

# “ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ) ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ”

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα εκτελέστηκε παράλληλα από δύο διαφορετικές ερευνητικές ομάδες του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, από τις οποίες η μία ανέλαβε την αναλυτική θεωρητική διερεύνηση του αντικειμένου του προγράμματος, ενώ η δεύτερη βασίστηκε κυρίως σε πειραματικά δεδομένα. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά και κατά φάσεις η εξέλιξη και τα αποτελέσματα των δύο αυτών παραλλήλων ερευνών.

### Α΄ ΜΕΡΟΣ : ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Αντικείμενο του Α΄ Μέρους είναι η μελέτη και ανάπτυξη αναλυτικών μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων επίπεδης έντασης, καθώς και καταλλήλων αριθμητικών μεθόδων υπολογισμού, ώστε να επιτυγχάνεται η προσομοίωση των στοιχείων πλήρωσης (τοιχοπληρώσεων) των πλαισίων με ένα μόνο πεπερασμένο στοιχείο για κάθε τοιχοπλήρωση, το οποίο θα μπορεί να αποδίδει το φαινόμενο της μεταβλητής επαφής τοιχοπλήρωσης και πλαισίου καθώς και την δυνατότητα ανελαστικής συμπεριφοράς του φορέα.

#### Φάση Α

Η πρώτη φάση του προγράμματος περιλαμβάνει αναλυτική μελέτη του δομικού συστήματος πλαισίου-στοιχείου πλήρωσης (ενός φανώματος) μετά από λεπτομερή διακριτοποίησή του με δίκτυο πεπερασμένων στοιχείων για ελαστική συμπεριφορά των υλικών του πλαισίου και της τοιχοπλήρωσης, λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές συνοριακές συνθήκες μονόπλευρης επαφής-τριβής που επικρατούν στα σύνορα πλαισίου και στοιχείου πλήρωσης. Για το λόγο αυτό διαμορφώνεται και χρησιμοποιείται κατάλληλη μεθοδολογία και αντίστοιχοι εύχρηστοι αλγόριθμοι με αποδεδειγμένη σύγκλιση. Οι ιδιόμορφες συνθήκες επαφής μεταξύ της τοιχοπλήρωσης και των πλαισίων έχουν καθοριστική σημασία για την αντισεισμική συμπεριφορά του συστήματος και γι' αυτό μελετάται αρχικά αυτό το φαινόμενο. Τα αποτελέσματα αυτής της φάσης παρουσιάζονται σε μία εκτενή σειρά χαρακτηριστικών εποπτικών διαγραμμάτων.

#### Φάση Β

Στη δεύτερη φάση γίνεται προσπάθεια προσομοίωσης της ελαστικής συμπεριφοράς του διακριτοποιημένου δομικού συστήματος της προηγούμενης φάσης, με τρόπο ώστε η λειτουργία του στοιχείου πλήρωσης να αποδοθεί με ικανοποιητική ακρίβεια με ένα μόνο πεπερασμένο στοιχείο (μακρομοντέλο). Για τον λόγο αυτόν εξετάζονται 3 διαφορετικές περιπτώσεις απλών πεπερασμένων στοιχείων επίπεδης έντασης (8-κομβο, 4-κομβο και shear panel) και κάθε ένα από αυτά συγκρίνεται με το ακριβέστερο μοντέλο της προηγούμενης ερευνητικής φάσης, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις ειδικές συνοριακές συνθήκες μονόπλευρης επαφής-τριβής που επικρατούν στα σύνορα μεταξύ πλαισίου και στοιχείου πλήρωσης. Από την αναλυτική μελέτη επιβεβαιώνεται η υπεροχή του 8-κομβου μακρομοντέλου καθώς και η ικανοποιητική του ακρίβεια, τουλάχιστον για τις απαιτήσεις των εφαρμογών του δομοστατικού μηχανικού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μία εκτενή σειρά χαρακτηριστικών εποπτικών διαγραμμάτων.

#### Φάση Γ

Σε αυτή τη φάση γίνεται επέκταση της μελέτης και διερεύνηση της αξιοπιστίας της συμπεριφοράς του 8-κομβου μακρομοντέλου για την περίπτωση της μετελαστικής κατάστασης του στοιχείου πλήρωσης, η οποία περιλαμβάνει :

1) Μη γραμμικό καταστατικό νόμο υλικού μορφής ιδανικά ελαστοπλαστικού υλικού με κράτυνση (strain hardening).

2) Διάφορα κριτήρια διαρροής, με έμφαση κατ' αρχήν στο κριτήριο Von Mises και στη συνέχεια στο κριτήριο Drucker-Prager με παραμέτρους την εσωτερική τριβή και συνοχή, που περιγράφει συνήθως υλικά με μικρή εφελκυστική και μεγάλη θλιπτική αντοχή, όπως το σκυρόδεμα, οι πλινθοδομές κλπ.

3) Επίδραση της ιστορίας της φόρτισης και της υστερητικής απόσβεσης στη μετελαστική συμπεριφορά του υλικού.

Κατόπιν το μακρομοντέλο ενσωματώθηκε στο δοκιμασμένο για την αξιοπιστία του πρόγραμμα H.Y. "ANSR", για την ανάλυση της ανελαστικής απόκρισης τρισδιάστατων φορέων, όπως αυτό επεκτάθηκε και τροποποιήθηκε από την ερευνητική ομάδα για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Στην εκτεταμένη συγκριτική παραμετρική μελέτη που ακολούθησε, το 8-κομβο μακρομοντέλο έδωσε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα (σε σχέση με το αντίστοιχο μικρομοντέλο) για τις ανελαστικές μετακινήσεις, ικανοποιητικά αποτελέσματα για τις ενεργές τάσεις Von Mises και λιγότερο ικανοποιητικά για τις ενεργές τάσεις Drucker-Prager. Επομένως, με τη χρησιμοποίηση του προτεινόμενου μακρομοντέλου γίνεται δυνατή η αξιόπιστη μελέτη πολυορόφων συστημάτων με στοιχεία πλήρωσης (τοιχοπληρώσεις, τοιχώματα πλήρωσης-ενίσχυσης από σκυρόδεμα χωρίς ολόσωμη σύνδεση με το πλαίσιο που τα περιβάλλει, κ.λ.π.).

#### Αποτελέσματα

Οι εργασίες που διεξήχθησαν στα πλαίσια της αναλυτικής μελέτης (μέρους Α') του παρόντος ερευνητικού έργου, συνέβαλαν στην κατανόηση του τρόπου συμπεριφοράς τόσο των τοιχοπληρωμένων πλαισίων, όσο και των αναλυτικών μοντέλων (μικρομοντέλων και μακρομοντέλων) που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση της μηχανικής τους συμπεριφοράς και την επίλυσή τους με τον H/Y.

Ένα μέρος των αποτελεσμάτων της έρευνας παρουσιάζεται στην έκθεση με πλήθος εποπτικών διαγραμμάτων, από τα οποία τεκμηριώνεται ποσοτικά η αξιοπιστία των μακρομοντέλων που ερευνώνται, καθώς και του μακρομοντέλου που τελικά προτείνεται.

Επίσης, αποτελέσματα της αναλυτικής μελέτης έχουν παρουσιασθεί και δημοσιευθεί στα πρακτικά του "10<sup>th</sup> European Conference in Earthquake Engineering, Vienna, 1994", και του "5<sup>th</sup> SECED International Conference on European Seismic Design Practice, Chester U.K., 1995", όπου οι συμμετέχοντες σχολίασαν ευνοϊκά τη μεθοδολογία που εφαρμόσθηκε και τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

## **Β' ΜΕΡΟΣ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ**

Αντικείμενο του Β' Μέρους είναι η πειραματική κυρίως μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών και της σεισμικής συμπεριφοράς κατασκευών οπλ. σκυροδέματος (Ο.Σ.) στις οποίες συμπεριλαμβάνονται κατακόρυφα διαφράγματα, που μπορεί να είναι τοιχοπληρώσεις ή τοιχώματα. Για τον σκοπό αυτό έγινε χρήση φυσικών ομοιωμάτων υπό κλίμακα στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών (Δ.Τ.Σ.) του Εργαστηρίου Αντοχής των Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ.

#### Φάση Α

Η φάση Α περιλαμβάνει την πειραματική μελέτη των φυσικών ομοιωμάτων με κλίμακα 1:9 δίστυλων μονόροφων πλαισίων από Ο.Σ. με ή χωρίς τοιχοπληρώσεις. Για τον σκοπό αυτό κατασκευάστηκαν 16 ομοιώματα αυτού του τύπου των φορέων σε κλίμακα 1:9. Σε έναν αριθμό από τα ομοιώματα αυτά ενσωματώθηκαν τοιχοπληρώσεις, με στόχο να προσομοιωθεί η συμπεριφορά ανάλογων φορέων που είχαν διαστάσεις τρεις φορές μεγαλύτερες και εξετάστηκαν από άλλους ερευνητές στο παρελθόν. Εξετάστηκαν οι παραπάνω φορείς μέσα από ειδική πειραματική διάταξη ανακυκλιζόμενης φόρτισης, που κατασκευάστηκε για τον σκοπό αυτό εν σειρά με τη σεισμική τράπεζα στο Εργαστήριο Αντοχής των Υλικών και αξιοποιεί τις δυνατότητες του υδραυλικού εμβόλου της σεισμικής τράπεζας. Στην Έκθεση περιγρά-

φεται η πειραματική αυτή διάταξη, η κατασκευή και εξέταση των ομοιωμάτων και η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των πειραματικών μετρήσεων, και παρουσιάζονται ενδεικτικά διαγράμματα πειραματικών μετρήσεων σε αναλυτική ή συμπυκνωμένη μορφή. Από την πειραματική μελέτη επιβεβαιώθηκε ότι η συμπεριφορά των τοιχοπληρωμένων πλαισίων σε κλίμακα 1:9 είναι ποιοτικά όμοια με αυτήν που παρατηρήθηκε στα πολύ μεγαλύτερα ομοιώματα-στόχους. Η αύξηση της ακαμψίας της αντοχής καθώς και οι μορφές των βλαβών, τόσο στα πλαίσια από Ο.Σ. όσο και στις τοιχοπληρώσεις, προσομοιώνονται ικανοποιητικά. Στη συνέχεια γίνεται μια ποσοτική σύγκριση, με αναγωγή των αποτελεσμάτων στην ίδια κλίμακα. Η σύγκριση αυτή κάνει χρήση της συγκέντρωσης των πειραματικών αποτελεσμάτων και την περιγραφή της μετρηθείσας συμπεριφοράς μέσα από περιβάλλουσες καμπύλες.

### Φάση Β

Στη φάση αυτή έγινε η κατασκευή και η μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών ενός συστήματος επταορόφου τοιχώματος ορθογωνικής διατομής, που περιλαμβάνει στα ύψη των ορόφων και την πλάκα μονολιθικά συνδεδεμένη με το τοίχωμα. Οι διαστάσεις του φυσικού αυτού ομοιώματος (κλίμακας) επιλέχθηκαν να ταυτίζονται με ένα αντίστοιχο φυσικό ομοίωμα τοιχώματος που μελετήθηκε διεξοδικά στο Παν/μιο του Στάνφορντ, στα πλαίσια της επιστημονικής ερευνητικής συνεργασίας Η.Π.Α.-Ιαπωνίας για θέματα Σεισμικής Μηχανικής σε κτιριακές κατασκευές από Ο.Σ. Το πλεονέκτημα αυτής της επιλογής έγκειται στο γεγονός ότι η αναμενόμενη συμπεριφορά είναι στοιχειοθετημένη, και με τον τρόπο αυτό μπορεί να τεκμηριωθεί η αξιοπιστία των μεθόδων που ακολουθούνται στη Δ.Τ.Σ. του Α.Π.Θ. Στην παρούσα φάση περιγράφονται αρχικά όλα τα απαραίτητα στοιχεία για το ομοίωμα-στόχο (Στάνφορντ) και ακολούθως ο σχεδιασμός και η κατασκευή του τοιχώματος του Α.Π.Θ., δίνοντας έμφαση στην περιγραφή των υλικών και των πειραματικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται. Στη συνέχεια καταγράφονται και συζητούνται οι διαφοροποιήσεις που υπεισήλθαν στο ομοίωμα του τοιχώματος στο Α.Π.Θ. σε σχέση με αυτό του Στάνφορντ και η επιρροή τους στην αναμενόμενη σεισμική συμπεριφορά. Τέλος γίνεται η περιγραφή και δίδονται τα συνοπτικά αποτελέσματα της πειραματικής ακολουθίας για τη μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών του τοιχώματος του Α.Π.Θ., και τα αποτελέσματα από μια προσπάθεια ελαστικής προσομοίωσης της δυναμικής απόκρισης που μετρήθηκε πειραματικά.

### Φάση Γ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένα από τα αποτελέσματα μιας εκτεταμένης ερευνητικής προσπάθειας, που είχε στόχο τη διερεύνηση της επιρροής των τοιχοπληρώσεων στη σεισμική απόκριση πλαισιακών κατασκευών από Ο.Σ. Αρχικά στην α' φάση, εξετάσθηκε πειραματικά ένας μεγάλος αριθμός μονόροφων δίστυλων πλαισίων από μικροσκυρόδεμα με ή χωρίς τοιχοπλήρωση, όταν αυτά υποβάλλονται σε ανακυκλιζόμενη οριζόντια φόρτιση. Η εργαστηριακή αυτή προσομοίωση, σε σχετικά μικρή κλίμακα (1:9) με επίπεδο αναφοράς τρεις φορές μεγαλύτερους όμοιους φορείς από πρωτότυπα υλικά, ήταν αρκετά επιτυχής (Μάνος 1994α). Στη συνέχεια, στα πλαίσια μιας άλλης ερευνητικής προσπάθειας, μια σειρά από φυσικά υπό κλίμακα ομοιώματα διόροφων τρισδιάστατων πλαισιακών φορέων από Ο.Σ., με ή χωρίς τοιχοπληρώσεις, υποβλήθηκαν σε τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις στη Διάταξη Τεχνητών Σεισμών (Δ.Τ.Σ.) του Α.Π.Θ., έτσι ώστε να γίνει δυνατόν να μελετηθεί η επιρροή των τοιχοπληρώσεων στη δυναμική απόκριση αυτού του τύπου των κατασκευών και να ελεγχθεί η πιστότητα εφαρμογής κατάλληλου λογισμικού (Μάνος 1995α, 1995β). Στην παρούσα Γ' φάση μελετάται η δυναμική απόκριση και η σεισμική συμπεριφορά φορέων που προσομοιώνουν 7-όροφα δίστυλα πλαίσια από Ο.Σ., με ή χωρίς τοιχοπληρώσεις, που υποβάλλονται σε δυναμικές και τεχνητές διεγέρσεις στην Δ.Τ.Σ. του Α.Π.Θ. Η απόκριση μετατοπίσεων και επιταχύνσεων ελέγχεται πλήρως σε όλους τους ορόφους, ώστε να μπορεί να περιγραφεί η μεταβολή των δυσκαμψιών του φορέα στα διάφορα στάδιά του. Επίσης μέσω της απόκρισης των επιταχύνσεων γίνεται η προσπάθεια να υπολογισθούν παράγωγα

μεγέθη έντασης, ώστε να μπορούν να συσχετισθούν με τη συμπεριφορά των δομικών στοιχείων κατά τη διάρκεια της τεχνητής σεισμικής ακολουθίας.

#### Φάση Δ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται κατ' αρχάς η παρουσίαση των αποτελεσμάτων από μία εκτεταμένη σειρά πειραμάτων στη Δ.Τ.Σ. του Α.Π.Θ., όπου το 7-όροφο τοίχωμα που παρουσιάστηκε στη φάση Β, υποβάλλεται σε ένα πλήθος δυναμικών και τεχνητών σεισμικών διεγέρσεων, μέχρι το στάδιο της καμπτικής του αστοχίας. Μέσω ενός πλήθους μετρήσεων της απόκρισης του 7-ορόφου αυτού τοιχώματος, σε όλες τις φάσεις αυτής της πειραματικής ακολουθίας, παρακολουθούνται συστηματικά οι μεταβολές της δυσκαμψίας και οι, ως εκ τούτου, επιρροές στη μεταβολή των δυναμικών χαρακτηριστικών (ιδιομορφές-ιδιοσυχνότητες) και των κυρίαρχων μεγεθών απόκρισης κατά τη διάρκεια μιας σειράς τεχνητών σεισμικών διεγέρσεων προοδευτικά αυξανόμενης έντασης.

Τα κυρίαρχα μεγέθη της απόκρισης, που είτε καταγράφονται είτε υπολογίζονται άμεσα μέσω των μετρήσεων και μελετώνται συστηματικά, είναι οι μέγιστες μετατοπίσεις και επιταχύνσεις στις στάθμες των ορόφων, καθώς και η συνολική τέμνουσα και η ροπή ανατροπής στη βάση του τοιχώματος. Ταυτόχρονα γίνεται και μια συστηματική καταγραφή των μετελαστικών μηχανισμών που αναπτύσσονται στα φανώματα κοντά στη θεμελίωση του φορέα (κυρίως στο φάνωμα του Ισογείου). Αυτό γίνεται, αφενός μέσω των μακροσκοπικών παρατηρήσεων της εμφάνισης και επέκτασης βλαβών καθ' όλα τα στάδια, και αφετέρου μέσω της καταγραφής συγκεκριμένων παραμέτρων της απόκρισης του φορέα στη θέση αυτή. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται πρόσθετα αισθητήρια, αφενός για να αποτυπωθεί τυχόν εμφάνιση ρηγματώσεων στους στύλους του Ισογείου κοντά στη θέση πάκτωσής τους στη θεμελίωση (σχηματισμός καμπτικής πλαστικής άρθρωσης στη βάση του τοιχώματος) και αφετέρου για να αποτυπωθεί η δημιουργία διατμητικών παραμορφώσεων στον κορμό του τοιχώματος στο Ισόγειο φάνωμα, ενδεικτική της έναρξης και της τυχόν επέκτασης διατμητικής αστοχίας του φορέα στη θέση αυτή.

Στη συνέχεια γίνεται η αποτίμηση της συμπεριφοράς του 7-ορόφου τοιχώματος, που μετράται και παρατηρείται πειραματικά μέσω συγκρίσεων με τη συμπεριφορά που προβλέπεται από τον υπολογισμό συγκεκριμένων οριακών καταστάσεων σε κάμψη και διάτμηση. Ταυτόχρονα γίνεται ο συσχετισμός της συμπεριφοράς του τοιχώματος με αυτήν του 7-ορόφου τοιχοπληρωμένου πλαισίου του κεφαλαίου Γ, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις μεταβολές της δυσκαμψίας και των κυρίαρχων μεγεθών έντασης στη βάση των δύο αυτών φορέων.

Τέλος γίνεται η αναγωγή των κυρίαρχων μεγεθών έντασης, που μετρήθηκαν στη βάση του φορέα, σε πρωτότυπη κλίμακα και συγκρίνονται με αντίστοιχα μεγέθη που μετρήθηκαν πειραματικά σε "όμοιους" φορείς, κάτω από στατικές ή σεισμικές συνθήκες επιβολής της φόρτισης και με έναν από τους φορείς αυτούς να μην είναι μεμονωμένο τοίχωμα αλλά τοίχωμα συζευγμένο με πλαίσιο.

#### Αποτελέσματα

Οι εργασίες που διεξήχθησαν συνέβαλαν στην κατανόηση του τρόπου συμπεριφοράς τόσο των τοιχοπληρωμένων πλαισίων όσο και των επιπέδων τοιχωμάτων.

*α) Μονόροφα-δίστυλα τοιχοπληρωμένα πλαίσια που υποβλήθηκαν σε ψευδοδυναμικές φορτίσεις:*

Από τις συγκρίσεις που γίνονται για τα μονόροφα δίστυλα τοιχοπληρωμένα πλαίσια με αντίστοιχα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη μεγαλύτερων φορέων κατασκευασμένων με πρωτότυπα υλικά (χάλυβα και σκυρόδεμα) τεκμηριώνεται η αξιοπιστία της μεθόδου που εφαρμόστηκε.

*β) Επτάόροφοι φορείς (τοιίχωμα & τοιχοπληρωμένο πλαίσιο) που υποβλήθηκαν σε δυναμικές φορτίσεις και τεχνητές σεισμικές διεγέρσεις:*

Η αξιοπιστία που αναφέρθηκε προηγουμένως ελέγχθηκε με επιτυχία και στην περίπτωση των επτάοροφων φορέων που μελετήθηκαν, δηλαδή του τοιχοπληρωμένου πλαισίου και του τοιχώματος. Ειδι-

κότερα για το 7-όροφο τοίχωμα υπήρξε πολύ ικανοποιητική σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων του τοιχώματος του Α.Π.Θ. με αντίστοιχα αποτελέσματα άλλων ερευνητών, τόσο στην ελαστική όσο και στην μετελαστική συμπεριφορά του, καθώς και με αναλυτικές προβλέψεις της οριακής του συμπεριφοράς. Για το 7-όροφο τοιχοπληρωμένο πλαίσιο επίσης έγιναν επιτυχείς συγκρίσεις της συμπεριφοράς που παρατηρήθηκε με αριθμητικές προσεγγίσεις κάτω από συνθήκες σεισμικής διέγερσης.

Έγινε επίσης δυνατή η εξέταση και εξέλιξη των μηχανισμών αστοχίας των δύο φορέων σε τέτοιου είδους φορτίσεις και περιγράφηκε με επιτυχία η συσχέτιση αυτών των αστοχιών με το επίπεδο των εντατικών μεγεθών που αναπτύχθηκαν στα δομικά τους στοιχεία. Κατ' αυτόν τον τρόπο αναπτύχθηκε και τεκμηριώθηκε μια μεθοδολογία, η οποία μπορεί να τύχει ευρύτερης εφαρμογής και σε πρακτικά προβλήματα.

Τα πιο σημαντικά συμπεράσματα από τη μελέτη των δύο 7-ορόφων φορέων είναι τα εξής :

1) Τα ομοιώματα 7-ορόφων φορέων, που κατασκευάστηκαν και εξετάστηκαν στη Δ.Τ.Σ. του Α.Π.Θ., παρουσιάζουν απόκριση που κυριαρχείται από την 1η διαμήκη μεταφορική ιδιομορφή. Η προσέγγιση της ιδιομορφής αυτής με την αριθμητική προσομοίωση που χρησιμοποιήθηκε, κρίνεται ικανοποιητική στο αρχικό στάδιο της αρηγμάτωσης κατασκευής πριν από την έναρξη των δυναμικών διεγέρσεων. Στη συνέχεια, η προσομοίωση αυτή είναι φυσικό ότι θα δίνει πιο μεγάλες αποκλίσεις, καθώς η δυσκαμψία του φορέα θα μειούται κατά τη διάρκεια των δυναμικών καταπονήσεων, έστω και μικρού εύρους. Αυτό παρατηρήθηκε και κατά την εξέταση των υπολοίπων ομοιωμάτων, καθώς και του πρωτότυπου κτιρίου.

2) Η μετελαστική συμπεριφορά του ομοιώματος του 7-ορόφου τοιχώματος του Α.Π.Θ. είναι παρόμοια με αυτήν που παρατηρήθηκε στα μεγαλύτερων διαστάσεων ομοιώματα και στο πρωτότυπο. Συμφωνεί επίσης με τις αναλυτικές προβλέψεις της οριακής αντοχής, που είναι βασισμένες στο αντίστοιχο οριακό διάγραμμα αλληλεπίδρασης ροπών κάμψης-αξονικών δυνάμεων, καθώς και στις οριακές αντοχές σε διάτμηση που προβλέφθηκαν.

3) Παρά το γεγονός ότι η τιμή της ορθής δύναμης είναι μικρότερη για το τοίχωμα του Α.Π.Θ. από αυτήν του τοιχώματος του Stanford, οι μέγιστες τιμές για την τέμνουσα βάση και τη ροπή ανατροπής είναι σχεδόν ίδιες για το πείραμα με τεχνητή σεισμική διέγερση στο Α.Π.Θ. TAFT, SPAN 4, 1st series. Όμως στη σεισμική ακολουθία στο Α.Π.Θ. (TAFT, SPAN 8, 2nd series) το τοίχωμα παρουσιάζει κατά 20% περίπου μεγαλύτερη ικανότητα παραλαβής ροπής ανατροπής από αυτήν του τοιχώματος του Stanford (πειράματα με στατικές οριζόντιες καταπονήσεις). Το γεγονός αυτό θα πρέπει να αποδοθεί στη φύση της φόρτισης και ταυτόχρονα υποδηλώνει τη σημασία της εξέτασης της σεισμικής συμπεριφοράς των φορέων κάτω από ρεαλιστικές συνθήκες φόρτισης που εμπεριέχουν την δυναμική φύση του φαινομένου.

4) Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων με το 7-όροφο τοιχοπληρωμένο πλαίσιο, γίνεται προφανής η σημαντική επιρροή της τοιχοπλήρωσης στην αύξηση της δυσκαμψίας του φορέα. Ταυτόχρονα, η επιρροή αυτή απομειώνεται σε μεγάλο βαθμό μέσω των ρηγματώσεων που δημιουργούνται κατά τη σεισμική ακολουθία, που όμως εν μέρει επισυμβαίνουν και στα εξ Ο.Σ. στοιχεία. Μέσω των πειραματικών αποτελεσμάτων έχουν προκύψει οι καθοριστικές μορφές απόκρισης σε διάφορα στάδια της κατασκευής, που πιστεύεται ότι θα αποτελέσουν χρήσιμο υλικό για την πιστοποίηση του κατάλληλου λογισμικού.

5) Η προσομοίωση της συμπεριφοράς πολυόροφων τοιχοπληρωμένων πλαισιακών φορέων στη Δ.Τ.Σ. του Α.Π.Θ., όπως περιγράφεται, θεωρείται επιτυχής, αφού έχει σαν αποτέλεσμα μορφές βλάβης στα τοιχοπληρωμένα πλαίσια που προσομοιάζουν πρωτότυπες παρατηρήσεις. Οι τιμές της σχετικής μετατόπισης του Ισογείου για την οποία δεν παρατηρήθηκαν βλάβες, είναι της τάξεως του 0,4%, ενώ όταν αυτές επισυμβαίνουν τα πειράματα Νο 10 και 17 είναι μεγαλύτερη του 1%, τιμές που φαίνονται ρεαλιστικές.

6) Η μέγιστη απόκριση του 7-ορόφου τοιχοπληρωμένου πλαισίου, ως προς τα συνολικά μεγέθη έντασης στη βάση του φορέα για ελεγχόμενες βλάβες, είναι περίπου το 50% των αντίστοιχων μεγεθών που μετρήθηκαν στο ομοίωμα του 7-ορόφου τοιχώματος από Ο.Σ. με ίδια γεωμετρία και κατανομή μαζών καθ' ύψος, που υποβλήθηκε σε αντίστοιχες φορτίσεις.

7) Από την παρούσα μελέτη γίνεται προφανής η χρησιμότητα της εξέτασης της σεισμικής συμπεριφοράς κατασκευών Ο.Σ. υπό κλίμακα, που με σχετικά μικρό κόστος μπορούν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες για τη δυναμική απόκριση και τη σεισμική συμπεριφορά αντίστοιχων πρωτοτύπων κατασκευών. Με την εξέταση της συμπεριφοράς των πολυόροφων επιπέδων συστημάτων, είτε τοιχωμάτων είτε τοιχοπληρωμένων πλαισίων, κλείνει ένας ερευνητικός κύκλος μιας 10-ετίας περίπου στο Α.Π.Θ., όπου έγινε επιτυχώς η εξέταση σε μικρή κλίμακα της σεισμικής συμπεριφοράς φυσικών ομοιωμάτων πλαισιακών φορέων Ο.Σ., χωρίς ή με τοιχοπληρώσεις, και, όπως παρουσιάζεται εδώ, απλών μορφών επιπέδων πολυορόφων τοιχωμάτων επίσης από Ο.Σ.

Τα αποτελέσματα και η μεθοδολογία που εφαρμόστηκαν στην εν λόγω πειραματική έρευνα, παρουσιάστηκαν και δημοσιεύθηκαν σε πρακτικά συνεδρίων σε θέματα Σεισμικής Μηχανικής, και έτυχαν ευνοϊκών σχολίων από τους συμμετέχοντες.