

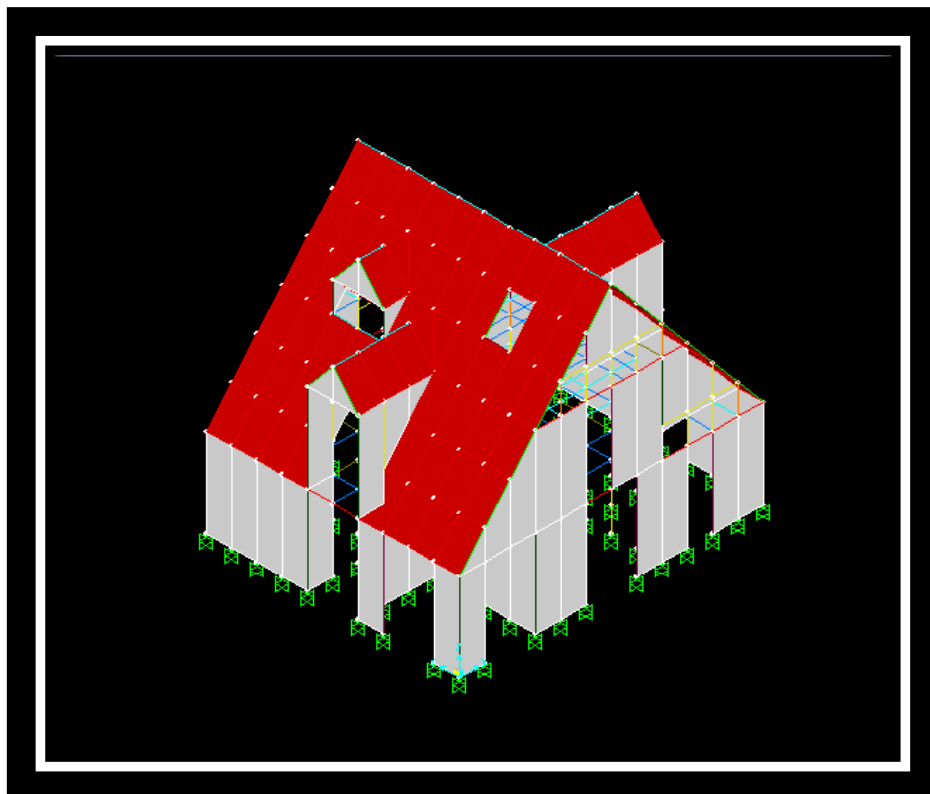


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

---

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΨΥΧΡΗΣ ΕΛΑΣΗΣ

---



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ζήσης Νικόλαος**

**Επιβλέπων:**

**Ιωάννης Ραυτογιάννης**  
**Αναπληρωτής καθηγητής ΕΜΠ**

Αθήνα  
Μάρτιος 2017





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

---

# ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΜΕ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΨΥΧΡΗΣ ΕΛΑΣΗΣ

---

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΜΚ ΔΕ 2017/2**

**Ζήσης Νικόλαος**

**Επιβλέπων:**  
**Ιωάννης Ραυτογιάννης**  
**Αναπληρωτής καθηγητής ΕΜΠ**

Αθήνα  
Μάρτιος 2017



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΣΤΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ  
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΜΚ ΔΕ 2017/ 2

## Σχεδιασμός μεταλλικού κτιρίου κατοικίας με διατομές ψυχρής έλασης

Ζήσης Β. Νικόλαος

Ι. Ραυτογιάννης

### Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός διώροφου μεταλλικού κτιρίου κατοικίας με διατομές ψυχρής έλασης, με βάση τις διατάξεις του Ευρωκώδικα. Η κατασκευή προβλέπεται να επενδυθεί εξωτερικά με ξυλόπλακες tri board οι οποίες πρόκειται να συνδεθούν με τον μεταλλικό σκελετό και να εξασφαλίσουν πλαισιακή λειτουργία του δομήματος.

Βασική επιδίωξη των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν αποτέλεσε η διερεύνηση της συνεισφοράς της επικάλυψης στην παραμορφωσιμότητα του φορέα. Για τις ανάγκες της ανάλυσης του φορέα σχεδιάστηκαν δύο εναλλακτικά προσομοιώματα της κατασκευής, κάθε ένα από τα οποία διαφέρει ως προς τον τρόπο ανάληψης των οριζόντιων δράσεων. Στην πρώτη περίπτωση οι οριζόντιες δράσεις προβλέπεται να αναληφθούν από τα επιφανειακά στοιχεία της επικάλυψης, ενώ στην δεύτερη περίπτωση από μεταλλικούς συνδέσμους δυσκαμψίας.

Τα είδη των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν και στα δύο προσομοιώματα ήταν η στατική - ελαστική και η ιδιομορφική ανάλυση. Επιπλέον για την διερεύνηση της συμπεριφοράς της κατασκευής σε πραγματικές συνθήκες σεισμού, πραγματοποιήθηκε γραμμική ανάλυση χρονοϊστορίας φόρτισης μέσω των επιταχυνσιογραφημάτων δύο τυπικών σεισμών που συνέβησαν τα τελευταία χρόνια στον ελλαδικό χώρο, στην περιοχή της Κορίνθου (1981) και στην περιοχή του Αιγίου (1995).

Αρχικά έγινε η διαστασιολόγηση των δομικών μελών του φορέα με επαναληπτικό τρόπο. Ο υπολογισμός της αντοχής των χρησιμοποιηθέντων διατομών έγινε με την μέθοδο των ενεργών εμβαδών, και οι απαιτούμενοι έλεγχοι διεξήχθησαν μέσω λογιστικών φύλλων που παρέχονται από το σχεδιαστικό πρόγραμμα και για τα δύο μοντέλα προσομοίωσης. Στη συνέχεια έγινε η παρουσίαση τυπικών συνδέσεων της κατασκευής.

Εν κατακλείδι, αξιοποιώντας τα αποτελέσματα των αναλύσεων επιχειρήθηκε η σύγκριση των δύο μοντέλων προσομοίωσης και παρουσιάστηκαν τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την πορεία της μελέτης των δύο προσομοιωμάτων της κατασκευής.

## Ευχαριστίες

Με την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας ολοκληρώνεται ο κύκλος των προπτυχιακών σπουδών μου στο ΕΜΠ. Επί τι ευκαιρία θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή του παρόντος εγχειρήματος ,κ. Ιωάννη Ραυτογιάννη ,για την συνεχή και αμέριστη βοήθειά του επί της διαδικασίας καθ' όλη την διάρκεια σχεδιασμού και υλοποίησής του. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου , Βασίλη και Χρυσάνθη , που με πολλές θυσίες μου έχουν προσφέρει ατέρμονη και ανιδιοτελή αγάπη και στήριξη σε όλα τα στάδια της ζωής μου. Ακόμα ,θα ήθελα να αποστείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στα αδέρφια μου, Γιώτα , Φώτη και Αγλαΐα για την υπομονή και την ενθάρρυνση τους όλα τα χρόνια της συνύπαρξής μας .Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Γιώργο Ράπτη και Κωνσταντίνο Ρετσινά για την συνεισφορά τους και την στήριξή τους.

Ζήσης Νικόλαος

Αθήνα  
Μάρτιος 2017

## Περιεχόμενα κειμένου

1	Εισαγωγή.....	11
1.1	Ιστορικά αναδρομή ελαφράς δόμησης.....	11
2	Δομικά Υλικά.....	13
2.1	Χάλυβας .....	13
2.1.1	Σύσταση .....	13
2.1.2	Παρασκευή.....	14
2.2	Δομικός χάλυβας .....	14
2.3	Χάλυβες εν ψυχρώ έλασης-διαμόρφωσης.....	14
2.3.1	Μηχανικές Ιδιότητες.....	14
2.3.2	Απαιτήσεις ολκιμότητας.....	15
2.3.3	Επιλογή δομικού χάλυβα .....	16
2.3.4	Είδη διατομών .....	16
2.3.5	Μέθοδοι παραγωγής.....	17
2.3.6	Μέθοδοι αντιδιαβρωτικής προστασίας.....	18
2.4	Φύλλα επικάλυψης O.S.B.....	19
2.4.1	Γενικά .....	19
2.4.2	Τεχνολογία παραγωγής O.S.B .....	19
2.4.3	Μηχανικές ιδιότητες .....	21
2.4.4	Επιλογή υλικού επικάλυψης.....	21
2.4.5	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα O.S.B .....	22
3	Προσομοίωση κατασκευής.....	23
3.1	Γεωμετρία φορέα .....	23
3.2	Παρουσίαση βασικού μοντέλου προσομοίωσης .....	24
3.3	Παρουσίαση προσομοιώματος 1.....	26
3.3.1	Μέθοδος γραμμικής ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων .....	27
3.3.2	Σχέσεις τάσεων –παραμορφώσεων .....	27
3.3.3	Προσομοίωση επικάλυψης με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων .....	28
3.4	Παρουσίαση προσομοιώματος 2.....	29
3.5	Δράσεις επί των κατασκευών.....	29
3.6	Μόνιμες δράσεις (G) .....	30
3.6.1	Ίδια βάρη κατασκευής.....	30

3.6.2	Πρόσθετα μόνιμα φορτία.....	31
3.7	Επιβαλλόμενες ( Μεταβλητές) Δράσεις.....	31
3.7.1	Προσομοίωση κινητών φορτίων δαπέδου.....	32
3.8	Δράσεις Ανέμου .....	33
3.9	Υπολογισμός δράσεων Ανέμου.....	34
3.9.1	Εξωτερική και εσωτερική πίεση $W$ .....	34
3.9.2	Πίεση ταχύτητας αιχμής $q_p(z)$ (ριπή) .....	35
3.9.3	Βασική ταχύτητα $v_b$ .....	35
3.9.4	Υπολογισμός Βασικής Πίεσης $q_b$ .....	38
3.9.5	Ύψος αναφοράς σε ορθογωνικά κτίρια $z_e$ .....	39
3.9.6	Αεροδυναμικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης $c_{pe}$ .....	39
3.9.7	Προσομοίωση δράσεων ανέμου .....	40
3.10	Σεισμικές δράσεις .....	45
3.10.1	Μέθοδοι ανάλυσης.....	47
3.10.2	Οριζόντιο ελαστικό φάσμα απόκρισης.....	47
3.10.3	Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς $q$ .....	48
3.10.4	Προσομοίωση σεισμικών δράσεων.....	49
3.11	Προσομοίωση χρονοϊστορίας φόρτισης.....	50
4	Οριακές καταστάσεις σχεδιασμού .....	53
4.1	Γενικά.....	53
4.2	Οριακές καταστάσεις σχεδιασμού σε αστοχία .....	53
4.3	Συνδυασμοί φόρτισης στην ΟΚΑ.....	55
4.4	Οριακές καταστάσεις σχεδιασμού σε λειτουργικότητα .....	56
5	Έλεγχοι στην οριακή κατάσταση αστοχίας .....	57
5.1	Γενικά –κατάταξη διατομών.....	57
5.2	Διατομές κατηγορίας 4 εν ψυχρώ κατεργασίας .....	58
5.2.1	Τοπική αστάθεια διατομών .....	58
5.2.2	Ενισχύσεις –στηρίξεις διατομών.....	58
5.2.3	Μοντελοποίηση στηρίξεων-ενισχύσεων.....	59
5.2.4	Γεωμετρικές συνθήκες ισχύος.....	59
5.2.5	Κατηγορίες σπουδαιότητας.....	59
5.3	Τοπικός λυγισμός - Ενεργά πλάτη στοιχείων .....	60
5.4	Αξονικός εφελκυσμός.....	61



5.5	Αξονική θλίψη-τοπικός λυγισμός .....	62
5.6	Μονοαξονική κάμψη.....	62
5.6.1	Ελαστοπλαστική αντοχή .....	63
5.7	Διαξονική κάμψη.....	64
5.8	Θλίψη και διαξονική Κάμψη .....	64
5.9	Εφελκυσμός και διαξονική Κάμψη .....	65
5.10	Διάτμηση .....	65
5.11	Ευστάθεια μελών .....	68
5.12	Καθολικός λυγισμός – Αξονική θλίψη ράβδων.....	68
6	Ανάλυση φορέα.....	72
6.1	Γενικά.....	72
6.2	Στατική-Ελαστική ανάλυση.....	72
6.3	Διαστασιολόγηση και έλεγχος διατομών και μελών .....	72
6.3.1	Γενικά .....	72
6.3.2	Διαστασιολόγηση υποστυλωμάτων .....	73
6.3.2.1	Διατομή τύπου 1: Βασικό υποστύλωμα πλήρωσης .....	73
6.3.2.2	Διατομή τύπου 2 : Περιοχή τοποθέτησης κουφωμάτων.....	81
6.3.2.3	Διατομή τύπου 3 :Περιοχή συμβολής δύο τοιχείων .....	85
6.3.2.4	Διατομή τύπου Δ4 :Περιοχή συμβολής τριών τοιχείων.....	91
6.4	Διαστασιολόγηση δοκών πατώματος .....	92
6.4.1.1	Διατομή τύπου 5 :Δοκοί πατώματος.....	92
6.4.1.2	Διατομή τύπου 6 :Δοκοί συμβολής πατώματος .....	94
6.4.1.3	Διατομή τύπου 7 : Δοκοί 2 <sup>ης</sup> συμβολής .....	96
6.4.1.4	Διατομή τύπου 8: δοκοί κεφαλόδεσμων .....	96
6.4.2	Διαστασιολόγηση δοκών στέγης .....	99
6.4.2.1	Διατομή τύπου 9: Δοκοί στέγης κατά την κύρια διεύθυνση x99	
6.4.2.2	Διατομή τύπου 10:Δευτερεύουσες δοκοί στέγης κατά την δευτερεύουσα διεύθυνση y-y .....	101
6.4.2.3	Διατομή τύπου 11: Σύνδεσμοι δυσκαμψίας .....	101
6.5	Αποτελέσματα και έλεγχοι μετακινήσεων στατικής ανάλυσης .....	102
6.5.1	Κριτήριο ελέγχου σχετικών μετακινήσεων ορόφων κατασκευής	102
6.5.2	Προσομοίωμα A : Αποτελέσματα μετακινήσεων στις στάθμες των ορόφων.....	103

6.5.3	Προσομοίωμα B: Αποτελέσματα μετακινήσεων στις στάθμες των ορόφων 104	
6.5.4	Σύγκριση μετακινήσεων στατικής ανάλυσης .....	105
6.6	Αποτελέσματα μετακινήσεων ιδιομορφικής φασματικής ανάλυσης-Ανάλυση χρονοϊστορίας φόρτισης.....	106
6.6.1	Γενικά .....	106
6.6.2	Αποτελέσματα μετακινήσεων Προσομοιώματος A.....	106
6.6.2.1	Ιδιομορφές ταλάντωσης.....	106
6.6.2.2	Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων ιδιομορφικής ανάλυσης .....	107
6.6.2.3	Αποτελέσματα μετακινήσεων από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου (1981) .....	108
6.6.2.4	Αποτελέσματα μετακινήσεων σεισμού στην περιοχή Αιγίου (1995)	110
6.6.3	Αποτελέσματα μετακινήσεων Προσομοιώματος B.....	113
6.6.3.1	Ιδιομορφές ταλάντωσης.....	113
6.6.3.2	Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων ιδιομορφικής-φασματικής ανάλυσης .....	113
6.6.3.3	Αποτελέσματα μετακινήσεων από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου (1981) .....	116
6.6.3.4	Αποτελέσματα μετακινήσεων από τον σεισμό στην περιοχή του Αιγίου (1995).....	118
6.7	Σύγκριση αποτελεσμάτων ιδιομορφικής φασματικής ανάλυσης – Ανάλυση χρονοϊστορίας φόρτισης.....	120
	Συμπερασματα.....	118
	Βιβλιογραφία-Σύνδεσμοι.....	120

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Ιστορικά αναδρομή ελαφράς δόμησης

Αν και πολλοί θεωρούν την ψυχρή διαμόρφωση χάλυβα ως ένα "νέο" προϊόν δομικών κατασκευών, στην πραγματικότητα στη Βόρεια Αμερική έχει χρησιμοποιηθεί για πάνω από 100 χρόνια. Η χρήση της ψυχρής μορφοποίησης χαλύβδινων μελών για την κατασκευή κτιρίων ξεκίνησε τόσο στις Ηνωμένες Πολιτείες όσο και στην Αγγλία τη δεκαετία του 1850. Η χρήση του εν λόγω προϊόντος ήταν σε μεγάλο βαθμό πειραματική, και περιοριζόταν σε λίγες βασικές εφαρμογές. Κατά τη διάρκεια του 1849 στην Καλιφόρνια, ο Peter Naylor, διαφημίζει "φορητά σπίτια σιδήρου για την Καλιφόρνια." Σύμφωνα με τη διαφήμιση, σπίτια 20 x 15 " θα μπορούσαν να κατασκευαστούν σε λιγότερο από μια ημέρα, ήταν φθηνότερα από πυρίμαχο ξύλο και πιο άνετα από ό,τι μια σκηνή!». Τις επόμενες δεκαετίες ο P. Naylor εφαρμόζει τον λεπτότοιχο χάλυβα για την κατασκευή του σκελετού σκεπών, Ωστόσο μέχρι τη δεκαετία του 1930, η αποδοχή της ψυχρής διαμόρφωσης χάλυβα ως δομικό υλικό ήταν ακόμη περιορισμένη, δεδομένου ότι δεν υπήρχε επαρκές πρότυπο σχεδιασμού, και δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με τη χρήση του υλικού στις κατασκευές.

Το 1933, στην Παγκόσμια Έκθεση καινοτομίας του Σικάγο, παρουσιάζεται για πρώτη φορά από τον αρχιτέκτονα Howard T. Fisher η πρώτη κατοικία αποτελούμενη εξ' ολοκλήρου από μεταλλικό σκελετό από χάλυβα ψυχρής έλασης. Ταυτόχρονα, στο ίδιο συνέδριο η Amco Steel Corporation παρουσίασε τον πρώτο πίνακα υλικών για την κατασκευή μεταλλικών σκεπών.

Η πρώτη συστηματική μελέτη του εν ψυχρώ χάλυβα ξεκίνησε τον Φεβρουάριο του 1939, Το αμερικανικό Ίδρυμα σιδήρου και χάλυβα (AISI) χρηματοδοτεί ένα ερευνητικό πρόγραμμα στο Πανεπιστήμιο του Cornell με επικεφαλής τον George Winder, που συχνά αναφέρεται και ως "ο πατέρας της ψυχρής διαμόρφωσης χάλυβα». Μετά από επταετή έρευνα, τα αποτελέσματα των ερευνών συγκεντρώθηκαν σε έξι ενότητες (AISI(1946)) και αποτέλεσαν το πρώτο ολοκληρωμένο πρότυπο σχεδιασμού χαλύβδινων διατομών ψυχρής διαμόρφωσης. Από τότε το πρότυπο του AISI έχει αναθεωρηθεί έξι φορές και καλύπτει τον σχεδιασμό

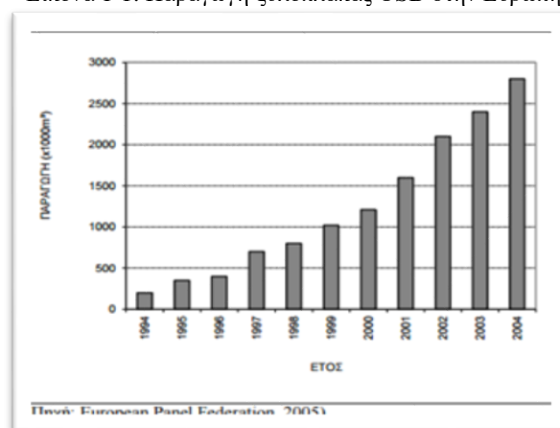
Κατά τη διάρκεια και μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η οικοδομική βιομηχανία μετάλλου και η βιομηχανική διαμόρφωση χάλυβα άρχισαν να αναπτύσσονται με γοργούς ρυθμούς. Μέσα στις επόμενες δύο δεκαετίες, η ελαφρά μεταλλική δόμηση γίνεται πλήρως αποδεκτή ως εναλλακτικός τρόπος δόμησης και βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους κατασκευαστικούς τομείς. Εκτός του τομέα της κατοικίας, κατασκευάζονται πληθώρα βιομηχανικών κτιρίων, κτιρίων αποθήκευσης κ.α. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον δείχνει ο στρατιωτικός τομέας, για την κατασκευή στρατώνων λόγω της γρήγορης και εύκολης συναρμολόγησης των μελών, όπως και για την κατασκευή πολεμικών αεροσκαφών.

Στη δεκαετία του 80' παρατηρήθηκε περεταίρω ανάπτυξη της ελαφράς δόμησης στην Αμερική. Καθοριστικό παράγοντα αποτέλεσε η υποβάθμιση της ποιότητας των ξύλινων δομικών προϊόντων , η οποία οφείλεται στην διακοπή τροφοδοσίας πρώτης ύλης από ορισμένα δάση των Η.Π.Α. Στα τέλη του 1991,η τιμή του ξύλου αυξήθηκε κατά 80% μέσα σε διάστημα 4 μηνών, οδηγώντας μεγάλο αριθμό κατασκευαστών στην χρήση χαλύβδινων προφίλ. Συνεπακόλουθα, η βιομηχανίες εργαλείων , βιδών και άλλων συναφών υλικών προσανατολίστηκαν σε αυτή την κατεύθυνση με αποτέλεσμα την περεταίρω απλοποίηση της διαδικασίας συναρμολόγησης .

Οι βιομηχανίες ξύλου, λόγω της συνεχούς ανατίμησης του παραγόμενου προϊόντος τις τελευταίες δεκαετίες , οδηγήθηκαν στην παραγωγή εναλλακτικών προϊόντων ώστε να παραμείνουν ανταγωνιστικές στην αγορά των κατασκευών .Τέτοια είδη προϊόντος αποτελούν οι μοριόπλακές ,το MDF καθώς και το OSB το οποίο αποτελεί και αντικείμενο της παρούσα διπλωματικής .

Το OSB (Oriented Standard Board) πρωτοεμφανίστηκε στην αγορά το 1981 .Γενικά εμφανίστηκε ως μία δομική ξυλόπλακα με πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες και έχει χρησιμοποιηθεί για διάφορες χρήσεις τόσο για την επικάλυψη στεγών, δαπέδων και τοιχοπληρώσεων όσο και για κατασκευές επίπλων και άλλων συναφών αντικειμένων. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της European Panel Federation αναφορικά με την ευρωπαϊκή παραγωγή ξυλόπλακας OSB, η ζήτηση έχει αυξητικές τάσεις τα τελευταία χρόνια ,πράγμα που αποτελεί αυταπόδεικτο στοιχείο της επιτυχίας του.

Εικόνα 1-1: Παραγωγή ξυλόπλακας OSB στην Ευρώπη



Μέχρι σήμερα έχουν κατασκευαστεί εκατοντάδες χιλιάδες κτίρια στην αμερικάνικη ήπειρο καθώς και σε άλλες χώρες με τη μέθοδο της ελαφράς δόμησης με μεγάλη επιτυχία και ανταποκρίνονται πλήρως στις λειτουργικές απαιτήσεις των καταναλωτών. Αποτελεί μια επιτυχημένη μέθοδο δόμησης που επεκτείνεται με γρήγορους ρυθμούς σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο στον ελλαδικό χώρο αυτή η μέθοδος δόμησης βρίσκεται σε πρωτόλειο ακόμα στάδιο καθώς δεν υπάρχουν συνεργία που να διαθέτουν την κατάλληλη τεχνογνωσία και πείρα κατασκευής των εν λόγω έργων.

## 2 Δομικά Υλικά

### 2.1 Χάλυβας

#### 2.1.1 Σύσταση

Χάλυβες καλούνται τα κράματα σιδήρου (Fe) και άνθρακα (C), με περιεκτικότητα σε άνθρακα κάτω του 1,8%. Στη σύνθεση των χαλύβων συνδυάζονται με το σίδηρο διάφορα στοιχεία σε ποσοστιαίες αναλογίες που δεν ξεπερνούν κατά κανόνα το 5%. Συστατικά στοιχεία κάθε χάλυβα αποτελούν ο άνθρακας, σε ποσοστά που κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 0,2% και 0,7%, και το πυρίτιο (Si), σε ποσοστό μεταξύ 0,1% και 0,7% και ενίοτε έως και 4% σε ειδικούς χάλυβες. Η αναλογία σε άνθρακα καθορίζει ουσιαστικώς τις ιδιότητες των διαφόρων χαλύβων. **Όσο αυξάνεται το ποσοστό του άνθρακα στο κράμα αυξάνονται αναλόγως η σκληρότητα και η αντοχή του σε τάσεις εφελκυσμού, ενώ παραλλήλως μειώνονται η συνεκτικότητα και η πλαστιμότητα.** Στην αντίθετη περίπτωση, **μειώνοντας δηλαδή το ποσοστό του άνθρακα, αυξάνεται η καταλληλότητα προς συγκόλληση (Schweisseignung).**

Το **μαγγάνιο (Mn)** συμμετέχει σε ποσοστό 0,3% έως 0,8% αλλά και 12% και 15% σε χάλυβες πολύ μεγάλης σκληρότητας και αντοχής στη φθορά. Η παρουσία του ενισχύει την συγκολλησιμότητα του σιδήρου, η οποία δεν υφίσταται σε κράματα με περιεκτικότητα άνθρακα άνω του 0,15%.

Στην σύσταση πολλών ειδικών χαλύβων συμμετέχουν **το χρώμιο (Cr), το νικέλιο (Ni), το μολυβδαίνιο (Mo)** και άλλα στοιχεία, ώστε να αποκτήσει το τελικό προϊόν τις ιδιαίτερες ιδιότητες που απαιτούνται σε κάθε περίπτωση.

Ο **φωσφόρος (P), το θείο (S) και το οξυγόνο (O)** αποτελούν **επιβλαβή στοιχεία** στη σύνθεση, τα οποία προσδίδουν αρνητικές ιδιότητες στον χάλυβα όπως

- (φωσφόρος), **ψαθυρότητα**

- (θείο), **μαλακτότητα**

- (οξυγόνο). **δημιουργία ανεπιθύμητων α-συνεχειών – φυσαλίδων – κατά την χύτευση**

Για τον λόγο αυτό η περιεκτικότητα των στοιχείων αυτών στο χάλυβα πρέπει να κυμαίνεται σε ποσοστά κατά πολύ μικρότερα του 0,1%.

Με τις κατάλληλες αναλογίες των συστατικών στοιχείων στην χημική του σύσταση και σε συνδυασμό με μία ακριβή θερμική επεξεργασία, οι ιδιότητες του χάλυβα είναι δυνατόν να ρυθμιστούν με μεγάλη ακρίβεια, ώστε να εξυπηρετείται ο σκοπός της εκάστοτε χρήσης του

Με **βάση τη χρήση του χάλυβα** μπορούμε να ξεχωρίσουμε ορισμένες γενικές κατηγορίες:

**Δομικός Χάλυβας, ,Χάλυβας Οπλισμού ,Ανοξείδωτος Χάλυβας, Χάλυβας εργαλείων Πυρίμαχος Χάλυβας , Χάλυβας κοπής, Χάλυβας απότμησης, Απαρამόρφωτος Χάλυβας και άλλοι ειδικοί χάλυβες .**

### **2.1.2 Παρασκευή**

Ο Χάλυβας παρασκευάζεται με εξανθράκωση του χυτοσιδήρου. Ταυτοχρόνως απομακρύνονται κατά το δυνατόν το θείο και ο φωσφόρος, στοιχεία τα οποία όπως προαναφέρθηκε είναι επιβλαβή, και ρυθμίζεται η περιεκτικότητα σε μαγγάνιο και πυρίτιο, στοιχεία τα οποία εμπεριέχονται στον ακατέργαστο σίδηρο. Οι παραπάνω ρύποι απομακρύνονται δια της καύσης με την απελευθέρωση οξυγόνου. Η επιθυμητή χημική σύσταση του χάλυβα επιτυγχάνεται με την αποξείδωση και την προσθήκη ασβεστίου για την δέσμευση του φωσφόρου.

Βάσει του τρόπου παρασκευής οι χάλυβες μπορούν να ταξινομηθούν ως ακολούθως:

**Ψυχασμένος χάλυβας, Αφρίζων χάλυβας, Χάλυβας τήξης ,Χάλυβας Χωνευτηρίου, Κονιομεταλλουργικός Χάλυβας**

## **2.2 Δομικός χάλυβας**

Ο δομικός χάλυβας είναι το βασικό υλικό από το οποίο κατασκευάζεται ο φέρων οργανισμός των μεταλλικών κτηριακών και λοιπών τεχνικών έργων. Αναφορικά με τη σύσταση και τις ιδιότητες που προσδίδουν σε αυτόν τα διάφορα χημικά στοιχεία του (αντοχή ,συγκολλησιμότητα ,ολκιμότητα ,αντοχή σε διάβρωση κ.τ.λ) δεν διαφέρει από του κοινούς χάλυβες. Ειδικά, ο άνθρακας (C) που αποτελεί το χαρακτηριστικό στοιχείο που καθορίζει τις βασικές ιδιότητες του δομικού χάλυβα εμφανίζεται σε ποσοστά από 0,5 έως 1,8 %, ενώ για τους συνήθεις χάλυβες δεν ξεπερνά το 0,29%.

## **2.3 Χάλυβες εν ψυχρώ έλασης-διαμόρφωσης**

### **2.3.1 Μηχανικές Ιδιότητες**

Οι ονομαστικές τιμές της αντοχής διαρροής  $f_y$  και της οριακής αντοχής  $f_u$  για δομικό χάλυβα πρέπει να λαμβάνονται ή υιοθετώντας τις τιμές  $f_y = R_{eh}$  και  $f_u = R_m$  απευθείας από το πρότυπο του προϊόντος ή χρησιμοποιώντας την απλοποίηση που δίνεται στον Πίνακα 2.2

Πίνακας 1: Κατηγορίες δομικού χάλυβα εν ψυχρώ έλασης-παραμόρφωσης

Πλάτεια ψυχρής έλασης από κοινούς δομικούς χάλυβες	ISO 4997	CR 220 CR 250 CR 320	220 250 320	300 330 400
Έλασμα και ρόλλοι συνεχούς θερμοαλβανισμού από δομικούς χάλυβες	EN 10147	Fe E 220 G Fe E 250 G Fe E 280 G Fe E 320 G Fe E 350 G	220 250 280 320 350	300 330 360 390 420
Λεπτόκοκκοι δομικοί χάλυβες για ψυχρή παραμόρφωση	prEN 10149 Μέρος 2	S 315 MC S 355 MC S 420 MC S 460 MC S 500 MC S 550 MC	315 355 420 460 500 550	390 430 480 520 550 600
		prEN 10149 Μέρος 3	S 260 NC S 315 NC S 355 NC S 420 NC	260 315 355 420

Τα λοιπά **μηχανικά χαρακτηριστικά του δομικού χάλυβα** ανεξαρτήτως του τρόπου παραγωγής τους έχουν ως εξής:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

μέτρο ελαστικότητας

$$\nu = 0.3$$

λόγος Poisson στην ελαστική περιοχή

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = 80769.2 \text{ MPa} \approx 81.000 \text{ MPa}$$

μέτρο διάτμησης

$$\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$$

ειδικό βάρος

$$\alpha_t = 12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής (για  $T \leq 100 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$$\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

πυκνότητα

### 2.3.2 Απαιτήσεις ολκιμότητας

Γενική απαίτηση για όλους τους δομικούς χάλυβες είναι να διαθέτουν επαρκή ολκιμότητα ανεξαρτήτως του τρόπου παραγωγής τους. Η απαίτηση αυτή εξασφαλίζει ότι το υλικό θα συμπεριφερθεί πλάστιμα και δεν θα προηγηθεί ψαθυρή αστοχία. Εκφράζεται δε υπό την μορφή ορίων σύμφωνα με τα παρακάτω:

- το λόγο  $f_u / f_y$  της προδιαγεγραμμένης ελάχιστης οριακής αντοχής σε εφελκυσμό  $f_u$  ως προς την προδιαγεγραμμένη ελάχιστη αντοχή διαρροής  $f_y$

- την επιμήκυνση στην αστοχία με δοκίμιο μήκους  $5,65 \sqrt{A_0}$

(όπου  $A_0$  είναι η αρχική επιφάνεια της διατομής)

- την οριακή παραμόρφωση  $\epsilon_u$ , όπου η  $\epsilon_u$  αντιστοιχεί στην οριακή αντοχή  $f_u$

Συνιστώνται οι παρακάτω τιμές σύμφωνα με τον EN1991:

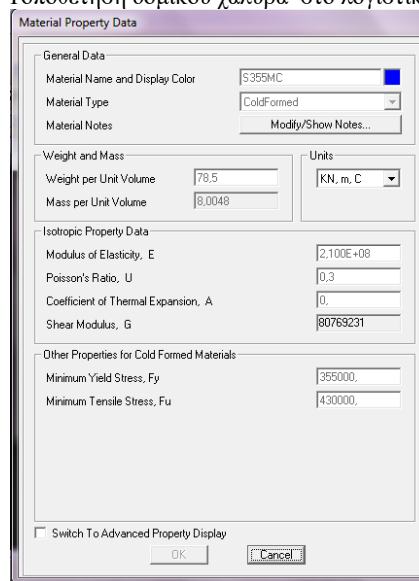
- λόγο  $f_u / f_y \geq 1,15$

- επιμήκυνση στην αστοχία όχι μικρότερη από **15%**
- $\epsilon_u \geq 15\epsilon_y$  , όπου  $\epsilon_y$  είναι η παραμόρφωση διαρροής ( $\epsilon_y = f_y / E$ )

### 2.3.3 Επιλογή δομικού χάλυβα

Με βάση τον πίνακα του Ευρωκώδικα επιλέχθηκε λεπτόκοκκος χάλυβας για ψυχρή παραμόρφωση - έλαση **S355 MC**. Παρακάτω παρατίθενται τα μηχανικά χαρακτηριστικά που απαιτήθηκαν στην ανάλυση της κατασκευής. Σημειώνεται ότι δεν πραγματοποιήθηκε ανάλυση έναντι θερμοκρασιακών μεταβολών και ο συντελεστής θερμικής συστολής θεωρήθηκε ίσος με το 0.

Εικόνα 2-1: Τοποθέτηση δομικού χάλυβα στο λογιστικό πρόγραμμα



### 2.3.4 Είδη διατομών

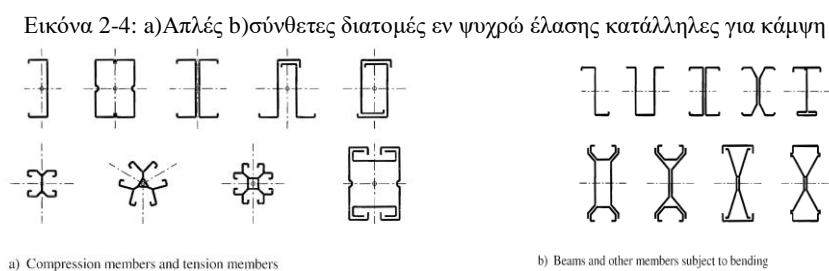
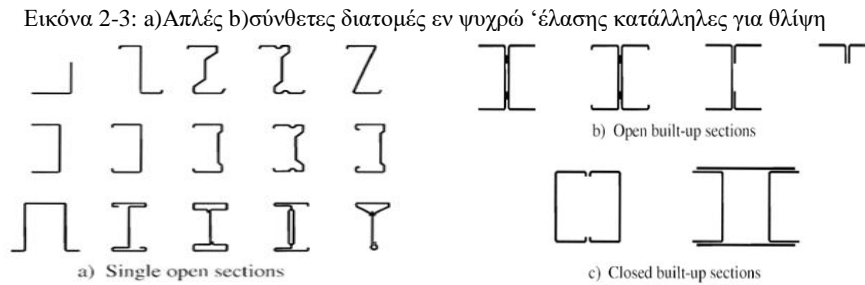
Το κοινό γνώρισμα όλων των διατομών ψυχρής έλασης ή μόρφωσης είναι το σταθερό πάχος τους σε όλο το μήκος τους, καθώς και σε ολόκληρη την διατομή τους. Κατασκευάζονται δε από επίπεδα ελάσματα, γαλβανισμένα ή μη, που προέρχονται από θερμή ή ψυχρή κατεργασία. Τα εν λόγω χαλυβδόφυλλα παραλαμβάνονται από το εργοστάσιο σε μορφή κουλούρας και εν συνεχεία υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία και παίρνουν την τελική τους μορφή. Τα πάχη τους κυμαίνονται συνήθως από 0,9 έως 3,2 mm και παραδίδονται τις περισσότερες φορές γαλβανισμένα συμφωνά με το πρότυπο EN10147.

Εικόνα 2-2: Γαλβανισμένες κουλούρες εν σειρά βιομηχανικής παραγωγής





Στην αγορά διατίθεται πληθώρα σχημάτων από διατομές ψυχρής έλασης που διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο χρήσης τους .Τυπικές μορφές τέτοιων διατομών φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες .Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι οι διατάξεις του ευρωκώδικα 3 δεν καλύπτουν πλήρως το σύνολο των εμφανιζόμενων διατομών.

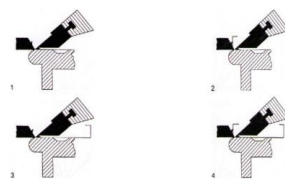


### 2.3.5 Μέθοδοι παραγωγής

Οι διατομές ψυχρής έλασης ή μόρφωσης παρασκευάζονται με τους εξής τρεις τρόπους πλαστικής παραμόρφωσης:

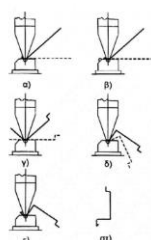
**A) Αναδίπλωση:** Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για ευθύγραμμες μόνο διαμορφώσεις και υπό σταθερή γωνία, συνήθως  $90^0$ . Επιπλέον η μέθοδος της αναδίπλωσης επιλέγεται για μικρές ποσότητες δομικών μελών, και για μήκη έως 6 μέτρα.

Εικόνα 2-5: Μέθοδος αναδίπλωσης



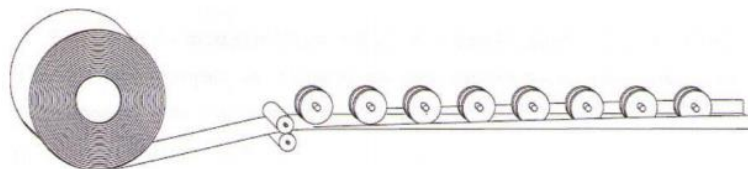
**B) Συμπίεση :** Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τόσο για ευθύγραμμες όσο και για μη ευθύγραμμες διαμορφώσεις .Επιπρόσθετα με τη χρήση ειδικών μητρών μπορούμε να παράγουμε καμπτόμενες διατομές υπό γωνία διάφορη των  $90^0$ .Ωστόσο και αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την παραγωγή στοιχείων έως 6 μέτρων.

Εικόνα 2-6: Μέθοδος συμπίεσης



**Γ) Έλαση:** Η έλαση είναι μέθοδος που χρησιμοποιείται για εν σειρά βιομηχανική παραγωγή. Κατά την διαδικασία της έλασης τα χαλυβδόφυλλα εισέρχονται μέσα σε ειδικές διαμορφωτικές μηχανές (extruders) ,και είναι εφικτή η παραγωγή ανοιχτών και κλειστών διατομών με μήκη έως 14 μέτρων .

Εικόνα 2-7: Μέθοδος ψυχρής έλασης



### 2.3.6 Μέθοδοι αντιδιαβρωτικής προστασίας

**Βαφή:** Κατά την διαδικασία της βαφής οι μεταλλικές επιφάνειες καλύπτονται με ειδικά βερνικοχρώματα. Η μέθοδος αυτή προϋποθέτει αρχικά τον καθαρισμό της επιφάνειας δια αμμοβολής .Στη συνέχεια γίνεται επάλειψη της μεταλλικής επιφάνειας με ειδικά υποστρώματα μινίου ( $Pb_3O_4$ ) ή χρωματικού ψευδαργύρου με σκοπό τον περιορισμό του ηλεκτροχημικού φαινομένου της διαβρώσεως .Συνίσταται τα πάχη των υποστρωμάτων και των βερνικοχρωμάτων να είναι κατ' ελάχιστο 80 και 60  $\mu m$  αντίστοιχα.

**Γαλβανισμός:** Το θερμό γαλβάνισμα είναι μία διαδικασία κατά την οποία τα συστατικά του χάλυβα ή του χυτοσιδήρου προστατεύονται από τη διάβρωση με μία επικάλυψη ψευδαργύρου . Το γαλβάνισμα γίνεται μέσα σε ένα μπάνιο λιωμένου ψευδαργύρου, η θερμοκρασία του οποίου ελέγχεται στις περισσότερες εργασίες ανάμεσα στους 440 °C με 460 °C (ο ψευδάργυρος έχει σημείο τήξης περίπου στους 419 °C). Σε εργασίες γαλβανίσματος που λειτουργούν τη διαδικασία υψηλής θερμοκρασίας, η θερμοκρασία του ψευδαργύρου μπορεί να υπερβεί τους 560°C. Η ανάλυση του μετάλλου μέσα στο μπάνιο πρέπει να συμμορφώνεται με τις Εθνικές αποφάσεις ή τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα και είναι το λιγότερο 98,5% Zn. Η διαδικασία γαλβανίσματος προκαλεί τον σχηματισμό μιας επικάλυψης αποτελούμενης από στρώσεις κράματος ψευδαργύρου-σιδήρου που προκαλείται από την αντίδραση του ψευδαργύρου με τον σίδηρο μέσα στον χάλυβα. Όπως τα γαλβανισμένα εξαρτήματα αποσύρονται από τον λιωμένο ψευδάργυρο, μία επιπλέον στρώση μετάλλου με μία σύσταση παρόμοια με αυτή του ψευδαργύρου μέσα στο μπάνιο, παραμένει στην επιφάνεια. Ο χρόνος για τον οποίο η κατασκευή από χάλυβα βυθίζεται, εξαρτάται ,ανάμεσα σε άλλους παράγοντες, από το βάρος του και από το πάχος των τμημάτων του χάλυβα.

Εικόνα 2-8: Λουτρό γαλβανίσματος μεταλλικών στοιχείων



Ειδικά για την εφαρμογή γαλβανισμού σε λεπτότοιχες διατομές ψυχρής διαμόρφωσης οι προδιαγραφές επιβάλλουν ένα ελάχιστο βάρος επιψευδαργύρωσης 275gr/m<sup>2</sup>, που αντιστοιχεί σε πάχος 0,04mm. Γενικά το πάχος της επικάλυψης καθορίζει και τον αντίστοιχο επιθυμητό χρόνο συντήρησης. Η επιλογή του εξαρτάται από τις συνθήκες περιβάλλοντος καθώς και από τον επιθυμητό χρόνο ζωής της κατασκευής.

## 2.4 Φύλλα επικάλυψης O.S.B

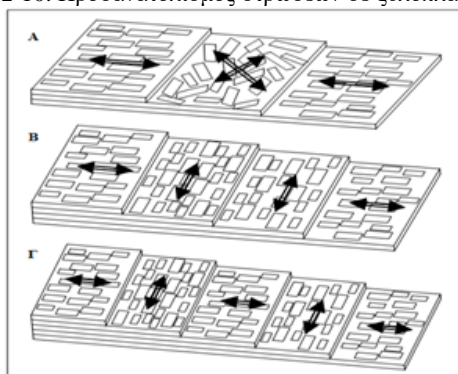
### 2.4.1 Γενικά

Το OSB (Oriented Strand Board) είναι μια δομική ξυλόπλακα σε επίπεδη μορφή που παράγεται από ειδικού τύπου ξυλοτεμαχίδια ('λωρίδες' ξύλου -strands), συγκολλημένα με ρητίνη μεγάλης αντοχής σε υγρασία και θερμοκρασία και διαστρωμένα με προσανατολισμένη διάταξη, σε 3 έως 5 στρώσεις, έτσι ώστε τα ξυλοτεμαχίδια κάθε στρώσης να κατευθύνονται κάθετα προς αυτά της επόμενης στρώσης. Ανάλογη αρχή εμφανίζεται και στα αντικολλητή ξυλεία. 'Strand' ονομάζεται η 'λωρίδα' ξύλου που κόπηκε κατά την κατεύθυνση των ινών του ξύλου, διαθέτει συγκεκριμένο μικρό πάχος και μήκος τουλάχιστον διπλάσιο του πλάτους του.

Εικόνα 2-9: Δομικές ξυλόπλακες OSB



Εικόνα 2-10: Προσανατολισμός στρώσεων σε ξυλόπλακες OSB



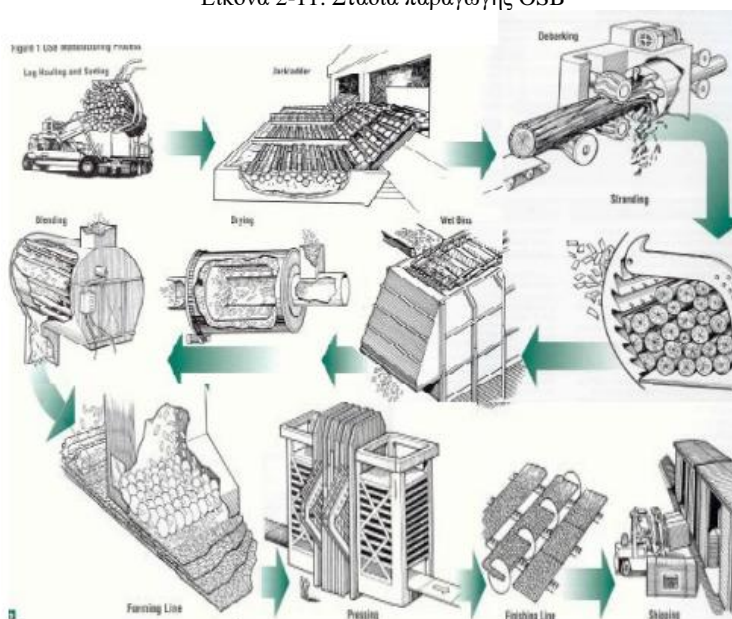
### 2.4.2 Τεχνολογία παραγωγής O.S.B

Για την παραγωγή του OSB ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται στην Ευρώπη κυρίως ξύλο πεύκης σε μορφή κορμών - κορμιδιών και όχι υπολείμματα άλλης κατεργασίας, όπως γίνεται με τις μοριοσανίδες και το MDF. Προτιμώνται κορμοί ευθυτενείς και με διάμετρο περίπου 35cm. Για την παραγωγή του OSB στη Β. Αμερική χρησιμοποιείται κυρίως ξυλεία αμερικάνικης λεύκης σημύδας, σφενδαμιού και αμερικάνικης πεύκης (yellowpine). Το τελευταίο είδος προέρχεται και από φυτείες. Τα στάδια παραγωγής του OSB παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.

Μετά από την υλοτομία τους οι κορμοί μεταφέρονται στην κορμοπλατειά του εργοστασίου είτε ολόκληροι , είτε ως τεμάχια μήκους 2,5m. Τα κορμοτεμάχια εμβαπτίζονται σε ειδικά διαμορφωμένες δεξαμενές νερού για να καθαριστούν από πέτρες, χώμα, κλπ., καθώς και για να απομακρυνθεί ο πάγος στις περιπτώσεις που οι κορμοί προέρχονται από παγωμένες περιοχές. Από τις δεξαμενές τα κορμοτεμάχια οδηγούνται στους αποφλοιωτές με σκοπό να απομακρυνθεί εξωτερικά ο φλοιός. Ο φλοιός που παράγεται καίγεται για την παραγωγή ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται στα επόμενα στάδια παραγωγής (ξήρανσης και θερμής συμπίεσης).

Ακολούθως, τα κορμοτεμάχια οδηγούνται στο σπαστήρα όπου με τη βοήθεια μεγάλων περιστρεφόμενων μαχαιριών παράγονται υγρά ξυλοτεμαχίδια (strands). Στα παραγόμενα ξυλοτεμαχίδια η κατεύθυνση των ινών του ξύλου είναι κατά τη διάσταση του μήκους τους, διότι κόβονται κατά την αξονική κατεύθυνση των κορμοτεμαχίων. Διαθέτουν πάχος 0,4-0,7mm, πλάτος 1,5 - 2,5cm και μήκος άνω των 7,5cm. Τα υγρά ξυλοτεμαχίδια ακολούθως αποθηκεύονται σε σιλό πριν κατεργαστούν περαιτέρω. Από τα σιλό τα υγρά ξυλοτεμαχίδια μεταφέρονται αυτόματα για ξήρανση σε ειδικούς θαλάμους, όπου με τη βοήθεια ρεύματος θερμού αέρα ξηραίνονται. Κατόπιν τα ξυλοτεμαχίδια διαχωρίζονται (κοσκινίζονται) για να απομακρυνθούν τα σπασμένα και μικρών διαστάσεων Τα ελλειμματικά ξυλοτεμαχίδια χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη για παραγωγή ενέργειας.

Εικόνα 2-11: Στάδια παραγωγής OSB



Ακολουθεί το στάδιο της ανάμιξης (ψεκασμού) των ξυλοτεμαχιδίων με ρητίνες. Η διάστρωση των αναμεμιγμένων με ρητίνη (κολλαρισμένων) ξυλοτεμαχιδίων γίνεται σε ειδικούς μετακινούμενους ιμάντες και με συγκεκριμένο προσανατολισμό, ανάλογα με τον αριθμό των στρώσεων του προϊόντος. Όπως αναφέρθηκε η διάστρωση των ξυλοτεμαχιδίων πραγματοποιείται σε κινούμενο ιμάντα, από όπου και οδηγείται το στρωματωμένο υλικό στη θερμή πρέσα και συμπιέζεται.

Μετά από το στάδιο της θερμής συμπίεσης οι ξυλοπλάκες OSB κόβονται σε τελικές διαστάσεις και κλιματίζονται για τουλάχιστον 2 ημέρες με σκοπό να πολυμεριστούν πλήρως οι ρητίνες και να εκλυθούν σε μεγάλο ποσοστό οι πτητικές ουσίες.

### 2.4.3 Μηχανικές ιδιότητες

Όλες σχεδόν οι μηχανικές ιδιότητες των μοριοπλακών επηρεάζονται από την πυκνότητα και το ποσοστό της χρησιμοποιούμενης κόλλας. Όταν αυξάνονται αυτοί οι παράγοντες αυξάνονται ανάλογα οι μηχανικές ιδιότητες αλλά και το κόστος παραγωγής. Στόχος συνεπώς της παραγωγικής διαδικασίας είναι η επίτευξη των επιθυμητών ιδιοτήτων με τη μικρότερη δυνατή πυκνότητα και ποσότητα κόλλας. Επιπλέον και άλλοι τεχνολογικοί παράγοντες επηρεάζουν σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες, όπως

- η γεωμετρία των ξυλοτεμαχιδίων,
- η περιεχόμενη υγρασία,
- ο κύκλος πίεσης κλπ.

Οι ξυλοπλάκες OSB βάσει προδιαγραφών (EN 300/1997) χωρίζονται στις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες (Πίν. 1) ανάλογα με τη χρήση τους: OSB1, OSB2, OSB3, και OSB4.

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση OSB με βάση τη χρήση τους

Κατηγορία OSB	Εφαρμογή
OSB1	Γενικές χρήσεις επίπλων και άλλων κατασκευών σε ξηρούς χώρους
OSB2	Κατασκευές ανθεκτικές σε υψηλές φορτίσεις σε ξηρούς χώρους
OSB3	Κατασκευές ανθεκτικές σε υγρούς χώρους
OSB4	Κατασκευές ανθεκτικές σε υψηλές φορτίσεις σε υγρούς χώρους

Στον Πίν. 2 παρουσιάζονται οι ελάχιστες τιμές ιδιοτήτων που πρέπει να πληρούν οι ξυλοπλάκες OSB βάσει της προδιαγραφής EN 300/1997.

Πίνακας 3: Ελάχιστες τιμές μηχανικών και υδροσκοπικών ιδιοτήτων OSB σύμφωνα με τον EN300/1997

Ιδιότητα		Κατηγορία OSB			
		OSB 1	OSB 2	OSB 3	OSB 4
Αντοχή σε κάμψη (N/mm <sup>2</sup> )	Μέτρο θραύσης I*	18	20	20	28
	Μέτρο θραύσης II**	9	10	10	15
	Μέτρο ελαστικότητας I	2.500	3.500	3.500	4.800
	Μέτρο ελαστικότητας II	1.200	1.400	1.400	1.900
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N/mm <sup>2</sup> )		0,28	0,32	0,32	0,45
Κατά πάχος διόγκωση (%) σε νερό μετά από 24h		25	20	15	12
Αντοχή σε κάμψη (MOB) μετά από κυκλικό γέμισμα (N/mm <sup>2</sup> )		-	-	8	14
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από κυκλικό γέμισμα (N/mm <sup>2</sup> )		-	-	0,15	0,17
Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μετά από βροσμό (N/mm <sup>2</sup> )		-	-	0,13	0,15

\*: παράλληλα προς την κατεύθυνση των ξυλοτεμαχιδίων των επηρεαζομένων στρώσεων.

\*\* : κάθετα προς την κατεύθυνση των ξυλοτεμαχιδίων των επηρεαζομένων στρώσεων.

### 2.4.4 Επιλογή υλικού επικάλυψης

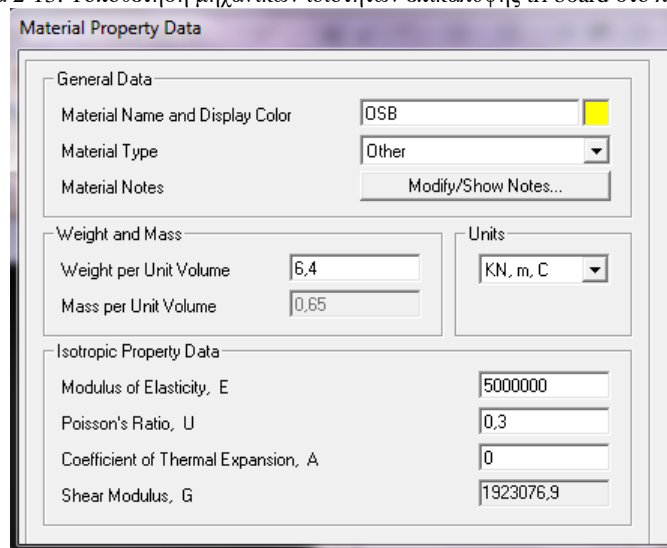
Το υλικό **OSB** χρησιμοποιήθηκε για την εξωτερική επένδυση της κατασκευής. Εν γένει οι εν λόγω ξυλόπλακες διαθέτουν διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες κατά τις τρεις διευθύνσεις και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως το πάχος και το υλικό του στοιχείου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θεωρήθηκε ότι οι ξυλόπλακες ενισχύονται επιφανειακά με λεπτή στρώση MDF πάχους 5 mm (**σύνθετο υλικό tri board**), και το υλικό θεωρήθηκε ισότροπο, γραμμικώς ελαστικό μέσο.

Εικόνα 2-12: Δομικές ξυλόπλακες tri board



Οι ιδιότητες του σύνθετου υλικού ανάχθηκαν σε αυτές του **OSB** και επιλέχθηκαν σύμφωνα με τον πίνακα και παρουσιάζονται παρακάτω .

Εικόνα 2-13: Τοποθέτηση μηχανικών ιδιοτήτων επικάλυψης tri board στο λογισμικό



Material Property Data	
General Data	
Material Name and Display Color	OSB
Material Type	Other
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	6.4
Mass per Unit Volume	0.65
Units	
	KN, m, C
Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	5000000
Poisson's Ratio, U	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	0
Shear Modulus, G	1923076.9

#### 2.4.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα O.S.B

Η τεχνολογία της παράλληλης στρωμάτωσης των ξυλοτεμαχιδίων προσδίδει στις Ξυλοπλάκες OSB πλεονεκτήματα έναντι των μορισανίδων. Συγκεκριμένα, οι ξυλοπλάκες OSB παρουσιάζουν

- μεγαλύτερη αντοχή σε κάμψη,
- μεγαλύτερη διαστασιακή σταθερότητα,
- περιορισμένη διόγκωση και
- μεγαλύτερη αντοχή στην υγρασία.

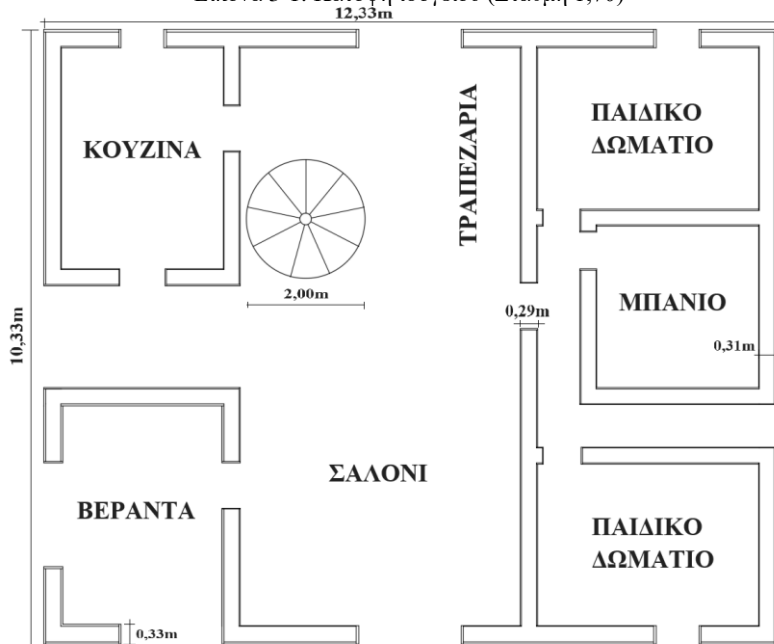
Ωστόσο, η παράλληλη στρωμάτωση των ξυλοτεμαχιδίων στις ξυλοπλάκες OSB, δημιουργεί "επίπεδα αδυναμίας", ειδικά σε ό,τι αφορά την αντοχή σε σχίση παράλληλα προς την κατεύθυνση ευθυγράμμισης. Επιπρόσθετα, όταν χρησιμοποιείται πεύκη ως πρώτη ύλη, και οι ξυλόπλακες αποθηκεύονται σε μη αεριζόμενο χώρο παρατηρείται δυσάρεστη οσμή.

### 3 Προσομοίωση κατασκευής

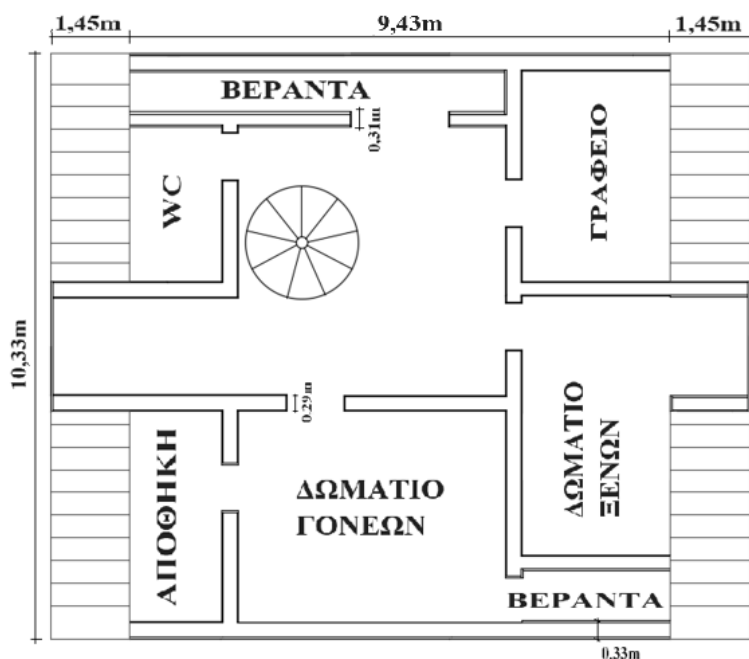
#### 3.1 Γεωμετρία φορέα

Η κατασκευή που μελετήθηκε δεν αναφέρεται σε υπάρχον κτίριο. Πρόκειται για θεωρητική κατασκευή η οποία σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της ανάλυσης. Η χρήση για την οποία προορίζεται η κατασκευή είναι ως κύρια κατοικία χωρίς να αποκλείονται άλλες χρήσεις με κατάλληλες επεμβάσεις (π.χ. καταφύγιο, ξενώνας κ.α.). Η κατασκευή προορίζεται για ορεινές περιοχές οι οποίες πλήττονται από φορτία χιονιού. Η περιοχή στην οποία προορίζεται να κατασκευαστεί το κτίριο βρίσκεται στα ορεινά της Ηπείρου.

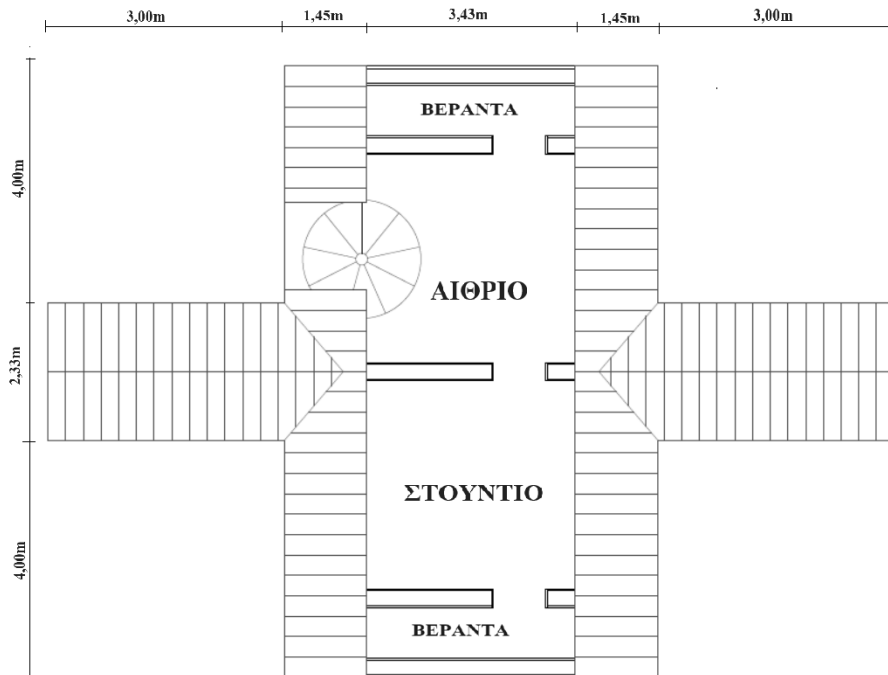
Εικόνα 3-1: Κάτοψη ισογείου (Στάθμη 1,70)



Εικόνα 3-2: Κάτοψη 1<sup>ου</sup> ορόφου (Στάθμη 1,70)

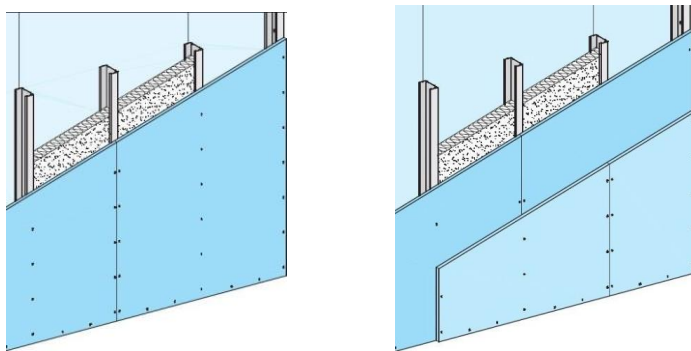


Εικόνα 3-3 : Κάτοψη 2<sup>ου</sup> ορόφου (Στάθμη 1,70 m)



Η εσωτερική επένδυση της κατασκευής προβλέπεται να υλοποιηθεί με γυψοσανίδα που θα καλύψει το σύνολο της επιφάνειας των εσωτερικών τοιγίων και του ταβανιού. Η γυψοσανίδα μπορεί να τοποθετηθεί σε μία, δύο ή τρεις στρώσεις ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε κατασκευής και συνδέεται με το μεταλλικό σκελετό με μεταλλικά μέσα σύνδεσης .

Εικόνα 3-4: Τοποθέτηση γυψοσανίδας σε μονή και διπλή στρώση επί μεταλλικού σκελετού



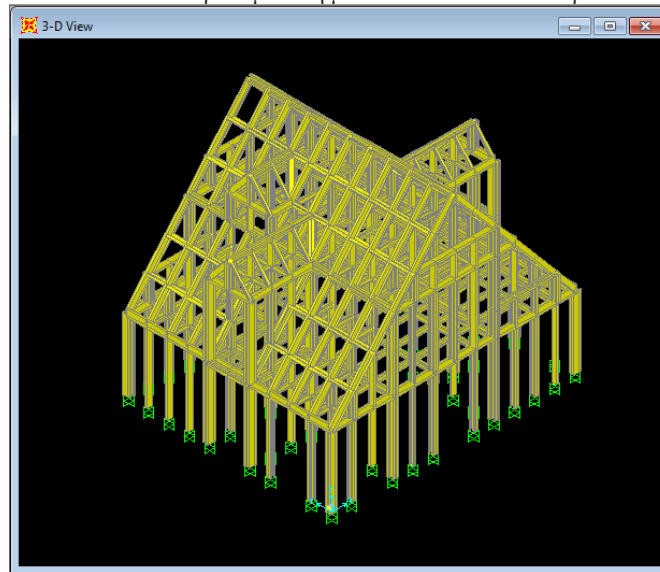
### 3.2 Παρουσίαση βασικού μοντέλου προσομοίωσης

Όπως αναφέρθηκε στον πρόλογο, αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής αποτέλεσε η διαστασιολόγηση, η μελέτη και η σύγκριση μεταλλικής κατασκευής κατοικίας με φέροντα οργανισμό από διατομές ψυχρής έλασης ,θεωρώντας δύο διαφορετικούς τρόπους ανάληψης των οριζόντιων φορτίων. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα προσομοίωσης της κατασκευής τα οποία αναλύονται παρακάτω.

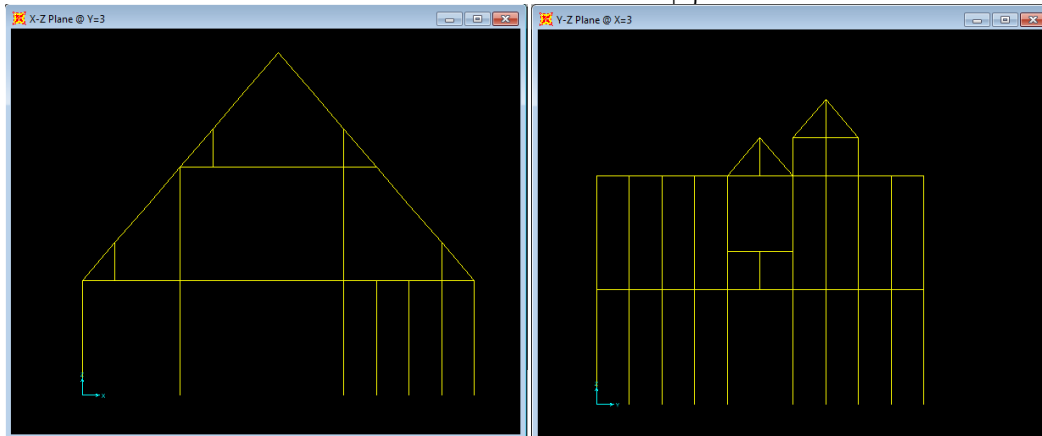
Για την προσομοίωση και την ανάλυση του φορέα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό *sap2000 V14*.



Εικόνα 3-5: Προσομοίωση μεταλλικού σκελετού κτιρίου

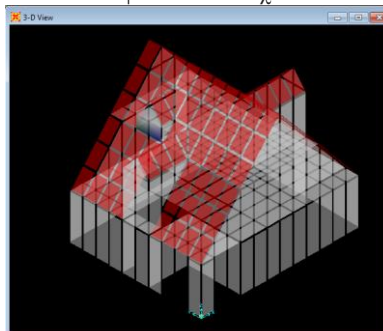


Εικόνα 3-6: Τυπικό πλαίσιο φορέα



Τα φορτία επί της κατασκευή προβλέπεται να μεταφερθούν στο μεταλλικό σκελετό μέσω επιφανειακών στοιχείων και στις δύο περιπτώσεις .

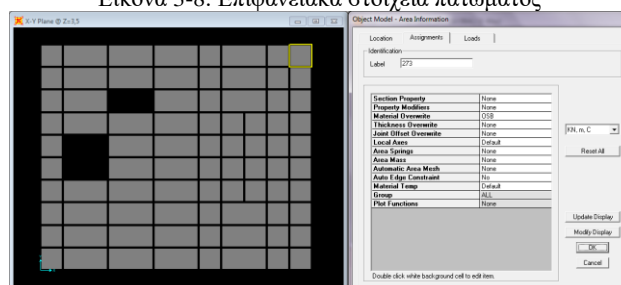
Εικόνα 3-7: Επιφανειακά στοιχεία κατασκευής



Η κατασκευή προβλέπεται να εδραστεί σε πλάκα σκυροδέματος, και τα υποστυλώματα του ισογείου πρόκειται να πακτωθούν πάνω σε αυτήν.

Οι όροφοι θα φιλοξενήσουν πάτωμα μέσω του οποίου θα εξασφαλιστεί η διαφραγματική τους λειτουργία. Κατά την διαδικασία της προσομοίωσης το πάτωμα μεταφέρει τα φορτία επί των δοκών χωρίς να διαθέτει μάζα.

Εικόνα 3-8: Επιφανειακά στοιχεία πατώματος

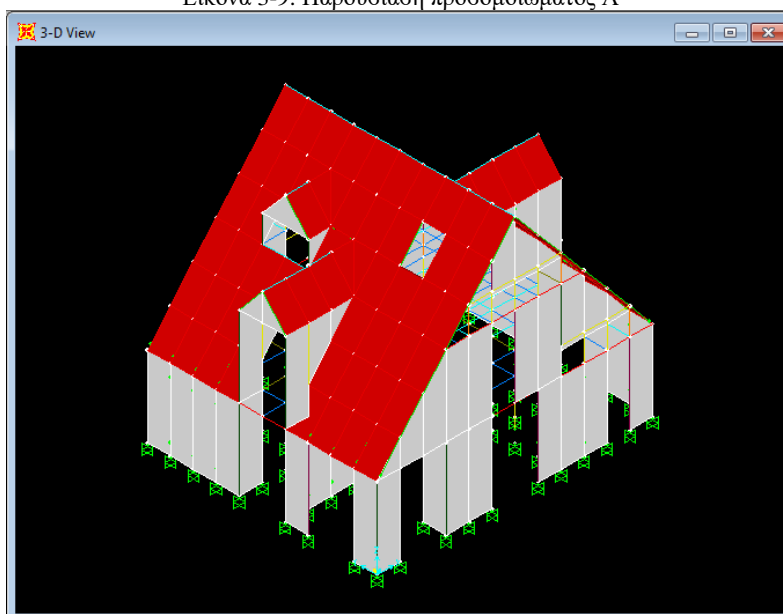


Τα πλαίσια θεωρήθηκε ότι μπορούν να αναλάβουν ροπές (αμφίπακτα υποστυλώματα).. Οι κόμβοι του μεταλλικού σκελετού προβλέπεται να υλοποιηθούν με κοχλιωτές συνδέσεις συνέχειας. Τέλος η μόνωση των εξωτερικών τοιχίων προτείνεται να υλοποιηθεί είτε με πολύ-ουρεθάνη είτε με εναλλακτικούς τρόπους όπως το μαλλί προβάτου και άλλα.

### 3.3 Παρουσίαση προσομοιώματος 1

Η προσομοίωση του πρώτου μοντέλου έγινε θεωρώντας ότι στην ανάλυση της κατασκευής οι ξυλόπλακες tri board συνεισφέρουν στην ανάληψη των οριζόντιων δράσεων και διαθέτουν μάζα. Στις περιοχές όπου προβλέπεται να τοποθετηθούν κουφώματα οι πλάκες δεν συνεισφέρουν στην δυσκαμψία της κατασκευής και μεταφέρουν τα φορτία ανέμου στον σκελετό.

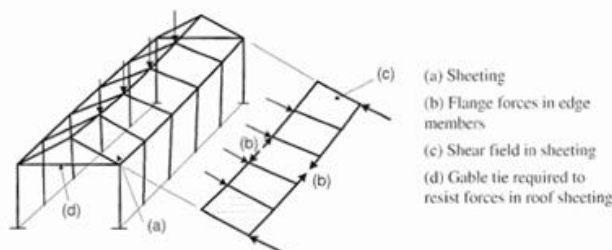
Εικόνα 3-9: Παρουσίαση προσομοιώματος A



Οι πλάκες προσομοιάστηκαν με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία διαστάσεων  $0,5*0,5 \text{ m}^2$  τα οποία καλύπτουν το σύνολο της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής. Τα πάνελς πρόκειται να καρφωθούν-βιδωθούν στο μεταλλικό σκελετό της κατασκευής εξασφαλίζοντας πλαισιακή λειτουργία του δομήματος. Η πλαισιακή

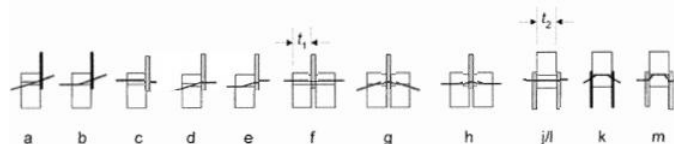
λειτουργία εν γένει επηρεάζει το στατικό προσομοίωμα και κατ' επέκταση τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Εικόνα 3-10: Πλαισιακή λειτουργία σε δίκλινη στέγη (EN1993-1-3)  
BS EN 1993-1-3:2006  
EN 1993-1-3: 2006 (E)



Σημειώνεται ότι οι ξυλόπλακες επικάλυψης tri board δεν χρήζουν ελέγχου έναντι φορτίων παράλληλων στην διαμήκη διεύθυνσή τους. Κρίσιμο μηχανισμό αστοχίας αποτελεί αυτός της αστοχίας τύπου βλήτρου, κατά την οποία τα μέσα σύνδεσης είτε σπάζουν είτε αποκολούνται από τον μεταλλικό σκελετό με αποτέλεσμα την αναίρεση της πλαισιακής λειτουργίας.

Εικόνα 3-11: Μηχανισμοί αστοχίας τύπου βλήτρου σύμφωνα με τον EN1995



### 3.3.1 Μέθοδος γραμμικής ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων

Κατά την μέθοδο ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία (Finite Elements Method) ένα συνεχές γραμμικός ελαστικό, ισότροπο μέσο τυχαίου σχήματος, διακριτοποιείται σε απλά γεωμετρικά σχήματα τα οποία υπακούουν στο γενικευμένο νόμο του Hooke. Έτσι δημιουργείται ένα σύστημα  $n$  γραμμικών εξισώσεων με  $n$  αγνώστους το οποίο είναι επιλύσιμο. Οι σταθερές που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς ευρίσκονται μέσω των συνοριακών συνθηκών στα άκρα των στοιχείων στα οποία υπάρχει συνέχεια του υλικού.

Η μέθοδος αυτή έχει γνωρίσει μεγάλη άνθιση τα τελευταία χρόνια σε πολλούς τομείς της επιστήμης, όπως στην αυτοκινητοβιομηχανία, στην (αερο)ναυπηγική, σε επιστήμες που ασχολούνται με προβλήματα ροής (θερμική, υπόγεια ή επιφανειακή ροή ύδατος κ.α.), σε εδαφικές αναλύσεις και σε άλλους τομείς. Καθοριστικό παράγοντα της ευρείας χρήσης την εν λόγω μεθόδου αποτέλεσε η ραγδαία εξέλιξη του H/Y, ο οποίος μπορεί να πραγματοποιήσει τον μεγάλο αριθμό πράξεων τον οποίο απαιτεί η εν λόγω μέθοδος σε ελάχιστο χρόνο.

### 3.3.2 Σχέσεις τάσεων – παραμορφώσεων

Για γραμμικώς ελαστικά, ισότροπα υλικά οι τάσεις και οι παραμορφώσεις ενός στοιχειώδους κύβου συνδέονται άμεσα μεταξύ τους με τον γενικευμένο νόμο του Hooke σύμφωνα με το σύστημα των παρακάτω έξι εξισώσεων :

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_z}{E} \qquad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

$$\varepsilon_y = -\nu \frac{\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_z}{E} \qquad \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}$$

$$\varepsilon_z = -\nu \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E} + \frac{\sigma_z}{E} \qquad \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G}$$

όπου E είναι το μέτρο ελαστικότητας του υλικού, ν ο λόγος του Poisson και G το μέτρο διάτμησης του υλικού που δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$G = E / (2\nu + 2)$$

Οι παραπάνω σχέσεις μπορούν να επιλυθούν και ως προς τις τάσεις σύμφωνα με την παρακάτω μητρωϊκή σχέση

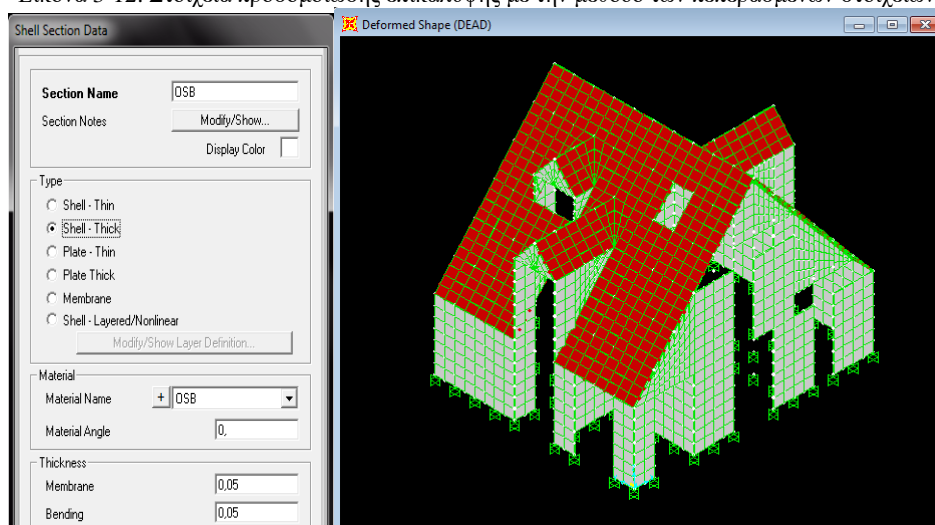
$$\sigma^T = C \varepsilon^T \quad \text{όπου}$$

$$C = \frac{E}{(\nu + 1)(1 - 2\nu)} \begin{pmatrix} 1 - \nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1 - \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1 - \nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}(1 - 2\nu) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}(1 - 2\nu) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}(1 - 2\nu) \end{pmatrix}$$

### 3.3.3 Προσομοίωση επικάλυψης με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων

Οι πλάκες προσομοιάστηκαν με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία διαστάσεων 0,5\*0,5 m<sup>2</sup> τα οποία καλύπτουν το σύνολο της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής. Τα επιφανειακά στοιχεία της επικάλυψης θεωρήθηκε ότι διαθέτουν συνολικό πάχος 0,05m και προσομοιάστηκαν ως κελύφη με σχετικά μεγάλο πάχος

Εικόνα 3-12: Στοιχεία προσομοίωσης επικάλυψης με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων



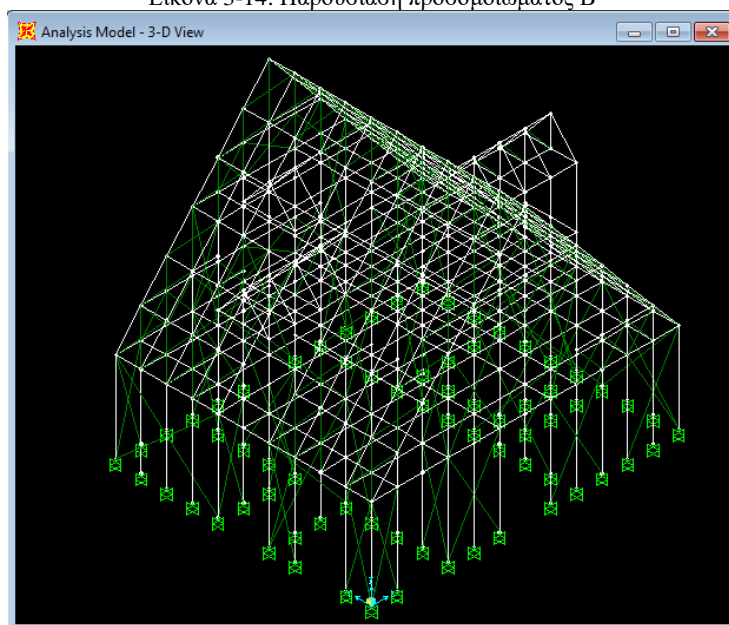
### 3.4 Παρουσίαση προσομοιώματος 2

Στην δεύτερη περίπτωση, η προσομοίωση της κατασκευής έγινε θεωρώντας ότι οι οριζόντιες δράσεις θα παραληφθούν από συνδέσμους δυσκαμψίας και η συνεισφορά της επικάλυψης αγνοήθηκε. Οι σύνδεσμοι προβλέπεται να υλοποιηθούν με λάμες έτσι ώστε να μην απαιτηθεί η διάνοιξη οπών στα υποστυλώματα

Εικόνα 3-13: Χιαστί σύνδεσμοι επί μεταλλικού σκελετού με εξωτερική επένδυση



Εικόνα 3-14: Παρουσίαση προσομοιώματος B



 : επιπλέον μεταλλικός σκελετός που απαιτήθηκε

### 3.5 Δράσεις επί των κατασκευών

Η ανάλυση μιας κατασκευής αποσκοπεί στην επαρκή διαστασιολόγηση των διαφόρων συστατικών μερών της, ώστε να αντέχουν σε οποιονδήποτε συνδυασμό εξωτερικών φορτίων καθ' όλη την αναμενόμενη "διάρκεια ζωής" της. Οι κυρίαρχες μεταβλητές που καθορίζουν τόσο την ποιοτική όσο και την ποσοτική εκτίμηση των εξωτερικών δράσεων είναι η θέση, η χρήση και η μορφή του έργου.

Η θέση περιλαμβάνει το σύνολο των καιρικών φαινομένων (άνεμο, χιόνι, θερμοκρασιακές μεταβολές κ.τ.λ) στα οποία πρόκειται να υποβληθεί το σχεδιαζόμενο έργο, καθώς και τις ιδιαίτερες εδαφολογικές συνθήκες στις οποίες πρόκειται να θεμελιωθεί. Ειδικές πληροφορίες και πίνακες για τα ιδιαίτερα

γεωμορφολογικά ,κλιματολογικά και άλλα χαρακτηριστικά κάθε χώρας παρέχονται σε ειδικά παραρτήματα και εθνικά προσαρτήματα που συνοδεύουν τους EC.

Η χρήση για την οποία προορίζεται μία κατασκευή καθορίζει άμεσα τόσο τις τιμές των δράσεων σχεδιασμού όσο και τον αναμενόμενο χρόνο ζωής της .Στο παράρτημα του EC1 δίνονται οι αναμενόμενες διάρκειες ζωής ανάλογα με το είδος της κατασκευής οι οποίες υπεισέρχονται στους υπολογισμούς ελέγχων που συνδέονται με τον χρόνο (π.χ. έλεγχος κόπωσης):

Πίνακας 4: Αναμενόμενη διάρκεια ζωής τεχνικών έργων

Κατηγορία Διάρκειας Ζωής Σχεδιασμού	Ενδεικτική διάρκεια ζωής σχεδιασμού (χρόνια)	Παράδειγματα
1	10	Προσωρινές Κατασκευές <sup>(1)</sup>
2	25	Δομικά στοιχεία τα οποία μπορούν να αντικατασταθούν π.χ. εφάρανα
3	25	Αγροτικές και παρεμφερείς κατασκευές
4	50	Κτίρια και παρεμφερή
5	100	Μνημειακά κτήρια, γέφυρες και άλλα τεχνικά έργα

(1) Οι φορείς και τα δομικά στοιχεία τα οποία μπορούν να αποσυρμολογηθούν εν όψει επανα-χρησιμοποίησής τους δεν θα πρέπει να θεωρούνται προσωρινά.

Η κατασκευή που μελετάται κατατάχθηκε στην κατηγορία 4 (κτίρια και παρεμφερή) και έχει αναμενόμενο χρόνο ζωής **50 έτη**.

### 3.6 Μόνιμες δράσεις (G)

Με τον όρο μόνιμες αναφερόμαστε στο σύνολο δράσεων οι τιμές των οποίων δεν μεταβάλλονται ουσιαστικά με το χρόνο για μία συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς . Οι δράσεις αυτές αναφέρονται ως επί το πλείστον στα ίδια βάρη των φέροντων και μη στοιχείων της κατασκευής, όπως οι τοιχοπληρώσεις, οι ψευδοροφές ,επιστρώσεις και μονώσεις δαπέδων, ηλεκτρικά και υδραυλικά δίκτυα κ.τ.λ. Υπολογίζονται με βάση τους αντίστοιχους πίνακες πυκνοτήτων που βρίσκονται στον EN1991-1-1 η στους πίνακες των κατασκευαστών . Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι δεν αντιμετωπίζονται σε όλες τις περιπτώσεις τα ίδια βάρη των στοιχείων της κατασκευής ως μόνιμες δράσεις. Τέτοια περίπτωση αποτελούν τα κινητά διαχωριστικά τοιχία, τα οποία λαμβάνονται ως μεταβλητές δράσεις στην εκάστοτε ανάλυση.

Άλλες δράσεις οι οποίες αντιμετωπίζονται στην εκάστοτε ανάλυση ως μόνιμες , πέραν του ίδιου βάρους , είναι οι έμμεσες δράσεις της συστολής ξηράνσεως του σκυροδέματος ,οι διαφορικές καθιζήσεις, οι επιστρώσεις, καθώς και ο σταθερός H/M εξοπλισμός.

#### 3.6.1 Ίδια βάρη κατασκευής

Το λογισμικό λαμβάνει υπ' όψη τα ίδια βάρη της κατασκευής από το προφίλ της διατομής και τα ειδικά βάρη των υλικών.

Ίδιο βάρος χάλυβα :  $\gamma_{steel}=78,5 \text{ kN/m}^3$

Ίδιο βάρος OSB :  $\gamma_{OSB} = 6,4 \text{ kN/m}^3$

Ίδιο βάρος πατώματος :  $\gamma_{\text{πατ}}=5 \text{ kN/m}^3$

Τα πάνελς έχουν πάχος 5cm , οπότε

$-g_{0,\text{pan}}=0,05*6,5= 0,32 \text{ kN/m}^2$  κατά την διεύθυνση της βαρύτητας .

### 3.6.2 Πρόσθετα μόνιμα φορτία

#### Στέγη

Πλαστικά κεραμίδια :  $g'_{\text{κερ}}=0,045 \text{ kN/m}^2$

Θερμομόνωση –Υγρομόνωση: $g'_{\text{θ-Υ}}=0,05 \text{ kN/m}^2$

Γυψοσανίδα :  $g'_{\text{γυψ}}=0,097 \text{ kN/m}^2$

Συνολικό πρόσθετο μόνιμο φορτίο στέγης :  $g'_{\text{στέγης}}=0,2 \text{ kN/m}^2$

#### Πάτωμα

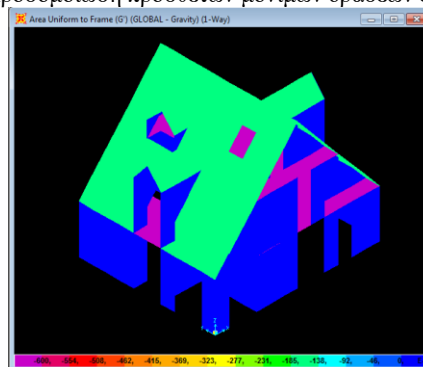
Γυψοσανίδα :  $g'_{\text{γυψ}}=0,097 \text{ kN/m}^2$

Ίδιο βάρος πατώματος :  $\gamma_{\text{πατ}}=5 \text{ kN/m}^3$

Για πάχος 10cm:  $g_{\text{πατ}}=0,5 \text{ kN/m}^2$

Συνολικό πρόσθετο μόνιμο φορτίο πατώματος :  $g'_{\text{πατ}}=0,6 \text{ kN/m}^2$

Εικόνα 3-15: Προσομοίωση πρόσθετων μόνιμων δράσεων επί της κατασκευής



### 3.7 Επιβαλλόμενες ( Μεταβλητές) Δράσεις

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται όλες οι δράσεις, στις οποίες πρόκειται να υποβληθεί η εκάστοτε κατασκευή και δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων ούτε την ακριβή θέση τους ούτε την έντασή τους .Είδη τέτοιων δράσεων αποτελούν η κίνηση οχημάτων, έπιπλα ,γερανογέφυρες , από την παρουσία ανθρώπων, φορτία που προέρχονται από αποθηκευτικά προϊόντα κ.α. Από πιθανοτική άποψη κατατάσσονται στην κατηγορία των στοχαστικών μεταβλητών. Ωστόσο για πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιείται η χαρακτηριστική τιμή των μεταβλητών τους και γενικά θεωρούνται στατικές επί των κατασκευών . Εξάιρεση αποτελούν φορτίσεις που αναφέρονται σε φαινόμενα συντονισμού, οπότε απαιτείται δυναμική αντιμετώπιση των μεταβλητών .

Η χωρική κατανομή των μεταβαλλόμενων δράσεων ,αποσκοπεί στην εύρεση των δυσμενέστερων εντατικών μεγεθών κάθε μέλους της κατασκευής ,με σκοπό την επαρκεί διαστασιολόγηση του . Η ταυτόχρονη και καθολική επιβολή όλων των μεταβαλλόμενων δράσεων δεν αποτελεί πάντοτε την δυσμενέστερη κατάσταση για κάθε δομικό μέλος της κατασκευής . Αλλωστε θεωρείται απίθανο ενδεχόμενο όλες οι μεταβλητές να εμφανιστούν ταυτόχρονα με τις ακραίες χαρακτηριστικές τιμές τους..

Στον EN1991 παρέχονται πίνακες οι οποίοι καθορίζουν τις χαρακτηριστικές τιμές των μεταβαλλόμενων δράσεων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις αναλύσεις τεχνικών έργων και κατασκευών. Στον πίνακα φαίνεται η διάκριση των κτιριακών έργων με βάση τη χρήση τους.

Πίνακας 5: Κατηγοριοποίηση τεχνικών έργων με βάση τη χρήση τους

Κατηγορία	Συγκεκριμένη Χρήση	Παράδειγμα
<b>A</b>	Χώροι διαμονής	Δομήματα σε κτήρια κατοικιών και σπίτια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υπνοδομήματα σε ξενοδοχεία και ξενώνες, κουζίνες και τουαλέτες.
<b>B</b>	Χώροι γραφείων	
<b>C</b>	Χώροι στους οποίους οι άνθρωποι μπορεί να συντηρηθούν (με εξαίρεση τους χώρους που κατατάσσονται στις κατηγορίες Α,Β. και D <sup>1)</sup> )	C1: Χώροι με τραπεζία κ.λπ. Π.χ. σχολικοί χώροι, νηπιαγωγεία, καφενεία, εστιατόρια, αίθουσες φαγητού, αναγνώστρια, χώροι υποδοχής. C2: Χώροι με σταθερά καθίσματα. Π.χ. χώροι σε εκκλησίες, θέατρα ή κινηματογράφους, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες ομιλίας, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώροι αναμονής, χώροι αναμονής σε αεροδρόμια, σταθμούς. C3: Χώροι χωρίς εμπόδια στη διακίνηση του κοινού, π.χ. χώροι σε μουσεία, εκθεσιακοί χώροι, κ.λπ. και χώροι πρόσβασης σε δημόσια και διοικητικά κτήρια, ξενοδοχεία και νοσοκομεία. Προαίλια αεροδρόμιων σταθμών. C4: Χώροι για πλανές σωματικές δραστηριότητες, π.χ. αίθουσες χορού, αίθουσες γυμναστικής και θεατρικές σκηνές. C5: Χώροι προσβάσιμοι από μεγάλη πλῆθη, π.χ. για δημόσιες εκδηλώσεις όπως αίθουσες συναυλιών, κλειστά γήπεδα, εξώδρες γηπέδων, εξώστες και χώροι πρόσβασης, πλατφόρμες αεροδρόμιων.
<b>D</b>	Χώροι με εμπορικά καταστήματα	D1: Χώροι σε καταστήματα λιανικής πώλησης γενικά D2: Χώροι σε πολυκαταστήματα

<sup>1)</sup> Εφαρμόζεται η προσοχή στο 6.3.1.1(2), και συγκεκριμένα για το C4 και C5. Βλέπε EN 1990 στην περίπτωση που πρέπει να εξετασθούν οι δυναμικές επιδράσεις. Για την Κατηγορία Ε, βλέπε πίνακα 6.3  
ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 Βλέπε 6.3.2 για αποθήκευση ή βιομηχανικές δραστηριότητες.

Τα επιβαλλόμενα φορτία με βάση τη κατηγορία χρήσης τους καθορίζονται στο εθνικό προσαρτήματος EN 1991-1-1. Για κτιριακά έργα παρέχεται ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 6: Προτεινόμενες τιμές κινητών δράσεων επί των επιφανειών με βάση τη χρήση τους

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>k</sub> [kN]
<b>Κατηγορία Α και Κατηγορία Β</b>		
- Δάπεδα	2,0	2,0
- Σκάλες	3,5	2,0
- Μπαλκόνια	5,0	3,0
<b>Κατηγορία C</b>		
- C1	3,0	3,0
- C2	5,0	4,0
- C3	5,0	4,0
- C4	5,0	4,0
- C5	7,5	4,5
<b>Κατηγορία D</b>		
- D1	5,0	4,0
- D2	5,0	4,0

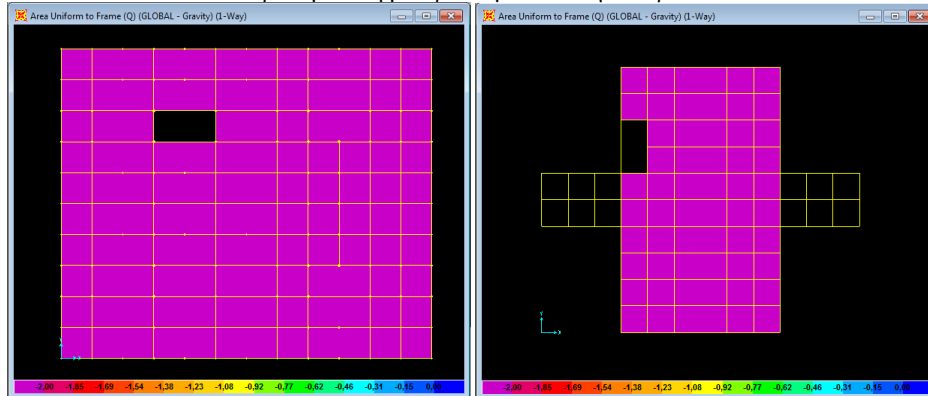
### 3.7.1 Προσομοίωση κινητών φορτίων δαπέδου

Σύμφωνα με τους πίνακα του ευρωκώδικα 1 η κατασκευή κατατάχθηκε στην κατηγορία Α και το κινητό φορτίο για δάπεδα προτείνεται συμφωνά με τον EN:

Κινητό φορτίο δαπέδου:  $q=2 \text{ kN /m}^2$



Εικόνα 3-16: Προσομοίωση μεταβαλλόμενων κινητών δράσεων στα δάπεδα



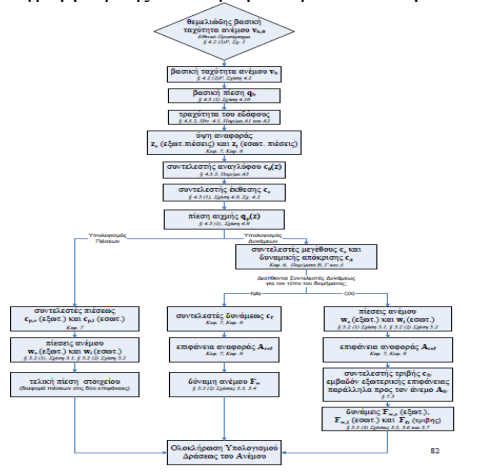
### 3.8 Δράσεις Ανέμου

Ο άνεμος γενικά κατατάσσεται στην κατηγορία των μεταβαλλόμενων δράσεων. Αποτελεί ένα χωρικό διάνυσμα το οποίο μεταβάλλεται τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Ωστόσο σε αναλύσεις συνήθων κτηριακών έργων θεωρείται ως ένα στατικό οριζόντιο επιφανειακό φορτίο το οποίο ασκείται στην εξωτερική επιφάνεια των κατασκευών, τα οποία με τη σειρά τους μεταφέρουν τα φορτία στον υπόλοιπο φέροντα οργανισμό. Η δυναμική επιρροή του ανέμου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κυρίως σε κατασκευές εύκαμπτες, όπου κινδυνεύουν άμεσα από ταλαντώσεις και φαινόμενα συντονισμού.

Ο αριθμητικός υπολογισμός της δράσης του ανέμου σε κατασκευές ανάγεται σύμφωνα με τον EC1 στον υπολογισμό της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου που μπορεί να εμφανιστεί στην εκάστοτε περιοχή μελέτης καθ' όλη την ονομαστική διάρκεια ζωής της καθώς και στους αντίστοιχους συντελεστές που περιγράφουν τα την κατανομή. Από την ταχύτητα σχεδιασμού υπολογίζεται στην συνέχεια η ασκούμενη πίεση ή δύναμη που αναλαμβάνουν τα μέλη της κατασκευής

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το διάγραμμα ροής του υπολογισμού των φορτίων ανέμου. Στα κτιριακά έργα συνήθως υπολογίζονται μεγέθη πιέσεων, διαδικασία που αναλύεται παρακάτω. Η μέθοδος των δυνάμεων κυρίως σε έργα των οποίων οι πιέσεις επί αυτών είναι δύσκολο έως αδύνατο να προσδιοριστούν επακριβώς, και δεν αναλύονται στο παρόν τεύχος

Εικόνα 3-17: Διάγραμμα ροής υπολογισμού δράσεων ανέμου επί των κατασκευών



### 3.9 Υπολογισμός δράσεων Ανέμου

#### 3.9.1 Εξωτερική και εσωτερική πίεση W

Η πίεση του ανέμου που δρα κάθετα στις επιφάνειες του κτιρίου τόσο εξωτερικά (e) όσο και εσωτερικά (i) δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$W_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

όπου

$q_p(z_i), q_p(z_e)$  : είναι οι εξωτερικές και εσωτερικές πιέσεις ταχύτητας αντίστοιχα

$z_e, z_i$  : είναι το ύψος αναφοράς για την εξωτερική και την εσωτερική πίεση αντίστοιχα

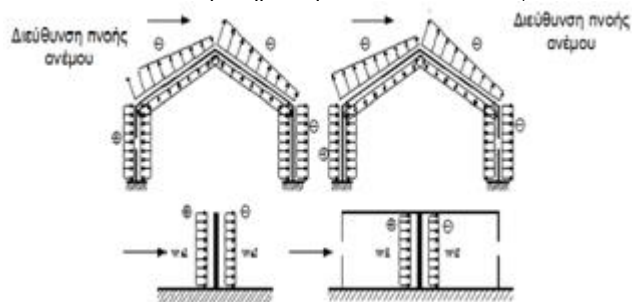
$c_p, c_{pi}$  : είναι οι συντελεστές για την εξωτερική και την εσωτερική πίεση αντίστοιχα

Η τελική πίεση W λαμβάνεται ως το διανυσματικό άθροισμα των δύο πιέσεων:

$$W = W_e + W_i$$

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες περιπτώσεις προσήμανσης για την εξωτερική και την εσωτερική πίεση

Εικόνα 3-18: Προσήμανση πιέσεων επί των επιφανειών



### 3.9.2 Πίεση ταχύτητας αιχμής $q_p(z)$ (ριπή)

Γενικά η πίεση ταχύτητας αιχμής σε ύψος  $z$  υπολογίζεται από την εξής σχέση;

$$q_p(z) = \{1 + 7 \cdot I_v\} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 / 2 = c_e(z) \cdot q_b \Leftrightarrow c_e(z) = q_p(z) / q_b$$

όπου

$\rho$  είναι η πυκνότητα του αέρα, η οποία δεν είναι εν γένει σταθερή ( $\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$ )

$I_v$  είναι η ένταση στροβιλισμού σε ύψος  $z$

$c_e(z)$  ο συντελεστής έκθεσης

$v_m(z)$  είναι η μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος  $z$  από το έδαφος και

$q_b$  είναι η βασική πίεση ανέμου

Στην εκάστοτε περίπτωση υπολογίζεται είτε η μέση ταχύτητα ανέμου και η ένταση στροβιλισμού σε ύψος  $z$ , είτε η βασική πίεση και υπολογίζεται μέσω κατάλληλων διαγραμμάτων ο συντελεστής έκθεσης. Και οι δύο τρόποι απαιτούν την γνώση της βασικής ταχύτητας.

### 3.9.3 Βασική ταχύτητα $v_b$

$v_b$  Είναι η βασική ταχύτητα ανέμου που ορίζεται ως συνάρτηση της διεύθυνσης του ανέμου και της εποχής του έτους, σε 10m ύψος πάνω από έδαφος κατηγορία II και υπολογίζεται από την εξής σχέση;

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0}$$

όπου

$C_{dir}$  είναι ο συντελεστής κατεύθυνσης του ανέμου ίσος με 1

$C_{season}$  είναι ο συντελεστής εποχής ίσος με 1

$v_{b,0}$  είναι η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας ανέμου, που αντιπροσωπεύει την χαρακτηριστική μέση ταχύτητα ανέμου 10 min ανεξάρτητα από την διεύθυνση των ανέμων και την εποχή του έτους, σε ύψος 10m από το έδαφος, σε έδαφος κατηγορίας II. Ο EC ορίζει δύο αριθμητικές τιμές για την χώρα μας για την βασική ταχύτητα  $v_{b,0}$  με βάση την τοποθεσία της κατασκευής. Οι τιμές αυτές είναι;

-33m/s για τα νησιά και για περιοχές έως 10km από την ακτή

-27m/s για την υπόλοιπη Ελλάδα

Παρατίθεται ο αντίστοιχος χάρτης του Εθνικού προσαρτήματος του EC1 για τον υπολογισμό της  $v_{b,0}$  στη χώρα μας.

Εικόνα 3-19: Χάρτης θεμελιώδους βασικής ταχύτητας ανέμου  $V_{b,0}$



**-υπολογισμός μέσης ταχύτητας ανέμου  $v_m(z)$**

Η είναι η μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος  $z$  από το έδαφος υπολογίζεται από την εξής σχέση;

$$V_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

Όπου;



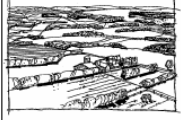
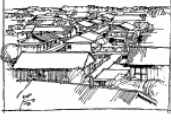

$v_b$  είναι η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας ανέμου,

$c_0(z)$  είναι ο συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης (συνήθως ίσος με 1) και

$c_r(z)$  είναι ο συντελεστής τραχύτητας του εδάφους.

Ο **συντελεστής τραχύτητας  $c_r(z)$**  περιγράφει την επιρροή που έχουν τα τυχόν εμπόδια (δέντρα, πολυκατοικίες κ. α.) στην τελική ταχύτητα πρόσπτωσης του ανέμου καθ' ύψος μιας κατασκευής. Ο αριθμητικός υπολογισμός του προϋποθέτει την κατάταξη του εδάφους σε μία από τις πέντε κατηγορίες σύμφωνα με τον EC ανάλογα με τις εδαφικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή μελέτης.

Εικόνα 3-20: Ταξινόμηση κατασκευών με βάση τις εδαφικές συνθήκες για τον υπολογισμό του συντελεστή  $c_r(z)$

	
<b>Κατηγορία εδάφους 0:</b> Θάλασσα, παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	<b>Κατηγορία εδάφους I:</b> Λίμνες ή περιοχή με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια
	
<b>Κατηγορία εδάφους II:</b> Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτήρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	<b>Κατηγορία εδάφους III:</b> Περιοχή με κανονική κάλυψη από βλάστηση ή από κτήρια ή από μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)
	
<b>Κατηγορία εδάφους IV:</b> Περιοχή στην οποία τουλάχιστον το 15 % της επιφάνειας καλύπτεται με κτήρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15 m	

Υπολογίζονται από τις επόμενες σχέσεις και αναφέρονται σε ύψος  $z$  από το έδαφος ;

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{για} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{για} \quad z \leq z_{\min}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

Όπου

- $z_0$  είναι το μήκος τραχύτητας, σύμφωνα με τον πίνακα
- $z_{0,II}$  είναι το μήκος τραχύτητας που αντιστοιχεί σε έδαφος κατηγορίας II
- $z_{\min}$  είναι το ελάχιστο μήκος τραχύτητας του πίνακα
- $z_{\max} = 200\text{m}$  σύμφωνα με τον κανονισμό

Πίνακας 7: Μήκη τραχύτητας εδάφους με βάση την αντίστοιχη κατηγορία τραχύτητας εδάφους

Κατηγορία εδάφους		$z_0$ (m)	$z_{\min}$ (m)
0	Θάλασσα ή παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	0,003	1
I	Λίμνες ή επίπεδες και οριζόντιες περιοχές με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια	0,01	1
II	Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτήρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	0,05	2
III	Περιοχή με κανονική κάλυψη βλάστησης ή με κτήρια ή με μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)	0,3	5
IV	Περιοχή όπου τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται με κτήρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15m.	1,0	10

Τέλος για τον υπολογισμό της τελικής εξωτερικής πίεσης μέσω της ταχύτητας απαιτείται η γνώση του **στροβιλισμού**  $I_v$  σε ύψος  $z$  που υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις ;

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z) \cdot c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{για} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{για} \quad z < z_{\min}$$

όπου για τις αποστάσεις ισχύουν τα προαναφερθέντα.

### 3.9.4 Υπολογισμός Βασικής Πίεσης $q_b$

Η βασική πίεση ανέμου σε ύψος  $z$  από το έδαφος υπολογίζεται από την εξής σχέση;

$$q_b = \rho \cdot V_m^2 / 2$$

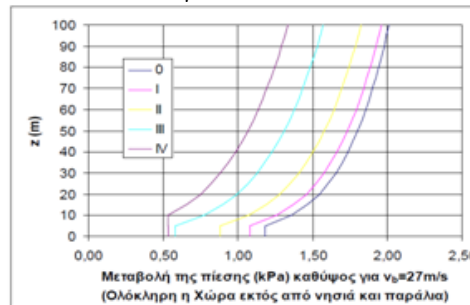
Όπου;

$V_m$  είναι η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας ανέμου και

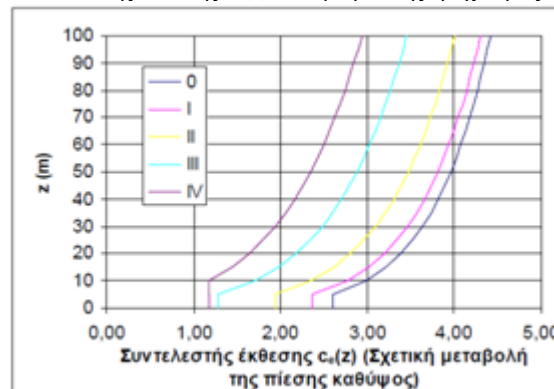
$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  είναι η πυκνότητα του αέρα

Γνωρίζοντας την βασική πίεση ανέμου καθώς και την κατηγορία εδάφους της κατασκευής μπορώ να υπολογίσω την τελική εξωτερική πίεση ,μέσω ειδικών διαγραμμάτων που δίνονται στο εθνικό προσάρτημα του EC1 ,όπου παρατίθενται παρακάτω και ισχύουν για συντελεστή τοπογραφικής διαμόρφωσης  $c_0(z)=1$  ,

Εικόνα 3-21: Μεταβολή της πίεσης αιχμής του ανέμου συναρτήσει του ύψους  $z$  και της ταχύτητας του εδάφους για  $v_b=27\text{m/s}$



Εικόνα 3-22 : Συντελεστής έκθεσης  $c_e(z)$  συναρτήσει της ταχύτητας και του ύψους  $z$



### 3.9.5 Ύψος αναφοράς σε ορθογωνικά κτίρια $z_e$

Για κτίρια με ορθογωνική κάτοψη διαστάσεων  $b \times d$  και ύψος  $h$ , το ύψος αναφοράς πίεσης  $z$  καθορίζεται από τον λόγο του ύψους προς το μήκος της εκάστοτε όψης του κτιρίου σύμφωνα με το παρακάτω κριτήριο ;

-  $h < b$

Η προσήνεμη πλευρά του κτιρίου απαρτίζεται από ένα τμήμα  $z_e = h$  το οποίο φορτίζεται με ομοιόμορφη πίεση  $q_p(h)$ .

-  $b < h < 2b$

Η προσήνεμη πλευρά του κτιρίου απαρτίζεται από δύο τμήματα  $z_{e,1} = 0-b$  και  $z_{e,2} = h-b$  τα οποία φορτίζονται με ομοιόμορφη πίεση καθ' ύψος του  $q_{p1}(b)$  και  $q_{p2}(h)$  αντίστοιχα .

-  $h > 2b$

Η προσήνεμη πλευρά του κτιρίου απαρτίζεται από τρία τμήματα  $z_{e,1} = 0-b$ ,  $z_{e,2} = h-2b$ ,  $z_{e,3} = z_{e,2} - b$  τα οποία φορτίζονται με ομοιόμορφη πίεση  $q_{p1}(b)$ ,  $\sum q_{p2}(z_{2,i})$  και  $q_{p3}(h)$  αντίστοιχα . Η δεύτερη αυξάνει γραμμικά από την τιμή  $q_p(b)$  έως  $q_{p3}(h-b)$  Για τον υπολογισμό τους χωρίζεται σε ισοϋψείς ζώνες  $i$  και τιμές πίεσης  $q_{p2}(z_{2,i})$ , όπου ως  $z_{2,i}$  λαμβάνεται η μέση στάθμη κάθε ζώνης  $i$ .

### 3.9.6 Αεροδυναμικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης $c_{pe}$

Είναι οι συντελεστές με τους οποίους πολλαπλασιάζονται οι τελικές τιμές των πιέσεων αιχμής ,ώστε να ληφθεί υπ' όψη στους υπολογισμούς η επιρροή του σχήματος της κατασκευής στην τελική δράση του ανέμου επί αυτής. Συνήθως έχει θετική προσήμανση για την προσήνεμη και αρνητική για την υπήνεμη πλευρά και εξαρτάται από το εμβαδόν πρόσπτωσης της επιφάνειας  $A$  σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις;

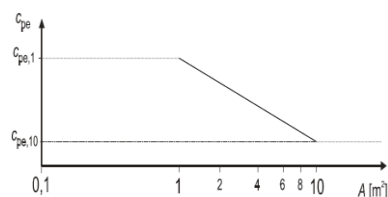
$c_{pe} = c_{pe,1}$  για  $A = 1m^2$

$c_{pe} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log A$  για  $1m^2 < A < 10m^2$

$c_{pe} = c_{pe,10}$  για  $A = 10m^2$

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολή του αεροδυναμικού συντελεστή  $c_{pe}$  συναρτήσει του εμβαδού πρόσπτωσης της επιφάνειας  $A$  σύμφωνα με τον EC.

Εικόνα 3-23: Αεροδυναμικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης  $c_{pe}$



### 3.9.7 Προσομοίωση δράσεων ανέμου

-Διαστάσεις κτιρίου

Υψος:  $h=10,5m$

Πλάτος:  $b=10m$

Μήκος:  $d=12m$

-Υψος αναφοράς κτηρίου  $z_e$

Η τοποθεσία της κατασκευής βρίσκεται στην ενδοχώρα και σε περιοχή με κανονική βλάστηση (κατηγορία τραχύτητας εδάφους III).

Για γωνία διεύθυνσης  $\theta=0^0$   $h=b=1$

Για γωνία διεύθυνσης  $\theta=90^0$   $h/b < 1$

Άρα και στις δύο περιπτώσεις:  $z_e=h=10m$

-Βασική ταχύτητα ανέμου:  $v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = v_b = v_{b,0} = 27m/sec^2$  (ενδοχώρα)

-Συντελεστής τραχύτητας:  $c_r(z): c_r(z_e) = 0,19 * (0,3/0,05)^{0,07} * \ln(10,5/0,3) = 0,762$

όπου για κατηγορία εδάφους III:

- $z_0 = 0,3m$

- $z_{0,II} = 0,05m$

- $z_{min} = 5m$

- $z_{max} = 200m$

-Συντελεστής τραχύτητας ανάγλυφου: Για επίπεδο έδαφος  $c_0(z_e)=1$

-Ταχύτητα αιχμής ανέμου:  $v_m = 0,762 * 1 * 27 = 20,644 m/s^2$

-Ένταση στροβιλισμού:  $I(z_e) = 1 / [(0,75 * \ln(10,5/0,3))] = 0,375$

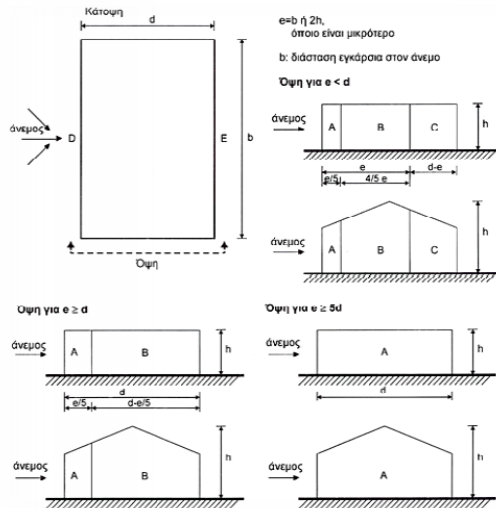
-Πίεση αιχμής ανέμου:  $q(z_e) = (1 + 7 * 0,375) * 0,000125 * 20,644^2 / 2 = 0,97kN/m^2$

-Υπολογισμός συντελεστών εξωτερικής πίεσης  $c_{pe}$

A) Άνεμος κατά την διεύθυνση x-x (γωνία πρόσπτωσης  $\theta=0^0$ )



Εικόνα 3-24: Κατανομή πιέσεων επαφής στις εξωτερικές επιφάνειες κτιρίων



$$-e = \min(b, 2h) = 10m < d = 12m$$

$$-h/b = 1$$

Πίνακας 8: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για τους οριζόντιους τοίχους ( $\theta=0^\circ$ )

ZONH	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,11}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$h/b=1$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	0,5	0,5	0,8	1	-0,5	-0,5

Στοιχεία ζωνών φόρτισης

$$E_{τριγ} = 1 * 1,17/2 = 0,59 \text{ m}^2$$

$$\text{Ζώνη A: } l_a = e/5 = 2m \quad , A_a = 2 * 2 * 3,5 + 1,59 = 14,59 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$\text{Ζώνη B: } l_b = e - l_a = 8m \quad , A_b = 2 * 8 + 2 * 3,5 = 23 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$\text{Ζώνη C: } l_c = 2m \quad , A_c = A_a$$

$$\text{Ζώνη D,E: } l = 10m \quad , A = 10 * 3,5 = 35 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

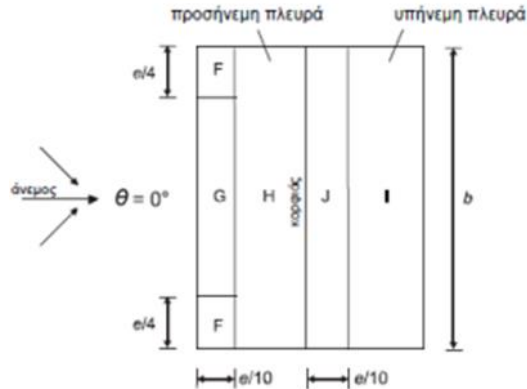
Άρα σε κάθε περίπτωση  $C_{pe} = C_{pe,10}$

Πίνακας 9: Τελικές τιμές πίεσης ανέμου  $W_x$  στους οριζόντιους τοίχους

ZONH	A	B	C	D	E
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
	-1,2	-0,8	0,5	0,8	-0,5
<b><math>W_x</math></b>	<b>-1,164</b>	<b>-0,776</b>	<b>0,485</b>	<b>0,776</b>	<b>-0,485</b>

B) Δικλινή στέγη (γωνία πρόσπτωσης  $\theta=0^\circ$ )

Εικόνα 3-25: Στοιχεία ζωνών φόρτισης για δικλινή στέγη ( $\theta = 0$ )

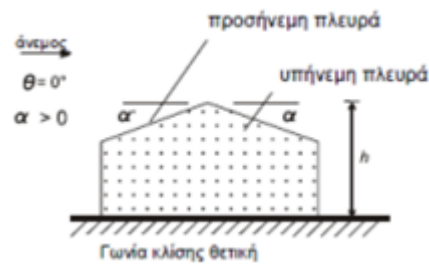


Πίνακας 10: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης ανέμου  $c_{pe}$  για δικλινείς στέγες ( $\theta=0$ )

Γωνία Κλίσης $\alpha$	Ζώνη για διεύθυνση ανέμου $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0.6		-0.6		-0.8		-0.7		-1.0	-1.5
-30°	-1.1	-2.0	-0.8	-1.5	-0.8		-0.6		-0.8	-1.4
-15°	-2.5	-2.8	-1.3	-2.0	-0.9	-1.2	-0.5	-0.7	-1.2	
-5°	-2.3	-2.5	-1.2	-2.0	-0.8	-1.2	+0.2		+0.2	
							-0.6		-0.6	
5°	-1.7	-2.5	-1.2	-2.0	-0.6	-1.2	-0.6		+0.2	
	+0.0		+0.0		+0.0				-0.6	
15°	-0.9	-2.0	-0.8	-1.5	-0.3		-0.4		-1.0	-1.5
	+0.2		+0.2		+0.2		+0.0		+0.0	+0.0
30°	-0.5	-1.5	-0.5	-1.5	-0.2		-0.4		-0.5	
	+0.7		+0.7		+0.4		+0.0		+0.0	
45°	-0.0		-0.0		-0.0		-0.2		-0.3	
	+0.7		+0.7		+0.6		+0.0		+0.0	
60°	+0.7		+0.7		+0.7		-0.2		-0.3	
75°	+0.8		+0.8		+0.8		-0.2		-0.3	

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 Για  $\theta = 0^\circ$  η πίεση μεταβάλλεται γρήγορα από θετικές σε αρνητικές τιμές στην προσήνεμη πλευρά γύρω από γωνία κλίσης  $\alpha = -5^\circ$  έως  $+45^\circ$ , έτσι δίνονται τόσο οι θετικές όσο και οι αρνητικές τιμές. Για τις στέγες αυτές, τέσσερις περιπτώσεις θα πρέπει να θεωρούνται όπου οι μεγαλύτερες ή οι μικρότερες τιμές όλων των επιφανειών F, G και H συνδυάζονται με τις μεγαλύτερες ή τις μικρότερες τιμές των επιφανειών I και J. Δεν επιτρέπεται ανάμειξη θετικών και αρνητικών τιμών στην ίδια πλευρά.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 Γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες γωνίες κλίσης του ίδιου πρόσημου μπορεί να χρησιμοποιείται μεταξύ τιμών του ίδιου πρόσημου. (Όχι παρεμβολή μεταξύ  $\alpha = +5^\circ$  και  $\alpha = -5^\circ$ , αλλά χρήση των δεδομένων για επίπεδες στέγες στην 7.2.3). Οι τιμές ίσες με 0,0 δίνονται για σκοπούς παρεμβολής.



Η γωνία κλίσης της στέγης είναι  $\alpha=50^\circ$ . Για γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών  $45^\circ$  και  $60^\circ$  προκύπτει

ΖΩΝΗ	F	G	H	I	J
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ $c_{pe}$	$c_{pe,10}$ $c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$ $c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$ $c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$ $c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$ $c_{pe,1}$
ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ $\alpha=50$	0,7 0,7	0,7 0,7	0,633 0,633	-0,068 -0,068	-0,1 -0,1

Κεκλιμένο μήκος : 1,54m

Ζώνη F:  $l_f = e/4 = 2,5m$  ,  $A_a = 2,5 * 3,5 = 8,75m^2 < 10m^2 \rightarrow c_{pe,8,75} = 0,7$

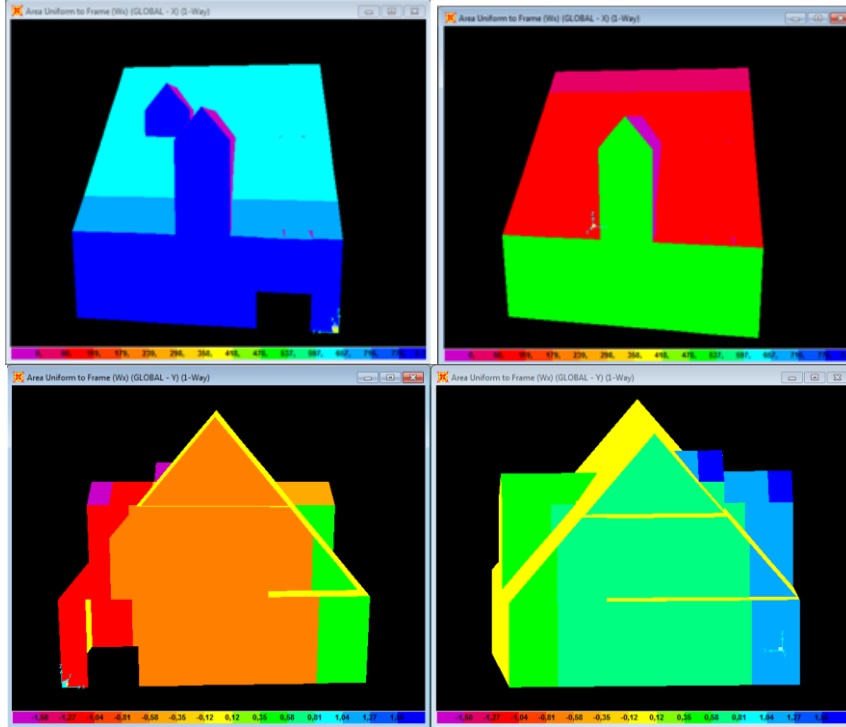
Ζώνη G:  $l_g = e - 2 * l_f = 5m$  ,  $A_b = 3,5 * 5 + 2 * 3,5 = 24,5m^2 > 10m^2$

Ζώνη J:  $l = 12m$  ,  $A = 12 * 1,54 = 18,4m^2 > 10m^2$

Πίνακας 11: Τελικές τιμές πίεσης ανέμου  $W_x$  στη στέγη ( $\theta=0$ )

ΖΩΝΗ	F	G	H	I	J
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ $c_{pe}$	$c_{pe,8,75}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ $\alpha=50$	0,7	0,7	0,633	-0,068	-0,1
ΑΝΕΜΟΣ $W_x$	0,679	0,679	0,61401	-0,06596	-0,097

Εικόνα 3-26: Χρωματική απεικόνιση των τελικών πιέσεων ανέμου επί των επιφανειών για γωνία πρόσπτωσης  $\theta=0^0$

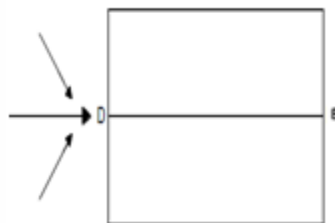


Εικόνα 3-27: Κατανομή πιέσεων ανέμου σε κύριο πλαίσιο ( $\theta=0$ )



Γ) Άνεμος κατά την διεύθυνση  $y-y$  (γωνία πρόσπτωσης  $\theta=90^0$ )

Εικόνα 3-28: Άνεμος υπό γωνία πρόσπτωσης ( $\theta=90^0$ )



$$-e = \min(b, 2h) = 12m > d = 10m$$

$$-h/b = 10,5 / 12 = 0,88$$

Πίνακας 12: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για τους οριζόντιους τοίχους ( $\theta=90^\circ$ )

ΖΩΝΗ	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$h/b=1$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	0,5	0,5	0,8	1	-0,7	-0,7
$h/b=0,88$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	0,5	0,5	0,8	1	-0,66	-0,66
$h/b=1$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	0,5	0,5	0,8	1	-0,5	-0,5

Στοιχεία ζωνών φόρτισης

Ζώνη A:  $l_a = e/5 = 2m$  ,  $A_a = 2 * 3,5 = 7m^2 < 10m^2$

$c_{pe,7} = -1,2 - (1,4 - 1,2) * \log(7) = -1,36$

Ζώνη B:  $l_b = e - l_a = 8m$  ,  $A_b = 3,5 * 8 + 2 * 3,5 = 35m^2 > 10m^2$

Ζώνη D,E:  $l = 12m$  ,  $A = 12 * 3,5 + 7 * 12/2 = 84m^2 > 10m^2$

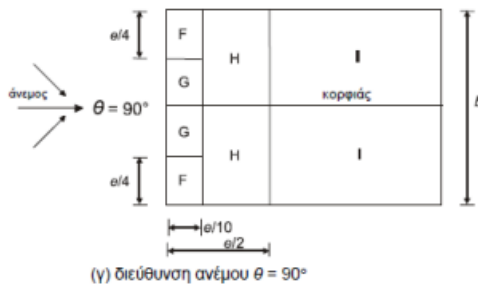
Πίνακας 13: Τελικές τιμές πίεσης ανέμου  $W_y$  στους οριζόντιους τοίχους

ΖΩΝΗ	A	B	C	D	E
	$C_{pe,7}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
$h/b=0,88$	-1,36	-0,8	0,5	0,8	-0,66
<b><math>W_y</math></b>	<b>-1,3192</b>	<b>-0,776</b>	<b>0,485</b>	<b>0,776</b>	<b>-0,6402</b>

Δ) Δικλινείς στέγη (γωνία πρόσπτωσης  $\theta=90^\circ$ )

Πίνακας 14: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης ανέμου  $c_{pe}$  για δικλινείς στέγες ( $\theta=90^\circ$ )

Γωνία Κλίσης $\alpha$	Ζώνη για διεύθυνση ανέμου $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1.4	-2.0	-1.2	-2.0	-1.0	-1.3	-0.9	-1.2
-30°	-1.5	-2.1	-1.2	-2.0	-1.0	-1.3	-0.9	-1.2
-15°	-1.9	-2.5	-1.2	-2.0	-0.8	-1.2	-0.8	-1.2
-5°	-1.8	-2.5	-1.2	-2.0	-0.7	-1.2	-0.6	-1.2
5°	-1.6	-2.2	-1.3	-2.0	-0.7	-1.2	-0.6	-1.2
15°	-1.3	-2.0	-1.3	-2.0	-0.6	-1.2	-0.5	-1.2
30°	-1.1	-1.5	-1.4	-2.0	-0.8	-1.2	-0.5	-1.2
45°	-1.1	-1.5	-1.4	-2.0	-0.9	-1.2	-0.5	-1.2
60°	-1.1	-1.5	-1.2	-2.0	-0.8	-1.0	-0.5	-1.2
75°	-1.1	-1.5	-1.2	-2.0	-0.8	-1.0	-0.5	-1.2



Για γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών 45° και 60° προκύπτει

ΖΩΝΗ	F		G		H		I	
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ $C_{pe}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ $\alpha=45$	-1,1	-1,5	-1,4	-2	-0,9	-1,2	-0,5	-0,5
ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ $\alpha=50$	-1,1	-1,5	-1,333	-2	-0,867	-1,133	-0,5	-0,5
ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ $\alpha=61$	-1,1	-1,5	-1,2	-2	-0,8	-1	-0,5	-0,5

Στοιχεία ζωνών φόρτισης

Ζώνη F:  $l_f = e/4 = 3m$  ,  $A_a = 1,2 * 3 * 1,56 = 8,76 < 10m^2$

$c_{pe,9,24} = -1,5 + (1,5 - 1,1) * \log(9,24) = 1,112$

Ζώνη G:  $l_g = e - 2 * l_f = 6m$  ,  $A_b = 6 * 1,2 * 1,56 = 11,23m^2 > 10m^2$

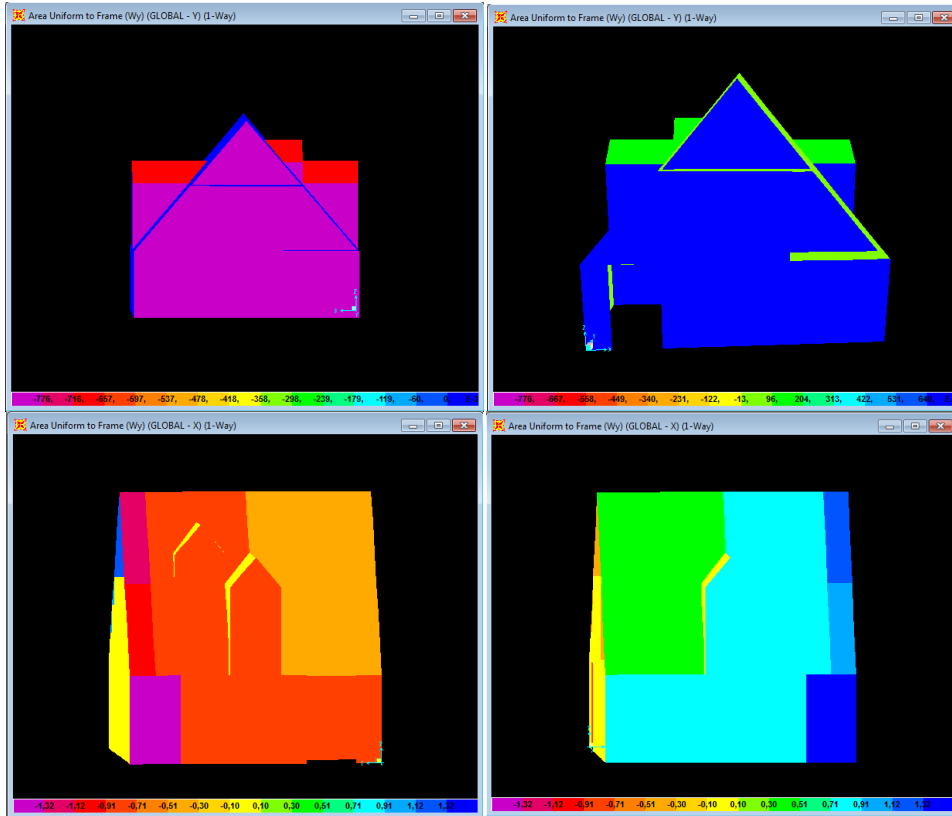
Ζώνη H:  $l_h = e/2 = 3m$

Ζώνη I:  $l_i = 4m$

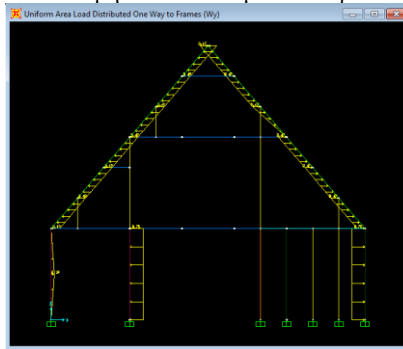
Πίνακας 15: Τελικές τιμές πίεσης ανέμου Wy στη στέγη

ΖΩΝΗ	F	G	H	I
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ Cpe	Cpe,8,76	Cpe,10	Cpe,10	Cpe,10
ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ α=50	-1,085	1,33	-0,841	-0,485
ΑΝΕΜΟΣ Wy	-1,08175	1,32601	-0,83848	-0,48355

Εικόνα 3-29: Χρωματική απεικόνιση των τελικών πιέσεων ανέμου επί των επιφανειών για γωνία πρόσπτωσης  $\theta=90^\circ$



Εικόνα 3-30: Κατανομή πιέσεων ανέμου σε κύριο πλαίσιο ( $\theta=90$ )



### 3.10 Σεισμικές δράσεις

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο προκαλείται από την σχετική μετακίνηση των συστατικών μερών του στερεού φλοιού της γης (λίθο-σφαιρικές πλάκες) λόγω των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό της ,με ταυτόχρονη έκλυση ενέργειας η οποία εκδηλώνεται με τη μορφή σεισμικών κυμάτων που διαδίδονται στο χώρο και καταλήγουν στην επιφάνεια με την εκδήλωση του σεισμού.



Ο αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών γίνεται θεωρώντας ότι καθ' όλη τη αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους θα υποστούν μοναδικό σεισμό σχεδιασμού με κάποια πιθανότητα υπέρβασης της επιτάχυνσης σχεδιασμού. Για έργα συνήθους σπουδαιότητας, όπου ανήκει και η κατασκευή που μελετήθηκε (κατοικία), η αναμενόμενη διάρκεια ζωής είναι 50 έτη και η πιθανότητα υπέρβασης της επιτάχυνσης σχεδιασμού  $A$  είναι 10%, που σύμφωνα με τα υπάρχοντα σεισμικά δεδομένα της χώρας αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς του φαινομένου 475 ετών.

### 3.10.1 Μέθοδοι ανάλυσης

Για τον προσδιορισμό της σεισμικής απόκρισης μιας κατασκευής ο EC8 προβλέπει δύο μεθόδους ανάλυσης, την **δυναμική** και την **απλοποιημένη ή ισοδύναμη στατική**. Στην πρώτη, όπου χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματοποιείται ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος, όπου για κάθε ιδιομορφή υπολογίζεται η μέγιστη σεισμική της απόκριση και στη συνέχεια γίνεται επαλληλία των αποτελεσμάτων κάθε ιδιομορφής. Στη δεύτερη μέθοδο δεν απαιτείται ιδιομορφική ανάλυση, βασίζεται στη θεώρηση της πρώτης ιδιομορφής και επιλύεται με στατικές μεθόδους.

### 3.10.2 Οριζόντιο ελαστικό φάσμα απόκρισης

Για τις οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής δράσης, το ελαστικό φάσμα απόκρισης  $S_e(T)$  καθορίζεται από τις ακόλουθες εκφράσεις :

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

**όπου:**

$S_e(T)$  είναι το ελαστικό φάσμα απόκρισης

$T$  είναι η περίοδος ταλάντωσης ενός γραμμικού συστήματος μίας ελευθερίας κίνησης

$a_g$  είναι η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού σε έδαφος κατηγορίας A ( $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$ );

$T_B$  είναι η περίοδος κάτω ορίου του κλάδου σταθερής φασματικής επιτάχυνσης

$T_C$  είναι η περίοδος άνω ορίου του κλάδου σταθερής φασματικής επιτάχυνσης

$T_D$  είναι η τιμή της περιόδου που ορίζει την αρχή της περιοχής σταθερής μετακίνησης του φάσματος

$S$  είναι ο συντελεστής εδάφους

$\eta$  είναι ο διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης, με τιμή αναφοράς  $\eta = 1$  για 5% ιξώδη απόσβεση.

Η **ιδιοπερίοδος T** αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα κάθε κατασκευής και είναι εν γένει διαφορετική σε κάθε περίπτωση.

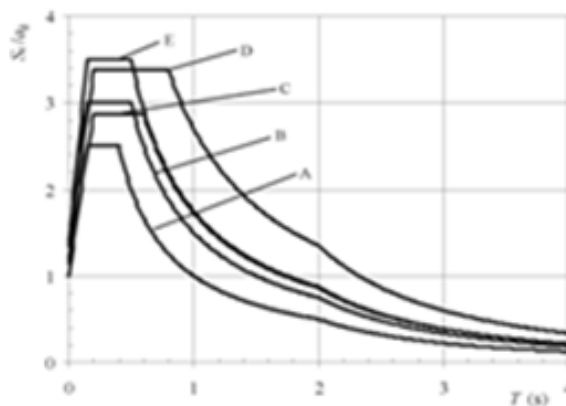
Ο **συντελεστής εδάφους S** εξαρτάται από την κατηγορία εδάφους θεμελίωσης της κατασκευής και καθορίζει τις τιμές των περιόδων αναφοράς **T<sub>b</sub>**, **T<sub>c</sub>** και **T<sub>d</sub>**. Γενικά ανάλογα με το μέγεθος που καταλαμβάνει το σεισμικό κύμα κατατάσσεται και στην αντίστοιχη κατηγορία. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των περιόδων αναφοράς για τους δύο τύπους ανάλογα με τον τύπο εδάφους σύμφωνα με τον EC8.

Πίνακας 17: Τιμές ελαστικού φάσματος τύπου 1

Εδαφικός Τύπος	S	T <sub>b</sub> (s)	T <sub>c</sub> (s)	T <sub>d</sub> (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Παρακάτω φαίνονται οι μορφές του ελαστικού φάσματος απόκρισης ανάλογα με το τον τύπο του φάσματος και με την κατηγορία εδάφους.

Εικόνα 3-32: Συνηστούμενα φάσματα ελαστικής απόκριση Τύπου 1



### 3.10.3 Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς $q$

Για να ληφθεί υπ' όψη η μεταελαστική συμπεριφορά των μελών έναντι των σεισμικών δράσεων εισάγεται στους παραπάνω υπολογισμούς του φάσματος ο **συντελεστής συμπεριφοράς  $q$** . Ο συντελεστής συμπεριφοράς εκφράζει πόσες φορές μεγαλύτερο είναι το ελαστικό φορτίο ενός μέλος μιας κατασκευής σε σχέση με το αντίστοιχο φορτίο σχεδιασμού. Γενικά εξαρτάται από το αποτελούμενο υλικό της κατασκευής καθώς και τη θέση του στοιχείου στην κατασκευή. Παρακάτω δίνονται οι μέγιστες τιμές του συντελεστή  $q$  συμπεριφοράς ανάλογα με το δομικό υλικό και σύστημα, σύμφωνα με τον EC8.



Πίνακας 18: Αρχές σχεδιασμού, κατηγορίες πλαστιμότητας και ανώτερες τιμές συντελεστή συμπεριφοράς  $q$

Αρχή σχεδιασμού	Κατηγορία πλαστιμότητας	Φάσμα των τιμών αναφοράς του συντελεστή συμπεριφοράς $q$
Αρχή α) Περιορισμένη πλαστική συμπεριφορά	ΚΠΧ (Χαμηλή)	$\leq 1,5 - 2$
Αρχή β) Πλάστική συμπεριφορά	ΚΠΧ (Μέτρια)	$\leq 4$ επίσης περιορίζεται από τις τιμές του Πίνακα 6.2
	ΚΠΥ (Υψηλή)	περιορίζεται μόνο από τις τιμές του Πίνακα 6.2

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1** Η τιμή που αποδίδεται στο ανώτερο όριο του  $q$  για περιορισμένη πλαστική συμπεριφορά, μέσα στα πλαίσια του φάσματος του Πίνακα 6.1 και για χρήση σε κτίρια χάρη, μπορεί να αναζητηθεί στο Εθνικό Πρόσάρτημά της. Η προτεινόμενη τιμή του ανώτερου ορίου του  $q$  για περιορισμένη πλαστική συμπεριφορά είναι 1,5.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2** Το Εθνικό Πρόσάρτημα μιας συγκεκριμένης χώρας μπορεί να θέσει περιορισμούς στην επιλογή της αρχής σχεδιασμού και της κατηγορίας πλαστιμότητας, οι οποίοι να είναι επιτρεπτοί στη χώρα αυτή.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, λόγω της φύσεως των υλικών πραγματοποιήθηκε αμιγώς ελαστική ανάλυση για κατηγορία πλαστιμότητας χαμηλή (ΚΠΧ) σύμφωνα με τον EC8 ο **συντελεστής συμπεριφοράς  $q$**  θεωρήθηκε **ίσος με 1**, συνολικά, για ολόκληρη την κατασκευή. Σε περιπτώσεις πολύ-όροφων κτιρίων τα ποία αποτελούνται από διαφορετικά υλικά υιοθετείται διαφορετικός συντελεστής  $q$  για κάθε όροφο.

### 3.10.4 Προσομοίωση σεισμικών δράσεων

Τα σεισμικά φορτία υπολογίστηκαν με βάση το οριζόντιο ελαστικό φάσμα του ευρωκώδικα 8 όπου έγινε εκτενής αναφορά στην προηγούμενη παράγραφο μέσω δυναμικής ιδιομορφικής ανάλυσης (modal load case). Κατά την προσομοίωση ελήφθησαν υπ' όψη μόνο οι οριζόντιες συνιστώσες του σεισμού.

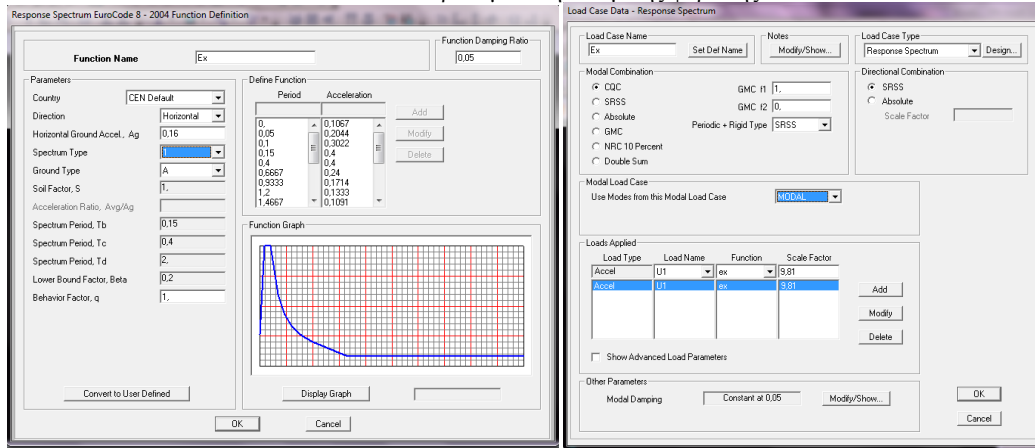
Η κατασκευή πρόκειται να κατασκευαστεί στα ορεινά της Ηπείρου και κατατάχθηκε στην ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I σύμφωνα με τον χάρτη. Επιπρόσθετα πρόκειται για ένα κτίριο συνήθους σπουδαιότητας και έτσι σύμφωνα με τον πίνακα της ίδιας παραγράφου επιλέχθηκε συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_1=1$ . Αρά η σεισμική επιτάχυνση  $A_g=1*0,16 *g=0,16 *g$

Το έδαφος στο οποίο πρόκειται να θεμελιωθεί η κατασκευή κατατάχθηκε στην κατηγορία εδάφους A και ο συντελεστής εδάφους S σύμφωνα με τον πίνακα θεωρήθηκε ίσος με 1.

Τέλος λόγω της φύσης, η κατασκευή κατατάχθηκε στην κατηγορία χαμηλής πλαστιμότητας και ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς  $q$  ελήφθει ίσος με 1.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα δεδομένα που εισήχθησαν στο λογισμικό καθώς και το οριζόντιο ελαστικό φάσμα της μίας συνιστώσας της συνάρτησης του σεισμού και οι αντίστοιχες τιμές της σεισμικής επιτάχυνσης για τις διάφορες τιμές της *ιδιοπερίοδου T* με βήμα  $\Delta t=0,05sec$ .

Εικόνα 3-33: Προσομοίωση σεισμικής φόρτισης

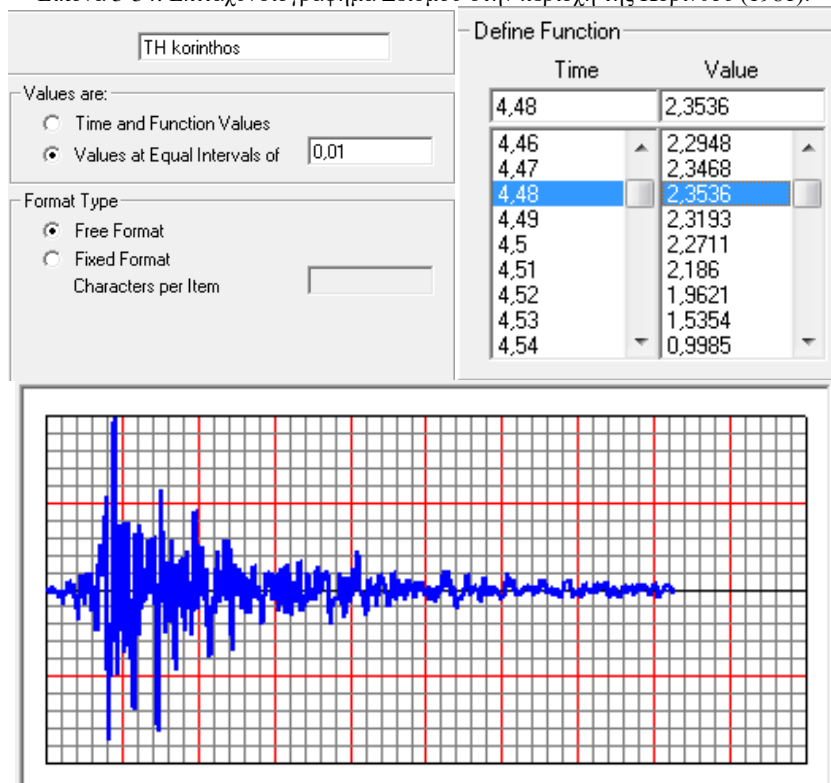


### 3.11 Προσομοίωση χρονοϊστορίας φόρτισης

Ο ευρωκώδικας 8 δίνει την δυνατότητα στον μελετητή να εφαρμόσει εναλλακτικούς τρόπους για την μελέτη της συμπεριφοράς των κατασκευών σε σεισμικά φορτία. Η χρονοϊστορία φόρτισης αποτελεί μία από αυτές τις μεθόδους, κατά την οποία μέσω του επιταχυνσιογραφήματος του πραγματικού σεισμού πραγματοποιείται ιδιομορφική ανάλυση και εξάγονται συμπεράσματα για την παραμορφωσιμότητα του φορέα. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε γραμμική ανάλυση χρονοϊστορίας φόρτισης με βάση τις ιδιομορφές ταλάντωσης όπως προέκυψαν από την ιδιομορφική ανάλυση.

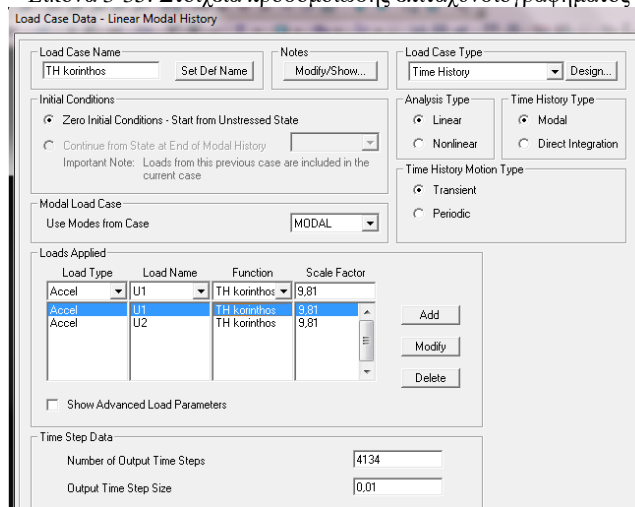
Για τις ανάγκες της ανάλυσης επιλέχθηκαν δύο πραγματικοί σεισμοί που συνέβησαν στον ελληνικό χώρο τα τελευταία χρόνια, με τα επιταχυνσιογράφημα των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω.

Εικόνα 3-34: Επιταχυνσιογράφημα Σεισμού στην περιοχή της Κορίνθου (1981):

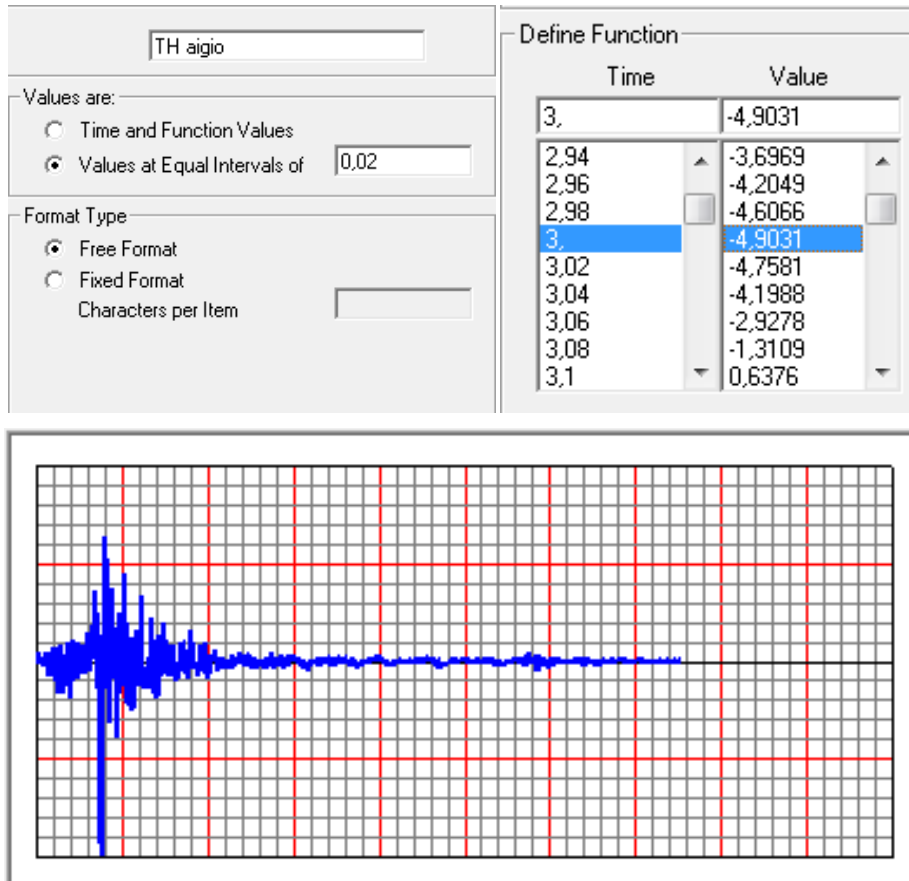


Η μέγιστη επιτάχυνση που εμφανίστηκε κατά την διάρκεια του φαινομένου ήταν  $maxA_{TH,kor}=0,24g$  και εμφανίστηκε τη χρονική στιγμή  $t=4,48sec$ .

Εικόνα 3-35: Στοιχεία προσομοίωσης επιταχυνσιογραφήματος

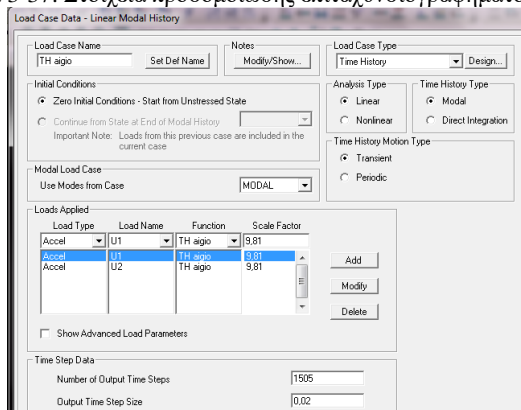


Εικόνα 3-36: Επιταχυνσιογράφημα Σεισμού στην περιοχή του Αιγίου (1995)



Η μέγιστη επιτάχυνση που εμφανίστηκε κατά την διάρκεια του φαινομένου ήταν  $maxA_{TH,aig}=0,5g$  και εμφανίστηκε τη χρονική στιγμή  $t=3sec$ .

Εικόνα 3-37: Στοιχεία προσομοίωσης επιταχυνσιογραφήματος(Αίγιο)



### Άλλες δράσεις

Άλλες πιθανές δράσεις που μπορούν να εμφανιστούν κατά την διάρκεια ζωής ενός τεχνικού έργου και δεν εξετάζονται στο παρόν τεύχος είναι

- θερμοκρασιακές μεταβολές πυρκαγιά, φορτία γερανογέφυρας ,γεωστατικές και υδροστατικές πιέσεις ,φορτία ανέγερσης, τυχηματικές δράσεις όπως προσκρούσεις οχημάτων ,εκρήξεις κ.ά τα οποία δεν εξετάστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία .

## 4 Οριακές καταστάσεις σχεδιασμού

### 4.1 Γενικά

Αναφέρονται στο σύνολο των καταστάσεων φόρτισης που πρόκειται να επιβληθούν στο εκάστοτε τεχνικό έργο ή κατασκευή καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του, μέσω των οποίων ελέγχεται η παραβίαση ή μη τα κριτηρίων σχεδιασμού του ή της. Οι καταστάσεις αυτές σχεδιάζονται με γνώμονα την προστασία αφενός μεν της ανθρώπινης ζωής, αφετέρου δε του συνόλου της κατασκευής και του περιεχομένου της. Για την προσομοίωση των καταστάσεων σχεδιασμού οι δράσεις που πρόκειται να επενεργήσουν στην κατασκευή, πολλαπλασιάζονται με επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_i$  συνδυάζονται κατάλληλα μέσω των συντελεστών συνδυασμού  $\gamma_i$  ανά περίπτωση κι προκύπτουν οι δράσεις σχεδιασμού των κατασκευών

Οι καταστάσεις σχεδιασμού κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες όπου και αναλύονται παρακάτω.

### 4.2 Οριακές καταστάσεις σχεδιασμού σε αστοχία

Αναφέρονται σε φαινόμενα της κατασκευής κατά τα οποία ο φορέας ή ένα μέρος του χάνει τη στατική του λειτουργία. Η αστοχία δεν αναφέρεται αποκλειστικά σε φαινόμενα κατάρρευσης της κατασκευής, αλλά και σε αστοχία μεμονωμένων μελών της.

Σύμφωνα με τα πρότυπα του ευρωκώδικα οι οριακές καταστάσεις που πρέπει να εξετάζονται κατά τον τεχνικό σχεδιασμό έργων είναι οι εξής:

**EQU:** Απώλεια στατικής ισορροπίας του φορέα ή οποιουδήποτε μέρους, θεωρώντας τον ως άκαμπτο στερεό σώμα

**STR:** Εσωτερική αστοχία ή υπερβάλλουσα παραμόρφωση του φορέα ή των δομικών μερών, όπως των υποστυλωμάτων, των δοκών, των θεμελιώσεων κ.τ.λ.

**GEO:** αστοχία ή υπερβάλλουσα παραμόρφωση του εδάφους.

**FAT:** αστοχία λόγω κόπωσης του φορέα ή των δομικών μερών του.

Οι **συνδυασμοί σχεδιασμού σε οριακή κατάσταση αστοχίας** που ελέγχονται στην εκάστοτε περίπτωση είναι οι εξής ;

**A)** Για **καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές**, οι οποίες αναφέρονται σε συνθήκες κανονικής χρήσης ή κατά την διάρκεια εκτέλεσης ή επισκευής του έργου :

$$\sum \gamma_{G,j} * G_{k,j} \text{ “ + ” } \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} \text{ “ + ” } \sum \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

**B)** Για **τυχηματικές καταστάσεις**, που αναφέρονται σε εξαιρετικές καταστάσεις ( εκρήξεις, προσκρούσεις οχημάτων κ.α. ):

$$\sum G_{k,j} \text{ “ + ” } A_d \text{ “ + ” } (\psi_{1,1} \text{ ή } \psi_{2,1}) * Q_{k,1} \text{ “ + ” } \sum \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

**Γ)** Για **καταστάσεις σεισμού:**

$$\sum G_{k,j} \text{ “ + ” } A_{Ed} \text{ “ + ” } \sum \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

Ο συμβολισμός στις παραπάνω καταστάσεις έχει ως εξής:

“ + ” σημαίνει “επαλληλία με”

$G_{k,j}$  χαρακτηριστική τιμή των μόνιμων δράσεων

- $Q_{k,i}$  χαρακτηριστική τιμή της επικρατέστερης μεταβλητής δράσης  $k$
- $Q_{k,i}$  χαρακτηριστικές τιμές των υπόλοιπων μεταβλητών δράσεων  $k,i$
- $A_d$  τιμή σχεδιασμού της τυχηματικής δράσης σχεδιασμού
- $A_E$  τιμή σχεδιασμού της σεισμικής δράσης σχεδιασμού
- $\gamma_{G,j}$  επιμέρους συντελεστής ασφαλείας των μόνιμων δράσεων  $i$
- $\gamma_{Q,j}$  επιμέρους συντελεστής ασφαλείας των μεταβλητών δράσεων  $j$
- $\Psi_{0,i}, \Psi_{1,i}, \Psi_{2,i}$  συντελεστές συνδυασμού  $\Psi_i$  των μεταβλητών δράσεων

Πίνακας 19 : Συντελεστές συνδυασμού  $\Psi_i$  των μεταβλητών δράσεων

Δράσεις	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
<b>Επιβλλόμενα φορτία σε κτήρια</b> , κατηγορία (βλέπε EN 1991-1-1)			
Κατηγορία A: κατοικίες, συνήθη κτήρια κατοικιών	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία B: γάροι γραφείων	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία C: γάροι συνάθροισης	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία D: γάροι καταστημάτων	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία E: γάροι αποθήκευσης	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία F: γάροι κυκλοφορίας οχημάτων βάρος οχημάτων $\leq 30kN$	1,0	0,9	0,8
Κατηγορία G: γάροι κυκλοφορίας οχημάτων $30kN <$ βάρος οχημάτων $\leq 160kN$	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία H: στέγες	0,7	0,5	0,3
	0	0	0
<b>Φορτία γροτού</b> επάνω σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-3)*			
Φιλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη της CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H > 1000$ m	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη της CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H \leq 1000$ m	0,50	0,20	0
<b>Φορτία ανέμου</b> σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
<b>Θερμικότητα</b> (ιη-πορκαγάς) σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

Οι **συντελεστές**  $\gamma_i$  που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς ανάλογα με τη μορφή αστοχίας που μελετάται δίνονται στους παρακάτω πίνακες του ευρωκώδικα .

Εικόνα 4-1: Τιμές σχεδιασμού δράσεων EQU

Καταστάσεις σχεδιασμού με διάφορα και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού	Μόνιμες Δράσεις		Κυρίαρχη μεταβλητή δράση (*)	Συνοδευτική μεταβλητή δράση (*)	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές		Κύρια (εάν υφίσταται)	Άλλες
(Εξίσ. 6.10)	$\gamma_{G,imp} \cdot G_{k,imp}$	$\gamma_{G,inf} \cdot G_{k,inf}$	$\gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i}$		$\gamma_{Q,j} \cdot \Psi_{0,j} \cdot Q_{k,j}$
(*) Μεταβλητές δράσεις είναι αυτές που εξετάζονται στον Πίνακα A1.1					
ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Οι τιμές $\gamma$ είναι: $\gamma_{G,imp} = 1,10$ $\gamma_{G,inf} = 0,90$ $\gamma_{Q,i} = 1,50$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή) $\gamma_{Q,j} = 1,50$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)					
ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Ως εναλλακτική περίπτωση για τους δύο ξεχωριστούς ελέγχους βάσει των Πινάκων A1.2(A) και A1.2(B), σε περιπτώσεις στις οποίες ο έλεγχος της στατικής ισορροπίας αφορά την αντίσταση των δομικών μελών, μπορεί να υιοθετηθεί ένας συνδυασμένος έλεγχος, βάσει του Πίνακα A1.2(A), με τις ακόλουθες τιμές: $\gamma_{G,imp} = 1,35$ $\gamma_{G,inf} = 1,15$ $\gamma_{Q,i} = 1,50$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή) $\gamma_{Q,j} = 1,50$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)					
υπό την προϋπόθεση ότι η εφαρμογή της τιμής $\gamma_{G,inf} = 1,00$ , τόσο στο ευνοϊκό όσο και στο δυσμενές σκέλος των μόνιμων δράσεων, δεν συνεπάγεται πιο δυσμενές αποτέλεσμα.					

Εικόνα 4-2: Τιμές σχεδιασμού δράσεων STR/GEO (δεν τροποποιείται στο ΕΠ και παραμένει ως έχει)

Καταστάσεις σχεδιασμού με διάφορα και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού	Μόνιμες Δράσεις		Κυρίαρχη μεταβλητή δράση (*)	Συνοδευτική μεταβλητή δράση (*)	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές		Κύρια (εάν υφίσταται)	Άλλες
(Εξίσ. 6.10)	$\gamma_{G,imp} \cdot G_{k,imp}$	$\gamma_{G,inf} \cdot G_{k,inf}$	$\gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i}$		$\gamma_{Q,j} \cdot \Psi_{0,j} \cdot Q_{k,j}$
(*) Μεταβλητές δράσεις είναι αυτές που εξετάζονται στον Πίνακα A1.1					
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι τιμές $\gamma$ είναι: $\gamma_{G,imp} = 1,00$ , $\gamma_{G,inf} = 1,00$ $\gamma_{Q,i} = 1,30$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή), $\gamma_{Q,j} = 1,30$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)					

Εικόνα 4-3: Τιμές σχεδιασμού δράσεων για τυχηματικά και σεισμικά φαινόμενα

Καταστάσεις σχεδιασμού	Μόνιμες Δράσεις		Κυρίαρχη τυχηματική ή σεισμική δράση	Συνοδευτικές μεταβλητές δράσεις (**)	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές		Κύρια (εάν υφίσταται)	Άλλες
Τυχηματικές (*) (Εξισ. 6.11α/β)	$G_{δ,σnp}$	$G_{δ,σηf}$	$A_d$	$\psi_{21}Q_{k1}$	$\psi_{2i}Q_{ki}$
Σεισμικές (Εξισ. 6.12α/β)	$G_{δ,σnp}$	$G_{δ,σηf}$	$\gamma_s A_{EK}$ ή $A_{ED}$	$\psi_{21}Q_{k1}$	

(\*) Βλέπε επίσης EN 1991-1-2.

(\*\*) Μεταβλητές δράσεις είναι αυτές που εξετάζονται στον Πίνακα A1.1.

Παρατήρηση: Στις παραπάνω περιπτώσεις αστοχίας δεν περιλαμβάνονται οι δράσεις της προ-έντασης καθώς δεν λαμβάνουν χώρα στην κατασκευή που μελετάται.

Ο έλεγχος των καταστάσεων αστοχίας που αναφέρονται στη στατική ισορροπία του φορέα (EQU), γίνεται με την παρακάτω συνθήκη

$$E_{d,dst} <= E_{d,stb}$$

Όπου

$E_{d,dst}$  Η τιμή σχεδιασμού των αποσταθεροποιητικών δράσεων

$E_{d,stb}$  Η τιμή σχεδιασμού του αποτελέσματος των δράσεων που συμβάλλουν στην ευστάθεια

Ο έλεγχος των καταστάσεων αστοχίας ή υπερβολικής παραμόρφωσης ενός μέλους, μίας διατομής ή μίας σύνδεσης (STR και/ή GEO) θα γίνεται με βάση την παρακάτω συνθήκη

$$E_d <= R_d$$

Όπου

$E_d$  η τιμή σχεδιασμού του αποτελέσματος των δράσεων (εντατικά μεγέθη)

$R_d$  η τιμή σχεδιασμού της αντίστοιχης αντοχής

### 4.3 Συνδυασμοί φόρτισης στην ΟΚΑ

Οι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_i$  και συνδυασμού  $\psi_i$  ελήφθησαν από τους πίνακες

#### Καταστάσεις διαρκείας

-Κύρια μεταβλητή το κινητό φορτίο  $Q$

$$1,35 * G + 1,35 * G' + 1,5 * Q$$

$$1,35 * G + 1,35 * G' + 1,5 * Q + /- 1,5 * 0,6 * W_x$$

$$+ /- 1,5 * 0,6 * W_y$$

-Κύρια μεταβλητή ο άνεμος  $W_x$ , κατά την διεύθυνση  $x$

$$1,35 * G + /- 1,5 * W_x + 1,5 * 0,7 * Q + /- 1,5 * 0,6 * W_y$$

-Κύρια μεταβλητή ο άνεμος  $W_y$ , κατά την διεύθυνση  $y$

$$1,35 * G + /- 1,5 * W_y + 1,5 * 0,7 * Q + /- 1,5 * 0,6 * W_x$$

-Καταστάσεις σεισμού

-Κύρια μεταβλητή ο σεισμός  $E_x$  ,κατά την διεύθυνση  $x$

$$G+/-E_x+0,3*Q+/-0,3*E_y$$

-Κύρια μεταβλητή ο σεισμός  $E_y$  ,κατά την διεύθυνση  $y$

$$G+/-E_y+0,3*Q+/-0,3*E_x$$

#### 4.4 Οριακές καταστάσεις σχεδιασμού σε λειτουργικότητα

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας αφορούν το σύνολο των λειτουργικών απαιτήσεων που καλείται να αντέξει ο φορέας ή μεμονωμένα μέλη του υπό καθημερινές συνθήκες χρήσης . Τα κριτήρια στα οποία βασίζεται ο έλεγχος των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας είναι

ο **περιορισμός των παραμορφώσεων** των μελών που επηρεάζουν την εμφάνιση και την λειτουργία της κατασκευής(υπερβολικά βέλη δοκών, δυσλειτουργία κουφωμάτων κ.α. ).

ο **περιορισμός των δονήσεων** οι οποίες προκαλούν ενόχληση στους χρήστες και περιορίζουν την αποδοτικότητα του έργου

ο **περιορισμός των βλαβών** που μπορούν να επηρεάσουν την εμφάνιση ,την ανθεκτικότητα και την λειτουργία του έργου

Γενικά οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας κατατάσσονται σε αναστρέψιμες και μη καταστάσεις ,ανάλογα με το αν μετά το πέρας του εκάστοτε συνδυασμού φόρτισης παραμένει ή όχι αντίστοιχα κάποια συνέπεια στον φορέα της κατασκευής

Οι **συνδυασμοί σχεδιασμού σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας** που ελέγχονται στην εκάστοτε περίπτωση είναι οι εξής ;

**A)Χαρακτηριστικός συνδυασμός**

$$\Sigma G_{k,j} \text{ “+” } Q_{k,1} \text{ “+” } \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

**B)Συχνός σχεδιασμός**

$$\Sigma G_{k,j} \text{ “+” } \psi_{1,1} * Q_{k,1} \text{ “+” } \Sigma \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

**Γ) Οιονεί μόνιμος σχεδιασμός**

$$\Sigma G_{k,j} \text{ “+” } \Sigma \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

Σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας οι επιμέρους συντελεστές για τις δράσεις λαμβάνονται ίσοι με 1 εκτός και αν ορίζεται κάτι διαφορετικό στους EC1 έως EC9.

**Ελέγχονται** με τη συνθήκη  $E_d \leq C_d$  όπου

**E<sub>d</sub>**: είναι η οριακή τιμή σχεδιασμού του αντίστοιχου κριτηρίου λειτουργικότητας

**C<sub>a</sub>**: είναι η τιμή των αποτελεσμάτων των δράσεων που προκύπτουν από τον εκάστοτε συνδυασμό λειτουργικότητα.



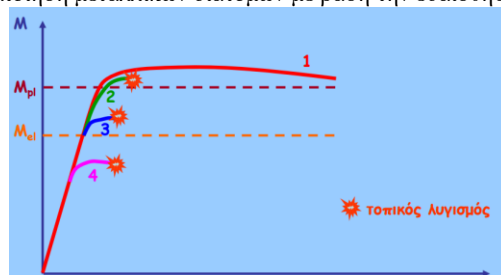
## 5 Έλεγχοι στην οριακή κατάσταση αστοχίας

### 5.1 Γενικά –κατάταξη διατομών

Στις μεταλλικές κατασκευές οποιαδήποτε διαδικασία έλεγχου πρόκειται να πραγματοποιηθεί είτε σε επίπεδο μέλους είτε σε επίπεδο διατομής, προαπαιτεί την κατάταξη των στοιχείων της σε κάποια κατηγορία. Ο ρόλος της κατάταξης των διατομών είναι να αναγνωρίσει την έκταση στην οποία η αντοχή και η ικανότητα στροφής των διατομών περιορίζεται από την αντοχή τους σε τοπικό λυγισμό. Οι πιθανές κατηγορίες κατάταξης είναι οι εξής:

- **Διατομές κατηγορίας 1:** είναι εκείνες που μπορούν να σχηματίσουν πλαστική άρθρωση με την απαιτούμενη από την πλαστική ανάλυση δυνατότητα στροφής χωρίς μείωση της αντοχής τους.
- **Διατομές κατηγορίας 2:** είναι εκείνες που μπορούν να αναπτύξουν την πλαστική ροπή αντοχής τους, αλλά έχουν περιορισμένη δυνατότητα στροφής λόγω τοπικού λυγισμού.
- **Διατομές κατηγορίας 3:** είναι εκείνες στις οποίες η τάση στην ακραία θλιβόμενη ίνα του χαλύβδινου μέλους, υποθέτοντας ελαστική κατανομή των τάσεων, μπορεί να φθάσει την αντοχή διαρροής, αλλά τοπικός λυγισμός είναι πιθανόν να εμποδίσει την ανάπτυξη της πλαστικής ροπής αντοχής.
- **Διατομές κατηγορίας 4:** είναι εκείνες στις οποίες τοπικός λυγισμός θα συμβεί πριν την ανάπτυξη της τάσης διαρροής σε ένα ή περισσότερα μέρη της διατομής.

Εικόνα 5-1: Κατηγοριοποίηση μεταλλικών διατομών με βάση την ευαισθησία τους σε τοπικό λυγισμό



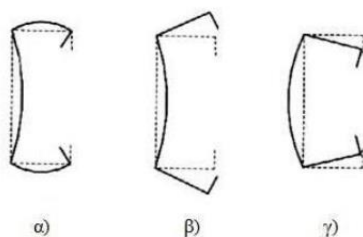
Το κριτήριο κατάταξης των μεταλλικών μελών καθορίζεται από τον λόγο πλάτους – πάχους ( $c/t$ ) του εκάστοτε θλιβόμενου στοιχείου της διατομής (πέλματος και κορμού). Τονίζεται ότι στα θλιβόμενα στοιχεία συγκαταλέγονται και αυτά τα οποία θλίβονται και εφελκύνονται ταυτόχρονα (κάμψη). Στον ευρωκώδικα 3 παρέχονται ειδικοί πίνακες που καθορίζουν τα όρια κατάταξης των διατομών. Ωστόσο στην εν' λόγω διπλωματική εργασία, ό φορέας που επιλέχθηκε να μελετηθεί αποτελείται εξ' ολοκλήρου από λεπτότοιγες διατομές με μεγάλους λόγους πλάτων – πάχους οπότε τα μέλη του μεταλλικού σκελετού κατατάχθηκαν στην κατηγορία 4 όπου και αναλύεται στις επόμενες παραγράφους.

## 5.2 Διατομές κατηγορίας 4 εν ψυχρώ κατεργασίας

### 5.2.1 Τοπική αστάθεια διατομών

Οι διατομές που ανήκουν στην κατηγορία 4, χαρακτηρίζονται από το εξαιρετικά μικρό πάχος τους, πράγμα που τα καθιστά εξαιρετικά εύκαμπτα, έτσι ώστε ακόμα και μία σημειακή φόρτιση να οδηγεί σε σημαντικές παραμορφώσεις. Τα παραπάνω καθιστούν τις εν λόγω διατομές εξαιρετικά ευαίσθητες σε φαινόμενα κύρτωσης των στηριζόμενων στοιχείων της (τοπικός λυγισμός) ακόμα και σε συνολική τοπική αστάθεια του στοιχείου (στρέβλωση).

Εικόνα 5-2: α) Τοπικός λυγισμός β, γ) Τοπικός λυγισμός με στρέβλωση διατομής τύπου C

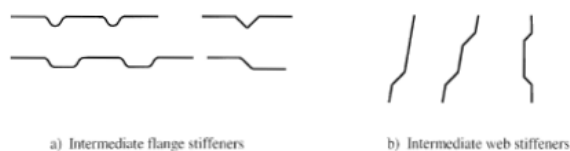


Έτσι τα μέλη που κατατάσσονται στην κατασκευαστική κατηγορία 4 όταν ελέγχονται σε φαινόμενα τοπικής αστάθειας ελέγχεται άμεσα και σε επίπεδο διατομής. Οι έλεγχοι βασίζονται στη θεώρηση ενεργών εμβαδών των διατομών και αναλύονται σε επόμενη παράγραφο.

### 5.2.2 Ενισχύσεις –στηρίξεις διατομών

Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχει γίνει εκτενής αναφορά στα πιθανά σχήματα των χρησιμοποιούμενων διατομών καθώς και στον τρόπο παραγωγής τους. Οι διατομές μέσω της ψυχρής κατεργασίας που υφίστανται, έχουν την δυνατότητα να εμφανίσουν τοπικά τσακίσματα στους κορμούς, στα πέλματα ή στα άκρα τους, τα οποία ονομάζονται **ενισχύσεις**. Οι ενισχύσεις σκοπό έχουν την αύξηση της τοπικής ακαμψίας του στοιχείου της διατομής και συνεπακόλουθα την αύξηση του ενεργού πλάτους του. Σύμφωνα με τον **EN1993-1-3** επιτρέπονται μέχρι δύο ενισχύσεις στους κορμούς και στα πέλματα ενώ στο άκρο επιτρέπονται μέχρι τρεις, αλλά γενικά θεωρεί ότι η δύο συμμετέχουν στην ανάλυση. Παρακάτω παρατίθενται οι πιθανές ενισχύσεις που μπορούν να εφαρμοστούν στις διατομές ψυχρής κατεργασίας

Εικόνα 5-3: Είδη ενισχύσεων διπλά στηριζόμενων στοιχείων



Εικόνα 5-4: Είδη ακραίων ενισχύσεων



### 5.2.3 Μοντελοποίηση στηρίξεων-ενισχύσεων

Για την εύρεση των ενεργών εμβადών των διατομών απαιτείται η δημιουργία του στατικού προσομοιώματος του εκάστοτε στοιχείου της διατομής. Γενικά οι ενισχύσεις αντικαθίστανται από μετακινησιακό ελατήριο σταθεράς  $k$ , ενώ τα σημεία τομής των υπολοίπων στοιχείων ως στηρίξεις που διαθέτουν μερική στροφική δέσμευση. Ο παρακάτω πίνακας παρατίθεται στον EN1993-1-3 και υποδεικνύει τον τρόπο προσομοίωσης του εκάστοτε στοιχείου.

Εικόνα 5-5: Μοντελοποίηση στηρίξεων και ενισχύσεων στοιχείων

Type of element	Model	Type of element	Model

### 5.2.4 Γεωμετρικές συνθήκες ισχύος

Για να επιτευχθεί επαρκής ακαμψία των διατομών και να εξασφαλισθεί η ακεραιότητα των ενισχύσεων έναντι πρόωρου τοπικού λυγισμού τίθενται οι παρακάτω περιορισμοί για τους μέγιστους λόγους πάχους-πλάτους σύμφωνα με τον EN1993-1-3. Για διαστάσεις διαφορές του πίνακα απαιτείται πειραματικός έλεγχος.

Εικόνα 5-6: Γεωμετρικές συνθήκες ισχύος

Element of cross-section		Maximum value
		$b/t \leq 50$
		$b/t \leq 60$ $c/t \leq 50$
		$b/t \leq 90$ $c/t \leq 60$ $d/t \leq 50$
		$b/t \leq 500$
		$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $b/t \leq 500 \sin \phi$

### 5.2.5 Κατηγορίες σπουδαιότητας

Οι λεπτότοιχες διατομές στις κατασκευές χωρίζονται σε τρεις **κατηγορίες σπουδαιότητάς** ανάλογα με τη χρήση και την στατική τους λειτουργία :

**Κατασκευαστική κατηγορία I:** Τα λεπτότοιχα μέλη και οι επικαλύψεις συνεισφέρουν συνολικά στην αντοχή της κατασκευής

**Κατασκευαστική κατηγορία II:** Τα λεπτότοιχα μέλη και οι επικαλύψεις συνεισφέρουν συνολικά στην αντοχή μεμονωμένων μερών της κατασκευής

**Κατασκευαστική κατηγορία III:** Τα λεπτότοιχα μέλη και οι επικαλύψεις χρησιμοποιούνται μόνο για την μεταφορά των φορτίων της κατασκευής .

### 5.3 Τοπικός λυγισμός - Ενεργά πλάτη στοιχείων

Για να ληφθούν υπ' όψη τα φαινόμενα κύρτωσης και στρέβλωσης ,και κατά συνέπεια μη γραμμικές παραμορφώσεις στις διατομές εφαρμόζεται η μέθοδος των ενεργών διατομών .Υιοθετείται μία ισοδύναμη παραμορφωσιακή κατάσταση κατά την οποία θεωρείται ότι στις στηρίξεις των διατομών εμφανίζεται η τάση διαρροής ,με ταυτόχρονη απομείωση του εμβαδού. Ο υπολογισμός του ενεργού εμβαδού των διατομών κατηγορία 4 βασίζεται στον υπολογισμό των ενεργών πλατών των στοιχείων που απαρτίζουν την διατομή. Τονίζεται ότι τα ενεργά πλάτη των διατομών δεν είναι σταθερά μεγέθη και εξαρτώνται από τις εκάστοτε συνθήκες φόρτισης .

#### Στοιχεία χωρίς ενισχύσεις

Η *ενεργός επιφάνεια*  $\rho$  της θλιβόμενης ζώνης ενός ελάσματος με *πλήρη επιφάνεια διατομής*  $A_c$  πρέπει να λαμβάνεται από:

$$A_{c, eff} = \rho A_c$$

όπου  $\rho$  είναι ο μειωτικός συντελεστής για την κύρτωση.

Ο **μειωτικός συντελεστής  $\rho$**  μπορεί να λαμβάνεται ως εξής:

**-εσωτερικά θλιβόμενα στοιχεία:**

$$\rho = 1,0 \quad \text{για } \bar{\lambda}_p \leq 0,673$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{για } \bar{\lambda}_p > 0,673 \text{ , όπου } (3 + \psi) \geq 0$$

**-εξωτερικά θλιβόμενα στοιχεία:**

$$\rho = 1,0 \quad \text{για } \bar{\lambda}_p \leq 0,748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{για } \bar{\lambda}_p > 0,748$$

όπου

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \quad \text{είναι η ανηγμένη λυγηρότητα του μέλους}$$

$\psi$  είναι ο λόγος τάσεων που προσδιορίζεται σύμφωνα με του πίνακες

$\bar{b}$  είναι το κατάλληλο πλάτος

$b_w$  για κορμούς

$k_\sigma$  είναι ο συντελεστής κύρτωσης που αντιστοιχεί στο λόγο τάσεων  $\psi$  και στις συνοριακές συνθήκες.

$t$  είναι το πάχος του στοιχείου

$\sigma_{cr}$  είναι η ελαστική κρίσιμη τάση κύρτωσης,

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [N/mm^2]}}$$

Εικόνα 5-7: Ενεργά πλάτη για διπλά στηριζόμενα στοιχεία

Κατανομή τάσεων (θλίψη θετική)	Ενεργό $\rho$ πλάτος $b_{eff}$
	$\psi = 1$ ; $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$
	$1 > \psi > 0$ ; $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5-\psi} b_{eff}$ $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$
	$\psi < 0$ ; $b_{eff} = \rho b_e = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1 $1 > \psi > 0$ 0 $0 > \psi > -1$ -1 $-1 > \psi > -3$
Συντελεστής κύρτωσης $k_c$	4,0 $8,2 / (1,05 - \psi)$ 7,81 $7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$ 23,9 $5,98 (1 - \psi)^2$

Εικόνα 5-8: Ενεργά πλάτη για απλά στηριζόμενα στοιχεία

Κατανομή τάσεων (θλίψη θετική)	Ενεργό $\rho$ πλάτος $b_{eff}$
	$1 > \psi > 0$ ; $b_{eff} = \rho c$
	$1 > \psi > 0$ ; $b_{eff} = \rho b_e = \rho c / (1 - \psi)$
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1    0    -1 $-1 \geq \psi \geq -3$
Συντελεστής κύρτωσης $k_c$	0,43    0,57    0,85 $0,57 - 0,21\psi - 0,07\psi^2$
	$1 > \psi > 0$ ; $b_{eff} = \rho b_e$
	$\psi < 0$ ; $b_{eff} = \rho b_e = \rho c / (1 - \psi)$
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1 $1 > \psi > 0$ 0 $1 > \psi > 0$ -1
Συντελεστής κύρτωσης $k_c$	0,43 $0,578 / (\psi - 0,34)$ 1,70 $1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$ 23,8

## 5.4 Αξονικός εφελκυσμός

Η αντοχή διατομής σε αξονικό εφελκυσμό δίνεται από τη σχέση:

$$N_{t, Rd} = f_{ya} * A_g / \gamma_{M0} \leq F_{n, Rd} \quad \text{όπου}$$

$-A_g$       Εμβαδόν πλήρους διατομής

$-F_{n, Rd}$       Αντοχή διατομής με οπές

$-f_{ya}$       Μέση τιμή ορίου διαρροής

## 5.5 Αξονική θλίψη-τοπικός λυγισμός

Η αντοχή διατομής σε αξονική θλίψη δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$N_{c,Rd} = f_{yb} * A_{eff} / \gamma_{M1} \quad \text{αν} \quad A_{eff} \leq A_g$$

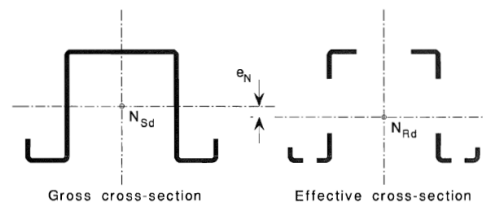
$$N_{c,Rd} = f_{ya} * A_g / \gamma_{M0} \quad \text{αν} \quad A_{eff} = A_g \quad \text{όπου}$$

$A_{eff}$  Εμβαδόν ενεργού διατομής

$f_{yb}$  Βασικό όριο διαρροής υλικού

Για μέλη που υπόκεινται σε αξονική θλίψη, οι δρώσες δυνάμεις εξασκούνται στο κέντρο βάρους της καθαρής διατομής ενώ η αντοχή υπολογίζεται στο κέντρο βάρους της ενεργού διατομής. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω, σε περίπτωση που τα κέντρα βάρους των δύο διατομών δεν συμπίπτουν προκαλείται σχετική μετατόπιση  $e_N$ , με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πρόσθετες ροπή  $\Delta M = e_N * N_{c,Rd}$ , όπου σε περίπτωση δυσμενούς επιρροής θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη στους υπολογισμούς, αλλιώς μπορεί να αγνοηθούν υπέρ της ασφαλείας.

Εικόνα 5-9: Μετατόπιση κ.β διατομής λόγω αξονικής θλίψης



## 5.6 Μονοαξονική κάμψη

Η ελαστική αντοχή διατομής σε καμπτικό τοπικό λυγισμό δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$M_{c,Rd} = f_{yb} * W_{eff} / \gamma_{M1} \quad \text{αν} \quad W_{eff} \leq W_{el}$$

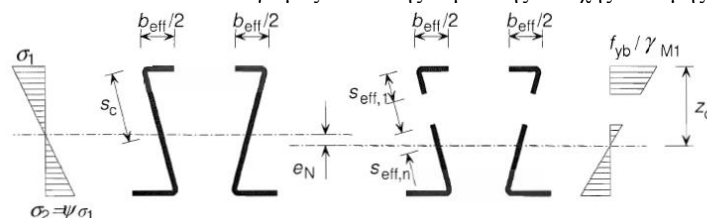
$$M_{c,Rd} = f_{ya} * W_{el} / \gamma_{M0} \quad \text{αν} \quad W_{eff} = W_{el} \quad \text{όπου}$$

$W_{eff}$  η ελαστική ροπή αντίστασης της ενεργού διατομής

$W_{el}$  η ελαστική ροπή αντίστασης της πλήρους διατομής

Για τον υπολογισμό των τάσεων  $\sigma_1$  και  $\sigma_2$  λαμβάνεται υπ' όψη το κέντρο βάρους της ενεργού διατομής που έχει προκύψει από την ενδεχόμενη αξονική θλίψη που μπορεί να συνυπάρχει.

Εικόνα 5-10: Υπολογισμός ελαστικής καμπτικής αντοχής διατομής



### 5.6.1 Ελαστοπλαστική αντοχή

Σε περιπτώσεις που η πρώτη διαρροή εμφανίζεται στην εφελκυστική ζώνη της διατομής, ο κανονισμός επιτρέπει την **αξιοποίηση πλαστικών αποθεμάτων** σε περίπτωση που ικανοποιούνται οι παρακάτω πρόσθετες **προϋποθέσεις** :

- Η διατομή να μην υπόκειται σε άλλες καταπονήσεις και να κάμπτεται περί τον ισχυρό άξονα

- Να εξασφαλίζεται η εκτροπή του θλιβόμενου πέλματος της διατομής

- Ο κορμός της διατομής να έχει : Γωνία κλίσης  $\varphi \geq 60^\circ$  και

$$\text{Κεκλιμένο μήκος } S_c \leq 1,11 * (E/f_{yb})^{0,5} * t$$

- τέλος η θλιπτική παραμόρφωση σχεδιασμού θα πρέπει να πληροί τη σχέση:

$$\varepsilon_{com,ed} \leq C_y * \varepsilon_{yb} / \gamma_{M1} \quad \text{όπου } \varepsilon_{yb} = f_{yb} / E. \text{ παραμόρφωση διαρροής}$$

Ο **συντελεστής**  $C_y$  λαμβάνεται ίσος με 1 για μονοπροέχοντα και για μέλη με ενισχύσεις. Για διπλά στηριζόμενα στοιχεία χωρίς ενισχύσεις ισχύουν τα παρακάτω:

$$C_y = 3 \quad S_c \leq 1,11 * (E/f_{yb})^{0,5} * t$$

$$C_y = 1 \quad S_c \leq 1,29 * \{E / (f_{yb} * b)\}^{0,5} * t$$

$$C_y = 3 - \{(S_c/t) * (f_{yb} * b/t)^{0,5} - 1,11\} / 0,09 \quad \text{για ενδιάμεσες τιμές.}$$

Η **ελαστοπλαστική ροπή αντοχής** δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$M_{c,Rd} = f_{yb} * \{ W_{el} + (W_{pl} - W_{el}) * 4 * (1 - \lambda_{e,max} / \lambda_{e0}) \} / \gamma_{M0} \leq W_{pl} * f_{yb} / \gamma_{M0}$$

όπου

$W_{pl}$  η πλαστική ροπή αντοχής

$\lambda_{e,max}$  είναι η λυγηρότητα του στοιχείου που αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη τιμή του λόγου  $\lambda_e / \lambda_{e0}$

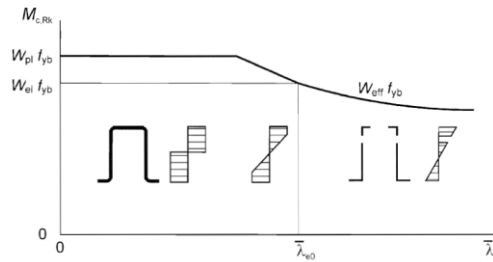
$\lambda_e, \lambda_{e0}$  είναι η λυγηρότητα του κάθε στοιχείου και η λυγηρότητα αναφοράς του αντίστοιχα

- διπλά στηριζόμενα στοιχεία για  $\lambda_e = \lambda_p$  ,  $\lambda_{e0} = 0,5 + \{0,25 - 0,055 * (3 + \psi)\}^{0,5}$

- μονά στηριζόμενα στοιχεία για  $\lambda_e = \lambda_p$  ,  $\lambda_{e0} = 0,673$

Το  $\lambda_p$  υπολογίζεται από τους πίνακες ενεργών πλατών

Εικόνα 5-11: Ελαστοπλαστική αντοχή διατομής



### 5.7 Διαξονική κάμψη

Ο έλεγχος διατομής σε διαξονική κάμψη γίνεται με την παρακάτω σχέση:

$$(M_{c,y,ed}/M_{c,y,rd}) + (M_{c,z,Ed} / M_{c,z,rd}) \leq 1$$

Όπου  $M_{c,y,rd}, M_{c,z,rd}$  οι ροπές αντοχής σχεδιασμού της ενεργού διατομής

$-M_{c,y,ed}, M_{c,z,ed}$  οι ροπές από εξωτερικά φορτία της πλήρους διατομής

κατά τον άξονα y-y και z-z αντίστοιχα χωρίς να λαμβάνουν χώρα πλαστικοποιήσεις των διατομών.

### 5.8 Θλίψη και διαξονική Κάμψη

Ο έλεγχος διατομής σε αξονική θλίψη και διαξονική κάμψη δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$(M_{y,ed} + N_{ed} * e_{Ny}) / (f_y * W_{ef,y,com} / \gamma_{M0}) + (M_{z,ed} + N_{ed} * e_{Nz}) / (f_y * W_{ef,z,com} / \gamma_{M0}) + N_{ed} / (f_y * A_{eff} / \gamma_{M0}) \leq 1$$

Όπου

$-W_{ef,y,com}, W_{ef,z,com}$  είναι η ροπή αντίστασης της ενεργού διατομής για μέγιστη θλιπτική τάση, αν υπόκειται μόνο σε κάμψη περί τον y - y ή τον z-z άξονα αντίστοιχα.

$-M_{y,ed}, M_{z,ed}$  είναι οι δρώσες ροπές από τα εξωτερικά φορτία ως προς το κέντρο βάρους της διατομής.

$-N_{ed}$  είναι η δρώσα αξονική δύναμη σχεδιασμού

$-e_{Ny}, e_{Nz}$  οι μετατοπίσεις του κέντρου βάρους της διατομής λόγω τοπικού λυγισμού

Σε περιπτώσεις όπου  $W_{ef,y,com} > W_{ef,y,ten}$  ή  $W_{ef,z,com} > W_{ef,z,ten}$  θα πρέπει να ικανοποιείται **επιπλέον** η παρακάτω σχέση

$$(M_{y,ed} + N_{ed} * e_{Ny}) / (f_y * W_{ef,y,ten} / \gamma_{M0}) + (M_{z,ed} + N_{ed} * e_{Nz}) / (f_y * W_{ef,z,ten} / \gamma_{M0}) - (\psi_{vec} * N_{ed}) / (f_y * A_g / \gamma_{M1}) \leq 1$$

Όπου

$W_{ef,y,ten}, W_{ef,z,ten}$  είναι η ροπή αντίστασης της ενεργού διατομής για μέγιστη εφελκυστική τάση, αν υπόκειται μόνο σε κάμψη περί τον y - y ή τον z-z άξονα αντίστοιχα.



$\psi_{vec}$  Συντελεστής διανυσματικής επιρροής σύμφωνα με τον EN1993-1-1.

## 5.9 Εφελκυσμός και διαξονική Κάμψη

Η έλεγχος διατομής σε αξονικό εφελκυσμό και διαξονική κάμψη δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$(M_{y,ed}) / (f_y * W_{ef,y,com} / \gamma_{M0}) + (M_{z,ed}) / (f_y * W_{ef,z,com} / \gamma_{M0}) + N_{ed} / (f_y * A_g / \gamma_{M0}) \leq 1$$

Όπου

Σε περιπτώσεις όπου  $W_{ef,y,com} < W_{ef,y,ten}$  ή  $W_{ef,z,com} < W_{ef,z,ten}$  ο έλεγχος γίνεται με την παρακάτω σχέση

$$M_{y,ed} / (f_y * W_{ef,y,ten} / \gamma_{M0}) + M_{z,ed} / (f_y * W_{ef,z,ten} / \gamma_{M0}) - (\psi_{vec} * N_{ed}) / (f_y * A_{eff} / \gamma_{M0}) \leq 1$$

## 5.10 Διάτμηση

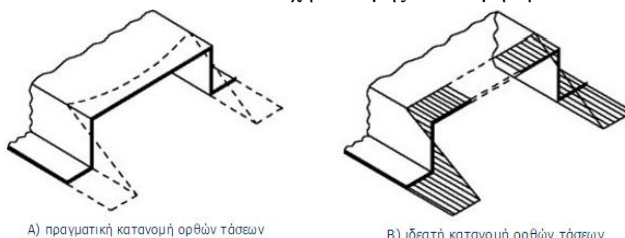
Σε φαινόμενα καθαρής διάτμησης δεν είναι εκ των προτέρων γνωστό αν η διατομή θα αστοχήσει τοπικά λόγω πρόωρου διατμητικού λυγισμού ή θα φτάσει την πλαστική διατμητική αντοχή της. Έτσι ο έλεγχος διάτμησης γίνεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση

$$V_{w,ed} < \text{Min} \{V_{b,rd}, V_{pl,rd}\}$$

Η αντοχή διατομής σε διατμητικό λυγισμό δίνεται από τη σχέση:

$$V_{b,rd} = (h_w * t * f_{bv}) / (\sin \varphi * \gamma_{M1})$$

Εικόνα 5-12: Αντοχή διατομής σε διάτμηση



A) πραγματική κατανομή ορθών τάσεων

B) ιδεατή κατανομή ορθών τάσεων

Η πλαστική αντοχή σε διάτμηση μίας διατομής δίνεται από τη σχέση:

$$V_{pl,rd} = (h_w * t * f_y) / (\sin \varphi * \gamma_{M0} * \sqrt{3})$$

Όπου

- $h_w$  το ύψος του κορμού της διατομής

- $t$  το πάχος του στοιχείου

- $\varphi$  είναι η γωνία που σχηματίζει ο κορμός και το πέλμα

- $f_y$  η τάση διαρροής του υλικού

$f_{bv}$  η αντοχή σε διατμητική κύρτωση που δίνεται στο παρακάτω απόσπασμα του En1993-1-3.

Εικόνα 5-13: Υπολογισμός αντοχής διατομής σε διατμητική κύρτωση με βάση την ανηγμένη λυγηρότητα  $\lambda_w$

Relative web slenderness	Web without stiffening at the support	Web with stiffening at the support <sup>1)</sup>
$\bar{\lambda}_w \leq 0,83$	$0,58 f_{yb}$	$0,58 f_{yb}$
$0,83 < \bar{\lambda}_w < 1,40$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,40$	$0,67 f_{yb} / \bar{\lambda}_w^2$	$0,48 f_{yb} / \bar{\lambda}_w$

<sup>1)</sup> Stiffening at the support, such as cleats, arranged to prevent distortion of the web and designed to resist the support reaction.

Ο υπολογισμός της **ανηγμένης λυγηρότητας**  $\lambda_w$  του κορμού της διατομής γίνεται με τις παρακάτω σχέσεις :

-χωρίς ενισχύσεις :  $\lambda_w = 0,346 * S_w * \sqrt{(f_{yb}/E)} / t = S_w / (86,4 * t * \epsilon)$

-με ενισχύσεις :  $\lambda_w = 0,346 * S_d * \sqrt{\{(5,34 * f_{yb} / (K\tau * E)\}} / t = S_d / (86,4 * t * \epsilon)$  με

$$K\tau = 5,34 + 20 * (I_s / S_d)^{0,3} / t$$

**Παρατήρηση :** Η πλαστική αντοχή σε διάτμηση εξετάζεται μόνο στις περιπτώσεις όπου  $\lambda_w < 0,83 * f_{yb} * \gamma_{M0} / (f_y * \gamma_{M1})$

### Κάμψη και διάτμηση

Ο έλεγχος της διατομής σε κάμψη με συνύπαρξη διατμητικής δύναμης γίνεται με την παρακάτω σχέση:

$$(M_{c, rd} / M_{c, Ed})^2 + (V_{w, ed} / V_{b, rd})^2 \leq 1$$

Χωρίς να λαμβάνουν χώρα μετελαστικές συμπεριφορές τόσο στα εντατικά μεγέθη όσο και στις αντοχές των διατομών.

### Στρέψη

Γενικά στρέψη σε ένα μέλος μπορεί να προκληθεί είτε έμμεσα λόγω εκκεντρότητας φορτίων ή ροπών είτε άμεσα μέσω επιβαλλόμενων στρεπτικών ροπών ή στροφών. Ο άξονας περιστροφής των μελών ταυτίζεται με το κέντρο διάτμησης των διατομών. Σε περίπτωση που κανένα από τα παραπάνω φαινόμενα δεν λαμβάνει χώρα, τα μέλη δεν υπόκεινται σε στρεπτική καταπόνηση, κάτι το οποίο αποτελεί βασική επιδίωξη κατά τον σχεδιασμό διατομών.

Οι μηχανισμοί που μπορούν να προκαλέσουν στρεπτικές δράσεις στα μέλη και επαλληλίζονται στην εκάστοτε περίπτωση είναι οι εξής:

**Ομοίμορφη στρέψη ή στρέψη κατά Saint Venant**, κατά την οποία αναπτύσσεται διατμητική ροή κατά μήκος των διατομών ανάλογα με τα εντατικά μεγέθη στα οποία υπόκεινται και την μορφή της διατομής. Σε περιπτώσεις διπλά συμμετρικής διατομής η στρέψη κατά **Saint Venant** μπορεί να αγνοηθεί καθώς το κέντρο διάτμησης

ταυτίζεται με το κέντρο βάρους της διατομής. Στους υπολογισμούς υπεισέρχεται η **σταθερά στρέψης  $I_i$**  η οποία υπολογίζεται ως εξής :

-για ανοιχτές λεπτότοιχες διατομές  $I_i = (\sum b_i \cdot t_i^3) / 3$  όπου

$i$  ο αριθμός των ελασμάτων

$b_i \cdot t_i^3$  το μήκος και το πάχος του ελάσματος  $i$

-για κλειστές διατομές  $I_i = (4 \cdot A_m^2) / \int_{\text{επιφ}} ds / t$  όπου

$A_m$  το εμβαδόν της επιφάνειας των ελασμάτων που ορίζεται από την μέση γραμμή των στοιχείων τους

$ds, t$  το στοιχειώδες μήκος και πάχος του ελάσματος

**Ανομοιόμορφη στρέψη ή στρέψη λόγω στρέβλωσης**, κατά την οποία αναπτύσσεται ένα ζεύγος ίσων και αντίθετων ροπών  $M_f$  (**δίρροπο**) καθώς και **τέμνουσα δύναμη  $V_f$** . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τόσο ορθών όσο και διατμητικών τάσεων στα στοιχεία της διατομής. Σε περιπτώσεις κλειστών διατομών θεωρούμε απλοποιητικά ότι εμφανίζονται μόνο διατμητικές τάσεις. Στους υπολογισμούς υπεισέρχεται η **σταθερά στρέβλωσης  $I_w$**  η οποία υπολογίζεται ως εξής :

$I_w = \int w^2 \cdot ds$  όπου

$w = \int r_i \cdot ds$  η συνάρτηση στρέβλωσης

- $r_i$  η απόστασή του στοιχείου από το κέντρο διάτμησης της διατομής

- $ds$  το στοιχειώδες μήκος κατά μήκος του πλακοειδούς στοιχείου

Οι σχέσεις με τις οποίες ελέγχονται οι διατομές έναντι στρέψης είναι οι εξής:

- $\sigma_{tot,ed} \leq f_y / \gamma_{M0}$  (ενεργή διατομή)
- $\tau_{tot,ed} \leq f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$  (καθαρή διατομή)
- $\sqrt{(\sigma_{tot,ed}^2 + 3 \cdot \tau_{tot,ed}^2)} \leq I \cdot f_y / \gamma_{M0}$  (σύνθετος έλεγχος)

Όπου

$\sigma_{tot,ed}$  η συνισταμένη ορθή τάση λόγω εξωτερικών δράσεων

$\tau_{tot,ed}$  η συνισταμένη διατμητική τάση λόγω εξωτερικών δράσεων

και υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\sigma_{tot, Ed} = \sigma_{N, Ed} + \sigma_{M_y, Ed} + \sigma_{M_z, Ed} + \sigma_{w, Ed}$$

$$\tau_{tot, Ed} = \tau_{V_y, Ed} + \tau_{V_z, Ed} + \tau_{t, Ed} + \tau_{w, Ed} \quad \text{όπου}$$

$\sigma_{M_y, Ed}, \sigma_{M_z, Ed}$  ορθή τάση λόγω καμπτικής ροπής  $M_{y, Ed}, M_{z, Ed}$  αντίστοιχα

$\sigma_{N, Ed}$  ορθή τάση λόγω αξονικής δύναμης  $N_{Ed}$

$\sigma_{w.Ed}$  ορθή τάση λόγω διρρόπου

$\tau_{V_y.Ed}$   $\tau_{V_z.Ed}$  διατμητική τάση λόγω τέμνουσας δύναμης  $V_{y.Ed}$  και  $V_{z.Ed}$  αντίστοιχα

$\tau_{t.Ed}$  διατμητική τάση λόγω στρέψης Saint Venant

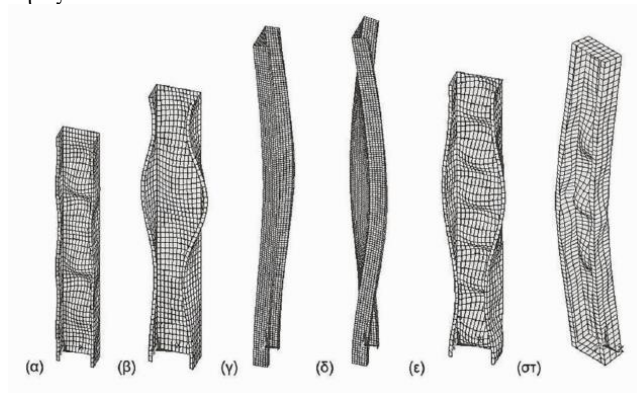
$\tau_{w.Ed}$  διατμητική τάση από στρέψη λόγω στρέβλωσης

## 5.11 Ευστάθεια μελών

Μία ράβδος η οποία υπόκειται σε εξωτερικές φορτίσεις και αρχικές μετατοπίσεις εν γένει έχει την τάση να παραμορφώνεται τόσο τοπικά (τοπικός λυγισμός) όσο και καθολικά (καθολικός λυγισμός). Μέχρι μία οριακή στάθμη φόρτισης τα μέλη συμπεριφέρονται ελαστικά και επανέρχονται στην αρχική απαραμόρφωτη κατάσταση μετά το πέρας της φόρτισης. Για στάθμες φόρτισης μεγαλύτερες της οριακής τα μέλη ισορροπήσουν σε διαφορετική θέση από την αρχική είτε τοπικά είτε καθολικά έτσι ώστε μετά το πέρας της φόρτισης ή να έχουν αποκτήσει παραμένουσες πλαστικές παραμορφώσεις ή να έχει αστοχήσει. Γενικά οι στάθμες φόρτισης καθορίζονται από την κατηγορία της διατομής.

Τα μέλη από λεπτότοιχες διατομές ψυχρής διαμόρφωσης – έλασης (κατηγορία 4) ελέγχονται άμεσα σε τοπικό λυγισμό μέσω του ελέγχου των διατομών που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Σε περιπτώσεις που εξασφαλίζεται στα μέλη συνεχή πλευρική εξασφάλιση, στρεπτική και καμπτική, οι έλεγχοι των διατομών καλύπτουν και τους καθολικούς ελέγχους του μέλους. Σε αντίθετη περίπτωση που τα μέλη μπορούν να κάμπτονται και ή να στρέφονται ελεύθερα απαιτείται τοπική και καθολική αντιμετώπιση του λυγισμού με τους πιθανούς συνδυασμούς. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται πιθανές μορφές τοπικού - καθολικού λυγισμού διατομής C με ακραίες ενισχύσεις, όπως έχουν προκύψει από αναλύσεις με προσομοίωση πεπερασμένων επιφανειακών στοιχείων.

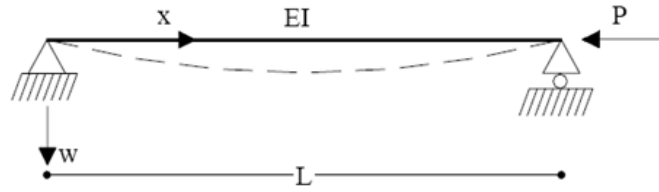
Εικόνα 5-14: Ιδιομορφές ταλάντωσης διατομής C με ακραίες ενισχύσεις :α)τοπικός λυγισμός, β) τοπικός λυγισμός με στρέβλωση γ) Καμπτικός λυγισμός περί τον ασθενή άξονα, δ) στρεπτοκαμπτικός λυγισμός, ε) αλληλεπίδραση τοπικού λυγισμού και τοπικού λυγισμού με στρέβλωση, στ)αλληλεπίδραση τοπικού λυγισμού και καμπτικού λυγισμού περί τον ασθενή άξονα



## 5.12 Καθολικός λυγισμός – Αξονική θλίψη ράβδων

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται αμφιέριστη ράβδος μήκους L και δυσκαμψίας EI, η οποία καταπονείται από αξονική θλιπτική δύναμη P.

Εικόνα 5-15: Αμφιέριστη δοκός υπό αξονική κεντρική θλίψη



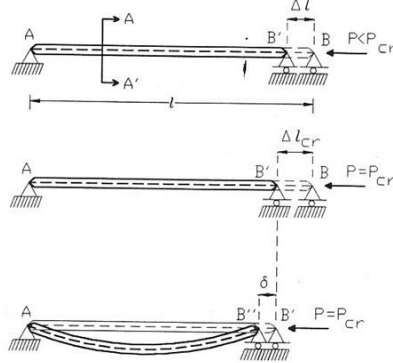
Θεωρώντας την ισορροπία του στοιχείου  $dx$  στη θέση  $x$  του παραμορφωμένου φορέα προκύπτει η διαφορική εξίσωση του βέλους της δοκού

$$\Delta E \text{ δοκού : } W''''(x) + k^2 * W''(x) = 0 \quad \mu\epsilon \quad k^2 = Pcr / EI$$

Όπου  $Pcr$  είναι το κρίσιμο φορτίο λυγισμού της ράβδου.

Για στάθμες φόρτισης  $P < Pcr$  ο φορέας θεωρείται απαραμόρφωτος και δεν καταπονείται από κάμψη. Μόλις ξεπεράσει τη στάθμη φόρτισης  $Pcr$  η δύναμη  $P$  ασκείται έκκεντρα και η δοκός κάμπτεται.

Εικόνα 5-16: Στάδια φόρτισης αμφιέριστης δοκού υπό αξονική κεντρική θλίψη



Η λύση της διαφορικής εξίσωσης δοκού υποβαλλόμενη σε κεντρική αξονική θλίψη είναι η εξής :

$$\Delta E : W(x) = A * \sin(kx) + B * \cos(kx) + C * x + D$$

Όπου οι σταθεροί συντελεστές  $A, B, C$  και  $D$  υπολογίζονται με βάση τις συνοριακές συνθήκες του προβλήματος.

Πρόκειται για τριγωνομετρική εξίσωση που εν γένει έχει  $n$  άπειρες λύσεις (ιδιομορφές)

Η αντοχή σε καμπτικό λυγισμό λόγω θλιπτικού φορτίου ενός μέλους δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$N_{b,Rd} = \chi A_{eff} f_y / \gamma_{M1} = \chi \beta_A A_g f_y / \gamma_{M1}$$

$$\beta_A = A_{eff} / A_g$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + [\varphi^2 - \bar{\lambda}^2]^{0.5}} \leq 1.0$$

$$\varphi = 0.5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

όπου

- $\lambda' = \lambda / \lambda_1$  η ανηγμένη λυγηρότητα του μέλους

- $\lambda = L_{cr} / i$  η ανηγμένη λυγηρότητα του μέλους

- $i = \sqrt{I / A_g}$  η ακτίνα αδράνειας της γεωμετρικής διατομής

- $\lambda_1 = \pi \sqrt{E / f_{yb}} = 93,9 \sqrt{E}$  η οριακή λυγηρότητα του μέλους

- $L_{cr}$  το ισοδύναμο μήκος λυγισμού του μέλους

- $\alpha$  συντελεστής ατελειών μέλους που εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (EN1993-1-1).

Εικόνα 5-17: Επιλογή καμπύλης λυγισμού ανάλογα με το σχήμα της εξεταζόμενης διατομής

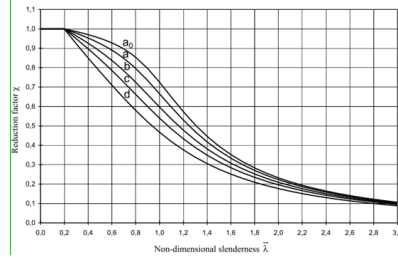
Type of cross-section	Backling about axis	Backling about axis
	if $L_{cr}$ is used	b
	if $L_{cr}$ is used*	c
	y-y	a
	z-z	b
	Any	b
	Any	c

\*The average yield strength  $f_{yk}$  should not be used unless  $L_{cr} = A_g$

Τιμές συντελεστή ατελειών α					
Καμπύλη λυγισμού	a <sub>0</sub>	a	b	c	d
Συντελεστής ατελειών α	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

Εναλλακτικά ο μειωτικός συντελεστής μπορεί να υπολογίζεται με βάση το παρακάτω διάγραμμα του ευρωκώδικα στο ίδιο τεύχος.

Εικόνα 5-18: Ευρωπαϊκές καμπύλες λυγισμού



Ο έλεγχος των μελών σε καμπτικό λυγισμό έγινε με την παρακάτω σχέση του **EN1993-1-3**:

$$(N_{ed}/N_{b,Rd})^{0,8} + (M_{ed,y}/M_{rd,y})^{0,8} \leq 1$$

## 6 Ανάλυση φορέα

### 6.1 Γενικά

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εφαρμόστηκαν 3 ειδών αναλύσεις οι οποίες εφαρμόστηκαν και στα δύο προσομοιώματα και είναι οι εξής :

*-Στατική- Ελαστική ανάλυση*

*- Ιδιομορφική-Φασματική ανάλυση*

*-Ανάλυση χρονοϊστορίας φόρτισης-ιδιομορφική ανάλυση(συμπεριφορά κατασκευής σε πραγματικό σεισμό)*

Οι παραπάνω αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς όπως παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια .

### 6.2 Στατική-Ελαστική ανάλυση

Η ελαστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με σκοπό την διαστασιολόγηση και τον έλεγχο της επάρκειας των συστατικών μερών του μεταλλικού σκελετού της κατασκευής .Το πρόγραμμα προσομοίωσης που επιλέχθηκε δεν έχει την δυνατότητα αυτόματου ελέγχου των διατομών που χρησιμοποιήθηκαν και οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν αξιοποιώντας τους πίνακες των εντατικών μεγεθών που παρέχονται μέσω του προγράμματος σε λογιστικό φύλλο excel. Επίσης πραγματοποιήθηκε έλεγχος των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων με βάση τις διατάξεις του EC8.

### 6.3 Διαστασιολόγηση και έλεγχος διατομών και μελών

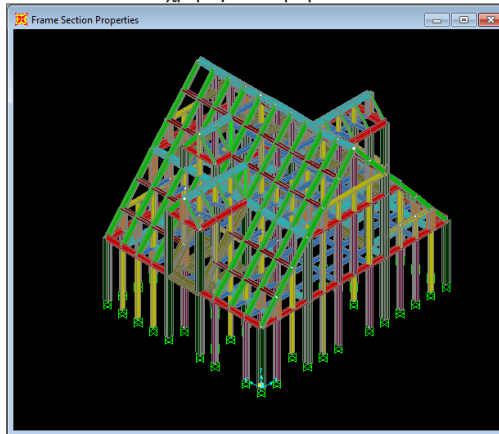
#### 6.3.1 Γενικά

Παρακάτω παρατίθενται τα είδη των διατομών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προσομοίωση για την σύσταση του φέροντος οργανισμού του κτιρίου καθώς και τα αντίστοιχα γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά τους . Κριτήρια επιλογής των διατομών αποτέλεσαν αφενός μεν **η καταλληλότητα** τους να ανταπεξέλθουν στις εκάστοτε εξωτερικές καταπονήσεις που πρόκειται να υποβληθούν με τον ευνοϊκότερο τρόπο , αφετέρου δε να ικανοποιήσουν **τις αρχιτεκτονικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις**. Τέτοιες περιπτώσεις διατομών αποτέλεσαν τα σύνθετα υποστυλώματα, η μορφή των οποίων επιλέχθηκε έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης των πάνελς με το μεταλλικό σκελετό. Επιπρόσθετα για την εγκατάσταση του Η/Μ εξοπλισμού απαιτήθηκε μεγάλο ύψος για τις δοκούς του πατώματος που πρόκειται να τον φιλοξενήσουν, παράγοντας ο οποίος καθόρισε και το ύψος των υποστυλωμάτων (3,5 m). Οι διατομές των μελών, τόσο οι γεωμετρικές όσο και οι ενεργές σχεδιάστηκαν εξ' ολοκλήρου στην επιλογή που διαθέτει το πρόγραμμα για τον σχεδιασμό διατομών (section designer (SD)).



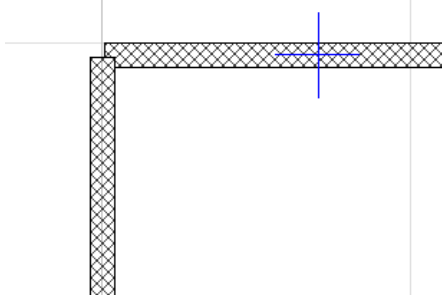


Εικόνα 6-1: Χρωματική απεικόνιση των μελών του φορέα ανάλογα με τα είδη των διατομών που χρησιμοποιήθηκαν



Γενικά κατά τον σχεδιασμό οι καμπύλες αγνοήθηκαν και τα στοιχεία κάθε διατομής προσομοιώθηκαν ως ευθύγραμμα τμήματα με μήκος  $I_{real}=l-(e \text{ ή } 2e)$  ανάλογα με το αν το στοιχείο είναι απλά ή διπλά στηριζόμενο αντίστοιχα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται τυπικό σημείο συμβολής δύο στοιχείων διατομής όπως σχεδιάστηκε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα.

Εικόνα 6-2: Προσομοίωση στηριξεων στο λογιστικό πρόγραμμα

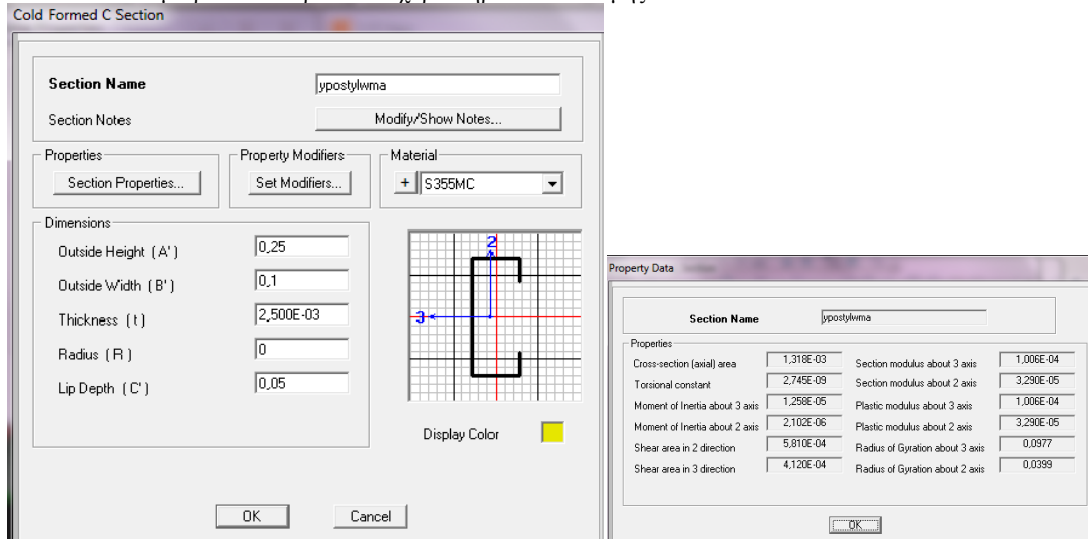


### 6.3.2 Διαστασιολόγηση υποστυλωμάτων

Για τα υποστυλώματα επιλέχθηκαν διατομές τύπου C καθώς και συνδυασμός τους (διπλά ή τριπλά C) στην περιοχή συμβολής των τοιχών.

#### 6.3.2.1 Διατομή τύπου 1: Βασικό υποστύλωμα πλήρωσης

Εικόνα 6-3: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά διατομής τύπου 1



Γεωμετρικές συνθήκες ισχύος

Οι καμπύλες αγνοούνται

$$\text{Κορμός: } h/t = 247,5/2,5 < 500 * \sin 90 \quad \text{OK}$$

$$\text{Πέλμα: } b/t = 97,5/2,5 < 60 \quad \text{OK}$$

$$\text{Ενίσχυση: } c/t = 48,75/2,5 < 50 \quad \text{OK}$$

Αντοχή διατομής σε αξονική θλίψη (τοπικός λυγισμός)

1) κορμός (διπλά στηριζόμενο στοιχείο)

$$-y = \sigma_2 / \sigma_1 = 1 \quad K_\zeta = 4$$

$$-\lambda_\rho = (247,5/2,5) / (0,81 * 28,4 * \sqrt{4}) = 2,16$$

$$-\rho = (1 - 0,22 / 2,16) / 2,16 = 0,41$$

$$-b_{\text{eff}} = 0,41 * 247,5 = 101,5 \text{ mm}$$

$$-b_{e1} = b_{e2} = 101,5 \text{ mm} / 2 = 51,25 \text{ mm}$$

$$-b_{\text{un}} = 247,5 - 101,5 = 146 \text{ mm}$$

2) πέλμα (διπλά στηριζόμενο στοιχείο για σταθερά ελατηρίου  $k \rightarrow +\infty$ )

$$-y = \sigma_2 / \sigma_1 = 1 \quad K_\zeta = 4$$

$$-\lambda_\rho = (97,5/2,5) / (0,81 * 28,4 * \sqrt{4}) = 0,87$$

$$-\rho = (1 - 0,22 / 0,87) / 0,87 = 0,86$$

$$-b_{\text{eff}} = 0,86 * 97,5 = 85 \text{ mm}$$

$$-b_{e1} = b_{e2} = 85 \text{ mm} / 2 = 42,5 \text{ mm}$$

$$-b_{\text{un}} = 12,5 \text{ mm}$$

3) ενίσχυση (απλά στηριζόμενο στοιχείο)

$$-y = \sigma_2 / \sigma_1 = 1$$

$$-c_\sigma / b_p = 50 / 100 = 0,5 > 0,35 \text{ άρα}$$

$$-K_\zeta = 0,5 + 0,83 * \sqrt{(0,5^2 - 0,35^2)} = 0,62$$

$$-\lambda_\rho = (48,5/2,5) / (0,81 * 28,4 * \sqrt{0,62}) = 0,89$$

$$-\rho = (1 - 0,22 / 0,89) / 0,89 = 0,85$$

$$-c_{\text{eff}} = 0,85 * 48,5 = 41,2 \text{ mm}$$

Εμβαδόν ακραίας ενίσχυσης και του προσκείμενου σε αυτήν πέλματος

$$-A_{s,eff}=(42,5+41,2)*2,5=192,5mm$$

Κ.β ενίσχυσης από την άνω ίνα του πέλματος

$$-z_{s,G}=2,5*(34*21,25)/192,5=10,08mm$$

Ροπή αδράνειας ενίσχυσης

$$-I_s^{(a)} = 43*2,5^3/12+43*2,5*(10,08-1,25)^2+41,2*2,5^3/12+41,2*2,5*(21,25-10,08)^2$$

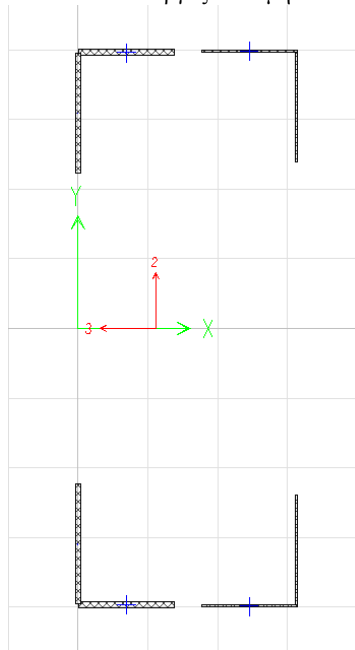
$$=19.726,83mm^4$$

Εμπειρικό κριτήριο εκτίμησης του ενεργού πάχους της ενίσχυσης  $t_{red}$

$$-I_s^{(a)} / A_{cv,eff}^2=0,532 > -0,31(1,5+h/bp)*(f_y/E)^2*(bp/t)^3=4,86(1,5+247,5-97,5)*(355MPa/2100 MPa)^2*(97,5/2,5)^3=0,23 \Leftrightarrow X=0,5$$

Ενεργό πάχος ενίσχυσης :  $t_{red}=X*t=0,5*2,5=1,25mm$

Εικόνα 6-4: Ενεργός διατομή υπό θλίψη



Properties			
Cross-section (axial) area	7,126E-04	Section modulus about 3 axis	6,989E-05
Torsional constant	1,117E-09	Section modulus about 2 axis	1,708E-05
Moment of Inertia about 3 axis	8,740E-06	Plastic modulus about 3 axis	7,794E-05
Moment of Inertia about 2 axis	1,085E-06	Plastic modulus about 2 axis	2,328E-05
Shear area in 2 direction	2,586E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,1107
Shear area in 3 direction	3,984E-04	Radius of Gyration about 2 axis	0,039

Αντοχή σε αξονική θλίψη :  $N_{c,rd}=7,126*10^{-4}*355000/1=252,98kN \rightarrow 253 kN$

Μετατόπιση κ.β κατά z-z:  $\Delta z=0,0399m-0,039m=9mm$

Αντοχή διατομής σε κάμψη περί τον ισχυρό άξονα y-y

Μετατόπιση κ.β διατομής λόγω θλίψης  $z_{y-y}=0$

Η εφελκόμενη ζώνη συμμετέχει αυτούσια στην κάμψη

1) κορμός (διπλά στηριζόμενο στοιχείο)

$$-y = \sigma_2 / \sigma_1 = -1 \quad \Leftrightarrow K_\zeta = 23,9$$

$$-\lambda_\rho = (247,5/2,5) / (0,81 * 28,4 * \sqrt{23,9}) = 0,88$$

$$-\rho = (1 - 0,22/0,88) / 0,88 = 0,85$$

$$-b_{eff} = 0,85 * 247,5/2 = 105,43 \text{ mm}$$

$$-b_{e1} = 0,4 * 105,3 \text{ mm} = 42,2$$

$$-b_{e1} = 0,6 * 105,3 \text{ mm} = 63,23$$

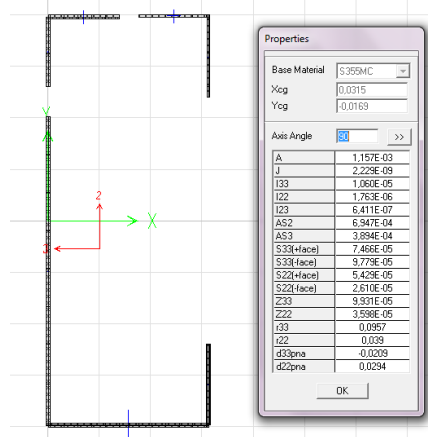
$$-b_{e1} = 247,5/2 + 63,23 = 187 \text{ mm}$$

$$-b_{un} = 247,5/2 - 105,43 = 18,32 \text{ mm}$$

2,3) θλιβόμενο άνω πέλμα + ενίσχυση : Ως έχει στην θλίψη

Ροπή αντοχής  $M_y$  (συμμετρική διατομή κατά y-y)

Εικόνα 6-5: Ενεργός διατομή υπό κάμψη περί τον y-y άξονα



$$M_{y,rd,com}^+ = S_{33}^+ * f_{yb} / \gamma_{M1} = 0,0747 * 355 / 1 = -26,13 \text{ kNm}$$

$$M_{y,rd,ten}^+ = S_{33}^- * f_{yb} / \gamma_{M1} = 0,09755 * 355 / 1 = +34,63 \text{ kNm}$$

Αντοχή διατομής σε κάμψη περί τον ασθενή άξονα z-z

$$\text{-απόσταση από την κάτω ίνα του κορμού: } y_2 = 0,0399 + 0,00125 = 41,15 \text{ mm}$$

$$\text{-απόσταση από την κάτω ίνα του κορμού: } y_1 = 0,0975 - y_2 = 56,35 \text{ mm}$$

1) Η εφελκόμενη ζώνη συμμετέχει αυτούσια στην κάμψη

2) κορμός (διπλά στηριζόμενο στοιχείο)

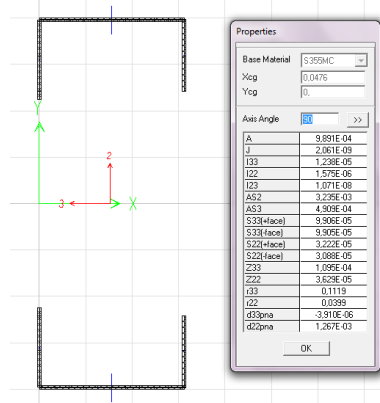
Αρνητικές ροπές - Κορμός υπό λάμψη

$$-\tan \theta = y = \sigma_2 / \sigma_1 = y_2 / y_1 = -41,15 / 56,35 = -0,73$$

$$-K_\zeta = 7,81 - 6,92 * y + 9,78 * y^2 = 7,81 + 6,92 * 0,73 + 9,78 * (-0,73)^2 = 18,07$$

$$-\lambda_p = (97,5/2,5)/(0,81 * 28,4 * \sqrt{18,07}) = 0,093 < 0,673 \Rightarrow b_{eff} = b_p$$

Εικόνα 6-6: Ενεργός διατομή λόγω κάμψης περί τον z-z άξονα



Ροπή αντοχής M z-z

$$- M_{z,rd,com} = S_{22}^- * f_{yb} / \gamma_{M1} = 0,079 * 355 / 1 = -10,97 kNm$$

$$- M_{z,rd,ten} = S_{22}^+ * f_{yb} / \gamma_{M1} = 0,149 * 355 / 1 = +10,64 kNm$$

Θετικές ροπές

1) πέλμα

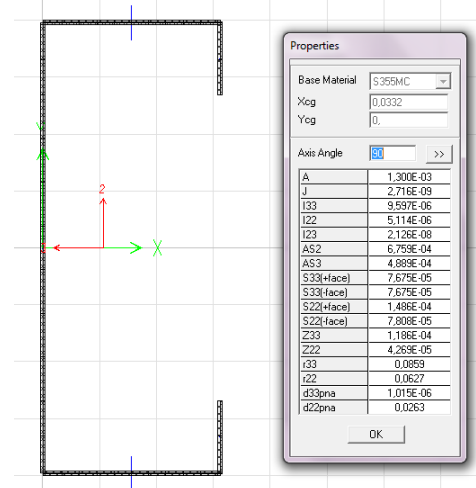
$$-y = -1/0,73 = -1,37$$

$$-K_s = 5,98 * (1 - (-1,37))^2 = 26,4$$

$$-\lambda_p = (97,5/2,5)/(0,81 * 28,4 * \sqrt{26,4}) = 0,0543 < 0,673 \Rightarrow b_{eff} = b_p$$

2) ενίσχυση (απλά στηριζόμενο στοιχείο):  $c_{eff} = 41,2 mm$ ,

Εικόνα 6-7: Ενεργός διατομή λόγω κάμψης περί τον z-z άξονα



Ροπή αντοχής M<sub>z</sub>

$$M_{y,rd,com}^+ = S_{33}^- * f_{yb} / \gamma_{M1} = 0,078 * 355 / 1 = -27,69 kNm$$

$$M_{y,rd,ten} = S_{33}^+ * f_{yb} / \gamma_{M1} = 0,149 * 355 / 1 = 52,9 kN/m$$

Υποστυλώματα ισογείου σε καμπτικό λυγισμό

Η επικάλυψη θεωρήθηκε ότι εξασφαλίζει τα μέλη σε πλευρικό λυγισμό περί τον ασθενή άξονα z-z

Αξονική θλίψη

-Μήκος υποστυλώματος :  $L=3,5m$

-Μήκος λυγισμού:  $L_{cr}=0,7*3,5=0,7*3,5=2,45m$  (αμφίπακτο)

-Ακτίνα αδράνειας:  $i_y=\sqrt{I_y/A_g}=\sqrt{\{1,006*10^{-4}\}/\{1,31*10^{-3}\}}=0,28$

-Οριακή λυγηρότητα:  $\lambda_I=93,9*\epsilon=93,9*0,81=76,06$

-λόγος εμβαδών:  $\beta=\sqrt{A_{eff}/A_g}=\sqrt{(7,129/13,18)}=0,54$

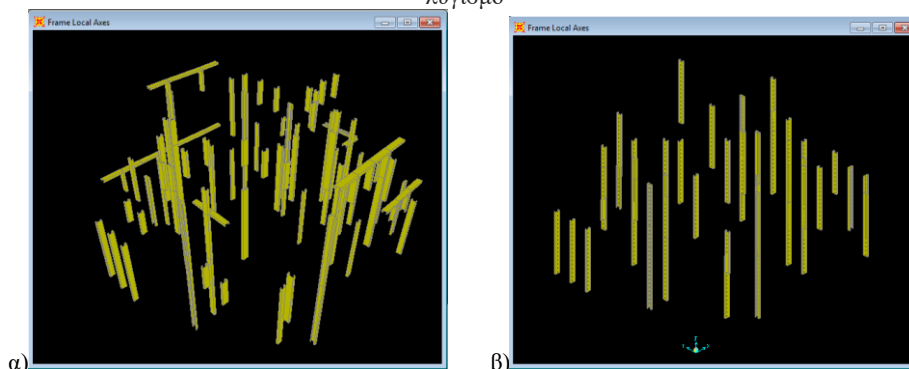
- Λυγηρότητα :  $\lambda=L_{cr}/i_y=2,45/0,28=8,45$

-ανηγμένη λυγηρότητα:  $\lambda'=\lambda/\lambda_I*\beta_a=8,45*0,54/76,6=0,09$

-Καμπύλη λυγισμού:  $b \rightarrow X_b=I$  δεν πάσχει από αξονικό λυγισμό.

Έλεγχος διατομής τύπου 1

Εικόνα 6-8: α) Έλεγχος διατομής τύπου 1 σε διαξονική κάμψη και θλίψη, β) Έλεγχος μελών τύπου 1 σε καμπτικό λυγισμό



**Παρατήρηση:** Για την διατομή τύπου 1 ισχύει  $W_{ef,z,com} > W_{ef,z,ten}$  άρα απαιτείται εκτέλεση πρόσθετου ελέγχου.

Έλεγχος διατομής σε διαξονική κάμψη και θλίψη

Πίνακας 20: Προσομοίωμα Α

N3															=ABS(F3/253)+ABS(J3-0,009*F3)/10,98+ABS(K3/26,13)	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ			
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	2-ΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΥΦΗ ΚΑΙ ΘΛΪΨΗ		
3	169	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-139,8	-1,14	-7,21	-1E-04	-2,988	-1,651	169-7	0,5	0,773385155		
4	169	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-139,846	-1,135	-7,21	-0,000126	-2,9875	-1,6508	169-7	0,5	0,773385155		
5	169	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinatid	Min	-139,846	-1,135	-7,21	-0,000126	-2,9875	-1,6508	169-7	0,5	0,773385155		
6	169	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-138,943	-1,148	-7,222	-0,000126	-2,9829	-1,6357	169-7	0,5	0,769559326		
7	169	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinatid	Min	-157,854	-1,123	-6,04	-0,000111	-2,4592	-0,9857	169-1	0	0,756234109		
8	169	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-157,854	-1,123	-6,04	-0,000111	-2,4592	-0,9857	169-1	0	0,756234109		
9	169	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinatid	Min	-157,854	-1,123	-6,04	-0,000111	-2,4592	-0,9857	169-1	0	0,756234109		
10	169	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-156,545	-1,137	-6,041	-0,000114	-2,458	-1,0196	169-1	0	0,753321217		
11	957	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-93,668	-4,803	-0,858	-2,05E-05	-0,425	-8,2265	957-1	0	0,723129256		
12	957	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinatid	Min	-92,942	-5,097	-0,841	-2,17E-05	-0,4155	-8,159	957-1	0	0,717946581		
13	957	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-92,942	-5,097	-0,841	-2,17E-05	-0,4155	-8,159	957-1	0	0,717946581		
14	957	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinatid	Min	-92,942	-5,097	-0,841	-2,17E-05	-0,4155	-8,159	957-1	0	0,717946581		
15	169	0,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinatid	Min	-157,906	-1,123	-6,04	-0,000111	-0,5872	-0,4665	169-1	0,5	0,717939525		
16	169	0,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-157,906	-1,123	-6,04	-0,000111	-0,5872	-0,4665	169-1	0,5	0,717939525		
17	169	0,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinatid	Min	-157,906	-1,123	-6,04	-0,000111	-0,5872	-0,4665	169-1	0,5	0,717939525		
18	169	0,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-156,597	-1,137	-6,041	-0,000114	-0,5858	-0,4936	169-1	0,5	0,712857287		
19	169	3	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-131,276	-2,933	-2,893	-0,00031	-0,3735	-2,8957	169-7	0	0,703283338		
20	169	3	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-131,276	-2,933	-2,893	-0,00031	-0,3735	-2,8957	169-7	0	0,703283338		
21	169	3	Gtot-1*Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-131,276	-2,933	-2,893	-0,00031	-0,3735	-2,8957	169-7	0	0,703283338		
22	169	3,5	Gtot+Ex+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-131,328	-2,933	-2,893	-0,00031	-1,1151	-4,3841	169-7	0,5	0,692951858		
23	169	3,5	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-131,328	-2,933	-2,893	-0,00031	-1,1151	-4,3841	169-7	0,5	0,692951858		
24	169	3,5	Gtot+1*Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-131,328	-2,933	-2,893	-0,00031	-1,1151	-4,3841	169-7	0,5	0,692951858		
25	512	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-66,766	-1,45	-11,828	-3,66E-05	-4,367	-2,1338	512-7	0,5	0,688555063		

Πίνακας 21: Προσομοίωμα Β

N3															=ABS(F3/253)+ABS(J3-0,009*F3)/10,98+ABS(K3/26,13)	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ			
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	2-ΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΥΦΗ ΚΑΙ ΘΛΪΨΗ		
3	169	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combin	Min	-132	-2,74	-0,18	-1,4E-05	-0,47	-5,993	169-1	3,5	0,816847125		
5	169	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-132,008	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,4666	-5,9934	169-1	3,5	0,816847125		
6	108	1,75	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-159,598	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,1783	-0,3173	108-1	1,75	0,757544682		
7	108	1,75	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-159,598	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,1783	-0,3173	108-1	1,75	0,757544682		
8	108	1,75	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-159,598	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,1783	-0,3173	108-1	1,75	0,757544682		
9	108	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-159,417	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,783	-1,7604	108-1	0	0,756835754		
10	108	0	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-159,417	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,783	-1,7604	108-1	0	0,756835754		
11	108	0	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-159,417	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,783	-1,7604	108-1	0	0,756835754		
12	169	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-131,646	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,202	-3,6369	169-1	0	0,749034238		
13	169	0	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-131,646	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,202	-3,6369	169-1	0	0,749034238		
14	169	0	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-131,646	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,202	-3,6369	169-1	0	0,749034238		
15	108	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-159,779	-1,149	-0,549	-0,00001357	-1,1346	-2,1996	108-1	3,5	0,743349714		
16	108	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-159,779	-1,149	-0,549	-0,00001357	-1,1346	-2,1996	108-1	3,5	0,743349714		
17	108	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-159,779	-1,149	-0,549	-0,00001357	-1,1346	-2,1996	108-1	3,5	0,743349714		
18	706	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-146,536	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,7199	-2,8308	706-1	0	0,742075735		
19	706	0	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-146,536	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,7199	-2,8308	706-1	0	0,742075735		
20	706	0	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-146,536	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,7199	-2,8308	706-1	0	0,742075735		

Πρόσθετος έλεγχος

Πίνακας 22 Προσομοίωμα Α (Πρόσθετος έλεγχος)

N3															=ABS(F3/253)+ABS(J3-0,009*F3)/10,67+ABS(K3/34,63)	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ			
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	2-ΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΥΦΗ ΚΑΙ ΘΛΪΨΗ		
3	169	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combin	Min	-139,8	-1,14	-7,21	-1E-04	-2,988	-1,651	169-7	0,5	0,762453066		
4	169	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-139,846	-1,135	-7,21	-0,000126	-2,9875	-1,6508	169-7	0,5	0,762453066		
5	169	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinatid	Min	-139,846	-1,135	-7,21	-0,000126	-2,9875	-1,6508	169-7	0,5	0,762453066		
6	169	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-138,943	-1,148	-7,222	-0,000126	-2,9829	-1,6357	169-7	0,5	0,758778411		
7	169	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinatid	Min	-157,854	-1,123	-6,04	-0,000111	-2,4592	-0,9857	169-1	0	0,749722885		
8	169	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-157,854	-1,123	-6,04	-0,000111	-2,4592	-0,9857	169-1	0	0,749722885		
9	169	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinatid	Min	-157,854	-1,123	-6,04	-0,000111	-2,4592	-0,9857	169-1	0	0,749722885		
10	169	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-156,545	-1,137	-6,041	-0,000114	-2,458	-1,0196	169-1	0	0,746519551		
11	169	0,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinatid	Min	-157,906	-1,123	-6,04	-0,000111	-0,5872	-0,4665	169-1	0,5	0,715764129		
12	169	0,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-157,906	-1,123	-6,04	-0,000111	-0,5872	-0,4665	169-1	0,5	0,715764129		
13	169	0,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinatid	Min	-157,906	-1,123	-6,04	-0,000111	-0,5872	-0,4665	169-1	0,5	0,715764129		
14	169	0,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-156,597	-1,137	-6,041	-0,000114	-0,5858	-0,4936	169-1	0,5	0,710399886		
15	512	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-66,766	-1,45	-11,828	-3,66E-05	-4,367	-2,1338	512-7	0,5	0,678476465		
16	512	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-66,766	-1,45	-11,828	-3,66E-05	-4,367	-2,1338	512-7	0,5	0,678476465		
17	512	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-66,766	-1,45	-11,828	-3,66E-05	-4,367	-2,1338	512-7	0,5	0,678476465		
18	169	3	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-131,276	-2,933	-2,893	-0,00031	-0,3735	-2,8957	169-7	0	0,678220556		
19	169	3	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-131,276	-2,933	-2,893	-0,00031	-0,3735	-2,8957	169-7	0	0,678220556		
20	169	3	Gtot-1*Ey+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-131,276	-2,933	-2,893	-0,00031	-0,3735	-2,8957	169-7	0	0,678220556		
21	169	3,5	Gtot+Ex+0,3(Q+Ex)	Combinatid	Min	-131,328	-2,933	-2,893	-0,00031	-1,1151	-4,3841	169-7	0,5	0,651946746		
22	169	3,5	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-131,328	-2,933	-2,893	-0,00031	-1,1151	-4,3841	169-7	0,5	0,651946746		
23	169	3,5	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinatid	Min	-131,328	-2,933	-2,893	-0,00031	-1,1151	-4,3841	169-7	0,5	0,651946746		



Πίνακας 23 Προσομοίωμα Β(πρόσθετος έλεγχος)

N3															f <sub>s</sub> =ABS(F3/253)+ABS(J3-0,009*F3)/10,67+ABS(K3/34,63)
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΠΡΟΣΘΕΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ		
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	N	
3	169	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-132	-2,74	-0,18	-1,4E-05	-0,47	-5,993	169-1	3,5	0,762457214	
4	169	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-132,008	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,4666	-5,9934	169-1	3,5	0,762457214	
5	169	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-132,008	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,4666	-5,9934	169-1	3,5	0,762457214	
6	108	1,75	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-159,598	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,1783	-0,3173	108-1	1,75	0,757893051	
7	108	1,75	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-159,598	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,1783	-0,3173	108-1	1,75	0,757893051	
8	108	1,75	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-159,598	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,1783	-0,3173	108-1	1,75	0,757893051	
9	108	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-159,417	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,783	-1,7604	108-1	0	0,742024011	
10	108	0	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-159,417	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,783	-1,7604	108-1	0	0,742024011	
11	108	0	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-159,417	-1,149	-0,549	-0,00001357	-0,783	-1,7604	108-1	0	0,742024011	
12	108	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-159,779	-1,149	-0,549	-0,00001357	-1,1346	-2,1996	108-1	3,5	0,723490626	
13	108	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-159,779	-1,149	-0,549	-0,00001357	-1,1346	-2,1996	108-1	3,5	0,723490626	
14	108	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-159,779	-1,149	-0,549	-0,00001357	-1,1346	-2,1996	108-1	3,5	0,723490626	
15	169	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-131,646	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,202	-3,6369	169-1	0	0,717471607	
16	169	0	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-131,646	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,202	-3,6369	169-1	0	0,717471607	
17	169	0	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-131,646	-2,742	-0,182	-0,00001357	-0,202	-3,6369	169-1	0	0,717471607	
18	706	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-146,536	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,7199	-2,8308	706-1	0	0,717069412	
19	706	0	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-146,536	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,7199	-2,8308	706-1	0	0,717069412	
20	706	0	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-146,536	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,7199	-2,8308	706-1	0	0,717069412	
21	706	1,75	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-146,717	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,1942	-0,3527	706-1	1,75	0,695647135	
22	706	1,75	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-146,717	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,1942	-0,3527	706-1	1,75	0,695647135	
23	706	1,75	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-146,717	-1,604	-0,522	-0,00001357	-0,1942	-0,3527	706-1	1,75	0,695647135	
24	929	0,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-141,675	-1,875	-0,82	-0,0001028	-0,3192	-1,2774	929-1	0,5	0,686452615	

Έλεγχος μέλους σε καμπτικό λυγισμό

Πίνακας 24: Προσομοίωμα A

O3															f <sub>s</sub> =ABS(F3/253)^0,8+ABS(K3/26,13)^0,8
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	O		
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΜΠΤΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ		
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	N	
3	44	2,33	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combi	Min	-113,5	-2,897	-1,795	-2E-04	-0,353	-4,573	44-11	0,333	0,774645159	
4	44	2,33	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-113,505	-2,897	-1,795	-0,000184	-0,3532	-4,5731	44-11	0,33286	0,774645159	
5	44	2,33	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-113,505	-2,897	-1,795	-0,000184	-0,3532	-4,5731	44-11	0,33286	0,774645159	
6	44	2,33	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-113,02	-2,981	-1,821	-0,000171	-0,3471	-4,372	44-11	0,33286	0,764080426	
7	144	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-85,123	-4,364	-1,297	-3,24E-05	-0,7112	-6,25	144-1	0	0,73676554	
8	144	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-85,123	-4,364	-1,297	-3,24E-05	-0,7112	-6,25	144-1	0	0,73676554	
9	144	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-85,123	-4,364	-1,297	-3,24E-05	-0,7112	-6,25	144-1	0	0,73676554	
10	144	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-85,14	-4,123	-1,27	-3,49E-05	-0,6947	-6,2379	144-1	0	0,736339123	
11	116	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-87,605	-3,537	-3,415	-9,46E-05	-1,2581	-5,8099	116-7	0,5	0,728428804	
12	116	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-87,605	-3,537	-3,415	-9,46E-05	-1,2581	-5,8099	116-7	0,5	0,728428804	
13	116	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-87,605	-3,537	-3,415	-9,46E-05	-1,2581	-5,8099	116-7	0,5	0,728428804	
14	44	1,9971	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-113,47	-2,897	-1,795	-0,000184	-0,2729	-3,503	44-11	0	0,726885823	
15	44	1,9971	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-113,47	-2,897	-1,795	-0,000184	-0,2729	-3,503	44-11	0	0,726885823	
16	44	1,9971	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-113,47	-2,897	-1,795	-0,000184	-0,2729	-3,503	44-11	0	0,726885823	
17	116	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-86,58	-3,556	-3,421	-9,38E-05	-1,2563	-5,7859	116-7	0,5	0,723424196	
18	108	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-86,416	-2,982	-0,143	-1,41E-06	-0,2957	-5,6889	108-1	3,5	0,718759766	
19	108	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-86,416	-2,982	-0,143	-1,41E-06	-0,2957	-5,6889	108-1	3,5	0,718759766	
20	108	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-86,416	-2,982	-0,143	-1,41E-06	-0,2957	-5,6889	108-1	3,5	0,718759766	
21	44	1,9971	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-112,986	-2,981	-1,821	-0,000171	-0,2753	-3,3298	44-11	0	0,717122712	

Πίνακας 25: Προσομοίωμα Β

N3													=ABS(F3/253)^0,8+ABS(K3/26,13)^0,8	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΕ	
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ItemStatio	ΚΑΜΠΤΙΚΟ ΛΥΤΙΣΜΟ
3	340	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-130	-3,4	-0,34	-0	-0,62	-7,9911	340-1	3,5	0,973780046
4	340	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-129,8	-3,432	-0,336	-6E-06	-0,62	-7,9911	340-1	3,5	0,973780046
5	340	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-129,8	-3,432	-0,336	-6E-06	-0,62	-7,9911	340-1	3,5	0,973780046
6	340	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-128	-3,462	-0,334	-6E-06	-0,6218	-7,9589	340-1	3,5	0,965965522
7	512	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-116,8	-3,839	-0,365	-6E-06	-0,6741	-8,535	512-1	3,5	0,947515062
8	512	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-116,8	-3,839	-0,365	-6E-06	-0,6741	-8,535	512-1	3,5	0,947515062
9	512	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-116,8	-3,839	-0,365	-6E-06	-0,6741	-8,535	512-1	3,5	0,947515062
10	159	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-120,9	-3,327	-0,352	-6E-06	-0,6544	-8,0015	159-1	3,5	0,941970081
11	159	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-120,9	-3,327	-0,352	-6E-06	-0,6544	-8,0015	159-1	3,5	0,941970081
12	159	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-120,9	-3,327	-0,352	-6E-06	-0,6544	-8,0015	159-1	3,5	0,941970081
13	512	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-115,4	-3,867	-0,367	-6E-06	-0,6711	-8,5043	512-1	3,5	0,941047746
14	159	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-118,9	-3,371	-0,353	-6E-06	-0,6335	-7,9533	159-1	3,5	0,932671995
15	177	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-117,1	-2,782	-0,433	-6E-06	-0,7567	-7,3003	177-1	3,5	0,90032145
16	177	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-117,1	-2,782	-0,433	-6E-06	-0,7567	-7,3003	177-1	3,5	0,90032145
17	177	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-117,1	-2,782	-0,433	-6E-06	-0,7567	-7,3003	177-1	3,5	0,90032145
18	177	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-115,6	-2,831	-0,433	-6E-06	-0,7573	-7,2449	177-1	3,5	0,89266088
19	706	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-90,61	-5,292	-0,257	-6E-06	-0,5321	-9,6071	706-1	3,5	0,888916816
20	706	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-90,61	-5,292	-0,257	-6E-06	-0,5321	-9,6071	706-1	3,5	0,888916816
21	706	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-90,61	-5,292	-0,257	-6E-06	-0,5321	-9,6071	706-1	3,5	0,888916816
22	706	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-86,83	-5,212	-0,257	-6E-06	-0,5326	-9,6985	706-1	3,5	0,877580452
23	508	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-86,01	-4,911	-0,275	-6E-06	-0,55	-9,3597	108-1	3,5	0,861662787

### 6.3.2.2 Διατομή τύπου 2 : Περιοχή τοποθέτησης κουφωμάτων

Εικόνα 6-9: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά διατομής τύπου 2

**CSISD - portes 25\*10**

Properties	
Base Material	S355MC
Xcg	5,000E-04
Ycg	0,
Axis Angle	90
A	2,650E-03
J	1,314E-08
I33	2,571E-05
I22	8,014E-06
I23	0,
AS2	1,363E-03
AS3	9,859E-04
S33(+face)	2,057E-04
S33(-face)	2,057E-04
S22(+face)	7,901E-05
S22(-face)	7,973E-05
Z33	2,461E-04
Z22	9,323E-05
r33	0,0985
r22	0,055
d33pna	0,
d22pna	4,593E-04

Πρόκειται για μέλος το οποίο ελέγχθηκε έναντι αξονικής θλιπτικής δύναμης και διαξονικής κάμψης σε επίπεδο διατομής. Σε επίπεδο μέλους, θεωρήθηκε ότι παρέχεται πλευρική εξασφάλιση κατά την διεύθυνση z-z λόγω της ύπαρξης της επικάλυψης και ελέγχθηκε έναντι καμπτικού λυγισμού κατά y-y.

Αντοχή σε αξονική θλίψη( τοπικός λυγισμός)-Ενεργά πλάτη στοιχείων

1) κορμός (διπλά στηριζόμενο στοιχείο)

$$-y = \sigma_2 / \sigma_1 = 1 \quad K_\zeta = 4$$

$$-\lambda_\rho = (247, 5/5) / (0, 81 * 28, 4 * \sqrt{4}) = 1, 08$$

$$-\rho = (1 - 0, 22/1, 08) / 1, 08 = 0, 74$$

$$-b_{eff} = 0, 74 * 247, 5 = 183, 6 \text{ mm}$$

$$-b_{e1} = b_{e2} = 183, 6 \text{ mm} / 2 = 91, 6 \text{ mm}$$

$$-b_{un}=64,34mm$$

$$A_{eff1}=2*5mm*91,6mm=916mm^2$$

2) πέλμα (διπλά στηριζόμενο στοιχείο)

$$\text{Από πριν} \quad -b_{e1}=b_{e2}=43mm$$

$$-b_{un}=14mm$$

$$A_{eff2}^- = A_{eff2}^+ = 2,5*43 = 107,5mm^2$$

3) ενίσχυση

Από πριν

$$I_s/A^2_{s,eff} = 0,532 > 4,86(1,5+h/b_p)*(f_y/E)^2*(b_p/t)^3 = 0,44 \text{ άρα}$$

$$X=1 \Rightarrow t=t_{red}=2,5mm$$

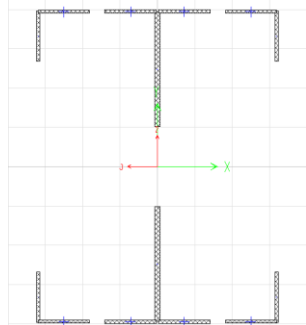
$$A_{ενισ} = 2,5*(2*43+48,75) = 218,75mm^2$$

Ενεργό εμβαδό διατομής

$$A_{eff} = A_{eff1} + 4*A_{ενισ} + 4*A_{eff2}^- = 916 + 430 + 875 = 2221mm^2$$

Διπλά συμμετρική διατομή άρα το κέντρο βάρους της διατομής δεν μετατοπίζεται λόγω απομείωσης του εμβαδού λόγω θλίψης.

Εικόνα 6-10: Ενεργός διατομή λόγω θλίψης



Properties			
Cross-section (axial) area	2,160E-03	Section modulus about 3 axis	1,883E-04
Torsional constant	1,013E-08	Section modulus about 2 axis	6,663E-05
Moment of Inertia about 3 axis	2,350E-05	Plastic modulus about 3 axis	2,169E-04
Moment of Inertia about 2 axis	6,638E-06	Plastic modulus about 2 axis	8,257E-05
Shear area in 2 direction	2,114E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,1043
Shear area in 3 direction	1,150E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,0554

Θλιπτική δύναμη αντοχής

$$N_{c,rd} = A_{eff} * f_{yb} / \gamma_{m1} = 2221mm^2 * 35,5kN/mm^2 / 1,1 = 788,8kN$$

Αντοχή σε κάμψη

Κάμψη περί τον ισχυρό άξονα y-y

1) κορμός (διπλά στηριζόμενο στοιχείο)

$$-y = \sigma_2 / \sigma_1 = -1, \quad K_\sigma = 23,9$$

$$-\lambda_\rho = (247,5/5) / (0,81 * 28,4 * \sqrt{23,9}) = 0,44$$

$$-p = (1 - 0,22/0,44) / 0,44 = 0,44$$

$$-b_{eff} = 0,44 * 125 = 54,5 \text{ mm}$$

$$-b_{e1} = 0,4 * 54,5 = 21,8 \text{ mm}$$

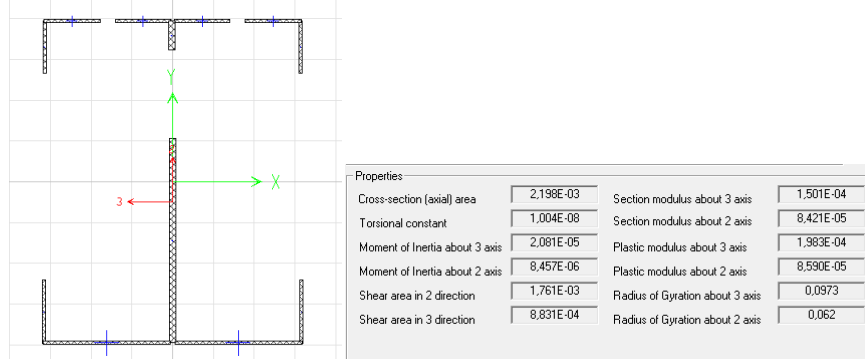
$$-b_{e2} = 0,6 * 54,5 = 32,7 \text{ mm}$$

$$-b_{im} = 123,75 - 54,5 = 69,25 \text{ mm}$$

2,3) άνω πέλματα και άνω ενισχύσεις ως έχουν στη θλίψη

4) η εφελκόμενη ζώνη συμμετέχει ολόκληρη

Εικόνα 6-11: Ενεργός διατομή λόγω κάμψης περί τον y-y άξονα



Καμπτική Αντοχή διατομής  $M_y : M_{y,rd} = 1,5 * 10^{-4} * 35,5 * 10^4 = 53,25 \text{ kNm}$

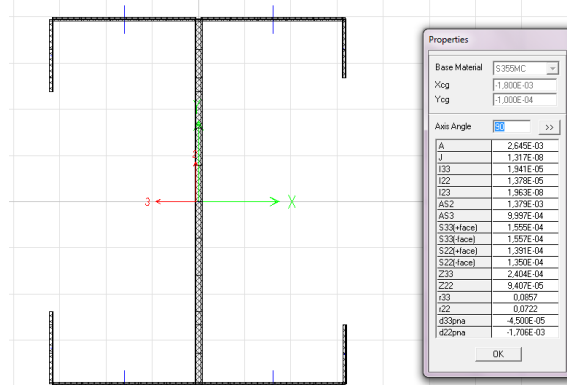
Κάμψη περί τον ασθενή άξονα z-z

1) Πέλμα

$$-y = 0 \Leftrightarrow K_\zeta = 7,81 \Rightarrow \lambda_\rho = 0,28 \Rightarrow \rho = (1 - 0,22/0,28) / 0,28 = 2,8 \text{ ολόκληρο}$$

2) Ενίσχυση: όπως προηγουμένως

Εικόνα 6-12: Ενεργός διατομή λόγω κάμψης περί τον z-z άξονα



Καμπτική Αντοχή διατομής  $M_z : M_{z,rd,com/ten} = 1,56 * 10^{-4} * 35,5 * 10^4 = 55,35 \text{ kNm}$

Αντοχή σε καθολικό καμπτικό λυγισμό

-λόγος εμβαδών : $\beta=\sqrt{(A_{eff}/A_g)}=\sqrt{(2,16/2,65)}=0,81$

-Ακτίνα αδράνειας : $i_y=\sqrt{(I_y/A_g)}=\sqrt{\{(2,057*10^{-4})/(2,65*10^{-3})\}}=0,28m$

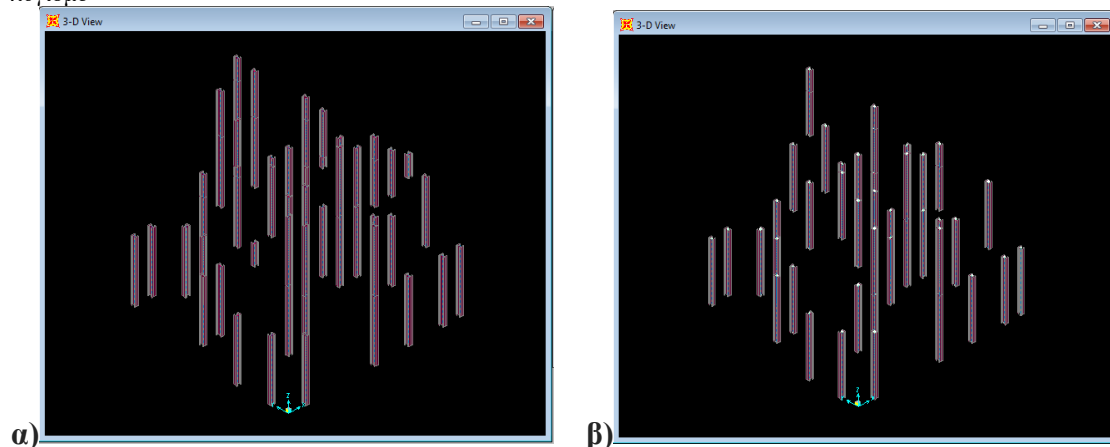
-Λυγηρότητα : $\lambda=L_{cr}/i_y=2,45m/0,28m=8,45$

- Ανηγμένη λυγηρότητα: $\lambda'=\lambda/\lambda_1*\beta_a=8,45*0,81/76,6=0,09$

-Καμπύλη λυγισμού:  $b \rightarrow X_b=1$

Έλεγχος διατομής τύπου 2

Εικόνα 6-13: α)Έλεγχος διατομής τύπου 2 σε διαξονική κάμψη και θλίψη, β) Έλεγχος μελών τύπου 2 σε καμπτικό λυγισμό



Έλεγχος διατομής σε διαξονική κάμψη και θλίψη

Πίνακας 26: Προσομοίωμα A

N3													=ABS(0,97*F3/788)*0,8+ABS(13/55,35)*0,8	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
TABLE: Element Forces - Frames													ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΛΟΥΣ	
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameEle	ElemStati	ΕΞ ΚΑΜΠΤΙΚΟ ΛΥΓΙΣΜΟ	
3	27	3,5 Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Comb	Min	-386	-1,37	-23,7	-1E-04	-10,93	-2,397	27-7	0,5	<b>0,82406497</b>	
4	27	3,5 Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-385,539	-1,368	-23,7	-0,000133	-10,9321	-2,397	27-7	0,5	0,82406497	
5	27	3,5 Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-385,539	-1,368	-23,7	-0,000133	-10,9321	-2,397	27-7	0,5	0,82406497	
6	27	3,5 Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-383,167	-1,053	-23,705	-0,000113	-10,9305	-2,7771	27-7	0,5	0,821319948	
7	287	3,5 Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-371,718	-1,855	-22,874	-0,000135	-10,6021	-4,0613	287-7	0,5	0,801591636	
8	287	3,5 Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-371,718	-1,855	-22,874	-0,000135	-10,6021	-4,0613	287-7	0,5	0,801591636	
9	287	3,5 Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-371,718	-1,855	-22,874	-0,000135	-10,6021	-4,0613	287-7	0,5	0,801591636	
10	287	3,5 Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-370,719	-1,938	-22,894	-0,000137	-10,5944	-3,9608	287-7	0,5	0,800286136	
11	283	3,5 Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-362,832	-1,499	-19,757	-0,000146	-9,3329	-3,6294	283-7	0,5	0,765484077	
12	283	3,5 Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-362,832	-1,499	-19,757	-0,000146	-9,3329	-3,6294	283-7	0,5	0,765484077	
13	283	3,5 Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-362,832	-1,499	-19,757	-0,000146	-9,3329	-3,6294	283-7	0,5	0,765484077	
14	283	3,5 Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-361,162	-1,56	-19,723	-0,000145	-9,3459	-3,5553	283-7	0,5	0,763819153	
15	164	3,5 Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-327,791	-2,166	-23,393	-0,000146	-10,765	-3,7685	164-7	0,5	0,753655811	
16	164	3,5 Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-327,791	-2,166	-23,393	-0,000146	-10,765	-3,7685	164-7	0,5	0,753655811	
17	164	3,5 Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-327,791	-2,166	-23,393	-0,000146	-10,765	-3,7685	164-7	0,5	0,753655811	
18	164	3,5 Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-326,601	-2,118	-23,38	-0,000148	-10,7696	-3,8251	164-7	0,5	0,752342421	
19	522	3,5 Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-310,436	-1,357	-21,99	-0,000259	-10,3338	-2,4649	522-7	0,5	0,724370272	

Πίνακας 27: Προσομοίωμα Β

N3															fx =ABS(F3/788,8)+ABS(I3)/55,35+ABS(K3/52,35)	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ			
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	3-ΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΠΥΗ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗ		
3	117	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-185	-6,73	-1,547	-3E-05	-2,58	-15,85	117-1	3,5	0,58397895		
4	117	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-185,011	-6,73	-1,547	-2,71E-05	-2,5804	-15,8522	117-1	3,5	0,58397895		
5	117	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-185,011	-6,73	-1,547	-2,71E-05	-2,5804	-15,8522	117-1	3,5	0,58397895		
6	117	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-182,805	-6,797	-1,533	-2,71E-05	-2,5962	-15,7762	117-1	3,5	0,580015986		
7	6	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-60,648	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-2,9115	-23,4628	6-1	3,5	0,577679058		
8	6	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-60,648	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-2,9115	-23,4628	6-1	3,5	0,577679058		
9	6	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-60,648	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-2,9115	-23,4628	6-1	3,5	0,577679058		
10	28	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-136,535	-8,286	-1,459	-2,71E-05	-2,516	-17,7838	28-1	3,5	0,558257873		
11	28	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-136,535	-8,286	-1,459	-2,71E-05	-2,516	-17,7838	28-1	3,5	0,558257873		
12	28	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-136,535	-8,286	-1,459	-2,71E-05	-2,516	-17,7838	28-1	3,5	0,558257873		
13	6	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-59,906	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-3,6669	-21,7327	6-1	0	0,557337374		
14	6	0	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-59,906	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-3,6669	-21,7327	6-1	0	0,557337374		
15	6	0	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-59,906	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-3,6669	-21,7327	6-1	0	0,557337374		
16	176	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-234,922	-2,552	-4,454	-1,79E-05	-7,8768	-5,8404	176-1	3,5	0,551695421		
17	176	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-234,922	-2,552	-4,454	-1,79E-05	-7,8768	-5,8404	176-1	3,5	0,551695421		
18	176	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-234,922	-2,552	-4,454	-1,79E-05	-7,8768	-5,8404	176-1	3,5	0,551695421		
19	28	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-132,058	-8,359	-1,455	-2,71E-05	-2,5203	-17,7023	28-1	3,5	0,551103022		
20	189	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-145,101	-7,145	-1,551	-2,71E-05	-2,7194	-16,42	189-1	3,5	0,546740627		
21	189	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-145,101	-7,145	-1,551	-2,71E-05	-2,7194	-16,42	189-1	3,5	0,546740627		

Έλεγχος μέλους σε καμπτικό λυγισμό

Πίνακας 28: Προσομοίωμα Α

N3															fx =ABS(F3/788)+ABS(I3/55,35)+ABS(K3)/53,25	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΛΟΥΣ			
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	ΕΚ ΚΑΜΠΤΙΚΟ ΛΥΓΙΣΜΟ		
3	287	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-372	-1,86	-22,87	-1E-04	-10,6	-4,061	287-7	0,5	0,739538417		
4	287	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-371,718	-1,855	-22,874	-0,000135	-10,6021	-4,0613	287-7	0,5	0,739538417		
5	287	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-371,718	-1,855	-22,874	-0,000135	-10,6021	-4,0613	287-7	0,5	0,739538417		
6	287	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-370,719	-1,938	-22,894	-0,000137	-10,5944	-3,9608	287-7	0,5	0,736244212		
7	27	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-383,167	-1,053	-23,705	-0,000113	-10,9305	-2,7771	27-7	0,5	0,735884326		
8	27	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-385,539	-1,368	-23,7	-0,000133	-10,9321	-2,3972	27-7	0,5	0,731785357		
9	27	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-385,539	-1,368	-23,7	-0,000133	-10,9321	-2,3972	27-7	0,5	0,731785357		
10	27	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-385,539	-1,368	-23,7	-0,000133	-10,9321	-2,3972	27-7	0,5	0,731785357		
11	283	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-362,832	-1,499	-19,757	-0,000146	-9,3329	-3,6294	283-7	0,5	0,697220526		
12	283	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-362,832	-1,499	-19,757	-0,000146	-9,3329	-3,6294	283-7	0,5	0,697220526		
13	283	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-362,832	-1,499	-19,757	-0,000146	-9,3329	-3,6294	283-7	0,5	0,697220526		
14	283	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-361,162	-1,56	-19,723	-0,000145	-9,3459	-3,5553	283-7	0,5	0,693944557		
15	164	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-327,791	-2,166	-23,393	-0,000146	-10,765	-3,7685	164-7	0,5	0,681237991		
16	164	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-327,791	-2,166	-23,393	-0,000146	-10,765	-3,7685	164-7	0,5	0,681237991		
17	164	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-327,791	-2,166	-23,393	-0,000146	-10,765	-3,7685	164-7	0,5	0,681237991		
18	164	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-326,601	-2,118	-23,38	-0,000148	-10,7696	-3,8251	164-7	0,5	0,680873857		
19	171	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-330,707	-1,247	-18,515	-0,000297	-8,9793	-3,0321	171-7	0,5	0,638847421		
20	171	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-332,773	-1,462	-18,493	-0,000284	-8,9884	-2,7736	171-7	0,5	0,636779197		

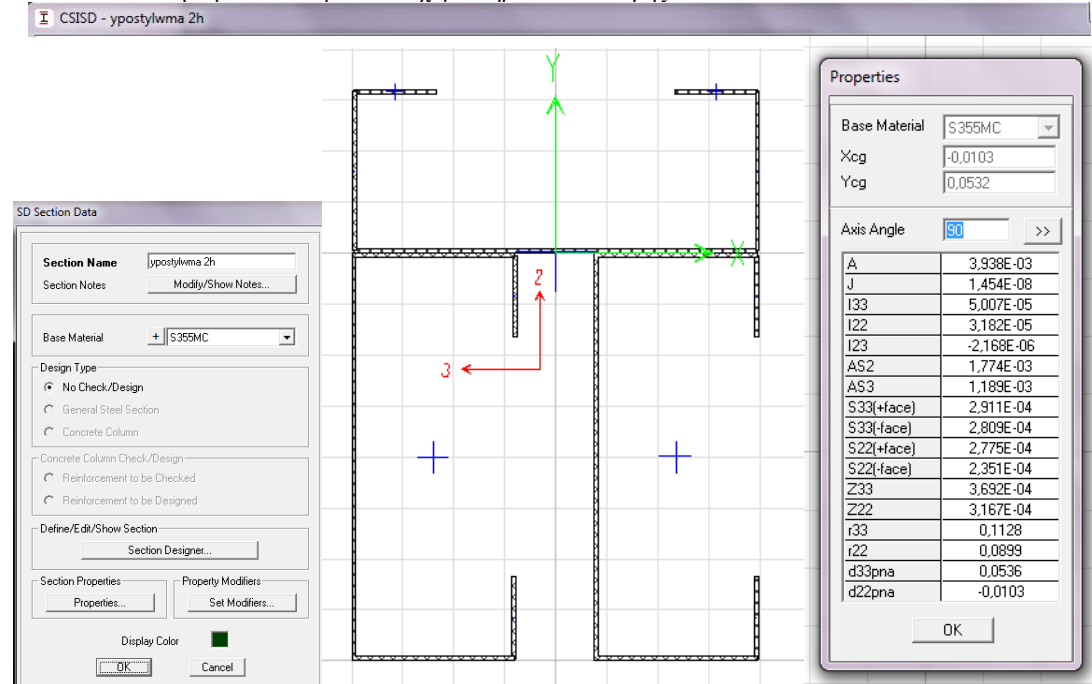
Πίνακας 29: Προσομοίωμα Β

N3															fx =ABS(F3/788,8)^0,8+ABS(K3/52,35)^0,8	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΛΟΥΣ			
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	ΕΚ ΚΑΜΠΤΙΚΟ ΛΥΓΙΣΜΟ		
3	117	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-185	-6,73	-1,547	-3E-05	-2,58	-15,85	117-1	3,5	0,697998859		
4	117	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-185,011	-6,73	-1,547	-2,71E-05	-2,5804	-15,8522	117-1	3,5	0,697998859		
5	117	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-185,011	-6,73	-1,547	-2,71E-05	-2,5804	-15,8522	117-1	3,5	0,697998859		
6	117	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-182,805	-6,797	-1,533	-2,71E-05	-2,5962	-15,7762	117-1	3,5	0,695529626		
7	28	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-136,535	-8,286	-1,459	-2,71E-05	-2,516	-17,7838	28-1	3,5	0,687408644		
8	28	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-136,535	-8,286	-1,459	-2,71E-05	-2,516	-17,7838	28-1	3,5	0,687408644		
9	28	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-136,535	-8,286	-1,459	-2,71E-05	-2,516	-17,7838	28-1	3,5	0,687408644		
10	28	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-132,058	-8,359	-1,455	-2,71E-05	-2,5203	-17,7023	28-1	3,5	0,685993422		
11	6	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-60,648	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-2,9115	-23,4628	6-1	3,5	0,654657742		
12	6	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-60,648	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-2,9115	-23,4628	6-1	3,5	0,654657742		
13	6	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-60,648	-12,906	-1,893	-1,79E-05	-2,9115	-23,4628	6-1	3,5	0,654657742		
14	189	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-145,101	-7,145	-1,551	-2,71E-05	-2,7194	-16,42	189-1	3,5	0,653902004		
15	189	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-145,101	-7,145	-1,551	-2,71E-05	-2,7194	-16,42	189-1	3,5	0,653902004		
16	189	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-145,101	-7,145	-1,551	-2,71E-05	-2,7194	-16,42	189-1	3,5	0,653902004		
17	189	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combina	Min	-142,573	-7,215	-1,564	-2,71E-05	-2,7037	-16,3419	189-1	3,5	0,648492866		
18	283	3,5	Gtot+Ex+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-87,815	-9,736	-1,286	-1,79E-05	-2,2792	-20,3192	283-1	3,5	0,641716286		
19	283	3,5	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-87,815	-9,736	-1,286	-1,79E-05	-2,2792	-20,3192	283-1	3,5	0,641716286		
20	283	3,5	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-87,815	-9,736	-1,286	-1,79E-05	-2,2792	-20,3192	283-1	3,5	0,641716286		
21	176	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-120,327	-8,131	-1,44	-2,71E-05	-2,5502	-17,5972	176-1	3,5	0,640229663		

### 6.3.2.3 Διατομή τύπου 3 :Περιοχή συμβολής δύο τοιχιών

Το σχήμα της διατομής 3 επιλέχθηκε έτσι ώστε να είναι εφικτή αφενός μεν η συγκόλληση των μελών, αφετέρου δε να μπορούν τα πάνελ να βιδωθούν στο μεταλλικό σκελετό. Το μέλος δεν κινδυνεύει σε καθολικό λυγισμό καθώς εξασφαλίζεται πλεονεκτικά και κατά τις δύο διευθύνσεις από τις ξυλόπλακες .

Εικόνα 6-14: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά διατομής τύπου 3



Αντοχή σε αξονική θλίψη( τοπικός λυγισμός )

Για τον υπολογισμό της ενεργού πλάτους του κάθε στοιχείου της διατομής αξιοποιήθηκαν τα στοιχεία της διατομής του βασικού υποστυλώματος. Αναφορικά με την περιοχή της συγκόλλησης ισχύουν τα εξής:

1)Ακραία τμήματα

$$-y = \sigma_2 / \sigma_1 = 1 \quad K_c = 4$$

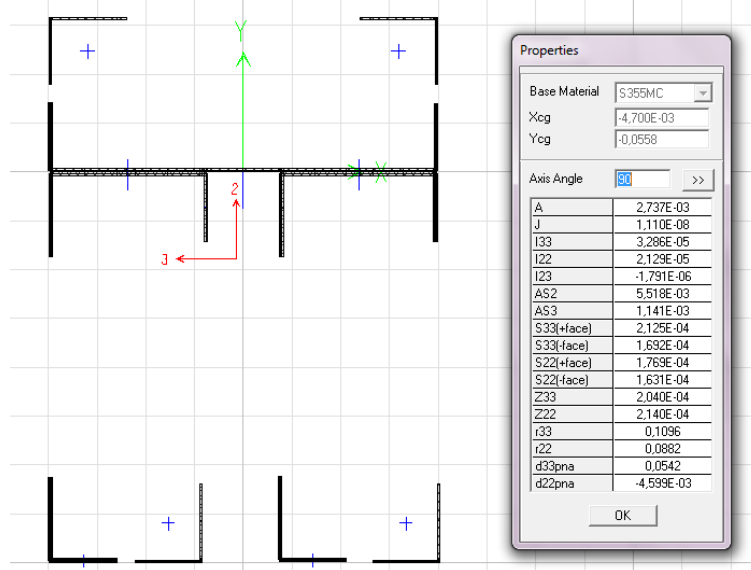
$$-\lambda_\rho = (97,5/5) / (0,81 * 28,4 * \sqrt{4}) = 0,435 < 0,673 \rightarrow \rho = 1$$

2)Μεσαίο τμήμα

$$-y = \sigma_2 / \sigma_1 = -1 \quad K_c = 23,9$$

$$-\lambda_\rho = (247,5/5) / (0,81 * 28,4 * \sqrt{23,9}) = 0,435 \rightarrow \rho = 1$$

Εικόνα 6-15: Ενεργός διατομή λόγω θλίψης



Αντοχή σε αξονική θλίψη:  $N_{c,rd} = A_{eff} * f_{yb} / \gamma_{M1} = 2,738 * 355 = 972 \text{KN}$

-Μετατόπιση κ.β:  $-e_{y-y} = 0,1133 - 0,1096 = 0,0037 \text{m} = +3,7 \text{mm}$

$-e_{z-z} = 0,0898 - 0,0883 = 0,0015 \text{m} = +1,5 \text{mm}$

Κάμψη περί τον ισχυρό άξονα (y-y)-(3-3)

1)Κορμός υπό κάμψη

$-y = \tan \theta = y_1 / y_2 = \sigma_2 / \sigma_1 = -50,75 / 176,75 = -0,26$

--για  $-1 < y < 1 \rightarrow K_\zeta = 10,26$

$-\lambda_\rho = (247,5 / 2,5) / (0,81 * 28,4 * \sqrt{10,26}) = 1,34$

$-\rho = (1 - 0,22 / 1,34) / 1,34 = 0,75$

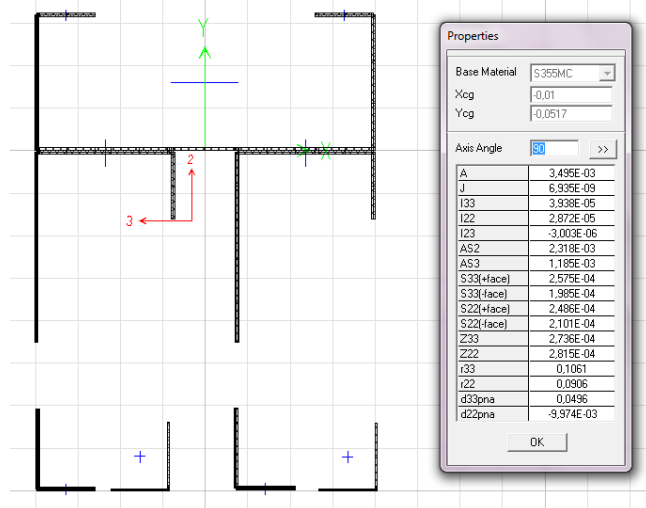
$-b_{eff} = 0,75 * 196,75 = 147,6 \text{mm}$

$-b_{e1} = 0,4 * 147,6 \text{mm} = 59 \text{mm}$

$-b_{e2} = 0,6 * 147,6 \text{mm} = 88,6 \text{mm}$



Εικόνα 6-16: Ενεργός διατομή λόγω κάμψης περί τον άξονα y-y



Καμπτική Αντοχή διατομής  $M_y^+$

$$M_{y, rd, com}^+ = 1,99 \cdot 10^{-4} \cdot 35,5 \cdot 10^4 = 78,07 \text{ kNm}$$

$$M_{y, rd, ten}^+ = 2,58 \cdot 10^{-4} \cdot 35,5 \cdot 10^4 = 91,59 \text{ kNm}$$

Θετικές ροπές

-Κορμός υπό κάμψη με ουδέτερη γραμμή που διέρχεται από το κέντρο βάρους της ενεργού διατομής από θλίψη  $\rightarrow \rho = 1$

1) Πέλμα υπό κάμψη

$$-y = \tan \theta = y_1 / y_2 = \sigma_2 / \sigma_1 = 53,75 / 150,75 = 0,36$$

$$-\text{για } 0 < y < 1 \rightarrow K_\zeta = 8,2 / (1,05 + 0,36)$$

$$-\rho = (1 - 0,22 / 1,34) / 1,34 = 0,7$$

$$-b_{eff} = 0,7 \cdot 97,5 = 68,5 \text{ mm}$$

$$-b_{aven} = 97,5 - 68,5 = 28,5 \text{ mm}$$

$$-b_{e1} = 2 \cdot 68,5 / (5 - 0,36) = 29,53 \text{ mm}$$

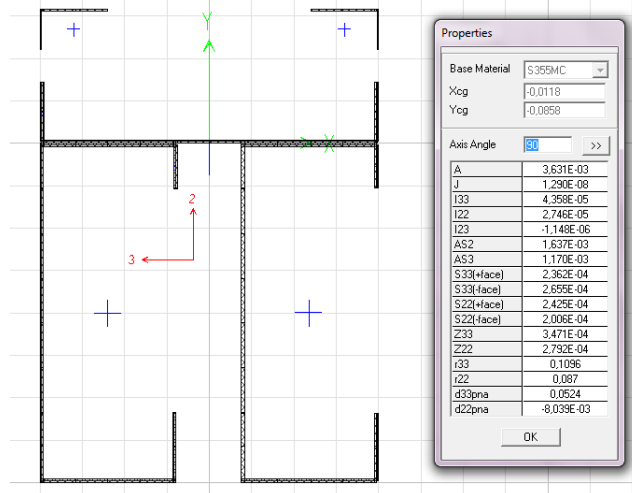
$$-b_{e2} = 38,98 \text{ mm}$$

2) Ενίσχυση υπό θλίψη

Δεν αναμένεται σοβαρή μεταβολή του λόγου  $I_s / A_{eff}^2$  οπότε υπέρ της ασφαλείας

$$-t_{red} = 0,5 \cdot t = 1,25 \text{ mm}$$

Εικόνα 6-17: Ενεργός διατομή λόγω κάμψης περί τον y-y άξονα



Καμπτική Αντοχή διατομής  $M_y^-$ :  $M_{y,rd,com}^- = 2,37 \cdot 10^{-4} \cdot 35,5 \cdot 10^4 = 83,82 \text{ kNm}$

$M_{y,rd,ten}^- = 2,66 \cdot 10^{-4} \cdot 35,5 \cdot 10^4 = 94,43 \text{ kNm}$

Κάμψη περί τον ασθενή άξονα (z-z)-(2-2)

Αρνητικές ροπές

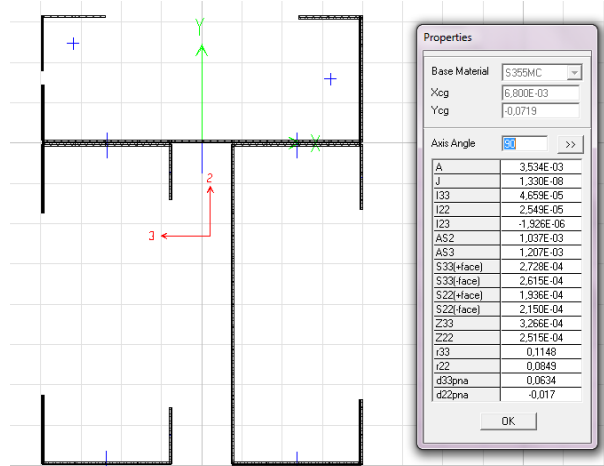
1) Κάτω πέλμα υπό κάμψη

$-y = \tan \theta = y_1 / y_2 = \sigma_2 / \sigma_1 = 0,25 / 0,75 = 0,33$

-για  $-1 < y < 1 \rightarrow K_c = 8,2 / (1,05 + 0,33) = 4,48$

$-\lambda_\rho = (97,5 / 2,5) / (0,81 \cdot 28,4 \cdot \sqrt{4,48}) = 0,13 \rightarrow \rho = 1$

Εικόνα 6-18: Ενεργός διατομή λόγω κάμψης περί τον z-z άξονα

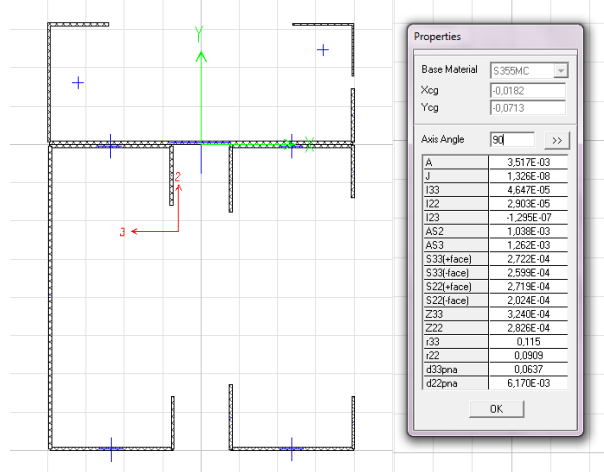


Καμπτική Αντοχή διατομής  $M_z^-$ :  $M_{z,rd,com}^- = 1,94 \cdot 10^{-4} \cdot 35,5 \cdot 10^4 = 68,9 \text{ kNm}$

$M_{z,rd,ten}^- = 2,15 \cdot 10^{-4} \cdot 35,5 \cdot 10^4 = 76,33 \text{ kNm}$

Θετικές ροπές

Εικόνα 6-19: Ενεργός διατομή λόγω κάμψης περί τον z-z άξονα

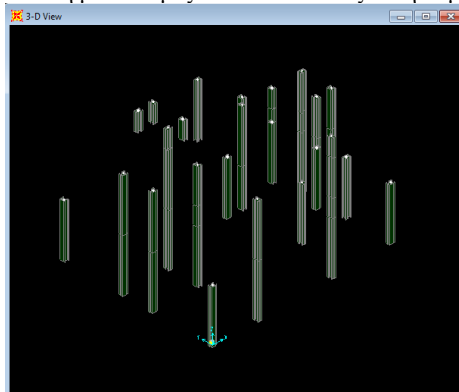


Καμπτική Αντοχή διατομής  $M_z^+$  :  $M^+_{z,rd,com} = 2,024 \cdot 10^{-4} \cdot 35,5 \cdot 10^4 = 72,065 \text{ kNm}$

$M^+_{z,rd,ten} = 2,719 \cdot 10^{-4} \cdot 35,5 \cdot 10^4 = 96,56 \text{ kNm}$

Έλεγχος διατομής τύπου 3 σε διαξονική κάμψη και θλίψη

Εικόνα 6-20: Μέλη με διατομές τύπου 3 υπό διαξονική κάμψη και θλίψη



Πίνακας 30: Προσομοίωμα A

N3  $f_k = \text{ABS}(F3/972) + \text{ABS}(I3-1,6)/68,9 + \text{ABS}(K3-3,6)/83,82$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	TABLE: Element Forces - Frames													ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗ
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	Z-ΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗ
3	15	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-372	-3,16	-43,47	-2E-04	-26,7	-6,55	15-7	0,5	0,914446125
4	15	3,5	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-371,85	-3,162	-43,469	-0,0001882	-26,7003	-6,5542	15-7	0,5	0,914446125
5	15	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-371,85	-3,162	-43,469	-0,0001882	-26,7003	-6,5542	15-7	0,5	0,914446125
6	222	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-278,8	-3,184	-49,422	-0,0002052	-29,7529	-6,7332	222-7	0,5	0,865157019
7	222	3,5	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-278,8	-3,184	-49,422	-0,0002052	-29,7529	-6,7332	222-7	0,5	0,865157019
8	222	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-278,8	-3,184	-49,422	-0,0002052	-29,7529	-6,7332	222-7	0,5	0,865157019
9	757	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-119,3	-3,168	-55,952	-7,746E-05	-30,4335	-7,2004	757-7	0,5	0,716513273
10	757	3,5	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-119,3	-3,168	-55,952	-7,746E-05	-30,4335	-7,2004	757-7	0,5	0,716513273
11	757	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-119,3	-3,168	-55,952	-7,746E-05	-30,4335	-7,2004	757-7	0,5	0,716513273
12	15	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-239,44	-6,973	-17,183	-0,0005787	-10,0911	-17,5172	15-7	0,5	0,667955724
13	15	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-239,44	-6,973	-17,183	-0,0005787	-10,0911	-17,5172	15-7	0,5	0,667955724
14	15	3,5	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-239,44	-6,973	-17,183	-0,0005787	-10,0911	-17,5172	15-7	0,5	0,667955724
15	15	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-239,44	-6,973	-17,183	-0,0005787	-10,0911	-17,5172	15-7	0,5	0,667955724
16	222	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-197,56	-8,849	-17,115	-0,0005922	-10,3259	-19,6243	222-7	0,5	0,653411419
17	222	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-197,56	-8,849	-17,115	-0,0005922	-10,3259	-19,6243	222-7	0,5	0,653411419
18	222	3,5	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-197,56	-8,849	-17,115	-0,0005922	-10,3259	-19,6243	222-7	0,5	0,653411419
19	222	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-194,56	-8,855	-17,148	-0,0005883	-10,3117	-19,6178	222-7	0,5	0,650099298
20	147	3	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-501,82	-3,301	-2,952	-0,0006966	-1,4761	-1,6504	147-7	0	0,62356263
21	147	3	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-501,82	-3,301	-2,952	-0,0006966	-1,4761	-1,6504	147-7	0	0,62356263
22	147	3	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-501,82	-3,301	-2,952	-0,0006966	-1,4761	-1,6504	147-7	0	0,62356263
23	757	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-157,49	-8,535	-19,208	-0,0001076	-10,4062	-19,522	757-7	0,5	0,612139521

-Πρόσθετος έλεγχος : Δεν απαιτείται

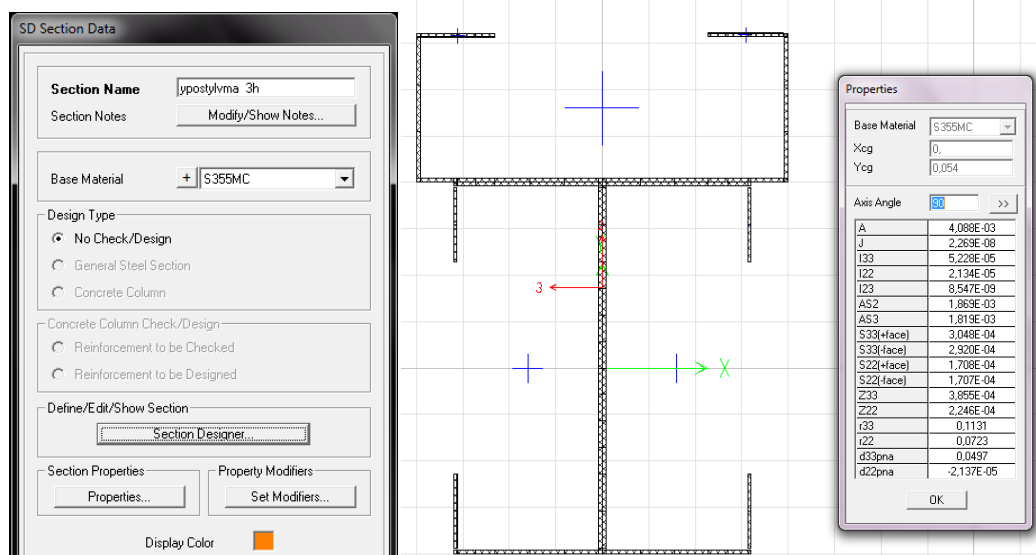
Πίνακας 31: Προσομοίωμα Β

N3														f <sub>x</sub> =ABS(F3/972)+ABS(J3-1,6)/68,9+ABS(K3-3,6)/83,82
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	
3	296	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-266	-20,3	-4,482	-2E-05	-8,503	-39,71	296-1	3,5	
4	296	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-266,131	-20,282	-4,482	-0,00001977	-8,5031	-39,709	296-1	3,5	
5	296	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-266,131	-20,282	-4,482	-0,00001977	-8,5031	-39,709	296-1	3,5	
6	261	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-320,409	-14,543	-3,874	-0,00001977	-7,573	-33,6228	261-1	3,5	
7	261	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-320,409	-14,543	-3,874	-0,00001977	-7,573	-33,6228	261-1	3,5	
8	261	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-320,409	-14,543	-3,874	-0,00001977	-7,573	-33,6228	261-1	3,5	
9	309	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-306,872	-15,768	-4,197	-0,00003	-8,3611	-33,2894	309-1	3,5	
10	309	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-306,872	-15,768	-4,197	-0,00003	-8,3611	-33,2894	309-1	3,5	
11	309	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-306,872	-15,768	-4,197	-0,00003	-8,3611	-33,2894	309-1	3,5	
12	309	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-304,457	-15,762	-4,196	-0,00002995	-8,3594	-33,2991	309-1	3,5	
13	222	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-289,674	-14,655	-3,871	-0,00003	-8,2201	-32,2367	222-1	3,5	
14	222	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-289,674	-14,655	-3,871	-0,00003	-8,2201	-32,2367	222-1	3,5	
15	222	3,5	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-289,674	-14,655	-3,871	-0,00003	-8,2201	-32,2367	222-1	3,5	
16	222	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-286,936	-14,67	-3,872	-0,00002995	-8,2202	-32,2177	222-1	3,5	
17	155	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-314,094	-12,145	-4,024	-0,00001977	-7,3853	-30,7484	155-1	3,5	
18	155	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-314,094	-12,145	-4,024	-0,00001977	-7,3853	-30,7484	155-1	3,5	
19	155	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-314,094	-12,145	-4,024	-0,00001977	-7,3853	-30,7484	155-1	3,5	
20	515	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-302,909	-12,184	-4,097	-0,00001977	-7,8427	-30,9412	515-1	3,5	
21	515	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-302,909	-12,184	-4,097	-0,00001977	-7,8427	-30,9412	515-1	3,5	
22	515	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-302,909	-12,184	-4,097	-0,00001977	-7,8427	-30,9412	515-1	3,5	

6.3.2.4 Διατομή τύπου Δ4 :Περιοχή συμβολής τριών τοιχείων

Εικόνα 6-21: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά διατομής τύπου 4

CSISD - ypostylvma 3h



Η διατομή αναμένεται να διαθέτει αρκετά μεγαλύτερη αντοχή από αυτήν της διατομής τύπου 2. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δύο διατομών προκύπτει ότι η δεν απαιτείται έλεγχος. Επιπλέον το υποσύλωμα δεν ελέγχεται σε καμπτικό λυγισμό καθώς εξασφαλίζεται και κατά τις δύο διευθύνσεις από την επικάλυψη της κατασκευής

-Έλεγχος διατομής τύπου 4

Πίνακας 32: Προσομοίωμα Α

K14														f <sub>x</sub> =-19,7945
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΞΕ	
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	
3	15	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-379,7	-3,089	-44,2	-0	-27,1627	-6,5884	15-7	0,5	
4	15	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-379,736	-3,089	-44,193	-2E-04	-27,1627	-6,5884	15-7	0,5	
5	15	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-379,736	-3,089	-44,193	-2E-04	-27,1627	-6,5884	15-7	0,5	
6	222	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-286,262	-3,214	-50,336	-2E-04	-30,3236	-7,0629	222-7	0,5	
7	222	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-286,262	-3,214	-50,336	-2E-04	-30,3236	-7,0629	222-7	0,5	
8	222	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-286,262	-3,214	-50,336	-2E-04	-30,3236	-7,0629	222-7	0,5	
9	757	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combina	Min	-120,779	-3,306	-56,948	-8E-05	-30,9957	-7,5628	757-7	0,5	
10	757	3,5	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-120,779	-3,306	-56,948	-8E-05	-30,9957	-7,5628	757-7	0,5	
11	757	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-120,779	-3,306	-56,948	-8E-05	-30,9957	-7,5628	757-7	0,5	
12	222	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-202,673	-8,88	-18,189	-6E-04	-10,9977	-19,7945	222-7	0,5	
13	222	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-202,673	-8,88	-18,189	-6E-04	-10,9977	-19,7945	222-7	0,5	
14	222	3,5	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combina	Min	-202,673	-8,88	-18,189	-6E-04	-10,9977	-19,7945	222-7	0,5	
15	15	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combina	Min	-242,445	-6,999	-17,702	-6E-04	-10,4507	-17,6316	15-7	0,5	

Πίνακας 33: Προσομοίωμα Β

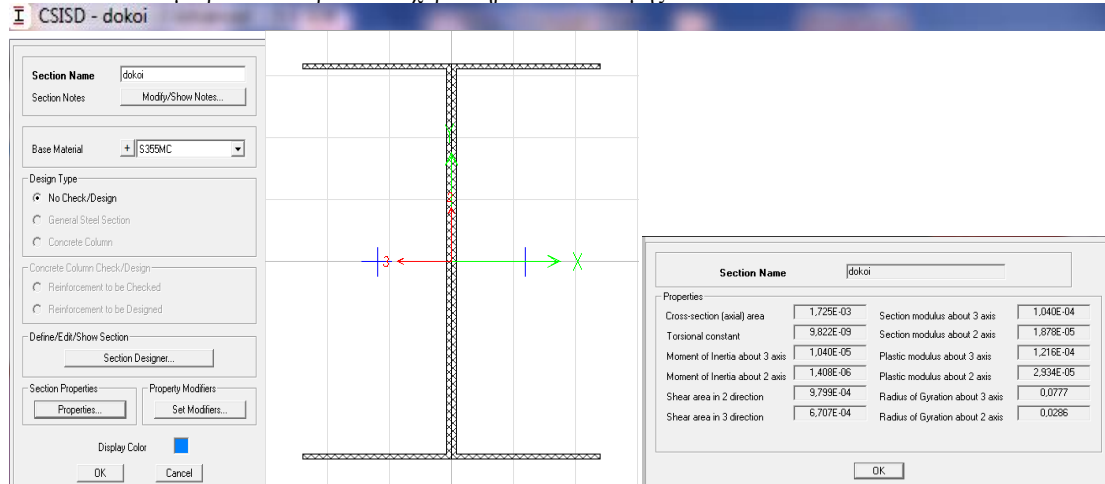
N3															=ABS(F3/788,8)+ABS(J3/55,35)+ABS(K3/53,25)	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N			
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ			
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	frameElem	elemStatio	2-ΑΣΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗ		
3	270	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinati	Min	-269,14	-13,9	-2,864	-3E-05	-5,54	-33,67	270-1	3,5	1,073579449		
4	270	3,5	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-269,142	-13,85	-2,864	-3,09E-05	-5,5357	-33,6733	270-1	3,5	1,073579449		
5	55	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinati	Min	-276,751	-12,822	-3,595	-4,68E-05	-6,7018	-31,3438	55-1	3,5	1,060547019		
6	55	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-276,751	-12,822	-3,595	-4,68E-05	-6,7018	-31,3438	55-1	3,5	1,060547019		
7	55	3,5	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-276,751	-12,822	-3,595	-4,68E-05	-6,7018	-31,3438	55-1	3,5	1,060547019		
8	55	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-276,751	-12,822	-3,595	-4,68E-05	-6,7018	-31,3438	55-1	3,5	1,060547019		
9	55	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-273,885	-12,884	-3,592	-4,68E-05	-6,7058	-31,271	55-1	3,5	1,055618783		
10	516	3,5	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinati	Min	-220,766	-13,89	-3,169	-3,09E-05	-5,8702	-33,6052	516-1	3,5	1,017015336		
11	516	3,5	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-220,766	-13,89	-3,169	-3,09E-05	-5,8702	-33,6052	516-1	3,5	1,017015336		
12	516	3,5	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-220,766	-13,89	-3,169	-3,09E-05	-5,8702	-33,6052	516-1	3,5	1,017015336		
13	194	3,5	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinati	Min	-122,739	-18,518	-2,75	-4,68E-05	-5,5635	-35,9795	194-1	3,5	0,931788447		
14	194	3,5	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-122,739	-18,518	-2,75	-4,68E-05	-5,5635	-35,9795	194-1	3,5	0,931788447		
15	194	3,5	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-122,739	-18,518	-2,75	-4,68E-05	-5,5635	-35,9795	194-1	3,5	0,931788447		
16	194	3,5	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinati	Min	-114,805	-18,215	-2,758	-4,68E-05	-5,5543	-36,3225	194-1	3,5	0,92800523		

## 6.4 Διαστασιολόγηση δοκών πατώματος

### 6.4.1.1 Διατομή τύπου 5 :Δοκοί πατώματος

Γενικά για τις δοκούς χρησιμοποιήθηκαν διατομές διπλού T αποτελούμενες από διατομές C με ύψος κορμού 20cm, πλάτος πέλματος 7,5cm και πάχους 2,5mm.

Εικόνα 6-22: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά διατομής τύπου 5



Γεωμετρικές συνθήκες ισχύος

$$-h/t = 250/5 = 25 < 500 \sin 90 \quad OK$$

$$-b/t = 100/2, 5 = 20 < 50 \quad OK$$

Αντοχή σε διάτμηση

$$S_w/t = (200 - 2 * 2, 5) / 2, 5 = 80 < 72 * (235/355)^{0, 5} * (1/1) \quad NOT OK$$

άρα δεν λαμβάνεται υπ' όψη η πλαστική αντοχή της διατομής σε τέμνουσα.

$$V_{b,rd} = (h_w * t * f_{bv}) / (\sin \varphi * \gamma_{M1}) = 197,5 * 5 * 205,9 / (1 * \sin 90) = 203,5 \text{ kN}$$

Όπου

$$t = 5 \text{ mm (κορμός)}, \quad h_w = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Για κορμό χωρίς ενισχύσεις } \lambda_w = S_w / (86,4 * t * \epsilon) = 200 / (86,4 * 5 * 0,81) = 0,57$$

Από πίν.  $f_{bv}=0,58*355=205,9 \text{ N/mm}^2$

Κάμψη περί τον ισχυρό άξονα y-y-Ενεργά πλάτη στοιχείων

1) Άνω πέλμα (στήριξη στο ένα άκρο)

$$\sigma_1 = \sigma_2 \Leftrightarrow y = l \Leftrightarrow K_s = 0,43$$

$$\lambda_p = b_p / (28,4 * \epsilon * t * \sqrt{K_s}) = 50 / (28,4 * 2,5 * 0,43^{0,5}) = 1,92 > 0,673$$

$$\rho = (1 - 0,22 / 1,92) / 1,92 = 0,63$$

$$-b_{eff} = 0,63 * 72,50 = 47,5 \text{ mm}$$

Μετατόπιση κέντρου βάρους

$$z_g = (100 * 2,5 * 1,25 + 198,75 * 2,5 * 62,76 + 197,5 * 5 * 100) / (162,5 * 2,5 + 5 * 197,5) = 93,41 \text{ mm}$$

2) Κορμός (διπλά στηριζόμενο στοιχείο)

$$y = \sigma_1 / \sigma_2 = 93,41 / (200 - 93,41) = 0,88$$

$$K_s = 8,2 / (1,05 + 0,88) = 4,25$$

$$\lambda_p = 200 / (28,4 * 5 * 0,81 * 4,25^{0,5}) = 0,84$$

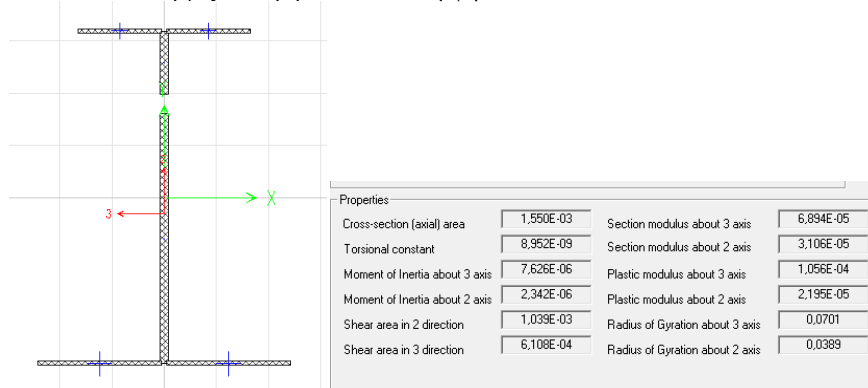
$$\rho = (1 - 0,22 / 0,84) / 0,84 = 0,88$$

$$-b_{eff} = 0,88 * (200 - 93,41) = 93,8 \text{ mm}$$

$$b_{e1} = 0,4 * 93,66 = 37,5 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 56,28 \text{ mm}$$

Εικόνα 6-23: Ενεργός διατομή δοκού υπό κάμψη

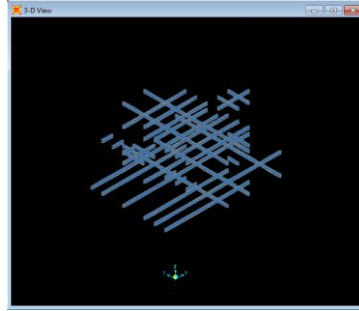


-Αντοχή διατομής σε κάμψη περί τον άξονα y-y

$$M_{y, Rd} = 6,896 * 10^{-5} \text{ m}^3 * 355000 \text{ kN/m}^2 = 23,97 \text{ kNm}$$

Έλεγχος διατομής τύπου 5 σε κάμψη και τέμνουσα

Εικόνα 6-24: Έλεγχος δοκών σε καθαρή και συνδυασμένη κάμψη και τέμνουσα



Πίνακας 34: Προσομοίωμα A

TABLE: Element Forces - Frames	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ			
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑ	ΣΕ ΚΑΜΨΗ			
3	310	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Max	0	15,71	2E-17	1E-04	1E-16	15,391	310-1	0	0,42593069	0,6481
4	310	0	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	0	15,712	1,969E-17	0,00012	9,778E-17	15,3912	310-1	0	0,42593069	0,64805093
5	310	0	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	0	15,712	1,969E-17	0,00012	9,778E-17	15,3912	310-1	0	0,42593069	0,64805093
6	310	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	0	-17,129	-2,056E-17	-0,00022	-9,74E-17	-15,1992	310-1	0	0,416641809	0,63996632
7	310	0	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	0	-17,129	-2,056E-17	-0,00022	-9,74E-17	-15,1992	310-1	0	0,416641809	0,63996632
8	310	0	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	0	-17,129	-2,056E-17	-0,00022	-9,74E-17	-15,1992	310-1	0	0,416641809	0,63996632
9	297	2	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-17,4	-13,558	-0,135	-0,00013	-0,1377	-14,6569	297-1	2	0,385291453	0,61713263
10	297	2	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-17,4	-13,558	-0,135	-0,00013	-0,1377	-14,6569	297-1	2	0,385291453	0,61713263
11	297	2	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-17,4	-13,558	-0,135	-0,00013	-0,1377	-14,6569	297-1	2	0,385291453	0,61713263
12	297	2	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-17,4	-13,558	-0,135	-0,00013	-0,1377	-14,6569	297-1	2	0,385291453	0,61713263
13	297	2	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	12,7	13,911	0,126	0,00013	0,1444	14,4241	297-1	2	0,373021204	0,60690947
14	297	2	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Max	11,6	13,937	0,121	0,00014	0,1484	14,328	297-1	2	0,368642238	0,60328421
15	297	2	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	11,6	13,937	0,121	0,00014	0,1484	14,328	297-1	2	0,368642238	0,60328421
16	297	2	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	11,6	13,937	0,121	0,00014	0,1484	14,328	297-1	2	0,368642238	0,60328421
17	297	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-17,4	-13,829	-0,135	-0,00013	-0,1735	-13,0719	297-1	2	0,307553512	0,55039579
18	297	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-17,4	-13,829	-0,135	-0,00013	-0,1735	-13,0719	297-1	2	0,307553512	0,55039579
19	297	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-17,4	-13,829	-0,135	-0,00013	-0,1735	-13,0719	297-1	2	0,307553512	0,55039579
20	297	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-17,4	-13,829	-0,135	-0,00013	-0,1735	-13,0719	297-1	2	0,307553512	0,55039579
21	297	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	12,7	13,911	0,126	0,00013	0,1625	12,993	297-1	2	0,303782238	0,54707368
22	297	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Max	11,6	13,666	0,121	0,00014	0,1561	12,9588	297-1	2	0,302225883	0,54563368
23	297	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	11,6	13,666	0,121	0,00014	0,1561	12,9588	297-1	2	0,302225883	0,54563368
24	297	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	11,6	13,666	0,121	0,00014	0,1561	12,9588	297-1	2	0,302225883	0,54563368
25	424	1	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-11,174	-5,558E-16	-0,0004	-9,75E-16	-12,9858	424-1	1	0,301973017	0,54677053

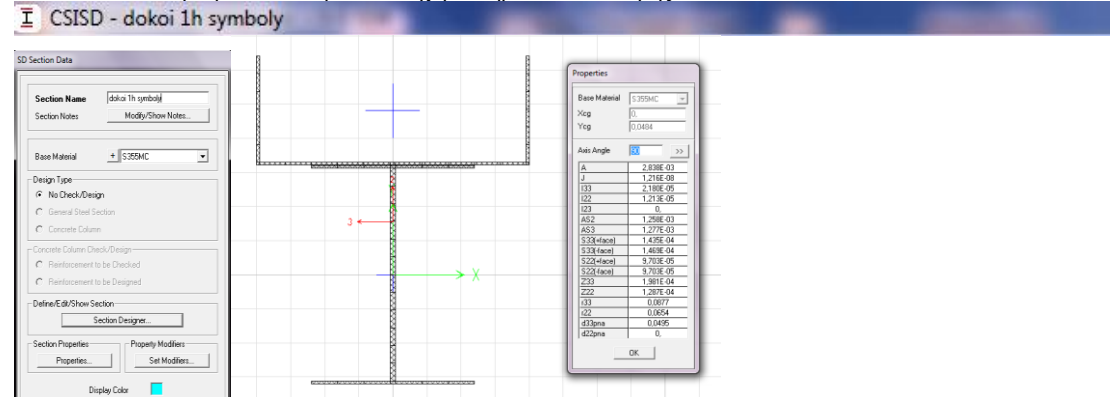
Πίνακας 35: Προσομοίωμα B

TABLE: Element Forces - Frames	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ			
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑ	ΣΕ ΚΑΜΨΗ			
3	297	2	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-25	-15,36	-0,3	-0	-0,336	-16,98	297-1	2	0,516797931	0,71491368
4	297	2	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-25,048	-15,359	-0,334	-0,0003	-0,3356	-16,9792	297-1	2	0,516797931	0,714913684
5	297	2	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-25,048	-15,359	-0,334	-0,0003	-0,3356	-16,9792	297-1	2	0,516797931	0,714913684
6	297	2	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-23,447	-15,369	-0,329	-0,0003	-0,3396	-16,8751	297-1	2	0,510563387	0,710534737
7	297	2	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	18,754	15,682	0,33	0,0003	0,3393	16,679	297-1	2	0,499126791	0,702273684
8	297	2	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Max	17,153	15,693	0,325	0,0003	0,3433	16,5751	297-1	2	0,493009738	0,697898947
9	297	2	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	17,153	15,693	0,325	0,0003	0,3433	16,5751	297-1	2	0,493009738	0,697898947
10	297	2	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	17,153	15,693	0,325	0,0003	0,3433	16,5751	297-1	2	0,493009738	0,697898947
11	529	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-14,228	-5E-16	-1E-04	-9,81E-16	-14,7528	529-1	0	0,390741134	0,621170526
12	529	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	0	-14,228	-5E-16	-1E-04	-9,81E-16	-14,7528	529-1	0	0,390741134	0,621170526
13	529	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-14,228	-5E-16	-1E-04	-9,81E-16	-14,7528	529-1	0	0,390741134	0,621170526
14	297	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	-25,048	-15,63	-0,334	-0,0003	-0,3437	-14,4134	297-1	0	0,37420248	0,60688
15	297	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-25,048	-15,63	-0,334	-0,0003	-0,3437	-14,4134	297-1	0	0,37420248	0,60688
16	297	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	-25,048	-15,63	-0,334	-0,0003	-0,3437	-14,4134	297-1	0	0,37420248	0,60688
17	297	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	-23,447	-15,64	-0,329	-0,0003	-0,3377	-14,305	297-1	0	0,369985554	0,603388474
18	297	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	18,754	15,411	0,33	0,0003	0,3389	14,2186	297-1	0	0,364150214	0,598677893
19	297	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Max	17,153	15,422	0,325	0,0003	0,3329	14,1357	297-1	0	0,359991185	0,595187368
20	297	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	17,153	15,422	0,325	0,0003	0,3329	14,1357	297-1	0	0,359991185	0,595187368
21	297	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	17,153	15,422	0,325	0,0003	0,3329	14,1357	297-1	0	0,359991185	0,595187368
22	529	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	0	-12,86	-5E-16	-7E-05	-9,81E-16	-14,0343	529-1	0	0,353177453	0,590917895

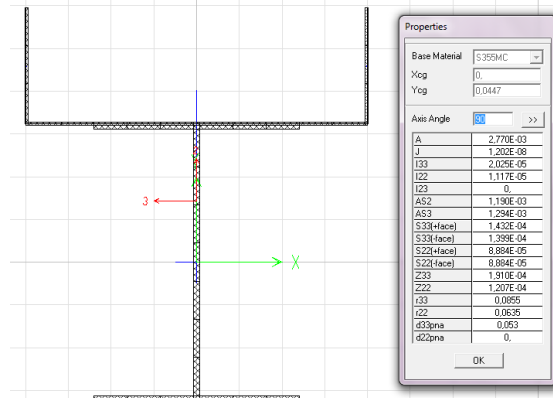
### 6.4.1.2 Διατομή τύπου 6 :Δοκοί συμβολής πατώματος

Σε περιοχές όπου οι δοκοί συνδέονται με υποστρώματα τοποθετείται/νται επιπλέον διατομή/ές για την στήριξη των υποστρωμάτων με ύψος κορμού 25 cm(όσο και των υποστρωμάτων) πλάτος 10cm.

Εικόνα 6-25: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά διατομής τύπου 6



Εικόνα 6-26: Αντοχή διατομής σε κάμψη περί τον άξονα y-y



$$M_{y-y, Rd} = 1,43 \cdot 35,5 = 50,77 \text{ kNm}$$

Αρνητικές ροπές

1) Κορμός υπό κάμψη

$$y = \sigma_1 / \sigma_2 = -153,5 / (200 - 153,5) = -3,3$$

$$K_s = 5,93 \cdot (1 - 3,03)^2 = 24,4$$

$$\lambda_p = 200 / (28,4 \cdot 5 \cdot 0,81 \cdot 24,4^{0,5}) = 1,76$$

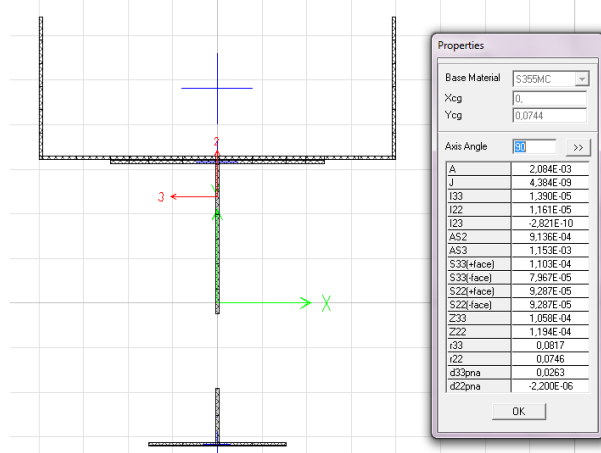
$$\rho = (1 - 0,22 / 1,76) / 1,76 = 0,5$$

$$-b_{eff} = 0,5 \cdot 200 = 100 \text{ mm}$$

$$-b_{e1} = 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ mm}$$

$$-b_{e2} = 0,6 \cdot 100 = 60 \text{ mm}$$

Εικόνα 6-27: Αντοχή διατομής σε κάμψη περί τον y-y άξονα



$$M_{y-y, Rd} = 0,8 \cdot 35,5 = 28,4 \text{ kNm}$$

Αντοχή διατομής σε τέμνουσα  $V_{b,Rd} = 313,12 \text{ kN}$





Αντοχή διατομής σε τέμνουσα  $V_{b,Rd}=143,3 \text{ kN}$

Κάμψη περί τον ισχυρό άξονα y-y

-Απόσταση κ.β διατομής από την κάτω ίνα :  $y_2=188,6\text{mm}$

-Απόσταση κ.β διατομής από την κάτω ίνα :  $y_1=350-188,6=161,4\text{mm}$

Θετική κάμψη

1) Κορμός

$$y = \sigma_1 / \sigma_2 = -161,4 / 188,6 = -0,86$$

$$K_s = 7,81 + 6,29 * 0,86 - 9,78 * 0,86^2 = 6,04$$

$$\lambda_p = 250(28,4 * 5 * 0,81 * 6,04^{0,5}) = 0,72$$

$$\rho = (1 - 0,22 / 0,72) / 0,72 = 0,97$$

$$-b_{eff} = 0,97 * 250 = 241\text{mm}$$

$$-b_{e1} = 0,4 * 241 = 96,45\text{mm}$$

$$-b_{e2} = 0,6 * 241 = 144,6\text{mm}$$

2) Πέλμα

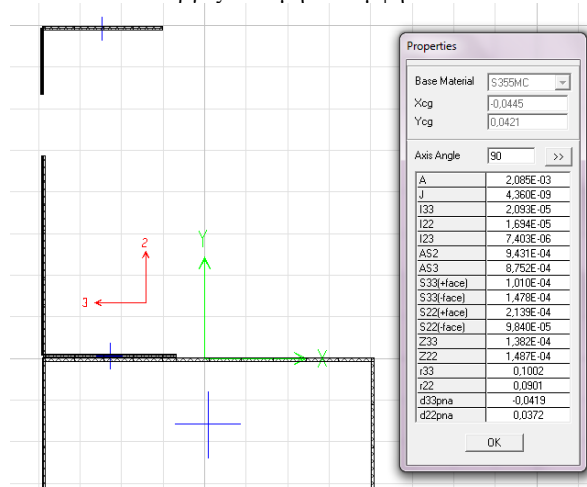
$$-y = 1, K_s = 4$$

$$\lambda_p = 100 / (28,4 * 5 * 0,81 * 4^{0,5}) = 0,87$$

$$\rho = (1 - 0,22 / 0,87) / 0,87 = 0,9$$

$$-b_{eff} = 0,9 * 100 = 90\text{mm}$$

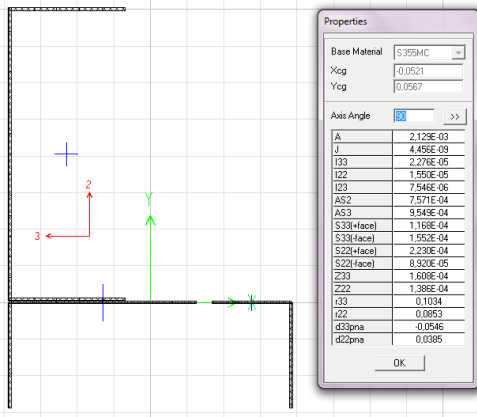
Εικόνα 6-30: Ενεργός διατομή σε κάμψη



$$M_{y, Rd} = 0,101 * 355 = 36,02\text{kNm}$$

Αρνητική Κάμψη

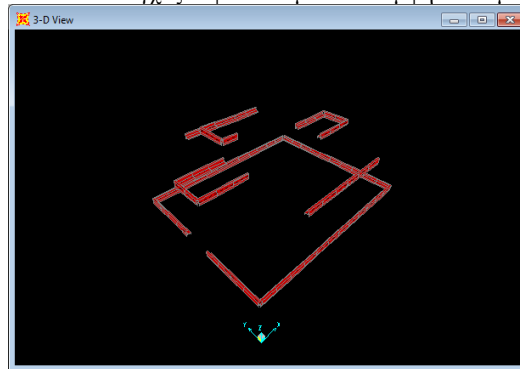
Εικόνα 6-31: Ενεργός διατομή σε κάμψη



$$M_y, Rd = 0,101 * 355 = 35,62 kNm$$

Έλεγχος διατομής σε κάμψη και τέμνουσα

Εικόνα 6-32: Έλεγχος κεφαλόδεσμων σε κάμψη και τέμνουσα



Πίνακας 38: Προσομοίωμα A

N3														f <sub>y</sub> = (G3/143,3)^2 + (K3/35,62)^2	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
TABLE: Element Forces - Frames	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	
3	359	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-59,17	-7E-15	1E-05	-7E-17	-31,1	359-1	0	0,932534799	
4	359	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-59,167	-6,504E-15	1,413E-05	-7,13E-17	-31,0948	359-1	0	0,932534799	
5	359	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-59,167	-6,504E-15	1,413E-05	-7,13E-17	-31,0948	359-1	0	0,932534799	
6	359	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-59,114	-6,504E-15	-5,33E-05	-7,13E-17	-31,092	359-1	0	0,932092283	
7	359	1	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-58,94	-6,504E-15	-5,33E-05	-6,5E-15	-27,3054	359-1	1	0,756808932	
8	359	1	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-58,992	-6,504E-15	1,413E-05	-6,5E-15	-27,2557	359-1	1	0,754970336	
9	359	1	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-58,992	-6,504E-15	1,413E-05	-6,5E-15	-27,2557	359-1	1	0,754970336	
10	359	1	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-58,992	-6,504E-15	1,413E-05	-6,5E-15	-27,2557	359-1	1	0,754970336	
11	342	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-53,365	-1,301E-14	-0,000125	-7,84E-15	-26,9206	342-1	0	0,709873549	
12	342	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-53,365	-1,301E-14	-0,000125	-7,84E-15	-26,9206	342-1	0	0,709873549	
13	342	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-53,365	-1,301E-14	-0,000125	-7,84E-15	-26,9206	342-1	0	0,709873549	
14	342	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-53,344	-1,3E-14	-0,000123	-7,83E-15	-26,8982	342-1	0	0,708814269	
15	126	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-49,157	-6,635E-15	-0,000459	-3,92E-15	-26,1759	126-1	0	0,657700343	
16	126	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-49,09	-6,644E-15	-0,000468	-3,92E-15	-26,1563	126-1	0	0,656571368	
17	126	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-49,09	-6,644E-15	-0,000468	-3,92E-15	-26,1563	126-1	0	0,656571368	
18	126	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-49,09	-6,644E-15	-0,000468	-3,92E-15	-26,1563	126-1	0	0,656571368	
19	342	1	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-53,191	-1,301E-14	-0,000125	-7,06E-15	-26,1238	342-1	1	0,675658634	

Πίνακας 39: Προσομοίωμα B

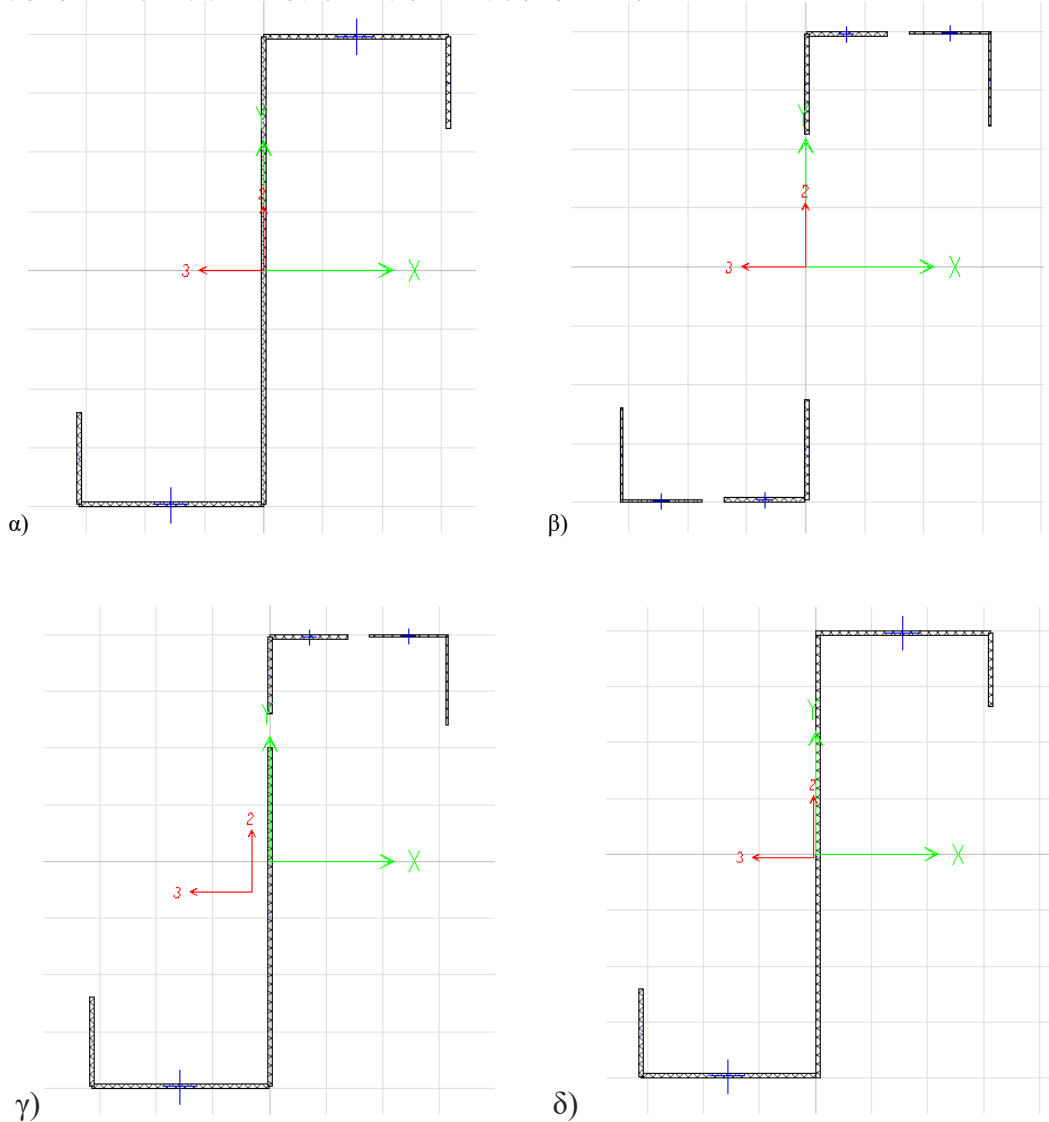
N3														f <sub>y</sub> = (G3/143,3)^2 + (K3/35,62)^2	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
TABLE: Element Forces - Frames	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΕ	
3	153	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-44,08	-9E-16	-3E-04	-4E-15	-23,119	153-1	0	0,515880048	
4	153	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-44,083	-8,977E-16	-0,000318	-4,22E-15	-23,1186	153-1	0	0,515880048	
5	153	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-44,083	-8,977E-16	-0,000318	-4,22E-15	-23,1186	153-1	0	0,515880048	
6	153	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-44,159	-8,977E-16	-0,000359	-4,22E-15	-23,1013	153-1	0	0,51557642	
7	153	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	0	43,399	8,969E-16	0,0003842	4,22E-15	23,0968	153-1	0	0,508901717	
8	153	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Max	0	43,475	8,969E-16	0,0004247	4,21E-15	22,9895	153-1	0	0,508596076	
9	153	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	0	43,475	8,969E-16	0,0004247	4,21E-15	22,9895	153-1	0	0,508596076	
10	153	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	0	43,475	8,969E-16	0,0004247	4,21E-15	22,9895	153-1	0	0,508596076	
11	76	1	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	0	-35,962	-9,903E-16	-0,000692	-5,87E-16	-22,0278	76-1	1	0,445411103	
12	76	1	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	0	-35,962	-9,903E-16	-0,000692	-5,87E-16	-22,0278	76-1	1	0,445411103	
13	76	1	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Min	0	-35,962	-9,903E-16	-0,000692	-5,87E-16	-22,0278	76-1	1	0,445411103	
14	153	1	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combinat	Min	0	-42,882	-8,977E-16	-0,000318	-4,29E-15	-21,1311	153-1	1	0,441478443	
15	153	1	Gtot-1*Ex+0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-42,882	-8,977E-16	-0,000318	-4,29E-15	-21,1311	153-1	1	0,441478443	
16	153	1	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-42,882	-8,977E-16	-0,000318	-4,29E-15	-21,1311	153-1	1	0,441478443	
17	153	1	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Min	0	-42,958	-8,977E-16	-0,000359	-4,29E-15	-21,0383	153-1	1	0,438711832	
18	76	1	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Max	0	38,323	9,68E-16	0,0006857	6,03E-16	21,3536	76-1	1	0,430900244	
19	76	1	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	0	38,323	9,68E-16	0,0006857	6,03E-16	21,3536	76-1	1	0,430900244	
20	76	1	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	0	38,323	9,68E-16	0,0006857	6,03E-16	21,3536	76-1	1	0,430900244	
21	153	1	Gtot-1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combinat	Max	0	44,6	8,969E-16	0,0003842	4,29E-15	20,4713	153-1	1	0,427163104	

## 6.4.2 Διαστασιολόγηση δοκών στέγης

### 6.4.2.1 Διατομή τύπου 9: Δοκοί στέγης κατά την κύρια διεύθυνση x

Οι κύριες δοκοί της στέγης έχουν τις ίδιες διαστάσεις με το βασικό υποστύλωμα τύπου 1. Το κέντρο διάτμησης ταυτίζεται με το κέντρο συμμετρίας της διατομής. Αλλαγή στα δεδομένα υπάρχει μόνο στην κάμψη περί τον ασθενή άξονα.

Εικόνα 6-33: Διατομή τύπου 9 α) Γεωμετρική διατομή β) Ενεργός διατομή υπό θλίψη γ) Ενεργός διατομή υπό κάμψη περί τον άξονα y-y δ) Ενεργός διατομή υπό κάμψη περί τον άξονα z-z



Αντοχή σε αξονική θλίψη:  $N_{c,rd}=253kNm$  (ίση με το βασικό υποστύλωμα)

Αντοχή σε κάμψη κατά y-y:  $M_{y,Rd,com}=26,13kNm$

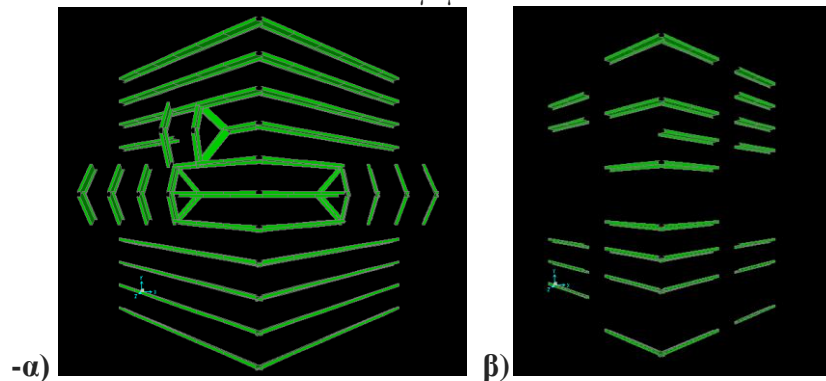
Αντοχή σε κάμψη κατά z-z:  $M_{z,Rd,com}=0,367*35,5=12,95kNm$

Αντοχή δοκού στέγης σε καμπτικό λυγισμό

Καμπύλη λυγισμού b: για  $\lambda=0,15 \rightarrow X_b=1$

Έλεγχος διατομών τύπου 10

Εικόνα 6-34: α) Έλεγχος διατομής τύπου 1 σε διαξονική κάμψη και θλίψη, β) Έλεγχος μελών τύπου 9 σε καμπτικό λυγισμό



Έλεγχος σε διαξονική κάμψη και θλίψη

Πίνακας 40: προσομοίωμα A

N3															f <sub>c</sub> =ABS(F3/253)+ABS(J3/12,95)+ABS(K3/26,13)	
TABLE	Element Forces - Frames														ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ	
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	2-ΑΣΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗ			
3	974	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-160,7	-2,45	-9,617	-1E-04	-2,7373	-1,057	974-1	0	0,887146766		
4	974	0	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-160,74	-2,446	-9,617	-0,000144	-2,7373	-1,0566	974-1	0	0,887146766		
5	974	0	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-160,74	-2,446	-9,617	-0,000144	-2,7373	-1,0566	974-1	0	0,887146766		
6	428	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-113,764	-17,393	-4,157	-0,000444	-1,9435	-6,6111	428-1	0	0,852745336		
7	428	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-113,764	-17,393	-4,157	-0,000444	-1,9435	-6,6111	428-1	0	0,852745336		
8	428	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-113,764	-17,393	-4,157	-0,000444	-1,9435	-6,6111	428-1	0	0,852745336		
9	428	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-112,787	-17,361	-4,094	-0,000444	-1,9057	-6,6008	428-1	0	0,845570574		
10	1087	1,537	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-129,983	-2,68	-10,821	-0,000165	-3,1959	-1,1601	1087-4	0,38421	0,804951688		
11	1087	1,537	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-129,983	-2,68	-10,821	-0,000165	-3,1959	-1,1601	1087-4	0,38421	0,804951688		
12	1087	1,537	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-129,983	-2,68	-10,821	-0,000165	-3,1959	-1,1601	1087-4	0,38421	0,804951688		
13	974	0,384	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-160,666	-2,383	-9,617	-0,000144	-0,9734	-1,539	974-1	0,38421	0,76910732		
14	974	0,384	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-160,666	-2,383	-9,617	-0,000144	-0,9734	-1,539	974-1	0,38421	0,76910732		
15	974	0,384	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-160,666	-2,383	-9,617	-0,000144	-0,9734	-1,539	974-1	0,38421	0,76910732		
16	998	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-132,591	-3,643	-9,656	-0,000221	-2,7411	-0,4803	998-1	0	0,754124224		

Πίνακας 41: Προσομοίωμα B

N3															f <sub>c</sub> =ABS(F3/253)+ABS(J3/12,95)+ABS(K3/26,13)	
TABLE	Element Forces - Frames														ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΕ	
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStat	2-ΑΣΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗ			
3	236	1,539	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combinat	Min	-173	-0,872	-2,938	-2E-05	-2,6337	-2,791	236-1	1,539	0,994016901		
4	536	1,53912	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-173,011	-0,872	-2,938	-2,1E-05	-2,6337	-2,7908	236-1	1,53912	0,994016901		
5	536	1,53912	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-173,011	-0,872	-2,938	-2,1E-05	-2,6337	-2,7908	236-1	1,53912	0,994016901		
6	402	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-70,791	-12,44	-2,217	-0,000022	-1,7504	-13,8311	402-1	0	0,844291138		
7	402	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-70,791	-12,44	-2,217	-0,000022	-1,7504	-13,8311	402-1	0	0,844291138		
8	402	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-70,791	-12,44	-2,217	-0,000022	-1,7504	-13,8311	402-1	0	0,844291138		
9	402	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-69,682	-12,444	-2,211	-0,000022	-1,7454	-13,8599	402-1	0	0,840619993		
10	1111	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-177,581	-1,378	-2,122	-0,0002	-1,8373	-2,2395	1111-1	0	0,92483719		
11	1111	0	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-177,581	-1,378	-2,122	-0,0002	-1,8373	-2,2395	1111-1	0	0,92483719		
12	1111	0	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-177,581	-1,378	-2,122	-0,0002	-1,8373	-2,2395	1111-1	0	0,92483719		
13	589	1,53381	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-128,701	-8,494	-0,986	-6,8E-06	-0,6769	-8,3327	389-1	1,53381	0,879519435		
14	589	1,53381	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-128,701	-8,494	-0,986	-6,8E-06	-0,6769	-8,3327	389-1	1,53381	0,879519435		
15	589	1,53381	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-128,701	-8,494	-0,986	-6,8E-06	-0,6769	-8,3327	389-1	1,53381	0,879519435		
16	499	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-98,584	-7,483	-2,448	-0,000016	-1,9187	-8,8371	499-1	0	0,876019715		
17	499	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-98,584	-7,483	-2,448	-0,000016	-1,9187	-8,8371	499-1	0	0,876019715		
18	499	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-98,584	-7,483	-2,448	-0,000016	-1,9187	-8,8371	499-1	0	0,876019715		
19	589	1,53381	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-127,648	-8,547	-0,966	-1,3E-05	-0,6918	-8,2735	389-1	1,53381	0,87457889		

Έλεγχος μελών σε καμπτικό λυγισμό

Πίνακας 42: Προσομοίωμα A

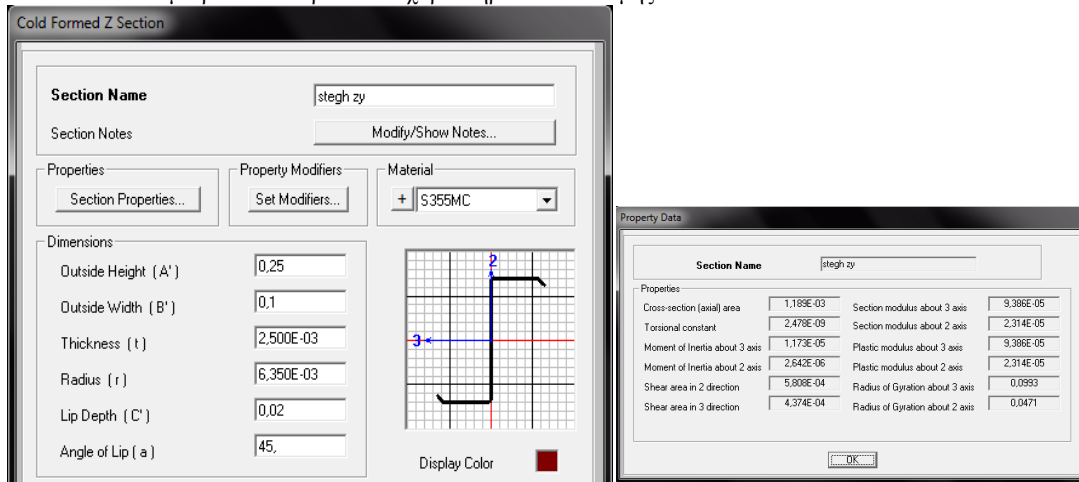
N3															f <sub>c</sub> =ABS(F3/253)*0,8+ABS(K3/26,13)*0,8	
TABLE	Element Forces - Frames														ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΛΩΝ ΣΕ	
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	ΚΑΜΠΤΙΚΟ ΛΥΓΙΣΜΟ			
3	428	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3E	Combin	Min	-113,8	-17,4	-4,157	-4E-04	-1,9435	-6,611	428-1	0	0,860651733		
4	428	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-113,764	-17,393	-4,157	-0,000444	-1,9435	-6,6111	428-1	0	0,860651733		
5	428	0	Gtot+1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-113,764	-17,393	-4,157	-0,000444	-1,9435	-6,6111	428-1	0	0,860651733		
6	428	0	Gtot+1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-112,787	-17,361	-4,094	-0,000444	-1,9057	-6,6008	428-1	0	0,85660861		
7	589	1,534	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-107,893	-6,549	-3,771	-0,000657	-0,7903	-6,5584	389-4	0,38345	0,836628985		
8	589	1,534	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-107,893	-6,549	-3,771	-0,000657	-0,7903	-6,5584	389-4	0,38345	0,836628985		
9	589	1,534	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-107,893	-6,549	-3,771	-0,000657	-0,7903	-6,5584	389-4	0,38345	0,836628985		
10	336	1,375	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-129,141	-0,926	-0,022	-3,51E-05	-0,2469	-4,0364	336-3	0,45834	0,808335591		
11	336	1,375	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-129,141	-0,926	-0,022	-3,51E-05	-0,2469	-4,0364	336-3	0,45834	0,808335591		
12	336	1,375	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-129,141	-0,926	-0,022	-3,51E-05	-0,2469	-4,0364	336-3	0,45834	0,808335591		
13	539	0,458	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-133,91	-0,272	-0,528	-0,000183	-0,2858	-3,6033	339-2	0	0,806060471		
14	539	0,458	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-133,91	-0,272	-0,528	-0,000183	-0,2858	-3,6033	339-2	0	0,806060471		
15	539	0,458	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-133,91	-0,272	-0,528	-0,000183	-0,2858	-3,6033	339-2	0	0,806060471		
16	339	0,917	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-133,963	-0,207	-0,528	-0,000183	-0,0589	-3,5034	339-2	0,45834	0,801692317		
17	339	0,917	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-133,963	-0,207	-0,528	-0,000183	-0,0589	-3,5034	339-2	0,45834	0,801692317		
18	339	0,917	Gtot+1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-133,963	-0,207	-0,528	-0,000183	-0,0589	-3,5034	339-2	0,45834	0,801692317		
19	333	1,375	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-129,811	-0,693	-0,466	-0,000124	0,0065	-3,8174	333-3	0,45834	0,800980417		

Πίνακας 43: Προσομοίωμα Β

N3														f <sub>x</sub> =ABS(F3/253)^0,8+ABS(K3/26,13)^0,8	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
1	TABLE: Element Forces - Frames												ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΛΟΥΣ ΣΕ ΚΑΜΠΤΙΚΟ ΛΥΤΙΣΜΟ		
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameEle	ElemSta		
3	428	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3E	Combina	Min	-142	-5,13	-0,485	-0	-0,308	-7,4	428-1	0	0,993370269	
4	428	0	Gtot-1*Ex+0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-141,731	-5,125	-0,485	-0,00017	-0,3081	-7,3963	428-1	0	0,993370269	
5	428	0	Gtot-1*Ex-0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-141,731	-5,125	-0,485	-0,00017	-0,3081	-7,3963	428-1	0	0,993370269	
6	428	0	Gtot-1*Ex-0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-140,599	-5,135	-0,484	-0,00017	-0,3051	-7,4021	428-1	0	0,989576324	
7	500	1,53912	Gtot-1*Ex+0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-73,559	-14,512	-0,565	-7,5E-05	-0,3506	-14,1135	500-1	1,5391	0,983167496	
8	389	1,53381	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3E	Combina	Min	-128,701	-8,494	-0,986	-6,8E-06	-0,6769	-8,3237	389-1	1,5338	0,982773772	
9	389	1,53381	Gtot-1*Ex+0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-128,701	-8,494	-0,986	-6,8E-06	-0,6769	-8,3237	389-1	1,5338	0,982773772	
10	389	1,53381	Gtot-1*Ex-0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-128,701	-8,494	-0,986	-6,8E-06	-0,6769	-8,3237	389-1	1,5338	0,982773772	
11	500	1,53912	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3E	Combina	Min	-74,5	-14,844	-0,559	-7,4E-05	-0,3567	-13,8284	500-1	1,5391	0,977078945	
12	500	1,53912	Gtot-1*Ex+0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-74,5	-14,844	-0,559	-7,4E-05	-0,3567	-13,8284	500-1	1,5391	0,977078945	
13	500	1,53912	Gtot-1*Ex-0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-74,5	-14,844	-0,559	-7,4E-05	-0,3567	-13,8284	500-1	1,5391	0,977078945	
14	389	1,53381	Gtot-1*Ex-0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-127,646	-8,547	-0,966	-1,3E-05	-0,6918	-8,2735	389-1	1,5338	0,977018587	
15	402	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3E	Combina	Min	-70,791	-12,44	-2,217	-0,00022	-1,7504	-13,8311	402-1	0	0,962119933	
16	402	0	Gtot-1*Ex+0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-70,791	-12,44	-2,217	-0,00022	-1,7504	-13,8311	402-1	0	0,962119933	
17	402	0	Gtot-1*Ex-0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-70,791	-12,44	-2,217	-0,00022	-1,7504	-13,8311	402-1	0	0,962119933	
18	402	0	Gtot-1*Ex-0,3*E+0,3*Q	Combina	Min	-69,682	-12,444	-2,211	-0,00022	-1,7454	-13,8598	402-1	0	0,958586427	
19	631	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3E	Combina	Min	-54,81	-15,334	-1,147	-1,7E-05	-0,8625	-15,3536	631-1	0	0,947681928	

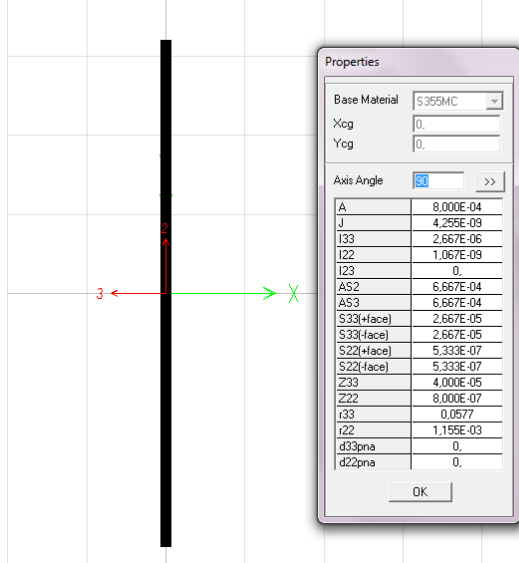
### 6.4.2.2 Διατομή τύπου 10: Δευτερεύουσες δοκοί στέγης κατά την δευτερεύουσα διεύθυνση y-y

Εικόνα 6-35: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά διατομής τύπου 10



### 6.4.2.3 Διατομή τύπου 11: Σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Εικόνα 6-36: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά διατομής τύπου 11



Αντοχή σε εφελκυσμό :  $N_{t,Rd} = 284kN$

Έλεγχος συνδέσμων δυσκαμψίας σε εφελκυσμό

Πίνακας 44: Έλεγχος διατομής τύπου 11 σε εφελκυσμό

N4									
=F4/(284)									
A	B	C	D	E	F	L	M	N	
TABLE: Element Forces - Frames									ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FrameElem	ElemStat	ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ	
4	577	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combinat	Max	263,9	577-1	0	0,92930986
5	577	0	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	263,673	577-1	0	0,928426056
6	577	0	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	263,673	577-1	0	0,928426056
7	577	0	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	263,673	577-1	0	0,928426056
8	577	2,305	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	263,46	577-1	2,3049	0,927676056
9	577	2,305	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	263,209	577-1	2,3049	0,926792254
10	577	2,305	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	263,209	577-1	2,3049	0,926792254
11	577	2,305	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	263,209	577-1	2,3049	0,926792254
12	577	4,61	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	262,995	577-1	4,6098	0,926038732
13	577	4,61	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	262,745	577-1	4,6098	0,925158451
14	577	4,61	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	262,745	577-1	4,6098	0,925158451
15	577	4,61	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	262,745	577-1	4,6098	0,925158451
16	770	0	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	254,713	770-1	0	0,896876761
17	770	0	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	254,713	770-1	0	0,896876761
18	770	0	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	254,713	770-1	0	0,896876761
19	770	2,658	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	254,419	770-1	2,6575	0,895841549
20	770	2,658	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	254,419	770-1	2,6575	0,895841549
21	770	2,658	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	254,419	770-1	2,6575	0,895841549
22	770	5,315	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	254,125	770-1	5,3151	0,894806338
23	770	5,315	Gtot-1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	254,125	770-1	5,3151	0,894806338
24	770	5,315	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	254,125	770-1	5,3151	0,894806338
25	769	5,315	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	252,673	769-1	5,3151	0,889693662

## 6.5 Αποτελέσματα και έλεγχοι μετακινήσεων στατικής ανάλυσης

### 6.5.1 Κριτήριο ελέγχου σχετικών μετακινήσεων ορόφων κατασκευής

Σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 8 παρ.4.4.3.2 οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων  $d_r$  πρέπει να περιορίζονται σύμφωνα με τις παρακάτω ανισότητες:

α) για κτίρια με μη-φέροντα στοιχεία από ψαθυρό υλικό συνδεδεμένα με τον φορέα:

$$d_r \nu \leq 0,005 h$$

β) για κτίρια με πλάστιμα μη-φέροντα στοιχεία:

$$d_r \nu \leq 0,0075 h$$

γ) για κτίρια με μη-φέροντα στοιχεία αγκυρωμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζονται από τις παραμορφώσεις του φορέα, ή για κτίρια που δεν έχουν μη-φέροντα στοιχεία:

$$d_r \nu \leq 0,010 h$$

όπου

$d_r$  είναι η τιμή σχεδιασμού της σχετικής παραμόρφωσης ορόφου, όπως ορίζεται στην 4.4.2.2(2);

$h$  είναι το ύψος του ορόφου

$\nu$  είναι συντελεστής μείωσης που λαμβάνει υπόψη τη μικρότερη περίοδο επαναφοράς της σεισμικής δράσης που συνδέεται με την απαίτηση περιορισμού βλαβών όπου  $\nu = 0.5$  για τις κατηγορίες σπουδαιότητας I και II και  $\nu = 0.4$  για τις κατηγορίες σπουδαιότητας III και IV.

Η κατασκευή διαθέτει μη φέροντα στοιχεία από ψαθυρό υλικό(κουφώματα) και κατατάχθηκε στην κατηγορία περίπτωση α και για κατηγορία σπουδαιότητας συνήθη (II) έχουμε :

$$-max d_r = 0, 05*3, 5/0, 5 = 3, 5cm$$

## 6.5.2 Προσομοίωμα Α : Αποτελέσματα μετακινήσεων στις στάθμες των ορόφων

Πίνακας 45: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση x-x

TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	1ος ΟΡΟΦΟΣ U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	1ος ΟΡΟΦΟΣ U1
150	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	0,005551	151	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,005637
150	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005551	151	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005637
150	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max	0,005551	151	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,005637
151	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	0,005551	170	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,005637
151	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005551	170	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005637
151	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max	0,005551	170	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,005637
157	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	0,005551	151	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005637
157	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005551	168	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,005637
157	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max	0,005551	168	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005637
157	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max	0,005551	168	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,005637
TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	2ος ΟΡΟΦΟΣ U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	2ος ΟΡΟΦΟΣ U1
153	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	155	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,008605
156	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	155	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
626	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	155	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
244	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	159	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,008605
627	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	159	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
159	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	159	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
155	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	627	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,008605
153	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	0,008566	627	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
153	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008566	627	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
153	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max	0,008566	244	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,008605
TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	ΚΟΡΦΙΑΣ U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	ΚΟΡΦΙΑΣ U1
153	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	155	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,008605
156	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	155	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
626	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	155	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
244	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	159	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,008605
627	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	159	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
159	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	159	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
155	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,00857	627	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,008605
153	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	0,008566	627	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
153	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008566	627	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605
153	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max	0,008566	244	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min	-0,008605
156	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max	0,008566	244	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008605

Σχετικές μετακινήσεις ορόφων κατά x-x

$$d_{r0-1}^+ = 0,0056\text{mm} = d_{r0-1}^- < 0,035\text{m}$$

$$d_{r1-2}^+ = 0,003\text{mm} = d_{r1-2}^- < 0,035\text{m}$$

$$d_{r2-3}^+ = 0 = d_{r2-3}^- < 0,035\text{m}$$

Πίνακας 46: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση y-y

TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	1ος ΟΡΟΦΟΣ U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	1ος ΟΡΟΦΟΣ U2
17	Gtot-1*Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,005544	148	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,005542
303	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,005544	148	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005542
303	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005544	148	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005542
303	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005544	95	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,005542
88	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,005544	95	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005542
88	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005544	95	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005542
88	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005544	88	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,005542
95	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,005544	88	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005542
95	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005544	88	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,005542
95	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,005544	303	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,005542
TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	2ος ΟΡΟΦΟΣ U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	2ος ΟΡΟΦΟΣ U2
153	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,011658	281	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,011656
153	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,011658	281	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,011656
153	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,011658	281	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,011656
394	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,011658	577	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,011656
394	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,011658	577	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,011656
394	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,011658	577	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,011656
152	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,011658	482	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,011656
152	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,011658	482	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,011656
152	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,011658	482	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,011656
194	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,011658	305	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,011656
194	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,011658					



TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	ΚΟΡΦΙΑΣ	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	ΚΟΡΦΙΑΣ	U2
154	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max		0,014228	282	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min		-0,014225
154	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,014228	282	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,014225
154	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,014228	282	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,014225
395	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max		0,0142	154	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min		-0,014221
395	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,0142	154	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,014221
395	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,0142	154	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,014221
282	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max		0,014199	395	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min		-0,014194
282	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,014199	395	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,014194
282	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,014199	395	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,014194
600	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max		0,014163	600	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min		-0,014188
600	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,014163	600	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,014188

Σχετικές μετακινήσεις ορόφων κατά y-y

$$d_{r0-1}^+ = 0,0055 \text{ mm} = d_{r0-1}^- < 0,035 \text{ m}$$

$$d_{r1-2}^+ = 0,00606 \text{ mm} = d_{r1-2}^- < 0,035 \text{ m}$$

$$d_{r2-3}^+ = 0,0026 \text{ mm} = d_{r2-3}^- < 0,035 \text{ m}$$

### 6.5.3 Προσομοίωμα Β: Αποτελέσματα μετακινήσεων στις στάθμες των ορόφων

Πίνακας 47: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις κατά την διεύθυνση x-x

TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	1ος ΟΡΟΦΟΣ	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	1ος ΟΡΟΦΟΣ	U1
148	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,008567	149	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
148	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,008567	298	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
148	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max		0,008567	296	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
102	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,008567	294	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
102	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,008567	288	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
102	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max		0,008567	306	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
99	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,008567	313	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
99	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,008567	285	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
99	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max		0,008567	94	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
94	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,008567	99	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
94	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,008567	102	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,008562
TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	2ος ΟΡΟΦΟΣ	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	2ος ΟΡΟΦΟΣ	U1
283	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,012905	281	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012889
283	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,012905	622	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012889
283	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max		0,012905	623	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012889
625	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,012905	624	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012889
625	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,012905	625	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012889
625	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max		0,012905	283	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012889
624	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,012905	281	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min		-0,01288
624	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,012905	281	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,01288
624	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max		0,012905	281	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min		-0,01288
623	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,012905	622	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min		-0,01288
623	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,012905	622	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,01288
TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	ΚΟΡΦΙΑΣ	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	ΚΟΡΦΙΑΣ	U1
600	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,012718	600	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min		-0,012738
600	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,012716	600	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012738
600	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,012716	600	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min		-0,012738
600	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max		0,012716	600	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012736
282	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,01269	282	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min		-0,012715
282	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,012687	282	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012715
282	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,012687	282	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min		-0,012715
282	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Max		0,012687	282	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012712
483	Gtot-1*Ex-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,01269	483	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Min		-0,012696
483	Gtot+Ex+0,3 Q+0,3Ey	Combination	Max		0,012679	483	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min		-0,012696
483	Gtot-1*Ex+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max		0,012679	483	Gtot+1*Ex-0,3*Ey+0,3*Q	Combination	Min		-0,012696

Σχετικές μετακινήσεις ορόφων κατά x-x

$$d_{r0-1}^+ = 0,0086 \text{ m} = d_{r0-1}^- < 0,035 \text{ m}$$

$$d_{r1-2}^+ = 0,0041 \text{ m} = d_{r1-2}^- < 0,035 \text{ m}$$

$$d_{r2-3}^+ = 0 = d_{r2-3}^- < 0,035m$$

Πίνακας 48: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις κατά την διεύθυνση y-y

TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
148	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,008888		175	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,008901	
148	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008888		175	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008901	
148	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008888		175	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008901	
95	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,008888		133	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,008901	
95	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008888		133	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008901	
95	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008888		133	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008901	
88	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,008888		125	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,008901	
88	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008888		125	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008901	
88	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008888		125	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008901	
303	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,008888		393	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,008901	
303	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,008888		393	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,008901	

TABLE: Joint Displacements					3ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					4ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
281	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,015619		152	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,01563	
281	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,015619		152	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01563	
281	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,015619		152	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01563	
577	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,015619		394	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,01563	
577	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,015619		394	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01563	
577	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,015619		394	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01563	
482	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,015619		194	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,01563	
482	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,015619		194	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01563	
482	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,015619		194	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01563	
305	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,015619		153	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,01563	
305	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,015619		153	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01563	

TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ	TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
282	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,018744		282	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,01879	
282	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,018744		282	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01879	
282	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,018744		282	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,01879	
154	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,018704		600	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,018713	
154	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,018704		600	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,018713	
154	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,018704		600	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,018713	
600	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,01867		154	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,018698	
600	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,01867		154	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,018698	
600	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,01867		154	Gtot-1*Ey+0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,018698	
395	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Max	0,018646		395	Gtot+Ey+0,3(Q+Ex)	Combination	Min	-0,018642	
395	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Max	0,018646		395	Gtot+1*Ey-0,3*Ex+0,3*Q	Combination	Min	-0,018642	

Σχετικές μετακινήσεις ορόφων κατά y-y

$$d_{r0-1}^+ = 0,0089m = d_{r0-1}^- < 0,035m$$

$$d_{r1-2}^+ = 0,0067m = d_{r1-2}^- < 0,035m$$

$$d_{r2-3}^+ = 0,0031m = d_{r2-3}^- < 0,035m$$

### 6.5.4 Σύγκριση μετακινήσεων στατικής ανάλυσης

-σχετικές μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση x-x

$$\Pi_{1-0} = \{(0,0089/0,0055) - 1\} * 100 = 61\%$$

$$\Pi_{2-1} = \{(0,0041/0,0036) - 1\} * 100 = 45\%$$

$$\rightarrow \Pi_{x-x, stat, rel} = 33,67\%$$

$$\Pi_{3-2} = 0$$

-σχετικές μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση y-y

$$\Pi_{1-0} = \{(0,0086/0,0055) - 1\} * 100 = 56\%$$

$$\Pi_{2-1} = \{(0,0067/0,0061) - 1\} * 100 = 9,8\%$$

$$\rightarrow \Pi_{x-x, stat, rel} = 28,7\%$$

$$\Pi_{3-2} = \{(0,0031/0,0026) - 1\} * 100 = 20\%$$

Ποσοστό παραμορφωσιμότητας :  $\Pi_{stat, rel} = 31,2\%$

-σχετικές μετακινήσεις ορόφων ως προς το έδαφος κατά την διεύθυνση x-x

$$P_{1ov} = \{(0,0089/0,0055) - 1\} * 100 = 61\%$$

$$P_{2ov} = \{(0,0129/0,0086) - 1\} * 100 = 50\% \quad \rightarrow P_{x-x, stat, ab} = 53,6 \%$$

$$P_{3ov} = 50\%$$

-σχετικές μετακινήσεις ορόφων ως προς το έδαφος κατά την διεύθυνση y-y

$$P_{1ov} = \{(0,0089/0,0056) - 1\} * 100 = 61\%$$

$$P_{2ov} = \{(0,0156/0,0116) - 1\} * 100 = 34,5\% \quad \rightarrow P_{x-x, stat, rel} = 42,4 \%$$

$$P_{3ov} = \{(0,0187/0,0142) - 1\} * 100 = 31,$$

Ποσοστό παραμορφωσιμότητας :  $P_{stat} = 48 \%$

## 6.6 Αποτελέσματα μετακινήσεων ιδιομορφικής φασματικής ανάλυσης-Ανάλυση χρονοϊστορίας φόρτισης

### 6.6.1 Γενικά

Η κατασκευή σχεδιάστηκε για μέγιστη επιτάχυνση σχεδιασμού  $A=0,16 * g$ . Οι χρονοϊστορίες φόρτισης που προσομοιάστηκαν παρουσιάζουν μέγιστες επιταχύνσεις μεγαλύτερες από αυτές του οριζόντιου φάσματος απόκρισης του ευρωκώδικα. Επομένως η ανάλυση χρονοϊστορίας πραγματοποιήθηκε για λόγους σύγκρισης των μέγιστων μετακινήσεων των δύο προσομοιωμάτων και δεν διεξάχθηκε έλεγχος σχετικών μετακινήσεων των ορόφων.

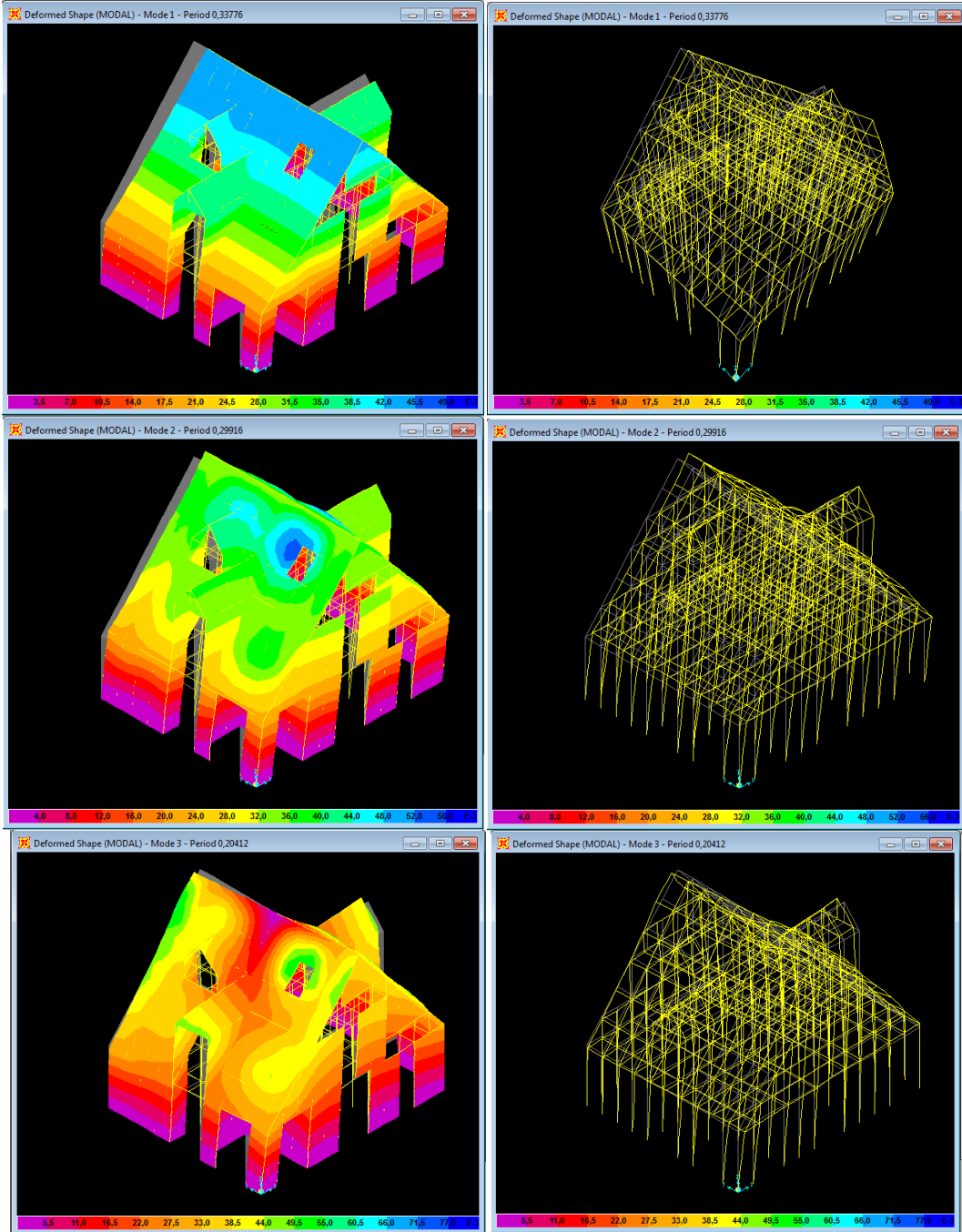
### 6.6.2 Αποτελέσματα μετακινήσεων Προσομοιώματος A

#### 6.6.2.1 Ιδιομορφές ταλάντωσης

Παρατίθενται οι ιδιομορφές ταλάντωσης της κατασκευής με τις αντίστοιχες ιδιοπεριόδους ,τα ποσοστά ταλαντούμενης μάζας κάθε ιδιομορφής. καθώς και η ιδιομορφική συμμετοχή κατά τις δύο διευθύνσεις .

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,337761	0,00411	0,93118	0,00001577	0,00411	0,93118
MODAL	Mode	2	0,299162	0,94145	0,00401	0,00013	0,94556	0,93519
MODAL	Mode	3	0,204123	0,00025	0,00016	0,00153	0,94581	0,93536
MODAL	Mode	4	0,176395	0,00551	0,00004851	0,00847	0,95132	0,9354
MODAL	Mode	5	0,172397	0,00188	0,00008805	0,01261	0,95321	0,93549

Εικόνα 6-37: Ιδιομορφές ταλάντωσης κατασκευής-Χρωματική απεικόνιση μετακινήσεων ανά ιδιομορφή



### 6.6.2.2 Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων ιδιομορφικής ανάλυσης

Πίνακας 49: Μέγιστες και ελάχιστες ορόφων κατά την διεύθυνση x-x

TABLE: Joint Displacements						TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	Joint	OutputCas	CaseType	StepType	StepNum	U1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	150	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,0177
150	MODAL	LinModal	Mode	2	0,022319	151	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,017714
161	MODAL	LinModal	Mode	2	0,022319	157	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,017714
163	MODAL	LinModal	Mode	2	0,022319	160	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,017714
165	MODAL	LinModal	Mode	2	0,022319	161	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,017714
157	MODAL	LinModal	Mode	2	0,022319						

TABLE: Joint Displacements						TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Unitless	m
281	MODAL	LinModal	Mode	3	0,037149	153	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,034401
283	MODAL	LinModal	Mode	3	0,037149	155	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,034401
622	MODAL	LinModal	Mode	3	0,037149	156	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,034401
623	MODAL	LinModal	Mode	3	0,037149	159	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,034401
624	MODAL	LinModal	Mode	3	0,037149	244	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,034401

TABLE: Joint Displacements						TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Unitless	m
282	MODAL	LinModal	Mode	3	0,03851	154	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,03626
174	MODAL	LinModal	Mode	2	0,033054	395	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028958
195	MODAL	LinModal	Mode	2	0,033053	174	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,022882
245	MODAL	LinModal	Mode	2	0,032834	195	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,016396
395	MODAL	LinModal	Mode	2	0,032772	245	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,008352

Πίνακας 50: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση y-y

TABLE: Joint Displacements						TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Unitless	m
150	MODAL	LinModal	Mode	3	0,022267	151	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,021
393	MODAL	LinModal	Mode	3	0,022267	170	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,017708
133	MODAL	LinModal	Mode	3	0,022267	168	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,014074
175	MODAL	LinModal	Mode	3	0,022267	166	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,01044
125	MODAL	LinModal	Mode	3	0,022267	160	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,006806

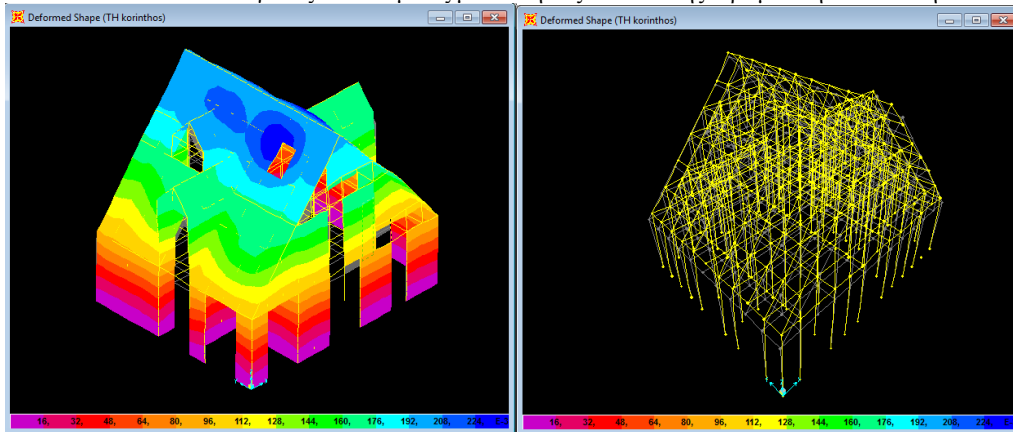
TABLE: Joint Displacements						TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Unitless	m
281	MODAL	LinModal	Mode	3	0,021712	153	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,036596
577	MODAL	LinModal	Mode	3	0,021712	394	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,036596
482	MODAL	LinModal	Mode	3	0,021712	152	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,036596
305	MODAL	LinModal	Mode	3	0,021712	194	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,036596
40	MODAL	LinModal	Mode	3	0,021712	48	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,036596

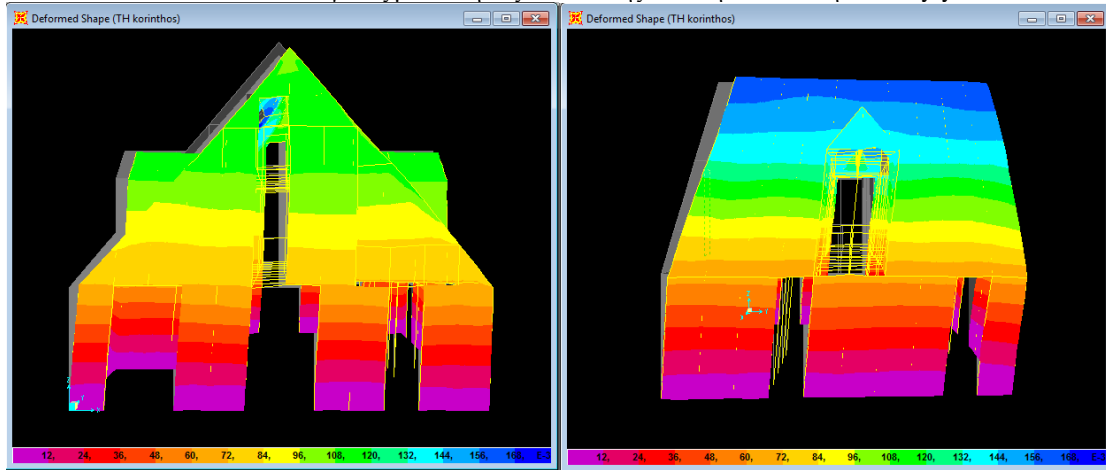
TABLE: Joint Displacements						TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Unitless	m
483	MODAL	LinModal	Mode	4	0,000699	154	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,045586
308	MODAL	LinModal	Mode	4	0,000698	395	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,045493
600	MODAL	LinModal	Mode	4	0,000681	282	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,045427
282	MODAL	LinModal	Mode	4	0,000667	600	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,045311
466	MODAL	LinModal	Mode	4	0,000655	174	MODAL	LinModal	Mode	1	-0,045254

### 6.6.2.3 Αποτελέσματα μετακινήσεων από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου (1981)

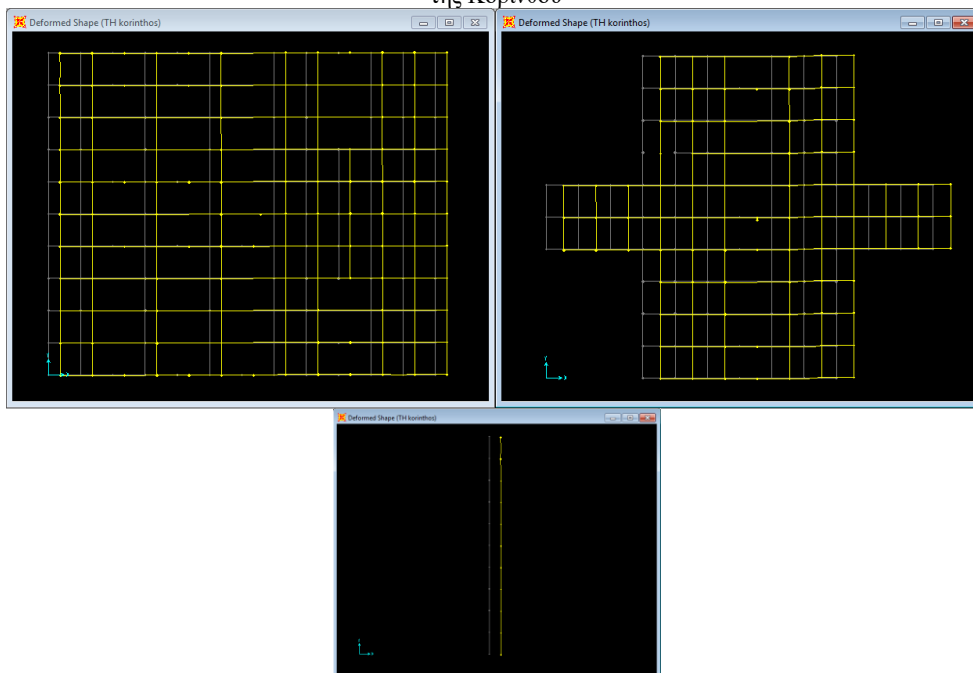
Εικόνα 6-38: Μέγιστες συνισταμένες μετακινήσεις κατασκευής-Χρωματική απεικόνιση



Εικόνα 6-39: Μέγιστες μετακινήσεις κατασκευής κατά την διεύθυνση x-x και y-y



Εικόνα 6-40: Σχηματική απεικόνιση μέγιστων συνισταμένων μετακινήσεων ορόφων από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου



Πίνακας 51: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση x-x

TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		
Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	m		
150	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	150	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
151	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	151	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
157	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	157	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
160	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	160	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
161	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	161	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
163	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	163	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
165	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	165	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
166	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	166	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
168	TH korinthos	LinModHist	Max	0,071542	168	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,059212		
TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		
Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	m		
153	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109737	153	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,09072		
155	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109737	155	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,09072		
156	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109737	156	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,09072		
159	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109737	159	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,09072		
244	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109737	244	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,09072		
626	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109737	626	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,09072		
627	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109737	627	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,09072		
12	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109356	12	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090345		
250	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109356	250	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090345		
					394	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090345		

TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1
Text	Text	Text	Text	m	195	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,086429
195	TH korinthos	LinModHist	Max	0,105114	174	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,086072
245	TH korinthos	LinModHist	Max	0,104543	245	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,085944
174	TH korinthos	LinModHist	Max	0,104527	395	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,085326
220	TH korinthos	LinModHist	Max	0,10367	220	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,085284
395	TH korinthos	LinModHist	Max	0,103406	154	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,08514
466	TH korinthos	LinModHist	Max	0,103343	466	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,085045
308	TH korinthos	LinModHist	Max	0,103253	308	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,084958
154	TH korinthos	LinModHist	Max	0,10301	483	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,084605
483	TH korinthos	LinModHist	Max	0,102873	600	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,083529

Πίνακας 52: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση y-y

TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2
Text	Text	Text	Text	m	151	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
149	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	397	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
96	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	135	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
412	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	177	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
316	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	126	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
14	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	114	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
114	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	14	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
126	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	316	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
177	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	412	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086
135	TH korinthos	LinModHist	Max	0,063632	96	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,053086

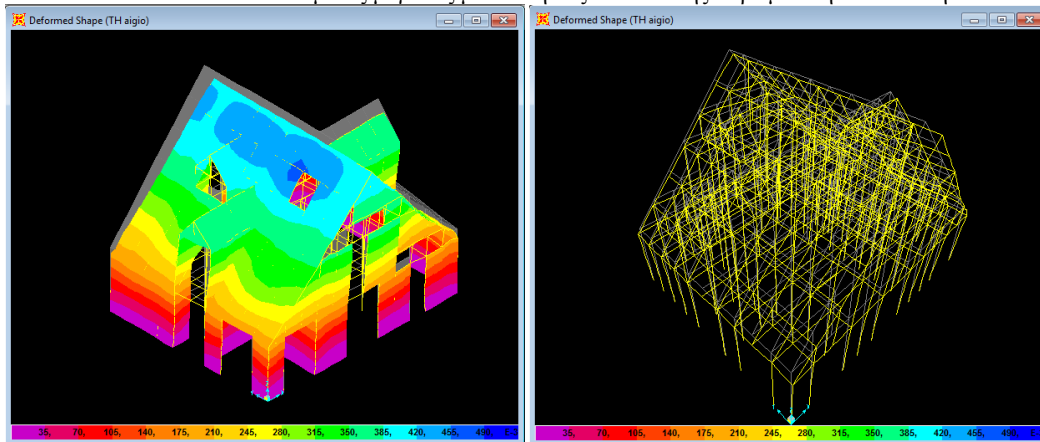
TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2
Text	Text	Text	Text	m	283	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
155	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	579	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
396	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	484	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
147	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	315	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
193	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	42	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
49	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	79	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
79	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	49	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
42	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	193	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
315	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	147	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813
484	TH korinthos	LinModHist	Max	0,135415	396	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112813

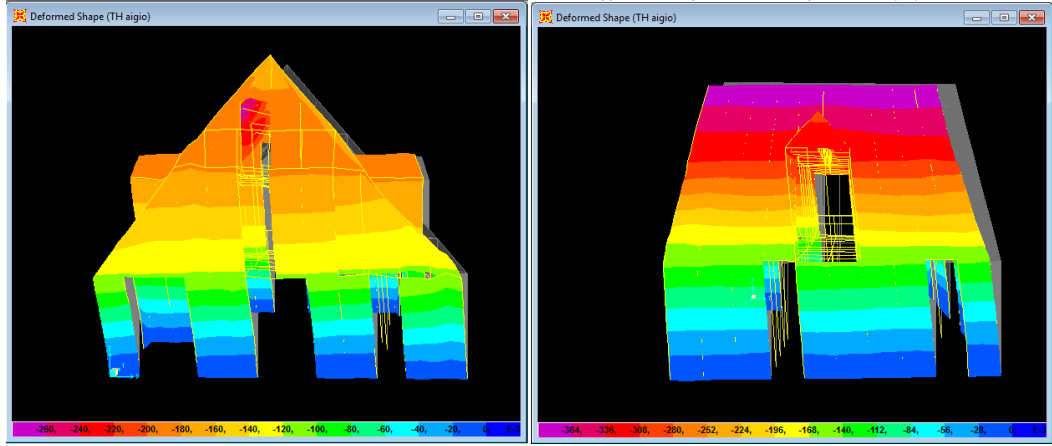
TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2
Text	Text	Text	Text	m	154	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,137451
154	TH korinthos	LinModHist	Max	0,165382	395	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,137255
395	TH korinthos	LinModHist	Max	0,165158	282	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,136997
282	TH korinthos	LinModHist	Max	0,164825	174	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,136685
174	TH korinthos	LinModHist	Max	0,164488	600	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,136626
600	TH korinthos	LinModHist	Max	0,164372	195	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,13604
195	TH korinthos	LinModHist	Max	0,163714	483	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,135916
483	TH korinthos	LinModHist	Max	0,163516	245	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,135497
245	TH korinthos	LinModHist	Max	0,163054	308	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,135364
308	TH korinthos	LinModHist	Max	0,162856	220	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,135115

#### 6.6.2.4 Αποτελέσματα μετακινήσεων σεισμού στην περιοχή Αιγίου (1995)

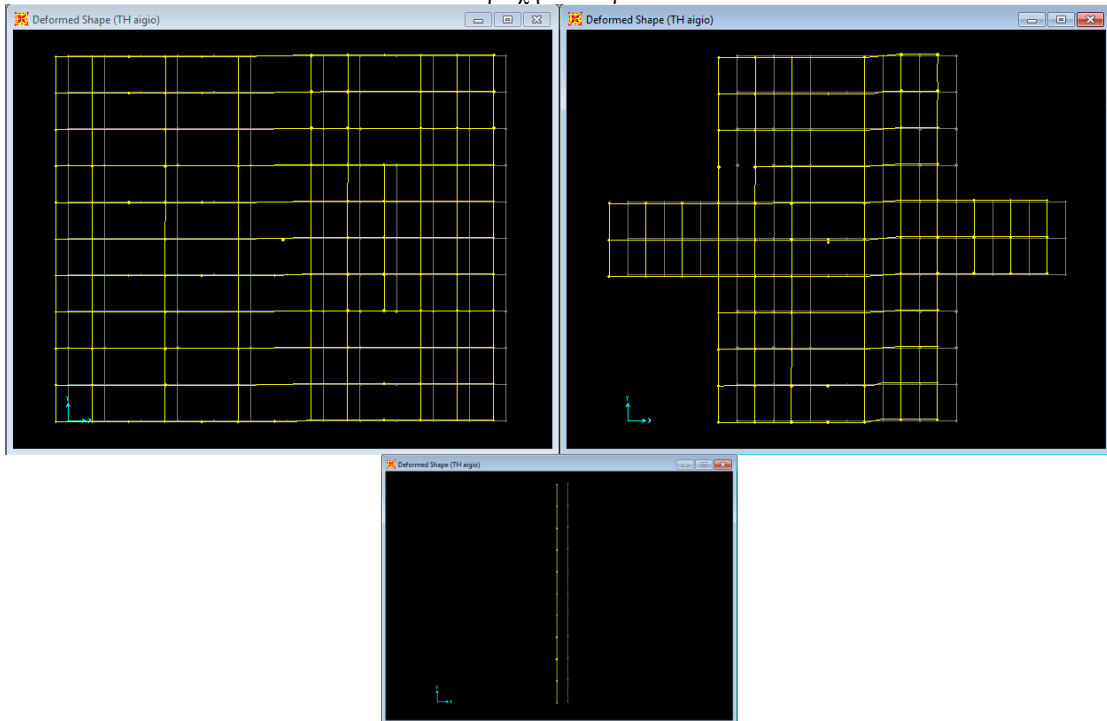
Εικόνα 6-41: Συνισταμένες μέγιστες μετακινήσεις κατασκευής- Χρωματική απεικόνιση



Εικόνα 6-42: Μέγιστες μετακινήσεις κατασκευής κατά την διεύθυνση x-x και y-y



Εικόνα 6-43: Σχηματική απεικόνιση των συνισταμένων μέγιστων μετακινήσεων των ορόφων από τον σεισμό στην περιοχή του Αιγίου



Πίνακας 53: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση x-x

TABLE: Joint Displacements					TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	1ος ΟΡΟΦΟΣ	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	1ος ΟΡΟΦΟΣ
Text	Text	Text	Text	m					
150	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	150	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782
151	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	151	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782
157	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	157	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782
160	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	160	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782
161	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	161	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782
163	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	163	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782
165	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	165	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782
166	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	166	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782
168	TH aigio	LinModHist	Max	0,104523	168	TH aigio	LinModHist	Min	-0,11782



TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	
Text	Text	Text	Text	m		Text	Text	Text	Text	m	
153	TH aigio	LinModHist	Max	0,162422		153	TH aigio	LinModHist	Min	-0,182774	
155	TH aigio	LinModHist	Max	0,162422		155	TH aigio	LinModHist	Min	-0,182774	
156	TH aigio	LinModHist	Max	0,162422		156	TH aigio	LinModHist	Min	-0,182774	
159	TH aigio	LinModHist	Max	0,162422		159	TH aigio	LinModHist	Min	-0,182774	
244	TH aigio	LinModHist	Max	0,162422		244	TH aigio	LinModHist	Min	-0,182774	
626	TH aigio	LinModHist	Max	0,162422		626	TH aigio	LinModHist	Min	-0,182774	
627	TH aigio	LinModHist	Max	0,162422		627	TH aigio	LinModHist	Min	-0,182774	
12	TH aigio	LinModHist	Max	0,161712		12	TH aigio	LinModHist	Min	-0,182323	
250	TH aigio	LinModHist	Max	0,161712							

TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ	TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	
Text	Text	Text	Text	m		Text	Text	Text	Text	m	
195	TH aigio	LinModHist	Max	0,151814		483	TH aigio	LinModHist	Min	-0,172449	
245	TH aigio	LinModHist	Max	0,151389		195	TH aigio	LinModHist	Min	-0,172197	
483	TH aigio	LinModHist	Max	0,150817		282	TH aigio	LinModHist	Min	-0,172059	
308	TH aigio	LinModHist	Max	0,150694		308	TH aigio	LinModHist	Min	-0,172037	
220	TH aigio	LinModHist	Max	0,150407		245	TH aigio	LinModHist	Min	-0,17201	
466	TH aigio	LinModHist	Max	0,150241		466	TH aigio	LinModHist	Min	-0,171246	
282	TH aigio	LinModHist	Max	0,149914		220	TH aigio	LinModHist	Min	-0,171155	
174	TH aigio	LinModHist	Max	0,14952		600	TH aigio	LinModHist	Min	-0,170784	
600	TH aigio	LinModHist	Max	0,149075		174	TH aigio	LinModHist	Min	-0,169298	

Πίνακας 54: Μέγιστες-ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση y-y

TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		Text	Text	Text	Text	m	
151	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		149	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	
397	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		96	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	
135	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		412	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	
177	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		316	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	
126	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		14	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	
114	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		114	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	
14	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		126	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	
316	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		177	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	
412	TH aigio	LinModHist	Max	0,135664		135	TH aigio	LinModHist	Min	-0,146125	

TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		Text	Text	Text	Text	m	
155	TH aigio	LinModHist	Max	0,289587		283	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	
396	TH aigio	LinModHist	Max	0,289587		579	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	
147	TH aigio	LinModHist	Max	0,289587		484	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	
193	TH aigio	LinModHist	Max	0,289587		315	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	
49	TH aigio	LinModHist	Max	0,289587		42	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	
79	TH aigio	LinModHist	Max	0,289587		79	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	
42	TH aigio	LinModHist	Max	0,289587		49	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	
315	TH aigio	LinModHist	Max	0,289587		193	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	
						147	TH aigio	LinModHist	Min	-0,311417	

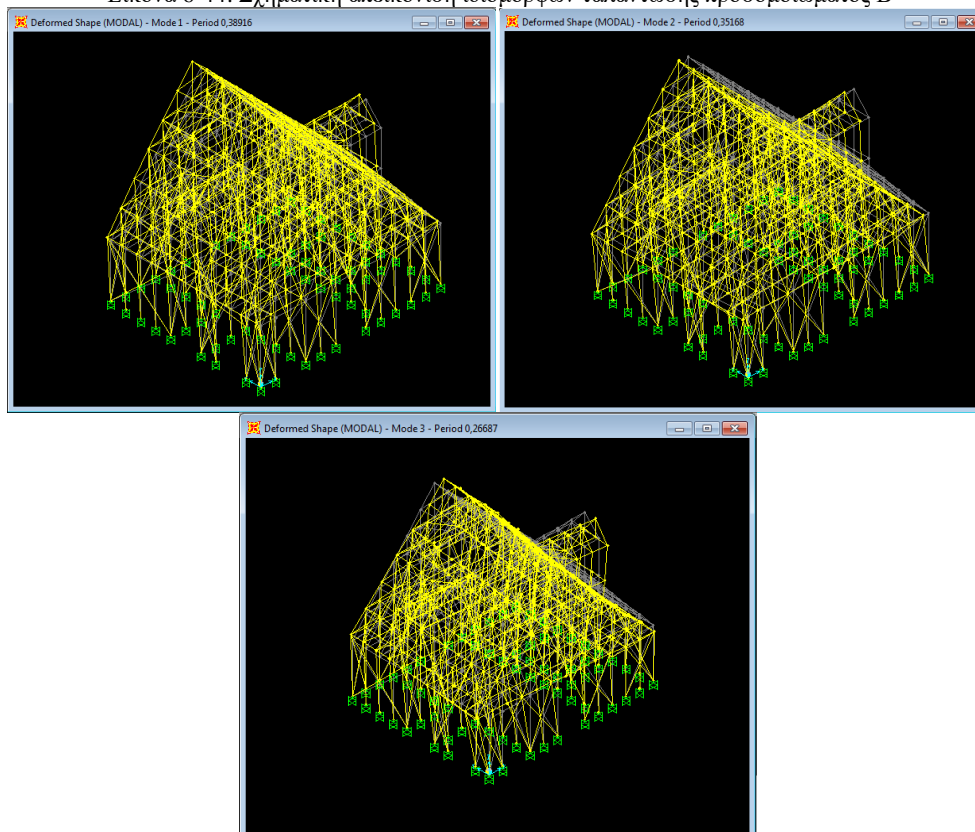
TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ	TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		Text	Text	Text	Text	m	
154	TH aigio	LinModHist	Max	0,353463		154	TH aigio	LinModHist	Min	-0,380727	
395	TH aigio	LinModHist	Max	0,352892		395	TH aigio	LinModHist	Min	-0,380171	
282	TH aigio	LinModHist	Max	0,352698		282	TH aigio	LinModHist	Min	-0,379522	
600	TH aigio	LinModHist	Max	0,351766		174	TH aigio	LinModHist	Min	-0,378581	
174	TH aigio	LinModHist	Max	0,351371		600	TH aigio	LinModHist	Min	-0,378495	
483	TH aigio	LinModHist	Max	0,349947		195	TH aigio	LinModHist	Min	-0,376799	
195	TH aigio	LinModHist	Max	0,349765		483	TH aigio	LinModHist	Min	-0,376528	
308	TH aigio	LinModHist	Max	0,348506		245	TH aigio	LinModHist	Min	-0,375311	
245	TH aigio	LinModHist	Max	0,34848		308	TH aigio	LinModHist	Min	-0,374995	

## 6.6.3 Αποτελέσματα μετακινήσεων Προσομοιώματος B

### 6.6.3.1 Ιδιομορφές ταλάντωσης

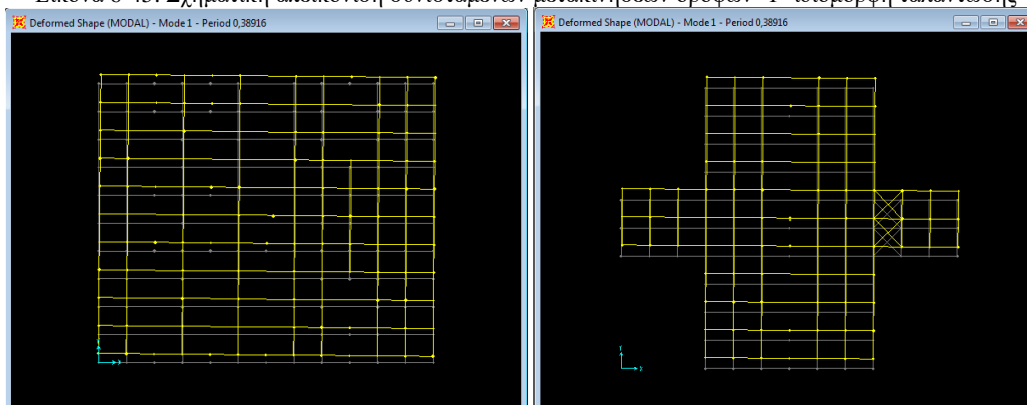
TABLE: Modal Participating Mass Ratios				ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ B			
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,389155	0,00867	0,91565	0,00867	0,91565
MODAL	Mode	2	0,351677	0,9593	0,00874	0,96797	0,92439
MODAL	Mode	3	0,266871	0,00065	0,00544	0,96862	0,92983
MODAL	Mode	4	0,184009	0,00059	0,00023	0,96922	0,93007
MODAL	Mode	5	0,179476	0,00126	0,00004461	0,97047	0,93011

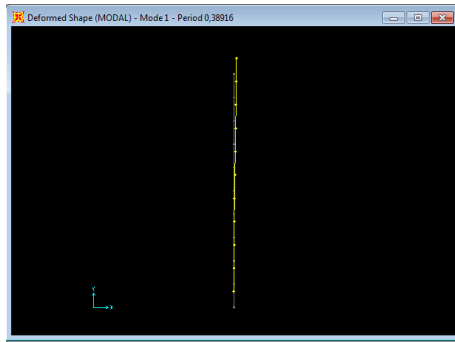
Εικόνα 6-44: Σχηματική απεικόνιση ιδιομορφών ταλάντωσης προσομοιώματος B



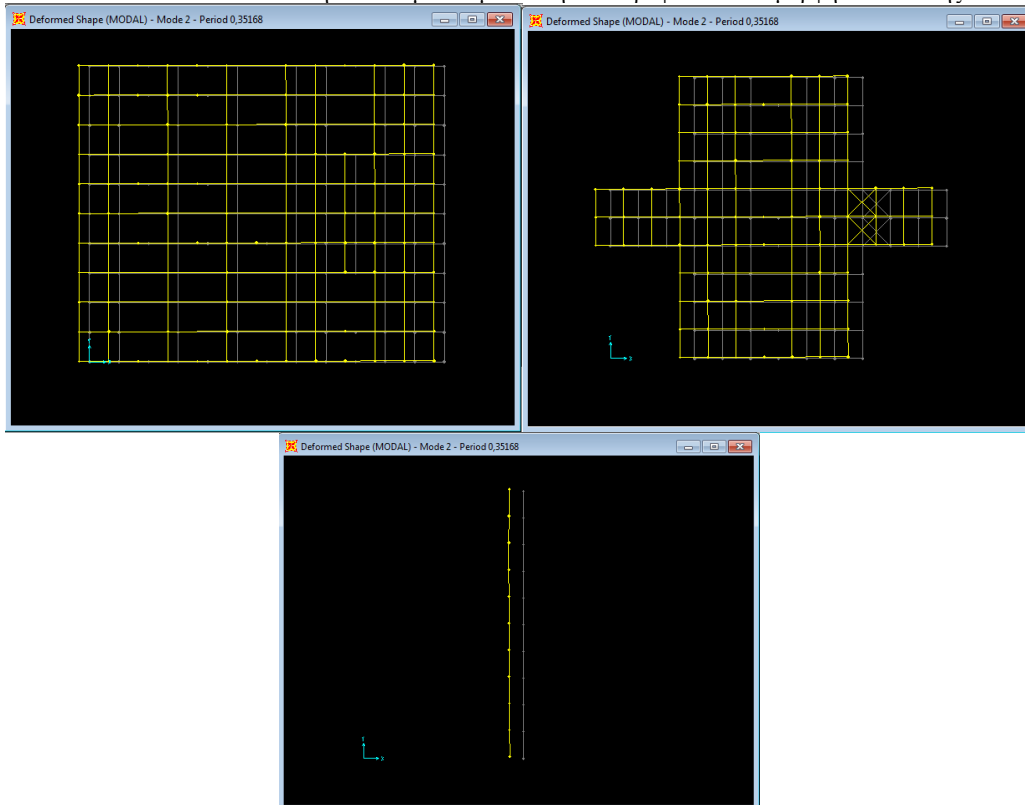
### 6.6.3.2 Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων ιδιομορφικής-φασματικής ανάλυσης

Εικόνα 6-45: Σχηματική απεικόνιση συνισταμένων μετακινήσεων ορόφων -1<sup>η</sup> ιδιομορφή ταλάντωσης

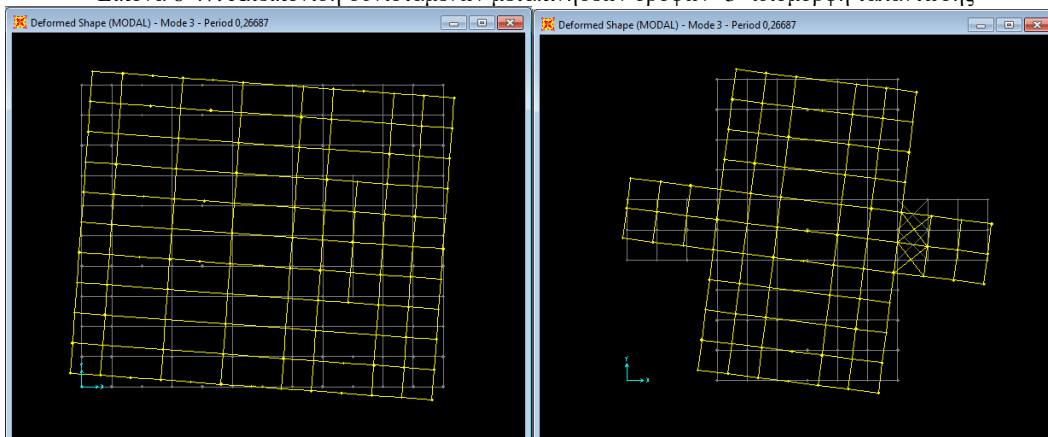


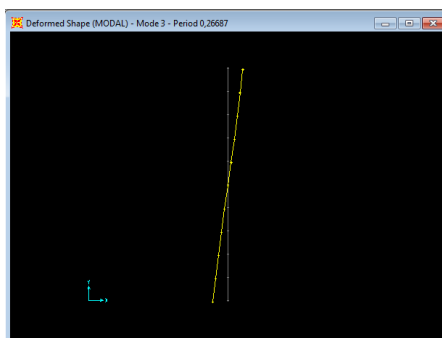


Εικόνα 6-46: Απεικόνιση συνισταμένων μετακινήσεων ορόφων -2<sup>η</sup> ιδιομορφή ταλάντωσης



Εικόνα 6-47: Απεικόνιση συνισταμένων μετακινήσεων ορόφων -3<sup>η</sup> ιδιομορφή ταλάντωσης





Εικόνα 6-48: Μέγιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση x-x

TABLE: Joint Displacements						1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements						1ος ΟΡΟΦΟΣ					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	Text	m	
94	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	150	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	153	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,042646	
99	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	151	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	155	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,042646	
102	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	157	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	156	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,042646	
148	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	160	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	159	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,042646	
149	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	161	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	244	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,042646	
285	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	163	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	626	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,042646	
288	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	165	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	627	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,042646	
294	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	166	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	281	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,036426	
296	MODAL	LinModal	Mode	3	0,02403	168	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,025078	283	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,036426	
												622	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,036426	
TABLE: Joint Displacements - Absolute						2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements - Absolute						2ος ΟΡΟΦΟΣ					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	Text	m	
281	MODAL	LinModal	Mode	3	0,041845	282	MODAL	LinModal	Mode	3	0,042651	600	MODAL	LinModal	Mode	3	0,034591	
283	MODAL	LinModal	Mode	3	0,041845	483	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,036293	483	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,03625	
622	MODAL	LinModal	Mode	3	0,041845	308	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,03625	600	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,03612	
623	MODAL	LinModal	Mode	3	0,041845	466	MODAL	LinModal	Mode	3	0,026623	466	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,036055	
624	MODAL	LinModal	Mode	3	0,041845	308	MODAL	LinModal	Mode	3	0,018181	245	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,036043	
625	MODAL	LinModal	Mode	3	0,041845	466	MODAL	LinModal	Mode	3	0,009083	220	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,035971	
198	MODAL	LinModal	Mode	3	0,033396	308	MODAL	LinModal	Mode	5	0,008343	195	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,03586	
577	MODAL	LinModal	Mode	3	0,033396	282	MODAL	LinModal	Mode	1	0,007248	282	MODAL	LinModal	Mode	2	-0,035752	
						466	MODAL	LinModal	Mode	5	0,006707							
						600	MODAL	LinModal	Mode	1	0,006483							

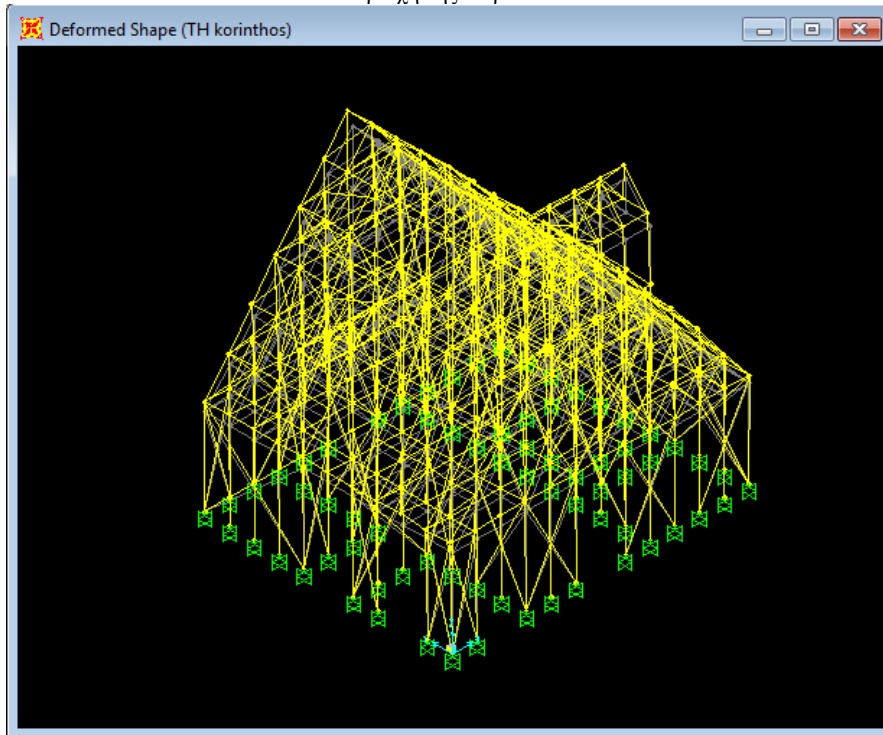
Εικόνα 6-49: Μέγιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση y-y

TABLE: Joint Displacements						1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements						1ος ΟΡΟΦΟΣ					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	Text	m	
148	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	149	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	283	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
95	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	96	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	577	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
88	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	412	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	484	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
303	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	316	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	315	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
17	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	14	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	42	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
103	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	114	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	79	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
125	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	126	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	49	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
175	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	177	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	193	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
133	MODAL	LinModal	Mode	3	0,030278	135	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,028651	147	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
TABLE: Joint Displacements - Absolute						2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements - Absolute						2ος ΟΡΟΦΟΣ					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	Text	Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	Text	m	
281	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527	283	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	577	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
577	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527	484	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	484	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
482	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527	315	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	42	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
305	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527	42	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	79	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
40	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527	79	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	49	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
75	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527	49	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	193	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
48	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527	193	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	147	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792	
194	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527	147	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,027792							
152	MODAL	LinModal	Mode	1	0,038527													

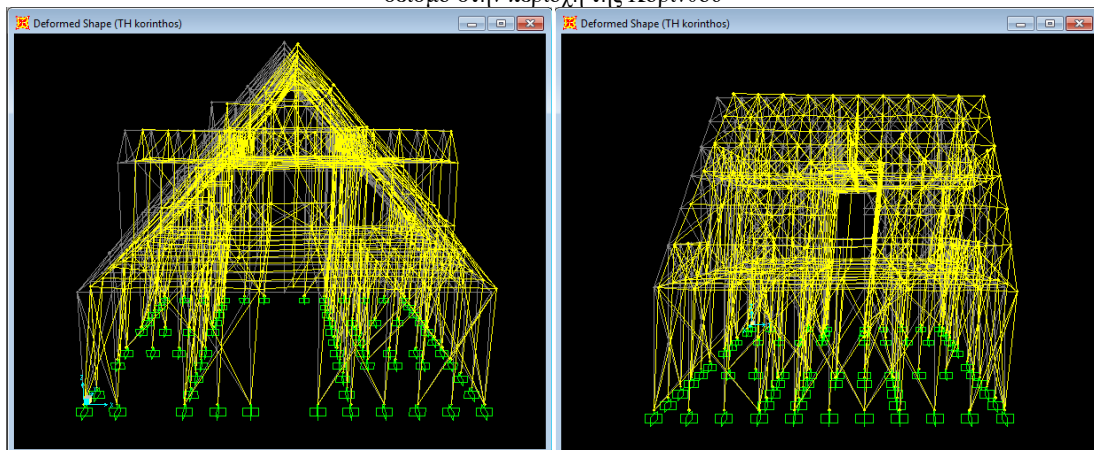
TABLE: Joint Displacements					KΟΡΦΙΑΣ	TABLE: Joint Displacements					KΟΡΦΙΑΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U2
Text	Text	Text	Text	Unitless	m						
282	MODAL	LinModal	Mode	1	0,046051	282	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,00403
154	MODAL	LinModal	Mode	1	0,045898	154	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,004026
600	MODAL	LinModal	Mode	1	0,045877	395	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,004022
395	MODAL	LinModal	Mode	1	0,045763	174	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,004
483	MODAL	LinModal	Mode	1	0,045604	195	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,003951
174	MODAL	LinModal	Mode	1	0,045594	600	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,003938
195	MODAL	LinModal	Mode	1	0,045439	245	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,003914
308	MODAL	LinModal	Mode	1	0,045383	220	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,003874
245	MODAL	LinModal	Mode	1	0,045209	483	MODAL	LinModal	Mode	3	-0,003814

### 6.6.3.3 Αποτελέσματα μετακινήσεων από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου (1981)

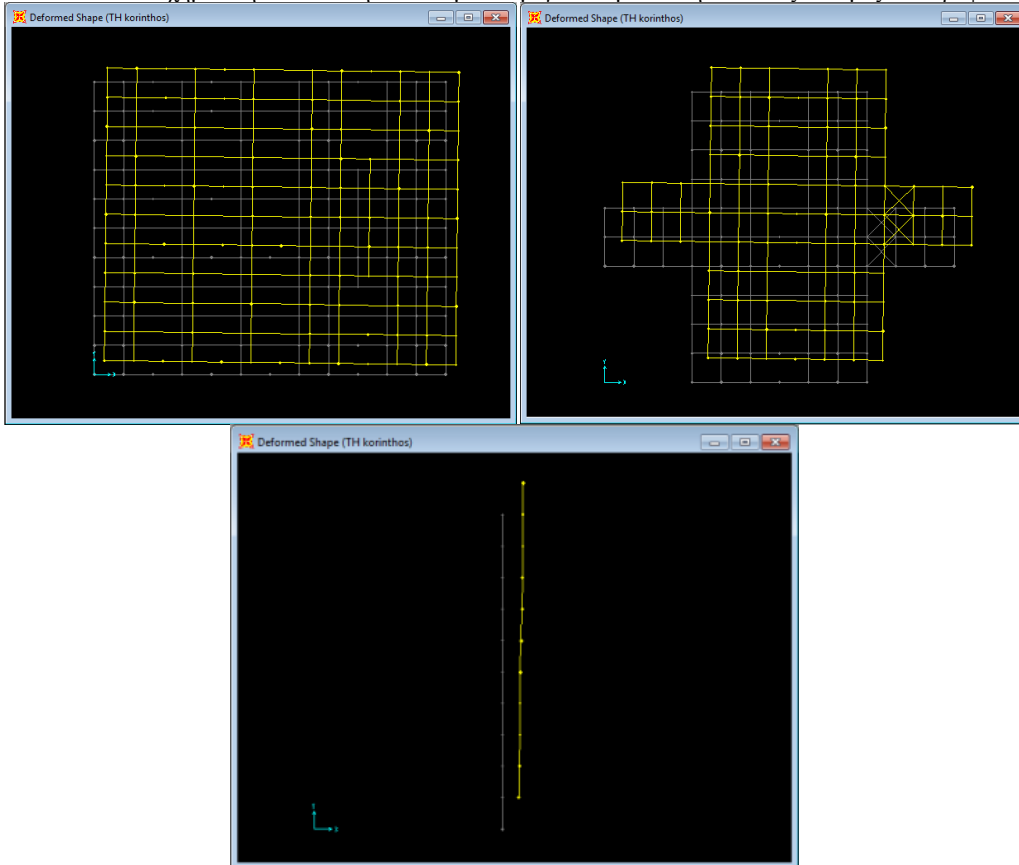
Εικόνα 6-50: Σχηματική απεικόνιση συνισταμένων μέγιστων μετακινήσεων κατασκευής από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου



Εικόνα 6-51: Σχηματική απεικόνιση Μέγιστων μετακινήσεων κατασκευής κατά την διεύθυνση x-x και y-y από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου



Εικόνα 6-52: Σχηματική απεικόνιση συνισταμένων μέγιστων μετακινήσεων στις στάθμες των ορόφων



Πίνακας 55: Μέγιστες και ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση x-x από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου

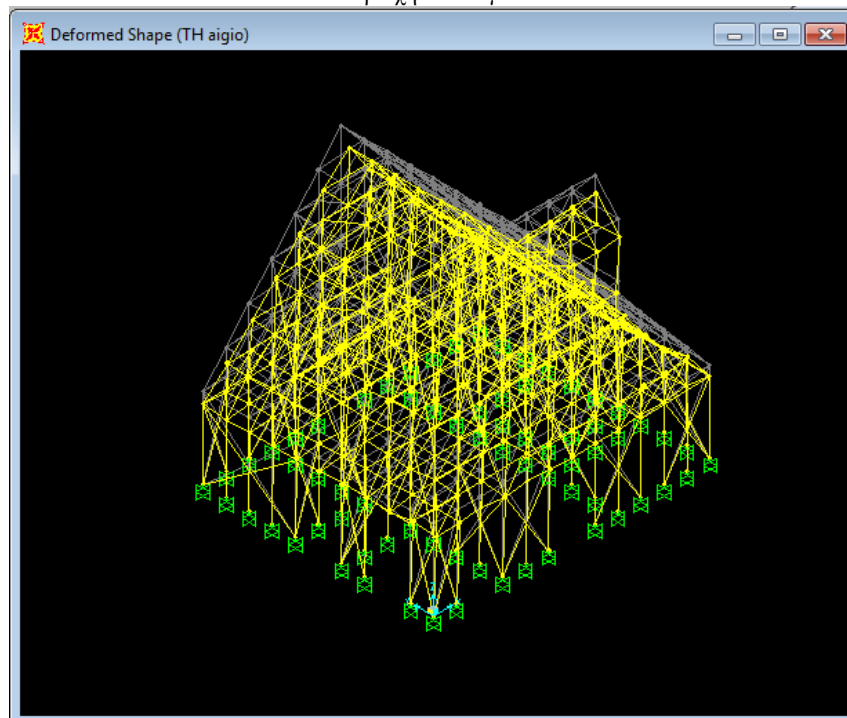
TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		
Text	Text	Text	Text	m	94	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
94	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371	99	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
99	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371	102	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
102	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371	148	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
148	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371	149	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
149	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371	285	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
285	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371	288	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
288	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371	294	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
294	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371	296	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,071762		
296	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094371							
TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		
Text	Text	Text	Text	m	281	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,111249		
281	TH korinthos	LinModHist	Max	0,143589	283	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,111249		
283	TH korinthos	LinModHist	Max	0,143589	622	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,111249		
622	TH korinthos	LinModHist	Max	0,143589	623	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,111249		
623	TH korinthos	LinModHist	Max	0,143589	624	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,111249		
624	TH korinthos	LinModHist	Max	0,143589	625	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,111249		
625	TH korinthos	LinModHist	Max	0,143589	198	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,109093		
198	TH korinthos	LinModHist	Max	0,141487	577	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,109093		
577	TH korinthos	LinModHist	Max	0,141487	579	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,109093		
579	TH korinthos	LinModHist	Max	0,141487							
TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ	TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		
Text	Text	Text	Text	m	282	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,122547		
282	TH korinthos	LinModHist	Max	0,164285	600	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,122289		
600	TH korinthos	LinModHist	Max	0,162842	483	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,121289		
483	TH korinthos	LinModHist	Max	0,160415	308	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,120711		
308	TH korinthos	LinModHist	Max	0,158801	466	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,119791		
466	TH korinthos	LinModHist	Max	0,156744	220	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,11571		
220	TH korinthos	LinModHist	Max	0,149139	195	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112668		
195	TH korinthos	LinModHist	Max	0,142359	245	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112564		
245	TH korinthos	LinModHist	Max	0,141401	174	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,112196		
174	TH korinthos	LinModHist	Max	0,139999							

Πίνακας 56: Μέγιστες-ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση y-y από τον σεισμό στην περιοχή της Κορίνθου

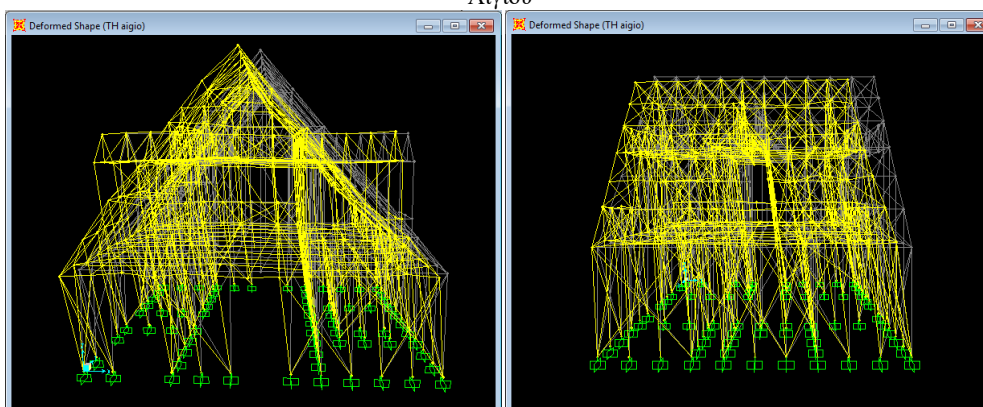
TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		Text	Text	Text	Text	m	
94	TH korinthos	LinModHist	Max	0,106855		17	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
99	TH korinthos	LinModHist	Max	0,109261		103	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
102	TH korinthos	LinModHist	Max	0,111667		125	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
148	TH korinthos	LinModHist	Max	0,114072		175	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
149	TH korinthos	LinModHist	Max	0,085201		133	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
285	TH korinthos	LinModHist	Max	0,104449		303	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
288	TH korinthos	LinModHist	Max	0,094825		393	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
294	TH korinthos	LinModHist	Max	0,092419		150	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
296	TH korinthos	LinModHist	Max	0,090013		88	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,090071	
TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		Text	Text	Text	Text	m	
253	TH korinthos	LinModHist	Max	0,2151		105	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,166592	
85	TH korinthos	LinModHist	Max	0,2151		85	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,166592	
105	TH korinthos	LinModHist	Max	0,2151		253	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,166592	
260	TH korinthos	LinModHist	Max	0,212416		210	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,164109	
86	TH korinthos	LinModHist	Max	0,212416		86	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,164109	
210	TH korinthos	LinModHist	Max	0,212416		260	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,164109	
382	TH korinthos	LinModHist	Max	0,209731		90	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,161627	
87	TH korinthos	LinModHist	Max	0,209731		87	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,161627	
90	TH korinthos	LinModHist	Max	0,209731		382	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,161627	
						153	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,159144	
TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ	TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		Text	Text	Text	Text	m	
282	TH korinthos	LinModHist	Max	0,252269		282	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,196087	
154	TH korinthos	LinModHist	Max	0,251556		154	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,195482	
600	TH korinthos	LinModHist	Max	0,251483		600	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,195432	
395	TH korinthos	LinModHist	Max	0,250849		395	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,194923	
483	TH korinthos	LinModHist	Max	0,250123		483	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,194337	
174	TH korinthos	LinModHist	Max	0,249998		174	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,194242	
195	TH korinthos	LinModHist	Max	0,249219		195	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,193621	
308	TH korinthos	LinModHist	Max	0,248778		308	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,193322	
245	TH korinthos	LinModHist	Max	0,248002		245	TH korinthos	LinModHist	Min	-0,192667	

### 6.6.3.4 Αποτελέσματα μετακινήσεων από τον σεισμό στην περιοχή του Αιγίου (1995)

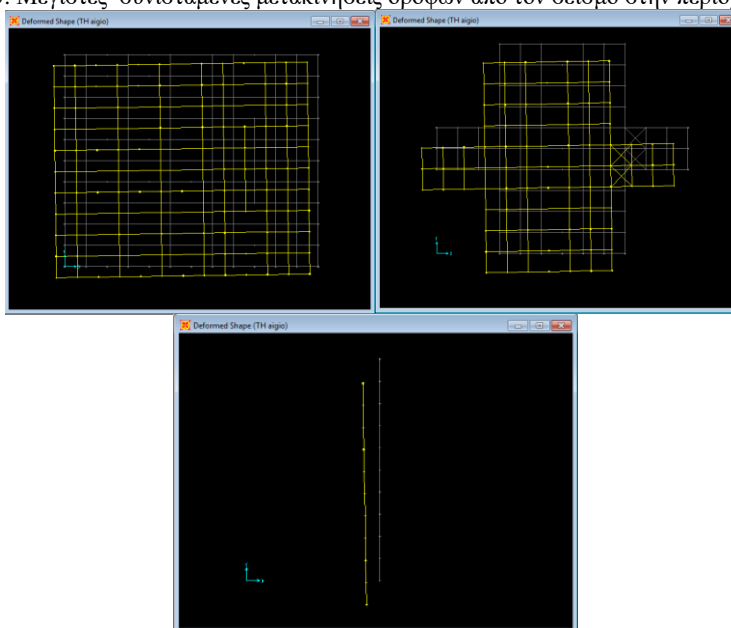
Εικόνα 6-53: Σχηματική απεικόνιση συνισταμένων μέγιστων μετακινήσεων κατασκευής από τον σεισμό στην περιοχή του Αιγίου



Εικόνα 6-54: Μέγιστες μετακινήσεις κατασκευής κατά την διεύθυνση x-x και y-y από τον σεισμό στην περιοχή του Αιγίου



Εικόνα 6-55: Μέγιστες συνισταμένες μετακινήσεις ορόφων από τον σεισμό στην περιοχή του Αιγίου



Πίνακας 57: Μέγιστες-ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση x-x από τον σεισμό στην περιοχή Αιγίου

TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		
Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	m		
94	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	94	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
99	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	99	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
102	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	102	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
148	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	148	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
149	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	149	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
285	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	285	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
288	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	288	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
294	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	294	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
296	TH aigio	LinModHist	Max	0,244213	296	TH aigio	LinModHist	Min	-0,257907		
TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		
Text	Text	Text	Text	m	Text	Text	Text	Text	m		
281	TH aigio	LinModHist	Max	0,360502	281	TH aigio	LinModHist	Min	-0,378822		
283	TH aigio	LinModHist	Max	0,360502	283	TH aigio	LinModHist	Min	-0,378822		
622	TH aigio	LinModHist	Max	0,360502	622	TH aigio	LinModHist	Min	-0,378822		
623	TH aigio	LinModHist	Max	0,360502	623	TH aigio	LinModHist	Min	-0,378822		
624	TH aigio	LinModHist	Max	0,360502	624	TH aigio	LinModHist	Min	-0,378822		
625	TH aigio	LinModHist	Max	0,360502	625	TH aigio	LinModHist	Min	-0,378822		
198	TH aigio	LinModHist	Max	0,351816	198	TH aigio	LinModHist	Min	-0,370986		
577	TH aigio	LinModHist	Max	0,351816	577	TH aigio	LinModHist	Min	-0,370986		
579	TH aigio	LinModHist	Max	0,351816	579	TH aigio	LinModHist	Min	-0,370986		



TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ	TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	
Text	Text	Text	Text	m		282	TH aigio	LinModHist	Min	-0,376499	
282	TH aigio	LinModHist	Max	0,35827		600	TH aigio	LinModHist	Min	-0,37208	
600	TH aigio	LinModHist	Max	0,352948		483	TH aigio	LinModHist	Min	-0,365459	
483	TH aigio	LinModHist	Max	0,345604		308	TH aigio	LinModHist	Min	-0,360575	
308	TH aigio	LinModHist	Max	0,339591		466	TH aigio	LinModHist	Min	-0,355148	
466	TH aigio	LinModHist	Max	0,332388		220	TH aigio	LinModHist	Min	-0,339118	
220	TH aigio	LinModHist	Max	0,314121		245	TH aigio	LinModHist	Min	-0,324934	
245	TH aigio	LinModHist	Max	0,298726		195	TH aigio	LinModHist	Min	-0,322551	
195	TH aigio	LinModHist	Max	0,295575		174	TH aigio	LinModHist	Min	-0,318684	
174	TH aigio	LinModHist	Max	0,291109							

Πίνακας 58: Μέγιστες-ελάχιστες μετακινήσεις ορόφων κατά την διεύθυνση y-y από τον σεισμό στην περιοχή του Αγίου

TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					1ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		150	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
148	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541		393	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
95	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541		133	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
88	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541		175	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
303	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541		125	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
17	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541		103	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
103	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541		17	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
125	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541		303	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
175	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541		88	TH aigio	LinModHist	Min	-0,261897	
133	TH aigio	LinModHist	Max	0,254541							
TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ	TABLE: Joint Displacements					2ος ΟΡΟΦΟΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		153	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
281	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917		394	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
577	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917		152	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
482	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917		194	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
305	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917		48	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
40	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917		75	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
75	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917		40	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
48	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917		305	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
194	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917		482	TH aigio	LinModHist	Min	-0,45775	
152	TH aigio	LinModHist	Max	0,437917							
TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ	TABLE: Joint Displacements					ΚΟΡΦΙΑΣ
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2		Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	
Text	Text	Text	Text	m		282	TH aigio	LinModHist	Min	-0,543186	
282	TH aigio	LinModHist	Max	0,512425		154	TH aigio	LinModHist	Min	-0,541638	
154	TH aigio	LinModHist	Max	0,510978		600	TH aigio	LinModHist	Min	-0,541498	
600	TH aigio	LinModHist	Max	0,510842		395	TH aigio	LinModHist	Min	-0,540114	
395	TH aigio	LinModHist	Max	0,509536		483	TH aigio	LinModHist	Min	-0,538581	
483	TH aigio	LinModHist	Max	0,508111		174	TH aigio	LinModHist	Min	-0,538281	
174	TH aigio	LinModHist	Max	0,507805		195	TH aigio	LinModHist	Min	-0,536607	
195	TH aigio	LinModHist	Max	0,506228		308	TH aigio	LinModHist	Min	-0,535687	
308	TH aigio	LinModHist	Max	0,505394		245	TH aigio	LinModHist	Min	-0,533989	
245	TH aigio	LinModHist	Max	0,503757							

## 6.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων ιδιομορφικής φασματικής ανάλυσης – Ανάλυση χρονοϊστορίας φόρτισης

### -Ιδιομορφική-Φασματική ανάλυση

#### Διεύθυνση x-x

$$P^+_{1ov} (\%) = 0$$

$$P^+_{2ov} (\%) = \{0,0427/0,0372-1\} * 100\% = 13\% \quad \rightarrow \quad P^+_{x-x,mod} = 8\%$$

$$P^+_{3ov} (\%) = 11\%$$

$$Π_{1ov} (%) = 42\%$$

$$Π_{2ov} (%) = 26\%$$

$$\rightarrow Π_{x-x,mod} = 30\%$$

$$Π_{3ov} (%) = 11 = 20\%$$

### **Διεύθυνση y-y**

$$Π^+_{1ov} (%) = 35,9 = 29,3\%$$

$$Π^+_{2ov} (%) = 28,11\%$$

$$\rightarrow Π^+_{y-y,kor} = 5\%$$

$$Π^+_{3ov} (%) = -50\%$$

$$Π_{1ov} (%) = 44,3\%$$

$$Π_{2ov} (%) = 2\%$$

$$\rightarrow Π_{y-y,kor} = 17,43\%$$

$$Π_{3ov} (%) = 5\%$$

**Ποσοστό παραμορφωσιμότητας :  $Π_{mod} = 15,1\%$**

### **-Σεισμός Κορίνθου**

#### **Διεύθυνση x-x**

$$Π^+_{1ov} (%) = 31,8\%$$

$$Π^+_{2ov} (%) = 30,7\%$$

$$\rightarrow Π^+_{x-x,kor} = 39,6\%$$

$$Π^+_{3ov} (%) = 56,3\%$$

$$Π_{1ov} (%) = 21,3\%$$

$$Π_{2ov} (%) = 22,7\%$$

$$\rightarrow Π_{x-x,kor} = 28,7\%$$

$$Π_{3ov} (%) = 42,2\%$$

#### **Διεύθυνση y-y**

$$Π^+_{1ov} (%) = 68\%$$

$$Π^+_{2ov} (%) = 58,9\%$$

$$\rightarrow Π^+_{y-y,kor} = 59,3\%$$

$$Π^+_{3ov} (%) = 52\%$$

$$Π_{1ov} (%) = 69,7\%$$

$$Π_{2ov} (%) = 47,6\%$$

$$\rightarrow Π_{y-y,kor} = 53,4\%$$

$$Π_{3ov} (%) = 43\%$$

**Ποσοστό παραμορφωσιμότητας :  $Π_{kor} = 45,25\%$**

## **-Σεισμός Αγίου**

### **Διεύθυνση x-x**

$$Π^+_{1ov} (\%) = 133\%$$

$$Π^+_{2ov} (\%) = 122\%$$

$$Π^+_{3ov} (\%) = 148\%$$

$$Π^-_{1ov} (\%) = 119\%$$

$$Π^-_{2ov} (\%) = 133\%$$

$$Π^-_{3ov} (\%) = 148\%$$

$$\rightarrow Π^+_{x-x,aig} = 143\%$$

$$\rightarrow Π^-_{x-x,aig} = 133,3\%$$

### **Διεύθυνση y-y**

$$Π^+_{1ov} (\%) = 87,5\%$$

$$Π^+_{2ov} (\%) = 51,26\%$$

$$Π^+_{3ov} (\%) = 45,8\%$$

$$Π^-_{1ov} (\%) = 79,3\%$$

$$Π^-_{2ov} (\%) = 47\%$$

$$Π^-_{3ov} (\%) = 42,7\%$$

$$\rightarrow Π^+_{y-y,aig} = 61,5\%$$

$$\rightarrow Π^-_{y-y,aig} = 56,3\%$$

**Ποσοστό παραμορφωσιμότητας :  $Π_{kor} = 98,4\%$**

## Συμπεράσματα

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των αναλύσεων των δύο προσομοιωμάτων όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω ,προέκυψαν αξιόλογα συμπεράσματα για τις εν λόγω κατασκευές.

-Συγκρίνοντας τις τιμές των ιδιοπεριόδων των δύο μοντέλων προσομοίωσης με τις τιμές του ελαστικού φάσματος απόκρισης του ευρωκώδικα 8, συμπεραίνουμε ότι και στις δύο περιπτώσεις η κατασκευή κινείται στην περιοχή των σταθερών επιταχύνσεων.

-Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των ελέγχων των μελών στην οριακή κατάσταση αστοχίας, τόσο σε επίπεδο διατομής όσο και καθολικά, προκύπτει ότι κρίσιμοι μηχανισμοί είναι αυτοί που προέρχονται από τους σεισμικούς συνδυασμούς φόρτισης. Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα προηγούμενων αντίστοιχων αναλύσεων και οφείλονται κυρίως στις πρόσθετες ιδιομορφικές μάζες στην κατασκευή που εμφανίζονται λόγω των κινητών φορτίων των δαπέδων. Επιπρόσθετα στην κατασκευή που μελετήθηκε τα φορτία χιονιού αγνοήθηκαν, γεγονός που καθιστά τους συχνούς συνδυασμούς ευμενέστερους έναντι των τυχηματικών..

-Λαμβάνοντας υπ' όψη τη συνεισφορά της επικάλυψης (προσομοίωμα Α) στις αναλύσεις των εν λόγω κατασκευών, προκύπτουν λύσεις αρκετά οικονομικότερες από ότι στις περιπτώσεις που η επικάλυψη αγνοείται (προσομοίωμα Β).

-Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μέγιστων και ελάχιστων μετακινήσεων των ορόφων, όπως αυτά προέκυψαν από την στατική-ελαστική ανάλυση και από το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού στην περιοχή της Κορίνθου αναμένεται μείωση της παραμορφωσιμότητας του φορέα κατά 45-50 % στην περίπτωση που η επικάλυψη λαμβάνεται υπ' όψη στους υπολογισμούς (Προσομοίωμα Α).

-Στην περίπτωση όπου η κατασκευή υποβλήθηκε σε πολύ μεγάλες επιταχύνσεις (σεισμός στην περιοχή του Αιγίου) , παρατηρήθηκε μείωση της παραμορφωσιμότητας του φορέα κατά 100% στην περίπτωση του Προσομοιώματος Α.

-Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των μετακινήσεων στις στάθμες των ορόφων συμπεραίνουμε ότι

- Και στις δύο περιπτώσεις προσομοίωσης ικανοποιούνται τα όρια των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων όπως προβλέπεται από τον ευρωκώδικα 8 (<3,5cm) για στατική-ελαστική ανάλυση
- Στην περίπτωση του προσομοιώματος Α παρατηρήθηκε ικανοποιητική συμπεριφορά της κατασκευής για σεισμικές επιταχύνσεις μεγαλύτερες από αυτές που σχεδιάστηκε. Με την προσθήκη τοπικών συνδέσμων στα υποστυλώματα του ισογείου θα μπορούσαν να ικανοποιηθούν τα παραπάνω όριο μετακινήσεων του ευρωκώδικα 8.

- Στην περίπτωση του προσομοιώματος Β παρατηρήθηκε ικανοποιητική συμπεριφορά της κατασκευής για σεισμικές επιταχύνσεις μεγαλύτερες από αυτές που σχεδιάστηκε. Αυξάνοντας το εμβαδόν της διατομής των συνδέσμων θα μπορούσε να ικανοποιηθεί τα όρια για διπλάσιες επιταχύνσεις ,ωστόσο δεν προτείνεται γιατί οδηγεί σε αντικοινωνικές λύσεις .
- Το προσομοίωμα Β δεν ενδείκνυται σε περιοχές μεγάλης σεισμικότητας (κατηγορίες σεισμικής επικινδυνότητας II και III) .



## Βιβλιογραφία

1. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (1999). «Σιδηρές κατασκευές, παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3, Τόμος ΙΙ». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
2. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2005α). «Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα, 2η έκδοση», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
3. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ., (2005β). «Σιδηρές κατασκευές, παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3, Τόμος Ι». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
4. AISI, Standard for cold-formed Steel Frame – General Provisions ,2004 Edition,, American Iron Istitute, Washington, DC
5. BS EN 323:1993, Panels, Wood products, Wood-based sheet materials, Modulus of elasticity ,Bend testing, Test specimens, Specimen preparation, Test equipment, Testing conditions, Mechanical testing, Deflection test
6. BS EN 323:2:1993, Panels, Wood-based sheet materials, Wood products, Test specimens, Specimen preparation, Testing conditions, Destiny measurement
7. BS EN 323:2:1993, Wood-based Panels. Determination of dimensions of boards. Determination of squareness and edge straightness
8. Ευρωκώδικας 1,Βάση μελέτης και δράσεων στις κατασκευές Μέρος 1 και 2
9. Ευρωκώδικας 3,Κατασκευές από χάλυβα: Μέρος 1-3.Γενικοί κανόνες για μέλη από διατομές ψυχρής έλασης
10. Ευρωκώδικας 8:Αντισεισμικός σχεδιασμός κατασκευών
11. Κουνάδης Α. Σιδηρές Κατασκευές, συμπεριφορά και Ανάλυσις, Τόμος Ι και ΙΙ, Γ έκδοση ,Εκδόσεις Σημεών 1998
12. The Steel Construction Institute. Building design using cold-formed Steel Sections. Structural design to BS5950-5:1998. Section properties and load tables SCI-P276. 2002
13. Μιχάλτσος Θ. Γεώργιος ,’Ελαφρές Μεταλλικές κατασκευές ,Εκδόσεις’ Παπασωτηρίου 2004
14. ‘Σχεδιασμός κτιρίων κατοικιών με λεπτότοιχες διατομές ‘, μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία , Δημήτριος Μπακόλας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
15. ‘Μελέτη ευστάθειας μελών από λεπτότοιχες διατομές υπό αξονική θλίψη’ διπλωματική εργασία, Ζέρντης Μπλερίμ, Κολλιάρης Αλέξανδρος
16. ‘Κάμψη λεπτότοιχων διατομών C και Z με οπή στον κορμό’ ,διπλωματική εργασία, Οικονόμου Ε. Ντομνίκα

## Σύνδεσμοι

1. [Standardsdirect.org](http://Standardsdirect.org)
2. [Osbguide.tecotested.com](http://Osbguide.tecotested.com)
3. [www.cfsei.org](http://www.cfsei.org)
4. [www.condi.gr](http://www.condi.gr)
5. [www.cronospan.com](http://www.cronospan.com)
6. [www.steelhouse.gr](http://www.steelhouse.gr)

