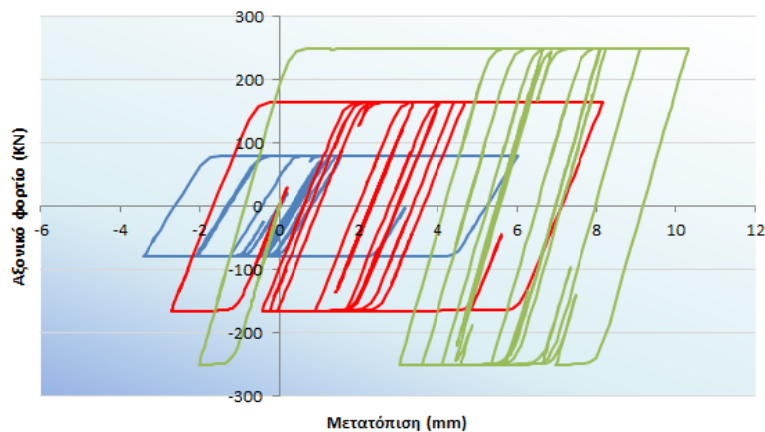




**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ  
ΑΤΤΙΚΗΣ**  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
“ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ  
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΔΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ”**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
“ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ  
ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΩΝ ΤΡΙΒΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ  
ΚΤΙΡΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ”**



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ  
ΑΓΓΕΛΙΔΑΚΗ ΜΑΡΙΑ ΑΝΝΑ  
ΔΙΠΛ. ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΔΡ. ΡΕΠΑΠΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ  
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

*Στον Ασρινό, τον Αντώνη  
και τη Βικτωρία*



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:	<b>«Διερεύνηση της επίδρασης αποσβεστήρων τριβής στην απόκριση κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος»</b>
ΦΟΙΤΗΤΗΣ:	<b>Αγγελιδάκη Μαρία Άννα, Α.Μ. 57, Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.</b>
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:	<b>Δρ. Ρεπαλής Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Σχολή Μηχανικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών</b>
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:	<b>2017-2018</b>

## **Σύνοψη**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης των αποσβεστήρων τριβής στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και ιδιαίτερα σε αυτά που έχουν μελετηθεί με παλαιότερους κανονισμούς (πριν το 1985). Τα κτίρια αυτά έχουν διαστασιολογηθεί κυρίως για στατικά και όχι για σεισμικά φορτία. Για τη διερεύνηση αυτή, εξετάστηκε ένα οκταώροφο επίπεδο πλαίσιο πέντε ανοιγμάτων, στο οποίο αρχικά πραγματοποιήθηκαν στατική ανελαστική ανάλυση (ανάλυση pushover) βάσει της πρώτης ιδιομορφής και δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις (αναλύσεις χρονοϊστορίας) με τα επιταχυνσιογραφήματα των σεισμών της Καλαμάτας (1986), του Αιγίου (1996) και της Αθήνας (1999). Στη συνέχεια, εξετάστηκε το ενισχυμένο πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής της εταιρείας Quaketek. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν στατικές και δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις με τα ίδια επιταχυνσιογραφήματα για το ενισχυμένο πλαίσιο με αποσβεστήρες τριών διαφορετικών φορτίων ολίσθησης σε τρεις διατάξεις. Από τα συγκριτικά αποτελέσματα των ανελαστικών αναλύσεων για τα πλαίσια χωρίς και με τους αποσβεστήρες τριβής, προέκυψε πως με την εφαρμογή των αποσβεστήρων τριβής μειώνεται σημαντικά η ιδιοπερίοδος του πλαισίου, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης και μειώνονται οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων, με συνέπεια τον δραστικό περιορισμό των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων. Βασικό ρόλο διαδραματίζει η επιλογή του είδους του αποσβεστήρα και της μεταλλικής διατομής και κυρίως το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα τριβής, καθώς είναι αυτό που καθορίζει το κάτω όριο της ασκούμενης αξονικής δύναμης πέραν του οποίου ενεργοποιούνται οι αποσβεστήρες και απορροφούν ενέργεια ανακουφίζοντας τα μέλη της κατασκευής. Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε, κατέδειξε πως είναι σημαντικό να προσδιορισθεί ο βέλτιστος συνδυασμός τόσο των χαρακτηριστικών των ίδιων των αποσβεστήρων όσο και της θέσης τους μέσα στα φατνώματα του πλαισίου, καθώς τα βέλτιστα αποτελέσματα στη σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής προκύπτουν με τη μέγιστη αξιοποίηση της ικανότητας των αποσβεστήρων να αυξάνουν τη δυσκαμψία του φορέα αλλά και να ενεργοποιούνται αποσβένοντας την εισαγόμενη σε αυτόν ενέργεια.



POST-GRADUATE THESIS: **«Investigation of the effect of friction dampers on the response of reinforced concrete buildings»**

STUDENT: **Angelidaki Maria Anna, R.Num. 57, Civil Engineer N.T.U.A.**

SUPERVISOR: **Dr. Repapis Constantinos, Assistant Professor, University of West Attica, School of Engineering, Department of Civil Engineering**

ACADEMIC YEAR: **2017-2018**

## **Abstract**

The aim of the present study is to investigate the effect of friction dampers on the response of reinforced concrete buildings and especially those studied with older regulations (before 1985). These buildings have been dimensioned mainly for static rather than seismic loads. For this investigation, an eight-level five-span frame was examined, in which initially took place nonlinear static analysis (pushover analysis) based on the first modal and nonlinear dynamic analyses (time histories) with the acceleration graphs of the earthquakes of Kalamata (1986), Aigio (1996) and Athens (1999). Subsequently, the retrofitted frame with Quaketek friction dampers was tested. Specifically, static and dynamic nonlinear analyses were carried out with the same acceleration graphs for the retrofitted frame with dampers of three different slip loads in three configurations. From the comparative results of the nonlinear analyses for the frames without and with the friction dampers, it emerged that the application of the friction dampers significantly reduces the frame period, increases the base shear and reduces the interstorey drifts, resulting in serious reduction of the evolved plastic hinges. The choice of the type of damper, the cross section and especially the friction damper slip load, is essential, as it determines the lower limit of the axial force exerted beyond the dampers are activated and they absorb energy relieving the members of the structure. The research carried out, showed that it is important to determine the optimal combination of both the characteristics of the dampers themselves and their position within the panel frames, as the best results in the seismic behaviour of the construction arising from the maximum utilization of the capacity of the dampers to increase the stiffness of the frame but also to be activated and absorbing the energy input to it.



## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης αποσβεστήρων **τριβής** στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και ιδιαίτερα σε αυτά που έχουν μελετηθεί με παλαιότερους κανονισμούς. Τα κτίρια που έχουν μελετηθεί με τους κανονισμούς αυτούς (πριν το 1985), έχουν διαστασιολογηθεί κυρίως για στατικά και όχι για σεισμικά φορτία.

Από τη **βιβλιογραφική έρευνα** που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε πως η χρήση διατάξεων απόσβεσης ενέργειας έχει ευρεία εφαρμογή σε κτίρια ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, όπως μουσεία, νοσοκομεία, σχολεία κ.ά. (Buckle, 2000). Αντίθετα, η χρήση τέτοιων μεθόδων σεισμικής αναβάθμισης είναι πολύ σπάνια σε κτίρια συνήθους σπουδαιότητας, όπως κατοικίες ή κτίρια γραφείων. Παρ' όλα αυτά, το ερευνητικό ενδιαφέρον είναι έντονο τόσο στον τομέα ανάπτυξης νέων διατάξεων απόσβεσης ενέργειας όσο και στον τομέα διερεύνησης της εφαρμογής τους σε υφιστάμενα κυρίως κτίρια (π.χ. Παπαδόπουλος & Γραβαλάς, 2008). Τα παραπάνω αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, καθώς τα τελευταία χρόνια υφίσταται έντονο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση υφιστάμενων κτιρίων αλλά και για την ασφαλή επέκταση του χρόνου ζωής τους.

Στο πλαίσιο αυτό, επιλέχθηκε η υιοθέτηση ενός συγκεκριμένου τύπου αποσβεστήρων τριβής της εταιρείας QUAKETEK, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης αποσβεστήρων τριβής στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η κατασκευή της οποίας θα διερευνηθεί η συμπεριφορά της μετά από ενίσχυση με τους συγκεκριμένους αποσβεστήρες, είναι το εξωτερικό πλαίσιο ενός οκτάωροφου κτιρίου διαστασιολογημένο με παλαιότερους κανονισμούς. Προκειμένου να εξετασθεί η επίδραση της χρήσης αποσβεστήρων τριβής στη σεισμική απόκριση του εξεταζόμενου πλαισίου, πραγματοποιήθηκε μία σειρά στατικών και δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων για το αρχικό πλαίσιο χωρίς τους αποσβεστήρες και για το ενισχυμένο πλαίσιο με τρεις αποσβεστήρες τριβής διαφορετικού φορτίου ολίσθησης σε τρεις διαφορετικές διατάξεις τοποθέτησής τους εντός των φατνωμάτων του πλαισίου. Για τις δυναμικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν τα επιταχυνσιογραφήματα των σεισμών της Καλαμάτας, του Αιγίου και της Αθήνας.

Από τα συγκριτικά αποτελέσματα των **στατικών ανελαστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο με αποσβεστήρες**, προκύπτει το συμπέρασμα πως με την εφαρμογή των αποσβεστήρων τριβής μειώνεται σημαντικά η ιδιοπερίοδος του πλαισίου έως και κατά 67%, με αποτέλεσμα την αύξηση της ακαμψίας, την αύξηση της διατιθέμενης τέμνουσας βάσης έως και κατά 240%, αλλά και τη μείωση των μετατοπίσεων κορυφής έως και κατά 139%, συνέπεια των οποίων είναι ο δραστικός περιορισμός του πλήθους των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων άρα και των τοπικών αστοχιών. Επίσης, από τις αναλύσεις προέκυψε πως με την αύξηση του φορτίου ολίσθησης ενεργοποιούνται λιγότεροι αποσβεστήρες, με αποτέλεσμα οι διαγώνιοι μεταλλικοί σύνδεσμοι των οποίων οι αποσβεστήρες δεν ενεργοποιούνται να συμπεριφέρονται ως απλοί διαγώνιοι σύνδεσμοι αύξησης της ακαμψίας, χωρίς να λαμβάνει χώρα απορρόφηση ενέργειας. Τέλος, ενώ με τη διάταξη αποσβεστήρων



Τύπου I παρατηρείται σημαντική μείωση του πλήθους των τοπικών αστοχιών, οι οποίες περιορίζονται μέχρι και την τέταρτη στάθμη, στην περίπτωση των αποσβεστήρων σε διάταξη Τύπου II και III παρατηρείται εν γένει μείωση του πλήθους τους αλλά με την τάση να εντοπίζονται στα μέλη του φορέα που γειτνιάζουν με τα ενισχυμένα φατνώματα. Αυτό συνεπάγεται πως, η θέση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων, εξαρτάται από την επιλεγόμενη θέση των ενισχυόμενων φατνωμάτων, τον προσανατολισμό των μεταλλικών διαγωνίων με τους αποσβεστήρες αλλά και από το φορτίο ολίσθησης των αποσβεστήρων τριβής, το οποίο εξ ορισμού αποτελεί και το κατώφλι ενεργοποίησης των αποσβεστήρων, πέραν του οποίου λειτουργούν οι διατάξεις απόσβεσης και απορροφάται ενέργεια από το σύστημα.

Από τις **αναλύσεις χρονοϊστορίας** που έγιναν με τα επιταχυνσιογράφημα των σεισμών της Καλαμάτας, του Αιγίου και της Αθήνας για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριών φορτίων ολίσθησης (80KN, 1665KN και 250KN) σε τρεις διατάξεις, το πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως με την εφαρμογή των αποσβεστήρων τριβής μειώνονται δραστικά οι μετατοπίσεις κορυφής, γεγονός που δικαιολογείται από την αύξηση της δυσκαμψίας του πλαισίου λόγω του συστήματος μεταλλικής διαγωνίου – αποσβεστήρα. Εξαιτίας του ίδιου λόγου, προκύπτει και το συμπέρασμα πως με την προσθήκη των αποσβεστήρων αυξάνεται η τέμνουσα βάση στο εξεταζόμενο πλαίσιο. Επιπλέον, με την αύξηση του φορτίου ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, αυξάνεται η δυσκαμψία του πλαισίου, αυξάνεται η τέμνουσα βάση και μειώνονται οι μετατοπίσεις κορυφής. Εκτός των παραπάνω, μειώθηκαν σημαντικά και οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων – οι οποίες και προκαλούν βλάβες στα μέλη του φορέα – με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250KN να τις επηρεάζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό για το σεισμό της Καλαμάτας και των αποσβεστήρων τριβής φορτίου ολίσθησης 80KN να τις επηρεάζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό για το σεισμό του Αιγίου. Με την εφαρμογή των αποσβεστήρων τριβής μειώνεται σημαντικά το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή, ενώ αυξάνεται το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης μέχρι και το 80% της ολικής εισαγόμενης ενέργειας. Λαμβάνοντας υπόψη πως, στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο, περιορίζονται σημαντικά οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως το μεγαλύτερο μέρος της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες, μειώνοντας τις τοπικές αστοχίες και βελτιώνοντας ουσιαστικά τη σεισμική συμπεριφορά και απόκριση του πλαισίου. Τέλος, παρατηρείται πως, ενώ αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας μειώνεται, κυρίως λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων, ιδιαίτερα στην περίπτωση αποσβεστήρων τριβής με φορτίο ολίσθησης 250KN, με εξαίρεση την ανάλυση χρονοϊστορίας με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, όπου η μέγιστη απορρόφηση ενέργειας παρατηρείται με τους αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN. Ειδικά για το σεισμό της Αθήνας, όπου δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως όλο το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες.

## Ευχαριστίες

Η αγάπη μου για δια βίου μάθηση με οδήγησε στη συνέχιση των σπουδών μου σε μεταπτυχιακό επίπεδο. Όμως ήταν επιθυμία που απαιτούσε πολύ δύσκολη απόφαση. Στην απόφασή μου αυτή βοήθησε η παρότρυνση της οικογένειάς μου να προχωρήσω. Έτσι από την παρακολούθηση του συγκεκριμένου Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών κατάφερα να αποκτήσω επιπλέον επαγγελματικές γνώσεις. Στο τέλος λοιπόν αυτής πορείας θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους ήταν κοντά μου στην προσπάθειά μου για την εκπόνηση της Διπλωματικής μου εργασίας.

Αρχικά, θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής Δρ. Ρεπαπή Κωνσταντίνο, τόσο για την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, όσο και για την επιστημονική του καθοδήγηση και υποστήριξη σε όλα τα στάδια εκπόνησής της.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον σύζυγό μου και συνάδελφο Μάνο Βερνάρδο πρωτίστως για τη ηθική, αλλά και την επιστημονική του υποστήριξη, κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους γονείς μας και τα τρία υπέροχα παιδιά μας, για την απίστευτη κατανόηση, την ατελείωτη υπομονή και την αμέριστη συμπαράσταση που επέδειξαν κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων ετών, κατά τα οποία διήρκεσαν οι μεταπτυχιακές μου σπουδές, και στα οποία και αφιερώνω την μεταπτυχιακή μου εργασία.

Αγγελιδάκη Α. Μαρία Άννα



## Περιεχόμενα

Σύνοψη	i
Abstract	iii
Περίληψη	v
Ευχαριστίες	vii
Περιεχόμενα	ix
<b>Κεφάλαιο 1</b>	<b>1</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Γενικά	1
1.2 Χαρακτηριστικά ενός σεισμού	2
1.3 Τύποι σεισμικών κυμάτων	2
1.3.1 Κύματα χώρου (body waves)	3
1.3.2 Επιφανειακά κύματα	4
1.4 Ασφάλεια κατασκευών	5
1.5 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	6
1.6 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	6
<b>Κεφάλαιο 2</b>	<b>9</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....</b>	<b>9</b>
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Μελέτες σχετικές με τη χρήση των αποσβεστήρων	9
2.3 Συμπεράσματα επί της βιβλιογραφικής ανασκόπησης	34
<b>Κεφάλαιο 3</b>	<b>35</b>
<b>ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΤΡΙΒΗΣ .....</b>	<b>35</b>

3.1	Μέθοδοι ενίσχυσης κατασκευών	35
3.2	Συστήματα προστασίας των κατασκευών - Αποσβεστήρες	37
3.3	Αποσβεστήρες σεισμικής μόνωσης	38
3.3.1	Ελαστομερή εφέδρανα	38
3.3.2	Εκκρεμή εφέδρανα τριβής	39
3.4	Αποσβεστήρες παθητικής απορρόφησης ενέργειας	41
3.4.1	Μεταλλικοί αποσβεστήρες	41
3.4.2	Αποσβεστήρες τριβής	43
3.4.3	Ιξώδεις αποσβεστήρες ή αποσβεστήρες ιξώδους υγρού	44
3.4.4	Ιξωδοελαστικοί αποσβεστήρες - Ιξωδοελαστικοί αποσβεστήρες υγρού	45
3.4.5	Αποσβεστήρες συντονισμένης μάζας	46
3.5	Αποσβεστήρες ημιενεργητικής και ενεργητικής απορρόφησης ενέργειας	47
3.6	Είδη αποσβεστήρων τριβής	47
3.6.1	Αποσβεστήρες περιστροφικών συνδέσμων τριβής (Pall friction dampers)	47
3.6.2	Διατάξεις απόσβεσης τριβής Sumitomo Metal LTD (Sumitomo's friction dampers)	48
3.6.3	Προεντεταμένοι κοχλίες σε επιμήκεις οπές (Slotted bolted connections - SBS)	49
3.6.4	Διάταξη έκλυσης ενέργειας υπό περιορισμούς (Energy dissipating restratint - EDR)	49
3.7	Χαρακτηριστικά αποσβεστήρων τριβής	50
3.8	Συνοπτική επισκόπηση επί του Κεφαλαίου 3	52
	<b>Κεφάλαιο 4</b>	<b>53</b>
	<b>ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ .....</b>	<b>53</b>
4.1	Εισαγωγή	53
4.2	Περιγραφή του κτιρίου	54
4.3	Προσομοίωση πλαισίου	64

4.4	Επίλυση πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες	67
4.4.1	Στατική ανελαστική ανάλυση πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες	67
4.4.2	Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες	69
4.4.2.1	Δυναμική ανελαστική ανάλυση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες με το σεισμό της Καλαμάτας 1986	70
4.4.2.2	Δυναμική ανελαστική ανάλυση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες με το σεισμό του Αιγίου 1996	72
4.4.2.3	Δυναμική ανελαστική ανάλυση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες με το σεισμό της Αθήνας 1999	74
4.4.2.4	Σύγκριση αποτελεσμάτων Δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες	76
4.5	Επίλυση πλαισίου με αποσβεστήρες	78
4.5.1	Στατικές ανελαστικές αναλύσεις πλαισίου με αποσβεστήρες	84
4.5.1.1	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I	85
4.5.1.2	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II	93
4.5.1.3	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III	101
4.5.2	Σύγκριση αποτελεσμάτων Στατικών ανελαστικών αναλύσεων	109
4.5.3	Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις με το σεισμό της Καλαμάτας 1986	115
4.5.3.1	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 80KN)	115
4.5.3.2	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 165KN)	119
4.5.3.3	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 250 KN)	122
4.5.3.4	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 80KN)	125
4.5.3.5	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 165KN)	128
4.5.3.6	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 250KN)	131
4.5.3.7	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 80KN)	134
4.5.3.8	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 165KN)	137
4.5.3.9	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 250KN)	140

4.5.4	Σύγκριση αποτελεσμάτων Δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων με το σεισμό της Καλαμάτας 1986	143
4.5.4.1	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I	143
4.5.4.2	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II	147
4.5.4.3	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III	152
4.5.5	Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις με το σεισμό του Αιγίου 1996	157
4.5.5.1	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 80KN)	158
4.5.5.2	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 165KN)	161
4.5.5.3	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 250KN)	164
4.5.5.4	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 80KN)	167
4.5.5.5	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 165KN)	170
4.5.5.6	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 250KN)	173
4.5.5.7	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 80KN)	176
4.5.5.8	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 165KN)	179
4.5.5.9	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 250KN)	182
4.5.6	Σύγκριση αποτελεσμάτων Δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων με το σεισμό του Αιγίου 1996	185
4.5.6.1	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I	185
4.5.6.2	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II	189
4.5.6.3	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III	194
4.5.7	Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις με το σεισμό της Αθήνας 1999	199
4.5.7.1	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 80KN)	200
4.5.7.2	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 165KN)	202
4.5.7.3	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 250KN)	205
4.5.7.4	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 80KN)	209
4.5.7.5	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 165KN)	212

4.5.7.6	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 250KN)	215
4.5.7.7	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 80KN)	218
4.5.7.8	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 165KN)	221
4.5.7.9	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 250KN)	224
4.5.8	Σύγκριση αποτελεσμάτων Δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων με το σεισμό της Αθήνας 1999	227
4.5.8.1	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I	227
4.5.8.2	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II	231
4.5.8.3	Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III	235
<b>Κεφάλαιο 5</b>		<b>241</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>		<b>241</b>
5.1	Εισαγωγή	241
5.2	Παρουσίαση συμπερασμάτων	241
5.2.1	Στατικές ανελαστικές αναλύσεις	241
5.2.2	Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις	242
5.3	Περαιτέρω έρευνα	243
5.4	Επίλογος	244
<b>Περιεχόμενα Σχημάτων</b>		<b>245</b>
<b>Περιεχόμενα Πινάκων</b>		<b>265</b>
<b>Βιβλιογραφία – Αναφορές</b>		<b>267</b>





# Κεφάλαιο 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης αποσβεστήρων **τριβής** στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Γενικά, κατά τον σχεδιασμό των περισσότερων κατασκευών, λαμβάνονται υπ' όψη αρχικά τα φορτία της βαρύτητας. Τα φορτία αυτά μπορούν εύκολα να υπολογισθούν και είναι αυτά που φορτίζουν την κατασκευή σε όλη τη διάρκεια της ζωής της. Αυτά είναι το ίδιο βάρος της κατασκευής και τα βάρη των ωφέλιμων φορτίων. Άρα, η στατική προσομοίωσή τους είναι σωστή και αξιόπιστη. Επιπλέον, οι κατασκευές πρέπει να είναι θωρακισμένες έναντι των τυχηματικών φορτίσεων (σεισμούς, άνεμους, κύματα), οι οποίες δεν είναι στατικές, ούτε έχουν προκαθορισμένη διεύθυνση. Από τις πιο σημαντικές φορτίσεις είναι οι αδρανειακές δυνάμεις που προκαλούνται λόγω της δυναμικής και επανακυκλιζόμενης δράσης ενός σεισμού. Αντίθετα με τα φορτία βαρύτητας, οι τυχηματικές φορτίσεις προβλέπονται πολύ δύσκολα λόγω του ότι υπάρχει χωρικά και χρονικά μεγάλη στατιστική διακύμανση (Λοτσάρης & Πάχης, 2012).

Κατά το σχεδιασμό λοιπόν των κατασκευών, χρησιμοποιείται η αντοχή σε ένα μέτριο σεισμό χωρίς σημαντικές βλάβες και ταυτόχρονα η αποφυγή κατάρρευσης σε ένα μεγάλο σεισμό με αποδοχή την ύπαρξη αστοχιών. Η αποφυγή κατάρρευσης οφείλεται στο γεγονός ότι τα μέλη των κτιρίων είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να έχουν την ικανότητα να απορροφούν ενέργεια μέσω του σχηματισμού πλαστικών παραμορφώσεων, αλλά και ρωγμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην κατασκευή να υπάρχουν βλάβες μόνιμες που απαιτούν κοστοβόρες επισκευές (Λοτσάρης & Πάχης, 2012).

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η χρήση των αποσβεστήρων προέκυψε τις τελευταίες δεκαετίες από την ανάγκη να ενισχυθούν τα υφιστάμενα κτίρια έναντι των σεισμών. Ο σεισμός ως φαινόμενο, μπορεί να προκαλέσει μεγάλες υλικές ζημιές στις κατασκευές, με συνέπεια σοβαρούς τραυματισμούς ή ακόμα και απώλειες ανθρώπινων ζωών.

Η Ελλάδα, λόγω της μεγάλης σεισμικής δραστηριότητας στο χώρο της, κατέχει την πρώτη θέση στην Ευρώπη και την έκτη θέση παγκοσμίως. Η γεωγραφική της θέση συμπίπτει με την περιοχή της Γης όπου λαμβάνει χώρα η σύγκλιση της Αφρικανικής με την Ευρω-ασιατική λιθοσφαιρική

πλάκα. Ως αποτέλεσμα αυτού, παρατηρείται μεγάλη σεισμικότητα στην περιοχή αυτή (Τι είναι σεισμός, 2018).

Εκτός όμως από τις άμεσες επιπτώσεις ενός σεισμού, υπάρχουν και έμμεσες επιπτώσεις που παρουσιάζονται με τη μορφή άλλων γεωλογικών φαινομένων, όπως οι ρευστοποιήσεις εδαφών, οι αποκολλήσεις και πτώσεις βράχων, οι εκτεταμένες κατολισθήσεις και τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (τσουνάμι), με σοβαρές συνέπειες αντίστοιχα (Τι είναι σεισμός, 2018).

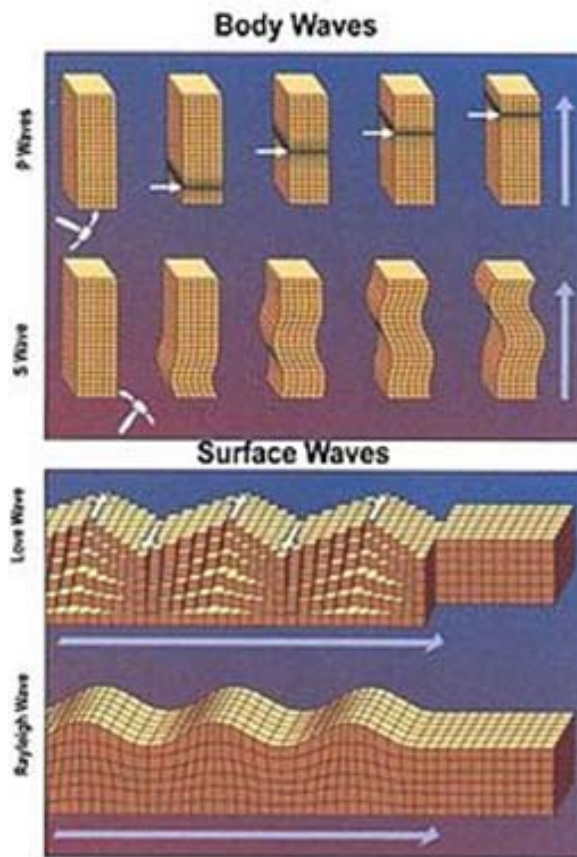
## 1.2 Χαρακτηριστικά ενός σεισμού

Ένας σεισμός μπορεί να χαρακτηριστεί από το μέγεθος και την έντασή του. Η υιοθέτηση αυτών των δύο φυσικών ποσοτήτων, επιβλήθηκε από την αναγκαιότητα σύγκρισης των σεισμικών συμβάντων μεταξύ τους, ως προς τα χαρακτηριστικά τους ως φυσικά φαινόμενα, αλλά και ως προς τις συνέπειές τους στην κοινωνία. Το **μέγεθος** ενός σεισμού εκφράζεται σε βαθμούς της κλίμακας Richter. Ορίζεται ως η φυσική ποσότητα της σεισμικής ενέργειας που απελευθερώνεται στο σημείο που γίνεται ο σεισμός. Η **ένταση** ενός σεισμού εκφράζεται εμπειρικά είτε σε βαθμούς της αναθεωρημένης κλίμακας Mercalli (MM) είτε σε βαθμούς της κλίμακας Mercalli-Sieberg (MKS) και είναι το μέτρο των αποτελεσμάτων ενός σεισμού στην ανθρώπινη κοινωνία και στις υποδομές (Τι είναι σεισμός, 2018).

Ο **σεισμικός κίνδυνος** αποτελεί άλλη μια ποσότητα υιοθετημένη από την επιστημονική κοινότητα, προκειμένου να συγκριθούν τα αναμενόμενα τελικά αποτελέσματα (σε ανθρώπινες ζωές και σε υλικές καταστροφές) ενός σεισμού σε μία περιοχή, σε σχέση με μία άλλη περιοχή. Ο σεισμικός κίνδυνος εξαρτάται από δύο παράγοντες, τη σεισμική επικινδυνότητα και την τρωτότητα των κατασκευών της περιοχής. Η **σεισμική επικινδυνότητα** μιας περιοχής εκφράζεται με την αναμενόμενη ένταση της κίνησης από το σεισμό στη περιοχή αυτή, ενώ η **τρωτότητα των κατασκευών** επηρεάζεται από τις ιδιότητες των κατασκευών, όπως η ιδιοπερίοδος, η ποιότητά τους αλλά και τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά. Συνεπώς, κάθε σεισμός έχει μοναδικά χαρακτηριστικά που του προσδίνουν τη δική του ταυτότητα, δηλαδή τα φυσικά χαρακτηριστικά, τις άμεσες και τις έμμεσες επιπτώσεις του (Τι είναι σεισμός, 2018).

## 1.3 Τύποι σεισμικών κυμάτων

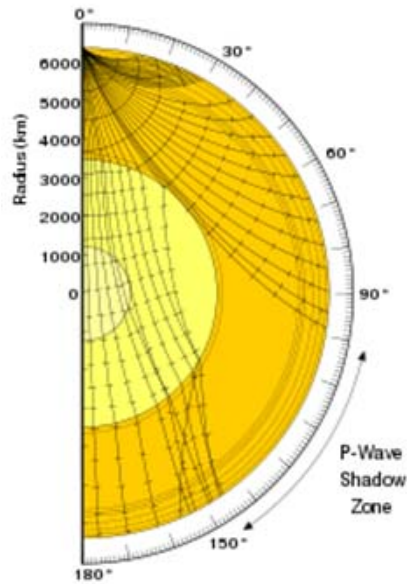
Τα σεισμικά κύματα έχουν πολλά διαφορετικά είδη και όλα διαδίδονται με διαφορετικούς τρόπους. Οι κυριότεροι τύποι σεισμικών κυμάτων είναι τα **κύματα χώρου** και τα **επιφανειακά κύματα**. Τα κύματα χώρου κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις στο εσωτερικό της Γης. Τα επιφανειακά κύματα κινούνται μόνο κατά μήκος των επιφανειακών στρωμάτων της Γης. Η σεισμική ενέργεια διαδίδεται ως κύματα χώρου και ως επιφανειακά κύματα (Σχήμα 1.1) (Σεισμικά κύματα, 2018).



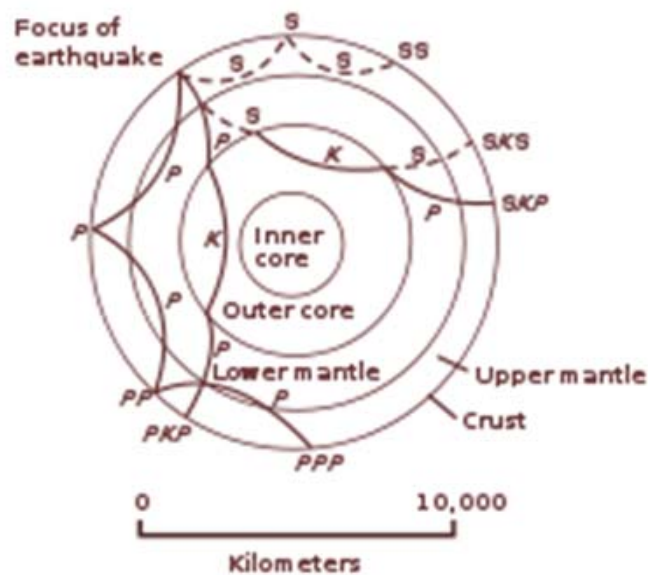
Σχήμα 1.1 Τα σεισμικά κύματα στο εσωτερικό της Γης και επιφανειακά σεισμικά κύματα. (Wikipedia, Σεισμικά κύματα, 2018)

### 1.3.1 Κύματα χώρου (body waves)

Τα κύματα χώρου είναι υψηλότερης συχνότητας από ότι τα επιφανειακά και φθάνουν σε ένα σεισμολογικό σταθμό πριν από τα επιφανειακά κύματα. Όταν γίνει ένας σεισμός, ο πρώτος παλμός από την ενέργεια που έρχεται από το σημείο της εστίας είναι τα **επιμήκη ή πρώτα κύματα (P-waves)** ή ηχητικά κύματα. Οι άνθρωποι συχνά αισθάνονται την πρόσκρουση και τον ήχο αυτών των κυμάτων. Τα επιμήκη κύματα ονομάζονται και συμπιεστικά κύματα. Τα επόμενα κύματα είναι τα **εγκάρσια ή δευτερεύοντα κύματα (S-waves)**. Τα κύματα αυτά μπορεί να έχουν μικρότερη ταχύτητα, αλλά είναι πιο ισχυρά και καταστρεπτικά από τα επιμήκη κύματα. Τα εγκάρσια κύματα έχουν μεγάλο πλάτος και προκαλούν τις μεγάλες μετακινήσεις των εδαφών οι οποίες χαρακτηρίζουν τους μεγάλους σεισμούς. Λόγω διαδοχικής διάθλασης από το μανδύα στον εξωτερικό πυρήνα και πάλι στον μανδύα, τα P-κύματα δίνουν "ζώνη σκιάς" στα σημεία ανίχνευσης στην επιφάνεια. Τα S-κύματα που δεν διαπερνούν τον εξωτερικό πυρήνα, δίνουν "πλήρη σκιά" πίσω του, απέναντι από το επίκεντρο (Σχήμα 1.2). Φθάνοντας μη κάθετα στην ασυνέχεια της επιφάνειας του φλοιού, τα κύματα ανακλώνται εσωτερικά (Σχήμα 1.3). Το K είναι P-κύμα που διαδίδεται στον εξωτερικό πυρήνα και προέρχεται είτε από διαθλωμένο P-κύμα είτε από μετασχηματισμένο S-κύμα (Σεισμικά κύματα, 2018).



Σχήμα 1.2 Σχηματική απεικόνιση διάθλασης P-κυμάτων και S-κυμάτων (Wikipedia, Σεισμικά κύματα, 2018)



Σχήμα 1.3 Η διάδοση των P και S κυμάτων (Wikipedia, Σεισμικά κύματα, 2018)

### 1.3.2 Επιφανειακά κύματα

Τα επιφανειακά κύματα είναι χαμηλότερης συχνότητας από τα κύματα χώρου. Ευθύνονται σχεδόν ολοκληρωτικά για τις καταστροφές ενός σεισμού, αν και φθάνουν μετά από τα κύματα χώρου. Οι καταστροφές του σεισμού μειώνονται στους βαθύτερους σεισμούς. (Σεισμικά κύματα, 2018)

Ένα είδος επιφανειακών κυμάτων είναι το **Love (L) Waves**. Αν και φτάνουν αργότερα από τα κύματα χώρου, είναι πιο γρήγορα από τα επιφανειακά κύματα, μετακινούν το έδαφος οριζόντια και είναι πολύ καταστρεπτικά. Σε αυτά οφείλονται συχνά και οι καταρρεύσεις κτιρίων λόγω σεισμού. Τα πιο αργά, αλλά και πιο περίπλοκα από όλα τα σεισμικά κύματα είναι τα κύματα **Rayleigh**. Μετακινούν το έδαφος όμοια με ένα θαλάσσιο κύμα που μετακινεί τα επιφανειακά νερά. Επειδή μπορούν να είναι πολύ μεγαλύτερα από τα υπόλοιπα σεισμικά κύματα, προκαλούν το μεγαλύτερο μέρος της αίσθησης του τινάγματος από έναν σεισμό. Επίσης, ο συνδυασμός των παραπάνω σεισμικών κυμάτων δημιουργεί και άλλα είδη σεισμικών κυμάτων π.χ. **τα διαυλικά κύματα** και τα **στάσιμα κύματα** που παράγονται από τη συμβολή των Love και Rayleigh (Σεισμικά κύματα, 2018).

#### 1.4 Ασφάλεια κατασκευών

Με τη διέλευση των σεισμικών κυμάτων από το έδαφος στη θεμελίωση και κατά συνέπεια στους τοίχους και τη στέγη των κτιρίων, εμφανίζονται οι άμεσες βλάβες. Μπορεί να εμφανιστούν και έμμεσες βλάβες, οι οποίες για παράδειγμα οφείλονται στις πυρκαγιές λόγω των σεισμών.

Σημαντική προτεραιότητα ενός μηχανικού παγκόσμια, είναι η ασφάλεια των κατασκευών. Υπάρχουν φορές που στις κατασκευές δρουν μεγάλες φορτίσεις που μπορεί να είναι και καταστροφικές, όπως είναι οι σεισμοί, οι ανεμοπιέσεις, οι ισχυροί κυματισμοί ή οι μετακινήσεις των εδαφών. Έτσι, η χρήση καινοτομιών στον σχεδιασμό, την μελέτη, αλλά και στα υλικά των κατασκευών, μειώνουν στο ελάχιστο την πιθανότητα να αστοχήσει μία κατασκευή στις διάφορες φορτίσεις. Καθώς στο συμβατικό σχεδιασμό η φιλοσοφία επιδιώκει να εμποδίσει την κατάρρευση της κατασκευής, επιτρέπεται στα μέλη να απορροφούν και να διαχέουν τη δύναμη που δέχονται με ανελαστικές παραμορφώσεις σε προκαθορισμένα σημεία (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

Στη συμβατική μελέτη ενός κτιρίου, βασική επιδίωξη είναι μόνο η προστασία έναντι κατάρρευσης. Αυτό δεν είναι αρκετό, λόγω του ότι μετά από ένα σεισμό, απαιτείται πολύς χρόνος αλλά και το κόστος των επισκευών είναι αρκετά μεγάλο, ξεπερνώντας πολλές φορές ακόμα και αυτό της ίδιας της κατασκευής. Έτσι, αναπτύχθηκαν μέθοδοι προκειμένου να βελτιωθεί η σεισμική απόκριση των κατασκευών. Η επιδίωξη αυτών των μεθόδων είναι η κατασκευή να δέχεται μειωμένη σεισμική ενέργεια. Μέσω των συμβατικών λύσεων, όπως είναι η χρήση μανδύων, προσθήκη τοιχωμάτων, προσθήκη δικτυωτών συστημάτων κ.τ.λ., επιτυγχάνεται η αύξηση της αντοχής μιας κατασκευής. Οι μέθοδοι αυτές, αν και αξιόπιστες, δεν είναι πάντα η βέλτιστη λύση και η πιο οικονομική επιλογή. Γι' αυτό τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που στοχεύουν ώστε ένα μεγάλο ποσοστό της ενέργειας να αναλίσκεται μηχανικά ή θερμικά χωρίς να διοχετεύεται στον φέροντα οργανισμό της κατασκευής, αυξάνοντας την δυσκαμψία και την πλαστιμότητα της κατασκευής, βελτιώνοντας έτσι την αντίδρασή της σε έντονες και ξαφνικές δυναμικές φορτίσεις, όπως π.χ. ο σεισμός (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

Έτσι οι μελετητές, προσπαθώντας να επηρεάσουν στο σχεδιασμό τα δυναμικά χαρακτηριστικά των κατασκευών, εφάρμοσαν **συστήματα ελέγχου απόκρισης των κατασκευών**, βασισμένοι

σε αναλύσεις που συνδυάζουν κατάλληλα την επιρροή χαρακτηριστικών όπως η μάζα και η δυσκαμψία τους, τα οποία αποτελούν και τα κύρια χαρακτηριστικά από δυναμικής άποψης. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της εφαρμογής των αποσβεστήρων, αποτελεί το γεγονός ότι αυτοί παραλαμβάνουν και υφίστανται πιθανές βλάβες από δυναμικές φορτίσεις των κατασκευών, σε αντίθεση με τις κατασκευές εκείνες που είναι απλές και χωρίς κάποιο σύστημα απόσβεσης, όπου οι ενδεχόμενες βλάβες εμφανίζονται στον φέροντα οργανισμό τους. Σε τέτοια περίπτωση, η επισκευή ή ακόμα και η αντικατάσταση του συστήματος απόσβεσης, είναι πιο γρήγορη και λιγότερο κοστοβόρα από την επισκευή τυχόν βλαβών του φέροντος οργανισμού της κατασκευής. Και αυτό γιατί, τα συστήματα απόσβεσης δεν είναι σχεδιασμένα να παραλαμβάνουν φορτία βαρύτητας, άρα χωρίς κίνδυνο και χωρίς να διακοπεί η λειτουργία του κτιρίου αφαιρούνται και αντικαθίστανται (Σεβαστός, 2009). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι **διατάξεις απόσβεσης τριβής**.

## **1.5 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας**

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω διαπιστώσεις, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των διατάξεων απόσβεσης σεισμικής ενέργειας σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και κυρίως ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν τη σεισμική συμπεριφορά των ενισχυόμενων κατασκευών.

Στην επιστημονική βιβλιογραφία υφίστανται πληθώρα μελετών και ερευνών, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πειραματικό επίπεδο, με αντικείμενο τις διατάξεις απόσβεσης σεισμικής ενέργειας. Οι εργασίες αυτές ξεκινούν από τη μελέτη και ανάπτυξη διατάξεων απόσβεσης διαφόρων ειδών και κατηγοριών και φτάνουν μέχρι τη διερεύνηση της επιρροής τους σε μεταλλικά κτίρια ή κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Σκοπός λοιπόν της Διπλωματικής Εργασίας, είναι αφού γίνει αρχικά η επισκόπηση των σχετικών ερευνών που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί και η καταγραφή των κατηγοριών και των ειδών διατάξεων απόσβεσης που προορίζονται για εφαρμογή σε κτίρια, να διερευνηθεί η επίδραση της χρήσης των αποσβεστήρων τριβής στη σεισμική απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

## **1.6 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Μετά την εισαγωγή (Κεφάλαιο 1), στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μία εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση των διατιθέμενων μελετών και ερευνών, με αντικείμενο είτε την ανάπτυξη νέων διατάξεων απόσβεσης, είτε την εφαρμογή τους σε υφιστάμενα κτίρια. Στην ανασκόπηση αυτή, περιγράφονται οι εξεταζόμενες διατάξεις απόσβεσης, ο τρόπος λειτουργίας τους, ενώ παρουσιάζονται και ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής τους σε ενισχύσεις κατασκευών. Επιπλέον, αναφέρονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα από μελέτες ενισχύσεων ή διερεύνησης της αποτελεσματικότητάς τους.

Στο Κεφάλαιο 3, αφού γίνει μία αναφορά στις διατιθέμενες μεθόδους ενίσχυσης κτιρίων, παρατίθενται αναλυτικά οι κυριότερες διαθέσιμες διατάξεις σεισμικής μόνωσης. Ειδικότερα, περιγράφονται τα συστήματα προστασίας των κατασκευών, οι αποσβεστήρες σεισμικής μόνωσης, καθώς και οι αποσβεστήρες παθητικής, ημιενεργητικής και ενεργητικής απορρόφησης ενέργειας. Στη συνέχεια, επειδή στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα διερευνηθούν οι αποσβεστήρες τριβής, περιγράφονται τα είδη των αποσβεστήρων τριβής και τα χαρακτηριστικά τους.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 4, αφού περιγραφεί η κατασκευή που θα χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση της επιρροής της χρήσης των αποσβεστήρων τριβής στη σεισμική απόκριση υφιστάμενων κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, επιλέγονται οι αποσβεστήρες τριβής που θα εφαρμοστούν και παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους. Ακολούθως, παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα των στατικών και δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν. Ειδικότερα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των στατικών ανελαστικών αναλύσεων στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες και συγκρίνονται με τα αντίστοιχα στο πλαίσιο με χρήση αποσβεστήρων τριβής τριών διαφορετικών φορτίων ολίσθησης (80KN, 165KN και 250KN) σε τρεις διαφορετικές διατάξεις τοποθέτησης. Έπειτα, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων στο πλαίσιο χωρίς και με αποσβεστήρες τριβής για τρία είδη αποσβεστήρων σε τρεις διατάξεις, όπως προέκυψαν από αναλύσεις με το λογισμικό ETABS για τα επιταχυνσιογραφήματα των σεισμών της Καλαμάτας (1986), του Αιγίου (1996) και της Αθήνας (1999). Τέλος, παρατίθενται τα συγκριτικά αποτελέσματα από όλες τις ανελαστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν και μνημονεύονται τα πρώτα συμπεράσματα.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζονται συνοπτικά τα σημαντικότερα συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της χρήσης των αποσβεστήρων τριβής στη σεισμική απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, τα οποία προέκυψαν από τα συγκριτικά αποτελέσματα των ανελαστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στο εξεταζόμενο πλαίσιο με και χωρίς αποσβεστήρες τριβής.





## Κεφάλαιο 2

### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

#### 2.1 Εισαγωγή

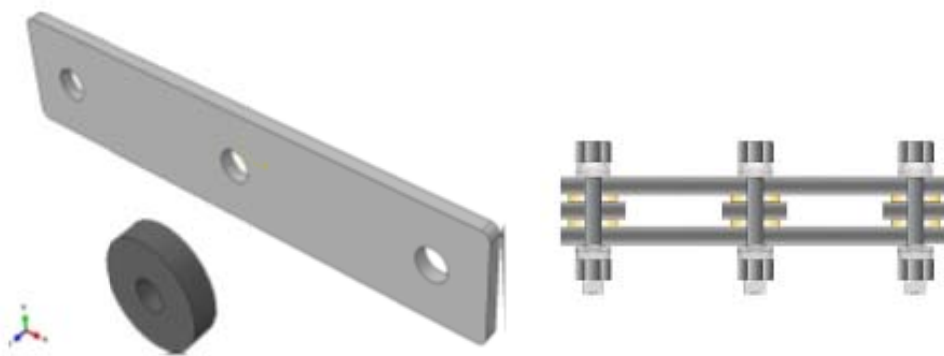
Στη διεθνή αλλά και στην εγχώρια βιβλιογραφία, υφίστανται αρκετές έρευνες και μελέτες σχετικές με διατάξεις απόσβεσης σε κατασκευές ενδιαφέροντος πολιτικού μηχανικού, τόσο σε θεωρητικό όσο και πειραματικό επίπεδο. Ειδικότερα, υπάρχουν μελέτες που ασχολούνται με την ανάπτυξη νέων διατάξεων αποσβεστήρων, για τις οποίες ελέγχουν την αντοχή τους και τα χαρακτηριστικά τους με πειράματα (π.χ. Jong Wan Hu & Noh, 2015), ενώ σε αρκετές περιπτώσεις διερευνούν την εφαρμογή τους σε πραγματικές κατασκευές. Άλλες μελέτες, ερευνούν την εφαρμογή εμπορικά διαθέσιμων διατάξεων αποσβεστήρων σε υφιστάμενες κατασκευές, τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως, λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα στην εφαρμογή των διατάξεων απόσβεσης κατά την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών (όπως θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο), παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας τους αλλά κυρίως ο τρόπος επιρροής τους στη συμπεριφορά των κτιρίων (Bo Wu et al., 1997). Το αντικείμενο της έρευνας λοιπόν, είναι αρκετά ευρύ, σύνθετο και χρήσιμο κατά την αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, τα οποία και αποτελούν τον κύριο όγκο των υφιστάμενων κατασκευών.

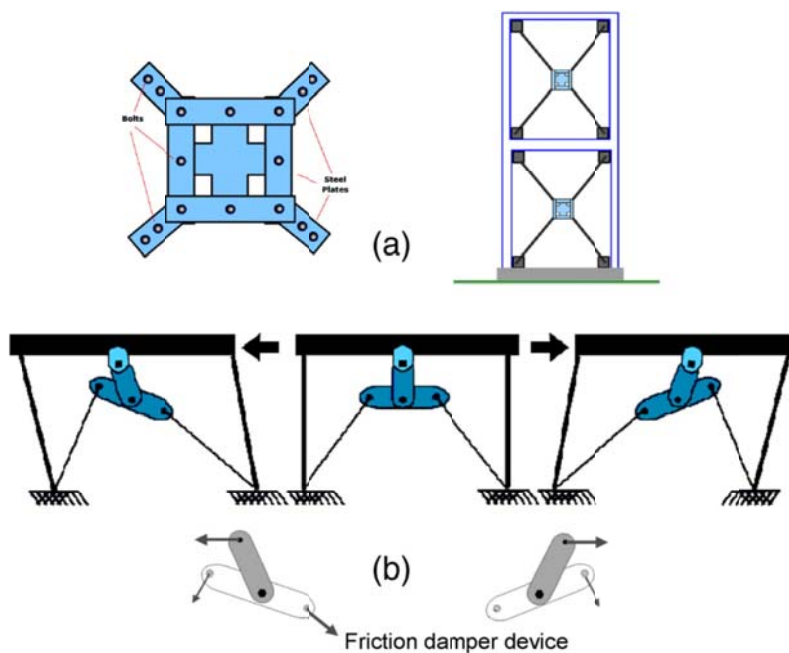
Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται μελέτες σχετικές με την ανάπτυξη αλλά και την εφαρμογή συστημάτων απόσβεσης σε κατασκευές ενδιαφέροντος πολιτικού μηχανικού, οι οποίες θα αποτελέσουν την αφετηρία για τη διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης αποσβεστήρων τριβής στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, που αποτελεί και τον σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

#### 2.2 Μελέτες σχετικές με τη χρήση των αποσβεστήρων

Οι **Monir & Zeynali, (2013)** εξέτασαν τη δυναμική συμπεριφορά ενός αποσβεστήρα τριβής που είναι κατασκευασμένος από εννέα χαλύβδινα ελάσματα και εννέα υψηλής αντοχής χαλύβδινους κοχλίες (Σχήμα 2.1), ο οποίος εφαρμόζεται σε διαγώνιους συνδέσμους της κατασκευής.

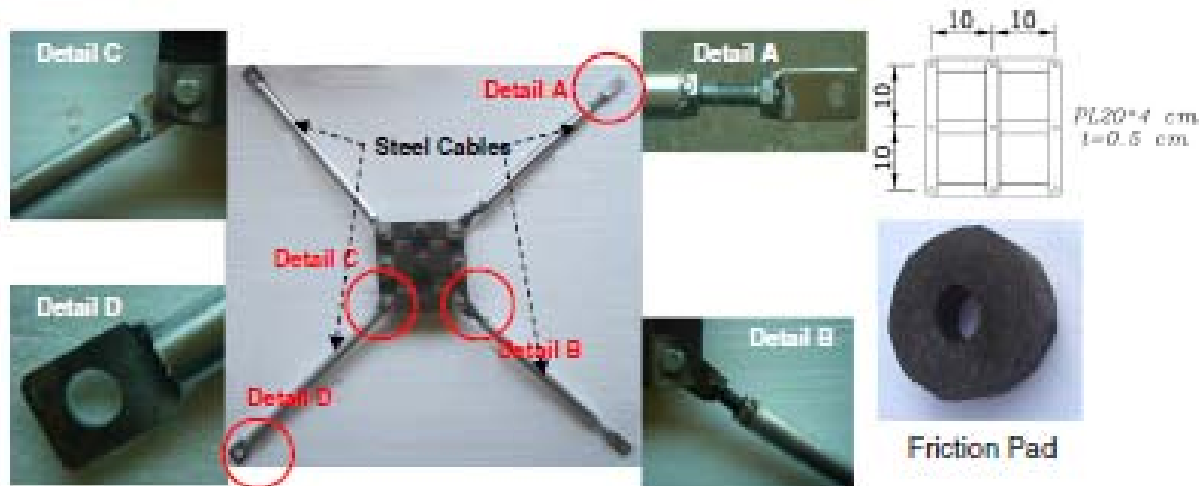


Σχήμα 2.1 Σχηματική απεικόνιση χαλύβδινου ελάσματος – τεμαχίου τριβής (αριστερά) και τομή του αποσβεστήρα τριβής (δεξιά) (Monir & Zeynali, 2013)

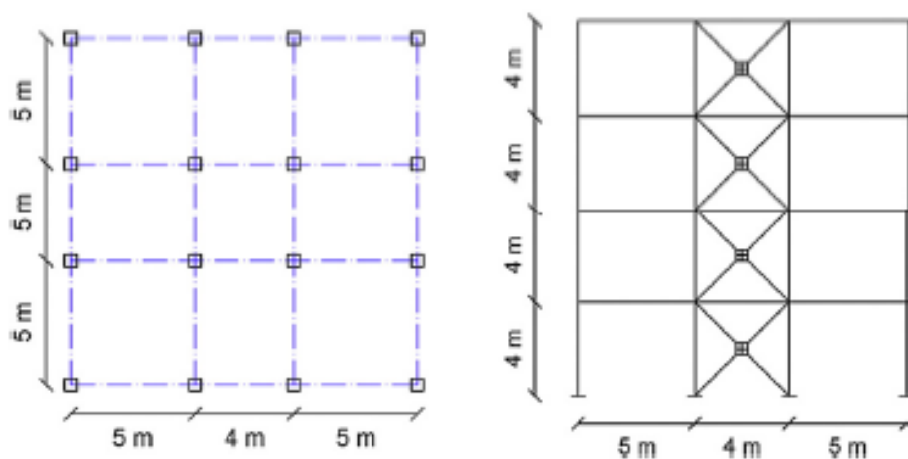


Σχήμα 2.2 Σχηματική απεικόνιση (α) αποσβεστήρα τριβής της εταιρίας PALL & (β) αποσβεστήρας της εταιρίας DAMPTECH (Monir & Zeynali, 2013)

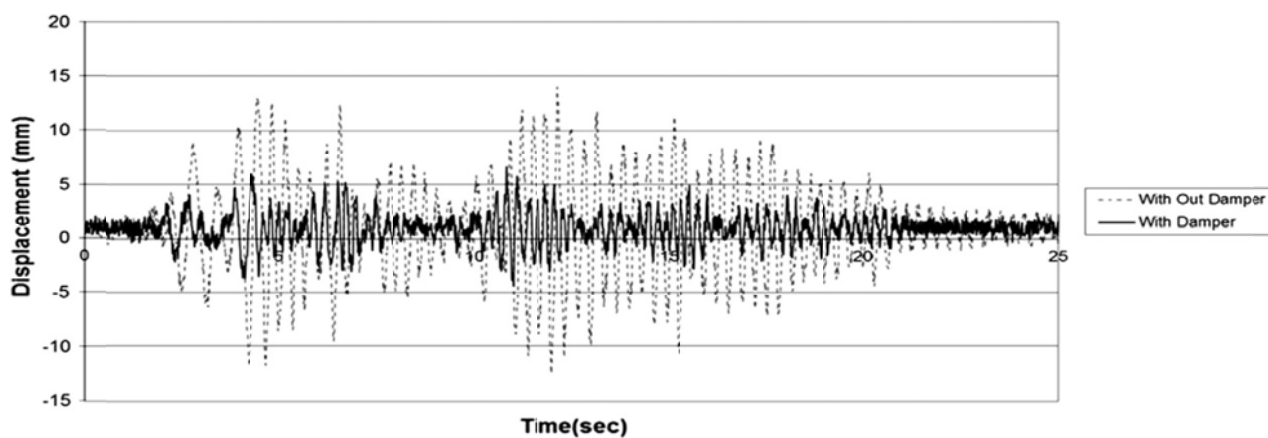
Έγιναν πειράματα σε σεισμική τράπεζα και τα αποτελέσματα επαληθεύτηκαν με αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα SAP2000. Προκειμένου να προσεγγιστεί η συμπεριφορά του αποσβεστήρα σε πολύροφα κτίρια έγιναν αναλύσεις χρονοϊστορίας για διάφορες σεισμικές καταγραφές με το πρόγραμμα SAP2000 ενός τετραώροφου κτιρίου (Σχήμα 2.4), από τις οποίες προέκυψε πως με την εγκατάσταση του αποσβεστήρα τριβής υπήρξε σημαντική μείωση των μετακινήσεων (Σχήμα 2.5) και της τέμνουσας βάσης.



Σχήμα 2.3 Φωτογραφική απεικόνιση του αποσβεστήρα τριβής με λεπτομέρειες (Monir & Zeynali, 2013)

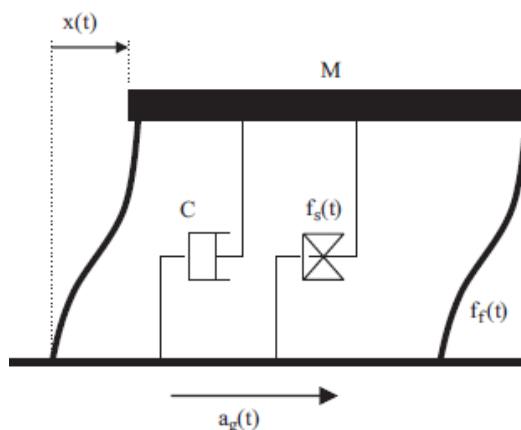


Σχήμα 2.4 Σχηματική κάτοψη και τομή του εξεταζόμενου κτιρίου (Monir & K. Zeynali, 2013)



Σχήμα 2.5 Μετατόπιση κορυφής με και χωρίς αποσβεστήρα για το σεισμό του Elcentro (Monir & K. Zeynali, 2013)

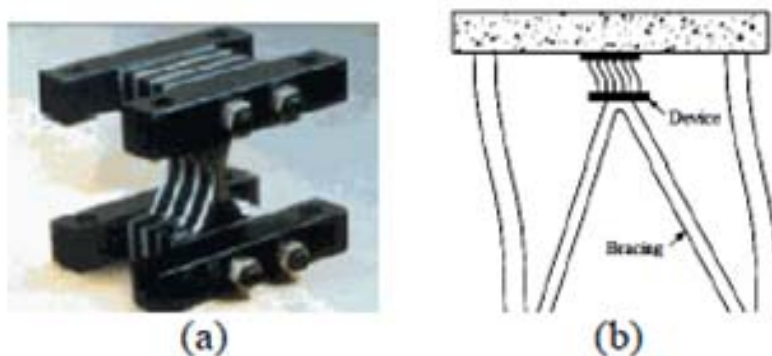
Οι **Kiris & Boduroglu (2013)**, εξέτασαν τη σχέση μεταξύ των σεισμικών παραμέτρων εδαφικής κίνησης και της μέγιστης μετακίνησης ενός μονοβάθμιου συστήματος (Σχήμα 2.6) από οπλισμένο σκυρόδεμα ενισχυμένο με αποσβεστήρες τριβής.



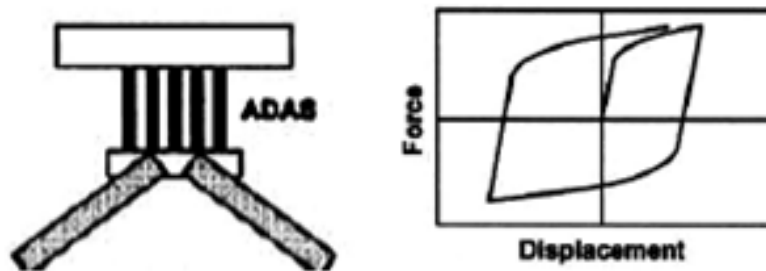
Σχήμα 2.6 Μοντέλο μοντέλου μονοβάθμιου ταλαντωτή (Kiris & Boduroglu, 2013)

Από μη γραμμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας παρατηρήθηκε ότι διάφορες σεισμικές παράμετροι (φασματική επιτάχυνση, μέγιστη εδαφική επιτάχυνση και ταχύτητα κ.τ.λ.) επηρεάζουν τη μέγιστη μετακίνηση σχετιζόμενη με την ιδιοπερίοδο της κατασκευής, το λόγο αντοχής στην μετακίνηση ολίσθησης και την ποιότητα του εδάφους.

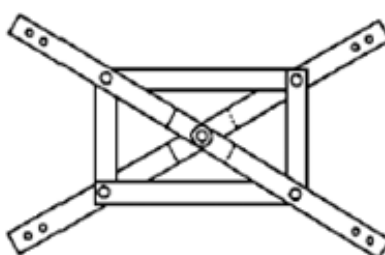
Οι **Hameed et al (2014)**, εξέτασαν με ανάλυση χρονοϊστορίας τη συμπεριφορά τριών κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα (με τρεις, πέντε και δέκα ορόφους) χρησιμοποιώντας διάφορα είδη αποσβεστήρων [υστέρησης (Σχήμα 2.8), τριβής (Σχήμα 2.9), ιξώδεις (Σχήμα 2.11) και ιξοελαστικοί (Σχήμα 2.13)] με διαφορετικά φορτία ολίσθησης. Συμπεράναν ότι οι ιξώδεις και ιξοελαστικοί αποσβεστήρες είναι πιο αποτελεσματικοί στο τριώροφο και πενταώροφο κτίριο, ενώ οι τριβής και οι υστέρησης είναι αποτελεσματικοί στο δεκαώροφο κτίριο.



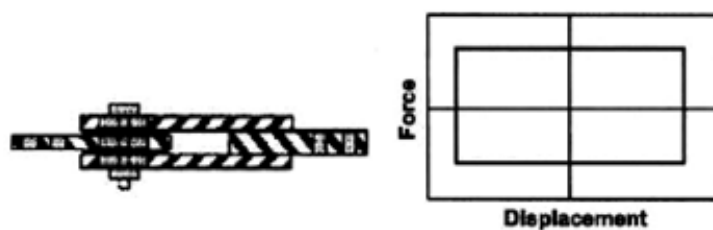
Σχήμα 2.7 Φωτογραφία αποσβεστήρα υστέρησης (a) & εφαρμογή αποσβεστήρα υστέρησης (b) (Hameed et al, 2014)



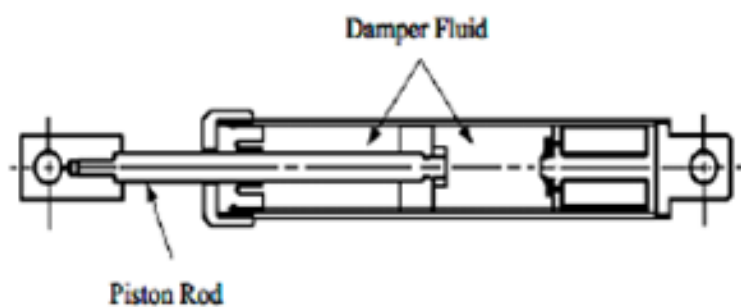
Σχήμα 2.8 Βασικό σχήμα αποσβεστήρα υστέρησης και ο ιδεατός του βρόγχος υστέρησης (Hameed et al, 2014)



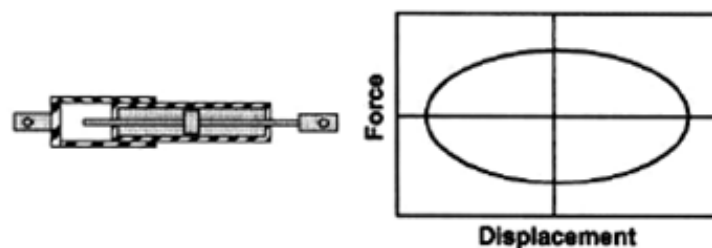
Σχήμα 2.9 Σχηματική απεικόνιση περιστρεφόμενου αποσβεστήρα τριβής (Hameed et al, 2014)



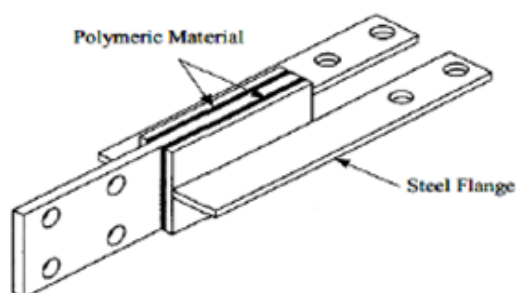
Σχήμα 2.10 Βασικό σχήμα αποσβεστήρα τριβής και ο ιδεατός του βρόγχος υστέρησης (Hameed et al, 2014)



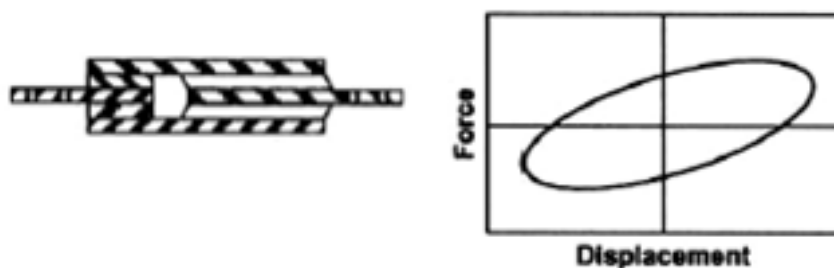
Σχήμα 2.11 Σχηματική απεικόνιση αποσβεστήρα ιζώδους υγρού (Hameed et al, 2014)



Σχήμα 2.12 Βασικό σχήμα αποσβεστήρα τριβής και ο ιδεατός του βρόγχος υστέρησης (Hameed et al, 2014)

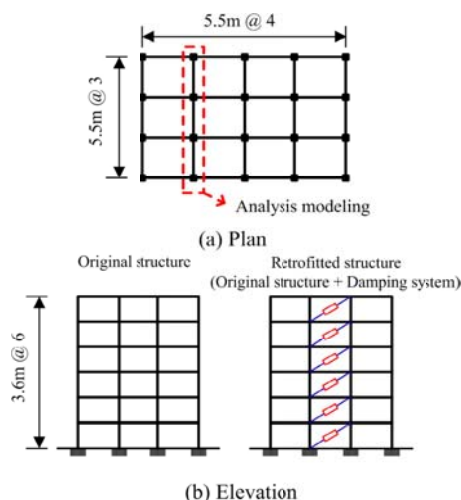


Σχήμα 2.13 Σχηματική απεικόνιση ιζοελαστικού αποσβεστήρα (Hameed et al, 2014)



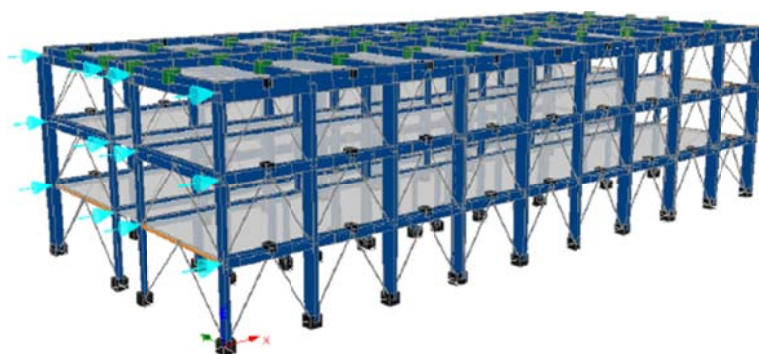
Σχήμα 2.14 Βασικό σχήμα βισκοελαστικού αποσβεστήρα και ο ιδεατός του βρόγχος υστέρησης (Hameed et al, 2014)

Οι **Moon et al (2017)**, προτείνουν μια μεθοδολογία σχεδιασμού συστημάτων αποσβεστήρων τριβής για την σεισμική αναβάθμιση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σκοπός είναι ο καθορισμός της διατομής των μεταλλικών συνδέσμων και του φορτίου ολίσθησης στο οποίο ενεργοποιούνται οι αποσβεστήρες τριβής. Η μεθοδολογία επιβεβαιώνεται με την εφαρμογή της σε ένα εξάωρο κτίριο (Σχήμα 2.15) σχεδιασμένο για φορτία βαρύτητας. Πραγματοποιήθηκαν ανελαστικές δυναμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας για σύγκριση της σεισμικής απόκρισης μεταξύ της αρχικής και της ενισχυμένης κατασκευής. Οι αποσβεστήρες τριβής απορρόφησαν το 62% της συνολικής ενέργειας.

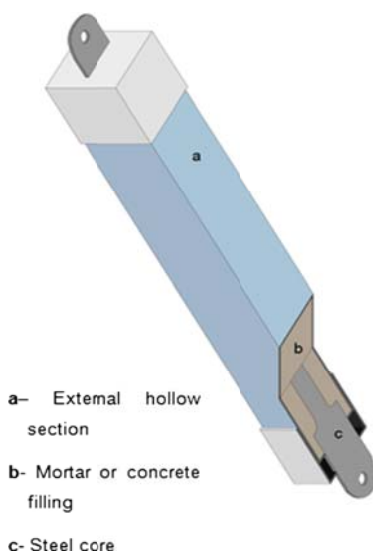


Σχήμα 2.15 Κάτοψη μοντέλου (α) και Τομή του κτιρίου πριν και μετά την ενίσχυση (β)(Moon et al, 2017)

Οι Almeida et al (2017), μελέτησαν την ενίσχυση σχολικού κτιρίου της δεκαετίας του '50 στην Πορτογαλία με την τοποθέτηση αποσβεστήρων τριβής με διάταξη περιορισμού του λυγισμού (Σχήμα 2.16). Από μη γραμμικές στατικές και δυναμικές αναλύσεις επιβεβαιώθηκε η αποτελεσματικότητα της σεισμικής ενίσχυσης του κτιρίου μέσω αύξησης της αντοχής, της παραμόρφωσης και της ικανότητας απόσβεσης ενέργειας (Σχήμα 2.18).

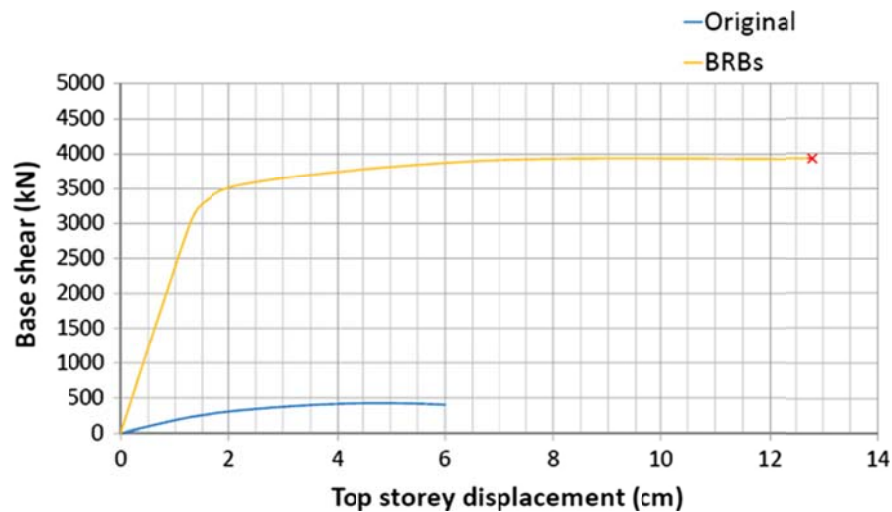


Σχήμα 2.16 Το μοντέλο του κτιρίου (Almeida et al,2017)



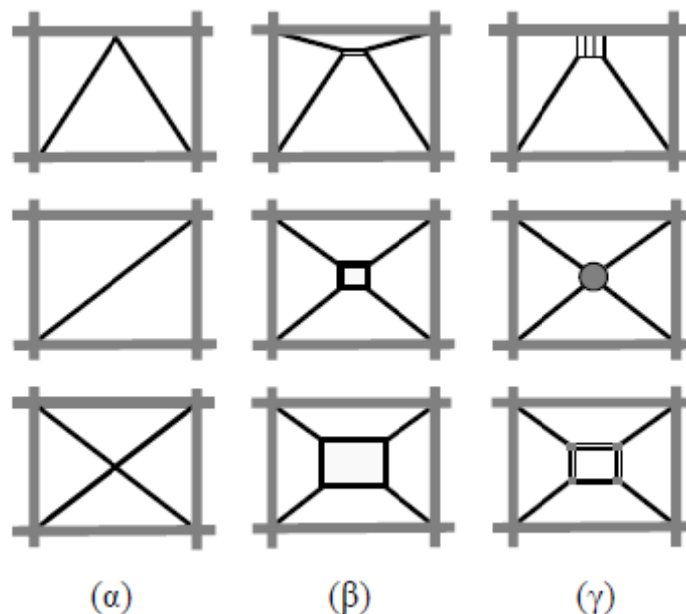
Σχήμα 2.17 Τυπική μορφή αποσβεστήρα τριβής με διάταξη περιορισμού λυγισμού (Almeida et al,2017)



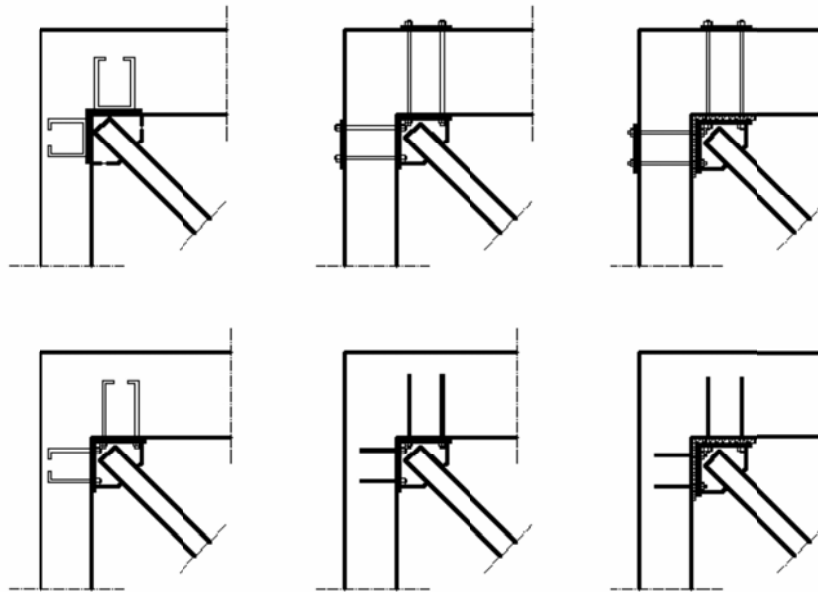


Σχήμα 2.18 Καμπύλη ικανότητας της αρχικής κατασκευής και της ενισχυμένης με αποσβεστήρες τριβής με διάταξη περιορισμού λυγισμού (Almeida et al,2017)

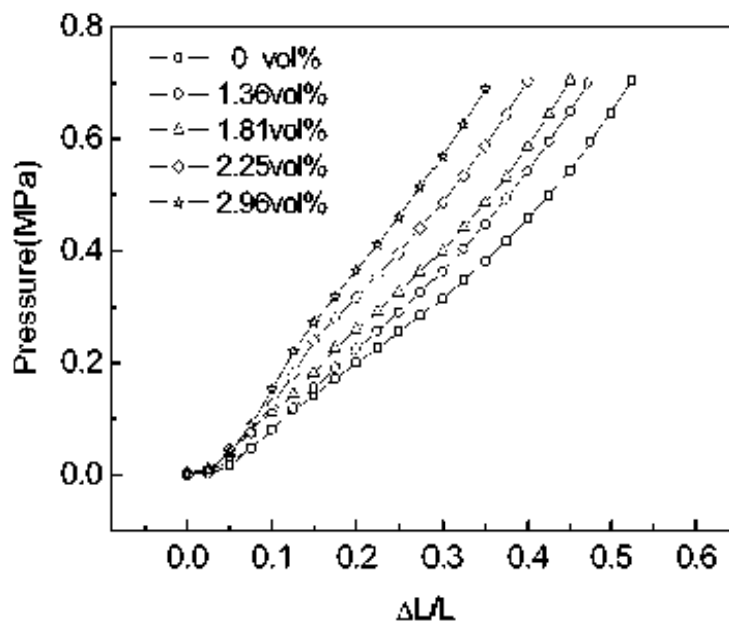
Ο Παπαδόπουλος (2008), εξέτασε τη δυνατότητα σύνδεσης Ειδικών Μεταλλικών Αντισεισμικών Στοιχείων (ΕΜΑΣ) (Σχήμα 2.19) με ή χωρίς χρήση μεταλλικών αποσβεστήρων τριβής σε πλαισιακό φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοποθετημένων με παρεμβολή ειδικού συνδετικού υλικού. Από παραμετρικές μη γραμμικές στατικές αναλύσεις που έγιναν, προέκυψε ότι η παρεμβολή του συνδετικού υλικού απομακρύνει εν γένει την πρόωρη αστοχία των μεταλλικών στοιχείων από λυγισμό (Σχήμα 2.21).



Σχήμα 2.19 Μορφές μεταλλικών ενισχύσεων (Παπαδόπουλος, 2008)

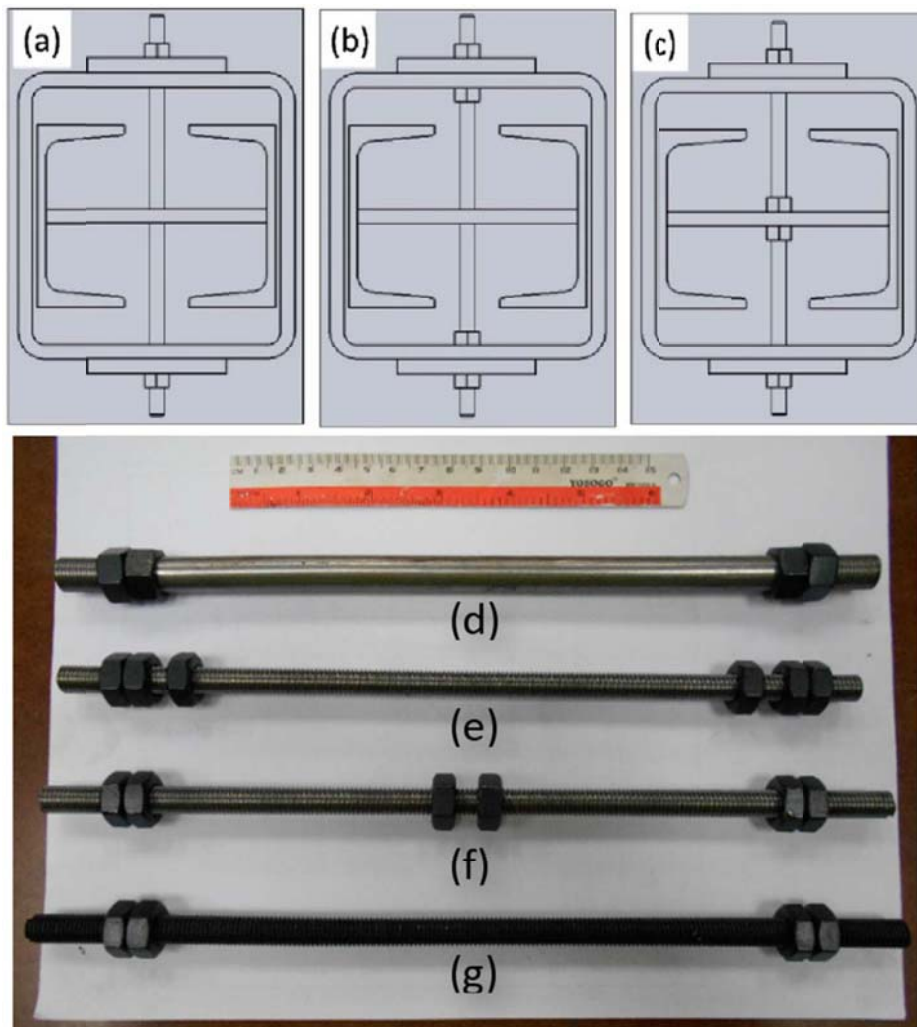


Σχήμα 2.20 Λεπτομέρειες σύνδεσης: (α) στερεές συνδέσεις κατά την σκυροδέτηση νέας κατασκευής, (β) στερεές συνδέσεις σε υπάρχοντα πλαίσια, (γ) συνδέσεις με παρεμβολή συνθετικού υλικού και παράλληλη αγκύρωση (Παπαδόπουλος, 2008)

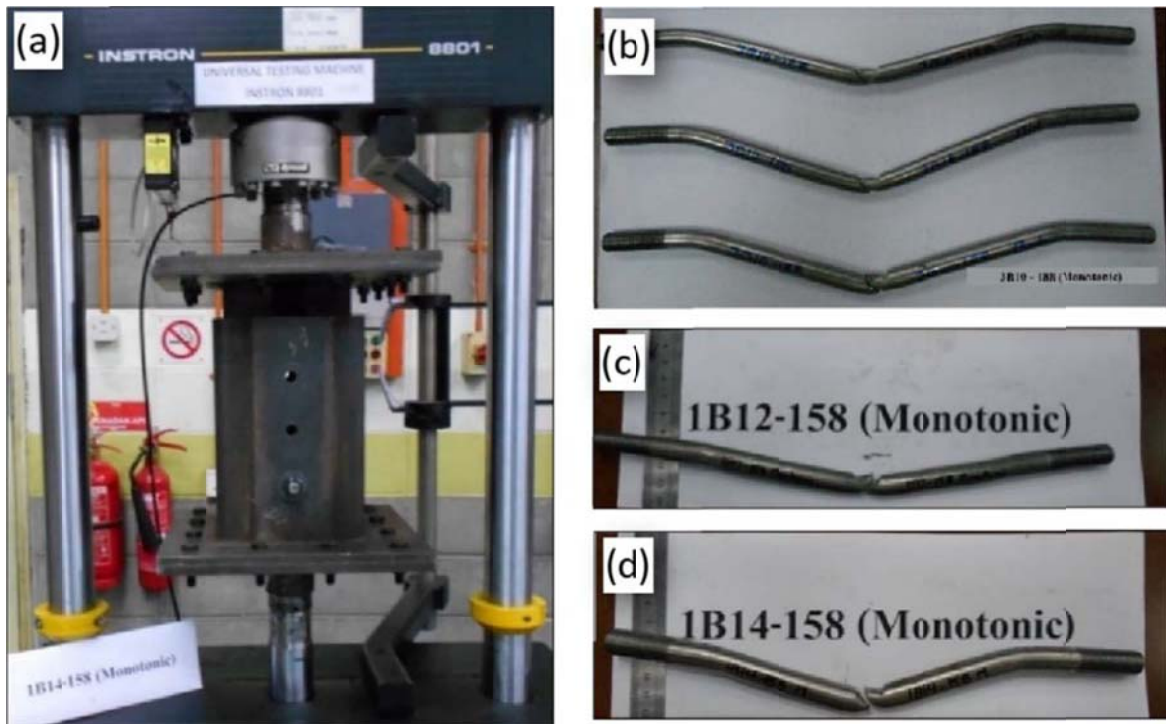


Σχήμα 2.21 Το συνθετικό υλικό Silicone rubber παραμορφώνεται σε θλίψη σε διάφορους ανοδικούς κλάδους ανάλογα με το ποσοστό των Graphite nanosheet που περιέχει (Παπαδόπουλος, 2008)

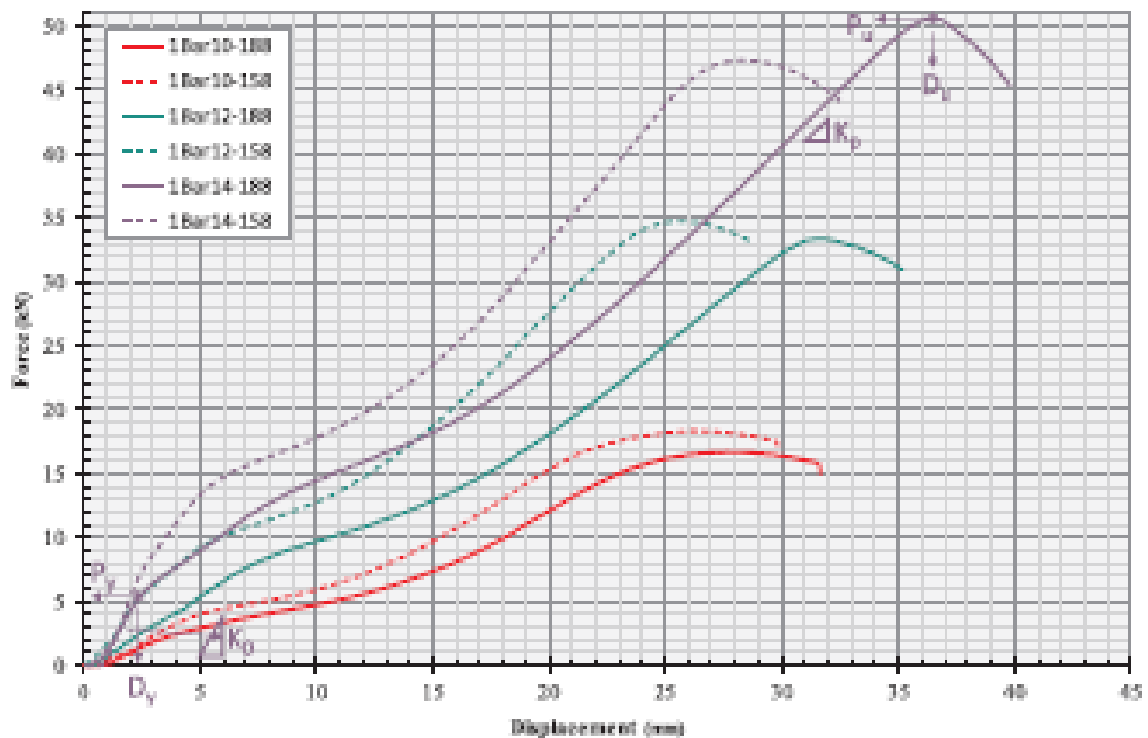
Οι **Aghlara & Tahir (2018)**, εξέτασαν τη συμπεριφορά ενός νέου παθητικού μεταλλικού αποσβεστήρα σε μία σειρά από μονοτονικές (Σχήμα 2.24) και ανακυκλιζόμενες φορτίσεις (Σχήμα 2.25). Ο αποσβεστήρας αποτελείται από κοινές χαλύβδινες διατομές (SHS, UPN), μεταλλικές πλάκες και ράβδους οι οποίες χρησιμοποιούνται ως στοιχεία ενεργειακής απόσβεσης (Σχήμα 2.22). Επιπλέον εξετάστηκε η επιρροή του πλήθους, του μήκους και της διαμέτρου των ράβδων στη λειτουργία του αποσβεστήρα. Πλεονέκτημα του συγκεκριμένου αποσβεστήρα είναι η οικονομική κατασκευή του και το γεγονός ότι οι μεταλλικές ράβδοι αντικαθίστανται σε περίπτωση ενεργοποίησης και αστοχίας τους.



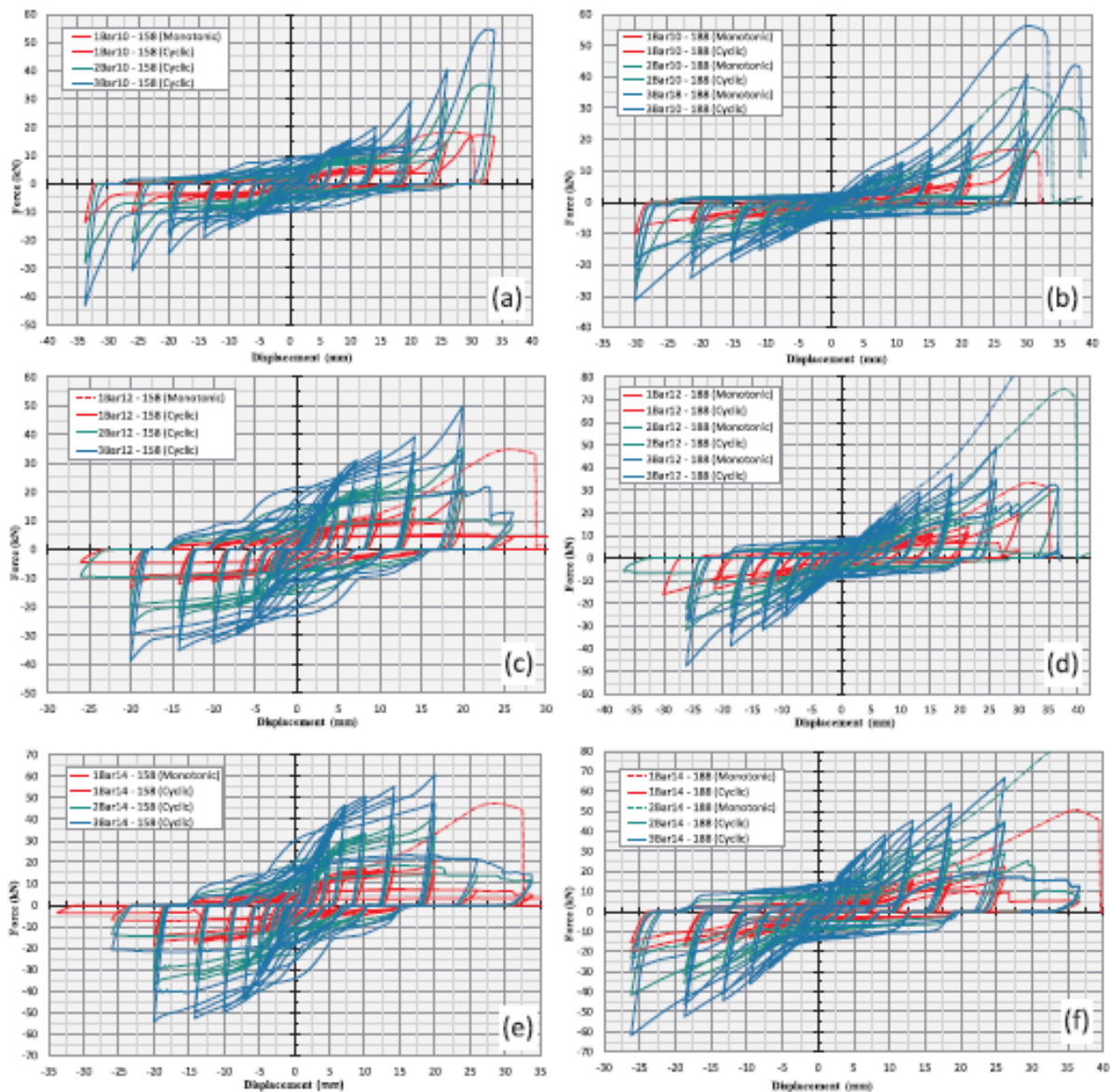
Σχήμα 2.22 Απεικόνιση των διαφορετικών ειδών μεταλλικών ράβδων (Aghlara & Tahir, 2018)



Σχήμα 2.23 Διάταξη φορτίσεων (α) και τύποι αστοχίας (β),(γ),(δ) (Aghlara & Tahir, 2018)



Σχήμα 2.24 Διαγράμματα μετατόπισης – δύναμης από πειράματα με μονοτονικές φορτίσεις (Aghlara & Tahir, 2018)



Σχήμα 2.25 Διαγράμματα μετατόπισης – δύναμης από πειράματα με ανακυκλιζόμενες φορτίσεις για τα διάφορα είδη μεταλλικών ράβδων (Aghlara & Tahir, 2018)

Ο **Mualla (2018)**, παρουσίασε ένα καινοτόμο σύστημα αποσβεστήρα τριβής, προκειμένου να ελεγχθεί η ταλάντωση των κατασκευών και των κτιρίων που οφείλεται σε σεισμούς ή δυνατούς ανέμους. Από την μελέτη της απόκρισης του συστήματος σε στατικές και δυναμικές φορτίσεις προσδιορίστηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν τη συμπεριφορά κατασκευών που έχουν ενισχυθεί με το συγκεκριμένο σύστημα απόσβεσης. Ειδικότερα αποδείχθηκε πως η συμπεριφορά της κατασκευής επηρεάζεται από την γεωμετρία και το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα και την ιδιοπερίοδο της κατασκευής.



*Σχήμα 2.26 Σύστημα αποσβεστήρων τοποθετημένοι σε σχήμα V (Mualla, 2018)*

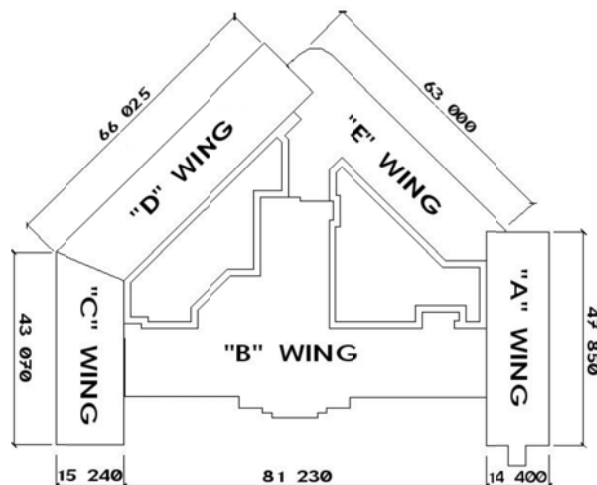


*Σχήμα 2.27 Προσθήκη δύο ορόφων σε υφιστάμενο κτίριο από σκυρόδεμα (Mualla, 2018)*

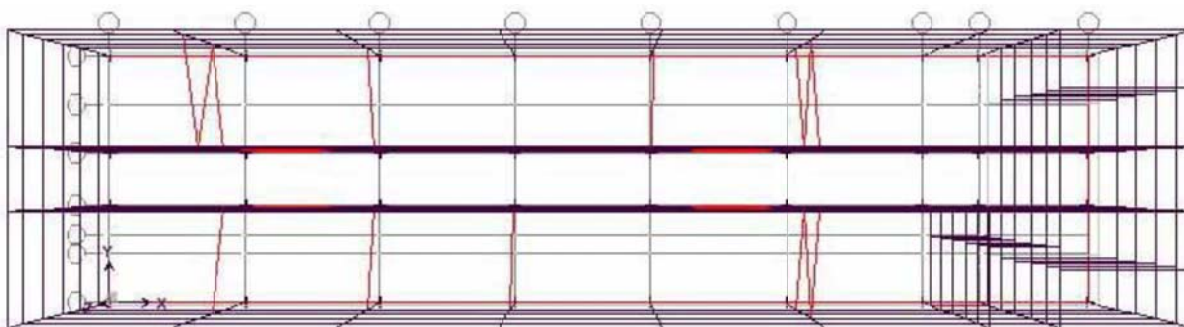


*Σχήμα 2.28 Κτίριο εργοστασίου με αποσβεστήρες (Mualla, 2018)*

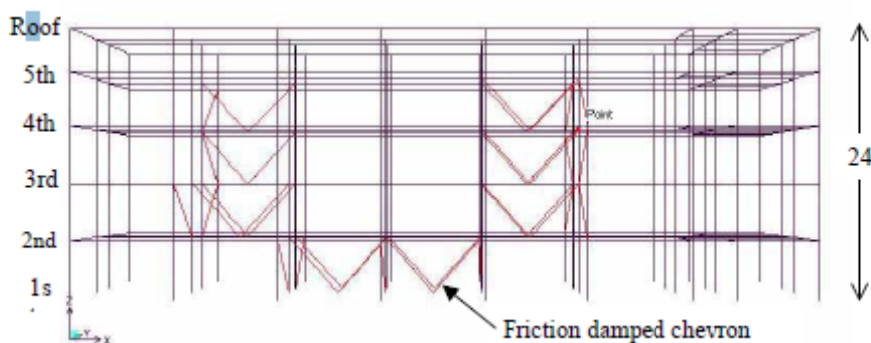
Οι **Malhotra et al (2004)**, μελέτησαν την σεισμική αναβάθμιση των τεσσάρων κτιρίων του Νοσοκομείου St. Vincent (Σχήμα 2.29) στην Οτάβα του Καναδά με χρήση αποσβεστήρων τριβής Pall. Από τις αναλύσεις προέκυψε ότι οι αποσβεστήρες μετατρέπουν ένα σημαντικό τμήμα της σεισμικής ενέργειας σε τριβή. Έτσι η ενισχυμένη κατασκευή παρουσιάζει μειωμένες μετακινήσεις και εντατικά μεγέθη. Επιπλέον από μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις (χρονοϊστορίες) (Σχήμα 2.34), (Σχήμα 2.35), (Σχήμα 2.37) προέκυψε εξαιρετική συμπεριφορά της ενισχυμένης κατασκευής σε σύγκριση με συμβατικές μεθόδους ενίσχυσης.



Σχήμα 2.29 Γενική Κάτοψη του νοσοκομείου (Malhotra et al, 2004)



Σχήμα 2.30 Το D τμήμα σε τρισδιάστατη μορφή του κτιρίου από πάνω προς τα κάτω (Malhotra et al, 2004)



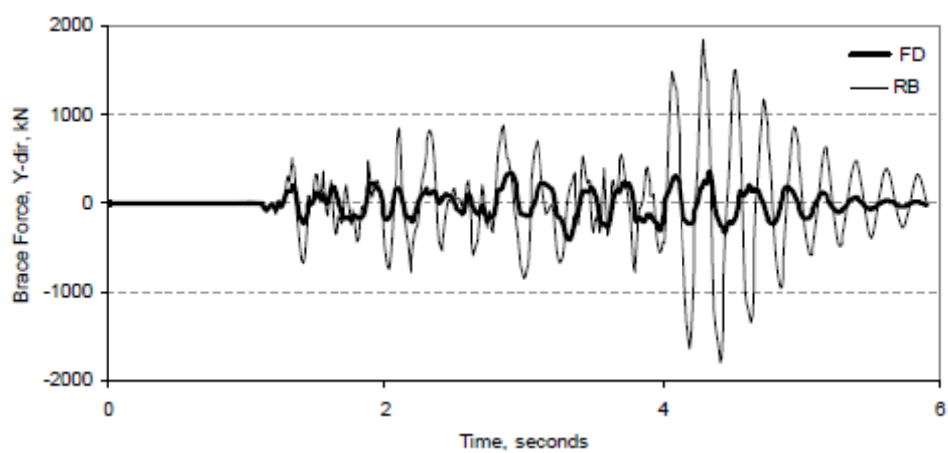
Σχήμα 2.31 Το D τμήμα σε τρισδιάστατη μορφή του κτιρίου, Όψη (Malhotra et al, 2004)



Σχήμα 2.32 Μονός διαγώνιος αποσβεστήρας τριβής (Malhotra et al, 2004)

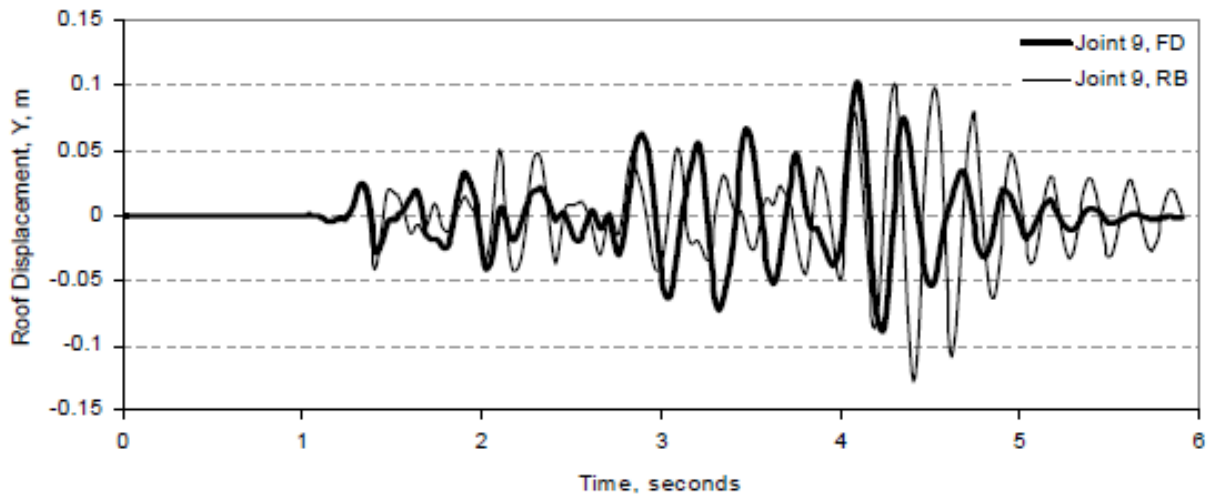


Σχήμα 2.33 Τυπικός αποσβεστήρας τριβής τύπου V (Malhotra et al, 2004)

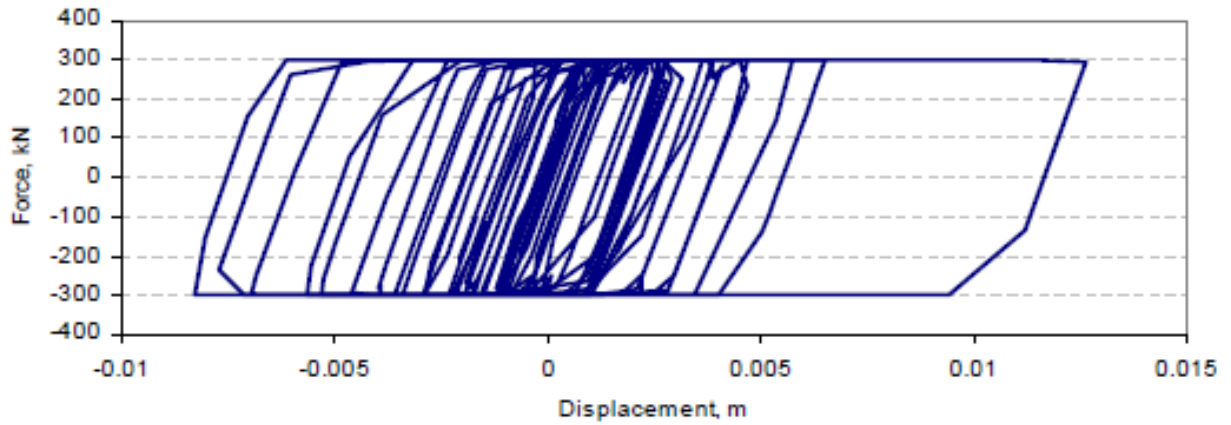


Σχήμα 2.34 Χρονοϊστορία αξονικών δυνάμεων στον αποσβεστήρα στον 4<sup>ο</sup> όροφο (Malhotra et al, 2004)

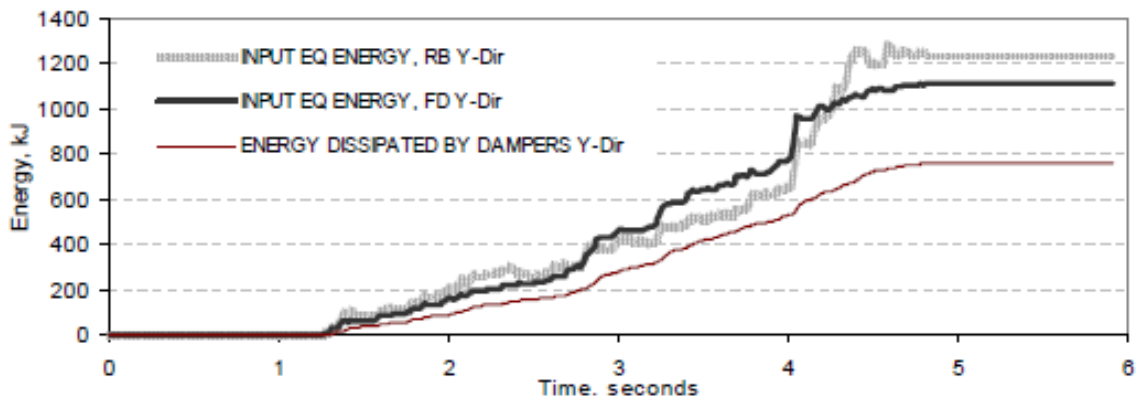




Σχήμα 2.35 Χρονοϊστορία μετατοπίσεων κορυφής (Malhotra et al, 2004)



Σχήμα 2.36 Βρόχος υστέρησης του αποσβεστήρα τριβής (Malhotra et al, 2004)



Σχήμα 2.37 Χρονοϊστορίες των ενεργειών που εισάγονται και που απορροφώνται (Malhotra et al, 2004)

Οι **Pasquin et al (2004)**, μελέτησαν την σεισμική αναβάθμιση του δεκαώροφου κτιρίου Eaton's (Σχήμα 2.38) με χρήση αποσβεστήρων τριβής Pall. Από μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις (χρονοϊστορίες) (Σχήμα 2.42), (Σχήμα 2.43) προέκυψε ότι η ενισχυμένη κατασκευή παρουσιάζει μειωμένες μετακινήσεις, εντατικά μεγέθη και τέμνουσα βάσης.



*Σχήμα 2.38 Το κτίριο Eaton (Pasquin et al, 2004)*



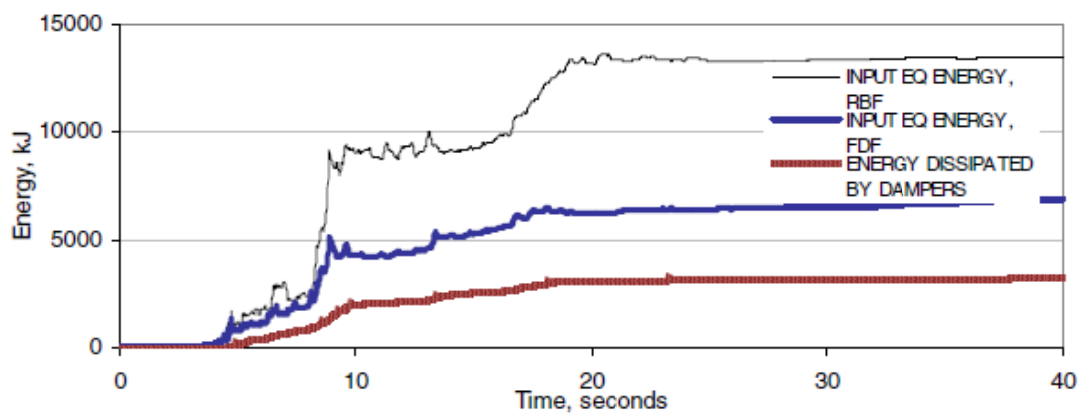
*Σχήμα 2.39 Το κτίριο Eaton, κατά τη διάρκεια των εργασιών (Pasquin et al, 2004)*



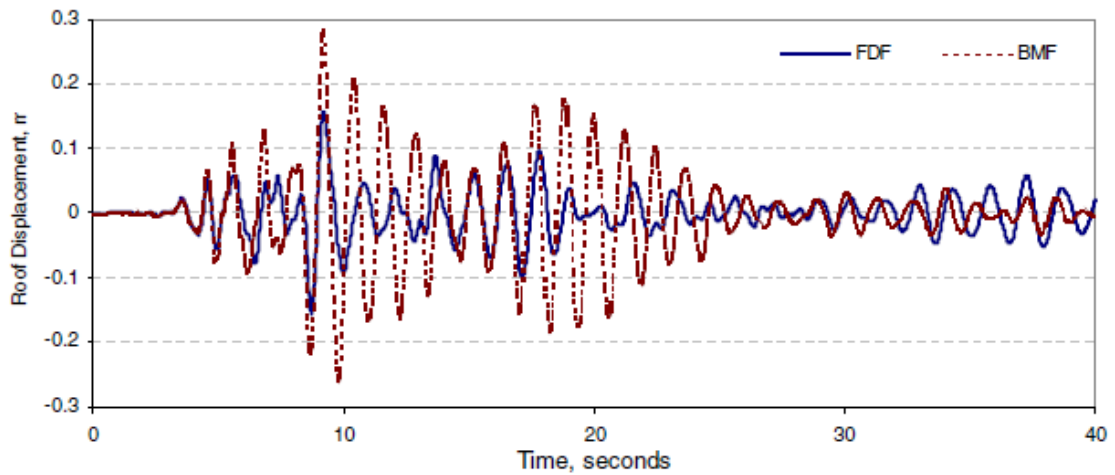
Σχήμα 2.40 Αποσβεστήρες τριβής σε μονούς διαγώνιους μεταλλικούς συνδέσμους (Pasquin et al, 2004)



Σχήμα 2.41 Αποσβεστήρες τριβής τοποθετημένοι σε διάταξη  $\Delta$  στην κορυφή των μεταλλικών διαγωνίων (Pasquin et al, 2004)



Σχήμα 2.42 Χρονοϊστορίες των ενεργειών που εισάγονται και που απορροφώνται (Pasquin et al, 2004)

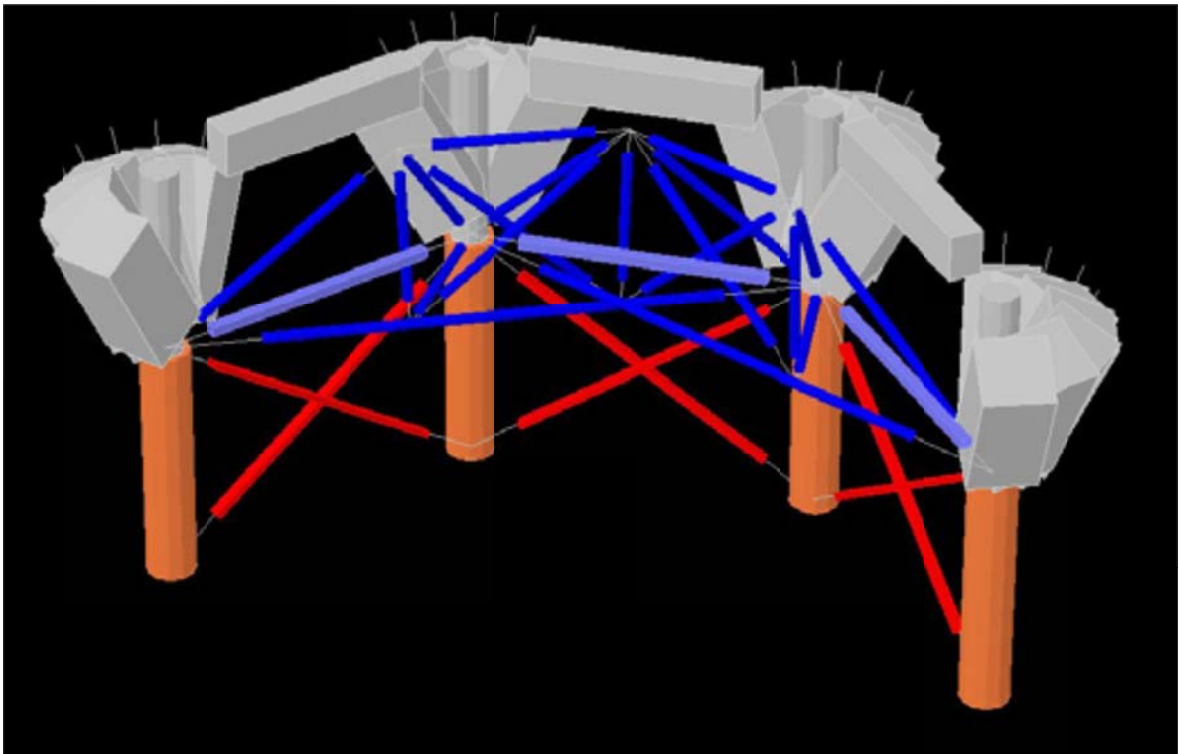


Σχήμα 2.43 Χρονοϊστορία μετατοπίσεων κορυφής (Pasquin et al, 2004)

Οι **Shao et al (2004)**, μελέτησαν την σεισμική αναβάθμιση ενός δεκατετραώροφου κτιρίου με χρήση αποσβεστήρων τριβής, οι οποίοι τοποθετήθηκαν στο μαλακό όροφο ύψους δύο ορόφων του κτιρίου (Σχήμα 2.44). Μετά την ενίσχυσή του το κτίριο (Σχήμα 2.48) ικανοποιεί τις διατάξεις του Κανονισμού FEMA356 για άμεση χρήση σε σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια.



Σχήμα 2.44 Υπάρχον κτίριο με το «μαλακό» όροφο (Shao et al, 2004)



Σχήμα 2.45 Τρισδιάστατη απεικόνιση των δικτυωμάτων και των αποσβεστήρων (Shao et al, 2004)



Σχήμα 2.46 Ενίσχυση υποστρώματος από σκυρόδεμα, πριν και μετά (Shao et al, 2004)



Σχήμα 2.47 Τοποθέτηση μεταλλικού μανδύα και αποσβεστήρα (Shao et al, 2004)



Σχήμα 2.48 Ολοκληρωμένη εγκατάσταση συστήματος απόσβεσης (Shao et al, 2004)

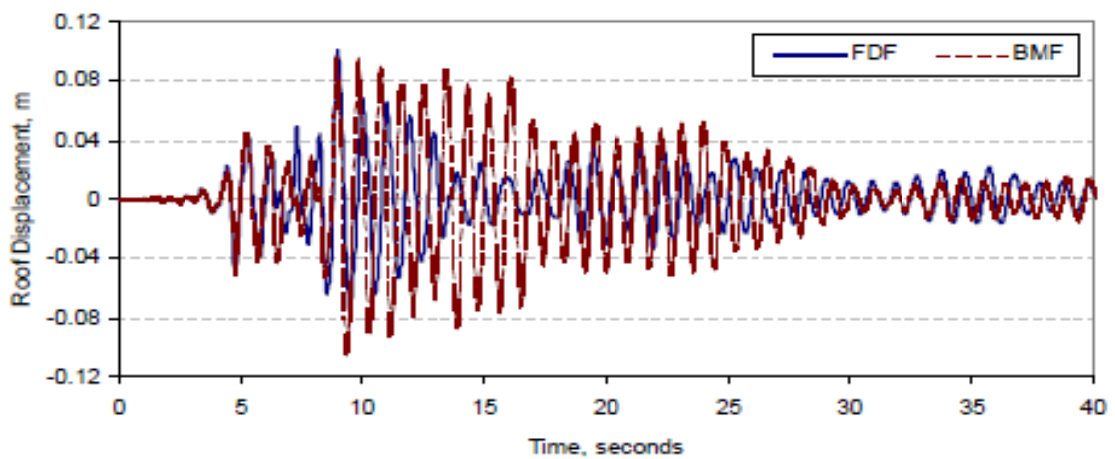
Οι **Vezina & Pall (2004)**, μελέτησαν την σεισμική αναβάθμιση του δεκαώροφου κτιρίου MUCTC στο Μόντρεαλ με χρήση αποσβεστήρων τριβής Pall (Σχήμα 2.49), (Σχήμα 2.50). Από μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις (χρονοϊστορίες), προέκυψε ότι η ενισχυμένη κατασκευή παρουσιάζει μειωμένες μετακινήσεις (Σχήμα 2.51) και εντατικά μεγέθη (Σχήμα 2.54).



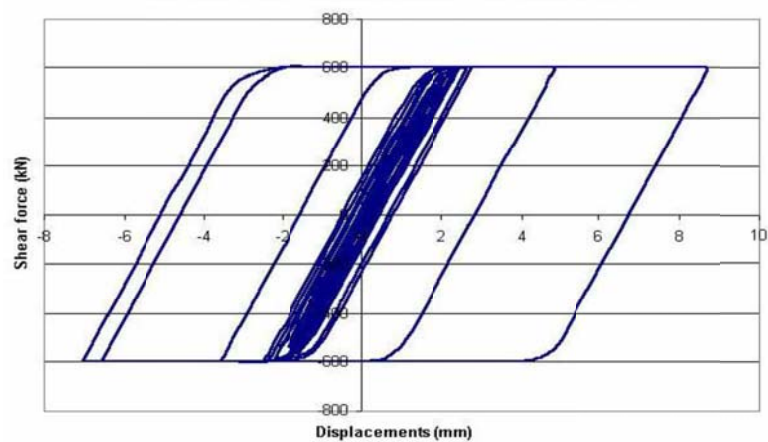
Σχήμα 2.49 Τυπικές λεπτομέρειες συνδέσεων (Vezina & Pall, 2004)



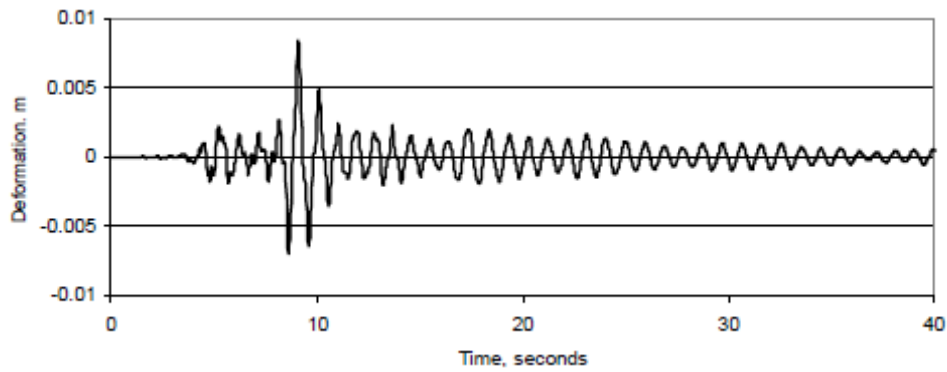
Σχήμα 2.50 Αποσβεστήρας τριβής τοποθετημένος στη βάση του διαγώνιου μεταλλικού συνδέσμου (Vezina & Pall, 2004)



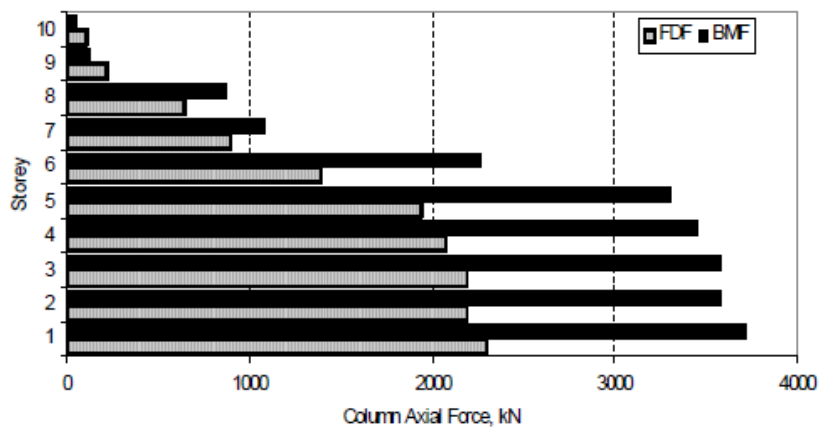
Σχήμα 2.51 Χρονοϊστορία μετατοπίσεων κορυφής (Vezina & Pall, 2004)



Σχήμα 2.52 Υστερητικός βρόχος τυπικού αποσβεστήρα τριβής φορτίου ολίσθησης 600kN (Vezina & Pall, 2004)

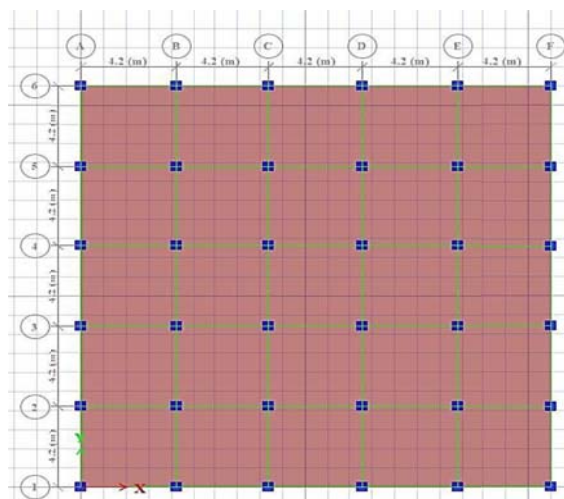


Σχήμα 2.53 Χρονοϊστορία παραμόρφωσης τυπικού αποσβεστήρα τριβής φορτίου ολίσθησης 600kN (Vezina & Pall, 2004)



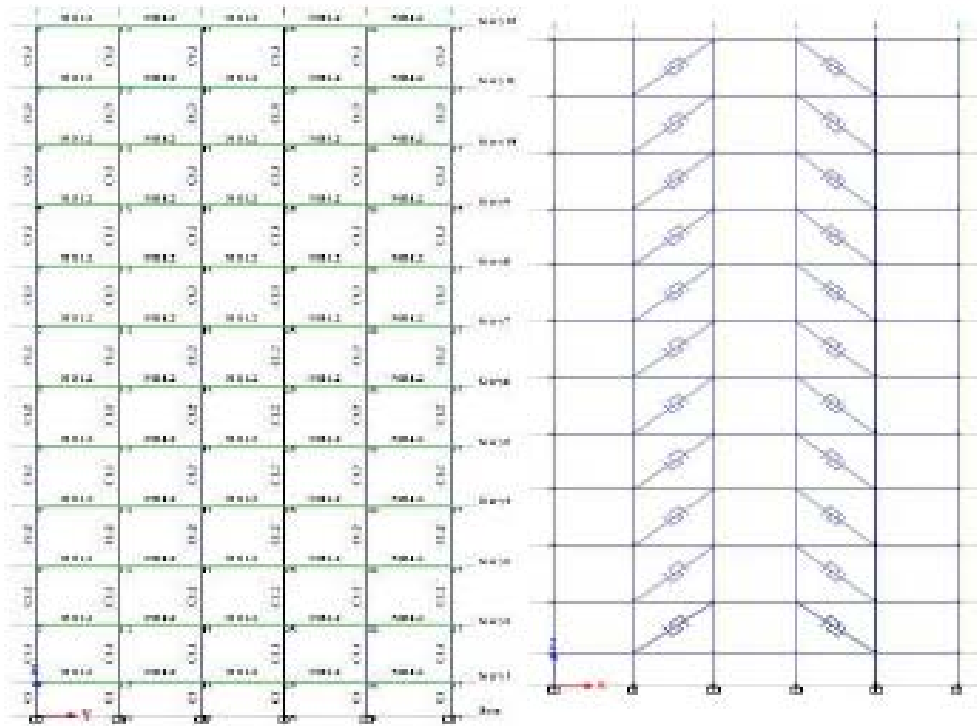
Σχήμα 2.54 Περιβάλλουσα αξονικών δυνάμεων υποστλωμάτων (Vezina & Pall, 2004)

Οι **Sinha & Singh (2017)**, μελέτησαν τη χρήση και την αποτελεσματικότητα των αποσβεστήρων τριβής σε δωδεκαώροφο κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα (Σχήμα 2.55), (Σχήμα 2.56). Από μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις (χρονοϊστορίες) προέκυψε ότι η ενισχυμένη κατασκευή παρουσιάζει μειωμένες μετακινήσεις οροφής (Σχήμα 2.57), αλλά αυξημένη τιμή επιτάχυνσης οροφής και τέμνουσας βάσης (Σχήμα 2.58), (Σχήμα 2.59).

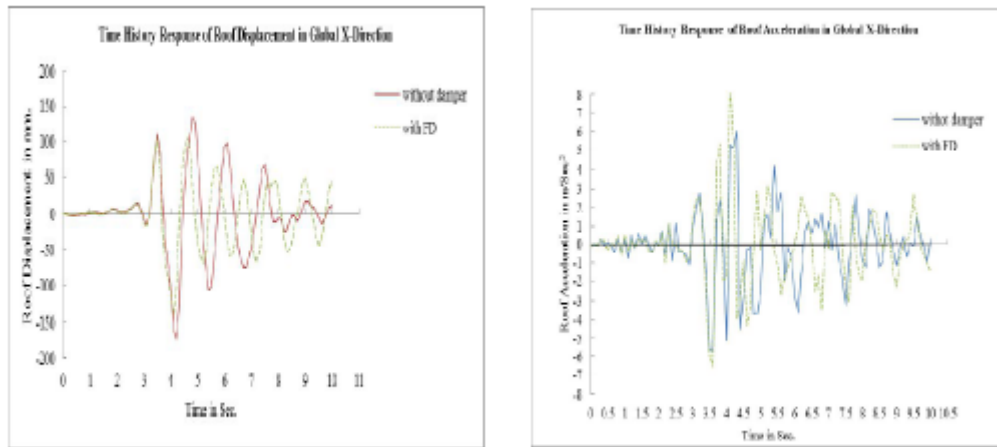


Σχήμα 2.55 Το μοντέλο του κτιρίου – Κάτοψη (Sinha & Singh, 2017)

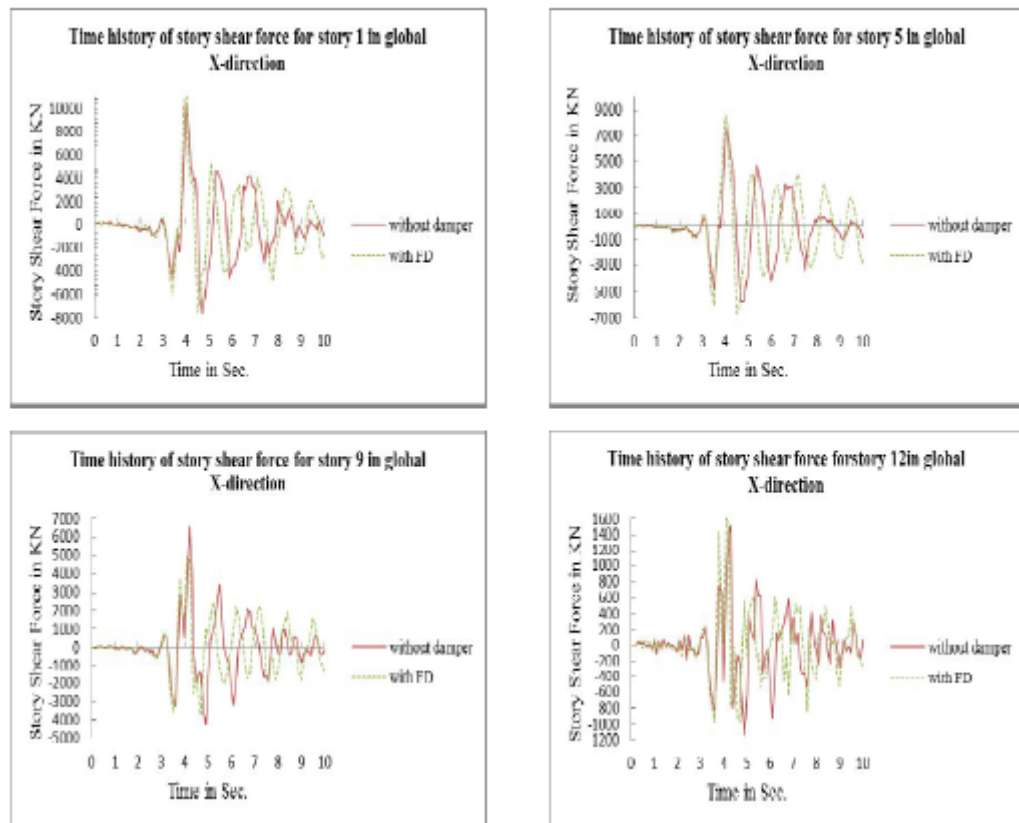




Σχήμα 2.56 Το μοντέλο του κτιρίου – Όψη χωρίς και με αποσβεστήρες (Sinha & Singh, 2017)



Σχήμα 2.57 Χρονοϊστορίες μετατόπισης κορυφής και επιτάχυνσης στη x-διεύθυνση με και χωρίς εφαρμογή των αποσβεστήρων (Sinha & Singh, 2017)



Σχήμα 2.58 Χρονοϊστορίες τεμνουσών στη x-διεύθυνση στους ορόφους 1, 5, 9 και 12 με και χωρίς εφαρμογή των αποσβεστήρων (Sinha & Singh, 2017)

Storey	Storey 1	Storey 5	Storey 9	Storey 12
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Without FD	10503.66361	7689.719927	6532.578515	1512.290501
With FD	12647.54961	8602.891748	4866.847959	1631.295419

Σχήμα 2.59 Μέγιστες τιμές τεμνουσών με και χωρίς εφαρμογή των αποσβεστήρων (Sinha & Singh, 2017)

Οι **Mahmoudi et al (2013)** μελέτησαν τη χρήση και την αποτελεσματικότητα των αποσβεστήρων τριβής σε τρία κτίρια (τριώροφο, πενταώροφο, επταώροφο) με χρήση αποσβεστήρων τριβής Pall. Από μη γραμμικές και γραμμικές δυναμικές αναλύσεις προέκυψε ότι η χρήση των αποσβεστήρων αυξάνει την απόσβεση του πλαισίου και μειώνει το ποσοστό καταστροφής των μη δομικών στοιχείων. Επίσης η αποτελεσματικότητα των αποσβεστήρων είναι πιο εμφανής σε κοντύτερα κτίρια (Σχήμα 2.60).

story	Equivalent damping %
3	19.5
5	16.2
7	12.2

Σχήμα 2.60 Ισοδύναμη απόσβεση % για κάθε κτίριο (Mahmoudi et al, 2013)

### **2.3 Συμπεράσματα επί της βιβλιογραφικής ανασκόπησης**

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που παρουσιάστηκε στο παρόν κεφάλαιο, προκύπτει πως το αντικείμενο της εφαρμογής διαφόρων διατάξεων απόσβεσης σε κτίρια από μεταλλικό σκελετό ή φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, είναι αρκετά σύνθετο και πρόσφορο για περαιτέρω έρευνα, καθώς αναπτύσσεται ολοένα και περισσότερο τις τελευταίες δεκαετίες. Πληθώρα ερευνών και μελετών ασχολούνται είτε με την ανάπτυξη νέων διατάξεων απόσβεσης ενέργειας, προσδιορίζοντας τα χαρακτηριστικά τους και ελέγχοντας την εφαρμογή τους ακόμα και σε πειραματικό επίπεδο σε κανονική κλίμακα, είτε με την εφαρμογή εμπορικά διαθέσιμων τύπων αποσβεστήρων σε μελέτες αποτίμησης και έργα ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών.

Όλο αυτό το διαθέσιμο υλικό, αποτελεί μία επαρκή αφετηρία για περαιτέρω έρευνα στον τομέα ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών με διατάξεις απόσβεσης ενέργειας. Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα δοθεί έμφαση στους αποσβεστήρες τριβής, για τους οποίους θα διερευνηθεί η επίδραση της χρήσης τους στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

## Κεφάλαιο 3

# ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΤΡΙΒΗΣ

### 3.1 Μέθοδοι ενίσχυσης κατασκευών

Η ενίσχυση μιας υφιστάμενης κατασκευής μπορεί να επιτευχθεί είτε ενισχύοντας **όλη την κατασκευή**, είτε με την **ενίσχυση μεμονωμένων στοιχείων**. Στην περίπτωση που εξετάζεται η ενίσχυση όλης της κατασκευής, αυτή επιτυγχάνεται αυξάνοντας την αντοχή της, τη δυσκαμψία της ή και την πλαστιμότητάς της. Έτσι, προσθέτονται στην κατασκευή τοιχώματα, δικτυωτοί φορείς, συστήματα απόσβεσης ενέργειας, σεισμική μόνωση. Στην περίπτωση που εξετάζεται να ενισχυθούν μεμονωμένα στοιχεία της κατασκευής, τότε χρησιμοποιούνται συμβατικές μέθοδοι προσθήκης τοιχωμάτων, ενίσχυσης (υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων) με μανδύες. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι αναμφίβολη, εφαρμόζεται χωρίς αξιολογους περιορισμούς, αλλά είναι κοστοβόρα. Σημαντικός παράγοντας επιτυχίας των μεθόδων ενίσχυσης είναι η καλή συνεργασία των ενισχύσεων με τα υφιστάμενα στοιχεία. Επίσης πρέπει να αξιολογηθεί και να ληφθεί υπόψη ενδεχόμενη αύξηση εντατικών μεγεθών σε κάποια στοιχεία των κατασκευών μετά την ενίσχυσή τους (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

Το στατικό σύστημα της κατασκευής μεταβάλλεται εφαρμόζοντας κάποια από τις παραπάνω μεθόδους ενίσχυσης. Αυτό έχει ως συνέπεια στο σχεδιασμό τέτοιων ενισχύσεων να γίνεται έλεγχος όλης της κατασκευής για το ενδεχόμενο να απαιτηθούν επεμβάσεις σε διάφορα σημεία της. Ειδικότερα, οι μέθοδοι ενίσχυσης με συστήματα απόσβεσης ενέργειας, προκαλώντας μεγάλη μεταβολή στο στατικό σύστημα της αρχικής κατασκευής έχει ως συνέπεια οι μελετητές να την χρησιμοποιούν σε εξειδικευμένες περιπτώσεις με ειδικές απαιτήσεις. Συνέπεια αυτού, στις συνήθεις περιπτώσεις, είναι να προκρίνεται η ενίσχυση με άλλες μεθόδους όπως π.χ. η προσθήκη τοιχωμάτων ή δικτυωτών φορέων (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

Η αποτελεσματικότερη μέθοδος για να αυξηθεί η αντοχή και η δυσκαμψία του φορέα είναι η μέθοδος **της προσθήκης νέων τοιχωμάτων**. Κρίσιμη είναι η απόφαση της θέσης και του αριθμού των πρόσθετων τοιχωμάτων στην αρχική κατασκευή. Η εφαρμογή τους αναβαθμίζει την αντισεισμική συμπεριφορά των κατασκευών και συναντάται σε περιπτώσεις κατασκευών με ασυμμετρικές κατόψεων, με μαλακούς ορόφους, κοντά υποστυλώματα και γενικότερα με ασύμμετρη κατανομή της ακαμψίας των μελών τους. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μέθοδο δύσκολη τεχνικά και με μεγάλο κόστος, αλλά και με ένα άλλο μεγάλο μειονέκτημα. Το ίδιο βάρος των

πρόσθετων τοιχωμάτων φορτίζει την υπάρχουσα θεμελίωση της κατασκευής με την οποία θα πρέπει να συνδεθεί στατικά. Έτσι, απαιτείται και έλεγχος της υφιστάμενης θεμελίωσης και έλεγχος περίπτωσης καθίζησης της υφιστάμενης θεμελίωσης. Επειδή όμως συνήθως χρησιμοποιείται για την ενίσχυση μαλακών ορόφων σε ισόγεια, τότε η εφαρμογή τους γίνεται χωρίς προβλήματα (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).



Σχήμα 3.1 Τοίχωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα (αριστερά) & μεταλλικά δικτυωτά συστήματα (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010)

Με τη μέθοδο προσθήκης δικτυωτών φορέων, κυρίως μεταλλικών, βελτιώνεται η αντισεισμική συμπεριφορά της κατασκευής, αυξάνοντας την αντοχή, την ακαμψία και την πλαστιμότητά της. Λόγω της ανελαστικής τους συμπεριφοράς μπορούν να απορροφήσουν ένα ποσοστό της σεισμικής ενέργειας. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα να απορροφήσουν την ενέργεια από τα πλευρικά φορτία του ανέμου ή των μικρών σεισμών, όχι όμως και των ισχυρών κατά τους οποίους δεν λειτουργούν με επιτυχία. Τοποθετούνται σε σχήμα X, Λ, V, Y και K (το σχήμα K δεν επιτρέπεται στις υφιστάμενες κατασκευές). Στερεώνονται στην υφιστάμενη κατασκευή μέσω σύνδεσής τους με μεταλλικό πλαίσιο ή άλλες διατάξεις. Η εφαρμογή τους προτιμάται σε βιομηχανικά κτίρια και σε μαλακούς ορόφους κατασκευών, λόγω της εύκολης και γρήγορης τοποθέτησής τους, αλλά και του μικρού ίδιου βάρους τους. Όμως, κατά τη μελέτη πρέπει να δοθεί προσοχή στην κατανομή των εντατικών μεγεθών στα μέλη και στους κόμβους της κατασκευής (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

Κοινό μειονέκτημα της μεθόδου της προσθήκης τοιχωμάτων και της μεθόδου προσθήκης δικτυωτών φορέων είναι η επιβεβλημένη συνεχής τοποθέτησή τους καθ' ύψος. Κατά την προσθήκη τοιχωμάτων επιβάλλεται για την μεταφορά των φορτίων αλλά και του ίδιου βάρους τους στη θεμελίωση, ενώ κατά την προσθήκη δικτυωτών φορέων η συνεχής τοποθέτησή τους καθ' ύψος επιβάλλεται στην περίπτωση ενίσχυσης όλης της κατασκευής.

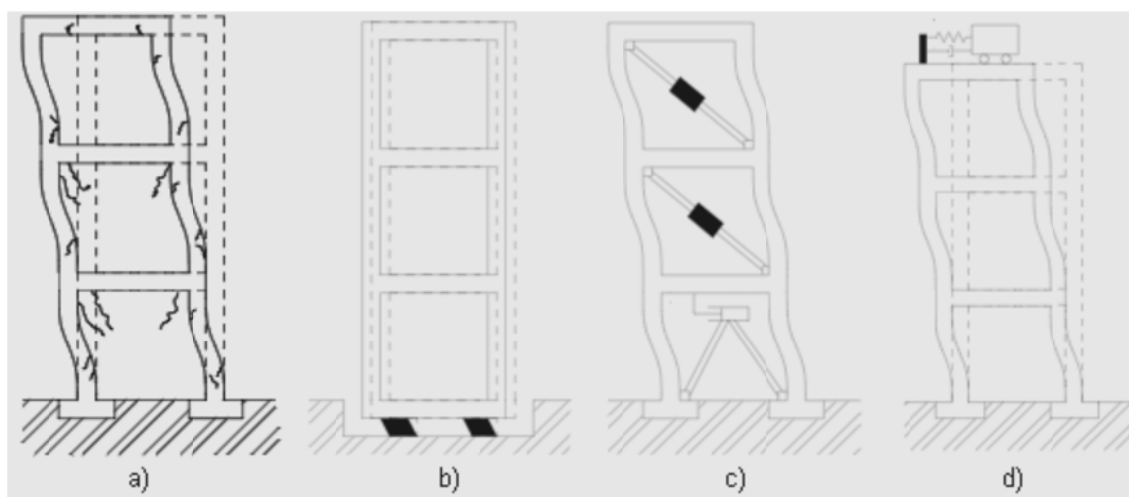
### 3.2 Συστήματα προστασίας των κατασκευών - Αποσβεστήρες

Τα συστήματα προστασίας των κατασκευών δύνανται να τοποθετηθούν σε μία κατασκευή εξωτερικά ή εσωτερικά της. Στην πρώτη περίπτωση περιλαμβάνονται συστήματα που τοποθετούνται στη θεμελίωση των κατασκευών ως συστήματα **σεισμικής μόνωσης**, ενώ στη δεύτερη περιλαμβάνονται τα **συστήματα απορρόφησης ενέργειας** ως συστήματα αποσβεστήρων. Τα διάφορα είδη αποσβεστήρων, με ποικιλία στα υλικά και στη μορφολογία είναι μία αποτελεσματική λύση ενίσχυσης των υφιστάμενων κατασκευών έναντι της σεισμικής δράσης (Σεβαστός, 2009). Έτσι τα επιμέρους είδη των βασικών κατηγοριών φαίνονται παρακάτω (Σχήμα 3.2).

**Table 1.1 Structural Protective Systems**

Seismic Isolation	Passive Energy Dissipation	Semi-active and Active Control
Elastomeric Bearings	Metallic Dampers	Active Bracing Systems
	Friction Dampers	Active Mass Dampers
Lead Rubber Bearings	Viscoelastic Dampers	Variable Stiffness or Damping Systems
	Viscous Fluid Dampers	Smart Materials
Sliding Friction Pendulum	Tuned Mass Dampers	
	Tuned Liquid Dampers	

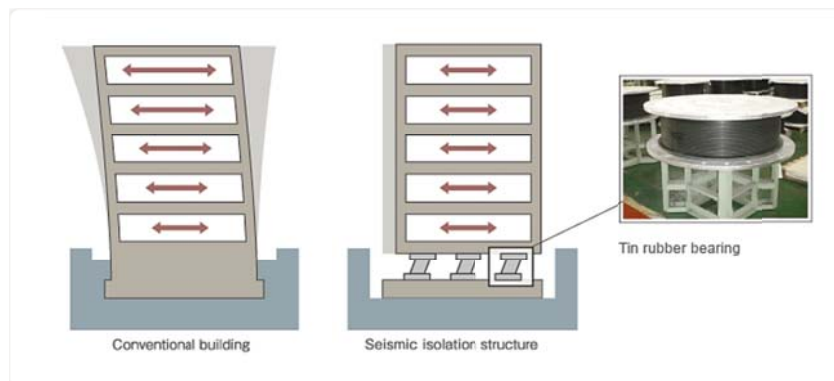
Σχήμα 3.2 Είδη Συστημάτων προστασίας κατασκευών (Λοτσάρης & Πάχης, 2012)



Σχήμα 3.3 α) Σεισμική απόκριση συμβατικής κατασκευής, β) σεισμική μόνωση, γ) συσκευές ενεργειακού διασκεδάσμου, δ) διατάξεις δυναμικής απορρόφησης της δόνησης (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010)

### 3.3 Αποσβεστήρες σεισμικής μόνωσης

Μια κατασκευή που έχει μονωθεί με σύστημα σεισμικής μόνωσης παρουσιάζει πλεονεκτήματα, όπως η εξασφάλιση της ελαστικής συμπεριφοράς του κτιρίου ακόμα και σε περιπτώσεις ισχυρών σεισμών, τη δραστική μείωση της διέγερσης της ανωδομής, την αποτροπή της πρόκλησης βλαβών στον φέροντα οργανισμό του κτιρίου και τον περιορισμό των ζημιών στα μη-φέροντα δομικά στοιχεία και στα περιεχόμενα του κτιρίου (π.χ. οικοσκευές). Επίσης, παρέχει αυξημένη ασφάλεια έναντι κατάρρευσης και τέλος επιτρέπει τη συνεχή λειτουργία του κτιρίου κατά τη διάρκεια των εργασιών επισκευής. Το βασικό μειονέκτημα της εφαρμογής σεισμικής μόνωσης σε μια κατασκευή είναι το υψηλό κόστος της, γι' αυτό το λόγο και χρησιμοποιείται σε κατασκευές μεγάλης σπουδαιότητας όπως για παράδειγμα μουσεία, βιβλιοθήκες, στα οποία η λειτουργικότητα παίζει πρωταρχικό ρόλο (Ζιώγκα, 2008).



Σχήμα 3.4 Απόκριση συμβατικού και σεισμικά μονωμένου κτιρίου με την παρουσία ελαστομερών εφεδράνων (office.tatemono.com) (Χατζιράι, 2016)

#### 3.3.1 Ελαστομερή εφέδρανα

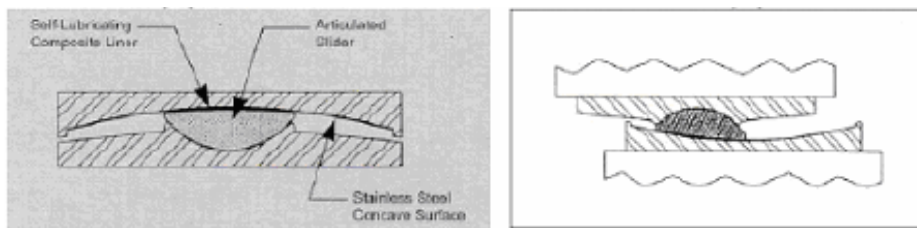
Αποτελούν τον πιο απλό τύπο εφεδράνων που χρησιμοποιούνται προκειμένου να μονωθεί σεισμικά μια κατασκευή. Τα ελαστομερή εφέδρανα (Σχήμα 3.5) είναι κατασκευασμένα από φυσικά ή συνθετικά υλικά ανάμεσα στα οποία τοποθετούνται μεταλλικά φύλλα. Τα ελαστομερή υλικά (π.χ. πολυμερές νεοπρένιο) που προσδίνουν και τη γραμμική συμπεριφορά του συστήματος απόσβεσης, προτιμούνται λόγω της ανθεκτικότητάς του στις καιρικές συνθήκες και στις χημικές διαβρώσεις, μεγαλύτερες κι από αυτές του χάλυβα και του σκυροδέματος. Τα μεταλλικά φύλλα προστίθενται προκειμένου το εφέδρανο να αποκτήσει μεγαλύτερη κατακόρυφη δυσκαμψία και να μειωθεί ο κίνδυνος ανατροπής του κατά την άσκηση των οριζόντιων φορτίσεων. Όσον αφορά στην οριζόντια διατμητική ακαμψία των συγκεκριμένων εφεδράνων, εξαρτάται από το μέγεθος και το μέτρο διάτμησης του ελαστομερούς υλικού. (Ζιώγκα, 2008).



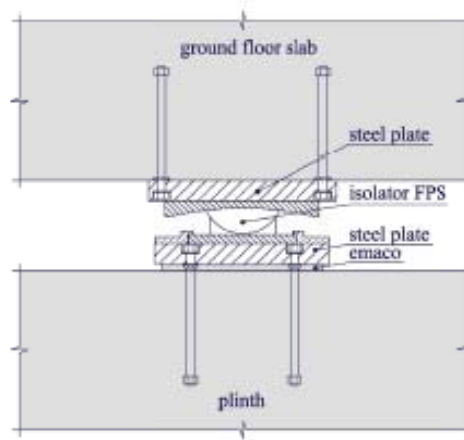
Σχήμα 3.5 Ελαστομεταλλικό εφέδρανο – ELB (Ζιώγκα, 2008).

### 3.3.2 Εκκρεμή εφέδρανα τριβής

Τα εκκρεμή εφέδρανα τριβής (Σχήμα 3.6 & Σχήμα 3.7) αποτελούν ένα συνηθισμένο τύπο εφεδράνων ολίσθησης. Αποτελούνται από μια κοίλη χαλύβδινη ανοξείδωτη επιφάνεια πάνω στην οποία τοποθετείται υλικό το οποίο στερεώνεται πάνω στην κατασκευή και μπορεί να ολισθαίνει πάνω στην κοίλη επιφάνεια. Ανάμεσά τους τοποθετείται ένα υλικό με μικρό συντελεστή τριβής. Λειτουργούν επενεργώντας στην κατασκευή με τη μείωση των σεισμικών δυνάμεων μέσω της τριβής που αναπτύσσεται. (Ζιώγκα, 2008).

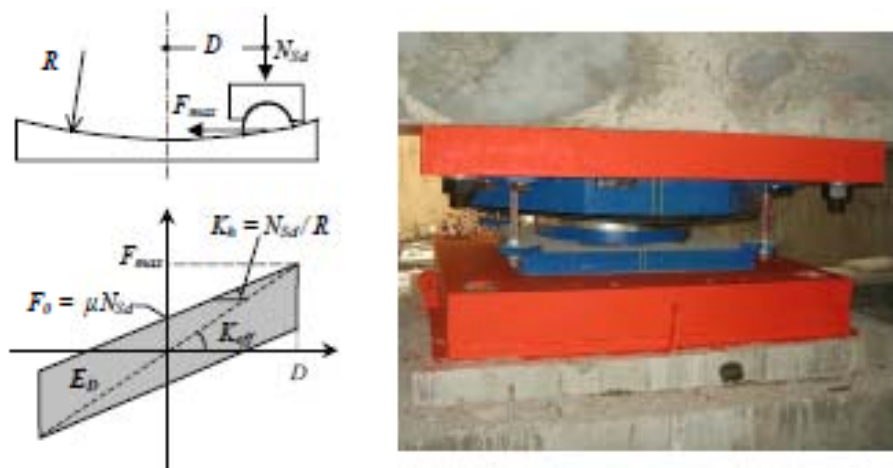


Σχήμα 3.6 Εκκρεμή εφέδρανα τριβής (Ζιώγκα, 2008).



Σχήμα 3.7 Σχηματική απεικόνιση ενός εκκρεμούς εφεδράνου τριβής (Giarlelis et al, 2015)





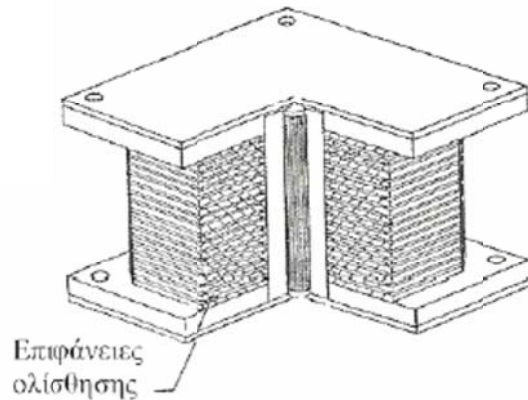
Σχήμα 3.8 Διγραμμικό μοντέλο εφεδράνου ολίσθησης (FPS) (αριστερά) και τοποθετημένο εφέδρανο (δεξιά) (Γιαρλέλης κ.ά., 2008)

Όταν οι σεισμικές δυνάμεις είναι μεγαλύτερες από την στατική τριβή, η σεισμική μόνωση ενεργοποιείται και το υλικό ολισθαίνει πάνω στην κοίλη επιφάνεια (Σχήμα 3.8). Η κατασκευή κινείται ακολουθώντας την κίνηση αυτή, που είναι σαν την κίνηση του απλού εκκρεμούς. Η απόσβεση της ταλάντωσης εξαρτάται από την πλευρική δύναμη αντίστασης που αναπτύσσει το εφέδρανο, η οποία ισούται με τη δύναμη της τριβής και το βάρος του κτιρίου. Έτσι απορροφάται η ενέργεια που προσδίδεται στο κτίριο από ένα σεισμό, καθώς έτσι υπάρχει η απαιτούμενη απόσβεση του πλάτους της ταλάντωσης που δημιουργεί ο σεισμός (Ζιώγκα, 2008).

Υπάρχουν όμως και τα εφέδρανα που για τη μείωση των σεισμικών δυνάμεων χρησιμοποιούν επάλληλες επιφάνειες ολίσθησης. Αποτελούνται από επιφάνειες ολίσθησης τοποθετημένες μεταξύ μεταλλικών φύλλων, που σχηματίζουν έναν κύλινδρο ή ένα παραλληλεπίπεδο, μοιάζοντας με τα ελαστομεταλλικά εφέδρανα (Σχήμα 3.9 & Σχήμα 3.10). Λειτουργούν μέσω της τριβής που αναπτύσσεται στις διεπιφάνειες μεταξύ των υλικών, η οποία μειώνει τις σεισμικές δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή (Ζιώγκα, 2008).



Σχήμα 3.9 Εφέδρανο ολίσθησης (FPS) (Ζιώγκα, 2008).



Σχήμα 3.10 Εφέδρανο ολίσθησης με επάλληλες διεπιφάνειες ολίσθησης (Σπυράκος, 2004)

### 3.4 Αποσβεστήρες παθητικής απορρόφησης ενέργειας

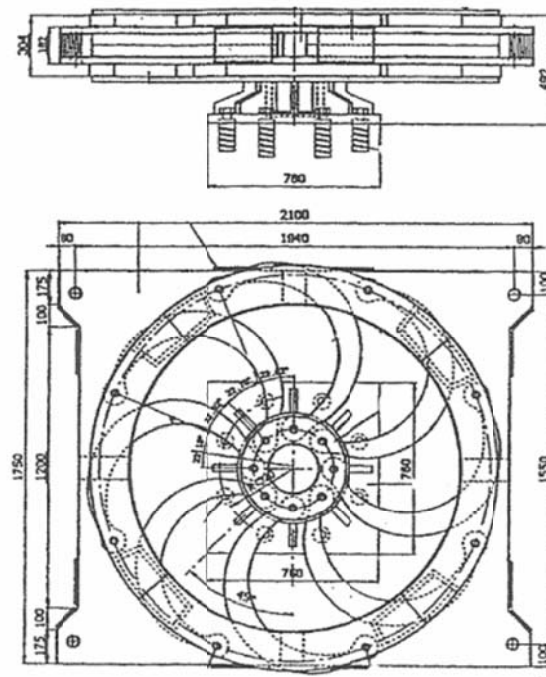
Η τεχνολογία των συστημάτων παθητικής ενέργειας προσθέτει στην κατασκευή στοιχεία απόσβεσης που της προσδίδουν βέλτιστη λειτουργία κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Η σεισμική ενέργεια απορροφάται από αυτά και μετατρέπεται σε θερμότητα. Πλεονέκτημα των παθητικών συστημάτων απόσβεσης έναντι των ενεργητικών συστημάτων ελέγχου, είναι η χρήση υλικών με ιδιότητες που τους επιτρέπουν να απορροφούν την ενέργεια που μεταφέρεται σε μία κατασκευή από ένα σεισμό. Επίσης, δεν εξαρτώνται από την εξωτερική παροχή ενέργειας που πρέπει να αποδοθεί στο σύστημα για να λειτουργήσει. Έτσι, καθίστανται και οικονομικά πλεονεκτικότερα, καθώς και η εγκατάστασή τους είναι συγκριτικά μικρότερη (Χατζιράι, 2016).

Τα συστήματα παθητικής διάχυσης ενέργειας χωρίζονται κυρίως με βάση την αρχή λειτουργίας απόσβεσης ενέργειας που χρησιμοποιούν (Σχήμα 3.2) και είναι τα εξής: Οι **μεταλλικοί αποσβεστήρες**, οι οποίοι ενεργούν μέσω διατάξεων παραμόρφωσης και διαρροής των μεταλλικών στοιχείων, οι **αποσβεστήρες τριβής** με τις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται μεταξύ των υλικών και οι **ιξοελαστικοί** που λειτουργούν διαμέσου της παραμόρφωσης **στερεών** ή **υγρών** ιξωδοελαστικών υλικών (Soong & Dargush, 1997).

#### 3.4.1 Μεταλλικοί αποσβεστήρες

Οι μεταλλικοί αποσβεστήρες αποτελούνται από **μεταλλικές διατάξεις** διαρροής, και λειτουργούν μέσω ανελαστικής παραμόρφωσης και διαρροής των μεταλλικών στοιχείων.

Για τους χαλύβδινους αποσβεστήρες χρησιμοποιούνται μεταλλικές διατομές με υψηλότερη αντοχή σε κόπωση από τις συνήθεις μεταλλικές διατομές που τοποθετούνται στις κατασκευές. Είναι οι τύπου "E", "T" και "U" ανάλογα με το σχήμα που έχουν. Παραμορφώνονται ελαφρώς σε περίπτωση μεγάλου σεισμού, περιορίζοντας τη σεισμική δύναμη που δέχεται η κατασκευή, ενώ στην περίπτωση των ανεμοφορτίων, προσδίδουν στην κατασκευή μεγαλύτερη δυσκαμψία. Στο (Σχήμα 3.11) φαίνεται ένας χαλύβδινος αποσβεστήρας με ομοιόμορφη συμπεριφορά σε όλες τις διευθύνσεις και για ανακυκλιζόμενες φορτίσεις με μεγάλο εύρος (Ζιώγκα, 2008).



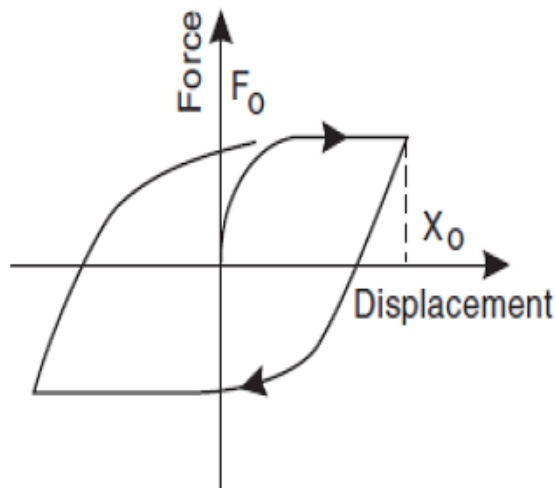
Σχήμα 3.11 Χαλύβδινος αποσβεστήρας (Ζιώγκα, 2008 από Σπυράκος, 2004)

Πλεονεκτήματά τους είναι η καλή γνώση των υλικών από τα οποία κατασκευάζονται, η λειτουργική τους αξιοπιστία σε βάθος χρόνου, η καλή υστερητική συμπεριφορά τους και ότι δεν επηρεάζονται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Μειονεκτήματά τους είναι η μη γραμμική συμπεριφορά τους και η πιθανή βλάβη τους μετά από σεισμό και άρα η αναγκαία αντικατάστασή τους.



Σχήμα 3.12 Μεταλλικοί αποσβεστήρες τριγωνικής μορφής (αριστερά) και μορφής - U (δεξιά) (Χατζιράι, 2016 από [www.ijetae.com](http://www.ijetae.com) & Jiao et al., 2014)



Σχήμα 3.13 Ιδανικό διάγραμμα δύναμης - μετακίνησης για μεταλλικούς αποσβεστήρες (Χατζιράι, 2016 από Constantinou et al, 1998)

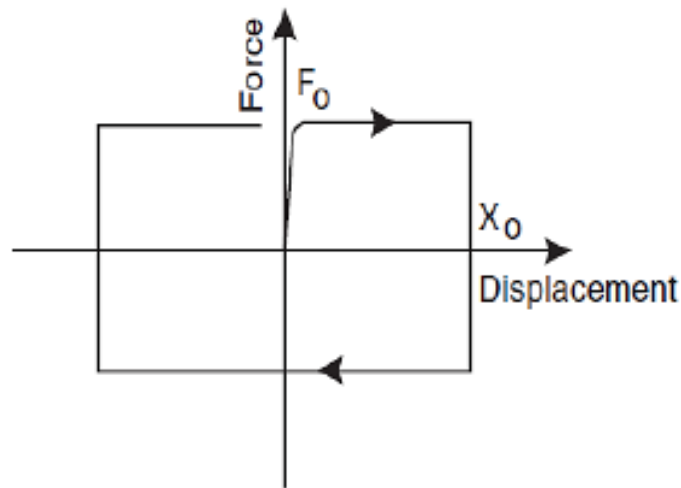
### 3.4.2 Αποσβεστήρες τριβής

Γενικά οι αποσβεστήρες τριβής αποτελούνται από μεταλλικές επιφάνειες συνδεδεμένες μεταξύ τους, έτσι ώστε υπό ορισμένο φορτίο να ολισθαίνουν και να απορροφούν την ενέργεια που θα δεχόταν η κατασκευή λόγω του φορτίου αυτού (Χατζιράι, 2016).

Στην περίπτωση λοιπόν των αποσβεστήρων τριβής, εκμεταλλευόμαστε την τριβή ως φαινόμενο που αναπτύσσεται μεταξύ δύο υλικών που ολισθαίνουν μεταξύ τους απορροφώντας σεισμική ενέργεια. Οι αποσβεστήρες τριβής μπορούν να είναι συστήματα μερικώς ολισθαίνοντα αρμού (limited slip bolt point – LSB), συστήματα με επιφάνειες τριβής που ολισθαίνουν μέσα στην εσωτερική επιφάνεια ενός κυλίνδρου ή και συστήματα όπου η απορρόφηση της ενέργειας γίνεται από την κοινή επιφάνεια των επιφανειών τριβής και του τοιχώματος του μεταλλικού κυλίνδρου μέσα στον οποίο κινούνται. (Ζιώγκα, 2008).



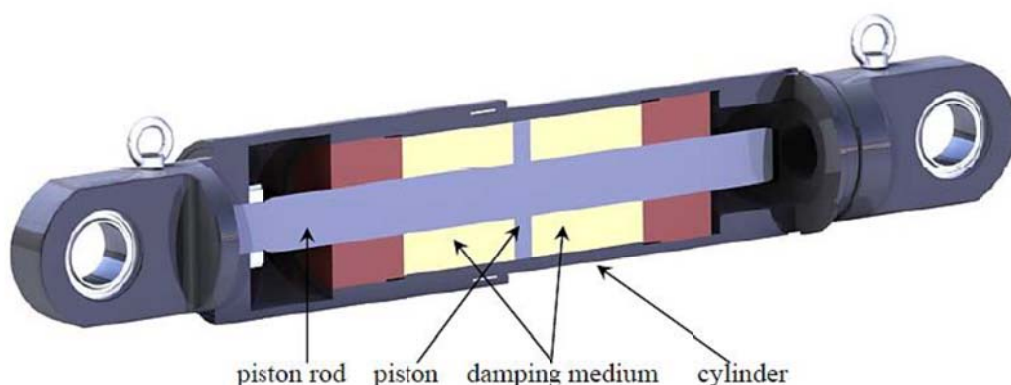
Σχήμα 3.14 Αποσβεστήρες Τριβής (Χατζιράι, 2016 από Elgamal & Fraser, 2004 & www.dampotech.com)



Σχήμα 3.15 Ιδανικό διάγραμμα δύναμης - μετακίνησης για αποσβεστήρες τριβής (Χατζιράι, 2016 από Constantinou et al, 1998)

### 3.4.3 Ιξώδεις αποσβεστήρες ή αποσβεστήρες ιξώδους υγρού

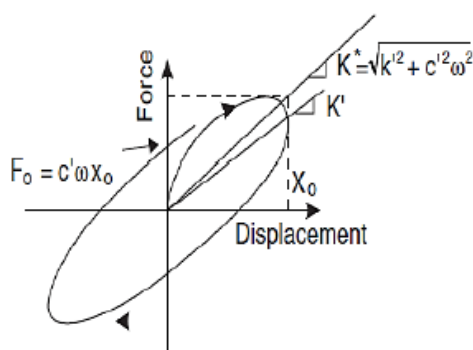
Αφορά στην απόσβεση με αποσβεστήρες μέσω παραμόρφωσης ενός ιξώδους υγρού, που είναι συσκευές των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην απόσβεση μέσω τριβής. Η συσκευή αποτελείται από έναν κύλινδρο, ένα έμβολο με οπές και το ιξώδες υγρό. Κατά την ενεργοποίησή τους το έμβολο κινείται μέσα στον κύλινδρο, πιέζοντας το ιξώδες υγρό. Έτσι δημιουργείται μεγάλη διαφορά πίεσης ανάμεσα στα δύο μέρη του εμβόλου η οποία οδηγεί το ιξώδες υγρό να κινηθεί με μεγάλη ταχύτητα μέσω των οπών και κατά συνέπεια την ανάπτυξη τριβής που αναπτύσσεται από την μετακίνηση ενός εμβόλου μέσα σε ένα ιξώδες υγρό, αποσβήνοντας έτσι την ενέργεια μέσω θερμότητας. Πρόκειται για συστήματα που εκμεταλλεύονται τις ιδιότητες των υγρών, στην περίπτωση αυτή το ιξώδες, αλλά εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και τη συχνότητα διέγερσης. Πλεονέκτημά τους η ενεργοποίησή τους σε μικρές μετακινήσεις, αλλά και η επαναφορά του εμβόλου με ελάχιστη δύναμη. Μειονέκτημά τους η αναξιοπιστία τους όσον αφορά τυχόν διαρροής του ιξώδους υγρού. (Χατζιράι, 2016).



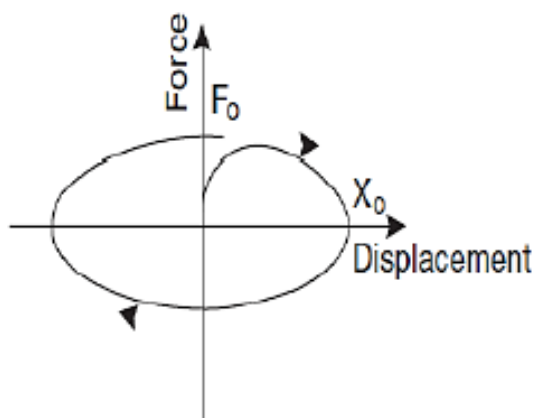
Σχήμα 3.16 Δομή αποσβεστήρα ιξώδους υγρού (Χατζιράι, 2016 από Qian et al, 2012).

### 3.4.4 Ιξωδοελαστικοί αποσβεστήρες - Ιξωδοελαστικοί αποσβεστήρες υγρού

Οι ιξωδοελαστικοί αποσβεστήρες είναι συστήματα κατασκευασμένα από χαλύβδινα ελάσματα μεταξύ των οποίων τοποθετούνται **ακρυλικά πολυμερή υλικά**, κολλούνται μεταξύ τους και χρησιμοποιούνται σε πλαίσια τα οποία είναι ενισχυμένα. Η αρχική τους χρήση αφορούσε την απόσβεση φορτίων όπως του ανέμου, αλλά η σημερινή τους αφορά και στην απόσβεση σεισμικών φορτίων. Η λειτουργία τους στηρίζεται στη διατμητική παραμόρφωση του αποσβεστήρα, που οδηγεί στη μείωση της ενέργειας που φτάνει στην κατασκευή. Από την κίνηση μεταξύ των υλικών (μεταλλικών πλακών και ελαστομερούς υλικού) παράγεται θερμότητα και ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται οι ιδιότητες των υλικών, όπως η ελαστικότητα και το ιξώδες (Χατζιράι, 2016).

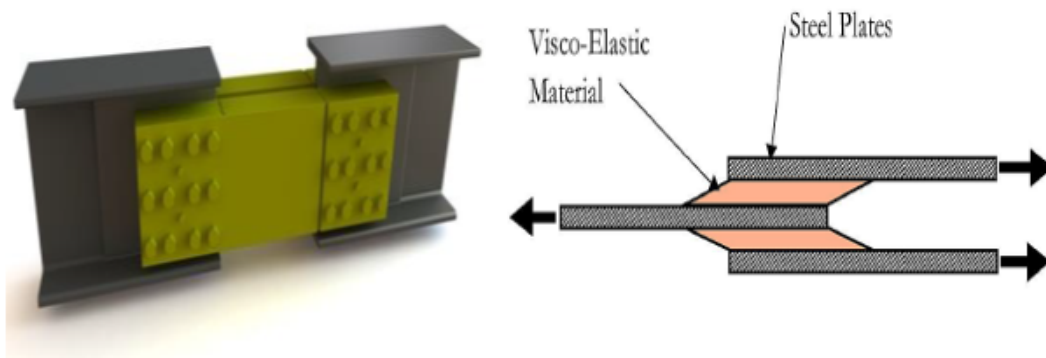


Σχήμα 3.17 Ιδανικά διάγραμματα δύναμης - μετατόπισης για ιξωδοελαστικούς αποσβεστήρες (Χατζιράι, 2016 από Constantinou et al, 1998)



Σχήμα 3.18 Ιδανικά διάγραμματα δύναμης - μετατόπισης ιξώδους υγρού αποσβεστήρες (Χατζιράι, 2016 από Constantinou et al, 1998)

Στα συγκεκριμένα συστήματα απόσβεσης ενέργειας μπορούν εκτός από ελαστομερή στερεά, να χρησιμοποιηθούν και **ρευστά**. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν μηχανικές ιδιότητες, οι οποίες εξαρτώνται από τη συχνότητα, τη θερμοκρασία και υπό συγκεκριμένες συνθήκες και από την παραμόρφωση. Μειονέκτημά τους είναι το μικρό όριο παραμόρφωσης και η ενδεχόμενη αποκόλληση των υλικών μεταξύ τους, ή αποσύνδεσή τους από την κατασκευή (Χατζιράι, 2016).

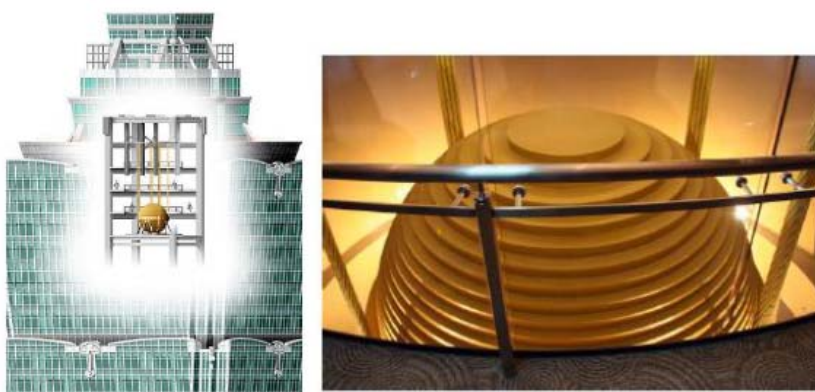


Σχήμα 3.19 Ιξοελαστικοί αποσβεστήρες (Χατζιράι, 2016 από Trevor & Kelly, 2001 & [www.canadianconsultingengineer.com](http://www.canadianconsultingengineer.com))

### 3.4.5 Αποσβεστήρες συντονισμένης μάζας

Οι αποσβεστήρες μάζας ή συντονισμένης μάζας είναι συστήματα που αποτελούνται από μια μεγάλη μάζα που συνδέεται με την κατασκευή μέσω ελατηρίων. Η λειτουργία τους στηρίζεται στις δυνάμεις αδράνειας που αναπτύσσονται όταν ενεργοποιηθούν από τις δυνάμεις ενός σεισμού. Για τη σωστή λειτουργία τους θα πρέπει η ιδιοσυχνότητά τους να είναι κοντά σε κάποια από τις ιδιοσυχνότητες της κατασκευής, γι' αυτό και πολλές φορές ονομάζονται και αποσβεστήρες συντονισμένης μάζας (Σεβαστός, 2009).

Βρίσκουν εφαρμογή στις κατασκευές για τον έλεγχο των σεισμικών φορτίων, αλλά και σε άλλες επιστήμες όπως τη ναυπηγική, την αεροναυπηγική και τη μηχανολογία σε περιπτώσεις περιστροφικών ή παλινδρομικών κινήσεων (Χατζιράι, 2016).



Σχήμα 3.20 Παράδειγμα χρήσης συντονισμένου αποσβεστήρα μάζας (Χατζιράι, 2016).

Ένα είδος αποσβεστήρων συντονισμένης μάζας είναι και οι διατάξεις συντονισμένης υγρής απόσβεσης που περιλαμβάνουν συμπληρωματικούς ταλαντωτές που απορροφούν δυναμικά την δόνηση (Λοτσάρης & Πάχης, 2012).

### **3.5 Αποσβεστήρες ημιενεργητικής και ενεργητικής απορρόφησης ενέργειας**

Όταν αναφερόμαστε σε ενεργητικά συστήματα αποσβεστήρων, εννοούμε συστήματα τα οποία λειτουργούν μέσω ηλεκτρονικών συστημάτων ελέγχου, δηλαδή συστήματα που αποτελούνται από υπολογιστές, αισθητήρες και ενεργοποιητές και η λειτουργία τους βασίζεται στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Μέσω των ηλεκτρονικών αυτών συστημάτων γίνεται ο έλεγχος απόκρισης της κατασκευής ανάλογα με το μέγεθος της εδαφικής κίνησης. (Χατζιράι, 2016).

Γενικά, τα ημιενεργητικά συστήματα απόσβεσης αποτελούν μια εξέλιξη των παθητικών αποσβεστήρων. Για την ενεργοποίησή τους απαιτούν την προσφορά ενέργειας εξωτερικά. Χαρακτηριστικό τους είναι η καλή κατανομή των εξωτερικών φορτίων, κάτι που τα βοηθάει να διαδοθούν τα τελευταία χρόνια, μπορεί δηλαδή να ρυθμιστεί η λειτουργία τους σε σχέση με τα εξωτερικά φορτία και την απόκριση της κατασκευής. Για τη λειτουργία τους απαιτείται η χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων υψηλής τεχνολογίας. Για τα ημιενεργητικά συστήματα απόσβεσης χρειάζεται επομένως η ρύθμιση των ιδιοτήτων τους με συγκεκριμένα ποσά ενέργειας. Αντίθετα στα ενεργητικά συστήματα απόσβεσης δεν δρουν δυνάμεις απ' ευθείας στην κατασκευή, οπότε δεν μπορούν να προσθέσουν ενέργεια στην κατασκευή. Παραδείγματα ημιενεργητικών συστημάτων απόσβεσης είναι οι ημιενεργητικοί αποσβεστήρες μάζας και οι ιξώδεις αποσβεστήρες ρευστών, οι συσκευές με ελεγχόμενη τριβή, τα συστήματα στα οποία χρησιμοποιούνται "έξυπνα" υλικά, όπως κράματα μνήμης μορφής (shape memory), πιεζοηλεκτρικά υλικά και ήλεκτρο- ή μαγνητο- ρεολογικοί αποσβεστήρες ρευστού (Σεβαστός, 2009).

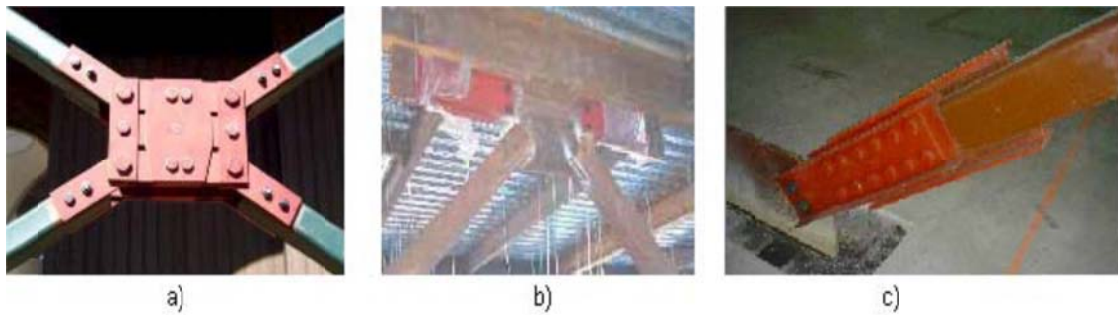
### **3.6 Είδη αποσβεστήρων τριβής**

Τα είδη των αποσβεστήρων τριβής διαχωρίζονται κυρίως ως προς τη μηχανική τους συμπεριφορά και ως προς τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένες οι επιφάνειες ολίσθησης (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

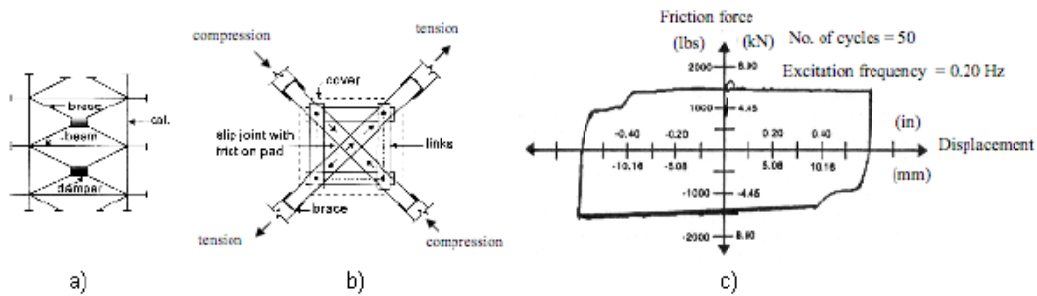
#### **3.6.1 Αποσβεστήρες περιστροφικών συνδέσμων τριβής (Pall friction dampers)**

Οι αποσβεστήρες περιστροφικών συνδέσμων τριβής αποτελούν τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους αποσβεστήρες τριβής. Κατασκευάζονται από μεταλλικές ράβδους με μεγάλη ακαμψία οι οποίες τοποθετούνται με διάφορες διατάξεις ανάλογα με τη μελέτη. Οι διατάξεις μπορεί να είναι σχήματος X ή Λ ή και διαγώνια ως ένα μονό στοιχείο (Σχήμα 3.21). Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν οι διατάξεις τύπου X (Pall & Marsch, 1982) οι οποίες αποτελούνται από διαγώνιες ράβδους συνδεδεμένες στη μέση με μεταλλικά στοιχεία οριζόντια και κάθετα, τα οποία ολισθαίνουν όταν η αξονική δύναμη που θα ασκηθεί στη διαγώνια ράβδο υπερβεί τη δύναμη της στατικής τριβής. Με τον τρόπο αυτό όταν η μία διαγώνιος θλίβεται, η άλλη εφελκύεται. (Σχήμα 3.22) (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).





Σχήμα 3.21 Αποσβεστήρες τύπου Pall a) μορφή X, b) μορφή A, c) μόνο διαγώνιο στοιχείο (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010)

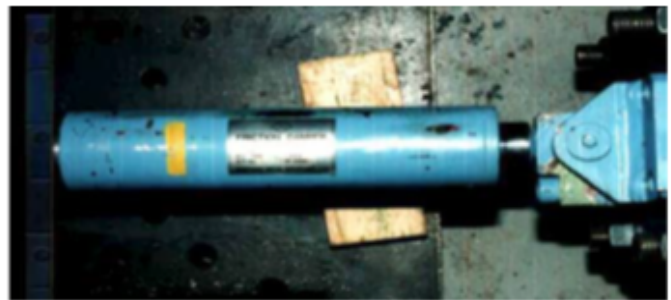
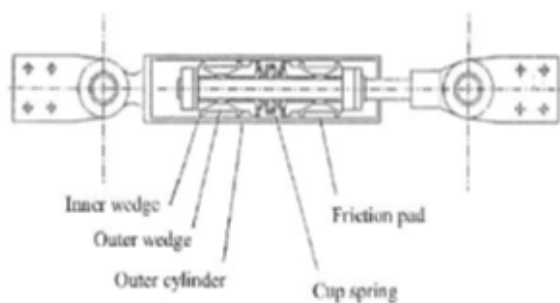


Σχήμα 3.22 a), b) Τοποθέτηση και σύνδεση Pall dampers κατά σύνδεση τύπου X, c) Βρόγχος υστέρησης συσκευής αποσβεστήρων τύπου Pall (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010)

Σήμερα, οι αποσβεστήρες αυτού του τύπου κατασκευάζονται με δακτυλίους τριβής όπου κοχλιώνονται κοχλίες μεγάλης αντοχής. Έχουν γίνει δοκιμές των συγκεκριμένων αποσβεστήρων, συμπέρασμα των οποίων ήταν ότι λειτουργούν μένοντας στην ελαστική περιοχή όταν για την ίδια φόρτιση η μη ενισχυμένη κατασκευή διαρρέει. Να σημειωθεί ότι οι αποσβεστήρες αυτοί δεν ενεργοποιούνται από μέτριες σεισμικές δονήσεις ή από φορτίσεις δυνατού ανέμου (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

### 3.6.2 Διατάξεις απόσβεσης τριβής Sumitomo Metal LTD (Sumitomo's friction dampers)

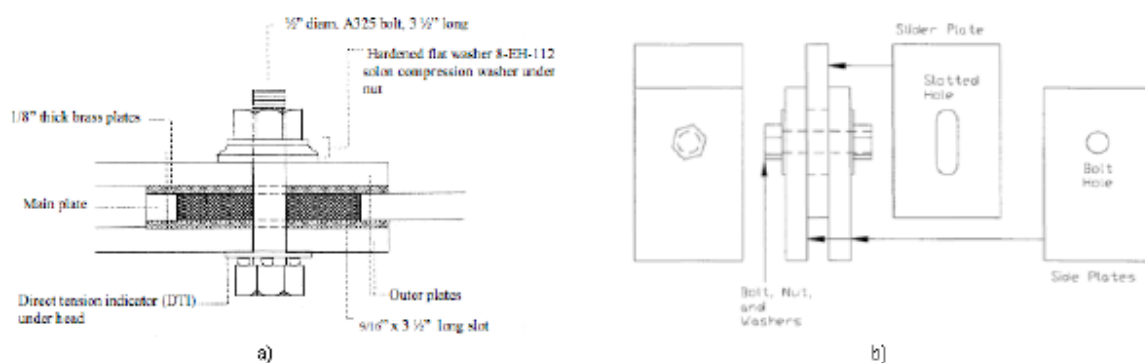
Σύμφωνα με τους **Aiken & Kelly (1990)**, ο συγκεκριμένος αποσβεστήρας αποτελεί τον πιο συχνά χρησιμοποιούμενο στην Ιαπωνία. Ο αρχικός σχεδιασμός του αφορούσε στην απορρόφηση κραδασμών στις σιδηροδρομικές κατασκευές. Έτσι, η χρήση του σε κτιριακές κατασκευές αφορά στην απορρόφηση ενέργειας που προσδίνεται από μέτριους σεισμούς. Είναι κατασκευασμένοι από μία πλάκα επενδυμένη με κράμα χαλκού με ενδιάμεσα κομμάτια γραφίτη, τοποθετημένα να ολισθαίνουν μέσα σε μεταλλικό κύλινδρο (Σχήμα 3.23, αριστερά). Οι αποσβεστήρες αυτοί τοποθετούνται κάτω ακριβώς από τη δοκό που ενισχύει (Σχήμα 3.23, δεξιά) (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).



Σχήμα 3.23 Διαμήκης τομή και μορφή της διάταξης απόσβεσης τριβής Sumitomo (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010 από Aiken & Kelly, 1990)

### 3.6.3 Προεντεταμένοι κοχλίες σε επιμήκειες οπές (Slotted bolted connections - SBS)

Οι συγκεκριμένοι αποσβεστήρες τριβής λειτουργούν διαχέοντας την ενέργεια που δέχονται μέσω της στατικής τριβής που ασκείται στις επιφάνειες που πρόκειται να ολισθήσουν. Είναι κατασκευασμένοι από μία διάταξη πέντε πλακών, τρεις από χάλυβα και δύο ορειχάλκινες οι οποίες τοποθετούνται εναλλασσόμενα. Η κεντρική πλάκα από χάλυβα διαθέτει επιμήκειες οπές παράλληλα με τον άξονα της φόρτισης. Οι ορειχάλκινες επιφάνειες τοποθετούνται ανάμεσα στις χαλύβδινες για να μειώσουν τη φθορά του συστήματος (Σχήμα 3.24). Ο αποσβεστήρας λειτουργεί όταν η κύρια χαλύβδινη επιφάνεια ολισθήσει, δηλαδή όταν η δύναμη της τριβής υπερβεί τη στατική τριβή ανάμεσα στις επιφάνειες με συνέπεια την διάχυση της ενέργειας. Χρησιμοποιούνται συχνά στις κατασκευές από ξύλο (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

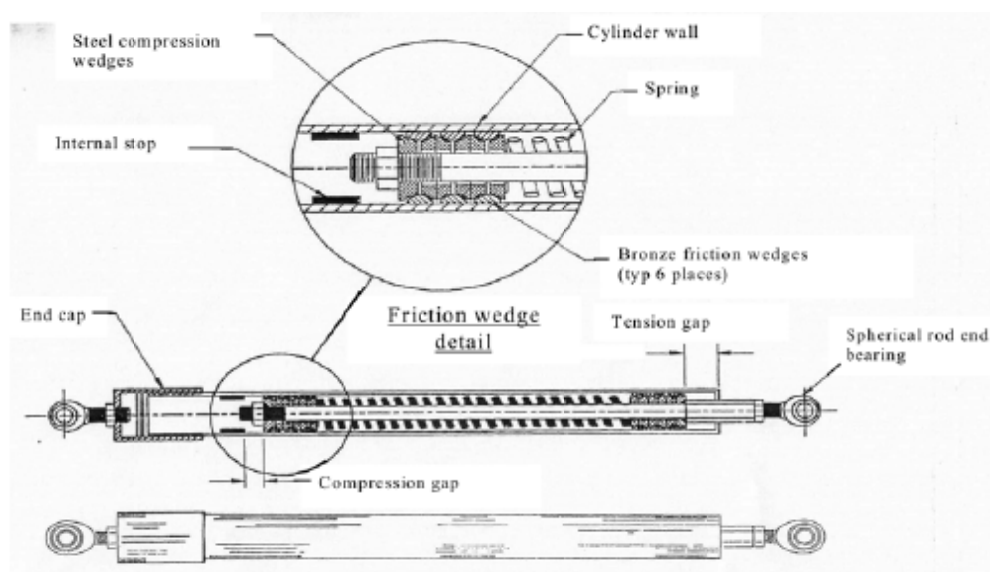


Σχήμα 3.24: a) Περιγραφή σύνδεσης των SBS, b) Επιμέρους στοιχεία της σύνδεσης (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010)

### 3.6.4 Διάταξη έκλυσης ενέργειας υπό περιορισμούς (Energy dissipating restratint - EDR)

Οι αποσβεστήρες αυτού του τύπου σύμφωνα με τους Nims et al. (1993), χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στις κατασκευές στα συστήματα σωληνώσεων σε εγκαταστάσεις πυρηνικών εργοστασίων. Συνδυάζουν την γραμμική ακαμψία και την τριβή. Αποτελούνται από επιφάνειες χαλκού σφηνοειδούς μορφής που ολισθαίνουν μέσα σε κύλινδρο από χάλυβα (Σχήμα 3.25). Η

δύναμη με την οποία ολισθαίνουν εξαρτάται από τη μετατόπιση και επαναφέρεται αυτόματα στην αρχική του θέση (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).



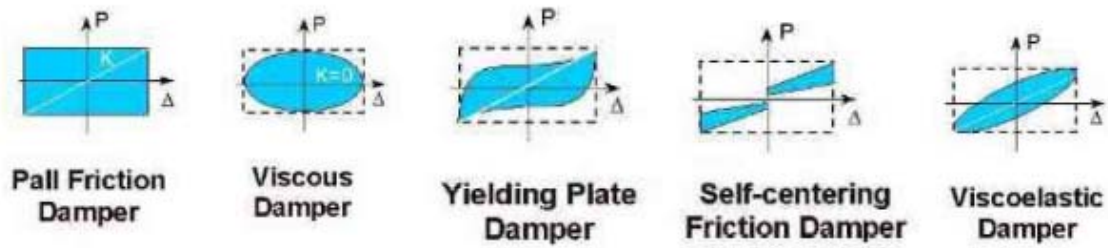
Σχήμα 3.25 Εξωτερική και εσωτερική όψη του EDR (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010 από Nims et al. 1993)

### 3.7 Χαρακτηριστικά αποσβεστήρων τριβής

Η χρήση των αποσβεστήρων τριβής για την ενίσχυση των κατασκευών έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων ενίσχυσης των κατασκευών, αλλά και των υπόλοιπων ειδών αποσβεστήρων. Θεωρείται λύση που προσφέρει ακρίβεια και αξιοπιστία, καθώς προσφέρει στην κατασκευή επιπρόσθετη ακαμψία, αλλά και απορροφά την ενέργεια που προσδίδεται στην κατασκευή από ένα σεισμό. Το **κύριο πλεονέκτημά** τους είναι η μεγαλύτερη απορρόφηση ενέργειας σε σχέση με τα άλλα συστήματα απόσβεσης.

Με την εφαρμογή συστημάτων απόσβεσης αυξάνεται η ακαμψία της κατασκευής με συνέπεια την μείωση της ιδιοπεριόδου της και την αύξηση του σεισμικού φορτίου που δέχεται. Αποτέλεσμα αυτών είναι να αυξάνονται τα εντατικά μεγέθη στα μέλη και τη θεμελίωση της κατασκευής. Το πλεονέκτημα των αποσβεστήρων τριβής, στην περίπτωση αυτή, είναι ότι απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής ενέργειας που δέχεται η κατασκευή, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αντίστασή της στο σεισμό (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

Συγκρίνοντας τη λειτουργία των αποσβεστήρων τριβής σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη αποσβεστήρων παρατηρείται ότι ο βρόγχος υστέρησης των αποσβεστήρων τριβής είναι ορθογωνικού σχήματος, έναντι των άλλων ειδών με μικρότερους βρόγχους υστέρησης (με ελλειψοειδή ή τριγωνικά σχήματα βρόχων). Έτσι επιβεβαιώνεται και το πλεονέκτημα ότι απορροφάται περισσότερη ενέργεια, σε σχέση με άλλα είδη αποσβεστήρων, για συγκεκριμένη δύναμη (Δελής, 2011).



Σχήμα 3.26 Σύγκριση των βρόγχων υστέρησης διαφορετικών αποσβεστήρων (Λοτσάρης & Πάχης, 2012)

Οικονομία και ευκολία, αποτελεί ο σχεδιασμός τους για λειτουργία με συγκεκριμένο φορτίο σταθερό με την πάροδο του χρόνου, οπότε οι συνδέσεις και ενισχύσεις που απαιτούνται είναι καθορισμένες από την αρχή και οικονομικά συμφέρουσες. Η λειτουργία τους βασίζεται στην ολίσθηση των επιφανειών τριβής σε συγκεκριμένο φορτίο, πριν τα βασικά δομικά μέλη της κατασκευής διαρρεύσουν. Αποτέλεσμα αυτού, δηλαδή της γνωστής δύναμης τριβής ολίσθησης, είναι η ελαχιστοποίηση των σεισμικών βλαβών που τις καθιστούν προβλέψιμες και παράλληλα εύκολα επισκευάσιμες (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010 και Δελής, 2011).

Προσοχή απαιτείται στην κατάσταση των επιφανειών τριβής, λόγω του ότι αν τα υλικά κατασκευής τους φθαρούν μεταβάλλεται και η δύναμη τριβής που απαιτείται για να λειτουργήσουν. Οι επιφάνειες τριβής αν και δεν επηρεάζονται σοβαρά από τις σχετικά μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, μπορούν να επηρεαστούν από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, όπως π.χ. η μόλυνση της ατμόσφαιρας που περιέχεται στην υγρασία. Όμως σε περιβάλλοντα ακόμα πιο διαβρωτικά, οι επιφάνειες τριβής μπορεί να επηρεαστούν σοβαρά και να αλλοιωθούν. Αυτή η αλλοίωση ταυτόχρονα με την αύξηση της θερμοκρασίας που συμβαίνει τοπικά κατά τη λειτουργία των αποσβεστήρων, μπορούν να επηρεάσουν το συντελεστή τριβής των επιφανειών και άρα τη σωστή τους λειτουργία (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

Από στατικής άποψης, η χρήση τους προσφέρει ανεξάρτητη συμπεριφορά κάθε ορόφου και δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν σε σειρά καθ' ύψος όπως π.χ. στην ενίσχυση με αντισεισμικά τοιχώματα. Η τοποθέτησή τους μέσα στο περίγραμμα των τοίχων τους καθιστά ιδανικούς για την τοποθέτηση σε κτίρια με αρχιτεκτονική αξία, καθώς μπορούν να ενσωματωθούν στον όγκο της τοιχοποιίας. Κατά την τοποθέτησή τους δεν απαιτούν ιδιαίτερες οικοδομικές εργασίες, όπως επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό του κτιρίου (κατεδαφίσεις ή επεμβάσεις στη θεμελίωση), έτσι καθίστανται ως οικονομικότερη και ταχύτερη επιλογή. Επίσης δεν απαιτούν αντικατάσταση σε τυχόν λειτουργία τους μετά από σεισμό, αλλά και δεν καταπονούνται από κόπωση, εφόσον δεν ενεργοποιούνται από φορτίσεις όπως π.χ. άνεμο (Δελής, 2011).

Θεωρούνται μία αρκετά καλή λύση ικανοποιώντας τις αρχιτεκτονικές και λειτουργικές ανάγκες του κτιρίου απαιτώντας ελάχιστη συντήρηση. Ωστόσο δεν μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα για την κατάστασή τους μετά από την για πολλά χρόνια αχρησία τους, λόγω του ότι εφαρμόζονται μόλις τις δύο τελευταίες δεκαετίες (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010). Επειδή είναι μία σχετικά καινούρια μέθοδος δεν υπάρχουν οι απαραίτητες κανονιστικές και κατασκευαστικές διατάξεις για την ευρεία χρήση τους (Δελής, 2011).

Καινοτομία, που εφαρμόζεται στην περίπτωση εφαρμογής των αποσβεστήρων τριβής προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα του λυγισμού των μεταλλικών στοιχείων, είναι η λέπτυνση της διατομής τοπικά ή η παρεμβολή διάφορων ειδών συνθετικών υλικών στα σημεία που ενώνονται με την υφιστάμενη κατασκευή. Έτσι, αντιμετωπίζεται το μειονέκτημα της απαίτησης μεγάλων διατομών για την αντιμετώπιση του λυγισμού κατά τη φόρτιση των μεταλλικών στοιχείων από ένα σεισμικό φορτίο (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).

### **3.8 Συνοπτική επισκόπηση επί του Κεφαλαίου 3**

Στο παρόν κεφάλαιο, αφού έγινε μία σύντομη περιγραφή των μεθόδων ενίσχυσης των κατασκευών, ακολούθησε αναλυτική αναφορά των σημαντικότερων συστημάτων σεισμικής μόνωσης και απορρόφησης ενέργειας. Στη συνέχεια, επειδή αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης αποσβεστήρων τριβής στη σεισμική απόκριση των κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, αναφέρθηκαν τα κυριότερα είδη αποσβεστήρων τριβής και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους.

Στο επόμενο κεφάλαιο, θα παρατεθούν τα αποτελέσματα των στατικών και δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό ETABS, καθώς και τα σημαντικότερα συμπεράσματα από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων.

## Κεφάλαιο 4

### ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

#### 4.1 Εισαγωγή

Για το σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθούν στατικές και δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις σε πλαίσια χωρίς και με αποσβεστήρες τριβής, προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων των αναλύσεων και στη συνέχεια να εξαχθούν τα κυριότερα συμπεράσματα.

Στις πρώτες ενότητες (4.2 & 4.3) περιγράφεται το κτίριο, τμήμα του οποίου θα αποτελέσει το αντικείμενο της διερεύνησης της σεισμικής απόκρισης με χρήση αποσβεστήρων τριβής. Συγκεκριμένα, επιλέγεται η εξέταση ενός εξωτερικού (ακραίου) επίπεδου πλαισίου του κτιρίου, στο οποίο θα πραγματοποιηθούν ανελαστικές αναλύσεις με το λογισμικό ETABS. Ακολούθως, περιγράφεται ο τρόπος προσομοίωσης του εξεταζόμενου πλαισίου στο λογισμικό καθώς και όλα τα επιβαλλόμενα σε αυτό φορτία.

Στη συνέχεια (ενότητα 4.4), παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των στατικών και των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στο αρχικό πλαίσιο, δηλαδή στο πλαίσιο χωρίς τους αποσβεστήρες. Όσον αφορά στις στατικές ανελαστικές αναλύσεις, σημειώνεται πως σκοπός ήταν να προσεγγισθεί η συμπεριφορά και η αντοχή του πλαισίου στη μέγιστη δυνατή μετατόπιση κορυφής, βάσει της ανάλυσης. Έτσι, δεν υπήρξε περιορισμός στη μέγιστη μετακίνηση, η οποία προέκυψε αυτόματα με μοναδικό κριτήριο την αδυναμία περαιτέρω ανάλυσης λόγω δημιουργίας μηχανισμού ή λόγω αδυναμίας περαιτέρω αριθμητικής σύγκλισης. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν στο τελικό βήμα της ανάλυσης, το οποίο είναι εκείνο στο οποίο το λογισμικό αυτόματα τερμάτισε την ανάλυση. Όσον αφορά τις δυναμικές αναλύσεις, αυτές πραγματοποιήθηκαν με τα επιταχυνσιογραφήματα τριών σεισμικών γεγονότων και συγκεκριμένα του σεισμού της Καλαμάτας (1986), του Αιγίου (1996) και της Αθήνας (1999).

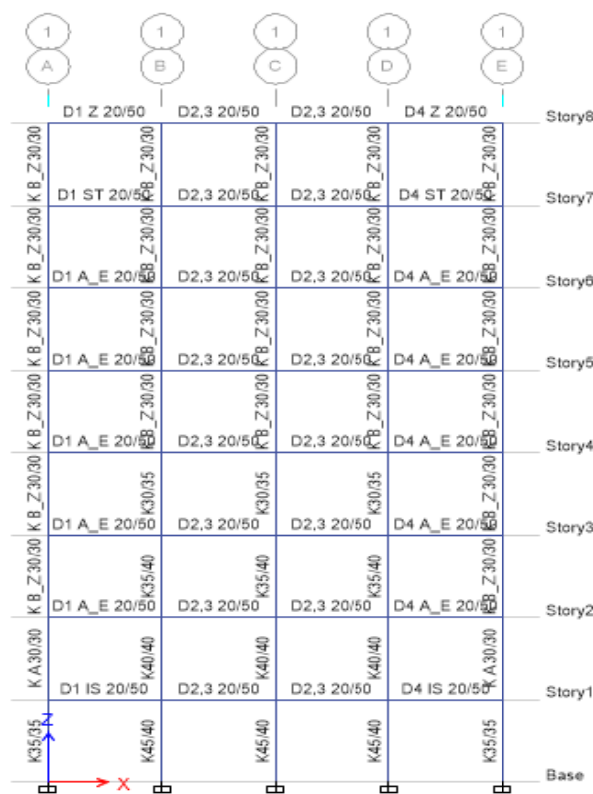
Στην ενότητα 4.5, παρατίθενται τα αναλυτικά αποτελέσματα των ανελαστικών αναλύσεων στο ίδιο πλαίσιο, αλλά με την προσθήκη αποσβεστήρων τριβής τριών διαφορετικών φορτίων ολίσθησης (80KN, 165KN και 250KN) σε τρεις διαφορετικές διατάξεις τοποθέτησης. Στην αρχή της ενότητας παρουσιάζονται οι επιλεγμένοι αποσβεστήρες τριβής της εταιρείας QUAKETEK και γίνεται αναλυτική περιγραφή των χαρακτηριστικών τους καθώς και του τρόπου προσομοίωσής τους στο χρησιμοποιούμενο λογισμικό. Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτική

αναφορά στα αποτελέσματα των στατικών και δυναμικών ανελαστικών που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και τα συγκριτικά τους αποτελέσματα και συμπεράσματα. Για τις στατικές αναλύσεις στο πλαίσιο με αποσβεστήρες αναφορικά με το τελικό βήμα της ανάλυσης, ισχύει ότι αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Επίσης, οι δυναμικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν και πάλι με τα ίδια επιταχυνσιογραφήματα όπως και στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες.

## 4.2 Περιγραφή του κτιρίου

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, εξετάζεται η ενίσχυση με αποσβεστήρες τριβής οκταώροφου κτιρίου κύριας χρήσης κατοικίας ή γραφείων, το οποίο μελετήθηκε σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 (Β.Δ. 19-02-1959), τον κανονισμό σκυροδέματος του 1954 (Β.Δ. 18-02-1954) και τον κανονισμό φορτίσεων του 1945 (Β.Δ. 10-12-1945). Διερευνάται εξωτερικό επίπεδο πλαίσιο. Η επιλογή της διερεύνησης ενός εξωτερικού (ακραίου) πλαισίου αντί ενός χωρικού μοντέλου, έγινε διότι στην περίπτωση χρήσης αποσβεστήρων τριβής αυτοί συνήθως τοποθετούνται στα εξωτερικά πλαίσια των κτιρίων, η δε επίλυση με επίπεδα πλαίσια είναι συμβατή με τον τρόπο επίλυσης των κτιρίων που μελετήθηκαν με τους παραπάνω κανονισμούς.

Το κτίριο έχει κάτοψη τεσσάρων επί τριών φατνωμάτων ανοίγματος 3,50m και στις δύο διευθύνσεις και ύψος ορόφων ίσο προς 3,00m. Το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας B160 και ο χάλυβας ποιότητας StI χωρίς νευρώσεις.



Σχήμα 4.1 Επίπεδο πλαίσιο στον άξονα 1 (ακραίο)

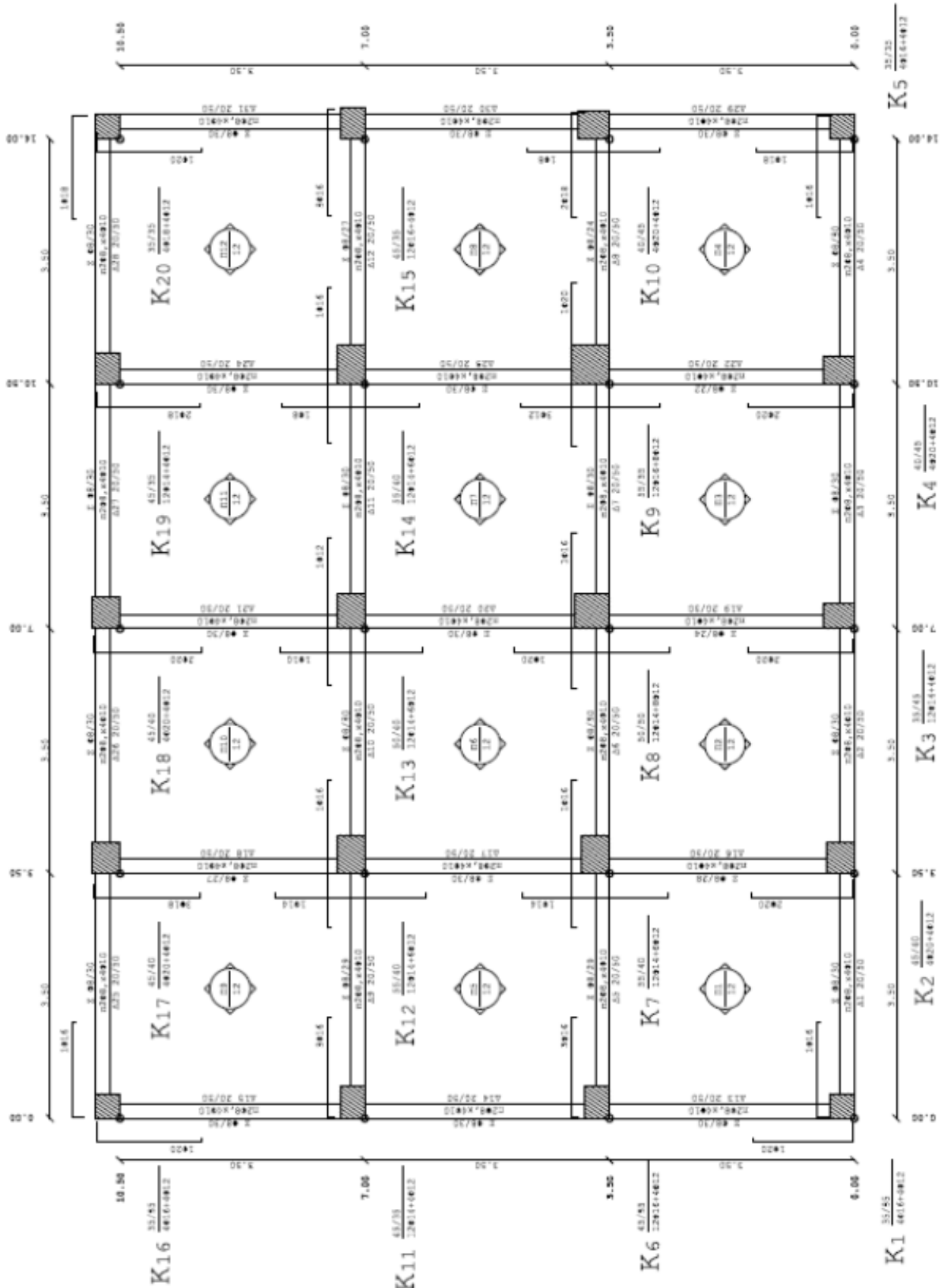
Τα φορτία που εφαρμόζονται στην κατασκευή είναι τα ακόλουθα:

Ίδιο βάρος σκυροδέματος	25,00 KN/m <sup>3</sup>
Μόνιμο φορτίο επικάλυψης	1,50KN/m <sup>2</sup>
Μόνιμο φορτίο εσωτερικών τοιχοποιιών	1,00KN/m <sup>2</sup>
Μόνιμο φορτίο εξωτερικών τοιχοποιιών	9,00KN/m (πλην της τελευταίας στάθμης), το οποίο αναλύεται σε 3,60KN/m <sup>2</sup> επί ύψους τοίχου 2,50m
Κινητό φορτίο γενικά	2,00KN/m <sup>2</sup>

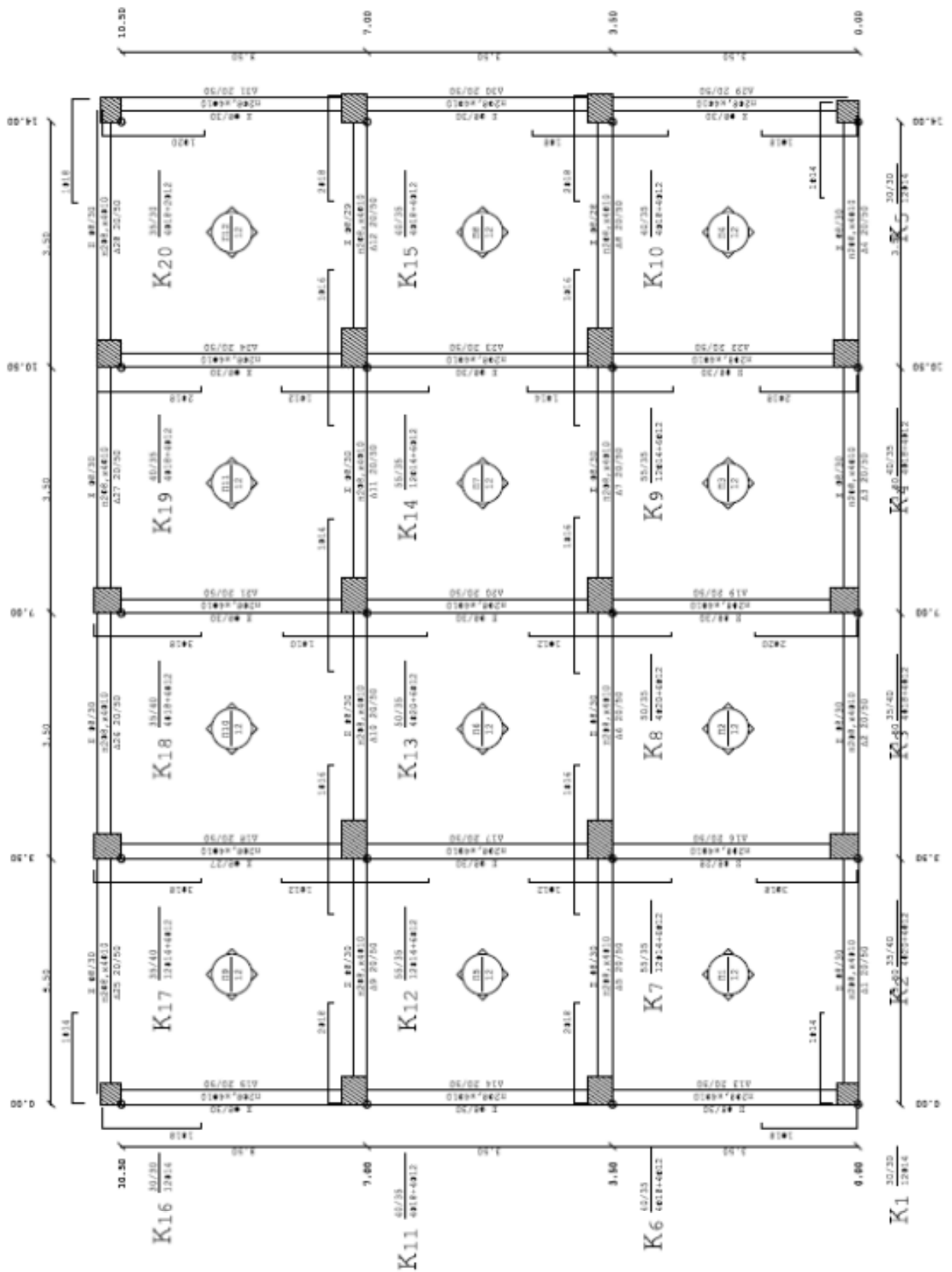
Σεισμικός συντελεστής  $\varepsilon=0,04$  που αντιστοιχεί σε σεισμικότητα περιοχής I και έδαφος κατηγορίας σεισμικής επικινδυνότητας α.

Η επίλυση του κτιρίου σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 (Β.Δ. 19-02-1959), και τον κανονισμό σκυροδέματος του 1954 (Β.Δ. 18-02-1954) έγινε με το πρόγραμμα Statics της Multisoft. Από τη διαστασιολόγηση του κτιρίου προέκυψαν οι παρακάτω ξυλότυποι (Σχήμα 4.2 έως Σχήμα 4.9).

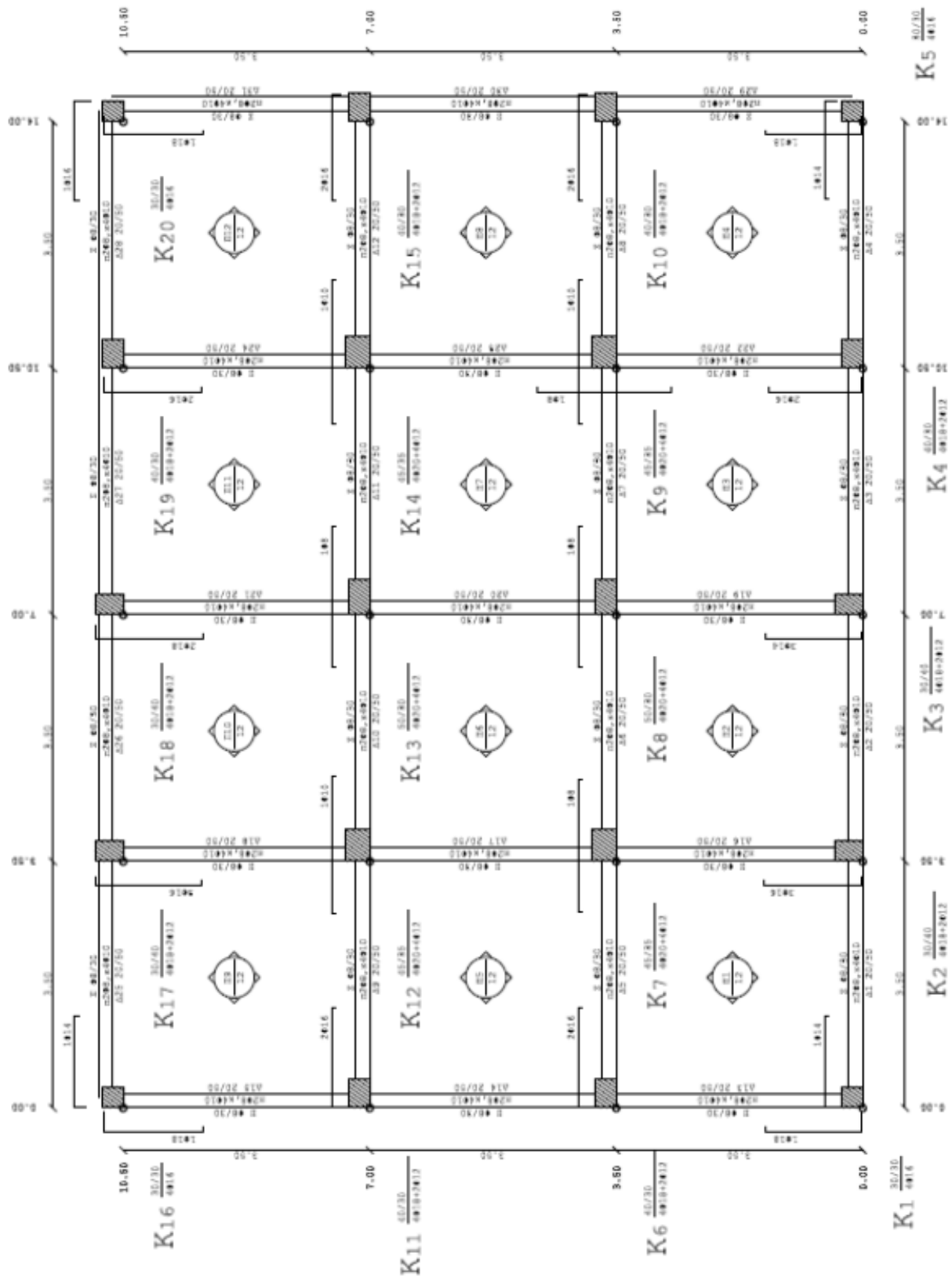




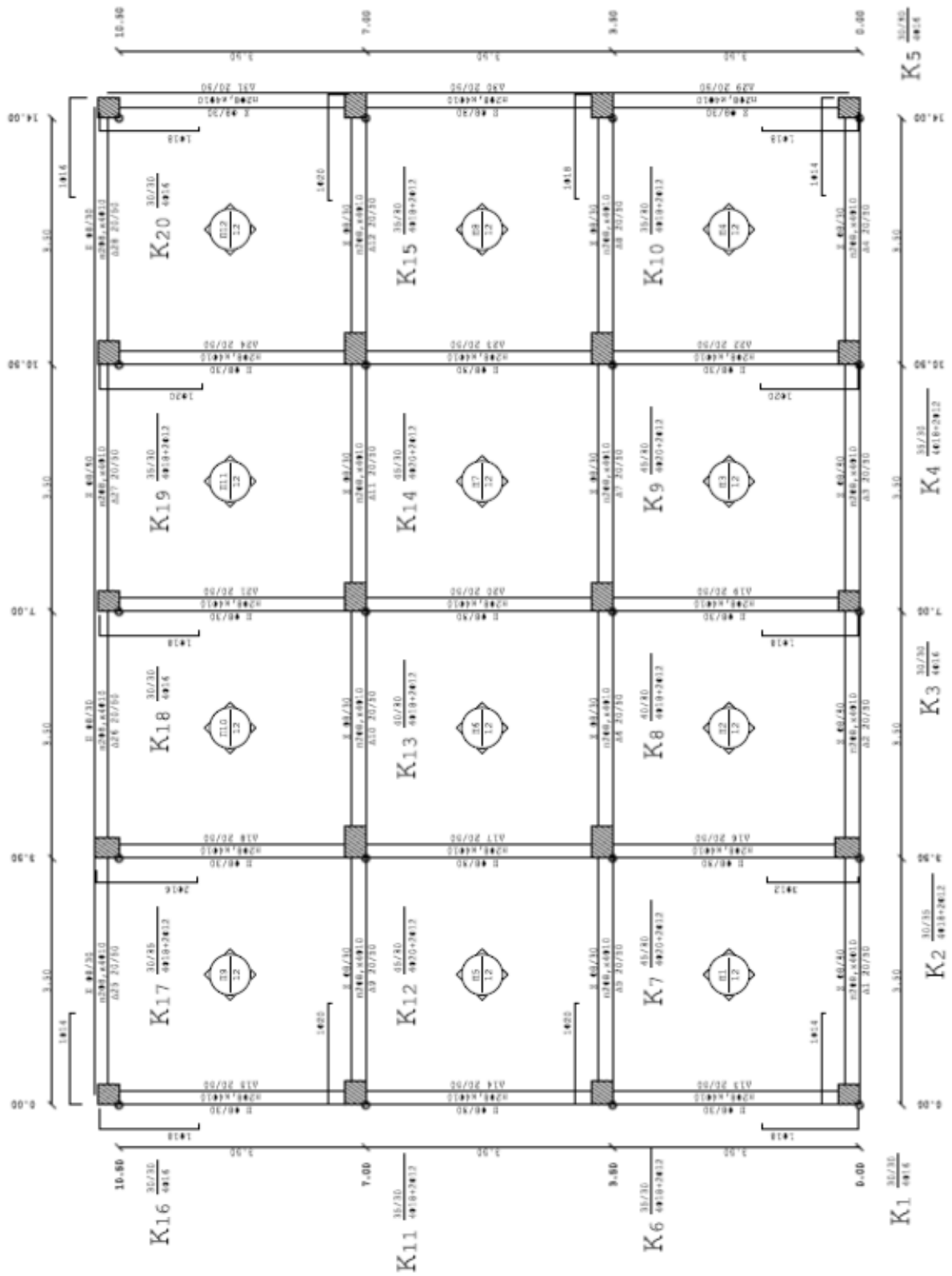
Σχήμα 4.2 Ξυλότυπος 1<sup>ης</sup> στάθμης



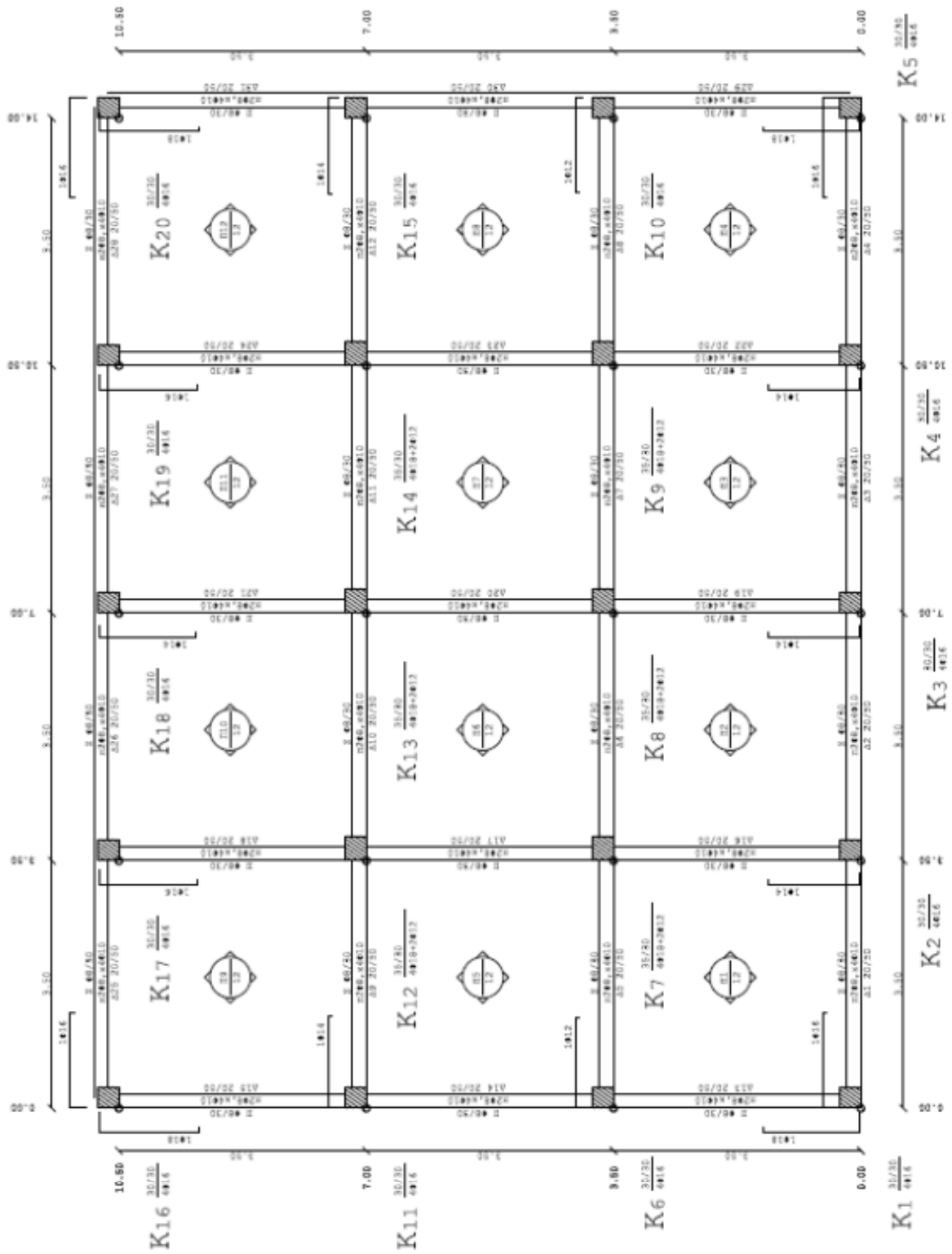
Σχήμα 4.3 Ξυλότυπος 2<sup>ης</sup> στάθμης



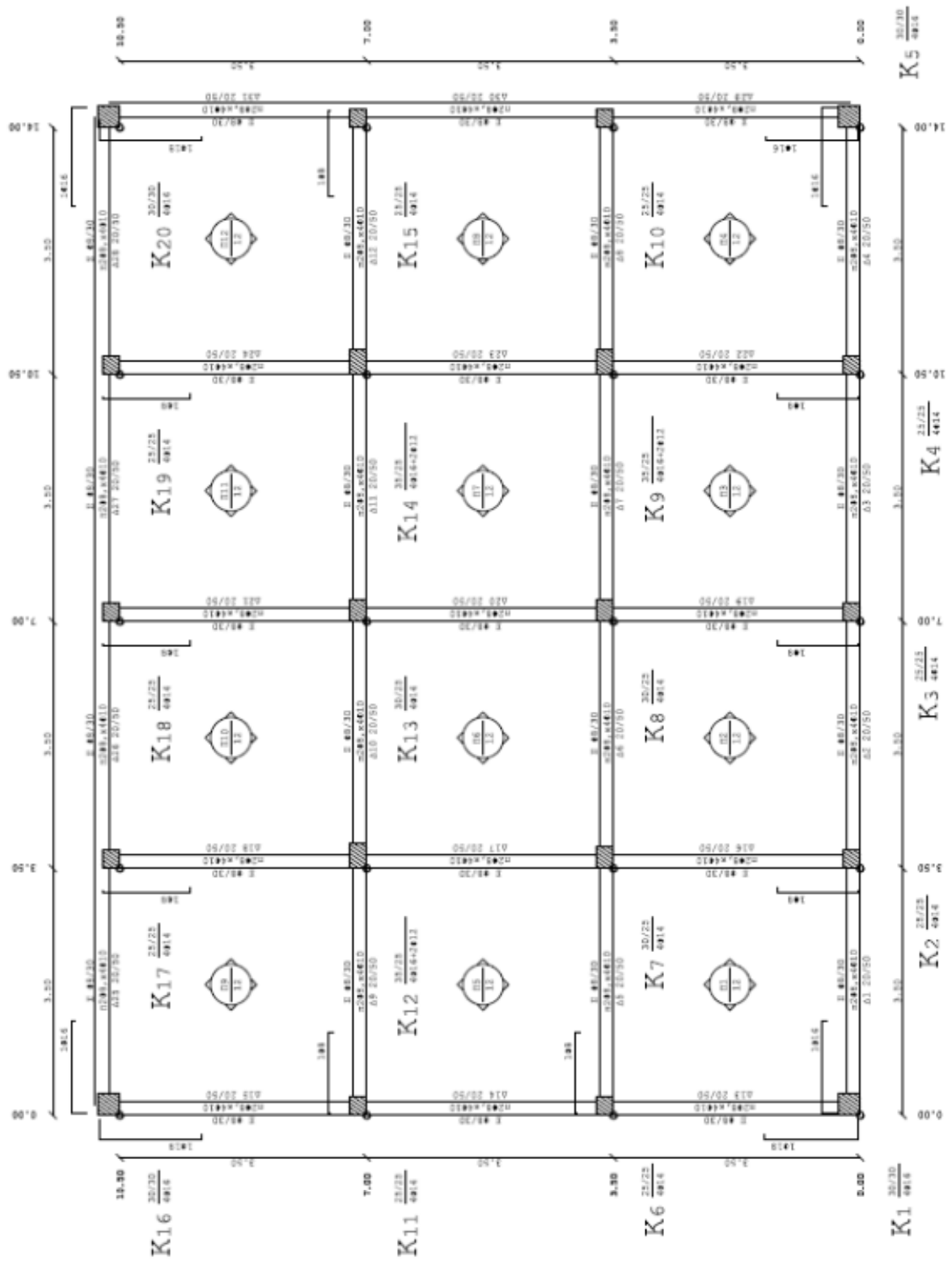
Σχήμα 4.4 Ενλότυπος 3<sup>ης</sup> στάθμης



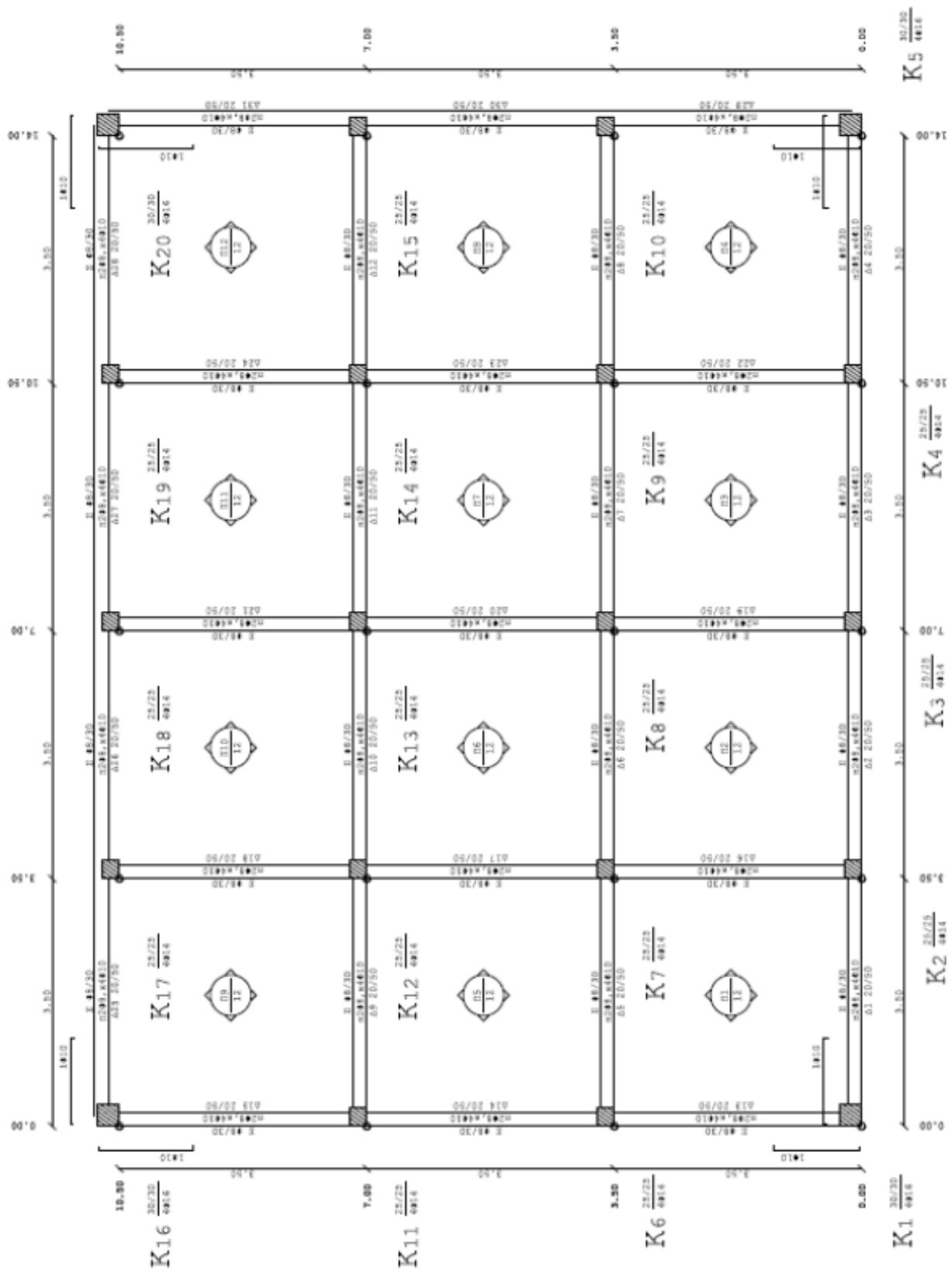
Σχήμα 4.5 Ευλότυπος 4<sup>ης</sup> στάθμης



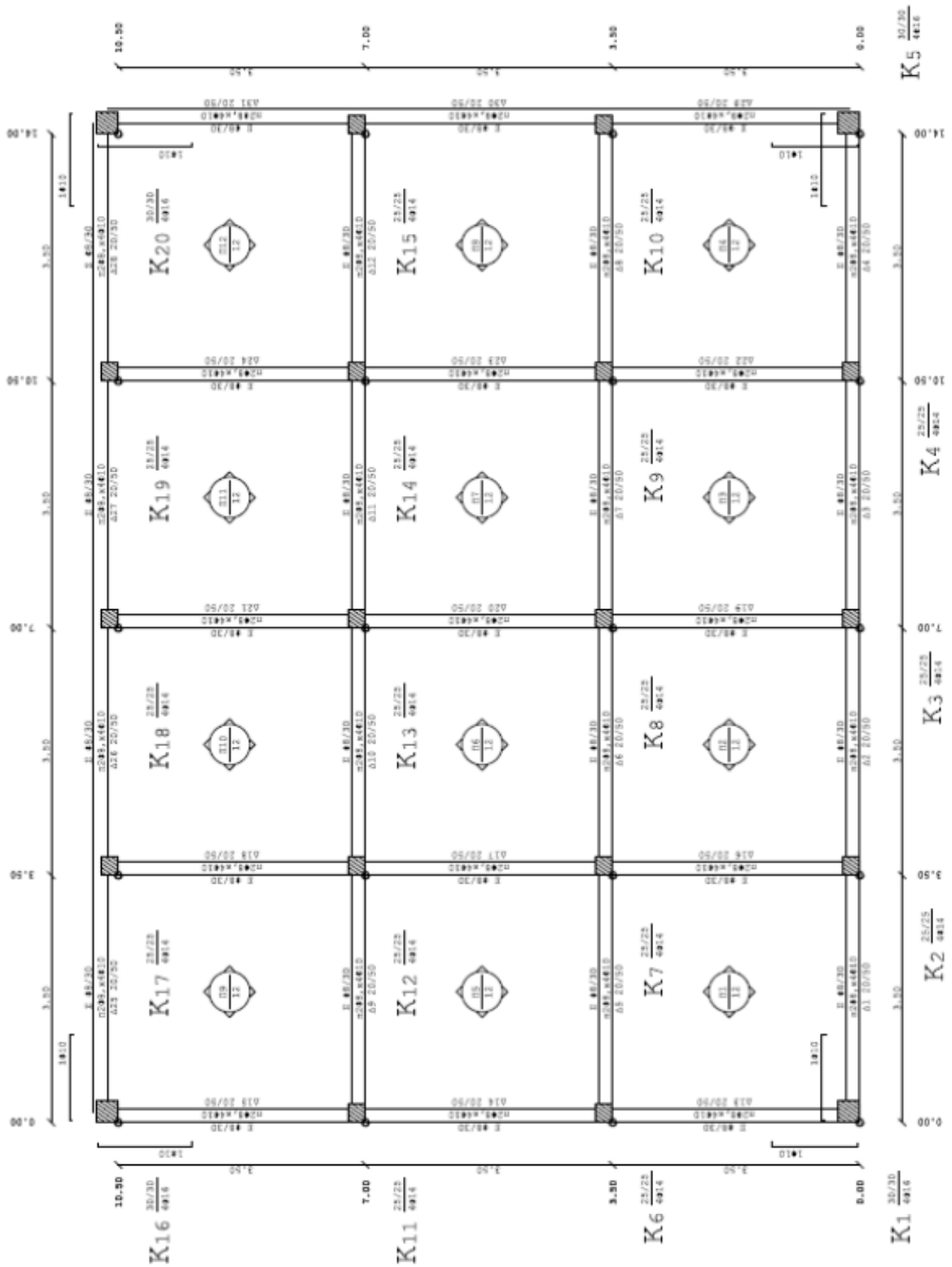
Σχήμα 4.6 Ξυλότυπος 5<sup>ης</sup> στάθμης



Σχήμα 4.7 Ξυλότυπος 6<sup>ης</sup> στάθμης



Σχήμα 4.8 Ξυλότυπος 7ης στάθμης



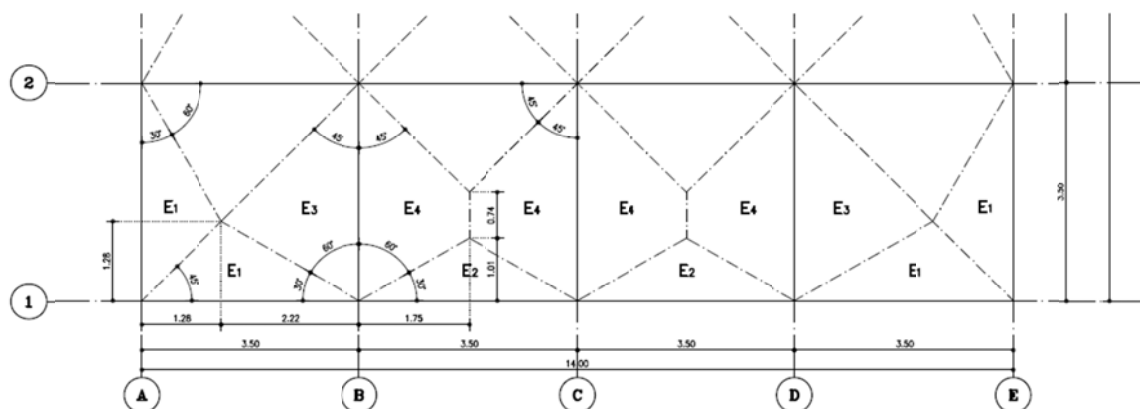
Σχήμα 4.9 Ξυλότυπος 8<sup>ης</sup> στάθμης



### 4.3 Προσομοίωση πλαισίου

Η επίλυση του πλαισίου έγινε με το πρόγραμμα ETABS της εταιρείας CSI, ένα λογισμικό για την ανάλυση και τον σχεδιασμό κτιριακών κατασκευών.

Τα φορτία που αναλύθηκαν στην προηγούμενη ενότητα κατανέμονται στις δοκούς και τα υποστυλώματα του πλαισίου σύμφωνα με τις επιφάνειες επιρροής του επόμενου σχήματος (Σχήμα 4.10).



Σχήμα 4.10 Επιφάνειες επιρροής κατανομής φορτίων

Τα τελικά φορτία που επιβάλλονται στα μέλη του πλαισίου από τη στάθμη 1 έως τη στάθμη 7 μέχρι φαίνονται στους επόμενους Πίνακες (Πίνακας 1, Πίνακας 2 & Πίνακας 3).

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΠΛΑΚΩΝ						ΦΟΡΤΙΑ ΠΛΑΚΩΝ			
a/a	$\beta_1$ (m)	$\beta_2$ (m)	v (m)	E (m <sup>2</sup> )	d (m)	G <sub>1</sub> (KN/m <sup>3</sup> )	G <sub>2</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	G <sub>3</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	Q <sub>1</sub> (KN/m <sup>2</sup> )
1	3.50	0.00	1.28	2.24	0.12	25.00	1.50	1.00	2.00
2	3.50	0.00	1.01	1.77	0.12				
3	3.50	0.00	2.22	3.89	0.12				
4	3.50	0.74	1.75	3.71	0.12				

Πίνακας 1 Φορτία πλακών στάθμης 1 έως 7

ΔΟΚΟΙ		ΦΟΡΤΙΑ ΔΟΚΩΝ		
a/a	L (m)	G <sub>4</sub> (KN/m)	G <sub>b</sub> (KN/m)	Q <sub>b</sub> (KN/m)
A1-B1	3.50	9.00	3.52	1.28
B1-C1	3.50	9.00	2.78	1.01
C1-D1	3.50	9.00	2.78	1.01
D1-E1	3.50	9.00	3.52	1.28

Πίνακας 2 Φορτία δοκών στάθμης 1 έως 7

ΦΟΡΤΙΑ ΣΤΥΛΩΝ		
a/a	G <sub>c</sub> (KN)	Q <sub>c</sub> (KN)
A1	6.16	2.24
B1	20.89	7.60
C1	20.41	7.42
D1	20.89	7.60
E1	6.16	2.24

Πίνακας 3 Φορτία υποστυλωμάτων στάθμης 1 έως 7

Όπου:

- $\beta_1$  βάση τριγώνου/τραπεζίου
- $\beta_2$  βάση μικρή τραπεζίου
- $\nu$  ύψος τριγώνου/τραπεζίου
- E επιφάνεια επιρροής πλάκας
- d πάχος πλάκας
- G<sub>1</sub> ίδιο βάρος σκυροδέματος
- G<sub>2</sub> φορτίο επικάλυψης πλακών
- G<sub>3</sub> φορτίο εσωτ. τοιχοποιιών
- Q<sub>1</sub> κινητό φορτίο πλακών
- G<sub>4</sub> φορτίο εξωτ. τοιχοποιιών
- G<sub>b</sub> μόνιμο φορτίο δοκών από πλάκες
- Q<sub>b</sub> κινητό φορτίο δοκών από πλάκες
- G<sub>b</sub> μόνιμο φορτίο υποστυλωμάτων από πλάκες
- Q<sub>b</sub> κινητό φορτίο υποστυλωμάτων από πλάκες

Τα τελικά φορτία που επιβάλλονται στα μέλη του πλαισίου στη στάθμη 8 (τελευταία στάθμη) φαίνονται στους επόμενους πίνακες (Πίνακας 4, Πίνακας 5, Πίνακας 6).

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΠΛΑΚΩΝ						ΦΟΡΤΙΑ ΠΛΑΚΩΝ			
a/a	$\beta_1$ (m)	$\beta_2$ (m)	$\nu$ (m)	E (m <sup>2</sup> )	d (m)	G <sub>1</sub> (KN/m <sup>3</sup> )	G <sub>2</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	G <sub>3</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	Q <sub>1</sub> (KN/m <sup>2</sup> )
1	3.50	0.00	1.28	2.24	0.12	25.00	1.50	0.00	2.00
2	3.50	0.00	1.01	1.77	0.12				
3	3.50	0.00	2.22	3.89	0.12				
4	3.50	0.74	1.75	3.71	0.12				

Πίνακας 4 Φορτία πλακών στάθμης 8

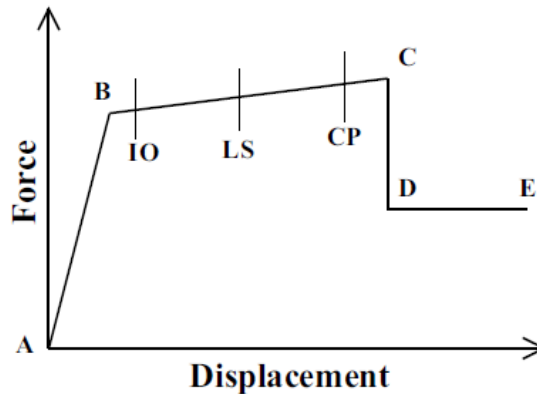
ΔΟΚΟΙ		ΦΟΡΤΙΑ ΔΟΚΩΝ		
a/a	L (m)	G <sub>4</sub> (KN/m)	G <sub>b</sub> (KN/m)	Q <sub>b</sub> (KN/m)
A1-B1	3.50	0.00	2.88	1.28
B1-C1	3.50	0.00	2.27	1.01
C1-D1	3.50	0.00	2.27	1.01
D1-E1	3.50	0.00	2.88	1.28

Πίνακας 5 Φορτία δοκών στάθμης 8

ΦΟΡΤΙΑ ΣΤΥΛΩΝ		
a/a	G <sub>c</sub> (KN)	Q <sub>c</sub> (KN)
A1	5.04	2.24
B1	17.09	7.60
C1	16.70	7.42
D1	17.09	7.60
E1	5.04	2.24

Πίνακας 6 Φορτία υποστυλωμάτων στάθμης 8

Τα μέλη του φορέα προσομοιώθηκαν με ραβδωτά στοιχεία συγκεντρωμένης πλαστικότητας στα άκρα, στα οποία η διαρροή λαμβάνει χώρα ταυτόχρονα σε ολόκληρη τη διατομή μόλις τα εντατικά μεγέθη της διατομής ικανοποιήσουν το κριτήριο διαρροής (Παπαδρακάκης, 2003). Τα χαρακτηριστικά των πλαστικών αρθρώσεων των μελών του φορέα, ορίζονται στο πρόγραμμα σύμφωνα με την καμπύλη μετακίνησης – δύναμης που φαίνεται στο Σχήμα 4.11.



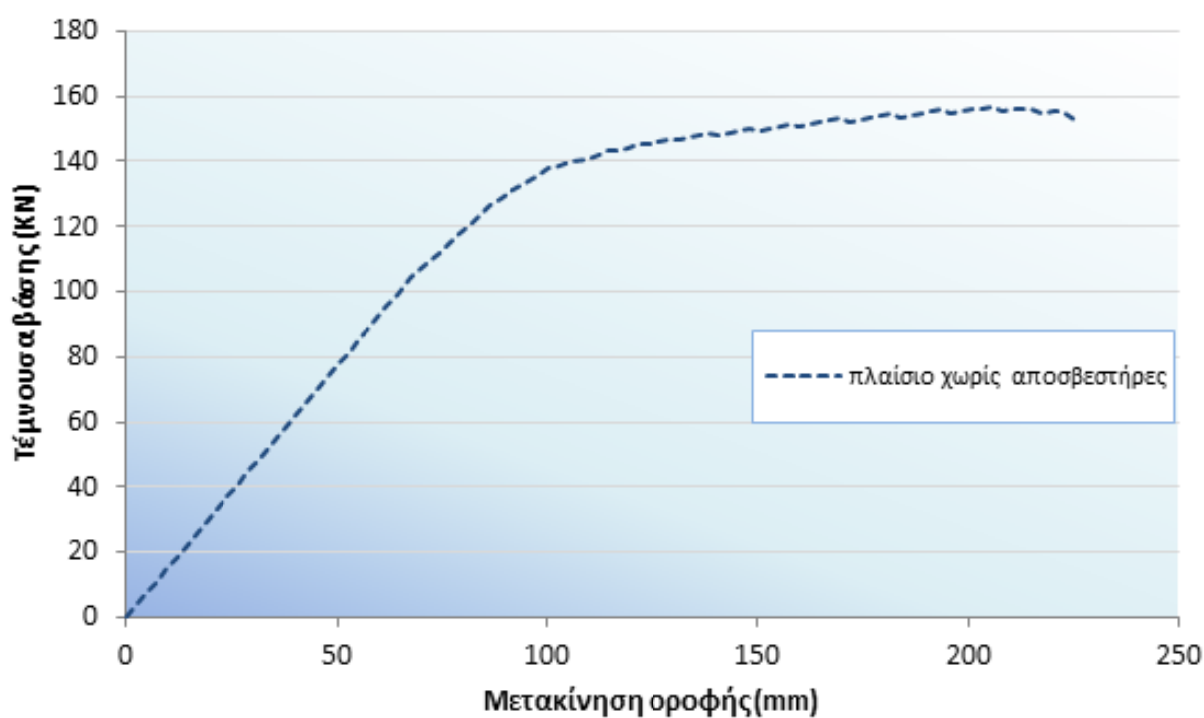
Σχήμα 4.11. Μορφή καμπύλης πλαστικής άρθρωσης στο ETABS. Η ίδια μορφή ισχύει και για ροπή-στροφή (CSI Analysis Reference Manual, 2016)

#### 4.4 Επίλυση πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν με τη μέθοδο της Στατικής και της Δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου που περιγράφηκε παραπάνω, χωρίς αποσβεστήρες.

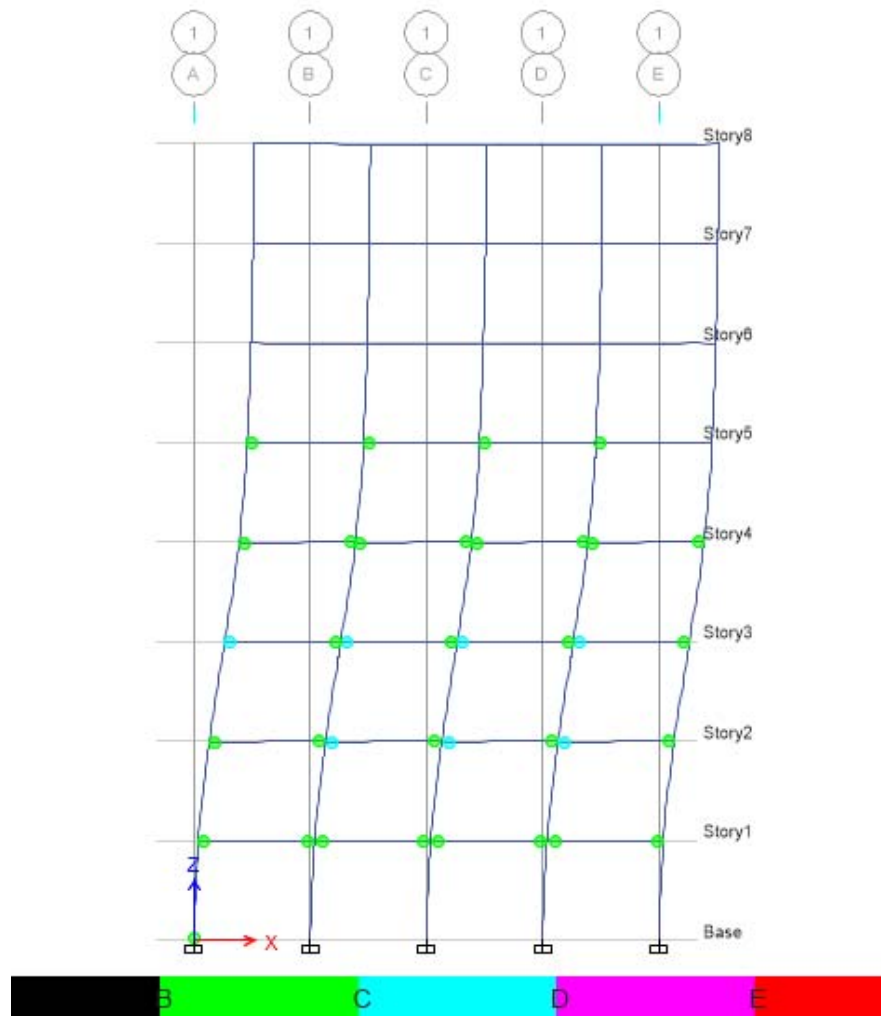
##### 4.4.1 Στατική ανελαστική ανάλυση πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες

Από την στατική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό ETABS για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.12).



Σχήμα 4.12 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.13) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

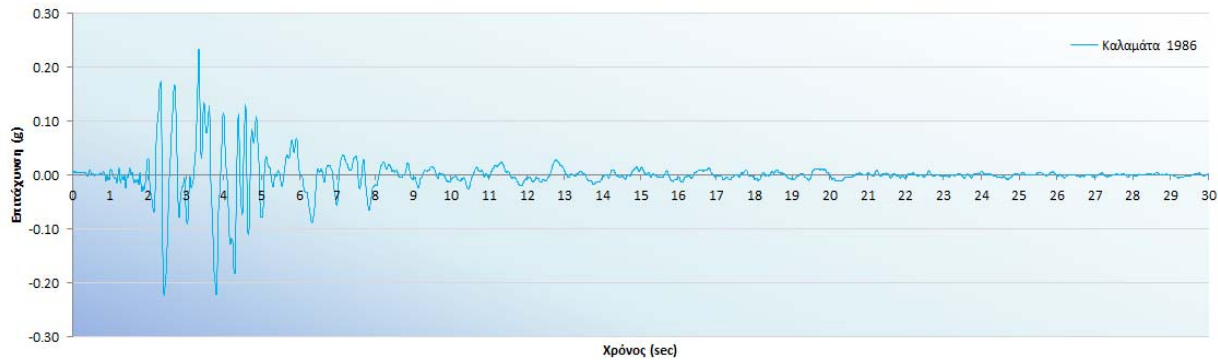


Σχήμα 4.13 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες

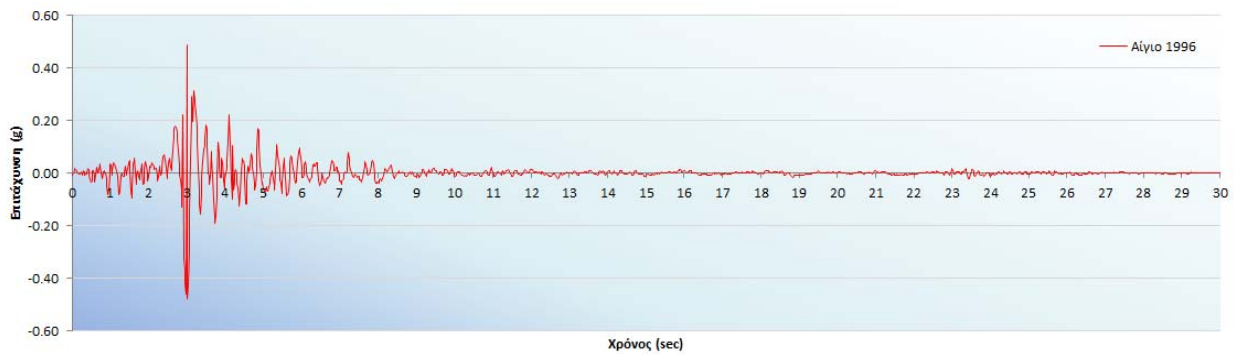
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες είναι 225,20 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 152,92 KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών στις πρώτες πέντε στάθμες και μια πλαστική άρθρωση στη βάση του υποστυλώματος ισογείου στον άξονα A. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεστικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 187,25 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 1,871 sec.

#### 4.4.2 Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες

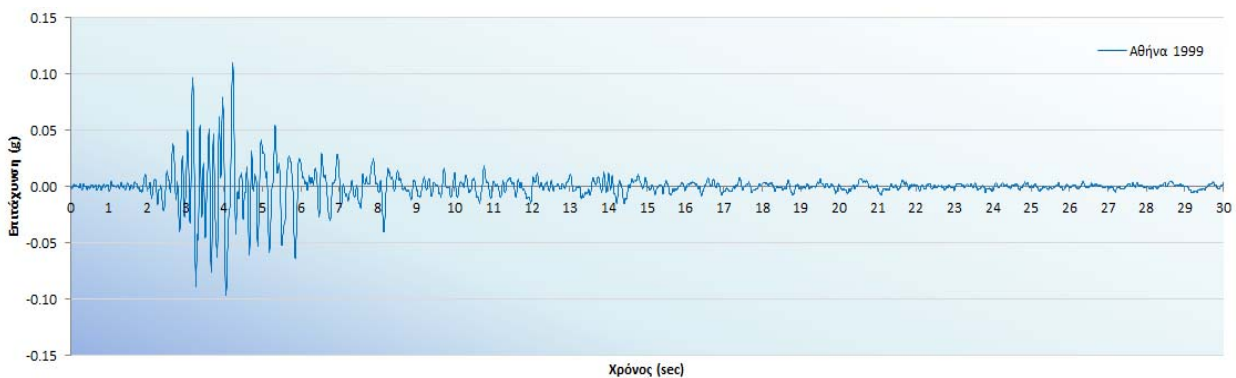
Πραγματοποιήθηκαν τρεις δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις (χρονοϊστορίας) με τα επιταχυνσιογραφήματα των σεισμών της Καλαμάτας 1986 (Σχήμα 4.14), του Αιγίου 1996 (Σχήμα 4.15) και της Αθήνας 1999 (Σχήμα 4.16) στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με το λογισμικό ETABS.



Σχήμα 4.14 Επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας 1986



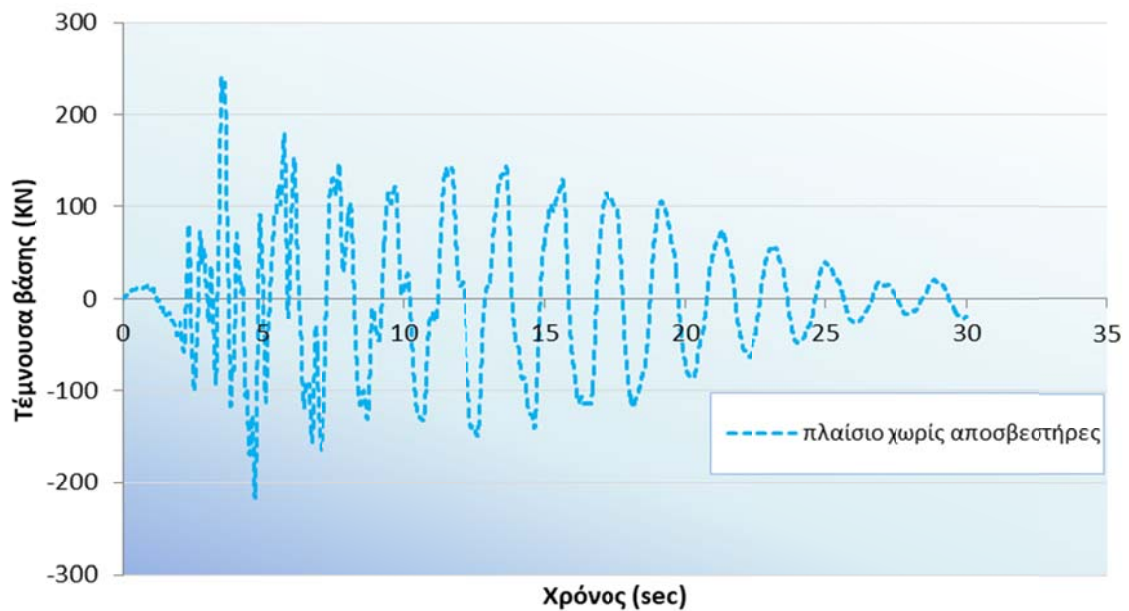
Σχήμα 4.15 Επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου 1996



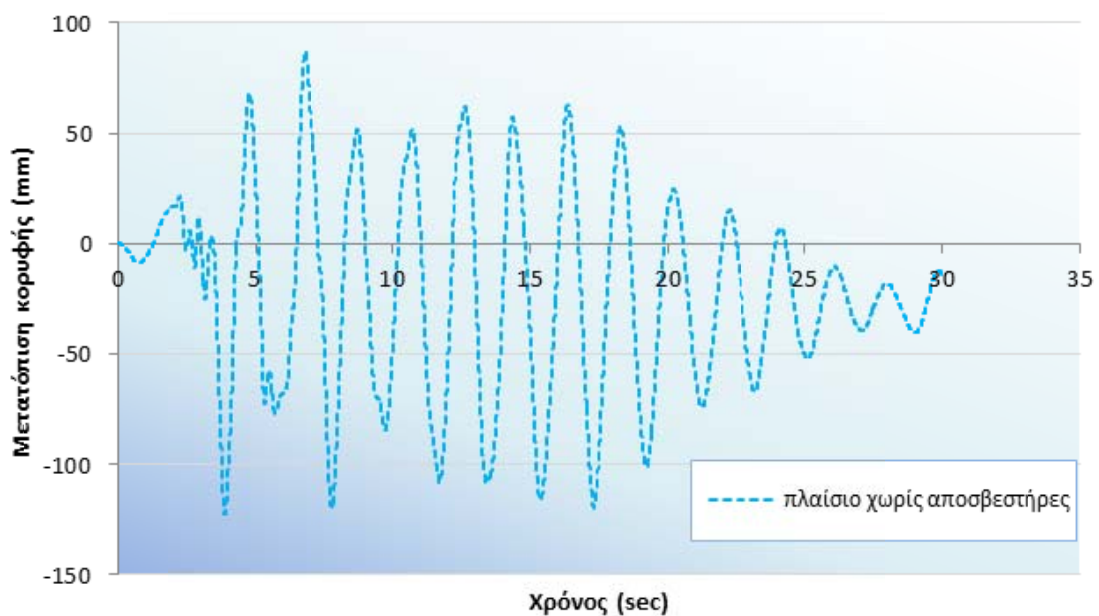
Σχήμα 4.16 Επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας 1999

#### 4.4.2.1 Δυναμική ανελαστική ανάλυση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες με το σεισμό της Καλαμάτας 1986

Από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο ( Σχήμα 4.17, Σχήμα 4.18).

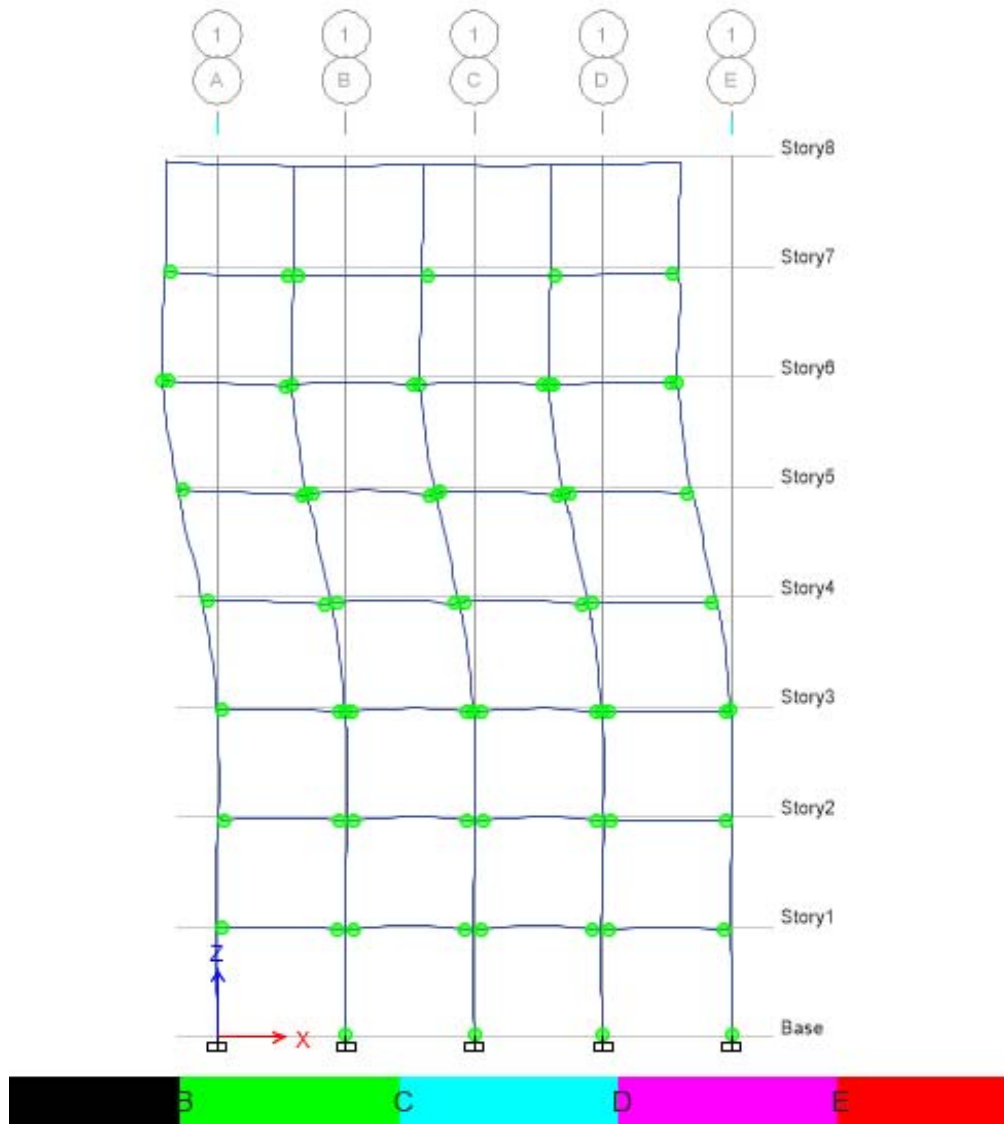


Σχήμα 4.17 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας



Σχήμα 4.18 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.19) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες για το σεισμό της Καλαμάτας.



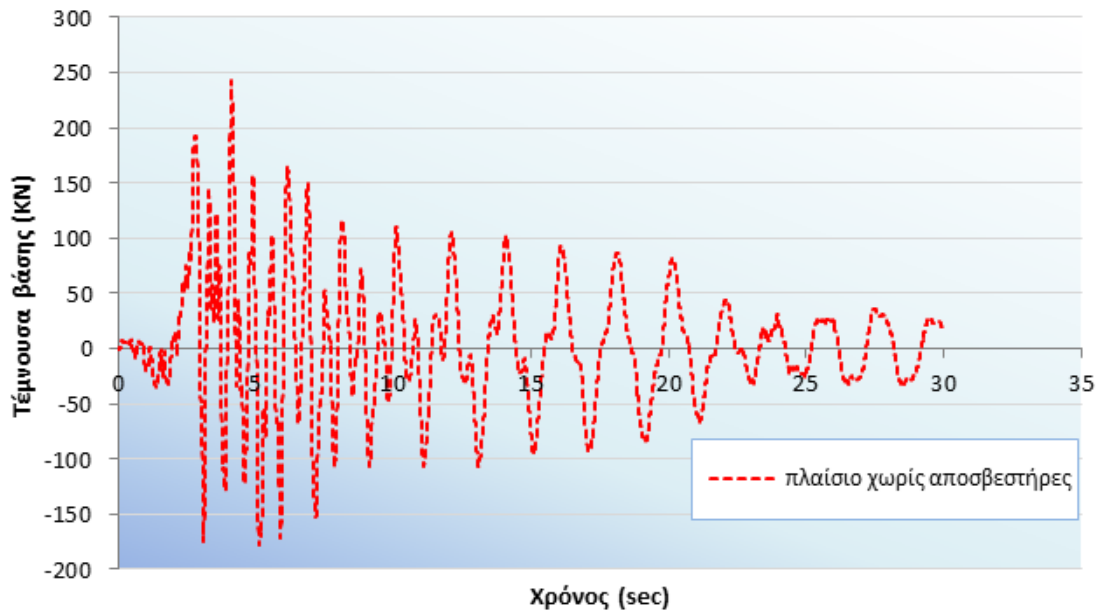
Σχήμα 4.19 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (σεισμός Καλαμάτας 1986)

Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών σε όλες τις στάθμες εκτός από την τελευταία και πλαστικές αρθρώσεις στις βάσεις των τεσσάρων από τα πέντε υποστυλώματα του ισογείου.

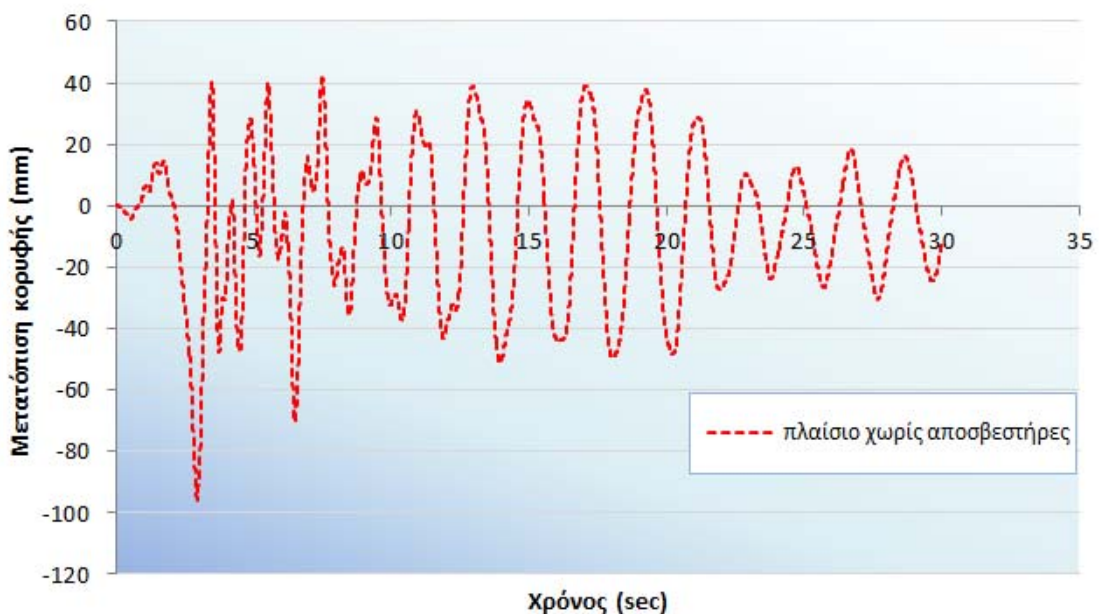


#### 4.4.2.2 Δυναμική ανελαστική ανάλυση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες με το σεισμό του Αιγίου 1996

Από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.20, Σχήμα 4.21).

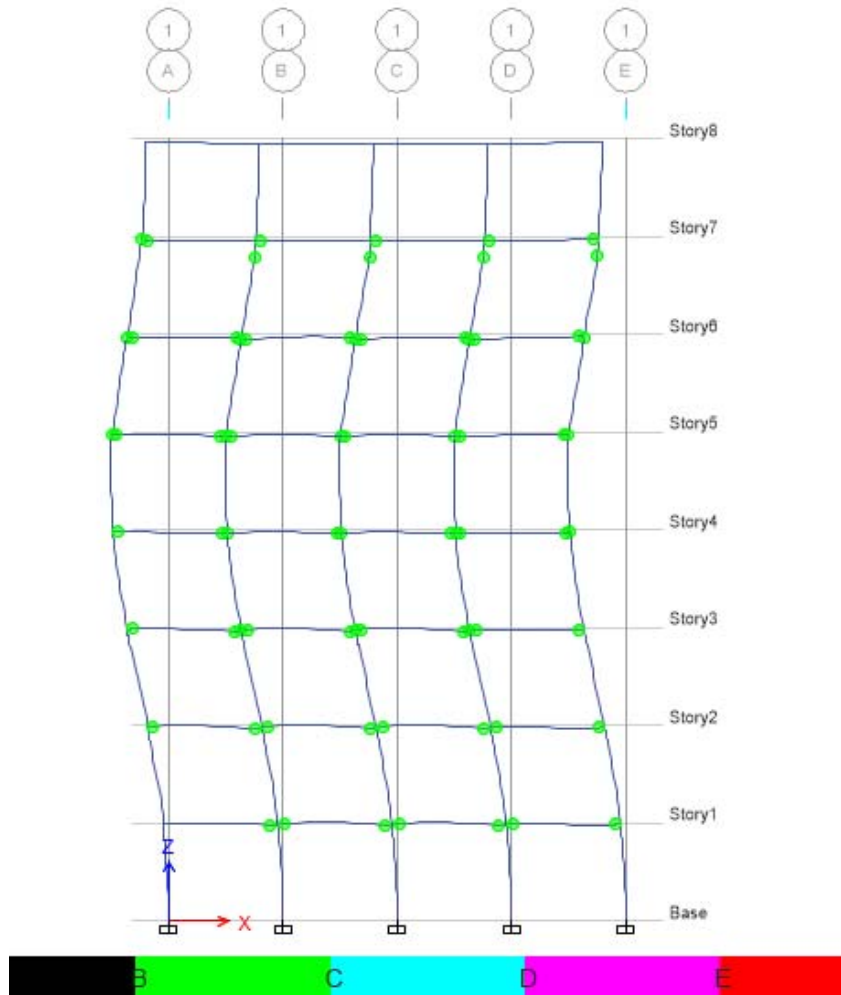


Σχήμα 4.20 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου



Σχήμα 4.21 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.22) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες για το σεισμό του Αιγίου.

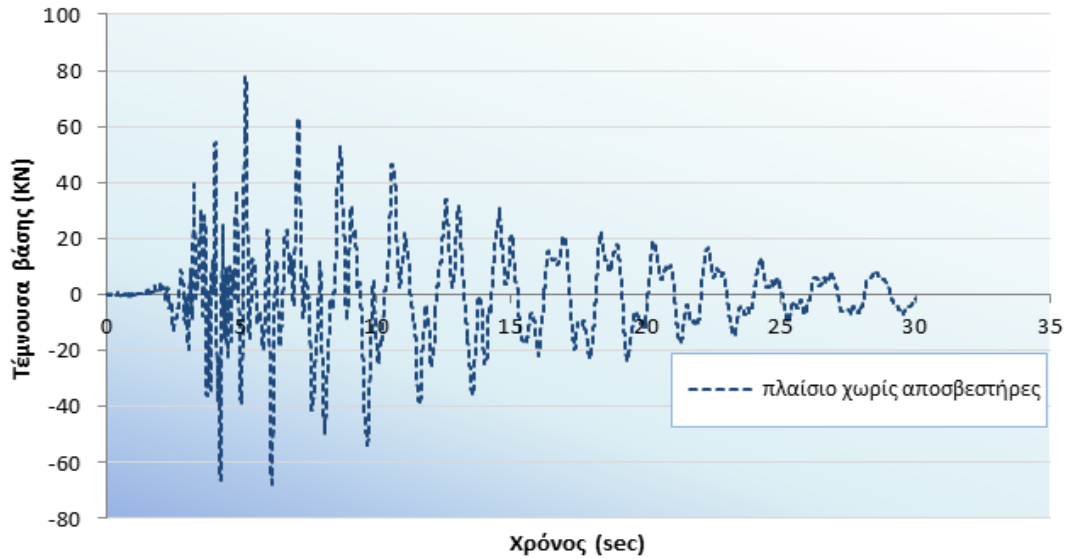


Σχήμα 4.22 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (σεισμός Αιγίου 1996)

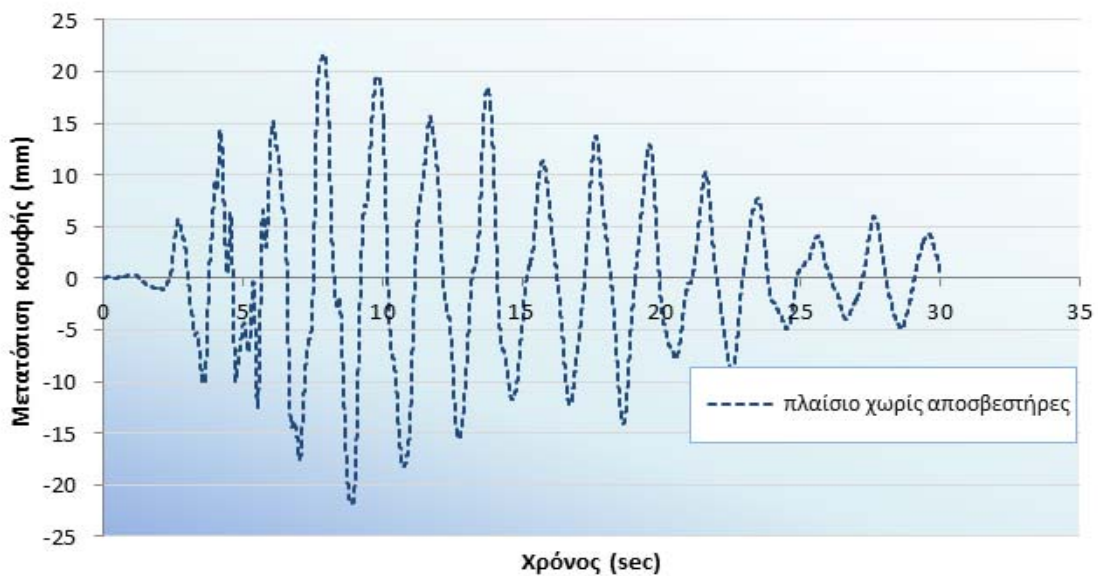
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα σχεδόν όλων των δοκών σε όλες τις στάθμες εκτός από την τελευταία και πλαστικές αρθρώσεις στις κορυφές των τεσσάρων από τα πέντε υποστυλώματα της στάθμης επτά (7).

#### 4.4.2.3 Δυναμική ανελαστική ανάλυση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες με το σεισμό της Αθήνας 1999

Από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.23, Σχήμα 4.24).

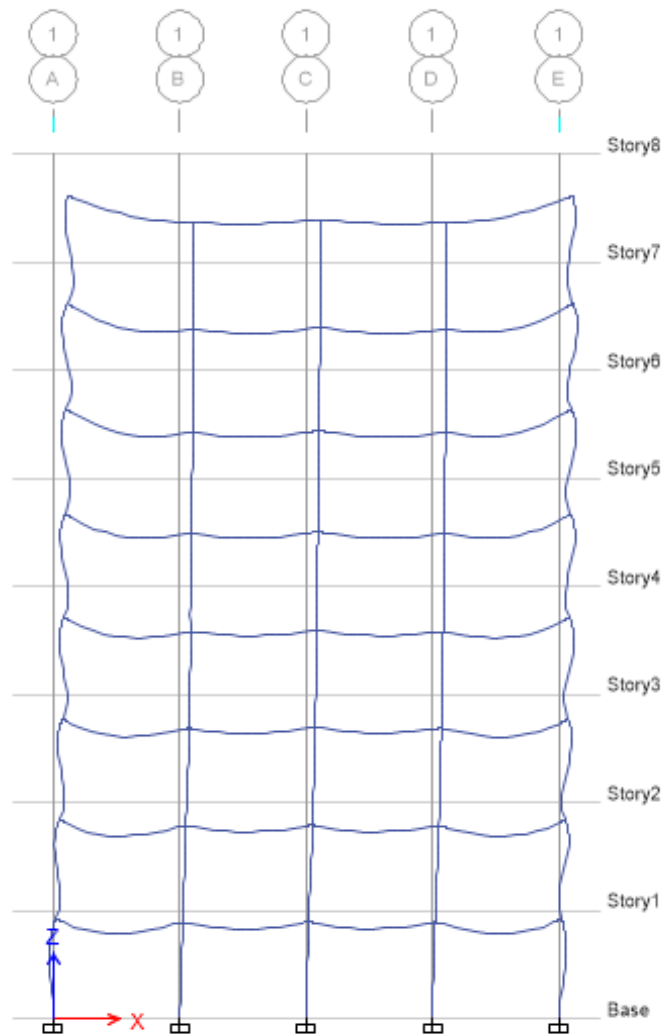


Σχήμα 4.23 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας



Σχήμα 4.24 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.25) φαίνεται η μορφή του παραμορφωμένου φορέα στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες για το σεισμό της Αθήνας.

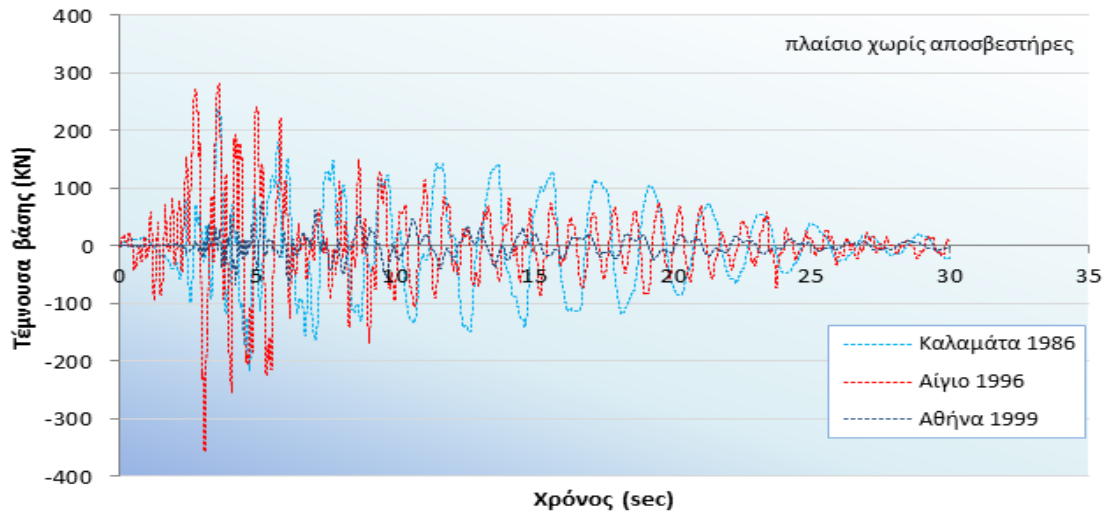


Σχήμα 4.25 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (σεισμός Αθήνας 1999)

Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών και των υποστυλωμάτων σε καμία στάθμη.

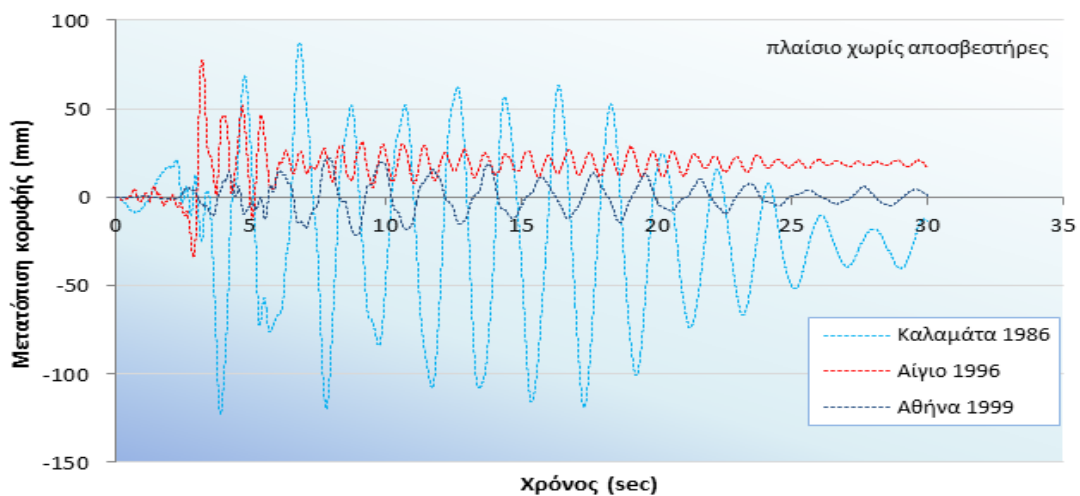
#### 4.4.2.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων Δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες για τους τρεις σεισμούς που εξετάστηκαν δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα.



Σχήμα 4.26 Χρονοϊστορίες τέμνουσας βάσης για τους σεισμούς της Καλαμάτας, του Αιγίου και της Αθήνας

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.26) παρατηρείται ότι για το σεισμό του Αιγίου παρουσιάζονται πολύ μεγαλύτερες τιμές από ότι στους άλλους δύο στο διάστημα 3-6sec. Για το σεισμό της Καλαμάτας και της Αθήνας παρατηρείται ότι διατηρήθηκαν για το διάστημα 5-20sec αμείωτες τιμές τέμνουσας. Για το σεισμό της Αθήνας οι τιμές της τέμνουσας βάσης δεν ξεπέρασαν τα 50kN, ενώ για το σεισμό της Καλαμάτας ξεπέρασαν τα 100kN.

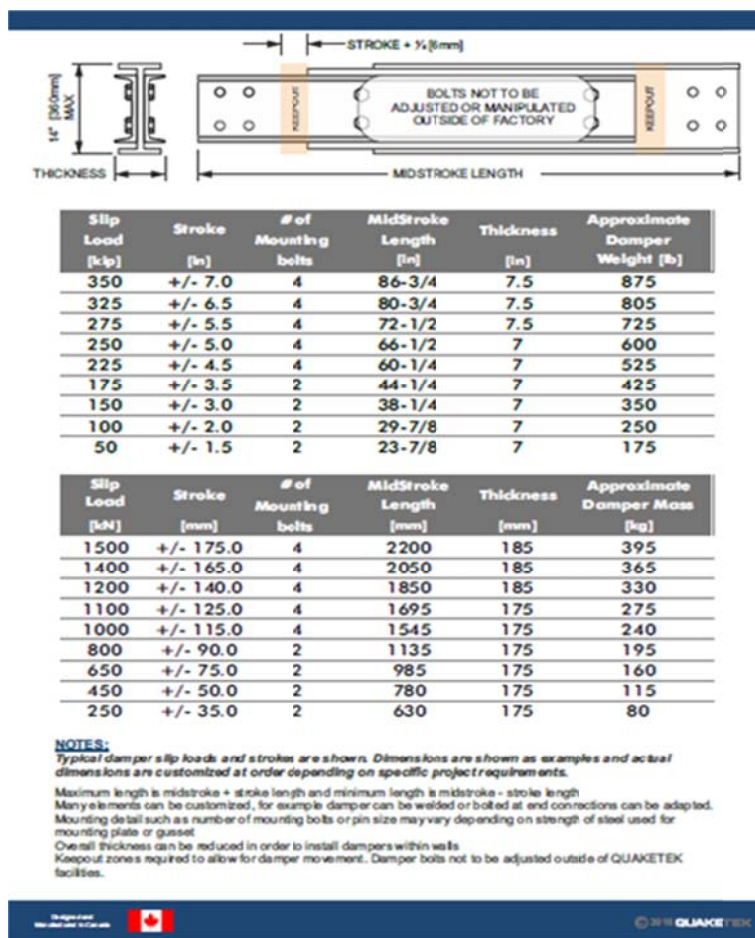


Σχήμα 4.27 Χρονοϊστορίες μετατόπισης κορυφής για τους σεισμούς της Καλαμάτας, του Αιγίου και της Αθήνας

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.27) παρατηρείται ότι για το σεισμό της Καλαμάτας παρουσιάζονται πολύ μεγαλύτερες τιμές από ότι στους άλλους δύο. Και για τους τρεις σεισμούς παρατηρείται ότι διατηρήθηκαν για το διάστημα 5-20sec αμείωτες οι μέγιστες τιμές μετατοπίσεων. Για το σεισμό της Καλαμάτας οι μέγιστες μετατοπίσεις ξεπέρασαν τα 115mm, ενώ για της Αθήνας πλησίασαν τα 20mm. Για το σεισμό του Αιγίου μετά το 3 sec παρατηρείται μια μόνιμη παραμόρφωση περίπου 10mm. Στο 3sec εμφανίζεται και η μέγιστη μετατόπιση, που είναι περίπου 70mm.

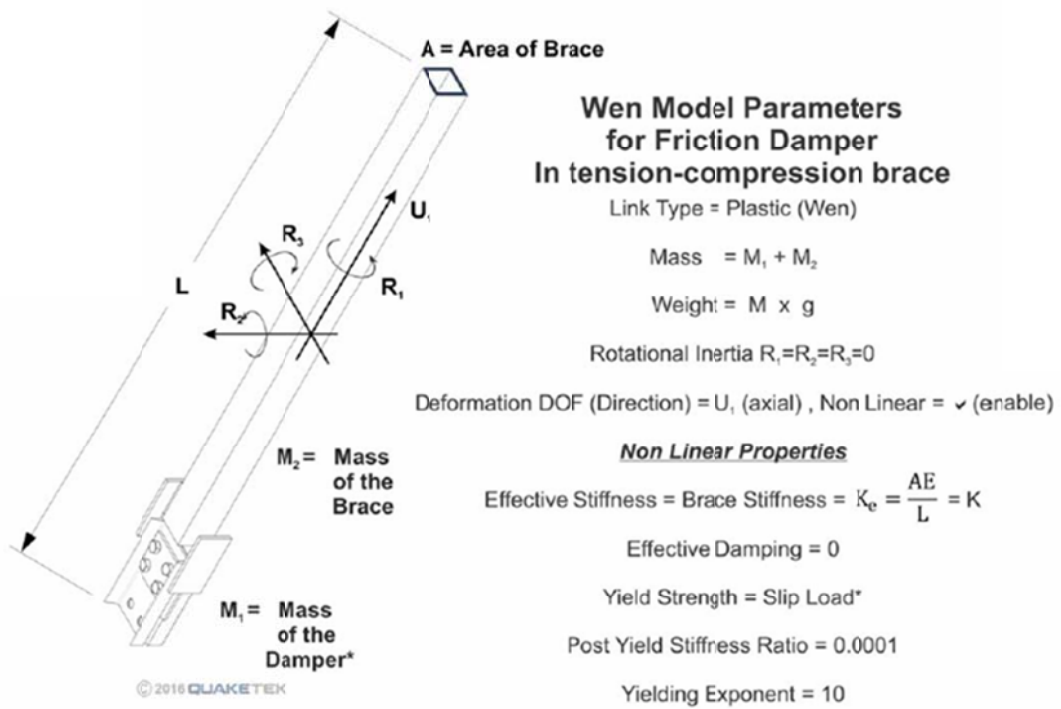
## 4.5 Επίλυση πλαισίου με αποσβεστήρες

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν με τη μέθοδο της Στατικής και της Δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου που περιγράφηκε παραπάνω. Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκαν Στατικές ανελαστικές αναλύσεις του πλαισίου, με χρήση τριών διαφορετικού φορτίου ολίσθησης (80KN, 165KN και 250KN) αποσβεστήρων τριβής της εταιρείας QUAKETEK σε τρεις διατάξεις. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν τρεις δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις (χρονοϊστορίας) με τα επιταχυνσιογραφήματα των σεισμών της Καλαμάτας 1986, του Αιγίου 1996 και της Αθήνας 1999 (Σχήμα 4.14, Σχήμα 4.15, Σχήμα 4.16) στο ίδιο πλαίσιο, με χρήση τριών διαφορετικού φορτίου ολίσθησης (80KN, 165KN και 250KN) αποσβεστήρων τριβής της ίδιας εταιρείας σε τρεις διατάξεις, με το λογισμικό ETABS.



Σχήμα 4.28 Πίνακας χαρακτηριστικών αποσβεστήρων τριβής από τον ιστότοπο της εταιρείας QUAKETEK

Οι αποσβεστήρες τριβής που χρησιμοποιήθηκαν είναι της εταιρείας QUAKETEK. Οι αποσβεστήρες αυτοί συνδέονται με τους κόμβους του πλαισίου μέσω διαγώνιων μεταλλικών συνδέσμων. Η QUAKETEK παρέχει στην ιστοσελίδα της αναλυτικά χαρακτηριστικά των αποσβεστήρων τριβής που διαθέτει (Σχήμα 4.28) ενώ υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής αποσβεστήρων πρακτικά με οποιοδήποτε φορτίο ολίσθησης. Επίσης, παρέχονται από την εταιρεία οδηγίες για τον τρόπο προσομοίωσης των αποσβεστήρων στο ETABS, με χρήση του μοντέλου Wen (Σχήμα 4.29).

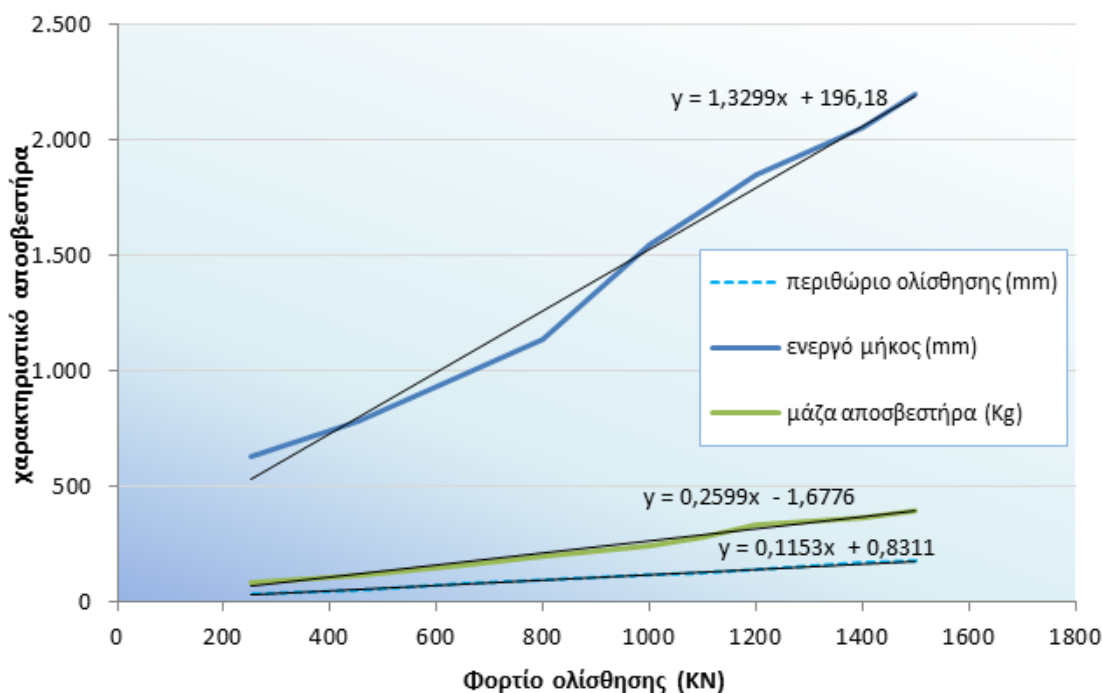


Σχήμα 4.29 Οδηγίες προσομοίωσης αποσβεστήρα τριβής από τον ιστότοπο της εταιρίας QUAKETEK

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και για τις ανάγκες της διερεύνησης της επίδρασης της χρήσης αποσβεστήρων στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, αποφασίστηκε η χρησιμοποίηση αποσβεστήρων με φορτίο ολίσθησης 80KN, 165KN και 250KN.



Χρησιμοποιώντας τον πίνακα της QUAKETEK με τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων αποσβεστήρων τριβής, προσδιορίστηκαν οι γραμμές τάσης των κύριων χαρακτηριστικών τους (περιθώριο ολίσθησης, ενεργό μήκος και μάζα αποσβεστήρα) σε συνάρτηση με το φορτίο ολίσθησης (Σχήμα 4.30).



Σχήμα 4.30 Γραμμικές εξισώσεις των χαρακτηριστικών των αποσβεστήρων.

Κάνοντας χρήση των εξισώσεων των γραμμών τάσεων των κύριων χαρακτηριστικών, προσδιορίστηκαν τα χαρακτηριστικά και των λοιπών αποσβεστήρων που χρησιμοποιήθηκαν και τα οποία παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 7).

Φορτίο Ολίσθησης (KN)	Περιθώριο Ολίσθησης (+/- mm)	Πλήθος Κοχλιών	Ενεργό Μήκος (mm)	Πλάτος Αποσβεστήρα (mm)	Προσεγγιστική Μάζα Αποσβεστήρα (Kg)
250	35	2	630	175	80
165	20	2	415	175	40
80	10	2	300	175	20

Πίνακας 7 Χαρακτηριστικά αποσβεστήρων από τις γραμμικές εξισώσεις

Επόμενο βήμα είναι η εύρεση της διατομής των μεταλλικών διαγώνιων συνδέσμων με τους οποίους θα συνδεθούν οι αποσβεστήρες με τους κόμβους του πλαισίου. Το βασικό κριτήριο για την επιλογή της διατομής είναι η αντοχή της σε λυγισμό να υπερβαίνει το φορτίο ολίσθησης του

αποσβεστήρα, έτσι ώστε να μην αστοχήσει η διατομή σε λυγισμό μέχρι το αξονικό της φορτίο να γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης, οπότε και θα ενεργοποιηθεί ο αποσβεστήρας. Στους επόμενους πίνακες (Πίνακας 8, Πίνακας 9) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών της αντοχής των διατομών των διαγώνιων μεταλλικών συνδέσμων τόσο σε εφελκυσμό όσο και σε λυγισμό, που είναι και ο κρίσιμος.

α/α	Διατομή	A (cm <sup>2</sup> )	Ποιότητα Χάλυβα	f <sub>y</sub> (Mpa)	f <sub>u</sub> (Mpa)	N <sub>pl,Rd</sub> (KN)	N <sub>u,Rd</sub> (KN)	N <sub>t,Rd</sub> (KN)
1	2xUPN 160/65	48.25	S235	235.00	360.00	1030.80	1145.59	1030.80
2	2xUPN 120/55	34.18	S235	235.00	360.00	730.21	811.53	730.21
3	2xUPN 80/45	22.18	S235	235.00	360.00	473.85	526.61	473.85

Πίνακας 8 Χαρακτηριστικά διαγώνιων συνδέσμων

Όπου

- A επιφάνεια διατομής
- f<sub>y</sub> όριο διαρροής χάλυβα
- f<sub>u</sub> εφελκυστική αντοχή χάλυβα
- γ<sub>M0</sub> 1.10
- γ<sub>M1</sub> 1.10
- γ<sub>M2</sub> 1.25
- πλαστική αντοχή διατομής
- N<sub>pl,Rd</sub> (διαρροής)
- N<sub>u,Rd</sub> οριακή αντοχή καθαρής διατομής
- N<sub>t,Rd</sub> εφελκυστική αντοχή διατομής

Κατ/ρία Διατομής	L <sub>cr</sub> (m)	i <sub>y</sub> (cm)	λ <sub>y</sub>	Καμπύλη Λυγισμού y	χ <sub>y</sub>	i <sub>z</sub> (cm)	λ <sub>z</sub>	Καμπύλη Λυγισμού z	χ <sub>z</sub>	χ <sub>min</sub>	N <sub>b,Rd</sub> (KN)
1	4.61	6.232	0.79	c	0.670	3.214	1.53	c	0.306	0.306	315.42
1	4.61	4.648	1.06	c	0.508	2.810	1.75	c	0.246	0.246	179.63
1	4.61	3.115	1.58	c	0.291	2.498	1.97	c	0.202	0.202	95.72

Πίνακας 9 Χαρακτηριστικά διαγώνιων συνδέσμων

Όπου

- L<sub>cr</sub> κρίσιμο μήκος λυγισμού
- i ακτίνα αδράνειας διατομής
- λ ανηγμένη λυγηρότητα μειωτικός συντελεστής
- χ λυγισμού
- N<sub>b,Rd</sub> αντοχή διατομής σε λυγισμό

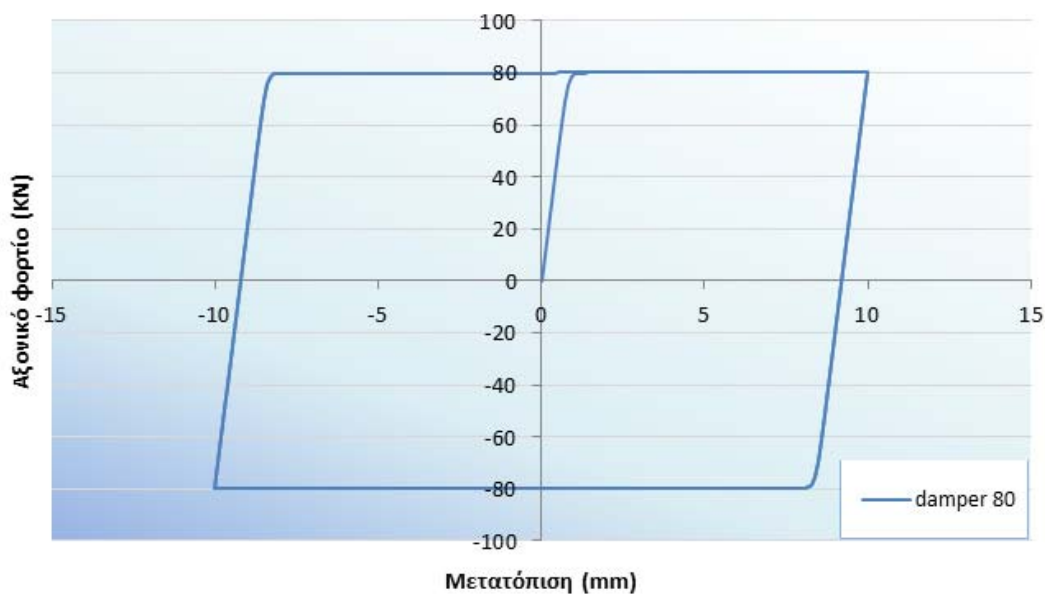
Τελευταίο βήμα είναι ο υπολογισμός των παραμέτρων του μοντέλου Wen για την προσομοίωση των αποσβεστήρων τριβής στο ETABS, σύμφωνα με το τυπολόγιο στο Σχήμα 4.29. Οι παράμετροι προσομοίωσης σύμφωνα με το μοντέλο Wen παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 10).

N (KN)	M <sub>1</sub> (Kg)	Διατομή	N <sub>b,Rd</sub> (KN)	M <sub>2</sub> (Kg)	M (Kg)	W (KN)	A (cm <sup>2</sup> )	K <sub>e</sub> (KN/m)
250	80	2xUPN 160/65	315.42	174.72	254.72	24.99	48.25	219793.93
165	40	2xUPN 120/55	179.63	123.55	163.55	16.04	34.18	155700.65
80	20	2xUPN 80/45	95.72	80.21	100.21	9.83	22.18	101036.88

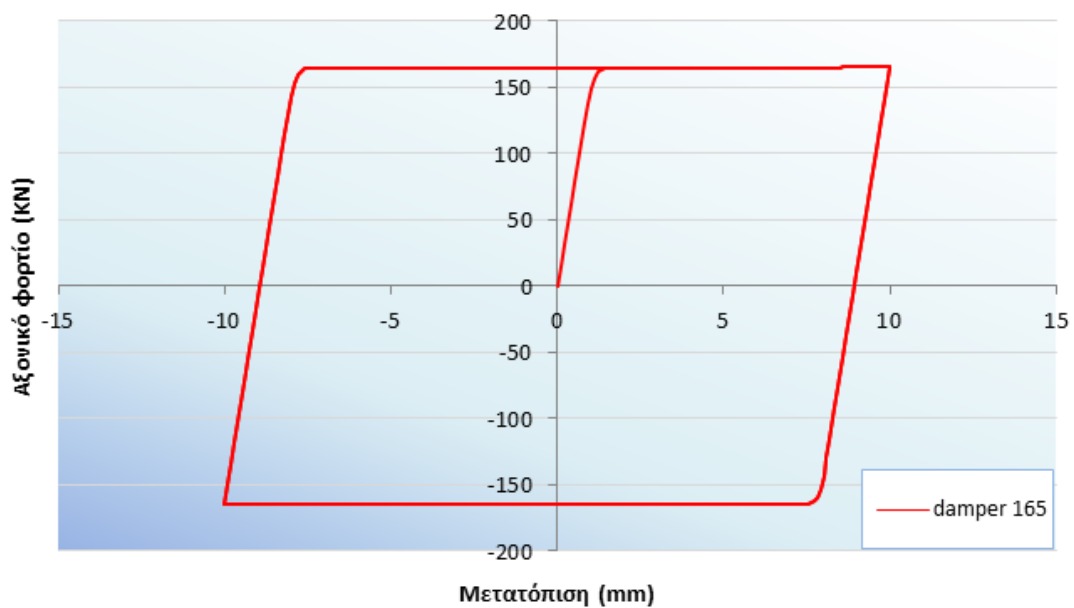
Πίνακας 10 Παράμετροι προσομοίωσης

Οι αποσβεστήρες τριβής προσομοιώθηκαν στο ETABS σαν στοιχεία σύνδεσης (link elements) με ανελαστικές ιδιότητες (μοντέλο plastic Wen), ικανά να παραλάβουν μόνο αξονικό φορτίο.

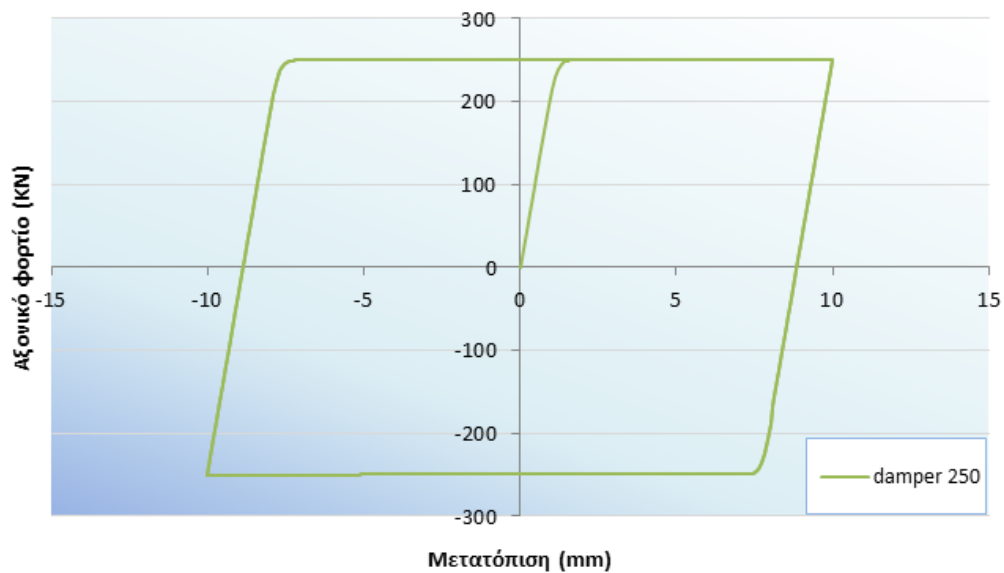
Οι υστερητικοί βρόγχοι των τριών αποσβεστήρων τριβής που χρησιμοποιήθηκαν, παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 4.31, Σχήμα 4.32, Σχήμα 4.33).



Σχήμα 4.31 Υστερητικός βρόχος του αποσβεστήρα με φορτίο ολίσθησης 80KN.



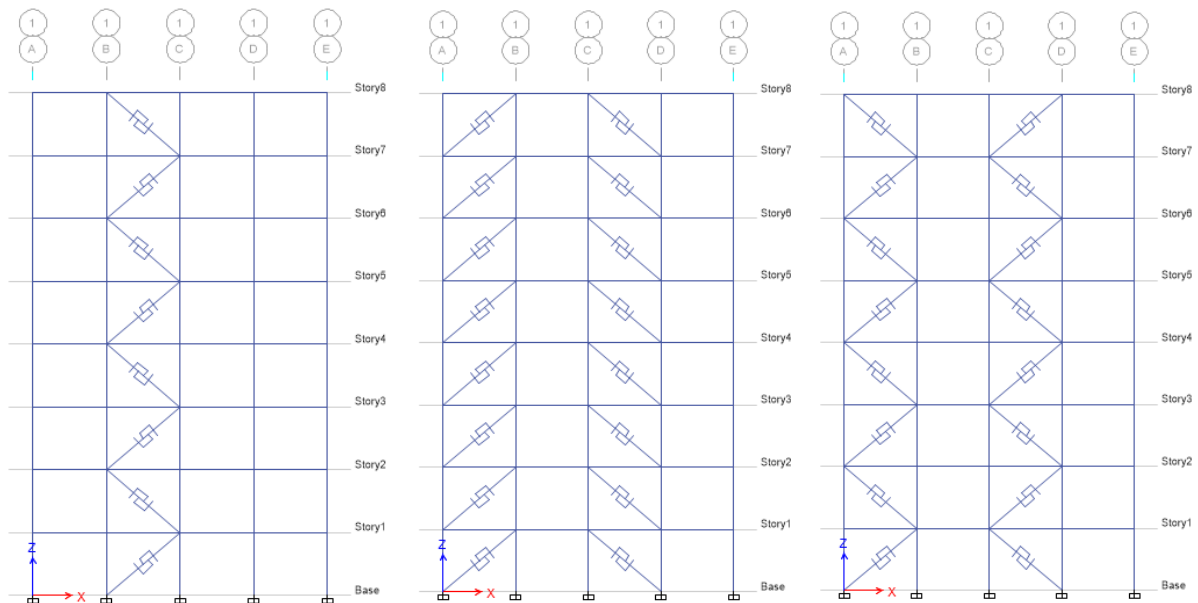
Σχήμα 4.32 Υστερητικός βρόχος του αποσβεστήρα με φορτίο ολίσθησης 165κΝ



Σχήμα 4.33 Υστερητικός βρόχος του αποσβεστήρα με φορτίο ολίσθησης 250κΝ

#### 4.5.1 Στατικές ανελαστικές αναλύσεις πλαισίου με αποσβεστήρες

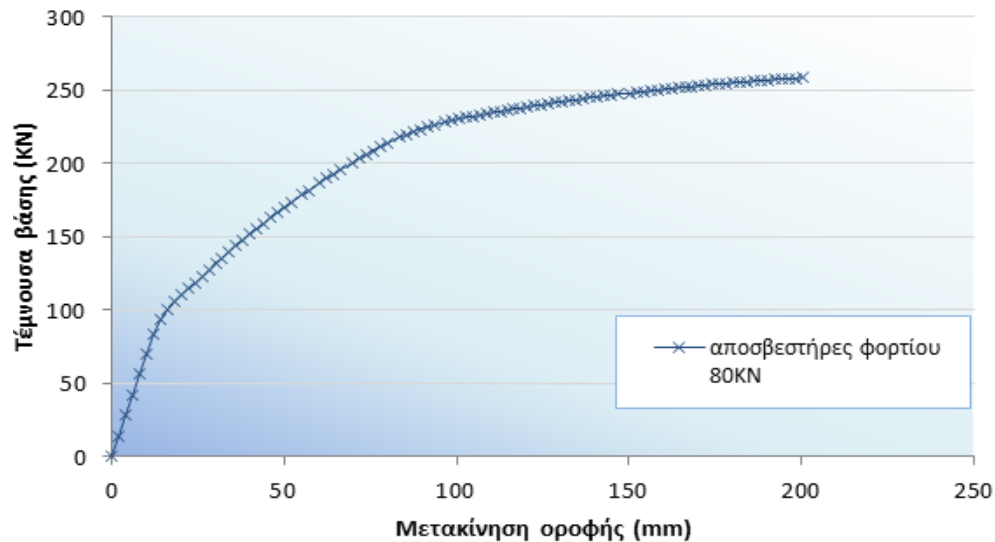
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν με τη μέθοδο της Στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου που περιγράφηκε παραπάνω, με χρήση τριών αποσβεστήρων τριβής διαφορετικού φορτίου ολίσθησης (80KN, 165KN και 250KN) της εταιρείας QUAKETEK σε τρεις διατάξεις, οι οποίες φαίνονται παρακάτω (Σχήμα 4.34).



Σχήμα 4.34 Οι τρεις εξεταζόμενες διατάξεις των αποσβεστήρων τριβής Τύπου I (αριστερά), Τύπου II (μέση), Τύπου III (δεξιά)

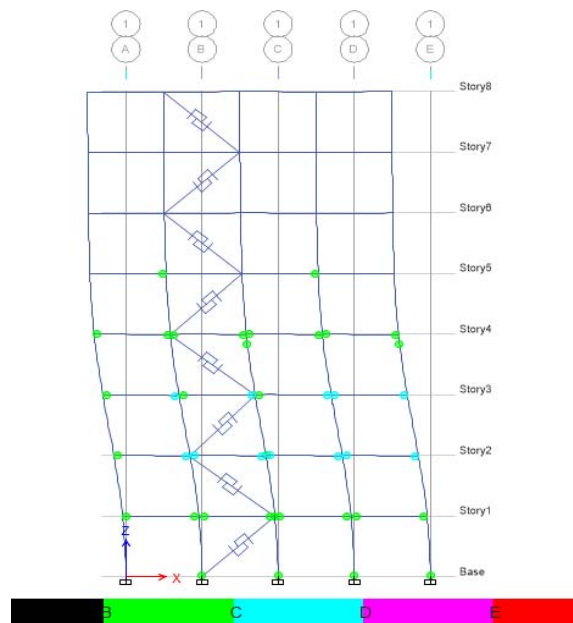
#### 4.5.1.1 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I

Πραγματοποιήθηκαν τρεις στατικές ανελαστικές αναλύσεις με το λογισμικό ETABS για το πλαίσιο με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I, μία για κάθε έναν αποσβεστήρα με διαφορετικό φορτίο ολίσθησης. Από την πρώτη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.35).



Σχήμα 4.35 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 80KN

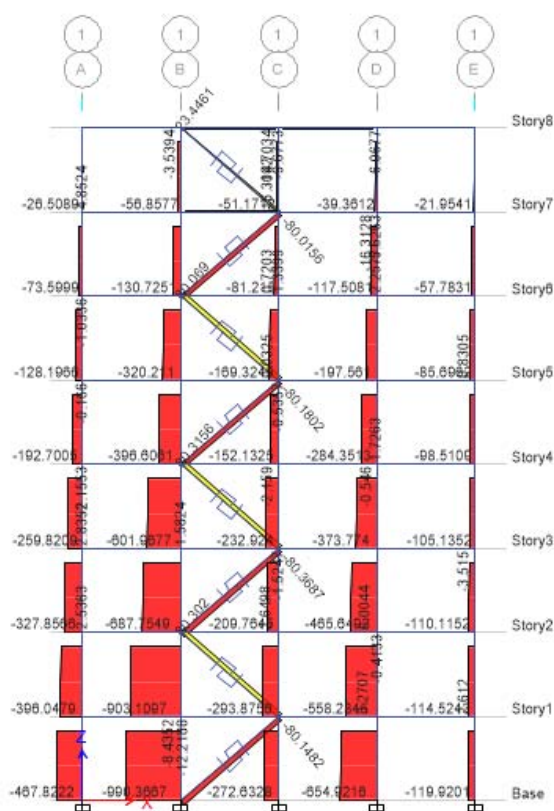
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.36) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I, φορτίου ολίσθησης 80KN.



Σχήμα 4.36 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN

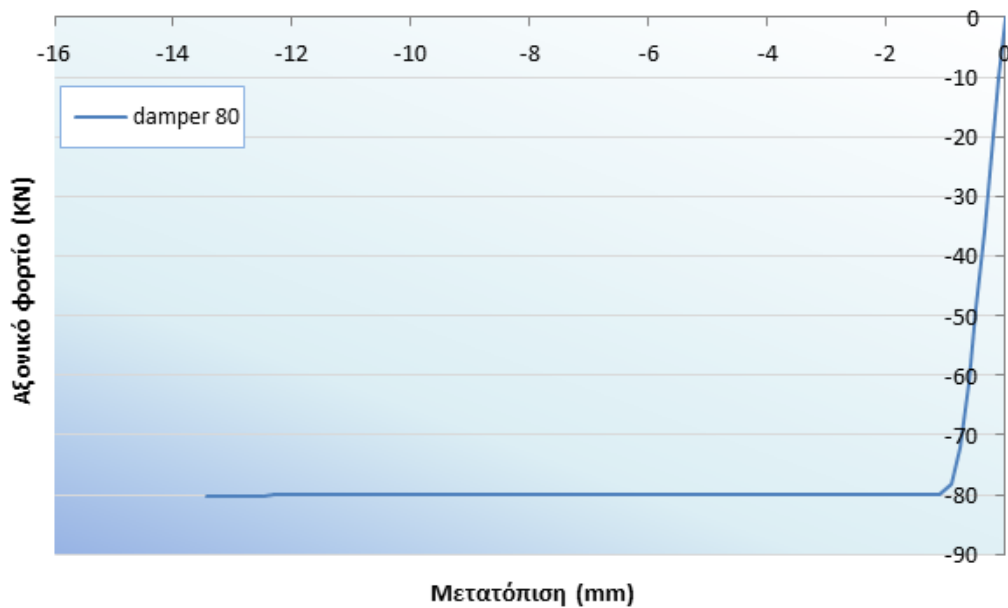
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 80KN είναι 200,16 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 258,44 KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών στις πρώτες τέσσερις στάθμες και σε δύο δοκούς στην πέμπτη στάθμη. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση των τεσσάρων από τα πέντε υποστυλώματα ισογείου και στην κορυφή δύο υποστυλωμάτων της τέταρτης στάθμης. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεσματικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 94,24 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,881 sec.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I, φορτίου ολίσθησης 80KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν όλοι οι αποσβεστήρες εκτός αυτού στην τελευταία στάθμη.



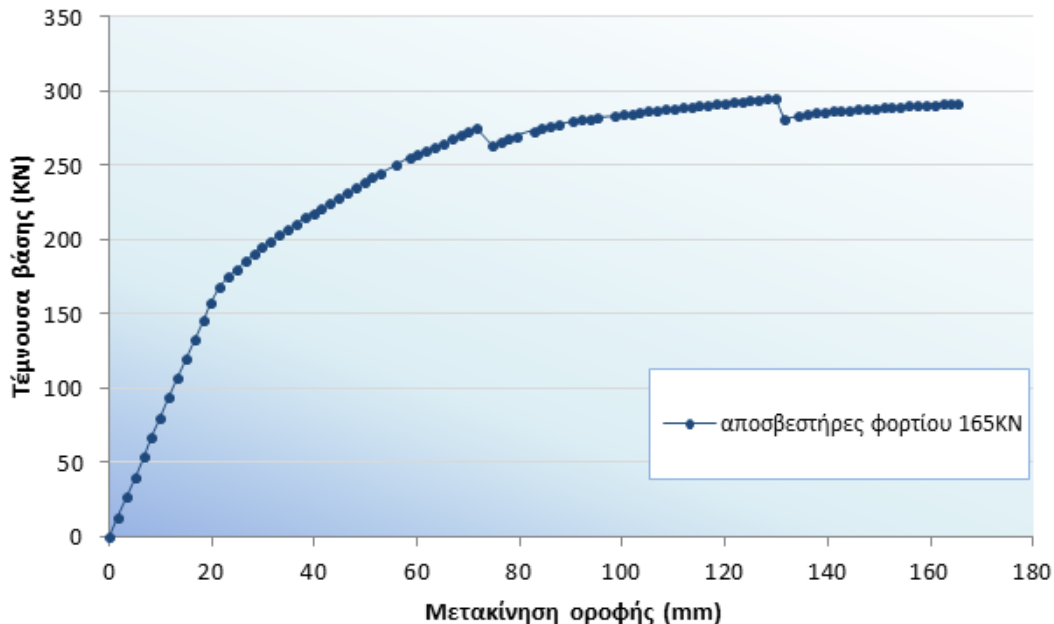
Σχήμα 4.37 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.38) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (80KN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο.



Σχήμα 4.38 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα του ισογείου με φορτίο ολίσθησης 80KN σε διάταξη Τύπου I

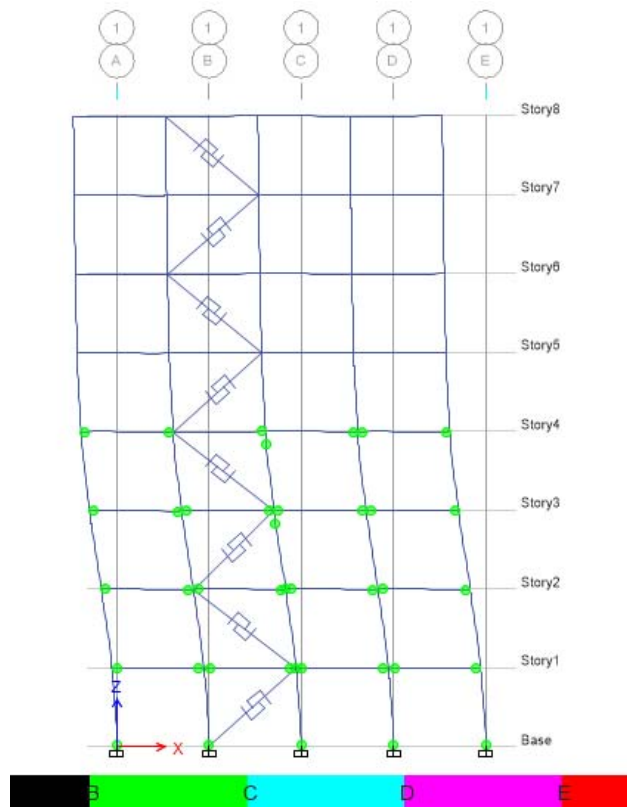
Από τη δεύτερη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η αντίστοιχη καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.39).



Σχήμα 4.39 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 165KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.40) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I, φορτίου ολίσθησης 165KN.

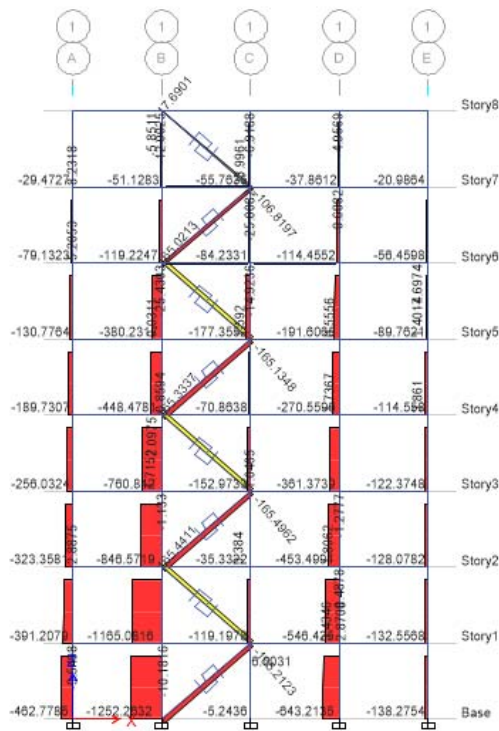




Σχήμα 4.40 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN

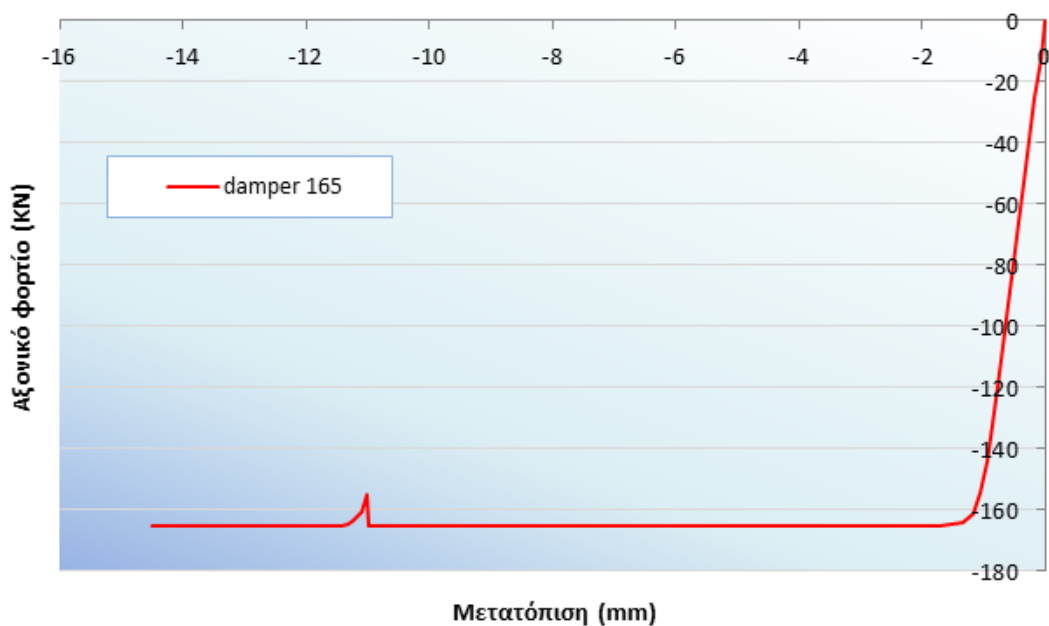
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 165KN είναι 165,14 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 291,63 KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών στις πρώτες τέσσερις στάθμες. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση και των πέντε υποστυλωμάτων ισογείου και στην κορυφή του μεσαίου υποστυλώματος της τρίτης και τέταρτης στάθμης. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεσματικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 88,51 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,811 sec.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.41) φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I, φορτίου ολίσθησης 165KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν όλοι οι αποσβεστήρες εκτός αυτού στην τελευταία στάθμη.



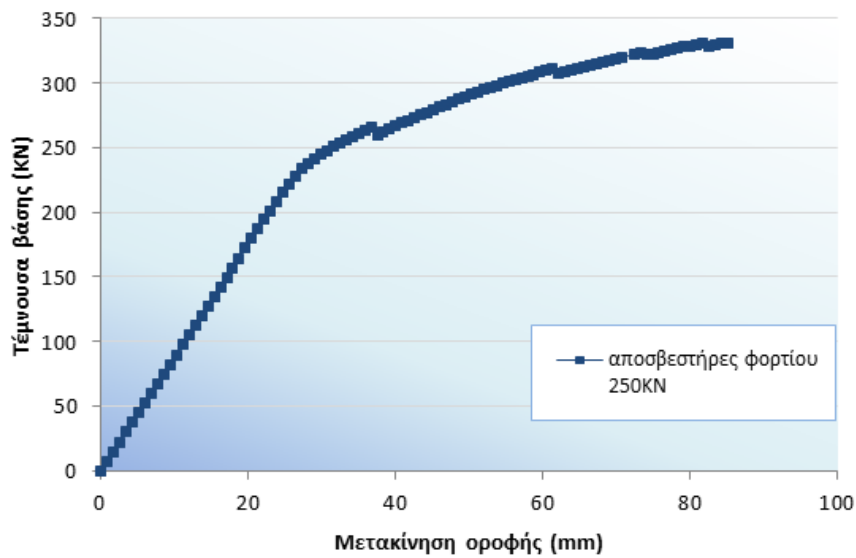
Σχήμα 4.41 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου Ι και φορτίου ολίσθησης 165kN

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.42) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (165kN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο.



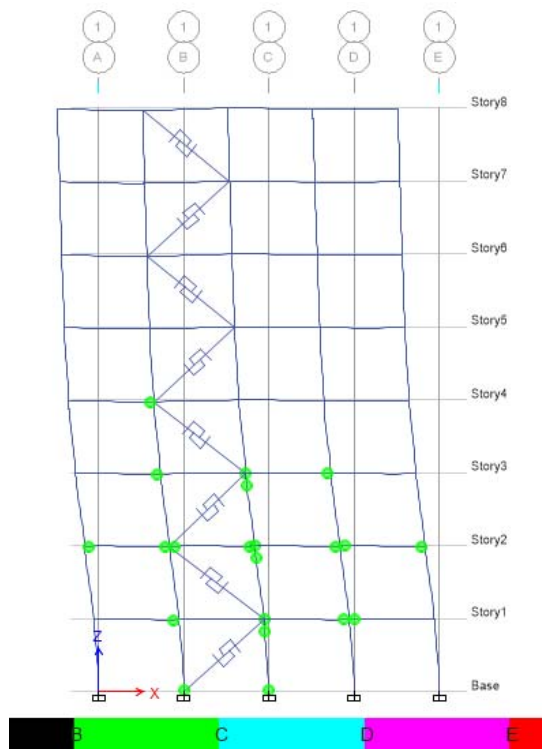
Σχήμα 4.42 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου Ι και φορτίου ολίσθησης 165kN

Από την τρίτη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η αντίστοιχη καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.43).



Σχήμα 4.43 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN

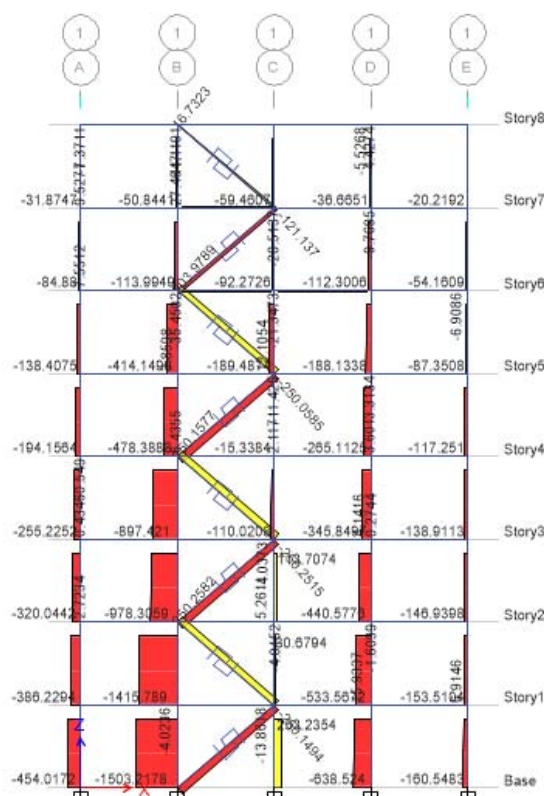
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.44) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I, φορτίου ολίσθησης 250KN.



Σχήμα 4.44 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN

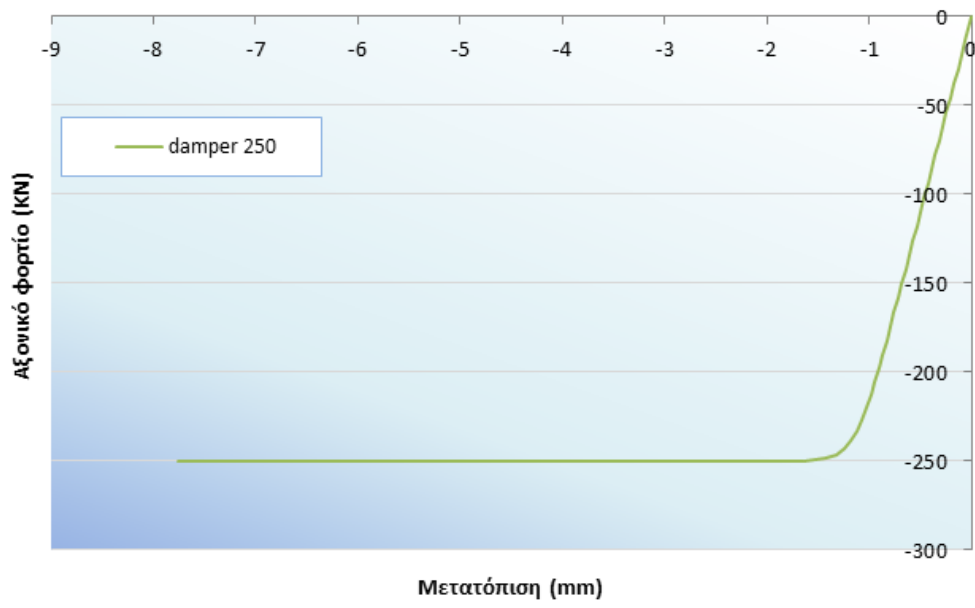
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 250KN είναι 85,08 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 331,39KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κυρίως στα άκρα των δοκών των μεσαίων ανοιγμάτων στις πρώτες τρεις στάθμες. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση των δύο από τα πέντε υποστυλώματα ισόγειου και στην κορυφή του μεσαίου υποστυλώματος μέχρι και την τρίτη στάθμη. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεστικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 87,61 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,772 sec.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.45) φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I, φορτίου ολίσθησης 250KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν οι αποσβεστήρες από το ισόγειο μέχρι και την έκτη στάθμη.



Σχήμα 4.45 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN

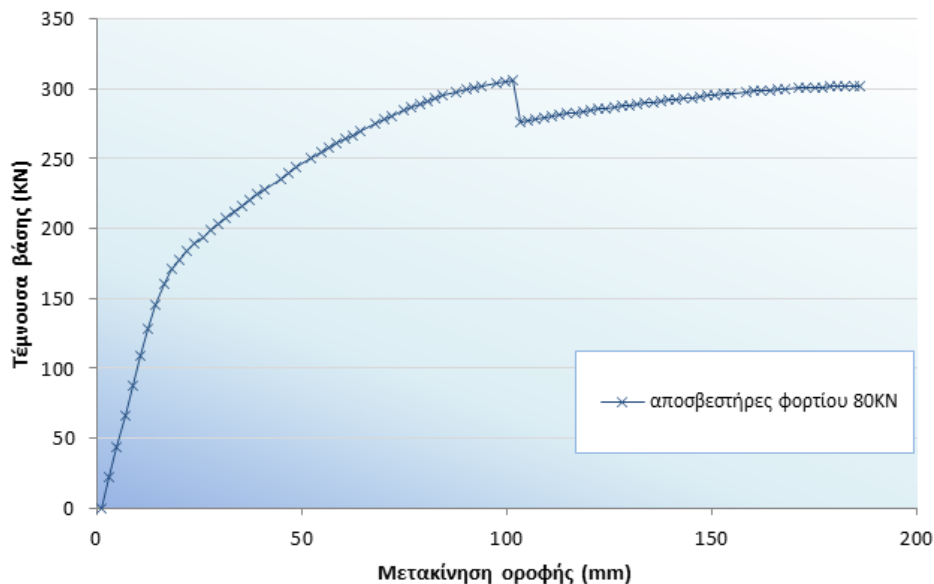
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.46) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (250KN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο.



Σχήμα 4.46 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250kN

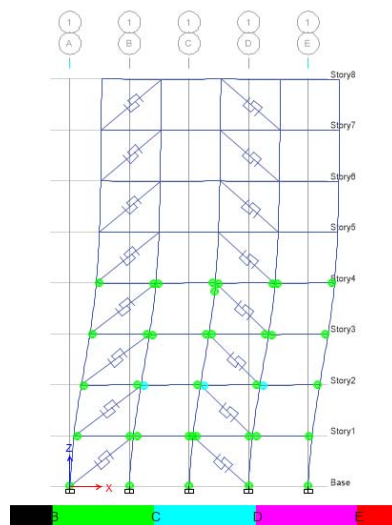
#### 4.5.1.2 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II

Πραγματοποιήθηκαν τρεις στατικές ανελαστικές αναλύσεις με το λογισμικό ETABS για το πλαίσιο με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II, μία για κάθε έναν αποσβεστήρα με διαφορετικό φορτίο ολίσθησης. Από την πρώτη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.47).



Σχήμα 4.47 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρεςσε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.48) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II, φορτίου ολίσθησης 80KN.



Σχήμα 4.48 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN

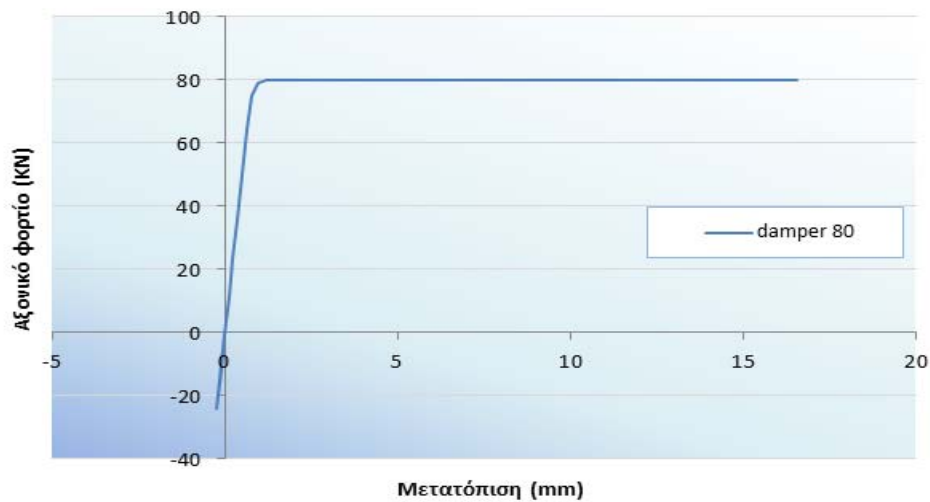
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 80KN είναι 186,16 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 302,06 KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών στις πρώτες τέσσερις στάθμες. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση και των πέντε υποστυλωμάτων ισογείου. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεστικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 79,32 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,696 sec.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.49) φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II, φορτίου ολίσθησης 80KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν σχεδόν όλοι οι αποσβεστήρες εκτός αυτού στην τελευταία στάθμη.



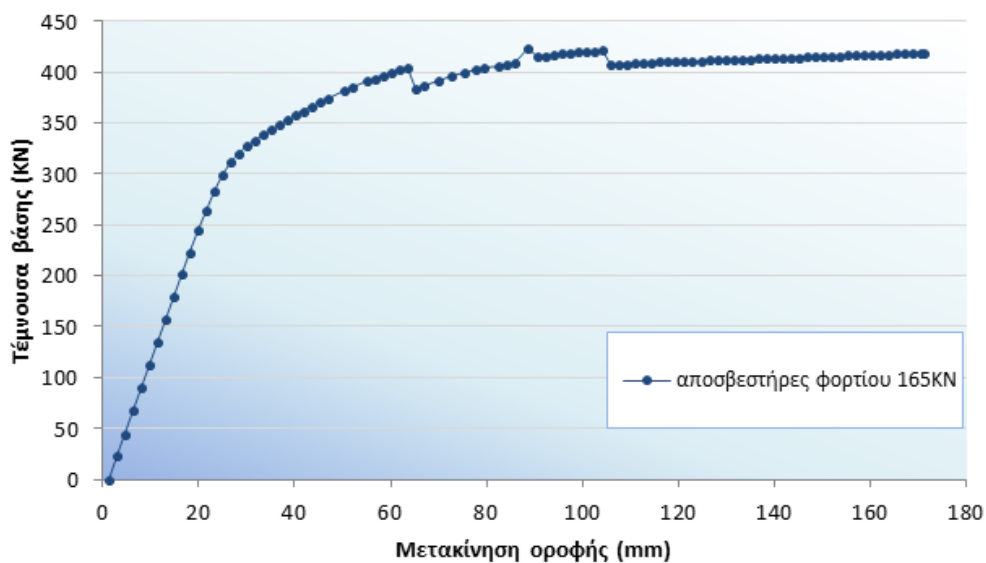
Σχήμα 4.49 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.50) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ακραίο άνοιγμα του ισογείου από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (80KN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο. Οι αρνητικές τιμές που παρατηρούνται οφείλονται στο ότι στην αρχή της ανάλυσης το σύστημα αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου θλίβεται λόγω των κατακόρυφων φορτίων του πλαισίου.



Σχήμα 4.50 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80kN

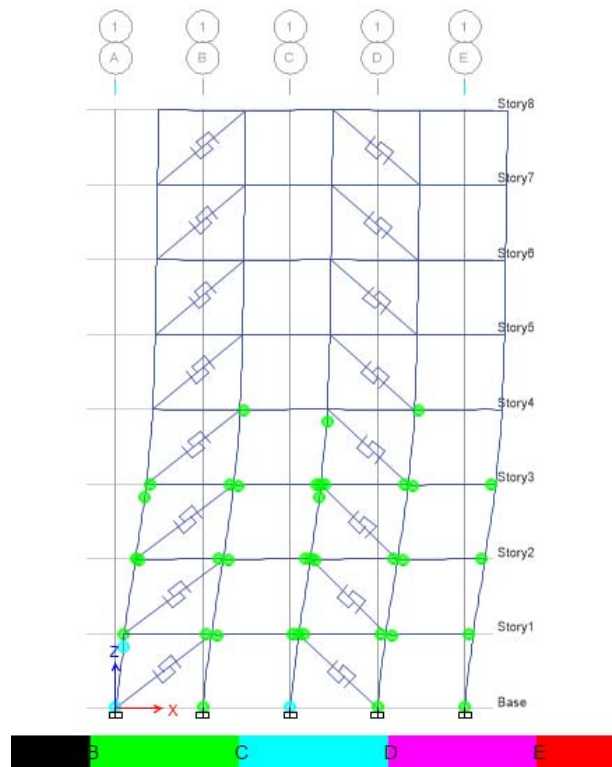
Από τη δεύτερη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165kN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η αντίστοιχη καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.51).



Σχήμα 4.51 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80kN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.52) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II, φορτίου ολίσθησης 165kN.

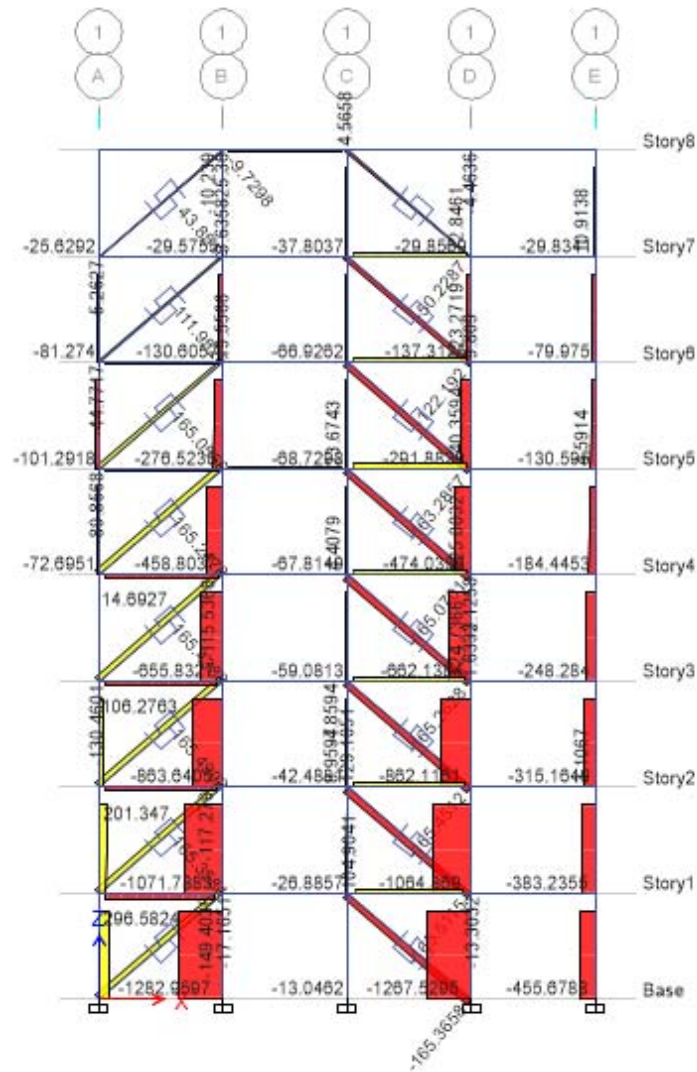




Σχήμα 4.52 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN

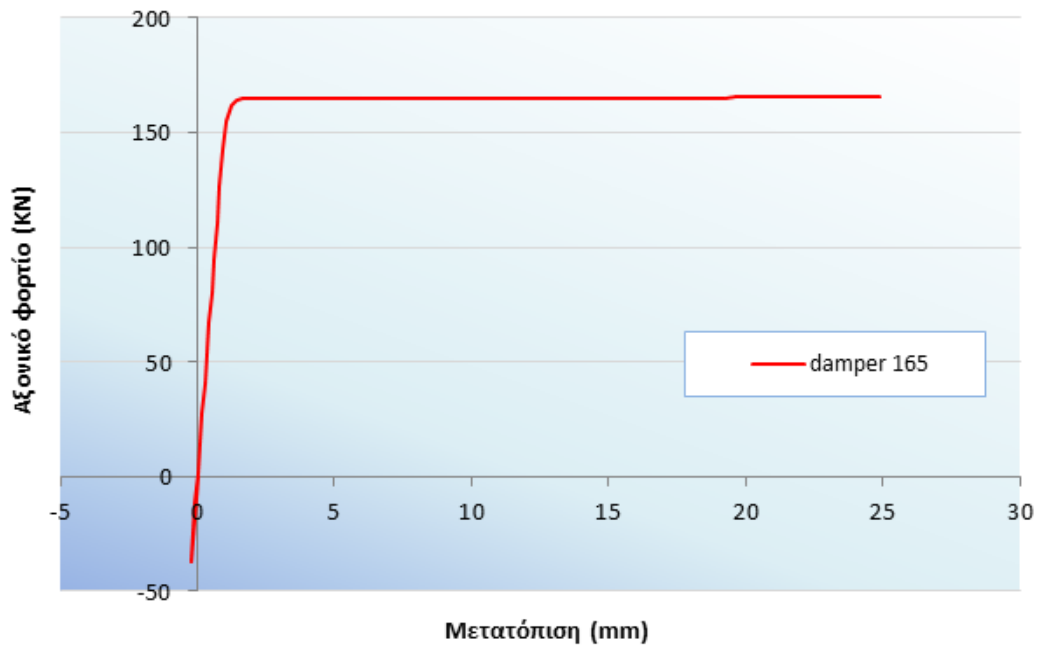
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 165KN είναι 171,09 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 418,72 KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών στις πρώτες τέσσερις στάθμες. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση και των πέντε υποστυλωμάτων ισογείου και στην κορυφή του μεσαίου υποστυλώματος της τρίτης και τέταρτης στάθμης. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεστικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 75,06 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,645 sec.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.53) φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II, φορτίου ολίσθησης 165KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν σχεδόν όλοι οι αποσβεστήρες μέχρι την έκτη στάθμη.



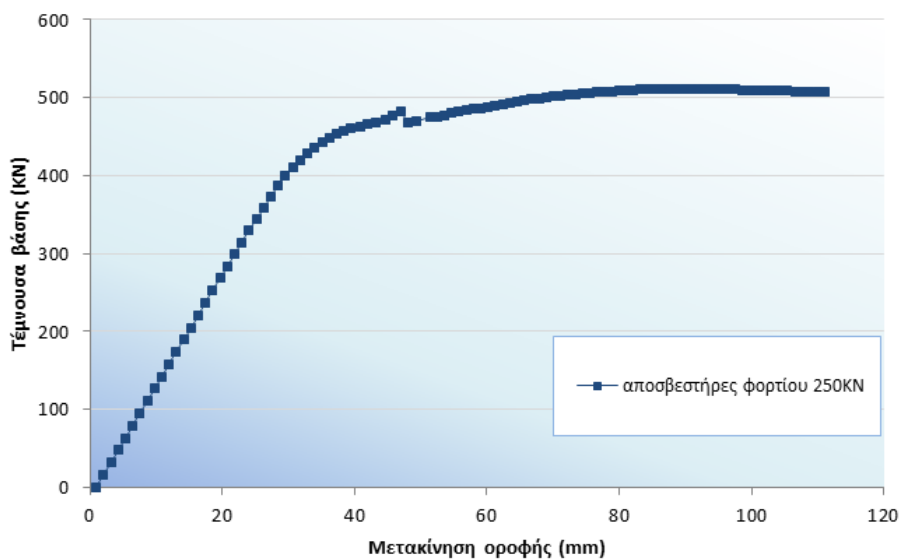
Σχήμα 4.53 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.54) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ακραίο άνοιγμα του ισογείου από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (165KN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο. Οι αρνητικές τιμές που παρατηρούνται οφείλονται στο ότι στην αρχή της ανάλυσης το σύστημα αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου θλίβεται λόγω των κατακόρυφων φορτίων του πλαισίου.



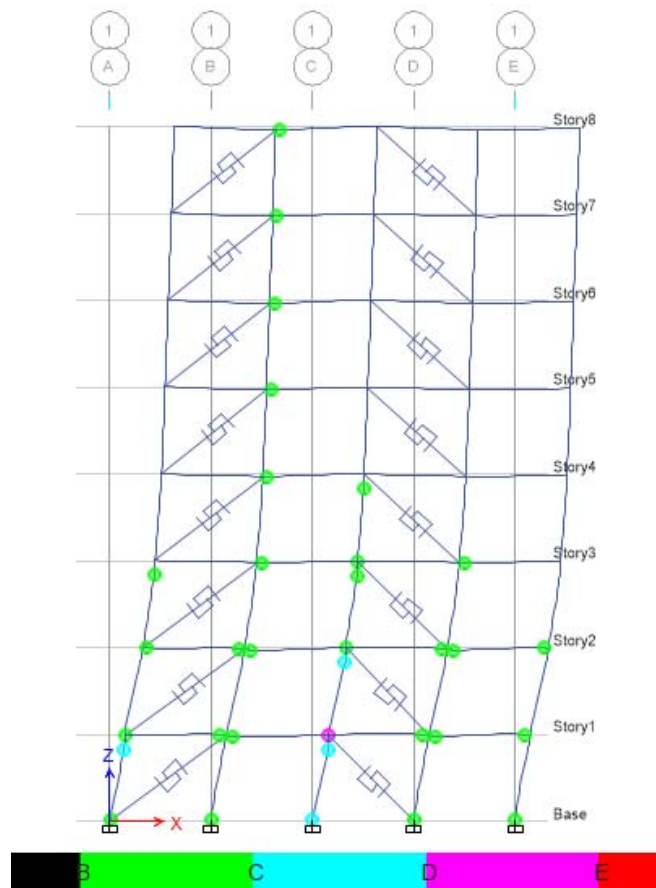
Σχήμα 4.54 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN

Από την τρίτη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η αντίστοιχη καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.55).



Σχήμα 4.55 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN

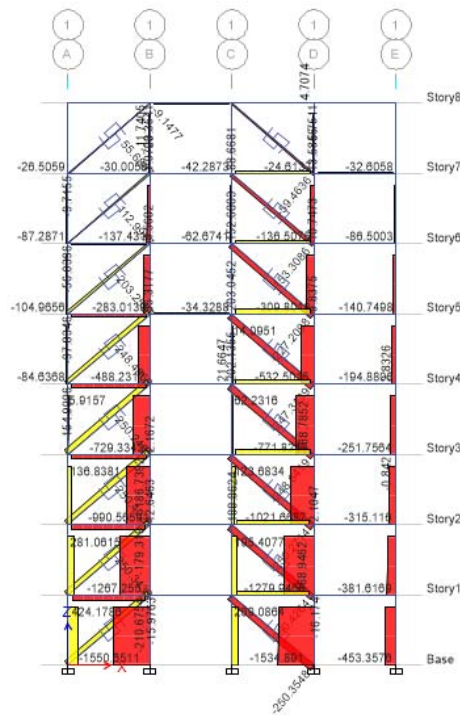
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.56) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II, φορτίου ολίσθησης 250KN.



Σχήμα 4.56 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN

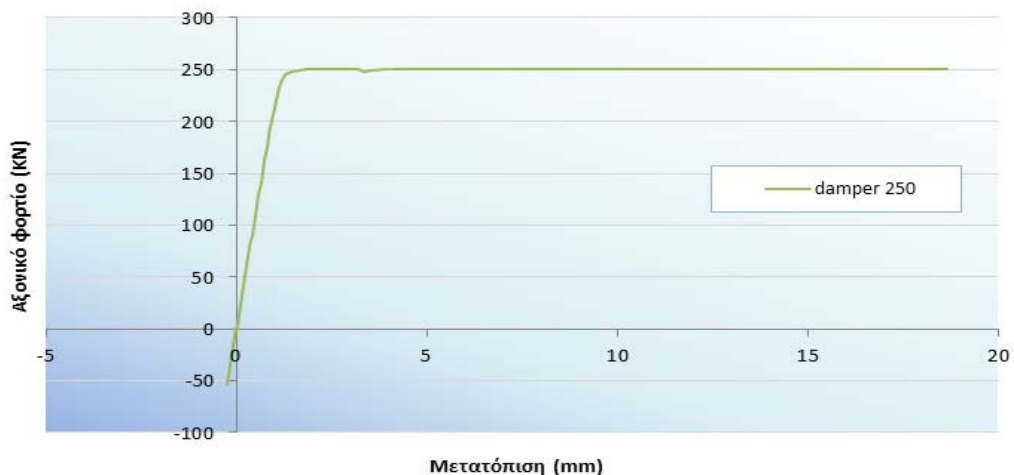
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 250KN είναι 110,98 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 507,98KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών στις πρώτες τρεις στάθμες καθώς και στο ένα άκρο της δοκού στο δεύτερο άνοιγμα στις υπόλοιπες στάθμες. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση και των πέντε υποστυλωμάτων ισογείου, στην κορυφή του πρώτου στύλου ισογείου και στην κορυφή του μεσαίου υποστυλώματος μέχρι και την τέταρτη στάθμη. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεσματικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 73,20 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,621 sec.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.57) φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II, φορτίου ολίσθησης 250KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν σχεδόν όλοι οι αποσβεστήρες μέχρι την τέταρτη στάθμη.



Σχήμα 4.57 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN

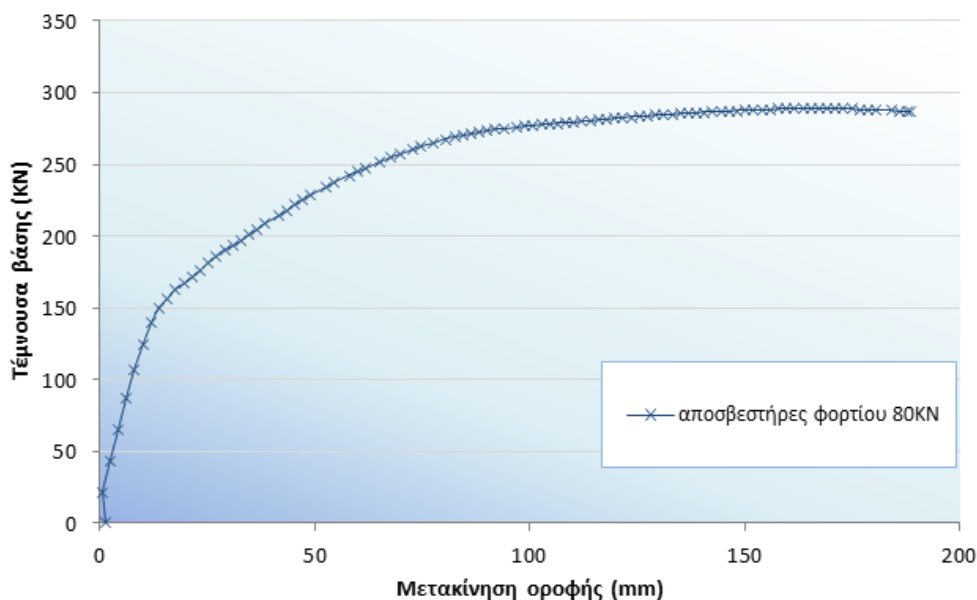
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.58) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ακραίο άνοιγμα του ισογείου από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (250KN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο. Οι αρνητικές τιμές που παρατηρούνται οφείλονται στο ότι στην αρχή της ανάλυσης το σύστημα αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου θλίβεται λόγω των κατακόρυφων φορτίων του πλαισίου.



Σχήμα 4.58 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN

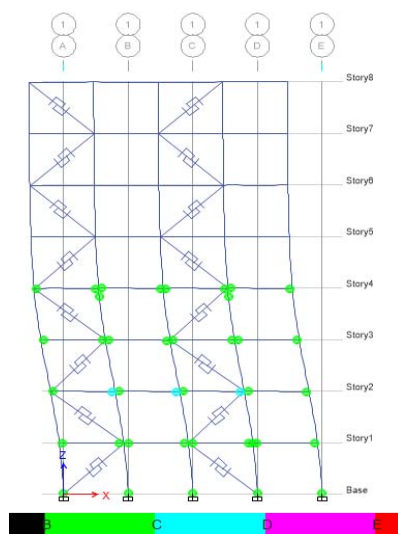
### 4.5.1.3 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ

Πραγματοποιήθηκαν τρεις στατικές ανελαστικές αναλύσεις με το λογισμικό ETABS για το πλαίσιο με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου ΙΙΙ, μία για κάθε έναν αποσβεστήρα με διαφορετικό φορτίο ολίσθησης. Από την πρώτη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.59).



Σχήμα 4.59 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρεςσε διάταξη Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN

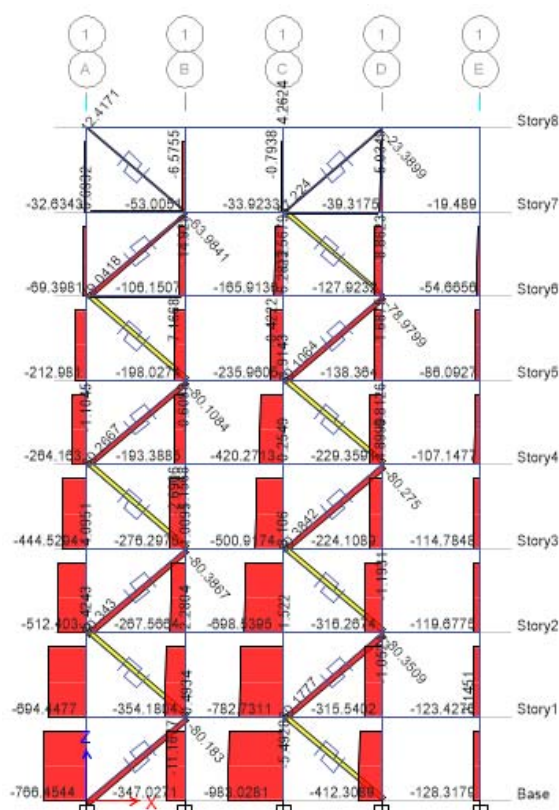
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.60) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου ΙΙΙ, φορτίου ολίσθησης 80KN.



Σχήμα 4.60 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN

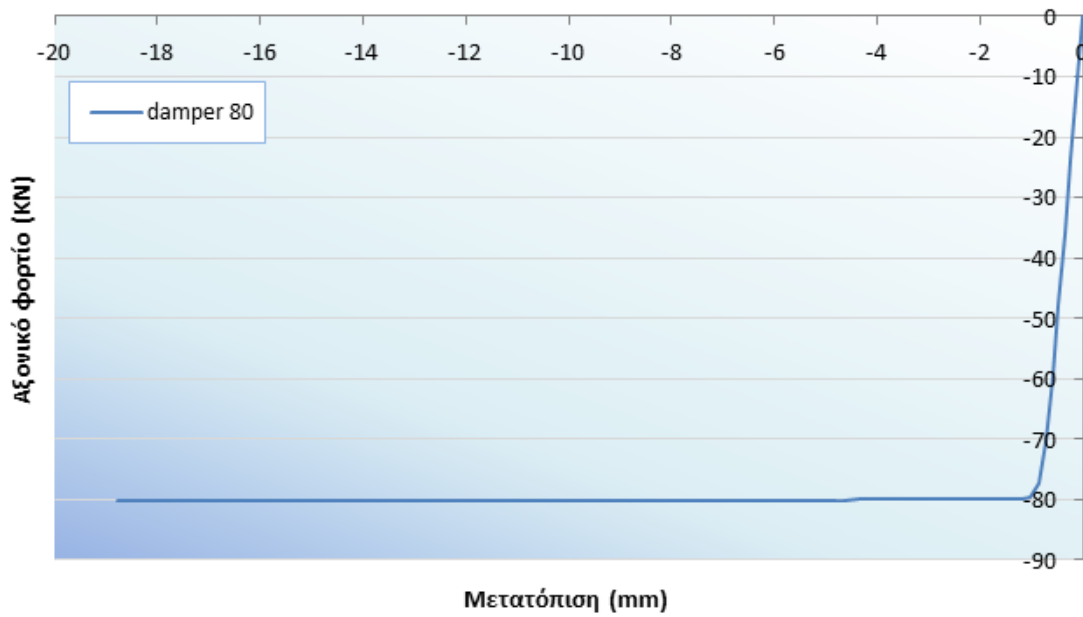
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 80KN είναι 188,58 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 286,99 KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών στις πρώτες τέσσερις στάθμες. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση και των πέντε υποστυλωμάτων ισογείου και στην κορυφή δύο υποστυλωμάτων στην τέταρτη στάθμη. Τέλος, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,69 sec.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.61) φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III, φορτίου ολίσθησης 80KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν σχεδόν όλοι οι αποσβεστήρες εκτός αυτών στην τελευταία στάθμη.



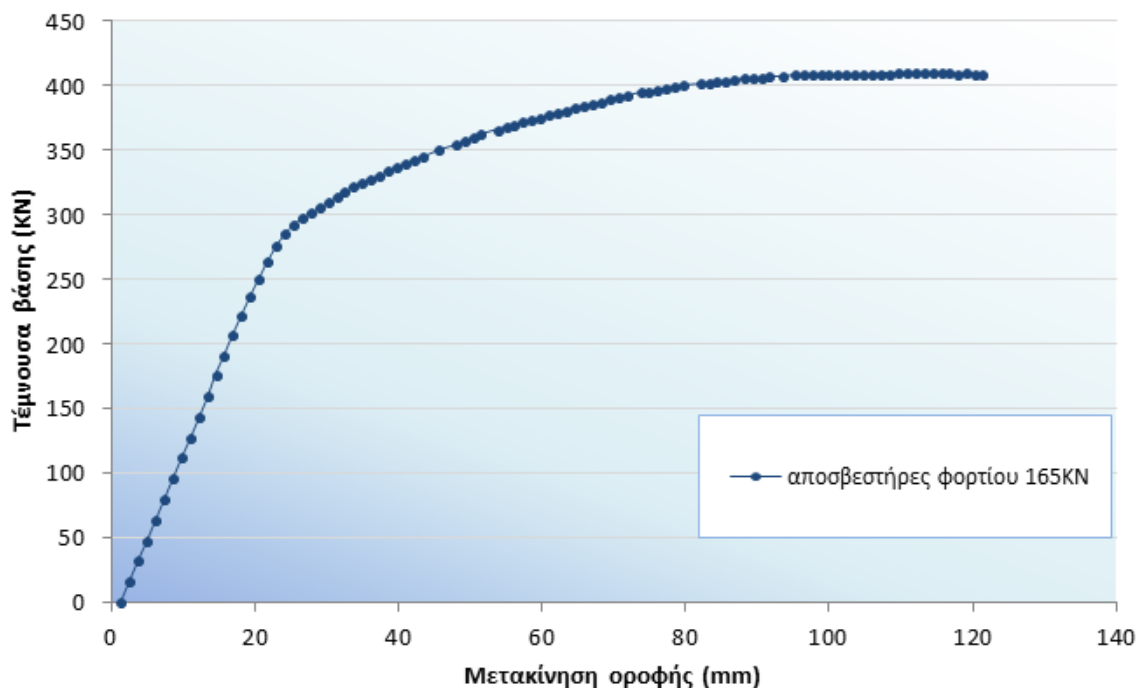
Σχήμα 4.61 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.62) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ακραίο άνοιγμα του ισογείου από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (80KN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο.



Σχήμα 4.62 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80kN

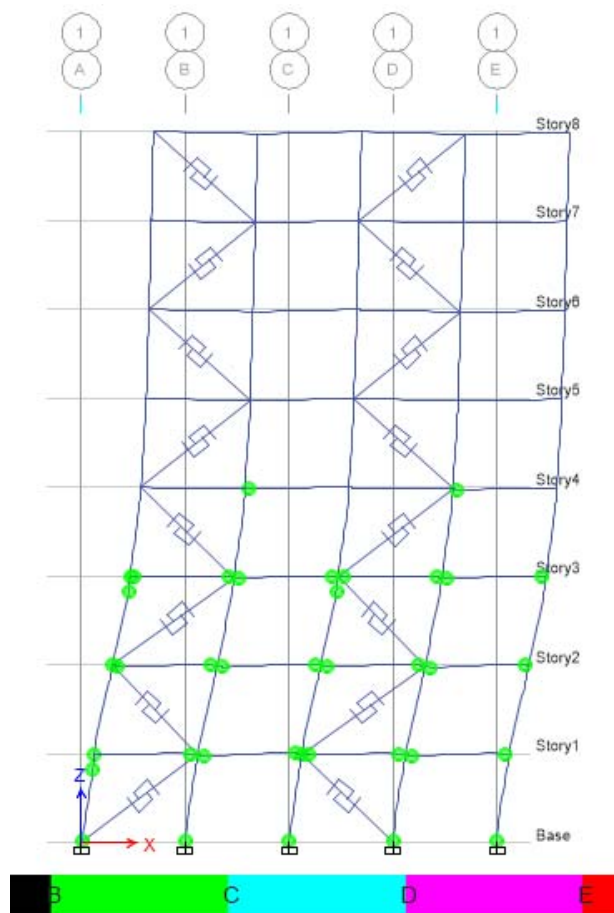
Από τη δεύτερη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165kN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η αντίστοιχη καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.63).



Σχήμα 4.63 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165kN



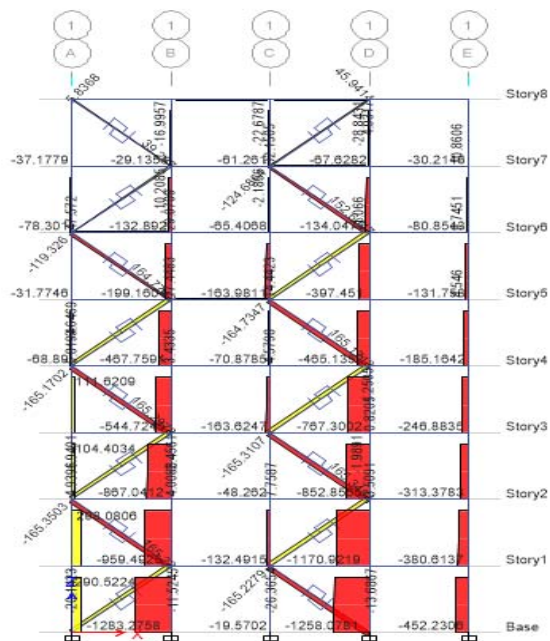
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.64) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III, φορτίου ολίσθησης 165KN.



Σχήμα 4.64 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN

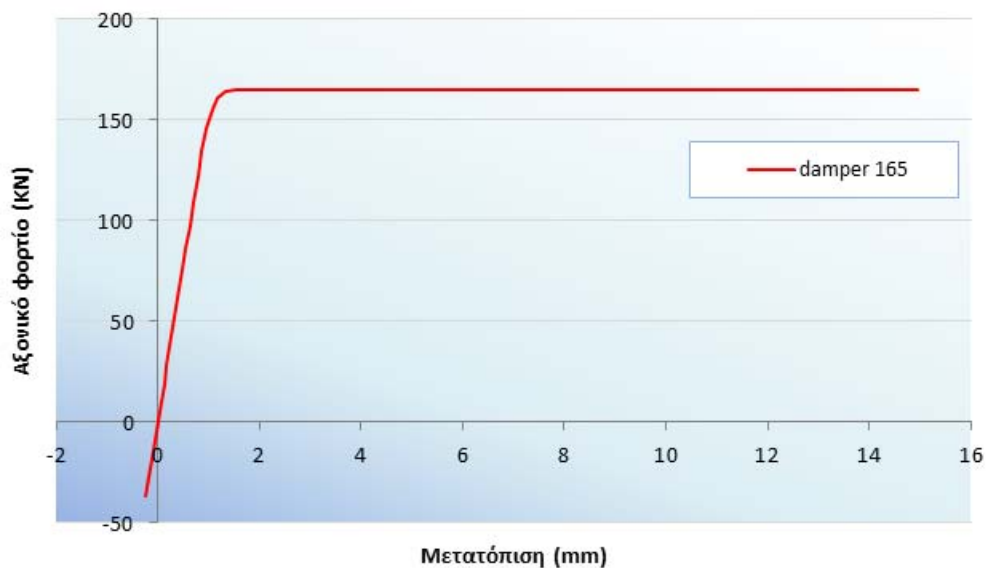
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 165KN είναι 121,37 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 409,07 KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών στις πρώτες τρεις στάθμες και σε δύο δοκούς στην τέταρτη στάθμη. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεστικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 75,07 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,638 sec.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.65) φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III, φορτίου ολίσθησης 165KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν σχεδόν όλοι οι αποσβεστήρες μέχρι την πέμπτη στάθμη.



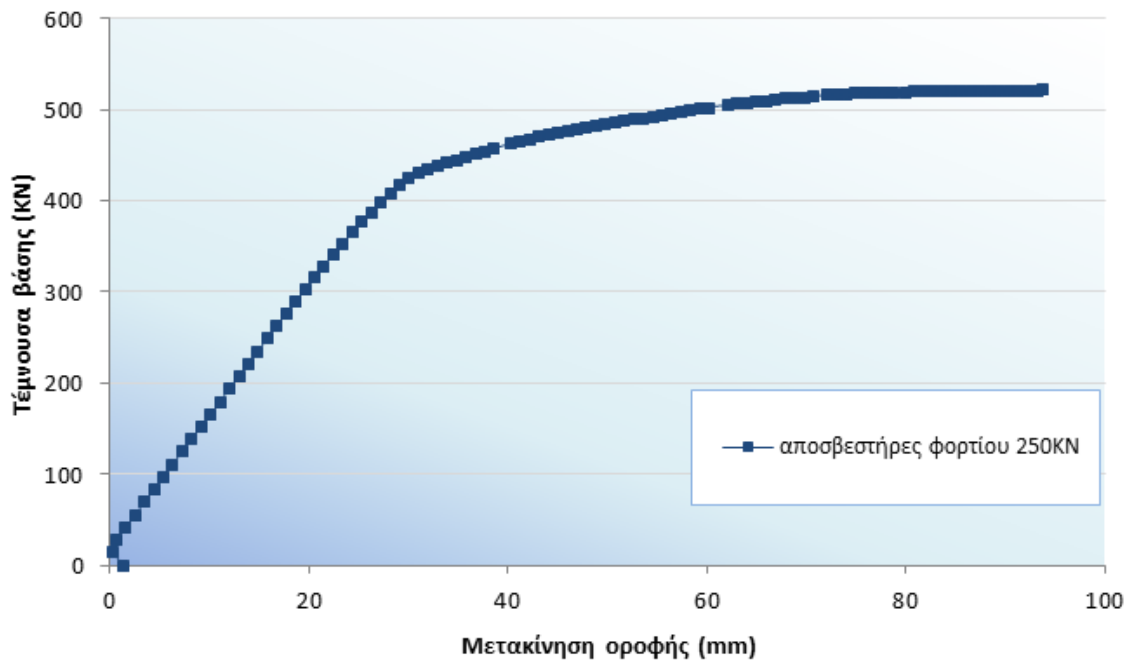
Σχήμα 4.65 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 165KN

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.66) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ακραίο άνοιγμα του ισογείου από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (165KN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο. Οι αρνητικές τιμές που παρατηρούνται οφείλονται στο ότι στην αρχή της ανάλυσης το σύστημα αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου θλίβεται λόγω των κατακόρυφων φορτίων του πλαισίου.



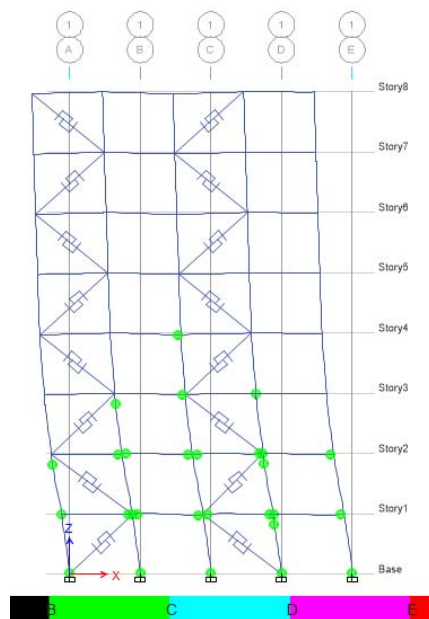
Σχήμα 4.66 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 165KN

Από την τρίτη ανάλυση για αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, λαμβάνονται τα ζεύγη τιμών μετακίνησης οροφής – τέμνουσας βάσης από τα οποία χαράσσεται η αντίστοιχη καμπύλη αντίστασης (pushover) (Σχήμα 4.67).



Σχήμα 4.67 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρεςσε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN

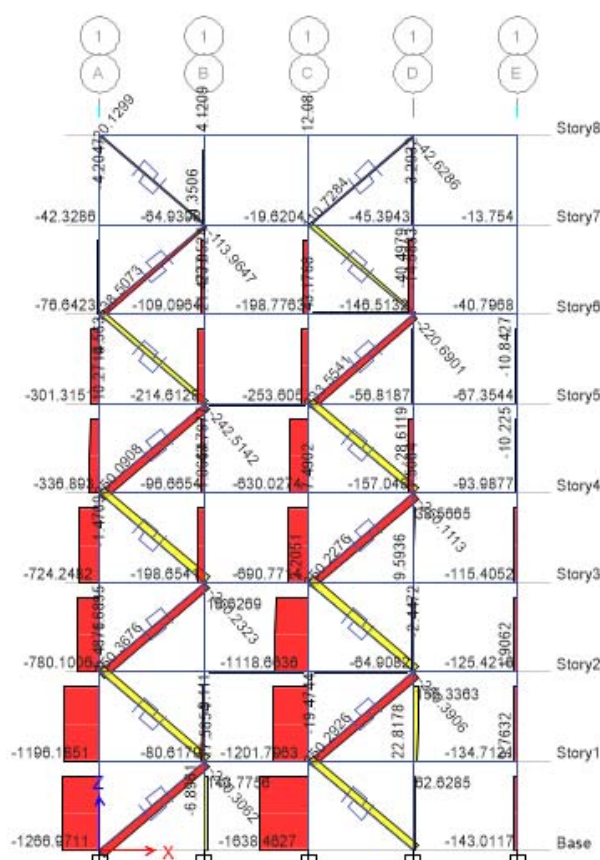
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.68) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III, φορτίου ολίσθησης 250KN.



Σχήμα 4.68 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN

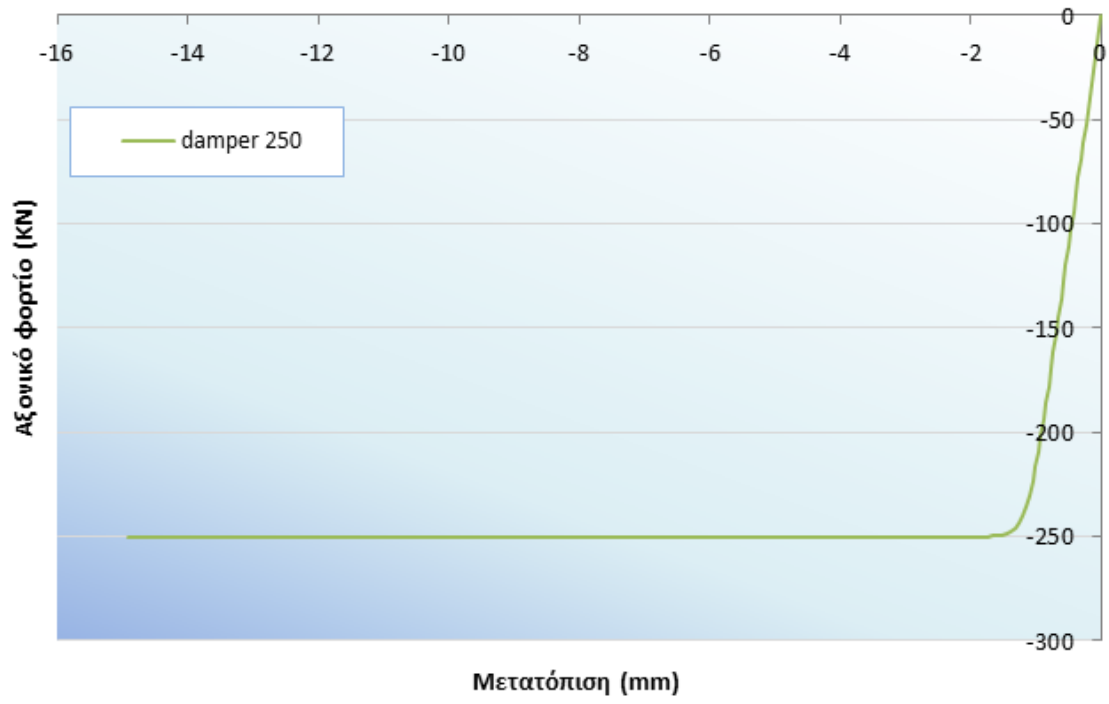
Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη μετατόπιση του πλαισίου με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 250KN είναι 93,71 mm που αντιστοιχεί σε τέμνουσα βάσης 521,19KN. Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών στις πρώτες δύο στάθμες καθώς και στο ένα άκρο της δοκού στο δεύτερο και τρίτο άνοιγμα στην τρίτη και τέταρτη στάθμη. Επίσης, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση και των πέντε υποστυλωμάτων ισογείου, στην κορυφή του τέταρτου στύλου στο ισόγειο και τη δεύτερη στάθμη. Τέλος, προέκυψε πως το σημείο επιτελεστικότητας αντιστοιχεί σε μετατόπιση ίση με 70,25 mm και η ιδιοπερίοδος του πλαισίου από την πρώτη ιδιομορφή είναι 0,613 sec.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.69) φαίνεται το διάγραμμα αξονικών δυνάμεων στο τελικό βήμα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III, φορτίου ολίσθησης 250KN, από το οποίο προκύπτει πως ενεργοποιήθηκαν σχεδόν όλοι οι αποσβεστήρες μέχρι την τέταρτη στάθμη.



Σχήμα 4.69 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN

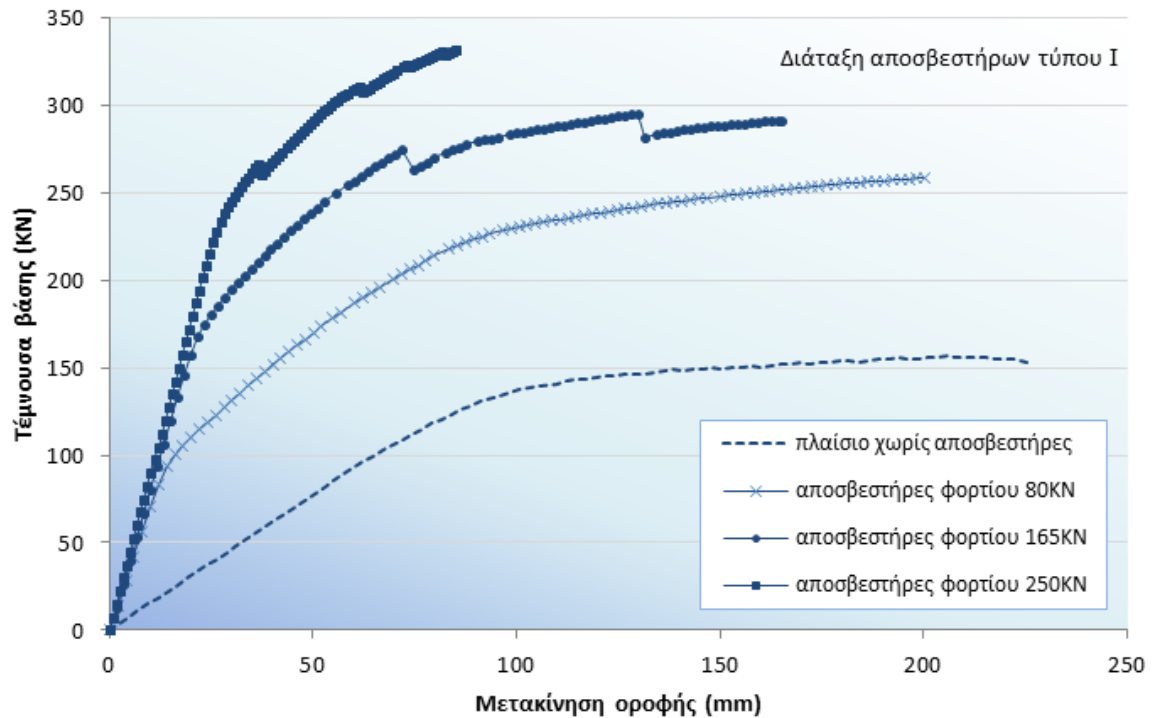
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.70) παρουσιάζεται το γράφημα μετατόπισης – αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα στο ακραίο άνοιγμα του ισογείου από τη στατική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως μόλις το αξονικό φορτίο γίνει ίσο με το φορτίο ολίσθησης (250KN), ο αποσβεστήρας ενεργοποιείται και συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να αυξάνει το αξονικό του φορτίο.



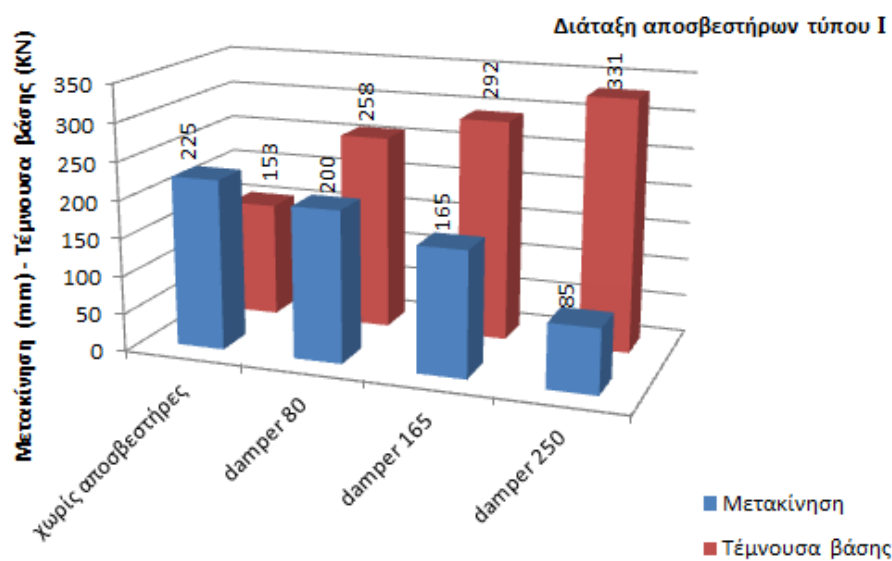
Σχήμα 4.70 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250kN

#### 4.5.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων Στατικών ανελαστικών αναλύσεων

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των Στατικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με χρήση τριών διαφορετικού φορτίου ολίσθησης (80kN, 165kN και 250kN) αποσβεστήρων τριβής της εταιρείας QUAKETEK σε τρεις διατάξεις, δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα.

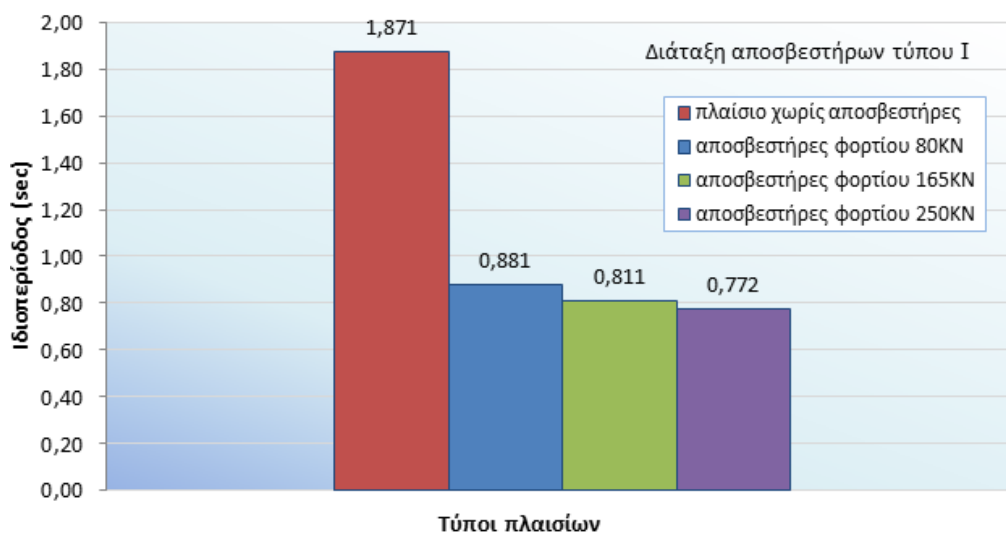


Σχήμα 4.71 Συγκριτικό διάγραμμα καμπυλών αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου Ι



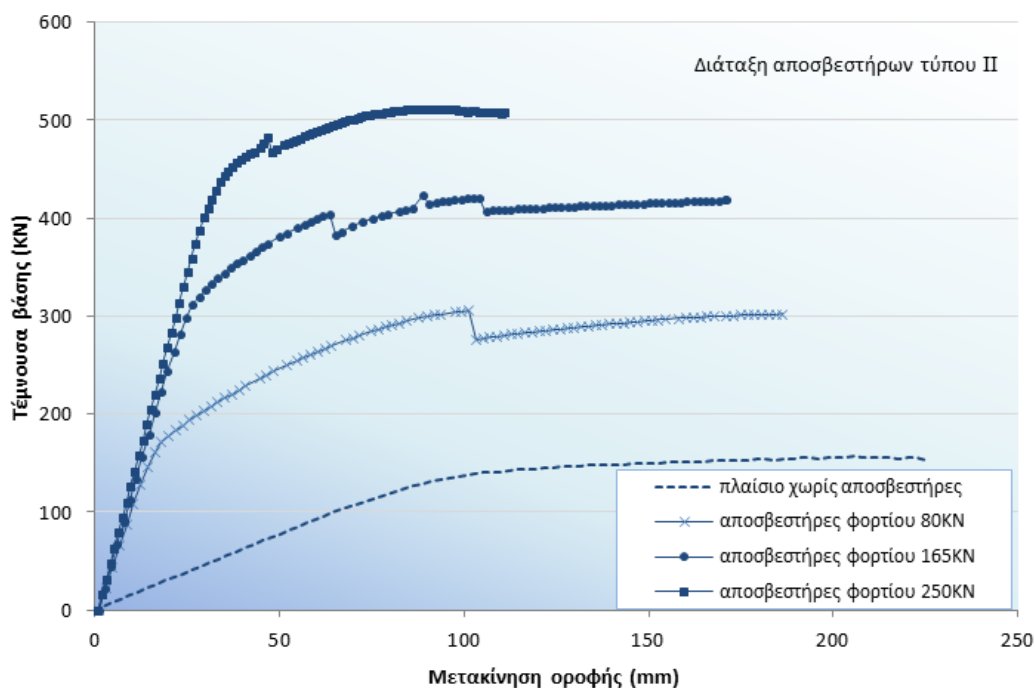
Σχήμα 4.72 Συγκριτικό ραβδόγραμμα μετακινήσεων οροφής και τεμνουσών βάσης για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου Ι

Όσον αφορά στη διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I, από τα σχετικά γραφήματα (Σχήμα 4.71, Σχήμα 4.72) προκύπτει ότι με τη χρήση αποσβεστήρων τριβής επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της τέμνουσας βάσης και συγκεκριμένα κατά 69% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 80KN, κατά 91% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 165KN και κατά 116% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 250KN σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές τέμνουσας του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες. Αντιθέτως με την τέμνουσα βάσης, η μετατόπιση οροφής μειώνεται κατά 13%, 36% και 65% αντίστοιχα, σε σχέση με την μετατόπιση κορυφής του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες, γεγονός που δικαιολογείται και από τη μειούμενη αντίστοιχα ιδιοπερίοδο του συστήματος πλαισίου – αποσβεστήρες (Σχήμα 4.73) που συνεπάγεται αύξηση της δυσκαμψίας του ενισχυμένου πλαισίου. Τέλος, η μικρότερη μετατόπιση οροφής του πλαισίου σημαίνει και λιγότερες αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, άρα και λιγότερες βλάβες στο φέροντα οργανισμό (Σχήμα 4.36, Σχήμα 4.40 & Σχήμα 4.44).

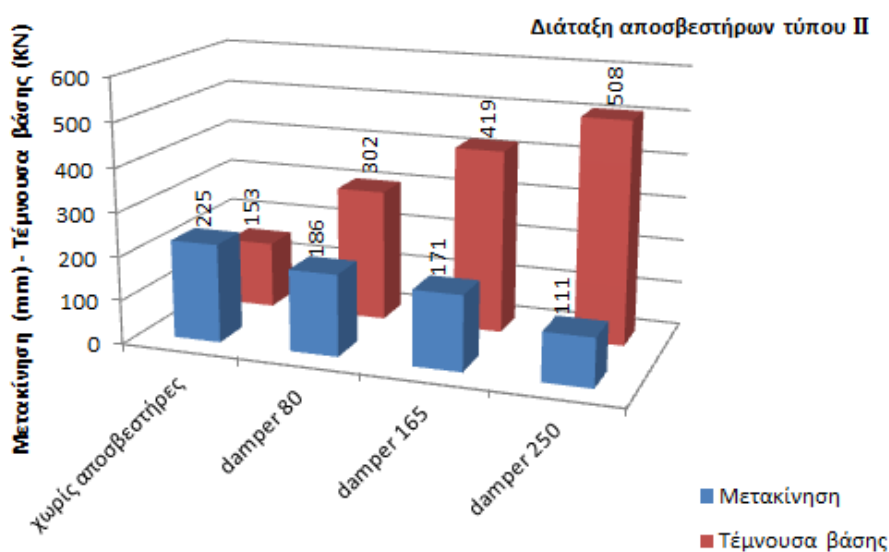


Σχήμα 4.73 Συγκριτικό διάγραμμα ιδιοπεριόδων των πλαισίων

Όσον αφορά στη διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II, από τα σχετικά γραφήματα (Σχήμα 4.74, Σχήμα 4.75) προκύπτει ότι με τη χρήση αποσβεστήρων τριβής επιτυγχάνεται ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της τέμνουσας βάσης και συγκεκριμένα κατά 97% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 80KN, κατά 174% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 165KN και κατά 232% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 250KN, σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές τέμνουσας του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες. Αντιθέτως με την τέμνουσα βάσης, η μετατόπιση οροφής μειώνεται κατά 21%, 32% και 103% αντίστοιχα, σε σχέση με την μετατόπιση κορυφής του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.



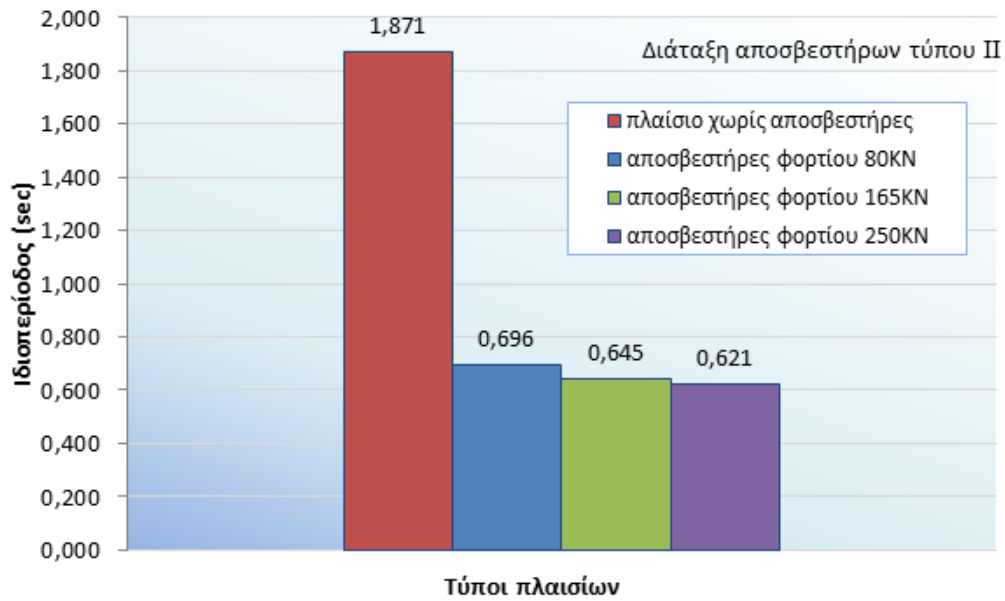
Σχήμα 4.74 Συγκριτικό διάγραμμα καμπυλών αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II



Σχήμα 4.75 Συγκριτικό ραβδόγραμμα μετακινήσεων οροφής και τεμνουσών βάρσης για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II

Η μικρότερη μετατόπιση οροφής του πλαισίου δικαιολογείται και πάλι από τη μειούμενη ιδιοπερίοδο του συστήματος πλαισίου – αποσβεστήρες (Σχήμα 4.76) όσο αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης, η οποία με τη σειρά της συνεπάγεται αύξηση της δυσκαμψίας του ενισχυμένου πλαισίου.

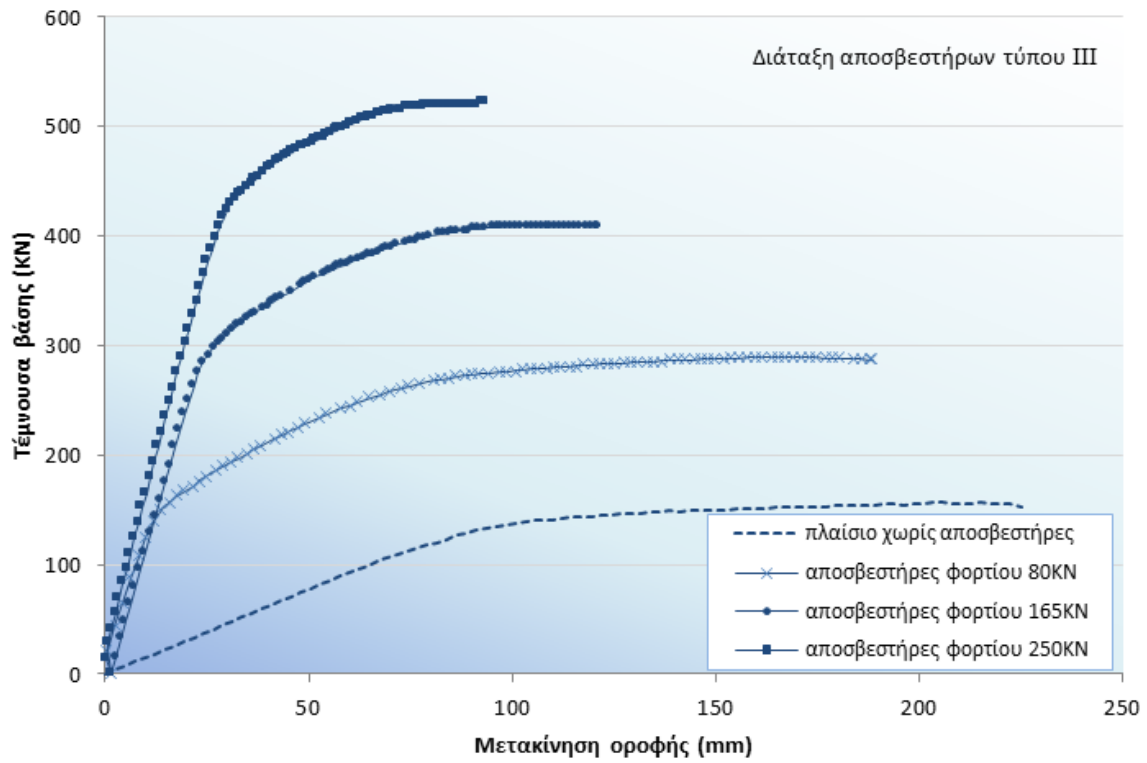




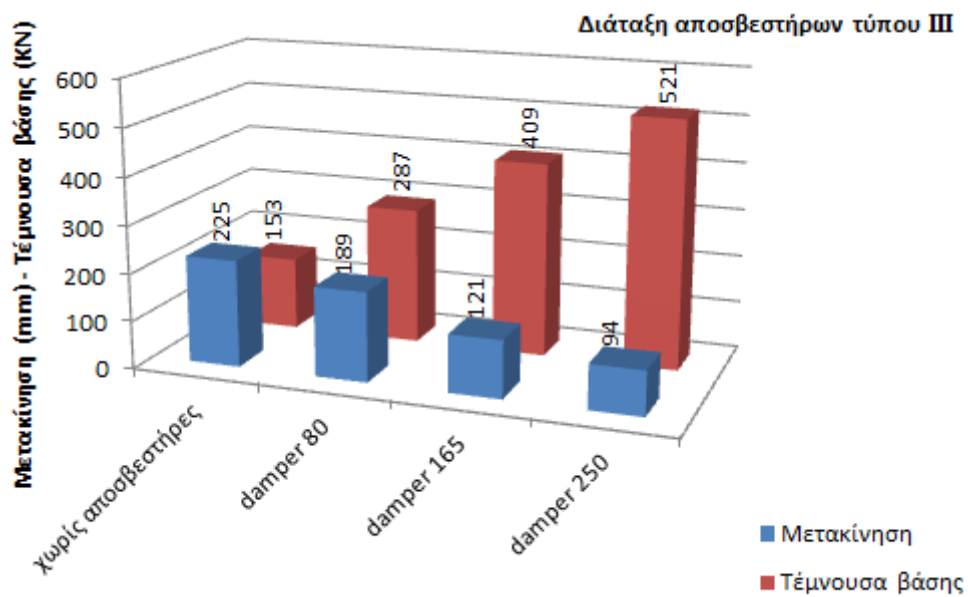
Σχήμα 4.76 Συγκριτικό διάγραμμα ιδιοπεριόδων των πλαισίων

Τέλος, παρατηρώντας τις εικόνες με τις αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις για την περίπτωση χρήσης αποσβεστήρων σε διάταξη II (Σχήμα 4.48, Σχήμα 4.52 & Σχήμα 4.56), εξάγεται το συμπέρασμα πως όσο αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων τόσο οι βλάβες τείνουν να αναπτύσσονται στα μέλη του πλαισίου που βρίσκονται κοντά στα φατώματα τοποθέτησης των στοιχείων απόσβεσης. Πιθανή αιτία για το τρόπο κατανομής των πλαστικών αρθρώσεων σε σχέση με το φορτίο ολίσθησης, ενδέχεται να είναι οι θέσεις τοποθέτησης των αποσβεστήρων και ο προσανατολισμός τους.

Όσον αφορά στη διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III, από τα σχετικά γραφήματα (Σχήμα 4.77, Σχήμα 4.78) προκύπτει ότι με τη χρήση αποσβεστήρων τριβής επιτυγχάνεται εξίσου μεγάλη αύξηση της τέμνουσας βάσης – όπως και με τη διάταξη Τύπου II – και συγκεκριμένα κατά 88% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 80KN, κατά 167% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 165KN και κατά 240% για αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 250KN, σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές τέμνουσας του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.



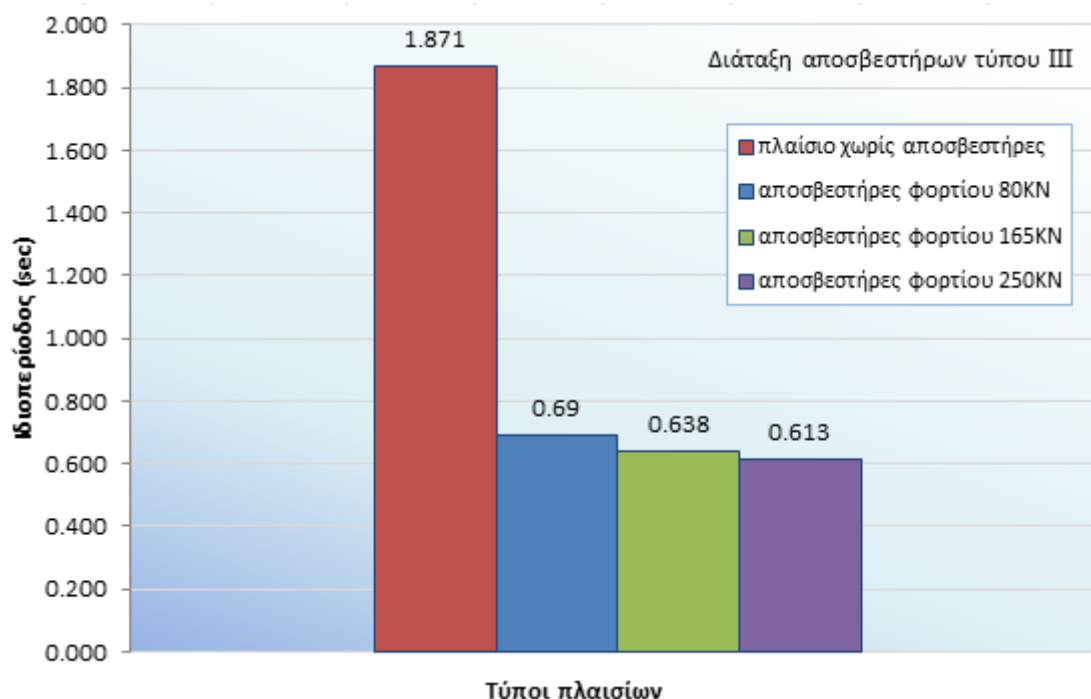
Σχήμα 4.77 Συγκριτικό διάγραμμα καμπυλών αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III



Σχήμα 4.78 Συγκριτικό ραβδόγραμμα μετακινήσεων οροφής και τεμνουσών βάσης για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III

Αντιθέτως με την τέμνουσα βάσης, η μετατόπιση οροφής μειώνεται κατά 19%, 86% και 139% αντίστοιχα, σε σχέση με την μετατόπιση κορυφής του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

Η μικρότερη μετατόπιση οροφής του πλαισίου δικαιολογείται και πάλι από τη μειούμενη ιδιοπερίοδο του συστήματος πλαισίου – αποσβεστήρες (Σχήμα 4.79) όσο αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης, η οποία με τη σειρά της συνεπάγεται αύξηση της δυσκαμψίας του ενισχυμένου πλαισίου.



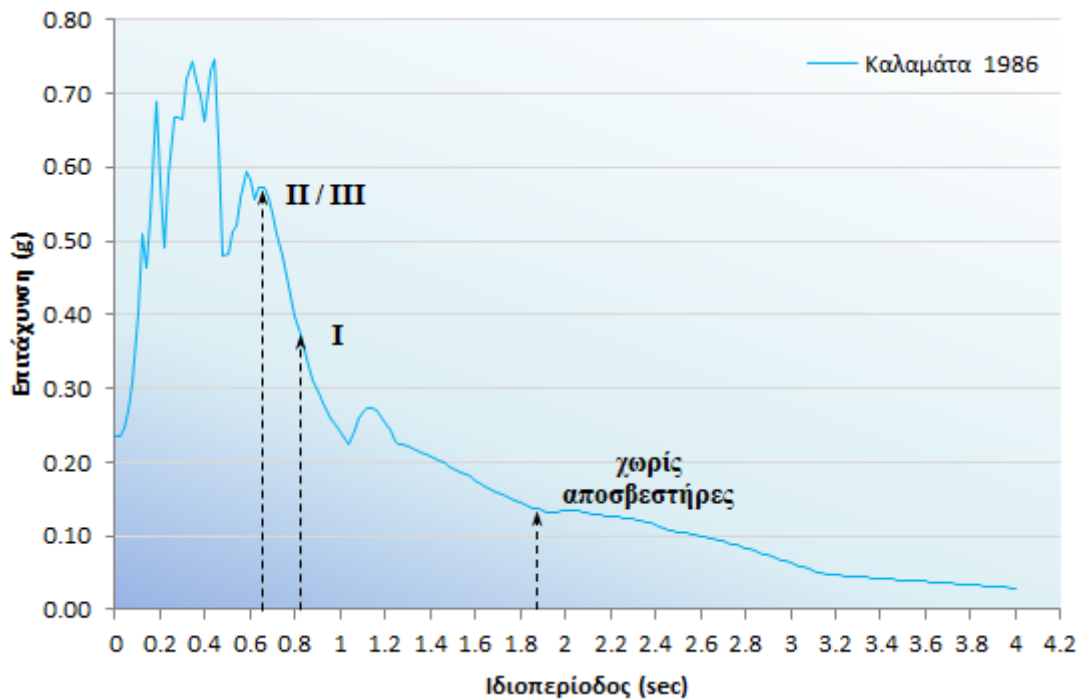
Σχήμα 4.79 Συγκριτικό διάγραμμα ιδιοπεριοδών των πλαισίων

Συγκρίνοντας όμως τις μέγιστες αυτές μετατοπίσεις με τις αντίστοιχες της διάταξης Τύπου II, παρατηρούμε πως για τους αποσβεστήρες με φορτίο ολίσθησης 165KN σε διάταξη Τύπου II επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της τέμνουσας βάσης (170%) με τη μισή ποσοστιαία μείωση της μέγιστης μετατόπισης οροφής (23%).

Τέλος, παρατηρώντας τις εικόνες με τις αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις για την περίπτωση χρήσης αποσβεστήρων σε διάταξη III (Σχήμα 4.60, Σχήμα 4.64 & Σχήμα 4.68), εξάγεται το συμπέρασμα πως όσο αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων τόσο οι βλάβες τείνουν να περιορίζονται στα μέλη του πλαισίου που βρίσκονται κυρίως στις τρεις πρώτες στάθμες. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στη επιλογή των θέσεων τοποθέτησης των αποσβεστήρων και τον προσανατολισμό τους.

### 4.5.3 Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις με το σεισμό της Καλαμάτας 1986

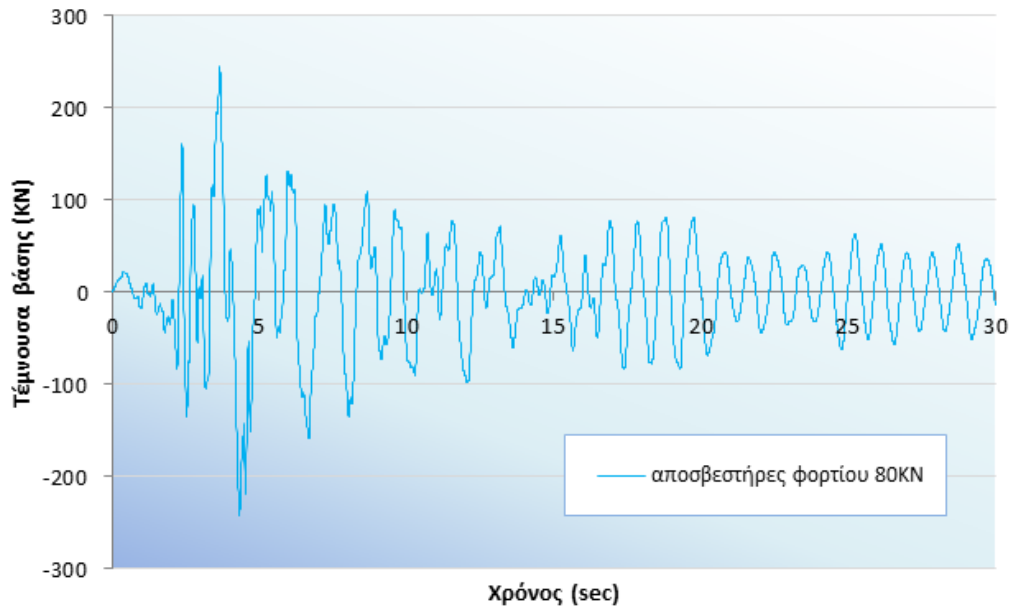
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν με τη μέθοδο της Δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας 1986 στο πλαίσιο που περιγράφηκε παραπάνω, με χρήση τριών διαφορετικού φορτίου ολίσθησης (80KN, 165KN και 250KN) αποσβεστήρων τριβής της εταιρείας QUAKETEK σε τρεις διατάξεις, με το λογισμικό ETABS. Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.80), παρουσιάζεται το φάσμα επιταχύνσεων της σεισμικής καταγραφής, επί του οποίου σημειώνονται οι τιμές των εδαφικών επιταχύνσεων που αντιστοιχούν στην ιδιοπερίοδο του πλαισίου για κάθε διάταξη αποσβεστήρων, όπως αυτή προσδιορίστηκε από τις στατικές ανελαστικές αναλύσεις.



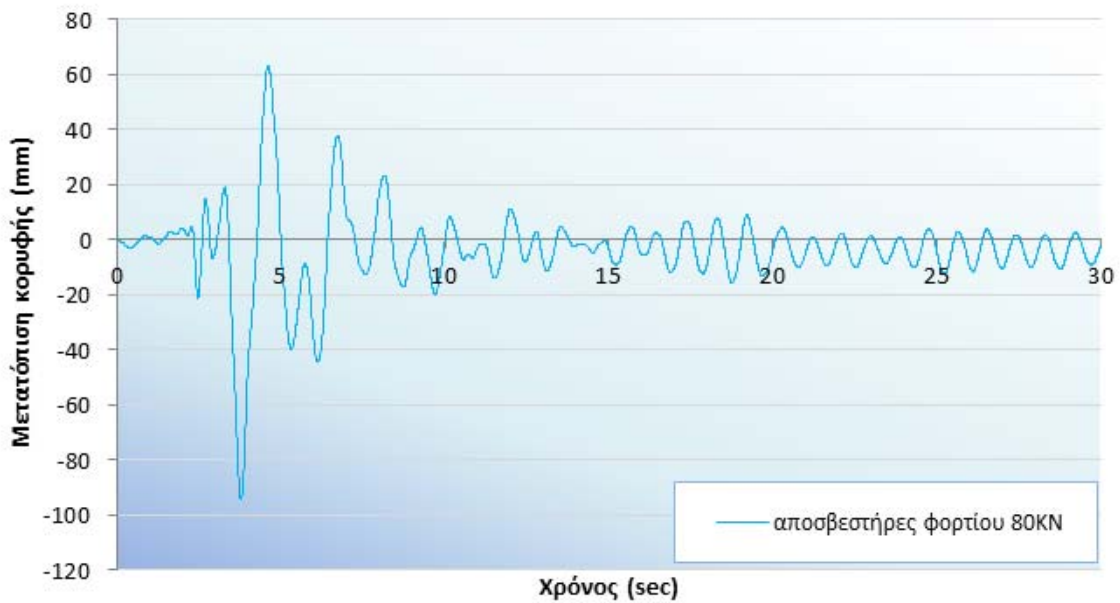
Σχήμα 4.80 Φάσμα επιταχύνσεων σεισμού Καλαμάτας & ιδιοπερίοδοι πλαισίου

#### 4.5.3.1 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.81, Σχήμα 4.82).

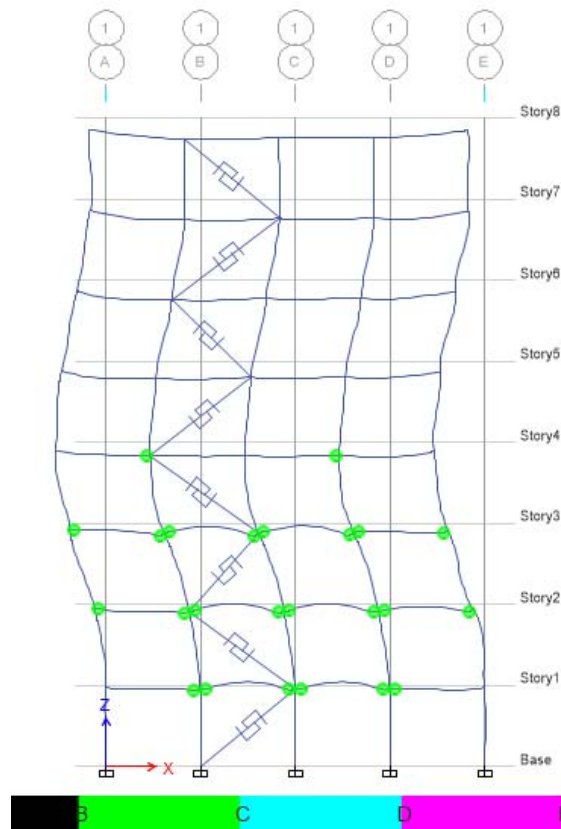


Σχήμα 4.81 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN



Σχήμα 4.82 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN

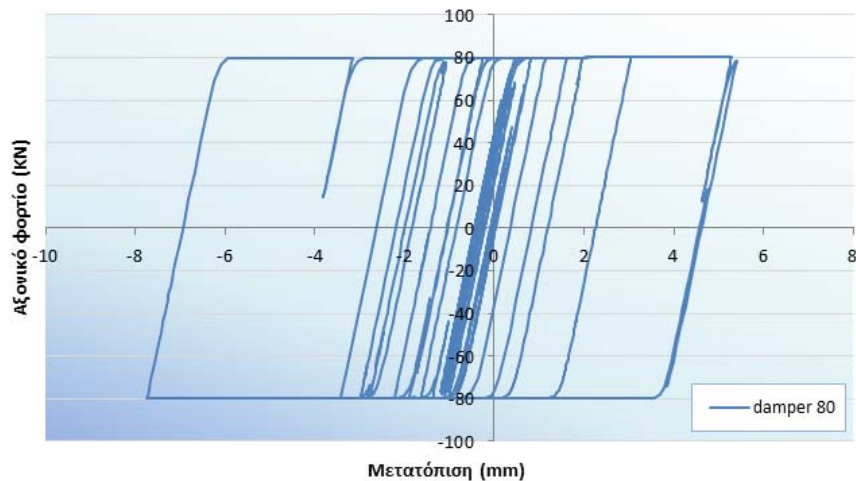
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.83) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN για το σεισμό της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.83 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

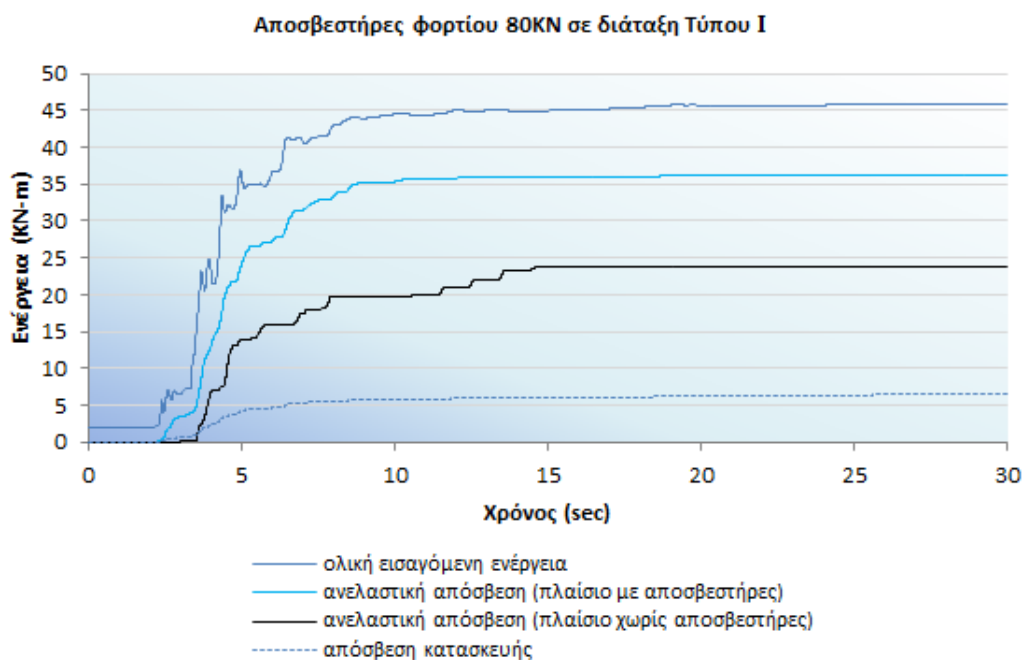
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα όλων των δοκών της δεύτερης και τρίτης στάθμης καθώς και στα άκρα των μεσαίων δοκών της πρώτης και τέταρτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, δεν αναπτύσσεται καμία πλαστική άρθρωση.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.84) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.84 Υστερητικός βρόχος του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου με φορτίο ολίσθησης 80kN

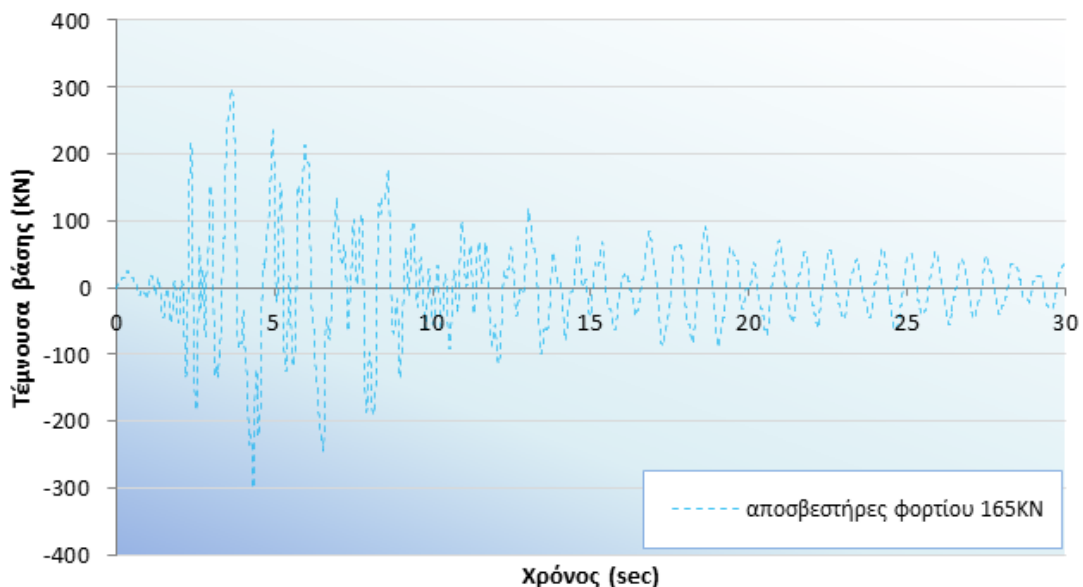
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80kN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.85) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Διευκρινίζεται πως, η ολική εισαγόμενη ενέργεια είναι αυτή που εφαρμόζεται στο πλαίσιο λόγω των επιβαλλόμενων φορτίων (στατικών και δυναμικών), η ανελαστική απόσβεση αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από τους αποσβεστήρες και τις πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στα μέλη του φορέα, ενώ η απόσβεση της κατασκευής αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από το πλαίσιο εξαιτίας της μάζας και της ακαμψίας του. Από το Σχήμα 4.85 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



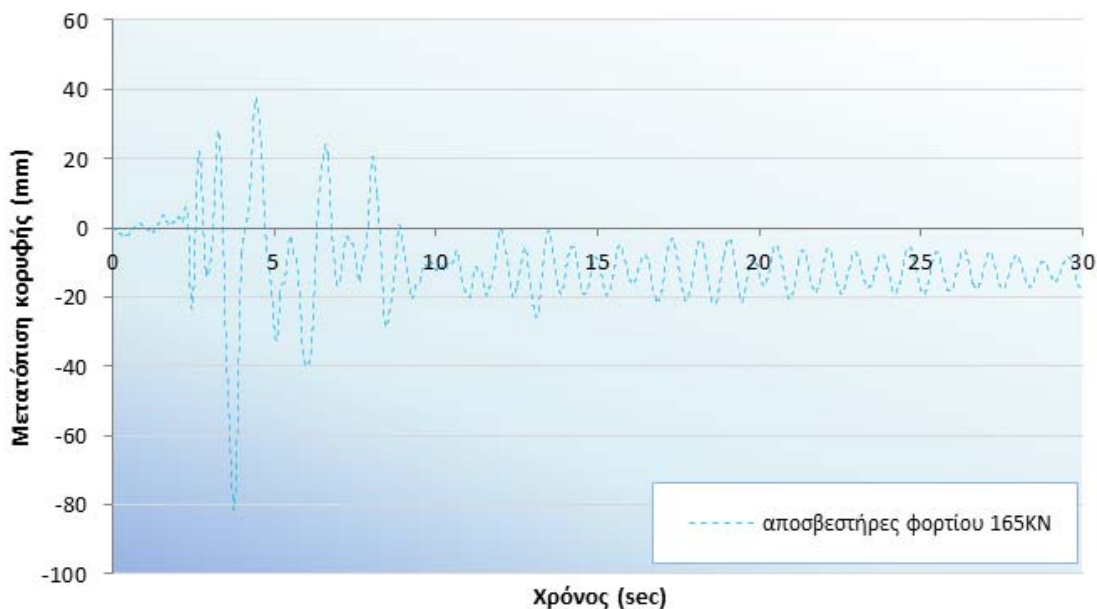
Σχήμα 4.85 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80kN σε διάταξη Τύπου I

#### 4.5.3.2 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.86, Σχήμα 4.87).



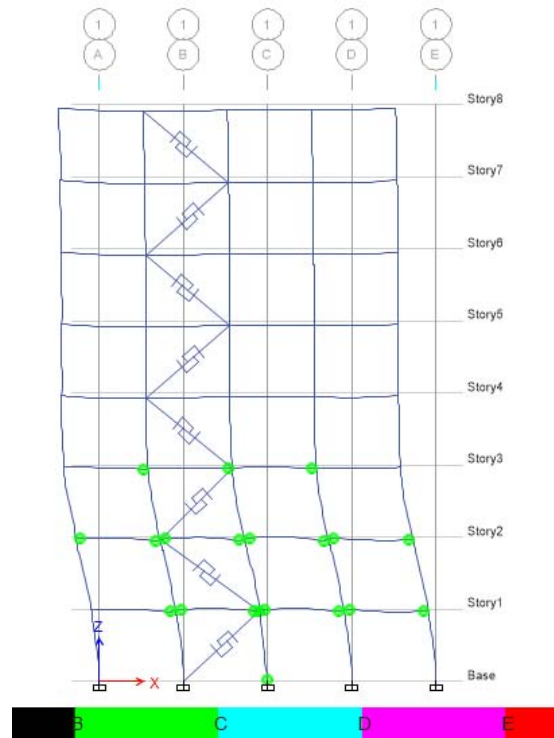
Σχήμα 4.86 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN



Σχήμα 4.87 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN



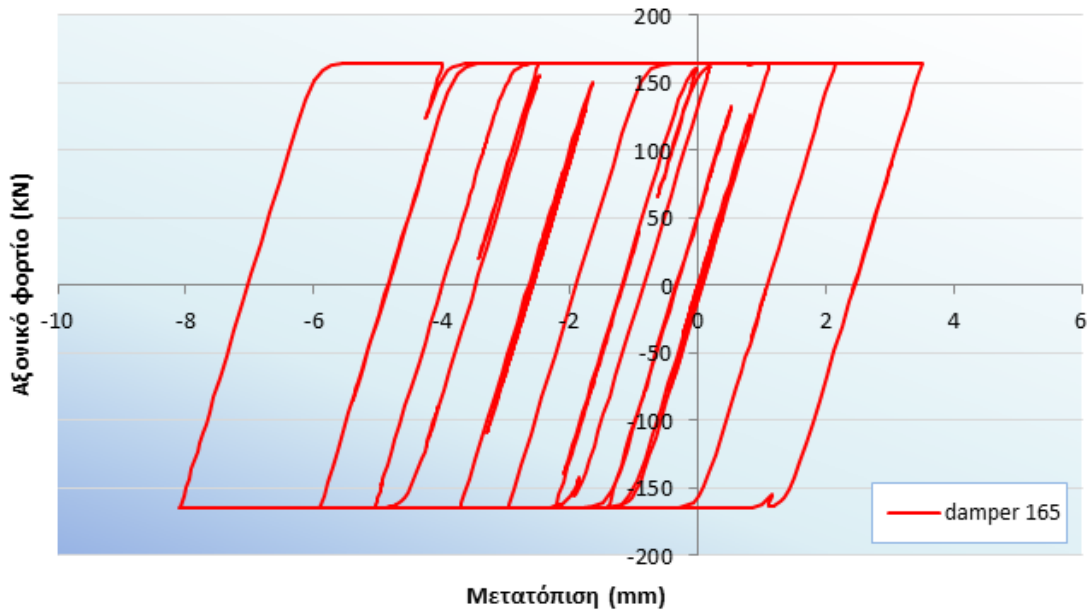
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.88) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN για το σεισμό της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.88 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

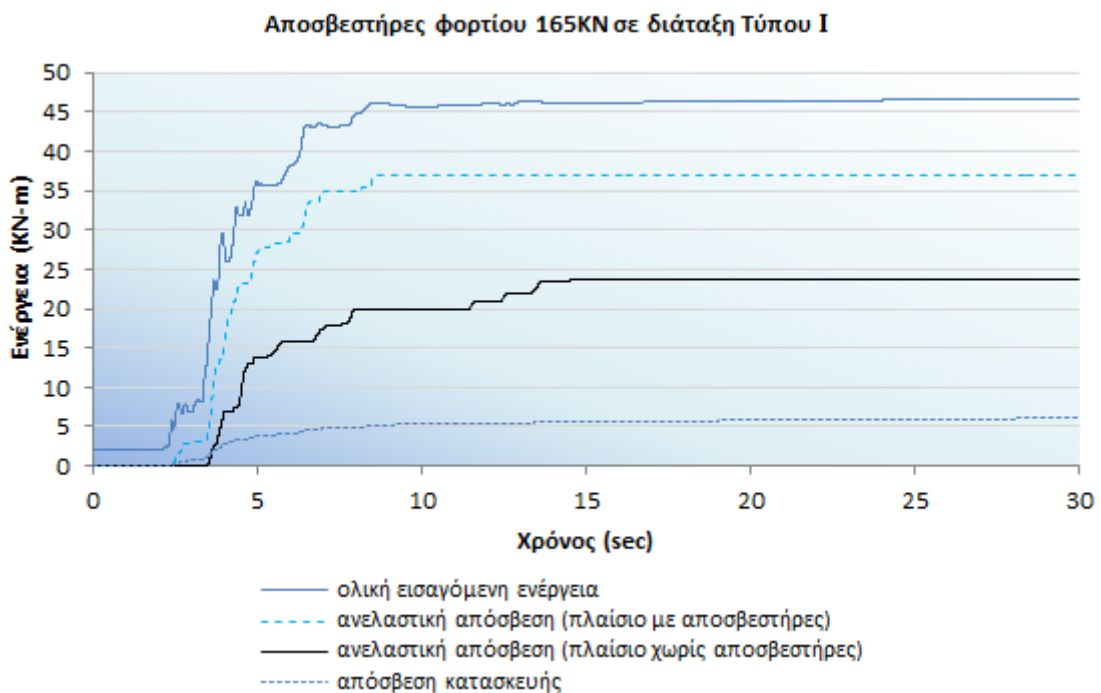
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα σχεδόν όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης καθώς και στα άκρα των μεσαίων δοκών της τρίτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσεται μία πλαστική άρθρωση στη βάση του μεσαίου υποστυλώματος του ισογείου.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.89) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.89 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165kN

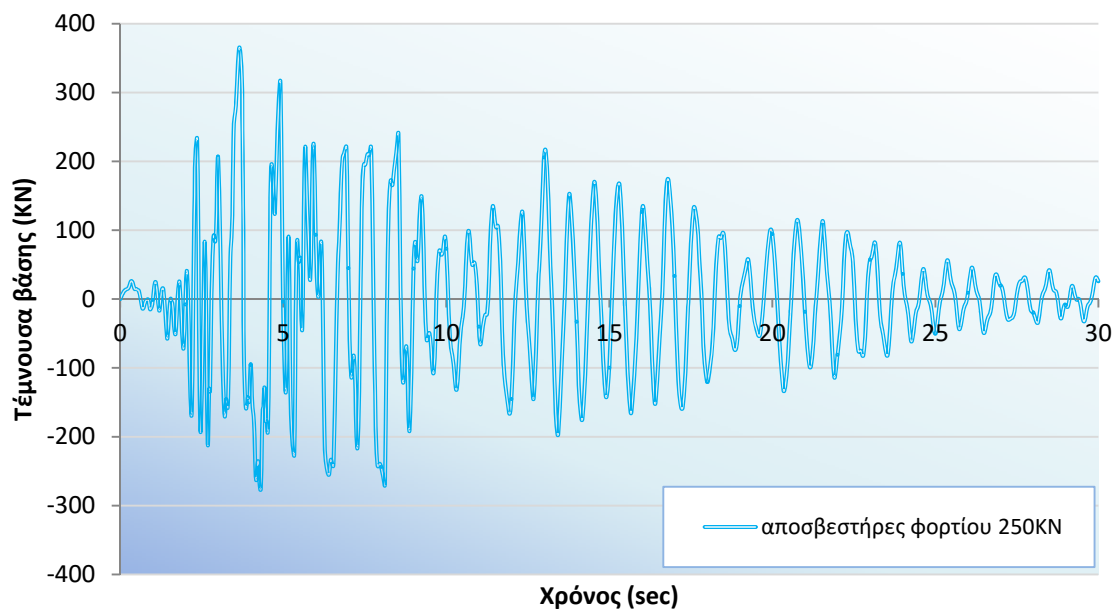
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165kN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.90) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.90 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



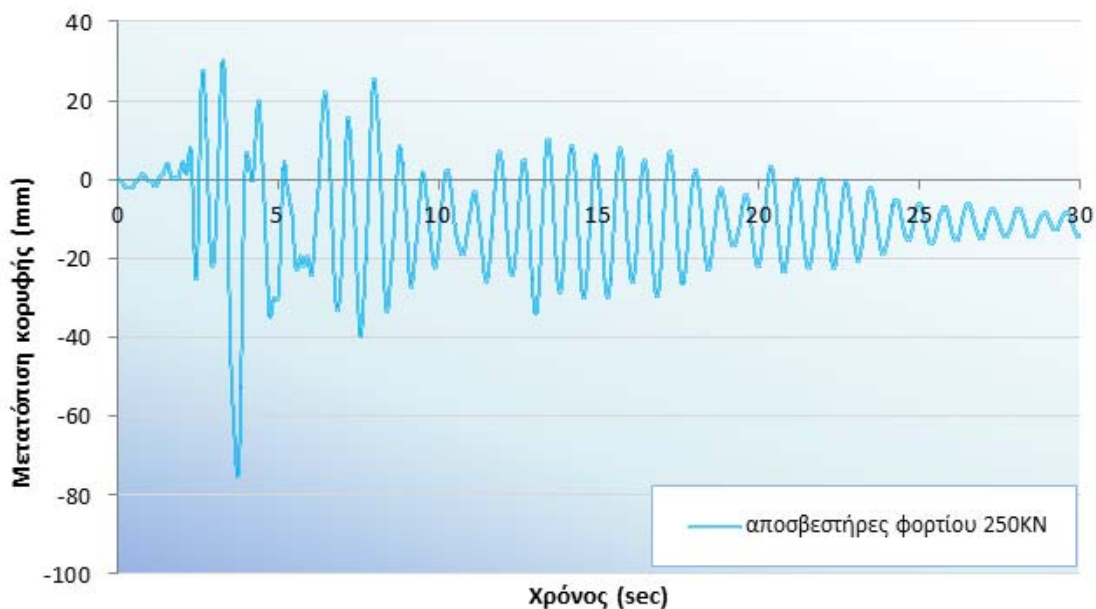
Σχήμα 4.90 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165kN σε διάταξη Τύπου I

### 4.5.3.3 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 250 KN)

Από την τρίτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.91, Σχήμα 4.92).

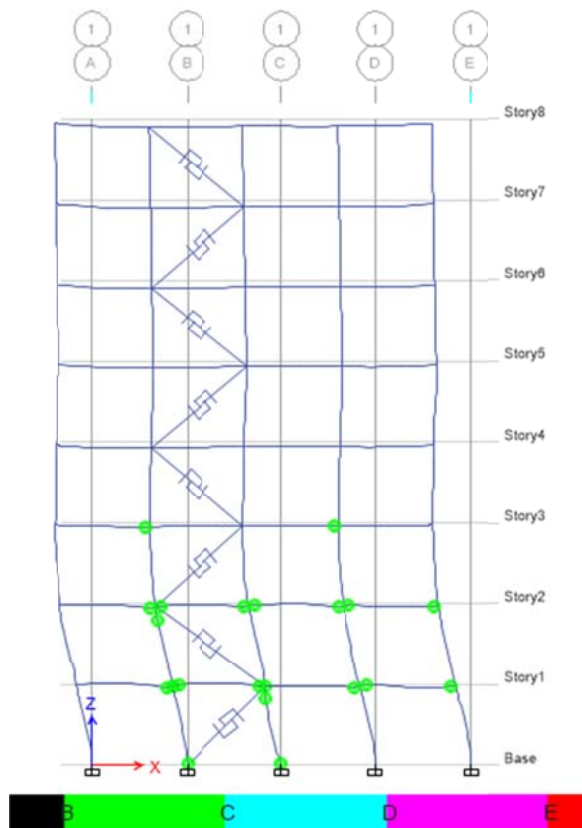


Σχήμα 4.91 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN



Σχήμα 4.92 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN

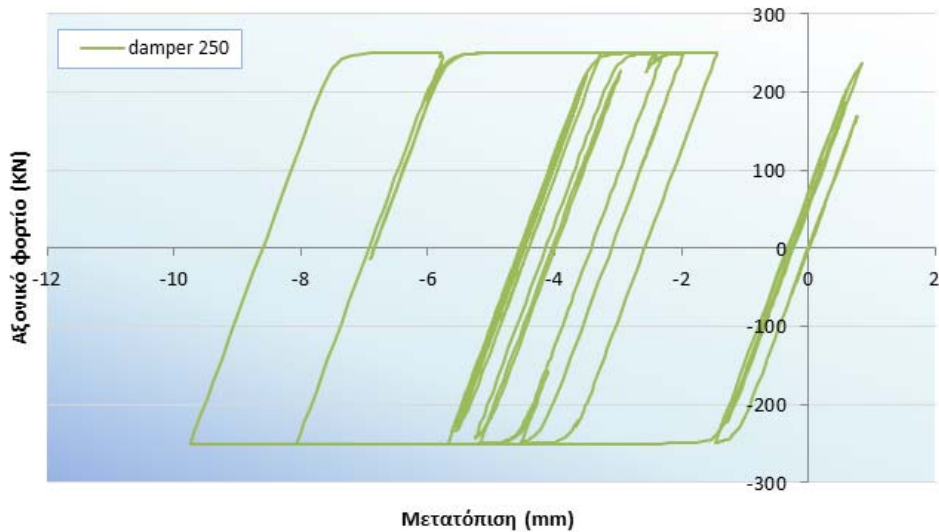
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.93) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN για το σεισμό της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.93 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

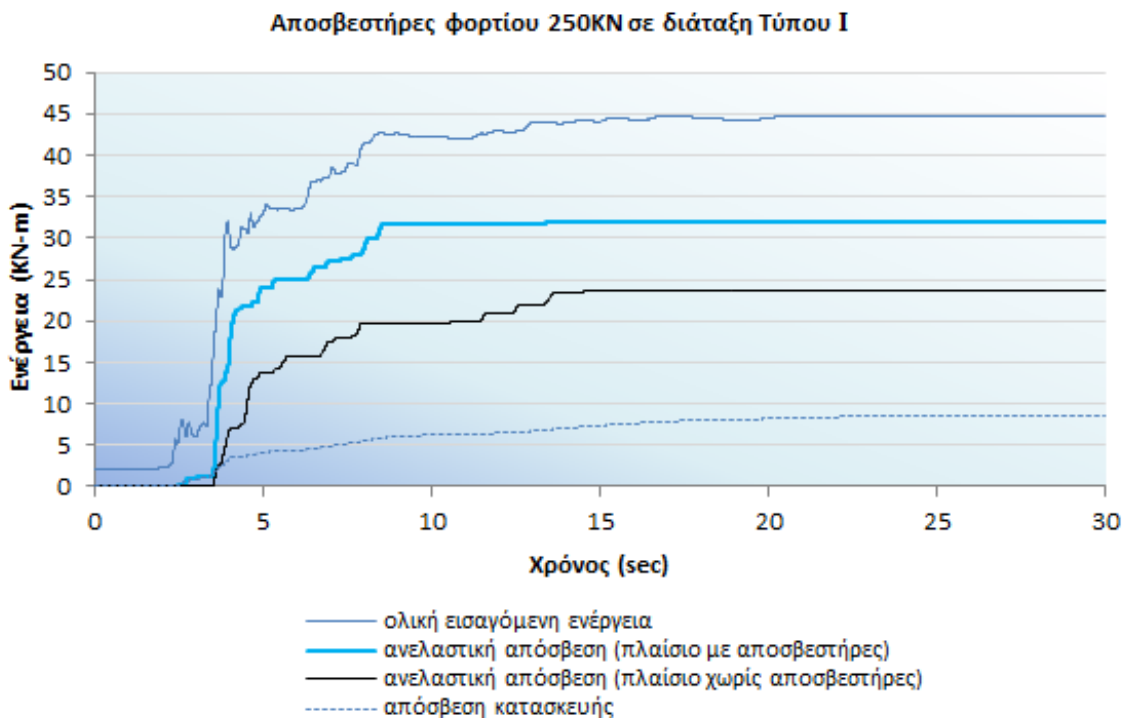
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης καθώς και σε άκρα των μεσαίων δοκών της τρίτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση των δύο από τα πέντε υποστυλώματα ισογείου καθώς και στην κορυφή ενός υποστυλώματος στο ισόγειο και την πρώτη στάθμη.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.94) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.94 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN

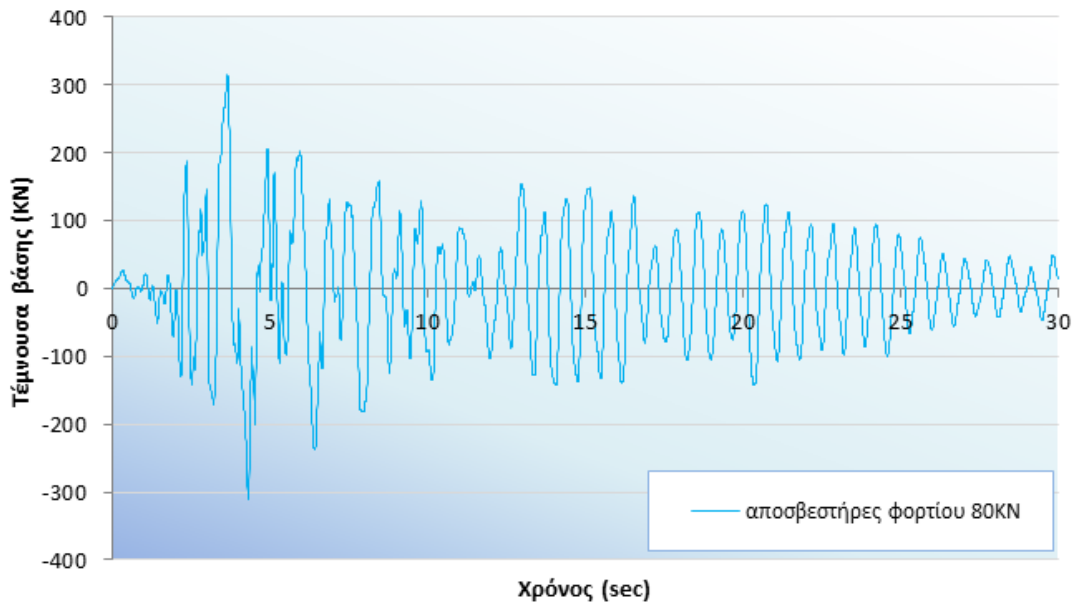
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250KN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.95) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.95 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



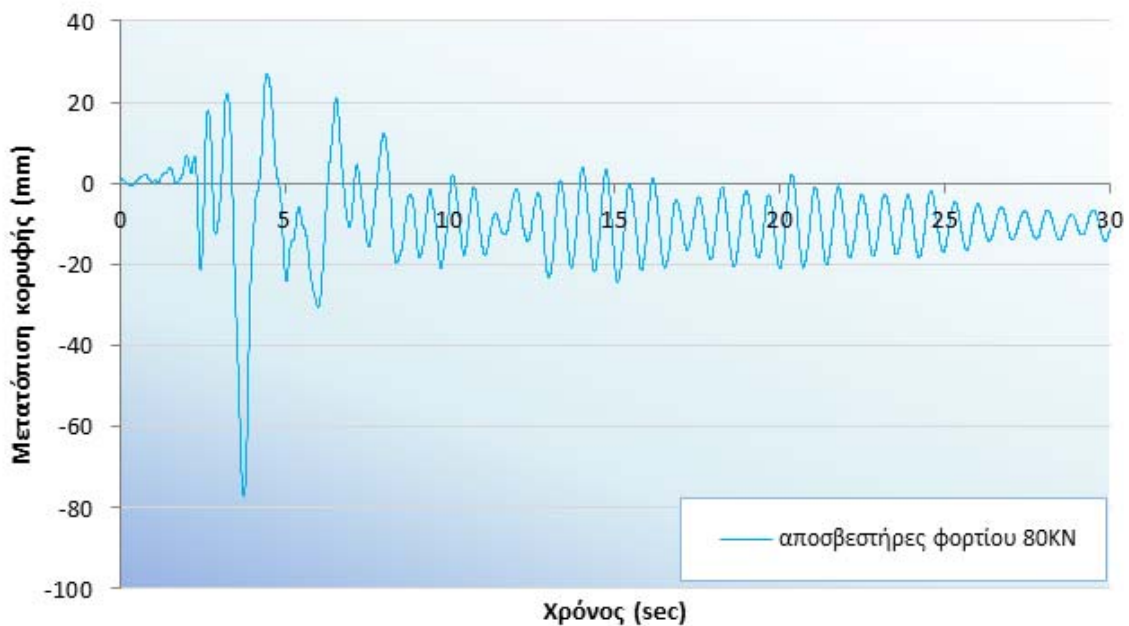
Σχήμα 4.95 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου I

#### 4.5.3.4 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.96, Σχήμα 4.97).

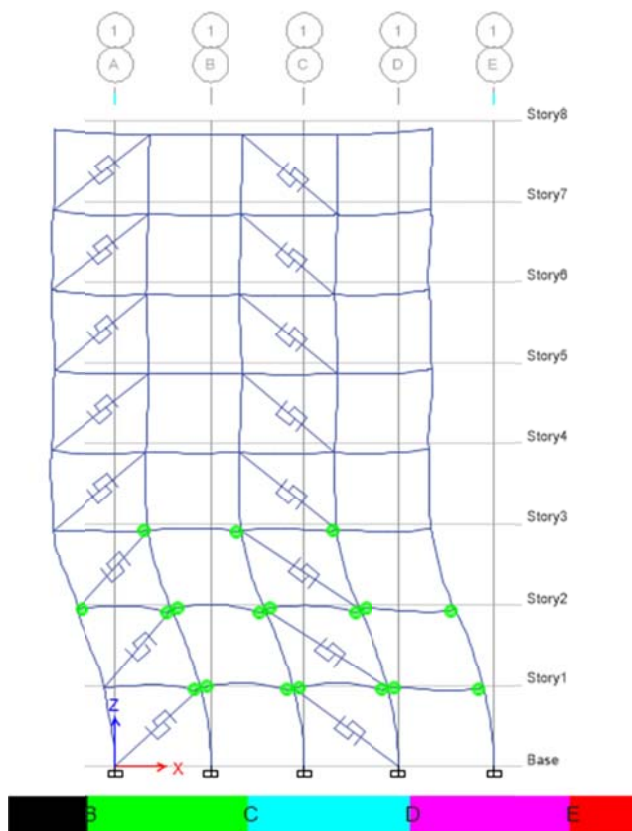


Σχήμα 4.96 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN



Σχήμα 4.97 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN

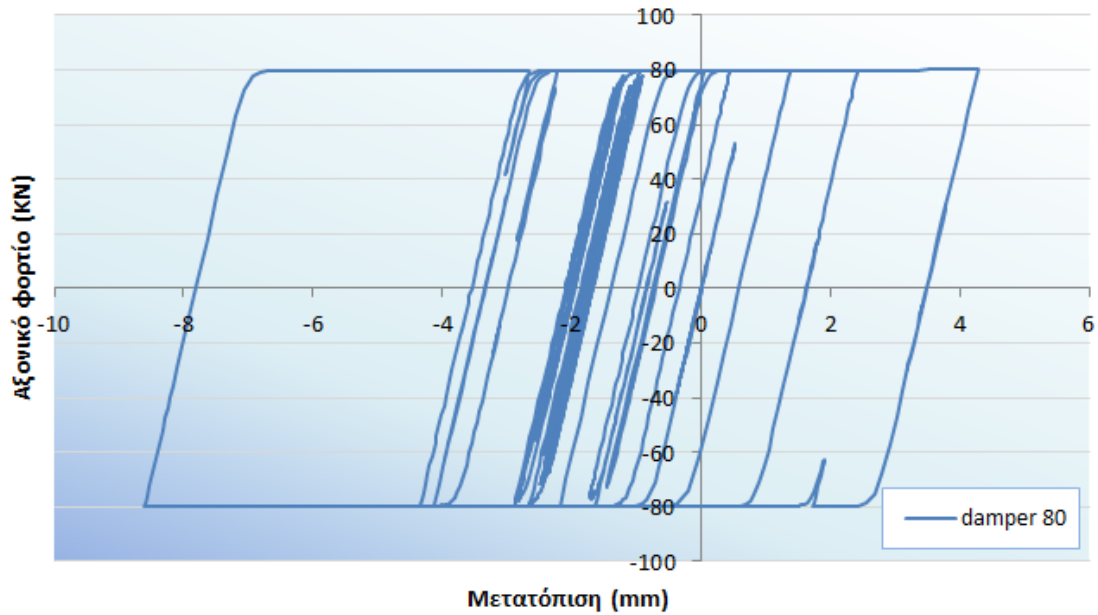
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.98) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN για το σεισμό της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.98 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

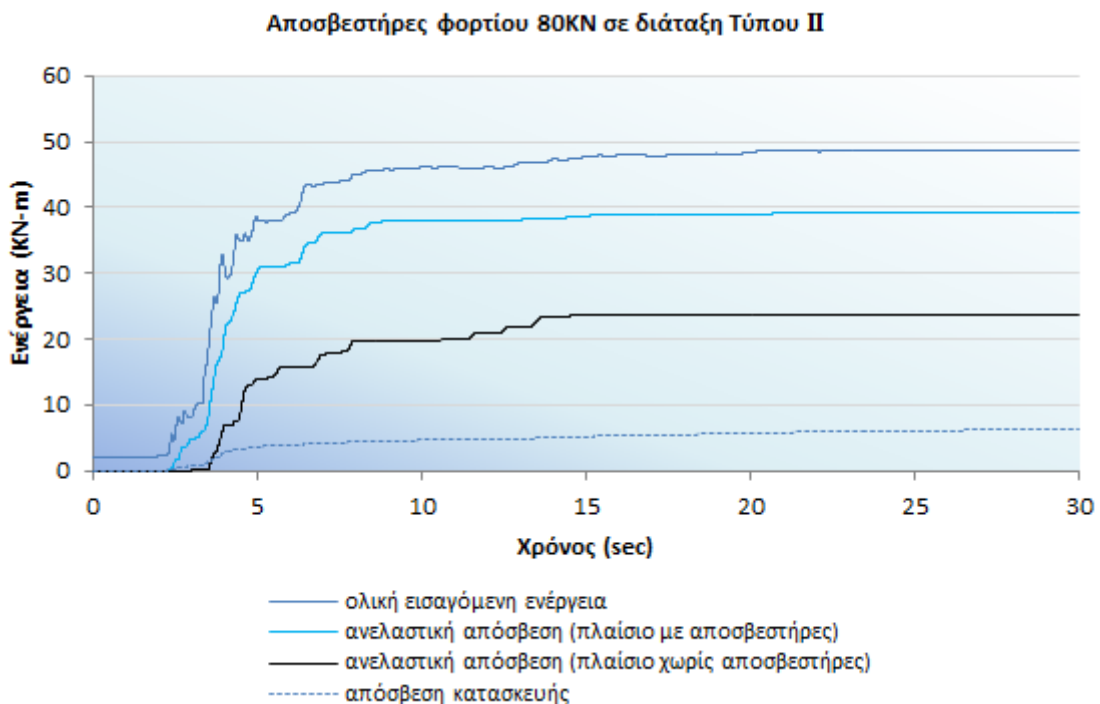
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα σχεδόν όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης και στα δεξιά άκρα των τριών δοκών της τρίτης στάθμης, καθώς και στα άκρα των μεσαίων δοκών της πρώτης και τέταρτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, δεν αναπτύσσεται καμία πλαστική άρθρωση.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.99) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.99 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80kN

Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80kN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.100) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.100 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.

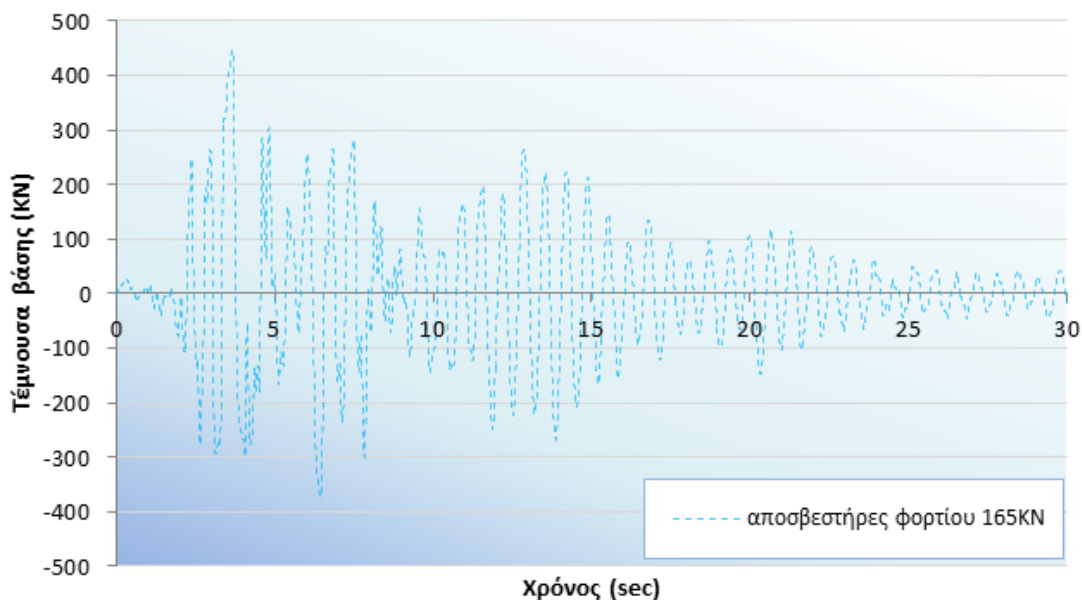


Σχήμα 4.100 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80kN σε διάταξη Τύπου II

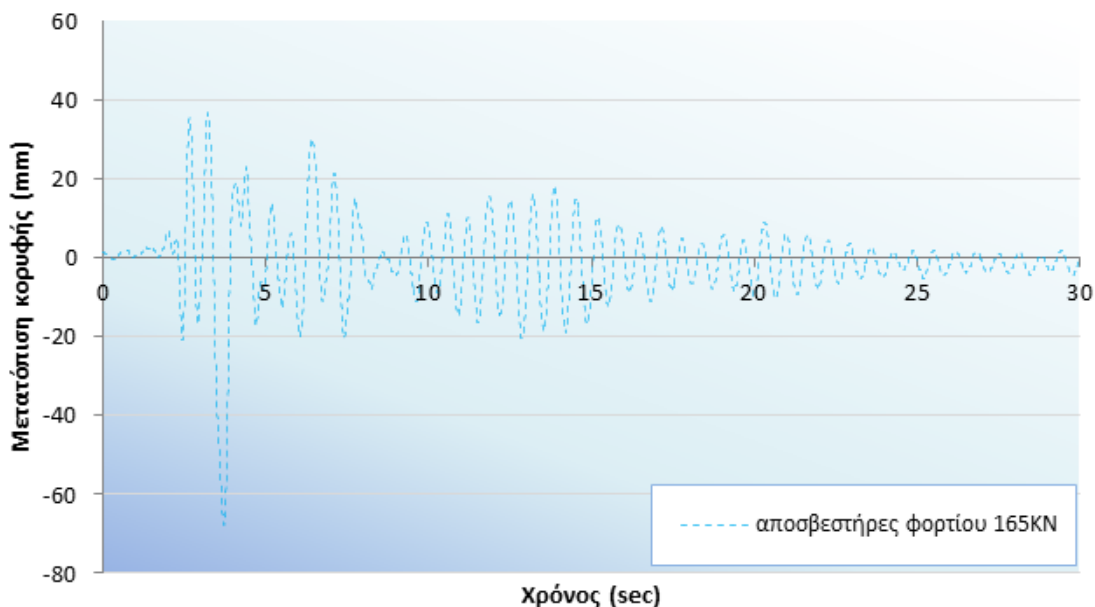


#### 4.5.3.5 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.101, Σχήμα 4.102).

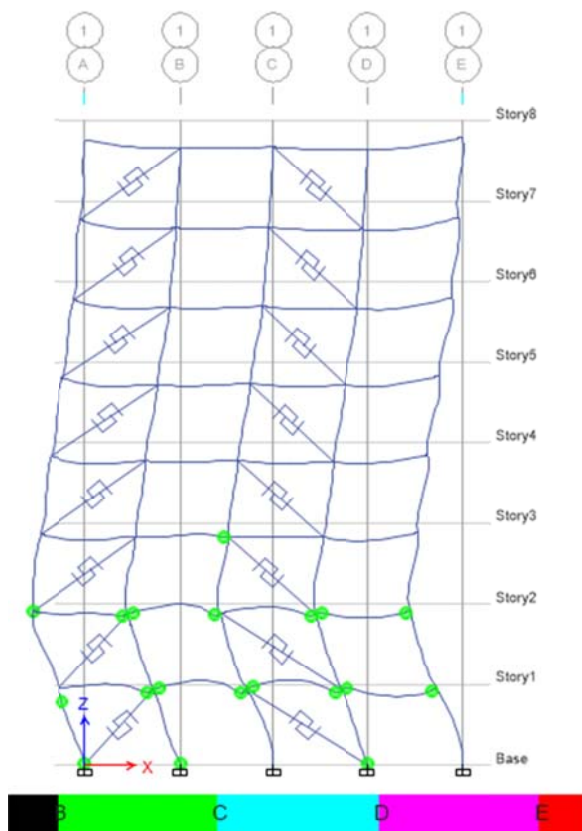


Σχήμα 4.101 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN



Σχήμα 4.102 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN

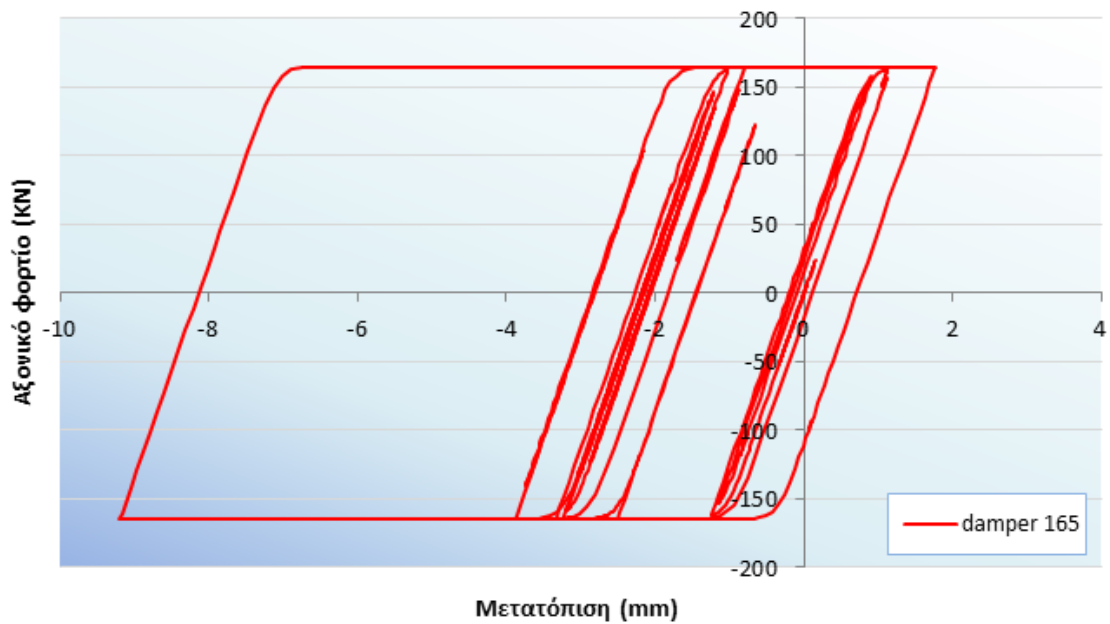
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.103) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165kN για το σεισμό της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.103 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 165kN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

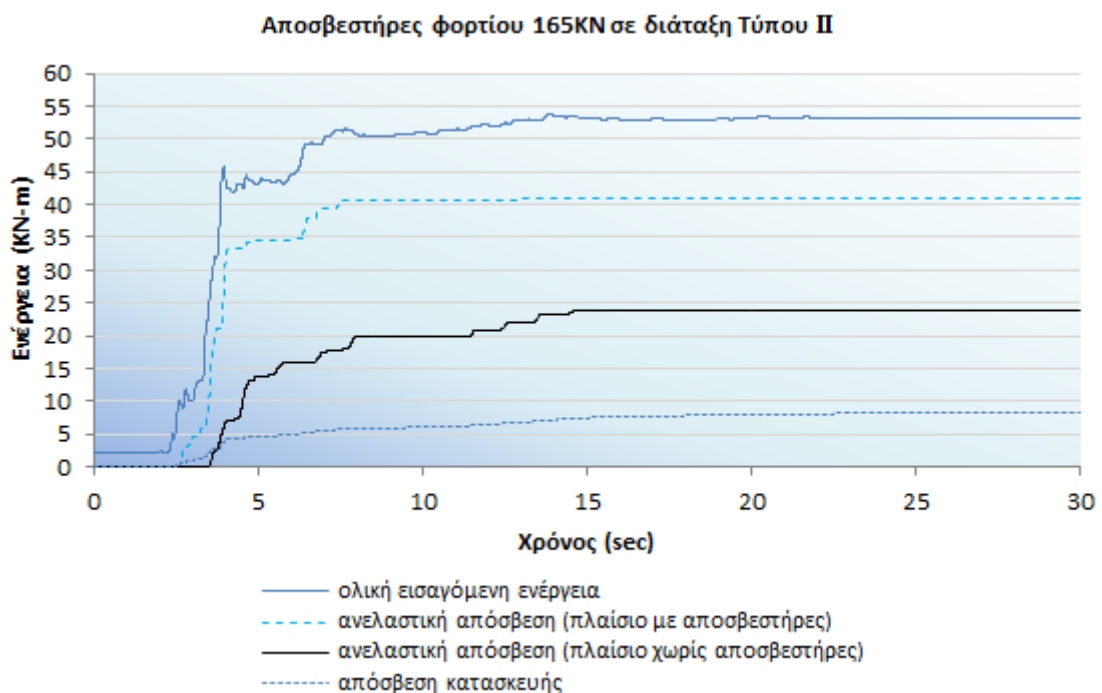
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα σχεδόν όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης καθώς και στο ένα άκρο της μεσαίας δοκού της τρίτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσεται μία πλαστική άρθρωση στην κεφαλή του ακραίου υποστυλώματος του ισογείου.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.104) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165kN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.104 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165kN

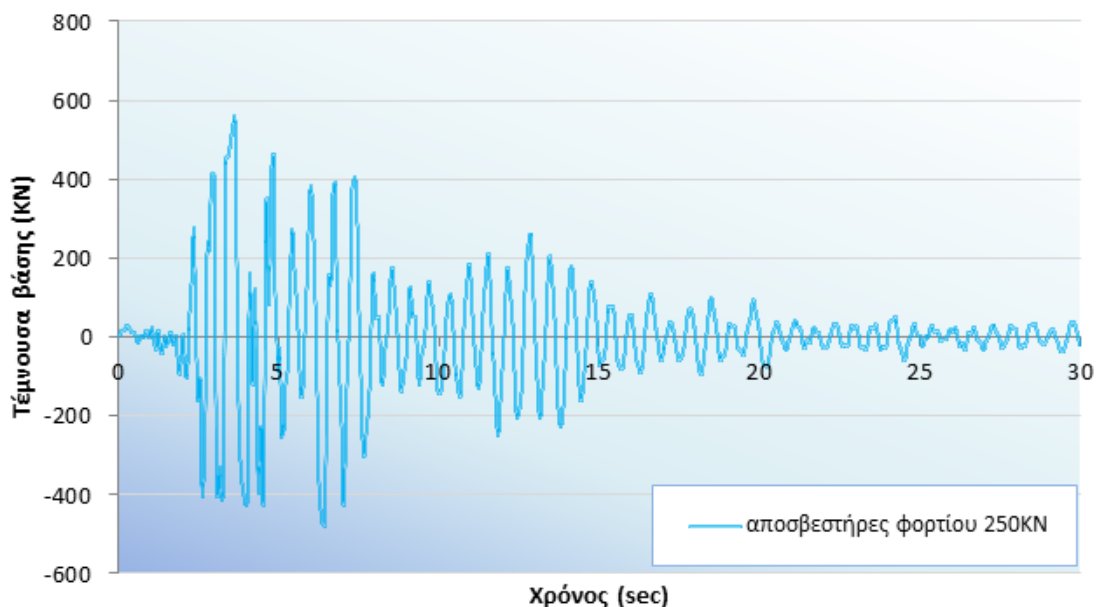
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165kN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.105) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.105 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



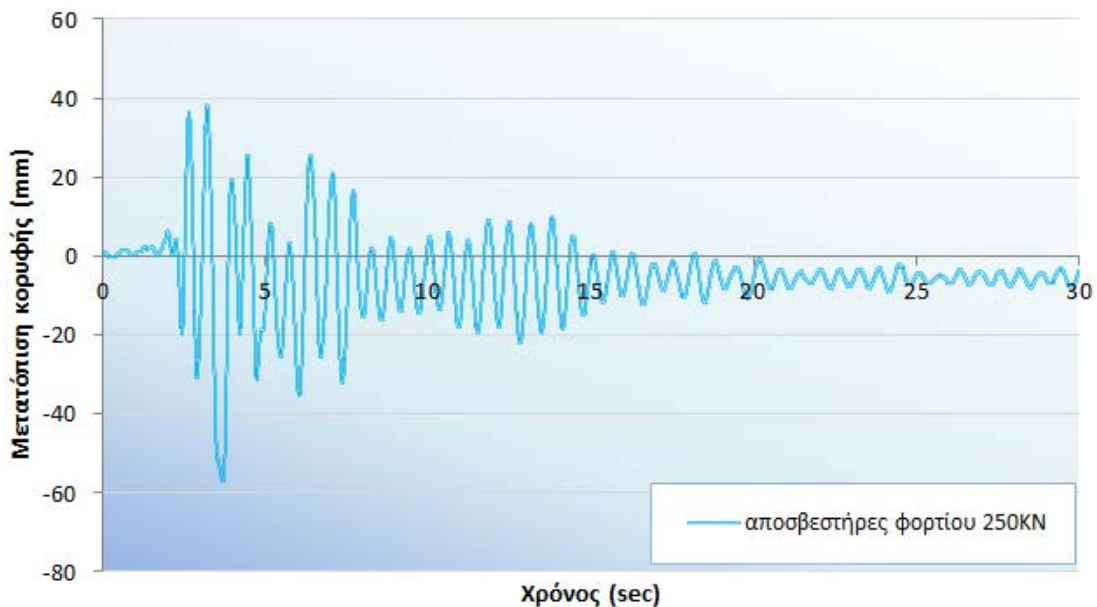
Σχήμα 4.105 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165kN σε διάταξη Τύπου II

#### 4.5.3.6 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 250KN)

Από την τρίτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.106, Σχήμα 4.107).

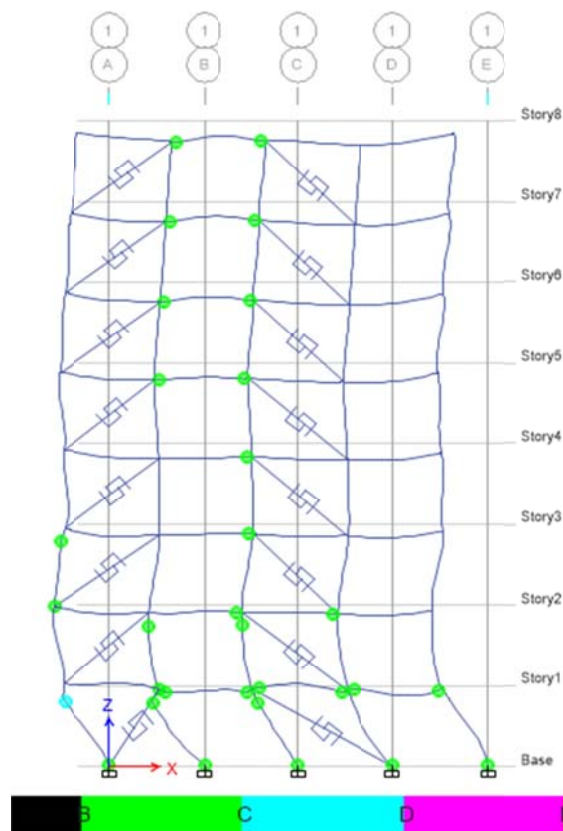


Σχήμα 4.106 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN



Σχήμα 4.107 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN

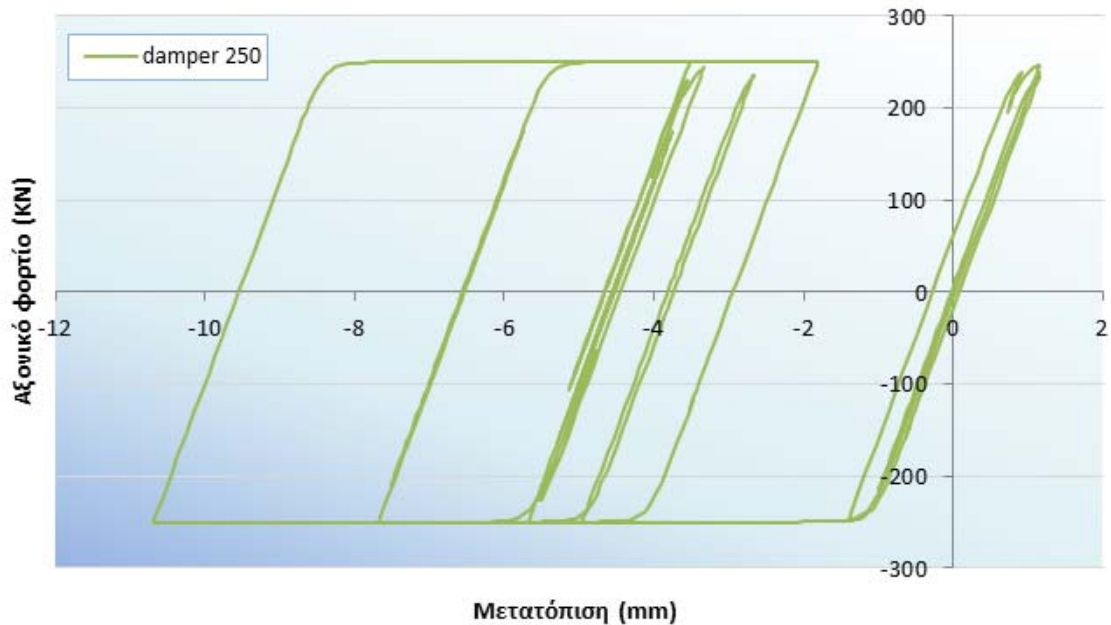
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.108) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN για το σεισμό της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.108 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

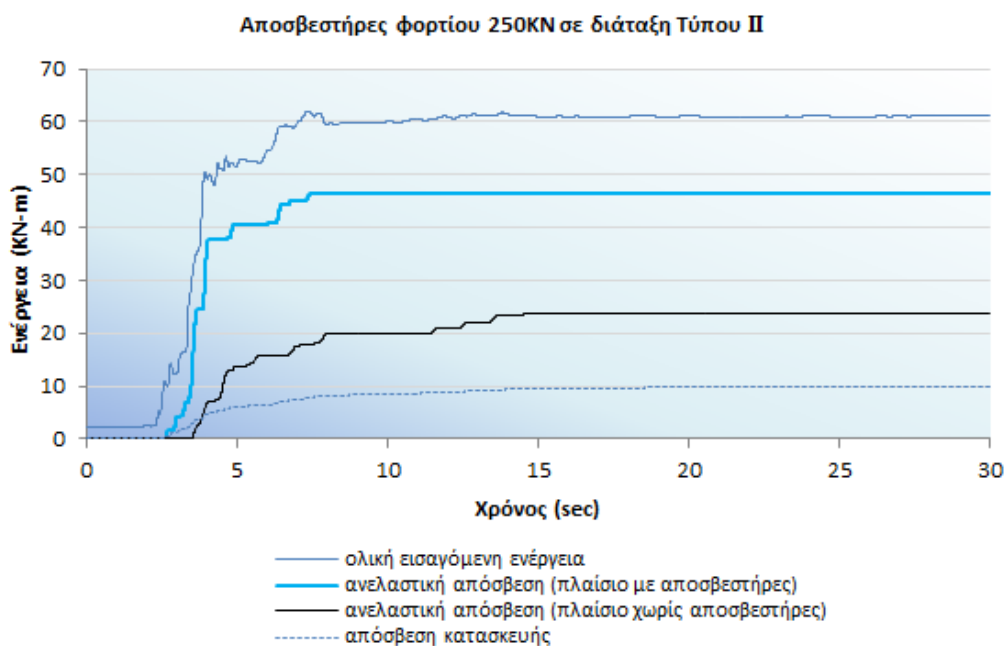
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών στο φάτνωμα χωρίς αποσβεστήρες και σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών της πρώτης και κάποια της δεύτερης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στην κεφαλή τριών υποστυλωμάτων του ισογείου δύο ενδιάμεσα της δεύτερης στάθμης και ένα ακραίο της τρίτης στάθμης .

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.109) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.109 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250kN

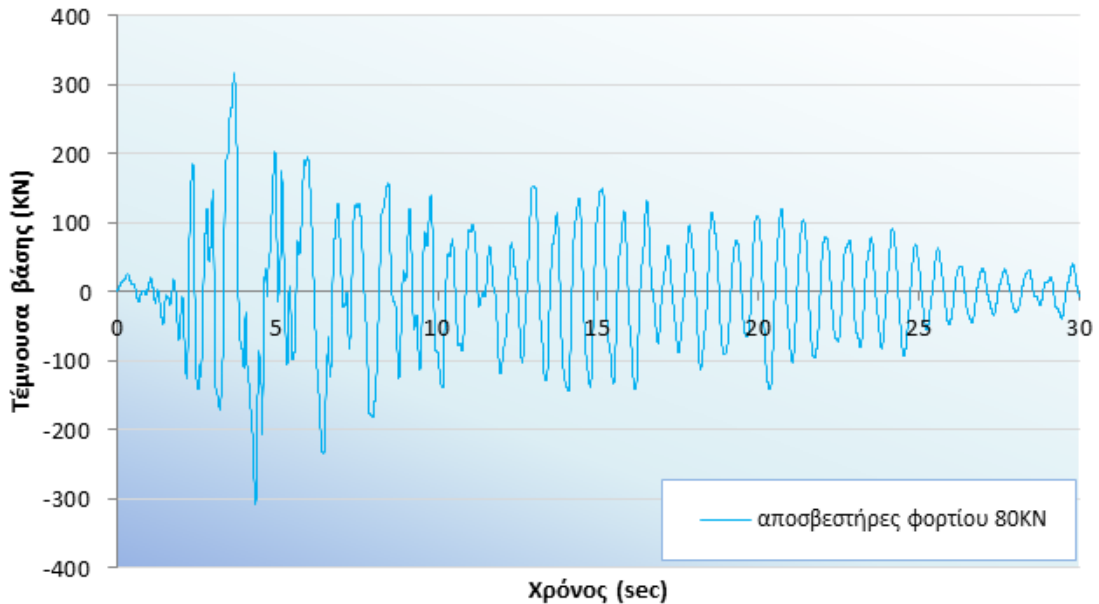
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250kN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.110) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.110 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



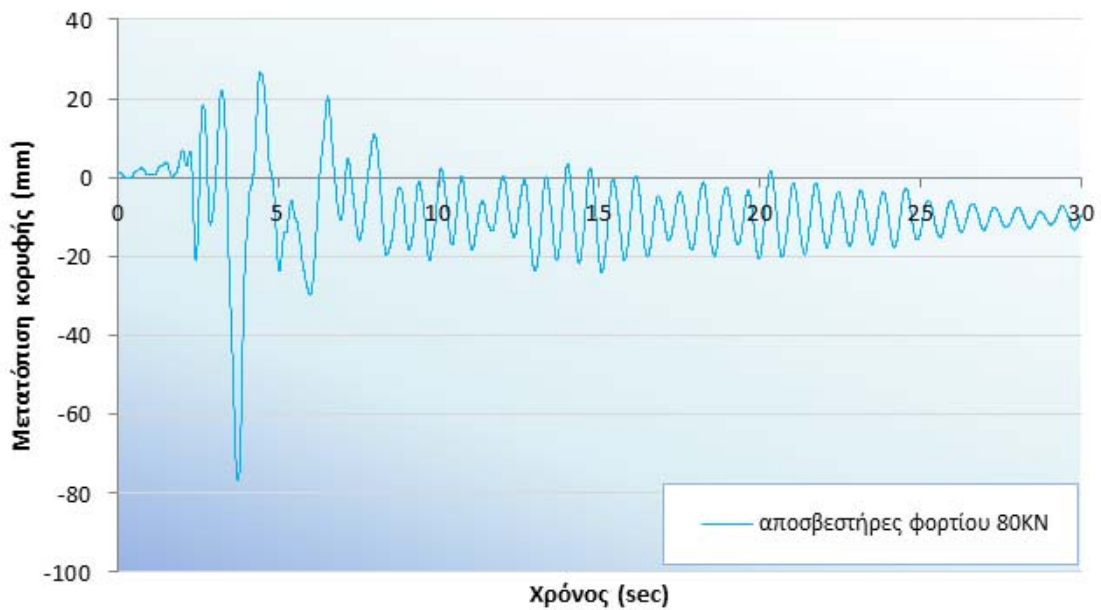
Σχήμα 4.110 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250kN σε διάταξη Τύπου II

#### 4.5.3.7 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.111, Σχήμα 4.112).

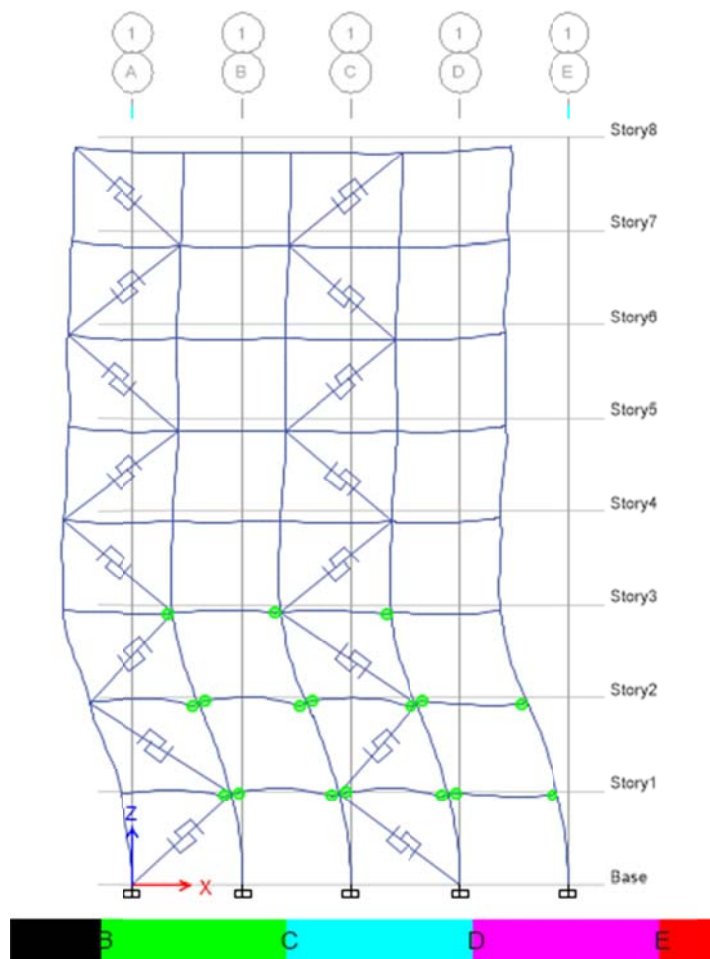


Σχήμα 4.111 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN



Σχήμα 4.112 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.113) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN για το σεισμό της Καλαμάτας.

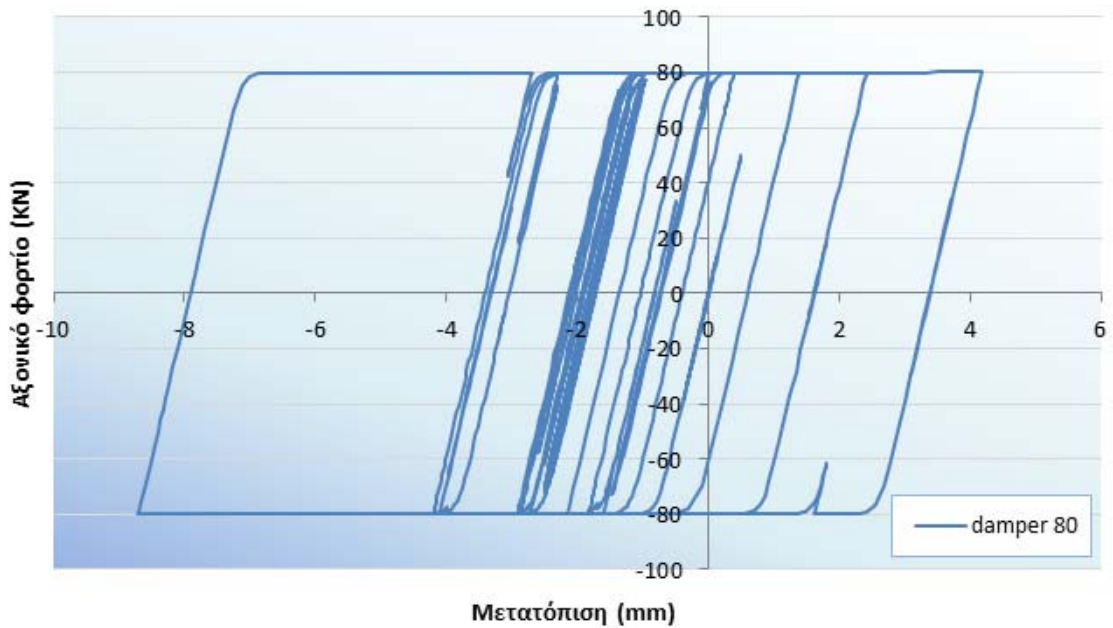


Σχήμα 4.113 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα σχεδόν όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης και στα δεξιά άκρα των τριών δοκών της τρίτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, δεν αναπτύσσεται καμία πλαστική άρθρωση.

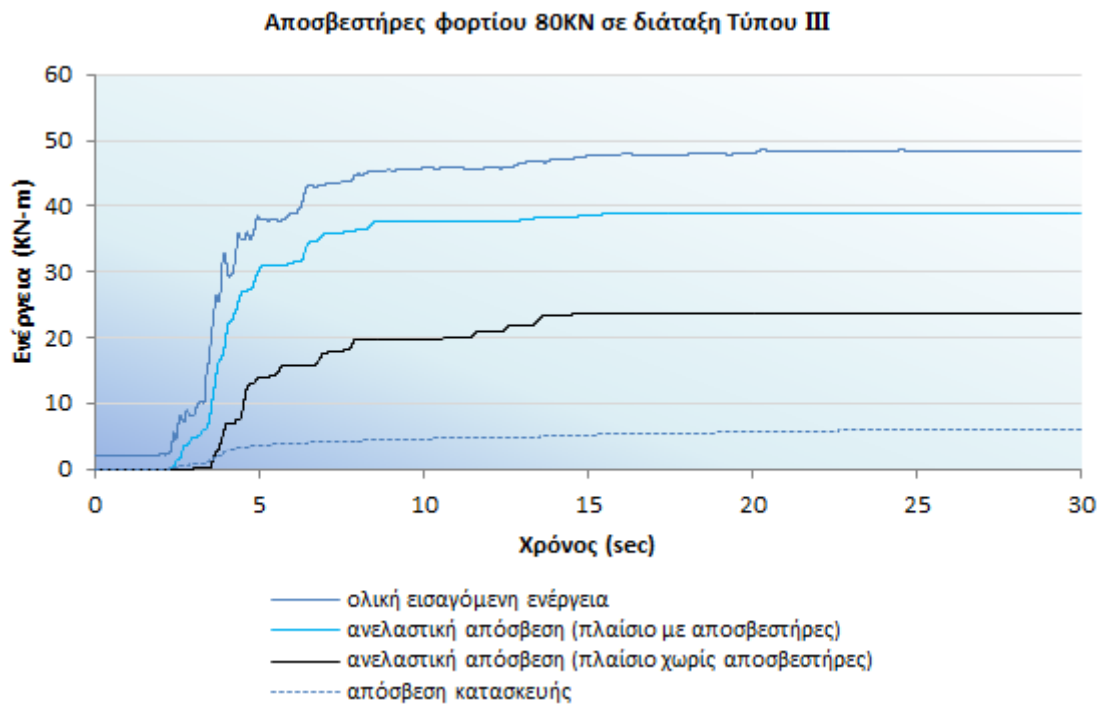
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.114) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.





Σχήμα 4.114 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80kN

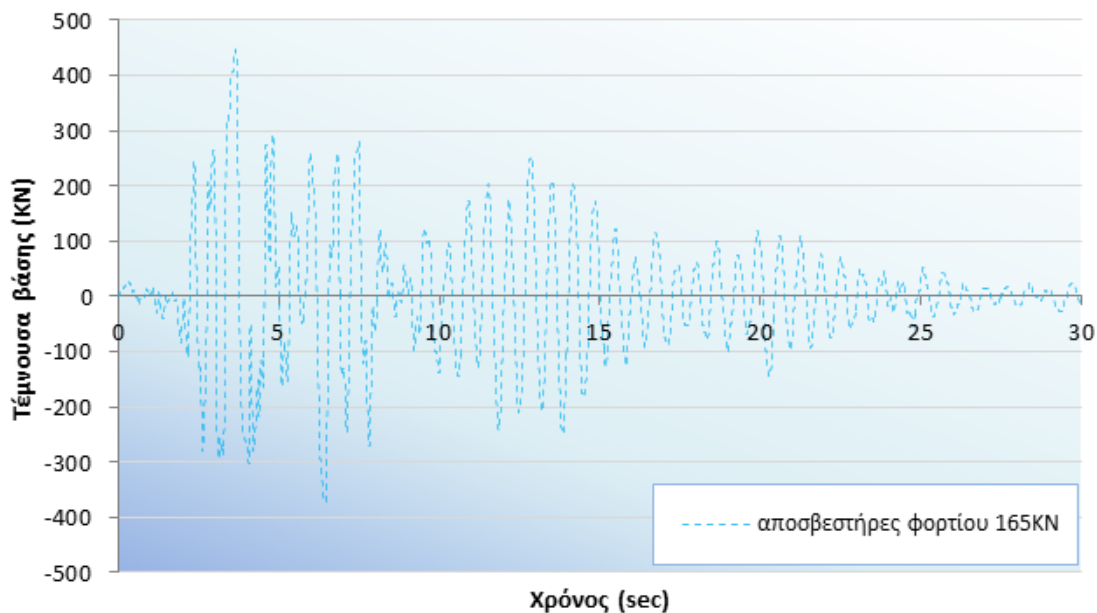
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80kN σε διάταξη Τύπου III, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.115) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.115 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



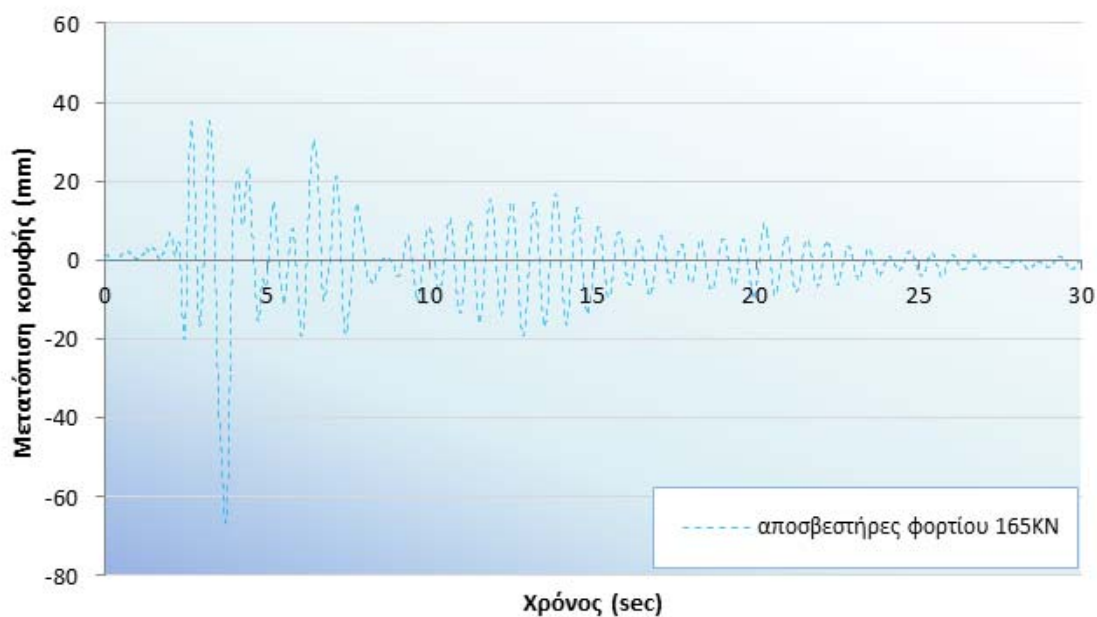
Σχήμα 4.115 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80kN σε διάταξη Τύπου III

#### 4.5.3.8 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.116, Σχήμα 4.117).

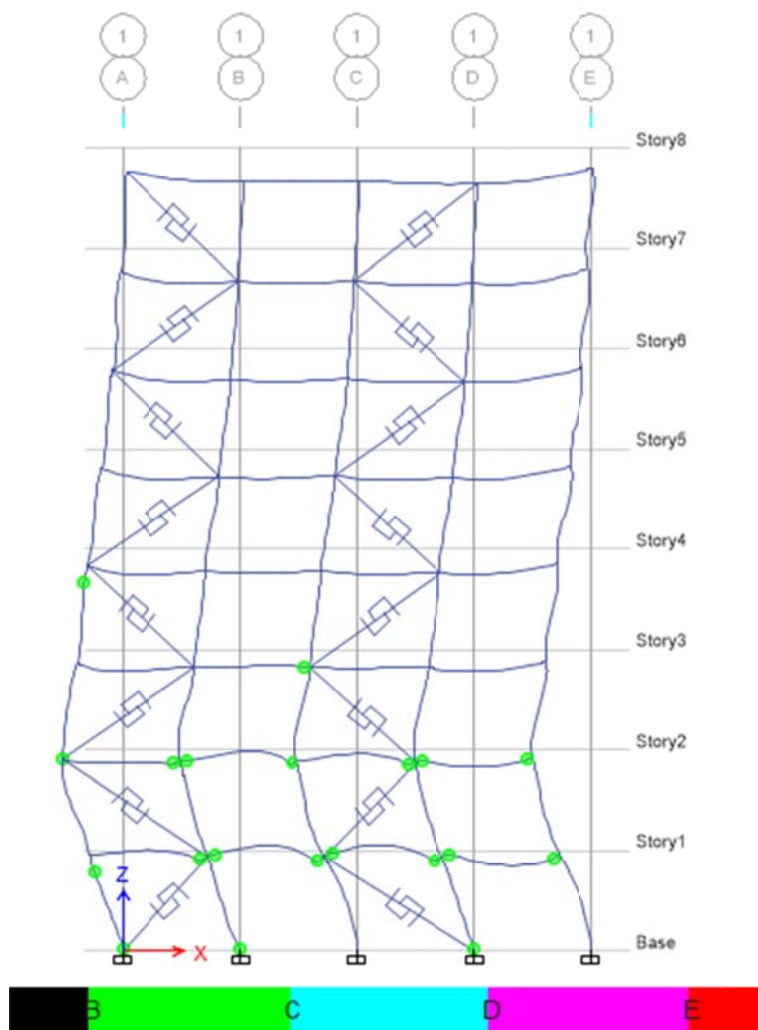


Σχήμα 4.116 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 165KN



Σχήμα 4.117 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 165KN

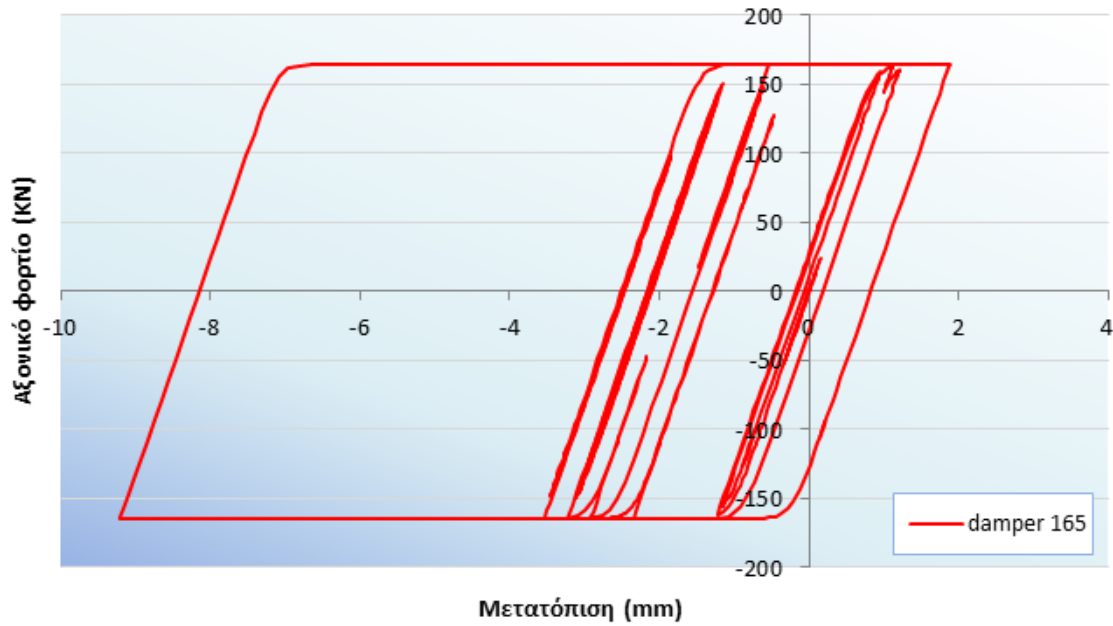
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.118) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165kN για το σεισμό της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.118 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 165kN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

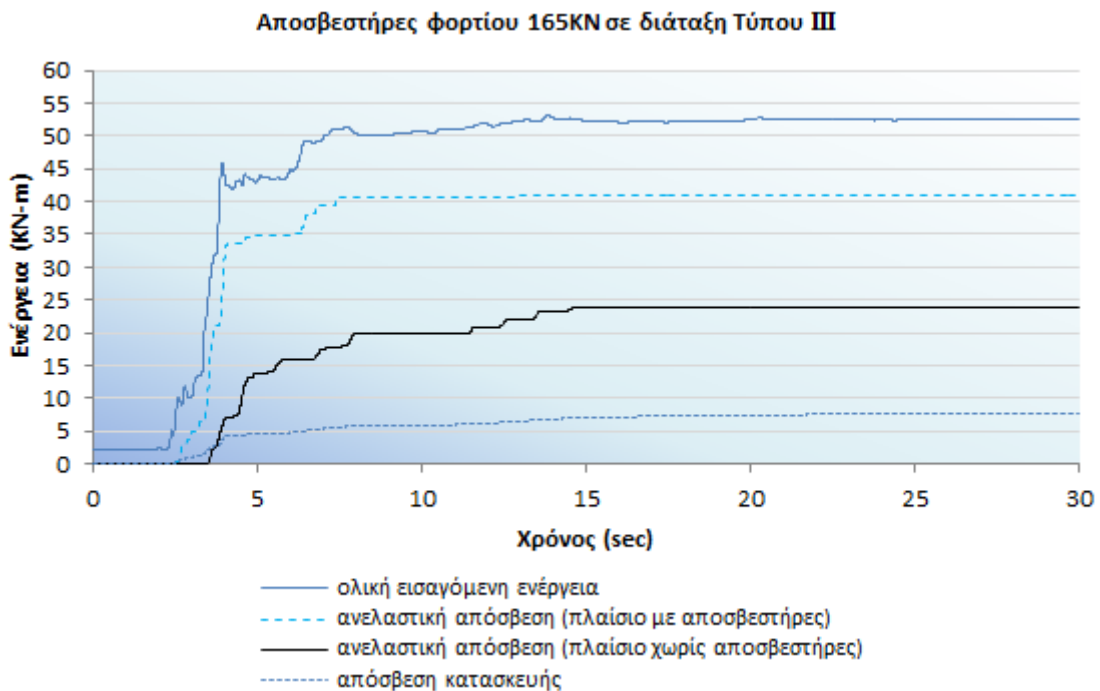
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα σχεδόν όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης καθώς και στο ένα άκρο της μεσαίας δοκού της τρίτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσονται δύο πλαστικές αρθρώσεις στην κεφαλή του ακραίου υποστυλώματος του ισογείου και της τέταρτης στάθμης.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.119) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165kN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.119 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN

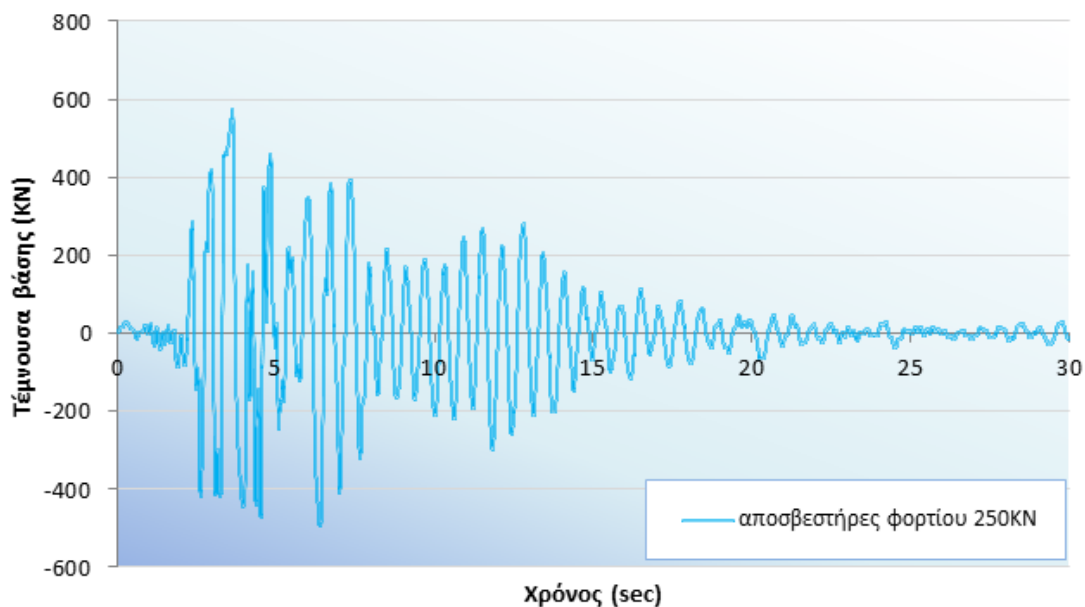
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN σε διάταξη Τύπου III, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.120) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.120 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



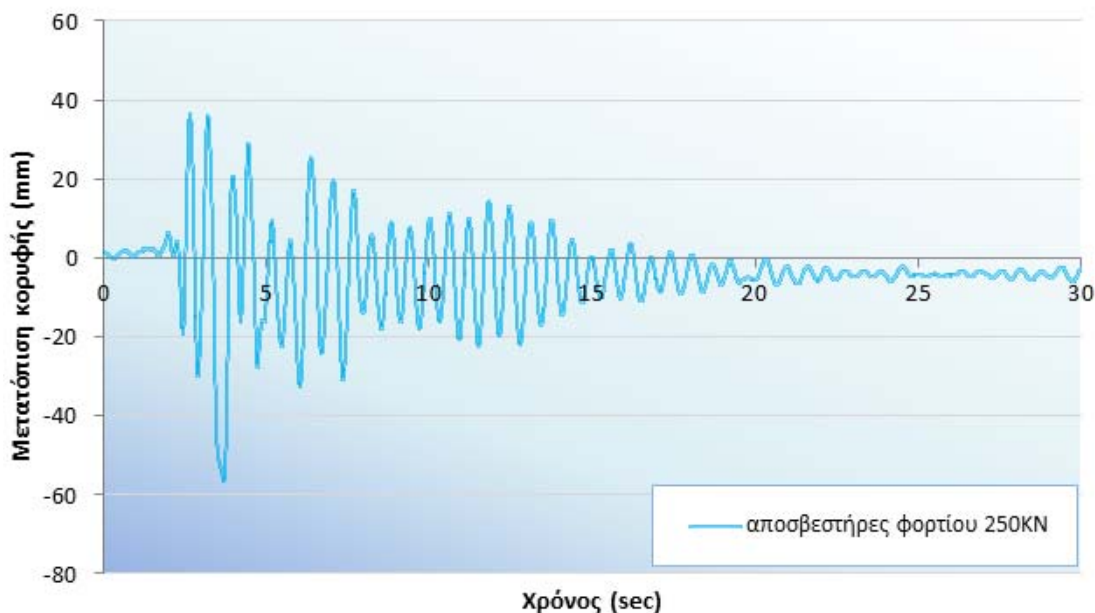
Σχήμα 4.120 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου III

#### 4.5.3.9 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (αποσβεστήρας 250KN)

Από την τρίτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.121, Σχήμα 4.122).

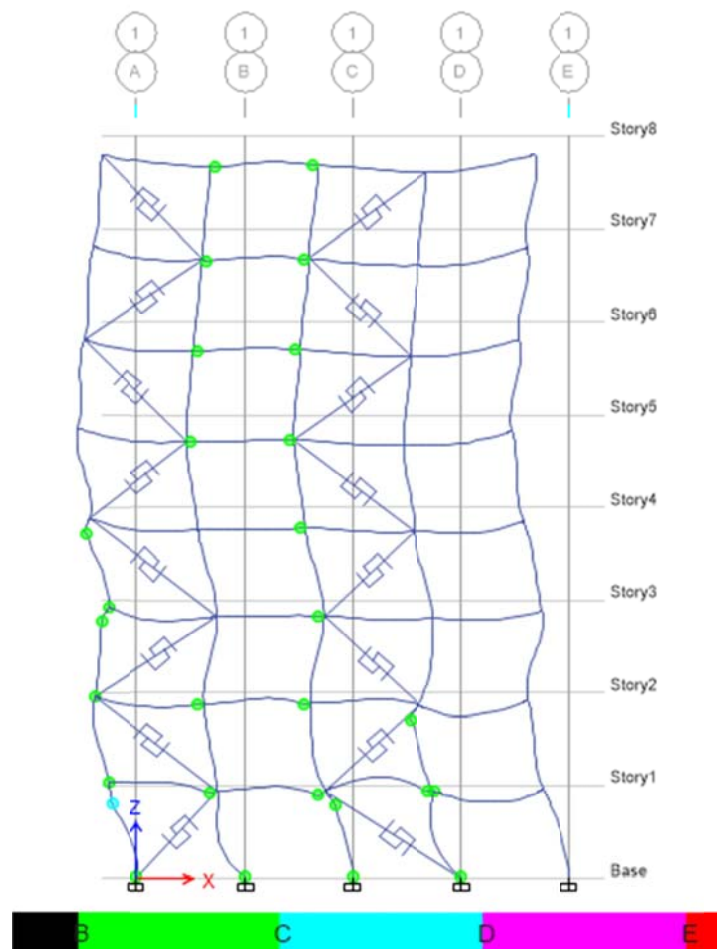


Σχήμα 4.121 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 250KN



Σχήμα 4.122 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 250KN

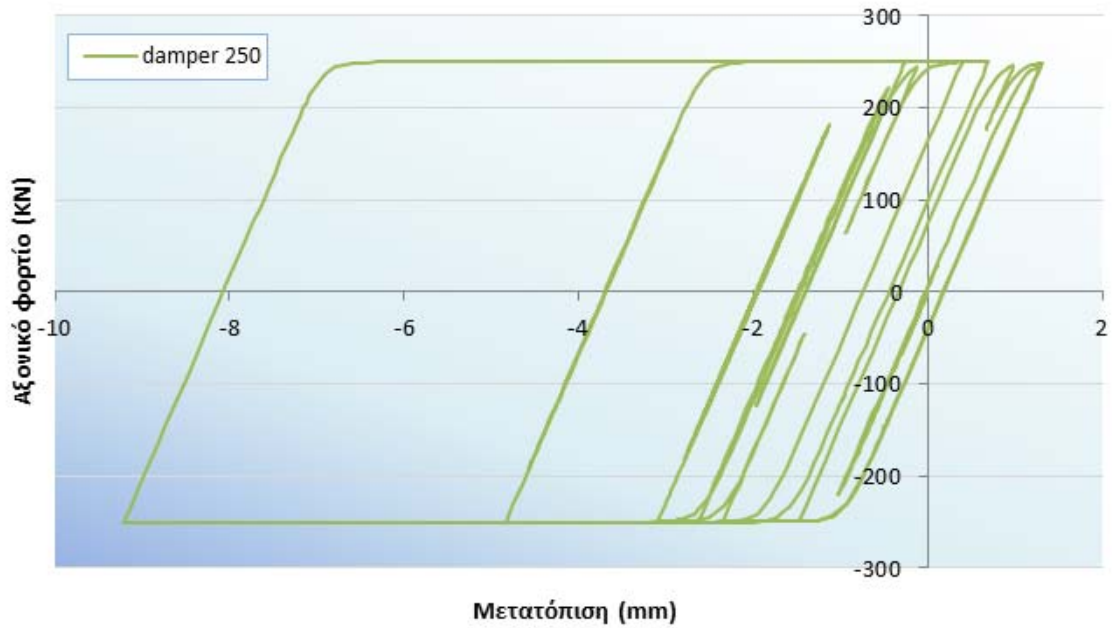
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.123) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 250kN για το σεισμό της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.123 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ και φορτίο ολίσθησης 250kN (σεισμός Καλαμάτας 1986)

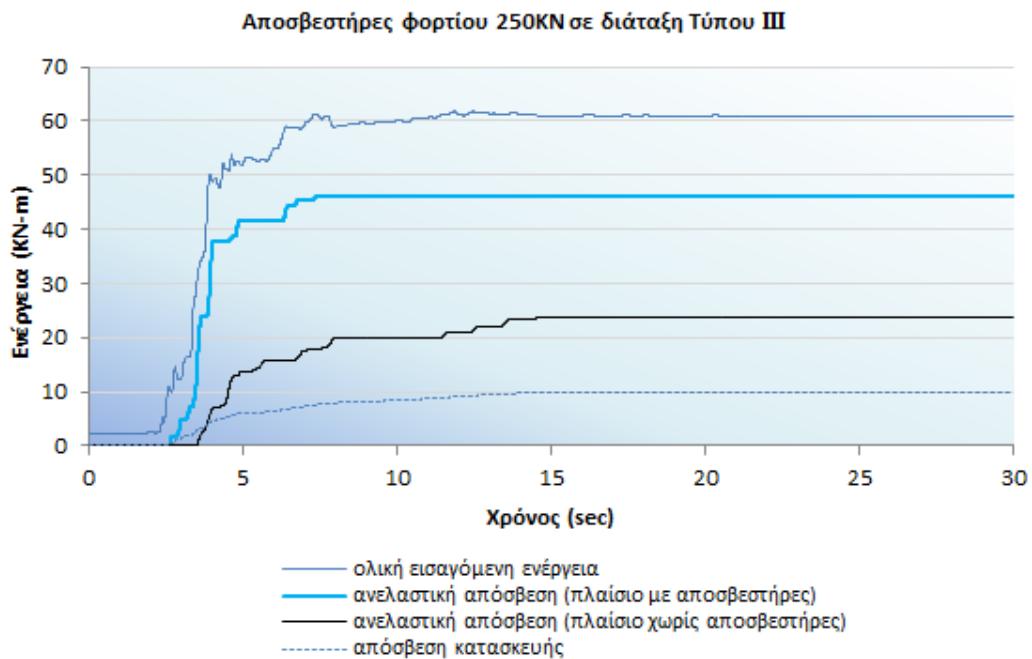
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών στο φάνωμα χωρίς αποσβεστήρες και σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών της πρώτης και κάποια της δεύτερης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στην κεφαλή των δύο υποστυλωμάτων του ισογείου και στο ακραίο της τρίτης στάθμης και τέταρτης στάθμης και στην κεφαλή ενός υποστυλώματος της δεύτερης στάθμης.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.124) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250kN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.124 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250kN

Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250kN σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.125) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.125 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.

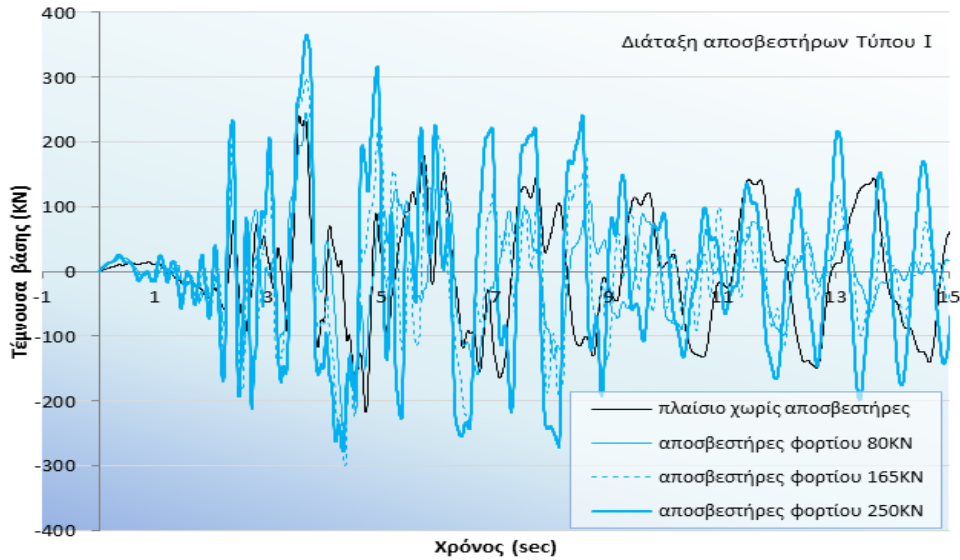


Σχήμα 4.125 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250kN σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ

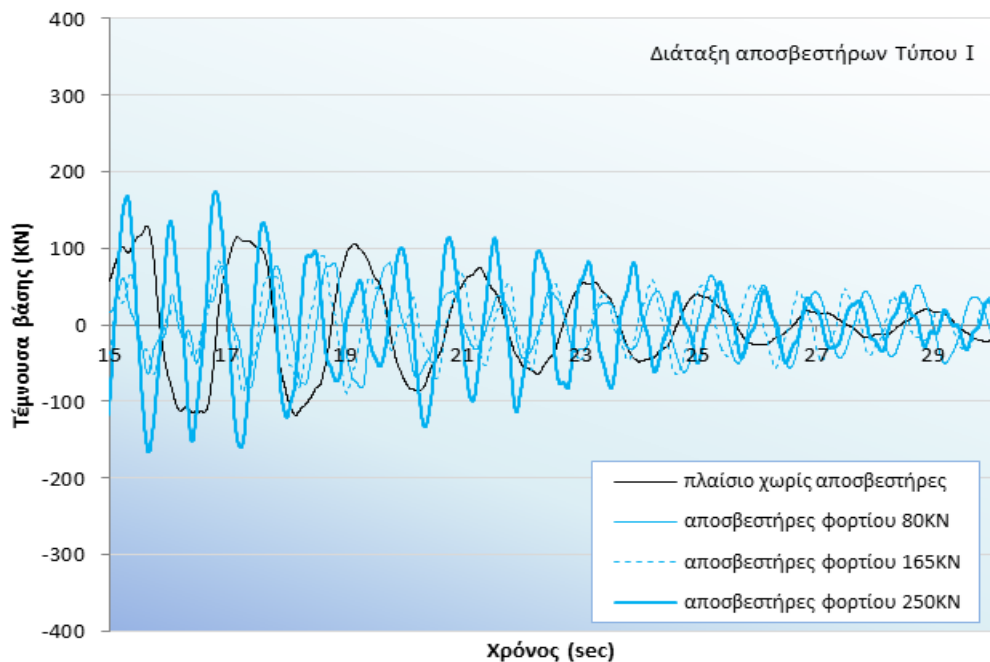
#### 4.5.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων Δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων με το σεισμό της Καλαμάτας 1986

##### 4.5.4.1 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I, για το σεισμό της Καλαμάτας δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα.



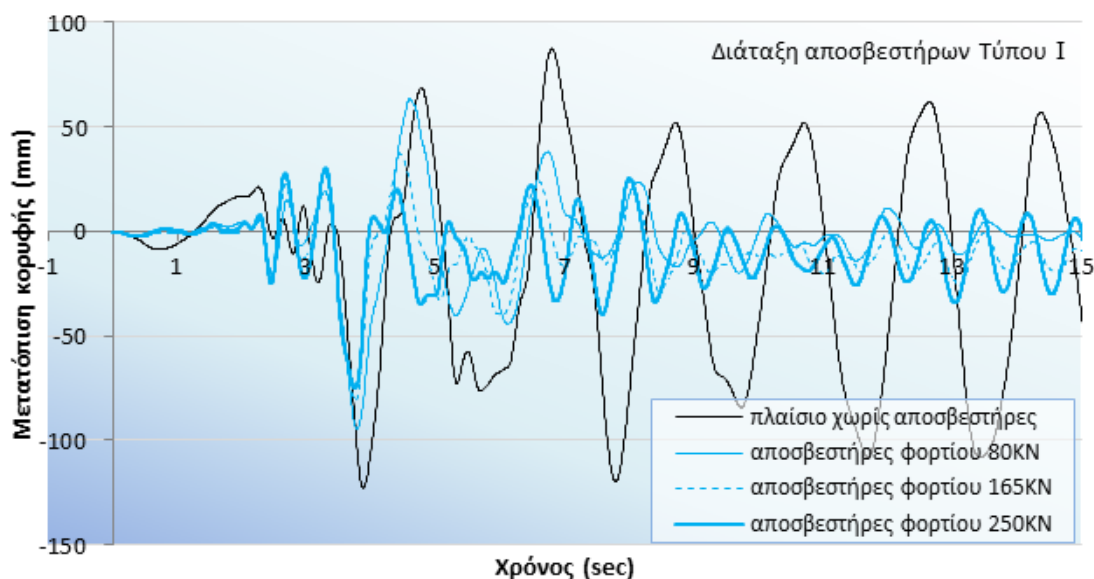
Σχήμα 4.126 Συγκριτικό διάγραμμα χρονισμού τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec)



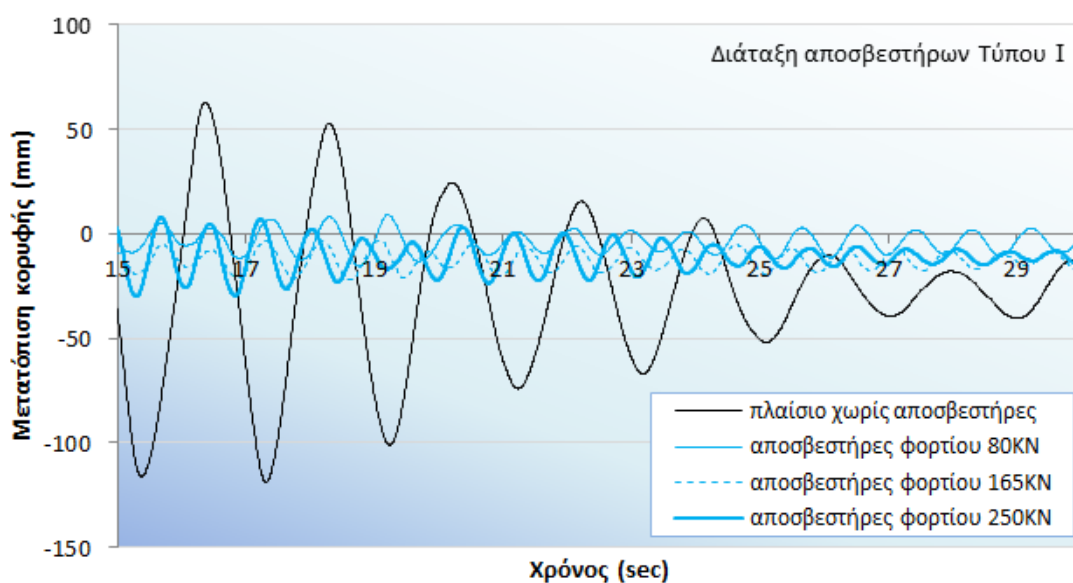
Σχήμα 4.127 Συγκριτικό διάγραμμα χρονισμού τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec)



Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.126, Σχήμα 4.127), παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα τόσο αυξάνεται η τέμνουσα βάσης.



Σχήμα 4.128 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου Ι (0-15sec)

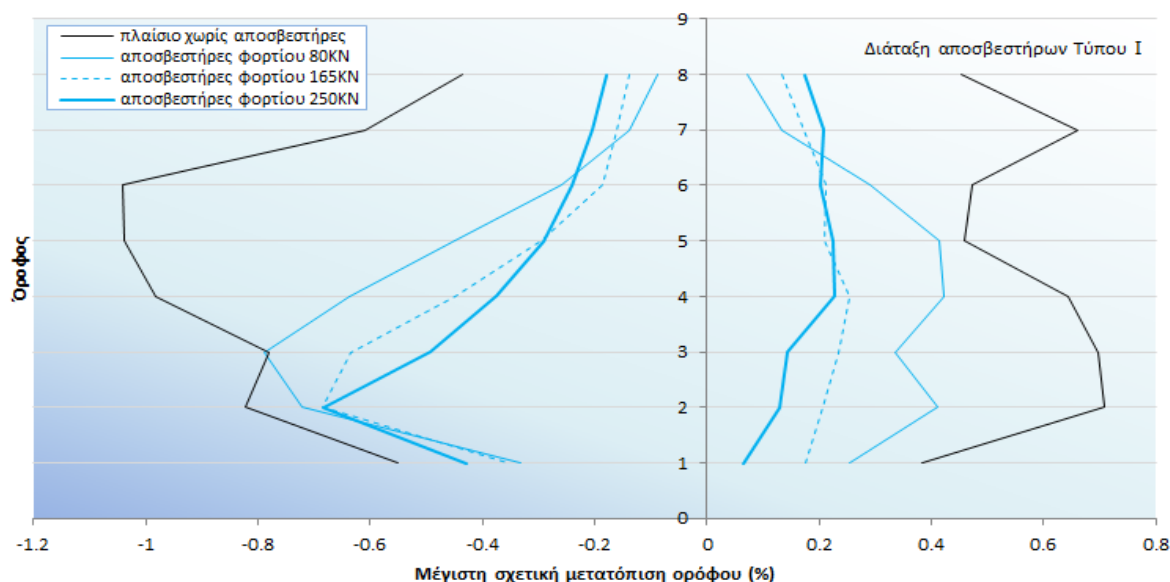


Σχήμα 4.129 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου Ι (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.128, Σχήμα 4.129) παρατηρείται ότι για το σεισμό της Καλαμάτας με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι

το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 55% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

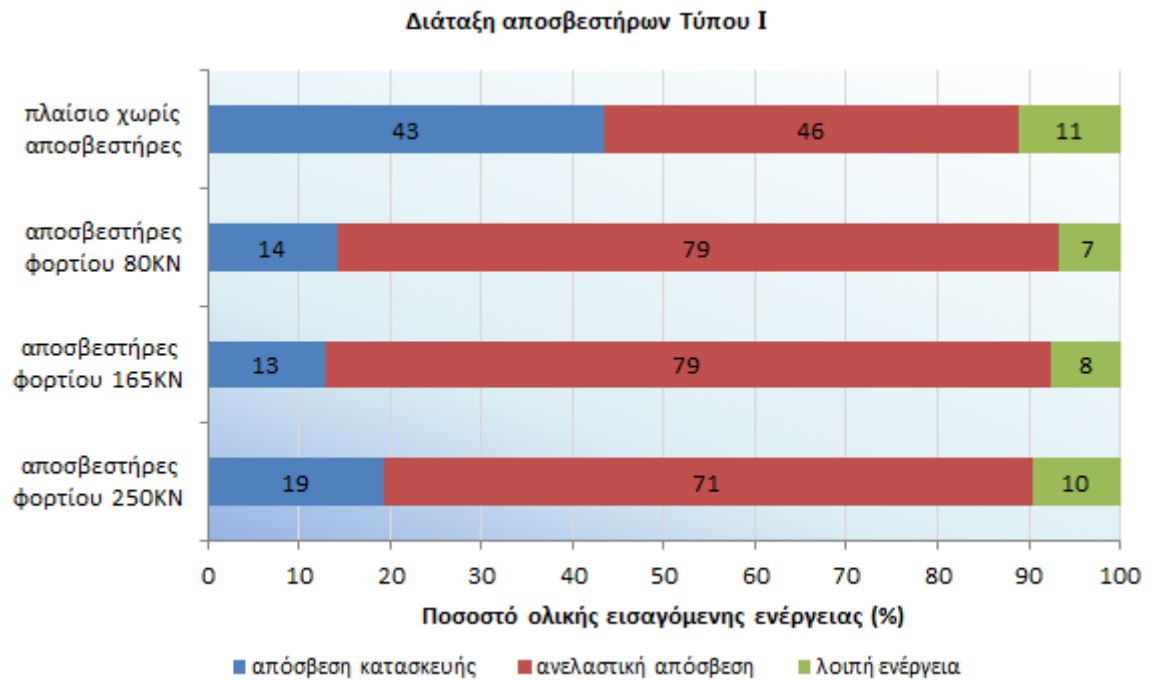
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.130), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου Ι, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.130 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.130, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250KN να τις περιορίζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250KN, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 40% περίπου της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.73). Επιπλέον, αιτιολογείται επαρκώς και η εικόνα των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων, οι οποίες στην περίπτωση των αποσβεστήρων αυτών μειώνονται σε πλήθος και περιορίζονται κυρίως στις δύο πρώτες στάθμες.

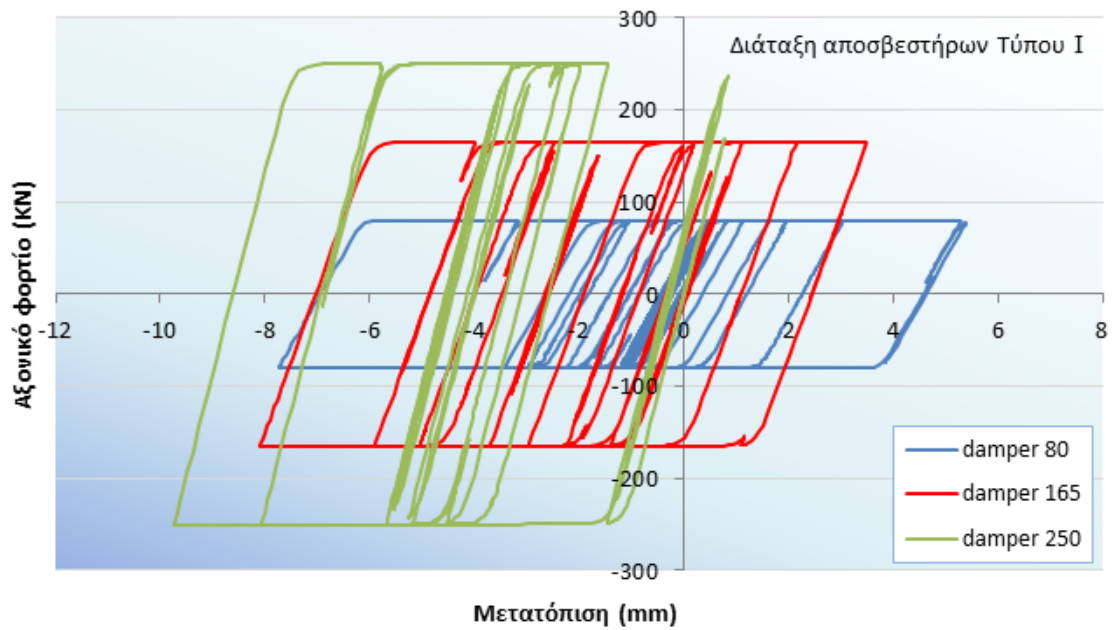
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.131), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου Ι, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Διευκρινίζεται πως, η ολική εισαγόμενη ενέργεια είναι αυτή που εφαρμόζεται στο πλαίσιο λόγω των επιβαλλόμενων φορτίων (στατικών και δυναμικών), η ανελαστική απόσβεση αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από τους αποσβεστήρες και τις πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στα μέλη του φορέα, η απόσβεση της κατασκευής αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από το πλαίσιο εξαιτίας της μάζας και της ακαμψίας του, ενώ η λοιπή ενέργεια είναι κυρίως κινητική.



*Σχήμα 4.131 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας*

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί στην ανελαστική απόσβεση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων και μόνο (λόγω απουσίας αποσβεστήρων), δικαιολογώντας την εκτεταμένη ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων άρα και βλαβών στο εξεταζόμενο πλαίσιο (Σχήμα 4.19). Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 79%, μειώνοντας σημαντικά το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως, στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο, περιορίζονται σημαντικά οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως το μεγαλύτερο μέρος της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες, μειώνοντας τις τοπικές αστοχίες και βελτιώνοντας ουσιαστικά τη σεισμική συμπεριφορά και απόκριση του πλαισίου. Τέλος, παρατηρείται πως, ενώ αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας μειώνεται, κυρίως λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων, ιδιαίτερα στην περίπτωση αποσβεστήρων τριβής με φορτίο ολίσθησης 250KN.

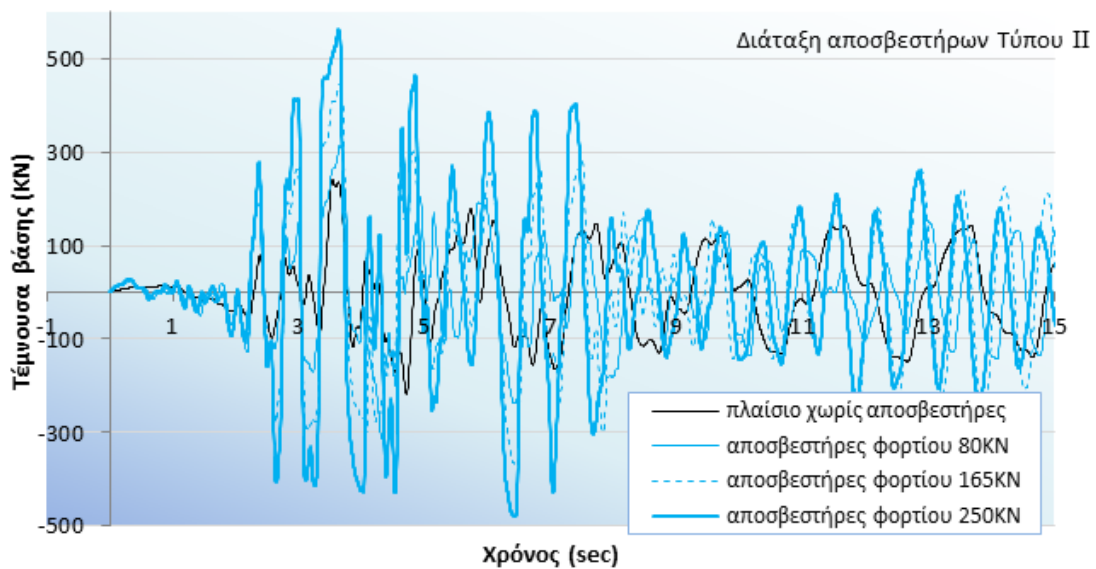
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.132), παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων του αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι αποσβεστήρες ενεργοποιήθηκαν απορροφώντας σεισμική ενέργεια, με τον αποσβεστήρα φορτίου ολίσθησης 250KN στο ισόγειο να απορροφά περισσότερη ενέργεια.



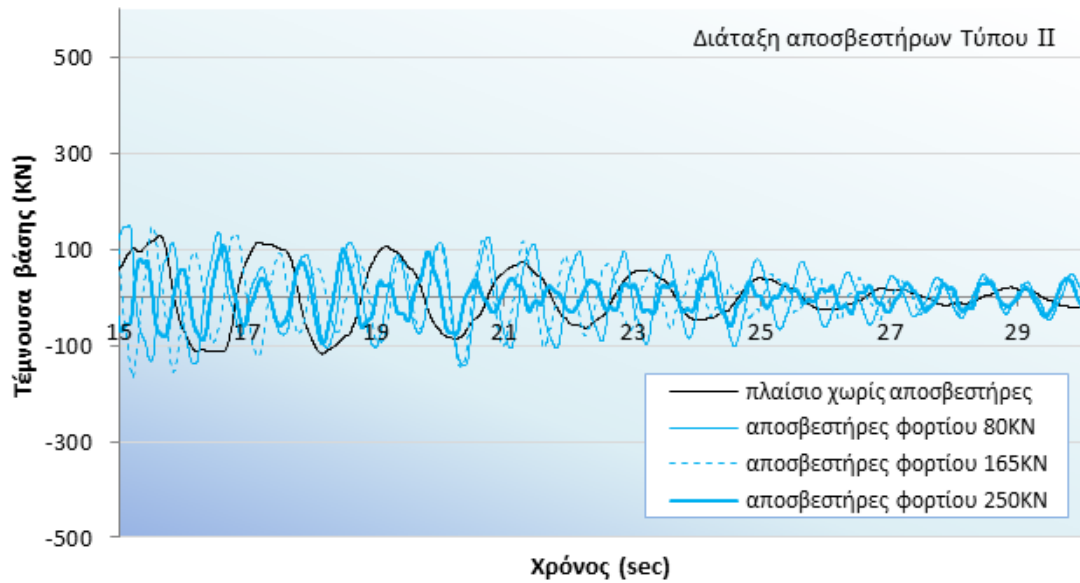
Σχήμα 4.132 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο

#### 4.5.4.2 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II, για το σεισμό της Καλαμάτας δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα (Σχήμα 4.133, Σχήμα 4.134).

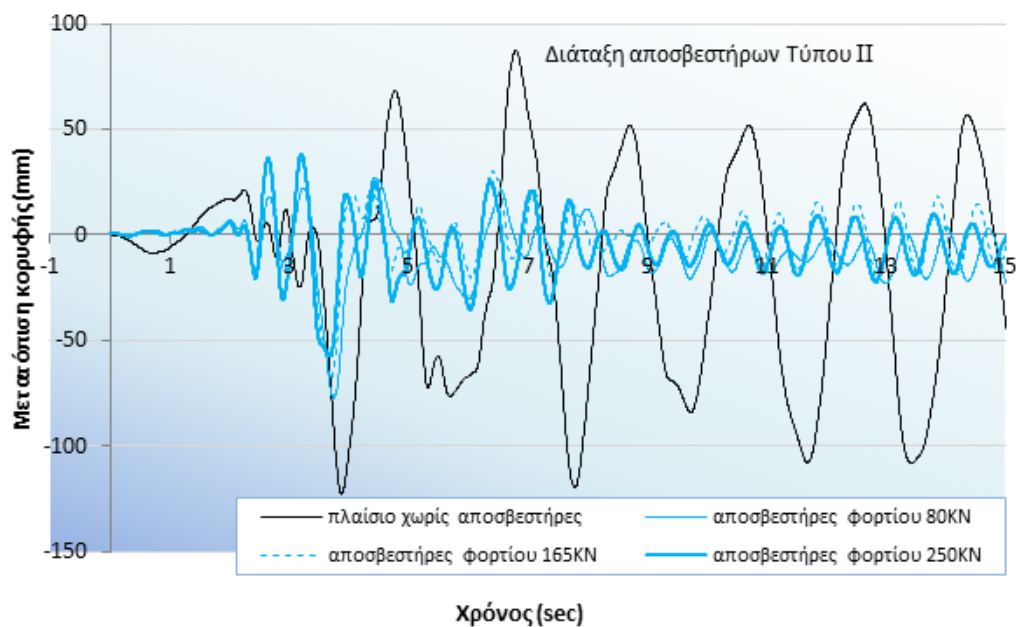


Σχήμα 4.133 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιόστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec)

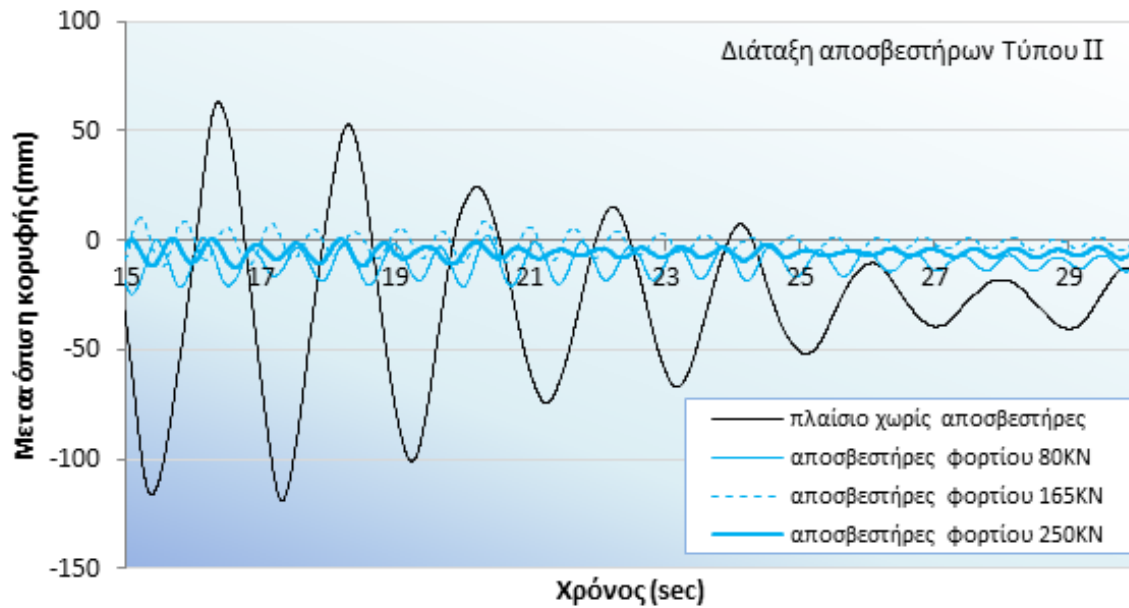


Σχήμα 4.134 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιόστορίας τεμνουσών βάρσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα, αυξάνεται η τέμνουσα βάρσης.



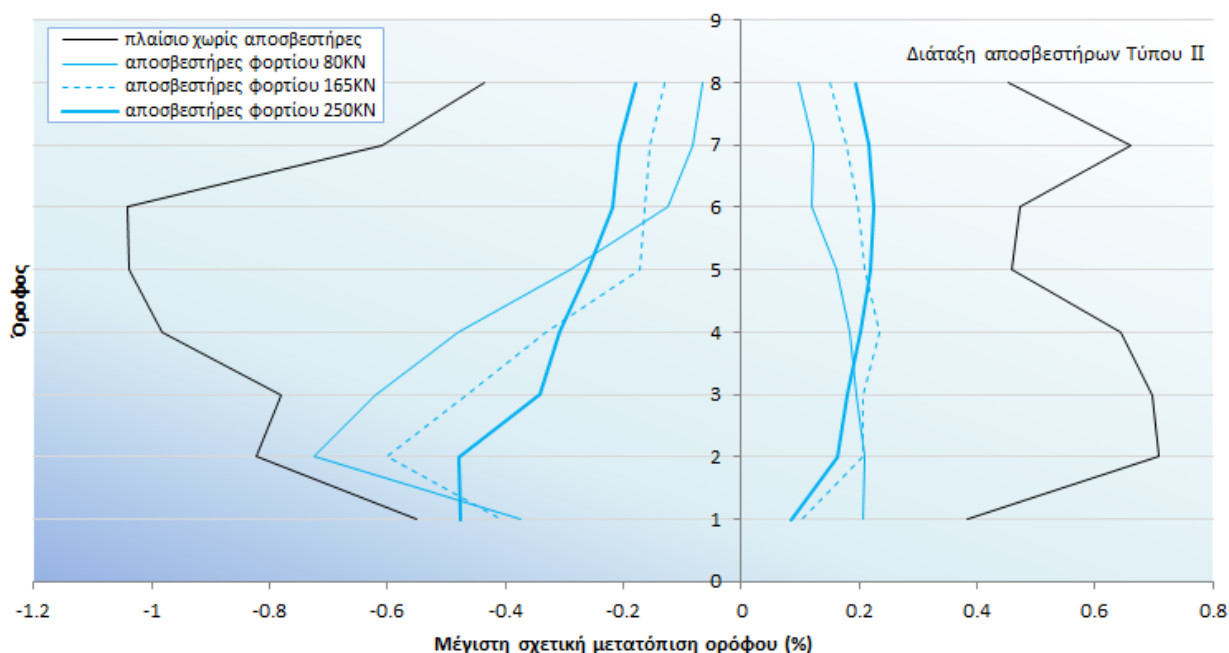
Σχήμα 4.135 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιόστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec)



Σχήμα 4.136 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.135, Σχήμα 4.136) παρατηρείται ότι για το σεισμό της Καλαμάτας με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 65% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

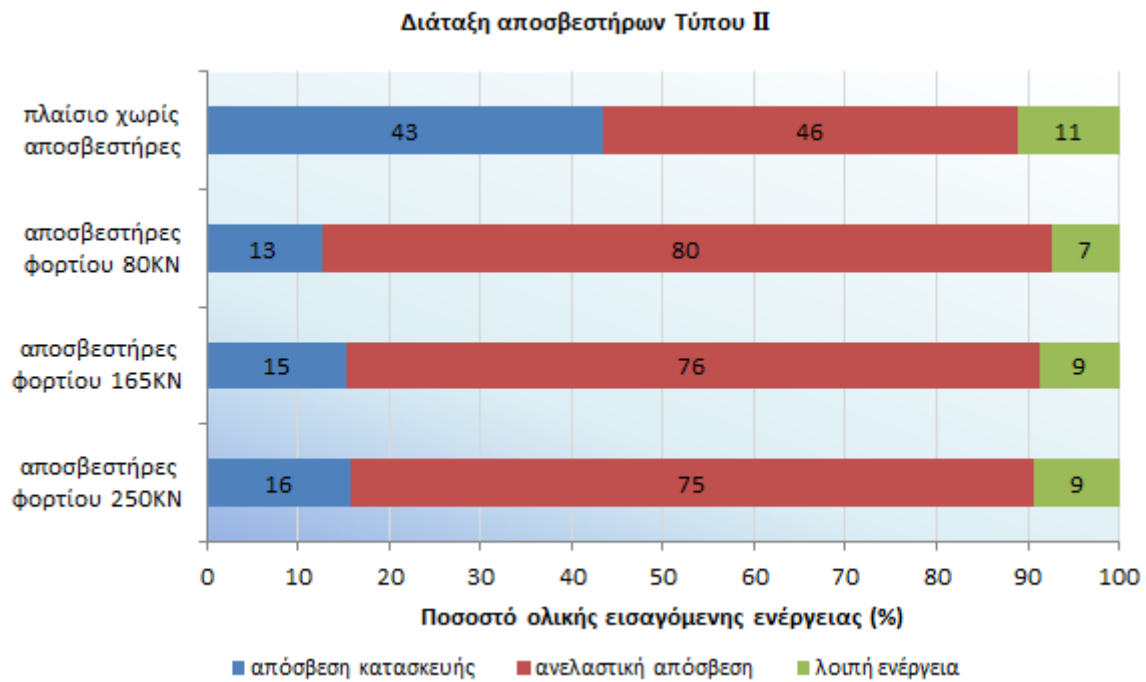
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.137), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.137 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.137, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250KN να τις περιορίζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό στις τρεις πρώτες στάθμες. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250KN, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 33% περίπου της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.76). Επιπλέον, αιτιολογείται επαρκώς και η εικόνα των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων, οι οποίες στην περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN και 165KN μειώνονται σε πλήθος και περιορίζονται κυρίως στις δύο πρώτες στάθμες, ενώ στην περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250KN οι τοπικές αστοχίες μειώνονται σε πλήθος, αλλά κατανέμονται σχεδόν σε όλο το ύψος του φορέα πέριξ των φαινομένων εφαρμογής τους.

Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.138), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου II, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες.

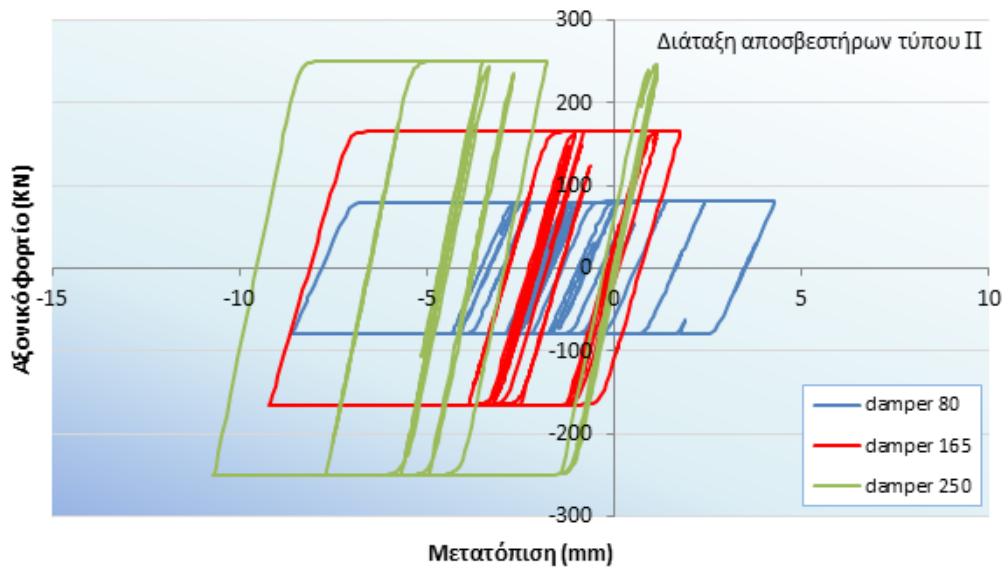


Σχήμα 4.138 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί στην ανελαστική απόσβεση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων και μόνο (λόγω απουσίας αποσβεστήρων), δικαιολογώντας την εκτεταμένη ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων, άρα και βλαβών στο εξεταζόμενο πλαίσιο. Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 80%, μειώνοντας σημαντικά το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως, στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο, περιορίζονται σημαντικά οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως το μεγαλύτερο μέρος της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες, μειώνοντας τις τοπικές αστοχίες και βελτιώνοντας ουσιαστικά τη σεισμική συμπεριφορά και απόκριση του πλαισίου. Τέλος, παρατηρείται πως, ενώ αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας μειώνεται, κυρίως λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων.

Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.139), παρουσιάζεται ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι αποσβεστήρες ενεργοποιήθηκαν απορροφώντας σεισμική ενέργεια, με τον αποσβεστήρα φορτίου ολίσθησης 250KN στο ισόγειο να απορροφά περισσότερη ενέργεια.

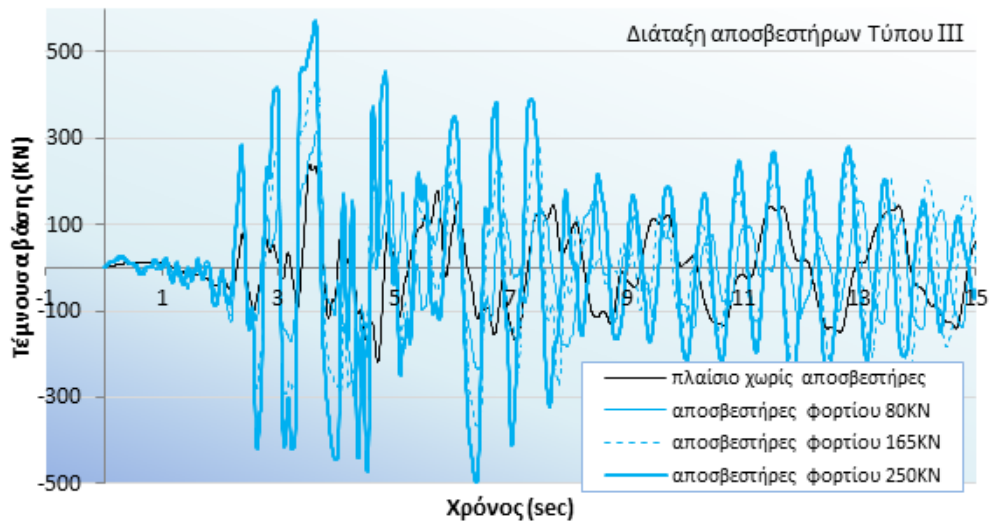




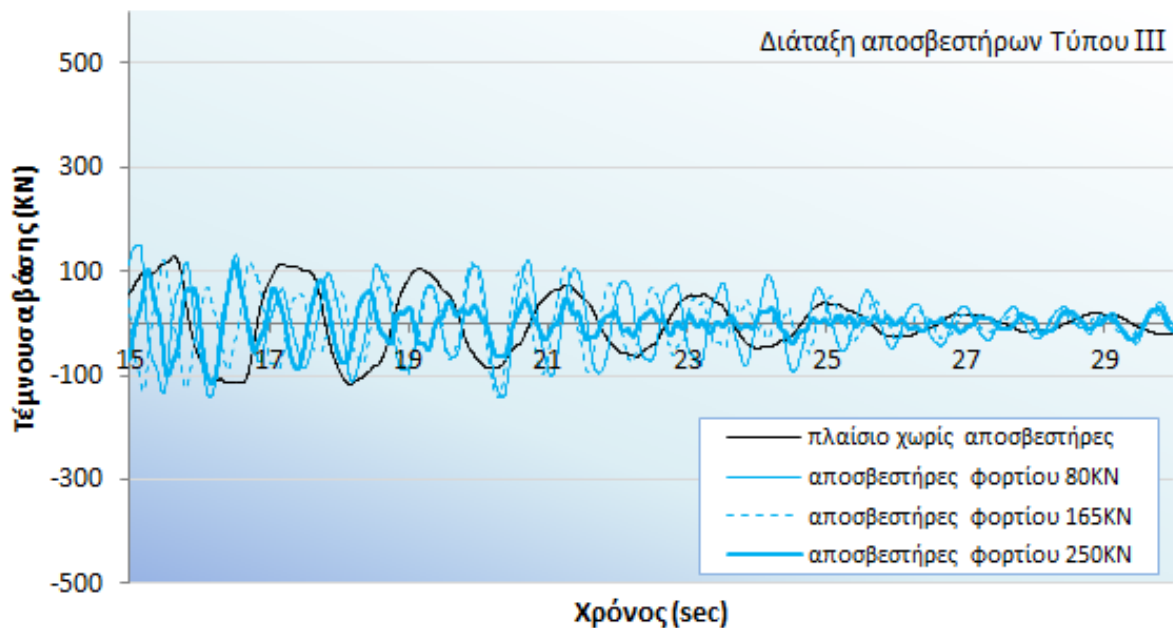
Σχήμα 4.139 Οι υστερητικοί βρόχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο

#### 4.5.4.3 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III, για το σεισμό της Καλαμάτας δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα (Σχήμα 4.140, Σχήμα 4.141).

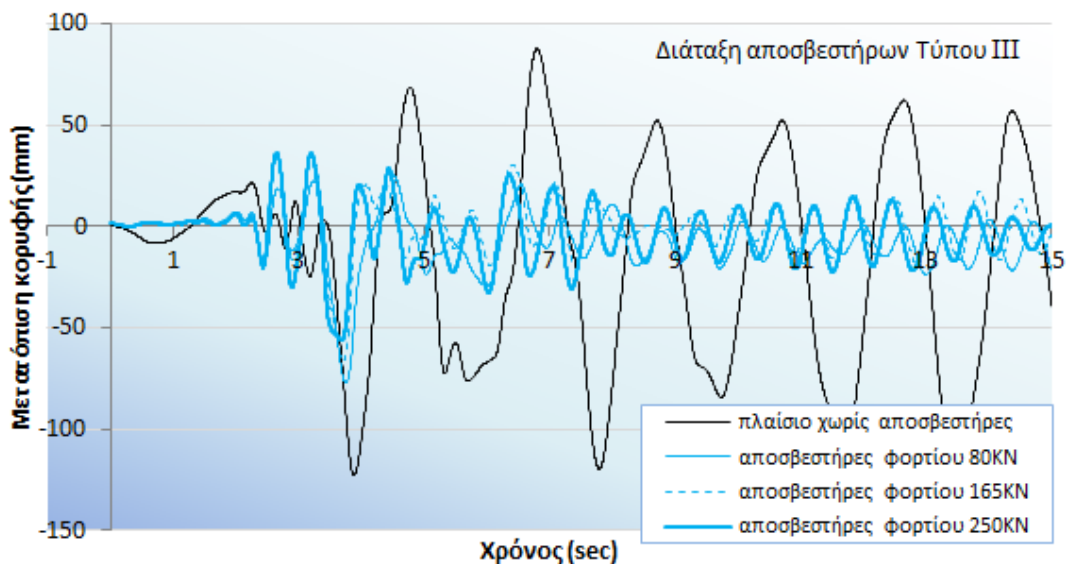


Σχήμα 4.140 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec)

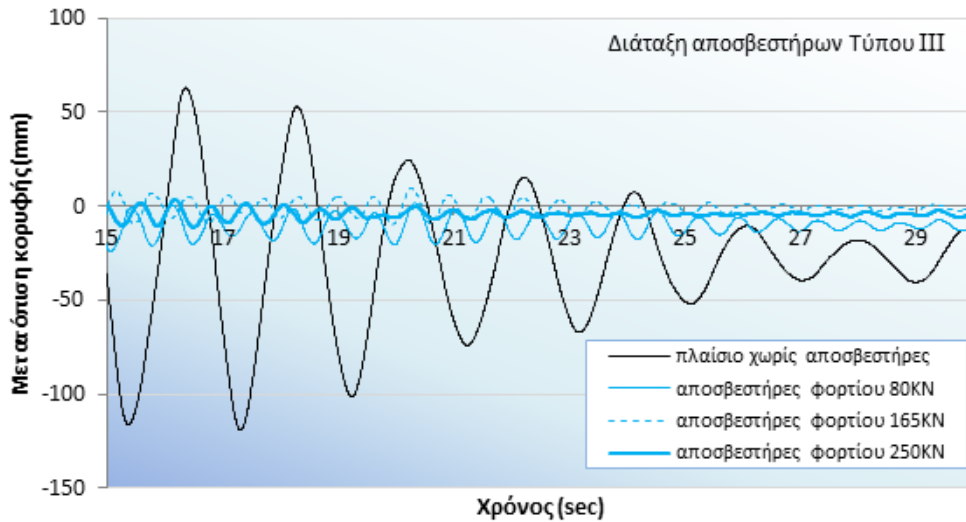


Σχήμα 4.141 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης.



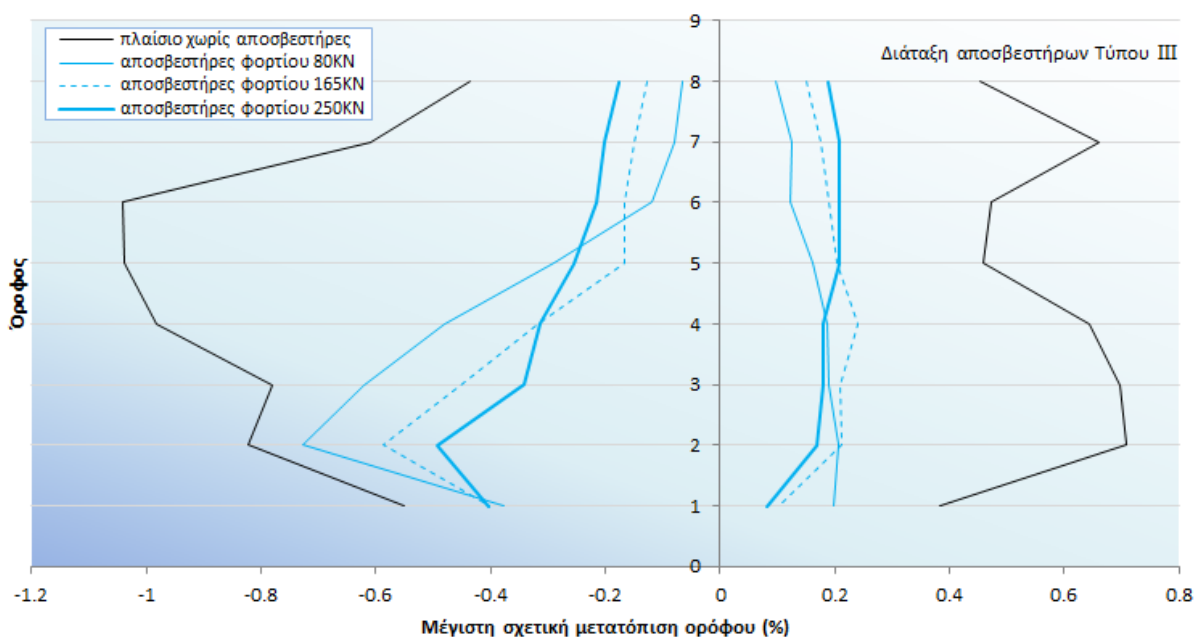
Σχήμα 4.142 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec)



Σχήμα 4.143 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.142, Σχήμα 4.143) παρατηρείται ότι για το σεισμό της Καλαμάτας με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 65% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

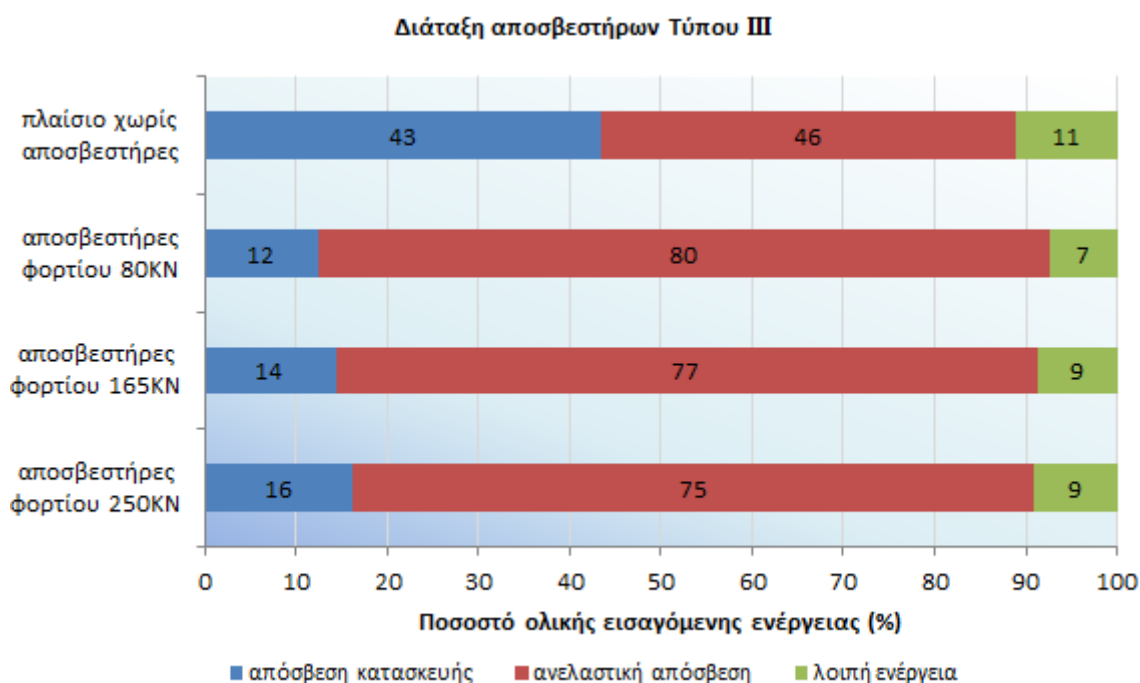
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.144), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας.



Σχήμα 4.144 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.144, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, χωρίς να προκύπτει σημαντική διαφορά σε αυτές ανάλογα με το φορτίο ολίσθησης των αποσβεστήρων. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 35% περίπου της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.79). Επιπλέον, αιτιολογείται επαρκώς και η εικόνα των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων, οι οποίες στην περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN και 165KN μειώνονται σε πλήθος και περιορίζονται κυρίως στις δύο πρώτες στάθμες, ενώ στην περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250KN οι τοπικές αστοχίες μειώνονται σε πλήθος, αλλά κατανέμονται σχεδόν σε όλο το ύψος του φορέα πέριξ των φατνωμάτων εφαρμογής τους.

Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.145), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου III, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες.

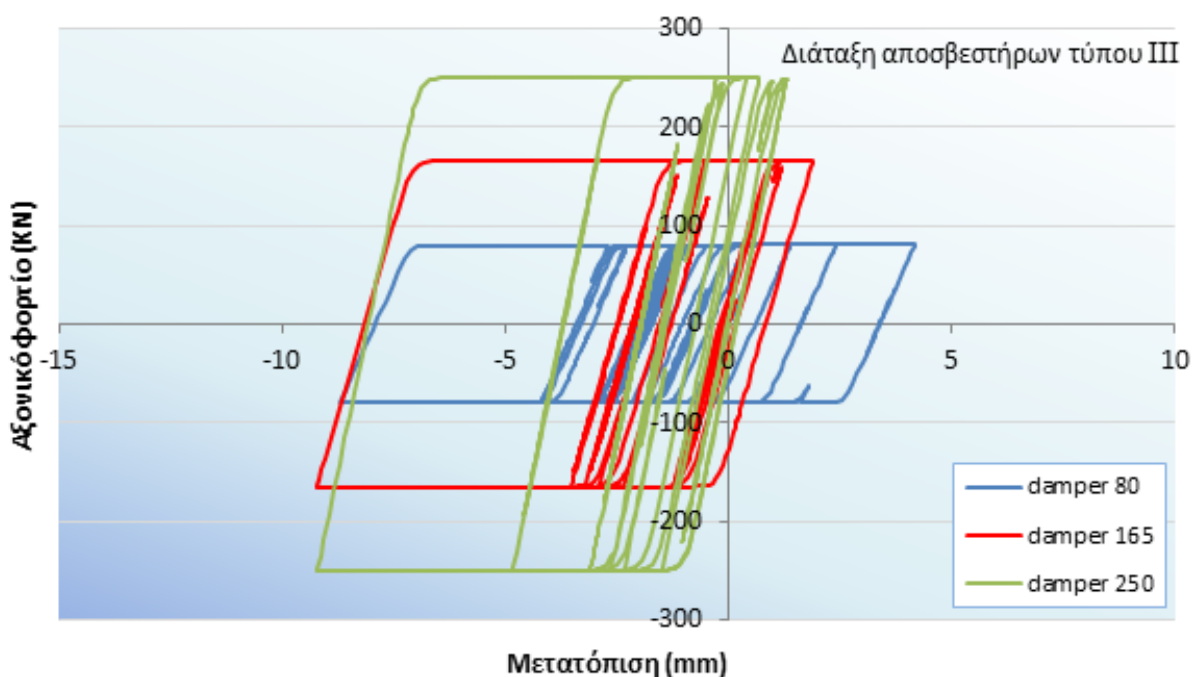


Σχήμα 4.145 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί στην ανελαστική απόσβεση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων και μόνο (λόγω απουσίας αποσβεστήρων), δικαιολογώντας την εκτεταμένη ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων άρα και βλαβών στο εξεταζόμενο πλαίσιο. Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 80%, μειώνοντας σημαντικά το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως, στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο, περιορίζονται σημαντικά οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως το μεγαλύτερο μέρος της ανελαστικής απόσβεσης

αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες, μειώνοντας τις τοπικές αστοχίες και βελτιώνοντας ουσιαστικά τη σεισμική συμπεριφορά και απόκριση του πλαισίου. Τέλος, παρατηρείται πως, ενώ αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας μειώνεται, κυρίως λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων.

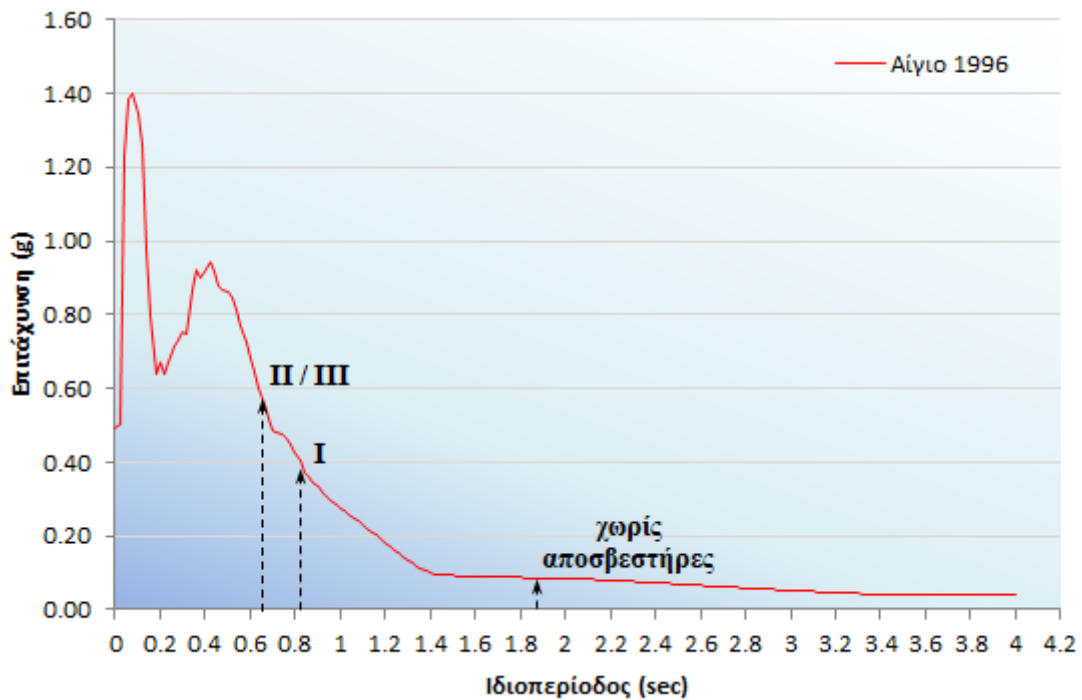
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.146), παρουσιάζεται ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι αποσβεστήρες ενεργοποιήθηκαν απορροφώντας σεισμική ενέργεια, με τον αποσβεστήρα φορτίου ολίσθησης 250KN στο ισόγειο να απορροφά περισσότερη ενέργεια.



Σχήμα 4.146 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο

#### 4.5.5 Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις με το σεισμό του Αιγίου 1996

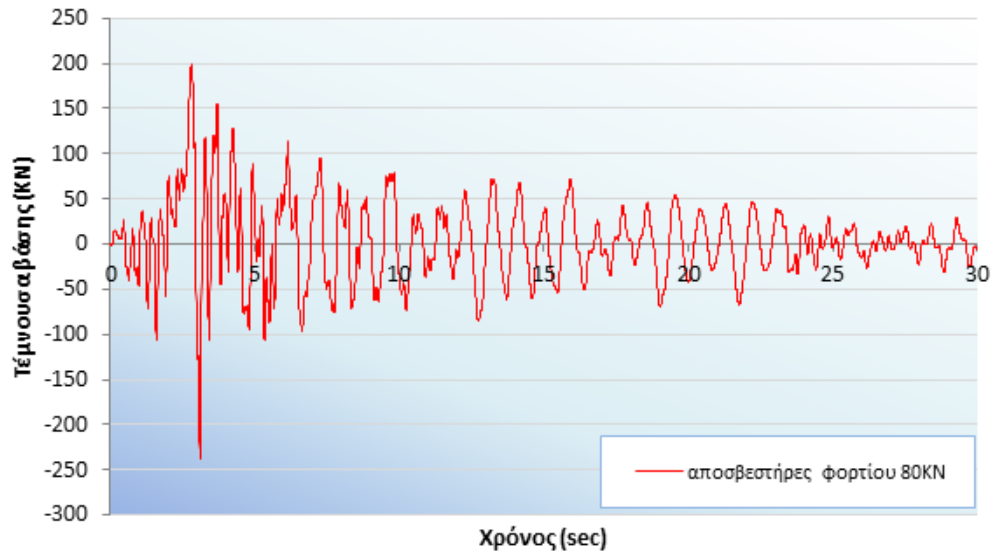
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν με τη μέθοδο της Δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου 1996 στο πλαίσιο που περιγράφηκε παραπάνω, με χρήση τριών διαφορετικού φορτίου ολίσθησης (80KN, 165KN και 250KN) αποσβεστήρων τριβής της εταιρείας QUAKETEK σε τρεις διατάξεις, με το λογισμικό ETABS. Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.147), παρουσιάζεται το φάσμα επιταχύνσεων της σεισμικής καταγραφής, επί του οποίου σημειώνονται οι τιμές των εδαφικών επιταχύνσεων που αντιστοιχούν στην ιδιοπερίοδο του πλαισίου για κάθε διάταξη αποσβεστήρων, όπως αυτή προσδιορίστηκε από τις στατικές ανελαστικές αναλύσεις.



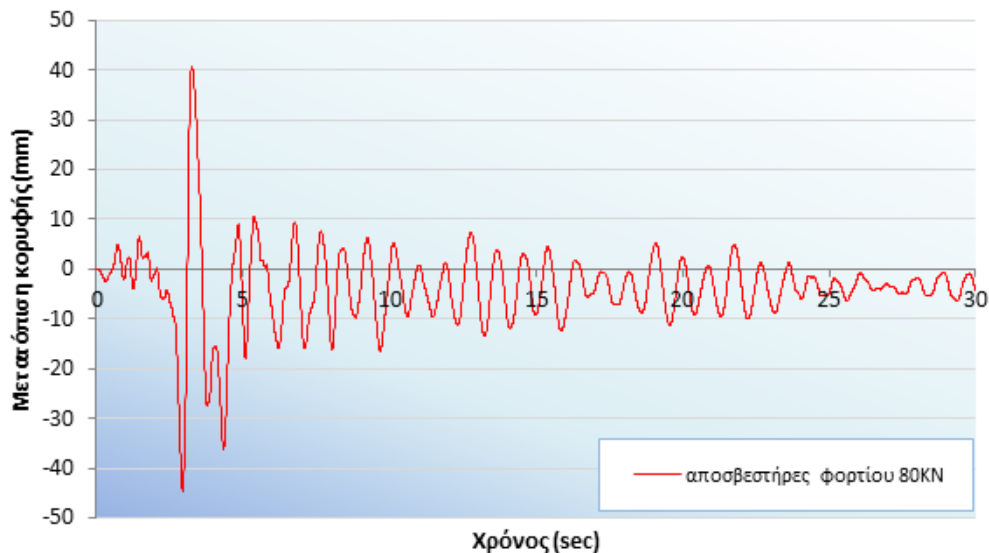
Σχήμα 4.147 Φάσμα επιταχύνσεων σεισμού Αιγίου & ιδιοπερίοδοι πλαισίων

#### 4.5.5.1 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.148, Σχήμα 4.149).

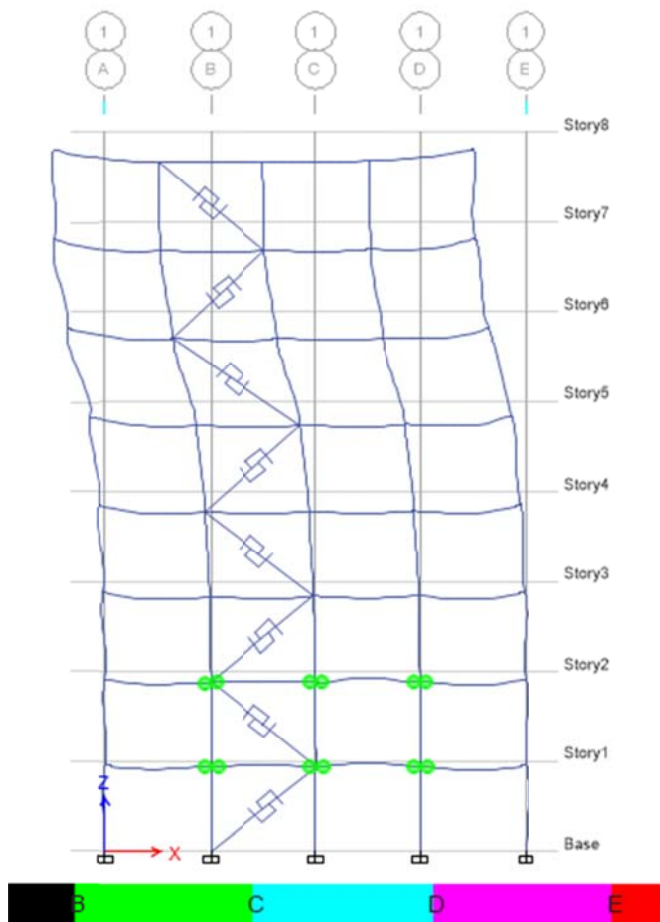


Σχήμα 4.148 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN



Σχήμα 4.149 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.150) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN για το σεισμό του Αιγίου.

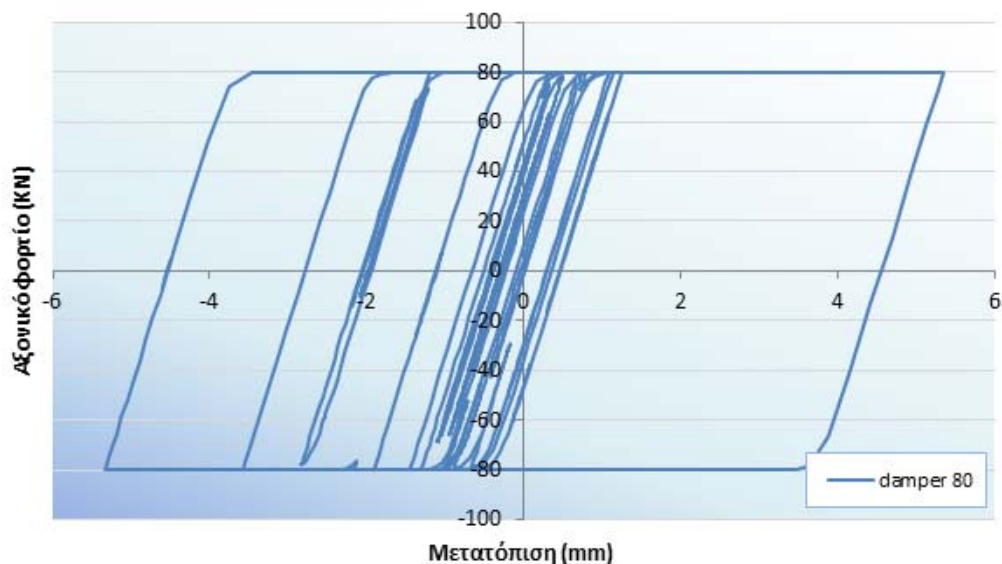


Σχήμα 4.150 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αιγίου 1996)

Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα εσωτερικά άκρα όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, δεν αναπτύσσεται καμία πλαστική άρθρωση.

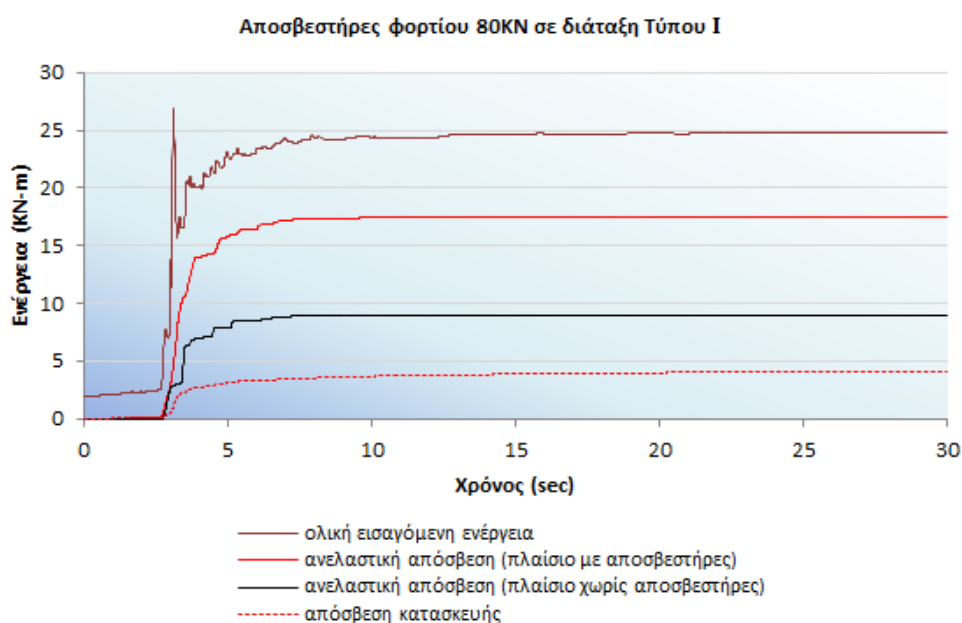
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.151) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.





Σχήμα 4.151 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80kN

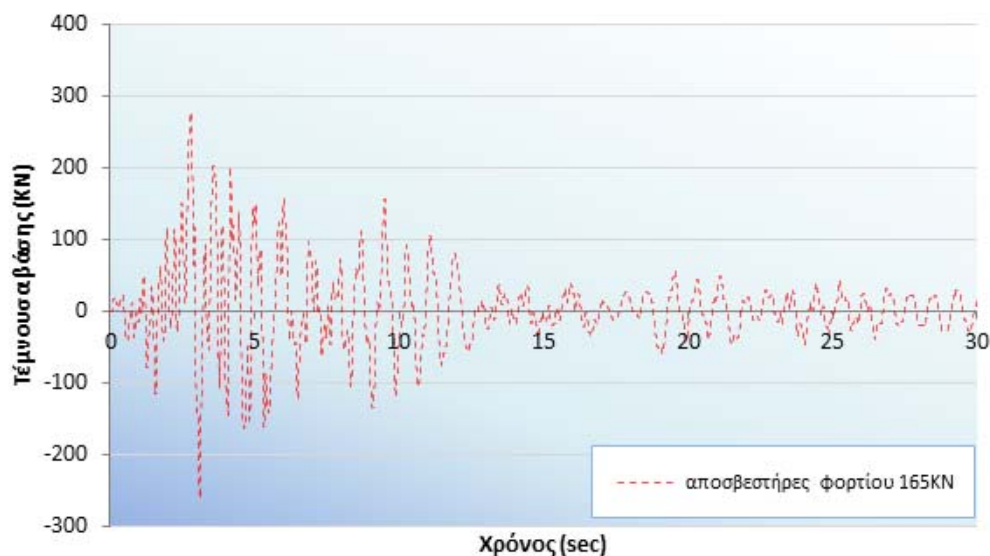
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80kN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.152) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Διευκρινίζεται και πάλι πως, η ολική εισαγόμενη ενέργεια είναι αυτή που εφαρμόζεται στο πλαίσιο λόγω των επιβαλλόμενων φορτίων (στατικών και δυναμικών), η ανελαστική απόσβεση αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από τους αποσβεστήρες και τις πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στα μέλη του φορέα, ενώ η απόσβεση της κατασκευής αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από το πλαίσιο εξαιτίας της μάζας και της ακαμψίας του. Από το Σχήμα 4.152 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



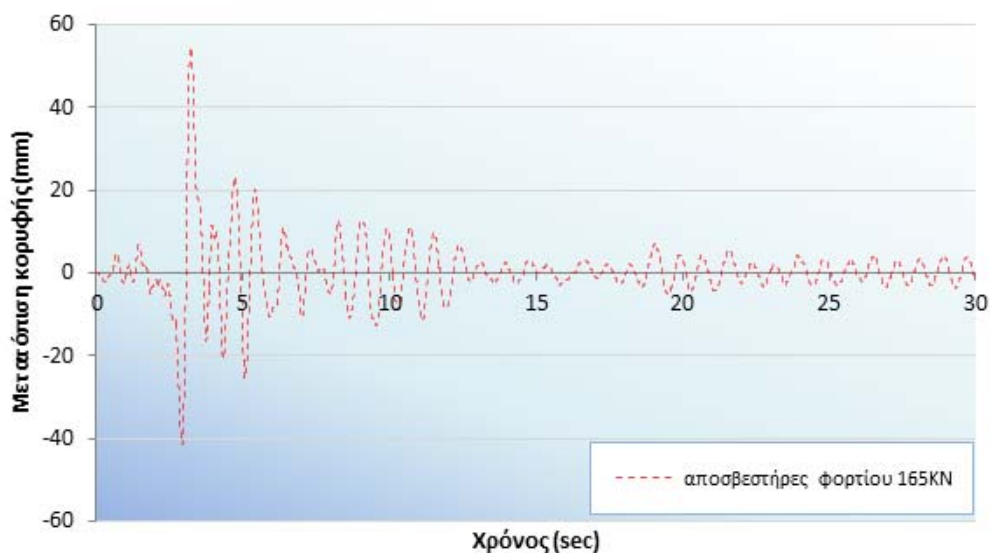
Σχήμα 4.152 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80kN σε διάταξη Τύπου I

#### 4.5.5.2 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.153, Σχήμα 4.154).

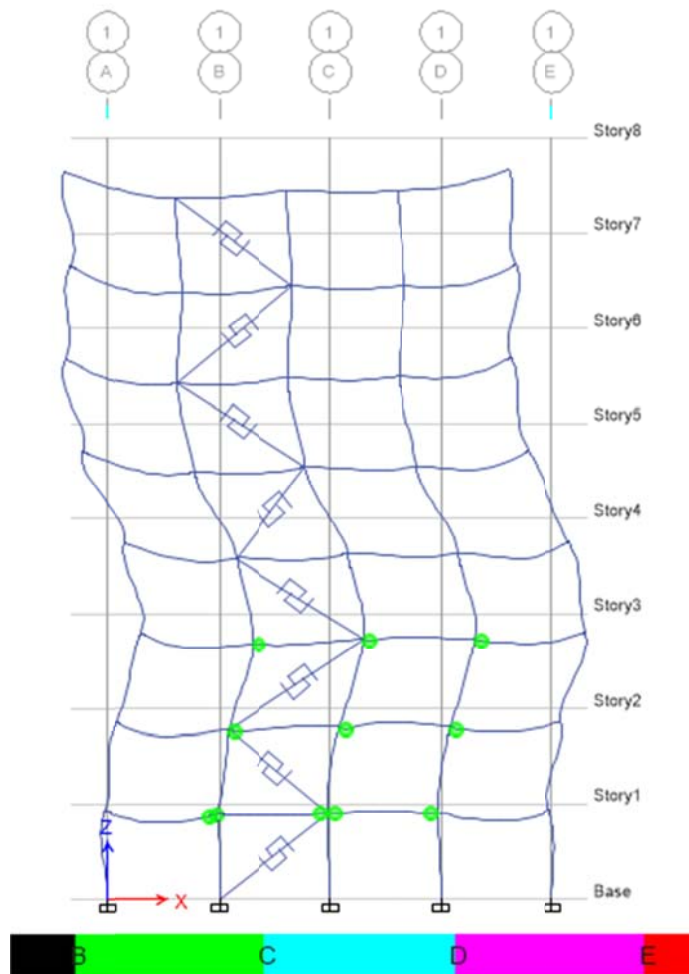


Σχήμα 4.153 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN



Σχήμα 4.154 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN

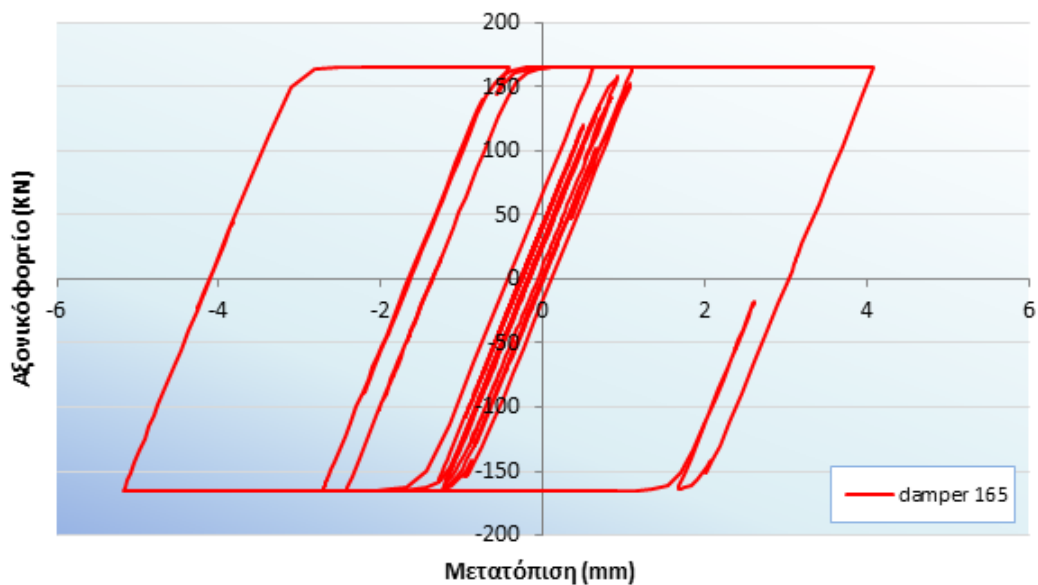
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.155) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165kN για το σεισμό του Αιγίου.



Σχήμα 4.155 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 165kN (σεισμός Αιγίου 1996)

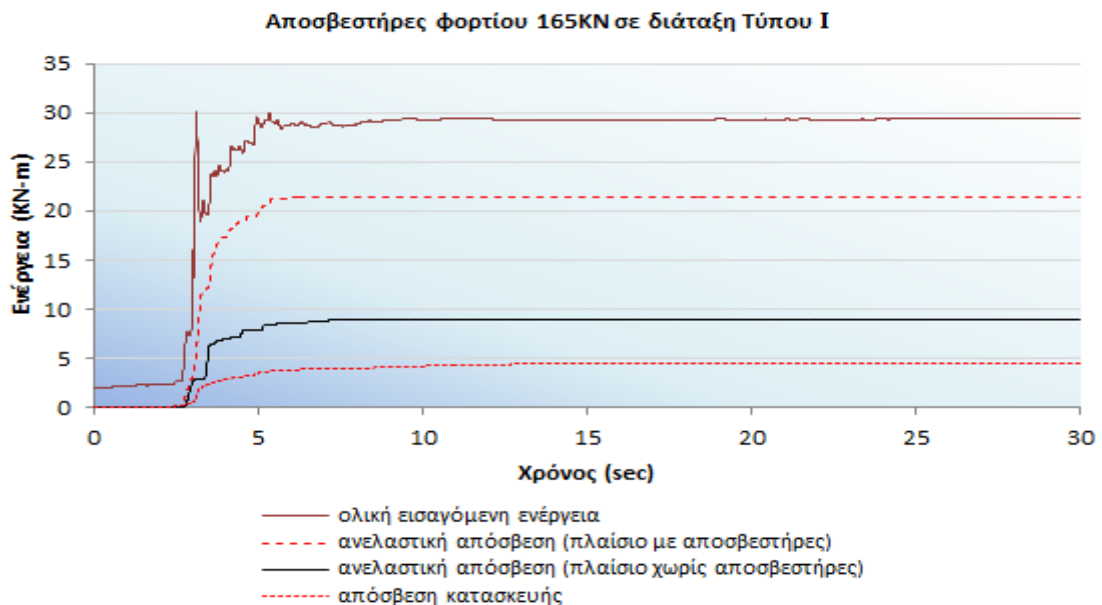
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα αριστερά άκρα των τριών των δοκών της δεύτερης και τρίτης στάθμης και κάποιες δεξιά. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, δεν αναπτύσσεται καμία πλαστική άρθρωση.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.156) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165kN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.156 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN

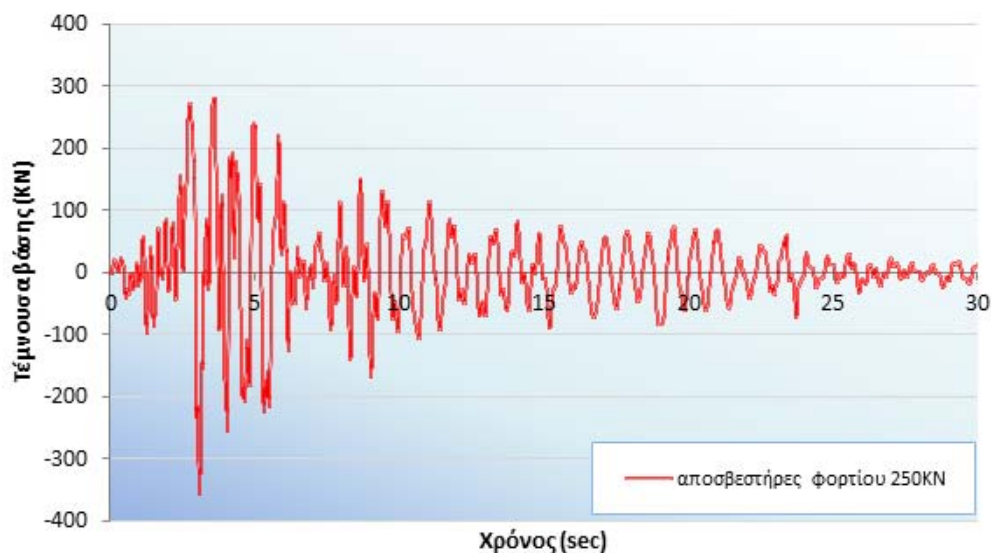
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.157) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.157 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



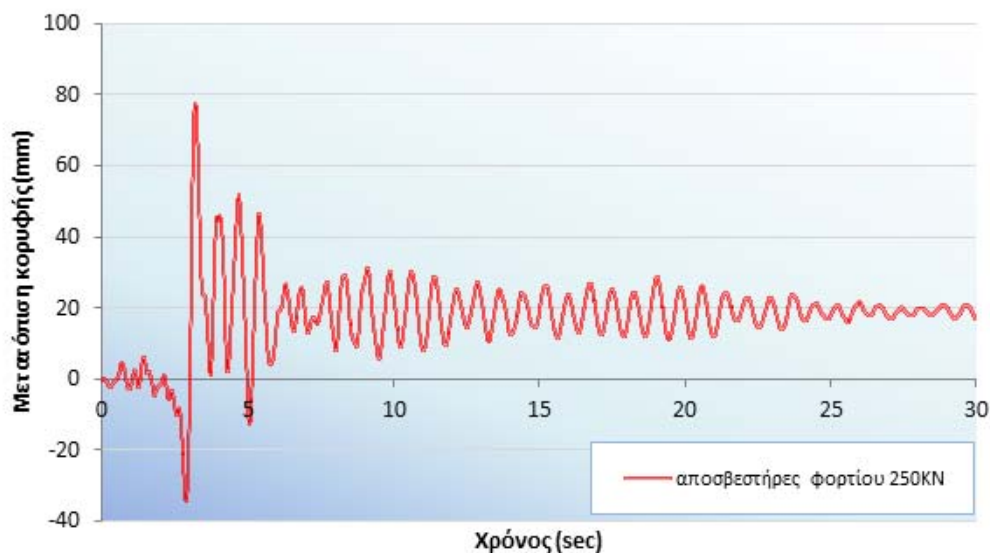
Σχήμα 4.157 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου I

### 4.5.5.3 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 250KN)

Από την τρίτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.158, Σχήμα 4.159).

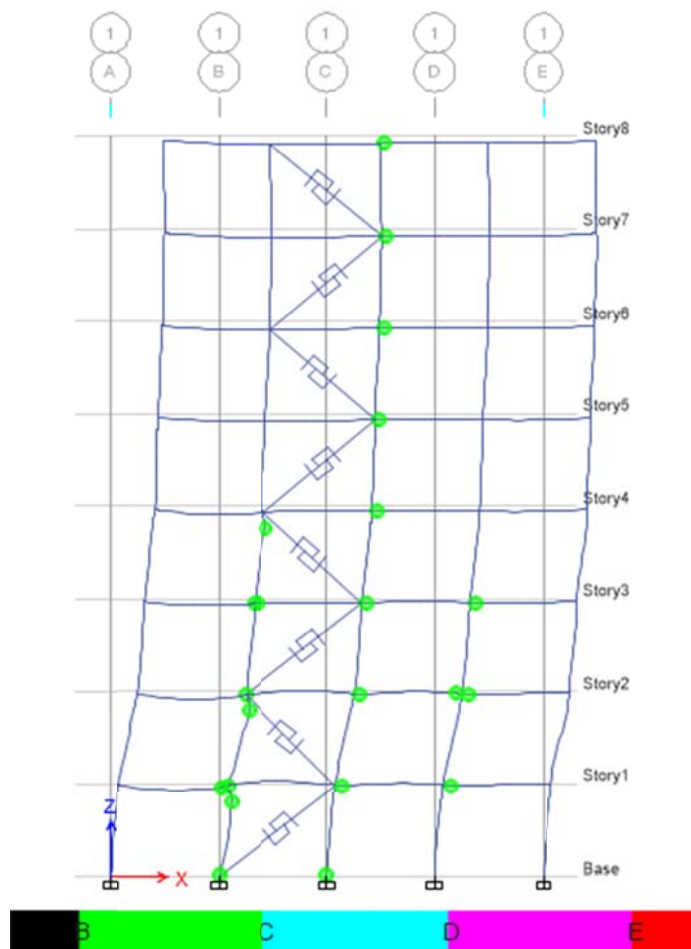


Σχήμα 4.158 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN



Σχήμα 4.159 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN

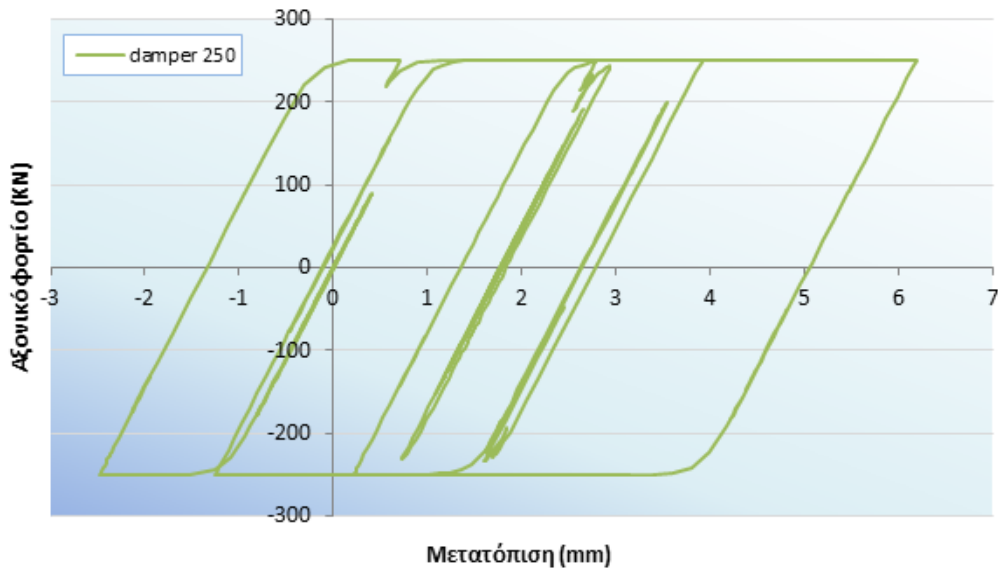
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.160) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN για το σεισμό του Αιγίου.



Σχήμα 4.160 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αιγίου 1996)

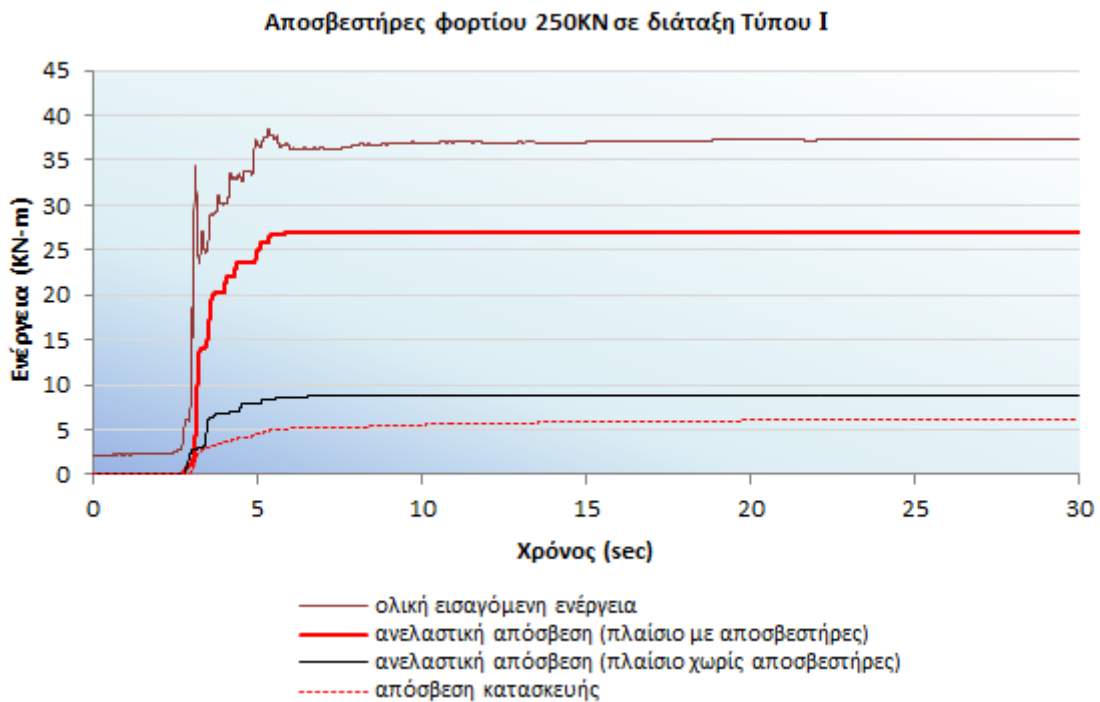
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στις δοκούς δεξιά του μεσαίου υποστυλώματος σε όλες τις στάθμες σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών της πρώτης, δεύτερης και τρίτης στάθμης εκτός των ακραίων κόμβων. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στη βάση των δύο ενδιάμεσων από τα πέντε υποστυλώματα ισογείου και συγκεκριμένα στο φάντωμα με τον αποσβεστήρα, καθώς και στην κορυφή ενός υποστυλώματος στο ισόγειο και την πρώτη στάθμη.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.161) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.161 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250kN

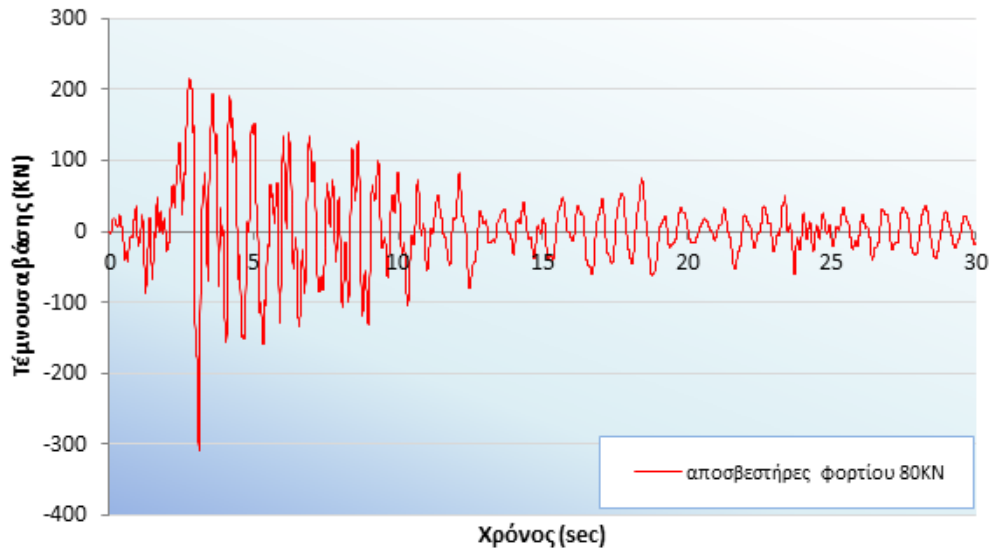
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250kN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.162) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.162 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



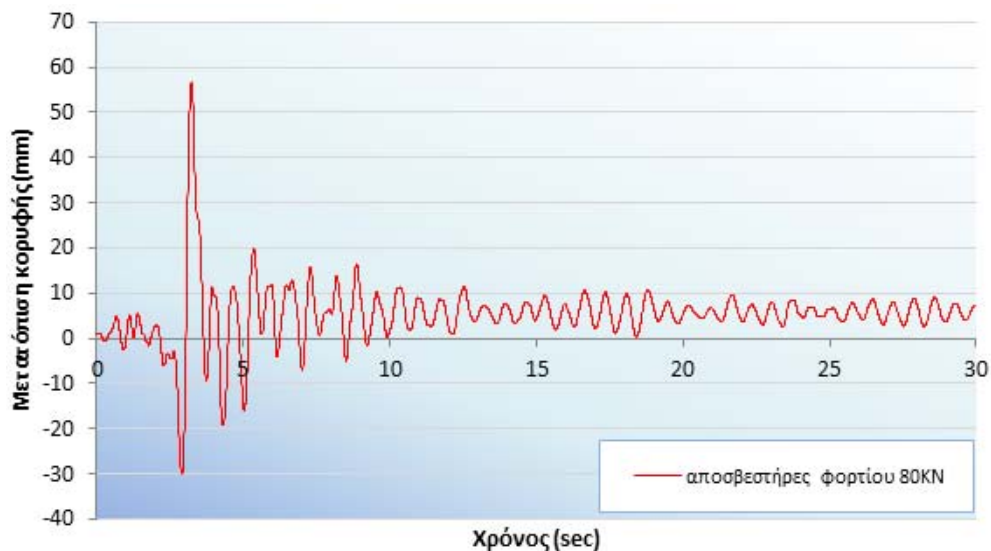
Σχήμα 4.162 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250kN σε διάταξη Τύπου I

#### 4.5.5.4 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.163, Σχήμα 4.164).



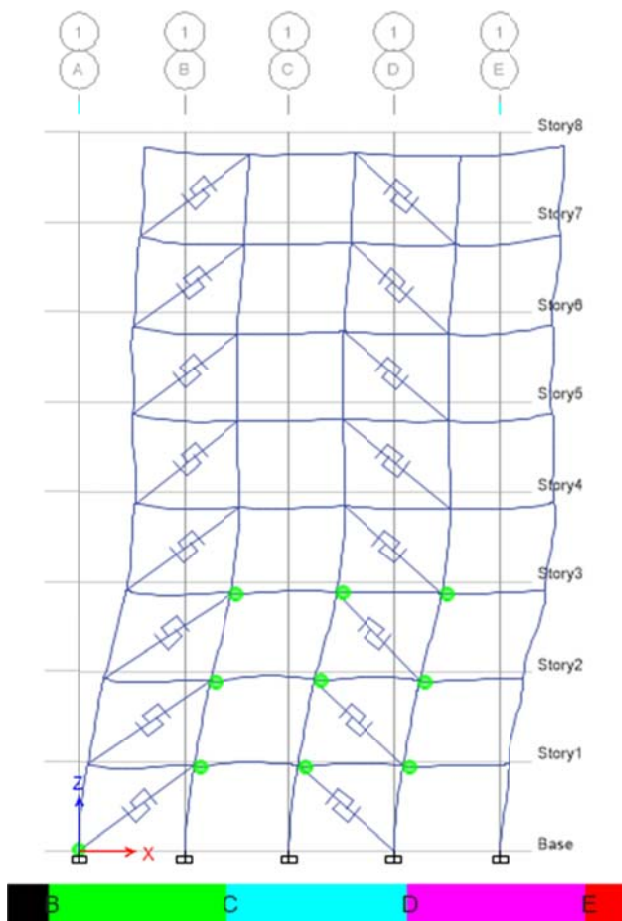
Σχήμα 4.163 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN



Σχήμα 4.164 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN



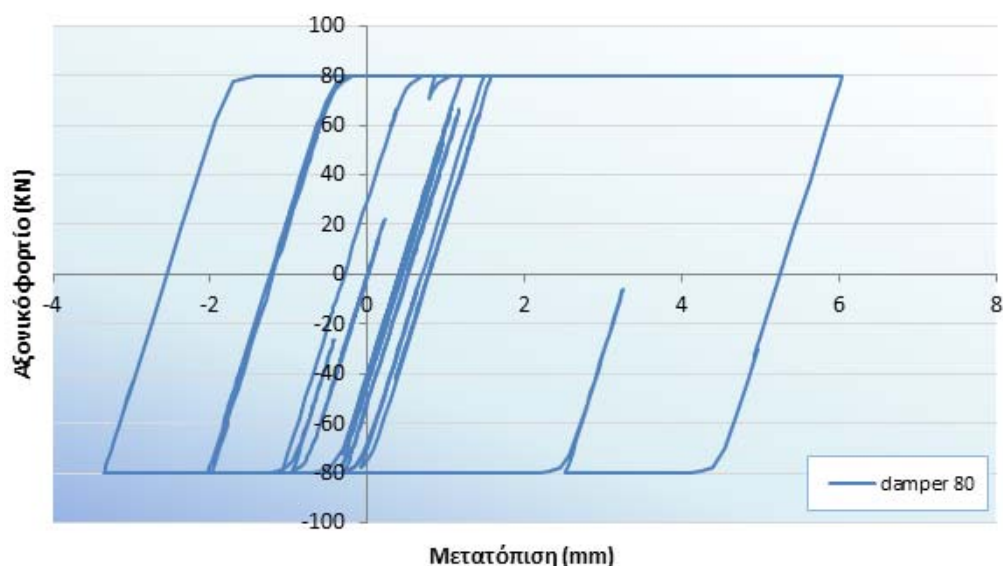
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.165) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN για το σεισμό του Αιγίου.



Σχήμα 4.165 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αιγίου 1996)

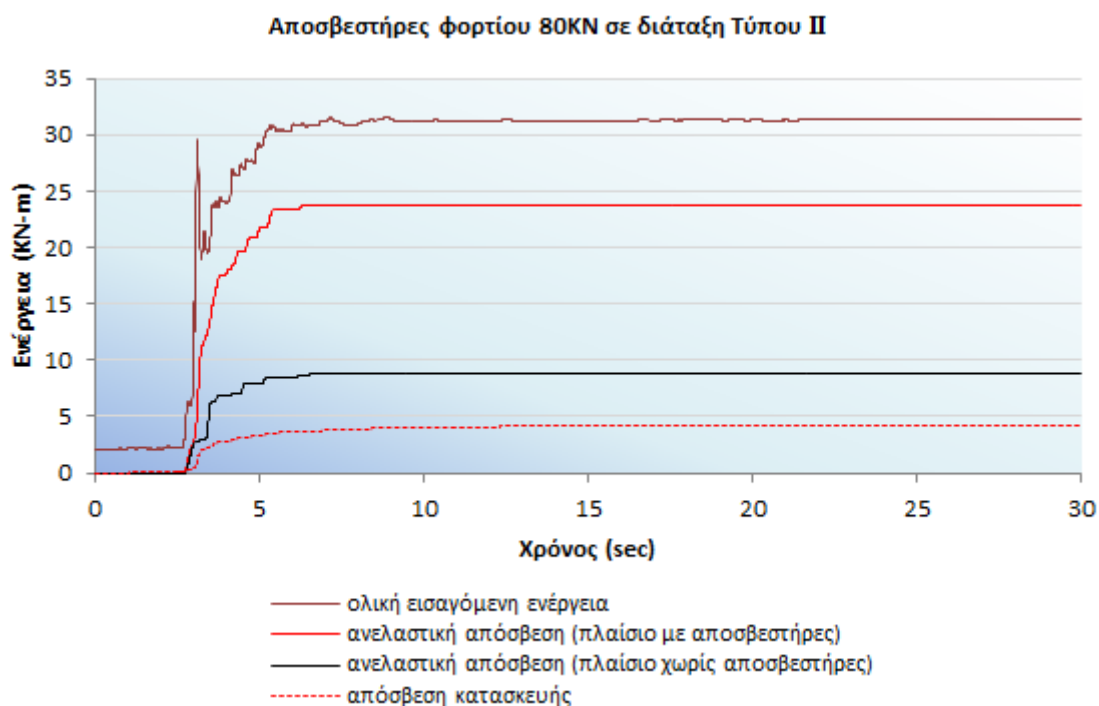
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα αριστερά εσωτερικά άκρα όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, δεν αναπτύσσεται καμία πλαστική άρθρωση.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.166) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.166 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN

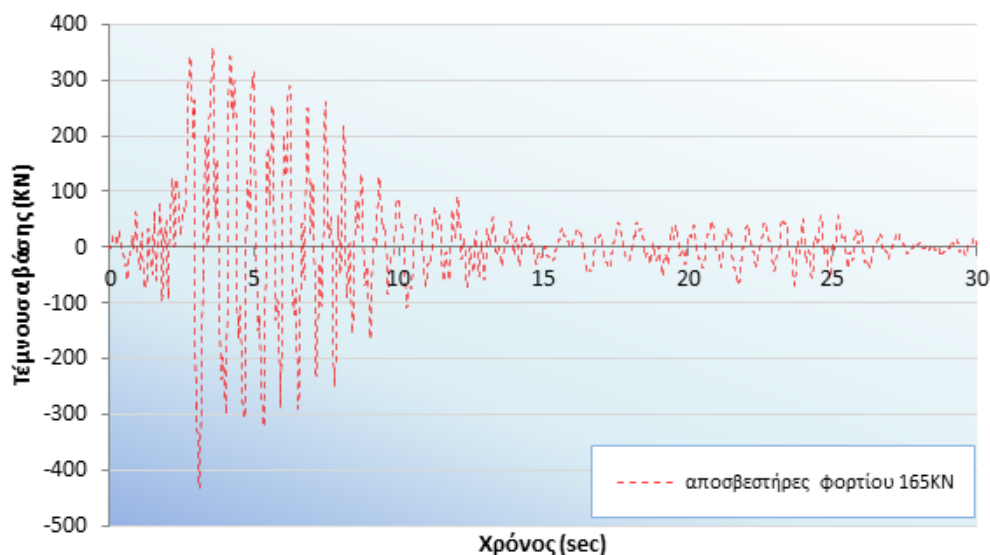
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80KN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.167) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.167 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



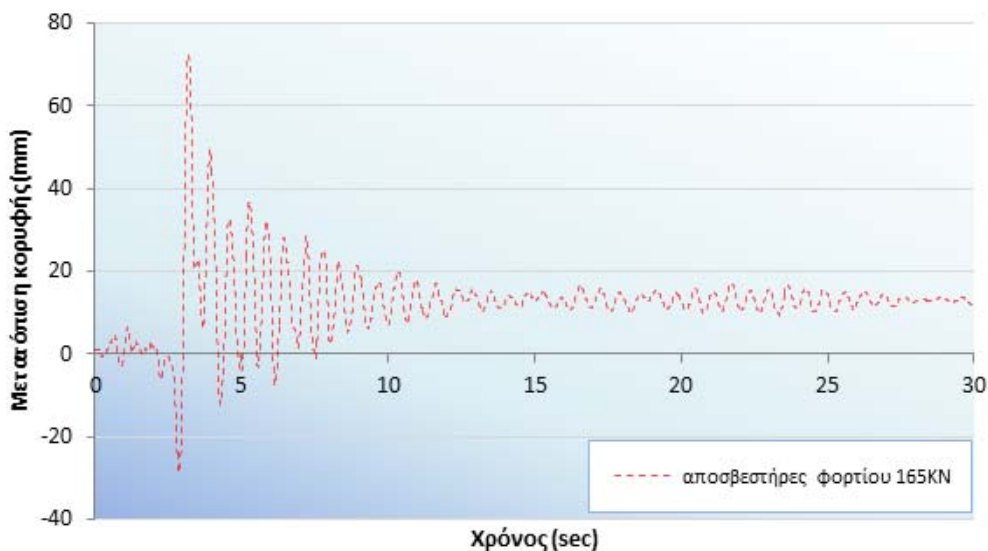
Σχήμα 4.167 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου II

#### 4.5.5.5 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.168, Σχήμα 4.169).

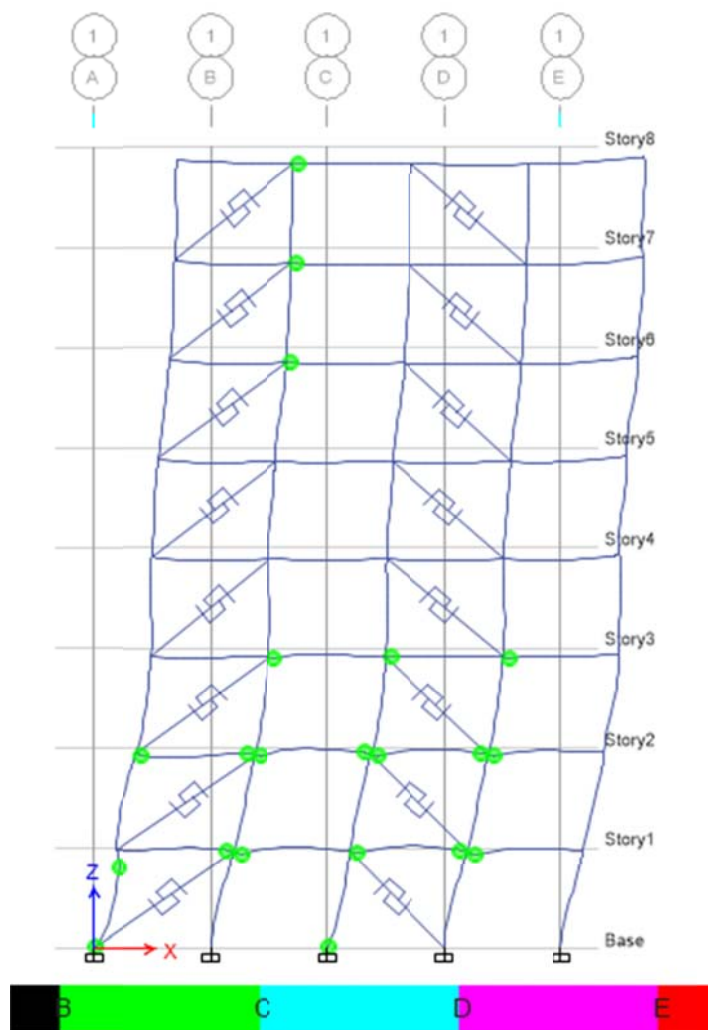


Σχήμα 4.168 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN



Σχήμα 4.169 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN

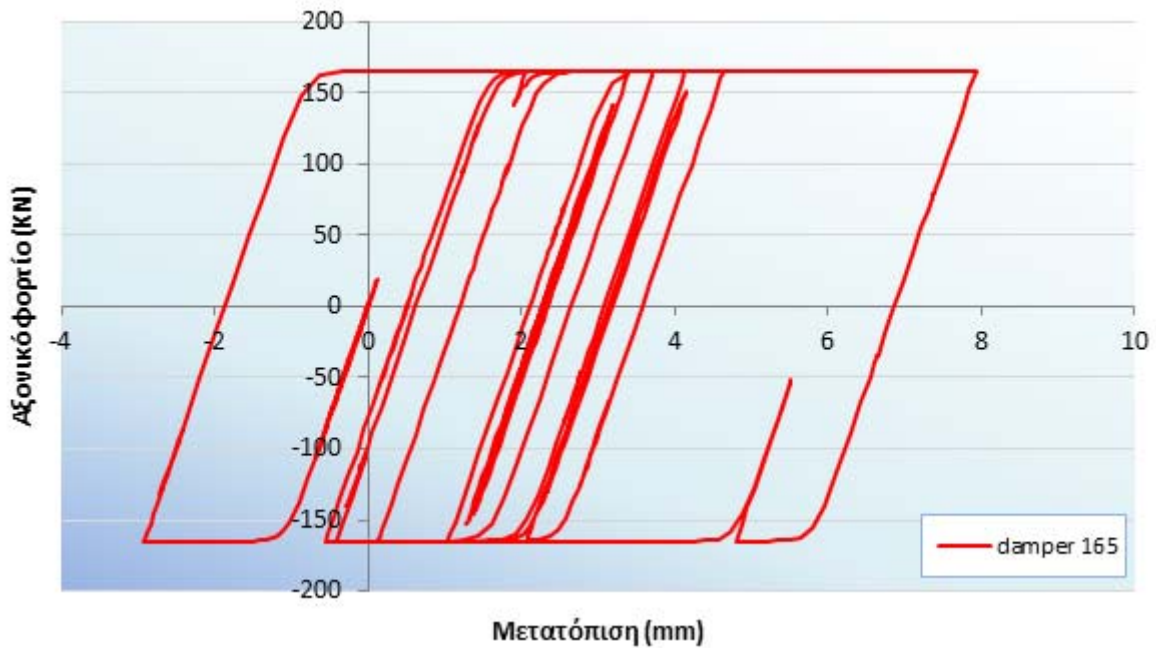
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.170) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165kN για το σεισμό του Αιγίου.



Σχήμα 4.170 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 165kN (σεισμός Αιγίου 1996)

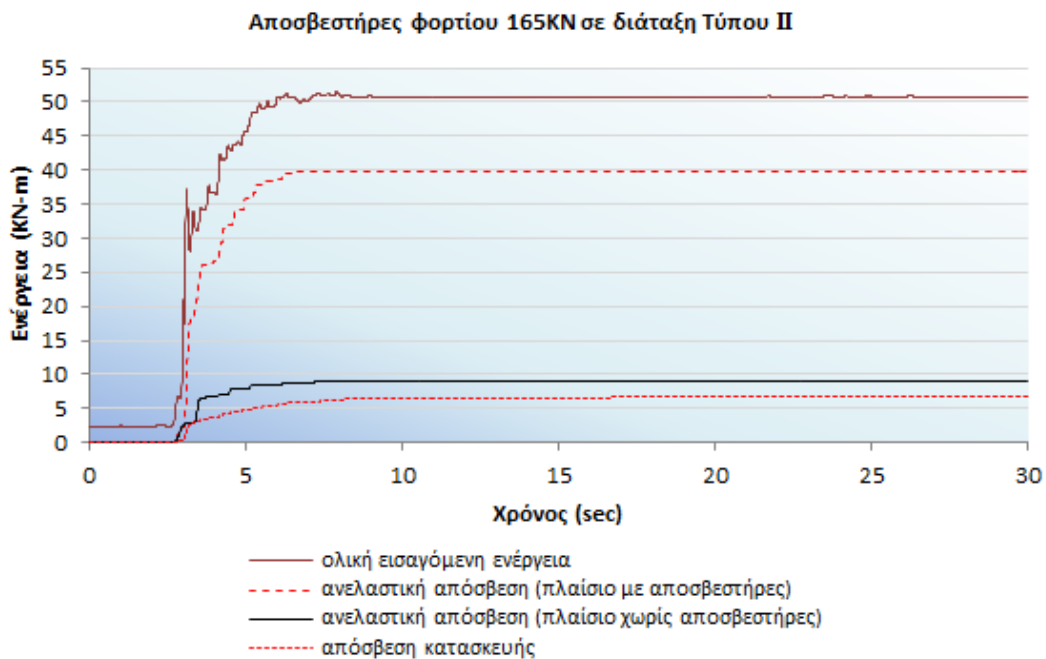
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα σχεδόν όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης καθώς και στο ένα άκρο των μεσαίων δοκών της τρίτης στάθμης. Επίσης στο αριστερό άκρο των δοκών του δεύτερου φατώματος στις τρεις ανώτερες στάθμες. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσεται μία πλαστική άρθρωση στην κεφαλή του ακραίου υποστυλώματος του ισογείου.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.171) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165kN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.171 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN

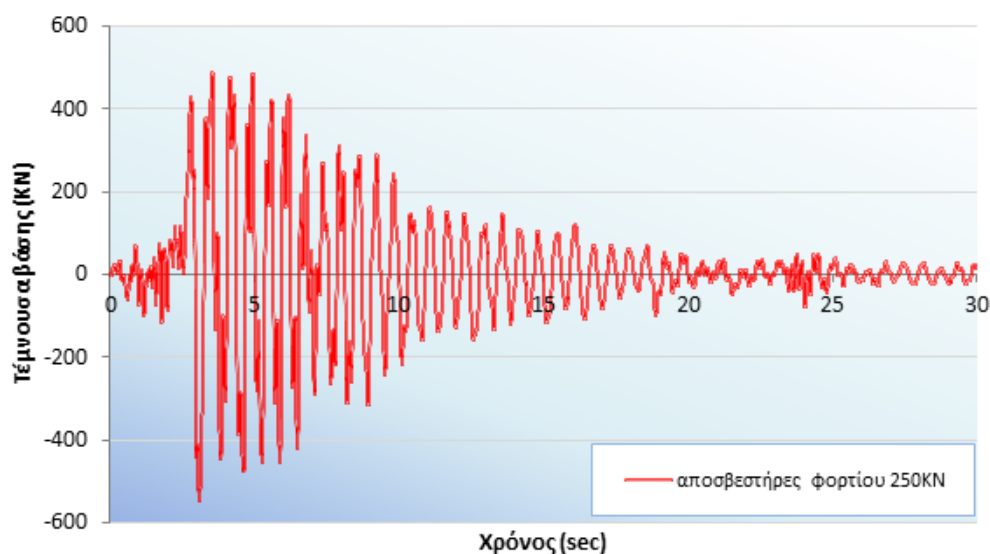
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.172) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.172 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



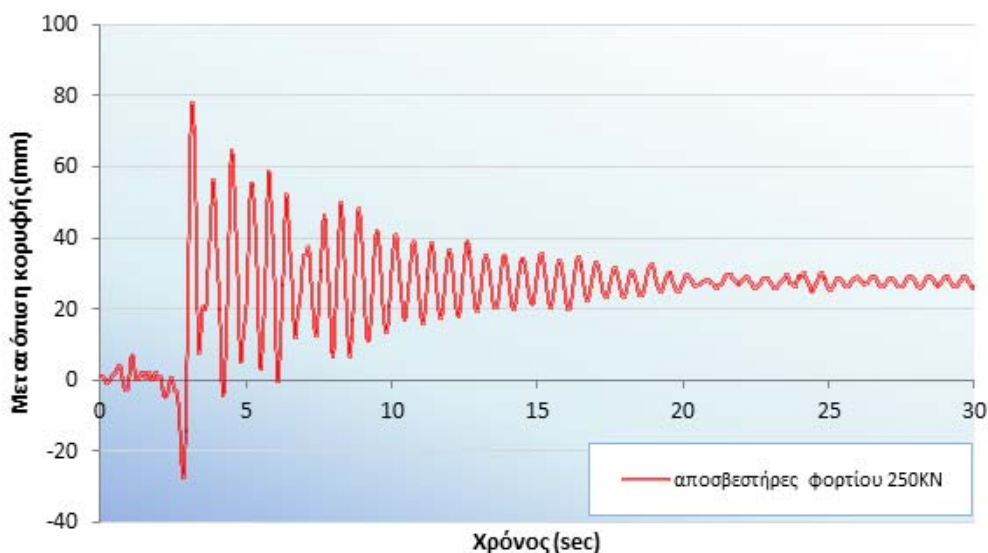
Σχήμα 4.172 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου II

#### 4.5.5.6 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 250KN)

Από την τρίτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.173, Σχήμα 4.174).

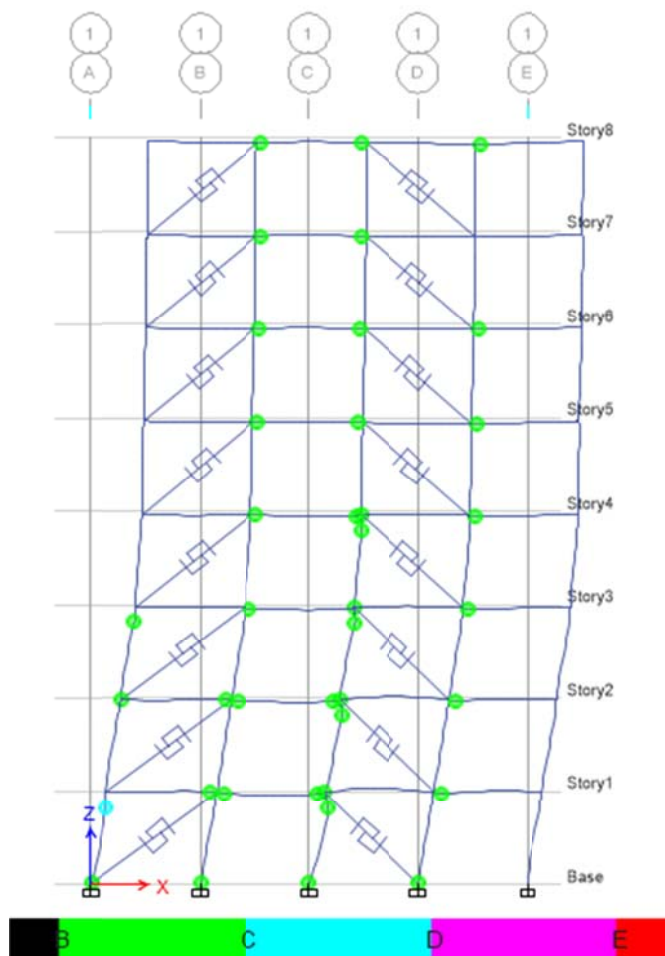


Σχήμα 4.173 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN



Σχήμα 4.174 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN

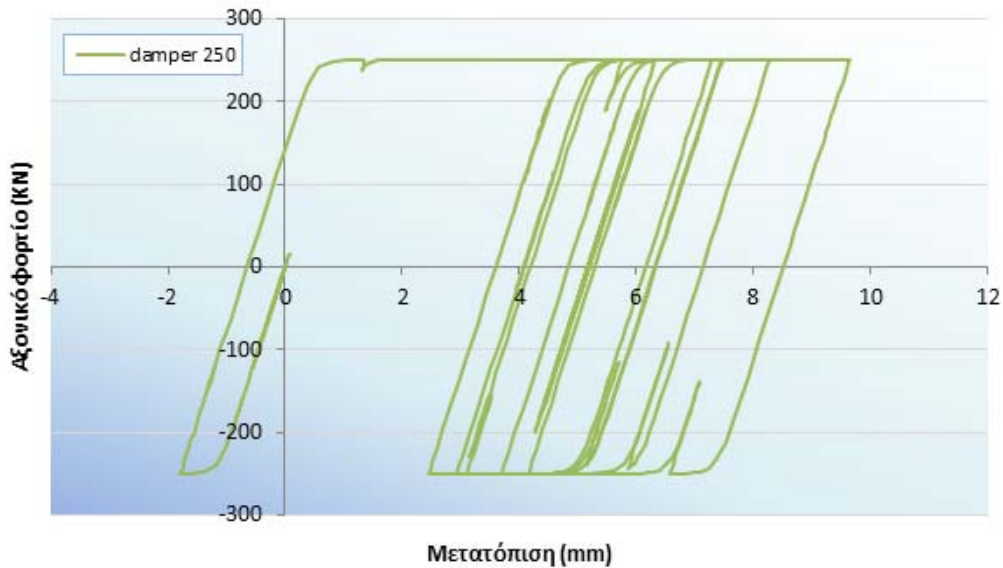
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.175) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN για το σεισμό του Αιγίου.



Σχήμα 4.175 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αιγίου 1996)

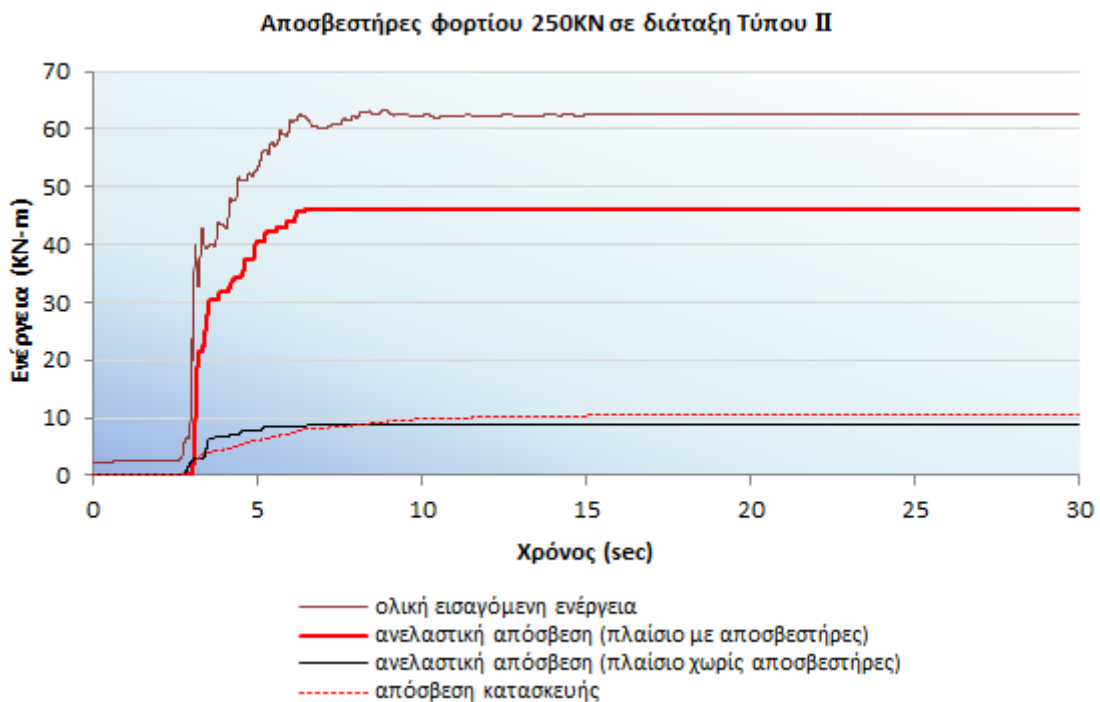
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών στα δύο ενδιάμεσα φατνώματα του πλαισίου σε όλες τις στάθμες. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στην κεφαλή του μεσαίου υποστυλώματος από την πρώτη μέχρι την τέταρτη στάθμη. Επίσης πλαστικές αρθρώσεις εμφανίζονται στις βάσεις των τριών ενδιάμεσων υποστυλωμάτων του ισόγειου και στις κεφαλές του ακραίου υποστυλώματος του ισόγειου και της τρίτης στάθμης.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.176) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.176 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250kN

Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250kN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.177) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.177 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.

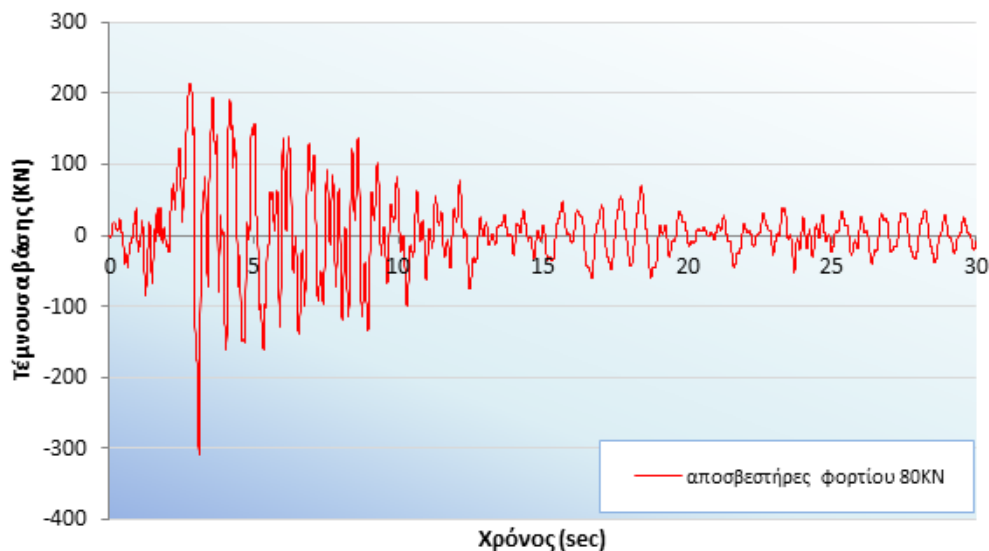


Σχήμα 4.177 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250kN σε διάταξη Τύπου II

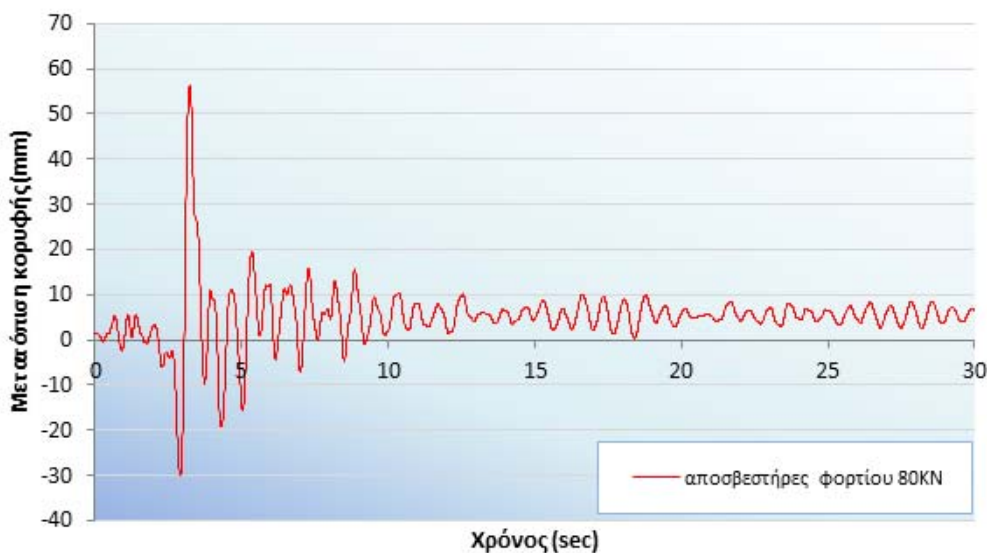


#### 4.5.5.7 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.178, Σχήμα 4.179).

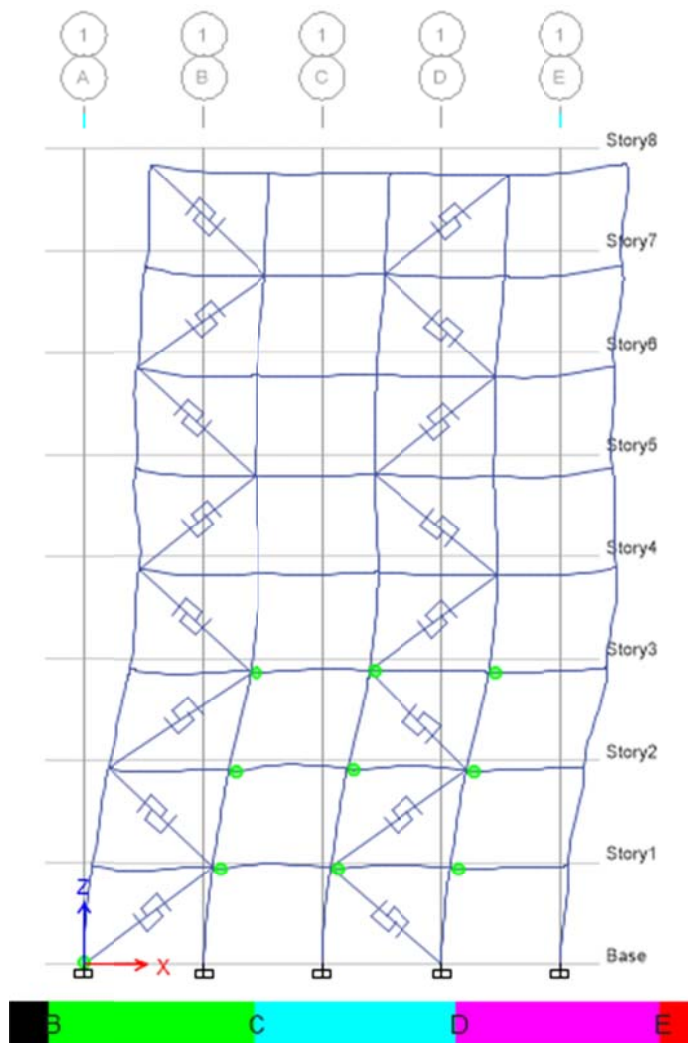


Σχήμα 4.178 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN



Σχήμα 4.179 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN

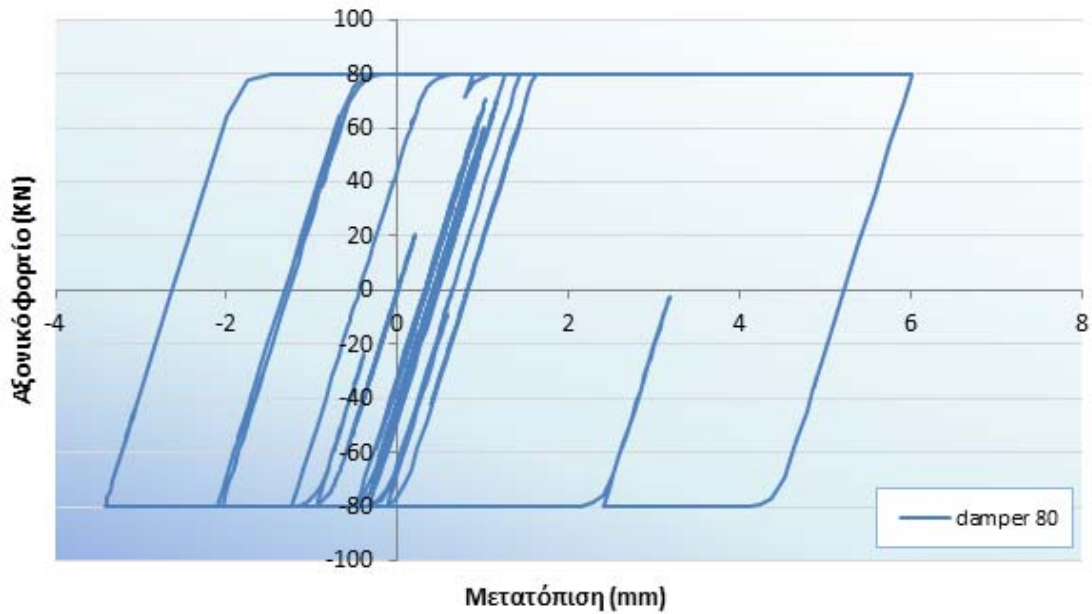
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.180) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN για το σεισμό του Αγίου.



Σχήμα 4.180 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αγίου 1996)

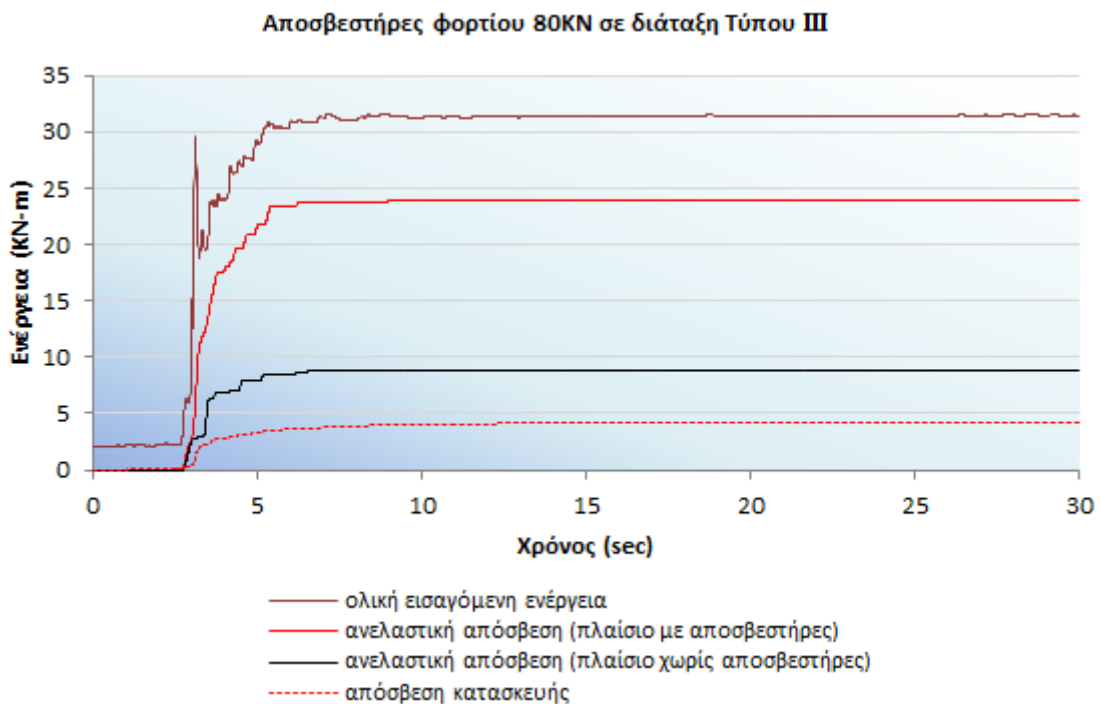
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα αριστερά εσωτερικά άκρα όλων των δοκών της πρώτης, δεύτερης και τρίτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, δεν αναπτύσσεται καμία πλαστική άρθρωση.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.181) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.181 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80kN

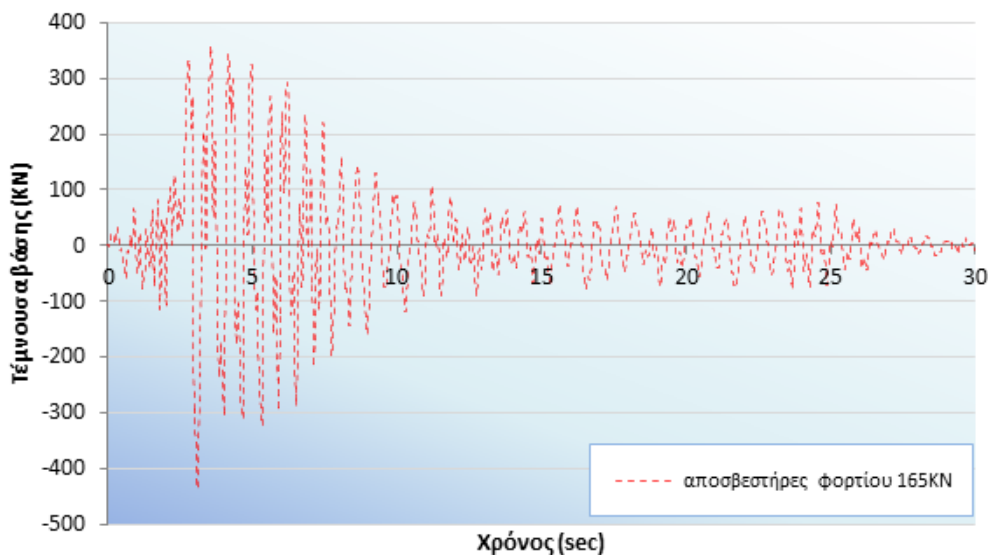
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80kN σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.182) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.182 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



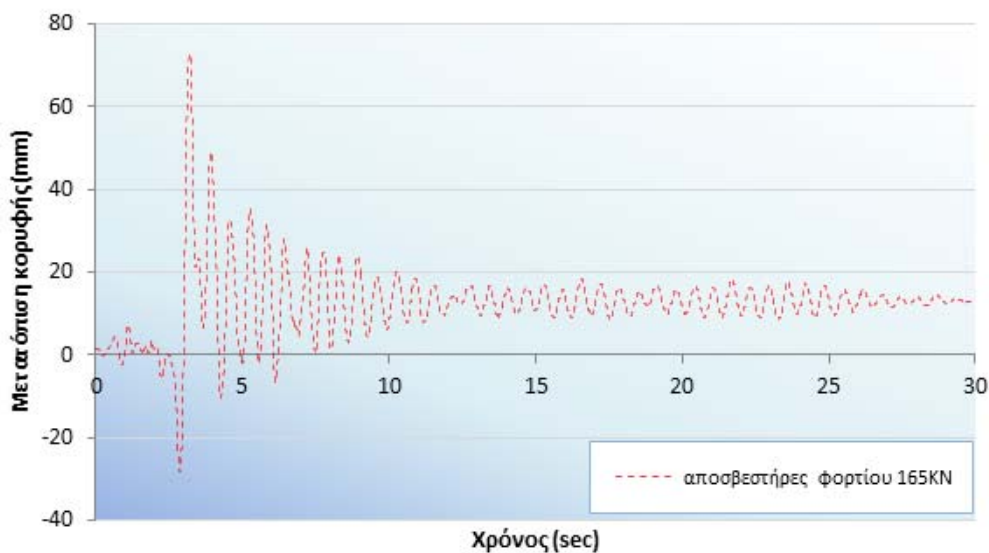
Σχήμα 4.182 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80kN σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ

#### 4.5.5.8 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.183, Σχήμα 4.184)

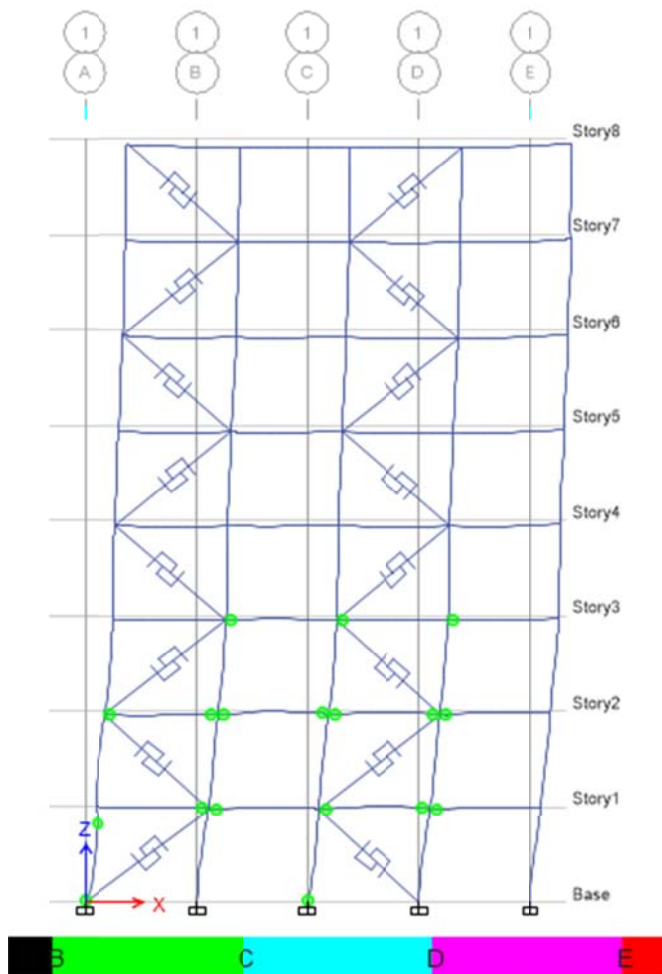


Σχήμα 4.183 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 165KN



Σχήμα 4.184 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 165KN

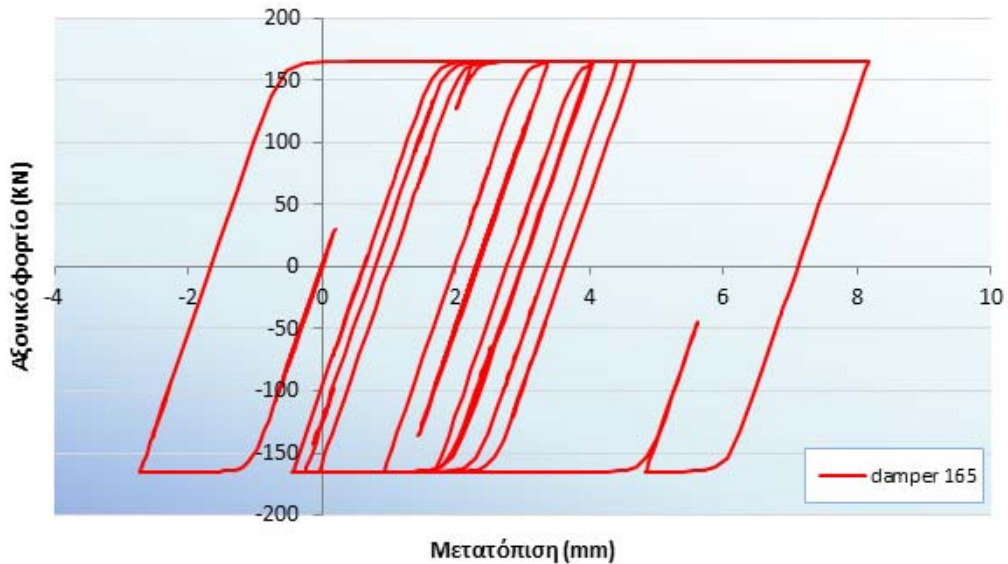
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.185) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN για το σεισμό του Αιγίου.



Σχήμα 4.185 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αιγίου 1996)

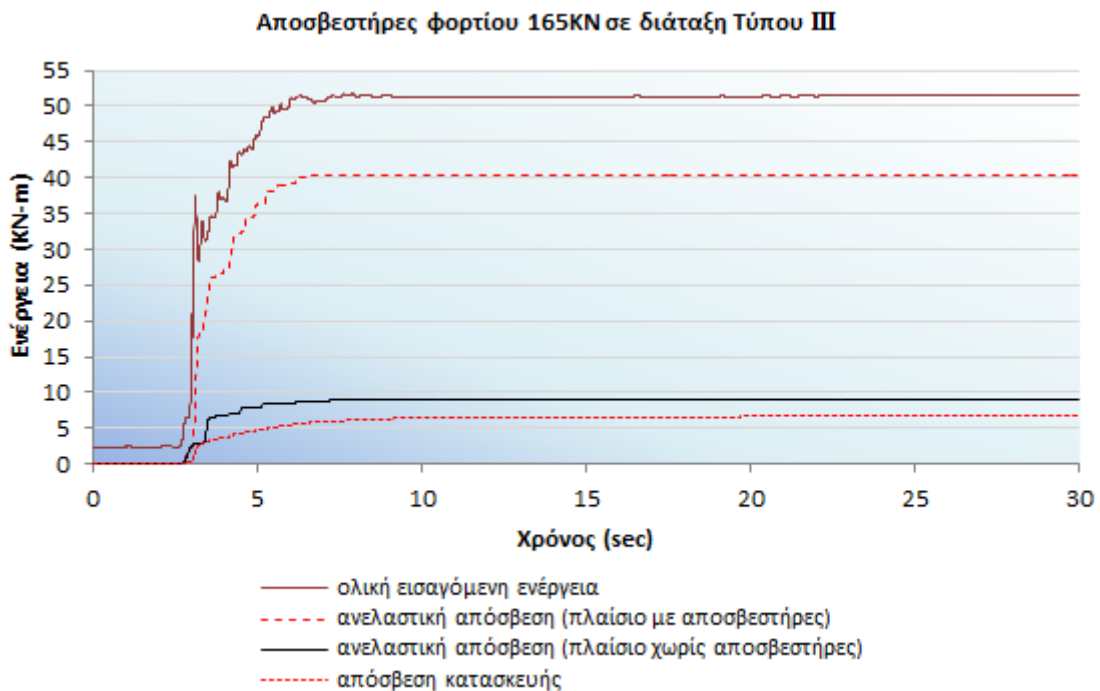
Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα σχεδόν όλων των δοκών της πρώτης και δεύτερης στάθμης καθώς και σε δύο άκρα των μεσαίων δοκών της τρίτης στάθμης. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσεται μία πλαστική άρθρωση στην κεφαλή του ακραίου υποστυλώματος του ισογείου και στις βάσεις του ακραίου και του μεσαίου υποστυλώματος του ισογείου.

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.186) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.186 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165kN

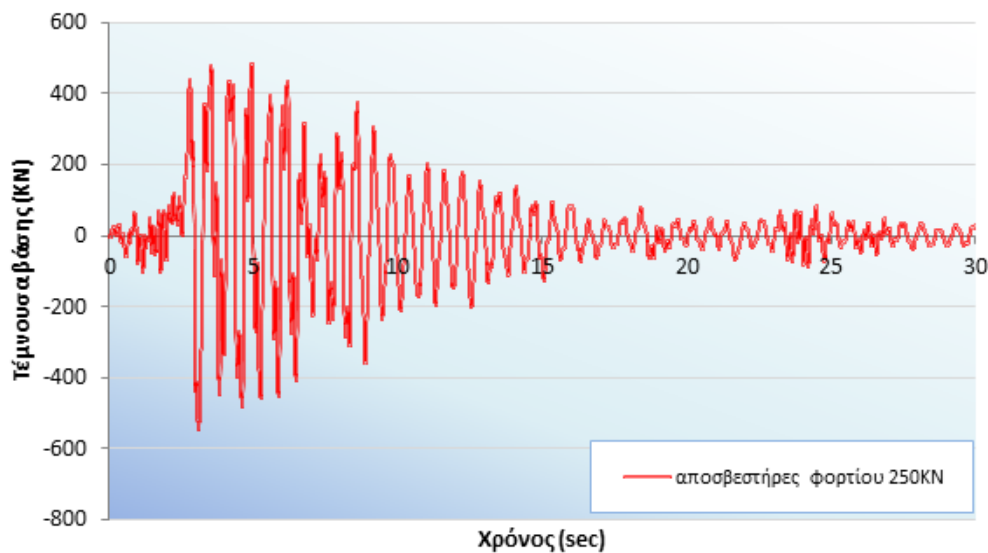
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165kN σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.187) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.187 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.



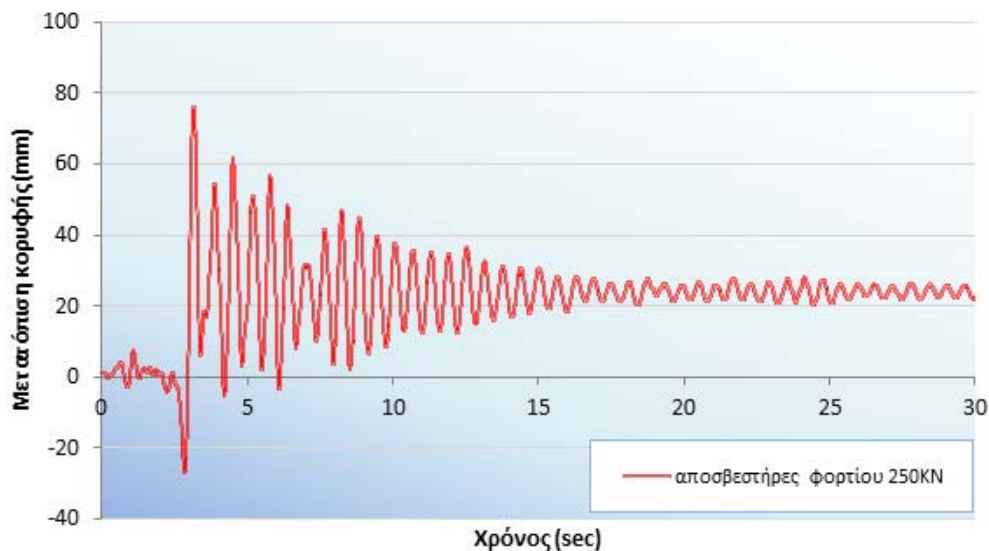
Σχήμα 4.187 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165kN σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ

#### 4.5.5.9 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (αποσβεστήρας 250KN)

Από την τρίτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.188, Σχήμα 4.189).

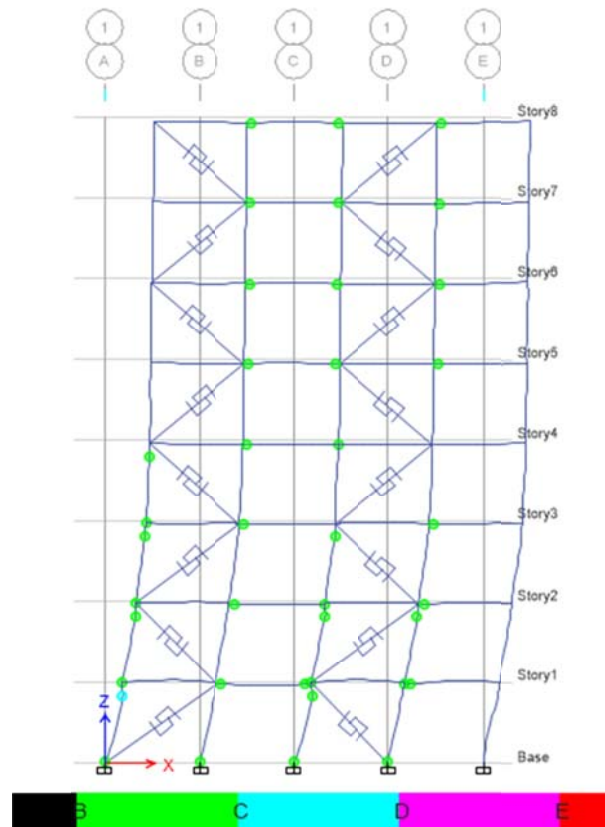


Σχήμα 4.188 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 250KN



Σχήμα 4.189 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 250KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.190) φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 250KN για το σεισμό του Αιγίου.

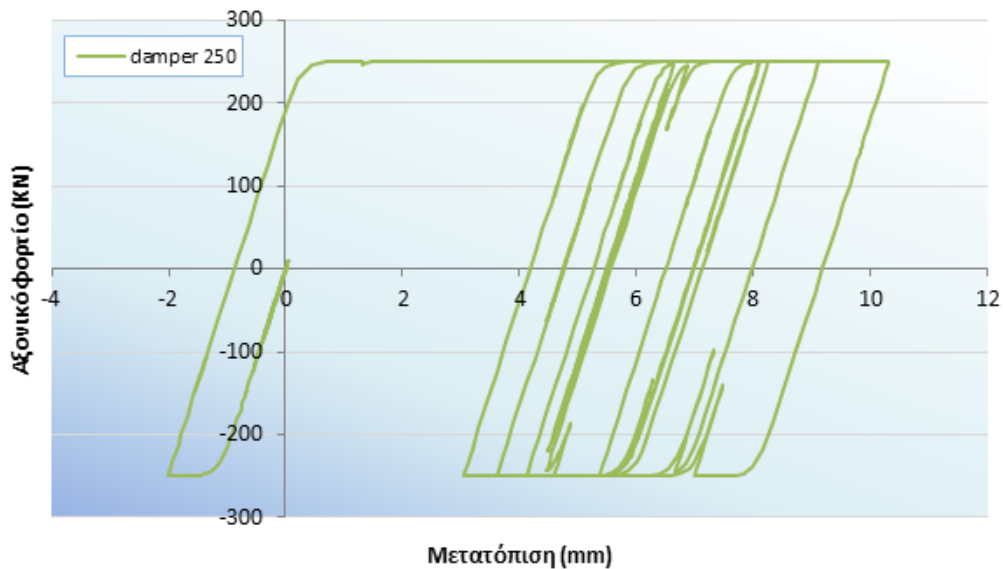


Σχήμα 4.190 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αιγίου 1996)

Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σχεδόν σε όλα τα άκρα των δοκών στα δύο ενδιάμεσα φατνώματα του πλαισίου σε όλες τις στάθμες. Όσον αφορά στα υποστυλώματα, αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις στην κεφαλή του μεσαίου υποστυλώματος από την πρώτη μέχρι την τέταρτη στάθμη. Επίσης πλαστικές αρθρώσεις εμφανίζονται στις βάσεις των τριών ενδιάμεσων υποστυλωμάτων του ισόγειου και στις κεφαλές του ακραίου υποστυλώματος του ισόγειου και της τρίτης στάθμης.

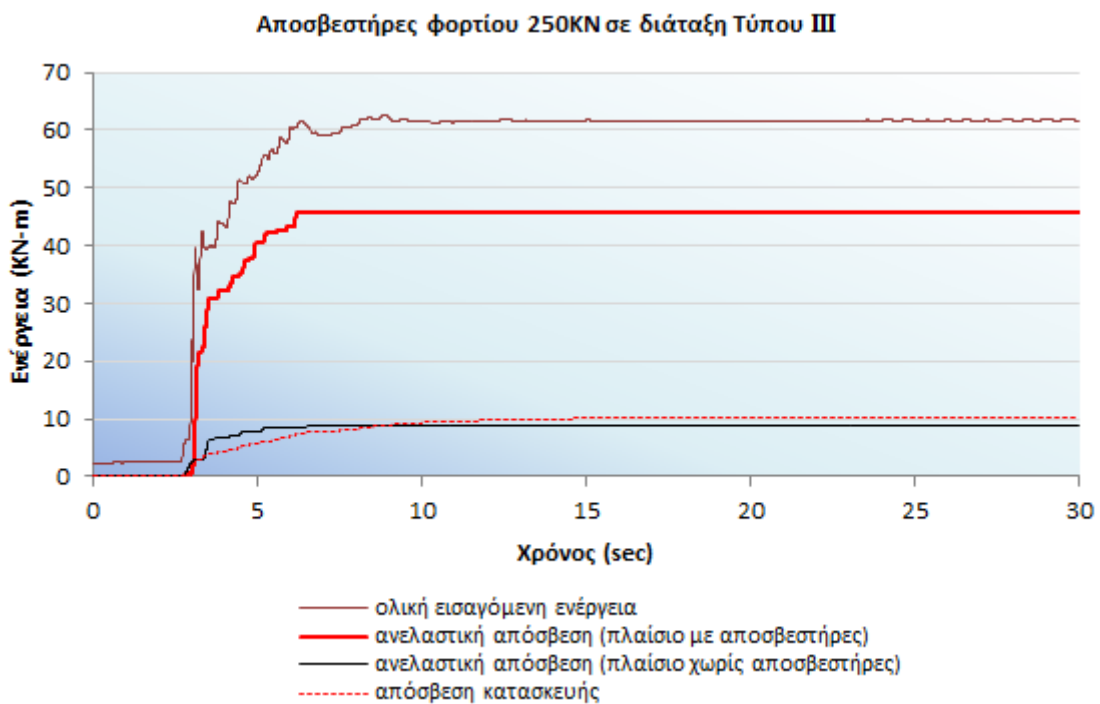
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.191) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.





Σχήμα 4.191 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN

Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250KN σε διάταξη Τύπου III, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.192) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.192 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το μεγαλύτερο ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες.

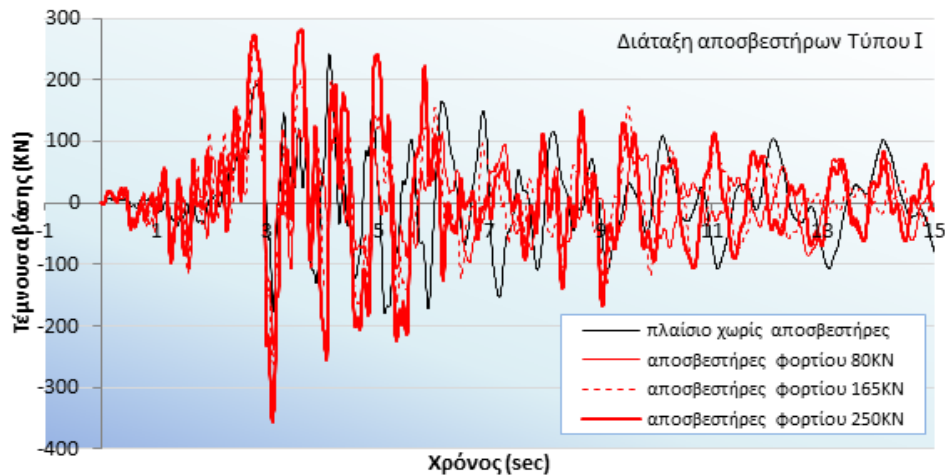


Σχήμα 4.192 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου III

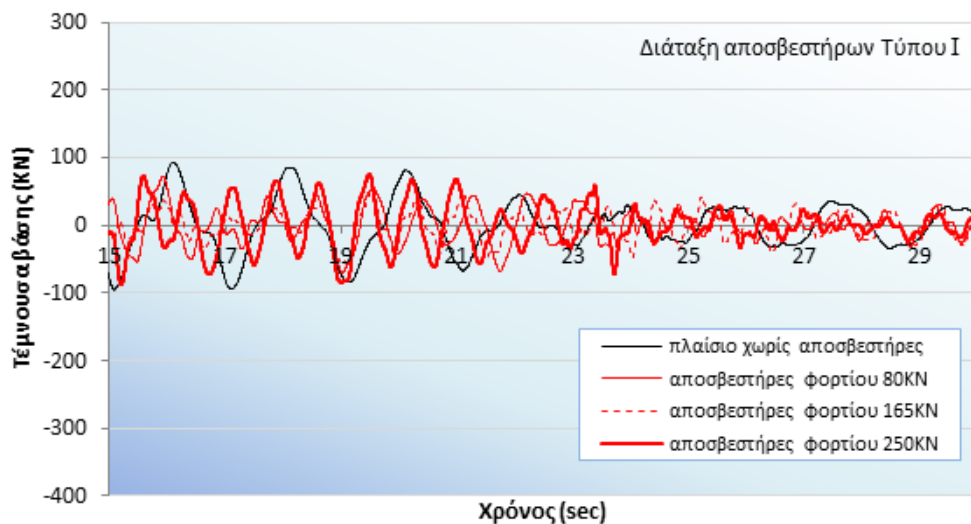
## 4.5.6 Σύγκριση αποτελεσμάτων Δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων με το σεισμό του Αιγίου 1996

### 4.5.6.1 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I, για το σεισμό του Αιγίου δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα (Σχήμα 4.193, Σχήμα 4.194).

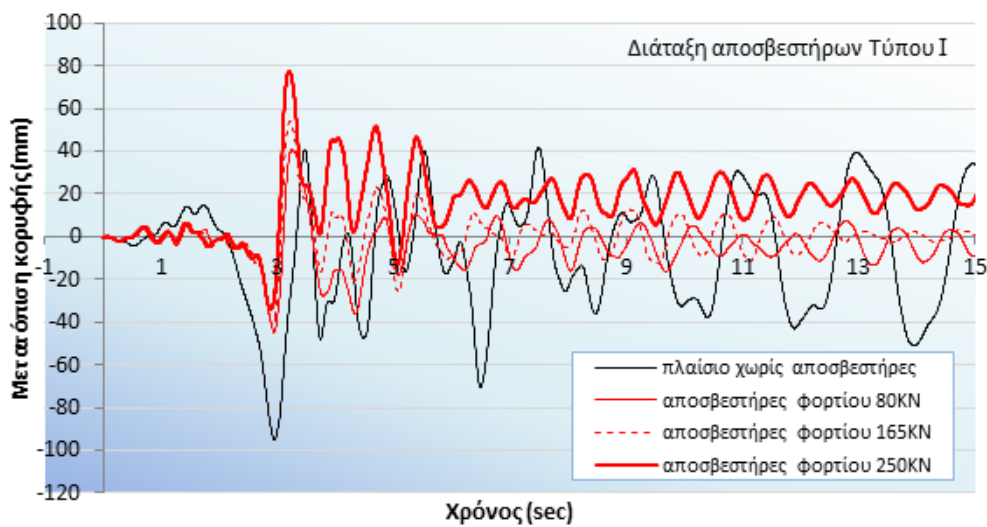


Σχήμα 4.193 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec)

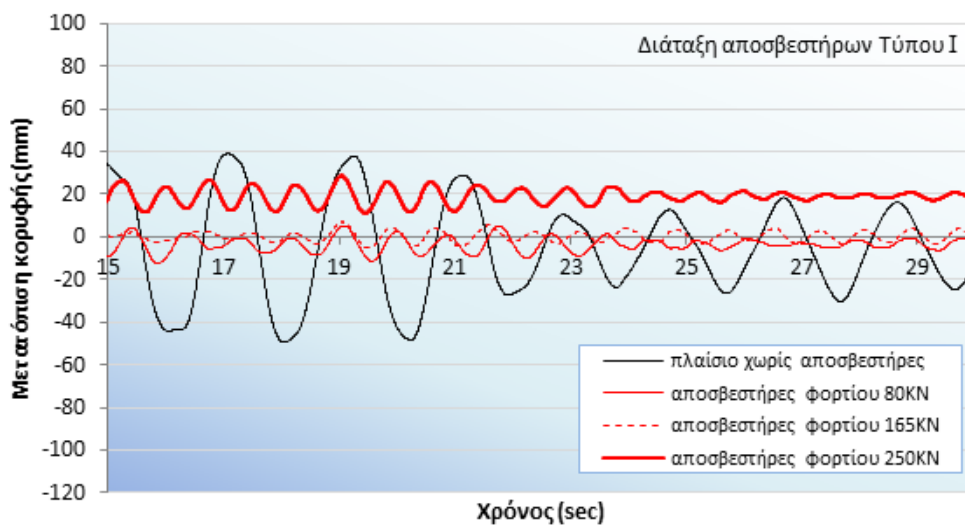


Σχήμα 4.194 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης.



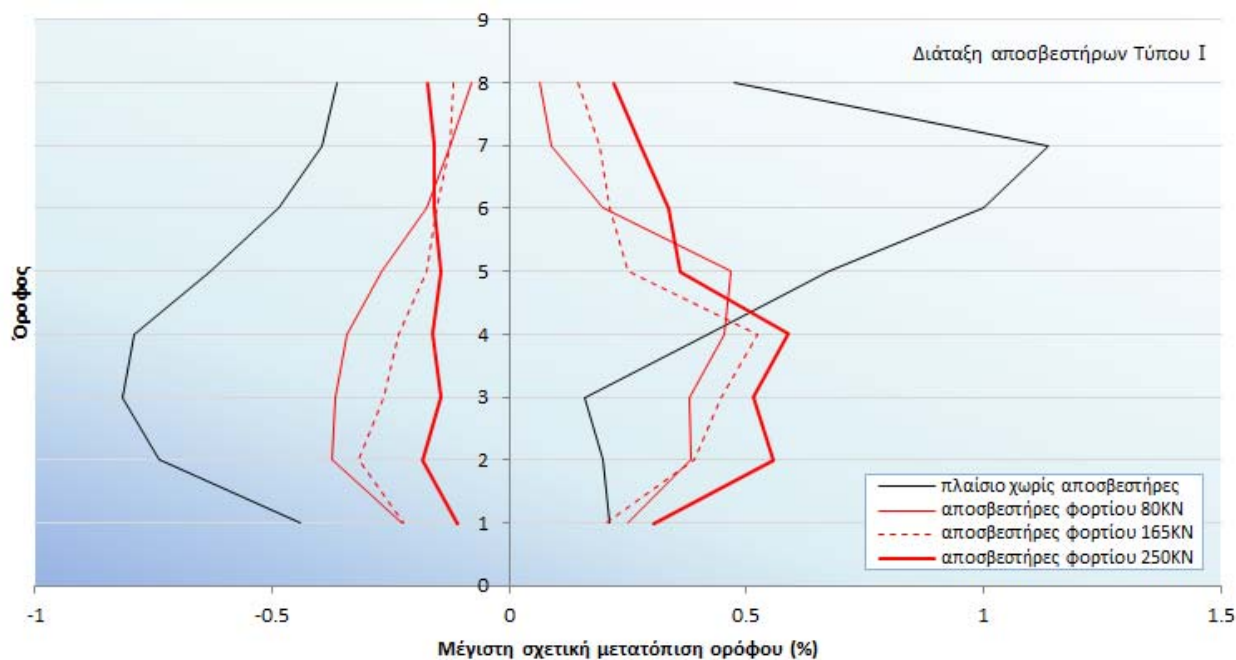
Σχήμα 4.195 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec)



Σχήμα 4.196 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.195, Σχήμα 4.196) παρατηρείται ότι για το σεισμό του Αιγίου με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 55% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

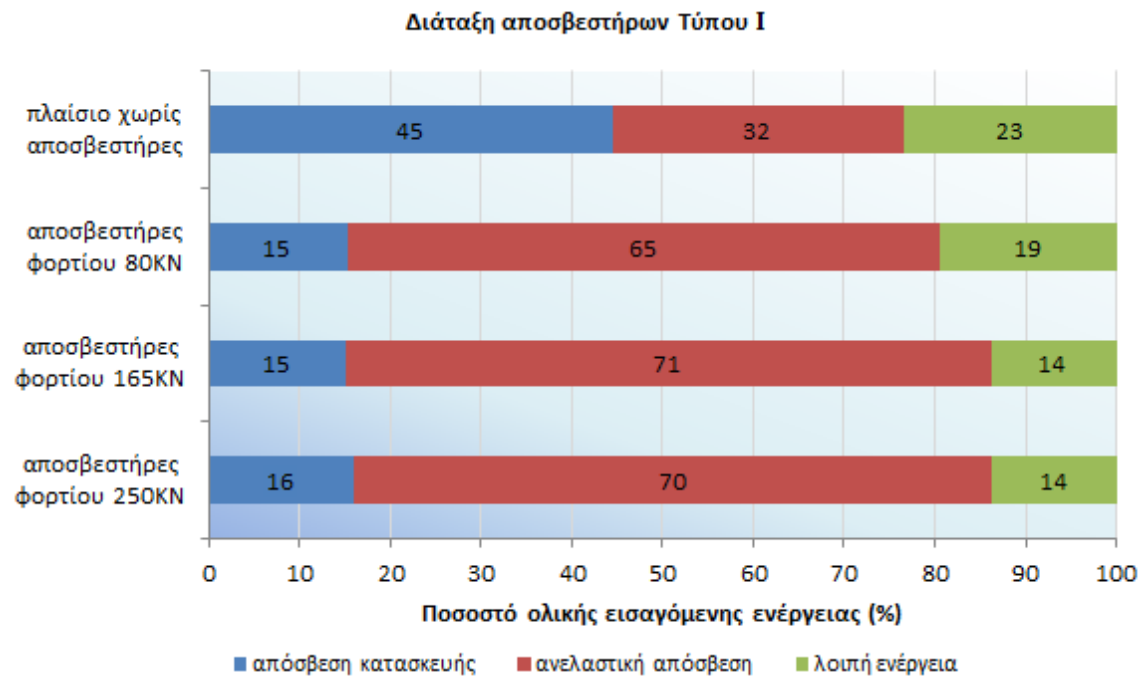
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.197), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου Ι, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου.



Σχήμα 4.197 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.197, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN να τις περιορίζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 47% περίπου της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.73). Επιπλέον, αιτιολογείται επαρκώς και η εικόνα των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων, οι οποίες στην περίπτωση των αποσβεστήρων αυτών μειώνονται σε πλήθος και περιορίζονται κυρίως στις δύο πρώτες στάθμες.

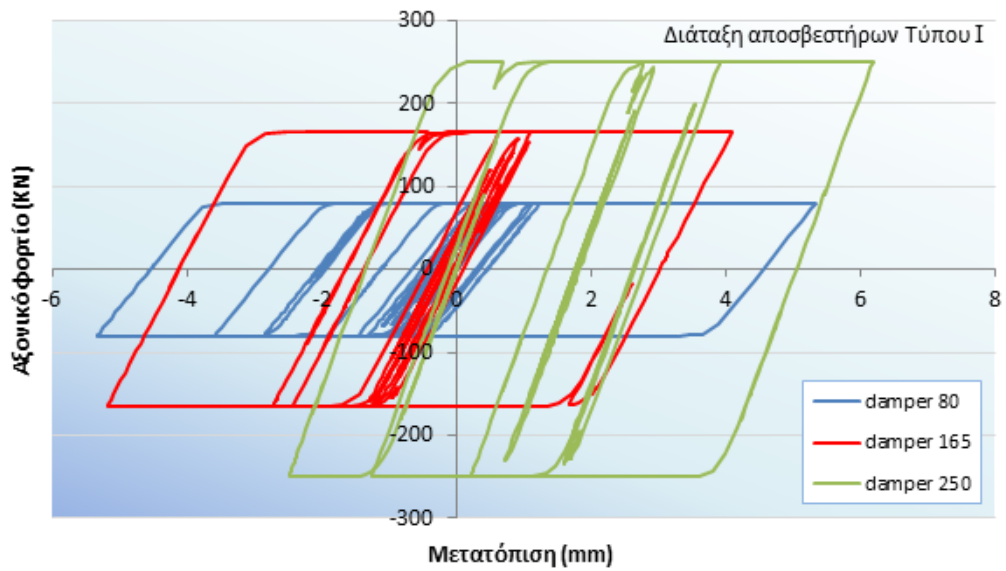
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.198), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου Ι, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Διευκρινίζεται πως, η ολική εισαγόμενη ενέργεια είναι αυτή που εφαρμόζεται στο πλαίσιο λόγω των επιβαλλόμενων φορτίων (στατικών και δυναμικών), η ανελαστική απόσβεση αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από τους αποσβεστήρες και τις πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στα μέλη του φορέα, η απόσβεση της κατασκευής αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από το πλαίσιο εξαιτίας της μάζας και της ακαμψίας του, ενώ η λοιπή ενέργεια είναι κυρίως κινητική.



Σχήμα 4.198 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί στην απόσβεση της κατασκευής, με την ανελαστική απόσβεση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων και μόνο (λόγω απουσίας αποσβεστήρων) να ακολουθεί, δικαιολογώντας την εκτεταμένη ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων άρα και βλαβών στο εξεταζόμενο πλαίσιο. Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 71%, μειώνοντας σημαντικά το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως, στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο, περιορίζονται σημαντικά οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως το μεγαλύτερο μέρος της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες, μειώνοντας τις τοπικές αστοχίες και βελτιώνοντας ουσιαστικά τη σεισμική συμπεριφορά και απόκριση του πλαισίου. Τέλος, παρατηρείται πως, όταν αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας αυξάνεται επίσης, κυρίως λόγω ενεργοποίησης μεγαλύτερου αριθμού αποσβεστήρων. Κατά συνέπεια, προκύπτει το συμπέρασμα πως, με τους αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN, βελτιώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό η σεισμική απόκριση του πλαισίου.

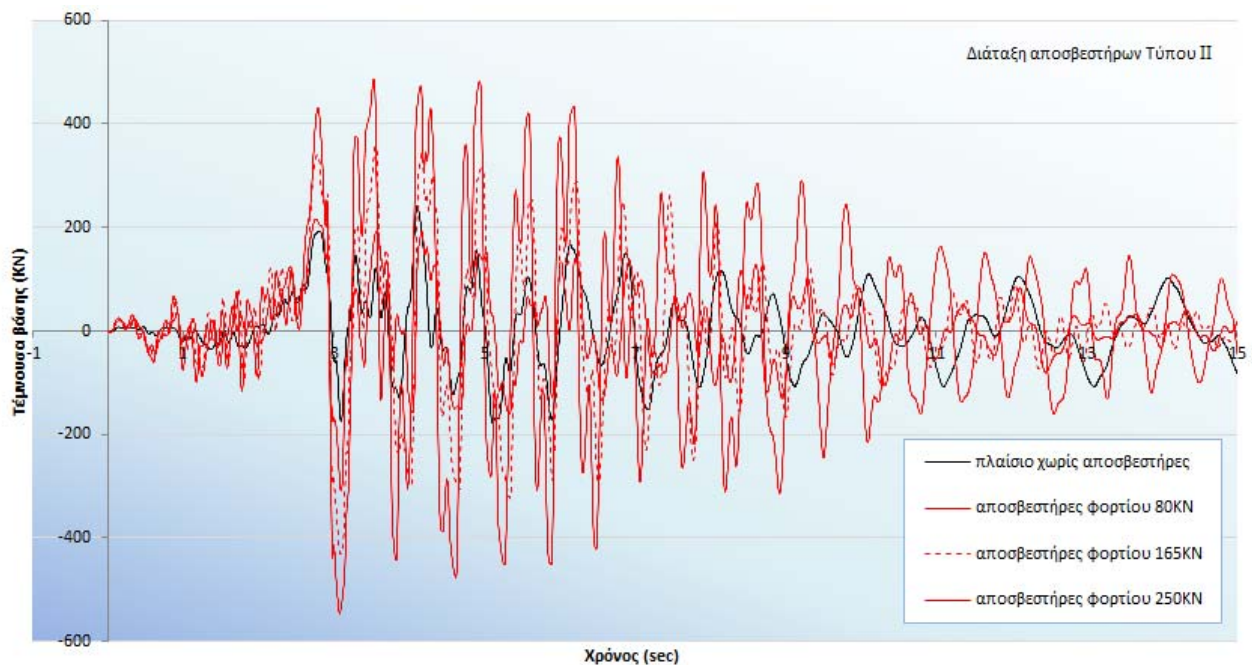
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.199), παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων του αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι αποσβεστήρες ενεργοποιήθηκαν απορροφώντας σεισμική ενέργεια, με τον αποσβεστήρα φορτίου ολίσθησης 250KN στο ισόγειο να απορροφά περισσότερη ενέργεια.



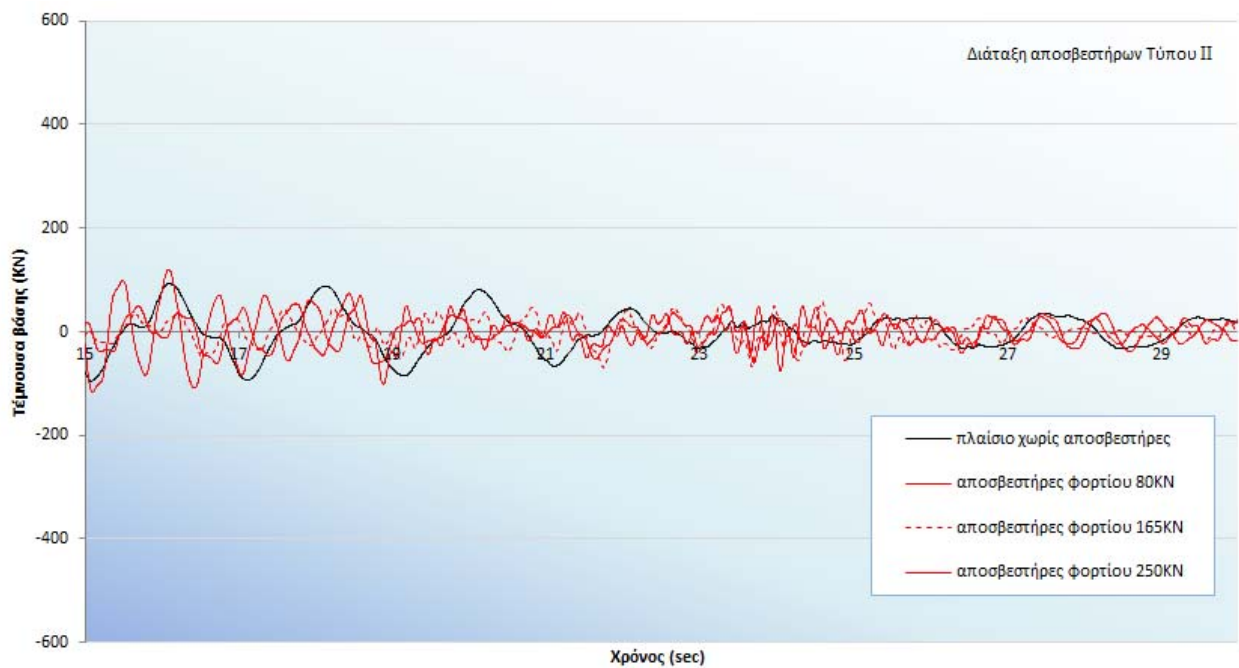
Σχήμα 4.199 Οι υστερητικοί βρόχοι του αποσβεστήρα στο ισόγειο

#### 4.5.6.2 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II, για το σεισμό του Αιγίου δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα (Σχήμα 4.200, Σχήμα 4.201).

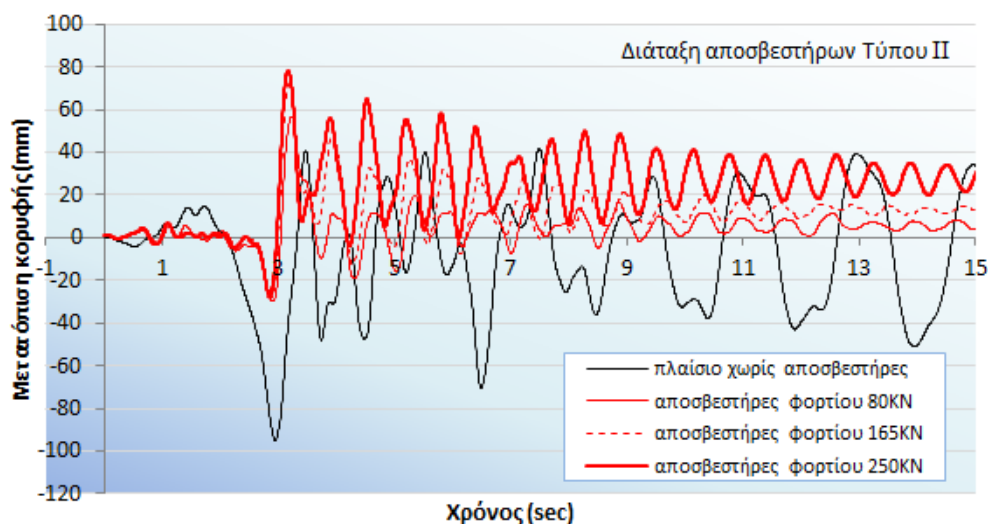


Σχήμα 4.200 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec)

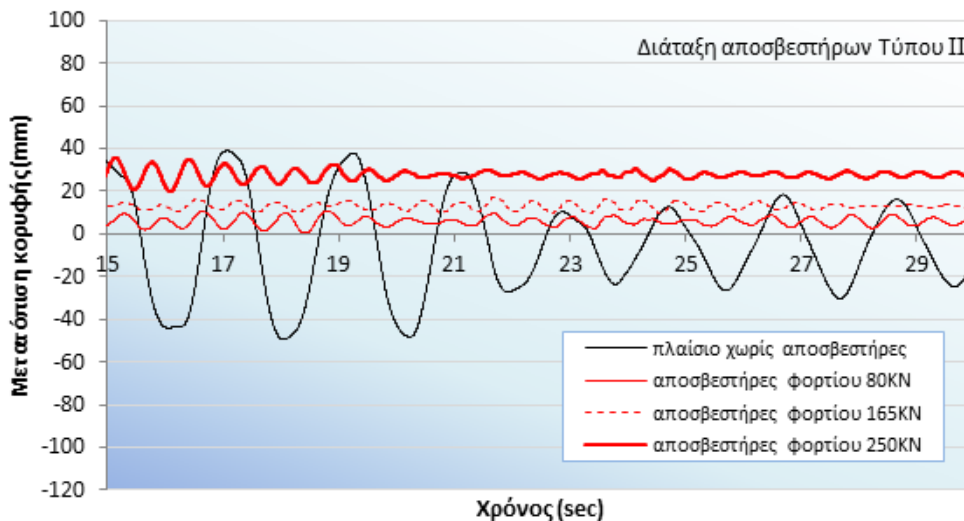


Σχήμα 4.201 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοιστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης.



Σχήμα 4.202 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοιστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec)

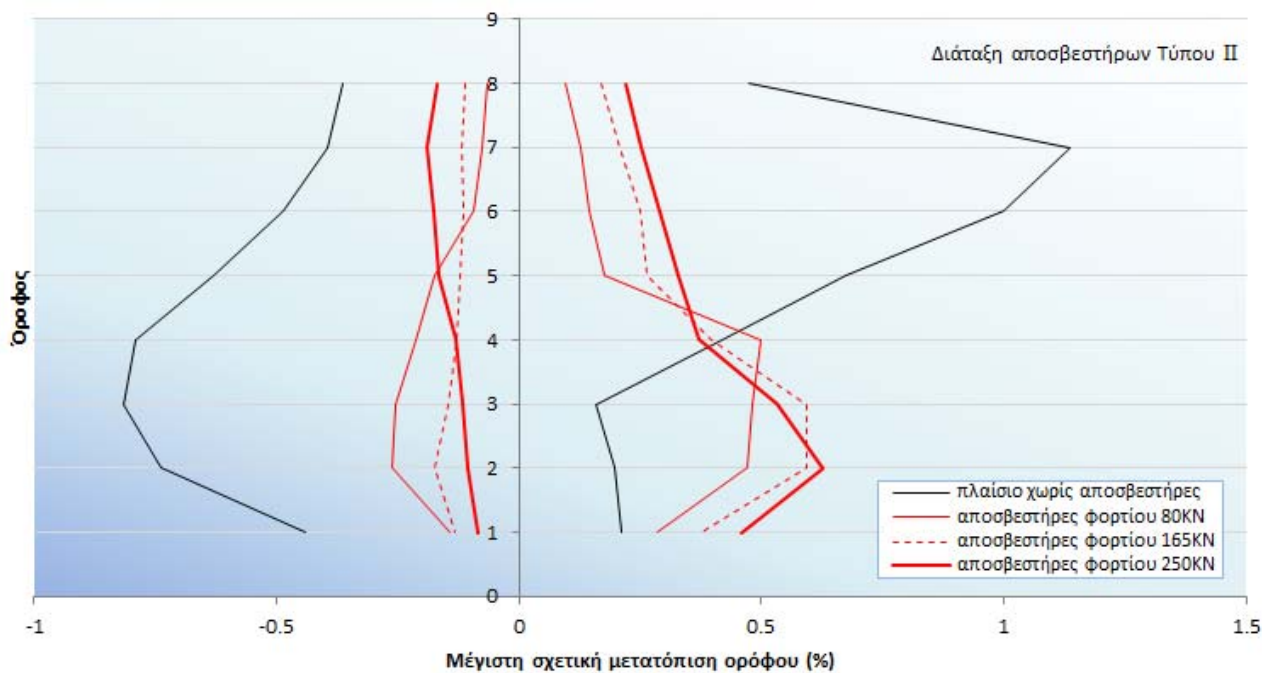


Σχήμα 4.203 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.202, Σχήμα 4.203) παρατηρείται ότι για το σεισμό του Αιγίου με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 65% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.204), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου.



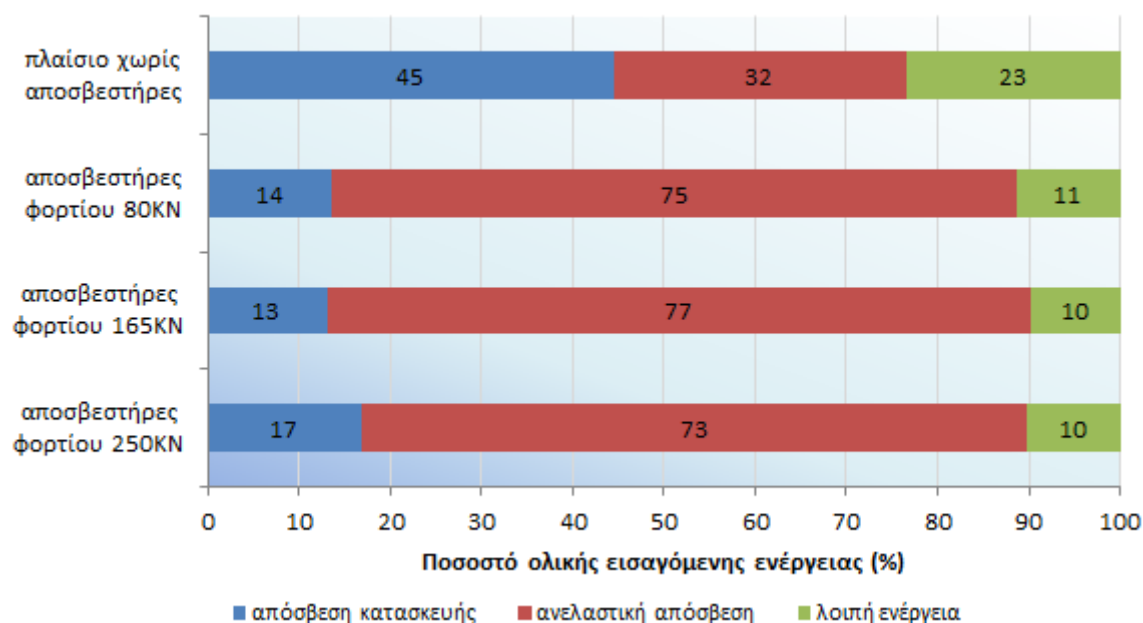


Σχήμα 4.204 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.204, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN να τις περιορίζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 37% περίπου της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.76). Επιπλέον, αιτιολογείται επαρκώς και η εικόνα των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων, οι οποίες στην περίπτωση των αποσβεστήρων αυτών μειώνονται σε πλήθος και περιορίζονται κυρίως στις τρεις πρώτες στάθμες.

Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.205), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου II, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες.

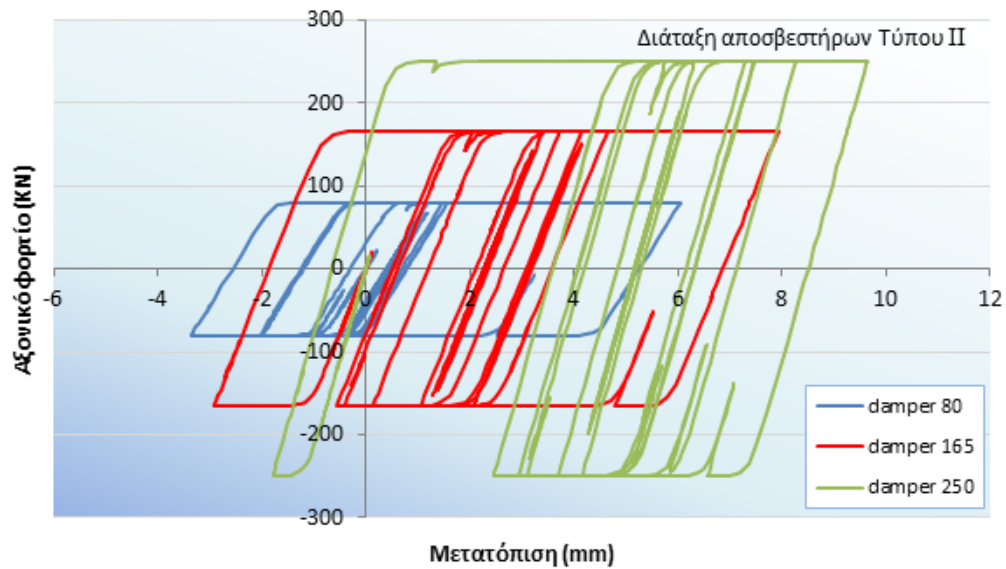
### Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II



Σχήμα 4.205 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί στην απόσβεση της κατασκευής, με την ανελαστική απόσβεση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων και μόνο (λόγω απουσίας αποσβεστήρων) να ακολουθεί, δικαιολογώντας την εκτεταμένη ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων άρα και βλαβών στο εξεταζόμενο πλαίσιο. Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 77%, μειώνοντας σημαντικά το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως, στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο, περιορίζονται σημαντικά οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως το μεγαλύτερο μέρος της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες, μειώνοντας τις τοπικές αστοχίες και βελτιώνοντας ουσιαστικά τη σεισμική συμπεριφορά και απόκριση του πλαισίου. Τέλος, παρατηρείται πως, όταν αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας αυξάνεται επίσης, κυρίως λόγω ενεργοποίησης μεγαλύτερου αριθμού αποσβεστήρων, με εξαίρεση την τρίτη περίπτωση (αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 250KN), όπου μειώνεται λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων. Κατά συνέπεια, προκύπτει το συμπέρασμα πως, με τους αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN, βελτιώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό η σεισμική απόκριση του πλαισίου.

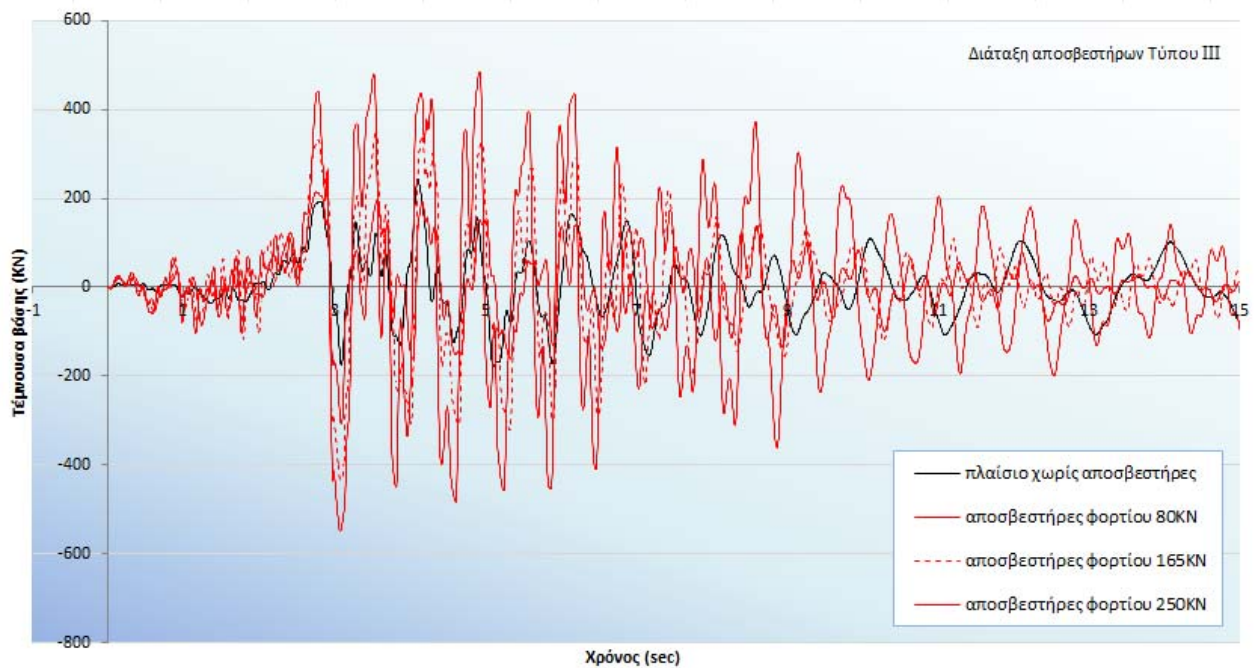
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.206), παρουσιάζεται ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι αποσβεστήρες ενεργοποιήθηκαν απορροφώντας σεισμική ενέργεια, με τον αποσβεστήρα φορτίου ολίσθησης 250KN στο ισόγειο να απορροφά περισσότερη ενέργεια.



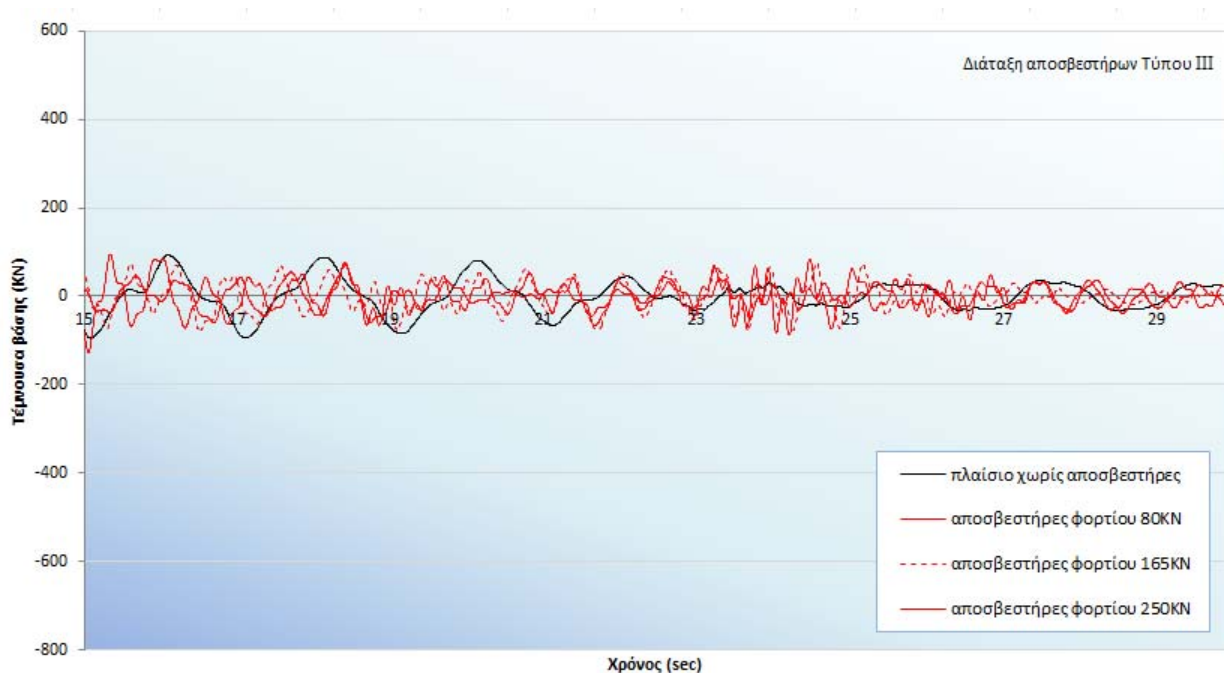
Σχήμα 4.206 Οι υστερητικοί βρόχοι του αποσβεστήρα στο ισόγειο

#### 4.5.6.3 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III, για το σεισμό του Αιγίου δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα (Σχήμα 4.200, Σχήμα 4.207, Σχήμα 4.208).

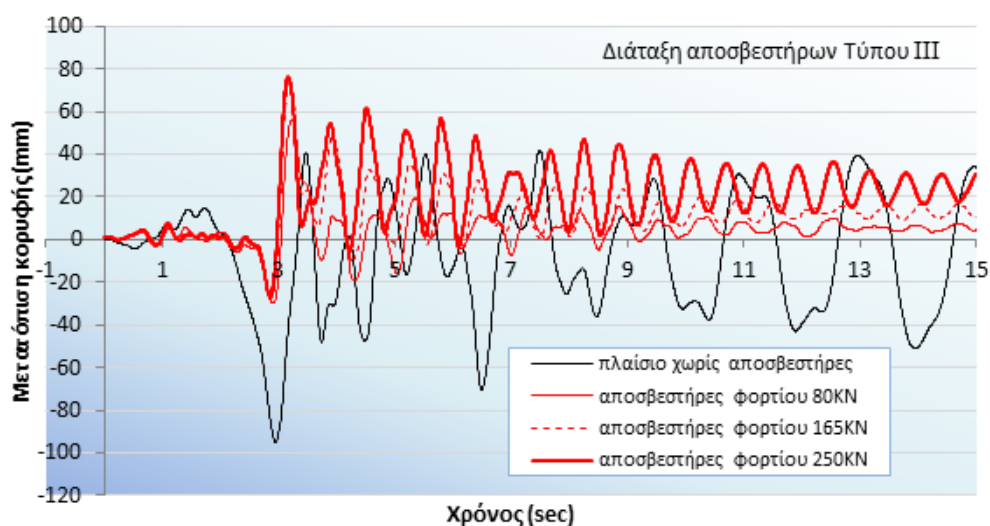


Σχήμα 4.207 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec)

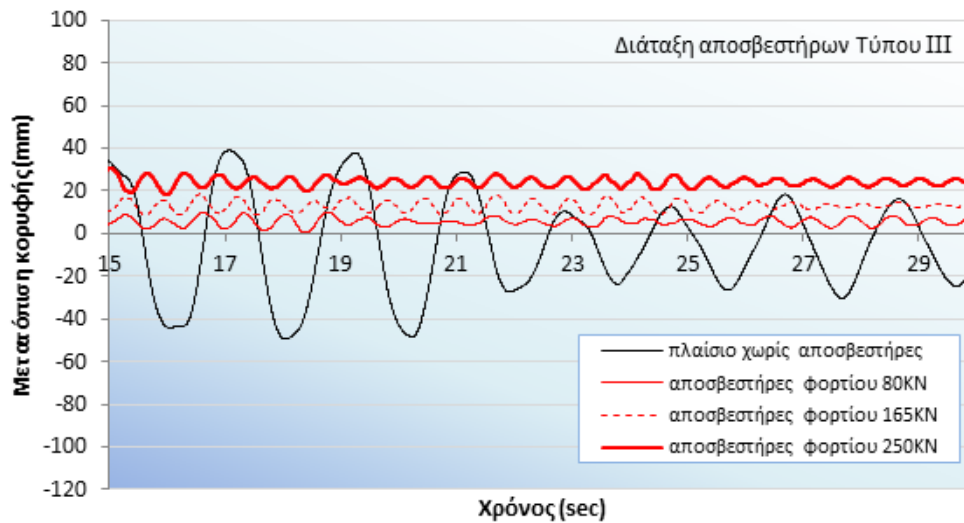


Σχήμα 4.208 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοστορίας τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης.



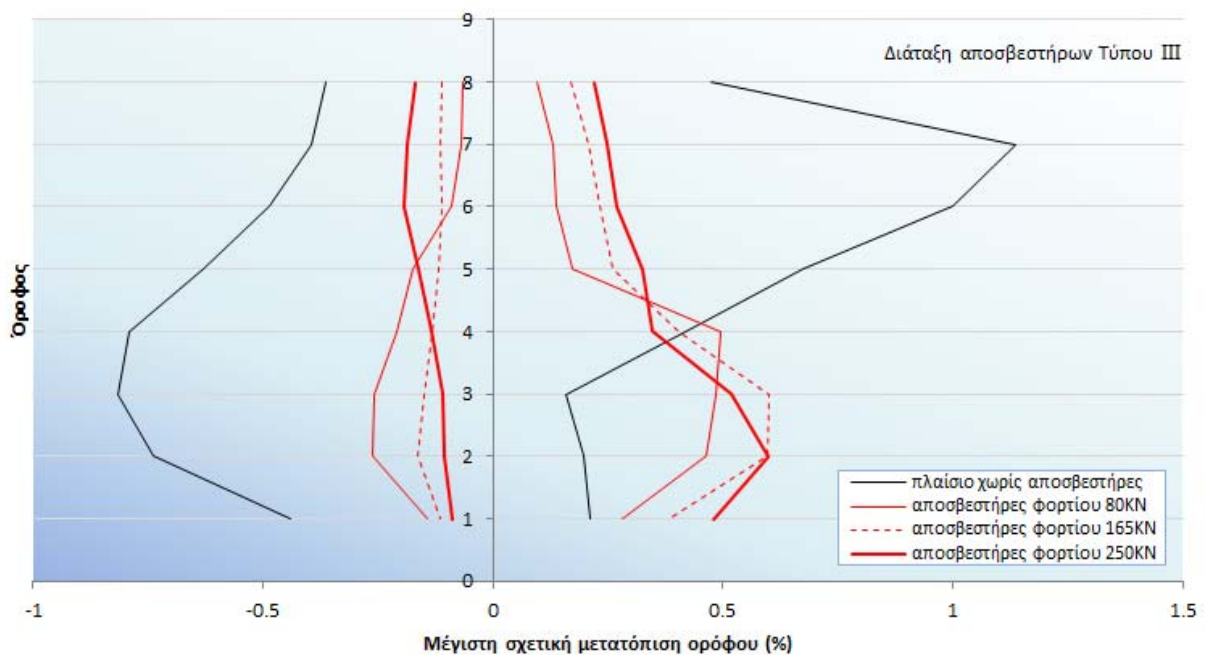
Σχήμα 4.209 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (0-15sec)



Σχήμα 4.210 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοιστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.209, Σχήμα 4.210, Σχήμα 4.202) παρατηρείται ότι για το σεισμό του Αιγίου με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 65% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

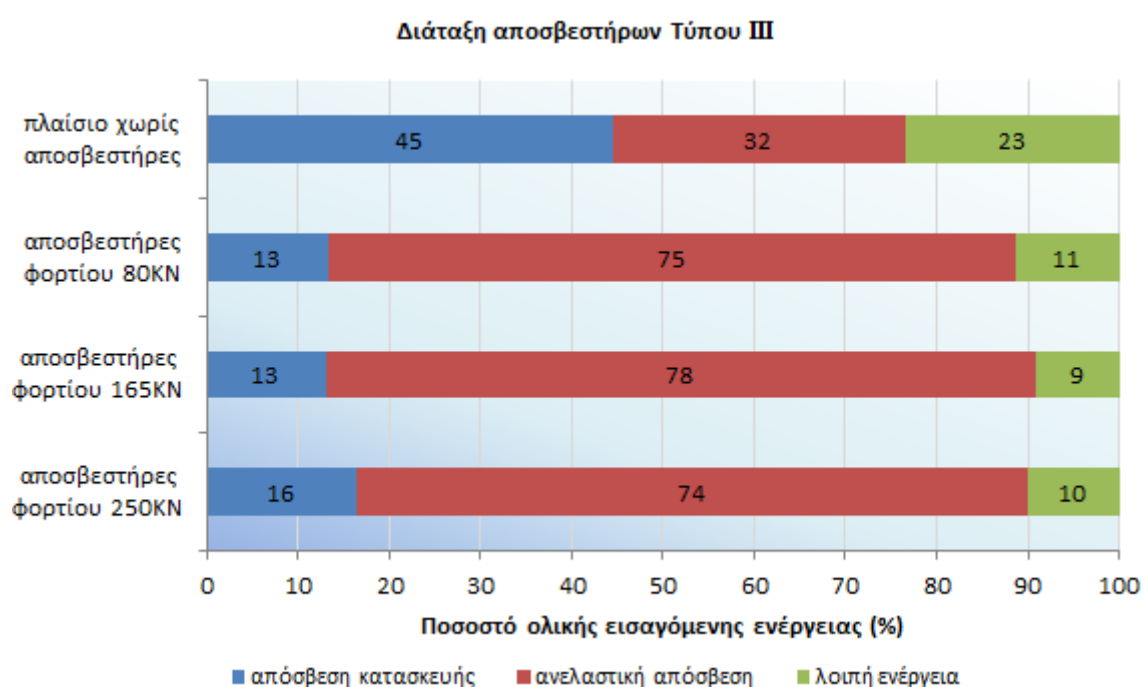
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.211), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου.



Σχήμα 4.211 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.211, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN να τις περιορίζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 37% περίπου της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.79). Επιπλέον, αιτιολογείται επαρκώς και η εικόνα των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων, οι οποίες στην περίπτωση των αποσβεστήρων αυτών μειώνονται σε πλήθος και περιορίζονται κυρίως στις τρεις πρώτες στάθμες.

Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.212), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου III, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες.

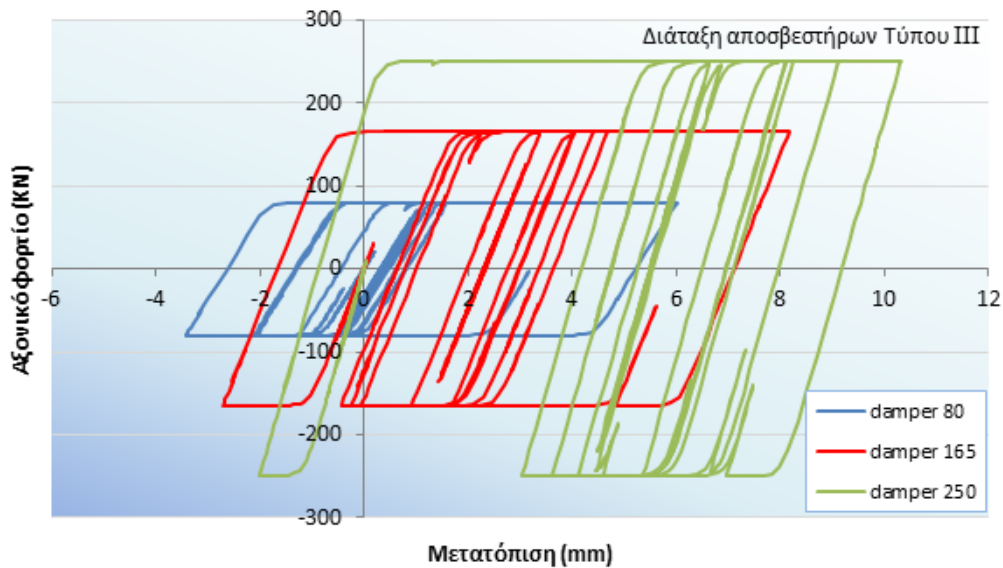


Σχήμα 4.212 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί στην απόσβεση της κατασκευής, με την ανελαστική απόσβεση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων και μόνο (λόγω απουσίας αποσβεστήρων) να ακολουθεί, δικαιολογώντας την εκτεταμένη ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων άρα και βλαβών στο εξεταζόμενο πλαίσιο. Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 78%, μειώνοντας σημαντικά το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως, στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο, περιορίζονται σημαντικά οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως το μεγαλύτερο μέρος της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες, μειώνοντας τις τοπικές αστοχίες και βελτιώνοντας ουσιαστικά τη σεισμική συμπεριφορά και απόκριση του πλαισίου. Τέλος,

παρατηρείται πως, όταν αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας αυξάνεται επίσης, κυρίως λόγω ενεργοποίησης μεγαλύτερου αριθμού αποσβεστήρων, με εξαίρεση την τρίτη περίπτωση (αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 250KN), όπου μειώνεται λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων. Κατά συνέπεια, προκύπτει το συμπέρασμα πως, με τους αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN, βελτιώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό η σεισμική απόκριση του πλαισίου.

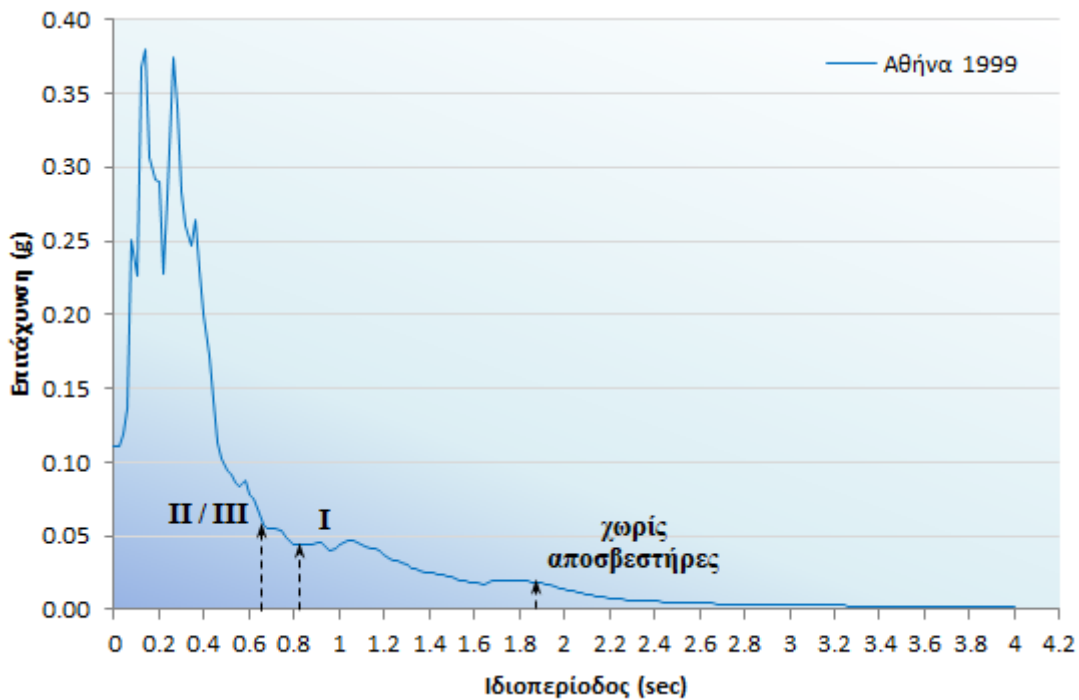
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.213), παρουσιάζεται ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι αποσβεστήρες ενεργοποιήθηκαν απορροφώντας σεισμική ενέργεια, με τον αποσβεστήρα φορτίου ολίσθησης 250KN στο ισόγειο να απορροφά περισσότερη ενέργεια.



Σχήμα 4.213 Οι υστερητικοί βρόχοι του αποσβεστήρα στο ισόγειο

#### 4.5.7 Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις με το σεισμό της Αθήνας 1999

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιλύσεων που έγιναν με τη μέθοδο της Δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας 1999 στο πλαίσιο που περιγράφηκε παραπάνω, με χρήση τριών διαφορετικού φορτίου ολίσθησης (80KN, 165KN και 250KN) αποσβεστήρων τριβής της εταιρείας QUAKETEK σε τρεις διατάξεις, με το λογισμικό ETABS. Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.214), παρουσιάζεται το φάσμα επιταχύνσεων της σεισμικής καταγραφής, επί του οποίου σημειώνονται οι τιμές των εδαφικών επιταχύνσεων που αντιστοιχούν στην ιδιοπερίοδο του πλαισίου για κάθε διάταξη αποσβεστήρων, όπως αυτή προσδιορίστηκε από τις στατικές ανελαστικές αναλύσεις.

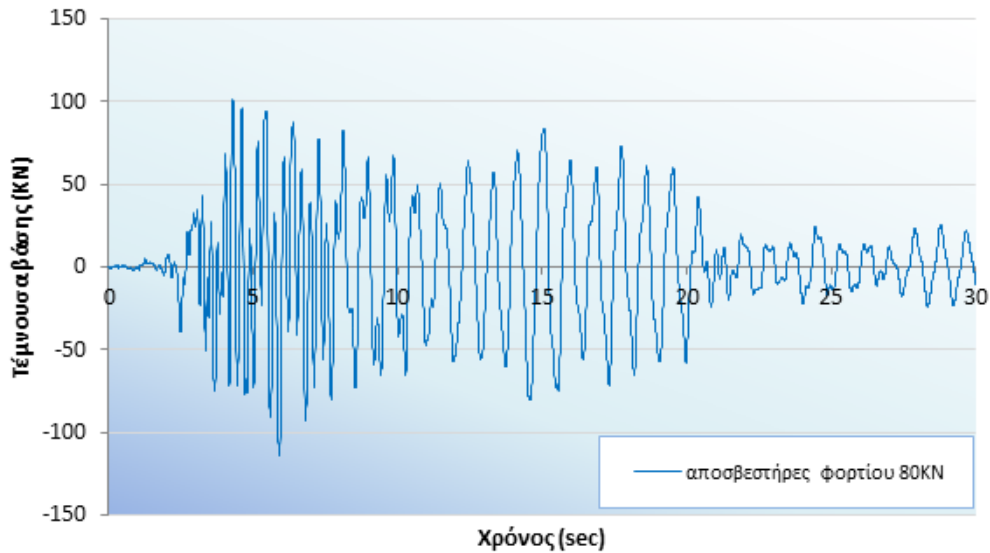


Σχήμα 4.214 Φάσμα επιταχύνσεων σεισμού Αθήνας & ιδιοπερίοδοι πλαισίων

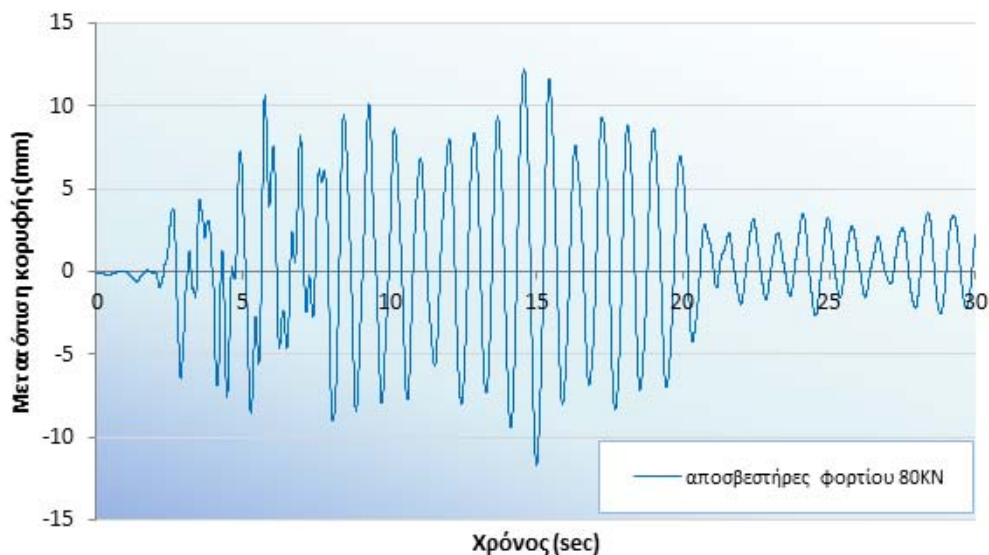


#### 4.5.7.1 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.215, Σχήμα 4.216)



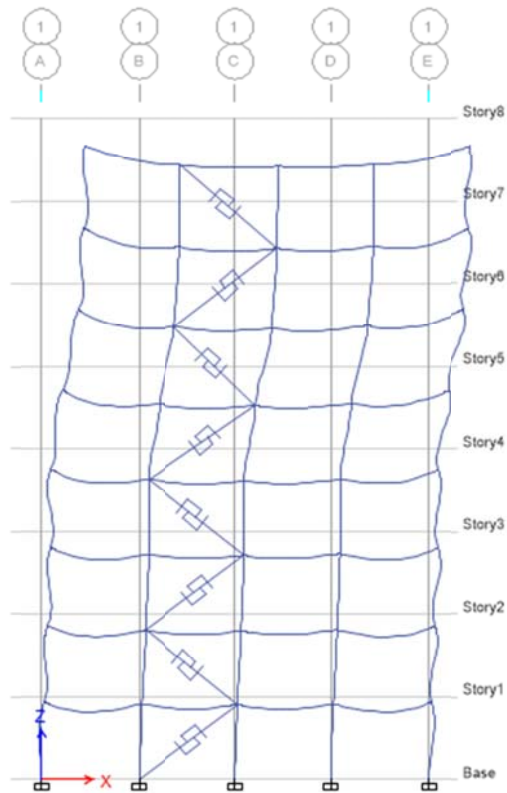
Σχήμα 4.215 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN



Σχήμα 4.216 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN

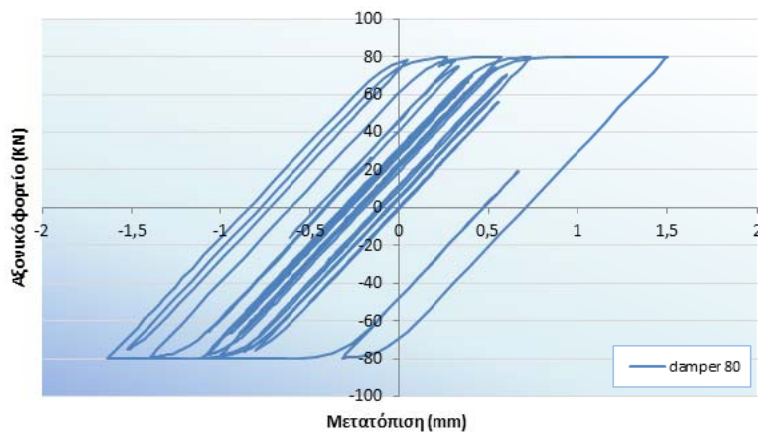
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.217) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου

ολίσθησης 80KN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



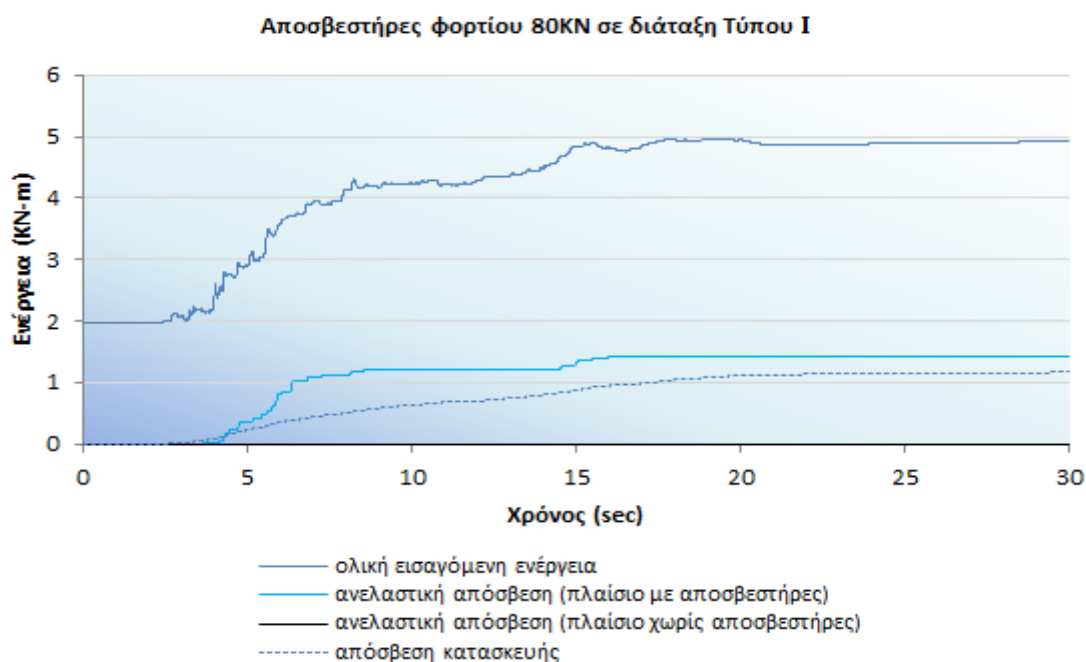
Σχήμα 4.217 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αθήνας 1999)

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.218) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.218 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN

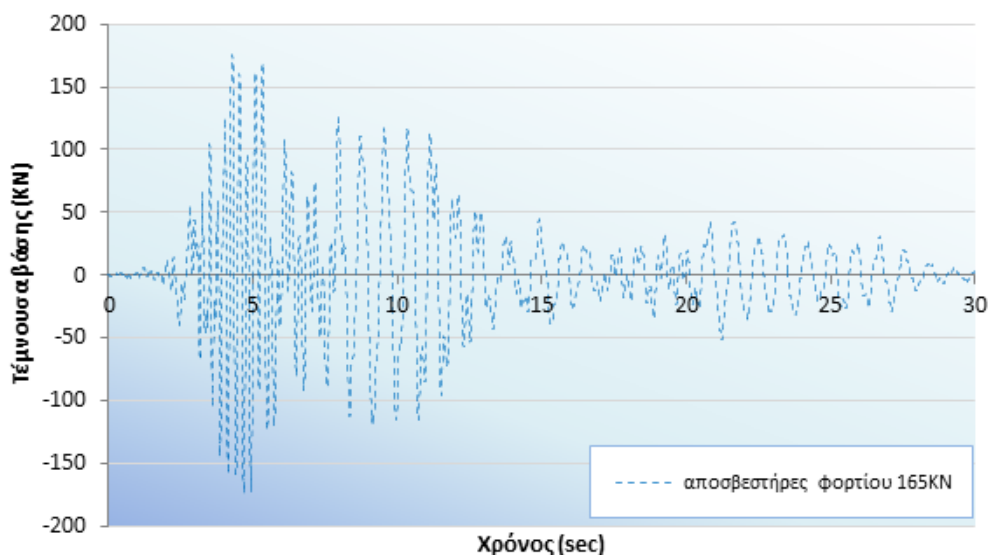
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80KN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.219) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Διευκρινίζεται και πάλι πως, η ολική εισαγόμενη ενέργεια είναι αυτή που εφαρμόζεται στο πλαίσιο λόγω των επιβαλλόμενων φορτίων (στατικών και δυναμικών), η ανελαστική απόσβεση αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από τους αποσβεστήρες και τις πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στα μέλη του φορέα, ενώ η απόσβεση της κατασκευής αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από το πλαίσιο εξαιτίας της μάζας και της ακαμψίας του. Από το Σχήμα 4.219 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, ένα σημαντικό ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες, ενώ στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.



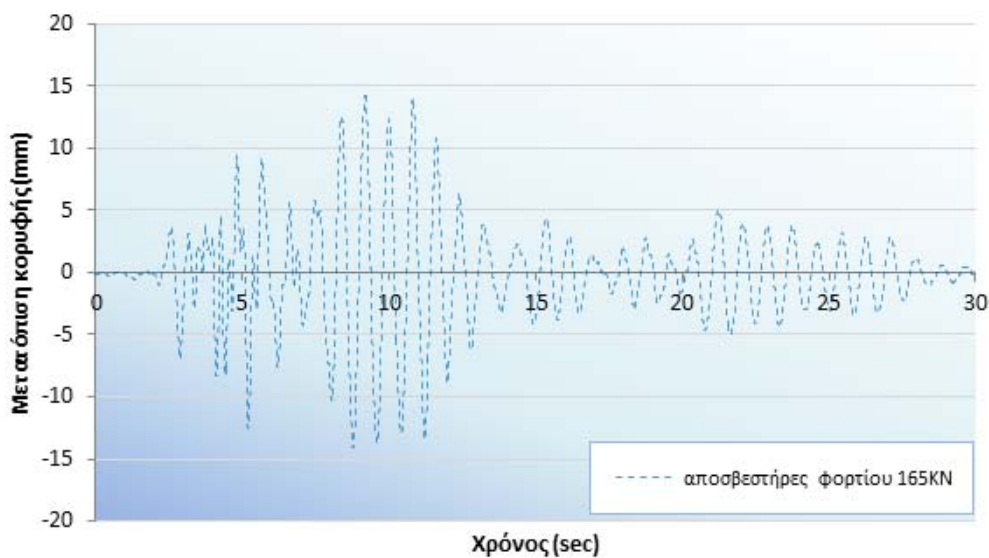
Σχήμα 4.219 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου I

#### 4.5.7.2 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.220, Σχήμα 4.221)

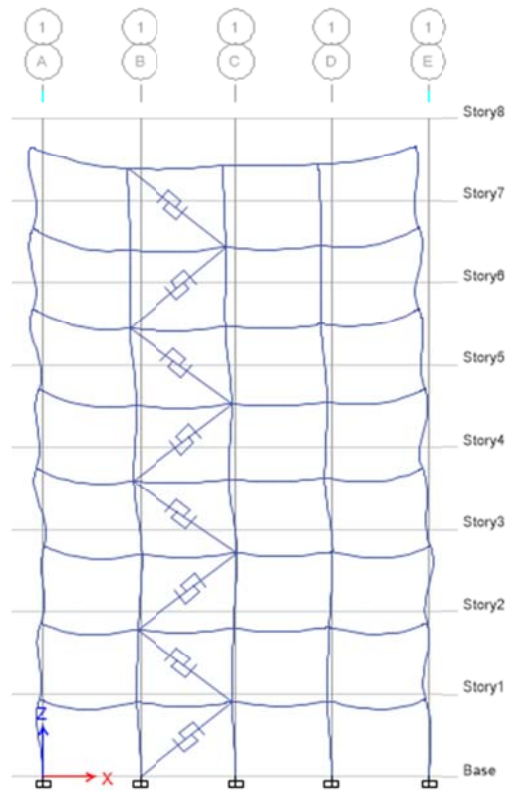


Σχήμα 4.220 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάρσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165kN



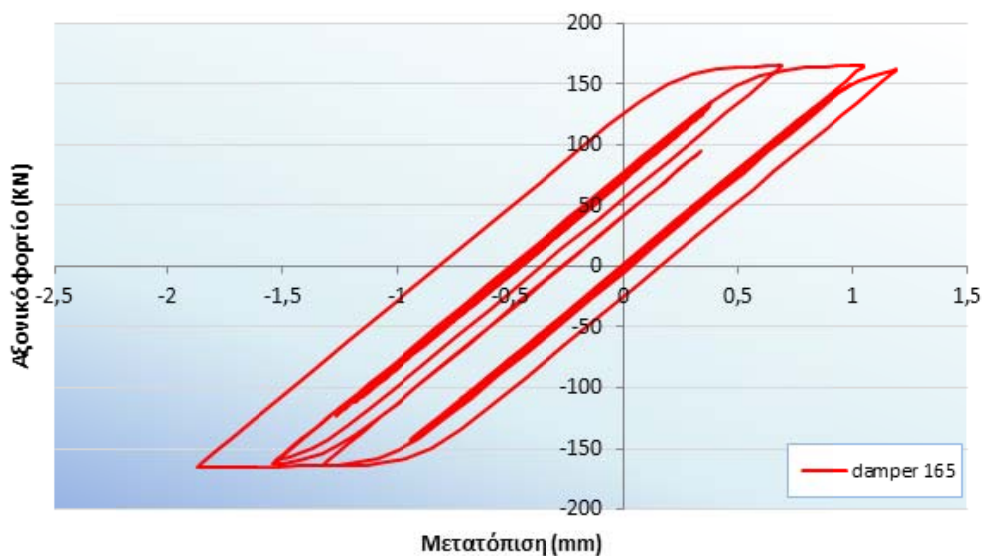
Σχήμα 4.221 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165kN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.222) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165kN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



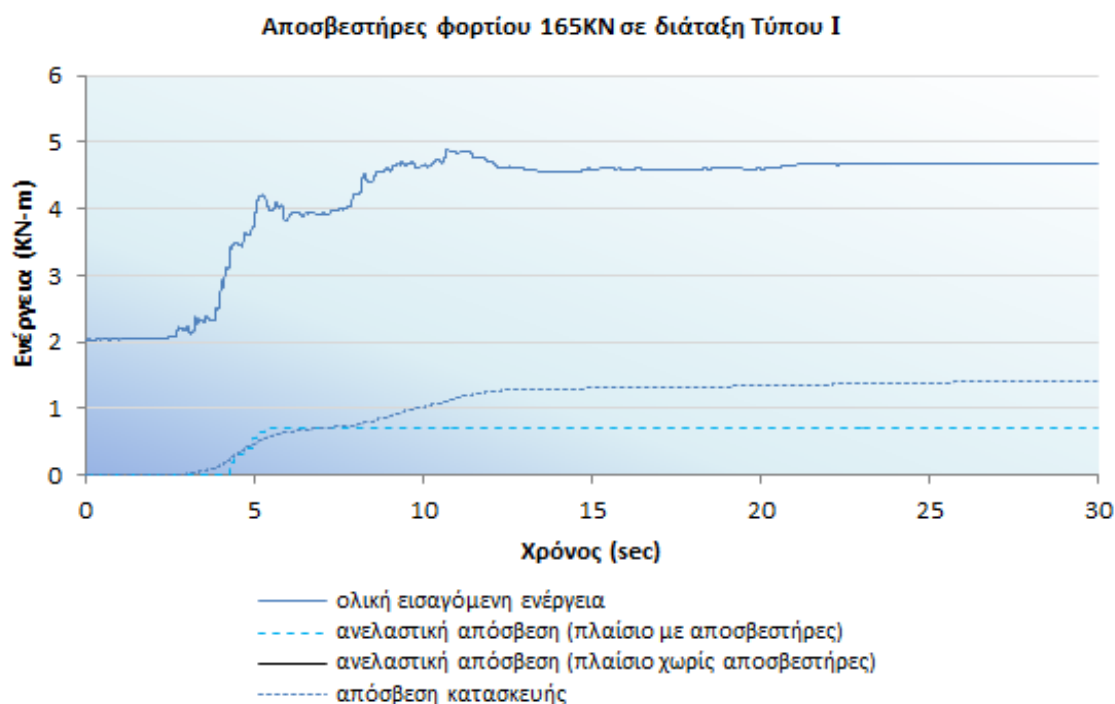
Σχήμα 4.222 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αθήνας 1999)

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.223) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165KN) και ο αποσβεστήρας ενεργοποιήθηκε απορροφώντας σεισμική ενέργεια.



Σχήμα 4.223 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN

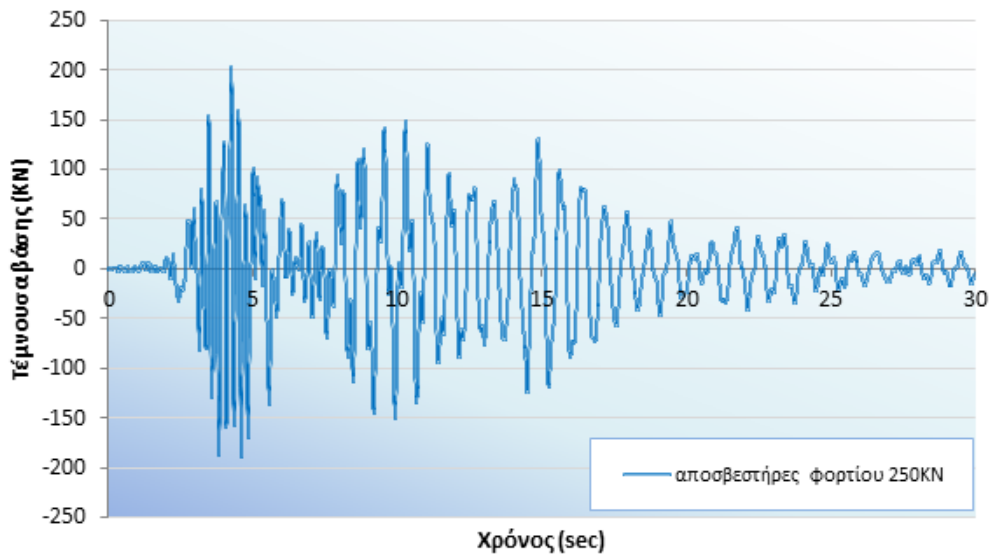
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.224) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.224 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, ένα σημαντικό ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες, ενώ στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.



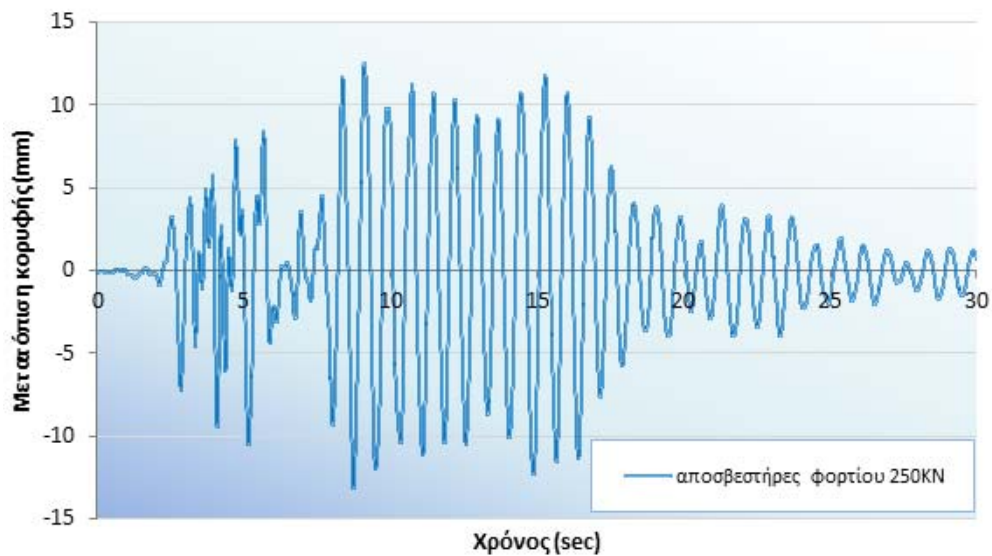
Σχήμα 4.224 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου I

#### 4.5.7.3 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (αποσβεστήρας 250KN)

Από την τρίτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.225, Σχήμα 4.226).

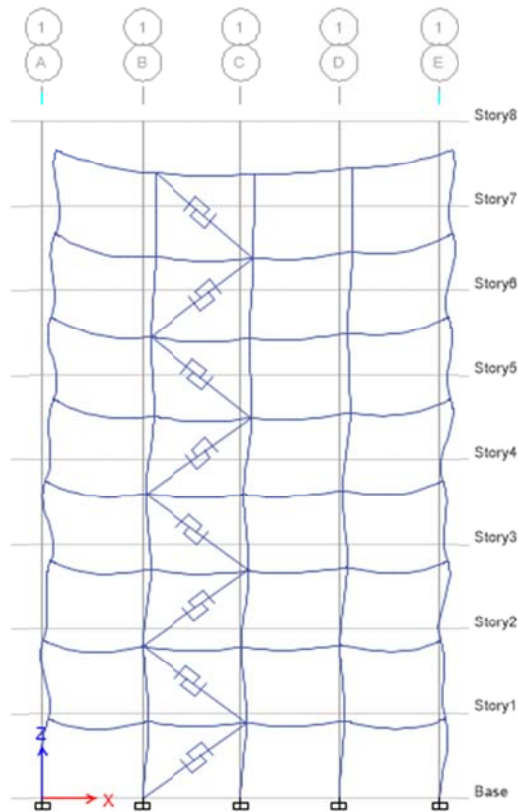


Σχήμα 4.225 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN



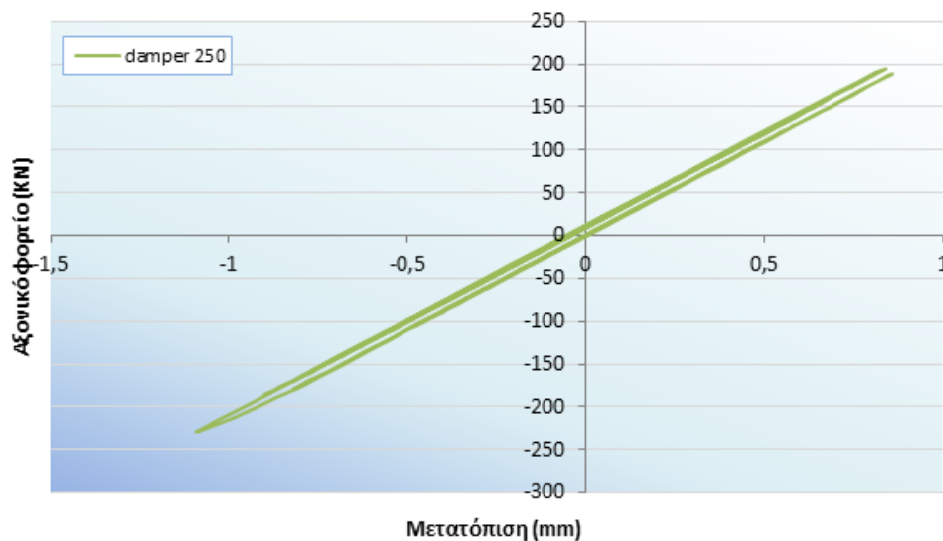
Σχήμα 4.226 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.227) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



Σχήμα 4.227 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αθήνας 1999)

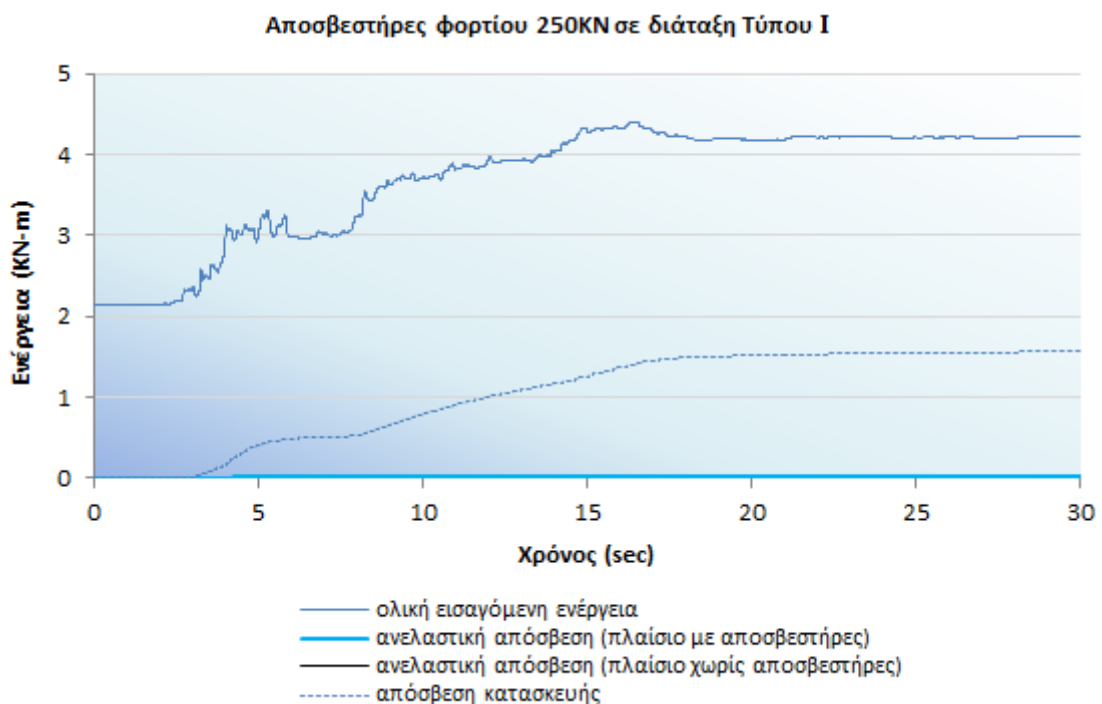
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.228) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου δεν υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250KN) και κατά συνέπεια ο αποσβεστήρας δεν ενεργοποιήθηκε.



Σχήμα 4.228 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN



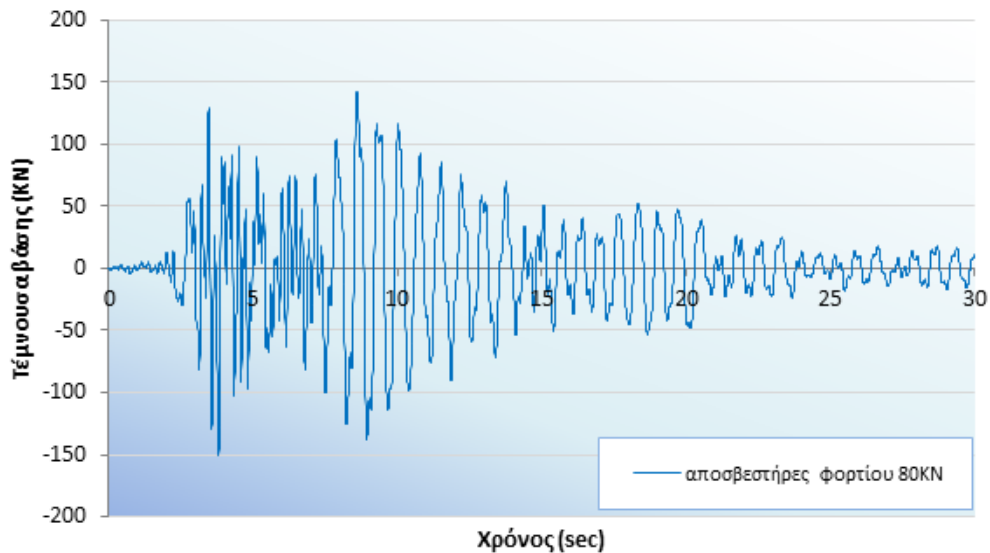
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250KN σε διάταξη Τύπου I, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.229) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.229 προκύπτει πως, στην περίπτωση των αποσβεστήρων τριβής φορτίου ολίσθησης 250KN, το ποσοστό που αντιστοιχεί στην ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενικό, καθώς οι αποσβεστήρες δεν ενεργοποιούνται αλλά και δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις. Επίσης, στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς και πάλι δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.



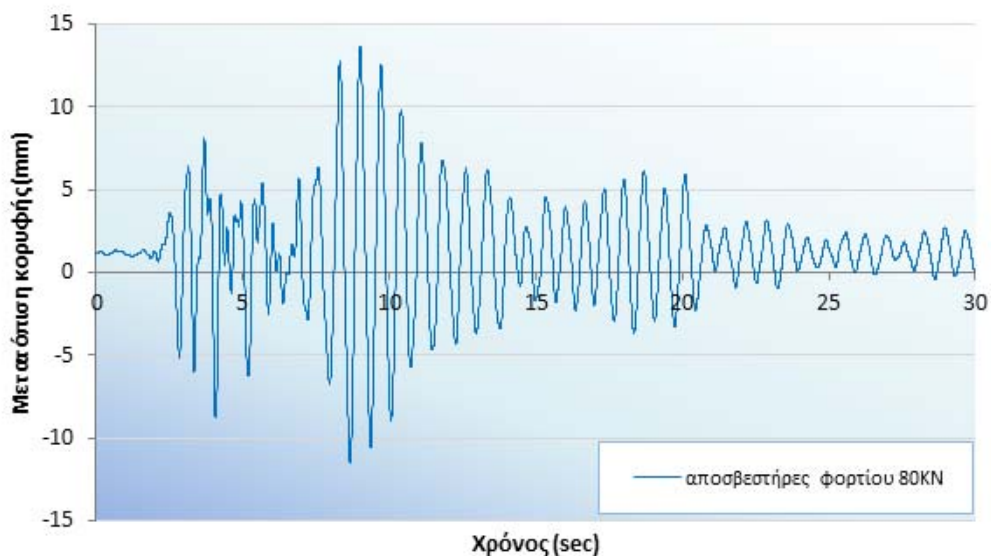
Σχήμα 4.229 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου I

#### 4.5.7.4 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.230, Σχήμα 4.231).



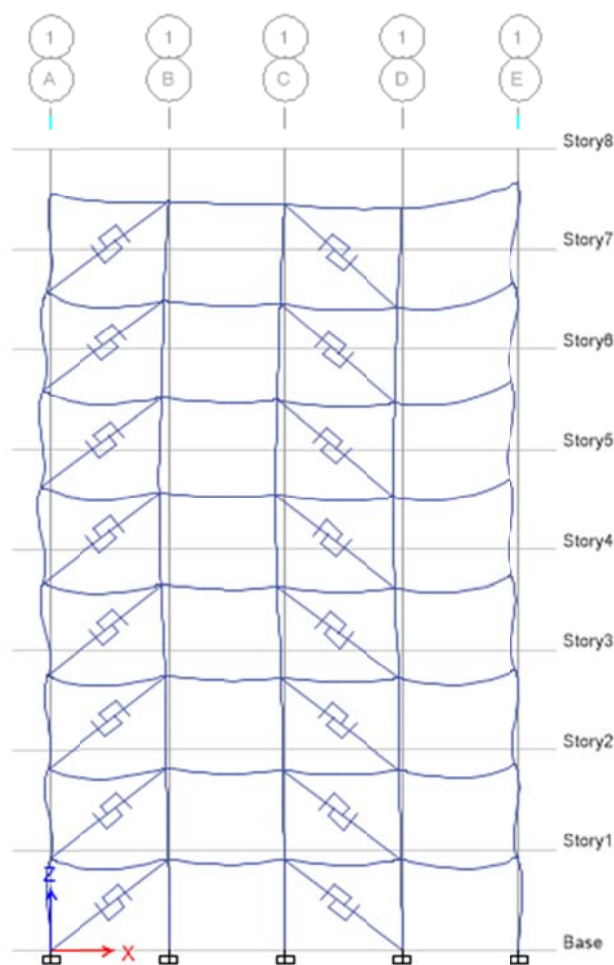
Σχήμα 4.230 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN



Σχήμα 4.231 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN

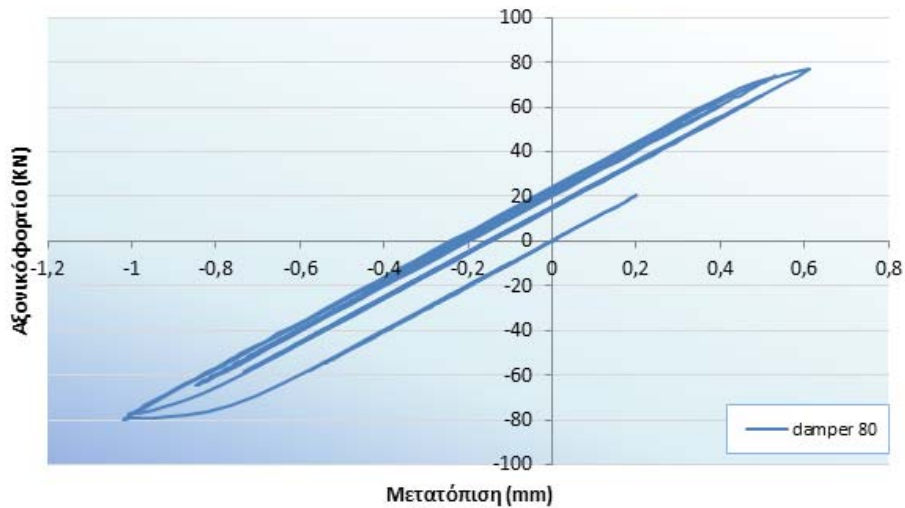
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.232) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου

ολίσθησης 80KN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



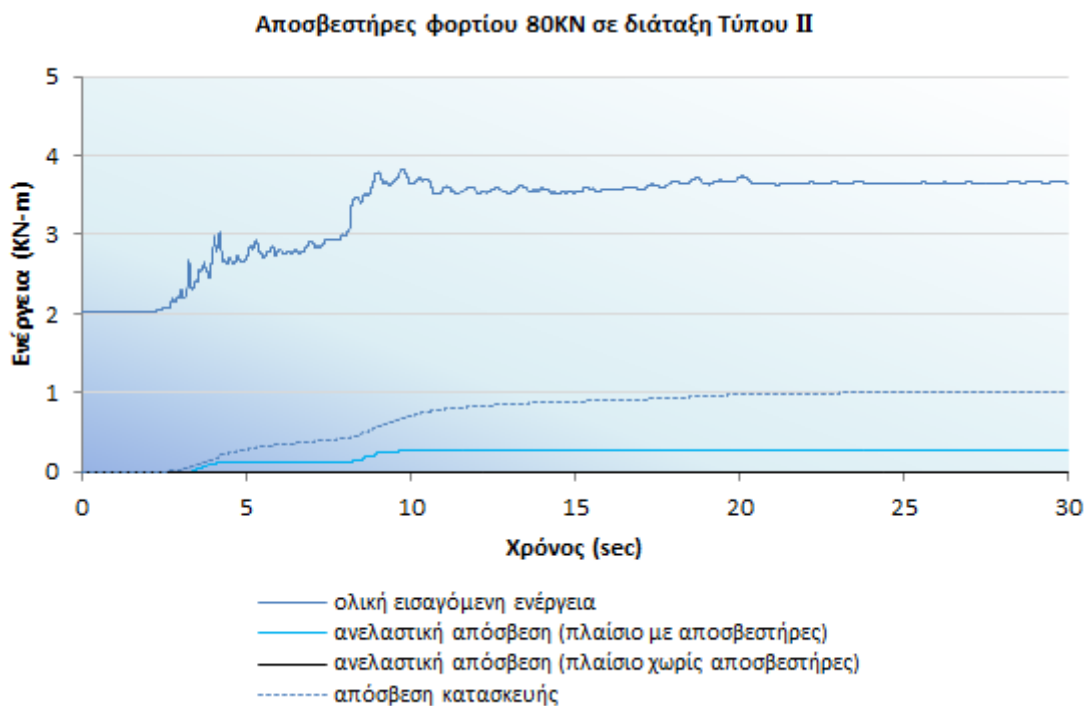
Σχήμα 4.232 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη ΤύπουII και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αθήνας 1999)

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.233) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN), με αποτέλεσμα ο αποσβεστήρας να ενεργοποιηθεί απορροφώντας μικρή ποσότητα ενέργειας.



Σχήμα 4.233 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN

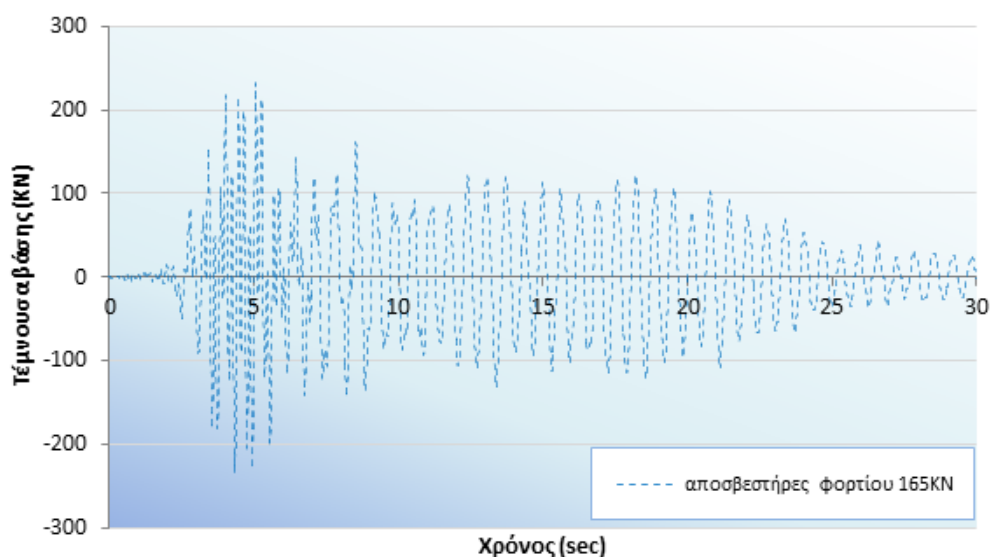
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80KN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.234) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.234 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, ένα αρκετά μικρό ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες, ενώ στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.



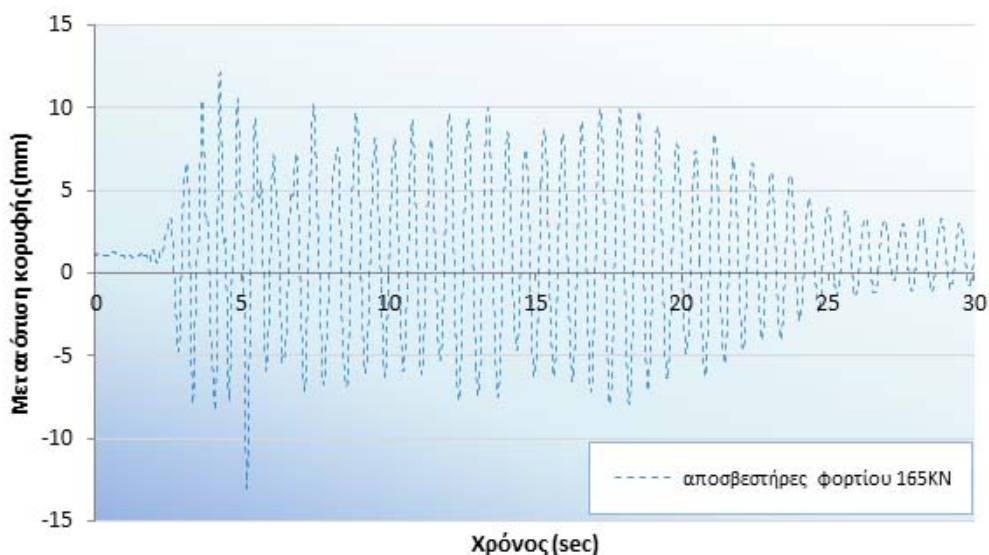
Σχήμα 4.234 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου II

#### 4.5.7.5 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.235, Σχήμα 4.236).



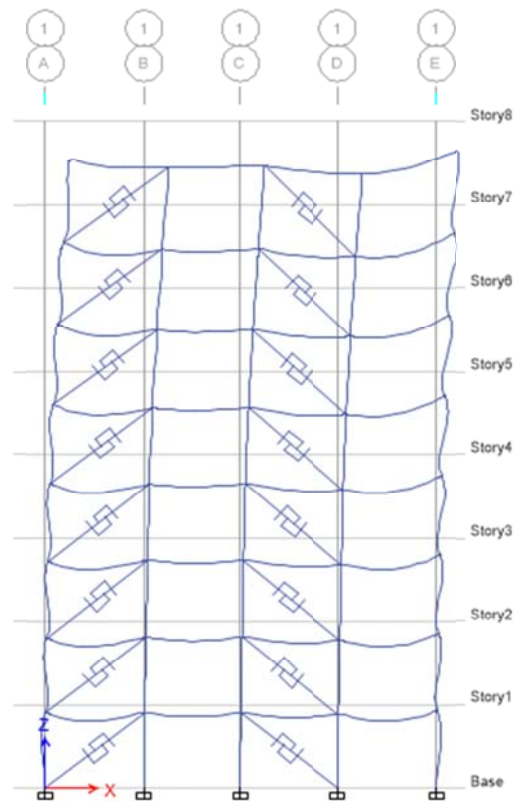
Σχήμα 4.235 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN



Σχήμα 4.236 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN

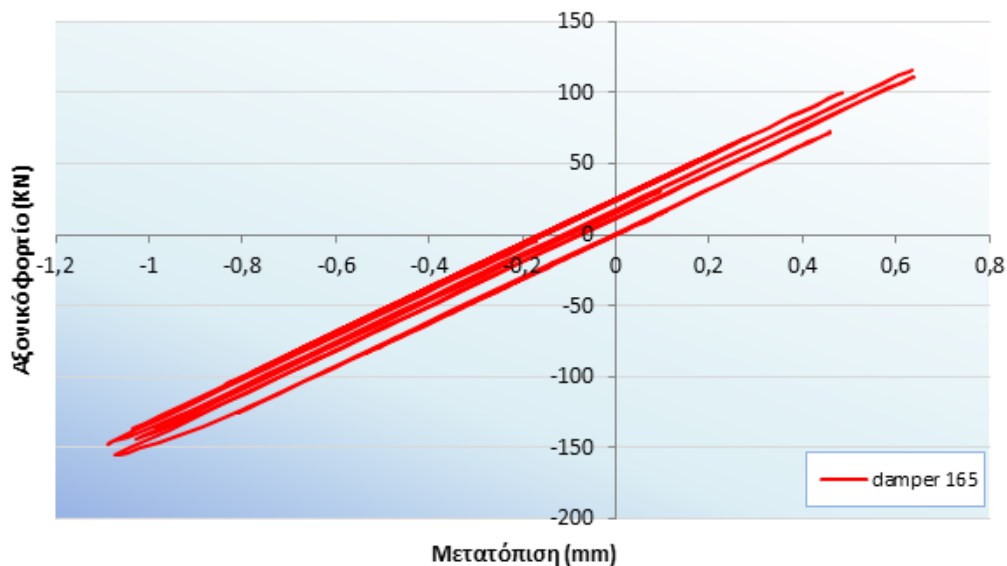
Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.237) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου

ολίσθησης 165KN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



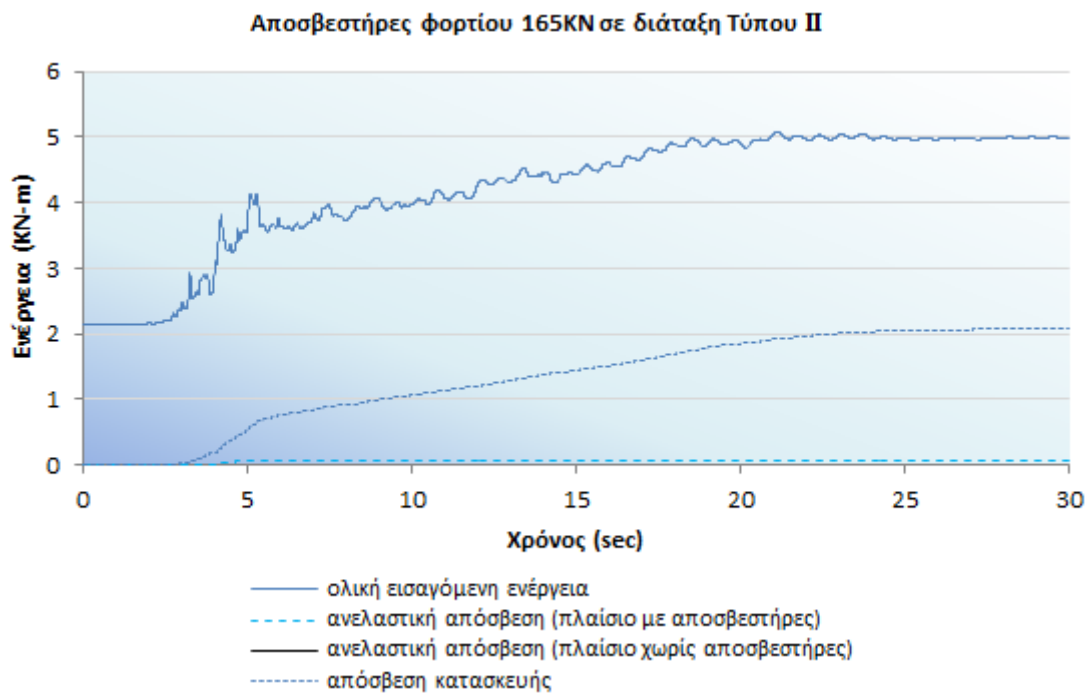
Σχήμα 4.237 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη ΤύπουII και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αθήνας 1999)

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.238) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου δεν υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165KN) και ο αποσβεστήρας δεν ενεργοποιήθηκε.



Σχήμα 4.238 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN

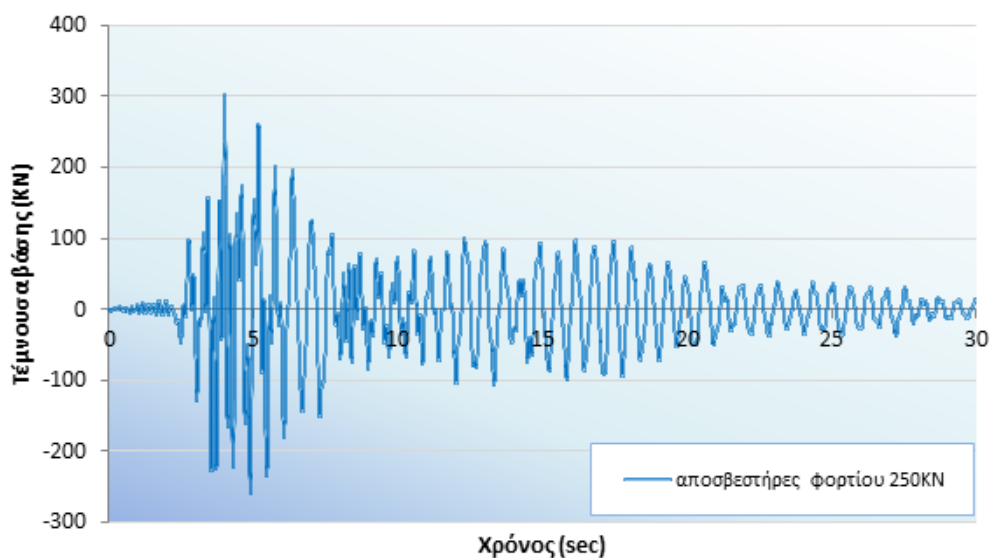
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.239) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.239 προκύπτει πως, στην περίπτωση των αποσβεστήρων τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN, το ποσοστό που αντιστοιχεί στην ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενικό, καθώς οι αποσβεστήρες δεν ενεργοποιούνται αλλά και δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις. Επίσης, στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς και πάλι δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.



Σχήμα 4.239 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165kN σε διάταξη Τύπου II

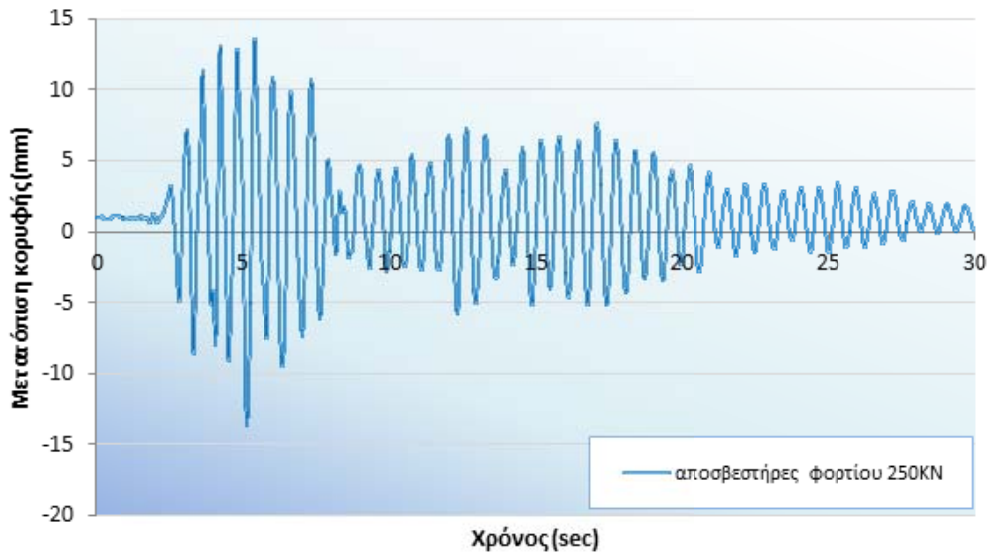
#### 4.5.7.6 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (αποσβεστήρας 250kN)

Από την τρίτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250kN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.240, Σχήμα 4.241).



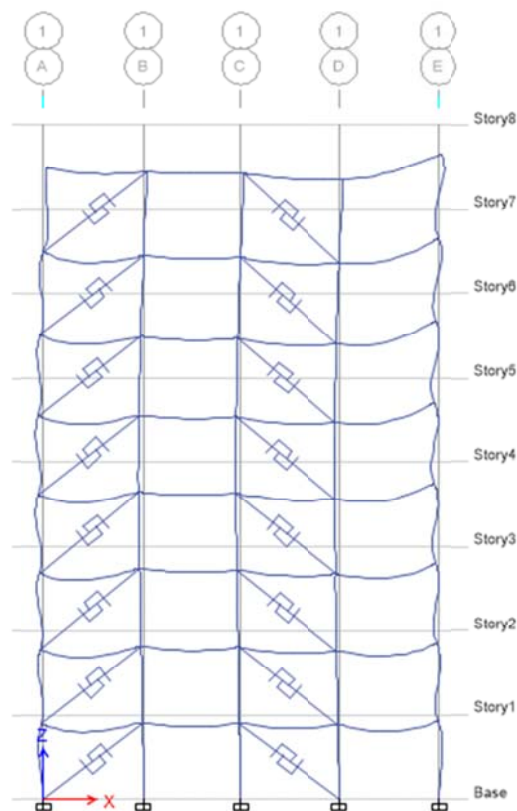
Σχήμα 4.240 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250kN





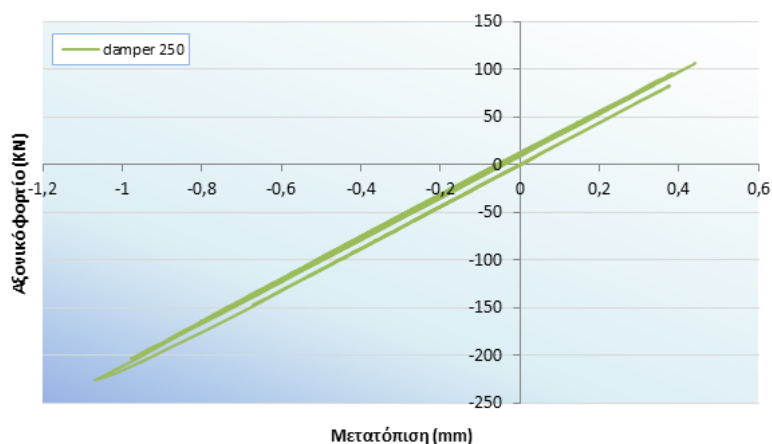
Σχήμα 4.241 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.242) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



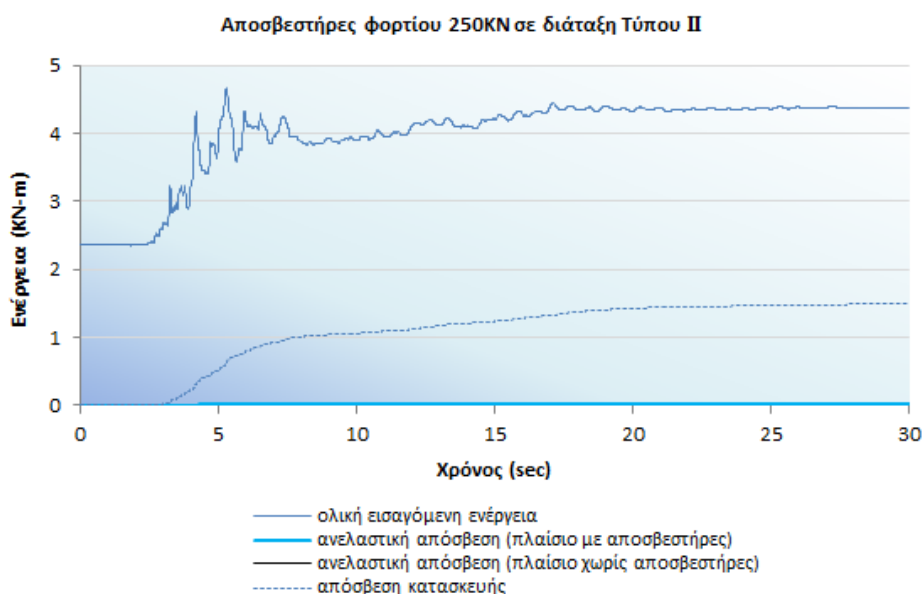
Σχήμα 4.242 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αθήνας 1999)

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.243) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου δεν υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250KN) και ο αποσβεστήρας δεν ενεργοποιήθηκε.



Σχήμα 4.243 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN

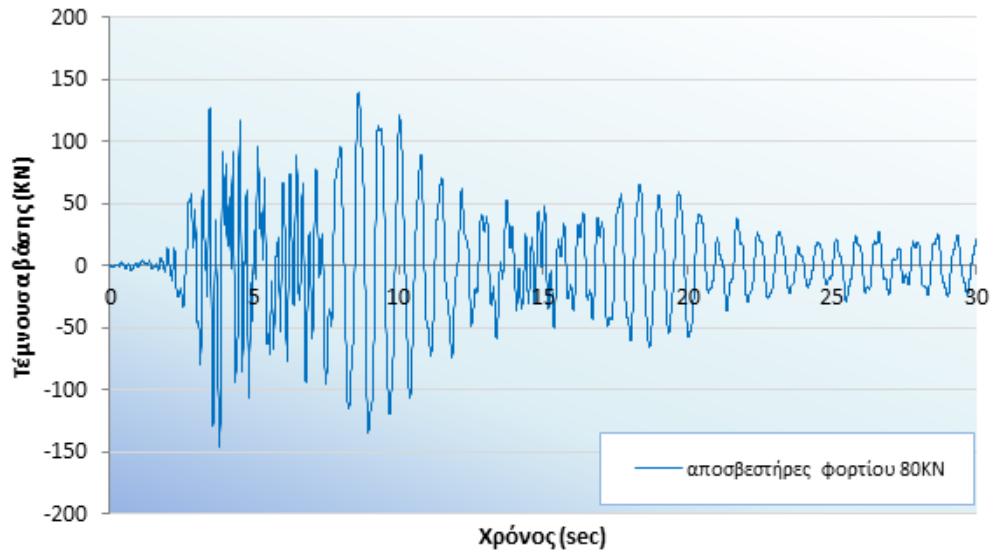
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250KN σε διάταξη Τύπου II, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.244) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.244 προκύπτει πως, στην περίπτωση των αποσβεστήρων τριβής φορτίου ολίσθησης 250KN, το ποσοστό που αντιστοιχεί στην ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενικό, καθώς οι αποσβεστήρες δεν ενεργοποιούνται αλλά και δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις. Επίσης, στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς και πάλι δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.



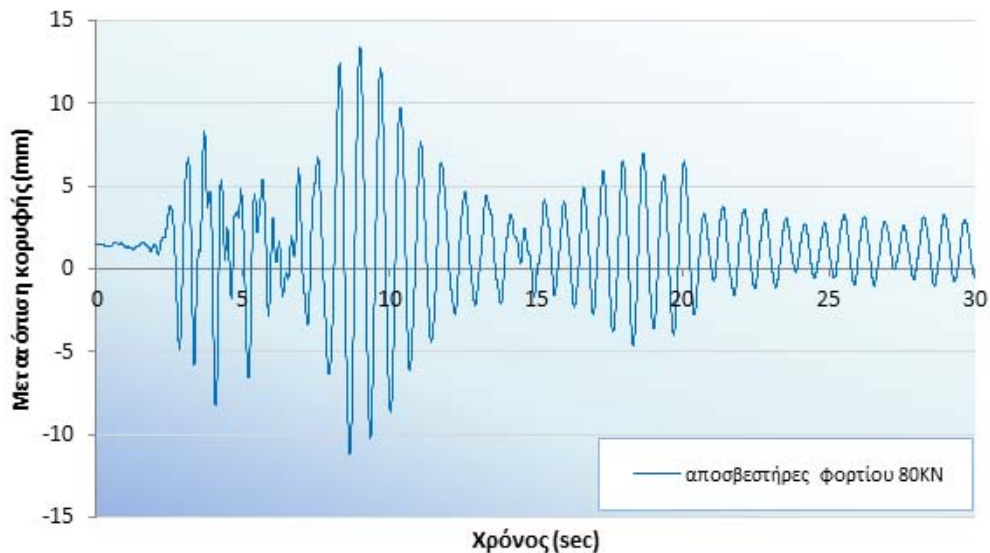
Σχήμα 4.244 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου II

#### 4.5.7.7 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (αποσβεστήρας 80KN)

Από την πρώτη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 80KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.245, Σχήμα 4.246).

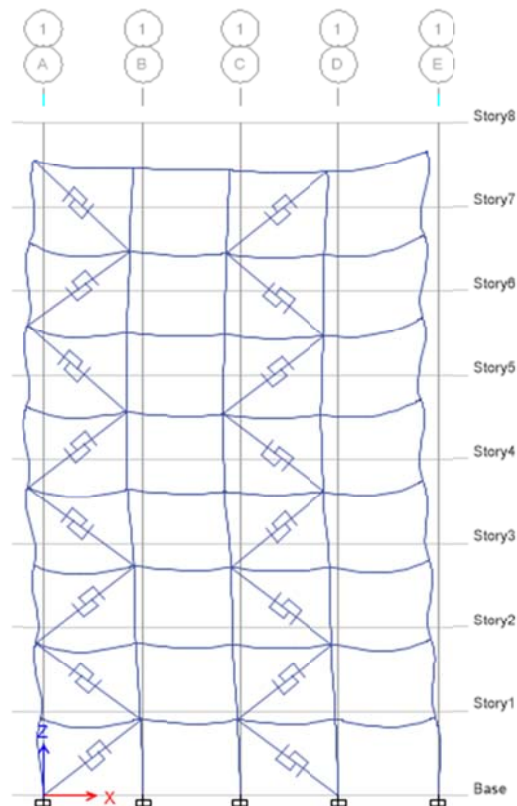


Σχήμα 4.245 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN



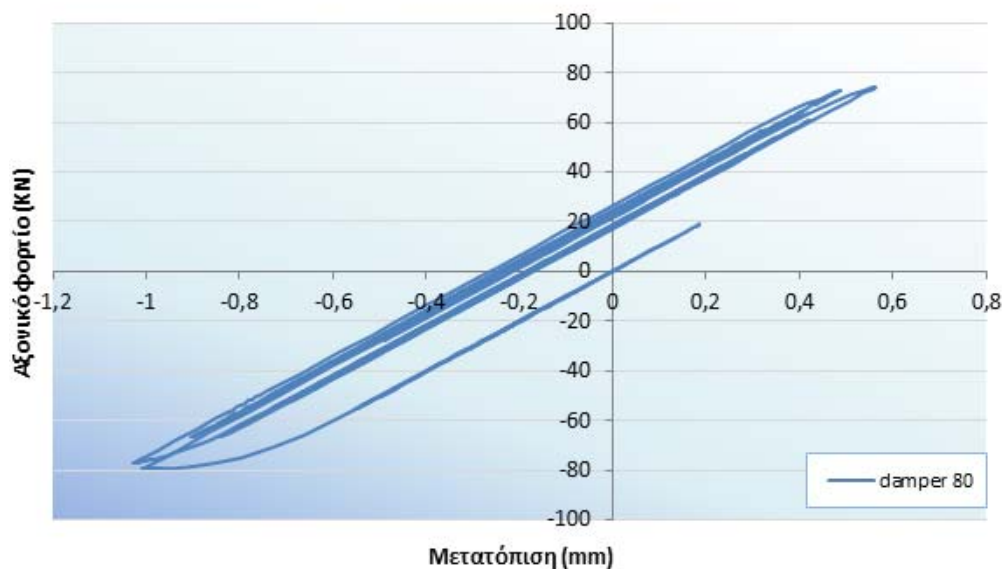
Σχήμα 4.246 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ και φορτίου ολίσθησης 80KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.247) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



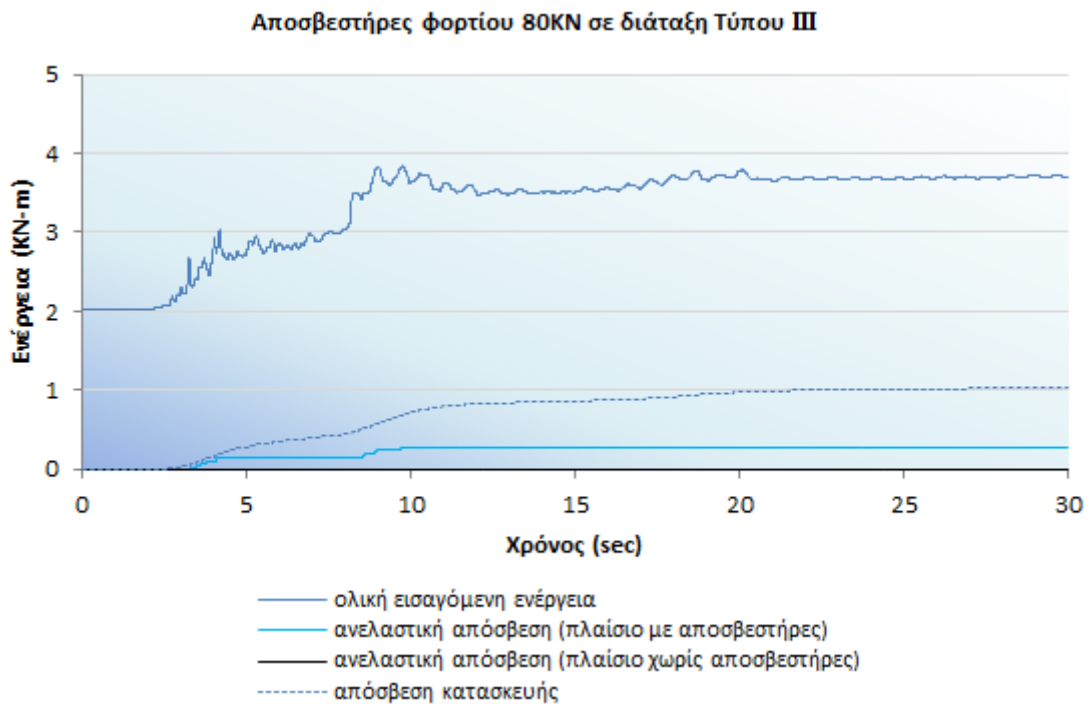
Σχήμα 4.247 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αθήνας 1999)

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.248) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου δεν υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (80KN) και ο αποσβεστήρας δεν ενεργοποιήθηκε.



Σχήμα 4.248 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80kN

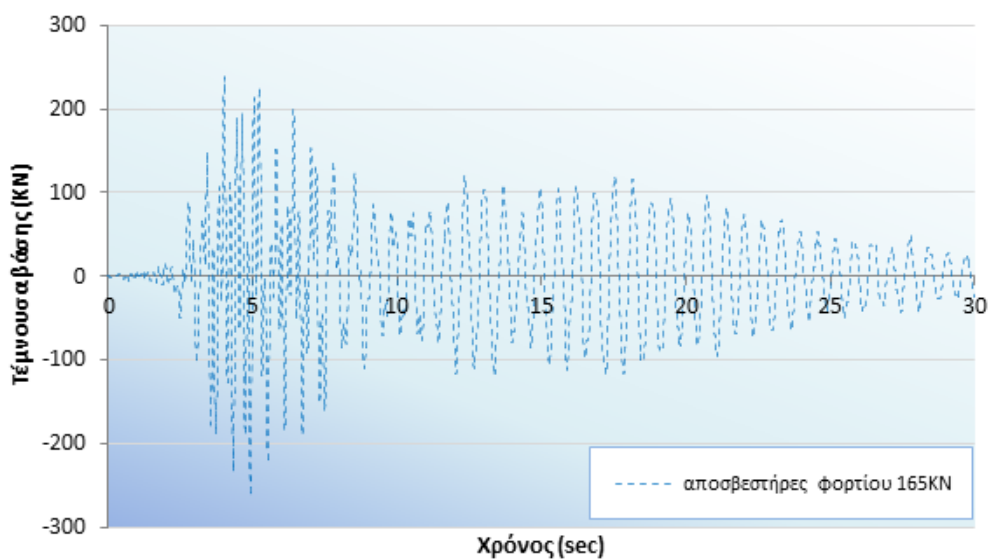
Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80kN σε διάταξη Τύπου ΙΙΙ, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.249) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.249 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, ένα αρκετά μικρό ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες, ενώ στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.



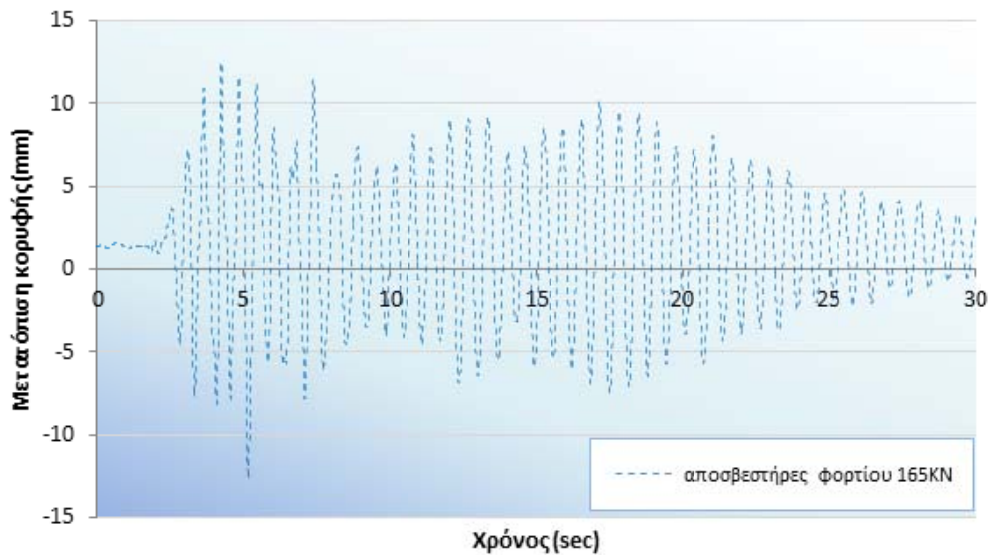
Σχήμα 4.249 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου III

#### 4.5.7.8 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 165KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 165KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.250, Σχήμα 4.251).

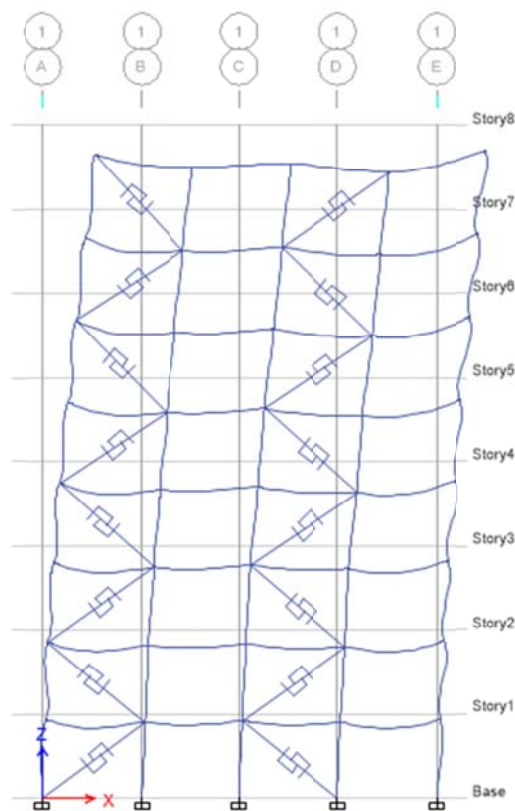


Σχήμα 4.250 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN



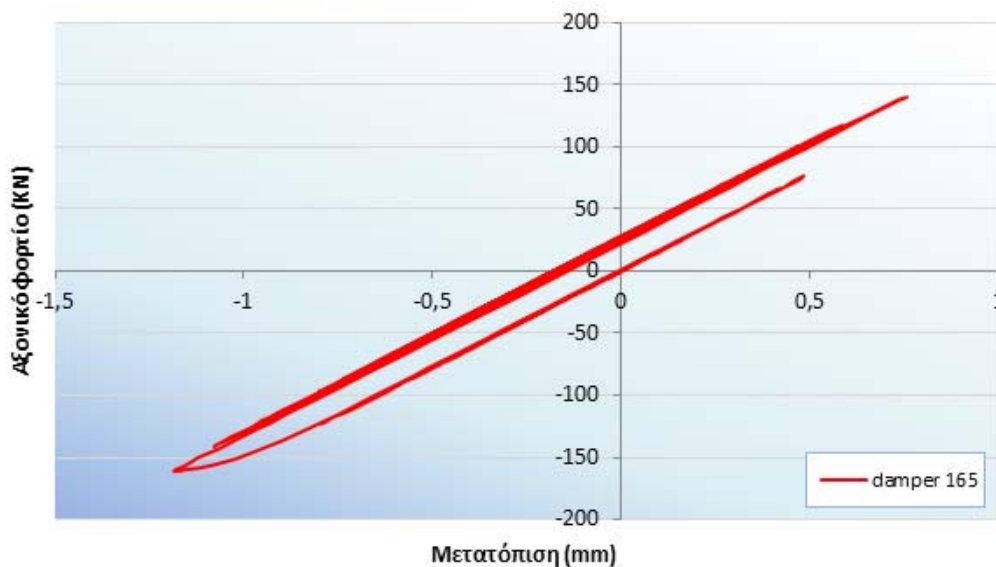
Σχήμα 4.251 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165kN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.252) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165kN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



Σχήμα 4.252 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 165kN (σεισμός Αθήνας 1999)

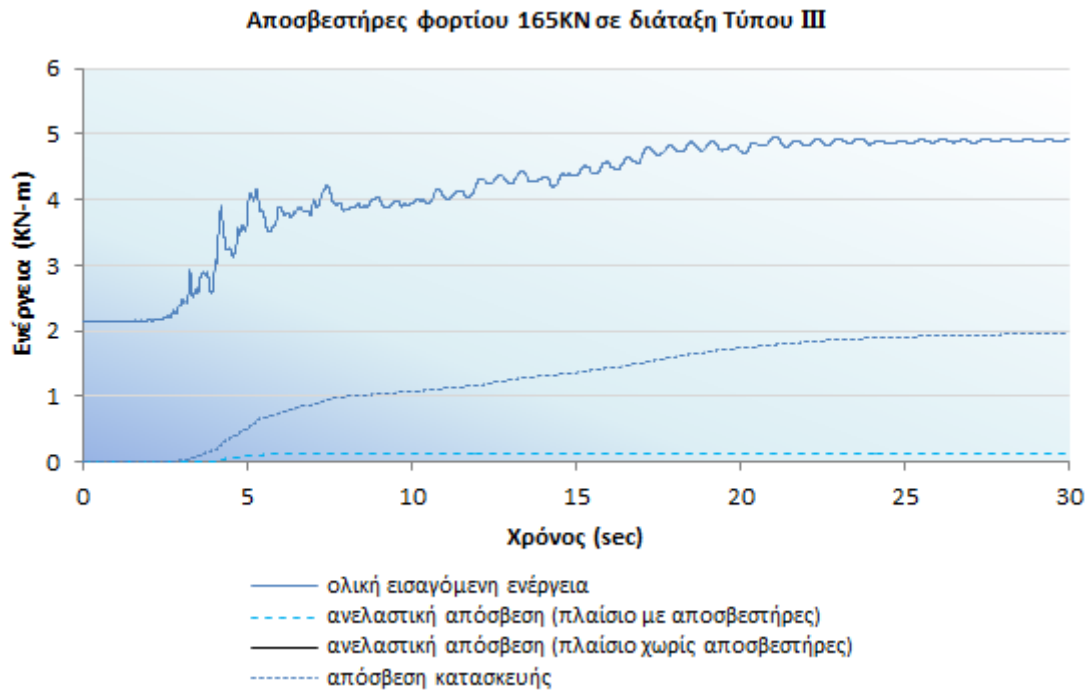
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.253) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου δεν υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (165KN) και ο αποσβεστήρας δεν ενεργοποιήθηκε.



Σχήμα 4.253 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN

Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN σε διάταξη Τύπου III, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.254) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.254 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, ένα πρακτικά μηδενικό ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες, ενώ στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.

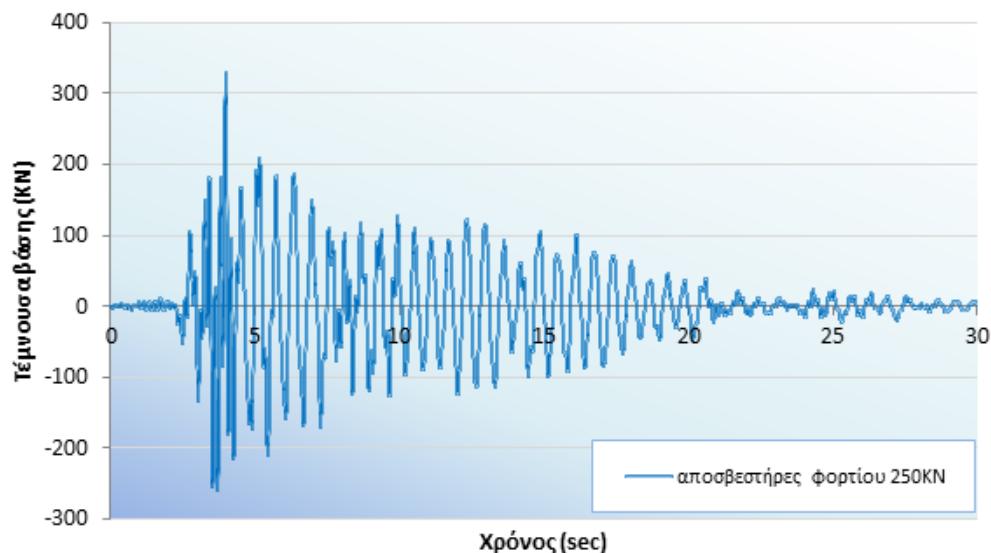




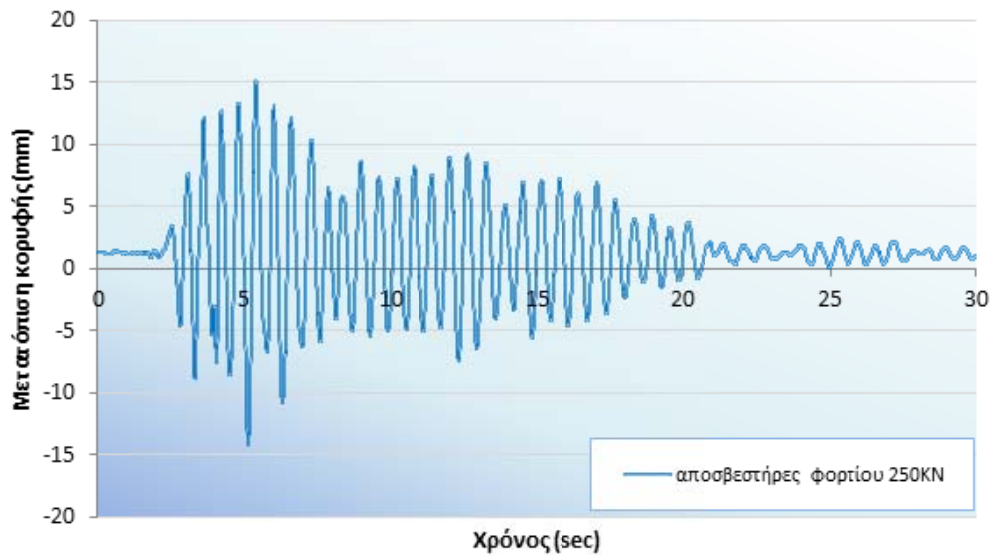
Σχήμα 4.254 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου III

#### 4.5.7.9 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (αποσβεστήρας 250KN)

Από τη δεύτερη δυναμική ανελαστική ανάλυση με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας και αποσβεστήρες τριβής με φορτίο ολίσθησης ίσο με 250KN, προκύπτει η μεταβολή της τέμνουσας βάσης και της μετατόπισης κορυφής του πλαισίου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.255, Σχήμα 4.256).

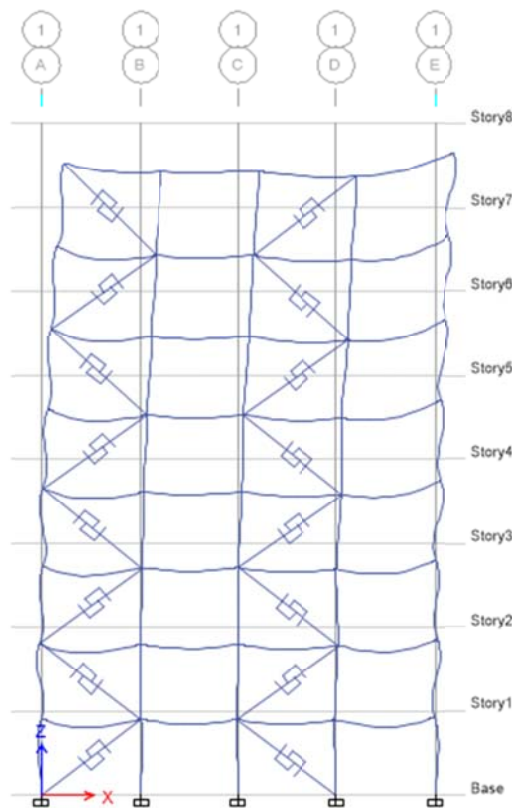


Σχήμα 4.255 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN



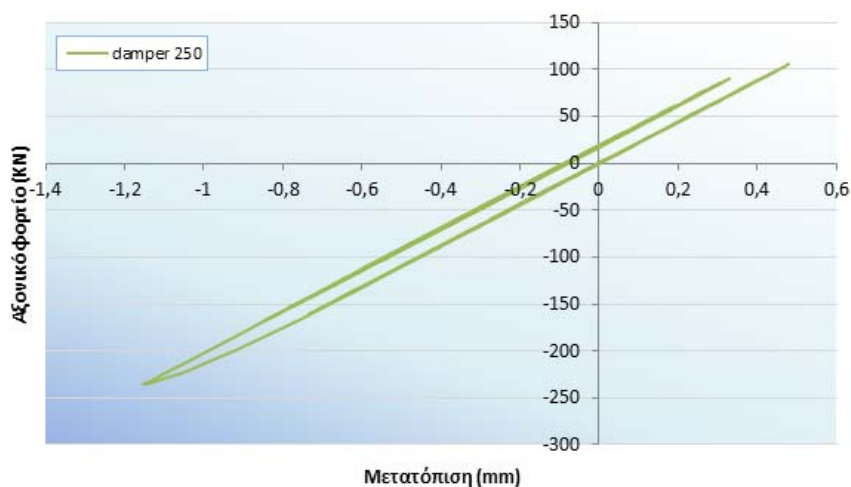
Σχήμα 4.256 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.257) φαίνεται πως, στο τελικό βήμα της δυναμικής ανελαστικής ανάλυσης του πλαισίου με διάταξη αποσβεστήρων τριβής Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN για το σεισμό της Αθήνας, δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις σε κανένα σημείο του πλαισίου.



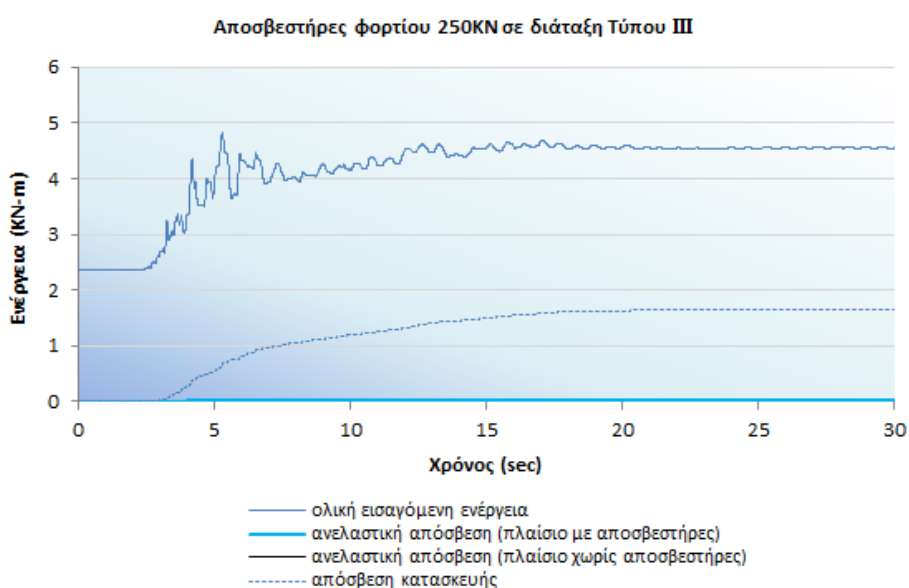
Σχήμα 4.257 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αθήνας 1999)

Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 4.258) παρουσιάζεται ο υστερητικός βρόγχος ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο από τη Δυναμική ανελαστική ανάλυση, από το οποίο προκύπτει πως το αξονικό φορτίο του συστήματος αποσβεστήρα – μεταλλικής διαγωνίου δεν υπερέβη το φορτίο ολίσθησης (250KN) και ο αποσβεστήρας δεν ενεργοποιήθηκε.



Σχήμα 4.258 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN

Τέλος, από τη δυναμική ανελαστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας, για το πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 250KN σε διάταξη Τύπου III, παρατίθεται το επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.259) με τις καμπύλες μεταβολής ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Από το Σχήμα 4.259 προκύπτει πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, ένα πρακτικά μηδενικό ποσοστό της εισαγόμενης ενέργειας απορροφάται από τους αποσβεστήρες, ενώ στην περίπτωση του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες η ανελαστική απόσβεση είναι πρακτικά μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις κατά την ανάλυση.

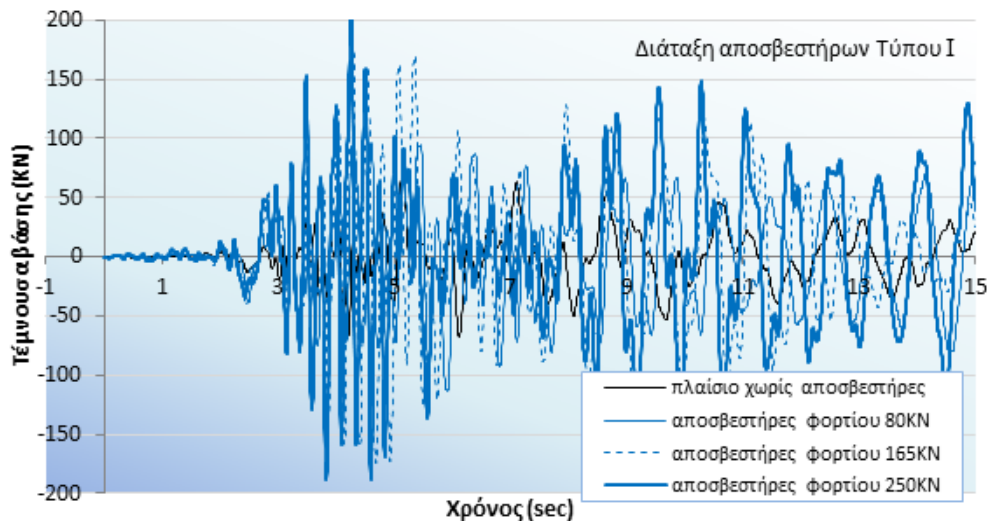


Σχήμα 4.259 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου III

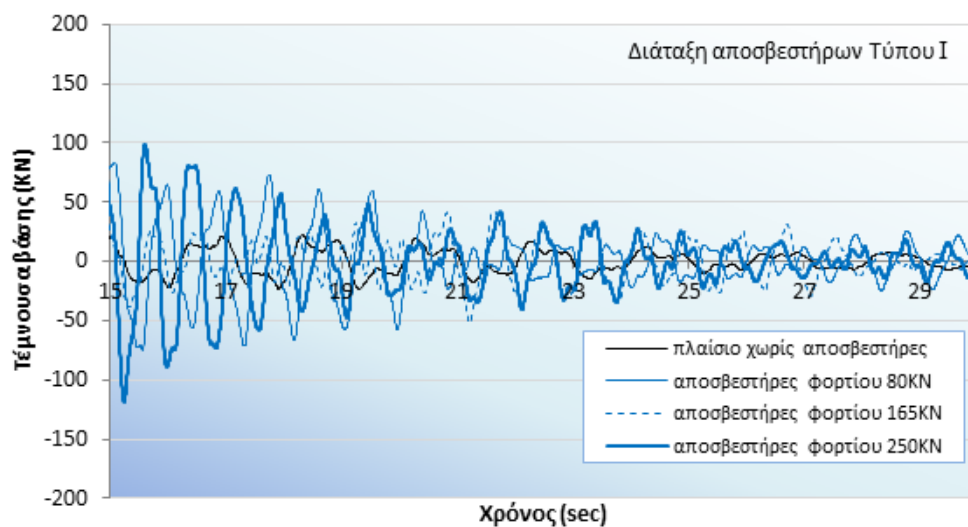
## 4.5.8 Σύγκριση αποτελεσμάτων Δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων με το σεισμό της Αθήνας 1999

### 4.5.8.1 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I, για το σεισμό της Αθήνας δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα (Σχήμα 4.260, Σχήμα 4.261).

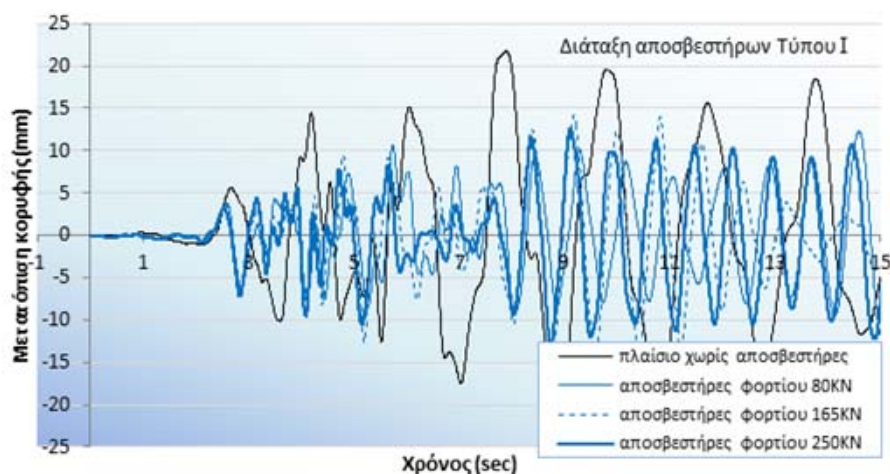


Σχήμα 4.260 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec)

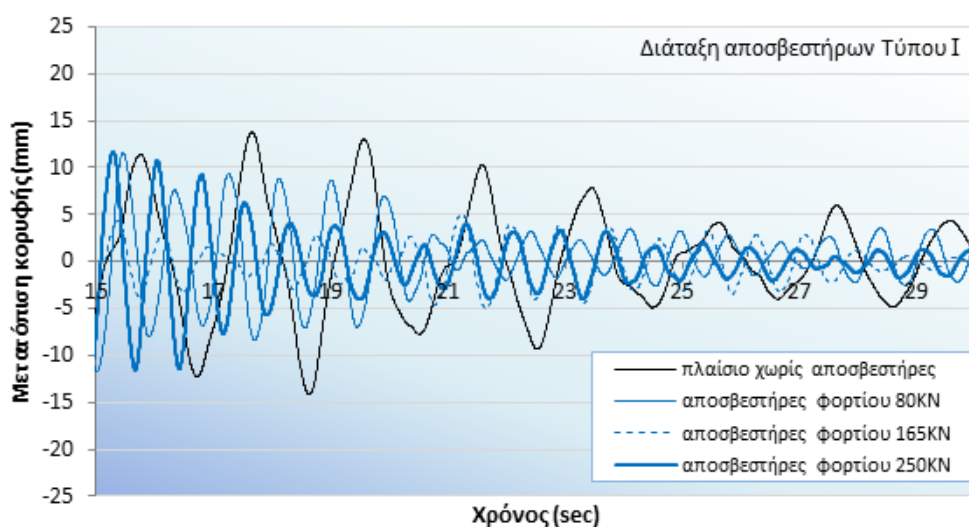


Σχήμα 4.261 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης.



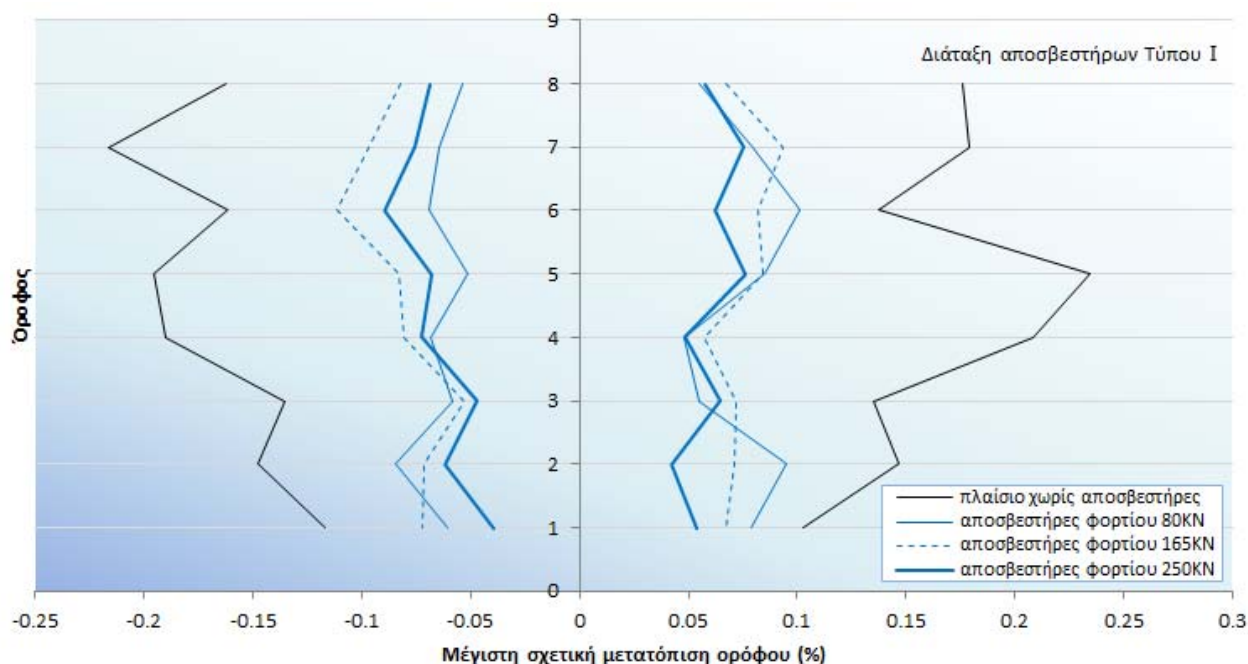
Σχήμα 4.262 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec)



Σχήμα 4.263 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.262, Σχήμα 4.263) παρατηρείται ότι για το σεισμό της Αθήνας με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 55% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

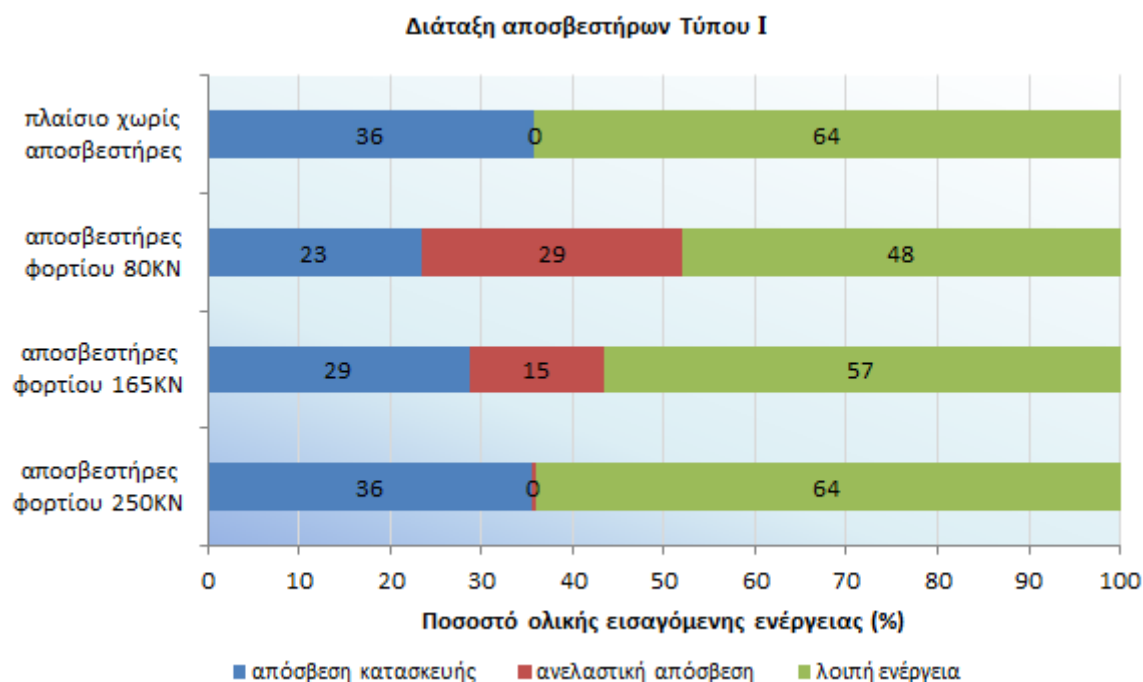
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.264), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου Ι, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας.



Σχήμα 4.264 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.264, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250kN να τις περιορίζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250kN, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 41% περίπου της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.73).

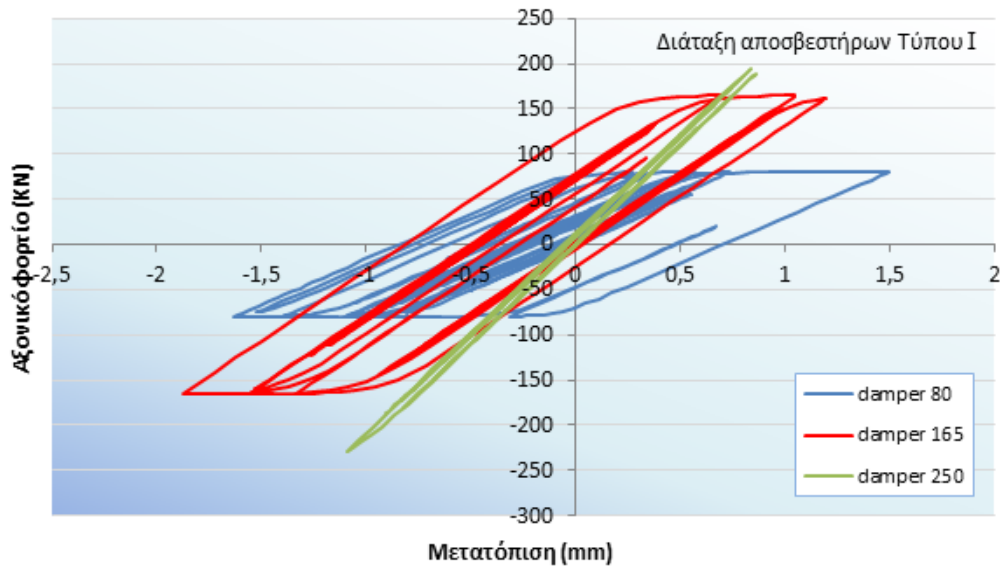
Στο επόμενο γράφημα Σχήμα 4.265, παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου Ι, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Διευκρινίζεται πως, η ολική εισαγόμενη ενέργεια είναι αυτή που εφαρμόζεται στο πλαίσιο λόγω των επιβαλλόμενων φορτίων (στατικών και δυναμικών), η ανελαστική απόσβεση αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από τους αποσβεστήρες και τις πλαστικές αρθρώσεις που αναπτύσσονται στα μέλη του φορέα, η απόσβεση της κατασκευής αντιπροσωπεύει την απορροφώμενη ενέργεια από το πλαίσιο εξαιτίας της μάζας και της ακαμψίας του, ενώ η λοιπή ενέργεια είναι κυρίως κινητική.



*Σχήμα 4.265 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας*

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί κυρίως στην κινητική, ενώ η ανελαστική απόσβεση είναι μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις. Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 29%, μειώνοντας περαιτέρω το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως και στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως όλο το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες. Τέλος, παρατηρείται πως, όταν αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας μειώνεται, λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων, με εξαίρεση τους αποσβεστήρες φορτίου 250KN, όπου το ποσοστό της ανελαστικής ενέργειας μηδενίζεται, λόγω μη ενεργοποίησης των αποσβεστήρων και μη ανάπτυξης πλαστικών αρθρώσεων. Κατά συνέπεια, προκύπτει το συμπέρασμα πως, με τους αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80KN, βελτιώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό η σεισμική απόκριση του πλαισίου.

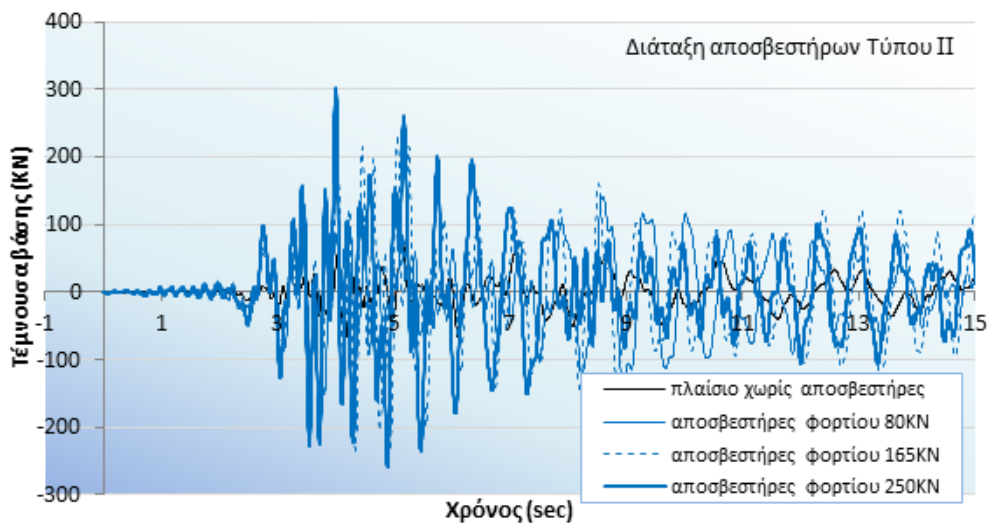
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.266), παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων του αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι αποσβεστήρες ενεργοποιήθηκαν – εκτός από τον αποσβεστήρα με φορτίο ολίσθησης 250KN – απορροφώντας σεισμική ενέργεια, με τον αποσβεστήρα φορτίου ολίσθησης 165KN στο ισόγειο να απορροφά περισσότερη ενέργεια.



Σχήμα 4.266 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο

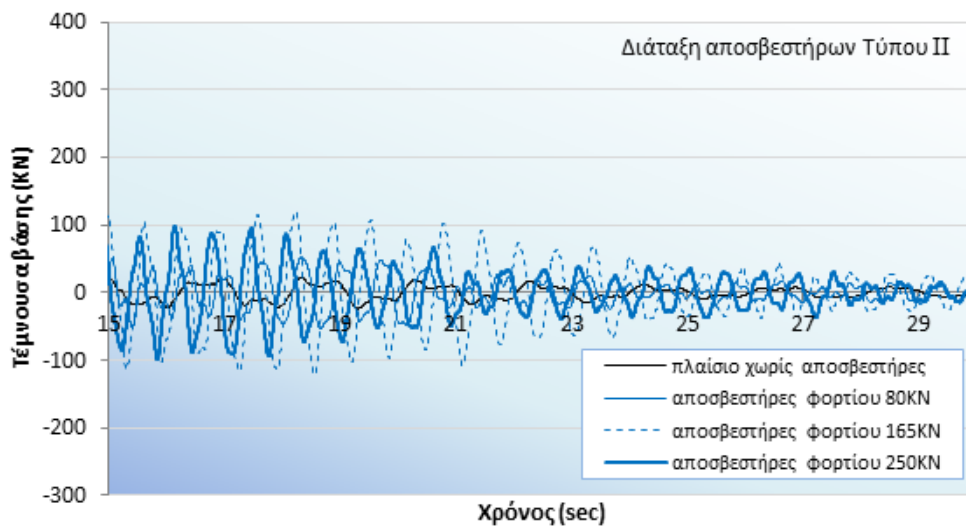
#### 4.5.8.2 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II, για το σεισμό της Αθήνας δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα (Σχήμα 4.267, Σχήμα 4.268).



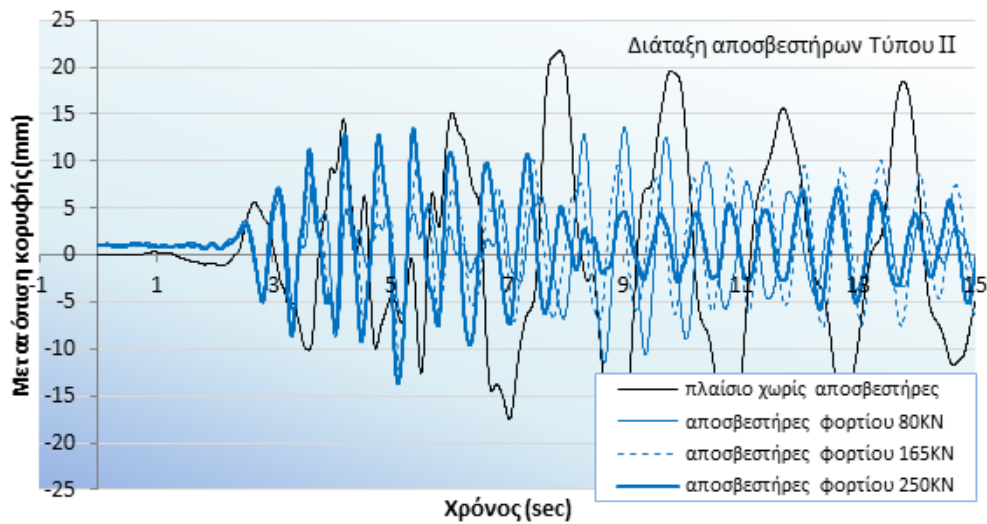
Σχήμα 4.267 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοιστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec)



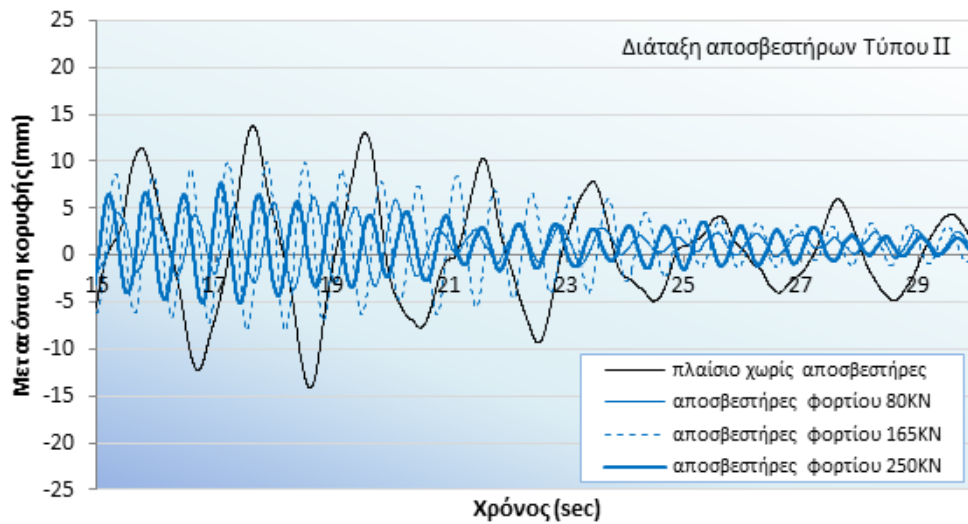


Σχήμα 4.268 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης.



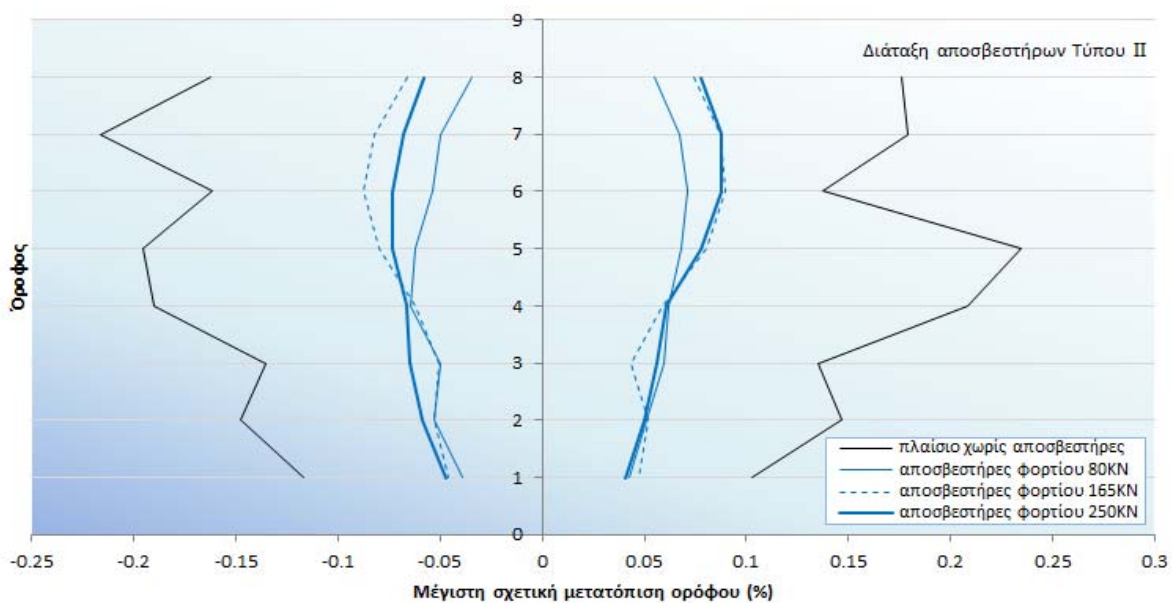
Σχήμα 4.269 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec)



Σχήμα 4.270 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοιστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.269, Σχήμα 4.270) παρατηρείται ότι για το σεισμό της Αθήνας με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 65% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

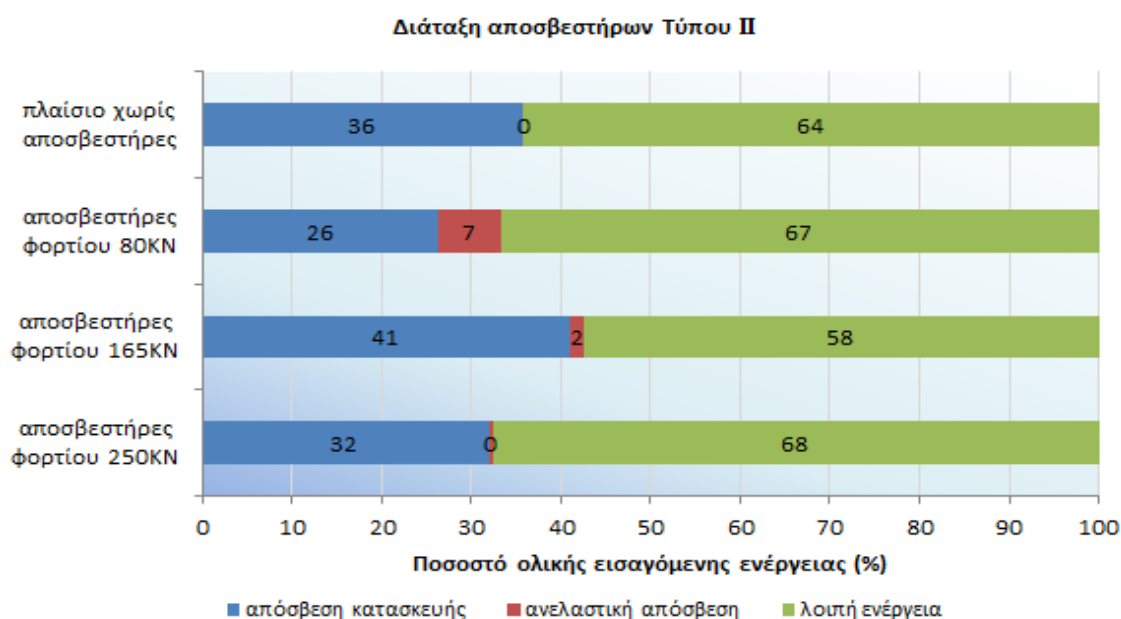
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.271), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας.



Σχήμα 4.271 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.271, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN να τις περιορίζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 37% περίπου της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.76).

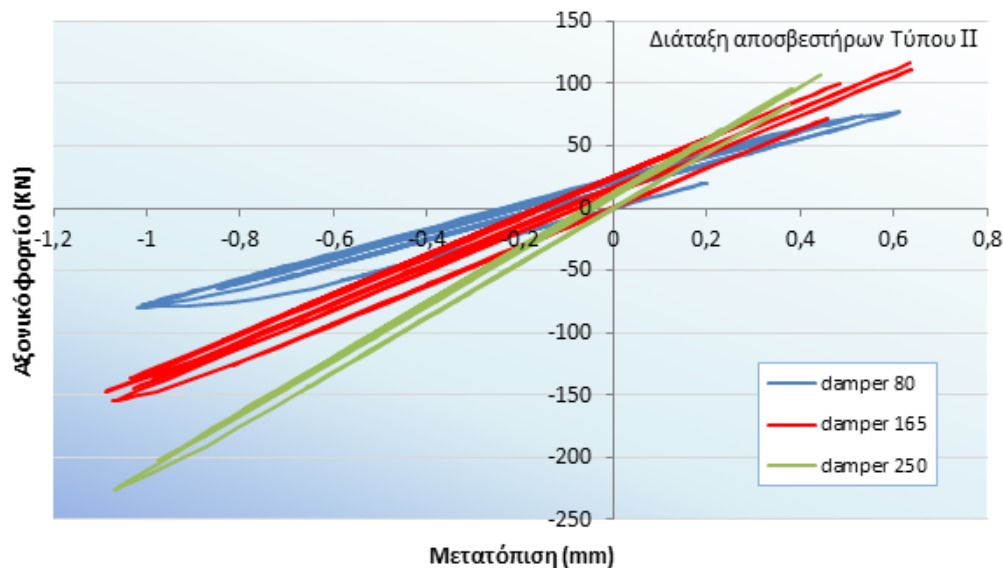
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.272), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου II, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες.



Σχήμα 4.272 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί κυρίως στην κινητική, ενώ η ανελαστική απόσβεση είναι μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις. Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 7%, μειώνοντας κυρίως το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως και στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως όλο το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες. Τέλος, παρατηρείται πως, όταν αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας μειώνεται, λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων, με εξαίρεση τους αποσβεστήρες φορτίου 250KN, όπου το ποσοστό της ανελαστικής ενέργειας μηδενίζεται, λόγω μη ενεργοποίησης των αποσβεστήρων και μη ανάπτυξης πλαστικών αρθρώσεων. Κατά συνέπεια, προκύπτει το συμπέρασμα πως, με τους αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80KN, βελτιώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό η σεισμική απόκριση του πλαισίου.

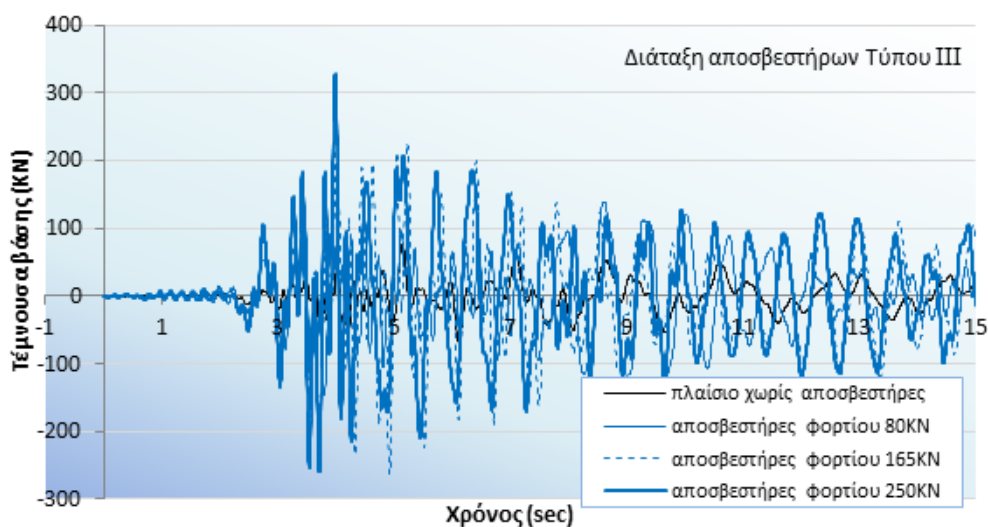
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.273), παρουσιάζεται ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι σε κάθε περίπτωση οι αποσβεστήρες δεν ενεργοποιήθηκαν.



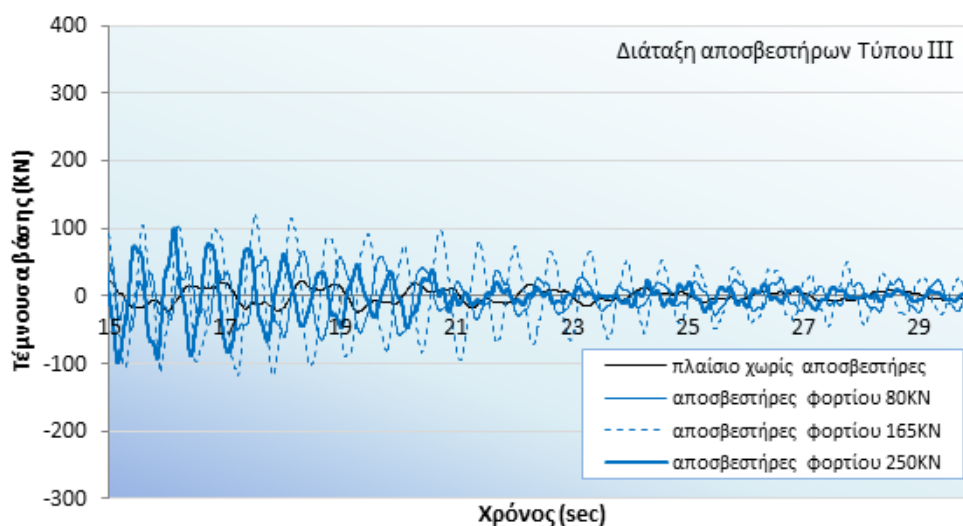
Σχήμα 4.273 Οι υστερητικοί βρόχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο

#### 4.5.8.3 Διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων των δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III, για το σεισμό της Αθήνας δημιουργήθηκαν τα παρακάτω γραφήματα (Σχήμα 4.274, Σχήμα 4.275).

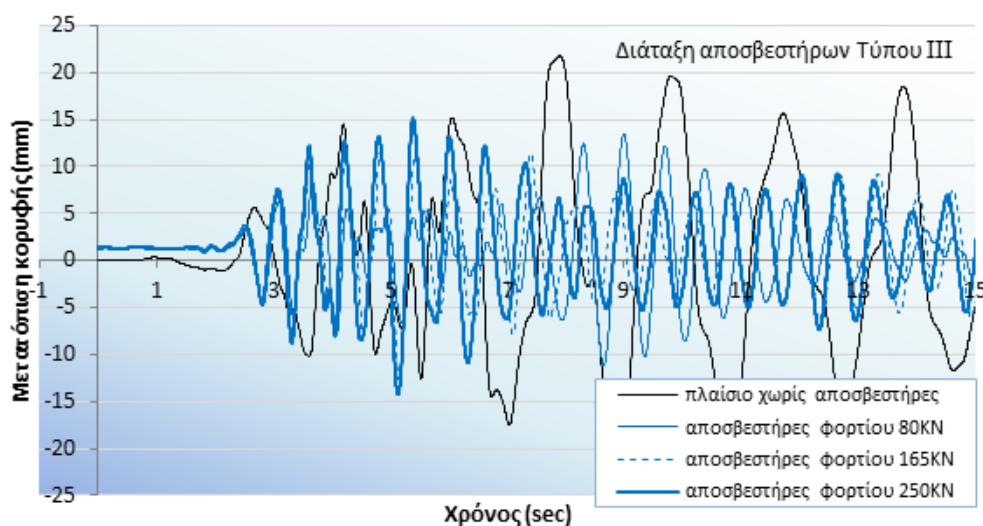


Σχήμα 4.274 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec)

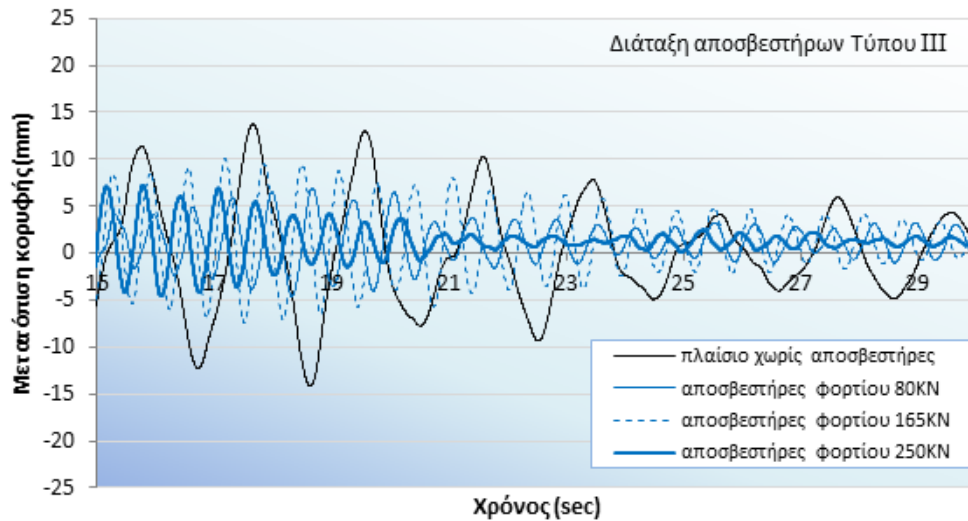


Σχήμα 4.275 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των τεμνουσών στη βάση σε συνάρτηση με το χρόνο παρατηρείται ότι όσο αυξάνει το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης.



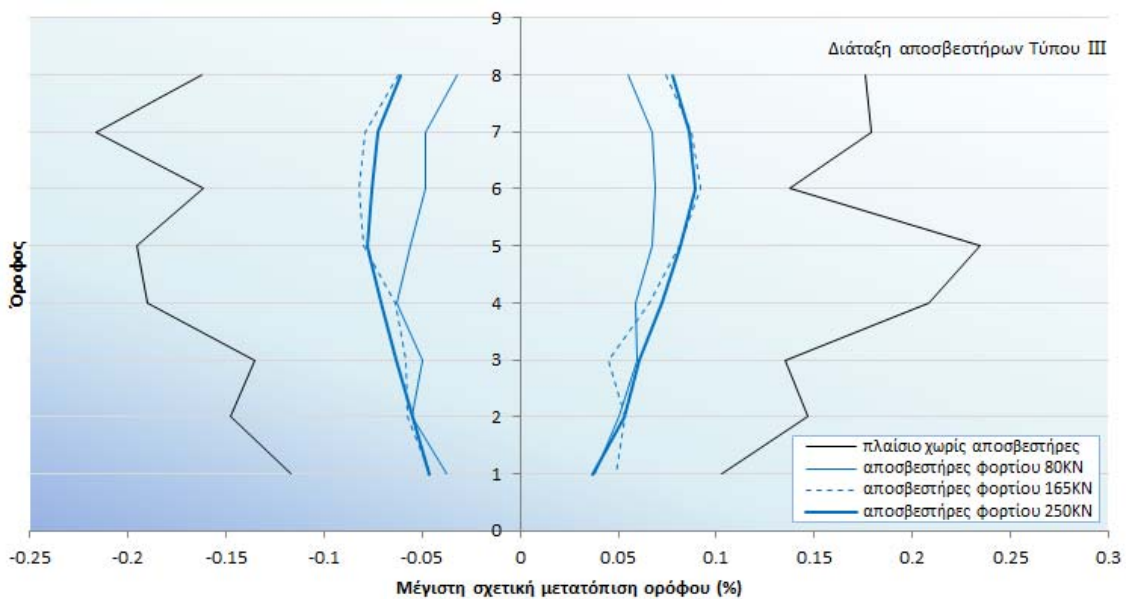
Σχήμα 4.276 Συγκριτικό διάγραμμα χρονιοστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου ΙΙΙ (0-15sec)



Σχήμα 4.277 Συγκριτικό διάγραμμα ιστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (15-30sec)

Από το συγκριτικό διάγραμμα των μετατοπίσεων κορυφής σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4.276, Σχήμα 4.277) παρατηρείται ότι για το σεισμό της Αθήνας με χρήση των αποσβεστήρων τριβής παρουσιάζονται σημαντικά μικρότερες τιμές μετατόπισης σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες. Οι μικρότερες μετατοπίσεις δικαιολογούνται από το γεγονός ότι το πλαίσιο με αποσβεστήρες έχει ιδιοπερίοδο μικρότερη κατά περίπου 65% της ιδιοπεριόδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.

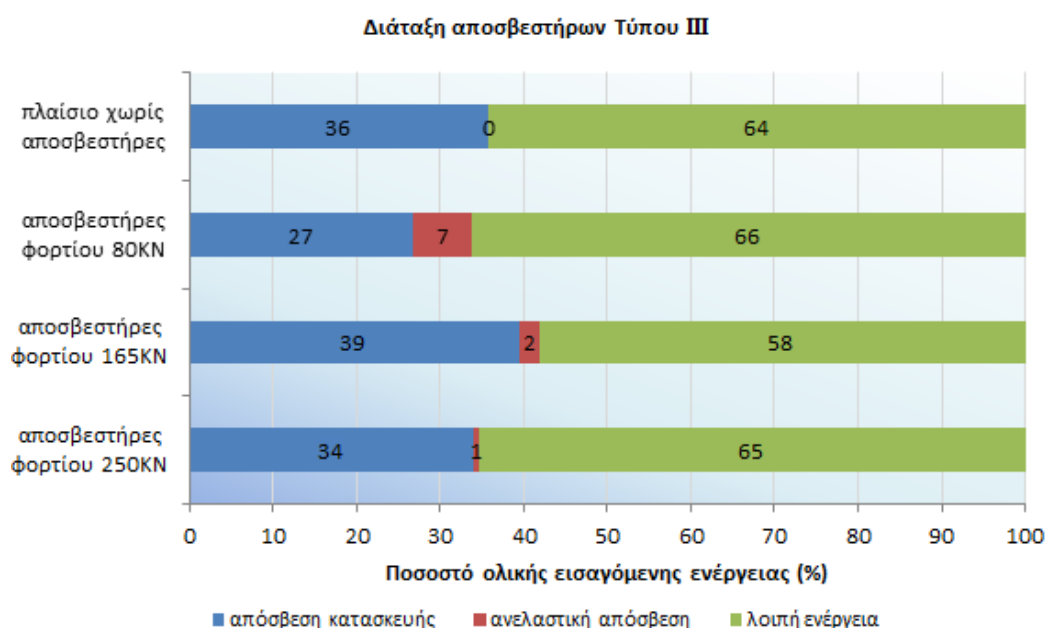
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.278), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέγιστων σχετικών μετατοπίσεων ορόφου του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III, από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας.



Σχήμα 4.278 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων

Παρατηρώντας το Σχήμα 4.278, εξάγεται το συμπέρασμα πως η χρήση των αποσβεστήρων τριβής επηρέασε σημαντικά τις σχετικές μετακινήσεις σε σχέση με το αρχικό πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN να τις περιορίζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό. Το συμπέρασμα αυτό δικαιολογείται από το γεγονός πως, με τη χρήση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 80KN, η ιδιοπερίοδος του πλαισίου αντιστοιχεί στο 37% περίπου της ιδιοπερίοδου του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (Σχήμα 4.79).

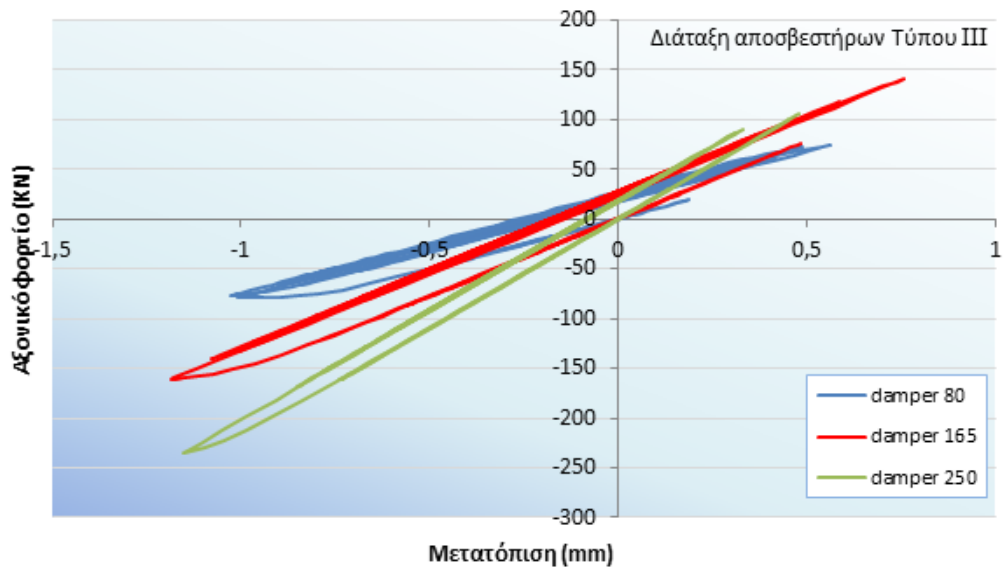
Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.279), παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης της ολικής εισαγόμενης ενέργειας στο πλαίσιο για κάθε αποσβεστήρα τριβής σε διάταξη Τύπου III, καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες.



Σχήμα 4.279 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας

Από το παραπάνω συγκριτικό γράφημα παρατηρείται πως, στο πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας αντιστοιχεί κυρίως στην κινητική, ενώ η ανελαστική απόσβεση είναι μηδενική, καθώς δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις. Με τη χρήση των αποσβεστήρων τριβής, το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αυξάνεται μέχρι και το 7%, μειώνοντας κυρίως το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή. Λαμβάνοντας υπόψη πως και στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως όλο το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες. Τέλος, παρατηρείται πως, όταν αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας μειώνεται, λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων. Κατά συνέπεια, προκύπτει το συμπέρασμα πως, με τους αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 80KN, βελτιώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό η σεισμική απόκριση του πλαισίου.

Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 4.280), παρουσιάζεται ενδεικτικό συγκριτικό διάγραμμα των υστερητικών βρόχων ενός αποσβεστήρα στο ισόγειο για τα τρία φορτία ολίσθησης, από το οποίο προκύπτει ότι οι σε κάθε περίπτωση οι αποσβεστήρες δεν ενεργοποιήθηκαν.



Σχήμα 4.280 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο





## Κεφάλαιο 5

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### 5.1 Εισαγωγή

Προκειμένου να εξετασθεί η επίδραση της χρήσης αποσβεστήρων τριβής στη σεισμική απόκριση του εξεταζόμενου πλαισίου, πραγματοποιήθηκε μία σειρά στατικών και δυναμικών ανελαστικών αναλύσεων για το αρχικό πλαίσιο χωρίς τους αποσβεστήρες και για το ενισχυμένο πλαίσιο με τρεις αποσβεστήρες τριβής της εταιρείας QUAKETEK διαφορετικού φορτίου ολίσθησης σε τρεις διαφορετικές διατάξεις τοποθέτησής τους, εντός των φατνωμάτων του πλαισίου. Για τις δυναμικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν τα επιταχυνσιογραφήματα των σεισμών της Καλαμάτας, του Αιγίου και της Αθήνας.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που εξάγονται από τη σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων πριν και μετά τη σεισμική αναβάθμιση με την τοποθέτηση των αποσβεστήρων τριβής.

#### 5.2 Παρουσίαση συμπερασμάτων

##### 5.2.1 Στατικές ανελαστικές αναλύσεις

Από τα συγκριτικά αποτελέσματα των **στατικών ανελαστικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν** στο πλαίσιο χωρίς και με αποσβεστήρες τριβής, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- με την εφαρμογή των αποσβεστήρων τριβής **μειώνεται σημαντικά η ιδιοπερίοδος του πλαισίου** έως και κατά 67%, με αποτέλεσμα την αύξηση της ακαμψίας, την αύξηση της διατιθέμενης τέμνουσας βάσης έως και κατά 240%, αλλά και τη μείωση των μετατοπίσεων κορυφής έως και κατά 139%, συνέπεια των οποίων είναι ο **δραστικός περιορισμός του πλήθους των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων** άρα και των τοπικών αστοχιών
- με την αύξηση του φορτίου ολίσθησης **ενεργοποιούνται λιγότεροι αποσβεστήρες**, με αποτέλεσμα οι διαγώνιοι μεταλλικοί σύνδεσμοι των οποίων οι αποσβεστήρες δεν ενεργοποιούνται να συμπεριφέρονται ως απλοί διαγώνιοι σύνδεσμοι αύξησης της ακαμψίας, χωρίς να λαμβάνει χώρα απορρόφηση ενέργειας

- με τη διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I παρατηρείται **σημαντική μείωση του πλήθους των τοπικών αστοχιών**, οι οποίες περιορίζονται μέχρι και την τέταρτη στάθμη, ενώ στην περίπτωση των αποσβεστήρων σε διάταξη Τύπου II και III παρατηρείται **εν γένει μείωση του πλήθους τους αλλά με την τάση να εντοπίζονται στα μέλη του φορέα που γειτνιάζουν με τα ενισχυμένα φατνώματα**.

Από τα παραπάνω εξάγεται το γενικό συμπέρασμα πως, η θέση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων, εξαρτάται από την **επιλεγόμενη θέση** των ενισχυόμενων φατνωμάτων, **τον προσανατολισμό των μεταλλικών διαγωνίων με τους αποσβεστήρες** αλλά και από το **φορτίο ολίσθησης των αποσβεστήρων τριβής**, το οποίο εξ ορισμού αποτελεί και το κατώφλι ενεργοποίησης των αποσβεστήρων, πέραν του οποίου λειτουργούν οι διατάξεις απόσβεσης και απορροφάται ενέργεια από το σύστημα.

### 5.2.2 Δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις

Από τις **δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις** στο **πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες**, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- για το σεισμό του **Αιγίου** παρατηρήθηκαν οι **μεγαλύτερες μετατοπίσεις κορυφής**, σε σύγκριση με τις άλλες δύο σεισμικές καταγραφές
- τόσο στο σεισμό της **Καλαμάτας** όσο και στο σεισμό του **Αιγίου**, στο τελικό βήμα της ανάλυσης αναπτύχθηκαν **πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των δοκών** σε όλες τις στάθμες εκτός της τελευταίας, καθώς **και σε κάποια υποστυλώματα**, ενώ στο σεισμό της **Αθήνας** **δεν αναπτύχθηκαν πλαστικές αρθρώσεις**, αφού το πλαίσιο παρουσιάζει τις μικρότερες μετατοπίσεις κορυφής. Τα αποτελέσματα αυτά δικαιολογούνται απόλυτα από την ιδιοπερίοδο του πλαισίου και τα γραφήματα των φασμάτων των σεισμικών καταγραφών
- το **μεγαλύτερο ποσοστό** της συνολικά εισαγόμενης ενέργειας αντιστοιχεί στην **ανελαστική απόσβεση των αναπτυσσόμενων πλαστικών αρθρώσεων και μόνο** (λόγω απουσίας αποσβεστήρων), δικαιολογώντας την εκτεταμένη ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων άρα και βλαβών στο εξεταζόμενο πλαίσιο.

Από τις **δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις** στο **πλαίσιο με αποσβεστήρες τριβής τριών διαφορετικών φορτίων ολίσθησης** (80KN, 165KN και 250KN) σε **τρεις διατάξεις**, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- με την εφαρμογή των αποσβεστήρων τριβής **μειώνονται δραστικά οι μετατοπίσεις κορυφής και αυξάνεται η τέμνουσα βάσης** στο εξεταζόμενο πλαίσιο, γεγονός που δικαιολογείται από την αύξηση της δυσκαμψίας του πλαισίου λόγω του συστήματος μεταλλικής διαγωνίου – αποσβεστήρα
- με την **αύξηση του φορτίου ολίσθησης** των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, **αυξάνεται η δυσκαμψία του πλαισίου, αυξάνεται η τέμνουσα βάσης και μειώνονται οι μετατοπίσεις κορυφής**

- με την εφαρμογή των αποσβεστήρων τριβής **μειώνονται σημαντικά οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων** – οι οποίες και προκαλούν βλάβες στα μέλη του φορέα – με την περίπτωση των αποσβεστήρων φορτίου ολίσθησης 250KN να τις επηρεάζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό για το σεισμό της Καλαμάτας και των αποσβεστήρων τριβής φορτίου ολίσθησης 80KN να τις επηρεάζει εν γένει σε μεγαλύτερο βαθμό για το σεισμό του Αιγίου και της Αθήνας
- με τους αποσβεστήρες τριβής **μειώνεται σημαντικά το ποσοστό ενέργειας που απορροφάται από την ίδια την κατασκευή**, ενώ **αυξάνεται το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης** μέχρι και το **80% της ολικής εισαγόμενης ενέργειας**
- λαμβάνοντας υπόψη πως, στην περίπτωση χρησιμοποίησης των αποσβεστήρων τριβής στο ενισχυμένο πλαίσιο, περιορίζονται σημαντικά οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως **το μεγαλύτερο μέρος της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες**, μειώνοντας τις τοπικές αστοχίες και **βελτιώνοντας ουσιαστικά τη σεισμική συμπεριφορά και απόκριση του πλαισίου**
- όταν **αυξάνεται το φορτίο ολίσθησης** των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων, **το ποσοστό απορροφούμενης ανελαστικής ενέργειας μειώνεται**, κυρίως λόγω ενεργοποίησης μικρότερου αριθμού αποσβεστήρων, με εξαίρεση την ανάλυση χρονοϊστορίας με το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου, όπου η μέγιστη απορρόφηση ενέργειας παρατηρείται με τους αποσβεστήρες τριβής φορτίου ολίσθησης 165KN
- ειδικά για το σεισμό της **Αθήνας**, όπου δεν αναπτύσσονται πλαστικές αρθρώσεις, εξάγεται το συμπέρασμα πως **όλο το ποσοστό της ανελαστικής απόσβεσης αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφάται από τους ίδιους τους αποσβεστήρες**.

### 5.3 Περαιτέρω έρευνα

Όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης αποσβεστήρων τριβής στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, κατέληξε σε αρκετά χρήσιμα συμπεράσματα. Τα συμπεράσματα αυτά είναι σχετικά με την επιρροή της ενίσχυσης πλαισίου με αποσβεστήρες τριβής στα περιοδικά του χαρακτηριστικά, στη σεισμική του συμπεριφορά αλλά και στο πλήθος και τη θέση των αναμενόμενων βλαβών στο εξεταζόμενο πλαίσιο. Επίσης, προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για την επιρροή του φορτίου ολίσθησης των χρησιμοποιούμενων αποσβεστήρων στη σεισμική απόκριση του πλαισίου αλλά και για τον τρόπο κατανομής της απορροφούμενης ενέργειας από τα στοιχεία του φορέα.

Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τη διερεύνηση αλλά και τα διαθέσιμα από την παρούσα εργασία αποτελέσματα, μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για περαιτέρω έρευνα. Ειδικότερα, μπορούν να γίνουν περαιτέρω ανελαστικές αναλύσεις στο εξεταζόμενο πλαίσιο για αποσβεστήρες τριβής με άλλα φορτία ολίσθησης τοποθετημένους σε άλλες διατάξεις. Ακόμα, μπορούν να γίνουν διερευνητικές αναλύσεις με χρήση άλλου τύπου αποσβεστήρα τριβής, είτε εμπορικά διαθέσιμο είτε ερευνητικά προτεινόμενο.

Προκειμένου η έρευνα για την επίδραση των αποσβεστήρων τριβής στην απόκριση των κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα να καταστεί πιο ολοκληρωμένη, μπορούν να πραγματοποιηθούν αναλύσεις σε διάφορα είδη πλαισίων, τα οποία θα διαφέρουν στο πλήθος των ορόφων, στο μήκος και το ύψος των φανωμάτων, ενώ ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η εξέταση πλαισίων με εμφανή επιρροή της κατανομής των τοιχοπληρώσεων, για παράδειγμα σε πλαίσια με απουσία τοιχοπληρώσεων στο ισόγειο ή σε ενδιάμεσο όροφο (μηχανισμός ορόφου). Επιπλέον, μπορούν να γίνουν δυναμικές ανελαστικές αναλύσεις με χρήση πολλών άλλων σεισμικών καταγραφών, είτε από τον ελλαδικό χώρο είτε από το εξωτερικό. Τέλος, χρήσιμο θα ήταν να επεκταθεί η διερεύνηση της επιρροής της χρήσης των αποσβεστήρων τριβής σε χωρικά πλαίσια.

## 5.4 Επίλογος

Η διερεύνηση της επιρροής της χρήσης των αποσβεστήρων τριβής στην απόκριση κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, κατέληξε στο συμπέρασμα πως η επίδρασή τους είναι πολύ σημαντική και μπορούν υπό προϋποθέσεις να συμβάλλουν θετικά, μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τις αναμενόμενες τοπικές αστοχίες στα μέλη του φορέα. Το γενικό και ίσως αναμενόμενο συμπέρασμα είναι πως, με την εφαρμογή του συστήματος μεταλλική διαγώνιος – αποσβεστήρας τριβής στα φανώματα του εξεταζόμενου πλαισίου, επηρεάζονται τα περιοδικά χαρακτηριστικά της κατασκευής και συγκεκριμένα μειώνεται η ιδιοπερίοδος, αυξάνει η δυσκαμψία και εν τέλει περιορίζονται εν γένει οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων και κατ' επέκταση οι αναπτυσσόμενες πλαστικές αρθρώσεις στα μέλη του φορέα. Βασικό ρόλο διαδραματίζει η επιλογή του είδους του αποσβεστήρα και της μεταλλικής διατομής, αλλά κυρίως το φορτίο ολίσθησης του αποσβεστήρα τριβής, καθώς είναι αυτό που καθορίζει το κάτω όριο της ασκούμενης αξονικής δύναμης πέραν του οποίου ενεργοποιούνται οι αποσβεστήρες και απορροφούν ενέργεια ανακουφίζοντας τα μέλη της κατασκευής. Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε, κατέδειξε πως είναι σημαντικό να προσδιορισθεί ο βέλτιστος συνδυασμός τόσο των χαρακτηριστικών των ίδιων των αποσβεστήρων όσο και της θέσης τους μέσα στα φανώματα του πλαισίου, καθώς τα βέλτιστα αποτελέσματα στη σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής προκύπτουν με τη μέγιστη αξιοποίηση της ικανότητας των αποσβεστήρων να αυξάνουν τη δυσκαμψία του φορέα αλλά και να αποσβένουν την εισαγόμενη σε αυτόν ενέργεια.

## Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Τα σεισμικά κύματα στο εσωτερικό της Γης και επιφανειακά σεισμικά κύματα. (Wikipedia, Σεισμικά κύματα, 2018) .....	3
Σχήμα 1.2 Σχηματική απεικόνιση διάθλασης P-κυμάτων και S-κυμάτων (Wikipedia, Σεισμικά κύματα,2018) .....	4
Σχήμα 1.3 Η διάδοση των P και S κυμάτων (Wikipedia, Σεισμικά κύματα, 2018).....	4
Σχήμα 2.1 Σχηματική απεικόνιση χαλύβδινου ελάσματος – τεμαχίου τριβής (αριστερά) και τομή του αποσβεστήρα τριβής (δεξιά) (Monir & Zeynali, 2013).....	10
Σχήμα 2.2 Σχηματική απεικόνιση (α) αποσβεστήρα τριβής της εταιρίας PALL & (b) αποσβεστήρας της εταιρίας DAMPTECH (Monir & Zeynali, 2013).....	10
Σχήμα 2.3 Φωτογραφική απεικόνιση του αποσβεστήρα τριβής με λεπτομέρειες (Monir & Zeynali, 2013) .....	11
Σχήμα 2.4 Σχηματική κάτοψη και τομή του εξεταζόμενου κτιρίου (Monir & K. Zeynali, 2013).....	11
Σχήμα 2.5 Μετατόπιση κορυφής με και χωρίς αποσβεστήρα για το σεισμό του Elcentro (Monir & K. Zeynali, 2013) .....	11
Σχήμα 2.6 Μοντέλο μοντέλου μονοβάθμιου ταλαντωτή (Kiris & Boduroglu, 2013) .....	12
Σχήμα 2.7 Φωτογραφία αποσβεστήρα υστέρησης (α) & εφαρμογή αποσβεστήρα υστέρησης (b) (Hameed et al, 2014) .....	12
Σχήμα 2.8 Βασικό σχήμα αποσβεστήρα υστέρησης και ο ιδεατός του βρόγχος υστέρησης (Hameed et al, 2014) .....	13
Σχήμα 2.9 Σχηματική απεικόνιση περιστρεφόμενου αποσβεστήρα τριβής (Hameed et al, 2014).....	13
Σχήμα 2.10 Βασικό σχήμα αποσβεστήρα τριβής και ο ιδεατός του βρόγχος υστέρησης (Hameed et al, 2014) .....	13
Σχήμα 2.11 Σχηματική απεικόνιση αποσβεστήρα ιξώδους υγρού (Hameed et al, 2014).....	13
Σχήμα 2.12 Βασικό σχήμα αποσβεστήρα τριβής και ο ιδεατός του βρόγχος υστέρησης (Hameed et al, 2014) .....	14
Σχήμα 2.13 Σχηματική απεικόνιση ιξοελαστικού αποσβεστήρα (Hameed et al, 2014) .....	14
Σχήμα 2.14 Βασικό σχήμα βισκοελαστικού αποσβεστήρα και ο ιδεατός του βρόγχος υστέρησης (Hameed et al, 2014).....	14
Σχήμα 2.15 Κάτοψη μοντέλου (α) και Τομή του κτιρίου πριν και μετά την ενίσχυση (b)(Moon et al, 2017) .....	15
Σχήμα 2.16 Το μοντέλο του κτιρίου (Almeida et al,2017) .....	15

Σχήμα 2.17 Τυπική μορφή αποσβεστήρα τριβής με διάταξη περιορισμού λυγισμού (Almeida et al,2017).....	15
Σχήμα 2.18 Καμπύλη ικανότητας της αρχικής κατασκευής και της ενισχυμένης με αποσβεστήρες τριβής με διάταξη περιορισμού λυγισμού (Almeida et al,2017).....	16
Σχήμα 2.19 Μορφές μεταλλικών ενισχύσεων (Παπαδόπουλος, 2008) .....	16
Σχήμα 2.20 Λεπτομέρειες σύνδεσης: (α) στερεές συνδέσεις κατά την σκυροδέτηση νέας κατασκευής, (β) στερεές συνδέσεις σε υπάρχοντα πλαίσια, (γ) συνδέσεις με παρεμβολή συνθετικού υλικού και παράλληλη αγκύρωση (Παπαδόπουλος, 2008) .....	17
Σχήμα 2.21 Το συνθετικό υλικό <i>Silicone rubber</i> παραμορφώνεται σε θλίψη σε διάφορους ανοδικούς κλάδους ανάλογα με το ποσοστό των <i>Graphite nanosheet</i> που περιέχει (Παπαδόπουλος, 2008).....	17
Σχήμα 2.22 Απεικόνιση των διαφορετικών ειδών μεταλλικών ράβδων (Aghlara & Tahir, 2018).....	18
Σχήμα 2.23 Διάταξη φορτίσεων (α) και τύποι αστοχίας (b),(c),(d) (Aghlara & Tahir, 2018).....	19
Σχήμα 2.24 Διαγράμματα μετατόπισης – δύναμης από πειράματα με μονοτονικές φορτίσεις (Aghlara & Tahir, 2018) .....	19
Σχήμα 2.25 Διαγράμματα μετατόπισης – δύναμης από πειράματα με ανακυκλιζόμενες φορτίσεις για τα διάφορα είδη μεταλλικών ράβδων (Aghlara & Tahir, 2018).....	20
Σχήμα 2.26 Σύστημα αποσβεστήρων τοποθετημένοι σε σχήμα V(Mualla, 2018) .....	21
Σχήμα 2.27 Προσθήκη δύο ορόφων σε υφιστάμενο κτίριο από σκυρόδεμα (Mualla, 2018) .....	21
Σχήμα 2.28 Κτίριο εργοστασίου με αποσβεστήρες (Mualla, 2018) .....	21
Σχήμα 2.29 Γενική Κάτοψη του νοσοκομείου (Malhotra et al, 2004).....	22
Σχήμα 2.30 Το D τμήμα σε τρισδιάστατη μορφή του κτιρίου από πάνω προς τα κάτω (Malhotra et al, 2004).....	22
Σχήμα 2.31 Το D τμήμα σε τρισδιάστατη μορφή του κτιρίου, Όψη (Malhotra et al, 2004) .....	22
Σχήμα 2.32 Μονός διαγώνιος αποσβεστήρας τριβής (Malhotra et al, 2004).....	23
Σχήμα 2.33 Τυπικός αποσβεστήρας τριβής τύπου V (Malhotra et al, 2004).....	23
Σχήμα 2.34 Χρονοϊστορία αξονικών δυνάμεων στον αποσβεστήρα στον 4 <sup>ο</sup> όροφο (Malhotra et al, 2004).....	23
Σχήμα 2.35 Χρονοϊστορία μετατοπίσεων κορυφής (Malhotra et al, 2004) .....	24
Σχήμα 2.36 Βρόχος υστέρησης του αποσβεστήρα τριβής (Malhotra et al, 2004).....	24
Σχήμα 2.37 Χρονοϊστορίες των ενεργειών που εισάγονται και που απορροφώνται (Malhotra et al, 2004).....	24
Σχήμα 2.38 Το κτίριο Eaton (Pasquin et al, 2004).....	25
Σχήμα 2.39 Το κτίριο Eaton, κατά τη διάρκεια των εργασιών (Pasquin et al, 2004) .....	25

Σχήμα 2.40 Αποσβεστήρες τριβής σε μονούς διαγώνιους μεταλλικούς συνδέσμους (Pasquin et al, 2004).....	26
Σχήμα 2.41 Αποσβεστήρες τριβής τοποθετημένοι σε διάταξη Λ στην κορυφή των μεταλλικών διαγωνίων (Pasquin et al, 2004) .....	26
Σχήμα 2.42 Χρονοϊστορίες των ενεργειών που εισάγονται και που απορροφώνται (Pasquin et al, 2004).....	26
Σχήμα 2.43 Χρονοϊστορία μετατοπίσεων κορυφής (Pasquin et al, 2004) .....	27
Σχήμα 2.44 Υπάρχον κτίριο με το «μαλακό» όροφο (Shao et al, 2004).....	27
Σχήμα 2.45 Τρισδιάστατη απεικόνιση των δικτυωμάτων και των αποσβεστήρων (Shao et al, 2004).....	28
Σχήμα 2.46 Ενίσχυση υποστρώματος από σκυρόδεμα, πριν και μετά (Shao et al, 2004) .....	28
Σχήμα 2.47 Τοποθέτηση μεταλλικού μανδύα και αποσβεστήρα (Shao et al, 2004) .....	29
Σχήμα 2.48 Ολοκληρωμένη εγκατάσταση συστήματος απόσβεσης (Shao et al, 2004) .....	29
Σχήμα 2.49 Τυπικές λεπτομέρειες συνδέσεων (Vezina & Pall, 2004) .....	29
Σχήμα 2.50 Αποσβεστήρας τριβής τοποθετημένος στη βάση του διαγώνιου μεταλλικού συνδέσμου (Vezina & Pall, 2004).....	30
Σχήμα 2.51 Χρονοϊστορία μετατοπίσεων κορυφής (Vezina & Pall, 2004).....	30
Σχήμα 2.52 Υστερητικός βρόχος τυπικού αποσβεστήρα τριβής φορτίου ολίσθησης 600KN (Vezina & Pall, 2004).....	30
Σχήμα 2.53 Χρονοϊστορία παραμόρφωσης τυπικού αποσβεστήρα τριβής φορτίου ολίσθησης 600KN (Vezina & Pall, 2004).....	31
Σχήμα 2.54 Περιβάλλουσα αξονικών δυνάμεων υποστρωμάτων (Vezina & Pall, 2004) .....	31
Σχήμα 2.55 Το μοντέλο του κτιρίου – Κάτοψη (Sinha & Singh, 2017).....	31
Σχήμα 2.56 Το μοντέλο του κτιρίου – Όψη χωρίς και με αποσβεστήρες (Sinha & Singh, 2017).....	32
Σχήμα 2.57 Χρονοϊστορίες μετατόπισης κορυφής και επιτάχυνσης στη x-διεύθυνση με και χωρίς εφαρμογή των αποσβεστήρων (Sinha & Singh, 2017) .....	32
Σχήμα 2.58 Χρονοϊστορίες τεμνουσών στη x-διεύθυνση στους ορόφους 1, 5, 9 και 12 με και χωρίς εφαρμογή των αποσβεστήρων (Sinha & Singh, 2017).....	33
Σχήμα 2.59 Μέγιστες τιμές τεμνουσών με και χωρίς εφαρμογή των αποσβεστήρων (Sinha & Singh, 2017) .....	33
Σχήμα 2.60 Ισοδύναμη απόσβεση % για κάθε κτίριο (Mahmoudi et al, 2013).....	33
Σχήμα 3.1 Τοίχωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα (αριστερά) & μεταλλικά δικτυωτά συστήματα (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010) .....	36
Σχήμα 3.2 Είδη Συστημάτων προστασίας κατασκευών (Λοτσάρης & Πάχης, 2012).....	37



Σχήμα 3.3 α) Σεισμική απόκριση συμβατικής κατασκευής, b) σεισμική μόνωση, c) συσκευές ενεργειακού διασκεδασμού, d) διατάξεις δυναμικής απορρόφησης της δόνησης (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010) .....	37
Σχήμα 3.4 Απόκριση συμβατικού και σεισμικά μονωμένου κτιρίου με την παρουσία ελαστομερών εφεδράνων (office.tatemono.com) (Χατζιράι, 2016) .....	38
Σχήμα 3.5 Ελαστομεταλλικό εφέδρανο – ELB (Ζιώγκα, 2008).. .....	39
Σχήμα 3.6 Εκκρεμή εφέδρανα τριβής (Ζιώγκα, 2008). .....	39
Σχήμα 3.7 Σχηματική απεικόνιση ενός εκκρεμούς εφεδράνου τριβής (Giarelis et al,2015).....	39
Σχήμα 3.8 Διγραμμικό μοντέλο εφεδράνου ολίσθησης (FPS) (αριστερά) και τοποθετημένο εφέδρανο (δεξιά) (Γιαρλέλης κ.ά., 2008).....	40
Σχήμα 3.9 Εφέδρανο ολίσθησης (FPS) (Ζιώγκα, 2008). .....	40
Σχήμα 3.10 Εφέδρανο ολίσθησης με επάλληλες διεπιφάνειες ολίσθησης (Σπυράκος, 2004).....	41
Σχήμα 3.11 Χαλύβδινος αποσβεστήρας (Ζιώγκα, 2008 από Σπυράκος, 2004).....	42
Σχήμα 3.12 Μεταλλικοί αποσβεστήρες τριγωνικής μορφής (αριστερά) και μορφής - U (δεξιά) (Χατζιράι, 2016 από www.ijetae.com & Jiao et al., 2014).....	42
Σχήμα 3.13 Ιδανικό διάγραμμα δύναμης - μετακίνησης για μεταλλικούς αποσβεστήρες (Χατζιράι, 2016 από Constantinou et al, 1998).....	43
Σχήμα 3.14 Αποσβεστήρες Τριβής (Χατζιράι, 2016 από Elgamal & Fraser, 2004 & www.dampstech.com).....	43
Σχήμα 3.15 Ιδανικό διάγραμμα δύναμης - μετακίνησης για αποσβεστήρες τριβής (Χατζιράι, 2016 από Constantinou et al, 1998).....	44
Σχήμα 3.16 Δομή αποσβεστήρα ιξώδους υγρού (Χατζιράι, 2016 από Qian et al, 2012). .....	44
Σχήμα 3.17 Ιδανικά διάγραμματα δύναμης - μετατόπισης για ιξοελαστικούς αποσβεστήρες (Χατζιράι, 2016 από Constantinou et al, 1998).....	45
Σχήμα 3.18 Ιδανικά διάγραμματα δύναμης – μετατόπισης ιξώδους υγρού αποσβεστήρες (Χατζιράι, 2016 από Constantinou et al, 1998).....	45
Σχήμα 3.19 Ιξοελαστικοί αποσβεστήρες (Χατζιράι, 2016 από Trevor & Kelly, 2001 & www.canadianconsultingengineer.com) .....	46
Σχήμα 3.20 Παράδειγμα χρήσης συντονισμένου αποσβεστήρα μάζας (Χατζιράι, 2016). .....	46
Σχήμα 3.21 Αποσβεστήρες τύπου Pall a) μορφή X, b) μορφή Λ, c) μονό διαγώνιο στοιχείο (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010) .....	48
Σχήμα 3.22 a), b) Τοποθέτηση και σύνδεση Pall dampers κατά σύνδεση τύπου X, c) Βρόγχος υστέρησης συσκευής αποσβεστήρων τύπου Pall (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010).....	48
Σχήμα 3.23 Διαμήκης τομή και μορφή της διάταξης απόσβεσης τριβής Sumitomo (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010 από Aiken & Kelly, 1990) .....	49

Σχήμα 3.24: a) Περιγραφή σύνδεσης των SBS, b) Επιμέρους στοιχεία της σύνδεσης (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010) .....	49
Σχήμα 3.25 Εξωτερική και εσωτερική όψη του EDR (Αβραμοπούλου & Χαραλάμπους, 2010 από Nims et al. 1993) .....	50
Σχήμα 3.26 Σύγκριση των βρόγχων υστέρησης διαφορετικών αποσβεστήρων (Λοτσάρης & Πάχης, 2012) .....	51
Σχήμα 4.1 Επίπεδο πλαίσιο στον άξονα 1 (ακραίο).....	54
Σχήμα 4.2 Ξυλότυπος 1 <sup>ης</sup> στάθμης.....	56
Σχήμα 4.3 Ξυλότυπος 2 <sup>ης</sup> στάθμης.....	57
Σχήμα 4.4 Ξυλότυπος 3 <sup>ης</sup> στάθμης.....	58
Σχήμα 4.5 Ξυλότυπος 4 <sup>ης</sup> στάθμης.....	59
Σχήμα 4.6 Ξυλότυπος 5 <sup>ης</sup> στάθμης.....	60
Σχήμα 4.7 Ξυλότυπος 6 <sup>ης</sup> στάθμης.....	61
Σχήμα 4.8 Ξυλότυπος 7 <sup>ης</sup> στάθμης.....	62
Σχήμα 4.9 Ξυλότυπος 8 <sup>ης</sup> στάθμης.....	63
Σχήμα 4.10 Επιφάνειες επιρροής κατανομής φορτίων .....	64
Σχήμα 4.11. Μορφή καμπύλης πλαστικής άρθρωσης στο ETABS. Η ίδια μορφή ισχύει και για ροπή-στροφή (CSI Analysis Reference Manual, 2016) .....	66
Σχήμα 4.12 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο χωρίς αποσβεστήρες.....	67
Σχήμα 4.13 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες.....	68
Σχήμα 4.14 Επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Καλαμάτας 1986 .....	69
Σχήμα 4.15 Επιταχυνσιογράφημα του σεισμού του Αιγίου 1996.....	69
Σχήμα 4.16 Επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας 1999 .....	69
Σχήμα 4.17 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας .....	70
Σχήμα 4.18 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας .....	70
Σχήμα 4.19 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (σεισμός Καλαμάτας 1986).....	71
Σχήμα 4.20 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου.....	72
Σχήμα 4.21 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου.....	72
Σχήμα 4.22 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (σεισμός Αιγίου 1996).....	73
Σχήμα 4.23 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας .....	74
Σχήμα 4.24 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας .....	74

Σχήμα 4.25 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου χωρίς αποσβεστήρες (σεισμός Αθήνας 1999) .....	75
Σχήμα 4.26 Χρονοϊστορίες τέμνουσας βάσης για τους σεισμούς της Καλαμάτας, του Αιγίου και της Αθήνας .....	76
Σχήμα 4.27 Χρονοϊστορίες μετατόπισης κορυφής για τους σεισμούς της Καλαμάτας, του Αιγίου και της Αθήνας .....	76
Σχήμα 4.28 Πίνακας χαρακτηριστικών αποσβεστήρων τριβής από τον ιστότοπο της εταιρίας QUAKETEK .....	78
Σχήμα 4.29 Οδηγίες προσομοίωσης αποσβεστήρα τριβής από τον ιστότοπο της εταιρίας QUAKETEK .....	79
Σχήμα 4.30 Γραμμικές εξισώσεις των χαρακτηριστικών των αποσβεστήρων. ....	80
Σχήμα 4.31 Υστερητικός βρόχος του αποσβεστήρα με φορτίο ολίσθησης 80KN. ....	82
Σχήμα 4.32 Υστερητικός βρόχος του αποσβεστήρα με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	83
Σχήμα 4.33 Υστερητικός βρόχος του αποσβεστήρα με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	83
Σχήμα 4.34 Οι τρεις εξεταζόμενες διατάξεις των αποσβεστήρων τριβής Τύπου I (αριστερά), Τύπου II (μέση), Τύπου III (δεξιά) .....	84
Σχήμα 4.35 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 80KN .....	85
Σχήμα 4.36 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	85
Σχήμα 4.37 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	86
Σχήμα 4.38 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα του ισογείου με φορτίο ολίσθησης 80KN σε διάταξη Τύπου I.....	87
Σχήμα 4.39 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες φορτίου ολίσθησης 165KN .....	87
Σχήμα 4.40 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	88
Σχήμα 4.41 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	89
Σχήμα 4.42 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	89
Σχήμα 4.43 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	90
Σχήμα 4.44 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	90

Σχήμα 4.45 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	91
Σχήμα 4.46 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	92
Σχήμα 4.47 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	93
Σχήμα 4.48 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	93
Σχήμα 4.49 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	94
Σχήμα 4.50 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	95
Σχήμα 4.51 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	95
Σχήμα 4.52 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	96
Σχήμα 4.53 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	97
Σχήμα 4.54 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	98
Σχήμα 4.55 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	98
Σχήμα 4.56 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	99
Σχήμα 4.57 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	100
Σχήμα 4.58 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN...	100
Σχήμα 4.59 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	101
Σχήμα 4.60 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	101
Σχήμα 4.61 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN...	102

Σχήμα 4.62 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	103
Σχήμα 4.63 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	103
Σχήμα 4.64 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	104
Σχήμα 4.65 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	105
Σχήμα 4.66 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	105
Σχήμα 4.67 Καμπύλη αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	106
Σχήμα 4.68 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες διάταξης Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	106
Σχήμα 4.69 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	107
Σχήμα 4.70 Διάγραμμα μετατόπισης-αξονικού φορτίου του ακραίου αποσβεστήρα του ισογείου σε διάταξη Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	108
Σχήμα 4.71 Συγκριτικό διάγραμμα καμπυλών αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I.....	109
Σχήμα 4.72 Συγκριτικό ραβδόγραμμα μετακινήσεων οροφής και τεμνουσών βάσης για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I .....	109
Σχήμα 4.73 Συγκριτικό διάγραμμα ιδιοπεριόδων των πλαισίων .....	110
Σχήμα 4.74 Συγκριτικό διάγραμμα καμπυλών αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II .....	111
Σχήμα 4.75 Συγκριτικό ραβδόγραμμα μετακινήσεων οροφής και τεμνουσών βάσης για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II .....	111
Σχήμα 4.76 Συγκριτικό διάγραμμα ιδιοπεριόδων των πλαισίων .....	112
Σχήμα 4.77 Συγκριτικό διάγραμμα καμπυλών αντίστασης (pushover) για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III.....	113
Σχήμα 4.78 Συγκριτικό ραβδόγραμμα μετακινήσεων οροφής και τεμνουσών βάσης για το πλαίσιο με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III.....	113
Σχήμα 4.79 Συγκριτικό διάγραμμα ιδιοπεριόδων των πλαισίων .....	114
Σχήμα 4.80 Φάσμα επιταχύνσεων σεισμού Καλαμάτας & ιδιοπερίοδοι πλαισίου.....	115

Σχήμα 4.81 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	116
Σχήμα 4.82 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	116
Σχήμα 4.83 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Καλαμάτας 1986).....	117
Σχήμα 4.84 Υστερητικός βρόχος του ακραίου αποσβεστήρα του ισόγειου με φορτίο ολίσθησης 80KN.....	118
Σχήμα 4.85 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου I.....	118
Σχήμα 4.86 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	119
Σχήμα 4.87 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	119
Σχήμα 4.88 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Καλαμάτας 1986).....	120
Σχήμα 4.89 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN.....	121
Σχήμα 4.90 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου I.....	121
Σχήμα 4.91 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	122
Σχήμα 4.92 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	122
Σχήμα 4.93 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Καλαμάτας 1986).....	123
Σχήμα 4.94 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN.....	124
Σχήμα 4.95 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου I.....	124
Σχήμα 4.96 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	125
Σχήμα 4.97 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	125

Σχήμα 4.98 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Καλαμάτας 1986).....	126
Σχήμα 4.99 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN .....	127
Σχήμα 4.100 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου II .....	127
Σχήμα 4.101 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	128
Σχήμα 4.102 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	128
Σχήμα 4.103 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Καλαμάτας 1986).....	129
Σχήμα 4.104 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	130
Σχήμα 4.105 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου II .....	130
Σχήμα 4.106 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	131
Σχήμα 4.107 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	131
Σχήμα 4.108 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Καλαμάτας 1986).....	132
Σχήμα 4.109 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	133
Σχήμα 4.110 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου II .....	133
Σχήμα 4.111 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	134
Σχήμα 4.112 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	134
Σχήμα 4.113 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Καλαμάτας 1986).....	135
Σχήμα 4.114 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN .....	136

Σχήμα 4.115 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου III.....	136
Σχήμα 4.116 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	137
Σχήμα 4.117 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	137
Σχήμα 4.118 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Καλαμάτας 1986) .....	138
Σχήμα 4.119 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	139
Σχήμα 4.120 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου III.....	139
Σχήμα 4.121 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	140
Σχήμα 4.122 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	140
Σχήμα 4.123 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Καλαμάτας 1986) .....	141
Σχήμα 4.124 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	142
Σχήμα 4.125 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου III.....	142
Σχήμα 4.126 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec).....	143
Σχήμα 4.127 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec).....	143
Σχήμα 4.128 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec).....	144
Σχήμα 4.129 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec).....	144
Σχήμα 4.130 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων.....	145
Σχήμα 4.131 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	146
Σχήμα 4.132 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο.....	147
Σχήμα 4.133 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec).....	147



Σχήμα 4.134 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec).....	148
Σχήμα 4.135 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec) .....	148
Σχήμα 4.136 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec) .....	149
Σχήμα 4.137 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων.....	150
Σχήμα 4.138 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	151
Σχήμα 4.139 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο.....	152
Σχήμα 4.140 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec) .....	152
Σχήμα 4.141 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (15-30sec) .....	153
Σχήμα 4.142 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec).....	153
Σχήμα 4.143 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Καλαμάτας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec) .....	154
Σχήμα 4.144 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων.....	154
Σχήμα 4.145 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	155
Σχήμα 4.146 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο.....	156
Σχήμα 4.147 Φάσμα επιταχύνσεων σεισμού Αιγίου & ιδιοπερίοδοι πλαισίων .....	157
Σχήμα 4.148 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	158
Σχήμα 4.149 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	158
Σχήμα 4.150 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	159
Σχήμα 4.151 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN .....	160
Σχήμα 4.152 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου I.....	160
Σχήμα 4.153 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	161
Σχήμα 4.154 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	161

Σχήμα 4.155 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	162
Σχήμα 4.156 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	163
Σχήμα 4.157 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου I.....	163
Σχήμα 4.158 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	164
Σχήμα 4.159 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	164
Σχήμα 4.160 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	165
Σχήμα 4.161 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	166
Σχήμα 4.162 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου I.....	166
Σχήμα 4.163 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	167
Σχήμα 4.164 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	167
Σχήμα 4.165 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	168
Σχήμα 4.166 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN .....	169
Σχήμα 4.167 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου II .....	169
Σχήμα 4.168 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	170
Σχήμα 4.169 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	170
Σχήμα 4.170 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	171
Σχήμα 4.171 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	172

Σχήμα 4.172 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου II .....	172
Σχήμα 4.173 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	173
Σχήμα 4.174 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	173
Σχήμα 4.175 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	174
Σχήμα 4.176 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	175
Σχήμα 4.177 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου II .....	175
Σχήμα 4.178 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	176
Σχήμα 4.179 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	176
Σχήμα 4.180 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	177
Σχήμα 4.181 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN .....	178
Σχήμα 4.182 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου III.....	178
Σχήμα 4.183 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	179
Σχήμα 4.184 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	179
Σχήμα 4.185 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	180
Σχήμα 4.186 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	181
Σχήμα 4.187 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου III.....	181
Σχήμα 4.188 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	182

Σχήμα 4.189 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	182
Σχήμα 4.190 Πλαστικές αρθρώσεις στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αιγίου 1996).....	183
Σχήμα 4.191 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	184
Σχήμα 4.192 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου III.....	184
Σχήμα 4.193 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec).....	185
Σχήμα 4.194 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec).....	185
Σχήμα 4.195 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec).....	186
Σχήμα 4.196 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec).....	186
Σχήμα 4.197 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων.....	187
Σχήμα 4.198 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	188
Σχήμα 4.199 Οι υστερητικοί βρόχοι του αποσβεστήρα στο ισόγειο .....	189
Σχήμα 4.200 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec) .....	189
Σχήμα 4.201 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec) .....	190
Σχήμα 4.202 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec).....	190
Σχήμα 4.203 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec).....	191
Σχήμα 4.204 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων.....	192
Σχήμα 4.205 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	193
Σχήμα 4.206 Οι υστερητικοί βρόχοι του αποσβεστήρα στο ισόγειο .....	194
Σχήμα 4.207 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec).....	194
Σχήμα 4.208 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τέμνουσας βάσης για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (15-30sec).....	195

Σχήμα 4.209 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec) .....	195
Σχήμα 4.210 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό του Αιγίου σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (15-30sec) .....	196
Σχήμα 4.211 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων .....	196
Σχήμα 4.212 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	197
Σχήμα 4.213 Οι υστερητικοί βρόχοι του αποσβεστήρα στο ισόγειο .....	198
Σχήμα 4.214 Φάσμα επιταχύνσεων σεισμού Αθήνας & ιδιοπερίοδοι πλαισίων .....	199
Σχήμα 4.215 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	200
Σχήμα 4.216 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	200
Σχήμα 4.217 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αθήνας 1999) .....	201
Σχήμα 4.218 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN .....	201
Σχήμα 4.219 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου I.....	202
Σχήμα 4.220 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	203
Σχήμα 4.221 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	203
Σχήμα 4.222 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αθήνας 1999) .....	204
Σχήμα 4.223 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	204
Σχήμα 4.224 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου I.....	205
Σχήμα 4.225 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	206
Σχήμα 4.226 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	206
Σχήμα 4.227 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου I και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αθήνας 1999) .....	207
Σχήμα 4.228 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	207

Σχήμα 4.229 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου I.....	208
Σχήμα 4.230 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	209
Σχήμα 4.231 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 80KN.....	209
Σχήμα 4.232 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη ΤύπουII και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αθήνας 1999).....	210
Σχήμα 4.233 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN .....	211
Σχήμα 4.234 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου II .....	211
Σχήμα 4.235 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	212
Σχήμα 4.236 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 165KN.....	212
Σχήμα 4.237 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη ΤύπουII και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αθήνας 1999).....	213
Σχήμα 4.238 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	214
Σχήμα 4.239 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου II .....	215
Σχήμα 4.240 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	215
Σχήμα 4.241 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II και φορτίου ολίσθησης 250KN.....	216
Σχήμα 4.242 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου II και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αθήνας 1999).....	216
Σχήμα 4.243 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	217
Σχήμα 4.244 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου II .....	217
Σχήμα 4.245 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	218
Σχήμα 4.246 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 80KN .....	218

Σχήμα 4.247 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 80KN (σεισμός Αθήνας 1999).....	219
Σχήμα 4.248 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 80KN .....	220
Σχήμα 4.249 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 80KN σε διάταξη Τύπου III.....	221
Σχήμα 4.250 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	221
Σχήμα 4.251 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 165KN .....	222
Σχήμα 4.252 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 165KN (σεισμός Αθήνας 1999).....	222
Σχήμα 4.253 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 165KN .....	223
Σχήμα 4.254 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 165KN σε διάταξη Τύπου III.....	224
Σχήμα 4.255 Χρονοϊστορία τέμνουσας βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	224
Σχήμα 4.256 Χρονοϊστορία μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III και φορτίου ολίσθησης 250KN .....	225
Σχήμα 4.257 Το τελευταίο βήμα της ανάλυσης του πλαισίου με αποσβεστήρες σε διάταξη Τύπου III και φορτίο ολίσθησης 250KN (σεισμός Αθήνας 1999).....	225
Σχήμα 4.258 Ο υστερητικός βρόγχος του αποσβεστήρα στο ισόγειο με φορτίο ολίσθησης 250KN .....	226
Σχήμα 4.259 Χρονοϊστορία μεταβολής ενέργειας με αποσβεστήρες φορτίου 250KN σε διάταξη Τύπου III.....	226
Σχήμα 4.260 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec).....	227
Σχήμα 4.261 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec).....	227
Σχήμα 4.262 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (0-15sec).....	228
Σχήμα 4.263 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου I (15-30sec).....	228
Σχήμα 4.264 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων.....	229
Σχήμα 4.265 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	230
Σχήμα 4.266 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο.....	231

Σχήμα 4.267 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec).....	231
Σχήμα 4.268 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec).....	232
Σχήμα 4.269 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (0-15sec) .....	232
Σχήμα 4.270 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου II (15-30sec) .....	233
Σχήμα 4.271 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων.....	233
Σχήμα 4.272 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	234
Σχήμα 4.273 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο.....	235
Σχήμα 4.274 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec) .....	235
Σχήμα 4.275 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας τεμνουσών βάσης για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (15-30sec) .....	236
Σχήμα 4.276 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (0-15sec) .....	236
Σχήμα 4.277 Συγκριτικό διάγραμμα χρονοϊστορίας μετατόπισης κορυφής για το σεισμό της Αθήνας σε διάταξη αποσβεστήρων Τύπου III (15-30sec) .....	237
Σχήμα 4.278 Συγκριτικό γράφημα μέγιστων σχετικών μετακινήσεων ορόφων.....	237
Σχήμα 4.279 Συγκριτικά αποτελέσματα απορρόφησης ολικής εισαγόμενης ενέργειας.....	238
Σχήμα 4.280 Οι υστερητικοί βρόγχοι των αποσβεστήρων στο ισόγειο.....	239





## Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1 Φορτία πλακών στάθμης 1 έως 7.....	64
Πίνακας 2 Φορτία δοκών στάθμης 1 έως 7.....	64
Πίνακας 3 Φορτία υποστυλωμάτων στάθμης 1 έως 7.....	65
Πίνακας 4 Φορτία πλακών στάθμης 8.....	65
Πίνακας 5 Φορτία δοκών στάθμης 8.....	65
Πίνακας 6 Φορτία υποστυλωμάτων στάθμης 8 .....	66
Πίνακας 7 Χαρακτηριστικά αποσβεστήρων από τις γραμμικές εξισώσεις .....	80
Πίνακας 8 Χαρακτηριστικά διαγώνιων συνδέσμων .....	81
Πίνακας 9 Χαρακτηριστικά διαγώνιων συνδέσμων .....	81
Πίνακας 10 Παράμετροι προσομοίωσης.....	82



## Βιβλιογραφία – Αναφορές

- Aghlara Reza, Mahmood Md. Tahirb (2018). *A passive metallic damper with replaceable steel bar components for earthquake protection of structures*, Engineering Structures, Vol. 159, pp.185-197.
- Aiken, I.D., Kelly., J.M., Mahmoodi, P. (1990a). *The Application of Viscoelastic Dampers to Seismically Resistant Structures*, proceedings of 4th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Palm Springs, California.
- Aiken, I.D., and Kelly, J.M., (1990b). *Earthquake Simulator Testing and Analytical Studies of Two Energy-Absorbing Systems for Multistory Structures*, Report University of California at Berkeley / Earthquake Engineering Research Center, Berkeley.
- Almeida André, Ricardo Ferreira, Jorge M. Proença, António S. Gago (2017). *Seismic retrofit of RC building structures with Buckling Restrained Braces*, Engineering Structures, Vol. 130, pp.14–22.
- Bo Wu, Jin-Ping Ou, T. T. Soong (1997). *Optimal placement of energy dissipation devices for three dimensional structures*, Engineering Structures, Vol. 19, No. 2, pp. 113-125.
- Buckle Ian G. (2000). *Passive control of structures for seismic loads*, proceedings of the 12<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, Sunday 30 January - Friday 4 February 2000.
- Canadian Consulting Engineer (2018, Σεπτέμβριος). *Magazine for professional engineers in construction*, Published since 1959, <http://www.canadianconsultingengineer.com>.
- Computers and Structures Inc. (2016). *CSI Analysis reference manual for SAP2000, ETABS, SAFE and CSiBridge*, ISO# GEN062708M1 Rev.15, Berkeley, California, USA.
- Constantinou M. C., Soong T. T., Dargush G. F (1998). *Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit*, MCEER Monograph No. 1, Research Foundation of the State University of New York and the Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research.
- Damptech (2018, Σεπτέμβριος). *Earthquake Protection*, Damptech, Denmark, <http://www.damptech.com>.
- Dr. Imad H. Mualla (2008). *Dampers for Earthquake Vibration Control*, Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Άρθρο 2101, Αθήνα.

- Elgamal A., Fraser M. (2004). *Seismic Isolation and Energy Dissipation Systems*. Prepared from Dr. Benzoni SE207 Base Isolation Course, Earthquake Engineering.
- ETABS (2016). *Integrated Analysis Design and Drafting of Building Systems Design* [Computer software], CSI Computers and Structures, Inc.
- Giarlelis Christos, Keen Jared, Lamprinou Evlalia, Martin Victoria, Poullos Gerasimos (2015). *Dynamic behavior of the seismically isolated SNF Cultural Center in Athens*, proceedings of the 14th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures, September 9-11 2015, San Diego, Ca USA.
- Hameed Asif, Asad-ullah Qazi, Ali Murtaza Rasool (2014). *Seismic Performance of Low to Medium Rise Reinforced Concrete Buildings using Passive Energy Dissipation Devices*, Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 14, Jan., pp. 1-16.
- International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (2018, Σεπτέμβριος). *Exploring Research and Innovation...*, <http://www.ijetae.com>
- Jiao Y., Kishiki S., Ene D., Yamada S., Kawamura N., Konishi Y. (2014). *Plastic Deformation Capacity and Hysteretic Behavior of U - Shaped Steel Dampers for Seismic Isolated - Buildings Under Dynamic Cyclic Loadings*, proceedings of the 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering Frontiers of Earthquake Engineering, Anchorage, Alaska.
- Jong Wan Hu & Myung-Hyun (2015). *Seismic Response and Evaluation of SDOF Self-Centering Friction Damping Braces Subjected to Several Earthquake Ground Motions*, Hindawi Publishing Corporation, Advances in Materials Science and Engineering, Vol. 2015, Article ID 397273, 17 pages.
- Ki Hoon Moon, Sang Whan Han, Chang Seok Lee (2017). *Seismic retrofit design method using friction damping systems for old low- and mid-rise regular reinforced concrete buildings*, Engineering Structures, Vol. 146, pp.105–117.
- Kiris Semra Sirin & Boduroglu M. Hasan (2013). *Earthquake parameters affecting the performance of an RC frame with friction damper*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 55, pp. 148-160.
- Mahmoudi M., A. Mirzaei, S. Vosough (2013). *Evaluating Equivalent Damping and Response Modification Factors of Frames Equipped by Pall Friction Dampers*, Journal of Rehabilitation in Civil Engineering, Vol. 1-1, p.p. 78-92.
- Malhotra A., D. Carson, P. Gopal, A. Braimah, G. Di Giovanni & R. Pall, (2004). *Friction dampers for seismic upgrade of St. Vincent Hospital, Ottawa*, proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No. 1952.

- Monir Habib Saeed & Zeynali Keyvan (2013). *A modified friction damper for diagonal bracing of structures*, Journal of Constructional Steel Research, Vol. 87, pp. 17-30.
- Nims Douglas, Phillip J. Richter, Robert E. Bachman (1993). *The Use of the Energy Dissipating Restraint for Seismic Hazard Mitigation*, Earthquake Spectra, Vol. 9(3), pp. 467-489.
- Pall, A. S., and Marsh, C. (1982), *Seismic response of friction damped braced frames*, Journal of the Structural Division, Vol. 108.6, pp. 1313–1323.
- Pall Dynamics (2018, Σεπτέμβριος). *Pioneers of friction dampers for seismic control of buildings*. Pall Dynamics Limited, <http://www.palldynamics.com/FrictionDampers.htm>.
- Pasquin Claude, Normand Leboeuf, R. Tina Pall, Avtar Pall (2004). *Friction dampers for seismic rehabilitation of Eaton's Building, Montreal*, proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No. 1949.
- Qian, F., Ding, S., Song, J., Chen, C. C. (2012). *Testing Of Fluid Viscous Damper*, proceedings of the 15th World Conference of Earthquake Engineering, Lisboa, Portugal.
- Quaketec Inc. (2018, Σεπτέμβριος). *Seismic Friction Dampers*, <https://www.quaketek.com>.
- SAP2000 (2018). *Integrated Software for Structural Analysis and Design* [Computer software], CSI Computers and Structures, Inc.
- Shao Dihong, Avtar Pall, Bharat Soli (2018, Σεπτέμβριος). *Friction dampers for seismic upgrade of a 14-story patient tower with a 36-foot tall soft-story*, Paper on Friction Dampers, ανακτημένο από <http://www.palldynamics.com/pdf/Paper00901.pdf>.
- Sinha A.K. & Sharad Singh (2017). *Seismic protection of RC frames using friction dampers*, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Vol. 8, Issue 2, February 2017, pp. 289-299 Article ID: IJCIET\_08\_02\_031.
- Soong T. T., G. F. Dargush (1997). *Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering*, pp. 5-34, 83-126, 1997.
- Statics (2017). *Πρόγραμμα χωρικού πλαισίου για σχεδίαση πολυώροφων κατασκευών* [Λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή], Multisoft, Αθήνα.
- Trevor, E. and Kelly, S.E. (2001). *Base Isolation of Structures: Design Guidelines*, Holmes Consulting Group Ltd.
- Vezina Serge & R. Tina Pall (2004). *Seismic retrofit of MUCTC Building using friction dampers, Palais des Congres, Montreal*, proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No. 1946.
- Wikipedia, *Σεισμικά κύματα* (2018, Σεπτέμβριος). Ανακτημένο από [https://el.wikipedia.org/wiki/Σεισμός#Σεισμικά\\_κύματα](https://el.wikipedia.org/wiki/Σεισμός#Σεισμικά_κύματα)

- Αβραμοπούλου Ιωάννα & Χαραλάμπους Ελένη (2010). *Ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών με αποσβεστήρα τριβής*, Πρακτικά 16ου Φοιτητικού Συνεδρίου: Επισκευές Κατασκευών, Πάτρα.
- Β.Δ. (10-12-1954). *Περί Κανονισμού Φορτίσεων Δομικών Έργων*, ΦΕΚ 325 Α/31-12-1945.
- Β.Δ. (18-02-1954). *Περί Κανονισμού δια την Μελέτην και Εκτέλεσιν Οικοδομικών Έργων εξ Ωπλισμένου Σκυροδέματος*, ΦΕΚ 160 Α/26-07-1954.
- Β.Δ. (19-02-1959). *Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων*, ΦΕΚ 36 Α/26-02-1959.
- Γιαρλέλης Χρήστος, Κωστίκας Χρήστος, Λαμπρινού Ευλαλία, Δαλακιουρίδου Μαίρη (2008). *Ωνάσειος Στέγη Γραμμάτων και Τεχνών: Δυναμική Συμπεριφορά Σεισμικώς Μονωμένου Κτιρίου*, Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Άρθρο 1824, Αθήνα.
- Δελής Βασίλειος (2011). *Ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών με αποσβεστήρες τριβής*, Πρακτικά 17ου Φοιτητικού Συνεδρίου: Επισκευές Κατασκευών, Πάτρα, σελ. 159-171.
- Ζιώγκα Ηλιάνα (2008). *Επίδραση της σεισμικής μόνωσης στην σεισμική απόκριση κατασκευών ωπλισμένου σκυροδέματος*, Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Πειραιά, Σ.Τ.ΕΦ., Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων, Αθήνα.
- Κίρτας Εμμανουήλ & Παναγόπουλος Γεώργιος (2015). *Προσομοίωση Κατασκευών σε Προγράμματα Ηλεκτρονικού Υπολογιστή - Εφαρμογές με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SAP 2000*, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, ISBN: 978-960-603-227, ανακτημένο από <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/1607?locale=el> (2018, Σεπτέμβριος).
- Λοτσάρης Δημήτριος & Πάχης Αλέξανδρος (2012). *Ενίσχυση Υφιστάμενων Κατασκευών με Αποσβεστήρες Τριβής*, Πρακτικά 18ου Φοιτητικού Συνεδρίου: Επισκευές Κατασκευών, Πάτρα, σελ. 117-134.
- Παπαδόπουλος Πανίκος (2008). *Ενίσχυση κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος με ειδικά μεταλλικά αντισεισμικά στοιχεία, τοποθετημένα με παρεμβολή ειδικού συνθετικού υλικού*, Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Άρθρο 1936, Αθήνα.
- Παπαδόπουλος Πανίκος & Γραβαλάς Φώτιος (2008). *Ελαχιστοποίηση των στροφών των πολυώροφων ασύμμετρων κτιρίων από Ο/Σ με την τοποθέτηση ειδικών μεταλλικών αντισεισμικών στοιχείων*, Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Άρθρο 1901, Αθήνα.
- Παπαδρακάκης Μ. (2003). *Μαθήματα Στατικής V – Πλαστική Ανάλυση Ραβδωτών Φορέων – Σύγχρονες Μέθοδοι*, ΕΜΠ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών.

Σεβαστός Γρηγόρης (2009). *Συνοπτική παρουσίαση και αξιολόγηση των σπουδαιότερων συσκευών απορρόφησης ενέργειας δομοστατικών κατασκευών*, Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας, Βόλος.

*Σεισμικά κύματα* (2018, Σεπτέμβριος). Ανακτημένο από <http://www.seismoi.gr/seismikakymata.htm>.

Σπυράκος Κ. (2004). *Ενίσχυση Κατασκευών για σεισμικά φορτία*, Αθήνα, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.

*Τί είναι σεισμός* (2018, Σεπτέμβριος). Ανακτημένο από <http://www.seismoi.gr/tieinaseismos.htm>.

Χατζιραί Έργκις (2016). *Συνεισφορά Παθητικών Συστημάτων στον Έλεγχο Ταλαντώσεων Κατασκευών*, Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, Σ.Τ.ΕΦ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε, Πάτρα.