



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Διπλωματική Εργασία



**ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΗΣ ΤΟ 1961**

Ευάγγελος
Πετρουλάς

Α.Μ. 01108093

Επιβλέπων

**Εμμανουήλ
Βουγιούκας**
Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα 2016

Copyright © 2016 Ευάγγελος Πετρουλάς

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν με την καθοδήγηση και τις γνώσεις τους στην πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερα τον κύριο Εμμανουήλ Βουγιούκα, επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας, για την εμπιστοσύνη που έδειξε αναθέτοντάς μου το θέμα αυτό, για την καθοδήγησή στην αποπεράτωση αυτής της προσπάθειας, για τις γνώσεις που μου μετέφερε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και για το εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας .

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κυριάκο Λουράντο, διπλωματούχο πολιτικό μηχανικό Ε.Μ.Π., για τη πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές που μου έδωσε καθ' όλη την πορεία ενασχόλησης με το συγκεκριμένο θέμα.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αδριανό Κατσούρη, υποψήφιο διδάκτορα ΗΜΜΥ Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθεια σε θέματα λογισμικού καθώς και στην προσπάθεια περαίωσης της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και κατανόηση που έδειξαν κατά τη διάρκεια αποπεράτωσης της συγκεκριμένης εργασίας.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της σεισμικής συμπεριφοράς μιας ξενοδοχειακής μονάδας, η εκτίμηση της πραγματικής αντοχής και η πρόταση ενίσχυσής της εφόσον χρειαστεί. Για το σκοπό αυτό έγινε χρήση σύγχρονων ανελαστικών μεθόδων ανάλυσης όπως είναι η στατική ανελαστική ανάλυση (Pushover). Για την εφαρμογή των παραπάνω αναλύσεων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Etabs 2015. Πιο αναλυτικά:

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας με βάση τη σεισμική επικινδυνότητα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται ορισμένες έννοιες των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών όπως η πλαστιμότητα, η στοχευόμενη μετακίνηση, η καμπύλη ικανότητας και η λογική των πλαστικών αρθρώσεων σε μια κατασκευή.

Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στη μορφολογία της υπό εξέταση ξενοδοχειακής μονάδας, όπως επίσης και στον τρόπο με τον οποίο προσομοιώθηκε στο λογισμικό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, ορίζονται οι παράμετροι της στατικής ανελαστικής ανάλυσης και στη συνέχεια εξάγονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε κτίριο.

Το πέμπτο κεφάλαιο πραγματεύεται την ενίσχυση της κατασκευής. Πραγματοποιούνται δύο ενισχύσεις και επιλέγεται η προσφορότερη. Κατόπιν, προσδιορίζεται το κέντρο στροφής και γίνεται εκτίμηση του κόστους ενίσχυσης.

Στο έκτο κεφάλαιο, διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την αποτίμηση της συμπεριφοράς της κατασκευής καθώς και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις κλειδιά : ΚΑΝ.ΕΠΕ, στατική ανελαστική ανάλυση, κατασκευαστικός αρμός

Abstract

The topic of the thesis is to conduct a research analysis in regard to the seismic behavior of a hotel establishment, to estimate its actual structural strength and in case this is necessary to propose for its reinforcement. For the purpose of the research, modern, inelastic methods were being used, such as the static inelastic analysis (Pushover). The analysis was then performed through the use and the application of the structural software Etabs 2015. More precisely:

Chapter 1 presents the aim of the thesis based on the seismic risk.

Chapter 2 analyzes certain terms of the current anti-seismic regulations, such as the ductility, the target displacement, the capacity curve and the hinges of the structure.

Chapter 3 refers to the morphology of the assessed hotel establishment as well as to the method of its simulation in the software.

Chapter 4 sets out the parameters of the static inelastic analysis and consequently it presents the relevant results for each structure.

Chapter 5 examines the case of the structural reinforcement. This section, conducts an analysis of two reinforcement case scenarios and the appropriate one is proposed. Afterwards, the center of rigidity is being assessed and there is also an estimation in regard to the cost of the reinforcement.

Chapter 6 presents the final results following from the evaluation of the structural behavior as well as relevant proposals for future scientific research.

Key words : Greek Interventions Regulation, Pushover, construction joints

Περιεχόμενα

Κατάλογος εικόνων.....	8
Κατάλογος Πινάκων	10
1 Εισαγωγή.....	12
1.1 Στόχος της παρούσας εργασίας	12
2 Περι αντισεισμικών κανονισμών.....	13
2.1 Οι προ του 1984 κατασκευές	13
2.2 Σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί.....	14
2.2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2.2 Πλαστιμότητα.....	14
2.2.3 Στάθμες επιτελεσματικότητας φέροντος οργανισμού	15
2.2.4 Καμπύλη ικανότητας (capacity curve)	15
2.2.5 Καμπύλη $F - \delta$ δομικού στοιχείου ή διατομής.....	16
2.2.6 Στοχευόμενη μετακίνηση	17
2.2.7 Έλεγχος στοχευόμενης ικανότητας.....	19
2.2.8 Η έννοια της πλαστικής άρθρωσης.....	20
3 Περιγραφή και προσομοίωση κτιρίου.....	21
3.1 Εισαγωγή	21
3.2 Μορφολογία φέροντος οργανισμού	21
3.3 Προσομοίωση φορέα.....	26
3.3.1 Υλικά προσομοιώματος.....	26
3.3.2 Καθορισμός φορτίων	27
3.3.3 Ορισμός φερόντων στοιχείων.....	29
3.3.4 Καθορισμός πλαστικών αρθρώσεων	30
4 Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς κατασκευής.....	34
4.1 Εισαγωγή	34
4.2 Προϋποθέσεις εφαρμογής	34
4.3 Κατακόρυφη φόρτιση $G+0.6Q$	36
4.4 Ανελαστική ανάλυση (PUSHOVER).....	38
4.4.1 Εισαγωγή.....	38
4.4.2 Προκαταρκτικά βήματα ανάλυσης	38
4.5 Αποτελέσματα ανάλυσης	40
4.5.1 Αποτελέσματα ανάλυσης κτιρίου Α.....	40

4.5.2 Αποτελέσματα ανάλυσης κτιρίου Β.....	44
5 Πρόταση ενίσχυσης	51
5.1 Εισαγωγή	51
5.2 Ενίσχυση κτιρίου Α.....	51
5.3 Ένωση κτιρίων	59
5.4 Έλεγχος έναντι τέμνουσας στα τοιχεία	66
5.5 Προσδιορισμός κέντρου στροφής.....	68
5.6 Κόστος ενίσχυσης κατασκευής	74
6 Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	81
7 Βιβλιογραφία.....	83
8 Παράρτημα Α.....	84
9 Παράρτημα Β.....	100

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1 - Συμπεριφορά φαθουρού και πλάστιμου μέλους.....	14
Εικόνα 2 - Κατασκευή καμπύλης ικανότητας.....	16
Εικόνα 3 - Καμπύλη F – δ.....	16
Εικόνα 4 - Σύγκριση σημείου επιτελεστικότητας για το σεισμό σχεδιασμού και αντίστοιχης στάθμης επιτελεστικότητας.....	20
Εικόνα 5 - Πιθανές θέσεις σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων	20
Εικόνα 6 - 1961 Βόρεια όψη ξενοδοχείου.....	21
Εικόνα 7 - Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα- αρμός παράλληλα στην Y διεύθυνση	22
Εικόνα 8 – Ξυλότυπος οροφής υπογείου.....	22
Εικόνα 9 – Ξυλότυπος οροφής μαγειρείων.....	23
Εικόνα 10 – Ξυλότυπος οροφής ισογείου	23
Εικόνα 11 – Ξυλότυπος οροφής 'Α ορόφου	24
Εικόνα 12 - Ξυλότυπος οροφής ' Β ορόφου.....	24
Εικόνα 13 - . Εισαγωγή ποιότητας σκυροδέματος στο Etabs	26
Εικόνα 14 - Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού EC-8.....	28
Εικόνα 15 - Παράδειγμα εισαγωγής διατομής δοκού στο Etabs	29
Εικόνα 16 - Παράδειγμα εισαγωγής πλαστικής άρθρωσης δεξιού άκρου δοκού στο Etabs .	32
Εικόνα 17 - Παράδειγμα διαχωρισμού τοιχείου σε ίνες.....	33
Εικόνα 18 - Καθορισμός οριζόντιας φόρτισης στη X διεύθυνση	38
Εικόνα 19 - Καθορισμός κόμβου ελέγχου και ελεγχόμενης μετακίνησης	39
Εικόνα 20 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κτιρίου A , κατά X.....	40
Εικόνα 21 - Σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων κτιρίου A , κατά X.....	41
Εικόνα 22 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά X(Adrs) – Κτίριο A.....	42
Εικόνα 23 - .Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κτιρίου A , κατά Y	43
Εικόνα 24 - Σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων κτιρίου A , κατά Y.....	43
Εικόνα 25 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά Y(Adrs) – Κτίριο A.....	44
Εικόνα 26 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κτιρίου B , κατά X.....	45
Εικόνα 27 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά X(Adrs) – Κτίριο B.....	47
Εικόνα 28 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κτιρίου B , κατά Y.....	48
Εικόνα 29 - Καμπύλη ικανότητας υποστυλώματος.....	49

Εικόνα 30 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά Y (Adrs) – Κτίριο Β	50
Εικόνα 31 - Τρισδιάστατη απεικόνιση ενισχυμένου φορέα – κτίριο Α	51
Εικόνα 32 - Ενίσχυση με τοιχεία – Οροφή Ισογείου	52
Εικόνα 33 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης ενισχυμένου κτιρίου , κατά X....	53
Εικόνα 34 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά X (Adrs) – Ενισχυμένο κτίριο	55
Εικόνα 35 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης ενισχυμένου κτιρίου , κατά Y	56
Εικόνα 36 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά Y (Adrs) – Ενισχυμένο κτίριο	58
Εικόνα 37 - Προεργασία ενίσχυσης κτιρίου με Gunite.....	59
Εικόνα 38 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης ολικού κτιρίου, κατά X	60
Εικόνα 39 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά X (Adrs) – Ολικό κτίριο	62
Εικόνα 40 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης ολικού κτιρίου, κατά Y	63
Εικόνα 41 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά Y (Adrs) – Ολικό κτίριο	65
Εικόνα 42 - Διάγραμμα τέμνουσας δύναμης στο τοιχείο. Σεισμός κατά X	66
Εικόνα 43 - . Κέντρο μάζας και στροφής – Κτίριο Α	71
Εικόνα 44 - Κέντρο μάζας και στροφής – Κτίριο Β	72
Εικόνα 45 - Κέντρο μάζας και στροφής – Ολικό κτίριο.....	73

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 - Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης	15
Πίνακας 2 - Τιμές του συντελεστή C_0	18
Πίνακας 3 - Τιμές του συντελεστή C_2	19
Πίνακας 4 - Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας – Μέγιστη σεισμική επιτάχυνση	27
Πίνακας 5 - Κατηγορία εδάφους - Παράμετροι οριζόντιου ελαστικού φάσματος για τις τυποποιημένες κατηγορίες εδάφους του ΕΚ8	27
Πίνακας 6 - Κατηγορίες σπουδαιότητας για κτίρια, συντελεστές σπουδαιότητας και συντελεστής μείωσης	28
Πίνακας 7 - Ιδιομορφές κτιρίου Α	35
Πίνακας 8 - Ιδιομορφές κτιρίου Β	35
Πίνακας 9 - Σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων λόγω κατακόρυφων φορτίων-Κτίριο Α ..	37
Πίνακας 10 - Σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων λόγω κατακόρυφων φορτίων-Κτίριο Α	37
Πίνακας 11 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας κτιρίου Α, διεύθυνση Χ	41
Πίνακας 12 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας κτιρίου Β, διεύθυνση Χ	45
Πίνακας 13 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας κτιρίου Β, διεύθυνση Υ	49
Πίνακας 14 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας ενισχυμένου κτιρίου, διεύθυνση Χ	54
Πίνακας 15 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας ενισχυμένου κτιρίου, διεύθυνση Υ	56
Πίνακας 16 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας ολικού κτιρίου, διεύθυνση Χ	61
Πίνακας 17 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας ολικού κτιρίου, διεύθυνση Υ	63
Πίνακας 18 – Κέντρο στροφής	68
Πίνακας 19 – Κέντρο στροφής κατά ΕΑΚ	69
Πίνακας 20 - Προϋπολογισμός έργου	80
Πίνακας 21 - Υπολογισμός πλαστικών αρθρώσεων υποστυλωμάτων	84
Πίνακας 22 - Υπολογισμός πλαστικών αρθρώσεων υποστυλωμάτων, ολικό κτίριο	92
Πίνακας 23 - Υπολογισμός πλαστικών αρθρώσεων δοκών	93
Πίνακας 24 - Υπολογισμός πλαστικών αρθρώσεων δοκών, ολικό κτίριο	99
Πίνακας 25 – Υπολογισμός κέντρου στροφής κτιρίου Α	100
Πίνακας 26 - Υπολογισμός κέντρου στροφής κτιρίου Β	101

Πίνακας 27 - Υπολογισμός κέντρου στροφής ολικού κτιρίου.....102

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού κύκλου σπουδών της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π στον τομέα Δομοστατικής, εργαστήριο οπλισμένου σκυροδέματος.

Η Ελλάδα είναι μια από τις πλέον σεισμογενείς χώρες, καταλαμβάνοντας την έκτη θέση στον κατάλογο των περισσότερο σεισμογενών χωρών του κόσμου και παρότι κατέχει το 0,02 της επιφάνειας της γης απελευθερώνει το 2% της παγκόσμιας σεισμικής ενέργειας κάθε χρόνο και πλέον του 50% της ευρωπαϊκής.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της Ελλάδας αποτελούν οι κατασκευές οι οποίες έχουν κατασκευαστεί πριν το 1984, δηλαδή πριν την πρώτη βασική τροποποίηση του Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959. Οι κατασκευές αυτές υστερούν σημαντικά από πλευράς σεισμικής ελάρκειας σε σχέση με τις σημερινές, δεδομένου ότι δεν υπήρχαν καταγραφές έντονης σεισμικής δραστηριότητας όπως σήμερα με συνέπεια οι τότε ισχύοντες κανονισμοί να είναι και πιο ελαστικοί.

Ως συνέπεια των παραπάνω κρίνεται αναγκαία η αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών που έχουν υλοποιηθεί με βάση παλαιότερους κανονισμούς και αν κριθεί αναγκαία η επέμβαση-ενίσχυση τους. Στην κατεύθυνση αυτή κινούνται σύγχρονα κανονιστικά κείμενα όπως ο Ελληνικός Κανονισμός Επεμβάσεων, ο Ευρωκώδικας 8 και οι Αμερικάνικες οδηγίες της FEMA.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της σεισμικής συμπεριφοράς μιας ξενοδοχειακής μονάδας, η εκτίμηση της πραγματικής αντοχής και η πρόταση ενίσχυσης της εφόσον χρειαστεί.

2 ΠΕΡΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

2.1 ΟΙ ΠΡΟ ΤΟΥ 1984 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ο αντισεισμικός σχεδιασμός εισήχθη σε όλους τους νομούς της Ελλάδας με τη θέσπιση του πρώτου Αντισεισμικού Κανονισμού το 1959 (Βασιλικό Διάταγμα της 19/26.2.1959). Προ του 1959 είχαν εφαρμοσθεί σε ορισμένες περιοχές της χώρας που είχαν πληγεί από σεισμούς, μια σειρά από αντισεισμικά μέτρα, τα οποία κωδικοποίησε ο Κανονισμός του 1959. Από την άλλη πλευρά η θέσπιση του Αντισεισμικού Κανονισμού το 1959 δε σήμαινε ότι οι κατασκευές που σχεδιάστηκαν με αυτόν, ιδίως οι πολυώροφες από οπλισμένο σκυρόδεμα, διέθεταν σημαντική αντοχή σε σεισμό.

Οι κατασκευές οι οποίες είχαν ανεγερθεί με βάση τον κανονισμό του 1959 καλούνταν να αναλάβουν κυρίως κατακόρυφα φορτία και πολύ σπάνια διέθεταν ένα σαφώς ορισμένο δομικό σύστημα ανάληψης των οριζόντιων δυνάμεων και στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις. Οι θέσεις των δοκών και των υποστυλωμάτων καθορίζονταν από την αρχιτεκτονική διάταξη, με αποτέλεσμα το δομικό σύστημα να κυριαρχείται από έμμεσες στηρίξεις δοκών επί άλλων δοκών και να χαρακτηρίζεται από σχεδόν πλήρη απουσία ξεκάθαρων πλαισίων ή μεικτών συστημάτων.

Συνεπώς οι κατασκευές εκείνης της περιόδου δε μπορούν σε καμία περίπτωση να χαρακτηρισθούν ως ασφαλείς αντισεισμικές κατασκευές δεδομένου ότι έννοιες όπως ανελαστική συμπεριφορά, πλαστιμότητα, ικανοτικός σχεδιασμός ήταν παντελώς άγνωστες στους μηχανικούς.

2.2 ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

2.2.1 Εισαγωγή

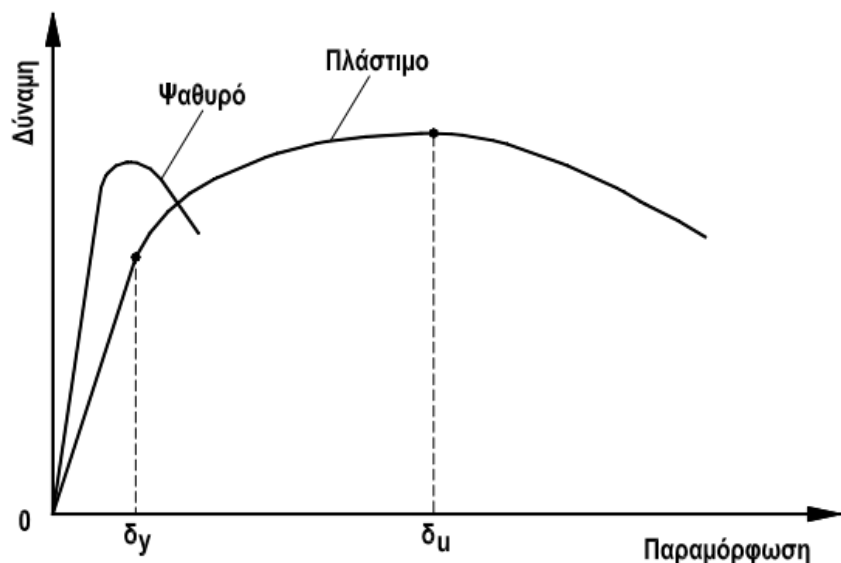
Η συνεχής έρευνα πάνω στην επιστήμη του Πολιτικού μηχανικού σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έφερε τη θέσπιση νέων αντισεισμικών κανονισμών(Ευρωκώδικας) καθώς και του κανονισμού επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ).Ακολουθως, αναλύονται μερικά από τα σημαντικότερα σημεία των κανονισμών.

2.2.2 Πλαστιμότητα

Εισάγεται η έννοια της πλαστιμότητας στις κατασκευές, η οποία αναφέρεται στην ικανότητα μιας κατασκευής, στοιχείου κατασκευής ή υλικού να υποστεί πλαστικές παραμορφώσεις χωρίς απώλεια της φέρουσας ικανότητάς του.

Υλικά με μικρή πλαστιμότητα χαρακτηρίζονται ως ψαθυρά(π.χ. άοπλο σκυρόδεμα), ενώ υλικά με μεγάλη πλαστιμότητα ως όλκιμα(π.χ. χάλυβας). Η πλαστιμότητα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για τις αντισεισμικές κατασκευές, καθώς καθορίζει αν μια κατασκευή καταρρεύσει ή όχι στην περίπτωση ενός ισχυρού σεισμού. Αυτό οφείλεται στο ότι οι περισσότεροι συντελεστές που χρησιμοποιούνται στους κανονισμούς προϋποθέτουν ότι ένα μέρος της σεισμικής ενέργειας θα καταναλωθεί στην κατασκευή σαν έργο πλαστικών παραμορφώσεων.

Η πλαστιμότητα μιας πραγματικής κατασκευής είναι δύσκολο να υπολογισθεί ή ακόμα και να εκτιμηθεί με κάποιο τρόπο. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν καθιερωμένες μέθοδοι ή κανονισμοί στους οποίους υπεισέρχεται άμεσα σαν φυσικό μέγεθος. Σε επίπεδο κατασκευής η πλαστιμότητα εξασφαλίζεται μέσω της πλαστικής συμπεριφοράς των μελών τα οποία συνθέτουν την κατασκευή. Ένα μέλος



Εικόνα 1 - Συμπεριφορά ψαθυρού και πλαστικού μέλους

λέμε ότι έχει πλαστική συμπεριφορά, όταν, για μεν μονότονη φόρτιση παρατηρείται αύξηση των παραμορφώσεων χωρίς σημαντική μείωση της αντοχής του μέλους, για δε ανακυκλιζόμενη φόρτιση οι βρόγχοι υστέρησης δύναμης-παραμόρφωσης είναι περίπου σταθεροί σε πλάτος και σε μέγιστη δύναμη για σταθερό εύρος των κύκλων παραμόρφωσης. Αντίθετα, όταν ένα μέλος δεν έχει πλαστική συμπεριφορά, μετά από δύο ή τρεις κύκλους φόρτισης-επαναφόρτισης παρατηρείται σημαντική μείωση της αντοχής και της δυσκαμψίας.

2.2.3 Στάθμες επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού

Με βάση τον κανονισμό επεμβάσεων ορίζονται τρεις στάθμες επιτελεστικότητας:

- i. **«Περιορισμένες βλάβες» (A):** Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά στοιχεία να μην έχουν διαρρεύσει σε σημαντικό βαθμό και να διατηρούν την αντοχή και δυσκαμψία τους. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι αμελητέες.
- ii. **«Σημαντικές βλάβες» (B):** Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές και εκτεταμένες αλλά επισκευάσιμες βλάβες, ενώ τα δομικά στοιχεία διαθέτουν εναπομένονσα αντοχή και δυσκαμψία και είναι σε θέση να παραλάβουν τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μετρίου μεγέθους. Ο φέρων οργανισμός μπορεί να αντέξει μετασεισμούς μέτριας έντασης.
- iii. **«Οιονεί κατάρρευση» (Γ):** Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές (μη-επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) βλάβες. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μεγάλες. Ο φέρων οργανισμός έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία (κατά, και για ένα διάστημα μετά, τον σεισμό), χωρίς πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης, ακόμη και για μετασεισμούς μέτριας έντασης.

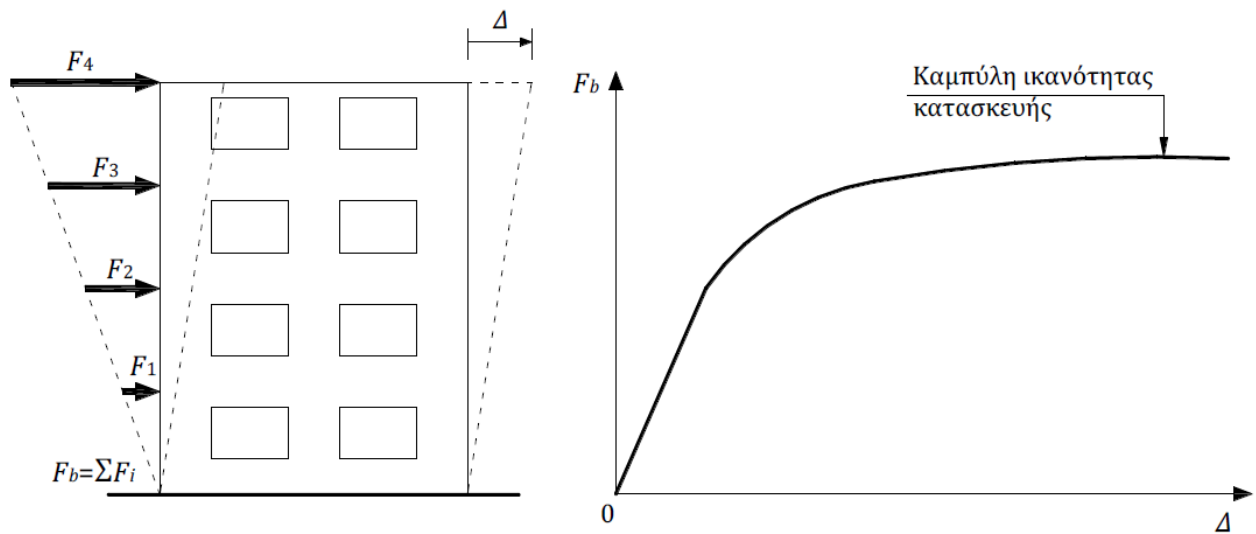
Πίνακας 1 - Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί κατάρρευση»
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

2.2.4 Καμπύλη ικανότητας (capacity curve)

Ο καθορισμός των διάφορων σταθμών επιτελεστικότητας γίνεται πάνω στην καμπύλη ικανότητας της κατασκευής, η οποία εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετατόπισης της κορυφής. Η κατασκευή της καμπύλης ικανότητας γίνεται με υπολογισμό της ανελαστικής μετακίνησης dr ενός σημείου αναφοράς (σε κτίρια συνήθως χρησιμοποιείται η μετακίνηση Δ του Κέντρου Μάζας του ανώτερου ορόφου) για διάφορες τιμές του συνολικού οριζόντιου φορτίου Fb (δηλαδή της τέμνουσας βάσης) και για δεδομένη κατανομή φορτίων στους ορόφους. Ως κατανομή των φορτίων καθ' ύψος μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τριγωνική κατανομή, ομοιόμορφη κατανομή, η πρώτη ιδιομορφή, ή ακόμη και περισσότερο πολύπλοκες κατανομές που βασίζονται στις μετακινήσεις των ορόφων λαμβάνοντας υπόψη και τη συμμετοχή των ανώτερων ιδιομορφών. Για την κατασκευή αυτής της καμπύλης γίνονται πολλές στατικές επιλύσεις με

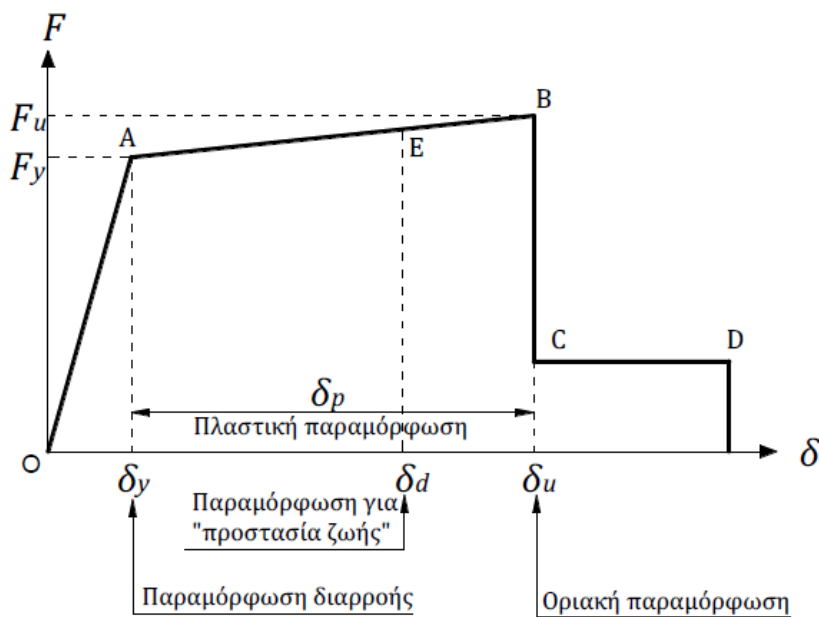
σταδιακή αύξηση της τέμνουσας βάσης και υπολογισμό της μετακίνησης της κορυφής σε κάθε βήμα (μεθοδολογία pushover), λαμβάνοντας υπόψη τη μειωμένη δυσκαμψία των στοιχείων που έχουν διαρρεύσει σε κάθε βήμα.



Εικόνα 2 - Κατασκευή καμπύλης ικανότητας

2.2.5 Καμπύλη $F - \delta$ δομικού στοιχείου ή διατομής

Η καμπύλη $F - \delta$ παρουσιάζει την ανελαστική συμπεριφορά των μελών της κατασκευής και σχετίζει εντατικά μεγέθη, που συμβολίζονται με " F " και παραμορφώσεις ή σχετικές μετακινήσεις, που συμβολίζονται με " δ ". Τα μεγέθη F μπορούν να είναι δυνάμεις ή ροπές και οι σχετικές μετακινήσεις δ μπορούν να είναι μετατοπίσεις, παραμορφώσεις, καμπυλότητες ή στροφές.



Εικόνα 3 - Καμπύλη $F - \delta$

i. Τμήμα OA

Αντιπροσωπεύει την *ελαστική συμπεριφορά* μέχρι το θεωρητικό σημείο διαρροής. Η κλίση της ευθείας OA ορίζει την τέμνουσα δυσκαμψία που πρέπει να ληφθεί υπόψη στην ελαστική ανάλυση.

ii. Τμήμα AB

Αντιπροσωπεύει τη *μετελαστική συμπεριφορά* του στοιχείου μέχρι τη θεωρητική αστοχία (σημείο B). Το σημείο B καθορίζεται από την οριακή παραμόρφωση αστοχίας δu που ορίζεται ως η παραμόρφωση για την οποία έχει συμβεί ουσιαστική μείωση της ικανότητας παραλαβής φορτίων. Συνήθως, στη σπονδυλωτή καμπύλη το σημείο αυτό αντιστοιχεί σε μείωση της αντοχής (δηλαδή του μεγέθους F) κατά 20% σε σύγκριση με τη μέγιστη τιμή της. Πολλές φορές, η κλίση του κλάδου AB λαμβάνεται οριζόντια. Σε αυτή την περίπτωση, η αντίσταση διαρροής F_y μπορεί να ληφθεί ίση με την οριακή αντίσταση F_u για τον κρίσιμο τρόπο αστοχίας. Η παραμόρφωση $\delta p = \delta u - \delta y$, η οποία ορίζεται από το μετελαστικό τμήμα της παραμόρφωσης μέχρι την αστοχία, καθορίζει την ικανότητα πλαστικής παραμόρφωσης της διατομής.

iii. Τμήμα CD

Αντιπροσωπεύει την *απομένουσα ικανότητα* του στοιχείου. Συνήθως, μετά την παραμόρφωση αστοχίας δu , η ικανότητα ενός μέλους να παραλάβει σεισμικά φορτία μειώνεται σημαντικά αλλά δεν μηδενίζεται και έτσι το στοιχείο μπορεί να εξακολουθήσει να παραλαμβάνει κατακόρυφα φορτία. Στο σημείο D, θεωρούμε ότι το στοιχείο χάνει την ικανότητα να παραλαμβάνει και κατακόρυφα φορτία.

Η τιμή της απομένουσας αντοχής είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Συνήθως λαμβάνεται ίση με το 20% της οριακής αντοχής.

2.2.6 Στοχευόμενη μετακίνηση

Η στοχευόμενη μετακίνηση δt θα υπολογίζεται συνεκτιμώντας κατάλληλα όλους του παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η μετακίνηση ενός ανελαστικά αποκρινόμενου κτιρίου. Επιτρέπεται να γίνεται θεώρηση της μετακίνησης ενός ελαστικού μονοβαθμίου συστήματος με ιδιοπερίοδο ίση με τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του κτιρίου το οποίο υπόκειται στη σεισμική δράση για την οποία γίνεται ο έλεγχος, με κατάλληλη διόρθωση ώστε να προκύπτει η αντίστοιχη μετακίνηση του ελαστοπλαστικά αποκρινόμενου κτιρίου. Προς τούτο αρκεί να λαμβάνονται προσεγγιστικά υπόψη :

- Η διαφορά ελαστικής – ανελαστικής μετακίνησης
- Η διαφορά της μετακίνησης του ανωτέρω μονοβαθμίου συστήματος και του «κόμβου ελέγχου» του κτιρίου.
- Η διαφορά της μετακίνησης ενός ελαστοπλαστικού μονοβαθμίου συστήματος και ενός αντίστοιχου συστήματος με φθίνουσα δυσκαμψία κατά την ανακύκλιση.
- Η επιρροή των φαινομένων 2ας τάξεως στη μετακίνηση.

Εφόσον δεν χρησιμοποιείται ακριβέστερη προσέγγιση, η στοχευόμενη μετακίνηση δ_t επιτρέπεται να υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση και να διορθώνεται (όποτε απαιτείται) ως εξής :

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T e^2 / 4\pi^2) S_{e(T)},$$

όπου $S_{e(T)}$ η ελαστική φασματική ψευδοεπιτάχυνση (από το φάσμα του ΕΚ 8-1) που αντιστοιχεί στην ισοδύναμη ιδιοπερίοδο της κατασκευής T_e (υπολογιζόμενη με βάση το σημείο καμψής του διαγράμματος δυνάμεων – μετακινήσεων του φορέα), και C_0 , C_1 , C_2 και C_3 διορθωτικοί συντελεστές που ορίζονται ως εξής:

- C_0 : Συντελεστής που συσχετίζει τη φασματική μετακίνηση του ισοδύναμου ελαστικού φορέα με δυσκαμψία K_e ($S_d = [T e^2 / 4\pi^2] \cdot S_e$), με την πραγματική μετακίνηση δ_t της κορυφής του ελαστοπλαστικά αποκρινόμενο φορέα. (§5.7.3.4). Οι τιμές του μπορεί να λαμβάνονται ίσες προς 1.0, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, για αριθμό ορόφων 1, 2, 3, 5, και ≥ 10 , αντίστοιχα.

Πίνακας 2 - Τιμές του συντελεστή C_0

Αριθμός ορόφων	1	2	3	5	≥ 10
C_0	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5

- C_1 : Ο λόγος $C_1 = \delta_{inel} / \delta_{el}$ της μέγιστης ανελαστικής μετακίνησης ενός κτιρίου προς την αντίστοιχη ελαστική επιτρέπεται να λαμβάνεται από τις σχέσεις:

$$C_1 = 1.0 \text{ για } T \geq T_c,$$

$$\text{και } C_1 = [1.0 + (R-1)T_c / T] / R \text{ για } T < T_c,$$

όπου T_c η τιμή στην οποία αρχίζει ο κατιών κλάδος του φάσματος απόκρισης (ΕΚ8-1) και $R = V_{el} / V_y$ ο λόγος της ελαστικής απαίτησης προς την αντίσταση διαρροής του φορέα. Ο λόγος αυτός μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση :

$$R = \frac{S_e / g}{V_y / W} \cdot C_m$$

στην οποία η αντίσταση διαρροής V_y υπολογίζεται με κατάλληλη διγραμμικοποίηση του διαγράμματος δυνάμεων (τέμνουσα βάσεως) – μετακινήσεων (κορυφής) του κτιρίου.

Απλοποιητικά (και προς το μέρος της ασφάλειας), ο λόγος V_y / W μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 0.15 για κτίρια με μικτό σύστημα, και 0.10 για κτίρια με αμιγώς πλαισιακό σύστημα.

- C_2 : Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επιρροή του σχήματος του βρόχου στέρξης στη μέγιστη μετακίνηση. Οι τιμές του μπορεί να λαμβάνονται από τον παρακάτω πίνακα. Για τιμές T μεταξύ 0.1s και T_c πρέπει να γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Πίνακας 3 - Τιμές του συντελεστή C₂

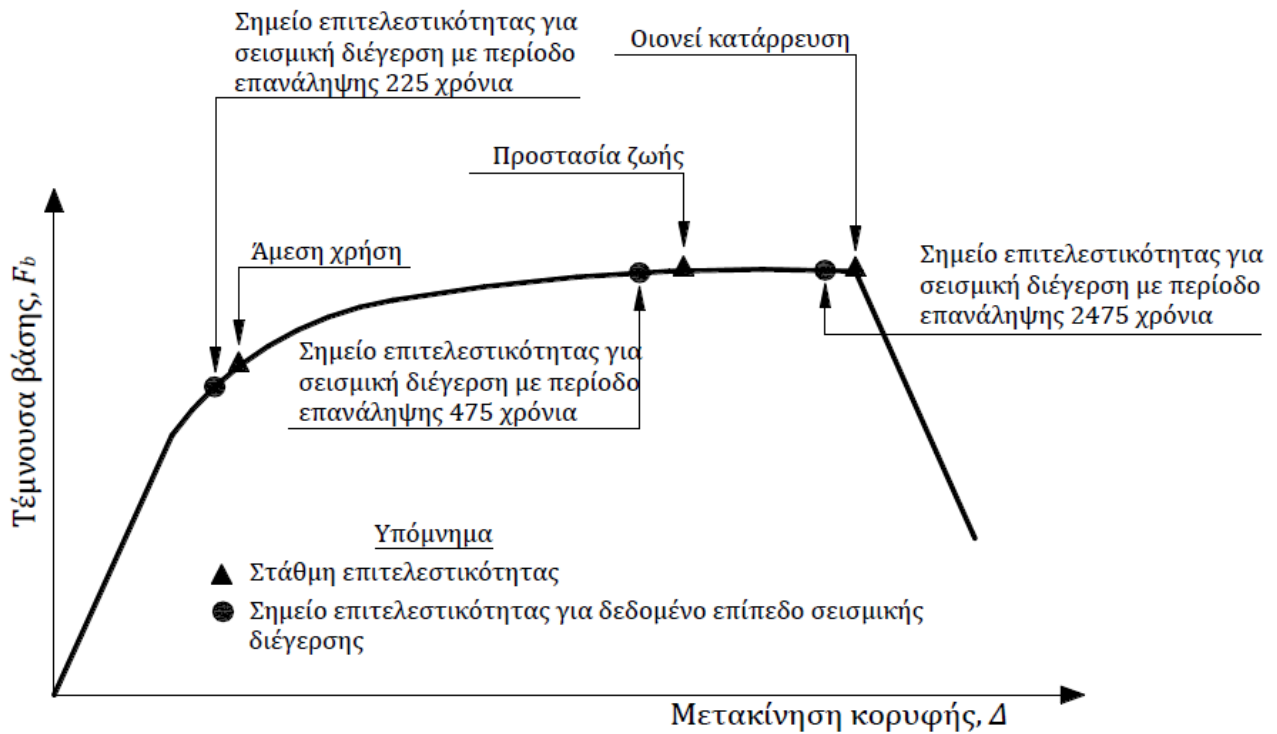
Στάθμη επιτελεστικότητας	T ≤ 0.1s		T ≥ T _c	
	Φορέας τύπου 1	Φορέας τύπου 2	Φορέας τύπου 1	Φορέας τύπου 2
C ₂				
Περιορισμένες Βλάβες	1.0	1.0	1.0	1.0
Σημαντικές βλάβες	1.3	1.0	1.1	1.0
Οιονεί κατάρρευση	1.5	1.0	1.2	1.0

Ως φορείς τύπου 1 νοούνται οι φορείς χαμηλής πλαστιμότητας (π.χ. κτίρια πριν το 1985, ή κτίρια που η καμπύλη αντίστασής τους χαρακτηρίζεται από διαθέσιμη πλαστιμότητα μετακινήσεων μικρότερη του 2), που αναμένεται να έχουν φτωχότερη υστερητική συμπεριφορά από εκείνους με υψηλή πλαστιμότητα (φορείς τύπου 2, π.χ. κτίρια από το 1985 και έπειτα, ή κτίρια που η καμπύλη αντίστασής τους χαρακτηρίζεται από διαθέσιμη πλαστιμότητα μετακινήσεων μεγαλύτερη του 2). Δεδομένου ότι η επιρροή της υστερητικής συμπεριφοράς είναι μεγαλύτερη για υψηλότερα επίπεδα μετελαστικής συμπεριφοράς του φορέα, γίνεται διαφοροποίηση του C₂ με τη στάθμη επιτελεστικότητας.

- C₃: Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την αύξηση των μετακινήσεων λόγω φαινομένων 2ας τάξεως (P-Δ). Μπορεί να ληφθεί ίσος προς $1+5(\theta-0.1)/T$, όπου θ ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας. Στη συνήθη (για κτίρια από ΟΣ και από τοιχοποιία) περίπτωση, όπου $\theta < 0.1$, λαμβάνεται C₃=1.0.

2.2.7 Έλεγχος στοχευόμενης ικανότητας

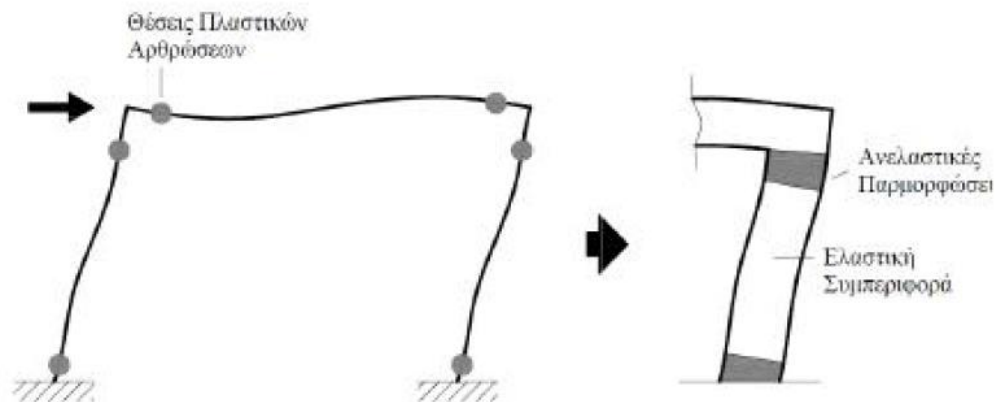
Για να ελεγχθεί εάν μία κατασκευή ικανοποιεί κάποια στάθμη επιτελεστικότητας πρέπει να ελεγχθεί εάν, για το σεισμό σχεδιασμού με την αντίστοιχη περίοδο επανάληψης, η αναμενόμενη μετακίνηση της κατασκευής (στοχευόμενη μετακίνηση – *target displacement*) αντιστοιχεί σε σημείο επιτελεστικότητας (*performance point*) πάνω στην καμπύλη ικανότητας που βρίσκεται πριν την αντίστοιχη στάθμη επιτελεστικότητας.



Εικόνα 4 - Σύγκριση σημείου επιτελεστικότητας για το σεισμό σχεδιασμού και αντίστοιχης στάθμης επιτελεστικότητας

2.2.8 Η έννοια της πλαστικής άρθρωσης

Σε έναν πολλαπλά υπερστατικό φορέα (π.χ. σε έναν κτιριακό πολυώροφο φορέα) είναι γνωστή η ευεργετική και επιδιωκόμενη δυνατότητα απορρόφησης σεισμικής ενέργειας μέσω της μεταπλαστικής πλαστικής παραμόρφωσης, μέσω δηλαδή της δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων. Πρόκειται για τοπικές εκδηλώσεις «ελεγχόμενων» ζημιών, με διεύρυνση των καμπτικών ρωγμών, χωρίς πρόωρη συντριβή του σκυροδέματος της θλιβόμενης ζώνης των διατομών. Οι θέσεις των πλαστικών αρθρώσεων εντοπίζονται στα άκρα των δοκών και στην κορυφή και βάση των υποστυλωμάτων.



Εικόνα 5 - Πιθανές θέσεις σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το υπό μελέτη κτίριο αποτελεί μια ξενοδοχειακή μονάδα κατασκευασμένη με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα το έτος 1961 με βάση τον Ελληνικό Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ 1954) και τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 (ΕΑΚ 1959).



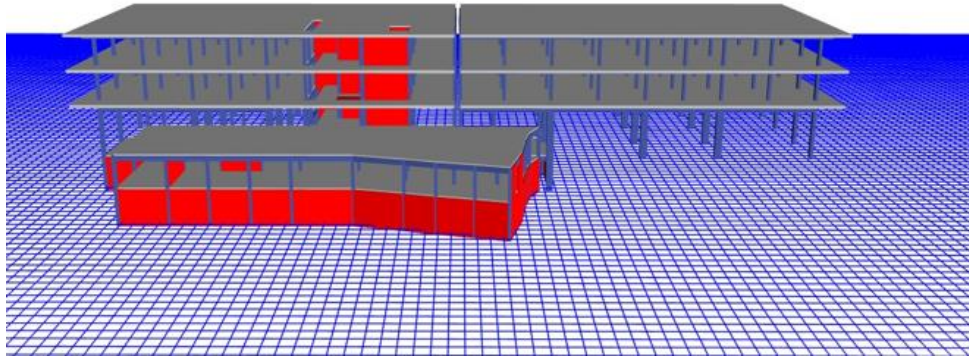
Εικόνα 6 - 1961 Βόρεια όψη ξενοδοχείου



Εικόνα 3.2 - 2016 Βόρεια όψη ξενοδοχείου

3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Το υπό μελέτη κτίριο αποτελείται από πέντε στάθμες (υπόγειο, μαγειρεία, ισόγειο, Α' όροφος, Β' όροφος), μήκους 65 μέτρων, πλάτους 28 μέτρων και συνολικού εμβαδού 3.573 τετραγωνικών μέτρων. Ένα από τα χαρακτηριστικά του κτιρίου είναι το γεγονός ότι διαχωρίζεται με αρμό διαστολής 2cm, ο οποίος συντρέχει κατά την y διεύθυνση σε όλους τους ορόφους, καθώς και με αρμό διαστολής παράλληλα στη x διεύθυνση στις στάθμες υπογείου και μαγειρείων.



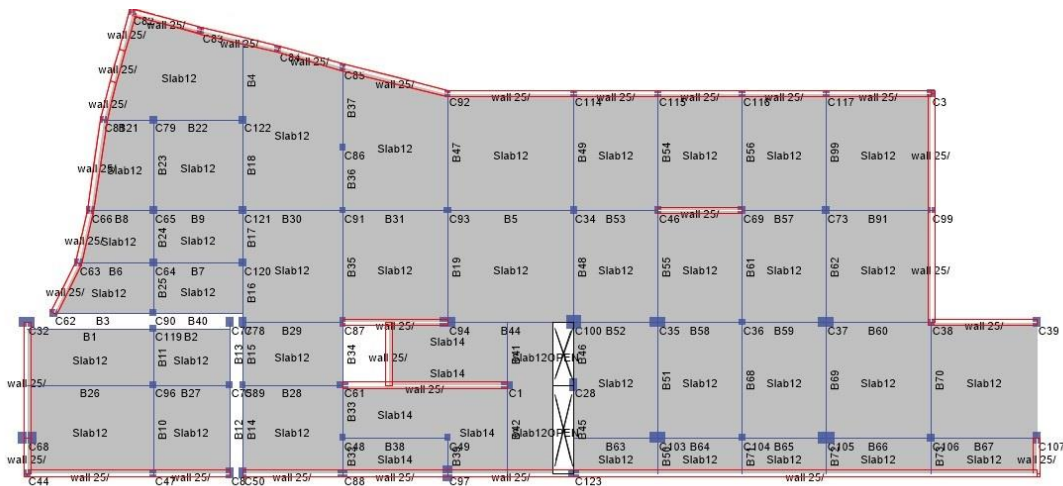
Εικόνα 7 - Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα- αρμός παράλληλα στην Y διεύθυνση

- Οροφή υπογείου

Στάθμη Οροφής : 3.0 m

Εμβαδόν : 543.41 m²

Το υπόγειο διαθέτει ισχυρά περιμετρικά τοιχεία τόσο κατά τη Χ όσο και κατά την Y διεύθυνση και όπως φαίνεται στο σχήμα 2 διαχωρίζεται ένα τμήμα του από τον αρμό διαστολής



Εικόνα 8 – Ξυλότυπος οροφής υπογείου

Ακολούθως, παρατίθεται η κάτοψη της στάθμης των μαγειρείων η οποία συνδέεται με το υπόλοιπο κτίριο στην περιοχή του κλιμακοστασίου.

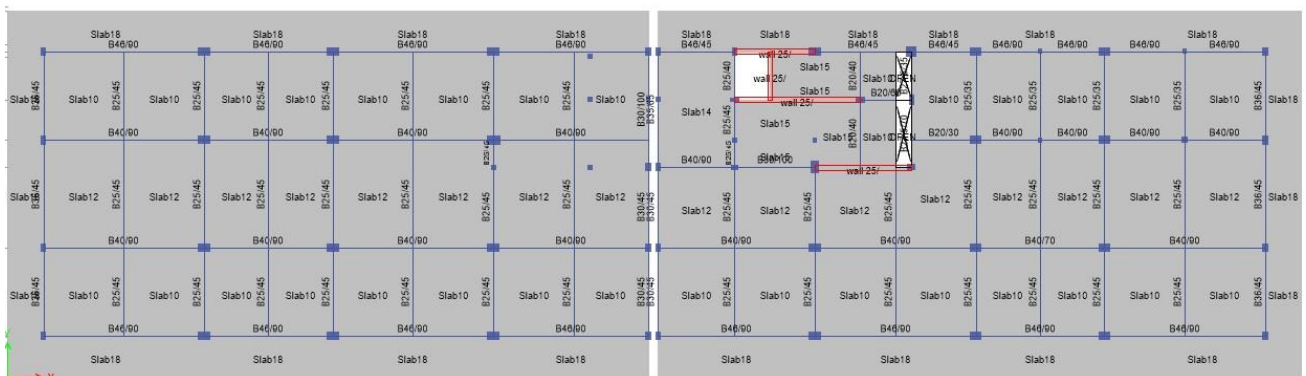
- Οροφή μαγειρείων
 Στάθμη Οροφής : 5.710 m
 Εμβαδόν : 362.74 m²



Εικόνα 9 – Ξυλότυπος οροφής μαγειρείων

Ακολουθούν οι κατόψεις των υπερκείμενων ορόφων του ξενοδοχείου :

- Οροφή ισογείου
 Στάθμη Οροφής : 7.95 m
 Εμβαδόν : 889 m²



Εικόνα 10 – Ξυλότυπος οροφής ισογείου

- Οροφή Α ορόφου
 Στάθμη Οροφής : 10.92 m
 Εμβαδόν : 889 m²



Εικόνα 11 – Ευλότυπος οροφής Α ορόφου

Όπως φαίνεται από τον ξυλότυπο Α ορόφου η κατασκευή παρουσιάζει συμμετρία στη Χ και στην Υ διεύθυνση και είναι φανερή η πλαισιακή λειτουργία λόγω της διάταξης των υποστυλωμάτων και των δοκών. Στη στάθμη αυτή όμως εμφανίζονται φυτευτά υποστυλώματα, πράγμα το οποίο εξηγεί τις μεγάλες διατομές δοκών της οροφής ισογείου.

- Οροφή Β ορόφου
 Στάθμη Οροφής : 13.89 m
 Εμβαδόν : 889 m²



Εικόνα 12 - Ευλότυπος οροφής Β ορόφου

Γίνεται πλέον φανερό ότι λόγω της παρουσίας του αρμού διαστολής, η κατασκευή αποτελείται από δύο γειτονικά κτίρια με ίδιο ύψος ορόφων και ισοσταθμείς πλάκες, ενώ όπως άλλωστε φαίνεται και στις κατόψεις το κτίριο στα δεξιά διαθέτει τέσσερα τοιχεία που το καθιστούν πιο δύσκαμπτο σε σχέση με το γειτονικό του.

3.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΟΡΕΑ

Η προσομοίωση του φορέα πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού Etabs 2015, v 15.0.0, της εταιρείας Computer & Structures. Οι δοκοί και τα υποστυλώματα προσομοιώθηκαν ως γραμμικά στοιχεία πλαισίου έξι βαθμών ελευθερίας, ενώ οι πλάκες ως επιφανειακά στοιχεία λαμβανομένης υπόψιν της διαφραγματικής τους λειτουργίας και την κατανομή των φορτίων στις δοκούς. Οι στηρίξεις της κατασκευής θεωρήθηκαν πακτώσεις, καθώς υπάρχουν ελλιπή στοιχεία για τη θεμελίωση του κτιρίου. Τέλος, τα τοιχώματα προσομοιώθηκαν με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία.

3.3.1 Υλικά προσομοιώματος

Τα κτίρια έχουν κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα και λαμβάνοντας υπόψιν τα εγκεκριμένα σχέδια στατικών υπολογισμών, προκύπτει ότι η τελική μέση αντοχή του σκυροδέματος είναι $f_{cm}=16 \text{ MPa}$ και του χάλυβα διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού είναι $f_y=400 \text{ MPa}$ (StIII/b~S400). Το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος ορίστηκε ως $E_{cm}=29 \text{ GPa}$ και του χάλυβα ως $E_s=200 \text{ GPa}$.

Οι ιδιότητες των υλικών εισάγονται στο λογισμικό ακολουθώντας την εξής διαδικασία:

Define → *Materials* → *Add new material*

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box in Etabs. It is organized into several sections:

- General Data:** Material Name: C16/20; Material Type: Concrete; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: Yellow; Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:** Specify Weight Density (selected) or Specify Mass Density. Weight per Unit Volume: 24.9926 kN/m³; Mass per Unit Volume: 2548.538 kg/m³.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 29000 MPa; Poisson's Ratio, U: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.00001 1/C; Shear Modulus, G: 12083.33 MPa.
- Design Property Data:** Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:** Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties...

Buttons for OK and Cancel are at the bottom.

Εικόνα 13 - . Εισαγωγή ποιότητας σκυροδέματος στο Etabs

3.3.2 Καθορισμός φορτίων

Τα φορτία που ασκούνται στον υπό εξέταση φορέα είναι τα ακόλουθα:

✚ Κατακόρυφα:

➤ Μόνιμα

- ❖ Ίδιο βάρος οπλισμένου σκυροδέματος : 25.00 kN/m^3
- ❖ Επικαλύψεις δαπέδων : 2.00 kN/m^2
- ❖ Επικαλύψεις εξωστών : 2.00 kN/m^2
- ❖ Επικαλύψεις δώματος : 2.00 kN/m^2
- ❖ Φορτία τοιχοποιίας : 3.50 kN/m^2

➤ Κινητά

- ❖ Δαπέδων : 2.00 kN/m^2
- ❖ Εξωστών : 4.00 kN/m^2
- ❖ Κλιμακοστασίων : 3.50 kN/m^2
- ❖ Δώματος : 2.00 kN/m^2

✚ Οριζόντια: Στα οριζόντια φορτία συμπεριλαμβάνεται η φόρτιση από σεισμό όπως προβλέπεται στον EC-8.

Παράμετροι σεισμικής δράσης:

Πίνακας 4 - Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας – Μέγιστη σεισμική επιτάχυνση

Ζώνη	a_{gR}/g
Z1	0.16
Z2	0.24
Z3	0.36

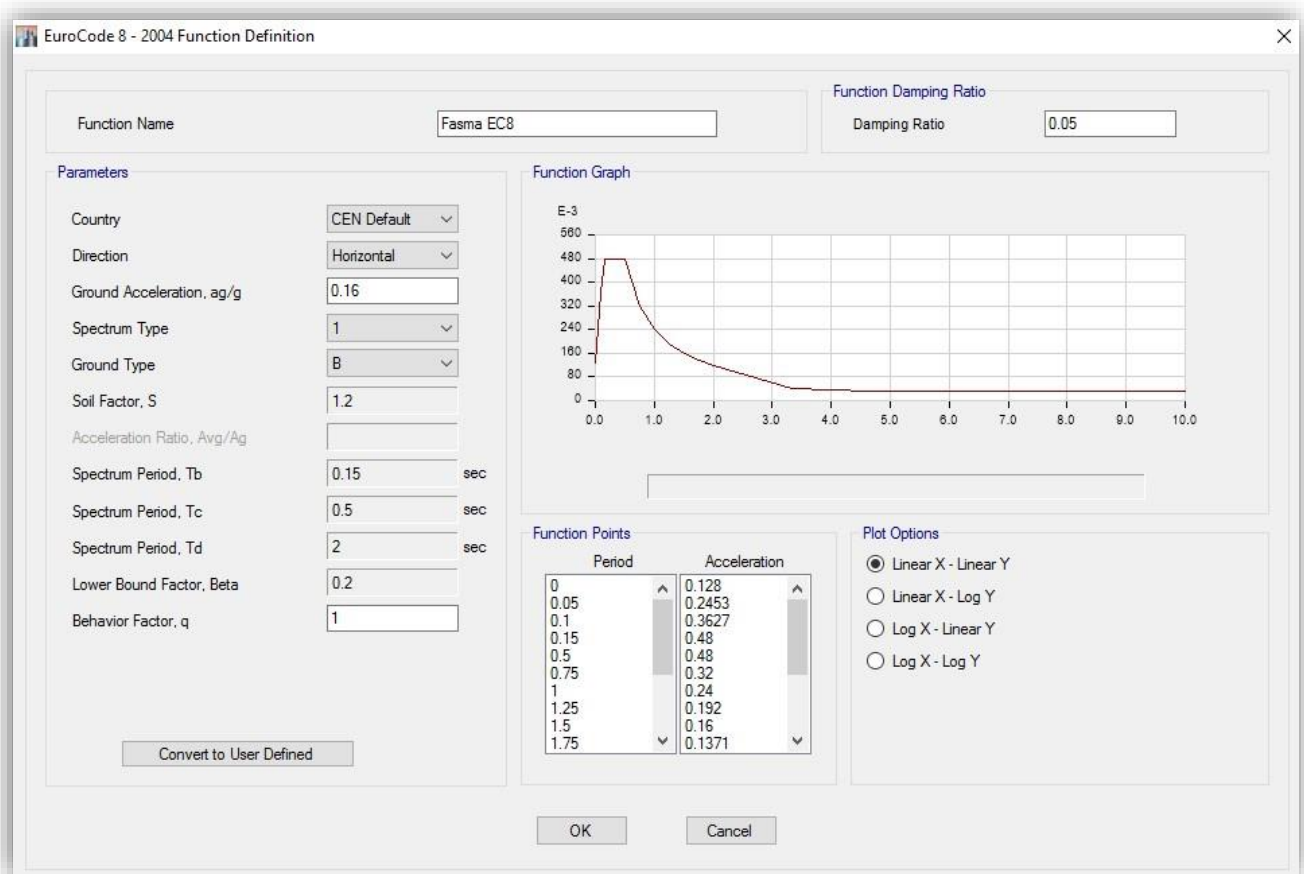
Πίνακας 5 - Κατηγορία εδάφους - Παράμετροι οριζόντιου ελαστικού φάσματος για τις τυποποιημένες κατηγορίες εδάφους του ΕΚ8

Κατηγορία Εδάφους	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1.0	0.15	0.4	2.5
B	1.2	0.15	0.5	2.5
C	1.15	0.20	0.6	2.5
D	1.35	0.20	0.8	2.5
E	1.4	0.15	0.5	2.5

Πίνακας 6 - Κατηγορίες σπουδαιότητας για κτίρια, συντελεστές σπουδαιότητας και συντελεστής μείωσης

Κατηγορία σπουδαιότητας	Κτίριο	Συντελεστής σπουδαιότητας γ_1	Συντελεστής μείωσης σεισμικής δράσης περιορισμού βλαβών, ν
I (Σ1 κατά ΕΑΚ)	Μικρής σπουδαιότητας για τη δημόσια ασφάλεια	0.8	0.5
II (Σ2 κατά ΕΑΚ)	Σύνηθες	1.0 (εξ ορισμού)	0.5
III (Σ3 κατά ΕΑΚ)	Με μεγάλες συνέπειες κατάρρευσης (σχολεία, χώροι συγκέντρωσης κοινού, πολιτιστικά ιδρύματα κ.λ.π.).	1.2	0.4
IV (Σ4 κατά ΕΑΚ)	Ζωτικής σημασίας για την Πολιτική Προστασία (νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, σταθμοί παραγωγής ενέργειας)	1.4	0.4

Εισάγοντας τις παραπάνω παραμέτρους στο λογισμικό, προκύπτει το ελαστικό φάσμα σχεδιασμού του Ευρωκώδικα.

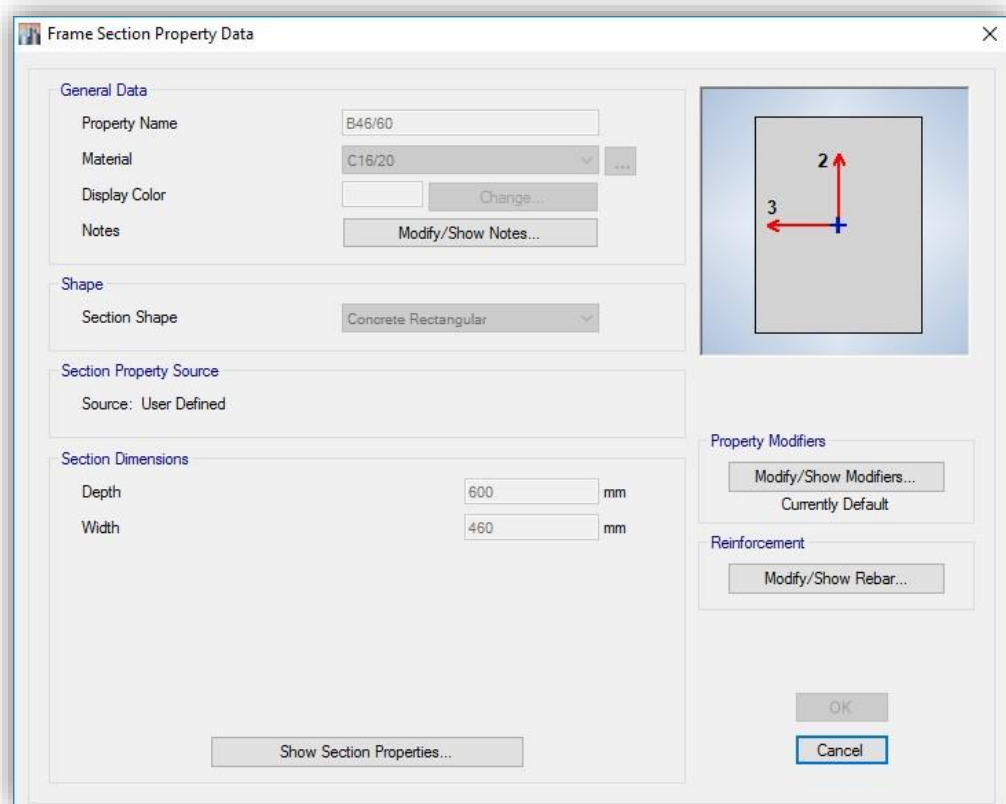


Εικόνα 14 - Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού EC-8

3.3.3 Ορισμός φερόντων στοιχείων

I. Δοκοί-Υποστυλώματα

Εισάγονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των φερόντων στοιχείων (δοκοί-υποστυλώματα) μέσω της εντολής *Define* → *Section Properties* → *Frame Sections* → *Add New Property*.



Εικόνα 15 - Παράδειγμα εισαγωγής διατομής δοκού στο Etabs

II. Τοιχεία

Τα τοιχεία ορίζονται ως επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία ακολουθώντας την εξής διαδικασία: *Define* → *Section Properties* → *Wall Sections* → *Add New Property* και ορίζονται οι διαστάσεις τους.

III. Πλάκες

Μέσω της εντολής *Define* → *Section Properties* → *Slab Sections* → *Add New Property* εισάγονται οι πλάκες. Οι πλάκες του κτιρίου ορίζονται ως επιφανειακά στοιχεία χωρίς πεπερασμένα στοιχεία, αφού δεν μας ενδιαφέρει η ανάλυση τους στην παρούσα φάση. Πρέπει να οριστούν ως διαφράγματα έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ίση μετακίνηση όλων των

σημείων στο επίπεδο του εκάστοτε ορόφου και να διανεμηθούν οι οριζόντιες φορτίσεις ανάλογα με τη δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων. Μέσω της διαφραγματικής λειτουργίας μπορούμε να θεωρήσουμε πλέον τρεις βαθμούς ελευθερίας ανά όροφο (δύο μετακινήσεις και μία στροφή).

3.3.4 Καθορισμός πλαστικών αρθρώσεων

- ✚ Οι πλαστικές αρθρώσεις των δοκών και των υποστυλωμάτων της κατασκευής υπολογίστηκαν βάσει των προϋποθέσεων που θέτει ο Κανονισμός Επεμβάσεων.

Υπολογισμός Γωνίας Στροφής στη Διαρροή και Αστοχία

1) Καμπυλότητα διαρροής

Για τον υπολογισμό της ροπής διαρροής, M_y και των γωνιών στροφής κατά τη διαρροή, θ_y αρχικά υπολογίστηκε η καμπυλότητα διαρροής βάσει του Παραρτήματος 7Α του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Αφορά στον αναλυτικό υπολογισμό της καμπυλότητας διαρροής διατομής οπλισμένου σκυροδέματος με ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη και προβλέπει τα παρακάτω:

- Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε διαρροή του εφελκόμενου οπλισμού, τότε:

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s (1 - \xi_y) d}$$

- Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε μη - γραμμικότητα των παραμορφώσεων του θλιβόμενου σκυροδέματος (για παραμόρφωση ακραίας θλιβόμενης ίνας πέραν του $\varepsilon_c \sim 1,8f_c/E_c$), τότε:

$$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

Λαμβάνεται η μικρότερη των τιμών $(1/r)_y$ από τις παραπάνω εξισώσεις. Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή, ξ_y , ανηγμένο στο στατικό ύψος d , είναι:

$$\xi_y = (\alpha^2 A^2 + 2\alpha B)^{1/2} - \alpha A$$

όπου $\alpha = E_s/E_c$ και τα A, B προσδιορίζονται από τις κατωτέρω εξισώσεις, εάν η διαρροή ελέγχεται από τον εφελκυσμένο οπλισμό ή από το θλιβόμενο σκυρόδεμα αντίστοιχα:

i. Διαρροή λόγω χάλυβα:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{bdf_y},$$

$$B = \rho + \rho' \delta' + 0,5\rho_v(1 + \delta') + \frac{N}{bdf_y}$$

ii. Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{\varepsilon_c E_s b d} \approx \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8\alpha bdf_c}$$

$$B = \rho + \rho' \delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta').$$

Στις παραπάνω εξισώσεις, ρ , ρ' και ρ_v είναι τα ποσοστά του εφελκυσμένου, του θλιβόμενου και του μεταξύ τους κατανεμημένου οπλισμού (ανηγμένα στο bd), $\delta' = d'/d$, όπου d' η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου οπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα σκυροδέματος, b το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης και N το αξονικό φορτίο (θετικό σε θλίψη).

Με δεδομένη την καμπυλότητα στη διαρροή, η αντίστοιχη ροπή M_y προκύπτει ως:

$$\frac{M_y}{bd^3} = (1/r)_y \left\{ \frac{\xi_y^2}{2} E_c \left(0,5(1 + \delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left[(1 - \xi_y)\rho + (\xi_y - \delta')\rho' + \frac{\rho_v}{6}(1 - \delta') \right] (1 - \delta') \frac{E_s}{2} \right\}$$

2) Γωνία στροφής στη διαρροή

Η γωνία στροφής χορδής θ_y στην καμπτική διαρροή για δοκούς ή υποστυλώματα, βάσει του ΚΑΝ.ΕΠΕ. εκτιμάται από τις ακόλουθες εκφράσεις:

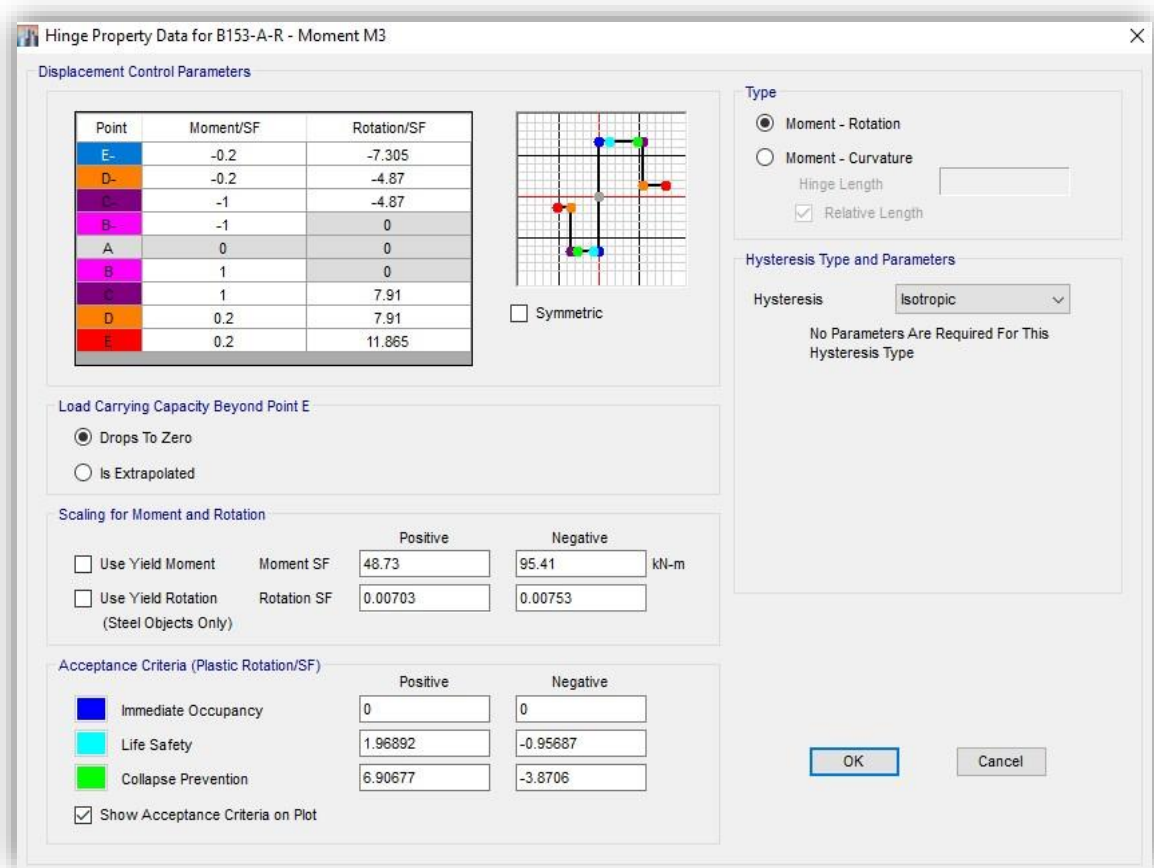
$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0.0014 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

Ο 1ος όρος εκφράζει την συμβολή των καμπτικών παραμορφώσεων, ο 2ος όρος τις μέσες διατμητικές παραμορφώσεις στο μήκος L_s , ενώ ο 3ος όρος εκφράζει την επιρροή της εξόλκευσης του τμήματος των ράβδων πέραν της ακραίας διατομής του στοιχείου.

Στάθμες επιτελεστικότητας μελών

Ορίζονται τρεις στάθμες επιτελεστικότητας για κάθε μέλος:

- AX (Άμεση Χρήση) ορίζεται να είναι στο σημείο διαρροής της διατομής (θ_y, M_y), όπου $\theta_{pl}=0$
- ΠΖ (Προστασία Ζωής) ορίζεται στο σημείο $(1/2(\theta_y+\theta_u)/\gamma_{rd}, M_y)$ με $\theta_{pl}=1/2(\theta_y+\theta_u)/\gamma_{rd} - \theta_y$
- OK(Οιονεί κατάρρευση) στο σημείο $(\theta_u/\gamma_{rd}, M_y)$ με $\theta_{pl} = \theta_u/\gamma_{rd} - \theta_y$



Εικόνα 16 - Παράδειγμα εισαγωγής πλαστικής άρθρωσης δεξιού άκρου δοκού στο Etabs

Μετά τη γωνία στροφής κατά την αστοχία θ_u , η διατομή έχει μια απομένουσα αντοχή της οποίας το μέτρο και η παραμόρφωση είναι δύσκολο να εκτιμηθούν μέχρι την τελική-ολική

κατάρρευση. Πραγματοποιείται η παραδοχή του ΚΑΝ.ΕΠΕ. και θεωρείται ίση με το 25% της M_y για παραμορφώσεις έως και $1,5\theta_u$. Πέραν του σημείου αυτού το στοιχείο δεν έχει πλέον καμία φέρουσα ικανότητα.

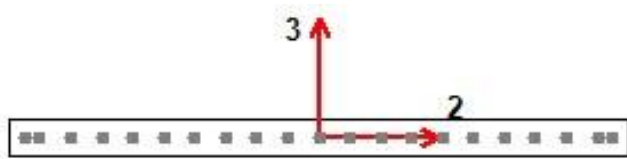
Ο αναλυτικός υπολογισμός των παραπάνω στοιχείων για κάθε μέλος της κατασκευής παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α στο τέλος της διπλωματικής εργασίας.

Συμπληρώνοντας τα παραπάνω στοιχεία ανηγμένα ως προς τη γωνία διαρροής θ_y στα αντίστοιχα πεδία του παραθύρου στο Etabs, έχουμε αποτυπώσει πλήρως τη συμπεριφορά των δομικών στοιχείων του κτιρίου όπως αυτά προβλέπονται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Κατόπιν, επιλέγεται η διατομή στον κάρναβο και μέσω της εντολής *Assign*→*Frame*→*Hinges* εφαρμόζεται σε κάθε άκρο αριστερά-δεξιά ή άνω κάτω αν είναι δοκός ή υποστύλωμα αντίστοιχα η εκάστοτε πλαστική άρθρωση.

- ✚ Για τα τοιχεία η διαδικασία που ακολουθείται για την προσομοίωση της ανελαστικής συμπεριφοράς τους είναι με βάση τη μέθοδο του *wall fiber hinge*.

Κατά τη μέθοδο αυτή, το τοιχείο χωρίζεται κατά μήκος σε ίνες (fibers), στις οποίες έχει οριστεί η αντοχή του σκυροδέματος και ο οπλισμός κάμψης που αντιστοιχεί στην κάθε ίνα. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να αναπτύξουν πλαστικές αρθρώσεις έναντι ροπής κάμψης.



Εικόνα 17 - Παράδειγμα διαχωρισμού τοιχείου σε ίνες

Καθώς το τοιχείο φορτίζεται με μια οριζόντια φόρτιση στην κορυφή του (περίπτωση προβόλου) αναπτύσσει ορθές τάσεις στις ίνες. Όταν το υλικό κάποιας ίνας φτάσει στην τάση διαρροής πλαστικοποιείται και συνεχίζεται η διαδικασία με μειωμένη πλέον την δυσκαμψία του τοιχείου, μέχρις ότου κάποια ίνα ξεπεράσει τα ανεκτά όρια παραμόρφωσης.

4 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κύριος στόχος της ανελαστικής στατικής ανάλυσης είναι να αναδείξει κατά πολύ καλή προσέγγιση, την απόκριση μιας κατασκευής κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, καθώς δίνει τη δυνατότητα στον μελετητή μηχανικό να έχει πλήρη γνώση της συμπεριφοράς της σε κάθε χρονική στιγμή. Η μέθοδος αναφέρεται ενίοτε και ως *μέθοδος ελέγχου των μετακινήσεων*. Εκτός από τις τιμές των ανελαστικών παραμορφώσεων, η μέθοδος δίνει και τιμές των δυνάμεων (εντατικών μεγεθών) στα δομικά στοιχεία που έχουν εισέλθει στην μετελαστική περιοχή της απόκρισής τους. Οι τιμές αυτές είναι εν γένει πιο αξιόπιστες από εκείνες που υπολογίζονται με βάση τις ελαστικές μεθόδους (και τυχόν ικανοτικούς ελέγχους).

4.2 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η στατική ανελαστική ανάλυση θέτει κάποιες προϋποθέσεις ούτως ώστε να εφαρμοσθεί:

- Αρχικά, είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται «Ικανοποιητική» στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων, κριτήριο το οποίο ικανοποιείται έχοντας θεωρήσει εξαρχής «Υψηλή» στάθμη αξιοπιστίας.
- Στη συνέχεια, γίνεται έλεγχος της επιρροής των ανώτερων ιδιομορφών στην κατασκευή.

Για το λόγο αυτό πραγματοποιείται ελαστική ανάλυση του κτιρίου εξαγοντας συμπεράσματα για τις ιδιομορφές. Για το κτίριο Α (αριστερά) οι δεσπόζουσες ιδιομορφές είναι η μετακίνηση κατά Υ, η στροφή και η μετακίνηση κατά Χ.

Πίνακας 7 - Ιδιομορφές κτιρίου Α

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	0.857	0	0.932	0	0.068
Modal	2	0.766	0.029	0.067	0	0.904
Modal	3	0.706	0.971	0.002	0	0.028
Modal	4	0.28	0.001	0.865	0	0.134
Modal	5	0.27	0.99	0.004	0	0.006
Modal	6	0.238	0.009	0.132	0	0.859
Modal	7	0.183	0.999	0	0	0.001
Modal	8	0.162	0	0.864	0	0.136
Modal	9	0.131	0.001	0.137	0	0.862
Modal	10	0.085	0.237	0.457	0	0.306
Modal	11	0.047	0.915	0.065	0	0.019
Modal	12	0.046	0.091	0.834	0	0.075

Για το κτίριο Β (δεξιά), το οποίο διαθέτει περισσότερα τοιχεία σε σχέση με το κτίριο Α, παρατίθεται ο πίνακας ιδιομορφών όπως προέκυψε από την ελαστική ανάλυση.

Πίνακας 8 - Ιδιομορφές κτιρίου Β

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	0.584	0.06	0.522	0	0.418
Modal	2	0.274	0.122	0.478	0	0.4
Modal	3	0.192	0.767	0.041	0	0.192
Modal	4	0.186	0.116	0.48	0	0.404
Modal	5	0.108	0.063	0.494	0	0.443
Modal	6	0.084	0.096	0.534	0	0.37
Modal	7	0.05	0.823	0.005	0	0.172
Modal	8	0.046	0.103	0.652	0	0.246
Modal	9	0.042	0.223	0.207	0	0.57
Modal	10	0.036	0.508	0.091	0	0.4
Modal	11	0.034	0.166	0.538	0	0.296
Modal	12	0.033	0.003	0.946	0	0.052

Γίνεται αντιληπτό ότι και τα δύο κτίρια έχουν μεγάλη ιδιοπερίοδο κατά τη διεύθυνση Υ, γεγονός το οποίο τα καθιστά πιο «ευαίσθητα», εύκαμπτα, σε αυτή τη διεύθυνση και αναμένεται να εμφανιστούν μεγαλύτερες μετακινήσεις σε σχέση με τη Χ. Επιπλέον, είναι φανερό στο κτίριο Β η εκκεντρότητα ανάμεσα στο κέντρο μάζας και το κέντρο δυσκαμψίας παρατηρώντας τη μεγάλη τιμή που λαμβάνει ο συντελεστής στροφών RZ (>0,2).

4.3 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ G+0.6Q

Όπως ορίζεται από τον Κανονισμό επεμβάσεων(5.7.3.1), είναι απαραίτητο τα κατακόρυφα φορτία των στοιχείων να συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα ώστε να συνδυάζονται με τα οριζόντια φορτία σύμφωνα με το σεισμικό συνδυασμό του EC 8-1.

Για να επιτευχθεί αυτό, εισάγεται η κατακόρυφη φόρτιση G+0,6Q και πραγματοποιείται ανάλυση και στα δύο κτίρια.

General

Load Case Name: G+0.6Q [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: None

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.6

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: User Defined [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Σχήμα 2.3.1 Καθορισμός παραμέτρων κατακόρυφης φόρτισης

Τα αποτελέσματα της κατακόρυφης φόρτισης παρουσιάζονται στους πίνακες 9 και 10, από τα οποία είναι φανερό ότι και τα δύο είναι σε θέση να φέρουν τα κατακόρυφα φορτία της εκάστης κατασκευής καθώς όλα τα στοιχεία βρίσκονται ακόμα στην περιοχή του ελαστικού κλάδου.

Πίνακας 9 - Σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων λόγω κατακόρυφων φορτίων-Κτίριο Α

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0	0	726	0	0	0	0	726	0	0	0	726
1	0	1648.6761	726	0	0	0	0	726	0	0	0	726
2	0	3297.3523	726	0	0	0	0	726	0	0	0	726
3	0	4946.0284	726	0	0	0	0	726	0	0	0	726
4	0	6594.7045	726	0	0	0	0	726	0	0	0	726
5	0	8243.3807	726	0	0	0	0	726	0	0	0	726
6	0	9892.0568	726	0	0	0	0	726	0	0	0	726
7	0	10949.2494	724	2	0	0	0	726	0	0	0	726
8	0	12762.6172	717	9	0	0	0	721	5	0	0	726
9	0	14781.7095	707	19	0	0	0	709	17	0	0	726
10	0	16486.7614	703	23	0	0	0	703	23	0	0	726

Πίνακας 10 - Σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων λόγω κατακόρυφων φορτίων-Κτίριο Α

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0	0	1131	0	0	0	0	1131	0	0	0	1131
1	0	6409.0107	1131	0	0	0	0	1131	0	0	0	1131
2	0	12818.0213	1131	0	0	0	0	1131	0	0	0	1131
3	0	19227.032	1131	0	0	0	0	1131	0	0	0	1131
4	0	21455.5513	1130	1	0	0	0	1131	0	0	0	1131
5	0	25636.0427	1126	5	0	0	0	1127	4	0	0	1131

Είμαστε πλέον σε θέση να προχωρήσουμε στη διαδικασία της στατικής ανελαστικής ανάλυσης.

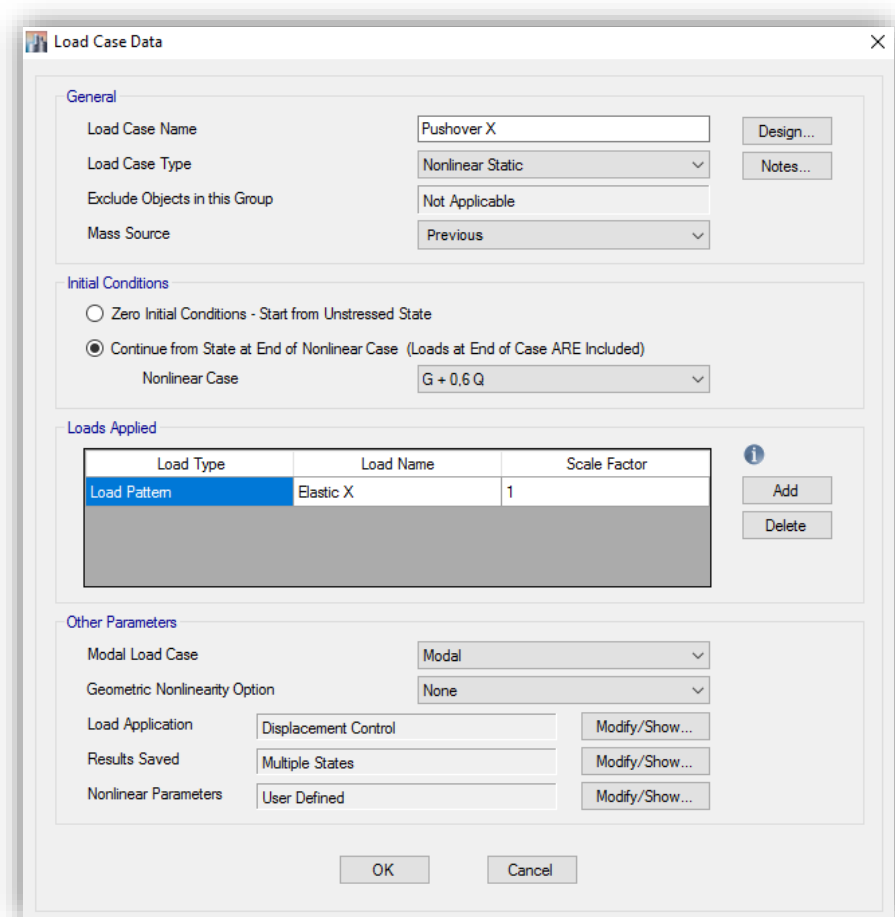
4.4 ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER)

4.4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η μέθοδος της στατικής ανελαστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε στην κατασκευή, καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Θεωρήθηκε δράση του σεισμού στις δύο διευθύνσεις και ύστερα από αναλύσεις στις διευθύνσεις +X,-X,+Y,-Y παρουσιάζονται τα δυσμενέστερα αποτελέσματα που προέκυψαν.

4.4.2 Προκαταρκτικά βήματα ανάλυσης

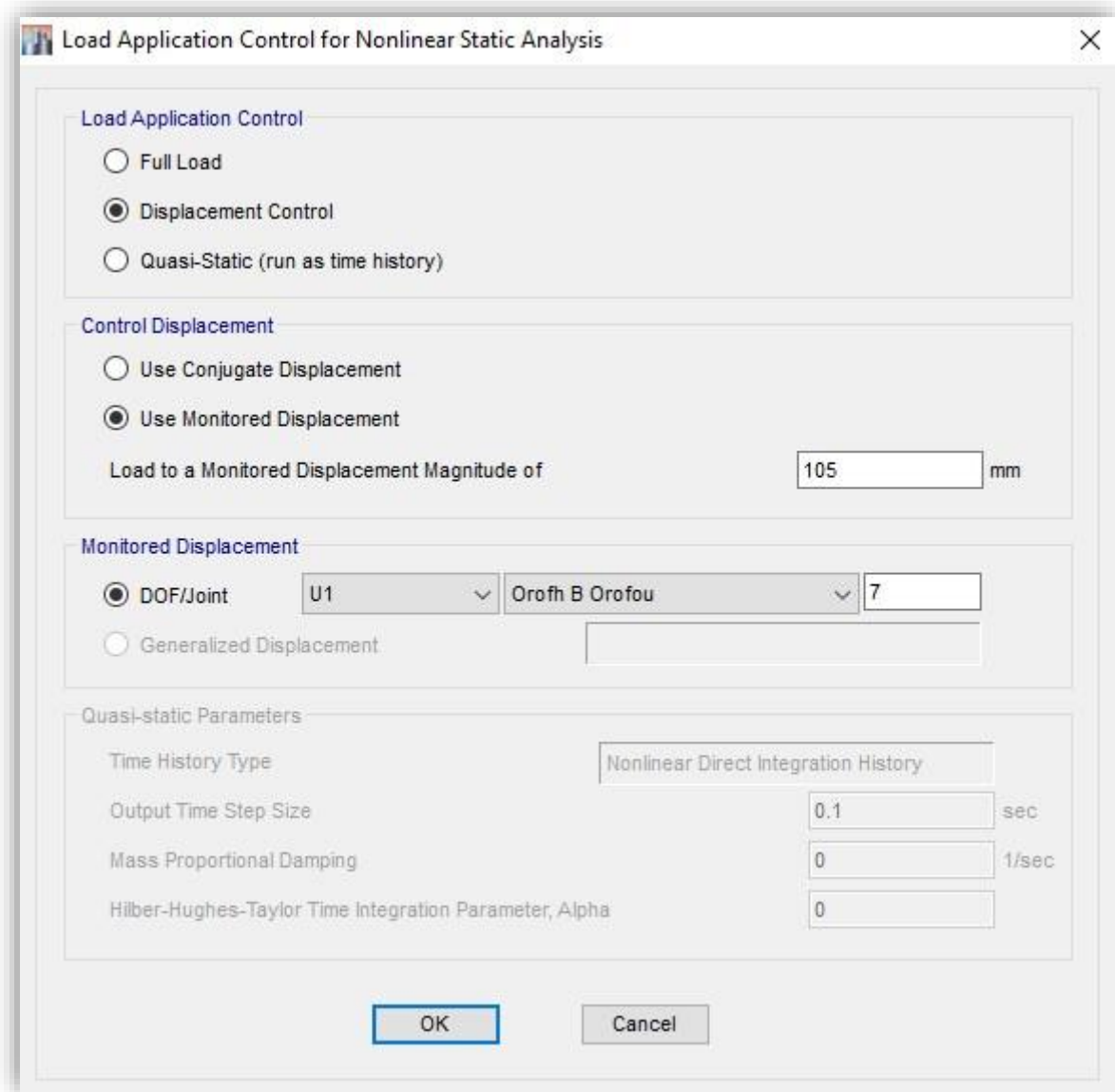
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η οριζόντια φόρτιση θα ξεκινά μετά την αρχική κατακόρυφη φόρτιση G+0,6Q με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ και θα κατανέμεται καθ' ύψος του κτιρίου σύμφωνα με τις ιδιομορφικές αναλύσεις που έχουν προηγηθεί από την ελαστική ανάλυση του κάθε φορέα.



Εικόνα 18 - Καθορισμός οριζόντιας φόρτισης στη X διεύθυνση

Η καθ' ύψος κατανομή φόρτισης επιλέγεται τριγωνική ανάλογη της πρώτης ιδιομορφής με μέγιστη τιμή μονάδα στην κορυφή του τελευταίου ορόφου και σταδιακή μείωση προς τους χαμηλότερους ορόφους. Τα φορτία αυτά σημειώνουν μονότονη αύξηση και πρακτικά αναπαριστούν τις εμφανιζόμενες αδρανειακές δυνάμεις ανά όροφο κατά τη διάρκεια ενός

σεισμού. Απαραίτητη είναι η επιλογή ενός κόμβου ελέγχου στον οποίο προσδίδεται μία μέγιστη μετακίνηση, η οποία προκύπτει από την εφαρμογή του τύπου της παραγράφου 2.2.6 για κάθε κτίριο κατά X και Y και είναι λίγο μεγαλύτερη από τη μετακίνηση της κορυφής που επέρχεται κατάρρευση του φορέα. Ως κόμβος ελέγχου ορίζεται το κέντρο διαφράγματος του τελευταίου ορόφου (B όροφος) .



Εικόνα 19 - Καθορισμός κόμβου ελέγχου και ελεγχόμενης μετακίνησης

4.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.5.1 Αποτελέσματα ανάλυσης κτιρίου A

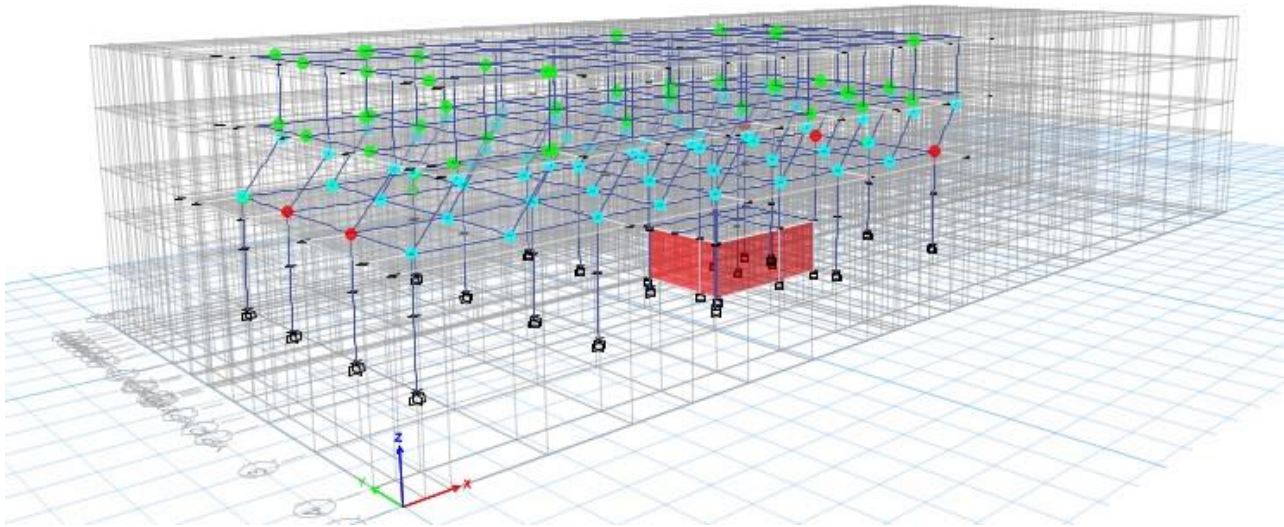
Εφαρμόζοντας τα παραπάνω βήματα ξεχωριστά για κάθε κτίριο, πραγματοποιείται στη συνέχεια ανάλυση του φορέα και εξάγονται τα κάτωθι αποτελέσματα.

- Καμπύλη ικανότητας κτιρίου A – Διεύθυνση X



Εικόνα 20 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κτιρίου A , κατά X

Το κτίριο A μπορεί να αναλάβει μια τέμνουσα βάσης ίση με $F_b=1382$ KN. Δημιουργούνται πέντε πλαστικές αρθρώσεις που έχουν φτάσει στη στάθμη «οιωνεί κατάρρευση» εκείνη τη στιγμή, όμως αυτό που πρέπει να παρατηρηθεί είναι η καμπύλη ικανότητας του ισοδύναμου μονοβαθμίου στην οποία φαίνεται ότι το κτίριο αδυνατεί να καλύψει το φάσμα του Ευρωκώδικα.



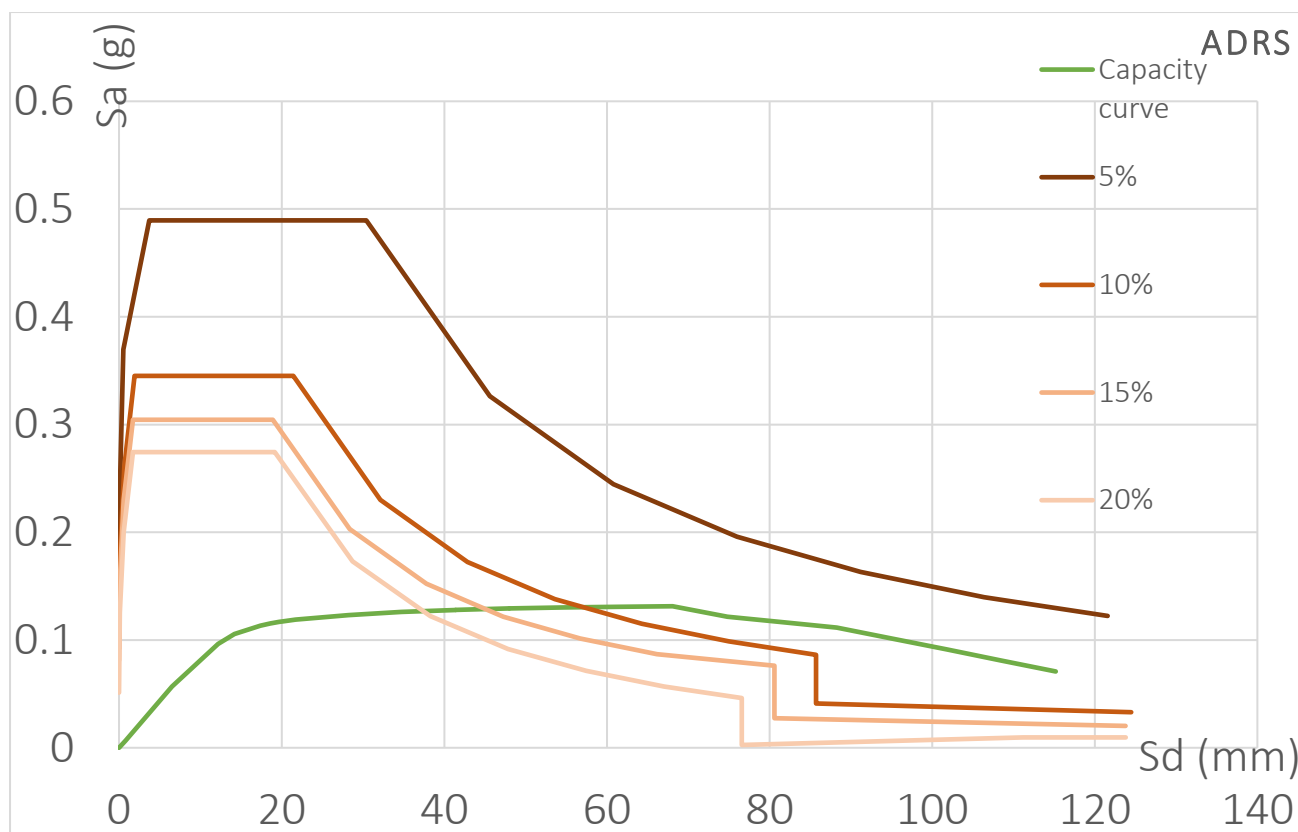
Εικόνα 21 - Σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων κτιρίου A , κατά X

Πίνακας 11 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας κτιρίου A, διεύθυνση X

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	-0.9	0	703	23	0	0	0	703	23	0	0	726
1	0.03411	81.5363	700	26	0	0	0	703	23	0	0	726
2	7.3	697.7262	691	35	0	0	0	694	32	0	0	726
3	14.3	1158.1445	654	72	0	0	0	657	69	0	0	726
4	16.7	1250.4789	632	94	0	0	0	635	91	0	0	726
5	20.3	1303.9451	617	109	0	0	0	619	107	0	0	726
6	21.5	1314.2955	614	112	0	0	0	615	111	0	0	726
7	22.8	1320.4807	612	114	0	0	0	614	112	0	0	726
8	23.1	1321.4497	610	116	0	0	0	612	114	0	0	726
9	24.8	1323.3332	609	117	0	0	0	610	116	0	0	726
10	31.6	1316.4063	609	117	0	0	0	609	117	0	0	726
11	38.3	1309.4794	609	117	0	0	0	609	82	35	0	726
12	45.1	1302.5525	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
13	51.8	1295.6255	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
14	58.6	1288.6986	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
15	65.3	1281.7717	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
16	72.1	1274.8448	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
17	78.8	1267.9179	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
18	85.6	1260.991	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
19	92.3	1254.0641	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
20	99.1	1247.1372	609	117	0	0	0	609	45	72	0	726
21	105.8	1240.2103	609	117	0	0	0	609	45	66	5	726
22	112.6	1233.2834	609	117	0	0	0	609	45	30	42	726
23	119.3	1226.3565	609	117	0	0	0	609	45	0	72	726

Παρατηρείται ότι η κατασκευή μπορεί να δεχθεί μικρή τέμνουσα βάσης και μετά τη μετακίνηση των 112,6 mm γίνεται μηχανισμός και καταρρέει κατά τη διεύθυνση X. Αυτό οφείλεται πιθανώς στην έλλειψη τοιχείων καθώς επίσης και στο σχεδιασμό διατομών με βάση παλαιότερους κανονισμούς που δεν λαμβάναν υπόψη την πλαστιμότητα.

Ακολουθεί η μετατροπή του διαγράμματος τέμνουσας βάσης – μετακίνησης της κατασκευής σε διάγραμμα επιτάχυνσης – μετακίνησης (Adrs) του ισοδύναμου μονοβαθμίου.



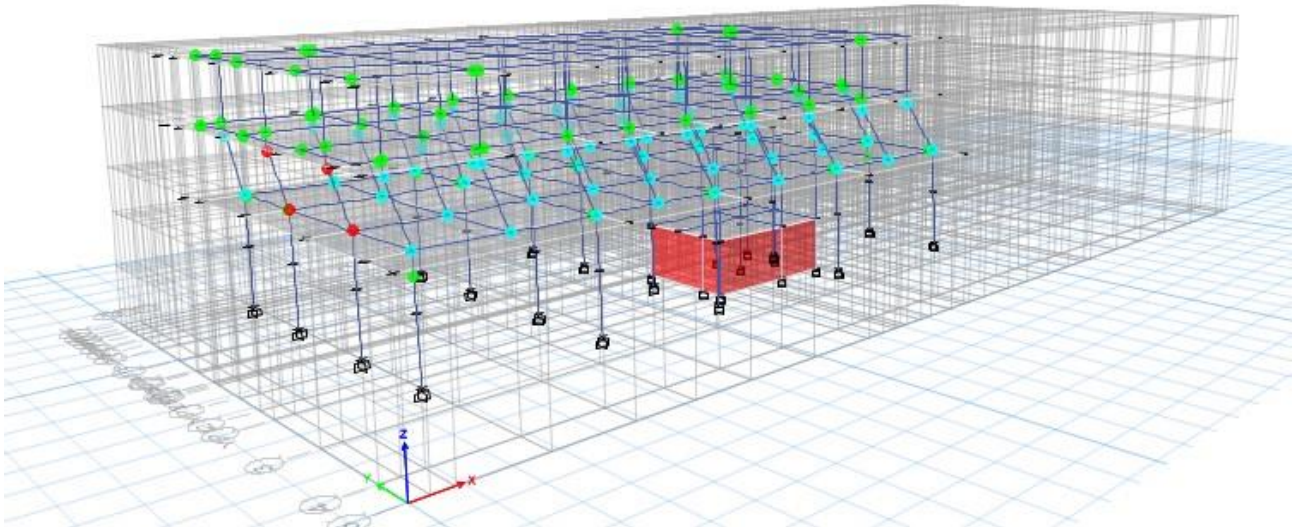
Εικόνα 22 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά X(Adrs) – Κτίριο Α

Ακολουθούν τα αποτελέσματα για σεισμό κατά την Y διεύθυνση.

➤ Καμπύλη ικανότητας κτιρίου Α – Διεύθυνση Y

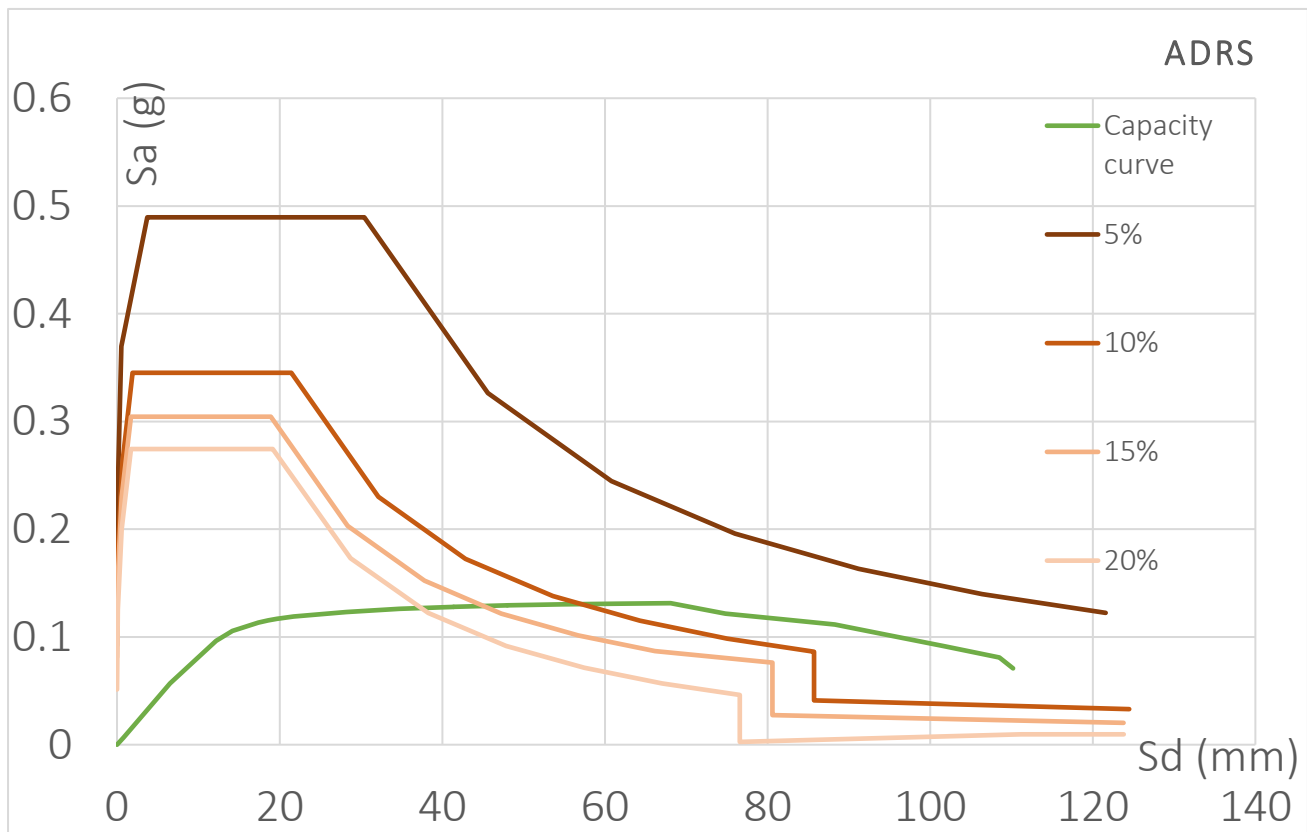


Εικόνα 23 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κτιρίου A , κατά Y



Εικόνα 24 - Σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων κτιρίου A , κατά Y

Στο σχήμα φαίνονται οι πλαστικές αρθρώσεις τη στιγμή κατά την οποία το κτήριο δέχεται τη μέγιστη τέμνουσα βάσης. Με πράσινο χρώμα είναι οι πλαστικές αρθρώσεις που έχουν σχηματιστεί , με το γαλάζιο είναι οι πλαστικές αρθρώσεις που έχουν ξεπεράσει την πλαστική περιοχή και έχουν μια μικρή απομένουσα αντοχή και με κόκκινο αυτές οι οποίες βρίσκονται στη στάθμη «οιονεί κατάρρευση» .



Εικόνα 25 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά Y(Adrs) – Κτίριο A

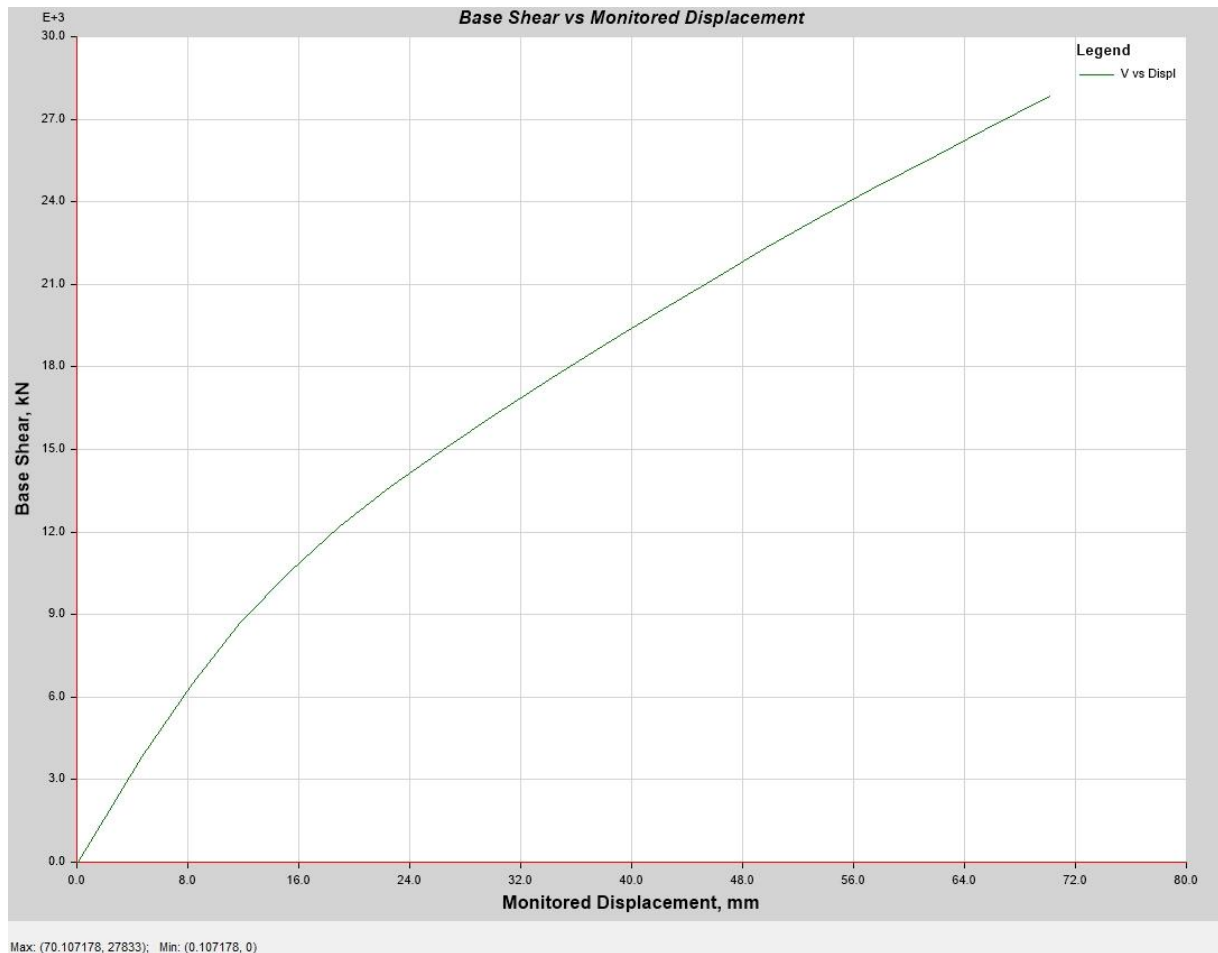
Η συμπεριφορά του κτιρίου A για σεισμό κατά Y παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά που προέκυψαν για σεισμό κατά τη X διεύθυνση τόσο ως προς τη μέγιστη τέμνουσα βάση όσο και ως προς τη μέγιστη μετακίνηση.

Γίνεται πλέον φανερό ότι το κτίριο A, το οποίο δε διαθέτει τοιχώματα στη X όπως και στην Y διεύθυνση δεν είναι σε θέση να φέρει το σεισμό σχεδιασμού καθώς, όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα Adrs η καμπύλη του ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος απέχει κατά πολύ από το φάσμα του Ευρωκώδικα.

4.5.2 Αποτελέσματα ανάλυσης κτιρίου B

Πραγματοποιείται ανάλυση στο κτίριο B με σκοπό να αποτιμηθεί η συμπεριφορά του για σεισμό και στις δυο διευθύνσεις, X και Y. Η συμπεριφορά του κτιρίου B αναμένεται να είναι καλύτερη σε σχέση με αυτή του κτιρίου A δεδομένου της ύπαρξης ισχυρών τοιχείων στην περιοχή του κλιμακοστασίου. Ακολουθούν τα αποτελέσματα που εξήχθησαν :

Καμπύλη ικανότητας κτιρίου Β – Διεύθυνση Χ



Εικόνα 26 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κτιρίου Β, κατά Χ

Ακολουθεί ο πίνακας, ο οποίος παρουσιάζει τη σταδιακή ανάπτυξη των πλαστικών αρθρώσεων ανάλογα με τις στάθμες επιτελεστικότητας που έχουν ήδη καθοριστεί από την εισαγωγή τους στο λογισμικό.

Σταδιακή ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων για σεισμό στη Χ διεύθυνση

Πίνακας 12 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας κτιρίου Β, διεύθυνση Χ

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0.1	0	1126	5	0	0	0	1127	4	0	0	1131
1	1.2	936.5311	1125	6	0	0	0	1127	4	0	0	1131
2	4.7	3819.2723	1106	25	0	0	0	1110	21	0	0	1131

3	8.3	6478.3642	1067	64	0	0	0	1069	62	0	0	1131
4	11.8	8710.9368	1000	131	0	0	0	1003	128	0	0	1131
5	15.3	10565.8401	934	197	0	0	0	939	192	0	0	1131
6	18.9	12169.4241	883	248	0	0	0	886	245	0	0	1131
7	22.6	13638.2647	841	290	0	0	0	844	286	1	0	1131
8	26.6	15079.3753	809	322	0	0	0	813	306	12	0	1131
9	30.1	16278.169	797	334	0	0	0	801	312	18	0	1131
10	34	17534.165	776	355	0	0	0	780	324	27	0	1131
11	38.1	18834.5762	759	372	0	0	0	762	330	39	0	1131
12	42.2	20099.3935	742	389	0	0	0	744	325	62	0	1131
13	45.8	21172.6812	726	405	0	0	0	729	315	87	0	1131
14	49.7	22325.4566	704	427	0	0	0	708	325	98	0	1131
15	53.6	23438.7604	681	450	0	0	0	686	337	108	0	1131
16	57.3	24441.846	665	466	0	0	0	668	339	124	0	1131
17	62	25695.7438	651	480	0	0	0	660	331	140	0	1131
18	65.5	26622.1014	649	482	0	0	0	653	330	146	2	1131
19	70.1	27833.2352	637	494	0	0	0	641	331	152	7	1131

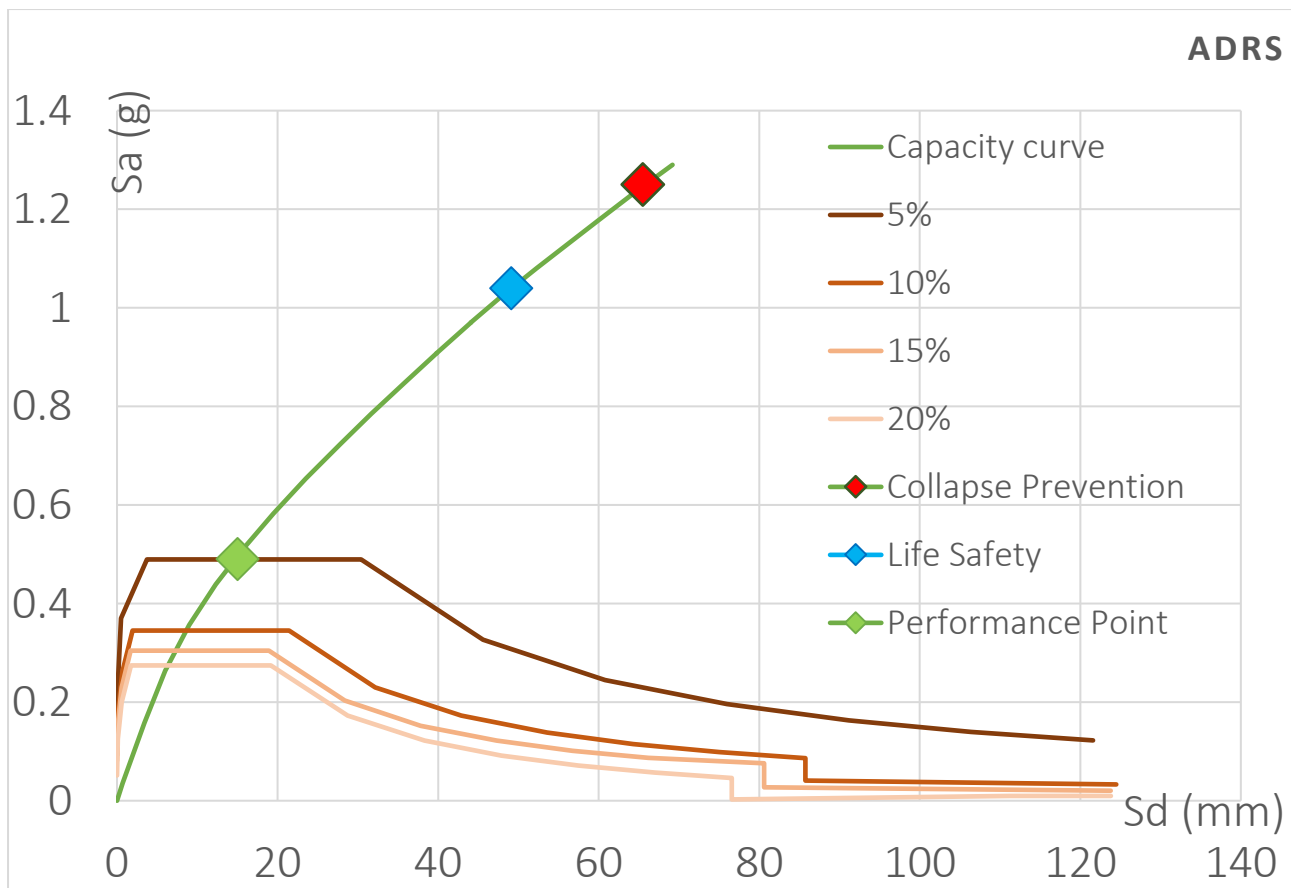
Πάνω στην καμπύλη ικανότητας σε Adrs ορίζονται οι στάθμες επιτελεστικότητας με βάση τις προϋποθέσεις που θέτει ο Κανονισμός Επεμβάσεων.

- Η στάθμη «οιονεί κατάρρευση» ορίζεται στο σημείο όπου στην κατασκευή εμφανίζεται το πρώτο μέλος που φτάνει την αντίστοιχη στάθμη.
- Η στάθμη «προστασία ζωής» στο σημείο όπου ένα μέλος φτάνει στο $0,75du$.
- Η στάθμη «άμεση χρήση» στο σημείο όπου κάποιο μέλος της κατασκευής φτάνει σε αυτή τη στάθμη.

Επομένως, για τη δεδομένη φόρτιση από τον παραπάνω πίνακα προκύπτουν οι στάθμες επιτελεστικότητας ως εξής:

- Οιονεί κατάρρευση : 65.5 mm
- Προστασία ζωής : 49.12 mm
- Άμεση χρήση : 0.00 mm

Οι στάθμες επιτελεστικότητας ορίζονται τώρα πάνω στην καμπύλη ικανότητας



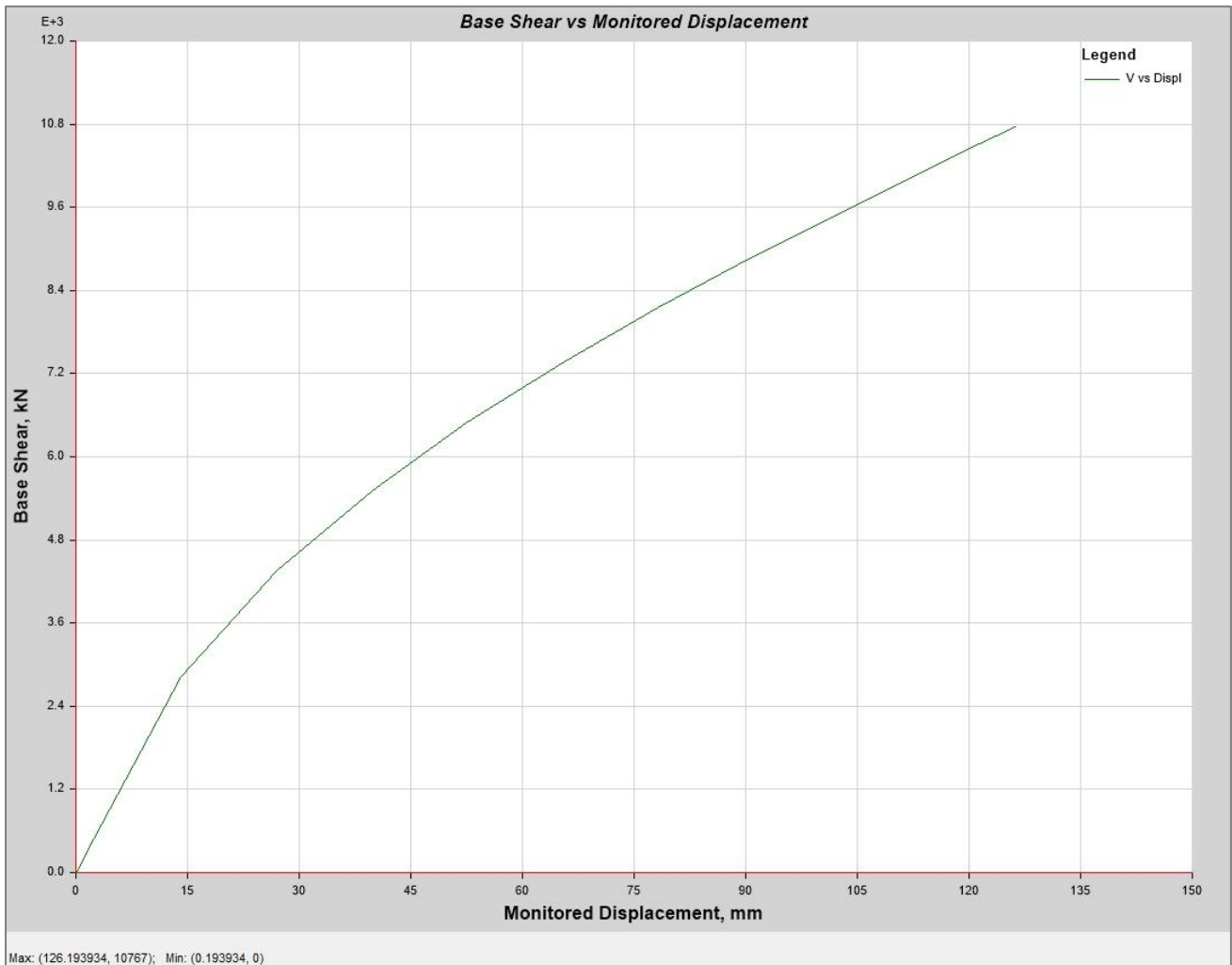
Εικόνα 27 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά X(Adrs) – Κτίριο Β

Όπως φαίνεται από την καμπύλη ικανότητας το κτίριο Β εμφανίζει **επάρκεια** για σεισμό κατά τη Χ διεύθυνση, η οποία όπως έχει τονιστεί και στο κεφάλαιο 5.2 αποτελεί και την ισχυρή του διεύθυνση.

Μένει να εξεταστεί η συμπεριφορά του στην Υ.

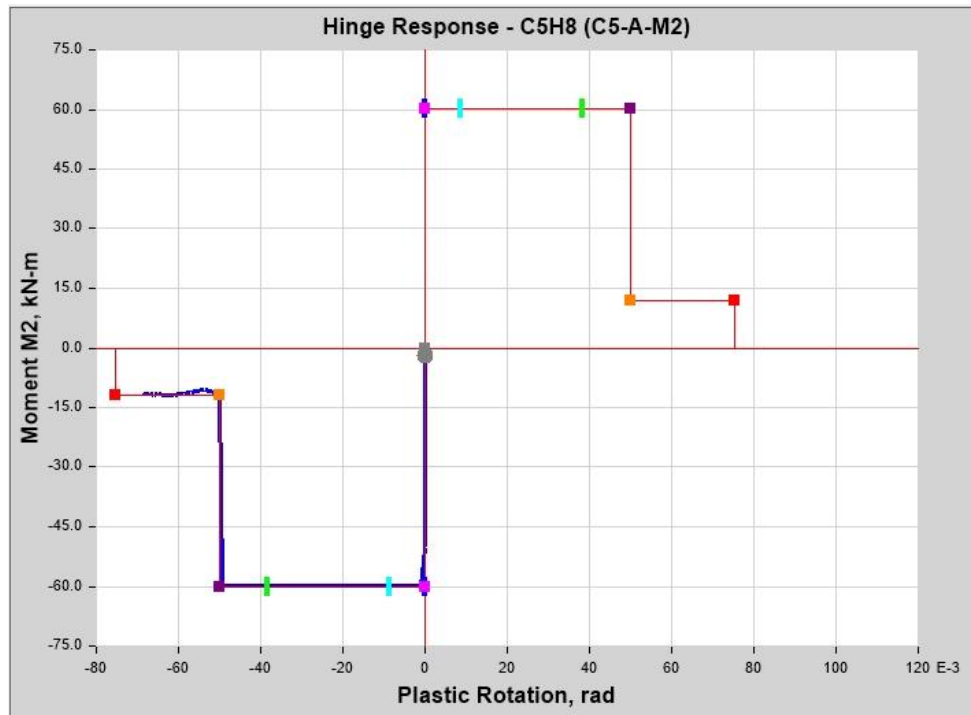
Πραγματοποιείται ανάλυση στο κτίριο Β για σεισμό κατά Υ και προκύπτουν τα εξής :

Καμπύλη ικανότητας κτιρίου Β – Διεύθυνση Υ



Εικόνα 28 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης κτιρίου Β, κατά Υ

Στην ασθενή της διεύθυνση η κατασκευή φαίνεται να μπορεί να δεχθεί μικρότερη τέμνουσα βάσης σε σχέση με την ισχυρή της και παράλληλα έχει μεγαλύτερη μετακίνηση απ' ότι στη Χ, εξαιτίας του γεγονότος ότι είναι πιο εύκαμπτη στην Υ. Αυτό συμβαίνει λόγω της διάταξης των τοιχείων τα οποία παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά όταν ο σεισμός δρα κατά Χ.



Εικόνα 29 - Καμπύλη ικανότητας υποστυλώματος

Σταδιακή ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων για σεισμό στην Y διεύθυνση

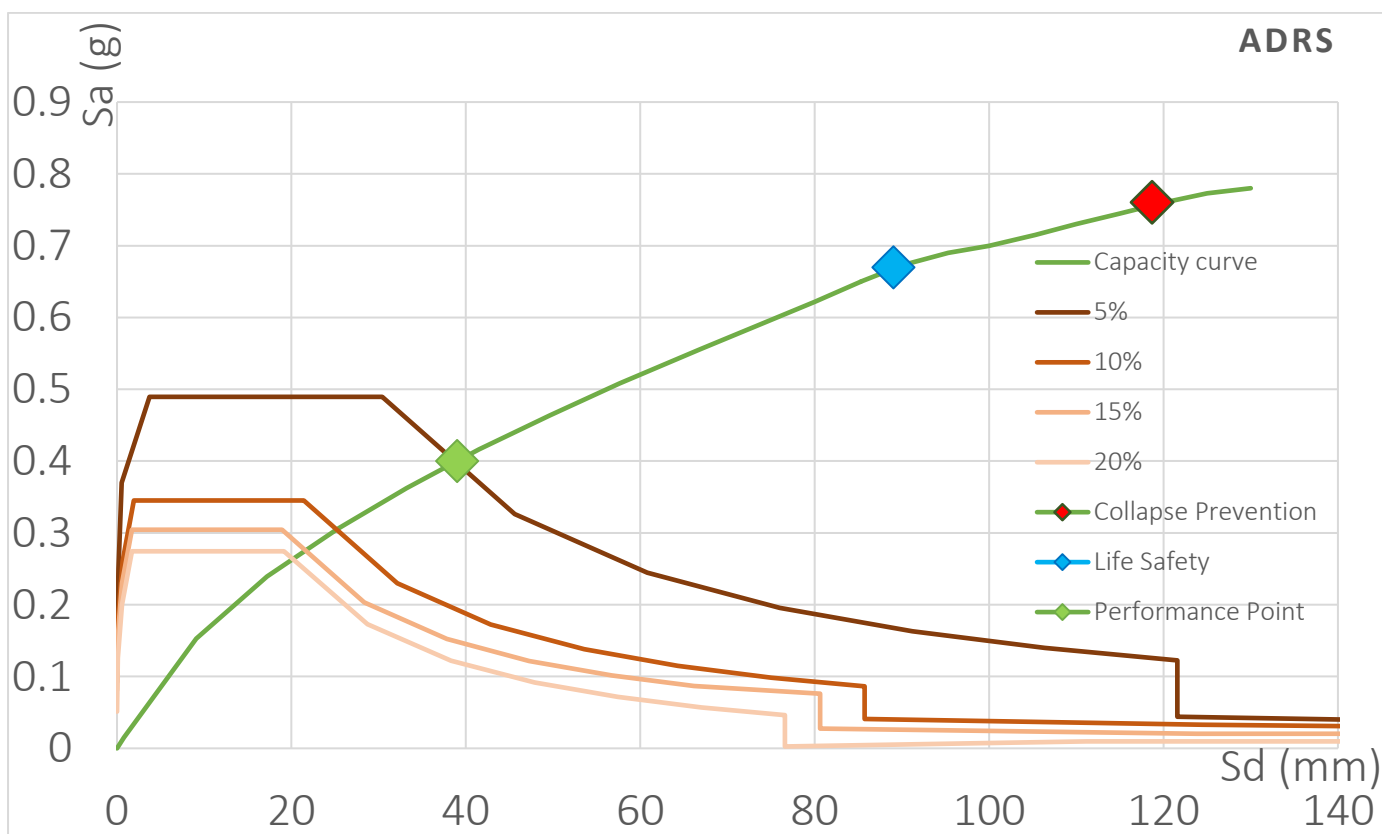
Πίνακας 13 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας κτιρίου B, διεύθυνση Y

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0.2	0	1126	5	0	0	0	1127	4	0	0	1131
1	1.4	283.7594	1125	6	0	0	0	1127	4	0	0	1131
2	14.1	2825.654	1042	89	0	0	0	1046	85	0	0	1131
3	26.9	4353.1064	942	189	0	0	0	946	185	0	0	1131
4	39.8	5516.1791	869	262	0	0	0	871	249	11	0	1131
5	52.4	6484.9953	818	313	0	0	0	821	282	28	0	1131
6	65.6	7373.3016	772	359	0	0	0	774	307	50	0	1131
7	78.2	8146.3865	735	396	0	0	0	738	327	66	0	1131
8	91	8884.2672	703	428	0	0	0	707	336	88	0	1131
9	105.4	9671.6339	661	470	0	0	0	667	351	113	0	1131
10	118.7	10378.7776	633	498	0	0	0	639	360	126	6	1131
11	126.2	10767.228	616	515	0	0	0	621	375	126	9	1131

Ανάλογα ορίζονται οι στάθμες επιτελεστικότητας και γι' αυτή τη διεύθυνση σεισμού :

- Οιονεί κατάρρευση : 118.7 mm
- Προστασία ζωής : 89.02 mm
- Άμεση χρήση : 0.00 mm

Κατόπιν, ορίζονται πάνω στην καμπύλη ικανότητας σε μορφή Adrs.



Εικόνα 30 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά Y (Adrs) – Κτίριο B

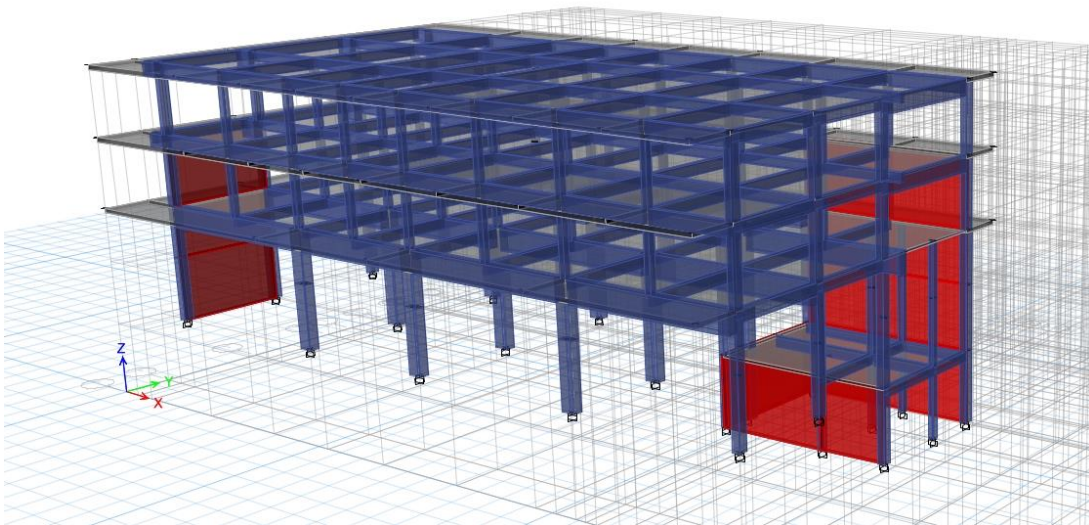
Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτει ότι το κτίριο B μπορεί να 'φέρει' σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό το σεισμό σχεδιασμού για τον οποίο ελέγχθηκε και κατά τις δύο διευθύνσεις. Έχει τη δυνατότητα να δεχθεί μεγαλύτερη τέμνουσα βάσης για σεισμική δράση στη X διεύθυνση με μικρότερη μετακίνηση καθώς είναι πιο δύσκαμπτο, αλλά και να ανταποκριθεί σε σεισμό κατά την ασθενή του διεύθυνση με μικρότερη τέμνουσα βάσης και μεγαλύτερη μετακίνηση.

5 ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο 5, γίνεται φανερό το γεγονός ότι το κτίριο Α δεν παρουσιάζει την απαιτούμενη σεισμική συμπεριφορά ώστε να κριθεί επαρκές έναντι του σεισμού σχεδιασμού. Από την άλλη πλευρά το κτίριο Β εμφανίζει σημαντική αντοχή ως προς τη σεισμική δύναμη που δέχεται τόσο ως προς τη Χ όσο και ως προς την Υ διεύθυνση. Κρίνεται επομένως απαραίτητη η ενίσχυση του κτηρίου Α.

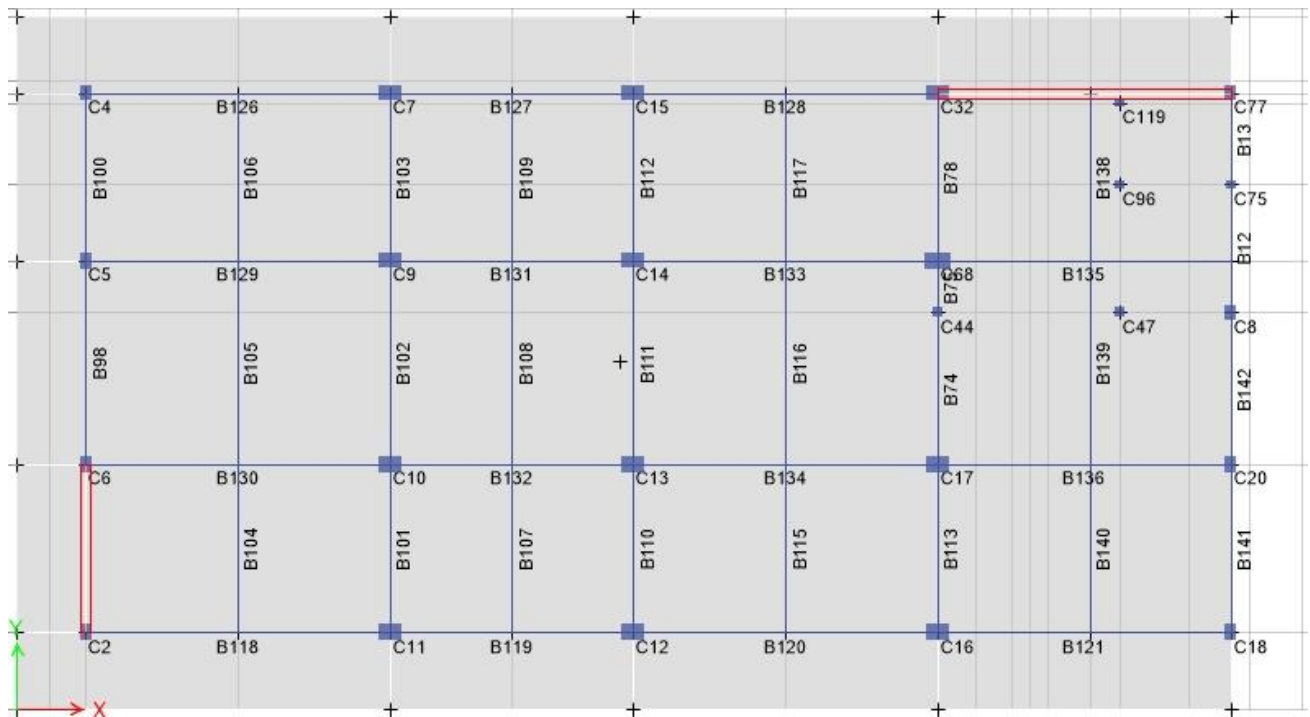
5.2 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Α



Εικόνα 31 - Τρισδιάστατη απεικόνιση ενισχυμένου φορέα – κτίριο Α

Εξετάζεται το υποθετικό σενάριο ενίσχυσης του κτιρίου Α τόσο κατά τη Χ όσο και κατά την Υ διεύθυνση. Ο μηχανισμός αστοχίας αναπτύσσεται στον πρώτο όροφο του κτιρίου και οφείλεται σε διατμητική αστοχία των υποστυλωμάτων για σεισμό και κατά τις δύο διευθύνσεις. Το γεγονός ότι η πλειονότητα των υποστυλωμάτων αστοχεί διατμητικά όπως επίσης και η δυσκολία επέμβασης στο κάθε ένα χωριστά, οδηγεί σε εναλλακτικό τρόπο ενίσχυσης. Λαμβάνοντας υπόψη και τη συμπεριφορά που προέκυψε από τη ανάλυση του κτιρίου Β το οποίο διαθέτει τοιχεία, τοποθετούνται στο προσομοίωμα δύο τοιχεία, ένα κατά τη Χ διεύθυνση και ένα κατά την Υ στο ισόγειο και στον πρώτο όροφο, σε θέσεις τέτοιες ώστε να διατηρείται η αρχιτεκτονική της ξενοδοχειακής μονάδας.

Στην ακόλουθη κάτοψη παρουσιάζονται οι θέσεις στις οποίες τοποθετήθηκαν τα τοιχεία στο ισόγειο για τις ανάγκες της προσομοίωσης.

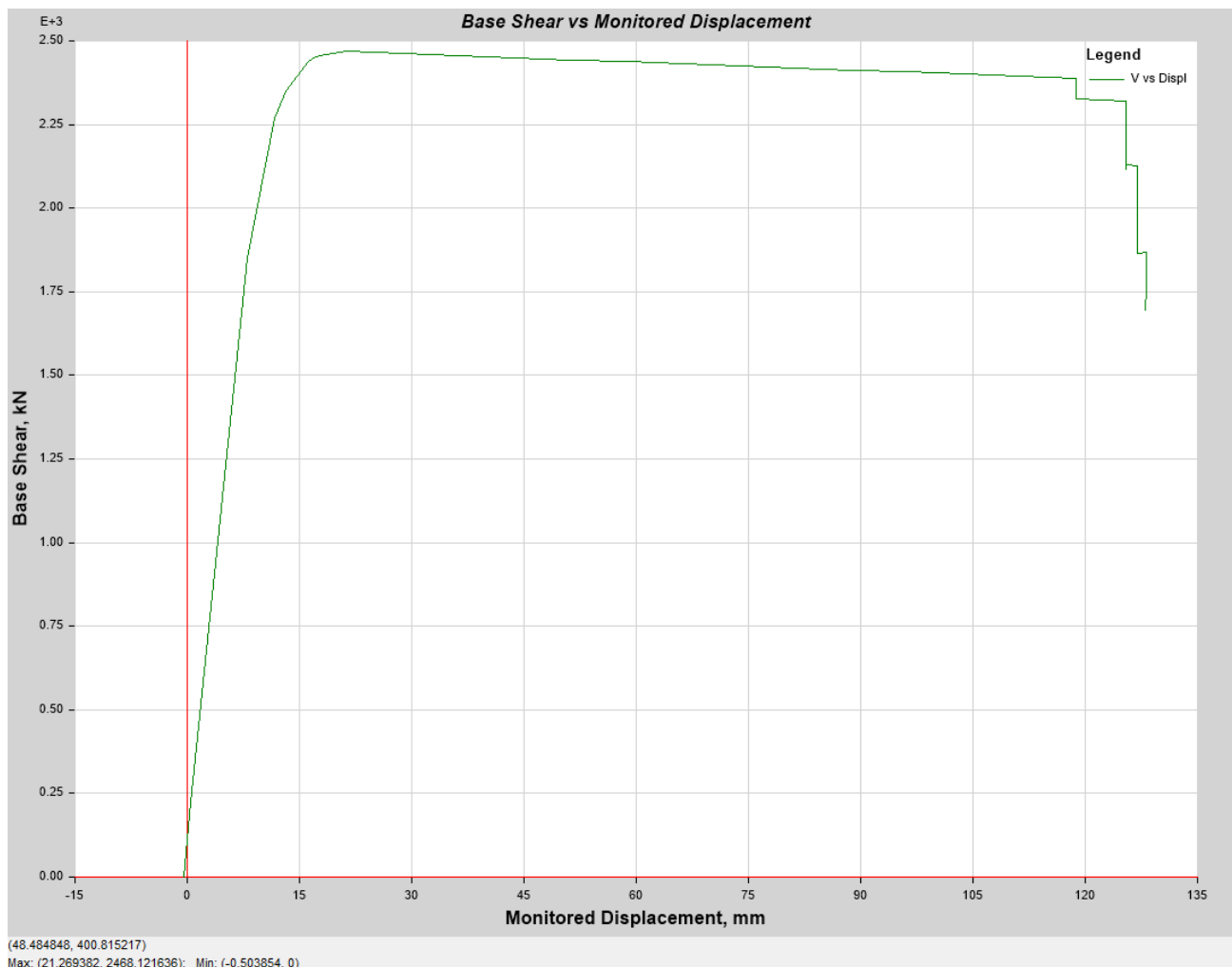


Εικόνα 32 - Ενίσχυση με τοιχεία – Οροφή Ισογείου

Ακολούθως, επαναλαμβάνεται η διαδικασία ανάλυσης της ενισχυμένης κατασκευής και εξάγονται τα κάτωθι αποτελέσματα και συμπεράσματα.

Για ανάλυση με φορά σεισμού κατά X παρατίθενται το διάγραμμα τέμνουσας μετακίνησης, ο πίνακας σταδιακού σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων καθώς και η καμπύλη ικανότητας του ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος.

Καμπύλη ικανότητας ενισχυμένου κτιρίου Α – Διεύθυνση Χ



Εικόνα 33 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης ενισχυμένου κτιρίου, κατά Χ

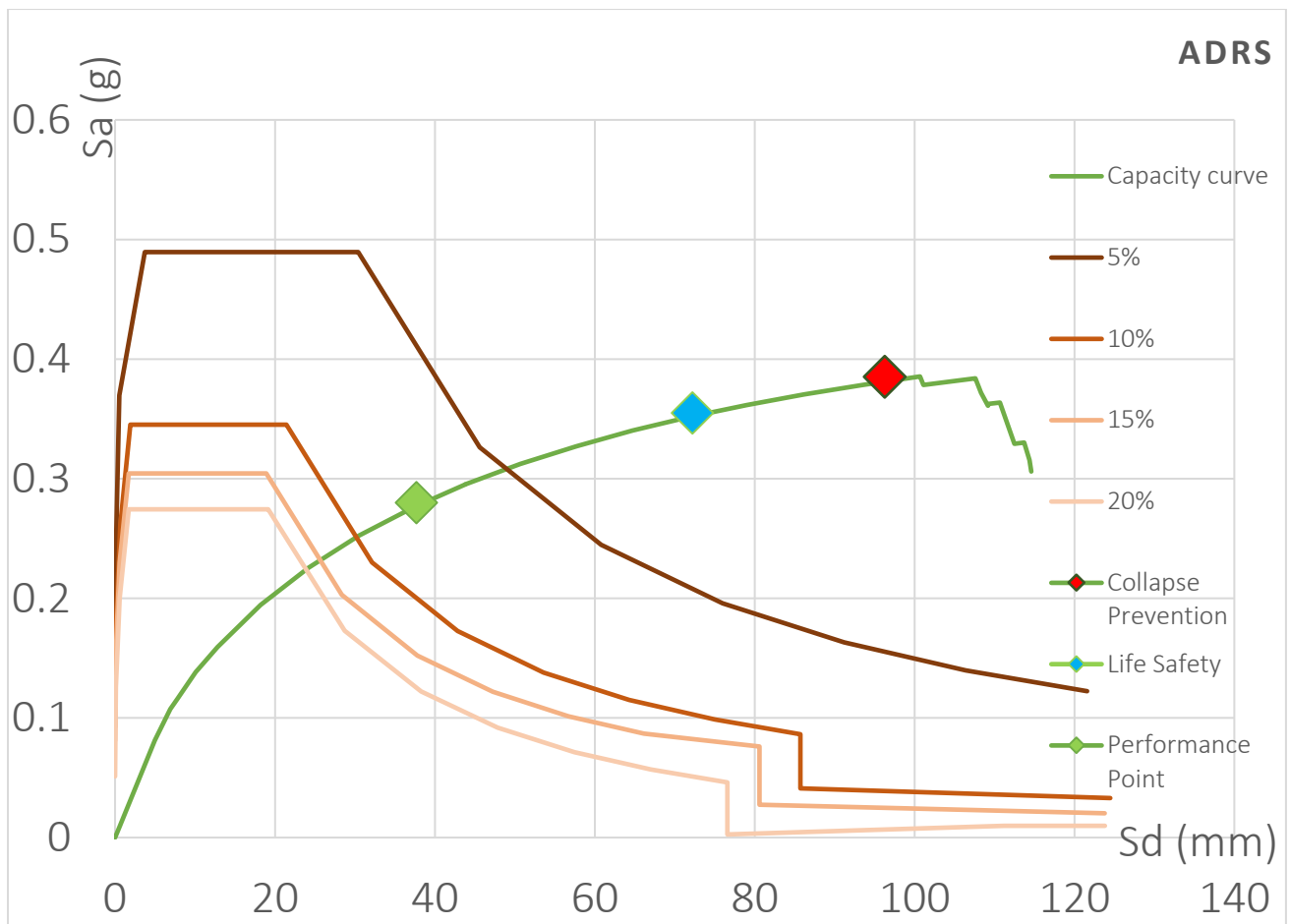
Ήδη από το διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης παρατηρείται μια αύξηση της τάξεως του 78,6%, της τέμνουσας, που μπορεί να αναλάβει η κατασκευή κατά τη Χ διεύθυνση. Είναι απαραίτητο όμως να ορισθούν οι στάθμες επιτελεστικότητας της κατασκευής προκειμένου να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα.

Πίνακας 14 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας ενισχυμένου κτιρίου, διεύθυνση X

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	-0.5	0	700	25	0	0	0	701	24	0	0	725
1	0.5	225.7822	698	27	0	0	0	700	25	0	0	725
2	8	1849.9087	661	64	0	0	0	664	61	0	0	725
3	11.6	2269.4021	627	98	0	0	0	630	95	0	0	725
4	13.1	2351.3398	611	114	0	0	0	614	111	0	0	725
5	16.3	2437.2551	604	121	0	0	0	605	120	0	0	725
6	17.2	2453.9145	601	124	0	0	0	604	121	0	0	725
7	17.7	2457.3046	600	125	0	0	0	601	124	0	0	725
8	21.3	2468.1216	599	126	0	0	0	600	125	0	0	725
9	28.8	2462.0109	599	126	0	0	0	599	125	1	0	725
10	36.3	2455.9002	599	126	0	0	0	599	79	47	0	725
11	43.8	2449.7895	599	126	0	0	0	599	54	72	0	725
12	51.3	2443.6786	599	126	0	0	0	599	54	72	0	725
13	58.8	2437.5678	599	126	0	0	0	599	54	72	0	725
14	66.3	2431.4569	599	126	0	0	0	599	54	72	0	725
15	73.8	2425.3462	599	126	0	0	0	599	54	72	0	725
16	81.3	2419.2353	599	126	0	0	0	599	54	72	0	725
17	88.8	2413.1246	599	126	0	0	0	599	54	72	0	725
18	96.3	2407.0137	599	126	0	0	0	599	54	70	2	725
19	103.8	2400.903	599	126	0	0	0	599	54	55	17	725
20	111.3	2394.7923	599	126	0	0	0	599	54	13	59	725
21	118.8	2388.6814	599	125	0	1	0	599	54	0	72	725
22	118.8	2326.2602	599	125	0	1	0	599	54	0	72	725
23	125.4	2320.8447	599	123	0	3	0	599	54	0	72	725

Για τη δεδομένη φόρτιση από τον παραπάνω πίνακα προκύπτουν οι στάθμες επιτελεστικότητας ως εξής:

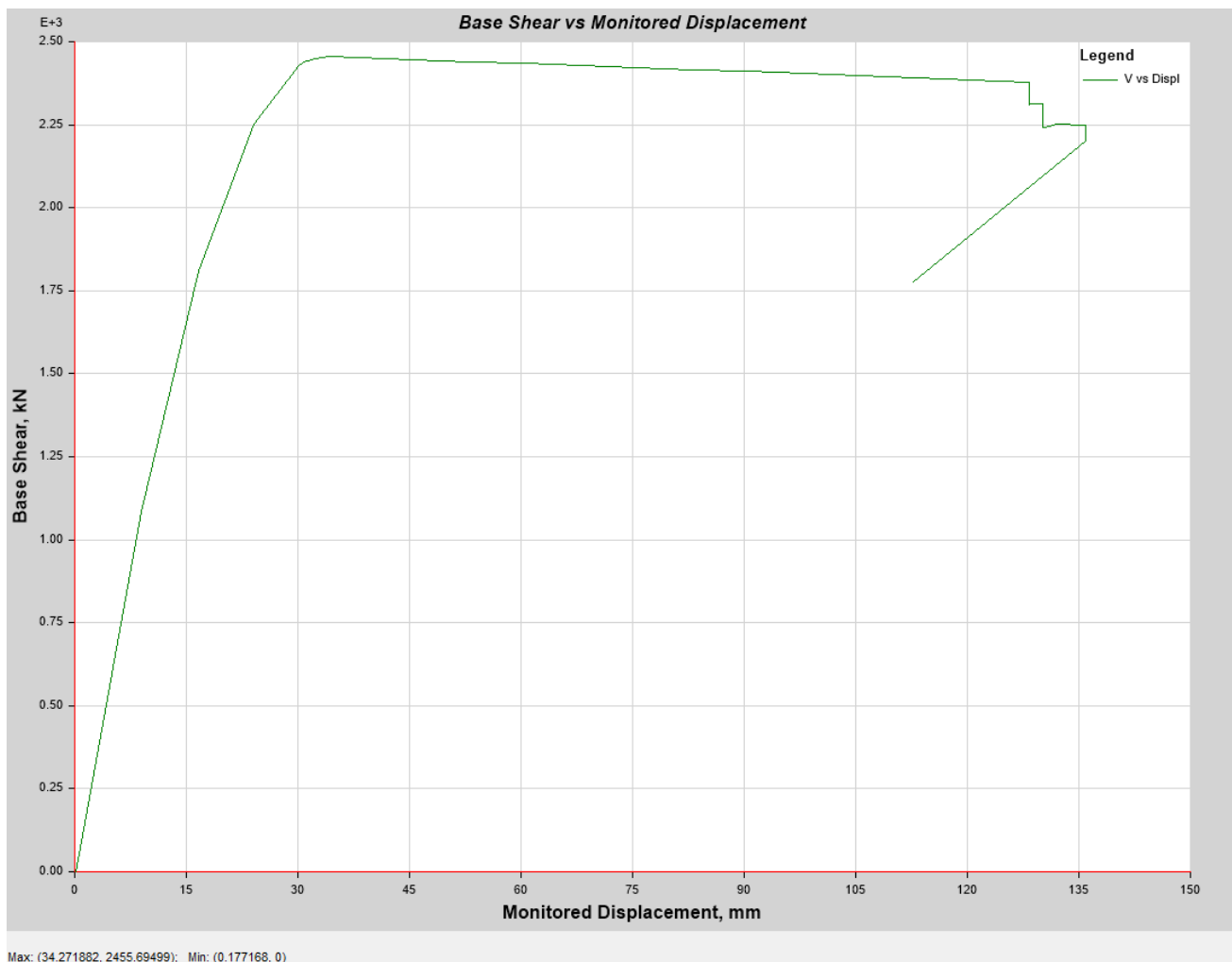
- Οιονεί κατάρρευση : 96.3 mm
- Προστασία ζωής : 72.23 mm
- Άμεση χρήση : 0.00 mm



Εικόνα 34 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμον μονοβαθμίου συστήματος κατά X (Adrs) – Ενισχυμένο κτίριο

Το σημείο CP (Collapse Prevention), ως χαρακτηριστικό για την ικανότητα του κτιρίου βρίσκεται σε ικανοποιητική θέση όπως άλλωστε φαίνεται και από το διάγραμμα Adrs, καθώς επίσης και το σημείο LS (Life Safety) . Το P.P (Performance Point) ή αλλιώς σημείο <<στόχος>>, χαρακτηριστικό της συμπεριφοράς της κατασκευής βρίσκεται κάτω από το φάσμα του 5% , πράγμα το οποίο δημιουργεί αμφιβολίες ως προς την επάρκεια της.

Η διαδικασία της ανάλυσης συνεχίζεται για σεισμό στην Y διεύθυνση και ανάλογα με τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα ως προς τη συγκεκριμένη πρόταση ενίσχυσης.



Εικόνα 35 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης ενισχυμένου κτιρίου, κατά Y

Πίνακας 15 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας ενισχυμένου κτιρίου, διεύθυνση Y

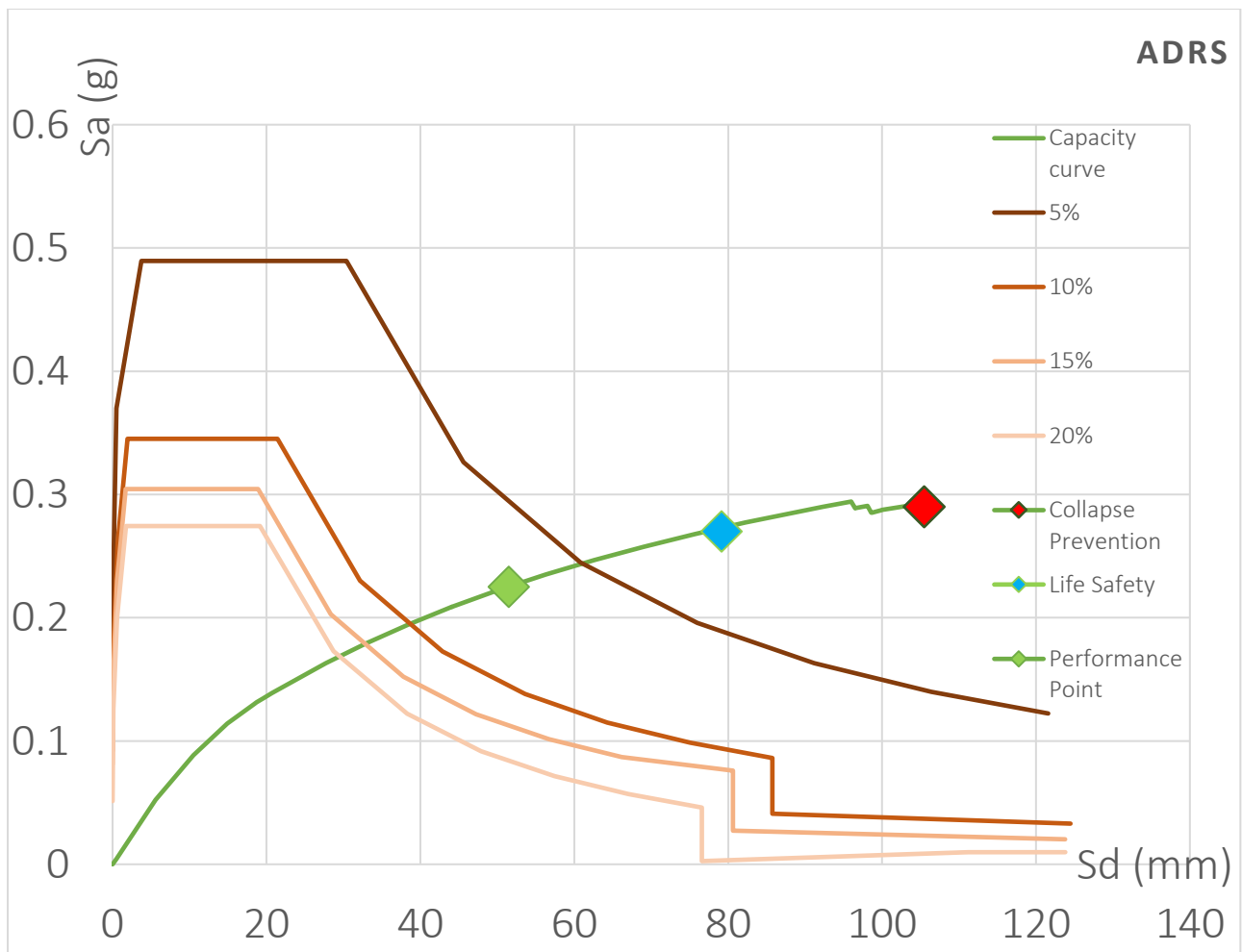
TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0.2	0	700	25	0	0	0	701	24	0	0	725
1	0.9	90.3721	699	26	0	0	0	700	25	0	0	725
2	8.9	1083.9605	682	43	0	0	0	683	42	0	0	725
3	16.6	1810.0261	622	103	0	0	0	624	101	0	0	725
4	24.1	2250.4709	551	174	0	0	0	554	171	0	0	725
5	30.2	2429.4633	529	196	0	0	0	530	195	0	0	725
6	30.8	2438.4981	525	200	0	0	0	527	198	0	0	725
7	32.3	2448.9143	521	204	0	0	0	523	202	0	0	725
8	34.3	2455.695	520	205	0	0	0	521	204	0	0	725
9	45.5	2446.5692	520	205	0	0	0	520	186	19	0	725
10	53	2440.1163	520	205	0	0	0	520	142	63	0	725

11	60.5	2434.4015	520	205	0	0	0	520	133	72	0	725
12	68	2427.9486	520	205	0	0	0	520	133	72	0	725
13	75.5	2422.2337	520	205	0	0	0	520	133	72	0	725
14	83	2415.7809	520	205	0	0	0	520	133	72	0	725
15	90.5	2410.066	520	205	0	0	0	520	133	72	0	725
16	98	2403.6131	520	205	0	0	0	520	133	72	0	725
17	105.5	2397.8982	520	205	0	0	0	520	133	70	2	725
18	113	2391.4454	520	205	0	0	0	520	133	66	6	725
19	124.3	2382.3195	520	205	0	0	0	520	133	24	48	725
20	128.3	2378.844	520	204	0	1	0	520	133	1	71	725
21	128.3	2310.1854	520	204	0	1	0	520	133	1	71	725
22	128.5	2313.5621	520	204	0	1	0	520	133	1	71	725
23	130.2	2312.2173	520	203	0	2	0	520	133	0	72	725
24	130.2	2241.5337	519	204	0	2	0	519	134	0	72	725
25	130.2	2243.296	519	204	0	2	0	519	134	0	72	725
26	131.6	2250.0944	519	204	0	2	0	519	134	0	72	725
27	131.8	2251.8585	519	204	0	2	0	519	134	0	72	725
28	135.9	2248.883	519	203	0	3	0	519	134	0	72	725
29	135.9	2199.9619	519	202	0	4	0	519	134	0	72	725
30	112.7	1775.1116	519	202	0	4	0	519	134	0	72	725

Ανάλογα, από τον πίνακα σχηματισμού των πλαστικών αρθρώσεων προκύπτουν οι στάθμες επιτελεστικότητας :

- Οιονεί κατάρρευση : 105.5 mm
- Προστασία ζωής : 79.13 mm
- Άμεση χρήση : 0.00 mm

Κατόπιν, ορίζονται στην καμπύλη ικανότητας



Εικόνα 36 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά Y (Adrs) – Ενισχυμένο κτίριο

Είναι φανερό ότι η κατασκευή παρουσιάζει ανάλογα χαρακτηριστικά για σεισμό κατά Y σε σχέση με την X διεύθυνση. Το σημείο <<στόχος>>, Performance Point δηλαδή η συμπεριφορά του κτιρίου για το σεισμό σχεδιασμού φανερώνει μια μετακίνηση ίση με 4 cm κατά X και μια 5 cm κατά Y το οποίο έρχεται σε αντίθεση με την ύπαρξη του αρμού των 2 cm. Αυτό πρακτικά λόγω των αβεβαιοτήτων που υπάρχουν ως προς τη συμπεριφορά του κάθε κτιρίου σε ένα σεισμό σε συνδυασμό με το φαινόμενο της κρούσης γειτονικών κτιρίων, οδηγεί στο συμπέρασμα της απόρριψης του συγκεκριμένου τρόπου ενίσχυσης της ξενοδοχειακής μονάδας και αναζήτησης νέας λύσης-πρότασης με την οποία θα αντιμετωπίζεται η παρουσία του αρμού διαστολής.

5.3 ΈΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν στις επιμέρους αναλύσεις, προσφορότερη μέθοδος για την ενίσχυση του κτιρίου Α κρίνεται η ένωση του με το Β. Η ένωση θα πραγματοποιηθεί με μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η κατασκευή μανδύα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αποτελεί τη συνηθέστερη πρακτική για την περίπτωση που το συνολικό πάχος του μανδύα δεν υπερβαίνει τα 10cm. Αν και δεν απαιτείται ξυλότυπος, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην εξασφάλιση της κατακόρυφης επιφάνειας του μανδύα. Για το σκοπό αυτό γίνεται συνήθως χρήση οδηγών. Πρέπει επίσης να τονιστεί, ότι η συστολή ξηράνσεως είναι μεγαλύτερη στη συγκεκριμένη κατηγορία μανδύων, οπότε έχει μεγάλη σημασία η σωστή συντήρησή τους με εφαρμογή όλων των σχετικών διατάξεων του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

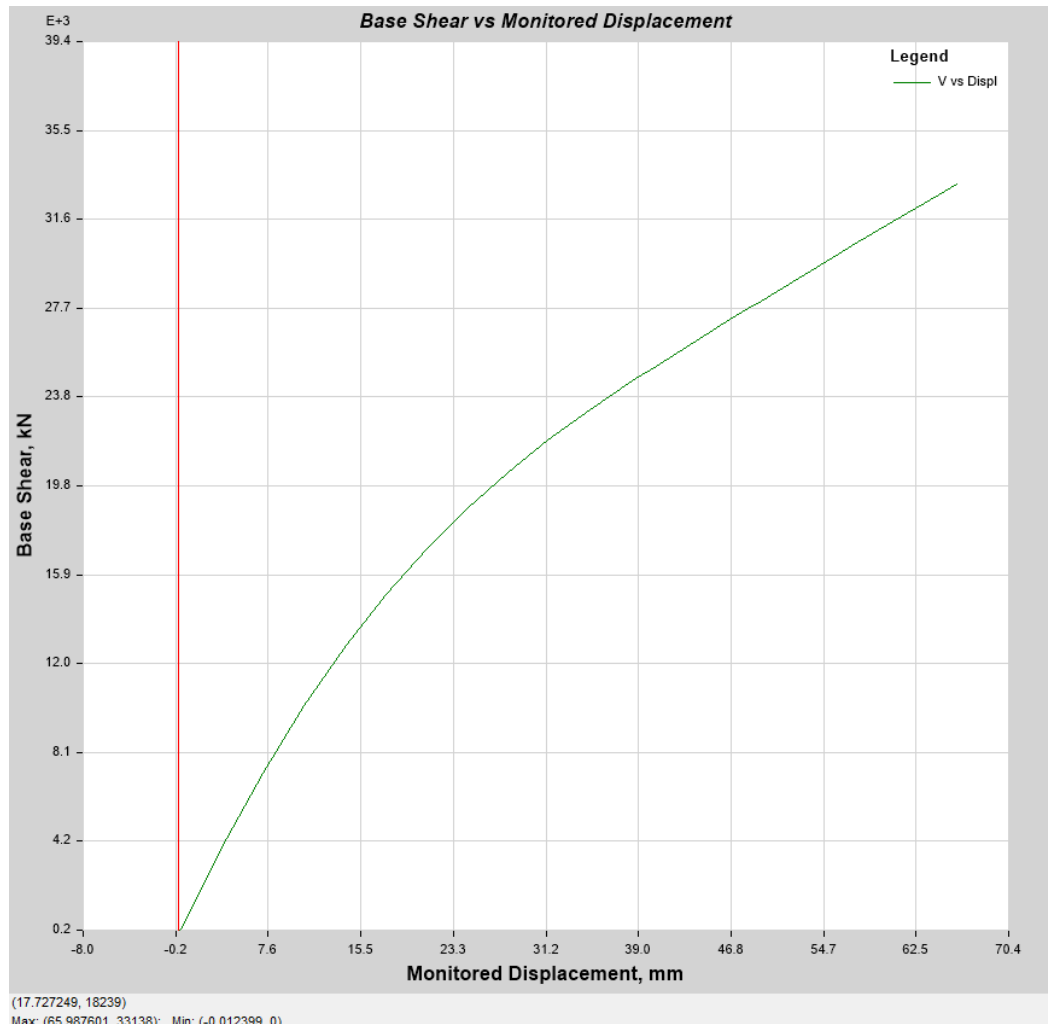


Εικόνα 37 - Προεργασία ενίσχυσης κτιρίου με Gunitite

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης θεωρείται μανδύας συνολικού πάχους 9cm για τις διατομές που πρόκειται να ενωθούν σε κάθε κτίριο χωριστά. Ύστερα, εισάγονται στο λογισμικό νέες διατομές ορίζοντας τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά και τις πλαστικές αρθρώσεις για καθεμία.

Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία και τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο κεφάλαιο 4 προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Για σεισμό κατά τη διεύθυνση X παρατίθεται η καμπύλη ικανότητας της συνολικής πλέον κατασκευής σε όρους δύναμης - μετακίνησης :



Εικόνα 38 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης ολικού κτιρίου, κατά X

Ήδη από το διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης παρατηρείται μια σαφώς βελτιωμένη συμπεριφορά της κατασκευής έχοντας τη δυνατότητα να αναλάβει μια τέμνουσα βάσης της τάξεως των 33.138 KN με τη μετακίνηση να κυμαίνεται 6,5 cm.

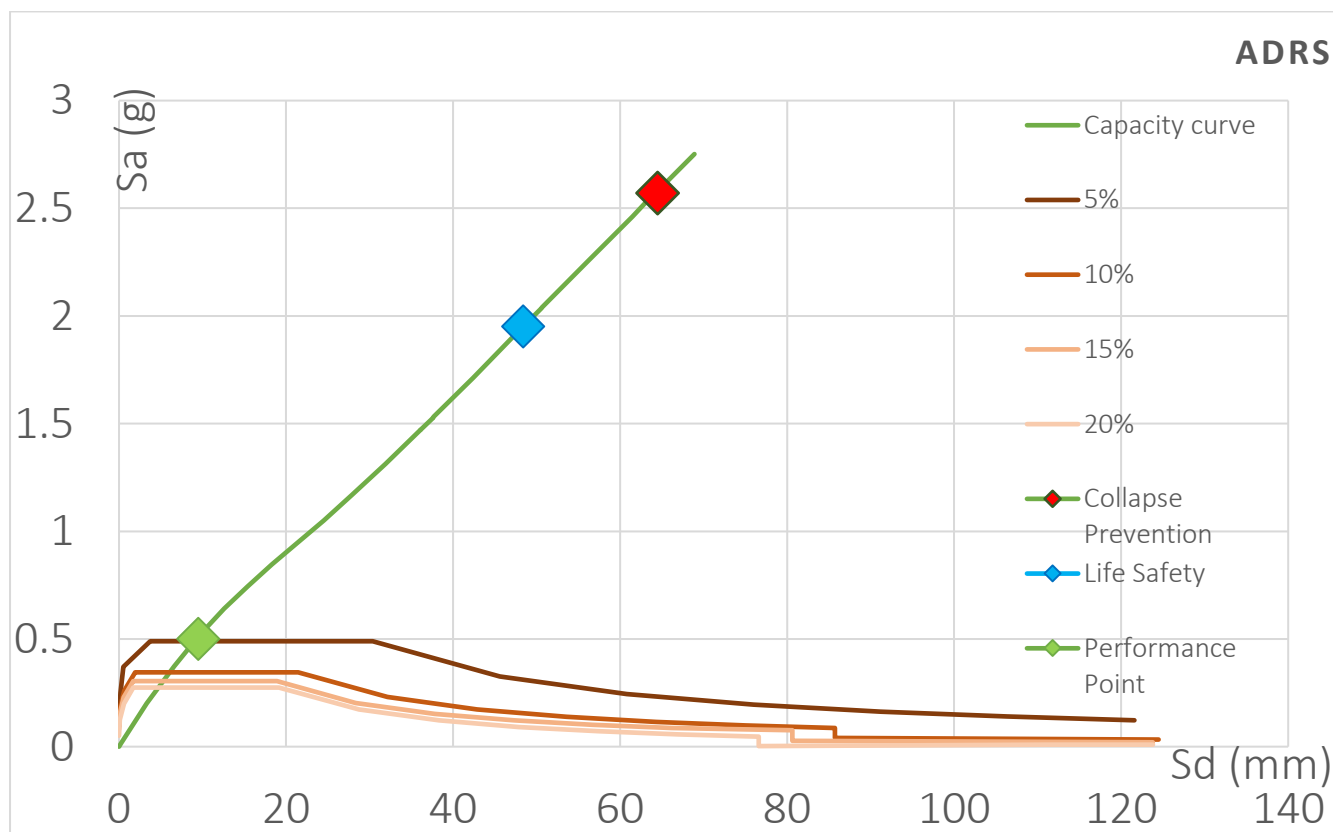
Ακολουθεί ο πίνακας με τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν αυξανόμενης τέμνουσας βάσης και εξέλιξης των πλαστικών αρθρώσεων :

Πίνακας 16 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας ολικού κτιρίου, διεύθυνση X

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0.0124	0	1733	28	0	0	0	1733	28	0	0	1761
1	0.2	273.5508	1732	29	0	0	0	1733	28	0	0	1761
2	3.6	3788.5335	1708	53	0	0	0	1709	52	0	0	1761
3	7.2	7163.0663	1664	97	0	0	0	1667	94	0	0	1761
4	10.7	10131.499	1613	148	0	0	0	1615	146	0	0	1761
5	14.2	12816.1126	1522	239	0	0	0	1527	234	0	0	1761
6	17.6	15063.3151	1414	347	0	0	0	1420	341	0	0	1761
7	21.1	17070.0593	1311	450	0	0	0	1316	445	0	0	1761
8	24.5	18844.1076	1228	533	0	0	0	1233	528	0	0	1761
9	27.9	20445.5965	1178	583	0	0	0	1183	576	2	0	1761
10	31.3	21879.8429	1127	634	0	0	0	1130	625	6	0	1761
11	34.9	23217.9671	1077	684	0	0	0	1083	659	19	0	1761
12	38.5	24463.536	1045	716	0	0	0	1052	675	34	0	1761
13	39.6	24846.4427	1037	724	0	0	0	1039	676	46	0	1761
14	39.7	24859.2566	1037	724	0	0	0	1038	677	46	0	1761
15	43.1	25980.25	1017	744	0	0	0	1021	663	77	0	1761
16	46.8	27177.2448	1001	760	0	0	0	1005	634	122	0	1761
17	48.8	27848.1606	989	772	0	0	0	991	621	149	0	1761
18	48.9	27837.5151	989	772	0	0	0	991	621	149	0	1761
19	52.6	29021.4512	977	784	0	0	0	982	582	197	0	1761
20	56	30082.503	964	797	0	0	0	969	567	225	0	1761
21	57.1	30432.1451	961	800	0	0	0	964	566	231	0	1761
22	57.1	30414.5341	961	800	0	0	0	964	566	231	0	1761
23	60.5	31483.1609	952	809	0	0	0	959	543	259	0	1761
24	64.5	32671.431	941	820	0	0	0	951	524	285	1	1761
25	66	33138.4011	941	820	0	0	0	945	517	292	7	1761

Κατόπιν, ορίζονται οι στάθμες επιτελεστικότητας της κατασκευής και αποτυπώνονται στο παρακάτω διάγραμμα :

- Οιονεί κατάρρευση : 64.5 mm
- Προστασία ζωής : 48.37 mm
- Άμεση χρήση : 0.00 mm

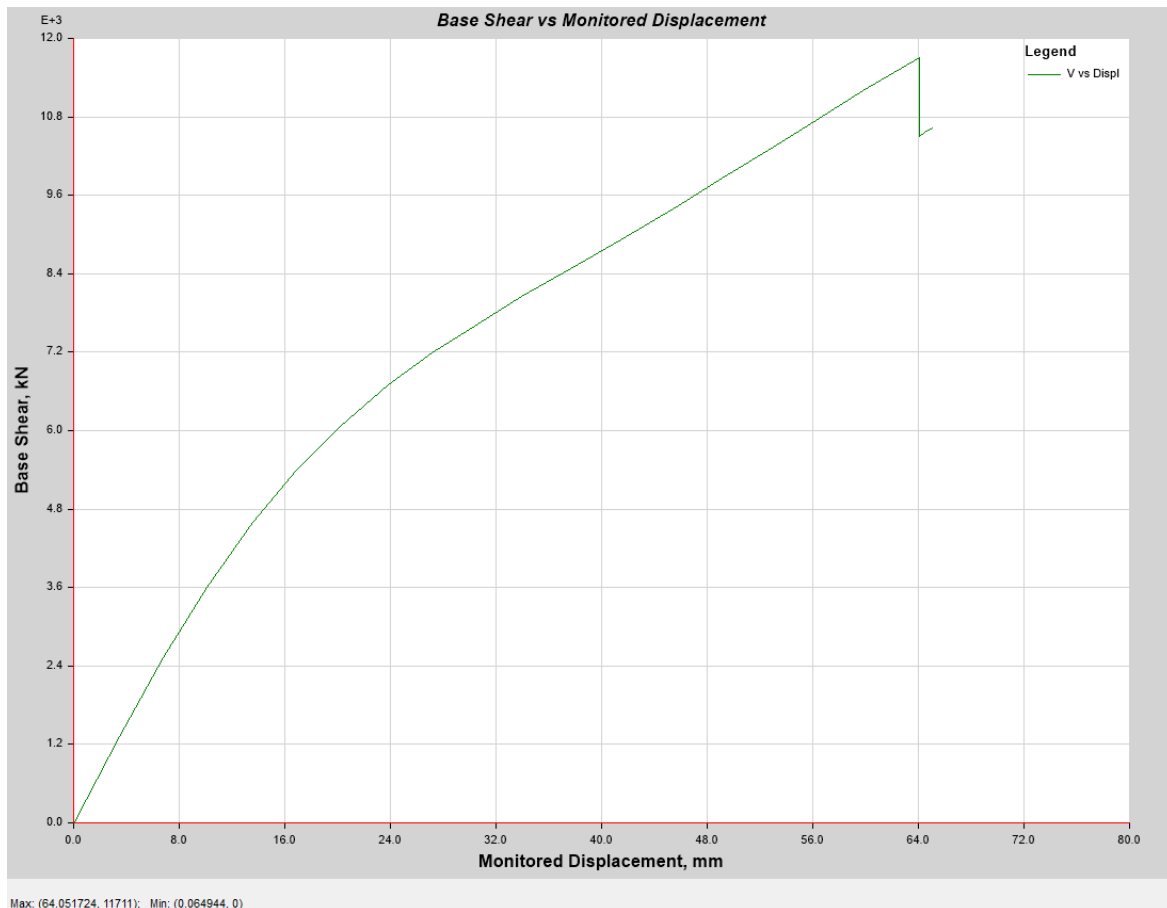


Εικόνα 39 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά X (Adrs) – Ολικό κτίριο

Είναι πλέον φανερό ότι το κτίριο μπορεί να ανταπεξέλθει στο σεισμό σχεδιασμού κατά X όπως φαίνεται από τις συντεταγμένες του Performance Point και των υπόλοιπων σταθμών επιτελεστικότητας, CP, LS. Η συμπεριφορά του συνολικού φορέα είναι πιο κοντά στη συμπεριφορά του κτιρίου B (δεξιά, με τοίχια) παρά σε αυτή του A, το οποίο ήταν και το επιθυμητό.

Επόμενο βήμα είναι η διερεύνηση της απόκρισης της κατασκευής, παρουσία σεισμού στην Y διεύθυνση και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων για τη γενική συμπεριφορά του κτιρίου μετά την ένωση.

Εφαρμόζοντας τώρα σεισμό κατά Y προκύπτει :



Εικόνα 40 - Διάγραμμα τέμνουσας βάσης – μετακίνησης ολικού κτιρίου, κατά Y

Από το διάγραμμα V-D προκύπτει μια βελτιωμένη απόκριση της κατασκευής σε σχέση με τη συμπεριφορά που παρουσίαζε το κτίριο A εξεταζόμενο μεμονωμένα. Αυτό εξηγείται από την ένωση που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των κτιρίων.

Ακολουθεί ο πίνακας στον οποίο παρουσιάζεται η εξέλιξη των πλαστικών αρθρώσεων κατά Y καθώς η καμπύλη ικανότητας (Adrs) σε αυτή τη διεύθυνση.

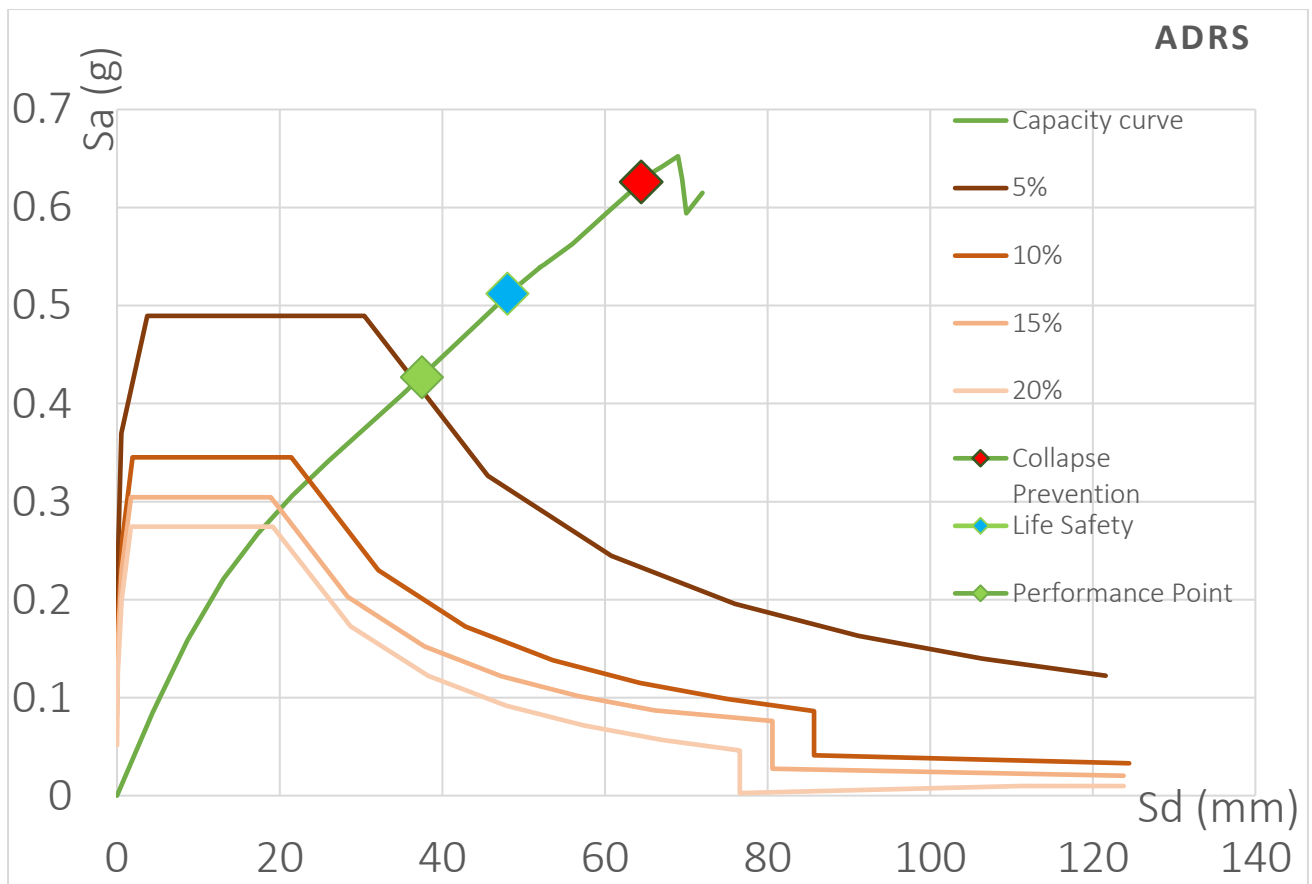
Πίνακας 17 - Πλαστικές αρθρώσεις και στάθμες επιτελεστικότητας ολικού κτιρίου, διεύθυνση Y

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement												
Step	Displacement	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0.1	0	1733	28	0	0	0	1733	28	0	0	1761
1	0.2	49.3609	1732	29	0	0	0	1733	28	0	0	1761
2	5.4	2050.8203	1700	61	0	0	0	1701	60	0	0	1761
3	10.8	3799.9902	1636	125	0	0	0	1638	123	0	0	1761
4	16.1	5223.8273	1546	215	0	0	0	1551	210	0	0	1761
5	21.4	6299.5139	1469	292	0	0	0	1473	288	0	0	1761
6	27	7161.3081	1428	333	0	0	0	1433	328	0	0	1761

7	32.6	7883.2152	1385	376	0	0	0	1389	369	3	0	1761
8	38.5	8573.852	1346	415	0	0	0	1349	403	9	0	1761
9	43.8	9207.9316	1316	445	0	0	0	1319	425	17	0	1761
10	49.1	9862.1804	1288	473	0	0	0	1293	434	34	0	1761
11	54.8	10573.8933	1253	508	0	0	0	1262	443	56	0	1761
12	60.5	11275.7813	1219	542	0	0	0	1225	453	83	0	1761
13	64	11710.6216	1200	560	0	1	0	1204	456	101	0	1761
14	66.8	10494.954	1187	573	0	1	0	1195	457	108	1	1761
15	69.5	11147.0292	1158	602	0	1	0	1167	464	129	1	1761
16	75.4	11818.9017	1126	634	0	1	0	1137	479	144	1	1761
17	81	12433.0535	1101	659	0	1	0	1113	496	151	1	1761
18	86.4	13011.3853	1087	672	0	2	0	1098	507	155	1	1761
19	86.9	12082.6921	1076	683	0	2	0	1087	518	154	2	1761
20	87.4	12199.5436	1072	687	0	2	0	1082	522	155	2	1761

Ανάλογα, ορίζονται οι στάθμες επιτελεστικότητας της κατασκευής και αποτυπώνονται στο παρακάτω διάγραμμα :

- Οιονεί κατάρρευση : 64.00 mm
- Προστασία ζωής : 48.00 mm
- Άμεση χρήση : 0.00 mm

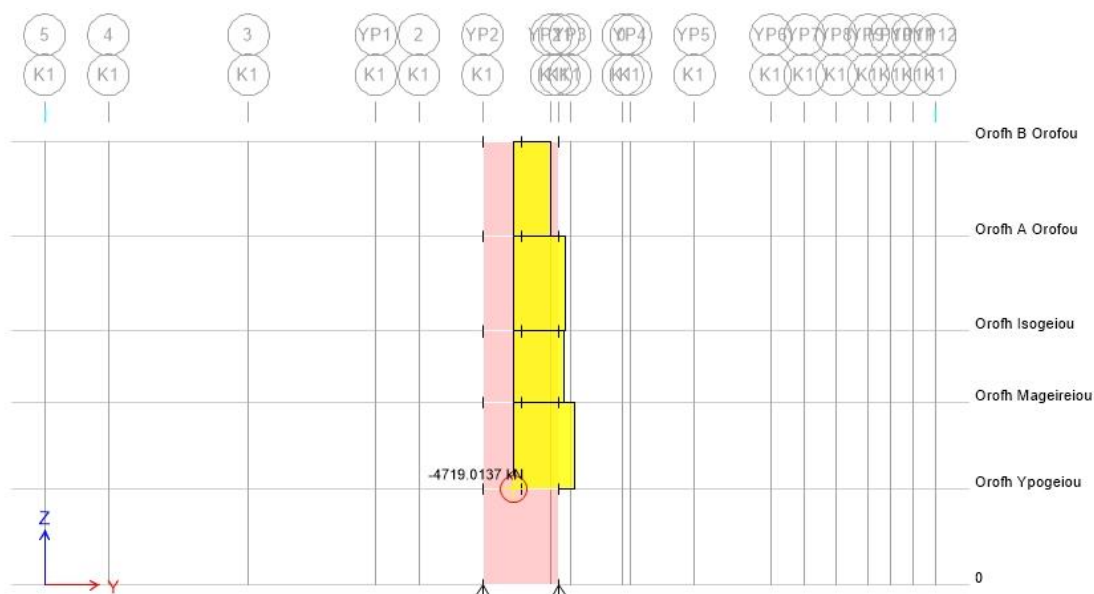


Εικόνα 41 - Καμπύλη ικανότητας ισοδύναμου μονοβαθμίου συστήματος κατά Y (Adrs) – Ολικό κτίριο

Όπως γίνεται αντιληπτό και από το διάγραμμα Adrs η κατασκευή παρουσιάζει επάρκεια στην Y διεύθυνση. Οι στάθμες επιτελεστικότητας βρίσκονται πάνω από τα φάσματα πράγμα το οποίο δηλώνει ότι το κτίριο μπορεί να ανταπεξέλθει στο σεισμό σχεδιασμού στην ασθενή του διεύθυνση. Το ίδιο συμβαίνει και στη διεύθυνση X, το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ένωση των συγκεκριμένων κτιρίων ως πρόταση ενίσχυσης της ξενοδοχειακής μονάδας αποτελεί μια σχετικά εύκολη, οικονομική και κυρίως ασφαλή λύση.

5.4 ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΣΤΑ ΤΟΙΧΕΙΑ

Το μοντέλο προσομοίωσης για τα τοιχεία δεν έχει πρόβλεψη για αστοχία έναντι τέμνουσας δύναμης, αλλά θεωρεί ότι το τοιχείο μπορεί να αναπτύξει τέμνουσα χωρίς να αστοχεί. Για το λόγο αυτό θα γίνει έλεγχος για την τέμνουσα δύναμη που έχει αναπτυχθεί τη στιγμή που η κατασκευή φτάνει στο performance point με την μέθοδο του ΚΑΝ.ΕΠΕ. .



Εικόνα 42 - Διάγραμμα τέμνουσας δύναμης στο τοιχείο. Σεισμός κατά X

Η σχέση που δίνει την αντοχή σε τέμνουσα με βάση τον Κανονισμό Ελεμβάσεων είναι:

$$V_{R,max} = 0.85 (1 - 0.06 (\min 5; \mu \theta pl)) (1 - 1.8 \min (0.15; \frac{N}{f_c A_c})) (1 + 0.25 \max (1.75; 100 \rho_{tot})) (1 - 0.2 \min (2; a_s)) \sqrt{f_c} b_w z$$

όπου:

- h : ύψος διατομής (ίσο με τη διάμετρο D στις κυκλικές διατομές),

- x : ύψος της θλιβόμενης ζώνης,
- N : αξονικό φορτίο (θετικό για θλίψη, μηδενικό για εφελκυσμό),
- a_s : λόγος διάτμησης,
- A_c : εμβαδόν της διατομής σκυροδέματος, ίση με $b_w d$ σε διατομές με ορθογωνικό κορμό πάχους b_w και στατικό ύψος d , ή με $\frac{\pi D_c^2}{4}$ (όπου D_c = διάμετρος πυρήνα διατομής εντός των συνδετήρων) σε κυκλικές διατομές,
- f_c : θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (MPa).
- ρ_{tot} : συνολικό ποσοστό διαμήκους οπλισμού (εφελκυσμένου, θλιβόμενου και ενδιάμεσου).
- V_w : συμβολή εγκάρσιου οπλισμού στη διατμητική αντοχή, ίση με:

- Για διατομές με ορθογωνικό κορμό πάχους b_w :

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw},$$

όπου:

ρ_w : το ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού,

z : ο μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων (ίσος με $d-d'$ σε υποστυλώματα, δοκούς και τοιχώματα διατομής T ή H, ή με $0.8h$ σε τοιχώματα ορθογωνικής διατομής) και

f_{yw} : η τάση διαρροής του εγκάρσιου οπλισμού.

Η μέγιστη τέμνουσα αναπτύσσεται στο τοίχιο W30 στη στάθμη της οροφής ισογείου, το οποίο έχει διαστάσεις 635 X 250 cm και οπλισμό 2Φ8/150. Εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση, η αντοχή σε τέμνουσα με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. ισοδυναμεί με $V_{R,max} = 5613,41$ KN. Εφαρμόζοντας τη σχέση και για τα υπόλοιπα τοιχεία καθώς για φόρτιση κατά Y προκύπτει ότι τα τοιχεία εμφανίζουν επάρκεια έναντι τέμνουσας και συνεπώς δε χρήζουν ενισχύσεως.

5.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΣΤΡΟΦΗΣ

Στην παρούσα ενότητα γίνεται προσδιορισμός του κέντρου στροφής του κτιρίου πριν και μετά την ενίσχυση καθώς και σύγκριση με τα αποτελέσματα που δίνει η εφαρμογή του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού(ΕΑΚ 2003).

Αρχικά, το κέντρο στροφής υπολογίζεται θεωρώντας ότι ταυτίζεται με το κέντρο δυνάμεων ανά διάφραγμα, με βάση τις παρακάτω σχέσεις :

$$X_{κσ} = \frac{\sum(X_i \cdot F_{y_i})}{\sum(F_{y_i})}$$

$$Y_{κσ} = \frac{\sum(Y_i F_{x_i})}{\sum(F_{x_i})}$$

Όπου, F_{y_i} , F_{x_i} οι τέμνουσες δυνάμεις του εκάστοτε κατακόρυφου στοιχείου και X_i, Y_i οι αντίστοιχες συντεταγμένες στο καθολικό σύστημα συντεταγμένων.

Οι συντεταγμένες αρχής ορίστηκαν και για τα τρία κτίρια ως η αρχή των αξόνων X και Y του κτιρίου Α(αριστερά). Ακολουθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα κέντρα στροφής καθώς και οι συντεταγμένες του κέντρου βάρους κάθε κτιρίου.

Πίνακας 18 – Κέντρο στροφής

Κτίριο	Κέντρο Μάζας		Κέντρο στροφής		Εκκεντρότητα	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
Κτίριο Α	15.8756	9.1059	16.3625	8.6675	0.4869	-0.4384
Κτίριο Β	48.139	9.135	40.0949	13.0151	-8.044	3.8801
Ολικό Κτίριο	32.2752	9.153	37.7828	12.7034	5.5076	3.5504

Στη συνέχεια έγινε υπολογισμός του κέντρου στροφής με βάση τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2003), εφαρμόζοντας τις ακόλουθες σχέσεις:

$$X_{\kappa\sigma} = \frac{\Sigma(X_i \cdot \frac{E \cdot I_y}{h})}{\Sigma(\frac{E \cdot I_y}{h})}$$

$$Y_{\kappa\sigma} = \frac{\Sigma(Y_i \cdot \frac{E \cdot I_x}{b})}{\Sigma(\frac{E \cdot I_x}{b})}$$

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_x = \frac{h \cdot b^3}{12}$$

όπου h η διάσταση του μέλους παράλληλα στον Y άξονα και b η παράλληλη στο X.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα :

Πίνακας 19 – Κέντρο στροφής κατά ΕΑΚ

Κτίριο	Κέντρο Μάζας		Κέντρο στροφής		Εκκεντρότητα	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
Κτίριο Α	15.8756	9.1059	17.2877	9.28154	1.4121	0.17564
Κτίριο Β	48.139	9.135	42.8254	12.877	-5.314	3.742
Ολικό Κτίριο	32.2752	9.153	35.6616	12.4482	3.3864	3.2952

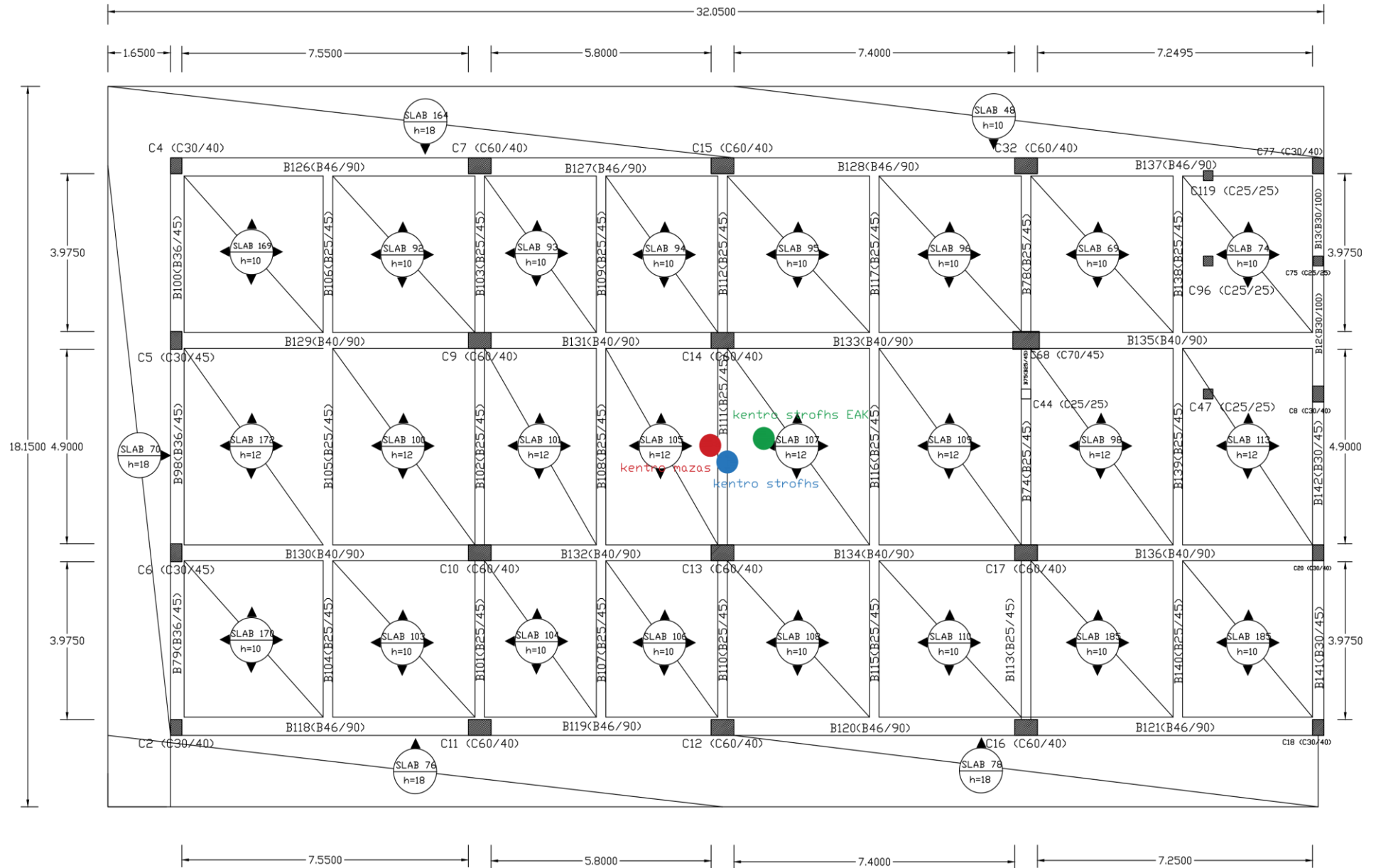
Μετά τον προσδιορισμό του κέντρου στροφής γίνεται φανερό το γεγονός ότι τα κτίριο Α εμφανίζει πολύ μικρή εκκεντρότητα κατά X και κατά Y, πράγμα το οποίο δε συμβαίνει στην περίπτωση του κτιρίου Β παρουσιάζοντας μεγάλη εκκεντρότητα ειδικά στη διεύθυνση X. Αυτό το φαινόμενο σε γειτονικά κτίρια όπως αυτά της παρούσας ξενοδοχειακής μονάδας, συχνά αντιμετωπίζεται με τη διαδικασία της ένωσης των υπόψη κτιρίων. Η ένωση όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχει ευνοϊκό χαρακτήρα για τη θέση του κέντρου στροφής στο ολικό κτίριο καθώς μειώνεται η εκκεντρότητα ως προς το κέντρο μάζας του υπό μελέτη διαφράγματος τόσο κατά X όσο και κατά Y.

Λαμβάνοντας υπόψη τώρα και τις συντεταγμένες του κέντρου στροφής που προέκυψαν με βάση τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2003), παρατηρείται ανάλογη συμπεριφορά στη μεταβολή της θέσης του κέντρου στροφής στα εξεταζόμενα κτίρια μετά

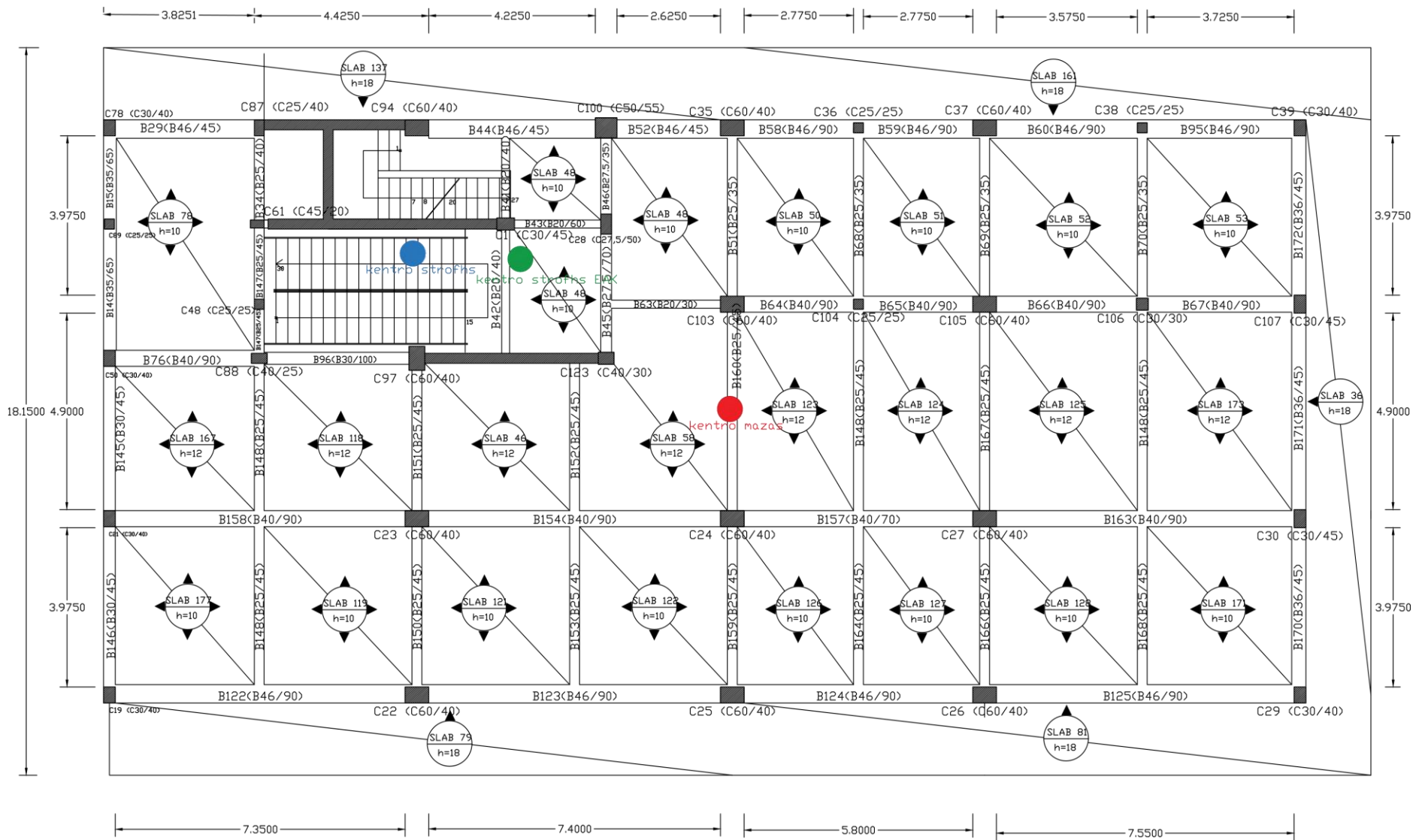
την ένωση. Φαίνεται δηλαδή, να υπάρχει ευνοϊκή μεταφορά του κέντρου στροφής πιο κοντά στο κέντρο μάζας του ολικού κτιρίου μειώνοντας έτσι την αρχική εκκεντρότητα που εμφανιζόταν στο κτίριο Β.

Συγκρίνοντας, τελικώς, τα αρχικά αποτελέσματα με αυτά που προέκυψαν εφαρμόζοντας τον ΕΑΚ 2003 παρατηρείται μια διαφοροποίηση στην εκκεντρότητα της τάξεως των 2m κατά Χ και 0,26m κατά Υ. Αυτό οφείλεται στη μέθοδο με την οποία υπολογίστηκε το κέντρο στροφής σε κάθε περίπτωση. Αρχικά λήφθηκαν υπόψη οι τέμνουσες δυνάμεις που δρουν στα στοιχεία δυσκαμψίας ενώ στη δεύτερη περίπτωση το κέντρο στροφής υπολογίστηκε με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντίστοιχων στοιχείων.

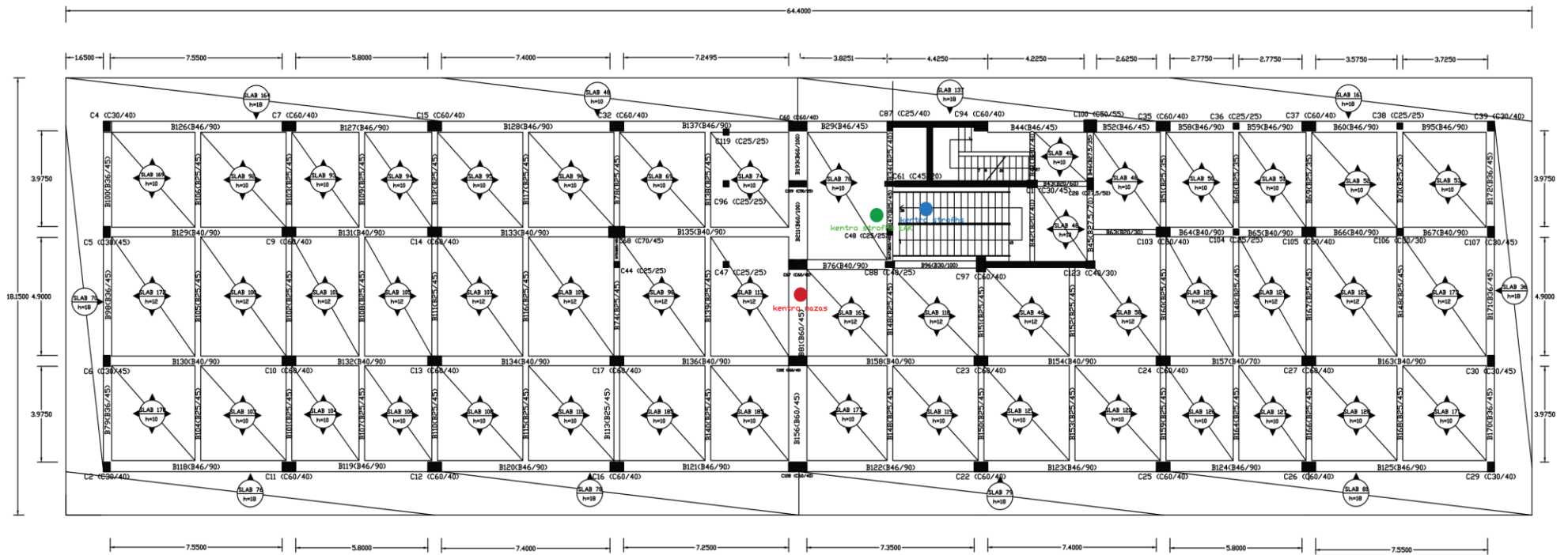
Ακολουθούν οι κατόψεις του ξυλοτύπου ισογείου για κάθε κτίριο στις οποίες έχει σημειωθεί η θέση του κέντρου βάρους όπως επίσης και των κέντρων στροφής που προσδιορίστηκαν.



Εικόνα 43 - . Κέντρο μάζας και στροφής – Κτίριο Α



Εικόνα 44 - Κέντρο μάζας και στροφής – Κτίριο Β



Εικόνα 45 - Κέντρο μάζας και στρόφιξης – Ολικό κτίριο

5.6 ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στην παρούσα ενότητα γίνεται προσπάθεια εκτίμησης από οικονομικής πλευράς της πρότασης για ενίσχυση της ξενοδοχειακής μονάδας που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα. Δεδομένου ότι το κτίριο παραμένει αρκετά χρόνια εγκαταλελειμμένο, θα υπολογιστεί το κόστος ανακαίνισης για το φέροντα οργανισμό ως έχει καθώς και το κόστος επέμβασης. Τα στοιχεία για τις διαδικασίες ανακαίνισης λήφθηκαν από το περιγραφικό τιμολόγιο οικοδομικών έργων. Οι διαδικασίες αυτές αναλύονται παρακάτω.

- **22 Καθαιρέσεις**

Οι πλάγιες - εντός του εργοταξίου - μεταφορές των πάσης φύσεως προϊόντων κατεδαφίσεων και αποξηλώσεων των άρθρων της ενότητας "22. Καθαιρέσεις", από την θέση εκτέλεσης των εργασιών μέχρι τις θέσεις φόρτωσης προς μεταφορά, συμπεριλαμβάνονται ανηγμένες στις αντίστοιχες τιμές μονάδας.

- **22.04 Καθαιρέσεις πλινθοδομών**

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2222

Καθαίρεση πλινθοδομών κάθε είδους. Συμπεριλαμβάνονται τα πάσης φύσεως απαιτούμενα ικριώματα, οι προσωρινές αντιστηρίξεις και η συσσώρευση των προϊόντων στις θέσεις φόρτωσης, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 14-02-02-01 "Τοπική αφαίρεση τοιχοποιίας με εργαλεία χειρός".

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m³) πραγματικού όγκου προ της καθαιρέσεως.

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 33,20

(Ολογράφως) : τριάντα τρία και είκοσι λεπτά

- **22.20 Καθαίρεση πλακοστρώσεων δαπέδων παντός τύπου και οιοιδήποτε πάχους**

Καθαίρεση πλακοστρώσεων δαπέδων παντός τύπου και οιοιδήποτε πάχους (τσιμέντου, μαρμάρου, τύπου Μάλτας, πορσελάνης, μωσαϊκού, κεραμικών, σχιστολίθου, κ.λπ.), με το κονίαμα στρώσεως αυτών, σε οποιαδήποτε στάθμη από το εδάφος, με την συσσώρευση των προϊόντων καθαιρέσεως προς φόρτωση.

22.20.01 Χωρίς να καταβάλλεται προσοχή για την εξαγωγή ακεραίων πλακών

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2236

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m²)

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 6,92

(Ολογράφως) : έξι και ενενήντα δύο λεπτά

- **22.23** Καθαίρεση επιχρισμάτων

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2252

Καθαίρεση επιχρισμάτων (ασβεστοκονιαμάτων, ασβεστοτσιμεντοκονιαμάτων, μαρμαροκονιαμάτων, ασβεστοτσιμεντομαρμαροκονιαμάτων, τσιμεντοκονιαμάτων και θηραϊκοκονιαμάτων), οποιουδήποτε πάχους, σε οποιαδήποτε στάθμη από το έδαφος εργασίας. Συμπεριλαμβάνεται ο καθαρισμός των αρμών και η συσσώρευση των προϊόντων προς φόρτωση. (τυπικός όγκος αχρήστων 0,03 m³/m²), σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 14-02-01-01 "Καθαίρεση επιχρισμάτων τοιχοποιίας".

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m²) πραγματικής επιφάνειας.

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 5,60

(Ολογράφως) : πέντε και εξήντα λεπτά

- **22.60** Αποξήλωση υφιστάμενης μόνωσης

Κωδικός αναθεώρησης: ΟΙΚ 2236

Αποξήλωση υφιστάμενης μόνωσης, βατής ή μη, ανεστραμμένης ή συμβατικής που θα περιλαμβάνει αποξήλωση όλων των επί μέρους στρώσεων αυτής δηλ. τη στρώση σκύρων ή πλακόστρωσης, τα γεωϋφάσματα, τη στρώση θερμομόνωσης, τη στρώση στεγάνωσης κλπ. Στην τιμή περιλαμβάνεται η αποξήλωση όλων των επί μέρους στρώσεων, η συσσώρευση των προϊόντων, η φόρτωσή τους και η μεταφορά τους σε οποιαδήποτε απόσταση.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m²)

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 4,00

(Ολογράφως) : τέσσερα

- **46.10** Οπτόπλινθοδομές με διακένους τυποποιημένους οπτόπλινθους 9x12x19 cm

Πλινθοδομές με διάκενους τυποποιημένους οπτόπλινθους διαστάσεων 9x12x19 cm, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-02-02-00 "Τοίχοι από οπτόπλινθους", σε οποιαδήποτε θέση και στάθμη του έργου, με έτοιμο κόνιαμα κτισίματος παραδιδόμενο σε σιλό ή με ασβεστοτσιμεντοκονίαμα που παρασκευάζεται επί τόπου.

46.10.02 Πάχους 1/2 πλίνθου (δρομικοί τοίχοι)

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4662.1

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2) πραγματικής επιφάνειας.

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 20,00

(Ολογράφως) : είκοσι

46.10.04 Πάχους 1 (μιας) πλίνθου (μπατικοί τοίχοι)

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4664.1

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2) πραγματικής επιφάνειας.

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 46,40

(Ολογράφως) : σαράντα έξι και σαράντα λεπτά

- **35.02** Κατασκευή στρώσεων από κυψελωτό κονιόδεμα για την μόνωση δωματίων

Κωδικός αναθεώρησης: ΟΙΚ 3504

Κατασκευή στρώσεων μεταβλητού πάχους από κυψελωτό κονιόδεμα στις προβλεπόμενες από την μελέτη θέσεις για την μόνωση δωματίων και την δημιουργία των απαιτούμενων ρύσεων. Συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια των υλικών επί τόπου του έργου, η ανάμιξη (χειρονακτικά ή με αναμικτήρα σκυροδέματος), ο καθαρισμός της επιφανείας διάστρωσης (πλάκα από σκυροδέμα), η διάστρωση σε πρώτη φάση στρώσης από κυψελωτό κονιόδεμα (σε πάχος ίσο προς τα 2/3 του συνολικού προβλεπομένου) και η διάστρωση, μετά την παρέλευση του προβλεπομένου από την μελέτη χρόνου, του υπολοίπου πάχους με κυψελωτό κονιόδεμα.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m^3).

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 110,00

(Ολογράφως) : Εκατό δέκα

- **29.7: Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος**

Κωδικός αναθεώρησης: ΥΔΡ-7017

Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε εξωτερικά έργα (εκτός υπόγειων έργων), το οποίο εφαρμόζεται σε κάθε είδους επιφάνεια και σε οποιοδήποτε ύψος από το δάπεδο εργασίας. Στην τιμή μονάδας περιλαμβάνονται η δαπάνη προετοιμασίας της επιφάνειας που θα δεχθεί το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα καθώς και η δαπάνη εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε οποιοδήποτε ύψος από το δάπεδο εργασίας και σε πρηνή οποιασδήποτε κλίσης, η δαπάνη προμήθειας αδρανών, τσιμέντου, νερού και προσθέτων (πλην των χαλύβδινων ινών, ινών πολυπροπυλενίου και πλέγματος οπλισμού, που πληρώνονται ιδιαίτερα), Η δαπάνη ανάμιξης και εκτόξευσης με χρήση καταλλήλου εξοπλισμού, όπως και η δαπάνη ικριωμάτων, μέσων προστασίας του προσωπικού ή/και η χρήση καδοφόρων οχημάτων ή υδραυλικών συστημάτων καθοδήγησης του ακροφυσίου εκτόξευσης. Τέλος, η δαπάνη αποκομιδής των υλικών αναπήδησης (rebounds) και η δαπάνη των μελετών σύνθεσης, κατασκευής δοκιμαστικού τμήματος, δειγματοληψιών και εργαστηριακών ελέγχων.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m³) επιτυχώς τοποθετηθέντος εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 4270,00

(Ολογράφως) : Τέσσερις χιλιάδες διακόσια εβδομήντα

- **49.01: Διαζώματα (σενάζ) από ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα**

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 3213

Κατασκευή γραμμικών διαζωμάτων (σενάζ), ποδιών ή ανωφλίων τοίχων πλήρωσεως με σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 και ελαφρό οπλισμό Β500C (μέχρι 4Φ12 με συνδετήρες Φ8/10), διατομής έως 0,06 m², σε οποιοδήποτε ύψος από το δάπεδο εργασίας. Συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια των απαιτούμενων υλικών επί τόπου, οι πλάγιες μεταφορές, τα ικριώματα, η απομείωση και φθορά των υλικών, η εργασία κατασκευής και ο καθαρισμός του χώρου από τα πάσης φύσεως υπολείμματα υλικών. Στην περίπτωση κατασκευής διαζωμάτων μεγαλύτερης διατομής, η τιμή του παρόντος άρθρου προσαυξάνεται αναλογικά με βάση εμβαδόν (Εμβ / 0,06 m²), όταν δεν προβλέπεται οπλισμός πέραν των 4Φ12, η διαφορά τιμολογείται με βάση το άρθρο NET ΟΙΚ 38.20

49.01.01 Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) δρομικών τοίχων.

Τιμή ανά τρέχον μέτρο (m)

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 17,30

(Ολογράφως) : Δέκα επτά και τριάντα λεπτά

49.01.02 Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) μπατικών τοίχων.

Τιμή ανά τρέχον μέτρο (m)

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 21,20

(Ολογράφως) : Είκοσι ένα και είκοσι λεπτά

• **71 :Αρμολογήματα – Επιχρίσματα**

Στις τιμές μονάδας συμπεριλαμβάνονται ανηγμένα τα ακόλουθα (εργασία και υλικά):

- Προετοιμασία των επιφανειών εφαρμογής του επιχρίσματος. όπως αφαίρεση ρύπων (με κατάλληλο απορρυπαντικό), μούχλας (με μυκητοκτόνο διάλυμα), χαλαρών υλικών (με βούρτσισμα) κ.λπ.

- Η αποκοπή μεγάλων εξοχών της υποκείμενης στρώσης

- Η ύγρανση της επιφάνειας,

- Η προστασία παρακείμενων κατασκευών και ο καθαρισμός τους μετά το πέρας της εργασίας καθώς και η επικάλυψη αγωγών με οικοδομικό χαρτί.

- Η διαμόρφωση τάκων ζυγίσματος, κατακόρυφων οδηγών, ξύλινων οδηγών οριοθέτησης κενών και ορίων κ.λπ.

Στις τιμές των άρθρων δεν συμπεριλαμβάνονται , εκτός εάν αναφέρεται ρητά στην περιγραφή τους, τα ακόλουθα (εργασία και υλικά):

- Επάλειψη της επιφάνειας με εγκεκριμένο συγκολλητικό υλικό

- Τοποθέτηση πλεγμάτων ή σκελετών υποδοχής επιχρισμάτων οιοδήποτε τύπου,

Οι τιμές των άρθρων ισχύουν:

- Για οποιαδήποτε μεταβολή της αναφερόμενης στην περιγραφή των άρθρων σύνθεση των κονιαμάτων (μεταβολές της κοκκομετρικής διαβάθμισης της άμμου, του μαρμαροκονιάματος ή της περιεκτικότητας του κονιάματος στα υλικά αυτά).

- Ανεξάρτητα από τον τρόπο εφαρμογής (με το χέρι ή πιστοποιημένη μηχανή).

- Για οποιαδήποτε επιφάνεια.

- Για οποιοσδήποτε συνθήκες εκτέλεσης των εργασιών (λ.χ. και για ενδεχόμενες διακοπές εργασίας λόγω καιρικών συνθηκών).

- **71.22** Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 7122

Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα των 600 kg τσιμέντου, πάχους 2,5 cm, εις τρεις στρώσεις, επί τοίχων ή οροφών, σε οποιασδήποτε στάθμη έδαφος, και σε ύψος μέχρι 4,00 m από το δάπεδο εργασίας, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-03-01-00 "Επιχρίσματα με κονιάματα που παρασκευάζονται επί τόπου". Πλήρως περαιωμένη εργασία, με τα υλικά επί τόπου και τον απαιτούμενο μηχανικό εξοπλισμό, ειδικά εργαλεία και ικριώματα εργασίας.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m²)

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 13,30

(Ολογράφως) : Δεκατρία και τριάντα λεπτά

- **71.36** Επιχρίσματα τριπτά (πεταχτά) επί τοίχων

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 7136

Επιχρίσματα τριπτά (πεταχτά) εκτελούμενα με το μυστρί, χωρίς διάστρωση λασπώματος, με ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 1:2 επί τοίχων, σε οποιασδήποτε στάθμη από το έδαφος, και σε ύψος μέχρι 4,00 m από το δάπεδο εργασίας, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-03-01-00 "Επιχρίσματα με κονιάματα που παρασκευάζονται επί τόπου", σε δυο στρώσεις ασβεστοτσιμεντοκονιάματος 1:2 (με άμμο μεσόκοκκη), τελικού μέσου πάχους 15 mm. Πλήρως περαιωμένη εργασία, με τα υλικά επί τόπου και τον απαιτούμενο μηχανικό εξοπλισμό, ειδικά εργαλεία και ικριώματα εργασίας.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m²)

ΕΥΡΩ (Αριθμητικά) : 7,50

(Ολογράφως) : Επτά και πενήντα λεπτά

Πίνακας 20 - Προϋπολογισμός έργου

Είδος εργασίας	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή/Μονάδα	Δαπάνη
Καθαιρέσεις πλινθοδομών	m ³	2203.4	33.2	73152.88
Καθαίρεση πλακοστρώσεων δαπέδων παντός τύπου και οιουδήποτε πάχους	m ²	3029	6.92	20960.68
Καθαίρεση επιχρισμάτων	m ²	9878	5.6	55316.8
Αποξήλωση υφιστάμενης μόνωσης	m ²	889	4	3556
Οπτοπλινθοδομές πάχους 1/2 πλίνθου (δρομικοί τοίχοι)	m ²	8794	20	175880
Οπτοπλινθοδομές πάχους 1 (μιάς) πλίνθου (μπατικοί τοίχοι)	m ²	2482	46.4	115164.8
Κατασκευή στρώσεων από κυψελωτό κονιόδεμα για την μόνωση δωματίων	m ³	26.67	110	2933.7
Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος	m ³	8.73	4270	37277.1
Εφαρμογή ειδικού επισκευαστικού κονιάματος (αναστολέας διάβρωσης)	m ²	2069	5.79	11979.51
Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) δρομικών τοίχων	m	896.8	17.3	15514.64
Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) μπατικών τοίχων	m	292.3	21.2	6196.76
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα	m ²	11276	13.3	149970.8
Επιχρίσματα τριπτά (πεταχτά) επί τοίχων	m ²	2482	7.5	18615
			Σύνολο	693695.67
			Σύνολο με Φ.Π.Α.	860182.75

6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η διερεύνηση της σεισμικής συμπεριφοράς μιας ξενοδοχειακής μονάδας, η εκτίμηση της πραγματικής αντοχής και η πρόταση ενίσχυσής της εφόσον χρειαστεί. Βασικό μέλημα ήταν να διατηρηθεί η αρχιτεκτονική της κατασκευής καθώς αποτελεί ένα ιστορικό κτίριο το οποίο κατασκευάστηκε το έτος 1961, και παράλληλα να εξασφαλισθεί η στατική του επάρκεια.

Ο φορέας προσομοιώθηκε στο λογισμικό Etabs 2015 και αναλύθηκε ακολουθώντας σύγχρονα κανονιστικά κείμενα όπως ο Ελληνικός Κανονισμός Επεμβάσεων, ο Ευρωκώδικας 8 και οι Αμερικάνικες οδηγίες της FEMA.

Κατά τη διαδικασία ανάλυσης πραγματοποιήθηκαν προκαταρκτικές ελαστικές αναλύσεις με σκοπό την εκτίμηση της συμπεριφοράς της κατασκευής και στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος της στατικής ανελαστικής ανάλυσης (Pushover), ούτως ώστε να ελεγχθεί η μεταλαστική συμπεριφορά του φορέα. Το γεγονός ότι η ξενοδοχειακή μονάδα υπήρχε κατασκευαστικός αρμός τόσο κατά X όσο και κατά Y, οδήγησε στη δημιουργία δύο προσομοιωμάτων (κτίριο A, κτίριο B) με σκοπό την καλύτερη απεικόνιση της πραγματικότητας.

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρατηρήθηκε επάρκεια του κτιρίου B ως προς το σεισμό σχεδιασμού, σε αντίθεση με το κτίριο A το οποίο κρίθηκε ανεπαρκές. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε η ενίσχυση του κτιρίου A με δύο τοιχεία, ένα κατά τη X διεύθυνση και ένα κατά την Y σε θέσεις που δεν επηρεαζόταν τόσο η αρχιτεκτονική της κατασκευής. Η μετακίνηση όμως που εμφανιζόταν μετά την ενίσχυση του κτιρίου A σε συνδυασμό με την παρουσία του αρμού διαστολής οδηγούσε σε κρούση μεταξύ των δύο γειτονικών κτιρίων, με συνέπεια να αναζητηθεί νέο σενάριο ενίσχυσης. Έτσι προτάθηκε η ένωση των κατασκευών με τη χρήση μανδύων εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 9 εκατοστών και διαμορφώθηκε το νέο προσομοίωμα του ολικού κτιρίου. Μετά την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, τα αποτελέσματα που εξήχθησαν ήταν ικανοποιητικά για την επάρκεια του κτιρίου και δεδομένου ότι δεν έγινε παρέμβαση στην γενική εικόνα της κατασκευής, υιοθετήθηκε αυτός ο τρόπος ενίσχυσης της ξενοδοχειακής μονάδας.

Στη συνέχεια, κρίθηκε αναγκαία η διερεύνηση της μεταβολής του κέντρου στροφής μετά την ενίσχυση. Για το λόγο αυτό υπολογίστηκε το κέντρο στροφής και για τα τρία προσομοιώματα, υπολογίστηκε η εκκεντρότητα και συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα που προέκυψαν εφαρμόζοντας και τις διατάξεις του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ 2003). Αξίζει να σημειωθεί, ότι μετά την ένωση παρατηρήθηκε μείωση της εκκεντρότητας τόσο κατά X όσο και κατά Y στο ολικό κτίριο σε σχέση με το κτίριο B.

Κατόπιν, δεδομένου ότι το κτίριο παραμένει αρκετά χρόνια εγκαταλελειμμένο, έγινε εκτίμηση του κόστους ανακαίνισης για το φέροντα οργανισμό ως έχει καθώς και του κόστους επέμβασης. Το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 814.083 ΕΥΡΩ.

Κλείνοντας, γίνεται φανερό ότι παρόλο το γεγονός ότι η ξενοδοχειακή μονάδα κατασκευάστηκε με παλαιούς αντισεισμικούς κανονισμούς, μπορεί με μια μικρή σε κόστος και εύρος επέμβαση, να ανταπεξέλθει στα σύγχρονα αντισεισμικά δεδομένα. Βέβαια σε φάση οριστικής μελέτης κρίνεται απαραίτητη η ακριβής συλλογή στοιχείων όπως ορίζει ο Κανονισμός Επεμβάσεων με σκοπό την καλύτερη και εμπειριστατωμένη προσομοίωση του φορέα καθώς επίσης και η εφαρμογή ελέγχων που αφορούν τόσο στη θεμελίωση του φορέα όσο και στην επιρροή του σε θερμοκρασιακές μεταβολές.

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ο.Α.Σ.Π. (1η Αναθεώρηση Ιούλιος 2013), «Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)
2. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings (EN 1998 – 3: 2005)
3. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings (EN 1998 – 1: 2004)
4. Σπυράκος Κ. (2004), «Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία», Τ.Ε.Ε., Αθήνα
5. Τάσιος Θ. Π. (2009), «Θεωρία Σχεδιασμού Επισκευών και Ενισχύσεων», Ε.Μ.Π., Αθήνα
6. Ψυχάρης Ν. Γ.(2010), «Αντισεισμικός Σχεδιασμός με Στάθμες Επιτελεστικότητας», σημειώσεις για το μάθημα του 9ου εξαμήνου *Αντισεισμική Τεχνολογία 2*, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
7. Ψυχάρης Ν. Γ. (2011), «Design of Structures for Earthquake Loads», σημειώσεις για το μάθημα του εαρινού εξαμήνου *Ειδικά Θέματα Αντισεισμικής Τεχνολογίας*, Δ.Π.Μ.Σ. – Δ.Σ.Α.Κ.
8. Chopra A. K. (2003), «Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering», Second edition, University of California at Berkeley
9. Ο.Α.Σ.Π. (2005), «Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ. 2000)», Αθήνα
10. Ο.Α.Σ.Π. (2006), «Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ. 2000)», Αθήνα
11. COMPUTERS & STRUCTURES INC. (2005), «C.S.I. Analysis Reference Manual», Berkeley, California
12. Περιγραφικό Τιμολόγιο Οικοδομικών Έργων, ΝΕΤ ΟΙΚ- Έκδοση 3
13. Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, μελετημένο το 1961, Λουράντος Κυριάκος, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα 2015
14. Αλλαγή χρήσης εμπορικού κέντρου σε δικαστικό μέγαρο: Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας – προτάσεις, Μίντζολη Χριστιάννα, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα 2016
15. Προσδιορισμός κέντρου στροφής - η συμβολή της εκκεντρικότητας στην ανελαστική συμπεριφορά κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, Εμμανουήλ Αγορίτσα, Μεταπτυχιακή Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα 2014
16. Διερεύνηση του τρόπου σύνδεσης των διαφραγμάτων όμορων και ισόσταθμων κτιρίων, με ταυτόχρονη ενίσχυση κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ., με σκοπό τη βελτίωση της συμπεριφοράς του συνόλου, Εξακουστίδου Αγγελική - Σουξές Αθανάσιος, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα 2015
17. Ανελαστική στατική ανάλυση (Pushover) υφιστάμενου κτιρίου, Μπούρσιανης Χάρης, 20^ο Φοιτητικό Συνέδριο: Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών 2014, Πάτρα 2014
18. Μουσείο πολιτισμού του ενδύματος, Γάτσιου Βασιλική, Διπλωματική Εργασία, Βόλος 2015

87	2710	250	400	370	1626	14	308	308	0	308	308	0	71	100	150	0.00643	0.04124	1.47082	5.41247	42.64224	0.00643	0.04124	1.47082	5.41247	42.64224	0.00563	0.04124	1.77696	6.33089	0.01250	0.00563	0.04124	1.77696	6.33089	0.01250
87	2710	400	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	71	100	150	0.00940	0.04862	1.05662	4.16986	25.19972	0.00940	0.04862	1.05662	4.16986	25.19972	0.00796	0.04862	1.36874	5.10623	0.00796	0.04862	1.36874	5.10623	0.00796	
94	2710	600	400	370	1626	18	763	763	509	763	763	509	170	100	150	0.00689	0.04808	1.65785	5.97354	126.40304	0.00689	0.04808	1.65785	5.97354	126.40304	0.00703	0.02443	4.9111	24.7734	0.00639	0.02443	4.9111	24.7734	0.00639	
94	2710	400	600	570	1626	18	763	763	509	763	763	509	170	100	150	0.00610	0.04172	1.61312	5.83935	195.09112	0.00610	0.04172	1.61312	5.83935	195.09112	0.00571	0.02136	5.8045	2.74136	0.00571	0.02136	5.8045	2.74136	0.00571	
100	2710	500	550	520	1626	20	882	882	509	882	882	509	432	100	150	0.00574	0.04229	1.79065	6.37196	200.90304	0.00574	0.04229	1.79065	6.37196	200.90304	0.00600	0.02291	6.06618	2.81855	0.00536	0.02291	6.06618	2.81855	0.00536	
100	2710	550	500	470	1626	20	882	882	509	882	882	509	432	100	150	0.00606	0.04373	1.73698	6.21094	181.47770	0.00606	0.04373	1.73698	6.21094	181.47770	0.00628	0.02364	5.87770	2.76309	0.00564	0.02364	5.87770	2.76309	0.00564	
35	2710	600	400	370	1626	14	763	763	509	763	763	509	496	100	150	0.00657	0.04807	1.77323	6.31968	126.12969	0.00657	0.04807	1.77323	6.31968	126.12969	0.00674	0.02442	5.54137	23.95286	0.00609	0.02442	5.54137	23.95286	0.00609	
35	2710	400	600	570	1626	18	763	763	509	763	763	509	496	100	150	0.00610	0.04171	1.61355	5.84064	194.69455	0.00610	0.04171	1.61355	5.84064	194.69455	0.00571	0.02136	5.80611	2.74184	0.00571	0.02136	5.80611	2.74184	0.00571	
36	2710	250	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	221	100	150	0.00978	0.04860	0.99062	3.97187	24.69160	0.00978	0.04860	0.99062	3.97187	24.69160	0.00799	0.02065	5.07943	0.02065	0.00799	0.02065	5.07943	0.02065	0.00799	
36	2710	250	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	221	100	150	0.00978	0.04860	0.99062	3.97187	24.69160	0.00978	0.04860	0.99062	3.97187	24.69160	0.00799	0.02065	5.07943	0.02065	0.00799	0.02065	5.07943	0.02065	0.00799	
37	2710	600	400	370	1626	18	763	763	509	763	763	509	631	100	150	0.00689	0.04807	1.65864	5.97591	126.01693	0.00689	0.04807	1.65864	5.97591	126.01693	0.00703	0.02442	4.9142	24.7425	0.00638	0.02442	4.9142	24.7425	0.00638	
37	2710	400	600	570	1626	18	763	763	509	763	763	509	631	100	150	0.00610	0.04171	1.61373	5.84118	194.53095	0.00610	0.04171	1.61373	5.84118	194.53095	0.00571	0.02136	5.80668	2.74204	0.00571	0.02136	5.80668	2.74204	0.00571	
38	2710	250	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	384	100	150	0.00977	0.04859	0.99165	3.97494	24.59278	0.00977	0.04859	0.99165	3.97494	24.59278	0.00801	0.04859	1.35510	0.03273	0.00801	0.04859	1.35510	0.03273	0.00801	
38	2710	250	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	384	100	150	0.00977	0.04859	0.99165	3.97494	24.59278	0.00977	0.04859	0.99165	3.97494	24.59278	0.00801	0.04859	1.35510	0.03273	0.00801	0.04859	1.35510	0.03273	0.00801	
39	2710	300	400	370	1626	20	628	628	0	628	628	0	484	100	150	0.00716	0.04123	1.25208	4.75625	85.43501	0.00716	0.04123	1.25208	4.75625	85.43501	0.00604	0.04123	1.60966	5.82898	0.00716	0.04123	1.60966	5.82898	0.00716	
39	2710	400	300	270	1626	20	628	628	0	628	628	0	484	100	150	0.00903	0.04560	1.01576	4.04727	61.90287	0.00903	0.04560	1.01576	4.04727	61.90287	0.00744	0.04560	1.37752	5.13257	0.00538	0.04560	1.37752	5.13257	0.00538	
61	2710	250	450	420	1626	14	462	462	0	462	462	0	57	100	150	0.00606	0.03958	1.51091	5.53272	72.27104	0.00606	0.03958	1.51091	5.53272	72.27104	0.00525	0.03958	1.84789	6.54367	0.01152	0.03958	1.84789	6.54367	0.01152	
61	2710	450	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	85	100	150	0.00963	0.05985	1.40557	5.21672	33.15830	0.00963	0.05985	1.40557	5.21672	33.15830	0.00958	0.02627	2.42780	1.74341	0.01085	0.02627	2.42780	1.74341	0.01085	
1	2710	300	450	420	1626	16	556	556	0	556	556	0	85	100	150	0.00620	0.03958	1.40602	5.38185	86.95400	0.00620	0.03958	1.40602	5.38185	86.95400	0.00536	0.03958	1.79376	6.38129	0.01697	0.03958	1.79376	6.38129	0.01697	
1	2710	450	300	270	1626	16	402	402	308	402	402	308	85	100	150	0.00841	0.05410	1.47634	5.42901	49.92705	0.00841	0.05410	1.47634	5.42901	49.92705	0.00841	0.02621	3.7195	2.11586	10.90373	0.00776	0.02621	3.7195	2.11586	10.90373
28	2710	300	500	470	1626	16	556	556	0	556	556	0	125	100	150	0.00577	0.03814	1.53589	5.60768	97.67842	0.00577	0.03814	1.53589	5.60768	97.67842	0.00507	0.03814	1.84180	6.52539	0.00724	0.00507	0.03814	1.84180	6.52539	0.00724
28	2710	500	300	270	1626	16	402	402	308	402	402	308	125	100	150	0.00834	0.05410	1.49431	5.48293	50.14155	0.00834	0.05410	1.49431	5.48293	50.14155	0.00837	0.02705	4.01072	2.23216	10.96402	0.00772	0.02705	4.01072	10.96402	0.00772
48	2710	250	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	72	100	150	0.00978	0.04861	0.98968	3.96903	24.78279	0.00978	0.04861	0.98968	3.96903	24.78279	0.00797	0.04861	1.36666	5.09999	0.00762	0.04861	1.36666	5.09999	0.00762	
48	2710	250	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	72	100	150	0.00978	0.04861	0.98968	3.96903	24.78279	0.00978	0.04861	0.98968	3.96903	24.78279	0.00797	0.04861	1.36666	5.09999	0.00762	0.04861	1.36666	5.09999	0.00762	
49	2710	250	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	49	100	150	0.00978	0.04862	0.98953	3.96859	24.79694	0.00978	0.04862	0.98953	3.96859	24.79694	0.00796	0.04862	1.36835	5.10506	0.00534	0.04862	1.36835	5.10506	0.00534	
49	2710	250	250	220	1626	14	308	308	0	308	308	0	49	100	150	0.00978	0.04862	0.98953	3.96859	24.79694	0.00978	0.04862	0.98953	3.96859	24.79694	0.00796	0.04862	1.36835	5.10506	0.00534	0.04862	1.36835	5.10506	0.00534	
88	2710	250	400	370	1626	16	402	402	0	402	402	0	322	100	150	0.00670	0.04123	1.38404	5.15212	55.08370	0.00670	0.04123	1.38404	5.15212	55.08370	0.00577	0.04123	1.71390	6.14169	0.04909	0.00577	0.04123	1.71390	6.14169	0.04909
88	2710	400	250	220	1626	16	402	402	0	402	402	0	322	100	150	0.00988	0.04861	0.97374	3.92123	32.45895	0.00988	0.04861	0.97374	3.92123	32.45895	0.00821	0.04861	1.30654	4.91962	0.03048	0.00821	0.04861	1.30654	4.91962	0.03048
97	2710	600	400	370	1626	18	763	763	509	763	763	509	158	100	150	0.00689	0.04808	1.65783	5.97348	126.41313	0.00689	0.04808	1.65783	5.97348	126.41313	0.00703	0.02443	4.9111	24.7734	0.00639	0.02443	4.9111	24.7734	0.00639	
97	2710	400	600	570	1626	18	763	763	509	763	763	509	158	100	150	0.00662	0.04172	1.61310	5.83930	195.10576	0.00662	0.04172	1.61310	5.83930	195.10576	0.00571	0.02136	5.8045	2.74134	0.00571	0.02136	5.8045	2.74134	0.00571	
123	2710	300	400	370	1626	16	402	402	0	402	402	0	99	100	150	0.00620	0.04124	1.40858	5.22573	55.53186	0.00620	0.04124	1.40858	5.22573	55.53186	0.00576	0.04124	1.72146	6.16438	0.01726	0.00576	0.04124	1.72146	6.16438	0.01726
123	2710	400	300	270	1626	16	402	402	0	402	402	0	99	100	150	0.00828	0.04561	1.16933	4.50800	40.34093	0.00828	0.04561	1.16933	4.50800	40.34093	0.00705	0.04561	1.48990	5.46970	0.01292	0.00705	0.04561	1.48990	5.46970	0.01292
Οροφή Ιασηλείου																																			
4	4950	300	400	370	2970	20	628	628	0	628	628	0	618	157	300	0.00989	0.05090	1.04846	4.14538	85.30862	0.00989	0.05090	1.04846	4.14538	85.30862	0.00814	0.05090	1.41726	5.25177	0.08774	0.00814	0.05090	1.41726	5.25177	0.08774
4	4950	400	300	270	2970	20	628	628	0	628	628	0	618	157	300	0.01295	0.05630	0.78203	3.34610	61.80502	0.01295	0.05630	0.78203	3.34610	61.80502	0.01046	0.05630	4.37938	6.06551	0.01046	0.				

2	4950	400	300	270	2970	20	628	628	0	628	628	0	620	157	300	0.01295	0.05630	0.78204	3.34612	61.80356	0.01295	0.05630	0.78204	3.34612	61.80356	0.01047	0.05630	1.12643	4.37930	0.06568	0.01047	0.05630	1.12643	4.37930	0.06568
11	4950	600	400	370	2970	18	763	763	509	763	763	509	876	157	300	0.00956	0.05935	1.40277	5.20830	125.81292	0.00956	0.05935	1.40277	5.20830	125.81292	0.00940	0.03015	4.40232	2.20696	23.81477	0.00876	0.03015	4.48121	2.44363	23.81477
11	4950	400	600	570	2970	18	763	763	509	763	763	509	876	157	300	0.00690	0.05149	1.82014	4.64041	194.23497	0.00690	0.05149	1.82014	4.64041	194.23497	0.00704	0.02637	0.58137	2.74412	35.72601	0.00640	0.02637	0.70695	3.12086	35.72601
12	4950	600	400	370	2970	18	763	763	509	763	763	509	765	157	300	0.00956	0.05935	1.40256	5.20769	125.90525	0.00956	0.05935	1.40256	5.20769	125.90525	0.00940	0.03015	4.40224	2.20672	23.85494	0.00640	0.03015	4.48113	2.44338	23.85494
12	4950	400	600	570	2970	18	763	763	509	763	763	509	765	157	300	0.00690	0.05150	1.81994	4.64592	194.36892	0.00690	0.05150	1.81994	4.64592	194.36892	0.00704	0.02637	0.58130	2.74390	35.78364	0.00640	0.02637	0.70688	3.12063	35.78364
16	4950	600	400	370	2970	18	763	763	509	763	763	509	976	157	300	0.00956	0.05934	1.40295	5.20885	125.72989	0.00956	0.05934	1.40295	5.20885	125.72989	0.00940	0.03015	4.40239	2.20717	23.77871	0.00875	0.03015	4.48228	2.44385	23.77871
16	4950	400	600	570	2970	18	763	763	509	763	763	509	976	157	300	0.00690	0.05149	1.82031	4.64094	194.11450	0.00690	0.05149	1.82031	4.64094	194.11450	0.00704	0.02637	0.58144	2.74432	35.67426	0.00640	0.02637	0.70702	3.12107	35.67426
18	4950	300	400	370	2970	20	628	628	0	628	628	0	385	157	300	0.00990	0.05091	1.04774	4.14321	85.52870	0.00990	0.05091	1.04774	4.14321	85.52870	0.00813	0.03015	4.12117	5.26351	0.05873	0.00813	0.05091	4.12117	5.26351	0.05873
18	4950	400	300	270	2970	20	628	628	0	628	628	0	385	157	300	0.01296	0.05630	0.78134	3.34402	61.97542	0.01296	0.05630	0.78134	3.34402	61.97542	0.01045	0.05630	1.13006	4.39018	0.04389	0.01045	0.05630	1.13006	4.39018	0.04389
78	2240	300	400	370	1344	20	628	628	0	628	628	0	191	157	300	0.00665	0.03858	1.26638	4.79915	85.71312	0.00665	0.03858	1.26638	4.79915	85.71312	0.00564	0.03858	1.61188	5.83564	0.03156	0.00564	0.03858	1.61188	5.83564	0.03156
78	2240	400	300	270	1344	20	628	628	0	628	628	0	191	157	300	0.00826	0.04267	1.05485	4.16456	62.11822	0.00826	0.04267	1.05485	4.16456	62.11822	0.00683	0.04267	1.41613	5.24839	0.02361	0.00683	0.04267	1.41613	5.24839	0.02361
87	2240	250	400	370	1344	14	308	308	0	308	308	0	62	157	300	0.00995	0.03858	1.49549	5.48648	42.64880	0.00995	0.03858	1.49549	5.48648	42.64880	0.00525	0.03858	1.78445	6.35334	0.01101	0.00525	0.03858	1.78445	6.35334	0.01101
87	2240	400	250	220	1344	14	308	308	0	308	308	0	62	157	300	0.00846	0.04548	1.12433	4.37300	25.20409	0.00846	0.04548	1.12433	4.37300	25.20409	0.00721	0.04548	1.43605	5.30816	0.00686	0.00721	0.04548	1.43605	5.30816	0.00686
94	2240	600	400	370	1344	18	763	763	509	763	763	509	127	157	300	0.00639	0.04498	1.67851	6.03552	126.43920	0.00639	0.04498	1.67851	6.03552	126.43920	0.00659	0.02285	0.48859	2.46577	24.08854	0.00595	0.02285	0.61424	2.84273	24.08854
94	2240	400	600	570	1344	18	763	763	509	763	763	509	127	157	300	0.00587	0.03903	1.54987	5.64962	195.14359	0.00587	0.03903	1.54987	5.64962	195.14359	0.00552	0.02985	0.54053	2.62160	36.11885	0.00552	0.02985	0.54053	2.62160	36.11885
100	2240	500	550	520	1344	20	882	882	509	882	882	509	350	157	300	0.00617	0.03957	1.47078	5.41233	200.99409	0.00617	0.03957	1.47078	5.41233	200.99409	0.00576	0.02143	0.57294	2.71883	33.26416	0.00576	0.02143	0.57294	2.71883	33.26416
100	2240	550	500	470	1344	20	882	882	509	882	882	509	350	157	300	0.00572	0.04091	1.76076	6.14807	181.56108	0.00572	0.04091	1.76076	6.14807	181.56108	0.00559	0.02143	0.57294	2.71883	33.26416	0.00559	0.02143	0.57294	2.71883	33.26416
35	2240	600	400	370	1344	18	763	763	509	763	763	509	432	157	300	0.00639	0.04497	1.67899	6.03698	126.18324	0.00639	0.04497	1.67899	6.03698	126.18324	0.00659	0.02285	0.48878	2.46633	23.97628	0.00594	0.02285	0.61443	2.84330	23.97628
35	2240	400	600	570	1344	18	763	763	509	763	763	509	432	157	300	0.00587	0.03902	1.55022	5.65067	194.77224	0.00587	0.03902	1.55022	5.65067	194.77224	0.00552	0.01998	0.54066	2.62198	35.95776	0.00552	0.01998	0.54066	2.62198	35.95776
36	2240	250	250	220	1344	14	308	308	0	308	308	0	187	157	300	0.00879	0.03407	1.05784	4.17351	24.71234	0.00879	0.03407	1.05784	4.17351	24.71234	0.00724	0.04547	1.42790	5.28371	0.01788	0.00724	0.04547	1.42790	5.28371	0.01788
36	2240	250	250	220	1344	14	308	308	0	308	308	0	187	157	300	0.00879	0.03407	1.05784	4.17351	24.71234	0.00879	0.03407	1.05784	4.17351	24.71234	0.00724	0.04547	1.42790	5.28371	0.01788	0.00724	0.04547	1.42790	5.28371	0.01788
37	2240	400	600	570	1344	18	763	763	509	763	763	509	552	157	300	0.00587	0.03903	1.55036	5.65109	194.62665	0.00587	0.03903	1.55036	5.65109	194.62665	0.00552	0.02985	0.54071	2.62213	35.89481	0.00552	0.02985	0.54071	2.62213	35.89481
37	2240	600	400	370	1344	18	763	763	509	763	763	509	552	157	300	0.00639	0.04497	1.67918	6.03755	126.08288	0.00639	0.04497	1.67918	6.03755	126.08288	0.00659	0.02285	0.48885	2.46654	23.93240	0.00594	0.02285	0.61451	2.84352	23.93240
38	2240	250	250	220	1344	14	308	308	0	308	308	0	355	157	300	0.00878	0.03456	1.05889	4.17667	24.61029	0.00878	0.03456	1.05889	4.17667	24.61029	0.00725	0.04546	1.42272	5.26817	0.03070	0.00725	0.04546	1.42272	5.26817	0.03070
38	2240	250	250	220	1344	14	308	308	0	308	308	0	355	157	300	0.00878	0.03456	1.05889	4.17667	24.61029	0.00878	0.03456	1.05889	4.17667	24.61029	0.00725	0.04546	1.42272	5.26817	0.03070	0.00725	0.04546	1.42272	5.26817	0.03070
39	2240	300	400	370	1344	20	628	628	0	628	628	0	476	157	300	0.00665	0.04547	1.26716	4.80148	85.44257	0.00665	0.04547	1.26716	4.80148	85.44257	0.00566	0.03857	1.66030	5.81889	0.07045	0.00566	0.03857	1.66030	5.81889	0.07045
39	2240	400	300	270	1344	20	628	628	0	628	628	0	476	157	300	0.00826	0.04266	1.05571	4.16713	61.90873	0.00826	0.04266	1.05571	4.16713	61.90873	0.00685	0.04266	1.41035	5.23105	0.05263	0.00685	0.04266	1.41035	5.23105	0.05263
89	4950	250	250	220	2970	14	308	308	0	308	308	0	54	157	300	0.01468	0.06003	0.69678	3.09035	24.79386	0.01468	0.06003	0.69678	3.09035	24.79386	0.01172	0.06003	1.04078	4.12235	0.00584	0.01172	0.06003	1.04078	4.12235	0.00584
89	4950	250	250	220	2970	14	308	308	0	308	308	0	54	157	300	0.01468	0.06003	0.69678	3.09035	24.79386	0.01468	0.06003	0.69678	3.09035	24.79386	0.01172	0.06003	1.04078	4.12235	0.00584	0.01172	0.06003	1.04078	4.12235	0.00584
61	2240	450	200	170	1344	14	462	462	0	462	462	0	37	157	300	0.01092	0.04918	0.83450	3.50350	28.60249	0.01092	0.04918	0.83450	3.50350	28.60249	0.00872	0.04918	1.21310	4.63930	0.00334	0.00872	0.04918	1.21310	4.63930	0.00334
61	2240	200	450	420	1344	14	462	462	0	462	462	0	37	157	300	0.00646	0.04558	1.68559	6.05677	62.36913	0.00646	0.04558	1.68559	6.05677	62.36913	0.00606	0.01905	0.38064	2.14193	15.90648	0.00606	0.01905	0.38064	2.14193	15.90648
1	2240	300	450	420	1344	18	509	509	0	509	509	0	61	157	300	0.00590	0.03702	1.42554	5.27662	79.78883	0.00590	0.03702	1.42554	5.27662	79.78883	0.00574	0.03702	1.48308	5.44923	0.01240	0.00574	0.03702	1.48308	5.44923	0.01240
1	2240	450	300	270	1344	18	509	509	0	509	509	0	61	157	300	0.00783	0.04267	1.15057	4.45171	50.93298	0.00783	0.04267	1.15057	4.45171	50.93298	0.00664	0.04267	1.47685	5.43055	0.00825	0.00664	0.04267	1.47685	5.43055	0.00825
28	2240	275	500																																

Πίνακας 23 - Υπολογισμός πλαστικών αρθρώσεων δοκών

Table with columns for DOCK, dimensions (l, b, h, d, Lx), and various material properties for different sections (αριστερό ακρό, δεξίο ακρό, ανααριστερά M(-), αριστερά M(+), αναδεξιά M(-), δεξιά M(+)). The table lists 93 rows of structural data.

Table with 54 columns (IDs, age, sex, height, weight, BMI, etc.) and many rows of data.

9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακας 25 – Υπολογισμός κέντρου στροφής κτιρίου Α

Υποστήλωμα	l	b	h	X	Y	I _x	I _y	E	E*I _y /h	EI _x /b	XiEI _y /h	YiEI _x /b
4	4950	0.3	0.4	1.8	16.15	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	2088000	14050500
7	4950	0.6	0.4	9.8	16.15	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	22736000	56202000
15	4950	0.6	0.4	16.2	16.15	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	37584000	56202000
32	4950	0.6	0.4	24.2	16.15	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	56144000	56202000
119	4950	0.3	0.3	29	15.9	0.000325521	0.0003255	290000000	377604.17	377604.17	10950521	6003906.3
77	4950	0.3	0.4	31.9	16.15	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	37004000	14050500
96	4950	0.3	0.3	29	13.75	0.000325521	0.0003255	290000000	377604.17	377604.17	10950521	5192057.3
75	4950	0.3	0.3	31.9	13.75	0.000325521	0.0003255	290000000	377604.17	377604.17	12045573	5192057.3
5	4950	0.3	0.5	1.8	11.75	0.0010125	0.0022781	290000000	1468125	978750	2642625	11500313
9	4950	0.6	0.4	9.8	11.75	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	22736000	40890000
14	4950	0.6	0.4	16.2	11.75	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	37584000	40890000
68	4950	0.7	0.5	24.2	11.75	0.0128625	0.0053156	290000000	3425625	5328750	82900125	62612813
44	4950	0.3	0.3	24.2	10.4	0.000325521	0.0003255	290000000	377604.17	377604.17	9138020.8	3927083.3
47	4950	0.3	0.3	29	10.4	0.000325521	0.0003255	290000000	377604.17	377604.17	10950521	3927083.3
8	4950	0.3	0.4	31.9	10.4	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	37004000	9048000
6	4950	0.3	0.5	1.8	6.4	0.0010125	0.0022781	290000000	1468125	978750	2642625	6264000
10	4950	0.6	0.4	9.8	6.4	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	22736000	22272000
13	4950	0.6	0.4	16.2	6.4	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	37584000	22272000
17	4950	0.6	0.4	24.2	6.4	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	56144000	22272000
20	4950	0.3	0.4	31.9	6.4	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	37004000	5568000
2	4950	0.3	0.4	1.8	2	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	2088000	1740000
11	4950	0.6	0.4	9.8	2	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	22736000	6960000
12	4950	0.6	0.4	16.2	2	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	37584000	6960000
16	4950	0.6	0.4	24.2	2	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	56144000	6960000
18	4950	0.3	0.4	31.9	2	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	37004000	1740000
				Σ(XiEly/h)	Σ(YiEIx/b)	Σ(EIx/b)	Σ(Ely/h)	X κ.στροφής	Y κ.στροφής			
				704124531.25	488898312.50	52674270.83	40729896	17.287659	9.2815393			

Πίνακας 26 - Υπολογισμός κέντρου στροφής κτιρίου Β

Υποσώλιωμα	l	b	h	X	Y	Ix	Iy	E	E*Iy/h	EIx/b	XiEly/h	YiEix/b
78	2240	0.3	0.4	32.4	16.15	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	37584000	14050500
87	2240	0.25	0.4	36.2	16.15	0.000520833	0.001333333	290000000	966666.6667	604166.6667	34993333.33	9757291.667
94	2240	0.6	0.4	40.2	16.15	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	93264000	56202000
100	2240	0.5	0.55	45	16.15	0.005729167	0.006932292	290000000	3655208.333	3322916.667	164484375	53665104.17
35	2240	0.6	0.4	48.2	16.15	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	111824000	56202000
36	2240	0.25	0.25	51.4	16.15	0.000325521	0.000325521	290000000	377604.1667	377604.1667	19408854.17	6098307.292
37	2240	0.4	0.6	54.6	16.15	0.0032	0.0072	290000000	3480000	2320000	190008000	37468000
38	2240	0.25	0.25	58.6	16.15	0.000325521	0.000325521	290000000	377604.1667	377604.1667	22127604.17	6098307.292
39	2240	0.3	0.4	62.6	16.15	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	72616000	14050500
89	4950	0.25	0.25	32.4	13.75	0.000325521	0.000325521	290000000	377604.1667	377604.1667	12234375	5192057.292
61	2240	0.45	0.2	36.2	13.75	0.00151875	0.0003	290000000	435000	978750	15747000	13457812.5
1	2240	0.3	0.45	42.45	13.75	0.0010125	0.002278125	290000000	1468125	978750	62321906.25	13457812.5
28	2240	0.275	0.5	45	13.75	0.000866536	0.002864583	290000000	1661458.333	913802.0833	74765625	12564778.65
48	2240	0.25	0.25	36.2	11.75	0.000325521	0.000325521	290000000	377604.1667	377604.1667	13669270.83	4436848.958
49	2240	0.25	0.25	40.2	11.75	0.000325521	0.000325521	290000000	377604.1667	377604.1667	15179687.5	4436848.958
103	4950	0.6	0.4	48.2	11.75	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	111824000	40890000
104	4950	0.25	0.25	51.4	11.75	0.000325521	0.000325521	290000000	377604.1667	377604.1667	19408854.17	4436848.958
105	4950	0.6	0.4	54.6	11.75	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	126672000	40890000
106	4950	0.3	0.3	58.6	11.75	0.000675	0.000675	290000000	652500	652500	38236500	7666875
107	4950	0.3	0.45	62.6	11.75	0.0010125	0.002278125	290000000	1468125	978750	91904625	11500312.5
50	4950	0.3	0.4	32.4	10.4	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	37584000	9048000
88	2240	0.4	0.25	36.2	10.4	0.001333333	0.000520833	290000000	604166.6667	966666.6667	21870833.33	10053333.33
97	2240	0.6	0.4	40.2	10.4	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	93264000	36192000
123	2240	0.4	0.3	45	10.4	0.0016	0.0009	290000000	870000	1160000	39150000	12064000
21	4950	0.3	0.4	32.4	6.4	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	37584000	5568000
23	4950	0.6	0.4	40.2	6.4	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	93264000	22272000
24	4950	0.6	0.4	48.2	6.4	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	111824000	22272000
27	4950	0.6	0.4	54.6	6.4	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	126672000	22272000
30	4950	0.3	0.45	62.6	6.4	0.0010125	0.002278125	290000000	1468125	978750	91904625	6264000
19	4950	0.3	0.4	32.4	2	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	37584000	1740000
22	4950	0.6	0.4	40.2	2	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	93264000	6960000
25	4950	0.6	0.4	48.2	2	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	111824000	6960000
26	4950	0.6	0.4	54.6	2	0.0072	0.0032	290000000	2320000	3480000	126672000	6960000
29	4950	0.3	0.4	62.6	2	0.0009	0.0016	290000000	1160000	870000	72616000	1740000
W11	4950	4	0.25	37.95	16.15	1.333333333	0.005208333	290000000	6041666.667	96666666.67	229281250	1561166667
W180	4950	0.25	2.3	37.95	14.95	0.002994792	0.253479167	290000000	31960416.67	3473958.333	1212897813	51935677.08
W185	4950	6.25	0.25	39.55	13.75	5.086263021	0.008138021	290000000	9440104.167	236002604.2	373356119.8	3245035807
W13	4950	4.8	0.25	42.45	10.4	2.304	0.00625	290000000	7250000	139200000	307762500	1447680000
				Σ(XiEly/h)	Σ(YiEix/b)	Σ(EIx/b)	Σ(EIy/h)	Χ κ.στροφής	Υ κ.στροφής			
				4546649151	6888705690	534963906.3	106167187.5	42.82537061	12.87695415			

