

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΜΑΡΜΑΡΙΝΩΝ ΚΙΟΝΩΝ ΜΕ ΜΑΡΜΑΡΙΝΟ ΕΠΙΣΤΥΛΙΟ ΣΤΗΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ

6.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

Η συγκεκριμένη πειραματική ακολουθία εκτελέστηκε στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών του Εργαστηρίου Αντοχής των Υλικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Το φυσικό ομοίωμα που ελέγχθηκε εδώ αποτελούνταν από τα κατωτέρω τμήματα:

- i) Μία μαρμάρινη πλάκα διαστάσεων 940 mm και 875 mm στις διευθύνσεις Βορράς – Νότος και Ανατολής – Δύσης αντίστοιχα και με πάχος 70 mm (βλ. Σχ.: 6.1). Η μαρμάρινη αυτή πλάκα αποτελούσε την βάση έδρασης του υπόλοιπου φορέα και για το λόγο αυτό αγκυρώθηκε πλήρως πάνω στην πλατφόρμα της σεισμικής τράπεζας.
- ii) Πάνω στην μαρμάρινη βάση τοποθετήθηκαν 4 μαρμαρίνοι κίονες τετραγωνικής διατομής 250 mm x 250 mm και ύψους 1350 mm περίπου (βλ. Σχ.: 6.2, 6.5, 6.6). Κάθε κίονας στην βάση του διέθετε υποδοχή, σχήματος κόλουρης πυραμίδος με διαστάσεις, όπως φαίνονται στο σχήμα 4. Τέσσερις όμοιες υποδοχές διέθετε και η μαρμάρινη βάση στις αντίστοιχες θέσεις έδρασης των κιόνων βλ. Σχ.: 6.1, 6.2, 6.4). Στις υποδοχές αυτές τοποθετήθηκαν τελικώς εμπόλια μολύβδου με τις αυτές διαστάσεις των υποδοχών, έχοντας στο κέντρο τους πόλο κρανιάς διαμέτρου 20 mm και ύψους 96 mm.
- iii) Πάνω σε αυτούς τους κίονες τοποθετήθηκε κυβικό μαρμαρίνο επιστύλιο διαστάσεων 450 mm x 450 mm x 450 mm (βλ. Σχ.: 6.3, 6.5, 6.6). Στο επιστύλιο αυτό τοποθετήθηκαν πρόσθετες μάζες. Ως πρόσθετες μάζες χρησιμοποιήθηκαν πρίσματα μολύβδου τα οποία εφαρμόστηκαν στα πλαϊνά και στο πάνω μέρος του επιστυλίου (βλ. Σχ.: 6.5, 6.6), με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα κινήσεως αυτών των μαζών ανεξαρτήτως του επιστυλίου. Με τον τρόπο αυτό αυξήθηκε τεχνητά η συνολική μάζα του επιστυλίου χωρίς αλλαγή της γεωμετρίας της επιφάνειας έδρασης του και των συνθηκών έδρασής του στους τέσσερις κίονες. Έτσι πάνω στους κίονες τοποθετήθηκε **συνολική μάζα 780 kgf**, και μετά από σχετικό υπολογισμό διαπιστώθηκε ότι το κέντρο μάζας του επιστυλίου σε συνδυασμό με τα πρίσματα μολύβδου, βρισκόταν στο σημείο που φαίνεται στα σχήματα 5, 6.

- iv) Το φυσικό ομοίωμα που περιγράφηκε θα πρέπει να ειπωθεί ως δυσυπόστατο με την παρουσία ή την απουσία των τεσσάρων πόλων – εμπολίων, στις υποδοχές των κίωνων και της μαρμάρινης βάσης που περιγράφησαν παραπάνω. Έτσι κατούσιαν έχουμε τα εξής δύο φυσικά ομοιώματα - δοκίμια:

A. Το δοκίμιο A1 που είναι αυτό που έχει όλα τα μαρμάρινα στοιχεία που περιγράφηκαν προηγουμένως αλλά στις υποδοχές των κίωνων και της μαρμάρινης βάσης δεν έχουν τοποθετηθεί πόλοι και εμπολία.

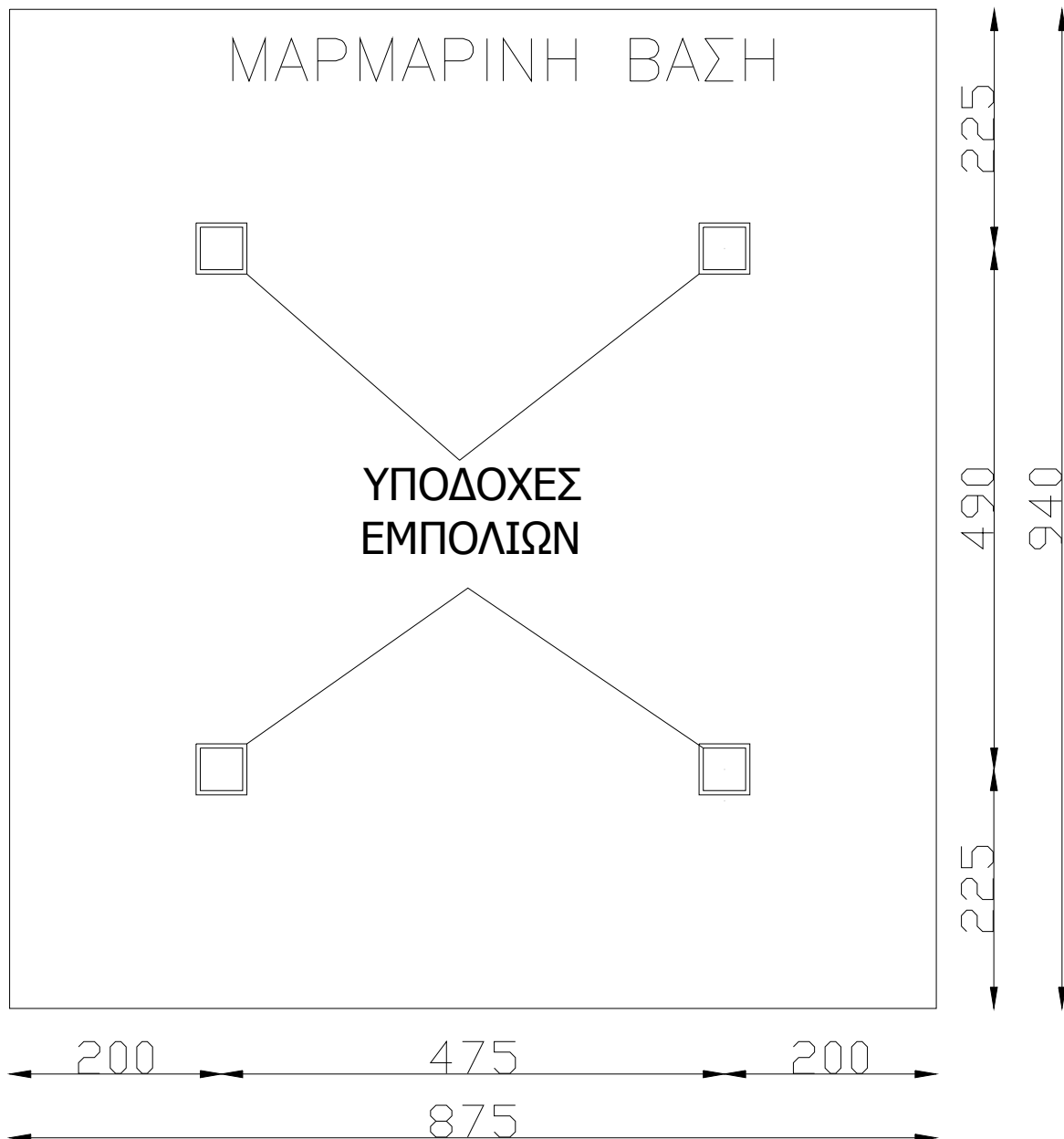
B. Το δοκίμιο B1 που είναι αυτό που έχει τα ίδια μαρμάρινα στοιχεία με το A1, αλλά στις εν λόγω υποδοχές του έχουν τοποθετηθεί πόλοι κρανιάς και εμπολία μολύβδου όπως περιγράφηκαν παραπάνω (βλ. Σχ.: 6.4).

Αξίζει να αναφερθούν σ' αυτό το σημείο ορισμένες λεπτομέρειες που αφορούν τόσο την κατασκευή όσο και την εφαρμογή των πόλων και των εμπολίων στις αντίστοιχες υποδοχές των κίωνων και της μαρμάρινης πλάκας. Κατασκευάστηκαν αρχικώς μήτρες με τις ακριβείς διαστάσεις των υποδοχών με ακρίβεια δέκατων του χιλιοστού, έτσι ώστε να κατασκευασθούν τα εμπολία από μολύβδο. Ο μολύβδος που προερχόταν από μεγάλα πρισματικά κομμάτια, ρευστοποιούνταν με την χρήση υψηλών θερμοκρασιών και χυνόταν στις προαναφερθείσες μήτρες, στις οποίες είχε τοποθετηθεί προηγουμένως στο κέντρο τους μεταλλικός πύρος αντίστοιχης διαμέτρου με την επιθυμητή διάμετρο του πόλου (20 mm), που θα χρησιμοποιούνταν στην πειραματική διαδικασία (βλ. Σχ.: 6.7, 6.8, 6.9). Αφού ψύχονταν ο μορφοποιημένος πλέον στο επιθυμητό σχήμα και διαστάσεις του εμπολίου μολύβδος, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, αφαιρούνταν ο μεταλλικός πύρος, και τα εμπολία ήταν πλέον έτοιμα προς τοποθέτηση.

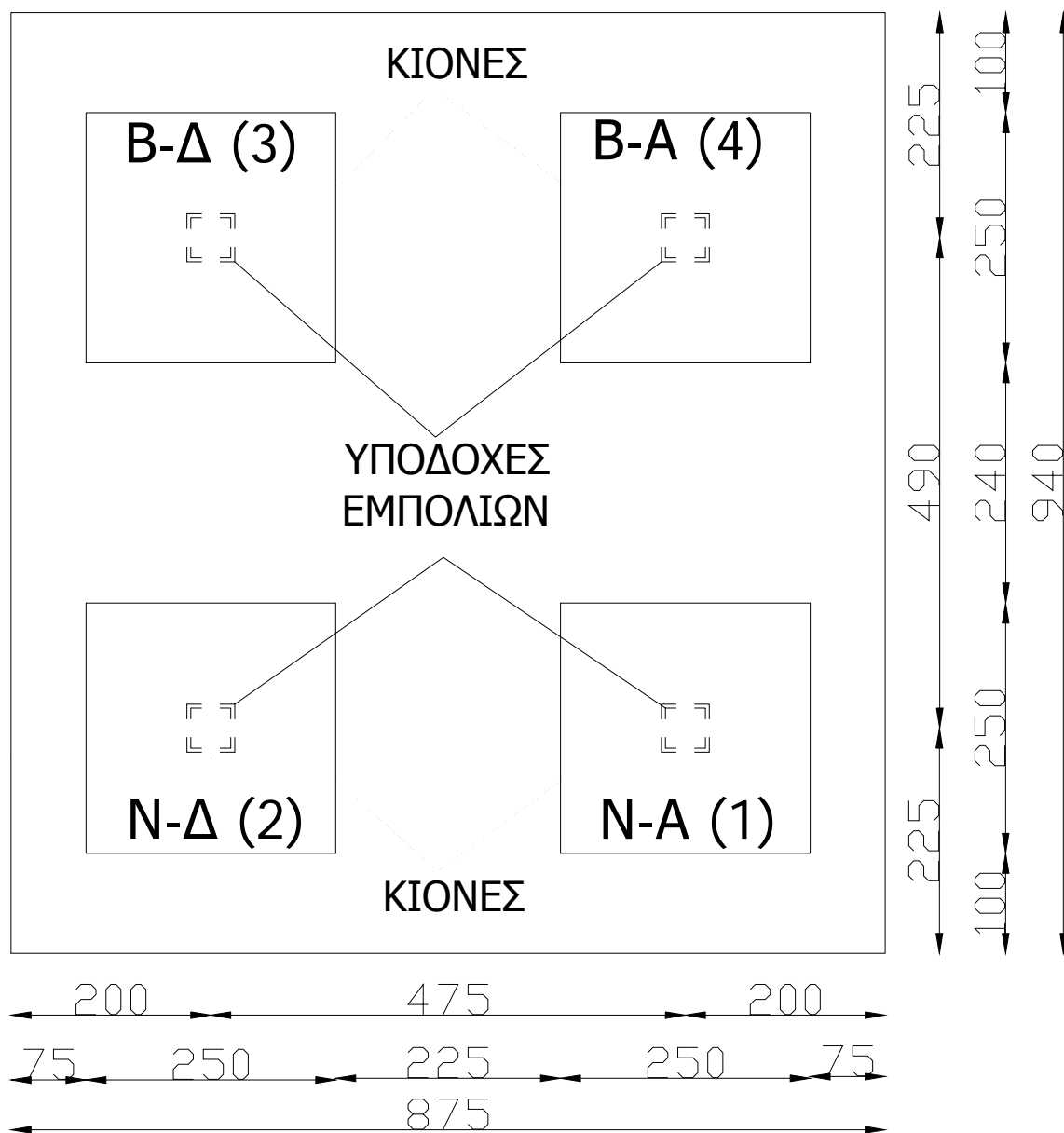
Οι πόλοι κρανιάς μορφοποιούνταν από ακατέργαστα κομμάτια ξύλου κρανιάς στον τόρνο, δίνοντας την επιθυμητή διάμετρο 20 mm εν προκειμένω, με ακρίβεια δέκατων του χιλιοστού. Οι πόλοι της κρανιάς κατασκευάστηκαν από την ίδια ξυλεία που χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη την διάρκεια του παρόντος ερευνητικού προγράμματος. Η τοποθέτηση των πόλων – εμπολίων στις αντίστοιχες υποδοχές των κίωνων και της μαρμάρινης βάσης, ήταν μία διαδικασία η οποία απαιτούσε αρκετή επιμέλεια και προσοχή, έτσι ώστε τα εμπολία μέσα σε αυτές, καθώς και ο πόλος μέσα στα εμπολία να μην είχαν την δυνατότητα σχετικών μετατοπίσεων (τζόγοι), αλλά γινόταν προσπάθεια να αποτελούν κατά το δυνατόν ένα ενιαίο «σώμα».

- Πρέπει να σημειωθεί ότι για να αποφευχθούν έντονες εκτός επιπέδου παρασιτικές μετατοπίσεις του επιστυλίου (στη διεύθυνση Ανατολής – Δύσης, βλ. Σχ.: 6.5, 6.6), αφού η κίνηση της σεισμικής τράπεζας ήταν μονοδιάστατη (οριζόντια κίνηση στη διεύθυνση Βορρά – Νότου), τοποθετήθηκαν τέσσερα πλευρικά ρουλεμάν, εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο αυτήν την ελευθερία κίνησης του επιστυλίου χωρίς να γίνεται άλλη παρέμβαση σε οποιαδήποτε άλλη πιθανή απόκριση του φυσικού ομοιώματος.
- Η εξασφάλιση των συνθηκών έδρασης και η οριζοντιότητα του επιστυλίου επί των τεσσάρων κίωνων εξασφαλίστηκε με την χρήση λεπτών ξύλινων σφηνών (βλ. Σχ.: 6.6).

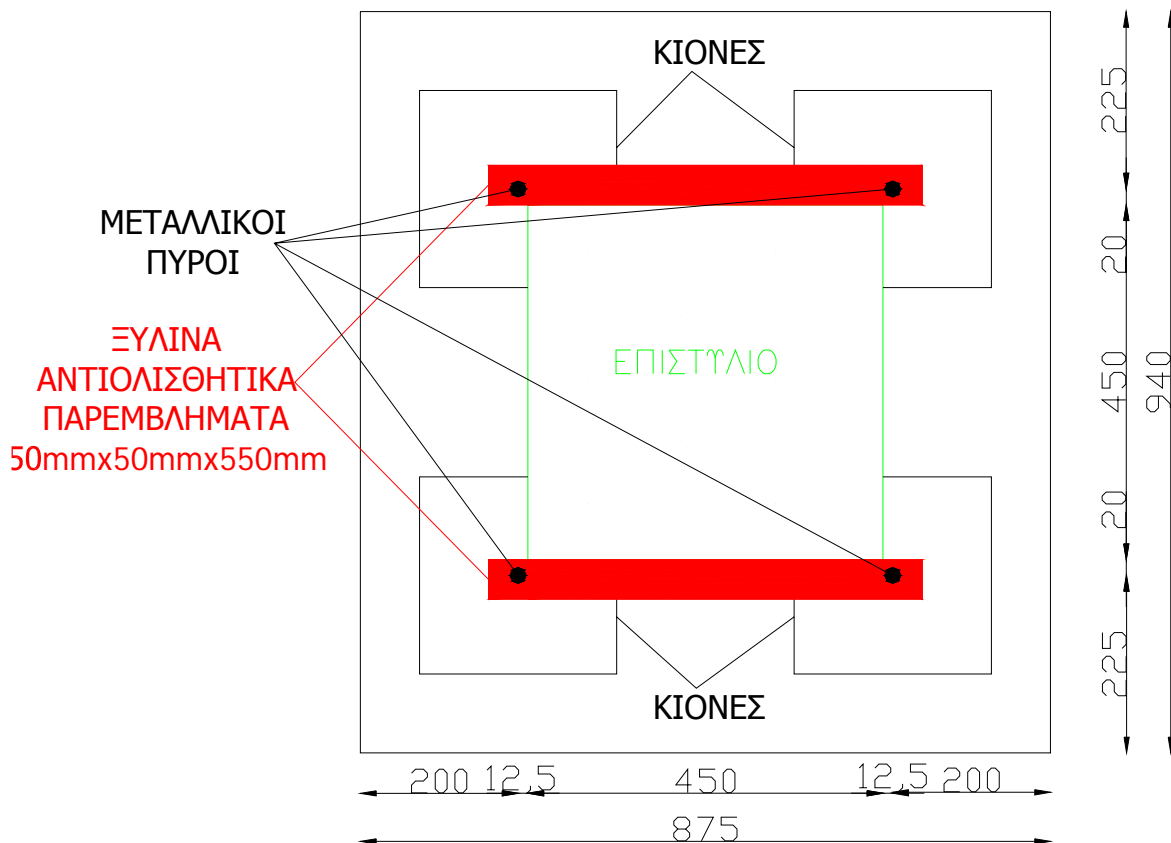
- Τοποθετήθηκαν επίσης δύο ξύλινα αντιολισθητικά παρεμβλήματα στις δύο πλευρές του επιστυλίου (Βόρεια και Νότια), τα οποία ήταν συνδεδεμένα με τα κέντρα των διατομών της κορυφής των κίωνων, μέσω μεταλλικών πύρων (βλ. Σχ.: 6.5, 6.6). Η σύνδεση αυτή δεν ήταν ακλόνητη αλλά είχε την δυνατότητα να πραγματοποιηθούν διαφορικές μετακινήσεις μεταξύ των δύο συνδεδεμένων με τα παρεμβλήματα αυτά κίωνων, αλλά και το επιστύλιο είχε την δυνατότητα μικρής διαφορικής ολίσθησης ως προς τους κίονες. Η τοποθέτηση αυτών των παρεμβλημάτων στόχευε στην πιθανή αποτροπή της πτώσης του επιστυλίου από τους κίονες.



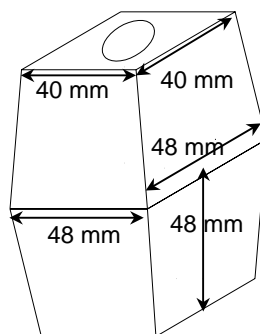
Σχήμα: 6.1. Κάτοψη της μαρμάρινης βάσεως και των υποδοχών των εμπολίων σε αυτή (οι διαστάσεις είναι σε mm και ορίζονται ως προς το κέντρο των υποδοχών των εμπολίων).



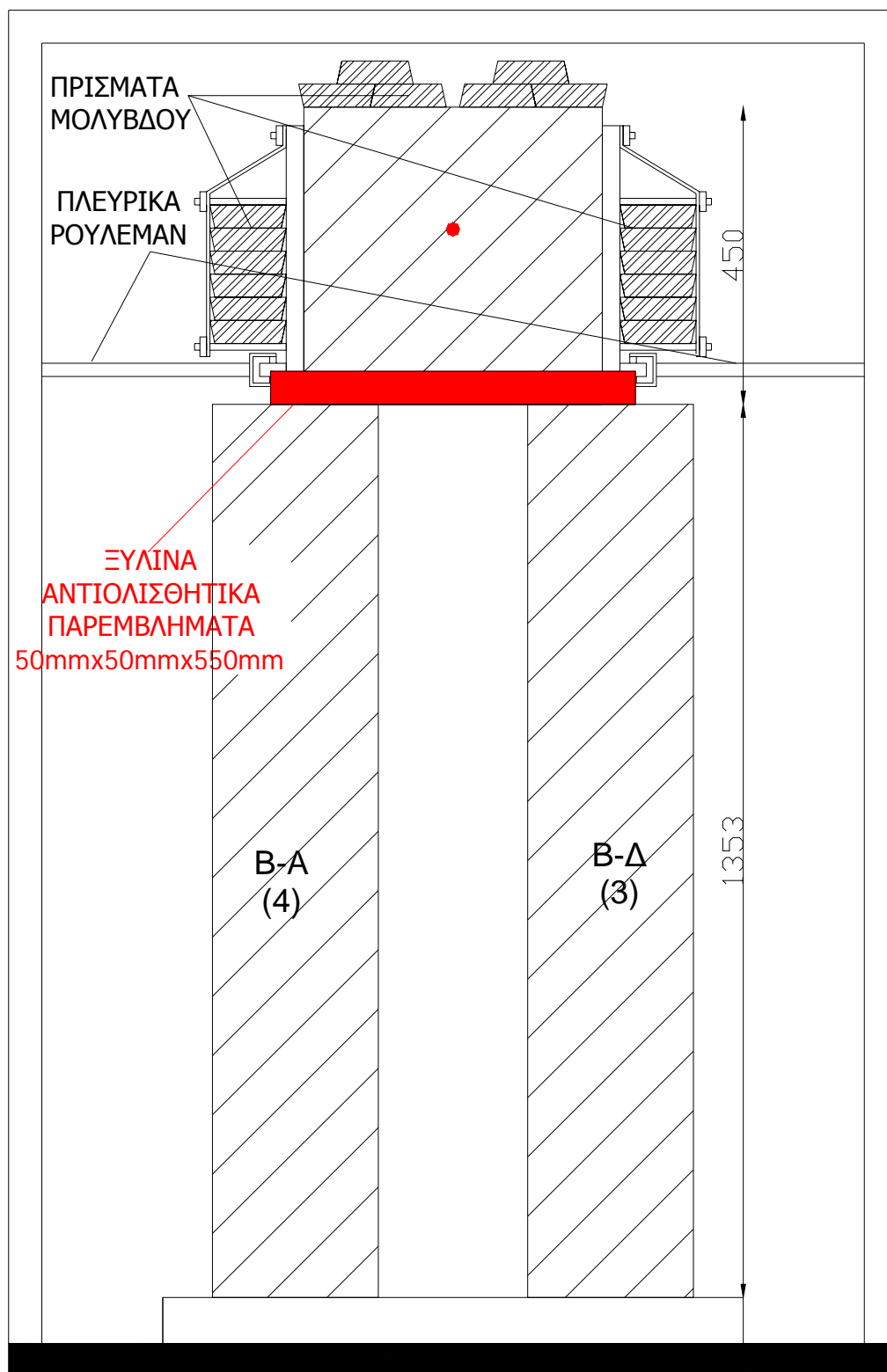
Σχήμα: 6.2. Κάτοψη των μαρμάρινων κίωνων σε σχέση με τα κέντρα των υποδοχών των εμπολίων και σε σχέση με την μαρμάρινη βάση (οι διαστάσεις είναι σε mm και ορίζονται ως προς το κέντρο των υποδοχών των εμπολίων).



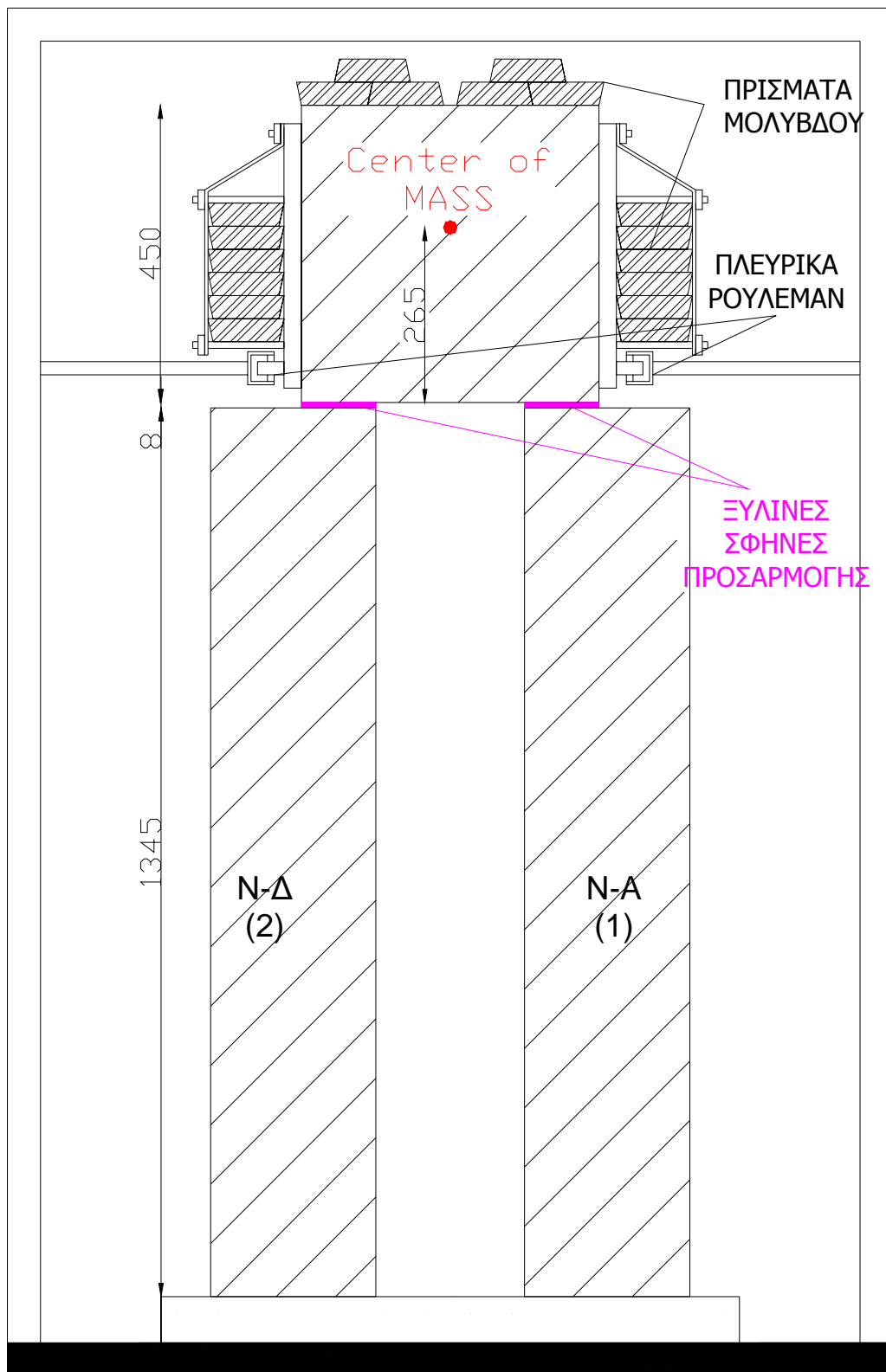
Σχήμα: 6.3. Κάτοψη του επιστυλίου και η θέση αυτού σε σχέση με τα κέντρα των υποδοχών των εμπολίων και σε σχέση με τους μαρμαρίνους κίονες(οι διαστάσεις είναι σε mm και ορίζονται ως προς το κέντρο των υποδοχών των εμπολίων).



Σχήμα: 6.4. Μορφή και διαστάσεις άνω και κάτω εμπολίων μολύβδου.



Σχήμα: 6.5. Βόρεια όψη φυσικού ομοιώματος.



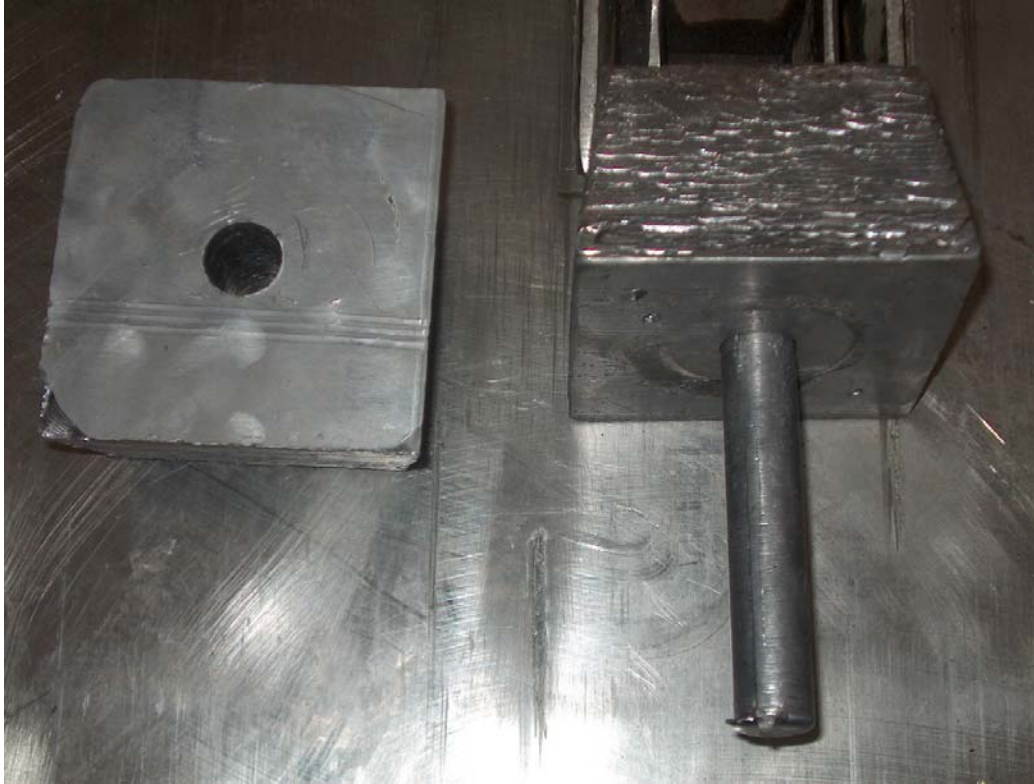
Σχήμα: 6.6. Νότια όψη φυσικού ομοιώματος.



Σχήμα: 6.7. Τήξη μολύβδου με την χρήση οξυγονοκόλλησης.



Σχήμα: 6.8. Πήξη μολύβδου μέσα στην μήτρα με το μεταλλικό πύρο αντίστοιχης διαμέτρου με τον πόλο κρανιάς.



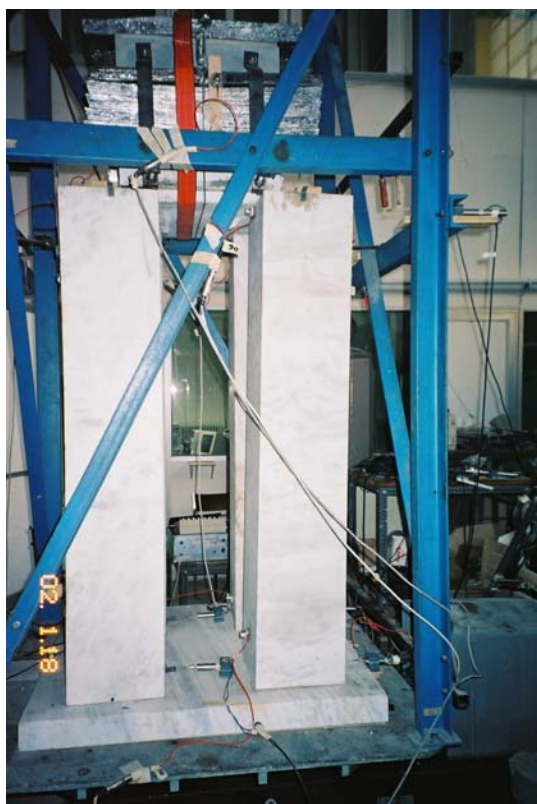
Σχήμα: 6.9. Εμπολία μολύβδου μετά την πήξη τους και αφαίρεση του μεταλλικού πύρου από αυτά.



Σχήμα: 6.10. Τοποθέτηση πόλων και εμπολίων στις υποδοχές της μαρμάρινης πλάκας και των κιόνων.



Σχήμα: 6.11. Τοποθέτηση πόλων και εμπολίων στις υποδοχές της μαρμάρινης πλάκας και των κιόνων.



Σχήμα: 6.12. Γενική άποψη φυσικού ομοιώματος κionoστοιχίας φέροντος επιστυλίου και πρόσθετες μάζες, στην σεισμική τράπεζα.



Σχήμα: 6.13. Γενική άποψη φυσικού ομοιώματος κινοστοιχίας φέροντος επιστυλίου και πρόσθετες μάζες και μερική άποψη της εντοργάνωσης του στην σεισμική τράπεζα.

6.2. ΕΝΟΡΓΑΝΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

Ξεκινώντας από το γεγονός ότι η επιβαλλόμενη στο φυσικό ομοίωμα φορτιστική ακολουθία προσομοιώνει την σεισμική κίνηση του εδάφους μέσω της κινήσεως της πλατφόρμας της σεισμικής τράπεζας, γίνεται αντιληπτό ότι πρόκειται για ένα δυναμικό φαινόμενο αρκετά πολύπλοκο, κατά την διάρκεια του οποίου για να καταγραφεί πλήρως η απόκριση του φυσικού ομοιώματος χρειάζεται μία αρκετά εκτεταμένη ενοργάνωση τόσο σε επίπεδο μετακινήσεων όσο και σε επίπεδο επιταχύνσεων.

Έτσι σε επίπεδο μέτρησης των αναπτυσσόμενων μετακινήσεων χρησιμοποιήθηκαν 16 ηλεκτρονικά μηκυνσιόμετρα (DCDT), ενώ σε επίπεδο αποκρινόμενων επιταχύνσεων χρησιμοποιήθηκαν 11 επιταχυνσιόμετρα (SETRA), όπως φαίνεται και από τους πίνακες 1, 2, καθώς και από τα σχήματα 14, 15, 16, 17.

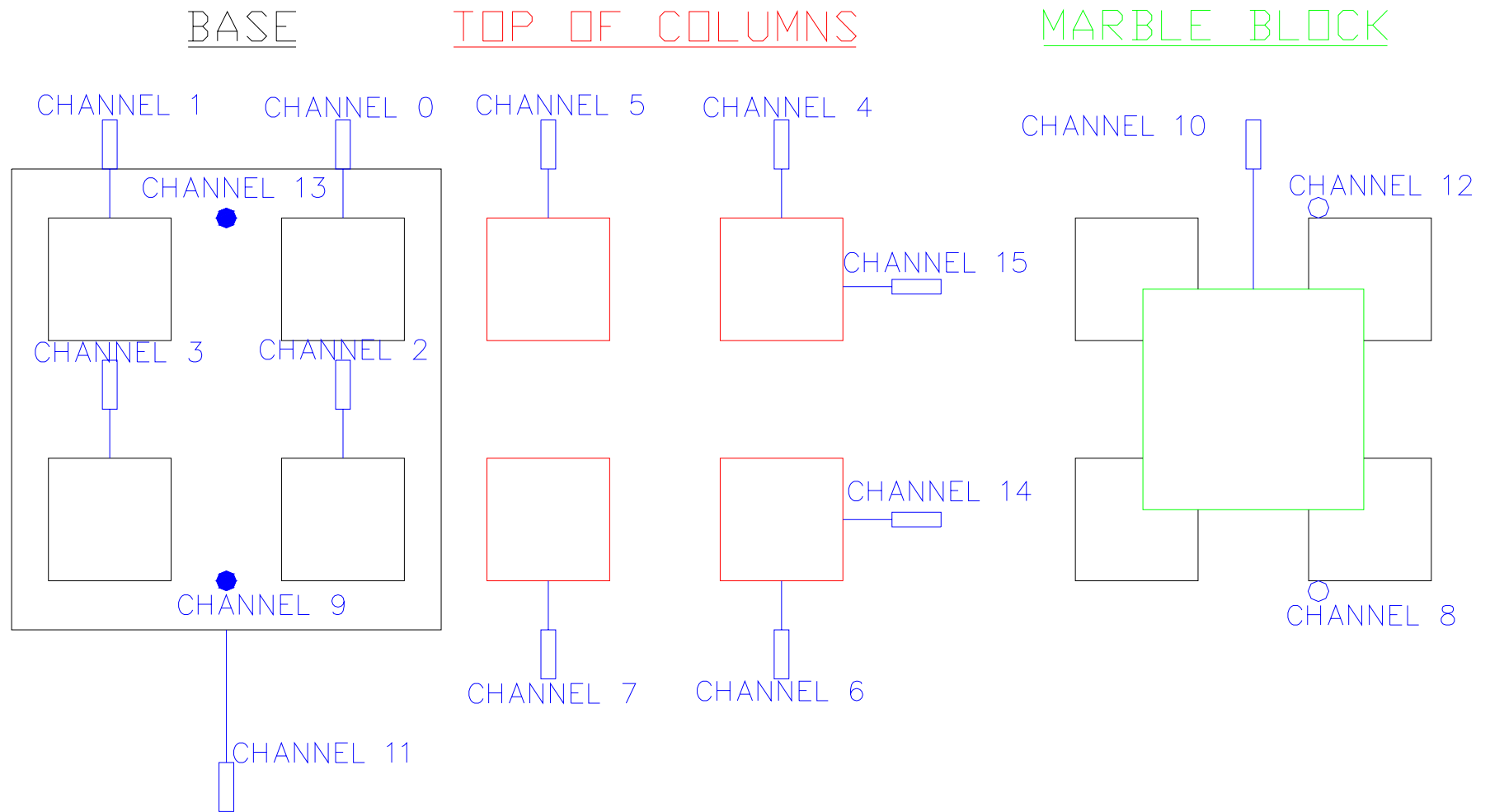
Επίσης μέσω της δυναμοκυψέλης που υπάρχει εφαρμοσμένη στην διάταξη της σεισμικής τράπεζας μετρούνταν η τέμνουσα βάσεως. Δηλαδή χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 28 όργανα, τα οποία ελάμβαναν μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο (κοινός για όλα τα όργανα μέτρησης), με βήμα δειγματοληψίας $dt = 0.01 \text{ sec}$, οι οποίες λαμβανόμενες μετρήσεις καταγραφόταν αυτομάτως μέσω ενισχυτών σε H/Y.

Από τις καταγραφές αυτές εξήχθησαν τα διαγράμματα απόκρισης του φυσικού ομοιώματος τα οποία παρατίθενται σε επόμενο κεφάλαιο.

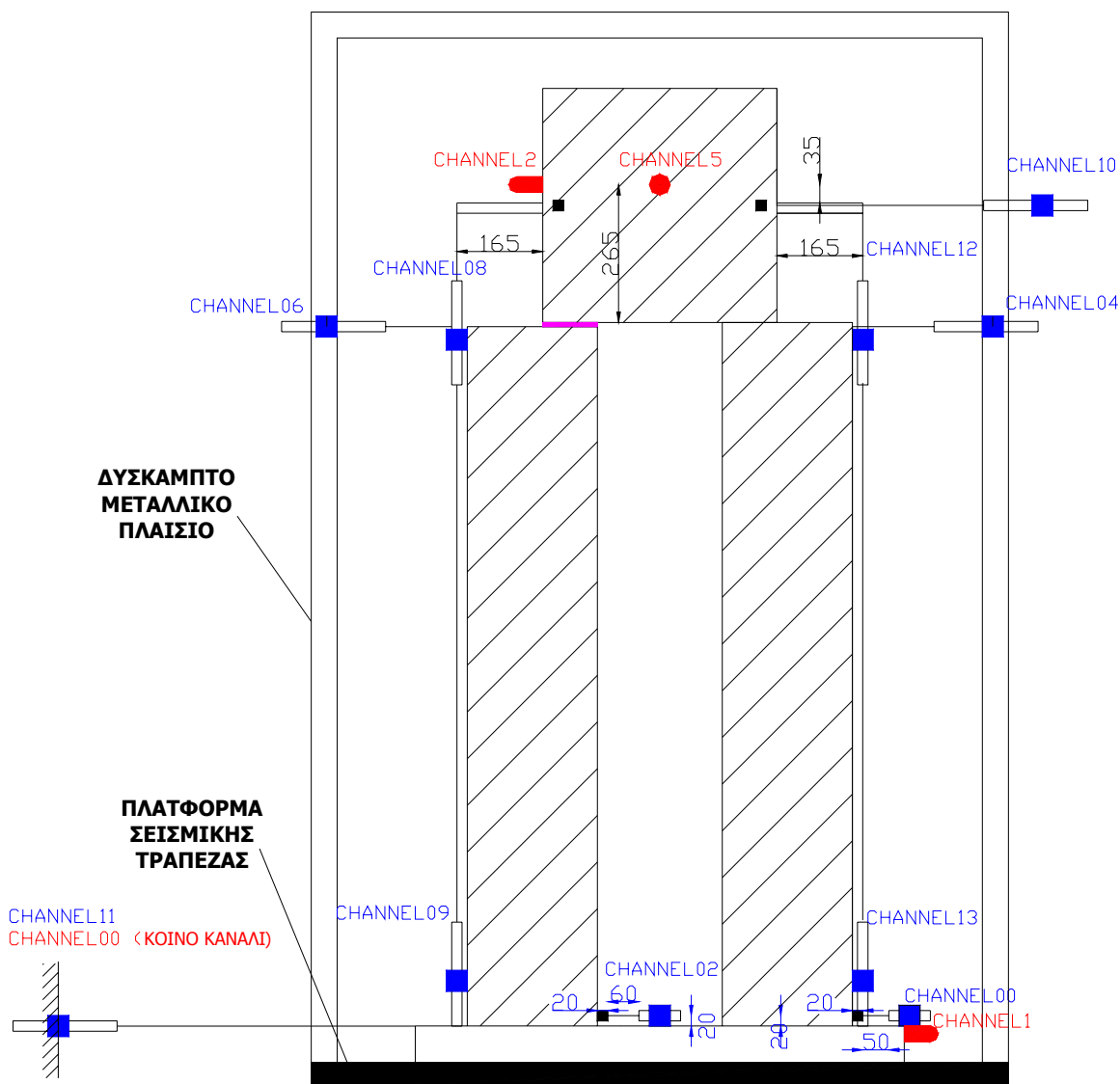
Οι θέσεις σε κάτοψη των οργάνων μέτρησης των μετατοπίσεων του φυσικού ομοιώματος φαίνονται στο σχήμα 7, ενώ το αντίστοιχο ύψος στο οποίο βρίσκονταν το κάθε όργανο δίνεται στον πίνακα 1.

Οι θέσεις των επιταχυνσιόμετρων, φαίνονται στον πίνακα 2, καθώς αναφέρεται και το αντίστοιχο μετρούμενο μέγεθος απόκρισης και σε ποιο ύψος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν τόσο μηκυνσιόμετρα όσο και επιταχυνσιόμετρα, είχαν βαθμονομηθεί μόλις πριν την χρησιμοποίησή τους από όπου προέκυψε και επαναεπιβεβαιώθηκε ο συντελεστής βαθμονόμησης που αντιστοιχεί στο κάθε ένα.

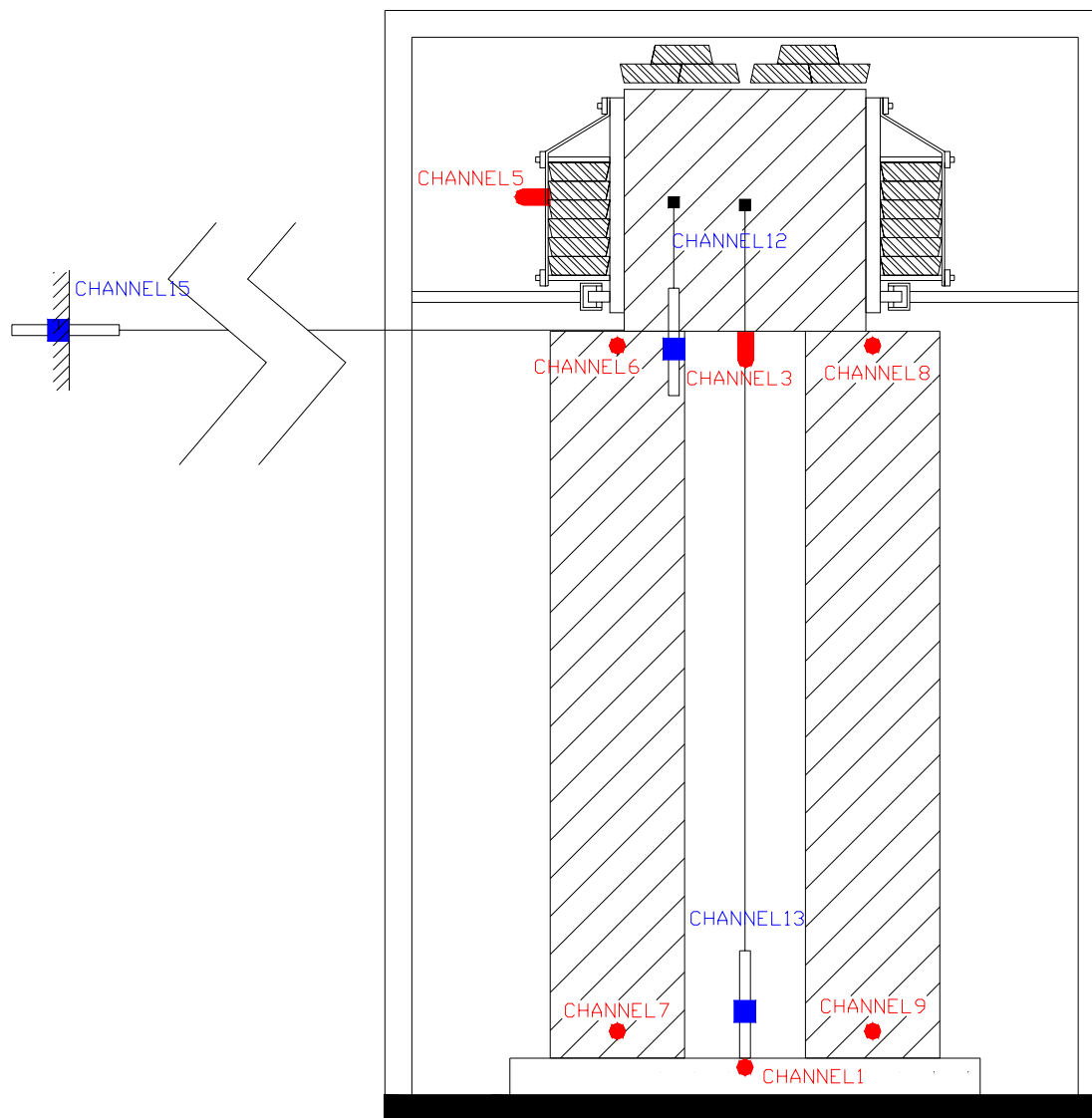


Σχήμα: 6.14. Ενοργάνωση σε επίπεδο μέτρησης των αναπτυσσόμενων μετακινήσεων του φυσικού ομοιώματος (τρεις κατόψεις, επίπεδο βάσης, επίπεδο κορυφής κίωνων, επίπεδο επιστυλίου).



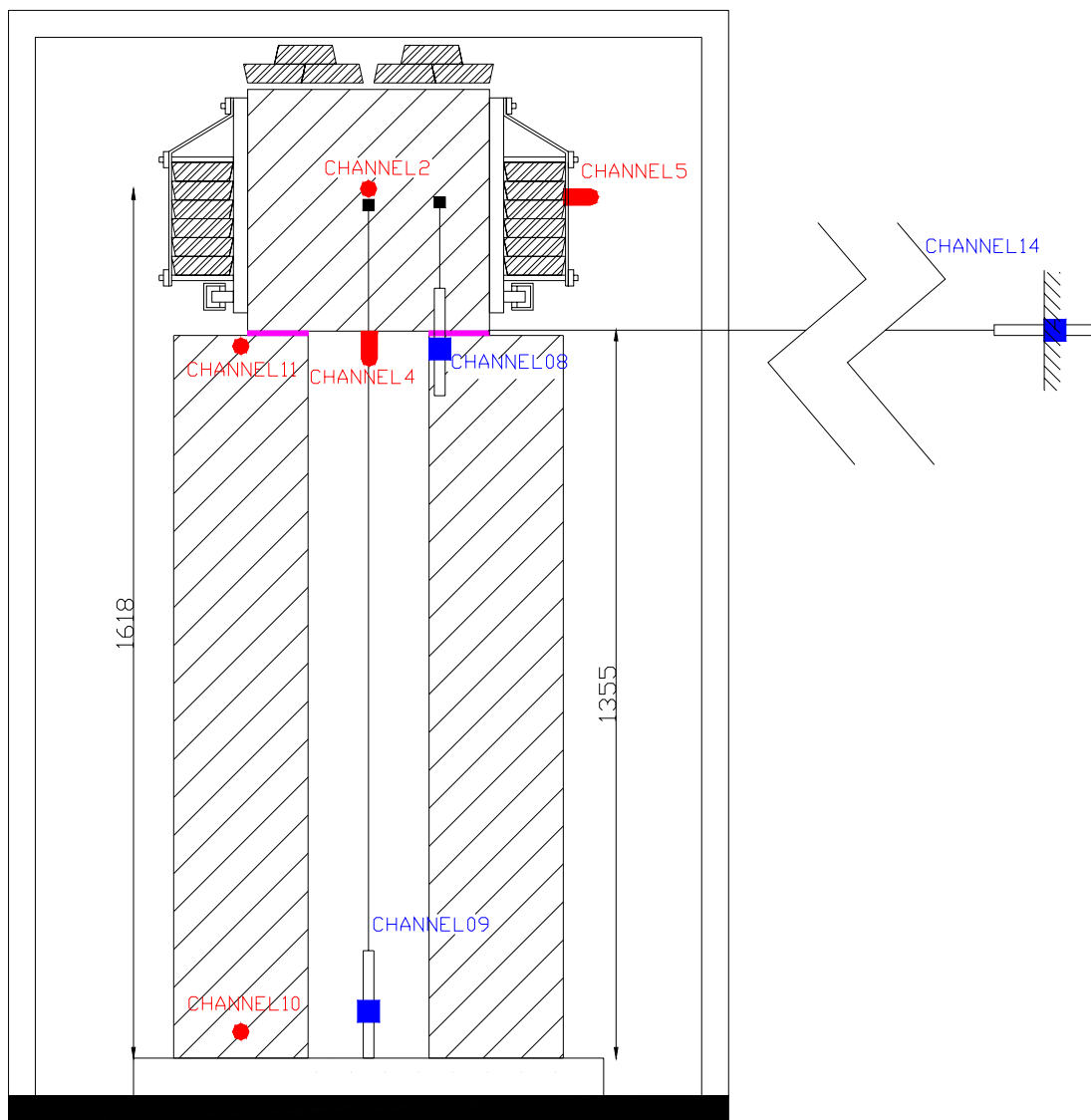
Σχήμα: 6.15. Ανατολική όψη εντοπισμένων φυσικού ομοιώματος.

Με μπλε χρώμα συμβολίζονται τα μηχανοστάσια(κουτί 1),
ενώ με κόκκινο χρώμα συμβολίζονται τα επιταχυνσιόμετρα (κουτί 2).



Σχήμα: 6.16. Βόρεια όψη ενοργανωμένου φυσικού ομοιώματος.

Με μπλέ χρώμα συμβολίζονται τα μηχανοσκόπετρα(κουτί 1),
ενώ με κόκκινο χρώμα συμβολίζονται τα επιταχυνσιόμετρα (κουτί 2).



Σχήμα: 6.17. Νότια όψη ενοργανωμένου φυσικού ομοιώματος.

Με μπλε χρώμα συμβολίζονται τα μηχανοσκόμμετρα(κουτί 1),
ενώ με κόκκινο χρώμα συμβολίζονται τα επιταχυνσκόμμετρα (κουτί 2).

Πίνακας: 6.1. Όργανα μέτρησης των μετακινήσεων

ΘΕΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ ΣΤΟΝ ΕΝΙΣΧΥΤΗ 1	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΟΡΓΑΝΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ [v/mm]	ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑ	h (ύψος θέσεως οργάνου από την βάση) [cm]	ΟΝΟΜΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ *
CHANNEL 00	LVDTN 11	1.053	ΜΕΣΑ (+)	2	AB00
CHANNEL 01	LVDTN 12	1.046	ΜΕΣΑ (+)	2	AB01
CHANNEL 02	LVDTN 13	1.050	ΜΕΣΑ (+)	2	AB02
CHANNEL 03	LVDTN 14	1.030	ΜΕΣΑ (+)	2	AB03
CHANNEL 04	LVDTN 01	0.186	ΜΕΣΑ (+)	135.3(hcol)-1.5=133.8	AB04
CHANNEL 05	LVDTN 09	0.185	ΜΕΣΑ (+)	135.3(hcol)-1.5=133.8	AB05
CHANNEL 06	LVDTN 10	0.180	ΜΕΣΑ (+)	134.5(hcol)-1.5=133.0	AB06
CHANNEL 07	LVDTN 04	0.186	ΜΕΣΑ (+)	134.5(hcol)-1.5=133.0	AB07
CHANNEL 08	LVDTN 05	0.184	ΜΕΣΑ (+)	134.5(hcol)+0.8(hwood)+45/2	AB08
CHANNEL 09	LVDTN 08	0.185	ΜΕΣΑ (+)	134.5(hcol)+0.8(hwood)+45/2	AB09
CHANNEL 10	LVDTN 06	0.187	ΜΕΣΑ (+)	135.3(hcol)+23.5	AB10
CHANNEL 11	LVDTN 07	0.175	ΜΕΣΑ (+)	-	AB11
CHANNEL 12	LVDT 12	0.697		135.3+45/2-2.5	AB12
CHANNEL 13	LVDTN 03	0.187	ΜΕΣΑ (+)	135.3+45/2-2.5	AB13
CHANNEL 14	LVDT 5	0.730		hcol+1	AB14
CHANNEL 15	LVDT 13	0.770		hcol+1	AB15

* Στα διαγράμματα τα οποία εξήχθησαν από τις καταγραφές των παραπάνω οργάνων δίδεται σε κάθε ένα κωδικό όνομα όπου:

A: υποδηλώνει την ένταση της κίνησης της πλατφόρμας της σεισμικής τράπεζας η οποία έπαιρνε τιμές 2 SPAN, 4 SPAN, 6 SPAN, 8 SPAN.

B: υποδηλώνει τον τύπο της πραγματικής σεισμικής καταγραφής που χρησιμοποιήθηκε ως κίνηση εισαγωγής της πλατφόρμας της σεισμικής τράπεζας. Χρησιμοποιήθηκαν δύο πραγματικές καταγραφές, από τον σεισμό του Ελ Σέντρο και από τον σεισμό Τάφτ.

Έτσι για παράδειγμα το όνομα 4HLC11, δηλώνει ότι το η καταγραφή προέρχεται από την κίνηση που προσομοιώνει το σεισμό του Ελ Σέντρο με ένταση κίνησης 4, και προήλθε από το κανάλι 11 δηλαδή το μέγεθος που κατέγραψε είναι η κίνηση της πλατφόρμας της σεισμικής τράπεζας.

Πίνακας: 6.2. Όργανα μέτρησης επιταχύνσεως (ενισχυτής 2).

Α/Α	ΟΝΟΜΑ ΟΡΓΑΝΟΥ ΚΑΙ ΘΕΣΗ ΣΤΟΝ ΕΝΙΣΧΥΤΗ 2	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ [V/g]			ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	h [cm] (ύψος θέσεως οργάνου από την βάση)	ΟΝΟΜΑ ΣΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ **
				M.O			
1	CHANNEL 0			0.185 [V/mm]	ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΒΑΣΕΩΣ (κοινό κανάλι)	0	AB00
2	CHANNEL 1	0.460	-0.450	0.45	ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΒΑΣΗΣ ΒΟΡΡΑΣ-ΝΟΤΟΣ	0	AB01
3	CHANNEL 2	0.450	-0.450	0.45	ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΑΖΑΣ ΒΟΡΡΑΣ-ΝΟΤΟΣ	hcol + 26.5	AB02
4	CHANNEL 3			0.245	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΒΟΡΡΑ	hcol	AB03
5	CHANNEL 4			0.245	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΝΟΤΟ	hcol	AB04
6	CHANNEL 5			0.245	ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑΤΟΛΗ – ΔΥΣΗ	hcol + 26.5	AB05
7	CHANNEL 6			0.245	ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ (4)	hcol - 2.5	AB06
8	CHANNEL 7			0.245	ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΒΑΣΗΣ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ (4)	11.5	AB07
9	CHANNEL 8	0.285	0.278	0.28	ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ (3)	hcol - 3.5	AB08
10	CHANNEL 9	0.139	0.135	0.135	ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΒΑΣΗΣ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ (3)	7.5	AB09
11	CHANNEL 10	0.168	0.155	0.16	ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΚΟΡΥΦΗΣ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ (2)	5	AB10
12	CHANNEL 11	0.141	0.135	0.137	ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΒΑΣΗΣ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟΥ ΚΙΟΝΑ (2)	hcol - 6	AB11
13	CHANNEL 12			0.65 [V/tn]	ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΒΑΣΕΩΣ		AB12

** Τα Α, Β, υποδηλώνουν το ίδιο χαρακτηριστικό, δηλαδή την ένταση και το είδος της καταγραφής που χρησιμοποιήθηκε ως κίνηση εισαγωγής της πλατφόρμας της σεισμικής τράπεζας αντίστοιχα, όπως ακριβώς περιγράφηκαν παραπάνω.

6.3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ

Αποφασίσθηκε για τις δοκιμές του φυσικού ομοιώματος το οποίο περιγράφηκε παραπάνω να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικές τεχνητές σεισμικές κινήσεις της πλατφόρμας της σεισμικής τράπεζας βασισμένες σε καταγραφές πραγματικών, γνωστών και ευρέως χρησιμοποιούμενων σε αντίστοιχες πειραματικές ακολουθίες, σεισμικών διεγέρσεων. Ειδικότερα χρησιμοποιήθηκαν οι καταγραφές από τους σεισμούς:

- i) **EL CENTRO 1940** (βλ. Σχ.: 6.18, 6.19)
- ii) **TAFT (Kern Country)** (βλ. Σχ.: 6.20, 6.21)

Για κάθε μία από τις δύο αυτές διαφορετικές καταγραφές χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές εντάσεις κίνησης οι οποίες ήταν SPAN=2, SPAN=4, SPAN=6, SPAN=8. Το μέγεθος SPAN αποτελεί παράμετρο της σεισμικής τράπεζας ενδεικτική της έντασης της τεχνητής διεγέρσεως. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτής της παραμέτρου, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της ομόλογης τεχνητής σεισμικής κίνησης της σεισμικής τράπεζας. Επομένως πραγματοποιήθηκαν 4 ομόλογες τεχνητές σεισμικές κινήσεις (με SPAN=2, SPAN=4, SPAN=6, SPAN=8) βασισμένες στην καταγραφή El Centro και 4 ομόλογες τεχνητές σεισμικές κινήσεις βασισμένες στην καταγραφή Taft, δηλαδή χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 8 τεχνητές σεισμικές κινήσεις.

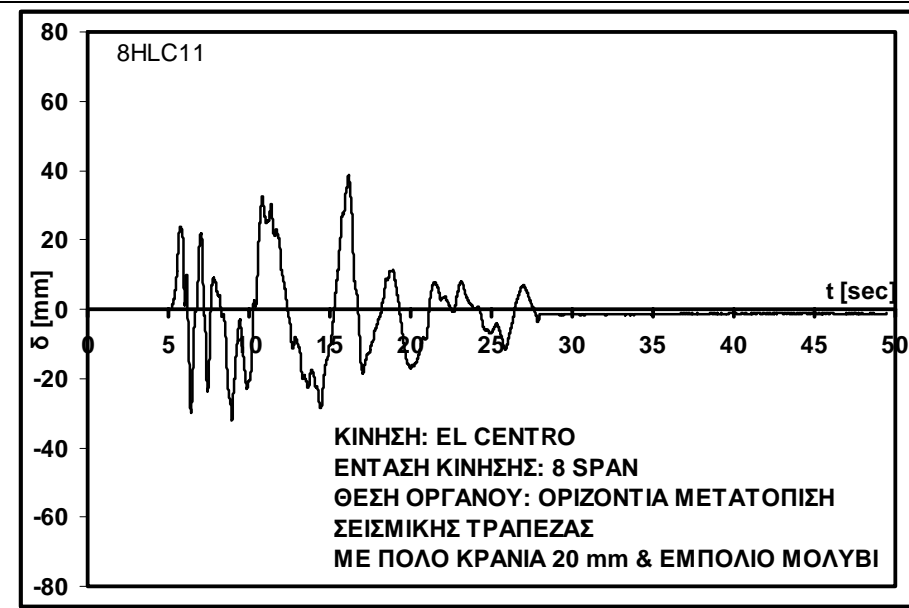
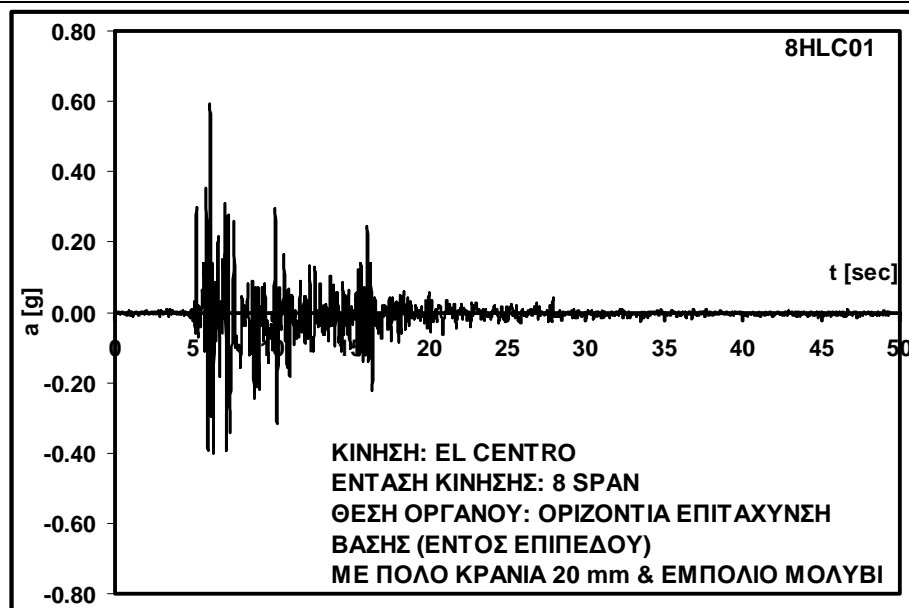
Όσον αφορά την πειραματική ακολουθία τόσο το φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και χωρίς εμπόλια), όσο και το φυσικό ομοίωμα B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου στις αντίστοιχες υποδοχές των κίωνων και της μαρμάρινης βάσης, βλ. Σχ.: 6.4.), υποβλήθηκαν στις παραπάνω τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις.

Άρα τελικώς πραγματοποιήθηκαν :

2 (παραλλαγές του φυσικού ομοιώματος A1, A2) x 8 (διαφορετικές σεισμικές διεγέρσεις) = 16 πειραματικές δοκιμές.

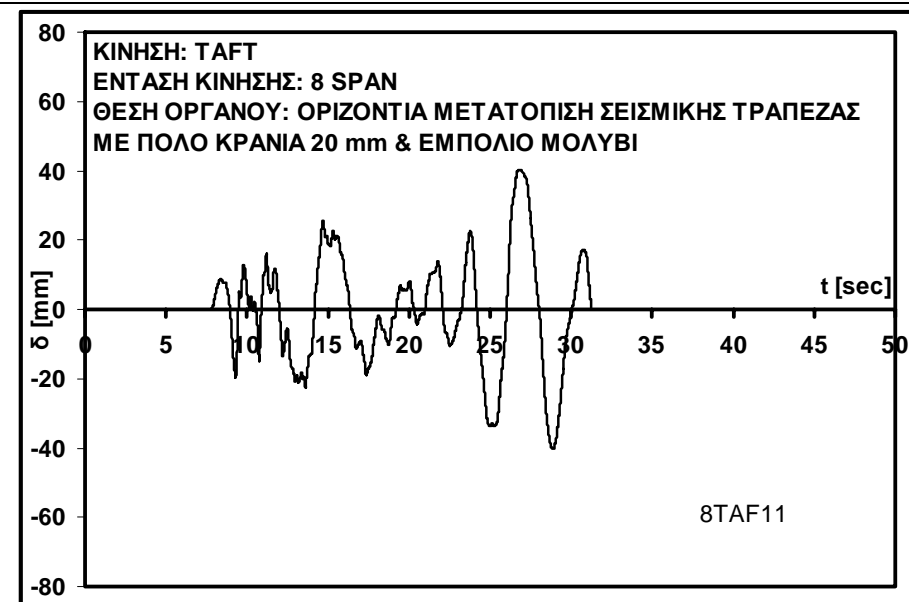
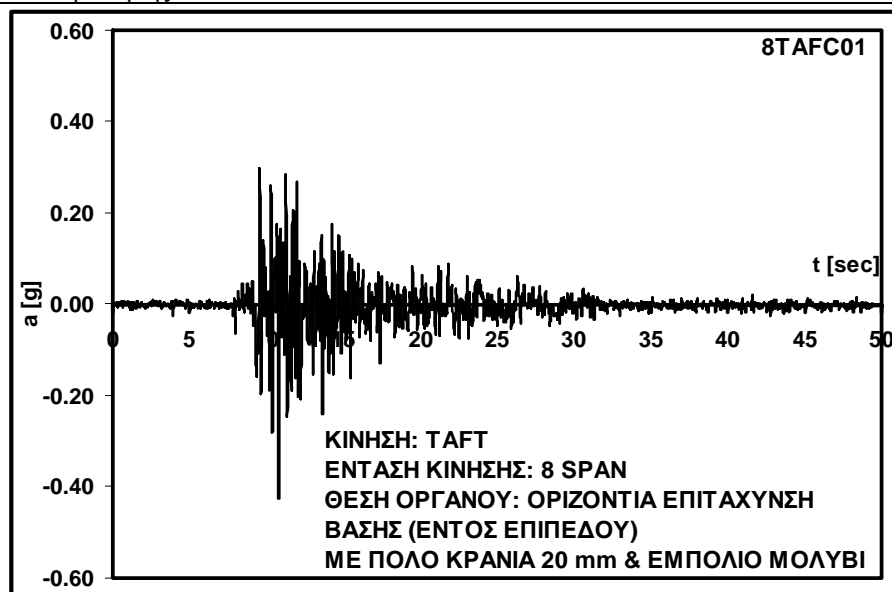
Και εντέλει παρήχθησαν:

16 (πειραματικές δοκιμές) x 29 (όργανα μέτρησης) = 464 διαγράμματα μετρούμενων μεγεθών απόκρισης του φυσικού ομοιώματος, τα οποία παρατίθενται στο Παράρτημα Σεισμική Ακολουθία με Μαρμάρινους Κίονες. Παρακάτω παρατίθενται επιλεκτικά συγκεκριμένα διαγράμματα της μετρημένης απόκρισης σε συνδυασμό με τον αντίστοιχο σχολιασμό και συμπεράσματα.



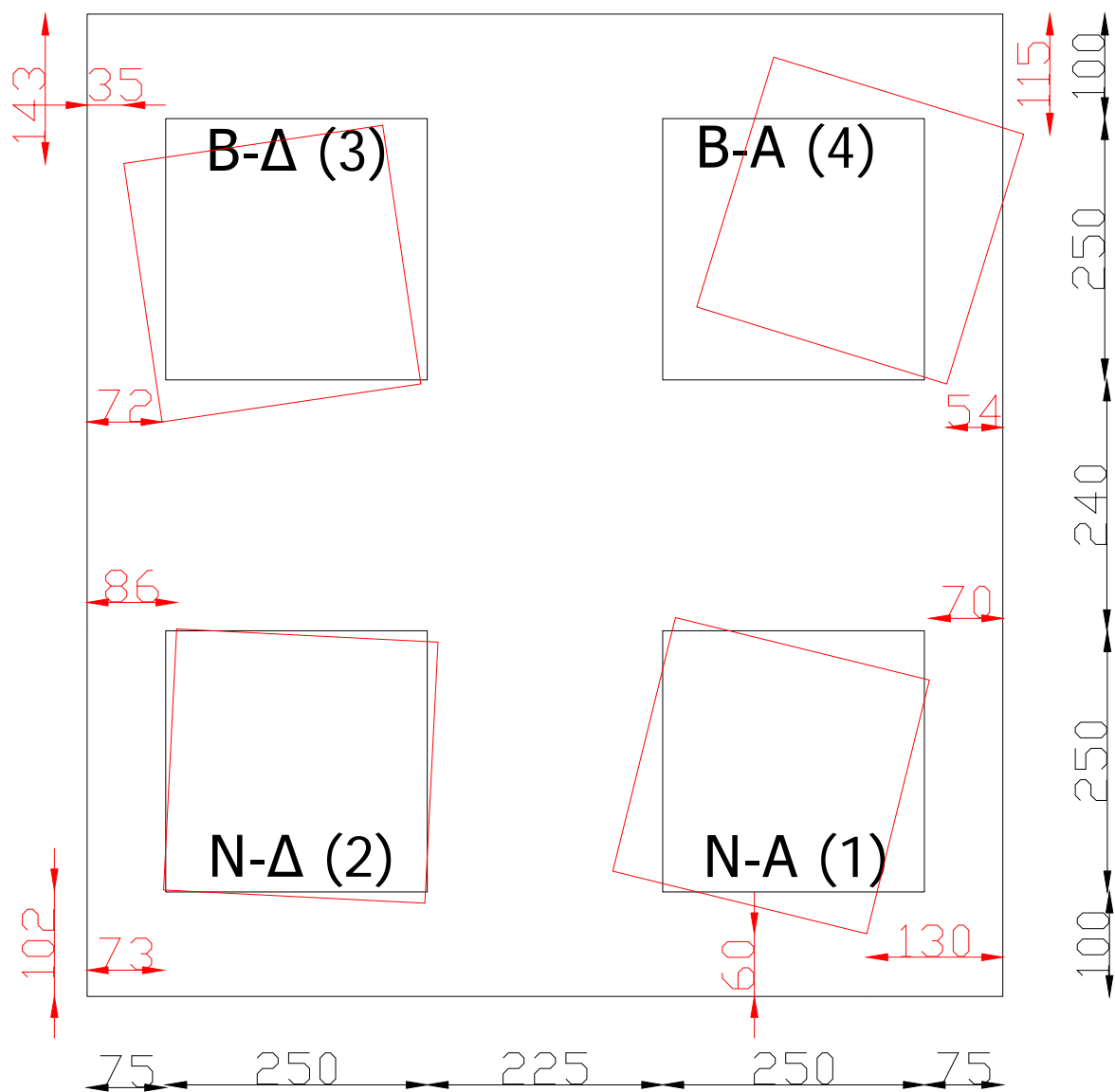
Σχήμα: 6.18. Οριζόντια επιτάχυνση βάσεως για την σεισμική διέγερση Ελ Σέντρο με ένταση κίνησης 8 SPAN.

Σχήμα: 6.19. Οριζόντια μετατόπιση βάσεως για την σεισμική διέγερση Ελ Σέντρο με ένταση κίνησης 8 SPAN.

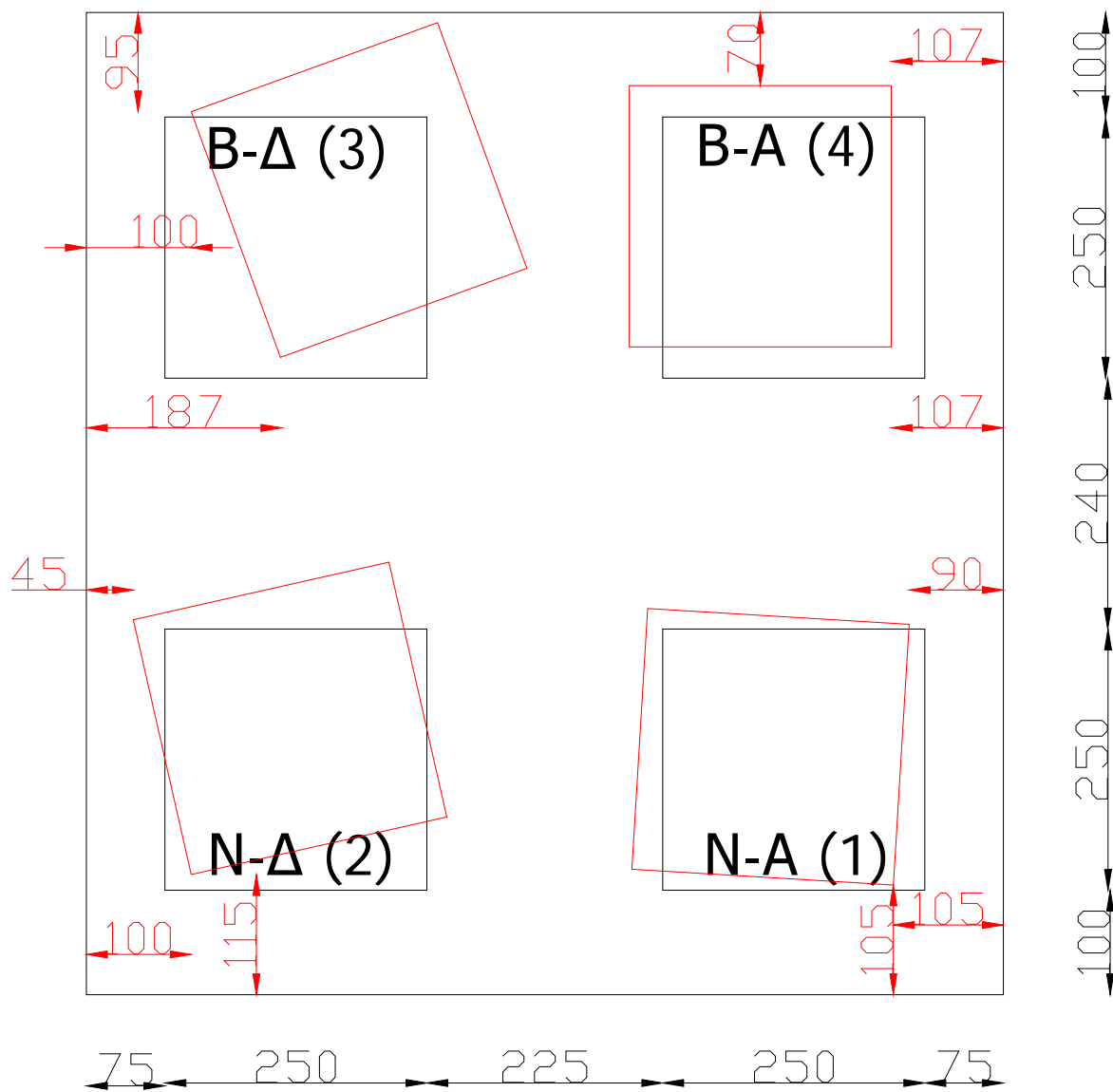


Σχήμα: 6.20. Οριζόντια επιτάχυνση βάσεως για την σεισμική διέγερση Ταφτ με ένταση κίνησης 8 SPAN.

Σχήμα: 6.21. Οριζόντια μετακίνηση βάσεως για την σεισμική διέγερση Ταφτ με ένταση κίνησης 8 SPAN.



Σχήμα: 6.22. Τελική θέση βάσεως κίόνων (κόκκινο χρώμα), σε σχέση με την αρχική τους (μαύρο χρώμα), μετά το πέρας της διεγέρσεως El Centro με ένταση 8 SPAN, για το φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια).



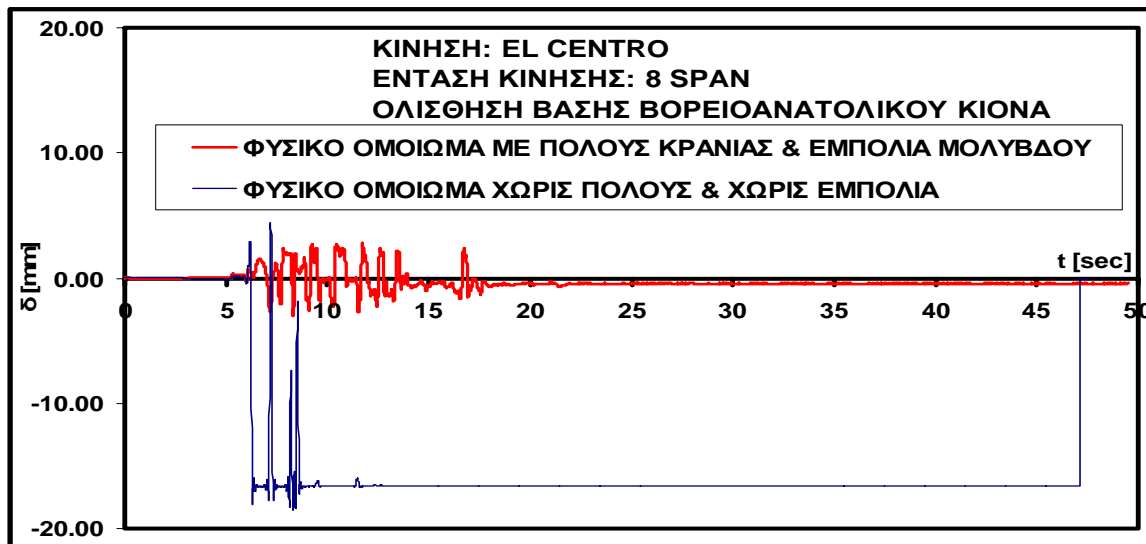
Σχήμα: 6.23. Τελική θέση βάσεως κίονων (κόκκινο χρώμα), σε σχέση με την αρχική τους (μαύρο χρώμα), μετά το πέρας της διεγέρσεως Taft με ένταση 8 SPAN, για το φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια).

6.4. ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΙΟΝΟΣΤΟΙΧΙΑΣ ΜΕ ΕΠΙΣΤΥΛΙΟ ΣΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΙΣ

Μέσα από κριτική επεξεργασία και σύγκριση των διαγραμμάτων που παρατίθενται στο Παράρτημα, μπορούμε να εξάγουμε τα παρακάτω:

α) Στην περίπτωση του φυσικού ομοιώματος A1, που δεν φέρει πόλους και εμπόλια, παρατηρούμε ότι η ολίσθηση της βάσης των κίωνων συντελείται ακόμα και για μικρές σχετικά επιταχύνσεις της τεχνητή σεισμικής διέγερσης. Η εμφάνιση της ολίσθησης στη βάση των κίωνων γινόταν πολύ εντονότερη με την αύξηση της εντάσεως και κατά συνέπεια της μέγιστης επιτάχυνσης της τεχνητής σεισμικής διεγέρσεως και σε συνδυασμό με τον λικνισμό των κίωνων, οδηγούσε σε γεωμετρική αστάθεια της κionoστοιχίας (βλ.Σχ.: 6.22, 6.23. μέγιστες τιμές ολίσθησης των κίωνων στη βάση ξεπέρασαν τα 30mm για τις τεχνητές σεισμικές κινήσεις μεγάλης έντασης SPAN=8).

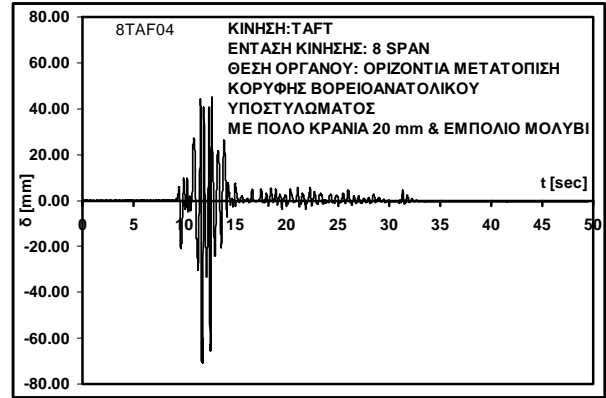
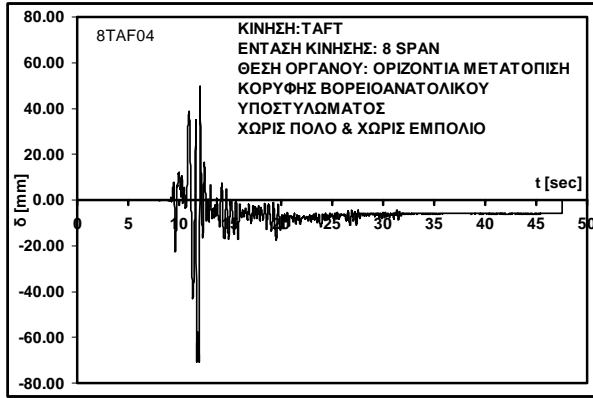
β) Αντίθετα το φυσικό ομοίωμα που έφερε πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου, παρουσίασε πολύ μικρές ολισθήσεις στη βάση των κίωνων για όλες τις τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις και όλες τις εντάσεις (μέγιστη τιμή 2.59mm). Δηλαδή η τοποθέτηση των πόλων κρανιάς και των εμπολίων μολύβδου απέτρεψαν ουσιαστικά την εμφάνιση του φαινομένου της ολίσθησης στη βάση των κίωνων των φυσικών ομοιωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πειραματική ακολουθία (βλ.Σχ.: 6.24).



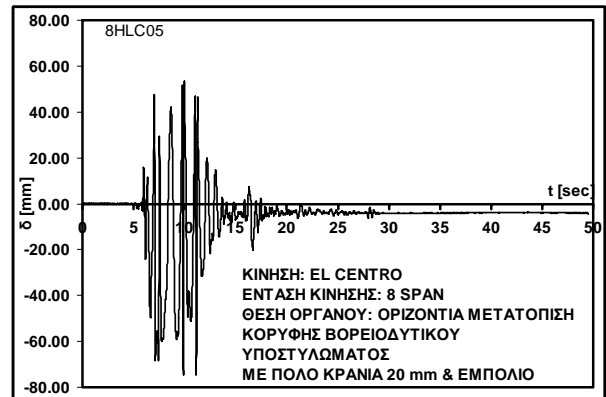
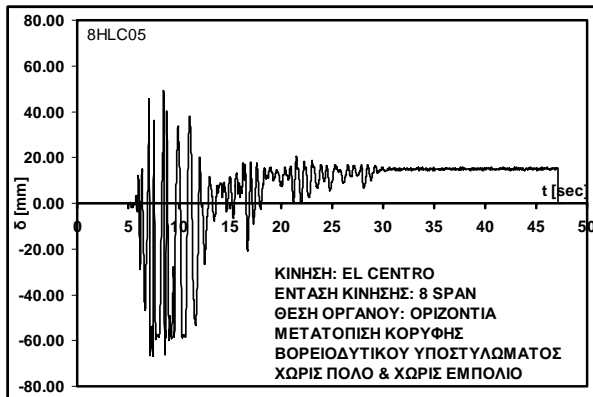
Σχήμα: 24. Σύγκριση ολίσθησης βάσης βορειοανατολικού κίονα για την τεχνητή σεισμική διέγερση El Centro, εντάσεως Span=8.

γ) Όσον αφορά την απόκριση μετατόπισης της κορυφής των κίωνων, ως προς την βάση έδρασης, σε μια πρώτη ανάγνωση των μετρήσεων δεν εμφανίζεται η απόκριση αυτή να έχει ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στα δύο φυσικά ομοιώματα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου). Δηλαδή οι μετακινήσεις που παρουσιάστηκαν στην κορυφή των κίωνων, ως προς την βάση έδρασης, ήταν περίπου ίσες

για τα δύο φυσικά ομοιώματα A1 και B1, στις ομόλογες τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις ίσης εντάσεως (βλ. Σχ.: 6.25, 6.26). Αυτή όμως η παρατήρηση αγνοεί το γεγονός ότι η αντίστοιχη μετακίνηση στη βάση των κίωνων ανάμεσα στα δύο φυσικά ομοιώματα (με και χωρίς πόλους-εμπόλια) είχε μεγάλες διαφορές λόγω της απόκρισης ολίσθησης των κίωνων στη θέση αυτή (δες προηγούμενη σειρά συμπερασμάτων).

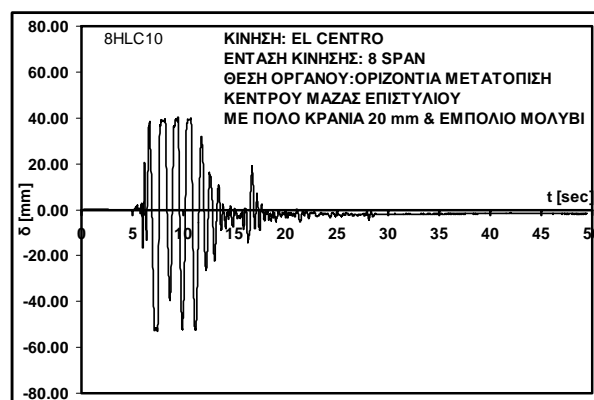
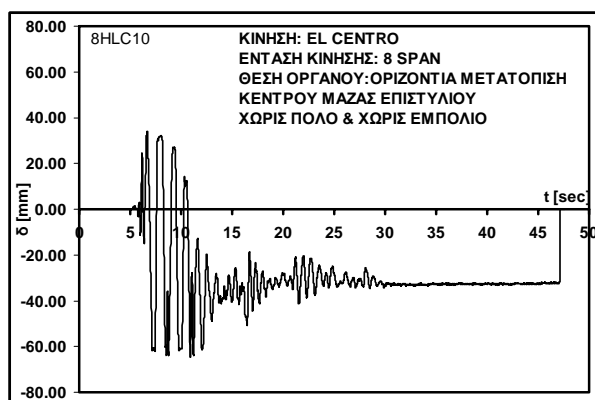


Σχήμα: 6.25. Απόκριση κορυφής Βορειοανατολικού κίονα για το φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου) αντίστοιχα, για την τεχνητή σεισμική διεγέρση Taft, εντάσεως Span=8.

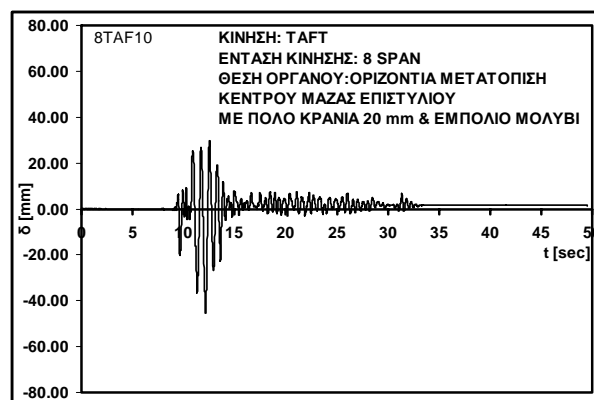
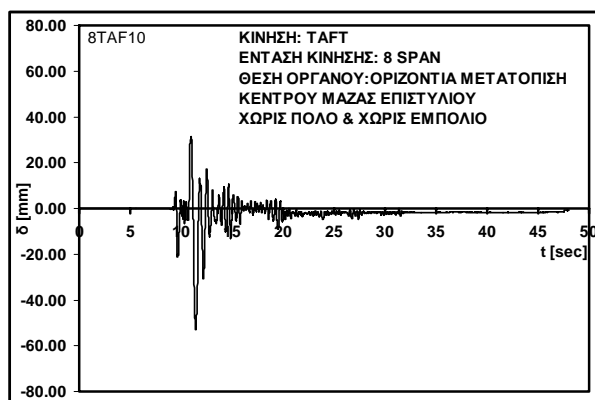


Σχήμα: 6.26. Απόκριση κορυφής Βορειοδυτικού κίονα για το φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου) αντίστοιχα, για την τεχνητή σεισμική διεγέρση El Centro, εντάσεως Span=8.

δ) Επίσης παρατηρούμαι περίπου ίσες οριζόντιες μετατοπίσεις του κέντρου μάζας του επιστυλίου, ως προς την βάση έδρασης, ανάμεσα στα δύο φυσικά ομοιώματα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου), στις ομόλογες τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις ίσης εντάσεως (βλ. Σχ.: 6.27, 6.28). Στην περίπτωση όμως του φυσικού ομοιώματος A1 το επιστύλιο εμφανίζει μόνιμες οριζόντιες μετατοπίσεις, ως προς την βάση έδρασης, γεγονός που οφείλεται αφενός στην ολίσθηση των κίωνων στην βάση τους αφετέρου στην σχετική ολίσθηση του επιστυλίου ως προς τους κίονες, που εμφανίζεται εντονότερη στο φυσικό ομοίωμα A1 παρά την ύπαρξη των ξύλινων αντιολισθητικών παρεμβλημάτων και συνεπώς μπορεί να οδηγήσει σε ανατροπή του επιστυλίου για το συγκεκριμένο φυσικό ομοίωμα χωρίς πόλους και εμπόλια (βλ. Σχ.: 6.27).



Σχήμα: 6.27. Απόκριση κέντρου μάζας επιστυλίου για το φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου) αντίστοιχα, για την τεχνητή σεισμική διέγερση El Centro, εντάσεως Span=8.

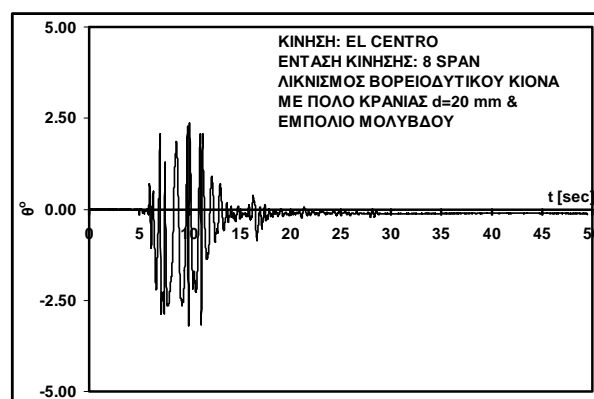
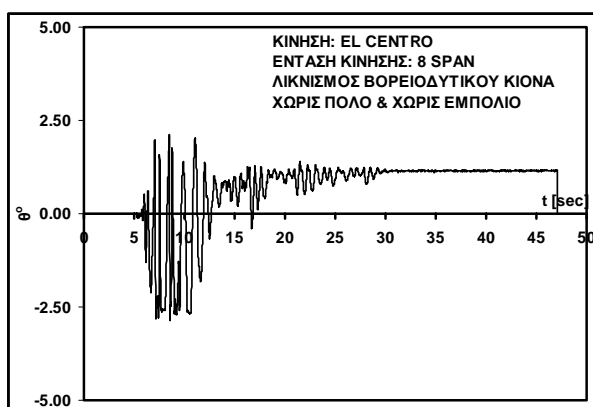


Σχήμα: 6.28. Απόκριση κέντρου μάζας επιστυλίου για το φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου) αντίστοιχα, για την τεχνητή σεισμική διέγερση Taft, εντάσεως Span=8.

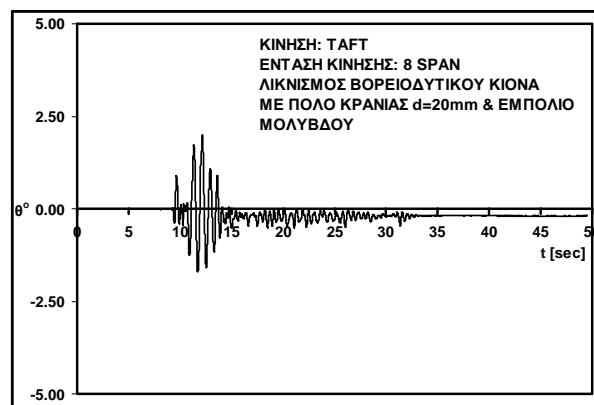
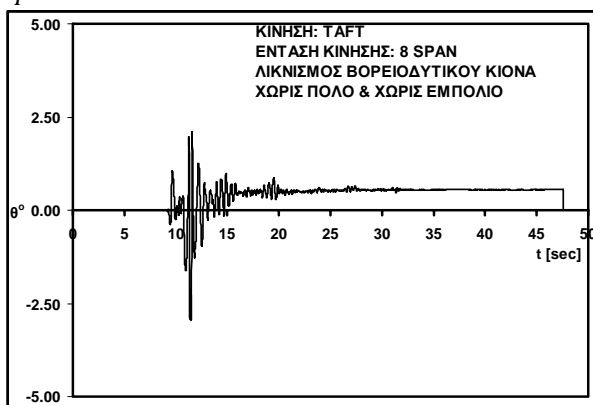
ε) Ένας καλύτερος τρόπος εξαγωγής συμπερασμάτων για την απόκριση μετακίνησης των κιόνων των δύο φυσικών ομοιωμάτων είναι η χρησιμοποίηση της λικνιστικής τους απόκρισης και όχι της μέγιστης μετακίνησης της κορυφής των κιόνων ως προς την βάση. Η λικνιστική αυτή απόκριση προέκυψε για κάθε κίονα από τον συνδυασμό των μετακινήσεων του στην κορυφή και στην βάση του καθ' όλη την διάρκεια της διέγερσης-απόκρισης. Συγκρίνοντας την λικνιστική απόκριση ανάμεσα στα δύο φυσικά ομοιώματα A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου), στις ομόλογες τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις ίσης εντάσεως (βλ. Σχ.: 6.29, 6.30), προκύπτουν τα εξής επιμέρους συμπεράσματα:

- Η απόκριση λικνισμού ως προς την μέγιστη τιμή της είναι συγκρίσιμη ανάμεσα στα δύο φυσικά ομοιώματα.
- Παρόλα αυτά, η σημαντική διαφορά έγκειται στο ότι το φυσικό ομοίωμα A1, εμφανίζει παραμένονσα **λικνιστική** μετακίνηση των κιόνων του (δηλαδή μόνιμες αποκλίσεις από την κατακόρυφο των κιόνων του) που δεν εμφανίζονται για το φυσικό ομοίωμα B1 (βλ. Σχ.: 6.29).

- Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την πολύ μεγαλύτερη απόκριση **ολίσθησης** της βάσης των κίωνων, που παρουσίαζε το φυσικό ομοίωμα A1, οδήγησαν κατά την διάρκεια των διεγέρσεων με σχετικά μεγάλη ένταση (SPAN=6, 8), σε μεγάλες παραμένουσες μετακινήσεις των κίωνων και του επιστυλίου, που συνοδευόταν από μόνιμες αποκλίσεις των κίωνων από την κατακόρυφο καθώς και από ολισθήσεις και στροφές των κίωνων περί τον κατακόρυφο άξονά τους στην βάση τους.
- Αντίθετα στο φυσικό ομοίωμα B1 η ύπαρξη των πόλων-εμπολίων αφενός απέτρεψε την εμφάνιση του φαινομένου των μεγάλων μετακινήσεων ολίσθησης και των μόνιμων αποκλίσεων των κίωνων από την κατακόρυφο, παρά την ανάπτυξη σημαντικών λικνιστικών αποκρίσεων κατά την διάρκεια της σεισμικής διέγερσης.
- Δηλαδή η ύπαρξη των πόλων και των εμπολίων στο φυσικό ομοίωμα της κιοανοστοιχίας που εξετάστηκε, 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.



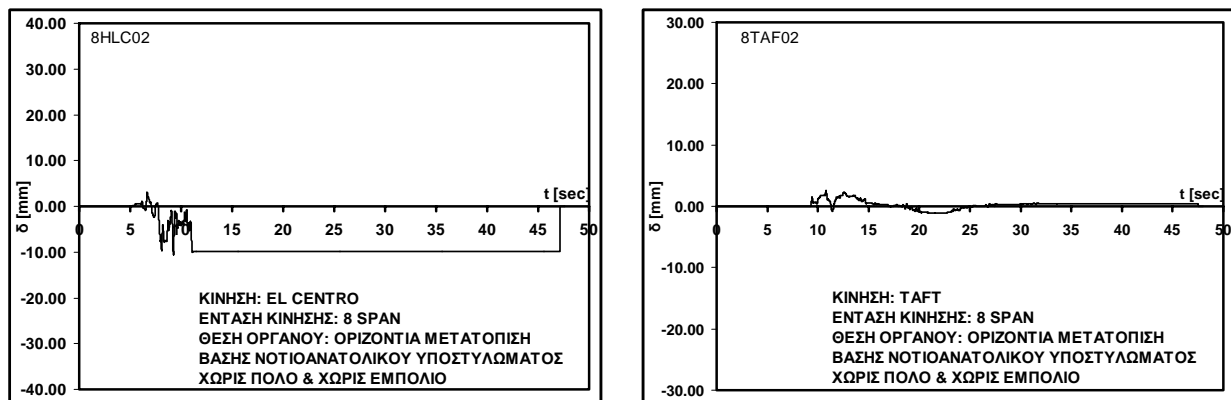
Σχήμα: 6.29. Λικνιστική απόκριση του φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και εμπολία) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπολία μολύβδου) αντίστοιχα, για την τεχνητή σεισμική διέγερση El Centro, εντάσεως Span=8.



Σχήμα: 6.30. Απόκριση κέντρου μάζας επιστυλίου για το φυσικό ομοίωμα A1 (χωρίς πόλους και εμπολία) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπολία μολύβδου) αντίστοιχα, για την τεχνητή σεισμική διέγερση Taft, εντάσεως Span=8.

Σχετικά με την επιρροή της τεχνητής σεισμικής διεγέρσεως, δηλαδή εάν πρόκειται για την διεγερση El Centro ή Taft, μπορούμε να παρατηρήσουμε τα ακόλουθα:

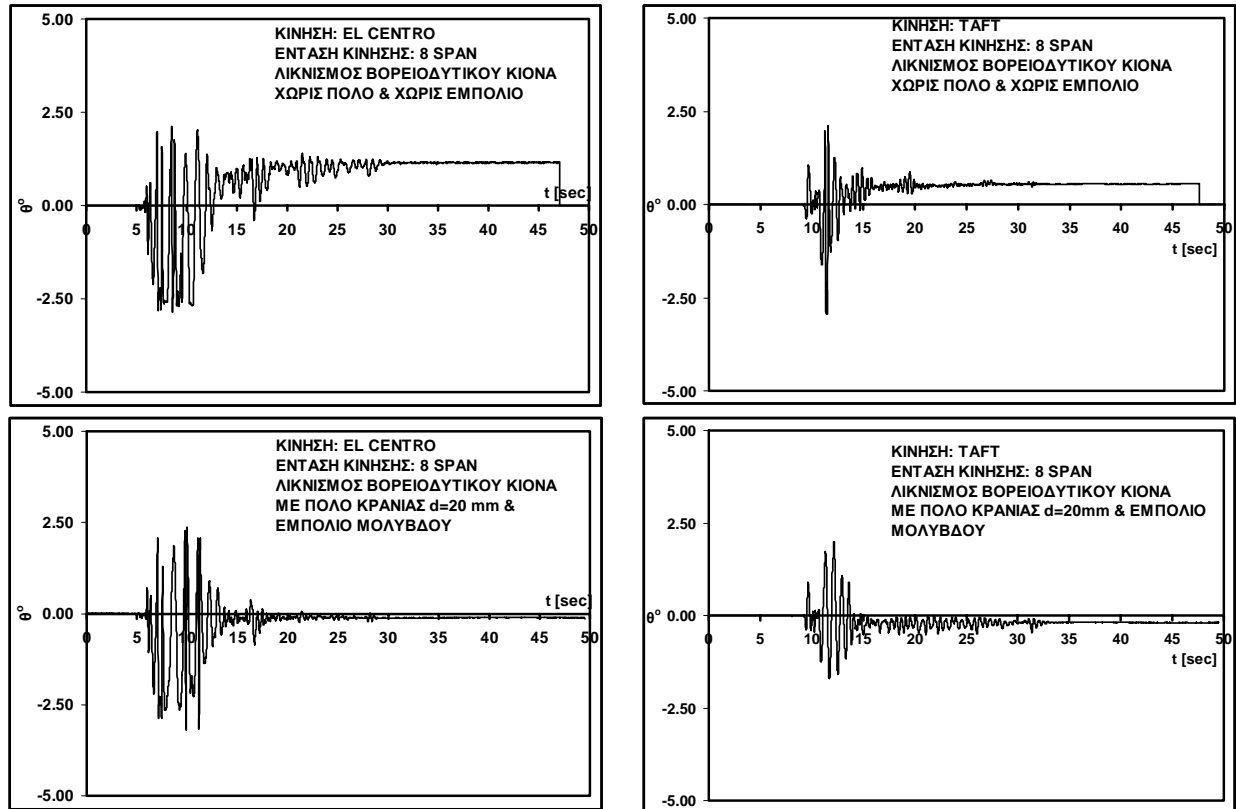
στ) Η μέγιστη τιμή της μετακίνησης ολίσθησης στη βάση των κιόνων για το φυσικό ομοίωμα A1, είναι αρκετά μεγαλύτερη στην περίπτωση της τεχνητής σεισμικής διεγέρσεως από την καταγραφή του El Centro σε σχέση με την τεχνητή σεισμική διεγερση από την καταγραφή του Taft, για όλες τις εντάσεις των τεχνητών σεισμικών καταγραφών. Παρά το γεγονός ότι το εν λόγω συμπέρασμα δεν μπορεί να γενικευθεί επί τη βάση της διερεύνησης της επιρροής αυτής με δύο τεχνητές διεγέρσεις βασισμένες σε δύο αντίστοιχες πρωτότυπες καταγραφές, θεωρείται ότι είναι ποιοτικά ορθό, όπως έχει αποδειχθεί και από μελέτες άλλων ερευνητών σχετικά με την απόκριση ολίσθησης στερεών σωμάτων και την επιρροή της συχνότητας της διεγέρσεως. Όπως ήδη αναφέρθηκε η επιρροή της σεισμικής διεγέρσεως στην απόκριση ολίσθησης στη βάση των κιόνων ελαχιστοποιείται με την ύπαρξη των πόλων και εμπολίων για το φυσικό ομοίωμα B1, που εξετάστηκε εδώ (βλ. Σχ.: 6.24).



Σχήμα: 6.31 Σύγκριση απόκρισης ολίσθησης της βάσης των κιόνων του φυσικού ομοιώματος A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) για τις δύο διεγέρσεις El Centro και Taft για ένταση Span=8.

ζ) Αντίστοιχα συμπεράσματα για την επιρροή της τεχνητής σεισμικής διεγέρσεως μπορούν να εξαχθούν αναφορικά με την απόκριση λικνισμού των κιόνων (σχήμα 32). Δηλαδή η τεχνητή σεισμική διεγερση EL Centro προκαλεί σημαντικά μεγαλύτερη λικνιστική απόκριση τόσο για το δοκίμιο A1 (χωρίς πόλους-εμπόλια) όσο και για το δοκίμιο B1 (με πόλους-εμπόλια) από ότι η τεχνητή σεισμική διεγερση Taft. Αυτό το συμπέρασμα ως προς την επιρροή της σεισμικής διεγέρσεως ισχύει και για την μέγιστη λικνιστική απόκριση κατά την διάρκεια της διεγέρσεως (δοκίμιο A1 ή δοκίμιο B1) όσο και για την παραμένουσα λικνιστική μετακίνηση των κιόνων (δηλαδή τις μόνιμες αποκλίσεις από την κατακόρυφο των κιόνων του), που εμφανίζονται με σημαντικά μεγέθη για το δοκίμιο A1 χωρίς πόλους-εμπόλια. Παρά το γεγονός και πάλι ότι το εν λόγω συμπέρασμα δεν μπορεί να γενικευθεί επί τη βάση της διερεύνησης της επιρροής αυτής με δύο τεχνητές διεγέρσεις βασισμένες σε δύο αντίστοιχες πρωτότυπες καταγραφές, μάλλον ευσταθεί το γενικευμένο συμπέρασμα ότι η επιρροή της σεισμικής διεγέρσεως αναμένεται να είναι σημαντική τόσο ως προς την μέγιστη λικνιστική απόκριση καθώς και ως προς την μέγιστη παραμένουσα λικνιστική μετατόπιση (δηλαδή τις μόνιμες αποκλίσεις από την κατακόρυφο των κιόνων), που όπως

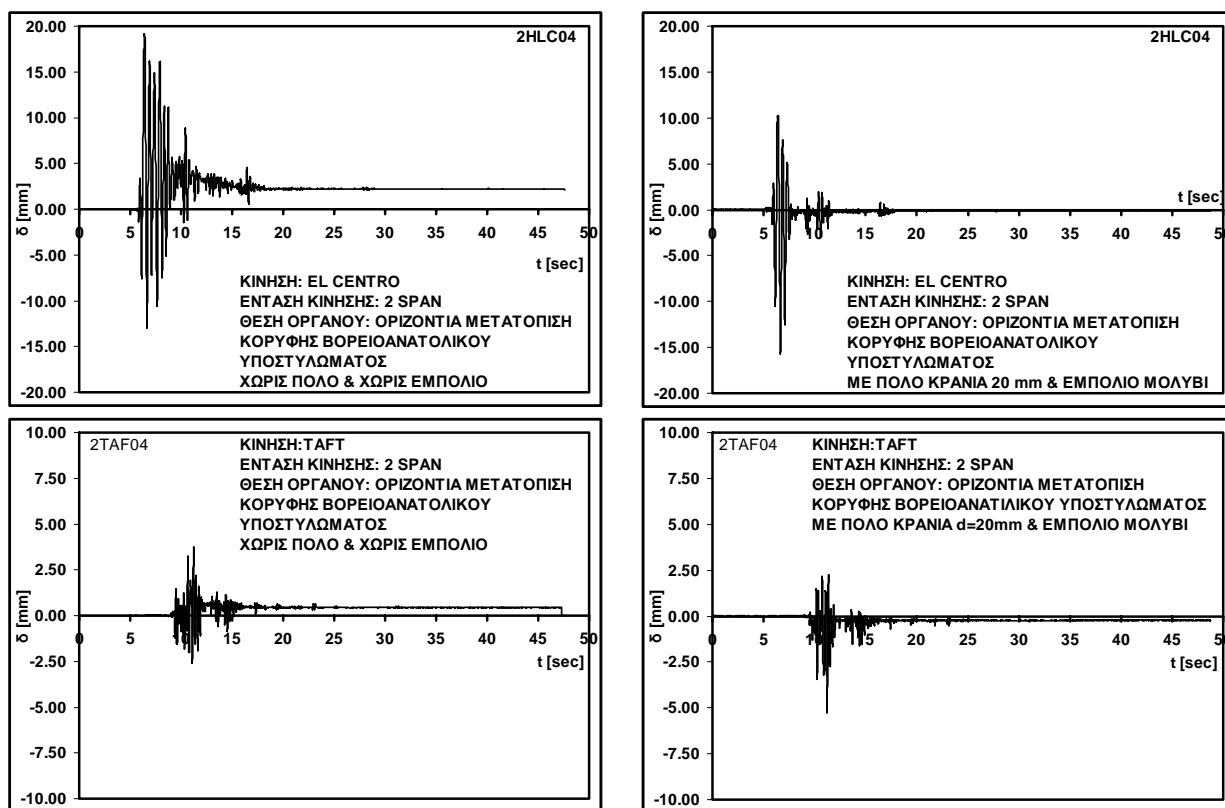
σχολιάστηκε προηγουμένως μεγιστοποιείται με την απουσία πόλων και εμπολίων. Τα συμπεράσματα αυτά, αν μπορεί να γενικευτούν έχουν προφανώς μεγάλη σημασία ως προς την ευσταθή απόκριση ή ανατροπή των διαφόρων τμημάτων αυτού του είδους των φορέων και των παραμέτρων που τα επηρεάζουν.



Σχήμα: 6.32. Σύγκριση απόκρισης λικνισμού κίωνων του φυσικού ομοιώματος A1 (χωρίς πόλους και εμπολία) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπολία μολύβδου) αντίστοιχα σε σχέση με τις δύο διεγέρσεις El Centro και Taft για δύο διαφορετικές εντάσεις.

η) Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν για τον λικνισμό προφανώς ισχύουν και για τις μετακινήσεις της κορυφής των κίωνων, ακόμα και για τις διεγέρσεις με την μικρότερη ένταση από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της πειραματικής ακολουθίας, όπως ήδη αναπτύχθηκε στο συμπέρασμα 4.5.

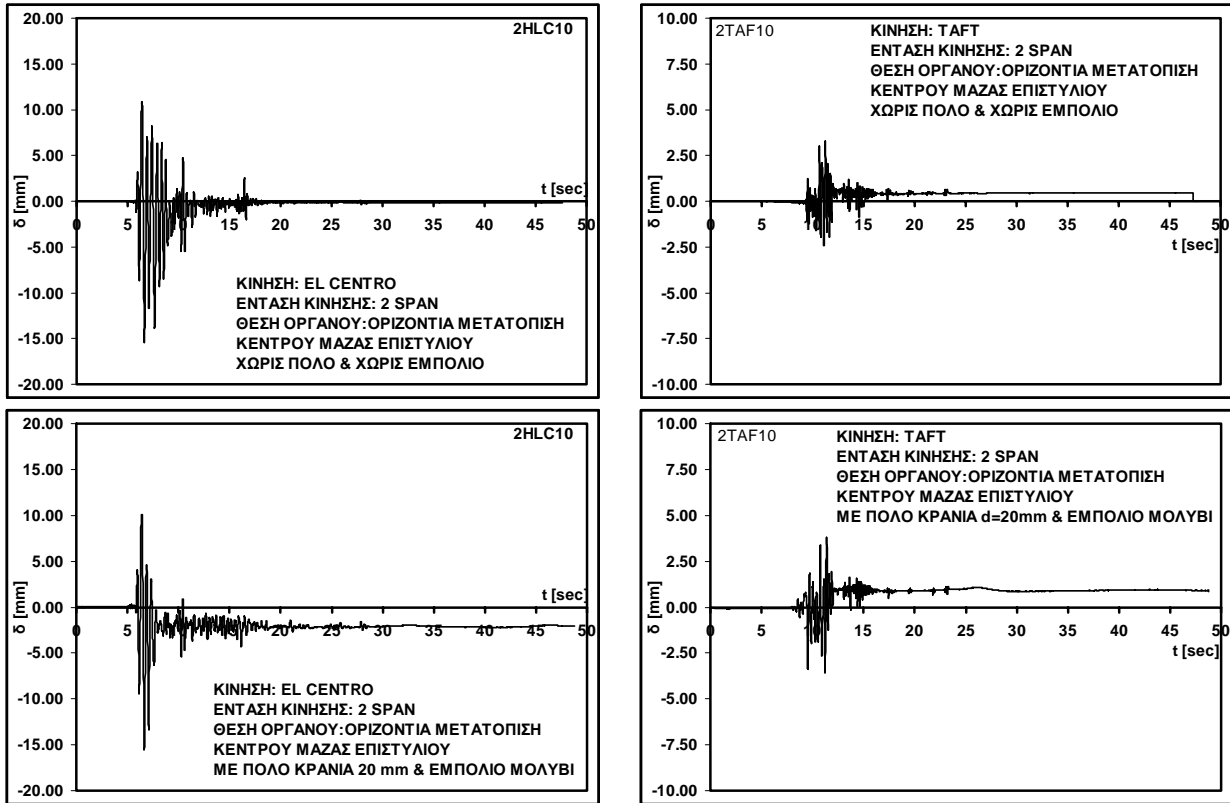
θ) Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και όσον αφορά την επιρροή της τεχνητής σεισμικής διεγέρσης στην μετατόπιση του κέντρου μάζας του επιστυλίου, δηλαδή και στα δύο φυσικά ομοιώματα, δηλαδή τόσο στο A1 όσο και στο B1 η απόκριση αυτής της μετατόπισης είναι πολύ μεγαλύτερη όταν σαν διεγέρση χρησιμοποιείται η καταγραφή του El Centro αντί της καταγραφής του Taft.



Σχήμα: 6.33. Σύγκριση απόκρισης μετακίνησης της κορυφής των κίονων του φυσικού ομοιώματος A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου) αντίστοιχα σε σχέση με τις δύο διεγέρσεις El Centro και Taft για δύο διαφορετικές εντάσεις.

ι) Η τελευταία σημαντική παρατήρηση αναφέρεται στην μορφή και κατάσταση παραμόρφωσης των πόλων και εμπολίων έτσι όπως αυτή διαπιστώθηκε μετά το τέλος όλης της πειραματικής ακολουθίας για το δοκίμιο B1 (δηλαδή έχοντας εξαντλήσει και στις δύο τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις την μεγαλύτερη ένταση που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσης πειραματικής ακολουθίας, δηλαδή SPAN=8). Έτσι απομακρύνθηκαν τα όργανα και το επιστύλιο και ανασηκώθηκαν οι κίονες ώστε να διαπιστωθεί η κατάσταση των πόλων (κρανιά διαμέτρου 20 mm) – εμπολίων μολύβδου. Οι πόλοι- εμπόλια και στις τέσσερις θέσεις δεν είχαν εμφανείς **περιοχές μονίμων παραμορφώσεων**, σαν και αυτές που διαπιστώθηκαν στην πειραματική ακολουθία των δύο σφονδυλωτών σωμάτων τόσο στο μεταλλικό πλαίσιο αντίδρασης όσο και στη σεισμική τράπεζα. Αυτό πρέπει να αποδοθεί στο αφενός στο φυσικό ομοίωμα (γεωμετρία και μάζα) που ελέγχθηκε στη σεισμική τράπεζα καθώς και στη γεωμετρία και φύση των πόλων-εμπολίων. Για το ομοίωμα B1, με αυτά τα χαρακτηριστικά γεωμετρίας-μάζας- και πόλων-εμπολίων, το επίπεδο των σεισμικών διεγέρσεων που χρησιμοποιήθηκε δεν ανέπτυξε πλαστικές περιοχές στους πόλους-εμπόλια. Όλα τα προηγούμενα για την επιρροή των πόλων και εμπολίων δεν περιέχουν την επιρροή της δημιουργίας πλαστικών περιοχών στους πόλους και στα εμπόλια που αναμένεται να είναι σημαντική, όπως κατέδειξε το μέγεθος της απορρόφησης ενέργειας από τους πόλους και εμπόλια μέσω των πλαστικών παραμορφώσεων, που πιστοποιήθηκε από τις πειραματικές ακολουθίες των δύο σφονδυλωτών σωμάτων τόσο στο μεταλλικό πλαίσιο αντίδρασης όσο και στη σεισμική τράπεζα. Η επιρροή αυτή αναμένεται

να συμβάλει περαιτέρω στη μείωση της λικνιστικής απόκρισης και απόκρισης ολίσθησης για τα τμήματα φορέων τέτοιου τύπου, εφόσον και σε πρωτότυπο μέγεθος και για πρωτότυπες σεισμικές διεγέρσεις το επίπεδο των αναπτυσσόμενων δυνάμεων θα οδηγήσει στη δημιουργία πλαστικών περιοχών στους πόλους και στα εμπόλια.



Σχήμα: 6.34. Σύγκριση απόκρισης μετατόπισης κέντρου μάζας επιστυλίου του φυσικού ομοιώματος A1 (χωρίς πόλους και εμπόλια) και B1 (με πόλους κρανιάς και εμπόλια μολύβδου) αντίστοιχα σε σχέση με τις δύο διεγέρσεις El Centro και Taft για δύο διαφορετικές εντάσεις.