

III. ΒΡΑΧΟΜΑΖΑ

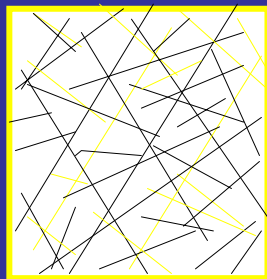
ΤΥΠΟΙ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΡΗΚΤΟΥ ΒΡΑΧΟΥ

ΔΟΜΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ

Τύποι δομών βραχόμαζας

| | | |
|---|---|---|
| Άρρηκτο πέτρωμα |  | Γενικώς ισότροπη, ψαθυρή,ελαστική συμπεριφορά στη θραύση |
| Άρρηκτο πέτρωμα με μία ασυνέχεια |  | Εντελώς ανισότροπη εξαρτάται από τον προσανατολισμό και την διατμητική αντοχή της ασυνέχειας |
| Τεμαχισμένη βραχόμαζα από τρεις ορθογωνίως τεμνόμενες ασυνέχειες |  | Ανισότροπη ανάλογα με τον αριθμό, προσανατολισμό,εμμονή και αντοχή των ασυνεχειών |
| Πολύ τεμαχισμένη βραχόμαζα από τέσσερις ή περισσότερες ασυνέχειες |  | Ευλόγως ισότροπη, έντονα διαστελλόμενη σε χαμηλές τάσεις, με θραύση των τεμαχιδίων σε υψηλές τάσεις |

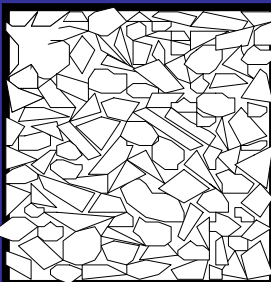
Τύποι δομών βραχόμαζας

Κερματισμένη
Διαταραγμένη
και
Στρωματώδης



Ανισότροπη ανάλογα
με τον κερματισμό των επιπέδων στρώσης
ή της σχιστότητας
και της αντοχής των ασυνεχειών

Αποδομημένη
βραχόμαζα



Ευλόγως ισότροπη

Φυλλώδης/
Διατμημένη



Ευλόγως ισότροπη,
μικρή διαφορά μεταξύ αντοχών
πετρώματος και ασυνεχειών.
Θραύση τεμαχίων ακόμη και σε χαμηλές τάσεις

Εκτίμηση των ιδιοτήτων της βραχόμαζας

- Εργαστηριακές δοκιμές
- Επι τόπου δοκιμές
- Ανάστροφες αναλύσεις
- Σωστή χρήση ταξινομήσεων βραχόμαζας
(RQD, Q, RMR, GSI ...)

ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ HOEK - BROWN

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

σ_1' : μέγιστη κύρια ενεργή τάση κατά την αστοχία

σ_3' : ελάχιστη κύρια ενεργή τάση κατά την αστοχία

σ_{ci} : μονοαξονική αντοχή του άρρηκτου βράχου

m_b : απομειωμένη τιμή της σταθεράς m_i (πετρογραφικός δείκτης)

a, s : σταθερές της βραχώμαζας

m_b, a, s : ?

ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΗΟΕΚ - BROWN

- m_b , a , s εκτιμούνται μέσω του συστήματος ταξινόμησης GSI

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right)$$

m_b : απομειωμένη τιμή της σταθεράς m_i

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

a , s : σταθερές

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right)$$

D : Παράμετρος βαθμού διαταραχής της βραχόμαζας λόγω χρήσης ανατινάξεων ή λόγω χαλάρωσης (από 0 για αδιατάρακτη, έως 1 για πολύ διαταραγμένη βραχόμαζα)

Τιμές της σταθεράς m_i ανάλογα με τους πετρογραφικούς τύπους

(οι τιμές σε παρένθεση αποτελούν εκτιμήσεις)
(αναθεωρημένο από Hoek & Marinos, 2001)

| Τύπος | | Ομάδα | ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ | | | |
|---------------|------------------|------------|--|--|--|---|
| | | | Χονδρή | Μέση | Λεπτή | Πολύ λεπτή |
| ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ | Κλαστικό | | Κροκαλοπαγή * | Ψαμμίτες 17 ± 4 | Ιλυόλιθοι 7 ± 2 | Αργιλόλιθοι 4 ± 2 |
| | | | Λατυποπαγή * | | Γραουβάκες (18 ± 3) | Αργ.σχιστόλιθοι (6 ± 2) Μάργες (7 ± 2) |
| | Μη κλαστικό | Ανθρακικά | Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι (12 ± 3) | Σπαριτικοί Ασβεστόλιθοι (10 ± 2) | Μικριτικοί Ασβεστόλιθοι (9 ± 2) | Δολομίτες (9 ± 3) |
| | | Εβαπορίτες | | Γύψος 8 ± 2 | Ανυδρίτης 12 ± 2 | |
| Οργανικά | | | | | Κρητίν 7 ± 2 | |
| ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ | Μη πτυχωμένα | | Μάρμαρο 9 ± 3 | Κερατόλιθοι (19 ± 4) Μεταψαμμίτες (19 ± 3) | Χαλαζίτες 20 ± 3 | |
| | Ελαφρά πτυχωμένα | | Μιγματίτες (29 ± 3) | Αμφιβολίτες 26 ± 6 | Γνεύσιοι 28 ± 5 | |
| | Πτυχωμένα** | | | Σχιστόλιθοι 12 ± 3 | Φυλλίτες (7 ± 3) | Σχίστες 7 ± 4 |

*Οι τιμές αφορούν δείγματα άρρηκτου βράχου που δοκιμάστηκαν κάθετα στη στρώση και στη σχιστότητα. Η τιμή m_i θα είναι θεαματικά διαφορετική αν υπάρξει αστοχία σε επιφάνεια αδυναμίας

Τιμές της σταθεράς m_i ανάλογα με τους πετρογραφικούς τύπους

(οι τιμές σε παρένθεση αποτελούν εκτιμήσεις)
(αναθεωρημένο από Hoek & Marinos, 2001)

| Τύπος | | Ομάδα | ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ | | | |
|----------|-------------|--------------------|--|---|---|-------------------------------|
| | | | Χονδρή | Μέση | Λεπτή | Πολύ λεπτή |
| ΠΥΡΙΓΕΝΗ | Πλουτώνια | Ανοικτό- χρωμα | Γρανίτης 32 ± 3 | Διορίτης 25 ± 5 Γρανοδιορίτης (29 ± 3) | | |
| | | Σκοτεινό- χρωμα | Γάββρος 27 ± 3 Νορίτης 20 ± 5 | Δολερίτης (16 ± 5) | | |
| | Υποαβυσσικά | | Πορφύρης (20 ± 5) | | Διαβάσης (15 ± 5) | Περιδοτίτης (25 ± 5) |
| | Ηφαιστειακά | Λάβα | | Ρυόλιθος (25 ± 5) Ανδεσίτης 25 ± 5 | Δακίτης (25 ± 3) Βασάλτης (25 ± 5) | |
| | | Πυροκλαστικά | Κροκαλοπαγή (19 ± 3) | Ηφ.Λατυποπαγή (19 ± 5) | Τόφφοι (13 ± 5) | |
| | | | | | | |

*Οι τιμές αφορούν δείγματα άρρηκτου βράχου που δοκιμάστηκαν κάθετα στη στρώση και στη σχιστότητα. Η τιμή m_i θα είναι θεαματικά διαφορετική αν υπάρξει αστοχία σε επιφάνεια αδυναμίας

**Χρήση της πιο πρόσφατης ταξινόμησης
GSI για την εκτίμηση των γεωτεχνικών
παραμέτρων**

Geological Strength Index

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες, Hoek & Marinos 2000

| GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000) From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. <u>Note that the table does not apply to structurally controlled failures.</u> Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis. | | SURFACE CONDITIONS VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings | | | | |
|--|--|--|-----|----|-----|-----|
| STRUCTURE | | DECREASING SURFACE QUALITY → | | | | |
|  INTACT OR MASSIVE intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities | DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↕ | 90 | | | N/A | N/A |
|  BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets | | 80 | 70 | | | |
|  VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets | | | 60 | | | |
|  BLOCKY/DISTURBED/SEAMY folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity | | | | 50 | | |
|  DISINTEGRATED poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces | | | | 40 | 30 | |
|  LAMINATED/SHEARED Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes | | | | | 20 | |
| | | N/A | N/A | | | 10 |

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες, Hoek & Marinos 2000

| ΔΟΜΗ | | | | | | |
|------|---|--|--|---|--|---|
| | ΑΡΡΗΚΤΟ Ή ΣΥΜΠΑΓΕΣ Άρρηκτο πέτρωμα ή αστρωτος, συμπαγής βράχος με λίγες και αραιές ασυνέχειες | ΜΕΙΟΥΜΕΝΟ ΑΛΛΗΛΟΚΛΕΙΔΩΜΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΤΕΜΑΧΩΝ ↓ | VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces | GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces | FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces | POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments |
| | ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ Αδιατάρακτη βραχώμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα κυβικών τεμαχίων από 3 ορθογώνιες οικογένειες ασυνεχειών | | | | | VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings |
| | ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια με σχετικώς καλό αλληλοκλείδωμα. 4 οι περισσότερες οικογ. ασυνεχιών. | | DECREASING SURFACE QUALITY → | | | |
| | ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΗ/ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Πτυχωμένη διαταραγμένη βραχώμαζα με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας | | 90 | 80 | 70 | N/A |
| | ΑΠΟΔΟΜΗΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώμαζα (αποδιοργανωμένη) με πτωχό αλληλοκλείδωμα. | | | 60 | 50 | |
| | ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή έντονα σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχώμαζα. Απουσία τεμαχίων λόγω πυκνής σχιστότητας ή διατμήσεων. | | | | 40 | 30 |
| | | | | | | 20 |
| | | | N/A | N/A | | 10 |

| ΔΟΜΗ | | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ | | | |
|---|---|--|--|--|--|
|  | ΑΡΡΗΚΤΟ Ή ΣΥΜΠΑΓΕΣ Άρρηκτο πέτρωμα ή αστρωτος, συμπαγής βράχος με λίγες και αραιές ασυνέχειες | <div>ΜΕΙΟΥΜΕΝΟ ΑΛΛΗΛΟΚΛΕΙΔΩΜΑ ΤΩΝ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΤΕΜΑΧΩΝ</div> <div>ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ</div> <div>Πολύ τραχείες, μη αποσαθρωμένες επιφάνειες</div> <div>ΚΑΛΗ</div> <div>Τραχείες, ελαφρά αποσαθρωμένες ή οξειδωμένες επιφάνειες</div> <div>ΜΕΤΡΙΑ</div> <div>Λείες, μετρίως αποσαθρωμένες ή εξολοιωμένες επιφάνειες</div> <div>ΠΤΩΧΗ</div> <div>Ολισθηρές επιφάνειες, πολύ αποσαθρωμένες με συμπαγή επιφλοιώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα</div> <div>ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ</div> <div>Πολύ ολισθηρές επιφάνειες, πολύ αποσαθρωμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης</div> | | | |
|  | ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ Αδιατάρακτη βραχώμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα κυβικών τεμαχίων από 3 ορθογώνιες οικογένειες ασυνεχειών | | | | |
|  | ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια με σχετικώς καλό αλληλοκλείδωμα. 4 οι περισσότερες οικογ. ασυνεχιών. | | | | |
|  | ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΗ/ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ Πτυχωμένη διαταραγμένη βραχώμαζα με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας | | | | |
|  | ΑΠΟΔΟΜΗΜΕΝΗ Ισχυρά κερματισμένη βραχώμαζα (αποδιοργανωμένη) με πτωχό αλληλοκλείδωμα. | | | | |
|  | ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ Φυλλώδης ή έντονα σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχώμαζα. Απουσία τεμαχίων λόγω πυκνής σχιστότητας ή διατμήσεων. | | | | |
| | | ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ | | | |
| | | <div>9</div> <div>N/A</div> <div>N/A</div> <div>20</div> <div>10</div> | | | |

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για ρωγματωμένους βράχους,

Hoek & Marinos 2000



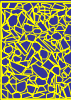
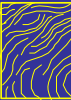
| GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000) From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. <u>Note that the table does not apply to structurally controlled failures.</u> Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis. | | SURFACE CONDITIONS VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings | | | | |
|--|--|--|-----|----|-----|-----|
| STRUCTURE | | DECREASING SURFACE QUALITY → | | | | |
|  INTACT OR MASSIVE intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities | DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↕ | 90 | | | N/A | N/A |
|  BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets | | 80 | | | | |
|  VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets | | | 70 | | | |
|  BLOCKY/DISTURBED/SEAMY folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity | | | 60 | | | |
|  DISINTEGRATED poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces | | | | 50 | | |
|  LAMINATED/SHEARED Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes | | | | 40 | | |
| | | | | 30 | | |
| | | | | | 20 | |
| | | | | | | 10 |
| | | N/A | N/A | | | |

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για ρωγματωμένους βράχους,

Hoek & Marinos 2000

**GEOLOGICAL STRENGTH INDEX
FOR JOINTED ROCKS**
(Hoek and Marinos, 2000)

Σημείωση: Ο πίνακας GSI δεν εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που η αστοχία ελέγχεται από συγκεκριμένες διακριτές ασυνέχειες. Π.χ. επίπεδη ολίσθηση ή ολίσθηση σφηνών.


| | VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces | GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces | FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces | POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments | VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings |
|---|---|--|---|--|--|
| | DECREASING SURFACE QUALITY → | | | | |
| | 90 | | | N/A | N/A |
| | 80 | | | | |
| | | 70 | | | |
| | | 60 | | | |
| | | | 50 | | |
| | | | 40 | | |
| | | | | 30 | |
| | | | | 20 | |
| | | | | | 10 |
| | N/A | N/A | | | |
| ← DECREASING INTERLOCK | | | | | |
|  | VERY BLOCKY: partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets | | | | |
|  | BLOCKY/DISTURBED/SEAMY folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity | | | | |
|  | DISINTEGRATED poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces | | | | |
|  | LAMINATED/SHEARED Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes | | | | |

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για ρωγματωμένους βράχους,

Hoek & Marinos 2000

**GEOLOGICAL STRENGTH INDEX
FOR JOINTED ROCKS**
(Hoek and Marinos, 2000)

Σε περίπτωση
παρουσίας νερού
συνιστάται μια
μετακίνηση προς τα
δεξιά για τις κατηγορίες
των πτωχών ή πολύ
πτωχών πετρωμάτων

| | |
|---|--|
|  | VERY BLOCKY partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets |
|  | BLOCKY/DISTURBED/SEAMY folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity |
|  | DISINTEGRATED poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces |
|  | LAMINATED/SHEARED Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes |

| | VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces | GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces | FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces | POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments | VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings |
|----|--|---|--|---|---|
| | DECREASING SURFACE QUALITY → | | | | |
| 90 | | | | N/A | N/A |
| 80 | | | | | |
| 70 | | | | | |
| 60 | | | | | |
| 50 | | | | | |
| 40 | | | | | |
| 30 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| | N/A | N/A | | | |

DECREASING INTERLOCKING →

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για ρωγματωμένους βράχους,

Hoek & Marinos 2000

| GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000) From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. <u>Note that the table does not apply to structurally controlled failures.</u> Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis. | | SURFACE CONDITIONS VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings | | | | |
|--|--|--|-----|----|-----|-----|
| STRUCTURE | | DECREASING SURFACE QUALITY → | | | | |
|  INTACT OR MASSIVE intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities | DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓ | 90 | | | N/A | N/A |
|  BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets | | 80 | 70 | | | |
|  VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets | | | 60 | | | |
|  BLOCKY/DISTURBED/SEAMY folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity | | | | 50 | | |
|  DISINTEGRATED poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces | | | | 40 | 30 | |
|  LAMINATED/SHEARED Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes | | | | | 20 | |
| | | N/A | N/A | | | 10 |

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες



Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS

(Hoek and Marinos, 2000)

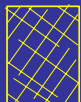
From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that $GSI = 35$. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE



INTACT OR MASSIVE

intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities



BLOCKY

- well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets



VERY BLOCKY

- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets



BLOCKY/DISTURBED/SEAMY

folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity



DISINTEGRATED

poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces



LAMINATED/SHEARED

Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes

SURFACE CONDITIONS

VERY GOOD

Very rough, fresh unweathered surfaces

GOOD

Rough, slightly weathered, iron stained surfaces

FAIR

Smooth, moderately weathered and altered surfaces

POOR

Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments

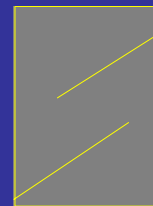
VERY POOR

Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings

DECREASING SURFACE QUALITY →

DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES
⇓

| | | | | | |
|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 90 | | | | N/A | N/A |
| 80 | | | | | |
| | 70 | | | | |
| | 60 | | | | |
| | | 50 | | | |
| | | 40 | | | |
| | | | 30 | | |
| | | | 20 | | |
| N/A | N/A | | | | 10 |



ΑΡΡΗΚΤΟ Ή ΣΥΜΠΑΓΕΣ

Άρρηκτο πέτρωμα ή αστρωτος, συμπαγής βράχος με λίγες και αραιές ασυνέχειες

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες



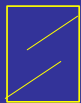
Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS

(Hoek and Marinos, 2000)

From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that $GSI = 35$. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE



INTACT OR MASSIVE

intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities



BLOCKY

- well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets



VERY BLOCKY

- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets



BLOCKY/DISTURBED/SEAMY

folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity



DISINTEGRATED

poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces



LAMINATED/SHEARED

Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes

SURFACE CONDITIONS

VERY GOOD
Very rough, fresh unweathered surfaces

GOOD
Rough, slightly weathered, iron stained surfaces

FAIR
Smooth, moderately weathered and altered surfaces

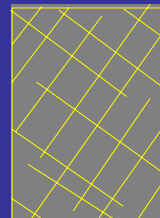
POOR
Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments

VERY POOR
Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings

DECREASING SURFACE QUALITY →

DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES
⇓

| | | | | | |
|-----|-----|----|--|-----|-----|
| 90 | | | | N/A | N/A |
| 80 | | | | | |
| 70 | | | | | |
| 60 | | | | | |
| | | 50 | | | |
| | | 40 | | | |
| | | 30 | | | |
| | | 20 | | | |
| N/A | N/A | | | | 10 |



ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ

Αδιατάρακτη βραχώμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα κυβικών τεμαχίων από 3 ορθογώνιες οικογένειες ασυνεχειών

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες



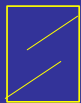
Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS

(Hoek and Marinos, 2000)

From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that $GSI = 35$. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE



INTACT OR MASSIVE

intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities



BLOCKY

- well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets



VERY BLOCKY

- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets



BLOCKY/DISTURBED/SEAMY

folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity



DISINTEGRATED

poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces



LAMINATED/SHEARED

Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes

SURFACE CONDITIONS

VERY GOOD

Very rough, fresh unweathered surfaces

GOOD

Rough, slightly weathered, iron stained surfaces

FAIR

Smooth, moderately weathered and altered surfaces

POOR

Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments

VERY POOR

Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings

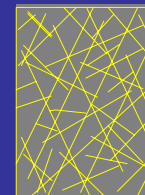
DECREASING SURFACE QUALITY



DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES



| | | | | | |
|-----|-----|-----|--|-----|-----|
| 90 | | | | N/A | N/A |
| 80 | | | | | |
| 70 | | | | | |
| 60 | | | | | |
| 50 | | | | | |
| 40 | | | | | |
| 30 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| N/A | N/A | N/A | | | |



ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΟ

Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια με σχετικώς καλό αλληλοκλείδωμα. 4 οι περισσότερες οικογ. ασυνεχιών.



ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΗ/ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ

Πτυχωμένη διαταραγμένη βραχώμαζα με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από πολλές αλληλοτεμνόμενες οικογένειες. Ερμονή στρώσης ή σχιστότητας

Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες



Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής (GSI) για βραχώμαζες

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS

(Hoek and Marinos, 2000)

From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that $GSI = 35$. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE



INTACT OR MASSIVE

intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities



BLOCKY

- well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets



VERY BLOCKY

- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets



BLOCKY/DISTURBED/SEAMY

folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity



DISINTEGRATED

poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces



LAMINATED/SHEARED

Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes

SURFACE CONDITIONS

VERY GOOD

Very rough, fresh unweathered surfaces

GOOD

Rough, slightly weathered, iron stained surfaces

FAIR

Smooth, moderately weathered and altered surfaces

POOR

Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments

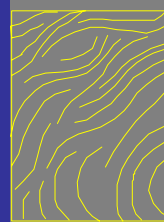
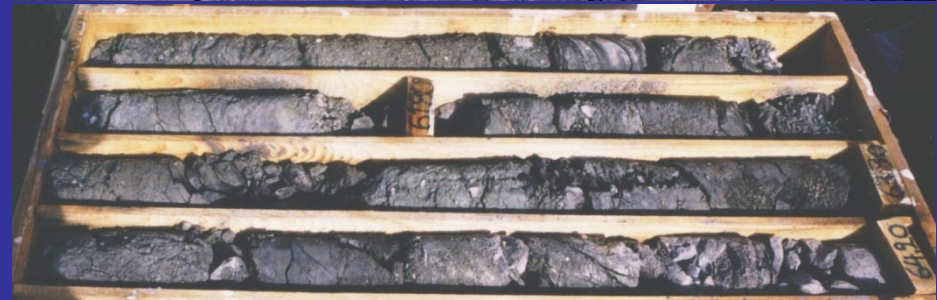
VERY POOR

Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings

DECREASING SURFACE QUALITY →

DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES
⇓

| STRUCTURE | VERY GOOD | GOOD | FAIR | POOR | VERY POOR |
|------------------------|-----------|------|------|------|-----------|
| INTACT OR MASSIVE | 90 | | | N/A | N/A |
| BLOCKY | 80 | 70 | | | |
| VERY BLOCKY | | 60 | | | |
| BLOCKY/DISTURBED/SEAMY | | | 50 | | |
| | | | 40 | | |
| | | | | 30 | |
| | | | | | 20 |
| DISINTEGRATED | | | | | 10 |
| LAMINATED/SHEARED | N/A | N/A | | | |

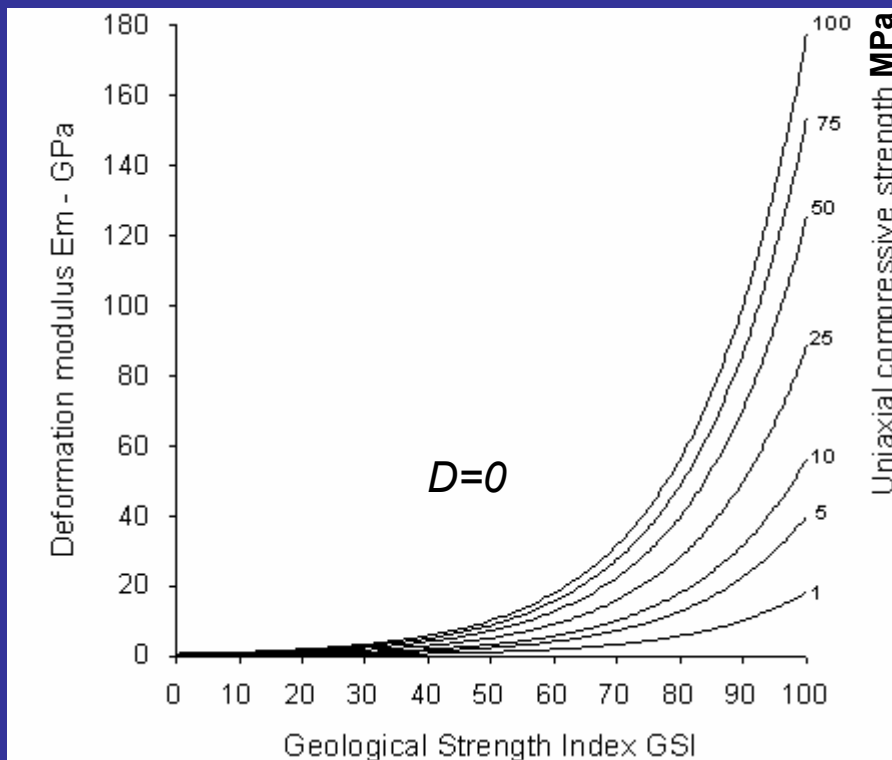


ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ΔΙΑΤΜΗΜΕΝΗ

Φυλλώδης ή έντονα σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατμημένη ασθενής βραχώμαζα. Απουσία τεμαχίων λόγω πυκνής σχιστότητας ή διατμήσεων.

Γεωτεχνικές παράμετροι μέσω του GSI, σ_{ci} , m_i

Μέτρο Παραμορφωσιμότητας:



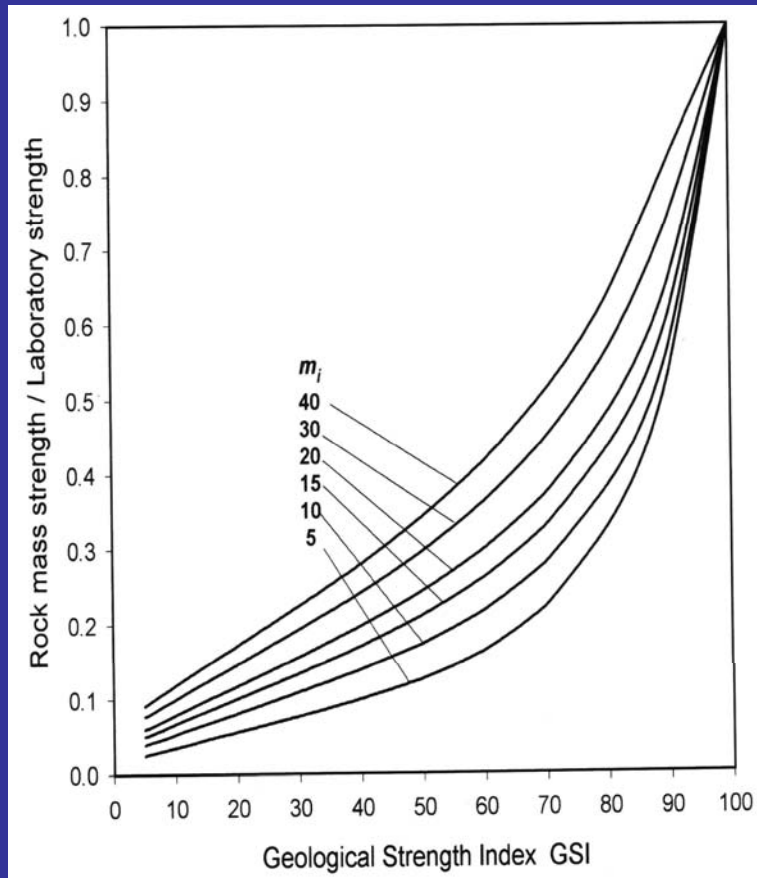
$$E_m (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{((GSI-10)/40)}$$

σ_{ci} σε MPa

Κριτήριο Hoek-Brown – Γεωτεχνικοί παράμετροι βραχόμαζας μέσω GSI, σ_{ci} , m_i

Ολική αντοχή βραχόμαζας, σ'_{cm} :

2002 edition



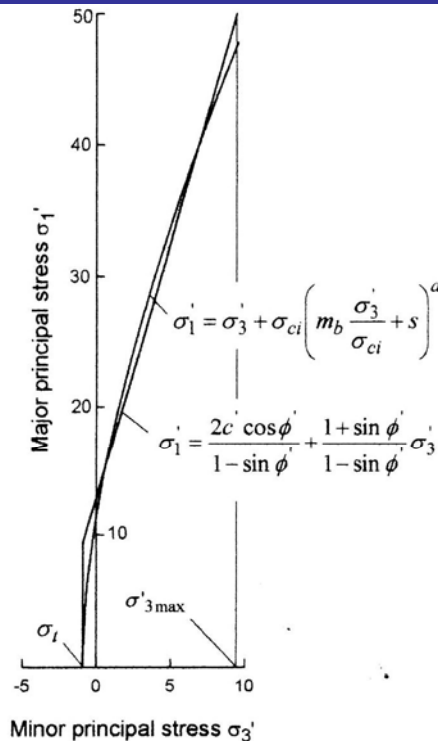
$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} \cdot \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b/4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)}$$

Οι γεωτεχνικές παράμετροι μπορούν να υπολογισθούν με το πρόγραμμα “RocLab” ver. 2002, για Windows που μπορεί να κατεβεί ελεύθερα από www.rocscience.com.
Hoek, Carranza-Torres, Corkum, 2002

Κριτήριο Hoek-Brown – Γεωτεχνικοί παράμετροι βραχώμαζας μέσω GSI, σ_{ci} , m_i

Ισοδύναμα c' , ϕ' για το κριτήριο MOHR-COULOMB :

έκδοση 2002



Relationships between major and minor principal stresses for Hoek-Brown and equivalent Mohr-Coulomb criteria.

$$c' = \frac{\sigma_{ci} \left[(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma_{3n}' \right] (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + \left(6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1} \right) / ((1+a)(2+a))}}$$

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}} \right]$$

where $\sigma_{3n}' = \sigma_{3\max}' / \sigma_{ci}$

$\sigma_{3\max}'$: το άνω όριο της τάσης
περιορισμού, όπου θεωρείται η
σχέση μεταξύ των κριτηρίων
Hoek-Brown και Mohr-Coulomb.

Οι γεωτεχνικές παράμετροι μπορούν να υπολογισθούν με το πρόγραμμα “RocLab”
ver. 2002, για Windows που μπορεί να κατεβεί ελεύθερα από www.rocscience.com.
Hoek, Carranza-Torres, Corkum, 2002

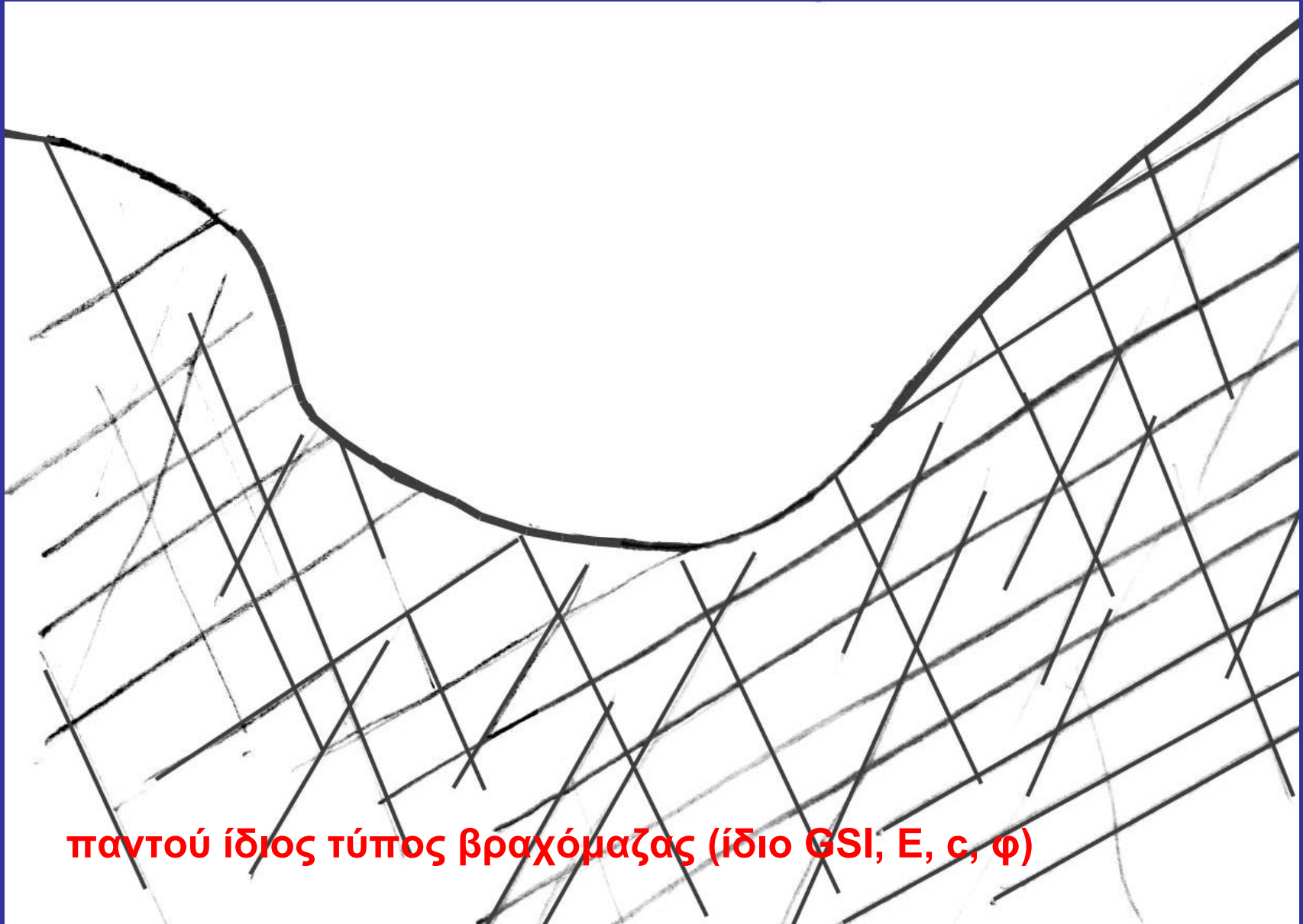
ΠΡΟΣΟΧΗ όμως

στην επιλογή των

κατάλληλων για κάθε περίπτωση

γεωτεχνικών παραμέτρων

Επιλογή του κατάλληλου κιτηρίου θραύσης: ένα παράδειγμα για τον ίδιο τύπο βραχώμαζας



παντού ίδιος τύπος βραχώμαζας (ίδιο GSI, E, c, φ)

Επιλογή του κατάλληλου κιτηρίου θραύσης: ένα παράδειγμα για τον ίδιο τύπο βραχόμαζας

Κριτήριο αστοχίας για βραχόμαζα.
Εφαρμογή κριτηρίου Hoek-Brown
μέσω της χρήσης του GSI

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left[m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right]^a$$

παντού ίδιος τύπος βραχόμαζας (ίδιο GSI, E, c, φ)

Επιλογή του κατάλληλου κιτηρίου θράυσης: ένα παράδειγμα για τον ίδιο τύπο βραχώμαζας

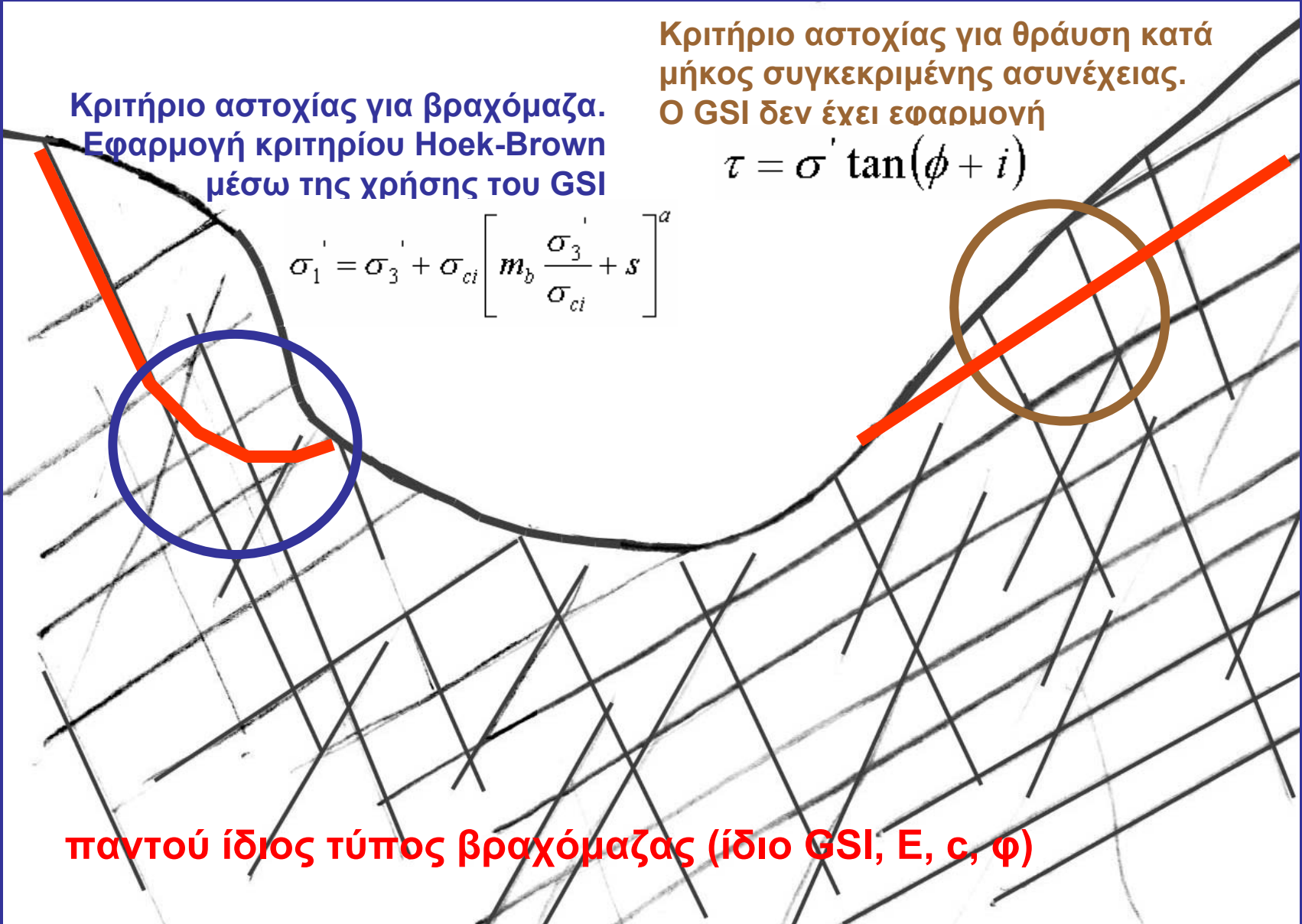
Κριτήριο αστοχίας για βραχώμαζα.
Εφαρμογή κριτηρίου Hoek-Brown
μέσω της χρήσης του GSI

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left[m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right]^a$$

Κριτήριο αστοχίας για θράυση κατά
μήκος συγκεκριμένης ασυνέχειας.
Ο GSI δεν έχει εφαρμογή

$$\tau = \sigma' \tan(\phi + i)$$

παντού ίδιος τύπος βραχώμαζας (ίδιο GSI, E, c, φ)



ΣΥΝΕΠΩΣ,

σ_{ci}

m_i

GSI

η "ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ" της βραχύμαζας