



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ

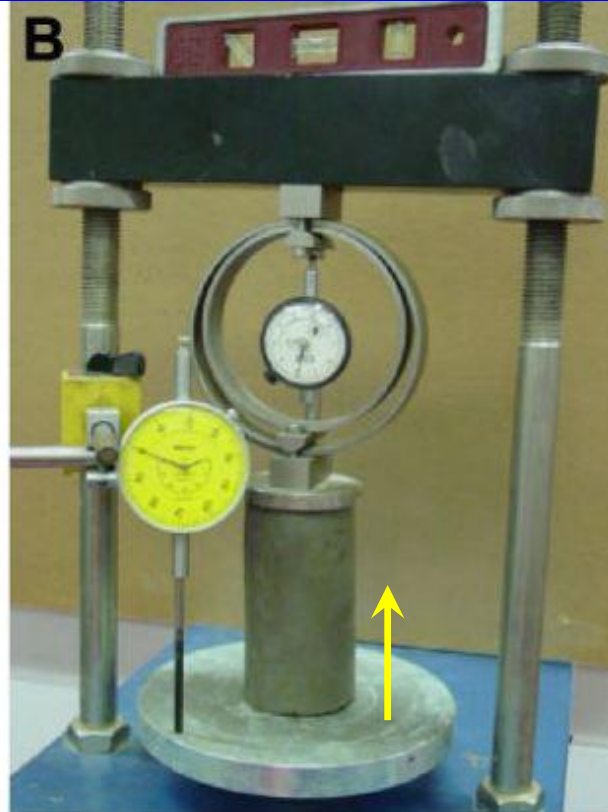
ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ
« ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ I - Τμήμα 2 (Μ-Ω) »
4^ο Εξ. ΠΟΛ-ΜΗΧ. ΕΜΠ - Ακαδ. Έτος 2020 - 21

ΔΙΑΛΕΞΗ 9 – Μέρος 1
ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
& ΦΟΡΤΙΣΗ ΥΠΟ ΑΣΤΡΑΓΓΙΣΤΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

21.04.2021

ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Παράδειγμα : Φόρτιση σε μονοαξονική θλίψη

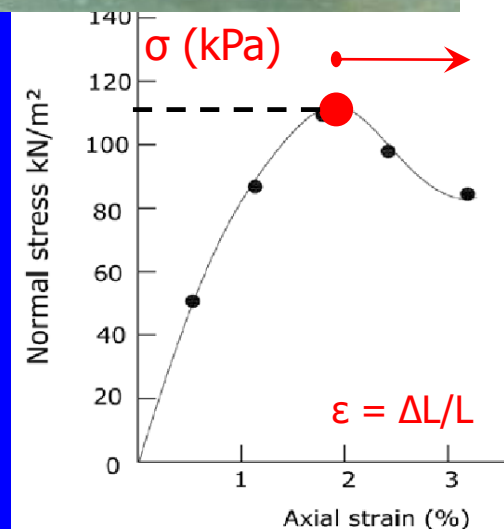


Μονοαξονική φόρτιση εδαφικού δείγματος

Καμπύλη τάσης (σ) – παραμόρφωσης (ϵ) = $\Delta L/L$ \longrightarrow

Αντοχή: Η μέγιστη τάση που μπορεί να αναλάβει το δείγμα

Αστοχία: Παραμόρφωση ίση ή μεγαλύτερη της αντοχής



Αργιλικά δείγματα μετά την αστοχία

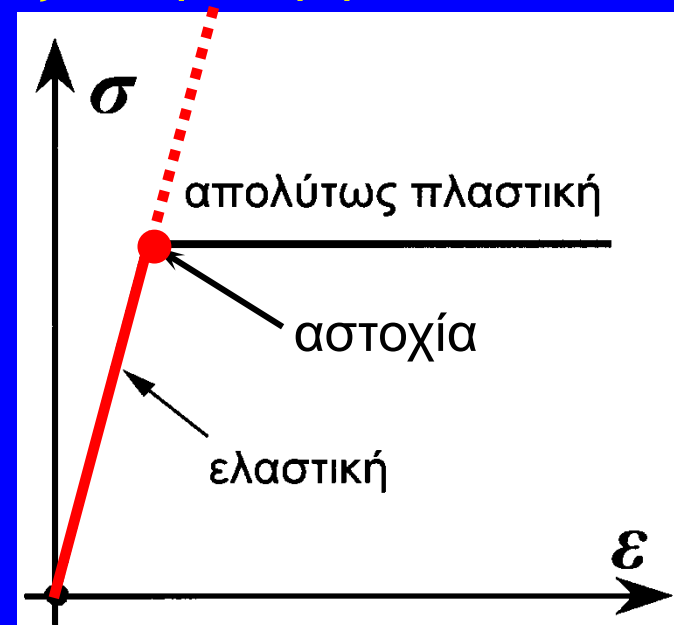
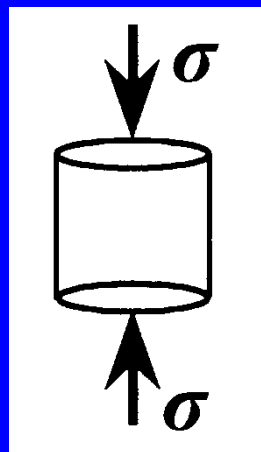
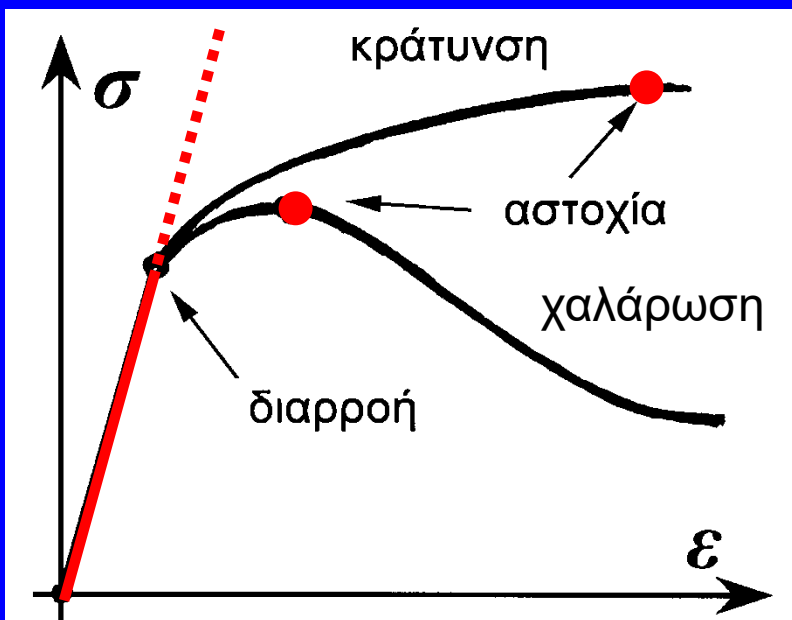


Δείγματα από δειγματοληπτική γεώτρηση σε αργιλικό σχηματισμό



ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Παράδειγμα : Φόρτιση σε μονοαξονική θλίψη



- Στα αρχικά στάδια της φόρτισης, όλα τα υλικά παρουσιάζουν γραμμικώς ελαστική συμπεριφορά
- Σε μεγαλύτερες τάσεις η συμπεριφορά γίνεται μη-γραμμική (διαρροή), και τελικώς ορισμένοι συνδυασμοί τάσεων οδηγούν σε αστοχία

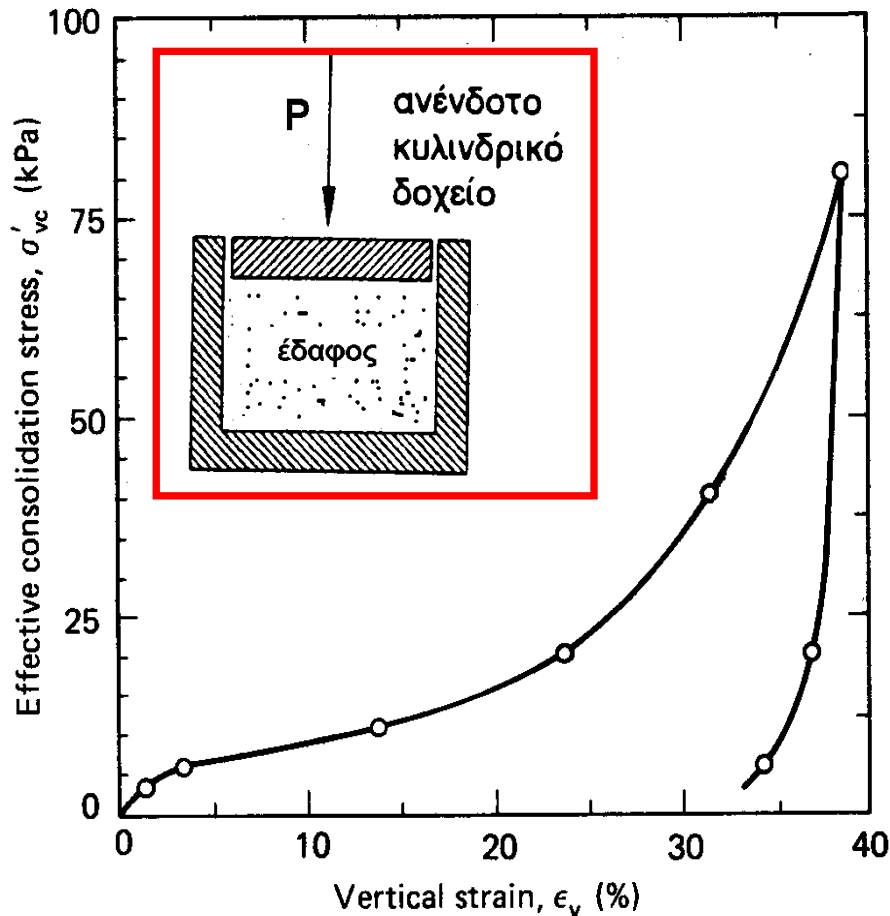
Αστοχία : Η κατάσταση κατά την οποία το έδαφος έχει φθάσει την αντοχή του (παραμόρφωση ίση ή μεγαλύτερη της αντοχής). Το έδαφος δεν μπορεί να αναλάβει μεγαλύτερες τάσεις.

ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

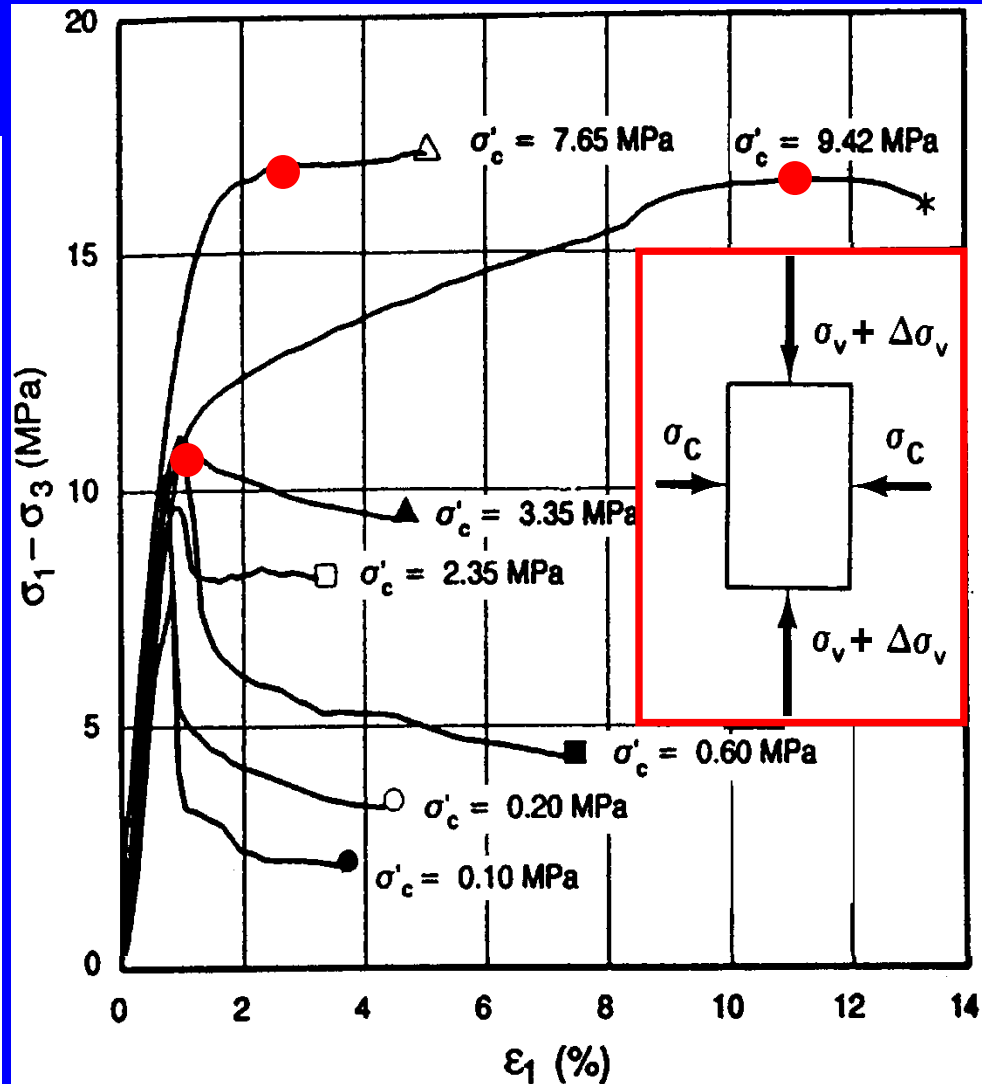
Αστοχία μπορούν να προκαλέσουν μόνον ορισμένοι συνδυασμοί φορτίσεων

Μονοδιάστατη παραμόρφωση

Δεν προκαλεί αστοχία



Τριαξονική θλίψη - Προκαλεί αστοχία

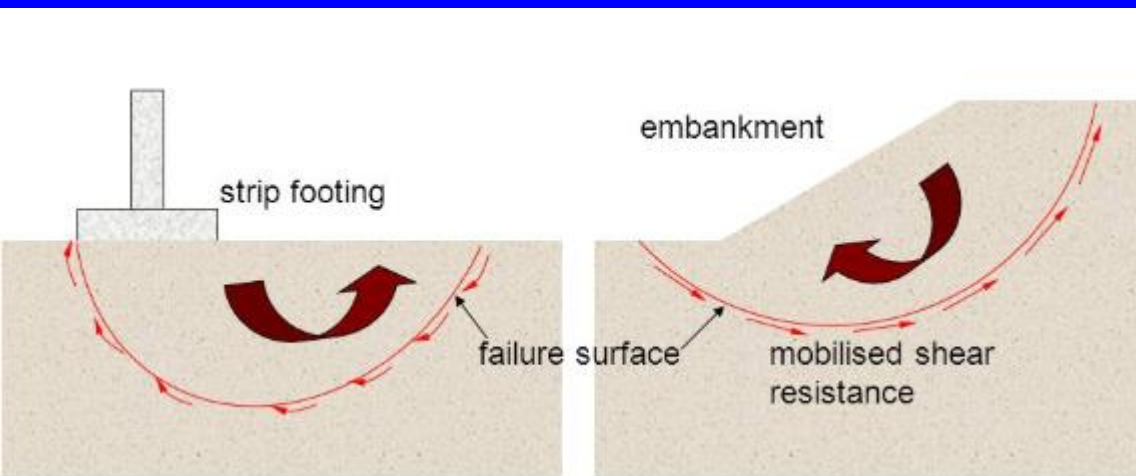


ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Αστοχία : Η κατάσταση κατά την οποία το έδαφος έχει φθάσει την αντοχή του και δεν μπορεί να αναλάβει πρόσθετες τάσεις.

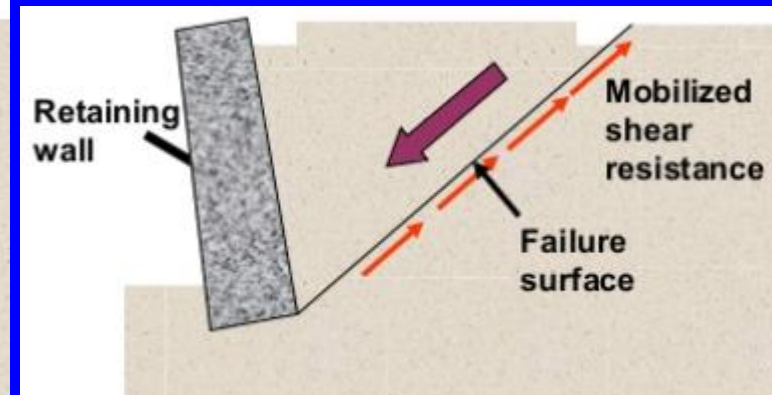
Η αστοχία προκαλείται με υπέρβαση της διατμητικής αντοχής

Συνέπειες της αστοχίας σε πρακτικά προβλήματα:



Αστοχία επιφανειακής θεμελίωσης (πέδιλο)

Αστοχία οδικού πρανούς



Αστοχία τοίχου αντιστηρίξεως γαιών

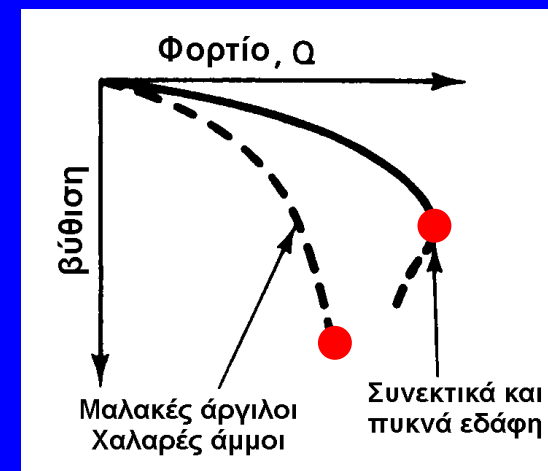
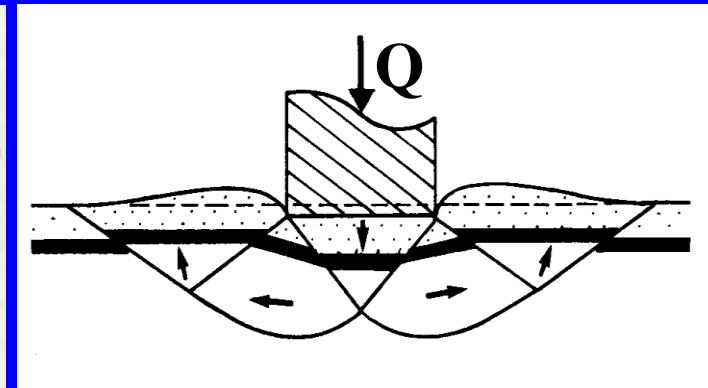
ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Αστοχία : Η κατάσταση κατά την οποία το έδαφος έχει φθάσει την αντοχή του και δεν μπορεί να αναλάβει πρόσθετα φορτία

Συνέπειες της αστοχίας σε πρακτικά προβλήματα :

1. Αστοχία επιφανειακού θεμελίου

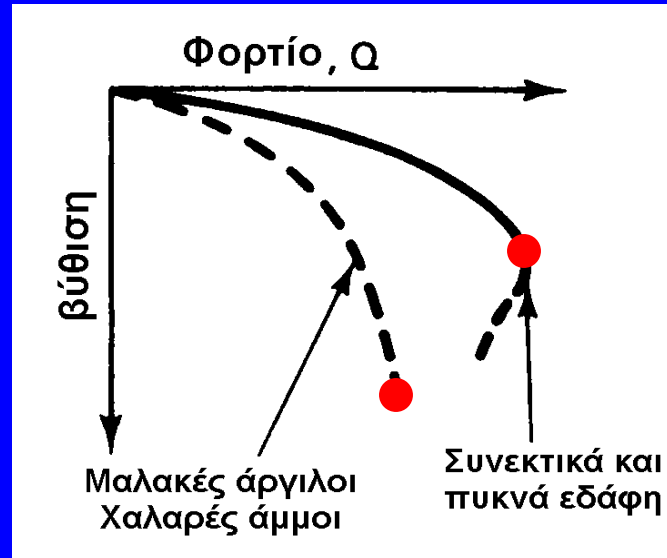
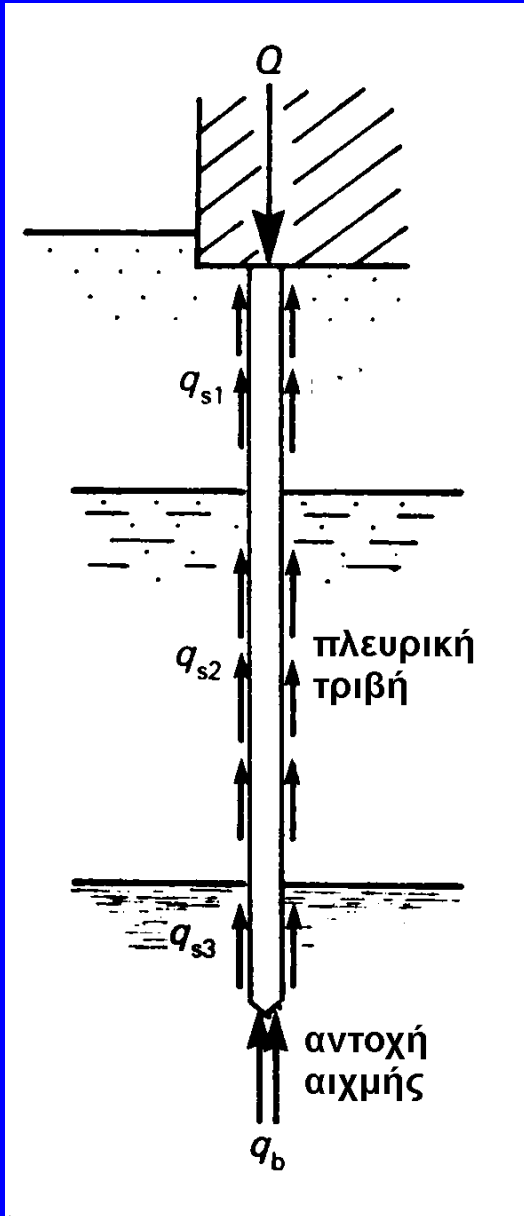
The North Transcona Grain Elevator (1913)



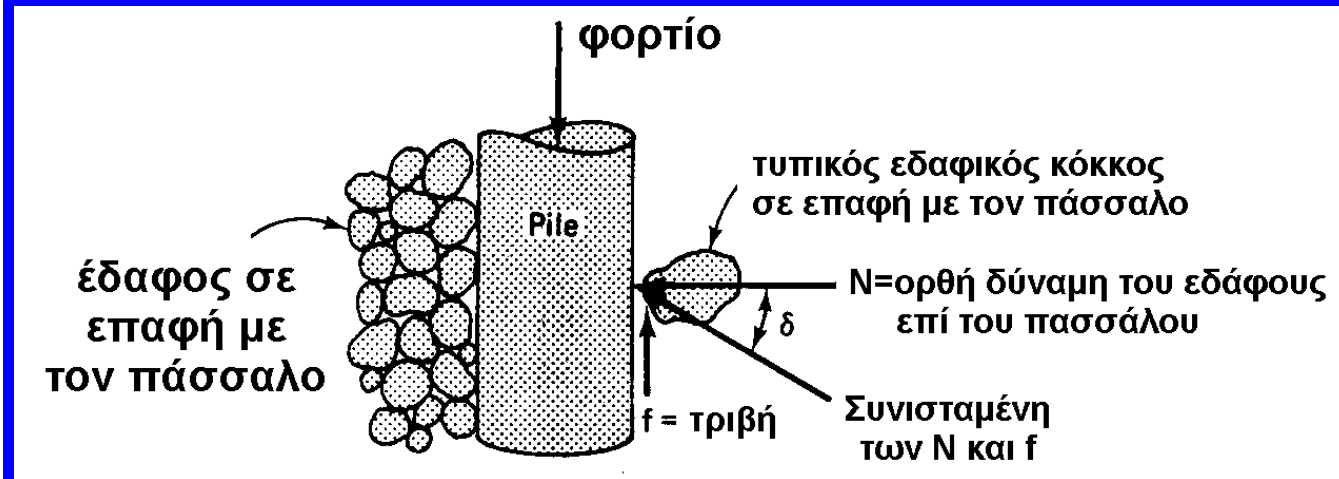
Στην αστοχία, η βύθιση του θεμελίου γίνεται πολύ μεγάλη

Συνέπειες της αστοχίας σε πρακτικά προβλήματα :

2. Αστοχία πασσάλου



Στην αστοχία, η βύθιση του πασσάλου γίνεται πολύ μεγάλη



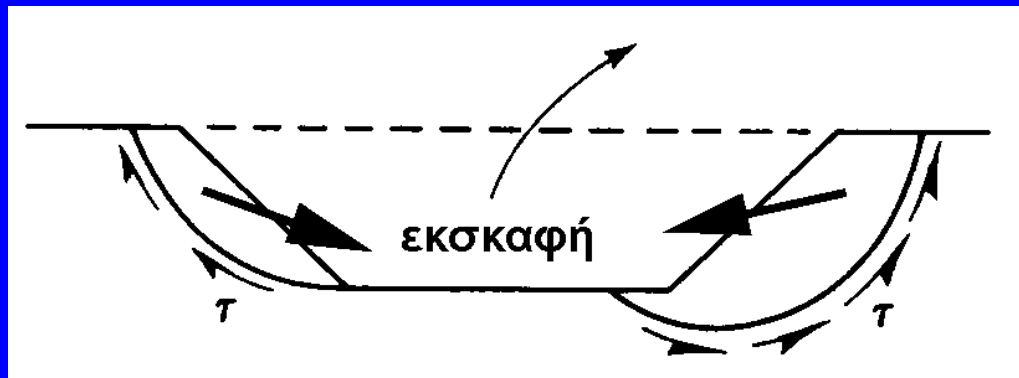
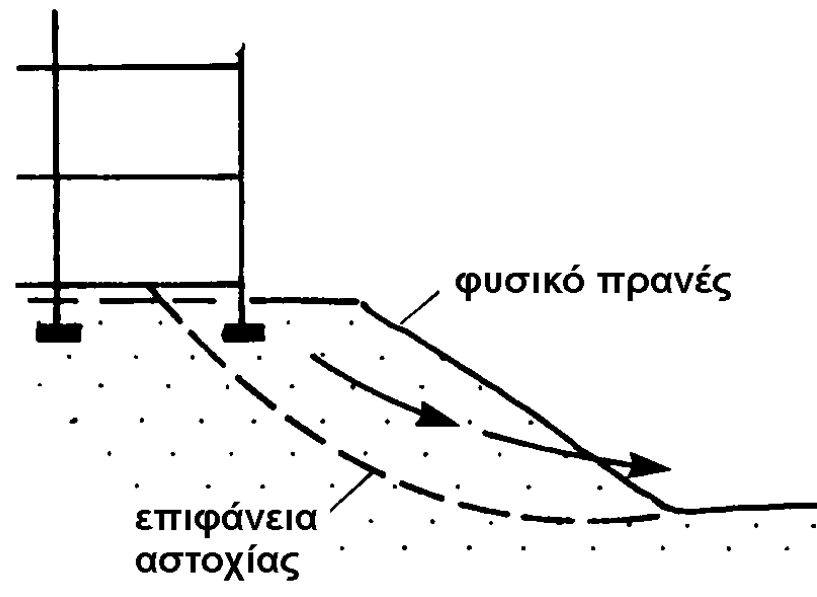
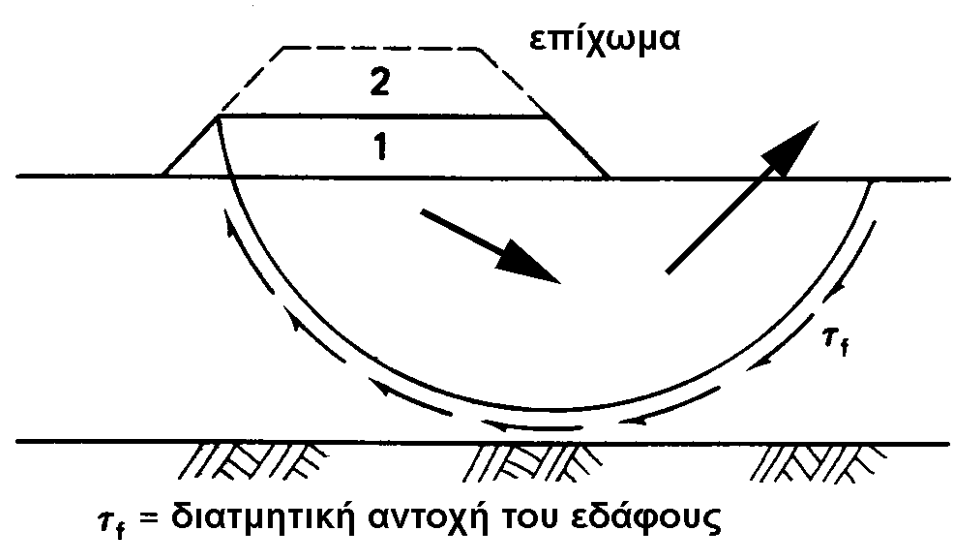
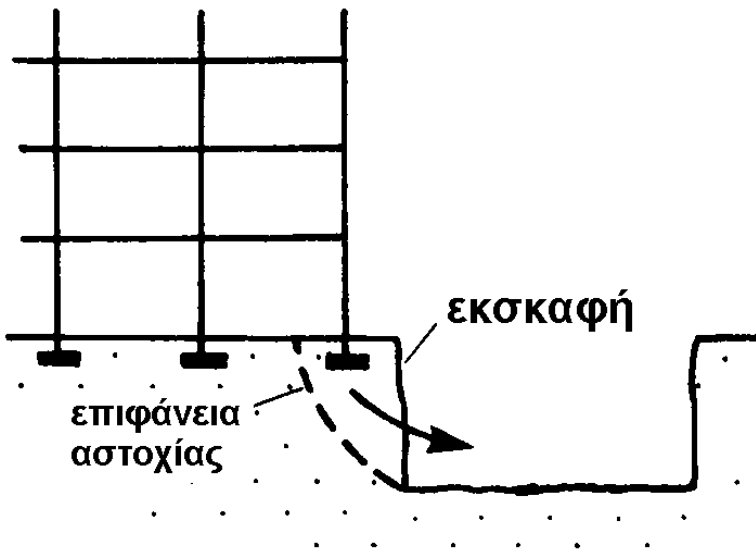
$$\tan \delta = \frac{\text{τριβή } f}{N}$$

$$f = N \tan \delta$$

Ανάπτυξη πλευρικής τριβής στον πάσσαλο

Συνέπειες της αστοχίας σε πρακτικά προβλήματα :

3. Αστοχία ορυγμάτων, επιχωμάτων και πρανών

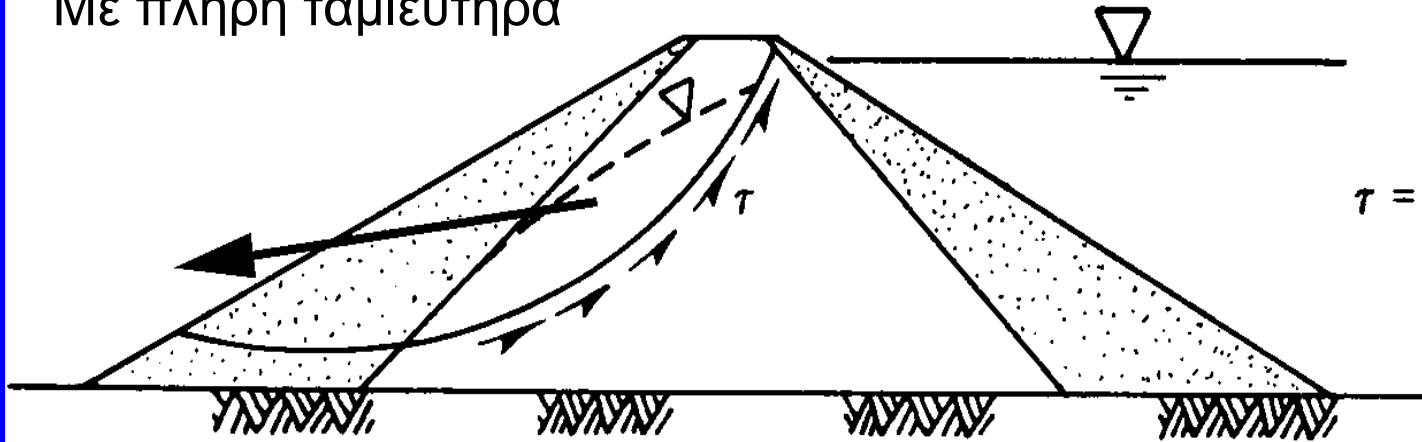


Το έδαφος αστοχεί όταν οι διατμητικές τάσεις φθάσουν την αντοχή του

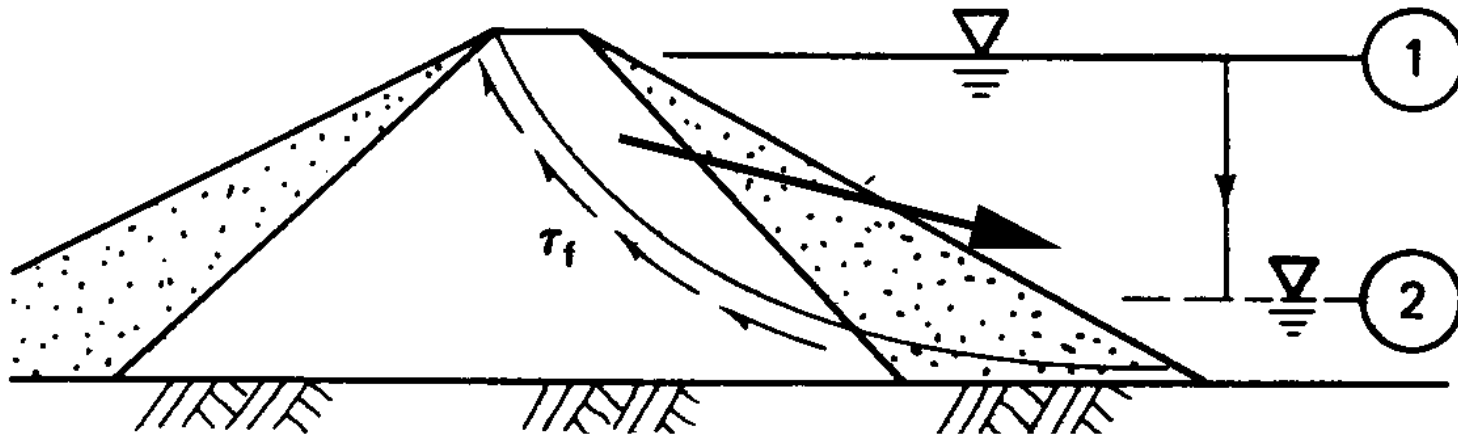
Συνέπειες της αστοχίας σε πρακτικά προβλήματα :

4. Αστοχία φραγμάτων

Με πλήρη ταμιευτήρα



τ = διατμητική αντοχή της αργίλου



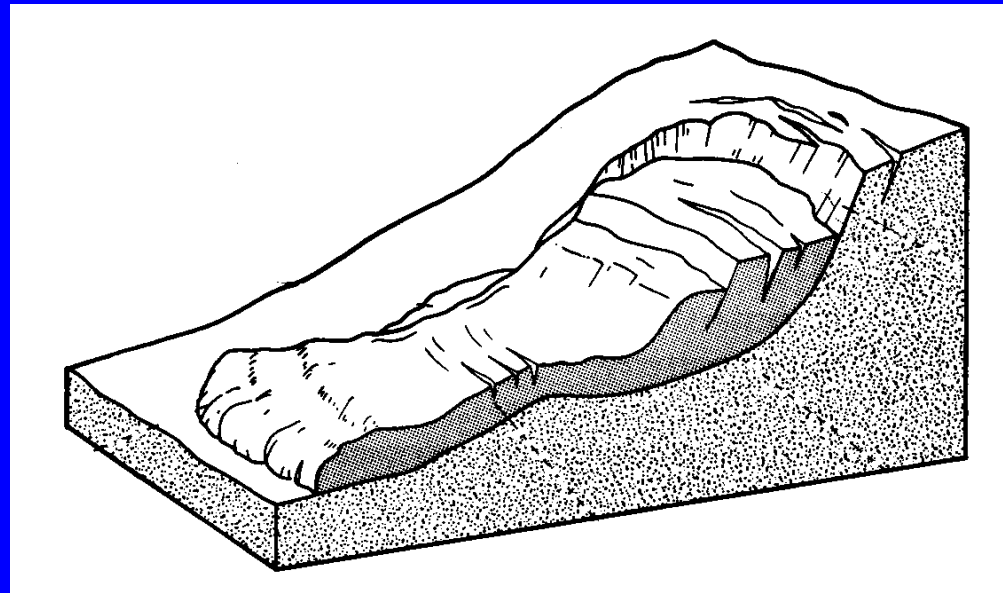
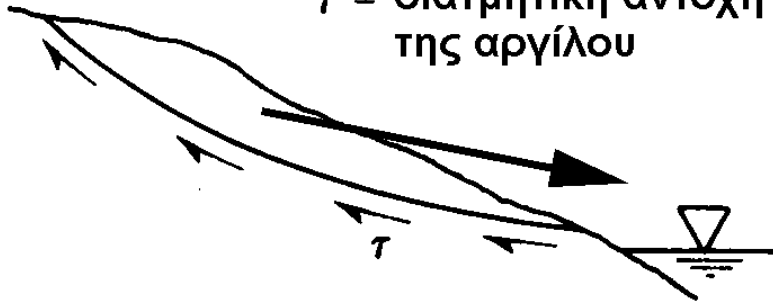
αστοχία λόγω ταπείνωσης της στάθμης του ταμιευτήρα ① → ②

Το έδαφος αστοχεί όταν οι διατμητικές τάσεις φθάσουν την αντοχή του

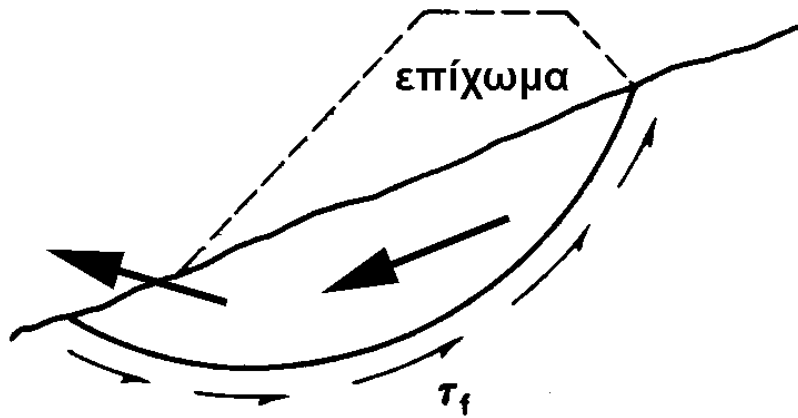
Συνέπειες της αστοχίας σε πρακτικά προβλήματα :

4. Κατολισθήσεις πρανών

τ = διατμητική αντοχή της αργίλου



επίχωμα



τ_f = διατμητική αντοχή του εδάφους

Κατολίσθηση πρανούς λόγω της κατασκευής του επιχώματος

Το έδαφος αστοχεί όταν οι διατμητικές τάσεις φθάσουν την αντοχή του

Οι διατμητικές τάσεις εξαρτώνται από τις φορτίσεις (ίδιο βάρος του εδάφους, πρόσθετα φορτία, κλπ)

Αστοχία οδικού πρανούς



Αστοχία τοίχου αντιστηρίξεως



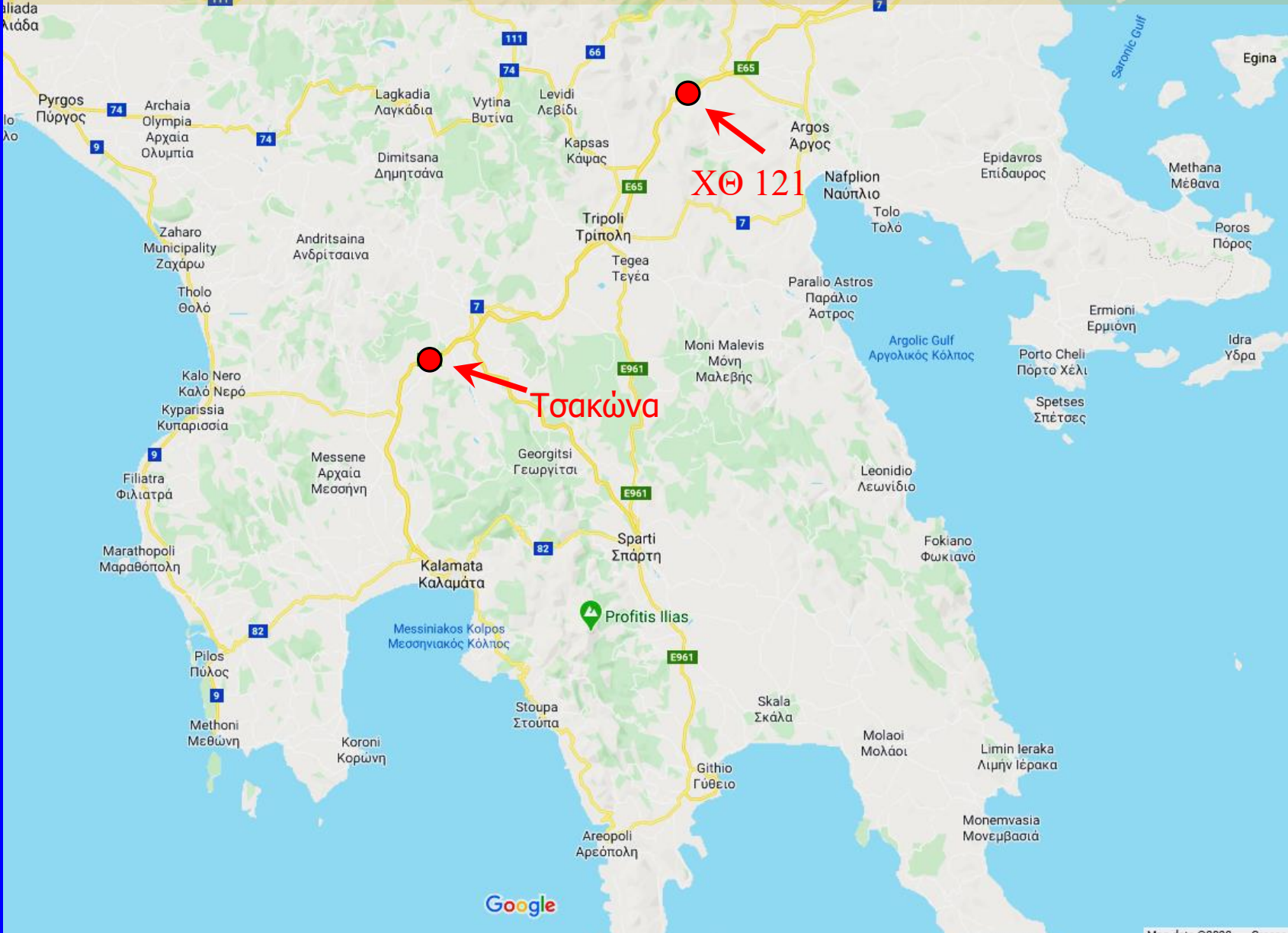
Αστοχία τοίχου αντιστηρίξεως



Αστοχία τοίχου αντιστηρίξεως γαιών



Δύο παραδείγματα αστοχίας (κατολισθησης) του αυτοκινητοδρόμου Κόρινθος – Τρίπολη – Καλαμάτα τον Φεβρουάριο 2003 (μετά από πολύ έντονες βροχοπτώσεις)



Αυτοκινητόδρομος Κορίνθου-Τρίπολης - Καθιζήσεις τον Απρίλιο 1999



ΧΘ 121

Αυτοκινητόδρομος Κορίνθου-Τρίπολης - Καθιζήσεις τον Απρίλιο 1999



April 1999

Αυτοκινητόδρομος Κορίνθου-Τρίπολης - Καθιζήσεις τον Απρίλιο 1999



Αυτοκινητόδρομος Κορίνθου-Τρίπολης - Αστοχία τον Φεβρουάριο 2003



28-2-2003

Αυτοκινητόδρομος Κορίνθου-Τρίπολης

Αστοχία τον Φεβρουάριο 2003



Αυτοκινητόδρομος Κορίνθου-Τρίπολης

Αστοχία τον Φεβρουάριο 2003



Προσωρινή αποκατάσταση του παράδρομου με συστοιχία πασσάλων



Αυτοκινητόδρομος Τρίπολης – Καλαμάτας (θέση Τσακώνα) Αστοχία τον Φεβρουάριο 2003



29-1-2003 Looking North

Αυτοκινητόδρομος Τρίπολης – Καλαμάτας
Αστοχία τον Φεβρουάριο 2003



29-1-2003 Looking South

Αυτοκινητόδρομος Τρίπολης – Καλαμάτας Αστοχία τον Φεβρουάριο 2003



29-1-2003 Looking South

Αυτοκινητόδρομος Τρίπολης – Καλαμάτας Αστοχία τον Φεβρουάριο 2003

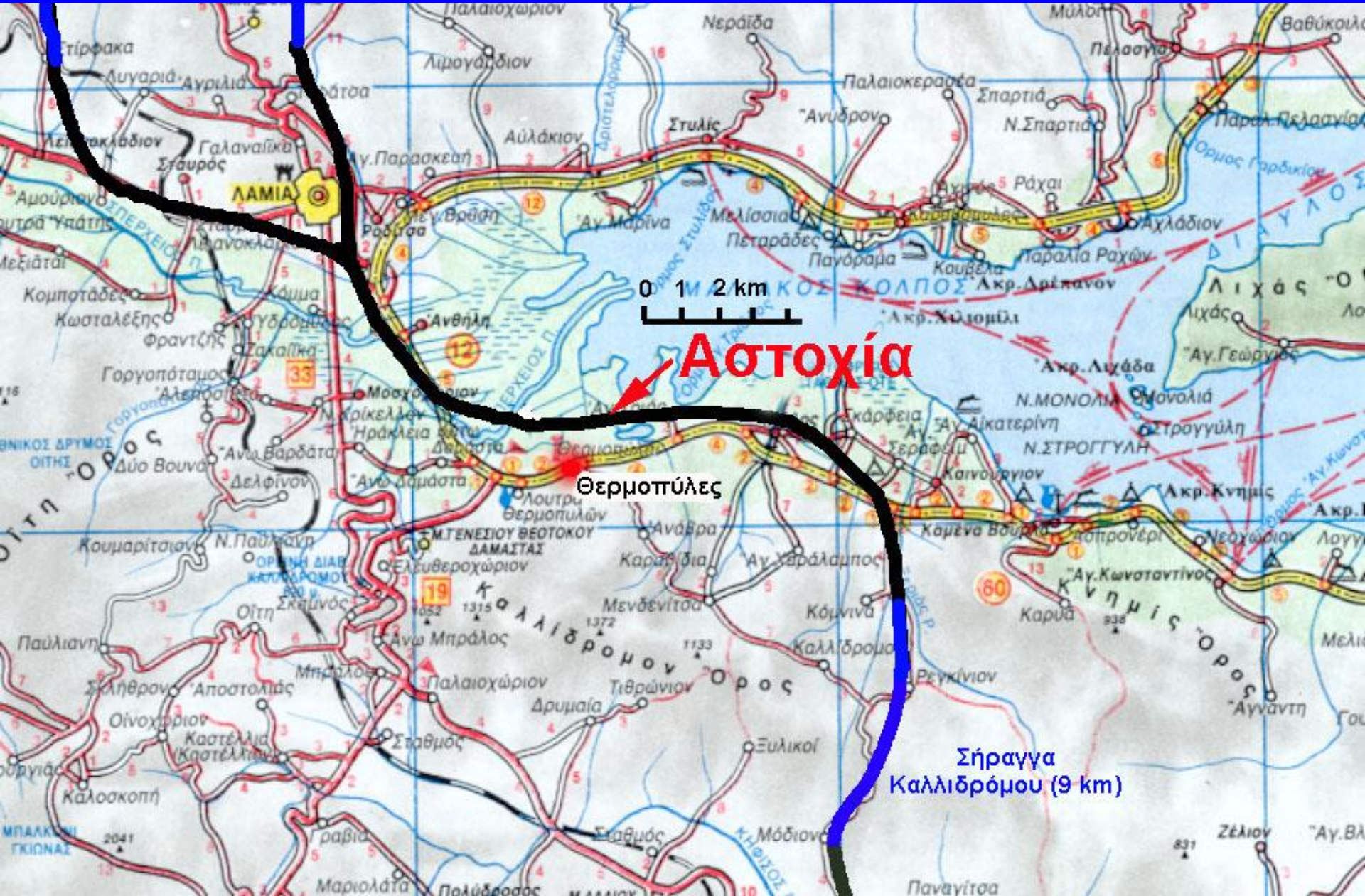


Αυτοκινητόδρομος Τρίπολης – Καλαμάτας Αστοχία τον Φεβρουάριο 2003

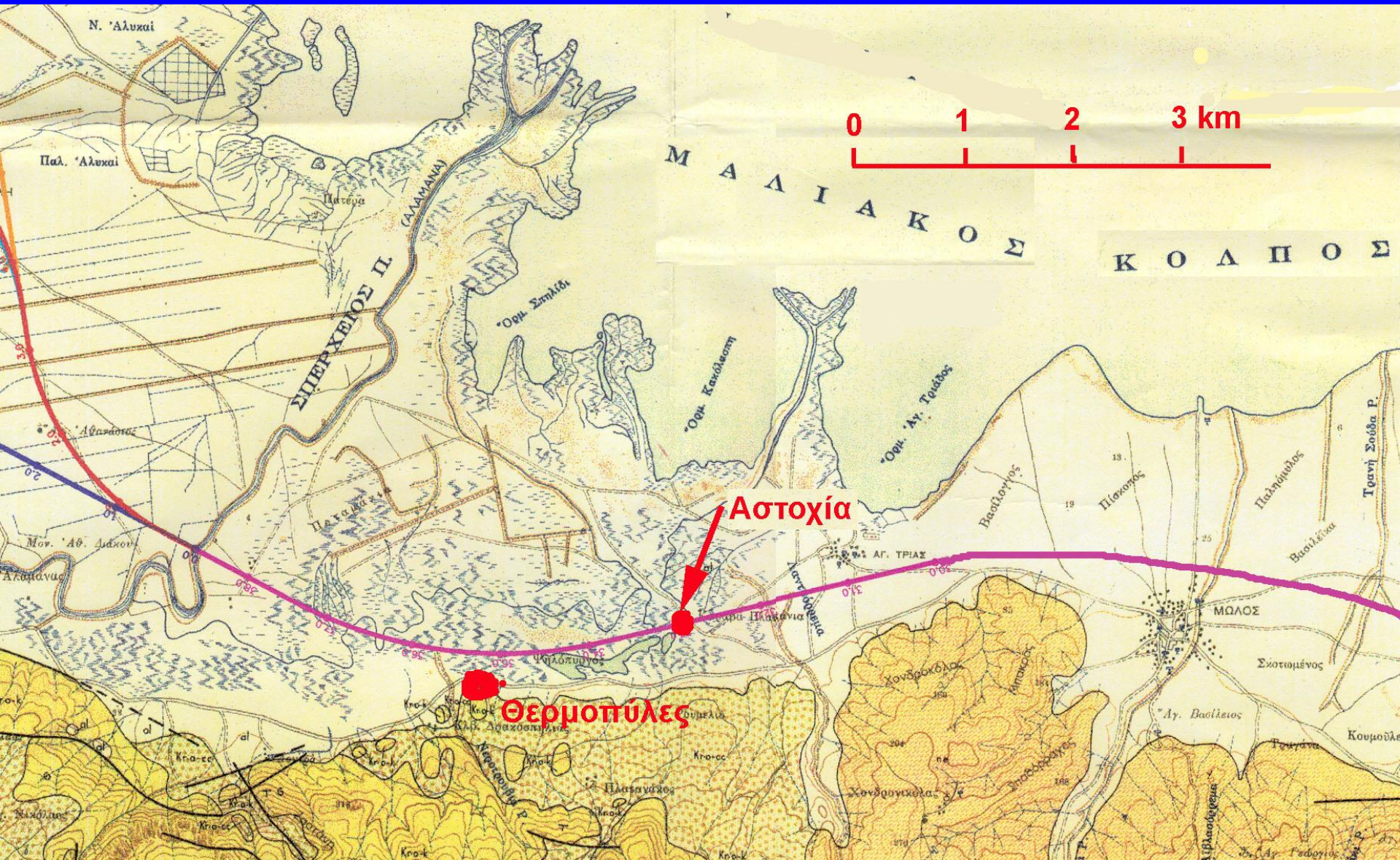


1-3-2003

Σιδηροδρομικό επίχωμα Θερμοπυλών - Αστοχία τον Ιούλιο 2000



Σιδηροδρομικό επίχωμα Θερμοπυλών - Αστοχία τον Ιούλιο 2000



Σιδηροδρομικό επίχωμα Θερμοπυλών - Αστοχία τον Ιούλιο 2000



Επίχωμα Θερμοπυλών στον ΠΑΘΕ (θέση Μώλος)
Αστοχία τον Δεκέμβριο 2007



Επίχωμα Θερμοπυλών στον ΠΑΘΕ - Αστοχία τον Δεκέμβριο 2007



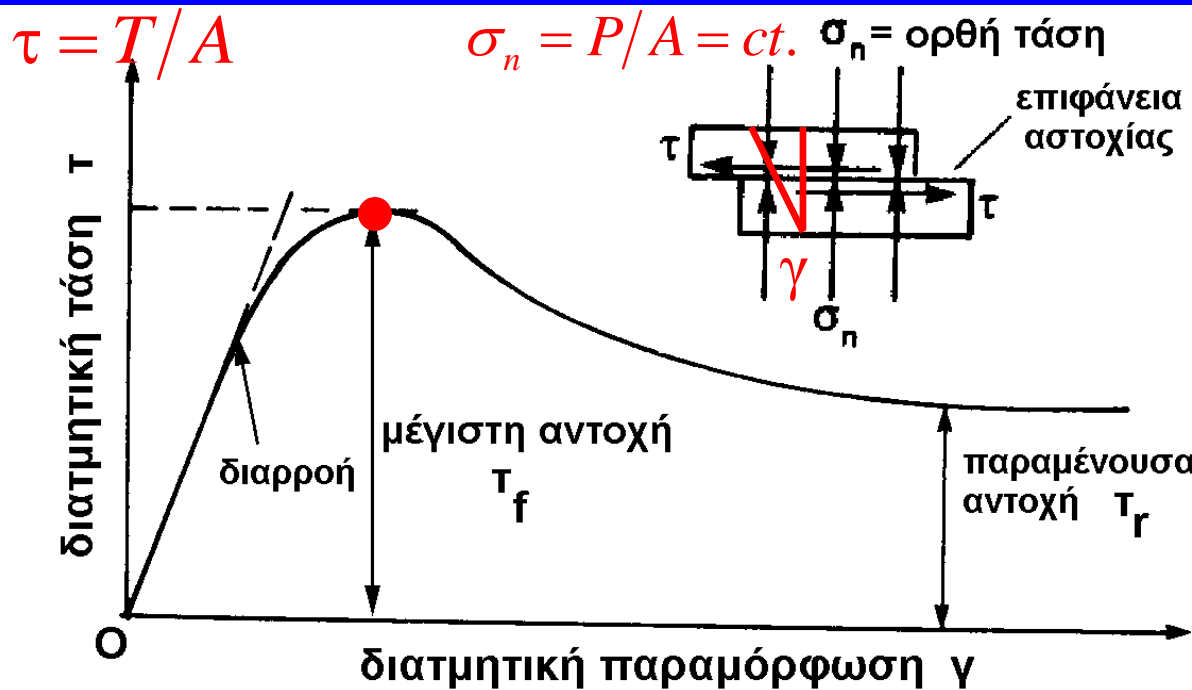
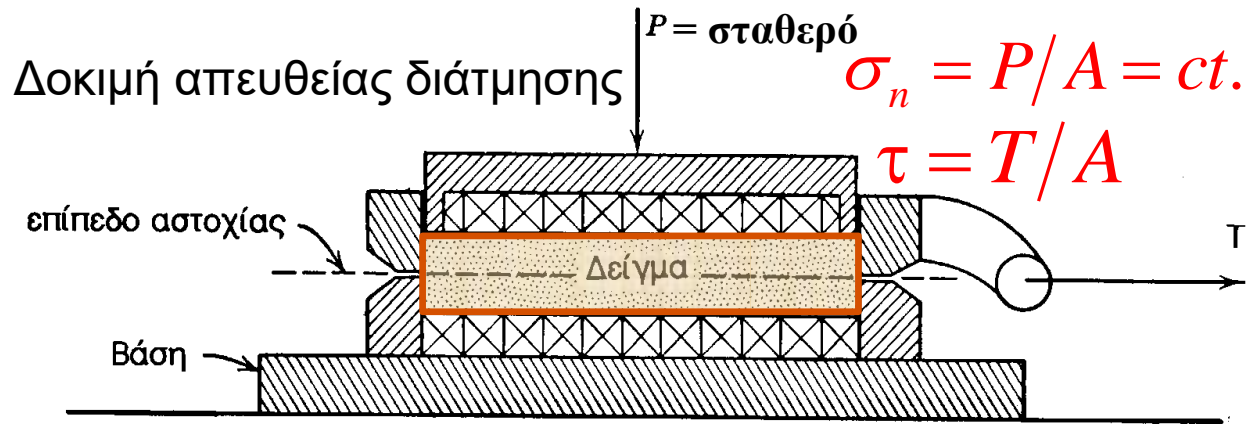
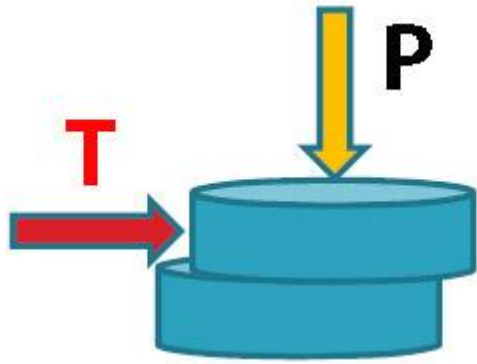
Επίχωμα Θερμοπυλών στον ΠΑΘΕ - Αστοχία τον Δεκέμβριο 2007



Επίχωμα Θερμοπυλών στον ΠΑΘΕ - Αστοχία τον Δεκέμβριο 2007



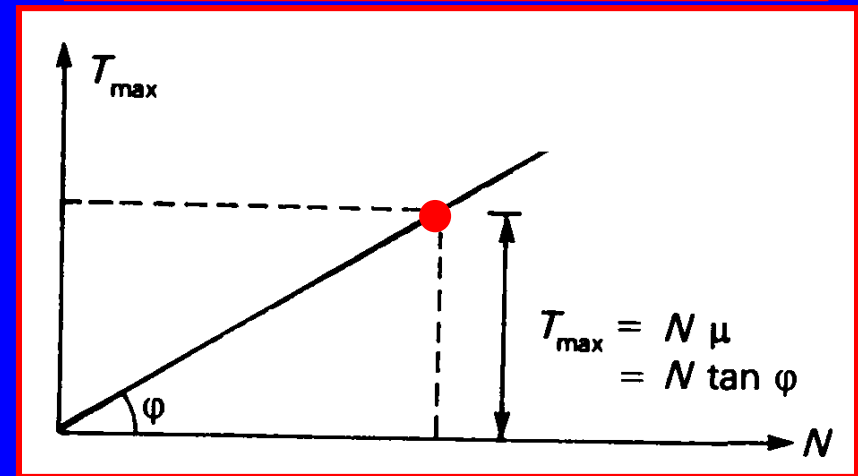
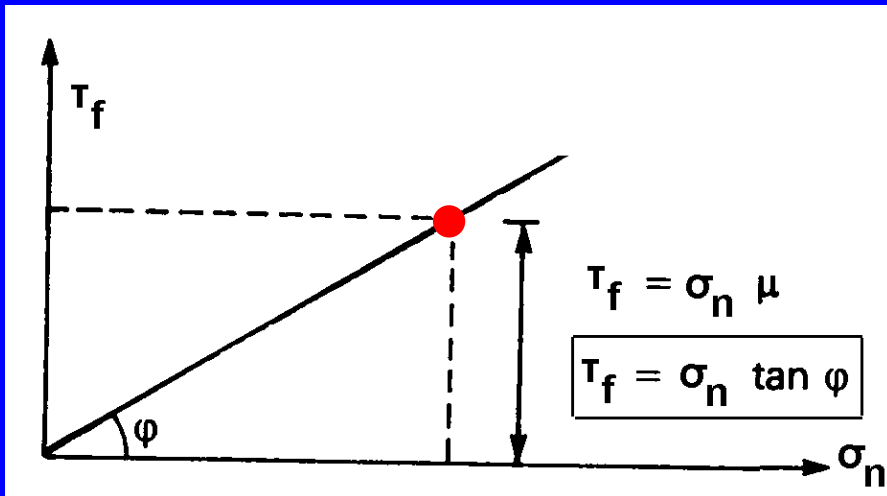
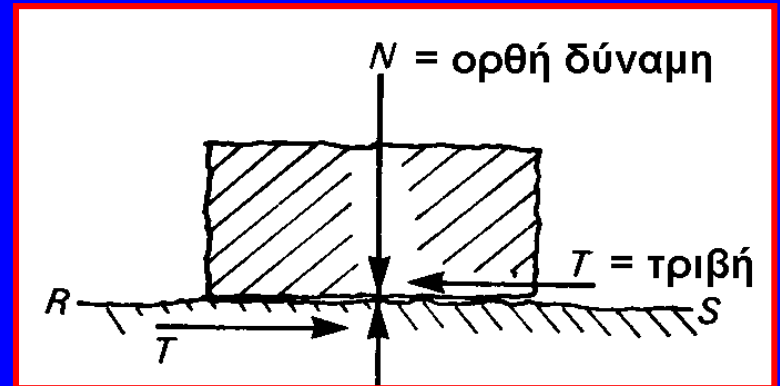
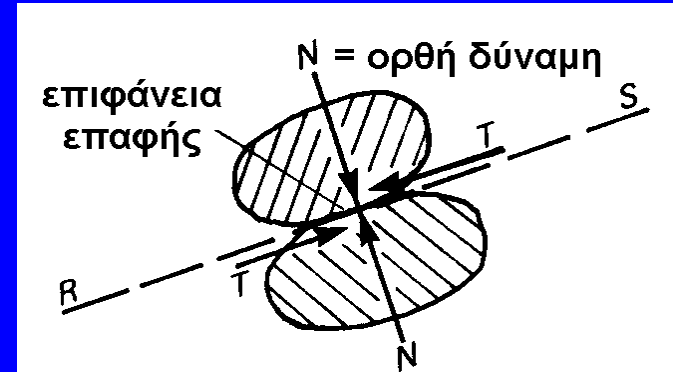
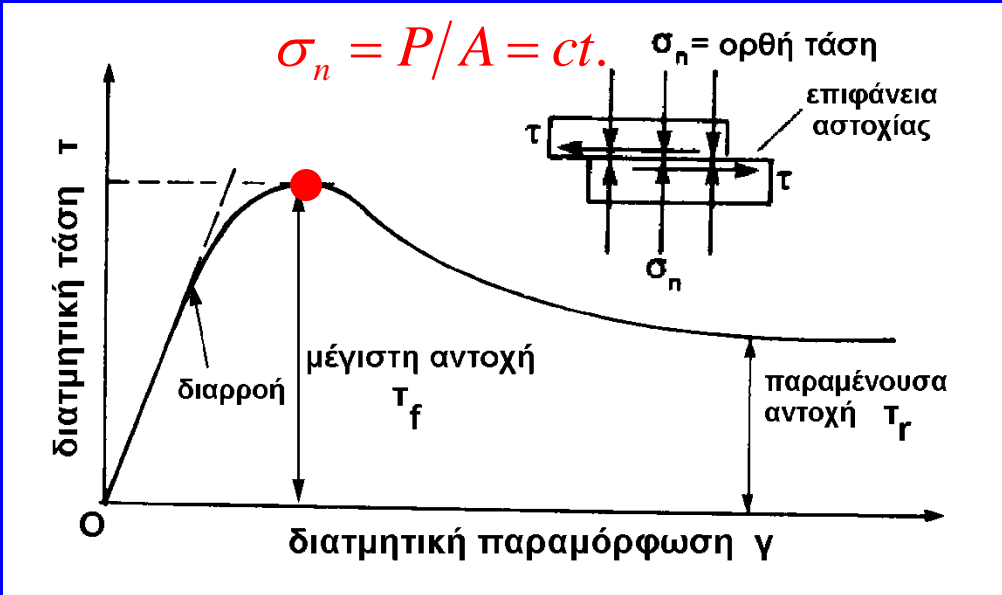
Από τί εξαρτάται η αντοχή του εδάφους ;



Αστοχία :

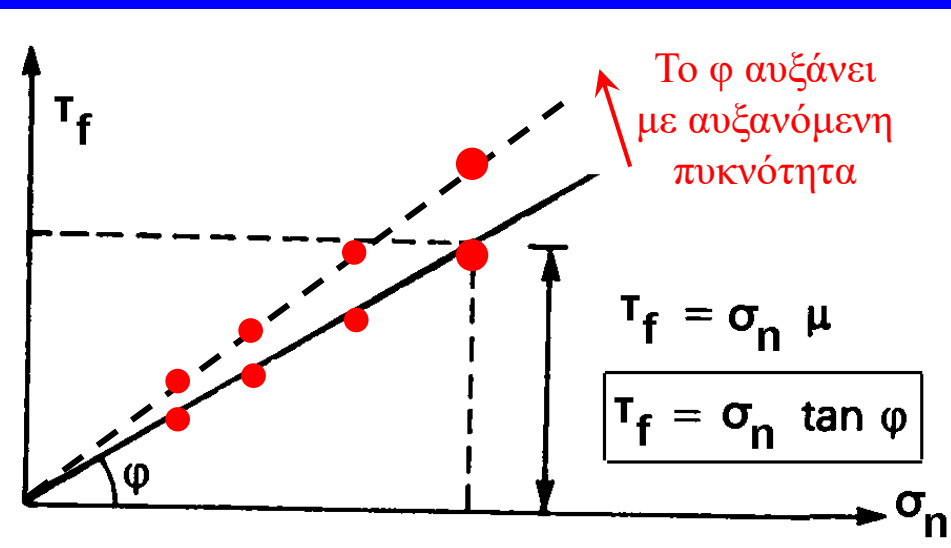
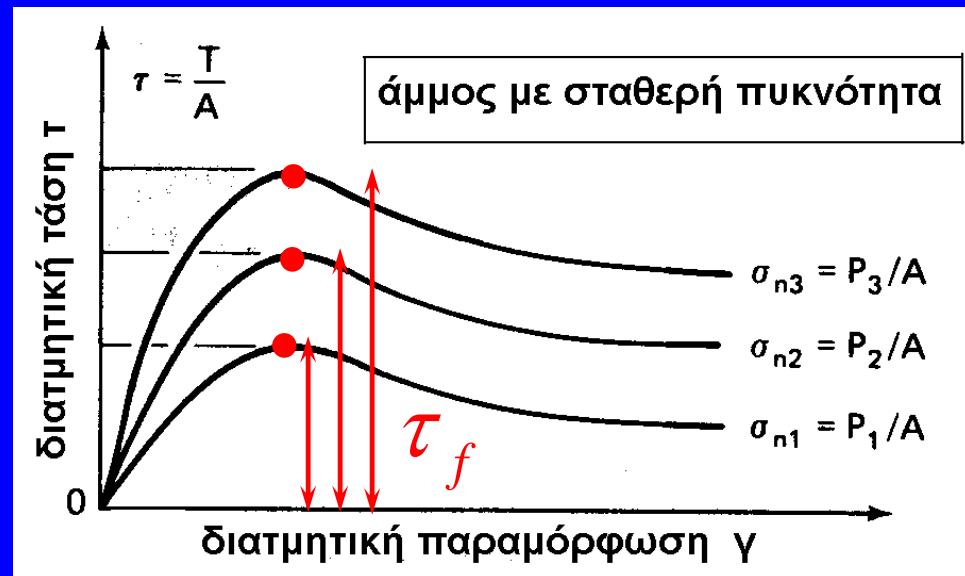
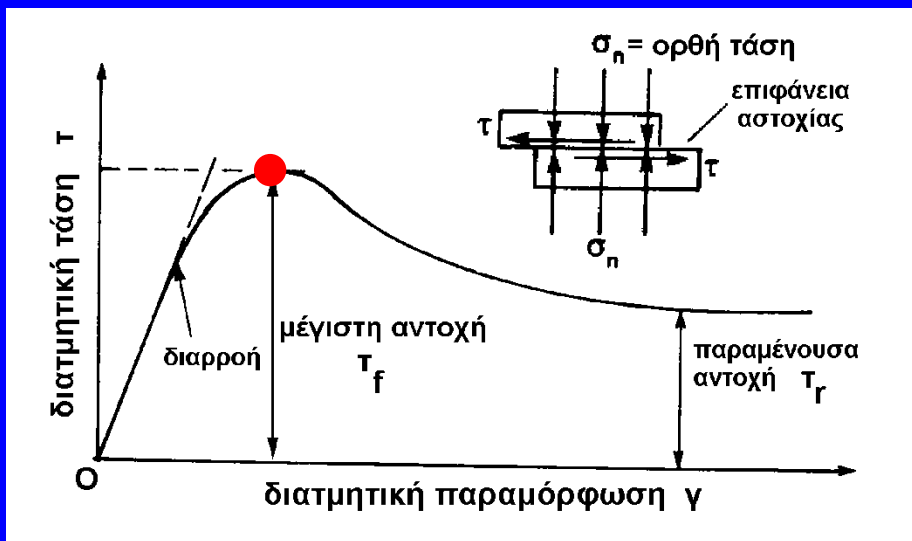
Η κατάσταση κατά την οποία το έδαφος έχει φθάσει την αντοχή του και δεν μπορεί να αναλάβει πρόσθετα φορτία (δηλαδή δεν μπορεί να αναλάβει μεγαλύτερες τάσεις)

Η αντοχή του εδάφους είναι τύπου τριβής, αφού :
 “η τριβή είναι ανάλογη της ορθής δύναμης”



ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Από τί εξαρτάται η αντοχή του εδάφους ;



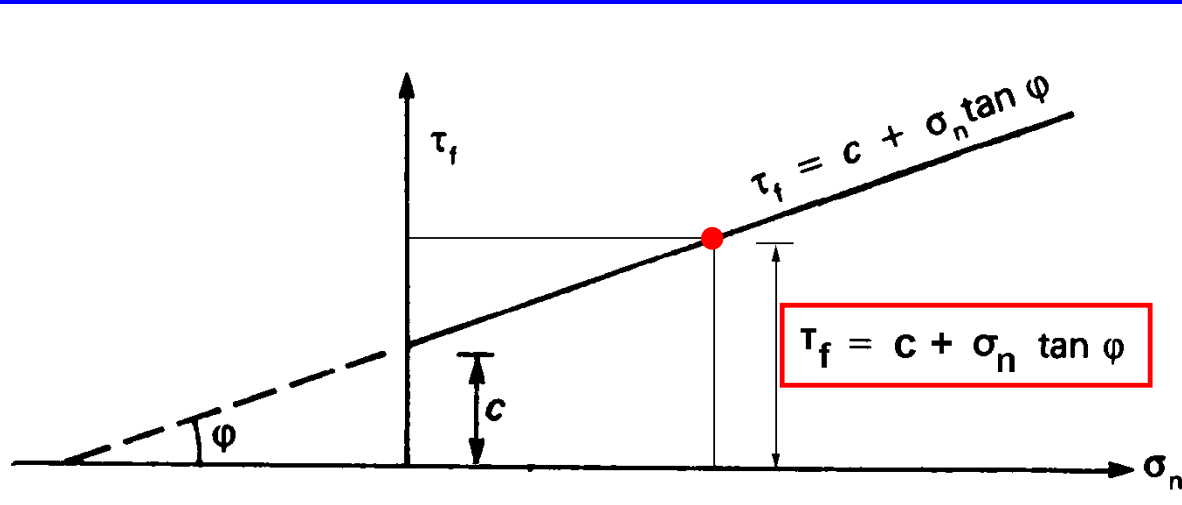
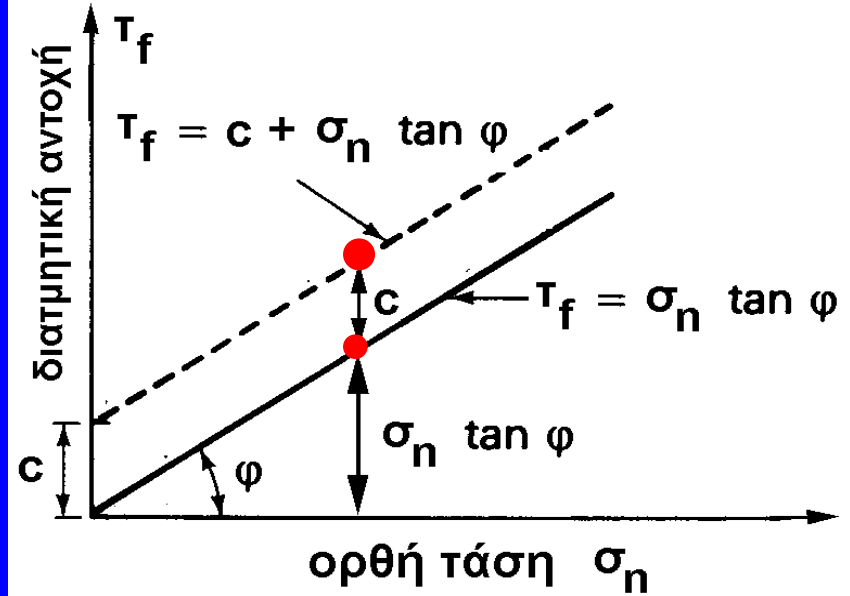
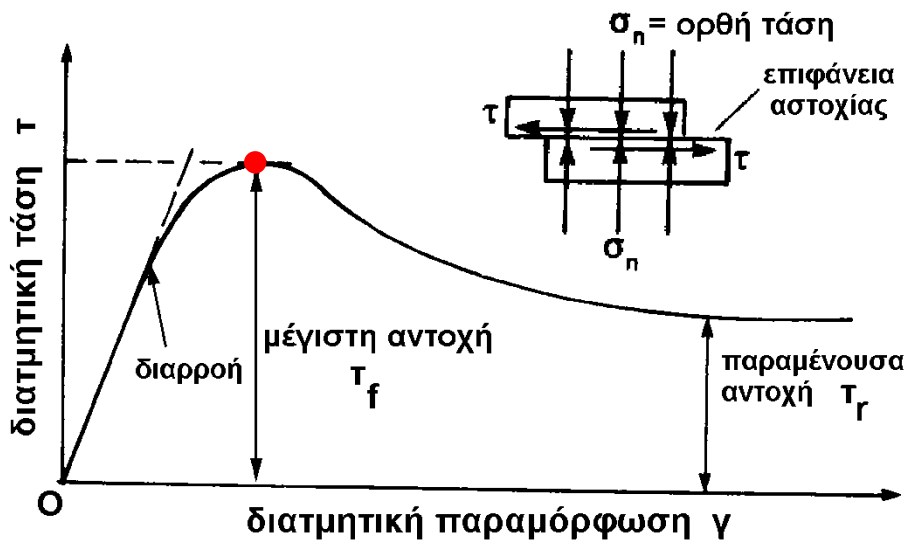
Η αντοχή του εδάφους είναι ανάλογη της ορθής τάσης

$$\tau_f = \sigma_n \tan \phi$$

Παράμετρος αντοχής :
 ϕ = γωνία τριβής

$$\phi = 20^\circ - 40^\circ \rightarrow \tan \phi = 0.36 - 0.84$$

Η επιρροή της συγκόλλησης μεταξύ των κόκκων



Παράμετροι αντοχής :

ϕ = γωνία τριβής

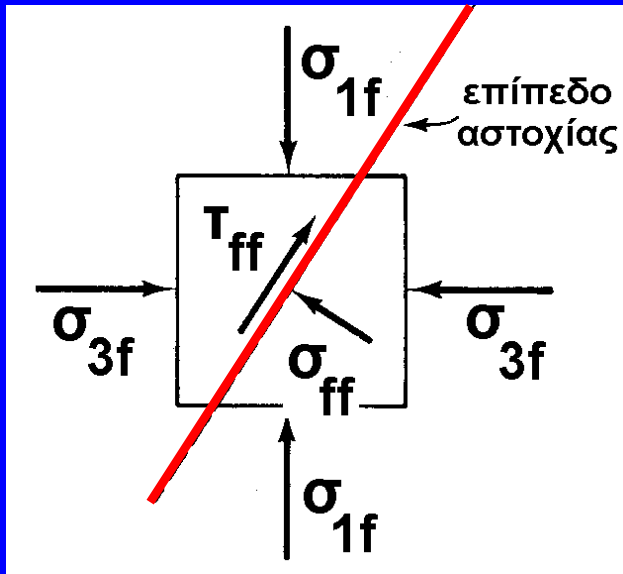
c = συνοχή

$$\tau_f = c + \sigma_n \tan \phi$$

Η αντοχή του εδάφους είναι ανάλογη της ορθής τάσης με την προσθήκη ενός όρου που εκφράζει το βαθμό συγκόλλησης μεταξύ των κόκκων

ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Γενίκευση του νόμου της τριβής σε πολυδιάστατη εντατική κατάσταση :

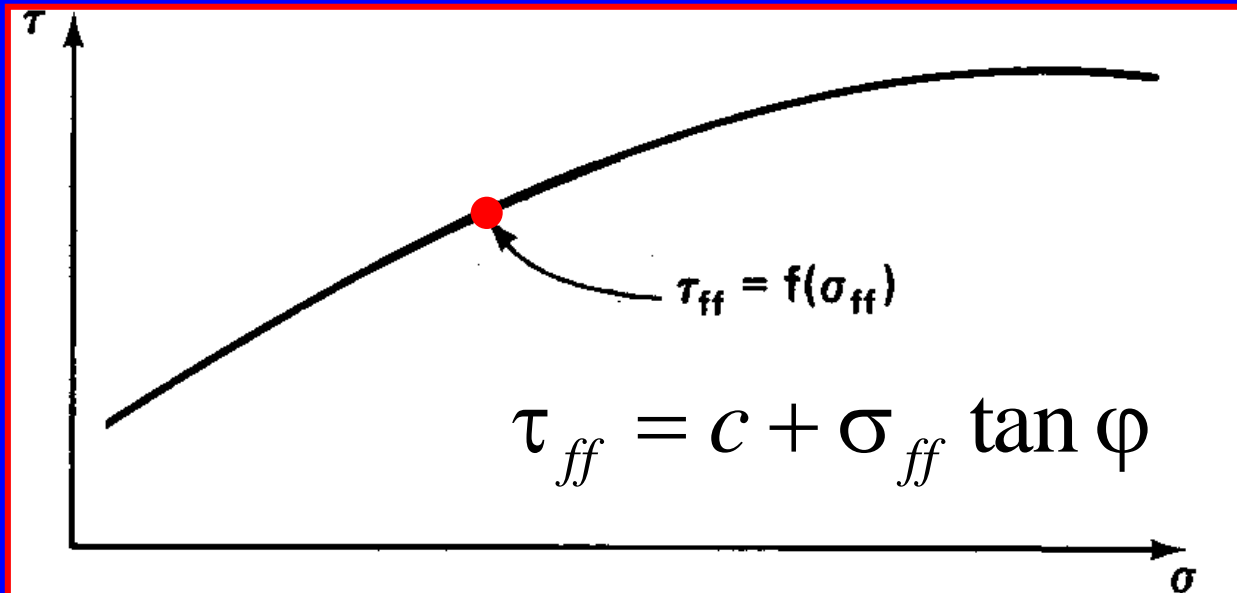


Ένα εδαφικό στοιχείο αστοχεί αν σε κάποιο επίπεδο (επίπεδο αστοχίας) ισχύει :

$$\tau_{ff} = c + \sigma_{ff} \tan \varphi$$

ενώ σε οποιοδήποτε άλλο επίπεδο ισχύει :

$$\tau < c + \sigma \tan \varphi$$



(σ, τ) = τάσεις σε ένα τυχαίο επίπεδο

(σ_{ff}, τ_{ff}) = τάσεις στο επίπεδο αστοχίας

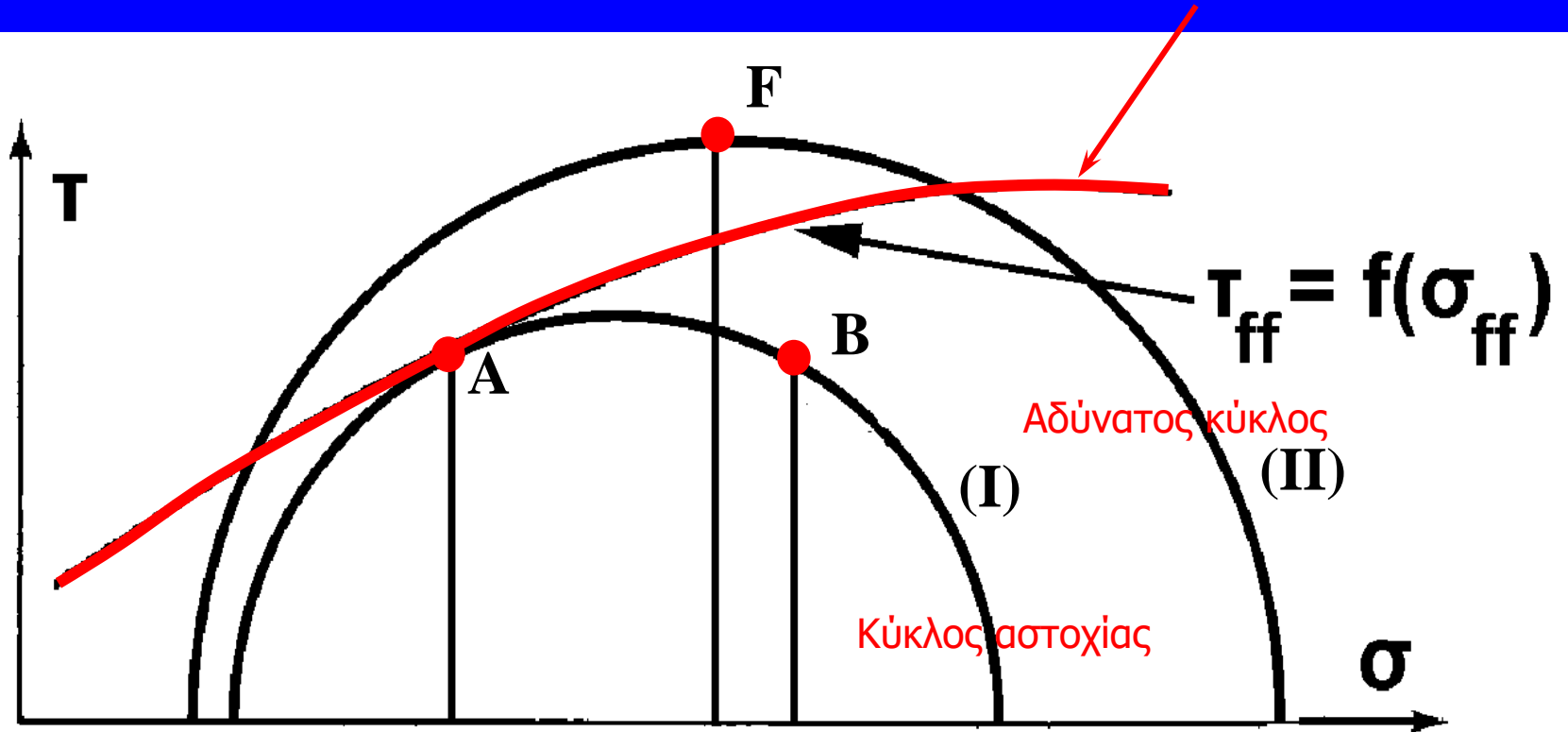
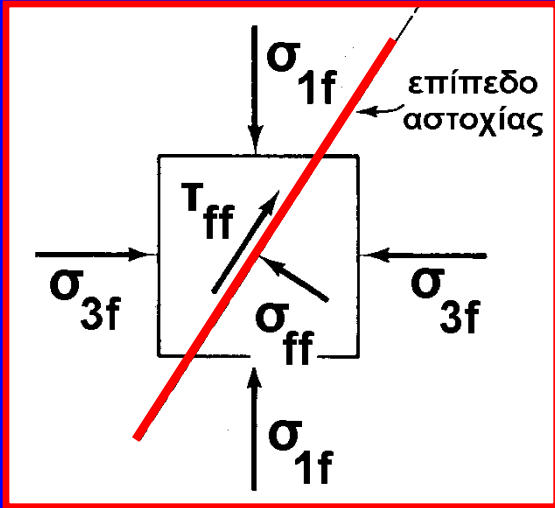
Ένα εδαφικό στοιχείο αστοχεί αν σε κάποιο επίπεδο ισχύει :

$$\tau_{ff} = c + \sigma_{ff} \tan \varphi$$

ενώ σε οποιοδήποτε άλλο επίπεδο ισχύει :

$$\tau < c + \sigma \tan \varphi$$

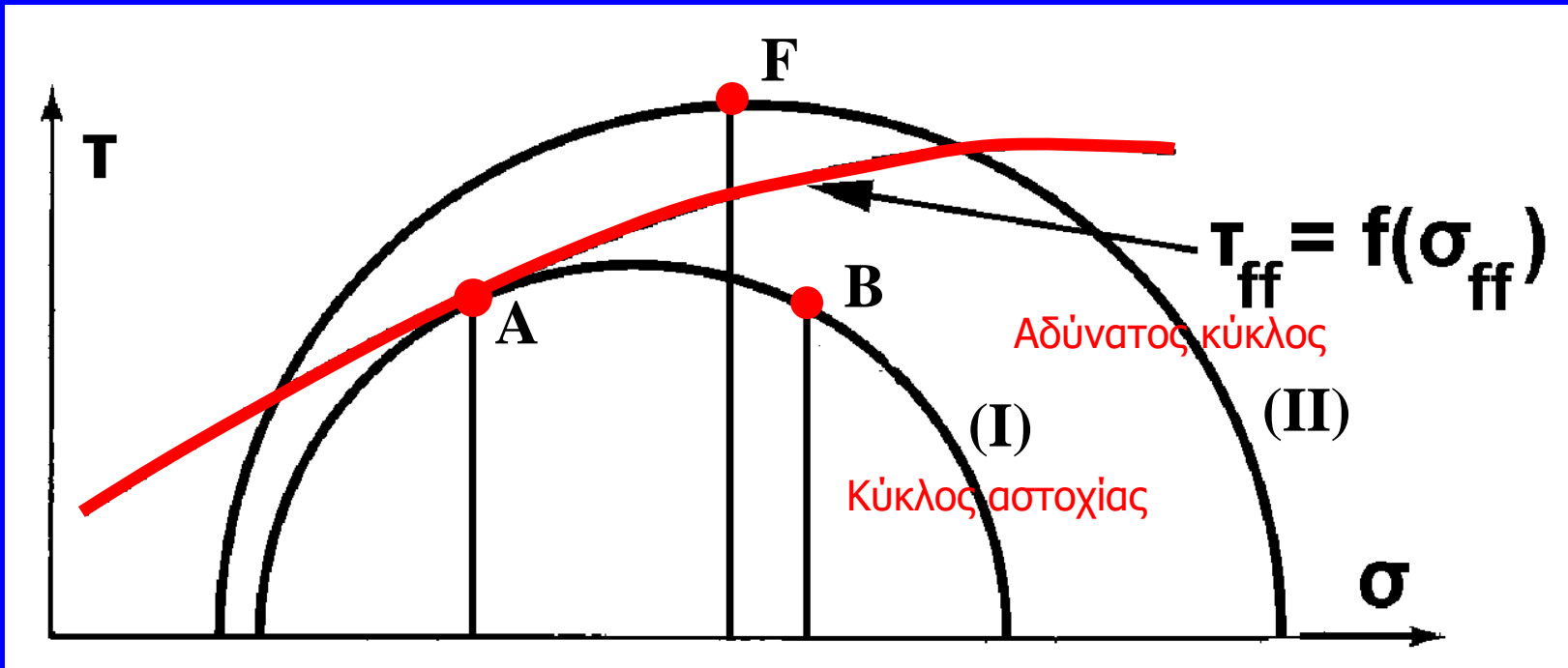
- Τα διάφορα επίπεδα παριστάνονται ως σημεία του κύκλου Mohr
- Κατά την αστοχία, ο κύκλος Mohr πρέπει να εφάπτεται στην «περιβάλλουσα αστοχίας»



Ένα εδαφικό στοιχείο αστοχεί αν σε κάποιο επίπεδο ισχύει :

$$\tau_{ff} = c + \sigma_{ff} \tan \varphi$$

ενώ σε οποιοδήποτε άλλο επίπεδο ισχύει : $\tau < c + \sigma \tan \varphi$



Στο σημείο A : $\tau = c + \sigma \tan \varphi$

Στο σημείο B : $\tau < c + \sigma \tan \varphi$

Στο σημείο F : $\tau > c + \sigma \tan \varphi$

Ο κύκλος (I) αστοχεί

Ο κύκλος (II) δεν μπορεί να συμβεί