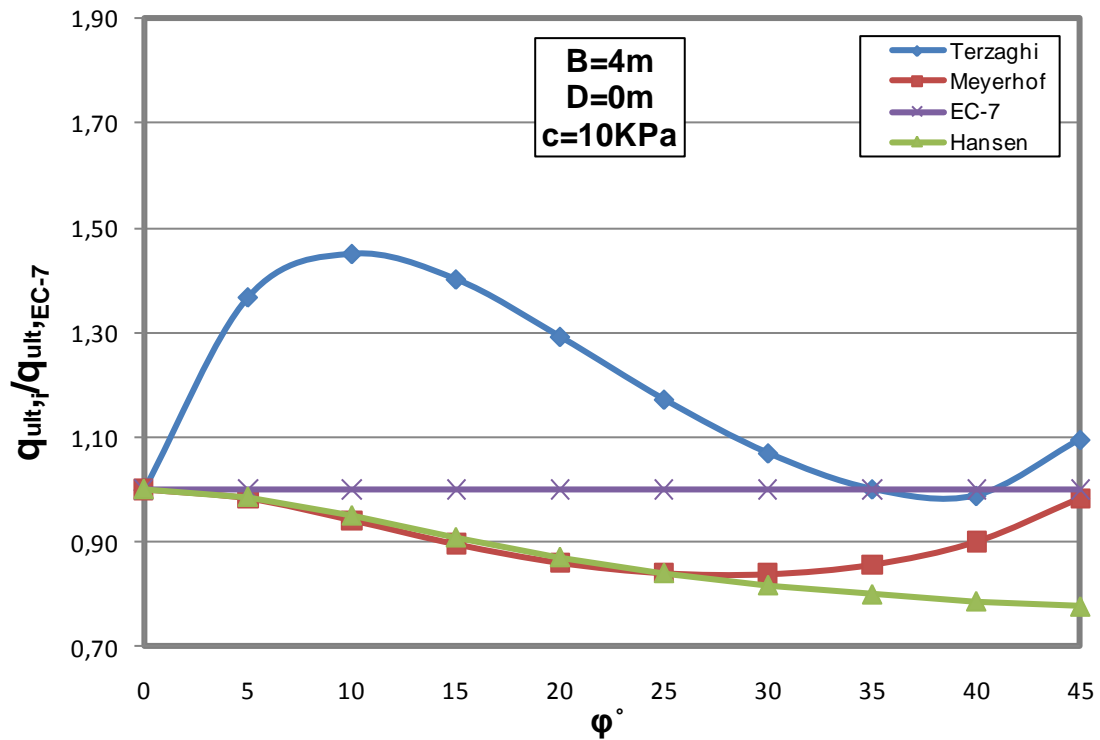
Και στην περίπτωση συνεκτικού εδάφους δίνονται τα αντίστοιχα κανονικοποιημένα διαγράμματα, που παρουσιάστηκαν και για μη συνεκτικό έδαφος, ως προς τη μεθοδολογία που προτείνεται από τον Ευρωκώδικα 7. Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνεται η μεταβολή του λόγου Φ.Ι. για κάθε μεθοδολογία που μελετάτε στο παρών κεφάλαιο, ως προς τη μεθοδολογία του EC-7 ($q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$), συναρτήσεως της γωνίας τριβής εδάφους ϕ , σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



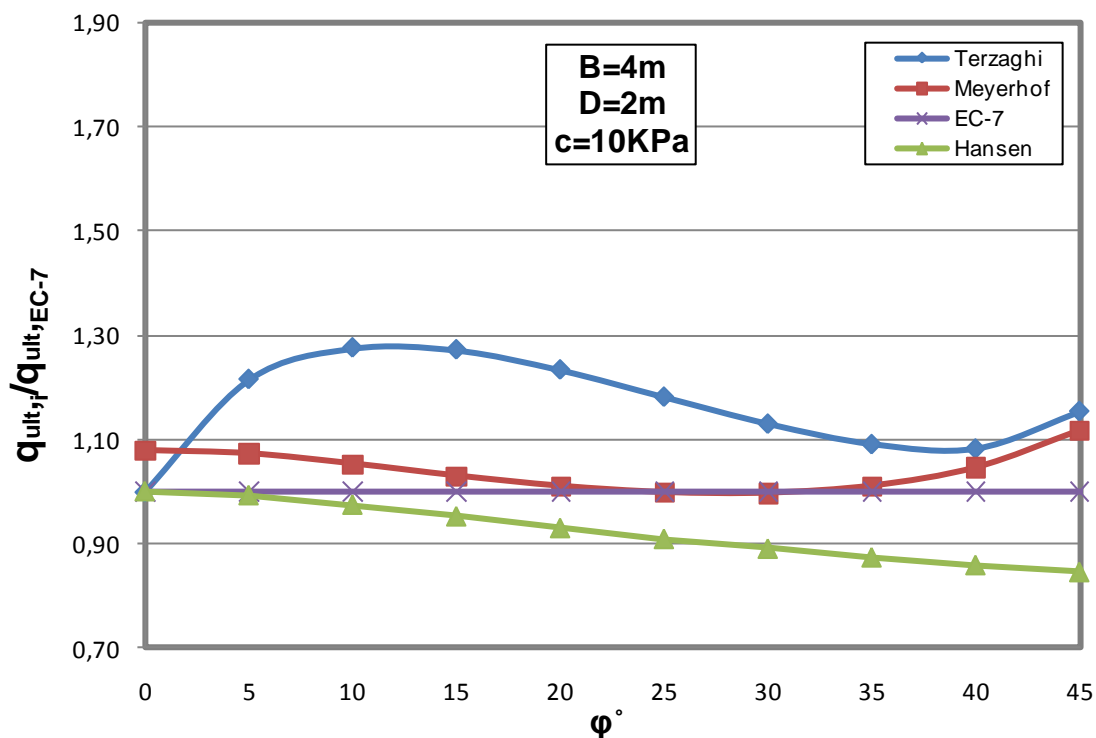
Σχ. Γ.7. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$.



Σχ. Γ.8. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$.



Σχ. Γ.9. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$.



Σχ. Γ.10. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για όλες τις μεθοδολογίες υπολογισμού φέρουσας ικανότητας σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση επιφανειακών θεμελίων σε συνεκτικό έδαφος, με συνοχή $c=10kPa$, προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια για τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους για τις διάφορες μεθοδολογίες (οι ομοιότητες στη μορφή των διαγραμμάτων με την περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους είναι εμφανείς, οπότε θα σχολιαστούν μόνο οι διαφορές):

- ❖ Στην περίπτωση που το θεμέλιο εδράζεται στην επιφάνεια του εδάφους, τα διαγράμματα που προέκυψαν (σχ.3.7 και σχ.3.9) έχουν διαφορετική μορφή από την μορφή που είχαν στην περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους (σχ.3.2 και σχ.3.4), συγκρίνοντας πάντα για ίδιες διαστάσεις θεμελίου. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι στην περίπτωση που το έδαφος έχει συνοχή, στην εξίσωση Φ.1. περιλαμβάνεται και ο 1^{ος} όρος του τριωνύμου της Φ.1, που αναφέρεται στη συνοχή. Επομένως στα αποτελέσματα της Φ.1 υπεισέρχεται όχι μόνο η επιρροή από το συντελεστή N_γ αλλά και η επιρροή από το συντελεστή N_c .
- ❖ Από τα σχ.3.7 και σχ.3.9 εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο όρος της συνοχής στην εξίσωση Φ.1. είναι ουσιαστικός για μικρές γωνίες τριβής ($\phi < 15^\circ$), αφού για

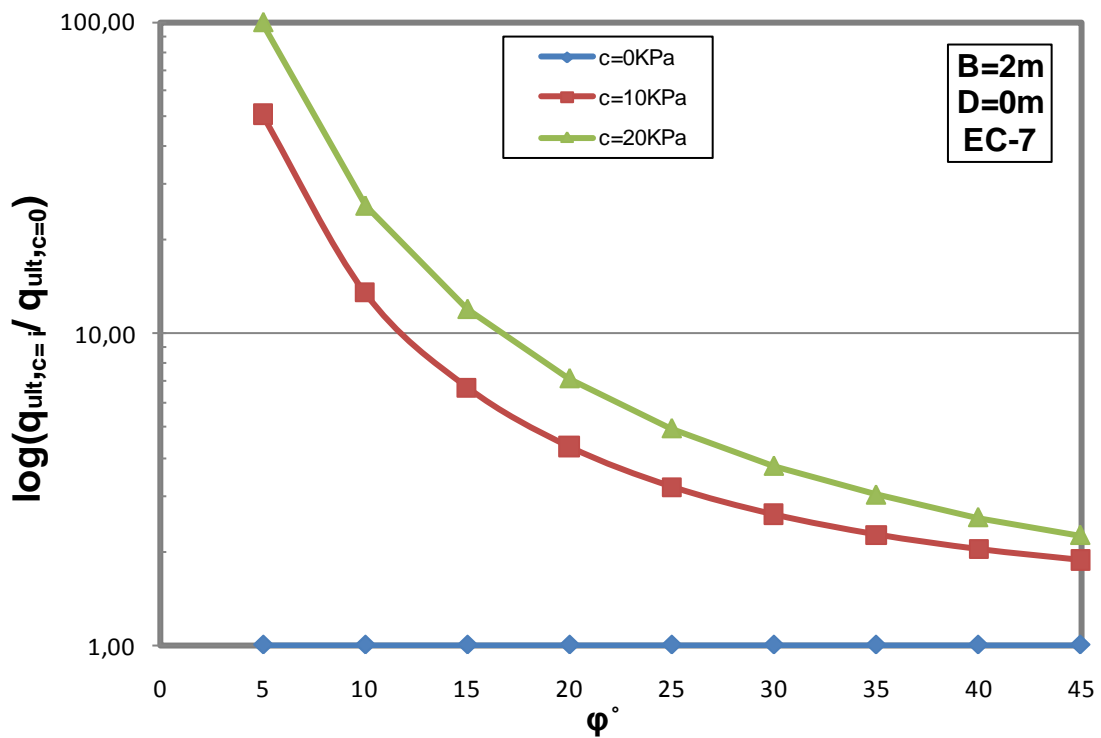
μεγάλες γωνίες τριβής ($\varphi > 30^\circ$) οι τιμές στα διαγράμματα είναι ίδιες με την αντίστοιχη περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους (βλ. σχ.3.2 και σχ.3.4).

- ❖ Οι μεθοδολογίες Meyerhof και Brinch-Hansen στην περίπτωση θεμελίου εδραζόμενου στην επιφάνεια του εδάφους (σχ.3.7 και σχ.3.9) συγκλίνουν απόλυτα για γωνίες τριβής μικρότερες των 25° . Η μοναδική διαφορά στην εξίσωση της Φ.Ι. των δύο μεθοδολογιών είναι ο συντελεστής Φ.Ι. που αναφέρεται στο πλάτος του θεμελίου, N_γ . Η σύγκριση αυτή ενισχύει το σχόλιο που διατυπώθηκε στην περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους, ότι όσο αυξάνει η γωνία τριβής ο όρος του πλάτους παίζει τον πλέον καθοριστικό ρόλο στην εξίσωση της Φ.Ι.

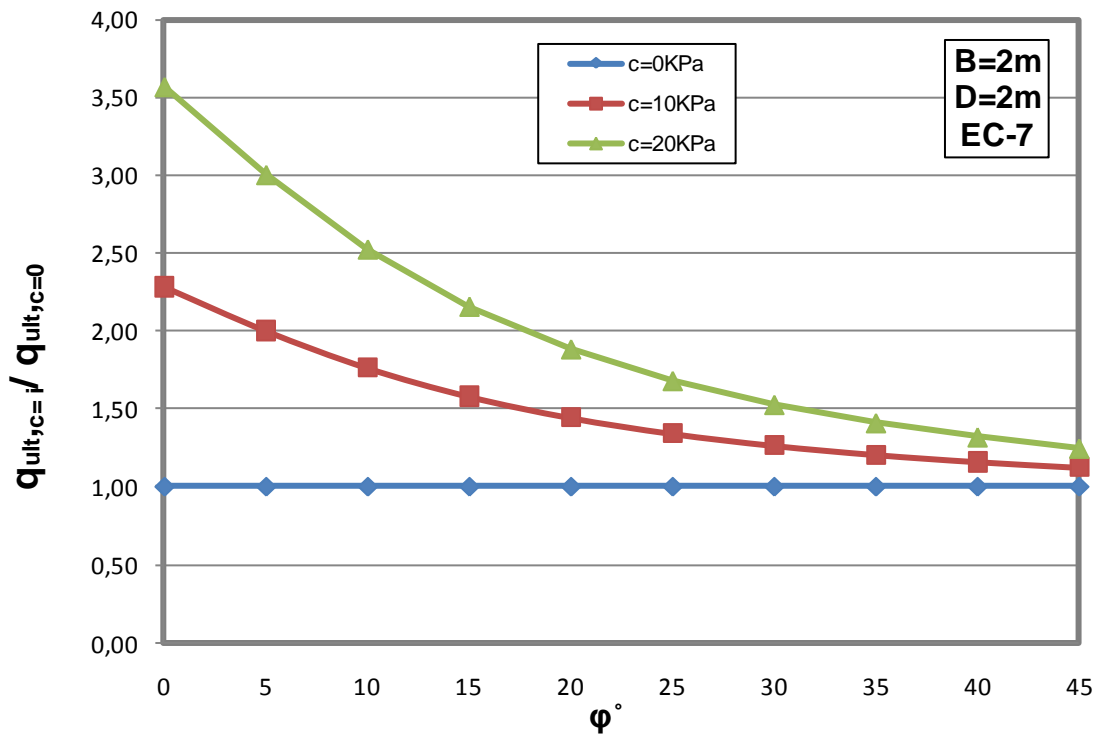
Στις δύο υποπεριπτώσεις που εξετάστηκαν για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση (μη συνεκτικού και συνεκτικού εδάφους) δεν μπόρεσε να γίνει άμεση σύγκριση της επιρροής της συνοχής του εδάφους στη φέρουσα ικανότητα επιφανειακών θεμελιώσεων, επομένως θεωρήθηκε σκόπιμη η περαιτέρω επέκταση της παραμετρικής διερεύνησης.

3.3.3 Σύγκριση μη συνεκτικού ($c=0$) και συνεκτικού ($c \neq 0$) εδάφους

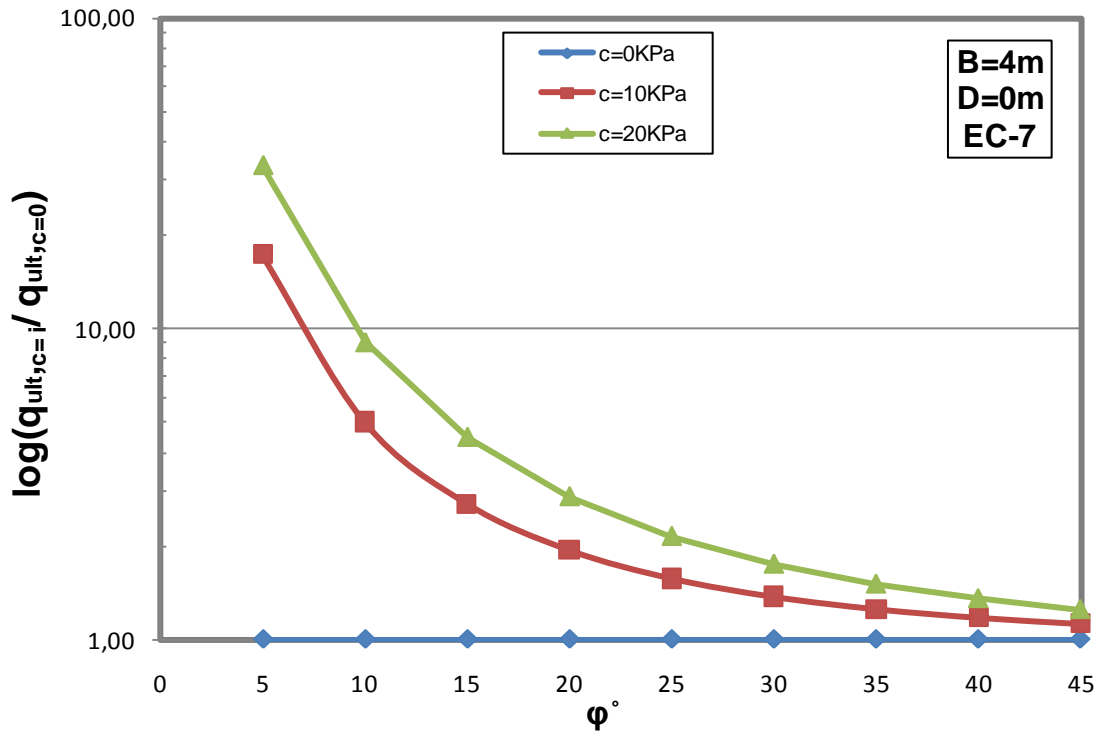
Στο παρών εδάφιο γίνεται σύγκριση στη φέρουσα ικανότητα μη συνεκτικών και συνεκτικών εδαφών, επικεντρωνόμενοι όμως μόνο στην περίπτωση του EC7. Για κάθε περίπτωση διαστάσεων θεμελίου έγιναν υπολογισμοί της φέρουσας ικανότητας για τιμές συνοχής εδάφους $c=0$, $c=10\text{kPa}$ και $c=20\text{kPa}$. Στα τέσσερα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων για τον υπολογισμό του q_{ult} σύμφωνα με την μεθοδολογία του EC7, και δίνεται η τιμή της αδιαστατοποιημένης τιμής της φέρουσας ικανότητας ως προς τη τιμή της Φ.Ι. για μη συνεκτικό έδαφος ($q_{ult,c=i} / q_{ult,c=0}$). Έτσι, από τα διαγράμματα αυτά προκύπτουν συμπεράσματα για την επιρροή της συνοχής στη φέρουσα ικανότητα επιφανειακών θεμελιώσεων. Στα διαγράμματα όπου το θεμέλιο εδράζεται στην επιφάνεια του εδάφους (σχ.3.11 και σχ.3.13) ο άξονας του λόγου $q_{ult,c=i} / q_{ult,c=0}$ είναι σε λογαριθμική κλίμακα λόγω των μεγάλων αποκλίσεων που παρατηρούνται στις τιμές της Φ.Ι. με την αύξηση της συνοχής.



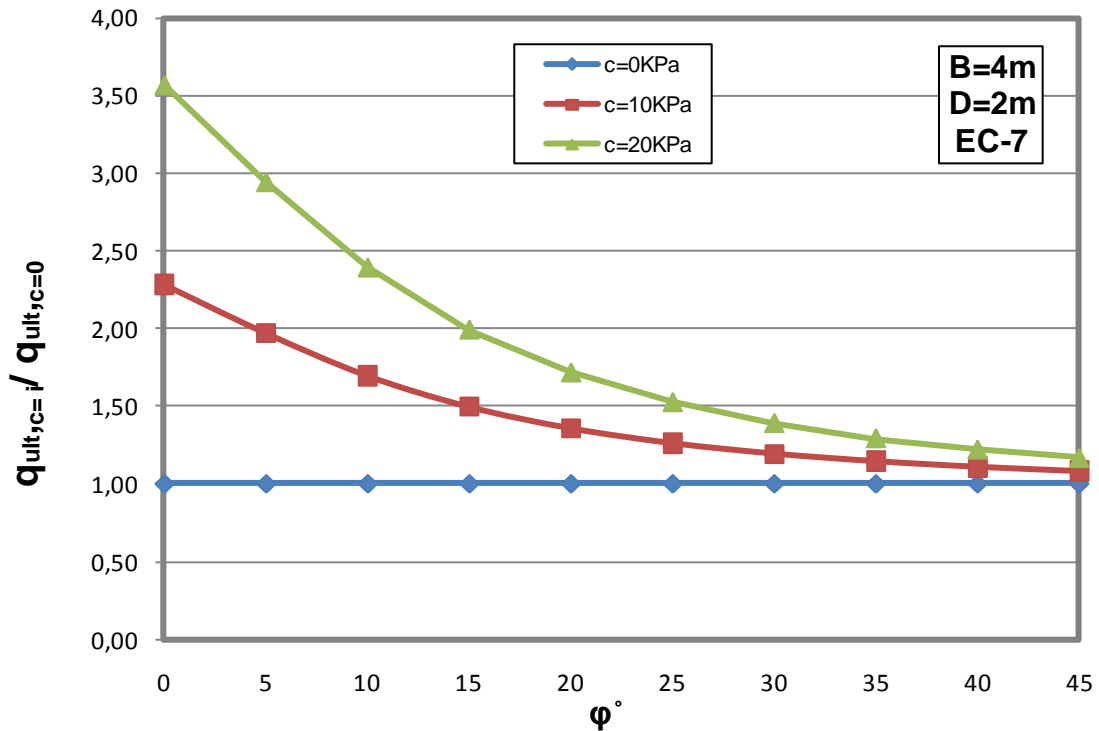
Σχ. Γ.11. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,c=i} / q_{ult,c=0}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, με βάση τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 σε εδάφη με συνοχή $c=0$, $c=10kPa$ και $c=20kPa$.



Σχ. Γ.12. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,c=i} / q_{ult,c=0}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, με βάση τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 σε εδάφη με συνοχή $c=0$, $c=10kPa$ και $c=20kPa$.



Σχ. Γ.13. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,c=i} / q_{ult,c=0}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0m$, με βάση τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 σε εδάφη με συνοχή $c=0$, $c=10kPa$ και $c=20kPa$.



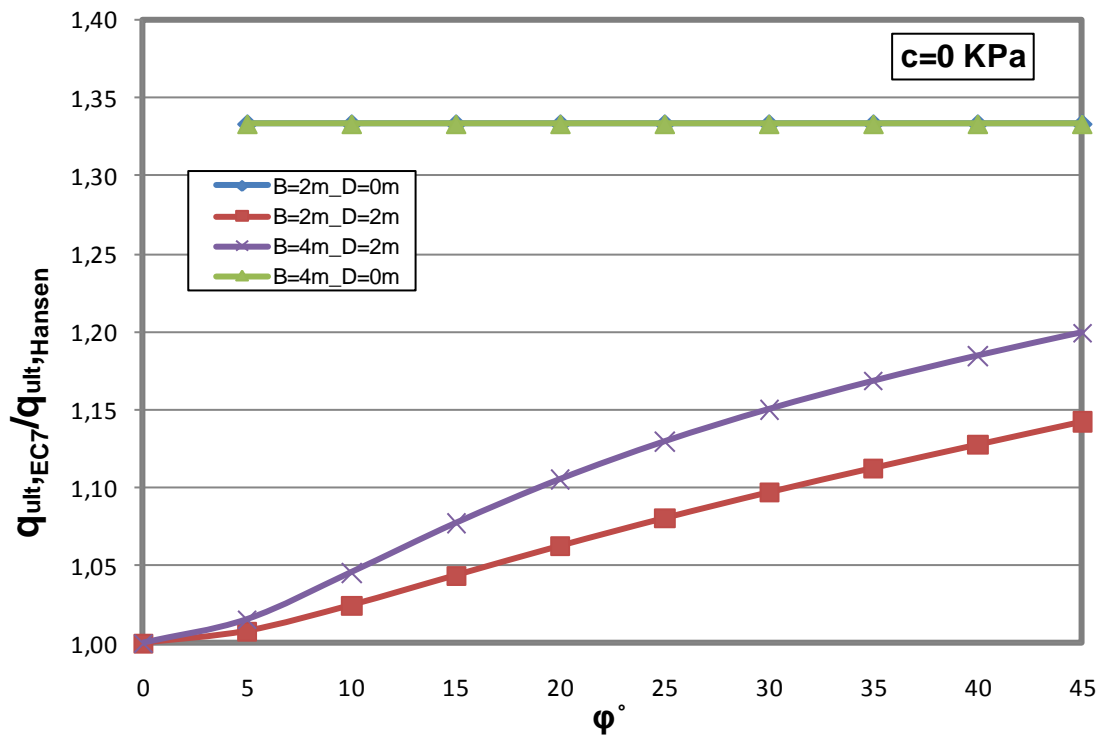
Σχ. Γ.14. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,c=i} / q_{ult,c=0}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, με βάση τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 σε εδάφη με συνοχή $c=0$, $c=10kPa$ και $c=20kPa$.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση επιφανειακών θεμελίων σε εδάφη με συνοχή $c=0,10,20$ kPa, προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια σχετικά με τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους όπως αυτή προκύπτει σύμφωνα με τον EC7:

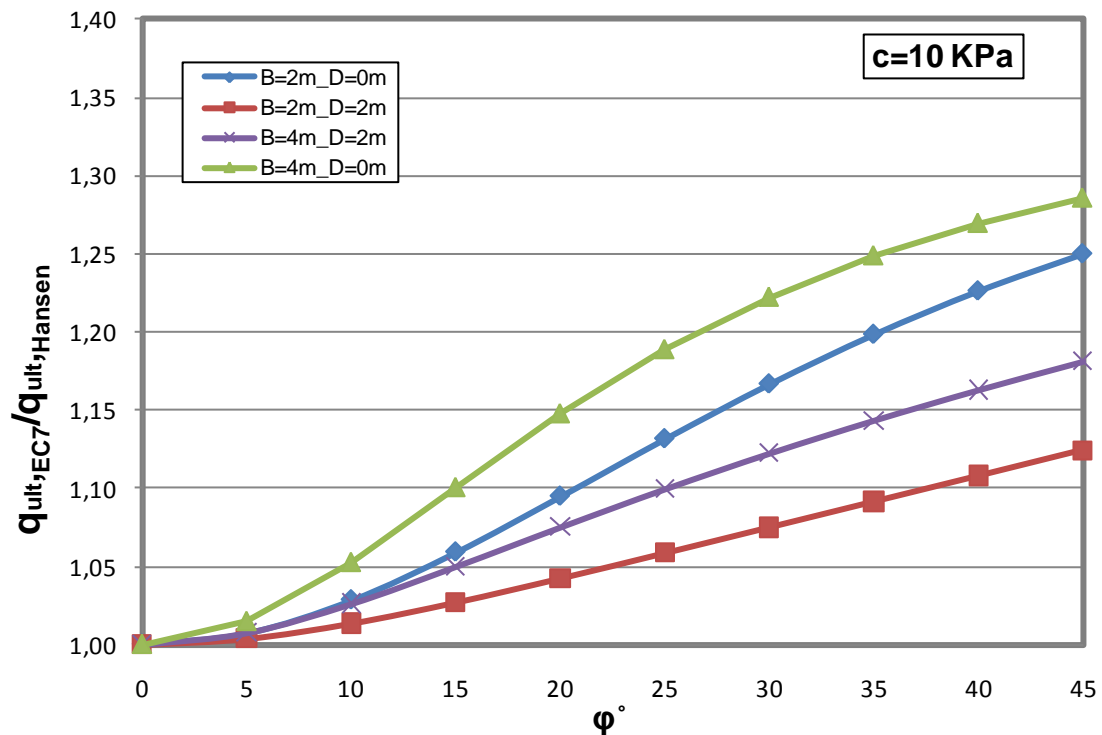
- ❖ Με την αύξηση της συνοχής του εδάφους παρατηρείται αύξηση της φέρουσας ικανότητας, αφού στην εξίσωση Φ.Ι. υπεισέρχεται και ο πρώτος όρος που αναφέρεται στη συνοχή. (βλέπε Παράρτημα Α - Πίνακας Μεθοδολογιών)
- ❖ Όσο αυξάνει η γωνία τριβής του εδάφους η επιρροή της συνοχής γίνεται όλο και λιγότερο εμφανής αφού αυξάνει σημαντικά η επιρροή του τρίτου όρου.
- ❖ Από τα σχ.3.11 και 3.12, καθώς και τα σχ.3.13 και σχ.3.14 παρατηρείται ότι η επιρροή της συνοχής στο τριώνυμο του q_{ult} είναι πολύ μικρή, όταν το θεμέλιο εδράζεται σε κάποιο βάθος, απ' ότι όταν αυτό εδράζεται στην επιφάνεια του εδάφους. Για παράδειγμα, εάν απομονωθούν τα διαγράμματα που αναφέρονται σε πλάτος θεμελίου $B=2m$ (σχ.3.11 και σχ.3.12), παρατηρείται ότι η διαφορά στη φέρουσα ικανότητα από περίπου 100 φορές μεγαλύτερη που ήταν στην περίπτωση θεμελίου εδραζόμενου στην επιφάνεια του εδάφους γίνεται περίπου 3.5 φορές, για θεμέλιο εδραζόμενο σε βάθος. Αυτό φανερώνει ότι και η επιρροή του όρου της επιφόρτισης είναι σημαντικότερη από τον όρο της συνοχής.
- ❖ Μετά από σύγκριση των σχ.3.11 και σχ.3.13 φαίνεται ότι με την αύξηση του πλάτους B του θεμελίου, για μηδενικό βάθος θεμελίωσης, μειώνεται η επιρροή της συνοχής στη Φ.Ι. και επομένως αυξάνει η επιρροή του 3^{ou} όρου του τριωνύμου (όρος του πλάτους).
- ❖ Όταν το θεμέλιο εδράζεται σε βάθος ($D=2m$) η επιρροή της συνοχής είναι ανεξάρτητη του πλάτους του θεμελίου. Επομένως, για δεδομένες διαστάσεις θεμελίου (πλάτος και βάθος θεμελίωσης) το «κέρδος» από τη αύξηση του βάθους θεμελίωσης είναι το ίδιο στην περίπτωση συνεκτικού και μή συνεκτικού εδάφους.

Στα προηγούμενα διαγράμματα έγινε σύγκριση μη συνεκτικού και συνεκτικού εδάφους με βάση τη μεθοδολογία φέρουσας ικανότητας που προτείνεται από τον Ευρωκώδικα 7, για τις διαστάσεις των θεμελίων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραμετρική διερεύνηση.

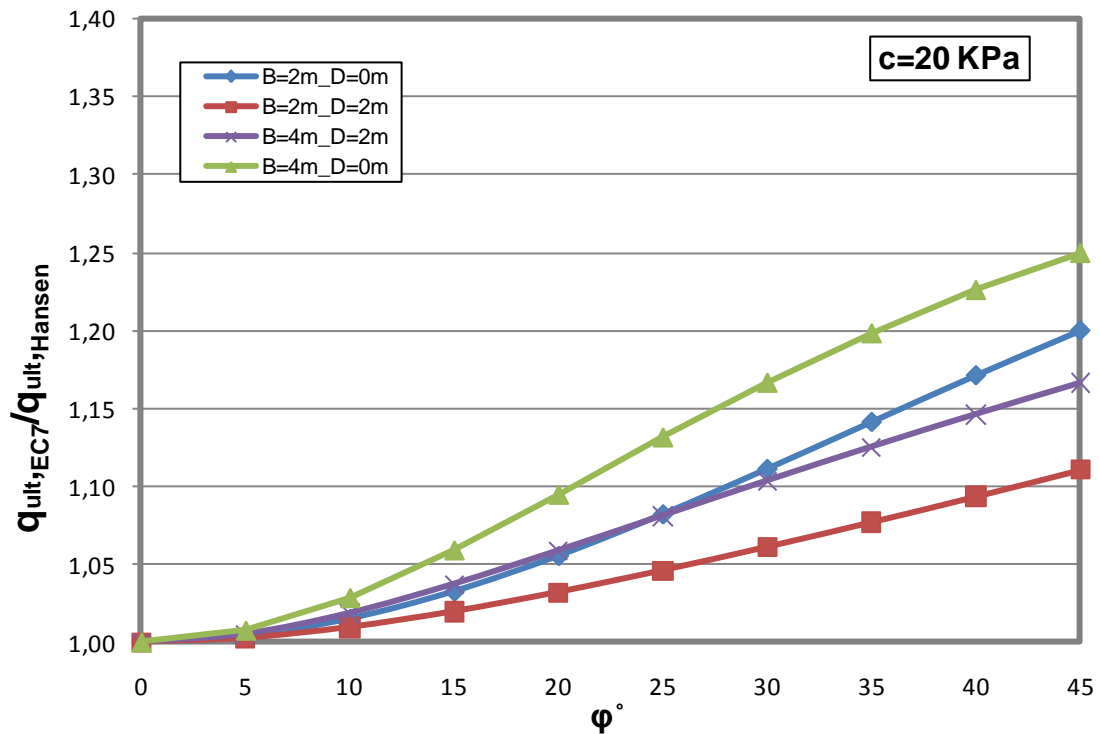
Στα τρία διαγράμματα που ακολουθούν έγινε σύγκριση του λόγου Φ.Ι. Ευρωκώδικα 7 ($q_{ult,EC7}$) ως προς τη μεθοδολογία του Brinch-Hansen ($q_{ult,HANSEN}$), μη συνεκτικού εδάφους ($c=0$) και συνεκτικών εδαφών για δύο τιμές συνοχής, $c=10kPa$ και $c=20kPa$, για τις ίδιες διαστάσεις θεμελίων που χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις του παρόντος κεφαλαίου.



Σχ. Γ.15. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7}/q_{ult,HANSEN}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτη θεμελίου $B=2,4m$ και βάθη θεμελίωσης $D=0,2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος.



Σχ. Γ.16. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7}/q_{ult,HANSEN}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτη θεμελίου $B=2,4m$ και βάθη θεμελίωσης $D=0,2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$.



Σχ. Γ.17. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7}/q_{ult,Hansen}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής φ για πλάτη θεμελίου $B=2,4m$ και βάθη θεμελίωσης $D=0,2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=20kPa$.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση επιφανειακών θεμελίων σε εδάφη με συνοχή $c=0, 10$ και $20 kPa$, προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια για τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους, με σύγκριση των μεθοδολογιών του Ευρωκώδικα 7 και του Brinch-Hansen:

- ❖ Οι δύο μεθοδολογίες συγκλίνουν με την αύξηση της συνοχής. Ο EC-7 δίνει πλησιέστερες τιμές Φ.Ι. με τις τιμές που προκύπτουν κατά Brinch-Hansen όσο αυξάνεται η συνοχή. Αυτό συμβαίνει λόγω της μικρότερης επιρροής του συντελεστή Φ.Ι. N_γ , που αποτελεί τη μοναδική διαφορά των δύο μεθοδολογιών στην κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση.
- ❖ Στην περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους (σχ.3.15) ο λόγος των q_{ult} EC-7 ως προς Brinch-Hansen είναι σταθερός με τη μεταβολή της γωνίας τριβής, για θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους. Με την παρουσία συνοχής στο έδαφος, ο λόγος αυτός παύει να είναι σταθερός με την αύξηση της γωνίας τριβής (σχ.3.16 και σχ.3.17). Η μεταβολή αυτή του λόγου φαίνεται από τον ανοδικό κλάδο της αντίστοιχης καμπύλης που ξεκινά από τη μονάδα για μηδενική γωνία τριβής (αστράγγιστες συνθήκες), όμως δεν φτάνει την τιμή που είχε στην περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους (1.33).

Στην παρούσα ενότητα έγινε προσπάθεια αδιαστατοποίησης της φέρουσας ικανότητας κατά EC7, ως προς το λόγο διαστάσεων D/B . Έγιναν παραμετρικές επιλύσεις για θεμέλια με πλάτος $B= 2$ και $4m$ εδραζόμενα σε βάθη $D= 0, 1, 2$ και $4m$, έτσι ώστε οι συνδυασμοί τους να δίνουν λόγους $D/B= 0, 0.5$ και 1 σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$). Μορφώθηκε κατάλληλο διάγραμμα, στο οποίο οι τιμές της φέρουσας ικανότητας για κάθε λόγο D/B αδιαστατοποιήθηκαν ως προς τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους για θεμέλιο με λόγο $D/B=0$, για το ίδιο πλάτος θεμελίου. Αναμενόταν ότι, οι τιμές φέρουσας ικανότητας για θεμέλια με ίδιο λόγο D/B και διαφορετικό πλάτος, αδιαστατοποιημένα ως προς το αντίστοιχο θεμέλιο εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, ίσως να συνέπιπταν. Τελικά, αποδείχθηκε ότι η φέρουσα ικανότητα δεν μπορούσε να ανεξαρτητοποιηθεί ως προς το λόγο D/B γι' αυτό και δεν έγινε περεταίρω διερεύνηση. Το διάγραμμα που απεικονίζει τα παραπάνω φαίνεται στο Παράρτημα Γ.1 (σχ.Γ.17.).

3.4. Έκκεντρη και Κατακόρυφη φόρτιση

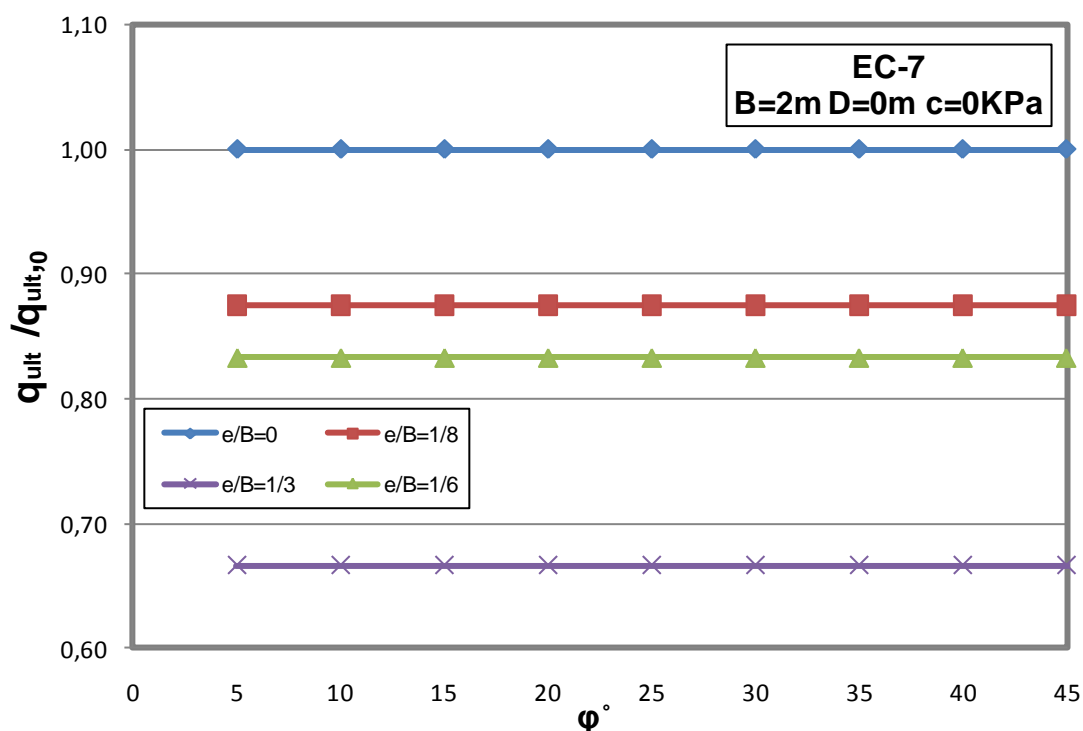
3.4.1 Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)

3.4.1.1 Σύγκριση φέρουσας ικανότητας εδάφους για θεμέλιο υπό έκκεντρη φόρτιση σε σχέση με την κεντρική φόρτιση.

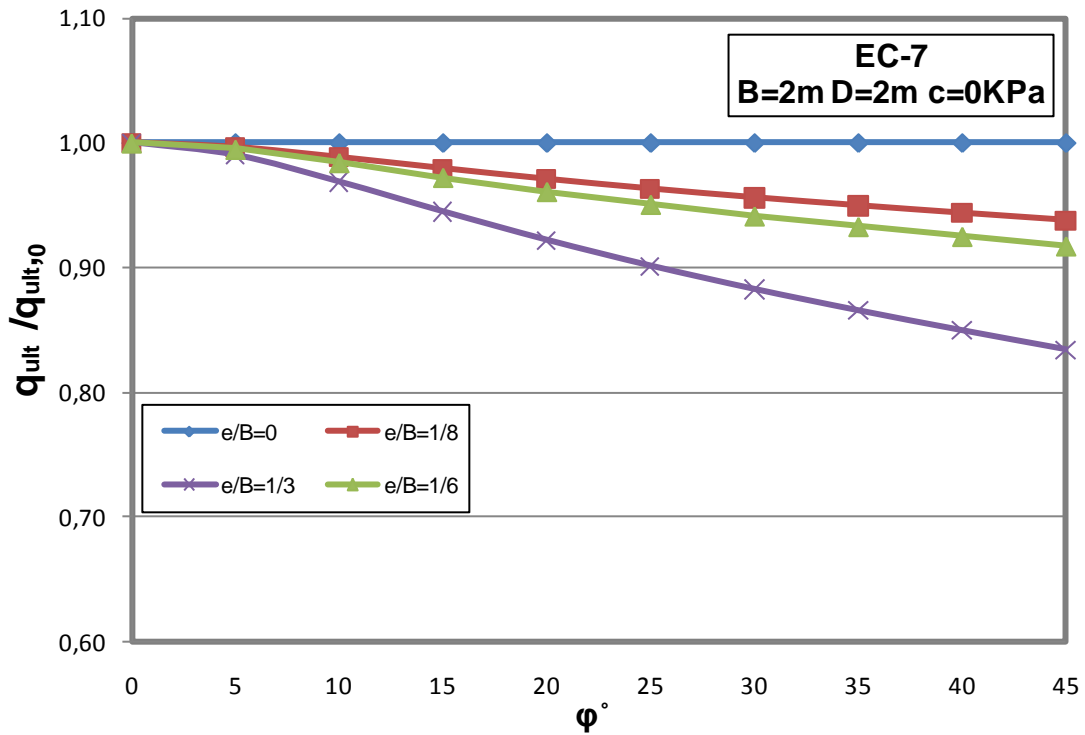
Για την μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 (EC-7) υπολογίστηκε η φέρουσα ικανότητα του εδάφους για θεμέλια με διαστάσεις όπως αυτές που χρησιμοποιήθηκαν και στην κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση, για διάφορους λόγους της εκκεντρότητας e ως προς το πλάτος B του θεμελίου. Έγιναν υπολογισμοί για μηδενική εκκεντρότητα, $e/B=0$ (περίπτωση κεντρικής και κατακόρυφης φόρτισης), για την οριακή τιμή του λόγου $e/B=1/3$, καθώς και για δύο ενδιάμεσες τιμές $e/B=1/6$ και $e/B=1/8$. Για να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με την επιρροή της εκκεντρότητας στη φέρουσα ικανότητα του εδάφους μορφώθηκαν αδιαστατοποιημένα διαγράμματα της φέρουσας ικανότητας για κάθε περίπτωση εκκεντρότητας (q_{ult}), ως προς τη φέρουσα ικανότητα για μηδενική εκκεντρότητα ($q_{ult,0}$) σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7, που είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία για τον υπολογισμό φέρουσας ικανότητας στην Ελλάδα. Αντίστοιχα διαγράμματα έγιναν για τα ίδια θεμέλια με υπολογισμό της $\Phi.I$ σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Meyerhof, που ήταν και ο πρώτος που αναφέρθηκε στην επιρροή της εκκεντρότητας στη φέρουσα ικανότητα επιφανειακών θεμελιώσεων. Οι διαφορές στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας μεταξύ EC-7 και Meyerhof είναι αρκετές. Καταρχάς, ο συντελεστής $\Phi.I$ για τον όρο του πλάτους (N_V) στη εξίσωση $\Phi.I$ είναι διαφορετικός. Επίσης, ο Meyerhof στον υπολογισμό φέρουσας ικανότητας χρησιμοποιεί συντελεστές βάθους για να λάβει υπόψη του την επιρροή του βάθους

θεμελίωσης, ενώ ο EC-7 όχι. Τα συμπεράσματα όμως, που προέκυψαν για την επιρροή της εκκεντρότητας στην φέρουσα ικανότητα του εδάφους, με χρήση της μεθοδολογίας του Meyerhof είναι τα ίδια με αυτά που προέκυψαν με τον EC-7. Γι' αυτό τα αντίστοιχα διαγράμματα ($q_{ult}/q_{ult,0} - \varphi$) για τη μεθοδολογία του Meyerhof παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.2.1.

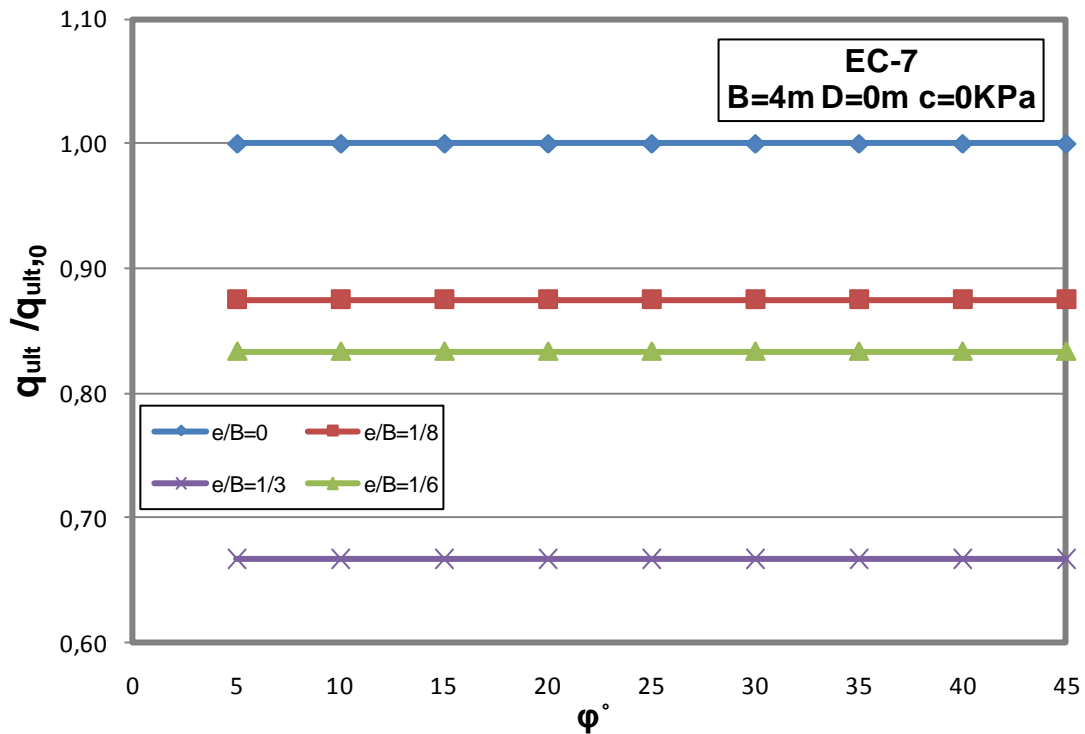
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα $q_{ult}/q_{ult,0} - \varphi$ του EC-7 για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραμετρική διερεύνηση με σκοπό να διερευνηθεί η επιρροή του βάθους θεμελίωσης και του πλάτους του θεμελίου στη φέρουσα ικανότητα του εδάφους για την περίπτωση έκκεντρης και κατακόρυφης φόρτισης.



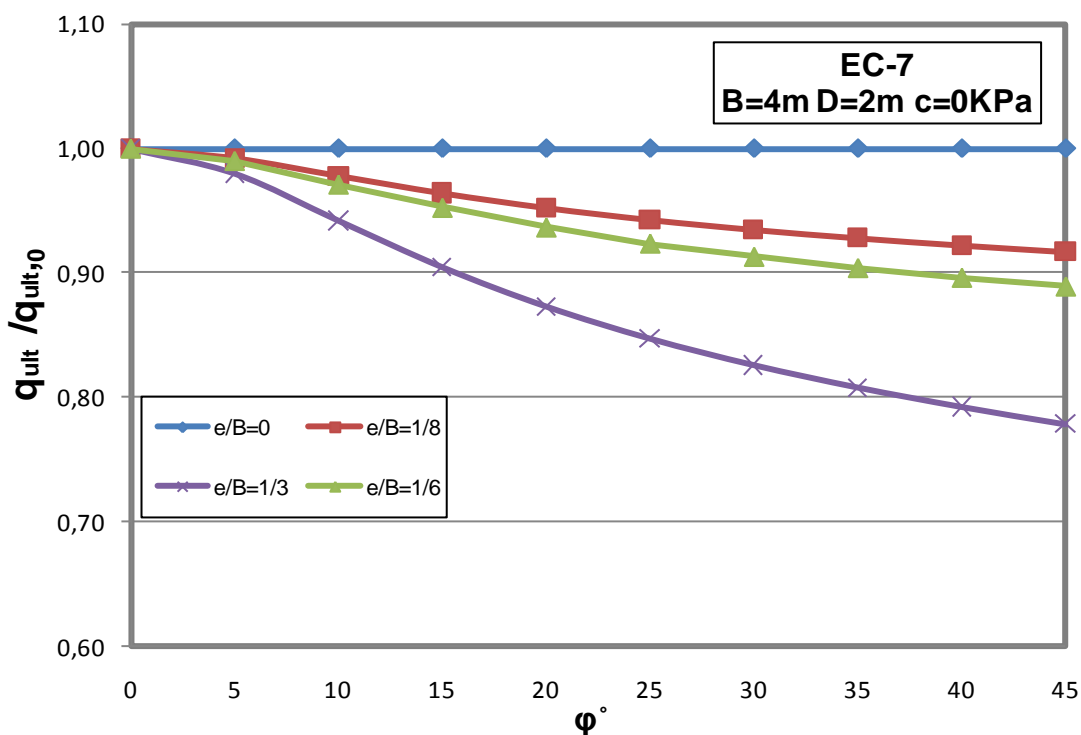
Σχ. Γ.18. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής φ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για τους διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος $c=0$.



Σχ. Γ.19. Μεταβολή του λόγου $q_{uit}/q_{uit,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για τους διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος $c=0$.



Σχ. Γ.20. Μεταβολή του λόγου $q_{uit}/q_{uit,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για τους διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος $c=0$.



Σχ. Γ.21. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για τους διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος $c=0$.

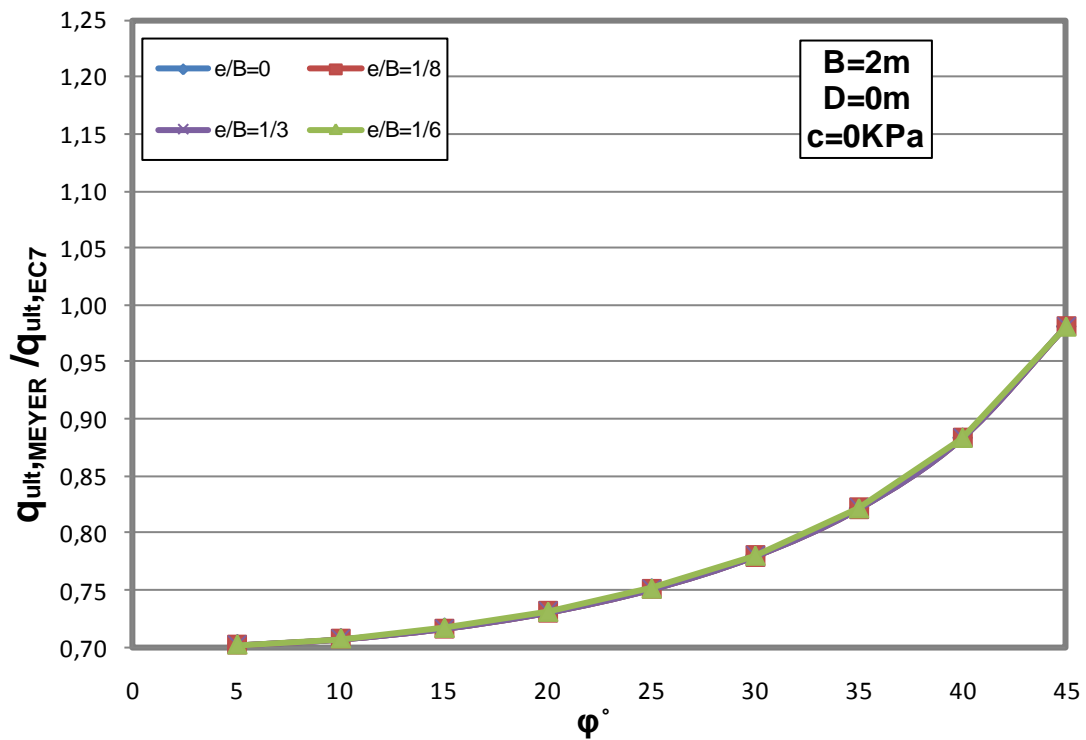
Μετά από σύγκριση των ανωτέρων διαγραμμάτων για την περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους και έκκεντρης φόρτισης θεμελίου προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Με την αύξηση της εκκεντρότητας και κατά συνέπεια του λόγου e/B παρατηρείται μείωση της φέρουσας ικανότητας σε σχέση με την $\Phi.I$ που προκύπτει για φόρτιση χωρίς εκκεντρότητα. Στην έκκεντρη φόρτιση, στον υπολογισμό του q_{ult} , λαμβάνεται η ενεργός διάσταση του πεδίου $B'=B-2e$, η οποία είναι μικρότερη όσο μεγαλύτερη είναι η εκκεντρότητα e .
- ❖ Από το σχ.3.18 φαίνεται ότι για την περίπτωση θεμελίου εδραζόμενου στην επιφάνεια του εδάφους, σε έδαφος χωρίς συνοχή, ο λόγος $q_{ult}/q_{ult,0}$ είναι σταθερός και ανεξάρτητος από την γωνία τριβής ϕ , για συγκεκριμένο λόγο e/B . Αυτό οφείλεται στο ότι μηδενίζεται ο όρος της συνοχής και του βάθους στο τριώνυμο της $\Phi.I$ και παραμένει μόνο ο όρος του πλάτους. Έτσι ο λόγος $q_{ult}/q_{ult,0}$ προκύπτει όσο ο λόγος του ενεργού πλάτους B' του θεμελίου στην περίπτωση έκκεντρης φόρτισης ως προς την κανονική του διάσταση B .

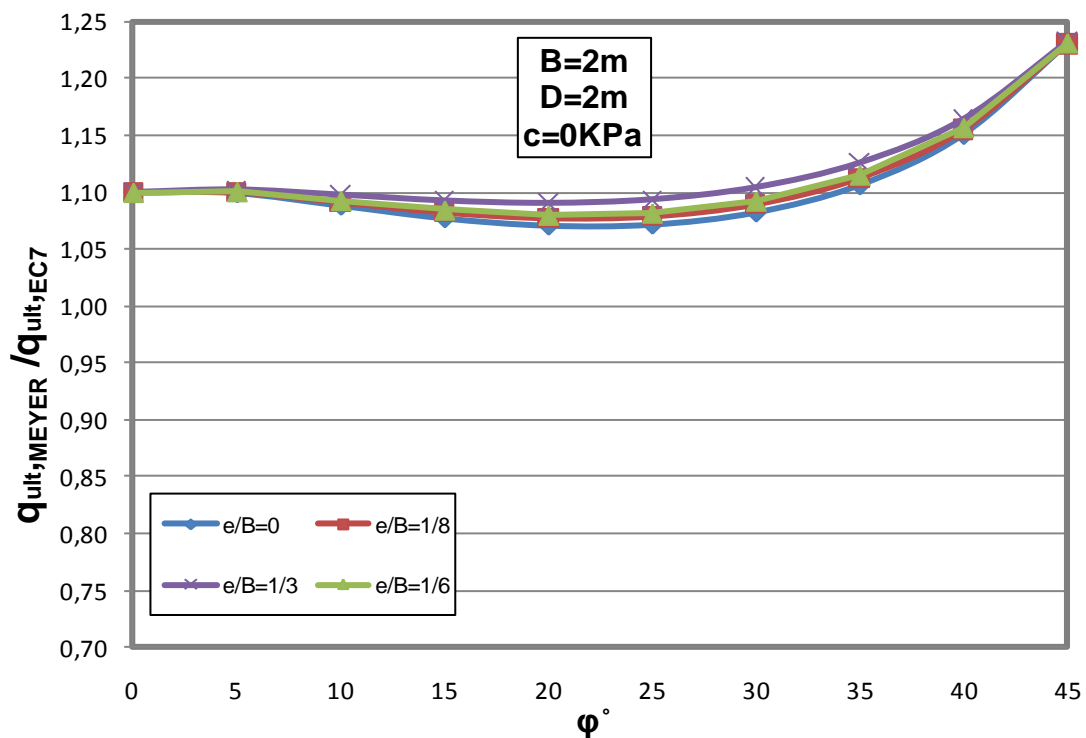
- ❖ Από τα σχ.3.18 και σχ.3.20 παρατηρείται ότι ο λόγος $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε θεμέλιο εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος είναι ανεξάρτητος του πλάτους B , αφού τόσο η φέρουσα ικανότητα για έκκεντρη φόρτιση, όσο και για κεντρική αυξάνουν το ίδιο ανάλογα με την αύξηση του B (μηδενικός ο όρος της συνοχής και του βάθους).
- ❖ Σε θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D η $\Phi.I$ μειώνεται εντονότερα σε σχέση με την $\Phi.I$ για κεντρική φόρτιση, όσο αυξάνει η γωνία τριβής του εδάφους φ .
- ❖ Για δεδομένη όμως εκκεντρότητα, με την αύξηση του βάθους θεμελίωσης D παρατηρείται αύξηση της $\Phi.I$ του θεμελίου.
- ❖ Συγκρίνοντας τις περιπτώσεις θεμελίων σε βάθος $D=2m$ για διαφορετικά πλάτη B (βλ σχ.3.19 και σχ.3.21) συμπεραίνεται ότι αυξανόμενου του πλάτους B η φέρουσα ικανότητα μειώνεται με την αύξηση του λόγου e/B . Πιο εμφανής μείωση της $\Phi.I$ μεταξύ των περιπτώσεων $B=2m$ και $B=4m$ παρατηρείται για την οριακή τιμή του λόγου $e/B=1/3$.

3.4.1.2 Σύγκριση Ευρωκώδικα 7 (EC-7) με τη μεθοδολογία Meyerhof

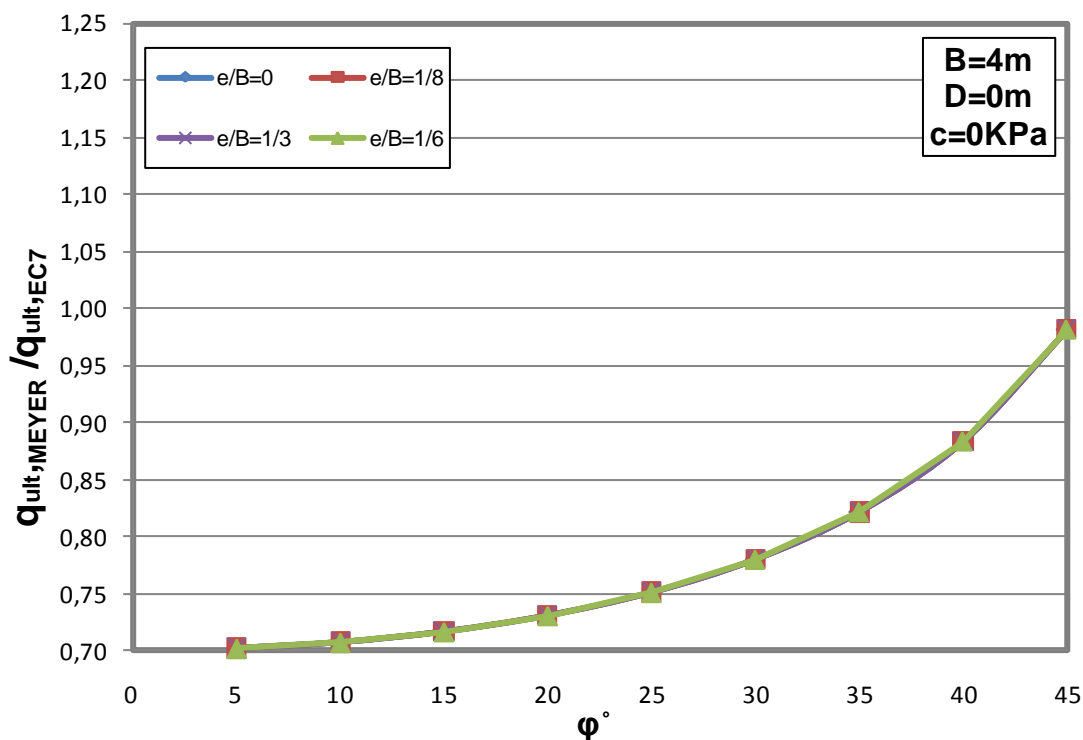
Με σκοπό να εντοπιστούν οι διαφορές μεταξύ του Ευρωκώδικα (EC-7) και του Meyerhof, αδιαστατοποιήθηκαν οι τιμές της φέρουσας ικανότητας κατά Meyerhof ($q_{ult,MEYER}$) ως προς τις τιμές φέρουσας ικανότητας κατά EC-7 ($q_{ult,EC7}$). Τα κανονικοποιημένα διαγράμματα $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσεως της γωνίας τριβής του εδάφους φ έγιναν για όλους τους λόγους εκκεντρότητας ως προς το πλάτος του θεμελίου (e/B) που μελετήθηκαν στην παραμετρική διερεύνηση της παρούσας ενότητας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ ως προς φ για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων που μελετήθηκαν, με σκοπό να διερευνηθεί η επιρροή του βάθους θεμελίωσης D καθώς και του πλάτους του θεμελίου B για έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση σε μη συνεκτικό έδαφος.



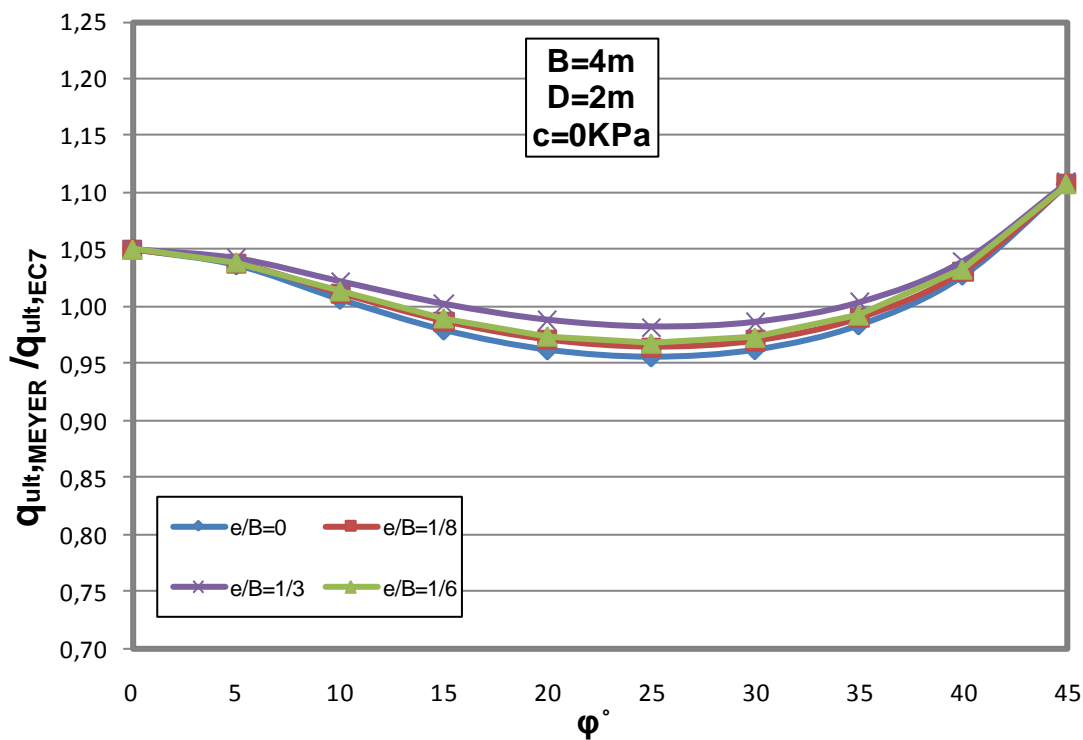
Σχ. Γ.22. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για τους διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος $c=0$.



Σχ. Γ.23. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για τους διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος $c=0$.



Σχ. Γ.24. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για τους διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος $c=0$.



Σχ. Γ.25. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για τους διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος $c=0$.

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν και παρουσιάζονται στα παραπάνω διαγράμματα μπορούν να διατυπωθούν τα ακόλουθα σχόλια:

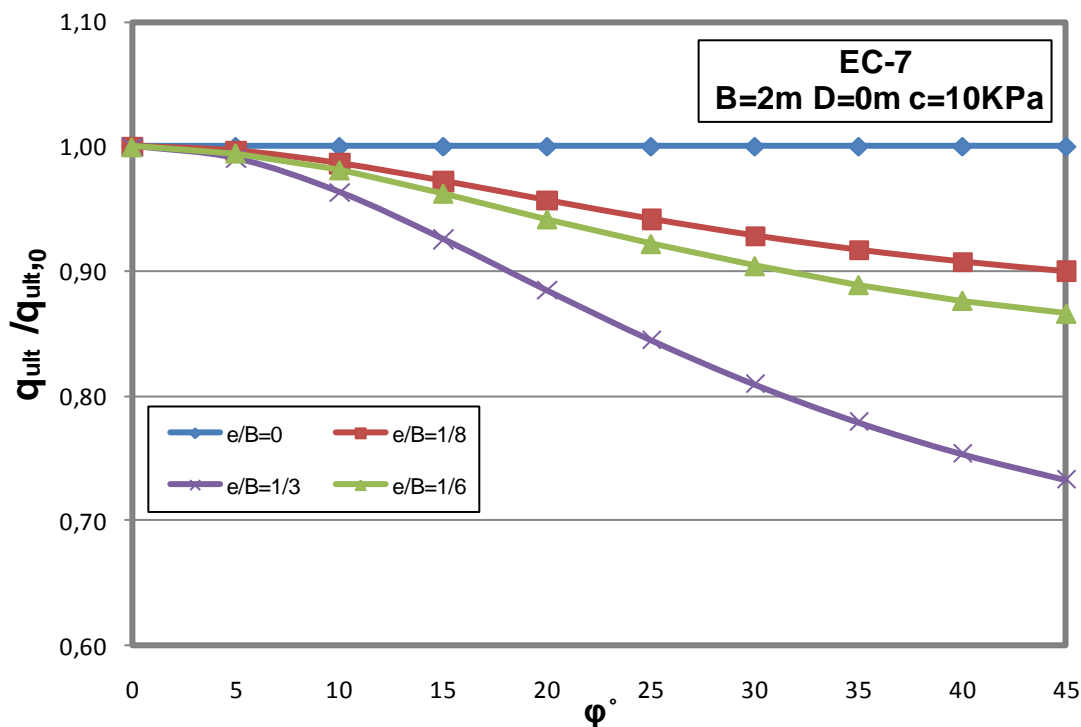
- ❖ Στις περιπτώσεις θεμελίων που εδράζονται στην επιφάνεια του εδάφους ($D=0$) και για τους διάφορους λόγους e/B (βλ. σχ.3.22 και σχ.3.24) η φέρουσα ικανότητα σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Meyerhof προκύπτει μικρότερη από αυτή που υπολογίστηκε με βάση τον Ευρωκώδικα 7 (ο λόγος $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ είναι συστηματικά μικρότερος της μονάδας). Όμως οι δύο μεθοδολογίες συγκλίνουν με την αύξηση της γωνίας τριβής.
- ❖ Για την περίπτωση που το βάθος θεμελίωσης είναι μηδενικό (βλ. σχ.3.22 και σχ.3.24) παρατηρείται ότι οι τιμές του λόγου φέρουσας ικανότητας είναι ανεξάρτητες της εκκεντρότητας. Οι καμπύλες συμπίπτουν για όλες τις τιμές του λόγου εκκεντρότητας e/B . Επομένως, οι δύο μεθοδολογίες (Meyerhof και EC-7) έχουν ίδια μείωση στην τιμή $\Phi.I.$ για έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση για συγκεκριμένη τιμή της γωνίας τριβής φ . Επίσης, φαίνεται ότι η επιρροή του πλάτους του θεμελίου είναι αμελητέα. Αυτό συμβαίνει γιατί η εκκεντρότητα είναι αδιαστατοποιημένη ως προς το εκάστοτε πλάτος θεμελίου. Ουσιαστικά, αυτό που παρουσιάζεται τελικά στα σχ.3.22 και σχ.3.24 είναι ο λόγος των συντελεστών φέρουσας ικανότητας N_γ των δύο μεθοδολογιών.
- ❖ Με την εμφάνιση του όρου του βάθους στην εξίσωση $\Phi.I.$ (βλ. σχ.3.23 και σχ.3.25) φαίνεται ότι οι δύο μεθοδολογίες συγκλίνουν περισσότερο, για όλες τις τιμές της γωνίας τριβής, σε σχέση με την περίπτωση αβαθούς θεμελίου (βλ. σχ.3.22 και σχ.3.24).
- ❖ Από τα σχ.3.23 και σχ.3.25 παρατηρείται μεγαλύτερη σύγκλιση στις μεθοδολογίες για συνήθεις γωνίες τριβής του εδάφους ($10^\circ \sim 35^\circ$), απ' ό,τι για μικρές και μεγάλες γωνίες, όπου υπάρχει απόκλιση.
- ❖ Στην περίπτωση που το θεμέλιο εδράζεται σε βάθος, υπάρχει διαφοροποίηση στις τιμές φέρουσας ικανότητας ανάλογα με το λόγο εκκεντρότητας e/B , σε αντίθεση με την περίπτωση αβαθούς θεμελίου όπου οι τιμές συνέπιπταν.
- ❖ Με σύγκριση των σχ.3.23 και σχ.3.25 φαίνεται ότι οι μεθοδολογίες του Meyerhof και του EC-7 συγκλίνουν περισσότερο με την αύξηση του πλάτους του θεμελίου B . Συμπεραίνεται ότι η επιρροή του τρίτου όρου (πλάτους) στην εξίσωση $\Phi.I.$ γίνεται λιγότερο σημαντική όταν το θεμέλιο τοποθετείται σε κάποιο βάθος.

3.4.2 Συνεκτικό έδαφος ($c \neq 0$)

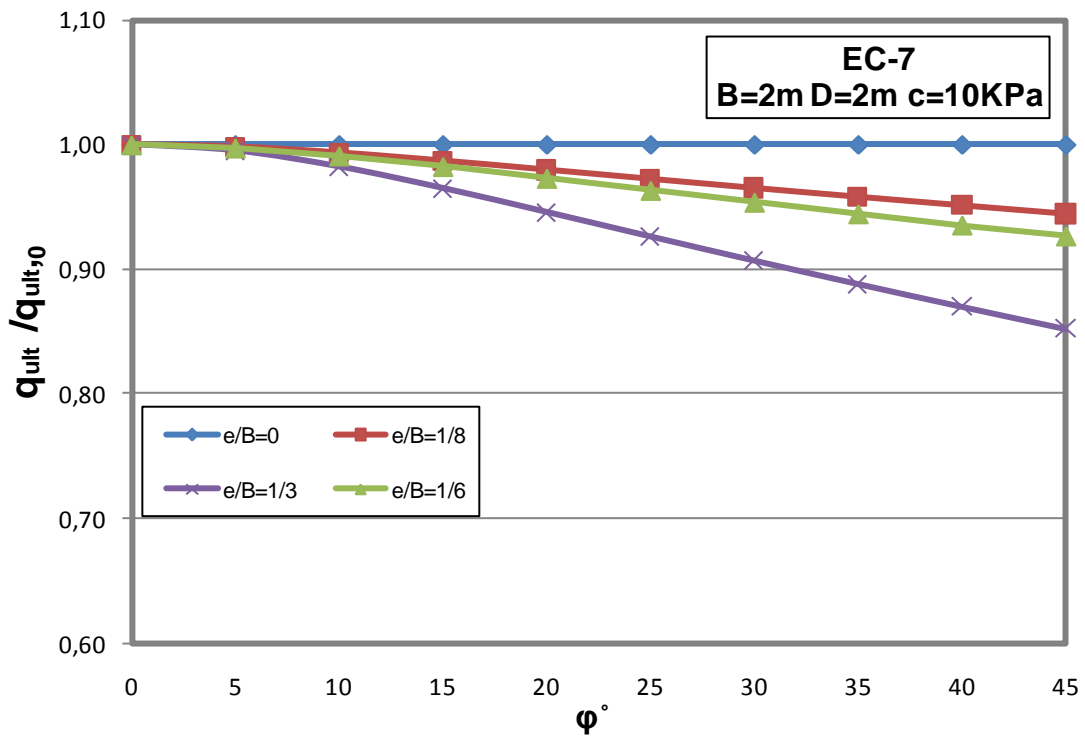
3.4.2.1 Σύγκριση φέρουσας ικανότητας θεμελίου υπό έκκεντρη φόρτιση σε σχέση με την κεντρική φόρτιση.

Για να ελεγχθεί η επίδραση της συνοχής σε περιπτώσεις συνεκτικών εδαφών, τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα της φέρουσας ικανότητας για κάθε περίπτωση εκκεντρότητας (q_{ult}) ως προς την φέρουσα ικανότητα για μηδενική εκκεντρότητα ($q_{ult,0}$), έγιναν για την περίπτωση εδάφους με $c=10kPa$ για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων που μελετήθηκαν και στα μη συνεκτικά εδάφη. Τα q_{ult} υπολογίστηκαν και εδώ τόσο με βάση την μεθοδολογία του EC-7 όσο και του Meyerhof.

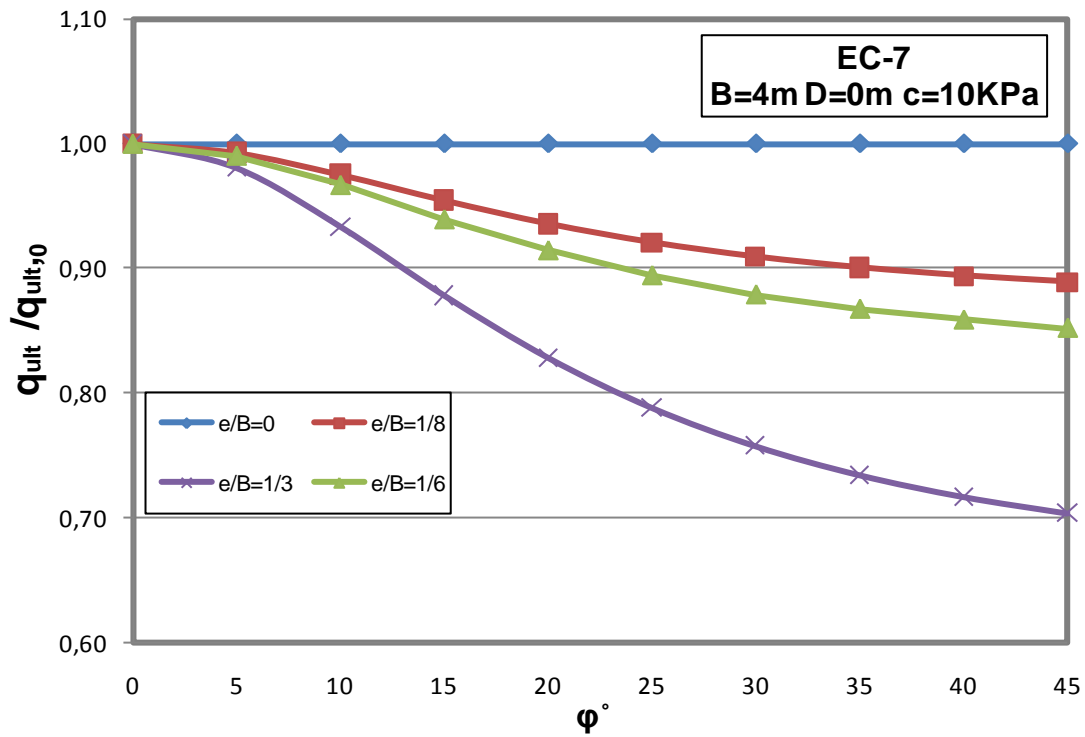
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα $q_{ult}/q_{ult,0}$ του EC-7 για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων, έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα του εδαφίου 3.4.1.1 (μη συνεκτικό έδαφος). Στο Παράρτημα Γ.2.2 παρατίθενται τα αντίστοιχα διαγράμματα που προέκυψαν με χρήση της μεθοδολογίας του Meyerhof.



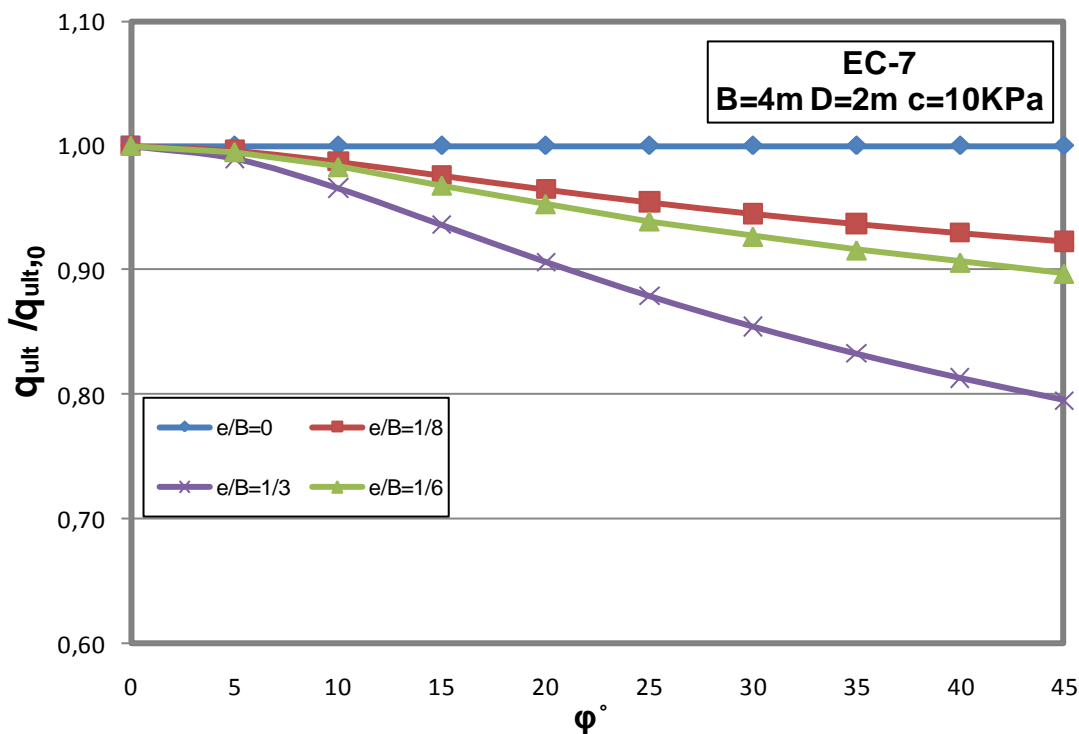
Σχ. Γ.26. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$ σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ. Γ.27. Μεταβολή του λόγου $q_{uit}/q_{uit,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$ σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ. Γ.28. Μεταβολή του λόγου $q_{uit}/q_{uit,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$ σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.

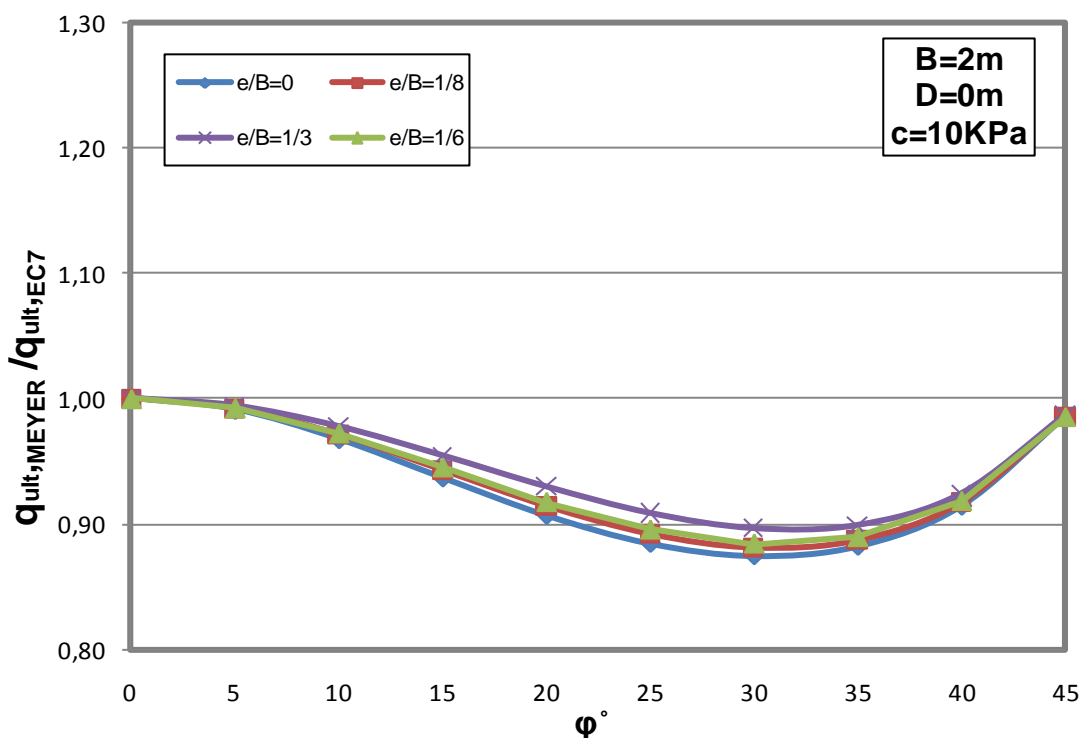


Σχ. Γ.29. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$ σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.

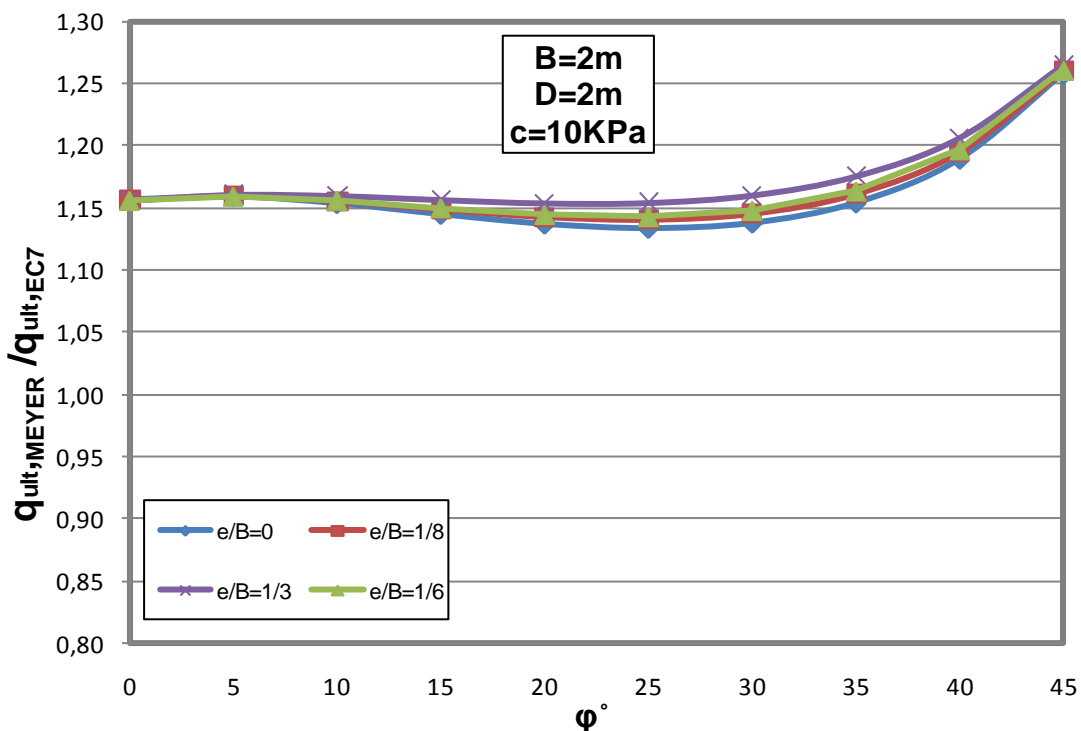
Συγκρίνοντας τα διαγράμματα αυτά με τα διαγράμματα του εδάφους 3.4.1.1 συμπεραίνουμε ότι η φέρουσα ικανότητα θεμελίου μειώνεται λιγότερο με την αύξηση της εκκεντρότητας σε σχέση με την φέρουσα ικανότητα υπό κεντρική φόρτιση, όταν το έδαφος έχει συνοχή. Σε ότι αφορά την επιρροή του πλάτους του θεμελίου καθώς και την επιρροή του βάθους θεμελίωσης δεν προκύπτει κάποια διαφορά μεταξύ των περιπτώσεων συνεκτικού και μη συνεκτικού εδάφους και για τον λόγο αυτό δεν κρίνεται σκόπιμη η παράθεση των ίδιων σχολίων που διατυπώθηκαν και στην προηγούμενη παράγραφο.

3.4.2.2 Σύγκριση Ευρωκώδικα 7 (EC-7) με τη μεθοδολογία του Meyerhof

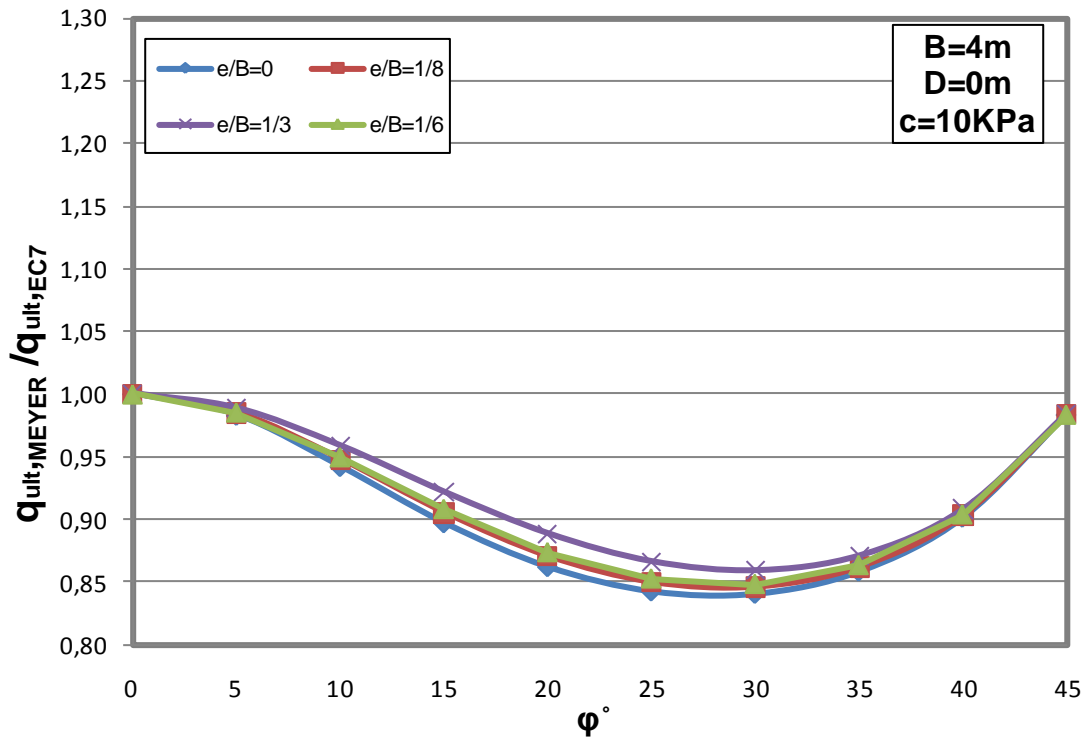
Ομοίως και σε αυτή την ενότητα έγινε σύγκριση μεταξύ της μεθοδολογίας του Meyerhof και αυτής που προτείνεται από τον Ευρωκώδικα 7. Ακολουθούν τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων σε συνεκτικό έδαφος, με σκοπό να διερευνηθεί η επιρροή του βάθους θεμελίωσης D καθώς και του πλάτους του θεμελίου B για έκκεντρα και κατακόρυφη φόρτιση.



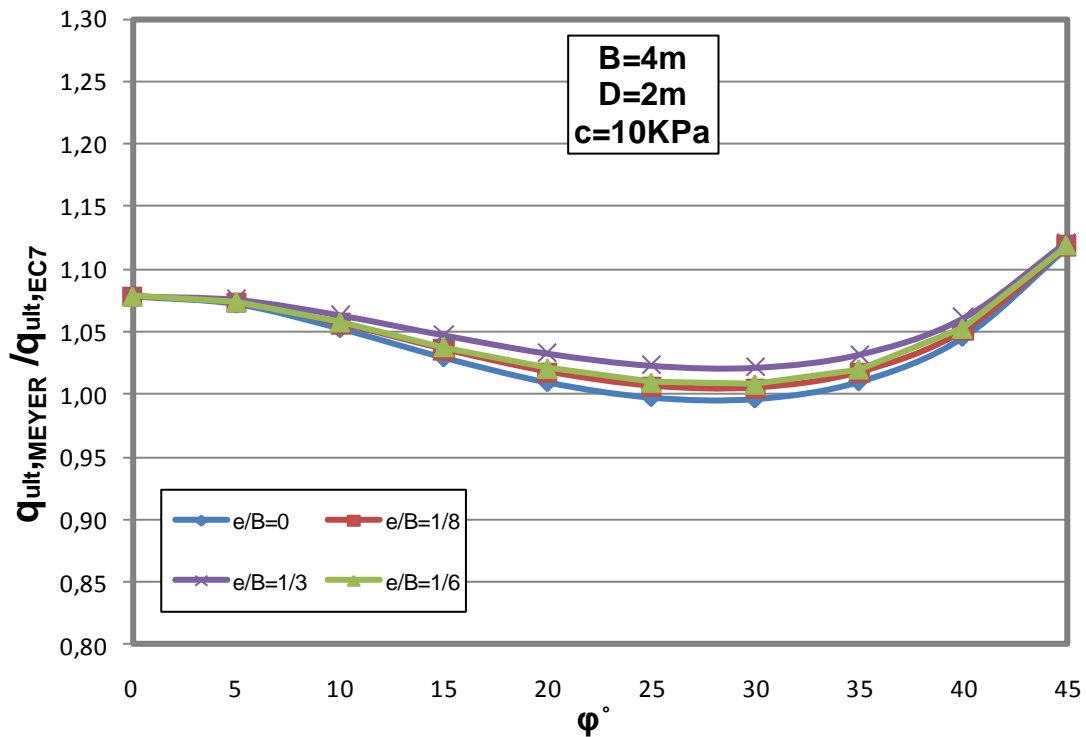
Σχ. Γ.30. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, για τους διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ. Γ.31. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για τους διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ. Γ.32. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=0m$, για τους διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ. Γ.33. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, για τους διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.

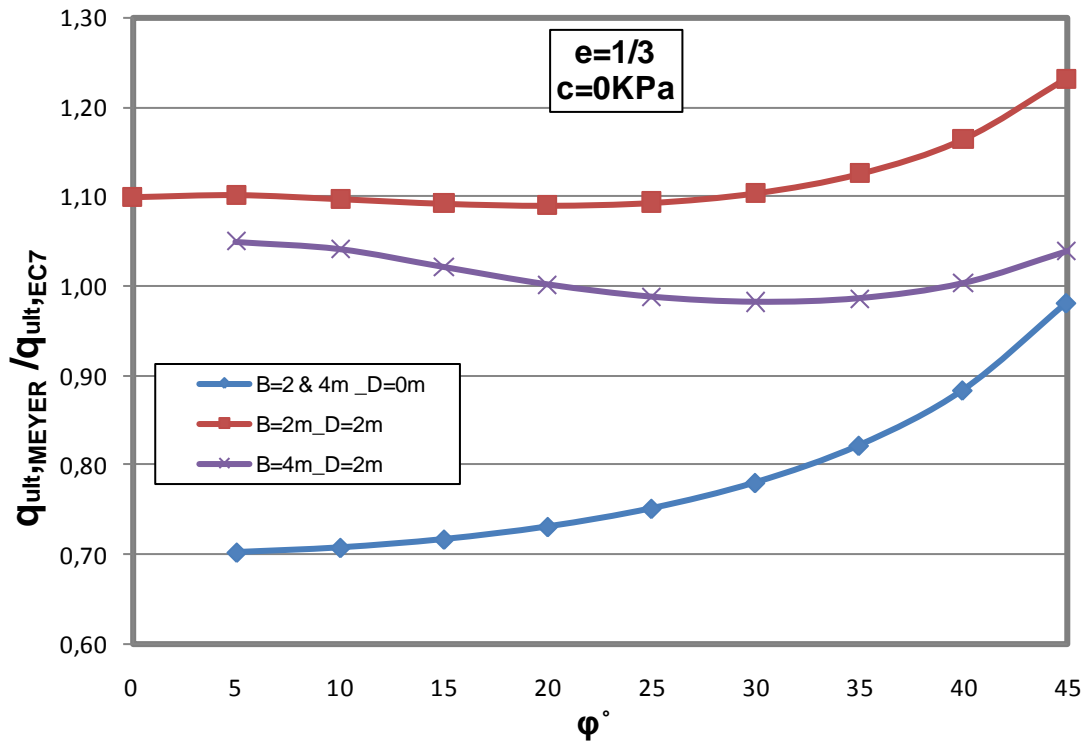
Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι παρόμοια με αυτά που προέκυψαν για μη συνεκτικό έδαφος. Συνοπτικά αναφέρονται τα ακόλουθα:

- ❖ Στις περιπτώσεις θεμελίων, εδραζόμενων στην επιφάνεια του εδάφους (βλ. σχ.3.30 και σχ.3.32) και για τους διάφορους λόγους e/B , η φέρουσα ικανότητα κατά Meyerhof προκύπτει μικρότερη από αυτή που υπολογίστηκε με βάση τον Ευρωκώδικα 7.
- ❖ Οι τιμές του λόγου φέρουσας ικανότητας δεν συμπίπτουν για όλους τους λόγους e/B , όπως στην περίπτωση θεμελίου με μηδενικό βάθος θεμελίωσης σε μη συνεκτικό έδαφος. Από τα σχ.3.30 και σχ.3.32 φαίνεται να υπάρχει διαφοροποίηση στις τιμές του λόγου $\Phi.I.$ με τη μεταβολή του λόγου e/B , αν και όσο μεγαλώνει ο λόγος e/B οι δύο μεθοδολογίες συγκλίνουν.
- ❖ Με την αύξηση του πλάτους του θεμελίου, για θεμέλιο εδραζόμενο σε βάθος D , σε συνεκτικό έδαφος παρατηρείται πιο έντονη σύγκλιση στις μεθοδολογίες σε σχέση με την περίπτωση που το θεμέλιο εδράζεται σε μη συνεκτικό έδαφος (σύγκριση σχ.3.23 και σχ.3.31 με σχ.3.25 και σχ.3.33).

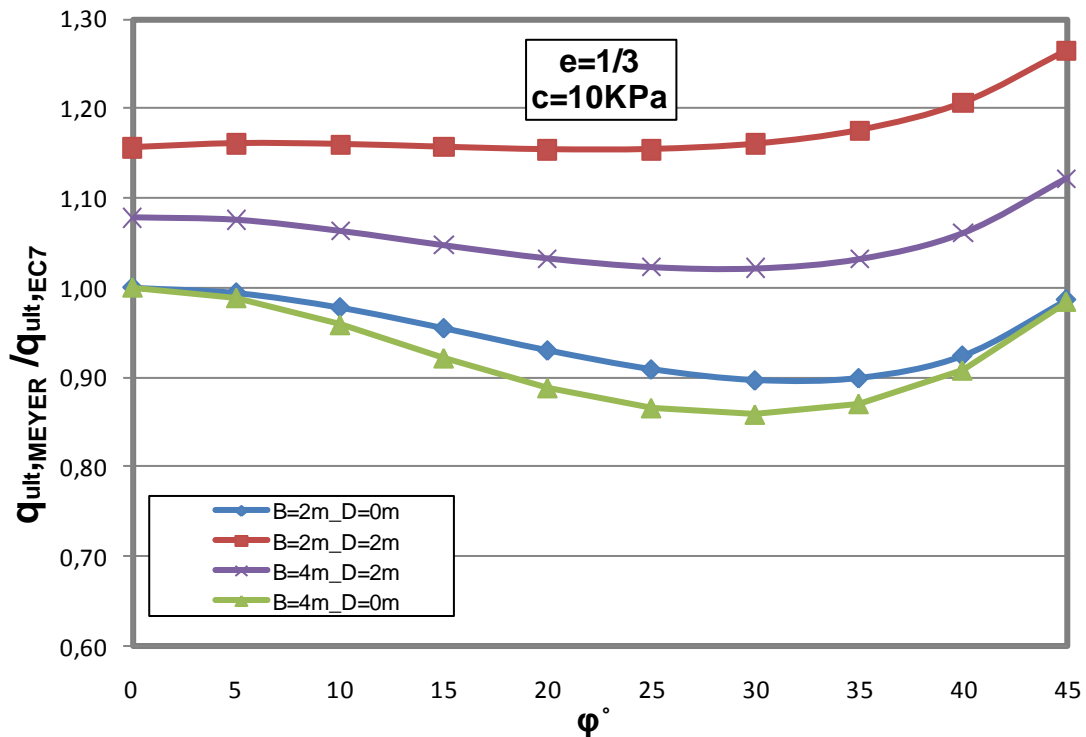
3.4.3 Σύγκριση μη συνεκτικών ($c=0$) και συνεκτικών εδαφών ($c\neq 0$)

Για την εξαγωγή περισσότερων συμπερασμάτων σχετικά με την επιρροή της συνοχής στη φέρουσα ικανότητα του εδάφους έγιναν αδιαστατοποιημένα διαγράμματα $q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$ συναρτήσεως της γωνίας τριβής ϕ για μια συγκεκριμένη τιμή του λόγου e/B , η οποία επιλέχθηκε ίση με $e/B=1/3$ (η οριακή περίπτωση εκκεντρότητας). Τα διαγράμματα έγιναν για τις περιπτώσεις εδάφους με $c=0$ και $c=10\text{kPa}$. Σε κάθε διάγραμμα απεικονίζονται όλοι οι συνδυασμοί θεμελίων B , D της παραμετρικής διερεύνησης.

Στα σχ.3.34 και σχ.3.35 που ακολουθούν φαίνεται η μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$ συναρτήσεως της γωνίας ϕ για μη συνεκτικά και συνεκτικά εδάφη αντίστοιχα, με σκοπό να εξαχθούν συμπεράσματα για την επιρροή της συνοχής στη φέρουσα ικανότητα όταν το θεμέλιο καταπονείται από έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση.



Σχ. Γ.34. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2,4m$, βάθος θεμελίωσης $D=0,2m$ και $c=0$, για συγκεκριμένο λόγο $e/B=1/3$.



Σχ. Γ.35. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2,4m$, βάθος θεμελίωσης $D=0,2m$ και $c=10kPa$, για συγκεκριμένο λόγο $e/B=1/3$.

Συγκρίνοντας τα παραπάνω διαγράμματα μεταξύ τους μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Σε έδαφος με μηδενική συνοχή (σχ.3.34) οι καμπύλες για θεμέλιο εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους συμπίπτουν, ενώ διαφοροποιούνται με την ύπαρξη συνοχής (σχ.3.35). Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι η παρουσία του όρου της συνοχής στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας, που δεν αφήνει να απλοποιηθούν τα χαρακτηριστικά του εδάφους (γ) και του θεμελίου (B') ανάμεσα στις δύο μεθοδολογίες.
- ❖ Με την ύπαρξη συνοχής στο έδαφος μειώνεται η διαφορά στις τιμές του q_{ult} κατά Meyerhof σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές κατά EC-7 για αβαθή θεμέλια ($D=0$), σε σύγκριση με τη περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους.
- ❖ Για τις περιπτώσεις όπου $D=2m$ με την παρουσία συνοχής στο έδαφος, οι μεθοδολογίες αποκλίνουν περισσότερο για μικρό πλάτος θεμελίου ($B=2m$) σε σχέση με την περίπτωση μη ύπαρξη συνοχής στο έδαφος.
- ❖ Η παρουσία συνοχής στο έδαφος αυξάνει την απόκλιση μεταξύ των μεθοδολογιών με την αύξηση του πλάτους του θεμελίου, για επιφανειακή έδραση ($D=0$), ενώ αντιθέτως όταν το θεμέλιο εδράζεται σε βάθος, η απόκλιση μεγαλώνει όσο αυξάνει το πλάτος του θεμελίου.

3.5. Κεντρική και Λοξή φόρτιση

3.5.1 Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)

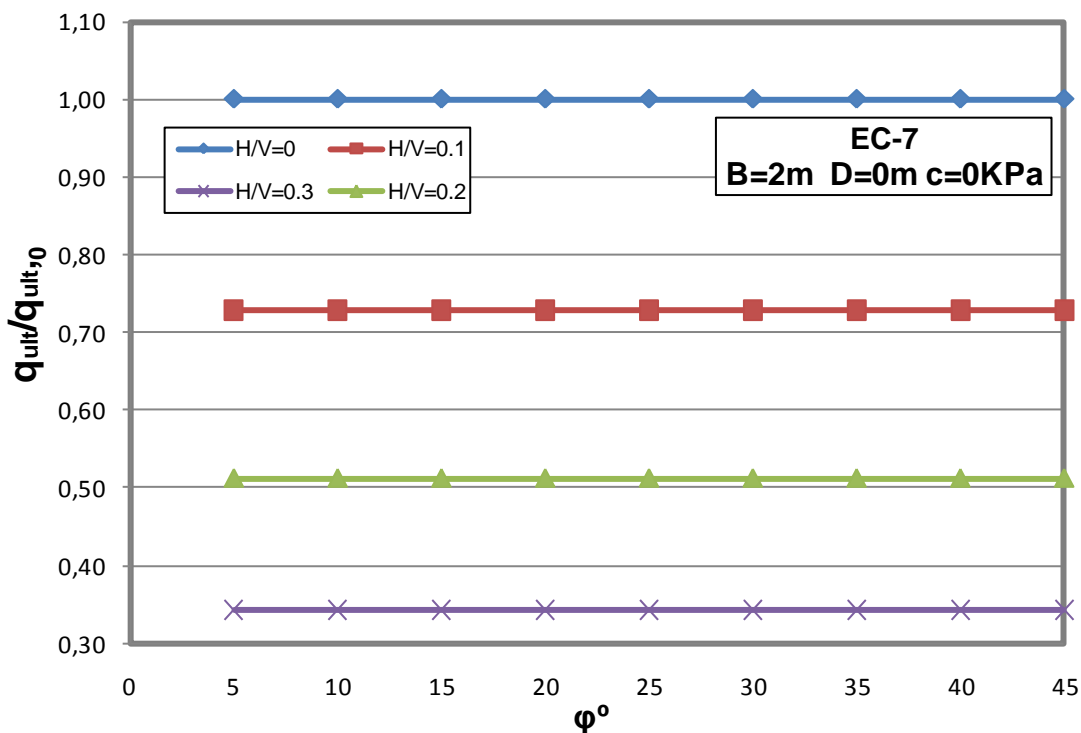
3.5.1.1 Σύγκριση φέρουσας ικανότητας θεμελίου υπό λοξή φόρτιση σε σχέση με την κεντρική φόρτιση.

Με βάση την μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 (EC-7) υπολογίστηκε η φέρουσα ικανότητα του εδάφους για θεμέλια με τις διαστάσεις και τα βάθη θεμελίωσης που διερευνήθηκαν και στις ενότητες 3.3 και 3.4, για διάφορες τιμές της γωνίας κλίσης θ του φορτίου ως προς την κατακόρυφο, δηλαδή για διάφορες τιμές λοξότητας.

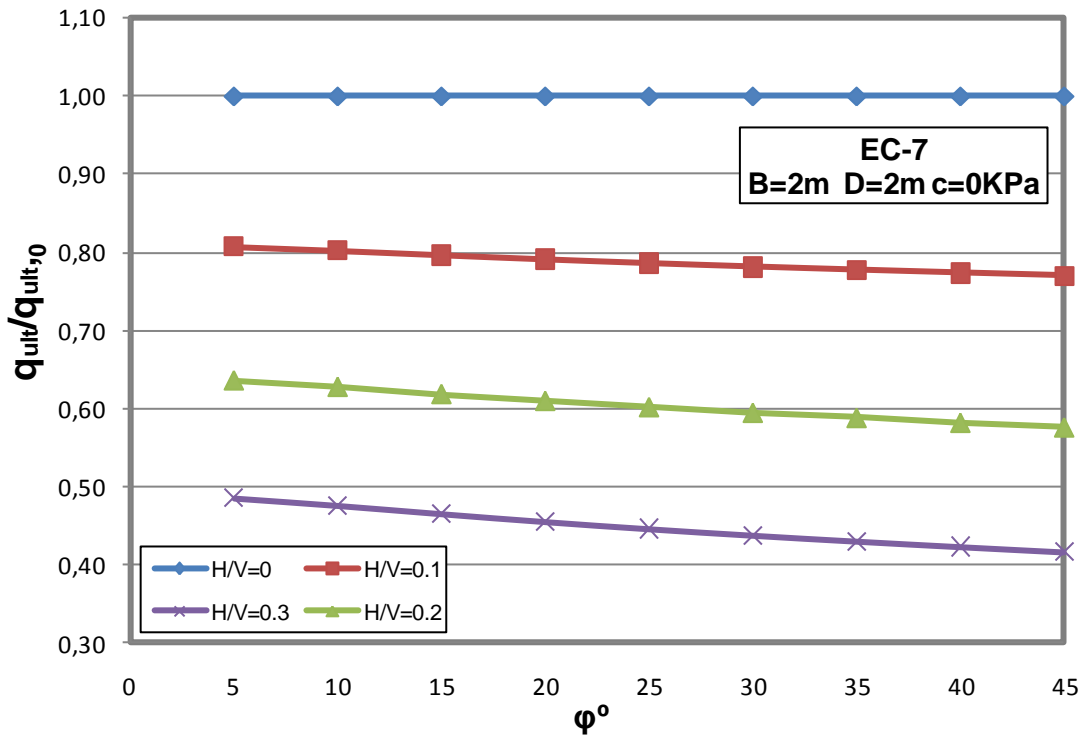
Στην παραμετρική διερεύνηση του παρόντος εδαφίου λήφθηκαν τέσσερις περιπτώσεις τιμών της γωνίας θ , οι οποίες εκφράζονται μέσω του λόγου H/V , όπου H είναι η οριζόντια συνιστώσα του φορτίου και V η κατακόρυφη. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν οι περιπτώσεις με $H/V=0$ (κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση), $H/V=0.1$, $H/V=0.2$ και $H/V=0.3$.

Για να ελεγχθεί η επιρροή της λοξότητας του φορτίου στην φέρουσα ικανότητα του εδάφους έγιναν αδιαστατοποιημένα διαγράμματα της φέρουσας ικανότητας για κάθε περίπτωση του λόγου H/V (q_{ult}), ως προς την φέρουσα ικανότητα για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση ($q_{ult,0}$). Αντίστοιχα διαγράμματα έγιναν για τις ίδιες περιπτώσεις θεμελίων και λόγους H/V , με υπολογισμό της Φ .I σύμφωνα με τα Γερμανικά πρότυπα (DIN 4017). Όπως φαίνεται και από τον πίνακα των μεθοδολογιών υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας εδάφους του Παραρτήματος Α, η διαφορά στην εξίσωση φέρουσας ικανότητας μεταξύ EC-7 και DIN 4017 αφορά μόνο τους συντελεστές λοξότητας του φορτίου i_c, i_γ, i_q . Παρά τη διαφορά τους αυτή, τα συμπεράσματα που προκύπτουν για τα q_{ult} για λοξή φόρτιση θεμελίου με χρήση του DIN 4017 είναι τα ίδια με αυτά που προκύπτουν με χρήση του EC-7. Γι' αυτό τα διαγράμματα ($q_{ult}/q_{ult,0} - \varphi$), τα οποία αφορούν στην μεθοδολογία του DIN4017, παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.3.1.

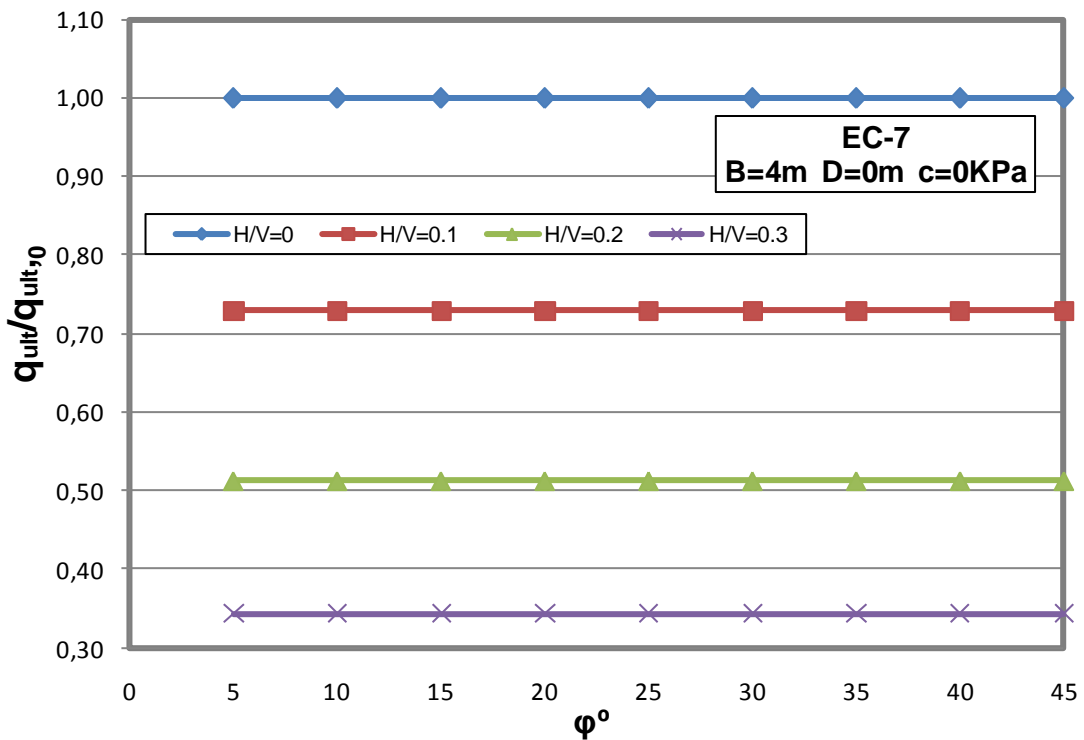
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα $q_{ult}/q_{ult,0} - \varphi$ του EC-7 για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραμετρική διερεύνηση, με σκοπό τη διερεύνηση της επιρροής του πλάτους και του βάθους έδρασης του θεμελίου στην κεντρική και λοξή φόρτιση.



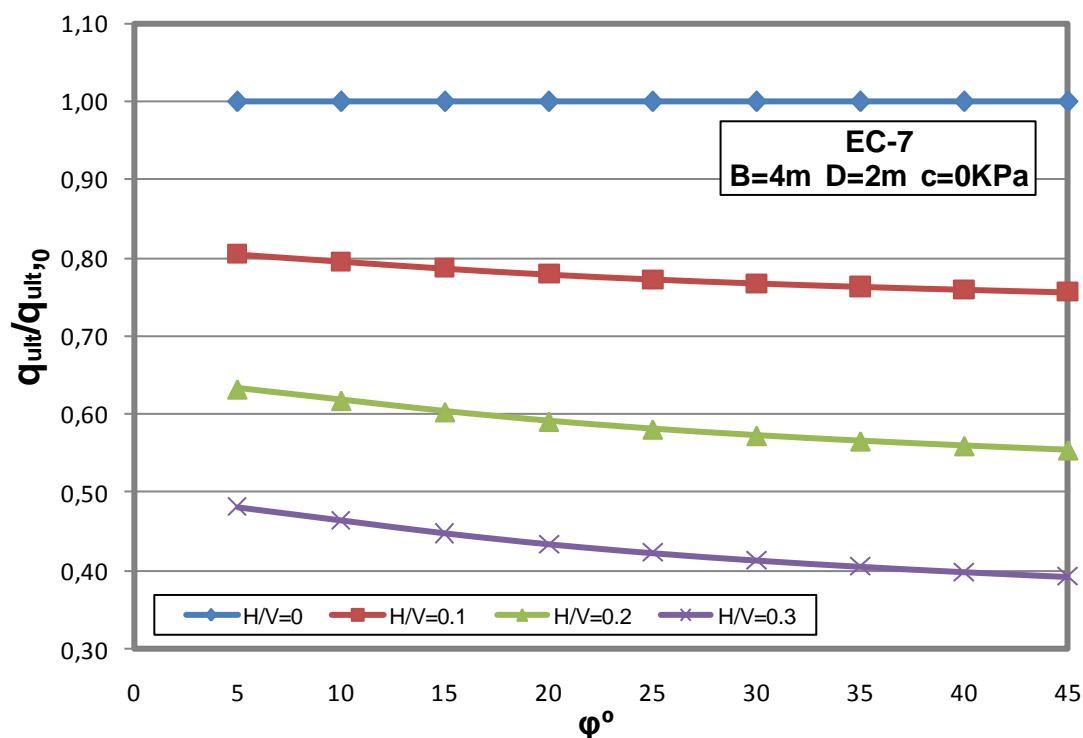
Σχ. Γ.36. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής φ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.37. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.38. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.39. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .

Μετά από σύγκριση των ανωτέρω διαγραμμάτων για θεμέλιο υπό λοξή και κεντρική φόρτιση εδραζόμενο σε μη συνεκτικό έδαφος, με βάση τη μεθοδολογία του EC-7, προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια:

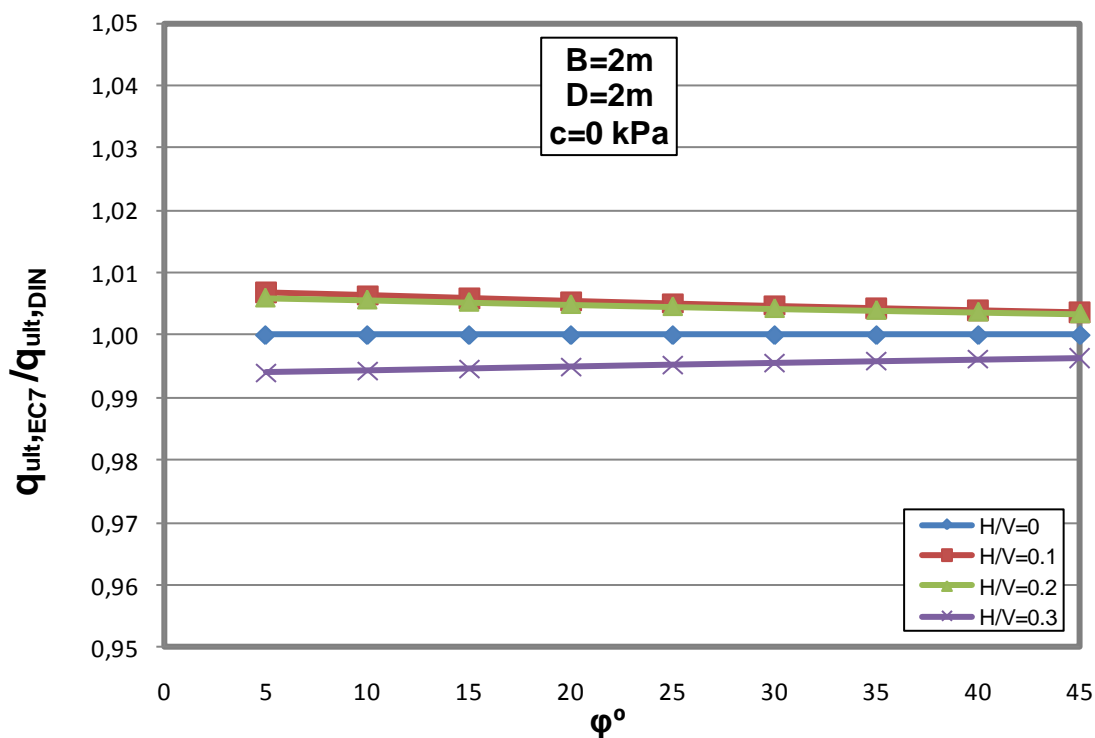
- ❖ Με την αύξηση της γωνίας κλίσης του φορτίου (αύξηση του λόγου H/V) παρατηρείται μείωση της φέρουσας ικανότητας σε σχέση με την $\Phi.I$ που προκύπτει για κατακόρυφη φόρτιση. Στον υπολογισμό του q_{ult} λαμβάνονται οι μειωτικοί συντελεστές i_c, i_q, i_γ .
- ❖ Από τα σχ.3.36 και σχ.3.38 φαίνεται ότι στην περίπτωση θεμελίου εδραζόμενου σε μηδενικό βάθος και σε μη συνεκτικό έδαφος ο λόγος $q_{ult}/q_{ult,0}$ είναι σταθερός και ανεξάρτητος από την γωνία τριβής του εδάφους ϕ , για δεδομένο πάντα λόγο H/V . Αυτό οφείλεται στο ότι μηδενίζεται ο όρος της συνοχής και του βάθους στο τριώνυμο της $\Phi.I$ και παραμένει μόνο ο όρος του πλάτους. Έτσι ο λόγος $q_{ult}/q_{ult,0}$ προκύπτει όσο ο συντελεστής λοξότητας i_γ για κάθε τιμή του λόγου H/V και είναι ανεξάρτητος της γωνίας τριβής.
- ❖ Ο λόγος $q_{ult}/q_{ult,0}$ στην περίπτωση επιφανειακού θεμελίου είναι ανεξάρτητος και του πλάτους B (βλ. σχ.3.36 και σχ.3.38) αφού όπως αναφέρθηκε προκύπτει όσο η τιμή του i_γ .

- ❖ Σε θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D ο λόγος $q_{ult}/q_{ult,0}$ ακολουθεί σχεδόν γραμμική μεταβολή μειούμενος με την αύξηση της γωνίας τριβής του εδάφους ϕ .
- ❖ Με την αύξηση του βάθους θεμελίωσης D παρατηρείται αύξηση της $\Phi.I$ του θεμελίου για δεδομένη λοξότητα.
- ❖ Συγκρίνοντας τα σχ.3.37 και σχ.3.39 συμπεραίνεται ότι για θεμέλιο εδραζόμενο σε βάθος D η αύξηση του πλάτους B του θεμελίου οδηγεί σε μείωση του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$. Όμως η $\Phi.I$ του εδάφους στην περίπτωση αυτή είναι μεγαλύτερη όσο αυξάνει το B και το D . Αυτό συμβαίνει τόσο στο q_{ult} υπό λοξό φορτίο (αύξηση συντελεστών i_i και του B), όσο και στο $q_{ult,0}$. Η επιρροή της αύξησης του B στον αριθμητή είναι μικρότερη απ' ότι στον παρονομαστή και γι' αυτό υπάρχει μείωση του λόγου τους.

3.5.1.2 Σύγκριση Ευρωκώδικα 7 (EC-7) με τη μεθοδολογία του Meyerhof.

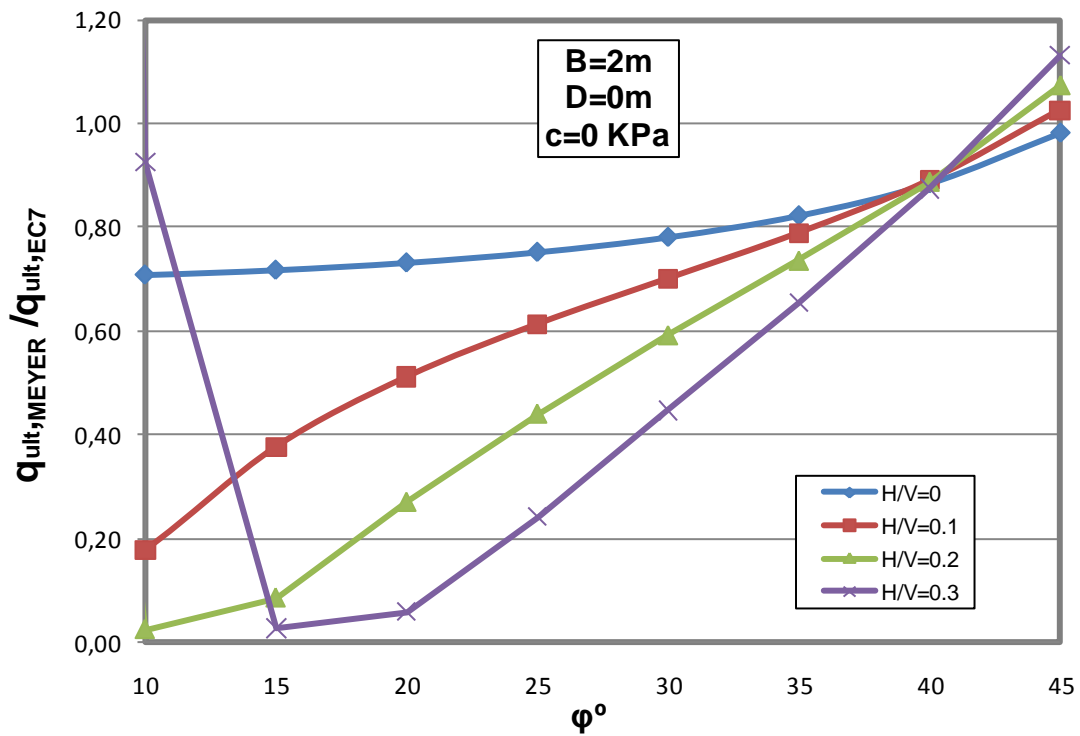
Όπως στις περιπτώσεις κατακόρυφης και κεντρικής, αλλά και κατακόρυφης και έκκεντρης φόρτισης, έτσι και για την υπό διερεύνηση περίπτωση της επιβολής λοξού φορτίου στο θεμέλιο, συγκρίνονται τα αποτελέσματα της φέρουσας ικανότητας του Ευρωκώδικα (EC-7) με τα αντίστοιχα του Meyerhof, μέσω αδιαστατοποιημένων διαγραμμάτων. Τα διαγράμματα $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσεως της γωνίας τριβής του εδάφους ϕ μορφώθηκαν για όλες τις τιμές του λόγου H/V .

Σημειώνεται ότι, αρχικά, σκοπός ήταν η σύγκριση μεταξύ των κανονισμών EC-7 και DIN 4017, αφού μόνο στη λοξή φόρτιση παρουσιάζουν διαφορές. Έγιναν διαγράμματα της φέρουσας ικανότητας του Ευρωκώδικα 7 αδιαστατοποιημένα ως προς τον DIN 4017 και προέκυψαν ελάχιστες διαφορές ανάμεσα στις δύο μεθοδολογίες για την περίπτωση της θεμελιολωρίδας. Παρατίθεται ενδεικτικά ένα γράφημα στο οποίο φαίνεται η φέρουσα ικανότητα με βάση τον EC-7 ως προς τη $\Phi.I$. με βάση τον DIN 4017, για θεμέλιο πλάτους δύο μέτρων ($B=2m$), εδραζόμενο σε βάθος δύο μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους ($D=2m$), σε έδαφος χωρίς συνοχή ($c=0$). Τα υπόλοιπα διαγράμματα, στα οποία φαίνονται όλοι οι συνδυασμοί γεωμετρίας θεμελίου και εδαφικών χαρακτηριστικών παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.3.1.

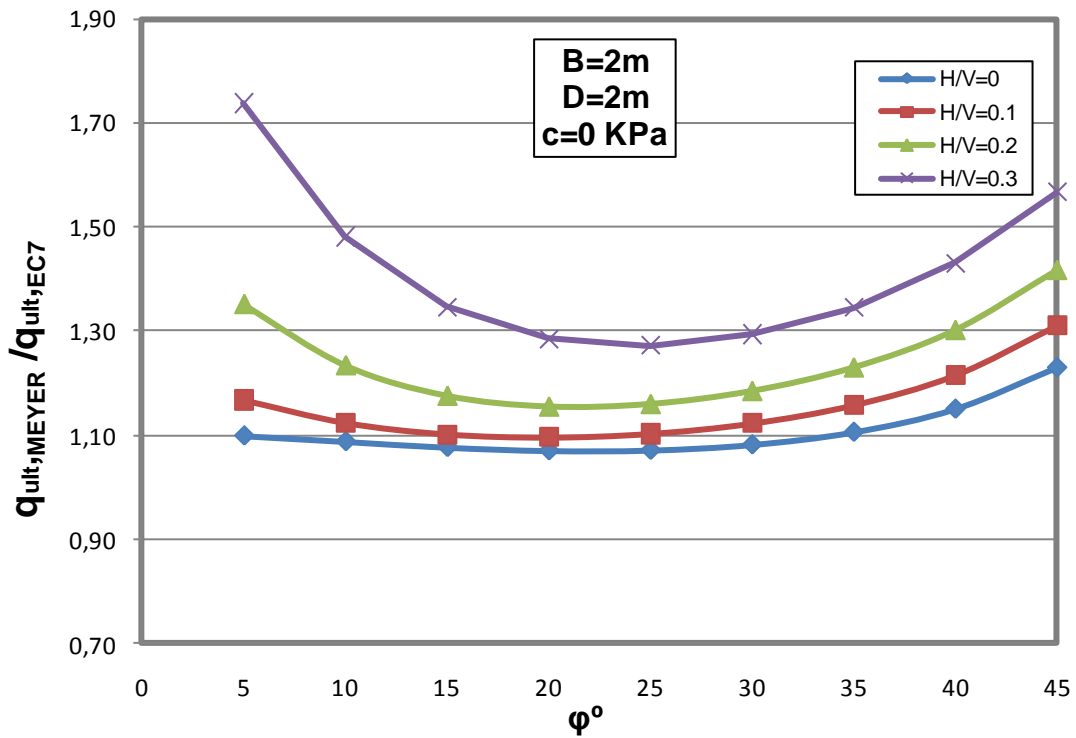


Σχ. Γ.40. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .

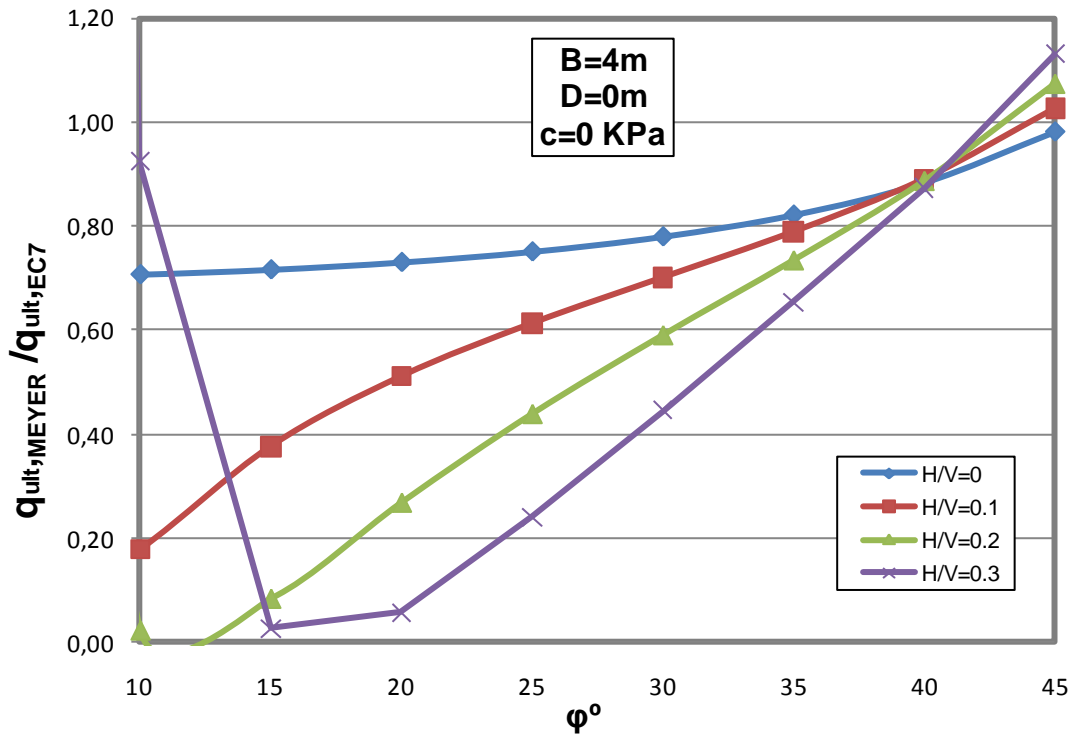
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κανονικοποιημένα διαγράμματα $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7} - \phi$ για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων που διερευνήθηκαν. Τα διαγράμματα που ακολουθούν έχουν σκοπό να αναδείξουν διαφορές ανάμεσα στις δύο μεθοδολογίες όσον αφορά την επιρροή του πλάτους και του βάθους έδρασης του θεμελίου για κεντρική και λοξή φόρτιση σε μη συνεκτικό έδαφος.



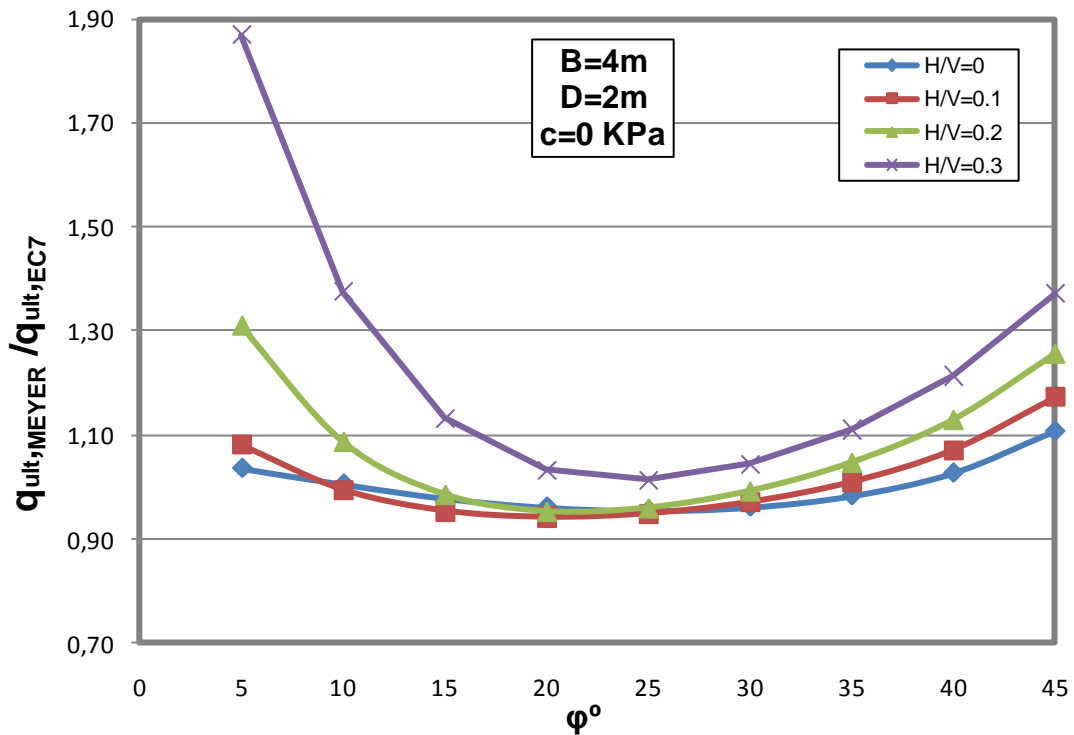
Σχ. Γ.41. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.42. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.43. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.44. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .

Να σημειωθεί ότι στα σχ.3.41 και σχ.3.43 για λόγους ευκρίνειας, ο άξονας της γωνίας τριβής του εδάφους φ ξεκινάει από τις 10° , αφού για μικρότερες γωνίες η διαφορά στις δύο μεθοδολογίες είναι αρκετά μεγάλη.

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν και παρουσιάζονται στα παραπάνω διαγράμματα μπορούν να διατυπωθούν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Στην περίπτωση θεμελίου εδραζόμενου σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης (βλ. σχ.3.41 και σχ.3.43) ο λόγος $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ αυξάνει με την αύξηση της γωνίας τριβής φ . Αυτό ισχύει για όλες τις περιπτώσεις λοξότητας φορτίου με εξαίρεση την περίπτωση που ο λόγος H/V είναι ίσος με 0.3, για τιμές της γωνίας τριβής φ μικρότερες από 15° .
- ❖ Από τα σχ.3.41 και σχ.3.43 για την περίπτωση φόρτισης με λόγο φορτίων $H/V=0.3$ παρατηρείται ότι για γωνίες τριβής $5^\circ-15^\circ$ ο λόγος της $\Phi.I$ των δύο μεθοδολογιών παίρνει αρκετά μεγάλες τιμές. Αυτό συμβαίνει επειδή για μηδενική συνοχή και βάθος θεμελίωσης στο τριώνυμο της φέρουσας ικανότητας μένει μόνο ο όρος του πλάτους στον οποίο υπεισέρχεται ο συντελεστής λοξότητας φόρτισης i_γ . Κατά Meyerhof $i_\gamma = (1 - \frac{\theta}{\varphi})^2$. Για μεγάλη τιμή της γωνίας κλίσης του φορτίου θ [$\theta = \arctan(H/V)$] και μικρή τιμή της γωνίας τριβής φ , ο λόγος θ/φ προκύπτει πολύ μεγαλύτερος της μονάδας (περίπου 3). Έτσι αυξάνεται η τιμή $(1-\theta/\varphi)$ και υψωμένη στη δεύτερη δύναμη δίνει ακόμη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή. Επομένως η $\Phi.I$ κατά Meyerhof για λοξή και κεντρική φόρτιση με λόγο $H/V=0.3$ προκύπτει πολύ μεγαλύτερη από αυτή του EC-7. Με αύξηση της γωνίας τριβής φ ο λόγος θ/φ μειώνεται, συνεπώς μειώνονται και οι τιμές του συντελεστή i_γ για γωνίες φ μέχρι 15° . Έτσι δικαιολογείται ο φθίνοντας κλάδος των διαγραμμάτων μέχρι την γωνία $\varphi=15^\circ$.
- ❖ Από τα ίδια διαγράμματα (σχ.3.41 και σχ.3.43) παρατηρείται ότι για $\varphi > 15^\circ$ και $\varphi < 40^\circ$ όσο πιο μικρή είναι η γωνία λοξότητας (μικρότερος λόγος H/V) τόσο πιο κοντά είναι οι τιμές της φέρουσας ικανότητας που δίνουν οι δύο μεθοδολογίες, με την μεθοδολογία του Meyerhof να δίνει πιο μικρές τιμές σε σχέση με τον EC-7. Αντίθετα για τιμές της γωνίας τριβής $\varphi > 40^\circ$ αυξάνει περεταίρω ο λόγος $\Phi.I$, με την μεθοδολογία του Meyerhof να δίνει ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές q_{ult} για μεγάλες τιμές φ . Αυτό φαίνεται καλύτερα σε περιπτώσεις μεγαλύτερης λοξότητας φόρτισης.
- ❖ Για θεμέλιο εδραζόμενο σε βάθος D (βλ. σχ.3.42 και σχ.3.44) και για τιμές της γωνίας τριβής φ στο εύρος $5^\circ-20^\circ$ η διαφορά μεταξύ των δύο μεθοδολογιών μειώνεται όσο η γωνία τριβής αυξάνει. Για γωνίες φ από $15^\circ-35^\circ$ ο Meyerhof δίνει παραπλήσια αποτελέσματα φέρουσας ικανότητας σε σύγκριση με τον EC-7, ενώ αντίθετα για

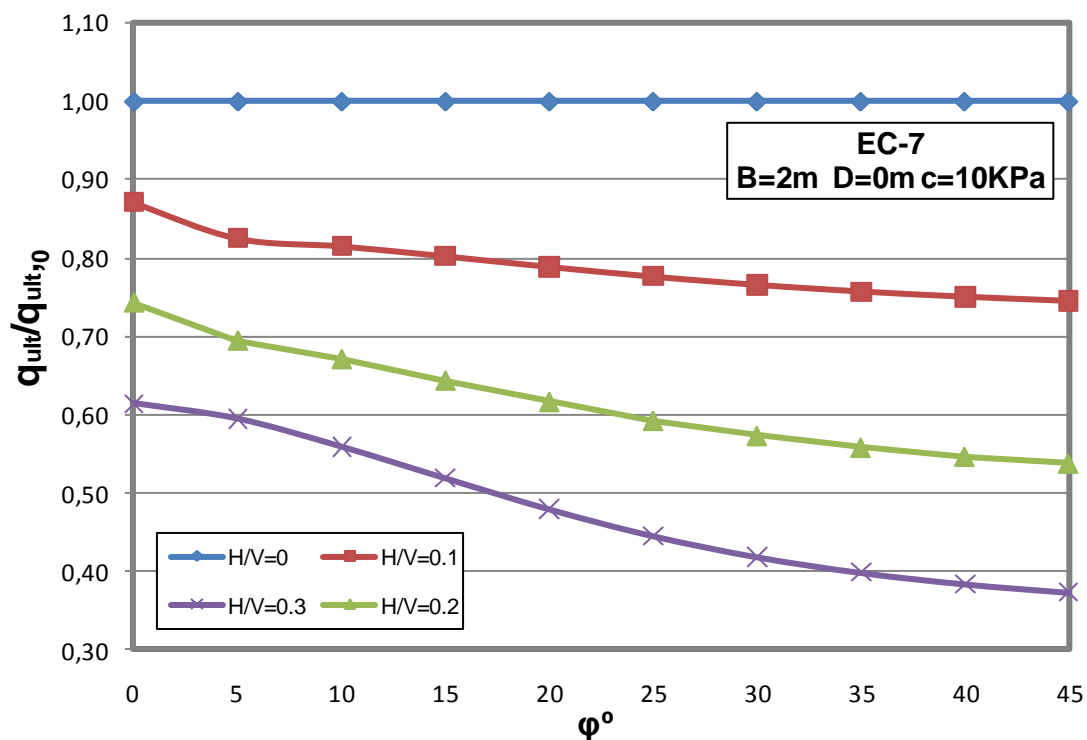
$\varphi > 35^\circ$ οι τιμές φέρουσας ικανότητας κατά Meyerhof προκύπτουν μεγαλύτερες. Στην περίπτωση έδρασης του θεμελίου σε κάποιο βάθος στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας κατά Meyerhof λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές βάθους, στους οποίους εμπεριέχεται ο συντελεστής παθητικών ωθήσεων K_p που είναι συνάρτηση της γωνίας τριβής φ . Οι διαφοροποιήσεις στο λόγο $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ με την μεταβολή της γωνίας τριβής φ οφείλονται τόσο στους συντελεστές βάθους, που χρησιμοποιεί ο Meyerhof, όσο και στις διαφορετικές σχέσεις υπολογισμού του συντελεστή N_γ και των συντελεστών λοξότητας φορτίου i_q και i_γ που χρησιμοποιεί η κάθε μεθοδολογία .

3.5.2 Συνεκτικό έδαφος ($c \neq 0$)

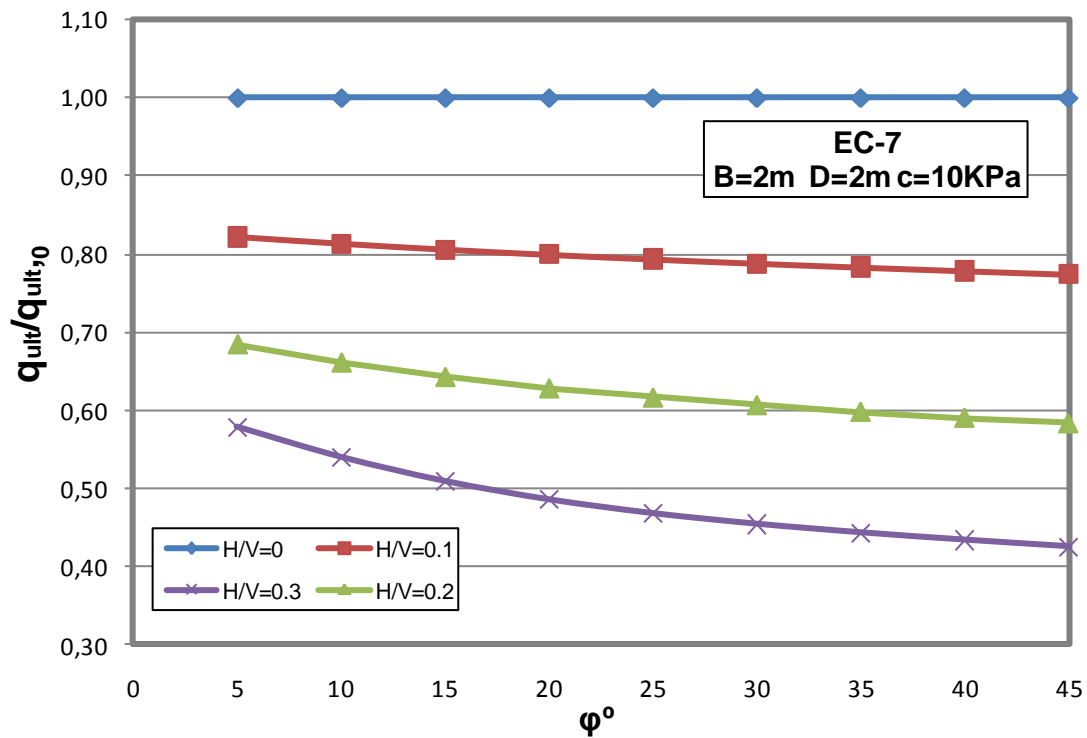
3.5.2.1 Σύγκριση φέρουσας ικανότητας θεμελίων υπό λοξή φόρτιση σε σχέση με την κεντρική φόρτιση.

Για να ελεγχθεί η επίδραση της συνοχής σε περίπτωση λοξής φόρτισης, τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα φέρουσας ικανότητας (q_{ult}) για διάφορους λόγους H/V , ως προς την φέρουσα ικανότητα για την περίπτωση κατακόρυφου φορτίου, $H/V=0$ ($q_{ult,0}$) μορφώθηκαν και για την περίπτωση εδάφους με $c=10\text{kPa}$, για όλες τις περιπτώσεις γεωμετρίας θεμελίωσης. Και σε αυτή την περίπτωση τα q_{ult} υπολογίστηκαν τόσο με βάση την μεθοδολογία του EC-7 όσο και με τα Γερμανικά πρότυπα (DIN 4017).

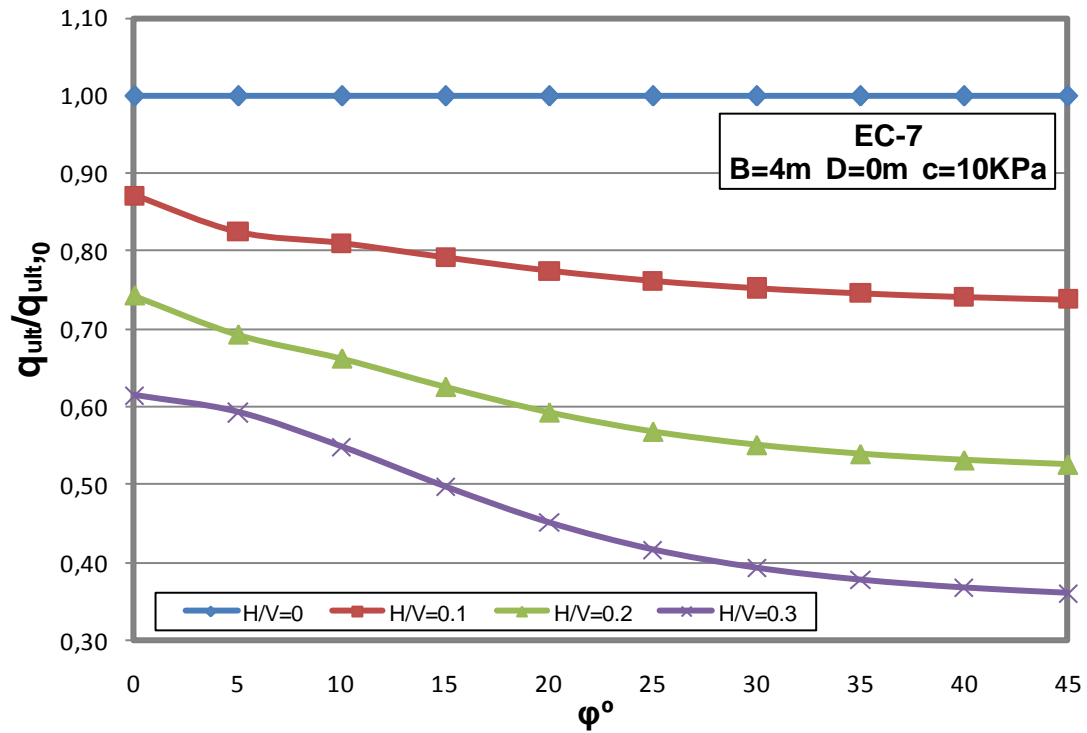
Παρακάτω παρουσιάζονται τα κανονικοποιημένα διαγράμματα $q_{ult}/q_{ult,0}$ του EC-7 για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων, έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τα αντίστοιχα του εδαφίου 3.5.1 (μη συνεκτικά εδάφη). Σκοπός είναι να προσδιοριστούν οι διαφορές στη φέρουσα ικανότητα υπό λοξή φόρτιση όταν στον υπολογισμό υπεισέρχεται και η επιρροή της συνοχής του εδάφους. Στο Παράρτημα Γ.3.2 παρατίθενται τα αντίστοιχα διαγράμματα που προέκυψαν με χρήση DIN 4017.



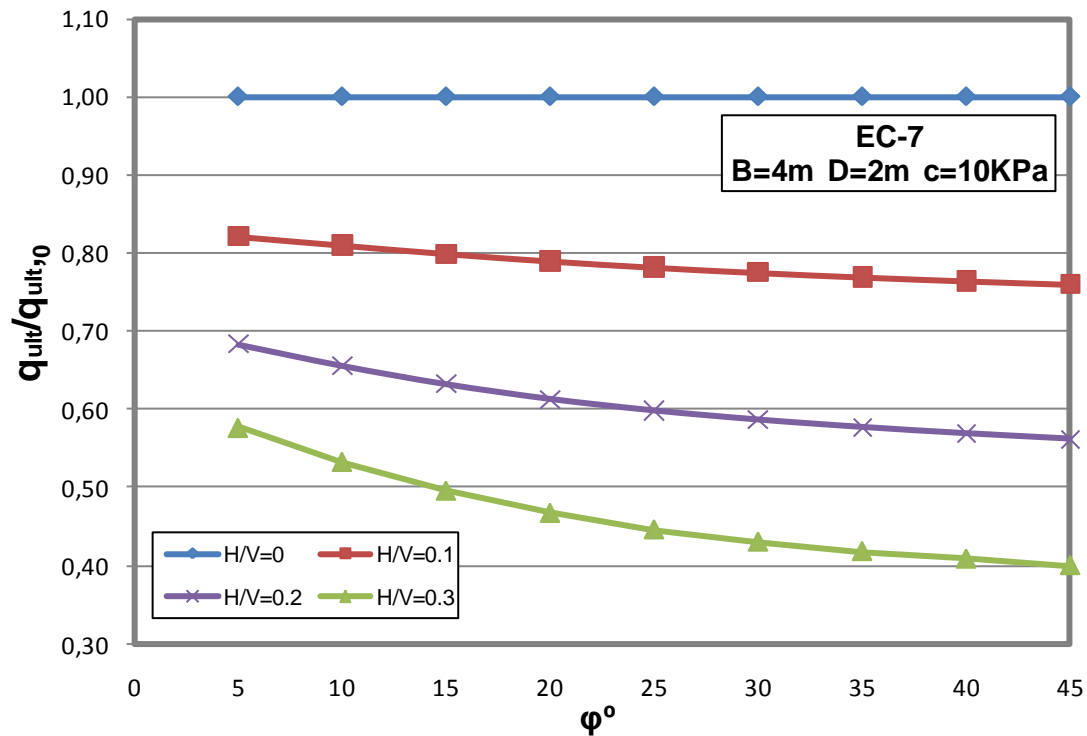
Σχ. Γ.45. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.46. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.47. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .



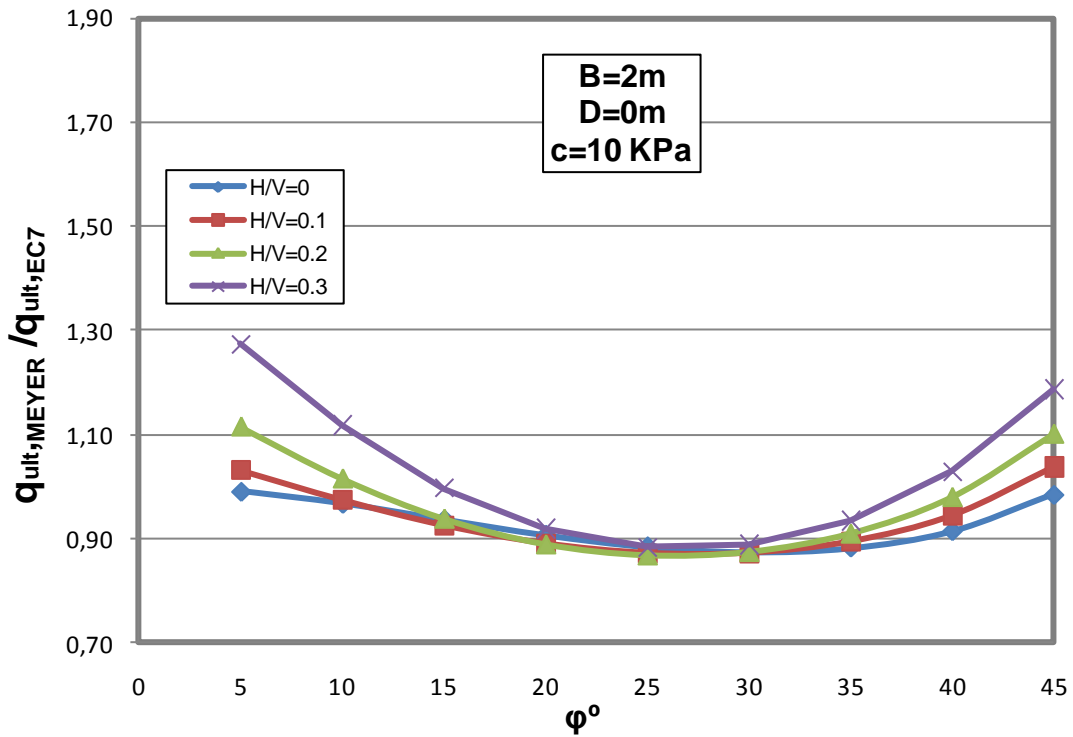
Σχ. Γ.48. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα αυτά με τα διαγράμματα του εδάφους 3.5.1 μπορούν να διατυπωθούν τα ακόλουθα σχόλια:

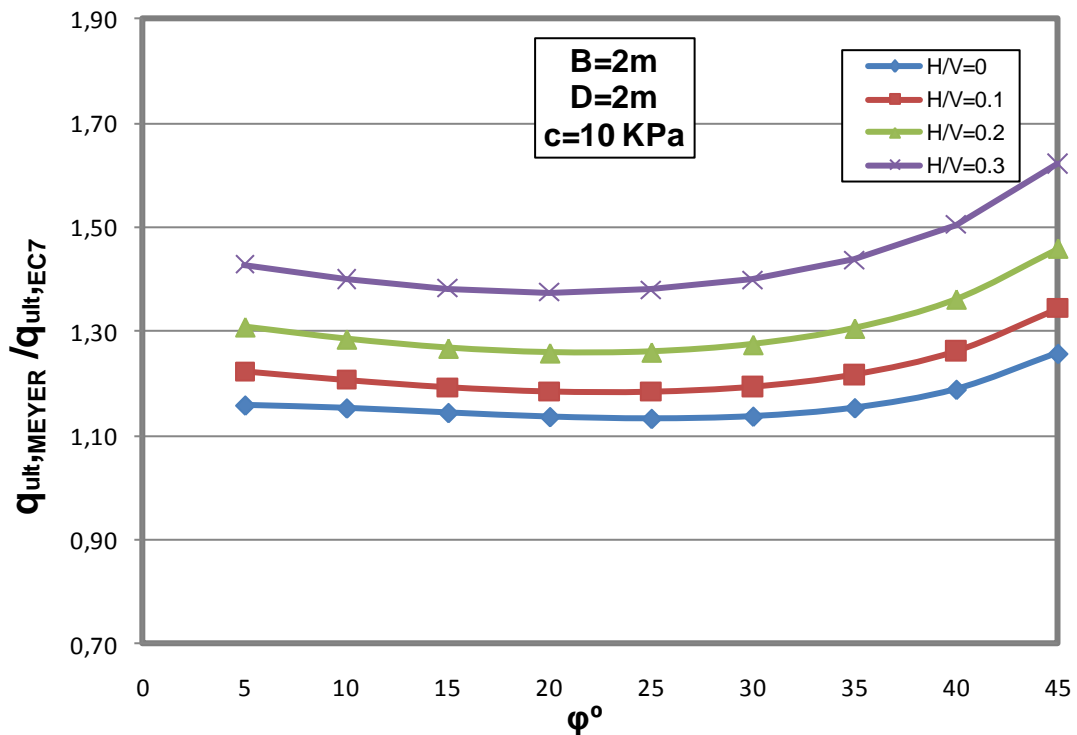
- ❖ Για αβαθές θεμέλιο παρατηρείται μείωση της $\Phi.I$ με την αύξηση της λοξότητας του φορτίου και της γωνίας τριβής του εδάφους. Ο λόγος $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε αντίθεση με την περίπτωση των μη συνεκτικών εδαφών δεν παραμένει σταθερός. (σύγκριση σχ.3.36 και σχ.3.45).
- ❖ Σε ότι αφορά θεμέλιο εδραζόμενο σε βάθος D , η φέρουσα ικανότητα του εδάφους, μειώνεται λιγότερο με την αύξηση της λοξότητας, σε σχέση με την αντίστοιχη για κεντρική φόρτιση. Δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με το μη συνεκτικό έδαφος (σύγκριση σχ.3.37 και σχ.3.46).

3.5.2.2 Σύγκριση Ευρωκώδικα 7 (EC-7) με τη μεθοδολογία του Meyerhof.

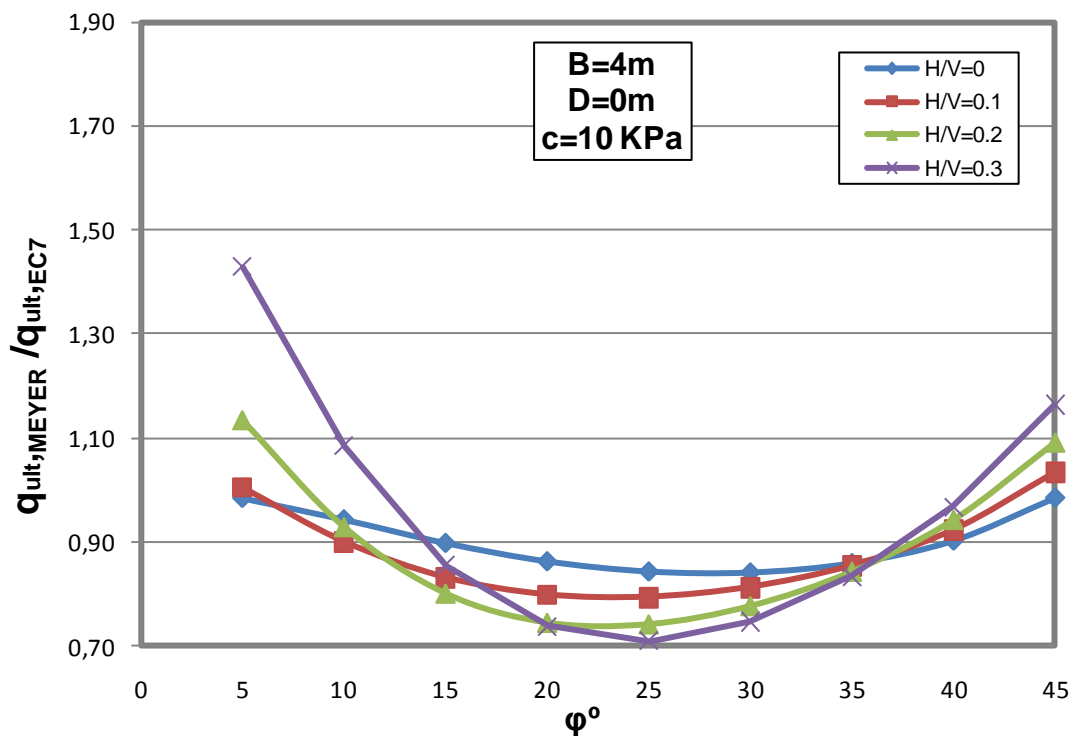
Ομοίως και σε αυτή την ενότητα έγινε σύγκριση μεταξύ της μεθοδολογίας του Meyerhof και αυτής που προτείνεται από τον Ευρωκώδικα 7. Ακολουθούν τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ ως προς φ για όλες τις περιπτώσεις θεμελίων σε συνεκτικό έδαφος με σκοπό να διερευνηθεί η επιρροή του βάθους θεμελίωσης D , του πλάτους του θεμελίου B , καθώς και η ύπαρξη συνοχής στο έδαφος για κεντρική και λοξή φόρτιση.



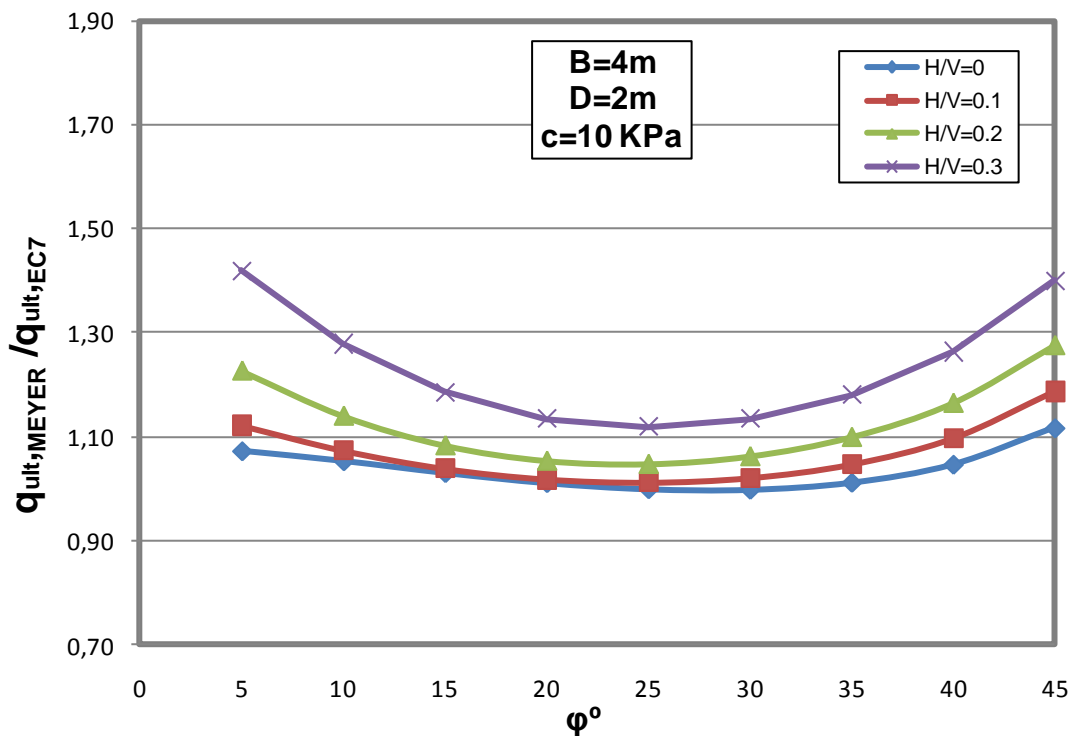
Σχ. Γ.49. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.50. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.51. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ σύμφωνα με τον EC-7 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.52. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .

Από τα παραπάνω διαγράμματα και συγκρίνοντάς τα με τα αντίστοιχα που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 3.5.1.2 προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Από σύγκριση των σχ.3.41 και σχ.3.49 και των σχ.3.43 και σχ.3.51 συμπεραίνεται ότι για θεμέλια με μηδενικό βάθος θεμελίωσης, με την αύξηση της συνοχής αυξάνει η φέρουσα ικανότητα, που υπολογίζεται από τη μεθοδολογία του Meyerhof, σε όλο το εύρος τιμών της γωνίας τριβής φ . Μεγαλύτερη αύξηση στους λόγους μεταξύ των δύο μεθοδολογιών σημειώνεται με την αύξηση της λοξότητας του φορτίου, αφού έτσι αυξάνει και η επιρροή της διαφοράς του συντελεστή i_c που λαμβάνουν υπόψη οι δύο μεθοδολογίες. Για την περίπτωση επιφανειακού θεμελίου, η αύξηση του πλάτους B προκαλεί αύξηση στο λόγο $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ μεταξύ μη συνεκτικού και συνεκτικού εδάφους.
- ❖ Από σύγκριση των σχ.3.42. και σχ.3.50 φαίνεται ότι για εδάφη με συνοχή, όπως και στην περίπτωση θεμελίου εδραζόμενου στην επιφάνεια του εδάφους, έτσι και για θεμέλιο σε βάθος D , ο Meyerhof δίνει μεγαλύτερες τιμές φέρουσας ικανότητας από τον EC-7. Η διαφορά αυτή γίνεται πιο σημαντική για μεγαλύτερες τιμές λοξότητας φορτίου (αύξηση λόγου H/V).
- ❖ Από τα σχ.3.44 και σχ.3.52 παρατηρείται ότι για την περίπτωση θεμελίου πλάτους B , εδραζόμενου σε βάθος D , όταν $B > D$, η παρουσία συνοχής οδηγεί σε μικρότερες τιμές φέρουσας ικανότητας κατά Meyerhof από τις αντίστοιχες κατά EC-7, ιδιαίτερα για τις μεγαλύτερες τιμές του λόγου λοξότητας. Αυτό οφείλεται στο ότι για τον υπολογισμό του q_{ult} κατά Meyerhof, στον όρο της συνοχής λαμβάνεται ο συντελεστής βάθους d_c που είναι ανάλογος του λόγου D/B , έτσι για $B > D$ προκύπτει μειωτικός και συμβάλλει στην περεταίρω μείωση της τιμής του q_{ult} κατά Meyerhof (βλ. Παράρτημα Α-Πίνακας Μεθοδολογιών).
- ❖ Για την περίπτωση του θεμελίου με πλάτος $B=4m$ (βλ. σχ.3.43, σχ.3.44, σχ.3.51, σχ.3.52) παρατηρείται σημαντική επιρροή της συνοχής στο λόγο $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ για τις μικρότερες τιμές της γωνίας τριβής ($10^\circ-15^\circ$), ενώ η επιρροή της συνοχής γίνεται μικρότερη για μεγάλες τιμές της φ ($\varphi > 40^\circ$).

Έγινε μια προσπάθεια να δημιουργηθεί ένας συνδυασμός έκκεντρης και λοξής φόρτισης, για να ελεγχθεί αν μπορούν να εξαχθούν επιπλέον συμπεράσματα από αυτά που έχουν ήδη αναφερθεί στις ενότητες 3.4 και 3.5. Δηλαδή, έγιναν διαγράμματα για δεδομένη εκκεντρότητα φορτίου και για τις διάφορες τιμές της γωνίας κλίσης του φορτίου ως προς την κατακόρυφο, καθώς και διαγράμματα για δεδομένη τιμή λοξότητας φορτίου για τους διάφορους λόγους εκκεντρότητας. Για τους συνδυασμούς θεμελίων που αναφέρονται στο

παρών κεφάλαιο και για τους παραπάνω συνδυασμούς φόρτισης δεν παρατηρήθηκε τίποτα επιπλέον από αυτά που έχουν ήδη αναφερθεί σε προηγούμενες ενότητες. Για λόγους μείωσης του όγκου των αποτελεσμάτων αυτού του κεφαλαίου τα διαγράμματα που έγιναν για την περίπτωση έκκεντρης και λοξής φόρτισης δίνονται στο παράρτημα Γ.4.

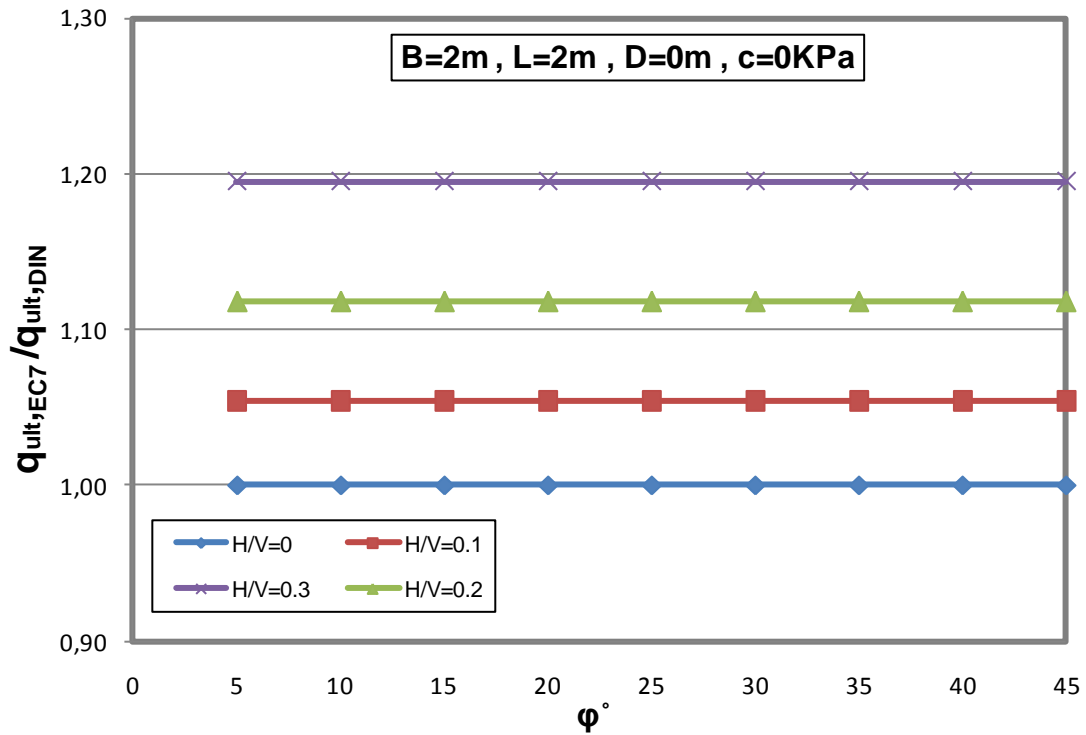
3.5.3 Τετραγωνικό θεμέλιο

Στην προηγούμενη ενότητα συγκρίθηκαν μεταξύ τους οι μεθοδολογίες του Ευρωκώδικα 7 και του DIN 4017 για λωριδωτό θεμέλιο και δεν εντοπίστηκαν αρκετές διαφορές, γι' αυτό και δεν παρουσιάστηκαν στο παρών κεφάλαιο. Οι δύο μεθοδολογίες έχουν σημαντικές διαφορές στους συντελεστές λοξότητας φορτίου, όμως στην περίπτωση που το σχήμα του θεμελίου είναι λωρίδα αυτές είναι αμελητέες.

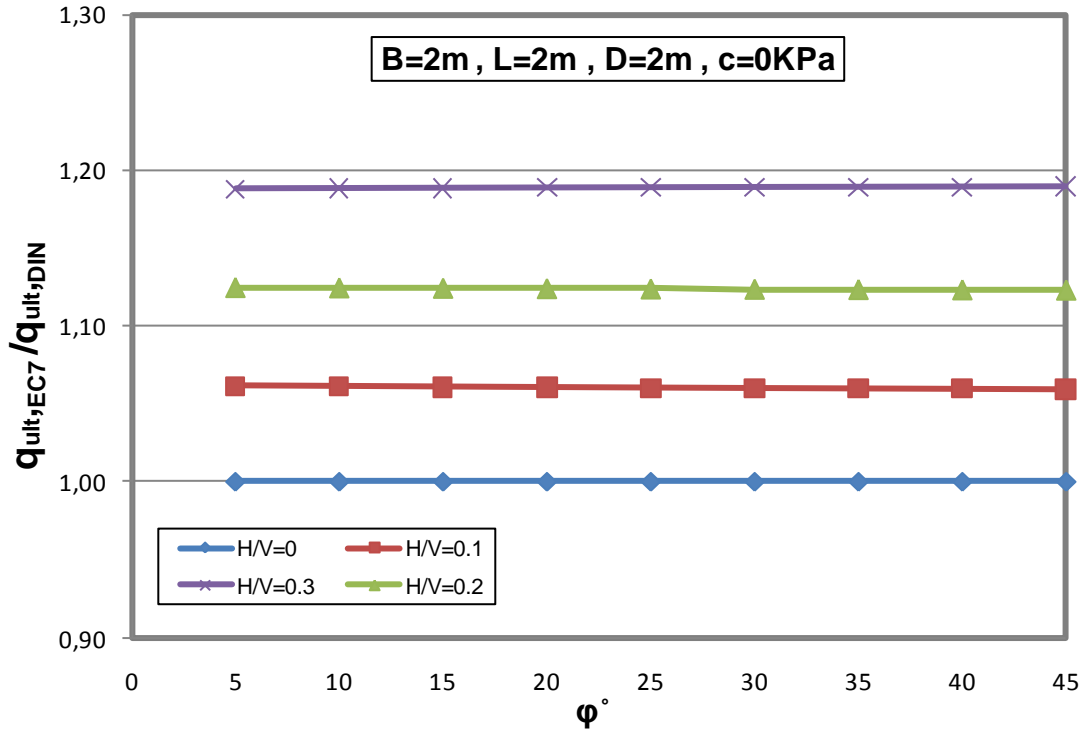
Στον Ευρωκώδικα 7, στους τύπους των συντελεστών λοξότητας φορτίου, (βλ. Παράρτημα Α – Πίνακας Μεθοδολογιών) υπεισέρχεται μια δύναμη m . Η τιμή του m , στην περίπτωση που το σχήμα του θεμελίου είναι λωρίδα γίνεται ίση με 2, ενώ στην περίπτωση τετραγωνικού θεμελίου σε λοξή και κεντρική φόρτιση γίνεται ίσος με 1,5. Οι συντελεστές λοξότητας φορτίου που προτείνονται από τα Γερμανικά πρότυπα (DIN 4017) υψώνονται στην 3^η δύναμη, ανεξαρτήτως του σχήματος του θεμελίου. Όπως είναι εμφανές, λόγω της παραπάνω διαφοράς, οι δύο μεθοδολογίες αναμένεται να αποκλίνουν περισσότερο στην περίπτωση τετραγωνικού θεμελίου. Επιπλέον, σημειώνεται ότι στην περίπτωση τετραγωνικού θεμελίου, στην εξίσωση Φ.Ι., των δύο μεθοδολογιών, υπεισέρχονται πλέον και οι συντελεστές σχήματος θεμελίου (βλ. Παράρτημα Α – Πίνακας Μεθοδολογιών), που στην περίπτωση λωριδωτού πεδίου ήταν ίσοι με τη μονάδα ($s_i=1,00$).

Για τετραγωνικό θεμέλιο πλάτους δύο μέτρων, για τις διάφορες περιπτώσεις βάθους θεμελίωσης ($D=0$, $D=2m$) και συνοχής εδάφους ($c=0$, $c=10kPa$), έγινε παραμετρική διερεύνηση της φέρουσας ικανότητας της μεθοδολογίας του Ευρωκώδικα 7 ως προς τη μεθοδολογία του DIN 4017. Επίσης σε δύο διαγράμματα (σχ.3.56 και σχ.3.57) συνοψίζονται για τις δύο ακραίες περιπτώσεις βάθους θεμελίωσης και συνοχής εδάφους ($D=0&c=0$, $D=2m&c=10kPa$), συγκριτικά οι τιμές φέρουσας ικανότητας (ως λόγος των 2 μεθοδολογιών) μεταξύ λωριδωτού και τετραγωνικού θεμελίου.

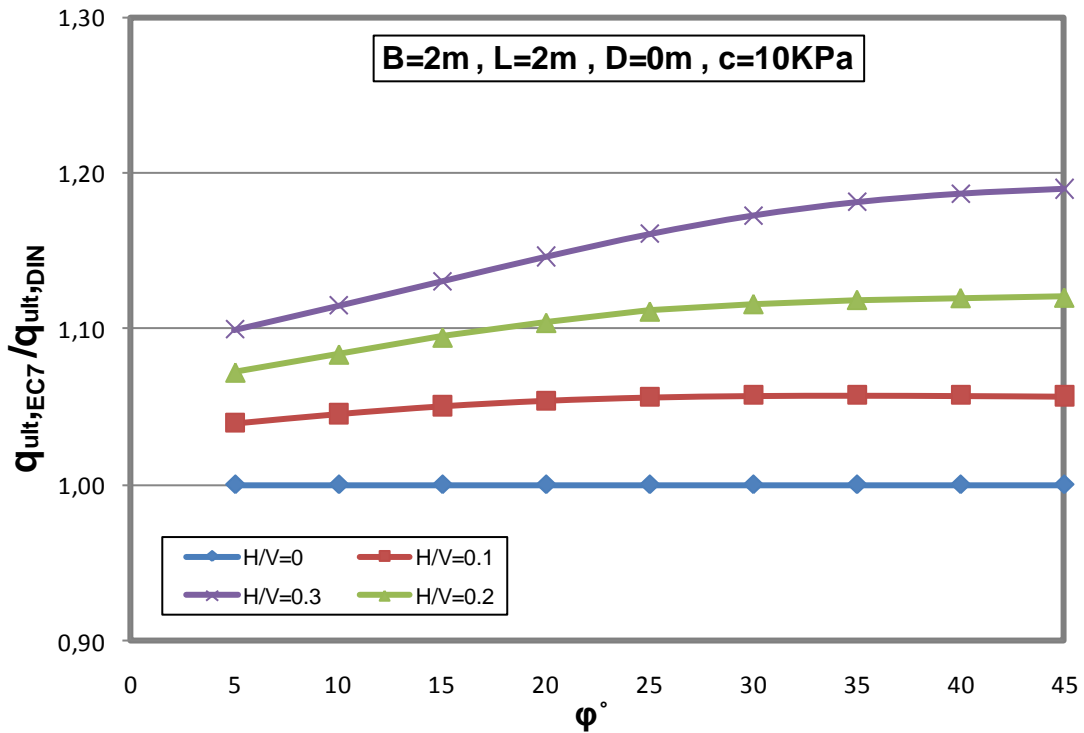
Ακολουθούν τέσσερα διαγράμματα, τα οποία συγκρίνουν τη μεθοδολογία του EC-7 με αυτή του DIN 4017, για τετραγωνικό θεμέλιο πλάτους $B=2m$, για τις περιπτώσεις όπου το θεμέλιο εδράζεται στην επιφάνεια του εδάφους και σε βάθος $D=2m$, σε μη συνεκτικό και συνεκτικό έδαφος με σκοπό τον εντοπισμό διαφορών ανάμεσα στις δύο μεθοδολογίες για την περίπτωση που το σχήμα του θεμελίου διαφοροποιείται.



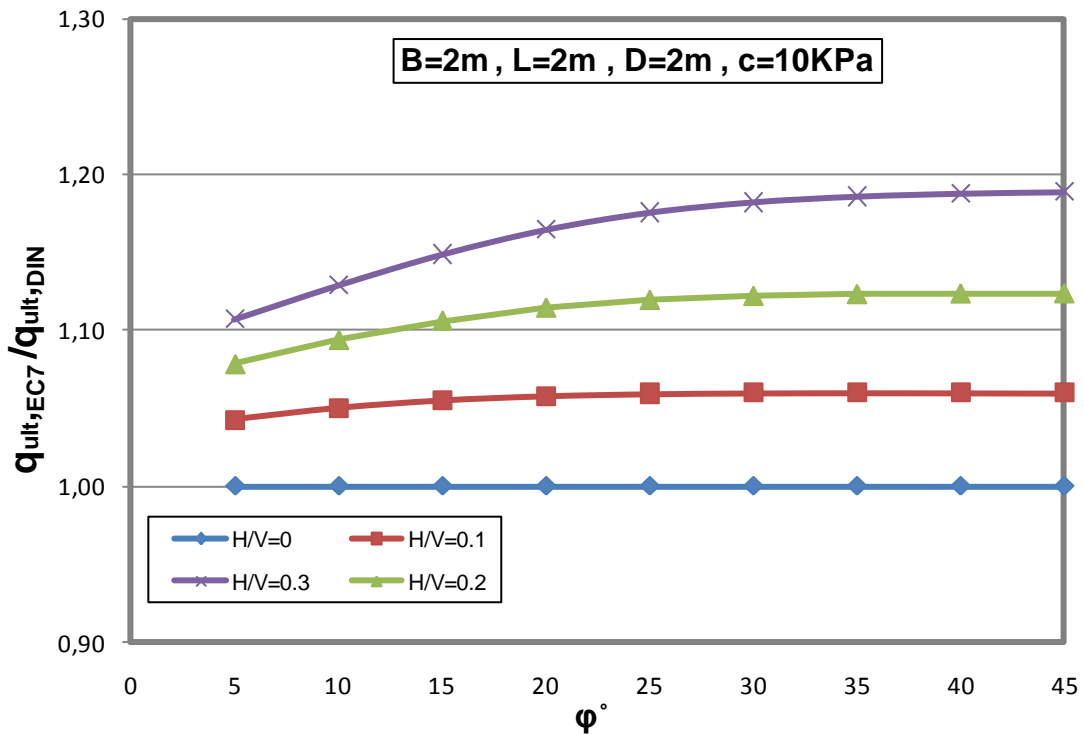
Σχ. Γ.53. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για διάσταση τετραγωνικού θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.54. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για διάσταση τετραγωνικού θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.55. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για διάσταση τετραγωνικού θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .



Σχ. Γ.56. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για διάσταση τετραγωνικού θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V .

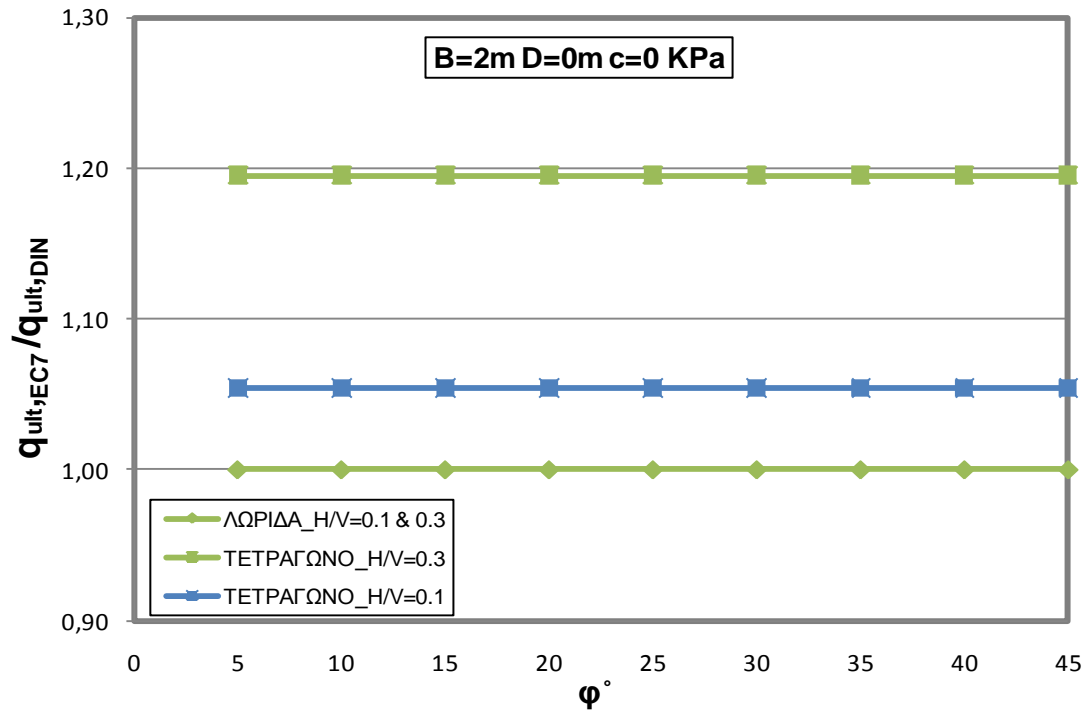
Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν και παρουσιάζονται στα ανωτέρω διαγράμματα, για τετραγωνικό θεμέλιο, μπορούν να διατυπωθούν τα ακόλουθα σχόλια:

- ❖ Οι τιμές φέρουσας ικανότητας που προκύπτουν από τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του DIN 4017 στην περίπτωση τετραγωνικού θεμελίου.
- ❖ Ο λόγος της φέρουσας ικανότητας των δύο μεθοδολογιών, για τετραγωνικό θεμέλιο, είναι σταθερός με τη μεταβολή της γωνίας τριβής του εδάφους φ σε μη συνεκτικό έδαφος (βλ. σχ.3.53 και σχ.3.54). Υπάρχει όμως διαφοροποίηση στην τιμή του λόγου με τη μεταβολή της γωνίας θ (γωνία κλίσης του φορτίου από την κατακόρυφο). Όσο αυξάνεται ο λόγος H/V αυξάνεται και η διαφορά ανάμεσα στις δύο μεθοδολογίες (μέχρι και 20% μεγαλύτερες οι τιμές του EC-7). Στην αντίστοιχη περίπτωση όπου το σχήμα του θεμελίου είναι λωρίδα (βλ. σχ.3.40) ο λόγος αυτός ήταν περίπου σταθερός και ανεξάρτητος της γωνίας κλίσης του φορτίου (θ). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην περίπτωση τετραγωνικού θεμελίου ο συντελεστής m του EC-7 δεν ισούται με 2 (περίπτωση λωριδωτού θεμελίου), αλλά με 1,5. Έτσι οι συντελεστές i_{γ} των δύο μεθοδολογιών δεν είναι ίδιοι και η φέρουσα ικανότητα εξαρτάται από την κλίση του φορτίου ως προς την κατακόρυφο.
- ❖ Μετά από σύγκριση των τεσσάρων παραπάνω διαγραμμάτων (σχ.3.53-σχ.3.56) που αναφέρονται σε τετραγωνικό θεμέλιο και των αντίστοιχων που αφορούν το λωριδωτό θεμέλιο (σχ.Γ.30, σχ.Γ.31, σχ.Γ.38 και σχ.Γ.39) παρατηρείται απόκλιση των δύο μεθοδολογιών με την αύξηση του λόγου H/V στην περίπτωση που το σχήμα του θεμελίου είναι τετράγωνο.
- ❖ Με την ύπαρξη συνοχής στο έδαφος, η διαφορά ανάμεσα στις μεθοδολογίες (EC-7 και DIN 4017) μειώνεται κυρίως για μικρές γωνίες τριβής. Όσο μεγαλώνει η γωνία τριβής, ο λόγος ανάμεσα στις δύο μεθοδολογίες γίνεται ίδιος με την περίπτωση μη συνεκτικού εδάφους. Συμπεραίνεται ότι η επιρροή της συνοχής γίνεται αμελητέα με την αύξηση της γωνίας τριβής.

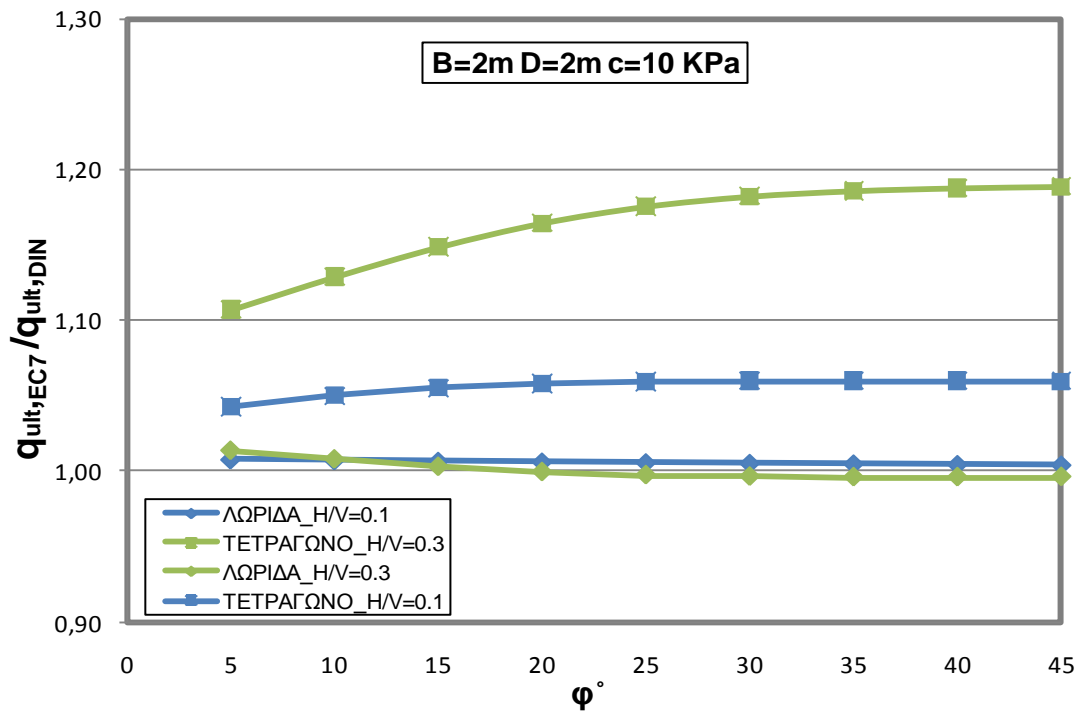
Σημειώνεται ότι σχόλια, συμπεράσματα και παρατηρήσεις που ήταν όμοια με την περίπτωση του λωριδωτού θεμελίου δεν επαναδιατυπώνονται σε αυτή την ενότητα γιατί σκοπός είναι να διατυπωθούν οι διαφορές ανάμεσα στις δύο μεθοδολογίες (EC-7 και DIN 4017) στην περίπτωση που η μοναδική διαφορά είναι το σχήμα του θεμελίου.

Στη συνέχεια παρατίθενται δύο διαγράμματα στα οποία γίνεται σύγκριση των δύο μεθοδολογιών για τετραγωνικό και λωριδωτό θεμέλιο για δύο τιμές λοξότητας ($H/V=0.1$ και

H/V=0.3) σε μη συνεκτικό και συνεκτικό έδαφος. Σκοπός των διαγραμμάτων αυτών είναι να προσδιοριστούν εύκολα οι διαφορές για την περίπτωση διαφορετικού σχήματος θεμελίου.



Σχ. Γ.57. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για διάσταση τετραγωνικού θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για λόγους $H/V=0.1$ και $H/V=0.3$.



Σχ. Γ.58. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ , για διάσταση τετραγωνικού θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για λόγους $H/V=0.1$ και $H/V=0.3$.

Τα σχόλια που προκύπτουν από τα σχ.3.57 και σχ.3.58 και έχουν παρατηρηθεί και σε προηγούμενες ενότητες δεν αναφέρονται σε αυτό το εδάφιο για λόγους απλότητας των συμπερασμάτων. Τα επιπλέον σχόλια που προκύπτουν από τα προηγούμενα διαγράμματα είναι τα ακόλουθα:

- ❖ Εμφανίζεται διαφορά στη φέρουσα ικανότητα ανάμεσα στις μεθοδολογίες του EC-7 και του DIN 4017 , για την περίπτωση τετραγωνικού θεμελίου (δεν υπάρχει διαφορά στην περίπτωση λωριδωτού θεμελίου).
- ❖ Όσο αυξάνει η επιρροή των όρων της συνοχής και του βάθους στο τριώνυμο της Φ.Ι., τόσο μειώνεται η επιρροή των συντελεστών λοξότητας φορτίου (i_c , i_q , i_γ), και επομένως μειώνεται η διαφορά στις τιμές Φ.Ι. των δύο μεθοδολογιών. Το φαινόμενο αυτό είναι τόσο πιο έντονο όσο μικρότερη είναι η γωνία τριβής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

4.1. Εισαγωγή

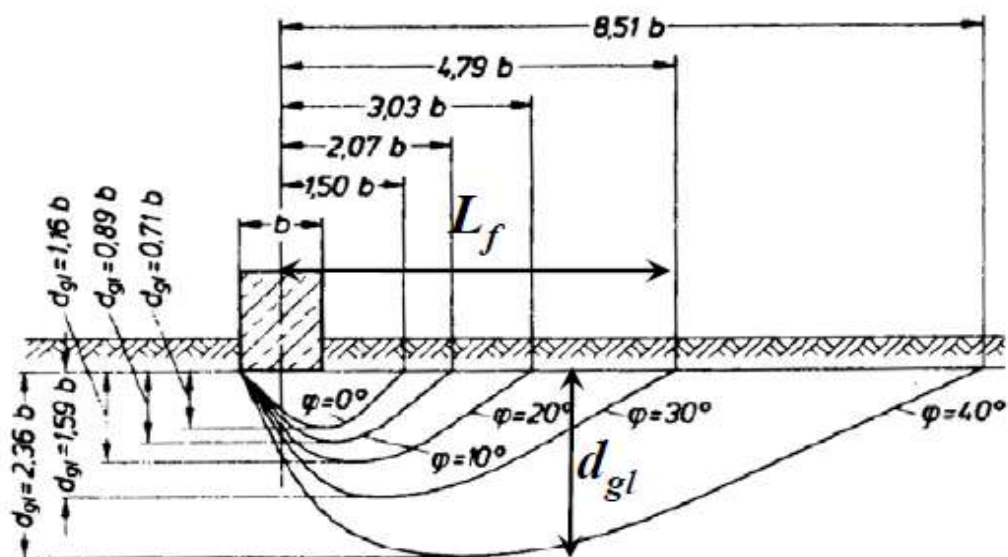
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων που διεξήχθησαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τον κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Abaqus. Σκοπός των παραμετρικών αναλύσεων είναι η σύγκριση της φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων, όπως αυτή προκύπτει από την αριθμητική προσομοίωση με πεπερασμένα στοιχεία, με την αντίστοιχη των αναλυτικών μεθοδολογιών.

4.2. Περιγραφή του αριθμητικού προσομοιώματος

Για τη διερεύνηση του προβλήματος πραγματοποιήθηκαν αριθμητικές αναλύσεις με χρήση του κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Abaqus 6.9.1. Το διακριτοποιημένο προσομοίωμα διδιάστατων πεπερασμένων στοιχείων επίπεδης παραμόρφωσης (plane-strain) σχεδιάστηκε με χρήση του προγράμματος Ansys.

Για τις ανάγκες των αναλύσεων χρησιμοποιήθηκαν τρία προσομοιώματα πεπερασμένων στοιχείων, με σκοπό την ακριβέστερη διερεύνηση του προβλήματος υπολογισμού φέρουσας ικανότητας των θεμελίων. Για θεμέλιο πλάτους $B=2m$ επιλέχθηκε προσομοίωμα πλάτους $70m$ και βάθους $20m$ (σχ.4.2), με τρεις ζώνες πύκνωσης (προσομοίωμα 1). Το δίκτυο των πεπερασμένων στοιχείων είναι πυκνό γύρω από την περιοχή του θεμελίου (στοιχεία διαστάσεων $0.125m \times 0.125m$) και αραιώνει καθώς προσεγγίζονται τα σύνορα του προσομοιώματος. Για θεμέλια πλάτους $B=4m$ και $B=6m$ επιλέχθηκε προσομοίωμα πλάτους $140m$ και βάθους $40m$ (σχ.4.3) με τρεις ζώνες πύκνωσης (προσομοίωμα 2). Η διαδικασία πύκνωσης του δικτύου πεπερασμένων στοιχείων είναι αντίστοιχη αυτής που ακολουθήθηκε στη μόρφωση του προσομοιώματος 1, με τα πεπερασμένα στοιχεία να λαμβάνουν διαστάσεις $0.25m \times 0.25m$ γύρω από την περιοχή του θεμελίου και το δίκτυο να αραιώνει προσεγγίζοντας τα σύνορα του προσομοιώματος. Το τρίτο προσομοίωμα μορφώθηκε για λόγους ακρίβειας των αριθμητικών αναλύσεων διερεύνησης της φέρουσας ικανότητας θεμελίων υπό λοξή και έκκεντρη φόρτιση. Το προσομοίωμα αυτό είχε πλάτος $280m$ και βάθος $80m$ (σχ.4.4), με πεπερασμένα στοιχεία διαστάσεων $0.50m \times 0.50m$ γύρω από την περιοχή του θεμελίου και αραιώση του δικτύου προς τα σύνορα του προσομοιώματος. Οι διαστάσεις για το δίκτυο πεπερασμένων στοιχείων

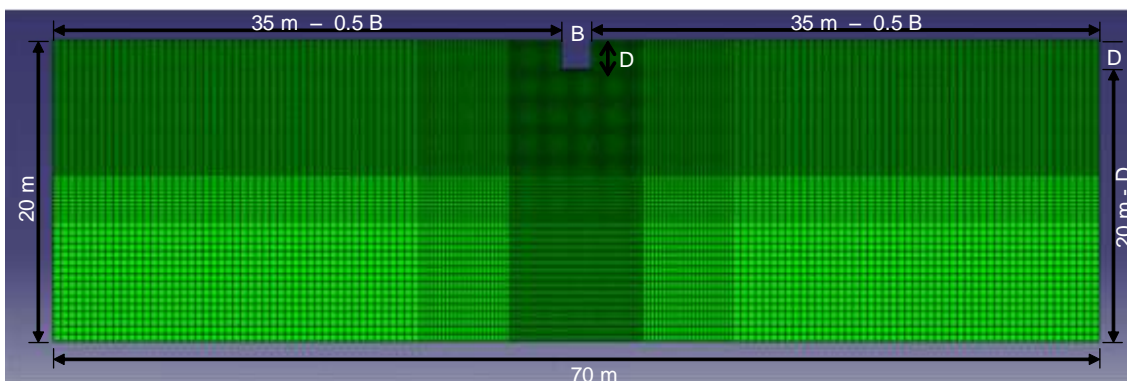
κάθε προσομοίωματος επιλέχθηκαν με βάση το μηχανισμό αστοχίας που προτείνεται από τα Γερμανικά Πρότυπα (DIN 4017), με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζονται τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων από τα σύνορα του προσομοιώματος. Προτείνεται μέγιστη κατακόρυφη (d_{gl}) και οριζόντια (L_f) απόσταση από το κέντρο του θεμελίου μέχρι τα όρια της επιφάνειας αστοχίας, ανάλογα με το πλάτος του θεμελίου (b) και τη γωνία τριβής του εδάφους (φ). Στο σχήμα 4.1 φαίνεται η εξάρτηση των διαστάσεων d_{gl} και L_f από το πλάτος b του θεμελίου και τη γωνία εσωτερικής τριβής φ του εδάφους.



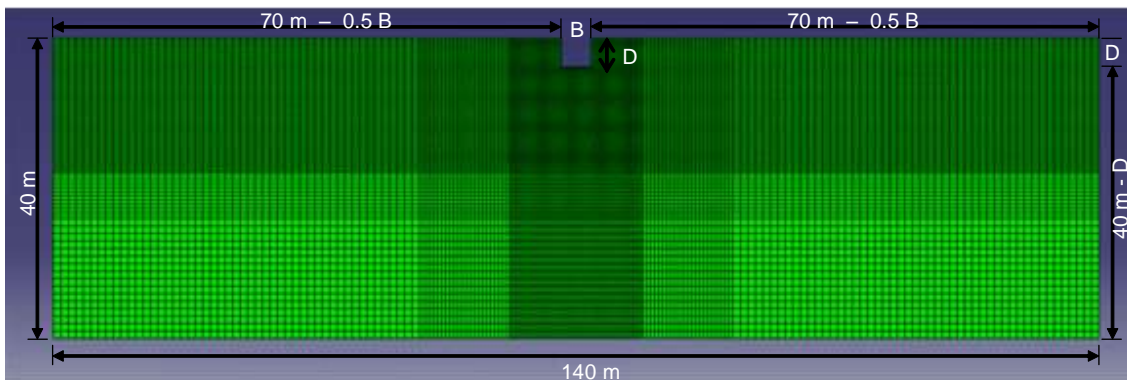
Σχ.4.1. Επιφάνειες αστοχίας με μήκος επιρροής (L_f) και μέγιστο βάθος (d_{gl}) κατά DIN 4017.

Η φέρουσα ικανότητα των θεμελίων της παρούσας εργασίας διερευνήθηκε ως πρόβλημα επίπεδης παραμόρφωσης (plane-strain). Χρησιμοποιήθηκαν διδιάστατα, τετραγωνικά, οκτακομβικά πεπερασμένα στοιχεία συνεχούς μέσου χωρίς πίεση πόρων, τύπου CPE8R (reduced integration). Ο συγκεκριμένος τύπος στοιχείων επιλέχτηκε με σκοπό την εξαγωγή ακριβέστερων αποτελεσμάτων από τις αριθμητικές αναλύσεις. Στην περιοχή του θεμελίου προκύπτουν ενδιάμεσοι κόμβοι στις πλευρές των πεπερασμένων στοιχείων ανά 0.0625m για το προσομοίωμα 1, ανά 0.125m για το προσομοίωμα 2 και ανά 0.25m για το προσομοίωμα 3.

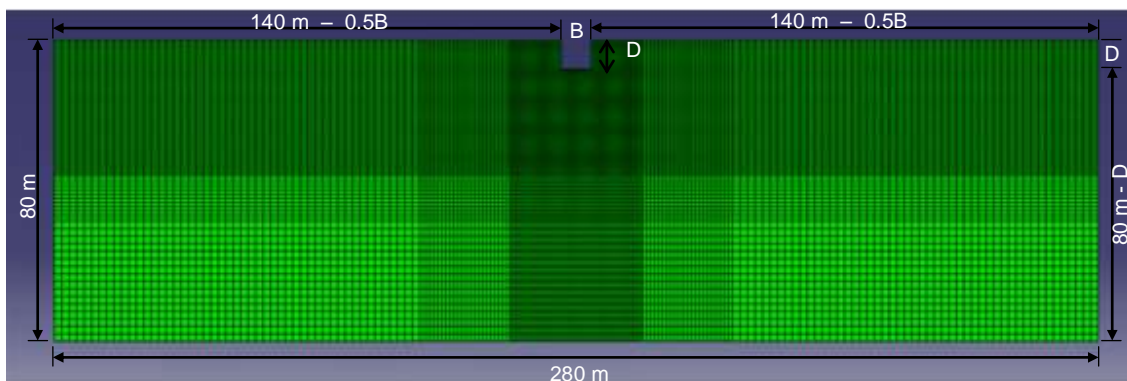
Κατά μήκος των κατακόρυφων συνόρων του δικτύου των πεπερασμένων στοιχείων δεσμεύτηκαν οι εγκάρσιες μετατοπίσεις με χρήση κυλίσεων. Κατά μήκος του οριζόντιου συνόρου της βάσης του προσομοιώματος δεσμεύτηκαν τόσο οι εγκάρσιες όσο και οι διαμήκεις μετατοπίσεις με χρήση αρθρώσεων.



Σχ.4.2. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ 1, με διαστάσεις 70m x 20m



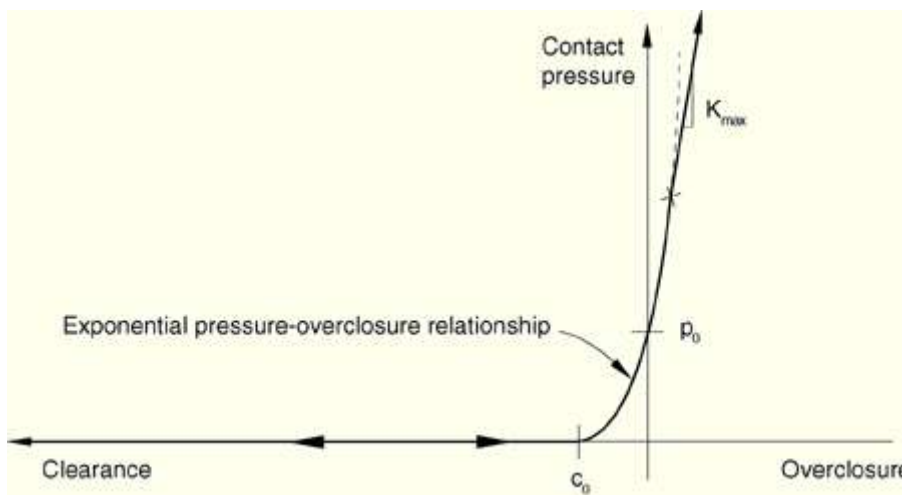
Σχ.4.3. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ 2, με διαστάσεις 140m x 40m



Σχ.4.4. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ 3, με διαστάσεις 280m x 80m

Το θεμέλιο θεωρήθηκε ελαστικό, άκαμπτο και αβαρές. Για την προσομοίωσή του χρησιμοποιήθηκαν άκαμπτα στοιχεία (MPCs), με τα οποία συνδέθηκαν όλοι οι κόμβοι των στερεών στοιχείων του θεμελίου με έναν κεντρικό. Για θεμέλιο εδραζόμενο σε βάθος συνδέθηκαν οι απέναντι κόμβοι των κατακόρυφων παρειών της εκσκαφής με άκαμπτα στοιχεία (MPCs), με σκοπό να αποτραπεί η αστοχία του πρανούς λόγω της εκσκαφής και να διερευνηθεί αποκλειστικά η φέρουσα ικανότητα του θεμελίου στο συγκεκριμένο βάθος έδρασης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διεπιφάνεια μεταξύ της βάσης του θεμελίου και του εδάφους. Επιλέχτηκαν κατάλληλες παράμετροι συμπεριφοράς της διεπιφάνειας με σκοπό την προσομοίωση του μηχανισμού τριβής του θεμελίου με το έδαφος και της πιθανής αποκόλλησης της βάσης του θεμελίου από το υποκείμενο έδαφος υπό καθεστώς έκκεντρης φόρτισης. Αναφορικά με το μηχανισμό τριβής, θεωρήθηκε τραχεία διεπιφάνεια θεμελίου-εδάφους με γωνία τραχύτητας $\delta=\varphi$. Η συμπεριφορά της διεπιφάνειας σε πιέσεις επαφής προσομοιώθηκε από τον εκθετικό νόμο του σχ.4.5, σύμφωνα με τον οποίο για τιμές πίεσης επαφής της διεπιφάνειας μικρότερες από p_0 η βάση του θεμελίου αποκολλάται ελεγχόμενα (από τον εκθετικό νόμο) από το υποκείμενο έδαφος και για την οριακή τιμή c_0 η πίεση μεταξύ των δύο επιφανειών μηδενίζεται.



Σχ.4.5. Εκθετική καμπύλη συμπεριφοράς διεπιφάνειας (*overclosure exponential*)

Στις εξισώσεις των αναλυτικών μεθοδολογιών προσδιορισμού της φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων γίνεται η παραδοχή ότι η γωνία διαστολικότητας ψ ισούται με τη γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους φ . Το καταστατικό προσομοίωμα Mohr-Coulomb αδυνατούσε να προσομοιώσει εύστοχα τη συλλογιστική πορεία επίλυσης του προβλήματος από τις αναλυτικές μεθοδολογίες ($\psi=\varphi$). Τελικά επιλέχθηκε το καταστατικό

προσομοίωμα Drucker-Prager για την προσομοίωση της εδαφικής αντοχής. Το καταστατικό προσομοίωμα Drucker-Prager χρησιμοποιεί τις εδαφικές παραμέτρους β και d κατά αντιστοιχία με τη γωνία εσωτερικής τριβής φ και τη συνοχή c του καταστατικού προσομοιώματος Mohr-Coulomb. Ακολουθούν οι σχέσεις μετατροπής των εδαφικών παραμέτρων φ και c σε β και d :

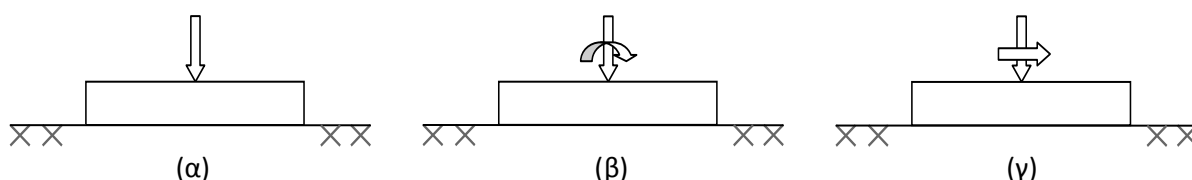
$$\tan\beta = \frac{3\sqrt{3}\tan\varphi}{\sqrt{9 + 12\tan^2\varphi}} \quad (4.1)$$

$$d = \frac{3\sqrt{3}c}{\sqrt{9 + 12\tan^2\varphi}} \quad (4.2)$$

4.3. Δομή αριθμητικών αναλύσεων

Καθένα από τα τρία αριθμητικά προσομοιώματα αναλύθηκε με τον κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Abaqus 6.9.1 για τρία είδη φόρτισης:

- **Κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση** με κατακόρυφο συγκεντρωμένο φορτίο V ασκούμενο στον κεντρικό κόμβο του θεμελίου (σχ.4.6α).
- **Έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση** με κατακόρυφο συγκεντρωμένο φορτίο V και συγκεντρωμένη ροπή M ωρολογιακής φοράς, ασκούμενα στον κεντρικό κόμβο του θεμελίου (σχ.4.6β).
- **Κεντρική και λοξή φόρτιση** με κατακόρυφο συγκεντρωμένο φορτίο V και οριζόντιο συγκεντρωμένο φορτίο H προς τα δεξιά, ασκούμενα στον κεντρικό κόμβο του θεμελίου (σχ.4.6γ).



Σχ.4.6. Είδη φόρτισης. (α) Κεντρική και κατακόρυφη, (β) Έκκεντρη και κατακόρυφη, (γ) Κεντρική και λοξή

Στα θεμέλια των προσομοιωμάτων εφαρμόστηκε στατική φόρτιση. Ανάλογα με τη μελέτη φέρουσας ικανότητας θεμελίου στην επιφάνεια του εδάφους ή σε βάθος D , οι αριθμητικές αναλύσεις ολοκληρώθηκαν σε δύο και τρία βήματα αντίστοιχα. Στο πρώτο βήμα (step 1) της ανάλυσης θεμελίου που εδράζεται στην επιφάνεια του εδάφους ($D=0$) εφαρμόστηκαν οι γεωστατικές συνθήκες στο προσομοίωμα και στο δεύτερο βήμα (step 2) προστέθηκε το θεμέλιο και η εκάστοτε φόρτιση που το καταπονεί. Για την περίπτωση που το θεμέλιο εδράζεται σε βάθος ($D \neq 0$), στο πρώτο βήμα των αναλύσεων (step 1) εφαρμόστηκαν οι γεωστατικές συνθήκες στο προσομοίωμα και στο δεύτερο βήμα (step 2) αφαιρέθηκαν τα στοιχεία εδάφους που υπέρκεινται του θεμελίου. Επιπλέον, προστέθηκε το θεμέλιο και συνδέθηκαν οι εκατέρωθεν κόμβοι των κατακόρυφων παρειών της εκσκαφής με άκαμπτα στοιχεία (MPCs). Στο τρίτο βήμα (step 3) εφαρμόστηκε η αντίστοιχη φόρτιση για τον υπολογισμό της εκάστοτε φέρουσας ικανότητας του θεμελίου σε βάθος.

Σημειώνεται ότι η επιφόρτιση των θεμελίων που εξετάστηκαν ως προς τη φέρουσα ικανότητά τους, μελετήθηκε παραμετρικά. Το κατακόρυφο φορτίο V που εφαρμόστηκε στα θεμέλια των αριθμητικών αναλύσεων της παρούσας εργασίας έλαβε τιμή που προσεγγίζει 1,5 φορά τη μέγιστη φέρουσα ικανότητα, όπως αυτή προβλέπεται από τον Ευρωκώδικα 7. Οι αντίστοιχες τιμές των ροπών M και των οριζόντιων φορτίων H που εξετάστηκαν παραμετρικά στις αριθμητικές αναλύσεις, εφαρμόστηκαν σύμφωνα με τη σχέση εκκεντρότητας ($e=M/V$) ή λοξότητας ($\theta=\arctan(H/V)$) αντίστοιχα.

4.4. Παραμετρική διερεύνηση αριθμητικών αναλύσεων

Έπειτα από την οριστικοποίηση των διαστάσεων και του δικτύου πεπερασμένων στοιχείων των προσομοιωμάτων (τύπος πεπερασμένων στοιχείων, προσομοίωση θεμελίου, δομή αριθμητικών αναλύσεων) πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες αριθμητικές αναλύσεις.

Αρχικά εκτελέστηκαν οι αναλύσεις για θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους ($D=0$) για τους προαναφερθέντες συνδυασμούς φόρτισης (κεντρική και κατακόρυφη, έκκεντρη και κατακόρυφη, κεντρική και λοξή). Κατόπιν, εκτελέστηκαν οι αναλύσεις για θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος $D \neq 0$, για όλους τους συνδυασμούς φόρτισης που εφαρμόστηκαν στις περιπτώσεις θεμελίων εδραζόμενων στην επιφάνεια του εδάφους.

Πραγματοποιήθηκαν αριθμητικές αναλύσεις για περιπτώσεις τόσο μη συνεκτικών ($c=0$) όσο και συνεκτικών εδαφών ($c=10\text{kPa}$) και για διάφορους δυνατούς συνδυασμούς πλάτους θεμελίου B και βάθους θεμελίωσης D . Στην περίπτωση έκκεντρης και κατακόρυφης φόρτισης πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις για δύο τιμές του λόγου εκκεντρότητας φορτίου προς πλάτος θεμελίου (e/B). Αντίστοιχα, στην περίπτωση κεντρικής και λοξής φόρτισης οι

αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για δύο τιμές του λόγου οριζόντιου προς κατακόρυφο φορτίο (H/V).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι παράμετροι των αριθμητικών αναλύσεων για το έδαφος, το θεμέλιο και την επιβαλλόμενη φόρτιση:

Έδαφος

Ειδικό βάρος εδάφους: $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$

Μέτρο ελαστικότητας εδάφους : $E_{\text{soil}} = 300 \text{ MPa}$

Συνοχή εδάφους: $c = 0$, 10 kPa

Γωνία εσωτερικής τριβής εδάφους: $\phi = 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$

Σημειώνεται ότι οι τιμές των εδαφικών παραμέτρων c , ϕ που επιλέχθηκαν, μετατρέπονταν στις εδαφικές παραμέτρους β , d του καταστατικού προσομοιώματος Drucker-Prager που χρησιμοποιήθηκε στις αριθμητικές αναλύσεις, εφαρμόζοντας τις σχέσεις 4.1 και 4.2 που προαναφέρθηκαν.

Ο συντελεστής ουδέτερης ώθησης K_0 και ο λόγος Poisson ν για γωνίες εσωτερικής τριβής του εδάφους $\phi=20^\circ, 25^\circ$ επιλέχθηκαν στις αριθμητικές αναλύσεις σύμφωνα με τις σχέσεις 4.3 και 4.4, για λόγους αποφυγής της πλαστικής διαρροής του προσομοιώματος στις γεωστατικές συνθήκες. Για μεγαλύτερες γωνίες εσωτερικής τριβής του εδάφους επιλέχθηκε συντελεστής ουδέτερης ώθησης $K_0=0.50$ και λόγος Poisson $\nu=0.333$.

$$K_0 = 1 - \sin\phi \quad (4.3)$$

$$K_0 = \frac{\nu}{\nu - 1} \quad (4.4)$$

Θεμέλιο

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι συνδυασμοί πλάτους θεμελίου B και βάθους έδρασης D, όπως εφαρμόστηκαν στις αριθμητικές αναλύσεις της παρούσας εργασίας:

Πίνακας 4.1. Συνδυασμοί πλάτους θεμελίου B και βάθους έδρασης D των αριθμητικών αναλύσεων.

	B (m)	D (m)
Συνδυασμός 1	2	0
Συνδυασμός 2	2	1
Συνδυασμός 3	2	2
Συνδυασμός 4	4	0
Συνδυασμός 5	4	2
Συνδυασμός 6	4	4
Συνδυασμός 7	6	0

Επιβαλλόμενη φόρτιση

Στην περίπτωση έκκεντρης και κατακόρυφης φόρτισης πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις για τιμές του λόγου εκκεντρότητας φορτίου προς πλάτος θεμελίου $e/B=1/6$ και $e/B=1/8$.

Στην περίπτωση κεντρικής και λοξής φόρτισης θεμελίου οι αναλύσεις εκτελέστηκαν για τιμές του λόγου οριζόντιου προς κατακόρυφο φορτίο $H/V=0.1$ και $H/V=0.3$.

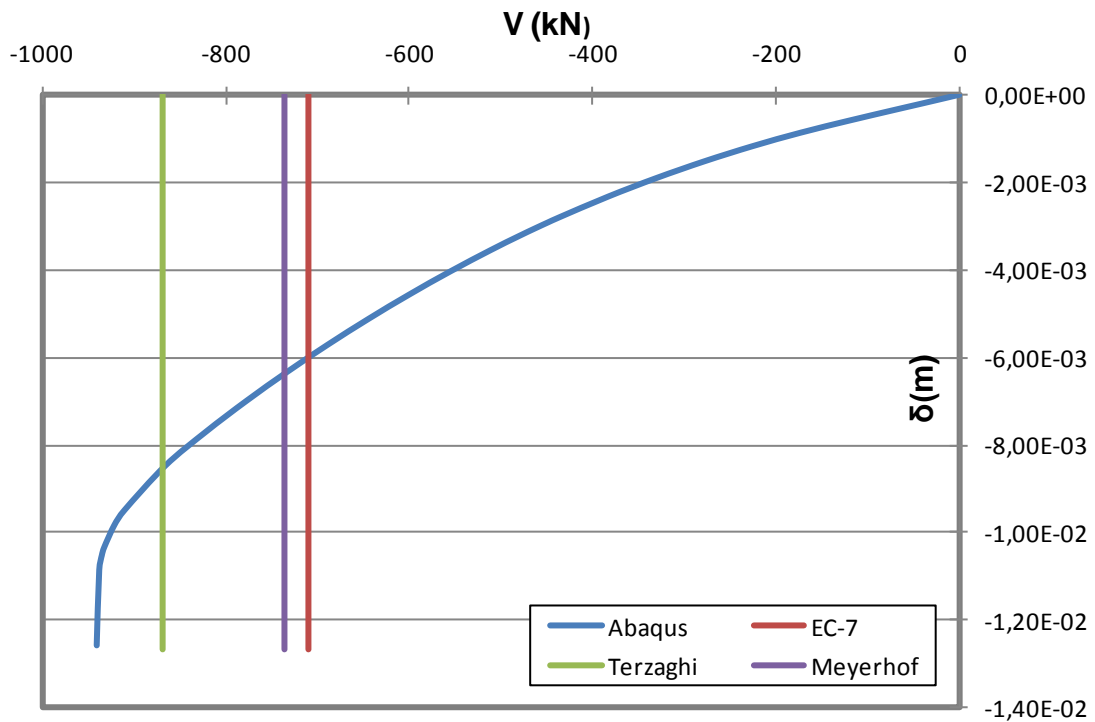
Ο συνδυασμός των ανωτέρω παραμέτρων επέβαλλε την εκτέλεση **280** αριθμητικών αναλύσεων, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται σε επόμενη ενότητα.

4.5. Αποτελέσματα αριθμητικών αναλύσεων

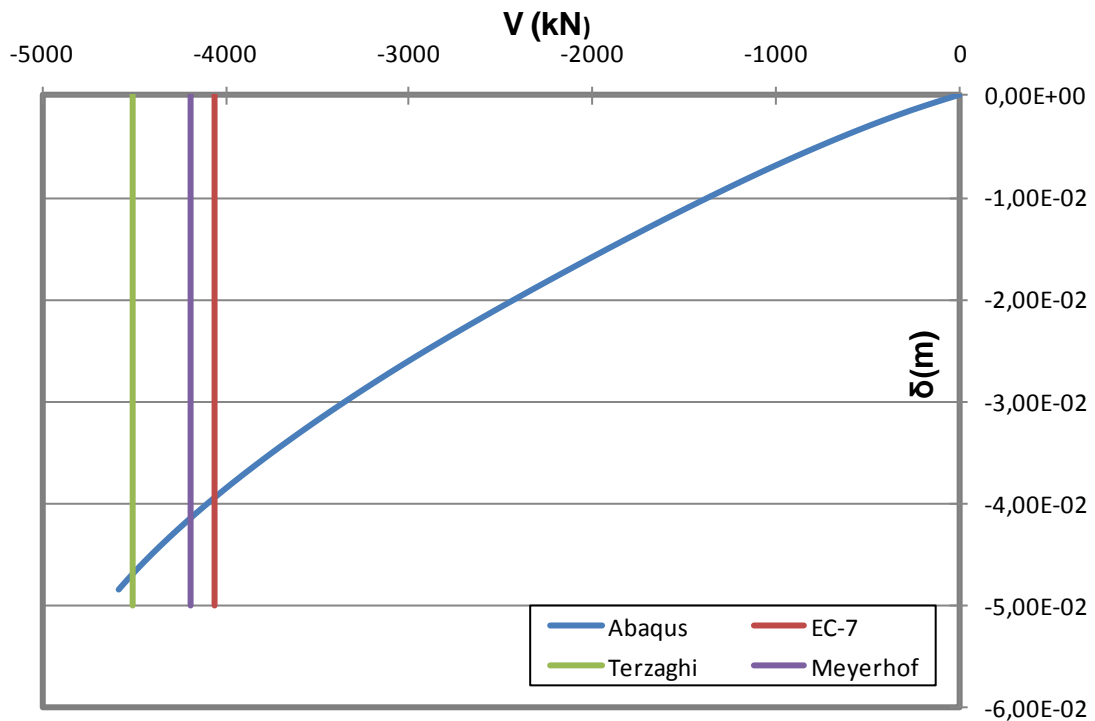
Κατόπιν ολοκλήρωσης των αριθμητικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν με χρήση του κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Abaqus 6.9.1, μορφώθηκαν καμπύλες κατακόρυφου φορτίου (V) συναρτήσεως της καθίζησης (δ), όπως αυτά υπολογίστηκαν στον κεντρικό κόμβο της διεπιφάνειας θεμελίου-εδάφους. Ως οριακό φορτίο θραύσεως Q_{ult} σε κάθε ανάλυση λήφθηκε η τιμή του κατακόρυφου φορτίου (V), πέραν της οποίας εμφανίζεται αδυναμία σύγκλισης στην αριθμητική ολοκλήρωση του καταστατικού προσομοιώματος. Η παραπάνω αδυναμία σύγκλισης εμφανίστηκε είτε ως εμφανές σημείο καμπής της καμπύλης $V-\delta$ για μικρές γωνίες εσωτερικής τριβής ($\phi=\psi=20^\circ, 25^\circ$) - η καμπύλη γινόταν σχεδόν κατακόρυφη - , είτε ως αδυναμία παραλαβής φορτίου χωρίς έντονη μεταβολή κλίσης της καμπύλης $V-\delta$ για μεγάλες γωνίες εσωτερικής τριβής ($\phi=\psi=30^\circ, 35^\circ$).

Η καμπύλη $V-\delta$ που προκύπτει από κάθε αριθμητική ανάλυση, συγκρίνεται με την τιμή του οριακού φορτίου Q_{ult} κατά τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof και Ευρωκώδικα 7 για τις περιπτώσεις θεμελίων υπό κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση. Για τις αριθμητικές αναλύσεις θεμελίων υπό έκκεντρη κατακόρυφη και κεντρική λοξή φόρτιση η τιμή του Q_{ult} συγκρίνεται με την αντίστοιχη προβλεπόμενη των μεθοδολογιών Meyerhof και Ευρωκώδικα 7. Στο Παράρτημα Δ παρατίθεται πίνακας στον οποίο συνοψίζονται οι τιμές του οριακού φορτίου Q_{ult} που προέκυψαν από όλες τις αριθμητικές αναλύσεις, καθώς και οι αντίστοιχες τιμές των μεθοδολογιών με τις οποίες συγκρίνονται.

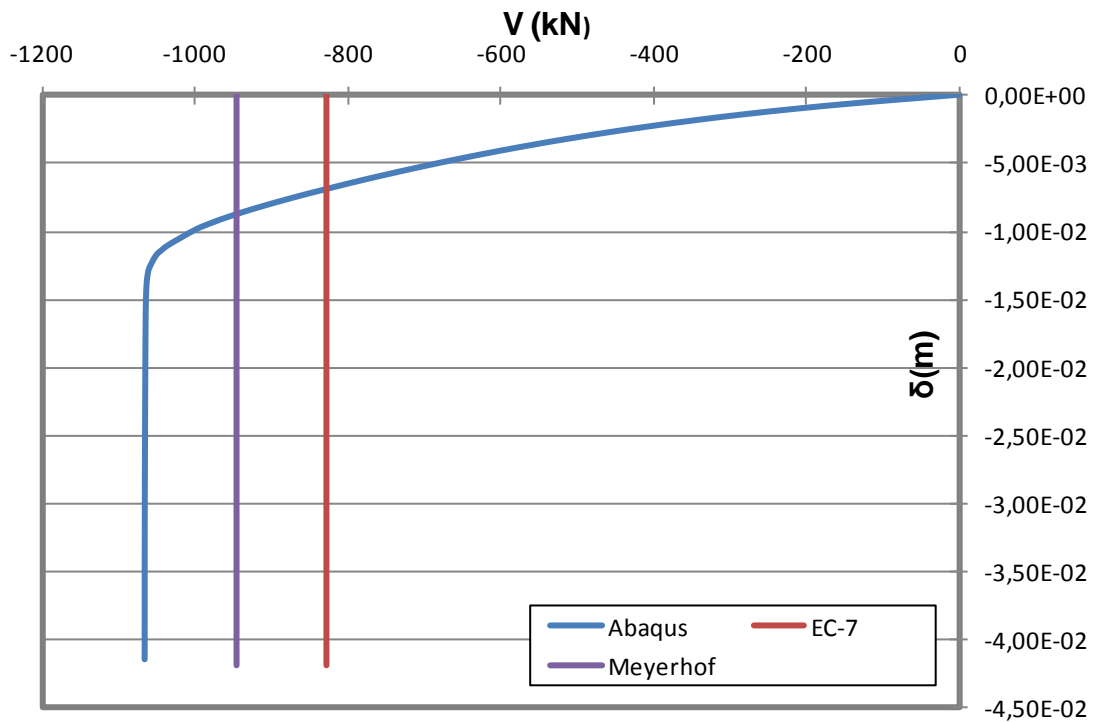
Ενδεικτικά παρουσιάζονται έξι καμπύλες κατακόρυφου φορτίου-καθίζησης $V-\delta$ που αντιστοιχούν στα τρία είδη φόρτισης των αριθμητικών αναλύσεων που εκτελέστηκαν – κεντρική κατακόρυφη (σχ.4.7 και σχ.4.8), έκκεντρη κατακόρυφη (σχ.4.9 και σχ.4.10), κεντρική λοξή (σχ.4.11 και σχ.4.12).



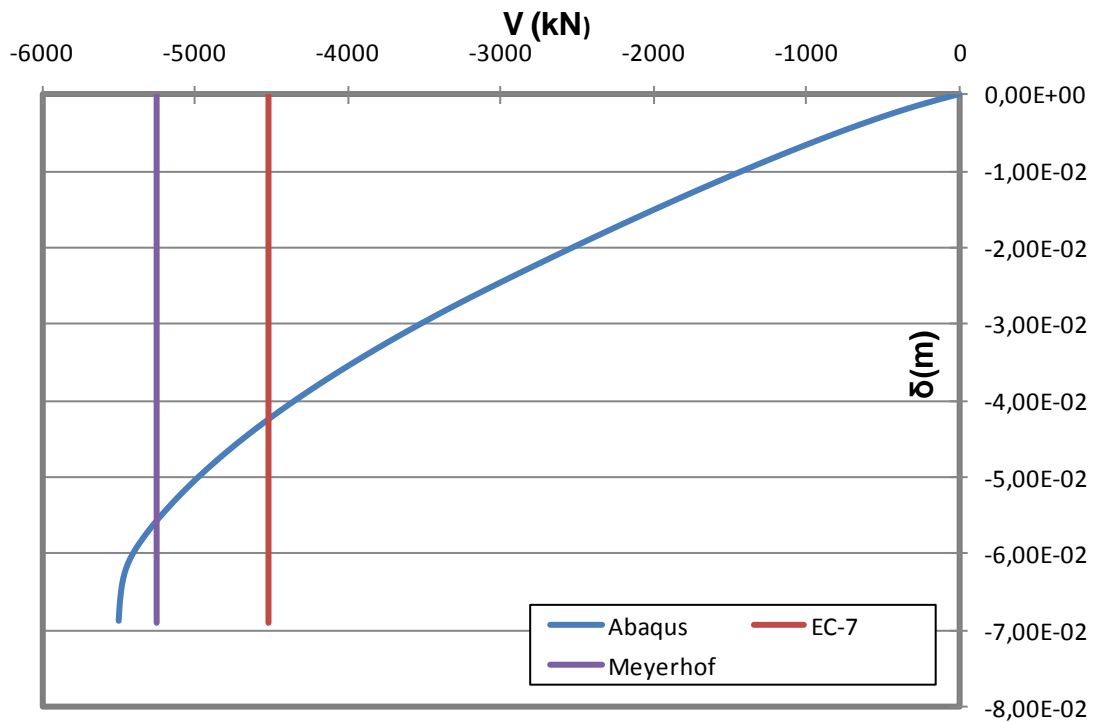
Σχ.4.7. Καμπύλη φορτίου-καθίζησης για θεμέλιο πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος $D=1m$ υπό κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση, σε έδαφος με παραμέτρους αντοχής $c=10kPa$ και $\varphi=20^\circ$



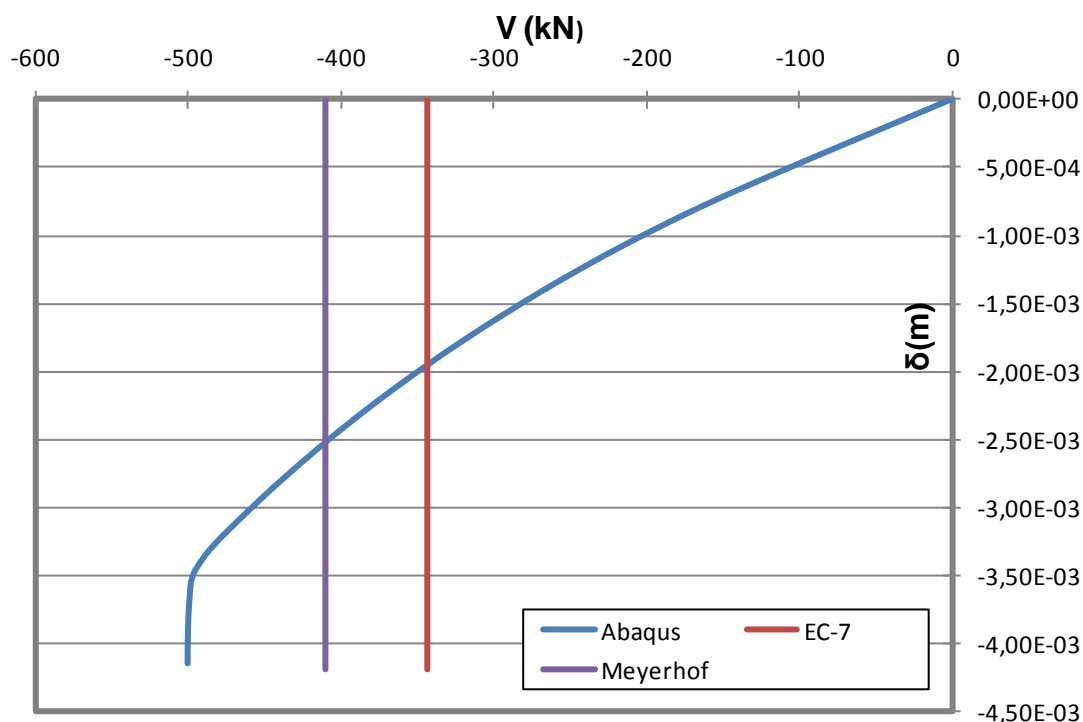
Σχ.4.8. Καμπύλη φορτίου-καθίζησης για θεμέλιο πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος $D=1m$ υπό κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση, σε έδαφος με παραμέτρους αντοχής $c=10kPa$ και $\varphi=35^\circ$



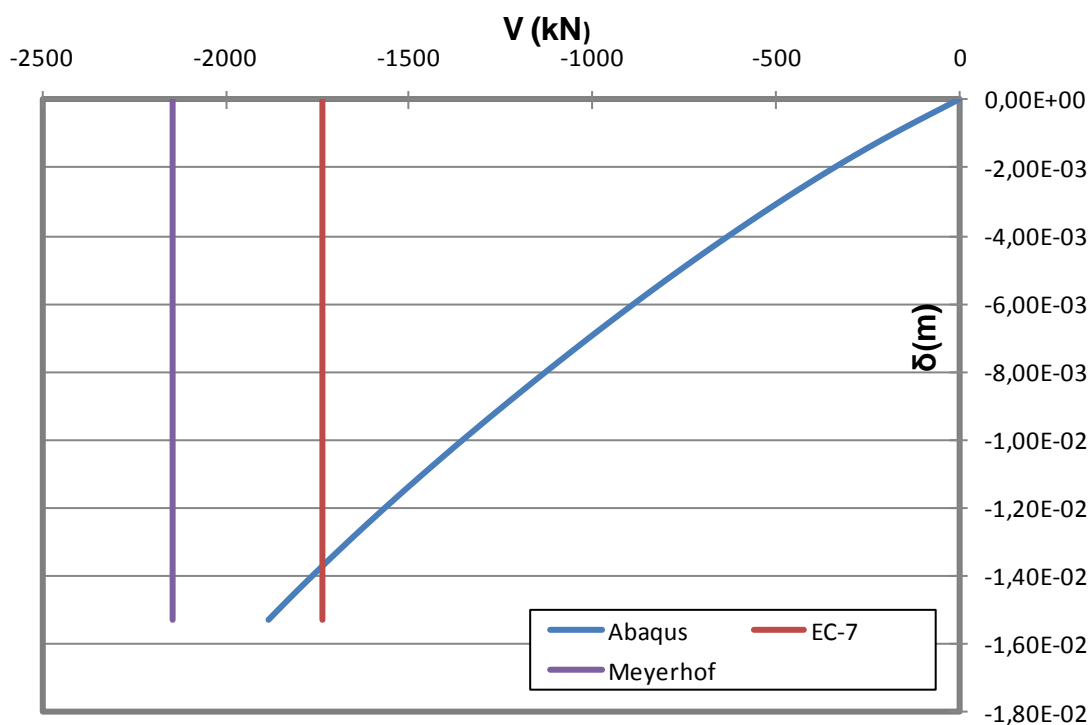
Σχ.4.9. Καμπύλη φορτίου-καθίζησης για θεμέλιο πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος $D=2m$ υπό έκκεντρή και κατακόρυφη φόρτιση με λόγο $e/B=1/8$, σε έδαφος με παραμέτρους αντοχής $c=10kPa$ και $\phi=20^\circ$



Σχ.4.10. Καμπύλη φορτίου-καθίζησης για θεμέλιο πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος $D=2m$ υπό έκκεντρή και κατακόρυφη φόρτιση με λόγο $e/B=1/8$, σε έδαφος με παραμέτρους αντοχής $c=10kPa$ και $\phi=35^\circ$

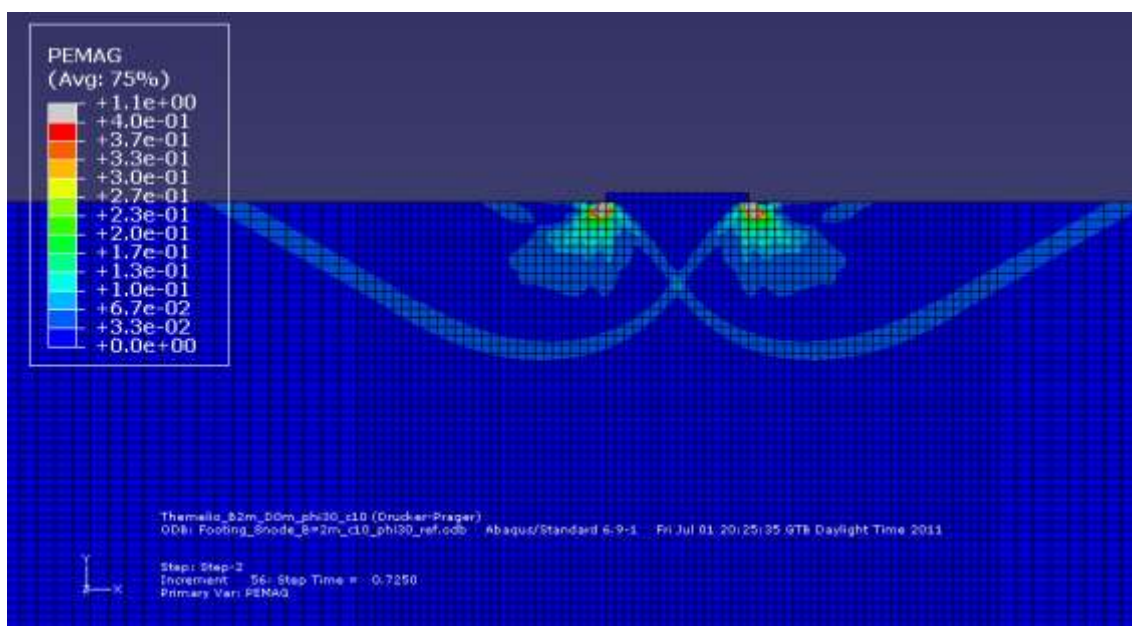


Σχ.4.11. Καμπύλη φορτίου-καθίζησης για θεμέλιο πλάτους $B=2\text{m}$, εδραζόμενο σε βάθος $D=1\text{m}$ υπό κεντρική και λοξή φόρτιση με λόγο $H/V=0.3$, σε έδαφος με παραμέτρους αντοχής $c=10\text{kPa}$ και $\phi=20^\circ$



Σχ.4.12. Καμπύλη φορτίου-καθίζησης για θεμέλιο πλάτους $B=2\text{m}$, εδραζόμενο σε βάθος $D=1\text{m}$ υπό κεντρική και λοξή φόρτιση με λόγο $H/V=0.3$, σε έδαφος με παραμέτρους αντοχής $c=10\text{kPa}$ και $\phi=35^\circ$

Ακολουθεί ενδεικτική απεικόνιση των περιοχών πλαστικής διαρροής, όπως προέκυψαν από την αριθμητική ανάλυση θεμελίου πλάτους $B=2\text{m}$ υπό κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση, εδραζόμενου στην επιφάνεια του εδάφους με παραμέτρους αντοχής $c=10\text{kPa}$ και $\varphi=30^\circ$. Στο σχ.4.13 παρουσιάζεται καθαρά ο μηχανισμός αστοχίας του εδάφους υπό μορφή ζωνών πλαστικής διαρροής.



Σχ.4.13. Μηχανισμός αστοχίας αριθμητικής ανάλυσης θεμελίου $B=2\text{m}$ υπό κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους με παραμέτρους αντοχής $c=10\text{kPa}$ και $\varphi=30^\circ$.

4.6. Διαγραμματική σύγκριση αποτελεσμάτων αριθμητικών αναλύσεων και αναλυτικής μεθοδολογίας EC-7

Αποσκοπώντας σε σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις αριθμητικές αναλύσεις με τις τιμές φέρουσας ικανότητας κατά τον Ευρωκώδικα 7, μορφώθηκαν αδιαστατοποιημένα διαγράμματα. Στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζεται ο λόγος των τιμών φέρουσας ικανότητας που προέκυψαν από τις αριθμητικές αναλύσεις με τον κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Abaqus προς τις αντίστοιχες τιμές κατά EC-7, συναρτήσει της γωνίας εσωτερικής τριβής φ . Επιπλέον, μορφώθηκαν διαγράμματα οριακού φορτίου Q_{ult} συναρτήσει της γωνίας εσωτερικής τριβής φ . Σε κοινό διάγραμμα απεικονίζονται οι τιμές του Q_{ult} που προέκυψαν από τις αριθμητικές αναλύσεις και οι αντίστοιχες τιμές του οριακού φορτίου που προτείνει ο Ευρωκώδικας 7. Τα διαγράμματα αυτά παρατίθενται στο

Παράρτημα Ε, αφού θεωρήθηκε ότι η σύγκριση των αποτελεσμάτων είναι πιο ευκρινής μέσω των αδιαστατοποιημένων διαγραμμάτων.

Η παρούσα ενότητα χωρίζεται σε δύο κύριες κατηγορίες ανάλογα με το είδος της φόρτισης (έκκεντρη κατακόρυφη και κεντρική λοξή). Σημειώνεται ότι η κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση συμπεριλαμβάνεται τόσο στα διαγράμματα φέρουσας ικανότητας θεμελίων υπό έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση με λόγο $e/B=0$, όσο και στα διαγράμματα κεντρικής και λοξής φόρτισης με λόγο $H/V=0$.

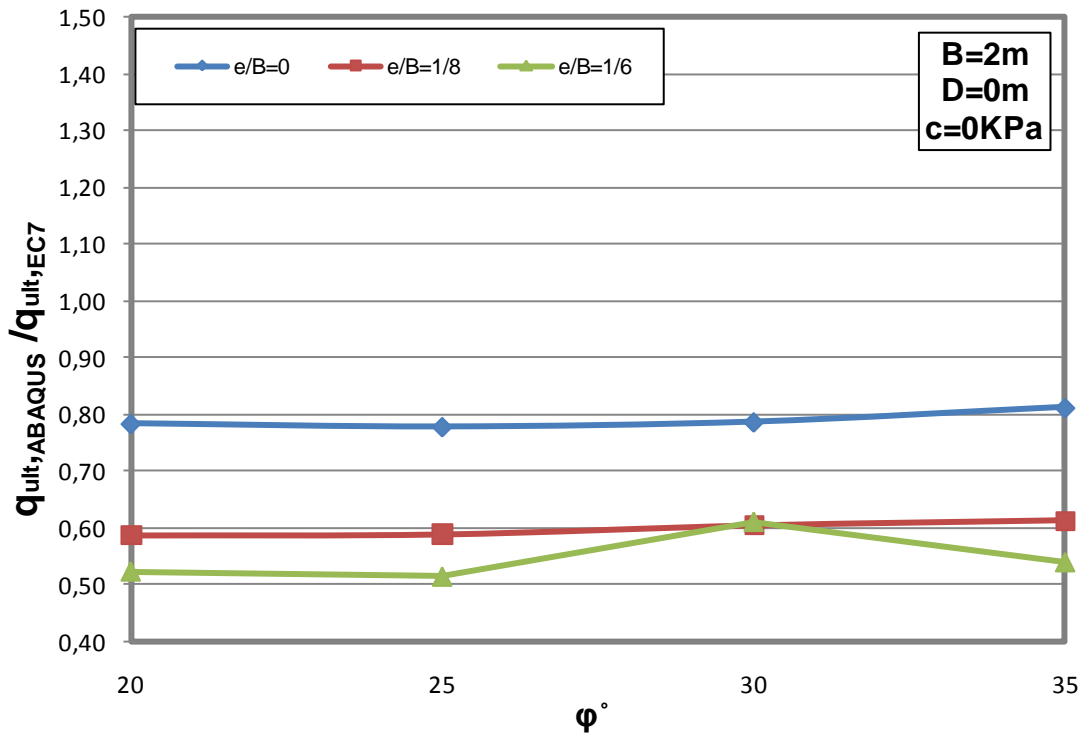
4.6.1. Έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση

4.6.1.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)

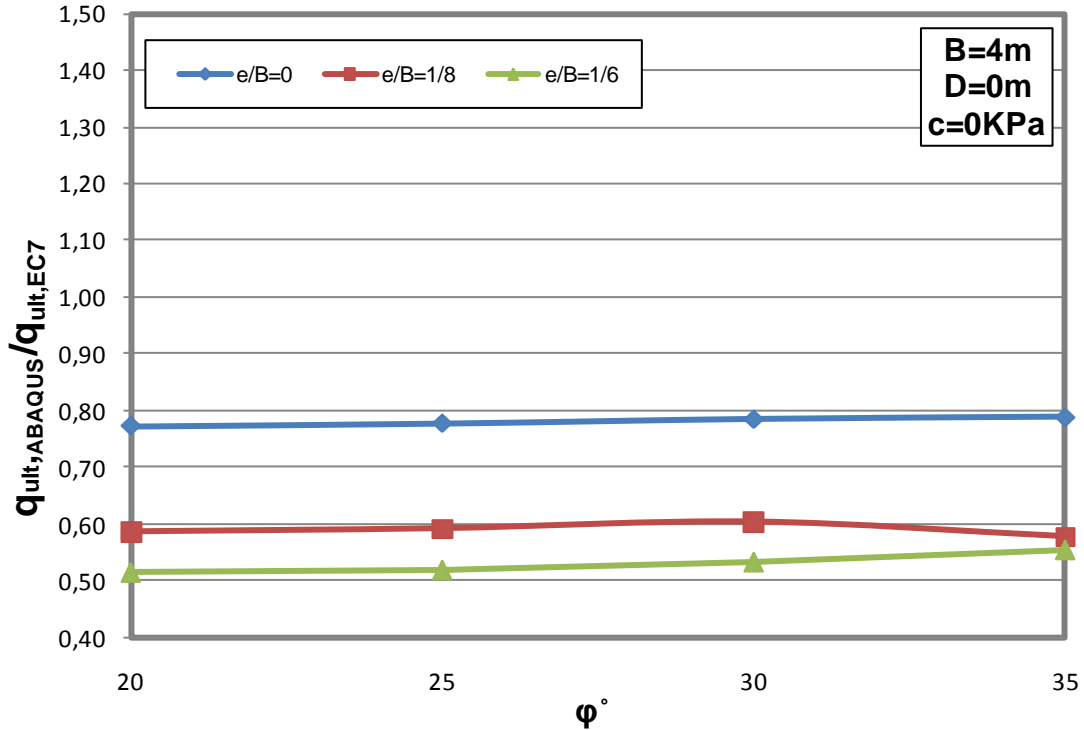
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα του λόγου της τιμής της φέρουσας ικανότητας όπως προέκυψε από τις αριθμητικές αναλύσεις προς τη φέρουσα ικανότητα της μεθοδολογίας του Ευρωκώδικα 7 για θεμέλια υπό έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση σε μη συνεκτικό έδαφος, συναρτήσει της γωνίας εσωτερικής τριβής ϕ . Για ευκολότερη εξαγωγή συμπερασμάτων γίνεται διαχωρισμός των διαγραμμάτων σε δύο κατηγορίες: τα διαγράμματα που αφορούν θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους και τα διαγράμματα που αφορούν θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D .

• Θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους

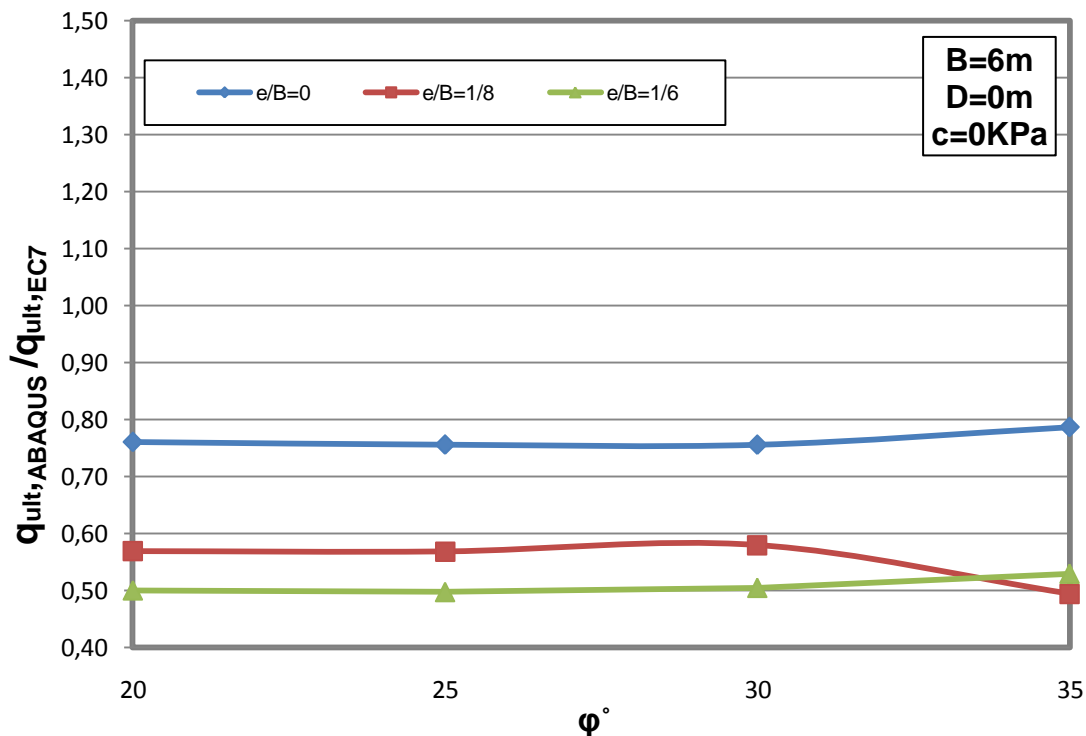
Στη συνέχεια παρατίθενται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προς τις αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας όπως αυτές προκύπτουν από τον Ευρωκώδικα 7, για θεμέλια πλάτους $B=2, 4, 6$ m εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους σε μη συνεκτικό έδαφος.



Σχ.4.14. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ.4.15. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



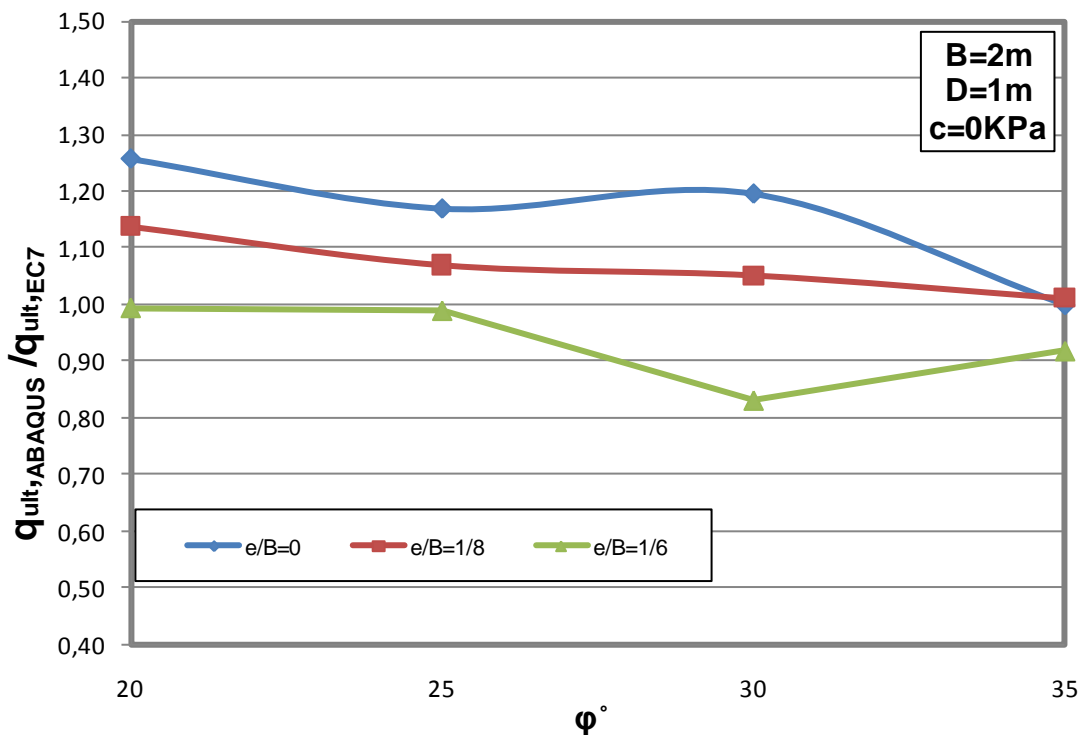
Σχ.4.16. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής φ για πλάτος θεμελίου $B=6m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια για θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια μη συνεκτικού εδάφους ($D=0$, $c=0$):

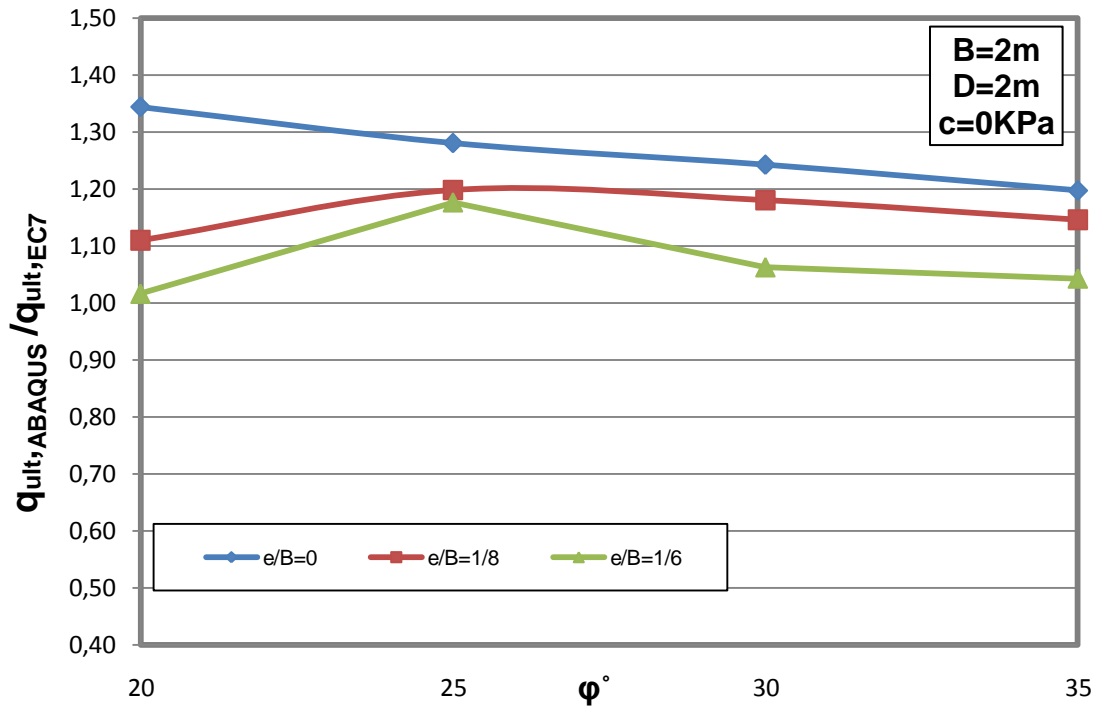
- ❖ Η μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 προτείνει μεγαλύτερες τιμές φέρουσας ικανότητας συγκριτικά με τις τιμές που προκύπτουν από τις αριθμητικές αναλύσεις του κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Abaqus για κάθε τιμή του πλάτους θεμελίου B που εξετάστηκε. Το εύρος τιμών του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ σε όλα τα διαγράμματα κυμαίνεται μεταξύ 0.50 – 0.80.
- ❖ Αυξάνοντας την εκκεντρότητα (αύξηση του λόγου e/B) παρατηρείται αύξηση της απόκλισης μεταξύ των τιμών φέρουσας ικανότητας του EC-7 και αυτών που υπολογίστηκαν από τις αριθμητικές αναλύσεις (μικρός λόγος $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$).
- ❖ Σε κάθε περίπτωση εκκεντρότητας, ο λόγος $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ διατηρείται σταθερός για το μεγαλύτερο εύρος γωνιών εσωτερικής τριβής φ των εδαφών που εξετάστηκαν.

• **Θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D από την επιφάνεια του εδάφους**

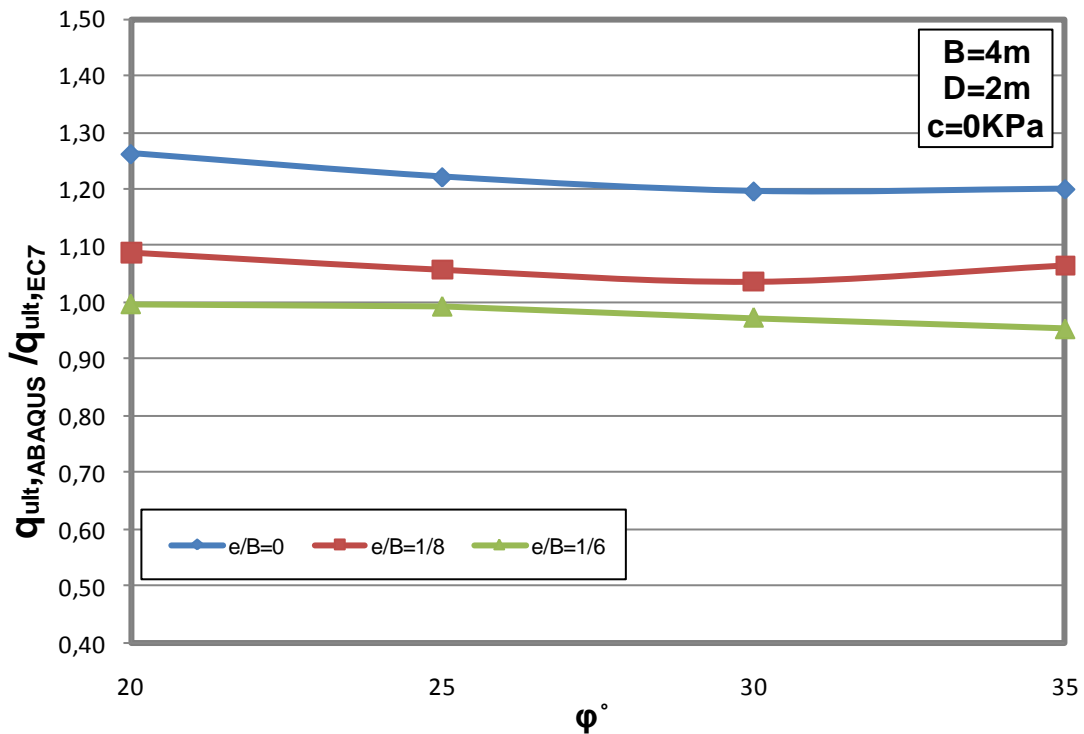
Στη συνέχεια παρατίθενται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προς τις αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας που προκύπτουν από τον Ευρωκώδικα 7. Τα διαγράμματα αυτά μορφώθηκαν για θεμέλιο με πλάτος $B=2m$ εδραζόμενο σε βάθη $D=1m$ και $D=2m$, καθώς και για θεμέλιο πλάτους $B=4m$ εδραζόμενο σε βάθη $D=2m$ και $D=4m$ από την επιφάνεια του εδάφους σε μη συνεκτικό έδαφος.



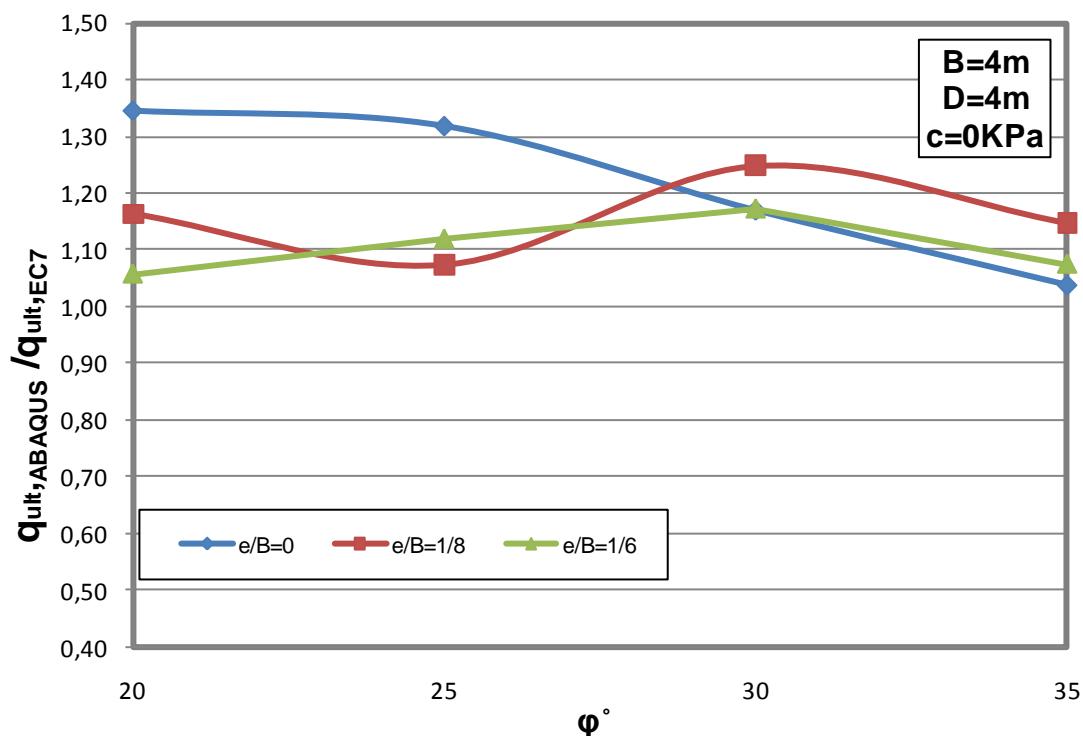
Σχ.4.17. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος έδρασης $D=1m$, για διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ.4.18. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος έδρασης $D=2m$, για διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ.4.19. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος έδρασης $D=2m$, για διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ.4.20. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής φ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος έδρασης $D=4m$, για διάφορους λόγους e/B σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια για θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D σε μη συνεκτικό έδαφος ($D \neq 0$, $c=0$):

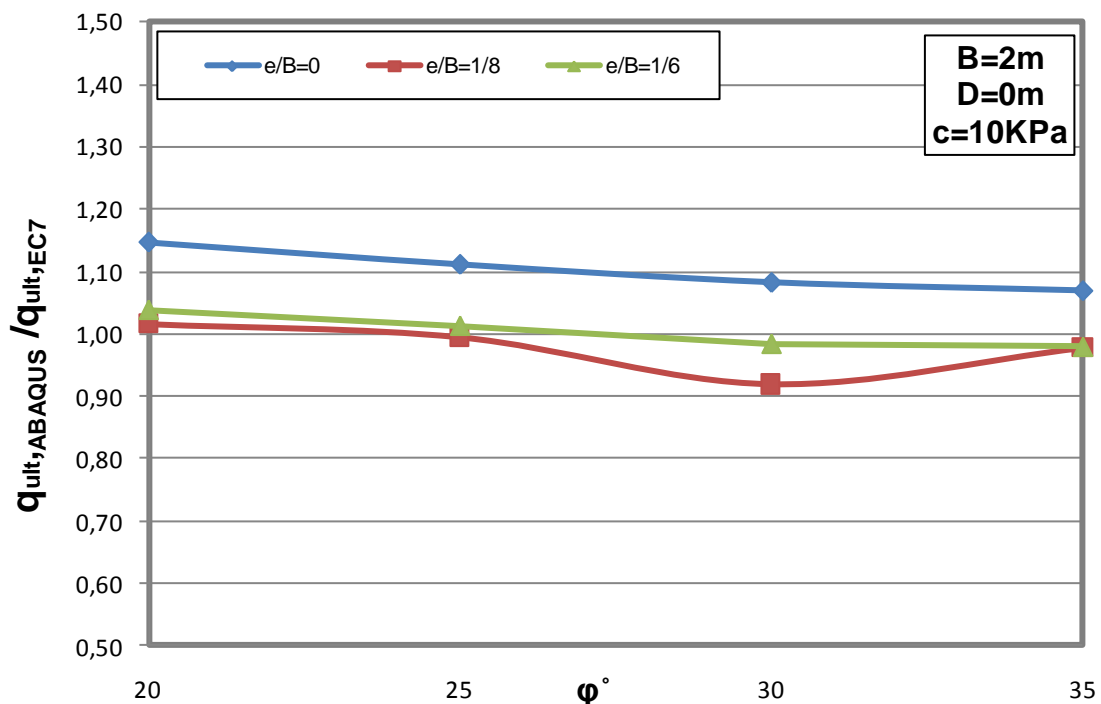
- ❖ Παρατηρείται ότι οι τιμές φέρουσας ικανότητας που προκύπτουν με βάση τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 είναι μικρότερες από αυτές που υπολογίστηκαν από τις αριθμητικές αναλύσεις για θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D .
- ❖ Συγκρίνοντας το σχ.4.17 με το σχ.4.18 και το σχ.4.19 με το σχ.4.20, παρατηρείται αύξηση του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ με αύξηση του βάθους θεμελίωσης D , για όλες τις περιπτώσεις εκκεντρότητας φορτίου ανεξάρτητα από το πλάτος θεμελίου B .
- ❖ Από σύγκριση των σχ.4.18 και σχ.4.19 που απεικονίζουν θεμέλια διαφορετικού πλάτους B , εδραζόμενα στο ίδιο βάθος $D=2m$, παρατηρείται ότι με την αύξηση του πλάτους θεμελίου B και για κάθε τιμή εκκεντρότητας ο EC-7 υπολογίζει μικρότερες τιμές φέρουσας ικανότητας από αυτές των αριθμητικών αναλύσεων.

4.6.1.2. Συνεκτικό έδαφος ($c=10\text{kPa}$)

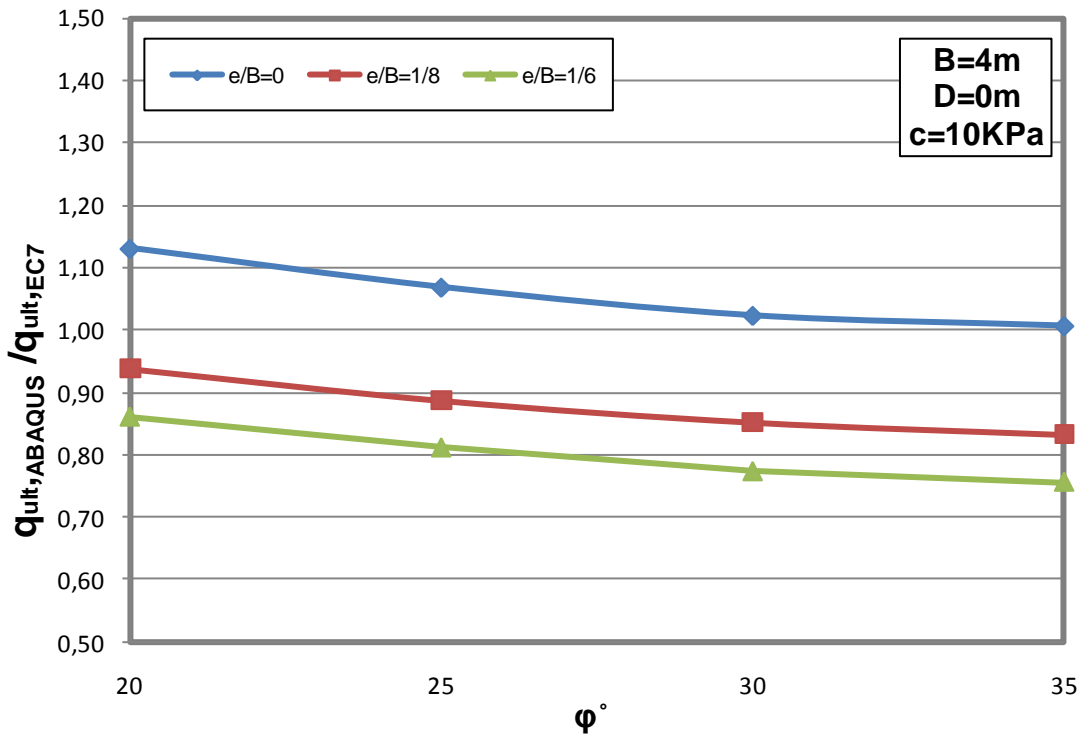
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα του λόγου της τιμής της φέρουσας ικανότητας όπως προέκυψε από τις αριθμητικές αναλύσεις προς τη φέρουσα ικανότητα που προτείνει η μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7, για θεμέλια υπό έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση σε συνεκτικό έδαφος με $c=10\text{kPa}$ συναρτήσει της γωνίας εσωτερικής τριβής φ . Ομοίως με την παραπάνω ενότητα για μη συνεκτικό έδαφος, γίνεται διαχωρισμός των διαγραμμάτων σε δύο κατηγορίες: τα διαγράμματα που αφορούν θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους και τα διαγράμματα που αφορούν θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D .

- **Θεμέλιο εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους**

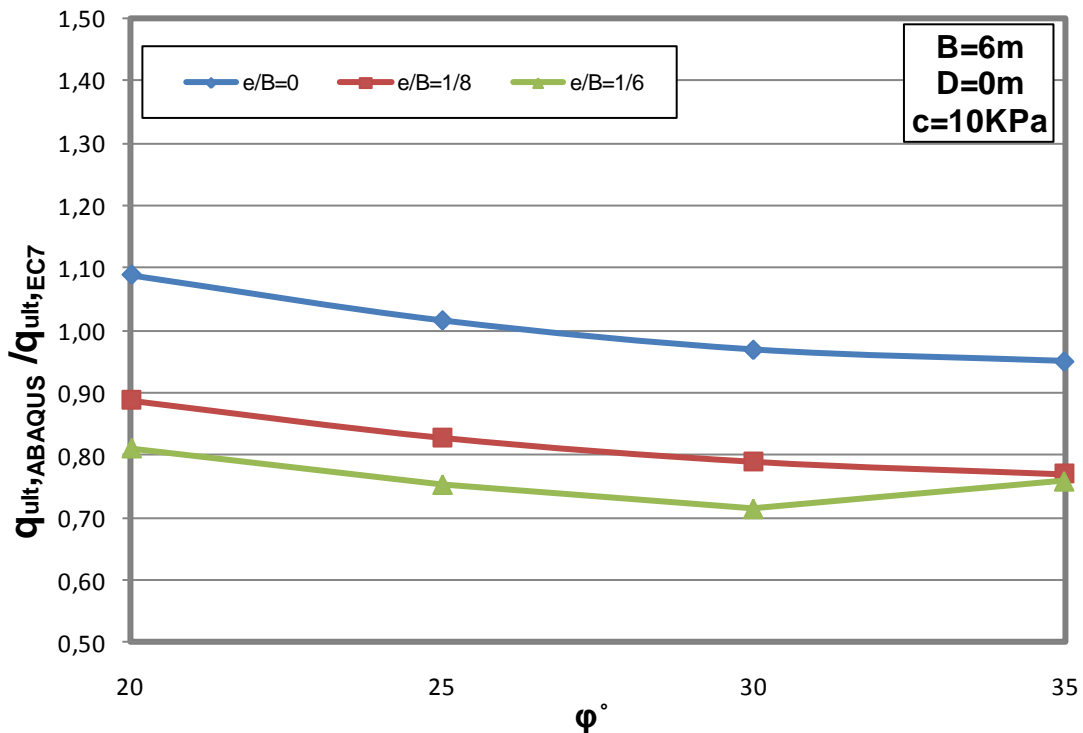
Στη συνέχεια παρατίθενται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προς τις αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας όπως αυτές προκύπτουν από τον Ευρωκώδικα 7, για θεμέλια πλάτους $B=2, 4, 6\text{ m}$ εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους και σε έδαφος με συνοχή $c=10\text{kPa}$.



Σχ.4.21. Μεταβολή του λόγου $q_{ult, ABAQUS} / q_{ult, EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής φ για πλάτος θεμελίου $B=2\text{m}$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10\text{kPa}$.



Σχ.4.22. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



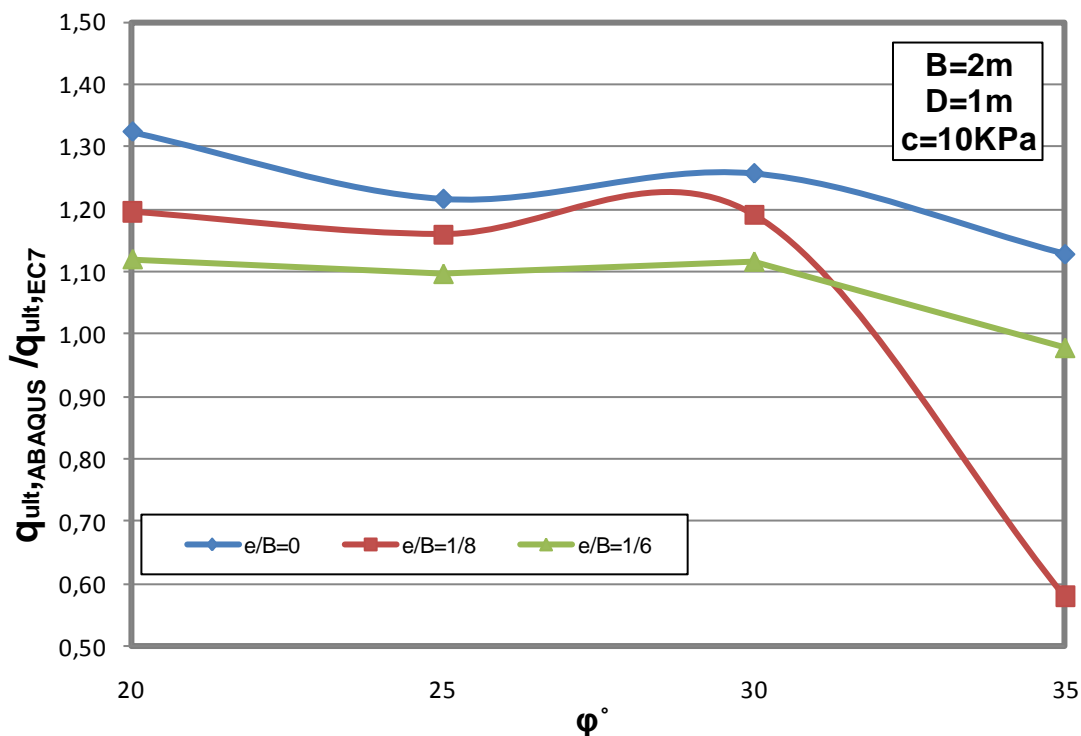
Σχ.4.23. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=6m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια για θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια συνεκτικού εδάφους ($D=0$, $c=10\text{kPa}$):

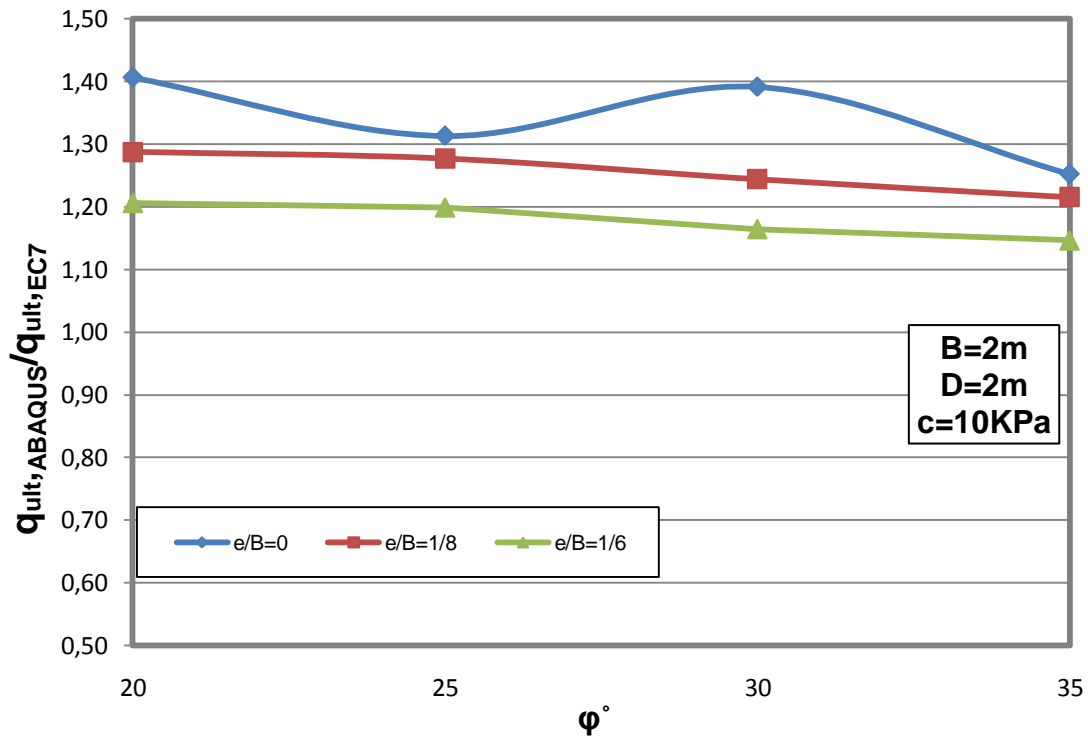
- ❖ Παρατηρείται ότι η μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7 προτείνει παραπλήσιες τιμές φέρουσας ικανότητας σε συνεκτικό έδαφος, συγκριτικά με τις τιμές που υπολογίστηκαν από τις αριθμητικές αναλύσεις με τον κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Abaqus, ανεξαρτήτως πλάτους θεμελίου B και εκκεντρότητας φορτίου.
- ❖ Κατά γενική ομολογία, ο λόγος $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ μειώνεται με την αύξηση της γωνίας εσωτερικής τριβής φ . Οι τιμές φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων συγκλίνουν αρκετά σε αυτές του EC-7, όσο αυξάνει η γωνία εσωτερικής τριβής φ .

• **Θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D από την επιφάνεια του εδάφους**

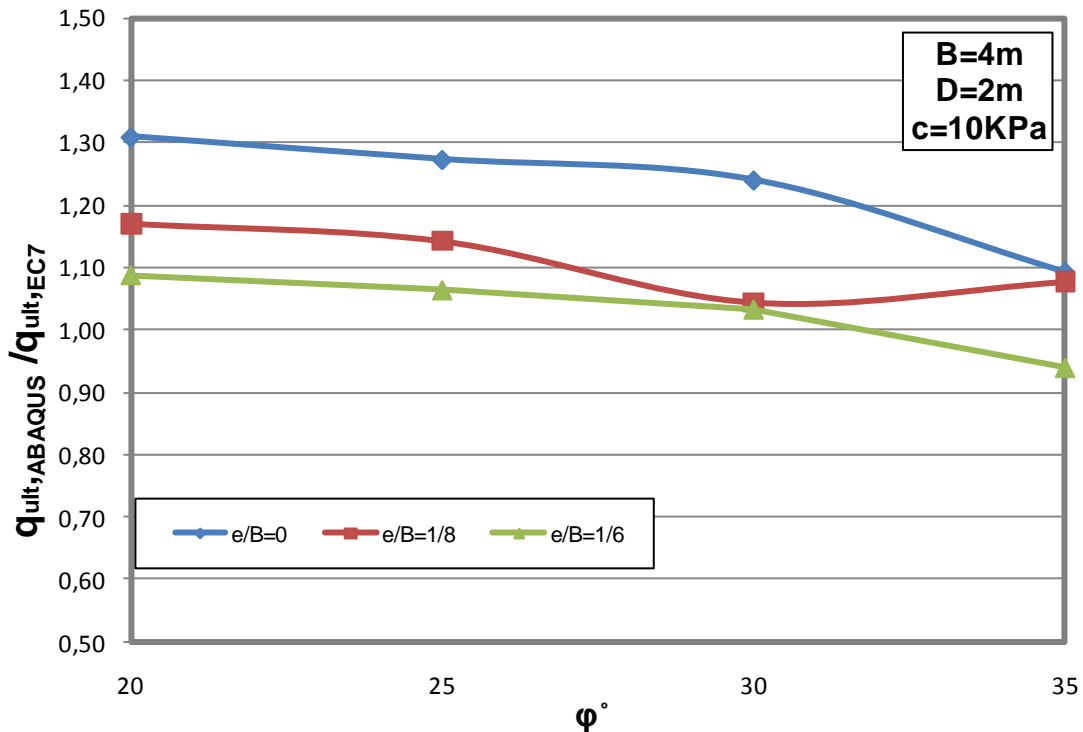
Στη συνέχεια παρατίθενται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προς τις αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας κατά τον Ευρωκώδικα 7. Τα διαγράμματα αυτά μορφώθηκαν για θεμέλιο με πλάτος $B=2\text{m}$ εδραζόμενο σε βάθη $D=1\text{m}$ και $D=2\text{m}$, καθώς και για θεμέλιο πλάτους $B=4\text{m}$ εδραζόμενο σε βάθη $D=2\text{m}$ και $D=4\text{m}$ από την επιφάνεια του εδάφους σε έδαφος με συνοχή $c=10\text{kPa}$.



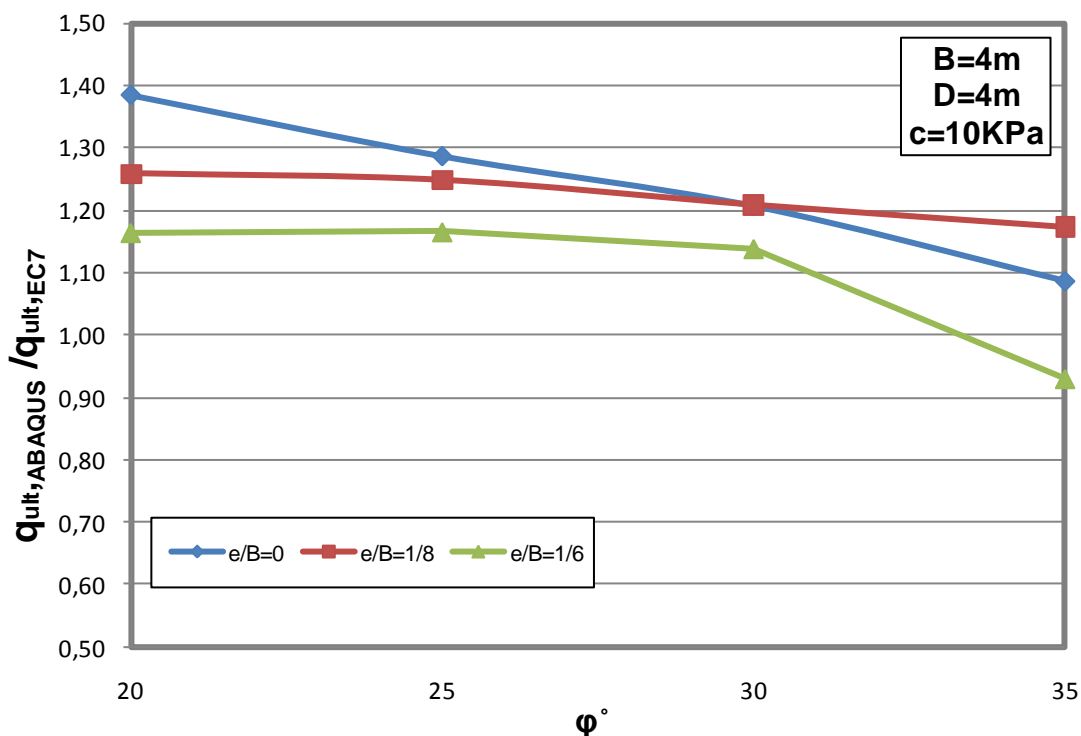
Σχ.4.24. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής φ για πλάτος θεμελίου $B=2\text{m}$ και βάθος έδρασης $D=1\text{m}$, για διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10\text{kPa}$.



Σχ.4.25. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος έδρασης $D=2m$, για διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ.4.26. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος έδρασης $D=2m$, για διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ.4.27. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος έδρασης $D=4m$, για διάφορους λόγους e/B σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια για θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D σε συνεκτικό έδαφος ($D \neq 0, c=10kPa$):

- ❖ Συμπεραίνεται ότι το βάθος έδρασης του θεμελίου έχει την ίδια επιρροή με αυτή στα μη συνεκτικά εδάφη στις τιμές φέρουσας ικανότητας που προκύπτουν κατά τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7, αφού η τιμή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ αυξάνει με την αύξηση του βάθους D . Επομένως προκύπτουν τα ίδια σχόλια που αναφέρθηκαν στην σχετική ενότητα (4.6.1.1)
- ❖ Με αύξηση της εκκεντρότητας ο λόγος $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ μειώνεται ανεξαρτήτως πλάτους και βάθους θεμελίωσης. Συνεπώς, στην περίπτωση συνεκτικού εδάφους με $c=10kPa$ και για θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D , αυξάνοντας την εκκεντρότητα του κατακόρυφου φορτίου συγκλίνουν οι υπολογισμένες τιμές φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων σε αυτές του EC-7.

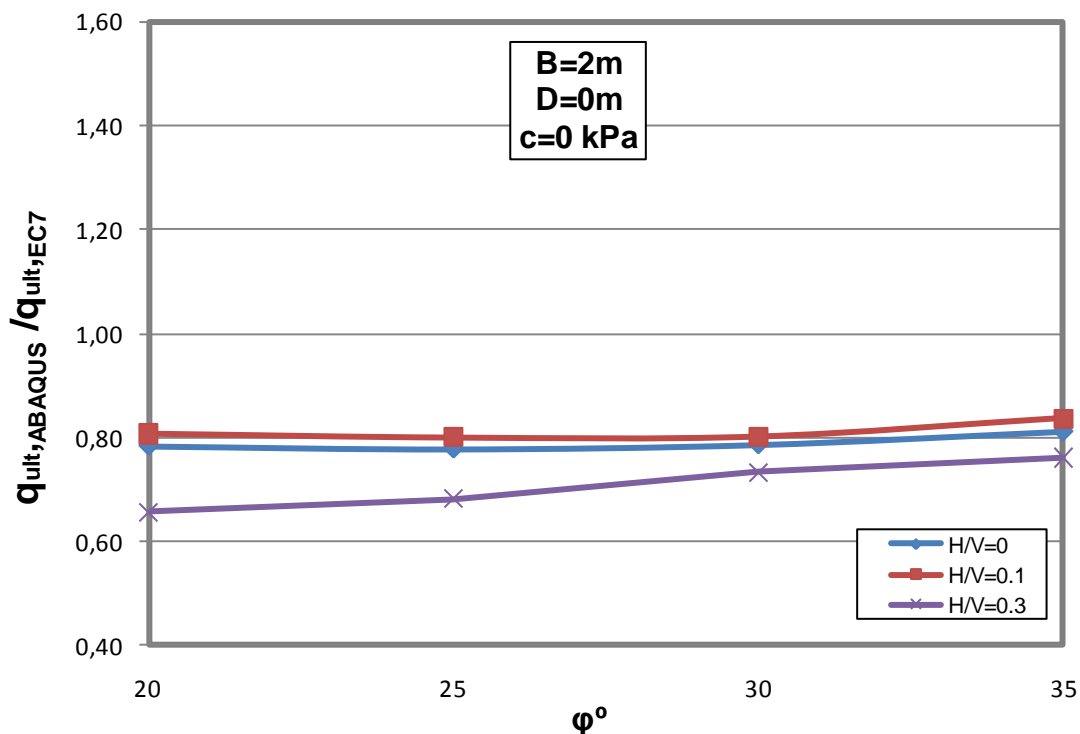
4.6.2. Κεντρική και Λοξή Φόρτιση

4.6.2.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)

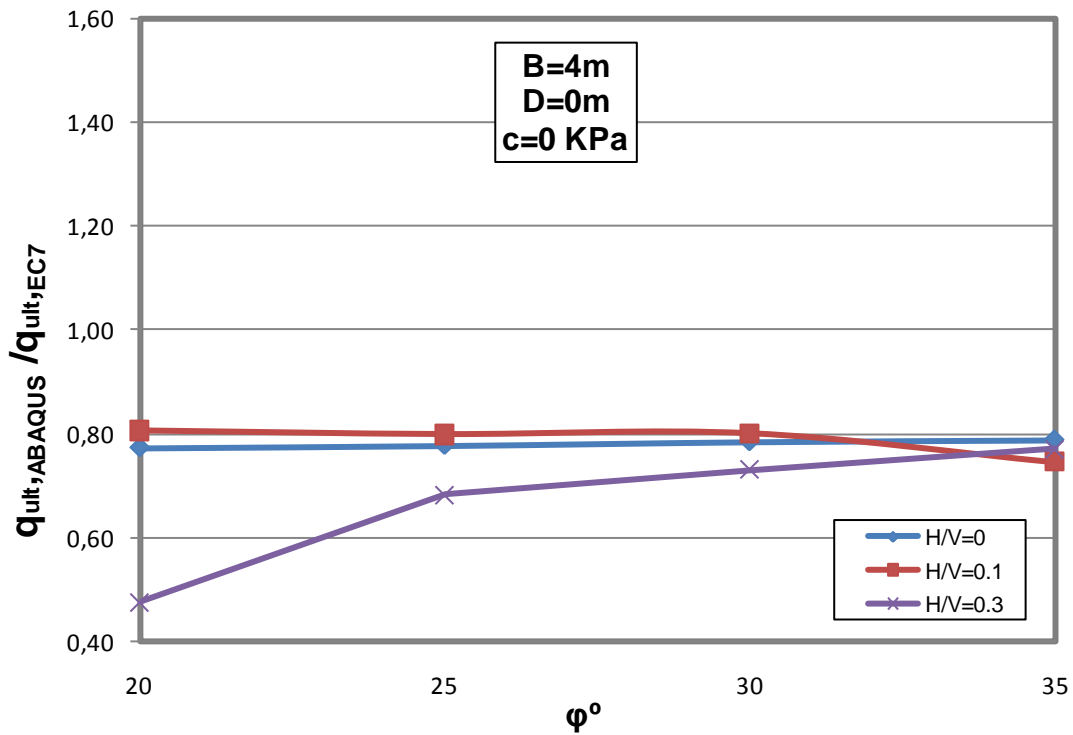
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα του λόγου της τιμής της φέρουσας ικανότητας όπως προέκυψε από τις αριθμητικές αναλύσεις προς τη φέρουσα ικανότητα της μεθοδολογίας του Ευρωκώδικα 7, για θεμέλια υπό κεντρική και λοξή φόρτιση σε μη συνεκτικό έδαφος, συναρτήσει της γωνίας εσωτερικής τριβής φ . Για ευκολότερη εξαγωγή συμπερασμάτων γίνεται διαχωρισμός των διαγραμμάτων σε δύο κατηγορίες: τα διαγράμματα που αφορούν θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους και τα διαγράμματα που αφορούν θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D .

• Θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους

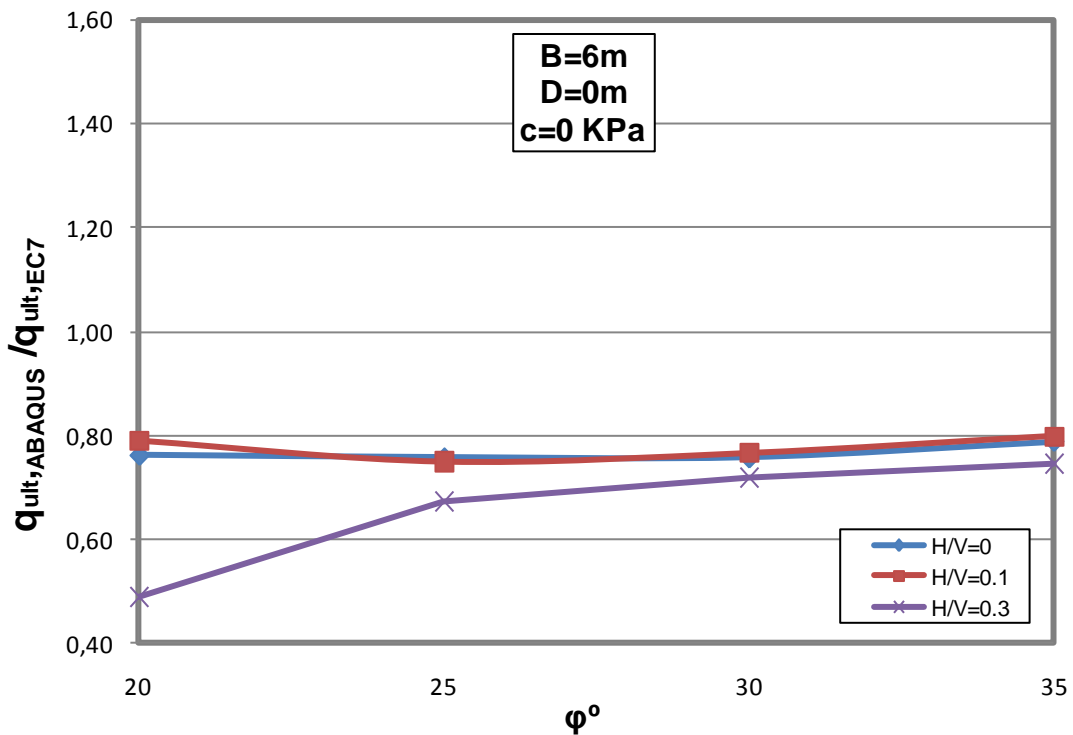
Στη συνέχεια παρατίθενται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προς τις αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας όπως αυτές προκύπτουν από τον Ευρωκώδικα 7, για θεμέλια με πλάτος $B=2, 4, 6$ m εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους σε μη συνεκτικό έδαφος.



Σχ.4.28. Μεταβολή του λόγου $q_{ult, ABAQUS} / q_{ult, EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής φ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους H/V σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ.4.29. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους H/V σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



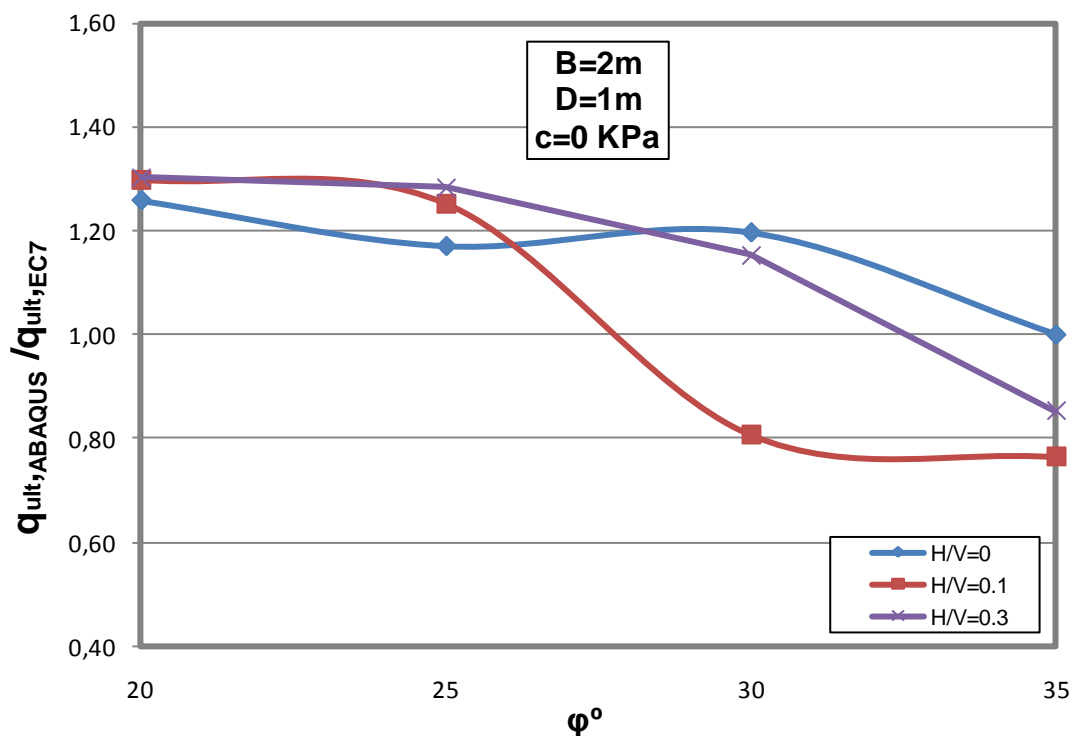
Σχ.4.30. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=6m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους H/V σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).

Από τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια και συμπεράσματα:

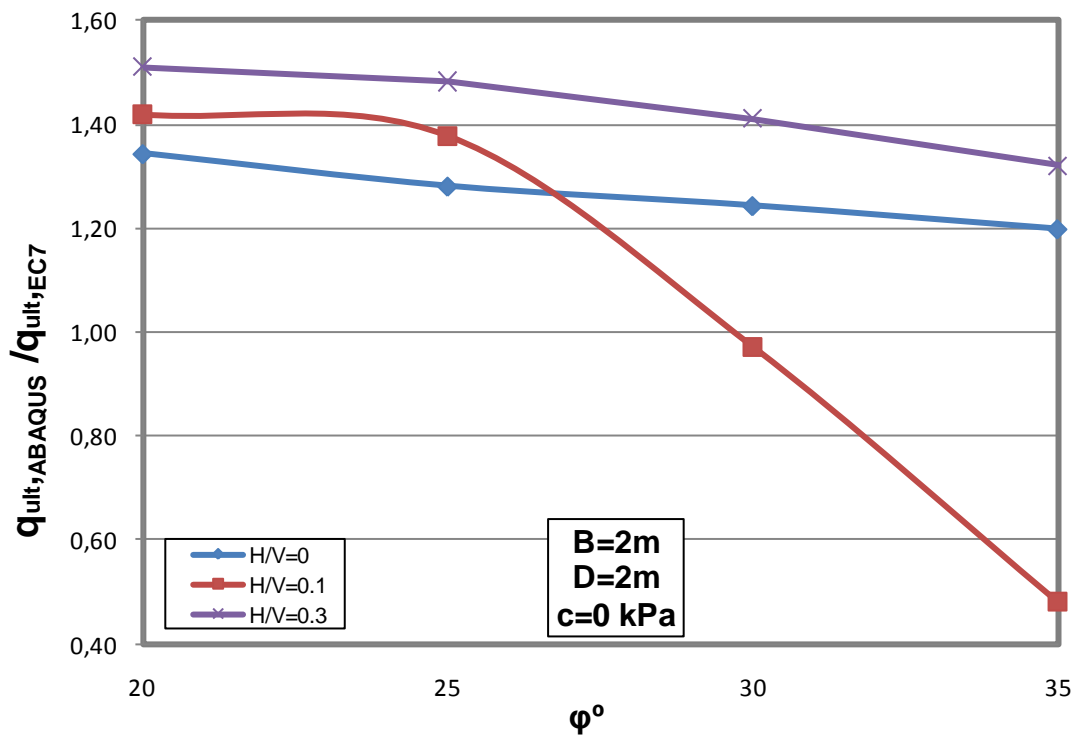
- ❖ Για θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους σε μη συνεκτικό έδαφος, οι τιμές φέρουσας ικανότητας που προέκυψαν από τις αριθμητικές αναλύσεις είναι έως και 20% μικρότερες από αυτές κατά τον EC-7.
- ❖ Αυξάνοντας τη γωνία κλίσης του φορτίου από την κατακόρυφο (αύξηση του λόγου H/V) μειώνεται ο λόγος $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$. Συνεπώς, η απόκλιση των αποτελεσμάτων φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων από τις προτεινόμενες τιμές φέρουσας ικανότητας κατά τον Ευρωκώδικα 7 είναι εντονότερη για μεγαλύτερες τιμές λοξότητας του φορτίου.

• **Θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D από την επιφάνεια του εδάφους**

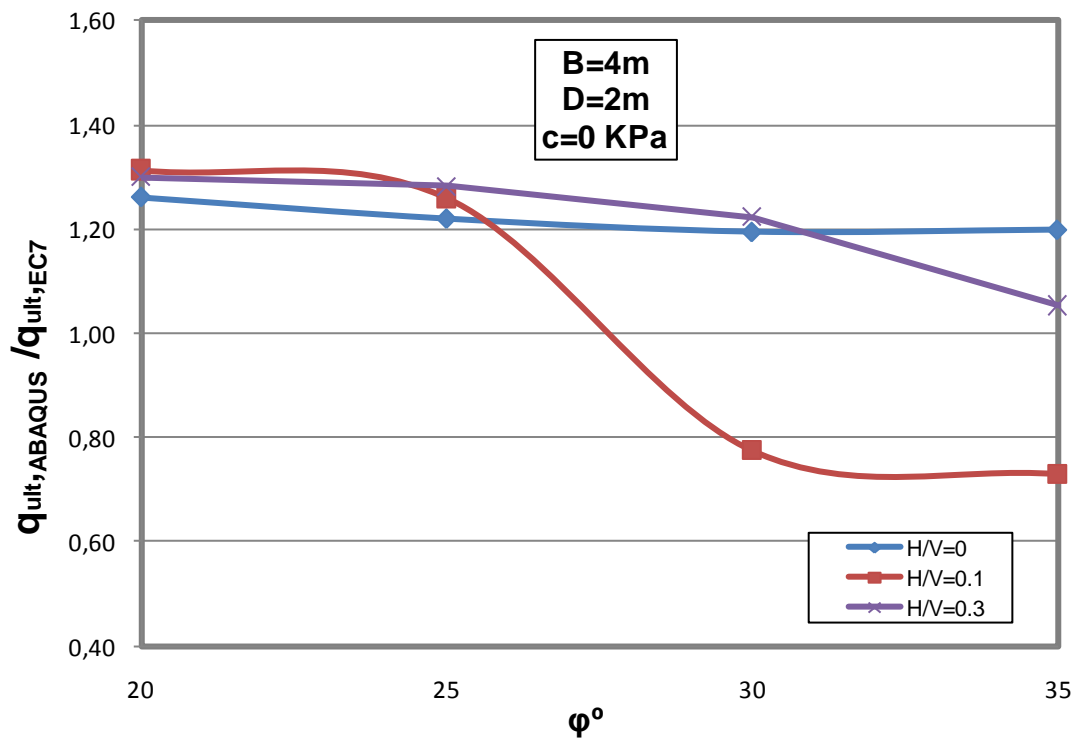
Στη συνέχεια παρατίθενται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προς τις αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας κατά τον Ευρωκώδικα 7. Τα διαγράμματα αυτά μορφώθηκαν για θεμέλιο πλάτους $B=2m$ εδραζόμενο σε βάθη $D=1m$ και $D=2m$, καθώς και για θεμέλιο πλάτους $B=4m$ εδραζόμενο σε βάθη $D=2m$ και $D=4m$ από την επιφάνεια του εδάφους σε μη συνεκτικό έδαφος.



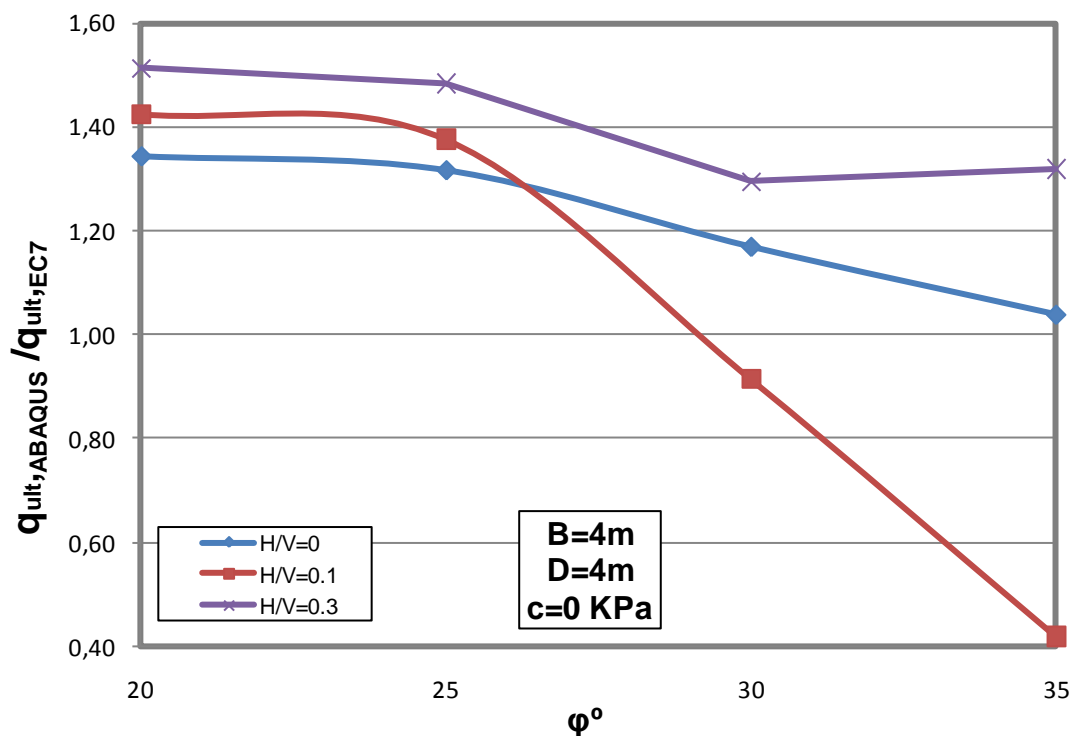
Σχ.4.31. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος έδρασης $D=1m$, για διάφορους λόγους H/V σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ.4.32. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος έδρασης $D=2m$, για διάφορους λόγους H/V σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ.4.33. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος έδρασης $D=2m$, για διάφορους λόγους H/V σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).



Σχ.4.34. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής φ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος έδρασης $D=4m$, για διάφορους λόγους H/V σε μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$).

Από τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια και συμπεράσματα:

- ❖ Με την έδραση του θεμελίου σε βάθος D οι τιμές της φέρουσας ικανότητας που προκύπτουν από τις αριθμητικές αναλύσεις εμφανίζονται αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές του EC-7, συγκριτικά με την περίπτωση θεμελίων στην επιφάνεια του εδάφους (σχ.4.28 και σχ.4.29).
- ❖ Παρατηρείται ότι αυξάνοντας τη λοξότητα του φορτίου οι αριθμητικές αναλύσεις υπολογίζουν έως και 50% μεγαλύτερες τιμές φέρουσας ικανότητας από αυτές του Ευρωκώδικα 7.
- ❖ Αυξάνοντας τη γωνία εσωτερικής τριβής φ του εδάφους, παρατηρείται η τάση των τιμών φέρουσας ικανότητας από τις αριθμητικές αναλύσεις να συγκλίνει σε αυτή του EC-7. Για μικρές γωνίες εσωτερικής τριβής φ η διαφορά στις τιμές φέρουσας ικανότητας είναι περίπου 50%, ενώ με την αύξησή της, η διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων των αριθμητικών αναλύσεων και των προτεινόμενων τιμών του EC-7 μειώνεται.
- ❖ Συγκρίνοντας τα σχ.4.32 και σχ.4.33, τα οποία αναφέρονται σε θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος $D=2m$ (κοινό βάθος θεμελίωσης) και πλάτος $B=2m$ και $B=4m$ αντίστοιχα, παρατηρείται ότι οι τιμές φέρουσας ικανότητας που υπολογίστηκαν από τις

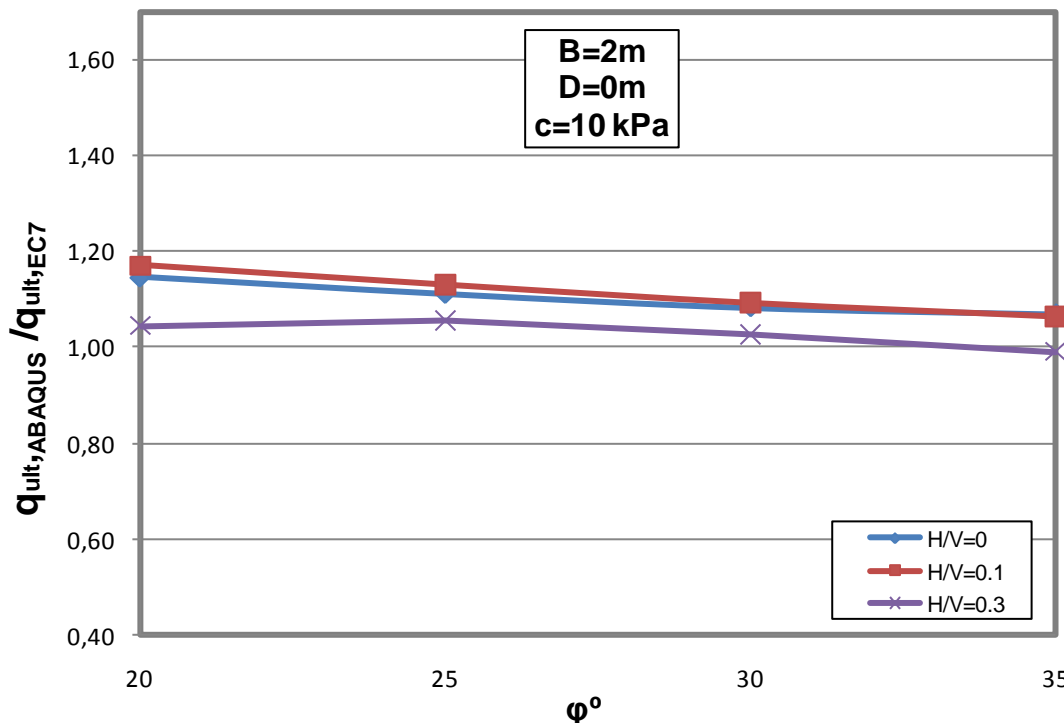
αριθμητικές αναλύσεις συγκλίνουν στις προτεινόμενες τιμές κατά EC-7 με την αύξηση του πλάτους του θεμελίου.

4.6.2.2. Συνεκτικό έδαφος (c=10 kPa)

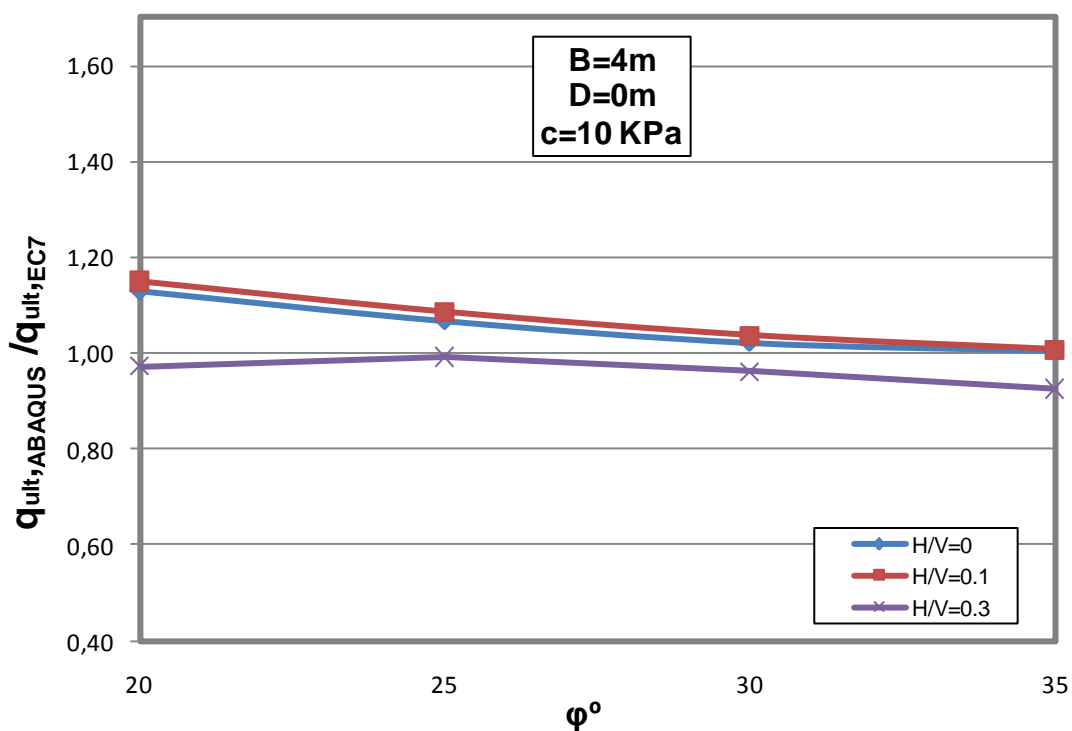
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα του λόγου της τιμής της φέρουσας ικανότητας όπως προέκυψε από τις αριθμητικές αναλύσεις προς τη φέρουσα ικανότητα που προτείνει η μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7, για θεμέλια υπό κεντρική και λοξή φόρτιση σε συνεκτικό έδαφος με c=10kPa συναρτήσει της γωνίας εσωτερικής τριβής φ. Ομοίως με την παραπάνω ενότητα για μη συνεκτικό έδαφος, γίνεται διαχωρισμός των διαγραμμάτων σε δύο κατηγορίες: τα διαγράμματα που αφορούν θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους και τα διαγράμματα που αφορούν θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D.

• **Θεμέλια εδραζόμενα στην επιφάνεια του εδάφους**

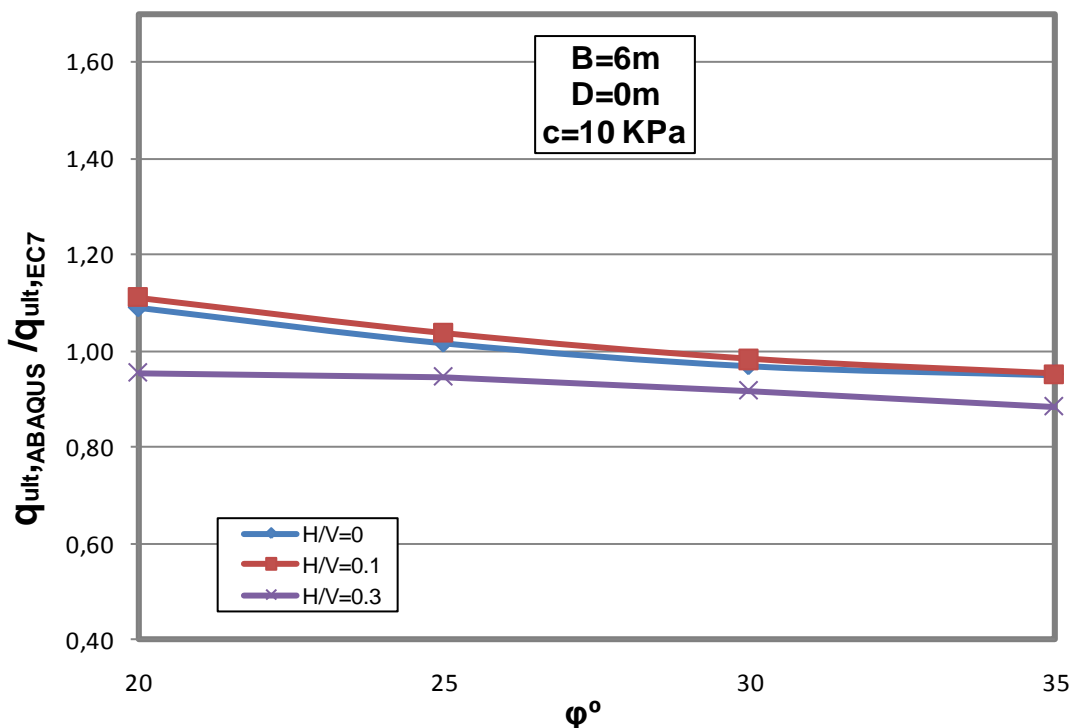
Στη συνέχεια παρατίθενται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προς τις αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας όπως αυτές προκύπτουν από τον Ευρωκώδικα 7, για θεμέλια πλάτους B=2, 4, 6 m εδραζόμενα στην επιφάνεια εδάφους με συνοχή c=10kPa.



Σχ.4.35. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής φ για πλάτος θεμελίου B=2m εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους H/V σε συνεκτικό έδαφος με c=10kPa.



Σχ.4.36. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους H/V σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



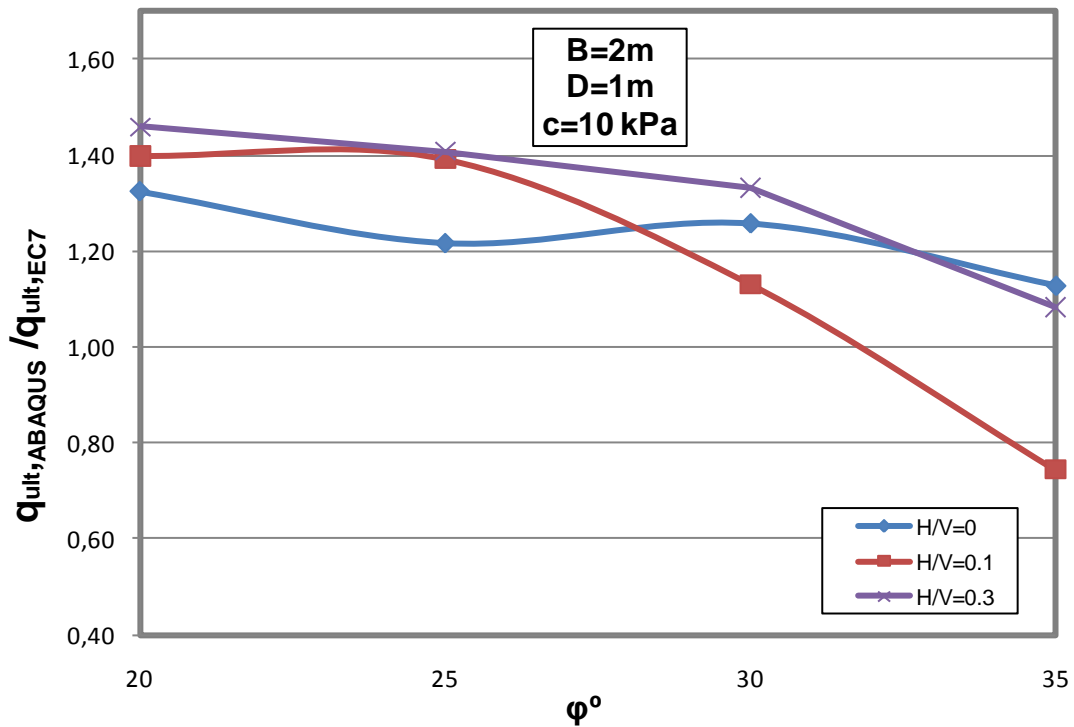
Σχ.4.37. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=6m$ εδραζόμενο στην επιφάνεια του εδάφους, για διάφορους λόγους H/V σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια και συμπεράσματα:

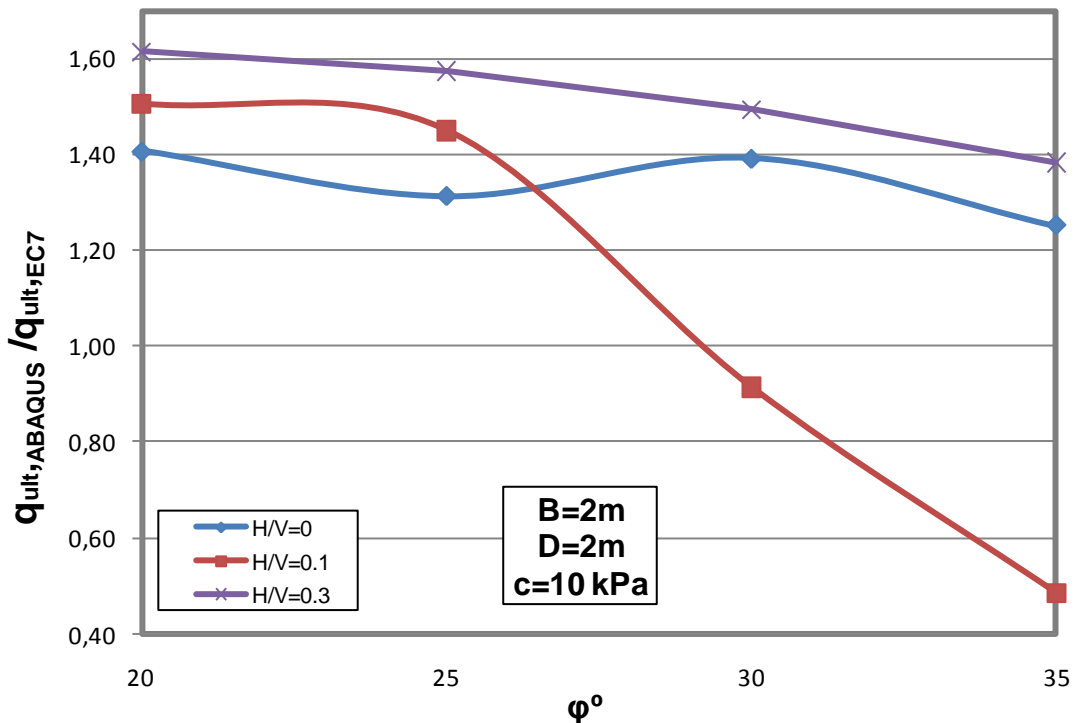
- ❖ Οι τιμές φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προκύπτουν γενικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές του EC-7 (με εξαίρεση την περίπτωση $H/V=0.3$ για $B=4, 6m$). Η διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων των αριθμητικών αναλύσεων και της φέρουσας ικανότητας που προτείνει ο EC-7 δεν ξεπερνάει το 20%.
- ❖ Παρατηρείται ότι ο λόγος $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ τείνει στη μονάδα με αύξηση της γωνίας εσωτερικής τριβής ϕ του εδάφους.
- ❖ Γενικά, διαπιστώνεται πολύ ικανοποιητική σύγκλιση των τιμών φέρουσας ικανότητας που υπολογίστηκαν από τις αριθμητικές αναλύσεις σε αυτές που προτείνει ο EC-7, για την περίπτωση κεντρικής και λοξής φόρτισης θεμελίων στην επιφάνεια συνεκτικού εδάφους με $c=10kPa$.

• **Θεμέλια εδραζόμενα σε βάθος D από την επιφάνεια του εδάφους**

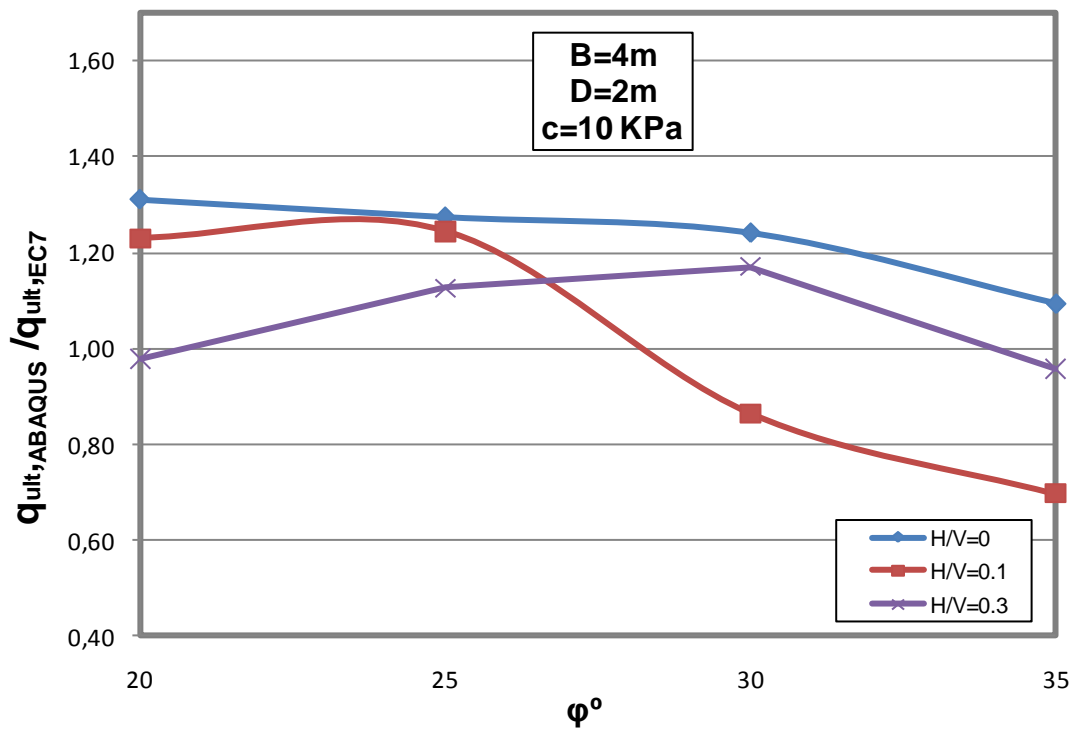
Στη συνέχεια παρατίθενται τα αδιαστατοποιημένα διαγράμματα των τιμών φέρουσας ικανότητας των αριθμητικών αναλύσεων προς τις αντίστοιχες τιμές φέρουσας ικανότητας κατά τον Ευρωκώδικα 7. Τα διαγράμματα αυτά μορφώθηκαν για θεμέλιο πλάτους $B=2m$ εδραζόμενο σε βάθη $D=1m$ και $D=2m$, καθώς και για θεμέλιο πλάτους $B=4m$ εδραζόμενο σε βάθη $D=2m$ και $D=4m$ από την επιφάνεια του εδάφους σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



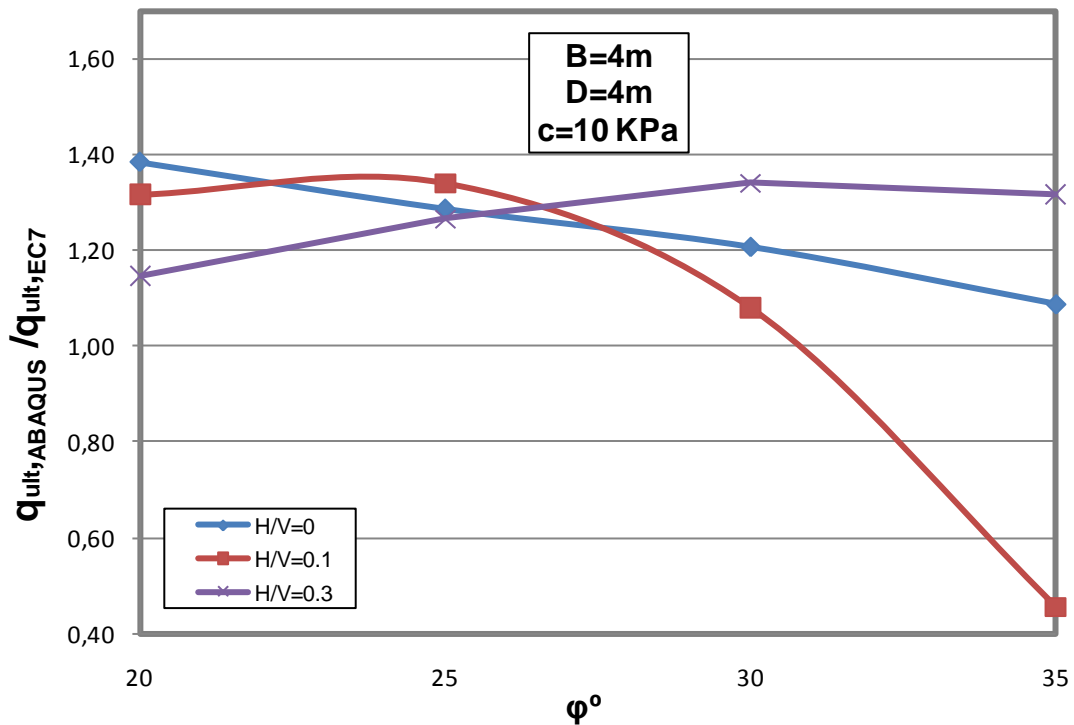
Σχ.4.38. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος έδρασης $D=1m$, για διάφορους λόγους H/V σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ.4.39. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος έδρασης $D=2m$, για διάφορους λόγους H/V σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ.4.40. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος έδρασης $D=2m$, για διάφορους λόγους H/V σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.



Σχ.4.41. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,ABAQUS} / q_{ult,EC7}$ συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος έδρασης $D=4m$, για διάφορους λόγους H/V σε συνεκτικό έδαφος με $c=10kPa$.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν τα ακόλουθα σχόλια και συμπεράσματα:

- ❖ Από τα σχ.4.40 και σχ.4.41 παρατηρείται ότι οι τιμές φέρουσας ικανότητας που προέκυψαν από τις αριθμητικές αναλύσεις για την περίπτωση λοξού φορτίου με λόγο $H/V=0.3$ συγκλίνουν περισσότερο σε αυτές που προτείνει ο EC-7, από τις αντίστοιχες τιμές για λοξό φορτίο με λόγο $H/V=0.1$, κυρίως για γωνίες τριβής $\varphi=20^\circ, 25^\circ$.
- ❖ Παρατηρείται ότι οι τιμές φέρουσας ικανότητας που υπολογίστηκαν από τις αριθμητικές αναλύσεις υπερβαίνουν τις αντίστοιχες προτεινόμενες τιμές του EC-7 κατά 10%-50%.

4.7. Παρατηρήσεις- Προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις αριθμητικές αναλύσεις προτείνεται να χρησιμοποιηθούν με επιφύλαξη, ειδικότερα στις περιπτώσεις έντονης διακύμανσης της φέρουσας ικανότητας για ακραίες τιμές των παραμέτρων των αναλύσεων. Κατά την εκτέλεση των παραπάνω αριθμητικών αναλύσεων διαπιστώθηκε σημαντική εξάρτηση των αποτελεσμάτων από τη διακριτοποίηση του αριθμητικού προσομοιώματος αλλά και από το χρησιμοποιούμενο καταστατικό προσομοίωμα του εδάφους.

Πιθανολογείται ότι οι χαμηλές τιμές φέρουσας ικανότητας που υπολογίστηκαν από συγκεκριμένες αριθμητικές αναλύσεις οφείλονται σε πρόωρο τερματισμό της ανάλυσης λόγω αδυναμίας ανακατανομής της έντασης στην πλαστική ζώνη. Επιπρόσθετα, σε αναλύσεις με μεγάλο λόγο οριζόντιου προς κατακόρυφο φορτίο ($H/V=0.3$) η αστοχία του θεμελίου πιθανόν να οφείλεται σε ολίσθηση στη διεπιφάνεια θεμελίου-εδάφους, κάτι το οποίο δεν ελέγχθηκε μέσω των αναλυτικών μεθοδολογιών. Τέλος, προέκυψαν απροσδόκητα χαμηλές τιμές φέρουσας ικανότητας από τις αριθμητικές αναλύσεις θεμελίου σε βάθος υπό λοξή φόρτιση με λόγο $H/V=0.1$ για μεγάλες τιμές της γωνίας εσωτερικής τριβής φ ($30^\circ, 35^\circ$).

Στα πλαίσια μελλοντικών εργασιών προτείνεται να διερευνηθεί σε μεγαλύτερο βάθος η επίδραση των παραπάνω παραγόντων στις αριθμητικές προσομοιώσεις προβλημάτων φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Α. Γ. Αναγνωστόπουλος, Β. Π. Παπαδόπουλος (1989) , *Επιφανειακές Θεμελιώσεις*
- Καββαδάς Μ. (2008), *Σημειώσεις Θεμελιώσεων Τεχνικών Έργων*
- Μ. Αποστόλου, Ν. Γερόλυμος, Δ. Ρίζος, Γ. Γκαζέτας (5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, ΤΕΕ, Ξάνθη, 31/5-2/6/2006), *Φέρουσα Ικανότητα Ορθογωνικού Θεμελίου υπό Έκκεντρη Λοξή Φόρτιση*
- Σ. Δ. Κωστόπουλος (2008) , *ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ Ι – Ανάλυση των Αρχών Σχεδιασμού & Κατασκευής*
- Abaqus (2009), Analysis User's Manual
- Bengt H. Fellenius (2006) , *Basics of Foundation Design*
- DIN 4017 (1979), Part 1 and Part 2
- Eurocode 7- *Geotechnical Design - Part 1: General Rules EN 1997-1:2003*
- Gordon A. Fenton and D.V. Griffiths (2003) , *Bearing-capacity prediction of spatially random $c - \phi$ soils*
- J.-G. Sieffert and Ch. Bay-Gress (2000) , *Comparison of European bearing capacity calculation methods for shallow foundations*
- Joseph E. Bowles (1997) , *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN*
- K. Osakada (2008) , *History of Plasticity and Metal Forming Analysis*
- Lymon C. Reese , William M. Isenhower , Shin-Tower Wang (2006), *Analysis and design of shallow and deep foundations*
- Digital Engineering Library (2000) , *PRACTICAL FOUNDATION ENGINEERING HANDBOOK*

- Robert W. Day (2006) , *Foundation engineering handbook : design and construction with the 2006 international building code*
- Rodrigo Salgado (2006) , *The Engineering of Foundations*
- The Government of the Hong Kong (2006) , *FOUNDATION DESIGN AND CONSTRUCTION*
- U.S. Army Corps of Engineers (1992) , *Engineering and Design - BEARING CAPACITY OF SOILS*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ
ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ
ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ 3^{ΟΥ}
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΥΠΟ ΜΟΡΦΗ ΠΙΝΑΚΩΝ**

B.1. Αποτελέσματα παραμετρικών επιλύσεων για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση

B.1.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$), για όλες τις μεθοδολογίες

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

φ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
5.00	10.41	1.39	1.49	1.99	5.24	0.70	0.75	1.00
10.00	27.55	7.34	7.78	10.38	2.65	0.71	0.75	1.00
15.00	56.82	22.58	23.64	31.52	1.80	0.72	0.75	1.00
20.00	108.98	57.42	58.96	78.61	1.39	0.73	0.75	1.00
25.00	207.09	135.31	135.17	180.22	1.15	0.75	0.75	1.00
30.00	405.36	313.36	301.40	401.86	1.01	0.78	0.75	1.00
35.00	847.87	743.05	678.42	904.56	0.94	0.82	0.75	1.00
40.00	1990.91	1873.81	1590.81	2121.08	0.94	0.88	0.75	1.00
45.00	5738.48	5254.84	4016.22	5354.95	1.07	0.98	0.75	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=1m$

φ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	20.00	21.00	20.00	20.00	1.00	1.05	1.00	1.00
5.00	43.25	34.53	32.84	33.34	1.30	1.04	0.99	1.00
10.00	81.42	60.15	57.21	59.81	1.36	1.01	0.96	1.00
15.00	145.74	108.01	102.47	110.35	1.32	0.98	0.93	1.00
20.00	257.75	198.65	186.94	206.60	1.25	0.96	0.90	1.00
25.00	461.50	375.91	348.41	393.46	1.17	0.96	0.89	1.00
30.00	854.48	740.39	669.42	769.88	1.11	0.96	0.87	1.00
35.00	1676.66	1544.30	1344.34	1570.48	1.07	0.98	0.86	1.00
40.00	3616.33	3496.31	2874.72	3404.99	1.06	1.03	0.84	1.00
45.00	9204.18	8912.25	6713.69	8052.43	1.14	1.11	0.83	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

φ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	40.00	44.00	40.00	40.00	1.00	1.10	1.00	1.00
5.00	76.08	71.10	64.20	64.69	1.18	1.10	0.99	1.00
10.00	135.29	118.85	106.64	109.24	1.24	1.09	0.98	1.00
15.00	234.67	203.71	181.29	189.17	1.24	1.08	0.96	1.00
20.00	406.53	358.15	314.93	334.58	1.22	1.07	0.94	1.00
25.00	715.91	649.98	561.65	606.71	1.18	1.07	0.93	1.00
30.00	1303.59	1231.17	1037.44	1137.91	1.15	1.08	0.91	1.00
35.00	2505.46	2473.47	2010.26	2236.40	1.12	1.11	0.90	1.00
40.00	5241.74	5394.13	4158.62	4688.89	1.12	1.15	0.89	1.00
45.00	12669.88	13220.89	9411.17	10749.91	1.18	1.23	0.88	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
5.00	20.82	2.79	2.98	3.97	5.24	0.70	0.75	1.00
10.00	55.10	14.67	15.57	20.76	2.65	0.71	0.75	1.00
15.00	113.64	45.16	47.28	63.05	1.80	0.72	0.75	1.00
20.00	217.95	114.84	117.91	157.22	1.39	0.73	0.75	1.00
25.00	414.18	270.62	270.33	360.44	1.15	0.75	0.75	1.00
30.00	810.73	626.72	602.79	803.72	1.01	0.78	0.75	1.00
35.00	1695.74	1486.10	1356.84	1809.12	0.94	0.82	0.75	1.00
40.00	3981.82	3747.63	3181.62	4242.17	0.94	0.88	0.75	1.00
45.00	11476.95	10509.69	8032.43	10709.91	1.07	0.98	0.75	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	40.00	42.00	40.00	40.00	1.00	1.05	1.00	1.00
5.00	86.49	69.07	65.69	66.68	1.30	1.04	0.99	1.00
10.00	162.84	120.30	114.42	119.61	1.36	1.01	0.96	1.00
15.00	291.49	216.02	204.93	220.69	1.32	0.98	0.93	1.00
20.00	515.50	397.29	373.89	413.19	1.25	0.96	0.90	1.00
25.00	923.00	751.82	696.82	786.93	1.17	0.96	0.89	1.00
30.00	1708.96	1480.79	1338.84	1539.77	1.11	0.96	0.87	1.00
35.00	3353.33	3088.60	2688.68	3140.96	1.07	0.98	0.86	1.00
40.00	7232.65	6992.61	5749.43	6809.97	1.06	1.03	0.84	1.00
45.00	18408.36	17824.50	13427.38	16104.86	1.14	1.11	0.83	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=4m$

ϕ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	80.00	88.00	80.00	80.00	1.00	1.10	1.00	1.00
5.00	152.17	142.20	128.40	129.39	1.18	1.10	0.99	1.00
10.00	270.59	237.70	213.28	218.47	1.24	1.09	0.98	1.00
15.00	469.33	407.43	362.58	378.34	1.24	1.08	0.96	1.00
20.00	813.05	716.30	629.86	669.17	1.22	1.07	0.94	1.00
25.00	1431.81	1299.96	1123.30	1213.41	1.18	1.07	0.93	1.00
30.00	2607.19	2462.34	2074.88	2275.81	1.15	1.08	0.91	1.00
35.00	5010.92	4946.95	4020.53	4472.80	1.12	1.11	0.90	1.00
40.00	10483.48	10788.26	8317.24	9377.78	1.12	1.15	0.89	1.00
45.00	25339.76	26441.77	18822.34	21499.81	1.18	1.23	0.88	1.00

Β.1.2. Συνεκτικό έδαφος ($c \neq 0$), για όλες τις μεθοδολογίες

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$, Συνοχή $c=10kPa$

ϕ (d)	q_{ult} (KPa)				$q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	51.42	51.42	51.42	51.42	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	83.77	66.28	66.38	66.87	1.25	0.99	0.99	1.00
10.00	123.60	90.79	91.23	93.83	1.32	0.97	0.97	1.00
15.00	185.43	132.35	133.41	141.29	1.31	0.94	0.94	1.00
20.00	285.88	205.77	207.30	226.96	1.26	0.91	0.91	1.00
25.00	458.44	342.52	342.37	387.43	1.18	0.88	0.88	1.00
30.00	776.99	614.76	602.79	703.26	1.10	0.87	0.86	1.00
35.00	1425.41	1204.28	1139.65	1365.79	1.04	0.88	0.83	1.00
40.00	2947.54	2626.95	2343.94	2874.21	1.03	0.91	0.82	1.00
45.00	7461.33	6593.58	5354.95	6693.69	1.11	0.99	0.80	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$, Συνοχή $c=20kPa$

ϕ (d)	q_{ult} (KPa)				$q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	102.83	102.83	102.83	102.83	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	157.14	131.17	131.27	131.76	1.19	1.00	1.00	1.00
10.00	219.65	174.24	174.68	177.28	1.24	0.98	0.99	1.00
15.00	314.04	242.11	243.17	251.05	1.25	0.96	0.97	1.00
20.00	462.78	354.11	355.65	375.30	1.23	0.94	0.95	1.00
25.00	709.78	549.72	549.58	594.63	1.19	0.92	0.92	1.00
30.00	1148.61	916.15	904.19	1004.65	1.14	0.91	0.90	1.00
35.00	2002.95	1665.52	1600.89	1827.03	1.10	0.91	0.88	1.00
40.00	3904.17	3380.08	3097.07	3627.35	1.08	0.93	0.85	1.00
45.00	9184.18	7932.32	6693.69	8032.43	1.14	0.99	0.83	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$, Συνοχή $c=10kPa$

ϕ (d)	q_{ult} (KPa)				$q_{ult,i}/q_{ult,EC-7}$			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	91.42	105.70	91.42	91.42	1.00	1.16	1.00	1.00
5.00	149.45	150.15	129.09	129.58	1.15	1.16	1.00	1.00
10.00	231.34	222.19	190.09	192.68	1.20	1.15	0.99	1.00
15.00	363.28	342.09	291.05	298.93	1.22	1.14	0.97	1.00
20.00	583.43	548.87	463.28	482.93	1.21	1.14	0.96	1.00
25.00	967.25	922.23	768.86	813.91	1.19	1.13	0.94	1.00
30.00	1675.22	1636.97	1338.84	1439.30	1.16	1.14	0.93	1.00
35.00	3083.00	3111.92	2471.50	2697.64	1.14	1.15	0.92	1.00
40.00	6198.37	6470.28	4911.75	5442.02	1.14	1.19	0.90	1.00
45.00	14392.73	15206.02	10749.91	12088.65	1.19	1.26	0.89	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$, Συνοχή $c=20kPa$

φ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	142.83	167.40	142.83	142.83	1.00	1.17	1.00	1.00
5.00	222.82	229.20	193.97	194.47	1.15	1.18	1.00	1.00
10.00	327.39	325.53	273.54	276.13	1.19	1.18	0.99	1.00
15.00	491.89	480.46	400.82	408.70	1.20	1.18	0.98	1.00
20.00	760.33	739.59	611.63	631.28	1.20	1.17	0.97	1.00
25.00	1218.60	1194.49	976.06	1021.12	1.19	1.17	0.96	1.00
30.00	2046.84	2042.77	1640.23	1740.70	1.18	1.17	0.94	1.00
35.00	3660.54	3750.36	2932.73	3158.87	1.16	1.19	0.93	1.00
40.00	7155.00	7546.43	5664.88	6195.15	1.15	1.22	0.91	1.00
45.00	16115.58	17191.16	12088.65	13427.38	1.20	1.28	0.90	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$, Συνοχή $c=10kPa$

φ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	51.42	51.42	51.42	51.42	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	94.18	67.68	67.87	68.86	1.37	0.98	0.99	1.00
10.00	151.15	98.12	99.02	104.21	1.45	0.94	0.95	1.00
15.00	242.25	154.93	157.05	172.81	1.40	0.90	0.91	1.00
20.00	394.86	263.18	266.26	305.56	1.29	0.86	0.87	1.00
25.00	665.53	477.83	477.54	567.65	1.17	0.84	0.84	1.00
30.00	1182.35	928.12	904.19	1105.12	1.07	0.84	0.82	1.00
35.00	2273.28	1947.33	1818.07	2270.35	1.00	0.86	0.80	1.00
40.00	4938.45	4500.76	3934.76	4995.30	0.99	0.90	0.79	1.00
45.00	13199.80	11848.43	9371.17	12048.65	1.10	0.98	0.78	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$, Συνοχή $c=20kPa$

φ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	102.83	102.83	102.83	102.83	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	167.55	132.56	132.76	133.75	1.25	0.99	0.99	1.00
10.00	247.20	181.57	182.47	187.65	1.32	0.97	0.97	1.00
15.00	370.86	264.69	266.81	282.58	1.31	0.94	0.94	1.00
20.00	571.76	411.53	414.61	453.91	1.26	0.91	0.91	1.00
25.00	916.87	685.03	684.74	774.85	1.18	0.88	0.88	1.00
30.00	1553.97	1229.51	1205.59	1406.52	1.10	0.87	0.86	1.00
35.00	2850.82	2408.57	2279.31	2731.59	1.04	0.88	0.83	1.00
40.00	5895.08	5253.89	4687.89	5748.43	1.03	0.91	0.82	1.00
45.00	14922.65	13187.17	10709.91	13387.38	1.11	0.99	0.80	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$, Συνοχή $c=10kPa$

ϕ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	91.42	98.56	91.42	91.42	1.00	1.08	1.00	1.00
5.00	159.86	141.04	130.58	131.57	1.22	1.07	0.99	1.00
10.00	258.89	213.69	197.87	203.06	1.27	1.05	0.97	1.00
15.00	420.10	340.09	314.70	330.46	1.27	1.03	0.95	1.00
20.00	692.41	566.82	522.24	561.54	1.23	1.01	0.93	1.00
25.00	1174.34	991.55	904.02	994.13	1.18	1.00	0.91	1.00
30.00	2080.58	1834.39	1640.23	1841.16	1.13	1.00	0.89	1.00
35.00	3930.87	3638.44	3149.92	3602.20	1.09	1.01	0.87	1.00
40.00	8189.28	7907.25	6502.56	7563.11	1.08	1.05	0.86	1.00
45.00	20131.21	19486.44	14766.12	17443.60	1.15	1.12	0.85	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$, Συνοχή $c=20kPa$

ϕ (d)	qult (KPa)				qult,i/qult,EC-7			
	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7	TERZAGHI	MEYERHOF	HANSEN	EC-7
0.00	142.83	155.12	142.83	142.83	1.00	1.09	1.00	1.00
5.00	233.22	213.01	195.46	196.46	1.19	1.08	0.99	1.00
10.00	354.94	307.09	281.32	286.51	1.24	1.07	0.98	1.00
15.00	548.71	464.16	424.46	440.22	1.25	1.05	0.96	1.00
20.00	869.31	736.36	670.58	709.89	1.22	1.04	0.94	1.00
25.00	1425.69	1231.28	1111.23	1201.34	1.19	1.02	0.92	1.00
30.00	2452.20	2187.98	1941.63	2142.56	1.14	1.02	0.91	1.00
35.00	4508.41	4188.28	3611.15	4063.43	1.11	1.03	0.89	1.00
40.00	9145.91	8821.89	7255.70	8316.24	1.10	1.06	0.87	1.00
45.00	21854.06	21148.38	16104.86	18782.34	1.16	1.13	0.86	1.00

Β.1.3. Σύγκριση μη συνεκτικού ($c=0$) και συνεκτικού εδάφους ($c\neq 0$) με βάση τη μεθοδολογία του Ευρωκώδικα 7

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

φ (d)	qult (KPa)			qult,c=i/qult,c=0		
	c=0KPa	c=10KPa	c=20KPa	c=0KPa	c=10KPa	c=20KPa
0.00	0.00	51.42	102.83	-	-	-
5.00	1.32	66.87	131.76	1.00	50.49	99.48
10.00	6.92	93.83	177.28	1.00	13.56	25.62
15.00	21.02	141.29	251.05	1.00	6.72	11.95
20.00	52.41	226.96	375.30	1.00	4.33	7.16
25.00	120.15	387.43	594.63	1.00	3.22	4.95
30.00	267.91	703.26	1004.65	1.00	2.63	3.75
35.00	603.04	1365.79	1827.03	1.00	2.26	3.03
40.00	1414.06	2874.21	3627.35	1.00	2.03	2.57
45.00	3569.97	6693.69	8032.43	1.00	1.88	2.25

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

φ (d)	qult (KPa)			qult,c=i/qult,c=0		
	c=0KPa	c=10KPa	c=20KPa	c=0KPa	c=10KPa	c=20KPa
0.00	40.00	91.42	142.83	1.00	2.29	3.57
5.00	64.69	129.58	194.47	1.00	2.00	3.01
10.00	109.24	192.68	276.13	1.00	1.76	2.53
15.00	189.17	298.93	408.70	1.00	1.58	2.16
20.00	334.58	482.93	631.28	1.00	1.44	1.89
25.00	606.71	813.91	1021.12	1.00	1.34	1.68
30.00	1137.91	1439.30	1740.70	1.00	1.26	1.53
35.00	2236.40	2697.64	3158.87	1.00	1.21	1.41
40.00	4688.89	5442.02	6195.15	1.00	1.16	1.32
45.00	10749.91	12088.65	13427.38	1.00	1.12	1.25

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

φ (d)	qult (KPa)			qult,c=i/qult,c=0		
	c=0KPa	c=10KPa	c=20KPa	c=0KPa	c=10KPa	c=20KPa
0.00	0.00	51.42	102.83	-	-	-
5.00	3.97	68.86	133.75	1.00	17.33	33.66
10.00	20.76	104.21	187.65	1.00	5.02	9.04
15.00	63.05	172.81	282.58	1.00	2.74	4.48
20.00	157.22	305.56	453.91	1.00	1.94	2.89
25.00	360.44	567.65	774.85	1.00	1.57	2.15
30.00	803.72	1105.12	1406.52	1.00	1.38	1.75
35.00	1809.12	2270.35	2731.59	1.00	1.25	1.51
40.00	4242.17	4995.30	5748.43	1.00	1.18	1.36
45.00	10709.91	12048.65	13387.38	1.00	1.13	1.25

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

φ (d)	qult (KPa)			qult,c=i/qult,c=0		
	c=0KPa	c=10KPa	c=20KPa	c=0KPa	c=10KPa	c=20KPa
0.00	40.00	91.42	142.83	1.00	2.29	3.57
5.00	66.68	131.57	196.46	1.00	1.97	2.95
10.00	119.61	203.06	286.51	1.00	1.70	2.40
15.00	220.69	330.46	440.22	1.00	1.50	1.99
20.00	413.19	561.54	709.89	1.00	1.36	1.72
25.00	786.93	994.13	1201.34	1.00	1.26	1.53
30.00	1539.77	1841.16	2142.56	1.00	1.20	1.39
35.00	3140.96	3602.20	4063.43	1.00	1.15	1.29
40.00	6809.97	7563.11	8316.24	1.00	1.11	1.22
45.00	16104.86	17443.60	18782.34	1.00	1.08	1.17

• Όλοι οι συνδυασμοί θεμελίων και εδάφους(EC-7/Hansen)

φ°	B=2m D=0m c=0KPa	B=2m D=0m c=10KPa	B=2m D=0m c=20KPa	B=2m D=2m c=0KPa	B=2m D=2m c=10KPa	B=2m D=2m c=20KPa	B=4m D=0m c=0KPa	B=4m D=0m c=10KPa	B=4m D=0m c=20KPa	B=4m D=2m c=0KPa	B=4m D=2m c=10KPa	B=4m D=2m c=10KPa
	qult,EC7/qult,Hansen											
0.00	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	1.33	1.01	1.00	1.01	1.00	1.00	1.33	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01
10.00	1.33	1.03	1.01	1.02	1.01	1.01	1.33	1.05	1.03	1.05	1.03	1.02
15.00	1.33	1.06	1.03	1.04	1.03	1.02	1.33	1.10	1.06	1.08	1.05	1.04
20.00	1.33	1.09	1.06	1.06	1.04	1.03	1.33	1.15	1.09	1.11	1.08	1.06
25.00	1.33	1.13	1.08	1.08	1.06	1.05	1.33	1.19	1.13	1.13	1.10	1.08
30.00	1.33	1.17	1.11	1.10	1.08	1.06	1.33	1.22	1.17	1.15	1.12	1.10
35.00	1.33	1.20	1.14	1.11	1.09	1.08	1.33	1.25	1.20	1.17	1.14	1.13
40.00	1.33	1.23	1.17	1.13	1.11	1.09	1.33	1.27	1.23	1.18	1.16	1.15
45.00	1.33	1.25	1.20	1.14	1.12	1.11	1.33	1.29	1.25	1.20	1.18	1.17

B.2. Αποτελέσματα παραμετρικών επιλύσεων για έκκεντρα και κατακόρυφη φόρτιση

B.2.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$), σύγκριση EC-7 και Meyerhof

- Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
5.00	1.99	1.74	1.66	1.32	1.39	1.22	1.16	0.93	0.70	0.70	0.70	0.70
10.00	10.38	9.08	8.65	6.92	7.34	6.42	6.11	4.89	0.71	0.71	0.71	0.71
15.00	31.52	27.58	26.27	21.02	22.58	19.76	18.82	15.05	0.72	0.72	0.72	0.72
20.00	78.61	68.78	65.51	52.41	57.42	50.24	47.85	38.28	0.73	0.73	0.73	0.73
25.00	180.22	157.69	150.18	120.15	135.31	118.40	112.76	90.21	0.75	0.75	0.75	0.75
30.00	401.86	351.63	334.88	267.91	313.36	274.19	261.13	208.91	0.78	0.78	0.78	0.78
35.00	904.56	791.49	753.80	603.04	743.05	650.17	619.21	495.37	0.82	0.82	0.82	0.82
40.00	2121.08	1855.95	1767.57	1414.06	1873.81	1639.59	1561.51	1249.21	0.88	0.88	0.88	0.88
45.00	5354.95	4685.58	4462.46	3569.97	5254.84	4597.99	4379.04	3503.23	0.98	0.98	0.98	0.98

- Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$
0.00	40.00	40.00	40.00	40.00	44.00	44.00	44.00	44.00	1.10	1.10	1.10	1.10
5.00	64.69	64.45	64.36	64.03	71.10	70.90	70.84	70.58	1.10	1.10	1.10	1.10
10.00	109.24	107.94	107.51	105.78	118.85	117.82	117.48	116.11	1.09	1.09	1.09	1.10
15.00	189.17	185.23	183.92	178.66	203.71	200.52	199.46	195.21	1.08	1.08	1.08	1.09
20.00	334.58	324.76	321.48	308.38	358.15	349.95	347.21	336.28	1.07	1.08	1.08	1.09
25.00	606.71	584.18	576.67	546.63	649.98	630.41	623.89	597.80	1.07	1.08	1.08	1.09
30.00	1137.91	1087.67	1070.93	1003.95	1231.17	1185.21	1169.90	1108.62	1.08	1.09	1.09	1.10
35.00	2236.40	2123.33	2085.64	1934.88	2473.47	2362.75	2325.84	2178.21	1.11	1.11	1.12	1.13
40.00	4688.89	4423.76	4335.38	3981.86	5394.13	5109.68	5014.86	4635.58	1.15	1.16	1.16	1.16
45.00	10749.91	10080.54	9857.41	8964.92	13220.89	12405.45	12133.64	11046.39	1.23	1.23	1.23	1.23

- Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
5.00	3.97	3.48	3.31	2.65	2.79	2.44	2.32	1.86	0.70	0.70	0.70	0.70
10.00	20.76	18.16	17.30	13.84	14.67	12.84	12.23	9.78	0.71	0.71	0.71	0.71
15.00	63.05	55.17	52.54	42.03	45.16	39.52	37.63	30.11	0.72	0.72	0.72	0.72
20.00	157.22	137.57	131.01	104.81	114.84	100.48	95.70	76.56	0.73	0.73	0.73	0.73
25.00	360.44	315.39	300.37	240.29	270.62	236.79	225.52	180.41	0.75	0.75	0.75	0.75
30.00	803.72	703.26	669.77	535.82	626.72	548.38	522.27	417.81	0.78	0.78	0.78	0.78
35.00	1809.12	1582.98	1507.60	1206.08	1486.10	1300.33	1238.41	990.73	0.82	0.82	0.82	0.82
40.00	4242.17	3711.90	3535.14	2828.11	3747.63	3279.18	3123.02	2498.42	0.88	0.88	0.88	0.88
45.00	10709.91	9371.17	8924.92	7139.94	10509.69	9195.98	8758.07	7006.46	0.98	0.98	0.98	0.98

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$			
	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3
0.00	40.00	40.00	40.00	40.00	42.00	42.00	42.00	42.00	1.05	1.05	1.05	1.05
5.00	66.68	66.18	66.02	65.36	69.07	68.70	68.58	68.09	1.04	1.04	1.04	1.04
10.00	119.61	117.02	116.15	112.69	120.30	118.35	117.71	115.11	1.01	1.01	1.01	1.02
15.00	220.69	212.81	210.18	199.68	216.02	210.01	208.00	199.99	0.98	0.99	0.99	1.00
20.00	413.19	393.54	386.99	360.79	397.29	381.91	376.78	356.28	0.96	0.97	0.97	0.99
25.00	786.93	741.87	726.85	666.78	751.82	715.34	703.17	654.53	0.96	0.96	0.97	0.98
30.00	1539.77	1439.30	1405.81	1271.86	1480.79	1395.66	1367.29	1253.79	0.96	0.97	0.97	0.99
35.00	3140.96	2914.82	2839.44	2537.92	3088.60	2885.00	2817.13	2545.66	0.98	0.99	0.99	1.00
40.00	6809.97	6279.70	6102.95	5395.92	6992.61	6473.93	6301.03	5609.46	1.03	1.03	1.03	1.04
45.00	16104.86	14766.12	14319.88	12534.89	17824.50	16352.21	15861.45	13898.40	1.11	1.11	1.11	1.11

B.2.2. Συνεκτικό έδαφος ($c \neq 0$), σύγκριση EC-7 και Meyerhof

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$			
	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3
0.00	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	66.87	66.63	66.54	66.21	66.28	66.11	66.05	65.82	0.99	0.99	0.99	0.99
10.00	93.83	92.53	92.10	90.37	90.79	89.87	89.56	88.34	0.97	0.97	0.97	0.98
15.00	141.29	137.35	136.03	130.78	132.35	129.52	128.58	124.82	0.94	0.94	0.95	0.95
20.00	226.96	217.13	213.85	200.75	205.77	198.59	196.20	186.63	0.91	0.91	0.92	0.93
25.00	387.43	364.90	357.39	327.35	342.52	325.60	319.96	297.41	0.88	0.89	0.90	0.91
30.00	703.26	653.03	636.28	569.30	614.76	575.59	562.53	510.30	0.87	0.88	0.88	0.90
35.00	1365.79	1252.72	1215.03	1064.28	1204.28	1111.40	1080.44	956.60	0.88	0.89	0.89	0.90
40.00	2874.21	2609.08	2520.70	2167.19	2626.95	2392.72	2314.64	2002.34	0.91	0.92	0.92	0.92
45.00	6693.69	6024.32	5801.20	4908.71	6593.58	5936.73	5717.78	4841.97	0.99	0.99	0.99	0.99

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$			
	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3
0.00	91.42	91.42	91.42	91.42	105.70	105.70	105.70	105.70	1.16	1.16	1.16	1.16
5.00	129.58	129.33	129.25	128.92	150.15	149.96	149.89	149.63	1.16	1.16	1.16	1.16
10.00	192.68	191.39	190.96	189.23	222.19	221.16	220.82	219.45	1.15	1.16	1.16	1.16
15.00	298.93	294.99	293.68	288.43	342.09	338.90	337.83	333.58	1.14	1.15	1.15	1.16
20.00	482.93	473.11	469.83	456.73	548.87	540.67	537.93	527.00	1.14	1.14	1.14	1.15
25.00	813.91	791.38	783.88	753.84	922.23	902.67	896.14	870.05	1.13	1.14	1.14	1.15
30.00	1439.30	1389.07	1372.33	1305.35	1636.97	1591.02	1575.70	1514.43	1.14	1.15	1.15	1.16
35.00	2697.64	2584.57	2546.88	2396.12	3111.92	3001.19	2964.28	2816.65	1.15	1.16	1.16	1.18
40.00	5442.02	5176.89	5088.51	4734.99	6470.28	6185.83	6091.01	5711.73	1.19	1.19	1.20	1.21
45.00	12088.65	11419.28	11196.15	10303.66	15206.02	14390.59	14118.78	13031.53	1.26	1.26	1.26	1.26

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$
0.00	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	51.42	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	68.86	68.36	68.20	67.54	67.68	67.33	67.21	66.75	0.98	0.98	0.99	0.99
10.00	104.21	101.61	100.75	97.29	98.12	96.29	95.68	93.23	0.94	0.95	0.95	0.96
15.00	172.81	164.93	162.30	151.80	154.93	149.28	147.40	139.87	0.90	0.91	0.91	0.92
20.00	305.56	285.91	279.36	253.16	263.18	248.83	244.04	224.90	0.86	0.87	0.87	0.89
25.00	567.65	522.59	507.57	447.50	477.83	444.00	432.72	387.62	0.84	0.85	0.85	0.87
30.00	1105.12	1004.65	971.17	837.21	928.12	849.78	823.66	719.21	0.84	0.85	0.85	0.86
35.00	2270.35	2044.21	1968.83	1667.31	1947.33	1761.57	1699.65	1451.97	0.86	0.86	0.86	0.87
40.00	4995.30	4465.03	4288.27	3581.24	4500.76	4032.31	3876.16	3251.55	0.90	0.90	0.90	0.91
45.00	12048.65	10709.91	10263.66	8478.68	11848.43	10534.72	10096.81	8345.20	0.98	0.98	0.98	0.98

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$
0.00	91.42	91.42	91.42	91.42	98.56	98.56	98.56	98.56	1.08	1.08	1.08	1.08
5.00	131.57	131.07	130.91	130.25	141.04	140.67	140.55	140.06	1.07	1.07	1.07	1.08
10.00	203.06	200.47	199.60	196.14	213.69	211.75	211.10	208.51	1.05	1.06	1.06	1.06
15.00	330.46	322.58	319.95	309.44	340.09	334.08	332.07	324.06	1.03	1.04	1.04	1.05
20.00	561.54	541.89	535.34	509.13	566.82	551.44	546.32	525.81	1.01	1.02	1.02	1.03
25.00	994.13	949.08	934.06	873.99	991.55	955.07	942.90	894.26	1.00	1.01	1.01	1.02
30.00	1841.16	1740.70	1707.21	1573.26	1834.39	1749.26	1720.89	1607.39	1.00	1.00	1.01	1.02
35.00	3602.20	3376.06	3300.68	2999.16	3638.44	3434.83	3366.97	3095.49	1.01	1.02	1.02	1.03
40.00	7563.11	7032.83	6856.08	6149.05	7907.25	7388.57	7215.68	6524.10	1.05	1.05	1.05	1.06
45.00	17443.60	16104.86	15658.61	13873.63	19486.44	18014.15	17523.39	15560.33	1.12	1.12	1.12	1.12

B.2.3. Σύγκριση μη συνεκτικού ($c=0$) και συνεκτικού εδάφους ($c \neq 0$), για εκκεντρότητα $e/B=1/3$

ϕ°	$B=2m$ $D=0m$ $c=0KPa$	$B=2m$ $D=0m$ $c=10KPa$	$B=2m$ $D=2m$ $c=0KPa$	$B=2m$ $D=2m$ $c=10KPa$	$B=4m$ $D=0m$ $c=0KPa$	$B=4m$ $D=0m$ $c=10KPa$	$B=4m$ $D=2m$ $c=0KPa$	$B=4m$ $D=2m$ $c=10KPa$
	$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$							
0.00	-	1.00	1.10	1.16	-	1.00	1.05	1.08
5.00	0.70	0.99	1.10	1.16	0.70	0.99	1.04	1.08
10.00	0.71	0.98	1.10	1.16	0.71	0.96	1.02	1.06
15.00	0.72	0.95	1.09	1.16	0.72	0.92	1.00	1.05
20.00	0.73	0.93	1.09	1.15	0.73	0.89	0.99	1.03
25.00	0.75	0.91	1.09	1.15	0.75	0.87	0.98	1.02
30.00	0.78	0.90	1.10	1.16	0.78	0.86	0.99	1.02
35.00	0.82	0.90	1.13	1.18	0.82	0.87	1.00	1.03
40.00	0.88	0.92	1.16	1.21	0.88	0.91	1.04	1.06
45.00	0.98	0.99	1.23	1.26	0.98	0.98	1.11	1.12

B.3. Αποτελέσματα παραμετρικών επιλύσεων για κεντρική και λοξή φόρτιση

B.3.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$), σύγκριση EC-7 και DIN 4017

- Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

φ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,DIN (KPa)				qult,EC7/qult,DIN			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	1.99	1.45	1.02	0.68	1.99	1.45	1.02	0.68	1.00	1.00	1.00	1.00
10.00	10.38	7.57	5.31	3.56	10.38	7.57	5.31	3.56	1.00	1.00	1.00	1.00
15.00	31.52	22.98	16.14	10.81	31.52	22.98	16.14	10.81	1.00	1.00	1.00	1.00
20.00	78.61	57.31	40.25	26.96	78.61	57.31	40.25	26.96	1.00	1.00	1.00	1.00
25.00	180.22	131.38	92.27	61.82	180.22	131.38	92.27	61.82	1.00	1.00	1.00	1.00
30.00	401.86	292.96	205.75	137.84	401.86	292.96	205.75	137.84	1.00	1.00	1.00	1.00
35.00	904.56	659.42	463.13	310.26	904.56	659.42	463.13	310.26	1.00	1.00	1.00	1.00
40.00	2121.08	1546.27	1085.99	727.53	2121.08	1546.27	1085.99	727.53	1.00	1.00	1.00	1.00
45.00	5354.95	3903.76	2741.74	1836.75	5354.95	3903.76	2741.74	1836.75	1.00	1.00	1.00	1.00

- Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

φ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,DIN (KPa)				qult,EC7/qult,DIN			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	64.69	52.24	41.15	31.41	64.69	51.89	40.90	31.60	1.00	1.01	1.01	0.99
10.00	109.24	87.64	68.58	52.00	109.24	87.08	68.19	52.30	1.00	1.01	1.01	0.99
15.00	189.17	150.67	117.03	88.06	189.17	149.78	116.41	88.54	1.00	1.01	1.01	0.99
20.00	334.58	264.65	204.07	152.39	334.58	263.20	203.06	153.17	1.00	1.01	1.00	0.99
25.00	606.71	476.83	365.22	270.79	606.71	474.43	363.54	272.09	1.00	1.01	1.00	1.00
30.00	1137.91	889.15	676.82	498.50	1137.91	885.00	673.92	500.74	1.00	1.00	1.00	1.00
35.00	2236.40	1738.22	1315.51	962.87	2236.40	1730.70	1310.26	966.91	1.00	1.00	1.00	1.00
40.00	4688.89	3626.19	2729.39	1985.76	4688.89	3611.70	2719.26	1993.56	1.00	1.00	1.00	1.00
45.00	10749.91	8273.67	6194.51	4480.28	10749.91	8243.23	6173.23	4496.67	1.00	1.00	1.00	1.00

- Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

φ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,DIN (KPa)				qult,EC7/qult,DIN			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	3.97	2.90	2.03	1.36	3.97	2.90	2.03	1.36	1.00	1.00	1.00	1.00
10.00	20.76	15.13	10.63	7.12	20.76	15.13	10.63	7.12	1.00	1.00	1.00	1.00
15.00	63.05	45.96	32.28	21.62	63.05	45.96	32.28	21.62	1.00	1.00	1.00	1.00
20.00	157.22	114.61	80.50	53.93	157.22	114.61	80.50	53.93	1.00	1.00	1.00	1.00
25.00	360.44	262.76	184.55	123.63	360.44	262.76	184.55	123.63	1.00	1.00	1.00	1.00
30.00	803.72	585.91	411.51	275.68	803.72	585.91	411.51	275.68	1.00	1.00	1.00	1.00
35.00	1809.12	1318.85	926.27	620.53	1809.12	1318.85	926.27	620.53	1.00	1.00	1.00	1.00
40.00	4242.17	3092.54	2171.99	1455.06	4242.17	3092.54	2171.99	1455.06	1.00	1.00	1.00	1.00
45.00	10709.91	7807.52	5483.47	3673.50	10709.91	7807.52	5483.47	3673.50	1.00	1.00	1.00	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,DIN (KPa)				qult,EC7/qult,DIN			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	66.68	53.69	42.17	32.09	66.68	53.34	41.92	32.28	1.00	1.01	1.01	0.99
10.00	119.61	95.21	73.90	55.56	119.61	94.65	73.51	55.86	1.00	1.01	1.01	0.99
15.00	220.69	173.65	133.17	98.87	220.69	172.76	132.55	99.35	1.00	1.01	1.00	1.00
20.00	413.19	321.95	244.32	179.35	413.19	320.51	243.31	180.13	1.00	1.00	1.00	1.00
25.00	786.93	608.22	457.50	332.61	786.93	605.81	455.82	333.91	1.00	1.00	1.00	1.00
30.00	1539.77	1182.11	882.58	636.34	1539.77	1177.96	879.67	638.58	1.00	1.00	1.00	1.00
35.00	3140.96	2397.64	1778.65	1273.13	3140.96	2390.12	1773.40	1277.18	1.00	1.00	1.00	1.00
40.00	6809.97	5172.46	3815.39	2713.29	6809.97	5157.97	3805.26	2721.09	1.00	1.00	1.00	1.00
45.00	16104.86	12177.43	8936.24	6317.03	16104.86	12146.99	8914.97	6333.42	1.00	1.00	1.00	1.00

B.3.2. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$), σύγκριση EC-7 και Meyerhof

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,MEYER (KPa)				qult,MEYER/qult,EC7			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	1.99	1.45	1.02	0.68	1.39	0.03	2.22	7.63	0.70	0.02	2.18	11.20
10.00	10.38	7.57	5.31	3.56	7.34	1.35	0.13	3.29	0.71	0.18	0.02	0.93
15.00	31.52	22.98	16.14	10.81	22.58	8.66	1.37	0.29	0.72	0.38	0.08	0.03
20.00	78.61	57.31	40.25	26.96	57.42	29.31	10.84	1.56	0.73	0.51	0.27	0.06
25.00	180.22	131.38	92.27	61.82	135.31	80.55	40.58	14.92	0.75	0.61	0.44	0.24
30.00	401.86	292.96	205.75	137.84	313.36	205.42	121.63	61.60	0.78	0.70	0.59	0.45
35.00	904.56	659.42	463.13	310.26	743.05	520.36	340.42	203.15	0.82	0.79	0.74	0.65
40.00	2121.08	1546.27	1085.99	727.53	1873.81	1376.98	963.98	635.84	0.88	0.89	0.89	0.87
45.00	5354.95	3903.76	2741.74	1836.75	5254.84	4005.77	2945.36	2078.41	0.98	1.03	1.07	1.13

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,MEYER (KPa)				qult,MEYER/qult,EC7			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	51.42	44.81	38.20	31.59	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	66.87	55.21	46.44	39.77	66.28	56.94	51.82	50.68	0.99	1.03	1.12	1.27
10.00	93.83	76.50	62.94	52.46	90.79	74.55	63.92	58.65	0.97	0.97	1.02	1.12
15.00	141.29	113.39	90.93	73.31	132.35	104.94	85.28	73.10	0.94	0.93	0.94	1.00
20.00	226.96	179.07	139.89	108.79	205.77	159.43	124.25	99.97	0.91	0.89	0.89	0.92
25.00	387.43	300.83	229.52	172.49	342.52	262.30	198.98	152.36	0.88	0.87	0.87	0.88
30.00	703.26	538.64	403.06	294.30	614.76	469.78	352.03	261.52	0.87	0.87	0.87	0.89
35.00	1365.79	1034.48	762.40	544.43	1204.28	924.92	693.02	509.10	0.88	0.89	0.91	0.94
40.00	2874.21	2157.63	1571.69	1103.96	2626.95	2037.57	1539.72	1135.42	0.91	0.94	0.98	1.03
45.00	6693.69	4989.33	3601.82	2499.32	6593.58	5180.01	3968.77	2966.44	0.99	1.04	1.10	1.19

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	3.97	2.90	2.03	1.36	2.79	0.06	4.44	15.27	0.70	0.02	2.18	11.20
10.00	20.76	15.13	10.63	7.12	14.67	2.70	0.25	6.59	0.71	0.18	0.02	0.93
15.00	63.05	45.96	32.28	21.62	45.16	17.32	2.73	0.58	0.72	0.38	0.08	0.03
20.00	157.22	114.61	80.50	53.93	114.84	58.62	21.68	3.13	0.73	0.51	0.27	0.06
25.00	360.44	262.76	184.55	123.63	270.62	161.11	81.15	29.83	0.75	0.61	0.44	0.24
30.00	803.72	585.91	411.51	275.68	626.72	410.83	243.25	123.19	0.78	0.70	0.59	0.45
35.00	1809.12	1318.85	926.27	620.53	1486.10	1040.72	680.84	406.30	0.82	0.79	0.74	0.65
40.00	4242.17	3092.54	2171.99	1455.06	3747.63	2753.95	1927.97	1271.68	0.88	0.89	0.89	0.87
45.00	10709.91	7807.52	5483.47	3673.50	10509.69	8011.54	5890.72	4156.82	0.98	1.03	1.07	1.13

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	66.68	53.69	42.17	32.09	69.07	58.06	55.24	59.96	1.04	1.08	1.31	1.87
10.00	119.61	95.21	73.90	55.56	120.30	94.74	80.34	76.46	1.01	1.00	1.09	1.38
15.00	220.69	173.65	133.17	98.87	216.02	165.73	131.28	112.00	0.98	0.95	0.99	1.13
20.00	413.19	321.95	244.32	179.35	397.29	303.36	232.88	185.27	0.96	0.94	0.95	1.03
25.00	786.93	608.22	457.50	332.61	751.82	577.19	439.14	337.28	0.96	0.95	0.96	1.01
30.00	1539.77	1182.11	882.58	636.34	1480.79	1147.93	875.72	664.39	0.96	0.97	0.99	1.04
35.00	3140.96	2397.64	1778.65	1273.13	3088.60	2421.07	1862.16	1413.64	0.98	1.01	1.05	1.11
40.00	6809.97	5172.46	3815.39	2713.29	6992.61	5543.04	4308.16	3293.98	1.03	1.07	1.13	1.21
45.00	16104.86	12177.43	8936.24	6317.03	17824.50	14281.86	11223.86	8669.22	1.11	1.17	1.26	1.37

B.3.3. Συνεκτικό έδαφος ($c \neq 0$), σύγκριση EC-7 και DIN 4017

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,DIN}$ (KPa)				$q_{ult,EC7}/q_{ult,DIN}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	51.42	44.81	38.20	31.59	51.42	44.81	38.20	31.59	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	66.87	55.21	46.44	39.77	66.87	54.77	45.86	39.16	1.00	1.01	1.01	1.02
10.00	93.83	76.50	62.94	52.46	93.83	75.96	62.29	51.88	1.00	1.01	1.01	1.01
15.00	141.29	113.39	90.93	73.31	141.29	112.70	90.20	72.85	1.00	1.01	1.01	1.01
20.00	226.96	179.07	139.89	108.79	226.96	178.15	139.05	108.53	1.00	1.01	1.01	1.00
25.00	387.43	300.83	229.52	172.49	387.43	299.59	228.51	172.55	1.00	1.00	1.00	1.00
30.00	703.26	538.64	403.06	294.30	703.26	536.87	401.72	294.79	1.00	1.00	1.00	1.00
35.00	1365.79	1034.48	762.40	544.43	1365.79	1031.81	760.47	545.52	1.00	1.00	1.00	1.00
40.00	2874.21	2157.63	1571.69	1103.96	2874.21	2153.33	1568.64	1106.05	1.00	1.00	1.00	1.00
45.00	6693.69	4989.33	3601.82	2499.32	6693.69	4981.73	3596.48	2503.25	1.00	1.00	1.00	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,DIN}$ (KPa)				$q_{ult,EC7}/q_{ult,DIN}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	91.42	77.82	-	-	91.42	77.82	-	-	1.00	1.00	-	-
5.00	129.58	106.53	88.68	74.91	129.58	105.71	87.64	73.91	1.00	1.01	1.01	1.01
10.00	192.68	156.75	127.37	103.95	192.68	155.63	126.17	103.16	1.00	1.01	1.01	1.01
15.00	298.93	240.95	192.08	152.07	298.93	239.36	190.62	151.65	1.00	1.01	1.01	1.00
20.00	482.93	386.05	303.28	234.33	482.93	383.70	301.36	234.49	1.00	1.01	1.01	1.00
25.00	813.91	645.81	501.62	380.57	813.91	642.17	498.86	381.60	1.00	1.01	1.01	1.00
30.00	1439.30	1134.32	873.08	653.48	1439.30	1128.42	868.78	655.91	1.00	1.01	1.00	1.00
35.00	2697.64	2112.77	1613.70	1195.31	2697.64	2102.61	1606.46	1200.18	1.00	1.00	1.00	1.00
40.00	5442.02	4237.10	3214.06	2360.46	5442.02	4218.32	3200.83	2370.10	1.00	1.00	1.00	1.00
45.00	12088.65	9358.84	7053.67	5141.25	12088.65	9320.80	7027.00	5161.35	1.00	1.00	1.00	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,DIN}$ (KPa)				$q_{ult,EC7}/q_{ult,DIN}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	51.42	44.81	38.20	31.59	51.42	44.81	38.20	31.59	1.00	1.00	1.00	1.00
5.00	68.86	56.78	47.71	40.82	68.86	56.34	47.12	40.20	1.00	1.01	1.01	1.02
10.00	104.21	84.43	69.01	57.14	104.21	83.87	68.34	56.57	1.00	1.01	1.01	1.01
15.00	172.81	136.88	108.17	85.87	172.81	136.17	107.45	85.46	1.00	1.01	1.01	1.00
20.00	305.56	236.88	181.28	137.70	305.56	235.95	180.47	137.55	1.00	1.00	1.00	1.00
25.00	567.65	432.63	322.79	236.08	567.65	431.38	321.80	236.27	1.00	1.00	1.00	1.00
30.00	1105.12	831.92	609.58	433.55	1105.12	830.14	608.27	434.18	1.00	1.00	1.00	1.00
35.00	2270.35	1694.13	1226.09	855.73	2270.35	1691.46	1224.18	856.94	1.00	1.00	1.00	1.00
40.00	4995.30	3704.06	2658.08	1832.22	4995.30	3699.75	2655.04	1834.40	1.00	1.00	1.00	1.00
45.00	12048.65	8893.20	6343.82	4336.56	12048.65	8885.59	6338.49	4340.57	1.00	1.00	1.00	1.00

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,DIN}$ (KPa)				$q_{ult,EC7}/q_{ult,DIN}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	91.42	77.82	-	-	91.42	77.82	-	-	1.00	1.00	-	-
5.00	131.57	108.08	89.89	75.87	131.57	107.25	88.85	74.87	1.00	1.01	1.01	1.01
10.00	203.06	164.54	133.15	108.22	203.06	163.42	131.95	107.45	1.00	1.01	1.01	1.01
15.00	330.46	264.23	208.86	163.88	330.46	262.64	207.42	163.52	1.00	1.01	1.01	1.00
20.00	561.54	443.68	344.22	262.41	561.54	441.33	342.32	262.66	1.00	1.01	1.01	1.00
25.00	994.13	777.51	594.58	443.50	994.13	773.86	591.84	444.65	1.00	1.00	1.00	1.00
30.00	1841.16	1427.57	1079.47	792.36	1841.16	1421.66	1075.19	794.92	1.00	1.00	1.00	1.00
35.00	3602.20	2772.45	2077.40	1506.52	3602.20	2762.28	2070.19	1511.51	1.00	1.00	1.00	1.00
40.00	7563.11	5783.59	4300.55	3088.83	7563.11	5764.80	4287.34	3098.58	1.00	1.00	1.00	1.00
45.00	17443.60	13262.79	9795.83	6978.72	17443.60	13224.75	9769.19	6998.93	1.00	1.00	1.00	1.00

B.3.4. Συνεκτικό έδαφος ($c \neq 0$), σύγκριση EC-7 και Meyerhof

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,MEYER (KPa)				qult,MEYER/qult,EC7			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	64.69	52.24	41.15	31.41	71.10	61.04	55.63	54.60	1.10	1.17	1.35	1.74
10.00	109.24	87.64	68.58	52.00	118.85	98.55	84.72	77.08	1.09	1.12	1.24	1.48
15.00	189.17	150.67	117.03	88.06	203.71	166.08	137.76	118.53	1.08	1.10	1.18	1.35
20.00	334.58	264.65	204.07	152.39	358.15	290.08	236.02	195.83	1.07	1.10	1.16	1.29
25.00	606.71	476.83	365.22	270.79	649.98	526.00	424.15	344.57	1.07	1.10	1.16	1.27
30.00	1137.91	889.15	676.82	498.50	1231.17	998.42	802.83	645.07	1.08	1.12	1.19	1.29
35.00	2236.40	1738.22	1315.51	962.87	2473.47	2012.92	1619.54	1295.34	1.11	1.16	1.23	1.35
40.00	4688.89	3626.19	2729.39	1985.76	5394.13	4407.56	3554.66	2840.78	1.15	1.22	1.30	1.43
45.00	10749.91	8273.67	6194.51	4480.28	13220.89	10847.30	8776.34	7022.80	1.23	1.31	1.42	1.57

• Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

ϕ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,MEYER (KPa)				qult,MEYER/qult,EC7			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	91.42	77.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	129.58	106.53	88.68	74.91	150.15	130.37	116.06	107.04	1.16	1.22	1.31	1.43
10.00	192.68	156.75	127.37	103.95	222.19	189.20	163.72	145.62	1.15	1.21	1.29	1.40
15.00	298.93	240.95	192.08	152.07	342.09	287.46	243.55	210.32	1.14	1.19	1.27	1.38
20.00	482.93	386.05	303.28	234.33	548.87	457.37	381.82	322.34	1.14	1.18	1.26	1.38
25.00	813.91	645.81	501.62	380.57	922.23	764.80	632.28	525.16	1.13	1.18	1.26	1.38
30.00	1439.30	1134.32	873.08	653.48	1636.97	1354.36	1113.05	914.26	1.14	1.19	1.27	1.40
35.00	2697.64	2112.77	1613.70	1195.31	3111.92	2572.91	2107.60	1718.84	1.15	1.22	1.31	1.44
40.00	5442.02	4237.10	3214.06	2360.46	6470.28	5351.48	4377.34	3554.63	1.19	1.26	1.36	1.51
45.00	12088.65	9358.84	7053.67	5141.25	15206.02	12588.52	10293.90	8339.61	1.26	1.35	1.46	1.62

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

ϕ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,MEYER (KPa)				qult,MEYER/qult,EC7			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	51.42	44.81	38.20	31.59	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	68.86	56.78	47.71	40.82	67.68	56.97	54.04	58.31	0.98	1.00	1.13	1.43
10.00	104.21	84.43	69.01	57.14	98.12	75.90	64.05	61.94	0.94	0.90	0.93	1.08
15.00	172.81	136.88	108.17	85.87	154.93	113.60	86.64	73.39	0.90	0.83	0.80	0.85
20.00	305.56	236.88	181.28	137.70	263.18	188.74	135.09	101.53	0.86	0.80	0.75	0.74
25.00	567.65	432.63	322.79	236.08	477.83	342.85	239.55	167.28	0.84	0.79	0.74	0.71
30.00	1105.12	831.92	609.58	433.55	928.12	675.20	473.66	323.12	0.84	0.81	0.78	0.75
35.00	2270.35	1694.13	1226.09	855.73	1947.33	1445.28	1033.43	712.26	0.86	0.85	0.84	0.83
40.00	4995.30	3704.06	2658.08	1832.22	4500.76	3414.54	2503.71	1771.25	0.90	0.92	0.94	0.97
45.00	12048.65	8893.20	6343.82	4336.56	11848.43	9185.77	6914.13	5044.85	0.98	1.03	1.09	1.16

• Πλάτος θεμελίου $B=4m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

φ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,MEYER (KPa)				qult,MEYER/qult,EC7			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	91.42	77.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	131.57	108.08	89.89	75.87	141.04	121.19	110.25	107.70	1.07	1.12	1.23	1.42
10.00	203.06	164.54	133.15	108.22	213.69	176.66	151.74	138.41	1.05	1.07	1.14	1.28
15.00	330.46	264.23	208.86	163.88	340.09	274.56	226.12	194.30	1.03	1.04	1.08	1.19
20.00	561.54	443.68	344.22	262.41	566.82	452.06	362.49	297.73	1.01	1.02	1.05	1.13
25.00	994.13	777.51	594.58	443.50	991.55	787.47	622.40	496.30	1.00	1.01	1.05	1.12
30.00	1841.16	1427.57	1079.47	792.36	1834.39	1458.08	1146.04	898.94	1.00	1.02	1.06	1.13
35.00	3602.20	2772.45	2077.40	1506.52	3638.44	2903.35	2282.49	1778.36	1.01	1.05	1.10	1.18
40.00	7563.11	5783.59	4300.55	3088.83	7907.25	6345.29	5007.37	3900.70	1.05	1.10	1.16	1.26
45.00	17443.60	13262.79	9795.83	6978.72	19486.44	15739.59	12494.35	9771.64	1.12	1.19	1.28	1.40

Β.4. Τετραγωνικό θεμέλιο υπό λοξή φόρτιση, σύγκριση EC-7 και DIN 4017

Β.4.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)

- Διάσταση θεμελίου $B=L=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

φ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,DIN (KPa)				qult,EC-7/qult,DIN			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	1.39	1.07	0.80	0.57	1.39	1.01	0.71	0.48	1.00	1.05	1.12	1.20
10.00	7.26	5.58	4.16	2.98	7.26	5.30	3.72	2.49	1.00	1.05	1.12	1.20
15.00	22.07	16.96	12.63	9.05	22.07	16.09	11.30	7.57	1.00	1.05	1.12	1.20
20.00	55.03	42.28	31.50	22.56	55.03	40.11	28.17	18.87	1.00	1.05	1.12	1.20
25.00	126.15	96.94	72.22	51.72	126.15	91.97	64.59	43.27	1.00	1.05	1.12	1.20
30.00	281.30	216.16	161.03	115.32	281.30	205.07	144.03	96.49	1.00	1.05	1.12	1.20
35.00	633.19	486.57	362.46	259.59	633.19	461.60	324.19	217.18	1.00	1.05	1.12	1.20
40.00	1484.76	1140.94	849.93	608.70	1484.76	1082.39	760.20	509.27	1.00	1.05	1.12	1.20
45.00	3748.47	2880.45	2145.75	1536.73	3748.47	2732.63	1919.22	1285.72	1.00	1.05	1.12	1.20

- Διάσταση θεμελίου $B=L=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

φ (d)	qult,EC-7 (KPa)				qult,DIN (KPa)				qult,EC-7/qult,DIN			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	69.56	59.28	49.58	40.50	69.56	55.85	44.07	34.09	1.00	1.06	1.12	1.19
10.00	123.29	104.65	87.18	70.93	123.29	98.62	77.52	59.70	1.00	1.06	1.12	1.19
15.00	220.51	186.39	154.63	125.27	220.51	175.71	137.52	105.41	1.00	1.06	1.12	1.19
20.00	398.55	335.59	277.30	223.75	398.55	316.43	246.67	188.24	1.00	1.06	1.12	1.19
25.00	732.88	614.97	506.35	407.06	732.88	579.99	450.50	342.41	1.00	1.06	1.12	1.19
30.00	1385.37	1158.83	951.03	761.93	1385.37	1093.13	846.28	640.84	1.00	1.06	1.12	1.19
35.00	2728.95	2275.95	1862.06	1486.99	2728.95	2147.33	1657.21	1250.47	1.00	1.06	1.12	1.19
40.00	5703.12	4742.64	3868.34	3079.23	5703.12	4475.46	3443.31	2589.09	1.00	1.06	1.12	1.19
45.00	12958.23	10743.88	8735.72	6930.54	12958.23	10140.57	7777.14	5826.50	1.00	1.06	1.12	1.19

Β.4.2. Συνεκτικό έδαφος ($c \neq 0$)

- Διάσταση θεμελίου $B=L=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=0$

φ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,DIN}$ (KPa)				$q_{ult,EC-7}/q_{ult,DIN}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	61.70	52.18	42.67	33.15	61.70	52.18	42.67	33.15	-	-	-	-
5.00	81.90	73.73	66.83	60.96	81.90	70.93	62.32	55.44	1.00	1.04	1.07	1.10
10.00	115.05	101.55	90.05	80.30	115.05	97.12	83.08	72.02	1.00	1.05	1.08	1.12
15.00	169.90	147.04	127.33	110.55	169.90	139.95	116.30	97.77	1.00	1.05	1.09	1.13
20.00	263.51	223.96	189.42	159.81	263.51	212.43	171.54	139.40	1.00	1.05	1.10	1.15
25.00	429.99	359.76	297.90	244.45	429.99	340.55	268.01	210.57	1.00	1.06	1.11	1.16
30.00	742.06	612.64	498.34	399.10	742.06	579.40	446.40	340.29	1.00	1.06	1.12	1.17
35.00	1367.17	1116.00	894.53	702.22	1367.17	1055.23	799.39	594.41	1.00	1.06	1.12	1.18
40.00	2729.65	2206.28	1746.84	1349.29	2729.65	2086.55	1559.39	1136.90	1.00	1.06	1.12	1.19
45.00	6040.91	4839.91	3791.51	2889.56	6040.91	4579.01	3383.79	2428.29	1.00	1.06	1.12	1.19

- Διάσταση θεμελίου $B=L=2m$, Βάθος θεμελίωσης $D=2m$

φ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,DIN}$ (KPa)				$q_{ult,EC-7}/q_{ult,DIN}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	101.70	83.41	-	-	101.70	83.41	-	-	1.00	1.00	-	-
5.00	150.07	133.99	120.32	108.67	150.07	128.52	111.60	98.15	1.00	1.04	1.08	1.11
10.00	231.08	201.90	176.50	154.65	231.08	192.26	161.39	136.99	1.00	1.05	1.09	1.13
15.00	368.35	316.99	271.16	230.98	368.35	300.43	245.21	201.09	1.00	1.06	1.11	1.15
20.00	607.03	517.18	435.63	362.82	607.03	488.86	390.98	311.56	1.00	1.06	1.11	1.16
25.00	1036.72	877.31	731.39	599.60	1036.72	828.21	653.55	510.06	1.00	1.06	1.12	1.18
30.00	1846.13	1554.61	1287.05	1044.12	1846.13	1466.83	1147.45	883.19	1.00	1.06	1.12	1.18
35.00	3462.93	2904.59	2392.51	1927.23	3462.93	2740.21	2130.77	1625.15	1.00	1.06	1.12	1.19
40.00	6948.02	5807.16	4763.49	3817.03	6948.02	5478.82	4240.68	3213.62	1.00	1.06	1.12	1.19
45.00	15250.67	12702.53	10379.71	8280.47	15250.67	11986.16	9239.87	6965.79	1.00	1.06	1.12	1.19

B.5. Αποτελέσματα παραμετρικών επιλύσεων για έκκεντρη και λοξή φόρτιση

B.5.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)

- Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος έδρασης $D=0$, φορτίο με εκκεντρότητα $e/B=1/3$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
5.00	1.32	0.48	0.34	0.23	0.93	0.01	0.74	2.54	0.70	0.02	2.18	11.20
10.00	6.92	2.52	1.77	1.19	4.89	0.45	0.04	1.10	0.71	0.18	0.02	0.93
15.00	21.02	7.66	5.38	3.60	15.05	2.89	0.46	0.10	0.72	0.38	0.08	0.03
20.00	52.41	19.10	13.42	8.99	38.28	9.77	3.61	0.52	0.73	0.51	0.27	0.06
25.00	120.15	43.79	30.76	20.61	90.21	26.85	13.53	4.97	0.75	0.61	0.44	0.24
30.00	267.91	97.65	68.58	45.95	208.91	68.47	40.54	20.53	0.78	0.70	0.59	0.45
35.00	603.04	219.81	154.38	103.42	495.37	173.45	113.47	67.72	0.82	0.79	0.74	0.65
40.00	1414.06	515.42	362.00	242.51	1249.21	458.99	321.33	211.95	0.88	0.89	0.89	0.87
45.00	3569.97	1301.25	913.91	612.25	3503.23	1335.26	981.79	692.80	0.98	1.03	1.07	1.13

- Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος έδρασης $D=0$, φορτίο υπό κλίση $H/V=0.2$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3	e/B=0	e/B=1/8	e/B=1/6	e/B=1/3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
5.00	1.02	0.76	0.68	0.34	2.22	1.67	1.48	0.74	2.18	2.18	2.18	2.18
10.00	5.31	3.99	3.54	1.77	0.13	0.09	0.08	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02
15.00	16.14	12.10	10.76	5.38	1.37	1.02	0.91	0.46	0.08	0.08	0.08	0.08
20.00	40.25	30.19	26.83	13.42	10.84	8.13	7.23	3.61	0.27	0.27	0.27	0.27
25.00	92.27	69.20	61.52	30.76	40.58	30.43	27.05	13.53	0.44	0.44	0.44	0.44
30.00	205.75	154.31	137.17	68.58	121.63	91.22	81.08	40.54	0.59	0.59	0.59	0.59
35.00	463.13	347.35	308.76	154.38	340.42	255.31	226.95	113.47	0.74	0.74	0.74	0.74
40.00	1085.99	814.50	724.00	362.00	963.98	722.99	642.66	321.33	0.89	0.89	0.89	0.89
45.00	2741.74	2056.30	1827.82	913.91	2945.36	2209.02	1963.57	981.79	1.07	1.07	1.07	1.07

B.5.2. Συνεκτικό έδαφος ($c \neq 0$)

- Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος έδρασης $D=2m$, φορτίο με εκκεντρότητα $e/B=1/3$

ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3	H/V=0	H/V=0.1	H/V=0.2	H/V=0.3
0.00	91.42	91.42	91.42	91.42	105.70	92.71	80.80	70.11	1.16	1.01	0.88	0.77
5.00	128.92	105.50	87.87	74.59	149.63	130.35	114.42	104.22	1.16	1.24	1.30	1.40
10.00	189.23	151.54	123.50	102.52	219.45	188.19	163.62	144.40	1.16	1.24	1.32	1.41
15.00	288.43	225.39	180.85	148.11	333.58	280.93	242.52	210.21	1.16	1.25	1.34	1.42
20.00	456.73	347.57	275.88	224.92	527.00	435.04	373.56	321.75	1.15	1.25	1.35	1.43
25.00	753.84	557.93	439.50	359.51	870.05	702.67	600.98	519.41	1.15	1.26	1.37	1.44
30.00	1305.35	938.72	735.29	607.08	1514.43	1193.70	1017.92	890.17	1.16	1.27	1.38	1.47
35.00	2396.12	1672.86	1304.34	1091.45	2816.65	2159.36	1837.06	1638.12	1.18	1.29	1.41	1.50
40.00	4734.99	3205.98	2489.49	2117.55	5711.73	4236.63	3596.86	3297.23	1.21	1.32	1.44	1.56
45.00	10303.66	6756.08	5225.31	4528.62	13031.53	9273.29	7856.27	7479.55	1.26	1.37	1.50	1.65

- Πλάτος θεμελίου $B=2m$, Βάθος έδρασης $D=2m$, φορτίο υπό κλίση $H/V=0.2$

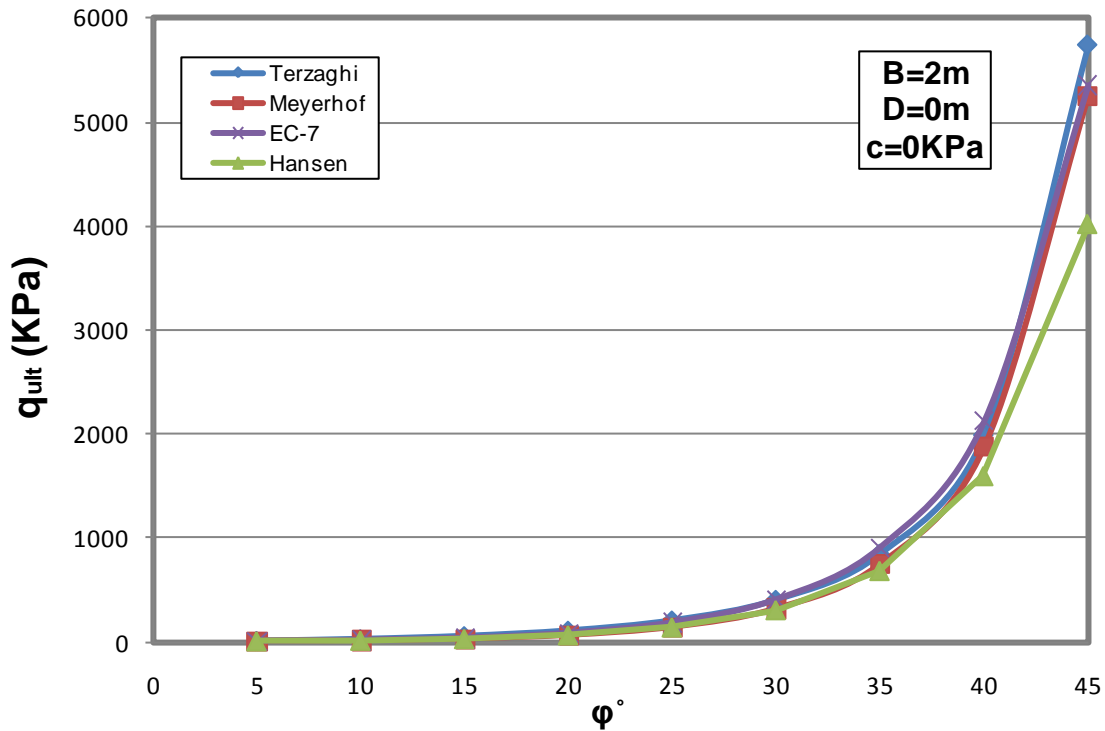
ϕ (d)	$q_{ult,EC-7}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}$ (KPa)				$q_{ult,MEYER}/q_{ult,EC7}$			
	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$	$e/B=0$	$e/B=1/8$	$e/B=1/6$	$e/B=1/3$
0.00	91.42	91.42	91.42	91.42	80.80	80.80	80.80	80.80	0.88	0.88	0.88	0.88
5.00	88.68	88.38	88.28	87.87	116.06	115.45	115.24	114.42	1.31	1.31	1.31	1.30
10.00	127.37	125.92	125.44	123.50	163.72	163.68	163.67	163.62	1.29	1.30	1.30	1.32
15.00	192.08	187.88	186.47	180.85	243.55	243.16	243.03	242.52	1.27	1.29	1.30	1.34
20.00	303.28	293.02	289.59	275.88	381.82	378.72	377.69	373.56	1.26	1.29	1.30	1.35
25.00	501.62	478.34	470.58	439.50	632.28	620.54	616.63	600.98	1.26	1.30	1.31	1.37
30.00	873.08	821.43	804.21	735.29	1113.05	1077.37	1065.48	1017.92	1.27	1.31	1.32	1.38
35.00	1613.70	1497.72	1459.05	1304.34	2107.60	2006.15	1972.33	1837.06	1.31	1.34	1.35	1.41
40.00	3214.06	2942.38	2851.81	2489.49	4377.34	4084.66	3987.10	3596.86	1.36	1.39	1.40	1.44
45.00	7053.67	6368.07	6139.53	5225.31	10293.90	9379.79	9075.09	7856.27	1.46	1.47	1.48	1.50

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

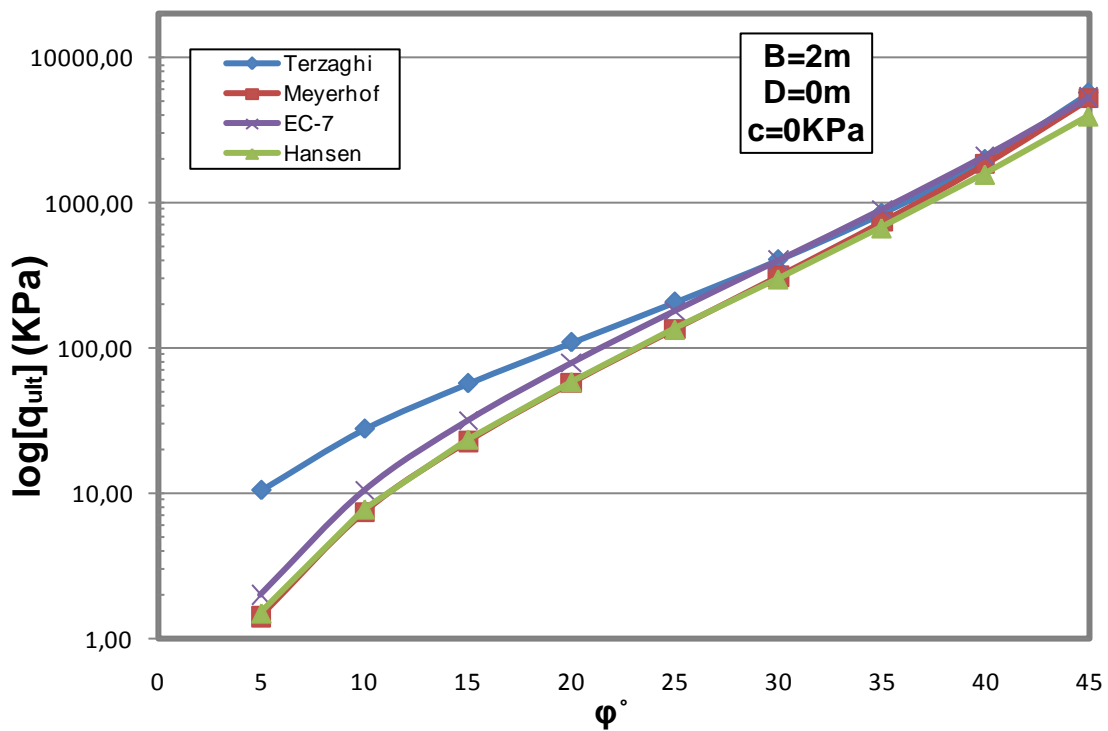
**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ 3^{ΟΥ}
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΥΠΟ ΜΟΡΦΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

Γ.1. Κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση

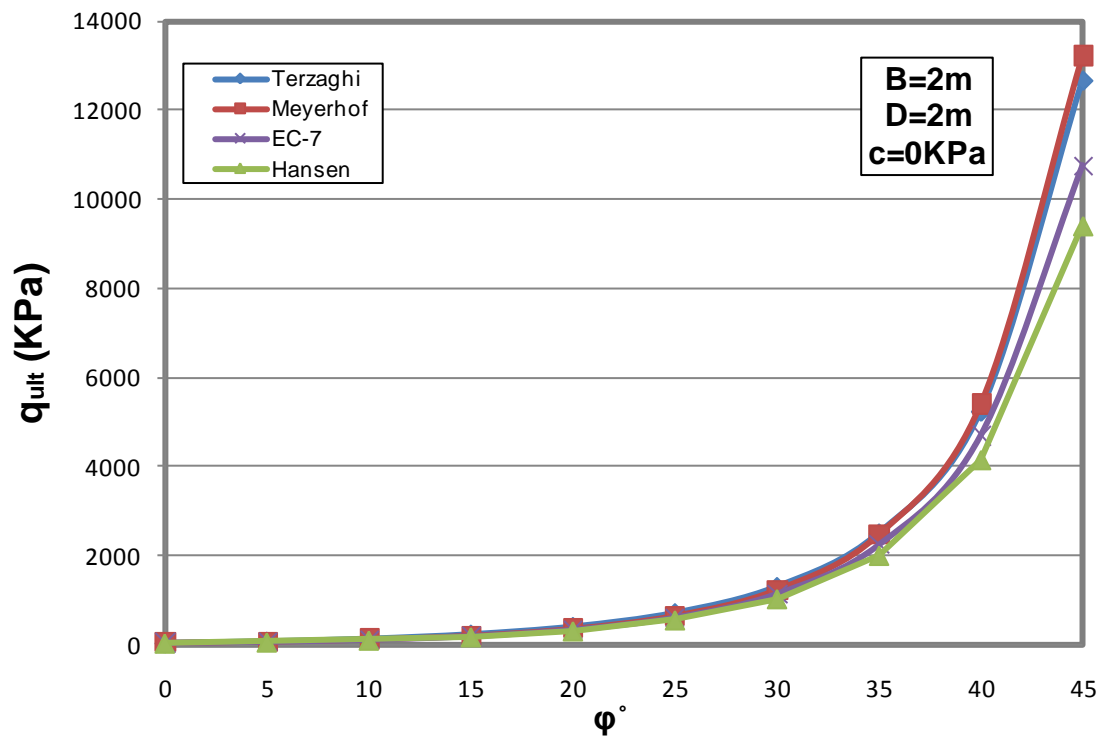
Γ.1.1. Μη συνεκτικό έδαφος (c=0)



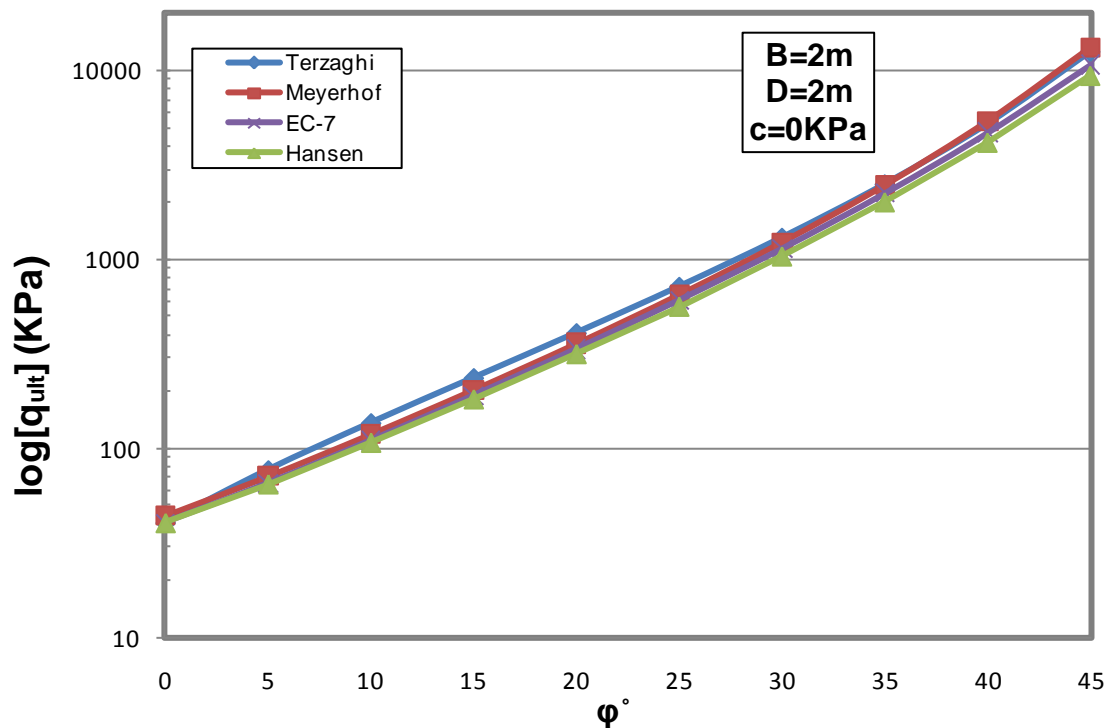
Σχ. Γ.1. Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



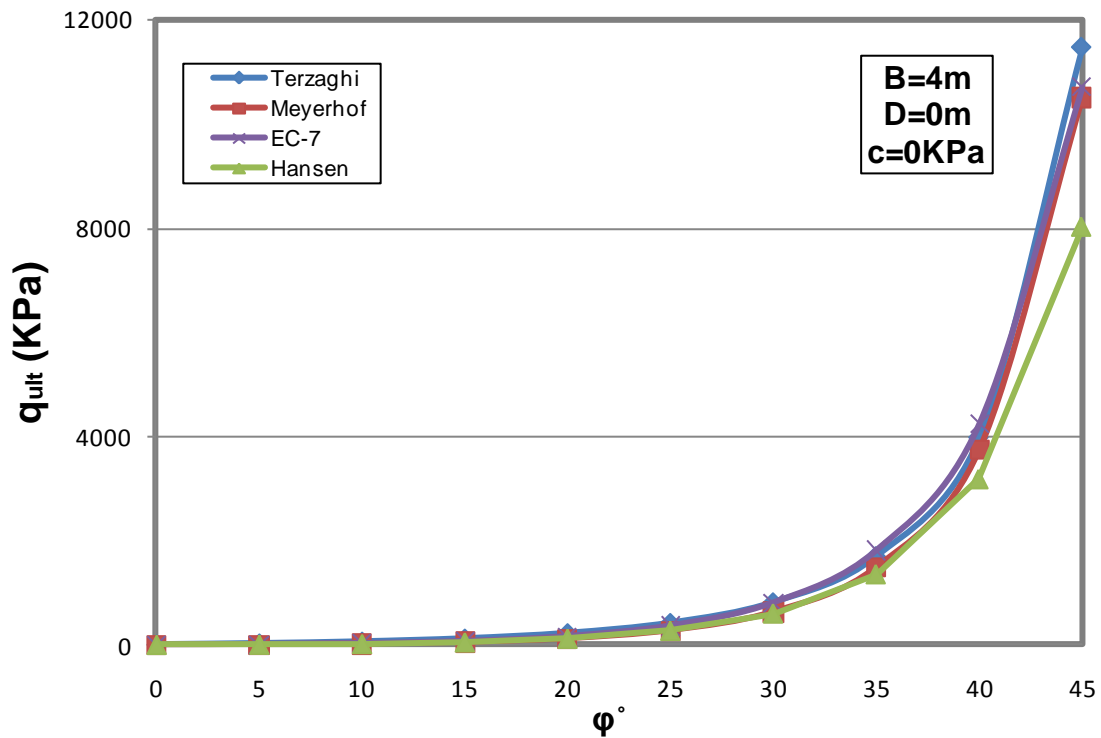
Σχ. Γ.2. Λογαριθμική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



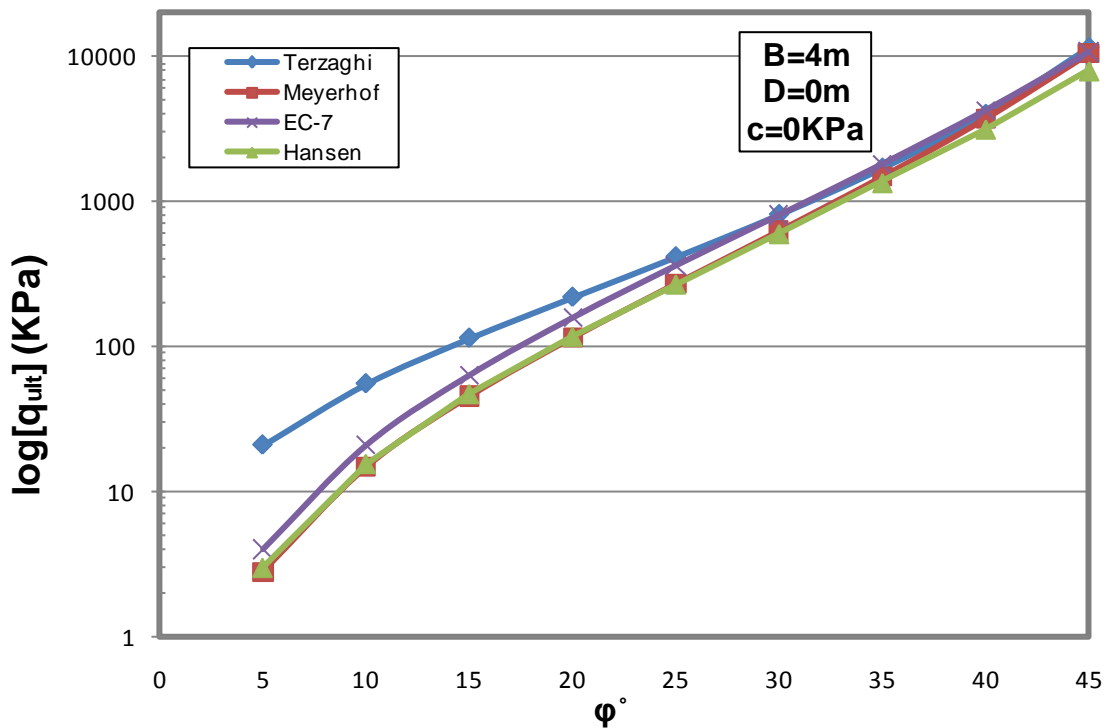
Σχ. Γ.3. Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



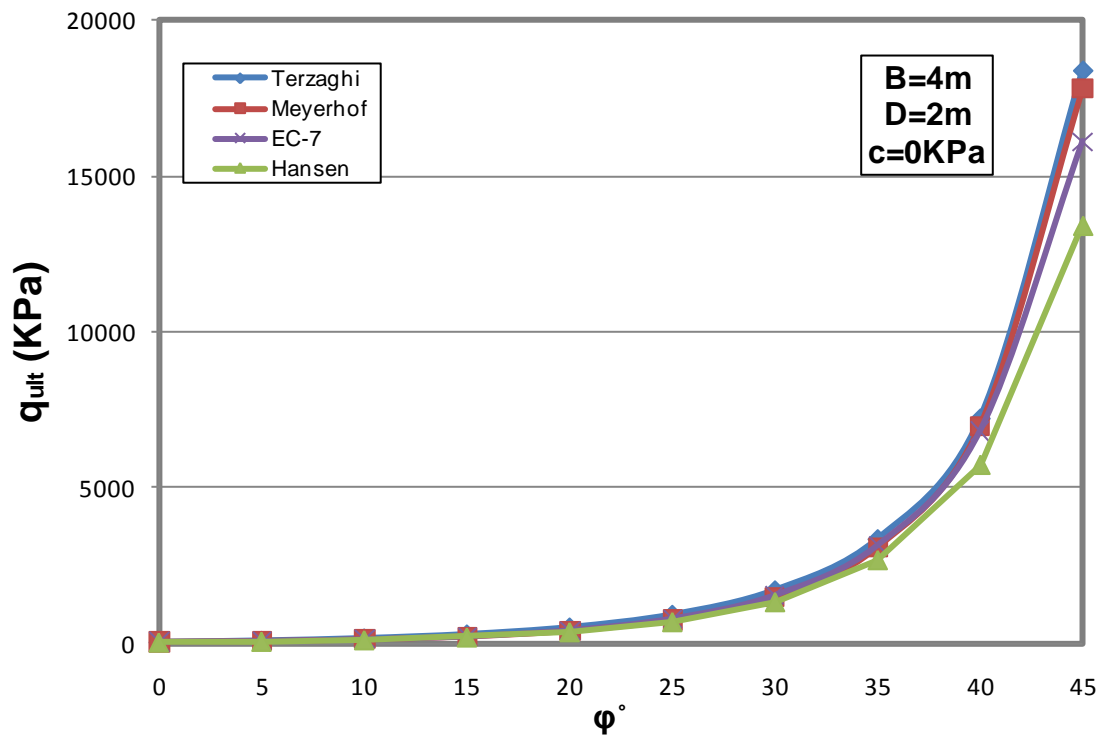
Σχ. Γ.4. Λογαριθμική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



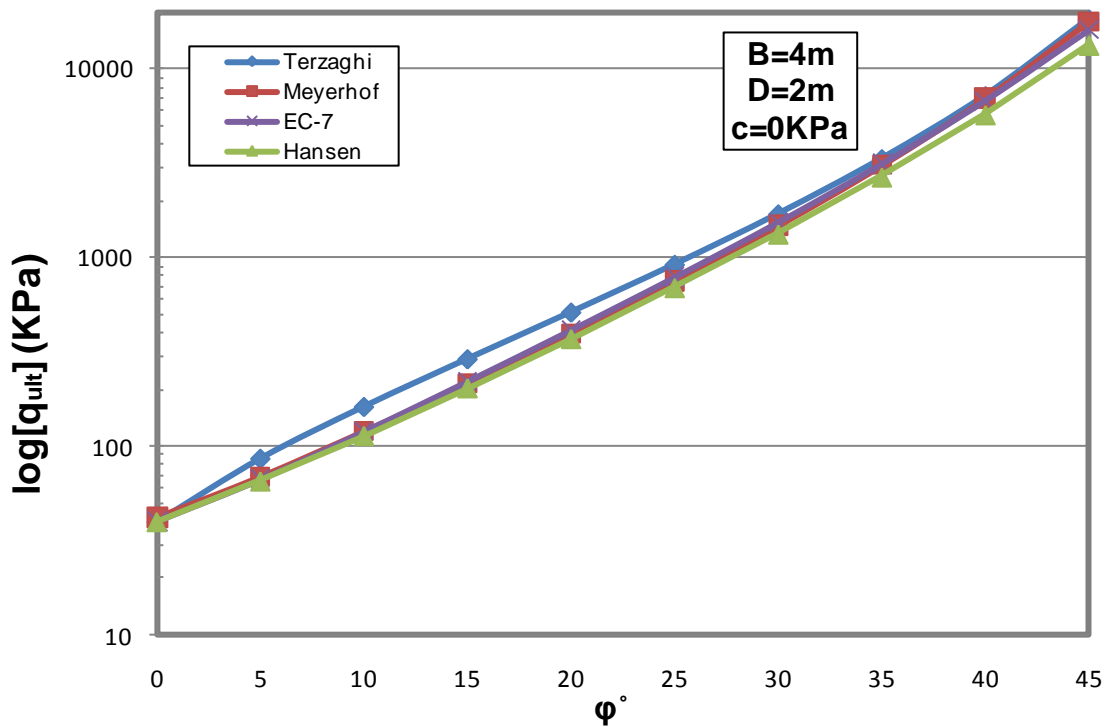
Σχ. Γ.5. Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



Σχ. Γ.6. Λογαριθμική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen

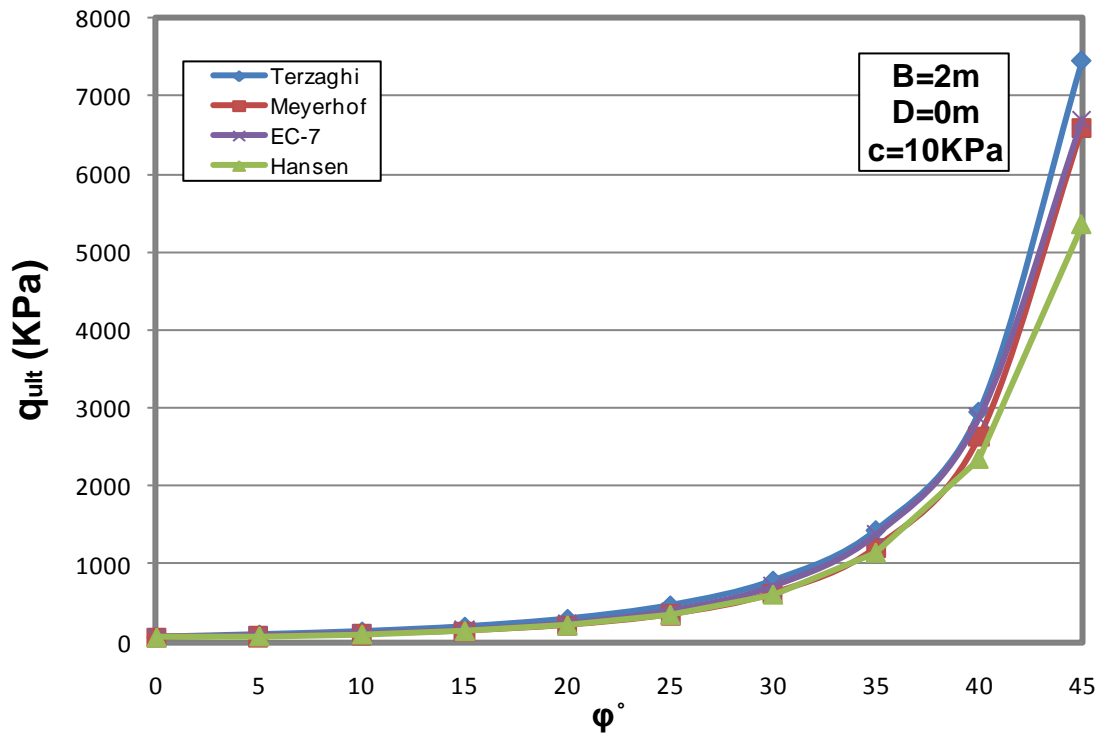


Σχ. Γ.7. Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen

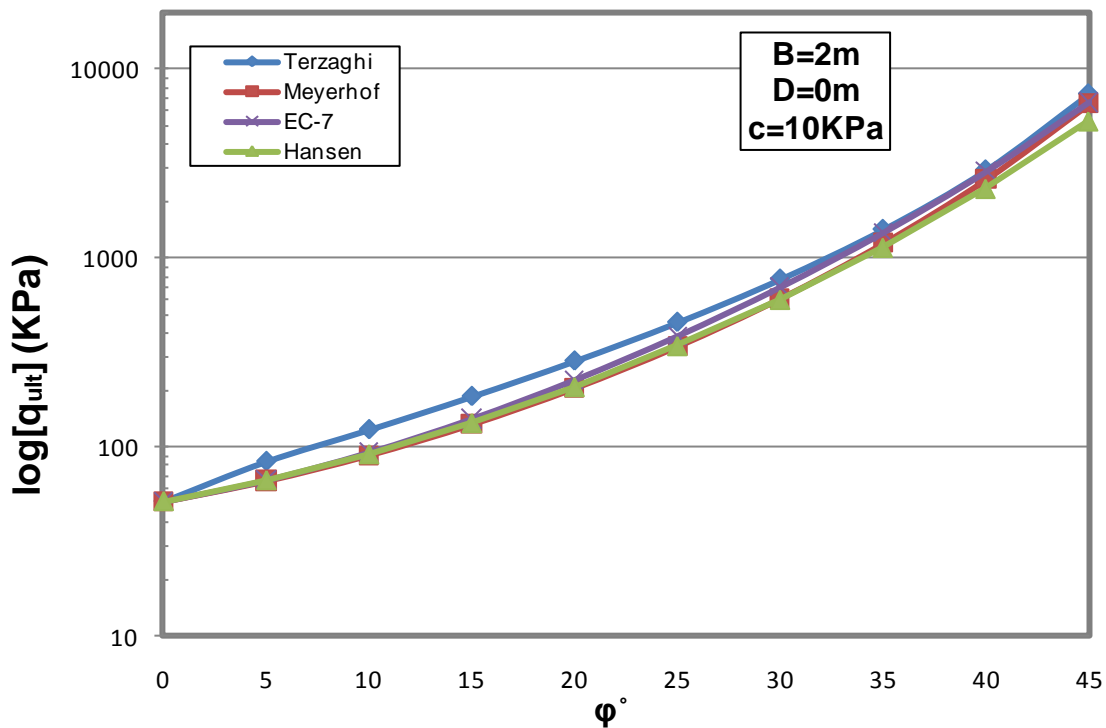


Σχ. Γ.8. Λογαριθμική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen

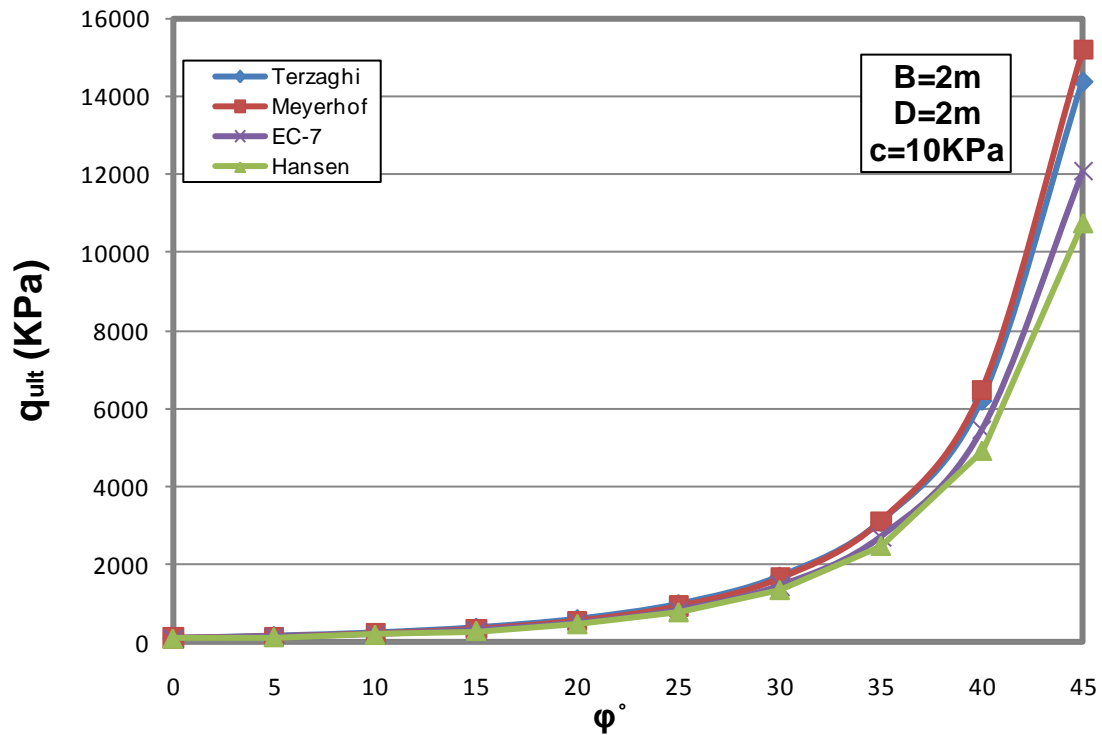
Γ.1.2. Συνεκτικό έδαφος (c=10kPa)



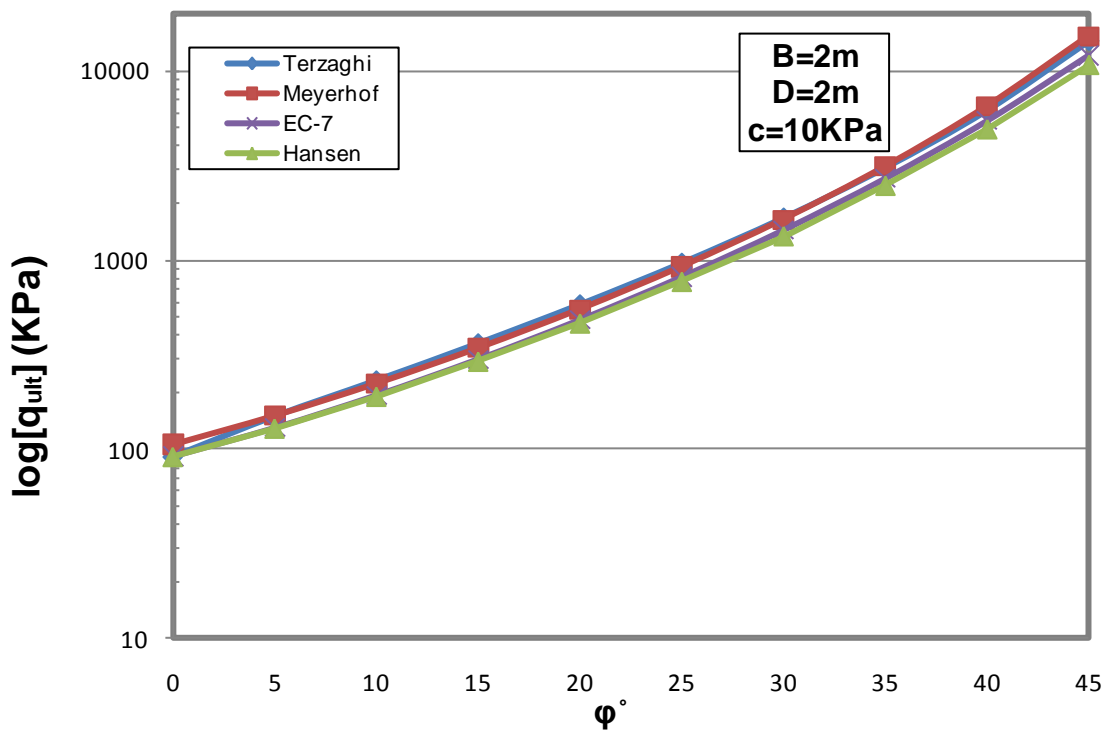
Σχ. Γ.9. Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



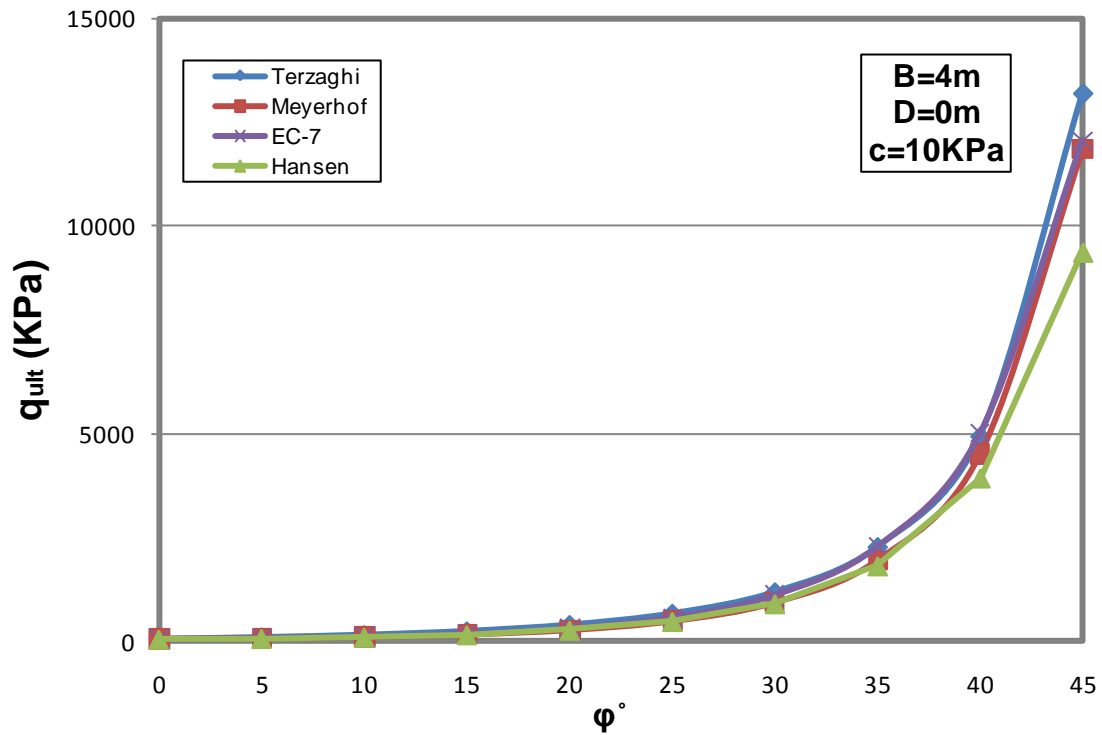
Σχ. Γ.10. Λογαριθμική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



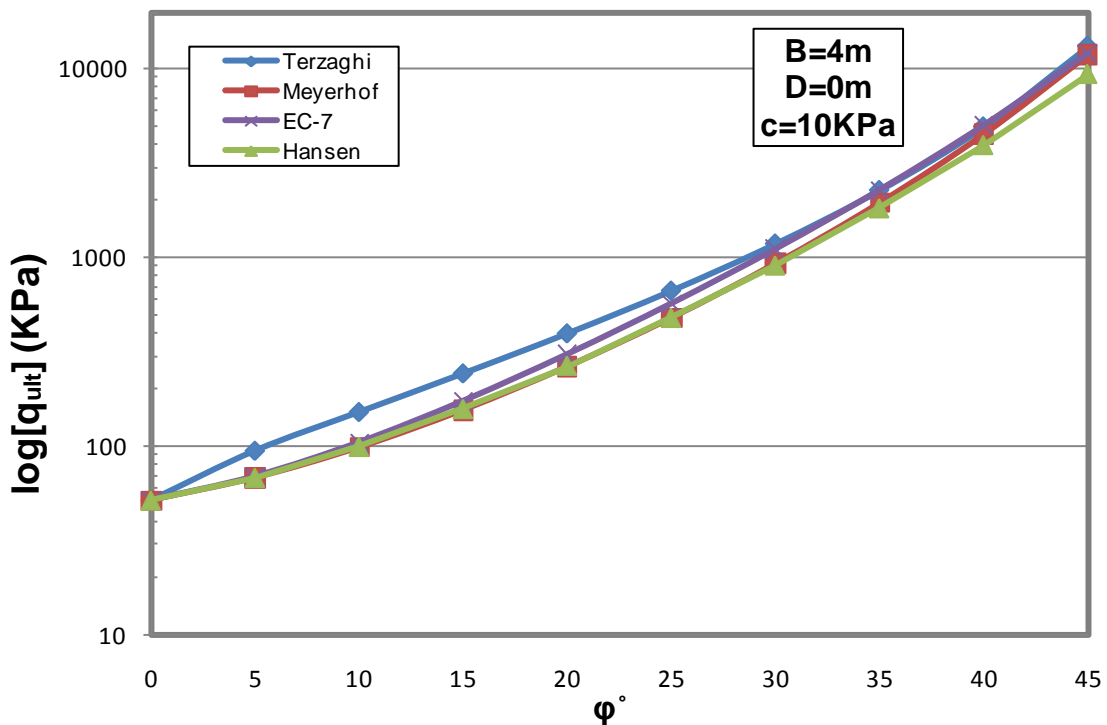
Σχ. Γ.11. Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$ για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



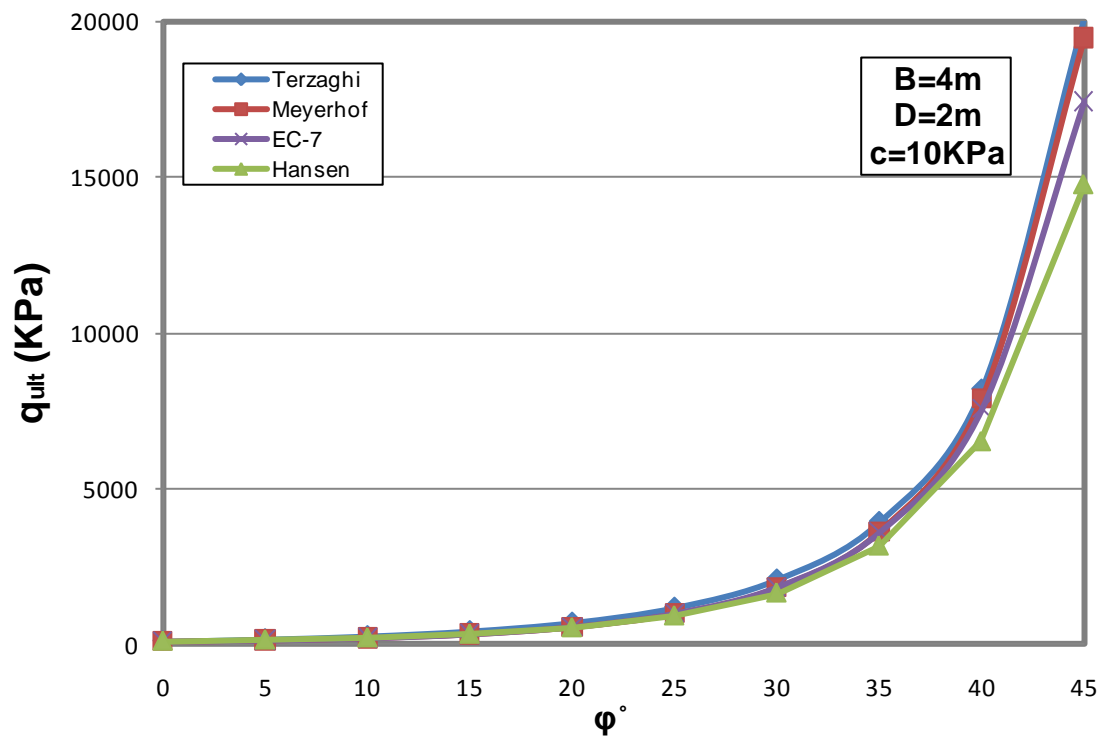
Σχ. Γ.12. Λογαριθμική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



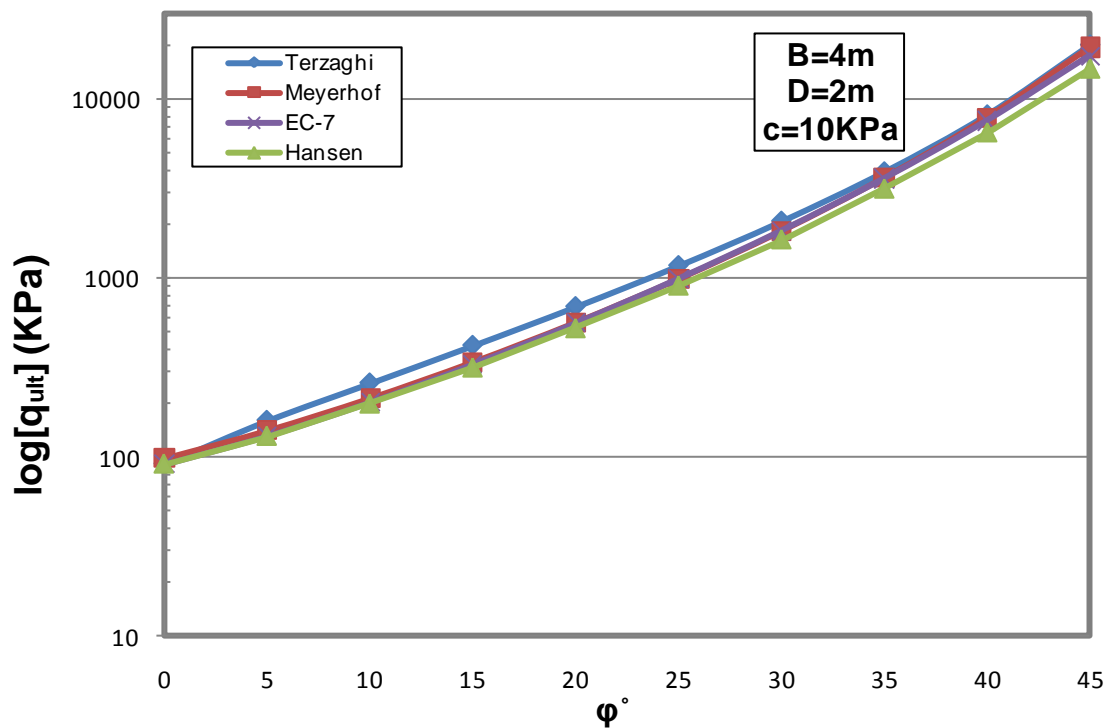
Σχ. Γ.13. Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



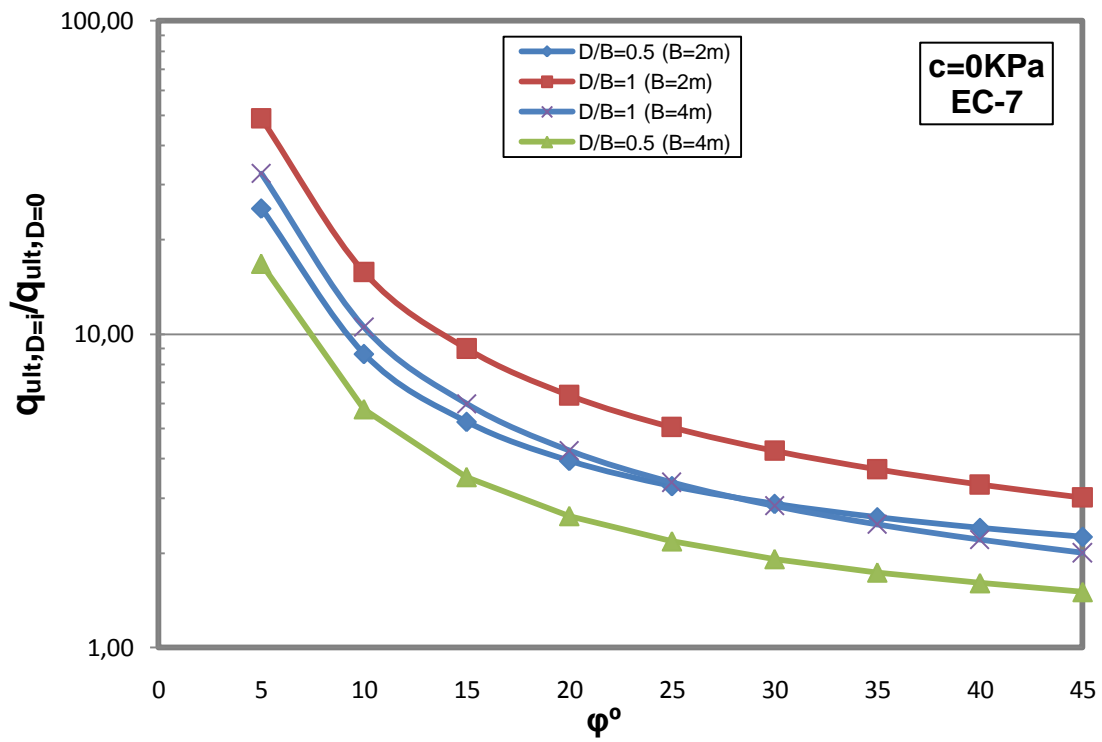
Σχ. Γ.14. Λογαριθμική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



Σχ. Γ.15. Μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



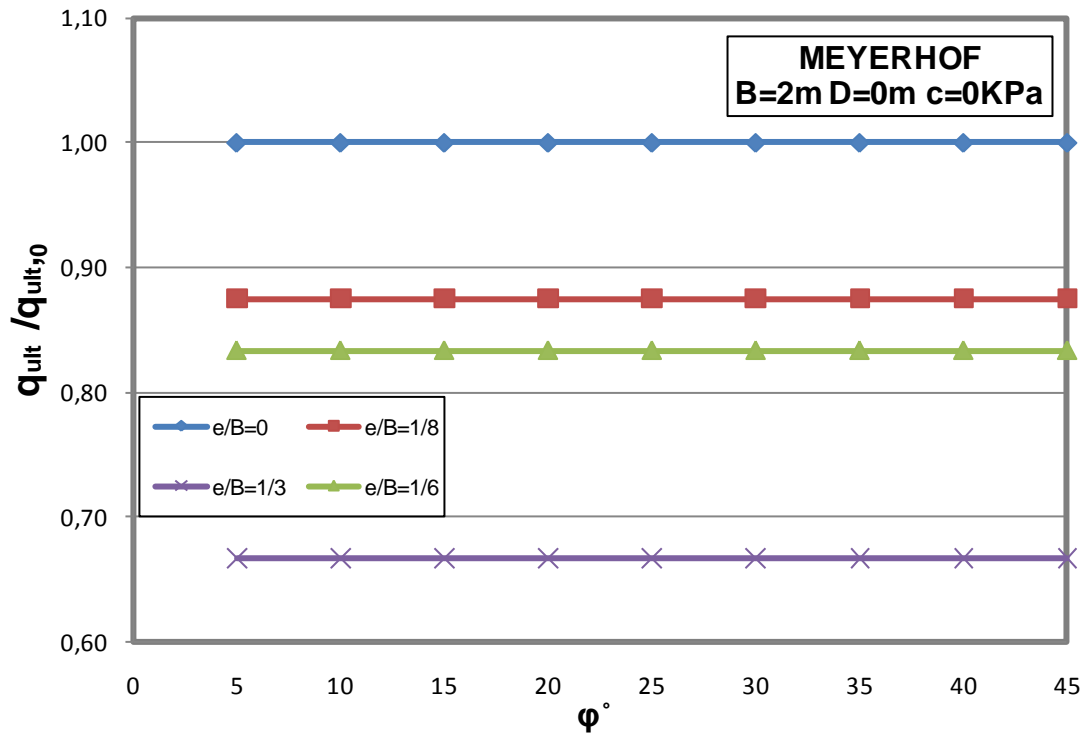
Σχ. Γ.16. Λογαριθμική μεταβολή της φέρουσας ικανότητας, q_{ult} , σε σχέση με τη γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τις μεθοδολογίες Terzaghi, Meyerhof, EC-7 και Hansen



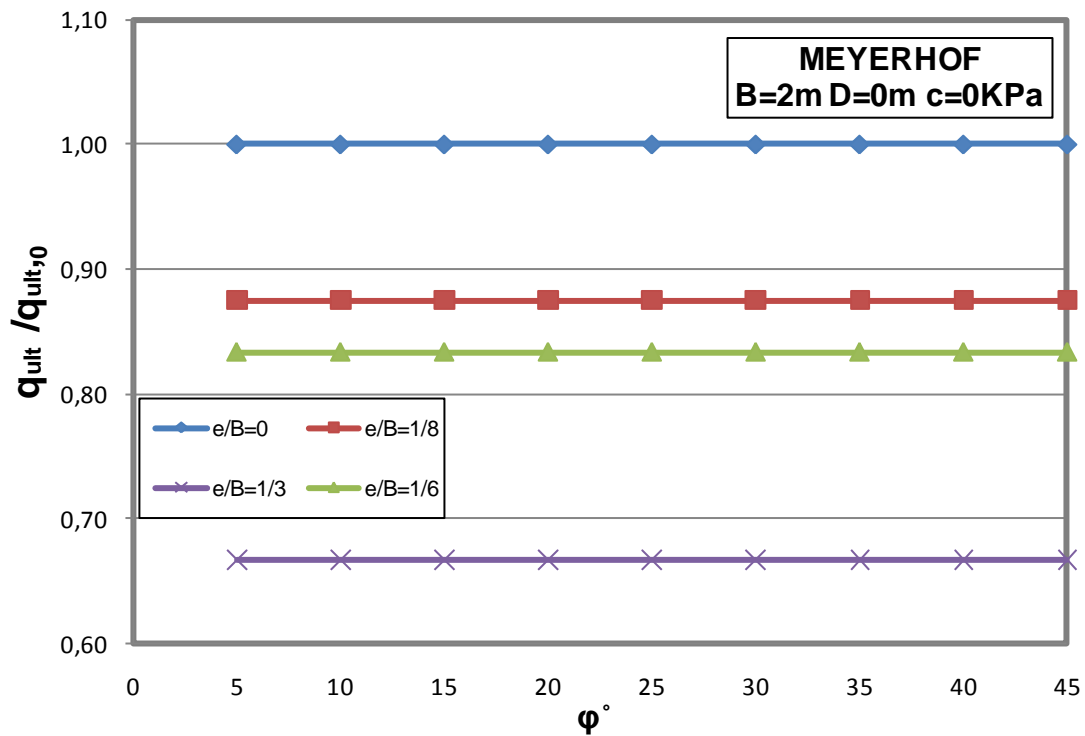
Σχ. Γ.17. Μεταβολή του λόγου του q_{ult} για θεμέλιο πλάτους B σε βάθος θεμελίωσης D ως προς το q_{ult} θεμελίου πλάτους B σε βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τη μεθοδολογία του EC-7, για λόγους $D/B=0.5, 1$ με $B=2, 4m$

Γ.2. Έκκεντρη και κατακόρυφη φόρτιση

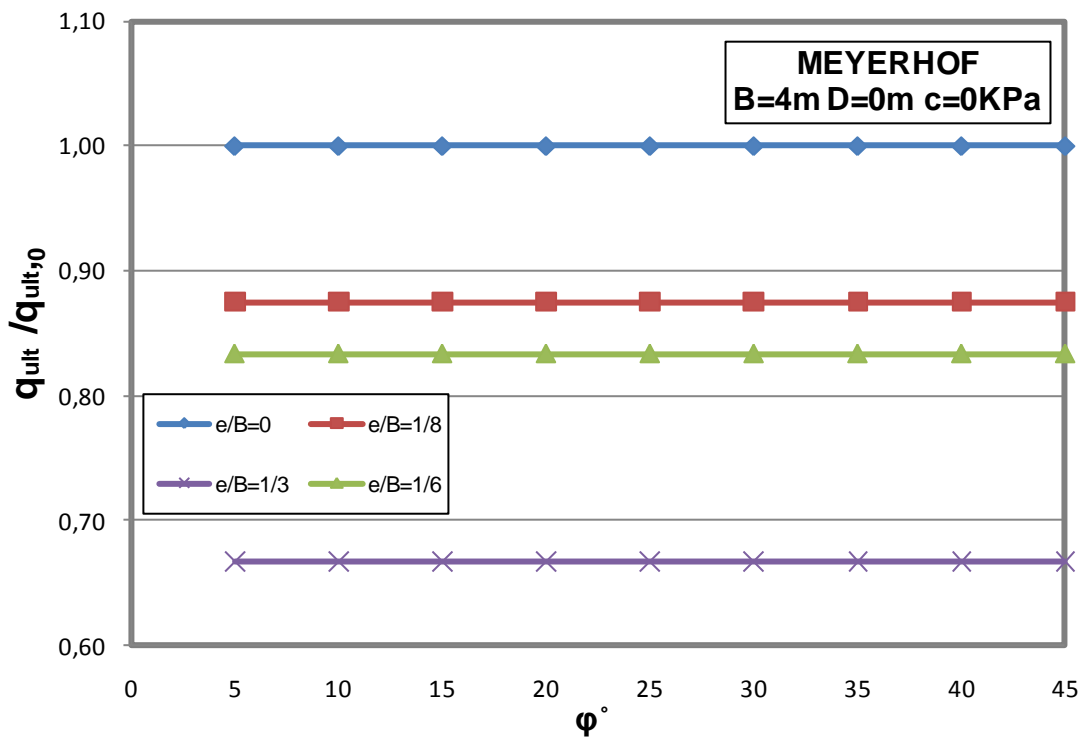
Γ.2.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)



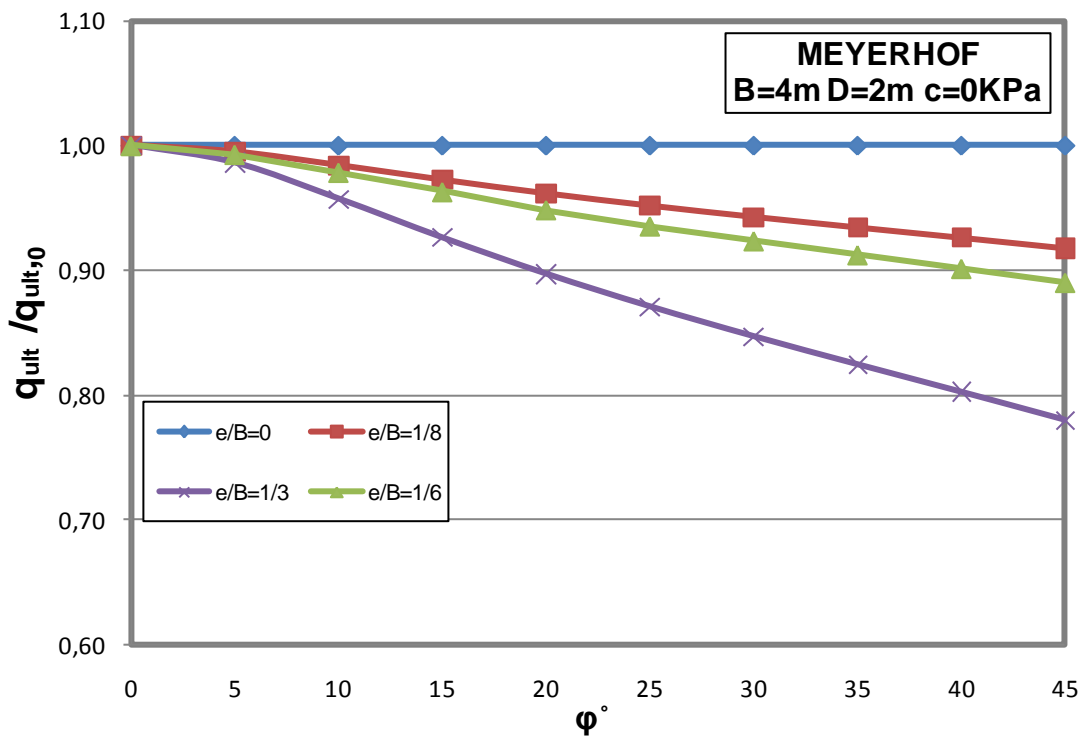
Σχ. Γ.18. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά Meyerhof, για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους e/B



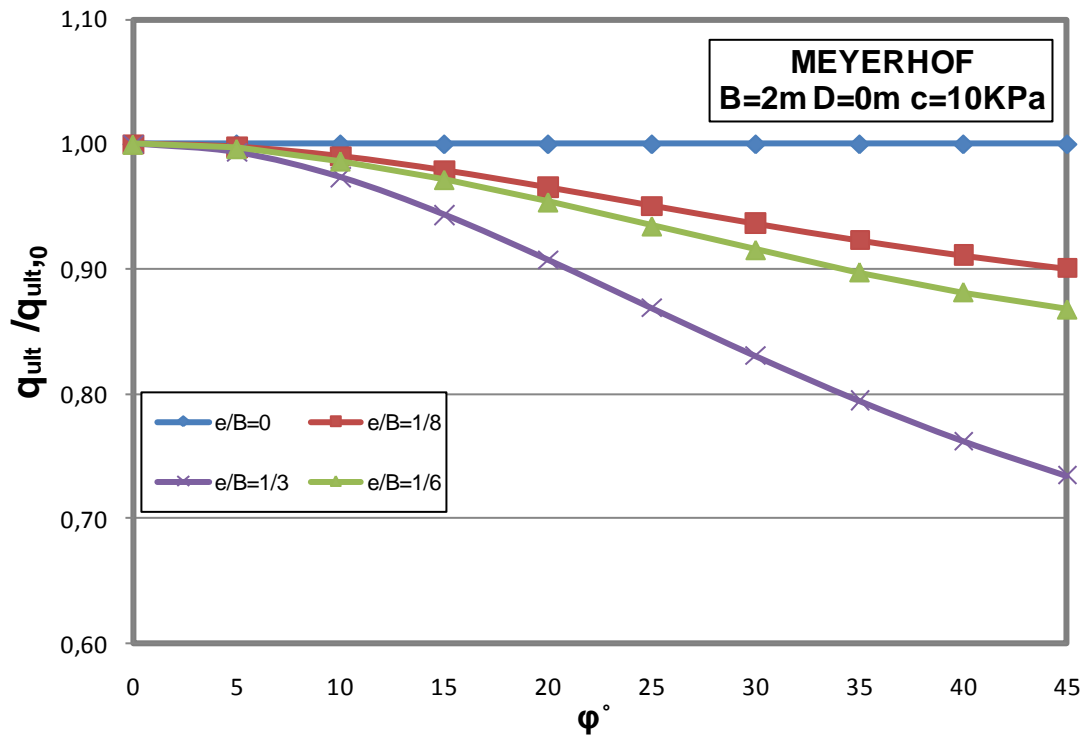
Σχ. Γ.19. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά Meyerhof, για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους e/B



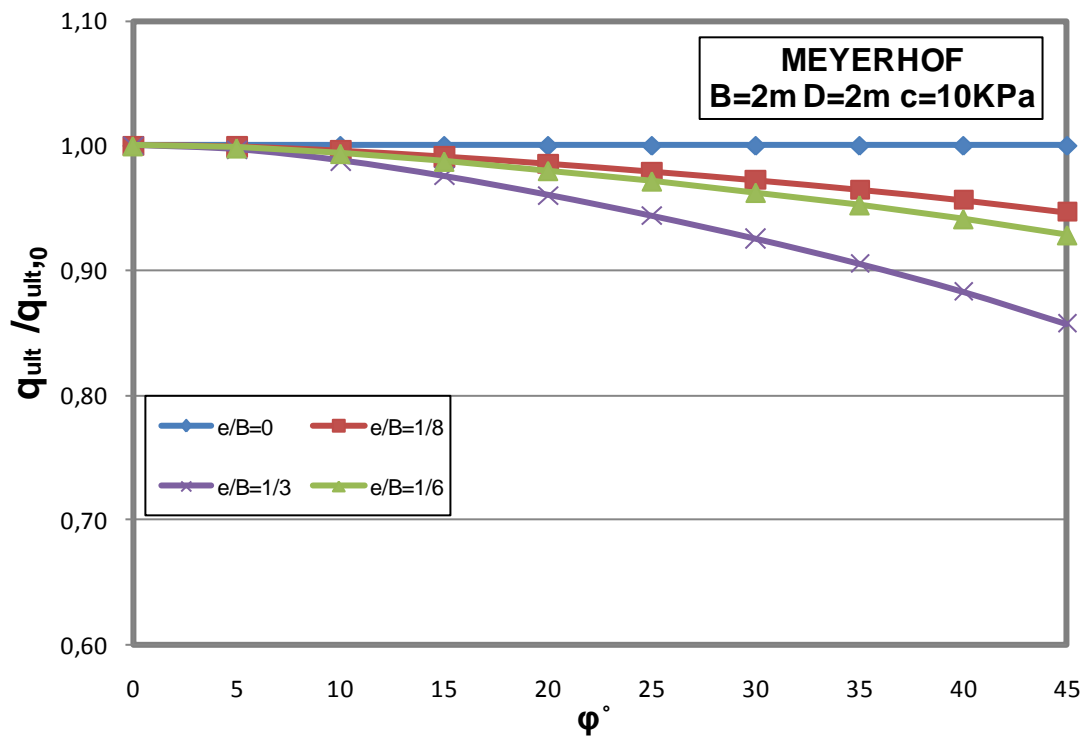
Σχ. Γ.20. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά Meyerhof, για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους e/B



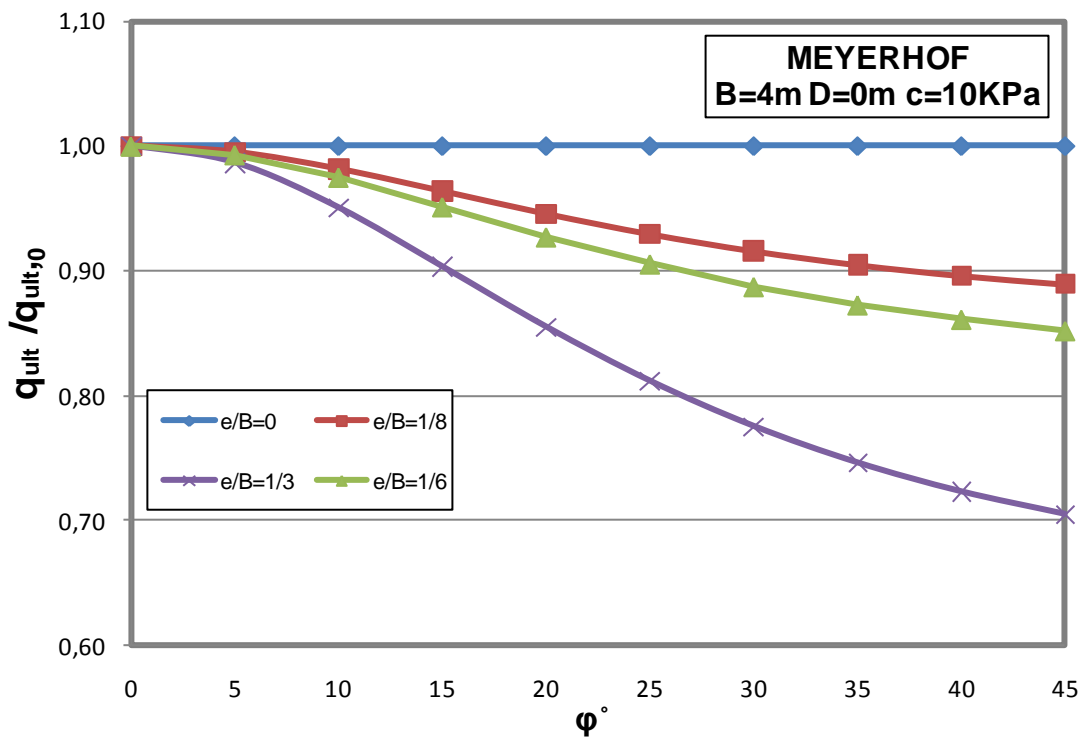
Σχ. Γ.21. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά Meyerhof, για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους e/B

Γ.2.2. Συνεκτικό έδαφος ($c=10\text{kPa}$)

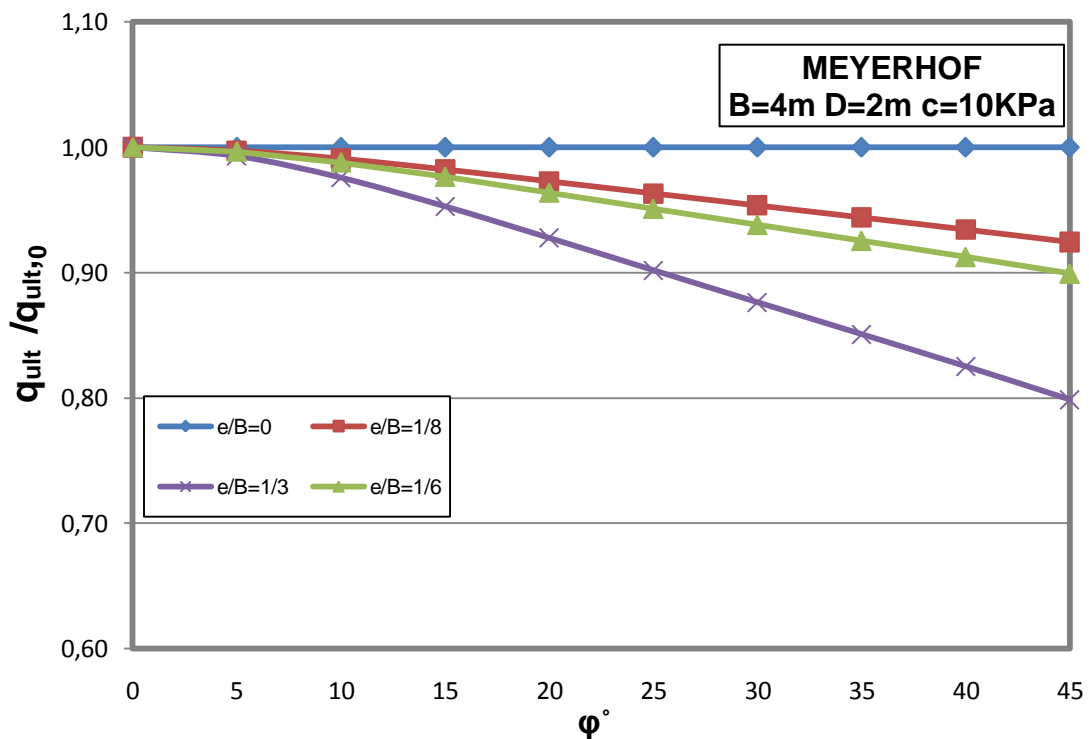
Σχ. Γ.22. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά Meyerhof, για πλάτος θεμελίου $B=2\text{m}$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10\text{kPa}$, για τους διάφορους λόγους e/B



Σχ. Γ.23. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά Meyerhof, για πλάτος θεμελίου $B=2\text{m}$ και βάθος θεμελίωσης $D=2\text{m}$, σε έδαφος με συνοχή $c=10\text{kPa}$, για τους διάφορους λόγους e/B



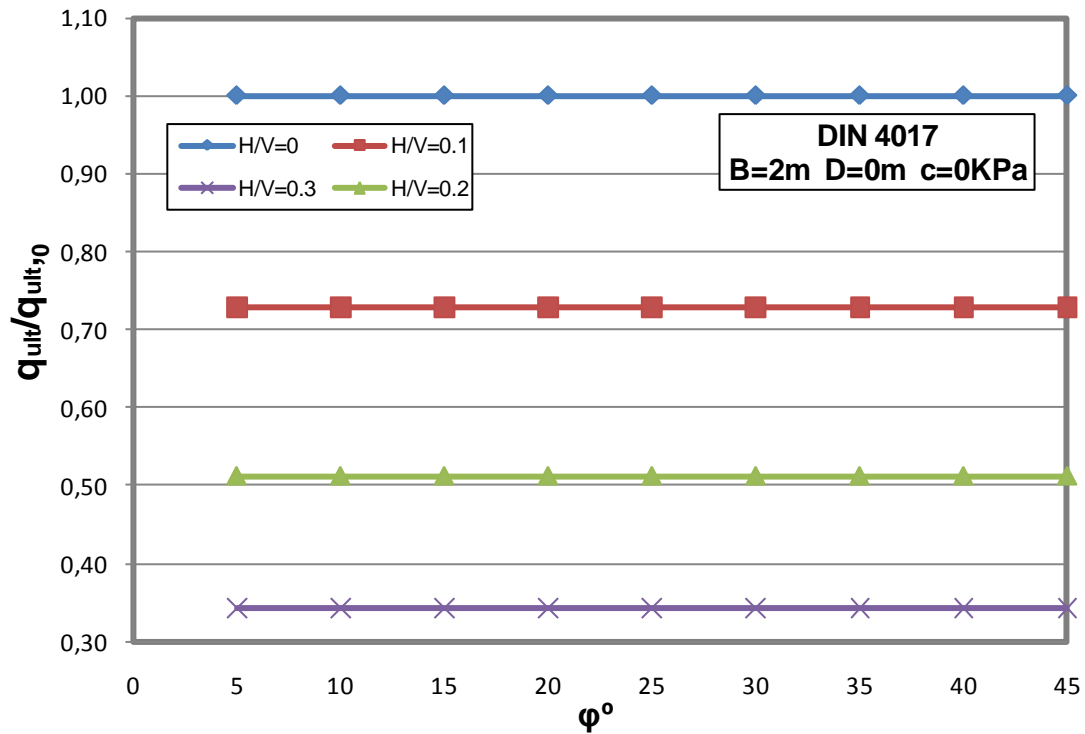
Σχ. Γ.24. Μεταβολή του λόγου $q_{uit}/q_{uit,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά Meyerhof, για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$ για τους διάφορους λόγους e/B



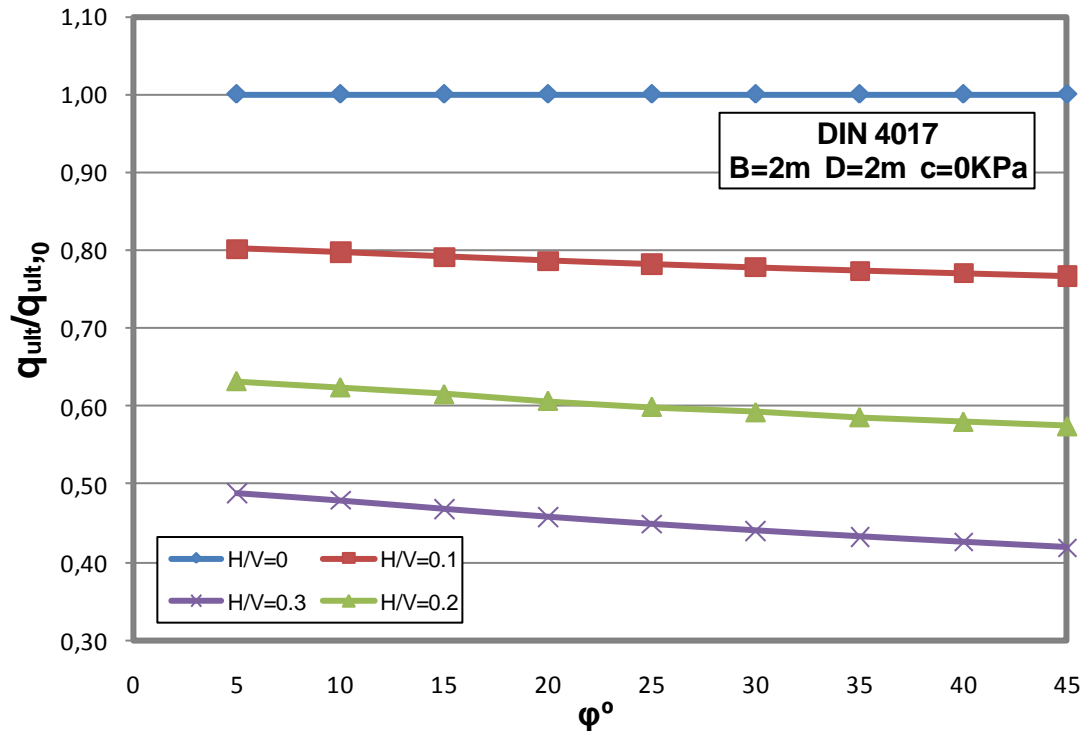
Σχ. Γ.25. Μεταβολή του λόγου $q_{uit}/q_{uit,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά Meyerhof, για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους e/B

Γ.3. Κεντρική και λοξή φόρτιση

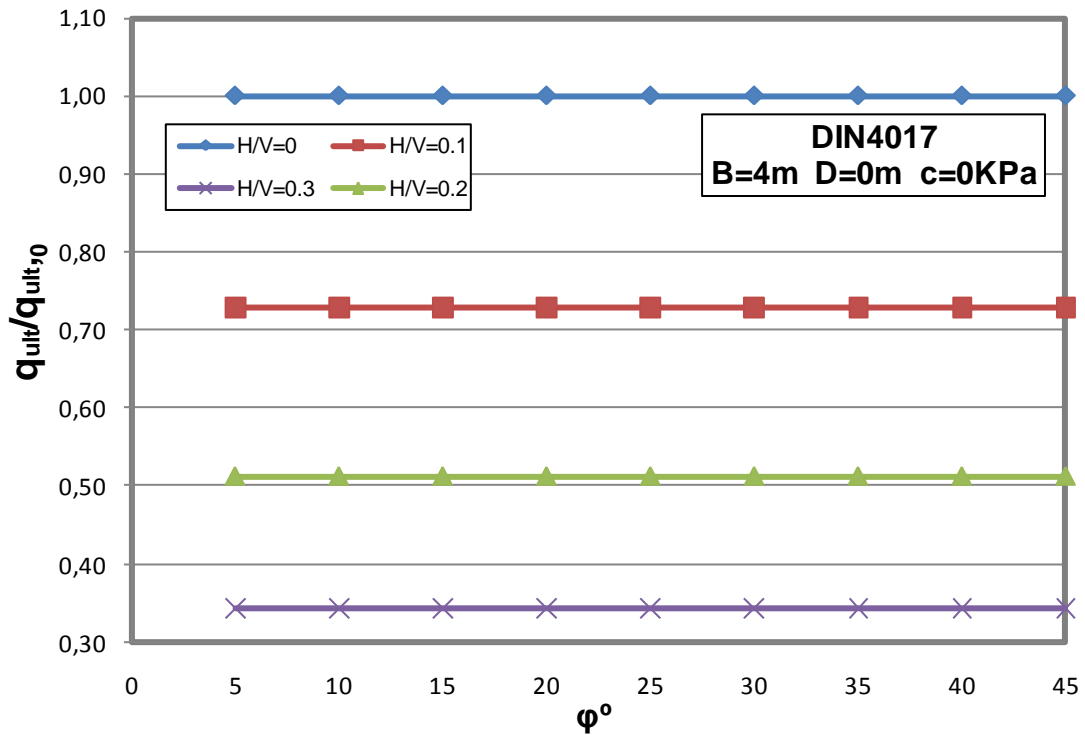
Γ.3.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)



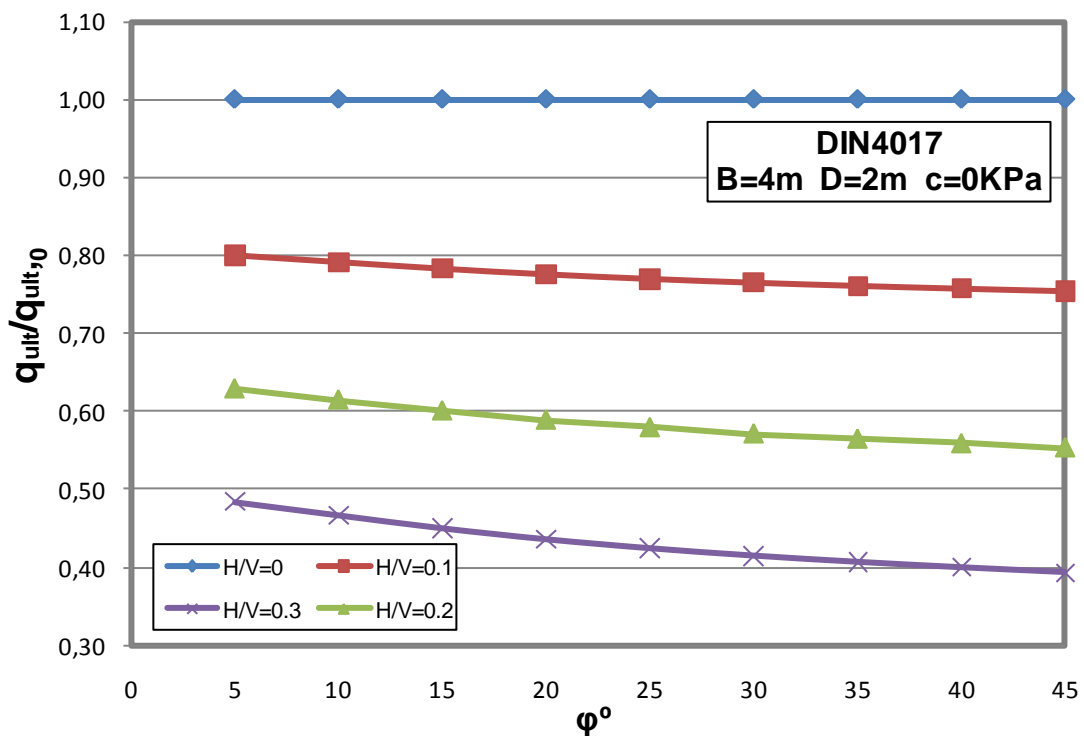
Σχ. Γ.26. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά DIN 4017 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V



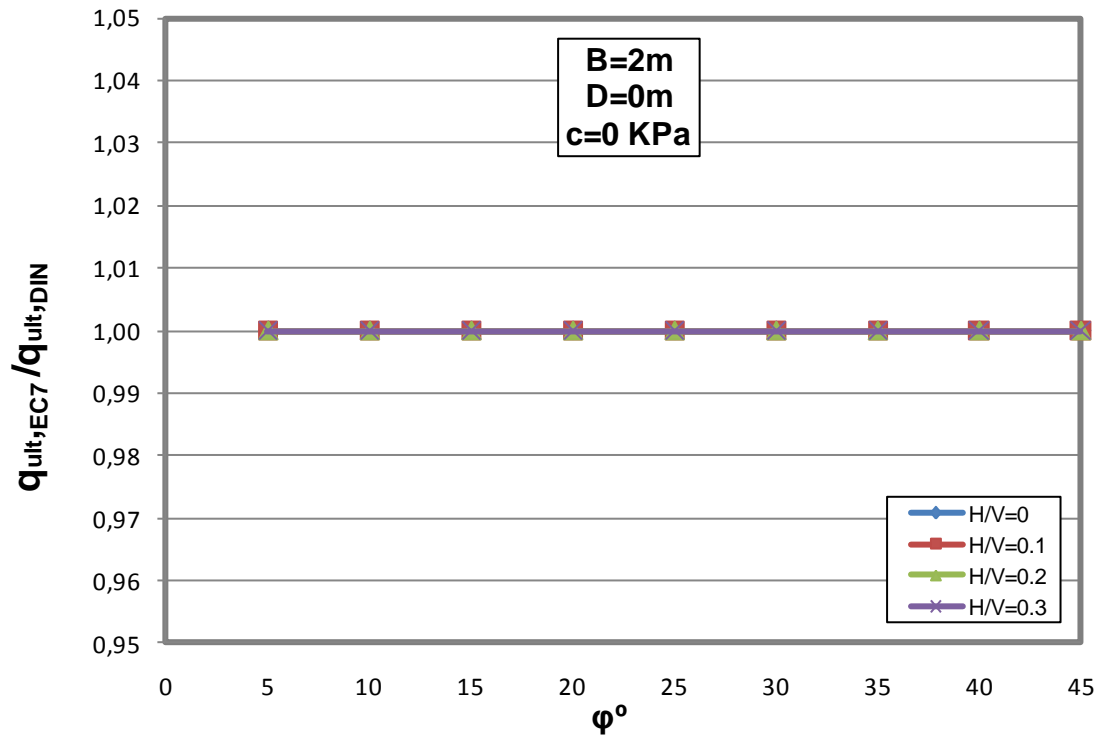
Σχ. Γ.27. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά DIN 4017 για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V



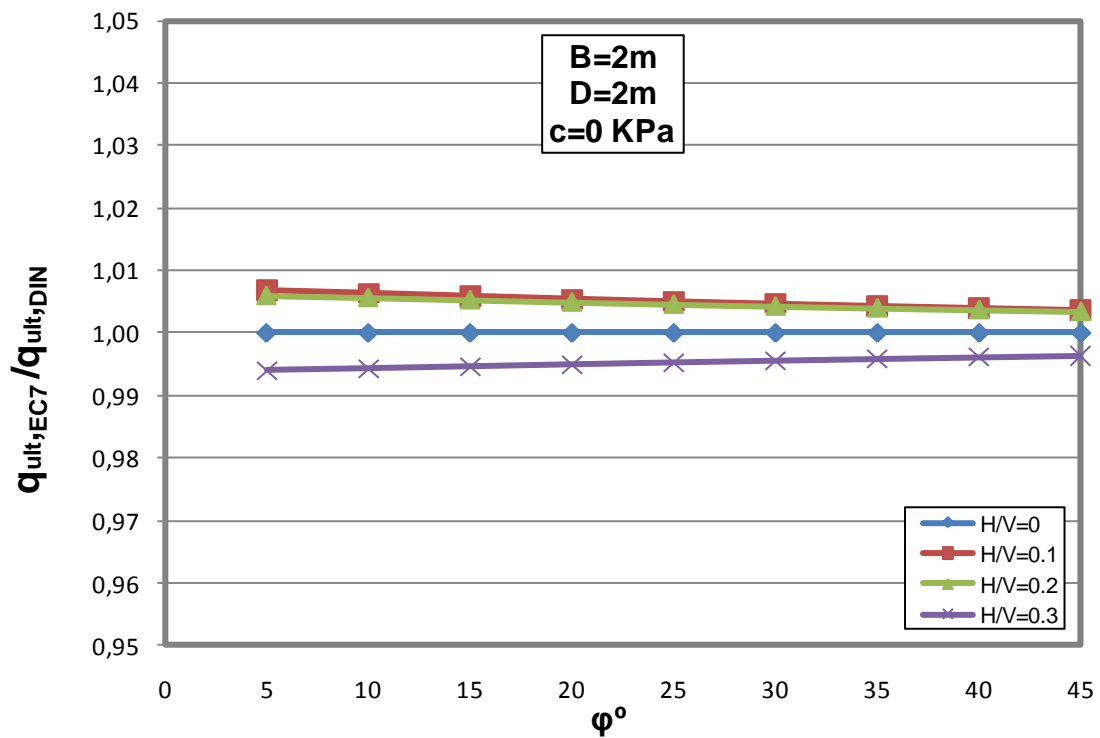
Σχ. Γ.28. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά DIN 4017 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V



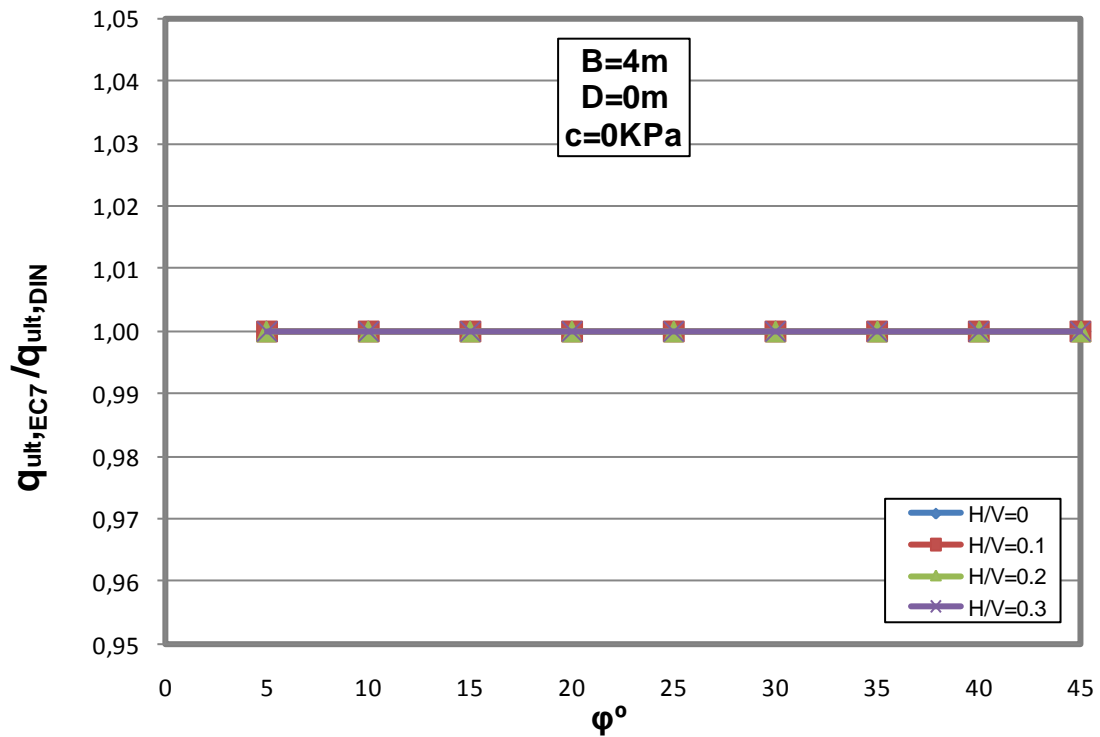
Σχ. Γ.29. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά DIN 4017 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V



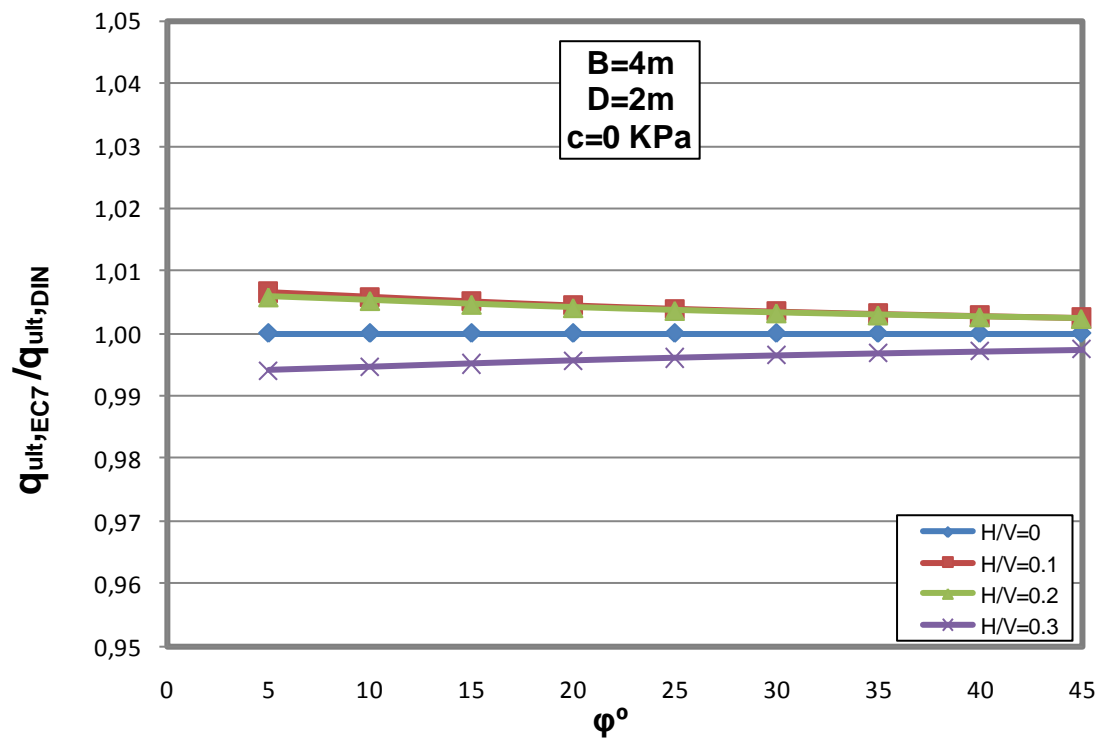
Σχ. Γ.30. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V



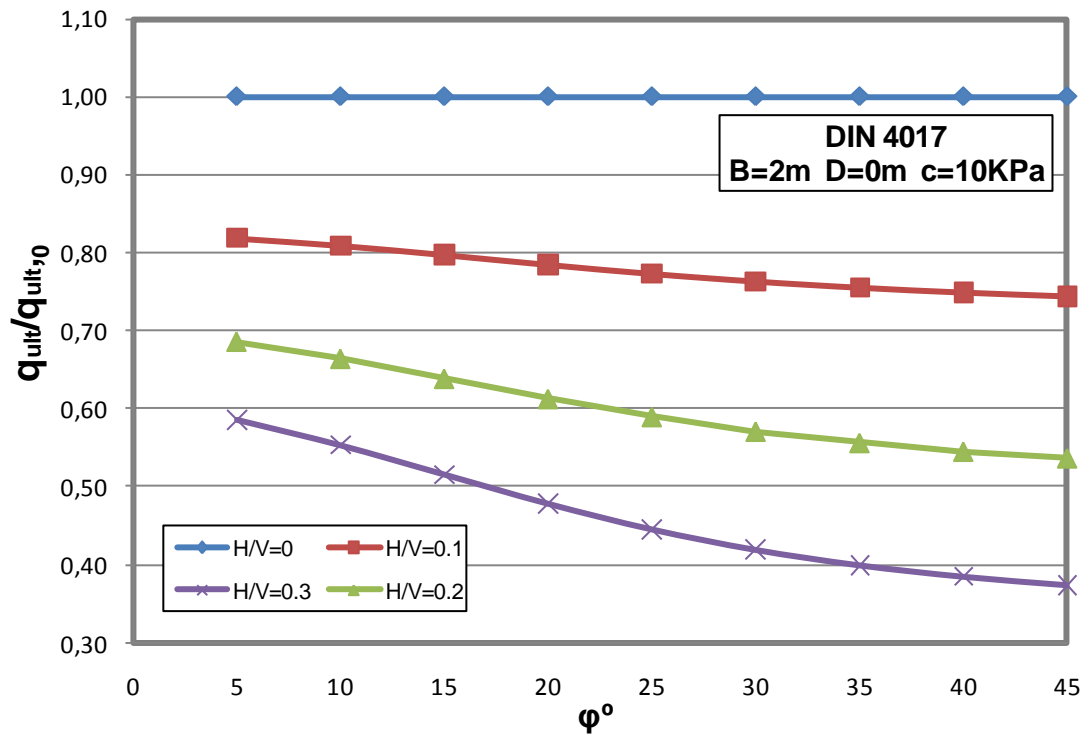
Σχ. Γ.31. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V



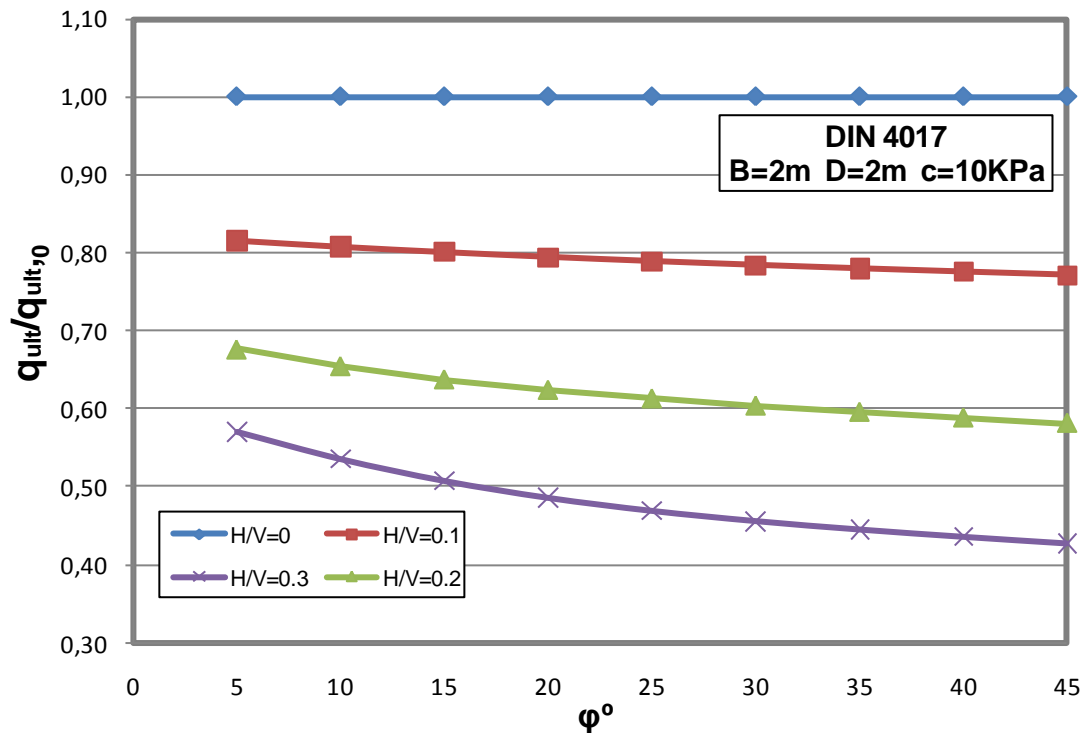
Σχ. Γ.32. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V



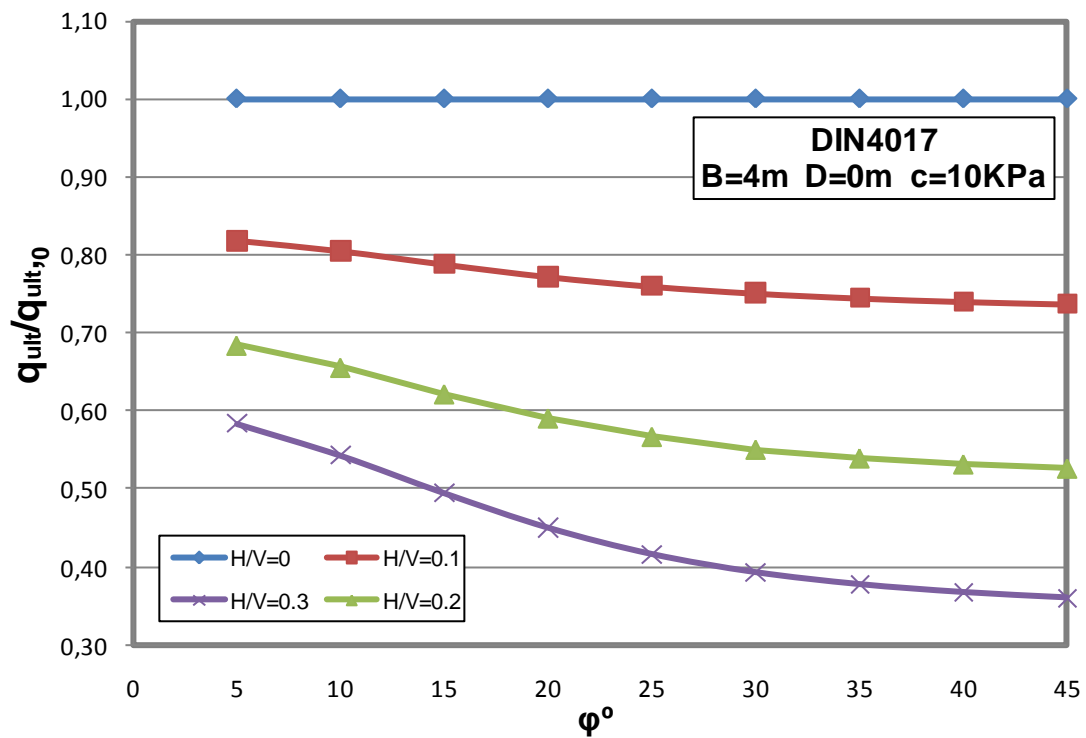
Σχ. Γ.33. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τους διάφορους λόγους H/V

Γ.3.2. Συνεκτικό έδαφος ($c=10\text{kPa}$)

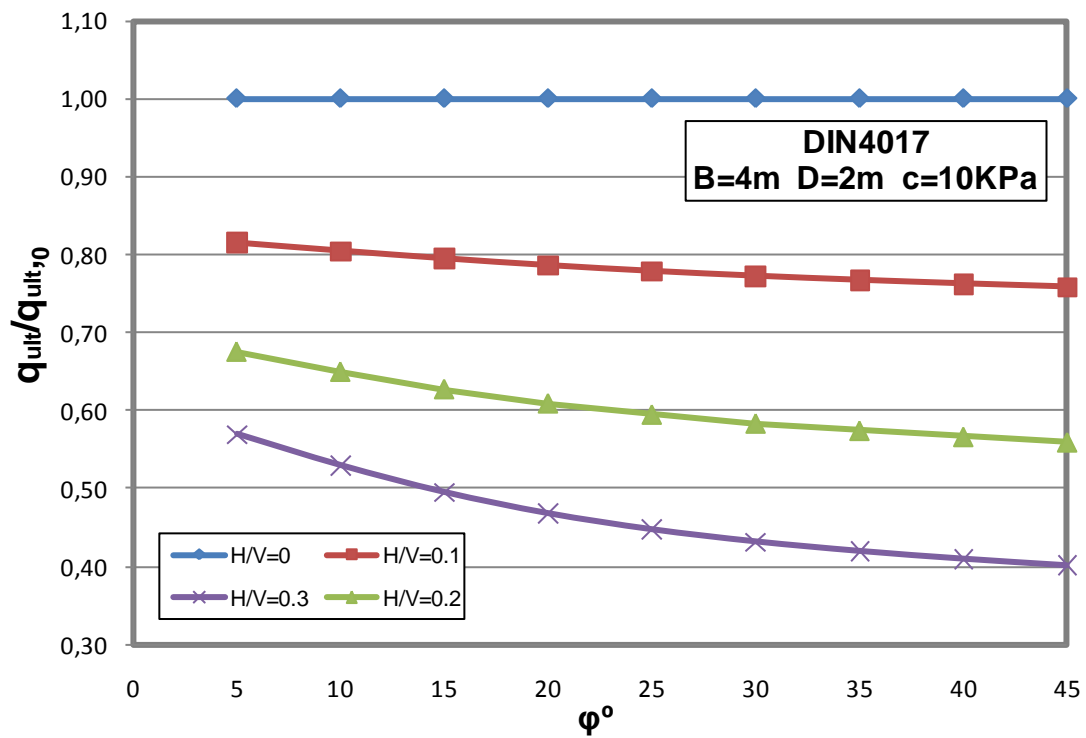
Σχ. Γ.34. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά DIN 4017 για πλάτος θεμελίου $B=2\text{m}$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10\text{kPa}$, για τους διάφορους λόγους H/V



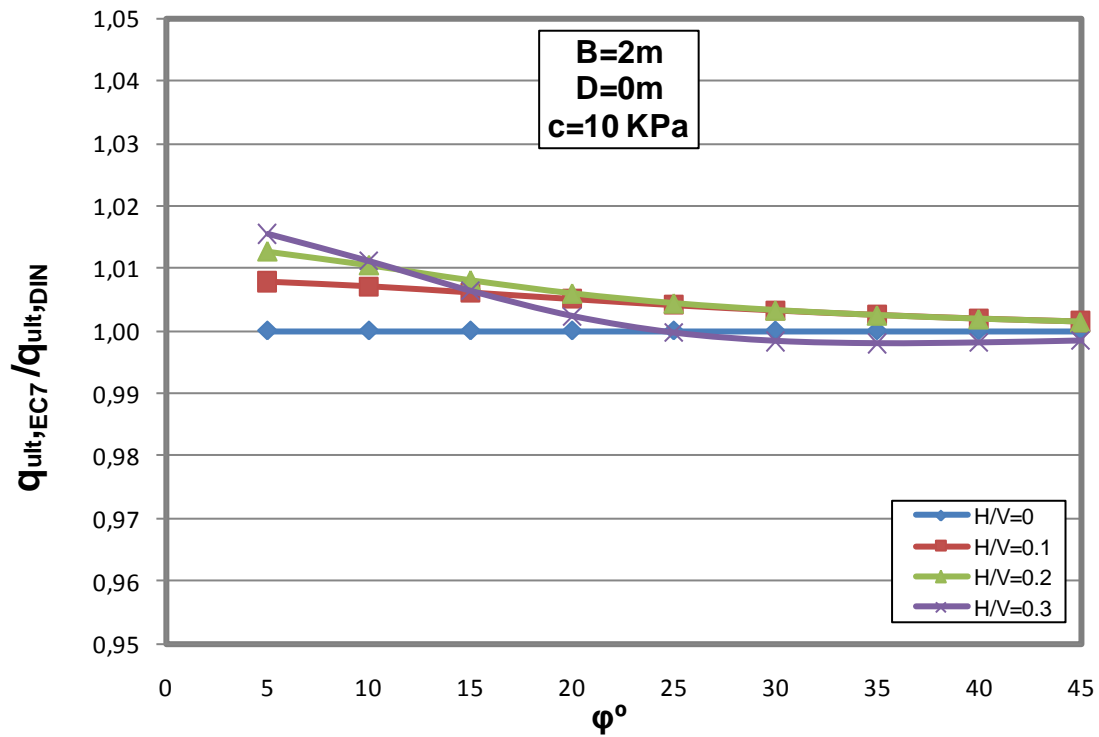
Σχ. Γ.35. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά DIN 4017 για πλάτος θεμελίου $B=2\text{m}$ και βάθος θεμελίωσης $D=2\text{m}$, σε έδαφος με συνοχή $c=10\text{kPa}$, για τους διάφορους λόγους H/V



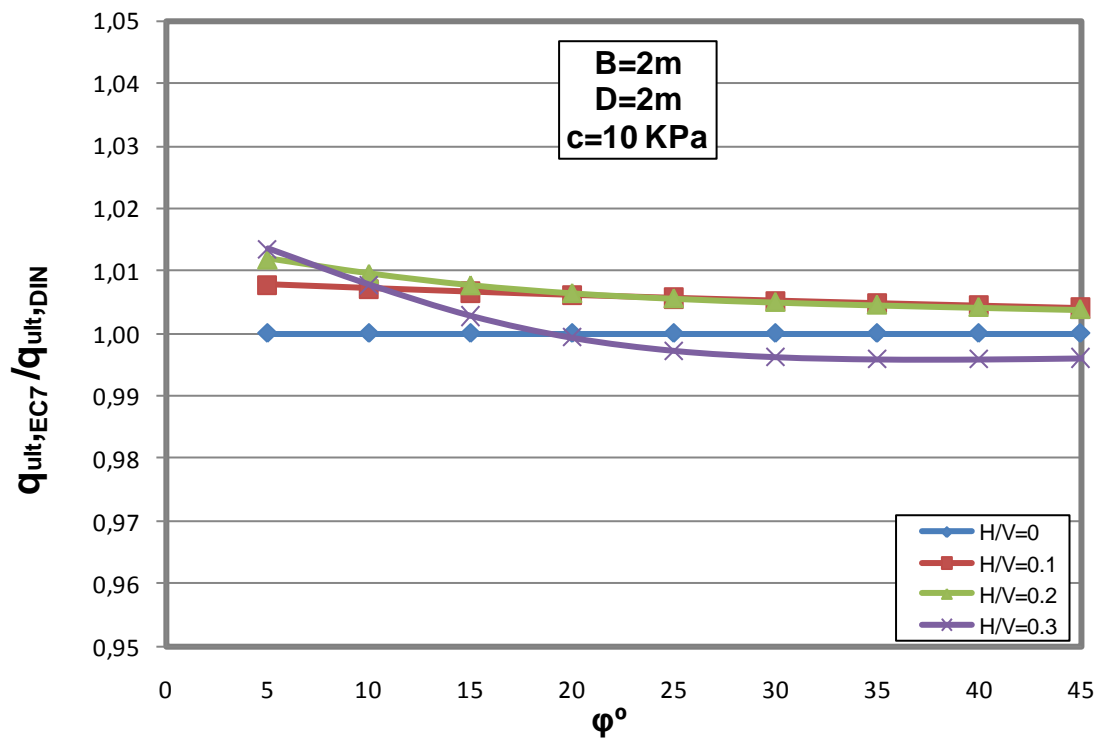
Σχ. Γ.36. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά DIN 4017 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V



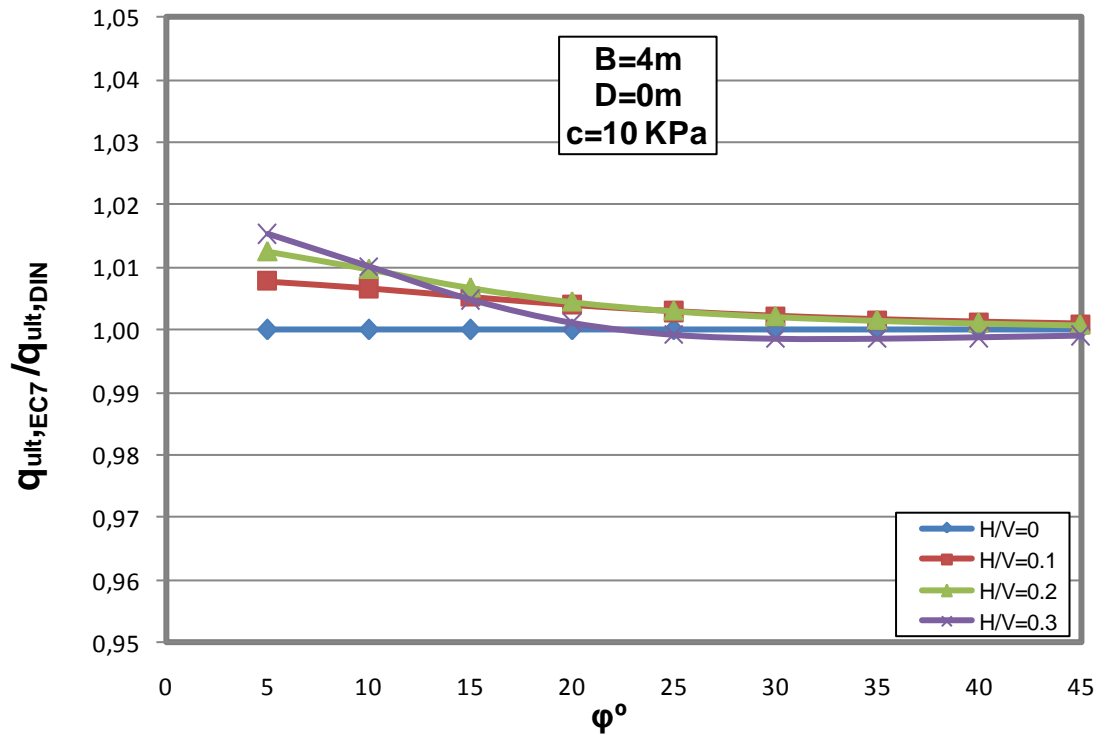
Σχ. Γ.37. Μεταβολή του λόγου $q_{ult}/q_{ult,0}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ κατά DIN 4017 για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V



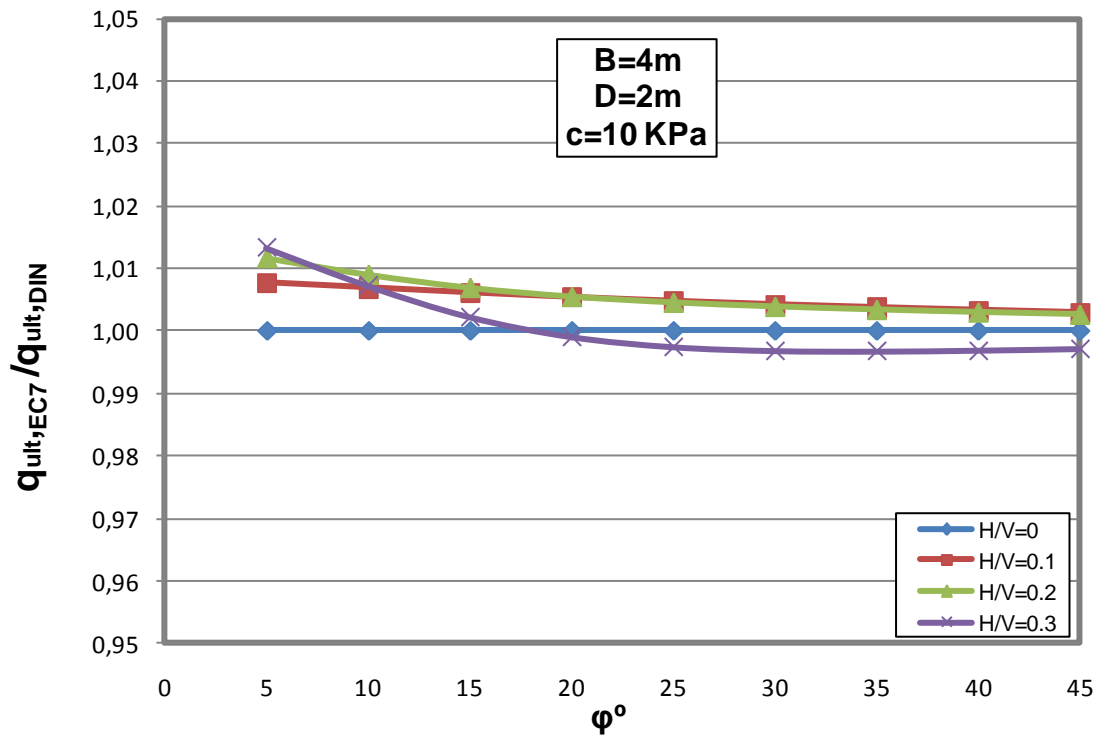
Σχ. Γ.38. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V



Σχ. Γ.39. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V

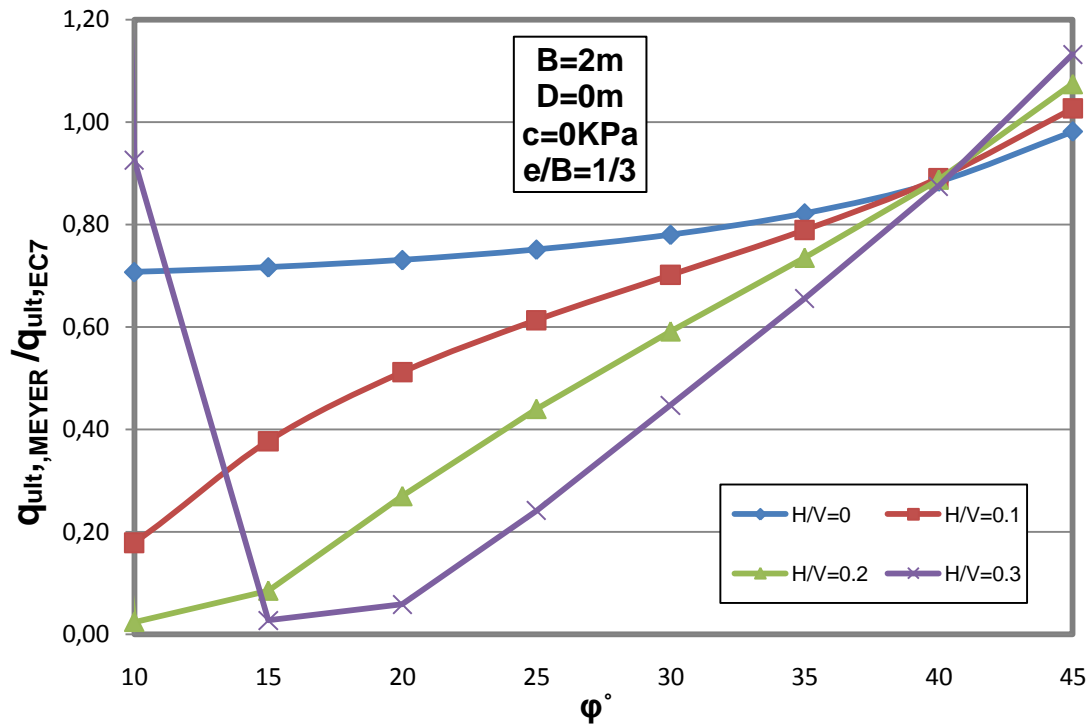


Σχ. Γ.40. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V

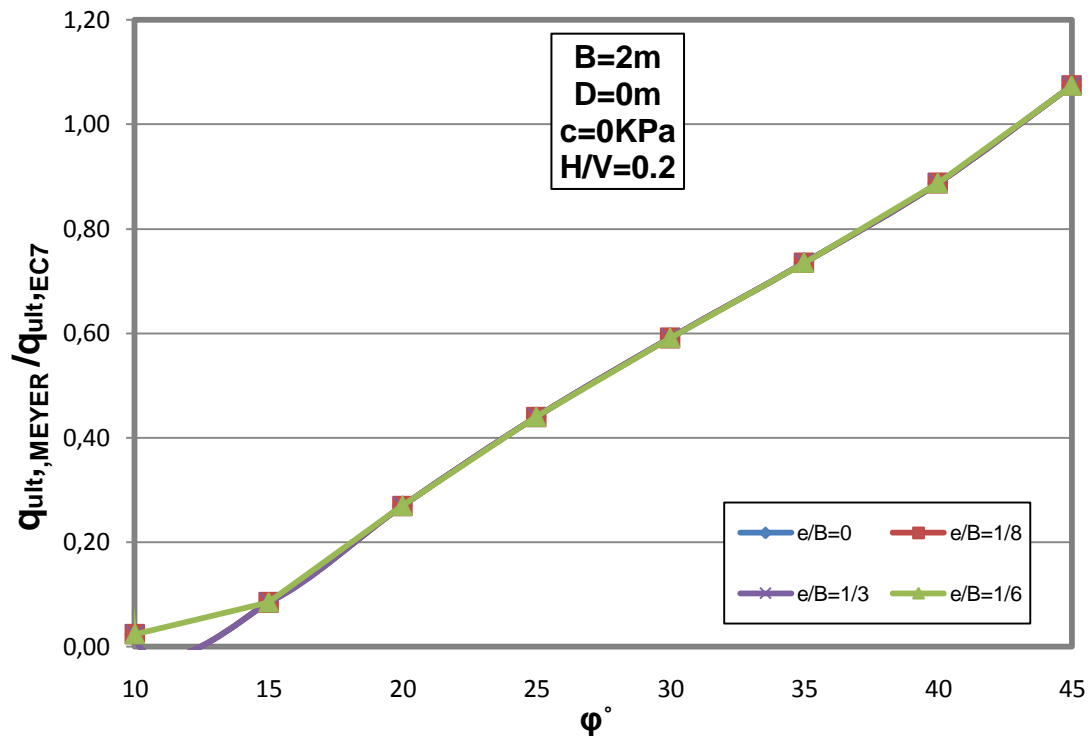


Σχ. Γ.41. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,EC7} / q_{ult,DIN}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=4m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τους διάφορους λόγους H/V

Γ.4. Έκκεντρα και λοξή φόρτιση

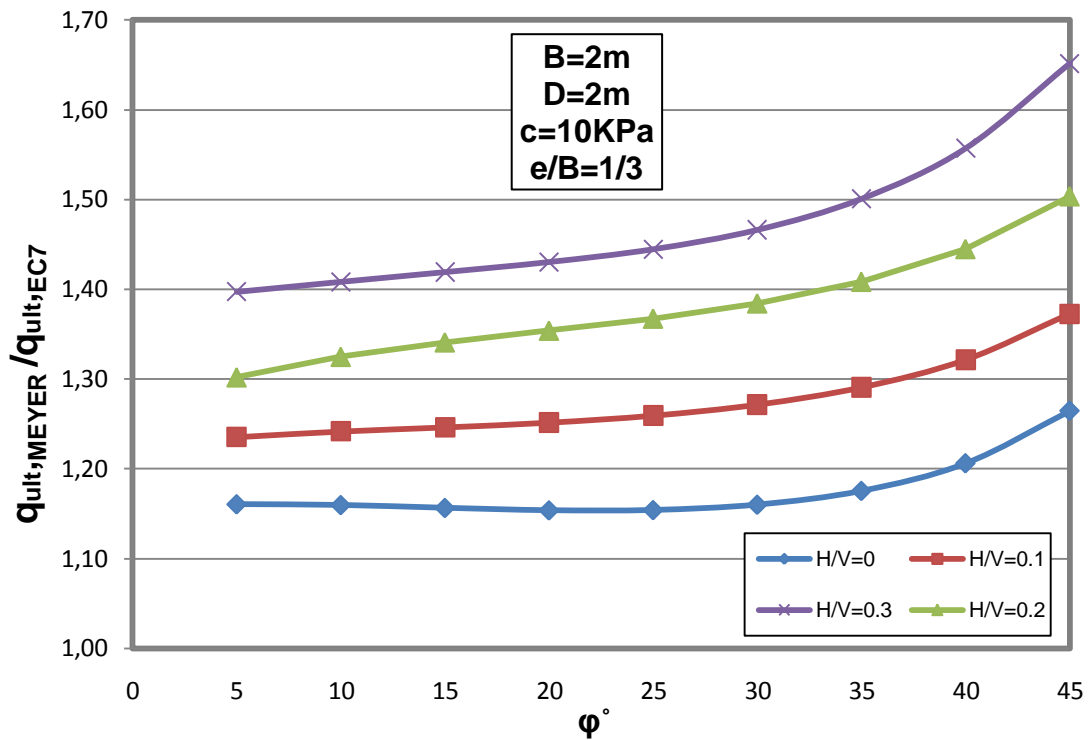
Γ.4.1. Μη Συνεκτικό έδαφος ($c=0$)

Σχ. Γ.42. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής φ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, υπό έκκεντρα και λοξή φόρτιση με λόγο εκκεντρότητας φορτίου ως προς πλάτος, $e/B=1/3$, για τους διάφορους λόγους H/V , σε μη συνεκτικό έδαφος

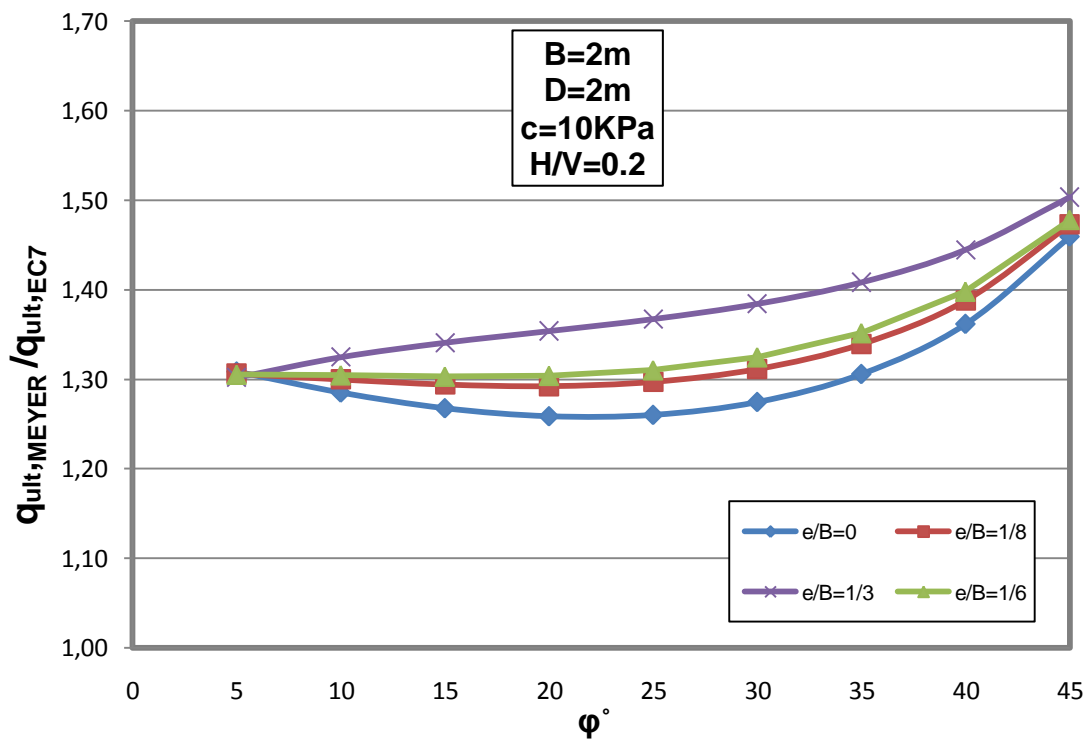


Σχ. Γ.43. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής φ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, υπό έκκεντρα και λοξή φόρτιση με λόγο οριζόντιου ως προς κατακόρυφο φορτίο $H/V=0.2$, για τους διάφορους λόγους e/B , σε μη συνεκτικό έδαφος

Γ.4.2. Συνεκτικό έδαφος (c=10kPa)



Σχ. Γ.44. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, υπό έκκεντρη και λοξή φόρτιση με λόγο εκκεντρότητας φορτίου ως προς πλάτος, $e/B=1/3$, για τους διάφορους λόγους H/V , σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$



Σχ. Γ.45. Μεταβολή του λόγου $q_{ult,MEYER} / q_{ult,EC7}$ σε σχέση με την γωνία τριβής ϕ για πλάτος θεμελίου $B=2m$ και βάθος θεμελίωσης $D=2m$, υπό έκκεντρη και λοξή φόρτιση με λόγο οριζόντιου ως προς κατακόρυφο φορτίο $H/V=0.2$, για τους διάφορους λόγους e/B , σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ 4^{ΟΥ}
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΥΠΟ ΜΟΡΦΗ ΠΙΝΑΚΩΝ**

	Αρ.Ανά- λυσης	c	φ	D	B	H/V	e/B	Q,abaqus (KN)	Q,EC 7 (KN)	Q,Terzaghi (KN)	Q,Meyerhof (KN)
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ D=0											
Κ Κ Ε Α Ν Τ Τ Α Ρ Κ Ι Ο Κ Ρ Η Υ Φ & Η	1	10	20	0	2	0	0	520.125	453.91	571.76	411.53
	2	10	25	0	2	0	0	860.808	774.85	916.87	685.03
	3	10	30	0	2	0	0	1522.48	1406.52	1553.97	1229.51
	4	10	35	0	2	0	0	2921.13	2731.59	2850.82	2408.57
	5	10	20	0	4	0	0	1381.52	1222.26	1579.43	1052.73
	6	10	25	0	4	0	0	2424.10	2270.59	2662.10	1911.30
	7	10	30	0	4	0	0	4517.73	4420.48	4729.40	3712.47
	8	10	35	0	4	0	0	9130.80	9081.41	9093.12	7789.33
	9	10	20	0	6	0	0	2511.78	2305.04	3023.01	1923.61
	10	10	25	0	6	0	0	4560.22	4487.21	5235.69	3678.81
	11	10	30	0	6	0	0	8761.48	9041.89	9526.28	7448.87
	12	10	35	0	6	0	0	18102.38	19049.47	18726.89	16142.28
Κ Κ Ε Α Ν Τ Τ Α Ρ Κ Ι Ο Κ Ρ Η Υ Φ & Η	13	0	20	0	2	0	0	123.23	157.22	217.95	114.84
	14	0	25	0	2	0	0	280.55	360.44	414.18	270.62
	15	0	30	0	2	0	0	632.16	803.72	810.73	626.72
	16	0	35	0	2	0	0	1468.18	1809.12	1695.74	1486.10
	17	0	20	0	4	0	0	486.25	628.87	871.82	459.35
	18	0	25	0	4	0	0	1121.30	1441.77	1656.72	1082.48
	19	0	30	0	4	0	0	2523.60	3214.89	3242.90	2506.89
	20	0	35	0	4	0	0	5706.25	7236.47	6782.96	5944.38
	21	0	20	0	6	0	0	1076.92	1414.96	1961.59	1033.53
	22	0	25	0	6	0	0	2453.87	3243.98	3727.62	2435.58
	23	0	30	0	6	0	0	5470.30	7233.51	7296.53	5640.49
	24	0	35	0	6	0	0	12815.50	16282.06	15261.66	13374.87

	Αρ.Ανά- λυσης	c	φ	D	B	H/V	e/B	Q,abaqus (KN)	Q,EC 7 (KN)	Q,Terzaghi (KN)	Q,Meyerhof (KN)
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ D≠0											
Κ Κ Ε Α Ν Τ Α Ρ Κ Ι Ο Κ Ρ Η Υ Φ & Η	25	10	20	1	2	0	0	940.35	709.89	869.31	736.36
	26	10	25	1	2	0	0	1462.03	1201.34	1425.69	1231.28
	27	10	30	1	2	0	0	2695.33	2142.56	2452.20	2187.98
	28	10	35	1	2	0	0	4586.33	4063.43	4508.41	4188.28
	29	10	20	2	2	0	0	1358.29	965.86	1166.86	1097.74
	30	10	25	2	2	0	0	2137.43	1627.82	1934.51	1844.47
	31	10	30	2	2	0	0	4005.00	2878.61	3350.43	3273.94
	32	10	35	2	2	0	0	6756.00	5395.28	6166.00	6223.83
	33	10	20	2	4	0	0	2941.19	2246.16	2769.63	2267.30
	34	10	25	2	4	0	0	5062.68	3976.53	4697.37	3966.19
	35	10	30	2	4	0	0	9133.80	7364.66	8322.32	7337.54
	36	10	35	2	4	0	0	15754.70	14408.79	15723.47	14553.76
	37	10	20	4	4	0	0	4523.75	3270.06	3959.83	3628.09
	38	10	25	4	4	0	0	7305.48	5682.48	6932.64	6288.86
	39	10	30	4	4	0	0	12431.60	10308.84	11915.24	11472.56
	40	10	35	4	4	0	0	21437.40	19736.16	22353.83	22341.56
Κ Κ Ε Α Ν Τ Α Ρ Κ Ι Ο Κ Ρ Η Υ Φ & Η	41	0	20	1	2	0	0	519.69	413.19	515.50	397.29
	42	0	25	1	2	0	0	920.51	786.93	923.00	751.82
	43	0	30	1	2	0	0	1841.63	1539.77	1708.96	1480.79
	44	0	35	1	2	0	0	3140.12	3140.96	3353.33	3088.60
	45	0	20	2	2	0	0	899.43	669.17	813.05	716.30
	46	0	25	2	2	0	0	1554.14	1213.41	1431.81	1299.96
	47	0	30	2	2	0	0	2828.49	2275.81	2607.19	2462.34
	48	0	35	2	2	0	0	5356.72	4472.80	5010.92	4946.95
	49	0	20	2	4	0	0	2085.33	1652.77	2062.02	1589.16
	50	0	25	2	4	0	0	3842.00	3147.71	3691.99	3007.27
	51	0	30	2	4	0	0	7361.36	6159.07	6835.82	5923.14
	52	0	35	2	4	0	0	15067.00	12563.84	13413.32	12354.40
	53	0	20	4	4	0	0	3597.88	2676.68	3252.21	2865.21
	54	0	25	4	4	0	0	6393.45	4853.66	5727.26	5199.84
	55	0	30	4	4	0	0	10645.20	9103.25	10428.74	9849.34
	56	0	35	4	4	0	0	20547.50	19787.80	20043.67	19787.80

	Αρ.Ανά- λυσης	c	φ	D	B	H/V	e/B	Q,abaqus (KN)	Q,EC 7 (KN)	Q,Terzaghi (KN)	Q,Meyerhof (KN)
ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ D=0											
ΕΚ ΚΑ ΚΤ ΕΑ ΝΚ ΤΟ ΡΡ ΗΥ Φ & Η	57	10	20	0	2	0	0.125	386.448	379.98	-	411.53
	58	10	25	0	2	0	0.125	635.78	638.57	-	569.80
	59	10	30	0	2	0	0.125	1050.984	1142.79	-	1007.28
	60	10	35	0	2	0	0.125	2145	2192.27	-	1944.96
	61	10	20	0	4	0	0.125	938.53	1000.69	-	870.90
	62	10	25	0	4	0	0.125	1622.26	1829.07	-	1553.99
	63	10	30	0	4	0	0.125	2995.67	3516.29	-	2974.22
	64	10	35	0	4	0	0.125	5953.93	7154.75	-	6165.50
ΕΚ ΚΑ ΚΤ ΕΑ ΝΚ ΤΟ ΡΡ ΗΥ Φ & Η	65	10	20	0	6	0	0.125	1654.55	1862.15	-	1570.12
	66	10	25	0	6	0	0.125	2960.87	3571.50	-	2952.57
	67	10	30	0	6	0	0.125	5629.58	7120.49	-	5900.83
	68	10	35	0	6	0	0.125	11469.15	14887.44	-	12661.62
ΕΚ ΚΑ ΚΤ ΕΑ ΝΚ ΤΟ ΡΡ ΗΥ Φ & Η	69	0	20	0	2	0	0.125	70.5384	120.37	-	87.92
	70	0	25	0	2	0	0.125	162.204	275.96	-	207.19
	71	0	30	0	2	0	0.125	371.121	615.35	-	479.83
	72	0	35	0	2	0	0.125	847.77	1385.11	-	1137.79
	73	0	20	0	4	0	0.125	281.96	481.48	-	351.69
	74	0	25	0	4	0	0.125	652.53	1103.86	-	828.77
	75	0	30	0	4	0	0.125	1482.96	2461.40	-	1919.34
	76	0	35	0	4	0	0.125	3198.90	5540.42	-	4551.17
ΕΚ ΚΑ ΚΤ ΕΑ ΝΚ ΤΟ ΡΡ ΗΥ Φ & Η	77	0	20	0	6	0	0.125	616.26	1083.33	-	791.29
	78	0	25	0	6	0	0.125	1411.66	2483.67	-	1864.74
	79	0	30	0	6	0	0.125	3209.78	5538.16	-	4318.50
	80	0	35	0	6	0	0.125	6159.03	12465.95	-	10240.13
ΕΚ ΚΑ ΚΤ ΕΑ ΝΚ ΤΟ ΡΡ ΗΥ Φ & Η	81	10	20	0	2	0	0.167	369.90	356.42	-	326.99
	82	10	25	0	2	0	0.167	603.13	595.65	-	533.27
	83	10	30	0	2	0	0.167	1043.38	1060.47	-	937.55
	84	10	35	0	2	0	0.167	1983.04	2025.06	-	1800.74
	85	10	20	0	4	0	0.167	801.17	931.21	-	813.48
	86	10	25	0	4	0	0.167	1371.87	1691.91	-	1442.41
	87	10	30	0	4	0	0.167	2501.14	3237.22	-	2745.55
	88	10	35	0	4	0	0.167	4960.30	6562.78	-	5665.50
ΕΚ ΚΑ ΚΤ ΕΑ ΝΚ ΤΟ ΡΡ ΗΥ Φ & Η	89	10	20	0	6	0	0.167	1397.92	1724.34	-	1459.46
	90	10	25	0	6	0	0.167	2477.10	3288.79	-	2727.40
	91	10	30	0	6	0	0.167	4669.11	6530.25	-	5423.99
	92	10	35	0	6	0	0.167	10324.58	13613.16	-	11594.28
ΕΚ ΚΑ ΚΤ ΕΑ ΝΚ ΤΟ ΡΡ ΗΥ Φ & Η	93	0	20	0	2	0	0.167	57.12	109.18	-	79.75
	94	0	25	0	2	0	0.167	128.70	250.31	-	187.93
	95	0	30	0	2	0	0.167	340.51	558.14	-	435.22
	96	0	35	0	2	0	0.167	677.59	1256.33	-	1032.01
	97	0	20	0	4	0	0.167	224.89	436.72	-	318.99
	98	0	25	0	4	0	0.167	519.62	1001.23	-	751.72
	99	0	30	0	4	0	0.167	1189.02	2232.57	-	1740.89
	100	0	35	0	4	0	0.167	2781.23	5025.33	-	4128.04
ΕΚ ΚΑ ΚΤ ΕΑ ΝΚ ΤΟ ΡΡ ΗΥ Φ & Η	101	0	20	0	6	0	0.167	491.86	982.61	-	717.73
	102	0	25	0	6	0	0.167	1121.08	2252.77	-	1691.38
	103	0	30	0	6	0	0.167	2536.80	5023.27	-	3917.01
	104	0	35	0	6	0	0.167	5990.63	11306.98	-	9288.10

	Αρ.Ανά- λυσης	c	φ	D	B	H/V	e/B	Q,abaqus (KN)	Q,EC 7 (KN)	Q,Terzaghi (KN)	Q,Meyerhof (KN)
ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ D≠0											
Ε Κ Κ Α Τ Α Κ Τ Ο Ρ Υ Φ & Η	105	10	20	1	2	0	0.125	721.90	603.96	-	630.86
	106	10	25	1	2	0	0.125	1173.09	1011.75	-	1045.45
	107	10	30	1	2	0	0.125	2127.60	1786.83	-	1840.00
	108	10	35	1	2	0	0.125	1946.42	3357.63	-	3486.59
	109	10	20	2	2	0	0.125	1065.84	827.93	-	946.17
	110	10	25	2	2	0	0.125	1768.22	1384.92	-	1579.67
	111	10	30	2	2	0	0.125	3023.94	2430.87	-	2784.28
	112	10	35	2	2	0	0.125	5497.87	4522.99	-	5252.09
	113	10	20	2	4	0	0.125	2219.31	1896.61	-	1930.31
	114	10	25	2	4	0	0.125	3793.65	3321.77	-	3342.73
	115	10	30	2	4	0	0.125	6363.27	6092.45	-	6122.41
	116	10	35	2	4	0	0.125	12728.60	11816.20	-	12021.92
117	10	20	4	4	0	0.125	3513.76	2792.52	-	3117.16	
118	10	25	4	4	0	0.125	6006.59	4814.47	-	5365.77	
119	10	30	4	4	0	0.125	10472.4	8668.60	-	9716.81	
120	10	35	4	4	0	0.125	19324.30	16477.65	-	18773.80	
Ε Κ Κ Α Τ Α Κ Τ Ο Ρ Υ Φ & Η	121	0	20	1	2	0	0.125	391.80	344.35	-	334.17
	122	0	25	1	2	0	0.125	694.49	649.14	-	625.92
	123	0	30	1	2	0	0.125	1324.66	1259.39	-	1221.20
	124	0	35	1	2	0	0.125	2578.92	2550.47	-	2524.37
	125	0	20	2	2	0	0.125	631.03	568.33	-	612.41
	126	0	25	2	2	0	0.125	1224.91	1022.31	-	1103.22
	127	0	30	2	2	0	0.125	2246.95	1903.43	-	2074.12
	128	0	35	2	2	0	0.125	4259.47	3715.83	-	4134.82
	129	0	20	2	4	0	0.125	1498.58	1377.39	-	1336.69
	130	0	25	2	4	0	0.125	2746.38	2596.56	-	2503.67
	131	0	30	2	4	0	0.125	5221.50	5037.56	-	4884.81
	132	0	35	2	4	0	0.125	10867.40	10201.87	-	10097.49
	133	0	20	4	4	0	0.125	2646.80	2273.31	-	2449.64
	134	0	25	4	4	0	0.125	4390.25	4089.25	-	4412.88
	135	0	30	4	4	0	0.125	9508.20	7613.72	-	8296.49
	136	0	35	4	4	0	0.125	17062.20	14863.33	-	16539.26

	Αρ.Ανά- λυσης	c	φ	D	B	H/V	e/B	Q,abaqus (KN)	Q,EC 7 (KN)	Q,Terzaghi (KN)	Q,Meyerhof (KN)
ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ D≠0											
Ε Κ Κ Α Κ Τ Ε Α Ν Κ Τ Ο Ρ Ρ Η Υ Φ & Η	137	10	20	1	2	0	0.167	637.58	569.74	-	596.54
	138	10	25	1	2	0	0.167	1042.02	951.05	-	985.53
	139	10	30	1	2	0	0.167	1866.60	1673.84	-	1728.74
	140	10	35	1	2	0	0.167	3065.95	3134.93	-	3264.00
	141	10	20	2	2	0	0.167	944.45	783.05	-	896.56
	142	10	25	2	2	0	0.167	1566.43	1306.46	-	1493.57
	143	10	30	2	2	0	0.167	2663.53	2287.21	-	2626.16
	144	10	35	2	2	0	0.167	4866.64	4244.80	-	4940.47
	145	10	20	2	4	0	0.167	1941.08	1784.46	-	1821.06
	146	10	25	2	4	0	0.167	3311.52	3113.53	-	3143.02
	147	10	30	2	4	0	0.167	5878.40	5690.70	-	5736.29
	148	10	35	2	4	0	0.167	10343.70	11002.26	-	11223.22
	149	10	20	4	4	0	0.167	3072.24	2637.71	-	2950.50
	150	10	25	4	4	0	0.167	5287.85	4535.15	-	5066.77
151	10	30	4	4	0	0.167	9274.84	8144.19	-	9151.98	
152	10	35	4	4	0	0.167	14348.20	15441.74	-	17633.76	
Ε Κ Κ Α Κ Τ Ε Α Ν Κ Τ Ο Ρ Ρ Η Υ Φ & Η	153	0	20	1	2	0	0.167	320.27	322.49	-	313.99
	154	0	25	1	2	0	0.167	598.52	605.71	-	585.98
	155	0	30	1	2	0	0.167	973.80	1171.51	-	1139.41
	156	0	35	1	2	0	0.167	2171.12	2366.20	-	2347.61
	157	0	20	2	2	0	0.167	544.64	535.81	-	578.69
	158	0	25	2	2	0	0.167	1131.00	961.12	-	1039.81
	159	0	30	2	2	0	0.167	1897.20	1784.88	-	1949.83
	160	0	35	2	2	0	0.167	3625.91	3476.07	-	3876.41
	161	0	20	2	4	0	0.167	1285.66	1289.97	-	1255.95
	162	0	25	2	4	0	0.167	2404.66	2422.85	-	2343.91
	163	0	30	2	4	0	0.167	4560.84	4686.05	-	4557.62
	164	0	35	2	4	0	0.167	9021,32	9464.80	-	9390.43
	165	0	20	4	4	0	0.167	2266.37	2143.22	-	2314.77
	166	0	25	4	4	0	0.167	4301.56	3844.47	-	4159.26
167	0	30	4	4	0	0.167	8369.40	7139.53	-	7799.30	
168	0	35	4	4	0	0.167	14946.40	13904.28	-	15505.62	

	Αρ.Ανά- λυσης	c	φ	D	B	H/V	e/B	Q,abaqus (KN)	Q,EC 7 (KN)	Q,Terzaghi (KN)	Q,Meyerhof (KN)
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΞΗ ΦΟΡΤΙΣΗ D=0											
Κ Ε Ν Τ Ρ Ι Κ Η &	169	10	20	0	2	0.1	0	419.43	358.13	-	318.86
	170	10	25	0	2	0.1	0	680.14	601.66	-	524.60
	171	10	30	0	2	0.1	0	1177.38	1077.28	-	939.56
	172	10	35	0	2	0.1	0	2203.33	2068.95	-	1849.84
	173	10	20	0	4	0.1	0	1090.16	947.51	-	754.96
	174	10	25	0	4	0.1	0	1879.44	1730.53	-	1371.41
	175	10	30	0	4	0.1	0	3449.80	3327.67	-	2700.78
	176	10	35	0	4	0.1	0	6822.98	6776.51	-	5781.11
	177	10	20	0	6	0.1	0	1962.04	1767.05	-	1308.30
	178	10	25	0	6	0.1	0	3507.73	3385.47	-	2540.44
179	10	30	0	6	0.1	0	6628.80	6750.19	-	5283.67	
180	10	35	0	6	0.1	0	13430.60	14121.92	-	11793.81	
Κ Ε Ν Τ Ρ Ι Κ Η &	181	0	20	0	2	0.1	0	92.242	114.21	-	58.62
	182	0	25	0	2	0.1	0	210.32	262.76	-	161.11
	183	0	30	0	2	0.1	0	470.115	585.91	-	410.83
	184	0	35	0	2	0.1	0	1104	1318.85	-	1040.72
	185	0	20	0	4	0.1	0	369.36	458.45	-	234.48
	186	0	25	0	4	0.1	0	839.73	1051.05	-	644.43
	187	0	30	0	4	0.1	0	1875.89	2343.66	-	1643.33
	188	0	35	0	4	0.1	0	3939.68	5275.39	-	4162.86
	189	0	20	0	6	0.1	0	814.29	1031.50	-	527.58
	190	0	25	0	6	0.1	0	1773.00	2364.86	-	1449.97
191	0	30	0	6	0.1	0	4039.20	5273.23	-	3697.50	
192	0	35	0	6	0.1	0	9476.46	11869.62	-	9366.44	
Κ Ε Ν Τ Ρ Ι Κ Η &	193	10	20	0	2	0.3	0	227.36	217.57	-	199.94
	194	10	25	0	2	0.3	0	364.52	344.98	-	304.73
	195	10	30	0	2	0.3	0	604.60	588.61	-	523.05
	196	10	35	0	2	0.3	0	1078.62	1088.86	-	1018.21
	197	10	20	0	4	0.3	0	535.95	550.80	-	406.13
	198	10	25	0	4	0.3	0	937.11	944.32	-	669.12
	199	10	30	0	4	0.3	0	1667.60	1734.22	-	1292.48
	200	10	35	0	4	0.3	0	3168.36	3422.91	-	2849.02
	201	10	20	0	6	0.3	0	950.60	996.30	-	618.57
	202	10	25	0	6	0.3	0	1696.14	1793.88	-	1093.19
203	10	30	0	6	0.3	0	3150.21	3432.86	-	2308.29	
204	10	35	0	6	0.3	0	6184.50	6998.91	-	5492.44	
Κ Ε Ν Τ Ρ Ι Κ Η &	205	0	20	0	2	0.3	0	35.40	53.93	-	3.13
	206	0	25	0	2	0.3	0	84.35	123.63	-	29.83
	207	0	30	0	2	0.3	0	202.04	275.68	-	123.19
	208	0	35	0	2	0.3	0	472.31	620.53	-	406.30
	209	0	20	0	4	0.3	0	102.60	215.70	-	12.51
	210	0	25	0	4	0.3	0	337.41	494.53	-	119.34
	211	0	30	0	4	0.3	0	806.40	1102.71	-	492.77
	212	0	35	0	4	0.3	0	1911.70	2482.11	-	1625.21
	213	0	20	0	6	0.3	0	237.02	485.33	-	28.15
	214	0	25	0	6	0.3	0	748.51	1112.69	-	268.51
215	0	30	0	6	0.3	0	1782.69	2481.09	-	1108.73	
216	0	35	0	6	0.3	0	4160.02	5584.75	-	3656.72	

	Αρ.Ανά- λυσης	c	φ	D	B	H/V	e/B	Q,abaqus (KN)	Q,EC 7 (KN)	Q,Terzaghi (KN)	Q,Meyerhof (KN)
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΞΗ ΦΟΡΤΙΣΗ D≠0											
Κ Ε Ν Λ Ο Ξ Η Κ Η &	217	10	20	1	2	0.1	0	790.46	565.00	-	600.76
	218	10	25	1	2	0.1	0	1317.16	946.47	-	997.74
	219	10	30	1	2	0.1	0	1892.13	1672.78	-	1768.23
	220	10	35	1	2	0.1	0	2341.78	3147.07	-	3385.62
	221	10	20	2	2	0.1	0	1161.68	772.10	-	914.74
	222	10	25	2	2	0.1	0	1871.88	1291.61	-	1529.60
	223	10	30	2	2	0.1	0	2073.54	2268.65	-	2708.72
	224	10	35	2	2	0.1	0	2047.81	4225.53	-	5145.82
	225	10	20	2	4	0.1	0	2437.71	1982.84	-	1808.25
	226	10	25	2	4	0.1	0	4096.60	3294.19	-	3149.86
	227	10	30	2	4	0.1	0	5064.03	5856.16	-	5832.31
	228	10	35	2	4	0.1	0	7807.76	11201.60	-	11613.39
	229	10	20	4	4	0.1	0	3822.68	2904.87	-	2989.81
	230	10	25	4	4	0.1	0	6368.54	4752.61	-	5163.19
231	10	30	4	4	0.1	0	8960.38	8297.31	-	9411.12	
232	10	35	4	4	0.1	0	7093.48	15556.68	-	18343.30	
Κ Ε Ν Λ Ο Ξ Η Κ Η &	233	0	20	1	2	0.1	0	417.41	321.95	-	303.36
	234	0	25	1	2	0.1	0	760.79	608.22	-	577.19
	235	0	30	1	2	0.1	0	954.09	1182.11	-	1147.93
	236	0	35	1	2	0.1	0	1832.62	2397.64	-	2421.07
	237	0	20	2	2	0.1	0	751.18	529.29	-	580.17
	238	0	25	2	2	0.1	0	1313.94	953.67	-	1052.00
	239	0	30	2	2	0.1	0	1728.54	1778.31	-	1996.84
	240	0	35	2	2	0.1	0	1670.88	3476.43	-	4025.83
	241	0	20	2	4	0.1	0	1692.56	1287.81	-	1213.44
	242	0	25	2	4	0.1	0	3067.15	2432.86	-	2308.77
	243	0	30	2	4	0.1	0	3668.64	4728.44	-	4591.71
	244	0	35	2	4	0.1	0	7010.93	9590.56	-	9684.28
	245	0	20	4	4	0.1	0	3017.31	2117.17	-	2320.67
	246	0	25	4	4	0.1	0	5250.86	3814.68	-	4207.99
247	0	30	4	4	0.1	0	6503.67	7113.23	-	7987.36	
248	0	35	4	4	0.1	0	5814.38	13905.73	-	16103.34	

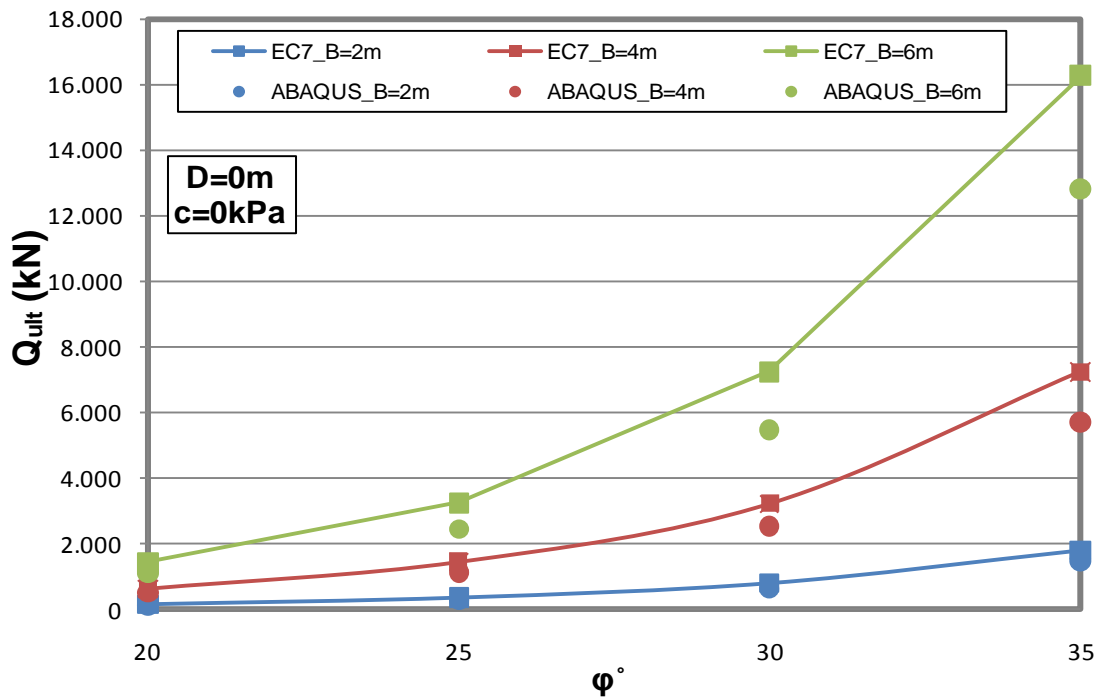
Αρ.Ανά- λυσης	c	φ	D	B	H/V	e/B	Q,abaqus (KN)	Q,EC 7 (KN)	Q,Terzaghi (KN)	Q,Meyerhof (KN)	
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΞΗ ΦΟΡΤΙΣΗ D≠0											
Κ Ε Ν Τ Ρ Ι Κ Η &	249	10	20	1	2	0.3	0	500.88	343.13	-	410.19
	250	10	25	1	2	0.3	0	778.08	552.74	-	655.32
	251	10	30	1	2	0.3	0	1262.37	947.24	-	1133.50
	252	10	35	1	2	0.3	0	1883.52	1739.10	-	2143.09
	253	10	20	2	2	0.3	0	756.80	468.67	-	644.69
	254	10	25	2	2	0.3	0	1198.32	761.67	-	1050.33
	255	10	30	2	2	0.3	0	1951.96	1306.96	-	1828.51
	256	10	35	2	2	0.3	0	3304.81	2390.62	-	3437.68
	257	10	20	2	4	0.3	0	1477.70	1510.70	-	1190.92
	258	10	25	2	4	0.3	0	2421.97	2151.54	-	1985.21
	259	10	30	2	4	0.3	0	4037.83	3449.20	-	3595.77
	260	10	35	2	4	0.3	0	5963.82	6229.46	-	7113.46
	261	10	20	4	4	0.3	0	2573.80	2245.00	-	2072.72
	262	10	25	4	4	0.3	0	4011.80	3173.09	-	3478.92
	263	10	30	4	4	0.3	0	6732.45	5025.56	-	6732.45
	264	10	35	4	4	0.3	0	11753.50	8933.59	-	12056.74
Κ Ε Ν Τ Ρ Ι Κ Η &	265	0	20	1	2	0.3	0	233.55	179.35	-	185.27
	266	0	25	1	2	0.3	0	426.65	332.61	-	337.28
	267	0	30	1	2	0.3	0	733.85	636.34	-	664.39
	268	0	35	1	2	0.3	0	1085.36	1273.13	-	1413.64
	269	0	20	2	2	0.3	0	460.57	304.78	-	391.67
	270	0	25	2	2	0.3	0	802.64	541.59	-	689.14
	271	0	30	2	2	0.3	0	1406.77	997.00	-	1290.15
	272	0	35	2	2	0.3	0	2542.38	1925.73	-	2590.69
	273	0	20	2	4	0.3	0	932.59	717.41	-	741.09
	274	0	25	2	4	0.3	0	1705.72	1330.44	-	1349.13
	275	0	30	2	4	0.3	0	3114.46	2545.36	-	2657.55
	276	0	35	2	4	0.3	0	5365.59	5092.52	-	5654.55
	277	0	20	4	4	0.3	0	1845.30	1219.13	-	1566.67
	278	0	25	4	4	0.3	0	3214.53	2166.35	-	2756.54
	279	0	30	4	4	0.3	0	5162.25	3988.00	-	5160.60
	280	0	35	4	4	0.3	0	10155.60	7702.94	-	10362.74

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

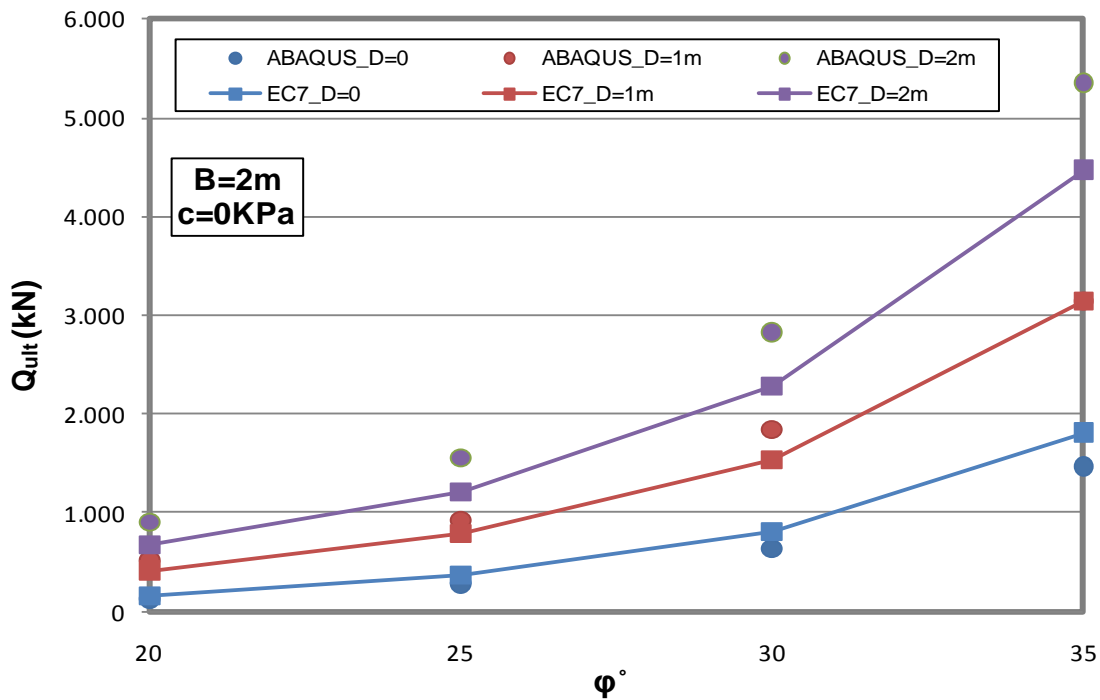
**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ 4^{ΟΥ}
ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΥΠΟ ΜΟΡΦΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

Ε.1. Κεντρική και Κατακόρυφη Φόρτιση

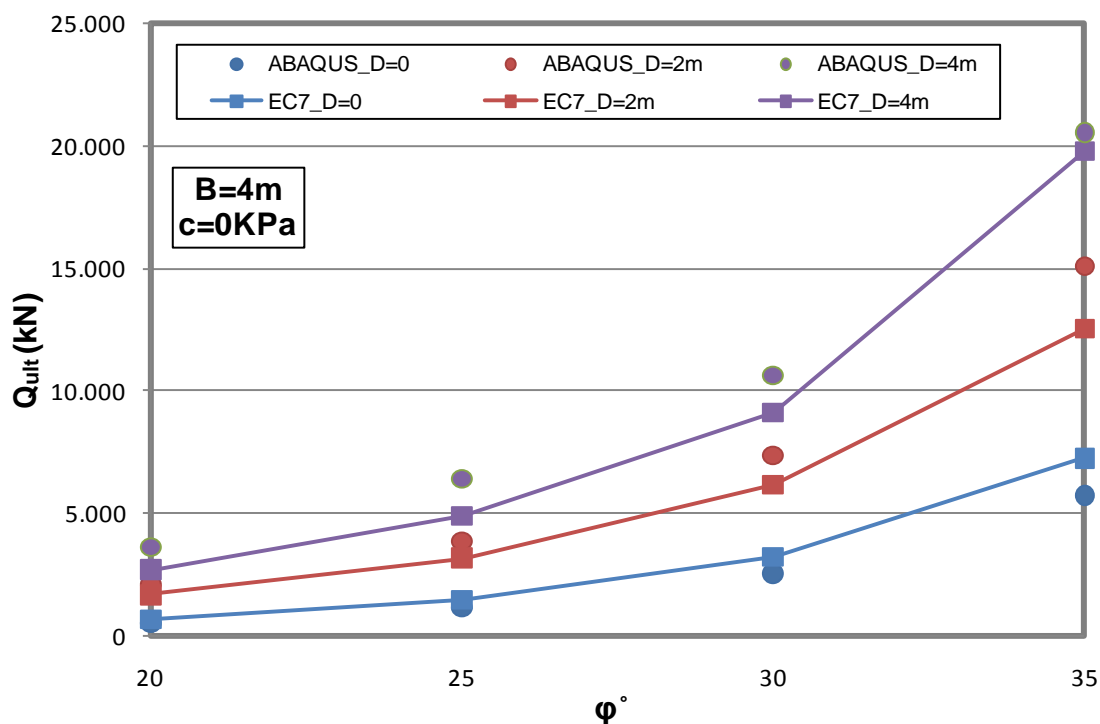
Ε.1.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)



Σχ.Ε.1. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση θεμελίων πλάτους $B=2, 4, 6m$, εδραζόμενα σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ

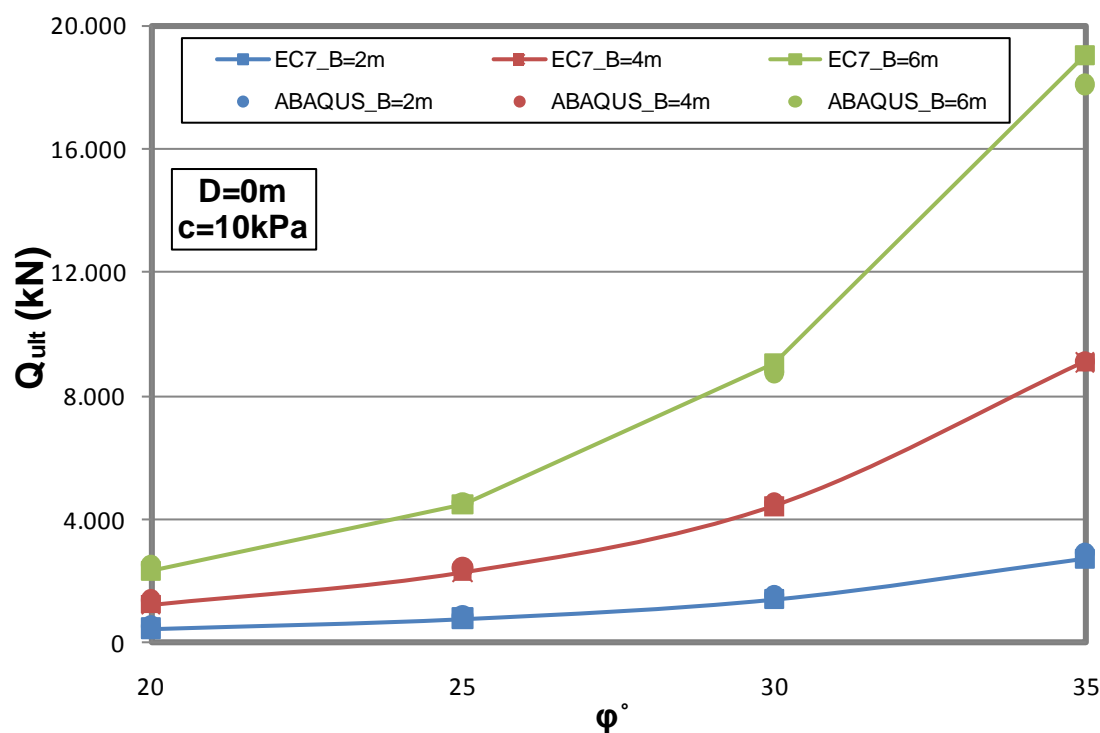


Σχ.Ε.2. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο βάθος $D=0, 1, 2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ

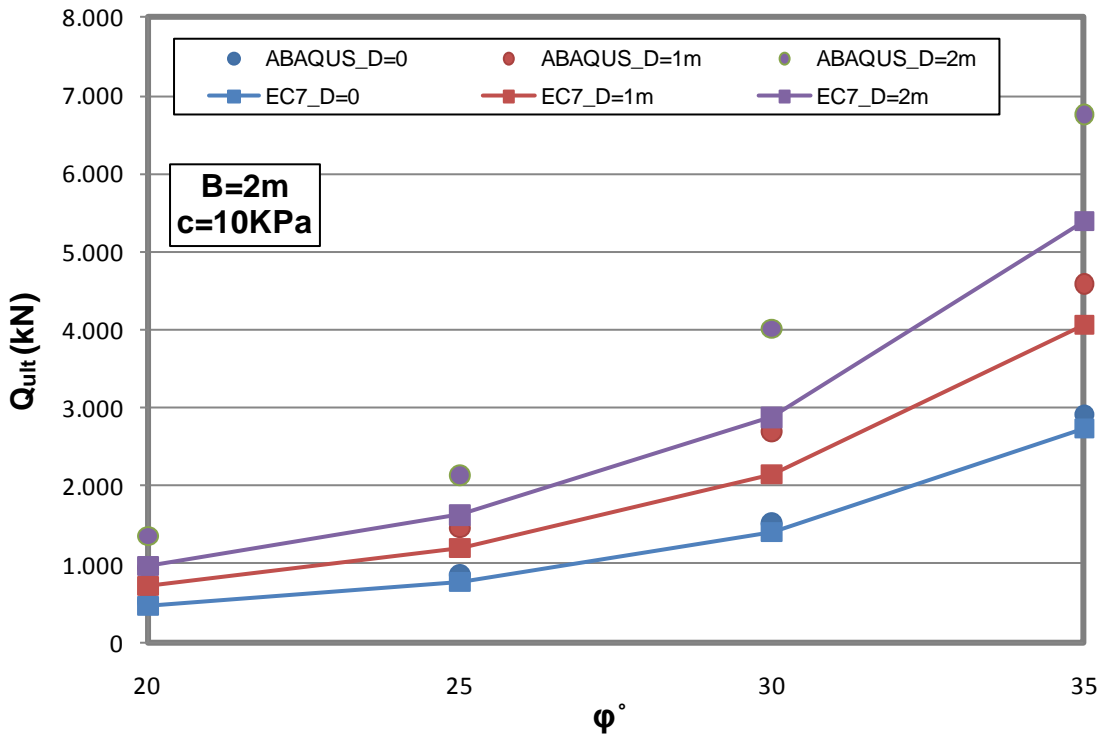


Σχ.Ε.3. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο βάθη $D=0,2,4m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ

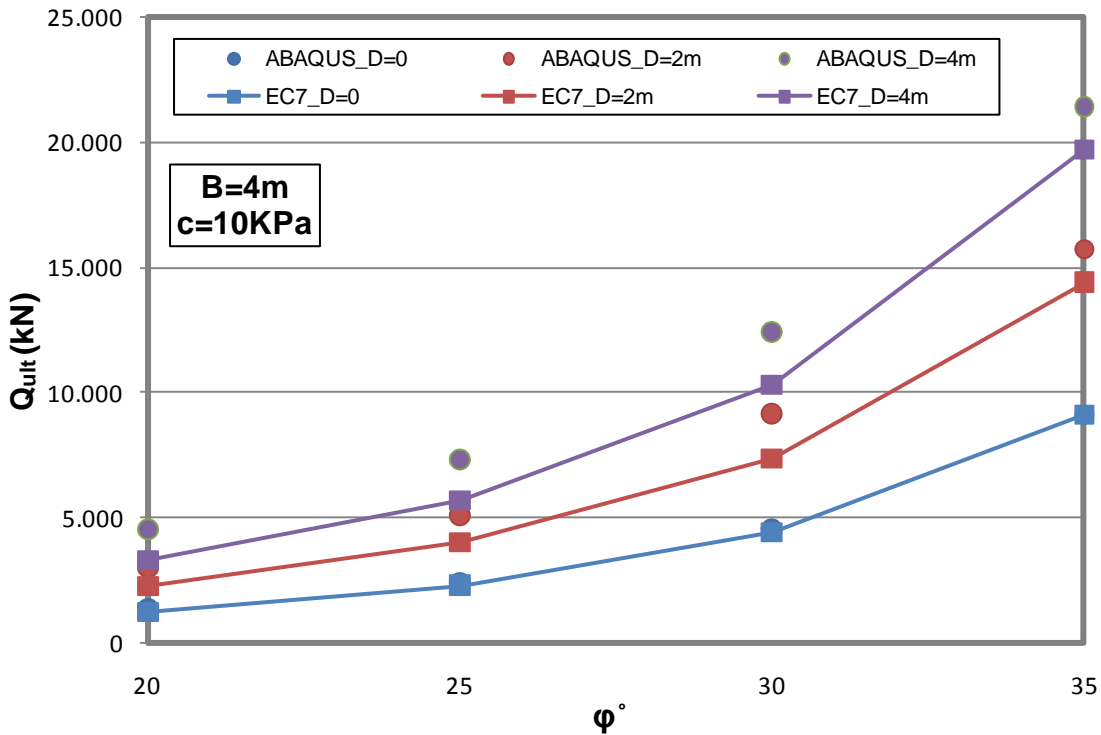
Ε.1.2. Συνεκτικό έδαφος ($c=10kPa$)



Σχ.Ε.4. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση θεμελίων πλάτους $B=2, 4, 6m$, εδραζόμενα σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



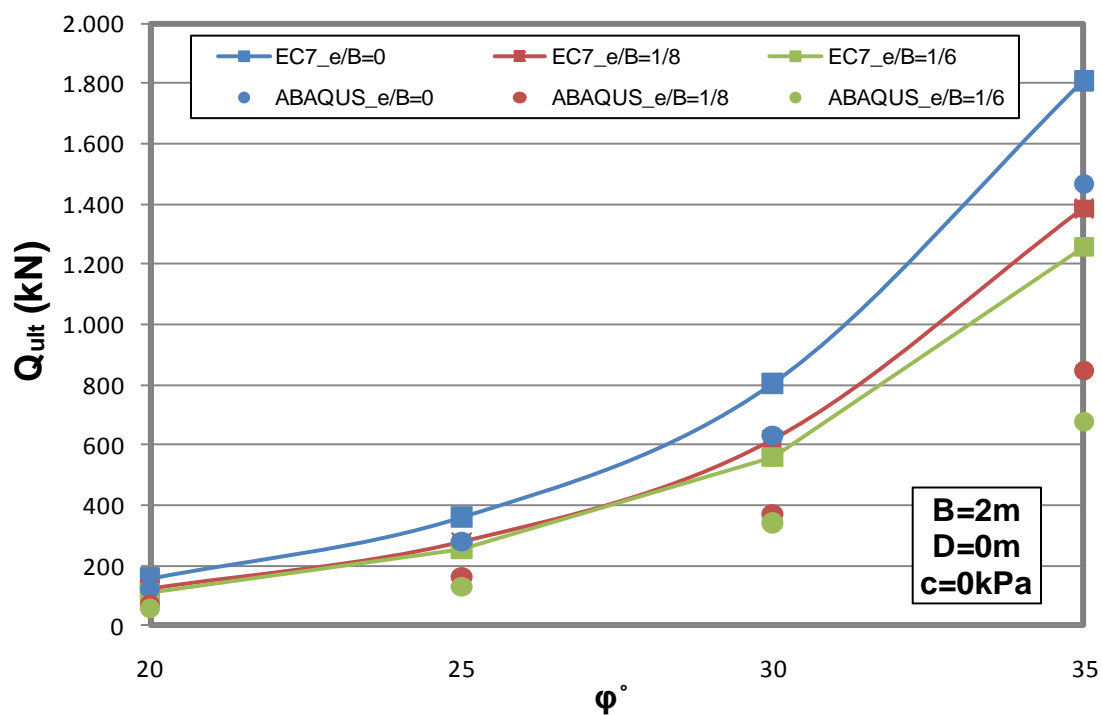
Σχ.Ε.5. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο βάθη $D=0,1,2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



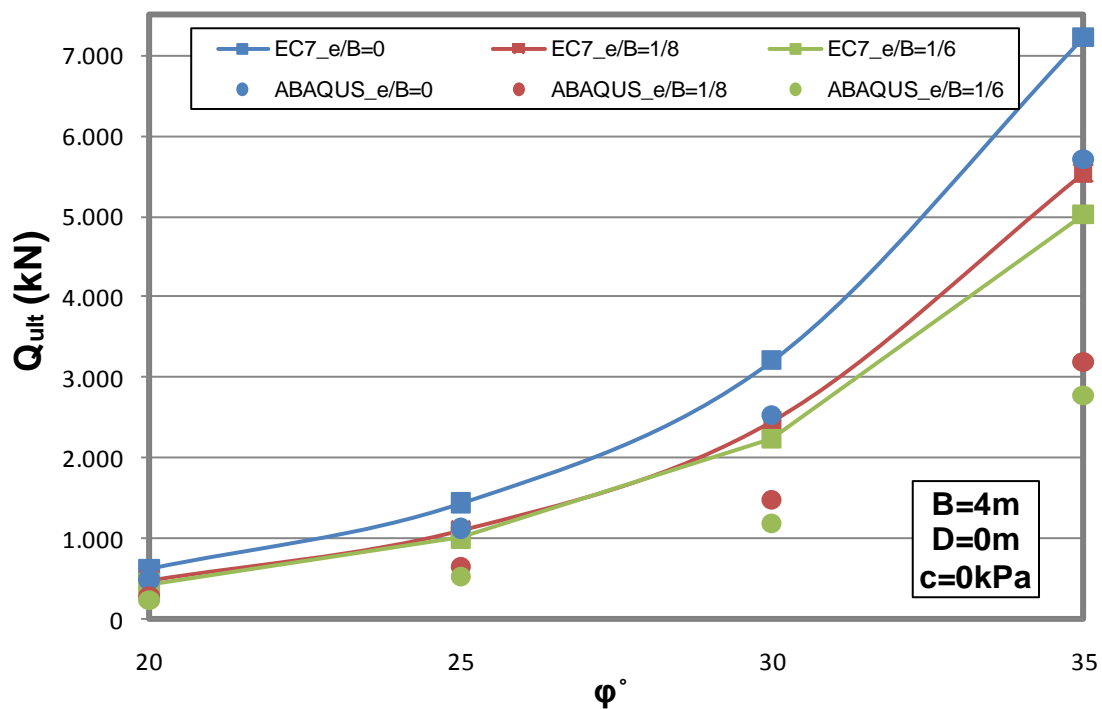
Σχ.Ε.6. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης για κεντρική και κατακόρυφη φόρτιση θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο βάθη $D=0,2,4m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ

Ε.2. Έκκεντρη και Κατακόρυφη Φόρτιση

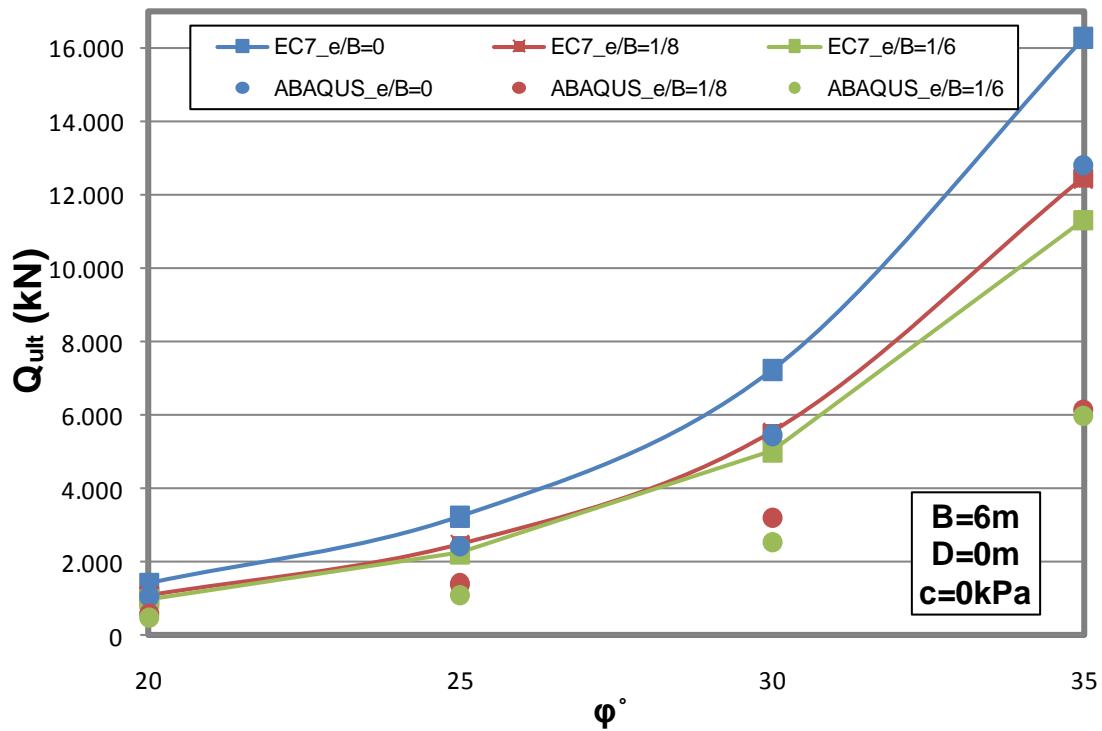
Ε.2.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)



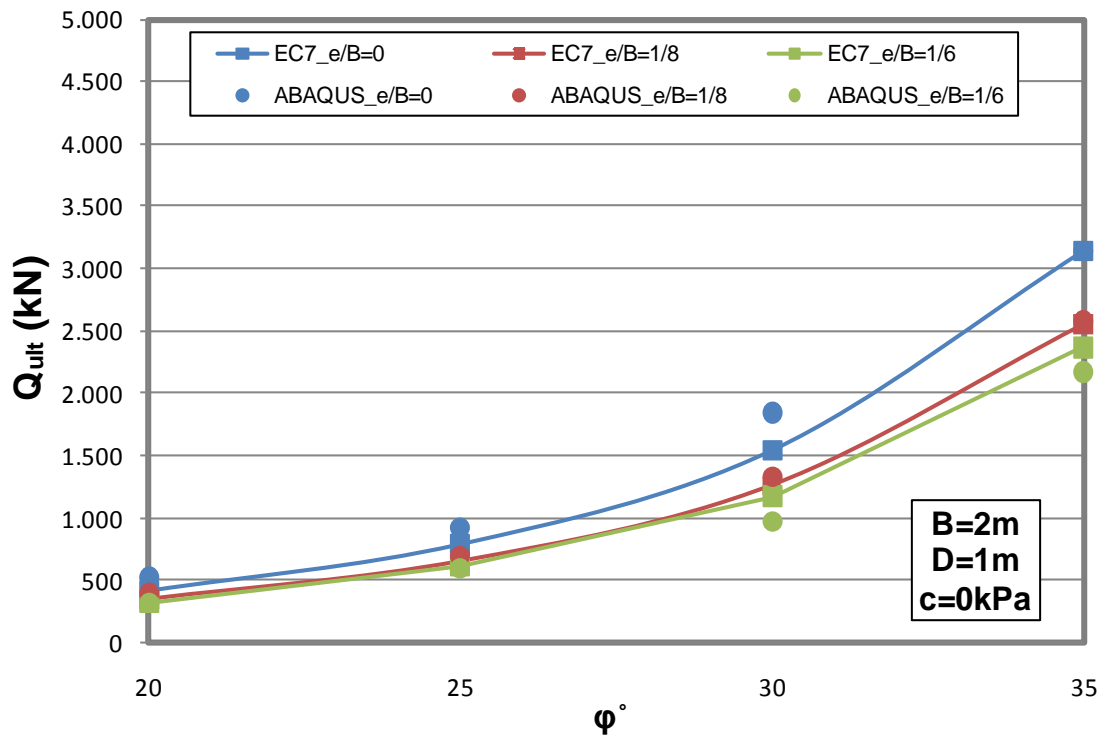
Σχ.Ε.7. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$ εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



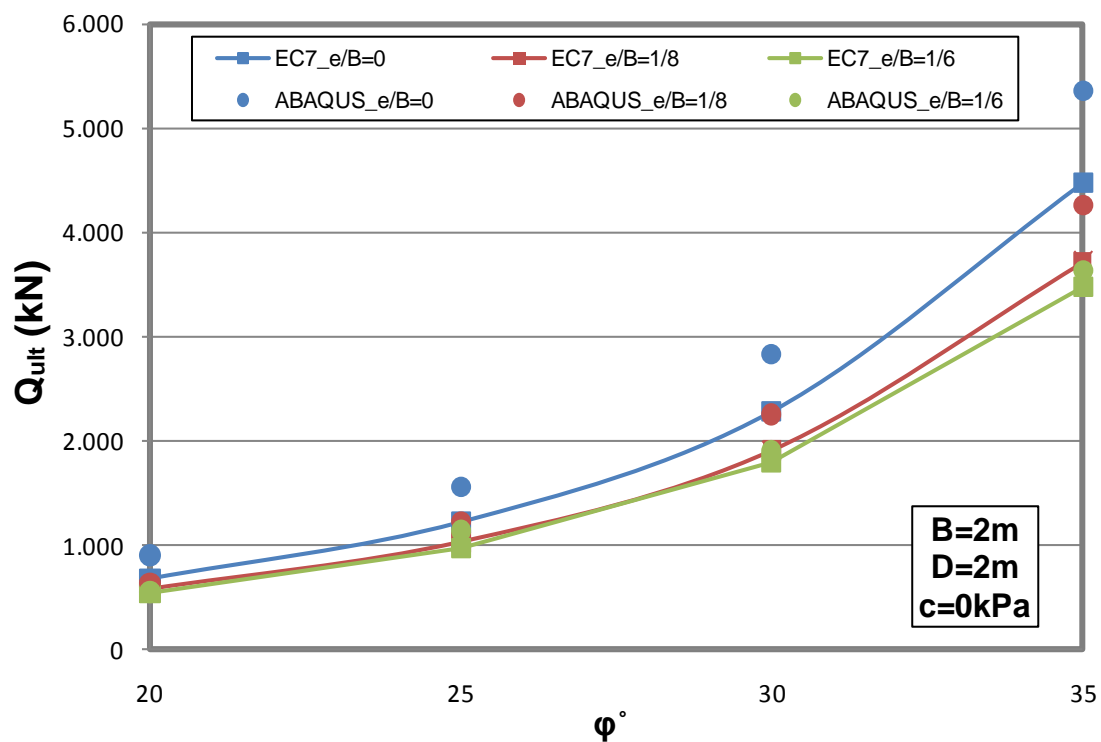
Σχ.Ε.8. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



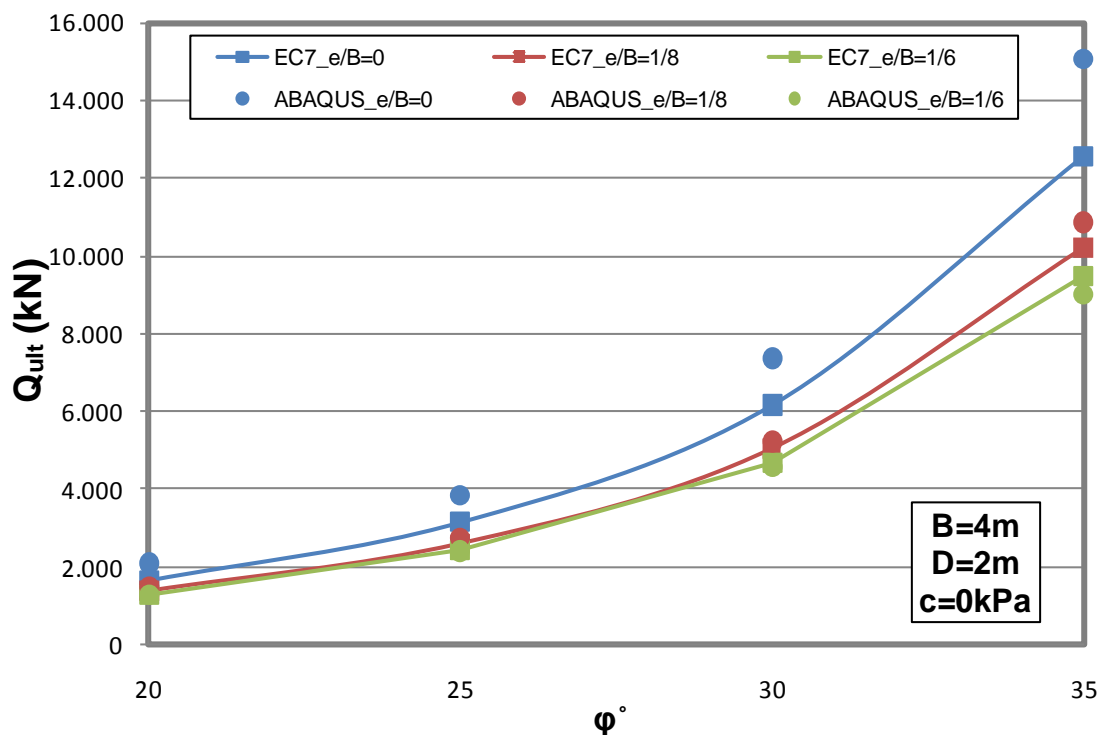
Σχ.Ε.9. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=6m$, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



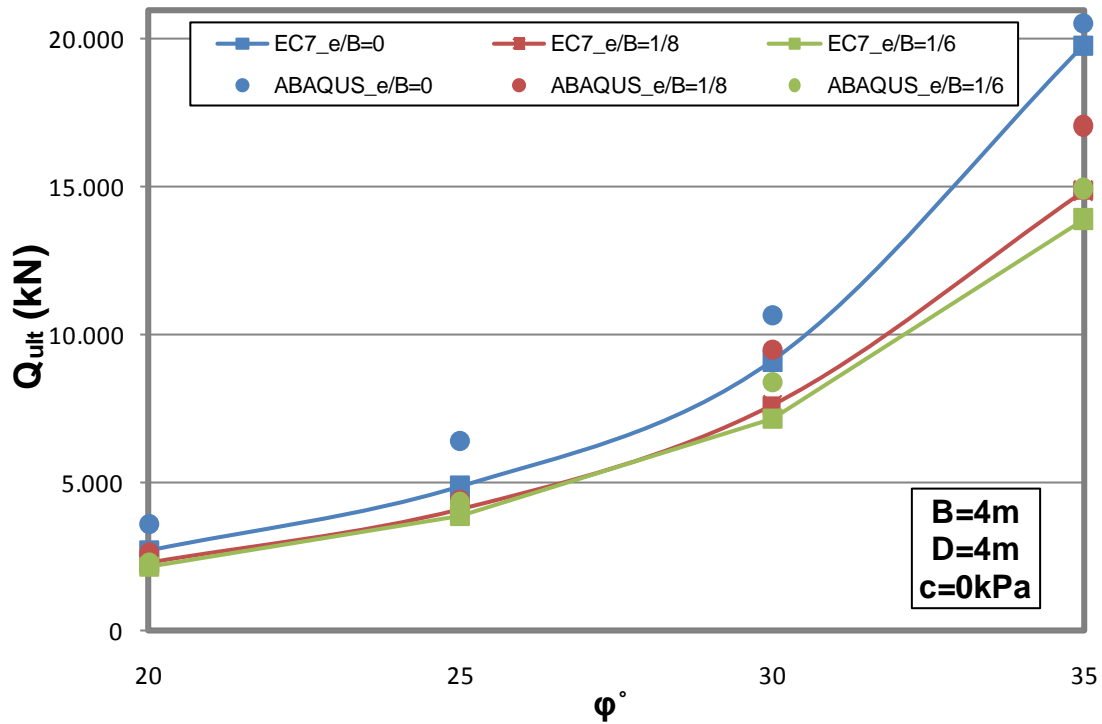
Σχ.Ε.10. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=1m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



Σχ.Ε.11. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ

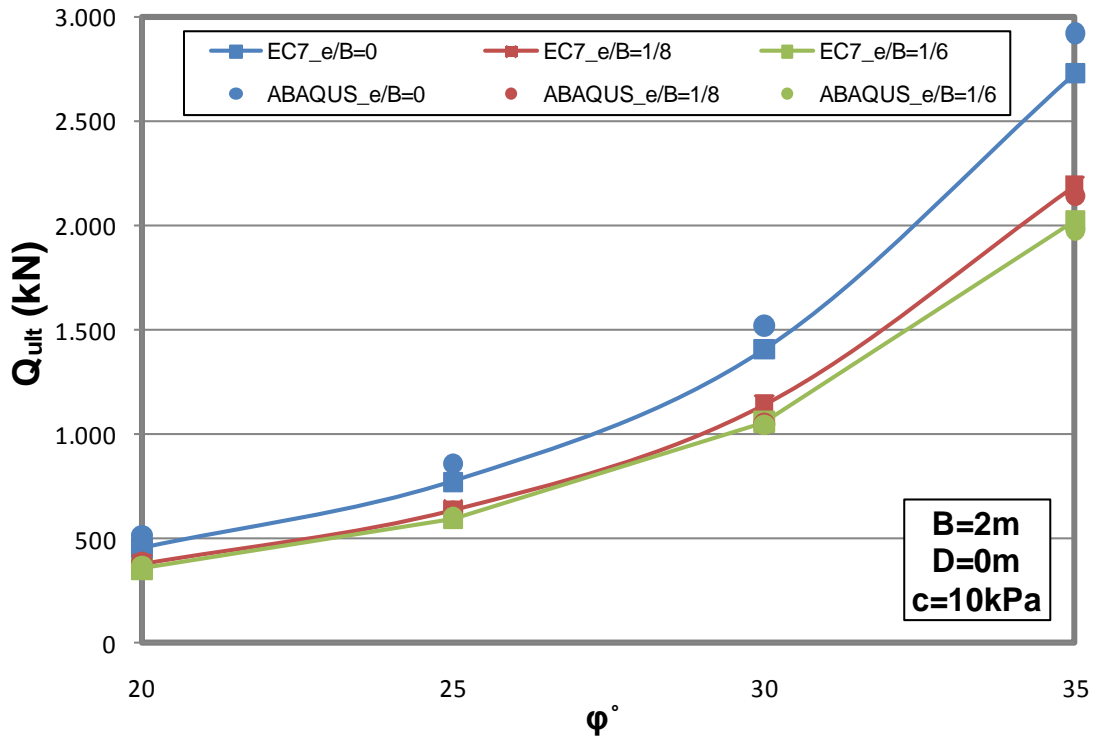


Σχ.Ε.12. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ

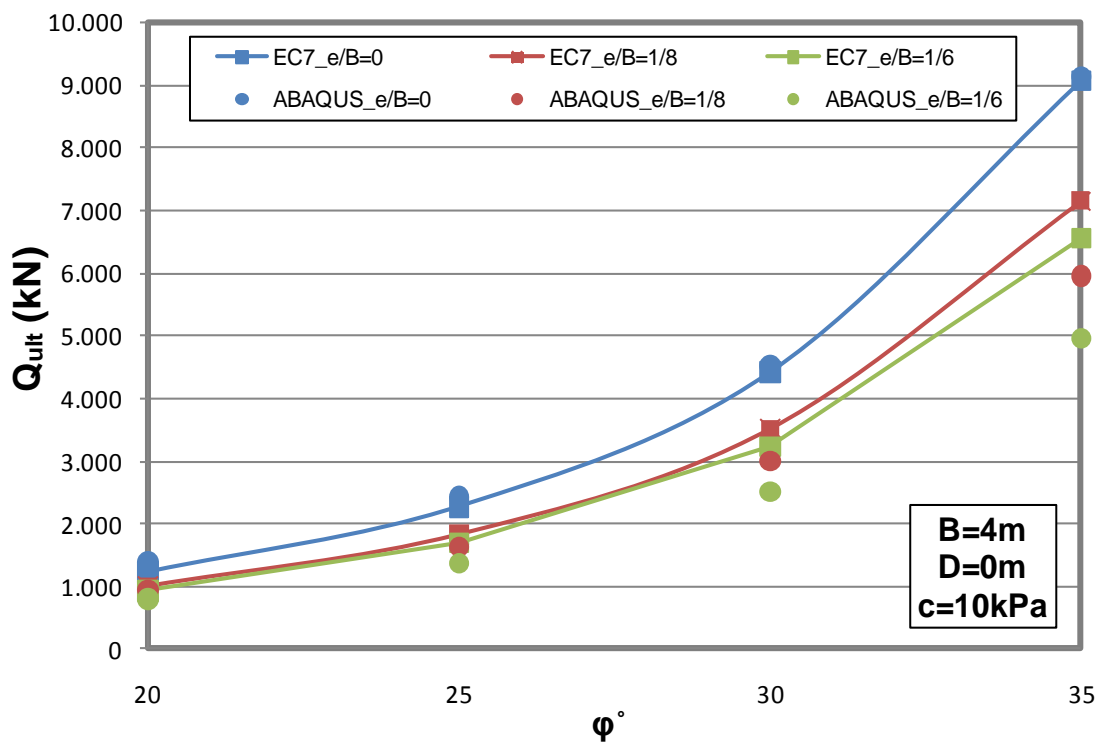


Σχ.Ε.13. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=4m$, σε μη συνεκτικό έδαφος, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ

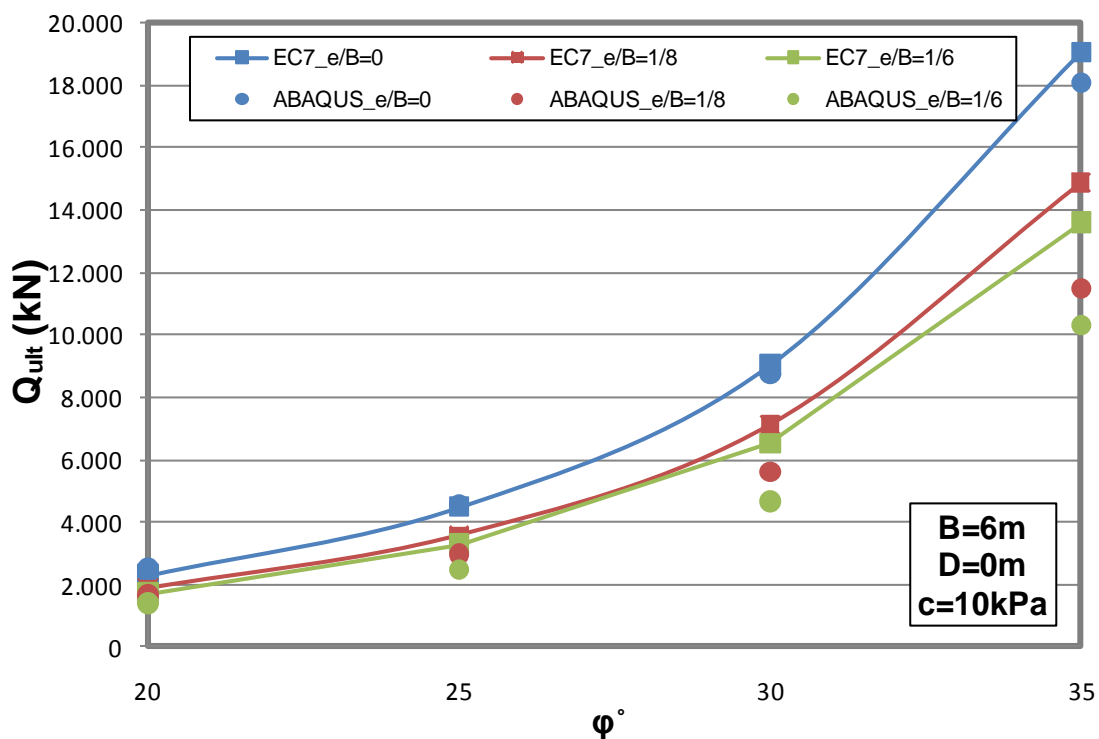
Ε.2.2. Συνεκτικό έδαφος ($c=10kPa$)



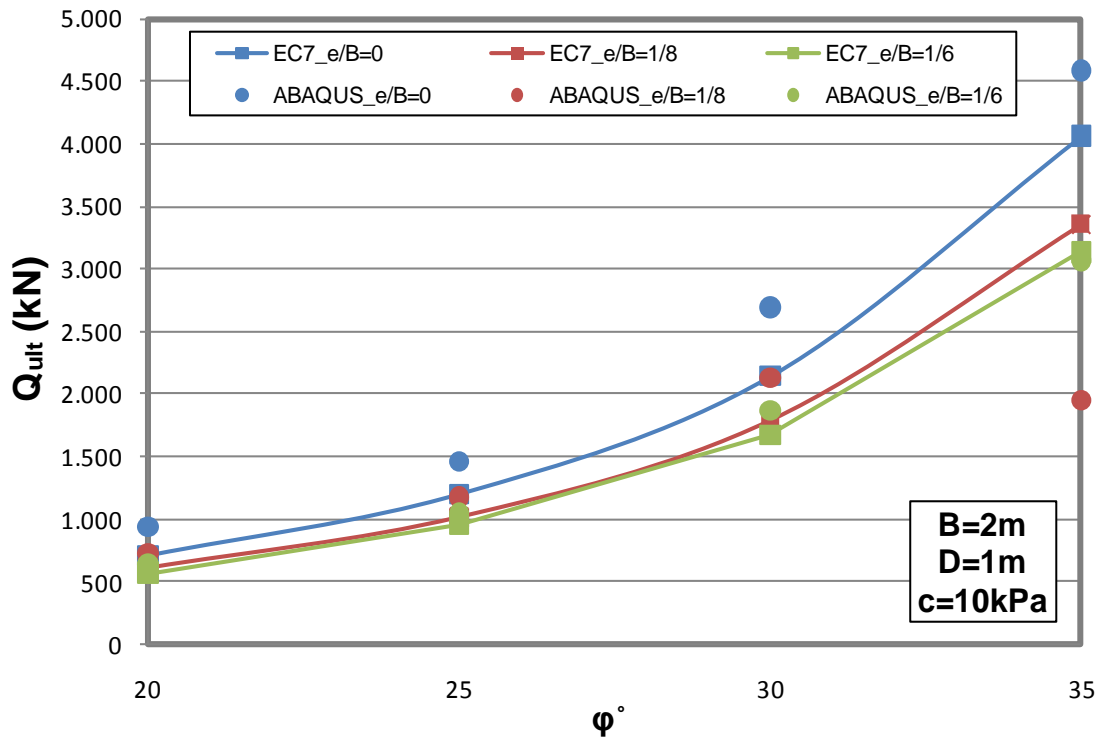
Σχ.Ε.14. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



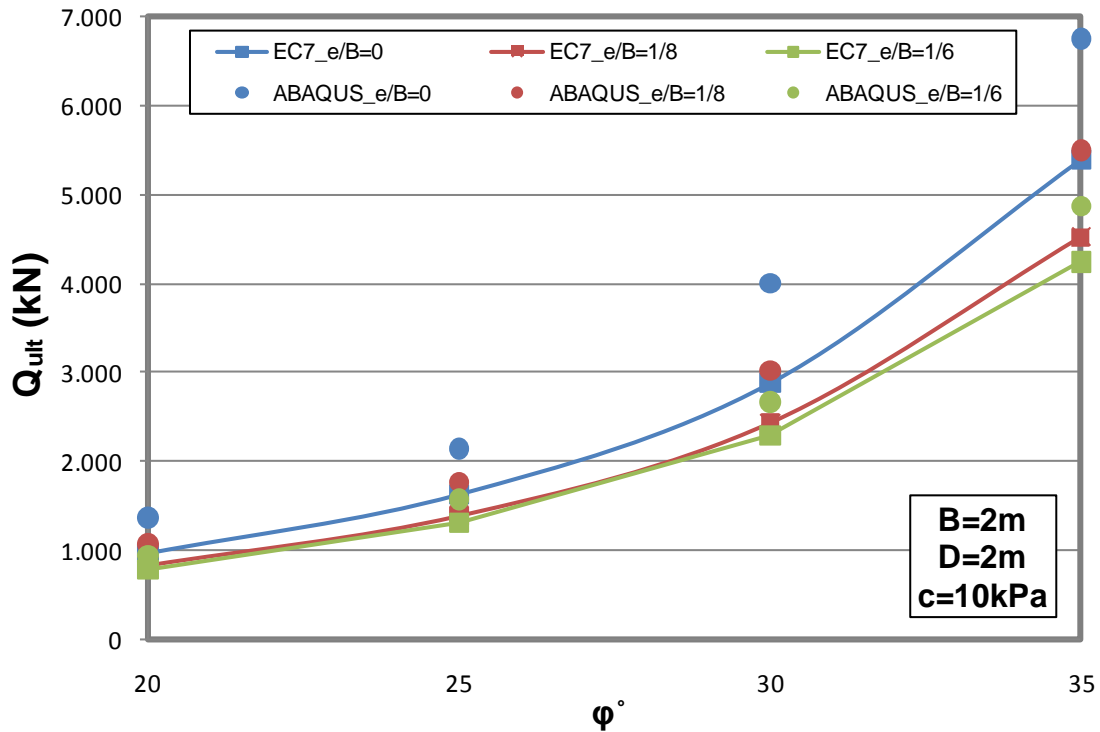
Σχ.Ε.15. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



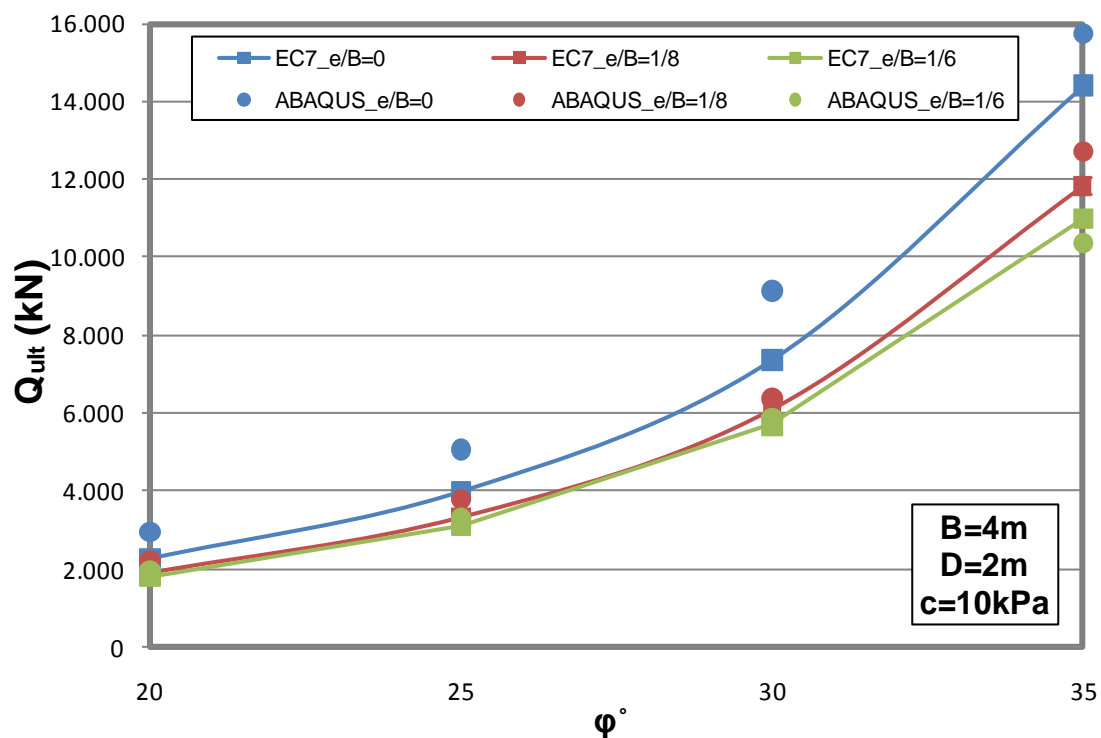
Σχ.Ε.16. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=6m$, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης $D=0$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



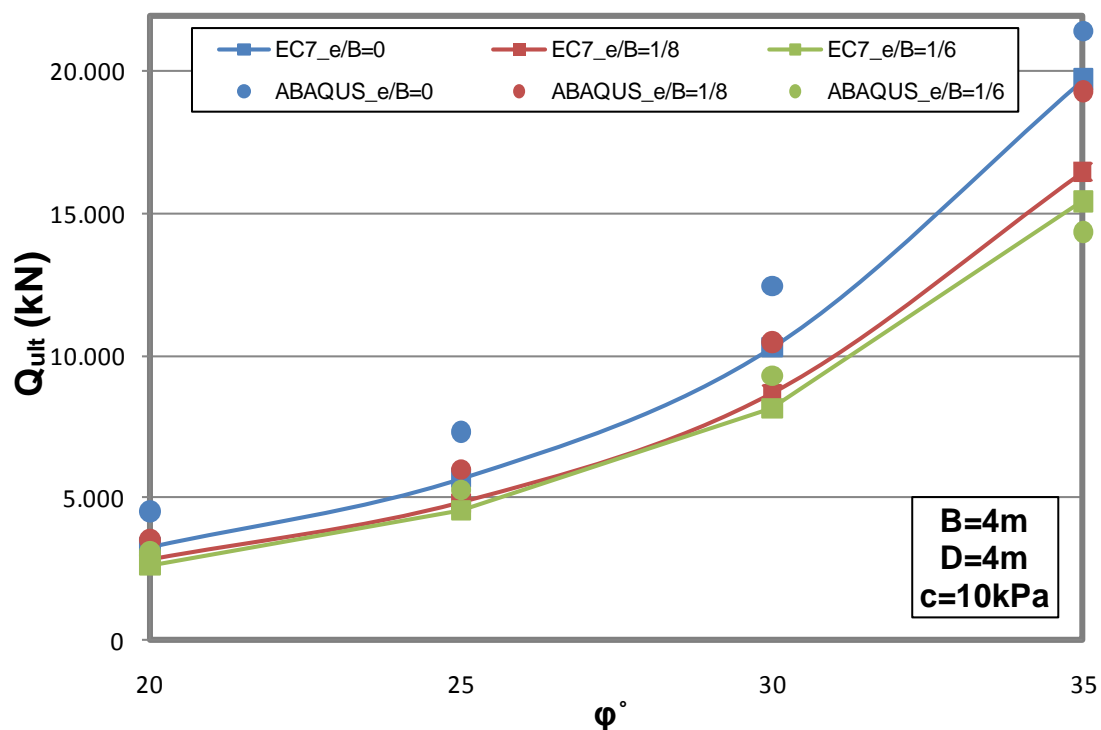
Σχ.Ε.17. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=1m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



Σχ.Ε.18. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



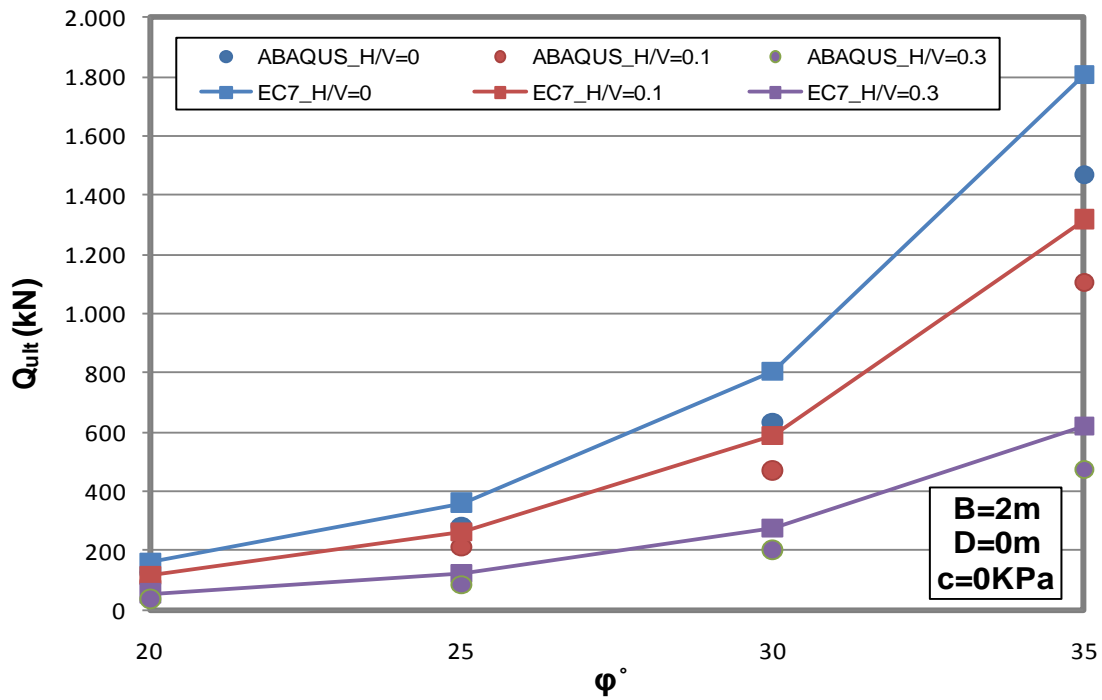
Σχ.Ε.19. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=2m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



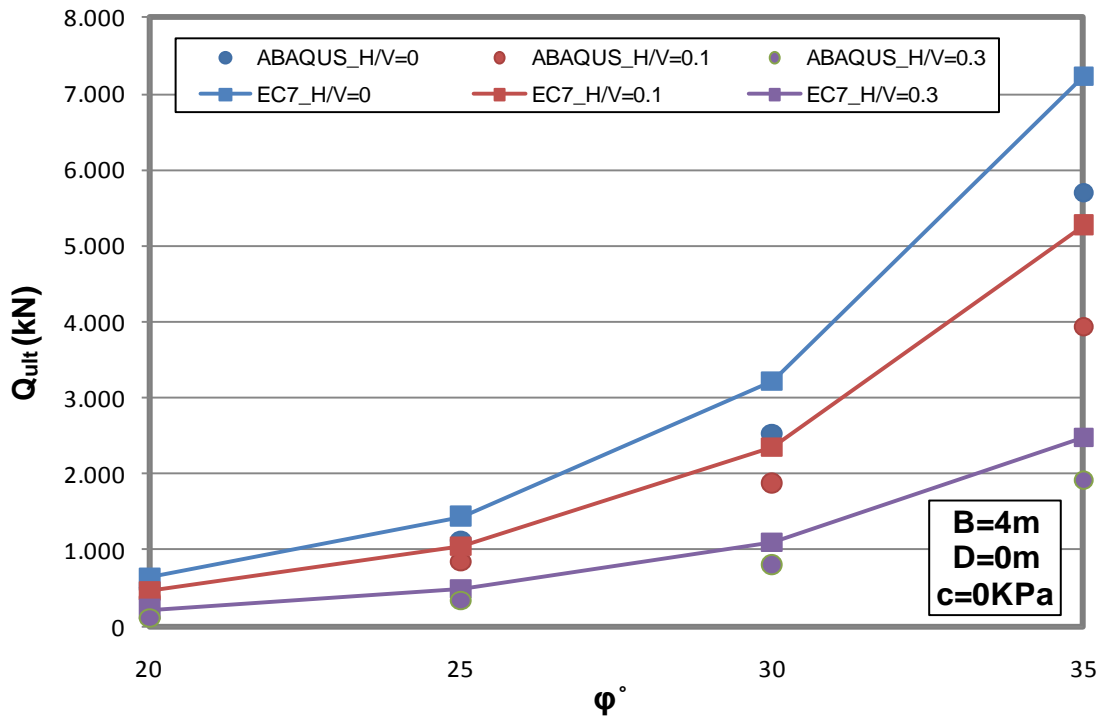
Σχ.Ε.20. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=4m$, σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$, για διάφορους λόγους εκκεντρότητας φορτίου e/B , για τη μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ. Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ

Ε.3. Κεντρική και Λοξή Φόρτιση

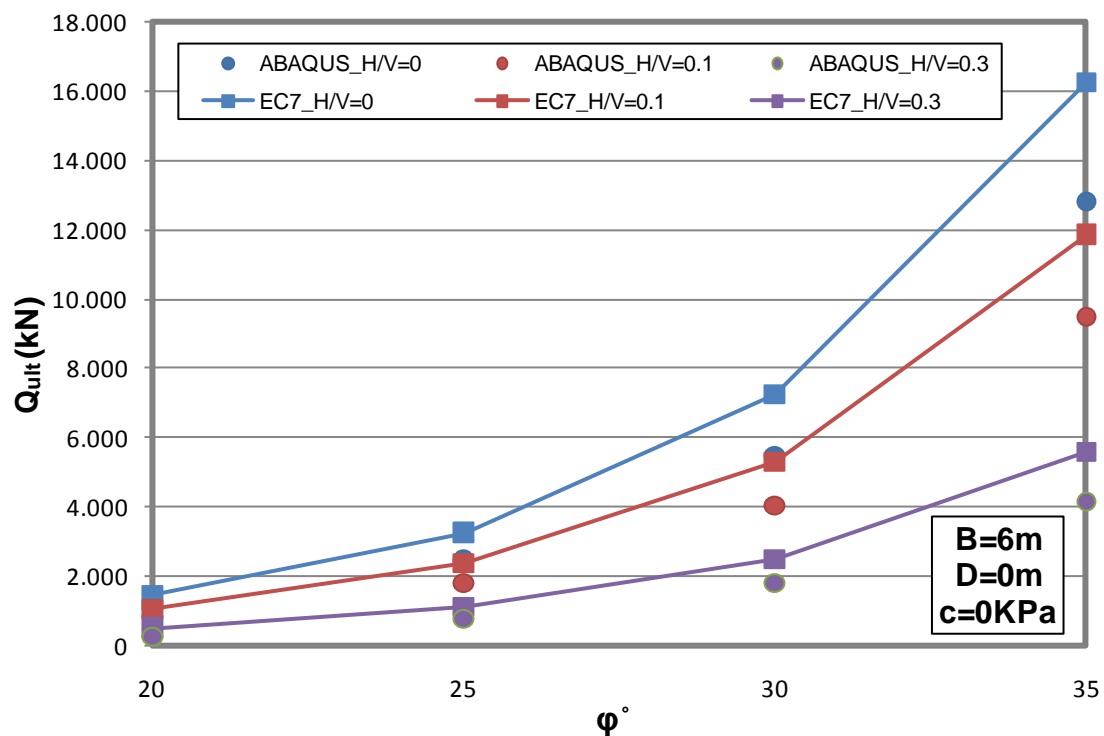
Ε.3.1. Μη συνεκτικό έδαφος ($c=0$)



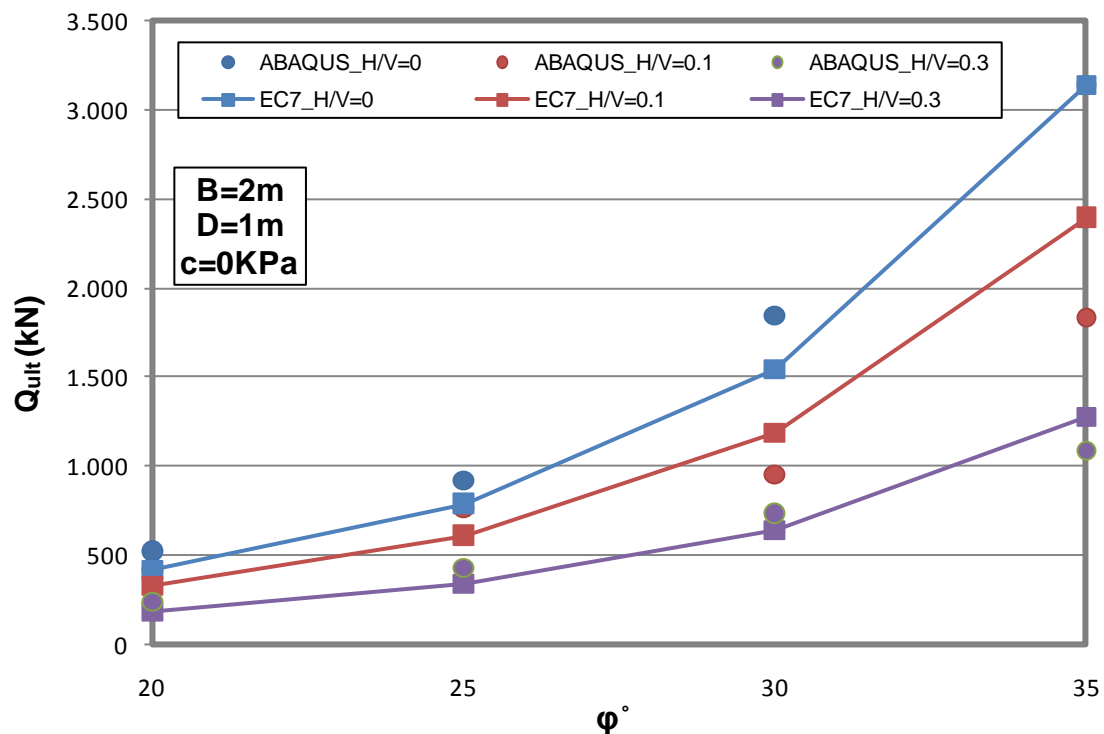
Σχ.Ε.21. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης σε μη συνεκτικό έδαφος για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



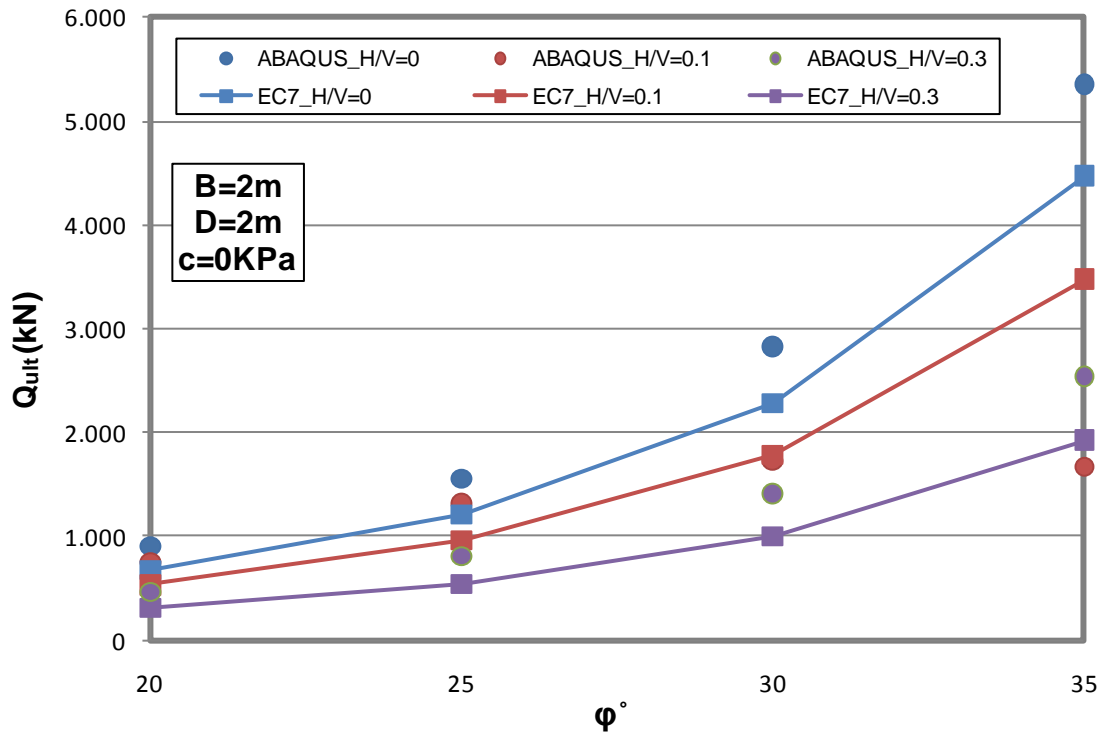
Σχ.Ε.22. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=4m$, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης σε μη συνεκτικό έδαφος για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



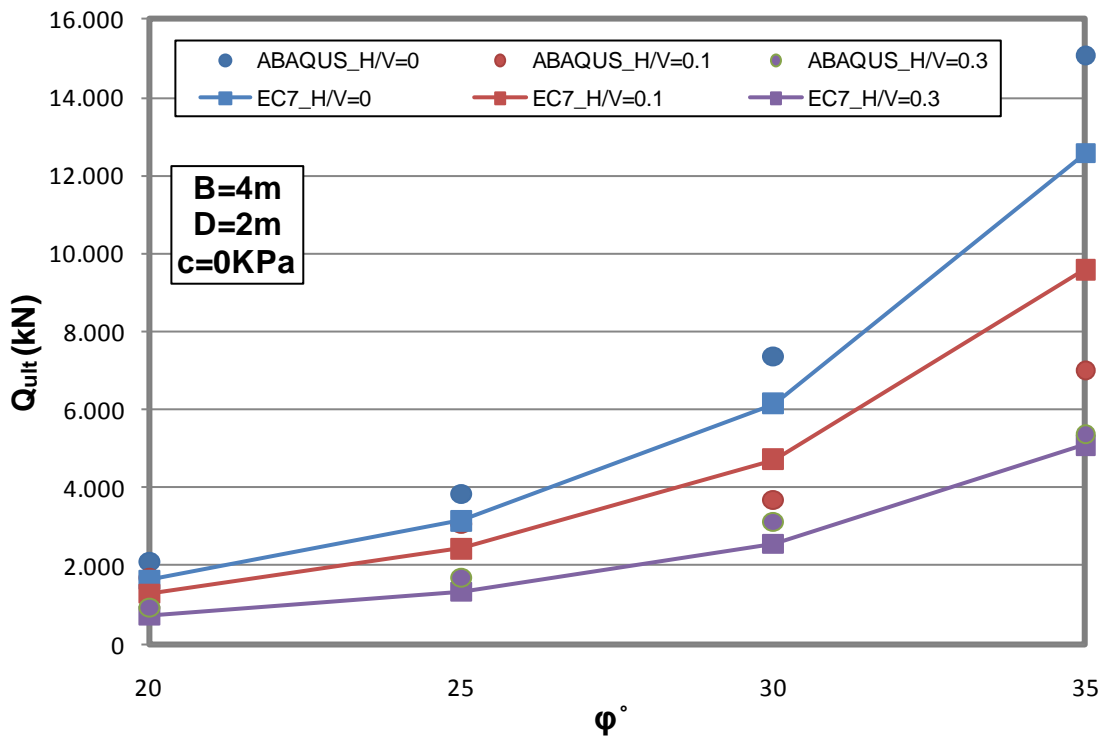
Σχ.Ε.23. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=6m$, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης σε μη συνεκτικό έδαφος για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



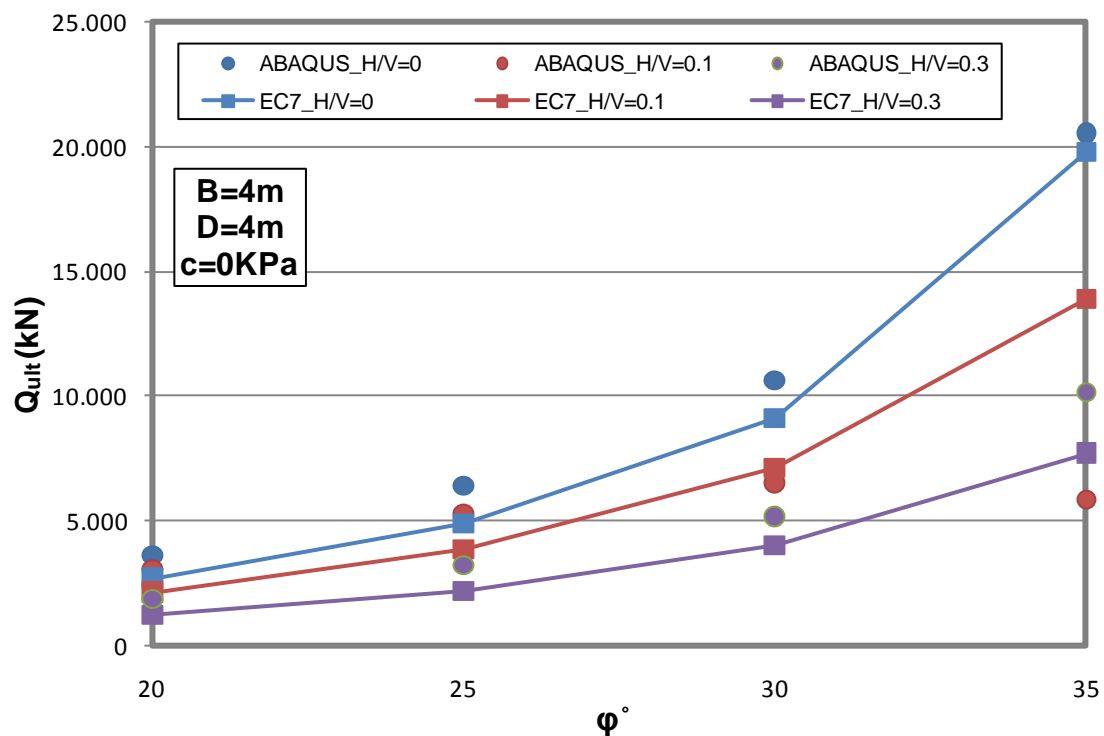
Σχ.Ε.24. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=1m$ σε μη συνεκτικό έδαφος για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



Σχ.Ε.25. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους B=2m, εδραζόμενο βάθος θεμελίωσης D=2m σε μη συνεκτικό έδαφος για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ

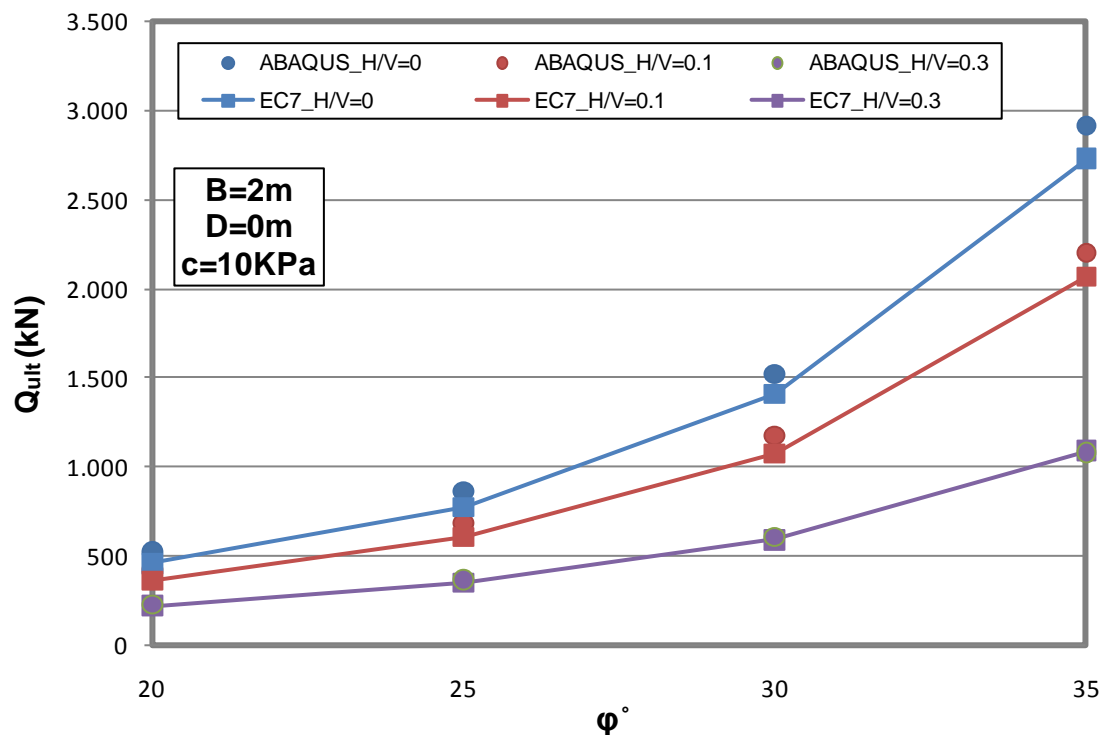


Σχ.Ε.26. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους B=4m, εδραζόμενο βάθος θεμελίωσης D=2m σε μη συνεκτικό έδαφος για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ

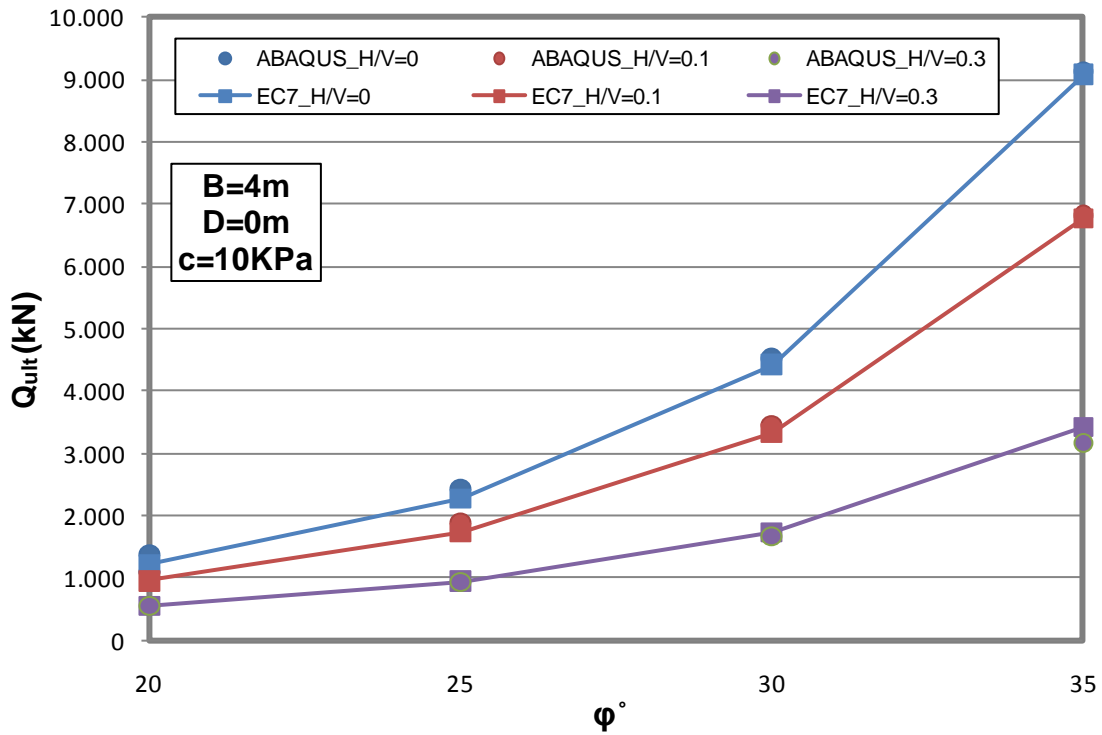


Σχ.Ε.27. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους B=4m, εδραζόμενο βάθος θεμελίωσης D=4m σε μη συνεκτικό έδαφος για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ

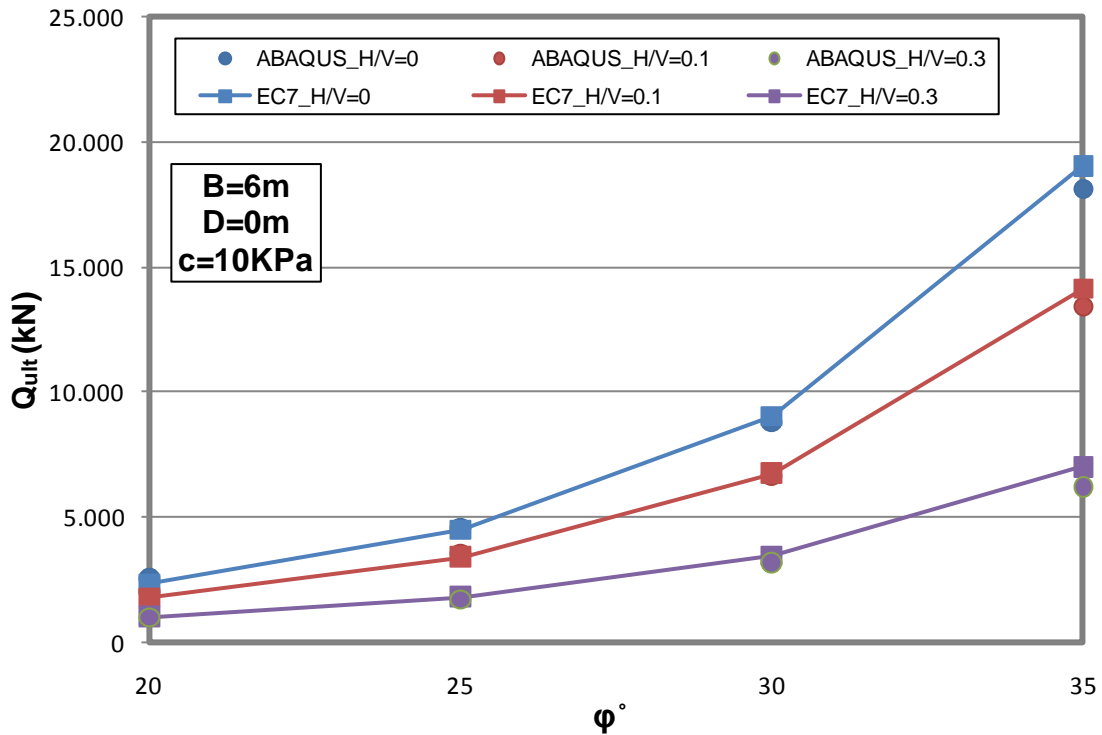
E.3.2. Συνεκτικό έδαφος (c=10kPa)



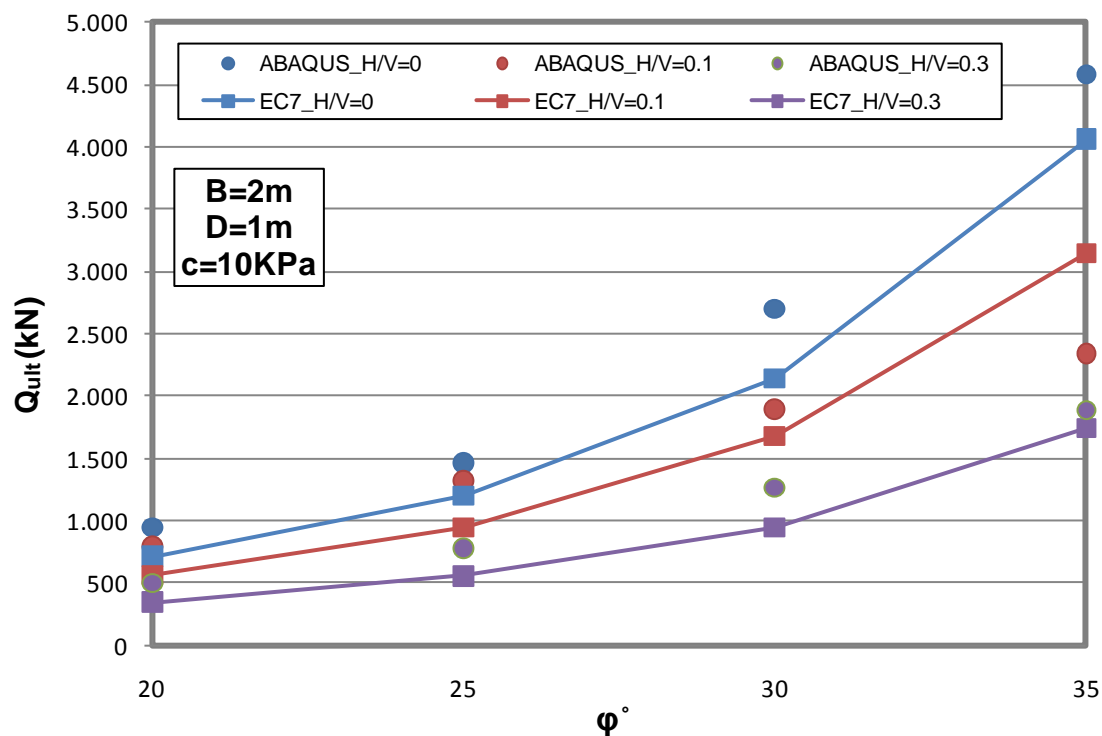
Σχ.Ε.28. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους B=2m, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης σε έδαφος με συνοχή c=10kPa για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



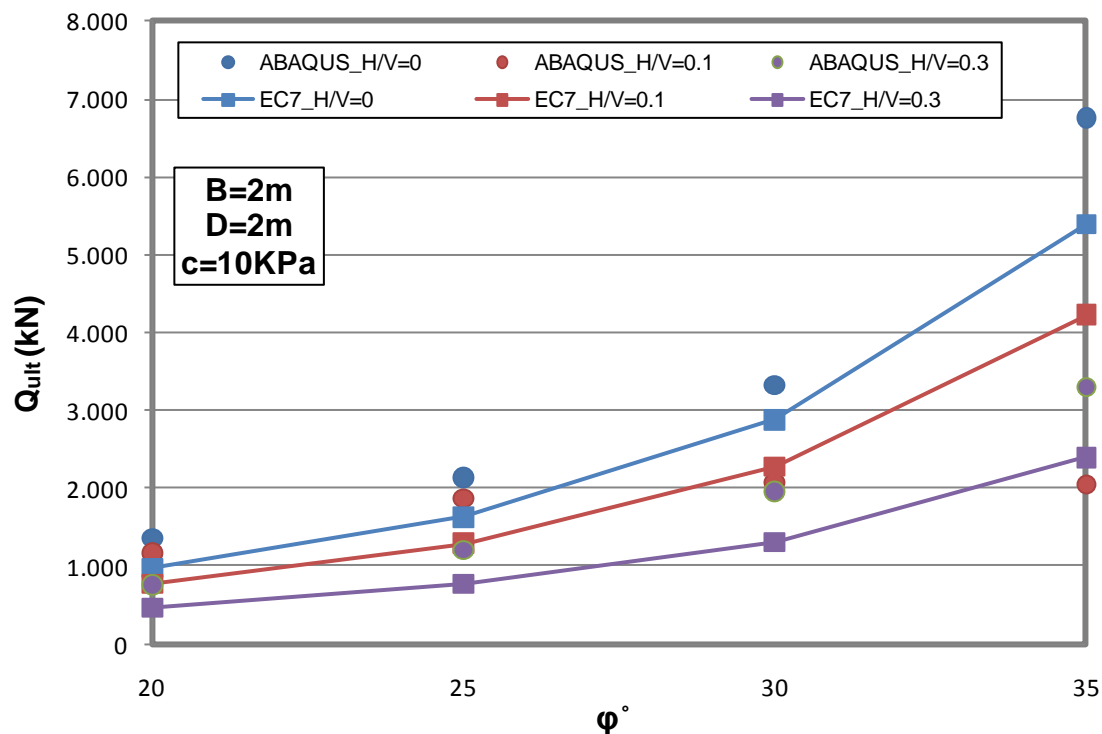
Σχ.Ε.29. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους B=4m, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης σε έδαφος με συνοχή c=10kPa για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



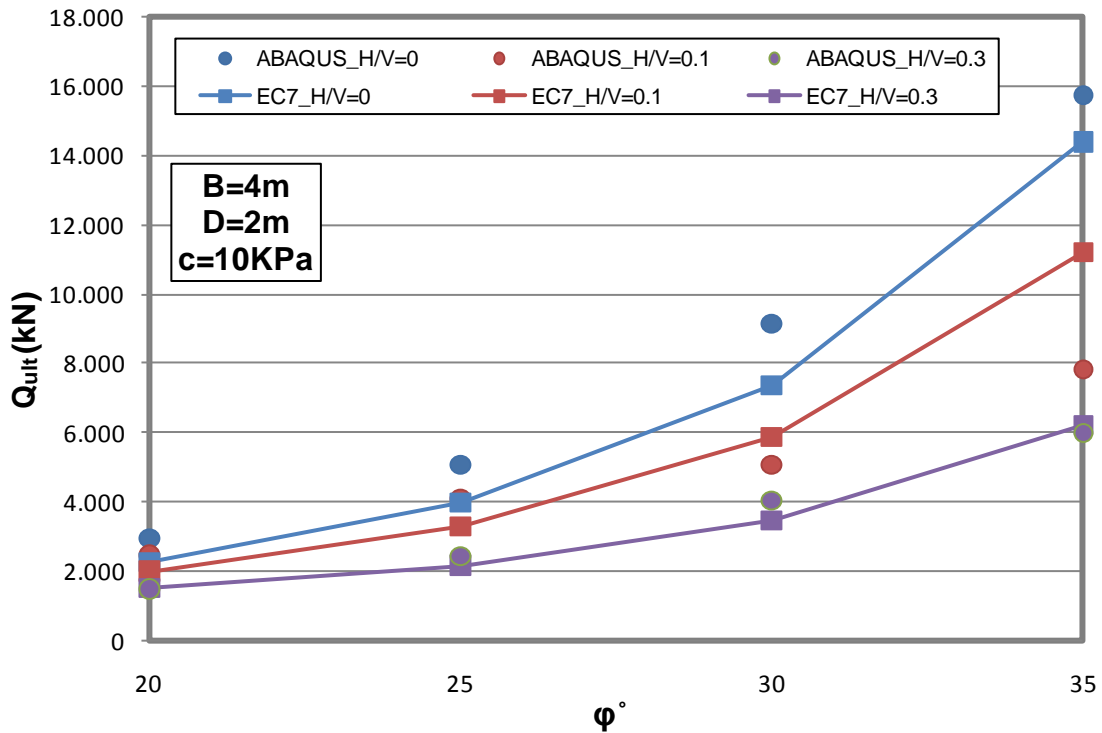
Σχ.Ε.30. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους B=6m, εδραζόμενο σε μηδενικό βάθος θεμελίωσης σε έδαφος με συνοχή c=10kPa για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής φ



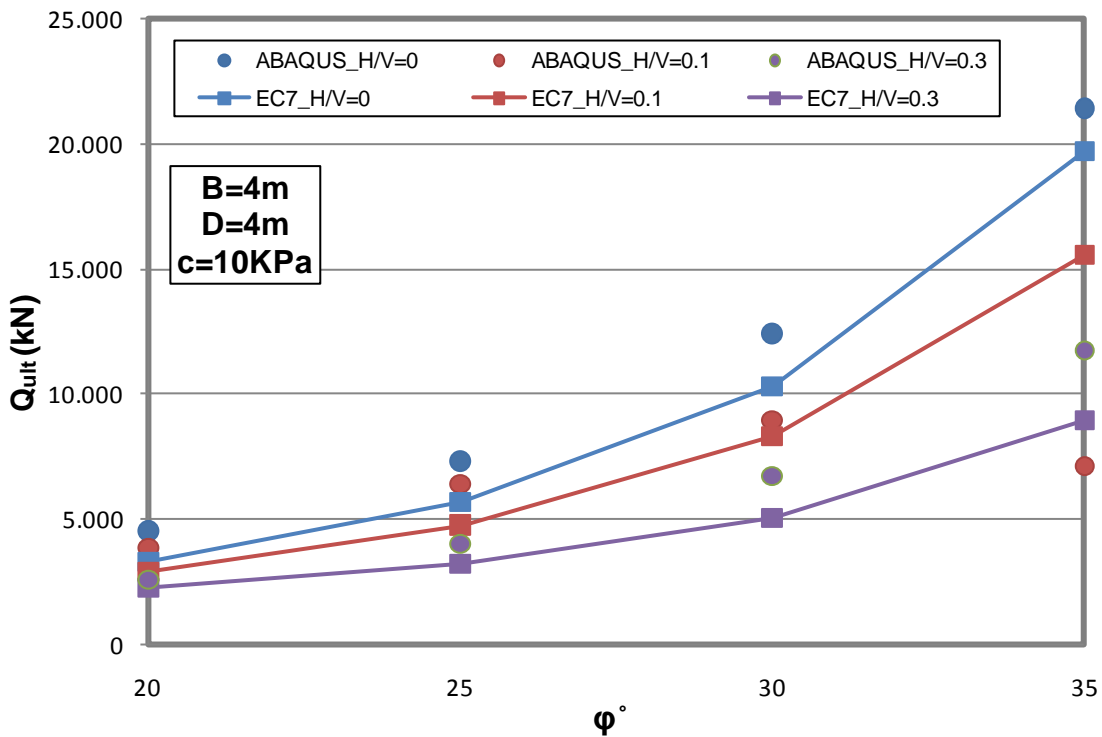
Σχ.Ε.31. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=1m$ σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$ για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



Σχ.Ε.32. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους $B=2m$, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης $D=2m$ σε έδαφος με συνοχή $c=10kPa$ για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



Σχ.Ε.33. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους B=4m, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης D=2m σε έδαφος με συνοχή c=10kPa για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ



Σχ.Ε.34. Μεταβολή του οριακού φορτίου θραύσης θεμελίου πλάτους B=4m, εδραζόμενο σε βάθος θεμελίωσης D=4m σε έδαφος με συνοχή c=10kPa για διάφορους λόγους λοξότητας φορτίου H/V για την μεθοδολογία του EC-7 και τον κώδικα Π.Σ Abaqus, συναρτήσει της γωνίας τριβής ϕ