

# **“ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΜΗ-ΚΑΝΟΝΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ Ω.Σ. (ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΗ)”**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια ενός ευρύτερου ερευνητικού προγράμματος, του οποίου σκοπός ήταν η μελέτη της σεισμικής συμπεριφοράς πολυορόφων κατασκευών από Ω.Σ. με διάφορους τύπους ακανονικότητας εντός κατακόρυφου επιπέδου, μελετήθηκε και μία εξαόροφη κατασκευή τριών ανοιγμάτων. Η κατασκευή, η συμπεριφορά της οποίας περιγράφεται σ' αυτήν την εργασία, είναι μια μικτή κατασκευή “πλαίσιο με τοίχωμα”. Εκτός από την περιγραφή των αποτελεσμάτων της έρευνας που αφορά την συγκεκριμένη κατασκευή, στην παρούσα εργασία περιλαμβάνονται και τα ακόλουθα: (α) η διερεύνηση της επιρροής την οποίαν έχει η προσθήκη του τοιχώματος στην απόκριση πολυορόφων κατασκευών από Ω.Σ. έναντι ισχυρών σεισμών, (β) η αποτίμηση των κανόνων αντισεισμικού σχεδιασμού μικτών κατασκευών βάσει του Ευρωκώδικα 8 (τιμές του δείκτη συμπεριφοράς και συνεπαγόμενες απαιτήσεις πλαστιμότητας).

Η κατασκευή μελετήθηκε σε φυσική κλίμακα, βάσει του Ευρωκώδικα 8, ενώ το ομοίωμα της κατασκευής υπό κλίμακα 1:5,5 δοκιμάσθηκε στον σεισμικό προσομοιωτήρα.

### (α) Πειραματικό μέρος.

Η υπό εξέταση μικτή κατασκευή έχει έξι ορόφους και τρία φανώματα, ενώ ο πρώτος όροφος (το ισόγειο) έχει ύψος ίσο με τα 5/3 του ύψους των άλλων ορόφων. Επί πλέον, το μεσαίο φάνωμα έχει μήκος ίσο με τα 3/5 του μήκους των ακραίων φανωμάτων. Το αντισεισμικό τοίχωμα αποτελεί το μεσαίο φάνωμα του πλαισίου και εκτείνεται σε όλο το ύψος της κατασκευής. Κατασκευάσθηκε και δοκιμάσθηκε το ομοίωμα της κατασκευής σε κλίμακα 1:5,5. Επελέγη να δοκιμασθεί το ομοίωμα ενός πολυορόφου επιπέδου πλαισίου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η δοκιμή μιας όσο το δυνατόν μεγαλύτερης κατασκευής, λαμβάνοντας, βεβαίως, υπ' όψη τους περιορισμούς της σεισμικής τράπεζας του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας.

Η πειραματική διάταξη, η οποία μελετήθηκε καταλλήλως για την δοκιμή επιπέδων πλαισίων, επέτρεπε την απόκριση του δοκιμίου μόνον εντός του επιπέδου του, χάρη σε διανεμημένες εγκάρσιες στηρίξεις, οι οποίες εμπόδιζαν την εκτός επιπέδου απόκριση της κατασκευής. Οι πρόσθετες μάζες, οι οποίες απαιτούνται βάσει των νόμων της ομοιότητας, ήσαν τοποθετημένες (και κατάλληλα αγκυρωμένες) πάνω στις πλάκες των ορόφων.

Η κατασκευή μελετήθηκε σε φυσική κλίμακα βάσει των Ευρωκωδίκων 2 και 8. Η γεωμετρία του ομοιώματος υπό κλίμακα προσδιορίσθηκε έτσι, ώστε να αποτελεί αυτό ακριβές ομοίωμα της αρχικής κατασκευής. Στο ομοίωμα ακολουθήθηκαν, όσο ήταν πρακτικώς δυνατόν, οι κατασκευαστικές ομοιότητες με την πρωτότυπη κατασκευή. Έτσι, οι πλάκες κατασκευάσθηκαν μονολιθικώς συνδεδεμένες με τις δοκούς, χρησιμοποιήθηκαν ράβδοι νευροχάλυβα για την όπλιση των στοιχείων του ομοιώματος, τοποθετήθηκε εγκάρσιος οπλισμός συνδετήρων, ενώ χρησιμοποιήθηκε μικροσκυρόδεμα για την χύτευση του ομοιώματος. Στα άκρα του πλαισίου κατασκευάσθηκαν προεκτάματα από σκυρόδεμα, ώστε να είναι δυνατή η ευθεία αγκύρωση των ράβδων των δοκών στους εξωτερικούς κόμβους. Ο οπλισμός του πρωτοτύπου αναπαρήχθη στο ομοίωμα βάσει των νόμων της ομοιότητας. Η περιγραφή του ομοιώματος, καθώς και οι ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του, περιγράφονται λεπτομερώς στην Έκθεση.

Το ομοίωμα κατασκευάσθηκε σε κατακόρυφη θέση, σε φάσεις ανά όροφο, όπως στην διαδικασία που ακολουθείται και στις πραγματικές κατασκευές.

Η δοκιμή του ομοιώματος περιελάμβανε πέντε κύριες σεισμικές διεγέρσεις, με σταδιακά αυξανόμενη ένταση. Αυτές οι σεισμικές προσομοιώσεις επελέγησαν έτσι, ώστε να προκαλέσουν βλάβες και ακολούθως αστοχία της κατασκευής. Κάθε σεισμικής προσομοιώσεως

προηγείτο και ακολουθούσε μία μικρού εύρους δόνηση, σκοπός της οποίας ήταν να παρακολουθείται η μεταβολή των δυναμικών χαρακτηριστικών του ομοιώματος (κυρίως η ιδιοσυχνότητα και η απόσβεση). Οι σεισμικές προσομοιώσεις προέκυψαν από την καταγραφή B-N του EI Centro 1940, με την κλίμακα του χρόνου συμπιεσμένη κατά την τετραγωνική ρίζα του 5,5. Αναλυτική περιγραφή των δοκιμών δίνεται στην Έκθεση.

Οι μετρήσεις κατά την διάρκεια των δοκιμών περιελάμβαναν την κίνηση της βάσεως, τις μετακινήσεις στις στάθμες των ορόφων, τις επιταχύνσεις, την τοπική απόκριση του τοιχώματος στην στάθμη του κατώτερου ορόφου (στροφές, διαγώνιες παραμορφώσεις, αξονική παραμόρφωση των ακραίων “κρυφοκολωνών”, και ολίσθηση ως προς το θεμέλιο), καθώς και τις στροφές των υποστυλωμάτων του κατώτερου ορόφου ως προς την θεμελίωση του πλαισίου.

#### (β) Πειραματικά αποτελέσματα και σχόλια.

Η απόκριση του ομοιώματος στις σεισμικές προσομοιώσεις παρουσιάζεται στην Έκθεση, υπό μορφήν εν χρόνω εξελίξεως των επιταχύνσεων, κατανομής διαφόρων μεγεθών καθ' ύψος του πλαισίου, κατανομής περιβαλλουσών διαφόρων μεγεθών, καθώς και μορφολογίας ρωγμών και αστοχιών. Παρατέθηκε λεπτομερής σχολιασμός των αποτελεσμάτων, περιλαμβανομένων των ιδιοσυχνοτήτων της κατασκευής, των βρόχων υστερήσεως “τέμνουσα βάσεως-σχετική μετακίνηση ορόφου”, χαρακτηριστικών πρώτης ιδιομορφής, δεικτών αποσβέσεως. Η κίνηση της βάσεως αποτιμήθηκε μέσω φασμάτων Φουριέ, μέσω ελαστικών φασμάτων αποκρίσεως, και μέσω φασματικών εντάσεων. Τα χαρακτηριστικά δυσκαμψίας και αντιστάσεως του ομοιώματος αποτιμήθηκαν βάσει των μετρήσεων, ενώ αξιολογήθηκε και η επιρροή τους στην δομητική απόκριση της κατασκευής. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην παρατηρηθείσα τοπική συμπεριφορά του τοιχώματος στην βάση του, καθώς και στην επιρροή της επιδεινούμενης συμπεριφοράς του τοιχώματος στην συμπεριφορά όλης της κατασκευής.

#### (γ) Αποτίμηση του δείκτη συμπεριφοράς και της πλαστιμότητας.

Ο δείκτης συμπεριφοράς του ομοιώματος εκτιμήθηκε βάσει των πειραματικών αποτελεσμάτων. Εξ άλλου, εκτιμήθηκαν και οι απαιτούμενοι ολικοί και τοπικοί δείκτες πλαστιμότητας. Αποτιμήθηκε η σχέση μεταξύ αυτών των δεικτών, ενώ έγινε σύγκριση των τιμών που μετρήθηκαν με εκείνες που υπολογίζονται βάσει του Κανονισμού.

#### (δ) Σύγκριση της συμπεριφοράς του πλαισίου με τοίχωμα, με την συμπεριφορά του απλού γυμνού πλαισίου.

Με σκοπό την μελέτη της συμπεριφοράς της μικτής κατασκευής (πλαίσιο με τοίχωμα), τα πειραματικά αποτελέσματα συγκρίθηκαν με εκείνα ενός γυμνού πλαισίου, το οποίο είχε δοκιμασθεί νωρίτερα. Η σύγκριση περιλαμβάνει την μορφολογία ρηγματώσεως και τον τρόπο αστοχίας (έτσι ώστε να σχολιασθούν οι μηχανισμοί αντιστάσεως των δύο διαφορετικών συστημάτων), τις μετακινήσεις και τις σχετικές μετακινήσεις ορόφων (οι οποίες απέδειξαν την αποτελεσματικότητα της προσθήκης του τοιχώματος), καθώς και την υστερητική συμπεριφορά των δύο κατασκευών.

#### (ε) Ανελαστική ανάλυση του ομοιώματος.

Πραγματοποιήθηκαν ανελαστικές στατικές και δυναμικές αναλύσεις του ομοιώματος μέσω χρήσεως προσομοιωμάτων. Σκοπός των αναλύσεων ήταν να ελεγχθεί η καταλληλότητα των προσομοιωμάτων λογισμητή, ιδίως αυτού που χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του αντισεισμικού τοιχώματος στην μετελαστική φάση. Σκοπός των αναλύσεων ήταν επίσης η αποτίμηση της συμπεριφοράς των μεμονωμένων στοιχείων της κατασκευής.

Στα κεφάλαια της Εκθέσεως παρουσιάζονται και σχολιάζονται ειδικές παρατηρήσεις και συμπεράσματα, σχετιζόμενα με τα θέματα που εξετάστηκαν στα πλαίσια του προγράμματος.