



«Η παραμένουσα αντοχή συνεκτικών εδαφών»

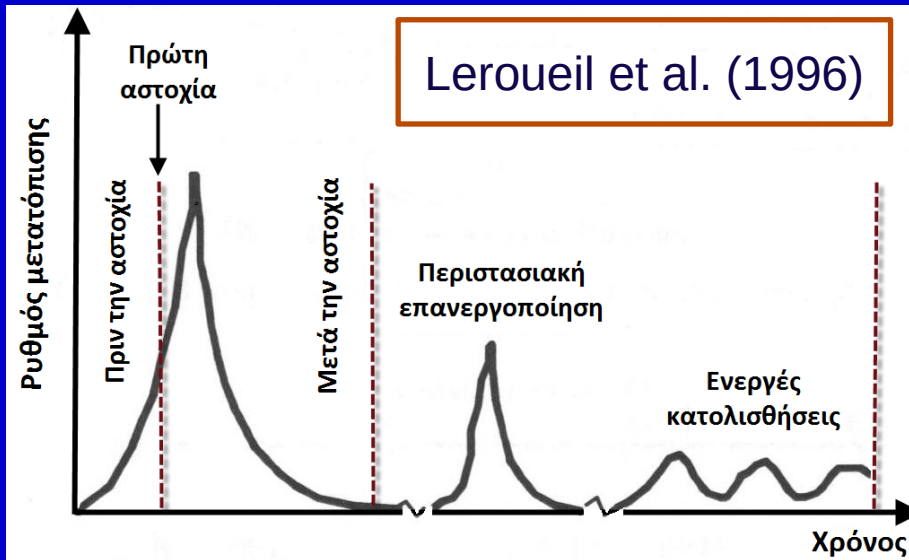
Θεοδώρα Τίκα, καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Αθήνα, 25 Απριλίου 2012

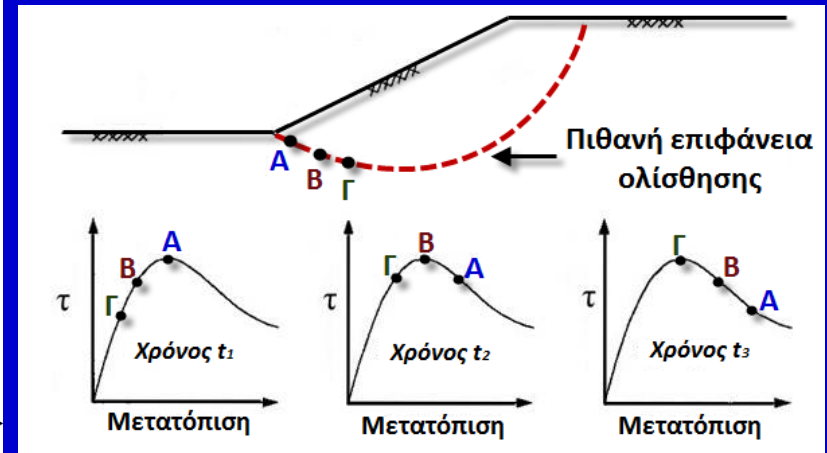
Περιεχόμενα

- ❑ Ενεργοποίηση παραμένουσας αντοχής
- ❑ Μέτρηση παραμένουσας αντοχής στο Εργαστήριο
- ❑ Μηχανισμοί διάτμησης στην παραμένουσα κατάσταση
- ❑ Παράγοντες που επηρεάζουν την παραμένουσα αντοχή
- ❑ Παραμένουσα αντοχή & κρίσιμη αντοχή
- ❑ Παραμένουσα αντοχή και μετά την αστοχία αντοχή
- ❑ Πρακτικές συνέπειες της στη Γεωτεχνική Μηχανική:
 - ✓ *Μετακίνηση πρανών*
 - ✓ *Θεμελιώσεις με πασσάλους*

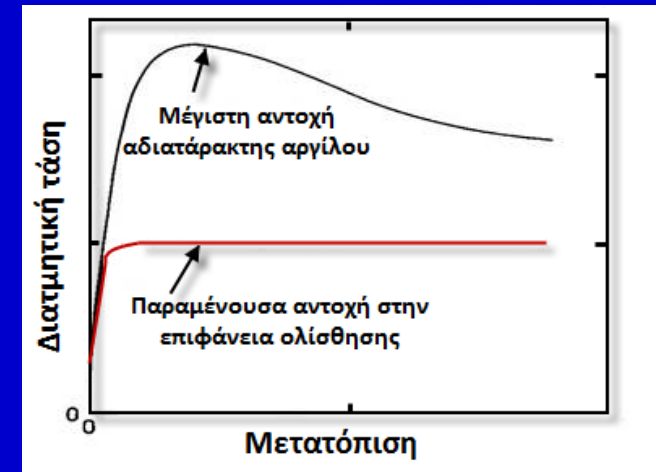
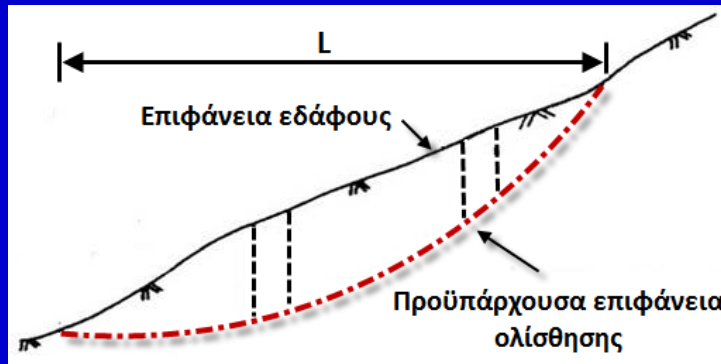
Στάδια μετακίνησης πρανών



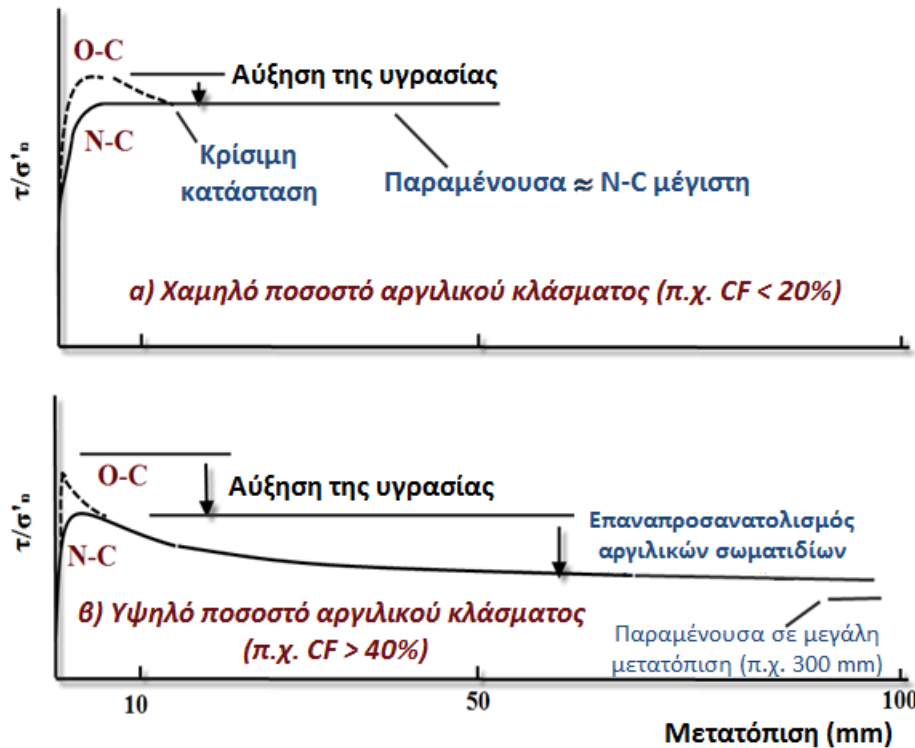
- ✓ Ολισθήσεις σε υλικά, τα οποία δεν έχουν υποστεί προηγουμένως καμιά μετατόπιση



- ✓ Ολισθήσεις σε υλικά, τα οποία έχουν υποστεί προηγουμένως μετατόπιση, π.χ. προϋπάρχουσες ζώνες διάτμησης



Ενεργοποίηση της παραμένουσας αντοχής σε συνθήκες πλήρους στράγγισης (Skempton, 1964 & 1985)



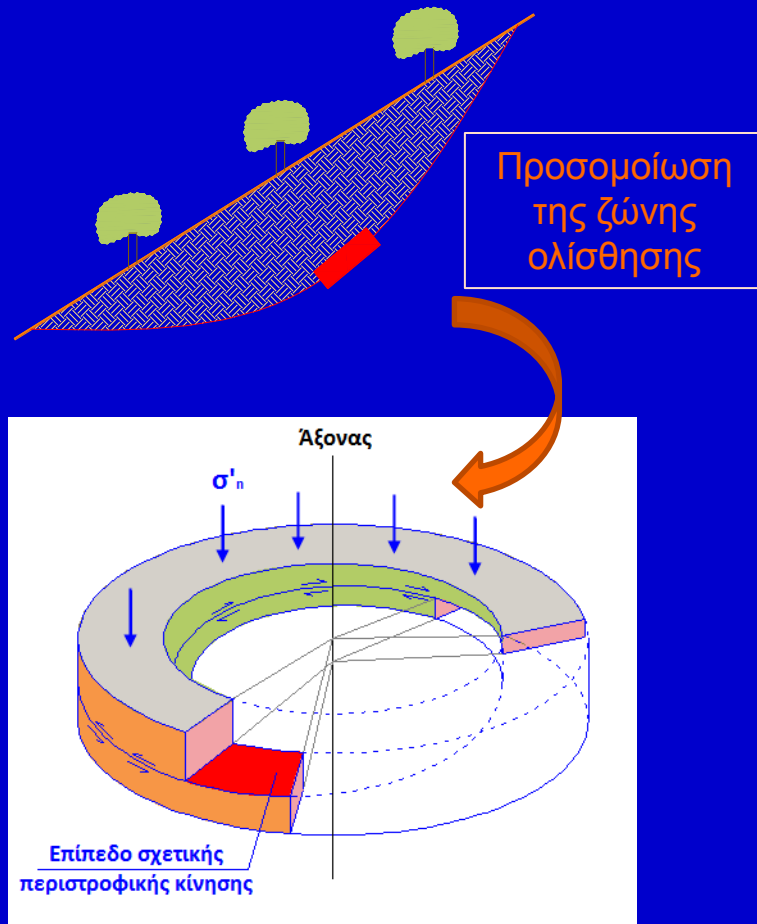
Over consolidated (O-C) : Υπερστερεοποιημένα εδάφη
Normally consolidated (N-C) : Κανονικά στερεοποιημένα εδάφη

Τυπικές μετατοπίσεις κατά τη διάτμηση αδιατάρακτων αργίλων με $CF > 30\%$ (ενεργή ορθή τάση: $\sigma' < 600 \text{ KPa}$)

Στάδιο	Μετατόπιση (mm)	
	O-C	N-C
Μέγιστη αντοχή	0.5-3	3-6
Πρακτικά αμελητέος ρυθμός μεταβολής του όγκου	4-10	
$\varphi'_r + 1^\circ$	30-200	
Παραμένουσα φ'_r	100-500	
Αδιατάρακτοι άργιλοι $\sigma' < 600 \text{ kPa}$		

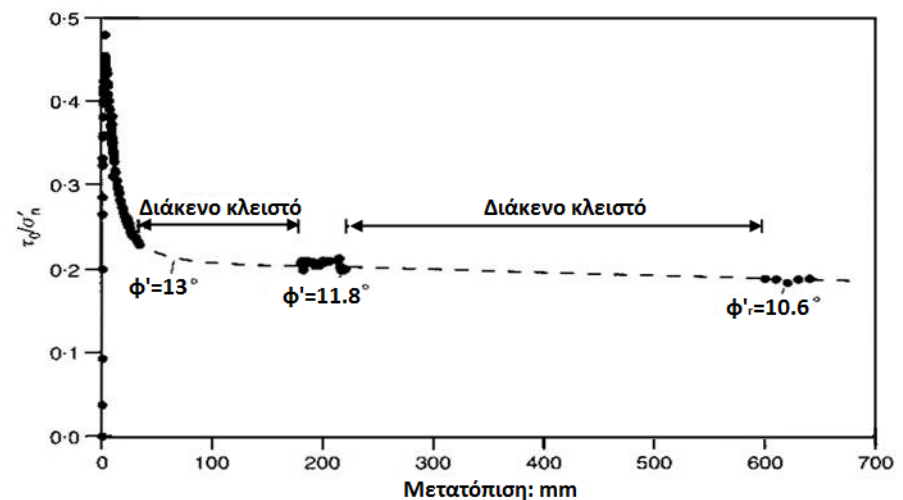
Μέτρηση της παραμένουσας αντοχής στο Εργαστήριο

Δοκιμή διάτμησης δακτυλίου

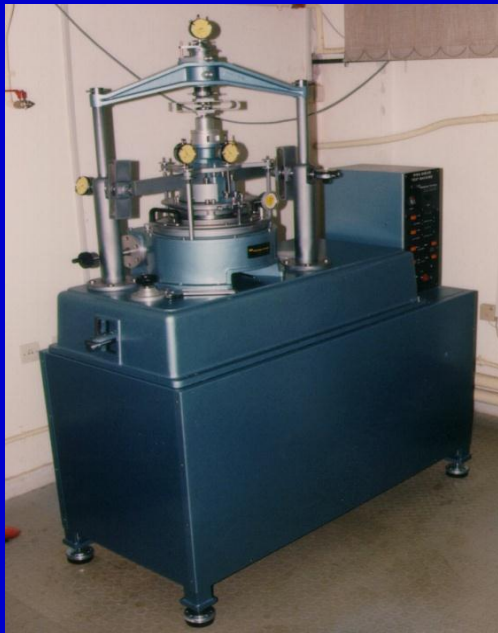


Αποτελέσματα δοκιμής διάτμησης δακτυλίου

[Vaiont clay, WL=49, PI=22, CF=30% (Tika & Hutchinson, 1999)]



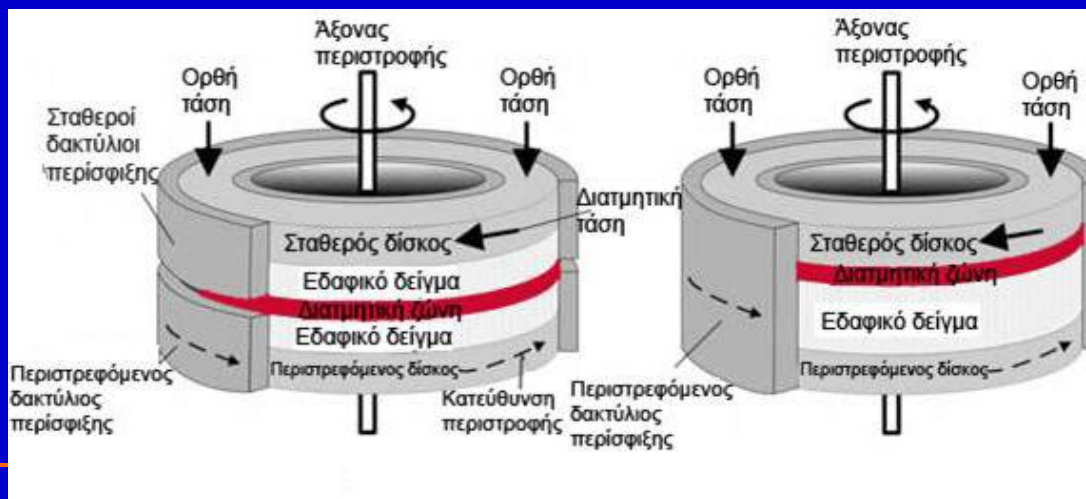
Δοκιμή διάτμησης δακτυλίου



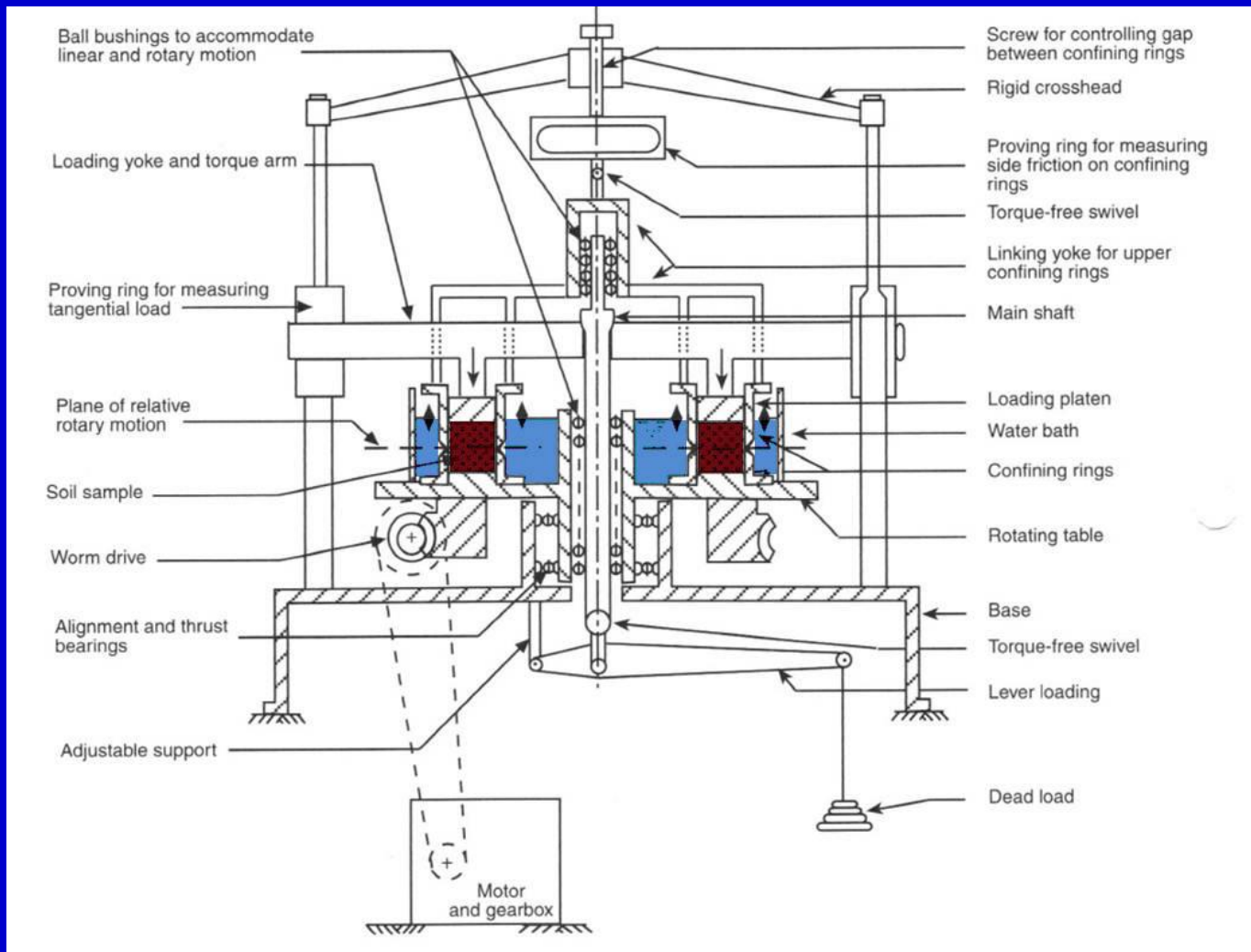
Τύπου Imperial College -
Norwegian Geotechnical
Institute (IC-NGI)
Bishop et al. (1971)



Τύπου Bromhead
Bromhead (1979)



Συσκευή διάτμησης δακτυλίου τύπου IC-NGI

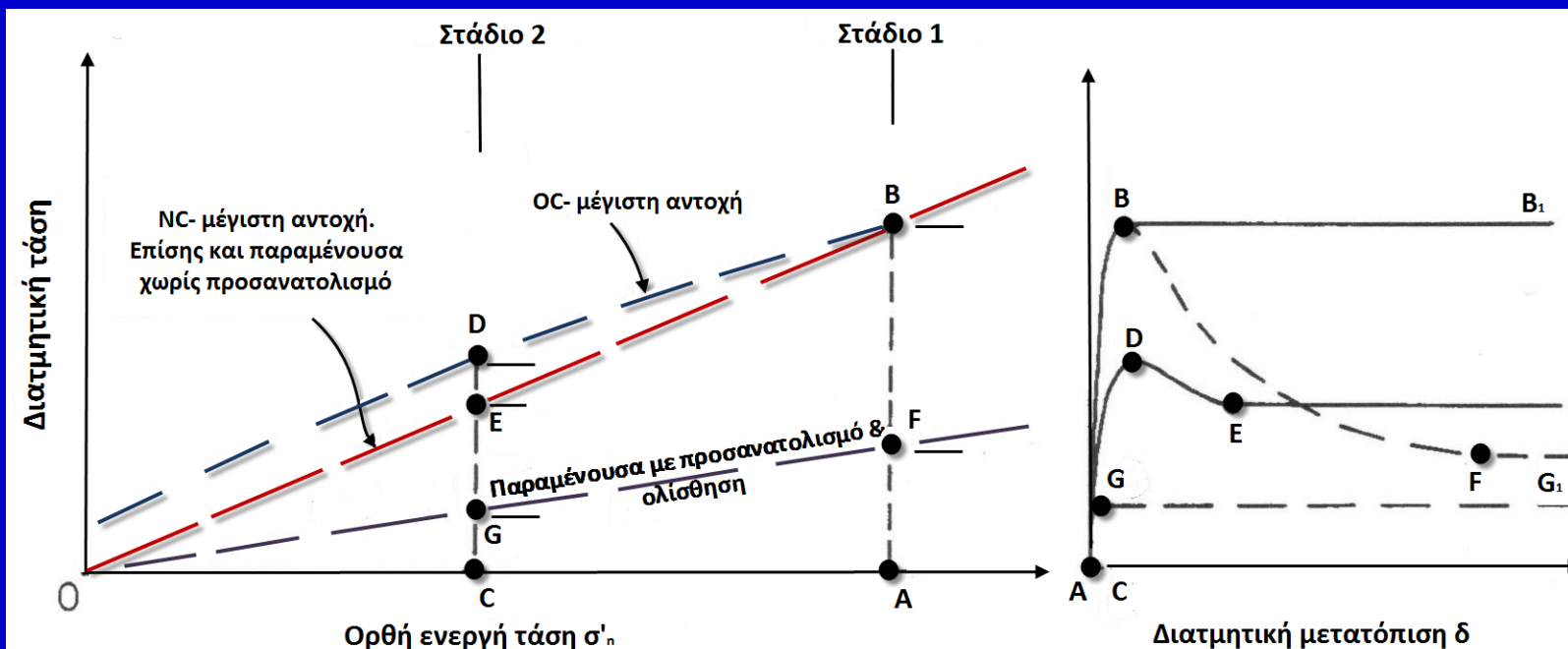


Συσκευές διάτμησης δακτυλίου

Συσκευή	Εξωτερική διάμετρος (cm)	Εσωτερική διάμετρος (cm)	Αρχικό ύψος (cm)	Μέγιστη ορθή τάση (kPa)	Μέγιστη ταχύτητα διάτμησης (mm/min)
Imperial College- Norwegian Geotechnical Institute (IC-NGI) Bishop et al. (1971)	15.24	10.16	1.91	980	6,000
Bromhead (1979)	10	3.5	0.5 ?	980	-
Hungr & Morgenstern (1984)	30	22	2	200	58,920
Sassa (1992) (DRPI-3)*	31	21	9	500	18,000
Sassa (1996) (DRPI-4)*	29	21	9.5	3,000	10,800
Sassa (1997) (DRPI-5)*	18	12	11.5	2,000	6,000
Sassa et al. (1997) (DRPI-6)*	35	25	15	3,000	134,400
Sassa et al. (2007) (DRPI-7)*	35	27	11.5	500	180,000

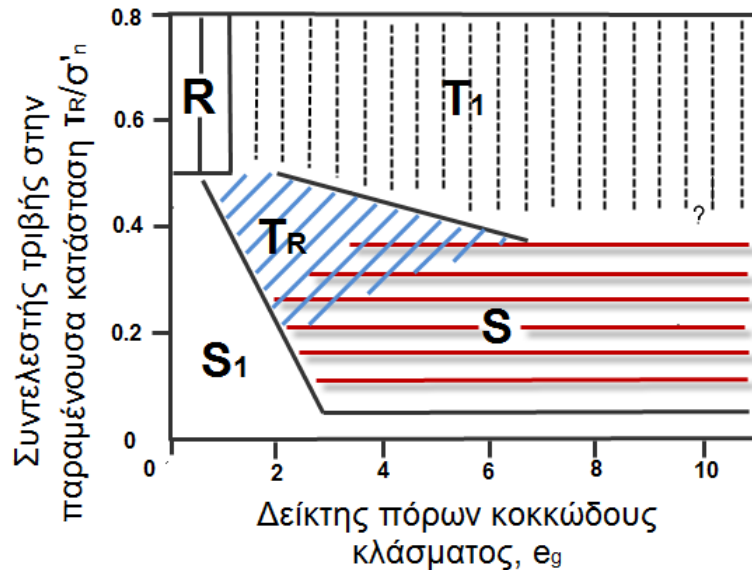
* Δυνατότητα εφαρμογής ανακυκλικής στρεπτικής ροπής διάτμησης υπό αστράγγιστες συνθήκες και μέτρησης της πίεσης του ύδατος των πόρων

Μηχανισμοί διάτμησης στην παραμένουσα κατάσταση (Lupini et al., 1981)



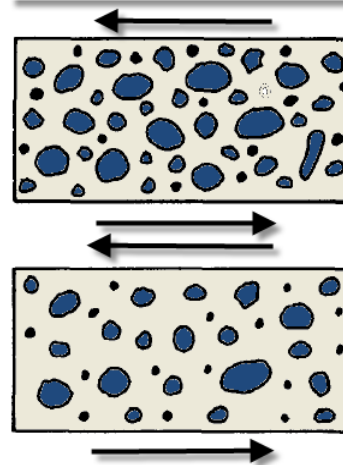
Στάδιο	Συμπεριφορά κατά τη διάτμηση	
	Χωρίς Προσανατολισμό	Με προσανατολισμό
1 Κανονικά στερεοποιημένο	Μηχανισμός κύλισης (turbulent shear) μη ψαθυρή συμπεριφορά υψηλή παραμένουσα γωνία τριβής	Μηχανισμός ολίσθησης (sliding shear) ψαθυρή συμπεριφορά χαμηλή παραμένουσα γωνία τριβής
2 Υπερστερεοποιημένο	ψαθυρή & διασταλτική συμπεριφορά παραμένουσα γωνία τριβής ομοίως με στάδιο 1	μη ψαθυρή συμπεριφορά παραμένουσα γωνία τριβής ομοίως με στάδιο 1

Μηχανισμοί διάτμησης στην παραμένουσα κατάσταση (Lupini et al., 1981)

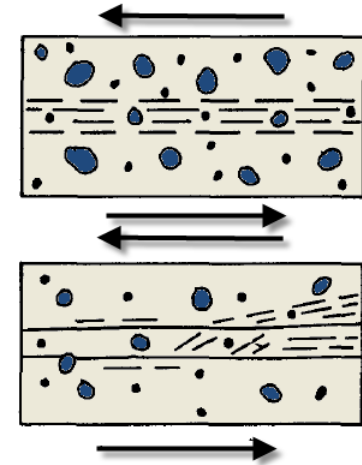


$$e_g = \frac{V_w + V_{platy}}{V_{rotund}}$$

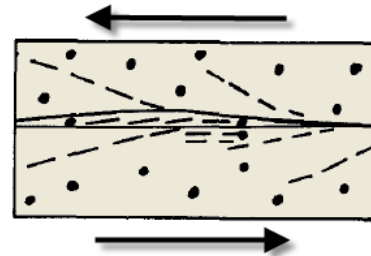
Διάτμηση με κύλιση
(Rolling shear)



Μεταβατικός
μηχανισμός διάτμησης
(TRansitional shear)



Διάτμηση με ολίσθηση
(Sliding shear)



Παράγοντες που επηρεάζουν την παραμένουσα αντοχή

- ❑ Κοκκομετρική διαβάθμιση & ορυκτολογική σύσταση
- ❑ Ορθή τάση
- ❑ Χημική σύσταση του ύδατος των πόρων
- ❑ Ταχύτητα μετατόπισης (ή διάτμησης)
- ❑ Θραύση κόκκων ή συσσωμάτων κόκκων
- ❑ Μύζηση
- ❑ Γήρανση

Επίδραση της ορυκτολογικής σύστασης

Αργιλικά ορυκτά	Σχήμα	φ´ _r (deg)
Μοντμοριλλονίτης (2µm)	Πλακοειδές	5°
Ιλλίτης (5µm)		10°
Καολινίτης (5µm)		15°
Αλλοϋσίτης (halloysite)	Κυλινδρικό	25°
Αταπουλτζίτης (attapulgite)	Βελονοειδές	
Γκιψίτης (gibbsite)	Κοκκώδες	
Αιματίτης (haematite)		
Βωξίτης (bauxite)		

Μηχανισμός διάτμησης	CF (%<2 μ m)	ϕ'_r
Κύλιση	< 20%,	$\phi'_r = f(\text{σχήμα κόκκων, διάταξη κόκκων})$
Ολίσθηση	>50%	$\phi'_r = f(\phi'_\mu, \text{ορυκτολογική σύσταση, χημική σύσταση του ύδατος των πόρων})$

Συσχετίσεις μεταξύ ϕ_r and ορίων Atterberg

Συσχετίσεις

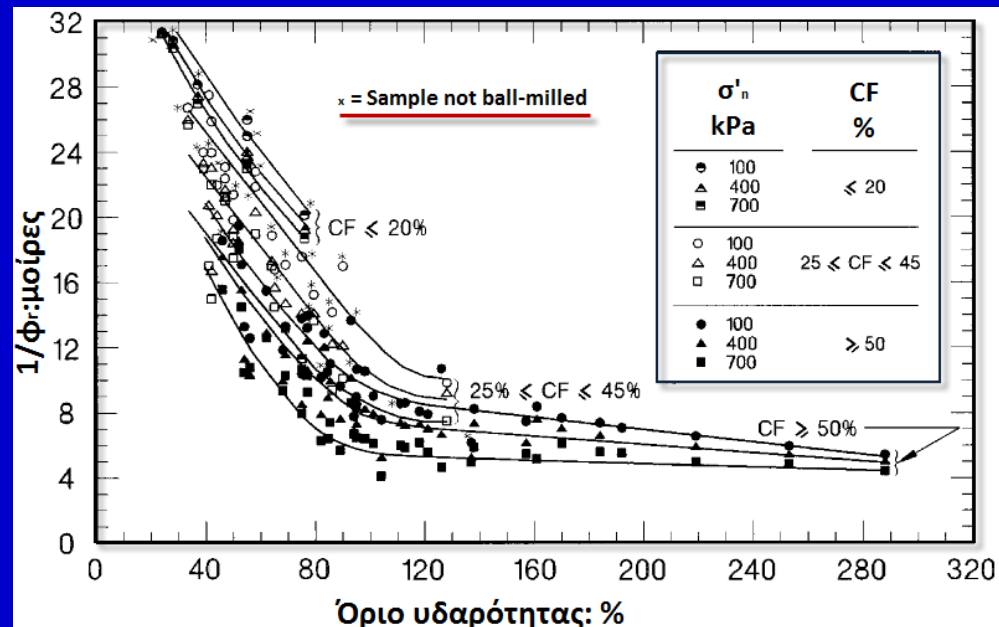
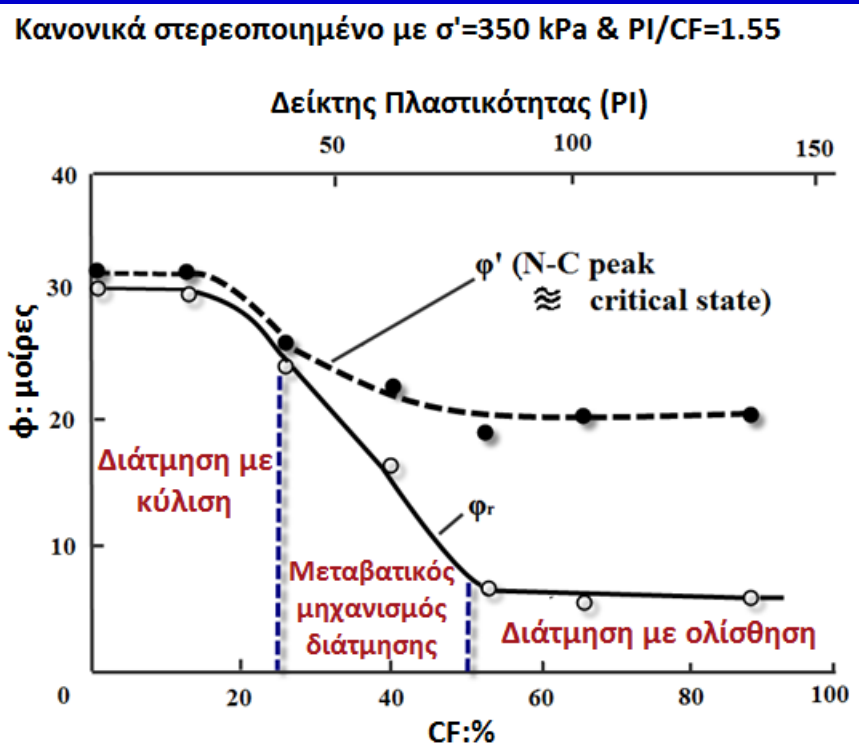


Μεταξύ ϕ_r & ορίων Atterberg	
Όριο υδαρότητας (WL)	Mesri & Cepeda-Diaz (1986)
Όριο πλαστικότητας (PL)	Voight (1973), Kanji (1974) Bucher (1975), Seyček (1978) Vaughan et al. (1978) Lemos (1986), Tika et al. (1996) Toyota et al. (2009)
CF (% < 2 μ m)	Skempton (1964), Borowicka (1965) Blondeau & Josseume (1976) Lupini et al. (1981) Skempton (1985) Mesri & Cepeda-Diaz (1986)
Ποσοστό ορυκτών πλακοειδούς σχήματος	Nakamura et al. (2010)
F(WL, PI, CF)	Collota et al. (1989)
LL, CF	Stark & Eid (2004)
Απόσταση πάνω από τη γραμμή A-γραμμή (Δ PI)	Wesley (2003)

Για συγκεκριμένες ομάδες εδαφών	
Τεχνητά εδαφικά μείγματα	Kenney (1967) Lupini et al. (1981) Tiwari & Marui (2005) Toyota et al. (2009)
Αργιλικά	Townsend & Gilbert (1973) Mesri & Cepeda-Diaz (1986) Stark & Eid (1994)
Αυτόχθονα δάφη	Wesley (1992)
Τροπικά εδάφη	Vaughan (1988) Rigo et al. (2006)
Μάργες	Tsiambaos (1991) Frydman (2006) Tika et al. (2011)
Φλύσσης	Kalteziotis (1993) Παπαδόπουλος (2012)

Συσχετίσεις μεταξύ ϕ_r and ορίων Atterberg

*Lupini, Vaughan & Skinner (1981),
Skempton (1985)*

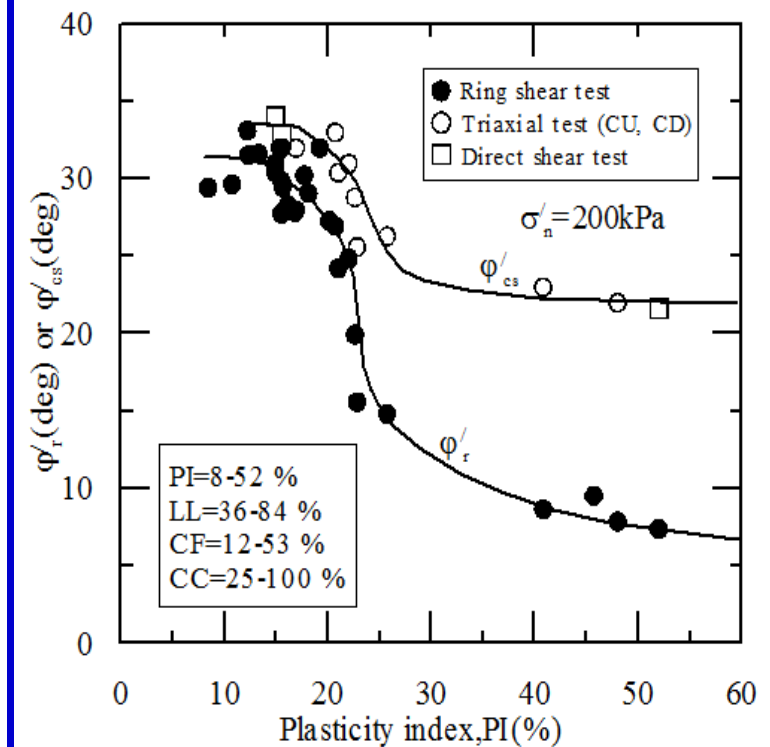
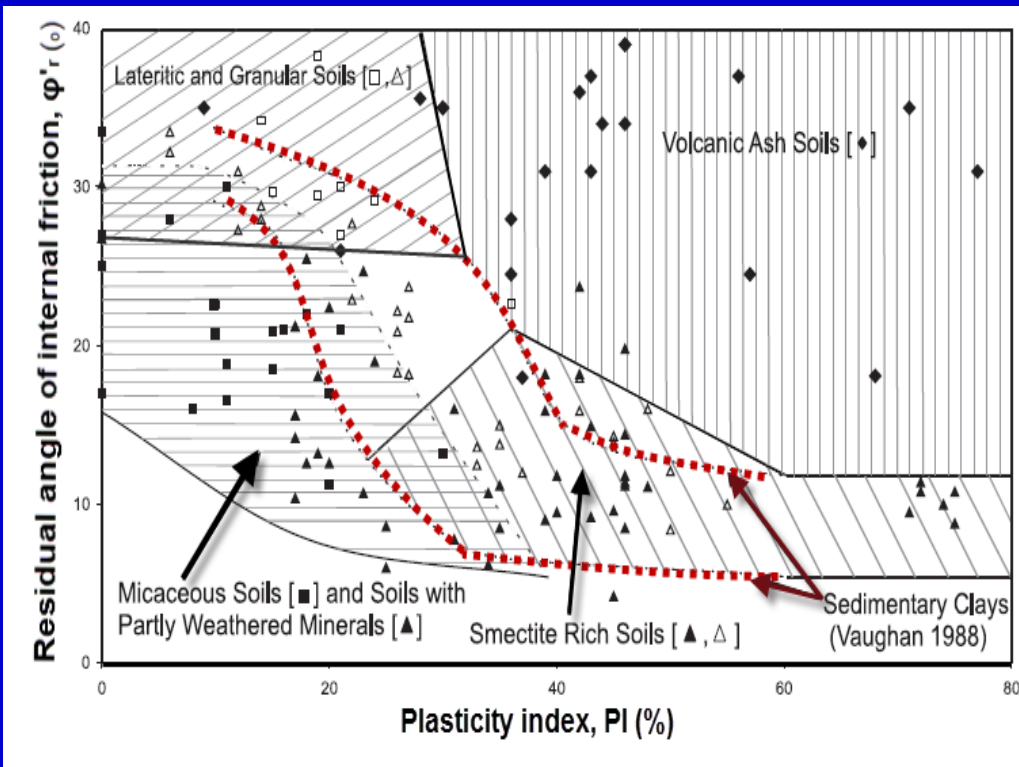


Stark & Eid (1994)

Συσχετίσεις για συγκεκριμένες ομάδες εδαφών

✓ **Τροπικά εδάφη**
(Rigo et al., 2006)

✓ **Μάργες**
(Tika, Kallioglou & Elpekos, 2011)



Επίδραση της ορθής τάσης, σ'_n

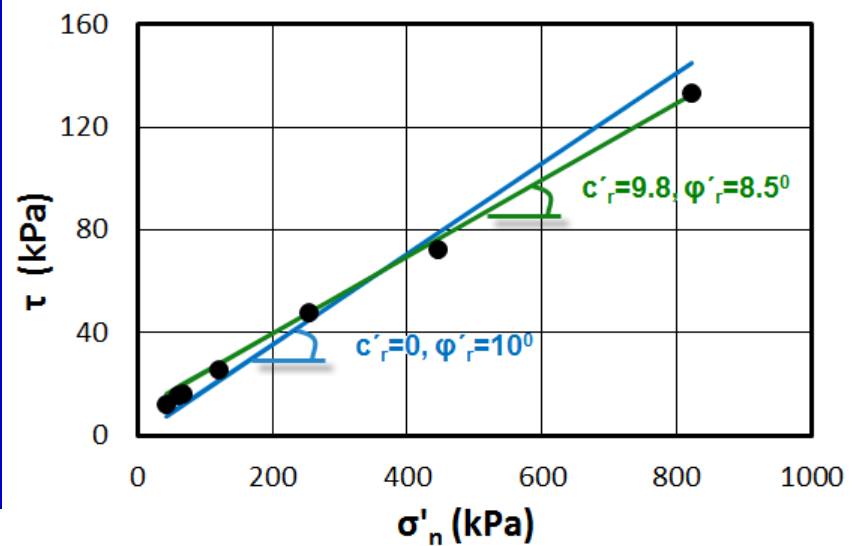
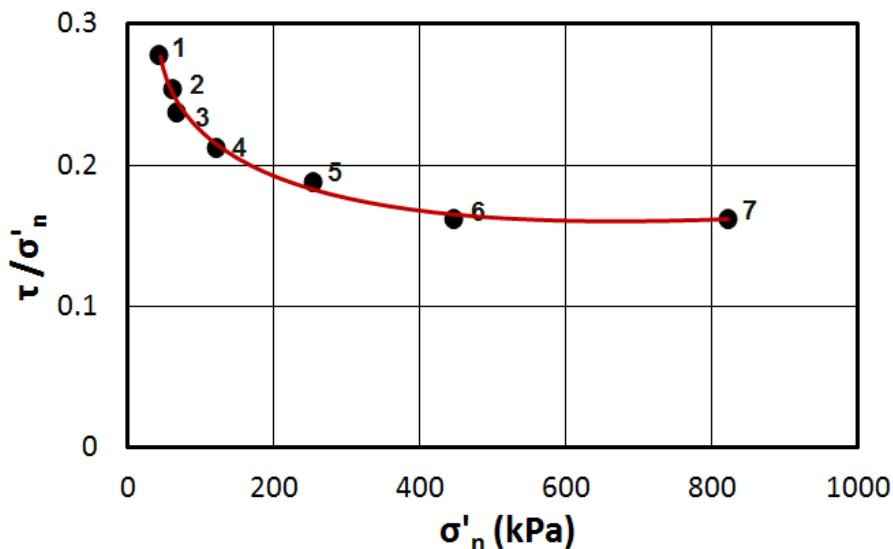
$$\tan \phi'_r = \tau / \sigma'_n$$

Καμπυλότητα περιβάλλουσας
παραμένουσας αντοχής:

$$\tan \phi'_r(\sigma')$$

$$\tan \phi'_r(\sigma' = 100 \text{ kPa})$$

Skempton (1985)



Bishop et al. (1971)

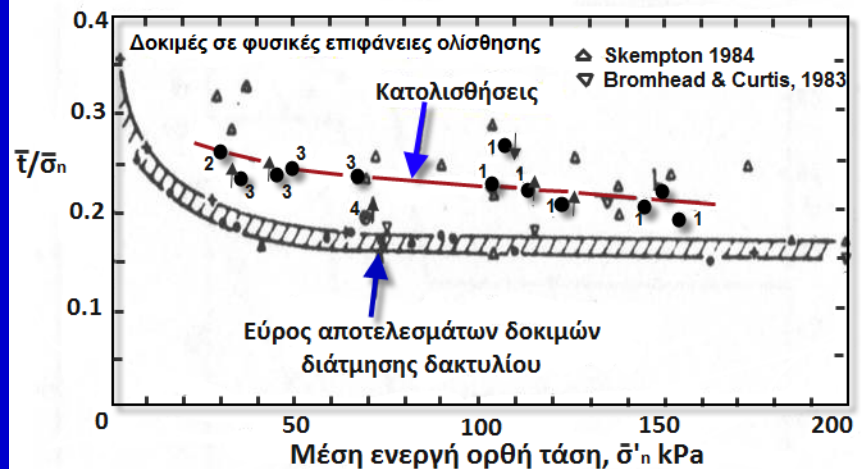
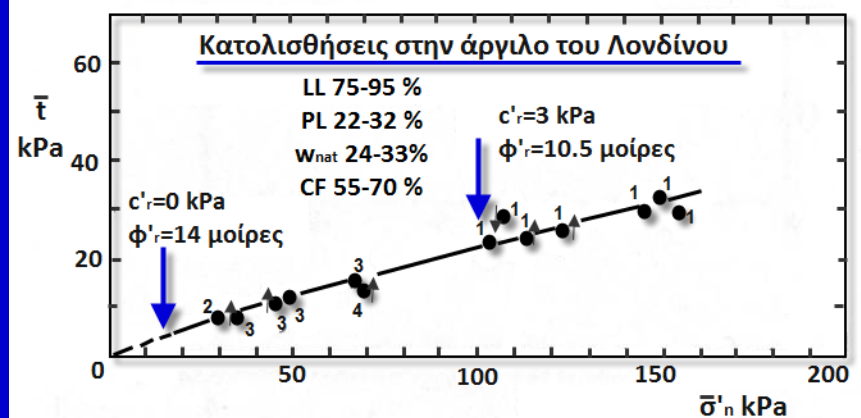
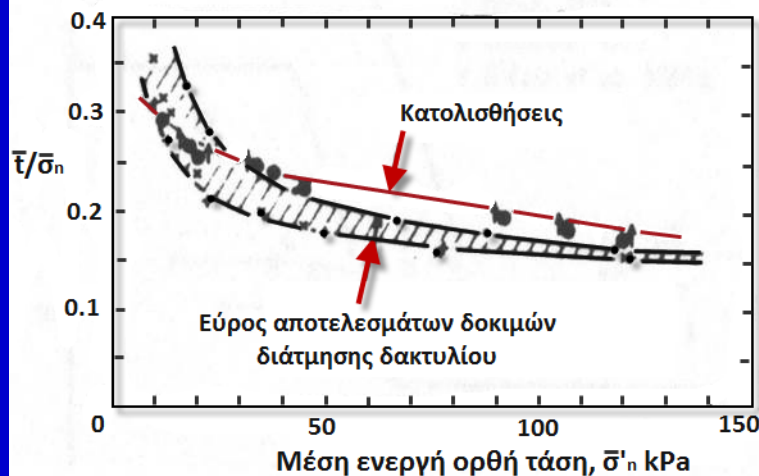
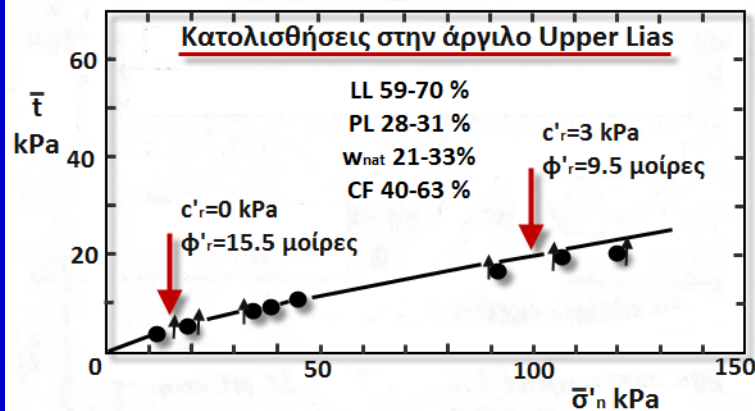
Weald clay

WL=65%

PL=32%

CF=52%

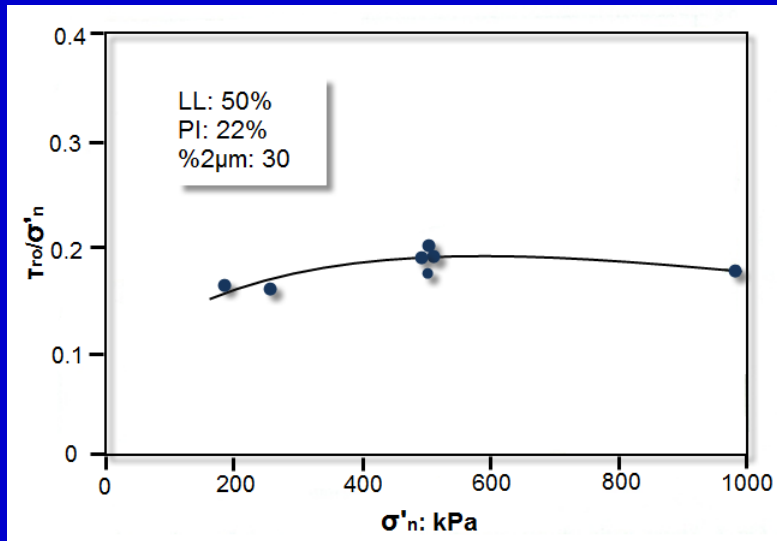
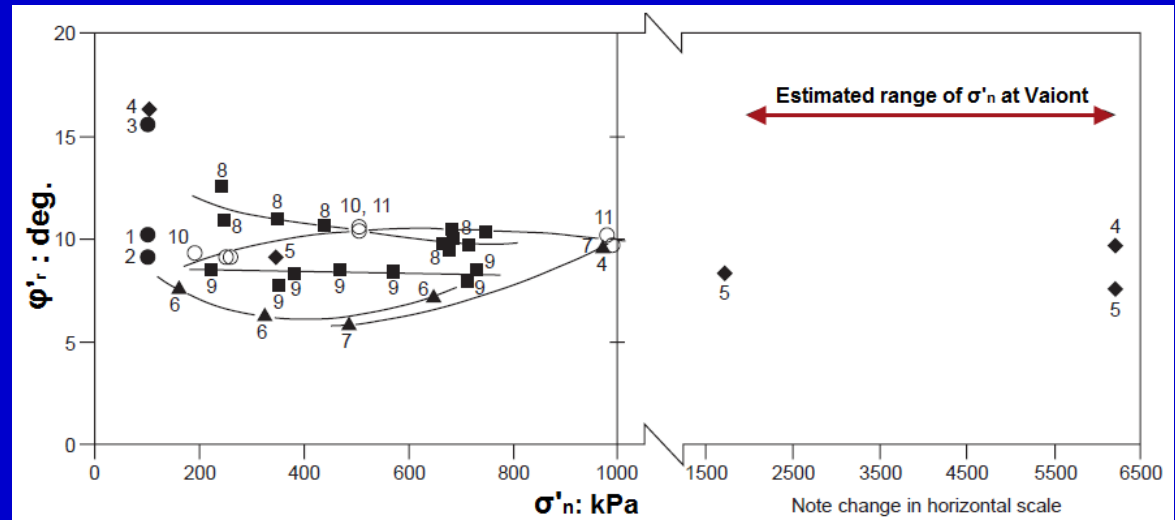
Επίδραση της ορθής τάσης, σ'_n



Chandler (1984)

Επίδραση της ορθής τάσης, σ'_n

Tika et al.
(1999)



Vaiont soil:

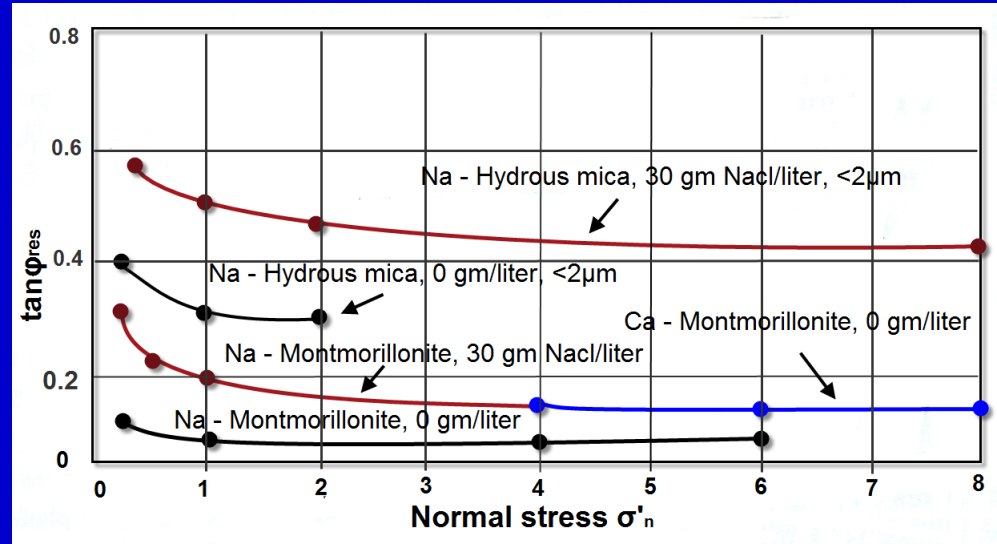
WL=49-106%

PI=19-71%

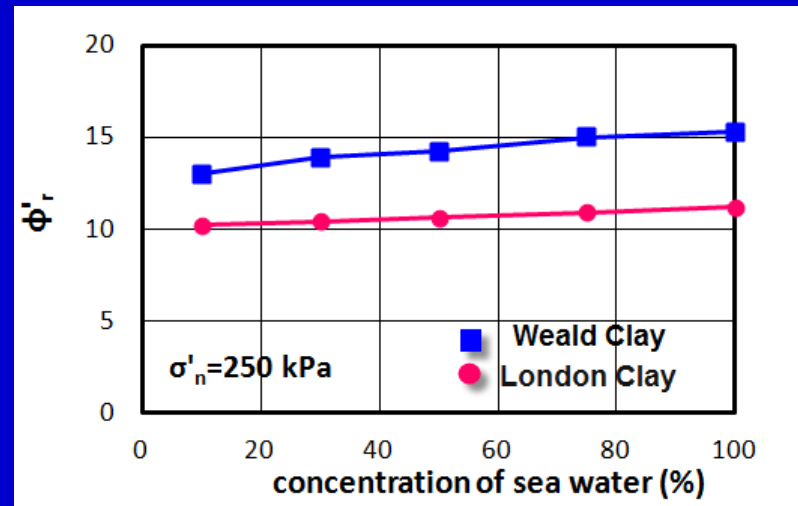
% $<2\mu\text{m}$ =27-70%

Επίδραση της χημικής σύστασης του ύδατος των πόρων

✓ Kenney (1967)



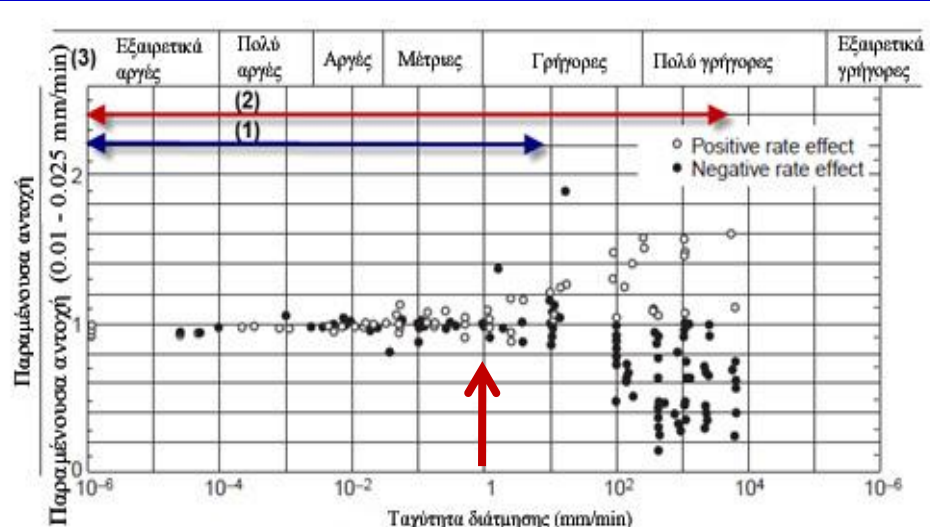
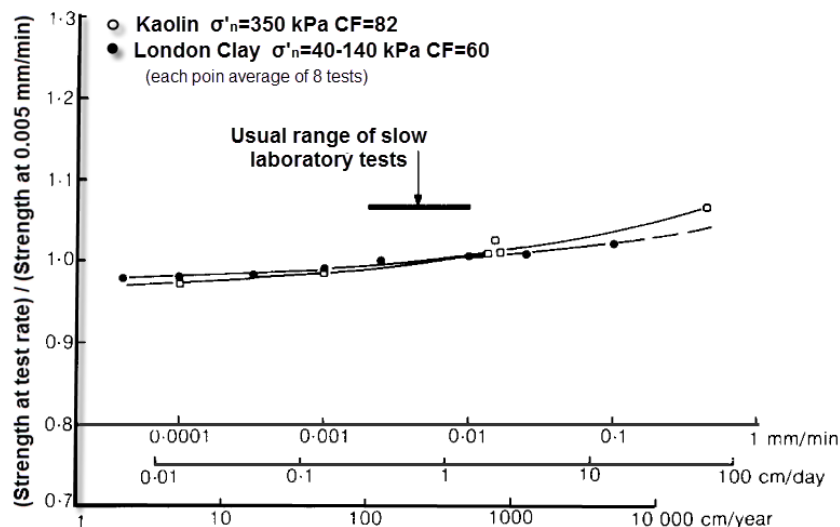
✓ Moore (1991)



Μεταβολή της παραμένουσας αντοχής σε αργές ταχύτητες μετατόπισης

✓ Skempton (1985)

✓ Tika, Vaughan & Lemos (1996)



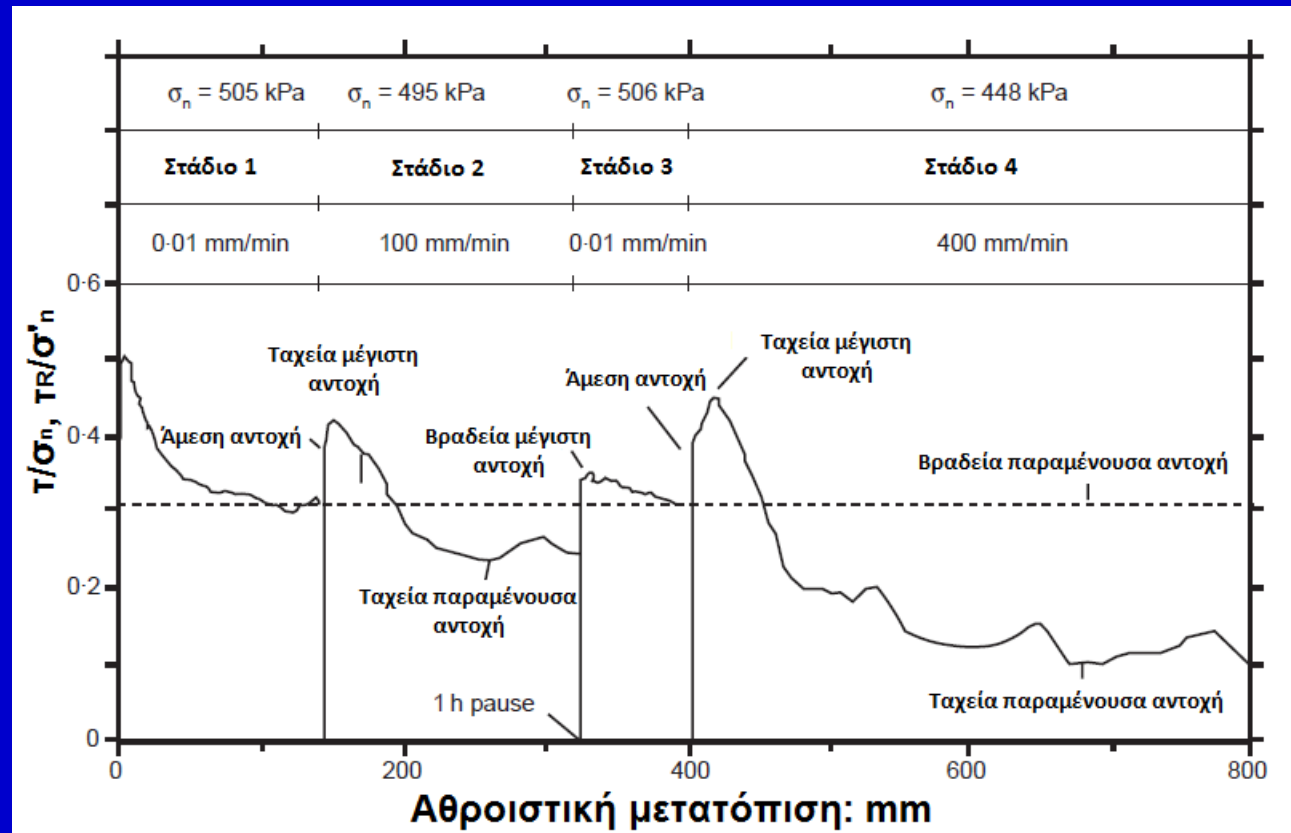
Ταχύτητα μετακίνησης (mm/min)		Λόγος αντοχών
Πεδίο	Η μικρότερη τιμή: 0.0001 = 5 cm/year	0.97
Εργαστήριο	Τυπική τιμή: 0.005 = 7 mm/day	1.00
Πεδίο	Η μέγιστη τιμή: 0.35 = 50 cm/day	1.05

- (1) Εύρος ταχύτητας μετακίνησης πρανών στο πεδίο (Skempton, 1985)
- (2) Εύρος ταχύτητας διάτμησης δοκιμών διάτμησης δακτυλίου (Tika et al., 1996)
- (3) Κλίμακα ταχυτήτων πρανών (Varnes, 1978)

Η επίδραση της ταχείας διάτμησης στην παραμένουσα αντοχή

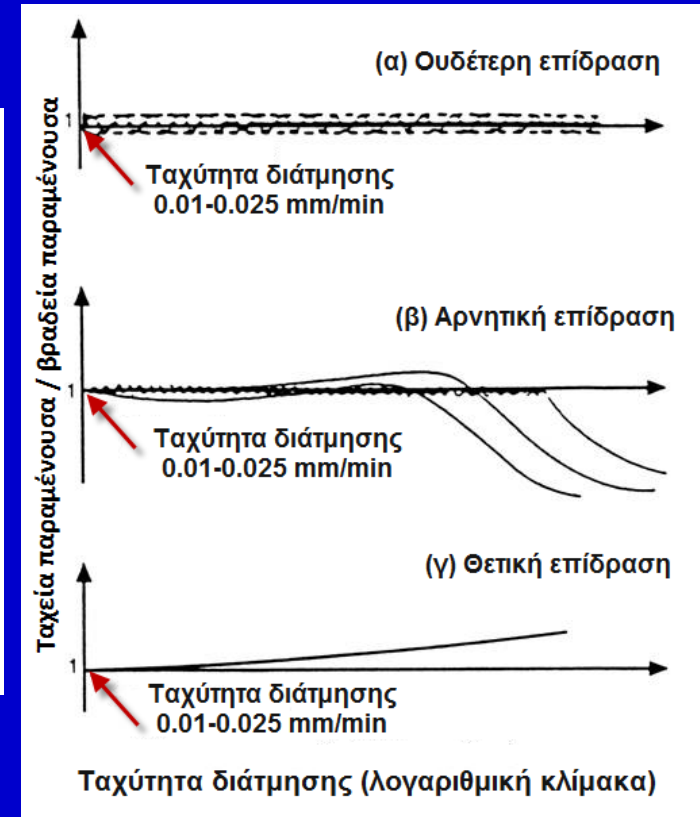
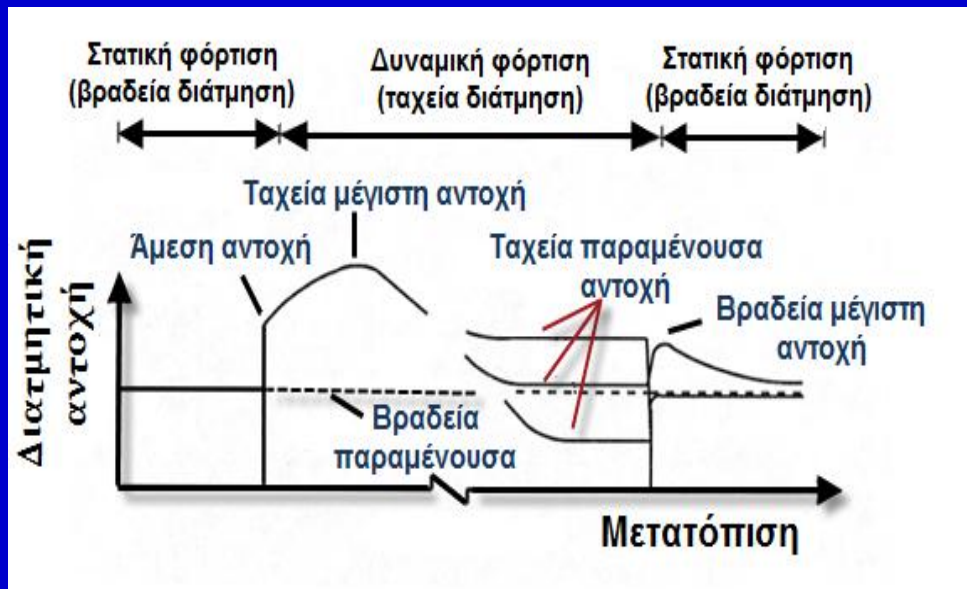
Αργιλώδης ιλυόλιθος, $WL=44\%$, $PI=24\%$, $CF=25\%$

(Tika et al., 1996)

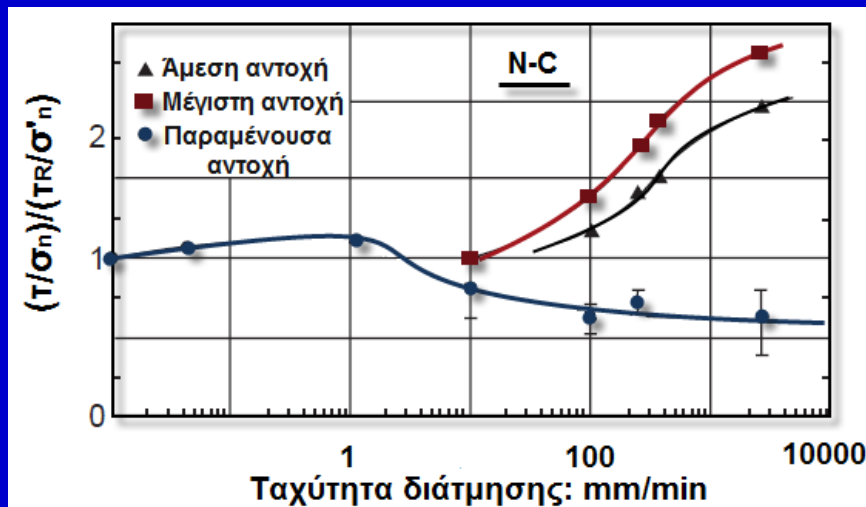


Επίδραση της ταχείας ταχύτητας διάτμησης στην παραμένουσα αντοχή

✓ *Lemos et al. (1985), Tika et al. (1996)*



Μεταβολή τυπικών αντοχών με την ταχύτητα διάτμησης (Tika et al., 1996)



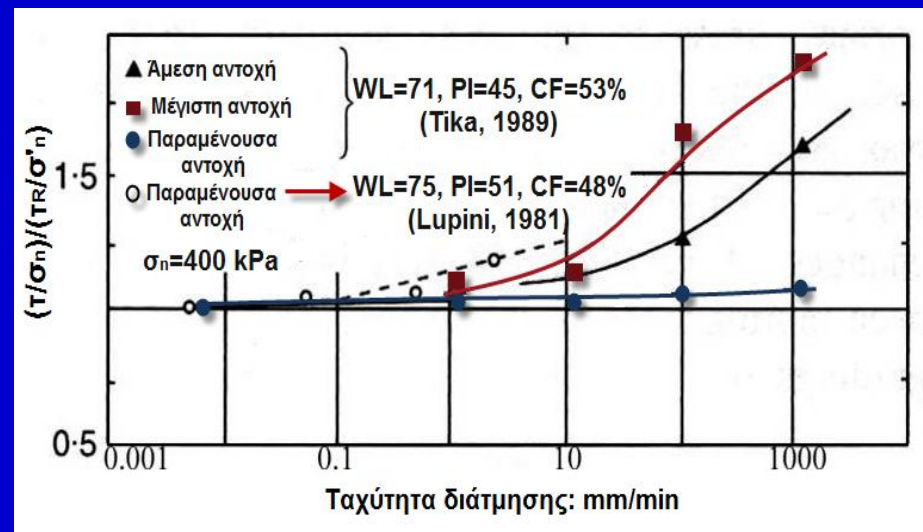
Αργιόλιθος

WL=53%

PI= 26%

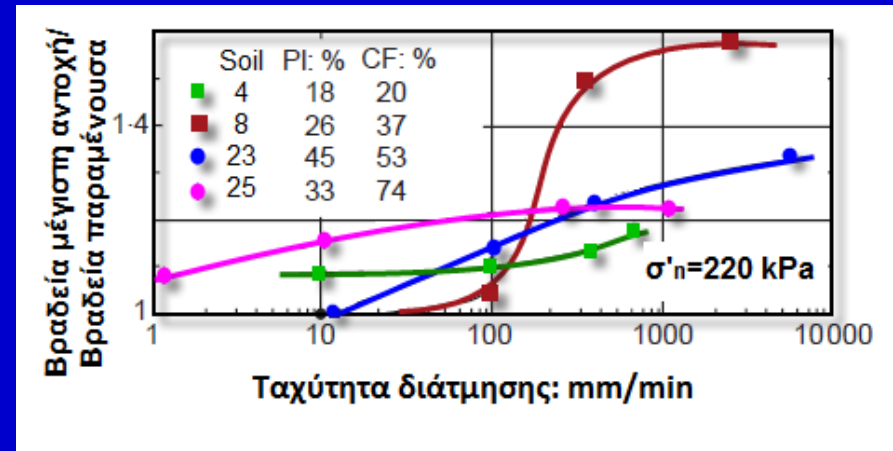
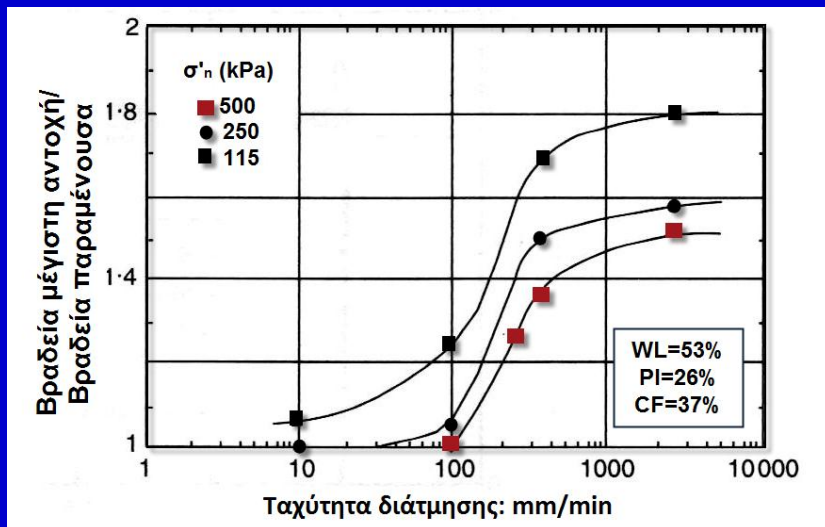
CF=37%

Καολίνης



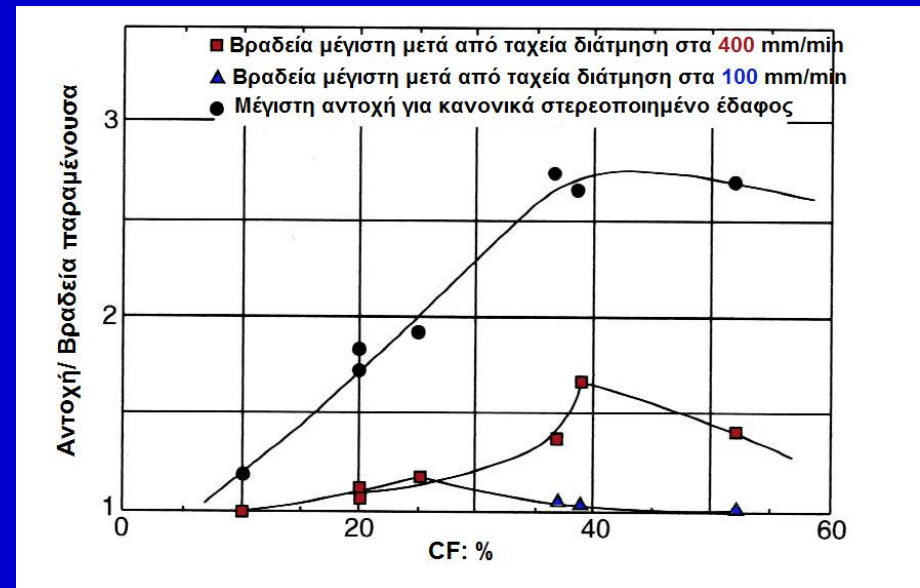
Βραδεία μέγιστη αντοχή (μετά την ταχεία διάτμηση)

Επίδραση της ορθής τάσης



Επίδραση του ποσοστού αργιλικού κλάσματος

Tika et al., (1996)



Περιβάλλουσες τυπικών αντοχών (400 mm/min)

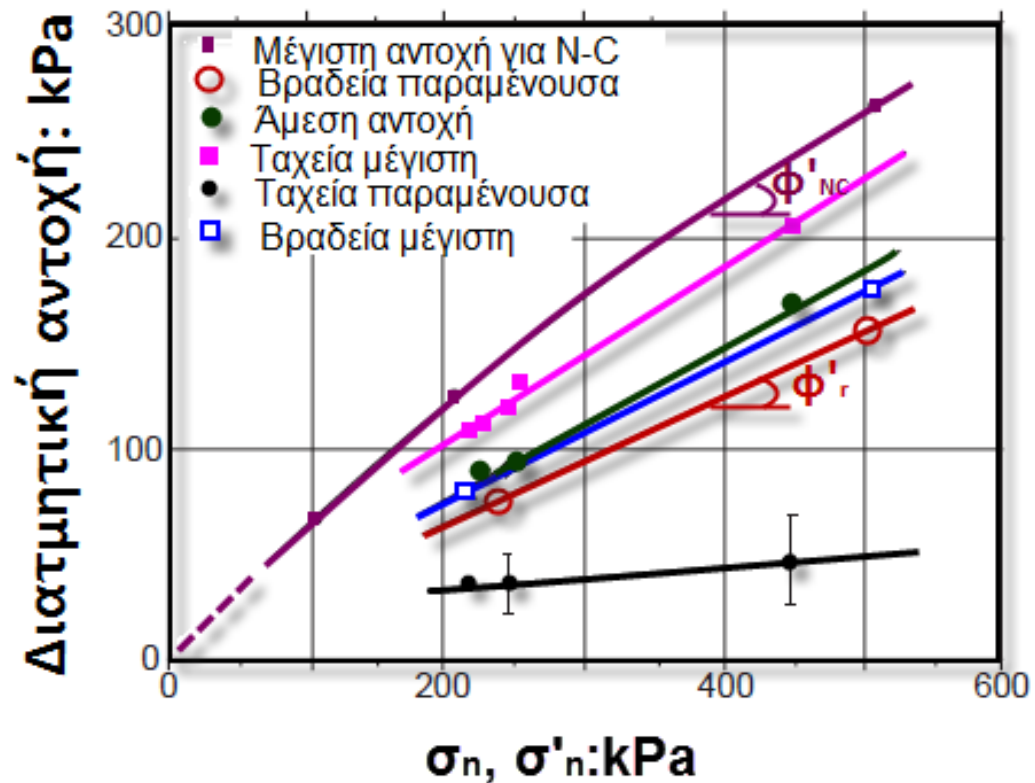
Tika et al., (1996)

Αργιλώδης ιλυόλιθος

WL=44%

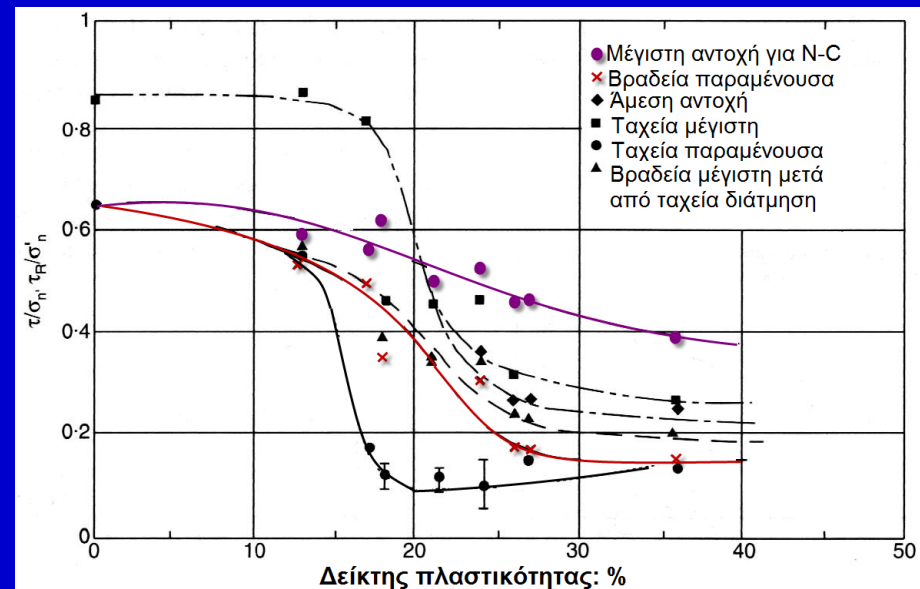
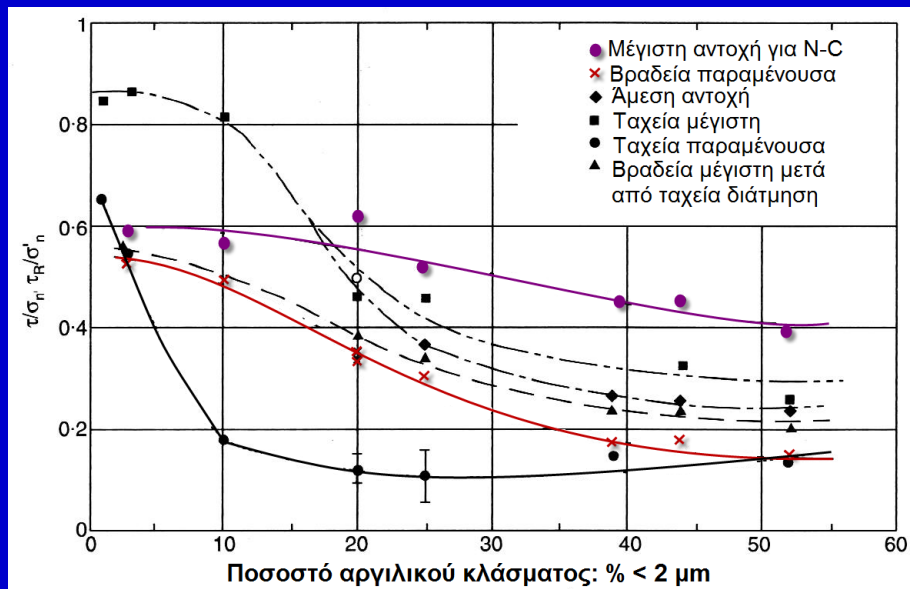
PI= 24%

CF=25%



Μεταβολή τυπικών αντοχών με τα όρια Atterberg

Έδαφη από την περιοχή του Φράγματος Kalabagh
($\sigma_n = 400 \text{ kPa}$, $360\text{-}400 \text{ mm/min}$)

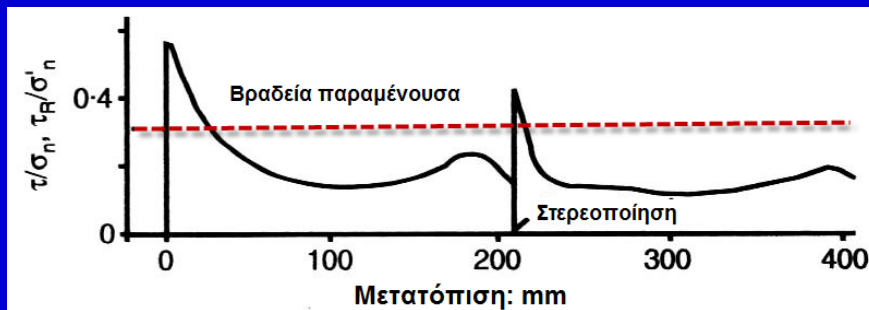


✓ *Lemos et al. (1985), Tika et al. (1996)*

Απομείωση της αντοχής κατά την ταχεία διάτμηση

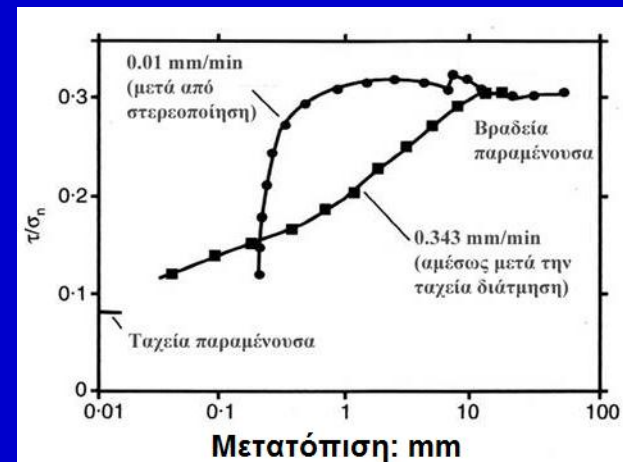
Αργιλώδης ιλυόλιθος

WI=44, PI=24, CF=25%,
 $\sigma_n=260$ kPa, 2000 mm/min



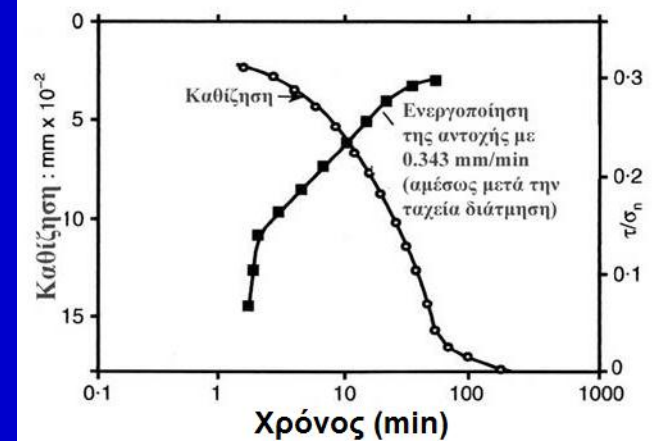
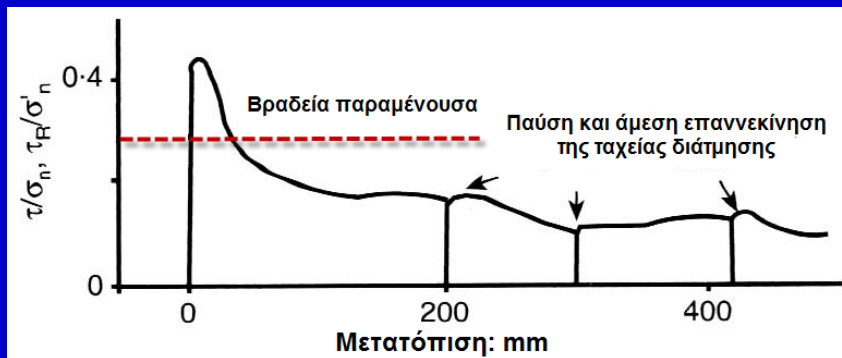
Αργιλώδης ιλυόλιθος

WI=44, PI=24, CF=25%,
 $\sigma_n=230$ kPa, 400 mm/min



Αργιλώδης ιλυόλιθος

WI=39 PI=18, CF=20%,
 $\sigma_n=510$ kPa, 400 mm/min



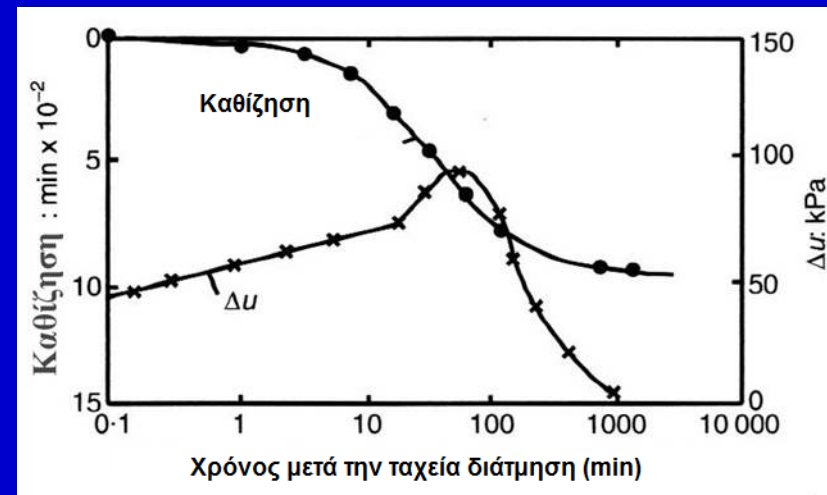
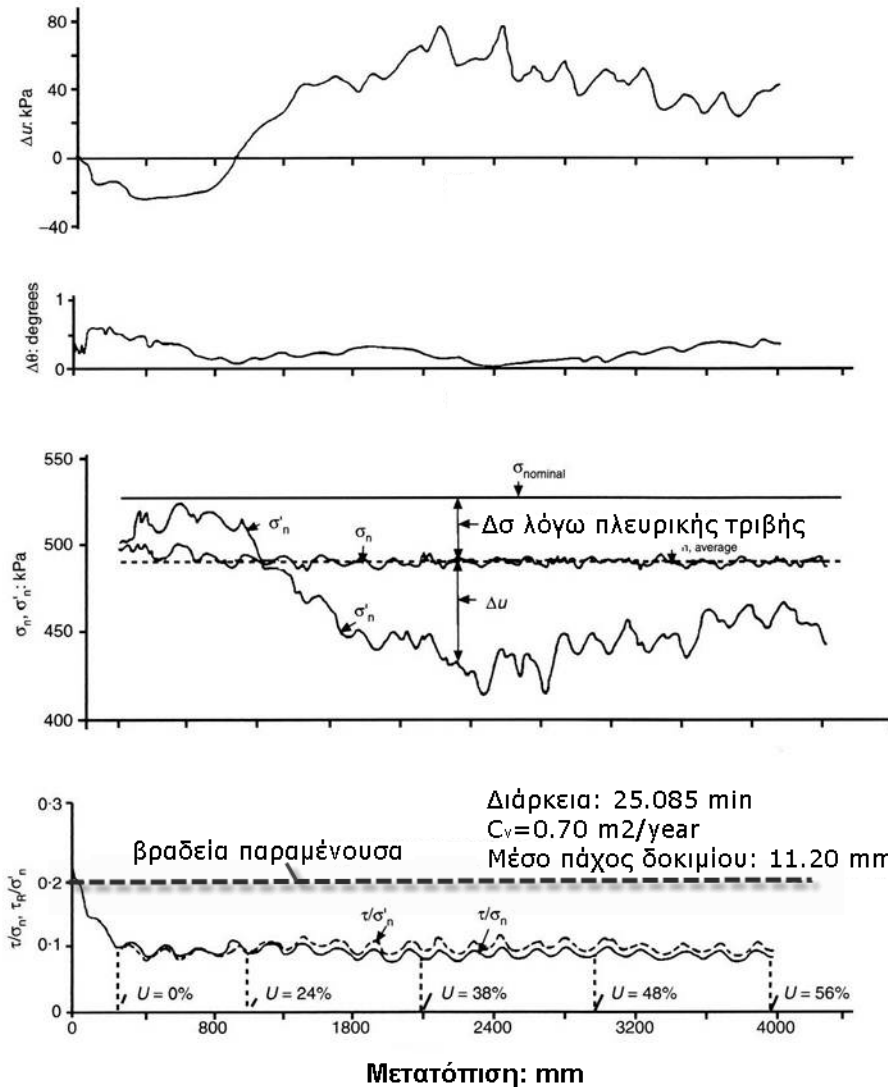
✓ Lemos et al. (1985), Tika et al. (1996)

Απομείωση της αντοχής κατά την ταχεία διάτμηση

Αργιλόλιθος

WL=53, PI=26, CF=37%

$\sigma_n = 495 \text{ kPa}$, 160 mm/min



Tika et al., (1996)

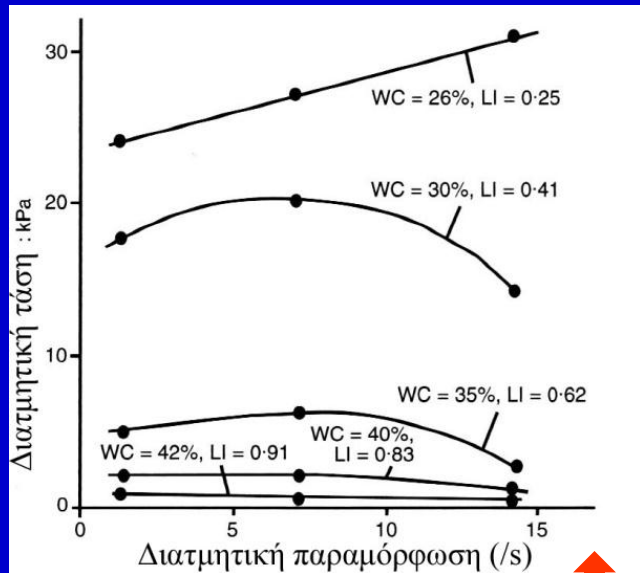
Απομείωση της αντοχής κατά την ταχεία διάτμηση

Αργιλώδης ιλυόλιθος

WL=39, PI=18, CF=20%

$\sigma_n=495$ kPa, 400 mm/min

Lemos, 1991

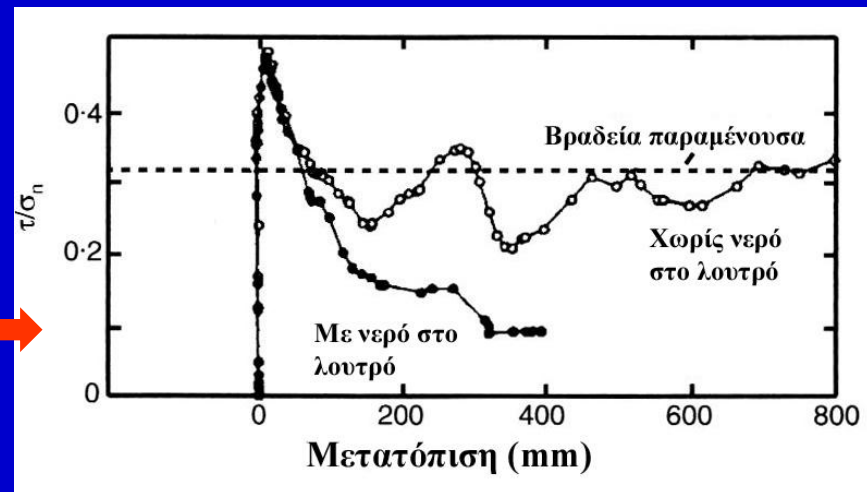
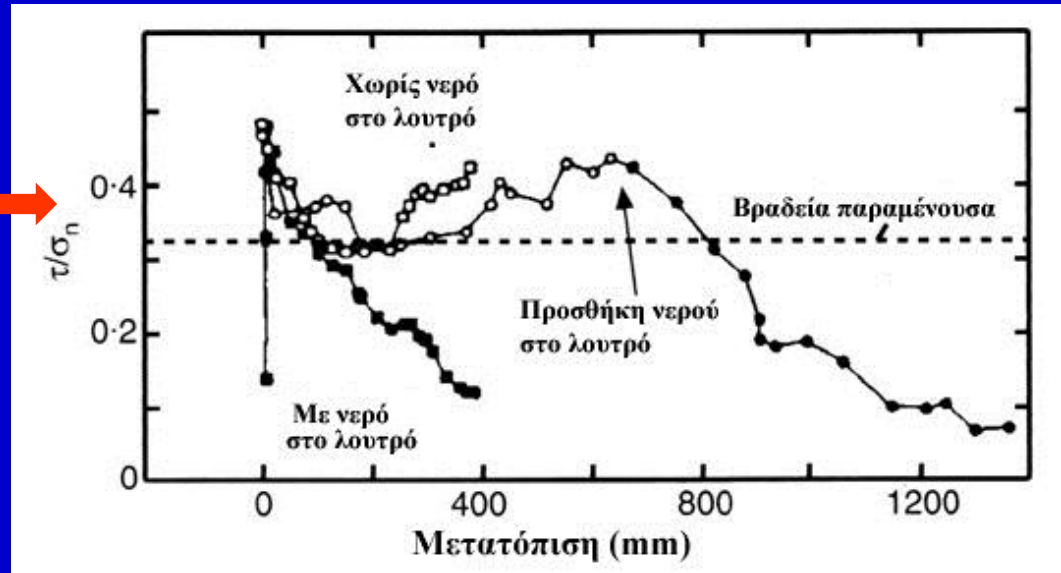


Αργιλώδης ιλυόλιθος

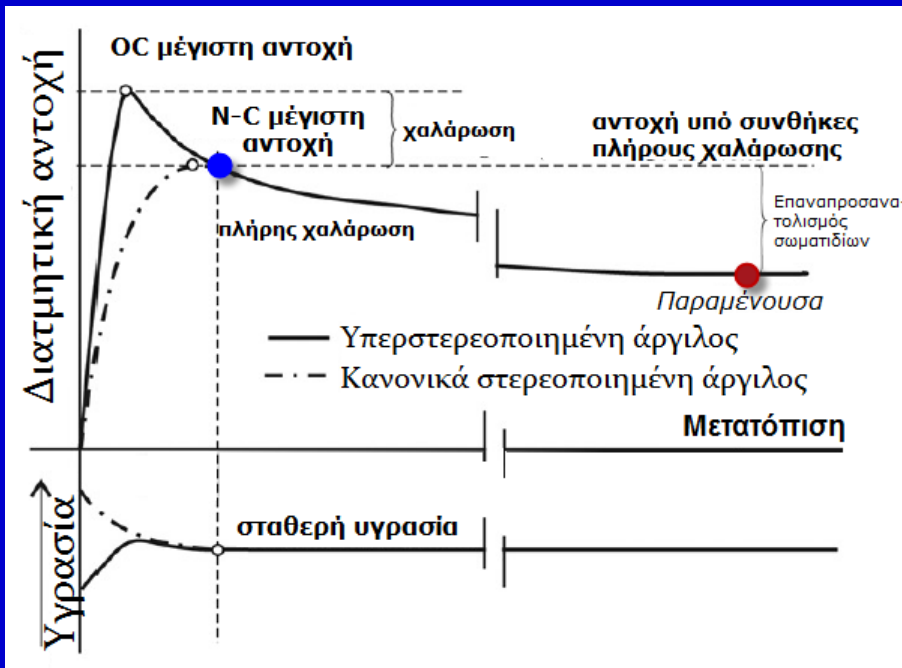
WL=44, PI=24, CF=25%,

$\sigma_n=230$ kPa, 400 mm/min

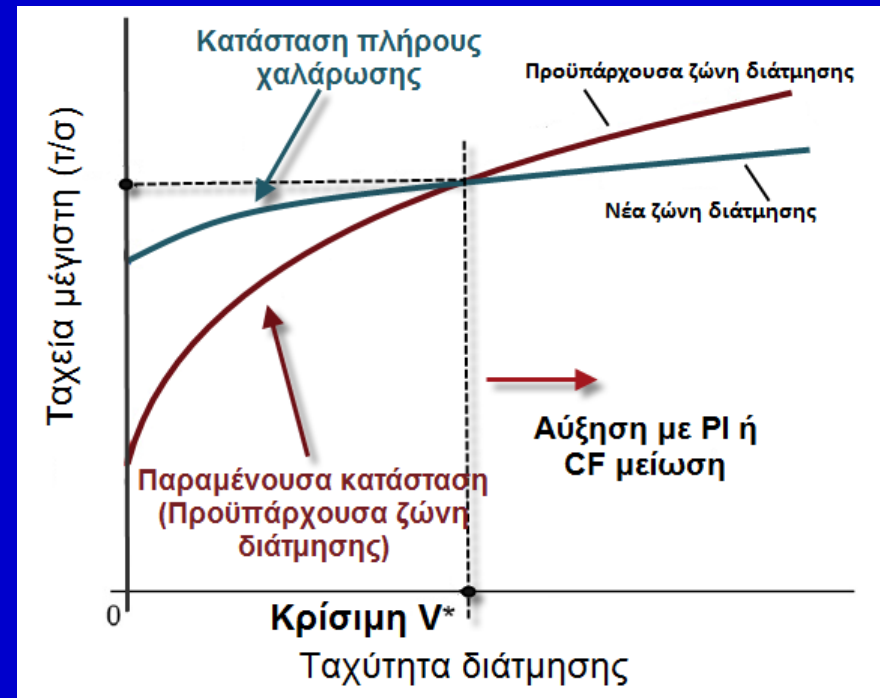
Tika et al., (1996)



Ταχεία διάτμηση εδάφους στην κατάσταση πλήρους χαλάρωσης και στην παραμένουσα κατάσταση



Grelle et al. (2011)



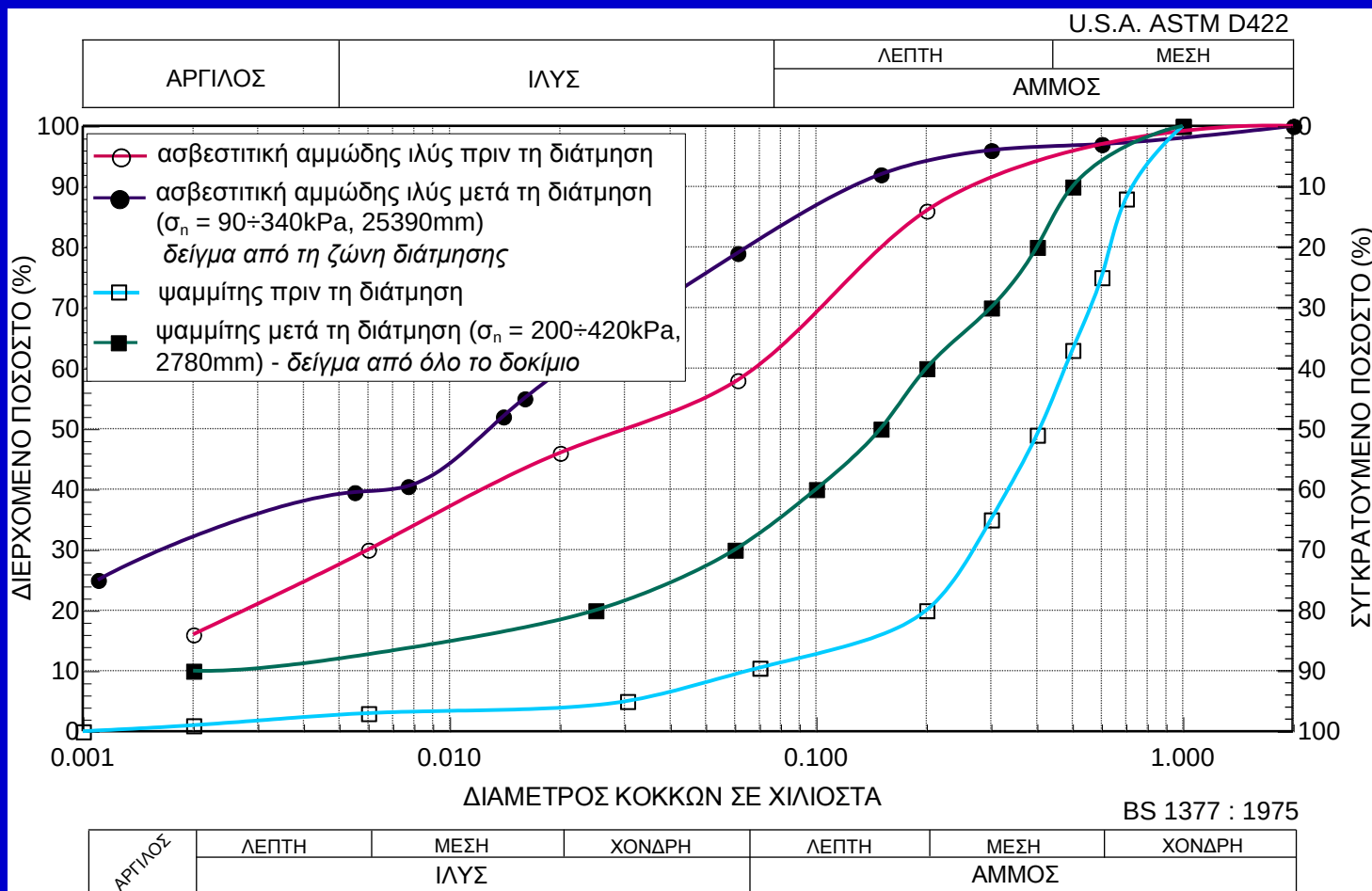
Παραμένουσα αντοχή εδαφών με συγκολλητικούς δεσμούς, καθώς και αποδομούμενων εδαφών

- Εδάφη με *συγκολλητικούς δεσμούς*, όπως μάργκες, πηλόλιθοι και σχιστόλιθοι, παρουσιάζουν δημιουργία πλακοειδών αργιλικών σωματιδίων κατά τη διάτμησή τους. Η παραμένουσα αντοχή τους εξαρτάται από το βαθμό *αποδόμησής* τους, η οποία πιθανόν να οδηγήσει σε αλλαγή ακόμη και του μηχανισμού διάτμησης στην παραμένουσα κατάσταση.
- Εδάφη με *συγκολλητικούς δεσμούς* πιθανόν να εμφανίζουν μεγαλύτερη παραμένουσα αντοχή στο πεδίο απ' ότι στο εργαστήριο, λόγω των δεσμών αυτών και των συσσωματωμάτων των κόκκων, τα οποία καταστρέφονται όταν το έδαφος αναζυμώνεται (remoulding) στο εργαστήριο.
- **Απομάκρυνση του ασβεστίου (Decalcification)**, παρατηρούμενη κατά την αποσάθρωση οδηγεί στην μείωση του ποσοστού της χονδρόκοκκης και μεσόκοκκης ιλύος και την αύξηση του ποσοστού του αργιλικού κλάσματος και πλαστικότητας του εδάφους και κατά συνέπεια σε μικρότερες ϕ'_r απ' ότι στο μη-αποσαθρωμένο μητρικό έδαφος (Hawkins and McDonald, 1992).

Επίδραση της θραύσης των κόκκων

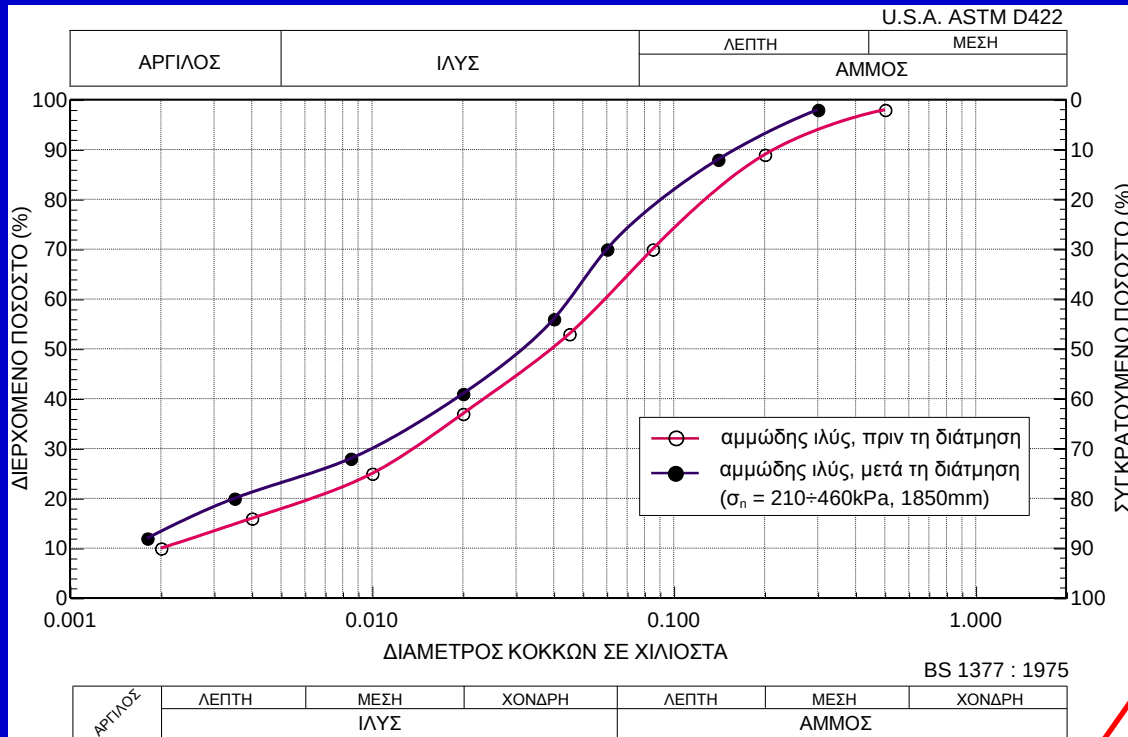
Δοκιμές διάτμησης δακτυλίου

Tika (1989)



Επίδραση της θραύσης των κόκκων

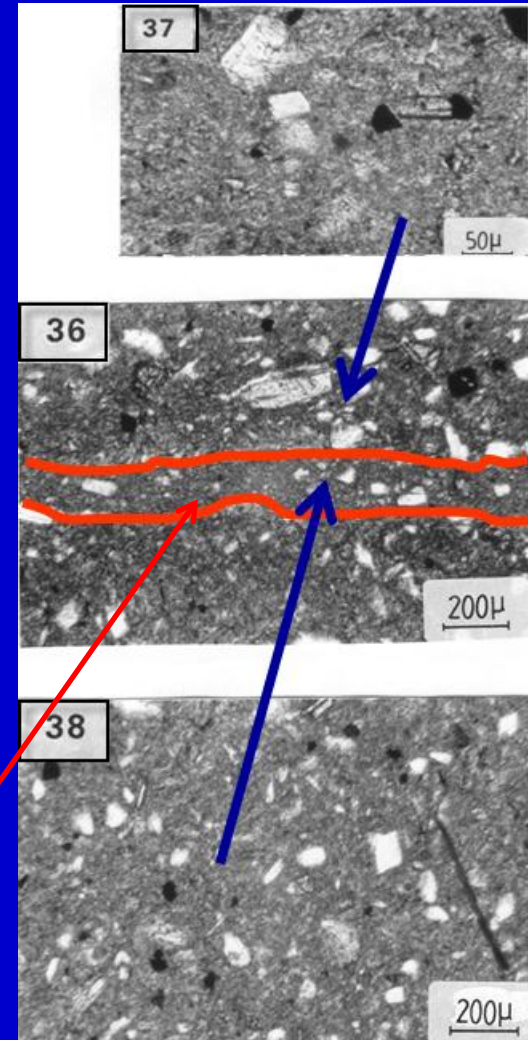
Δοκιμές διάτμησης δακτυλίου *Tika* (1989)



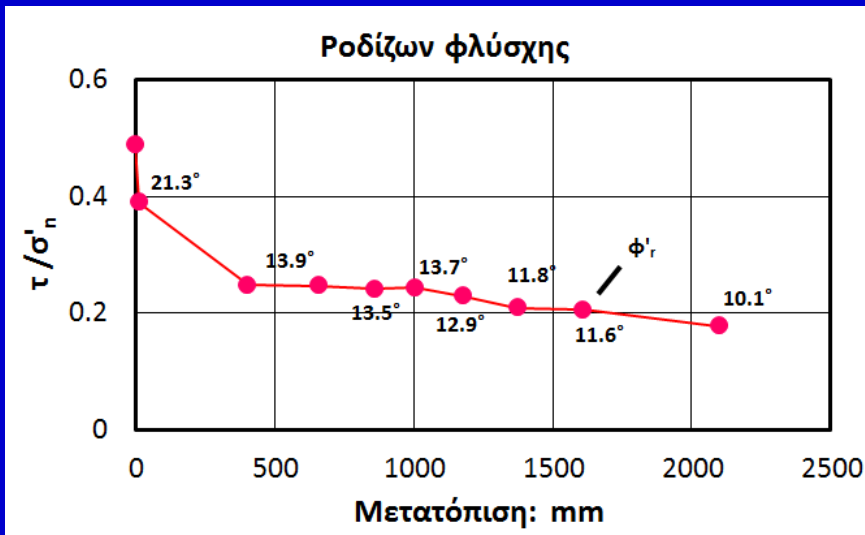
Αμμώδης ιλύς (Mt. Ontake, Japan)

WL=63, PI=13, CF=14%,
 $\sigma_n=210-460 \text{ kPa}$,

Ζώνη
διάτμησης
στο τέλος της
δοκιμής



Αποτελέσματα δοκιμών διάτμησης δακτυλίου σε φλύσχη (Παπαδόπουλος, 2012)

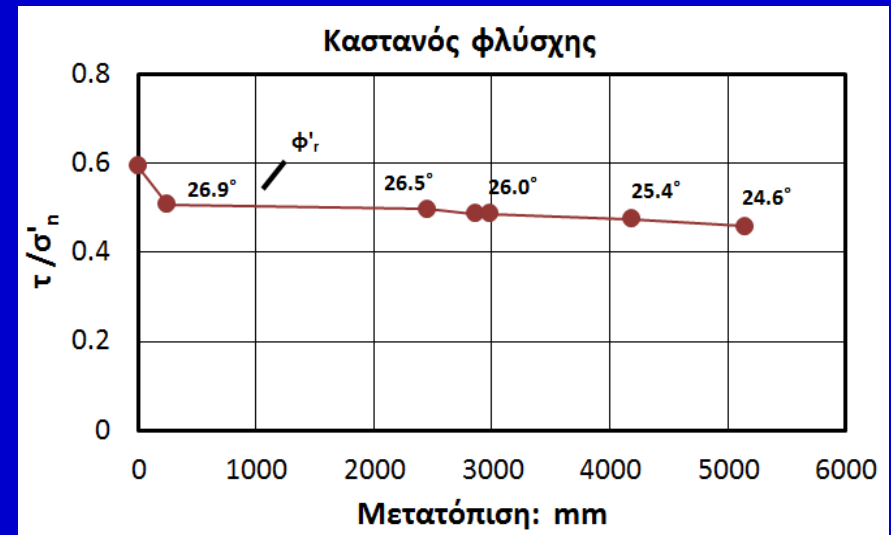


Ροδίζων φλύσχη

WL= 46.7%

PI= 20.2%

CF= 40%



Καστανός φλύσχη

WL= 47.4%

PI= 15.1%

CF= 23%

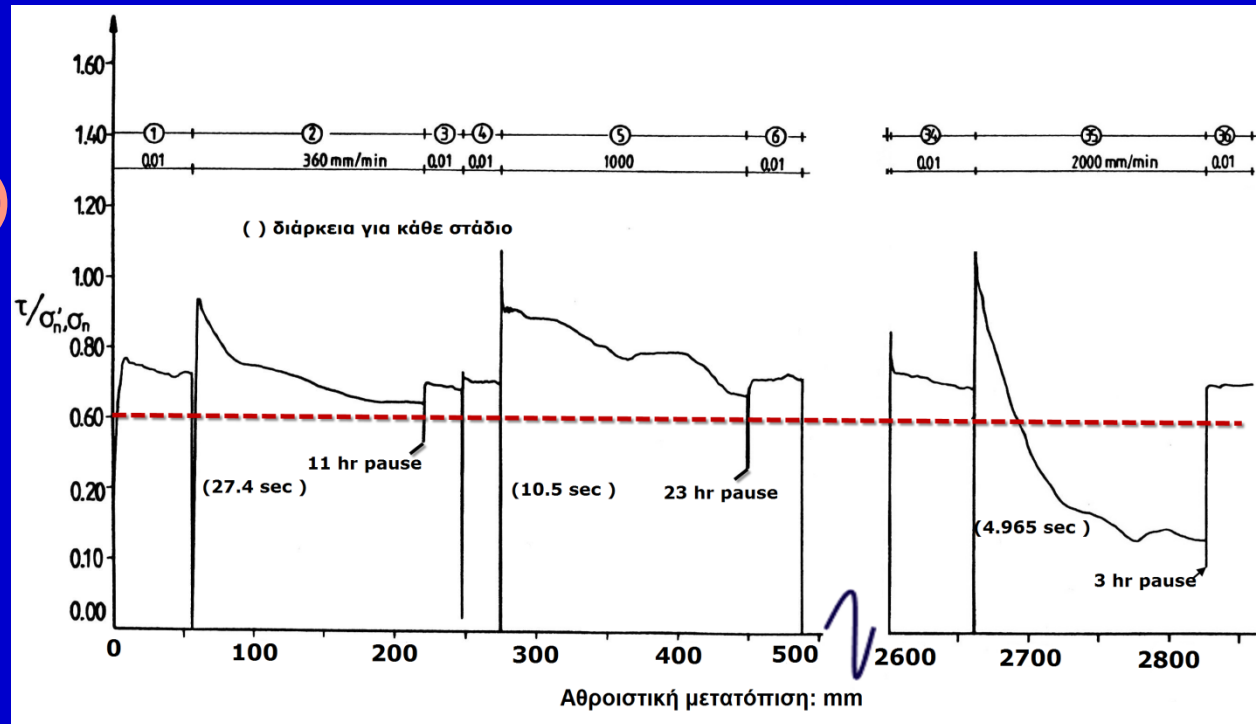
Επίδραση της θραύσης των κόκκων κατά την ταχεία διάτμηση

Ιλύς (Mauritious)

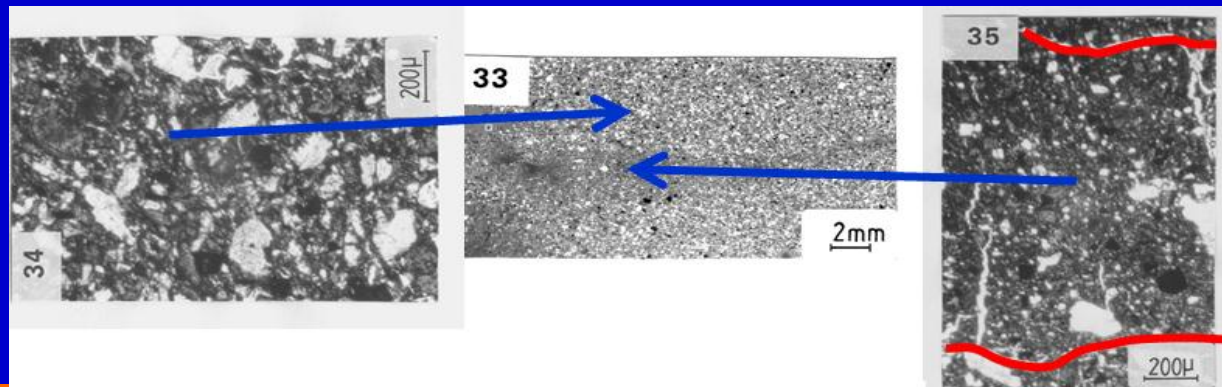
WL= 36%

PI= 6%

CF= 11%



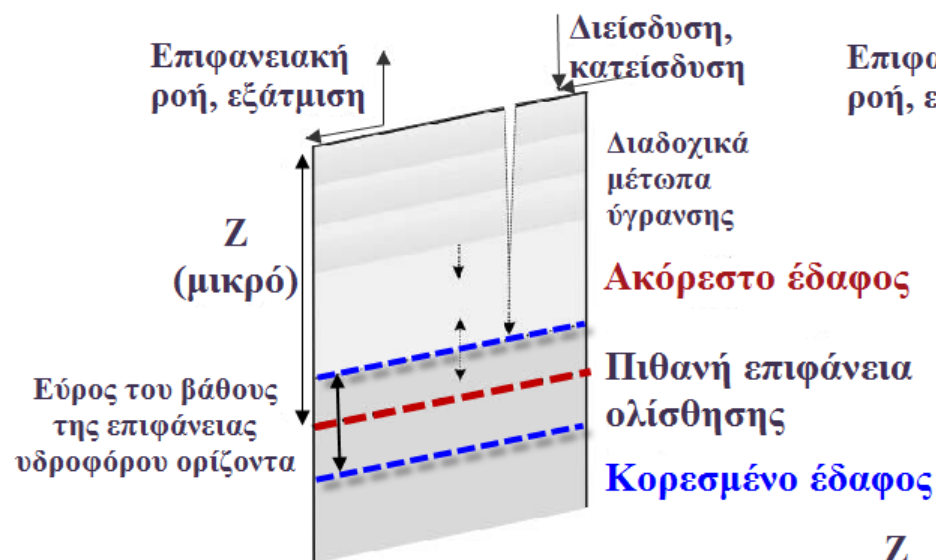
Tika (1989)



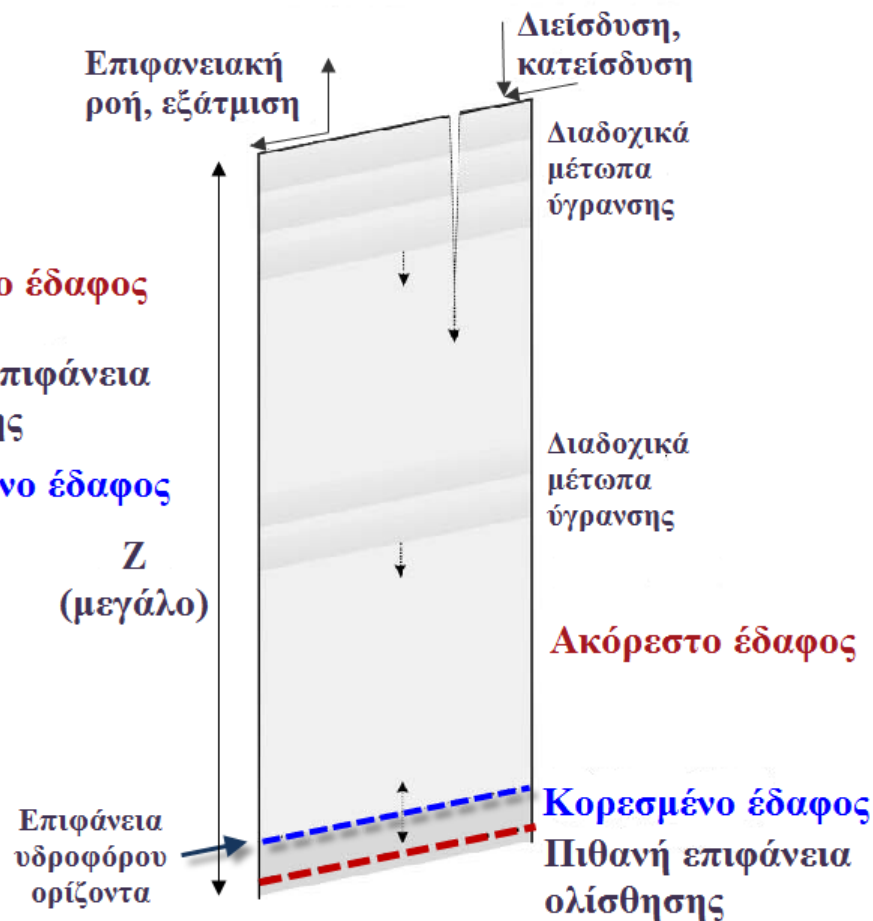
Ζώνη
διάτμησης
στο τέλος της
δοκιμής

Επίδραση της μύζησης

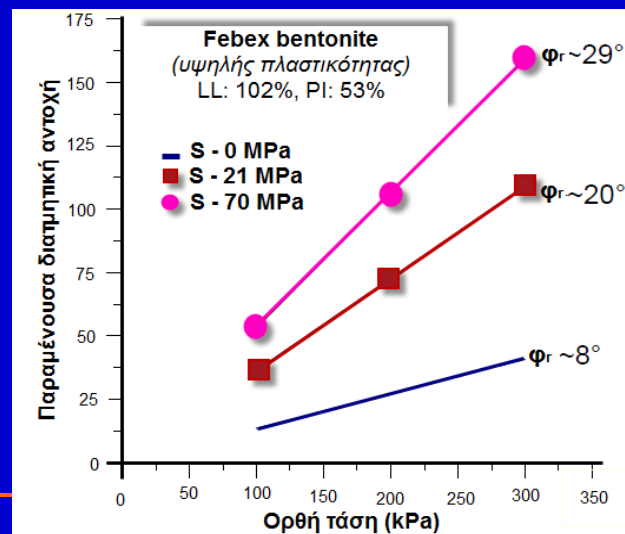
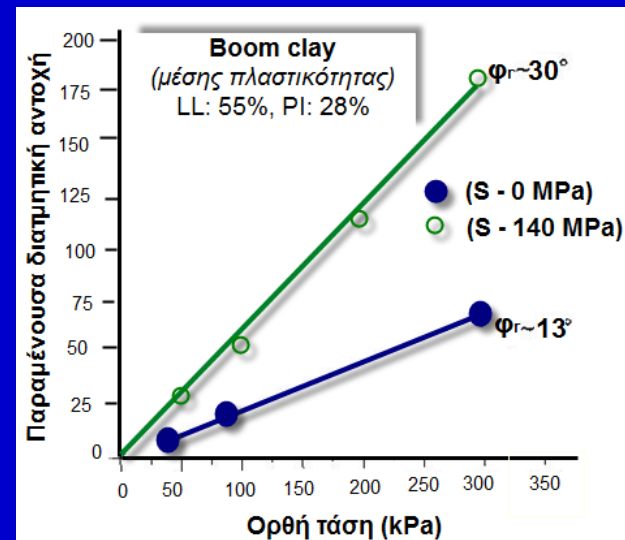
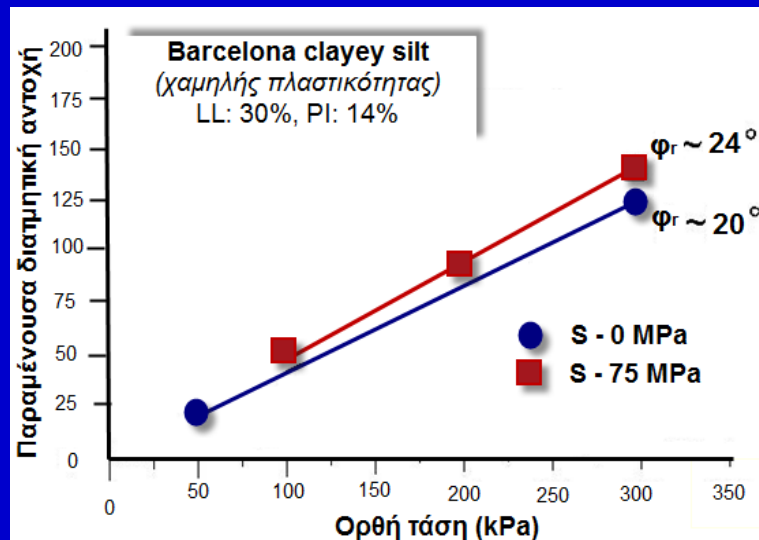
Επιφανειακές εδαφικές μετατοπίσεις



Βαθείες εδαφικές μετατοπίσεις



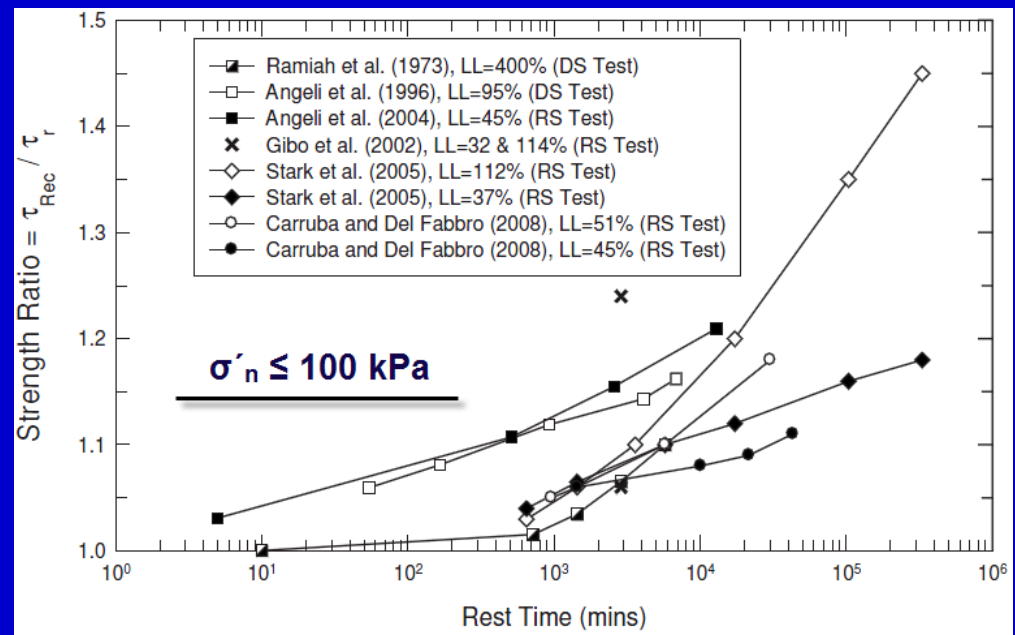
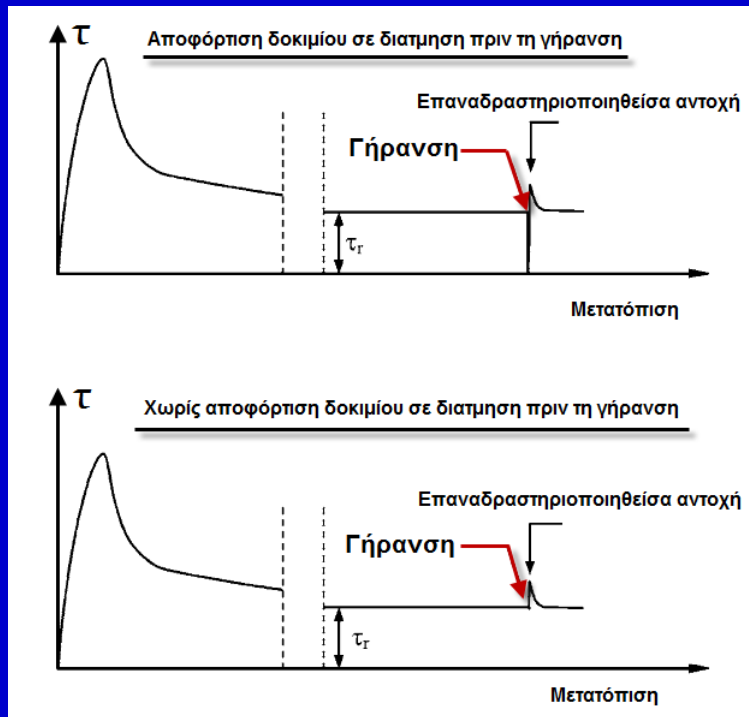
Επίδραση της μύζησης στην παραμένουσα αντοχή (Merchan et al., 2009)



Επίδραση της γήρανσης στην παραμένουσα αντοχή

✓ Carrubba et al. (2008)

✓ Stark et al. (2010)



Παραμένουσα αντοχή εδαφών με χονδρόκοκκα (άμμος & χάλικες)

$\Phi'_{r,f}$: παραμένουσα γωνία τριβής πεδίου

$\Phi'_{r,l}$: παραμένουσα γωνία τριβής στο εργαστήριο

(χρησιμοποιείται το κλάσμα το λεπτότερο από 425 μm ή 2mm)

$$\Phi'_{r,f} = \Phi'_{r,l} + \Delta\Phi'_r$$

Ποσοστό	%
Άμμου και χαλίκων	16 - 45
Χαλίκων	10 - 33
Ιλύος και αργίλου	> 50
Αργίλου (%<5 μm)	12 - 40

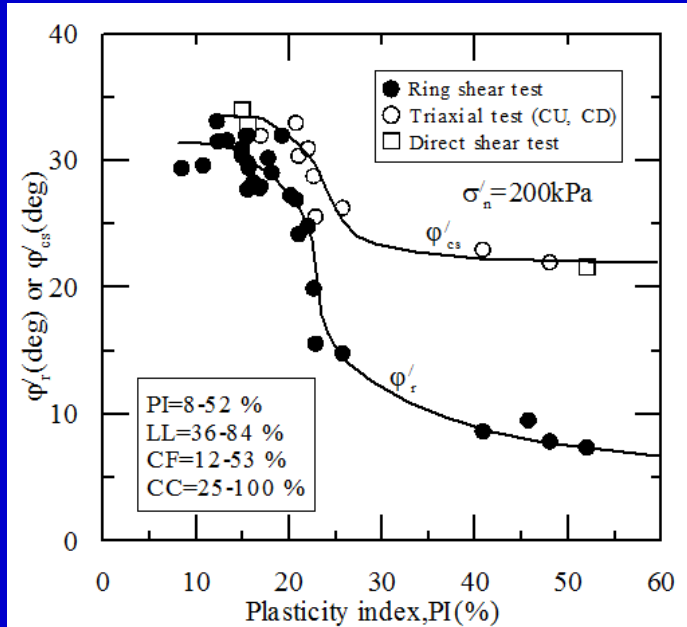
$$\Delta\Phi'_r = 0 \sim 12^\circ$$



Δοκιμές άμεσης διάτμησης πεδίου σε ζώνες ολίσθησης κατολισθήσεων στην περιοχή του φράγματος : Three Gorges Dam (Wen et al., 2007)

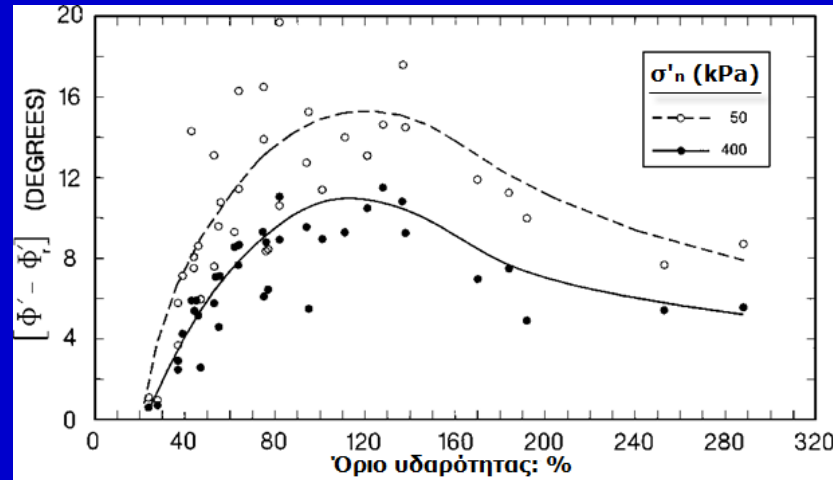
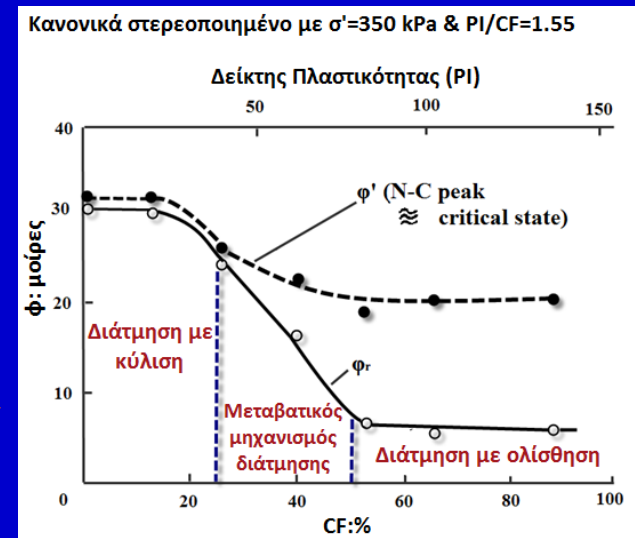
Παραμένουσα αντοχή - κρίσιμη αντοχή (ή αντοχή υπό συνθήκες πλήρους χαλάρωσης)

Μάργες (Tika et al., 2011)



Άργιλοι, πηλόλιθοι,
σχιστόλιθοι & αργιλόλιθοι
(Stark et al, 2005)

Μείγματα άμμου-
μπετονίτη
(Lupini et al., 1981)

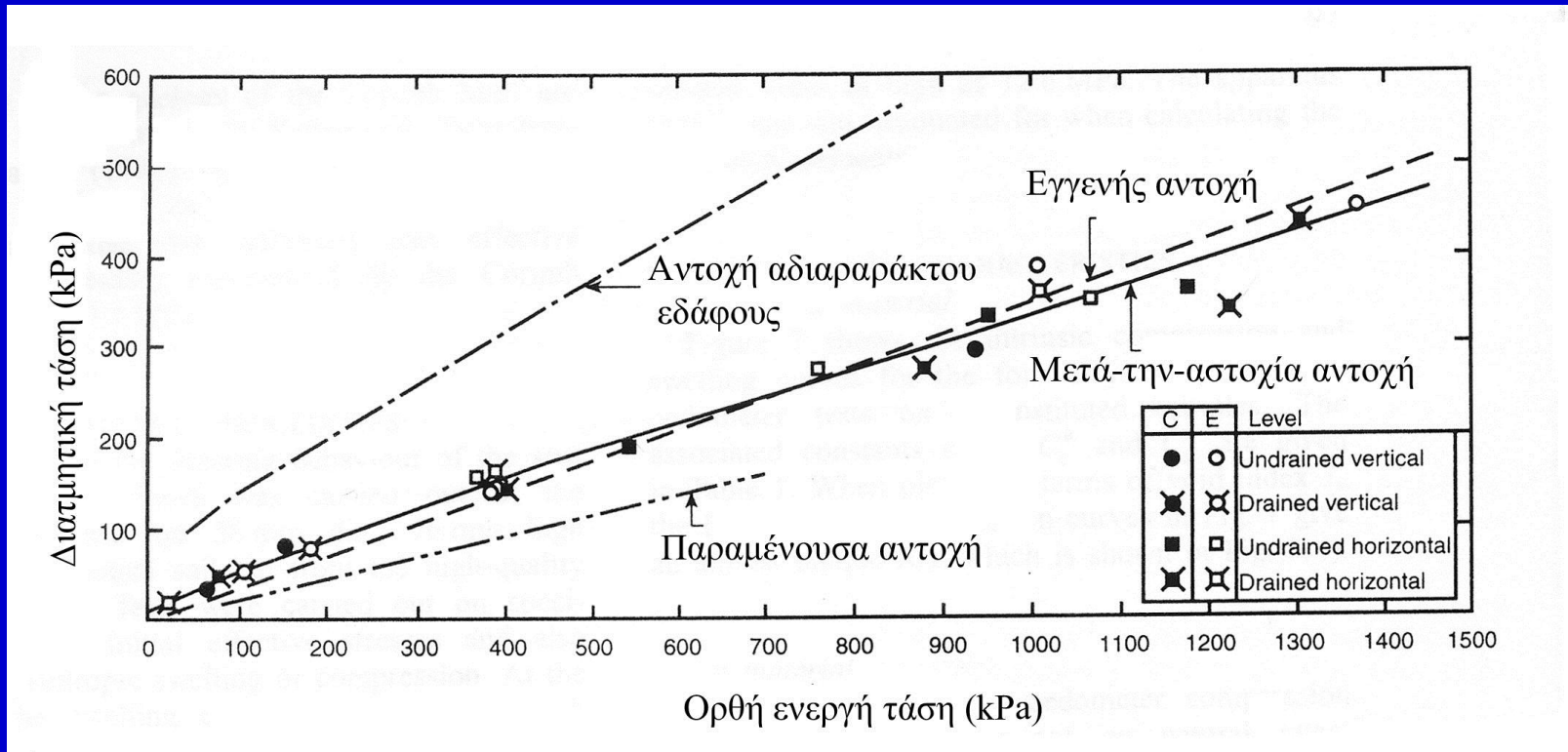


Παραμένουσα αντοχή - αντοχή μετά την αστοχία

Περιβάλλουσες αστοχίες για την

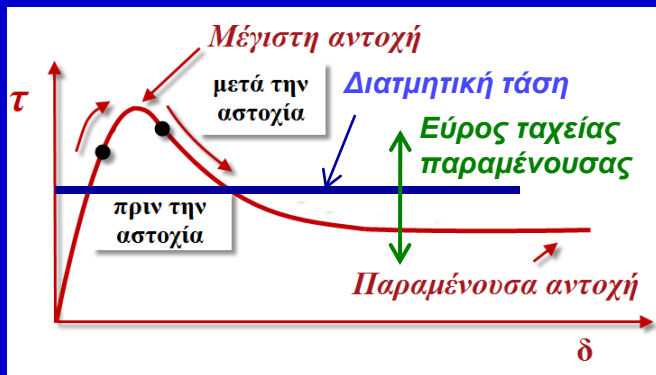
άργιλο του Λονδίνου (Ashford Common)

Burland et al. (1996)



Συνέπειες της επίδρασης της ταχύτητας διάτμησης – αργές μετατοπίσεις

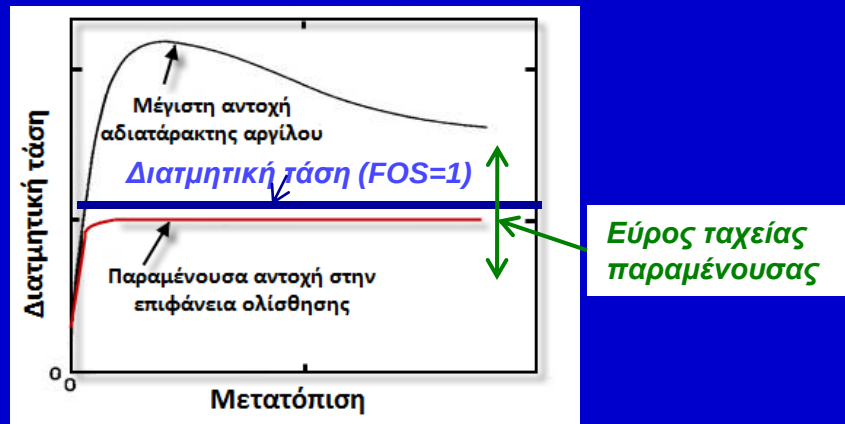
Πρώτες ολισθήσεις σε εδάφη που παρουσιάζουν προοδευτική αστοχία:



Θετική επίδραση

Αρνητική επίδραση

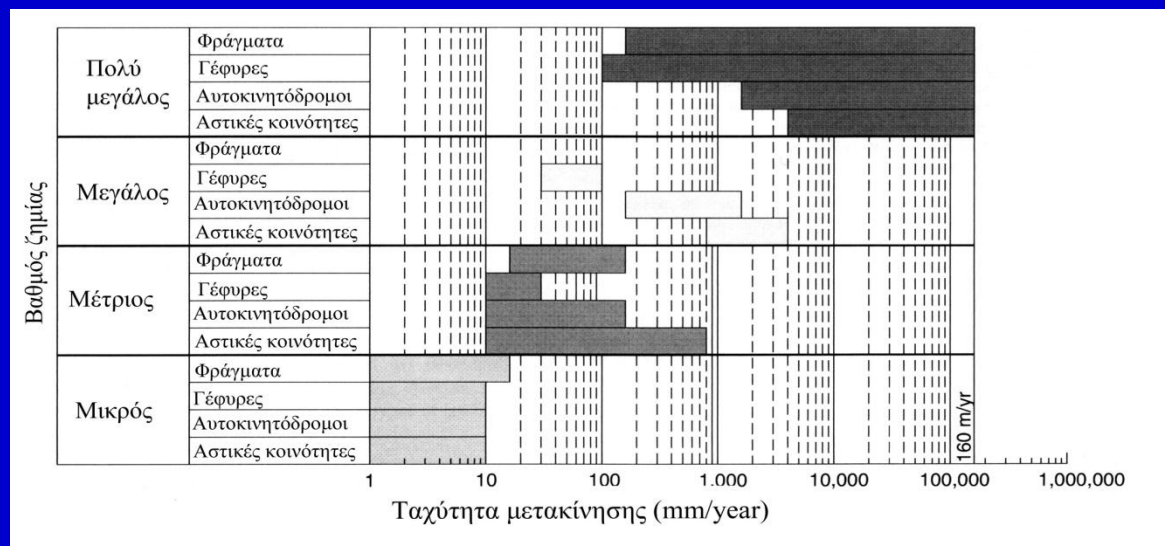
Επαναδραστηριοποιηθείσες κατολισθήσεις:



Θετική επίδραση

Αρνητική επίδραση

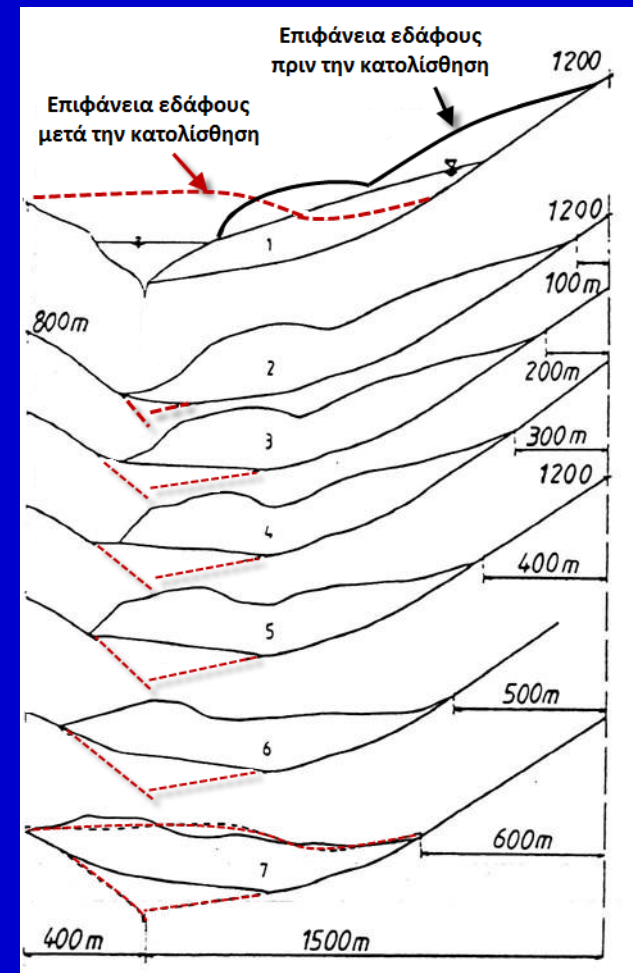
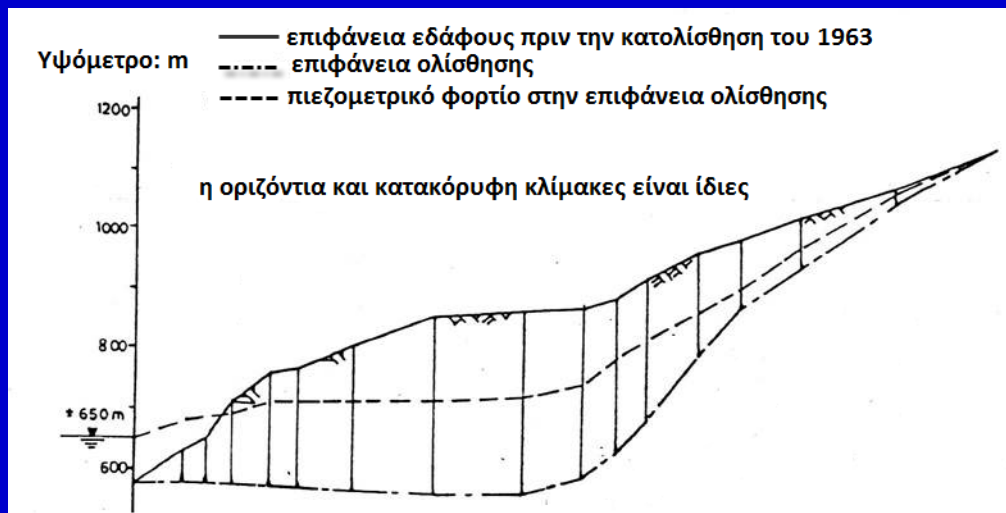
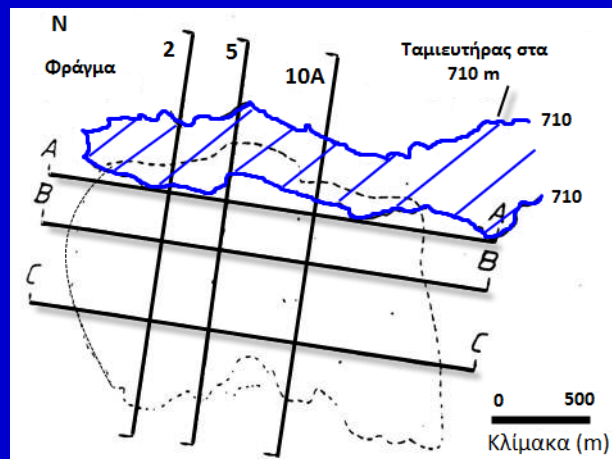
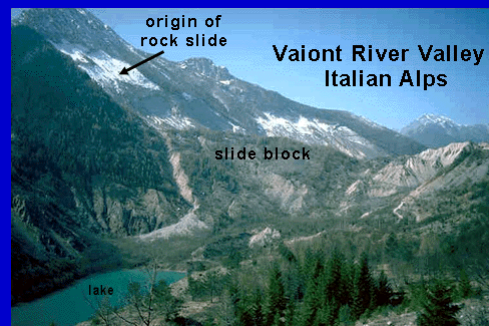
Επίδρασης της ταχύτητας διάτμησης στην παραμένουσα αντοχή – αργές μετακινήσεις πρανών



Mansour et al. (2011)

Cruden & Varnes (1996)	Ταχύτητα μετακίνησης
Εξαιρετικά αργά μετακινούμενες κατολισθήσεις	0 – 16 mm/year
Πολύ αργά μετακινούμενες κατολισθήσεις	16 mm/year – 1.6 m/year
Αργά μετακινούμενες κατολισθήσεις	1.6 m/year – 160 m/year

Συνέπειες της επίδρασης της ταχύτητας διάτμησης – ταχείες μετατοπίσεις – η περίπτωση της κατολίσθησης του Vaiont

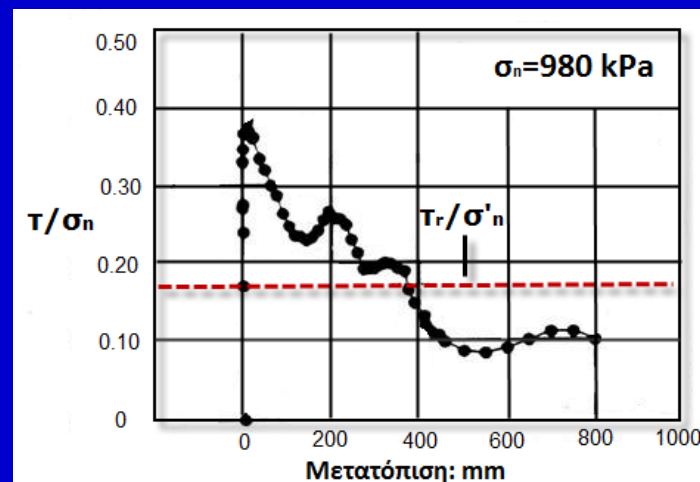
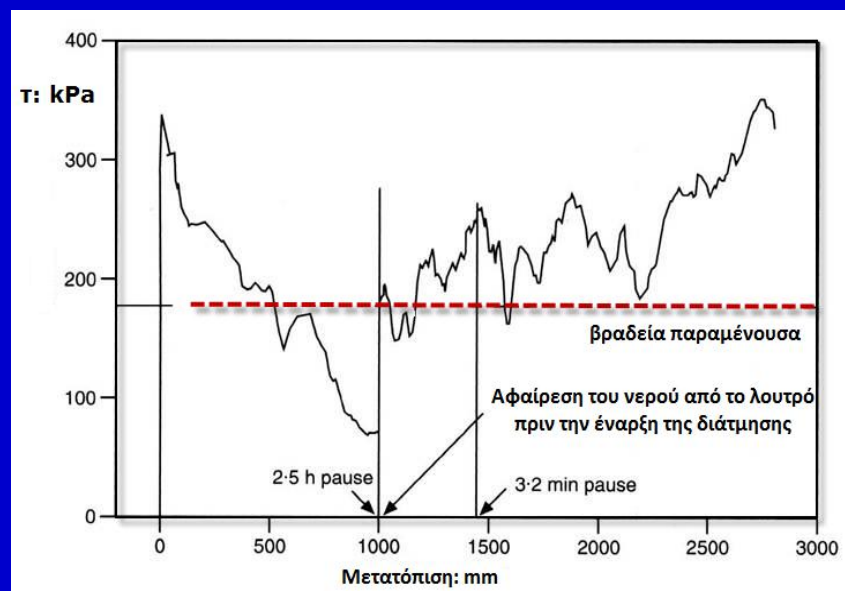
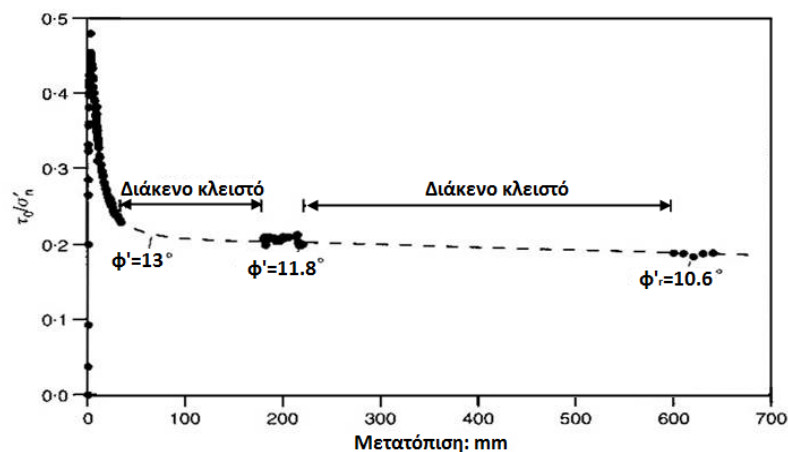


Αποτελέσματα δοκιμών διάτμησης δακτυλίου σε έδαφος από την κατολίσθηση Vaiont

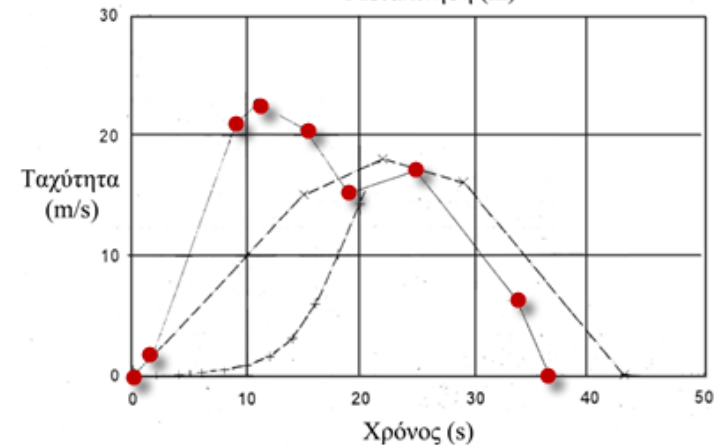
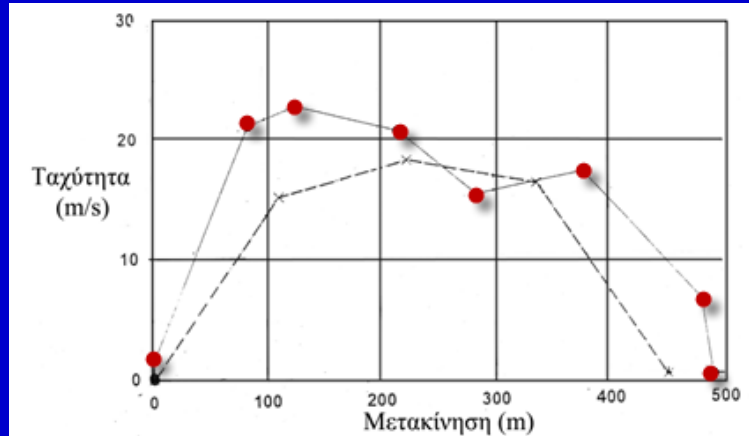
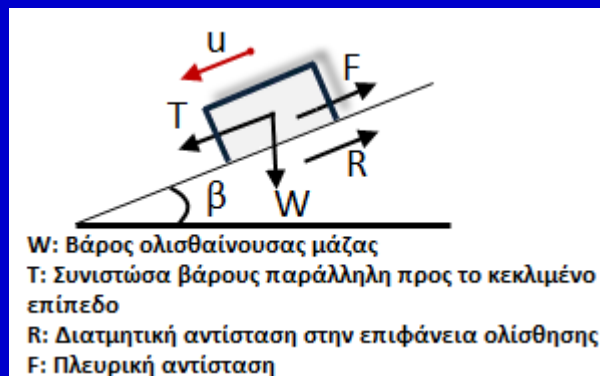
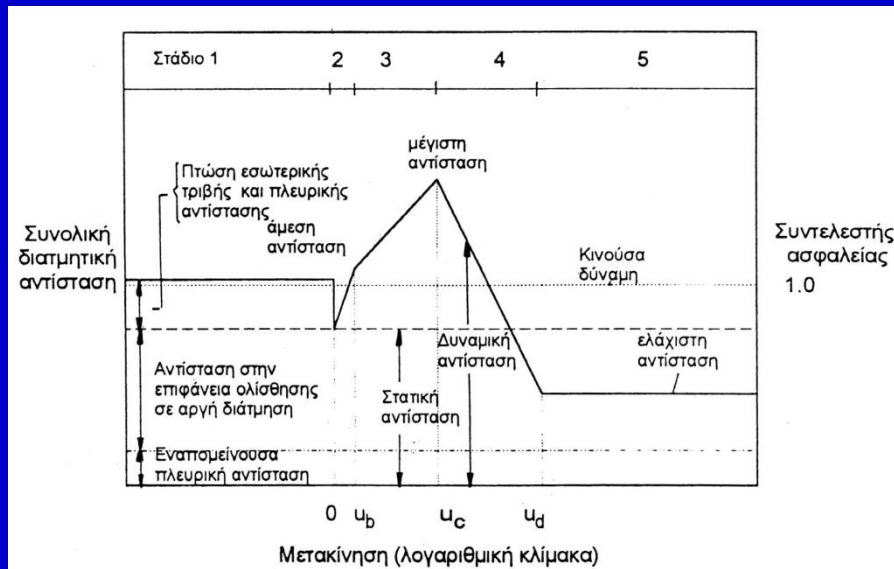
(Tika & Hutchinson, 1999)

Αποτελέσματα δοκιμής διάτμησης δακτυλίου

[Vaiont clay, WL=49, PI=22, CF=30% (Tika & Hutchinson, 1999)]



Αποτελέσματα ανάλυσης της κινηματικής της κατολίσθησης Vaiont (Τίκα, 1998)



Σύμβολο	K	f	$\tan\phi'$	$\tan\phi_b$	$\tan\phi_c$	$\tan\phi_d$	u_b (mm)	u_c (mm)	u_d (mm)
1	0.39	0.02	0.213	0.328	0.479	0.085	0.1	10	1000
2	-	-	0.213						
3	-	-	0.236						

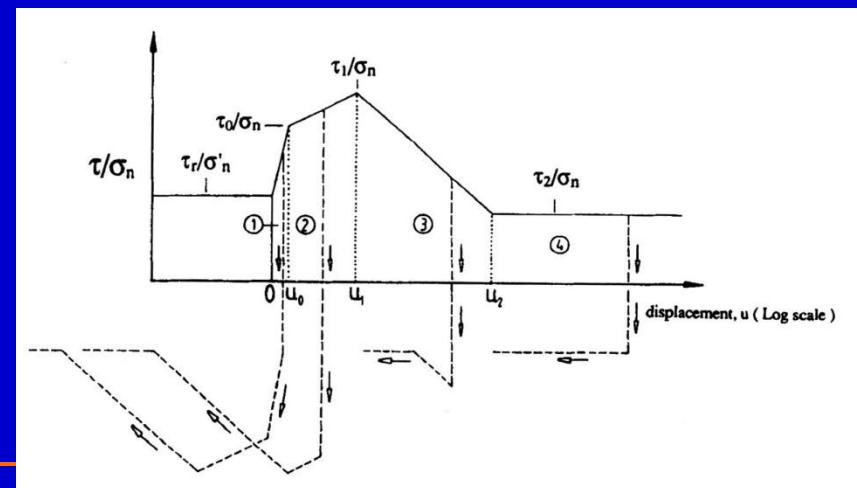
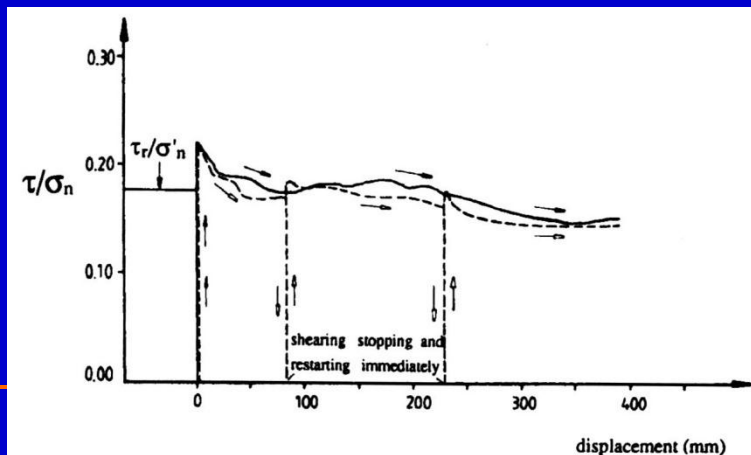
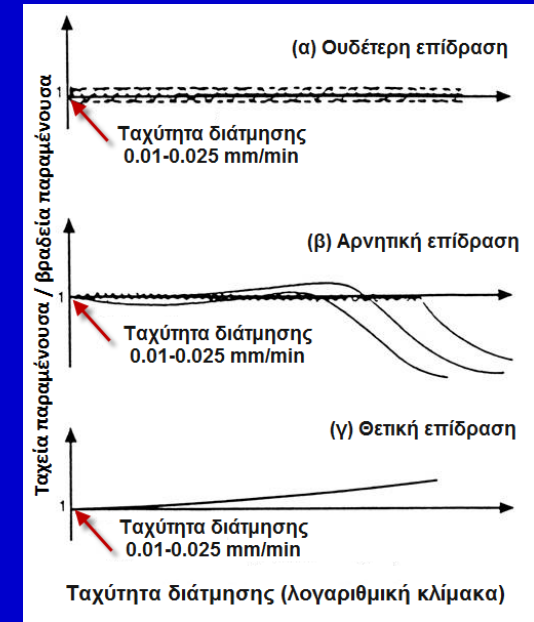
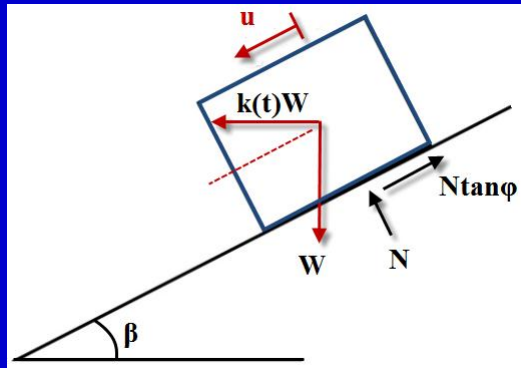
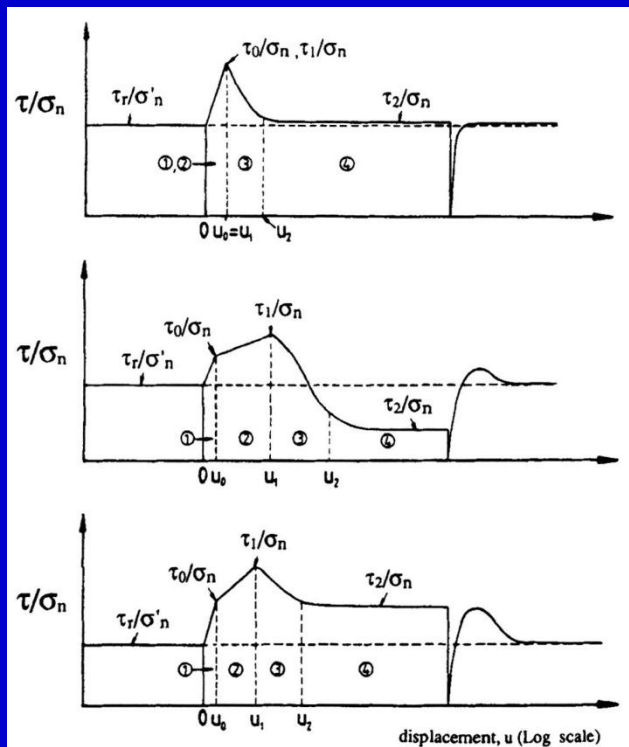
¹ K και $\tan\phi'$, όπως στους Hendron & Patton (1985)

² Hendron & Patton (1985), μείωση της αντοχής εξ αιτίας της αύξησης της πίεσης του νερού των πόρων στην επιφάνεια ολίσθησης λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας

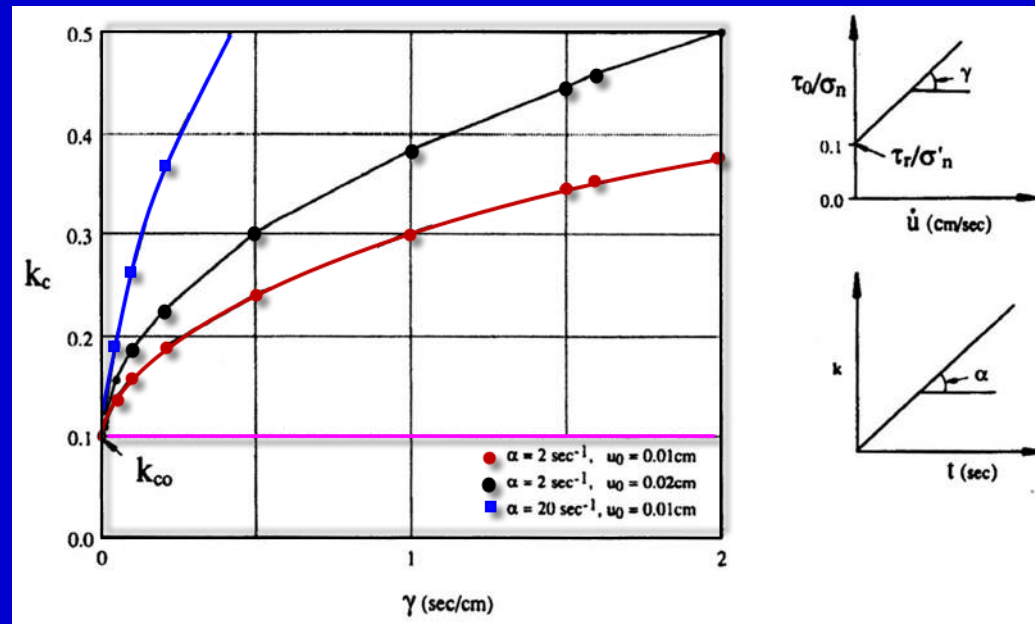
³ Giabattin (1964)

Σεισμικές μετατοπίσεις πρανών

Tika, Sarma & Ambraseys, 1993



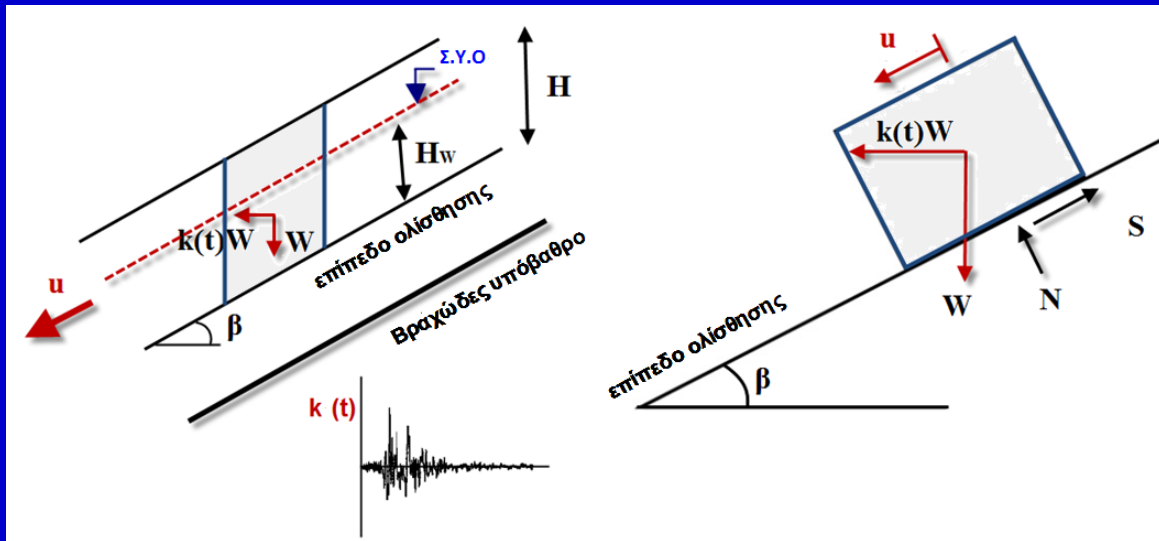
Επίδραση της ταχύτητας διάτμησης στην κρίσιμη επιτάχυνση



Tika, Sarma & Ambraseys, 1993

- ✓ k_{c0} : στατικός κρίσιμος σεισμικός συντελεστής
- ✓ k_c : δυναμικός κρίσιμος σεισμικός συντελεστής

Εκτίμηση σεισμικών μετακινήσεων πρανών κατά μήκος της Εγνατίας Οδού



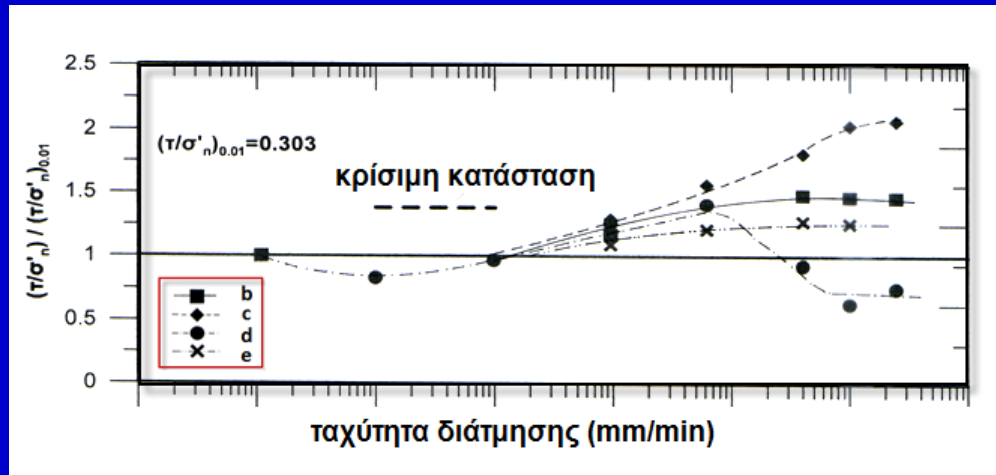
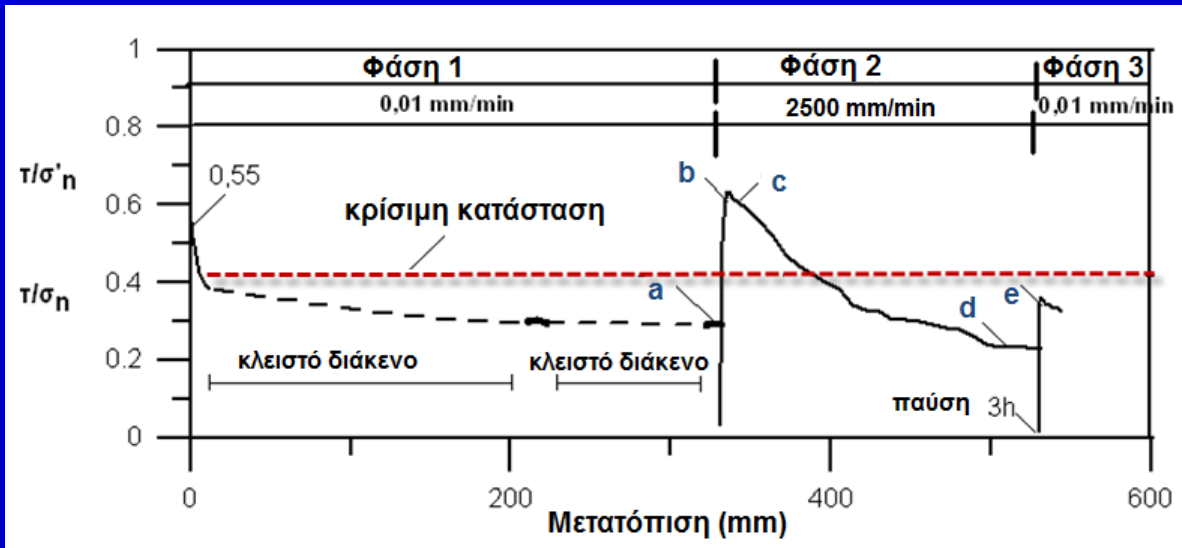
$$k_c = (1 - r_u) \cdot \tan \phi - \tan \beta$$

$$r_u = \frac{H_w \cdot \gamma_w}{H \cdot \gamma}$$

Σεισμικές διεγέρσεις	Λευκάδα 1973	Θεσσαλονίκη 1978	Κοζάνη 1995	Κόνιτσα 1996 (ΚΟΝ I)	Κόνιτσα 1996 (ΚΟΝ II)	Λευκάδα 2003
M_w	5,8	6,5	6,6	5,7		6,2
T (s)	T	26,53	29,39	44,80	49,92	49,99
	L	26,53	29,39	-	49,92	49,99
T_{sd} (s)	T	8,660	8,665	2,140	2,325	10,560
	L	5,460	6,480	-	1,465	15,160
A_{max} (g)	T	0,239	0,140	0,172	0,389	0,417
	L	0,500	0,216	-	0,391	0,340
V_{max} (cm/s)	T	20,932	6,585	14,533	25,899	15,659
	L	46,501	8,946	-	20,816	29,499
I_a (m/s)	T	0,508	0,196	0,132	0,69	1,958
	L	1,201	0,266	-	0,442	1,957
f_0 (Hz)	T	1,245	2,907	2,564	2,564	1,600
	L	1,294	5,882	-	1,976	1,842

- ✓ Στερεοπλαστική συμπεριφορά
- ✓ Επίδραση της ταχύτητας διάτμησης στην παραμένουσα αντοχή

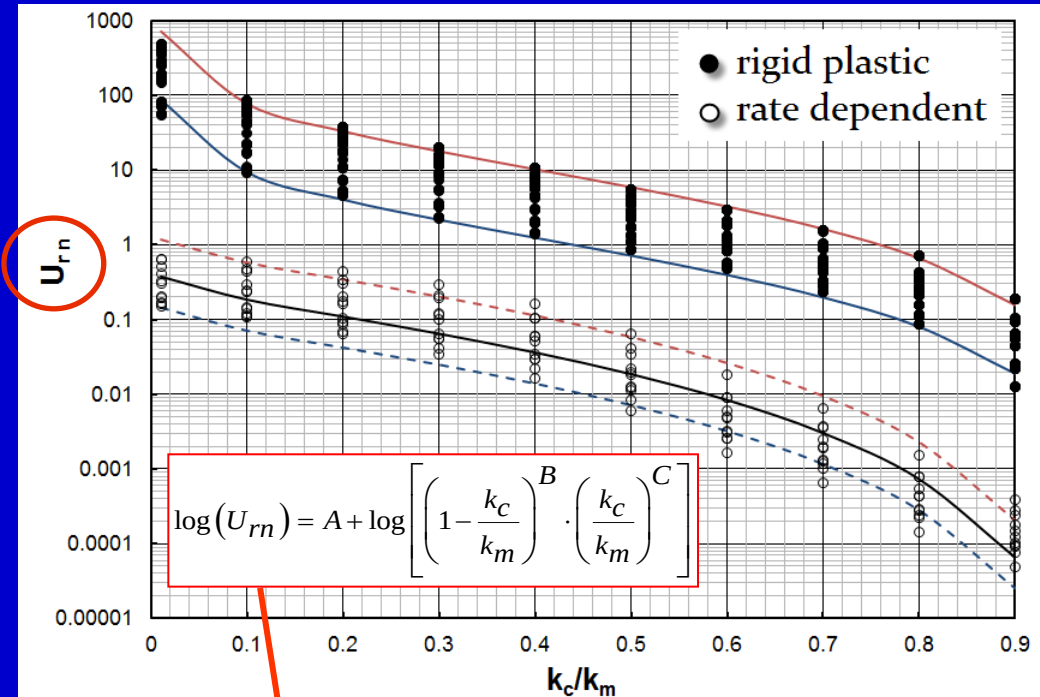
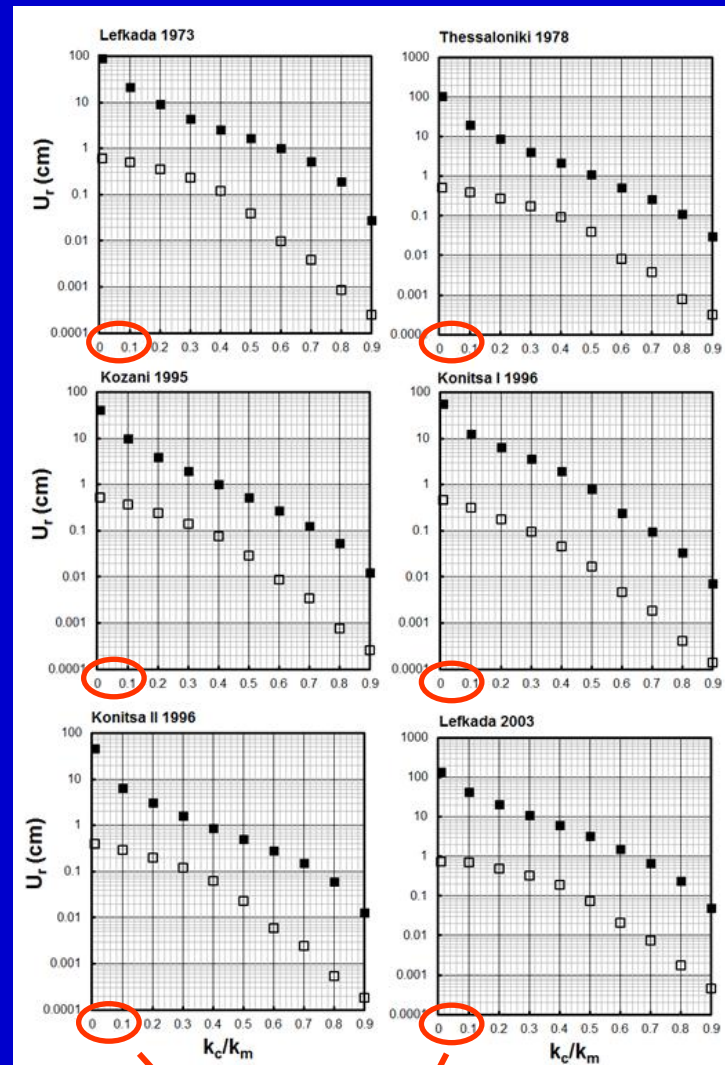
Αποτελέσματα δοκιμών διάτμησης δακτυλίου στο φλύσχη



(Παπαδόπουλος & συνεργάτες, 2010)

Αποτελέσματα αναλύσεων ολισθαίνοντος στερεού σώματος (Lazari et al., 2012)

$$U_{rn} = U_r / (k_m \cdot g \cdot T_p^2)$$



Παράμετροι	Rigid plastic		Rate dependent	
	Άνω Όριο	Κάτω Όριο	Άνω Όριο	Κάτω Όριο
A	1.085	0.169	-0.247	-1.158
B	1.932	1.932	3.445	3.445
C	-0.889	-0.889	-0.166	-0.166

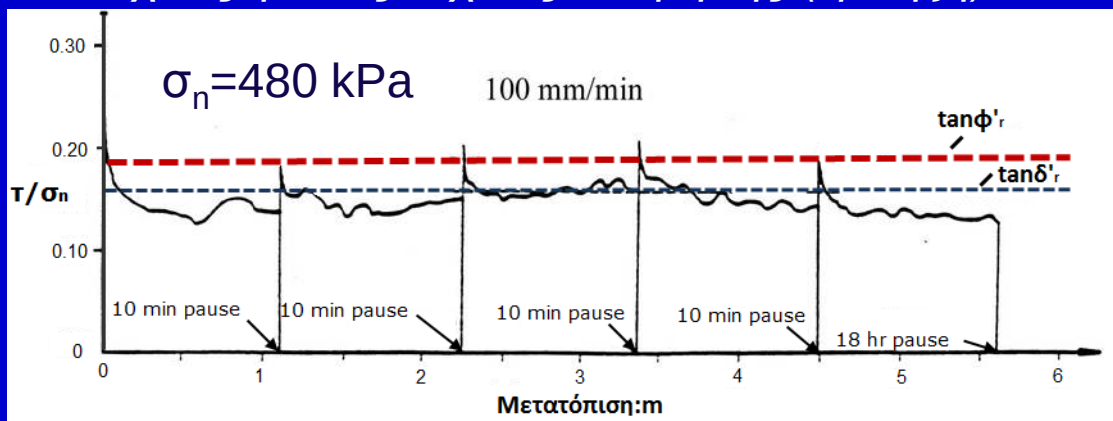
Ενεργές κατολισθήσεις

Επίδραση της ταχύτητας διάτμησης στη συμπεριφορά της διεπιφάνειας εδάφους και πασσάλου έμπτυξης

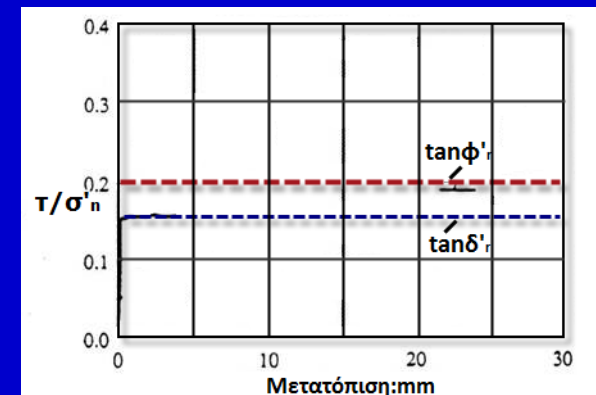
Δοκιμή διάτμησης αργίλου σε χαλύβδινη επιφάνεια, London clay: WL=71, PI=45, CF=53%, CLA=8.5μm

$\tan \phi'_r = 0.188$ ($\phi'_r = 11^\circ$), $\tan \delta'_r = 0.155$ ($\delta'_r = 8.8^\circ$)

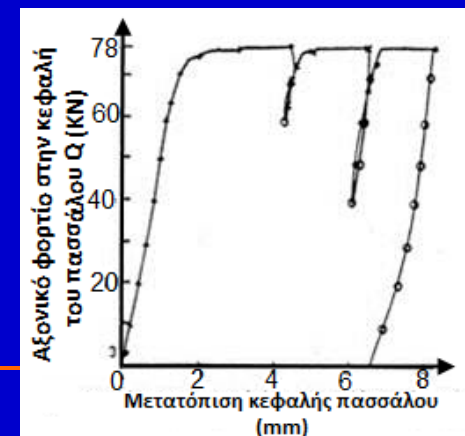
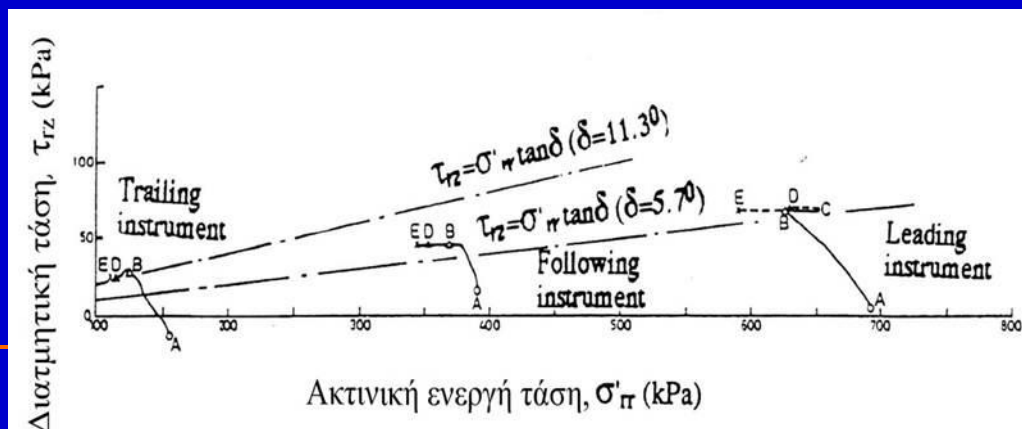
Διαδοχικές φάσεις ταχείας διάτμησης (έμπτυξη)



Βραδεία διάτμηση (0.05mm/min) μετά την ακολουθία των φάσεων ταχείας διάτμησης (φόρτιση)



Tika, 1991, Tika, Bond & Jardine, 1993



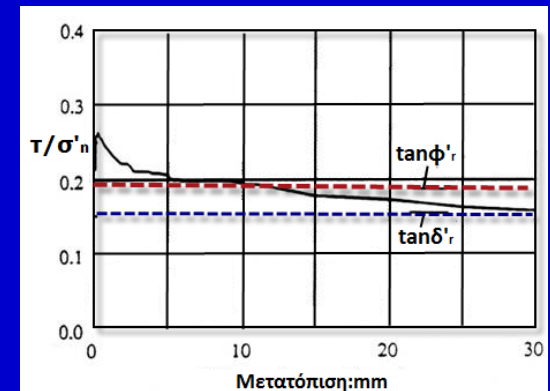
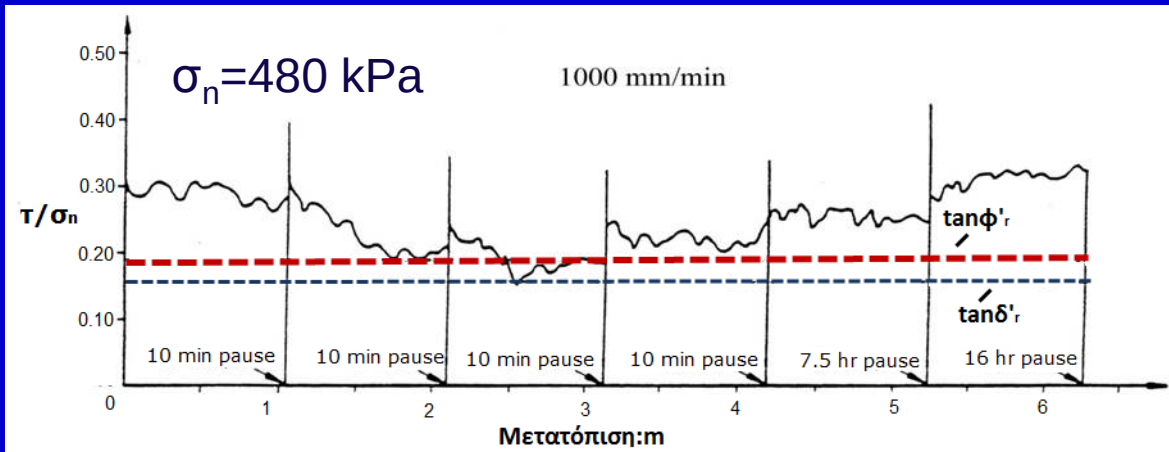
Επίδραση της ταχύτητας διάτμησης στη συμπεριφορά της διεπιφάνειας εδάφους και πασσάλου έμπτυξης

Δοκιμή διάτμησης αργίλου σε χαλύβδινη επιφάνεια, London clay: WL=71, PI=45, CF=53%, CLA=8.5μm

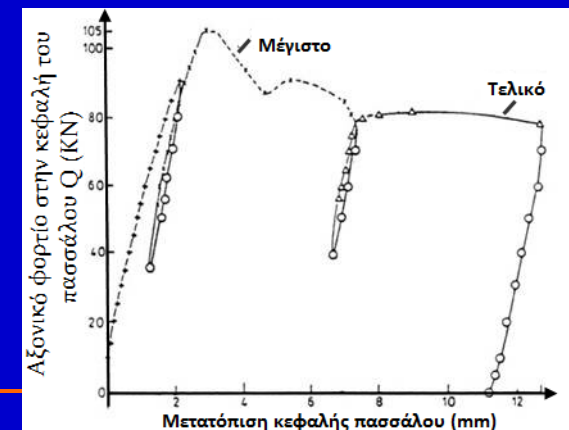
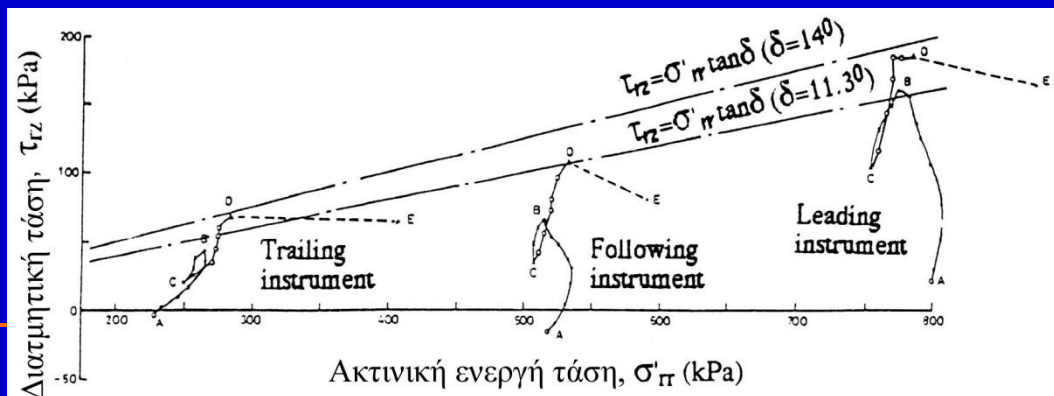
$\tan \phi'_r = 0.188$ ($\phi'_r = 11^\circ$), $\tan \delta'_r = 0.155$ ($\delta'_r = 8.8^\circ$)

Διαδοχικές φάσεις ταχείας διάτμησης (έμπτυξη)

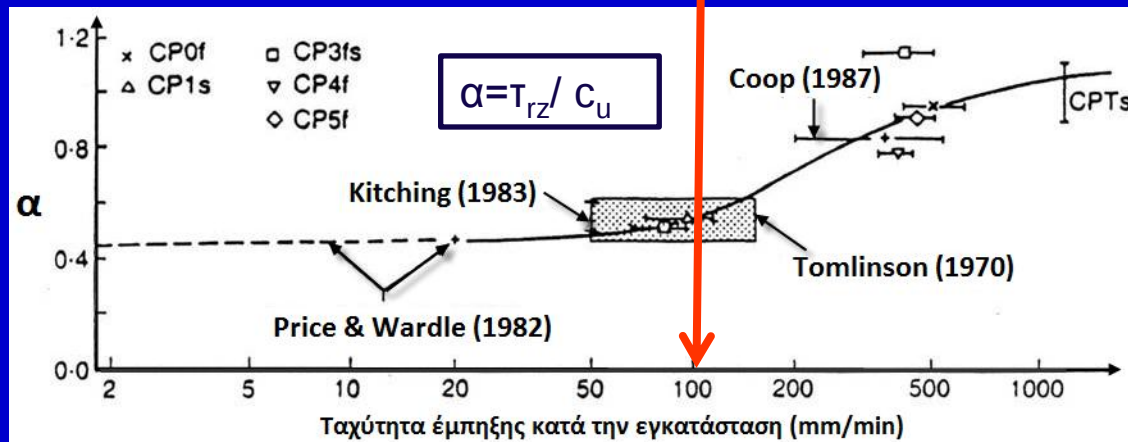
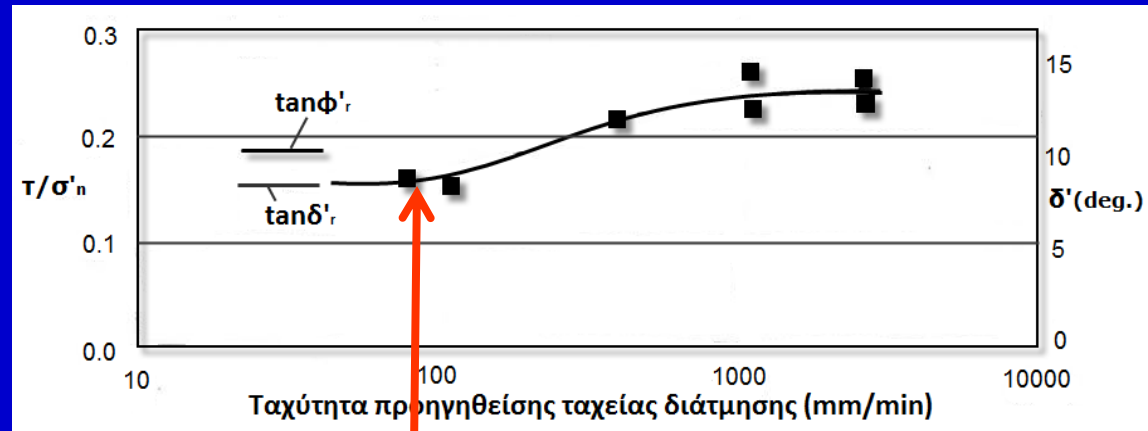
Βραδεία διάτμηση (0.05mm/min) μετά την ακολουθία των φάσεων ταχείας διάτμησης (φόρτιση)



Tika, 1991, Tika, Bond & Jardine, 1993



Επίδραση της ταχύτητας διάτμησης στη συμπεριφορά της διεπιφάνειας εδάφους και πασσάλου έμπτυξης



Tika, 1991, Tika, Bond & Jardine, 1993

Συμπεράσματα

- ❑ Τα τελευταία 50 χρόνια έχει σημειωθεί μια σημαντική πρόοδος στη γνώση για την παραμένουσα αντοχή **κορεσμένων συνεκτικών εδαφών**, καθώς και των παραγόντων που την επηρεάζουν, όπως η κοκκομετρική διαβάθμιση και ορυκτολογική σύσταση, η ορθή τάση, η χημική σύσταση του ύδατος των πόρων, η ταχύτητα διάτμησης και η γήρανση. Η γνώση αυτή σήμερα αξιοποιείται σε μεγάλο βαθμό στον Γεωτεχνικό Σχεδιασμό.
- ❑ Όμως για τη μελέτη και αντιμετώπιση προβλημάτων μεγάλων παραμορφώσεων ακόρεστων εδαφών, λαμβανομένης υπόψη της αλλαγής / εναλλαγής των κλιματικών και γενικώτερα των περιβαλλοντικών συνθηκών, απαιτείται η γνώση της παραμένουσας αντοχής **ακόρεστων συνεκτικών εδαφών**, η οποία μέχρι σήμερα έχει μελετηθεί σχετικά περιορισμένα.