

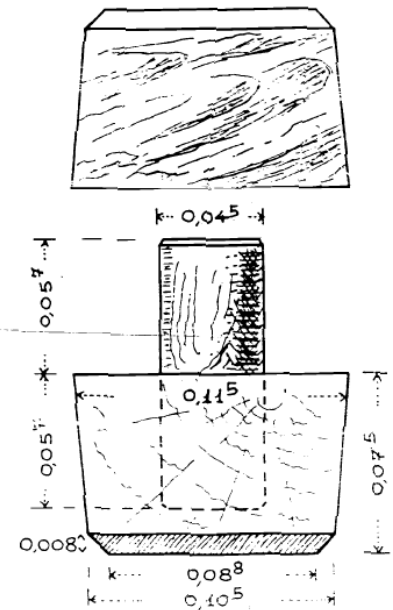
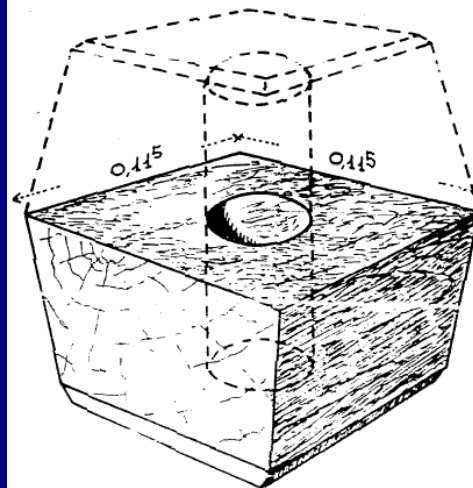
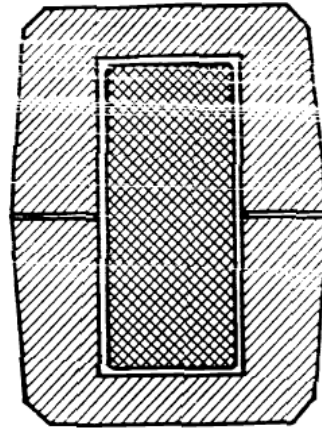
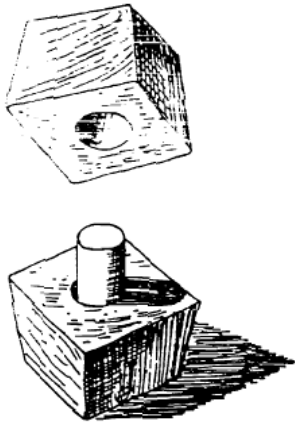
**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ  
ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ  
ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ  
ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ  
ΜΝΗΜΕΙΩΝ  
ΤΗΣ ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ - ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΡΩΜΑΪΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ**

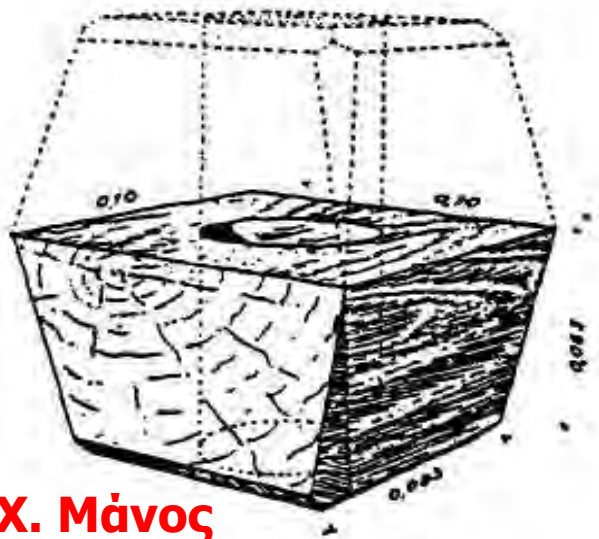
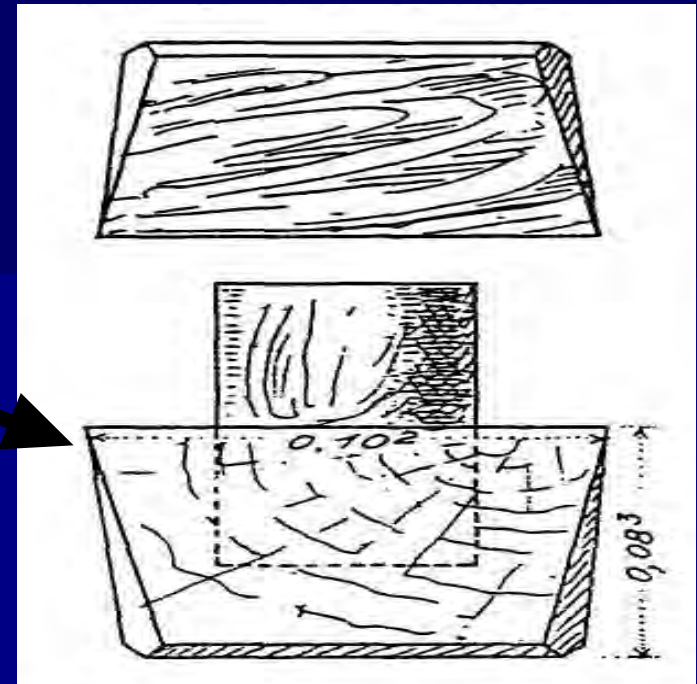
**Επιστημονικώς υπεύθυνος: Δρ Γεώργιος Χ. Μάνος  
Καθηγητής Α.Π.Θ. , Πολιτικός Μηχανικός**

# Ξύλινοι Πόλοι και Εμπολία Μουσείο Ακρόπολης Αθηνών

ΠΟΛΟΙ ΚΑΙ ΕΜΠΟΛΙΑ

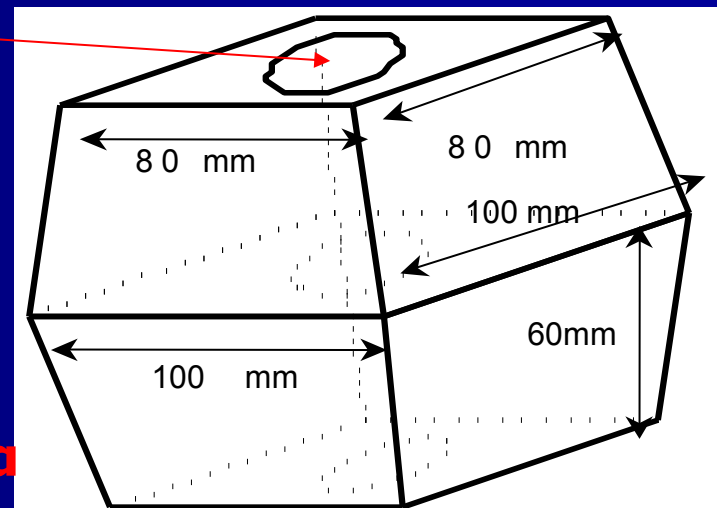


ΠΟΛΟΙ	
διάμετρος (cm)	μήκος (cm)
2.7	6.7
4.7	12.0
4.0	10.2



Πόλος  
διαμέτρου  
20mm

Ομοίωμα



# Πρωτότυποι Μαρμάρινοι Σφόνδυλοι



# Πρωτότυποι Μαρμάρيني Σφόνδυλοι Επεμβάσεις και Αποκαταστάσεις



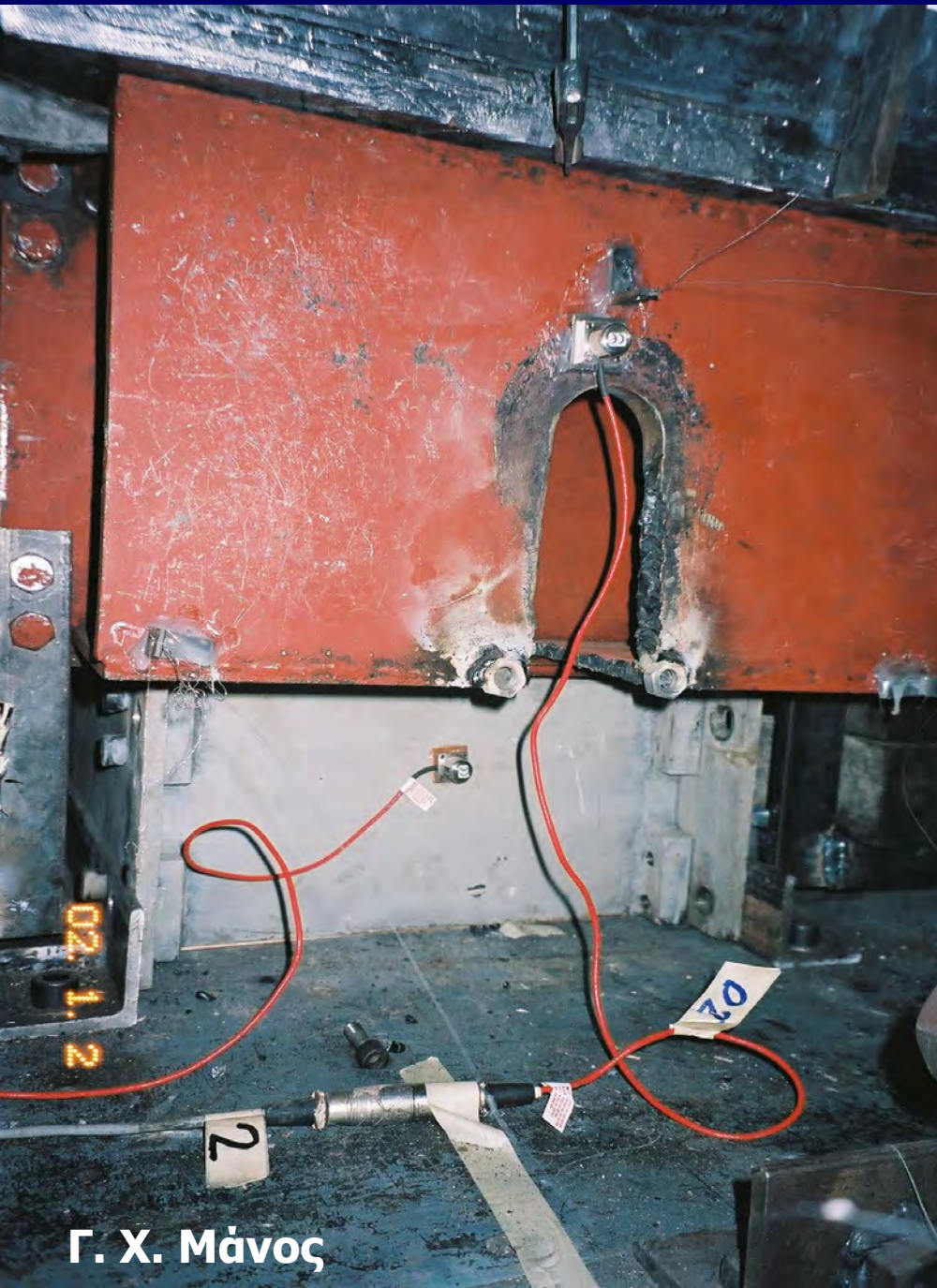
Διαμόρφωση επιφάνειας επαφής και εσοχών. Πρωτότυποι σφόνδυλοι.

# ■ Ομοιώματα σφονδύλων και συνδέσμων

## ■ 1η Ομάδα.

- Οι σφόνδυλοι αυτοί έχουν κατασκευαστεί από χαλύβδινα ελάσματα. Με οριζόντιες διαστάσεις:
- 400mm επί 400mm και ύψος 200mm άνω σφόνδυλος
- 500mm επί 500mm και ύψος 300mm κάτω σφόνδυλος

# Χαλύβδινοι σφρόνδυλοι



## 2η Ομάδα.

- Οι σφρόνδυλοι έχουν κατασκευαστεί από συμπαγή κομμάτια μαρμάρου (λευκό Καβάλας).
- Διαστάσεις όπως και προηγουμένως:
- 400mm επί 400mm και ύψος 200mm άνω σφρόνδυλος.
- 500mm επί 500mm και ύψος 300mm κάτω σφρόνδυλος
- Οι μαρμάρινοι αυτοί σφρόνδυλοι μπορούν να προσαρμοσθούν με ακρίβεια στην φορτιστική διατάξη των χαλύβδινων σφονδύλων.

# Μαρμαρινοί Σφόνδυλοι – Λοκίμια



Μεσαίος και ακραίοι μαρμαρίνοι σφόνδυλοι.

# Υλικά πύλων - εμπολίων

- Ο μεγαλύτερος αριθμός εμπολίων κατασκευάστηκε από τέσσερα διαφορετικά είδη ξύλου. Δηλαδή από
- **Οξιά, Ρόμπολο, Ιρόκο και Κυπαρίσσι.**
- Οι περισσότεροι πόλοι κατασκευάστηκαν από διάφορα είδη ξύλου. Δηλαδή από
- **Πεύκο, Οξιά, Ιρόκο και**
- **Κυπαρίσσι, και Κρασιά.**

# Συστατικά ομοιωμάτων συνδέσμων

## Πόλοι από ξύλο



## Εμπόλια από ξύλο



Εμπόλια από διάφορα ξύλα.

# Προσδιορισμός βασικών μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των εμπολίων και των πόλων.

- Χρησιμοποιήθηκαν για τον σκοπό αυτό δοκίμια που λήφθηκαν από την ίδια ξυλεία από όπου κατασκευάστηκαν οι πόλοι και τα εμπόλια που αναφέρθηκαν προηγουμένως.
- Τα δοκίμια αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τις εξής τρεις βασικές δοκιμές:
- **Δοκιμή Καθαρής Θλίψης**
- **Δοκιμή Κάμψης αμφιερίστου δοκού.**
- **Δοκιμή Διάτμησης (ψαλιδισμός).**

# Μορφές αστοχίας θλίψης ή κάμψης



Δοκιμή θλίψης και θραυσμένα δοκίμια.

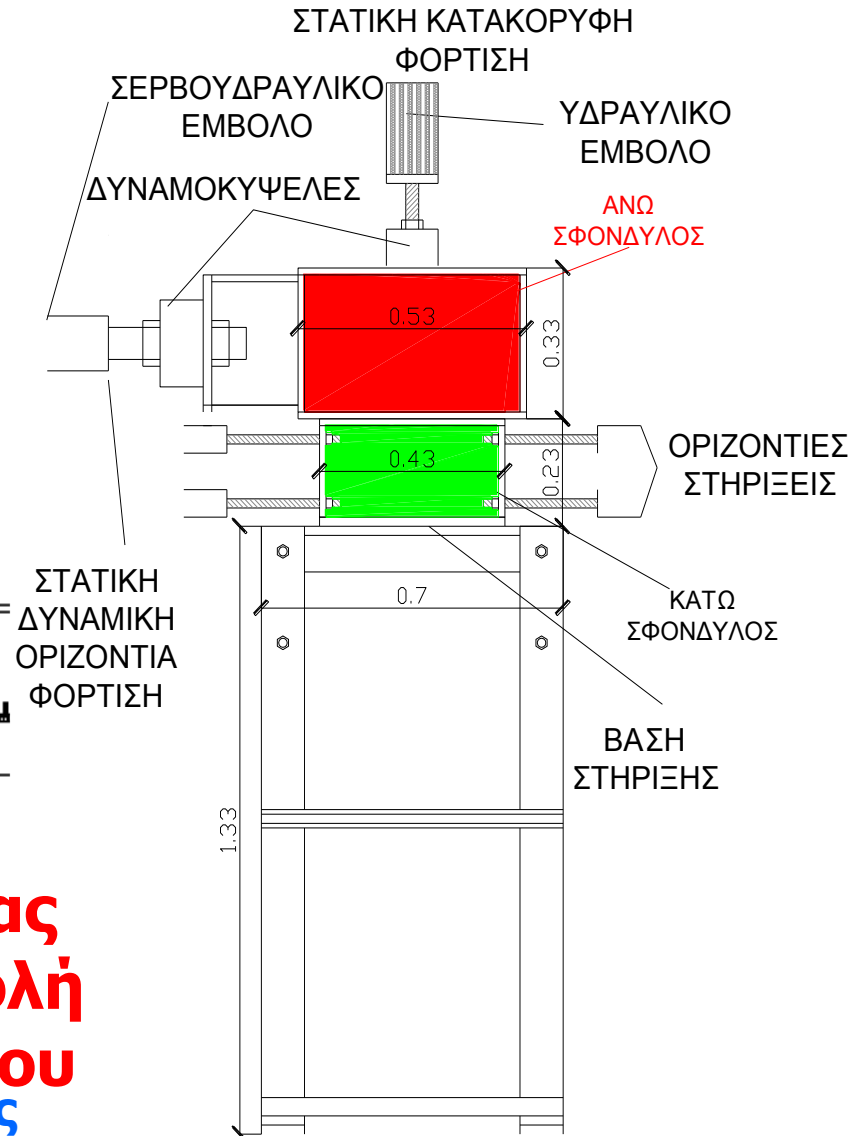
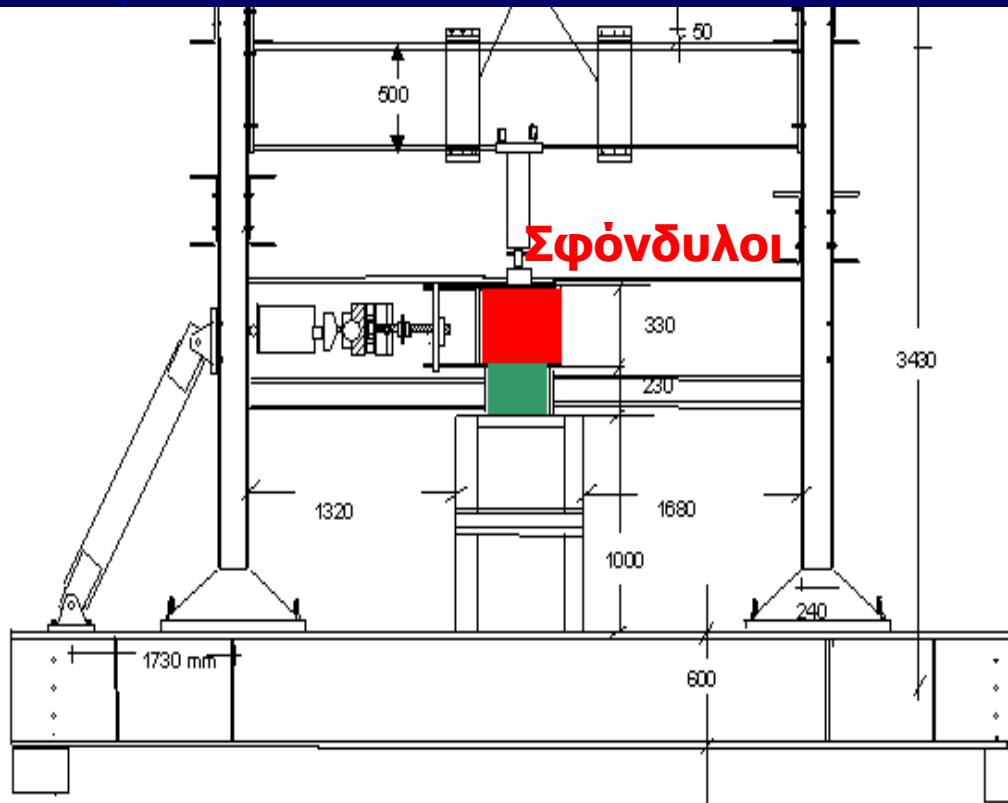


Θραυσμένα δοκίμια κάμψης.

# Τυπική αστοχία ξύλινα δοκίμια σε διάτμηση (ψαλιδισμό)



# Πειράματα Ισχυρού Πλαισίου Αντίδρασης



**Πειράματα ανακυκλιζόμενης  
στατικής ή δυναμικής οριζόντιας  
φόρτισης με ταυτόχρονη επιβολή  
κατακόρυφου σταθερού φορτίου**

**Γ. Χ. Μάνος**

# Χαρακτηριστικά της Πειραματικής Ακολουθίας

## Δύο επίπεδα ορθής τάσης.

- 0.25 Mpa ορθή τάση κάθετη στη επιφάνεια ολίσθησης για τους χαλύβδινους σφονδύλους
- 0.125 Mpa ορθή τάση κάθετη στη επιφάνεια ολίσθησης για τους χαλύβδινους σφονδύλους
- Ποικιλία συνδιασμών πόλων (μόλυβδος, κρανιά, ιρόκο, οξιά) και εμπολίων (χάλυβας, οξιά, ιρόκο, ρόμπολο, μόλυβδος) ως προς το υλικό τους.
- Μεταβολή διαμέτρου των πόλων (10mm έως 40mm )

# Πειραματική Διάταξη Επιβολής Οριζοντίων και Κατακόρυφων φορτίων (συγχρόνως)



Βάση στήριξης σφονδύλων για παραλαβή κατακόρυφων φορτίων.

ΠΟΛΩΙ [mm]		ΕΜΠΟΛΙΑ				
		ΧΑΛΥΒΑΣ	ΟΞΙΑ	ΙΡΟΚΟ	ΡΟΜΠΟΛΟ	ΜΟΛΥΒΔΟΣ
ΜΟΛΥΒΔΟΣ	10	ST-PE-A4 (18/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p=8mm				
	15	1) ST-PE-A7 (26/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p=16 mm. 2) ST-PE-A8 (31/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p=20 mm	ST-PE-A12 (08/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p= 16 mm			
ΚΡΑΝΙΑ	10	ST-PE-A3 (17/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p=8mm				
	15	ST-PE-A6 (26/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p= 10 mm	ST-PE-A20 (23/05/04) Περεργοφωμένος πόλος, maxd12p=25 mm	ST-PE-A10 (07/05/04) Περεργοφωμένος πόλος, maxd12p= 16 mm		
	20		ST-PE-A21 (23/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου Εγκυρθετική ερπύλη, maxd12p= 45 mm			ST-PE-A25 (23/05/04) Περεργοφωμένος πόλος Περεργοφωτική ερπύλη maxd12p= 45 mm
	25	ST-PE-A18 (21/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p= 35 mm	ST-PE-A19 (22/05/04) Εγκυρθετική ερπύλη, maxd12p= 25 mm	ST-PE-A17 (18/05/04) Εγκυρθετική ερπύλη, maxd12p= 35 mm	ST-PE-A16 (18/05/04) Εγκυρθετική ερπύλη, maxd12p= 35 mm	ST-PE-A26 (18/05/04) Περεργοφωτική ερπύλη maxd12p= 45 mm
	30		ST-PE-A22 Εγκυρθετική ερπύλη, maxd12p= 25 mm			ST-PE-A27 Περεργοφωτική ερπύλη maxd12p= 45 mm
	35		ST-PE-A23 Εγκυρθετική ερπύλη, maxd12p= 25 mm			ST-PE-A28 Περεργοφωτική ερπύλη maxd12p= 45 mm
	40		ST-PE-A24 Εγκυρθετική ερπύλη, maxd12p= 25 mm			ST-PE-A29 Περεργοφωτική ερπύλη maxd12p= 45 mm
ΙΡΟΚΟ	10	ST-PE-A5 (18/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p= 10 mm				
	15					
	20					
	25					
ΟΞΙΑ	10					
	15		1) ST-PE-A9 (04/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p= 32 mm. 2) ST-PE-A11 (08/05/04) Περεργοφωμένος πόλος, maxd12p= 16 mm			
	20		ST-PE-A14 (15/05/04) Διτρητική κτομή κ. πόλου maxd12p= 16 mm			
	25		ST-PE-A15 (17/05/04) Περεργοφωμένος πόλος, maxd12p= 35 mm			
Χωρίς Πόλους-Εμπόλια			ST-PE-A13 (14/05/04) ST-PE-15a ST-PE-19a ST-PE-19a			

**Πειράματα με  
χαλύβδινη  
επιφάνεια  
ολίσθησης και  
διάφορους  
συνδιασμού  
πόλων και  
εμπολίων**

**Πειράματα  
Ισχυρού  
Πλαισίου  
Αντίδρασης**

**Γ. Χ. Μάνος**

ΠΟΛΟΙ		ΕΜΠΟΛΙΑ	
		ΙΡΟΚΟ	ΡΟΜΠΟΛΟ
ΚΡΑΝΙΑ	d=15 mm	ΜΑ-ΡΕ-Β1 (29/06/04) <del>Παρεμορφωμένος πόλος</del>	
	d=20 mm	ΜΑ-ΡΕ-Β2 (30/06/04) <del>Παρεμορφωμένος πόλος</del>	ΜΑ-ΡΕ-Β5 (06/07/04) <del>ελαφρώς παρεμορφωμένος πόλος</del>
		πάνω εμπόλιο Ανατολή-Δύση κύρια ρωγμή	<del>παρεμορφωμένα εμπόλια</del>
		κάτω εμπόλιο Βορράς-Νότος κύρια ρωγμή	
	d=25 mm	ΜΑ-ΡΕ-Β3 (30/06/04) <del>ελαφρώς παρεμορφωμένος πόλος</del>	ΜΑ-ΡΕ-Β6 (06/07/04) <del>ελαφρώς παρεμορφωμένος πόλος</del>
		πάνω εμπόλιο Βορράς-Νότος κύρια ρωγμή	πάνω εμπόλιο Βορράς-Νότος κύρια ρωγμή
		κάτω εμπόλιο Ανατολή κυρια ρωγμή	κάτω εμπόλιο Βορράς-Νοτος κυρια ρωγμή
	d=30 mm		ΜΑ-ΡΕ-Β7 (06/07/04) <del>ελαφρώς παρεμορφωμένος πόλος</del>
			πάνω εμπόλιο Βορράς-Νότος κύρια ρωγμή
			κάτω εμπόλιο Βορράς-Νότος κύρια ρωγμή
	d=35 mm		ΜΑ-ΡΕ-Β8 (06/07/04) <del>ελαφρώς παρεμορφωμένος πόλος</del>
			πάνω εμπόλιο Βορράς-Νότος-Ανατολή-Δύση κύρια ρωγμή
			κάτω εμπόλιο Βορράς-Νότος κύρια ρωγμή
	d=40 mm		ΜΑ-ΡΕ-Β9 (06/07/04) <del>ελαφρώς παρεμορφωμένος πόλος</del>
			πάνω εμπόλιο Βορράς-Νότος-Ανατολή-Δύση κύρια ρωγμή
			κάτω εμπόλιο Βορράς-Νότος-Δύση κύρια ρωγμή
ΧΩΡΙΣ ΠΟΛΟ & ΕΜΠΟΛΙΟ		ΜΑ-ΡΕ-Β1a ΜΑ-ΡΕ-Β4a ΜΑ-ΡΕ-Β4 ΜΑ-ΡΕ-Β9a	2 tn Αξονικό Φορτίο 2 tn Αξονικό Φορτίο 4 tn Αξονικό Φορτίο 2 tn Αξονικό Φορτίο

**Πειράματα με  
μαρμάρινη  
επιφάνεια  
ολίσθησης και  
διάφορους  
συνδιασμού  
πόλων και  
εμπολίων**

**Πειράματα  
Ισχυρού  
Πλαισίου  
Αντίδρασης**

**Γ. Χ. Μάνος**

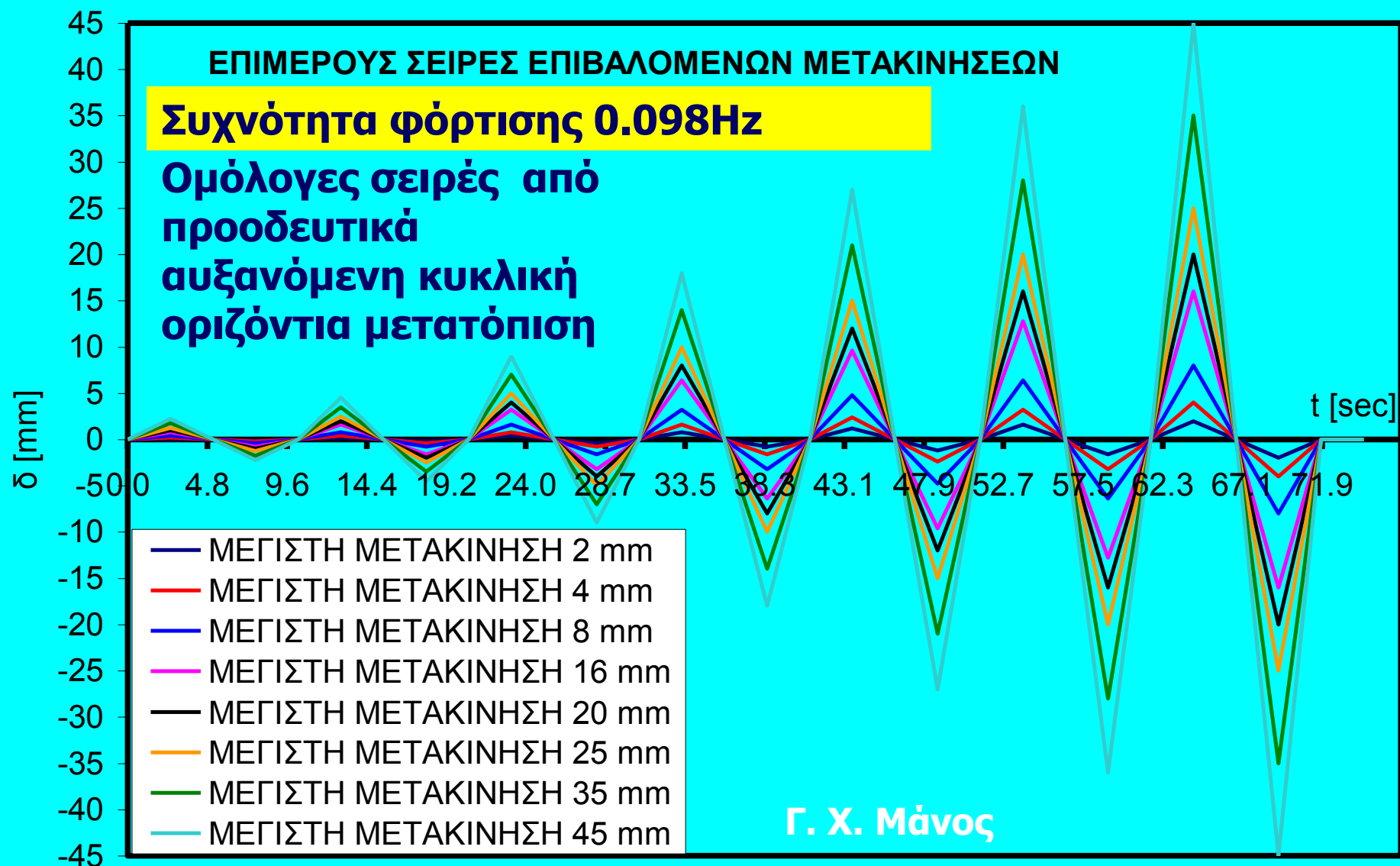
# Προετοιμασία επιφάνειας ολίσθησης Χαλύβδινοι σφόνδυλοι



# Επιβεβλημένη κυκλική οριζόντια μετατόπιση μέγιστη τελική μετατόπιση από 2mm έως 25mm

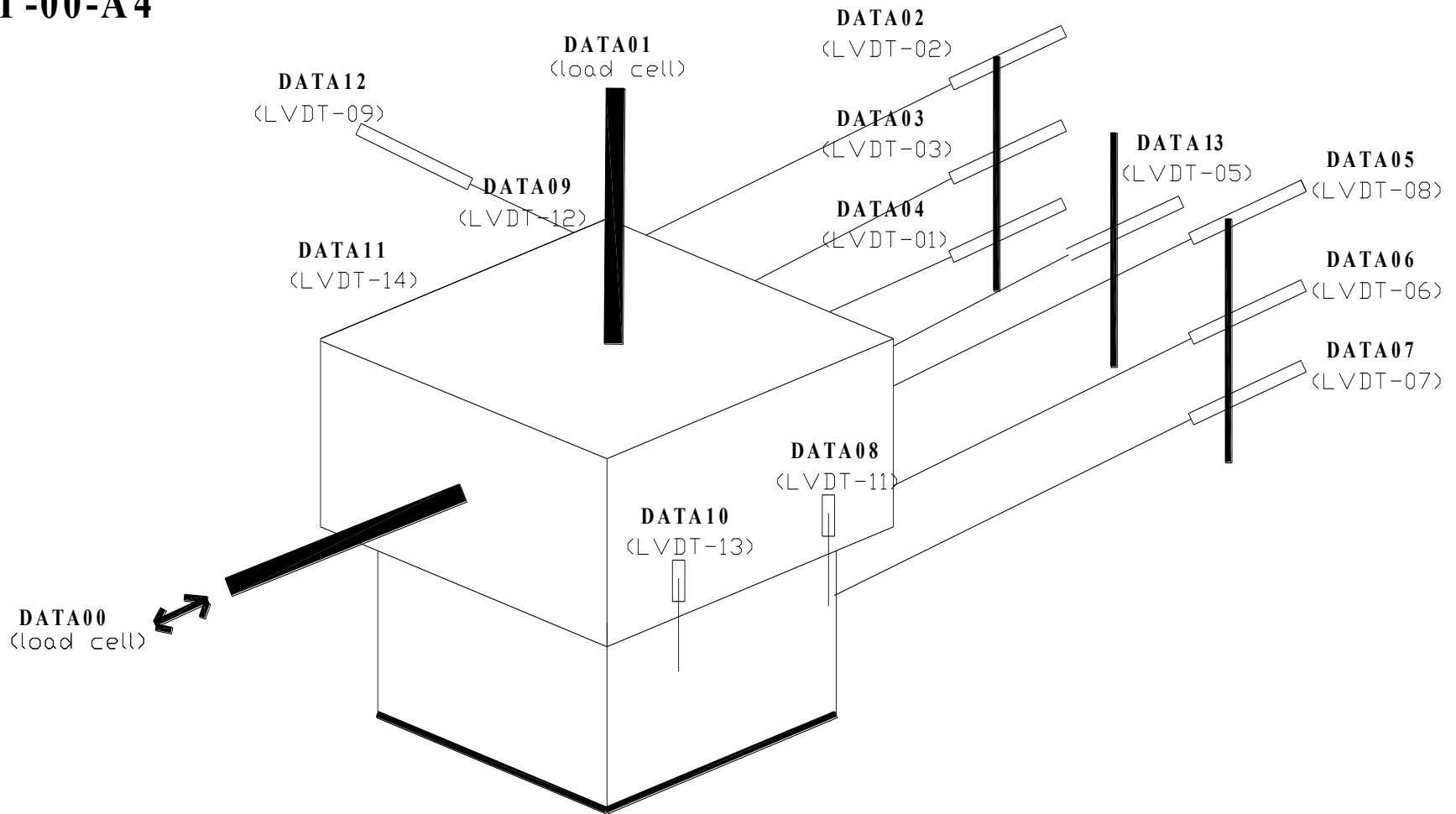


# Επιβεβλημένη κυκλική οριζόντια μετατόπιση μέγιστη τελική μετατόπιση από 2mm έως 25mm



# Ενοργάνωση

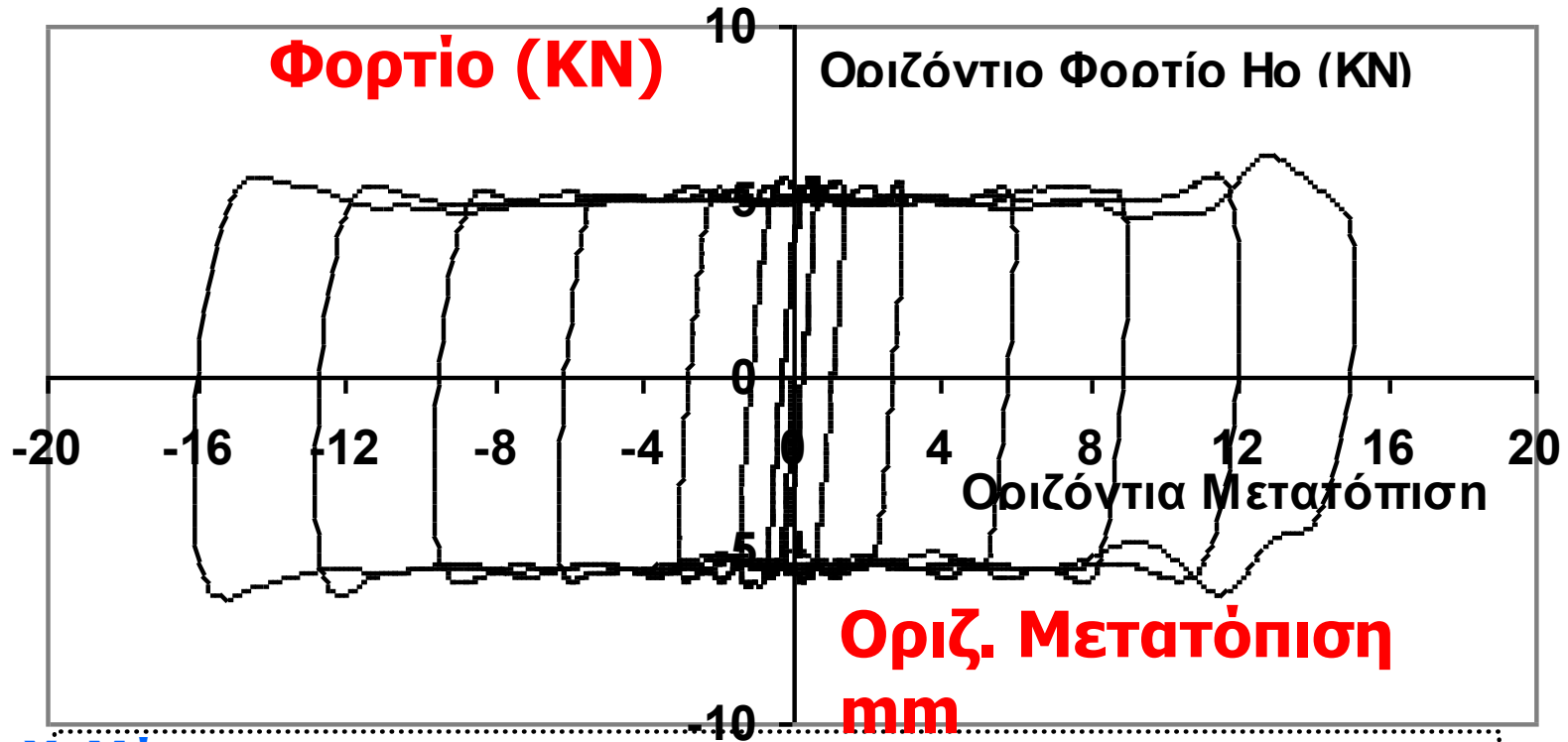
ST-00-A4



# Πειραματικά Αποτελέσματα

Χαλύβδινοι σφόνδυλοι - Ορθή τάση 0.25Μpa  
Ολίσθηση Χωρίς πόλους-εμπόλια

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΦΟΝΔΥΛΩΝ ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΥΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ  
Οριζόντιο Φορτίο Αναλαμβανόμενο από ΣΦΟΝΔΥΛΟ



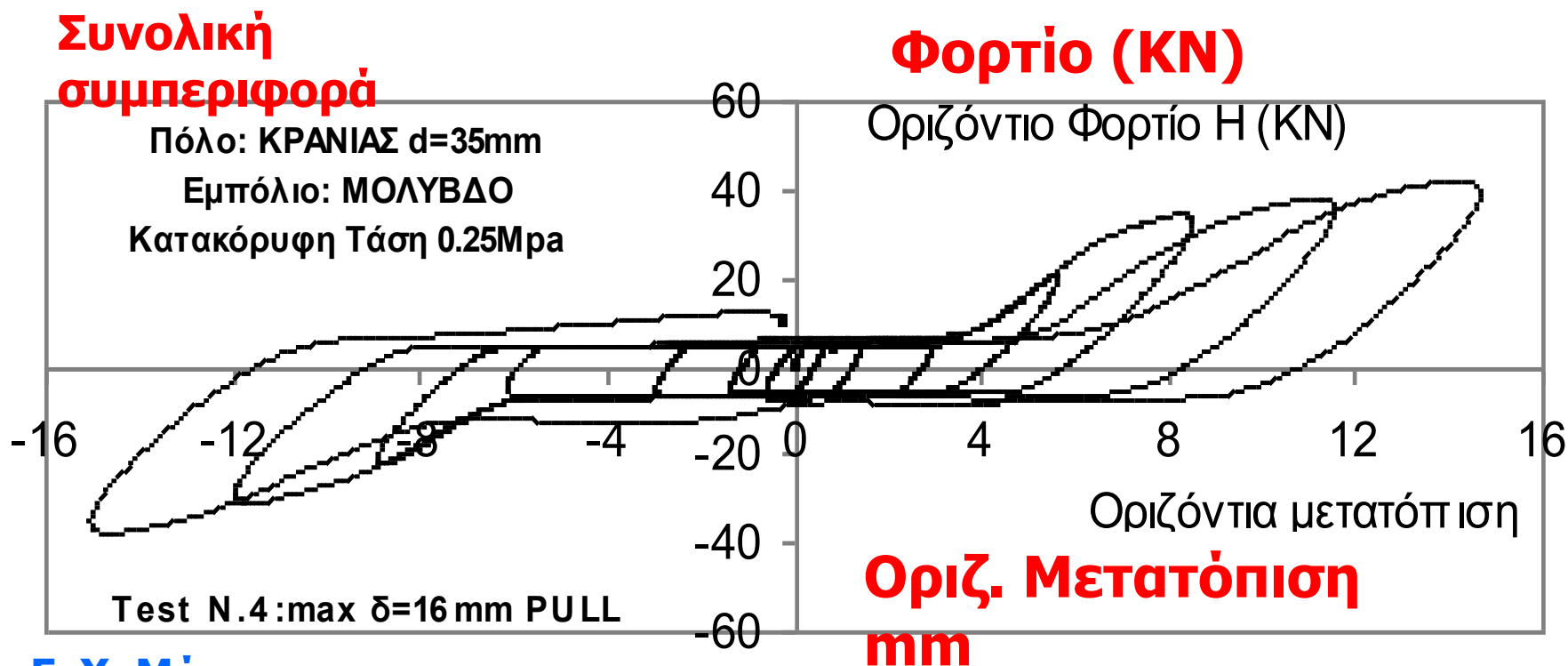
Γ. Χ. Μάνος

Χωρίς ΠΟΛΟ, Χωρίς ΕΜΠΟΛΙΟ - Κατακόρυφη Τάση 0.25Μpa

# Χαλύβδινοι σφόνδυλοι - Ορθή τάση 0.25Μpa

## Ολίσθηση Με πόλους (κρανιά) και εμπόλια (μόλυβδο)

### ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΦΟΝΔΥΛΩΝ ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΥΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

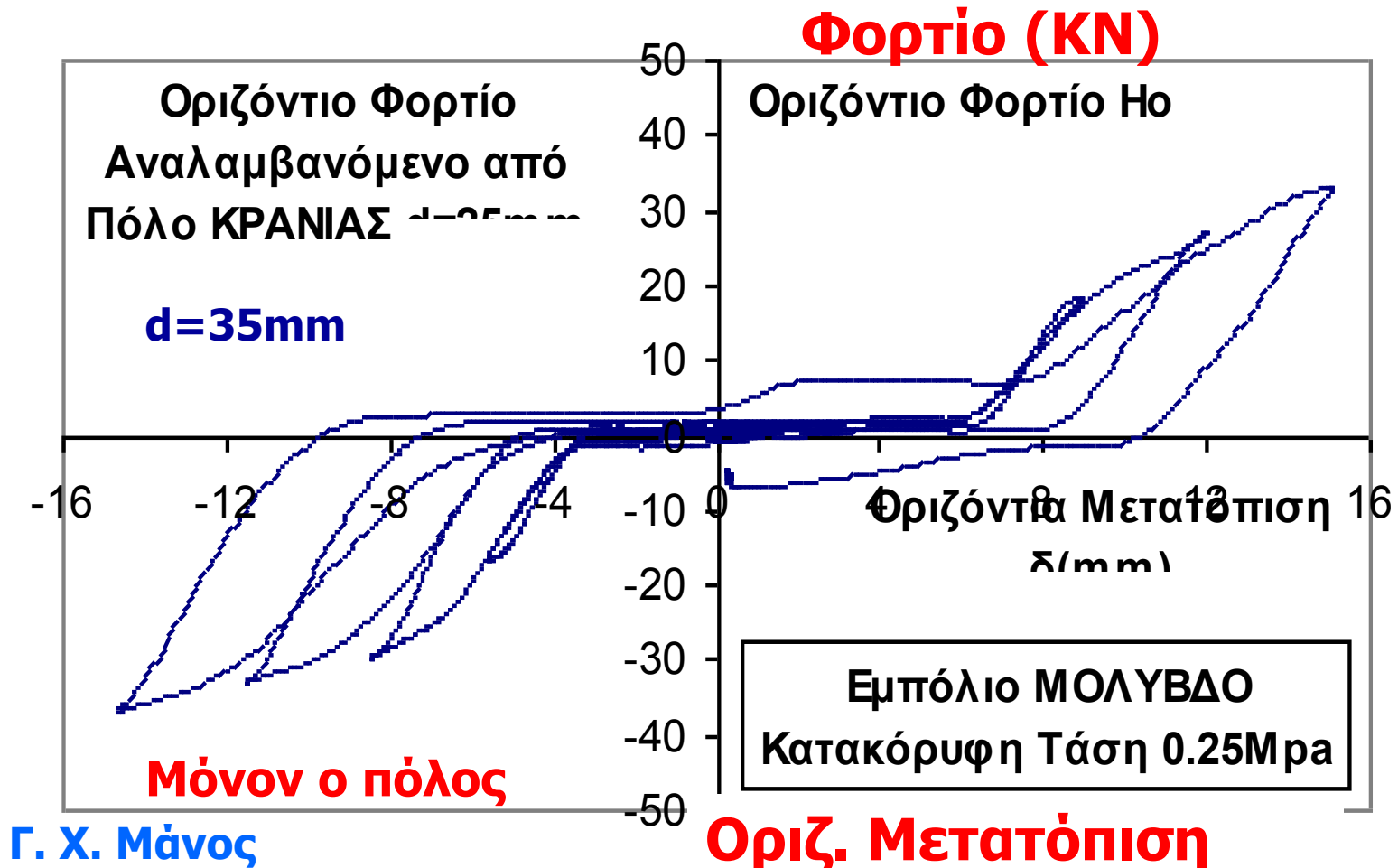


# Χαλύβδινοι σφόνδυλοι - Ορθή τάση 0.25Μpa

## Ολίσθηση πόλος (κρανια) εμπόλια (μολυβδος)

## Φέρουσα ικανότητα μόνον των συνδέσμων

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΦΟΝΔΥΛΩΝ ΜΕ ΧΑΛΥΒΔΥΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ



# Χαλύβδινοι σφόνδυλοι - Ορθή τάση 0.25Mpa

## Ολίσθηση Με πόλους (κρανιά) και εμπόλια (μόλυβδο)

14<sup>th</sup> July 2004 TEST  
STEEL BLOCKS

LEAD inserts & KRANIA pole

maxdisp=25 mm

$D^0 = 35.00\text{ mm}$

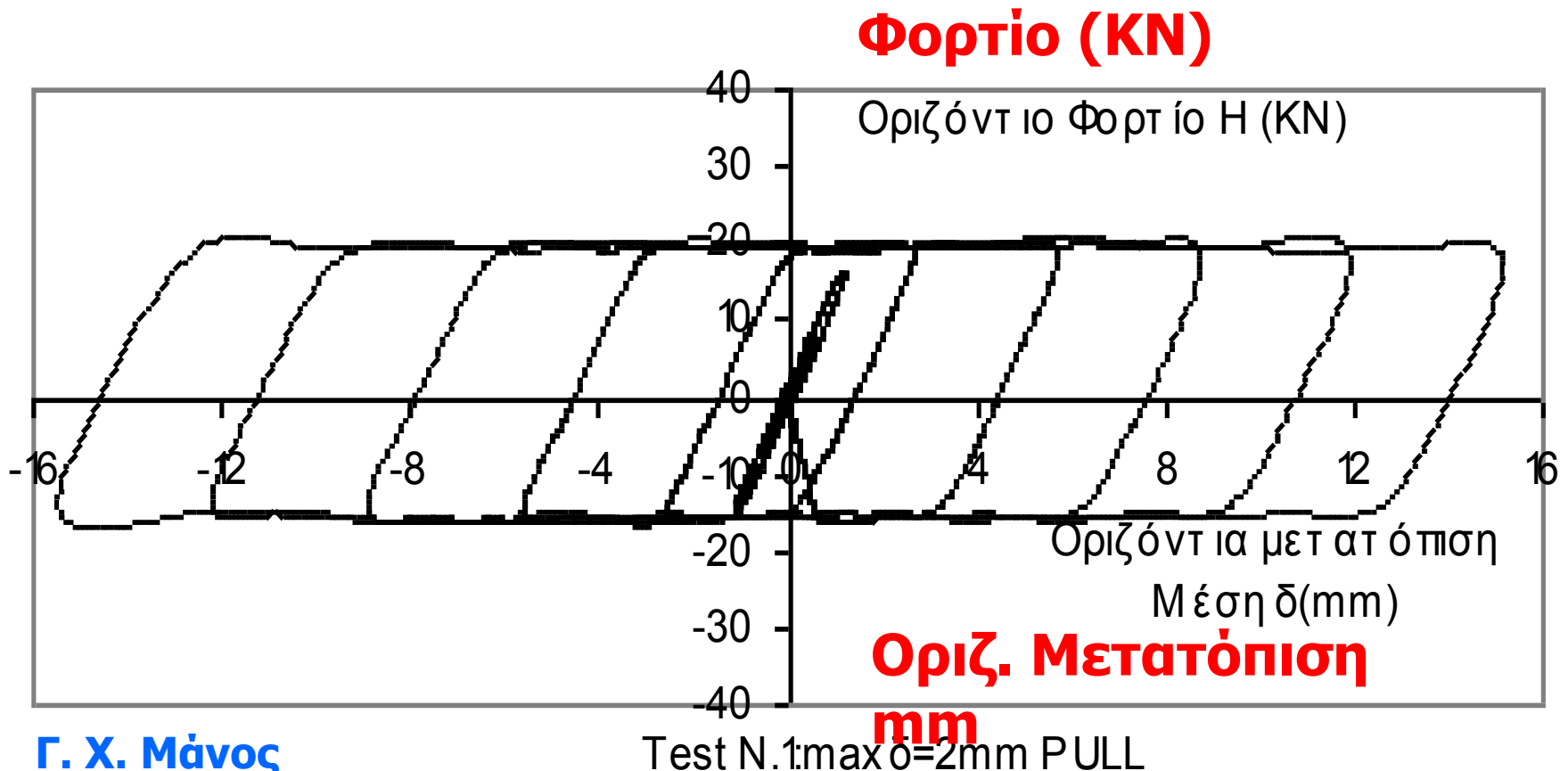
$\Delta h = 0.90\text{ mm}$      $D^{\text{up}} = 44.00\text{ mm}$

$\Delta u = 4.00\text{ mm}$      $D^{\text{under}} = 40.00\text{ mm}$



# Μαρμάρινοι σφόνδυλοι - Ορθή τάση 0.125Μpa Ολίσθηση Χωρίς πόλους –εμπόλια

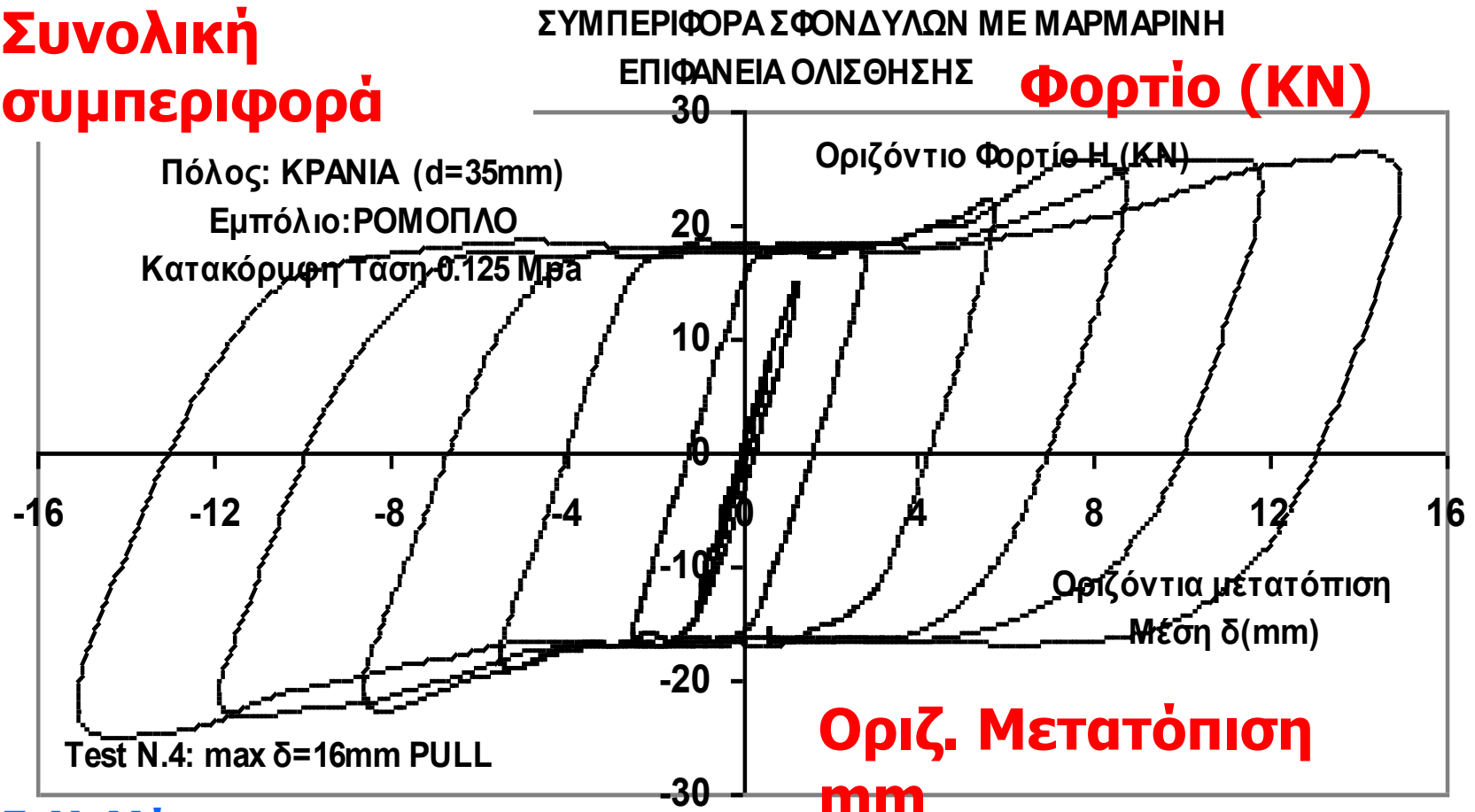
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΦΟΝΔΥΛΩΝ  
ΜΕ ΜΑΡΜΑΡΙΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ



Γ. Χ. Μάνος

# Μαρμάρيني σφόνδυλοι - Ορθή τάση 0.125Μpa Ολίσθηση Με πόλους (κρανιά) και εμπόλια (ρόμπολο)

## Συνολική συμπεριφορά



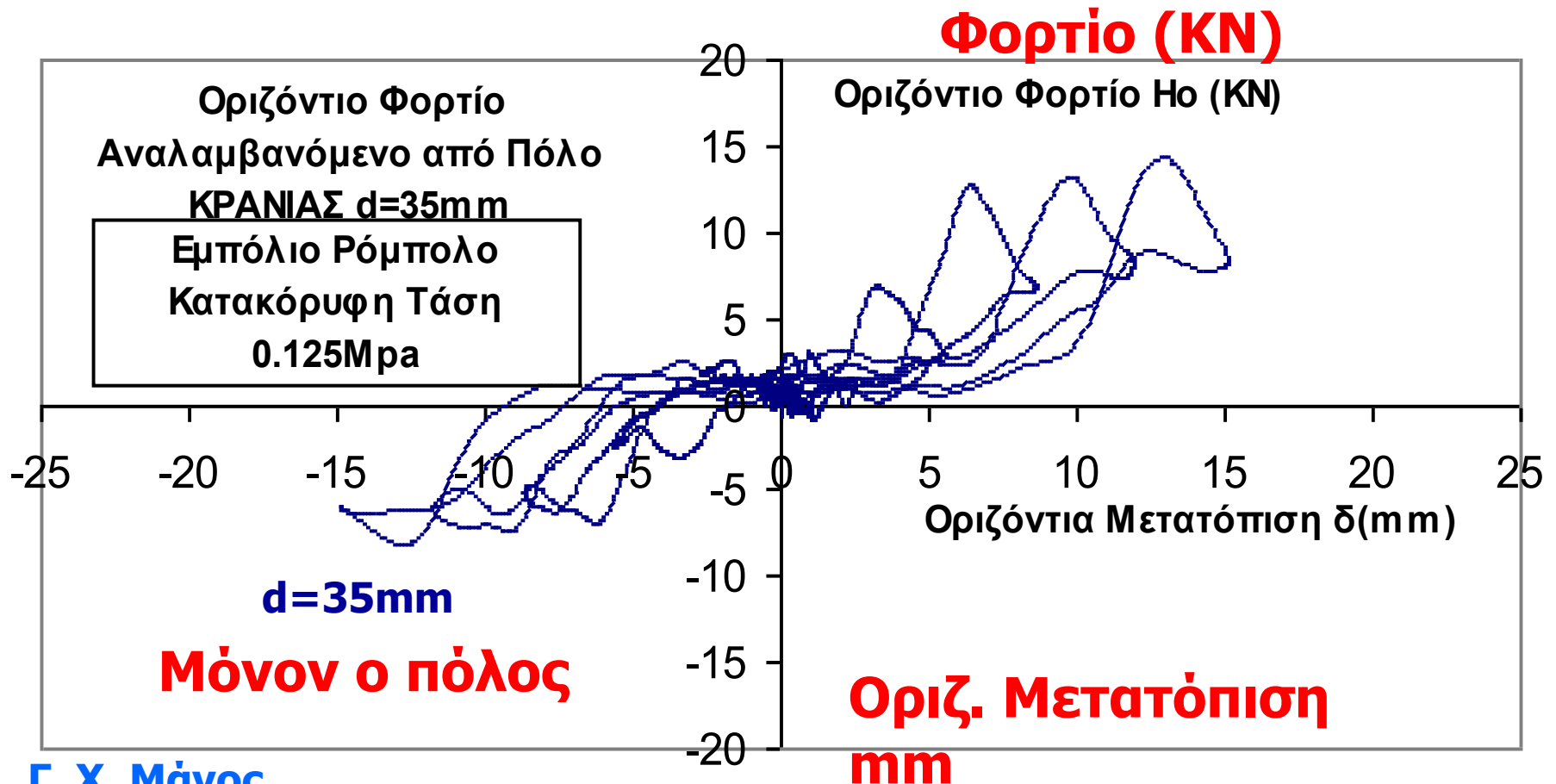
Γ. Χ. Μάνος

# Μαρμάρيني σφόνδυλοι - Ορθή τάση 0.125Μρα

## Ολίσθηση πόλος (κρανιά) εμπόλια (ρόμπολο)

## Φέρουσα ικανότητα μόνον των συνδέσμων

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΦΟΝΔΥΛΩΝ ΜΕ ΜΑΡΜΑΡΙΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ



# Μαρμάρινοι σφόνδυλοι - Ορθή τάση 0.125Μpa Ολίσθηση Με πόλους (κρανιά) και εμπόλια (ρόμπολο)



# **Σφόνδυλοι χωρίς συνδέσμους**

**Τόσο οι μαρμάρινοι όσο και οι χαλύβδινοι σφόνδυλοι δεν ολίσθαιναν για χαμηλές τιμές επιβεβλημένων μετακινήσεων (μικρότερες των 2mm). Αυξανόμενου του επιπέδου της επιβαλλόμενης οριζόντιας μετατόπισης οι σφόνδυλοι άρχιζαν να ολισθαίνουν.**

**Από το επίπεδο της δύναμης που συνόδευε την απόκριση της ολίσθησης προέκυψαν οι τιμές των συντελεστών τριβής (0.13 για τους χαλύβδινους σφονδύλους και 0.906 για τους μαρμάρινους σφονδύλους).**

# Σφόνδυλοι με πόλους και εμπόλια

Για μετακινήσεις μικρότερες των 2mm το σύστημα συμπεριφέρεται ως ενιαίο. Αυξανομένης της μετατοπίσεως γίνεται εμφανής η διακριτή συνεισφορά των συνδέσμων που αντιστέκεται στην επιβεβλημένη μετακίνηση πέραν της αντίστασης που προβάλλεται από τις δυνάμεις τριβής.

Αυτή η συνεισφορά αυξάνεται αυξανομένης της μετατοπίσεως και της διαμέτρου του πόλου. Οι σχετικές μετατοπίσεις ολίσθησης έχουν λοιπόν σαν συνέπεια την ανάληψη δυνάμεων και παραμορφώσεων και από τον πόλο και από τα εμπόλια που βρίσκονται στις αντίστοιχες υποδοχές των δύο σφονδύλων.

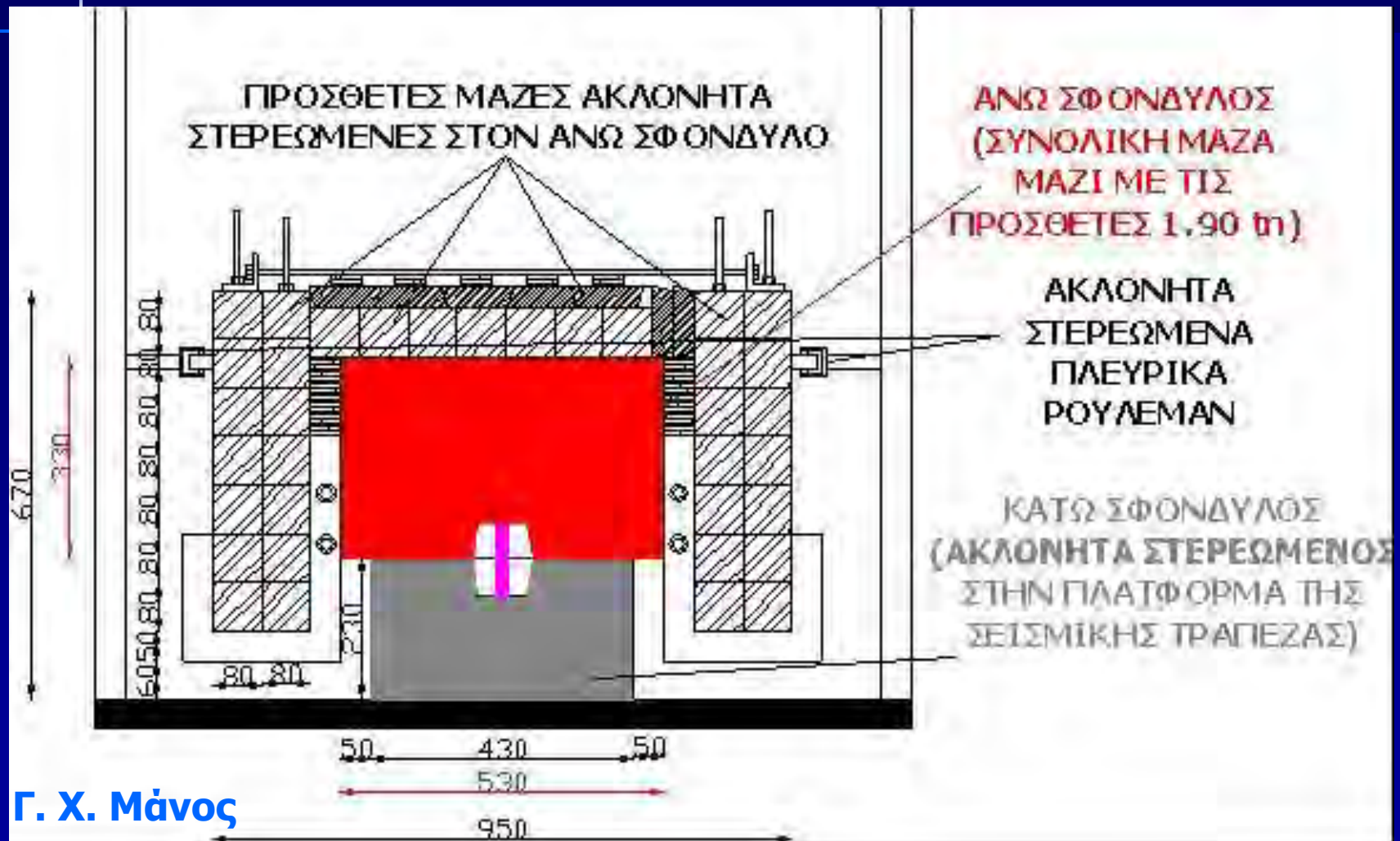
# **Σφόνδυλοι με πόλους και εμπόλια**

- **Πλαστικοποίηση του πόλου κυρίαρχα στην περιοχή κοντά στην διεπιφάνεια ολίσθησης. Για τους πόλους που χρησιμοποιήθηκαν, αυτοί του μολύβδου και της οξιάς είχαν εικόνα καθαρής διάτμησης ενώ της κρανιάς είχαν μια ευρύτερη περιοχή με διατμητικο-καμπτικά σημάδια καταπόνησης.**
- **Πλαστικοποίηση της περιοχής του εμπολίου κοντά στον πόλο. Οι μορφές αυτής της πλαστικοποίησης ήταν περίπου ίδιες με σημαντικές παραμένουσες παραμορφώσεις των εμπολίων**

# Σφόνδυλοι με πόλους και εμπόλια

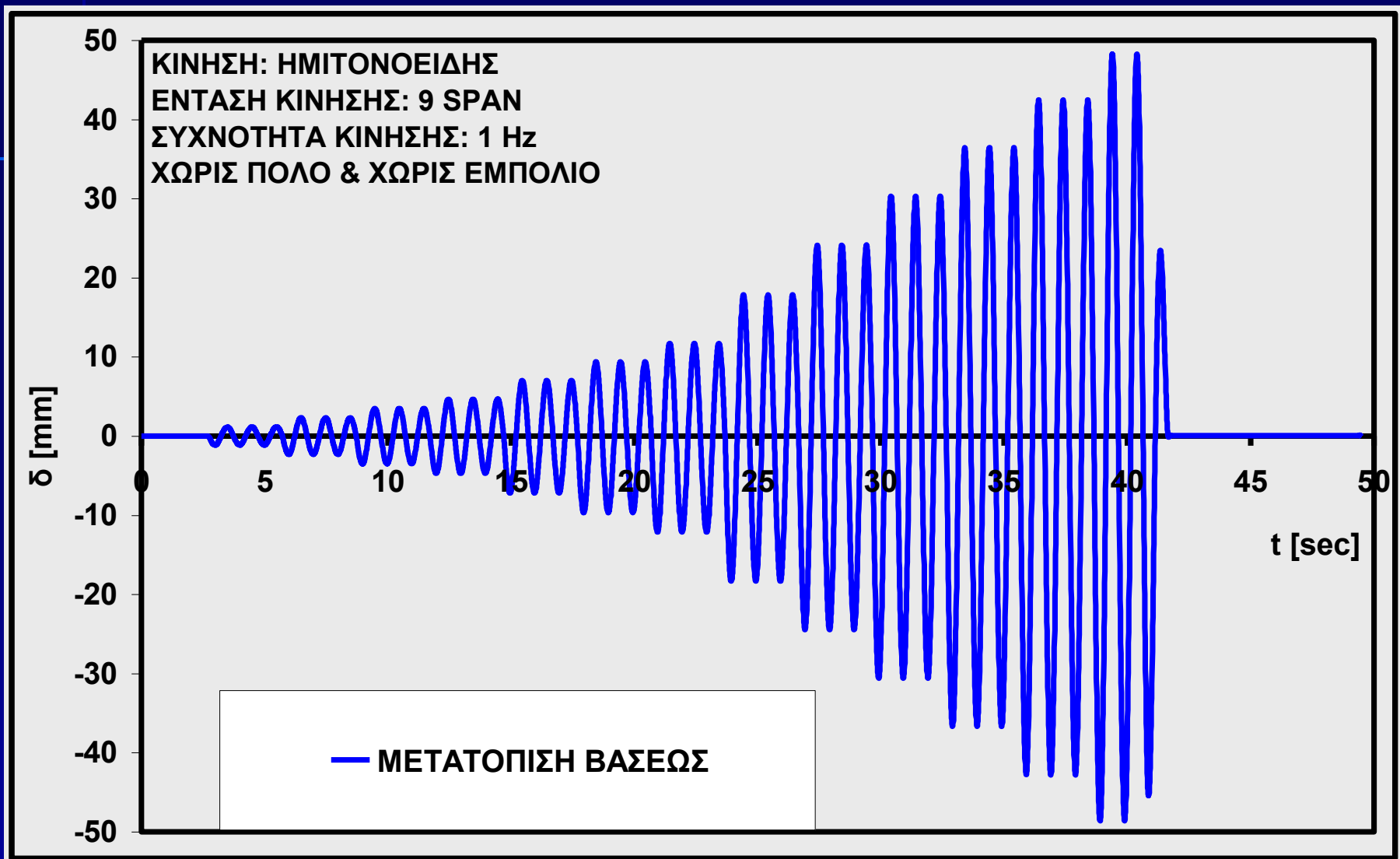
- Η αύξηση της διαμέτρου του πόλου επιφέρει μια αύξηση της συνεισφοράς του συνδέσμου τόσο στη φέρουσα ικανότητα όσο και στη αποσβεσμένη ενέργεια κατά την διάρκεια της ανακυκλιζόμενης ολίσθησης των σφονδύλων.
- Για να επισυμβεί αυτή η αύξηση της φέρουσας ικανότητας και της απόσβεσης ενέργειας πρέπει τα αντίστοιχα εμπόλια να συνδιάζονται κατάλληλα με τους αντίστοιχους πόλους.

# Πειράματα στη σεισμική τράπεζα Χαλύβδινοι σφόνδυλοι



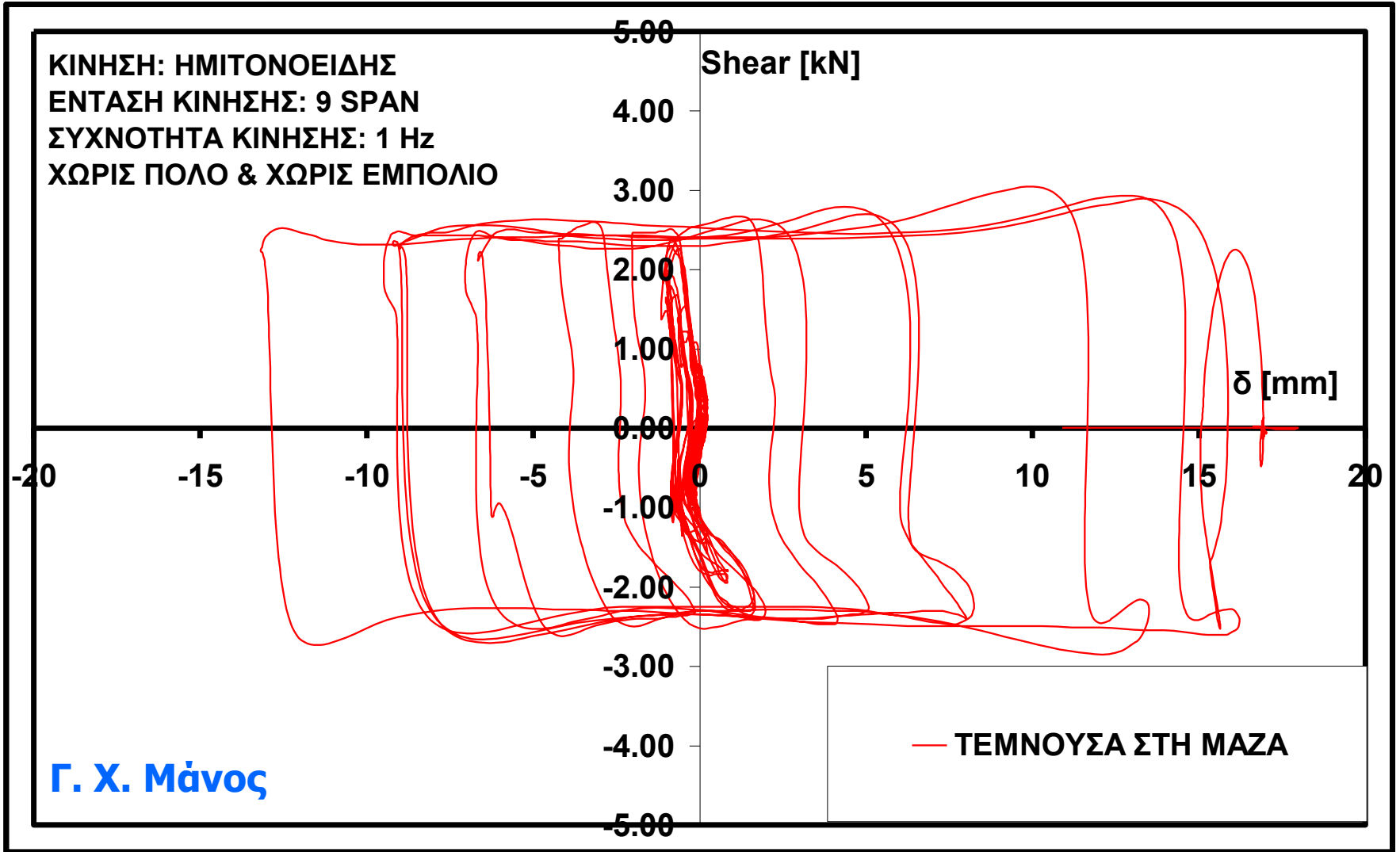
# Χαλύβδινοι σφόνδυλοι Σεισμική Τράπεζα



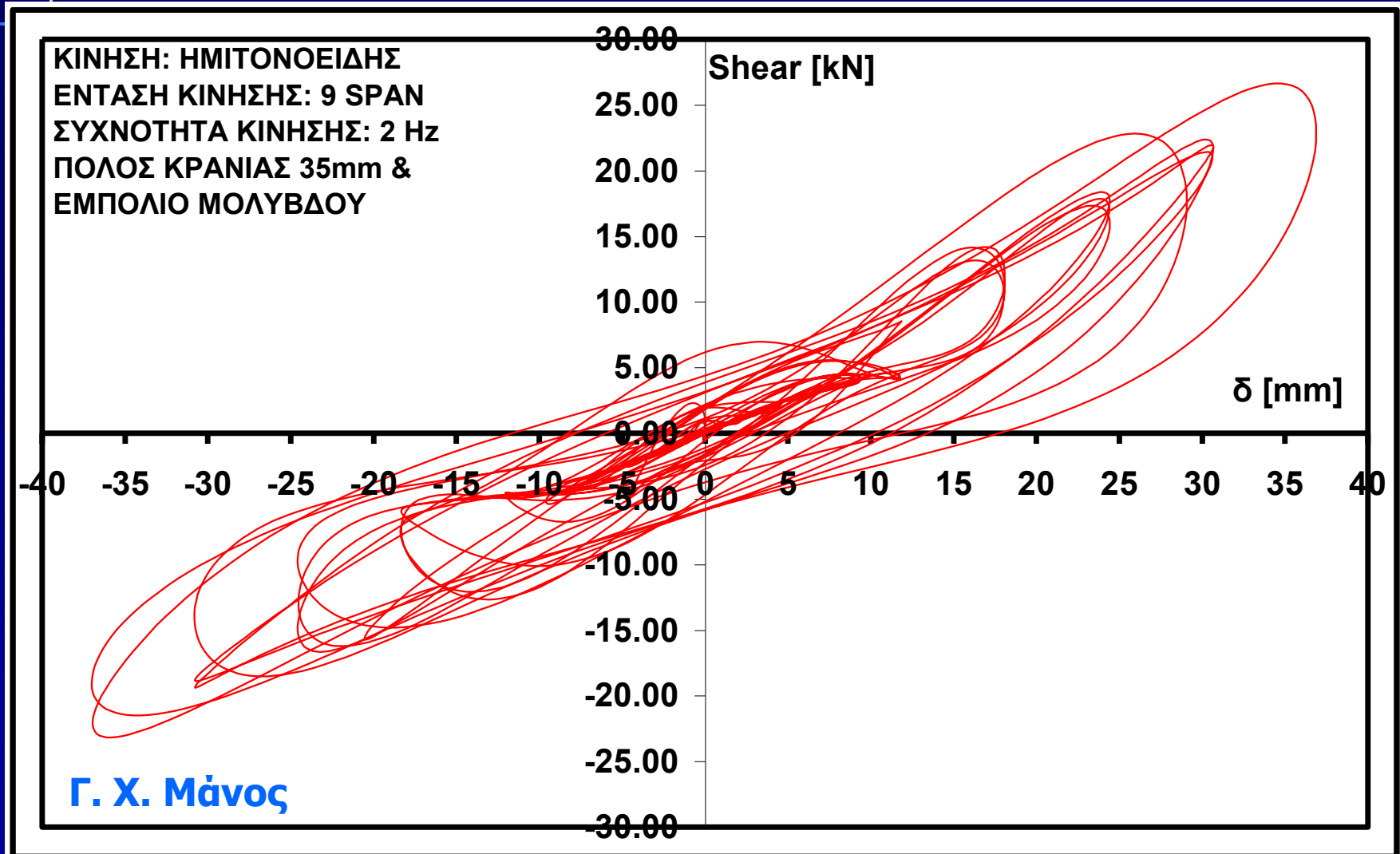


# Πειράματα σεισμικής τράπεζας με χαλύβδινους σφρόνδυλους χωρίς πόλους-εμπόλια

## Τέμνουσα μεταξύ των δύο σφονδύλων



# Πειράματα σεισμικής τράπεζας με χαλύβδινους σφόνδυλους **Πόλο (κρανιά) –εμπόλια (μολύβδου)** **Τέμνουσα μεταξύ των δύο σφονδύλων**



# Σφόνδυλοι με πόλους και εμπολία

- Αυξανομένης της διαμέτρου των πόλων (κρανιάς) παρατηρούμε μείωση της σχετικής ολισθήσεως των δύο σφονδύλων και από ένα σημείο και μετά μείωση της ενέργειας παραμόρφωσης που απορροφάται μέσω των πόλων – εμπολίων
- Αυξανομένης της διαμέτρου των πόλων παρατηρούμε μείωση της λικνιστικής απόκρισης του άνω σφονδύλου ως προς τον κάτω.
- Συγκρίνοντας την συμπεριφορά των δοκιμίων στη Σεισμική Τράπεζα με τα αντίστοιχα δοκίμια στο μεταλλικό πλαίσιο αντίδρασης παρατηρούμε ότι για ίδιες συνθήκες επιφανειών ολίσθησης, είδος και μέγεθος πόλων και εμπολίων, αναπτύχθηκαν συγκρίσιμου εύρους δυνάμεις αντίστασης για το ίδιο επίπεδο απαίτησης απόκρισης, μετατόπισης – ολίσθησης.



Γ. Χ. Μάνος

**Μαρμάρινοι  
κίονες με  
επιστύλιο**

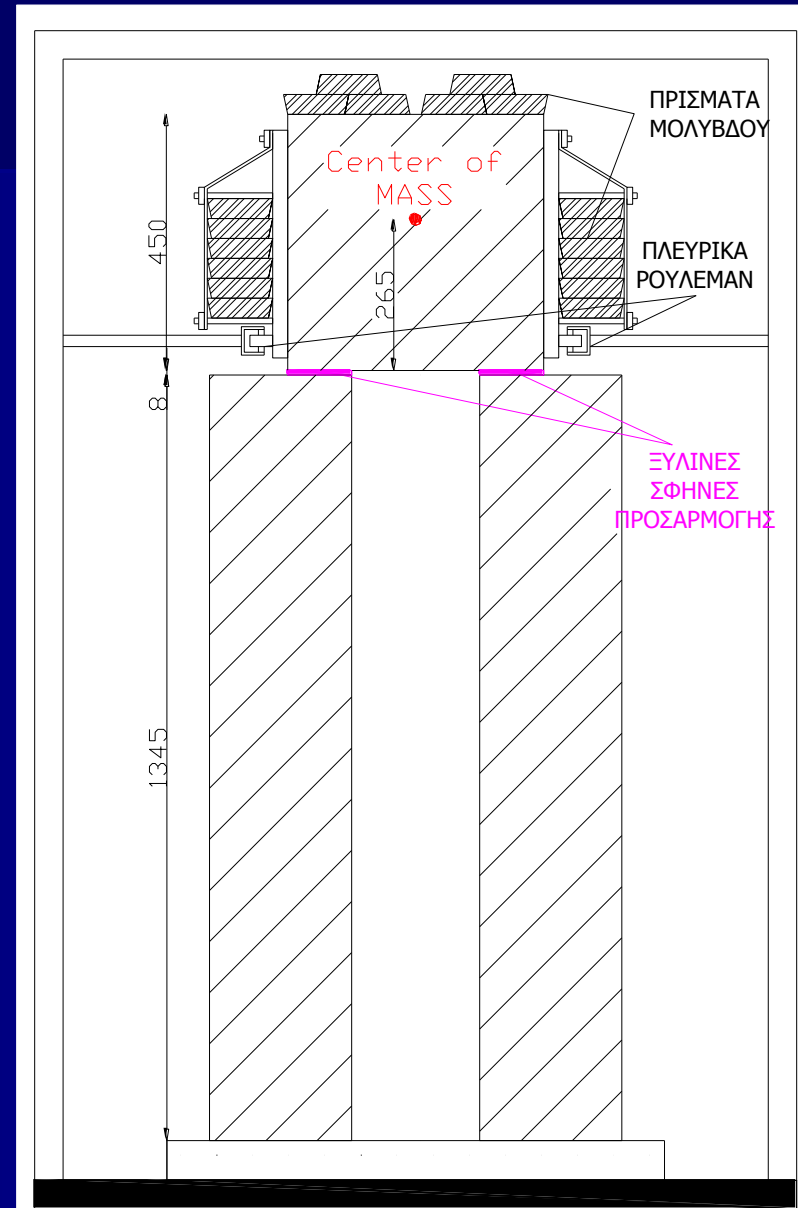
**Πειράματα στη  
σεισμική  
τράπεζα**

Γ. Χ. Μάνος

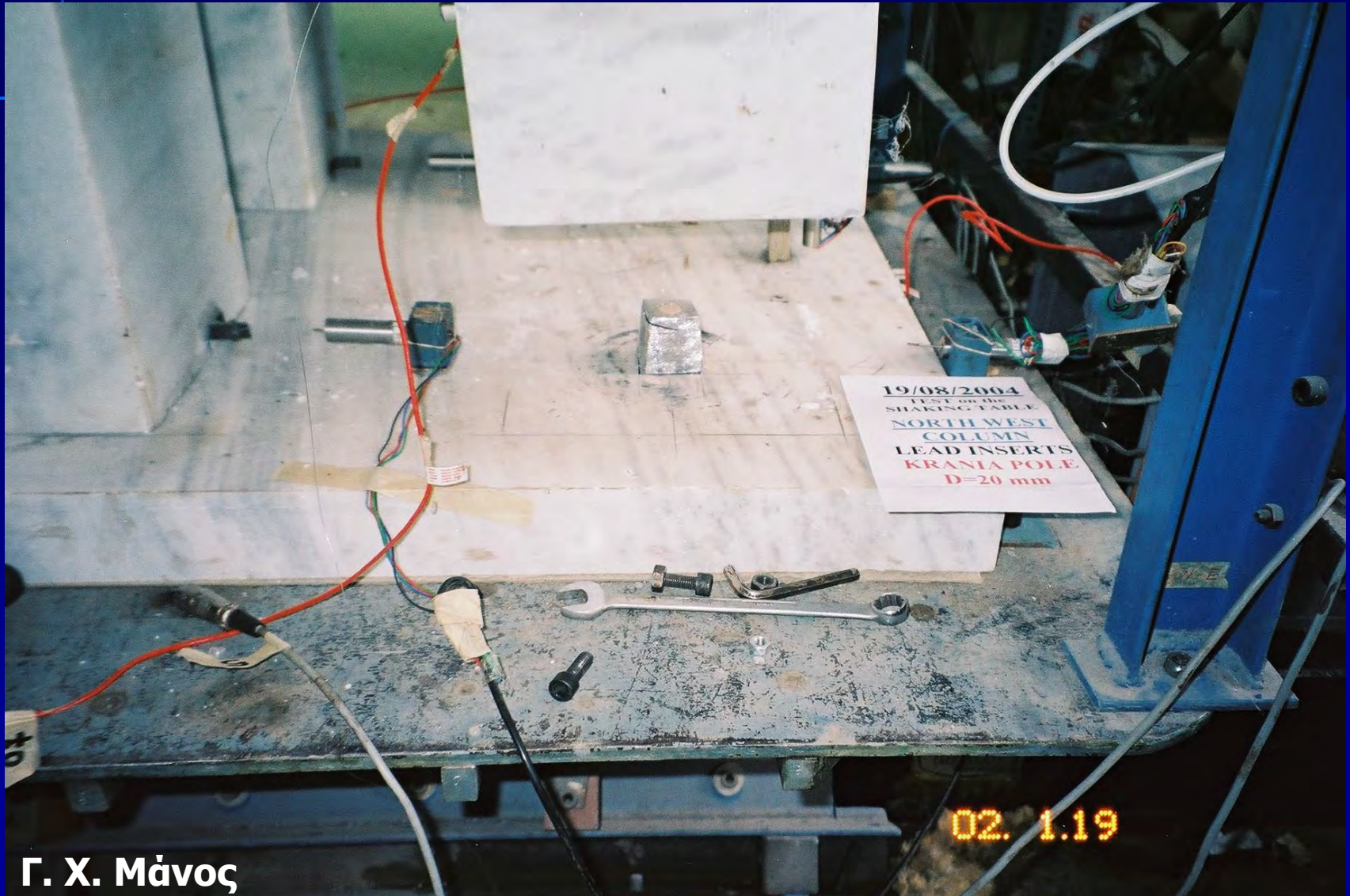
# σεισμική τράπεζα **Μέ ή χωρίς πόλους και εμπόλια**



Γ. Χ. Μάνος

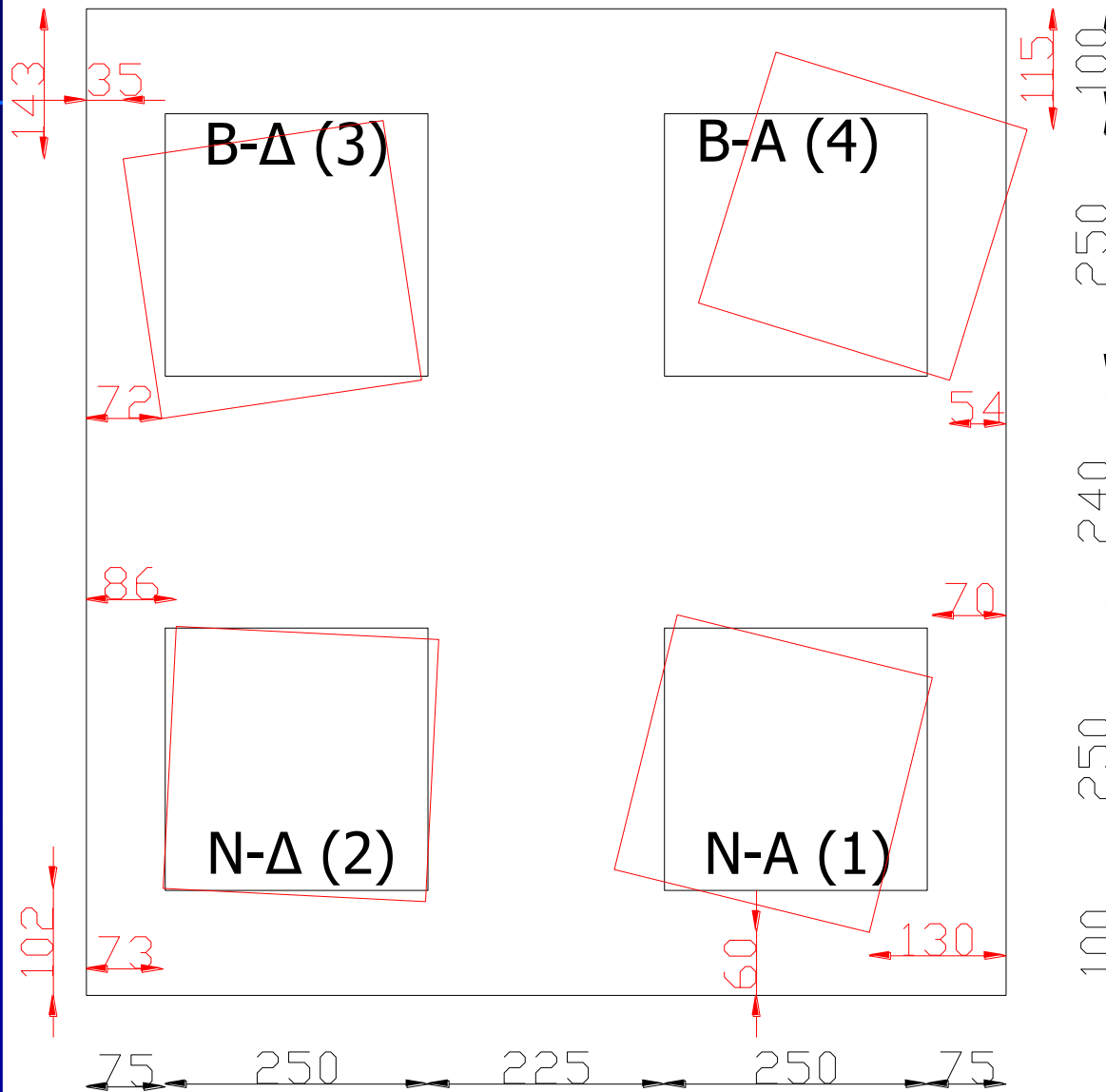


# σεισμική τράπεζα **Μέ ή χωρίς πόλους και εμπόλια**



# Ολίσθηση των κιόνων στην βάση τους

## Μαρμάρινοι Κίονες χωρίς Πόλους - Εμπόλια

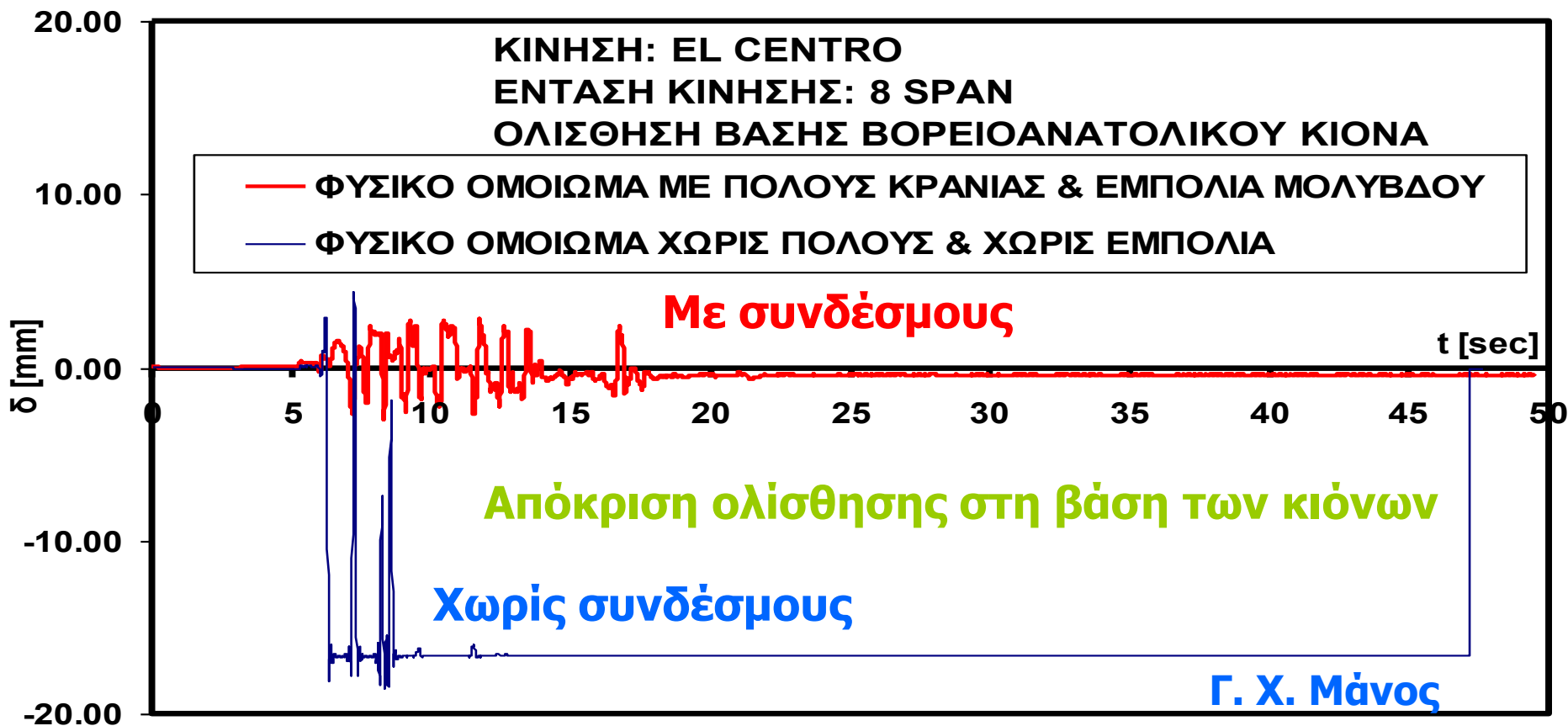


Τεχνητή  
Σεισμική  
Διέγερση  
El Centro 8

# Ολίσθηση στη βάση του Βορειο-Ανατολικού κίονα El Centro Simulated Earthquake Span 8

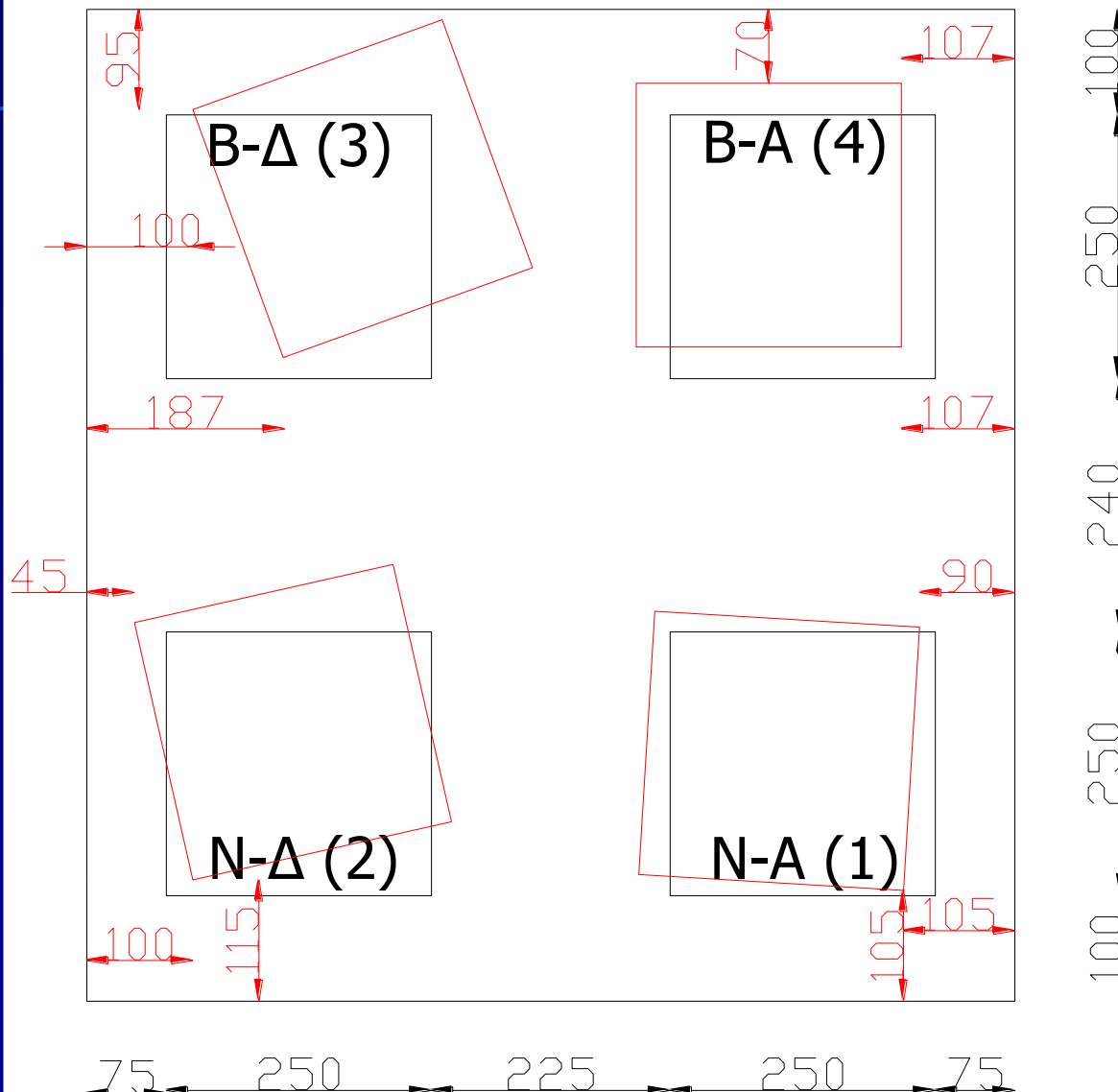
Μαρμάρινη κιονοστοιχία χωρίς πόλους-εμπόλια

Μαρμάρινη κιονοστοιχία με πόλους-εμπόλια



# Ολίσθηση των κιόνων στην βάση τους

## Μαρμάρινοι Κίονες χωρίς Πόλους - Εμπόλια



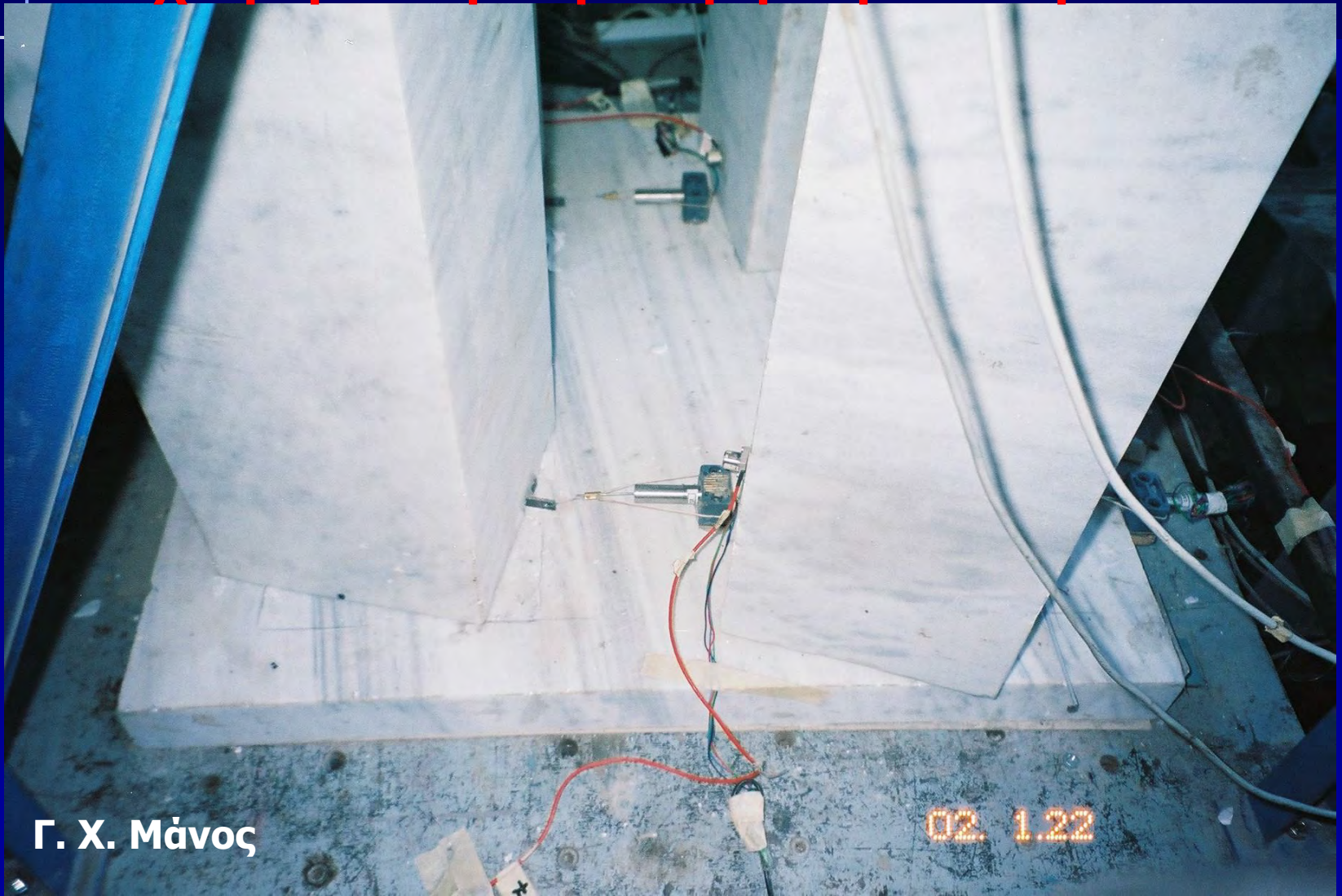
B-Δ (3)

Τεχνητή  
Σεισμική  
Διέγερση  
Taft Span 8

N-Δ (2)

# Ολίσθηση κιόνων στη βάση τους χωρίς πόλους – εμπόδια

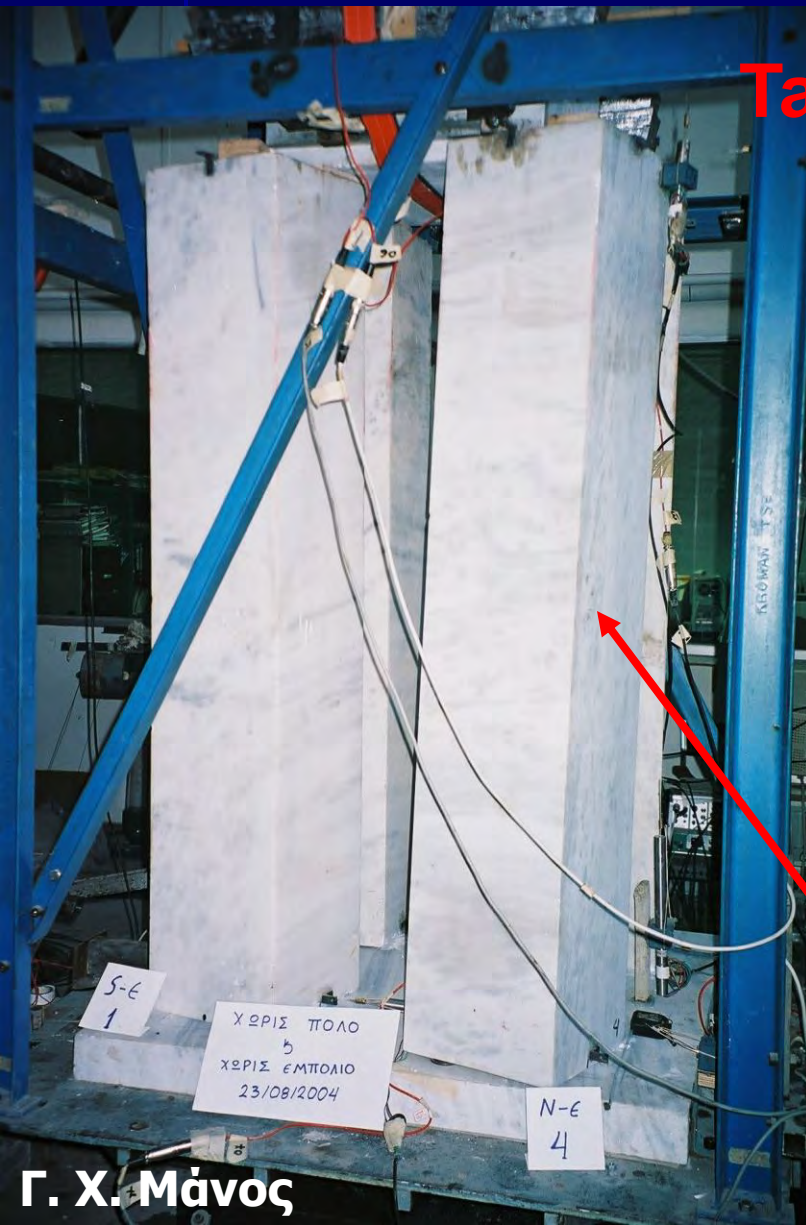
## Τεχνητή Σεισμική Διέγερση Taft Span 8



Γ. Χ. Μάνος

02. 1.22

# Μερική κατάρρευση κιονοστοιχίας χωρίς πόλους-εμπόλια



**Taft Span 8**



**Απώλεια στήριξης επιστυλίου  
στον Βορειο-Ανατολικό κίονα**

**Βορειο-Ανατολικός κίονας  
με σημαντική απόκλιση από  
την κατακόρυφο**

# **Σύγκριση απόκρισης μαρμαρίνης κιονοστοιχίας με ή χωρίς συνδέσμους**

- Η απόκριση λικνισμού ως προς την μέγιστη τιμή της είναι συγκρίσιμη ανάμεσα στα δύο φυσικά ομοιώματα.
- Η σημαντική διαφορά έγκειται στο ότι το φυσικό ομοίωμα χωρίς συνδέσμους εμφανίζει μόνιμες αποκλίσεις από την κατακόρυφο των κιόνων του που δεν εμφανίζονται για το φυσικό ομοίωμα με συνδέσμους.
- Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την πολύ μεγαλύτερη απόκριση ολίσθησης της βάσης των κιόνων (χωρίς συνδέσμους) οδήγησαν σε μεγάλες παραμένουσες μετακινήσεις των κιόνων και του επιστυλίου, που συνοδευόταν από μόνιμες αποκλίσεις των κιόνων από την κατακόρυφο καθώς και από ολισθήσεις και στροφές των κιόνων περί τον κατακόρυφο άξονά τους στην βάση τους.
- Αντίθετα η ύπαρξη των πόλων-εμπολίων αφενός απέτρεψε την εμφάνιση του φαινομένου των μεγάλων μετακινήσεων ολίσθησης και των μόνιμων αποκλίσεων των κιόνων από την κατακόρυφο, παρά την ανάγκη

# Σύγκριση απόκρισης μαρμάρινης κιονοστοιχίας με ή χωρίς συνδέσμους

- Δηλαδή η ύπαρξη των πόλων και των εμπολίων στο φυσικό ομοίωμα της κιονοστοιχίας που εξετάσθηκε, φαίνεται να βοήθησε στη διατήρηση της γεωμετρικής ακεραιότητας του φέροντος συστήματος με μία σχετικά πιο σταθερή απόκριση του φορέα στις τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις, όλων των εντάσεων, αποτρέποντας μόνιμες μεγάλες μετακινήσεις, που πιθανόν στη συνέχεια να συνοδευόταν από μερικές ή ολικές πτώσεις των διαφόρων τμημάτων του φορέα.

# Καταληκτικές Προτάσεις

**Πρόταση 1η:** Σε κάθε περίπτωση μνημείου προς αναστήλωση θα πρέπει να γίνεται ενδελεχής έρευνα για προσδιορισμό της γεωμετρίας των πόλων και των εμπολίων που είχαν χρησιμοποιηθεί στην αρχαιότητα. Επίσης θα πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια εξεύρεσης, μέσα από βιβλιογραφικές ή άλλες αρχαιολογικές πηγές, του τύπου του υλικού που είχε χρησιμοποιηθεί στην αρχαιότητα.

**Πρόταση 2η:** Με σεβασμό προς το πρωτότυπο, κατά πως επιβάλλουν διεθνείς χάρτες, οι πόλοι και τα εμπολία που θα χρησιμοποιηθούν στις αναστηλωτικές εργασίες θα πρέπει να είναι ίδια με τα πρωτότυπα εκτός και αν μπορεί να αποδειχτεί η ευεργετική, από πάσης απόψεως, χρήση άλλου υλικού.

# Καταληκτικές Προτάσεις

Πρόταση 3η: Οι πόλοι και τα εμπόλια που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να ελέγχονται σε σειρά πειραματικών δοκιμών ώστε να προσδιοριστούν οι μηχανικές τους ιδιότητες.

Πρόταση 4η: Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε στο μεταλλικό πλαίσιο αντίδρασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πιστοποίηση-διερεύνηση της συμπεριφοράς συνδέσμων που προτείνεται να χρησιμοποιηθούν σε αναστηλωτικές εργασίες.

# Καταληκτικές Προτάσεις

**Πρόταση 5η:** Η αριθμητική διαδικασία που ακολουθήθηκε σε συνδυασμό με συγκεκριμένα βασικά πειράματα μηχανικών ιδιοτήτων των στοιχείων των συνδέσμων που προτείνεται να χρησιμοποιηθούν σε αναστηλωτικές εργασίες μπορεί να εφαρμοστεί σε επίπεδο παραμετρικής προμελέτης / επιλογής του τελικού σχήματος (διαστάσεις / υλικά) των συνδέσμων αυτών.

**Πρόταση 6η:** Βελτιωμένες αριθμητικές προσομοιώσεις μπορεί να επικεντρωθούν στο να ελεγχθεί η μηχανική και σεισμική συμπεριφορά τμημάτων του μνημείου ώστε να αποφευχθούν ανεπιθύμητοι μηχανισμοί αστοχίας στο σώμα των μαρμάρινων σφονδύλων αντί σε αυτό των συνδέσμων.