

ΤΟ Ε.Μ.Π. ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
Αθήνα 3-4 Δεκεμβρίου 2007

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗ

Ι. Βαρδουλάκης και Χ. Γεωργιάδης
Τομέας Μηχανικής, Σ.Ε.Μ.Φ.Ε. ΕΜΠ
<http://geolab.mechan.ntua.gr>



Η Μηχανική των υλικών με μικροδομή θεμελιώθηκε από τους **E. & F. Cosserat (1909)**. Η θεωρία αυτή έγινε ουσιαστικά αντιληπτή από την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα 50 χρόνια αργότερα, μετά την δημοσίευση της εργασίας του αείμνηστου Καθηγητού **Günther (1958)**. Στη δεκαετία του 60 ακολούθησε μια πραγματική έκρηξη επιστημονικών εργασιών στην περιοχή αυτή, που συνοψίσθηκε το 1967 στο αντίστοιχο Συμπόσιο της IUTAM (**Kröner, 1968**).

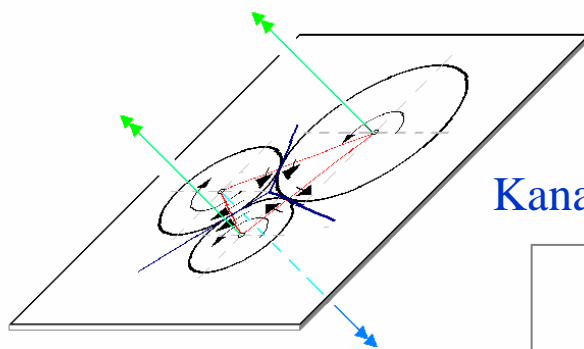
Όσον αφορά τα κοκκώδη υλικά οι **Mühlhaus & Vardoulakis (1987)** επανέφεραν στο προσκήνιο του ενδιαφέροντος τη Θεωρία Cosserat, με τη σύνδεση που επέτυχαν μεταξύ της θεωρίας αυτής και του προβλήματος του εντοπισμού της παραμόρφωσης κατά μήκος λεπτών ζωνών ολίσθησης, πάχους ορισμένων κόκκων. Ακολούθησαν εργασίες πάνω σε θεωρίες πλαστικότητας τύπου Cosserat και βαθμίδας που συνοψίσθηκαν στη μονογραφία ***Bifurcation Analysis in Geomechanics* (Vardoulakis & Sulem 1995)**.

Θεμελίωση της Μικρομηχανικής

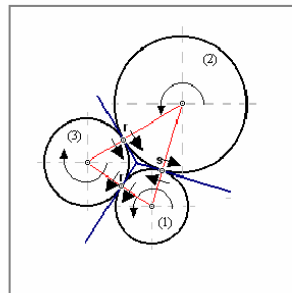
E. & F. Cosserat (1909)

Günther (1958)

IUTAM (Kröner, 1968)



Kanatani 1979



3 grains constellation (2D):

The grain rotation vectors adjacent to sliding contact (s) are homothetic (green). The grain rotation vectors adjacent to a rolling contact (r) are antithetic (blue-green). The moment vector of the antithetic rotation vectors pair has the direction of the rolling velocities

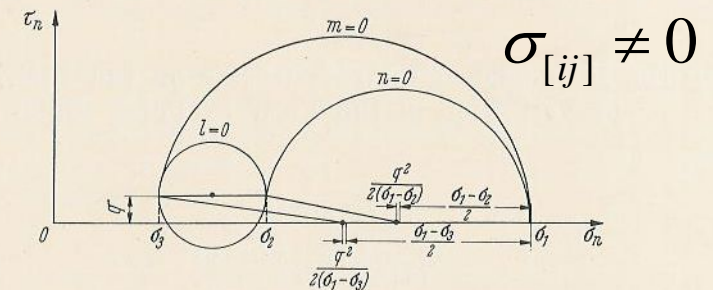
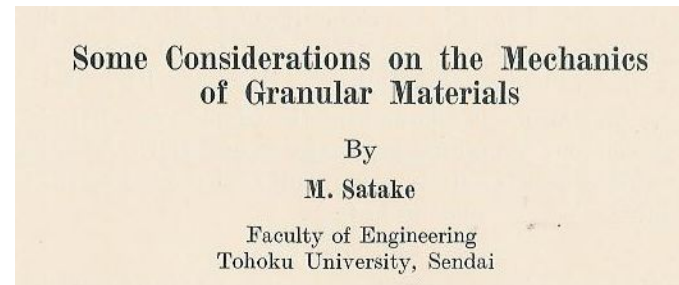
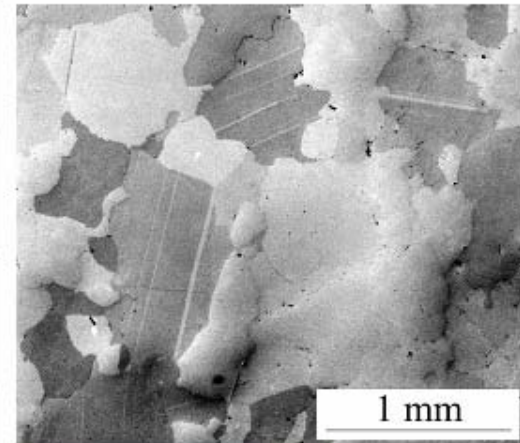
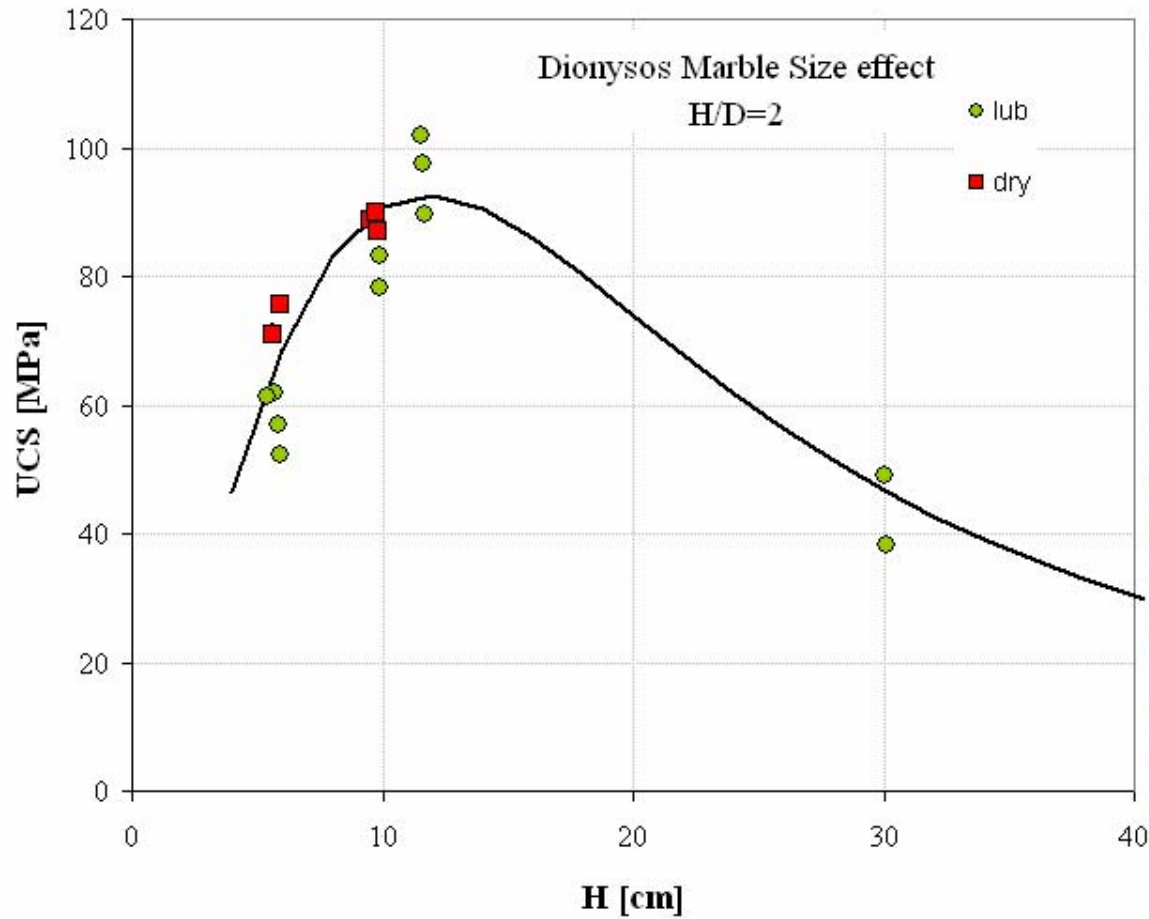


Fig. 2. Modification of Mohr's circle.

References

- [1] OSHIMA, N.: Proc. 2nd Jap. Nat. Cong. Appl. Mech., 1952, p. 5—8.
- [2] OSHIMA, N.: Memoirs of RAAG, 1 Div. D, (1955), p. 563—572.
- [3] MOGAMI, T.: Soil and Foundation, 5, No. 2, 26—36 (1965).
- [4] SOKOLOVSKII, V. V.: Statics of Granular Media. Oxford: Pergamon Press 1965.
- [5] MORIGUCHI, S.: RAAG Research Notes, 3rd Series No. 65, 1963.

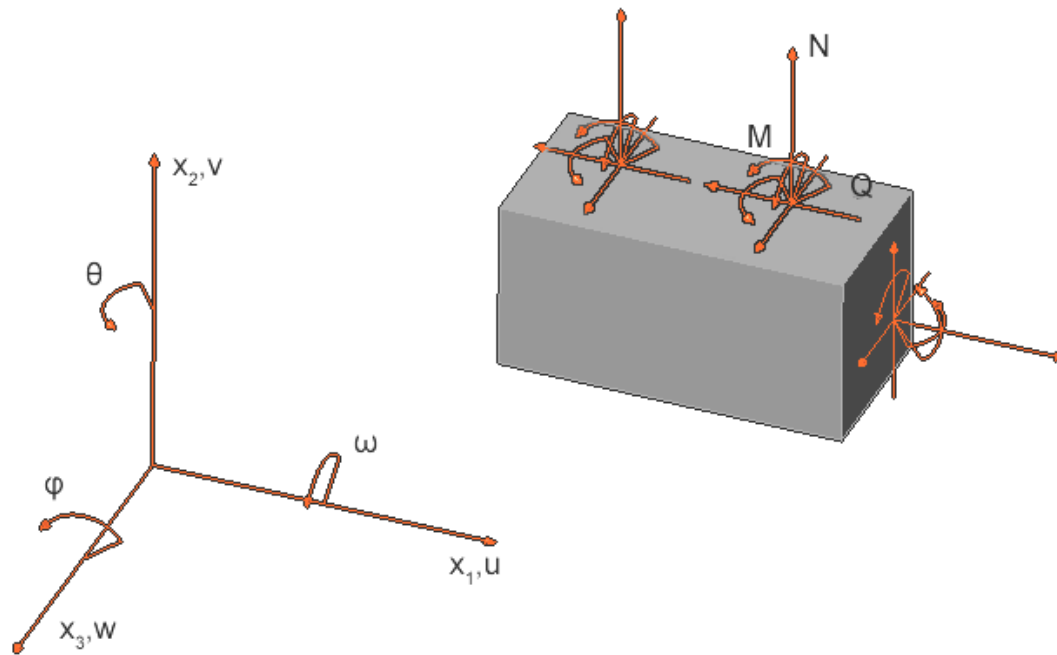
Μικροδομή & Φαινόμενα Κίμακας



Μονοαξονική αντοχή σε θλίψη μαρμάρου Διονύσου (EU SMT4-CT96-2130)

Μετάβαση από το διακριτό στο συνεχές μέσο : Ομογενοποίηση διακριτής δομής στα πλαίσια της Μηχανικής Συνεχούς Μέσου τύπου Cosserat

περιοδική δομή



οιονεί τυχαία δομή



Stefanou et al. (2007)

Θεωρία Ελαστικότητας βαθμίδα

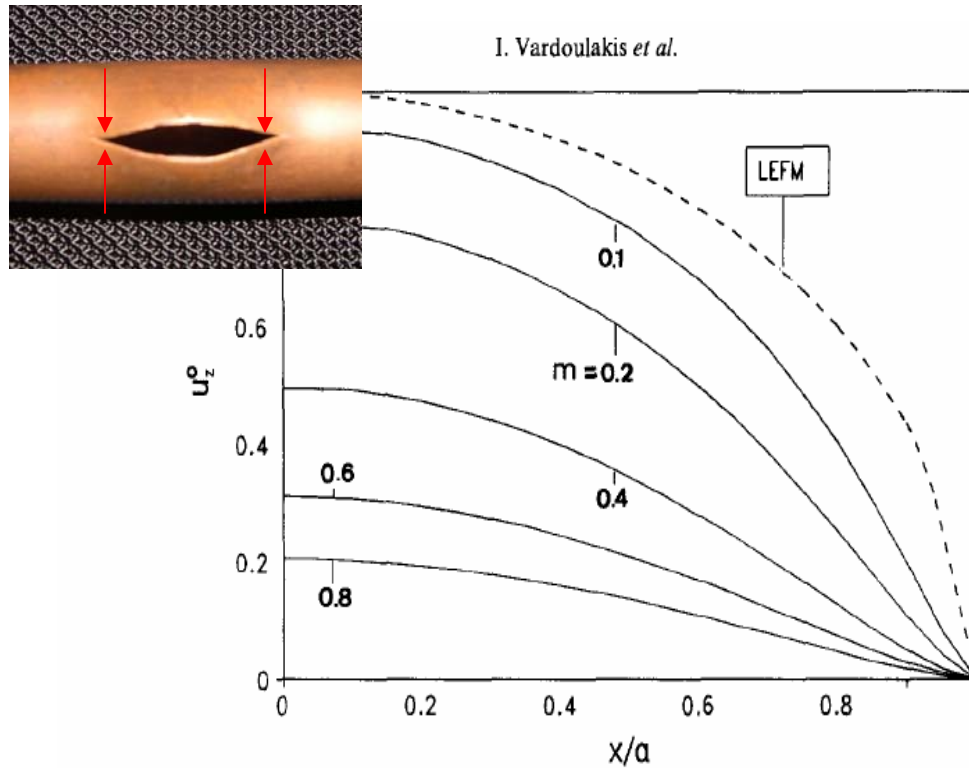
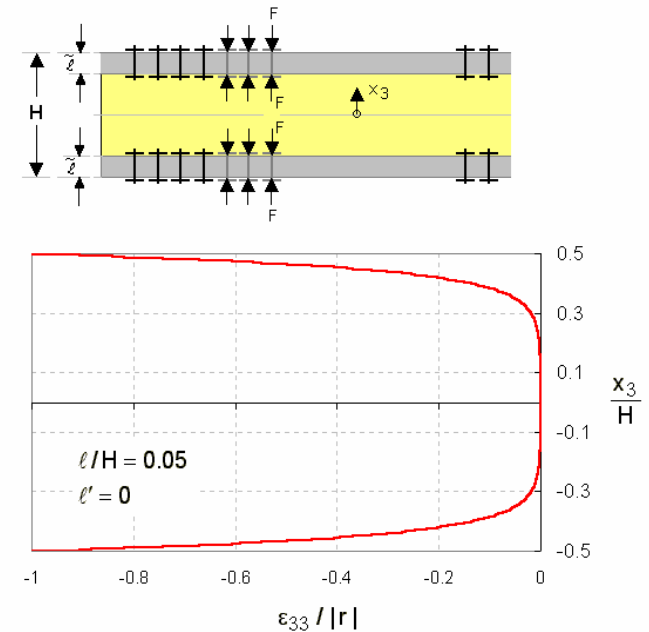


Fig. 6. LEFM elliptic crack shape ($m = 0$). Present theory predictions concerning the effect of the relative volume energy term on the displacement of the cusping crack with clamped tips ($m' = 0$).



Froio et al. (2007)

Vardoulakis et al., (1996), Georgiadis, (2001)

Σε εφαρμογές μικρο-ηλεκτρονικής, οι συχνότητες των επιφανειακών κυμάτων είναι συνήθως της τάξης μερικών GHz και τα μήκη κύματος είναι αντιστοίχως της τάξης μερικών μm . **Φαινόμενα διασποράς** σε υψηλές συχνότητες μπορούν να ερμηνευτούν μόνο στα πλαίσια θεωριών που λαμβάνουν υπ' όψιν την μικροδομή του υλικού

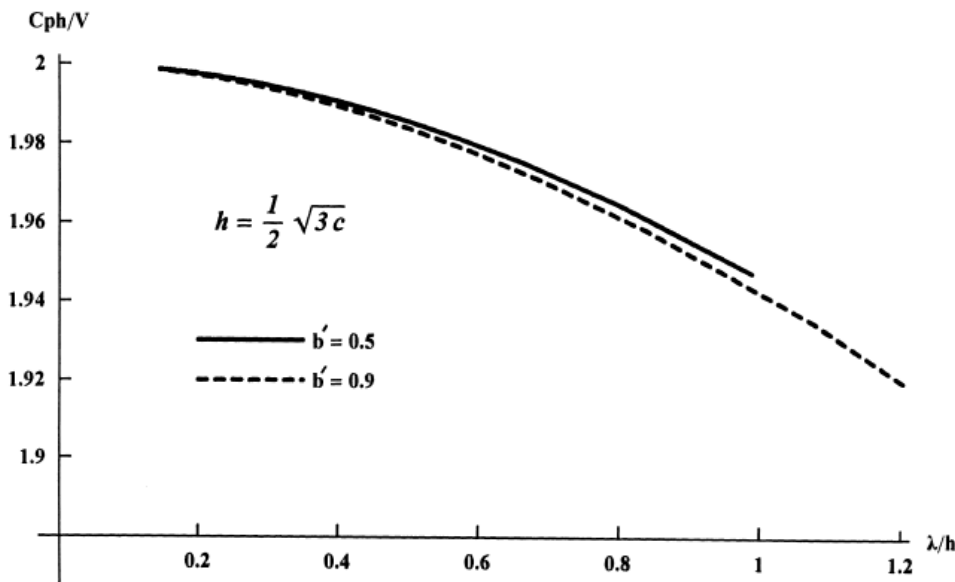
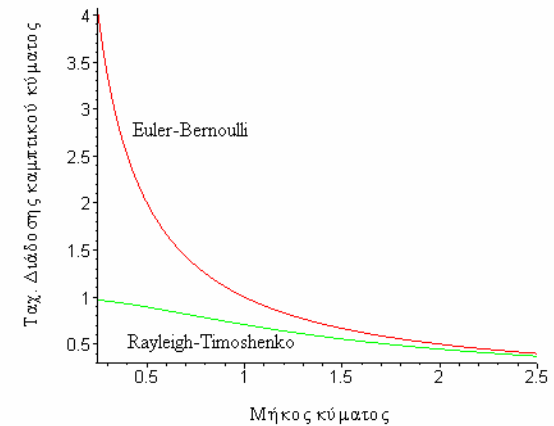


Fig. 8. Dispersion curves for the propagation of torsional surface waves showing the variation of the normalized phase velocity (C_{ph}/V) with the normalized wavelength λ/h , when $h = (1/2)(3c)^{1/2}$.

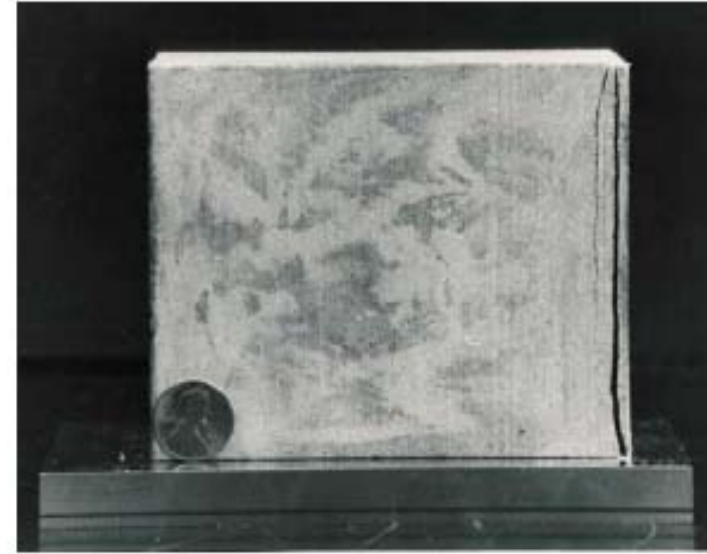


Ομαλή διασπορά στρεπτικών κυμάτων σε ελαστικό ημίχωρο βαθμίδας (Georgiadis et al. 2000)

Θεωρία Πλαστικότητας βαθμίδας: Εντοπισμός της παραμόρφωσης και κατάρρευση κλασικής προσέγγισης (Vardoulakis & Frantziskonis 1992).



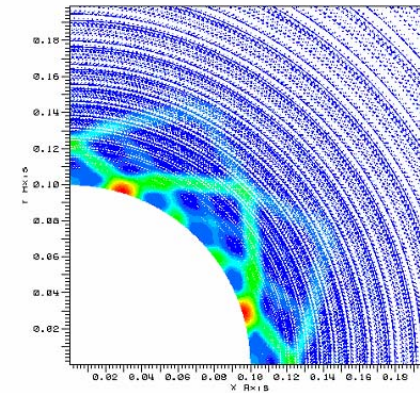
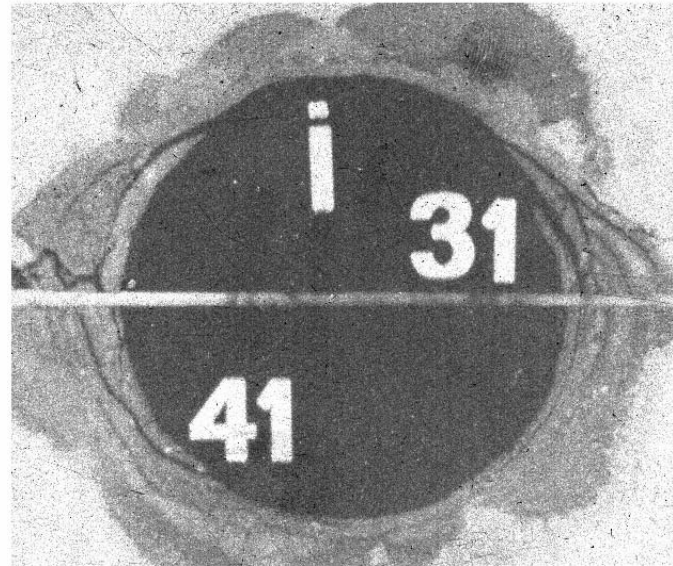
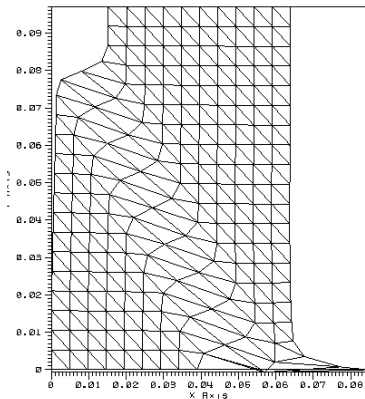
(a)



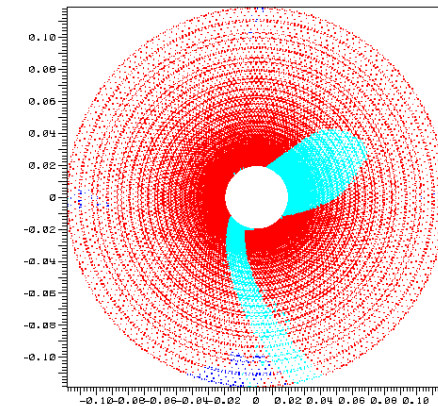
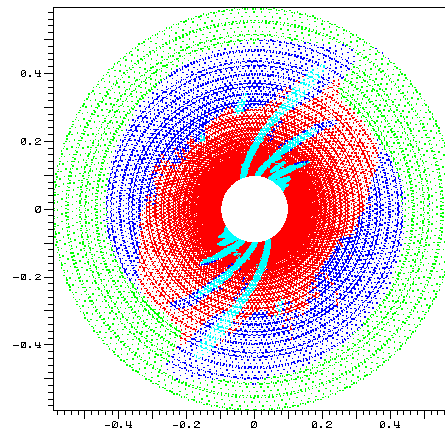
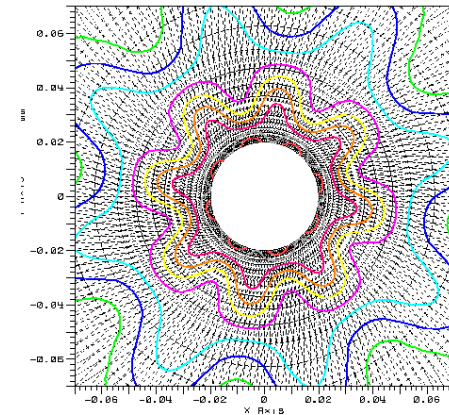
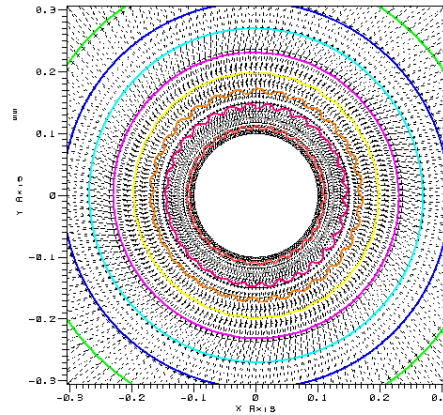
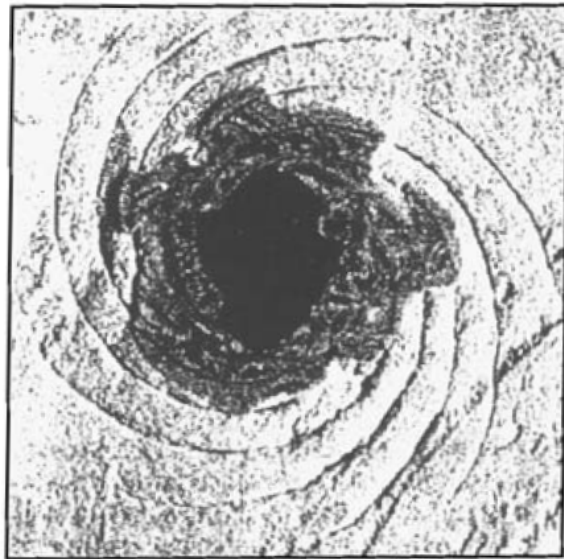
(b)

Μορφές εντοπισμού της παραμόρφωσης: α) Συζυγείς ζώνες ολίσθησης σε περλίτη (Σαρακίνα Μήλου). β) Αποφλοΐωση ψαμμίτη Berea σε πείραμα επιφανειακής αστάθειας (Paramichos et al. 1991)

Ο εντοπισμός της παραμόρφωσης εμφανίζεται είτε ως μία υλική αστάθεια όγκου (ζώνες ολίσθησης) είτε ως επιφανειακή αστάθεια (επιφανειακές πτυχώσεις και αποφλοιώσεις). Στις περιπτώσεις αυτές η κλασική διατύπωση καταρρέει πλήρως, αφού οδηγεί σε μη καλώς ορισμένα μαθηματικά προβλήματα συνοριακών τιμών (προβλήματα ελλειπτικής-υπερβολικής μετάβασης). Η κανονικοποίηση των προβλημάτων αυτών γίνεται με την προσφυγή σε γενικευμένες θεωρίες πλαστικότητας. Τα προβλήματα επιλύονται αριθμητικά με τη μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων κατάλληλα προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις του συνεχούς είτε είναι αυτό τύπου Cosserat (Paranastasiou & Vardoulakis 1992) είτε είναι τύπου συνεχούς βαθμίδας (Zervos et al. 2001). Ειδικότερα στην τελευταία περίπτωση αναπτύχθηκαν ειδικά C^1 πεπερασμένα στοιχεία



Διακλαδώσεις της ισορροπίας



Alsiny et 1992, Zevos et al. 2001

Κατά την τρέχουσα δεκαετία στον Τομέα Μηχανικής του Ε.Μ.Π. η βασική έρευνα στην περιοχή της Μηχανικής των υλικών με μικροδομή αναπτύχθηκε και αναπτύσσεται σε βάθος και συστηματικά. Στο χρονικό αυτό διάστημα έχουν δημοσιευθεί από τους συγγραφείς της παρούσης και τους συνεργάτες τους πάνω από 25 εργασίες σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά που έχουν λάβει πάνω από 230 αναφορές στο Web of Science®. Έχουν εκπονηθεί επιτυχώς 3 διδακτορικές διατριβές και επί του παρόντος 6 υποψήφιοι διδάκτορες εργάζονται στην περιοχή υπό την επίβλεψη των συγγραφέων. Η προσπάθεια αυτή στηρίχθηκε και στηρίζεται από 10 συνολικά ερευνητικά προγράμματα. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να τα αναζητήσει κανείς στην ιστοσελίδα <http://geolab.mechan.ntua.gr/>.

Στη γραπτή Εισήγησή μας παραθέτουμε μια συνοπτική περιγραφή του έργου της ερευνητικής μας ομάδας στην περιοχή της Μικρομηχανικής.