

Μέρος Β - Πειραματικό

1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

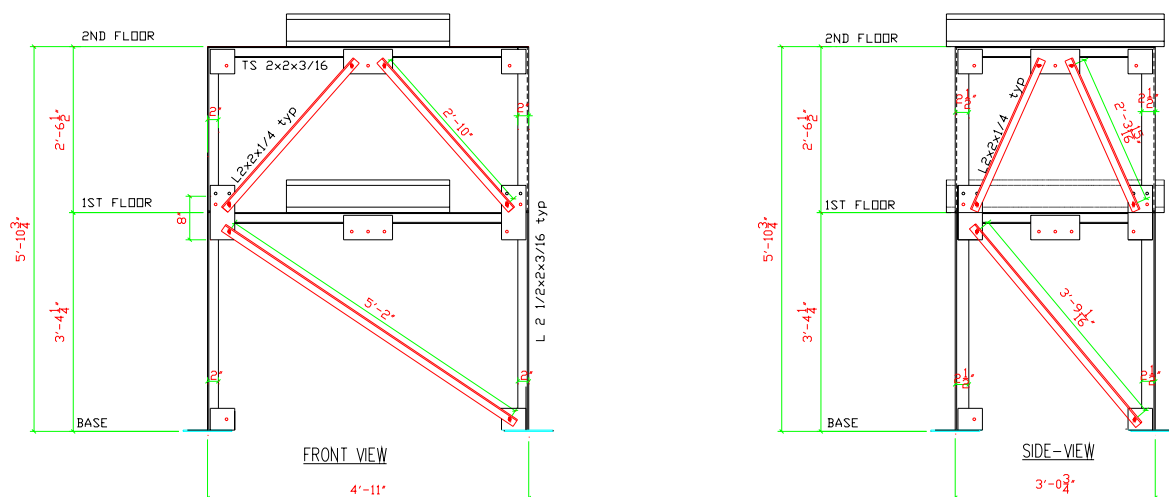
1.1 Σύστημα Σεισμικής Μόνωσης

Το σύστημα σεισμικής μόνωσης το οποίο εξετάστηκε στα πλαίσια του πειραματικού προγράμματος είναι το σύστημα εκκρεμούς τριβής (Friction Pendulum System ή FPS). Ο εξοπλισμός του συστήματος σεισμικής μόνωσης κατασκευάστηκε και προσφέρθηκε για αυτό το πρόγραμμα από την εταιρία EPS Inc. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα εφέδρανα FPS.



1.2 Πειραματική Διάταξη

Το δομικό ομοίωμα πολώροφου κτιρίου το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το πειραματικό πρόγραμμα είναι μια διώροφη μεταλλική κατασκευή υπό κλίμακα μηκών $\frac{1}{4}$. Το ομοίωμα σχεδιάστηκε έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει μια κατασκευή πραγματικής κλίμακας με τυπικές δυναμικές ιδιότητες όπως κατασκευάζονται σε πολλές περιοχές του κόσμου. Για τον σκοπό αυτό, μεταλλικοί σύνδεσμοι χρησιμοποιήθηκαν για να επιτευχθεί η επιθυμητή ιδιοπερίοδος του ομοιώματος. Οι νόμοι ομοιότητας για προσομοίωση τεχνητής μάζας της κατασκευής σε κλίμακα μηκών $\frac{1}{4}$ παρουσιάζονται στον Πίνακα 1-1.



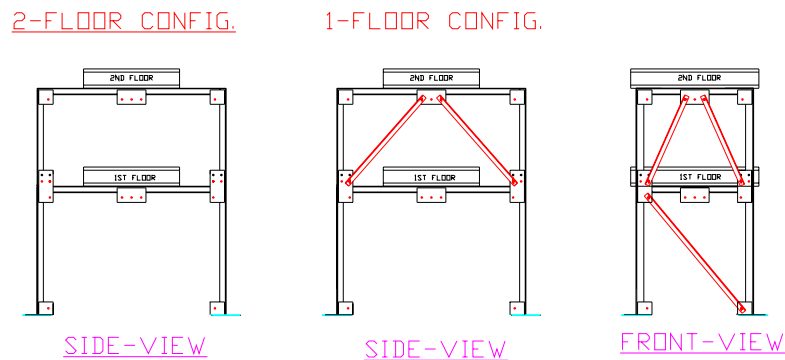
Σχήμα 1-1 Σχεδιαστικές Λεπτομέρειες του Δοκιμίου

Πίνακας 1-1 Νόμοι Ομοιότητας για προσομοίωση τεχνητής μάζας του Δοκιμίου σε κλίμακα μήκους $\frac{1}{4}$

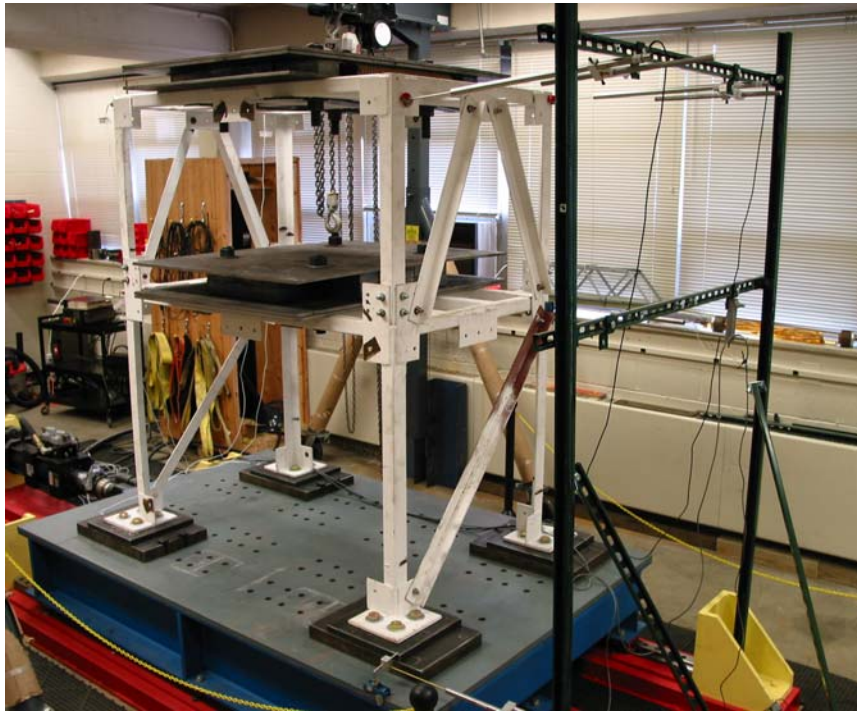
Παράμετρος	Συντελεστής Κλίμακας $f=(\text{Πραγματική Κλίμακα}/\text{Κλίμακα Μοντέλου})$	Συντελεστής Μετατροπής
Επιτάχυνση Βαρύτητας (g) (L/T^2)	1	1
Μήκος (L)	f_L	4
Χρόνος (T)	$(f_L)^{1/2}$	2
Υλικό-Μέτρο Ελαστικότητας (F/L^2)	f_E	1
Δύναμη (F)	$(f_E)(f_L)^2$	16
Επιτάχυνση (L/T^2)	1	1
Μετατόπιση (L)	f_L	4
Ταχύτητα (L/T)	$(f_L)^{1/2}$	2
Περίοδος (T)	$(f_L)^{1/2}$	2

1.3 Διάφοροι Τύποι Δοκιμών

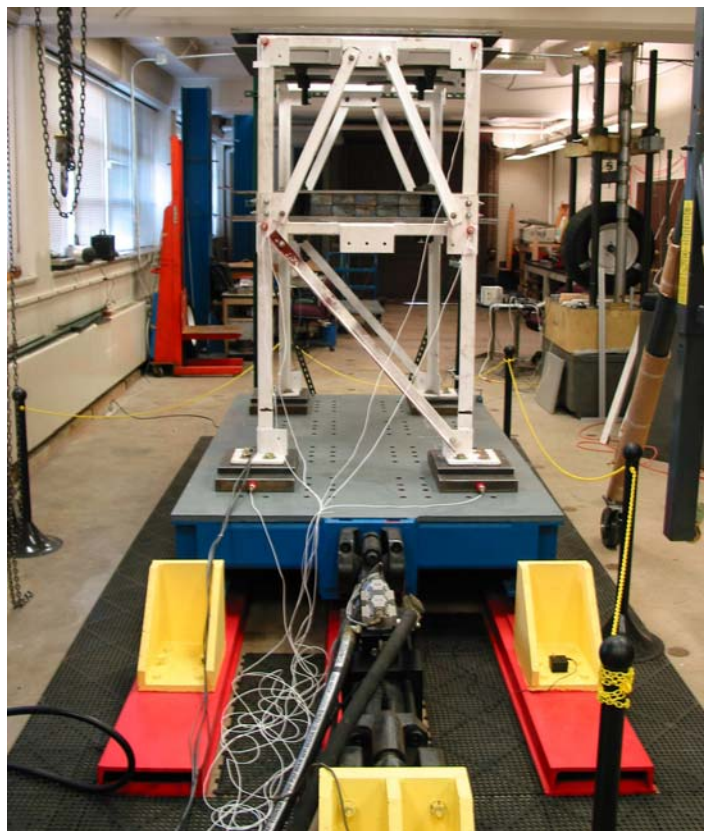
Το δώροφο δοκίμιο χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια του πειραματικού προγράμματος σε δύο διαφορετικούς τύπους. Κατά την πρώτη διάταξη, το δοκίμιο ελέγχθηκε χωρίς συνδέσμους και στους δύο ορόφους κατά την διεύθυνση της κίνησης της σεισμικής τράπεζας όπως εικονίζεται στο Σχήμα 1-2. Η διάταξη αυτή αντιστοιχεί σε ένα εύκαμπτο δώροφο δοκίμιο. Κατά την δεύτερη διάταξη, αφαιρέθηκαν οι σύνδεσμοι μόνο από τον πρώτο όροφο οδηγώντας σε ένα μονώροφο δοκίμιο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι σύνδεσμοι και στους δύο ορόφους κατά την διεύθυνση κάθετα στην κίνηση της σεισμικής τράπεζας (βλέπε FRONT VIEW στο Σχήμα 1-2) δεν αφαιρέθηκαν έτσι ώστε το δοκίμιο να διαθέτει επαρκή στρεπτική δυσκαμψία..



Σχήμα 1-2 Διάφοροι Τύποι Δοκιμών



Σχήμα 1-3 Πλάγια όψη του δοκιμίου (διαμόρφωση 2-ορόφων) πάνω στην σεισμική τράπεζα



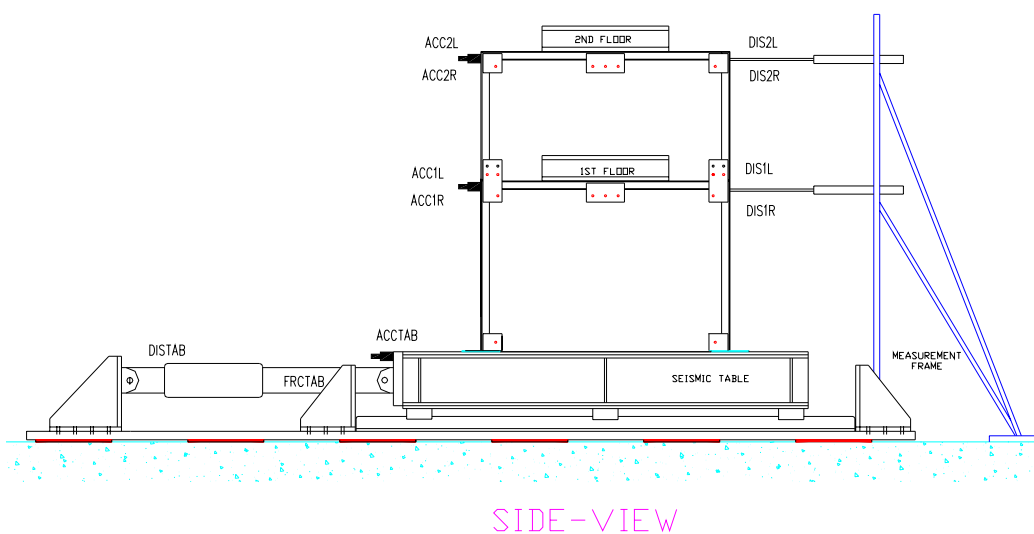
Σχήμα 1-4 Πρόσθια όψη του δοκιμίου μοντέλου πάνω στην σεισμική τράπεζα

1.4 Διάταξη Οργάνων

Στον ακόλουθο πίνακα περιλαμβάνει τα παρακολουθούμενα κανάλια κατά την διάρκεια του πειραματικού προγράμματος και την περιγραφή τους.

Πίνακας 1-2 Πίνακας Οργάνων (βλέπε Σχήμα 1-5)

Κανάλι #	Όργανο	Συμβολισμός	Περιγραφή
1	Επιταχυνσιογράφος $\pm 10g$	ACC2L	Οριζόντια Επιτάχυνση 2 ^{ου} Ορόφου Αριστερά
2	Επιταχυνσιογράφος $\pm 10g$	ACC2R	Οριζόντια Επιτάχυνση 2 ^{ου} Ορόφου Δεξιά
3	Επιταχυνσιογράφος $\pm 5g$	ACC1L	Οριζόντια Επιτάχυνση 1 ^{ου} Ορόφου Αριστερά
4	Επιταχυνσιογράφος $\pm 5g$	ACC1R	Οριζόντια Επιτάχυνση 1 ^{ου} Ορόφου Δεξιά
5	LVDT $\pm 6in$	DIS2L	Οριζόντια Μετακίνηση 2 ^{ου} Ορόφου Αριστερά
6	LVDT $\pm 6in$	DIS2R	Οριζόντια Μετακίνηση 2 ^{ου} Ορόφου Δεξιά
7	LVDT $\pm 2in$	DIS1L	Οριζόντια Μετακίνηση 1 ^{ου} Ορόφου Αριστερά
8	LVDT $\pm 2in$	DIS1R	Οριζόντια Μετακίνηση 1 ^{ου} Ορόφου Δεξιά
9	Επιταχυνσιογράφος $\pm 5g$	ACCTAB	Οριζόντια Επιτάχυνση Σεισμικής Τράπεζας
10	LVDT $\pm 3in$	DISTAB	Οριζόντια Μετακίνηση Σεισμικής Τράπεζας
11	LOAD CELL	FRCTAB	Οριζόντια Δύναμη Σεισμικής Τράπεζας



Σχήμα 1-5 Διάγραμμα διάταξης οργάνων

1.5 Προσδιορισμός Ιδιοτήτων Δοκιμίων

Ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων του δοκιμίου για τις διατάξεις 1-ορόφου και 2-ορόφων πραγματοποιήθηκε μέσω της χρήσης πειραματικών δεδομένων επιτάχυνσης του δοκιμίου κάτω από διέγερση λευκού θορύβου της βάσης. Από τις συναρτήσεις μεταφοράς (transfer functions) για τις διαμορφώσεις 1-ορόφου και 2-ορόφων (Σχήμα 1-6 και Σχήμα 1-7 αντίστοιχα) προσδιορίστηκαν οι ιδιοσυχνότητες, ιδιομορφές και ο βαθμός απόσβεσης των ιδιομορφών και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1-3.

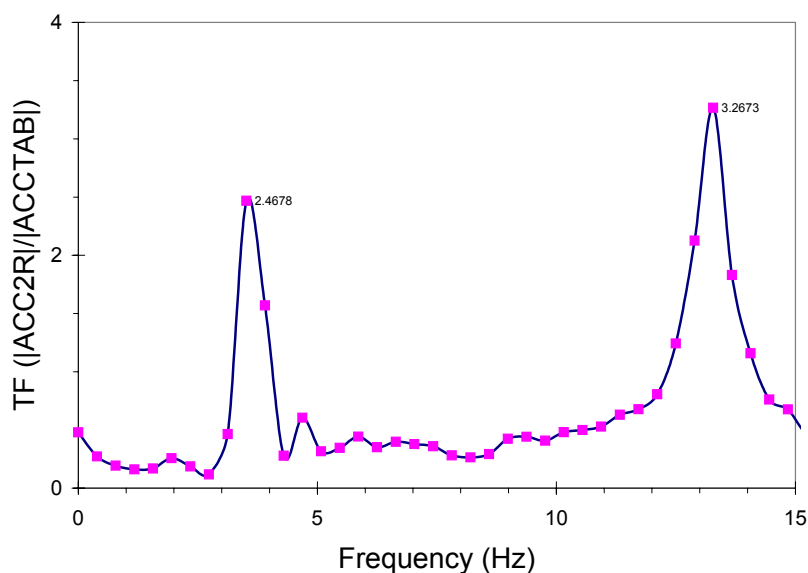
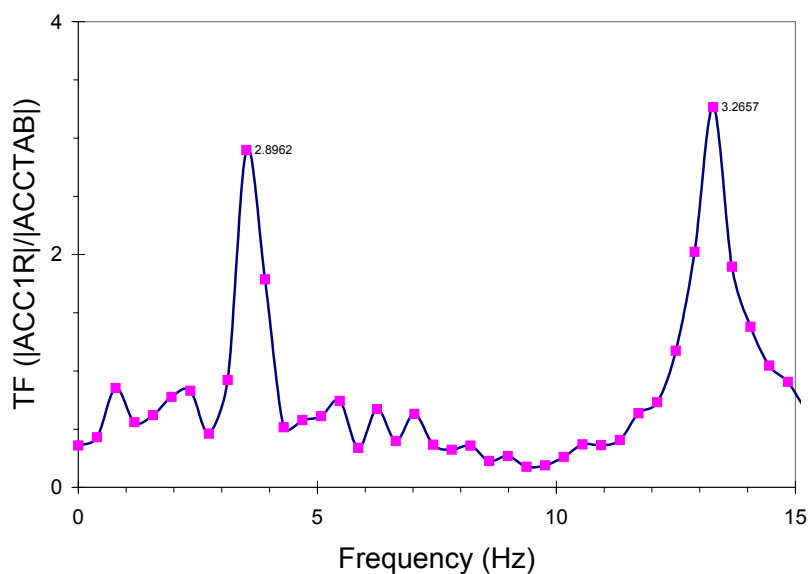
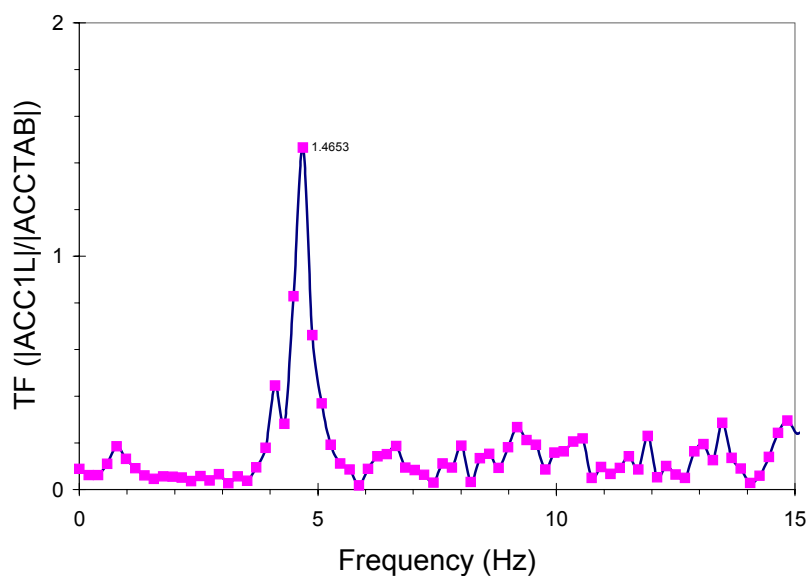


Figure 1-1 Συνάρτηση μεταφοράς επιτάχυνσης 2^{ου} ορόφου για την διαταξη 2-ορόφων



Σχήμα 1-7 Συνάρτηση μεταφοράς επιτάχυνσης 1^{ου} ορόφου για την διάταξη του διώροφου δοκιμίου χωρίς συνδέσμους



Σχήμα 1-8 Συνάρτηση μεταφοράς επιτάχυνσης της διάταξης 1-ορόφου (σύνδεσμοι στον δεύτερο όροφο)

Πίνακας 1-3 Δυναμικές ιδιότητες του δοκιμίου στις διάφορες διατάξεις όπως προκύπτουν από τις συναρτήσεις μεταφοράς των πειραματικών δεδομένων

		Διαμόρφωση 2-ορόφων		Διαμόρφωση 1-ορόφου
		1	2	1
	Αριθμός Ιδιομορφής	1	2	1
	Ιδιοσυχνότητα (Hz)	3.52	13.28	4.67
	Ιδιοπερίοδος (sec)	0.284	0.075	0.214
	Βαθμός Απόσβεσης (%)	1.14	0.87	1.39
Ιδιομορφή	Όροφος 2	1.0	1.207	-
	Όροφος 1	0.824	-1.0	-

1.6 Σεισμικές Διεγέρσεις

Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει την περιγραφή των αρχικών επιταχυνσιογραφημάτων τα οποία επιλέχθηκαν για αυτό τον πειραματικό έλεγχο. Λόγω περιορισμών στην ικανότητα επιβολής μετατοπίσεων και ταχυτήτων της σεισμικής τράπεζας το εύρος της επιτάχυνσης σε κάποιες από αυτές τις διεγέρσεις απομειώθηκε. Ο Πίνακας 2-1 παρουσιάζει την ισχύ των επιταχυνσιογραφημάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά το πειραματικό πρόγραμμα.

Πίνακας 1-4 Σεισμικές διεγέρσεις οι οποίες επιλέχθηκαν για το πειραματικό πρόγραμμα

Καταγραφή	Σεισμός	PGA (g)	PGV (in/sec)	PGD (in)
El-Centro S00E	Imperial Valley, May 18, 1940, M=6.7	0.341	13.17	4.3
NewHall 90	San Fernando, January 17, 1994, M=6.7	0.583	29.74	6.92
NewHall 360	San Fernando, January 17, 1994, M=6.7	0.590	38.29	14.99
Sylmar 90	San Fernando, January 17, 1994, M=6.7	0.843	30.78	6.38
Sylmar 360	San Fernando, January 17, 1994, M=6.7	0.604	51.06	12.87
Duzce 180	Kocaeli, August 17, 1999, M=7.4	0.312	23.15	17.37
Duzce 270	Kocaeli, August 17, 1999, M=7.4	0.358	18.27	6.93
Yarimca 060	Kocaeli, August 17, 1999, M=7.4	0.268	25.87	22.44
Yarimca 330	Kocaeli, August 17, 1999, M=7.4	0.349	24.45	20.06
Sakarya 090	Kocaeli, August 17, 1999, M=7.4	0.376	31.30	27.76

2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

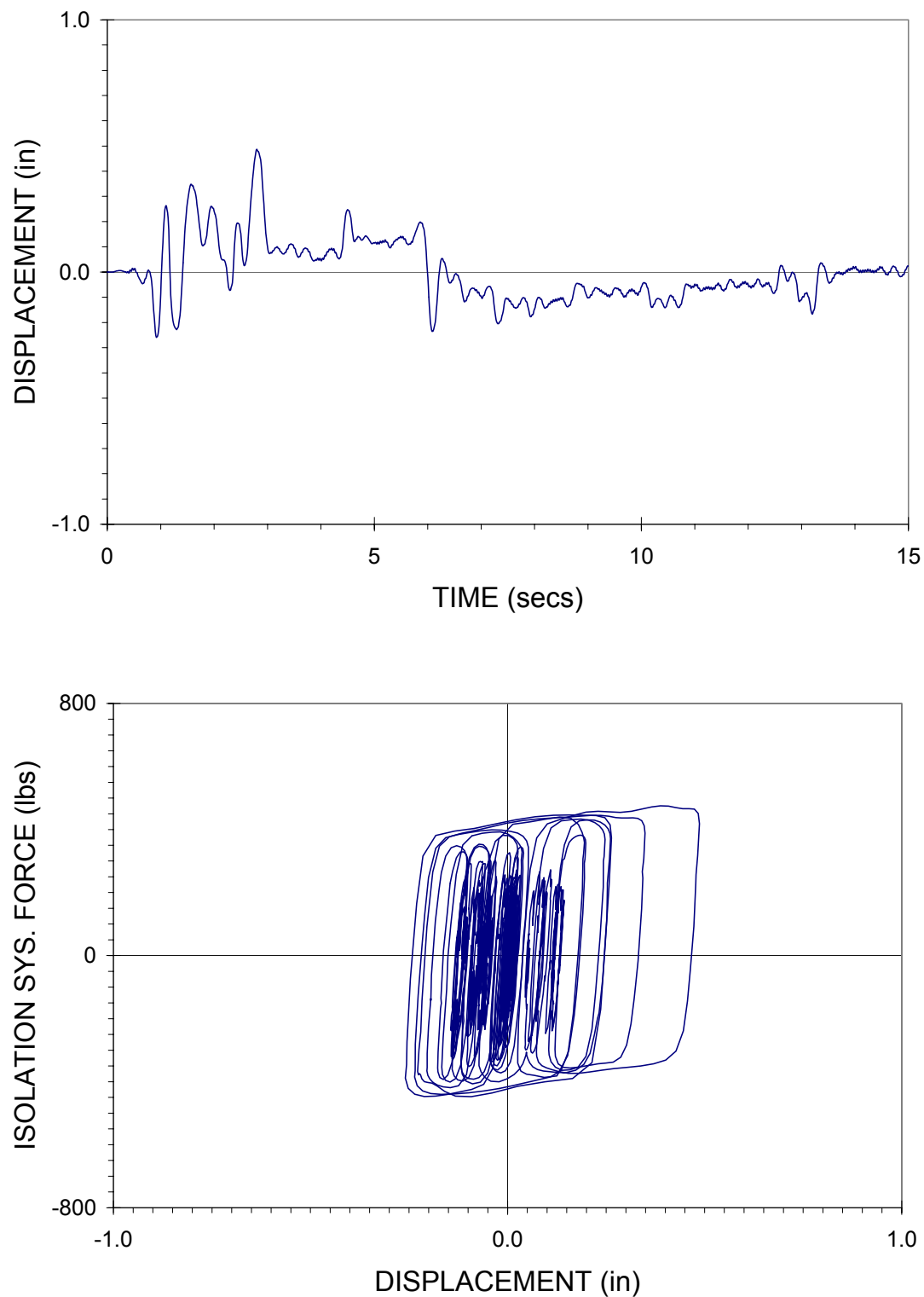
2.1 Διάταξη 2-Ορόφων

Μια περίληψη των πειραματικών αποτελεσμάτων για τις δέκα σεισμικές διεγέρσεις παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα αντιστοιχούν στην μέση τιμή των ενδείξεων δύο οργάνων τοποθετημένων στα αριστερά και τα δεξιά του δοκιμίου σε κάθε όροφο.

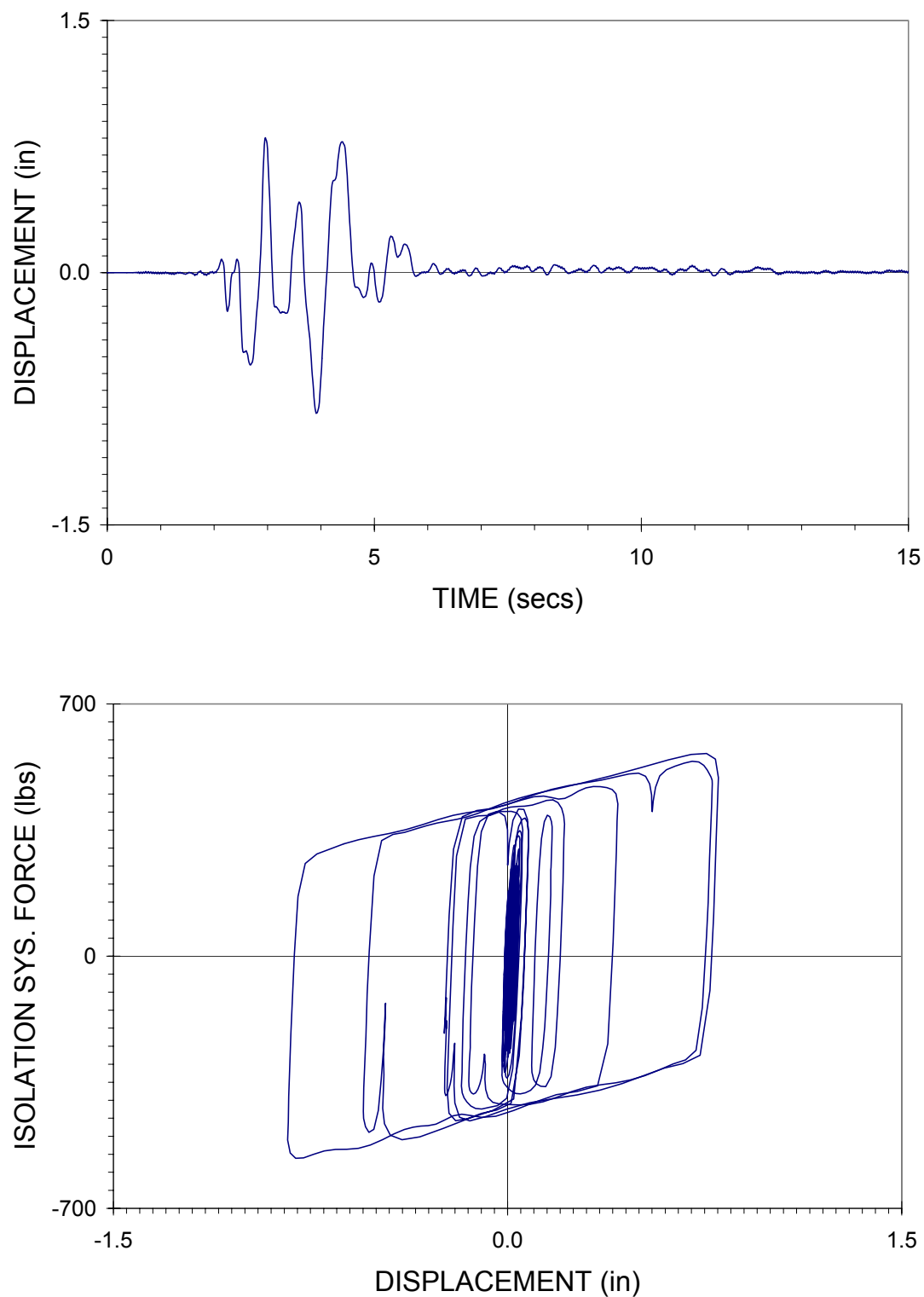
Πίνακας 2-1 Πειραματικά αποτελέσματα για τις τροποποιημένες σεισμικές διεγέρσεις

No.	Εφαφική Κίνηση	Βάση		2 ^{ος} Όροφος		1 ^{ος} Όροφος	
		Επιταχ. (g)	Μετακ. (in)	Επιταχ. (g)	Μετακ. (in)	Επιταχ. (g)	Μετακ. (in)
1	El-Centro S00E 100%	1.625	0.487	0.240	0.015	0.203	0.059
2	NewHall 90 100%	2.103	0.838	0.290	0.02	0.218	0.069
3	NewHall 360 60%	2.045	1.068	0.214	0.016	0.191	0.074
4	Sylmar 90 100%	1.899	1.885	0.279	0.019	0.249	0.092
5	Sylmar 360 50%	2.067	0.890	0.196	0.011	0.180	0.071
6	Duzce 180 100%	1.803	0.528	0.181	0.009	0.161	0.061
7	Duzce 270 100%	1.793	1.508	0.202	0.014	0.191	0.084
8	Yarimca 060 60%	1.509	0.216	0.138	0.010	0.127	0.053
9	Yarimca 330 60%	1.469	0.326	0.149	0.010	0.138	0.053
10	Sakarya 090 50%	1.353	0.131	0.143	0.009	0.124	0.049

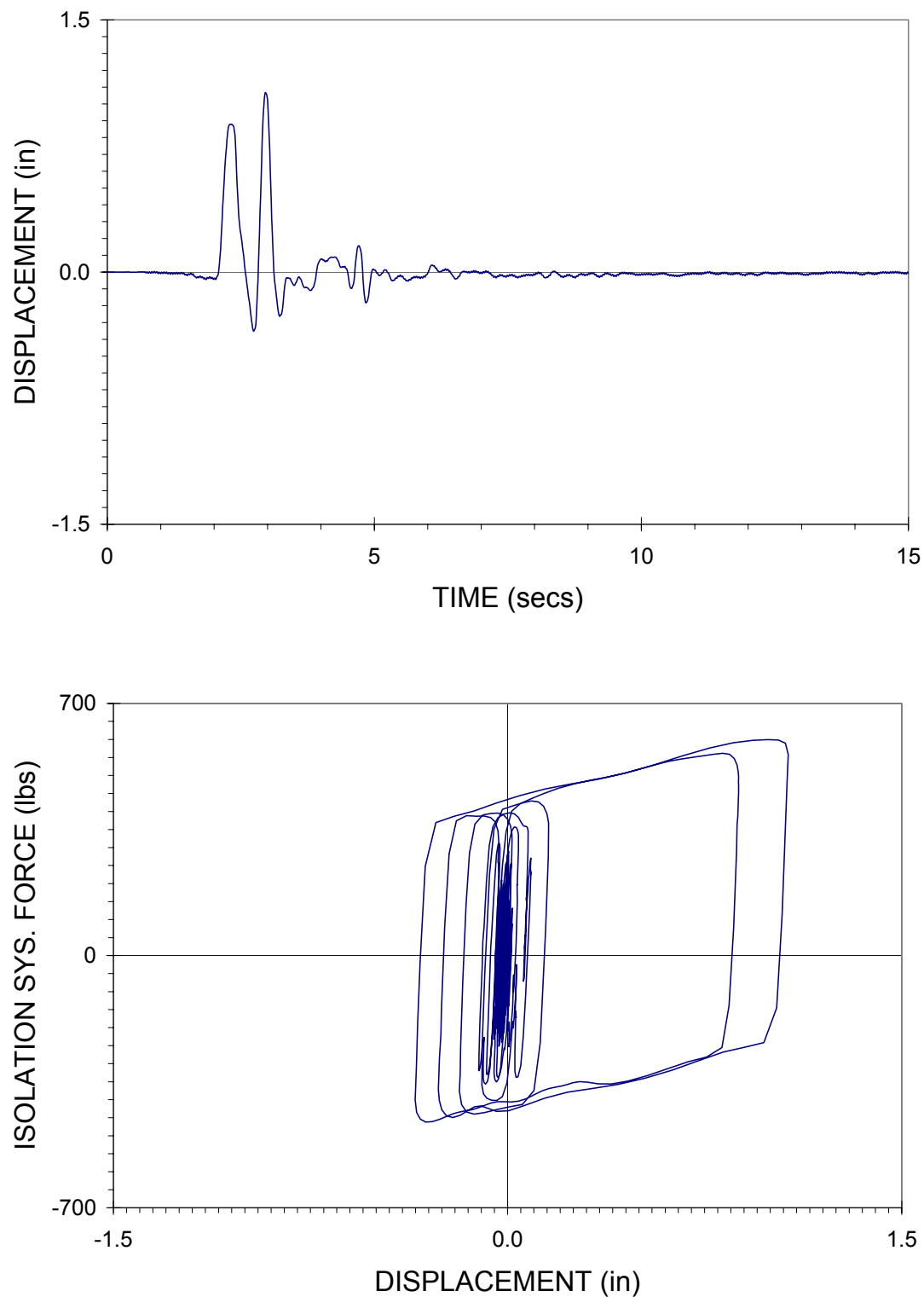
Τα Σχήματα 2-1 έως 2-10 παρουσιάζουν την απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης σε όρους μετακινήσεων και δυνάμεων. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι δυνάμεις του συστήματος σεισμικής μόνωσης προέκυψαν από τις μετρήσεις των επιταχύνσεων στους ορόφους του μοντέλου και την εκτίμηση των μαζών των ορόφων.



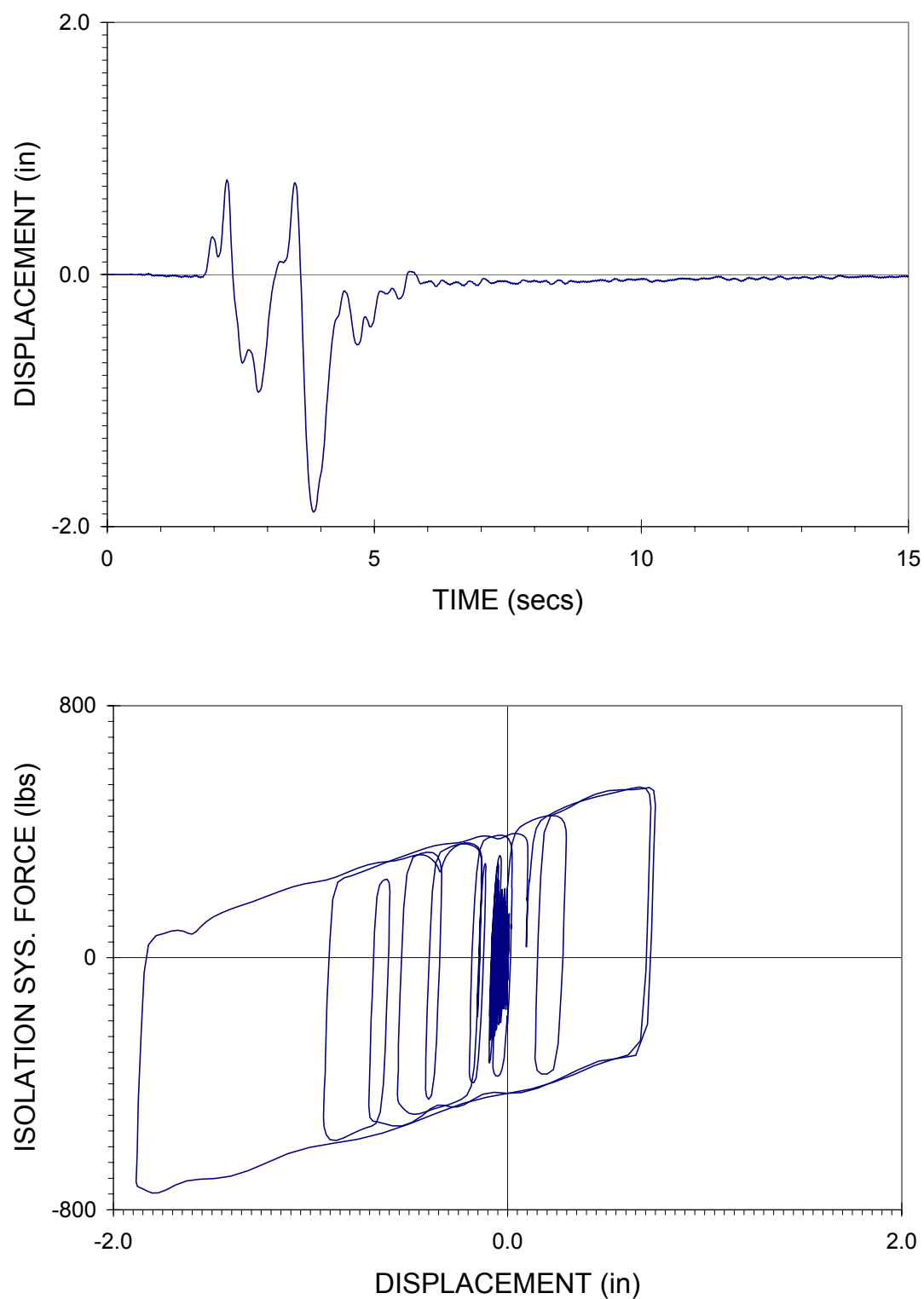
Σχήμα 2-1 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση El-Centro S00E 100%



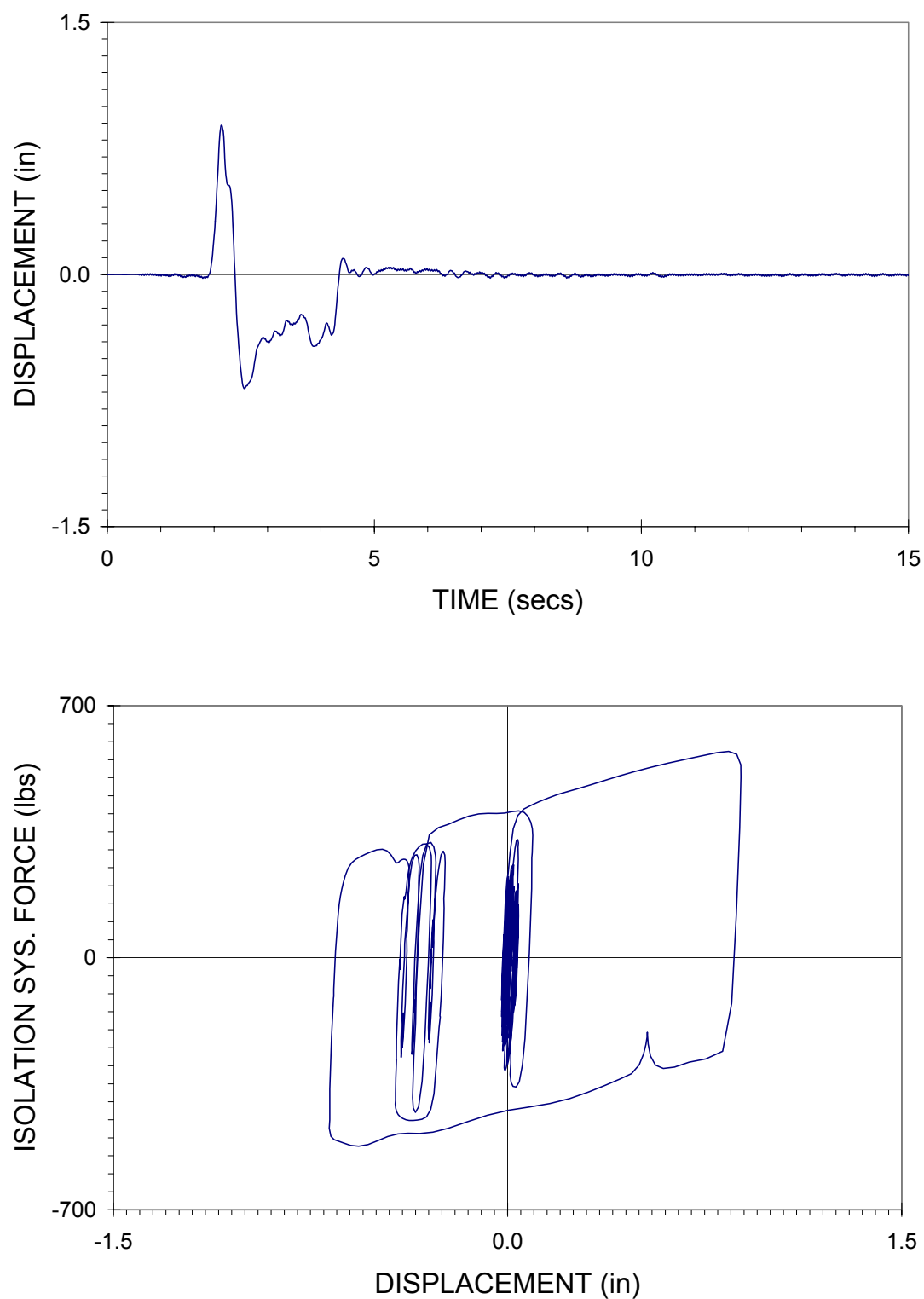
Σχήμα 2-2 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση NewHall 90 100%



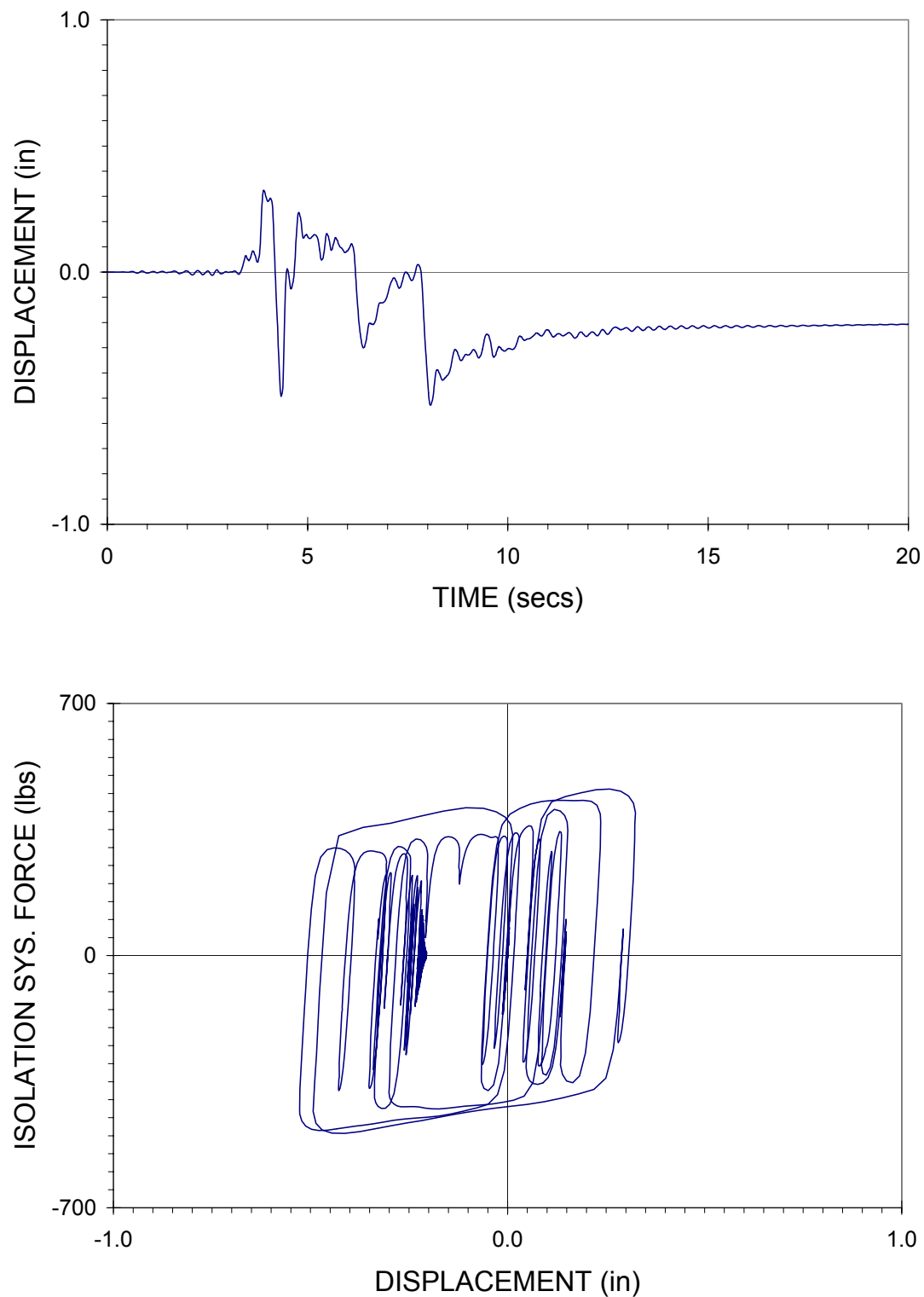
Σχήμα 2-3 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση NewHall 360 60%



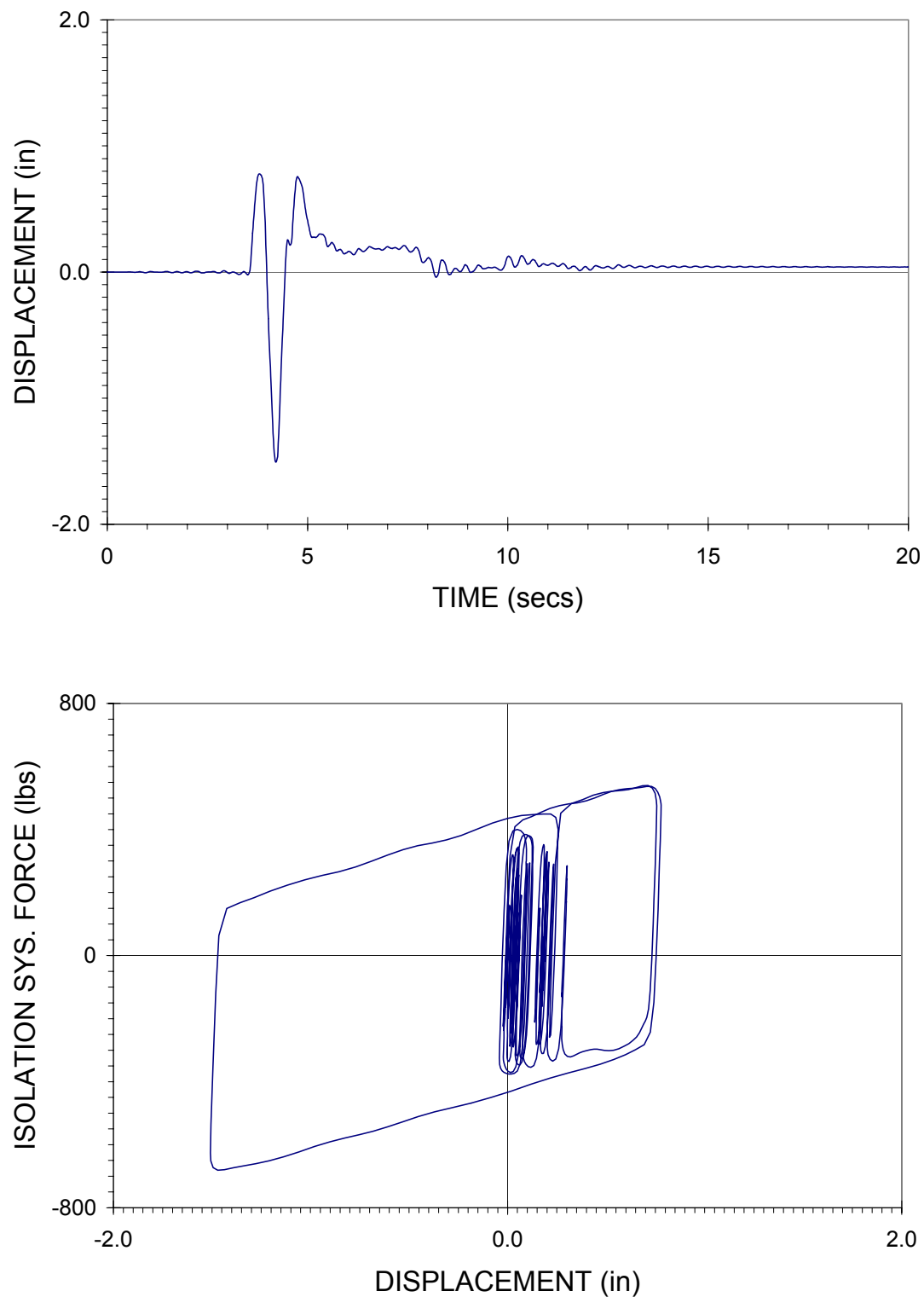
Σχήμα 2-4 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση Sylmar 90 100%



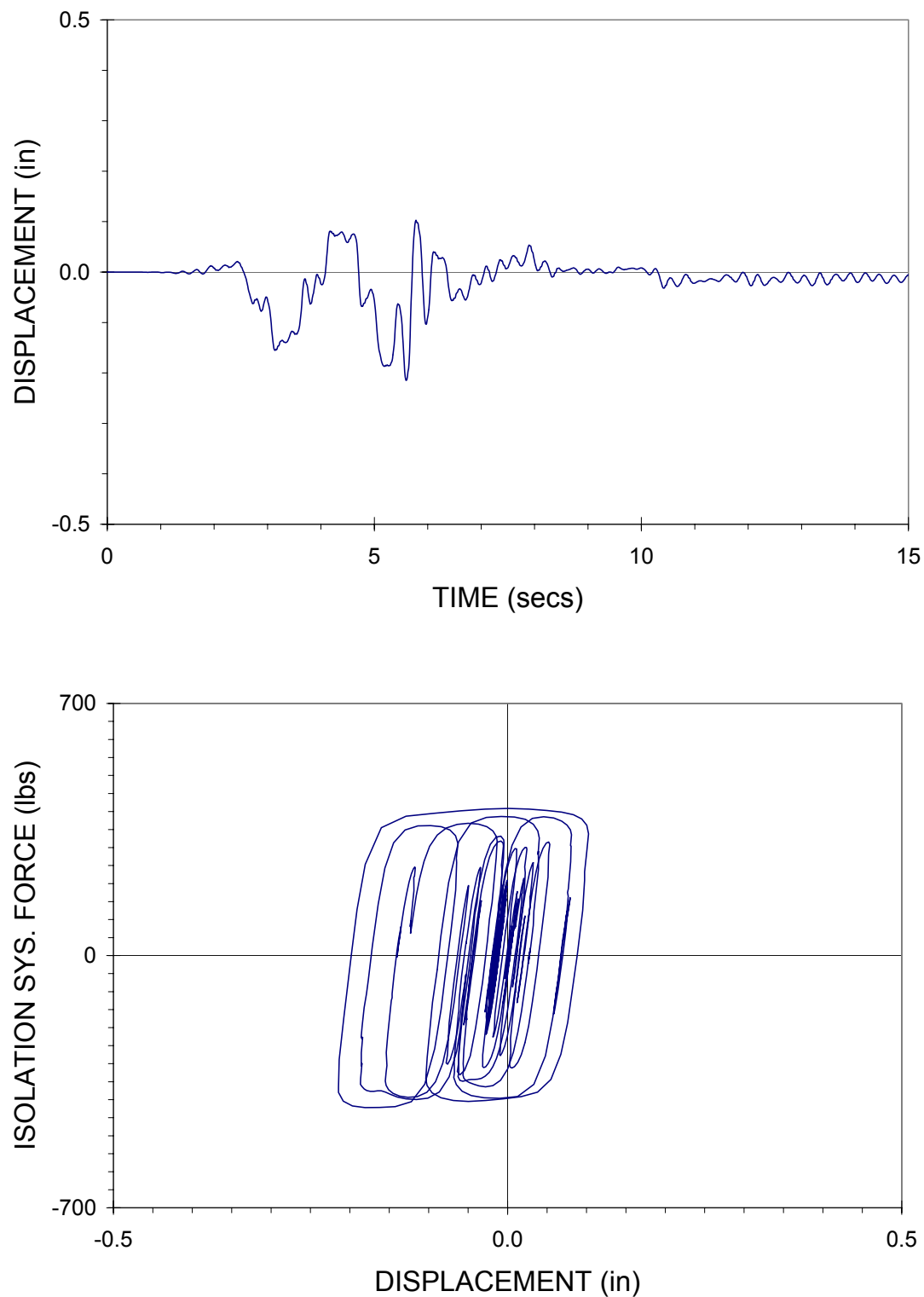
Σχήμα 2-5 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση Sylmar 360 50%



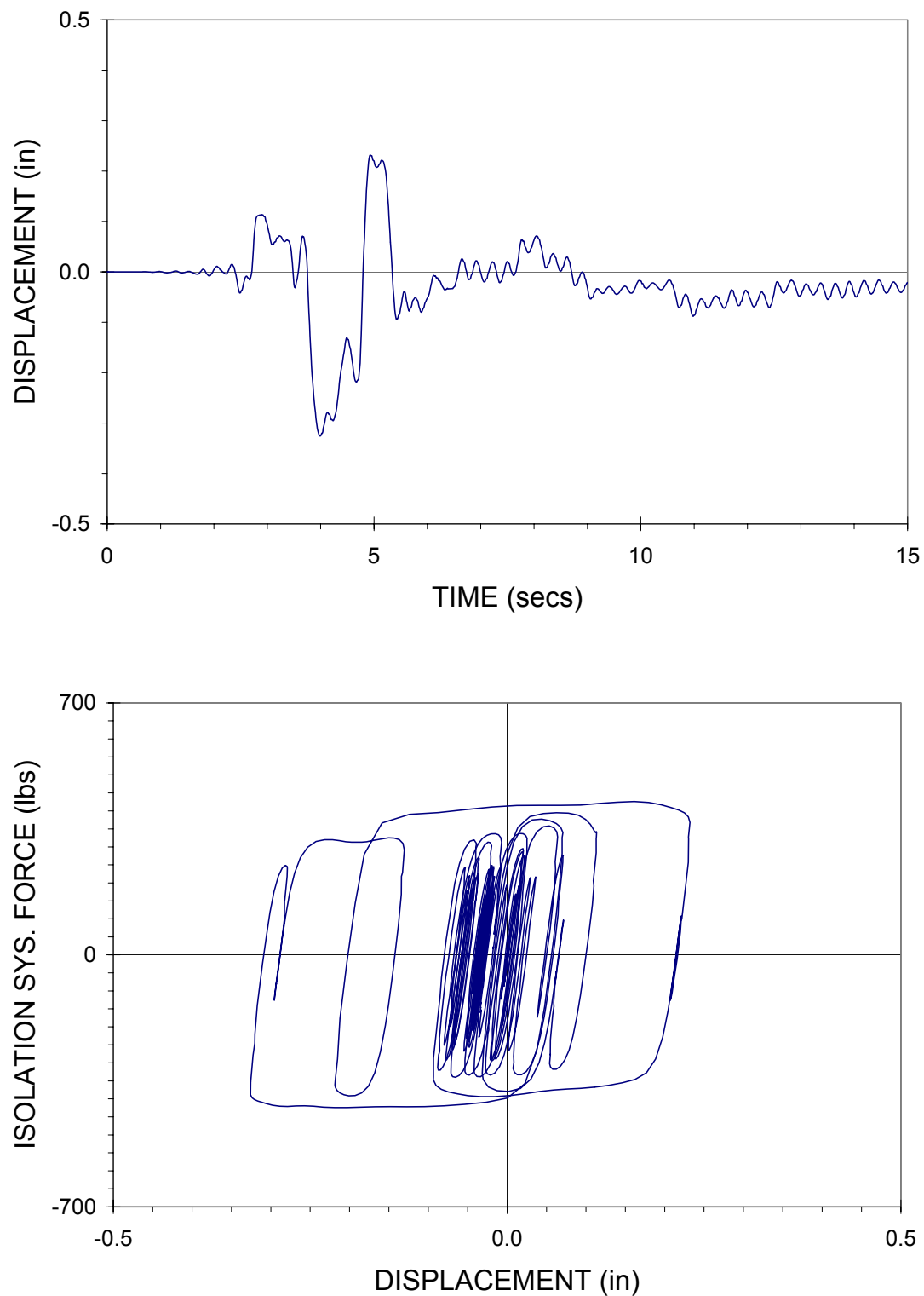
Σχήμα 2-6 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση Duzce 180 100%



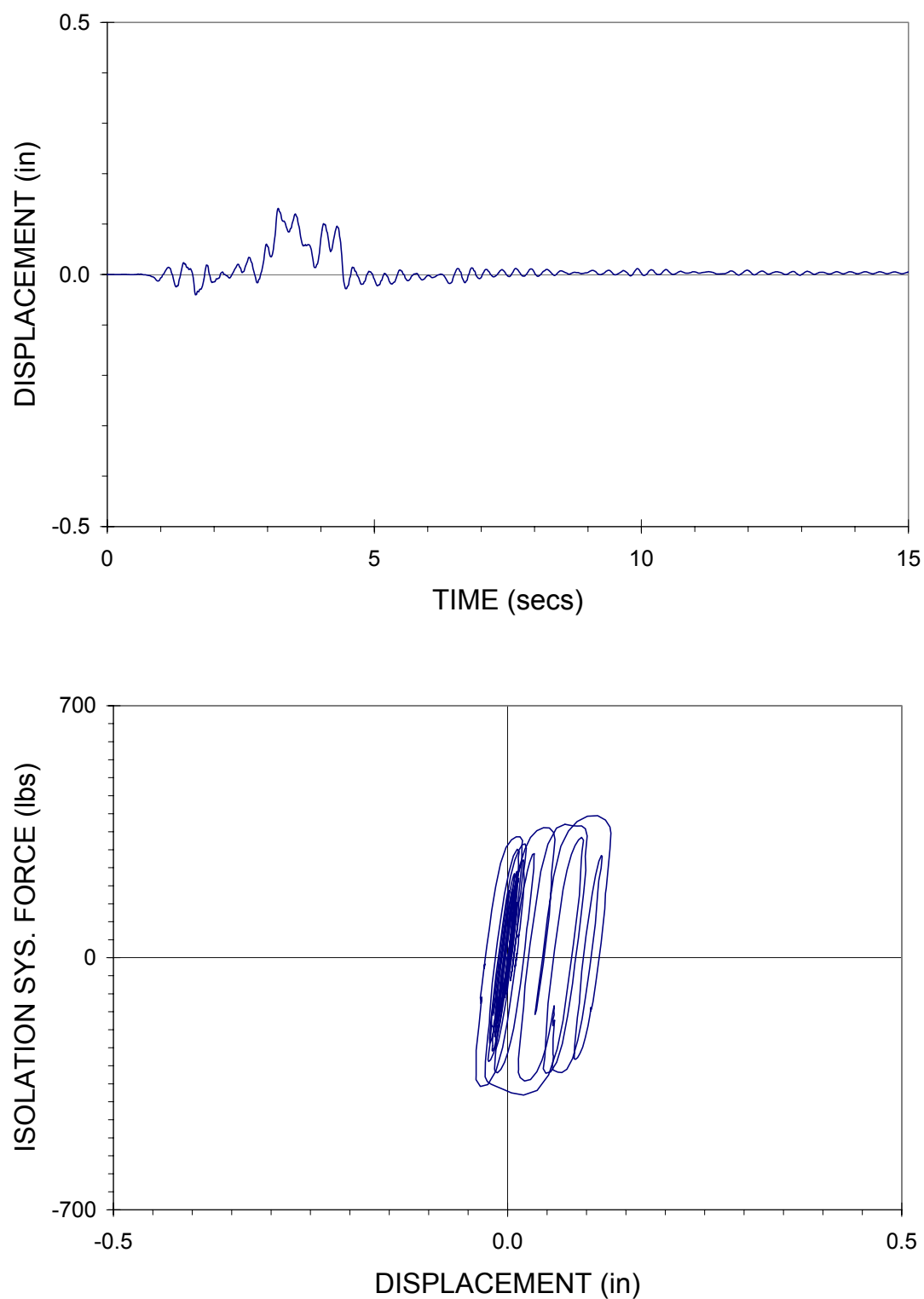
Σχήμα 2-7 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση Duzce 270 100%



Σχήμα 2-8 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση Yarımca 060 60%



Σχήμα 2-9 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση Yarımca 330 60%



Σχήμα 2-10 Απόκριση του συστήματος σεισμικής μόνωσης του 2-όροφου δοκιμίου για την σεισμική διέγερση Sakarya 090 50%