

Πειραματική Διερεύνηση της Επιρροής Στοιχείων Πλήρωσης σε Πλαίσια Ο/Σ

Experimental Investigation of the Influence of Infill Panels to R/C Frames

Χρίστος ΧΑΤΖΗΔΗΜΗΤΡΙΟΥ¹, Παναγιώτης ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ²,
Μίλων ΔΗΜΟΣΘΕΝΟΥΣ³

Λέξεις κλειδιά: Πλαίσια Ο/Σ, Στοιχεία Πλήρωσης, Αντοχή, Ακαμψία Βλάβες, R/C Frames, Infill Panels, Strength, Stiffness, Damages

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η εργασία αυτή αναφέρεται στην πειραματική διερεύνηση της επιρροής στοιχείων πλήρωσης στη συμπεριφορά δίστυλων μονώροφων πλαισίων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Ο/Σ) όταν υποβάλλονται σε πλευρικές φορτίσεις. Εξετάζονται συνολικά πέντε πλαίσια. Το πρώτο πλαίσιο δεν φέρει οποιαδήποτε στοιχεία πλήρωσης (πλαίσιο αναφοράς). Δύο από αυτά φέρουν συστήματα τοιχοπλήρωσης, όπου στο ένα από αυτά γίνεται σύνδεση της τοιχοπλήρωσης με το περιβάλλον πλαίσιο μέσω ειδικών μεταλλικών συνδέσμων. Ένα πλαίσιο φέρει πλήρες σύστημα γυψοσανίδας και ένα πλαίσιο φέρει μόνο το μεταλλικό σκελετό που χρησιμοποιείται σε τέτοια συστήματα. Η πειραματική διερεύνηση εστιάζει στην αξιολόγηση της επιρροής αυτών των συστημάτων πλήρωσης στην αντοχή, την δυσκαμψία και την εικόνα των βλαβών των πλαισίων.

ABSTRACT: This paper deals with the experimental investigation of the influence of infill panels to the Reinforcement Concrete (R/C) frames when they are subjected to lateral loadings. This study includes five R/C frames with two columns. The first one is without infill panels (reference frame). Two of them are with masonry infill, one of them having special metallic joints between the R/C frame and the masonry infill. One R/C frame has a full system of gypsum panels and the last one has only the metallic frame of this system. The experimental investigation focused on the evaluation of the influence of these infill systems to the strength, the stiffness and the damages occurred in the R/C frames

¹ Πολιτικός Μηχανικός Πανεπιστημίου Frederick,

² Πολιτικός Μηχανικός, Μεταπτυχιακός φοιτητής Πανεπιστημίου Frederick

³ Καθηγητής, Τμήμα Πολ. Μηχανικών Πανεπιστημίου Frederick, email: eng.dm@frederick.ac.cy

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως γνωστό, τα στοιχεία πλήρωσης σε ανοίγματα πλαισίων κτιριακών κατασκευών από Ο/Σ επηρεάζουν τη συμπεριφορά αυτών των κατασκευών σε περίπτωση σεισμού. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα πειραματικών ερευνών που έχουν γίνει στο παρελθόν σε πλαίσια Ο/Σ, υπό τη δράση οριζόντιου φορτίου, προκύπτει ότι η συμπεριφορά αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο του στοιχείου πλήρωσης (Sugano S., 1981) (Moretti M.L., 2015)

Σε νέες κτιριακές κατασκευές, τα στοιχεία πλήρωσης αποτελούνται κυρίως από τοιχοπληρώσεις (masonry infills). Για το λόγο αυτό η επιρροή των τοιχοπληρώσεων στη συμπεριφορά αυτών των κατασκευών έχει διερευνηθεί και συνεχίζει να διερευνάται τόσο με πειραματικές όσο και υπολογιστικές μελέτες. Οι πειραματικές έρευνες εστιάζουν κυρίως στην εξέταση δίστυλων τοιχοπληρωμένων πλαισίων Ο/Σ υπό ανακυκλιζόμενες στατικές φορτίσεις (Στυλιανίδης Κ., 1985, Βαλιάσης Θ. 1989, Μάνος και συν. 2009) καθώς και σε ομοιώματα κατασκευών υπό δυναμικές και σεισμικές διεγέρσεις της βάσης τους με τη βοήθεια της σεισμικής τράπεζας (Manos et al. 1995). Επίσης, σχετική πολυετής επιτόπου (in situ) έρευνα έχει διενεργηθεί σε πολυώροφο κτίριο στο Ευρωπαϊκό Πεδίο Δοκιμών στη Βόλβη Θεσσαλονίκης υπό διάφορα σχήματα συστημάτων πλήρωσης (τοιχοπληρώσεις και διαγώνιοι ελκυστήρες) (Manos et al 1996). Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα πολυετών ερευνών, οι σύγχρονοι κανονισμοί για νέα κτίρια και για επεμβάσεις σε υφιστάμενα (EC8.1, EC8.3 και ΚΑΝΕΠΕ) κάνουν ειδικές αναφορές για το πώς θα πρέπει να συνεκτιμάται η παρουσία των τοιχοπληρώσεων σε κτιριακές κατασκευές.

Εκτός από τις τοιχοπληρώσεις, τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται συστηματική χρήση των γυψοσανίδων, ως στοιχείων πλήρωσης πλαισιακών κατασκευών δομημένων είτε από Ο/Σ είτε από χάλυβα. Παρά την ευρεία χρήση του συστήματος αυτού, δεν έχουν επισημανθεί δημοσιευμένες έρευνες οι οποίες να εξετάζουν την επιρροή των γυψοσανίδων στη συμπεριφορά των κατασκευών λόγω σεισμού, πλην μόνο μιας περίπτωσης υπολογιστικού χαρακτήρα (Χρύσης και συν. 2016) ενώ επίσης καμία σαφής αναφορά δεν έχει επισημανθεί σε κανονιστικά κείμενα σε σχέση με το σύστημα των γυψοσανίδων.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η πειραματική διερεύνηση της επιρροής των τοιχοπληρώσεων και των γυψοσανίδων, ως συστημάτων πλήρωσης, στη συμπεριφορά δίστυλων πλαισίων από Ο/Σ υπό την επιβολή προς μια διεύθυνση ανακυκλούμενης οριζόντιας φόρτισης μέχρι αστοχίας. Βασικοί στόχοι αυτής της προσπάθειας είναι η κατανόηση του τρόπου επιρροής των πιο πάνω στοιχείων πλήρωσης στη συμπεριφορά του πλαισιακού συστήματος από Ο/Σ, η κατανόηση

των διαφόρων μηχανισμών αστοχίας που αναπτύσσονται σε κάθε περίπτωση, η συγκριτική αντιπαράβολή των πειραματικών αποτελεσμάτων για τα διάφορα συστήματα πλήρωσης που εξετάζονται καθώς και η παραγωγή πρωτογενούς πειραματικού υλικού για τη βαθμονόμηση υπολογιστικών προσομοιωμάτων.

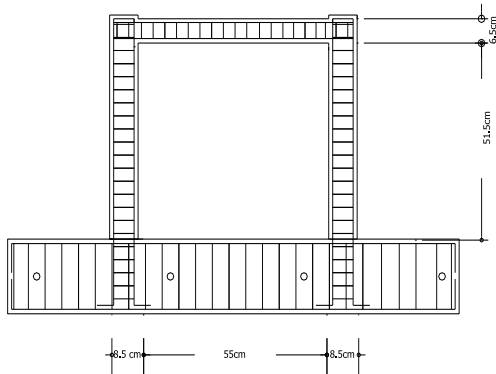
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Πλαίσια Ο/Σ

Σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν πέντε (5) ίδια μονώροφα δίστυλα πλαίσια Ο/Σ τα οποία σε κλίμακα 1:5 προσομοιώνουν αντίστοιχα πλαίσια πρωτότυπης κατασκευής. Τα υποστρώματα έχουν διατομή 8.5cmX8.5cm και συνολικό ύψος 58cm. Φέρουν τέσσερις διαμήκεις οπλισμούς διαμέτρου 8mm και συνδετήρες διαμέτρου 3mm διατεταγμένους ανά 35mm σε όλο το ύψος του υποστρώματος. Οι συνδετήρες αυτοί επεκτείνονται με την ίδια πυκνωση εντός των κόμβων της δοκού με τα υποστρώματα. Η δοκός έχει ύψος 8.5cm, πλάτος 6.5cm και καθαρό άνοιγμα 55cm. Φέρει δύο διαμήκεις οπλισμούς διαμέτρου 8mm στην άνω παρειά και δύο στην κάτω και συνδετήρες διαμέτρου 3mm διατεταγμένους επίσης ανά 35mm σε όλο το μήκος της δοκού. Η ισχυρή δοκός θεμελίωσης των υποστρωμάτων φέρει τόσο στην άνω όσο και στην κάτω παρειά τρεις διαμήκεις οπλισμούς διαμέτρου 12mm και συνδετήρες διαμέτρου 8mm ανά 50mm (Εικ. 1).

Στοιχεία πλήρωσης

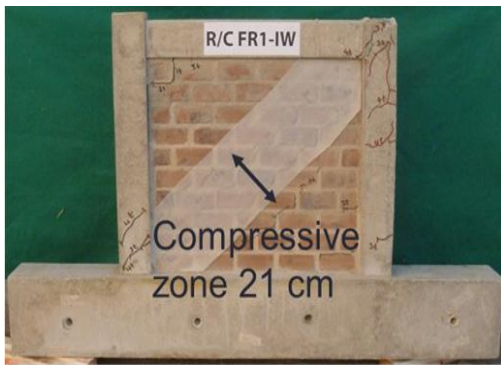
Ένα πλαίσιο παρέμεινε χωρίς στοιχεία πλήρωσης (γυμνό) ώστε να αποτελέσει το πλαίσιο αναφοράς (FR1-NI) (Εικ. 2). Σε ένα πλαίσιο έγινε κατασκευή τοιχοπλήρωσης με συμπαγή τούβλα διαστάσεων 45mmX45mmX100mm συνδεδεμένα με ασβεστο-τσιμεντοκονίαμα (FR1-IW) (Εικ. 3). Σε ένα δεύτερο πλαίσιο έγινε επίσης κατασκευή τοιχοπλήρωσης, όμως σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικές λάμες για σύνδεση της τοιχοπλήρωσης με τους στύλους του πλαισίου, αναπαράγοντας μια κατασκευαστική πρακτική ευρέως διαδεδομένη στον κυπριακό χώρο (FR1-IWJ) (Εικ. 4). Σε ένα πλαίσιο έγινε πλήρης ανάπτυξη του συστήματος από γυψοσανίδα. Αρχικά προσαρμόστηκαν μεταλλικές ράβδοι διατομής Π εσωτερικά των δομικών στοιχείων του πλαισίου. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν κατακόρυφες ράβδοι ίδιας διατομής ανά αποστάσεις L/3, όπου L το εσωτερικό άνοιγμα του πλαισίου. Ακολούθως έγινε κατάλληλη προσαρμογή της γυψοσανίδας στο μεταλλικό σκελετό (FR1-IG) (Εικ. 5). Τέλος, σε ένα πλαίσιο κατασκευάστηκε μόνο ο μεταλλικός σκελετός του συστήματος της γυψοσανίδας (FR1-IMN) (Εικ. 6).



Εικ. 1. Διάταξη οπλισμών πλαισίων Ο/Σ



Εικ. 2. Πλαίσιο αναφοράς (FR1-NI)



Εικ. 3. Πλαίσιο με τοιχοπληρώσεις (FR1-IW)



Εικ. 4. Πλαίσιο με τοιχοπληρώσεις και συνδέσμους (FR1-IWJ)



Εικ. 5. Πλαίσιο με γυψοσανίδα (FR1-IG)



Εικ. 6. Πλαίσιο μόνο με το μεταλλικό σκελετό της γυψοσανίδας (FR1-IMN)

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ

Για τη σκυροδέτηση των δοκιμών χρησιμοποιήθηκαν αδρανή μέγιστης διαμέτρου 10mm. Η θλιπτική αντοχή των 28 ημερών αυτού του σκυροδέματος βρέθηκε $f_c=46.42\text{MPa}$. Για την κατασκευή των τοιχοπληρώσεων χρησιμοποιήθηκαν συμπαγή τούβλα διαστάσεων 45mmX45mmX100mm. Η μέση θλιπτική αντοχή των τούβλων βρέθηκε $f_{bc}=16.88\text{MPa}$. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε έτοιμο βιομηχανικό ασβεστοσιμεντοκονίαμα για την κατασκευή των τοιχοπληρώσεων, το οποίο ελέγχθηκε σε κάμψη και σε θλίψη. Η μέση θλιπτική αντοχή των 28 ημερών βρέθηκε $f_{mc}=5.52\text{MPa}$. Αναφορικά με τις αντοχές των τοιχοπληρώσεων, κατασκευάστηκαν τέσσερις τριπλέτες για έλεγχο της θλιπτικής αντοχής και τέσσερις τριπλέτες για έλεγχο της διατμητικής αντοχής. Το πάχος του αρμού κονιάματος ήταν ίδιο με αυτό των τοιχοπληρώσεων των δίστυλων πλαισίων, ίσο με 10mm. Από τον έλεγχο σε θλίψη βρέθηκε μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας $f_{wc}=9.58\text{MPa}$ και διατμητική αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη $f_{wso}=0.16\text{MPa}$, η οποία κρίνεται πολύ κατώτερη από την αναμενόμενη. Ο χάλυβας, τα μεταλλικά τμήματα του σκελετού των γυψοσανίδων και οι γυψοσανίδες δεν έχουν ελεγχθεί επί του παρόντος.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ

Πειραματική διάταξη, ενοργάνωση και φόρτιση πειραματικών δοκιμών

Όλα τα πειραματικά δοκίμια προσαρμόστηκαν κατάλληλα στο πλαίσιο αντίδρασης του Εργαστηρίου Μηχανικής του Πανεπιστημίου Frederick, και ενοργανώθηκαν με τον ίδιο τρόπο (Εικ. 7).

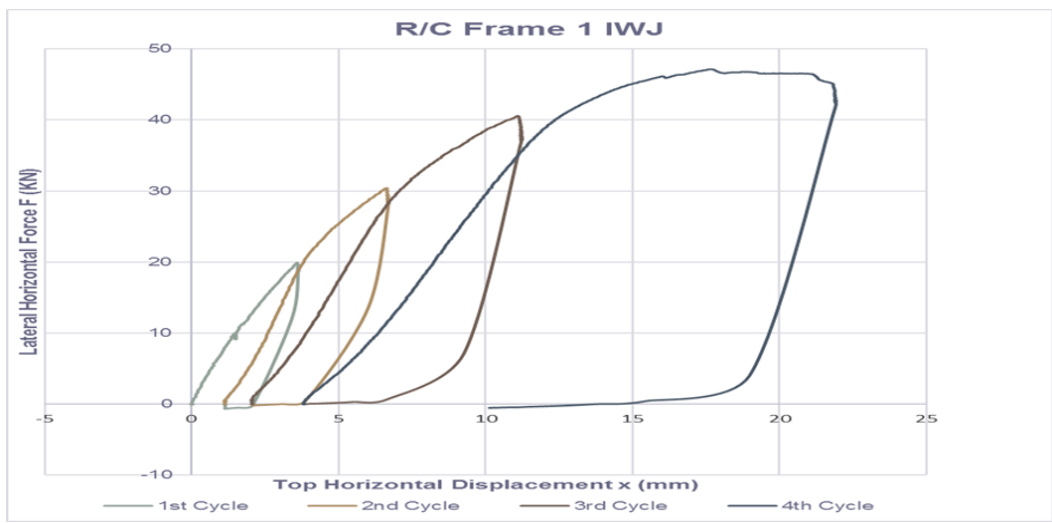


Εικ. 7. Πειραματική διάταξη

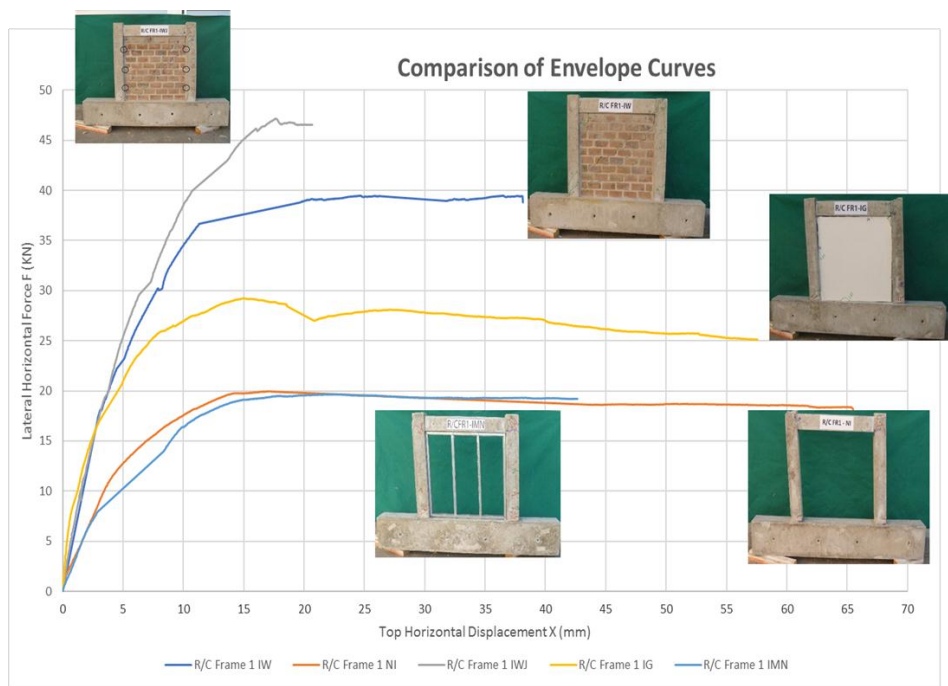
Στην κορυφή και το μέσο του αριστερού στύλου προσαρμόστηκαν δύο μηχανοσυστήματα (LVDTs) για τη μέτρηση των οριζόντιων μετακινήσεων ενώ ένα τρίτο μηχανοσυστήμα προσαρμόστηκε στην εξωτερική πλευρά του δεξιού υποστρώματος για τη μέτρηση της κατακόρυφης επιμήκυνσής του. Με τη χρήση ενός υδραυλικού εμβόλου επιβαλλόταν το εξωτερικό οριζόντιο φορτίο στο δεξιό κόμβο του πειραματικού δοκιμίου. Μεταξύ του εμβόλου και του κόμβου του πειραματικού δοκιμίου παρεμβλήθηκε ειδική αρθρωτή κατασκευή για την ομαλή επιβολή του φορτίου. Κάθε πλαίσιο υποβλήθηκε σε τέσσερις κύκλους οριζόντιας πλευρικής φόρτισης προς μια κατεύθυνση – αποφόρτισης – επαναφόρτισης. Σε κάθε κύκλο φόρτισης αυξανόταν το επίπεδο της οριζόντιας μετακίνησης ενώ ο τελευταίος κύκλος φόρτισης σταματούσε όταν το πλαίσιακό σύστημα από Ο/Σ ή το σύστημα πλήρωσης έφτανε σε οριακή κατάσταση αστοχίας. Οι μετρήσεις της επιβαλλόμενης φόρτισης και των μετακινήσεων του κάθε πειραματικού δοκιμίου καταγράφονταν σε πραγματικό χρόνο σε ειδική καταγραφική μονάδα ενώ παράλληλα σε κάθε κύκλο φόρτισης σημειώνονταν επί του κάθε πειραματικού δοκιμίου οι βλάβες που αναπτύσσονταν.

Πειραματικές μετρήσεις

Με βάση τις πειραματικές μετρήσεις σχεδιάστηκαν για κάθε δοκίμιο τα διαγράμματα Οριζόντιας Φόρτισης – Οριζόντιας Μετακίνησης στην κορυφή του πλαισίου (F Vs X). Στην Εικ. 8 δίνεται ενδεικτικά αυτό το διάγραμμα με τους τέσσερις κύκλους φόρτισης του δοκιμίου FR1-IWJ. Ακολουθώντας για κάθε πειραματικό δοκίμιο σχεδιάστηκε η περιβάλλουσα από όλους τους κύκλους φόρτισης. Στο διάγραμμα της Εικ. 9, όπου φαίνονται συγκριτικά οι περιβάλλουσες F Vs X όλων των πειραματικών δοκιμίων, παρατηρούμε ότι το πλαίσιο που έφερε μόνο το μεταλλικό σκελετό της γυψοσανίδας (FR1-IMN) παρουσιάζει σχεδόν εξ' ολοκλήρου παρόμοια συμπεριφορά με το πλαίσιο αναφοράς – γυμνό πλαίσιο (FR1-NI). Αυτά τα πλαίσια ανέπτυξαν τη μικρότερη δυσκαμψία και τη μικρότερη αντοχή συγκριτικά με τα υπόλοιπα. Το πλαίσιο με πλήρες σύστημα γυψοσανίδας (FR1-IG) ανέπτυξε μεγαλύτερη δυσκαμψία και αντοχή συγκριτικά με τα προηγούμενα ενώ το επίπεδο της μέγιστης μετακίνησης έφτασε σχεδόν στο ίδιο επίπεδο με αυτό του πλαισίου αναφοράς. Και τα δύο τοιχοπληρωμένα πλαίσια (FR1-IW & FR1-IWJ) ανέπτυξαν πολύ μεγαλύτερη αντοχή και δυσκαμψία από όλα τα υπόλοιπα πλαίσια, όμως παρουσίασαν πολύ μικρότερες μέγιστες μετακινήσεις λόγω πλήρους αποδιοργάνωσης των τοιχοπληρώσεων (διακοπή φόρτισης). Εξ' αυτών των δύο, το πλαίσιο που έφερε τους ειδικούς συνδέσμους μεταξύ πλαισίου και τοιχοπολήρωσης (FR1-IWJ) ανέπτυξε μεγαλύτερη μεν αντοχή αλλά πολύ μικρότερη μέγιστη μετακίνηση.



Εικ. 8. Διάγραμμα Φορτίου – Μετακίνησης για το πειραματικό δοκίμιο FR1-IWJ



Εικ. 9. Περιβάλλουσες Φορτίου – Μετακίνησης όλων των πειραματικών δοκιμίων

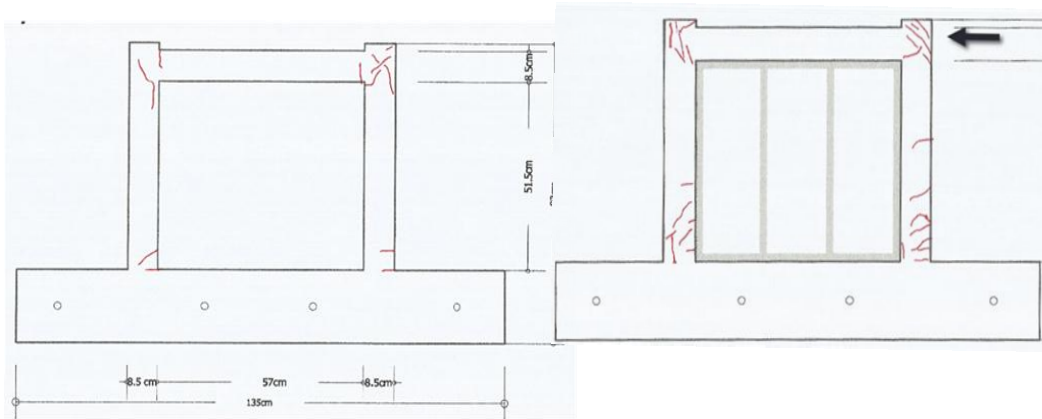
Μορφές αστοχίας των πειραματικών δοκιμίων

Το πλαίσιο αναφοράς (FR1-NI) και το πλαίσιο που έφερε μόνο το μεταλλικό σκελετό της γυψοσανίδας (FR1-IMN) εμφάνισαν κυρίως καμπτικές ρηγματώσεις του σκυροδέματος στην κεφαλή και τον πόδα των στύλων και αποφλοιώση του σκυροδέματος στην περιοχή των κόμβων (Εικ. 10 & Εικ 11). Το πλαίσιο με πλήρες σύστημα γυψοσανίδας εμφάνισε κυρίως καμπτικές ρηγματώσεις του σκυροδέματος στο πόδα των στύλων, συντριβή των γωνιών των γυψοσανίδων στη θλιβόμενη διαγώνιο και αποκόλληση των γωνιών τους από το περιβάλλον πλαίσιο στην εφελκόμενη διαγώνιο. Εμφάνισε επίσης καμπτικές ρωγμές του σκυροδέματος στη θέση συνένωσης της δοκού με τον ένα από τους δύο στύλους (Εικ. 12 & Εικ. 13). Τα δύο πλαίσια με σύστημα τοιχοπλήρωσης εμφάνισαν έντονες και εκτεταμένες ρωγμές καθ' ύψος του υποστύλωματος που βρίσκεται προς την πλευρά όπου εφαρμοζόταν το εξωτερικό φορτίο. Εμφάνισαν επίσης αστοχία των κονιαμάτων στην περιοχή σύνθλιψης της τοιχοπλήρωσης καθώς και αποκολλήσεις της τοιχοπλήρωσης από το περιβάλλον πλαίσιο (Εικ. 14 & Εικ. 15). Όλες οι προαναφερθείσες μορφές αστοχίας μεγεθύνονταν όσο μεγάλωνε η οριζόντια μετατόπιση του κάθε πλαισίου. Τέλος, με βάση τα διαγράμματα F Vs X (Εικ. 9) είναι πρόδηλο ότι σε όλα τα πλαίσια αναπτύχθηκε διαρροή του εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού των στύλων.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

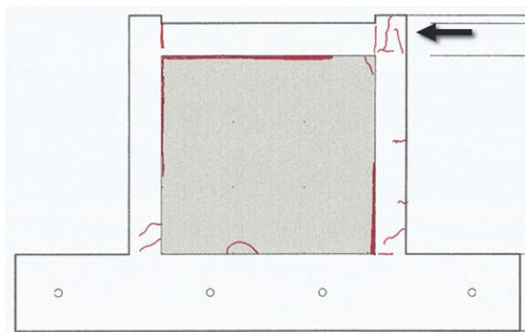
Συγκριτική αξιολόγηση της επιρροής των στοιχείων πλήρωσης στην αντοχή των πειραματικών δοκιμίων

Στην Εικ. 16 φαίνεται το επίπεδο επαύξησης της αντοχής (F_{max}) κάθε πειραματικού δοκιμίου συγκριτικά με την αντοχή του πλαισίου αναφοράς – πλαίσιο χωρίς στοιχεία πλήρωσης (FR1-NI). Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη επαύξηση της αντοχής προκύπτει για το πλαίσιο με σύστημα τοιχοπλήρωσης και χρήση ειδικών συνδέσμων της τοιχοπλήρωσης με το περιβάλλον πλαίσιο, φτάνοντας στο 230% σε σχέση με 100% του πλαισίου αναφοράς. Το αντίστοιχο επίπεδο επαύξησης της αντοχής του πλαισίου με απλό σύστημα τοιχοπλήρωσης φτάνει στο 193% (σχεδόν διπλάσιο από αυτό του πλαισίου αναφοράς) και του πλαισίου με πλήρες σύστημα γυψοσανίδας φτάνει στο 137%. Αντίθετα, το πλαίσιο που διαθέτει μόνο το μεταλλικό σκελετό της γυψοσανίδας δεν παρουσίασε καμία επαύξηση του επιπέδου της αντοχής συγκριτικά με το πλαίσιο αναφοράς.

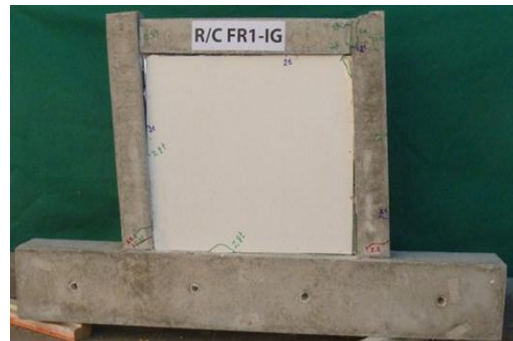


Εικ.10. Βλάβες δοκιμίου FR1-NI

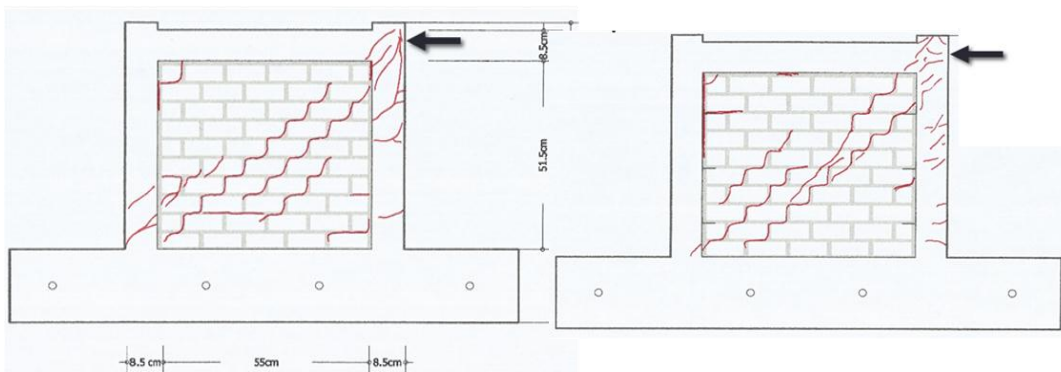
Εικ. 11. Βλάβες δοκιμίου FR1-IMN



Εικ. 12. Πλαίσιο FR1-IG



Εικ. 13. Βλάβες δοκιμίου FR1-IG



Εικ. 14. Βλάβες δοκιμίου FR1-IW

Εικ.15. Βλάβες δοκιμίου FR1-IWJ

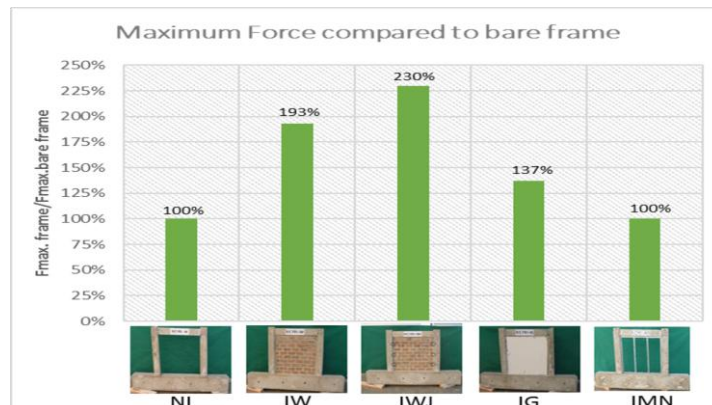
Αντιπαραβάλλοντας το δοκίμιο που έφερε τις μεταλλικές λάμες σύνδεσης της τοιχοπλήρωσης με το περιβάλλον πλαίσιο (FR1-IWJ) με το δοκίμιο που έφερε απλό σύστημα τοιχοπλήρωσης (FR1-IW), μπορούμε να πούμε ότι η παρουσία των μεταλλικών λάμων σύνδεσης της τοιχοπλήρωσης με το περιβάλλον πλαίσιο επέδρασε στην επαύξηση της αντοχής του πλαισίου κατά 27%. Επίσης, αντιπαραβάλλοντας το πλαίσιο με πλήρες σύστημα γυψοσανίδας (FR1-IG) με αυτό που έφερε μόνο τον μεταλλικό σκελετό (FR1-IMN) μπορούμε να πούμε ότι μόνο η παρουσία της γυψοσανίδας επιδρά στην επαύξηση της αντοχής του πλαισίου. Τέλος, επισημαίνεται ότι η επιρροή της γυψοσανίδας στην επαύξηση της αντοχής του πλαισίου είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μη παραγνωρίζεται ως στοιχείο πλήρωσης που επηρεάζει τη συμπεριφορά του πλαισίου.

Συγκριτική αξιολόγηση της επιρροής των στοιχείων πλήρωσης στην αρχική δυσκαμψία των πειραματικών δοκιμίων.

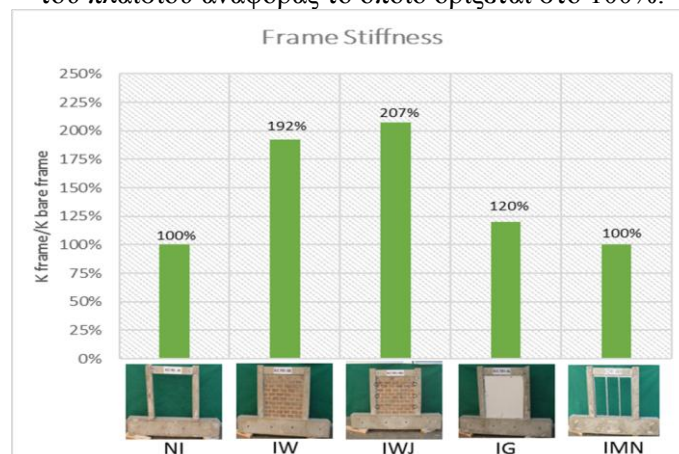
Στην Εικ 17. φαίνεται το επίπεδο επαύξησης της αρχικής δυσκαμψίας (K) κάθε πειραματικού δοκιμίου συγκριτικά με την αντίστοιχη δυσκαμψία του πλαισίου αναφοράς – πλαίσιο χωρίς στοιχεία πλήρωσης (FR1-NI). Παρατηρούμε λοιπόν ότι και σε αυτή την περίπτωση μπορούν να διατυπωθούν αντίστοιχα συμπεράσματα με αυτά που διατυπώθηκαν για την περίπτωση της αντοχής, με διαφορετικά όμως επίπεδα επαύξησης σε κάθε περίπτωση. Ωστόσο, και εδώ επισημαίνεται ότι το πλήρες σύστημα από γυψοσανίδα επηρεάζει μια από τις βασικές παραμέτρους που καθορίζουν τη συνολική συμπεριφορά των πλαισίων, δηλ. αυτό της αρχικής δυσκαμψίας.

Συγκριτική αξιολόγηση της εικόνας των βλαβών των πειραματικών δοκιμίων

Στα τρία πλαίσια με στοιχεία πλήρωσης που επηρέασαν την αντοχή και την δυσκαμψία του πλαισίου (FR1-IW, FR1-IWJ & FR1-IG) παρατηρούμε ότι η μεγάλη έκταση και ένταση των βλαβών αναπτύσσεται κυρίως στα στοιχεία πλήρωσης. Υπό αυτή την έννοια μπορούμε να πούμε ότι τα στοιχεία πλήρωσης, μέσα από τους μηχανισμούς αστοχίας που έχουν αναπτύξει, επέδρασαν σημαντικά στην απορρόφηση μεγάλου ποσοστού ενέργειας ανακουφίζοντας, σε μεγάλο βαθμό το πλαίσιο από Ο/Σ. Ωστόσο, αρνητικός παράγοντας σ' αυτή την περίπτωση, όπως φαίνεται και από τις αντίστοιχες εικόνες των βλαβών, είναι η ανάπτυξη διαγώνιων ρηγματώσεων στην περιοχή του κόμβου λόγω άσκησης δυνάμεων από το στοιχείο πλήρωσης προς τον κόμβο με διεύθυνση αυτή της θλιβόμενης διαγωνίου.



Εικ. 16. Τελικό επίπεδο αντοχής των πειραματικών δοκιμών συγκριτικά με το επίπεδο του πλαισίου αναφοράς το οποίο ορίζεται στο 100%.



Εικ. 17. Τελικό επίπεδο της αρχικής δυσκαμψίας των πειραματικών δοκιμών συγκριτικά με το επίπεδο του πλαισίου αναφοράς το οποίο ορίζεται στο 100%.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Από τα αποτελέσματα της πειραματικής έρευνας που έχουν παρουσιαστεί, μπορούν να διατυπωθούν τα εξής βασικά συμπεράσματα και επισημάνσεις:

- Οι τοιχοπληρώσεις και το πλήρες σύστημα γυψοσανίδας, ως στοιχεία πλήρωσης, επέφεραν σημαντική επαύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας των πλαισίων Ο/Σ σε πλευρικές φορτίσεις, με σαφώς πολύ πιο μεγάλη τη συνεισφορά των τοιχοπληρώσεων. Η παρουσία των ειδικών συνδέσμων της τοιχοπλήρωσης με το περιβάλλον πλαίσιο επέδρασε στην επαύξηση αυτής της συνεισφοράς. Τα προαναφερθέντα στοιχεία

- πλήρωσης ανέπτυξαν εκτεταμένες βλάβες με συνεπακόλουθο την απορρόφηση μεγάλου ποσοστού ενέργειας.
- Αναφορικά με το σύστημα γυψοσανίδας επιβεβαιώθηκε και πειραματικά ότι η οποιαδήποτε συνεισφορά του στην επαύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας των πλαισίων αποδίδεται στη γυψοσανίδα και όχι στο μεταλλικό σκελετό προσαρμογής της.
 - Η γενίκευση των παραπάνω συμπερασμάτων απαιτεί την υλοποίηση ενός πιο εκτεταμένου προγράμματος πειραματικών δοκιμών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Sugano S., “State-of-the-Art in Aseismic Strengthening of Existing R/C Buildings in Japan”, Takenaka, Rep. No. 25 (1981)

Moretti M.L., “Seismic Design of Masonry and Reinforced Concrete Infilled Frames: A Comprehensive Overview”, (2015)

Στυλιανίδης Κ., “Πειραματική έρευνα συμπεριφοράς τοιχοπληρωμένων μονόροφων πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος υπό ανακυκλιζόμενη ψευδοστατική οριζόντια φόρτιση”, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ. (1985)

Βαλιάσης Θ., “Πειραματική έρευνα της συμπεριφοράς τοιχοπληρωμένων πλαισίων Ο.Σ. σε ανακυκλιζόμενη φόρτιση – Αναλυτικό μοντέλο του τοίχου πλήρωσης”, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ. (1989)

Μάνος Γ. Χ., Β. Ι. Σούλης Β.Ι., Θαούμπα Γ., “Αριθμητική Διερεύνηση της επιρροής του περιμετρικού αρμού σε τοιχοπληρωμένα πλαίσια Ο/Σ υπό οριζόντιο ανακυκλιζόμενο φορτίο”, Πρακτικά 16^{ου} Συνεδρίου Σκυροδέματος, Πάφος (2009)

Manos G.C., Yasin B., Triamataki M., Demosthenous M., Experimental and Numerical Simulation of the Influence Masonry Infills on the Seismic Response of Reinforced Concrete Framed Structures, Proc. of the Fourth International Masonry Conference, Vol 2- pp 495 – 502 (1995).

Manos G.C., Demosthenous M., Triamataki M., Yasin B. and Skalkos P., Construction and Instrumentation of a 5-story masonry infilled R.C. building at the Volvi-Thessaloniki EURO-SEISTEST site. Correlation of measured and numerically predicted dynamic properties. Computer Methods in Structural Masonry, 3: pp 242 – 251, (1996)

Χρύσης, Χ., Ιωάννου Χρ., Δημοσθένους Μ., “Υπολογιστική διερεύνηση της επιρροής των γυψοσανίδων ως συστημάτων πλήρωσης στον αντισεισμικό σχεδιασμό πολυώροφων πλαισιακών κτιρίων από Ο/Σ και χάλυβα”, Πρακτικά 17^{ου} Συνεδρίου Σκυροδέματος, Θεσσαλονίκη, paper 161 (2016).