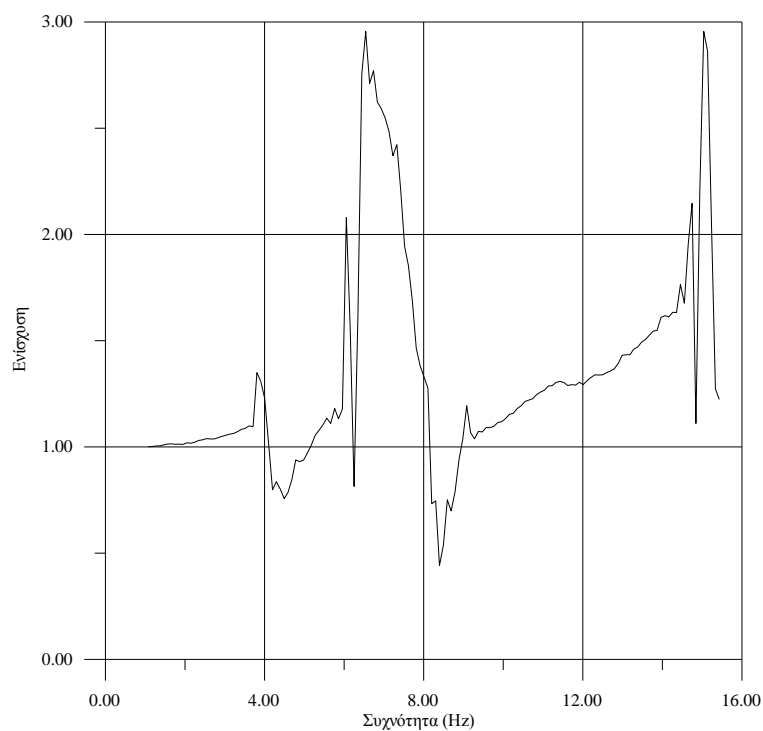
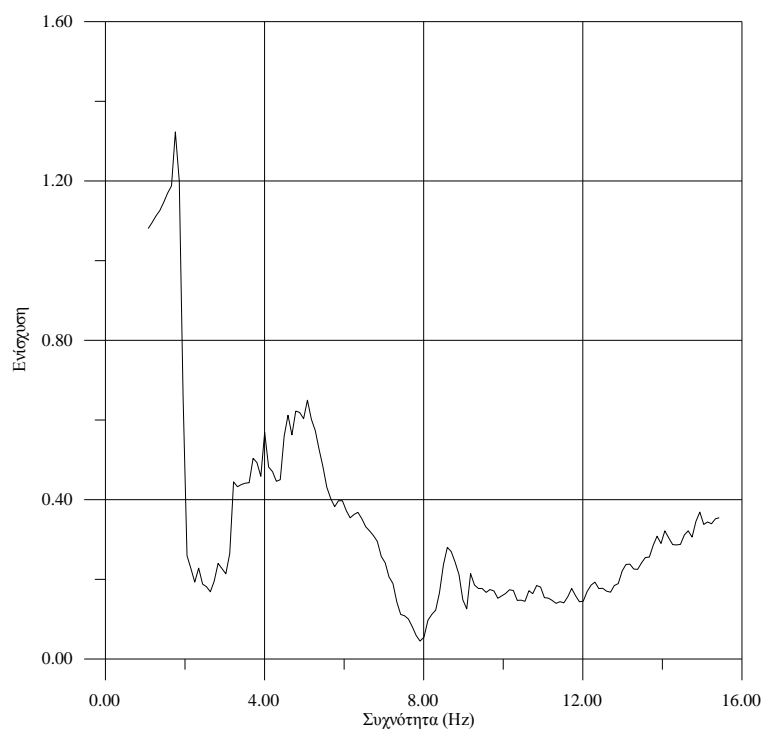


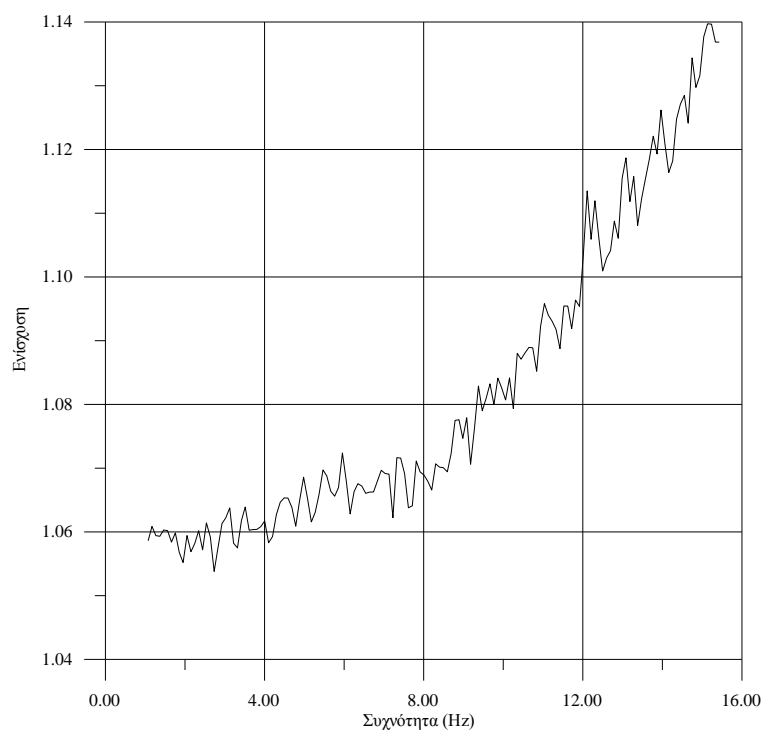
Εικ. 31-34. Στιγμιότυπα από τις δυο φάσεις του πειράματος. 31,32: Φάση I. 33,34: Φάση II.



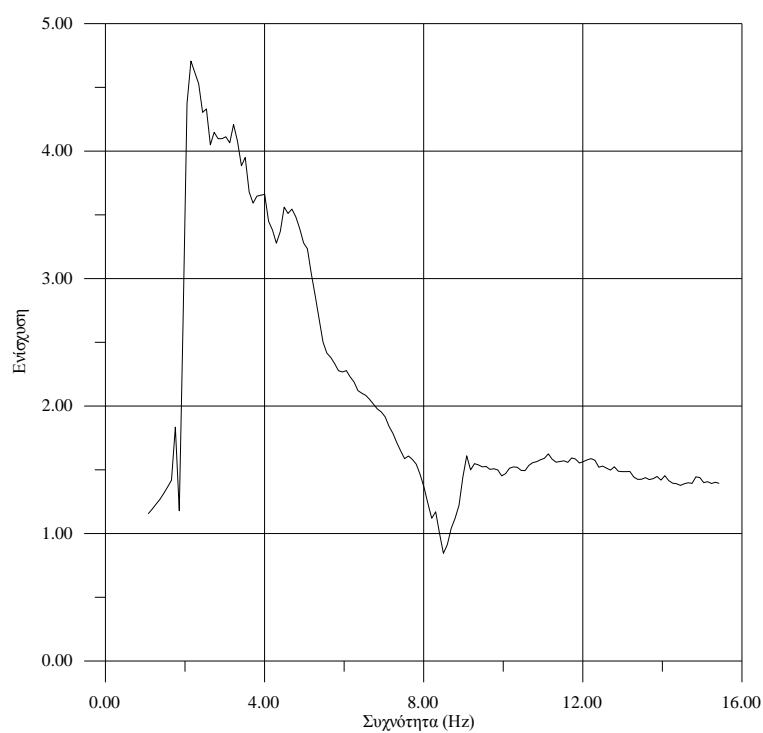
Σχήμα 10. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Χ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Χ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α1Χ. (Βάθρο κεφαλής Υγείας).



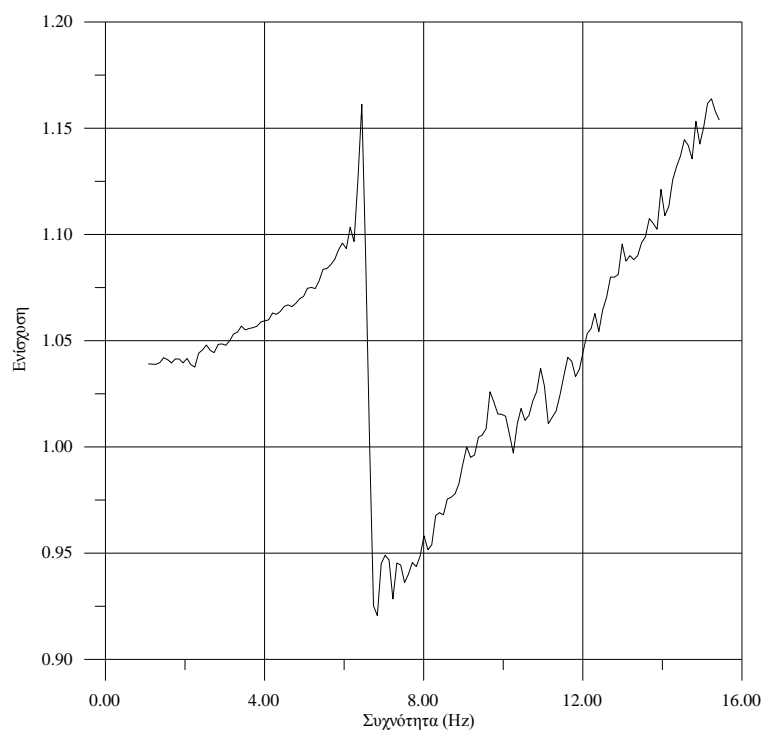
Σχήμα 11. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Χ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Χ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α2Χ. (Βάθρο Ληγύθου).



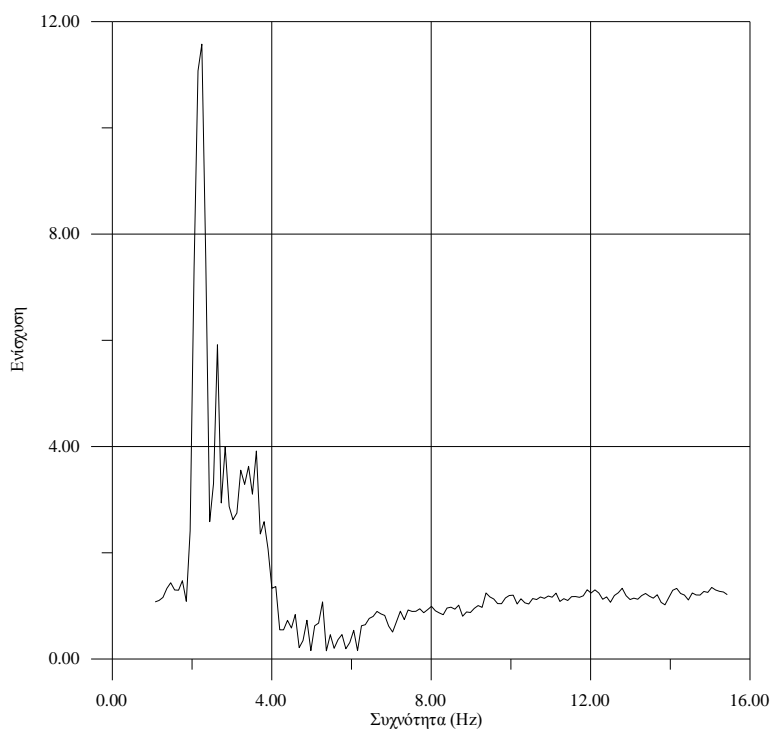
Σχήμα 12. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Χ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Χ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α3Χ (Βάθρο πλάκας).



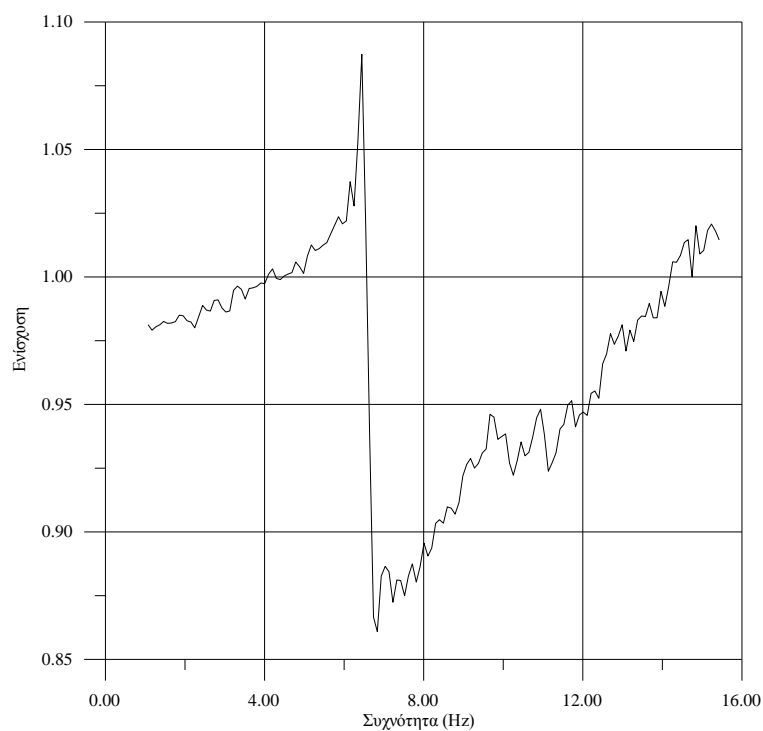
Σχήμα 13. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Χ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Χ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α4Χ. (Λήκυθος).



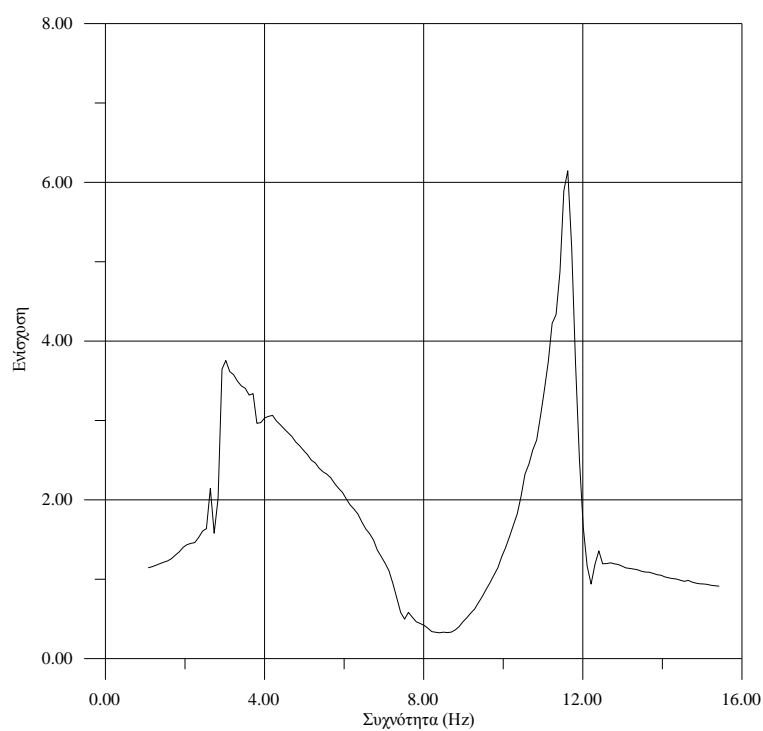
Σχήμα 14. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Χ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Χ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α5Χ. (Πλάκα).



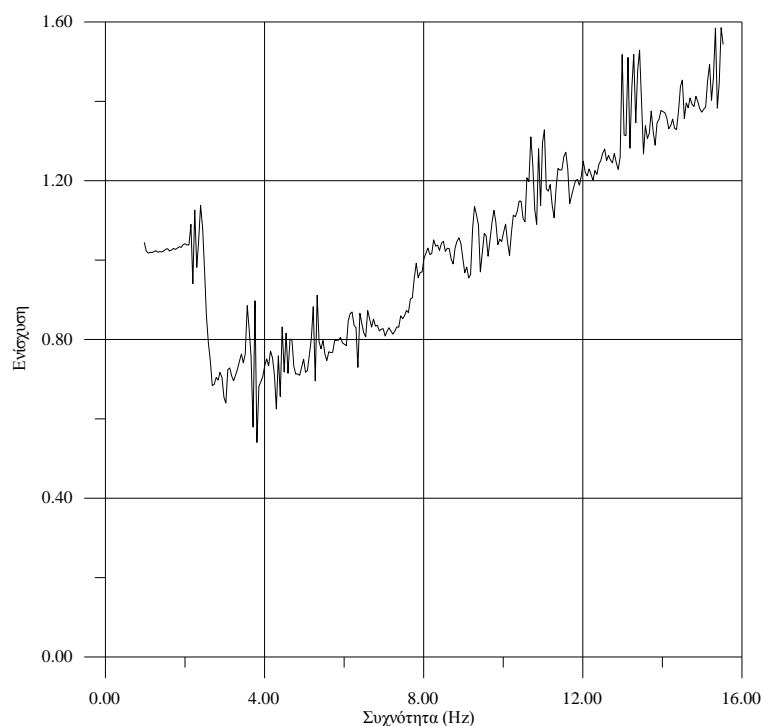
Σχήμα 15. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Χ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Χ: Είσοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α2Χ, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α4Χ. (Βάθρο – Λήκυθος).



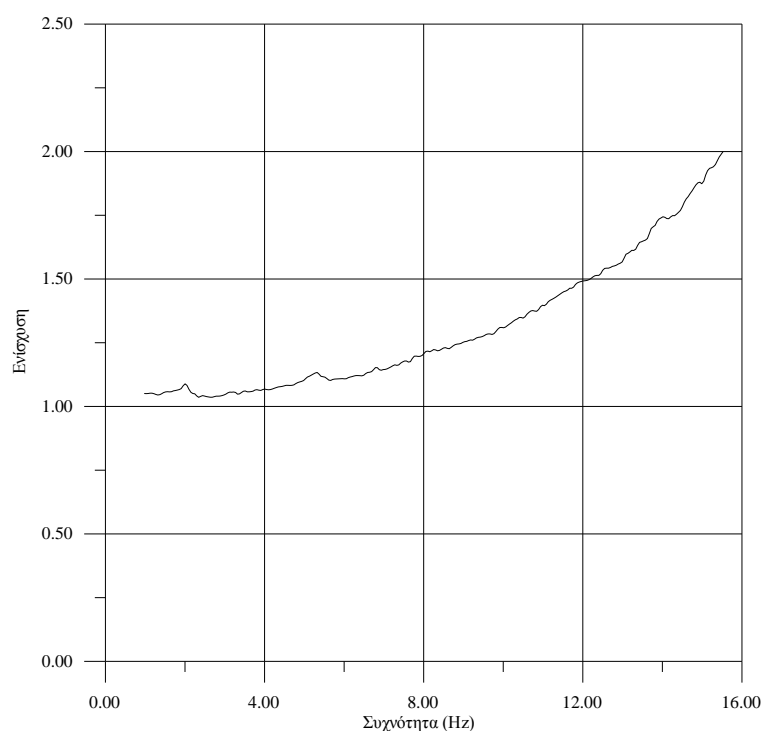
Σχήμα 16. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Χ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Χ: Είσοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α3Χ, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α5Χ. (Βάθρο – Πλάκα).



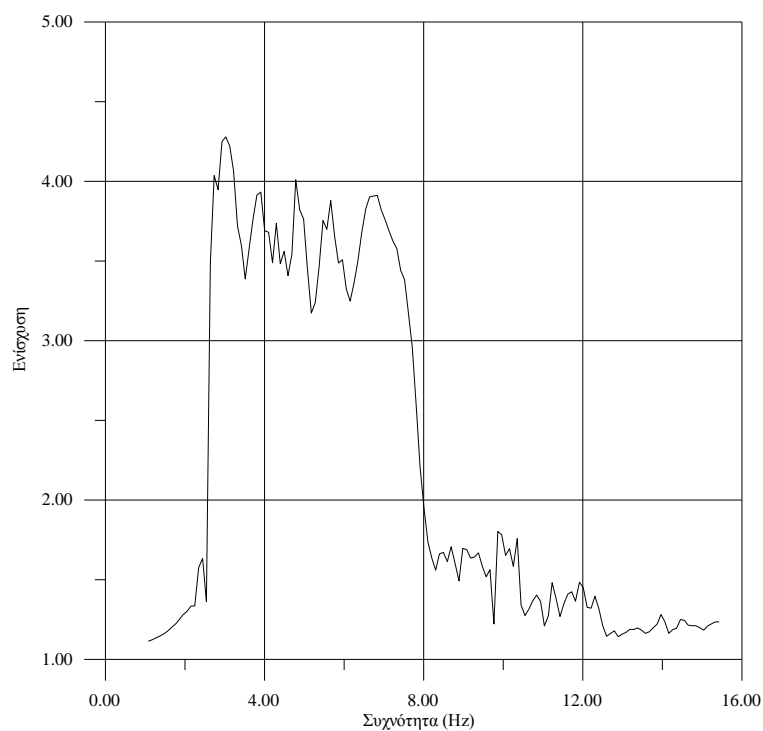
Σχήμα 17. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α1Υ. (Βάθρο Υγείας).



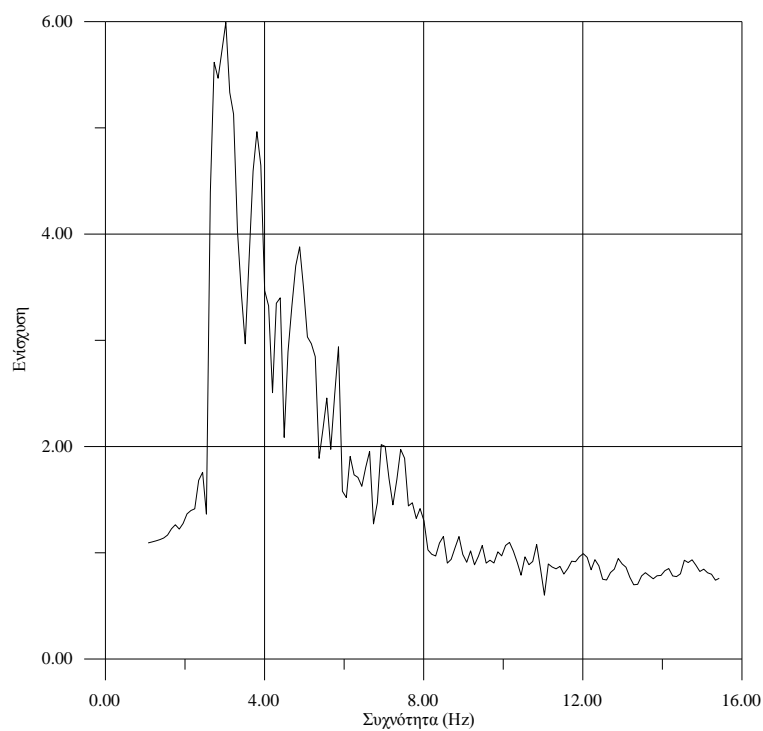
Σχήμα 18. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α2Υ. (Βάθρο Ληκύθου)



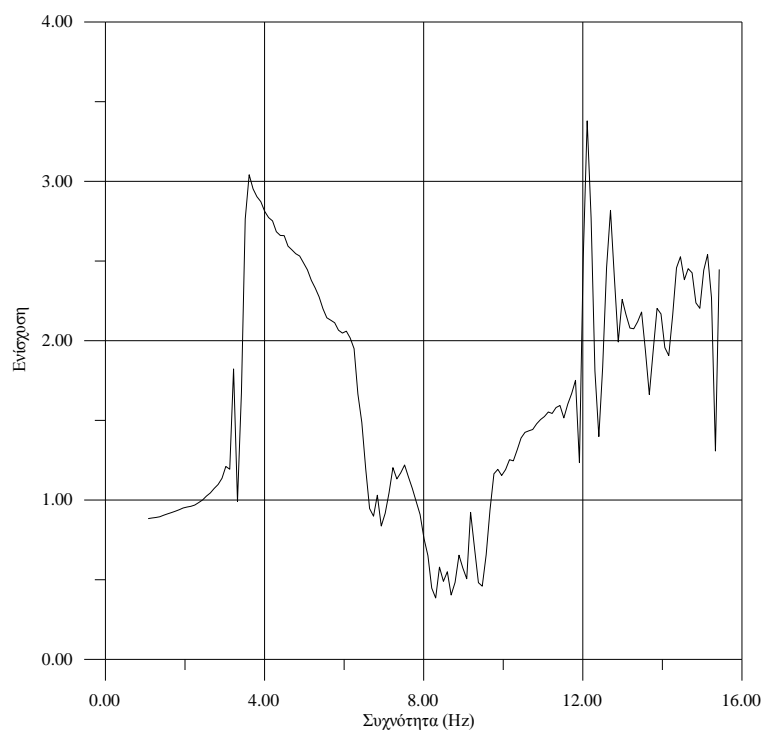
Σχήμα 19. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α3Υ. (Βάθρο Πλάκας)



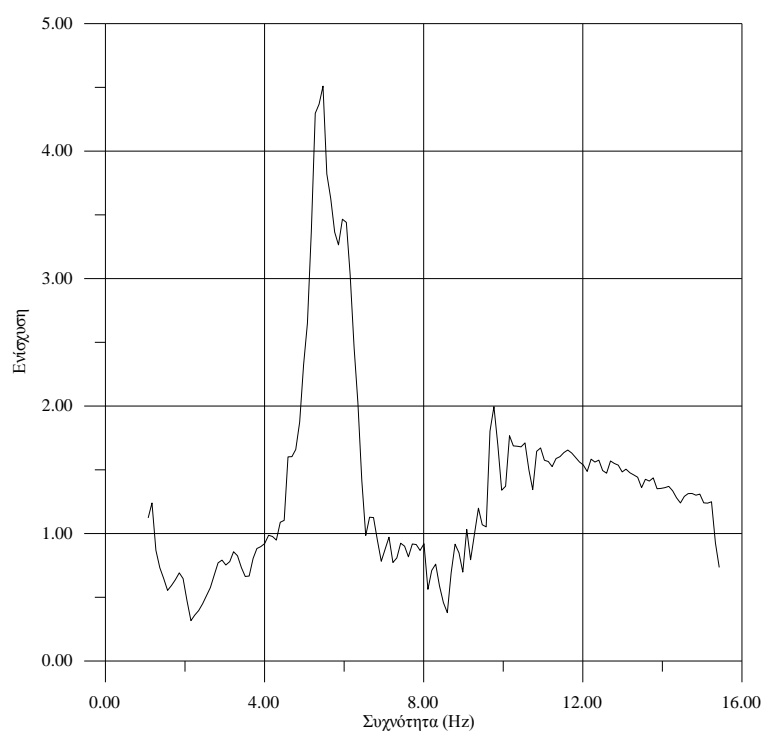
Σχήμα 20. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α4Υ. (Λήκυθος).



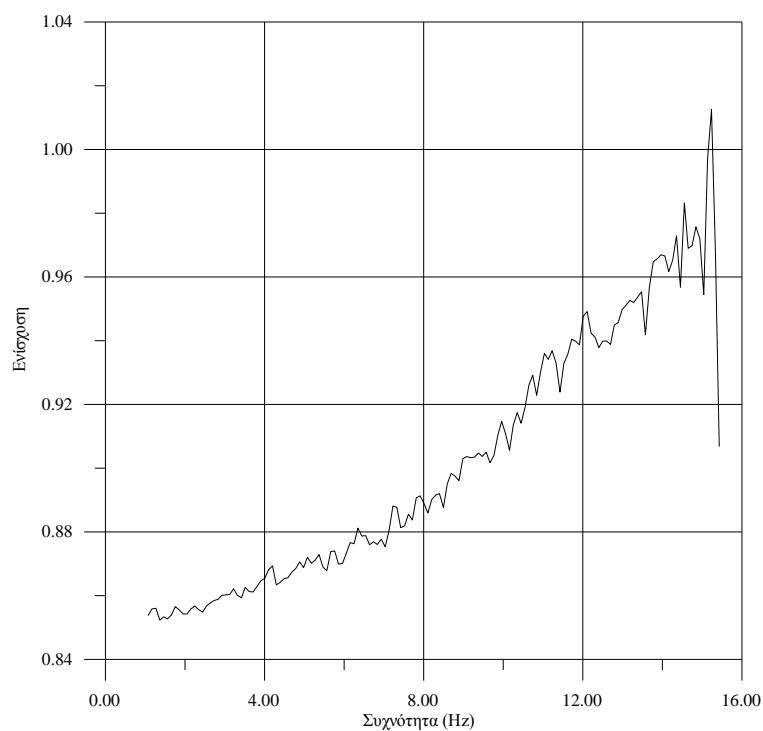
Σχήμα 21. Φάση Ι: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α2Υ, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α4Υ. (Βάθρο – Λήκυθος)



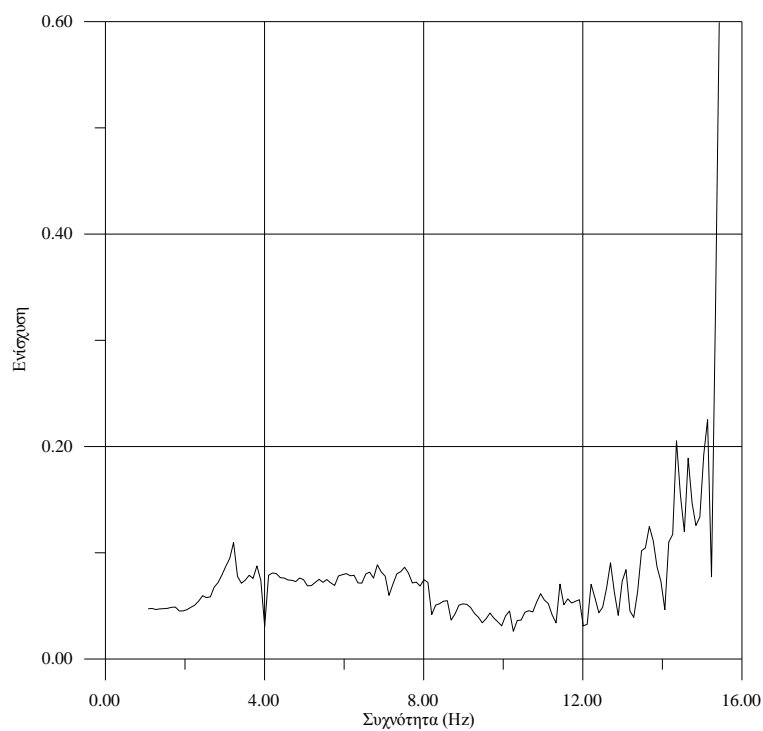
Σχήμα 22. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση X. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση X: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο A1X. (Βάθρο Υγείας).



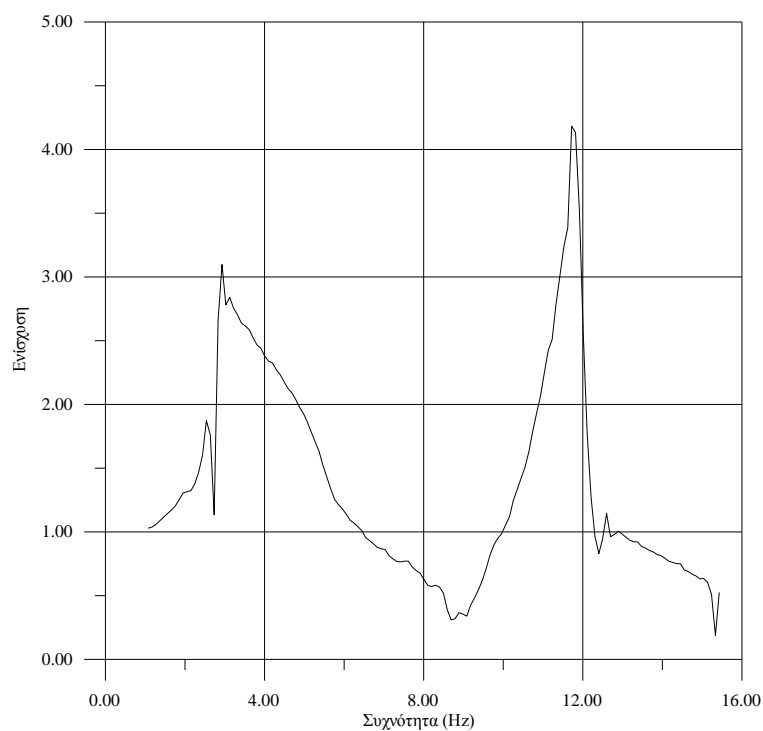
Σχήμα 23. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση X. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση X: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο A2X. (Βάθρο Ληκύθου).



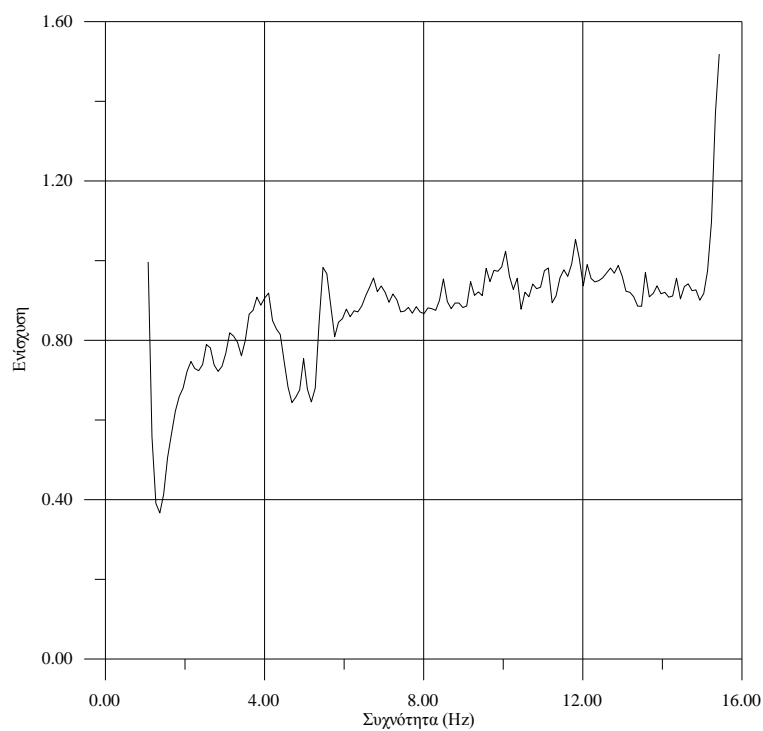
Σχήμα 24. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση X. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση X: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο A3X. (Βάθρο Πλάκας).



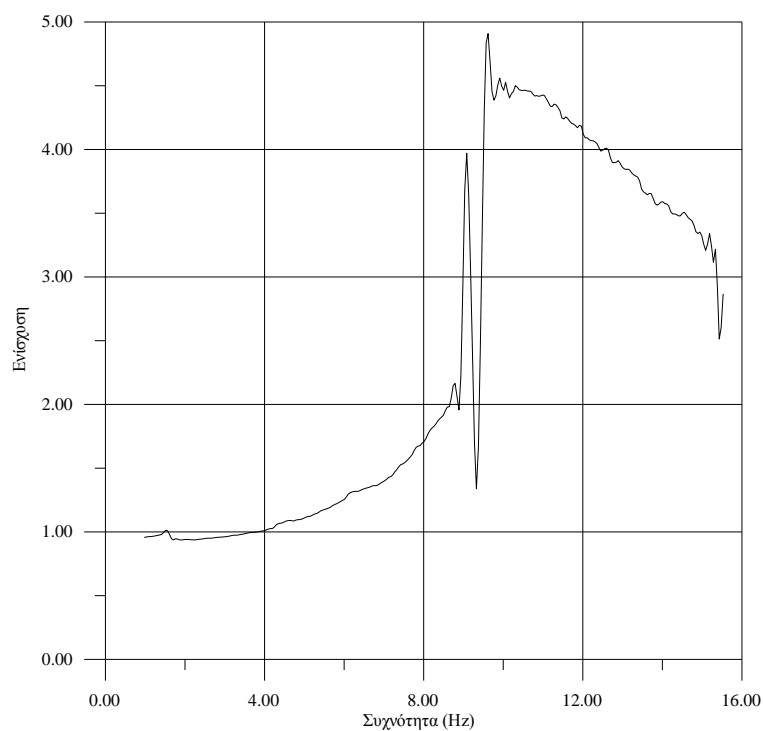
Σχήμα 25. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση X. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση X: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο A5X. (Πλάκα).



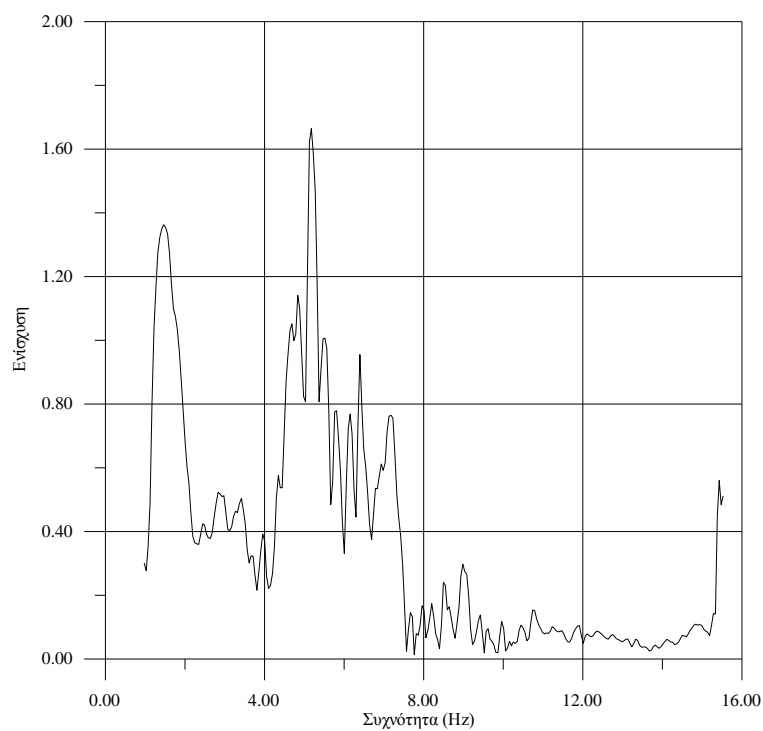
Σχήμα 26. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α1Υ. (Βάθρο Υγείας).



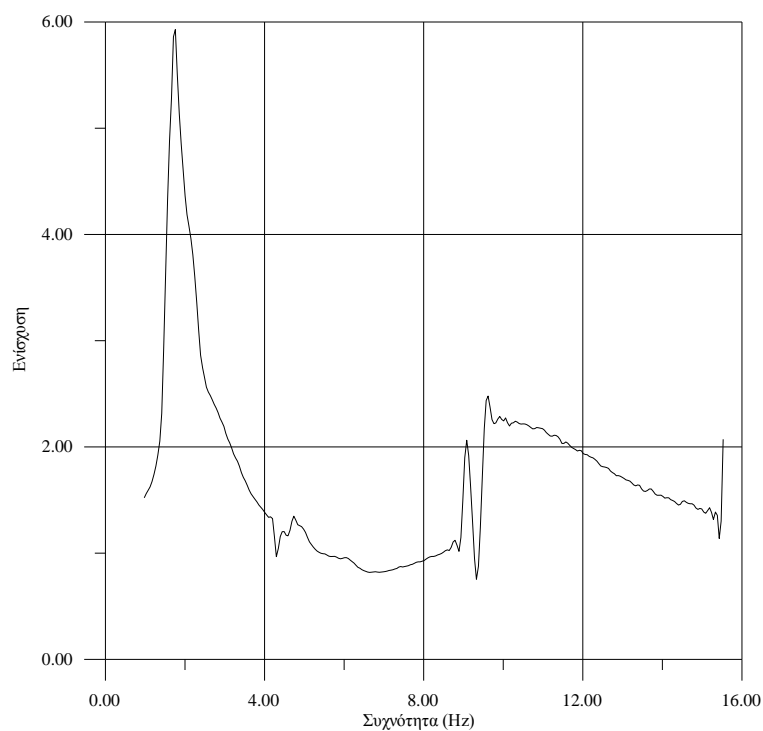
Σχήμα 27. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α2Υ. (Λήκυθος – Βάθρο).



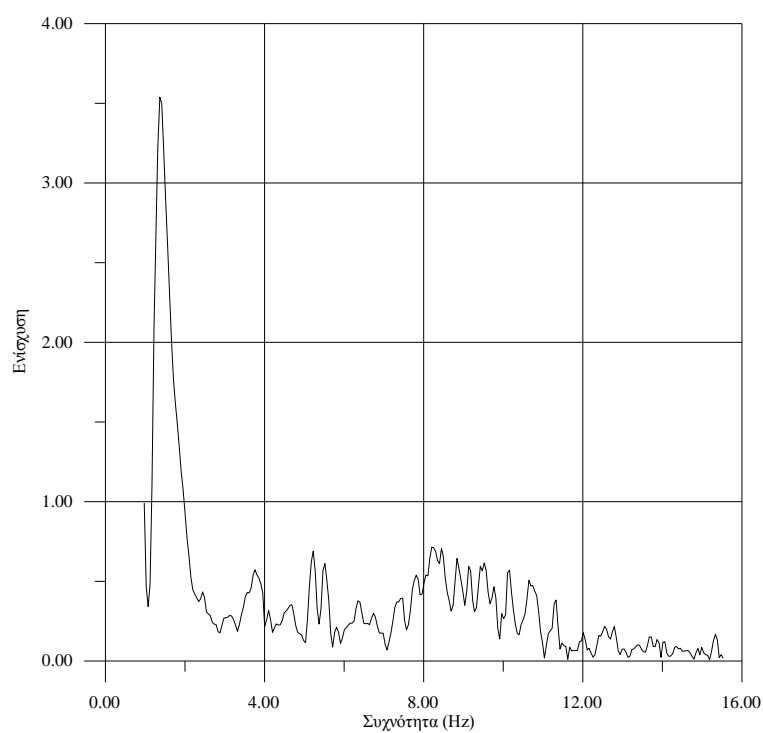
Σχήμα 28. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α3Υ. (Βάθρο Πλάκας).



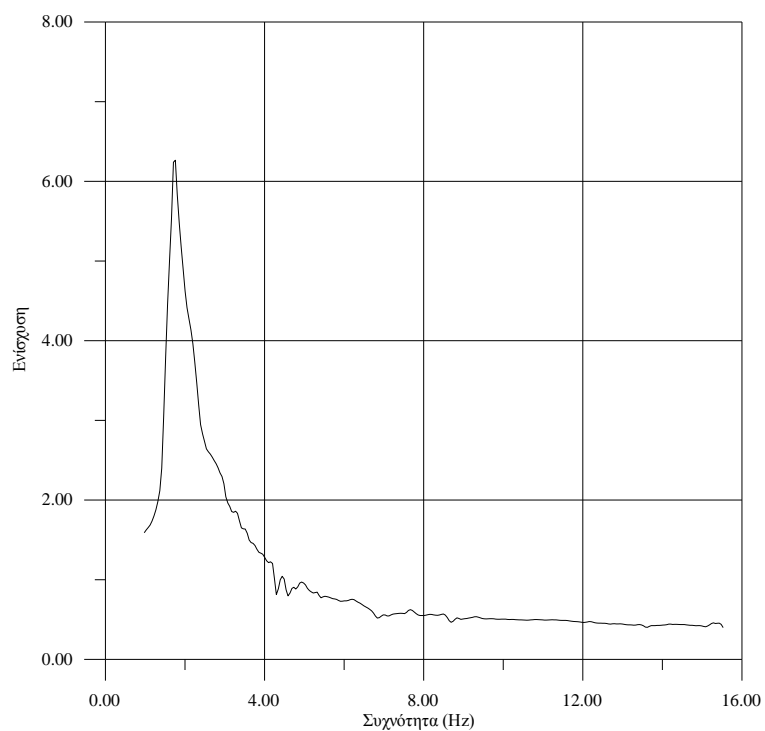
Σχήμα 29. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α4Υ. (Λήκυθος).



Σχήμα 30. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α5Υ. (Πλάκα).



Σχήμα 31. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α2Υ, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α4Υ. (Βάθρο – Λήκυθος).



Σχήμα 32. Φάση II: Δοκιμή Λογαριθμικής Σάρωσης Συχνοτήτων Διεύθυνση Υ. Συνάρτηση μεταφοράς στη διεύθυνση Υ: Είσοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α3Υ, Έξοδος: Απόκριση δοκιμίου στο σημείο Α5Υ. (Βάθρο – Πλάκα).

4.2 Επαναληψιμότητα πειραμάτων

Η επαναληψιμότητα των πειραμάτων ελέγχθηκε με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ ιδίων διεγέρσεων της Φάσης I και της Φάσης II. Η σύγκριση γίνεται για την απόκριση του συστήματος βάθρο - «πλάκα» και βάθρο - «κεφαλή», καθώς έγινε ανασχεδιασμός του τρόπου στήριξης της «ληκύθου» κατά τη Φάση II και τα αποτελέσματα για το εκθέμα αυτό δεν είναι συγκρίσιμα. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ των δοκιμών 7 (Φάση I) και 4 (Φάση II) - σεισμός Έδεσσας- 15 (Φάση I) και 6 (Φάση II) - σεισμός Αργοστολίου και μεταξύ των δοκιμών 17 (Φάση I) και 8 (Φάση II) - σεισμός Καλαμάτας. Στα σχήματα 33 έως 35 παρουσιάζεται η σύγκριση της απόκρισης της «πλάκας» (σημείο μέτρησης A5X, A5Y) κατά τη διάρκεια του σεισμού της Έδεσσας, του Αργοστολίου και της Καλαμάτας στη Φάση I και II. Στα ίδια σχήματα φαίνεται επίσης και η επιτάχυνση κατά τη διεύθυνση X και Y του σεισμικού προσομοιωτήρα. Στα σχήματα 36 έως 38 γίνεται σύγκριση της απόκρισης του βάθρου της «κεφαλής» (σημείο μέτρησης A1X, A1Y) κατά τη διάρκεια του σεισμού της Έδεσσας, του Αργοστολίου και της Καλαμάτας στη Φάση I και II.

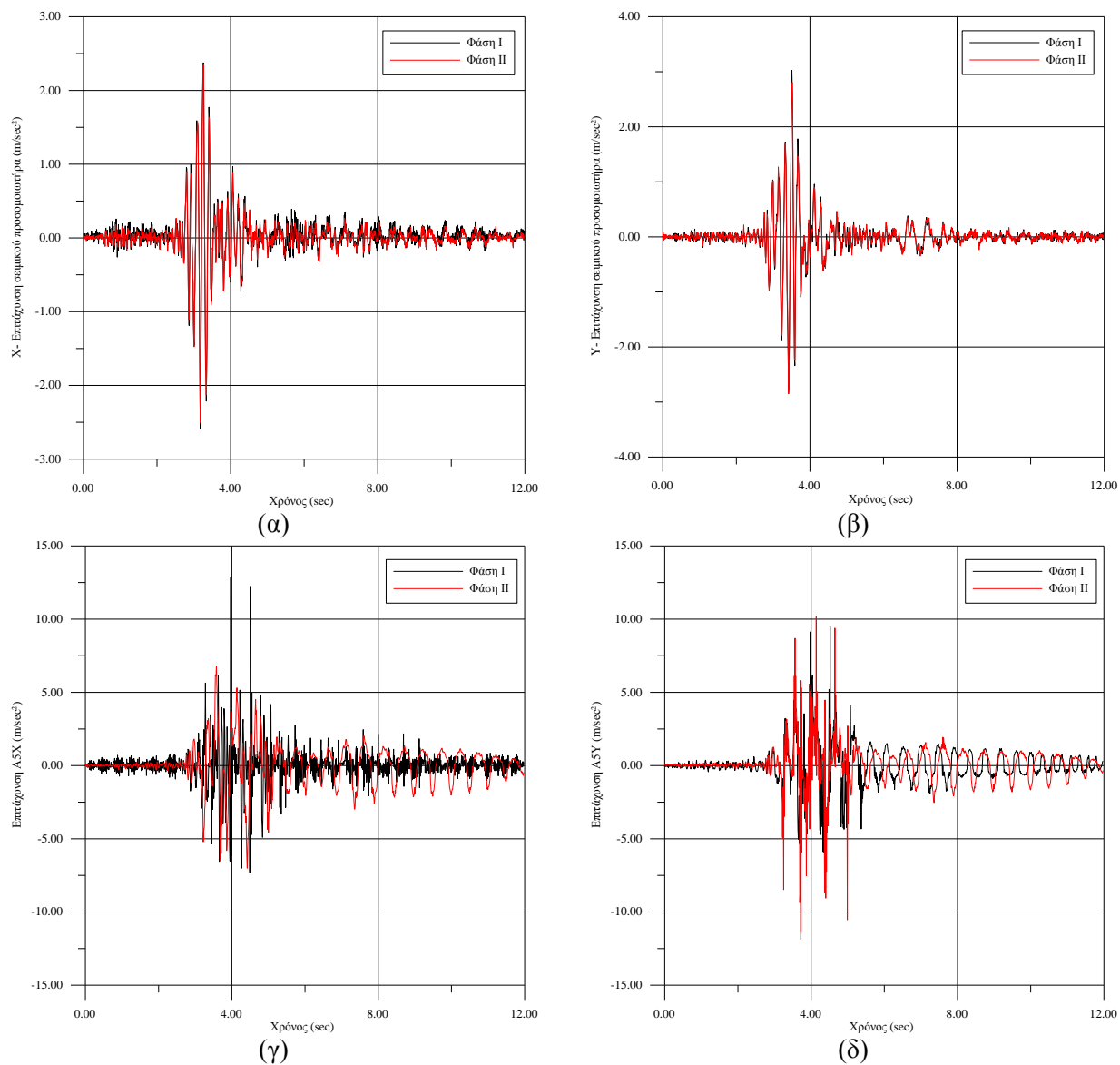
Από τα σχήματα αυτά προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Η κίνηση του σεισμικού προσομοιωτήρα δεν είναι απόλυτα ταυτόσημη όταν η ίδια δοκιμή επαναλαμβάνεται. Η διαφορά είναι της τάξης του 4%.
- Η απόκριση του δοκιμίου δεν είναι ίδια μεταξύ ιδίων δοκιμών τόσο κατά το ισχυρό τμήμα της διέγερσης όσο και μετά από αυτό, όταν το δοκίμιο συμπεριφέρεται ως ελεύθερος ταλαντωτής. Η απόκριση είναι διαφορετική τόσο ως προς εύρος, όσο και ως προς τις συχνότητες, ενώ σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται και διαφορά φάσης μεταξύ των αποκρίσεων.

Έχοντας υπόψη ότι η απόκριση των σωμάτων τα οποία εδράζονται με τον συγκεκριμένο τρόπο είναι πολύ ευαίσθητη σε μικροαλλαγές στην έδραση τους, η επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων είναι πολύ δύσκολη λόγω του ότι η τοποθέτηση κάθε εκθέματος στην μαρμάρινη βάσης του κατά τη Φάση II δεν μπορούσε να είναι απόλυτα ίδια με αυτήν της Φάσης I, αλλά και λόγω μικροφθορών του βάθρου, του εκθέματος και του πείρου, από τις δοκιμές της Φάσης I.

Σημειώνεται ότι μετά από κάθε δοκιμή παρέμεναν μόνιμες μετακινήσεις, κυρίως στροφές περί κατακόρυφο άξονα για τα βάθρα της κεφαλής και της ληκύθου, αλλά και στα ίδια τα εκθέματα. Πριν από κάθε δοκιμή γινόταν ανάταξη των παραμενουσών μετακινήσεων και τα αντικείμενα επαναφέροντο στις αρχικές θέσεις τους. Εντούτοις υπήρχαν φθορές που δεν ήταν αναστρέψιμες, όπως οι απολεπίσεις στο περίγραμμα των εδρών των εκθεμάτων, ιδίως της ληκύθου (βλ. εικ. 35).

Μετά την κατάρρευση της ληκύθου (δοκιμή 16), παρατηρήθηκε ότι ο πείρος είχε υποστεί μόνιμη καμπτική παραμόρφωση (βλ. εικ. 36). Ο πείρος ανασχεδιάστηκε με μεγαλύτερη διάμετρο (Φ12/10). Μόνιμη απόκλιση από την όρθια στάση απέκτησε και η πλάκα μετά την τελευταία δοκιμή της φάσης II (βλ. εικ. 37), λόγω της μόνιμης καμπτικής παραμόρφωσης των δυο πείρων της (βλ. εικ. 38).



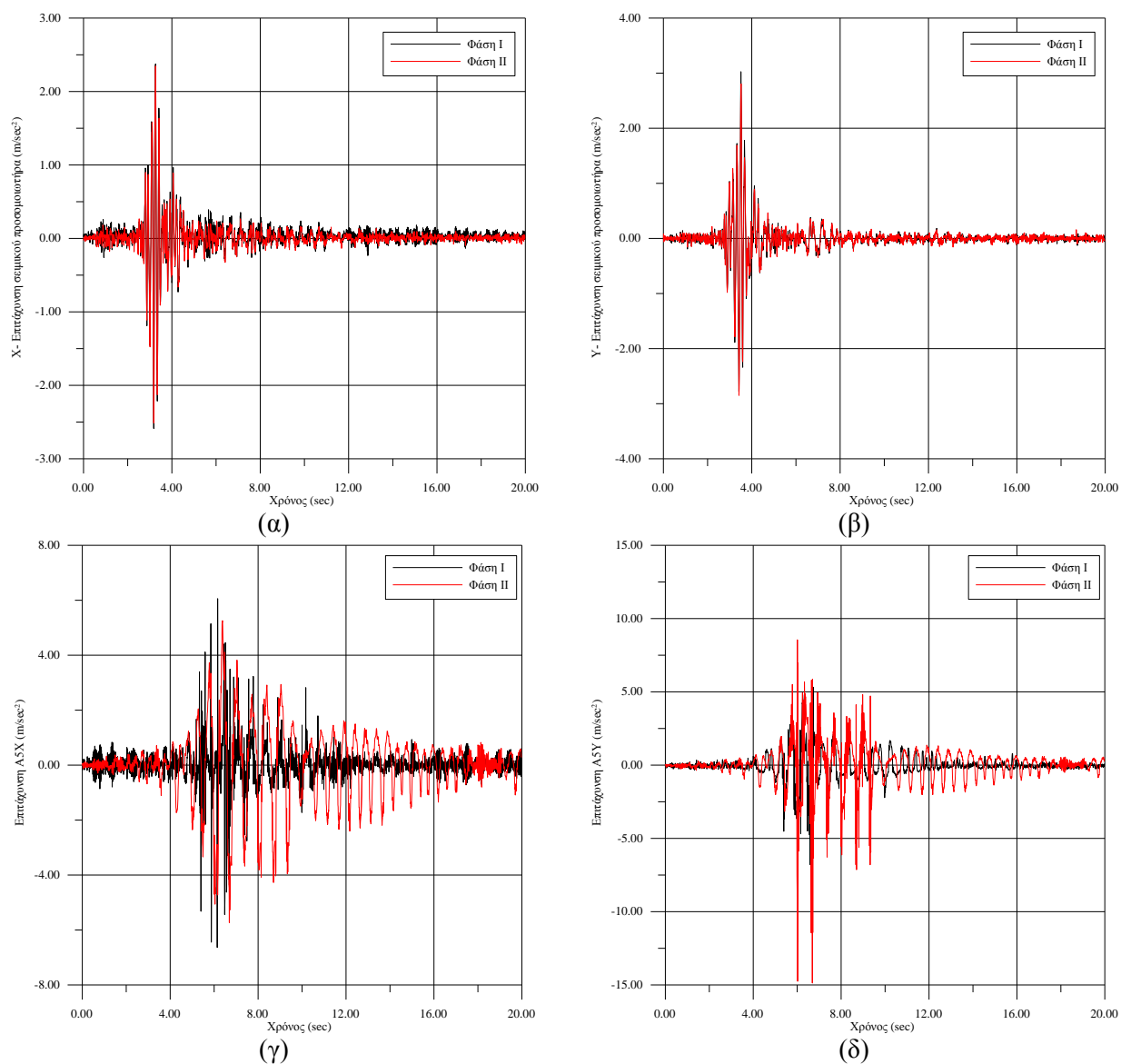
Σχήμα 33. Σύγκριση σεισμού Έδεσσας μεταξύ Φάσης I και Φάσης II – Απόκριση «πλάκας».

(α): X- επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα

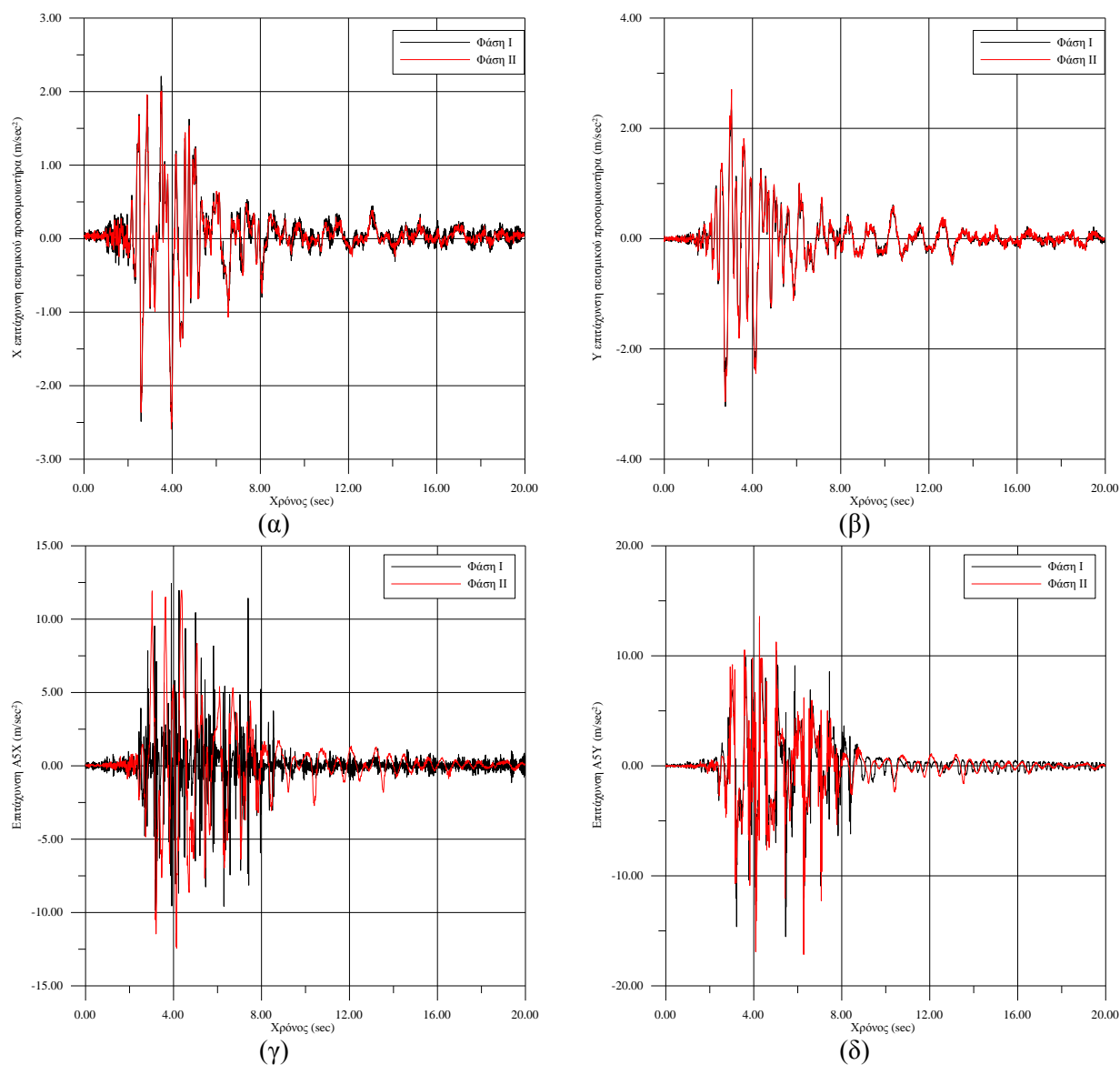
(β): Y- επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα

(γ): Επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης A5X

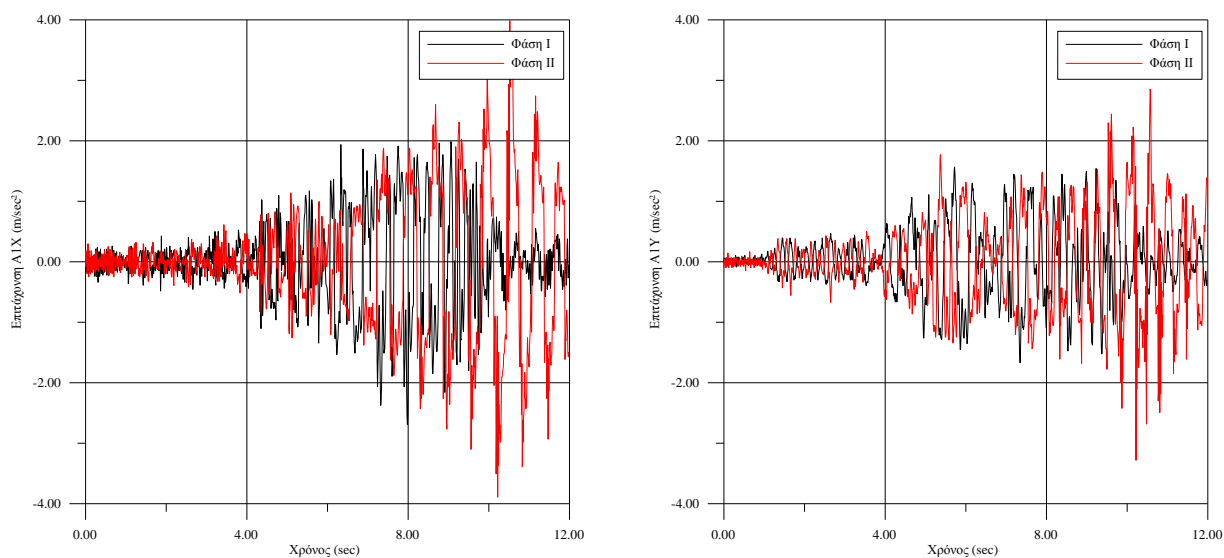
(δ): Επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης A5Y



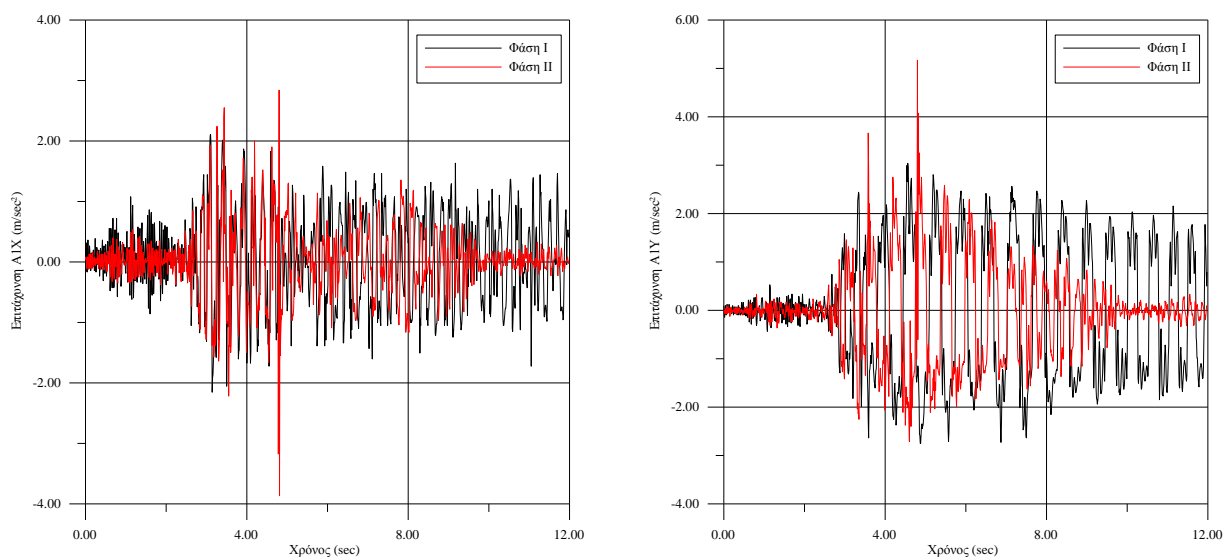
Σχήμα 34. Σύγκριση σεισμού Αργοστολίου μεταξύ Φάσης I και Φάσης II – Απόκριση «πλάκας»
 (α): X- επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα
 (β): Y- επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα
 (γ): Επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης A5X
 (δ): Επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης A5Y



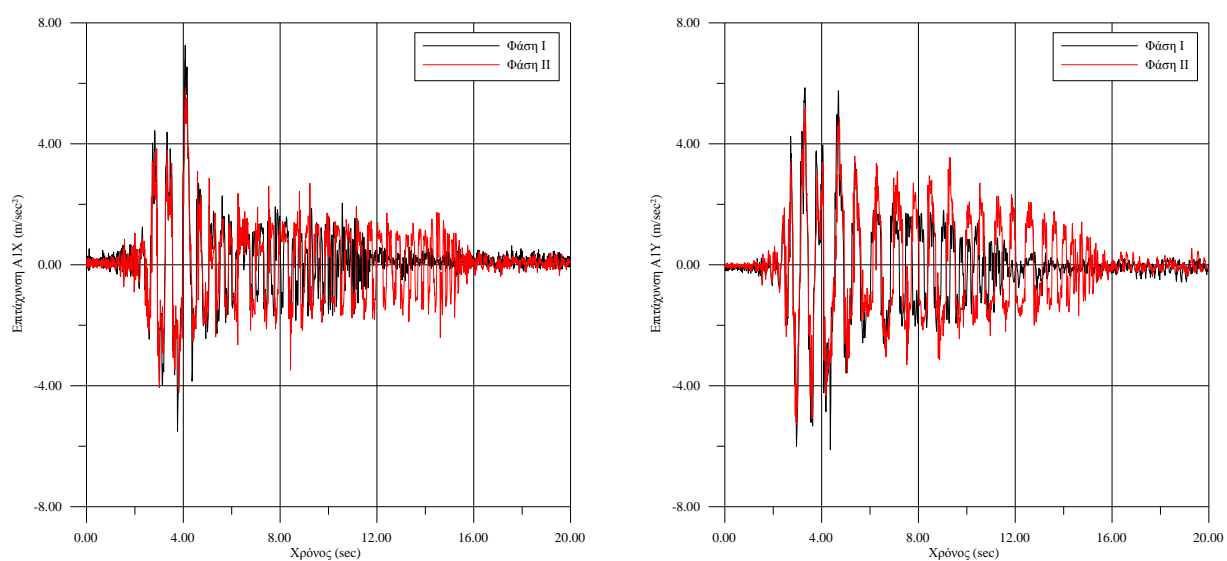
Σχήμα 35. Σύγκριση σεισμού Καλαμάτας μεταξύ Φάσης I και Φάσης II – Απόκριση «πλάκας»
 (α): X- επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα
 (β): Y- επιτάχυνση σεισμικού προσομοιωτήρα
 (γ): Επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης A5X
 (δ): Επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης A5Y



Σχήμα 36. Σύγκριση σεισμού Έδεσσας μεταξύ Φάσης I και Φάσης II – Απόκριση βάθρου «κεφαλής», (α): Χ- επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης ΑΙΧ, (β): επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης ΑΙΥ.



Σχήμα 37. Σύγκριση σεισμού Αργοστολίου μεταξύ Φάσης I και Φάσης II – Απόκριση βάθρου «κεφαλής», (α): Χ- επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης ΑΙΧ, (β): επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης ΑΙΥ.



Σχήμα 38. Σύγκριση σεισμού Καλαμάτας μεταξύ Φάσης I και Φάσης II – Απόκριση βάθρου «κεφαλής», (α): Χ- επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης Α1Χ, (β): επιτάχυνση στο σημείο μέτρησης Α1Υ.



Εικ.35. Απολεπίσεις στο περίγραμμα της έδρας της ληκύθου και στις δυο φάσεις των δοκιμών (εδώ στη φάση II).



Εικ.36. Κάμψη του πείρου της ληκύθου (Φ8/6) μετά την κατάπτωση του εκθέματος στην φάση I των δοκιμών (δοκιμή 16).



Εικ.37. Η πλάκα παρέμεινε σε κεκλιμένη θέση μετά την τελευταία δοκιμή (13) της φάσης II.



Εικ.38. Οι πείροι της επιτόμβιας πλάκας κεκαμμεμένοι μετά την τελευταία δοκιμή (13) της φάσης II.

4.3 Μέγιστες μετακινήσεις κατά τη διάρκεια των δοκιμών

Κατά τη διάρκεια των ισχυρών δοκιμών της φάσης Ι γινόταν καταγραφή των μετακινήσεων με στερεοσκοπική βιντεοσκόπηση (βλ. σχέδιο 10 και εικ. 22, 30). Οι μετακινήσεις προέκυψαν στη συνέχεια από φωτογραμμετρική ανάλυση των εικόνων. Στον Πίνακα 2 φαίνεται η αντιστοιχία μεταξύ σεισμικών δοκιμών και στερεοσκοπικών βιντεοσκοπήσεων.

Στα σχήματα 39 και 40 παρουσιάζονται οι σχετικές μετακινήσεις κατά τη διεύθυνση X, Y και Z του συστήματος βάθρου - «πλάκα» και βάθρου - «κεφαλής», οι οποίες καταγράφηκαν στο σεισμό της Καλαμάτας. Οι σχετικές μετακινήσεις υπολογίστηκαν ως προς το μέσο της βάσης (πλάκα ωπλισμένου σκυροδέματος) και προέκυψαν ως η διαφορά των καταγραφών μεταξύ των σημείων που βρίσκονται στο βάθρο και στην «πλάκα» (σημεία 11,12,13,14,15,16,17 και 29) και του σημείου 8, το οποίο βρίσκεται στο μέσο του ύψους της πλάκας σκυροδέματος. Στα σχήματα 41,42 και 43 φαίνονται οι σχετικές μετακινήσεις ως προς το σημείο 8 των εκθεμάτων και των βάθρου τους για το σεισμό του Αργοστολίου.

Στον Πίνακα 12 δίνονται για τις δοκιμές 12, 15, και 17 της φάσης Ι οι μέγιστες μετακινήσεις κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z στο άνω τμήμα της «πλάκας», (σημείο 11) και στο άνω τμήμα της «λήκυθου» (σημείο 18). Οι μετακινήσεις αυτές υπολογίζονται ως η απόλυτη μέγιστη μετακίνηση του κάθε σημείου μέτρησης κατά τη διάρκεια της δοκιμής ως προς την αρχική του θέση. Επισημαίνεται ότι τα εκθέματα και τα βάθρα τους τοποθετούνταν στην αρχική τους θέση μετά το τέλος κάθε δοκιμής.

Πίνακας 12. φάση Ι: Μέγιστες μετακινήσεις ισχυρών δοκιμών.

Σημεία	Διεύθυνση	Μετακίνηση (m)	Μετακίνηση (m)	Μετακίνηση (m)
		Σεισμός Καλαμάτας 50% (S6)	Σεισμός Αργοστολίου 50% (S7)	Σεισμός Καλαμάτας 100% (S9)
11	X	0.068	0.018	0.015
	Y	0.039	0.032	0.104
	Z	0.015	0.005	0.005
18	X	0.102	0.034	-
	Y	0.062	0.044	-
	Z	0.021	0.009	-

Στο σχήμα 44 παρουσιάζονται οι σχετικές μετακινήσεις βάθρου - «πλάκα» για το σεισμό της Καλαμάτας σε ποσοστό 110%, ενώ στα σχήματα 45 και 46 φαίνονται οι σχετικές μετακινήσεις του σημείου 11 («πλάκα») και του σημείου 18 («λήκυθος») για το σεισμό της Καλαμάτας σε ποσοστό 50% αντίστοιχα.

Στα σχήματα 47-50 παρουσιάζεται η στροφή που αναπτύχθηκε στη «κεφαλή» περί τον κατακόρυφο άξονα Z κατά το σεισμό της Καλαμάτας (ποσοστά 110%, 100% και 50%) και του Αργοστολίου (100%), ενώ στα σχήματα 51-52 δίνεται η στροφή περί τον κατακόρυφο άξονα που αναπτύχθηκε στη «λήκυθος» κατά το σεισμό του Αργοστολίου (100%) και της Καλαμάτας (50%). Η στροφή της «λήκυθου» υπολογίστηκε ως η διαφορά των μετακινήσεων κατά τη διεύθυνση X μεταξύ των σημείων 19 και 20 προς τη μεταξύ τους απόσταση. Η στροφή της «πλάκας» υπολογίστηκε από τη διάφορα της X μετακίνησης των σημείων 24 και 25 προς τη μεταξύ τους απόσταση.

Στο σχήμα 53 γίνεται σύγκριση μεταξύ των μετακινήσεων, οι οποίες αναπτύχθηκαν στο άνω τμήμα της «πλάκας» (σημείο 11) κατά το σεισμό του Αργοστολίου (100%) και του σεισμού της Καλαμάτας (100%), ενώ στο σχήμα 54 γίνεται σύγκριση του ίδιου σημείου για το σεισμό της Καλαμάτας σε ποσοστό 100% και 110%. Στο σχήμα 55 παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ σεισμού Καλαμάτας σε ποσοστό 50% και σεισμού Αργοστολίου σε ποσοστό 100% του σημείου 18, το οποίο βρίσκεται στο άνω τμήμα της «λήκυθου».

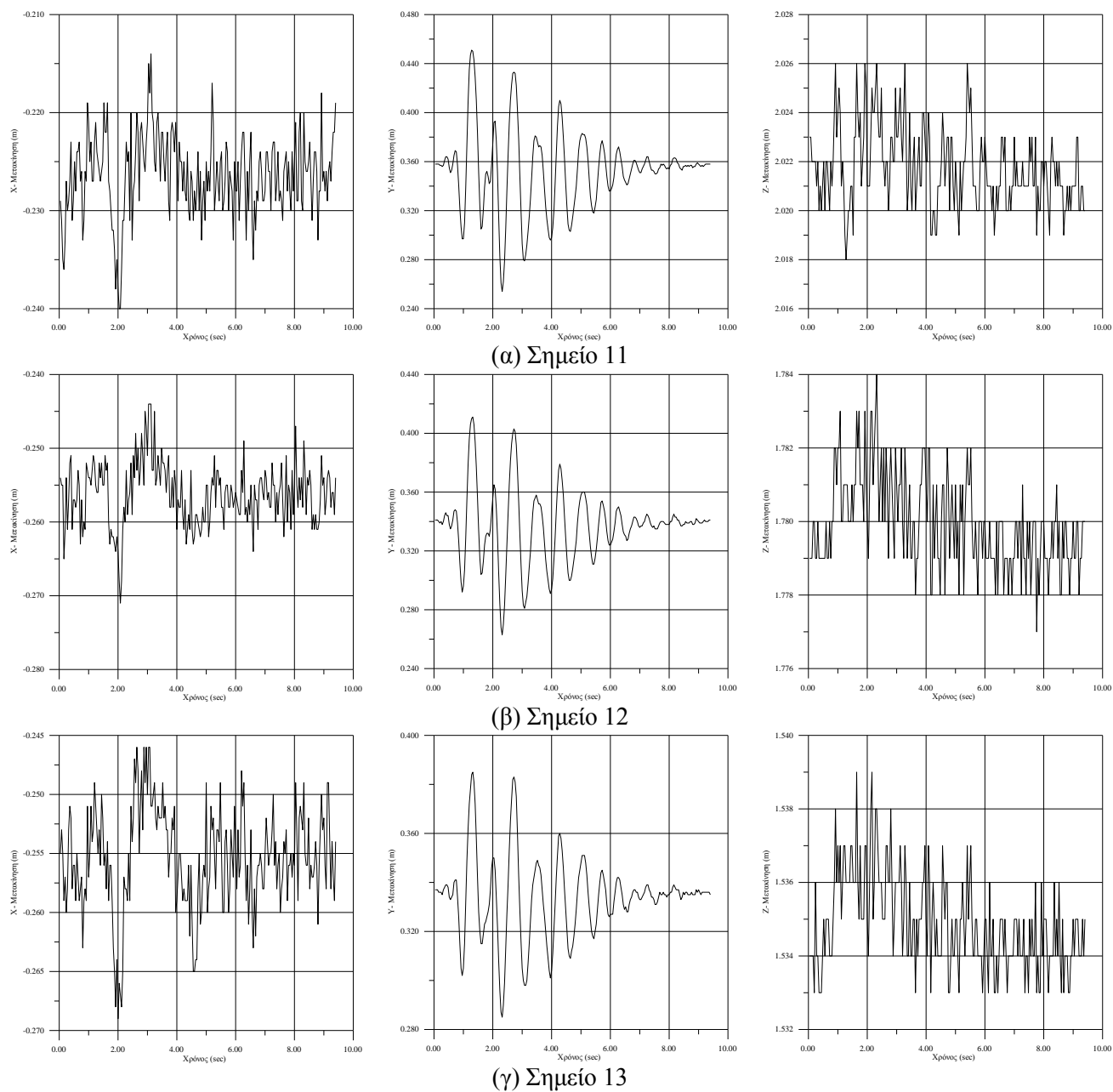
Στο σχήμα 56 γίνεται σύγκριση της στροφής περί τον κατακόρυφο άξονα στην «κεφαλή», η οποία αναπτύχθηκε κατά το σεισμό του Αργοστολίου (100%) και το σεισμό της Καλαμάτας (100%), ενώ στο σχήμα 57 γίνεται σύγκριση της στροφής της «λήκυθου» για το σεισμό της Καλαμάτας (50%) και του Αργοστολίου (100%).

Στα σχήματα 58-79 φαίνονται οι προβολές στο οριζόντιο επίπεδο XY των τροχιών που διαγράφουν τα επιλεγμένα σημεία της βάσης, των βάθρων και των εκθεμάτων. Οι τροχιές αντιστοιχούν στις απόλυτες μετακινήσεις των σημείων, ή στις σχετικές μετακινήσεις τους ως προς τη βάση ή τα χαμηλότερα άκρα των βάθρων και των εκθεμάτων.

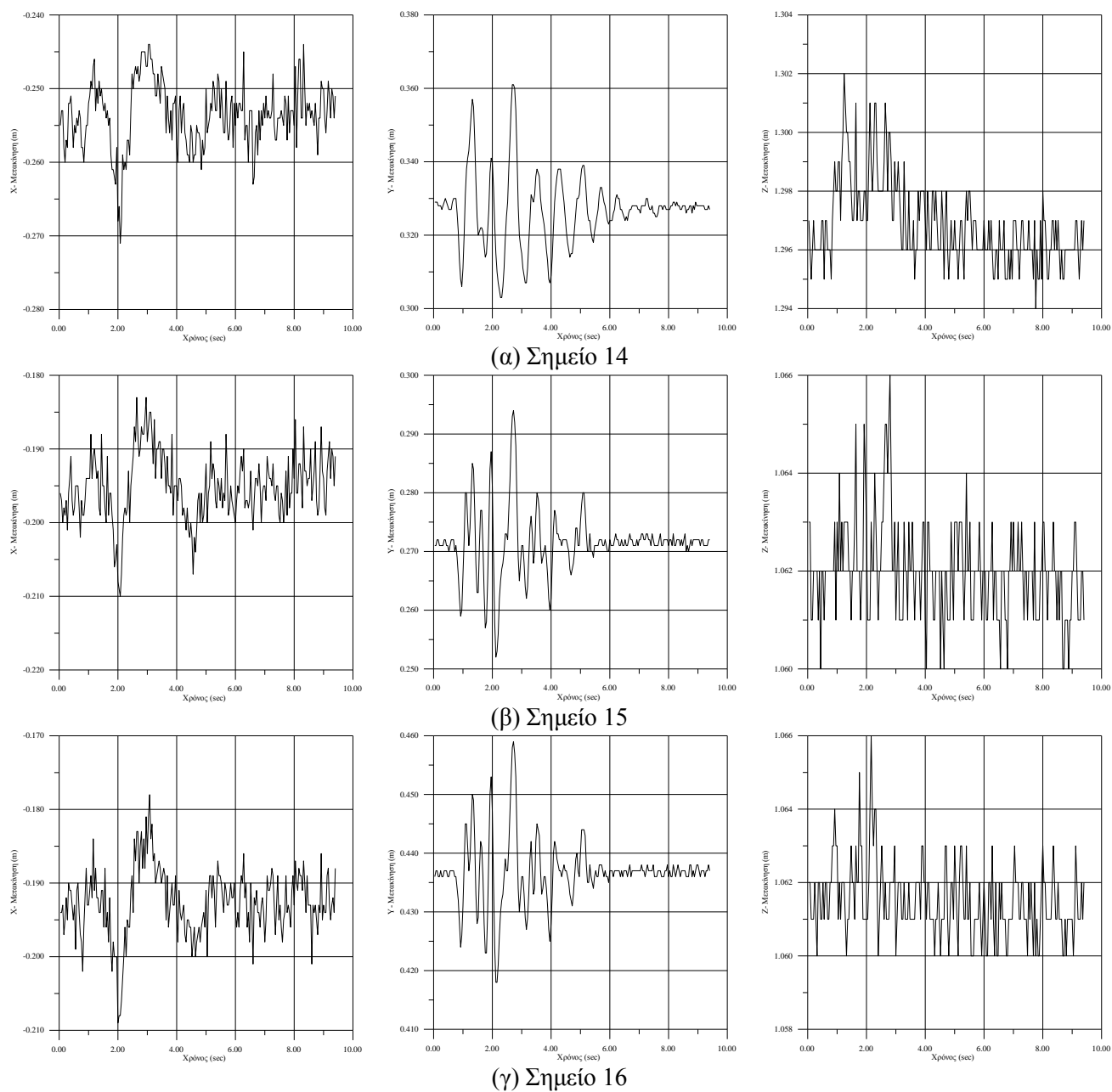
Από την ανάλυση των καταγραφών των μετατοπίσεων προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Η μικρή παραμένουσα μετακίνηση στο τέλος κάθε δοκιμής, δεν υποδηλώνει τις μεγάλες μετακινήσεις οι οποίες εκδηλώθηκαν κατά τη διάρκεια της σεισμικής διέγερσης σε όλα τα εκθέματα.
- Μεγαλύτερες μετακινήσεις αναπτύχθηκαν στο δοκίμιο κατά το σεισμό της Καλαμάτας, ο οποίος είχε συγκρίσιμη επιτάχυνση βάσης κατά τις οριζόντιες διευθύνσεις, αλλά μεγαλύτερη κατά την κατακόρυφη διεύθυνση και διαφορετικό περιεχόμενο συχνοτήτων σε σχέση με το σεισμό του Αργοστολίου.
- Η αύξηση κατά 10% του σεισμού της Καλαμάτας δεν έδωσε αντίστοιχη αύξηση των μετακινήσεων. Αντίθετα όχι μόνο αυξήθηκε το εύρος των μετακινήσεων, αλλά άλλαξε και το περιεχόμενο συχνοτήτων.
- Τα σημεία της «λήκυθου» και της «κεφαλής» μετακινούνται όπως αναμενόταν και προς τις τρεις διευθύνσεις, αφού η διέγερση της βάσης είναι τριαξονική. Άλλωστε παρατηρήθηκε ότι ακόμα και όταν ασκήθηκαν ημιτονικές διεγέρσεις προς μια διεύθυνση, παρουσιάστηκε απόκριση και προς τις άλλες διευθύνσεις. Οι τροχιές των σημείων είναι ελλειψοειδείς.

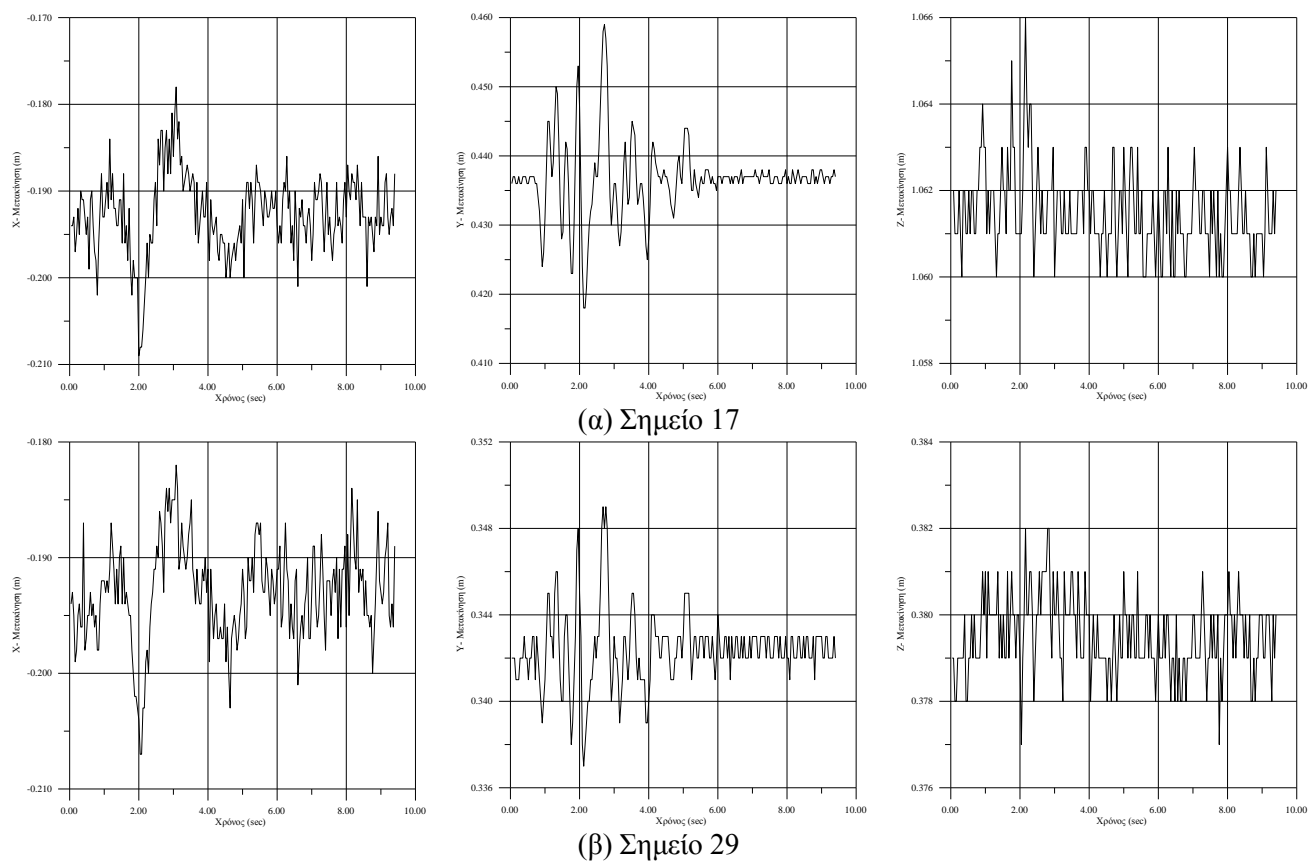
- Πολύ ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μετακινήσεις και ιδίως τα σχήματα των τροχιών των σημείων της «πλάκας» και του βάθρου της. Μολονότι το αντικείμενο έχει διατομή επιμήκη και οι συνδέσεις γίνονται με ζεύγη πείρων, παρατηρείται ότι οι τροχιές των σημείων τους είναι επίσης ελλειψοειδείς, άρα υπάρχει λικνισμός και περί τον εγκάρσιο άξονα Υ, κάτι που δεν αναμενόταν, αφού η απαιτούμενη επιτάχυνση για να εκδηλωθεί λικνισμός περί τον εγκάρσιο άξονα είναι πολύ μεγάλη (μεγαλύτερη από 0.485g, βλ. σχέδιο 8).



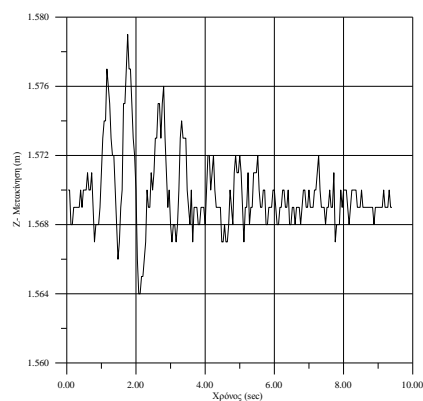
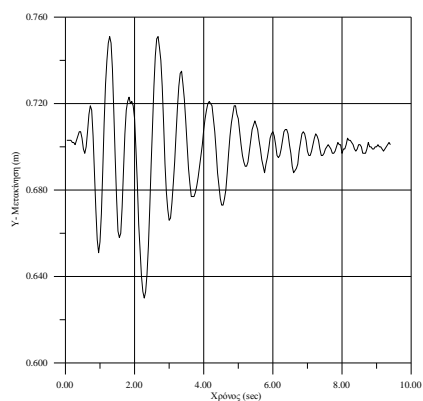
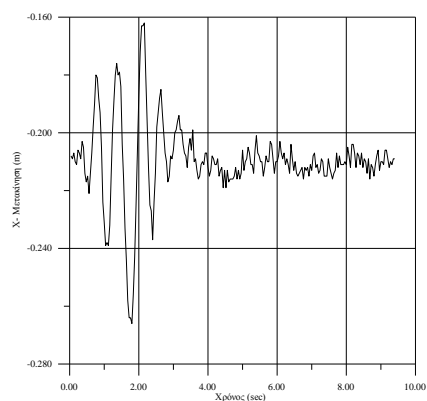
Σχήμα 39α. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας (Λήψη S9), Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 11, (β):Σημείο 12, (γ) Σημείο 13.



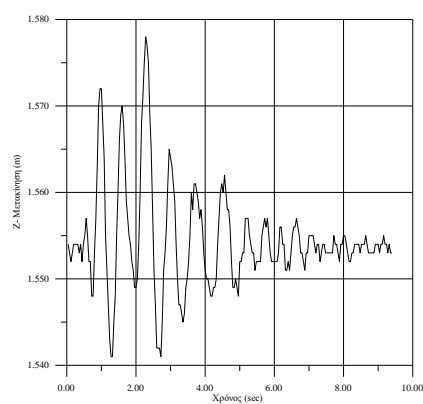
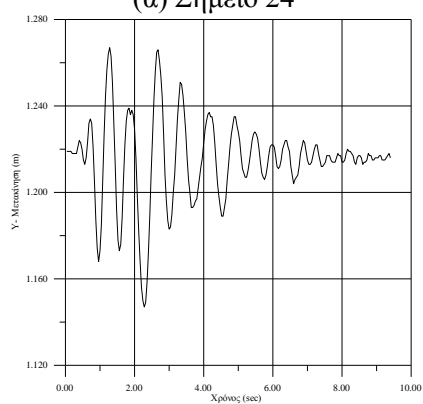
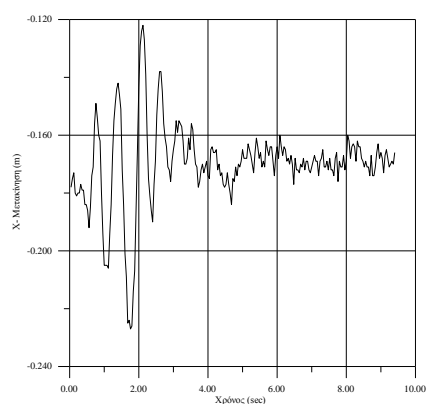
Σχήμα 39β. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας (Λήψη S9), Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 14, (β):Σημείο 15, (γ) Σημείο 16.



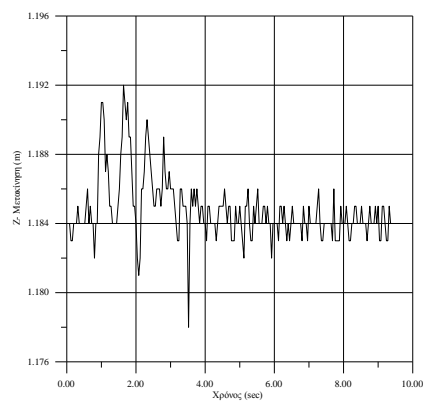
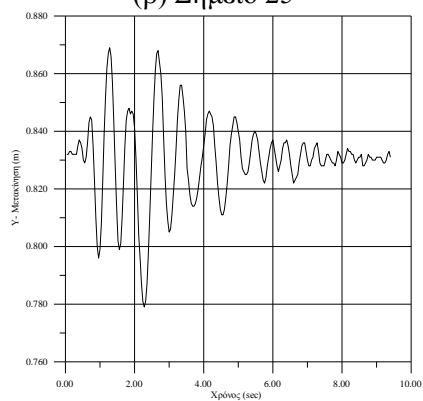
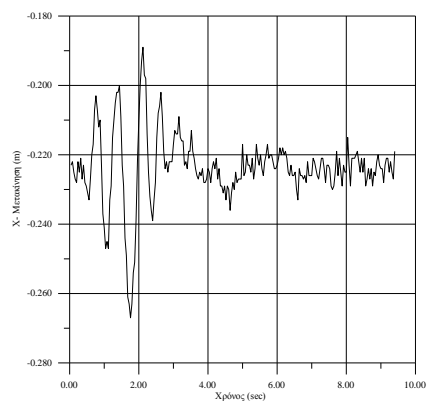
Σχήμα 39γ. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας (Λήψη S9), Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 17, (β):Σημείο 29.



(α) Σημείο 24

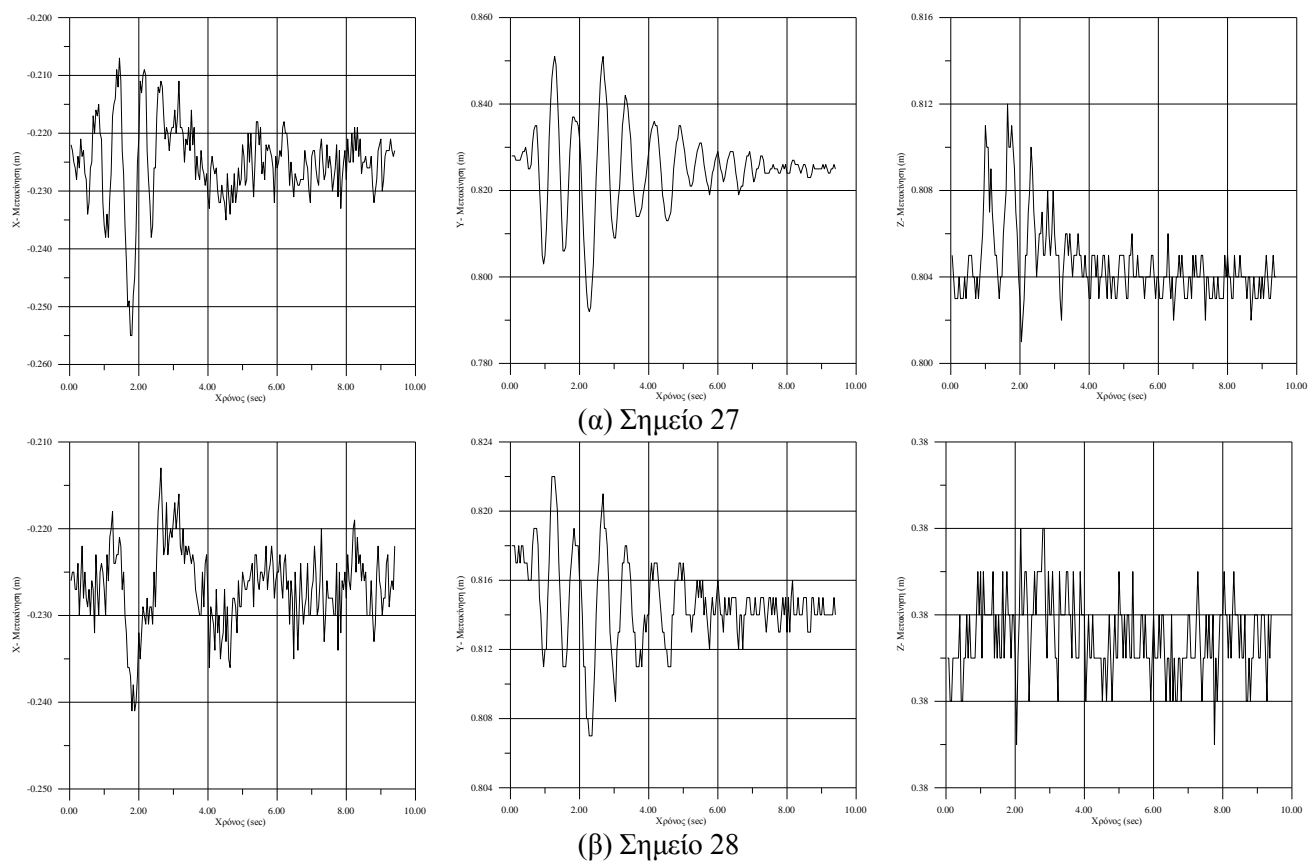


(β) Σημείο 25

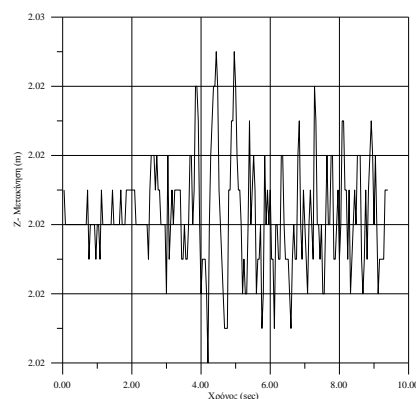
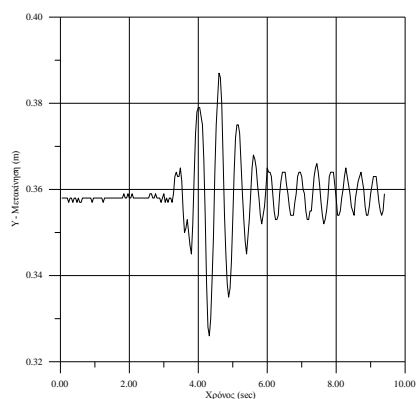
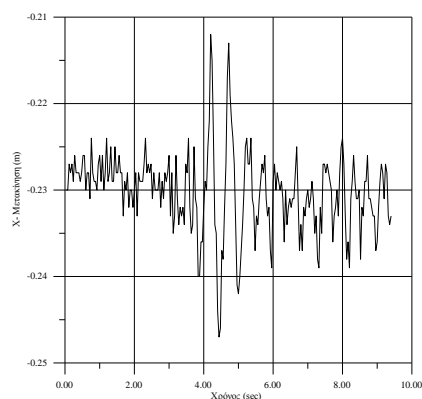


(γ) Σημείο 26

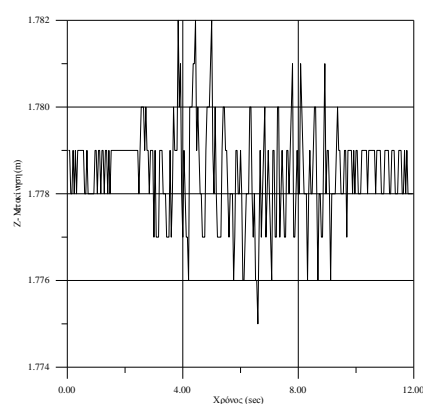
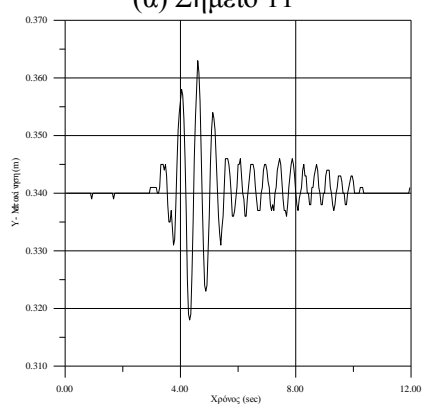
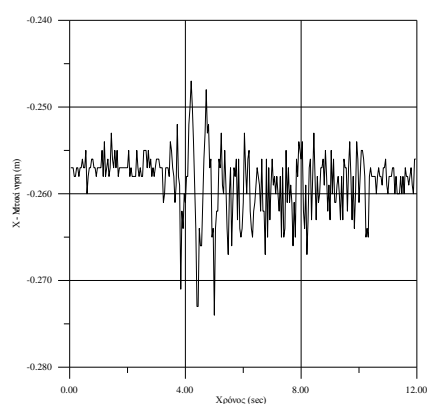
Σχήμα 40α. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας (Λήψη S9), Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «κεφαλής» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 24, (β):Σημείο 25, (γ) Σημείο 26.



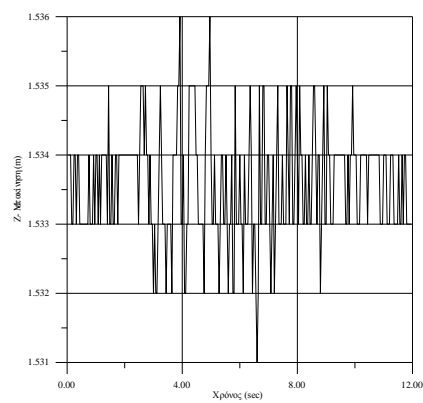
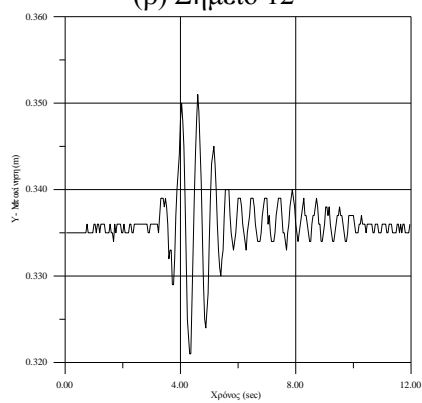
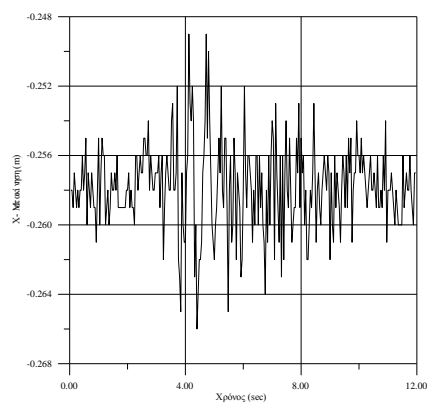
Σχήμα 40β. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας (Λήψη S9), Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «κεφαλής» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 27, (β): Σημείο 28.



(α) Σημείο 11

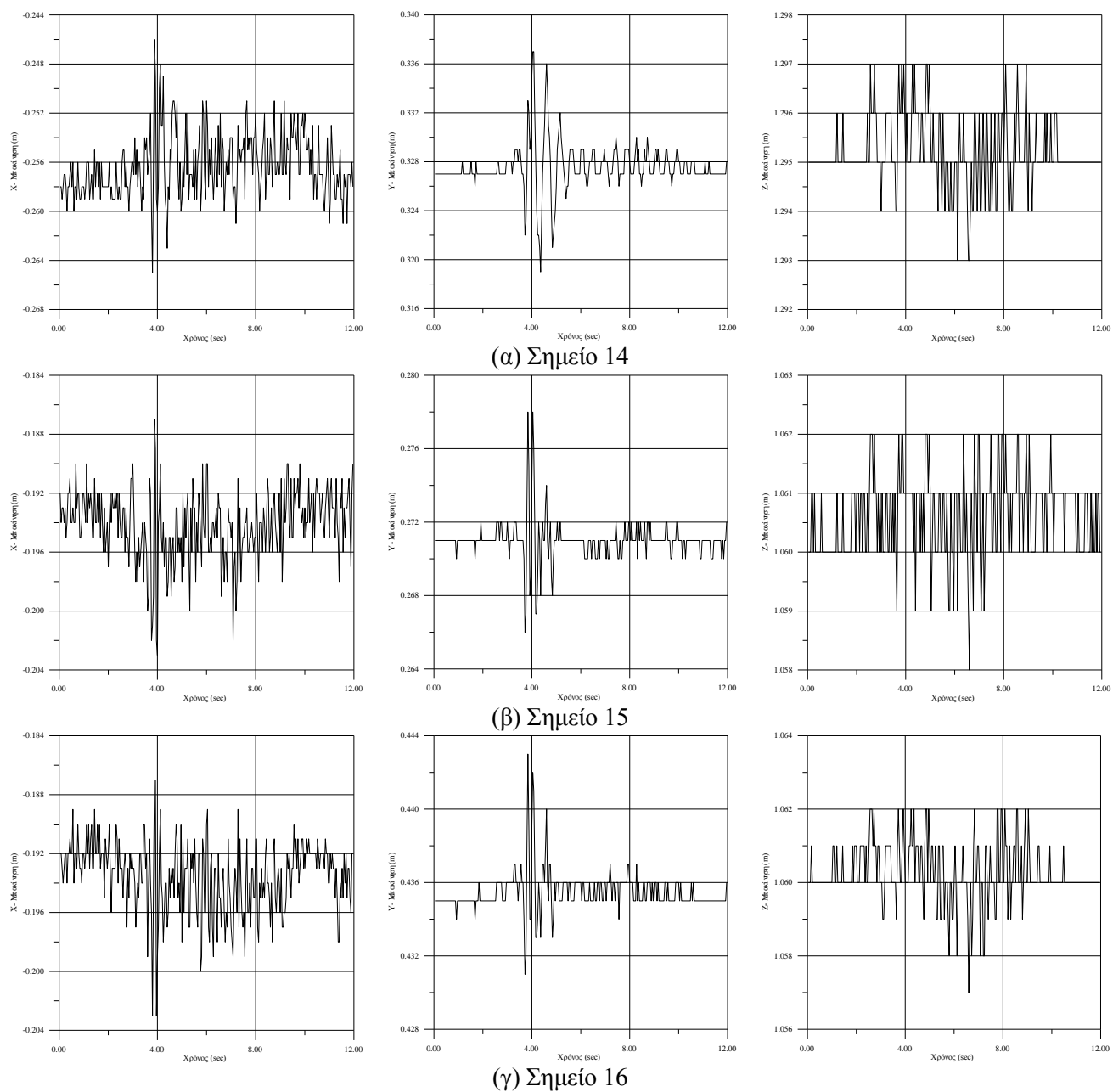


(β) Σημείο 12

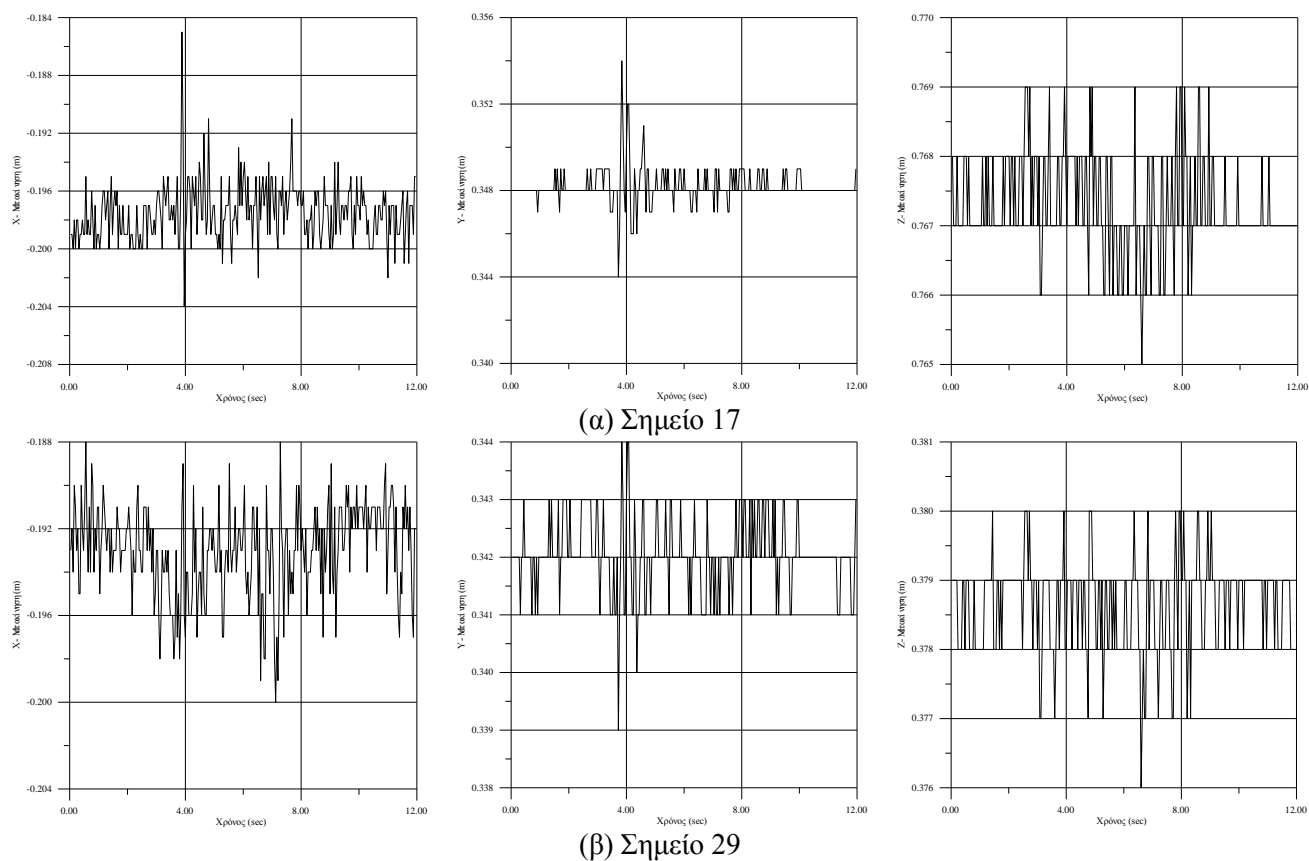


(γ) Σημείο 13

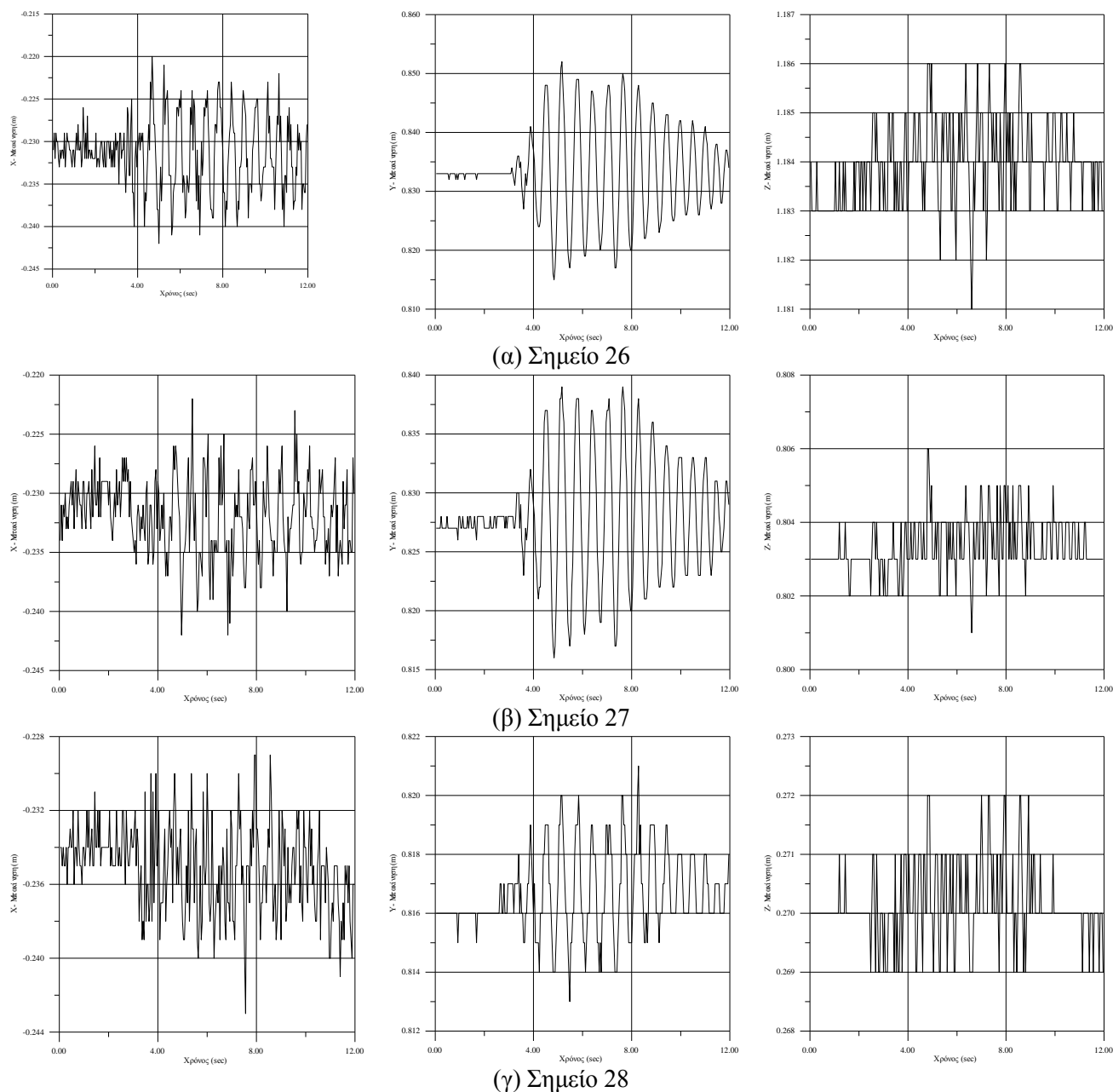
Σχήμα 41α. Φάση Ι: Σεισμός Αργοστολίου, Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 11, (β): Σημείο 12, (γ) Σημείο 13.



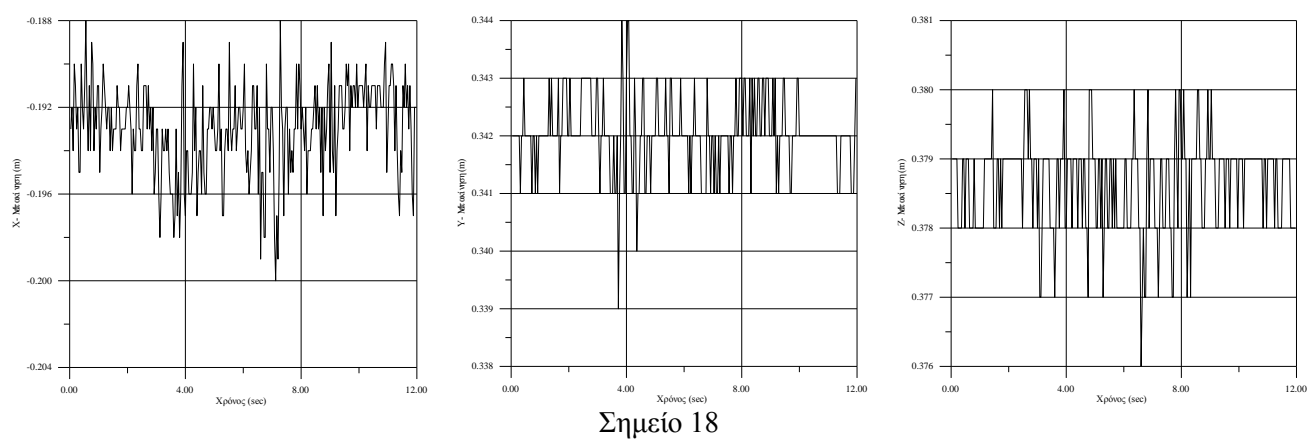
Σχήμα 41β. Φάση Ι: Σεισμός Αργοστολίου, Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 14, (β):Σημείο 15, (γ) Σημείο 16.



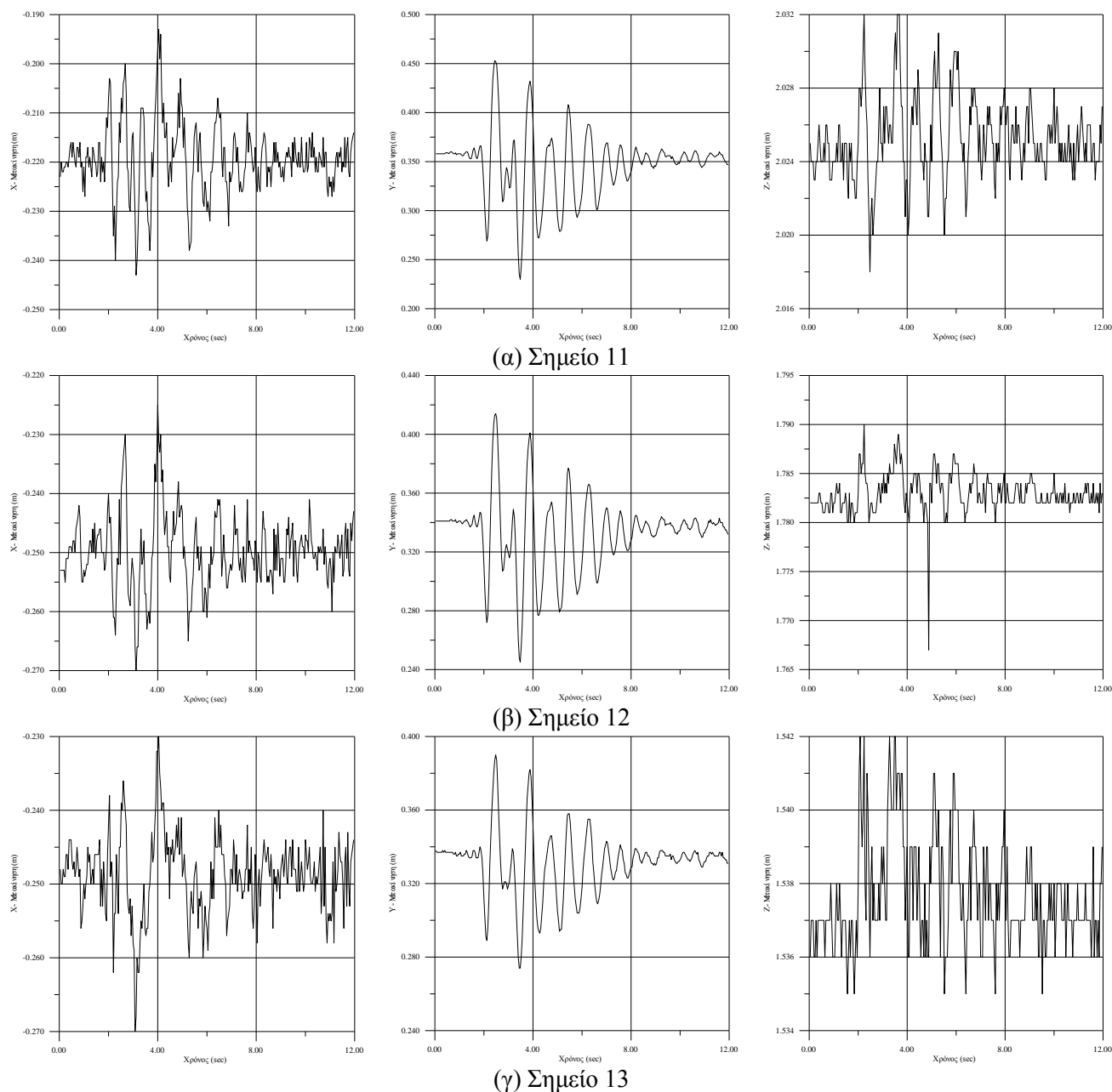
Σχήμα 41γ. Φάση Ι: Σεισμός Αργοστολίου, Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 17, (β):Σημείο 29.



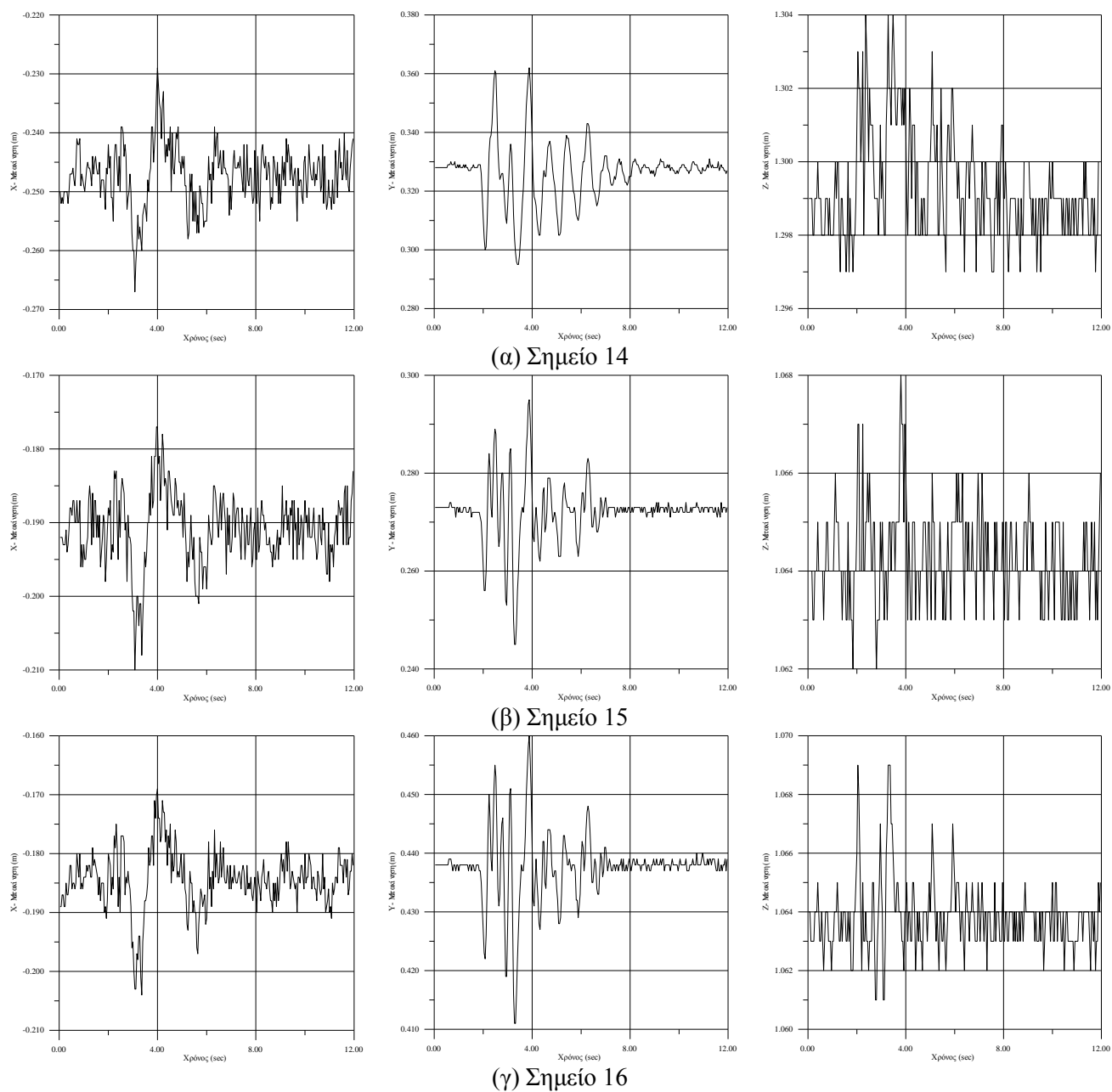
Σχήμα 42. Φάση Ι: Σεισμός Αργοστολίου, Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «κεφαλής» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 26, (β):Σημείο 27, (γ) Σημείο 28.



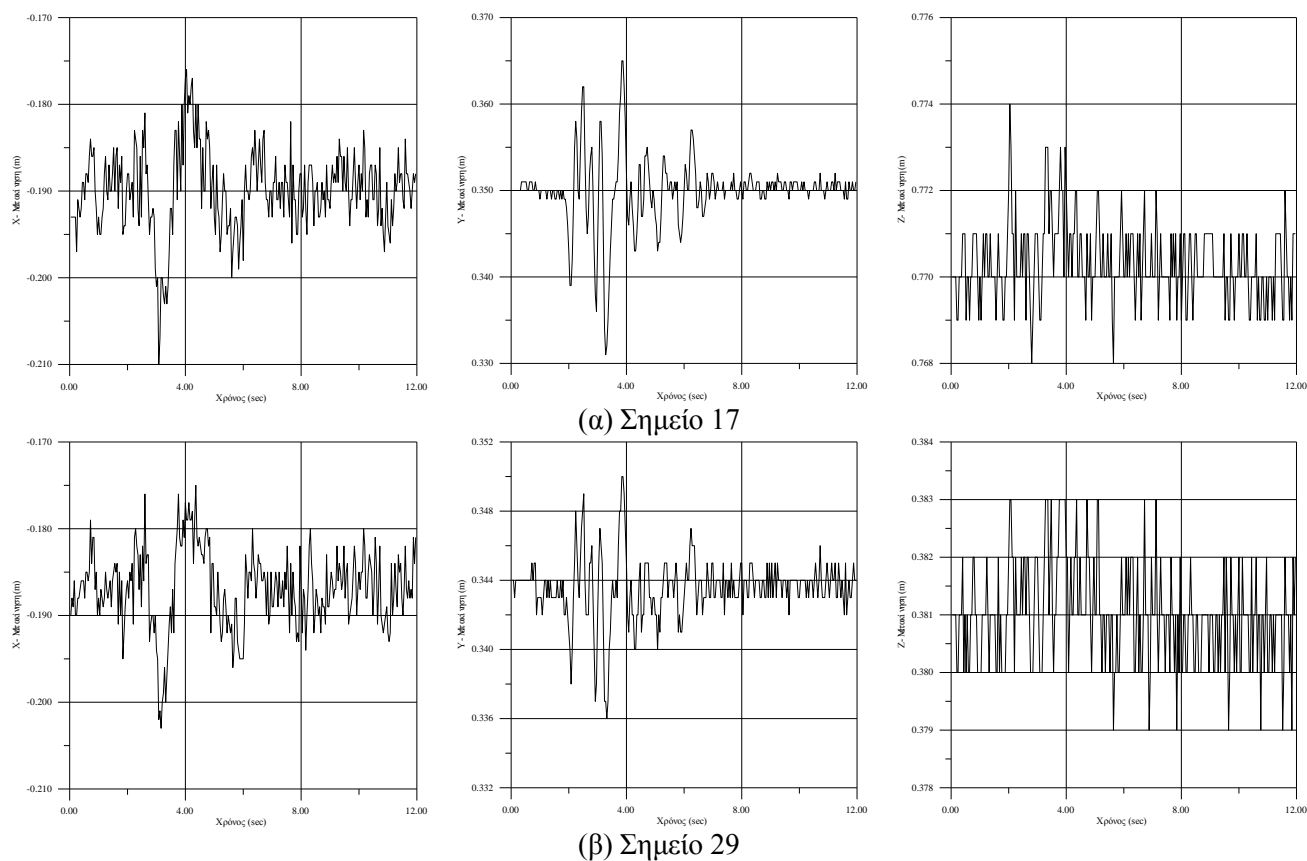
Σχήμα 43. Φάση Ι: Σεισμός Αργοστολίου (Λήψη S7), Μετακινήσεις σημείου στόχου 18 στη «λήκυθο» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z.



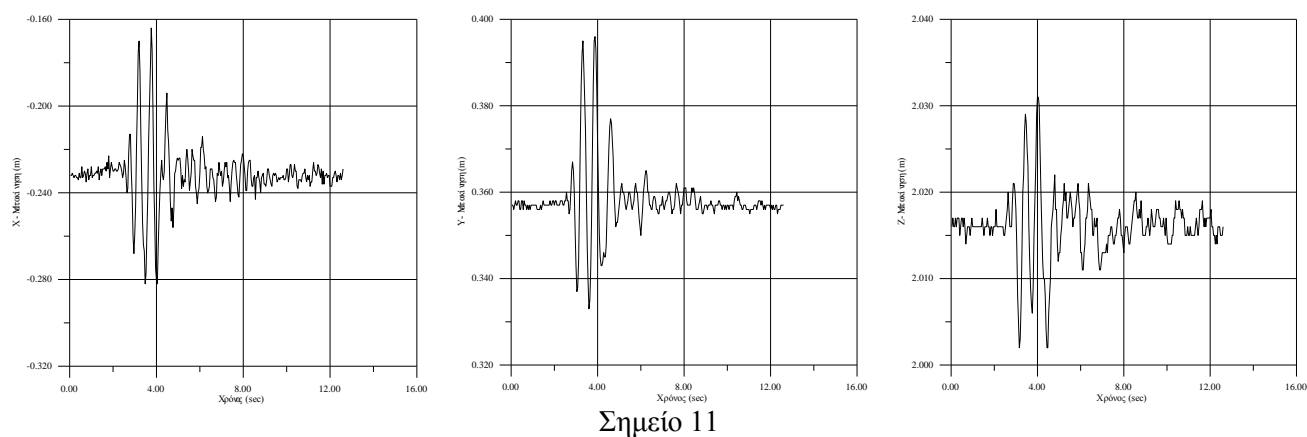
Σχήμα 44α. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας 110% (Λήψη S10), Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 11, (β):Σημείο 12, (γ) Σημείο 13.



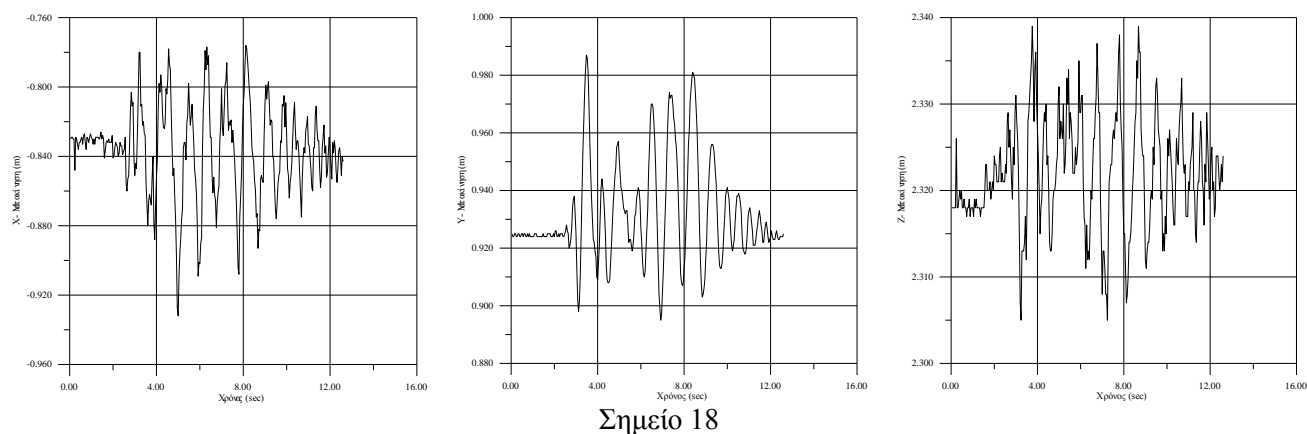
Σχήμα 44β. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας 110% (Λήψη S10), Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 14, (β):Σημείο 15, (γ) Σημείο 16.



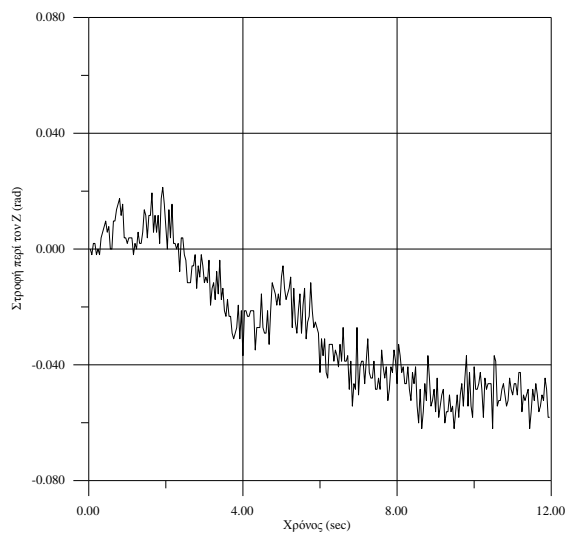
Σχήμα 44γ. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας 110% (Λήψη S10), Μετακινήσεις σημείων στόχων βάθρου «πλάκας» - «πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z, (α): Σημείο 17, (β):Σημείο 29.



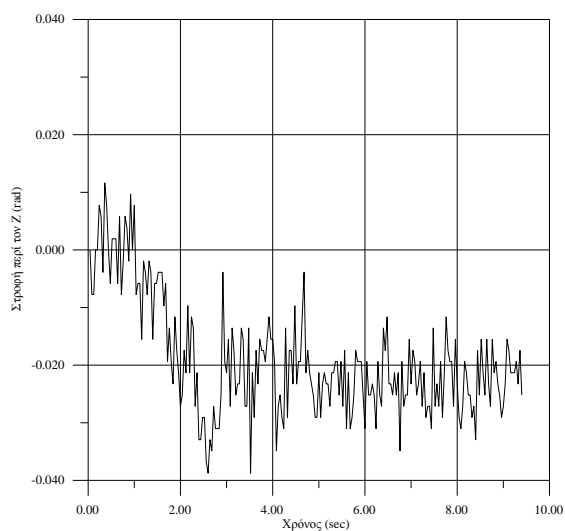
Σχήμα 45. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας 50% Λήψη S6, Μετακινήσεις σημείου στο άνω τμήμα της«πλάκας» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z.



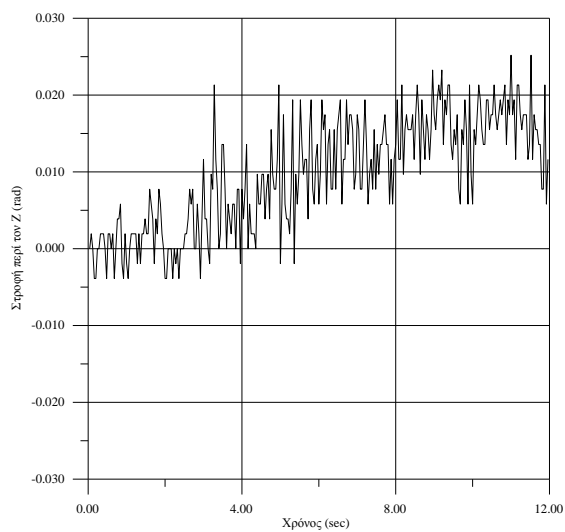
Σχήμα 46. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας 50% Λήψη S6, Μετακινήσεις σημείου στο άνω τμήμα της«ληκύθου» κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z.



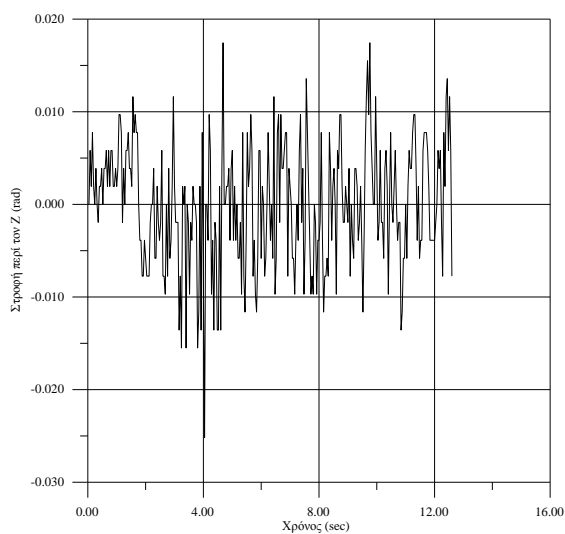
Σχήμα 47. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας 110% (Λήψη S10), Στροφή «κεφαλής»περί τον κατακόρυφο άξονα Z.



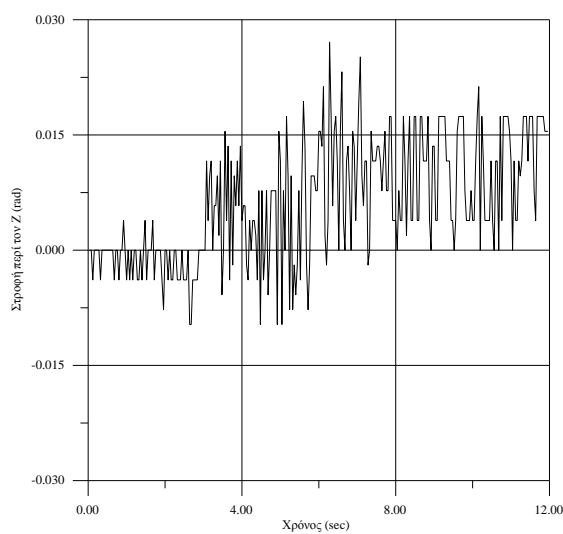
Σχήμα 48. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας (Λήψη S9), Στροφή «κεφαλής» περί τον κατακόρυφο άξονα (σημεία 24/25).



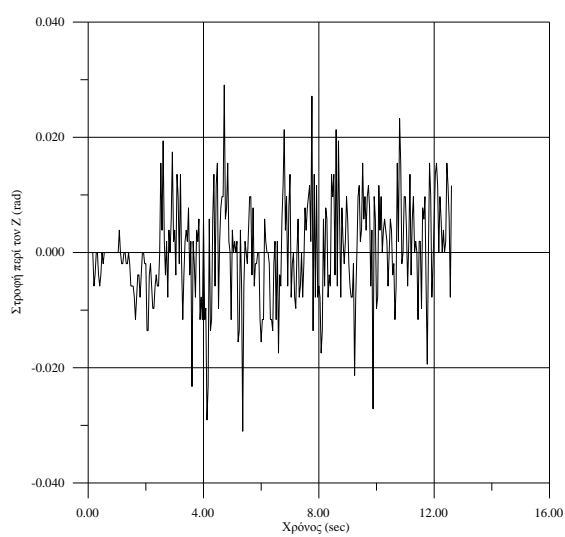
Σχήμα 49. Φάση Ι: Σεισμός Αργοστολίου (Λήψη S7), Στροφή «κεφαλής» περί τον κατακόρυφο άξονα (σημεία 24/25)



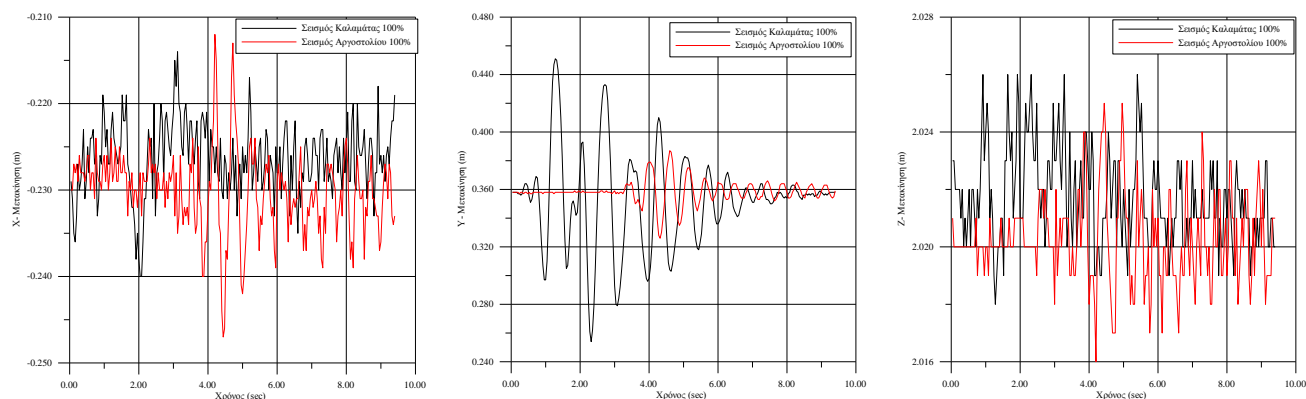
Σχήμα 50. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας 50% Λήψη S6, Στροφή «κεφαλής» περί τον κατακόρυφο άξονα Z (σημεία 24/25).



Σχήμα 51. Φάση Ι: Σεισμός Αργοστολίου (Λήψη S7), (α) Στροφή «ληκύθου» περί τον κατακόρυφο άξονα (σημεία 19/20).

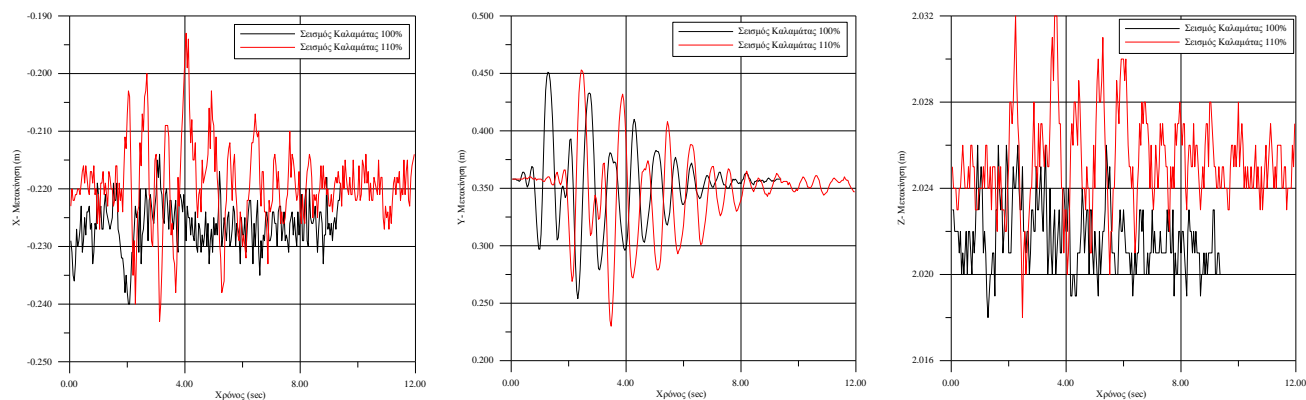


Σχήμα 52. Φάση Ι: Σεισμός Καλαμάτας 50% Λήψη S6, Στροφή «ληκύθου» περί τον κατακόρυφο άξονα Z (σημεία 19/20).



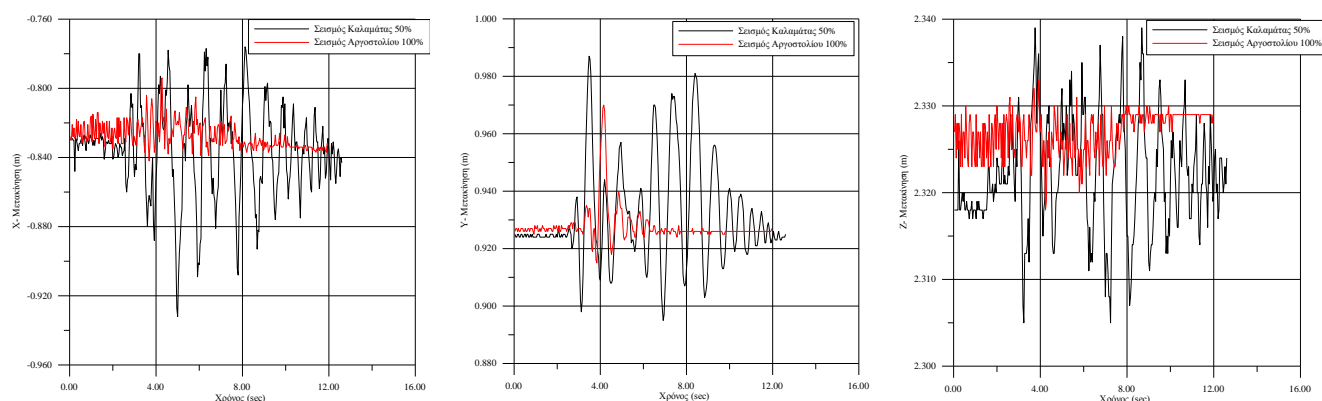
Σημείο 11

Σχήμα 53. Σύγκριση κατά τις δοκιμές 15 (Σεισμός Αργοστολίου) και 17 (Σεισμός Καλαμάτας) των μετακινήσεων του σημείου 11 - άνω τμήμα της «πλάκας» - κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z.



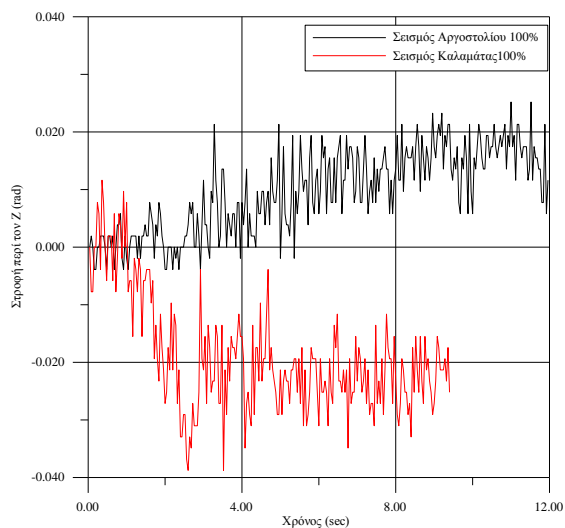
Σημείο 11

Σχήμα 54. Σύγκριση κατά τις δοκιμές 17 (Σεισμός Καλαμάτας 100%) και 18 (Σεισμός Καλαμάτας 110%) των μετακινήσεων του σημείου 11 - άνω τμήμα της «πλάκας» - κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z.

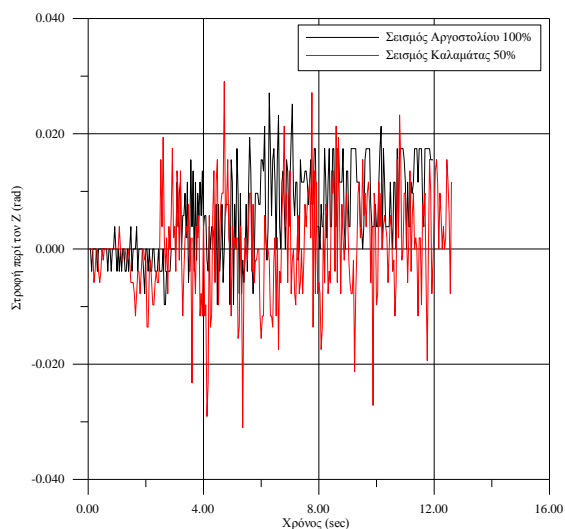


Σημείο 18

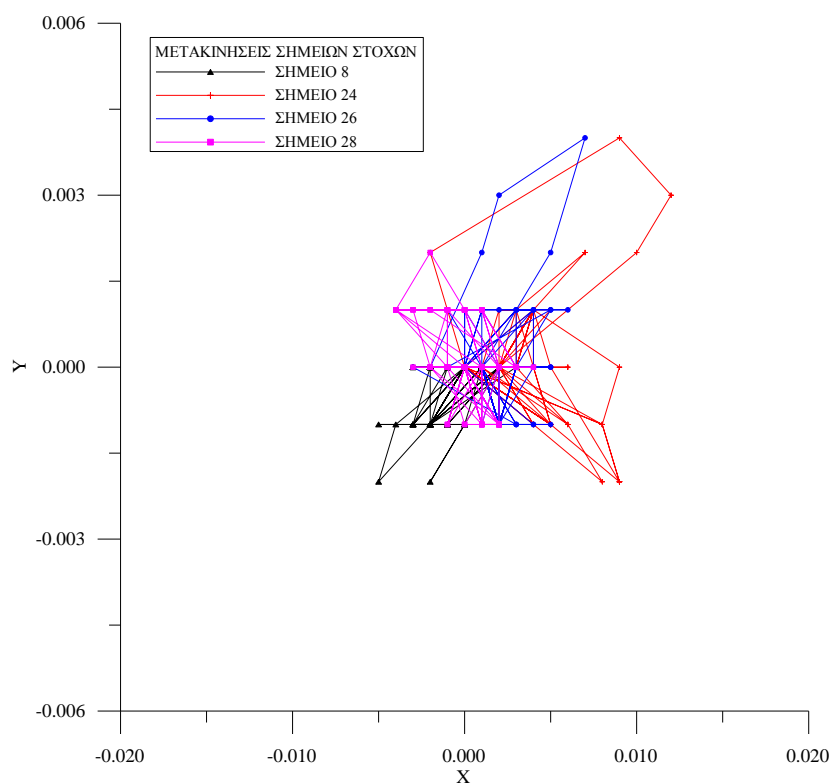
Σχήμα 55. Σύγκριση κατά τις δοκιμές 15 (Σεισμός Αργοστολίου 100%) και 12 (Σεισμός Καλαμάτας 50%) των μετακινήσεων του σημείου 18 - άνω τμήμα της «ληκύθου» - κατά τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z.



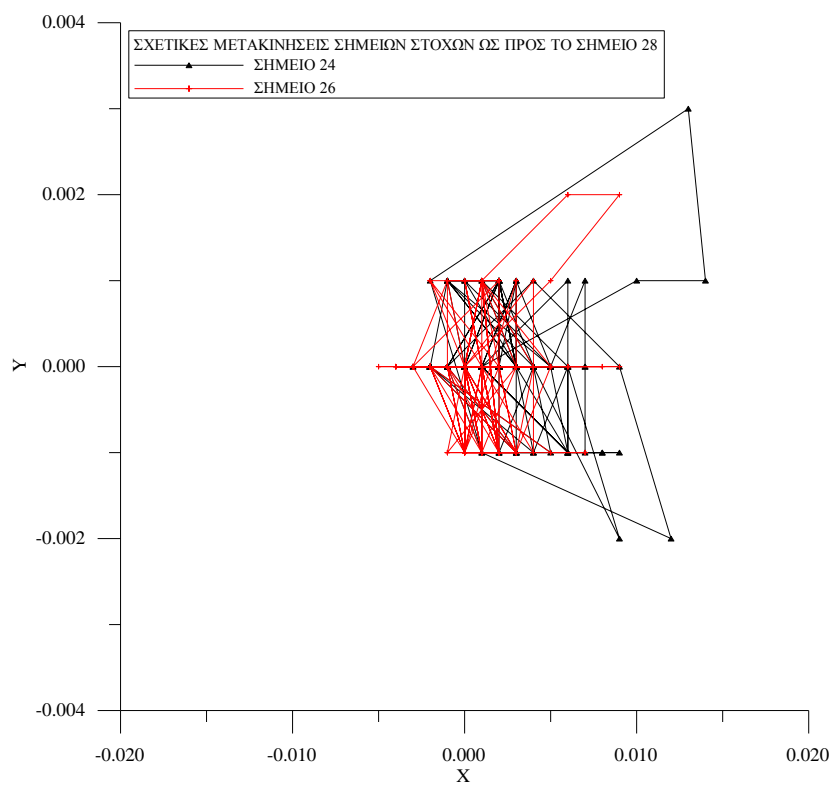
Σχήμα 56. Σύγκριση κατά τις δοκιμές 15 (Σεισμός Αργοστολίου 100%) και 17 (Σεισμός Καλαμάτας 100%) της στροφής της «κεφαλής» περί τον κατακόρυφο άξονα Z (σημεία 24/25).



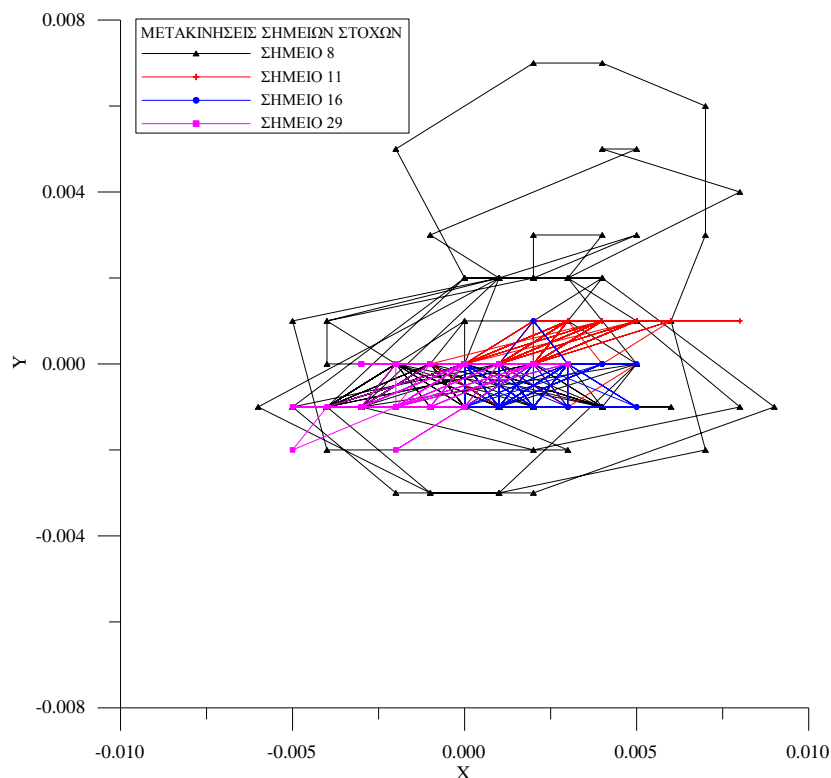
Σχήμα 57. Σύγκριση κατά τις δοκιμές 15 (Σεισμός Αργοστολίου 100%) και 12 (Σεισμός Καλαμάτας 50%) της στροφής της «ληκύθου» περί τον κατακόρυφο άξονα Z (σημεία 19/20).



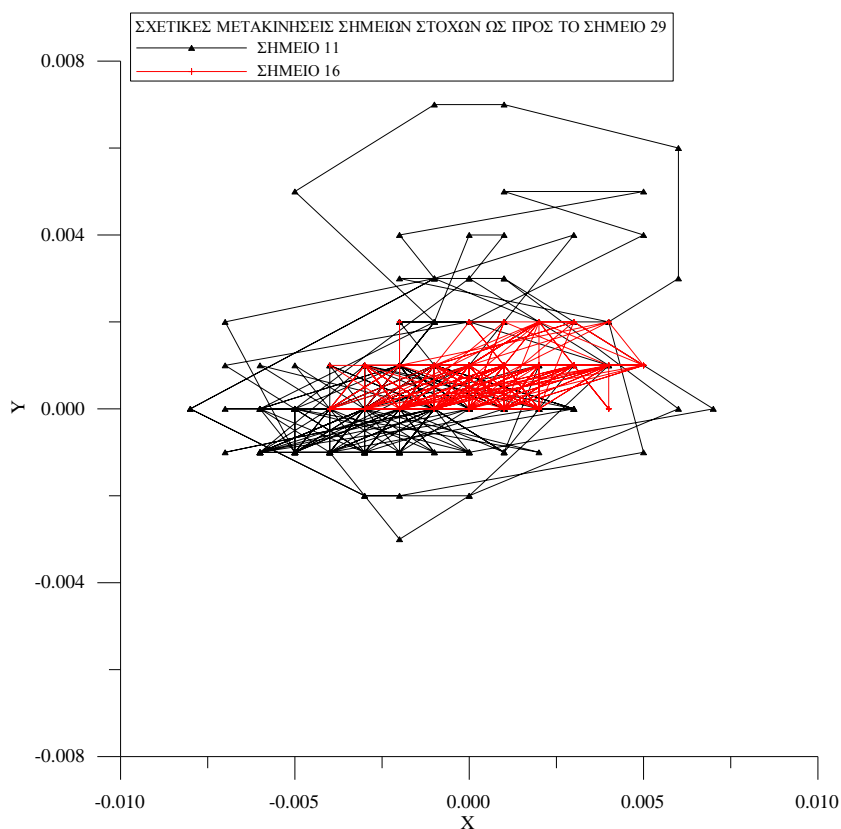
Σχήμα 58. Δοκιμή 5. Τροχιές σημείων βάσης και βάθρου Υγείας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



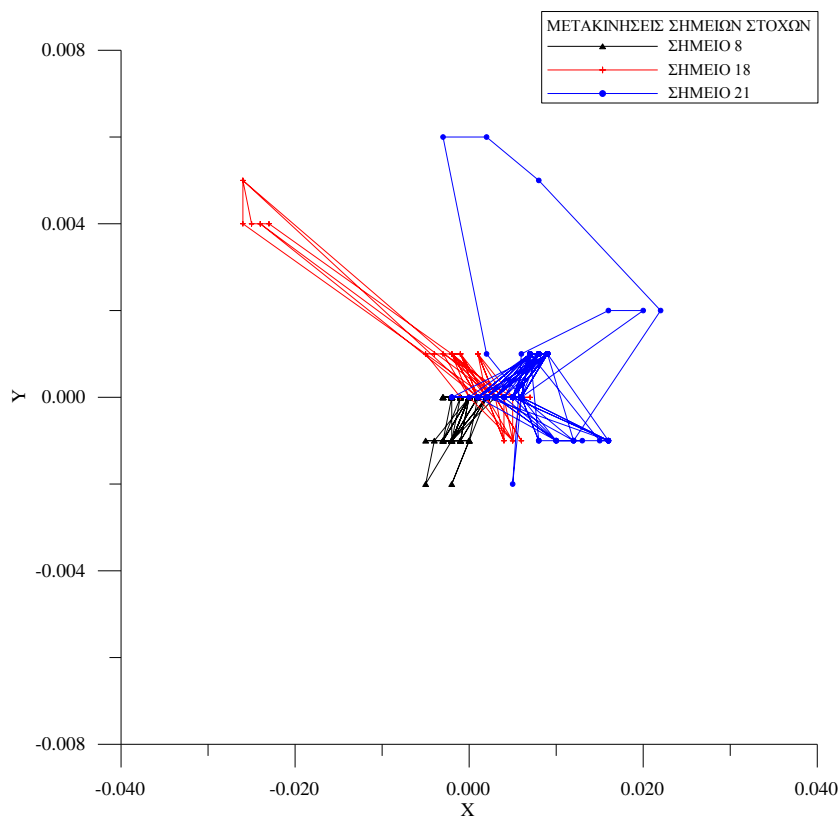
Σχήμα 59. Δοκιμή 5. Τροχιές σημείων βάσης και βάθρου Υγείας ως προς σημείο 8 βάσης. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



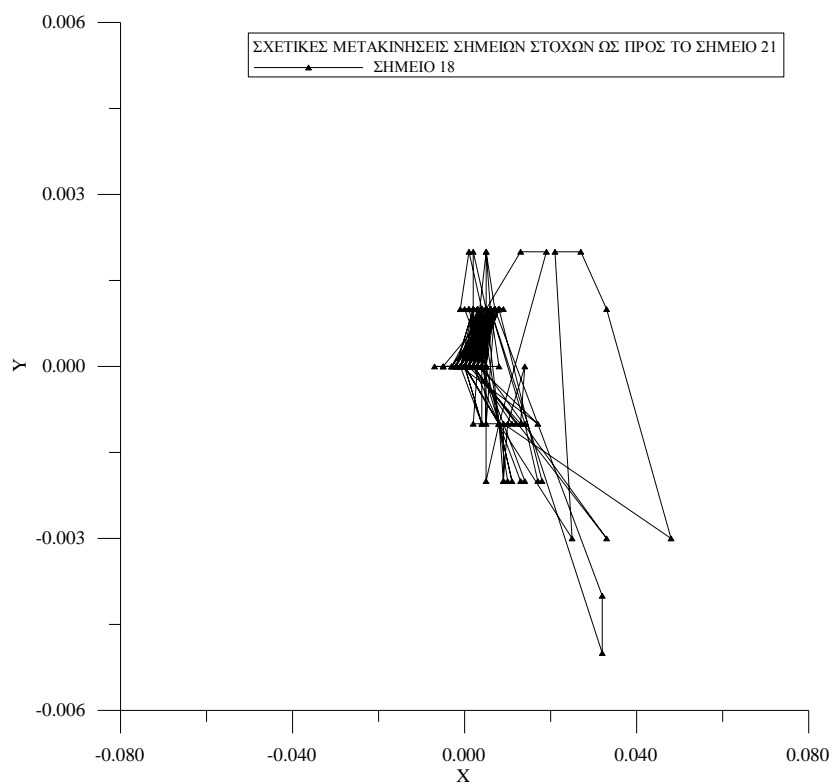
Σχήμα 60. Δοκιμή 5. Τροχιές σημείων βάσης, βάθρου και Πλάκας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



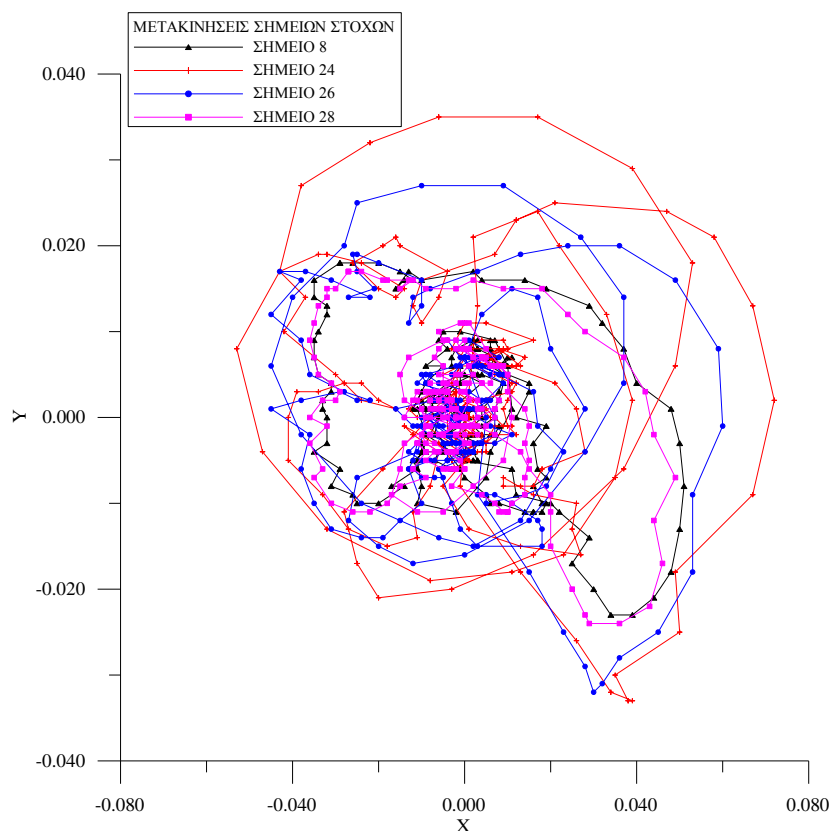
Σχήμα 61. Δοκιμή 5. Τροχιές σημείων κορυφής βάθρου και Πλάκας ως προς κάτω άκρο βάθρου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



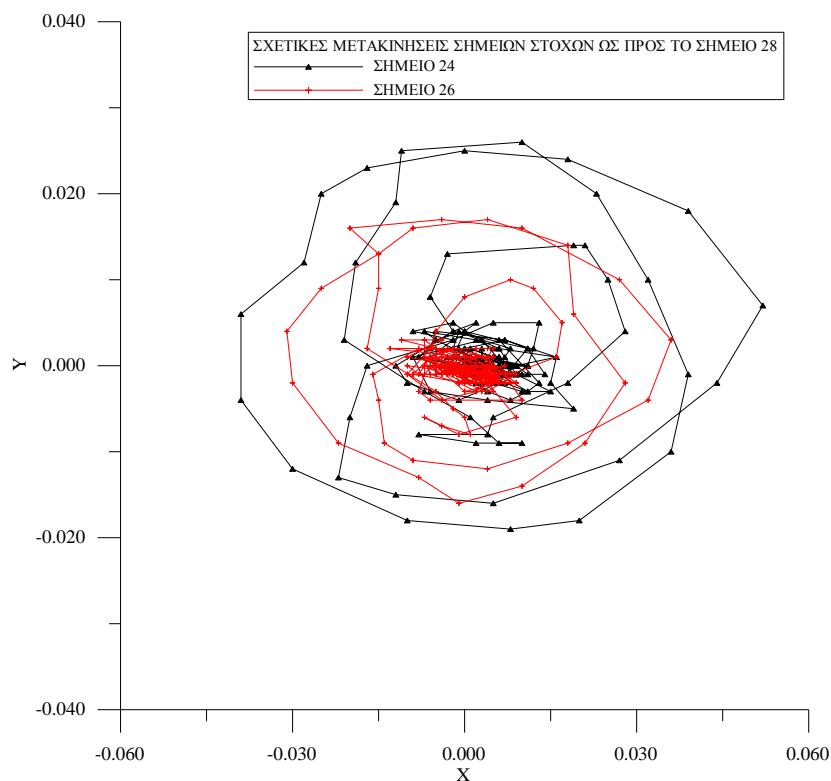
Σχήμα 62. Δοκιμή 5. Τροχιές σημείων βάσης, βάθρου και Ληκύθου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



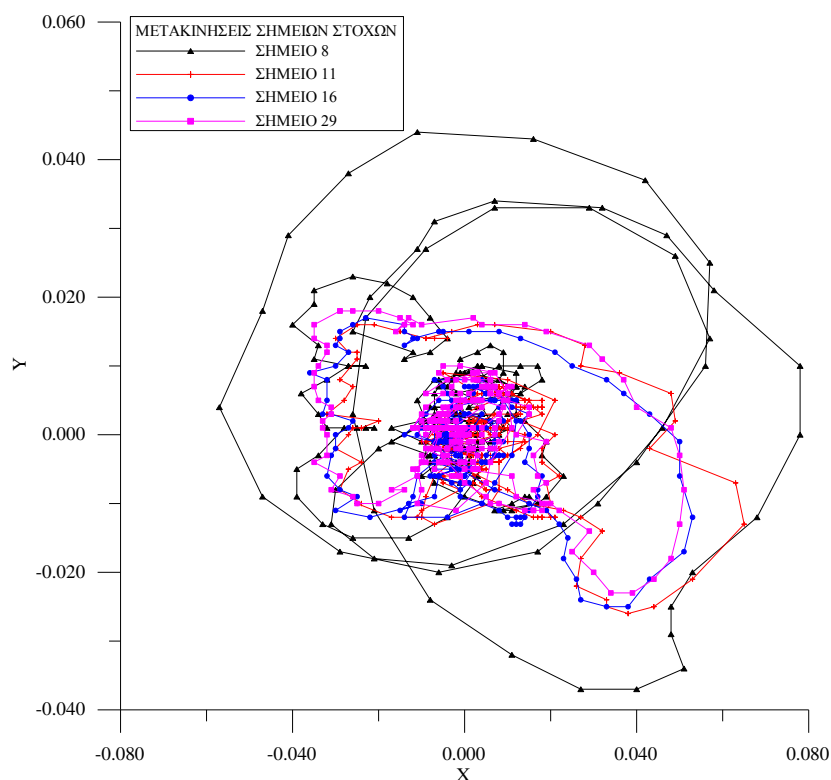
Σχήμα 63. Δοκιμή 5. Τροχιά σημείου 18 κορυφής Ληκύθου ως προς άνω σημείο βάθρου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



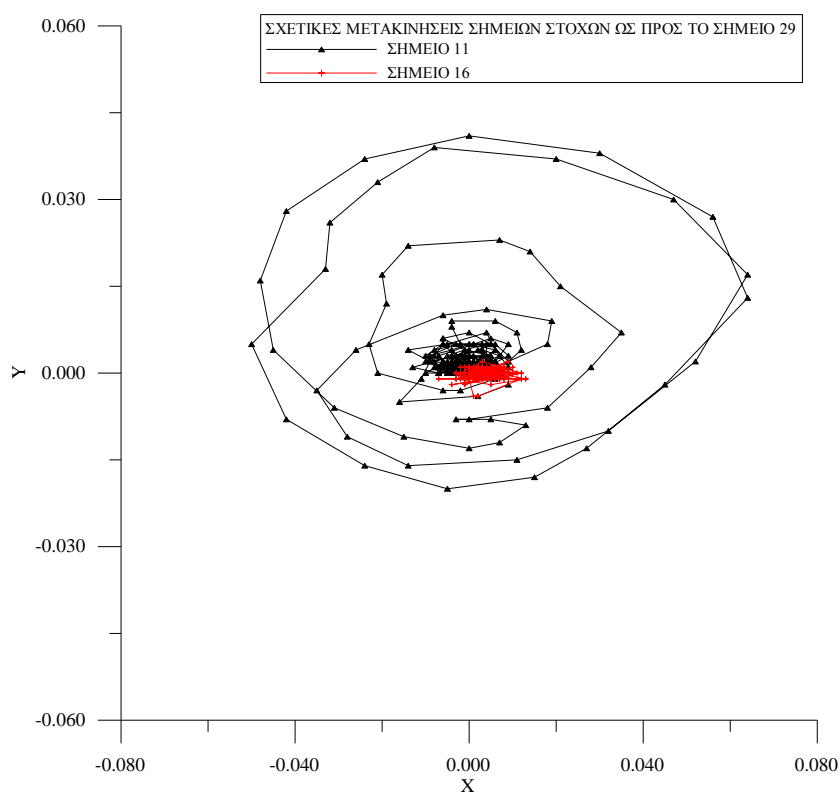
Σχήμα 64. Δοκιμή 12. Τροχιές σημείων βάσης και βάθρου Υγείας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



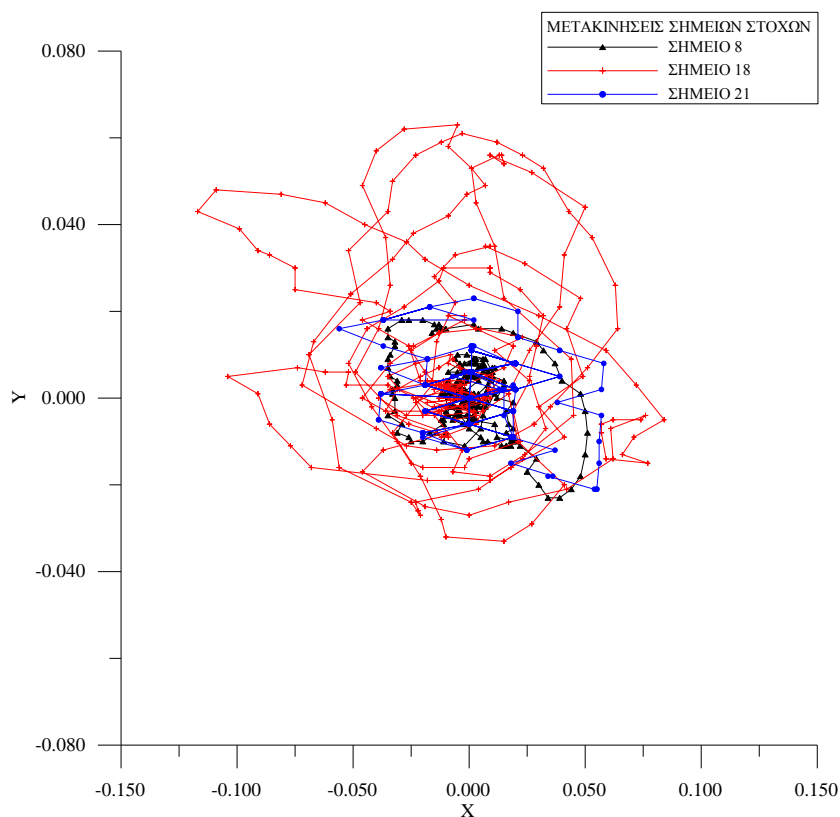
Σχήμα 65. Δοκιμή 12. Τροχιές σημείων βάθρου Υγείας ως προς κάτω άκρο βάθρου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



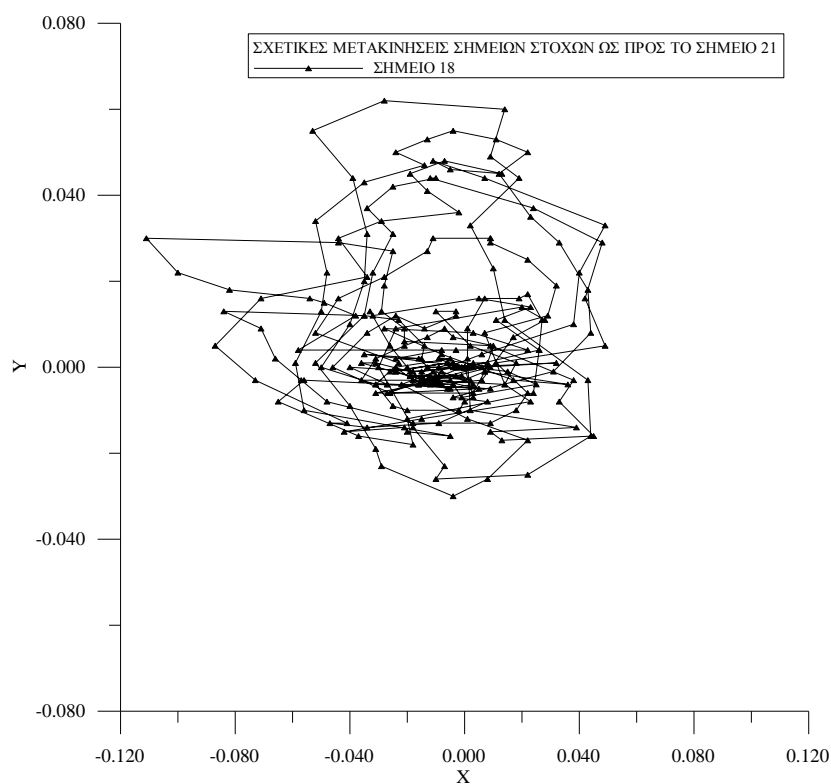
Σχήμα 66. Δοκιμή 12. Τροχιές σημείων βάσης, βάθρου και Πλάκας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



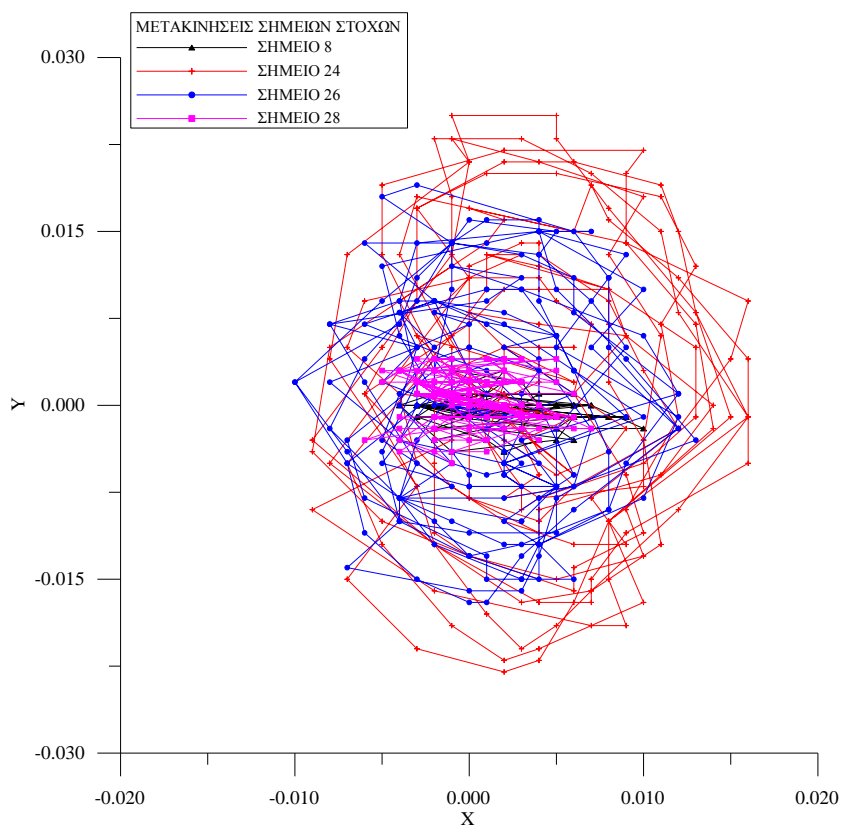
Σχήμα 67. Δοκιμή 12. Τροχιές σημείων άνω άκρων βάθρου και Πλάκας ως προς κάτω άκρο βάθρου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



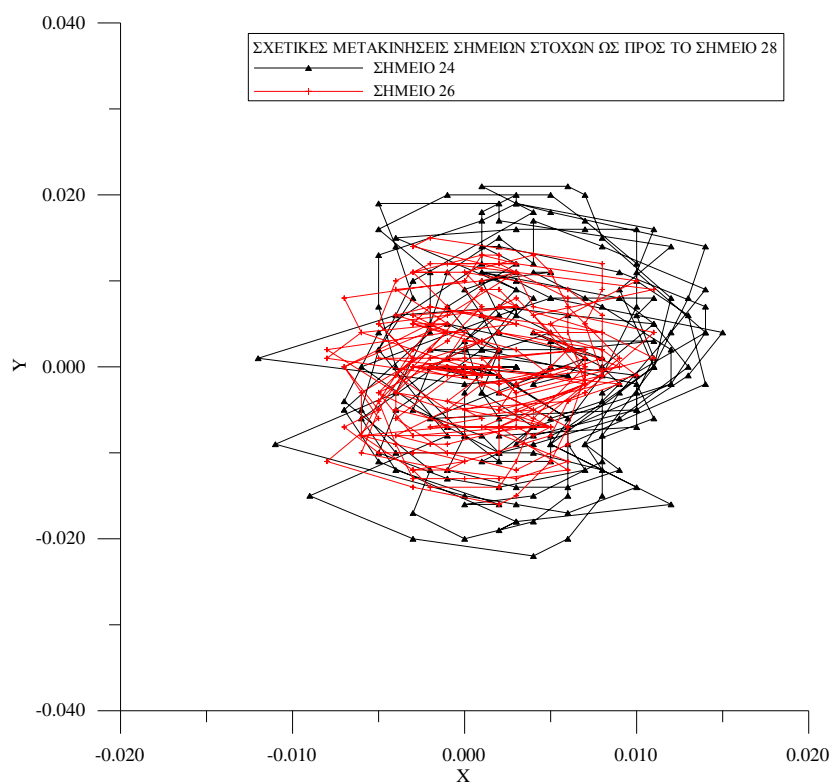
Σχήμα 68. Δοκιμή 12. Τροχιές σημείων βάσης και βάθρου Ληκύθου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



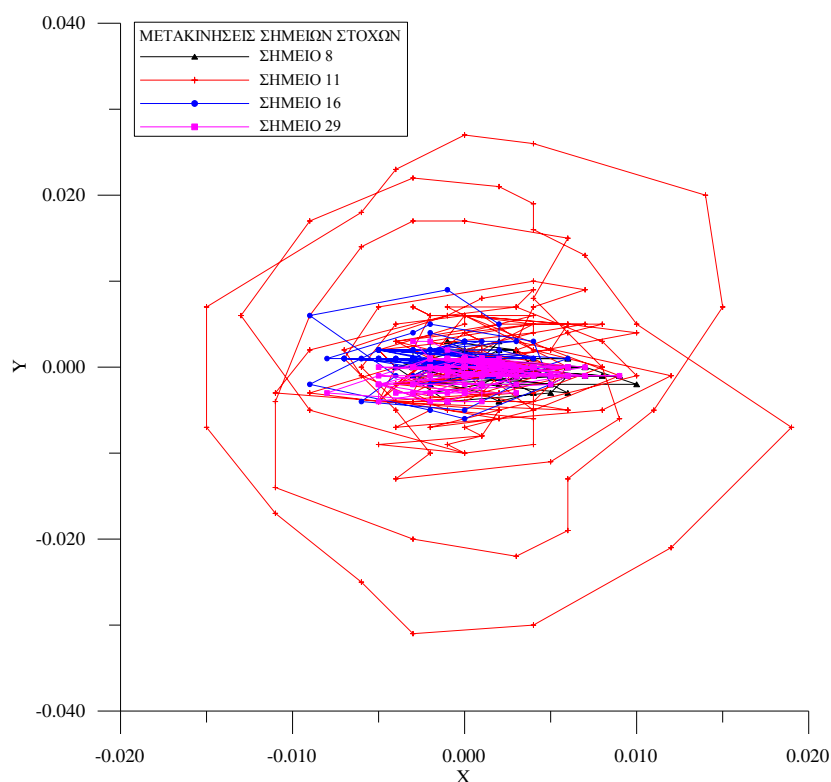
Σχήμα 69. Δοκιμή 12. Τροχιά άνω άκρου Ληκύθου ως προς άνω άκρο βάθρου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



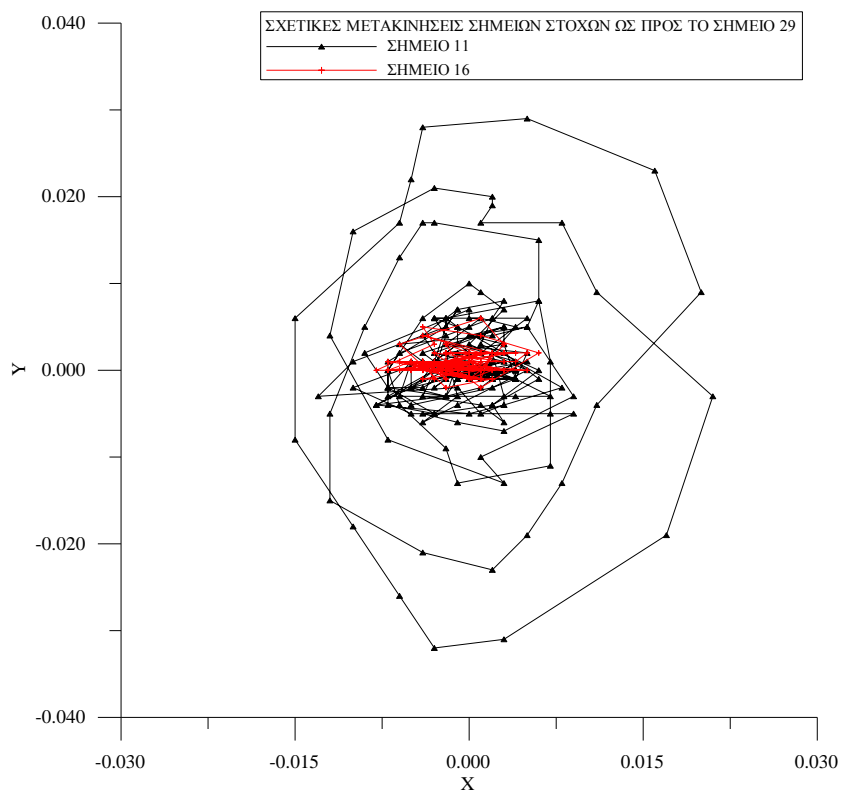
Σχήμα 70. Δοκιμή 15. Τροχιές σημείων βάσης και βάθρου Υγείας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο ΧΥ.



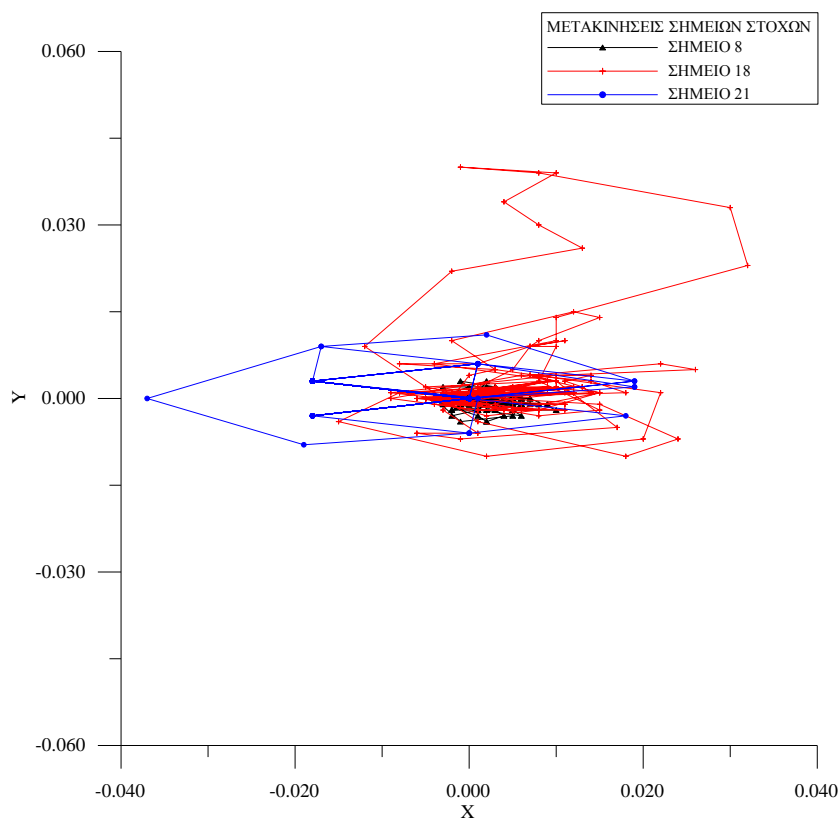
Σχήμα 71. Δοκιμή 15. Τροχιές σημείων βάθρου Υγείας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο ΧΥ.



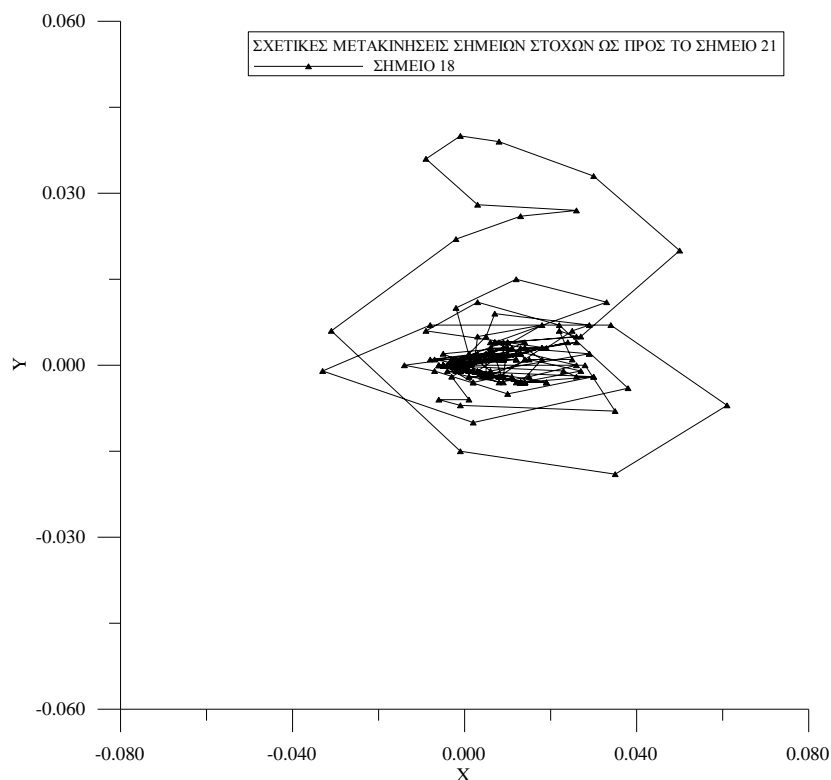
Σχήμα 72. Δοκιμή 15 Τροχιές σημείων βάσης βάθρου και Πλάκας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



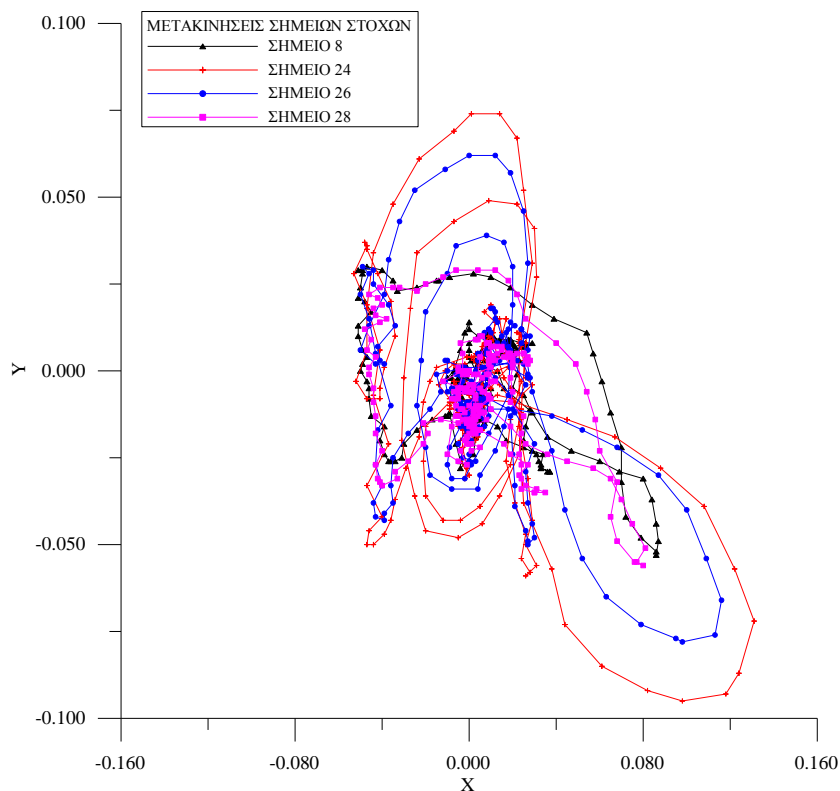
Σχήμα 73. Δοκιμή 15. Τροχιές σημείων άνω άκρων βάθρου και Πλάκας ως προς κάτω άκρο βάθρου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



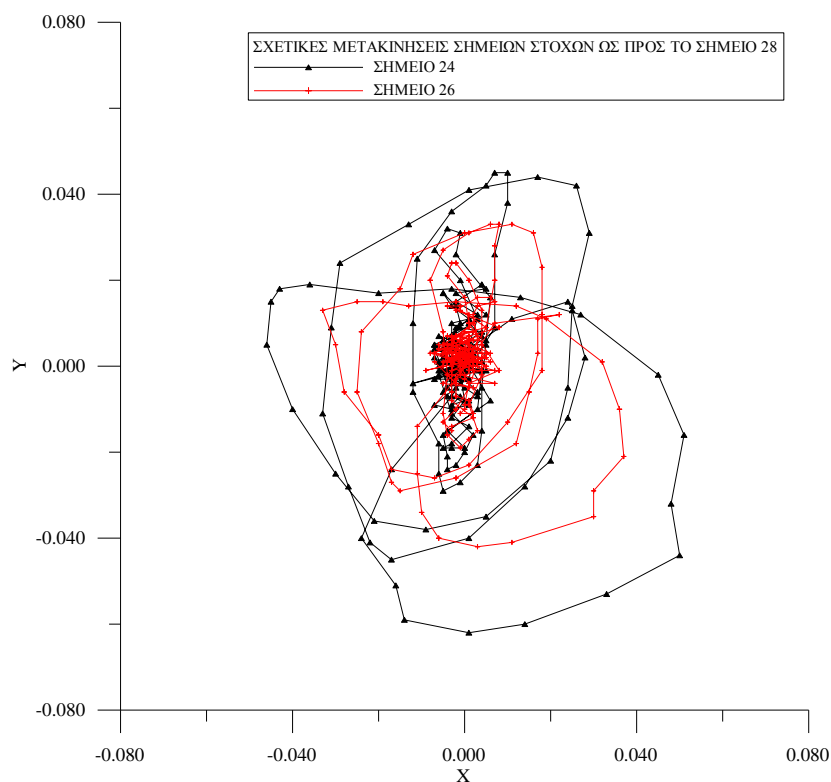
Σχήμα 74. Δοκιμή 15 Τροχιές σημείων βάσης, βάθρου και Ληκύθου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



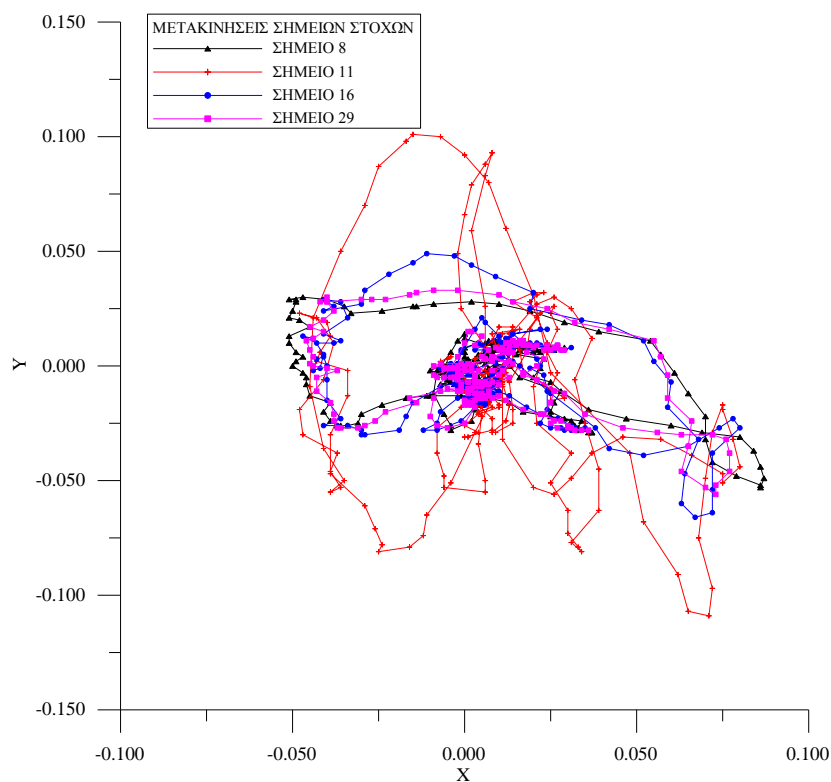
Σχήμα 75. Δοκιμή 15. Τροχιά άνω άκρου Ληκύθου ως προς άνω άκρο βάθρου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



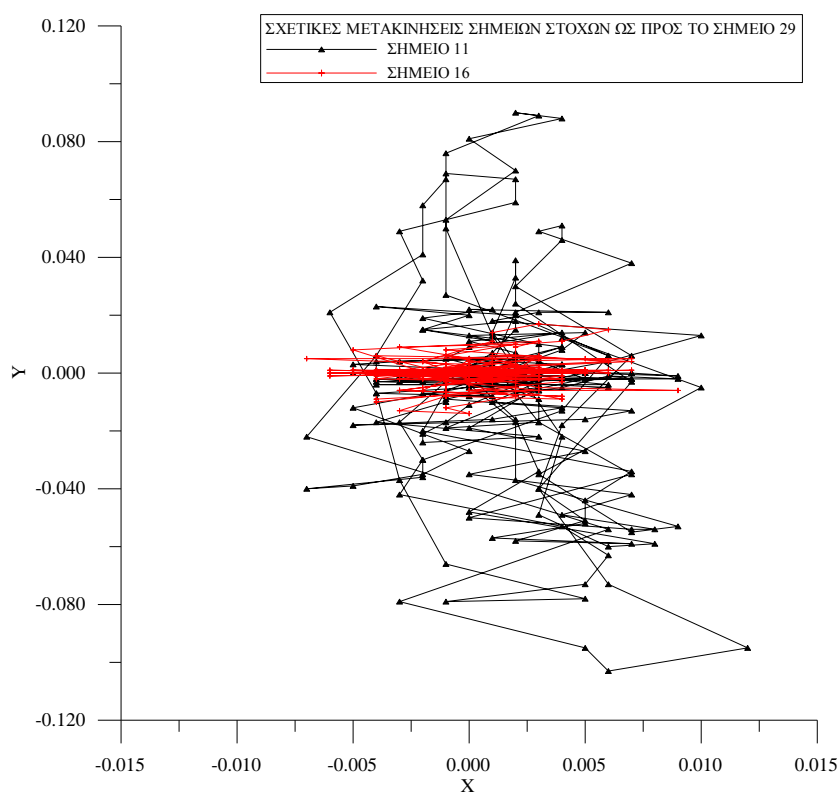
Σχήμα 76. Δοκιμή 17. Τροχιές σημείων βάσης βάθρου Υγείας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



Σχήμα 77. Δοκιμή 17. Τροχιές σημείων βάθρου Υγείας ως προς κάτω άκρο βάθρου. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



Σχήμα 78. Δοκιμή 17. Τροχιές σημείων βάσης, βάθρου και Πλάκας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.



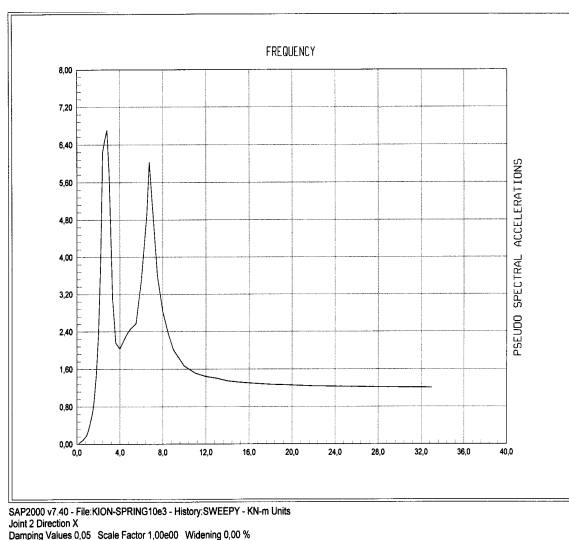
Σχήμα 79. Δοκιμή 17. Τροχιές άνω άκρων βάθρου και Πλάκας. Προβολή στο οριζόντιο επίπεδο XY.

4.4. Σύγκριση με δεδομένα ανάλυσης.

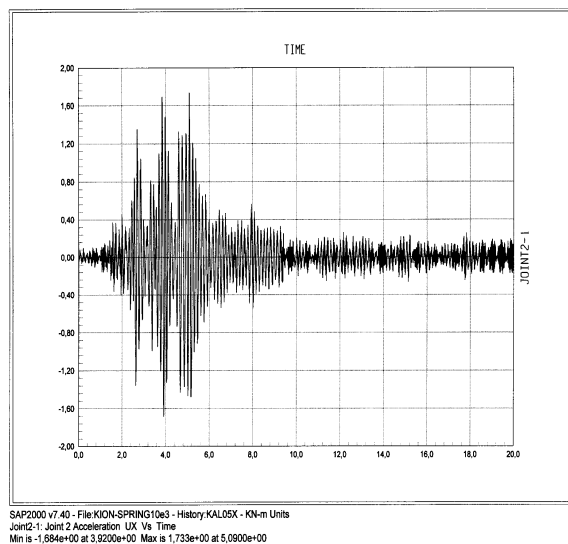
Όπως ήδη αναφέραμε ο λικνισμός των βάθρων και των εκθεμάτων δεν ξεκινάει για την επιτάχυνση βάσης που προβλέπεται από τη θεωρία ($\gamma > a_g$ όπου a η αναλογία του αντικειμένου). Για να προσομοιώσουμε την συμπεριφορά που παρατηρήσαμε πειραματικά, θεωρήσαμε, για ένα από τα αντικείμενα (βάθρο κεφαλής Υγείας), ένα στροφικό ελατήριο στην κάτω έδρα⁷. Η σταθερά του ελατηρίου προσδιορίστηκε με διαδοχικές δοκιμές (επίλυση με πρόγραμμα SAP2000n για χρονοϊστορία επιτάχυνσης βάσης), έτσι ώστε το φάσμα απόκρισης στο άνω σημείο του βάθρου να έχει τη μορφή της συνάρτησης μεταφοράς, που προσδιορίστηκε πειραματικά. Το φάσμα του σχ. 80 έχει πράγματι τη μορφή του διαγράμματος του σχ. 10. Στο σχ. 81 δίνεται η χρονοϊστορία της επιτάχυνσης στο άνω άκρο του βάθρου για το σεισμό της δοκιμής 12, όπως υπολογίστηκε αριθμητικά, και στο σχ. 82 η σύγκρισή της με την αντίστοιχη χρονοϊστορία του πειράματος.

Η διαφορά τόσο στα χαρακτηριστικά της απόκρισης, όσο και στα μεγέθη της αναπτυσσόμενης επιτάχυνσης είναι πολύ σημαντική. Ακόμα μεγαλύτερες είναι οι διαφορές που παρατηρούνται ανάμεσα στο προσομοίωμα και το φυσικό ομοίωμα στις μετακινήσεις (είναι πολύ μεγαλύτερες στο πείραμα).

Ο λόγος της διαφοράς είναι προφανώς η διαφορετική φύση της λικνιστικής απόκρισης από την ελαστική συμπεριφορά του βάθρου. Στην πρώτη η ροπή επαναφοράς μειώνεται όσο αυξάνεται η μετακίνηση (στροφή) του βάθρου, στη δεύτερη αυξάνεται όσο αυξάνεται η μετακίνηση.

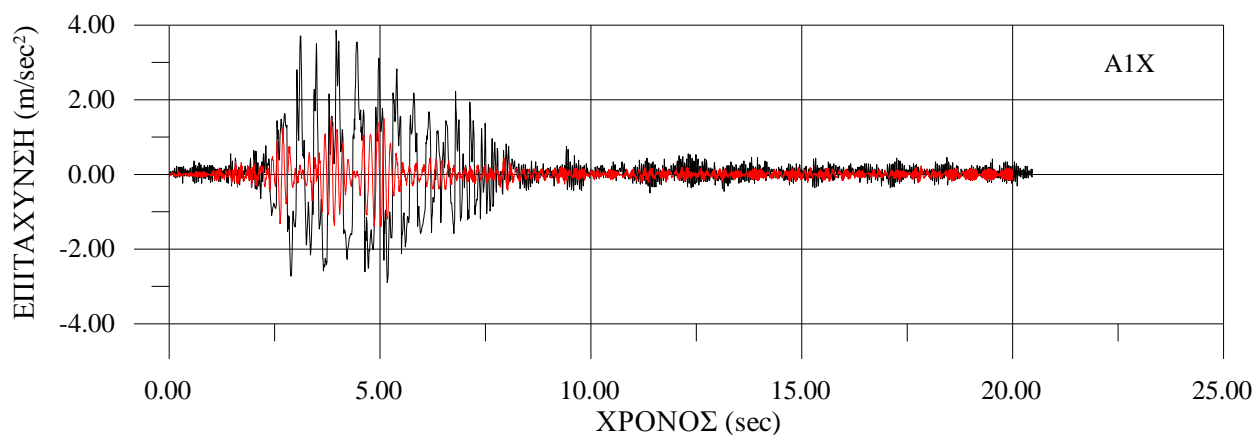


Σχ. 80. Φάσμα απόκρισης στο άνω άκρου προσομοιώματος βάθρου κεφαλής με στροφικό ελατήριο στο κάτω άκρο. Ημιτονική διέγερση X. Επίλυση με πρόγραμμα SAP 2000n.



Σχ. 81. Χρονοϊστορία επιταχύνσεων στο άνω άκρο προσομοιώματος βάθρου κεφαλής με στροφικό ελατήριο στο κάτω άκρο. Δοκιμή 12 (Σεισμός Καλαμάτας 50%). Επίλυση με SAP 2000n.

⁷ Αντίστοιχη επίλυση έγινε από τον Κ. Παπαντωνιωνόπουλο, Βλ. Παπαντωνόπουλος, Κ. "Αρχαία Μνημεία υπό Σεισμική Δράση", Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα 2000, σ. 3.14 – 3.18.



Σχ. 82. Σύγκριση απόκρισης σημείου A1X βάθρου Υγείας με απόκριση προσομοιώματος με ιδεατό στροφικό ελατήριο στην κάτω έδρα του βάθρου ($K=300 \text{ kNm/m}$). Δοκιμή A12. (Σεισμός Καλαμάτας 50% XYZ).

Η αναλυτική πρόβλεψη της συμπεριφοράς των ελευθέρως εδραζομένων σωμάτων με ταυτόχρονη θεώρηση τόσο της λικνιστικής απόκρισης, όσο και των μικροανωμαλιών των επαφών, έτσι ώστε να λαμβάνεται υπ' όψιν το φαινόμενο του συντονισμού, είναι αντικείμενο ενός άλλου ερευνητικού προγράμματος.

5. Συμπεράσματα

Από τη μελέτη των καταγραφών των επιταχύνσεων και των μετακινήσεων του δοκιμίου προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η λικνιστική απόκριση των ελευθέρως εδραζομένων σωμάτων είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στις ανωμαλίες των επιφανειών έδρασης, ακόμα και όταν είναι απειροελάχιστες. Σημειώνεται ότι στο πείραμά μας η μαρμάρινη επιφάνεια της βάσης ήταν επιπεδωμένη και λειασμένη με μεγάλη επιμέλεια και τα ελάσματα των κάτω εδρών των βάθρων ήταν κατεργασμένα σε μηχανουργική πλάνη. Εν τούτοις αποδείχτηκε για μια ακόμη φορά ότι τα ελεύθερα εδραζόμενα σώματα δε συμπεριφέρονται ως απολύτως στερεά, δηλαδή να αρχίζουν να λικνίζονται όταν η επιτάχυνση βάσης ως ποσοστό του g ξεπεράσει την αναλογία του συστήματος (λόγος διάστασης έδρας προς ύψος), αλλά αποκρίνονται για μικρότερες διεγέρσεις.
- Παρατηρείται ότι αντίθετα με τη θεωρία του λικνισμού των απολύτως στερεών υπάρχει μια «ψευδοϊδιοπερίοδος» εξαρτώμενη από τις διαστάσεις του συστήματος και τις μικροανωμαλίες των εδρών, με αποτέλεσμα το σύστημα να παρουσιάζει φαινόμενα συντονισμού (βλέπε καταγραφές για λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων).
- Λόγω του λικνισμού παρατηρείται μεγάλη ενίσχυση της κίνησης στην κορυφή των βάθρων και ακόμη μεγαλύτερη στα ανώτερα σημεία των εκθεμάτων (βλ. σχ. 6-9). Το φαινόμενο ήταν ιδιαίτερος έντονο στην περίπτωση της ληκύθου, όπου παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη ενίσχυση μεταξύ σεισμικού προσομοιωτήρα – βάθρου σε όλες τις δοκιμές και στις δύο φάσεις.
- Η επιρροή των μικροανωμαλιών των εδρών έχει ως συνέπεια μεγάλες διαφορές στην απόκριση για επαναλαμβανόμενη ίδια διέγερση. Η διαφορές αυτές αναφέρονται τόσο στο εύρος όσο και στο περιεχόμενο συχνοτήτων.
- Για τους ανωτέρω λόγους δεν μπορεί να γίνει με τις διαθέσιμες αναλυτικές μεθόδους η πρόβλεψη της απόκρισης των συστημάτων αυτών σε σεισμό. Η αριθμητική πρόβλεψη με τη μέθοδο των διακριτών στοιχείων (προγράμματα UDEC και 3DEC) πάσχει κατά το ότι δεν λαμβάνει υπ' όψιν τη σημαντική επιρροή των πραγματικών συνθηκών έδρασης (μικροανωμαλίες, φθορές κλπ), ενώ η προσομοίωση με στροφικό ελατήριο των πραγματικών συνθηκών βάσει των πειραματικών δεδομένων δεν μπορεί να αποδώσει την πραγματική κίνηση λόγω της μη γραμμικότητας της λικνιστικής απόκρισης.
- Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων καταγράφηκαν μεγάλες μετακινήσεις των σημείων των βάθρων και των εκθεμάτων προς όλες τις διευθύνσεις, ακόμα και στις περιπτώσεις που η διέγερση ήταν προς μια μόνο διεύθυνση. Η μικρή παραμένουσα μετακίνηση στο τέλος κάθε δοκιμής δεν υποδηλώνει τις μεγάλες μετακινήσεις οι οποίες εκδηλώθηκαν κατά τη διάρκεια της σεισμικής διέγερσης σε όλα τα εκθέματα.

- Ο λικνισμός έχει ως αποτέλεσμα τη στιγμιαία συγκέντρωση τάσεων σε περιοχές του περιγράμματος των εδρών. Στα μεν βάθρα δεν παρουσιάστηκε καμία φθορά λόγω της παρεμβολής των ελασμάτων και της σκοτίας. Παρουσιάστηκαν όμως απολεπίσεις στα περιγράμματα των εκθεμάτων.

- Το σύστημα στερέωσης αποδείχτηκε πολύ αποτελεσματικό ακόμη και για ακραίες καταπονήσεις. Στην πρώτη φάση των δοκιμών κατέρρευσε η λήκυθος για καταπόνηση με το 70% του σεισμού της Καλαμάτας. Μετά την επαναδιαστασιολόγηση του πείρου (διάμετροι Φ12/9 mm έναντι Φ8/6 αρχικώς), η λήκυθος, όπως και τα άλλα εκθέματα, άντεξαν τις ακραίες καταπονήσεις του 110% του σεισμού της Καλαμάτας, του σεισμού των Αθηνών και του τεχνητού σεισμού. Κάμψη παρουσίασαν μετά την ολοκλήρωση των δοκιμών και οι πείροι της επιτύμβιας πλάκας.

Οι πρακτικές υποδείξεις που προκύπτουν από το παρόν ερευνητικό πρόγραμμα για την έκθεση αρχαιολογικών αντικειμένων σε υψίκورμα βάθρα είναι οι ακόλουθες:

- Η έκθεση αρχαιολογικών αντικειμένων σε υψίκورμα βάθρα ελευθέρως εδραζομένων στο δάπεδο με παρεμβολή πείρων, οι οποίοι επιτρέπουν ανεμπόδιο λικνισμό, είναι ασφαλής και επαρκής σε σεισμική καταπόνηση ακόμα και για πολύ μεγάλες καταπονήσεις.

- Για να είναι ανεμπόδιτος ο λικνισμός θα πρέπει οι πείροι να έχουν ελαφρώς κολουροκωνική μορφή, επαρκή διατομή και κατάλληλο μήκος προκειμένου να αποτρέπεται η ανατροπή σε περίπτωση ακραίων καταπονήσεων.

- Θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα πρακτικά μέτρα για τον περιορισμό στο ελάχιστο των ανωμαλιών των εδρών, δεδομένου ότι η απόκριση στο σεισμό επηρεάζεται σημαντικά από αυτές.

- Η διαμόρφωση σκοτίας στα κάτω άκρα των βάθρων και η παρεμβολή ελασμάτων με μηχανουργική επιπέδωση εξασφαλίζουν την προστασία των ευαίσθητων ακμών από απολεπίσεις κατά το λικνισμό. Αντίστοιχες προστατευτικές ταινίες ακμών είναι συνήθεις στην αρχαία οικοδομική (υποτομές).

- Θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας των ακμών του περιγράμματος των εδρών των αρχαιολογικών αντικειμένων. Η παρεμβολή ελασμάτων των οποίων το περίγραμμα βρίσκεται εντός του περιγράμματος της έδρας (εσοχή περίπου 1 cm) βοηθάει την προστασία των ακμών, μολονότι καθιστά το αντικείμενο ραδινότερο.

- Τα αρχαιολογικά αντικείμενα πρέπει να είναι καλοσυντηρημένα (συνδέσεις και συγκολλήσεις θραυσμάτων) και ιδίως τα υψηλότερα άκρα τους, δεδομένου ότι κατά το λικνισμό αναπτύσσονται μεγάλες αδρανειακές δυνάμεις, οι οποίες είναι δυνατό να έχουν καταστρεπτικές συνέπειες για το έκθεμα.

Τα συμπεράσματα, οι προτάσεις και η βάση δεδομένων του παρόντος ερευνητικού προγράμματος είναι πολύ χρήσιμα για το ΥΠΠΟ και τα εποπτευόμενα μουσεία. Ο ΟΑΣΠ θα μπορούσε να κοινοποιήσει προς το ΥΠΠΟ την τελική έκθεση του προγράμματος, προκειμένου να συνταχθούν οι σχετικές οδηγίες για την έκθεση αρχαιολογικών αντικειμένων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agabian M.S., Ginell W.S., Masri S., F. Nigbor R.L. “*Evaluation of Seismic Mitigation Measures for Museum Objects*”, Studies in Conservation, v.36 IIC, London, 1991, pp.111-120.
- Agabian, M.S., Masri S.F. Nigbor R.L., “*Evaluation of Seismic Mitigation Measures for Art Objects*”, Proceedings 4th National Conference on Earthquake Engineering, Palm Springs, CA May 20-24, 1990.
- Ahrens, D., “*Restoration of Stone Sculpture at the Munich Glyptothek*” Preprints, NY Conference on Stone and Wooden Objects, June 7-13, 1970, IIC 1971 pp.65-70.
- Barov Z. Faber C. Sennet R. “*The Development of an Earthquake Safe Mounting System for a Collection of Ancient Greek Vases*”, Preventive Conservation, Theory and Research, Preprints, Ottawa Congress 12-16 September 1994, IIC London, 1994 pp.233-237.
- Blume, J.A. “*The Mitigation and Prevention of Earthquake Damage to Artifacts*” Protecting Historic Architecture and Museum Collections from Natural Disasters (Barclay G. Jones, Ed.) Butterworths, 1986, pp.197-209.
- Bourgeois B., Boutaine, J.L., Rattoni, B., “*Radiographie et restauration de marbres antiques: l'exemple du Musée du Louvre*” 11th Triennial Meeting, ICOM - CC vol. II, Edinburgh, Sept.1-6, 1996, pp.793-797.
- Βοκοτοπούλου, Ι. “*Τα Νέα Αρχαιολογικά Μουσεία της Ηπείρου*”, Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών, τόμος 6, τεύχος 1, 1973, σσ. 73-81.
- Burnett - Grossman, J., Podany J., True, M., Eds, “*History of Restoration of Ancient Stone Sculpture*”s, The J. Paul Getty Myseum , Malibu, LA.,Oct.2001.
- Zambas, C. “*The Problem of the Parthenon's Earthquake Resistance*”, Proceedings of the 2nd International Meeting for the Restoration of the Acropolis Monuments, Athens 12-14 Sept. 1983, Athens 1986, pp. 127-183.
- Ζάμπας, Κ. «*Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος, τ. 3β*», Υπουργείο Πολιτισμού - Επιτροπή Συντηρήσεως Μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα 1994.
- Feilden, B.M, “*Between two Earthquakes*”, Cultural Property in Seismic Zone, ICCROM, Rome, 1987.
- Frel, J., “*Ancient repairs of archaic sculpture*”, Athens Annals of Archaeology, 15, No 2 (1982) pp.202-14.
- Frel, J. “*Reparations antiques*”, Athens Annals of Archaeology, 5, N° 1 (1973) pp.73-82.
- Housner, G. “*The behaviour of inverted pendulum structure during earthquakes*”, Bulletin of the Seismological Society of America, V.53, February 1963, pp. 403-417
- Garland, K. & Rogers, J. “*The disassembly and reassembly of an Egyptian limestone sculpture*”, Studies in Conservation, v.40, No 1, 1995, pp.1-9.
- Georgopoulos, A. Tournas, E. Mouzakis, H. Vougioukas, E. Carydis, P. “*Determination of seismic movements of monuments using stereoscopic video*”, Optical 3-D Measurement Techniques III (A. Gruen/H. Kahmen, eds), pp. 452-462.

Ginell, W.S. “*A pendulum-type base isolation system*”, First International Seminar on Modern Principles in Conservation and Restoration of Urban and Rural Cultural Heritage in Seismic-Prone Regions, Skopje, Yugoslavia October 17-22, 1988.

Goodman, R.E. Karzulvic, A. Podany J. “*The application of rock mechanics to the reassembly of a broken sculpture*”, Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites, Marinis & Koukis, Eds, 1988, pp.567-574.

Γιαλούρης, Ν. “*Το Νέο Μουσείο Ολυμπίας*”, Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών, τόμος 6, τεύχος 1, 1973, σσ.55-63.

Γιαλούρης, Ν. Τριάντη, Ι. “*Νέα Παρουσίαση του Ερμού του Πραξιτέλους στο Νέο Μουσείο Ολυμπίας*”, Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών, τόμος 6, τεύχος 1, 1973, σσ.263-70.

Dean, D. “*Museum Exhibition Theory and Practice*”, Routledge Press, London, 2000, pp. 39-60.

Δεσπίνης, Γ. “*Η επανέκθεσις των γλυπτών εις το Μουσείο Θεσσαλονίκης*”, Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών, έτος β!, Ν° 2, 1969, σσ. 173-81.

Carydis, P. G. Mouzakis, H. P. Papantonopoulos, C. Papastamatiou, D. Psycharis, I. N. Vougioukas, E. A. Zambas, C. “*Experimental and Numerical Investigations of the Earthquake Response of Classical Monuments*”, Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco 1996, Paper No 1388

Keene, S., “*Managing Conservation in Museums*”, Butterworths-Heinemann, London, 1996.

Κόκκου Α. “*Η μέριμνα για τις αρχαιότητες στην Ελλάδα και τα πρώτα Μουσεία*”, Ερμής, 1977.

Κόκκου Α. “*Τα πρώτα Ελληνικά Μουσεία. Η προβληματική γύρω από την ίδρυσή τους*” Θέματα Χώρου + Τέχνης 19, 1988.

Larson, J. “*The Conservation of a Marble group of Neptune and Triton by Gian Lorenzo Bernini*” Case Studies in the Conservation of Stone and Wall Paintings, Brommelle, N. & Smith, P., Eds, Bologna, Sept. 1986, pp. 22-26.

Μαλλούχου – Tufano Φ. “*Η αναστήλωση των αρχαίων μνημείων στη νεώτερη Ελλάδα 1834-1939*”, Βιβλιοθήκη της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας AP.176 Αθήνα, 1998, σσ. 272-93.

Miliadis, Yannis “*The New museum on the Acropolis*”, The Museums Journal (Museums Association) v.60, 1961, pp.299-306.

Ξενοπούλου, Σ. Καρακούρη, Α. Καψοκόλη, Ο. “*Οργάνωση, λειτουργία, περιβαλλοντικές παράμετροι στα Αρχαιολογικά Μουσεία, Το παράδειγμα του Μουσείου Κυκλαδικής τέχνης*”, Πτυχιακή εργασία Τ.Ε.Ι. Αθηνών, Αθήνα 1997.

Papastamatiou, D. Psycharis, I. Carydis, P. Papantonopoulos, C. Mouzakis, H. Lemos J.V. and Zambas, C. *“Monuments under seismic action – A numerical and experimental approach”*, Report No. NTUA/LEE-97/01, Laboratory for Earthquake Engineering, National Technical University, Athens, Greece (1997).

Παπαντωνόπουλος, Κ. *“Αρχαία Μνημεία υπό Σεισμική Δράση”*, Διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα 2000.

Πεντάζος, Ε. *“Το Μουσείο Κομοτηνής ”* Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών, Τόμος 6, Ν° 2, 1976, σσ. 180-90.

Podany J.C. *“Reassembly and protection of large-scale sculpture at the J. Paul Getty Museum: new applications of engineering techniques”* VIth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Torun, 12-14 Sept 1988, pp.663-672.

Podany J.C. *“Advances in the reassembly of large-scale sculpture at the J. Paul Getty Museum”* Recent Advances in the Conservation & Analysis of Artifacts, J. Black Ed., Univ. of London, Institute of Archaeology, Summer Schools Press, 1987, pp.375-83.

Proudfoot, T. *“An outline of the repair and maintenance of statuary in the care of the National Trust”* Case Studies in the Conservation of Stone and Wall Paintings, Brommelle, N. & Smith, P., Eds, Bologna, Sept. 1986, pp. 8-17.

Proudfoot, T. Rowell, C. *“The display and conservation of sculpture at Pentworth”* Sculpture Conservation – Preservation or interference? Lindley, P. Ed., Scholar Press 1997, pp.181-193.

Τουρνάς, Α. *“Ανάπτυξη ενός συστήματος Βιντεομετρίας για την παρακολούθηση δυναμικών φαινομένων”*, Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας - Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας, Μάρτιος 2003.

Tworek-Matuszkiewicz, B., *“The Flight of Brancusi Birds: De-Installation and Packing of two Marble Sculptures”*, Studies in Conservation, vol. 42, IIC, London, 1997, pp.101-106.

Χατζηανδρέου, Α. & Λαδόπουλος, Γ. *“Ραδιογράφιση στο άγαλμα του Ερμή”*, Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών, τόμος 6, τεύχος 1, 1973, σσ. 273-81.

Χουρμουζιάδης, Γ. *“Μουσείο Βόλου Επανέκθεση Αρχαιοτήτων”*, Αρχαιολογικά Ανάλεκτα εξ Αθηνών, Τόμος 9, Ν° 1, 1976, σσ. 1-13.