



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΠΛΟΘΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΝΤΙΑΥΓΙΣΜΙΚΟΥΣ
ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ
ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΤΟΥΣ

ΧΡΗΣΤΟΣ Π. ΚΟΥΓΚΟΥΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: EDMOND V. MUHO

ΠΑΤΡΑ
ΜΑΙΟΣ 2021

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Χρήστου Π. Κούγκουλου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Ενίσχυση πιλοτής κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος με
αντιλυγισμικούς συνδέσμους και επίδραση της διάταξής τους»

Χρήστος Π. Κούγκουλος
Πολιτικός μηχανικός

Επιτροπή Επίβλεψης Μεταπτυχιακής Διατριβής

Επιβλέπων Καθηγητής:
Edmond V. Muho
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:
Γεώργιος Παπαγιαννόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου τον κ. Edmond Muho για την πολύτιμη καθοδήγησή του και τη συνεργασία μας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου ως ελάχιστο δείγμα αναγνώρισης της βοήθειας και στήριξης που μου παρείχαν όλο αυτό το διάστημα προκειμένου να φέρω εις πέρας την παρούσα εργασία.

«Ενίσχυση πιλοτής κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος με αντιλυγισμικούς συνδέσμους και επίδραση της διάταξής τους»

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσα ΜΔΕ είναι η διερεύνηση της χρήσης αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας (BRB) ως τρόπο ενίσχυσης της πιλοτής για την αύξηση της οριζόντιας δυσκαμψίας, τον περιορισμό των οριζόντιων μετακινήσεων και βλαβών του κτιρίου.

Οι κατασκευές που μελετήθηκαν είναι 4 κτίρια κατασκευασμένα με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1984. Πρόκειται για ένα διώροφο ένα τετραώροφο ένα εξάώροφο και ένα οκταώροφο κτίριο. Σε κάθε μία περίπτωση η κάθε κατασκευή ενισχύθηκε με τη χρήση αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας σε 4 διαφορετικές διατάξεις. Από ένα σύνδεσμο brb στα ακραία ανοίγματα, ένα σύνδεσμο στο μεσαίο άνοιγμα, ένα σύνδεσμο στο μεσαίο άνοιγμα με γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και ένα σύνδεσμο στο μεσαίο άνοιγμα με γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Η μελέτη έγινε με τη χρήση μη γραμμικής ανάλυση χρονοϊστορίας με τη μέθοδο Nonlinear Direct Integration, και χρησιμοποιήθηκαν 21 διαφορετικά επιταχυνσιογραφήματα από σεισμούς της Ελλάδος, και ξεκίνησε με αρχικές συνθήκες που δόθηκαν από στατική μη γραμμική ανάλυση για το συνδυασμό G+0.3Q.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης περιλαμβάνουν τη μέγιστη/παραμένονσα σχετική μετακίνηση του ισογείου, μέγιστη αξονική δύναμη που αναπτύσσεται στους αντιλυγισμικούς συνδέσμους, τη μέγιστη διατμητική δύναμη που μεταφέρεται στα υποστυλώματα από brb, της μέγιστης δύναμης που μπορούν να παραλάβουν οι κόμβοι στους οποίους καταλήγουν οι αντιλυγισμικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας και κατά πόσο είναι εφικτή η ανάλυσή της με ή χωρίς περίσφιξη των άκρων των υποστυλωμάτων.

Λέξεις – Κλειδιά

Αντιλυγισμικοί σύνδεσμοι, BRB, ενίσχυση, πιλοτή, πλαίσιο Ο/Σ, μη γραμμική ανάλυση χρονοϊστορίας

«Retrofitting of existing piloti type reinforced concrete buildings with buckling restrained braces and their layout effect»

Christos P. Kougkoulos

Abstract

The purpose of this work is the research of buckling restrained braces implementation as a way of retrofitting for existing piloti type buildings increasing the horizontal stiffness and decreasing the horizontal displacement.

The studied structures are 4 buildings designed with the Greek 1984 seismic regulation. There are a 2 stories, a 4 stories, a 6 stories and an 8 stories buildings. In each case the structures retrofitted with the use of buckling restrained braces with 4 different patterns. One brb in the first and last opening, one brb in the middle opening, one brb in the middle opening placed under 40° to the horizontal level and one brb in the middle opening placed under 60° to the horizontal level.

The analysis applied is that of the TimeHistory Nonlinear Direct Integration, using 21 different time history functions from Greek earthquakes, with initial conditions given from the G+0.3Q combination.

Analysis results include maximum remaining displacement and story drift, maximum brb axial force, maximum column's shear force, maximum shear force transmitted in columns from brb, maximum force of the brb's end nodes and the analysis of column capacity for these forces with or without node retrofitting.

Keywords

Buckling restrained braces, BRB, retrofit, piloti, R/C frame, nonlinear timehistory analysis

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Μέθοδοι αποτίμησης κατασκευών	9
1.2 Μέθοδοι ενίσχυσης κατασκευών	9
1.3 Το πρόβλημα των κτιρίων με πιλοτή	9
1.2 Αντιλυγισμικοί σύνδεσμοι σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα	10
1.5 Σκοπός εργασίας	13
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Περιγραφή και προσομοίωση κτιρίων προς εξέταση	13
2.1 Κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος με πιλοτή	13
2.2 Προσομοίωση για ελαστική ανάλυση.....	14
2.3 Προσομοίωση για μη γραμμική ανάλυση.....	15
2.4 Σεισμικές καταγραφές.....	16
2.5 Σχεδιασμός αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας.....	16
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Παρουσίαση αποτελεσμάτων ανάλυσης.....	17
3.1 Απόκριση διώροφης κατασκευής	17
3.1.1 Περίπτωση χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας.....	17
3.1.2 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα δύο ακραία ανοίγματα	21
3.1.3 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα	27
3.1.4 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο	32
3.1.5 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο	37
3.1.6 Συγκριτικά αποτελέσματα και γραφήματα για όλες τις περιπτώσεις....	42
3.2 Απόκριση τετραώροφης κατασκευής	44
3.2.1 Περίπτωση χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας.....	45
3.2.2 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα δύο ακραία ανοίγματα	47
3.2.3 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα	53
3.2.4 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο	58
3.2.5 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο	63



3.2.6 Συγκριτικά αποτελέσματα και γραφήματα για όλες τις περιπτώσεις....	68
3.3 Απόκριση εξάωροφης κατασκευής.....	71
3.3.1 Περίπτωση χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας.....	72
3.3.2 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα δύο ακραία ανοίγματα	75
3.2.3 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα	81
3.3.4 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο	87
3.3.5 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο	93
3.3.6 Συγκριτικά αποτελέσματα και γραφήματα για όλες τις περιπτώσεις....	98
3.4 Απόκριση οχταώροφης κατασκευής.....	102
3.4.1 Περίπτωση χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας.....	103
3.4.2 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα δύο ακραία ανοίγματα	107
3.4.3 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα	114
3.4.4 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο	120
3.4.5 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο	126
3.4.6 Συγκριτικά αποτελέσματα και γραφήματα για όλες τις περιπτώσεις..	131
3.5 Συμπεράσματα	135
4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	136
5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	143

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Μέθοδοι αποτίμησης κατασκευών

Σήμερα αρκετοί κανονισμοί ανά τον κόσμο καταπιάνονται με την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό των κατασκευών. Στη χώρα μας ισχύουν ο ευρωκώδικας 8-3 καθώς και ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Οι μέθοδοι ανάλυσης για την αποτίμηση είναι οι ελαστικές με χρήση κλασσικής σχέσης έντασης-παραμόρφωσης για τα δομικά στοιχεία. Η ελαστική στατική ανάλυση και η ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή με τοπικό δείκτη πλαστιμότητας (m).

Οι ανελαστικές όπου έχουμε προοδευτική κατάρρευση του φορέα και των μηχανισμών αστοχίας. Η ανελαστική στατική ανάλυση και η ανελαστική δυναμική ανάλυση.

1.2 Μέθοδοι ενίσχυσης κατασκευών

Οι μέθοδοι ενίσχυσης των κατασκευών είναι οι παρακάτω

- **Κατασκευή μανδυνών από σκυρόδεμα είτε από ΙΟΠ (ινοπλισμένα πολυμερή).**
- **Προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων.**
- **Συστήματα απορρόφησης ενέργειας (σεισμική μόνωση).**
- **Κατασκευή μεταλλικών δικτυωτών συστημάτων εντός των πλαισίων**
- **Τέλος η τοποθέτηση αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας.**

1.3 Το πρόβλημα των κτιρίων με πιλοτή

Οι αντισεισμικοί κανονισμοί πριν το ΝΕΑΚ2000 αγνοούσαν κατά το σχεδιασμό τη δυναμική φύση του φαινομένου της σεισμικής διέγερσης. Επίσης αγνοούσαν την ύπαρξη εύκαμπτου ορόφου σεισμική τέμνουσα ορόφου στα υποστυλώματα ανάλογα με τις ελαστικές δυσκαμψίες τους.

Με τις πρόσθετες διατάξεις του αντισεισμικού κανονισμού του 1984 αυτό διορθώθηκε κάπως με τον ικανοτικό σχεδιασμό υποστυλωμάτων σε κάμψη, κατασκευαστική διαμόρφωση οπλισμών, υπολογισμό επιρροών 2ας τάξης κλπ.

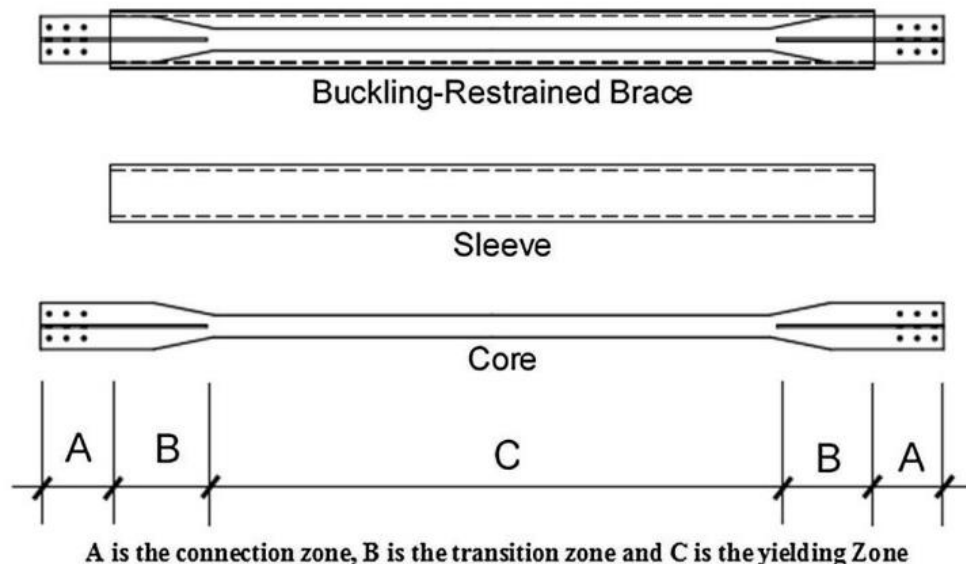
Η πιλοτή διακρίνεται από την απουσία τοιχοπληρώσεων στο ισόγειο το οποίο οδηγεί σε απότομη μείωση της οριζόντιας δυσκαμψίας (ή αύξηση των οριζόντιων μετακινήσεων σε σεισμό) του κτιρίου και ταυτόχρονα την πιθανή συγκέντρωση των βλαβών του κτιρίου στο ισόγειο. Η ανάγκη θωράκισης αυτών των κτιρίων διατηρώντας ωστόσο την αρχιτεκτονική χρησιμότητα της πιλοτής είναι μεγάλη και επιτακτική.

στο ισόγειο πολυώροφων οικοδομών.

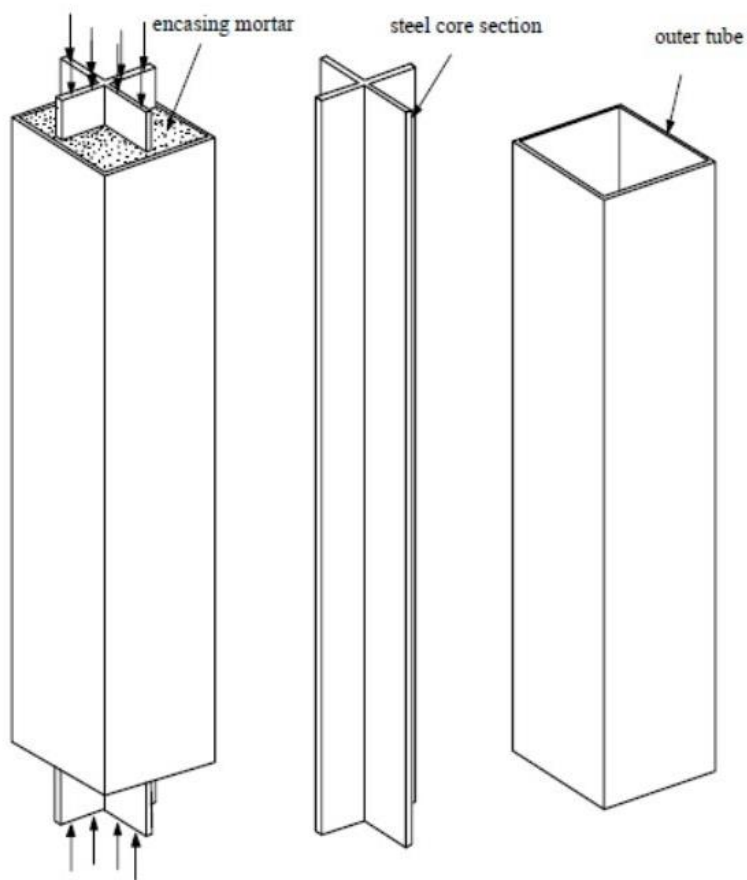
Κύριο χαρακτηριστικό των κτιρίων της εποχής πριν το 1984 ήταν ότι δεν είχαμε σαφές ορισμένο δομικό σύστημα διότι η θέση υποστυλωμάτων και δοκών οριζόταν κυρίως από την αρχιτεκτονική μελέτη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην έχουμε πλήρη πλαίσια σε κάθε διεύθυνση.

1.2 Αντιλυγισμικοί σύνδεσμοι σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα

Οι αντιλυγισμικοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας BRB θεωρούνται από τα καλύτερα αντισεισμικά συστήματα, με εφαρμογή τόσο σε νέα κτίρια όσο και για την ενίσχυση υπαρχόντων. Σε σχέση με τη συμπεριφορά συνθέτων συστημάτων εφελκόμενων και θλιβόμενων ράβδων τα BRB παρουσιάζουν σχεδόν την ίδια συμπεριφορά σε θλίψη και εφελκυσμό. Απαιτούν μικρότερη ποσότητα χάλυβα και πολύ πιο απλές συνδέσεις. Τα BRB αποτελούνται από το χαλύβδινο πυρήνα και την εξωτερική επένδυση. Η εξωτερική επένδυση αποτρέπει το λυγισμό του μεταλλικού πυρήνα. Ο πυρήνας έχει τρία τμήματα: τη ζώνη διαρροής, τη ζώνη μετάβασης και τη ζώνη σύνδεσης. Η ζώνη διαρροής με τη μειωμένη διατομή είναι περιορισμένη και εξασφαλίζει την εφελκυστική και θλιπτική διαρροή. Η ζώνη μετάβασης αρχίζει μετά το τέλος της ζώνης διαρροής και έχει αύξηση της διατομής. Η ζώνη σύνδεσης αρχίζει μετά από τα περιορισμένα τμήματα και έχει ως χρήση τη σύνδεση του πυρήνα με το πλαίσιο. Εξωτερικά του πυρήνα έχουμε συμπαγές σκυρόδεμα που αποτρέπει το λυγισμό και εξωτερικά του σκυροδέματος κοίλη χαλύβδινη διατομή.



Σχήμα 1.1 Τυπική διαμόρφωση BRB συνδέσμων κατά το μήκος



Σχήμα 1.2 Τυπική μορφολογία BRB συνδέσμων (Black and Makris, 2002)



Οι αντιλυγισμικοί σύνδεσμοι παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα.

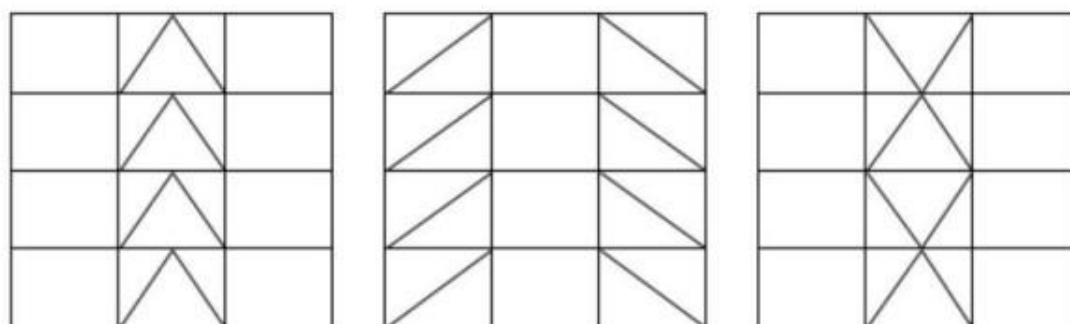
Τα σημαντικότερα αυτών είναι:

- Η υψηλή ελαστική δυσκαμψία σε χαμηλή σεισμική διέγερση.
- Η αποφυγή λυγισμού
- Η μεγάλη και σταθερή υστέρηση σε ισχυρή σεισμική διέγερση.
- Η εύκολη αντικατάσταση μετά από ισχυρή σεισμική διέγερση.
- Η εύκολη προσομοίωση για ανελαστικές αναλύσεις.
- Η παρόμοια συμπεριφορά σε εφελκυσμό και θλίψη.

Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι:

- Οι μεγάλες παραμένουσες μετακινήσεις σε ισχυρή σεισμική διέγερση.
- Η πιθανή αστάθεια εκτός επιπέδου.
- Η έλλειψη κανονιστικών διατάξεων στους Ευρωκώδικες. Αυτό έχει συνέπεια την αποφυγή της μεθόδου από τους μελετητές.

Οι τυπικές διατάξεις που συναντάμε είναι οι παρακάτω



Σχήμα 1.3 Τυπικές διατάξεις αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας

1.5 Σκοπός εργασίας

Η σημασία της έρευνας έγκειται στο γεγονός της υπάρχουσας τρωτότητας κτιρίων από πιλοτή, σχεδιασμένα με παλαιούς ή μη κανονισμούς σε ενδεχόμενο σεισμό και ανάγκη ενίσχυσής τους, με στόχο την αύξηση οριζόντιας δυσκαμψίας (δηλαδή περιορισμός οριζόντιων μετακινήσεων) στην πιλοτή διατηρώντας την αρχιτεκτονική χρησιμότητα της πιλοτής.

Το πρόβλημα που πραγματεύεται η παρούσα ΜΔΕ είναι η ενίσχυση κτιρίων με πιλοτή έναντι σεισμού με χρήση αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας. Η πιλοτή διακρίνεται από την απουσία τοιχοπληρώσεων στο ισόγειο το οποίο οδηγεί σε απότομη μείωση της οριζόντιας δυσκαμψίας (ή αύξηση των οριζόντιων μετακινήσεων σε σεισμό) του κτιρίου και ταυτόχρονα την πιθανή συγκέντρωση των βλαβών του κτιρίου στο ισόγειο. Η ανάγκη θωράκισης αυτών των κτιρίων διατηρώντας ωστόσο την αρχιτεκτονική χρησιμότητα της πιλοτής είναι μεγάλη και επιτακτική.

Ο σκοπός είναι η διερεύνηση της χρήσης αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας (BRB) ως τρόπο ενίσχυσης της πιλοτής για την αύξηση της οριζόντιας δυσκαμψίας, τον περιορισμό των οριζόντιων μετακινήσεων και βλαβών του κτιρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Περιγραφή και προσομοίωση κτιρίων προς εξέταση

2.1 Κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος με πιλοτή

Τα υπό μελέτη κτίρια έχουν κατασκευαστεί με σκυρόδεμα B225 και χάλυβα οπλισμού StIII για το διαμήκη οπλισμό και StI για τους συνδετήρες. Η επικάλυψη των οπλισμών είναι 25 mm για όλα τα στοιχεία.

Η μελέτη των κτιρίων έγινε με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1984 για σεισμική περιοχή II και επικινδυνότητα εδάφους γ ($\varepsilon=0,12$).

Οι δισδιάστατοι φορείς προέρχονται από τρισδιάστατους απομονώνοντας τα πλαίσια ενδιαφέροντος. Το κάθε πλαίσιο απέχει 4,0 m από το γειτονικό του και το ύψος του τυπικού ορόφου είναι 3,0 m εκτός της πιλοτής που είναι 3,5 m. Οι δοκοί φορτίζονται με $G=24 \text{ kN/m}$ και $Q=6 \text{ kN/m}$. Τα εσωτερικά υποστυλώματα με $G=142 \text{ kN/m}$ και $Q=36 \text{ kN/m}$. Τα εξωτερικά υποστυλώματα με $G=97 \text{ kN/m}$ και $Q=18 \text{ kN/m}$.

Τα μόνιμα φορτία προέρχονται από το ίδιο βάρος της κατασκευής καθώς και από φορτίο επικαλύψεων $1,2 \text{ kN/m}^2$. Τα κινητά φορτία είναι $2,0 \text{ kN/m}^2$. Τα σεισμικά φορτία προέρχονται από σεισμικό φάσμα του ΕΚ8 με εδαφική επιτάχυνση $a=0,16g$ τύπος εδάφους B και συντελεστή $q=1,84$. Η μάζα του κάθε φορέα προέρχεται από το συνδυασμό $G+0.3Q$.

Προσεγγιστικός Υπολογισμός Καθολικού δείκτη Συμπεριφοράς q

Ευμενής παρουσία τοιχοπληρώσεων

Χωρίς ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία

Κανονισμός κατασκευής μεταξύ 1985 - 1995

Άρα από τον πίνακα Σ 4.4 έχουμε $q' = 2.30$

Για στάθμη επιτελεστικότητας Β. Σημαντικές Βλάβες από τον πίνακα 4.1 έχουμε $q^*/q' = 0.80$

Τελικά $q = q' * q^*/q' = 2.30 * 0.80 = 1.84$

2.2 Προσομοίωση για ελαστική ανάλυση

Η κατηγορία πλαστιμότητας του φορέα είναι μέση (DCM).

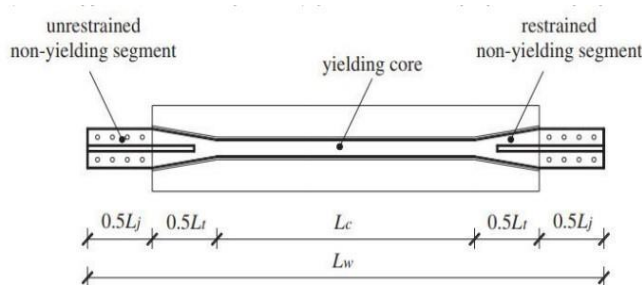
Τα δομικά στοιχεία θεωρούνται ρηγματωμένα οπότε συμμετέχουν με το μισό εμβαδόν στην παραλαβή των αξονικών δυνάμεων και με τη μισή καμπτική και διατμητική δυσκαμψία. Δηλαδή δεχόμαστε την ενεργή δυσκαμψία τους $c = E_{\text{eff}}/E_{\text{ig}} = 0.5$ σύμφωνα με τον EC8.

Οι πλάκες θεωρούνται απαραμόρφωτες, άρα εξασφαλίζουν διαφραγματική λειτουργία.

Η θεμελίωση θεωρείται πλήρως πακτωμένη και δεν συνυπολογίστηκε η αλληλεπίδραση εδάφους κατασκευής.

Για την ελαστική προσομοίωση των μελών BRB τα δεχόμαστε ως στοιχεία δικτύωματος με ισοδύναμη διατομή A_{eq} .

Η επιφάνεια A_c βρίσκεται από την τέμνουσα ορόφου, την αντοχή διαρροής και τη γωνία κλίσης του BRB. Συνηθισμένες τιμές: $L_c = 0.5L_w$, $A_c/A_t = 0.5$, $A_c/A_j = 0.3$



$$A_{\text{eq}} = \frac{A_c}{\frac{L_j}{L_w} \frac{A_c}{A_j} + \frac{L_t}{L_w} \frac{A_c}{A_t} + \frac{L_c}{L_w}}$$

Σχήμα 2.1

Η τοιχοποιία προσομοιώθηκε με ελαστικούς διαγώνιους συνδέσμους των οποίων τα χαρακτηριστικά υπολογίζονται παρακάτω.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΚΑΤΑ EN 1996-1-1 (EC6)

ΤΥΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Άοπλη Τοιχοποιία

Κατηγορία 2. (Πολύ Καλή)

Επίπεδο αξιοπιστίας υλικών C:

Λιθοσώματα κατηγορίας 2, οποιαδήποτε λάσπη

Συντελεστής ασφάλειας υλικού $\gamma_M = 2.20$ [EN 1996-1, &2.4.3]

Για συνδυασμούς με σεισμό [EN 1996-1, &9.6(3)]:

$\gamma_M = \max(2/3 * 2.20, 1.50) = 1.50$

Διαμήκης αρμός: ΟΧΙ

Ειδικό βάρος 17.0 kN/m³

Χαρακτηριστικά λιθοσωμάτων

Υλικό: Πηλός

Ομάδα: 3

Αντοχή: $f_b = 4.00 \text{ MPa}$

Συντελεστής $\delta = 0.98 \text{ MPa}$

Χαρακτηριστικά λάσπης

Τύπος: Λάσπη γενικής εφαρμογής

Αντοχή: $f_m = 5.00 \text{ MPa}$

Εφελκυστική Αντοχή: $f_{mt} = 1/4 \cdot \sqrt{f_m} = 0.56 \text{ MPa}$

Θλιπτική αντοχή [3.6.1.2.(2)]

$f_k = K \cdot f_b^{0.7} \cdot f_m^{0.3} \quad (3.2)$

όπου:

$K = 0.35 \quad [\text{tab.3.3}]$

Λαμβάνοντας υπ όψιν τους περιορισμούς:

$f_b = 0.98 \cdot 4.00 = 3.92 \text{ MPa}$, $f_m = 5.00 \text{ MPa}$

οπότε:

$f_k = 0.35 \cdot 3.92^{0.7} \cdot 5.00^{0.3} = 1.48 \text{ MPa}$

Εφελκυστική αντοχή

$f_{kt} = \lambda \cdot f_{mt} = 0.70 \cdot 0.56 = 0.39 \text{ MPa}$

Μέτρο Ελαστικότητας [3.7.2]

$E = K_e \cdot f_k = 1000.0 \cdot 1.48 \quad [3.7.2 \text{ (2)}] = 1475.9 \text{ MPa}$

Μέτρο Διάτμησης [3.7.3]

$G = 0.40 \cdot E = 0.40 \cdot 1475.9 = 590.4 \text{ MPa}$

Διατμητική αντοχή στο επίπεδο της τοιχοποιίας

Με την παραδοχή ότι δεν υπάρχει διαμήκης αρμός:

$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d, \leq 0.065 \cdot f_b \quad (3.5)$

όπου:

$f_{vk0} = 0.20 \text{ MPa} \quad [\text{tab.3.4}]$

σ_d = η κατακόρυφη τάση στο επίπεδο διάτμησης σε MPa.

η f_{vk} κυμαίνεται μεταξύ των τιμών: 0.20 - 0.25 MPa

Διατμητική αντοχή κάθετα στο επίπεδο της τοιχοποιίας

1. Με επίπεδο αστοχίας οριζόντιο: [Fig. 3.1a]

$f_{xk1} = 0.10 \text{ MPa}$

2. Με επίπεδο αστοχίας κατακόρυφο: [Fig. 3.1b]

$f_{xk2} = 0.40 \text{ MPa}$

L το διαγώνιο μήκος του τοίχου

Στην περίπτωση μας $L = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5.0 \text{ m}$

Πλάτος $w = 0.1 \cdot L = 0.5 \text{ m}$

Πάχος τοίχου 0,25 m

2.3 Προσομοίωση για μη γραμμική ανάλυση

Για την ανελαστική προσομοίωση των μελών BRB τα δεχόμαστε ως ανελαστικά στοιχεία δικτύωματος με συντηρητικά διγραμμική συμπεριφορά με κινηματική κράτυνση 1-3%

Για την ανελαστική προσομοίωση των μελών Ο/Σ δεχόμαστε την ενεργή δυσκαμψία τους $c=E_{\text{Ieff}}/E_{\text{ig}}=0.5$

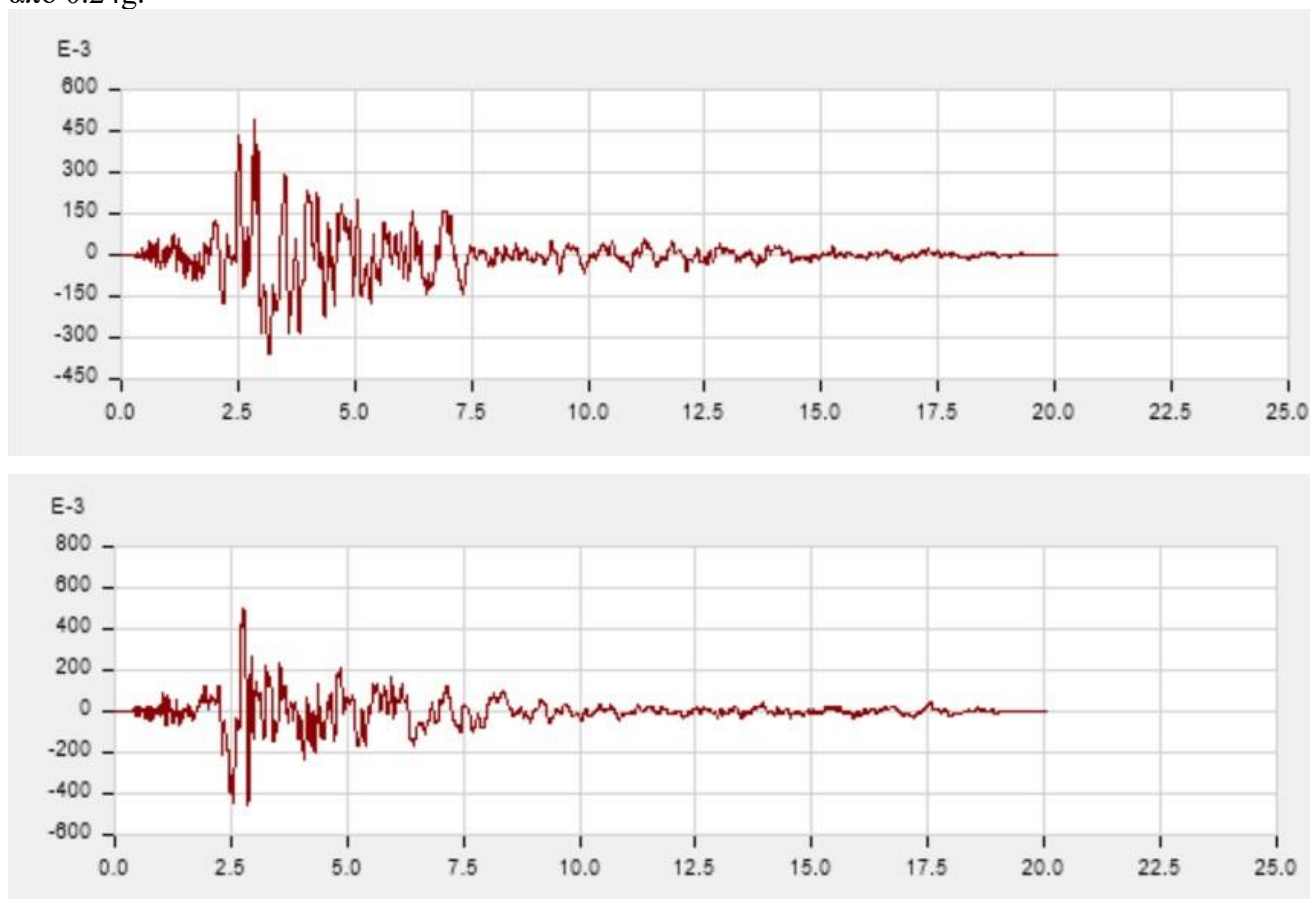
Στα άκρα των στοιχείων του φορέα μας, υποστυλώματα δοκοί και αντιλυγισμικοί σύνδεσμοι ορίσαμε τους κόμβους ελέγχου σε απόσταση 10% και 90% του μήκους τους όπου και θα έχουμε τη δημιουργία των πλαστικών αρθρώσεων.

Η μέθοδος για την χρονική ολοκλήρωση στη μη γραμμική ανάλυση είναι η Hilber-Hughes-Taylor. Και η αποδεκτή σύγκλιση είναι της τάξης του 0,001.

2.4 Σεισμικές καταγραφές

Επιλέχθηκαν 21 σεισμικές καταγραφές για τη μη γραμμική ανάλυση ιστορίας. Στο σχήμα

Τα επιταχυνσιογραφήματα είναι από σεισμούς της Ελλάδος με μέγεθος μεγαλύτερο από 0.24g.



Σχήμα 2.2 Δύο από τις σεισμικές καταγραφές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία (Βλέπε παράρτημα Α για τις συνολικές καταγραφές)

2.5 Σχεδιασμός αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας

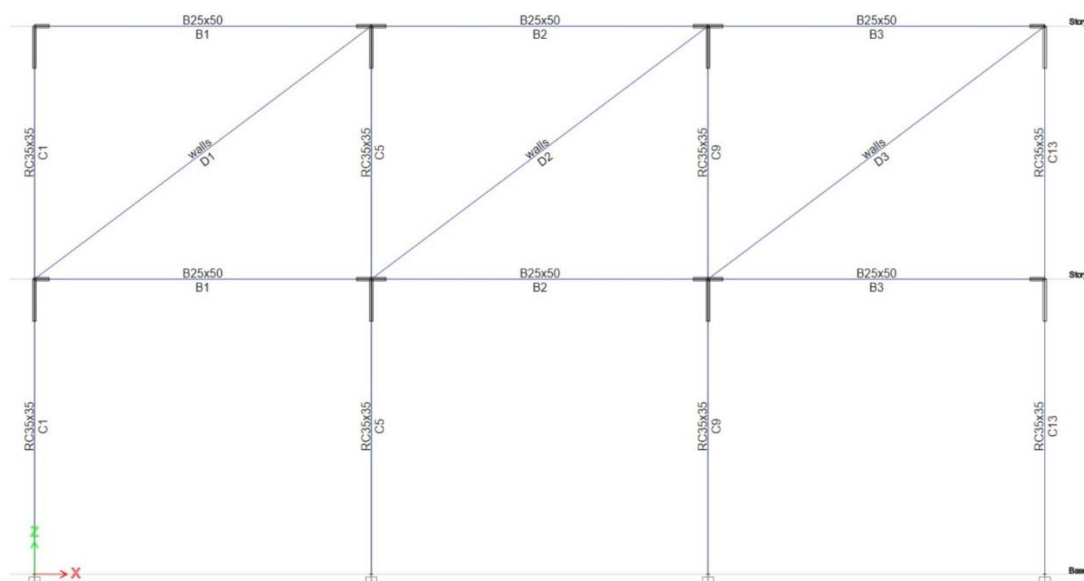
Επειδή το BRB προσομοιώνεται με ένα μόνο στοιχείο η ρεαλιστική δυσκαμψία του θα είναι 1,4xπραγματική δυσκαμψία.

Από την ελαστική ανάλυση χρησιμοποιώντας μία μεγαλύτερη από τις ανάγκες μας διατομή βρίσκουμε την αξονική δύναμη N_{ed} που αναπτύσσεται σε αυτή. Κάνοντας μία προσέγγιση βρίσκουμε το απαιτούμενο εμβαδόν της αμέσως μικρότερης διατομής $A_{req} = N_{ed} \cdot \gamma M_0 / f_y$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Παρουσίαση αποτελεσμάτων ανάλυσης

3.1 Απόκριση διώροφης κατασκευής

3.1.1 Περίπτωση χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας



Σχήμα 3.1 Διώροφο κτίριο με Piloti χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας

Το κτίριο έχει κατασκευαστεί με σκυρόδεμα B225 και χάλυβα οπλισμού StIII για το διαμήκη οπλισμό και StII για τους συνδετήρες. Η επικάλυψη των οπλισμών είναι 25 mm για όλα τα στοιχεία.

Η μελέτη του κτιρίου έγινε με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1984 για σεισμική περιοχή II και επικινδυνότητα εδάφους γ ($\epsilon=0,12$)

Τα υποστυλώματα είναι τετραγωνικά 35x35 cm με οπλισμό 4Φ20 στις γωνίες, 4Φ14 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο του το μήκος

Οι δοκοί είναι 25x50 cm με διαμήκη οπλισμό 2Φ12 στην επάνω πλευρά και 4Φ12 στην κάτω πλευρά και συνδετήρες Φ8/200.

Η μελέτη έγινε με τη χρήση μη γραμμικής ανάλυση ιστορίας με τη μέθοδο Nonlinear Direct Integration, και χρησιμοποιήθηκαν 21 διαφορετικά επιταχυνσιογραφήματα από σεισμούς της Ελλάδος.

Ξεκίνησε με αρχικές συνθήκες που δόθηκαν από στατική μη γραμμική ανάλυση για το συνδυασμό G+0.3Q.

Στις ιστορίες που δεν ολοκληρώθηκαν τα αποτελέσματα αφαιρέθηκαν.

Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

**Πίνακας 3.1 Μέγιστες και παραμένουσες μετακινήσεις και σχετικές μετακινήσεις:
περίπτωση 2-όροφης κατασκευής χωρίς BRB**

	Ux max (mm)	Ux perm. (mm)	IDR Uxmax	IDR Uxperm
TH1	73.90	45.40	0.021114	0.012971
TH2	49.90	9.00	0.014257	0.002571
TH5	94.70	76.10	0.027057	0.021743
TH7	87.60	54.30	0.025029	0.015514
TH8	42.20	9.40	0.012057	0.002686
TH9	49.20	5.70	0.014057	0.001629
TH11	109.30	89.70	0.031229	0.025629
TH12	32.80	1.00	0.009371	0.000286
TH13	60.40	31.80	0.017257	0.009086
TH14	33.80	4.80	0.009657	0.001371
TH15	82.40	53.00	0.023543	0.015143
TH16	62.20	33.60	0.017771	0.009600
TH17	100.40	73.70	0.028686	0.021057
TH19	57.00	32.30	0.016286	0.009229
TH20	46.90	16.50	0.013400	0.004714
TH21	Αστοχία	Αστοχία	-	-
M.O.	82.19	44.86		

Πίνακας 3.2 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2(kN)	
Story1	C1	TH1	100.00	
Story1	C1	TH2	102.60	
Story1	C1	TH5	100.80	
Story1	C1	TH7	99.00	

Story1	C1	TH8	101.60	
Story1	C1	TH9	100.40	
Story1	C1	TH11	91.80	
Story1	C1	TH12	96.20	
Story1	C1	TH13	101.10	
Story1	C1	TH14	100.40	
Story1	C1	TH15	100.90	
Story1	C1	TH16	101.20	
Story1	C1	TH17	92.50	
Story1	C1	TH19	90.80	
Story1	C1	TH20	100.50	
Story1	C1	TH21	3410.20	Αστοχία
		M.O.	98.65	
Story1	C5	TH1	103.50	
Story1	C5	TH2	106.30	
Story1	C5	TH5	103.30	
Story1	C5	TH7	96.70	
Story1	C5	TH8	98.60	
Story1	C5	TH9	103.90	
Story1	C5	TH11	94.10	
Story1	C5	TH12	98.60	
Story1	C5	TH13	103.50	
Story1	C5	TH14	95.10	
Story1	C5	TH15	103.30	
Story1	C5	TH16	103.50	
Story1	C5	TH17	90.60	
Story1	C5	TH19	93.20	
Story1	C5	TH20	103.60	
Story1	C5	TH21	4601.00	Αστοχία
		M.O.	99.85	
Story1	C9	TH1	103.40	
Story1	C9	TH2	106.30	
Story1	C9	TH5	103.50	
Story1	C9	TH7	97.70	
Story1	C9	TH8	98.50	
Story1	C9	TH9	103.80	
Story1	C9	TH11	93.90	
Story1	C9	TH12	98.40	
Story1	C9	TH13	103.60	
Story1	C9	TH14	95.00	
Story1	C9	TH15	103.40	
Story1	C9	TH16	103.50	
Story1	C9	TH17	90.40	
Story1	C9	TH19	92.90	

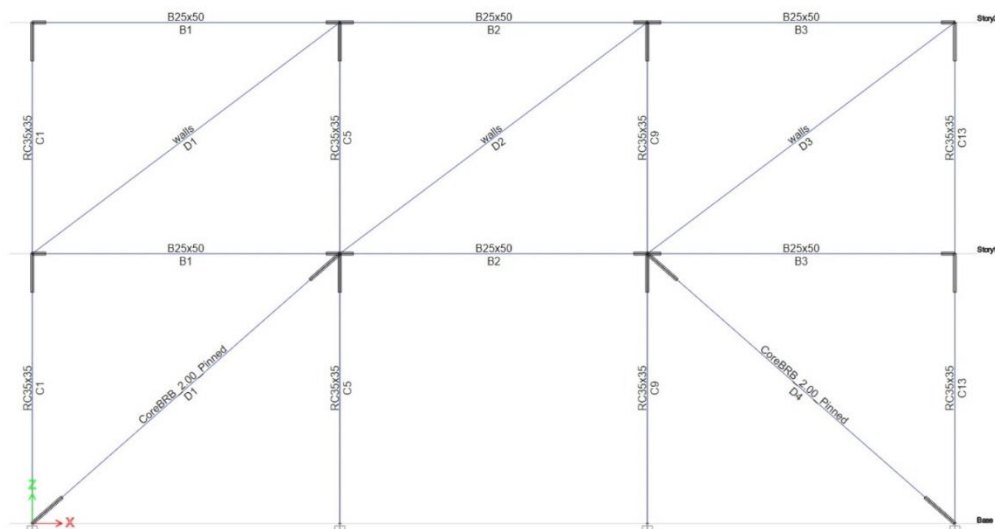
Story1	C9	TH20	103.50	
Story1	C9	TH21	3793.70	Αστοχία
		M.O.	99.85	
Story1	C13	TH1	90.40	
Story1	C13	TH2	89.20	
Story1	C13	TH5	92.90	
Story1	C13	TH7	90.10	
Story1	C13	TH8	88.80	
Story1	C13	TH9	89.90	
Story1	C13	TH11	87.90	
Story1	C13	TH12	88.10	
Story1	C13	TH13	90.90	
Story1	C13	TH14	88.20	
Story1	C13	TH15	92.40	
Story1	C13	TH16	91.10	
Story1	C13	TH17	85.40	
Story1	C13	TH19	87.90	
Story1	C13	TH20	89.70	
Story1	C13	TH21	1972.10	Αστοχία
		M.O.	89.53	

Στην ανάλυση του κτιρίου με σεισμούς μεγαλύτερους από 0.24g παρατηρούμε πως το κτίριο αποκρίνεται ικανοποιητικά εκτός από την περίπτωση 21 όπου έχουμε αστοχία. Στην περίπτωση 11 έχουμε το σχηματισμό πλαστικής άρθρωσης στον πόδα όλων των υποστυλωμάτων ισογείου αλλά χωρίς κατάρρευση. Τέλος στην περίπτωση 17 έχουμε το σχηματισμό πλαστικής άρθρωσης στον πόδα των εσωτερικών υποστυλωμάτων ισογείου αλλά χωρίς κατάρρευση.

Στη συνέχεια επιλέχθηκε η εισαγωγή αντιλυγισμικών συνδέσμων δυσκαμψίας BRB στην πιλοτή με 4 διαφορετικούς τρόπους

1. Εισαγωγή από έναν στα ακραία ανοίγματα
2. Εισαγωγή ενός στο μεσαίο άνοιγμα
3. Εισαγωγή ενός στο μεσαίο άνοιγμα με γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο
4. Εισαγωγή ενός στο μεσαίο άνοιγμα με γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο

3.1.2 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα δύο ακραία ανοίγματα



Σχήμα 3.2 Διώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας (από έναν στα ακραία ανοίγματα)

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.403$ sec
2 brb στα ακραία ανοίγματα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$
Corebrace 10.00 pinned $N= -265.6$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.151$ sec

$F_y=235$ MPa
 $A_{req}=265.6/235=11.3$ cm²
Επιλέγω Corebrace 2.00 ($A=12.9$ cm²) pinned $N= -193.7$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.233$ sec
Τελικά επιλέγω Corebrace 2.00 ($A=12.9$ cm²) pinned

Πίνακας. 3.3 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

		U_x max	U_x perm.		IDR U_{xmax}	IDR U_{xperm}
Story1	TH1	15.30	3.80	mm	0.004371	0.001086
Story1	TH2	27.20	9.80	mm	0.007771	0.002800
Story1	TH3	12.70	4.10	mm	0.003629	0.001171
Story1	TH6	15.00	2.00	mm	0.004286	0.000571

Story1	TH8	14.50	1.00	mm	0.004143	0.000286
Story1	TH9	19.10	4.20	mm	0.005457	0.001200
Story1	TH10	8.80	1.30	mm	0.002514	0.000371
Story1	TH11	5.40	5.40	mm	0.001543	0.001543
Story1	TH12	26.80	12.50	mm	0.007657	0.003571
Story1	TH13	34.90	6.80	mm	0.009971	0.001943
Story1	TH14	21.90	9.60	mm	0.006257	0.002743
Story1	TH15	14.90	0.60	mm	0.004257	0.000171
Story1	TH16	22.00	4.20	mm	0.006286	0.001200
Story1	TH17	10.20	0.20	mm	0.002914	0.000057
Story1	TH19	8.80	0.40	mm	0.002514	0.000114
Story1	TH20	28.50	5.20	mm	0.008143	0.001486
Story1	TH21	27.60	11.20	mm	0.007886	0.003200
	M.O.	18.45	4.84			

Στην ανάλυση του κτιρίου με την προσθήκη των 2 BRB παρατηρούμε πως το κτίριο αποκρίνεται όπως αναμέναμε.

Με μείωση των μετακινήσεων σε όλες τις περιπτώσεις. Και σε καμία περίπτωση δεν έχουμε διαρροή των BRB ή των υποστυλωμάτων

Πίνακας 3.4 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	Case Type	V2(kN)
Story1	C1	TH1	NonDirHist	71.40
Story1	C1	TH2	NonDirHist	90.80
Story1	C1	TH3	NonDirHist	63.70
Story1	C1	TH4	NonDirHist	44.70
Story1	C1	TH5	NonDirHist	72.60
Story1	C1	TH6	NonDirHist	71.20
Story1	C1	TH7	NonDirHist	80.60
Story1	C1	TH8	NonDirHist	71.00
Story1	C1	TH9	NonDirHist	80.00
Story1	C1	TH10	NonDirHist	48.70
Story1	C1	TH11	NonDirHist	33.10
Story1	C1	TH12	NonDirHist	90.50
Story1	C1	TH13	NonDirHist	97.90
Story1	C1	TH14	NonDirHist	79.30
Story1	C1	TH15	NonDirHist	71.80
Story1	C1	TH16	NonDirHist	81.60
Story1	C1	TH17	NonDirHist	59.30
Story1	C1	TH18	NonDirHist	45.20
Story1	C1	TH19	NonDirHist	49.70
Story1	C1	TH20	NonDirHist	96.60

Story1	C1	TH21	NonDirHist	89.80
			M.O.	87.62
Story1	C5	TH1	NonDirHist	74.50
Story1	C5	TH2	NonDirHist	92.90
Story1	C5	TH3	NonDirHist	67.80
Story1	C5	TH4	NonDirHist	52.00
Story1	C5	TH5	NonDirHist	75.90
Story1	C5	TH6	NonDirHist	74.40
Story1	C5	TH7	NonDirHist	84.10
Story1	C5	TH8	NonDirHist	74.20
Story1	C5	TH9	NonDirHist	82.30
Story1	C5	TH10	NonDirHist	52.80
Story1	C5	TH11	NonDirHist	37.10
Story1	C5	TH12	NonDirHist	94.80
Story1	C5	TH13	NonDirHist	103.60
Story1	C5	TH14	NonDirHist	82.30
Story1	C5	TH15	NonDirHist	74.90
Story1	C5	TH16	NonDirHist	86.20
Story1	C5	TH17	NonDirHist	63.70
Story1	C5	TH18	NonDirHist	49.30
Story1	C5	TH19	NonDirHist	53.80
Story1	C5	TH20	NonDirHist	99.00
Story1	C5	TH21	NonDirHist	94.00
			M.O.	92.33
Story1	C9	TH1	NonDirHist	71.90
Story1	C9	TH2	NonDirHist	91.00
Story1	C9	TH3	NonDirHist	69.90
Story1	C9	TH4	NonDirHist	54.00
Story1	C9	TH5	NonDirHist	73.50
Story1	C9	TH6	NonDirHist	72.00
Story1	C9	TH7	NonDirHist	85.70
Story1	C9	TH8	NonDirHist	72.00
Story1	C9	TH9	NonDirHist	80.70
Story1	C9	TH10	NonDirHist	51.60
Story1	C9	TH11	NonDirHist	35.70
Story1	C9	TH12	NonDirHist	92.20
Story1	C9	TH13	NonDirHist	103.60
Story1	C9	TH14	NonDirHist	85.60
Story1	C9	TH15	NonDirHist	72.50
Story1	C9	TH16	NonDirHist	88.10
Story1	C9	TH17	NonDirHist	61.20
Story1	C9	TH18	NonDirHist	47.50
Story1	C9	TH19	NonDirHist	53.20
Story1	C9	TH20	NonDirHist	98.50

Story1	C9	TH21	NonDirHist	89.90
			M.O.	91.19
Story1	C13	TH1	NonDirHist	68.10
Story1	C13	TH2	NonDirHist	87.90
Story1	C13	TH3	NonDirHist	66.80
Story1	C13	TH4	NonDirHist	49.90
Story1	C13	TH5	NonDirHist	69.60
Story1	C13	TH6	NonDirHist	68.20
Story1	C13	TH7	NonDirHist	83.10
Story1	C13	TH8	NonDirHist	67.90
Story1	C13	TH9	NonDirHist	77.10
Story1	C13	TH10	NonDirHist	47.40
Story1	C13	TH11	NonDirHist	31.70
Story1	C13	TH12	NonDirHist	87.80
Story1	C13	TH13	NonDirHist	100.30
Story1	C13	TH14	NonDirHist	81.80
Story1	C13	TH15	NonDirHist	68.70
Story1	C13	TH16	NonDirHist	84.40
Story1	C13	TH17	NonDirHist	54.10
Story1	C13	TH18	NonDirHist	43.50
Story1	C13	TH19	NonDirHist	49.20
Story1	C13	TH20	NonDirHist	88.20
Story1	C13	TH21	NonDirHist	87.70
			M.O.	86.08

Πίνακας 3.5 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P(kN)
Story1	D1	TH1	318.60
Story1	D1	TH2	301.30
Story1	D1	TH3	314.70
Story1	D1	TH4	305.00
Story1	D1	TH5	319.80
Story1	D1	TH6	318.20
Story1	D1	TH7	334.30
Story1	D1	TH8	317.00
Story1	D1	TH9	301.60
Story1	D1	TH10	307.20
Story1	D1	TH11	292.10
Story1	D1	TH12	351.00
Story1	D1	TH13	353.50
Story1	D1	TH14	334.30
Story1	D1	TH15	317.80
Story1	D1	TH16	299.40

Story1	D1	TH17	309.90
Story1	D1	TH18	304.10
Story1	D1	TH19	306.80
Story1	D1	TH20	301.20
Story1	D1	TH21	345.20
		M.O.	391.35
Story1	D4	TH1	320.10
Story1	D4	TH2	346.30
Story1	D4	TH3	313.20
Story1	D4	TH4	303.20
Story1	D4	TH5	321.30
Story1	D4	TH6	319.70
Story1	D4	TH7	299.10
Story1	D4	TH8	318.50
Story1	D4	TH9	329.40
Story1	D4	TH10	306.20
Story1	D4	TH11	281.00
Story1	D4	TH12	301.30
Story1	D4	TH13	305.10
Story1	D4	TH14	332.90
Story1	D4	TH15	319.60
Story1	D4	TH16	335.00
Story1	D4	TH17	310.50
Story1	D4	TH18	302.20
Story1	D4	TH19	306.20
Story1	D4	TH20	299.10
Story1	D4	TH21	346.60
			389.21

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C5 βρίσκουμε την τέμνουσα V_{tot} που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε ιστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB. Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .



Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστυλώμα

Πίνακας 3.6 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Output Case	P (C5) kN	V2 (kN)	P (D1) (kN)	V (D1)	Vtot= V2+V(D1)	V _R
TH1	214.10	74.50	318.60	240.45	314.95	1269.26
TH2	357.40	92.90	301.30	227.39	320.29	1444.73
TH3	224.50	67.80	314.70	237.51	305.31	1282.00
TH4	228.60	52.00	305.00	230.19	282.19	1287.02
TH5	214.30	75.90	319.80	241.36	317.26	1269.51
TH6	215.80	74.40	318.20	240.15	314.55	1271.34
TH7	209.10	84.10	334.30	252.30	336.40	1263.14
TH8	215.50	74.20	317.00	239.24	313.44	1270.98
TH9	271.90	82.30	301.60	227.62	309.92	1340.04
TH10	223.30	52.80	307.20	231.85	284.65	1280.53
TH11	231.50	37.10	292.10	220.45	257.55	1290.57
TH12	192.80	94.80	351.00	264.90	359.70	1243.18
TH13	190.30	103.60	353.50	266.79	370.39	1240.12
TH14	237.00	82.30	334.30	252.30	334.60	1297.30
TH15	216.10	74.90	317.80	239.85	314.75	1271.71
TH16	226.80	86.20	299.40	225.96	312.16	1284.81
TH17	222.50	63.70	309.90	233.88	297.58	1279.55
TH18	225.90	49.30	304.10	229.51	278.81	1283.71
TH19	222.40	53.80	306.80	231.54	285.34	1279.42
TH20	302.70	99.00	301.20	227.32	326.32	1377.75
TH21	197.30	94.00	345.20	260.53	354.53	1248.69

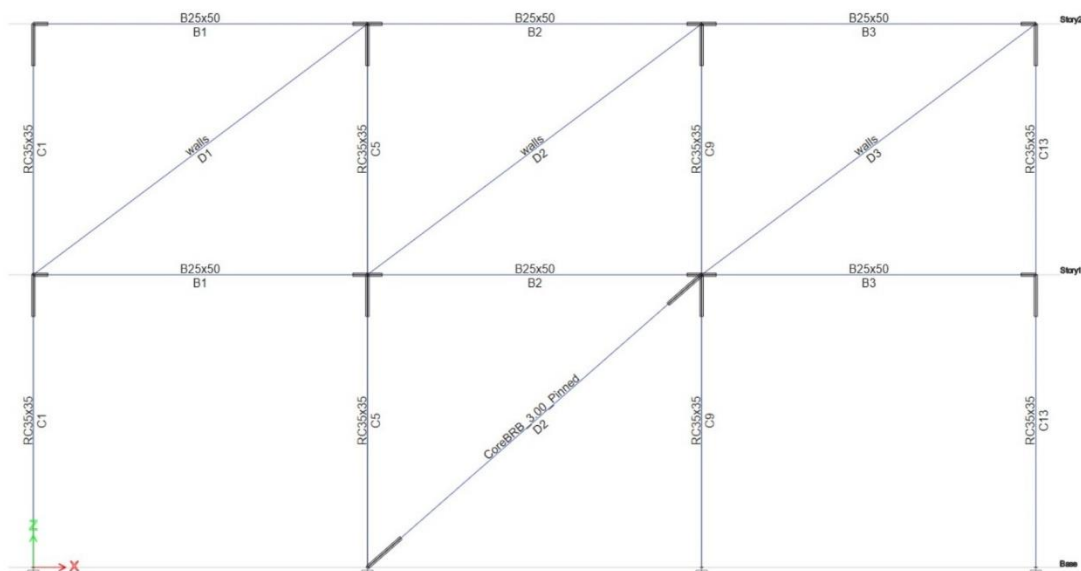
Σε αυτήν την περίπτωση βλέπουμε πως ο σχεδιασμός των συνδέσμων έγινε για αξονική δύναμη $N = -193.7$ kN αλλά εν τέλει αναλαμβάνουν δυνάμεις περίπου διπλάσιες από αυτές για τις οποίες διαστασιολογήθηκαν.

Οι τέμνουσες δυνάμεις που αναπτύσσονται στα υποστυλώματα είναι μειωμένες περί το 10%.

Οι μέγιστες μετακινήσεις από 82.19 mm μειωθήκαν σε 18.45 mm και οι παραμένουσες από 18.45 mm σε 4.84 mm



3.1.3 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα



Σχήμα 3.3 Διώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.403$ sec
1 brb στο στο μεσαίο άνοιγμα

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$
Corebrace 10.00 pinned $N=-425,7$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0,182$ sec

$F_y=235$ MPa
 $A_{req}=425.7/235=18.1$ cm²
Επιλέγω Corebrace 3.00 ($A=19.4$ cm²) pinned $N=342.8$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.253$ sec
Τελικά επιλέγω Corebrace 3.00 ($A=19.4$ cm²) pinned

Πίνακας 3.7 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Uxmax	IDR Uxperm
Story1	TH1	23.10	5.00	0.006600	0.001429
Story1	TH2	52.30	25.00	0.014943	0.007143
Story1	TH3	17.40	5.90	0.004971	0.001686
Story1	TH6	48.40	23.00	0.013829	0.006571
Story1	TH8	19.10	0.60	0.005457	0.000171

Story1	TH9	17.30	3.40	0.004943	0.000971
Story1	TH10	11.90	2.30	0.003400	0.000657
Story1	TH11	6.10	5.50	0.001743	0.001571
Story1	TH12	15.90	3.40	0.004543	0.000971
Story1	TH13	16.50	2.60	0.004714	0.000743
Story1	TH14	35.40	1.10	0.010114	0.000314
Story1	TH15	23.10	3.80	0.006600	0.001086
Story1	TH16	18.30	4.80	0.005229	0.001371
Story1	TH17	13.80	0.10	0.003943	0.000029
Story1	TH19	13.80	0.10	0.003943	0.000029
Story1	TH20	18.10	5.50	0.005171	0.001571
Story1	TH21	103.60	87.00	0.029600	0.024857
	M.O.	26.71	10.54		

Στην ανάλυση του κτιρίου με την προσθήκη ενός BRB στο μεσαίο άνοιγμα παρατηρούμε πως το κτίριο δεν αποκρίνεται σε όλες τις περιπτώσεις όπως αναμέναμε.

Στην περίπτωση 2 βλέπουμε πως η προσθήκη του BRB προκαλεί συντονισμό με αποτέλεσμα την αύξηση των μέγιστων και παραμενουσών μετακινήσεων.

Στην περίπτωση 14 βλέπουμε πως η προσθήκη του BRB προκαλεί μικρή αύξηση των μέγιστων αλλά μείωση των παραμενουσών μετακινήσεων.

Πίνακας 3.8 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	86.6
Story1	C1	TH2	100.7
Story1	C1	TH3	72.1
Story1	C1	TH6	101
Story1	C1	TH8	78.9
Story1	C1	TH9	75.9
Story1	C1	TH10	64.8
Story1	C1	TH11	35.4
Story1	C1	TH12	71
Story1	C1	TH13	76
Story1	C1	TH14	89
Story1	C1	TH15	83.9
Story1	C1	TH16	74.7
Story1	C1	TH17	67.1
Story1	C1	TH19	70.8
Story1	C1	TH20	77.6
Story1	C1	TH21	101.1
		M.O.	78.04

Story1	C5	TH1	88.9
Story1	C5	TH2	103.3
Story1	C5	TH3	77.3
Story1	C5	TH6	104
Story1	C5	TH8	81.4
Story1	C5	TH9	78.2
Story1	C5	TH10	69.9
Story1	C5	TH11	41.6
Story1	C5	TH12	76.6
Story1	C5	TH13	78.4
Story1	C5	TH14	103.8
Story1	C5	TH15	86.3
Story1	C5	TH16	80.1
Story1	C5	TH17	72.7
Story1	C5	TH19	73.1
Story1	C5	TH20	79.8
Story1	C5	TH21	103.3
		M.O.	82.28
Story1	C9	TH1	91.4
Story1	C9	TH2	103.4
Story1	C9	TH3	75.2
Story1	C9	TH6	104.2
Story1	C9	TH8	82.9
Story1	C9	TH9	79.7
Story1	C9	TH10	69.7
Story1	C9	TH11	40.7
Story1	C9	TH12	75
Story1	C9	TH13	80
Story1	C9	TH14	103.7
Story1	C9	TH15	88.4
Story1	C9	TH16	78.2
Story1	C9	TH17	71.4
Story1	C9	TH19	74.2
Story1	C9	TH20	81.5
Story1	C9	TH21	103.3
		M.O.	82.52
Story1	C13	TH1	83.7
Story1	C13	TH2	90.2
Story1	C13	TH3	74.6
Story1	C13	TH6	102.5
Story1	C13	TH8	75.8
Story1	C13	TH9	72.7
Story1	C13	TH10	67
Story1	C13	TH11	37.4

Story1	C13	TH12	73.8
Story1	C13	TH13	72.7
Story1	C13	TH14	100.4
Story1	C13	TH15	81.2
Story1	C13	TH16	77.4
Story1	C13	TH17	70
Story1	C13	TH19	67.4
Story1	C13	TH20	74.5
Story1	C13	TH21	92.3
		M.O.	77.27

Πίνακας 3.9 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P(kN)
Story1	D2	TH1	505.00
Story1	D2	TH2	452.10
Story1	D2	TH3	487.90
Story1	D2	TH6	450.50
Story1	D2	TH8	491.60
Story1	D2	TH9	488.00
Story1	D2	TH10	474.00
Story1	D2	TH11	446.80
Story1	D2	TH12	484.60
Story1	D2	TH13	483.00
Story1	D2	TH14	523.60
Story1	D2	TH15	507.00
Story1	D2	TH16	493.10
Story1	D2	TH17	479.60
Story1	D2	TH19	474.00
Story1	D2	TH20	490.10
Story1	D2	TH21	451.00
		M.O.	481.29

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right) \right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα V_{tot} που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB. Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R . Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα.

Πίνακας 3.10 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Output Case	P (C5) kN	V2 (kN)	P (D1) (kN)	V (D1)	V _{tot} = V2+V(D1)	VR
TH1	214.10	74.50	318.60	240.45	314.95	1269.26
TH2	357.40	92.90	301.30	227.39	320.29	1444.73
TH3	224.50	67.80	314.70	237.51	305.31	1282.00
TH4	228.60	52.00	305.00	230.19	282.19	1287.02
TH5	214.30	75.90	319.80	241.36	317.26	1269.51
TH6	215.80	74.40	318.20	240.15	314.55	1271.34
TH7	209.10	84.10	334.30	252.30	336.40	1263.14
TH8	215.50	74.20	317.00	239.24	313.44	1270.98
TH9	271.90	82.30	301.60	227.62	309.92	1340.04
TH10	223.30	52.80	307.20	231.85	284.65	1280.53
TH11	231.50	37.10	292.10	220.45	257.55	1290.57
TH12	192.80	94.80	351.00	264.90	359.70	1243.18
TH13	190.30	103.60	353.50	266.79	370.39	1240.12
TH14	237.00	82.30	334.30	252.30	334.60	1297.30
TH15	216.10	74.90	317.80	239.85	314.75	1271.71
TH16	226.80	86.20	299.40	225.96	312.16	1284.81
TH17	222.50	63.70	309.90	233.88	297.58	1279.55
TH18	225.90	49.30	304.10	229.51	278.81	1283.71
TH19	222.40	53.80	306.80	231.54	285.34	1279.42
TH20	302.70	99.00	301.20	227.32	326.32	1377.75
TH21	197.30	94.00	345.20	260.53	354.53	1248.69

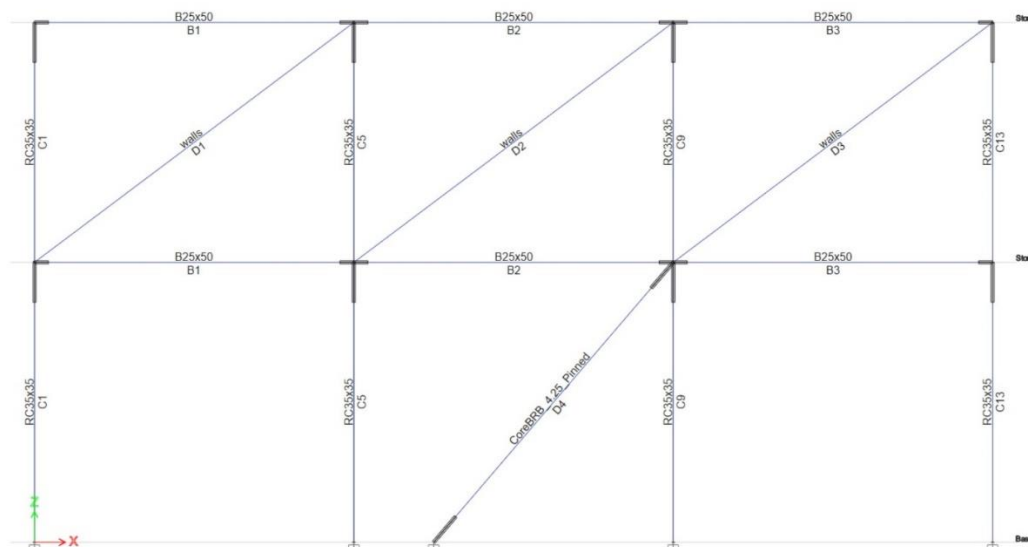
Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα.

Σε αυτήν την περίπτωση βλέπουμε πως ο σχεδιασμός των συνδέσμων έγινε για αξονική δύναμη $N=342.8$ kN αλλά εν τέλει αναλαμβάνουν δυνάμεις περίπου 140% μεγαλύτερες από αυτές για τις οποίες διαστασιολογήθηκαν.

Οι τέμνουσες δυνάμεις που αναπτύσσονται στα υποστυλώματα είναι μειωμένες περί το 10%.

Οι μέγιστες μετακινήσεις από 82.19 mm μειωθήκανε σε 26,71 mm και οι παραμένουσες από 18.45 mm σε 10,54 mm. Παρατηρούμε μία αύξηση της τάξης του 44% σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση.

3.1.4 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Σχήμα 3.4 Διώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40°

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.403$ sec
1 brb στο στο μεσαίο άνοιγμα με γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$
Corebrace 14.00 pinned $N=627.3$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.40$

$F_y=235$ MPa
 $A_{req}=627.3/235=26.7$ cm²
Επιλέγω Corebrace 4.25 ($A=27.4$ cm²) pinned $N=446.2$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.241$ sec
Τελικά επιλέγω Corebrace 4.25 ($A=27.4$ cm²) pinned

Πίνακας 3.11 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	27.50	2.60	0.007857	0.000743
Story1	TH2	49.80	22.40	0.014229	0.006400
Story1	TH3	14.40	4.80	0.004114	0.001371
Story1	TH6	16.20	2.30	0.004629	0.000657
Story1	TH7	18.40	8.60	0.005257	0.002457
Story1	TH8	16.00	0.60	0.004571	0.000171
Story1	TH9	28.00	11.00	0.008000	0.003143
Story1	TH10	9.20	1.40	0.002629	0.000400
Story1	TH11	86.40	67.90	0.024686	0.019400
Story1	TH13	13.20	2.70	0.003771	0.000771
Story1	TH14	23.90	10.10	0.006829	0.002886
Story1	TH15	14.20	0.40	0.004057	0.000114
Story1	TH16	17.30	6.20	0.004943	0.001771
Story1	TH17	11.80	0.60	0.003371	0.000171
Story1	TH19	10.00	0.20	0.002857	0.000057
Story1	TH20	13.70	1.40	0.003914	0.000400
Story1	TH21	31.00	12.30	0.008857	0.003514
	M.O.	23.59	9.15		

Στην ανάλυση του κτιρίου με την προσθήκη ενός BRB στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° παρατηρούμε πως το κτίριο αποκρίνεται σε όλες τις περιπτώσεις όπως αναμέναμε.

Εκτός από την περίπτωση 2 όπου βλέπουμε πως η προσθήκη του BRB δε μεταβάλλει τις μέγιστες μετακινήσεις αλλά αυξάνει τις παραμένουσες μετακινήσεις.

Πίνακας 3.12 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2(kN)
Story1	C1	TH1	93.10
Story1	C1	TH2	100.70
Story1	C1	TH3	66.30
Story1	C1	TH6	73.20
Story1	C1	TH7	76.80
Story1	C1	TH8	73.40
Story1	C1	TH9	95.50
Story1	C1	TH10	51.30
Story1	C1	TH11	91.00
Story1	C1	TH13	69.10
Story1	C1	TH14	82.60
Story1	C1	TH15	70.40
Story1	C1	TH16	72.10
Story1	C1	TH17	66.80

Story1	C1	TH19	57.00
Story1	C1	TH20	69.40
Story1	C1	TH21	93.80
			76.62
Story1	C5	TH1	95.10
Story1	C5	TH2	103.30
Story1	C5	TH3	71.80
Story1	C5	TH6	75.50
Story1	C5	TH7	79.20
Story1	C5	TH8	75.80
Story1	C5	TH9	97.80
Story1	C5	TH10	54.70
Story1	C5	TH11	103.40
Story1	C5	TH13	71.20
Story1	C5	TH14	87.60
Story1	C5	TH15	72.70
Story1	C5	TH16	77.60
Story1	C5	TH17	69.20
Story1	C5	TH19	61.40
Story1	C5	TH20	71.30
Story1	C5	TH21	96.40
			80.24
Story1	C9	TH1	96.00
Story1	C9	TH2	103.30
Story1	C9	TH3	69.20
Story1	C9	TH6	78.00
Story1	C9	TH7	82.10
Story1	C9	TH8	78.10
Story1	C9	TH9	97.90
Story1	C9	TH10	56.50
Story1	C9	TH11	103.20
Story1	C9	TH13	73.40
Story1	C9	TH14	83.50
Story1	C9	TH15	74.90
Story1	C9	TH16	74.40
Story1	C9	TH17	71.20
Story1	C9	TH19	62.10
Story1	C9	TH20	73.50
Story1	C9	TH21	101.60
			81.11
Story1	C13	TH1	87.90
Story1	C13	TH2	90.00
Story1	C13	TH3	68.90
Story1	C13	TH6	70.00

Story1	C13	TH7	73.70
Story1	C13	TH8	70.00
Story1	C13	TH9	88.10
Story1	C13	TH10	49.80
Story1	C13	TH11	100.90
Story1	C13	TH13	65.60
Story1	C13	TH14	84.50
Story1	C13	TH15	67.00
Story1	C13	TH16	74.60
Story1	C13	TH17	61.10
Story1	C13	TH19	56.40
Story1	C13	TH20	66.00
Story1	C13	TH21	87.90
			74.26

Πίνακας 3.13 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P(kN)
Story1	D4	TH1	693.70
Story1	D4	TH2	639.80
Story1	D4	TH3	677.20
Story1	D4	TH6	684.40
Story1	D4	TH7	702.20
Story1	D4	TH8	683.00
Story1	D4	TH9	647.00
Story1	D4	TH10	654.60
Story1	D4	TH11	646.40
Story1	D4	TH13	669.50
Story1	D4	TH14	723.30
Story1	D4	TH15	675.60
Story1	D4	TH16	693.10
Story1	D4	TH17	664.20
Story1	D4	TH19	658.20
Story1	D4	TH20	672.40
Story1	D4	TH21	749.50
		M.O.	678.48



Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα V_{tot} που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε ιστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB. Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

Πίνακας 3.14 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

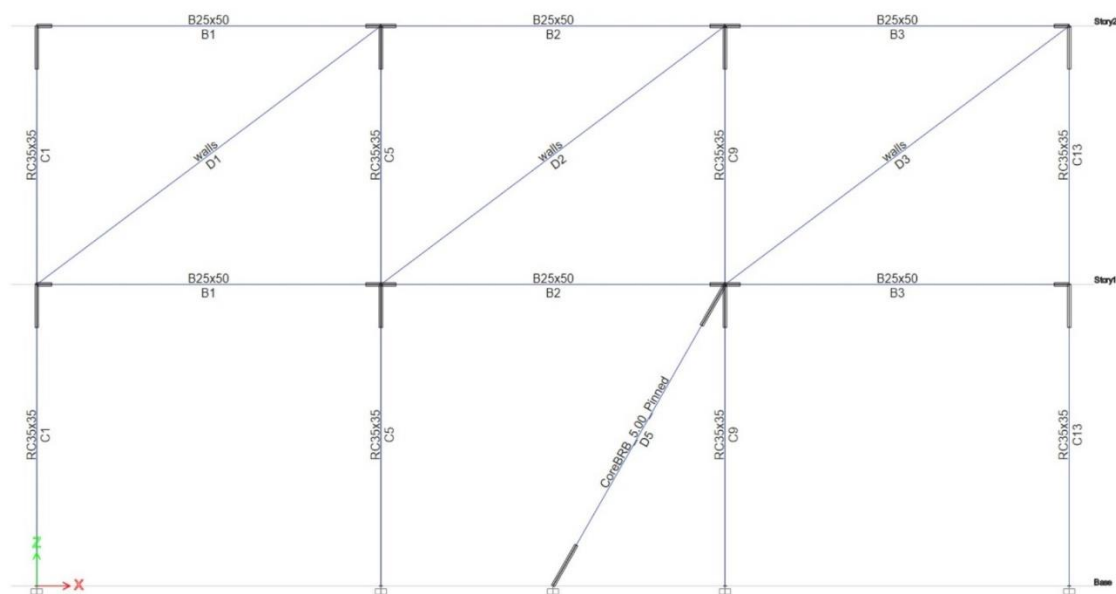
Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D4) (kN)	V (D4)	V _{tot} = V2+V(D1)	V _R
TH1	99.70	96.00	693.70	455.11	551.11	1129.18
TH2	273.70	103.30	639.80	419.75	523.05	1342.24
TH3	56.30	69.20	677.20	444.28	513.48	1076.04
TH6	92.10	78.00	684.40	449.01	527.01	1119.87
TH8	107.20	82.10	702.20	460.68	542.78	1138.36
TH9	91.90	78.10	683.00	448.09	526.19	1119.63
TH10	88.50	97.90	647.00	424.47	522.37	1115.47
TH11	64.80	56.50	654.60	429.46	485.96	1086.44
TH12	61.80	103.20	646.40	424.08	527.28	1082.77
TH13	79.90	73.40	669.50	439.23	512.63	1104.93
TH14	29.80	83.50	723.30	474.53	558.03	1043.59
TH15	84.40	74.90	675.60	443.23	518.13	1110.44
TH16	58.90	74.40	693.10	454.71	529.11	1079.22
TH17	75.80	71.20	664.20	435.75	506.95	1099.91
TH19	68.90	62.10	658.20	431.82	493.92	1091.47
TH20	84.20	73.50	672.40	441.13	514.63	1110.20
TH21	142.90	101.60	749.50	491.72	593.32	1182.08

Σε αυτήν την περίπτωση βλέπουμε πως ο σχεδιασμός των συνδέσμων έγινε για αξονική δύναμη $N=446.2$ kN αλλά εν τέλει αναλαμβάνουν δυνάμεις περίπου 152% μεγαλύτερες από αυτές για τις οποίες διαστασιολογήθηκαν.

Οι τέμνουσες δυνάμεις που αναπτύσσονται στα υποστυλώματα είναι μειωμένες περί το 10-15%.

Οι μέγιστες μετακινήσεις από 82.19 mm μειωθήκανε σε 23,95 mm και οι παραμένουσες από 18.45 mm σε 9,15 mm. Παρατηρούμε μία μείωση της τάξης του 5% σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση.

3.1.5 Περίπτωση με αντιλυσισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Σχήμα 3.5 Διώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυσισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60°

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.403$ sec
1 brb στο στο μεσαίο άνοιγμα με γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$
Corebrace 10.00 pinned $N=757.7$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.215$

$F_y=235$ MPa
 $A_{req}=757.7 / 235 = 32.2$ cm²
Επιλέγω Corebrace 5.00 ($A=32.3$ cm²) pinned $N=652.4$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.252$ sec

Τελικά επιλέγω Corebrace 3.00 ($A=19.4$ cm²) pinned

Πίνακας 3.15 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	21.60	5.00	0.006171	0.001429
Story1	TH2	17.00	3.20	0.004857	0.000914
Story1	TH3	16.10	5.60	0.004600	0.001600
Story1	TH6	42.90	16.20	0.012257	0.004629
Story1	TH7	20.50	6.90	0.005857	0.001971
Story1	TH8	17.20	1.20	0.004914	0.000343
Story1	TH9	17.60	3.70	0.005029	0.001057
Story1	TH10	10.80	2.10	0.003086	0.000600
Story1	TH11	13.30	0.60	0.003800	0.000171
Story1	TH12	15.50	2.30	0.004429	0.000657
Story1	TH13	15.60	2.10	0.004457	0.000600
Story1	TH14	26.60	10.80	0.007600	0.003086
Story1	TH15	20.30	2.50	0.005800	0.000714
Story1	TH16	18.20	5.60	0.005200	0.001600
Story1	TH17	13.00	1.20	0.003714	0.000343
Story1	TH19	12.70	0.20	0.003629	0.000057
Story1	TH20	25.10	4.70	0.007171	0.001343
Story1	TH21	36.10	15.50	0.010314	0.004429
	M.O.	21.06	5.83		

Στην ανάλυση του κτιρίου με την προσθήκη ενός BRB στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 90° παρατηρούμε πως το κτίριο αποκρίνεται σε όλες τις περιπτώσεις όπως αναμέναμε.

Πίνακας 3.16 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	83.8
Story1	C1	TH2	74.9
Story1	C1	TH3	69.4
Story1	C1	TH6	100.2
Story1	C1	TH7	83.8
Story1	C1	TH8	75.5
Story1	C1	TH9	76
Story1	C1	TH10	59.1
Story1	C1	TH11	65.7
Story1	C1	TH12	70
Story1	C1	TH13	74.1
Story1	C1	TH14	86.9
Story1	C1	TH15	79.4

Story1	C1	TH16	74.2
Story1	C1	TH17	68.3
Story1	C1	TH19	68.6
Story1	C1	TH20	92
Story1	C1	TH21	99.1
		M.O.	83.78
Story1	C5	TH1	85.8
Story1	C5	TH2	77.4
Story1	C5	TH3	74.9
Story1	C5	TH6	103.3
Story1	C5	TH7	86
Story1	C5	TH8	78
Story1	C5	TH9	78.3
Story1	C5	TH10	64.1
Story1	C5	TH11	71.8
Story1	C5	TH12	76
Story1	C5	TH13	76.3
Story1	C5	TH14	92
Story1	C5	TH15	81.8
Story1	C5	TH16	79.8
Story1	C5	TH17	71
Story1	C5	TH19	71
Story1	C5	TH20	94.3
Story1	C5	TH21	103.1
		M.O.	88.69
Story1	C9	TH1	91
Story1	C9	TH2	80.8
Story1	C9	TH3	70.9
Story1	C9	TH6	103.5
Story1	C9	TH7	86.6
Story1	C9	TH8	81.4
Story1	C9	TH9	82.1
Story1	C9	TH10	65.3
Story1	C9	TH11	70.7
Story1	C9	TH12	72.5
Story1	C9	TH13	79.8
Story1	C9	TH14	85.4
Story1	C9	TH15	86.2
Story1	C9	TH16	75.3
Story1	C9	TH17	73.2
Story1	C9	TH19	73.5
Story1	C9	TH20	94.5
Story1	C9	TH21	111.2
		M.O.	89.57

Story1	C13	TH1	80.8
Story1	C13	TH2	71.6
Story1	C13	TH3	71.7
Story1	C13	TH6	101.4
Story1	C13	TH7	80.8
Story1	C13	TH8	72.2
Story1	C13	TH9	72.7
Story1	C13	TH10	58.8
Story1	C13	TH11	68.4
Story1	C13	TH12	72.6
Story1	C13	TH13	70.6
Story1	C13	TH14	88.5
Story1	C13	TH15	76.4
Story1	C13	TH16	76.5
Story1	C13	TH17	67.5
Story1	C13	TH19	65.8
Story1	C13	TH20	88
Story1	C13	TH21	88.3
		M.O.	82.80

Πίνακας 3.17 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D5	TH1	847.00
Story1	D5	TH2	818.10
Story1	D5	TH3	810.20
Story1	D5	TH6	814.20
Story1	D5	TH7	814.10
Story1	D5	TH8	818.20
Story1	D5	TH9	823.70
Story1	D5	TH10	781.40
Story1	D5	TH11	798.20
Story1	D5	TH12	808.50
Story1	D5	TH13	808.20
Story1	D5	TH14	877.40
Story1	D5	TH15	840.90
Story1	D5	TH16	826.80
Story1	D5	TH17	797.80
Story1	D5	TH19	789.30
Story1	D5	TH20	758.90
Story1	D5	TH21	893.60
		M.O.	818.14



Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα V_{tot} που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε ιστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB. Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R . Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

Πίνακας 3.18 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D5) (kN)	V (D5)	V _{tot} = V2+V(D1)	V _R
TH1	305.60	91.00	847.00	497.85	588.85	1381.30
TH2	277.00	80.80	818.10	480.87	561.67	1346.28
TH3	214.20	70.90	810.20	476.22	547.12	1269.38
TH6	274.40	103.50	814.20	478.57	582.07	1343.10
TH7	221.10	86.60	814.10	478.52	565.12	1277.83
TH8	278.80	81.40	818.20	480.93	562.33	1348.49
TH9	284.80	82.10	823.70	484.16	566.26	1355.83
TH10	238.20	65.30	781.40	459.30	524.60	1298.77
TH11	246.60	70.70	798.20	469.17	539.87	1309.06
TH12	256.10	72.50	808.50	475.22	547.72	1320.69
TH13	269.10	79.80	808.20	475.05	554.85	1336.61
TH14	182.20	85.40	877.40	515.72	601.12	1230.20
TH15	296.40	86.20	840.90	494.27	580.47	1370.04
TH16	226.00	75.30	826.80	485.98	561.28	1283.83
TH17	260.00	73.20	797.80	468.94	542.14	1325.47
TH19	253.10	73.50	789.30	463.94	537.44	1317.02
TH20	-27.20	94.50	758.90	446.07	540.57	1040.40
TH21	343.80	111.20	893.60	525.24	636.44	1428.08



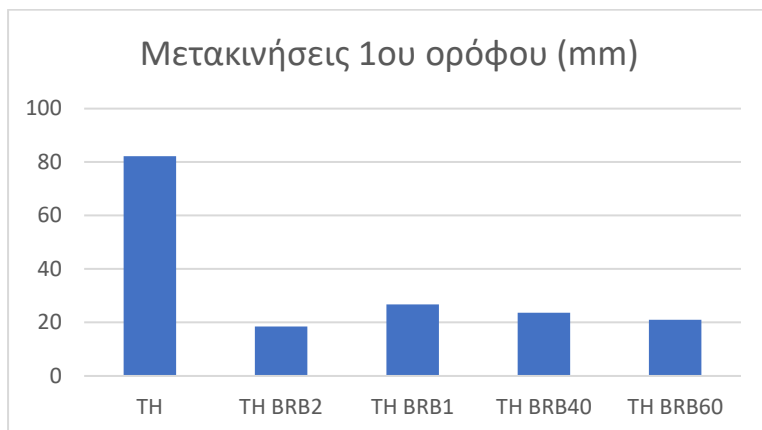
Σε αυτήν την περίπτωση βλέπουμε πως ο σχεδιασμός των συνδέσμων έγινε για αξονική δύναμη $N=652.4 \text{ kN}$ αλλά εν τέλει αναλαμβάνουν δυνάμεις περίπου 142% μεγαλύτερες από αυτές για τις οποίες διαστασιολογήθηκαν.

Οι τέμνουσες δυνάμεις που αναπτύσσονται στα υποστυλώματα είναι μειωμένες περί το 10-15%.

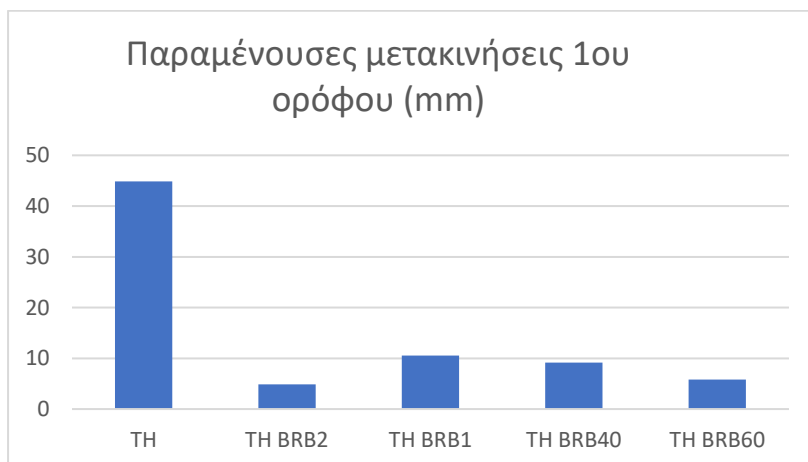
Οι μέγιστες μετακινήσεις από 82.19 mm μειώθηκαν σε 21.06 mm και οι παραμένουσες από 18.45 mm σε 5.83 mm. Παρατηρούμε μία μείωση της τάξης του 10% σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση και 24% σε σχέση με την περίπτωση ενός brb από κόμβο υποστυλώματος σε κόμβο.

3.1.6 Συγκριτικά αποτελέσματα και γραφήματα για όλες τις περιπτώσεις

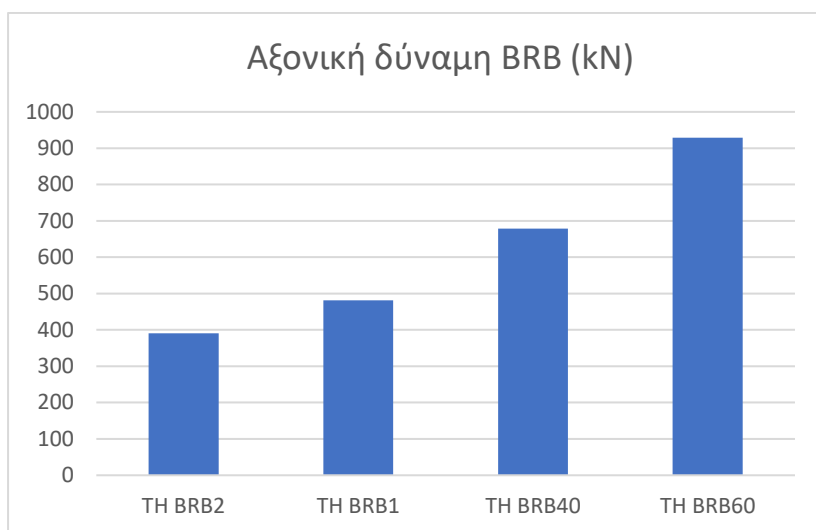
Από τις 4 περιπτώσεις ενίσχυσης καλύτερη συμπεριφορά είχε η προσθήκη 2 BRB και η προσθήκη ενός BRB υπό γωνία 60° .



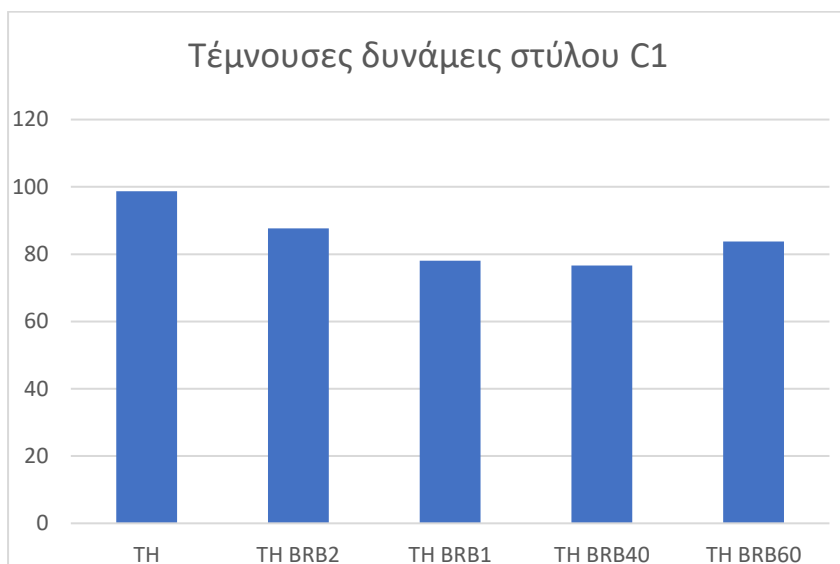
Εικόνα 3.1



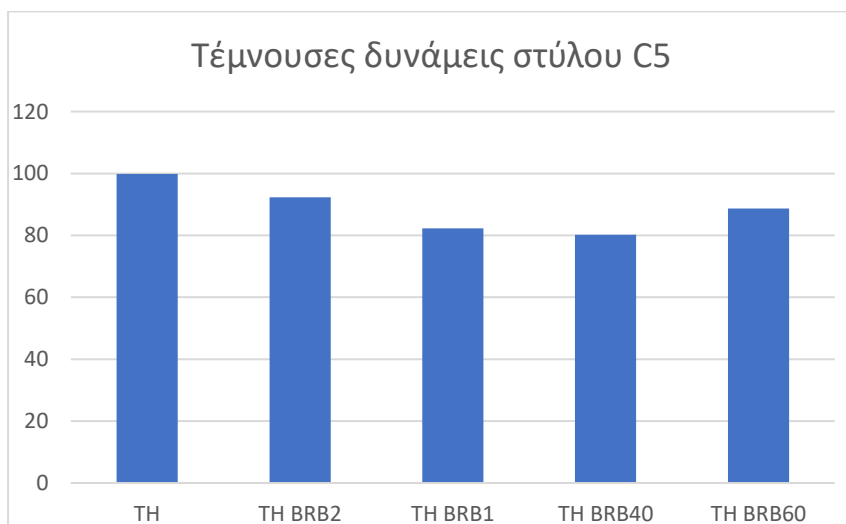
Εικόνα 3.2



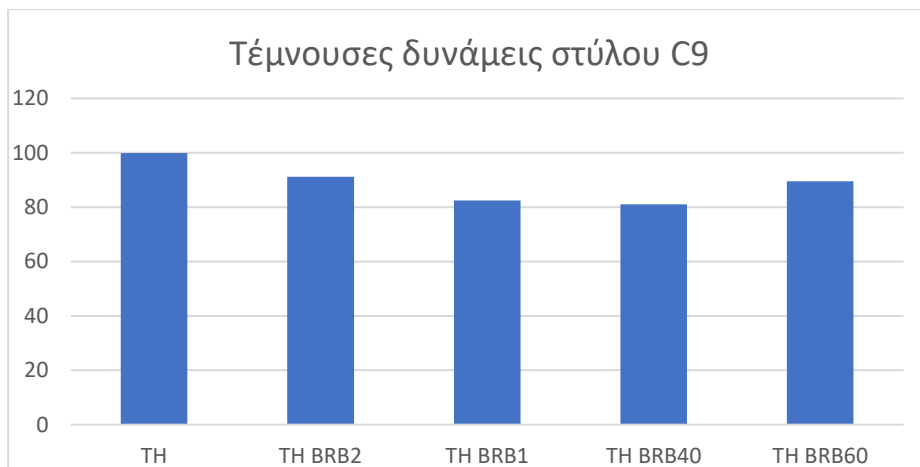
Εικόνα 3.3



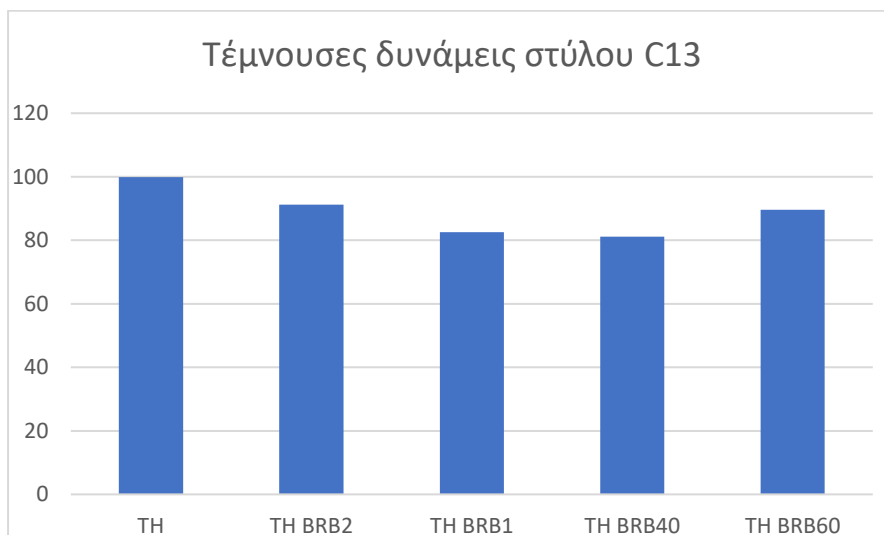
Εικόνα 3.4



Εικόνα 3.5



Εικόνα 3.6



Εικόνα 3.7

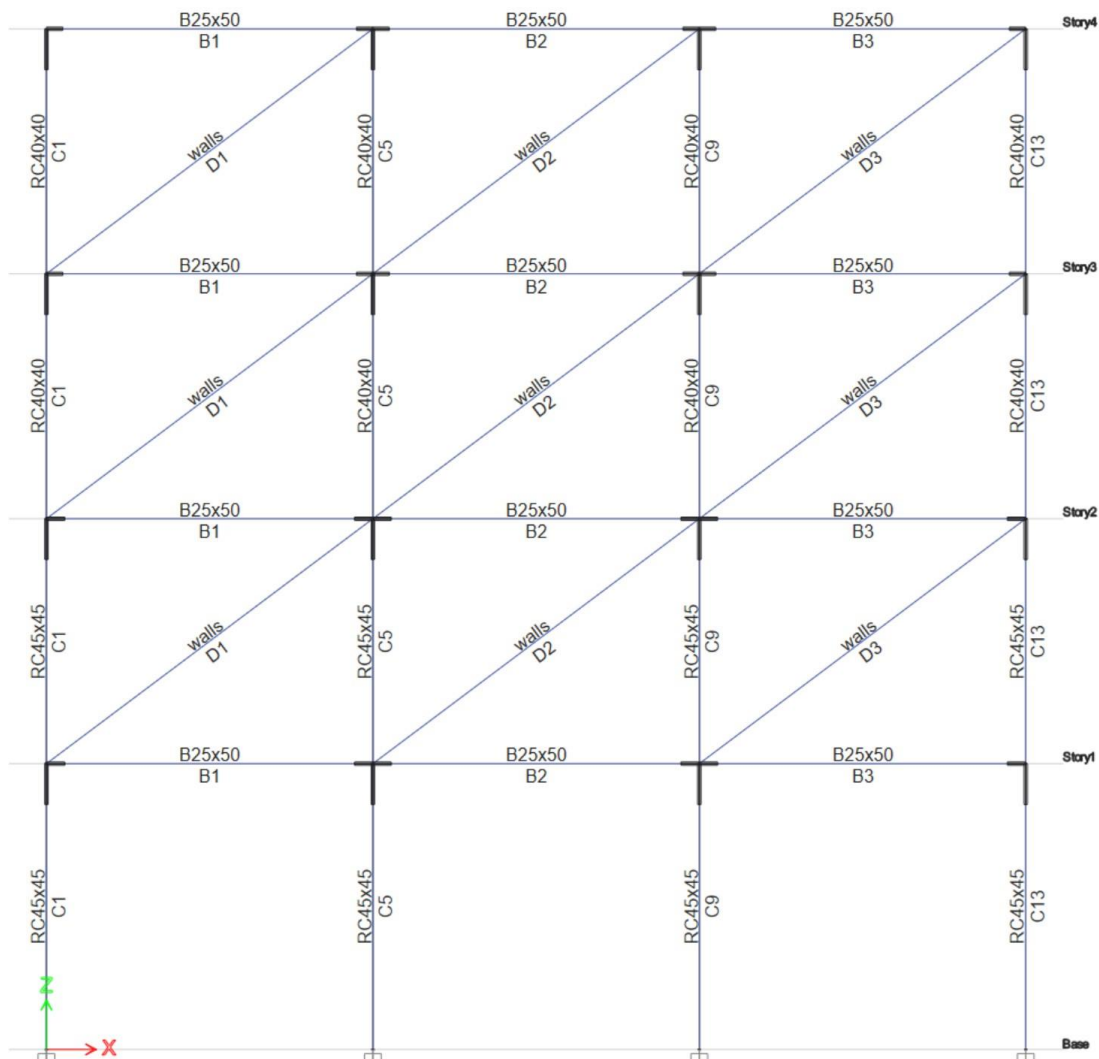
3.2 Απόκριση τετραώροφης κατασκευής

Το κτίριο έχει κατασκευαστεί με σκυρόδεμα B225 και χάλυβα οπλισμού StIII για το διαμήκη οπλισμό και StI για τους συνδετήρες. Η επικάλυψη των οπλισμών είναι 25 mm για όλα τα στοιχεία

Τα υποστυλώματα στο ισόγειο είναι τετραγωνικά 45x45 cm με οπλισμό 1Φ20 στις γωνίες, 1Φ20 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος, ενώ στους υπόλοιπους ορόφους είναι τετραγωνικά 40x40 cm με οπλισμό 1Φ18 στις γωνίες, 1Φ18 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος

Οι δοκοί είναι 25x50 cm με διαμήκη οπλισμό 2Φ12 στην επάνω πλευρά και 4Φ12 στην κάτω πλευρά και συνδετήρες Φ8/120.

3.2.1 Περίπτωση χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας



Σχήμα 3.6 Τετραώροφο κτίριο με Piloti χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας

Πίνακας 3.19 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

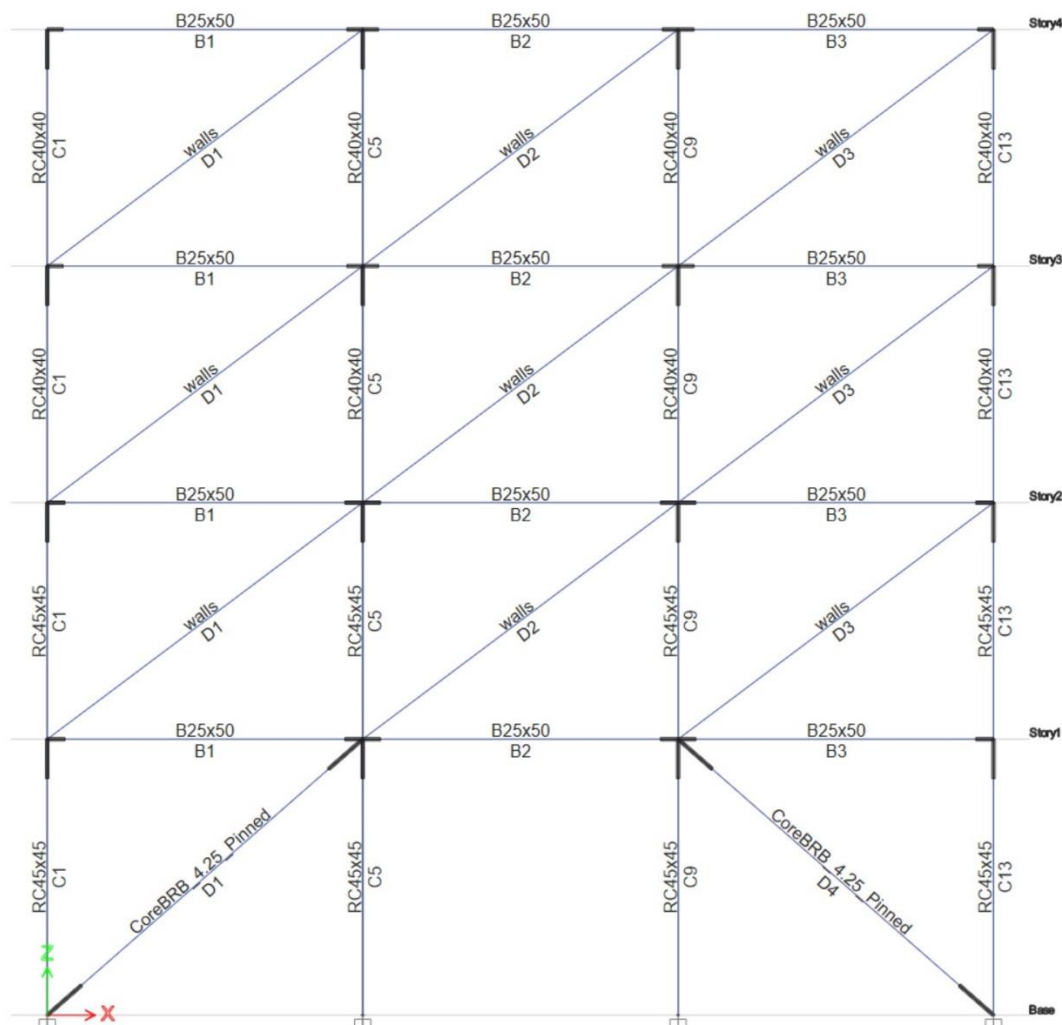
Story	Output Case	U _x max (mm)	U _x perm (mm)	IDR U _x max	IDR U _x perm
Story1	TH1	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH2	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH4	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH5	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH6	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH7	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH9	72.10	37.30	0.020600	0.010657
Story1	TH10	65.30	20.60	0.018657	0.005886

Story1	TH11	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH12	75.00	37.00	0.021429	0.010571
Story1	TH13	46.50	20.90	0.013286	0.005971
Story1	TH14	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH15	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH16	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH17	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH19	73.60	56.00	0.021029	0.016000
Story1	TH20	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH21	Αστοχία	Αστοχία	-	-
	M.O.	74.80	48.02		

Πίνακας 3.20 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH9	155.00
Story1	C1	TH10	148.10
Story1	C1	TH12	149.60
Story1	C1	TH13	149.90
Story1	C1	TH19	149.20
		M.O.	150.36
Story1	C5	TH9	161.60
Story1	C5	TH10	169.60
Story1	C5	TH12	156.60
Story1	C5	TH13	157.10
Story1	C5	TH19	159.70
		M.O.	160.92
Story1	C9	TH9	161.40
Story1	C9	TH10	168.40
Story1	C9	TH12	156.40
Story1	C9	TH13	157.20
Story1	C9	TH19	159.70
		M.O.	160.62
Story1	C13	TH9	147.60
Story1	C13	TH10	157.60
Story1	C13	TH12	156.00
Story1	C13	TH13	150.40
Story1	C13	TH19	158.30
		M.O.	153.98

3.2.2 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα δύο ακραία ανοίγματα



Σχήμα 3.7 Τετραώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα ακραία ανοίγματα

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.544$ sec
2 brb στα ακραία ανοίγματα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$
Corebrace 10.00 pinned $N= -622.3$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.376$ sec

$F_y=235$ MPa
 $A_{req}=622.3/235=26.5$ cm²
Επιλέγω Corebrace 4.25 ($A=27.4$ cm²) pinned $N= -550.5$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.408$ sec
Τελικά επιλέγω Corebrace 4.25 ($A=27.4$ cm²) pinned



Πίνακας 3.21 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	41.00	17.10	0.011714	0.004886
Story1	TH2	26.50	7.40	0.007571	0.002114
Story1	TH3	29.40	5.80	0.008400	0.001657
Story1	TH7	34.70	9.70	0.009914	0.002771
Story1	TH8	14.60	1.40	0.004171	0.000400
Story1	TH9	24.20	8.50	0.006914	0.002429
Story1	TH10	24.50	4.30	0.007000	0.001229
Story1	TH11	83.20	74.10	0.023771	0.021171
Story1	TH12	12.90	0.30	0.003686	0.000086
Story1	TH13	36.00	7.50	0.010286	0.002143
Story1	TH14	21.40	0.80	0.006114	0.000229
Story1	TH15	32.30	5.10	0.009229	0.001457
Story1	TH16	28.70	13.50	0.008200	0.003857
Story1	TH17	58.20	22.30	0.016629	0.006371
Story1	TH19	41.20	12.90	0.011771	0.003686
Story1	TH20	25.80	16.00	0.007371	0.004571
Story1	TH21	75.80	47.30	0.021657	0.013514
	M.O.	35.91	14.94		

Στην ανάλυση του κτιρίου με την προσθήκη των 2 BRB παρατηρούμε πως το κτίριο αποκρίνεται όπως αναμέναμε.

Με μείωση των μετακινήσεων σε όλες τις περιπτώσεις. Και σε καμία περίπτωση δεν έχουμε διαρροή των BRB ή των υποστυλωμάτων.

Οι δυσμενέστερες αυτών είναι οι

Πίνακας 3.22 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	145.70
Story1	C1	TH2	135.20
Story1	C1	TH3	134.50
Story1	C1	TH7	151.00
Story1	C1	TH8	80.60
Story1	C1	TH9	99.20
Story1	C1	TH10	103.20
Story1	C1	TH11	146.40

Story1	C1	TH12	71.60
Story1	C1	TH13	145.10
Story1	C1	TH14	135.20
Story1	C1	TH15	117.60
Story1	C1	TH16	113.60
Story1	C1	TH17	147.40
Story1	C1	TH19	145.80
Story1	C1	TH20	108.20
Story1	C1	TH21	141.40
		M.O.	124.81
Story1	C5	TH1	149.10
Story1	C5	TH2	140.50
Story1	C5	TH3	143.20
Story1	C5	TH7	159.40
Story1	C5	TH8	86.00
Story1	C5	TH9	92.70
Story1	C5	TH10	103.50
Story1	C5	TH11	148.90
Story1	C5	TH12	76.40
Story1	C5	TH13	159.10
Story1	C5	TH14	140.40
Story1	C5	TH15	126.10
Story1	C5	TH16	112.90
Story1	C5	TH17	150.50
Story1	C5	TH19	156.10
Story1	C5	TH20	106.60
Story1	C5	TH21	159.20
		M.O.	130.04
Story1	C9	TH1	159.30
Story1	C9	TH2	137.40
Story1	C9	TH3	139.30
Story1	C9	TH7	159.80
Story1	C9	TH8	82.80
Story1	C9	TH9	95.60
Story1	C9	TH10	109.10
Story1	C9	TH11	153.40
Story1	C9	TH12	74.10
Story1	C9	TH13	155.10
Story1	C9	TH14	140.30
Story1	C9	TH15	117.90
Story1	C9	TH16	106.70
Story1	C9	TH17	154.40
Story1	C9	TH19	160.60
Story1	C9	TH20	112.60

Story1	C9	TH21	153.70
		M.O.	130.12
Story1	C13	TH1	142.40
Story1	C13	TH2	134.90
Story1	C13	TH3	133.90
Story1	C13	TH7	146.60
Story1	C13	TH8	79.20
Story1	C13	TH9	97.10
Story1	C13	TH10	100.10
Story1	C13	TH11	143.10
Story1	C13	TH12	69.00
Story1	C13	TH13	143.90
Story1	C13	TH14	132.30
Story1	C13	TH15	122.80
Story1	C13	TH16	108.10
Story1	C13	TH17	145.40
Story1	C13	TH19	144.90
Story1	C13	TH20	104.30
Story1	C13	TH21	149.50
		M.O.	123.38

Πίνακας 3.23 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D1	TH1	771.70
Story1	D1	TH2	639.70
Story1	D1	TH3	779.10
Story1	D1	TH7	756.00
Story1	D1	TH8	688.20
Story1	D1	TH9	741.30
Story1	D1	TH10	739.30
Story1	D1	TH11	816.60
Story1	D1	TH12	673.20
Story1	D1	TH13	757.80
Story1	D1	TH14	647.70
Story1	D1	TH15	751.80
Story1	D1	TH16	733.10
Story1	D1	TH17	788.90
Story1	D1	TH19	635.00
Story1	D1	TH20	744.60
Story1	D1	TH21	803.90

		M.O.	733.41
Story1	D4	TH1	765.10
Story1	D4	TH2	759.90
Story1	D4	TH3	749.00
Story1	D4	TH7	750.80
Story1	D4	TH8	691.10
Story1	D4	TH9	737.80
Story1	D4	TH10	736.50
Story1	D4	TH11	642.30
Story1	D4	TH12	675.80
Story1	D4	TH13	634.30
Story1	D4	TH14	646.50
Story1	D4	TH15	757.30
Story1	D4	TH16	749.90
Story1	D4	TH17	639.00
Story1	D4	TH19	765.90
Story1	D4	TH20	741.80
Story1	D4	TH21	632.90
		M.O.	710.35

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_v} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_v}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C5 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB. Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

Πίνακας 3.24 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

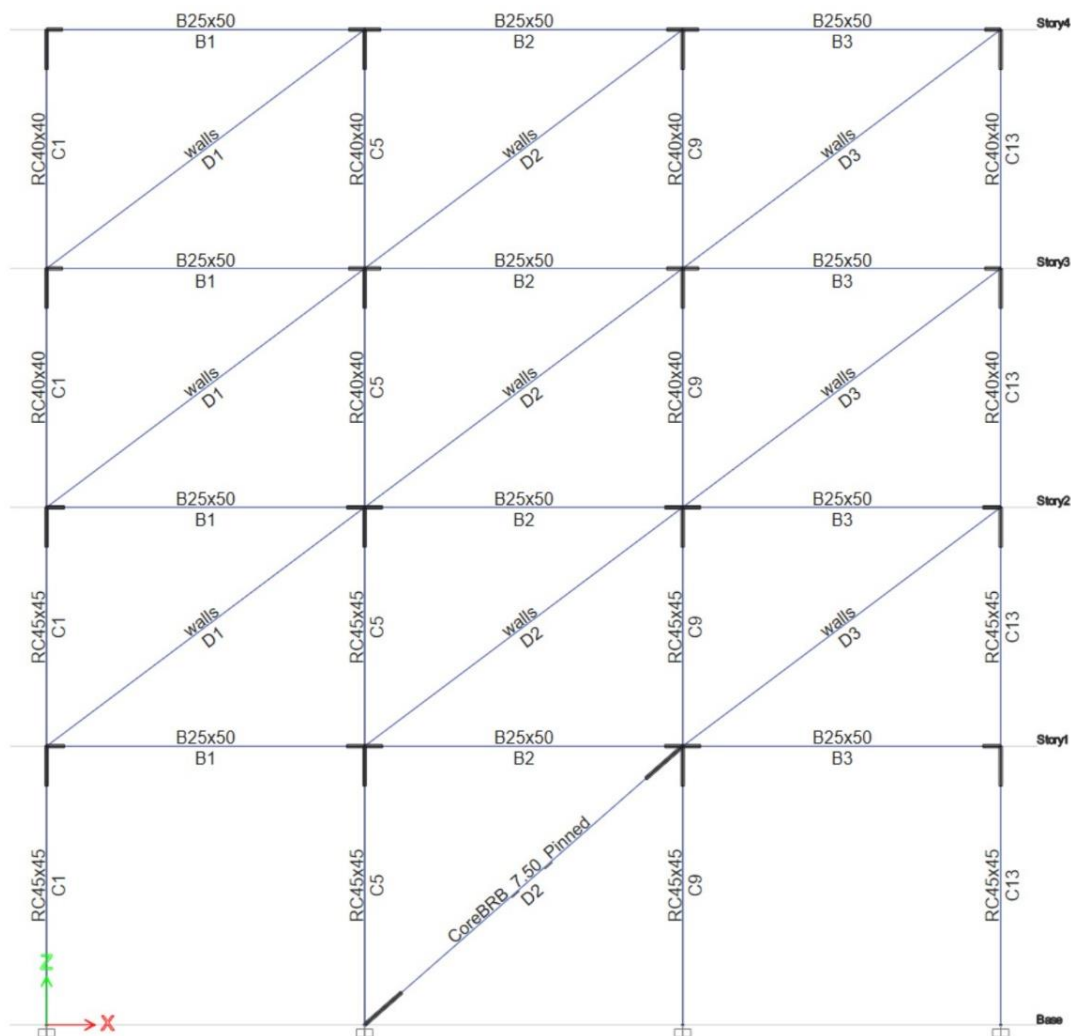
Output Case	P (C5) kN	V2 (kN)	P (D1) (kN)	V (D1)	Vtot= V2+V(D1)	V _R
TH1	608.50	149.10	771.70	582.41	731.51	1437.31



TH2	812.10	140.50	639.70	482.79	623.29	1588.13
TH3	519.90	143.20	779.10	587.99	731.19	1371.68
TH7	806.40	159.40	756.00	570.56	729.96	1583.91
TH8	588.00	86.00	688.20	519.39	605.39	1422.13
TH9	583.20	92.70	741.30	559.47	652.17	1418.57
TH10	596.40	103.50	739.30	557.96	661.46	1428.35
TH11	596.80	148.90	816.60	616.30	765.20	1428.65
TH12	592.40	76.40	673.20	508.07	584.47	1425.39
TH13	533.10	159.10	757.80	571.92	731.02	1381.46
TH14	625.20	140.40	647.70	488.83	629.23	1449.68
TH15	544.40	126.10	751.80	567.39	693.49	1389.83
TH16	559.00	112.90	733.10	553.28	666.18	1400.65
TH17	569.30	150.50	788.90	595.39	745.89	1408.28
TH19	612.60	156.10	635.00	479.24	635.34	1440.35
TH20	592.40	106.60	744.60	561.96	668.56	1425.39
TH21	489.30	159.20	803.90	606.71	765.91	1349.02

Παρατηρούμε πως στην TH1, TH3, TH11 TH15, TH17 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις χρονοϊστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.

3.2.3 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα



Σχήμα 3.8 Τετραώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.544$ sec
1 brb στο μεσαίο άνοιγμα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$
Corebrace 10.00 pinned $N= -1135,8$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.402$ sec

$F_y=235$ MPa
 $A_{req}=1135,8/235=48.3$ cm²
Επιλέγω Corebrace 7.50 ($A=48.4$ cm²) pinned $N= -1076$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.413$ sec
Τελικά επιλέγω Corebrace 7.50 ($A=48.4$ cm²) pinned

Πίνακας 3.25 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	U _x max (mm)	U _x perm (mm)	IDR U _x max	IDR U _x perm
Story1	TH1	44.30	18.90	0.012657	0.005400
Story1	TH2	25.20	15.30	0.007200	0.004371
Story1	TH3	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH5	24.20	6.40	0.006914	0.001829
Story1	TH7	35.20	9.60	0.010057	0.002743
Story1	TH8	18.40	1.50	0.005257	0.000429
Story1	TH9	23.30	14.60	0.006657	0.004171
Story1	TH10	23.50	0.60	0.006714	0.000171
Story1	TH11	45.50	28.50	0.013000	0.008143
Story1	TH12	14.50	0.20	0.004143	0.000057
Story1	TH13	23.60	0.80	0.006743	0.000229
Story1	TH14	35.60	8.80	0.010171	0.002514
Story1	TH15	36.90	11.70	0.010543	0.003343
Story1	TH16	50.00	28.40	0.014286	0.008114
Story1	TH17	33.80	5.00	0.009657	0.001429
Story1	TH19	29.60	4.00	0.008457	0.001143
Story1	TH20	25.00	15.40	0.007143	0.004400
Story1	TH21	51.30	34.60	0.014657	0.009886
	M.O.	31.76	12.02		

Πίνακας 3.26 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V ₂ (kN)
Story1	C1	TH1	146.80
Story1	C1	TH2	110.40
Story1	C1	TH5	109.30
Story1	C1	TH7	136.90
Story1	C1	TH8	90.10
Story1	C1	TH9	93.60
Story1	C1	TH10	106.80
Story1	C1	TH11	147.10
Story1	C1	TH12	77.30
Story1	C1	TH13	101.20
Story1	C1	TH14	152.60
Story1	C1	TH15	136.00
Story1	C1	TH16	152.00
Story1	C1	TH17	123.80
Story1	C1	TH19	117.50
Story1	C1	TH20	109.50
Story1	C1	TH21	142.70

		M.O.	120.80
Story1	C5	TH1	154.40
Story1	C5	TH2	113.40
Story1	C5	TH5	105.20
Story1	C5	TH7	134.10
Story1	C5	TH8	93.70
Story1	C5	TH9	97.30
Story1	C5	TH10	110.90
Story1	C5	TH11	153.00
Story1	C5	TH12	81.10
Story1	C5	TH13	105.30
Story1	C5	TH14	158.20
Story1	C5	TH15	149.10
Story1	C5	TH16	160.30
Story1	C5	TH17	122.90
Story1	C5	TH19	116.80
Story1	C5	TH20	111.20
Story1	C5	TH21	155.80
		M.O.	124.86
Story1	C9	TH1	144.20
Story1	C9	TH2	118.90
Story1	C9	TH5	110.30
Story1	C9	TH7	125.40
Story1	C9	TH8	91.70
Story1	C9	TH9	101.10
Story1	C9	TH10	105.40
Story1	C9	TH11	142.50
Story1	C9	TH12	82.80
Story1	C9	TH13	110.30
Story1	C9	TH14	158.10
Story1	C9	TH15	150.00
Story1	C9	TH16	160.20
Story1	C9	TH17	115.90
Story1	C9	TH19	109.50
Story1	C9	TH20	105.20
Story1	C9	TH21	167.50
		M.O.	123.47
Story1	C13	TH1	141.60
Story1	C13	TH2	112.00
Story1	C13	TH5	104.70
Story1	C13	TH7	128.10
Story1	C13	TH8	88.90
Story1	C13	TH9	94.20
Story1	C13	TH10	104.50

Story1	C13	TH11	139.80
Story1	C13	TH12	74.80
Story1	C13	TH13	103.10
Story1	C13	TH14	149.50
Story1	C13	TH15	142.70
Story1	C13	TH16	147.20
Story1	C13	TH17	118.30
Story1	C13	TH19	111.60
Story1	C13	TH20	106.00
Story1	C13	TH21	148.10
		M.O.	118.54

Πίνακας 3.27 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D2	TH1	1379.80
Story1	D2	TH2	1333.10
Story1	D2	TH3	Αστοχία
Story1	D2	TH5	1304.70
Story1	D2	TH7	1347.70
Story1	D2	TH8	1245.50
Story1	D2	TH9	1324.70
Story1	D2	TH10	1319.40
Story1	D2	TH11	1375.60
Story1	D2	TH12	1215.30
Story1	D2	TH13	1294.10
Story1	D2	TH14	1130.30
Story1	D2	TH15	1342.20
Story1	D2	TH16	1322.80
Story1	D2	TH17	1350.10
Story1	D2	TH19	1339.10
Story1	D2	TH20	1333.90
Story1	D2	TH21	1374.10
		M.O.	1313.67

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right) \right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Πίνακας 3.28 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα V_{tot} που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB. Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε στις περιπτώσεις 3,4,8,9,10, 12,14,15,17,19 και την 20 δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα.

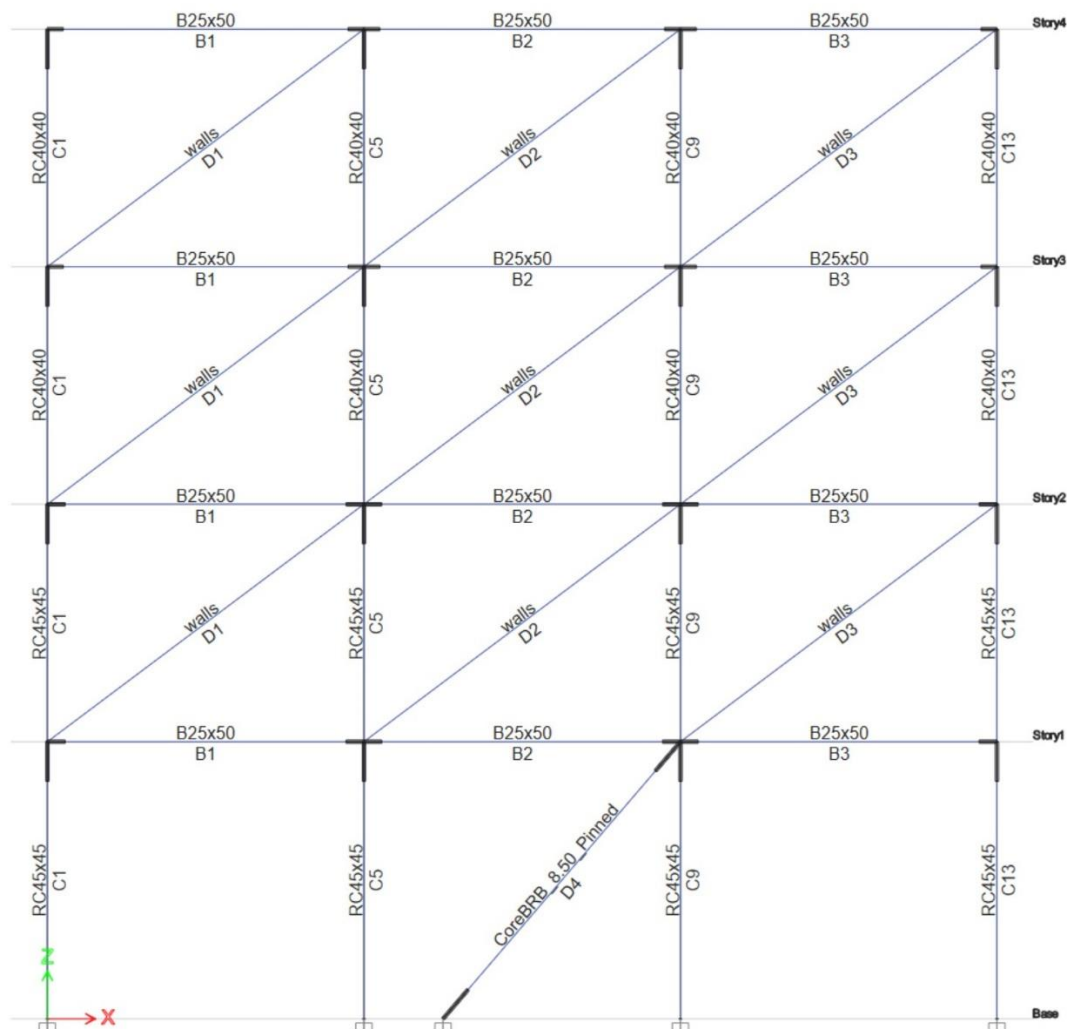
Το BRB μειώνει την αξονική δύναμη που παραλαμβάνει το υποστύλωμα C9 η οποία δρα ευεργετικά στη συνολική τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει

Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D2) (kN)	V (D1)	V _{tot} = V2+V(D1)	V _R
TH1	-230.50	144.20	1379.80	1041.35	1185.55	1157.31
TH2	-127.50	118.90	1333.10	1006.10	1125.00	1081.02
TH3	-149.10	110.30	1304.70	984.67	1094.97	1097.02
TH7	-235.10	125.40	1347.70	1017.12	1142.52	1160.72
TH8	-201.50	91.70	1245.50	939.99	1031.69	1135.83
TH9	-181.10	101.10	1324.70	999.76	1100.86	1120.72
TH10	-205.50	105.40	1319.40	995.76	1101.16	1138.79
TH11	-263.50	142.50	1375.60	1038.18	1180.68	1181.76
TH12	-211.40	82.80	1215.30	917.20	1000.00	1143.16
TH13	-157.40	110.30	1294.10	976.67	1086.97	1103.16
TH14	-561.40	158.10	1130.30	853.05	1011.15	1402.42
TH15	-114.30	150.00	1342.20	1012.97	1162.97	1071.24
TH16	-135.20	160.20	1322.80	998.33	1158.53	1086.72
TH17	-218.20	115.90	1350.10	1018.93	1134.83	1148.20
TH19	-250.90	109.50	1339.10	1010.63	1120.13	1172.42
TH20	-207.40	105.20	1333.90	1006.71	1111.91	1140.20
TH21	-98.90	167.50	1374.10	1037.05	1204.55	1059.83

Παρατηρούμε πως στην TH1, TH2, TH7, TH11 TH17, TH19 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις χρονοϊστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου. Τέλος στην TH3 η οποία δεν τελείωσε λόγω μη σύγκλισης των μη γραμμικών εξισώσεων, είχαμε ήδη αστοχία του φορέα σε προηγούμενα βήματα



3.2.4 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Σχήμα 3.9 Τετραώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40°

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.544$ sec
1 brb στο μεσαίο άνοιγμα με γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$
Corebrace 10.00 pinned $N= -1259,6$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.41$ sec

$F_y=235$ MPa
 $A_{req}=1259,6/235=53,6$ cm²
Επιλέγω Corebrace 8.50 ($A=54,8$ cm²) pinned $N= -1218$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.417$ sec
Τελικά επιλέγω Corebrace 8.50 ($A=54,8$ cm²) pinned

Πίνακας 3.29 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	U _x max (mm)	U _x perm (mm)	IDR U _x max	IDR U _x perm
Story1	TH1	43.50	16.80	0.012429	0.004800
Story1	TH2	25.70	15.30	0.007343	0.004371
Story1	TH3	38.60	5.40	0.011029	0.001543
Story1	TH6	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH7	36.50	10.20	0.010429	0.002914
Story1	TH8	19.70	1.70	0.005629	0.000486
Story1	TH9	23.30	14.30	0.006657	0.004086
Story1	TH10	23.70	0.80	0.006771	0.000229
Story1	TH11	48.60	31.80	0.013886	0.009086
Story1	TH12	15.00	0.60	0.004286	0.000171
Story1	TH13	25.20	0.20	0.007200	0.000057
Story1	TH14	21.30	4.20	0.006086	0.001200
Story1	TH15	38.20	10.50	0.010914	0.003000
Story1	TH16	28.70	2.20	0.008200	0.000629
Story1	TH17	35.70	5.90	0.010200	0.001686
Story1	TH19	30.50	4.50	0.008714	0.001286
Story1	TH20	25.30	15.60	0.007229	0.004457
Story1	TH21	52.80	34.70	0.015086	0.009914
	M.O.	31.31	10.28		

Πίνακας 3.29 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V ₂ (kN)
Story1	C1	TH1	146.60
Story1	C1	TH2	113.10
Story1	C1	TH3	150.90
Story1	C1	TH7	141.80
Story1	C1	TH8	94.30
Story1	C1	TH9	96.00
Story1	C1	TH10	109.30
Story1	C1	TH11	148.20
Story1	C1	TH12	81.40
Story1	C1	TH13	106.20
Story1	C1	TH14	98.90
Story1	C1	TH15	141.20
Story1	C1	TH16	146.40
Story1	C1	TH17	130.20
Story1	C1	TH19	121.40

Story1	C1	TH20	110.70
Story1	C1	TH21	142.50
		M.O.	122.30
Story1	C5	TH1	154.40
Story1	C5	TH2	116.70
Story1	C5	TH3	160.80
Story1	C5	TH7	138.60
Story1	C5	TH8	97.50
Story1	C5	TH9	99.80
Story1	C5	TH10	113.40
Story1	C5	TH11	153.00
Story1	C5	TH12	84.80
Story1	C5	TH13	110.70
Story1	C5	TH14	104.40
Story1	C5	TH15	146.90
Story1	C5	TH16	157.40
Story1	C5	TH17	128.70
Story1	C5	TH19	120.30
Story1	C5	TH20	112.40
Story1	C5	TH21	155.70
		M.O.	126.79
Story1	C9	TH1	140.50
Story1	C9	TH2	124.60
Story1	C9	TH3	160.80
Story1	C9	TH7	126.40
Story1	C9	TH8	94.00
Story1	C9	TH9	105.40
Story1	C9	TH10	105.90
Story1	C9	TH11	138.10
Story1	C9	TH12	87.60
Story1	C9	TH13	118.20
Story1	C9	TH14	108.80
Story1	C9	TH15	159.70
Story1	C9	TH16	157.30
Story1	C9	TH17	118.50
Story1	C9	TH19	110.30
Story1	C9	TH20	104.20
Story1	C9	TH21	173.40
		M.O.	125.51
Story1	C13	TH1	141.90
Story1	C13	TH2	114.90
Story1	C13	TH3	153.60
Story1	C13	TH7	132.60
Story1	C13	TH8	92.60

Story1	C13	TH9	96.90
Story1	C13	TH10	107.30
Story1	C13	TH11	139.60
Story1	C13	TH12	79.00
Story1	C13	TH13	108.80
Story1	C13	TH14	99.10
Story1	C13	TH15	145.40
Story1	C13	TH16	149.40
Story1	C13	TH17	123.90
Story1	C13	TH19	115.00
Story1	C13	TH20	107.10
Story1	C13	TH21	148.90
		M.O.	120.94

Πίνακας 3.30 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D4	TH1	1563.10
Story1	D4	TH2	1518.10
Story1	D4	TH3	1521.10
Story1	D4	TH7	1530.60
Story1	D4	TH8	1422.80
Story1	D4	TH9	1501.70
Story1	D4	TH10	1495.20
Story1	D4	TH11	1567.10
Story1	D4	TH12	1383.40
Story1	D4	TH13	1484.70
Story1	D4	TH14	1463.70
Story1	D4	TH15	1525.40
Story1	D4	TH16	1500.70
Story1	D4	TH17	1535.70
Story1	D4	TH19	1520.00
Story1	D4	TH20	1515.60
Story1	D4	TH21	1562.20
		M.O.	1506.54

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w



$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε ιστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB.

Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως στις περιπτώσεις 1,3,4,10,11,17,19 και 20 έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα.

Το BRB μειώνει την αξονική δύναμη που παραλαμβάνει το υποστύλωμα C9 η οποία δρα ευεργετικά στη συνολική τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει.

Βέβαια στην περίπτωση που η φορά του σεισμού είναι αντίθετη ο έλεγχος βγαίνει με μεγάλη ευκολία

Πίνακας 3.31 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D4) (kN)	V (D4)	Vtot= V2+V(D1)	V _R
TH1	10.60	140.50	1563.10	1025.49	1165.99	1047.47
TH2	135.50	124.60	1518.10	995.96	1120.56	1200.41
TH3	-14.60	160.80	1521.10	997.93	1158.73	1052.37
TH7	-1.40	126.40	1530.60	1004.16	1130.56	1036.20
TH8	41.20	94.00	1422.80	933.44	1027.44	1084.94
TH9	71.40	105.40	1501.70	985.20	1090.60	1121.92
TH10	36.10	105.90	1495.20	980.94	1086.84	1078.69
TH11	-42.70	138.10	1567.10	1028.11	1166.21	1086.77
TH12	29.50	87.60	1383.40	907.59	995.19	1070.61
TH13	108.80	118.20	1484.70	974.05	1092.25	1167.71
TH14	88.40	108.80	1463.70	960.27	1069.07	1142.73
TH15	152.20	159.70	1525.40	1000.75	1160.45	1220.86
TH16	123.30	157.30	1500.70	984.55	1141.85	1185.47
TH17	21.30	118.50	1535.70	1007.51	1126.01	1060.57
TH19	-26.70	110.30	1520.00	997.21	1107.51	1067.18
TH20	38.40	104.20	1515.60	994.32	1098.52	1081.51
TH21	174.90	173.40	1562.20	1024.90	1198.30	1248.65

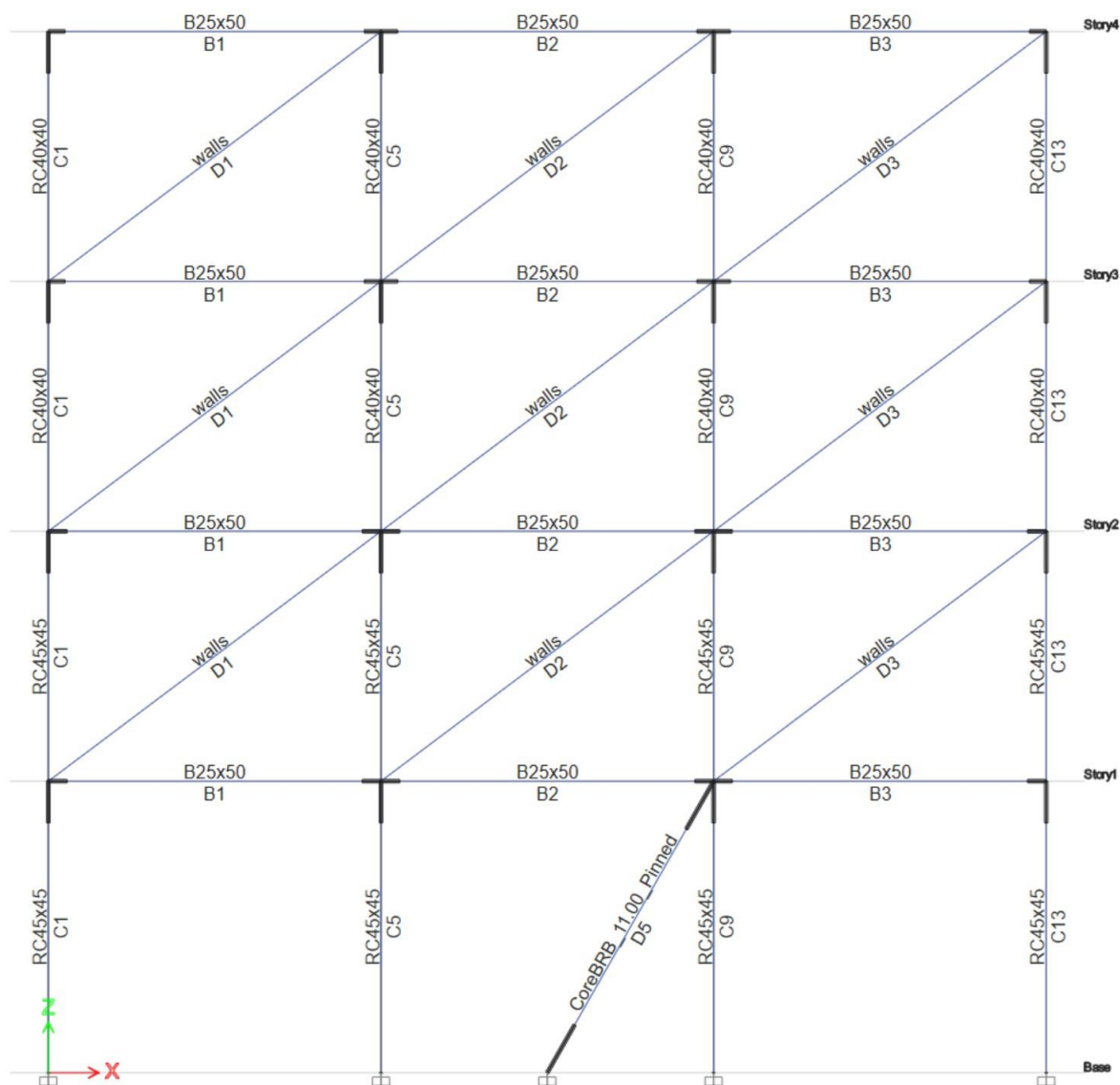
Παρατηρούμε πως σε όλες τις περιπτώσεις

Παρατηρούμε πως στην TH1, TH2, TH7, TH11, TH15 TH17, TH19 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις ιστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.

Τέλος στην TH6 η οποία δεν τελείωσε λόγω μη σύγκλισης των μη γραμμικών εξισώσεων, είχαμε ήδη αστοχία του φορέα σε προηγούμενα βήματα



3.2.5 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Σχήμα 3.9 Τετραώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60°

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.544$ sec
1 brb στο μεσαίο άνοιγμα με γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$
Corebrace 10.00 pinned $N= -1519.4$ kN
Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.41$ sec

$F_y=235$ MPa



$$A_{req}=1519.4/235=64.6 \text{ cm}^2$$

Επιλέγω Corebrace 11.00 (A=71.00 cm²) pinned N= -1590.7 kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει T=0.417 sec

Τελικά επιλέγω Corebrace 8.50 (A=54,8 cm²) pinned

Πίνακας 3.32 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	43.80	22.70	0.012514	0.006486
Story1	TH2	25.90	15.30	0.007400	0.004371
Story1	TH6	16.70	0.60	0.004771	0.000171
Story1	TH7	36.40	11.00	0.010400	0.003143
Story1	TH8	19.90	1.90	0.005686	0.000543
Story1	TH9	26.00	3.00	0.007429	0.000857
Story1	TH11	47.40	29.90	0.013543	0.008543
Story1	TH12	15.00	0.90	0.004286	0.000257
Story1	TH13	25.20	0.80	0.007200	0.000229
Story1	TH14	55.90	34.90	0.015971	0.009971
Story1	TH15	38.10	11.10	0.010886	0.003171
Story1	TH16	28.00	11.20	0.008000	0.003200
Story1	TH17	35.80	7.30	0.010229	0.002086
Story1	TH18	40.70	15.40	0.011629	0.004400
Story1	TH19	30.10	4.00	0.008600	0.001143
Story1	TH20	25.70	15.30	0.007343	0.004371
Story1	TH21	52.40	34.00	0.014971	0.009714
	M.O.	33.12	12.90		

Πίνακας 3.33 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	155.10
Story1	C1	TH2	112.80
Story1	C1	TH6	84.20
Story1	C1	TH7	140.80
Story1	C1	TH8	94.00
Story1	C1	TH9	150.50
Story1	C1	TH11	147.80
Story1	C1	TH12	82.00
Story1	C1	TH13	105.40
Story1	C1	TH14	147.00
Story1	C1	TH15	140.40

Story1	C1	TH16	115.00
Story1	C1	TH17	130.70
Story1	C1	TH18	153.10
Story1	C1	TH19	119.80
Story1	C1	TH20	110.10
Story1	C1	TH21	142.70
		M.O.	125.38
Story1	C5	TH1	163.20
Story1	C5	TH2	116.20
Story1	C5	TH6	88.00
Story1	C5	TH7	137.50
Story1	C5	TH8	97.10
Story1	C5	TH9	154.50
Story1	C5	TH11	152.80
Story1	C5	TH12	85.70
Story1	C5	TH13	109.90
Story1	C5	TH14	156.70
Story1	C5	TH15	146.30
Story1	C5	TH16	119.70
Story1	C5	TH17	128.90
Story1	C5	TH18	160.20
Story1	C5	TH19	118.60
Story1	C5	TH20	111.30
Story1	C5	TH21	156.30
		M.O.	129.58
Story1	C9	TH1	163.10
Story1	C9	TH2	128.60
Story1	C9	TH6	85.70
Story1	C9	TH7	119.00
Story1	C9	TH8	96.60
Story1	C9	TH9	151.80
Story1	C9	TH11	129.60
Story1	C9	TH12	90.10
Story1	C9	TH13	121.60
Story1	C9	TH14	156.70
Story1	C9	TH15	165.80
Story1	C9	TH16	133.10
Story1	C9	TH17	113.10
Story1	C9	TH18	160.30
Story1	C9	TH19	103.60
Story1	C9	TH20	98.50
Story1	C9	TH21	183.70
		M.O.	129.46
Story1	C13	TH1	146.00

Story1	C13	TH2	114.60
Story1	C13	TH6	83.70
Story1	C13	TH7	131.30
Story1	C13	TH8	92.20
Story1	C13	TH9	146.70
Story1	C13	TH11	139.40
Story1	C13	TH12	79.70
Story1	C13	TH13	108.20
Story1	C13	TH14	148.30
Story1	C13	TH15	145.50
Story1	C13	TH16	119.00
Story1	C13	TH17	123.90
Story1	C13	TH18	153.50
Story1	C13	TH19	113.30
Story1	C13	TH20	106.00
Story1	C13	TH21	148.90
		M.O.	123.54

Πίνακας 3.34 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D5	TH1	2067.50
Story1	D5	TH2	2006.50
Story1	D5	TH6	1871.10
Story1	D5	TH7	2010.70
Story1	D5	TH8	1897.50
Story1	D5	TH9	1941.80
Story1	D5	TH11	2070.10
Story1	D5	TH12	1844.40
Story1	D5	TH13	1954.00
Story1	D5	TH14	1949.30
Story1	D5	TH15	2010.30
Story1	D5	TH16	1966.30
Story1	D5	TH17	2022.60
Story1	D5	TH18	1940.10
Story1	D5	TH19	1992.90
Story1	D5	TH20	2024.60
Story1	D5	TH21	2073.50
		M.O.	1979.01



Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB. Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως σε όλες τις περιπτώσεις δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα.

Το BRB μειώνει την αξονική δύναμη που παραλαμβάνει το υποστύλωμα C9 η οποία δρα ευεργετικά στη συνολική τέμνουσα που μπορεί να παραλάβει.

Πίνακας 3.35 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D5) (kN)	V (D5)	Vtot= V2+V(D1)	VR
TH1	572.30	163.10	2067.50	1215.25	1378.35	1735.26
TH2	710.70	128.60	2006.50	1179.39	1307.99	1904.73
TH7	558.40	119.00	2010.70	1181.86	1300.86	1718.24
TH8	590.10	96.60	1897.50	1115.32	1211.92	1757.06
TH9	639.20	151.80	1941.80	1141.36	1293.16	1817.18
TH11	417.80	129.60	2070.10	1216.77	1346.37	1546.08
TH12	559.70	90.10	1844.40	1084.11	1174.21	1719.84
TH13	659.70	121.60	1954.00	1148.53	1270.13	1842.28
TH14	658.40	156.70	1949.30	1145.77	1302.47	1840.69
TH15	720.10	165.80	2010.30	1181.62	1347.42	1916.24
TH16	669.40	133.10	1966.30	1155.76	1288.86	1854.16
TH17	595.00	113.10	2022.60	1188.85	1301.95	1763.06
TH18	715.30	160.30	1940.10	1140.36	1300.66	1910.37
TH19	517.70	103.60	1992.90	1171.40	1275.00	1668.41
TH20	575.10	98.50	2024.60	1190.03	1288.53	1738.69
TH21	771.90	183.70	2073.50	1218.77	1402.47	1979.67

Παρατηρούμε πως στην TH2, TH7, TH11, TH13, TH15, TH16, TH17, TH19, TH20 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις χρονοϊστορίες έχουμε

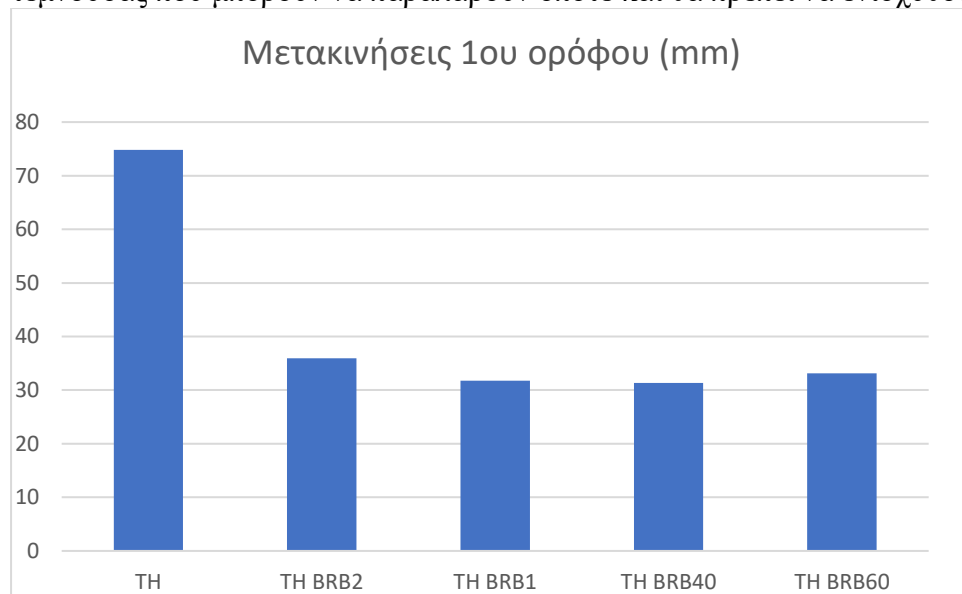


το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.

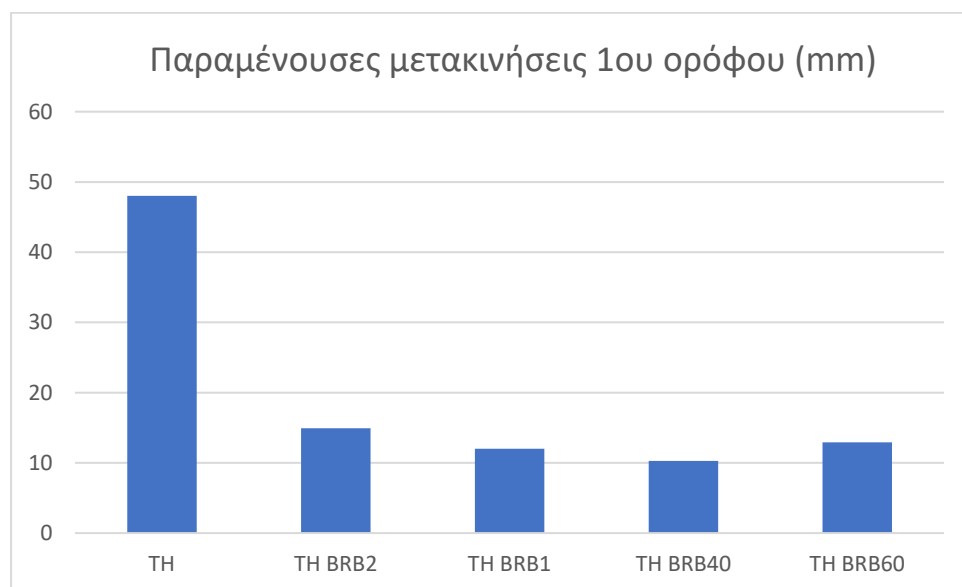
3.2.6 Συγκριτικά αποτελέσματα και γραφήματα για όλες τις περιπτώσεις

Δεδομένου ότι το κτίριο χωρίς ενισχύσεις αστοχεί στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρούμε πως η προσθήκη των BRB λειτουργεί ευεργετικά και στις 4 λύσεις ενισχύσεων.

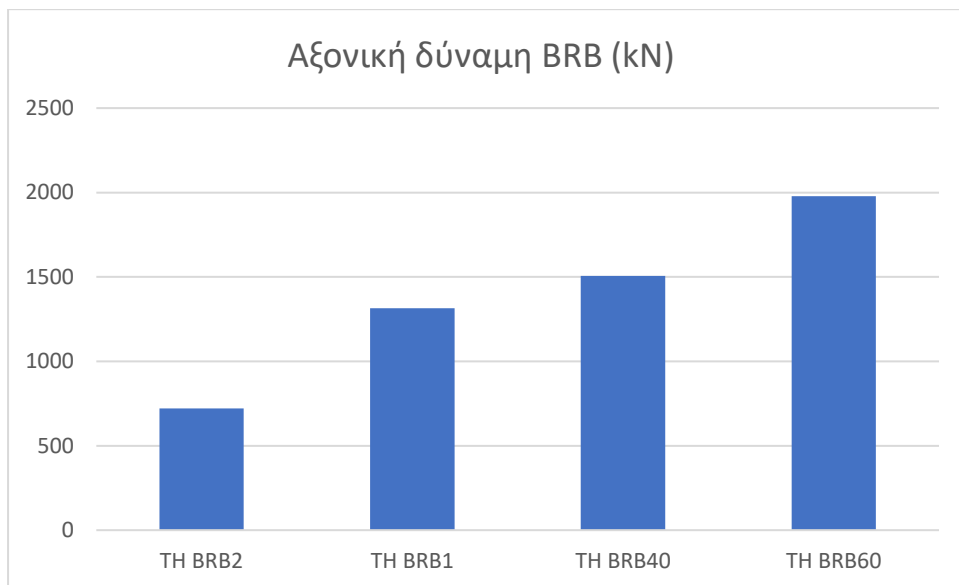
Στις περιπτώσεις με τα 2 BRB και με το ένα BRB στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° τα υποστυλώματα στα οποία καταλήγουν οι αντιλυγισμικοί σύνδεσμοι δε θα χρειαστούν ενίσχυση. Στις άλλες δύο περιπτώσεις έχουμε μία μικρή υπέρβαση της τέμνουσας που μπορούν να παραλάβουν οπότε και θα πρέπει να ενισχυθούν.



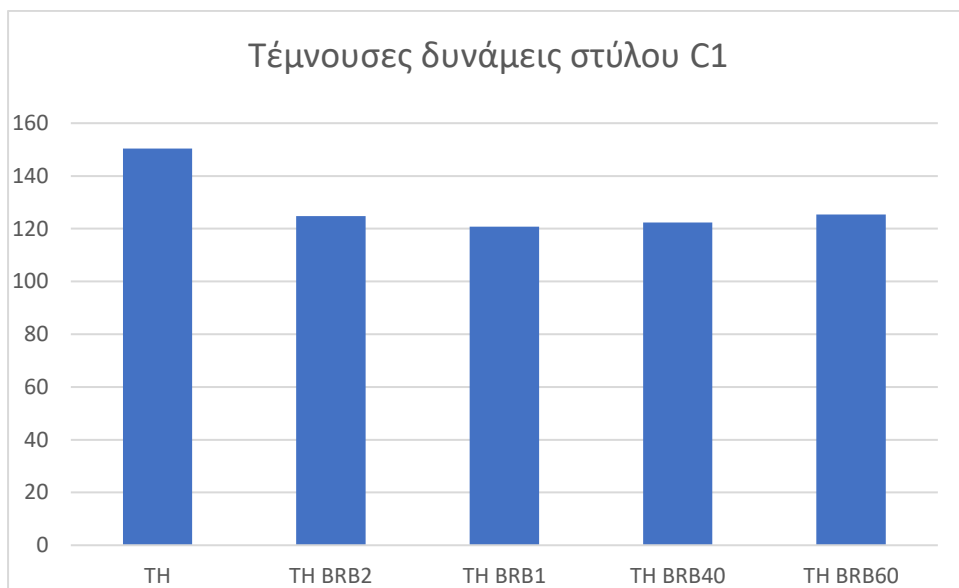
Εικόνα 3.8



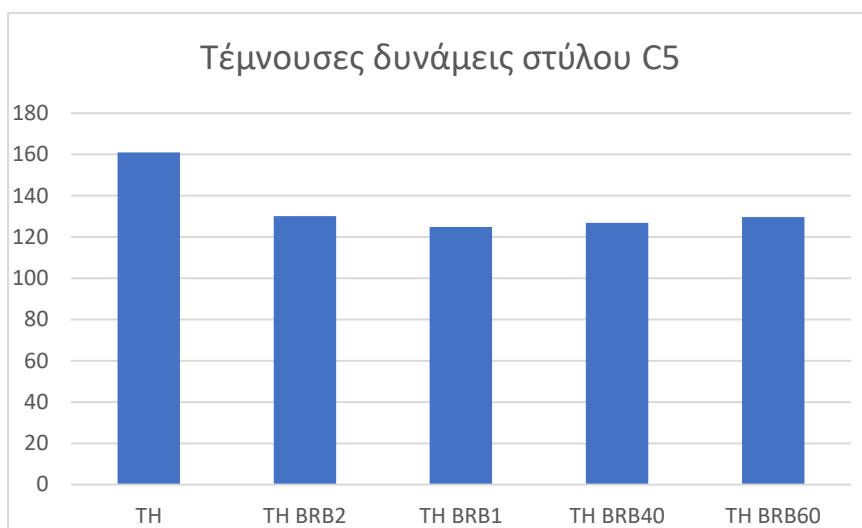
Εικόνα 3.9



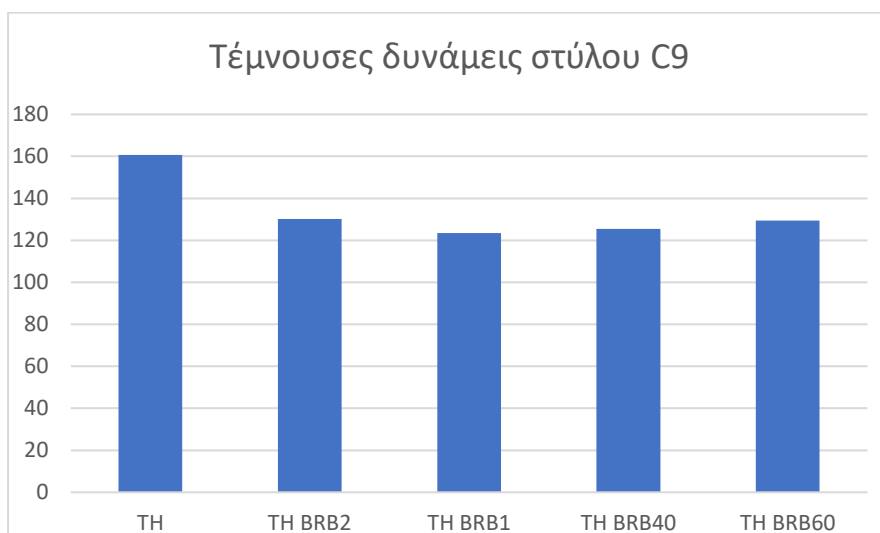
Εικόνα 3.10



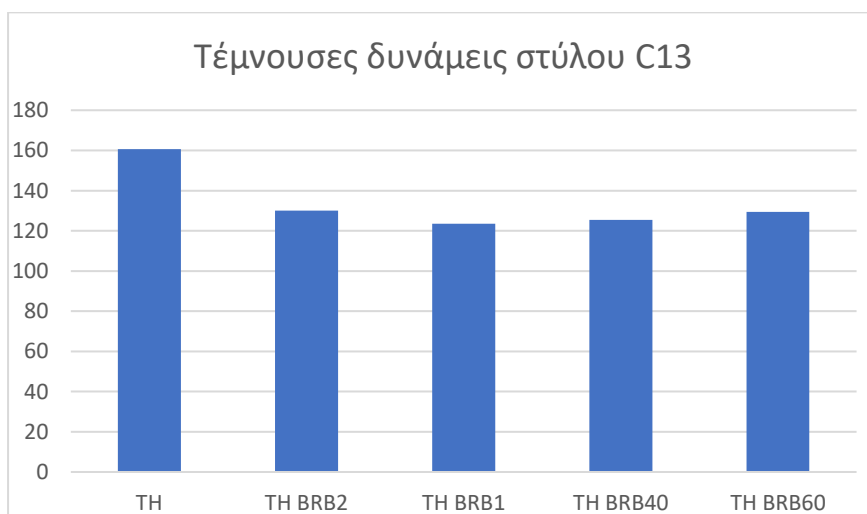
Εικόνα 3.11



Εικόνα 3.12



Εικόνα 3.13



Εικόνα 3.14

3.3 Απόκριση εξάωροφης κατασκευής

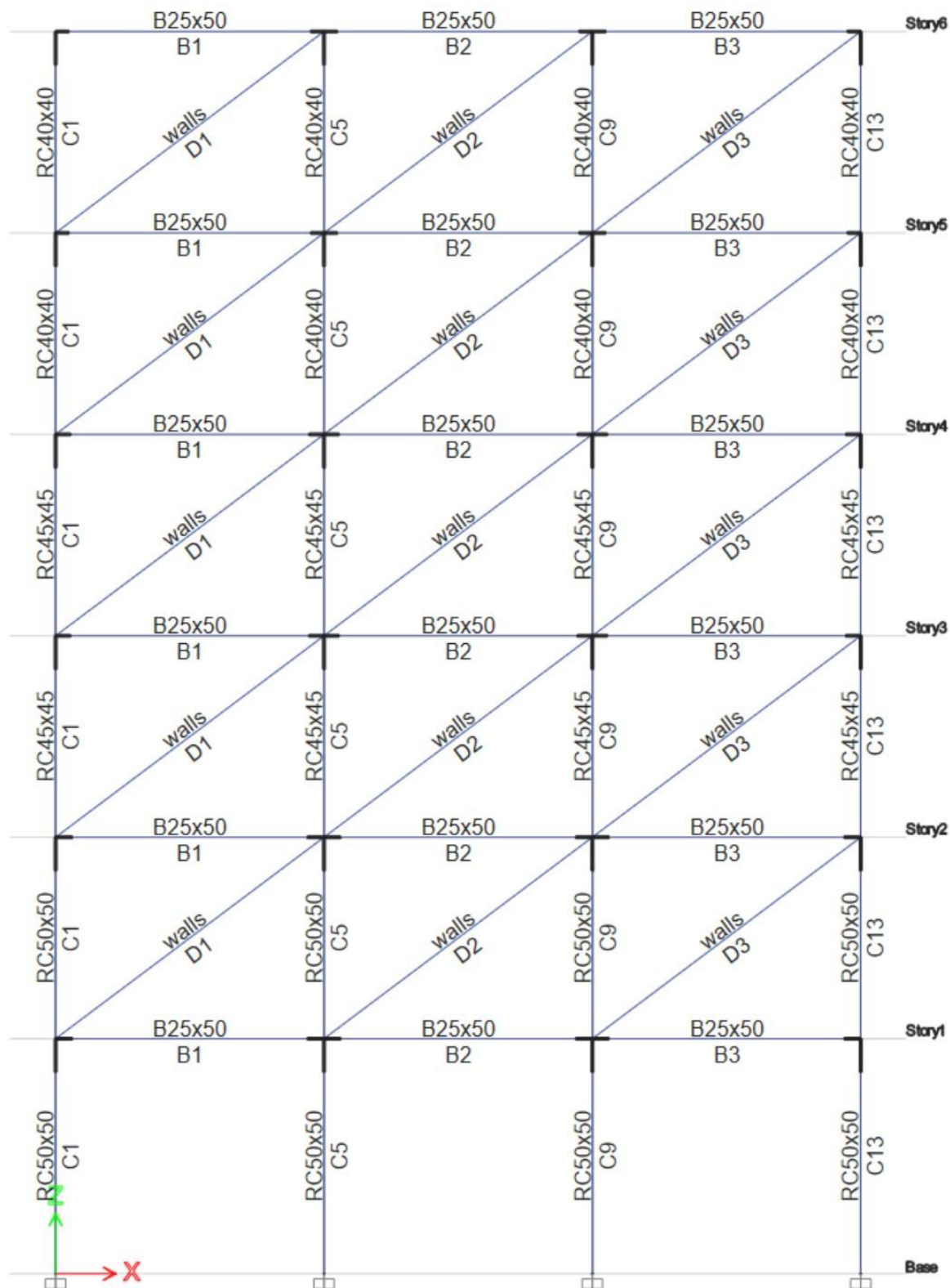
Το κτίριο έχει κατασκευαστεί με σκυρόδεμα B225 και χάλυβα οπλισμού StIII για το διαμήκη οπλισμό και StI για τους συνδετήρες. Η επικάλυψη των οπλισμών είναι 25 mm για όλα τα στοιχεία

Τα υποστυλώματα στο ισόγειο και τον πρώτο όροφο είναι τετραγωνικά 50x50 cm με οπλισμό 1Φ20 στις γωνίες, 2Φ20 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος, στους επόμενους δύο ορόφους είναι τετραγωνικά 45x45 cm με οπλισμό 1Φ20 στις γωνίες, 1Φ20 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος, ενώ στους δύο τελευταίους ορόφους είναι τετραγωνικά 40x40 cm με οπλισμό 1Φ18 στις γωνίες, 1Φ18 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος

Οι δοκοί είναι 25x50 cm με διαμήκη οπλισμό 2Φ12 στην επάνω πλευρά και 4Φ12 στην κάτω πλευρά και συνδετήρες Φ8/120.



3.3.1 Περίπτωση χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας



Σχήμα 3.10 Εξαώροφο κτίριο με Piloti χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας

Πίνακας 3.36 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

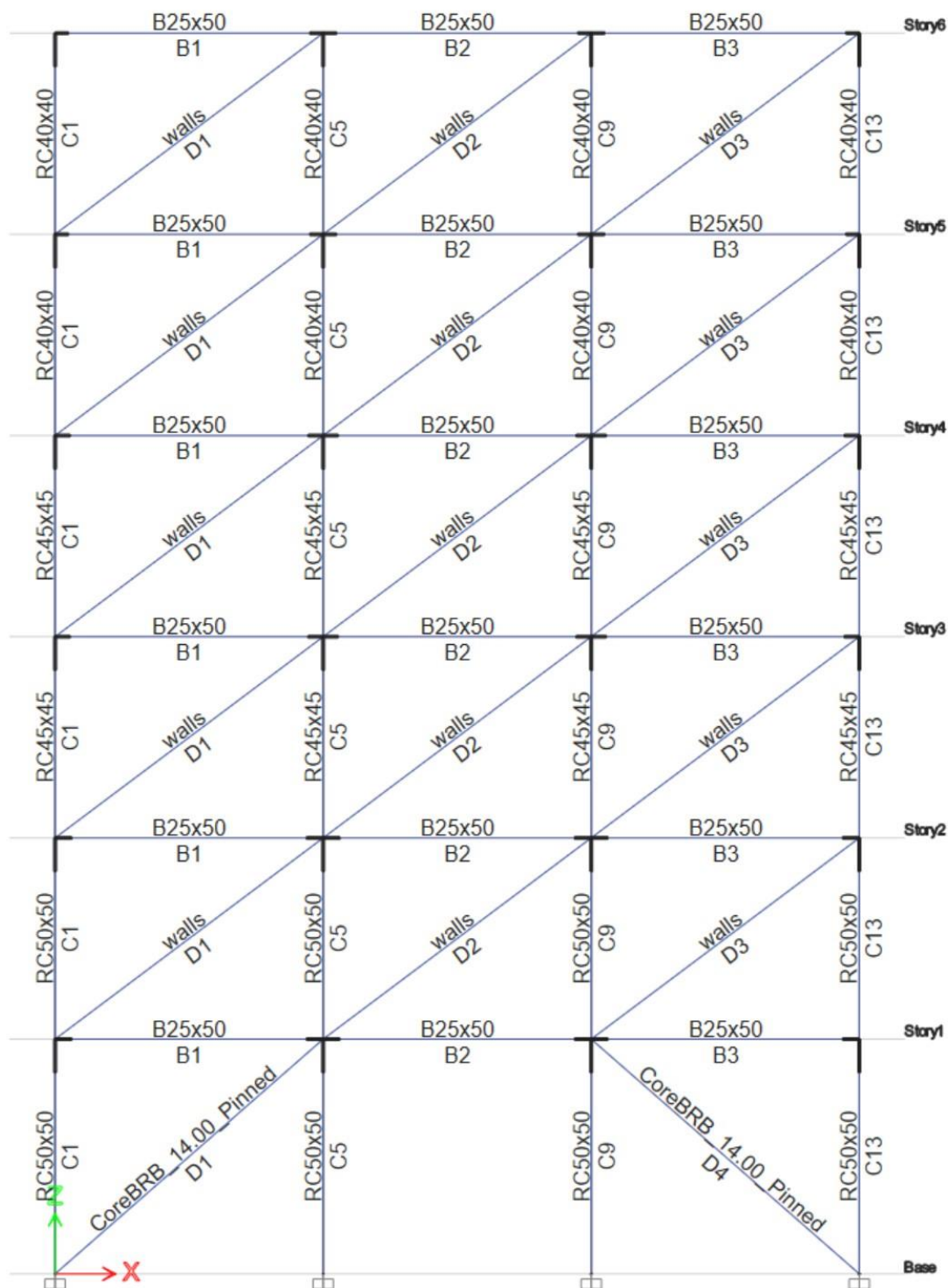
Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH2	114.70	83.30	0.000000	0.023800
Story1	TH3	86.30	47.20	0.000000	0.013486
Story1	TH6	93.00	60.40	0.000000	0.017257
Story1	TH7	87.20	53.60	0.000000	0.015314
Story1	TH8	65.90	33.90	0.000000	0.009686
Story1	TH9	58.60	14.20	0.000000	0.004057
Story1	TH10	78.10	44.90	0.000000	0.012829
Story1	TH12	45.10	6.20	0.000000	0.001771
Story1	TH13	47.40	2.00	0.000000	0.000571
Story1	TH14	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH15	47.10	2.60	0.000000	0.000743
Story1	TH16	75.50	35.40	0.000000	0.010114
Story1	TH17	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH19	61.90	9.00	0.000000	0.002571
Story1	TH20	83.70	45.50	0.000000	0.013000
Story1	TH21	111.30	99.10	0.000000	0.028314
	M.O.	62.11	31.61		

Πίνακας 3.37 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH2	294.20
Story1	C1	TH3	297.10
Story1	C1	TH6	274.30
Story1	C1	TH7	300.30
Story1	C1	TH8	291.40
Story1	C1	TH9	287.30
Story1	C1	TH10	293.00
Story1	C1	TH12	289.70
Story1	C1	TH13	292.40
Story1	C1	TH15	281.50
Story1	C1	TH16	291.40
Story1	C1	TH19	291.10
Story1	C1	TH20	278.40
Story1	C1	TH21	274.00
		M.O.	220.11
Story1	C5	TH2	291.50

Story1	C5	TH3	289.10
Story1	C5	TH6	288.70
Story1	C5	TH7	295.80
Story1	C5	TH8	291.50
Story1	C5	TH9	291.10
Story1	C5	TH10	291.90
Story1	C5	TH12	291.10
Story1	C5	TH13	292.70
Story1	C5	TH15	292.70
Story1	C5	TH16	291.10
Story1	C5	TH19	291.90
Story1	C5	TH20	290.20
Story1	C5	TH21	290.50
		M.O.	222.84
Story1	C9	TH2	290.10
Story1	C9	TH3	287.70
Story1	C9	TH6	291.20
Story1	C9	TH7	294.90
Story1	C9	TH8	290.20
Story1	C9	TH9	292.20
Story1	C9	TH10	290.30
Story1	C9	TH12	292.00
Story1	C9	TH13	291.30
Story1	C9	TH15	293.30
Story1	C9	TH16	289.70
Story1	C9	TH19	292.30
Story1	C9	TH20	291.20
Story1	C9	TH21	292.00
		M.O.	222.84
Story1	C13	TH2	275.90
Story1	C13	TH3	269.70
Story1	C13	TH6	298.90
Story1	C13	TH7	284.50
Story1	C13	TH8	289.70
Story1	C13	TH9	293.40
Story1	C13	TH10	278.00
Story1	C13	TH12	288.80
Story1	C13	TH13	283.80
Story1	C13	TH15	289.90
Story1	C13	TH16	276.40
Story1	C13	TH19	293.70
Story1	C13	TH20	295.60
Story1	C13	TH21	297.40
		M.O.	236.22

3.3.2 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα δύο ακραία ανοίγματα



Σχήμα 3.11 Εξαώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα ακραία ανοίγματα



Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.751$ sec
2 brb στα ακραία ανοίγματα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$

Corebrace 14.00 pinned $N = -942,3$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.60$ sec

$F_y=235$ MPa

$A_{req}=942.3/235=40,1$ cm²

Επιλέγω Corebrace 6.50 ($A=41.9$ cm²) pinned $N = -804.3$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.626$ sec

Τελικά επιλέγω Corebrace 6.50 ($A=41.9$ cm²) pinned

Πίνακας 3.38 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	59.10	33.60	0.016886	0.009600
Story1	TH2	21.30	4.10	0.006086	0.001171
Story1	TH6	43.20	11.50	0.012343	0.003286
Story1	TH7	23.90	2.80	0.006829	0.000800
Story1	TH8	18.00	1.60	0.005143	0.000457
Story1	TH10	34.60	6.60	0.009886	0.001886
Story1	TH11	28.10	0.70	0.008029	0.000200
Story1	TH13	34.30	7.60	0.009800	0.002171
Story1	TH14	24.50	11.60	0.007000	0.003314
Story1	TH15	23.60	1.80	0.006743	0.000514
Story1	TH16	17.00	1.50	0.004857	0.000429
Story1	TH17	20.80	9.50	0.005943	0.002714
Story1	TH18	18.70	3.40	0.005343	0.000971
Story1	TH19	14.60	1.40	0.004171	0.000400
Story1	TH20	22.40	4.60	0.006400	0.001314
Story1	TH21	28.30	0.10	0.008086	0.000029
	M.O.	27.03	6.40		

Πίνακας 3.39 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)	P (kN)
Story1	C1	TH1	283.40	227.50
Story1	C1	TH2	163.40	242.20
Story1	C1	TH6	288.70	75.70
Story1	C1	TH7	189.00	670.50

Story1	C1	TH8	148.80	243.80
Story1	C1	TH10	211.90	35.00
Story1	C1	TH11	185.30	754.30
Story1	C1	TH13	201.60	124.10
Story1	C1	TH14	209.30	585.10
Story1	C1	TH15	167.60	442.10
Story1	C1	TH16	178.50	5.20
Story1	C1	TH17	178.90	609.60
Story1	C1	TH18	156.10	40.20
Story1	C1	TH19	149.40	477.60
Story1	C1	TH20	165.70	99.50
Story1	C1	TH21	172.00	206.20
		M.O.	190.60	
Story1	C5	TH1	260.10	937.30
Story1	C5	TH2	157.80	915.10
Story1	C5	TH6	286.00	901.00
Story1	C5	TH7	184.70	996.50
Story1	C5	TH8	143.30	990.10
Story1	C5	TH10	197.40	939.80
Story1	C5	TH11	179.10	998.00
Story1	C5	TH13	192.20	1012.80
Story1	C5	TH14	175.30	933.90
Story1	C5	TH15	162.20	960.00
Story1	C5	TH16	164.00	992.70
Story1	C5	TH17	162.40	935.70
Story1	C5	TH18	140.80	963.60
Story1	C5	TH19	135.80	985.80
Story1	C5	TH20	148.70	939.30
Story1	C5	TH21	153.60	901.10
		M.O.	177.71	
Story1	C9	TH1	268.70	1170.10
Story1	C9	TH2	157.80	975.10
Story1	C9	TH6	284.70	1001.80
Story1	C9	TH7	182.80	947.00
Story1	C9	TH8	142.50	947.70
Story1	C9	TH10	202.20	1109.50
Story1	C9	TH11	175.80	919.40
Story1	C9	TH13	196.60	880.10
Story1	C9	TH14	179.50	937.50
Story1	C9	TH15	160.10	923.10
Story1	C9	TH16	166.90	990.30
Story1	C9	TH17	166.10	971.60

Story1	C9	TH18	143.80	987.70
Story1	C9	TH19	138.00	967.10
Story1	C9	TH20	152.50	947.90
Story1	C9	TH21	158.30	938.30
		M.O.	179.77	
Story1	C13	TH1	261.10	47.40
Story1	C13	TH2	171.20	380.10
Story1	C13	TH6	278.60	186.10
Story1	C13	TH7	203.10	127.60
Story1	C13	TH8	159.40	243.90
Story1	C13	TH10	194.40	154.20
Story1	C13	TH11	200.60	51.30
Story1	C13	TH13	180.50	64.90
Story1	C13	TH14	192.50	373.80
Story1	C13	TH15	179.10	600.70
Story1	C13	TH16	174.30	638.50
Story1	C13	TH17	173.80	423.90
Story1	C13	TH18	151.50	193.10
Story1	C13	TH19	145.20	224.50
Story1	C13	TH20	160.40	431.00
Story1	C13	TH21	168.60	725.20
		M.O.	187.14	

Πίνακας 3.40 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D1	TH1	1223.70
Story1	D1	TH2	1112.30
Story1	D1	TH6	1157.90
Story1	D1	TH7	1119.30
Story1	D1	TH8	1084.40
Story1	D1	TH10	1179.50
Story1	D1	TH11	1152.80
Story1	D1	TH13	968.70
Story1	D1	TH14	1155.20
Story1	D1	TH15	1130.40
Story1	D1	TH16	1071.50
Story1	D1	TH17	1113.90
Story1	D1	TH18	1085.30
Story1	D1	TH19	1055.30
Story1	D1	TH20	1120.10
Story1	D1	TH21	1146.00

		M.O.	1117.27
Story1	D4	TH1	977.80
Story1	D4	TH2	1114.60
Story1	D4	TH6	969.40
Story1	D4	TH7	1119.90
Story1	D4	TH8	1081.90
Story1	D4	TH10	977.00
Story1	D4	TH11	1145.50
Story1	D4	TH13	1166.30
Story1	D4	TH14	1158.00
Story1	D4	TH15	1128.10
Story1	D4	TH16	1073.70
Story1	D4	TH17	1116.40
Story1	D4	TH18	1087.40
Story1	D4	TH19	1057.40
Story1	D4	TH20	1122.40
Story1	D4	TH21	1154.90
		M.O.	1090.67

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C5 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB.

Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

Πίνακας 3.41 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Output Case	P (C5) kN	V2 (kN)	P (D1) (kN)	V (D1)	Vtot= V2+V(D1)	V _R
TH1	937.30	260.10	1223.70	923.54	1183.64	1530.41
TH2	915.10	157.80	1112.30	839.46	997.26	1517.09
TH6	901.00	286.00	1157.90	873.88	1159.88	1508.63
TH7	996.50	184.70	1119.30	844.75	1029.45	1565.93
TH8	990.10	143.30	1084.40	818.41	961.71	1562.09

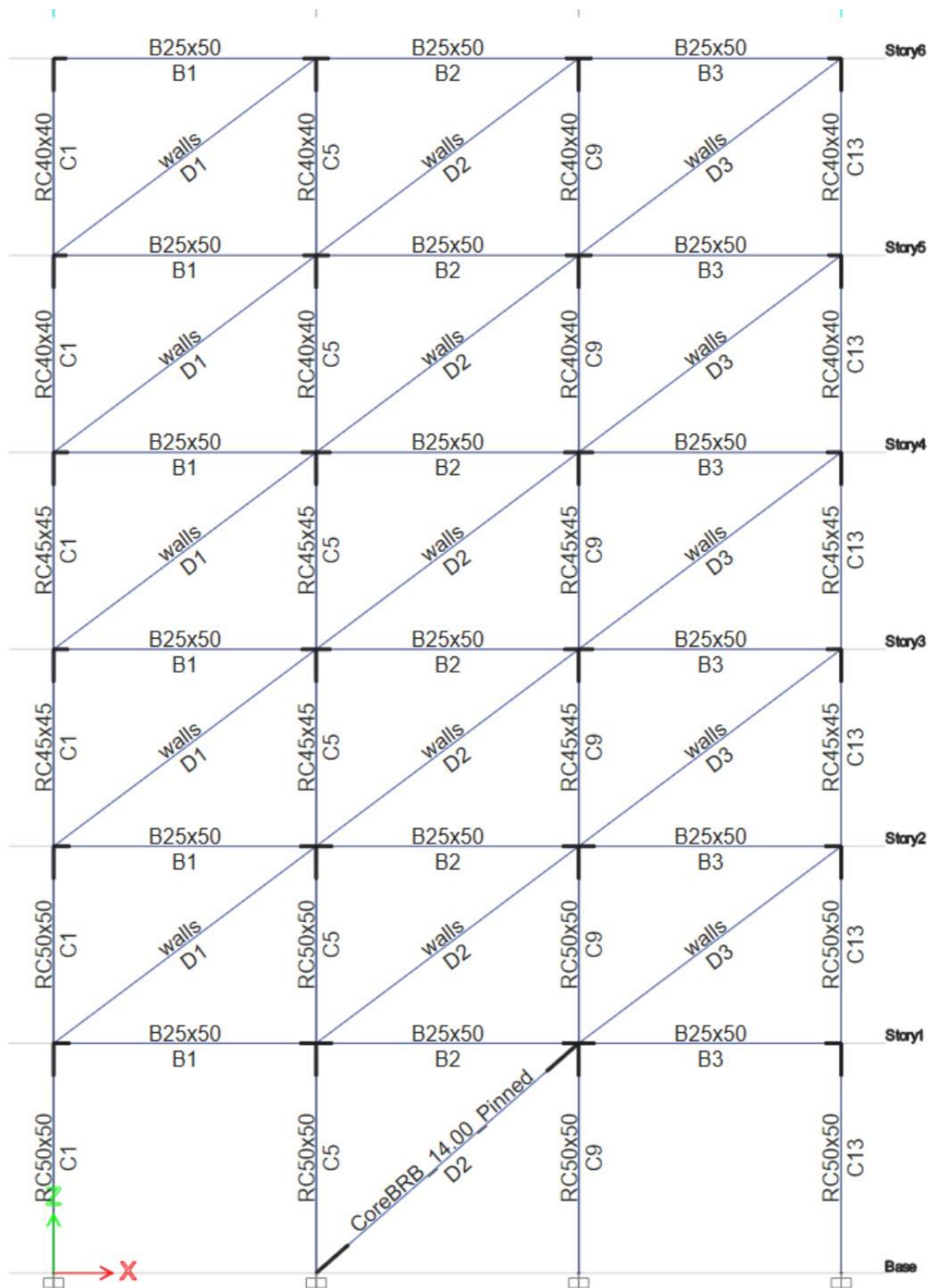


TH10	939.80	197.40	1179.50	890.18	1087.58	1531.91
TH11	998.00	179.10	1152.80	870.03	1049.13	1566.83
TH13	1012.80	192.20	968.70	731.09	923.29	1575.71
TH14	933.90	175.30	1155.20	871.84	1047.14	1528.37
TH15	960.00	162.20	1130.40	853.12	1015.32	1544.03
TH16	992.70	164.00	1071.50	808.67	972.67	1563.65
TH17	935.70	162.40	1113.90	840.67	1003.07	1529.45
TH18	963.60	140.80	1085.30	819.09	959.89	1546.19
TH19	985.80	135.80	1055.30	796.45	932.25	1559.51
TH20	939.30	148.70	1120.10	845.35	994.05	1531.61
TH21	901.10	153.60	1146.00	864.90	1018.50	1508.69

Παρατηρούμε πως στις TH1, TH10, TH11 και TH13 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις хроνοϊστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.



3.2.3 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα



Σχήμα 3.12 Εξάωροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα



Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.751$ sec
2 brb στα ακραία ανοίγματα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$

Corebrace 14.00 pinned $N = -1629,8$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.625$ sec

$F_y=235$ MPa

$A_{req}=1629,8/235=69,4$ cm²

Επιλέγω Corebrace 11,00 ($A=71,00$ cm²) pinned $N = -1531.4$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.633$ sec

Τελικά επιλέγω Corebrace 11,00 ($A=71,00$ cm²) pinned

Πίνακας 3.42 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	40.00	24.70	0.011429	0.007057
Story1	TH2	23.60	6.90	0.006743	0.001971
Story1	TH3	11.90	1.80	0.003400	0.000514
Story1	TH4	42.70	14.50	0.012200	0.004143
Story1	TH5	18.70	2.80	0.005343	0.000800
Story1	TH6	25.50	3.20	0.007286	0.000914
Story1	TH7	30.40	7.50	0.008686	0.002143
Story1	TH8	20.10	1.10	0.005743	0.000314
Story1	TH9	37.30	18.90	0.010657	0.005400
Story1	TH10	23.60	2.40	0.006743	0.000686
Story1	TH11	35.70	6.10	0.010200	0.001743
Story1	TH12	21.20	4.30	0.006057	0.001229
Story1	TH13	18.00	1.00	0.005143	0.000286
Story1	TH14	29.00	10.40	0.008286	0.002971
Story1	TH15	28.20	0.10	0.008057	0.000029
Story1	TH16	19.80	4.00	0.005657	0.001143
Story1	TH17	22.50	9.20	0.006429	0.002629
Story1	TH19	61.50	8.20	0.017571	0.002343
Story1	TH20	27.40	7.60	0.007829	0.002171
Story1	TH21	34.30	3.50	0.009800	0.001000
	M.O.	28.57	6.91		

Πίνακας 3.43 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
-------	--------	-------------	---------

Story1	C1	TH1	213.90
Story1	C1	TH2	168.80
Story1	C1	TH3	133.70
Story1	C1	TH4	274.60
Story1	C1	TH5	137.20
Story1	C1	TH6	145.40
Story1	C1	TH7	185.00
Story1	C1	TH8	131.80
Story1	C1	TH9	195.30
Story1	C1	TH10	146.10
Story1	C1	TH11	188.40
Story1	C1	TH12	131.80
Story1	C1	TH13	136.10
Story1	C1	TH14	173.70
Story1	C1	TH15	154.40
Story1	C1	TH16	161.70
Story1	C1	TH17	159.20
Story1	C1	TH19	291.10
Story1	C1	TH20	160.90
Story1	C1	TH21	168.60
		M.O.	164.46
Story1	C5	TH1	209.20
Story1	C5	TH2	163.00
Story1	C5	TH3	136.20
Story1	C5	TH4	274.80
Story1	C5	TH5	130.40
Story1	C5	TH6	137.40
Story1	C5	TH7	173.00
Story1	C5	TH8	124.10
Story1	C5	TH9	176.30
Story1	C5	TH10	140.00
Story1	C5	TH11	175.60
Story1	C5	TH12	128.10
Story1	C5	TH13	124.10
Story1	C5	TH14	156.60
Story1	C5	TH15	145.20
Story1	C5	TH16	147.10
Story1	C5	TH17	143.20
Story1	C5	TH19	291.80
Story1	C5	TH20	153.20
Story1	C5	TH21	179.00
		M.O.	164.69
Story1	C9	TH1	207.60
Story1	C9	TH2	166.10

Story1	C9	TH3	136.00
Story1	C9	TH4	275.40
Story1	C9	TH5	133.40
Story1	C9	TH6	141.50
Story1	C9	TH7	177.50
Story1	C9	TH8	127.30
Story1	C9	TH9	188.50
Story1	C9	TH10	142.80
Story1	C9	TH11	179.10
Story1	C9	TH12	127.20
Story1	C9	TH13	124.50
Story1	C9	TH14	157.50
Story1	C9	TH15	149.80
Story1	C9	TH16	145.70
Story1	C9	TH17	141.30
Story1	C9	TH19	292.10
Story1	C9	TH20	161.50
Story1	C9	TH21	189.80
		M.O.	166.97
Story1	C13	TH1	218.60
Story1	C13	TH2	180.60
Story1	C13	TH3	128.40
Story1	C13	TH4	284.70
Story1	C13	TH5	147.50
Story1	C13	TH6	155.60
Story1	C13	TH7	202.30
Story1	C13	TH8	141.40
Story1	C13	TH9	187.20
Story1	C13	TH10	157.10
Story1	C13	TH11	198.80
Story1	C13	TH12	141.70
Story1	C13	TH13	133.60
Story1	C13	TH14	171.00
Story1	C13	TH15	163.60
Story1	C13	TH16	156.70
Story1	C13	TH17	153.60
Story1	C13	TH19	293.60
Story1	C13	TH20	156.80
Story1	C13	TH21	182.70
		M.O.	177.78

Πίνακας 3.44 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
-------	-------	-------------	--------

Story1	D2	TH1	2014.00
Story1	D2	TH2	1952.60
Story1	D2	TH3	1760.50
Story1	D2	TH4	1716.70
Story1	D2	TH5	1878.20
Story1	D2	TH6	1967.90
Story1	D2	TH7	1965.40
Story1	D2	TH8	1888.30
Story1	D2	TH9	1998.90
Story1	D2	TH10	1921.90
Story1	D2	TH11	1983.00
Story1	D2	TH12	1922.70
Story1	D2	TH13	1839.00
Story1	D2	TH14	2011.90
Story1	D2	TH15	1993.30
Story1	D2	TH16	1879.50
Story1	D2	TH17	1954.10
Story1	D2	TH19	1641.20
Story1	D2	TH20	1964.80
Story1	D2	TH21	1967.80
		M.O.	1911.09

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Πίνακας 3.45 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB.

Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R

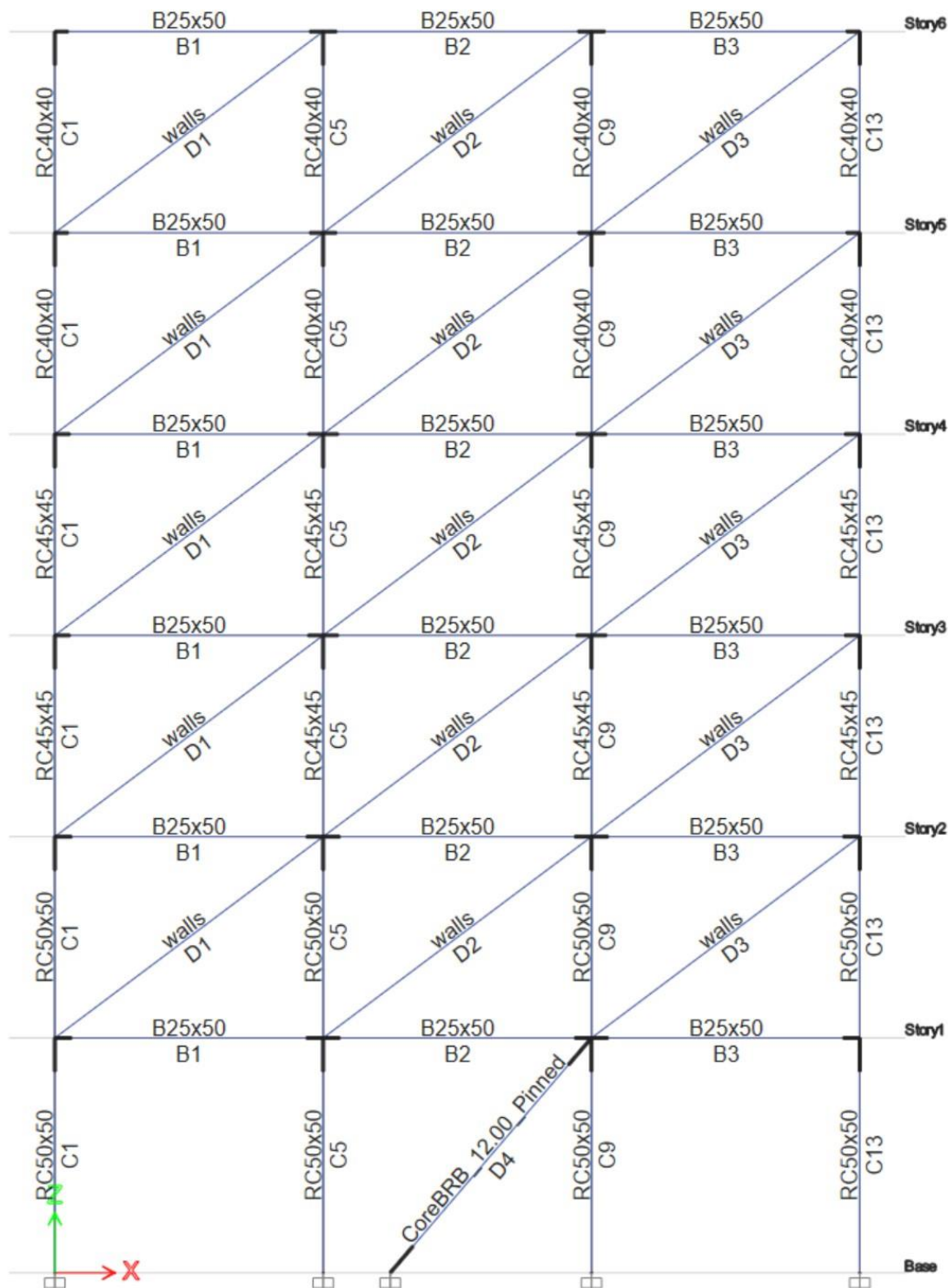
Παρατηρούμε πως σε όλες τις περιπτώσεις έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα



Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D2) (kN)	V (D2)	Vtot= V2+V(D2)	V _R
TH1	474.60	207.60	2014.00	1519.99	1727.59	1252.79
TH2	298.90	166.10	1952.60	1473.65	1639.75	1147.37
TH3	404.70	136.00	1760.50	1328.67	1464.67	1210.85
TH4	497.10	275.40	1716.70	1295.61	1571.01	1266.29
TH5	368.20	133.40	1878.20	1417.50	1550.90	1188.95
TH6	395.00	141.50	1967.90	1485.19	1626.69	1205.03
TH7	495.70	177.50	1965.40	1483.31	1660.81	1265.45
TH8	399.70	127.30	1888.30	1425.12	1552.42	1207.85
TH9	239.00	188.50	1998.90	1508.59	1697.09	1111.43
TH10	433.90	142.80	1921.90	1450.48	1593.28	1228.37
TH11	405.10	179.10	1983.00	1496.59	1675.69	1211.09
TH12	364.30	127.20	1922.70	1451.08	1578.28	1186.61
TH13	377.80	124.50	1839.00	1387.91	1512.41	1194.71
TH14	233.10	157.50	2011.90	1518.40	1675.90	1107.89
TH15	367.20	149.80	1993.30	1504.36	1654.16	1188.35
TH16	303.30	145.70	1879.50	1418.48	1564.18	1150.01
TH17	286.70	141.30	1954.10	1474.78	1616.08	1140.05
TH19	501.20	292.10	1641.20	1238.63	1530.73	1268.75
TH20	273.30	161.50	1964.80	1482.85	1644.35	1132.01
TH21	274.40	189.80	1967.80	1485.12	1674.92	1132.67

Παρατηρούμε πως στην TH7, TH9, TH11, TH14, TH15, TH20 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις χρονοϊστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.

3.3.4 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Σχήμα 3.12 Εξαώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40°

Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.751$ sec
2 brb στα ακραία ανοίγματα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$

Corebrace 14.00 pinned $N = -1786,3$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.632$ sec

$F_y=235$ MPa

$A_{req}=1786.3/235=76,01$ cm²

Επιλέγω Corebrace 12.00 ($A=77.4$ cm²) pinned $N = -804.3$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.626$ sec

Τελικά επιλέγω Corebrace 12.00 ($A=77.4$ cm²) pinned

Πίνακας 3.46 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	43.80	25.20	0.012514	0.007200
Story1	TH2	23.40	7.20	0.006686	0.002057
Story1	TH3	12.60	2.20	0.003600	0.000629
Story1	TH5	19.50	4.30	0.005571	0.001229
Story1	TH6	49.50	16.60	0.014143	0.004743
Story1	TH7	33.20	9.50	0.009486	0.002714
Story1	TH8	64.70	32.40	0.018486	0.009257
Story1	TH9	39.10	19.60	0.011171	0.005600
Story1	TH10	36.90	4.30	0.010543	0.001229
Story1	TH11	37.50	6.90	0.010714	0.001971
Story1	TH12	22.20	5.60	0.006343	0.001600
Story1	TH13	19.90	0.90	0.005686	0.000257
Story1	TH14	32.20	9.90	0.009200	0.002829
Story1	TH15	59.30	13.50	0.016943	0.003857
Story1	TH16	20.90	4.90	0.005971	0.001400
Story1	TH17	23.70	9.00	0.006771	0.002571
Story1	TH19	15.40	0.50	0.004400	0.000143
Story1	TH20	30.60	8.60	0.008743	0.002457
Story1	TH21	36.60	4.50	0.010457	0.001286
	M.O.	32.68	9.77		

Πίνακας 3.47 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	211.60

Story1	C1	TH2	156.80
Story1	C1	TH3	132.40
Story1	C1	TH5	125.10
Story1	C1	TH6	280.00
Story1	C1	TH7	177.10
Story1	C1	TH8	292.40
Story1	C1	TH9	187.10
Story1	C1	TH10	271.80
Story1	C1	TH11	186.90
Story1	C1	TH12	138.10
Story1	C1	TH13	118.90
Story1	C1	TH14	164.60
Story1	C1	TH15	274.50
Story1	C1	TH16	149.00
Story1	C1	TH17	144.10
Story1	C1	TH19	127.60
Story1	C1	TH20	161.30
Story1	C1	TH21	181.20
		M.O.	173.65
Story1	C5	TH1	194.00
Story1	C5	TH2	152.90
Story1	C5	TH3	134.00
Story1	C5	TH5	121.90
Story1	C5	TH6	291.20
Story1	C5	TH7	163.00
Story1	C5	TH8	291.80
Story1	C5	TH9	186.60
Story1	C5	TH10	268.60
Story1	C5	TH11	170.10
Story1	C5	TH12	136.50
Story1	C5	TH13	114.70
Story1	C5	TH14	155.20
Story1	C5	TH15	289.80
Story1	C5	TH16	134.10
Story1	C5	TH17	142.30
Story1	C5	TH19	113.80
Story1	C5	TH20	169.00
Story1	C5	TH21	191.90
		M.O.	179.11
Story1	C9	TH1	174.50
Story1	C9	TH2	161.80
Story1	C9	TH3	133.80

Story1	C9	TH5	122.20
Story1	C9	TH6	292.10
Story1	C9	TH7	168.90
Story1	C9	TH8	292.10
Story1	C9	TH9	204.00
Story1	C9	TH10	267.20
Story1	C9	TH11	173.50
Story1	C9	TH12	131.70
Story1	C9	TH13	106.60
Story1	C9	TH14	154.00
Story1	C9	TH15	291.10
Story1	C9	TH16	132.10
Story1	C9	TH17	151.10
Story1	C9	TH19	113.20
Story1	C9	TH20	181.80
Story1	C9	TH21	207.60
		M.O.	180.57
Story1	C13	TH1	198.60
Story1	C13	TH2	168.60
Story1	C13	TH3	127.20
Story1	C13	TH5	135.60
Story1	C13	TH6	290.40
Story1	C13	TH7	192.20
Story1	C13	TH8	291.40
Story1	C13	TH9	198.50
Story1	C13	TH10	258.50
Story1	C13	TH11	189.50
Story1	C13	TH12	129.20
Story1	C13	TH13	116.30
Story1	C13	TH14	165.20
Story1	C13	TH15	295.00
Story1	C13	TH16	144.00
Story1	C13	TH17	142.40
Story1	C13	TH19	123.10
Story1	C13	TH20	174.20
Story1	C13	TH21	196.70
		M.O.	186.14

Πίνακας 3.48 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (D4) (kN)
Story1	D4	TH1	2218.00
Story1	D4	TH2	2141.60
Story1	D4	TH3	1934.30
Story1	D4	TH5	2070.40
Story1	D4	TH6	2164.70
Story1	D4	TH7	2155.10
Story1	D4	TH8	1802.70
Story1	D4	TH9	2193.90
Story1	D4	TH10	2144.90
Story1	D4	TH11	2171.60
Story1	D4	TH12	2122.00
Story1	D4	TH13	2035.70
Story1	D4	TH14	2203.40
Story1	D4	TH15	1794.80
Story1	D4	TH16	2076.60
Story1	D4	TH17	2159.10
Story1	D4	TH19	1980.00
Story1	D4	TH20	2157.00
Story1	D4	TH21	2159.20
		M.O.	2088.68

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Πίνακας 3.49 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB.

Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως σε όλες τις περιπτώσεις έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

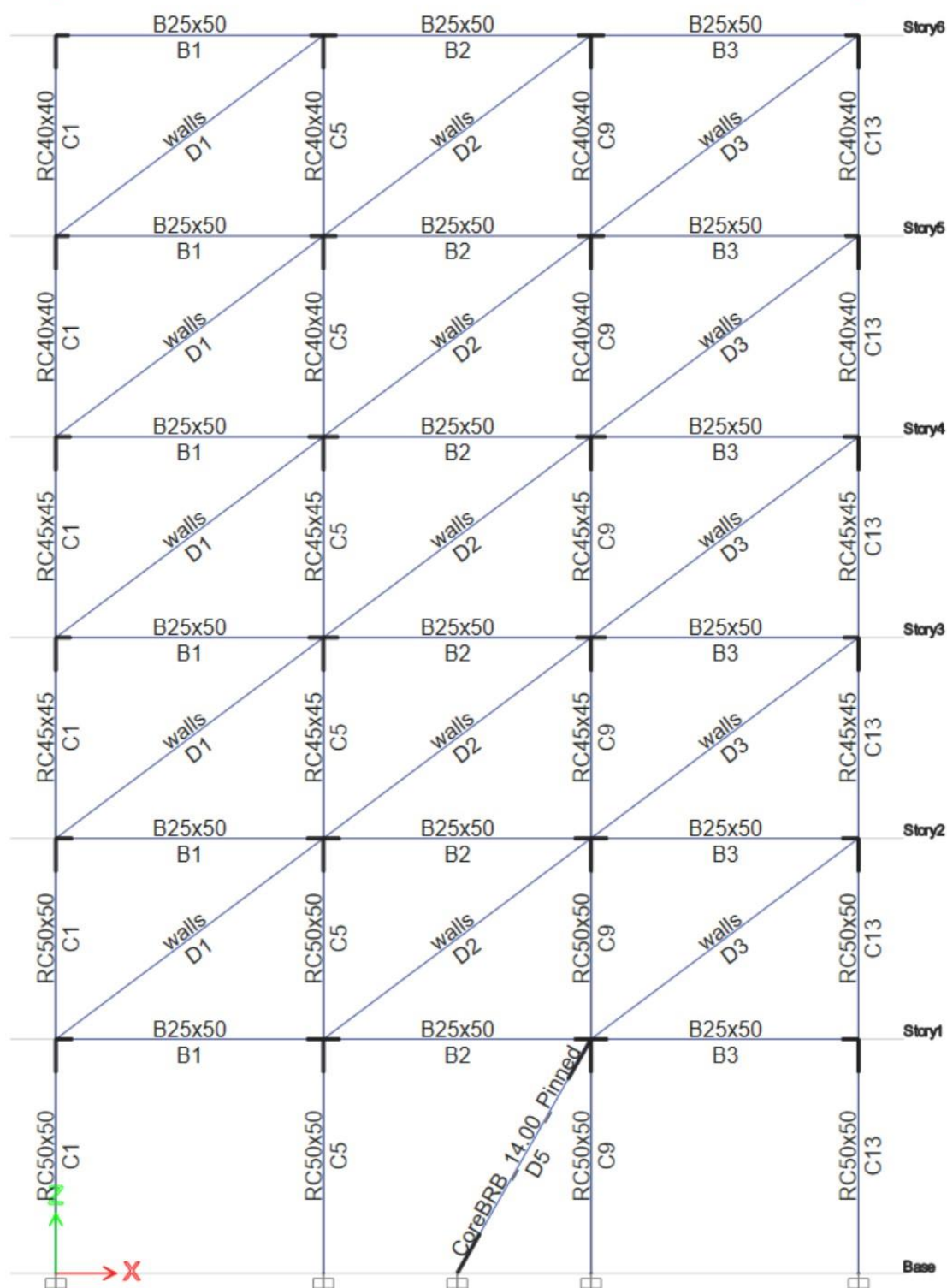


Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D4) (kN)	V (D2)	V _{tot} = V2+V(D2)	VR
TH1	186.30	207.60	2218.00	1673.95	1881.55	1079.81
TH2	26.70	166.10	2141.60	1616.29	1782.39	984.05
TH3	110.90	136.00	1934.30	1459.83	1595.83	1034.57
TH5	47.80	275.40	2070.40	1562.55	1837.95	996.71
TH6	96.70	133.40	2164.70	1633.72	1767.12	1026.05
TH7	214.80	141.50	2155.10	1626.47	1767.97	1096.91
TH8	253.00	177.50	1802.70	1360.51	1538.01	1119.83
TH9	96.50	127.30	2193.90	1655.76	1783.06	1025.93
TH10	147.00	188.50	2144.90	1618.78	1807.28	1056.23
TH11	98.40	142.80	2171.60	1638.93	1781.73	1027.07
TH12	44.50	179.10	2122.00	1601.49	1780.59	994.73
TH13	92.60	127.20	2035.70	1536.36	1663.56	1023.59
TH14	97.70	124.50	2203.40	1662.93	1787.43	1026.65
TH15	264.40	157.50	1794.80	1354.55	1512.05	1126.67
TH16	21.70	149.80	2076.60	1567.23	1717.03	981.05
TH17	48.40	145.70	2159.10	1629.49	1775.19	997.07
TH19	78.80	141.30	1980.00	1494.32	1635.62	1015.31
TH20	54.40	292.10	2157.00	1627.91	1920.01	1000.67
TH21	53.40	161.50	2159.20	1629.57	1791.07	1000.07

Παρατηρούμε πως στην TH1, TH7, TH9, TH11, TH14, TH20 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις ιστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.



3.3.5 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Σχήμα 3.13 Εξαώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60°



Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.751$ sec
2 brb στα ακραία ανοίγματα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$

Corebrace 14.00 pinned $N = -2120,4$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.643$ sec

$F_y=235$ MPa

$A_{req}=2120,4/235=90,02$ cm²

Επιλέγω Corebrace 14.00 ($A=90.3$ cm²) pinned $N = -2120,4$ kN

Πίνακας 3.50 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	49.00	30.60	0.014000	0.008743
Story1	TH2	23.60	8.40	0.006743	0.002400
Story1	TH3	14.30	2.00	0.004086	0.000571
Story1	TH6	27.80	4.10	0.007943	0.001171
Story1	TH7	37.80	13.60	0.010800	0.003886
Story1	TH8	62.50	28.50	0.017857	0.008143
Story1	TH9	42.30	18.90	0.012086	0.005400
Story1	TH10	30.40	6.00	0.008686	0.001714
Story1	TH11	41.20	10.60	0.011771	0.003029
Story1	TH12	31.10	3.60	0.008886	0.001029
Story1	TH13	23.90	0.03	0.006829	0.000009
Story1	TH14	38.10	5.90	0.010886	0.001686
Story1	TH15	31.20	3.00	0.008914	0.000857
Story1	TH16	22.50	6.10	0.006429	0.001743
Story1	TH17	27.90	8.10	0.007971	0.002314
Story1	TH18	25.10	7.60	0.007171	0.002171
Story1	TH19	15.70	2.10	0.004486	0.000600
Story1	TH20	74.90	37.30	0.021400	0.010657
Story1	TH21	40.40	7.10	0.011543	0.002029
		34.72	10.71		

Πίνακας 3.51 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	235.50
Story1	C1	TH2	155.10
Story1	C1	TH3	136.60

Story1	C1	TH6	143.20
Story1	C1	TH7	185.40
Story1	C1	TH8	291.80
Story1	C1	TH9	194.40
Story1	C1	TH10	173.60
Story1	C1	TH11	198.00
Story1	C1	TH12	245.70
Story1	C1	TH13	137.00
Story1	C1	TH14	196.10
Story1	C1	TH15	170.90
Story1	C1	TH16	137.90
Story1	C1	TH17	161.80
Story1	C1	TH18	145.00
Story1	C1	TH19	117.60
Story1	C1	TH20	278.30
Story1	C1	TH21	202.20
		M.O.	184.53
Story1	C5	TH1	214.80
Story1	C5	TH2	161.70
Story1	C5	TH3	137.50
Story1	C5	TH6	134.40
Story1	C5	TH7	170.30
Story1	C5	TH8	292.30
Story1	C5	TH9	205.90
Story1	C5	TH10	166.50
Story1	C5	TH11	180.50
Story1	C5	TH12	245.00
Story1	C5	TH13	132.20
Story1	C5	TH14	183.50
Story1	C5	TH15	162.50
Story1	C5	TH16	123.10
Story1	C5	TH17	157.70
Story1	C5	TH18	151.40
Story1	C5	TH19	115.20
Story1	C5	TH20	290.40
Story1	C5	TH21	213.40
		M.O.	180.96
Story1	C9	TH1	180.00
Story1	C9	TH2	174.60
Story1	C9	TH3	136.40
Story1	C9	TH6	117.50
Story1	C9	TH7	164.00

Story1	C9	TH8	292.10
Story1	C9	TH9	232.60
Story1	C9	TH10	147.50
Story1	C9	TH11	173.90
Story1	C9	TH12	242.60
Story1	C9	TH13	118.00
Story1	C9	TH14	159.00
Story1	C9	TH15	142.40
Story1	C9	TH16	126.30
Story1	C9	TH17	163.60
Story1	C9	TH18	165.10
Story1	C9	TH19	120.50
Story1	C9	TH20	291.20
Story1	C9	TH21	238.30
		M.O.	178.19
Story1	C13	TH1	197.20
Story1	C13	TH2	159.50
Story1	C13	TH3	133.40
Story1	C13	TH6	130.10
Story1	C13	TH7	182.20
Story1	C13	TH8	292.10
Story1	C13	TH9	219.40
Story1	C13	TH10	155.10
Story1	C13	TH11	187.60
Story1	C13	TH12	235.10
Story1	C13	TH13	122.60
Story1	C13	TH14	169.30
Story1	C13	TH15	150.60
Story1	C13	TH16	133.50
Story1	C13	TH17	150.70
Story1	C13	TH18	154.00
Story1	C13	TH19	113.20
Story1	C13	TH20	296.10
Story1	C13	TH21	219.90
		M.O.	179.03

Πίνακας 3.52 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (D5) (kN)
Story1	D5	TH1	2678.70
Story1	D5	TH2	2580.50

Story1	D5	TH3	2357.30
Story1	D5	TH6	2582.10
Story1	D5	TH7	2569.50
Story1	D5	TH8	2091.90
Story1	D5	TH9	2637.90
Story1	D5	TH10	2555.70
Story1	D5	TH11	2593.20
Story1	D5	TH12	2592.70
Story1	D5	TH13	2519.00
Story1	D5	TH14	2629.50
Story1	D5	TH15	2622.10
Story1	D5	TH16	2520.70
Story1	D5	TH17	2601.10
Story1	D5	TH18	2541.00
Story1	D5	TH19	2384.60
Story1	D5	TH20	2105.70
Story1	D5	TH21	2594.40
		M.O.	2513.56

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Πίνακας 3.53 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB.

Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως σε όλες τις περιπτώσεις έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D5) (kN)	V (D2)	Vtot= V2+V(D2)	V _R
TH1	320.40	180.00	2678.70	2021.64	2201.64	1160.27
TH2	613.40	174.60	2580.50	1947.53	2122.13	1336.07
TH6	461.20	117.50	2582.10	1948.74	2066.24	1244.75

TH7	310.80	164.00	2569.50	1939.23	2103.23	1154.51
TH8	214.60	292.10	2091.90	1578.78	1870.88	1096.79
TH9	692.50	232.60	2637.90	1990.85	2223.45	1383.53
TH10	350.40	147.50	2555.70	1928.81	2076.31	1178.27
TH11	504.70	173.90	2593.20	1957.11	2131.01	1270.85
TH12	543.70	242.60	2592.70	1956.74	2199.34	1294.25
TH13	421.10	118.00	2519.00	1901.11	2019.11	1220.69
TH14	678.00	159.00	2629.50	1984.51	2143.51	1374.83
TH15	522.60	142.40	2622.10	1978.92	2121.32	1281.59
TH16	607.50	126.30	2520.70	1902.40	2028.70	1332.53
TH17	635.70	163.60	2601.10	1963.08	2126.68	1349.45
TH18	595.60	165.10	2541.00	1917.72	2082.82	1325.39
TH19	457.80	120.50	2384.60	1799.68	1920.18	1242.71
TH20	205.20	291.20	2105.70	1589.19	1880.39	1091.15
TH21	632.50	238.30	2594.40	1958.02	2196.32	1347.53

Παρατηρούμε πως στην TH1, TH3, TH11 TH15, TH17 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις ιστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλμάτων ισογείου και ορόφου.

3.3.6 Συγκριτικά αποτελέσματα και γραφήματα για όλες τις περιπτώσεις

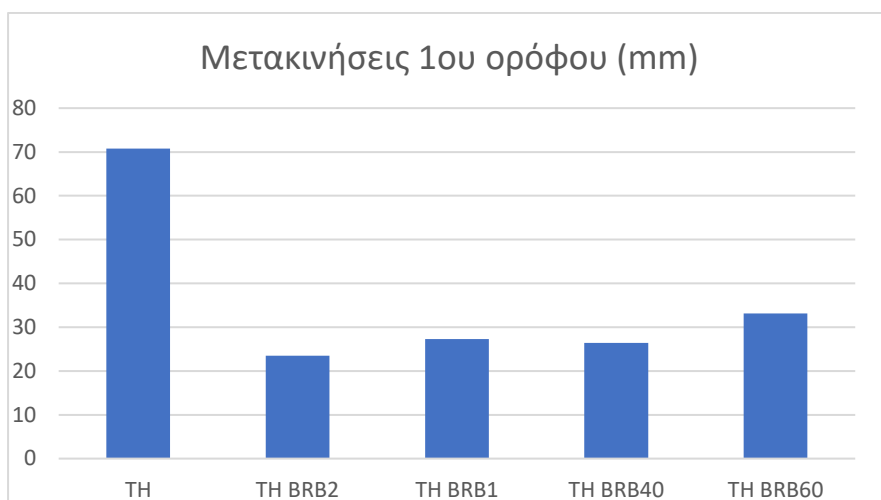
Στην πρώτη περίπτωση το κτίριο αποκρίνεται ικανοποιητικά σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την TH1 όπου και έχουμε μέγιστη μετακίνηση 59,1 mm και παραμένουσα 33,6 mm. Βέβαια πετυχαίνουμε το στόχο μας μιας και πριν την προσθήκη των BRB το κτίριο αστοχούσε. Σε όλες τις ιστορίες τα υποστυλώματα αντέχουν την προσθήκη των BRB χωρίς ενίσχυση.

Στην δεύτερη περίπτωση το κτίριο αποκρίνεται ικανοποιητικά σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την TH19 όπου και έχουμε μέγιστη μετακίνηση 61,5 mm αλλά μικρή παραμένουσα 8,20 mm.

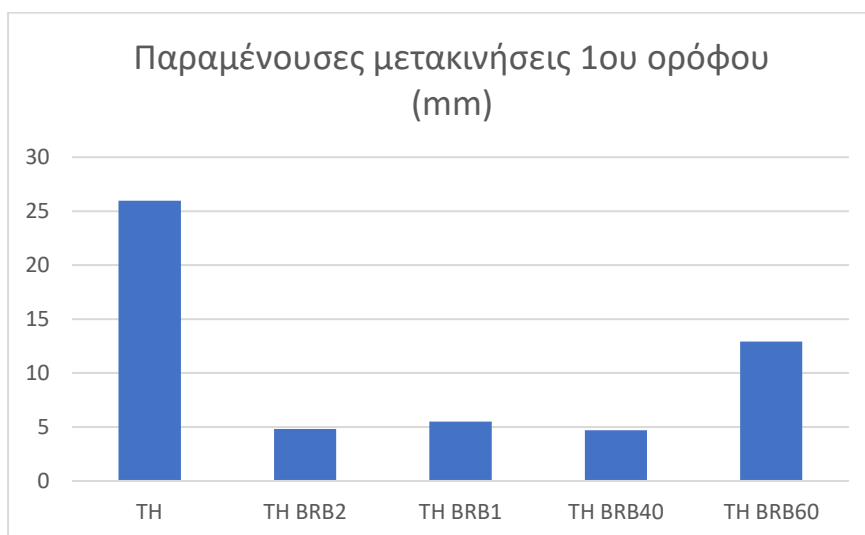
Στην τρίτη περίπτωση το κτίριο αποκρίνεται ικανοποιητικά σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την TH8 όπου και έχουμε μέγιστη μετακίνηση 64,7 mm και παραμένουσα 32,40 mm..

Στην τέταρτη περίπτωση το κτίριο αποκρίνεται ικανοποιητικά σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την TH8 όπου και έχουμε μέγιστη μετακίνηση 62,5 mm και παραμένουσα 28,50 mm.

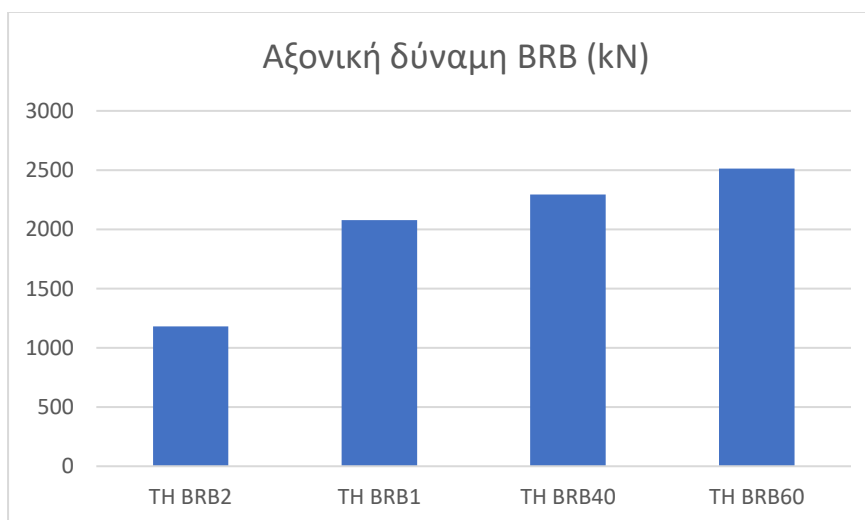
Στις τρεις τελευταίες περιπτώσεις τα υποστυλώματα του ισογείου θα πρέπει να ενισχυθούν προκειμένου να παραλάβουν την τέμνουσα.



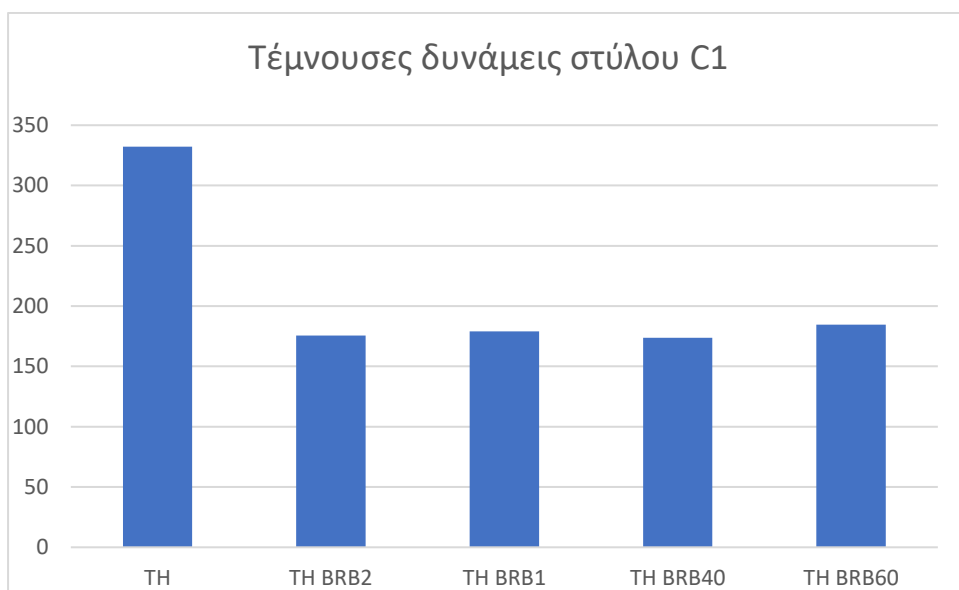
Εικόνα 3.15



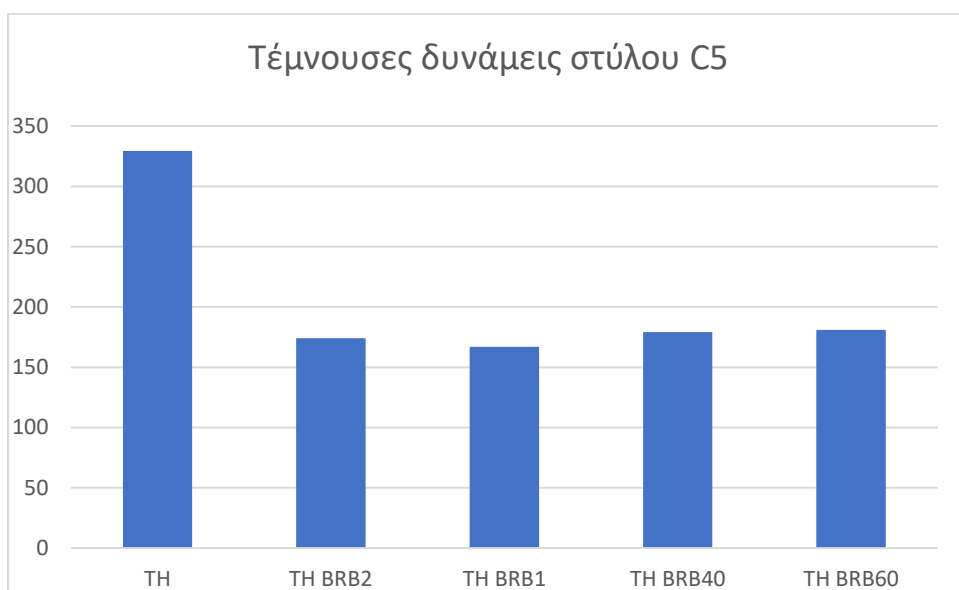
Εικόνα 3.16



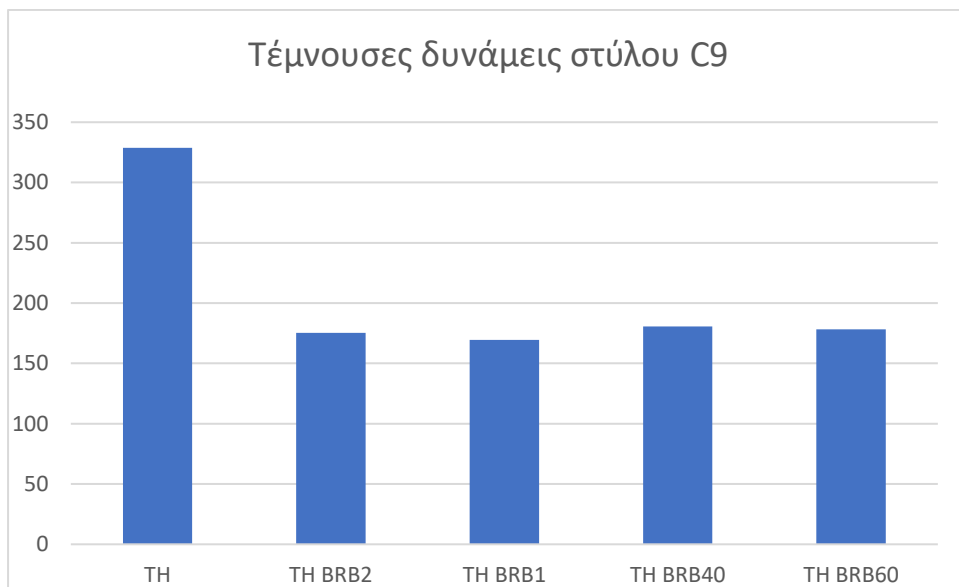
Εικόνα 3.17



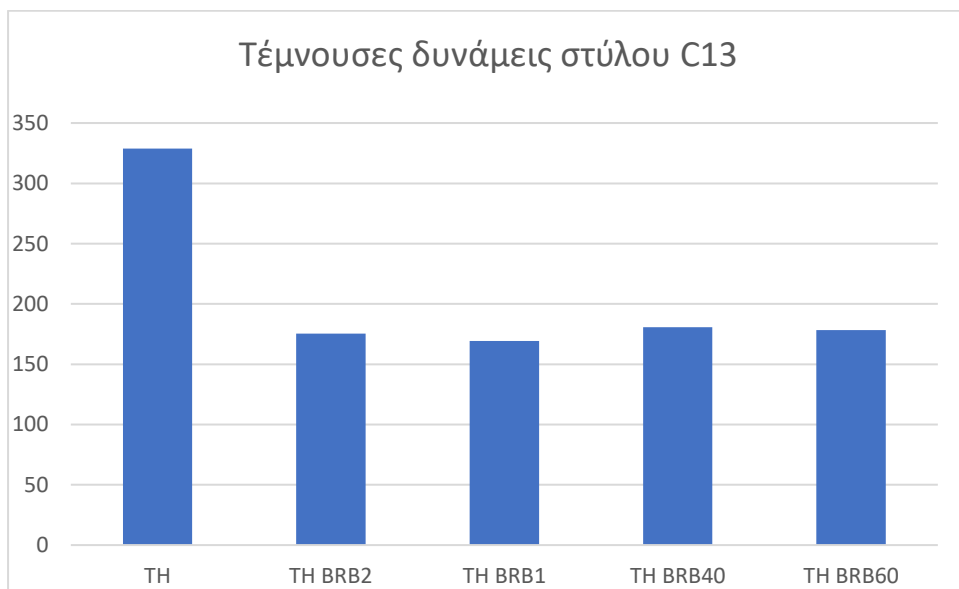
Εικόνα 3.18



Εικόνα 3.19



Εικόνα 3.20



Εικόνα 3.21

3.4 Απόκριση οχταώροφης κατασκευής

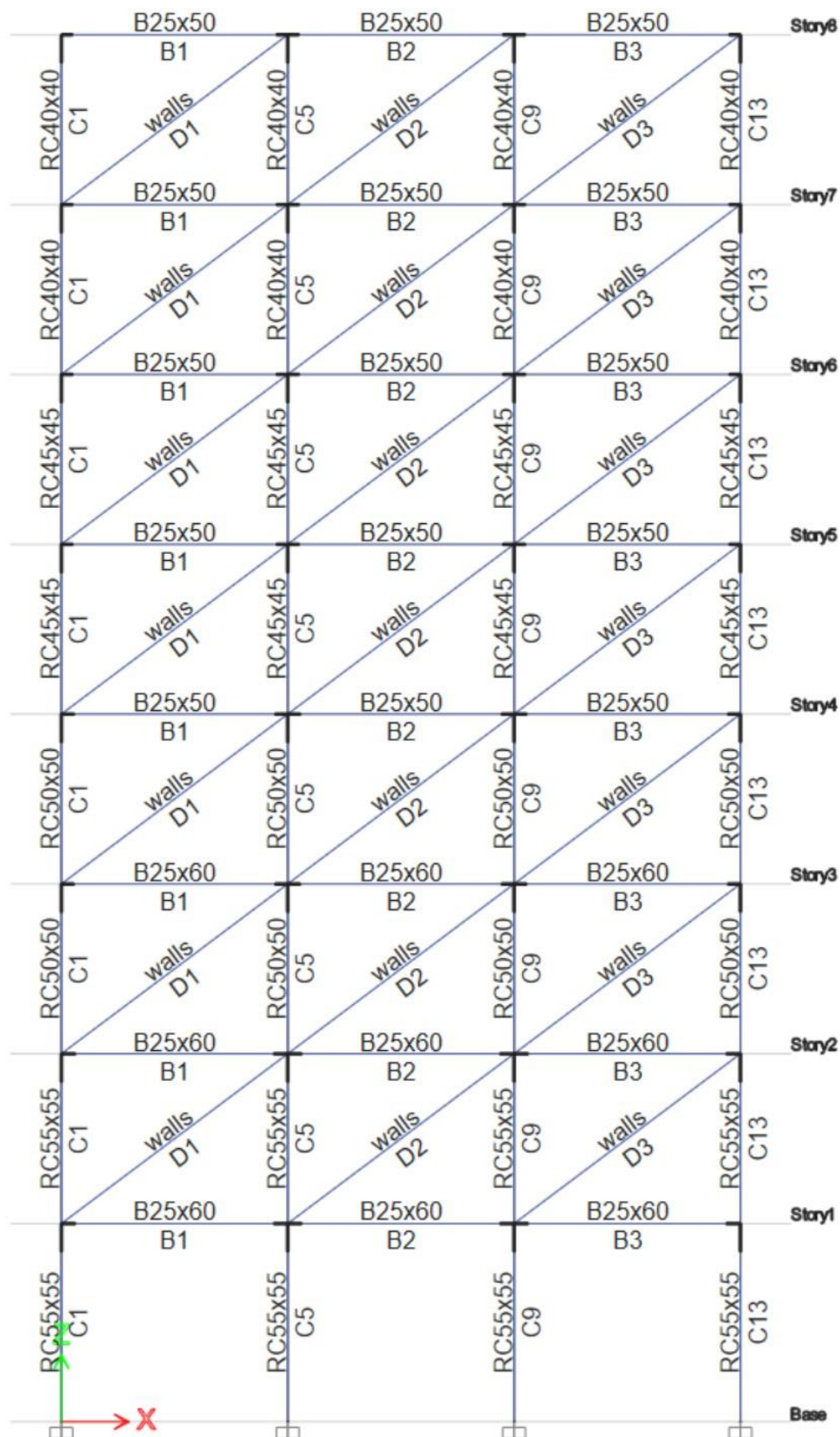
Το κτίριο έχει κατασκευαστεί με σκυρόδεμα B225 και χάλυβα οπλισμού StIII για το διαμήκη οπλισμό και StI για τους συνδετήρες. Η επικάλυψη των οπλισμών είναι 25 mm για όλα τα στοιχεία

Τα υποστυλώματα στο ισόγειο και τον πρώτο όροφο είναι τετραγωνικά 55x55 cm με οπλισμό 1Φ20 στις γωνίες, 3Φ20 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος, στους επόμενους δύο ορόφους είναι τετραγωνικά 50x50 cm με οπλισμό 1Φ20 στις γωνίες, 2Φ20 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος, στους επόμενους δύο ορόφους είναι τετραγωνικά 45x45 cm με οπλισμό 1Φ20 στις γωνίες, 1Φ20 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος, ενώ στους δύο τελευταίους ορόφους είναι τετραγωνικά 40x40 cm με οπλισμό 1Φ18 στις γωνίες, 1Φ18 στις πλευρές και συνδετήρες Φ8/120 σε όλο τους το μήκος

Οι δοκοί είναι 25x60 cm στους 3 πρώτους ορόφους και 25x50 cm στους υπόλοιπους με διαμήκη οπλισμό 2Φ12 στην επάνω πλευρά και 4Φ12 στην κάτω πλευρά και συνδετήρες Φ8/120.



3.4.1 Περίπτωση χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας



Σχήμα 3.14 Οχταώροφο κτίριο με Piloti χωρίς αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας

Πίνακας 3.54 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	93.60	25.80	0.026743	0.007371
Story1	TH2	77.10	32.50	0.022029	0.009286
Story1	TH3	42.60	0.90	0.012171	0.000257
Story1	TH6	66.00	33.00	0.018857	0.009429
Story1	TH7	67.80	13.50	0.019371	0.003857
Story1	TH8	55.60	2.80	0.015886	0.000800
Story1	TH9	67.60	24.60	0.019314	0.007029
Story1	TH10	61.30	3.20	0.017514	0.000914
Story1	TH11	97.40	55.30	0.027829	0.015800
Story1	TH13	61.80	26.60	0.017657	0.007600
Story1	TH14	Αστοχία	Αστοχία	-	-
Story1	TH15	96.40	60.00	0.027543	0.017143
Story1	TH16	67.10	18.30	0.019171	0.005229
Story1	TH17	53.50	6.80	0.015286	0.001943
Story1	TH20	82.70	47.60	0.023629	0.013600
Story1	TH21	72.70	38.60	0.020771	0.011029
	M.O.	70.88	25.97		

Πίνακας 3.55 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

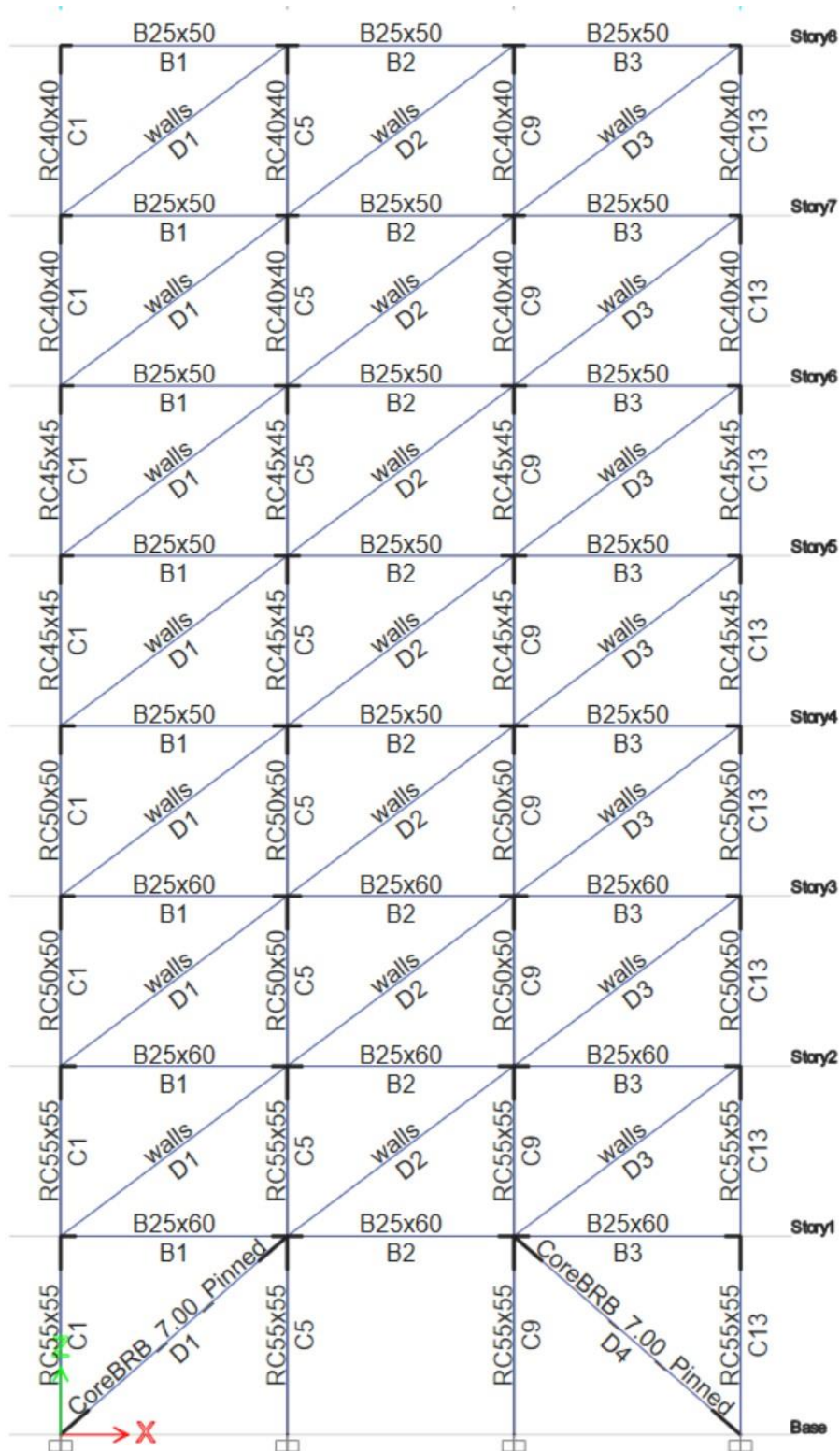
Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	343.40
Story1	C1	TH2	346.30
Story1	C1	TH3	325.40
Story1	C1	TH6	325.20
Story1	C1	TH7	336.00
Story1	C1	TH8	340.80
Story1	C1	TH9	314.10
Story1	C1	TH10	337.50
Story1	C1	TH11	343.00
Story1	C1	TH13	339.70
Story1	C1	TH15	342.40
Story1	C1	TH16	313.90
Story1	C1	TH17	339.70
Story1	C1	TH20	309.10
Story1	C1	TH21	326.40

		M.O.	332.19
Story1	C5	TH1	320.40
Story1	C5	TH2	320.70
Story1	C5	TH3	312.10
Story1	C5	TH6	329.80
Story1	C5	TH7	338.00
Story1	C5	TH8	337.20
Story1	C5	TH9	330.30
Story1	C5	TH10	332.20
Story1	C5	TH11	325.60
Story1	C5	TH13	334.80
Story1	C5	TH15	332.40
Story1	C5	TH16	330.20
Story1	C5	TH17	338.70
Story1	C5	TH20	329.70
Story1	C5	TH21	327.00
		M.O.	329.27
Story1	C9	TH1	316.40
Story1	C9	TH2	321.20
Story1	C9	TH3	310.40
Story1	C9	TH6	331.70
Story1	C9	TH7	338.90
Story1	C9	TH8	335.00
Story1	C9	TH9	331.60
Story1	C9	TH10	329.60
Story1	C9	TH11	321.80
Story1	C9	TH13	332.60
Story1	C9	TH15	330.40
Story1	C9	TH16	331.70
Story1	C9	TH17	336.60
Story1	C9	TH20	332.20
Story1	C9	TH21	330.30
		M.O.	328.69
Story1	C13	TH1	303.20
Story1	C13	TH2	318.10
Story1	C13	TH3	311.20
Story1	C13	TH6	338.70
Story1	C13	TH7	338.50
Story1	C13	TH8	340.60
Story1	C13	TH9	336.70
Story1	C13	TH10	309.90
Story1	C13	TH11	301.50

Story1	C13	TH13	343.50
Story1	C13	TH15	314.50
Story1	C13	TH16	337.60
Story1	C13	TH17	337.40
Story1	C13	TH20	343.80
Story1	C13	TH21	340.30
		M.O.	327.70



3.4.2 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα δύο ακραία ανοίγματα



Σχήμα 3.15 Οχταώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στα ακραία ανοίγματα



Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.903$ sec
2 brb στα ακραία ανοίγματα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$

Corebrace 14.00 pinned $N = -992,6$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.791$ sec

$F_y=235$ MPa

$A_{req}=992,6/235=42,2$ cm²

Επιλέγω Corebrace 7,00 ($A=45,2$ cm²) pinned $N = -755.7$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.817$ sec

Τελικά επιλέγω Corebrace 7,00 ($A=45,2$ cm²) pinned

Πίνακας 3.56 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm.
Story1	TH1	24.10	7.20	0.006886	0.002057
Story1	TH2	17.50	0.70	0.005000	0.000200
Story1	TH3	22.00	0.50	0.006286	0.000143
Story1	TH5	15.10	5.30	0.004314	0.001514
Story1	TH6	17.10	5.00	0.004886	0.001429
Story1	TH7	37.40	10.80	0.010686	0.003086
Story1	TH8	26.60	5.40	0.007600	0.001543
Story1	TH9	16.00	0.10	0.004571	0.000029
Story1	TH10	20.20	0.10	0.005771	0.000029
Story1	TH11	19.70	3.60	0.005629	0.001029
Story1	TH12	17.20	2.77	0.004914	0.000791
Story1	TH13	29.70	7.70	0.008486	0.002200
Story1	TH14	17.80	2.30	0.005086	0.000657
Story1	TH15	10.20	1.30	0.002914	0.000371
Story1	TH16	29.70	8.20	0.008486	0.002343
Story1	TH17	28.90	5.40	0.008257	0.001543
Story1	TH19	27.40	3.50	0.007829	0.001000
Story1	TH20	18.60	0.70	0.005314	0.000200
Story1	TH21	51.00	20.90	0.014571	0.005971
	M.O.	23.48	4.81		

Πίνακας 3.57 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	185.40
Story1	C1	TH2	183.80
Story1	C1	TH3	185.40
Story1	C1	TH5	184.60
Story1	C1	TH6	201.40
Story1	C1	TH7	250.40
Story1	C1	TH8	187.50
Story1	C1	TH9	149.40
Story1	C1	TH10	180.20
Story1	C1	TH11	183.10
Story1	C1	TH12	158.90
Story1	C1	TH13	210.40
Story1	C1	TH14	178.70
Story1	C1	TH15	126.10
Story1	C1	TH16	199.40
Story1	C1	TH17	196.20
Story1	C1	TH19	198.60
Story1	C1	TH20	176.10
Story1	C1	TH21	270.20
		M.O.	175.56
Story1	C5	TH1	176.30
Story1	C5	TH2	165.50
Story1	C5	TH3	164.90
Story1	C5	TH5	185.20
Story1	C5	TH6	183.30
Story1	C5	TH7	242.20
Story1	C5	TH8	174.00
Story1	C5	TH9	141.30
Story1	C5	TH10	160.90
Story1	C5	TH11	164.00
Story1	C5	TH12	150.80
Story1	C5	TH13	196.90
Story1	C5	TH14	171.30
Story1	C5	TH15	117.40
Story1	C5	TH16	201.50
Story1	C5	TH17	209.90
Story1	C5	TH19	169.10
Story1	C5	TH20	157.70
Story1	C5	TH21	280.90
		M.O.	174.09

Story1	C9	TH1	175.20
Story1	C9	TH2	168.70
Story1	C9	TH3	169.00
Story1	C9	TH5	187.30
Story1	C9	TH6	186.60
Story1	C9	TH7	248.50
Story1	C9	TH8	171.20
Story1	C9	TH9	141.60
Story1	C9	TH10	164.50
Story1	C9	TH11	167.00
Story1	C9	TH12	150.20
Story1	C9	TH13	200.20
Story1	C9	TH14	170.90
Story1	C9	TH15	118.20
Story1	C9	TH16	197.50
Story1	C9	TH17	205.00
Story1	C9	TH19	173.70
Story1	C9	TH20	161.00
Story1	C9	TH21	270.80
		M.O.	175.28
Story1	C13	TH1	198.00
Story1	C13	TH2	179.30
Story1	C13	TH3	180.10
Story1	C13	TH5	181.60
Story1	C13	TH6	196.20
Story1	C13	TH7	242.00
Story1	C13	TH8	205.20
Story1	C13	TH9	159.50
Story1	C13	TH10	174.90
Story1	C13	TH11	178.90
Story1	C13	TH12	170.40
Story1	C13	TH13	188.20
Story1	C13	TH14	191.30
Story1	C13	TH15	131.40
Story1	C13	TH16	192.00
Story1	C13	TH17	211.20
Story1	C13	TH19	188.30
Story1	C13	TH20	171.00
Story1	C13	TH21	306.60
		M.O.	191.90

Πίνακας 3.58 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D1	TH1	1221.60
Story1	D1	TH2	1177.90
Story1	D1	TH3	1210.60
Story1	D1	TH5	1144.50
Story1	D1	TH6	1158.40
Story1	D1	TH7	1052.60
Story1	D1	TH8	1255.80
Story1	D1	TH9	1147.20
Story1	D1	TH10	1204.20
Story1	D1	TH11	1200.30
Story1	D1	TH12	1161.70
Story1	D1	TH13	1268.30
Story1	D1	TH14	1160.90
Story1	D1	TH15	1099.50
Story1	D1	TH16	1042.50
Story1	D1	TH17	1296.50
Story1	D1	TH19	1238.10
Story1	D1	TH20	1167.80
Story1	D1	TH21	1056.60
		M.O	1171.84
Story1	D4	TH1	1220.80
Story1	D4	TH2	1179.20
Story1	D4	TH3	1212.10
Story1	D4	TH5	1145.50
Story1	D4	TH6	1159.30
Story1	D4	TH7	1335.50
Story1	D4	TH8	1248.70
Story1	D4	TH9	1145.70
Story1	D4	TH10	1205.80
Story1	D4	TH11	1201.60
Story1	D4	TH12	1161.00
Story1	D4	TH13	1056.70
Story1	D4	TH14	1162.30
Story1	D4	TH15	1098.40
Story1	D4	TH16	1276.30
Story1	D4	TH17	1043.90
Story1	D4	TH19	1249.30
Story1	D4	TH20	1165.20
Story1	D4	TH21	1294.80
		M.O	1187.48

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Για το υποστύλωμα C5 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB. Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως σε καμία περίπτωση δεν έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

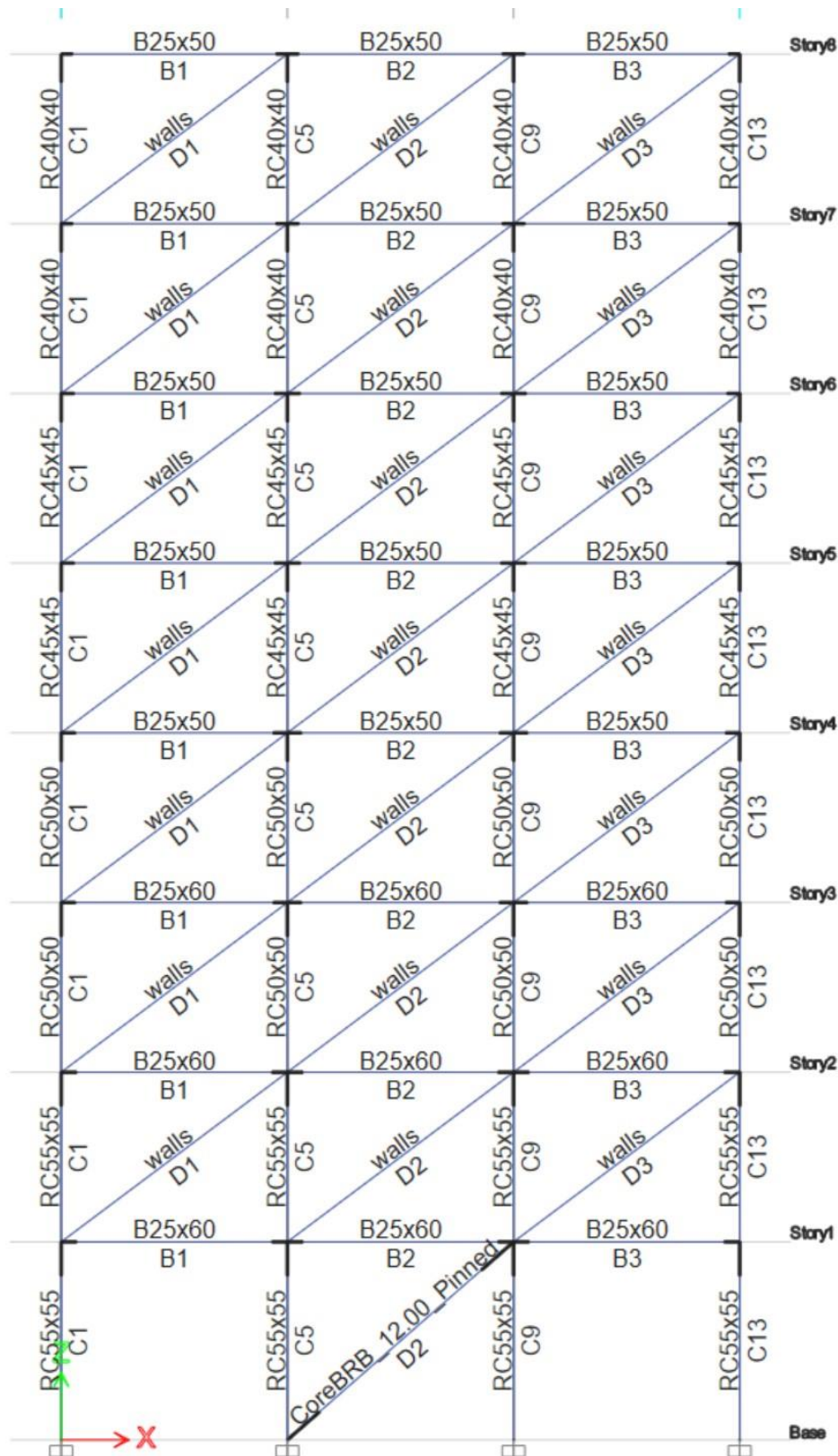
Πίνακας 3.59 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Output Case	P (C5) kN	V2 (kN)	P (D1) (kN)	V (D1)	Vtot= V2+V(D1)	V _R
TH1	1535.90	176.30	1221.60	921.95	1098.25	1808.40
TH2	1548.00	165.50	1177.90	888.97	1054.47	1975.59
TH3	1504.90	164.90	1210.60	913.65	1078.55	1949.73
TH5	1508.60	185.20	1144.50	863.77	1048.97	1951.95
TH6	1526.80	183.30	1158.40	874.26	1057.56	1962.87
TH7	1568.00	242.20	1052.60	794.41	1036.61	1987.59
TH8	1562.60	174.00	1255.80	947.76	1121.76	1984.35
TH9	1539.10	141.30	1147.20	865.80	1007.10	1970.25
TH10	1521.50	160.90	1204.20	908.82	1069.72	1959.69
TH11	1500.60	164.00	1200.30	905.88	1069.88	1947.15
TH12	1545.00	150.80	1161.70	876.75	1027.55	1973.79
TH13	1505.20	196.90	1268.30	957.20	1154.10	1949.91
TH14	1479.60	171.30	1160.90	876.14	1047.44	1934.55
TH15	1536.40	117.40	1099.50	829.80	947.20	1968.63
TH16	1608.10	201.50	1042.50	786.78	988.28	2011.65
TH17	1440.90	209.90	1296.50	978.48	1188.38	1911.33
TH19	1532.20	169.10	1238.10	934.41	1103.51	1966.11
TH20	1556.30	157.70	1167.80	881.35	1039.05	1980.57
TH21	1650.10	280.90	1056.60	797.43	1078.33	2036.85

Παρατηρούμε πως στις TH7, TH8, TH13, TH16, TH17, TH19 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν τα BRB. Επίσης σε όλες τις χρονοϊστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.



3.4.3 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα



Σχήμα 3.16 Οχταώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα



Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.903$ sec
1 brb στο μεσαίο άνοιγμα του κτιρίου

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$

Corebrace 20.00 pinned $N = -1697,7$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.808$ sec

$F_y=235$ MPa

$A_{req}=1697,7/235=72,2$ cm²

Επιλέγω Corebrace 12,00 ($A=77,40$ cm²) pinned $N = -1419,8$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.823$ sec

Τελικά επιλέγω Corebrace 12,00 ($A=77,40$ cm²) pinned

Πίνακας 3.60 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	27.30	8.30	0.007800	0.002371
Story1	TH2	19.10	1.10	0.005457	0.000314
Story1	TH5	16.90	5.30	0.004829	0.001514
Story1	TH6	21.60	7.90	0.006171	0.002257
Story1	TH7	31.80	12.40	0.009086	0.003543
Story1	TH8	29.70	5.80	0.008486	0.001657
Story1	TH9	20.60	0.40	0.005886	0.000114
Story1	TH10	20.90	1.70	0.005971	0.000486
Story1	TH11	22.70	4.30	0.006486	0.001229
Story1	TH12	23.50	2.20	0.006714	0.000629
Story1	TH13	16.20	4.50	0.004629	0.001286
Story1	TH14	23.40	3.70	0.006686	0.001057
Story1	TH15	47.10	3.80	0.013457	0.001086
Story1	TH16	22.80	12.90	0.006514	0.003686
Story1	TH17	54.30	4.00	0.015514	0.001143
Story1	TH19	32.50	5.70	0.009286	0.001629
Story1	TH21	34.10	9.40	0.009743	0.002686
	M.O.	27.32	5.49		

Πίνακας 3.61 Μέγιστες τέμνουσες υποστύλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	177.50
Story1	C1	TH2	160.20

Story1	C1	TH5	174.30
Story1	C1	TH6	187.80
Story1	C1	TH7	189.70
Story1	C1	TH8	172.20
Story1	C1	TH9	127.00
Story1	C1	TH10	153.40
Story1	C1	TH11	164.00
Story1	C1	TH12	150.90
Story1	C1	TH13	163.90
Story1	C1	TH14	156.30
Story1	C1	TH15	337.70
Story1	C1	TH16	195.30
Story1	C1	TH17	336.70
Story1	C1	TH19	188.50
Story1	C1	TH21	187.50
		M.O.	179.14
Story1	C5	TH1	163.40
Story1	C5	TH2	146.00
Story1	C5	TH5	175.10
Story1	C5	TH6	168.60
Story1	C5	TH7	159.30
Story1	C5	TH8	157.00
Story1	C5	TH9	121.60
Story1	C5	TH10	135.50
Story1	C5	TH11	145.80
Story1	C5	TH12	139.90
Story1	C5	TH13	161.30
Story1	C5	TH14	145.70
Story1	C5	TH15	332.50
Story1	C5	TH16	180.50
Story1	C5	TH17	339.30
Story1	C5	TH19	161.50
Story1	C5	TH21	169.30
		M.O.	166.99
Story1	C9	TH1	167.40
Story1	C9	TH2	143.60
Story1	C9	TH5	174.60
Story1	C9	TH6	166.60
Story1	C9	TH7	170.60
Story1	C9	TH8	162.10
Story1	C9	TH9	127.40
Story1	C9	TH10	135.70

Story1	C9	TH11	144.40
Story1	C9	TH12	144.10
Story1	C9	TH13	163.80
Story1	C9	TH14	150.00
Story1	C9	TH15	329.50
Story1	C9	TH16	184.80
Story1	C9	TH17	337.60
Story1	C9	TH19	163.20
Story1	C9	TH21	181.30
		M.O.	169.37
Story1	C13	TH1	186.30
Story1	C13	TH2	155.40
Story1	C13	TH5	171.80
Story1	C13	TH6	180.20
Story1	C13	TH7	181.30
Story1	C13	TH8	187.90
Story1	C13	TH9	136.00
Story1	C13	TH10	152.50
Story1	C13	TH11	160.70
Story1	C13	TH12	161.20
Story1	C13	TH13	166.80
Story1	C13	TH14	166.80
Story1	C13	TH15	311.10
Story1	C13	TH16	215.90
Story1	C13	TH17	337.70
Story1	C13	TH19	179.80
Story1	C13	TH21	186.50
		M.O.	190.46

Πίνακας 3.62 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D2	TH1	2156.60
Story1	D2	TH2	2063.70
Story1	D2	TH5	2021.90
Story1	D2	TH6	2075.30
Story1	D2	TH7	2198.20
Story1	D2	TH8	2199.70
Story1	D2	TH9	2053.70
Story1	D2	TH10	2117.20
Story1	D2	TH11	2139.50

Story1	D2	TH12	2120.30
Story1	D2	TH13	1991.60
Story1	D2	TH14	2092.90
Story1	D2	TH15	1812.80
Story1	D2	TH16	2157.90
Story1	D2	TH17	1809.60
Story1	D2	TH19	2155.60
Story1	D2	TH21	2157.00
		M.O.	2077.85

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Πίνακας 3.63 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε ιστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB.

Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R

Παρατηρούμε πως σε όλες τις περιπτώσεις έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D5) (kN)	V (D2)	Vtot= V2+V(D2)	V _R
TH1	924.50	167.40	2156.60	1627.61	1795.01	1449.75
TH2	719.60	143.60	2063.70	1557.49	1701.09	1348.15
TH6	720.80	166.60	2075.30	1566.25	1732.85	1348.74
TH7	622.80	170.60	2198.20	1659.00	1829.60	1300.15
TH8	772.10	162.10	2199.70	1660.13	1822.23	1374.18
TH9	758.30	127.40	2053.70	1549.95	1677.35	1367.34
TH10	705.60	135.70	2117.20	1597.87	1733.57	1341.21
TH11	716.40	144.40	2139.50	1614.70	1759.10	1346.56
TH12	839.40	144.10	2120.30	1600.21	1744.31	1407.55
TH13	845.90	163.80	1991.60	1503.08	1666.88	1410.78
TH14	758.90	150.00	2092.90	1579.53	1729.53	1367.64

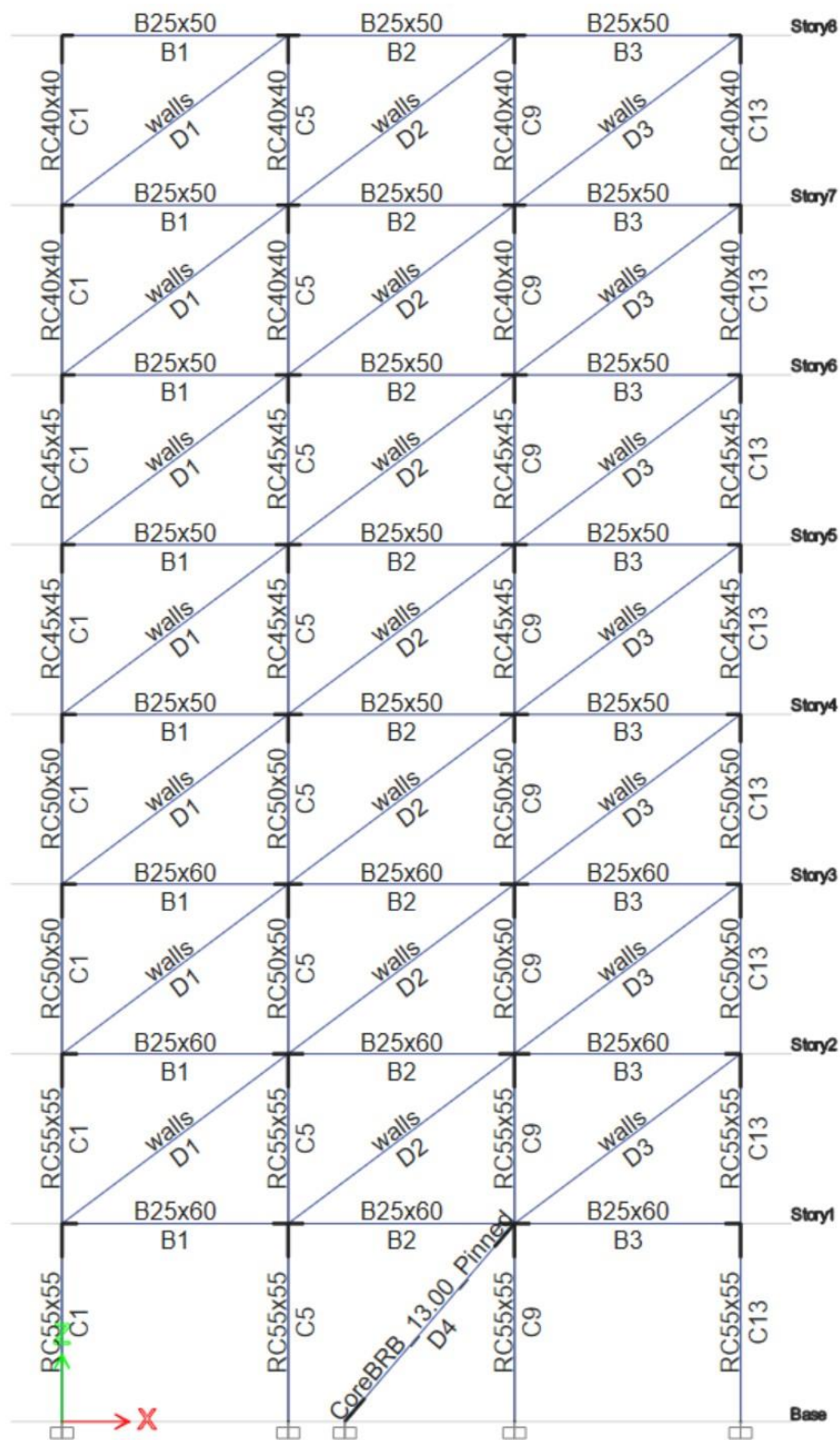


TH15	1095.80	329.50	1812.80	1368.14	1697.64	1534.69
TH16	742.30	184.80	2157.90	1628.59	1813.39	1359.40
TH17	1201.00	337.60	1809.60	1365.72	1703.32	1586.86
TH19	647.20	163.20	2155.60	1626.85	1790.05	1312.25
TH21	686.10	181.30	2157.00	1627.91	1809.21	1331.54

Παρατηρούμε πως στην TH1, TH7, TH7, TH8, TH19 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις χρονοϊστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.



3.4.4 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40° ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Σχήμα 3.17 Οχταώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 40°



Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.903$ sec
1 brb στο μεσαίο άνοιγμα του κτιρίου υπό γωνία 40°

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$

Corebrace 20.00 pinned $N = -1844,7$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.813$ sec

$F_y=235$ MPa

$A_{req}=1844,7/235=78,5$ cm²

Επιλέγω Corebrace 13.00 ($A=83,9$ cm²) pinned $N = -1552,5$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.827$ sec

Τελικά επιλέγω Corebrace 13.00 ($A=83,9$ cm²) pinned

Πίνακας 3.64 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	U_x max (mm)	U_x perm (mm)	IDR U_x max	IDR U_x perm
Story1	TH1	29.30	8.00	0.008371	0.002286
Story1	TH2	20.80	0.20	0.005943	0.000057
Story1	TH3	34.00	6.50	0.009714	0.001857
Story1	TH4	11.90	2.60	0.003400	0.000743
Story1	TH6	33.00	3.40	0.009429	0.000971
Story1	TH7	33.60	3.60	0.009600	0.001029
Story1	TH8	31.20	5.70	0.008914	0.001629
Story1	TH9	22.80	1.10	0.006514	0.000314
Story1	TH10	22.90	1.20	0.006543	0.000343
Story1	TH11	24.90	3.90	0.007114	0.001114
Story1	TH12	39.20	9.50	0.011200	0.002714
Story1	TH13	19.10	5.00	0.005457	0.001429
Story1	TH14	26.30	4.80	0.007514	0.001371
Story1	TH15	12.80	2.10	0.003657	0.000600
Story1	TH16	24.40	12.30	0.006971	0.003514
Story1	TH17	24.40	0.80	0.006971	0.000229
Story1	TH18	21.10	6.00	0.006029	0.001714
Story1	TH19	34.50	5.10	0.009857	0.001457
Story1	TH20	26.00	0.50	0.007429	0.000143
Story1	TH21	36.60	11.40	0.010457	0.003257
	M.O.	26.44	4.69		

Πίνακας 3.65 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	172.20
Story1	C1	TH2	157.00
Story1	C1	TH3	281.80
Story1	C1	TH4	94.60
Story1	C1	TH6	271.10
Story1	C1	TH7	298.40
Story1	C1	TH8	171.10
Story1	C1	TH9	127.50
Story1	C1	TH10	131.70
Story1	C1	TH11	145.20
Story1	C1	TH12	296.30
Story1	C1	TH13	149.20
Story1	C1	TH14	142.50
Story1	C1	TH15	122.40
Story1	C1	TH16	179.50
Story1	C1	TH17	141.30
Story1	C1	TH18	139.30
Story1	C1	TH19	173.60
Story1	C1	TH20	151.60
Story1	C1	TH21	174.10
		M.O.	176.02
Story1	C5	TH1	156.50
Story1	C5	TH2	150.30
Story1	C5	TH3	279.60
Story1	C5	TH4	99.70
Story1	C5	TH6	283.10
Story1	C5	TH7	306.00
Story1	C5	TH8	157.30
Story1	C5	TH9	136.10
Story1	C5	TH10	123.00
Story1	C5	TH11	138.90
Story1	C5	TH12	295.90
Story1	C5	TH13	147.60
Story1	C5	TH14	140.10
Story1	C5	TH15	107.30
Story1	C5	TH16	165.70
Story1	C5	TH17	128.20
Story1	C5	TH18	121.60
Story1	C5	TH19	166.20
Story1	C5	TH20	134.20

Story1	C5	TH21	186.40
		M.O.	171.19
Story1	C9	TH1	158.50
Story1	C9	TH2	146.80
Story1	C9	TH3	280.40
Story1	C9	TH4	95.10
Story1	C9	TH6	284.20
Story1	C9	TH7	305.30
Story1	C9	TH8	148.80
Story1	C9	TH9	145.50
Story1	C9	TH10	131.80
Story1	C9	TH11	145.00
Story1	C9	TH12	296.90
Story1	C9	TH13	150.70
Story1	C9	TH14	147.90
Story1	C9	TH15	107.50
Story1	C9	TH16	171.30
Story1	C9	TH17	133.60
Story1	C9	TH18	126.60
Story1	C9	TH19	183.50
Story1	C9	TH20	145.90
Story1	C9	TH21	203.90
		M.O.	175.46
Story1	C13	TH1	176.40
Story1	C13	TH2	152.20
Story1	C13	TH3	285.60
Story1	C13	TH4	93.10
Story1	C13	TH6	288.80
Story1	C13	TH7	294.90
Story1	C13	TH8	172.70
Story1	C13	TH9	139.80
Story1	C13	TH10	136.50
Story1	C13	TH11	142.40
Story1	C13	TH12	308.80
Story1	C13	TH13	153.20
Story1	C13	TH14	151.60
Story1	C13	TH15	120.50
Story1	C13	TH16	200.20
Story1	C13	TH17	141.00
Story1	C13	TH18	134.20
Story1	C13	TH19	184.80
Story1	C13	TH20	146.80

Story1	C13	TH21	200.80
		M.O.	181.22

Πίνακας 3.66 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D4	TH1	2346.40
Story1	D4	TH2	2263.80
Story1	D4	TH3	2341.10
Story1	D4	TH4	2057.80
Story1	D4	TH6	2280.70
Story1	D4	TH7	2399.10
Story1	D4	TH8	2395.80
Story1	D4	TH9	2267.30
Story1	D4	TH10	2308.10
Story1	D4	TH11	2336.10
Story1	D4	TH12	2341.20
Story1	D4	TH13	2202.90
Story1	D4	TH14	2307.70
Story1	D4	TH15	2100.00
Story1	D4	TH16	2351.40
Story1	D4	TH17	2355.80
Story1	D4	TH18	2243.40
Story1	D4	TH19	2344.40
Story1	D4	TH20	2294.60
Story1	D4	TH21	2349.10
		M.O.	2294.34

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Πίνακας 3.67 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση



Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB.

Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

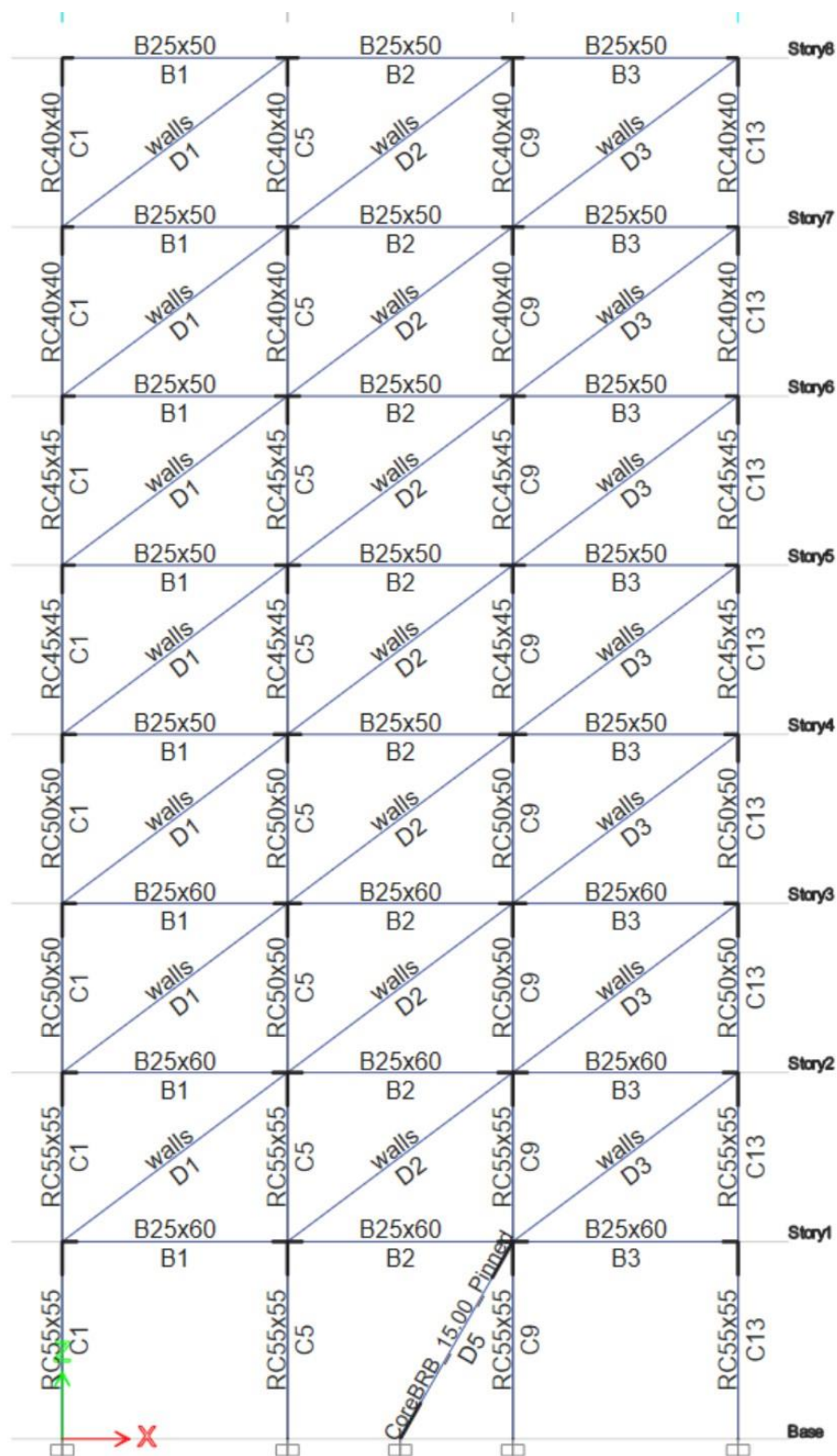
Παρατηρούμε πως σε όλες τις περιπτώσεις έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D4) (kN)	V (D2)	Vtot= V2+V(D2)	VR
TH1	623.90	158.50	2346.40	1539.38	1697.88	1300.69
TH2	379.90	146.80	2263.80	1485.19	1631.99	1179.70
TH3	356.20	280.40	2341.10	1535.90	1816.30	1167.95
TH4	553.00	95.10	2057.80	1350.04	1445.14	1265.54
TH6	372.60	284.20	2280.70	1496.27	1780.47	1176.08
TH7	265.80	305.30	2399.10	1573.95	1879.25	1123.12
TH8	442.60	148.80	2395.80	1571.79	1720.59	1210.79
TH9	413.50	145.50	2267.30	1487.48	1632.98	1196.36
TH10	371.50	131.80	2308.10	1514.25	1646.05	1175.54
TH11	372.60	145.00	2336.10	1532.62	1677.62	1176.08
TH12	576.50	296.90	2341.20	1535.97	1832.87	1277.19
TH13	579.30	150.70	2202.90	1445.23	1595.93	1278.58
TH14	436.80	147.90	2307.70	1513.99	1661.89	1207.92
TH15	477.60	107.50	2100.00	1377.72	1485.22	1228.15
TH16	393.40	171.30	2351.40	1542.66	1713.96	1186.40
TH17	411.70	133.60	2355.80	1545.54	1679.14	1195.47
TH18	393.10	126.60	2243.40	1471.80	1598.40	1186.25
TH19	303.80	183.50	2344.40	1538.06	1721.56	1141.97
TH20	350.10	145.90	2294.60	1505.39	1651.29	1164.93
TH21	346.40	203.90	2349.10	1541.15	1745.05	1163.09

Παρατηρούμε πως στην TH1, TH8, TH14, TH19, TH20 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις χρονοϊστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.



3.4.5 Περίπτωση με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο



Σχήμα 3.18 Οχταώροφο κτίριο με Piloti με αντιλυγισμικούς συνδέσμους δυσκαμψίας στο μεσαίο άνοιγμα υπό γωνία 60°



Από ιδιομορφική ανάλυση χωρίς BRB το κτίριο έχει $T=0.903$ sec
1 brb στο μεσαίο άνοιγμα του κτιρίου υπό γωνία 60°

Υπολογισμός brb από συνδυασμό $\pm E+G+0.3Q$

Corebrace 20.00 pinned $N = -2208.5$ kN

Από ιδιομορφική ανάλυση το κτίριο έχει $T=0.821$ sec

$F_y = 235$ MPa

$A_{req} = 2208.5 / 235 = 93.98$ cm²

Επιλέγω Corebrace 15.00 ($A = 96.8$ cm²) pinned $N = -1989.4$ kN $T = 0.829$ sec

Πίνακας 3.68 Οι μέγιστες και οι παραμένουσες μετακινήσεις του πρώτου ορόφου καθώς και οι σχετικές μετακινήσεις (IDR) για κάθε μία περίπτωση είναι οι ακόλουθες.

Story	Output Case	Ux max (mm)	Ux perm (mm)	IDR Ux max	IDR Ux perm
Story1	TH1	31.10	9.30	0.008886	0.002657
Story1	TH2	23.00	0.60	0.006571	0.000171
Story1	TH3	40.20	0.90	0.011486	0.000257
Story1	TH6	82.40	50.80	0.023543	0.014514
Story1	TH7	34.60	12.50	0.009886	0.003571
Story1	TH8	32.30	7.60	0.009229	0.002171
Story1	TH9	25.10	0.40	0.007171	0.000114
Story1	TH10	25.40	0.90	0.007257	0.000257
Story1	TH11	26.90	3.60	0.007686	0.001029
Story1	TH12	30.20	5.60	0.008629	0.001600
Story1	TH13	21.60	5.60	0.006171	0.001600
Story1	TH14	29.80	1.50	0.008514	0.000429
Story1	TH15	13.50	2.90	0.003857	0.000829
Story1	TH16	25.70	10.10	0.007343	0.002886
Story1	TH17	24.40	1.70	0.006971	0.000486
Story1	TH19	37.60	8.00	0.010743	0.002286
Story1	TH20	29.30	3.40	0.008371	0.000971
Story1	TH21	39.20	14.50	0.011200	0.004143
	M.O.	31.79	7.77		

Πίνακας 3.69 Μέγιστες τέμνουσες υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Story	Column	Output Case	V2 (kN)
Story1	C1	TH1	178.80
Story1	C1	TH2	172.90
Story1	C1	TH3	313.40

Story1	C1	TH6	310.50
Story1	C1	TH7	171.60
Story1	C1	TH8	225.50
Story1	C1	TH9	145.80
Story1	C1	TH10	148.80
Story1	C1	TH11	161.20
Story1	C1	TH12	172.60
Story1	C1	TH13	141.40
Story1	C1	TH14	167.90
Story1	C1	TH15	115.60
Story1	C1	TH16	178.90
Story1	C1	TH17	143.70
Story1	C1	TH19	177.10
Story1	C1	TH20	159.10
Story1	C1	TH21	193.20
		M.O.	182.11
Story1	C5	TH1	161.80
Story1	C5	TH2	164.70
Story1	C5	TH3	301.70
Story1	C5	TH6	330.10
Story1	C5	TH7	186.40
Story1	C5	TH8	237.90
Story1	C5	TH9	154.60
Story1	C5	TH10	139.80
Story1	C5	TH11	156.10
Story1	C5	TH12	159.70
Story1	C5	TH13	138.10
Story1	C5	TH14	150.70
Story1	C5	TH15	110.20
Story1	C5	TH16	166.80
Story1	C5	TH17	140.50
Story1	C5	TH19	187.60
Story1	C5	TH20	158.10
Story1	C5	TH21	207.10
		M.O.	180.66
Story1	C9	TH1	164.50
Story1	C9	TH2	158.80
Story1	C9	TH3	300.10
Story1	C9	TH6	331.60
Story1	C9	TH7	211.10
Story1	C9	TH8	237.90
Story1	C9	TH9	169.60

Story1	C9	TH10	140.00
Story1	C9	TH11	156.90
Story1	C9	TH12	142.60
Story1	C9	TH13	132.50
Story1	C9	TH14	152.40
Story1	C9	TH15	111.20
Story1	C9	TH16	179.90
Story1	C9	TH17	153.80
Story1	C9	TH19	213.80
Story1	C9	TH20	176.80
Story1	C9	TH21	233.70
		M.O.	187.07
Story1	C13	TH1	181.00
Story1	C13	TH2	166.60
Story1	C13	TH3	304.10
Story1	C13	TH6	336.80
Story1	C13	TH7	203.50
Story1	C13	TH8	223.00
Story1	C13	TH9	160.00
Story1	C13	TH10	137.20
Story1	C13	TH11	144.90
Story1	C13	TH12	154.20
Story1	C13	TH13	135.70
Story1	C13	TH14	153.10
Story1	C13	TH15	113.00
Story1	C13	TH16	199.40
Story1	C13	TH17	144.90
Story1	C13	TH19	208.60
Story1	C13	TH20	170.30
Story1	C13	TH21	223.70
		M.O.	186.67

Πίνακας 3.70 Μέγιστη αξονική δύναμη συνδέσμων για κάθε μία περίπτωση

Story	Brace	Output Case	P (kN)
Story1	D5	TH1	2810.10
Story1	D5	TH2	2781.80
Story1	D5	TH3	2283.60
Story1	D5	TH6	2238.40
Story1	D5	TH7	2901.50
Story1	D5	TH8	2887.80

Story1	D5	TH9	2795.60
Story1	D5	TH10	2804.20
Story1	D5	TH11	2846.40
Story1	D5	TH12	2820.50
Story1	D5	TH13	2733.70
Story1	D5	TH14	2806.60
Story1	D5	TH15	2579.60
Story1	D5	TH16	2818.60
Story1	D5	TH17	2842.50
Story1	D5	TH19	2825.70
Story1	D5	TH20	2759.50
Story1	D5	TH21	2831.40
		M.O.	2742.64

Από τη σχέση A.12 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_R .

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12)$$

Από τη σχέση A.13 του EC8-3 υπολογίζουμε τη V_w

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (A.13)$$

Πίνακας 3.71 Μέγιστη τέμνουσα δύναμη υποστυλωμάτων για κάθε μία περίπτωση

Για το υποστύλωμα C9 βρίσκουμε την τέμνουσα που προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης τέμνουσας κάθε χρονοϊστορίας και της τέμνουσας που μεταφέρει το BRB.

Αυτήν την συγκρίνουμε με την V_R .

Παρατηρούμε πως σε όλες τις περιπτώσεις έχουμε υπέρβαση της τέμνουσας δύναμης που μπορεί να παραλάβει το υποστύλωμα

Output Case	P (C9) kN	V2 (kN)	P (D5) (kN)	V (D2)	Vtot= V2+V(D2)	V_R
TH1	36.30	164.50	2810.10	1651.74	1816.24	1009.32
TH2	283.00	158.80	2781.80	1635.10	1793.90	1131.65
TH3	205.20	300.10	2283.60	1342.27	1642.37	1093.07
TH6	246.20	331.60	2238.40	1315.70	1647.30	1113.40
TH7	401.20	211.10	2901.50	1705.46	1916.56	1190.26
TH8	194.40	237.90	2887.80	1697.41	1935.31	1087.72
TH9	194.00	169.60	2795.60	1643.21	1812.81	1087.52
TH10	278.20	140.00	2804.20	1648.27	1788.27	1129.27



TH11	291.90	156.90	2846.40	1673.07	1829.97	1136.07
TH12	177.90	142.60	2820.50	1657.85	1800.45	1079.54
TH13	25.50	132.50	2733.70	1606.83	1739.33	1003.97
TH14	224.70	152.40	2806.60	1649.68	1802.08	1102.74
TH15	75.30	111.20	2579.60	1516.25	1627.45	1028.66
TH16	241.80	179.90	2818.60	1656.73	1836.63	1111.22
TH17	199.20	153.80	2842.50	1670.78	1824.58	1090.10
TH19	336.80	213.80	2825.70	1660.90	1874.70	1158.33
TH20	244.20	176.80	2759.50	1621.99	1798.79	1112.41
TH21	294.90	233.70	2831.40	1664.26	1897.96	1137.55

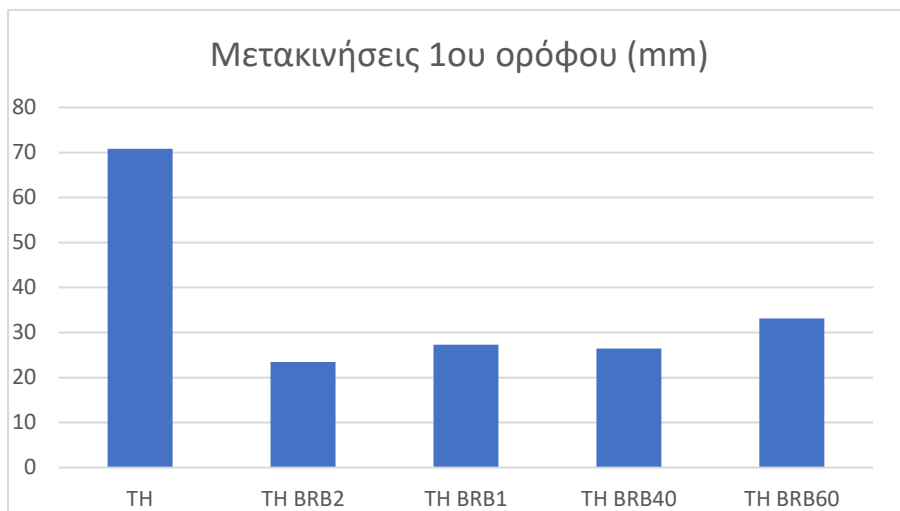
Παρατηρούμε πως στην TH1, TH2, TH7, TH9, TH10, TH11, TH12, TH13, TH14, TH16, TH17, TH19, TH20 και TH21 αρχίζουν να διαρρέουν το BRB. Επίσης σε όλες τις χρονοϊστορίες έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στον πόδα των υποστυλωμάτων ισογείου και ορόφου.

3.4.6 Συγκριτικά αποτελέσματα και γραφήματα για όλες τις περιπτώσεις

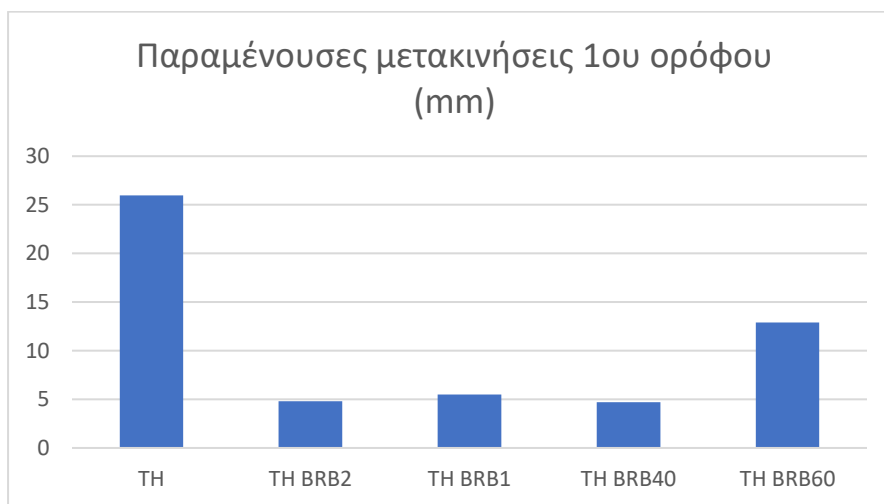
Την καλύτερη συμπεριφορά παρουσιάζει η πρώτη περίπτωση..

Από τις 4 περιπτώσεις η μοναδική που αντέχει την προσθήκη των BRB χωρίς ενίσχυση έναντι τέμνουσας των υποστυλωμάτων είναι αυτή με τα δύο BRB στα ακραία ανοίγματα.

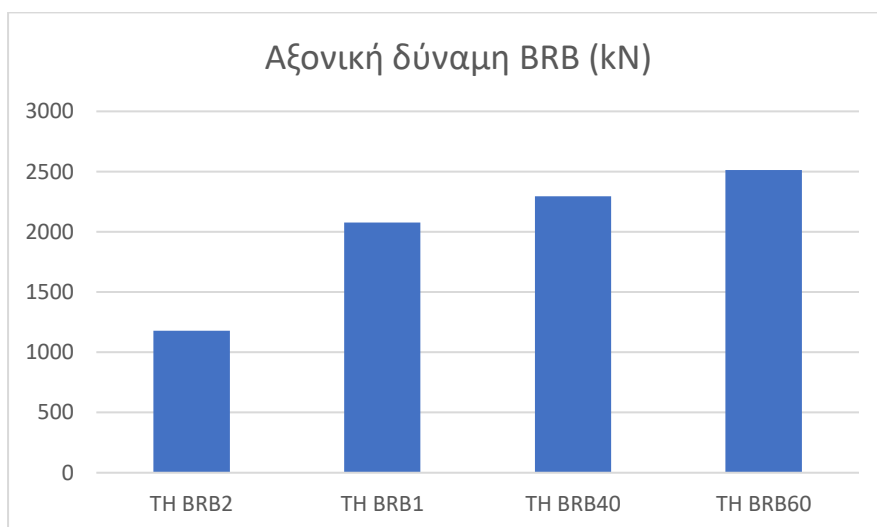
Στις υπόλοιπες δύο έχουμε το σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα ισογείου ορόφου και θα χρειαστεί ενίσχυση των υποστυλωμάτων ισογείου.



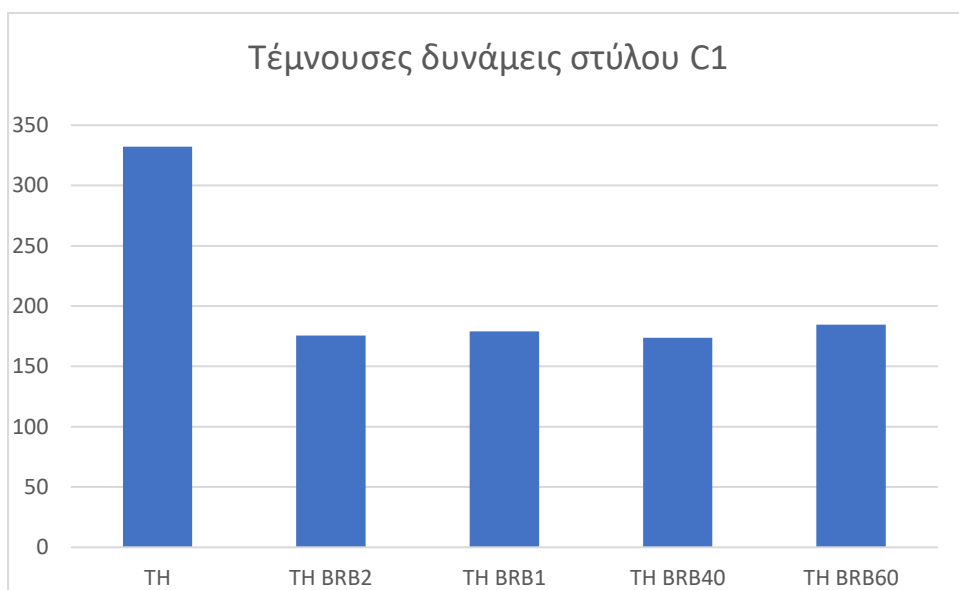
Εικόνα 3.22



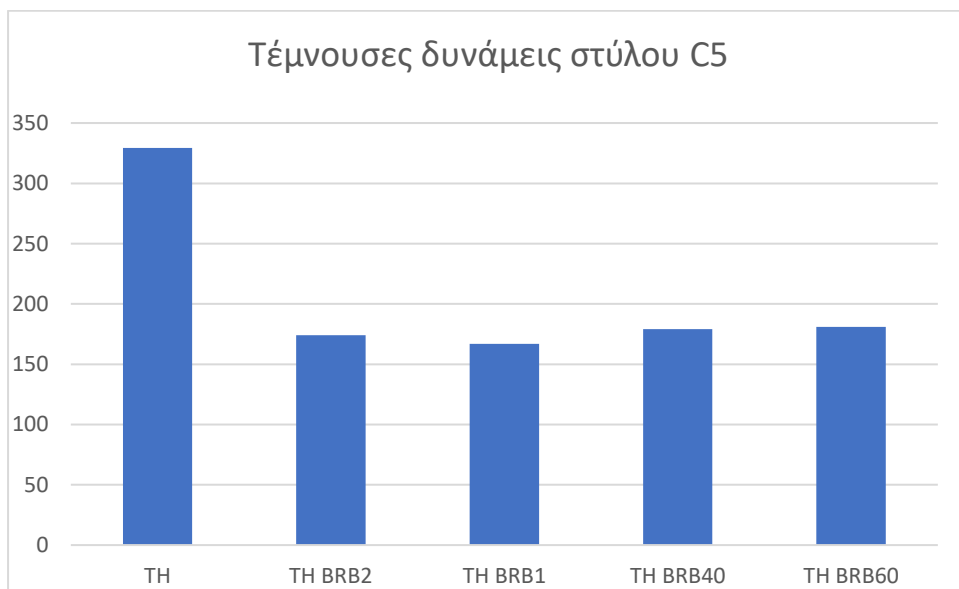
Εικόνα 3.23



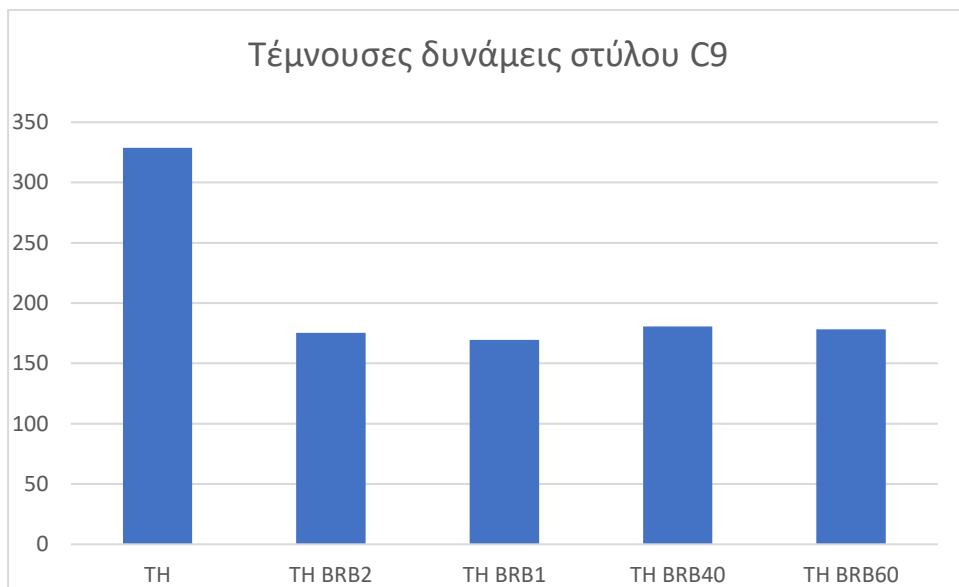
Εικόνα 3.24



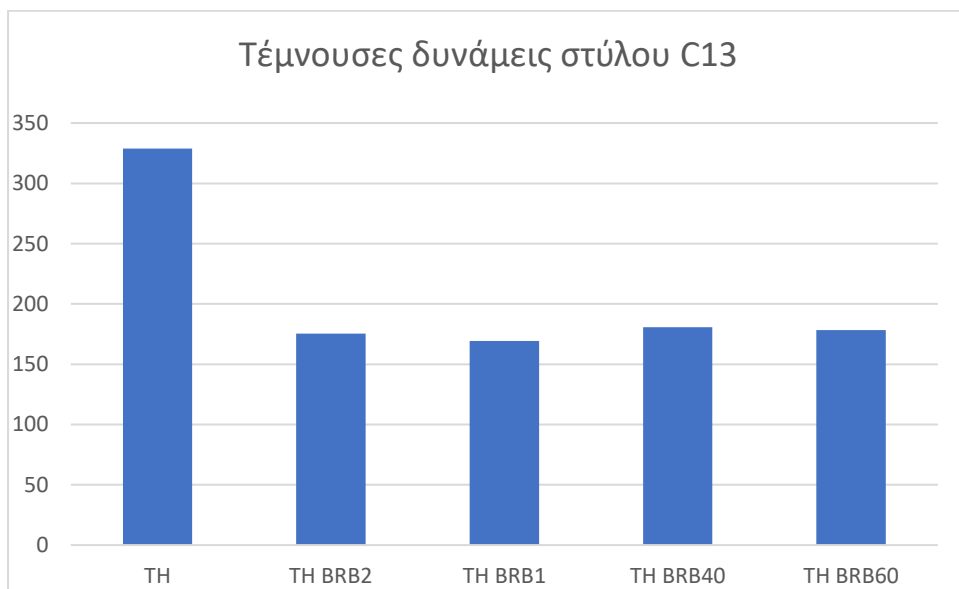
Εικόνα 3.25



Εικόνα 3.26



Εικόνα 3.27



Εικόνα 3.28

3.5 Συμπεράσματα

Η προσθήκη των BRB στα παραπάνω κτίρια είχε ως αποτέλεσμα τον υποδιπλασιασμό έως υποτετραπλασιασμό των μετακινήσεων. Σε όλες τις περιπτώσεις αποφεύγεται η κατάρρευση του φορέα.

Στο διώροφο κτίριο είχαμε μερικές περιπτώσεις συντονισμού όπου η προσθήκη των αντιλυγισμικών συνδέσμων είτε δεν επέφερε κάποια ουσιαστική αλλαγή είτε χειροτέρευσε ελάχιστα την υπάρχουσα κατάσταση. Το θετικό είναι πως σε καμία περίπτωση δε χρειάστηκε ενίσχυση των υποστυλωμάτων προκειμένου να παραλάβουν την πρόσθετη τέμνουσα δύναμη.

Στα υπόλοιπα κτίρια είδαμε πως η προσθήκη των δύο BRB στα ακραία ανοίγματα γίνεται χωρίς ενίσχυση των υποστυλωμάτων. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις πλην ελαχίστων εξαιρέσεων η ενίσχυση είναι απαραίτητη.

Σε όλες τις περιπτώσεις εκτός του τετραώροφου η λύση με τα δύο BRB έχει την καλύτερη συμπεριφορά ως προς τη μείωση των μετακινήσεων και τη δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα του ισογείου και πρώτου ορόφου. Εκτός ελαχίστων περιπτώσεων τα BRB δεν αρχίζουν να διαρρέουν

Οι τρεις υπόλοιπες διατάξεις έχουν παρόμοια συμπεριφορά ως προς τις μετακινήσεις. Και όσο αυξάνει η κλίση του μεσαίου BRB παρατηρούμε μία μικρή αύξηση στη δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα ισογείου και πρώτου ορόφου. Επίσης στις περισσότερες περιπτώσεις τα BRB αρχίζουν να διαρρέουν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ

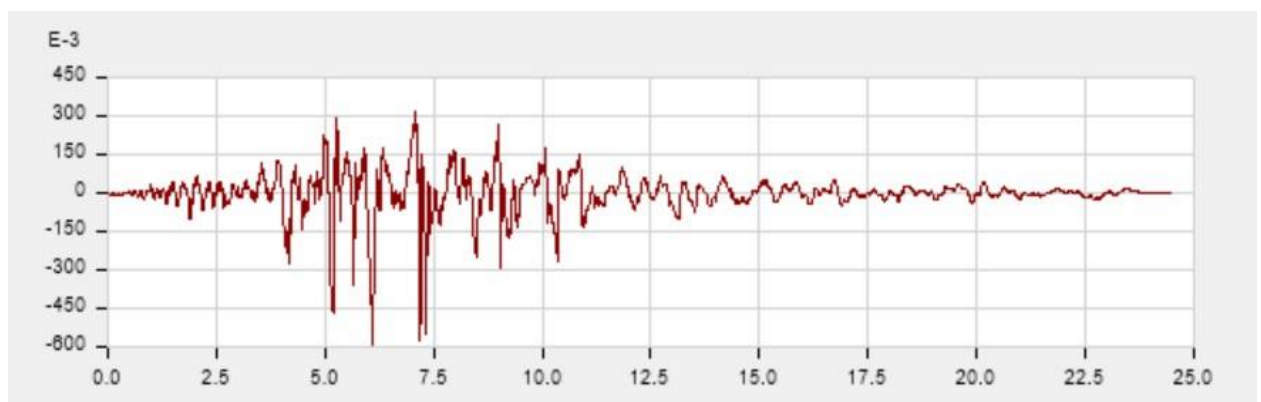
1.



2.



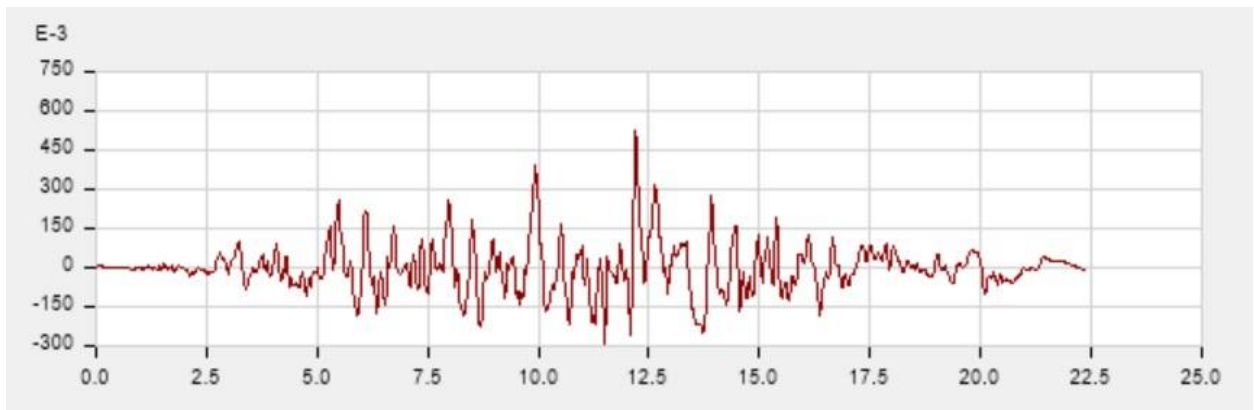
3.



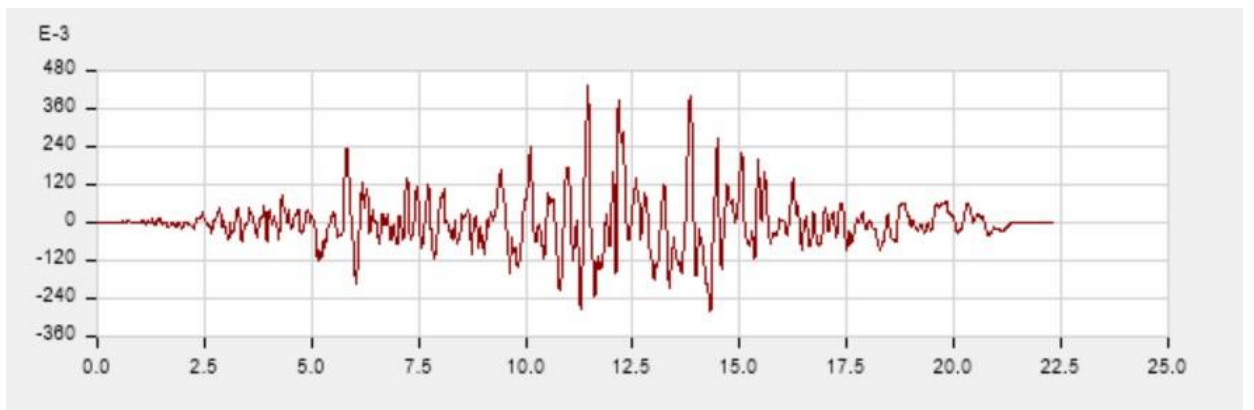
4.



5.



6.



7.



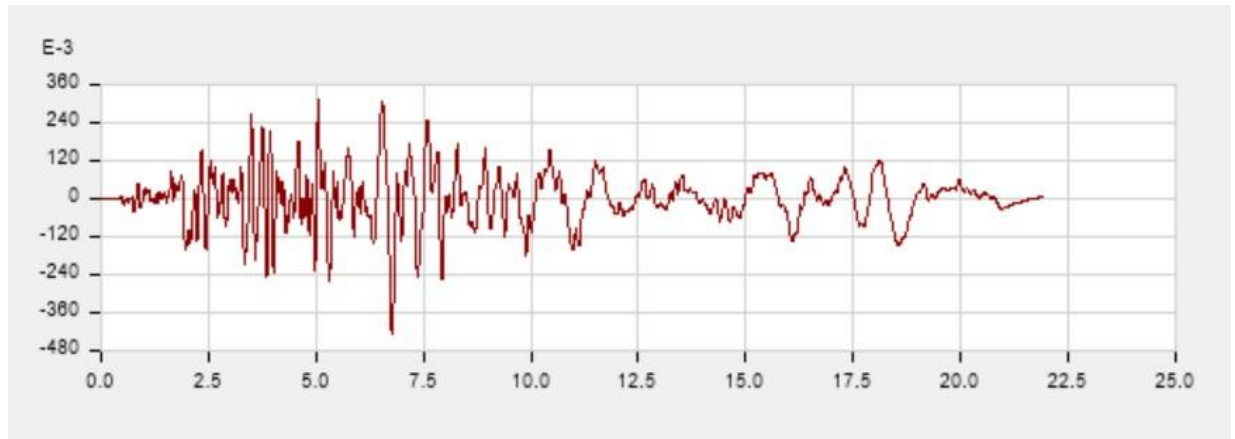
8.



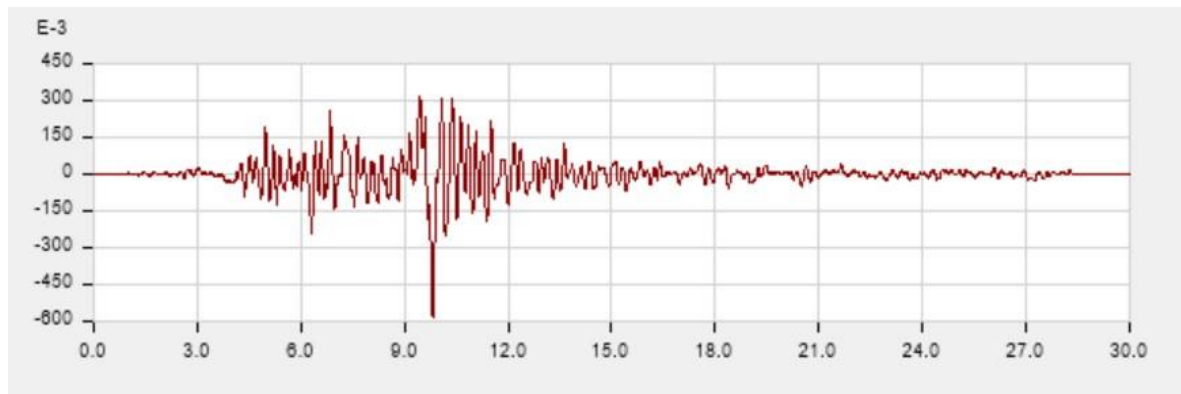
9.



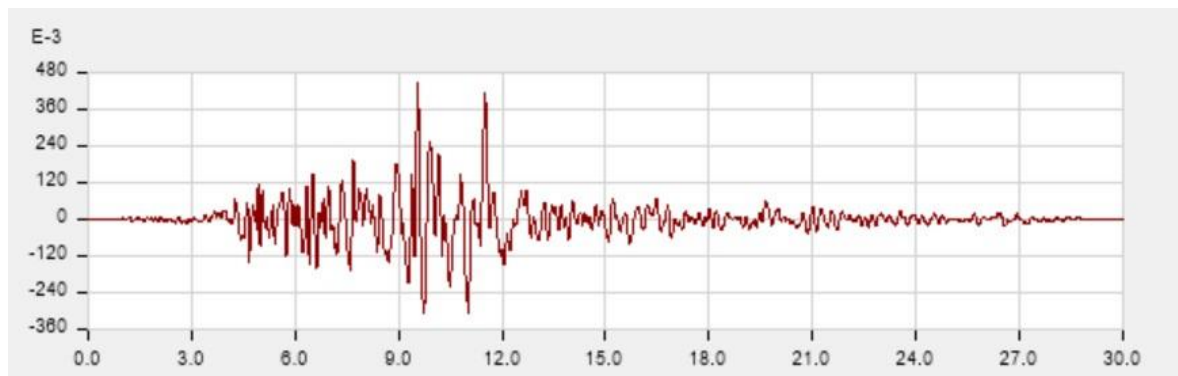
10.



11.

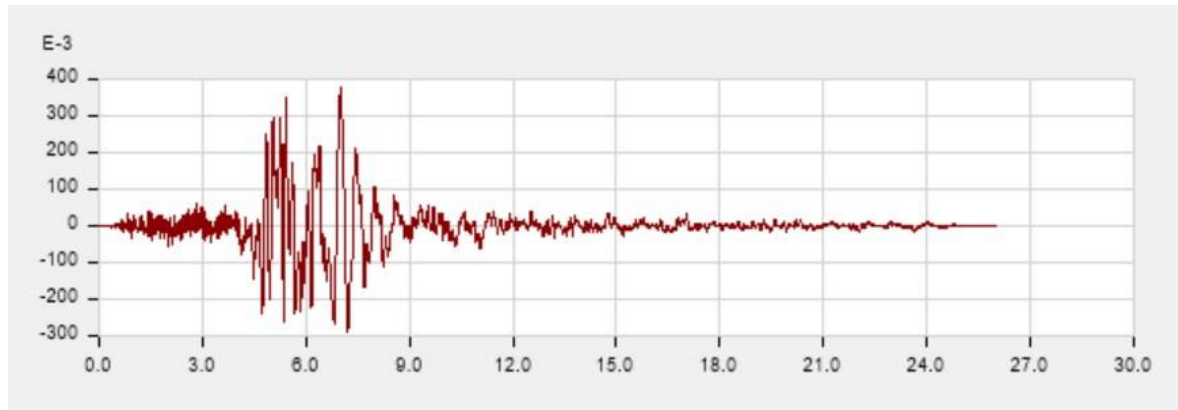


12.





13.



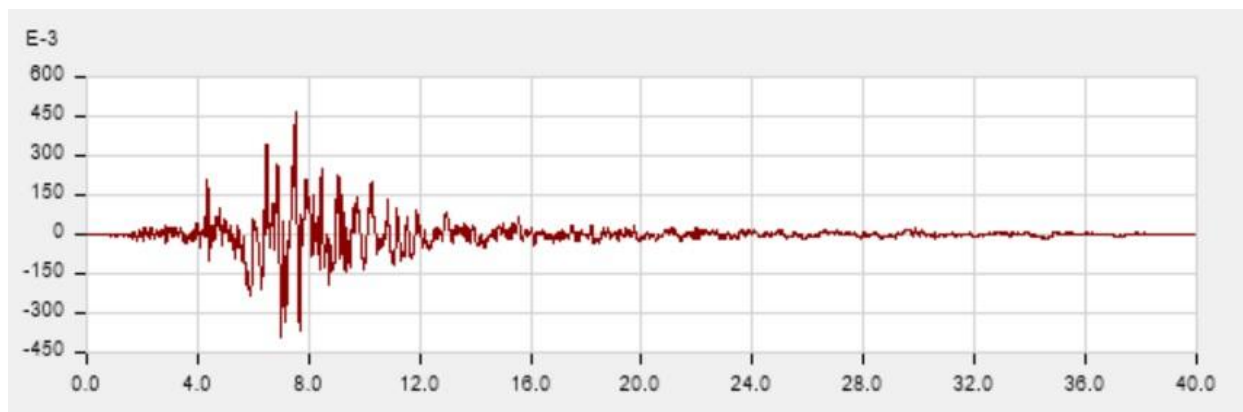
14.



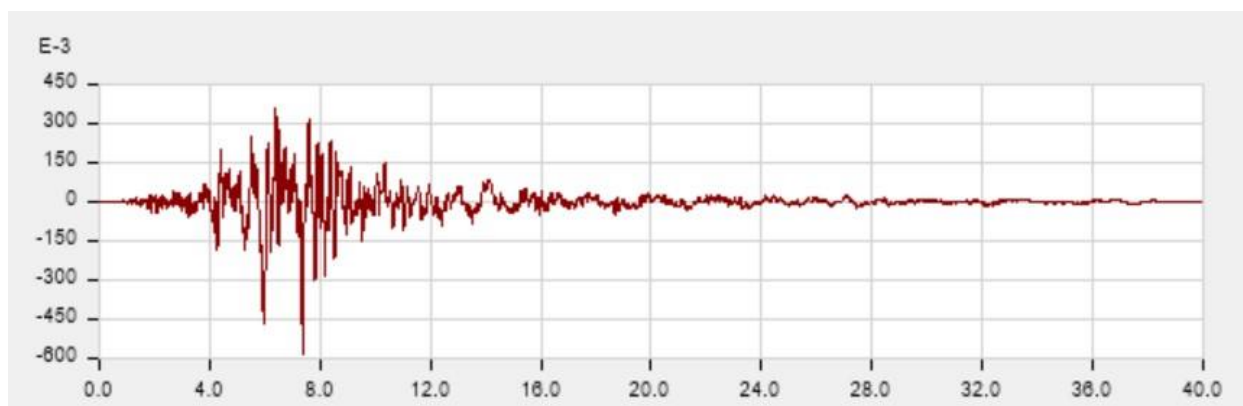
15.



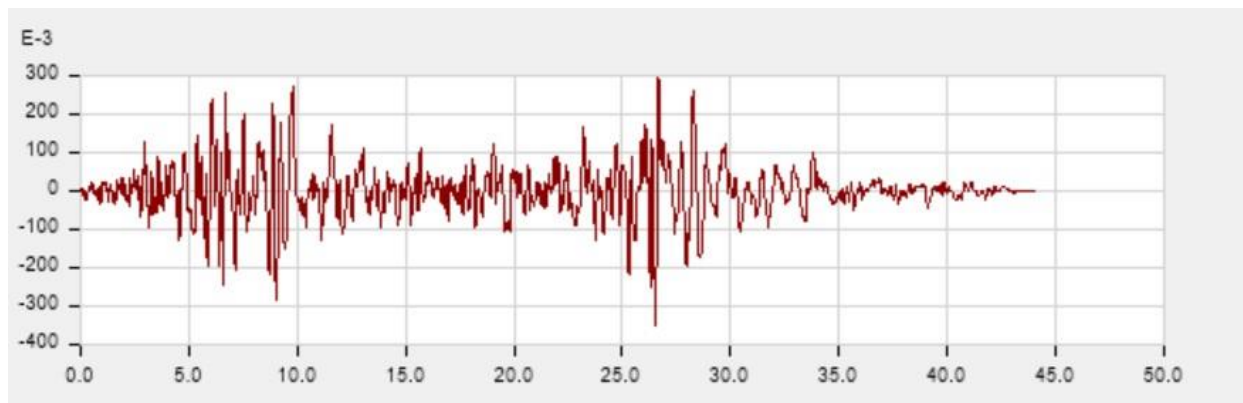
16.



17.



18.

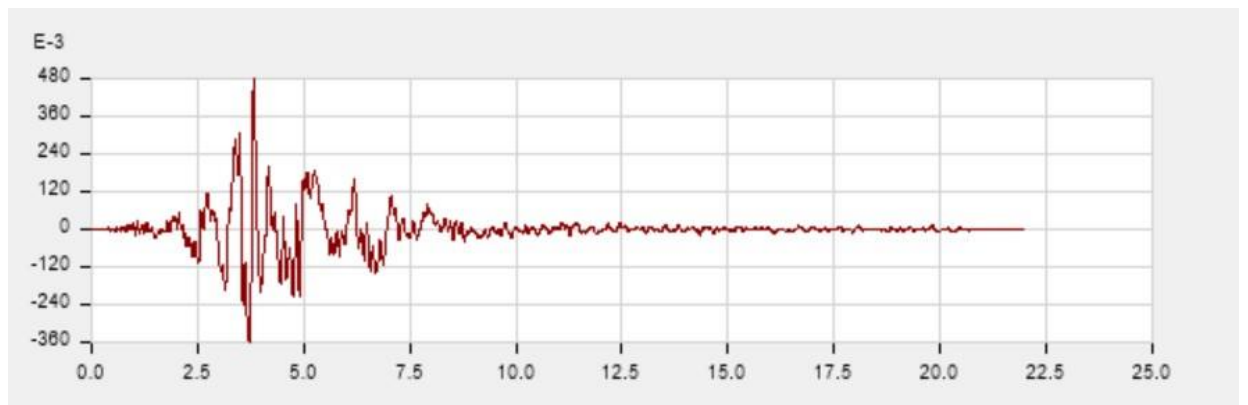




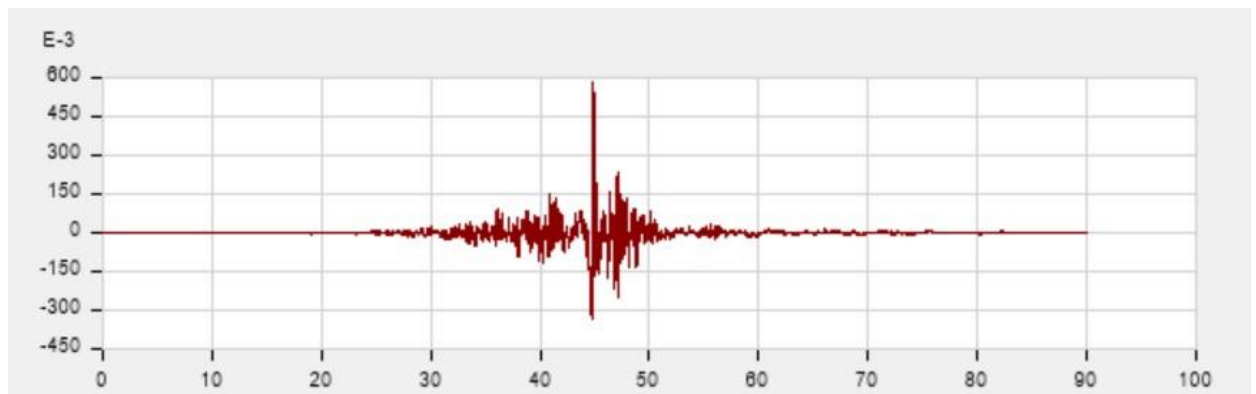
19.



20.



21.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Mahrenholtz C., Lin P-C., Wu A-C., Tsai K-C., Hwang S-J., Lin R-Y., Bhayusukma M.Y., *Retrofit of reinforced concrete frames with buckling-restrained braces*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2015; 44:59-78.

Kuan-Yu Pan, An-Chien Wu, Keh-Chyuan Tsai, Chao-Hsien Li, Hsen-Han Khoo, Seismic retrofit of reinforced concrete frames using buckling-restrained braces with bearing block load transfer mechanism, 2016

H. Guerrero, A. Teran-Gilmore, E. Zamora, J.A. Escobar & R. Gómez, Hybrid Simulation Tests of a Soft Storey Frame Building Upgraded with a Buckling-Restrained Brace (BRB) 2020

Bulletin of Earthquake Engineering, Assessing and quantifying the earthquake response of reinforced concrete buckling-restrained brace frame structures, 2019

Jiuk Shin, JunHee Kim, Kihak, Seismic assessment of damaged piloti-type RC building subjected to successive earthquakes, 2014

Tsai K-C, Wu A-C, Pan K-Y, Yang H-H, *Buckling Restrained Braces for Existing and New Reinforced Concrete Frames*, The 2017 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM17) Ilsan(Seoul), Korea, August 28 - September 1, 2017

Ozcelik R, Akpınar U, Binici B *Seismic Retrofit of Deficient RC Structures with Internal Steel Frames*, Advances in Structural Engineering Volume 14 No. 6 2011

ATC72-1 (2010) Modeling and acceptance criteria for seismic design and analysis of tall buildings. Applied Technology Council, Redwood City, CA
Fardis MN (2009) Seismic design, assessment and retrofitting of concrete buildings. Springer, Dordrecht

Bradly B. Coy, Buckling-Restrained Braced Frame Connection Design and Testing, Brigham Young University, Provo, 2007

Fardis, M. N.. (2009): «Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings based on EN-Eurocode 8», Springer, .