

ΕΙΔΙΚΟΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΔΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ (Ε.Δ.Σ.Ν.Α.)



ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ

του έργου:

**“Ολοκληρωμένη Εγκατάσταση Διαχείρισης
Αποβλήτων (ΟΕΔΑ) Ύδρας”**

Παράρτημα Γεωτεχνικής Μελέτης



Σύνταξη Τεχνικής Προμελέτης:

**ΕΙΔΙΚΟΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΔΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ (Ε.Δ.Σ.Ν.Α.)
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Τεχνικός Σύμβουλος υποστήριξης Τεχνικής Προμελέτης:

**ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ Α.Ε.» (δ.τ. ΕΠΕΜ Α.Ε.)
ΝΤΙ ΓΟΥΕΪΣΤ ΕΛΛΑΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΠΕ» (δ.τ. ΝΤΙ ΓΟΥΕΪΣΤ)**

Για τον Μελετητή:

Για τον Τεχνικό Σύμβουλο:

ΕΠΕΜ Εταιρεία Περιβαλλοντικών Μελετών Α.Ε.
Δ.Τ. «ΕΠΕΜ Α.Ε.»
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΑΧΑΡΝΩΝ 141Β & ΠΛΕΡΤΙΟΥ, 104 46 ΑΘΗΝΑ
ΑΦΜ: 095643334 - ΔΟΥ: ΦΑΕ ΑΘΗΝΩΝ
ΑΡ. Μ.Α.Ε. 45471/01/Β/00/291 (01)
ΤΗΛ. 210 8627598 - FAX: 210 8627189

D-WASTE ΕΛΛΑΣ ΕΠΕ
ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΑΧΑΡΝΩΝ 141Β - 10446 ΑΘΗΝΑ
ΑΦΜ: 800402875 - ΔΟΥ: ΙΓ' ΑΘΗΝΩΝ
ΤΗΛ: +30 215 5302449 - FAX: +30 215 5302447

Ελέγχθηκε - Θεωρήθηκε:

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

1.1 Στρωματογραφία

Από την αξιολόγηση των υφιστάμενων στοιχείων (γεωλογικός και γεωτεχνικός χάρτης ΙΓΜΕ, πορίσματα αυτοψιών κλπ), προκύπτει ότι το υπέδαφος στη θέση του υπό μελέτη έργου συνίσταται επιφανειακά από μανδύα αποσάθρωσης ενώ βαθύτερα και έως το πέρας της έρευνας από ασβεστόλιθο και στρώσεις ψαμμίτη. Αναλυτικά, στην περιοχή του έργου αναμένεται να εντοπισθούν οι ακόλουθες στρώσεις - βραχώδεις ενότητες:

Στρώση MA: Επιφανειακά και έως μέσο βάθος 1,50m εντοπίζεται μανδύας αποσάθρωσης ο οποίος συνίσταται από αργιλώδεις χάλικες, ανοικτού καφέ χρώματος, μέσης πυκνότητας, χαμηλής πλαστικότητας και κροκάλες, σε πυκνή-πολύ πυκνή κατάσταση (κατάταξη κατά AUSCS:GC). Σποραδική εμφάνιση φυτικών υπολειμμάτων.

Ενότητα RG: Από μέσο βάθος 1,50m ($\pm 0,05$ m) και έως ικανό βάθος >20,00m υφίσταται ασβεστόλιθος ανοικτού κίτρινου - καφέ χρώματος με ενστρώσεις αργιλωδών χαλίκων σε διάφορα βάθη (Βαθμός Αποσάθρωσης: Ελαφρώς αποσαθρωμένος (II), Αποστάσεις Ασυνεχειών: Πολύ μικρή (VC) <20mm, Κλίση Ασυνεχειών: $\alpha=0^{\circ}$ -30°, Άνοιγμα Ασυνεχειών: Κλειστή (T) 0,10-0,25mm, Υλικό Πλήρωσης: Καθαρή, Κατάσταση Επιφάνειας Ασυνεχειών: Τραχύτητα- Τραχεία).

Επίσης, δεν αναμένεται ο εντοπισμός μόνιμου υπόγειου υδάτινου ορίζοντα σε βάθος το οποίο να επηρεάζει καθοριστικά την κατασκευή και λειτουργία του έργου. Για την περίπτωση που απαιτηθεί η διάνοιξη γεωτρήσεων για την παρακολούθηση της ποιότητας των υπογείων υδάτων, το βάθος τους προτείνεται να είναι 10m.

1.2 Τιμές εδαφικών παραμέτρων

Οι τιμές των παραμέτρων των ως άνω επιμέρους βραχωδών ενοτήτων προκύπτουν τελικώς από τη σύνθεση των δεδομένων της επί τόπου έρευνας καθώς και από συνήθεις εμπειρικές-ημιεμπειρικές συσχετίσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Για την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των βραχωδών ενοτήτων και ειδικότερα για την εύρεση των παραμέτρων αντοχής και παραμορφωσιμότητας της βραχώμαζας, εκτιμάται προσεγγιστικά αρχικά η τιμή του δείκτη ποιότητας (RQD). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η ταξινόμηση της βραχώμαζας με το σύστημα RMR (Bieniawski, 1989), συνεκτιμώντας τα ευρήματα της επιτόπιας αυτοψίας (την απόσταση

των ασυνεχειών, την τραχύτητα και την κατάστασή τους, κ.ά.) καθώς και στοιχεία έγκυρων βιβλιογραφικών αναφορών (Hoek and Brown, 1997). Αναλυτικά, η βαθμονόμηση της βραχόμαζας δίνεται στο Παράρτημα Α1, ενώ τα συνοπτικά αποτελέσματα σχετικά με την τελική προτεινόμενη τιμή του RMR, την αντίστοιχη του δείκτη γεωλογικής αντοχής (GSI) και της κατηγορίας της βραχόμαζας, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 : Συνοπτικά αποτελέσματα βαθμονόμησης βραχόμαζας

A/A	Ενότητα	RMR	GSI	Κατηγορία βραχόμαζας
1	RG	49	44	III (Μέτρια)

Στο επόμενο στάδιο για την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της βραχόμαζας, εφαρμόσθηκε η μεθοδολογία των Hoek & Brown, χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα βασικά δεδομένα:

- **Ενότητα RG**
 $\sigma_c = 25,00 \div 35,00 \text{ MPa}$
 $GSI = 44$
 $m_i = 9 \div 15$ (βλ. Πίνακα 2)

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerates (21±3)	Sandstones 17±4	Siltstones 7±2	Claystones 4±2
			Breccias (19±5)		Greywackes (18±3)	Shales (6±2) Marls (7±2)
	Non-Clastic	Carbonates	Crystalline Limestone (12±3)	Sparitic Limestones (10±2)	Micritic Limestones (9±2)	Dolomites (9±3)
		Evaporites		Gypsum 8±2	Anhydrite 12±2	
		Organic				Chalk 7±2
METAMORPHIC	Non foliated		Marble 9±3	Hornfels (19±4) Metasandstone (19±3)	Quartzites 20±3	
	Slightly foliated		Migmatite (29±3)	Amphibolites 26±6	Gneiss 28±5	
	Foliated*			Schists 12±3	Phyllites (7±3)	Slates 7±4
IGNEOUS	Plutonic	Light	Granite 32±3 Granodiorite (29±3)	Diorite 25±5		
		Dark	Gabbro 27±3 Norite 20±5	Dolerite (16±5)		
	Hypabyssal		Porphyries (20±5)		Diabase (15±5)	Peridotite (25±5)
	Volcanic	Lava		Rhyolite (25±5) Andesite 25±5	Dacite (25±3) Basalt (25±5)	Obsidian (19±3)
		Pyroclastic	Agglomerate (19±3)	Breccia (19±5)	Tuff (13±5)	

* These values are for intact rock specimens tested normal to bedding or foliation. The value of m_i will be significantly different if failure occurs along a weakness plane.

Πίνακας 2 : Τιμές του συντελεστή m_i για ακέραιο βράχο.

Χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό προέκυψαν οι τιμές των βασικών μηχανικών χαρακτηριστικών που δίνονται συνοπτικά στον Πίνακα 3 (οι τιμές της συνοχής, της γωνίας εσωτερικής τριβής και του μέτρου συμπίεσης του πίνακα δίνονται όπως υπολογίσθηκαν στο αναλυτικό φύλλο. Κατά τη χρήση τους στους διάφορους υπολογισμούς οι τιμές αυτές δύναται να στρογγυλευθούν).

Πίνακας 3: Τιμές βασικών μηχανικών χαρακτηριστικών βραχόμαζας.

A/A	Ενότητα	Συνοχή * (MPa) (κατά Mohr-Coulomb)	Γωνία εσωτερικής τριβής * (°) (κατά Mohr-Coulomb)	Μέτρο συμπίεσης βραχόμαζας (MPa)
1	RG	729	19,70	2.300,82

* *Ενεργή τιμή*

Αναλυτικά το σύνολο των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε, επισυνάπτεται στο Παράρτημα Α2.

Λαμβάνοντας υπόψη αναφορές και προτάσεις της σύγχρονης βιβλιογραφίας σχετικά με την τιμή του δείκτη Poisson ν προτείνεται τιμή $\nu=0,20$. Τονίζεται, η μικρή σχετικά σημασία της ακρίβειας της εκτίμησης του δείκτη Poisson, καθώς η τιμή του μέτρου συμπίεσης E της βραχόμαζας είναι αυτή που καθορίζει κυρίως τα αποτελέσματα των εδαφοτεχνικών υπολογισμών - ελέγχων.

2 ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

2.1 Είδος θεμελίωσης - Μέτρα βελτίωσης συνθηκών έδρασης

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, το υπέδαφος φαίνεται να παρέχει ικανοποιητική φέρουσα ικανότητα και περιορισμένη συμπίεστότητα, ούτως ώστε να είναι δυνατή η επιλογή λύσης επιφανειακής θεμελίωσης των υποδομών του Έργου χωρίς την ανάγκη λήψης ειδικών μέτρων βελτίωσης των συνθηκών υπεδάφους.

Ο πυθμένας εκσκαφής στα προβλεπόμενα βάθη έδρασης προβλέπεται να βρίσκεται επί της βραχώδους ενότητας R2. Τα μέτρα τα οποία θα πρέπει να ληφθούν για την εξασφάλιση κατάλληλων συνθηκών έδρασης κάθε επιμέρους υποδομής του έργου, έτσι ώστε να αποτραπούν κίνδυνοι αστοχίας του έργου λόγω κακής επίτευξης στεγανότητας, διάβρωσης από υπόγεια ύδατα (εάν και εφόσον εμφανιστούν) ή ανεπαρκούς διατμητικής αντοχής στην επιφάνεια επαφής μεταξύ ανωδομής και εδάφους θεμελίωσης, παρουσιάζονται συνοπτικά ακολούθως:

α. Οι κλίσεις των μόνιμων βραχωδών πρανών προτείνονται να είναι,

⇒ από την επιφάνεια του εδάφους και έως μέσο βάθος 12,00m $\mu:B=3:2$,

⇒ από μέσο βάθος 12,00m και έως την τελική στάθμη εκσκαφής $\mu:B=3:1$.

Για τη βελτίωση των συνθηκών ευστάθειας των εκσκαφών αλλά και για την ασφαλέστερη κατασκευή τους προτείνεται η διαμόρφωση ενδιάμεσων αναβαθμών πλάτους $b=4,00m$ σε κατάλληλες επιμέρους στάθμες σύμφωνα με τον γενικό και λειτουργικό σχεδιασμό του έργου. Σε θέσεις όπου εντοπισθούν δυσμενείς συνθήκες ευστάθειας (π.χ χαλαρές ζώνες, έντονη ύπαρξη ασυνεχειών) προτείνεται η ενίσχυση των πρανών με εδαφοηλώσεις. Για την αντιδιαβρωτική προστασία του μετώπου των πρανών κρίνεται αναγκαία η λήψη μέτρων ελεγχόμενης συλλογής και απομάκρυνσης-αποστράγγισης των ομβρίων υδάτων (π.χ κατασκευή περιμετρικής τάφρου οφρύος).

Ο πυθμένας και τα πρανή των εκσκαφών θα πρέπει να μορφωθούν κατάλληλα σε ομαλές επίπεδες επιφάνειες χωρίς προεξοχές, να καθαρισθούν από χαλαρά ή αποκολλημένα ή σαθρά τεμάχια βράχου και κάθε άλλου είδους ακατάλληλο υλικό. Η κατάσταση της επιφάνειας κάθε εκσκαφής θα πρέπει να ελεγχθεί επιμελώς και να ληφθούν όλα τα μέτρα, έτσι όπως απαιτείται για την εξασφάλιση άριστης στεγανής έδρασης. Τοπικές κοιλότητες βράχου μικρής έκτασης και σημαντικού αναλόγως βάθους, θα γεμίζονται με λεπτό σκυροκονίαμα 300kgf τσιμέντου, συμπυκνωμένου με κοπάνισμα.

Ρωγμές ικανού εύρους θα καθαρίζονται επιμελώς, με πεπιεσμένο αέρα και νερό και θα σφραγίζονται με ρευστό τσιμεντοκονίαμα που θα εισάγεται με έγχυση ή άλλες κατάλληλες μεθόδους έτσι ώστε να εισχωρεί κατά το δυνατόν σε βάθος. Γενικά, θα

πρέπει να ληφθεί κάθε μέτρο έτσι όπως απαιτείται για την εξασφάλιση της έδρασης κάθε επιμέρους υποδομής από διηθήσεις υπογείων υδάτων. Καθ' όλη την διάρκεια των παραπάνω εργασιών, το όρυγμα κάθε εκσκαφής θα διατηρείται στεγανό. Η επιφάνεια έδρασης των υποδομών θα πρέπει να είναι απαλλαγμένη λιμναζόντων υδάτων και επιμελέστατα καθαρισμένη (πλύση με νερό και αέρα υπό πίεση). Επιπλέον, σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα εργοταξιακά μέτρα ασφαλείας που απαιτούνται για παρόμοιου είδους εκσκαφές (στρογγύλευση χείλους εκσκαφής - προσωρινές εργοταξιακές αντιστηρίξεις, όπου απαιτηθεί για προστασία εργαζομένων από τοπικές καταπτώσεις, περίφραξη χώρου, κ.λπ.).

Β. Η θεμελίωση των νέων υποδομών οι οποίες αναμένεται να εδρασθούν επί της στρώσης R2 μπορεί να γίνει με επιφανειακή θεμελίωση. Η κατασκευή εξυγιαντικής - εξισωτικής στρώσης δεν κρίνεται απαραίτητη κυρίως λόγω - εν γένει - της ύπαρξης του βραχώδους υποβάθρου, όπου πρόκειται να εδρασθεί η θεμελίωση των νέων έργων. Παρόλα αυτά - αναλόγως των συνθηκών που θα αποκαλυφθούν μετά το πέρας των εκσκαφών - εάν χρειασθεί η κατασκευή στρώσης εξυγίανσης ούτως ώστε να δημιουργηθεί κατάλληλο δάπεδο εργασίας, να διαμορφωθεί η επιφάνεια θεμελίωσης στο απαιτούμενο υψόμετρο και να ομογενοποιηθούν οι συνθήκες έδρασης, προτείνεται αυτή να διαμορφωθεί με κατάλληλα υλικά κοκκώδους σύστασης (από τα προϊόντα των γενικών εκσκαφών κατόπιν διαλογής), συμπυκνωμένα επαρκώς (βαθμός συμπύκνωσης κατά AASHO T180-D \geq 95%) σε στρώσεις πάχους 0,25÷0,30m. Παρόλο που κατά την περίοδο της έρευνας δεν εντοπίστηκε στάθμη υπόγειου υδάτινου ορίζοντα, ωστόσο, στην εξωτερική περίμετρο της κάθε επιμέρους υποδομής θα πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα συνήθη μέτρα διαμόρφωσης - στεγανοποίησης, έτσι ώστε να αποτρέπεται η κατείσδυση των ομβρίων προς τα θεμέλια. Τέλος, τονίζεται ότι οι επανεπιχώσεις της θεμελίωσης θα πρέπει να γίνουν με επιμελή τρόπο και ικανοποιητική συμπύκνωση χρησιμοποιώντας κατόπιν συστηματικής διαλογής τα βραχώδη προϊόντα των γενικών εκσκαφών.

2.2 Υπολογισμός φέρουσας ικανότητας - επιτρεπόμενης τάσης

Η τιμή της επιτρεπόμενης τάσης επιφανειακής θεμελίωσης, κατακορύφως φορτιζόμενης (χωρίς συνύπαρξη οριζόντιων φορτίων) κεντρικού ή έκκεντρου θεμελίου, μπορεί για βραχώδες υπέδαφος θεμελίωσης, να εκτιμηθεί κατά Ευρωκώδικα 7 - Παράρτημα Ε. Συγκεκριμένα βάσει του επισυναπτόμενου Σχήματος 1 η τιμή της τεκμαρτής φέρουσας ικανότητας s_s για ανεκτή καθίζηση 0,5% του πλάτους θεμελίωσης, για πετρώματα ομάδας 2 (Table G.1, Annex G, En 1997-1:2004), θεωρώντας την ελάχιστη τιμή αντοχής του συμπαγούς βραχώδους δείγματος $\sigma_c=40,00\text{MPa}$ και

αποστάσεις ασυνεχειών 10,0÷30,0mm (δυσμενής θεώρηση), προκύπτει ίση με $\sigma_s \approx 4.800 \text{ kPa}$.

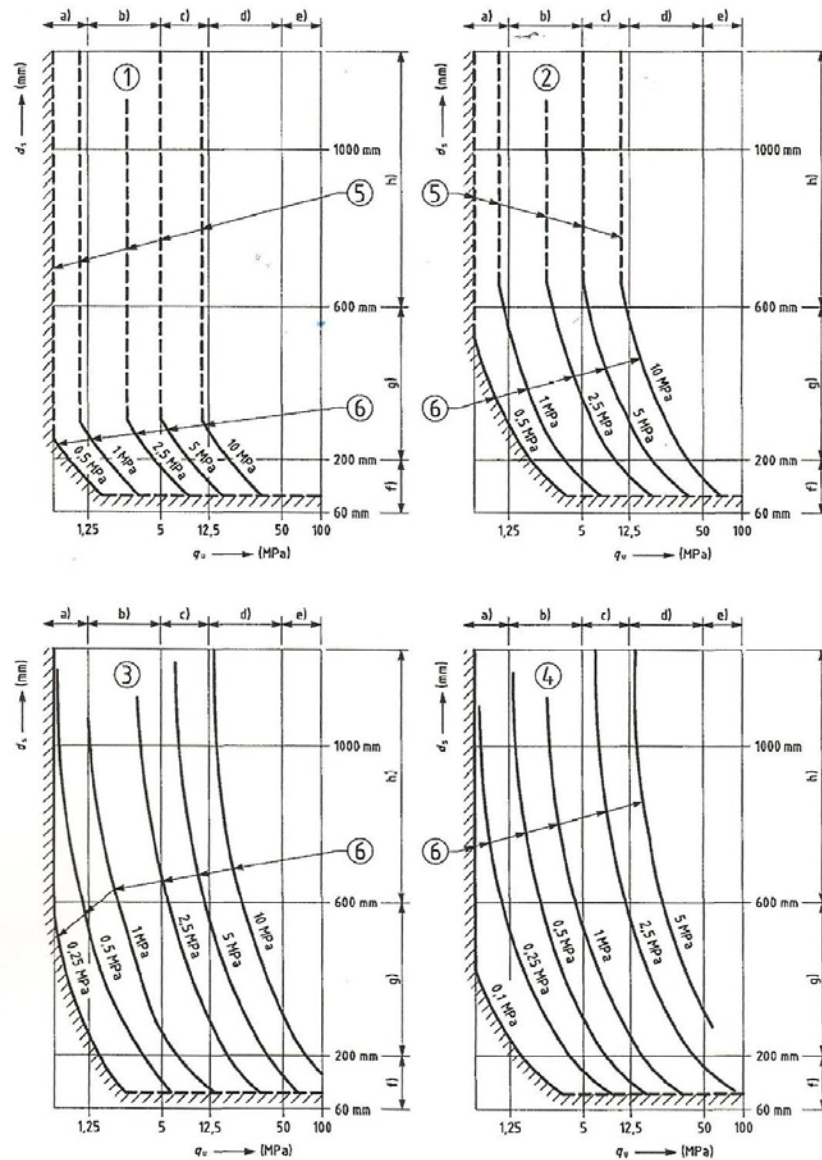
Με βάση τα παραπάνω, εκλέγεται συντηρητικά τιμή επιτρεπόμενης τάση για έδραση στο βραχώδες υπόβαθρο, για κεντρικά ή έκκεντρα θεμέλια (ισοδύναμου πλάτους θεμελίωσης για τον έλεγχο των τάσεων $\sigma' = B - 2e$, με εκκεντρότητα $e = M/N$), ίση προς $\sigma_{\text{επ}} \geq 280 \div 300 \text{ kPa}$. Σε σεισμό, η ως άνω τιμή της επιτρεπόμενης τάσης μπορεί να προσαυξηθεί τουλάχιστον κατά 33% ή συντηρητικά, να θεωρηθεί η ίδια τιμή, όπως και σε στατικές συνθήκες.

Η ως άνω τιμή $\sigma_{\text{επ}}$, ισχύει για κατακόρυφα κεντρικά ή έκκεντρα φορτία “N” χωρίς συνύπαρξη οριζόντιων δυνάμεων “H” στον αρμό θεμελίωσης. Εφόσον η συνισταμένη του φορτίου βρίσκεται υπό κλίση $\delta = \arctan (H/N)$, η επιτρεπόμενη τάση θα πρέπει να απομειώνεται αναλόγως σύμφωνα με την σχέση (Fascicule G2, C.C.T.G, 1192):

$$\sigma_{\text{επ,H}} = \sigma_{\text{επ}} * (1 - \arctan (H/N) / 90)^2$$

Επιπλέον, η τιμή της επιτρεπόμενης τάσης $\sigma_{\text{επ,H}}$ θα πρέπει να απομειώνεται περαιτέρω κατά τους σχετικούς ελέγχους θεμελίωσης, εφόσον η παρειά του θεμελίου πλάτους B απέχει απόσταση $d < 8B$ από την παρειά γειτνιάζοντος πρανούς γωνίας κλίσης β ως προς την οριζόντια (d : μετρούμενο οριζοντίως στη στάθμη θεμελίωσης). Ο πρόσθετος αυτός μειωτικός συντελεστής που επαλληλίζεται, μπορεί να λαμβάνεται ίσος προς (Fascicule G2, C.C.T.G, 1192):

$$i_B = 1 - 0,9 * \tan \beta * (2 - \tan \beta) * (\max((1 - d / (8B)); 0)).$$



Abscissa: q_u (MPa): uniaxial compressive strength Ordinate: d_s (mm) discontinuity spacing
 1 Group 1 rocks, 2 Group 2 rocks, 3 Group 3 rocks, 4 Group 4 rocks,
 5 Allowable bearing pressure not to exceed uniaxial compressive strength of rock if joints are tight or 50 % of this value if joints are open,
 6 Allowable bearing pressures: a) very weak rock, b) weak rock c) moderately weak rock d) moderately strong rock, e) strong rock
 Spacings: f) closely spaced discontinuities g) medium spaced discontinuities h) widely spaced discontinuities
 For types of rock in each of four groups, see Table G.1. Presumed bearing resistance in hatched areas to be assessed after inspection and/or making tests on rock. (from BS 8004)

Figure G.1 — Presumed bearing resistance for square pad foundations bearing on rock (for settlements not exceeding 0,5 % of foundation width).

Σχήμα 1. Τεκμαρτή φέρουσα ικανότητα θεμελίωσης επί βραχώδους υποβάθρου (Ευρωκ.7-Παρ.Ε)

2.3 Υπολογισμός αναμενόμενων καθιζήσεων - δείκτη εδάφους

Η καθίζηση επιφανειακής θεμελίωσης επί βραχώδους υποβάθρου μπορεί να υπολογισθεί κατά Schleisher από τη σχέση :

$$S = c_d * \sigma_{\varepsilon \delta \rho} * B * (1 - \nu^2) / E$$

όπου :

S = η μέση καθίζηση στη θεμελίωση,

$\sigma_{\varepsilon \delta \rho}$ = η αναπτυσσόμενη τάση έδρασης,

B = πλάτος θεμελίωσης,

E_m = μέτρο ελαστικότητας βραχομάζας (εν προκειμένω $E_m=2.300\text{MPa}$) και

c_d = μεταβλητός συντελεστής επιρροής, συσχετιζόμενος με το λόγο L/B της θεμελίωσης (εν προκειμένω $c_d=2,25$).

Από την εκτέλεση των σχετικών υπολογισμών προκύπτουν οι ακόλουθες τιμές καθιζήσεων συναρτήσει της τάσης έδρασης και του πλάτους θεμελίωσης B:

$\sigma_{\varepsilon \delta \rho}$ (kPa)	Καθίζηση S (mm)						
	B(m)= 3,00	5,00	7,00	9,00	11,00	13,00	15,00
50	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,12
150	0,07	0,12	0,17	0,22	0,27	0,32	0,37
250	0,12	0,20	0,29	0,37	0,45	0,53	0,61
350	0,17	0,29	0,40	0,51	0,63	0,74	0,86
450	0,22	0,37	0,51	0,66	0,81	0,96	1,10

Οι τιμές του δείκτη εδάφους $K=\Delta q/\Delta S$, εξ ορισμού προκύπτουν ως ακολούθως:

B(m)=	Δείκτης εδάφους k_s (MN/m ³)						
	3,00	6,50	10,00	13,50	17,00	20,50	24,00
k_s (MN/m ³)	2.041,5	942,2	612,4	453,7	360,3	298,8	255,2

Για ανάλυση σε σεισμό, μπορεί να ληφθούν τιμές K τουλάχιστον τριπλάσιες των ως άνω προτεινόμενων.

Συμπληρωματικά, οι αναμενόμενες καθιζήσεις υπολογίστηκαν και με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων όπως δίνεται αναλυτικά στο συνημμένο Παράρτημα Α3.

Βάσει των ανωτέρω αποτελεσμάτων προκύπτει ότι οι αναμενόμενες καθιζήσεις του έργου θα είναι περιορισμένες (της τάξεως των λίγων εκατοστών ($\approx 1,50\text{-}3,00\text{cm}$) και σε κάθε περίπτωση μικρότερες των αντίστοιχων επιτρεπόμενων ($\text{max } S=5\div 10\text{cm}$).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α1

Αναλυτική βαθμονόμηση βραχόμαζας

A ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ

- 1 Αντοχή συμπαγούς πετρώματος (Mpa)
- 2 Δείκτης ποιότητας βράχου (%)
- 3 Απόσταση μεταξύ των ασυνεχειών (mm)
- 4 Κατάσταση διακλάσεων

4,1 Μήκος (m)

4,2 Άνοιγμα (mm)

4,3 Τραχύτητα

4,4 Υλικό πλήρωσης (mm)

4,5 Αποσάθρωση

Βαθμολογία $RMR^*_{89} = \Sigma Ri =$

- 5 Υπόγειο νερό

Βαθμολογία $RMR_{89} = \Sigma Ri =$

$\sigma_{ci} =$
 $RQD =$
 $J_n =$

25,00 ~ 35

10 ~ 100

0,5 ~ 1,5

21 ~ 12

1-3m ~ 3-10m

1-5mm ~ >5mm

Τραχεία ~ Ελαφρά τραχεία

Κανένα ~ Σκληρό <5mm

Ελαφρά ~ Μέτρια

49 ~ 57

Εντελώς στεγνό ~ Λίγο υγρό

Rating : minRi~ maxRi

4 ~ 5

4 ~ 20

5 ~ 5

4 ~ 2

1 ~ 0

5 ~ 3

6 ~ 4

5 ~ 3

15 ~ 10

49 ~ 52

B ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ

- 1 Σήραγγες και ορυχεία
- 2 Θεμελιώσεις
- 3 Πρανή

0 ~ 0

0 ~ 0

0 ~ 0

Γ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ

- 1 Προσαρμοσμένος Βαθμός RMR =
- 2 Κατηγορία βραχώμαζας (σύμφωνα με τη βαθμονόμηση RMR)
- 3 Περιγραφή βραχώμαζας (σύμφωνα με τη βαθμονόμηση RMR)

49 ~ 52

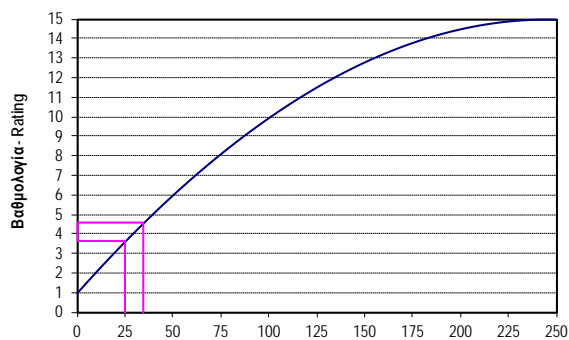
III ~ III

ΜΕΤΡΙΑ ~ ΜΕΤΡΙΑ

$GSI = RMR^*_{89} - 5 =$

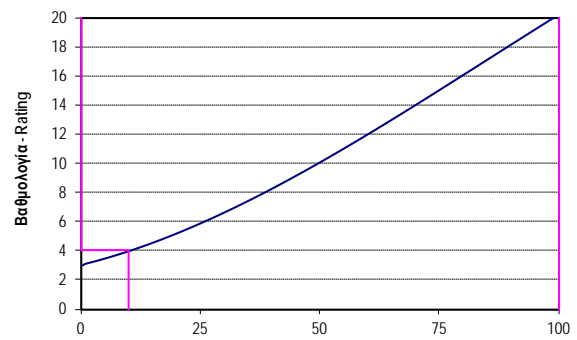
44 ~ 52

Βαθμολογία για την αντοχή του υγιούς βράχου -
Rating for strength of intact rock



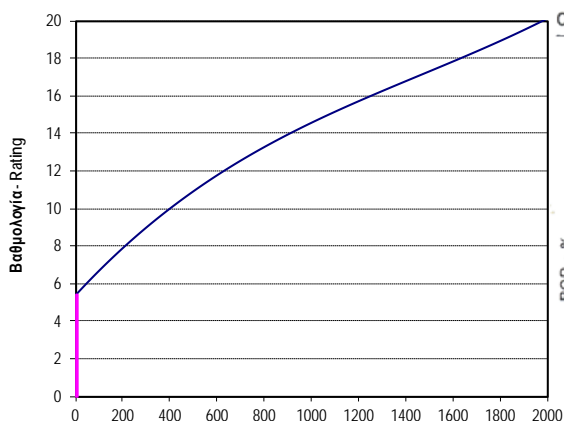
Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη - Uniaxial compressive strength (MPa)

Βαθμολογία για την τιμή RQD -
Rating for RQD



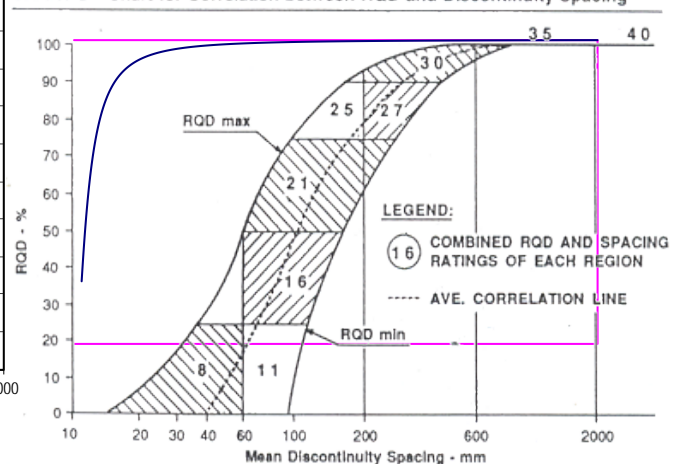
RQD (%)

Βαθμολογία για την απόσταση των ασυνεχειών -
Rating for discontinuities spacing



Απόσταση ασυνεχειών - Spacing of discontinuities (mm)

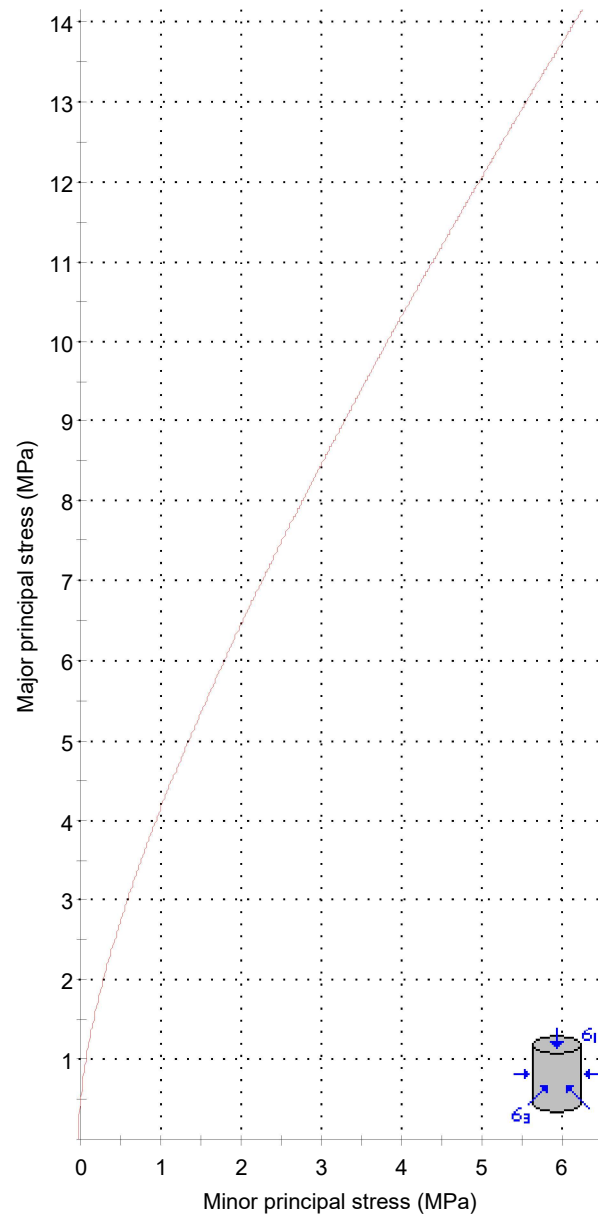
CHART D Chart for Correlation between RQD and Discontinuity Spacing



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α2

**Αναλυτικός υπολογισμός βασικών μηχανικών χαρακτηριστικών
βραχόμαζας**

OEDA YDRAS



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 25 MPa
GSI = 44 $m_i = 9$ Disturbance factor = 0.7

Hoek-Brown Criterion

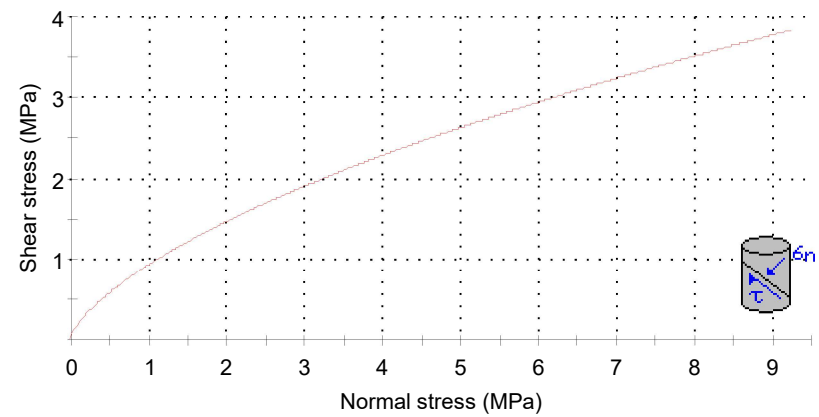
$m_b = 0.415$ $s = 0.0003$ $a = 0.509$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.729 MPa friction angle = 19.70 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.018 MPa
uniaxial compressive strength = 0.403 MPa
global strength = 2.071 MPa
modulus of deformation = 2300.82 MPa



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α3

Υπολογισμός καθιζήσεων με χρήση αριθμητικών μεθόδων

REPORT

Table of Contents

1. General Information	3
2. Geometry.....	4
3. Structures	6
4. Loads & boundary conditions.....	7
5. Mesh data.....	9
6. Material data	10
7. Calculation phases.....	12
8. Results for phase 3	14

1. General Information

Table [1] Units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	0,000	25,000
Y	0,000	25,000

Table [3] Model

Model	Plane strain
Element	15-Noded

2. Geometry

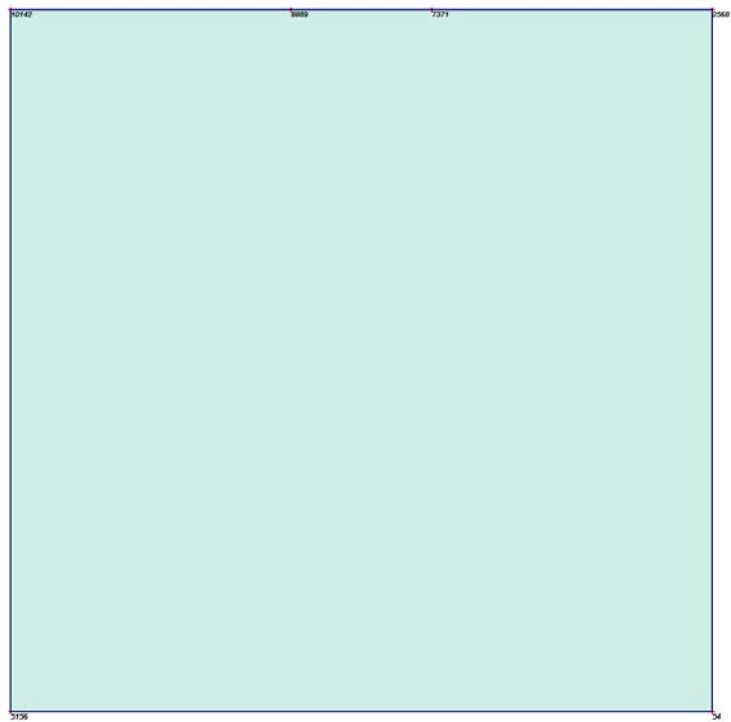


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

Table [4] Table of significant nodes

Node no.	x-coord.	y-coord.	Node no.	x-coord.	y-coord.
5156	0,000	0,000	54	25,000	0,000
10142	0,000	25,000	8889	10,000	25,000
2568	25,000	25,000	7371	15,000	25,000

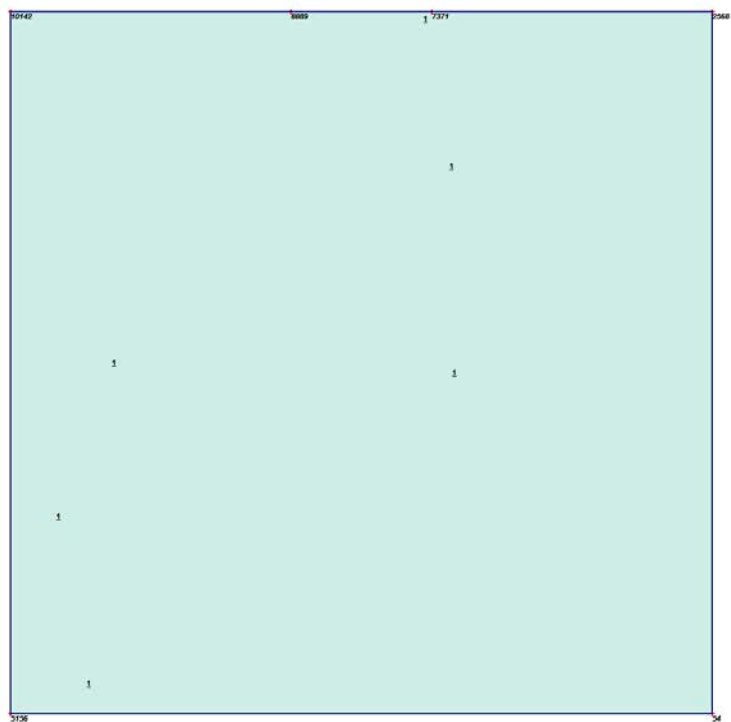


Fig. 2 Plot of geometry model with cluster numbers

Table [5] Table of clusters

Cluster no.	Nodes
1	5156, 10142, 2568, 54, 8889, 7371.

3. Structures

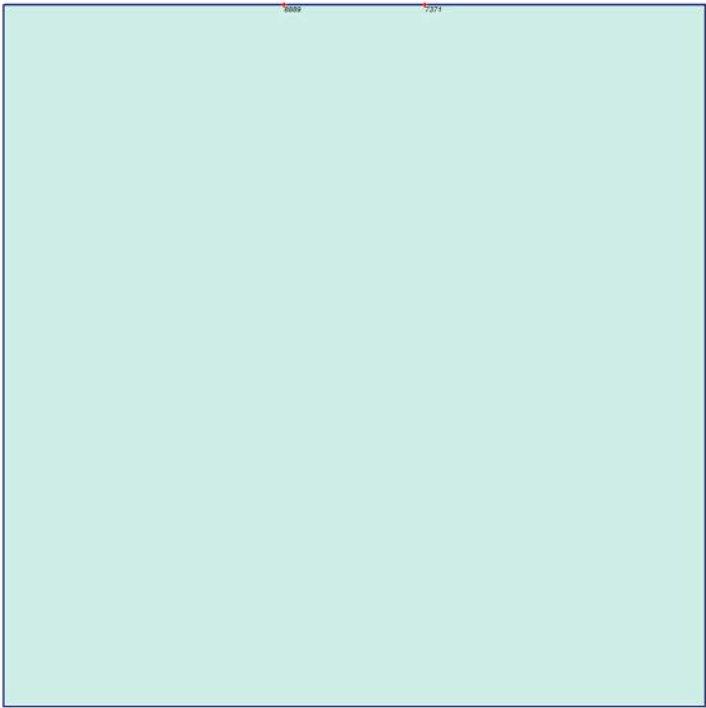


Fig. 3 Plot of geometry model with structures

Table [6] Beams

Plate no.	Data set	Length [m]	Nodes
1	FOUNDATION	5,000	8889, 7371.

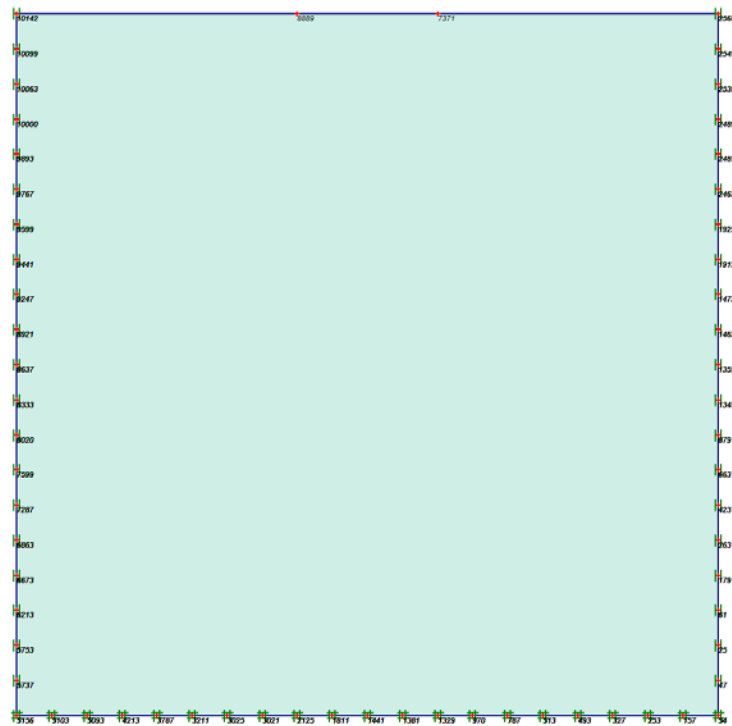


Fig. 4 Plot of geometry with loads & boundary conditions

Table [7] Node fixities

Node no.	Sign	Horizontal	Vertical	Node no.	Sign	Horizontal	Vertical
5156	#	Fixed	Fixed	8333		Fixed	Free
54	#	Fixed	Fixed	8637		Fixed	Free
5103	#	Fixed	Fixed	8921		Fixed	Free
5093	#	Fixed	Fixed	9247		Fixed	Free
4213	#	Fixed	Fixed	9441		Fixed	Free
3787	#	Fixed	Fixed	9599		Fixed	Free
3211	#	Fixed	Fixed	9767		Fixed	Free
3025	#	Fixed	Fixed	9893		Fixed	Free

Node no.	Sign	Horizontal	Vertical	Node no.	Sign	Horizontal	Vertical
3021	#	Fixed	Fixed	10000		Fixed	Free
2125	#	Fixed	Fixed	10063		Fixed	Free
1811	#	Fixed	Fixed	10099		Fixed	Free
1441	#	Fixed	Fixed	2549		Fixed	Free
1381	#	Fixed	Fixed	2539		Fixed	Free
1329	#	Fixed	Fixed	2489		Fixed	Free
970	#	Fixed	Fixed	2485		Fixed	Free
787	#	Fixed	Fixed	2463		Fixed	Free
513	#	Fixed	Fixed	1925		Fixed	Free
493	#	Fixed	Fixed	1915		Fixed	Free
327	#	Fixed	Fixed	1473		Fixed	Free
253	#	Fixed	Fixed	1463		Fixed	Free
157	#	Fixed	Fixed	1355		Fixed	Free
10142		Fixed	Free	1345		Fixed	Free
2568		Fixed	Free	879		Fixed	Free
5737		Fixed	Free	663		Fixed	Free
5753		Fixed	Free	423		Fixed	Free
6213		Fixed	Free	263		Fixed	Free
6673		Fixed	Free	179		Fixed	Free
6863		Fixed	Free	61		Fixed	Free
7287		Fixed	Free	25		Fixed	Free
7599		Fixed	Free	47		Fixed	Free
8020		Fixed	Free				

Table [8] Distributed loads A

Loads no.	First node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]	Last node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]
1	8889	0,000	0,000	7371	0,000	0,000

5. Mesh data

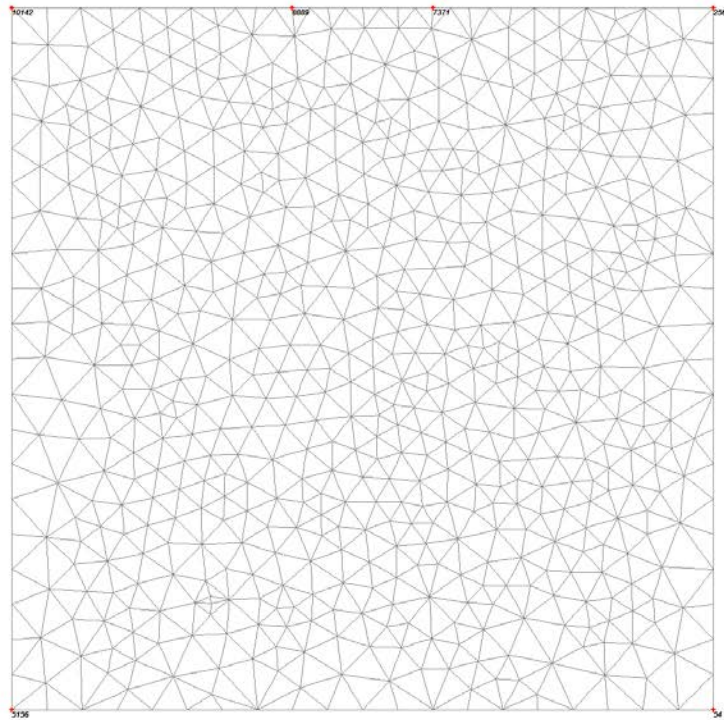


Fig. 5 Plot of the mesh with significant nodes

Table [9] Numbers, type of elements, integrations

Type	Type of element	Type of integration	Total no.
Soil	15-noded	12-point Gauss	1246
Plate	5-node line	4-point Gauss	8

6. Material data

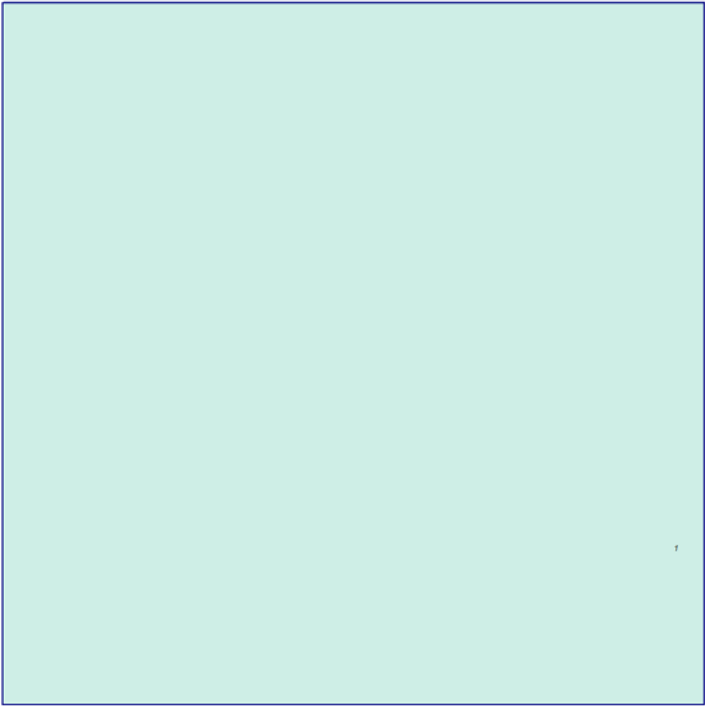


Fig. 6 Plot of geometry with material data sets

Table [10] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1
		RG
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	25,00
γ_{sat}	[kN/m ³]	26,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	2300820,000

Mohr-Coulomb		1
		RG
v	[-]	0,150
G_{ref}	[kN/m ²]	1000356,522
E_{oed}	[kN/m ²]	2429437,267
c_{ref}	[kN/m ²]	729,00
φ	[°]	19,70
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
C_{increment}	[kN/m ² /m]	0,00
T_{str.}	[kN/m ²]	0,00
R_{inter.}	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [11] Beam data sets parameters

No.	Identification	EA	EI	w	v	Mp	Np
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	FOUNDATION	2,9E8	2,4167E7	29,00	0,00	1E15	1E15

7. Calculation phases

Table [12] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic	Staged construction	1	1
<Phase 2>	2	1	Plastic	Staged construction	2	3
<Phase 3>	3	2	Plastic	Total multipliers	4	4

Table [13] Staged construction info

Ph-No.	Active clusters	Inactive clusters	Active beams	Active geotextiles	Active anchors
0	1.				
1	1.				
2	1.		1.		

Table [14] Control parameters 1

Ph-No.	Additional steps	Reset displacements to zero	Ignore undrained behaviour	Delete intermediate steps
1	250	No	No	Yes
2	250	Yes	No	Yes
3	250	No	No	Yes

Table [15] Control parameters 2

Ph-No.	Iterative procedure	Tolerated error	Over relaxation	Max. iterations	Desired min.	Desired max.	Arc-Length control
1	Standard	0,010	1,200	60	6	15	Yes
2	Standard	0,010	1,200	60	6	15	Yes
3	Standard	0,010	1,200	60	6	15	Yes

Table [16] Incremental multipliers (input values)

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Table [17] Total multipliers - input values

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
3	1,0000	50,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000

Table [18] Total multipliers - reached values

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
3	1,0000	50,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000

8. Results for phase 3

Table [19] Step info phase no: 3

Step no:	4
Calculation type	PLASTIC
Extrapolation factor	0,000
Relative stiffness	0,998

Table [20] Reached multipliers phase no: 3

Multipliers	Incremental value	Total value
Prescribed displacements	0,0000	1,0000
Load system A	49,0000	50,0000
Load system B	0,0000	1,0000
Soil weight	0,0000	1,0000
Acceleration	0,0000	0,0000
Strength reduction factor	0,0000	1,0000
Time	0,0000	0,0000

Table [21] Staged construction info phase no: 3

Staged construction	Incremental value	Total value
Active proportion of total area	0,000	1,000
Active proportion of stage	0,000	0,000

Table [22] Realised tunnel contraction info phase no: 3

Tunnel*	Increment [%]	Total [%]
* Tunnels are referred to by lining chain number		

Table [23] Iteration info phase no: 3

Iter. no.	Global error	Plastic points	Plastic Cap + Hard. points	Inacc. Pl. pts.	Plastic Intf. pts.	Inacc. Intf. pts.	Apex & Tension	Inacc. Apx. pts.
1	0,002	81	0	0	0	0	149	0
2	0,000	93	0	0	0	0	146	0
3	0,001	142	0	0	0	0	187	0
4	0,001	145	0	0	0	0	185	0

Table [24] Active distributed loads A phase no: 3

Loads no.	First node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]	Last node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]
1	8889	0,000	-50,000	7371	0,000	-50,000

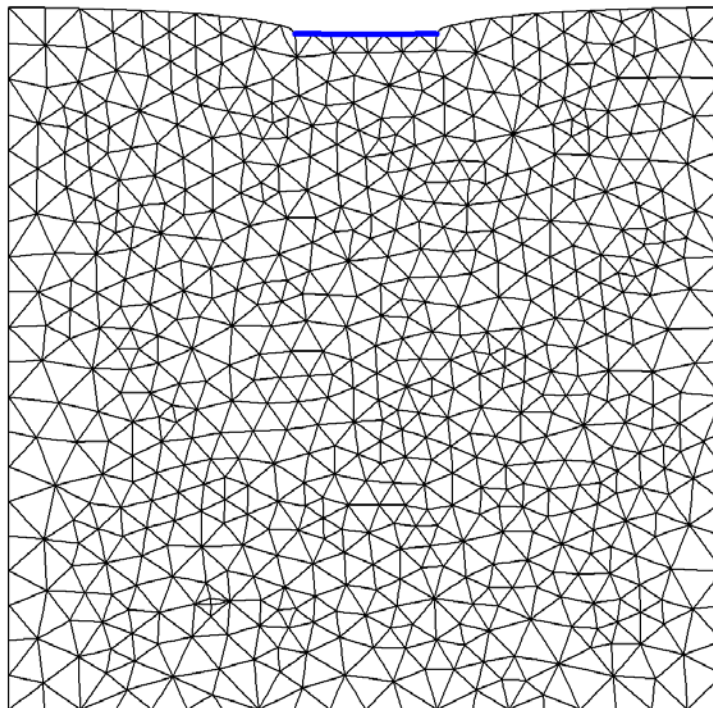


Fig. 7 Plot of deformed mesh

- step no: 4 - (phase: 3)

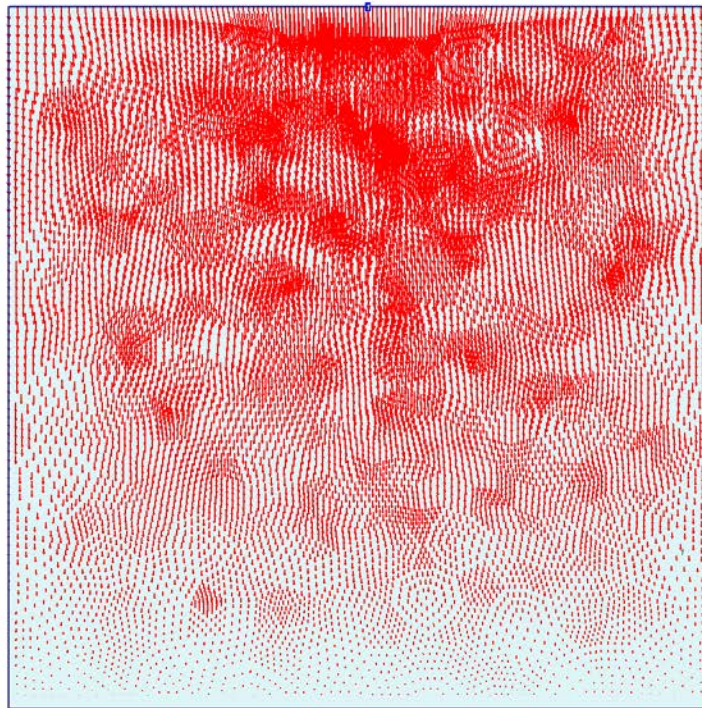


Fig. 8 Plot of total displacements (arrows)

- step no: 4 - (phase: 3)

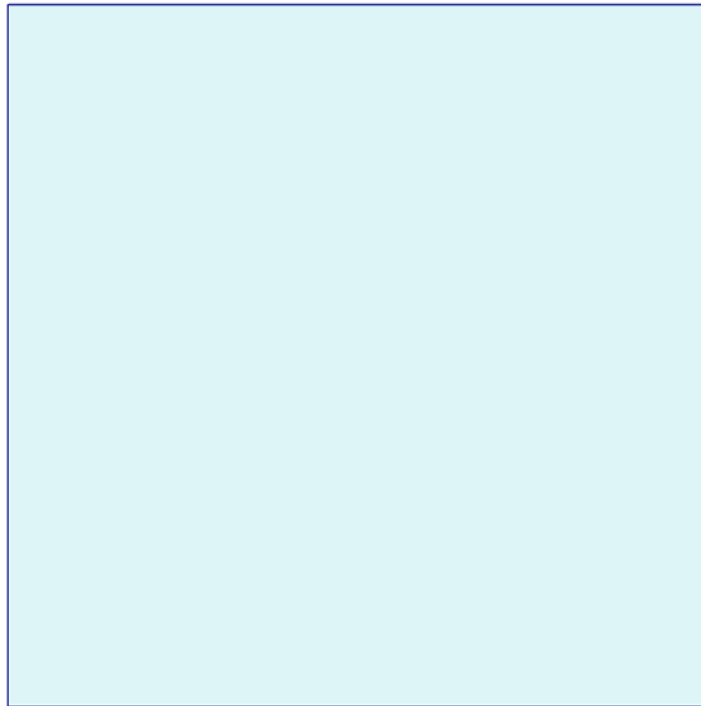


Fig. 9 Plot of total displacements (contour lines)

- step no: 4 - (phase: 3)

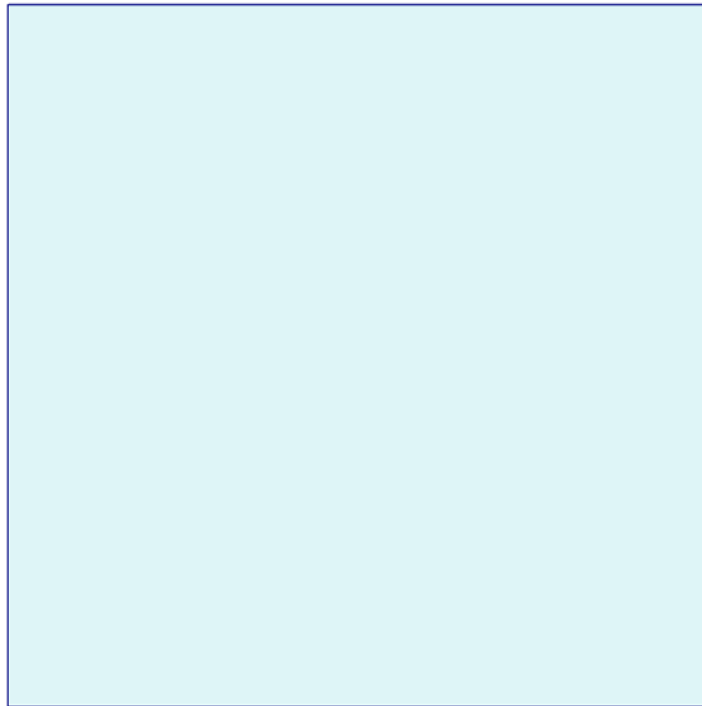


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings)

- step no: 4 - (phase: 3)

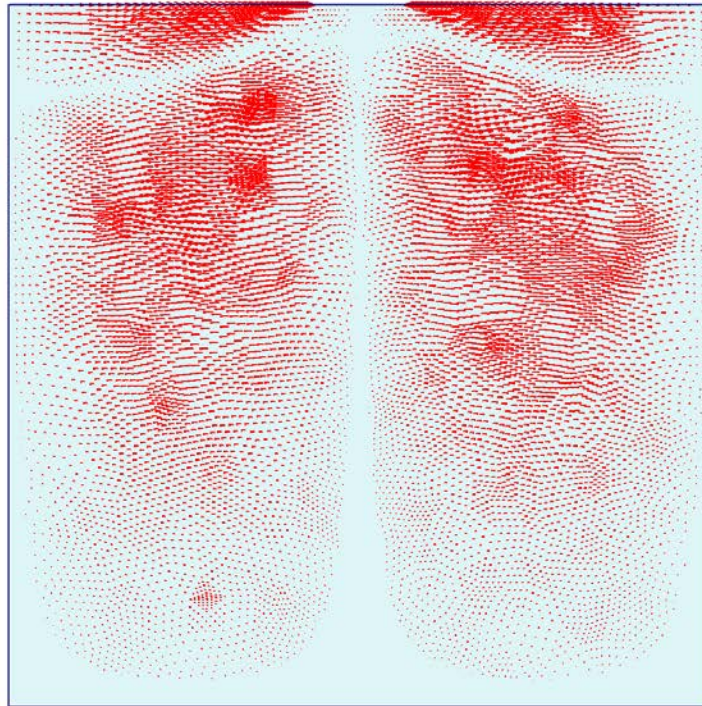


Fig. 11 Plot of horizontal displacements (arrows)

- step no: 4 - (phase: 3)

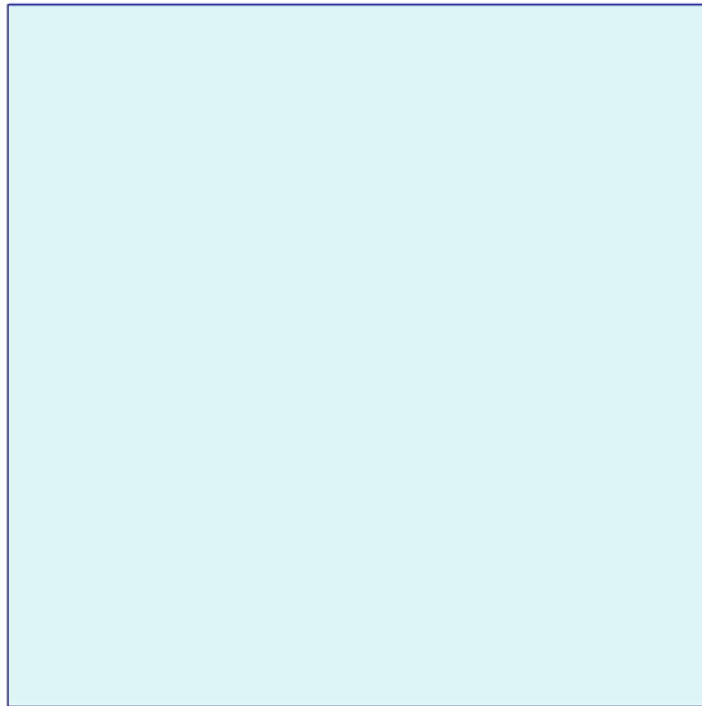


Fig. 12 Plot of horizontal displacements (contour lines)

- step no: 4 - (phase: 3)

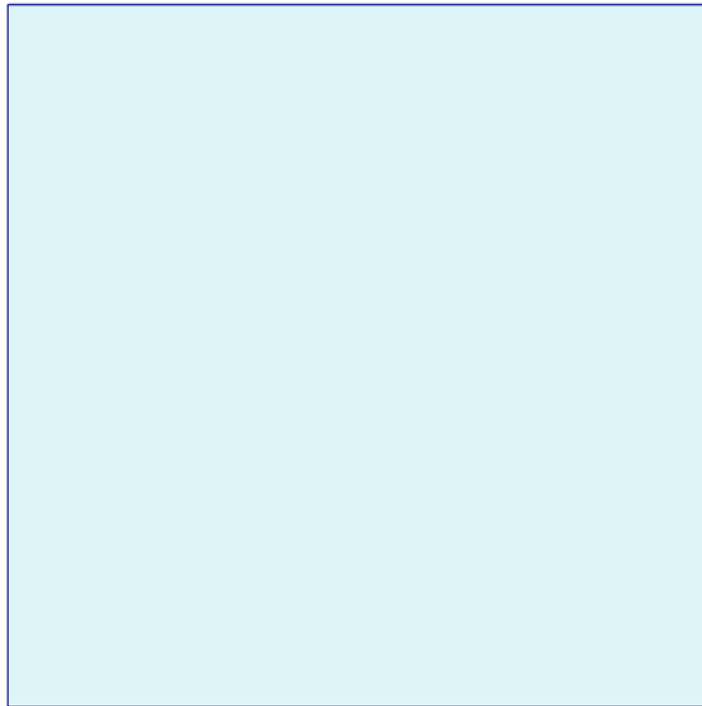


Fig. 13 Plot of horizontal displacements (shadings)

- step no: 4 - (phase: 3)

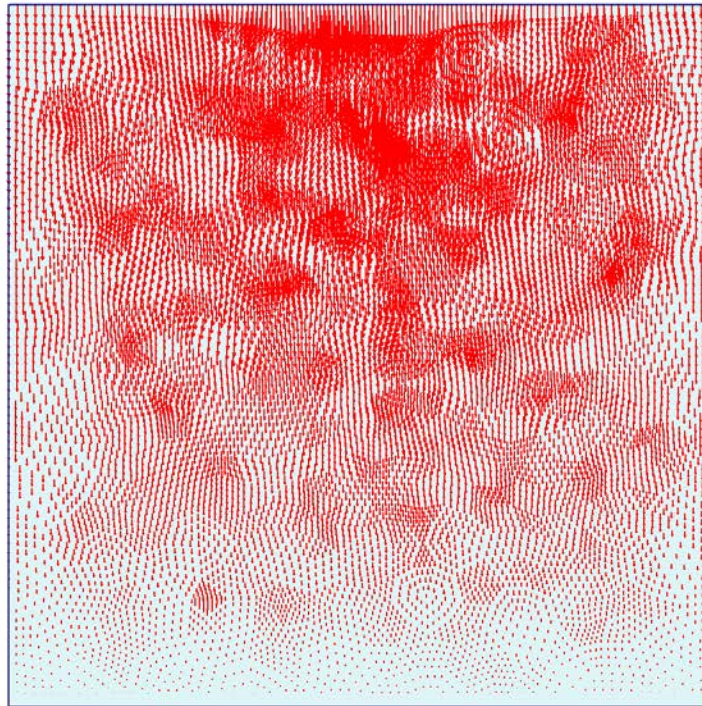


Fig. 14 Plot of vertical displacements (arrows)

- step no: 4 - (phase: 3)

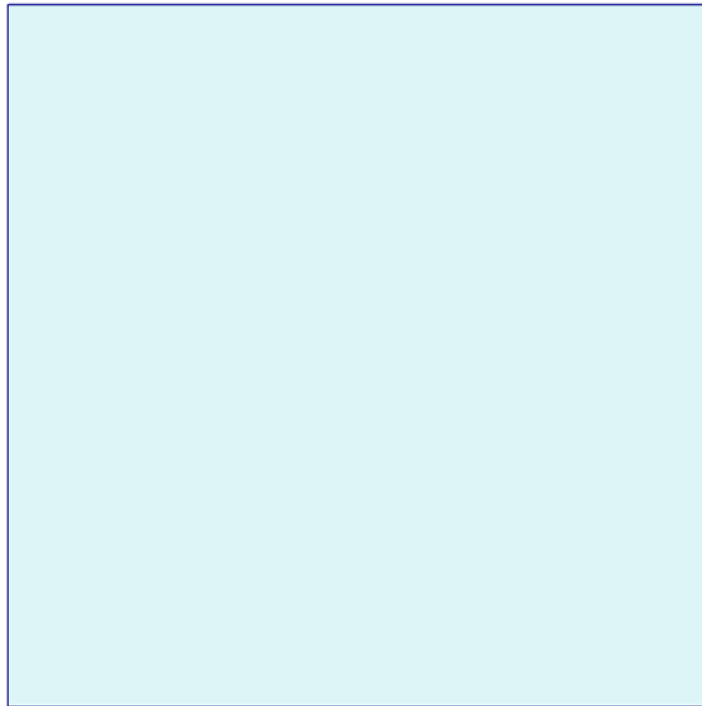


Fig. 15 Plot of vertical displacements (contour lines)

- step no: 4 - (phase: 3)

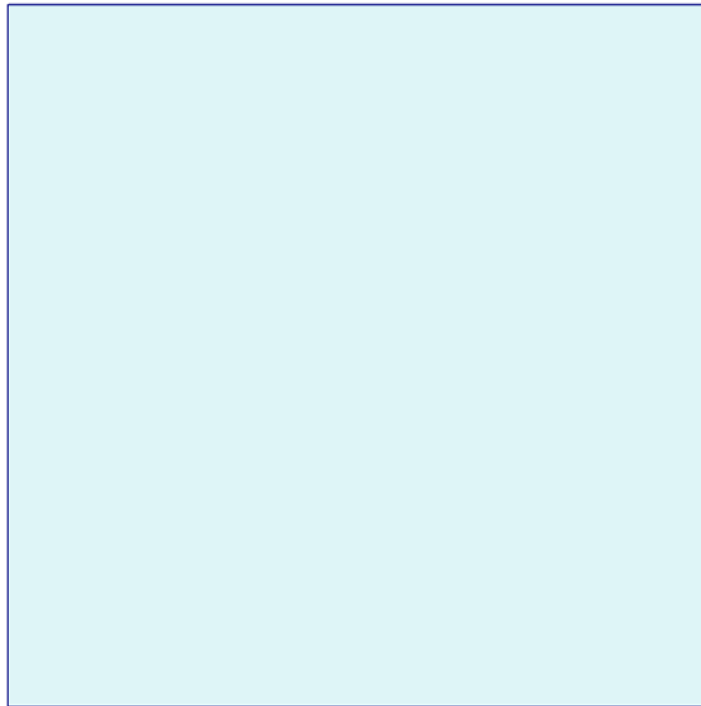


Fig. 16 Plot of vertical displacements (shadings)

- step no: 4 - (phase: 3)

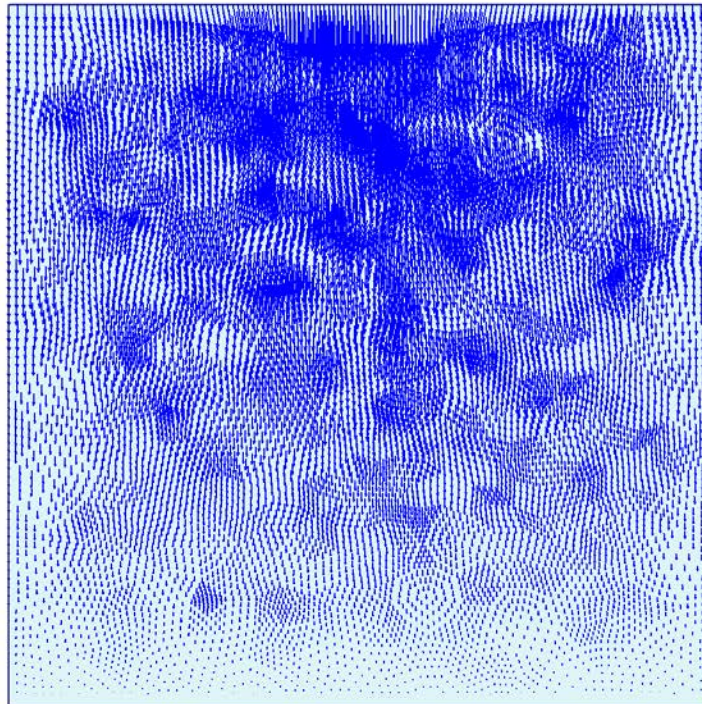


Fig. 17 Plot of total increments (arrows)

- step no: 4 - (phase: 3)

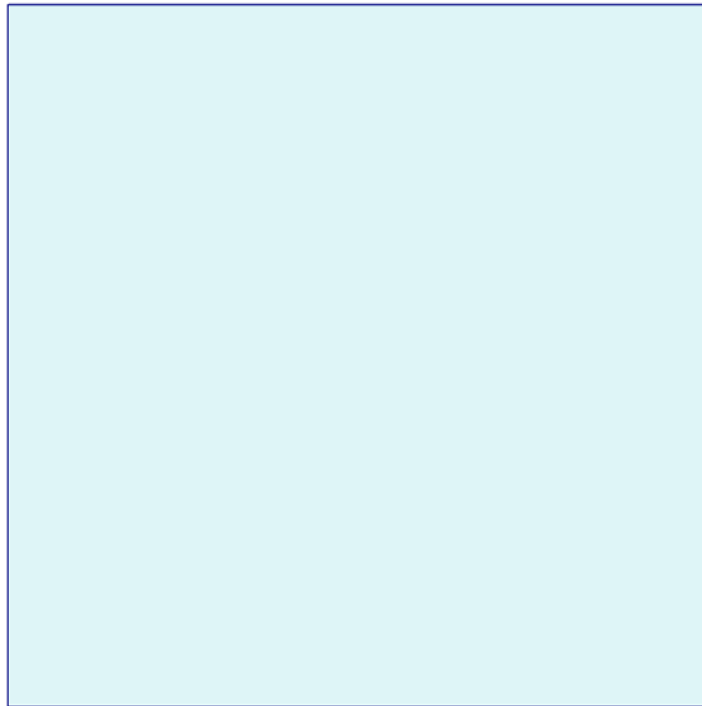


Fig. 18 Plot of total increments (contour lines)

- step no: 4 - (phase: 3)

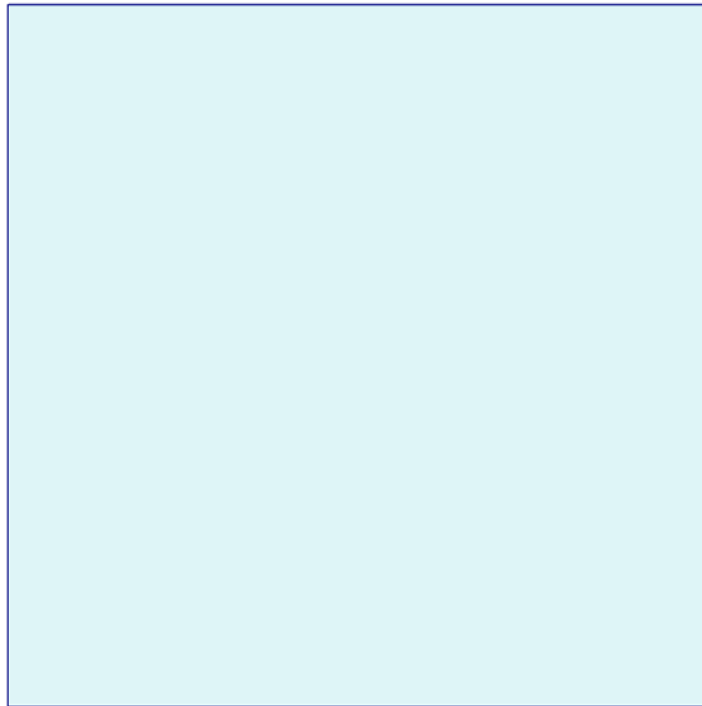


Fig. 19 Plot of total increments (shadings)

- step no: 4 - (phase: 3)

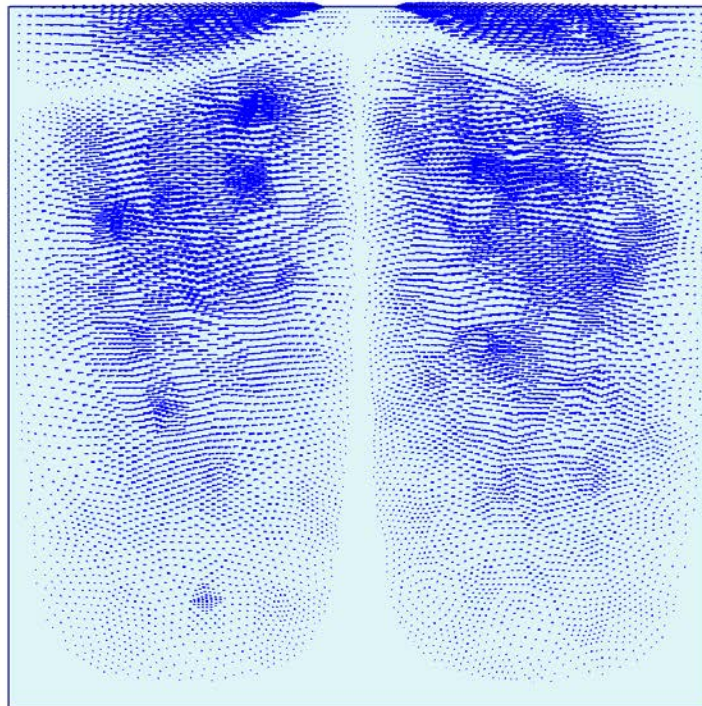


Fig. 20 Plot of horizontal increments (arrows)

- step no: 4 - (phase: 3)

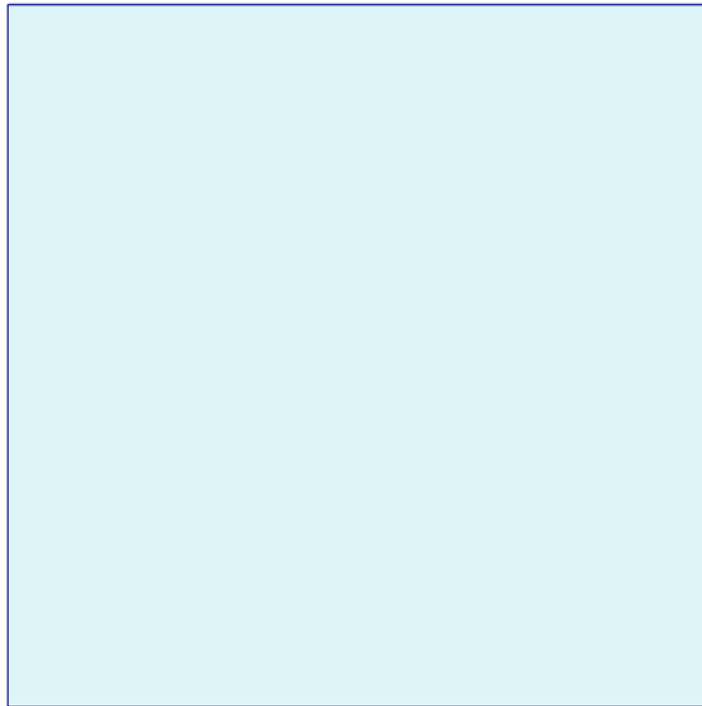


Fig. 21 Plot of horizontal increments (contour lines)

- step no: 4 - (phase: 3)

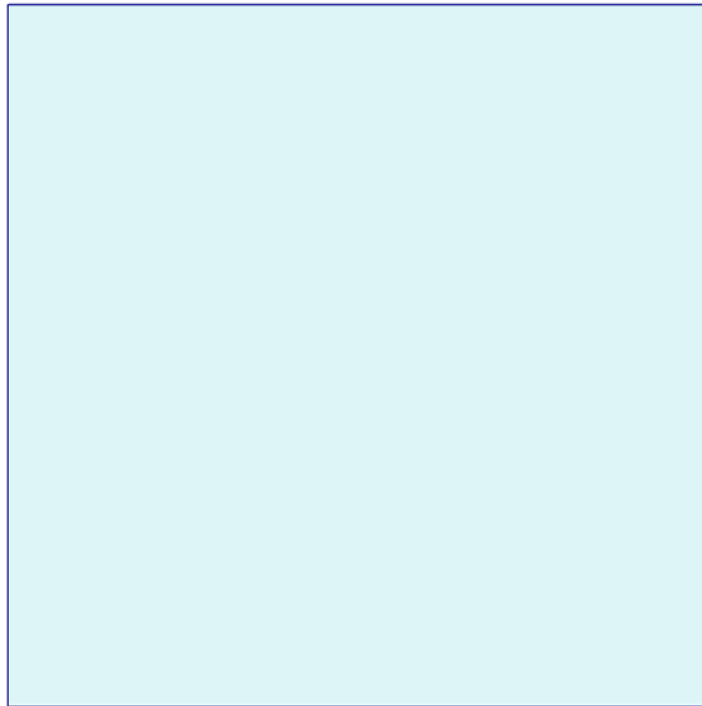


Fig. 22 Plot of horizontal increments (shadings)
- step no: 4 - (phase: 3)

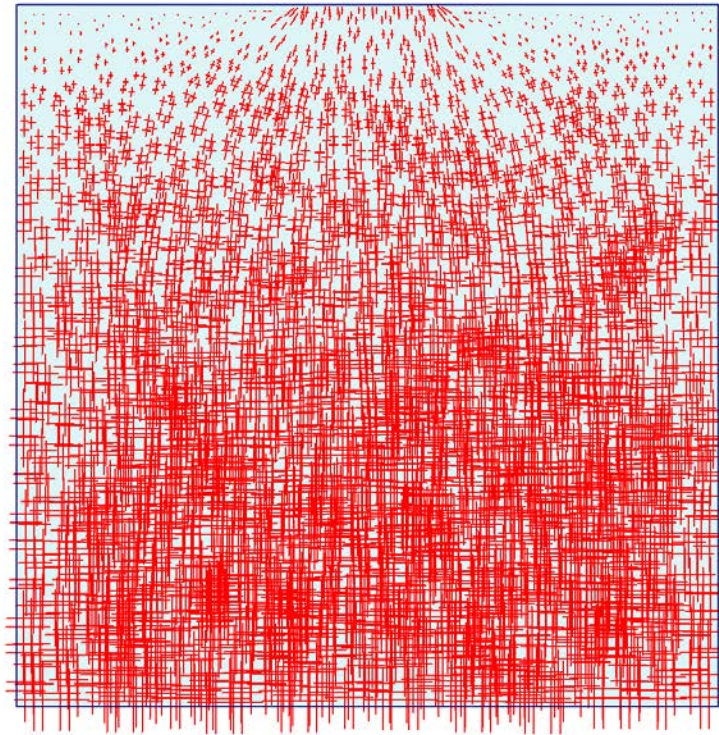


Fig. 23 Plot of effective stresses (principal directions)

- step no: 4 - (phase: 3)

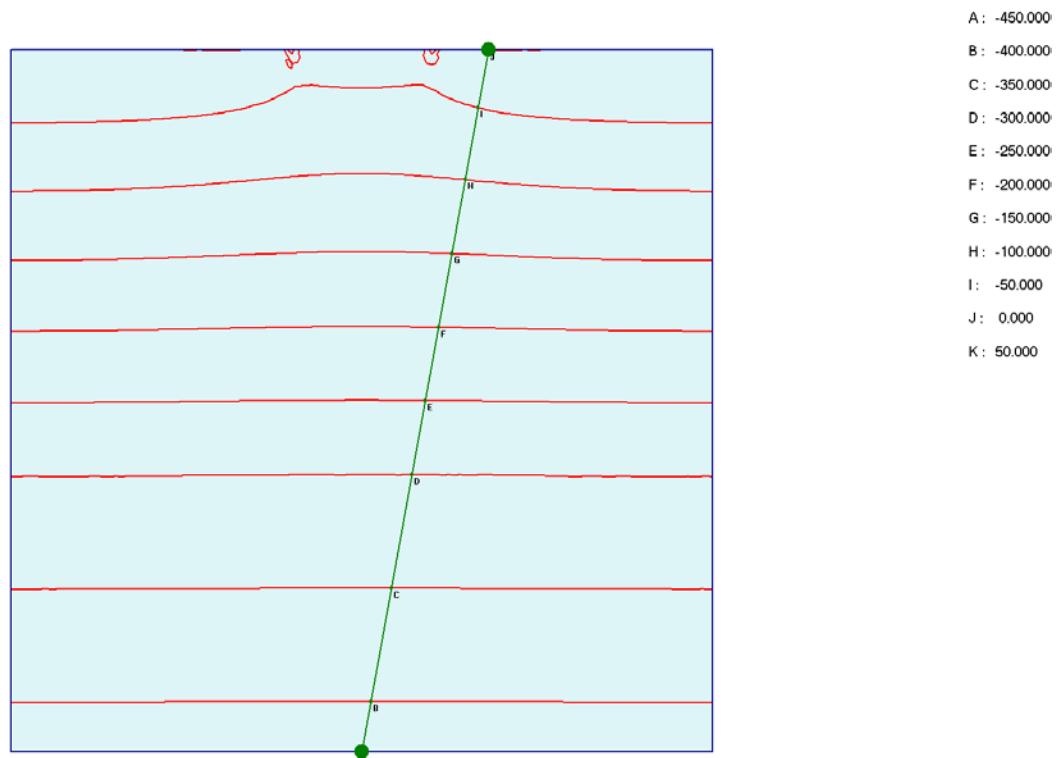


Fig. 24 Plot of effective stresses (mean contours)

- step no: 4 - (phase: 3)

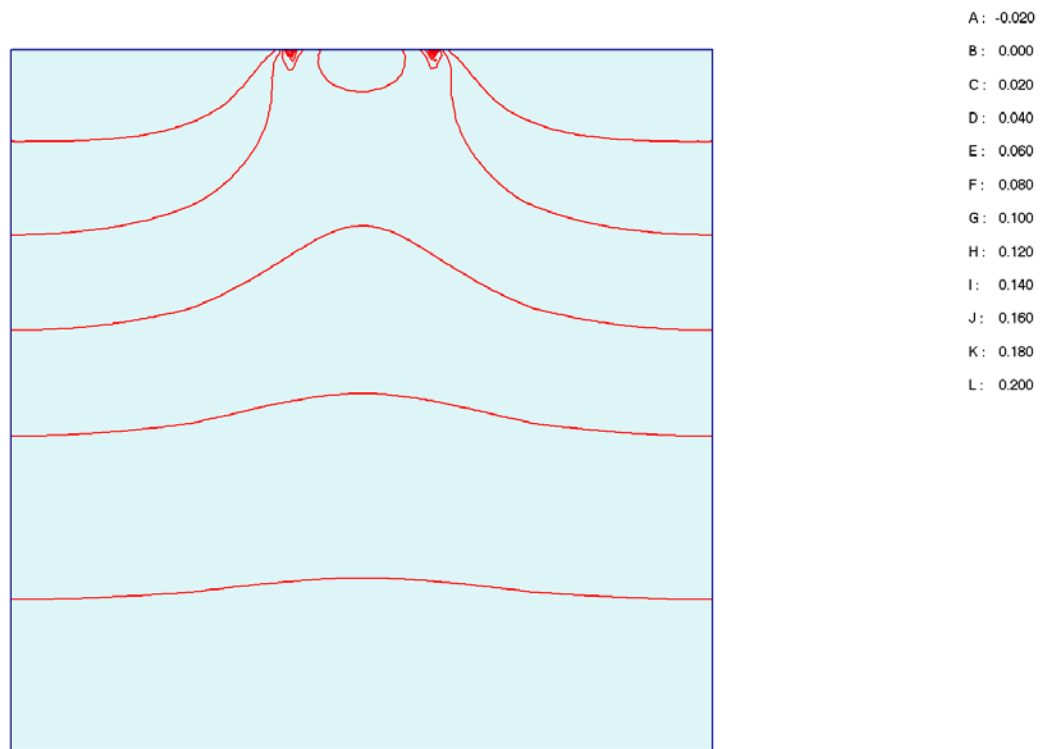


Fig. 25 Plot of effective stresses (relative shear contours)

- step no: 4 - (phase: 3)

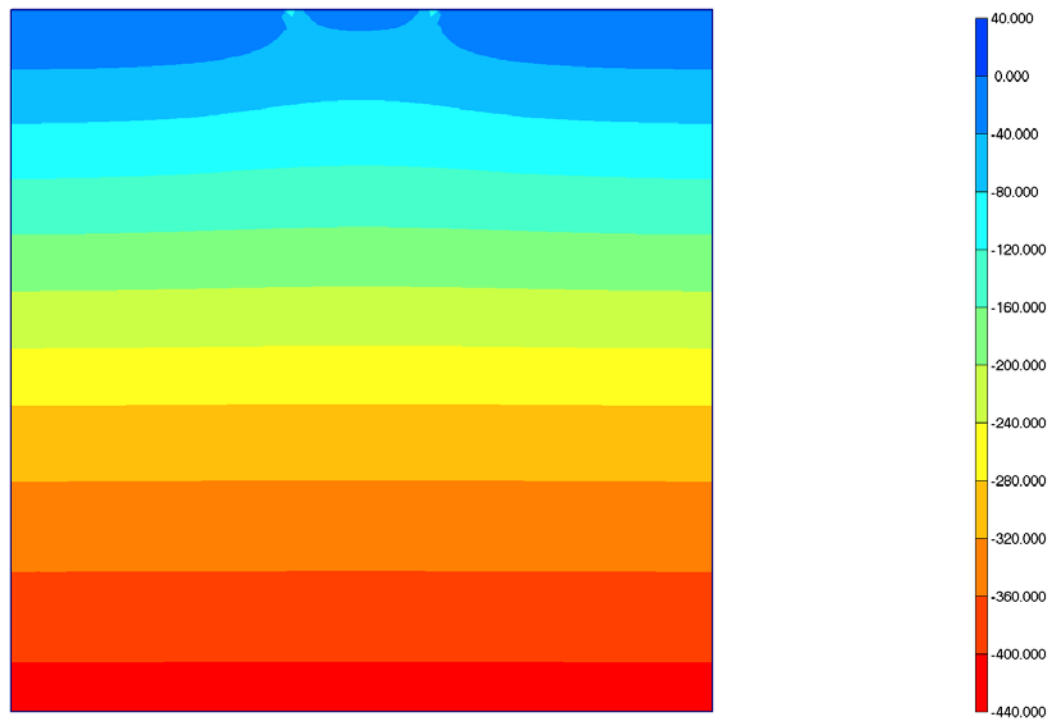


Fig. 26 Plot of effective stresses (mean shadings)

- step no: 4 - (phase: 3)

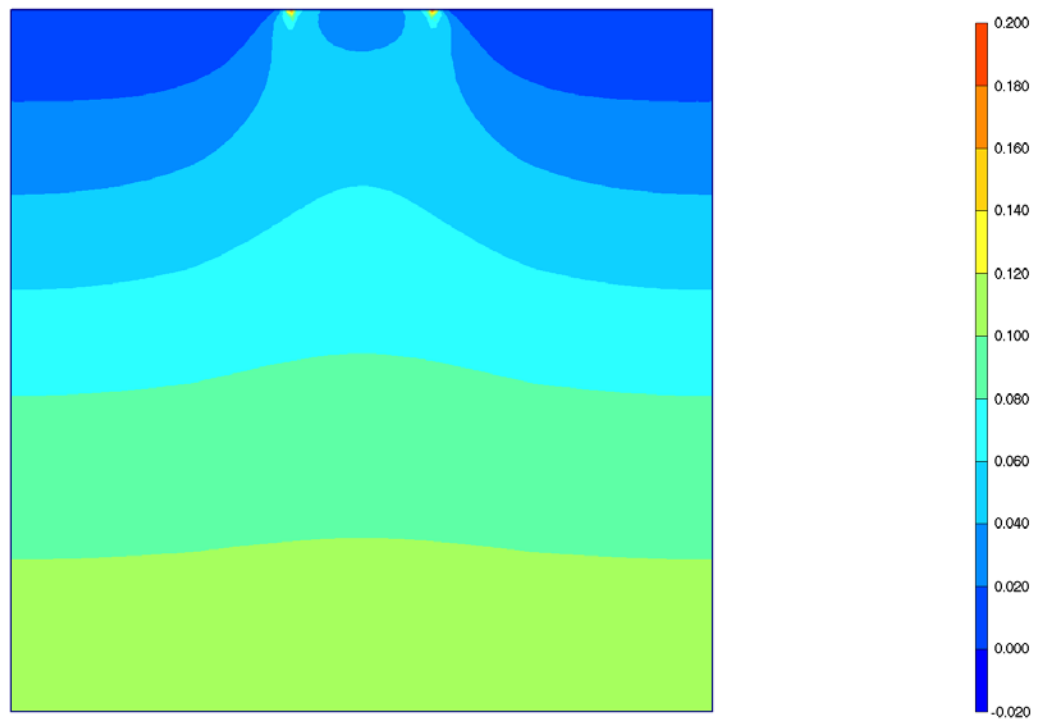


Fig. 27 Plot of effective stresses (relative shear shadings)

- step no: 4 - (phase: 3)

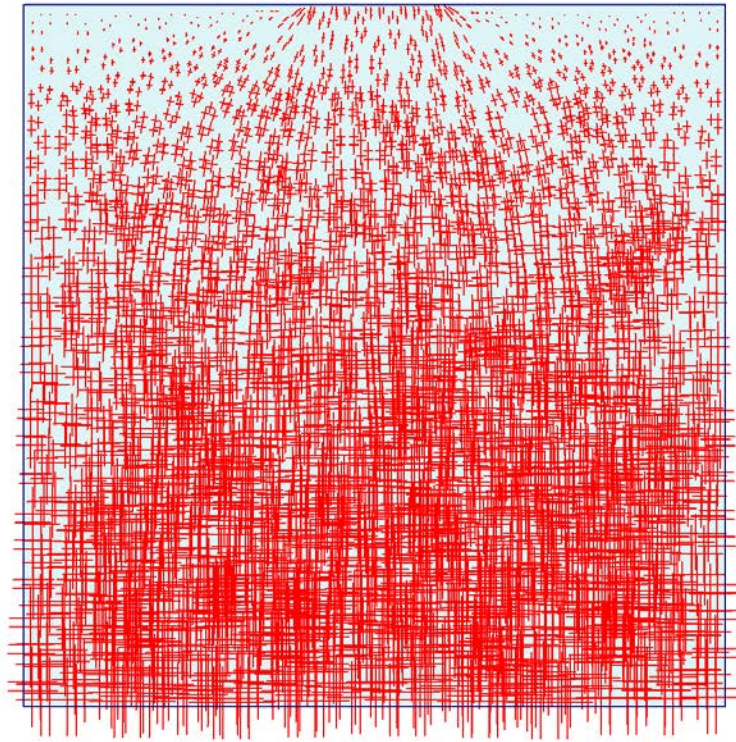


Fig. 28 Plot of total stresses (principal directions)

- step no: 4 - (phase: 3)

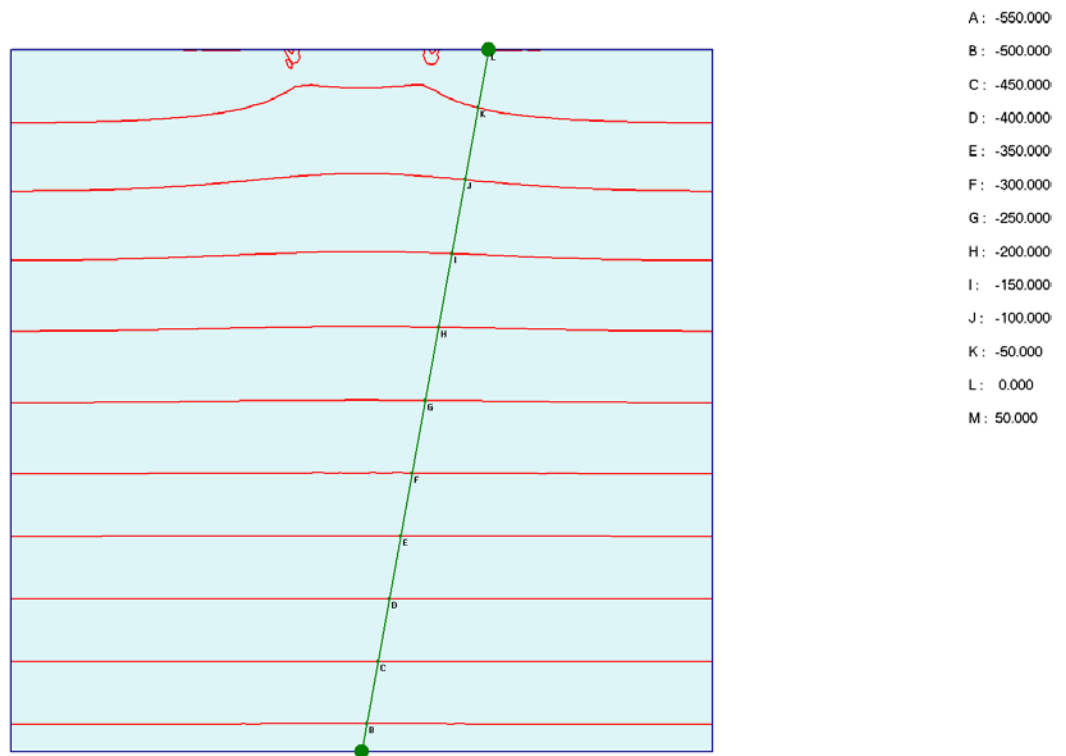


Fig. 29 Plot of total stresses (mean contours)

- step no: 4 - (phase: 3)

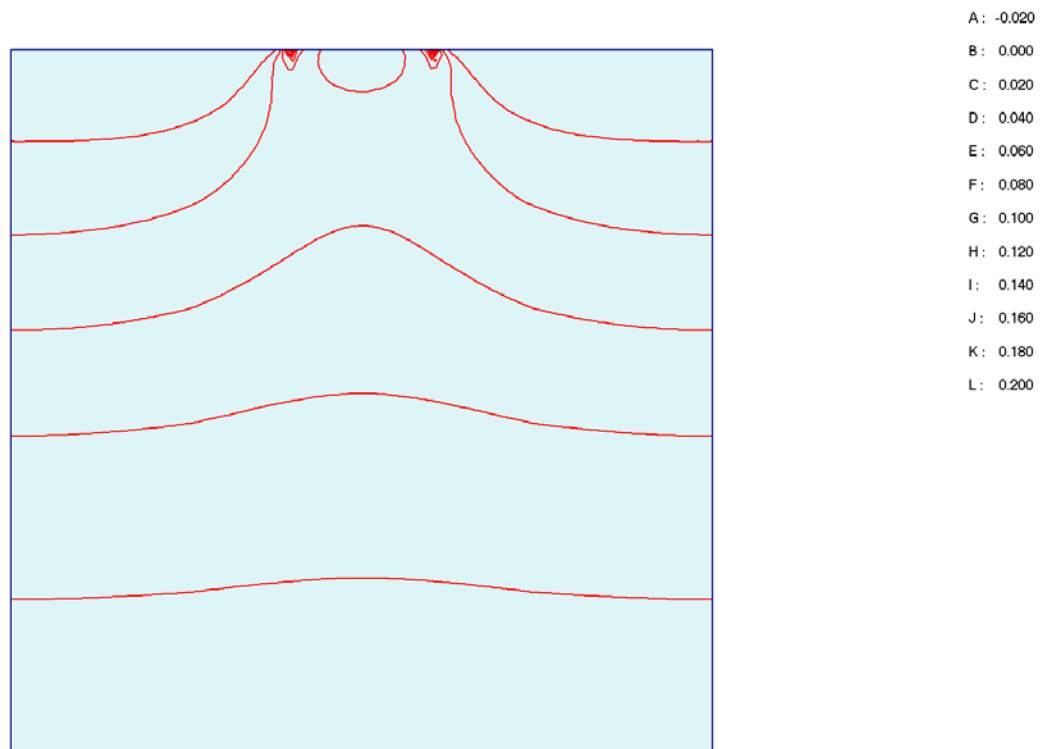


Fig. 30 Plot of total stresses (relative shear contours)

- step no: 4 - (phase: 3)

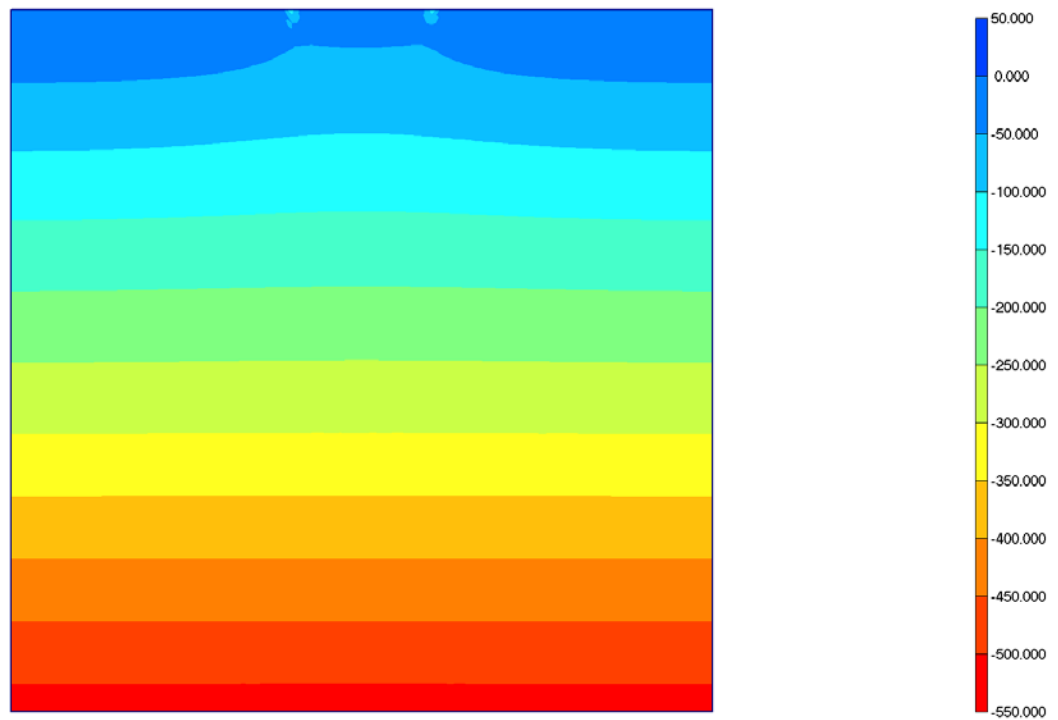


Fig. 31 Plot of total stresses (mean shadings)

- step no: 4 - (phase: 3)

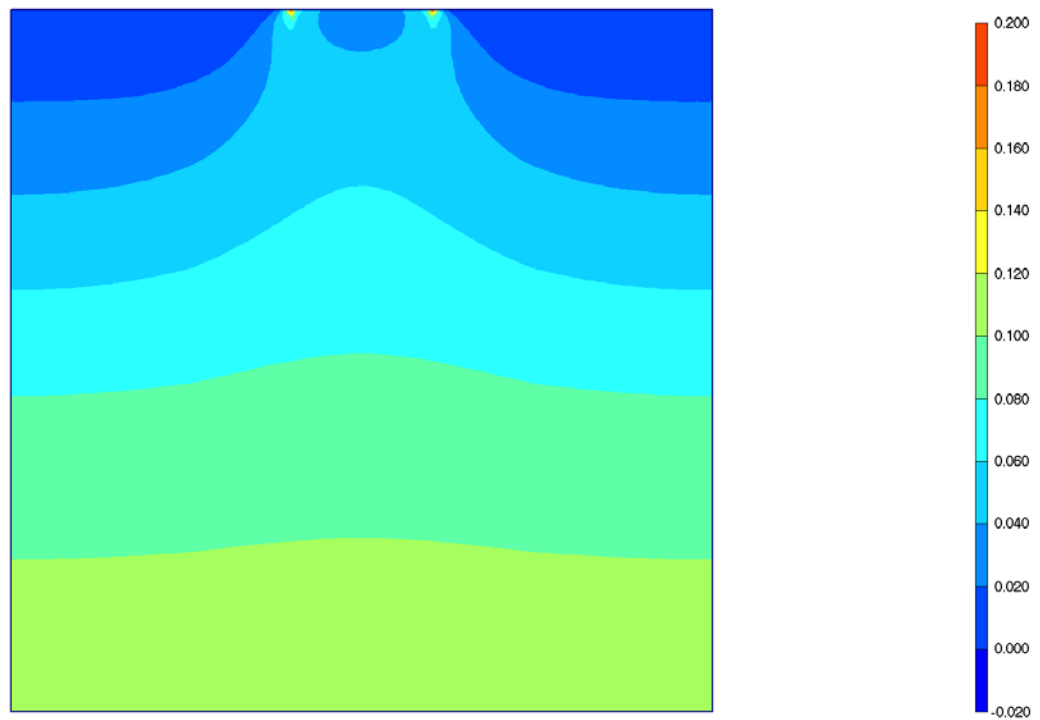


Fig. 32 Plot of total stresses (relative shear shadings)

- step no: 4 - (phase: 3)