

| | |
|---|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | 6 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 7 |
| 1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΟΡΕΑ | 9 |
| 1.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΦΟΡΕΑ | 9 |
| 1.1.1 Κύριοι φορείς | 10 |
| 1.1.2 Τεγίδες και μηκίδες..... | 10 |
| 1.1.3 Στοιχεία ακαμψίας – Κεφαλοδοκοί..... | 12 |
| 1.1.4 Λοιπά στοιχεία του φορέα..... | 13 |
| 1.1.5 Συνοπτική παρουσίαση του φορέα | 13 |
| 1.2 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ | 14 |
| 1.2.1 Έδραση..... | 14 |
| 1.2.2 Συνδέσεις..... | 15 |
| 2 ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ | 16 |
| 2.1 ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ | 16 |
| 2.1.1 Ίδιο βάρος φορέα | 16 |
| 2.1.2 Φορτία επιστέγασης - πλαγιοκάλυψης..... | 17 |
| 2.1.3 Βάρος μηκίδων..... | 18 |
| 2.1.4 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός..... | 18 |
| 2.2 ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ | 18 |
| 2.3 ΦΟΡΤΙΟ ΧΙΟΝΙΟΥ..... | 19 |
| 2.4 ΦΟΡΤΙΟ ΑΝΕΜΟΥ | 21 |
| 2.4.1 Πίεση αιχμής q_p | 22 |
| 2.4.2 Αεροδυναμικοί συντελεστές – Υπολογισμός τελικών πιέσεων | 26 |
| 2.4.3 Τελικές πιέσεις..... | 30 |
| 2.5 ΦΟΡΤΙΟ ΣΕΙΣΜΟΥ | 38 |
| 2.5.1 Παράμετροι που σχετίζονται με την περιοχή και το έδαφος έδρασης της κατασκευής..... | 38 |
| 2.5.2 Παράμετροι που σχετίζονται με την κατασκευή | 42 |
| 2.5.3 Μέθοδοι ανάλυσης | 44 |
| 2.6 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ | 45 |
| 3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ..... | 49 |
| 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΟΜΩΝ | 49 |
| 3.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ | 52 |
| 3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΕΑ..... | 53 |
| 3.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΑΦΟΡΩΝ | 55 |
| 3.5 Έλεγχος διατομών - μελών | 56 |
| 3.6 Έλεγχος συνδέσεων – ΕΔΡΑΣΕΙΣ | 58 |

| | |
|--|-----------|
| 4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ..... | 61 |
| 4.1 ΜΟΡΦΗ Α' | 61 |
| 4.1.1 Υποστυλώματα..... | 61 |
| 4.1.2 Δοκοί πλαισίου | 62 |
| 4.1.3 Τεγίδες..... | 63 |
| 4.1.4 Κατακόρυφα στοιχεία ζυγώματος | 64 |
| 4.1.5 Οριζόντιοι σύνδεσμοι ακαμψίας..... | 64 |
| 4.1.6 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στέγης..... | 65 |
| 4.1.7 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας..... | 66 |
| 4.1.8 Κεφαλοδοκοί..... | 66 |
| 4.1.9 Μετωπικά υποστυλώματα..... | 67 |
| 4.1.10 Έδραση υποστυλωμάτων | 67 |
| 4.2 ΜΟΡΦΗ Β' | 68 |
| 4.2.1 Υποστυλώματα..... | 68 |
| 4.2.2 Δοκοί πλαισίου | 68 |
| 4.2.3 Τεγίδες..... | 69 |
| 4.2.4 Κατακόρυφα στοιχεία ζυγώματος | 70 |
| 4.2.5 Οριζόντιοι σύνδεσμοι ακαμψίας..... | 70 |
| 4.2.6 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στέγης..... | 71 |
| 4.2.7 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας..... | 71 |
| 4.2.8 Κεφαλοδοκοί..... | 72 |
| 4.2.9 Μετωπικά υποστυλώματα..... | 73 |
| 4.2.10 Έδραση υποστυλωμάτων | 73 |
| 4.3 ΜΟΡΦΗ Γ'..... | 73 |
| 4.3.1 Υποστυλώματα..... | 73 |
| 4.3.2 Δοκοί πλαισίου | 74 |
| 4.3.3 Τεγίδες..... | 75 |
| 4.3.4 Κατακόρυφα στοιχεία ζυγώματος | 76 |
| 4.3.5 Οριζόντιοι σύνδεσμοι ακαμψίας..... | 76 |
| 4.3.6 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στέγης..... | 77 |
| 4.3.7 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας..... | 78 |
| 4.3.8 Κεφαλοδοκοί..... | 78 |
| 4.3.9 Μετωπικά υποστυλώματα..... | 79 |
| 4.3.10 Διατημητικά στοιχεία σύνθετων υποστυλωμάτων | 80 |
| 4.3.11 Κεφαλοδοκοί μετωπικών υποστυλωμάτων | 81 |
| 4.3.12 Έδραση υποστυλωμάτων | 81 |
| 4.4 ΜΟΡΦΗ Δ' | 82 |
| 4.4.1 Υποστυλώματα..... | 82 |
| 4.4.2 Δοκοί πλαισίου | 82 |
| 4.4.3 Τεγίδες..... | 84 |
| 4.4.4 Κατακόρυφα στοιχεία ζυγώματος | 84 |

| | |
|---|-----------|
| 4.4.5 Οριζόντιοι σύνδεσμοι ακαμψίας..... | 84 |
| 4.4.6 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στέγης..... | 85 |
| 4.4.7 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας..... | 86 |
| 4.4.8 Κεφαλοδοκοί..... | 86 |
| 4.4.9 Μετωπικά υποστυλώματα..... | 87 |
| 4.4.10 Διατημητικά στοιχεία σύνθετων υποστυλωμάτων..... | 87 |
| 4.4.11 Κεφαλοδοκοί μετωπικών υποστυλωμάτων..... | 87 |
| 4.4.12 Έδραση υποστυλωμάτων..... | 88 |
| 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 89 |
| 5.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΕΚΥΨΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ..... | 89 |
| 5.2 ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 92 |
| 6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 94 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... | 95 |

Εναλλακτικοί Τρόποι Σχεδιασμού Μεταλλικού Υποστέγου Αεροσκαφών

Γεώργιος Π. Ευθυμιάδης (Επιβλέπων: Τ. Αβραάμ)
Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστούν εναλλακτικές προτάσεις κατασκευής ενός υποστέγου αεροσκαφών και συγκεκριμένα διαφορετικοί τρόποι κατασκευής των υποστυλωμάτων των πλαισίων του. Έχοντας επιλέξει τις βασικές διαστάσεις, ώστε το υπόστεγο να εξυπηρετεί συγκεκριμένους τύπους αεροσκαφών, παρουσιάζονται τέσσερις εναλλακτικές. Από αυτές οι δύο έχουν σχεδιαστεί με ολόσωμα υποστυλώματα και οι άλλες δύο με σύνθετα.

Για τον υπολογισμό των φορτίσεων αλλά και για την εκτέλεση των απαιτούμενων ελέγχων χρησιμοποιήθηκαν όσα ισχύουν σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες αλλά και την εθνική νομοθεσία.

Η σχεδίαση και ανάλυση των φορέων πραγματοποιήθηκε σε υπολογιστικό περιβάλλον του λογισμικού INSTANT της εταιρείας Computer Control Systems S.A., με τη βοήθεια του οποίου παράχθηκε το σύνολο των απαιτούμενων αναφορών.

Με βάση τα αποτελέσματα που εξήχθησαν και τη σύγκρισή τους, προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα, που αφορούν στην οικονομία της κατασκευής και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς της.

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2014/08

Alternative Methods of Metal Aircraft Hangar Designing

Georgios P. Efthymiadis (supervised by T. Avraam)

Abstract

In the present diploma thesis an attempt is made to present alternative construction proposals of an aircraft hangar and more specifically different methods of constructing the columns of its frames. Having selected the essential dimensions to the hangar to accommodate specific aircraft types, four options are presented. The first two are designed with single member columns and the other two with laced compression members.

For the calculation of the loads and to perform the required checks were used that apply in accordance with Eurocodes and national legislation.

The design and analysis of models held in computing environment software INSTANT of Computer Control Systems SA, with the help of which produced all required reports.

Based on the results obtained and their comparison, experienced significant findings relating to the economy of construction and the quality characteristics of its behavior.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Τ. Αβραάμ, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του, για την επίλυση αποριών και προβλημάτων που προέκυψαν, αλλά κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που στάθηκε αρωγός και συμπαραστάτης στις επιλογές μου.

Εισαγωγή

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία μελέτης ενός υποστέγου για την εξυπηρέτηση αεροσκαφών στο αεροδρόμιο της Ελευσίνας Αττικής. Οι διαστάσεις του υποστέγου επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς τύπους αεροσκαφών που υπάρχουν σε χρήση στην ελληνική επικράτεια. Συνολικά παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικές επιλύσεις, με τις όποιες διαφορές να επικεντρώνονται στον τρόπο κατασκευής των υποστυλωμάτων και γίνεται προσπάθεια για την κατανόηση της συμπεριφοράς τους.

Οι ακριβείς διαστάσεις του υποστέγου είναι 65,00 m μήκος και 50 m πλάτος ενώ το ύψος του έχει επιλεγεί προκειμένου να επιτρέπεται η κατασκευή θύρας ύψους 9,5m. Σε επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος επιλογής των συγκεκριμένων διαστάσεων.

Η ιδιαιτερότητα που παρουσιάζει ως προς τις απαιτήσεις σχεδιασμού ένα υπόστεγο αεροσκαφών σε σχέση με ένα κοινό οικοδομικό έργο, π.χ. ένα βιομηχανικό συνίσταται κυρίως στην ανάγκη κατασκευής ενιαίων χώρων, από τους οποίους απουσιάζει κάθε έννοια κατακόρυφου εμποδίου, όπως είναι τα ενδιάμεσα υποστυλώματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι επιπονήσεις επί του φορέα που προκύπτουν από τα μεγάλα ανοίγματα που απαιτούνται επιβαρύνονται περαιτέρω από το επίσης μεγάλο ύψος το οποίο θα πρέπει να χαρακτηρίζει ένα υπόστεγο αεροσκαφών.

Γνωρίζοντας τις υπόψη απαιτήσεις σχεδιασμού, είναι δεδομένο ότι ο μελετητής πρέπει να επιλέξει την κατασκευή ενός τέτοιου δομήματος από φέροντα στοιχεία χάλυβα, καθώς τα χαρακτηριστικά τους προσφέρουν σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους κατασκευής. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν η μικρή σχετικά καταπόνηση από σεισμικές δράσεις, η κατά το δυνατόν μικρότερη επιπόνηση της θεμελίωσης, αλλά και η αυξημένη αξιοπιστία της κατασκευής, δεδομένου ότι το πλείστο των εργασιών εκτελείται σε εργοστασιακή βάση.

Η προσπάθεια κατανόησης της συμπεριφοράς της κατασκευής, έναντι των διαφόρων ειδών δράσεων, και συνεπώς η ανάλυση και η διαστασιολόγησή της έγινε με χρήση λογισμικού του εμπορίου, υπό την επωνυμία INSTANT της εταιρείας Computer Control Systems S.A.

Το παρόν πόνημα αποτελείται από επί μέρους κεφάλαια τα οποία συνοπτικά αφορούν:

Κεφάλαιο 1, υπό τον τίτλο «Περιγραφή Φορέα», στο οποίο παρουσιάζεται η γεωμετρία του φορέα και τα αρχικά στοιχεία που αφορούν στο δόμημα. Επίσης, αναλύεται η διαδικασία που οδήγησε στην επιλογή των τελικών διαστάσεων.

Κεφάλαιο 2, υπό τον τίτλο «Φορτίσεις», στο οποίο παρουσιάζεται αναλυτικά το σύνολο των δράσεων που θεωρείται ότι δρουν επί της κατασκευής, ο τρόπος υπολογισμού τους και τα κανονιστικά κείμενα που τις επιβάλλουν.

Κεφάλαιο 3, υπό τον τίτλο «Εισαγωγή Δεδομένων στο Λογισμικό Ανάλυσης», στο οποίο παρουσιάζεται το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την τελική διαστασιολόγηση των στοιχείων του φορέα.

Κεφάλαιο 4, υπό τον τίτλο «Παρουσίαση Αποτελεσμάτων», στο οποίο παρουσιάζεται οι τελικώς επιλεχθέντες διατομές των στοιχείων του υποστέγου και για τις τέσσερις διακριτές μορφές του και αναφέρεται η εντατική τους κατάσταση στην δυσμενέστερη φόρτιση.

Κεφάλαιο 5, υπό τον τίτλο «Συμπεράσματα», στο οποίο παρουσιάζονται τα εξαγόμενα από τα σύγκριση των αποτελεσμάτων του προηγούμενου κεφαλαίου.

Τέλος, η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με τις βιβλιογραφικές αναφορές και ένα Παράρτημα, το οποίο συμπληρώνει την ηλεκτρονική έκδοσή της.

1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΟΡΕΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται η στατική μελέτη ενός υποστέγου συντήρησης αεροσκαφών. Το εν λόγω υπόστεγο μελετάται για την περιοχή του αεροδρομίου Ελευσίνας Αττικής για την περίπτωση που το συγκεκριμένο αεροδρόμιο αναπτυχθεί ως περιφερειακό, υποστηρίζοντας είτε εσωτερικές μετακινήσεις επιβατών με εταιρείες χαμηλού κόστους, είτε ιδιωτικά μικρά αεροσκάφη. Επιπλέον το συγκεκριμένο αεροδρόμιο αποτελεί το κεντρικό αεροδρόμιο από το οποίο επιχειρούν τα ελληνικά πυροσβεστικά αεροσκάφη κατά την θερινή περίοδο. Με βάση αυτές τις θεωρήσεις και προβλέψεις έχουν επιλεγεί και τα αεροσκάφη, των οποίων οι διαστάσεις οδήγησαν στην διαστασιολόγηση του υποστέγου.

Όπως παρουσιάζεται και αναλύεται στα επόμενα κεφάλαια, προτείνονται τέσσερις διακριτές επιλογές κατασκευής του φορέα του υποστέγου. Οι διαφορές μεταξύ των τεσσάρων επιλογών, επικεντρώνονται στον τρόπο κατασκευής των υποστυλωμάτων των πλαισίων. Συγκεκριμένα, στις δύο μορφές τα υποστυλώματα κατασκευάζονται ολόσωμα και στις επόμενες δύο σύνθετα, σύμφωνα με τα οριζόμενα στον Ευρωκώδικα 3, μέρος 1, παρ.5.9.2.

1.1 Γεωμετρική περιγραφή του μεταλλικού φορέα

Το υπόστεγο έχει διαστάσεις 65 m x 50 m (μετρούμενες αξονικά από τα υποστυλώματα), αποτελούμενο από 11 πανομοιότυπα πλαίσια διατεταγμένα ανά 5 m. Το ελάχιστο καθαρό ύψος του υποστέγου είναι περίπου 11 m, ενώ η κεντρική θύρα προσφέρει καθαρό ύψος 9,5 m και συνολικό άνοιγμα 45 m.

Οι διαστάσεις του υποστέγου επιλέχθηκαν με βάση την δυνατότητα του να εξυπηρετήσει διαφόρων τύπων αεροσκάφη. Στον παρακάτω πίνακα 1.1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι ενδεικτικές διαστάσεις συνήθων τύπων αεροσκαφών που χρησιμοποιούνται από εθνικές αεροπορικές εταιρείες (π.χ. Olympic Air), συνήθων ιδιωτικών αεροσκαφών και αεροσκαφών του στόλου της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.

Πίνακας 1.1: Διαστάσεις αεροσκαφών που δύναται να εξυπηρετήσει το υπόστεγο

| ΤΥΠΟΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ | ΜΗΚΟΣ (m) | ΠΛΑΤΟΣ (m) | ΥΨΟΣ (m) |
|----------------------|--------------|---------------|----------|
| ATR 42 | 22,67 | 24,57 | 7,59 |
| ATR 72 | 27,20 | 27,10 | 7,70 |
| DASH 8-100 | 22,25 | 25,89 | 7,49 |
| LEARJET 45 | 17,68 | 14,58 | 4,30 |
| CL-415 | 19,82 | 28,60 | 8,98 |

1.1.1 Κύριοι φορείς

Οι κύριοι φορείς αποτελούνται από πλαίσια που ως σκοπό έχουν την μεταφορά των κατακόρυφων και οριζόντιων δυνάμεων (π.χ. ιδίου βάρους, χιονιού) που επιβάλλονται και αναπτύσσονται στο επίπεδό τους, μέσω των υποστυλωμάτων στην θεμελίωση. Κατά συνέπεια θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε οι κόμβοι τους να δύνανται να παραλάβουν ροπές.

Ο κάθε κύριος φορέας αποτελεί ένα δίστηλο πλαίσιο, αποτελούμενο από υποστυλώματα και ζύγωμα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για την κατασκευή του υποστέγου στην παρούσα εργασία προτείνονται τέσσερις διακριτές μορφές. Στις μορφές Α' και Β' τα υποστυλώματα του δίστηλου πλαισίου κατασκευάζονται ολόσωμα και συγκεκριμένα επιλέγονται διατομές της σειράς ΗΕΒ. Στις μορφές Γ' και Δ' τα υποστυλώματα κατασκευάζονται από δύο μεταλλικά στοιχεία τύπου ΗΕΒ, τοποθετημένα σε αξονική απόσταση και τα οποία συνδέονται με σύνθετη διατομή αποτελούμενη από ισοσκελή γωνιακά που συγκολλούνται επί των πελμάτων των διαμήκων στοιχείων.

Η διαφοροποίηση μεταξύ των μορφών Α' και Β' συνίσταται στον χαμηλό και υψηλό λόγο απόδοσης της διατομής των υποστυλωμάτων αντίστοιχα. Η διαφοροποίηση μεταξύ των μορφών Γ' και Δ' συνίσταται στον τρόπο δικτύωσης μεταξύ των διαμήκων στοιχείων του υποστυλώματος. Συγκεκριμένα στην Γ' μορφή επιλέγεται δικτύωση με ορθοστάτες, ενώ στην Δ' χωρίς.

Η ζεύξη των υποστυλωμάτων επιτυγχάνεται με επίπεδο δικλινές δικτυωτό φορέα αποτελούμενο από δύο δοκούς αξονικής απόστασης 3,00 m, οι οποίοι συνδέονται με κατακόρυφα στοιχεία ανά 2,00 m. Η κλίση της κάθε πλευράς της ζεύξης του πλαισίου είναι περίπου 20%. Η σύνδεση του επιπέδου δικτύωματος με το υποστυλώμα ενισχύεται από ένα μικρό δικτύωμα στην κάτω δοκό του δικτύωματος.

Το σύνολο των χρησιμοποιούμενων διατομών στον επίπεδο δικτυωτό φορέα θα είναι κλειστού τύπου SHS, αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη φαινομένων στεπτοκαμπτικού λυγισμού.

Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η επιστέγαση του χώρου και ζεύξη του ανοίγματος των 65 m που απαιτείται για τις διαστάσεις σχεδιασμού.

1.1.2 Τεγίδες και μηκίδες

Για την κατασκευή της επιστέγασης και της πλαγιοκάλυψης, αλλά και για την ομοιόμορφη μεταφορά των φορτίων στα πλαίσια τοποθετούνται βιομηχανικής παραγωγής τεγίδες (για την επιστέγαση) και μηκίδες (για την επικάλυψη).

Οι τεγίδες αποτελούν δοκούς μικρού μήκους (στην προκειμένη περίπτωση έχουν μήκος 5m), που συνδέουν τα πλαίσια μεταξύ τους στο χώρο της επιστέγασης.

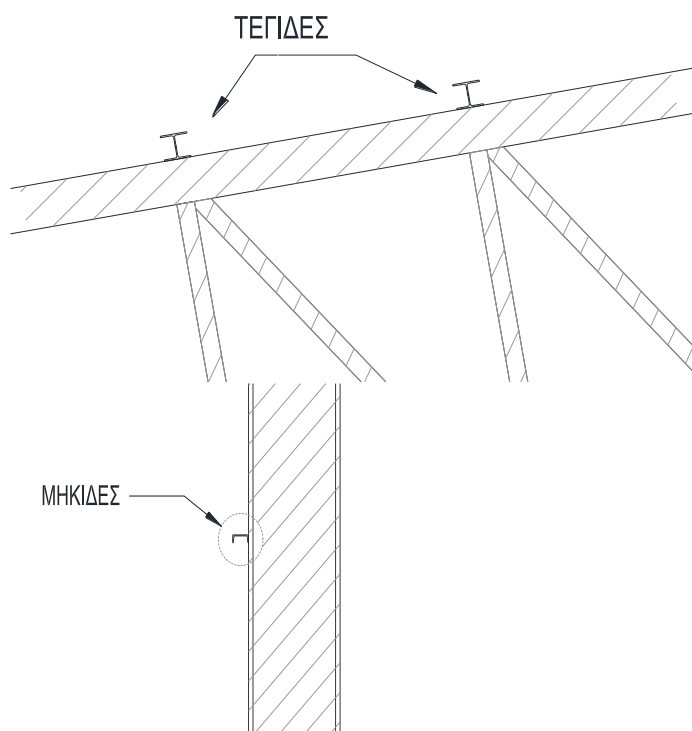
Καθώς οι τεγίδες καταπονούνται κατά κύριο λόγο σε κάμψη, η συνηθέστερη επιλογή διατομής είναι διπλού ταυ, συνήθως ΙΡΕ ή ΗΕΑ.

Προσοχή πρέπει να δοθεί στην τοποθέτησή τους στον φορέα προς επίλυση με τη σωστή γωνία βήτα, καθώς αυτή είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη εντατικών μεγεθών στην τεγίδα. Συγκεκριμένα, η ανάπτυξη εντατικών μεγεθών που οφείλονται σε δυνάμεις βαρύτητας (ίδιο βάρος, χιόνι) δεν είναι παράλληλη στον ισχυρό άξονα της τεγίδας, σε αντίθεση με τα αντίστοιχα που οφείλονται σε ανεμοπιέσεις, που λόγω της γεωμετρίας της επιστέγασης ακολουθούν τον ισχυρό άξονα.

Αντίστοιχες απαιτήσεις υπάρχουν και για τις μηκίδες. Η συνηθέστερη επιλογή διατομής για τις μηκίδες είναι τύπου UΡΝ.

Τόσο οι τεγίδες όσο και οι μηκίδες είναι δυνατόν να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν ως αμφιέριστα στοιχεία μεταξύ των πλαισίων ή ως συνεχείς δοκοί. Στη παρούσα εργασία επιλέχθηκε να σχεδιαστούν ως αμφιέριστοι δοκοί.

Οι τεγίδες τοποθετούνται ανά 2,00 m, δηλαδή σε κάθε σημείο συμβολής της πάνω δοκού με τα κατακόρυφα στοιχεία του δικτυώματος, ενώ οι μηκίδες ανά 1,20 m, καθ' ύψος.



Σχήμα 1.1: Τρόπος τοποθέτησης τεγίδων και μηκίδων επί του πλαισίου

Τόσο οι τεγίδες, όσο και οι μηκίδες, τοποθετούνται εξωτερικά του πλαισίου.

Πρέπει να τονιστεί ότι για λόγους απλοποίησης του τελικού μοντέλου του δομήματος δεν θα συμπεριληφθούν σε αυτό οι μηκίδες, παρά θα θεωρηθούν ως

εξωτερικά επιβαλλόμενο μόνιμο φορτίο. Έτσι ενώ τα φορτία που θα επιβάλλονται στην στέγη θα θεωρείται ότι επιβάλλονται στις τεγίδες, τα φορτία που επιβάλλονται στους κατακόρυφους τοίχους θα εφαρμόζονται απ' ευθείας επί των υποστυλωμάτων.

Με αυτόν τον τρόπο αγνοείται, υπέρ της ασφαλείας, η συμμετοχή των μηκίδων στην εξασφάλιση των υποστυλωμάτων.

1.1.3 Στοιχεία ακαμψίας – Κεφαλοδοκοί

Μεταξύ των πλαισίων, και συγκεκριμένα μεταξύ των υποστυλωμάτων διαδοχικών πλαισίων, τοποθετούνται κεφαλοδοκοί σε τρία επίπεδα, 4,50 m, 9,00 m και 14,00 m. Στις τρεις οριζόντιες ζώνες που ορίζονται από τις κεφαλοδοκούς (0 έως 4,50 m, 4,50 m έως 9,00 m και 9,00 m έως 14,00 m) τοποθετούνται κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στο πρώτο, τέταρτο, έβδομο και δέκατο άνοιγμα. Η επιλογή των υψών στα οποία τοποθετούνται οι κεφαλοδοκοί έγινε προκειμένου οι κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας να έχουν γωνία με το οριζόντιο επίπεδο περίπου 45ο (βέλτιστη γωνία).

Δεδομένου ότι οι κεφαλοδοκοί δεν αναμένεται να παρουσιάσουν ιδιαίτερα μεγάλα εντατικά μεγέθη, θα προτιμηθεί διατομή τύπου IPE, η οποία θα συνδεθεί αρθρωτά με τα υποστυλώματα στις μορφές του υποστέγου που αποτελείται από ολόσωμα. Στις μορφές όπου τα υποστυλώματα του φορέα είναι σύνθετα οι κεφαλοδοκοί θα κατασκευαστούν ως επίπεδο (οριζόντιο) δικτύωμα από διατομές τύπου SHS.

Η εξασφάλιση του δομήματος έναντι της πλευρικής καταπόνησης ενισχύεται από οριζόντια στοιχεία ακαμψίας τοποθετημένα μεταξύ των πάνω δοκών του δικτύωματος ζεύξης ανά 4,00 m (δηλαδή κάθε δεύτερο σημείο συμβολής της δοκού με τα κατακόρυφα στοιχεία του δικτύωματος). Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν οκτώ ζεύγη οριζόντιων συνδέσμων ακαμψίας ανά πλευρά δικτύωματος. Οι υπόψη σύνδεσμοι τοποθετούνται στα ίδια ανοίγματα με τους αντίστοιχους κατακόρυφους, δηλαδή στο πρώτο, τέταρτο, έβδομο και δέκατο.

Οι κύριες λειτουργίες των συνδέσμων της κατηγορίας αυτής είναι:

- η μεταφορά στα κατακόρυφα (μεταξύ υποστυλωμάτων) συστήματα δυσκαμψίας των οριζόντιων ανεμοπιέσεων οι οποίες ασκούνται στα μέτωπα και φτάνουν στο επίπεδο των ζυγμάτων μέσω των μετωπικών υποστυλωμάτων,
- η συμβολή στην ευστάθεια της κατασκευής κατά τη διάρκεια της ανέγερσης
- η μεταφορά στα κατακόρυφα συστήματα δυσκαμψίας των οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων που ασκούνται στο επίπεδο των ζυγμάτων,
- διαμόρφωση στοιχείου δυσκαμψίας στο οποίο αγκυρώνονται οι τεγίδες εκείνες που προσφέρουν πλευρική στήριξη (εξασφάλιση έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού) στα ζυγώματα,

Με τον ίδιο τρόπο τοποθετούνται και επιπλέον ζεύγη οριζόντιων συνδέσμων ακαμψίας μεταξύ του πρώτου και του τρίτου σημείου συμβολής της δοκού με τα κατακόρυφα στοιχεία του δικτυώματος ανάμεσα σε κάθε ζεύγος πλαισίων. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται ένα «πλαίσιο» ακαμψίας περιμετρικά της κάτοψης της στέγης.

Επιπλέον, για την κατά το δυνατό εξασφάλιση του δομήματος έναντι πλευρικής καταπόνησης σε διεύθυνση κάθετη στην πλαισιακή λειτουργία, επιλέγεται να τοποθετηθούν και κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας μεταξύ των πλαισίων συνδέοντας την πάνω δοκό του δικτυώματος με την κάτω του επομένου.

1.1.4 Λοιπά στοιχεία του φορέα

Στην οπίσθια πλευρά του υποστέγου τοποθετούνται μετωπικά υποστυλώματα τα οποία συνδέονται στο άνω άκρο τους με το τελευταίο πλαίσιο. Οι θέσεις των μετωπικών υποστυλωμάτων επιλέχθηκαν με τρόπο ώστε να συμπίπτουν με τους κόμβους του δικτυώματος επιστέγασης και ως εκ τούτου τοποθετούνται σε αποστάσεις μεταξύ τους περίπου 4,00 m, εκτός των δύο κεντρικών που απέχουν 4,50 m. Τα υποστυλώματα αυτά συνδέονται μεταξύ τους με κεφαλοδοκούς στα ύψη που υπάρχουν και στα πλευρικά υποστυλώματα (4,50 m, 9,00 m και 14,00 m).

1.1.5 Συνοπτική παρουσίαση του φορέα

Κατόπιν αυτών τα κύρια δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το προς μελέτη υπόστεγο, και τα οποία θα διαστασιοποιηθούν, είναι:

- Υποστυλώματα
- Δοκοί (άνω και κάτω) δικτυώματος επιστέγασης
- Κατακόρυφα στοιχεία δικτυώματος επιστέγασης
- Κεφαλοδοκοί
- Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας
- Οριζόντιοι σύνδεσμοι ακαμψίας
- Τεγίδες
- Μηκίδες
- Μετωπικά υποστυλώματα
- Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας επιστέγασης

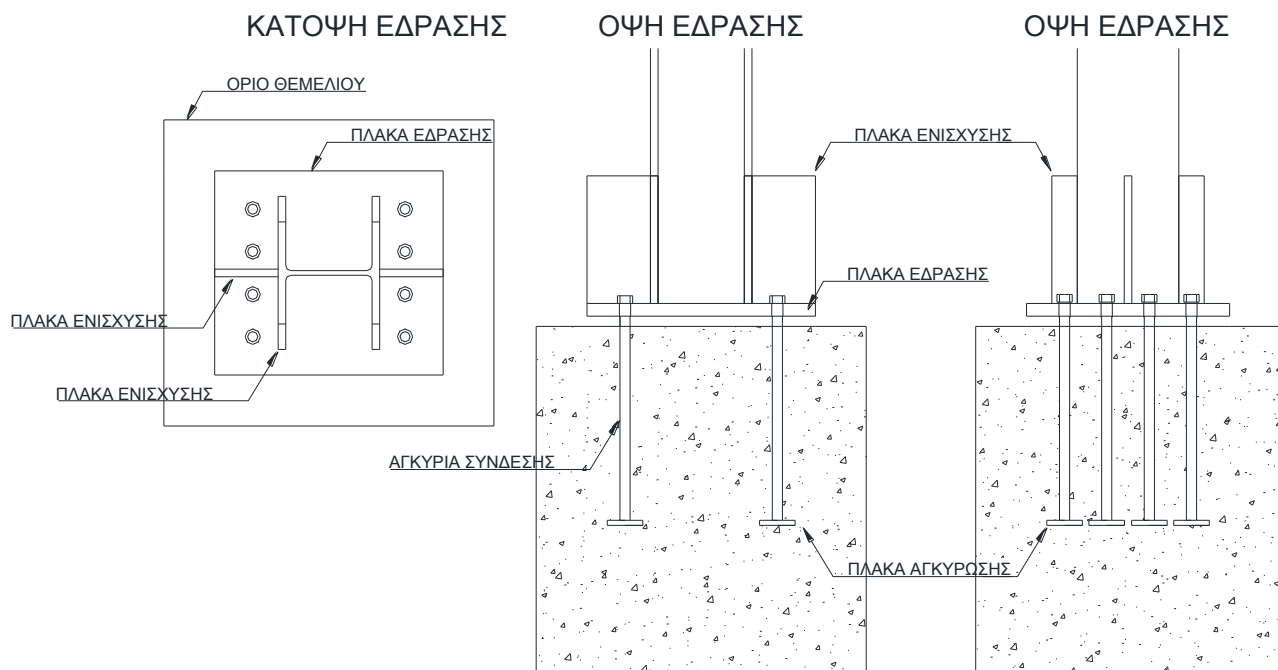
Σημειώνεται ότι το σύνολο των στοιχείων του φορέα έχει μελετηθεί να είναι από χάλυβα ποιότητας S355.

1.2 Συνθήκες έδρασης και σύνδεσης των στοιχείων του φορέα

1.2.1 Έδραση

Η κατασκευή του υποστέγου εδράζεται επί εδάφους μέσω της θεμελίωσης. Για την θεμελίωση του υποστέγου είναι δυνατό είτε να κατασκευαστούν μεμονωμένα πέδιλα (σε κάθε θέση υποστυλώματος είτε κάναβος πεδιλοδοκών (όπου τα υποστυλώματα συμπίπτουν με τους κόμβους του)).

Οποιαδήποτε λύση θεμελίωσης και αν επιλεγεί το σύνολο των υποστυλωμάτων εδράζονται επί των «λαιμών» των θεμελίων μέσω μεταλλική πλάκας έδρασης, η οποία είναι συγκολλημένη στο κάτω άκρο τους. Η υπόψη πλάκα συνδέεται με την άνω παρειά του «λαιμού» του θεμελίου μέσω αγκυρίων κατασκευασμένα από χάλυβα, τα οποία είναι προτοποθετημένα εντός του θεμελίου, κατά την φάση της σκυροδέτησης τους. Επιπλέον, είναι δυνατό, εφόσον αυτό απαιτηθεί κατά την επίλυση της έδρασης, η τοποθέτηση ενισχυτικών πλακών στα πέλματα και στο κορμό της διατομής του υποστυλώματος. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ποιοτικά κάποιος ενδεικτικός τρόπος σύνδεσης.



Σχήμα 1.2: Ενδεικτικός τρόπος έδρασης υποστυλώματος

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να κάνουμε τη θεώρηση μερικής πάκτωσης του υποστυλώματος επί της θεμελίωσης. Αυτό προκύπτει καθώς είναι δυνατό να

μεταφερθεί κάθε είδος εντατικής κατάστασης από το υποστυλώμα στο θεμέλιο, πλην της ροπής γύρω από τον ασθενή άξονα της διατομής. Πιο συγκεκριμένα:

- Οι αξονικές δυνάμεις του υποστυλώματος μεταφέρονται μέσω αξονικών δυνάμεων των αγκυρίων
- Οι διατμητικές δυνάμεις του υποστυλώματος μέσω της διατμητικής έντασης των αγκυρίων και
- Οι ροπές του υποστυλώματος μέσω ανάπτυξης ζευγών αξονικών δυνάμεων στα αγκύρια.

1.2.2 Συνδέσεις

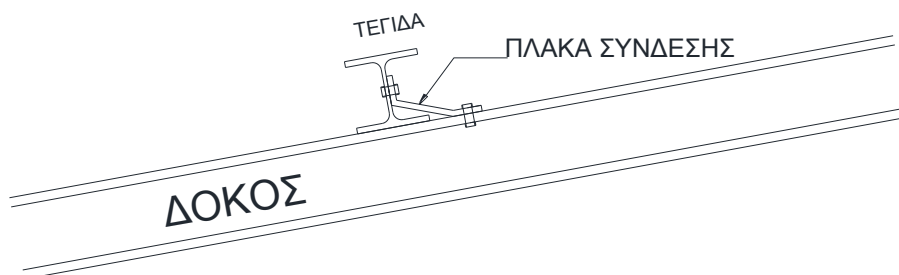
Αναλόγως του τρόπου με τον οποίο συνδέονται δύο δομικά στοιχεία του φορέα μπορούμε να κάνουμε θεώρηση του είδους της σύνδεσης.

Συγκεκριμένα το σύνολο των συνδέσεων μεταξύ των δομικών στοιχείων του φορέα που μελετάται θεωρείται ότι μπορούν να μεταφέρουν πλήρως το σύνολο της εντατικής κατάστασης (δυνάμεις και ροπές), εκτός των παρακάτω:

- Σύνδεση κατακόρυφων στοιχείων δικτύματος σε δοκούς δικτύματος.
- Σύνδεση κεφαλοδοκών σε υποστυλώματα.
- Σύνδεση πάσης φύσεως συνδέσμων ακαμψίας στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία (υποστυλώματα και δοκούς δικτύματος).
- Σύνδεση τεγίδων σε δοκούς δικτύματος.
- Σύνδεση μηκίδων σε υποστυλώματα.
- Σύνδεση διατμητικών στοιχείων σύνθετων υποστυλωμάτων με τα διαμήκη στοιχεία

Το σύνολο των παραπάνω συνδέσεων θεωρείται ότι είναι άρθρωση του πρώτου στοιχείου επί του δεύτερου.

Ως παράδειγμα αρθρωτής σύνδεσης δίνεται στο παρακάτω σχήμα ο τρόπος σύνδεσης τεγίδας επί δοκού.



Σχήμα 1.3: Παράδειγμα αρθρωτής σύνδεσης τεγίδας επί δοκού

2 ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ

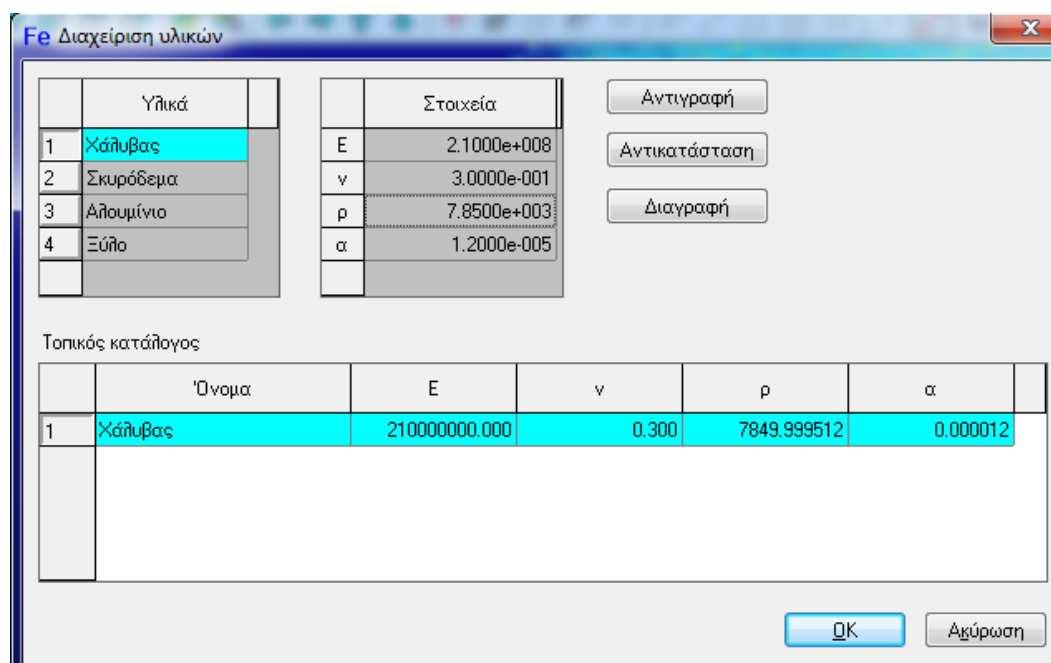
2.1 Μόνιμα φορτία

Σε αυτή την κατηγορία φορτίων περιλαμβάνονται όλα τα φορτία, τα οποία δρουν σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και δεν παρουσιάζουν καμία μεταβολή σε σχέση με το χρόνο. Στη συγκεκριμένη κατασκευή είναι τα φορτία ίδιου βάρους που αναπτύσσονται από τα φέροντα στοιχεία, τα υλικά επικάλυψης και επιστέγασης, τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό κ.α.

2.1.1 Ίδιο βάρος φορέα

Ο υπολογισμός του ίδιου βάρους του συνόλου των στοιχείων που αποτελούν το μοντέλο που έχει στηθεί γίνεται αυτόματα από το πρόγραμμα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των βιβλιοθηκών που περιέχονται στο πρόγραμμα τόσο του υλικού όσο και των διατομών που επιλέγουμε. Εν προκειμένω, έχοντας επιλέξει ως υλικό κατασκευής τον χάλυβα, εισάγονται αυτόματα τα εξής χαρακτηριστικά:

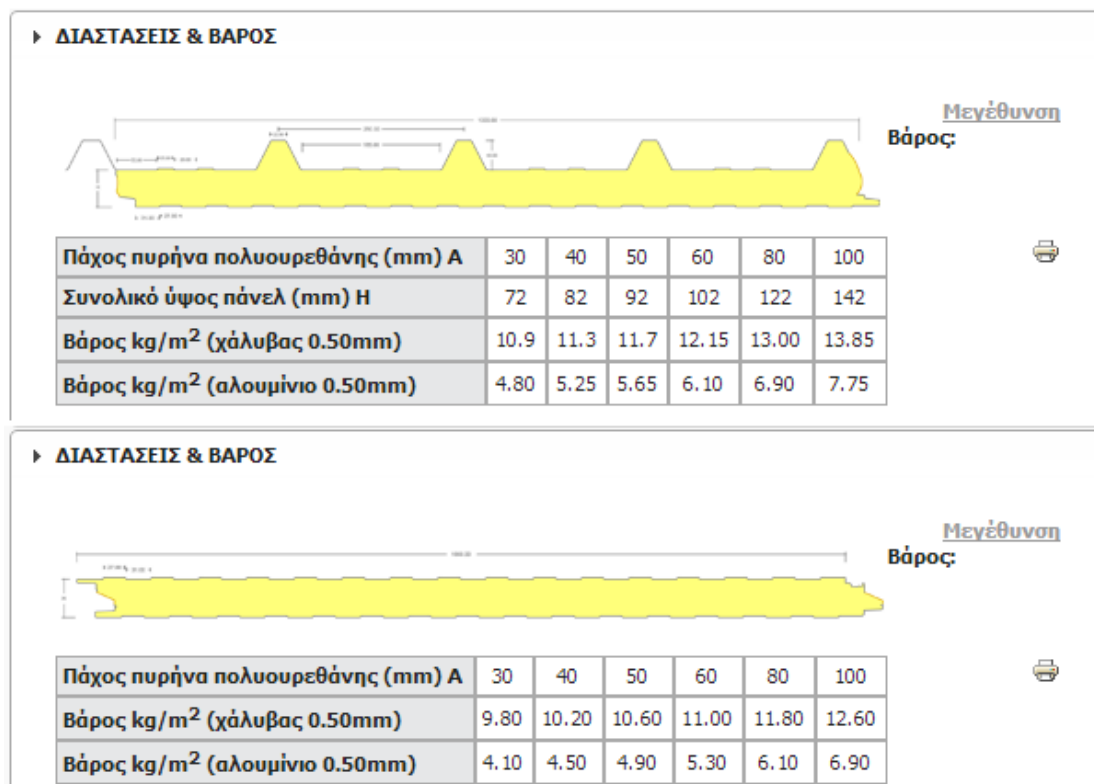
- Μέτρο ελαστικότητας $E=210.000.000$ KPa
- Λόγος Poisson $\nu=0,3$
- Πυκνότητα $\rho=7.850$ kg/m³
- Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής $\alpha=0,000012$



Σχήμα 2.1: Εισαγωγή υλικών στο πρόγραμμα INSTANT

2.1.2 Φορτία επιστέγασης - πλαγιοκάλυψης

Για την πλήρωση του υποστέγου επιλέγονται ειδικά προς αυτό τον σκοπό πάνελ από πυρήνα πολυουρεθάνης και λαμαρίνα, τόσο για την επιστέγαση, όσο και για την πλαγιοκάλυψη. Κάνουμε την εκτίμηση ότι από την μελέτη θερμομόνωσης θα προκύψει ότι απαιτείται πάχος μονωτικού υλικού – άρα και του πάνελ – 80 mm. Επιλέγοντας πάνελ αυτού του πάχους της εταιρείας Panelco SA, επιβαρύνεται η κατασκευή με 13,00 kg/m² για την επιστέγαση και 11,80 kg/m² για την πλαγιοκάλυψη.



Σχήμα 2.2: Διαστάσεις και βάρη πανέλ επιστέγασης και πλαγιοκάλυψης εταιρείας PANELCO S.A.

Τα παραπάνω φορτία – όπως και όσα αναλύονται παρακάτω – επιβάλλονται επί της κατασκευής μέσω της στερέωσής τους επί των τεγίδων και των μηκίδων. Ως εκ τούτου υπολογίζονται και εισάγονται στο πρόγραμμα Instant ως γραμμικά φορτία επί των τεγίδων και των υποστυλωμάτων.

Συγκεκριμένα το φορτίο της επιστέγασης θα είναι:

πλάτος επιρροής τεγίδας (στο κεκλιμένο επίπεδο) x βάρος πάνελ = 2,00 m x 13,00 kg/m² = 26 kg/m = 0,26 kN/m,

ενώ το φορτίο της πλαγιοκάλυψης:

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x βάρος πάνελ = 5,00 m x 11,80 kg/m² = 59,00 kg/m = 0,59 kN/m για τα κεντρικά υποστυλώματα,

πλάτος επιρροής υποστυλώματος (και στις δύο διευθύνσεις) x βάρος πάνελ = $(2,80 \text{ m} + 3,75 \text{ m}) \times 11,80 \text{ kg/m}^2 = 77,29 \text{ kg/m} = 0,77 \text{ kN/m}$ για τα γωνιακά υποστυλώματα και

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x βάρος πάνελ = $4,00 \text{ m} \times 11,80 \text{ kg/m}^2 = 47,2 \text{ kg/m} = 0,47 \text{ kN/m}$ για τα μετωπικά υποστυλώματα.

Σημειώνεται ότι όσον αφορά στις φορτίσεις της πλαγιοκάλυψης που επιβάλλονται επί των σύνθετων υποστυλωμάτων των 2^{ης} και της 3^{ης} επίλυσης του φορέα, αυτές επιβάλλονται επί των εξωτερικών υποστυλωμάτων καθώς σε αυτά εδράζονται οι μηκίδες.

2.1.3 Βάρος μηκίδων

Χάριν της απλοποίησης του στατικού μοντέλου και καθώς μπορεί ασφαλώς να θεωρηθεί ότι οι μηκίδες δεν συμμετέχουν στην συνολική ακαμψία του δομήματος, επιλύονται ως ξεχωριστή κατασκευή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται να εισαχθεί το βάρος τους ως εξωτερικά επιβαλλόμενο μόνιμο φορτίο το οποίο δρα επί των υποστυλωμάτων. Έτσι το επιβαλλόμενο φορτίο θα είναι:

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x βάρος μηκίδας / απόσταση μηκίδων = $5,00 \text{ m} \times 16,00 \text{ kg/m} / 1,20 \text{ m} = 66,67 \text{ kg/m} = 0,67 \text{ kN/m}$ για τα κεντρικά υποστυλώματα,

πλάτος επιρροής υποστυλώματος (και στις δύο διευθύνσεις) x βάρος μηκίδας / απόσταση μηκίδων = $(2,65 \text{ m} + 3,60 \text{ m}) \times 16,00 \text{ kg/m} / 1,20 \text{ m} = 83,33 \text{ kg/m} = 0,83 \text{ kN/m}$ για τα γωνιακά υποστυλώματα και

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x βάρος μηκίδας / απόσταση μηκίδων = $4,00 \text{ m} \times 16,00 \text{ kg/m} / 1,20 \text{ m} = 53,33 \text{ kg/m} = 0,53 \text{ kN/m}$ για τα μετωπικά υποστυλώματα.

2.1.4 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Το σύνολο του απαιτούμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ. κλιματιστικά μέσα, φωτισμός, διατάξεις πυρανίχνευσης κ.α.) θα αναρτηθούν από το δικτύωμα της επιστέγασης. Το βάρος των υπόψη διατάξεων εκτιμάται σε 10 kg/m^2 , ενώ η ανάρτησή τους θα γίνεται αποκλειστικά στους κόμβους της κάτω δοκού του δικτύωματος.

Έτσι, δυνητικά κάθε κόμβος θα φορτίζεται με ένα επικόμβιο φορτίο:

$$10 \text{ kg/m}^2 \times 2,00 \text{ m} \times 5,00 \text{ m} = 100 \text{ kg} = 1 \text{ kN}$$

2.2 Κινητά φορτία

Στην κατηγορία αυτή των δράσεων ανήκουν τα φορτία τα οποία προκύπτουν από την χρήση του δομήματος. Συγκεκριμένα, στο υπόστεγο αεροσκαφών που

μελετάται, ανάπτυξη κινητών φορτίων υπάρχει μόνο στην στέγη και προκύπτει από εργασίες συντήρησης και επισκευής, καθώς δεν θεωρείται βατή.

Βάσει του Ευρωκώδικα 1 οι οροφές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τη χρήση τους.

Πίνακας 2.1: Κατηγοριοποίηση οροφών σε σχέση με τη χρήση τους

| Κατηγορία | Ειδική χρήση |
|-----------|--|
| H | Οροφές προσιτές μόνο για κανονική συντήρηση, επισκευή, βαφή και μικροεπισκευές |
| I | Οροφές προσιτές για χρήση σύμφωνα με τις κατηγορίες A έως G |
| K | Οροφές προσιτές για ειδικές υπηρεσίες, όπως για προσγείωση ελικοπτέρων |

Όπως είναι σαφές η οροφή του υποστέγου ανήκει στην κατηγορία H, για την οποία από το Εθνικό Προσάρτημα προβλέπεται μέριμνα για επιβολή κινητού φορτίου $0,5 \text{ kN/m}^2$.

Δεδομένου όμως ότι η επιβολή του κινητού φορτίου γίνεται για διαδικασίες συντήρησης, δεν μπορεί να συνδυαστεί με την επιβολή του φορτίου του χιονιού, το οποίο όπως αναλύεται παρακάτω είναι $0,57 \text{ kN/m}^2$. Με βάση αυτά μπορεί να παραληφθεί το κινητό φορτίο, καθώς το φορτίο του χιονιού είναι δυσμενέστερο.

2.3 Φορτίο χιονιού

Ο υπολογισμός του φορτίου δράσης του χιονιού θα γίνει με βάση τον Ευρωκώδικα 1 (EN 1991-1-3). Βάσει του Ευρωκώδικα ο υπολογισμός γίνεται με βάση το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους (s_k), το οποίο τροποποιείται με μια σειρά συντελεστών που αφορούν:

- την διαφοροποίηση του φορτίου από το έδαφος στην στέγη (συντελεστής σχήματος, μ)
- την έκθεση της στέγης στα καιρικά φαινόμενα (συντελεστής έκθεσης C_e)
- την επίδραση της θερμοκρασίας στην συσσώρευση χιονιού στην στέγη (θερμικός συντελεστής, C_t)

και συγκεκριμένα δίνεται από την σχέση:

$$S = s_k \times \mu \times C_e \times C_t, (2.1)$$

Το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους, βάσει του εθνικού προσαρτήματος επί του Ευρωκώδικα 1, υπολογίζεται με χρήση της σχέσης:

$$s_k = s_{k,0} \times \left[1 + \frac{A}{917} \right], \quad (2.2)$$

όπου:

A το υψόμετρο της περιοχής σε m, το οποίο μετριέται με ακρίβεια 100 m και στρογγυλοποιείται στην αμέσως μεγαλύτερη εκατοντάδα,

$s_{k,0}$ το χαρακτηριστικό φορτίου χιονιού στο έδαφος στην στάθμη της θάλασσας και το οποίο παίρνει τιμές 0,4, 0,8 και 1,7 kN/m² για τις ζώνες A, B και Γ αντιστοίχως.

Δεδομένου ότι η περιοχή της Ελευσίνας στην οποία πρόκειται να κατασκευαστεί το υπόστεγο αεροσκαφών ανήκει στην Ζώνη B και το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται το αεροδρόμιο κυμαίνεται μεταξύ 10 και 40 m, ως $s_{k,0}$ λαμβάνεται 0,8 kN/m² και ως A 100 m.

Έτσι από την εξίσωση 2.2 υπολογίζεται το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού:

$$s_k = s_{k,0} \times \left[1 + \frac{A}{917} \right] = 0,80 \times \left[1 + \frac{100}{917} \right] = 0,89 \text{ kN/m}^2$$

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή σχήματος μ , λαμβάνεται υπόψη ο παρακάτω πίνακας, δεδομένου ότι η στέγη είναι δικλινή, από τον οποίο προκύπτει ότι $\mu=0,8$.

Πίνακας 2.2: Συντελεστές μ φορτίου χιονιού

| Κλίση στέγης | $0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$ | $15^\circ < \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ | $60^\circ < \alpha$ |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Συντελεστής μορφής μ_1 | 0,8 | 0,8 | $0,8 \times (60 - \alpha) / 30$ | 0,0 |
| Συντελεστής μορφής μ_2 | 0,8 | $0,8 + 0,6 \times (\alpha - 15) / 30$ | $1,1 \times (60 - \alpha) / 30$ | 0,0 |

Ο συντελεστής έκθεσης C_e , λαμβάνεται ίσος με 0,8 με βάση τον παρακάτω πίνακα, καθώς η περιοχή ενός αεροδρομίου υποχρεωτικά θεωρείται ως εκτεθειμένη, δηλαδή ως επίπεδη έκταση χωρίς εμπόδια από όλες τις πλευρές χωρίς καθόλου, ή με λίγη προστασία από το φυσικό ανάγλυφο, τις υψηλότερες κατασκευές ή τα δέντρα.

Πίνακας 2.3: Τιμές συντελεστή έκθεσης C_e

| Τοπογραφικά χαρακτηριστικά | C_e |
|----------------------------|-------|
| Εκτεθειμένο | 0,8 |
| Κανονικό | 1,0 |
| Προφυλαγμένο | 1,2 |

Τέλος, ο θερμικός συντελεστής C_t , λαμβάνεται ίσος προς τη μονάδα, προκειμένου να προσομοιωθεί η περίπτωση όπου το χιόνι στην στέγη δεν δέχεται κανένα θερμικό φορτίο από το εσωτερικό του κτιρίου.

Βάσει των παραπάνω η τελική τιμή του φορτίου του χιονιού από την εξίσωση 2.1 θα είναι:

$$S = s_k \times \mu \times C_e \times C_t = 0,89 \text{ kN/m}^2 \times 0,8 \times 0,8 \times 1 = 0,57 \text{ kN/m}^2$$

Έτσι και δεδομένου ότι η επιβολή του φορτίου του χιονιού επί της κατασκευής γίνεται δια μέσου της τεγίδωσης, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι σε κάθε τεγίδα επιβάλλεται γραμμικό φορτίο:

$$\text{πλάτος επιρροής τεγίδας} \times \text{φορτίο χιονιού} = 2,00 \text{ m} \times 0,57 \text{ kN/m}^2 = 1,14 \text{ kN/m.}$$

2.4 Φορτίο ανέμου

Ως δράση του ανέμου επί των κατασκευών θεωρείται η πίεση που αναπτύσσεται από την ανάσχεση της ροής του ανέμου. Από τις αναπτυσσόμενες πιέσεις προκύπτουν δυνάμεις κάθετες προς την προσβαλλόμενη επιφάνεια.

Επίσης, όταν μία επιφάνεια σαρώνεται από άνεμο παράλληλο προς την επιφάνεια, αναπτύσσονται και δυνάμεις τριβής οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να είναι σημαντικές.

Η δράση του ανέμου σε μια κατασκευή προσδιορίζεται από την πίεση αιχμής και από τους κατάλληλους αεροδυναμικούς συντελεστές. Σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζονται επίσης τροποποιητικοί συντελεστές μεγέθους και δυναμικής απόκρισης.

Η πίεση αιχμής προσδιορίζεται από:

- την θεμελιώδη βασική ταχύτητα του ανέμου, v_{ref}
- τη διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου
- την τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής, συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης, $c_t(z)$
- την τραχύτητα του περιβάλλοντος εδάφους, συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$
- το ύψος z του σημείου από το έδαφος
- την πυκνότητα του αέρα και την ένταση των στροβιλισμών

Ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής οι αεροδυναμικοί συντελεστές διακρίνονται:

- σε συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe}
- σε συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi}
- σε συντελεστές τελικής πίεσης, $c_{p,net}$
- σε συντελεστές τριβής, c_{fr}
- σε συντελεστές δυνάμεως, c_f

2.4.1 Πίεση αιχμής q_p

Για τον υπολογισμό της πίεσης αιχμής επί των κατασκευών ακολουθούνται γενικά τα εξής βήματα:

- Υπολογισμός ταχύτητας αναφοράς v_{ref}
- Υπολογισμός πίεσης αναφοράς q_{ref}
- Υπολογισμός συντελεστή τοπογραφικής διαμόρφωσης $c_t(z)$
- Υπολογισμός συντελεστή εδάφους k_T
- Υπολογισμός συντελεστή τραχύτητας $c_r(z)$
- Υπολογισμός έντασης στροβιλισμών $I_v(z)$
- Υπολογισμός συντελεστή έκθεσης $c_e(z)$

2.4.1.1 Ταχύτητα αναφοράς v_{ref}

Είναι η θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου τροποποιημένη προκειμένου να λάβει υπόψη διάφορες παραμέτρους όπως τη διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου (συντελεστής διεύθυνσης, c_{DIR}), την πιθανότητα υπέρβασης της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου κατά την φάση της ανέγερσης (συντελεστής προσωρινότητας, c_{TEM}) ή την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου σε συνάρτηση με το υψόμετρο (συντελεστής υψομέτρου c_{ALT}) και δίνεται από τη σχέση:

$$v_{ref} = c_{DIR} \times c_{TEM} \times c_{ALT} \times v_{ref,o}, \quad (2.3)$$

όπου $v_{ref,o}$ η βασική τιμή της ταχύτητας αναφοράς του ανέμου.

Για την Ελλάδα, στο Πληροφοριακό Παράρτημα Α του Μέρους 2-4 ορίζεται ότι $c_{DIR}=c_{TEM}=c_{ALT}=1$, καθώς επίσης ότι η βασική τιμή της ταχύτητας αναφοράς για την νησιωτική χώρα και τα παράκτιες ζώνες (έως 10 km από την ακτογραμμή) είναι 33 m/s.

Έτσι από τη σχέση (2.3):

$$v_{ref} = 1 \times 1 \times 1 \times 33 = 33 \text{ m/s}$$

2.4.1.2 Πίεση αναφοράς q_{ref}

Η πίεση αναφοράς προσδιορίζεται από την σχέση:

$$q_{ref} = \rho \times \frac{v_{ref}^2}{2} \quad (N/m^2), \quad (2.4)$$

όπου:

- ρ η πυκνότητα του αέρα, ίση με $1,25 \text{ kg/m}^3$
- v_{ref} η ταχύτητα αναφοράς σε m/s

Έτσι:

$$q_{ref} = 0,00125 \times \frac{33^2}{2} = 0,6806 \text{ N/m}^2$$

2.4.1.3 Υπολογισμός συντελεστή τοπογραφικής διαμόρφωσης $c_t(z)$

Μέσω του συντελεστή τοπογραφικής διαμόρφωσης εκτιμάται η αύξηση της μέσης ταχύτητας του ανέμου πάνω από μεμονωμένους λόφους και εξάρσεις, σε περιοχές που δεν είναι ορεινές ή πτυχωτές. Συγκεκριμένα για την περίπτωση που η κλίση προς την προσήνεμη πλευρά του δομήματος είναι μικρότερη από 5% ο συντελεστής λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα.

Στην προκείμενη περίπτωση και δεδομένης της απουσίας τοπογραφικών εξάρσεων στο χώρο ενός αεροδρομίου μπορούμε ασφαλώς να λάβουμε $c_t(z)=1$

2.4.1.4 Υπολογισμός συντελεστή εδάφους k_T

Ο συντελεστής εδάφους προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$k_T = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}, \quad (2.5)$$

όπου z_0 το μήκος τραχύτητας που δίνεται ανά κατηγορία εδάφους από τον πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4: Τιμές μήκους τραχύτητας z_0

| 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 | Περιοχές όπου τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15 m | 1 | 10 |

Για την υπό μελέτη κατασκευή θεωρείται κατηγορία εδάφους II. Έτσι ο συντελεστής εδάφους είναι:

$$k_T = 0,19 \times \left(\frac{0,05}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19$$

2.4.1.5 Υπολογισμός συντελεστή τραχύτητας $c_r(z)$

Ο συντελεστής τραχύτητας υπολογίζεται συναρτήσει του ύψους z από τις ακόλουθες λογαριθμικές σχέσεις:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Για } z_{\min} \leq z \leq 200 \text{ m} \\ \\ \text{Για } z < z_{\min} \end{array} \right\} c_r(z) = k_T \times \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad , (2.6)$$

όπου:

- z το ύψος αναφοράς που ορίζεται ως το μέγιστο ύψος της κατασκευής για τον υπολογισμό των εξωτερικών πιέσεων (z_e) και το μέσο ύψος των ανοιγμάτων (στην περίπτωση κτιρίου χωρίς εσωτερικά χωρίσματα και πατώματα) για τον υπολογισμό των εσωτερικών πιέσεων (z_i)
- z_{\min} το ελάχιστο ύψος που δίνεται από τον πίνακα 2.4 ανάλογα την κατηγορία εδάφους.

Στην προκειμένη περίπτωση το z_{\min} είναι 2 m, το z_e 20 m και το z_i λαμβάνεται 5 m, δεδομένου ότι το κύριο άνοιγμα είναι η θύρα του υποστέγου με καθαρό ύψος περίπου 9,5 m.

Έτσι ο συντελεστής τραχύτητας για τις εξωτερικές και τις εσωτερικές πιέσεις αντίστοιχα θα είναι:

$$c_r(z_e) = k_T \times \ln \left(\frac{z_e}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left(\frac{20}{0,05} \right) = 1,1383$$

$$c_r(z_i) = k_T \times \ln \left(\frac{z_i}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left(\frac{5}{0,05} \right) = 0,875$$

2.4.1.6 Υπολογισμός έντασης στροβιλισμών $I_v(z)$

Η ένταση των στροβιλισμών δίνεται από την σχέση:

$$I_V(z) = \frac{k_T}{c_r(z) \times c_t(z)}, \quad (2.7)$$

Έτσι για τις εξωτερικές και τις εσωτερικές πιέσεις αντίστοιχα θα είναι:

$$I_V(z_e) = \frac{k_T}{c_r(z_e) \times c_t(z_e)} = \frac{0,19}{1,1383 \times 1} = 0,1669$$

$$I_V(z_i) = \frac{k_T}{c_r(z_i) \times c_t(z_i)} = \frac{0,19}{0,875 \times 1} = 0,2171$$

2.4.1.7 Υπολογισμός συντελεστή έκθεσης $c_e(z)$

Ο συντελεστής έκθεσης προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$c_e(z) = c_r^2(z) \times c_t^2(z) \times [1 + 2 \times g \times I_V(z)], \quad (2.8)$$

όπου g ο συντελεστής αιχμής και ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 3,5.

Έτσι ο συντελεστής έκθεσης για τις εξωτερικές και τις εσωτερικές πιέσεις θα είναι:

$$\begin{aligned} c_e(z_e) &= c_r^2(z_e) \times c_t^2(z_e) \times [1 + 2 \times g \times I_V(z_e)] \\ &= 1,1383^2 \times 1^2 \times [1 + 2 \times 3,5 \times 0,1669] = 2,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_e(z_i) &= c_r^2(z_i) \times c_t^2(z_i) \times [1 + 2 \times g \times I_V(z_i)] \\ &= 0,875^2 \times 1^2 \times [1 + 2 \times 3,5 \times 0,2171] = 1,93 \end{aligned}$$

2.4.1.8 Υπολογισμός πίεσης αιχμής q_p

Τέλος, η πίεση αιχμής υπολογίζεται ως το γινόμενο της πίεσης αναφοράς και του συντελεστή έκθεσης, δηλαδή:

$$q_{p(e)} = q_{ref} \times c_e(z_e) = 0,6806 \times 2,81 = 1,91 \text{ kN/m}^2$$

και

$$q_{p(i)} = q_{ref} \times c_e(z_i) = 0,6806 \times 1,93 = 1,31 \text{ kN/m}^2$$

2.4.2 Αεροδυναμικοί συντελεστές – Υπολογισμός τελικών πιέσεων

Όπως αναφέρθηκε οι αεροδυναμικοί συντελεστές διακρίνονται σε συντελεστές εξωτερικής πίεσης, εσωτερικής πίεσης, τελικής πίεσης, τριβής και δυνάμεως.

Στην παρούσα κατασκευή θα εκτιμηθούν και θα χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές εξωτερικής (c_{pe}) και εσωτερικής πίεσης (c_{pi}).

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης διακρίνονται περαιτέρω σε τοπικούς και καθολικούς συντελεστές. Οι τοπικοί συντελεστές εφαρμόζονται όταν εξετάζονται μικρές φορτιζόμενες επιφάνειες (μικρότερες από 1 m^2). Οι καθολικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης εφαρμόζονται όταν εξετάζονται μεγάλες φορτιζόμενες επιφάνειες (μεγαλύτερες από 10 m^2). Προφανώς είναι $c_{pe,1} > c_{pe,10}$ (κατ' απόλυτη τιμή).

Για ενδιάμεσες επιφάνειες προβλέπεται λογαριθμική παρεμβολή.

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \times \log_{10} A, \quad (2.9)$$

Το σύνολο των προς εξέταση επιφανειών που προκύπτουν στην παρούσα εργασία έχουν επιφάνεια μεγαλύτερη των 10 m^2 , και συνεπώς χρησιμοποιούνται οι συντελεστές $c_{pe,10}$.

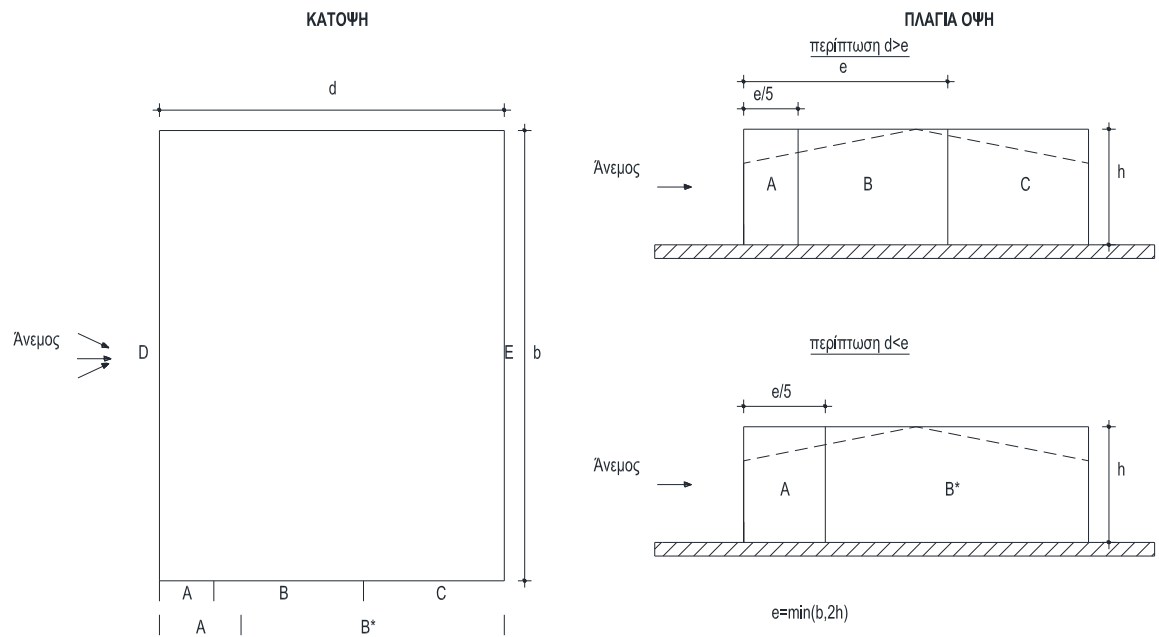
2.4.2.1 Υπολογισμός συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} – εξωτερικών πιέσεων

Για κτίρια ορθογωνικής κάτοψης, όπως το υπόστεγο που μελετάται, οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης επί των κατακορύφων τοίχων δίνονται από το παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.5: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης επί κατακορύφων τοίχων

| Ζώνη | A | | B,B* | | C | | D | | E | |
|--------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ |
| 5 | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | +0,8 | +1,0 | -0,7 | |
| 1 | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | +0,8 | +1,0 | -0,5 | |
| ≤0,25 | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | +0,7 | +1,0 | -0,3 | |

Στον παραπάνω πίνακα ως h θεωρείται το μέγιστο ύψος του κτιρίου ενώ ως d η διάσταση του κτιρίου που βρίσκεται παράλληλα με τον άνεμο. Τέλος, η σύμβαση για τις περιοχές A έως E δίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.3: Σύμβαση περιοχών ανάπτυξης εξωτερικής πίεσης επί κατακορύφων τοίχων

Για κτίρια τα οποία έχουν δικλινή στέγη οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης επί της επιστέγασης δίνονται από τον εξής πίνακα, συναρτήσει της γωνίας α της στέγης.

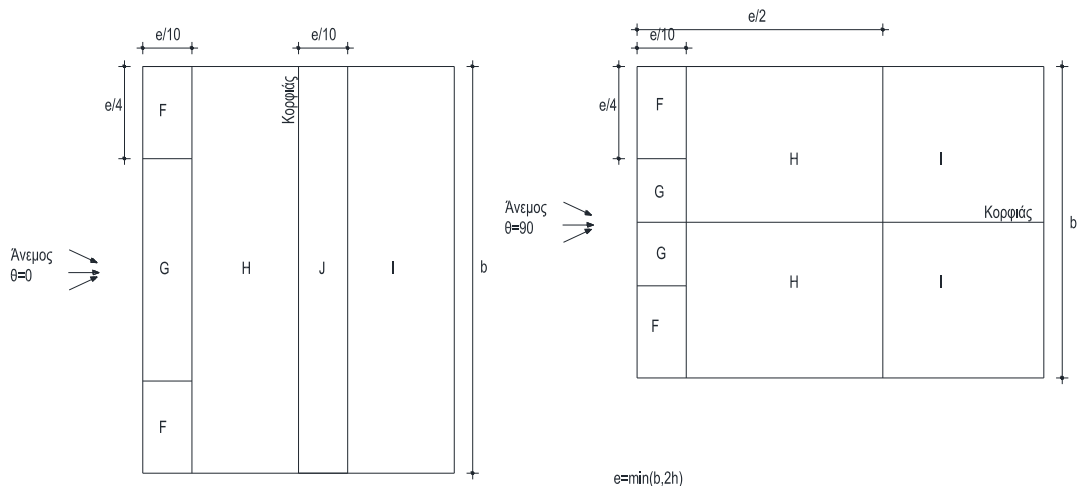
Πίνακας 2.6: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης επί δικλινής στέγης

| | | ΖΩΝΗ ΓΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ $\theta=0^\circ$ | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|--|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|--|
| Γωνία στέγης α | 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 | -0,3 | | -0,3 | | |
| +5° | -1,7 | -2,5 | -1,2 | -2,0 | -0,6 | -1,2 | -0,3 | | -0,3 | | |
| +15° | -0,9 | -2,0 | -0,8 | -1,5 | -0,3 | | -0,4 | | -1,0 | -1,5 | |
| | +0,2 | | +0,2 | | +0,2 | | | | | | |
| +30° | -0,5 | -1,5 | -0,5 | -1,5 | -0,2 | | -0,4 | | -0,5 | | |

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| | +0,7 | +0,7 | +0,4 | | |
| +45° | +0,7 | +0,7 | +0,6 | -0,2 | -0,3 |
| +60° | +0,7 | +0,7 | +0,7 | -0,2 | -0,3 |
| +75° | +0,8 | +0,8 | +0,8 | -0,2 | -0,3 |

| ΖΩΝΗ ΓΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ $\theta=90^\circ$ | | | | | | | | |
|---|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| Γωνία στέγης α | 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 | -0,5 | |
| +15° | -1,3 | -2,0 | -1,3 | -2,0 | -0,6 | -1,2 | -0,5 | |
| +30° | -1,1 | -1,5 | -1,4 | -2,0 | -0,8 | -1,2 | -0,5 | |
| +45° | -1,1 | -1,5 | -1,4 | -2,0 | -0,9 | -1,2 | -0,5 | |
| +60° | -1,1 | -1,5 | -1,2 | -2,0 | -0,8 | -1,0 | -0,5 | |
| +75° | -1,1 | -1,5 | -1,2 | -2,0 | -0,8 | -1,0 | -0,5 | |

Η σύμβαση για τις περιοχές F έως J δίνονται στο παρακάτω σχήμα, αναλόγως της διεύθυνσης του ανέμου.



Σχήμα 2.4: Σύμβαση περιοχών ανάπτυξης εξωτερικής πίεσης επί δικλινής στέγης

Τέλος, ο υπολογισμός των εξωτερικών πιέσεων ανά περιοχή υπολογίζεται ως το γινόμενο του αντίστοιχου συντελεστή εξωτερικής πίεσης με την εξωτερική πίεση αιχμής. Δηλαδή:

$$q_e = q_p(e) \times c_{pe}, \quad (2.10)$$

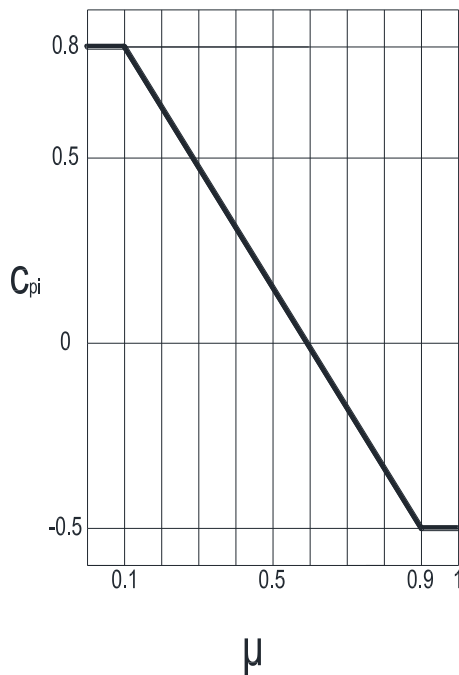
2.4.2.2 Υπολογισμός συντελεστών εσωτερικής πίεσης c_{pi} – εσωτερικών πιέσεων

Η εσωτερική πίεση, δρα ταυτόχρονα την εξωτερική πίεση, και πρέπει στους υπολογισμούς να λαμβάνεται υπόψη μαζί με αυτήν. Ο συντελεστής εσωτερικής πίεσης c_{pi} για κτίρια χωρίς εσωτερικά χωρίσματα προσδιορίζεται από το παρακάτω σχήμα, ως συνάρτηση του λόγου $\mu = A_i/A_T$, όπου:

A_i = άθροισμα των επιφανειών των ανοιγμάτων που υπάρχουν στην υπήνεμη πλευρά και στις δύο παράλληλες προς τον άνεμο πλευρές

A_T = άθροισμα των επιφανειών των ανοιγμάτων που υπάρχουν σε όλες τις πλευρές του κτιρίου

Σε ένα σχεδόν τετραγωνικό κτίριο με ομοιόμορφη κατανομή των ανοιγμάτων, τότε είναι $\mu=0,75$, θα χρησιμοποιείται η τιμή $c_{pi} = -0,3$.



Σχήμα 2.5: Συντελεστής εσωτερικής πίεσης c_{pi} , συναρτήσει του λόγου μ

Αντιστοίχως, ο υπολογισμός των εσωτερικών πιέσεων υπολογίζεται ως το γινόμενο του αντίστοιχου συντελεστή εσωτερικής πίεσης με την εσωτερική πίεση αιχμής. Δηλαδή:

$$q_i = q_{p(i)} \times c_{pi}, \quad (2.11)$$

2.4.3 Τελικές πιέσεις

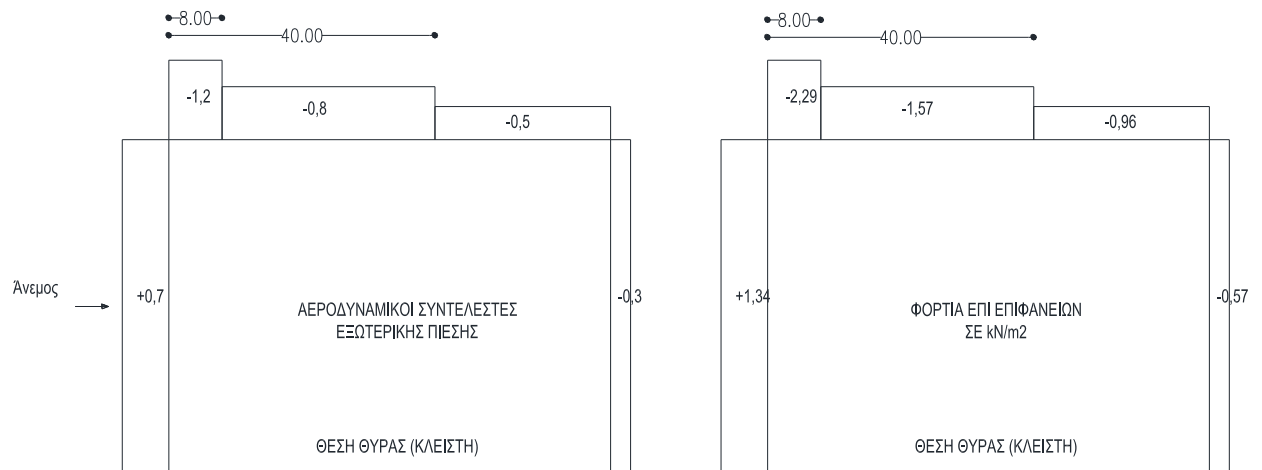
Από τις σχέσεις (2.10) και (2.11) προκύπτουν τα διαγράμματα φόρτισης τόσο των εξωτερικών όσο και των εσωτερικών πιέσεων επί των επιφανειών του κτιρίου. Από το συνδυασμό των διαγραμμάτων προκύπτουν τα τελικά διαγράμματα φορτίσεων.

Ακολουθεί αναλυτικά ο υπολογισμός των διαγραμμάτων φόρτισης για την περίπτωση όπου ο άνεμος πνέει κάθετα στον κορφιά και η κεντρική θύρα του υποστέγου είναι κλειστή. Εν συνεχεία και χάριν συντομίας, παρουσιάζονται τα τελικά αποτελέσματα των υπολοίπων περιπτώσεων φορτίσεων.

2.4.3.1 Άνεμος κάθετα στον κορφιά ($\theta=0^\circ$) με κλειστή τη θύρα

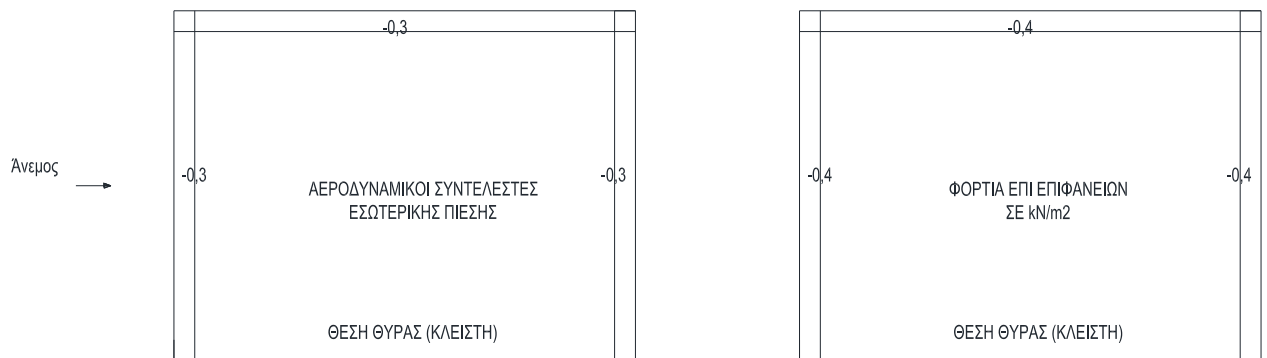
Στην συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης ο άνεμος πνέει από τα πλάγια του υποστέγου τη στιγμή που θύρα είναι κλειστή. Η απόσταση e είναι ίση με $\min(b, 2h) = \min(50, 2 \times 20) = 40$ m.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται το διάγραμμα των συντελεστών εξωτερικών πιέσεων και το αντίστοιχο που προκύπτει μετά την εφαρμογή της σχέσης (2.10) για τους κατακόρυφους τοίχους.



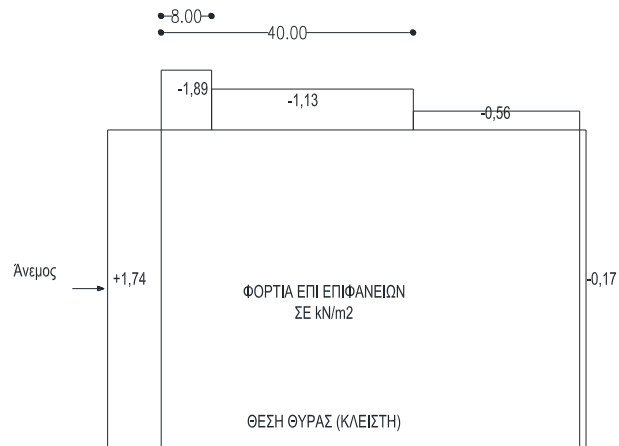
Σχήμα 2.6: Συντελεστές εξωτερικών πιέσεων και εξωτερικές πιέσεις επί των κατακόρυφων τοίχων

Δεδομένου ότι η κεντρική θύρα του υποστέγου είναι κλειστή θεωρώ ότι υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή ανοιγμάτων στο σύνολο των πλευρών, οπότε ο δείκτης λ λαμβάνεται 0,75. Με βάση αυτόν τον δείκτη ο συντελεστής εσωτερικών πιέσεων θα ληφθεί -0,3 και με χρήση της σχέσης 2.11 προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα εσωτερικών πιέσεων.



Σχήμα 2.7: Συντελεστές εσωτερικών πιέσεων και εσωτερικές πιέσεις επί των κατακόρυφων τοίχων

Από τον συνδυασμό των διαγραμμάτων φορτίσεων των σχημάτων 2.6 και 2.7 και λαμβάνοντας υπόψη τις συμβάσεις θετικών κατευθύνσεων σχετικά με τις εξωτερικές και τις εσωτερικές πιέσεις προκύπτει το διάγραμμα τελικών πιέσεων επί των κατακόρυφων επιφανειών στην περίπτωση ανέμου κάθετα στον κορφιά με κλειστή τη θύρα. Οι συγκεκριμένες τελικές πιέσεις παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.8: Τελικές πιέσεις επί των κατακορύφων τοίχων για άνεμο παράλληλο προς τον x άξονα με την θύρα του υποστέγου κλειστή

Με βάση το παραπάνω σχήμα και έχοντας υπόψη το πλάτος επιρροής του εξάγεται το τελικό φορτίο το οποίο δέχεται κάθε υποστυλώμα. Επί παραδείγματι το σύνολο των κεντρικών υποστυλωμάτων των κυρίων πλαισίων δέχονται γραμμικό φορτίο στη διεύθυνση του ανέμου:

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x φορτίο ανέμου = $5,00 \text{ m} \times 1,74 \text{ kN/m}^2 = 8,7 \text{ kN/m}$ στην προσήνεμη πλευρά και

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x φορτίο ανέμου = $5,00 \text{ m} \times (-0,17) \text{ kN/m}^2 = -0,85 \text{ kN/m} \approx -0,9 \text{ kN/m}$ στην υπήνεμη πλευρά, ενώ τα γωνιακά λόγω του μικρότερου πλάτους επιρροής:

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x φορτίο ανέμου = $2,85 \text{ m} \times 1,74 \text{ kN/m}^2 = 4,96 \text{ kN/m} \approx 5,0 \text{ kN/m}$ στην προσήνεμη πλευρά και

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x φορτίο ανέμου = $2,85 \text{ m} \times (-0,17) \text{ kN/m}^2 = -0,48 \text{ kN/m} \approx -0,5 \text{ kN/m}$ στην υπήνεμη πλευρά.

Τα μετωπικά υποστυλώματα της οπίσθιας πλευράς του υποστέγου φορτίζονται με διαφορετικό φορτίο το καθένα λόγω της διαφορετικής τελικής πίεσης που προκύπτει από το διάγραμμα του σχήματος 2.8 στο πλάτος επιρροής του καθενός. Η υπόψη φόρτιση εμφανίζεται σε διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση του ανέμου.

Συγκεκριμένα και για λόγους παρουσίασης, στο παρακάτω πίνακα φαίνονται οι φορτίσεις των 15 μετωπικών υποστυλωμάτων.

Πίνακας 2.7: Φορτίο μετωπικών υποστυλωμάτων για την περίπτωση ανέμου παράλληλου στον x άξονα με την θύρα του υποστέγου κλειστή

| | Πλάτος επιρροής (m) | Φορτίο ανά επιφάνεια (kN/m ²) | Τελικό γραμμικό φορτίο (kN/m) | α/α | Πλάτος επιρροής (m) | Φορτίο ανά επιφάνεια (kN/m ²) | Τελικό γραμμικό φορτίο (kN/m) |
|----------|---------------------|---|-------------------------------|-----------|---------------------|---|-------------------------------|
| 1 | 4,00 | -1,89 | -7,5 | 9 | 4,00 | -1,13 | -4,5 |
| 2 | 4,00 | -1,89/-1,13 | -6,1 | 10 | 4,00 | -1,13 | -4,5 |
| 3 | 4,00 | -1,13 | -4,5 | 11 | 4,00 | -0,56 | -3,4 |
| 4 | 4,00 | -1,13 | -4,5 | 12 | 4,00 | -0,56 | -3,4 |

| | | | | | | | |
|---|------|-------|------|----|------|-------|------|
| 5 | 4,00 | -1,13 | -4,5 | 13 | 4,00 | -0,56 | -3,4 |
| 6 | 4,00 | -1,13 | -4,5 | 14 | 4,00 | -0,56 | -3,4 |
| 7 | 4,00 | -1,13 | -4,5 | 15 | 4,00 | -0,56 | -3,4 |
| 8 | 4,30 | -1,13 | -4,8 | | | | |

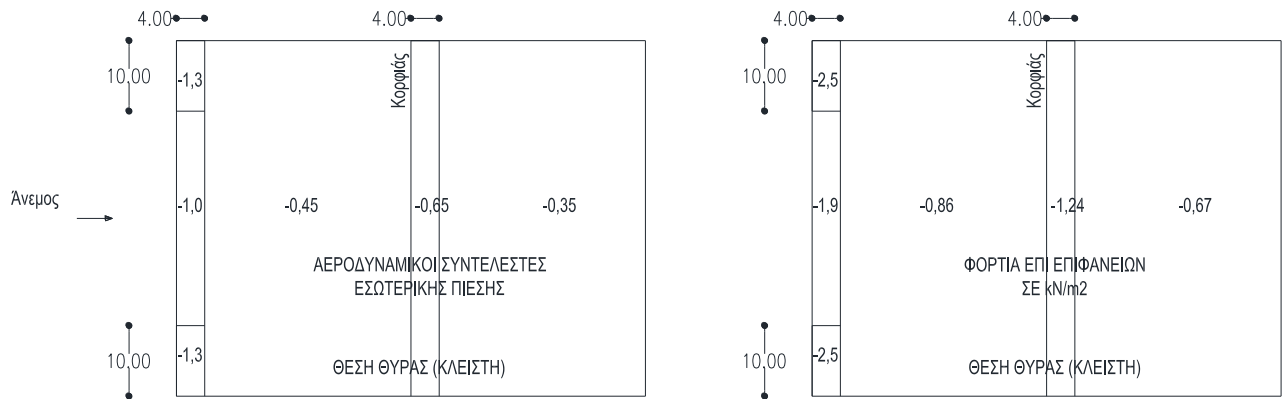
Επιπλέον, τα γωνιακά υποστυλώματα πέρα από τη φόρτιση στην διεύθυνση του ανέμου δέχονται και φόρτιση στην κάθετη προς αυτή διεύθυνση ίση προς:

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x φορτίο ανέμου = 3,10 m x (-1,89) kN/m² = -5,9 kN/m στην προσήνεμη πλευρά και

πλάτος επιρροής υποστυλώματος x φορτίο ανέμου = 3,10 m x (-0,56) kN/m² = -1,74 kN/m ≈ -1,7 kN/m στην υπήνεμη πλευρά

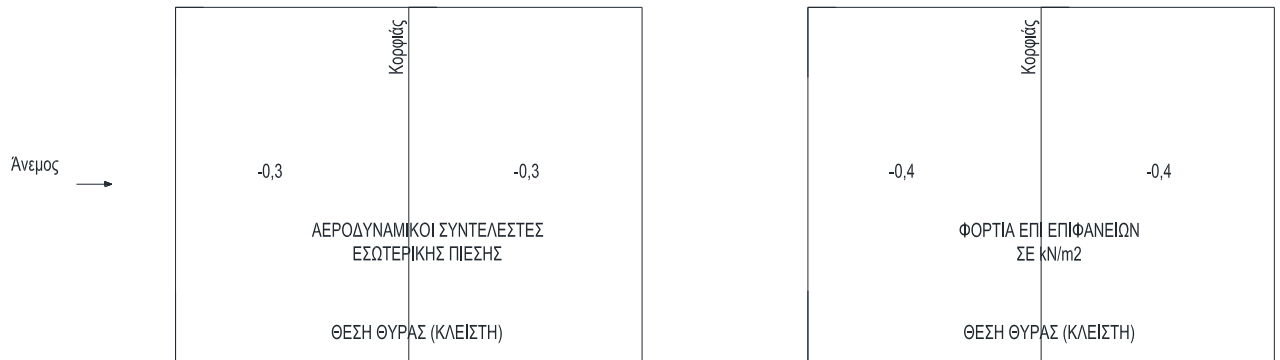
Κατά αντιστοιχία ακολουθεί η διαδικασία υπολογισμού των τελικών πιέσεων και εν συνεχεία των τελικών φορτίων που επιβάλλονται λόγω της επίδρασης του ανέμου επί της δικλινούς στέγης.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται το διάγραμμα των συντελεστών εξωτερικών πιέσεων και το αντίστοιχο που προκύπτει μετά την εφαρμογή της σχέσης (2.11) για την φόρτιση της επιστέγασης.



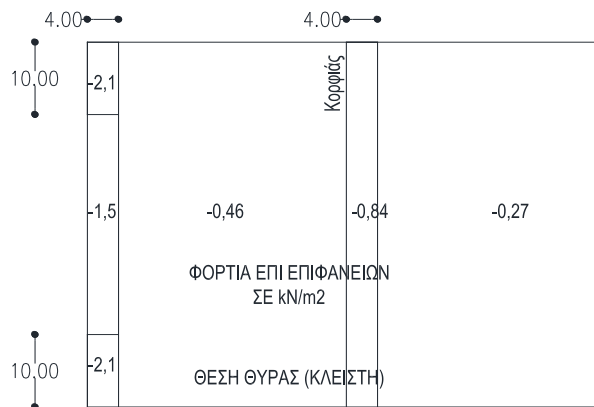
Σχήμα 2.9: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης και εξωτερική πίεση επί της δικλινούς στέγης για άνεμο παράλληλο προς τον x άξονα με την θύρα του υποστέγου κλειστή

Επιπλέον, η εσωτερική πίεση που ασκείται επί της επιστέγασης είναι η ίδια με αυτή που υπολογίστηκε για την ίδια περίπτωση φόρτισης επί των κατακόρυφων τοίχων, δηλαδή -0,3. Η εσωτερική πίεση παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.10: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης και εξωτερική πίεση επί της δικλινούς στέγης για άνεμο παράλληλο προς τον x άξονα με την θύρα του υποστέγου κλειστή

Από τον συνδυασμό των διαγραμμάτων φορτίσεων των σχημάτων 2.9 και 2.10 και λαμβάνοντας υπόψη τις συμβάσεις θετικών κατευθύνσεων σχετικά με τις εξωτερικές και τις εσωτερικές πιέσεις προκύπτει το διάγραμμα τελικών πιέσεων επί των επιφανειών της επιστέγασης στην περίπτωση ανέμου κάθετα στον κορυφιά με κλειστή τη θύρα. Οι συγκεκριμένες τελικές πιέσεις παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.11: Τελικές πιέσεις επί της δικλινής στέγης για άνεμο παράλληλο προς τον x άξονα με την θύρα του υποστέγου κλειστή

Από το παραπάνω σχήμα και λαμβάνοντας υπόψη τη θέση κάθε τεγίδας αλλά και το πλάτος επιρροής της (2 m) εξάγεται το γραμμικό φορτίο που δέχεται από τον άνεμο στη συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης. Τονίζεται ότι οι παραπάνω φορτίσεις είναι κάθετες προς την επιφάνεια της επιστέγασης.

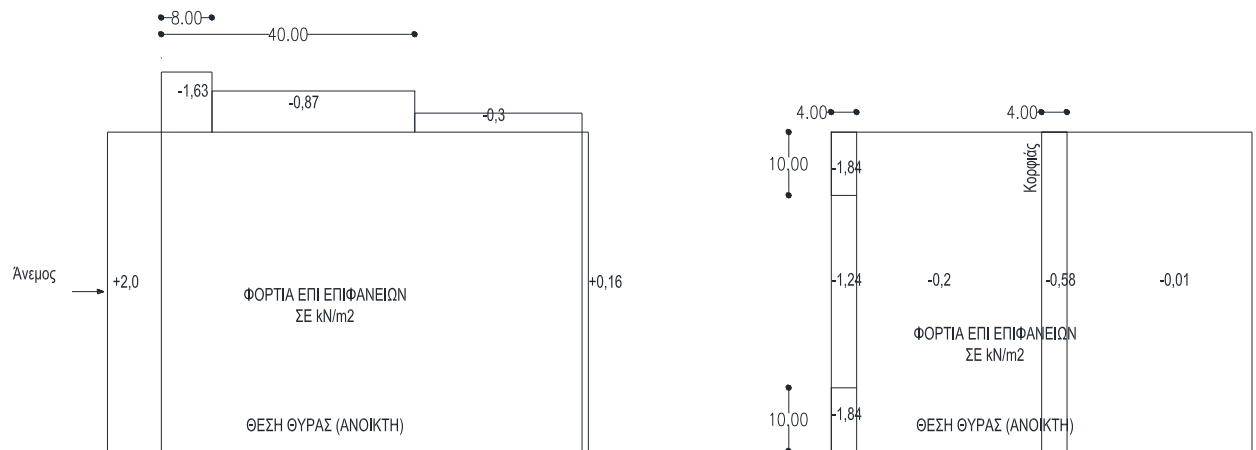
Το σύνολο των παραπάνω γραμμικών φορτίων όπως υπολογίστηκαν εισάγονται στο στατικό μοντέλο του INSTANT ονομάζοντας την περίπτωση φόρτισης «ANEMOS X+ (ΚΛ)».

2.4.3.2 Άνεμος κάθετα στον κορφιά ($\theta=0^\circ$) με ανοικτή τη θύρα

Στην συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης ο άνεμος πνέει από τα πλάγια του υποστέγου τη στιγμή που θύρα είναι ανοικτή. Η απόσταση e είναι ίση με $\min(b,2h)=\min(50, 2 \times 20)=40$ m.

Σε αυτή την περίπτωση τα υπολογιζόμενα φορτία είναι πανομοιότυπα με την προηγούμενη περίπτωση, όσον αφορά στις εξωτερικές πιέσεις.

Δεδομένου ότι η θύρα είναι ανοικτή ο λόγος μ που προσομοιώνει τα ανοίγματα γίνεται 1. Από το σχήμα 2.5 προκύπτει ότι ο συντελεστής εσωτερικών πιέσεων c_{pi} γίνεται $-0,5$. Με βάση αυτό και την αναλυτική μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη περίπτωση φόρτισης προκύπτουν τα τελικά διαγράμματα φορτίσεων για τους κατακόρυφους τοίχους και την επιστέγαση.



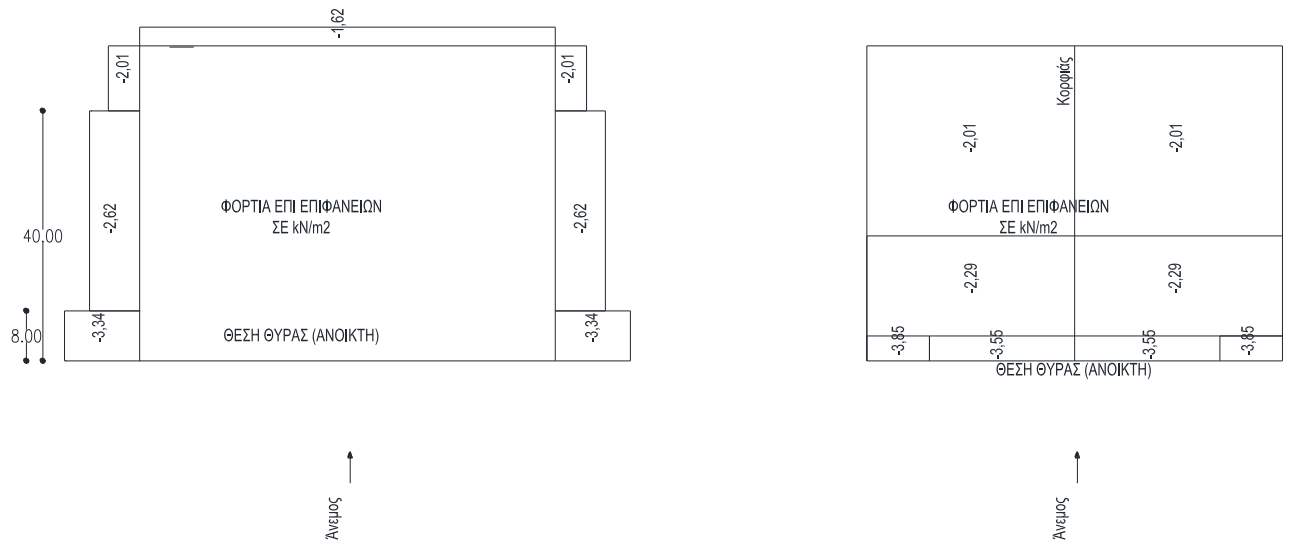
Σχήμα 2.12: Τελικές πιέσεις επί κατακόρυφων τοίχων και της δικλινής στέγης για άνεμο παράλληλο προς τον x άξονα με τη θύρα του υποστέγου ανοικτή

Από το σχήμα 2.12 και τα διαγράμματα φορτίσεων που εμφανίζονται σε αυτό προκύπτουν τα αντίστοιχα γραμμικά φορτία που επιβάλλονται στα διάφορα υποστυλώματα και στις τεγίδες του υποστέγου με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη φόρτιση.

Το σύνολο των παραπάνω φορτίων εισάγονται στο στατικό μοντέλο του INSTANT ως γραμμικά επί των υποστυλωμάτων και των τεγίδων ονομάζοντας την περίπτωση φόρτισης «ANEMOS X+ (AN)».

2.4.3.3 Άνεμος παράλληλα στον κορφιά ($\theta=90^\circ$) με ανοικτή τη θύρα

Σε αυτή την περίπτωση φόρτισης ο άνεμος πνέει από τη μεριά της θύρας η οποία είναι ανοικτή. Η απόσταση e είναι ίση με $\min(b,2h)=\min(65, 2 \times 20)=40$ m. Το σύνολο των πιέσεων υπολογίζεται με την πιο πάνω αναλυτική μεθοδολογία. Για την παρούσα φόρτιση ο λόγος μ λήφθηκε ίσος με 0 και συνεπώς ο συντελεστής εσωτερικών πιέσεων ίσος με $+0,8$. Από αυτά προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα πιέσεων.

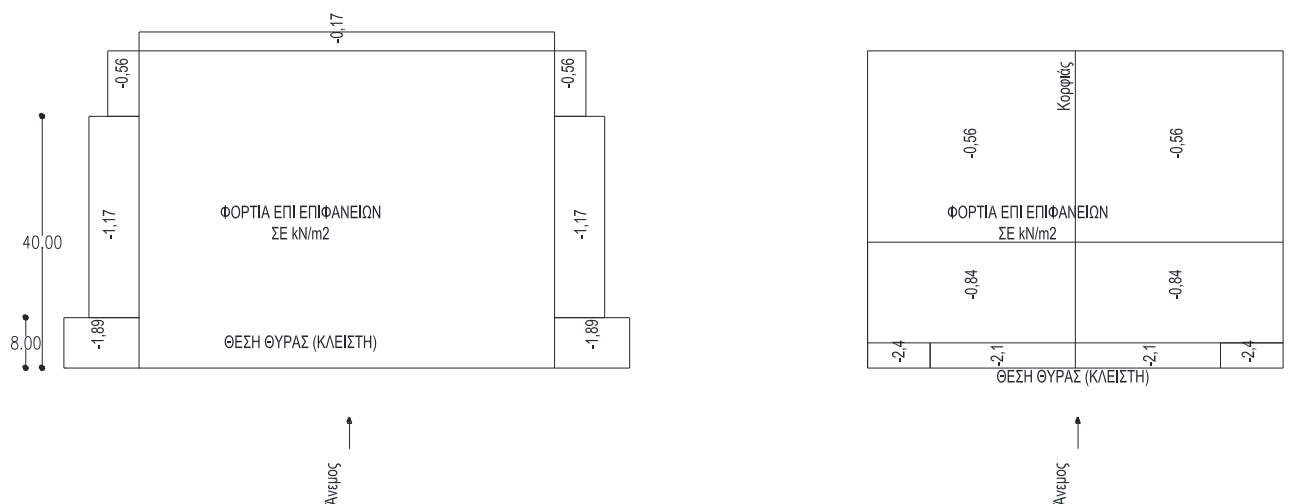


Σχήμα 2.13: Τελικές πιέσεις επί κατακορύφων τοίχων και της δικλινής στέγης για άνεμο παράλληλο προς τον z άξονα με αρνητική διεύθυνση με τη θύρα του υποστέγου ανοικτή

Το σύνολο των παραπάνω φορτίων εισάγονται στο στατικό μοντέλο του INSTANT ως γραμμικά επί των υποστυλωμάτων και των τεγίδων ονομάζοντας την περίπτωση φόρτισης «ANEMOS Z- (AN)».

2.4.3.4 Άνεμος παράλληλα στον κορφιά ($\theta=90^\circ$) με κλειστή τη θύρα

Σε αυτή την περίπτωση φόρτισης ο άνεμος πνέει από τη μεριά της θύρας η οποία είναι κλειστή. Η απόσταση e είναι ίση με $\min(b, 2h) = \min(65, 2 \times 20) = 40$ m. Το σύνολο των πιέσεων υπολογίζεται με την πιο πάνω αναλυτική μεθοδολογία. Για την παρούσα φόρτιση ο λόγος μ λήφθηκε ίσος με 0,75 και συνεπώς ο συντελεστής που εφαρμόζεται για τις εσωτερικές πιέσεις ίσος με -0.3. Από αυτά προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα πιέσεων.

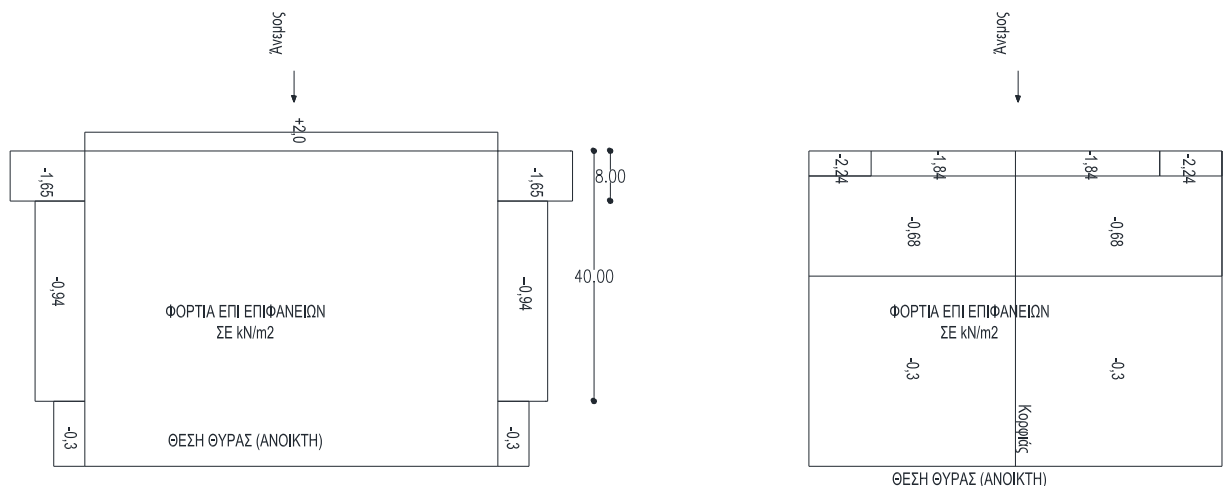


Σχήμα 2.14: Τελικές πιέσεις επί κατακορύφων τοίχων και της δικλινής στέγης για άνεμο παράλληλο προς τον z άξονα με αρνητική διεύθυνση με τη θύρα του υποστέγου κλειστή

Το σύνολο των παραπάνω φορτίων εισάγονται στο στατικό μοντέλο του INSTANT ως γραμμικά επί των υποστυλωμάτων και των τεγίδων ονομάζοντας την περίπτωση φόρτισης «ANEMOS Z- (ΚΛ)».

2.4.3.5 Άνεμος παράλληλα στον κορφιά ($\theta=-90^\circ$) με ανοικτή τη θύρα

Σε αυτή την περίπτωση φόρτισης ο άνεμος πνέει από την όπισθεν πλευρά του υποστέγου, τη στιγμή που η θύρα είναι ανοικτή. Η απόσταση e είναι ίση με $\min(b,2h)=\min(65, 2 \times 20)=40$ m. Το σύνολο των πιέσεων υπολογίζεται με την πιο πάνω αναλυτική μεθοδολογία. Για την παρούσα φόρτιση ο λόγος μ λήφθηκε ίσος με 1 και συνεπώς ο συντελεστής που εφαρμόζεται για τις εσωτερικές πιέσεις ίσος με -0.5. Από αυτά προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα πιέσεων.

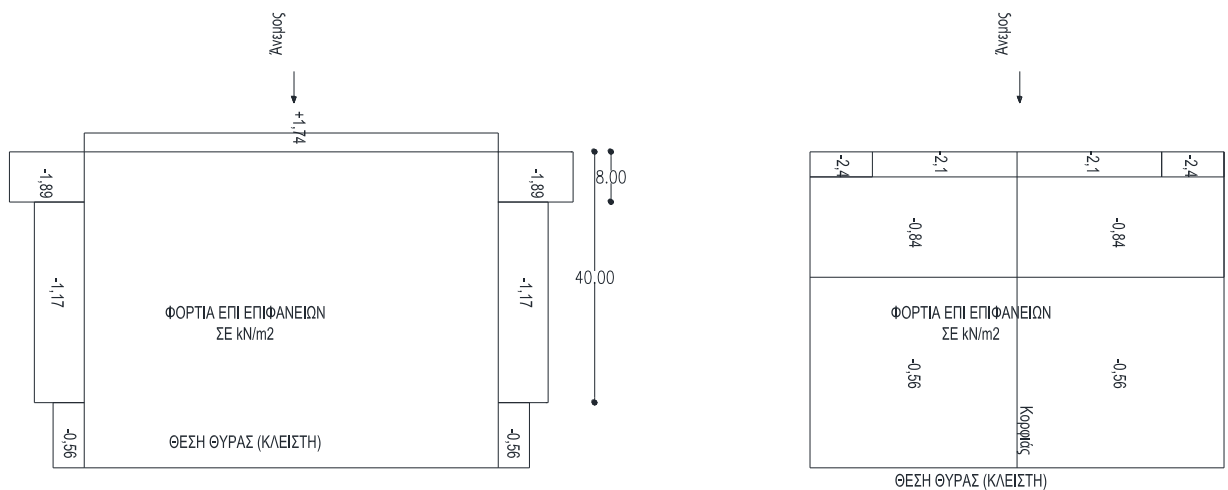


Σχήμα 2.15: Τελικές πιέσεις επί κατακορύφων τοίχων και της δικλινής στέγης για άνεμο παράλληλο προς τον z άξονα με θετική διεύθυνση με τη θύρα του υποστέγου ανοικτή

Το σύνολο των παραπάνω φορτίων εισάγονται στο στατικό μοντέλο του INSTANT ως γραμμικά επί των υποστυλωμάτων και των τεγίδων ονομάζοντας την περίπτωση φόρτισης «ANEMOS Z+ (AN)».

2.4.3.6 Άνεμος παράλληλα στον κορφιά ($\theta=-90^\circ$) με κλειστή τη θύρα

Σε αυτή την περίπτωση φόρτισης ο άνεμος πνέει από την όπισθεν πλευρά του υποστέγου, τη στιγμή που η θύρα είναι κλειστή. Η απόσταση e είναι ίση με $\min(b,2h)=\min(65, 2 \times 20)=40$ m. Το σύνολο των πιέσεων υπολογίζεται με την πιο πάνω αναλυτική μεθοδολογία. Για την παρούσα φόρτιση ο λόγος μ λήφθηκε ίσος με 0,75 και συνεπώς ο συντελεστής που εφαρμόζεται για τις εσωτερικές πιέσεις ίσος με -0.3. Από αυτά προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα πιέσεων.



Σχήμα 2.16: Τελικές πιέσεις επί κατακορύφων τοίχων και της δικλινής στέγης για άνεμο παράλληλο προς τον z άξονα με αρνητική διεύθυνση με τη θύρα του υποστέγου κλειστή

Το σύνολο των παραπάνω φορτίων εισάγονται στο στατικό μοντέλο του INSTANT ως γραμμικά επί των υποστυλωμάτων και των τεγίδων ονομάζοντας την περίπτωση φόρτισης «ANEMOS Z+ (ΚΛ)».

2.5 Φορτίο σεισμού

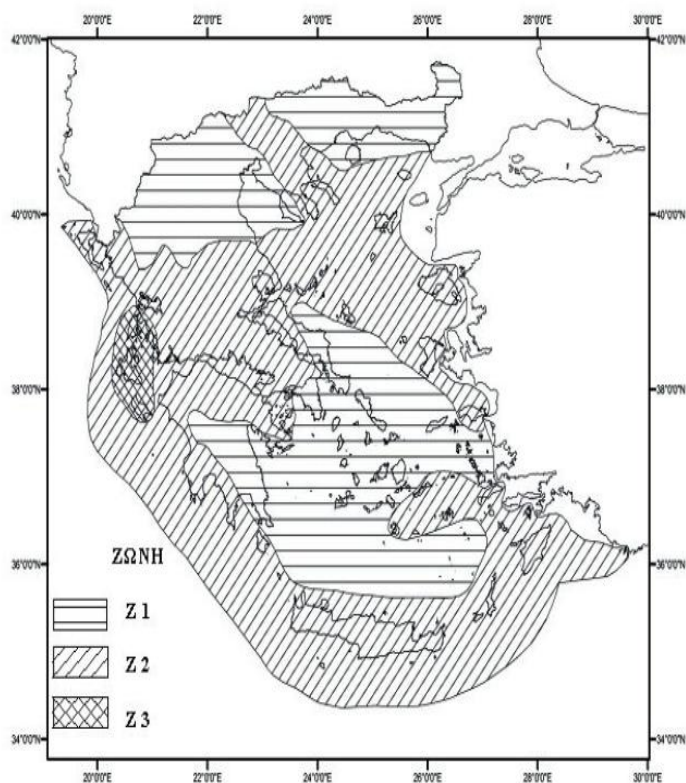
Σύμφωνα με την επιστήμη της Σεισμολογίας, σεισμός είναι η εδαφική δόνηση που γεννιέται κατά την παροδική διατάραξη της μηχανικής ισορροπίας των γήινων πετρωμάτων σε ορισμένο μέρος της στερεάς Γης, από φυσικά αίτια που βρίσκονται στο εσωτερικό της Γης.

2.5.1 Παράμετροι που σχετίζονται με την περιοχή και το έδαφος έδρασης της κατασκευής

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8, η Ελλάδα υποδιαιρείται από τις εθνικές αρχές σε σεισμικές ζώνες, ανάλογα με την τοπική επικινδυνότητα ενώ υποτίθεται ότι μέσα σε κάθε ζώνη η επικινδυνότητα είναι σταθερή. Στο παρακάτω σχήμα δίνεται ο χάρτης των τριών σεισμικών ζωνών Z1, Z2, Z3 που ισχύει για την Ελλάδα. Σε κάθε σεισμική ζώνη, ορίζεται μία τιμή αναφοράς a_{gR} , η οποία αντιστοιχεί στην τιμή αναφοράς της περιόδου επαναφοράς $T_{NCR}=475$ έτη, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα. Γι' αυτήν την τιμή αναφοράς της περιόδου επαναφοράς ορίζεται συντελεστής σπουδαιότητας γ_I ίσος με 1.00. Για τιμή της περιόδου επαναφοράς διαφορετική από την τιμή αναφοράς, η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού σε έδαφος τύπου A, a_g , είναι ίση με a_{gR} επί τον συντελεστή σπουδαιότητας γ_I ($a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$).

Πίνακας 2.8: Τιμές λόγου εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού προς την επιτάχυνση της βαρύτητας για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας

| Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας | a_{gR}/g |
|--------------------------------|------------|
| Z ₁ | 0,16 |
| Z ₂ | 0,24 |
| Z ₃ | 0,36 |



Σχήμα 2.17: Χάρτης σεισμικών περιοχών Ελλάδας

Με βάση και πάλι τον Ευρωκώδικα 8, οι κατασκευές χωρίζονται σε 4 κατηγορίες σπουδαιότητας, από όπου προκύπτει ο εφαρμοζόμενος αντίστοιχος συντελεστής. Η αντιστοίχιση κατηγορίας και συντελεστή σπουδαιότητας προκύπτει από τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.9: Τιμές συντελεστή σπουδαιότητας κατασκευής

| Κατηγορία σπουδαιότητας | | Συντελεστής σπουδαιότητας |
|-------------------------|---|---------------------------|
| I | Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, όπως αγροτικά οικήματα και αγροτικές αποθήκες, υπόστεγα, στάβλοι, βουστάσια, γουρουνοστάσια, ορνιθοτροφεία κλπ | 0,85 |
| II | Συνήθη κτίρια, όπως κατοικίες και γραφεία, βιομηχανικά βιοτεχνικά κτίρια, ξενοδοχεία (τα οποία δεν περιλαμβάνουν χώρους συνεδρίων), | 1,00 |

| | | |
|------------|---|-------------|
| | ξενώνες, οικοτροφεία, χώροι εκθέσεων, χώροι εστίασεως και ψυχαγωγίας, τράπεζες, ιατρεία, αγορές, υπεραγορές, εμπορικά κέντρα, καταστήματα, φαρμακεία, κούρεια, κομμωτήρια, ινστιτούτα γυμναστικής, βιβλιοθήκες, εργοστάσια, συνεργεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφεία, ξυλουργεία, εργαστήρια ερευνών, παρασκευαστήρια τροφίμων, καθαριστήρια, κέντρα μηχανογράφησης, αποθήκες, κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων, πρατήρια υγρών καυσίμων, ανεμογεννήτριες, γραφεία δημοσίων υπηρεσιών και τοπικής αυτοδιοίκησης που δεν εμπίπτουν στην κατηγορία IV κλπ. | |
| III | Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας, καθώς και κτίρια δημόσιων συναθροίσεων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου , όπως αίθουσες αεροδρομίων, χώροι συνεδρίων, κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες, εκπαιδευτικά κτίρια, αίθουσες διδασκαλίας, φροντιστήρια, νηπιαγωγεία, χώροι συναυλιών, αίθουσες δικαστηρίων, ναοί, χώροι αθλητικών συγκεντρώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι, κέντρα διασκέδασης, αίθουσες αναμονής επιβατών, ψυχιατρεία, ιδρύματα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ιδρύματα χρονίως πασχόντων, οίκοι ευγηρίας, βρεφοκομεία, βρεφικοί σταθμοί, παιδικοί σταθμοί, παιδότοποι, αναμορφωτήρια, φυλακές, εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού και αποβλήτων, κλπ. | 1,15 |
| IV | Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας , όπως κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, κλινικές, αγροτικά ιατρεία, υγειονομικοί σταθμοί, κέντρα υγείας, διυλιστήρια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, πυροσβεστικοί και αστυνομικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών από σεισμό. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας , όπως μουσεία, αποθήκες μουσείων, κλπ. | 1,30 |

Η κατάταξη των εδαφών επί των οποίων εδράζεται η κατασκευή παρουσιάζεται στο ν παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.10: Κατάταξη εδάφους θεμελίωσης κατασκευής

| Κατηγορία εδάφους | Περιγραφή στρωματογραφίας | Παράμετροι | | |
|-------------------|---|------------------|------------------------------|-------------|
| | | $v_{s,30}$ (m/s) | N_{SPT} (κρούσεις/30cm) | c_u (kPa) |
| A | Βράχος ή άλλος βραχώδης γεωλογικός σχηματισμός που περιλαμβάνει το πολύ 5 m ασθενέστερου επιφανειακού υλικού | >800 | - | - |
| B | Αποθέσεις πολύ πυκνής άμμου, χαλίκων, ή πολύ σκληρής αργίλου πάχους τουλάχιστον αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος | 360 - 800 | >50 | >250 |

| | | | | |
|----------------------|--|----------------------|---------|----------|
| C | Βαθείς αποθέσεις πυκνής ή μέτριας πυκνής άμμου, χαλίκων ή σκληρής αργίλου πάχους από δεκάδες έως αρκετές εκατοντάδες μέτρων | 180-360 | 15 - 50 | 70 – 250 |
| D | Αποθέσεις χαλαρών έως μετρίως χαλαρών μη συνεκτικών υλικών (με ή χωρίς κάποια μαλακά στρώματα συνεκτικών υλικών) ή κυρίως μαλακά έως μετρίως σκληρά συνεκτικά υλικά | <180 | <15 | <70 |
| E | Εδαφική τομή που αποτελείται από ένα επιφανειακό στρώμα ίλλους με τιμή v_s κατηγορίας C ή D και πάχους που ποικίλει μεταξύ περίπου 5 m και 20 m με υπόστρωμα από πιο σκληρό υλικό με $v_s > 800$ m/s | | | |
| S₁ | Αποθέσεις που αποτελούνται, ή που περιέχουν ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον 10 m μαλακών αργίλων/ιλών με υψηλό δείκτη πλαστικότητας ($PI > 40$) και υψηλή περιεκτικότητα σε νερό | <100 (ενδεικτικό) | - | 10 – 20 |
| S₂ | Στρώματα ρευστοποιήσιμων εδαφών ευαίσθητων αργίλων, ή οποιαδήποτε άλλη εδαφική τομή που δεν περιλαμβάνεται στους τύπους A – E ή S ₁ | | | |

Η παραδοχή κατάταξης του εδάφους στην αντίστοιχη κατηγορία θα βασιστεί σε πραγματικά στοιχεία που προκύπτουν από γεωτεχνικές μελέτες που έχουν κατά καιρούς πραγματοποιηθεί στο χώρο του αεροδρομίου της Ελευσίνας για την κατασκευή οικοδομικών έργων αλλά και οδοποιίας. Έτσι με βάση αυτά τα στοιχεία έχει προκύψει ότι το έδαφος αποτελείται από στρώσεις πολύ σκληρής αργίλου και άμμου, ενώ συναρτήσει του βάθους παρουσιάζεται εμφανής βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων.

Επιλογή παραμέτρων

Δεδομένου ότι το υπόστεγο το οποίο μελετάται πρόκειται να κατασκευαστεί στην περιοχή της Ελευσίνας, η οποία ανήκει στην ζώνη επικινδυνότητας Z2, εκλέγεται ως εδαφική επιτάχυνση, α_{gR} , 0,24g. (Πίνακας 2.8 και Σχήμα 2.17)

Με βάση την ανάλυση των κατασκευών που παρουσιάζεται στον πίνακα 2.9 η κατηγορία σπουδαιότητας του κτιρίου είναι η II και συνεπώς ο αντίστοιχος συντελεστής $\gamma_I=1,00$.

Το έδαφος, για την παρούσα εργασία θα θεωρηθεί ότι κατατάσσεται στην κατηγορία Β.

Η επιλογή της μορφής του ελαστικού φάσματος απόκρισης που χρησιμοποιείται σε κάθε χώρα που έχει υιοθετήσει την χρήση του Ευρωκώδικα 8 για την περιγραφή των σεισμικών δράσεων, περιγράφεται στο εκάστοτε Εθνικό Προσάρτημα του Ευρωκώδικα. Έτσι για το σύνολο των περιοχών της Ελληνικής επικράτειας, το Εθνικό Προσάρτημα του Ευρωκώδικα 8, προβλέπει την χρήση φάσματος ελαστικής απόκρισης τύπου 1. Οι τιμές των παραμέτρων του υπόψη φάσματος εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα, σε σχέση με την κατηγορία του εδάφους.

Πίνακας 2.11: Παράμετροι φάσματος ελαστικής απόκρισης τύπου 1 ανά κατηγορία εδάφους

| Κατηγορία εδάφους | $T_B(\text{sec})$ | $T_C(\text{sec})$ | $T_D(\text{sec})$ | S |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| A | 0,15 | 0,40 | 2,50 | 1,00 |
| B | 0,15 | 0,50 | 2,50 | 1,20 |
| C | 0,20 | 0,60 | 2,50 | 1,15 |
| D | 0,20 | 0,80 | 2,50 | 1,35 |
| E | 0,15 | 0,50 | 2,50 | 1,40 |

2.5.2 Παράμετροι που σχετίζονται με την κατασκευή

Για να αποφευχθεί η εκτέλεση πλήρως ανελαστικής ανάλυσης στην μελέτη, η ικανότητα του φορέα για απόδοση ενέργειας, κυρίως μέσω της πλάστιμης συμπεριφοράς των στοιχείων του ή και άλλων μηχανισμών, λαμβάνεται υπόψη με εκτέλεση ελαστικής ανάλυσης βασισμένης σε φάσμα απόκρισης μειωμένο σε σχέση με το ελαστικό, που ονομάζεται εφεξής «φάσμα σχεδιασμού». Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του συντελεστή συμπεριφοράς q .

Ο δείκτης συμπεριφοράς q εισάγει τη μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς, σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε ελαστικό σύστημα, εκφράζει δε γενικά την ικανότητα ενός δομικού συστήματος να απορροφά ενέργεια μέσω πλάστιμης συμπεριφοράς ορισμένων μελών του, χωρίς να μειώνεται δραστικά η αντοχή του. Οι

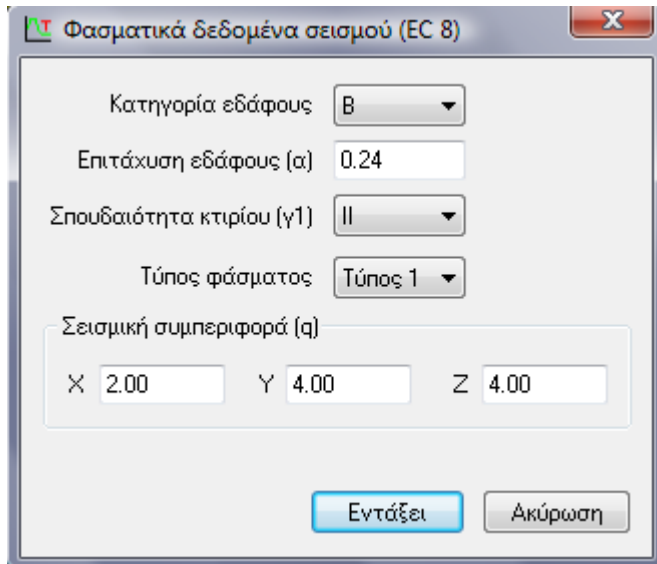
τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς, που περιλαμβάνουν επίσης την επιρροή ιξώδους απόσβεσης διαφορετικής από 5%, δίνονται για διάφορα υλικά και στατικά συστήματα σε εξάρτηση από τις σχετικές κατηγορίες πλαστιμότητας στα διάφορα μέρη του Ευρωκώδικα 8. Η τιμή του q ορίζεται, γενικά, για όλη την κατασκευή. Σε περιπτώσεις, που είναι και οι συνήθειες, κατασκευής κτιρίων από το ίδιο υλικό σε όλα τα επίπεδα και με ορθογωνική διάταξη των κατακόρυφων στοιχείων δυσκαμψίας, η τιμή του q ορίζεται για κάθε κύρια διεύθυνση του δομήματος με το αντίστοιχο δομικό σύστημα. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ανώτερες οριακές τιμές των συντελεστών συμπεριφοράς που προτείνει ο Ευρωκώδικας 8 ανάλογα με το δομικό σύστημα. Σημειώνεται ότι οι συγκεκριμένοι συντελεστές χρησιμοποιούνται για κτίρια κανονικά σε όψη.

Πίνακας 2.12: Τιμές συντελεστή συμπεριφοράς ανά είδος κατασκευής

| ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ | ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ | |
|--|-------------------------|-------------------------|
| | ΜΕΣΗ (ΚΙΜ) | ΥΨΗΛΗ (ΚΙΥ) |
| α) Πλαίσια παραλαβής ροπών | 4 | $5 \alpha_u / \alpha_1$ |
| β) Πλαίσια με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα: | | |
| - Διαγώνιοι σύνδεσμοι | 4 | 4 |
| - Σύνδεσμοι μορφής V | 2 | 2,5 |
| γ) Πλαίσια με έκκεντρος συνδέσμους | 4 | $5 \alpha_u / \alpha_1$ |
| δ) Αντεστραμμένο εκκρεμές | 2 | $2 \alpha_u / \alpha_1$ |
| ε) Συστήματα με πυρήνες από σκυρόδεμα ή τοιχώματα από σκυρόδεμα | Βλέπε κεφάλαιο 5 | |
| στ) Πλαίσιο παραλαβής ροπών με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα | 4 | $4 \alpha_u / \alpha_1$ |
| ζ) Πλαίσια παραλαβής ροπών με τοιχοπληρώσεις | | |
| - Ασύνδετες τοιχοπληρώσεις από σκυρόδεμα ή τοιχοποιία σε επαφή με το πλαίσιο | 2 | 2 |
| - Συνδεδεμένες τοιχοπληρώσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα | Βλέπε κεφάλαιο 7 | Βλέπε κεφάλαιο 7 |
| - Τοιχοπληρώσεις μεμονομένες έναντι του πλαισίου | 4 | $5 \alpha_u / \alpha_1$ |

Με βάση τα παραπάνω επιλέχθηκε συντελεστής συμπεριφοράς $q=4$ στην διεύθυνση παράλληλη με το κορφιά του υποστέγου (κάθετα στην πλαισιακή λειτουργία) και $q=2$ στην διεύθυνση των πλαισίων. Επιπλέον ο συντελεστής απόσβεσης, ζ , λήφθηκε ίσος με 3%.

Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζονται ο τρόπος εισαγωγής όλων των παραπάνω στο πρόγραμμα INSTANT, ώστε να προσομοιωθεί η φόρτιση του σεισμού στην κατασκευή που μελετάται.



Σχήμα 2.18: Εισαγωγή φασματικών δεδομένων σεισμού σύμφωνα με τον EC8 στο λογισμικό INSTANT

2.5.3 Μέθοδοι ανάλυσης

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του φορέα του κτιρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας από τους ακόλουθους δύο τύπους γραμμικής ελαστικής ανάλυσης:

- η «μέθοδος ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης» (δεν απαιτείται ιδιομορφική ανάλυση, αλλά στηρίζεται σε προσεγγιστική θεώρηση μόνον της θεμελιώδους ιδιομορφικής ταλάντωσης)
- η «ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης» (πλήρης ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος, υπολογισμός μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ιδιομορφή ταλάντωσης και τέλος ιδιομορφική επαλληλία μέγιστων ιδιομορφικών αποκρίσεων), η οποία και χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα INSTANT.

2.5.3.1 Ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης

Η ανάλυση αυτή λαμβάνει υπόψη την απόκριση όλων των ιδιομορφών ταλάντωσης που συμβάλλουν σημαντικά στη συνολική απόκριση. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσες ιδιομορφές ταλάντωσης ώστε να μπορεί να αποδειχθεί οποιαδήποτε από τις δύο ακόλουθες συνθήκες:

- Το άθροισμα των δρωσών ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που λαμβάνονται υπόψη είναι τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας του φορέα.

- Λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιομορφές με δράσες ιδιομορφικές μάζες μεγαλύτερες από το 5% της συνολικής μάζας.

2.6 Συνδυασμοί φορτίσεων

Για τον υπολογισμό της εντατικής κατάστασης του δομήματος που αναπτύσσεται κατά την δράση των φορτίσεων (μόνιμων ή όχι) καταστρώνεται μία σειρά από συνδυασμούς μεταξύ αυτών.

Για κάθε έναν από τους συνδυασμούς, που παρακάτω παρουσιάζονται, θα πρέπει να γίνει έλεγχος ώστε να διαπιστωθεί εάν παραβιάζεται κάποια από τις οριακές καταστάσεις. Ως οριακή κατάσταση ορίζεται εκείνη η κατάσταση πέραν από την οποία ο φορέας ή τμήμα του δεν ικανοποιεί πλέον τα κριτήρια σχεδιασμού του. Οι οριακές καταστάσεις έναντι των οποίων γίνονται οι εκάστοτε έλεγχοι είναι:

- Οριακή Καταστάση Λειτουργικότητας (Serviceability Limit States – SLS), η οποία συνδέεται με συνθήκες πέραν από τις οποίες δεν τηρούνται πλέον οι καθοριζόμενες λειτουργικές απαιτήσεις για το φορέα συνολικά ή για κάθε μέλος ξεχωριστά.
- Οριακή Καταστάση Αστοχίας (Ultimate Limit States – ULS), η οποία συνδέεται με συνθήκες πέραν από τις οποίες επέρχεται είτε ολική αστοχία (κατάρρευση) του φορέα είτε μερική αστοχία κάποιου τμήματός του.

Η προσέγγιση των παραπάνω οριακών καταστάσεων γίνεται με κατάστρωση των συνδυασμών δράσεων των φορτίων με χρήση επιμέρους συντελεστών ασφαλείας και συντελεστών συνδυασμού ψ . Εν συνεχεία, γίνεται σύγκριση μεταξύ των προκύπτοντων δράσεων, που ονομάζονται δράσεις σχεδιασμού, με την αντίστοιχη αντοχή του μέλους του φορέα. Στην γενική μορφή της η σύγκριση παίρνει τη μορφή:

$$E_d \leq R_d,$$

όπου E_d , η τιμή σχεδιασμού της εκάστοτε δράσης και R_d , η αντίστοιχη αντοχή.

Φυσικά αντίστοιχης μορφής ανισωτικοί έλεγχοι γίνονται και για μεγέθη που επηρεάζουν τη λειτουργικότητα του φορέα, π.χ. γίνεται έλεγχος μεταξύ της μετακίνησης ενός σημείου που προκύπτει από κάποια δράση σχεδιασμού σε σχέση με τη ανώτατη επιτρεπόμενη.

Οι συντελεστές ασφαλείας για την κατάστρωση συνδυασμών σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1 είναι:

Πίνακας 2.13: Συντελεστές ασφαλείας σύμφωνα με τον EC1

| | Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας | | Οριακή κατάσταση αστοχίας | |
|---|-----------------------------------|---------|---------------------------|---------|
| | Είδος επίδρασης | | Είδος επίδρασης | |
| | Δυσμενής | Ευμενής | Δυσμενής | Ευμενής |
| Μόνιμα φορτία (γ_g) | 1,0 | 1,0 | 1,35 | 1,0 |
| Μεταβλητά φορτία (γ_Q) | 1,0 | 0 | 1,5 | 0 |

Θεωρώντας ο Ευρωκώδικας 1 ότι πιθανότητα χρονικής σύμπτωσης των μέγιστων τιμών των μεταβλητών δράσεων είναι αρκετά μικρή εισάγει στους θεωρούμενους συνδυασμούς απομειωτικούς συντελεστές των δράσεων ψ . Οι προτεινόμενες τιμές των συντελεστών ψ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.14: Τιμές απομειωτικών συντελεστών ψ

| Δράσεις | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|--|----------|----------|----------|
| Μεταβλητά επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια | | | |
| Κατηγορία A: Κατοικίες | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Κατηγορία B: Γραφεία | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Κατηγορία C: Επιφάνειες συνάθροισης | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Κατηγορία D: Καταστήματα | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Κατηγορία E: Αποθηκευτικοί χώροι | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Κατηγορία F: Χώροι κυκλοφορίας οχημάτων $\leq 30\text{kN}$ | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Κατηγορία G: Χώροι κυκλοφορίας οχημάτων $\leq 160\text{kN}$ | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Κατηγορία H: Οροφές | 0 | 0 | 0 |
| Φορτία χιονιού σε κτίρια | | | |
| Φινλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που έχουν υψόμετρο $> 1000\text{ m}$ | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που έχουν υψόμετρο $\leq 1000\text{ m}$ | 0,5 | 0,2 | 0 |
| Φορτία ανέμου σε κτίρια | | | |
| Σύνολο των κτιρίων | 0,6 | 0,5 | 0 |
| Θερμοκρασία σε κτίρια (πλην περιπτώσεων πυρκαγιάς) | | | |
| Σύνολο των κτιρίων | 0,6 | 0,5 | 0 |

Έτσι, με βάση τα παραπάνω και δεδομένου ότι στο φορέα έχουν εισαχθεί τα εξής είδη φορτίων:

- Μόνιμα (Ίδιο βάρος φορέα, Φορτία επιστέγασης, Βάρος μηκίδων και Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός).
- Φορτίο χιονιού
- Φορτίο ανέμου (τέσσερις διακριτές περιπτώσεις)
- Φορτίο σεισμού

προκύπτουν οι παρακάτω συνδυασμοί φορτίσεων έναντι των οποίων θα γίνει και η τελική διαστασιολόγηση της κατασκευής.

Πίνακας 2.15: Συνδυασμοί φορτίσεων

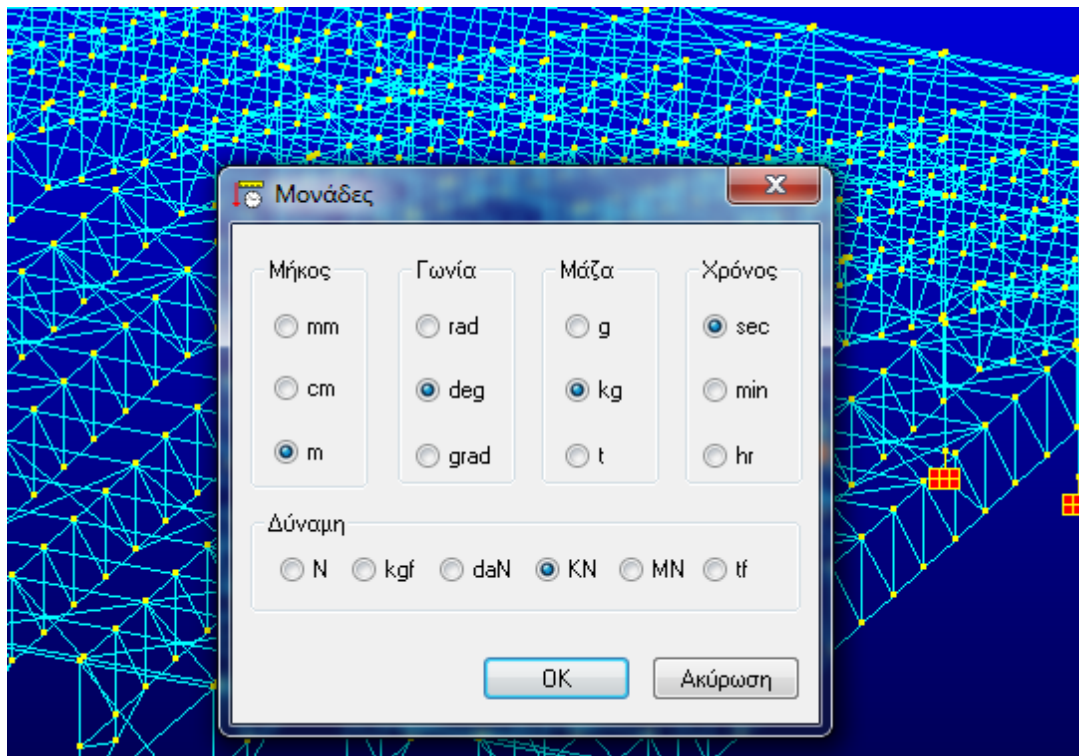
| Όνομα συνδυασμού | |
|------------------|--|
| SLS01 | Μόνιμα + ANEMOS X+ (ΚΛ) |
| SLS02 | Μόνιμα + ANEMOS X+ (AN) |
| SLS03 | Μόνιμα + ANEMOS Z- (ΚΛ) |
| SLS04 | Μόνιμα + ANEMOS Z- (AN) |
| SLS05 | Μόνιμα + ΧΙΟΝΙ |
| SLS06 | Μόνιμα + 0,9ΧΙΟΝΙ+0,9ANEMOS X+(ΚΛ) |
| SLS07 | Μόνιμα + 0,9ΧΙΟΝΙ+0,9ANEMOS X+(AN) |
| SLS08 | Μόνιμα + 0,9ΧΙΟΝΙ+0,9ANEMOS Z-(ΚΛ) |
| SLS09 | Μόνιμα + 0,9ΧΙΟΝΙ+0,9ANEMOS Z-(AN) |
| SLS10 | Μόνιμα + 0,9ANEMOS X+ (ΚΛ) |
| SLS11 | Μόνιμα + 0,9ANEMOS X+ (AN) |
| SLS12 | Μόνιμα + 0,9ANEMOS Z- (ΚΛ) |
| SLS13 | Μόνιμα + 0,9ANEMOS Z- (AN) |
| ULS01 | 1,35Μόνιμα + 1,5ANEMOS X+ (ΚΛ) |
| ULS02 | 1,35Μόνιμα + 1,5ANEMOS X+ (AN) |
| ULS03 | 1,35Μόνιμα + 1,5ANEMOS Z- (ΚΛ) |
| ULS04 | 1,35Μόνιμα + 1,5ANEMOS Z- (AN) |
| ULS05 | 1,35Μόνιμα + 1,5ΧΙΟΝΙ |
| ULS06 | 1,35Μόνιμα + 1,35ΧΙΟΝΙ+1,35ANEMOS X+(ΚΛ) |
| ULS07 | 1,35Μόνιμα + 1,35ΧΙΟΝΙ+1,35ANEMOS X+(AN) |
| ULS08 | 1,35Μόνιμα + 1,35ΧΙΟΝΙ+1,35ANEMOS Z-(ΚΛ) |
| ULS09 | 1,35Μόνιμα + 1,35ΧΙΟΝΙ+1,35ANEMOS Z-(AN) |
| ULS10 | 1,35Μόνιμα +1,35ANEMOS X+(ΚΛ) |

| | |
|----------|--------------------------------|
| ULS11 | 1,35Μόνιμα +1,35ΑΝΕΜΟΣ X+(ΑΝ) |
| ULS12 | 1,35Μόνιμα +1,35ΑΝΕΜΟΣ Z-(ΚΛ) |
| ULS13 | 1,35Μόνιμα +1,35ΑΝΕΜΟΣ Z-(ΑΝ) |
| ULS14 | Μόνιμα + 1,5ΑΝΕΜΟΣ X+ (ΚΛ) |
| ULS15 | Μόνιμα + 1,5ΑΝΕΜΟΣ X+ (ΑΝ) |
| ULS16 | Μόνιμα + 1,5ΑΝΕΜΟΣ Z- (ΚΛ) |
| ULS17 | Μόνιμα + 1,5ΑΝΕΜΟΣ Z- (ΑΝ) |
| ULS18 | Μόνιμα + 1,35ΑΝΕΜΟΣ X+ (ΚΛ) |
| ULS19 | Μόνιμα + 1,35ΑΝΕΜΟΣ X+ (ΑΝ) |
| ULS20 | Μόνιμα + 1,35ΑΝΕΜΟΣ Z- (ΚΛ) |
| ULS21 | Μόνιμα + 1,35ΑΝΕΜΟΣ Z- (ΑΝ) |
| ULS22 | Μόνιμα + 0,3ΧΙΟΝΙ + Earthquake |
| ULA01-64 | |

3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

3.1 Εισαγωγή γεωμετρίας υλικών και διατομών

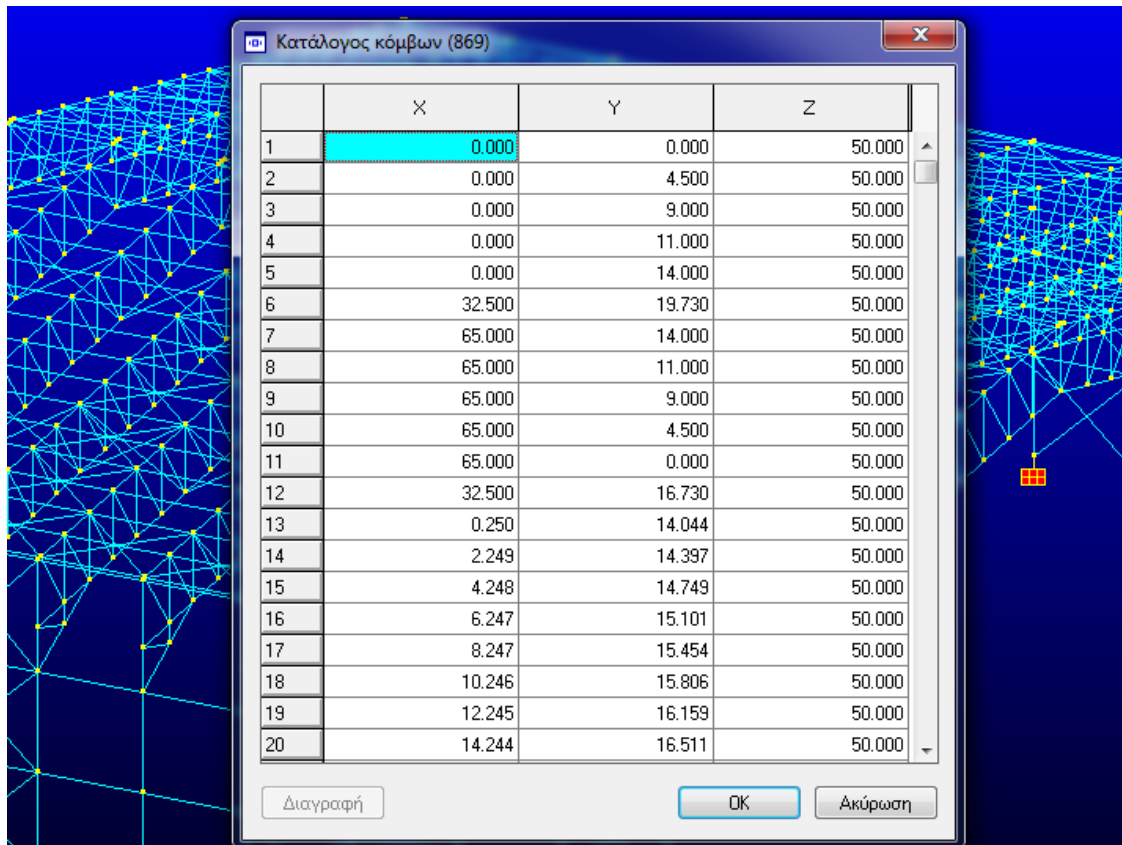
Προτού εκκινήσει η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων στο περιβάλλον του προγράμματος επιλέγονται οι μονάδες στις οποίες επιθυμεί ο χρήστης να δουλέψει. Εν προκειμένω έχουν επιλεγεί για μονάδα μήκους το μέτρο (m), για μονάδα γωνίας η μοίρα (deg) και για μονάδα δύναμης το kN.



Σχήμα 3.1: Καθορισμός μονάδων μέτρησης

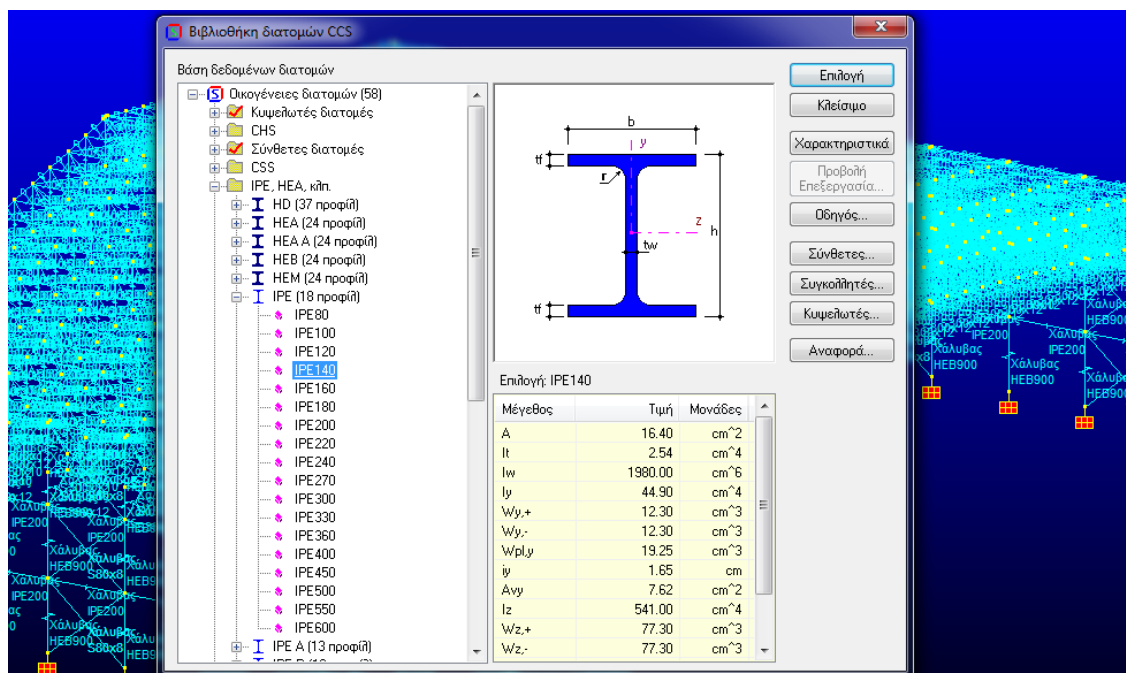
Εν συνεχεία ορίζονται οι συντεταγμένες των κόμβων οι οποίοι θα είναι οι αρχή και το τέλος του κάθε στοιχείου.

Τονίζεται ότι το πρόγραμμα προσφέρει τη δυνατότητα αναπαραγωγής φορέων, έτσι είναι δυνατή η σχεδίαση ενός πλαισίου και η εν συνεχεία αναπαραγωγή του. παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος εισαγωγής των κόμβων.



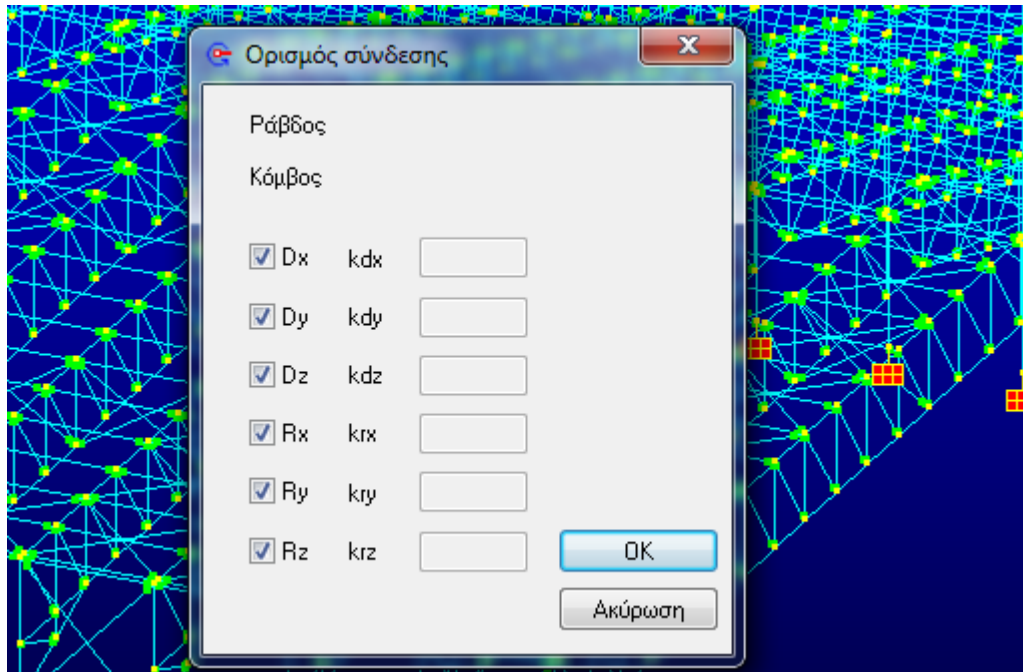
Σχήμα 3.2: Εισαγωγή συντεταγμένων κόμβων του φορέα

Μετά τον ορισμό των κόμβων ορίζονται τα στοιχεία που αποτελούν το φορέα και επιλέγεται το υλικό κατασκευής τους, η πρότυπη διατομή στην οποία αντιστοιχούν καθώς και ενδεχόμενο άλλο χαρακτηριστικό όπως γωνία βήτα.

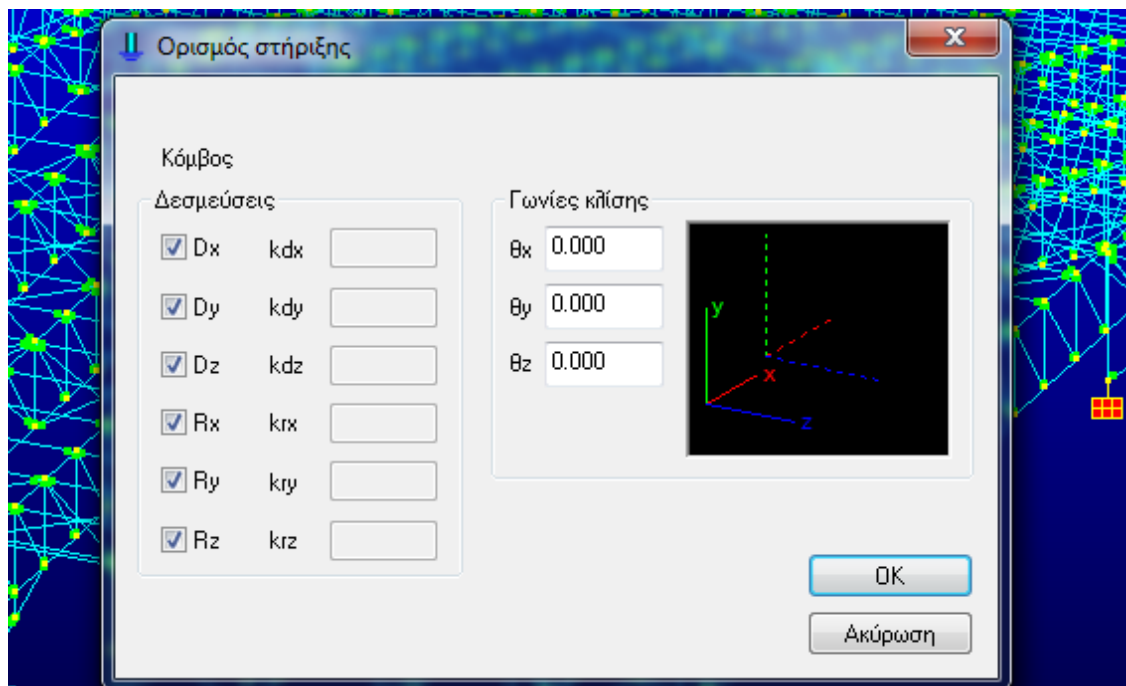


Σχήμα 3.3: Επιλογή διατομής για τα στοιχεία του φορέα

Το επόμενο στάδιο αφορά στην εισαγωγή εκείνων των δεδομένων που αφορούν τόσο στο τρόπο σύνδεσης των στοιχείων μεταξύ τους, όσο και την έδραση των υποστυλωμάτων επί της θεμελίωσης.



Σχήμα 3.4: Καθορισμός βαθμών ελευθερίας σύνδεσης μεταξύ δύο στοιχείων του φορέα.



Σχήμα 3.5: Καθορισμός βαθμών ελευθερίας έδρασης υποστυλώματος επί της θεμελίωσης

3.2 Εισαγωγή εξωτερικών δράσεων

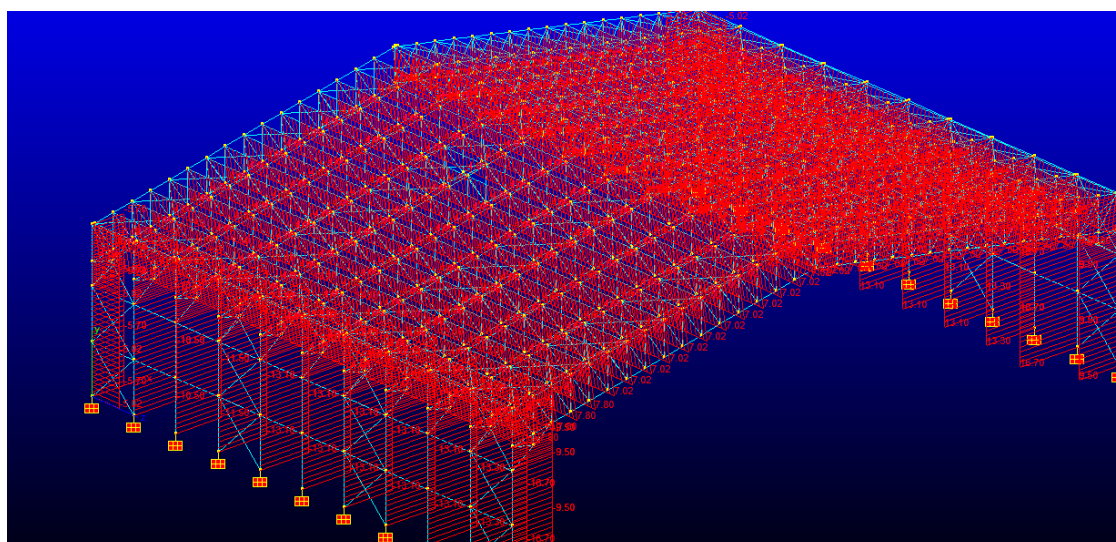
Έχοντας ολοκληρώσει τον συνολικό φορέα, προχωρούμε στην επιβολή σε αυτόν του συνόλου των εξωτερικών φορτίων. Για τον σκοπό αυτό αρχικά ορίζουμε, ονοματίζοντας, τη κάθε δράση (π.χ. ίδιο βάρος, χιόνι κλπ), χαρακτηρίζουμε το φορτίο ως μόνιμο, ωφέλιμο και επιβάλλουμε τις δράσεις επί των στοιχείων ή των κόμβων. Στην παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζεται ενδεικτικά ο τρόπος εισαγωγής των υπόψη δεδομένων



| | Όνομα | Τύπος | Χρήση | Συντ. Μάζας μm^2 |
|---|----------------|----------|-------|-----------------------------|
| 1 | ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ | G | | 1.000 |
| 2 | ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ | G | | 1.000 |
| 3 | ΒΑΡΟΣ ΜΗΚΩΔΩΝ | G | | 1.000 |
| 4 | Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ | G | | 1.000 |
| 5 | ΧΙΟΝΙ | S | T6 | 0.300 |
| 6 | ΑΝΕΜΟΣ X+ (ΚΛ) | W_{x+} | | 0.000 |
| 7 | ΑΝΕΜΟΣ X+ (ΑΝ) | W_{x-} | | 0.000 |
| 8 | ΑΝΕΜΟΣ Z- (ΑΝ) | W_{z-} | | 0.000 |
| 9 | ΑΝΕΜΟΣ Z+ (ΑΝ) | W_{z+} | | 0.000 |

ΥΠΟΜΝΗΜΑ
Τύπος:
G: Μόνιμα φορτία.
S: Διείλεσεις

Σχήμα 3.6: Ορισμός περιπτώσεων φορτίσεων και τύπου αυτών

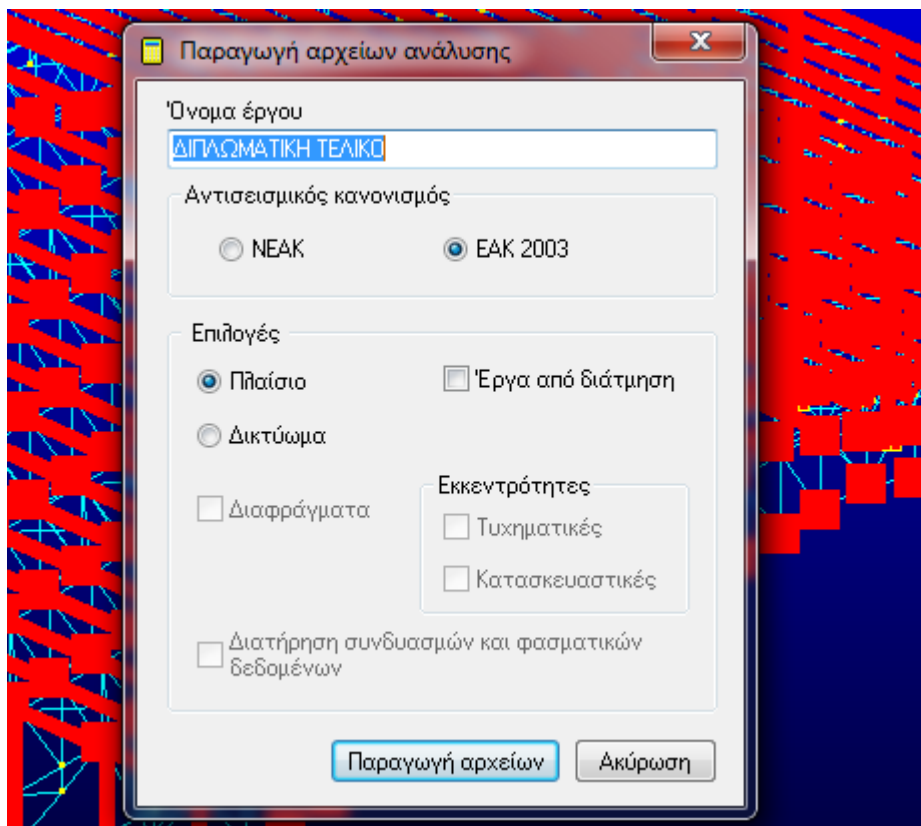


Σχήμα 3.7: Ενδεικτική εποπτεία περίπτωσης φόρτισης (ΑΝΕΜΟΣ Z- (ΑΝ))

Πλέον ο φορέας είναι έτοιμος προς ανάλυση από το πρόγραμμα.

3.3 Ανάλυση φορέα

Προκειμένου να προχωρήσουμε στην ανάλυση του φορέα ζητούμε από το πρόγραμμα να προβεί στην επίλυση του φορέα, με δεδομένα τη γεωμετρία, τα στοιχεία και τις εξωτερικές δράσεις, όπως έχουν οριστεί σε προγενέστερο στάδιο. Στο παρόν στάδιο, το λογισμικό προχωρά στην επίλυση του φορέα για κάθε εξωτερική δράση ξεχωριστά θεωρώντας ότι δρα αποκλειστικά επί αυτού.

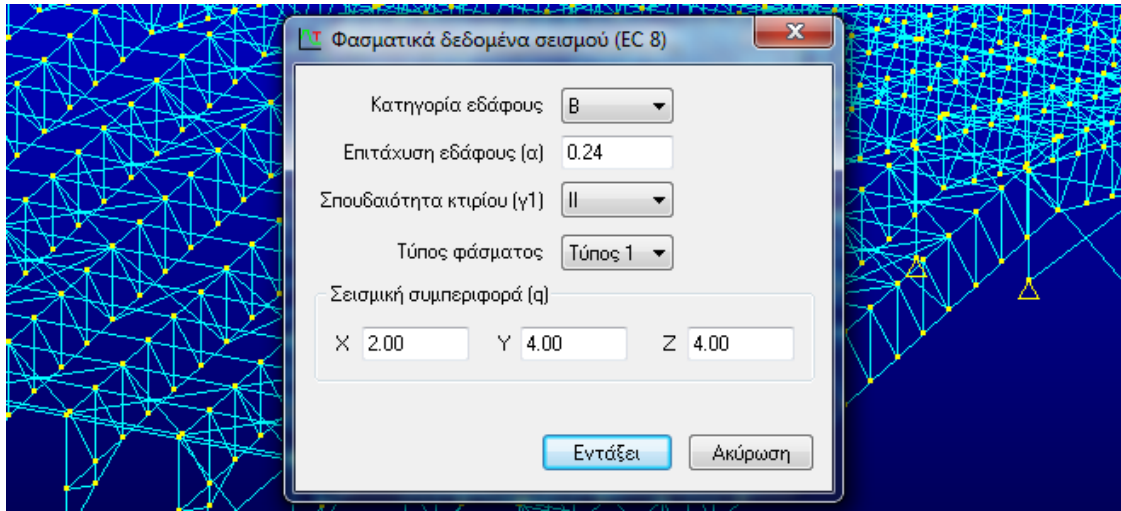


Σχήμα 3.8: Παραγωγή αρχείου ανάλυσης

Εν συνεχεία το πρόγραμμα ζητά τον καθορισμό των δεδομένων που αντιστοιχούν στην φασματική ανάλυση.

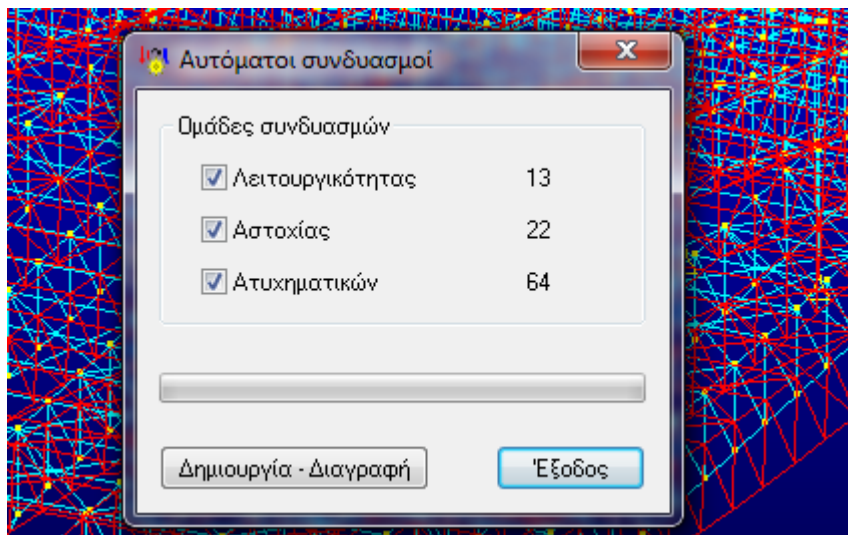
Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τα τυποποιημένα στοιχεία που αντιστοιχούν τόσο στον Ευρωκώδικα 8, όσο και στον ΕΑΚ. Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα να δημιουργηθούν από το χρήστη ιδιαίτερα στοιχεία.

Στον παρόντα φορέα επιλέχθηκε η επίλυση με βάση τις απαιτήσεις του Ευρωκώδικα 8.



Σχήμα 3.9: Εισαγωγή φασματικών δεδομένων σεισμού

Εν συνεχεία ζητείται από το πρόγραμμα να δημιουργήσει τους συνδυασμούς δράσεων σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.



Σχήμα 3.10: Δημιουργία αυτόματων συνδυασμών

Σε αυτό το σημείο το λογισμικό δημιουργεί το σύνολο των συνδυασμών των δράσεων. Ο μελετητής σε αυτό το σημείο έχει τη δυνατότητα να ελέγξει τους δημιουργούμενους συνδυασμούς, προχωρώντας είτε στην διαγραφή κάποιων από αυτούς είτε ακόμα και στην τροποποίησή τους. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον μελετητή να ελέγξει τον φορέα σε καταστάσεις αστοχίας πέραν αυτών που περιγράφονται στους κανονισμούς.

3.4 Παραγωγή αναφορών

Έχοντας το πρόγραμμα προχωρήσει τόσο σε επίλυση του φορέα όσο και σε δημιουργία των απαραίτητων συνδυασμών δράσεων, είναι σε θέση να παρέχει αποτελέσματα που αφορούν σε αναπτυσσόμενα εντατικά μεγέθη αλλά και μετατοπίσεις κόμβων.

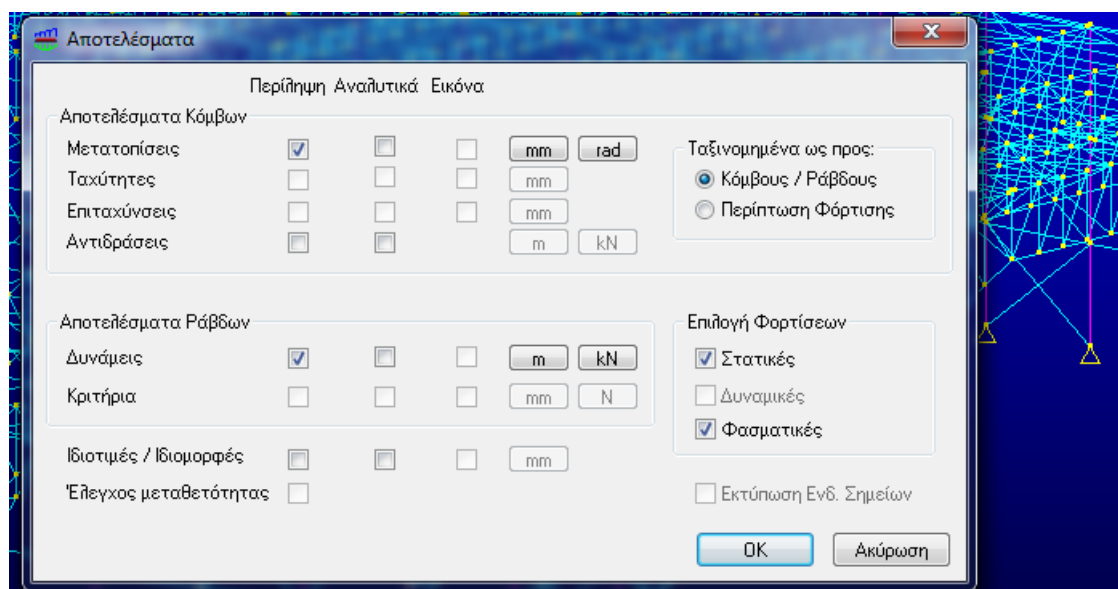
Αυτή τη δυνατότητα ο μελετητής μπορεί να την χρησιμοποιήσει για δύο λόγους:

- Την εξακρίβωση ποια στοιχεία του φορέα, αναπτύσσουν τη δυσμενέστερη εντατική κατάσταση, ώστε να είναι αυτά τα οποία θα ελεγχθούν,
- Την εξακρίβωση εάν τα προκύπτοντα βέλη που αναπτύσσουν τα στοιχεία είναι εντός των κανονισμών, αναφορικά με τις απαιτήσεις λειτουργικότητας κάθε δομήματος.

Έτσι, επιλέγοντας το είδος του στοιχείου που είναι προς εξέταση (π.χ. υποστυλώματα) και τα ζητούμενα στοιχεία (π.χ. δυνάμεις ράβδων), μπορεί να συνταχθεί μία αναφορά η οποία να οδηγεί τον μελετητή:

- Στην αλλαγή των διατομών που έχει επιλέξει, λόγω μη ικανοποίησης των περιορισμών λειτουργίας
- Στον καθορισμό των ακριβών δράσεων που αναπτύσσονται σε κάθε στοιχείο.

Ως παράδειγμα των παραπάνω εμφανίζεται τόσο ο καθορισμός των παραμέτρων μιας αναφοράς, όσο και η ίδια αναφορά, όπως παρουσιάζεται από την αντίστοιχη υπορουτίνα του προγράμματος INSTANT.



Σχήμα 3.11: Καθορισμός είδους αποτελεσμάτων αναφοράς

| Περίληψη Δυνάμεων/Ροπών Ράβδων - Στατικές Φορτίσεις | | | | | | |
|---|-----------------------|------------------------|---------|----------|----------|-----------|
| | Fx (kN) | Fy (kN) | Fz (kN) | Mx (kNm) | My (kNm) | Mz (kNm) |
| Max Fx | Ράβδος: 445 564 | LC: ULA64 CMB -79.3 | 2.4 | 0.118 | -9.13 | -219 |
| Min Fx | Ράβδος: 173 -414 | LC: ULS17 CMB -367 | 0.0441 | 0.0226 | 0.0234 | -1.33e+03 |
| Max Fy | Ράβδος: 447 -128 | LC: ULS08 CMB 476 | -0.0624 | 0.00123 | 0.136 | 495 |
| Min Fy | Ράβδος: 468 -132 | LC: ULS08 CMB -477 | 0.0568 | -0.00125 | 0.162 | 497 |
| Max Fz | Ράβδος: 1482 -90.4 | LC: ULS16 CMB 92.8 | 26.2 | -0.0258 | 24.6 | -330 |
| Min Fz | Ράβδος: 1483 | LC: ULS16 CMB | | | | |

COMPUTER CONTROL SYSTEMS A.E., Λ. Κηφισίας 94-96, 151 25 Μαρούσι, Αθήνα
Τηλ. & Fax: +30-1-8023766, 8051730, 8063268, 8063247, 6143680, WEB: www.ccs.gr e-mail: info@ccs.gr

Σχήμα 3.12: Παράδειγμα αναφοράς αναπτυσσόμενων εντατικών μεγεθών

3.5 Έλεγχος διατομών - μελών

Από την προηγούμενη διαδικασία παραγωγής αναφορών, ο μελετητής έχει καταλήξει σε ποιες διατομές απαιτείται να χρησιμοποιήσει προκειμένου να επιτυγχάνονται οι απαιτήσεις λειτουργικότητας.

Με χρήση της υπορουτίνας του λογισμικού «Έλεγχος μελών» επιτυγχάνεται να ελεγχθεί εάν οι συνδυασμένες δράσεις που δρουν επί της κατασκευής προκαλούν ανάπτυξη εντατικών μεγεθών που μπορούν να αναληφθούν με ασφάλεια από τα στοιχεία του φορέα.

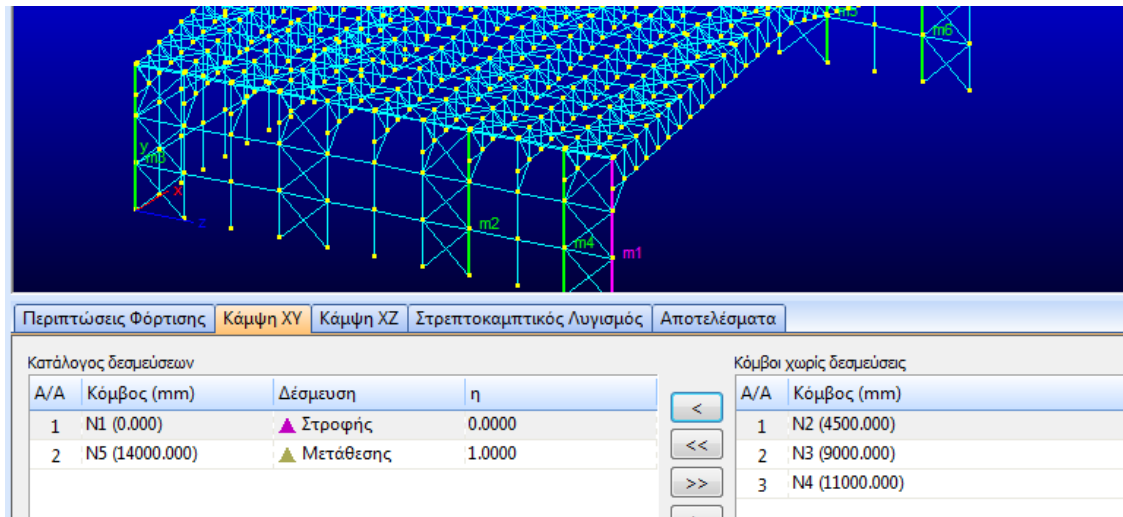
Προς τούτο, εντός του περιβάλλοντος της υπορουτίνας επιλέγονται τα προς έλεγχο στοιχεία, για τα οποία πρέπει να δηλωθεί η ποιότητα του υλικού τους (π.χ. S355).

Προκειμένου, να γίνει ο απαιτούμενος έλεγχος πρέπει να δοθούν τα κατάλληλα εκείνα στοιχεία, ώστε να προσομοιώνεται το πραγματικό μοντέλο του στοιχείου.

Έτσι, τα συγκεκριμένα στοιχεία αφορούν στις συνθήκες έδρασης και σύνδεσης των άκρων του στοιχείου, αλλά και στην ενδεχόμενη παρουσία κόμβου κατά μήκος αυτού στον οποίο να υπάρχει εξασφάλιση έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.

Ως παράδειγμα μπορεί να δοθεί το υποστύλωμα του φορέα ο οποίος παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, για το οποίο ισχύουν τα κάτωθι:

- Ο κάτω κόμβος του κάθε υποστυλώματος είναι εξασφαλισμένος έναντι στροφής στο επίπεδο XY και έναντι μετάθεσης στο επίπεδο XZ.
- Ο πάνω κόμβος του κάθε υποστυλώματος είναι εξασφαλισμένος έναντι μετάθεσης (και όχι στροφής) και στα δύο επίπεδα.
- Κατά μήκος του υποστυλώματος στις θέσεις όπου συντρέχουν με αυτό οι κεφαλοδοκοί, μπορεί με ασφάλεια να θεωρηθεί ότι είναι σημεία όπου υπάρχει εξασφάλιση έναντι μετάθεσης, με αποτέλεσμα να μειώνεται ουσιαστικά το μήκος λυγισμού.



Σχήμα 3.13: Καθορισμός χαρακτηριστικών μέλους προς ανάλυση

Η συγκεκριμένη υπορουτίνα προσφέρει τη δυνατότητα στον μελετητή να ελέγξει την επάρκεια ενός μέλους και μιας διατομής αποκλείοντας έναν ή και περισσότερους συνδυασμούς δράσεων. Αυτή η δυνατότητα σε συνδυασμό με τη σχηματική παρουσίαση των διαγραμμάτων αξονικών και τεμνουσών δυνάμεων και καμπτικών ροπών, επιτρέπει στον μελετητή να βελτιστοποιήσει την επιλογή των διατομών, προσφέροντας επαρκή εποπτεία επί των αναπτυχθέντων επιπονήσεων.

Μετά τον έλεγχο επάρκειας των διατομών και των μελών, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται πινακοποιημένα.

Στον πίνακα κάθε στήλη αντιστοιχεί σε ένα μέλος που ζητήθηκε να ελεγχθεί και περιλαμβάνει στοιχεία όπως:

- Τη διατομή του μέλους
- Τη μέγιστη – δυσμενέστερη τιμή χρήσης αυτού
- Την τάξη της διατομής
- Τους επιμέρους λόγους χρήσης του μέλους έναντι κάμψης, διάτμησης, εφελκυσμού και συνδυασμού αυτών
- Τον συνδυασμό δράσης στον οποίο εμφανίζεται η μεγαλύτερη επιπόνηση του μέλους.

| A/A | Ράβδος | Διατομή | Μέγιστη Τ... | Ταξή | K+A+Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | K+Θ | LTB K+Θ | LTB K+A | UF | Φόρτιση |
|-----|--------|---------|--------------|------|------------|------------|------------|------------|--------------|---------|--------------|-------|---------|
| 1 | m1 | HEB800 | 0.804 | 1 | 0.160 | 0.046 | 0.114 | 0.000 | 0.435 | 0.000 | 0.804 | 0.000 | ULS17 |
| 2 | m2 | HEB800 | 0.787 | 1 | 0.130 | 0.038 | 0.099 | 0.000 | 0.787 | 0.000 | 0.345 | 0.000 | ULS05 |
| 3 | m3 | HEB800 | 0.283 | 1 | 0.021 | 0.000 | 0.030 | 0.000 | 0.283 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULA01 |
| 4 | m5 | HEB800 | 0.787 | 1 | 0.130 | 0.019 | 0.099 | 0.000 | 0.787 | 0.000 | 0.345 | 0.000 | ULS05 |
| 5 | m4 | HEB800 | 0.789 | 1 | 0.155 | 0.029 | 0.141 | 0.000 | 0.432 | 0.000 | 0.789 | 0.000 | ULS17 |
| 6 | m6 | HEB800 | 0.789 | 1 | 0.155 | 0.029 | 0.140 | 0.000 | 0.431 | 0.000 | 0.789 | 0.000 | ULS17 |

Σχήμα 3.13: Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεσμάτων ελέγχου μελών

Εν συνεχεία ο μελετητής μπορεί να ζητήσει την παραγωγή και εξαγωγή από το πρόγραμμα αναφοράς των αποτελεσμάτων.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ : INSTANT - Copyright C.C.S. AE
 ΑΡΧΕΙΟ : ΥΠΟΕΤΥΛΩΜΑΤΑ
 ΕΡΓΟ :
 ΗΜ/ΝΙΑ :
 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ :
 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ : EN 1993.1.1 (2005)
 ΜΟΝΑΔΕΣ : [mm] [kN] [deg]

Επί μέρους συντελεστές ασφαλείας: EN 1993.1.1 (2005)
 $\gamma_{m0} = 1.000$, γ_{m1} τάξης 4 = 1.000, γ_{m1} λυγισμού = 1.000, $\gamma_{m2} = 1.250$, $\gamma_{mw} = 1.250$

Πίνακας αποτελεσμάτων

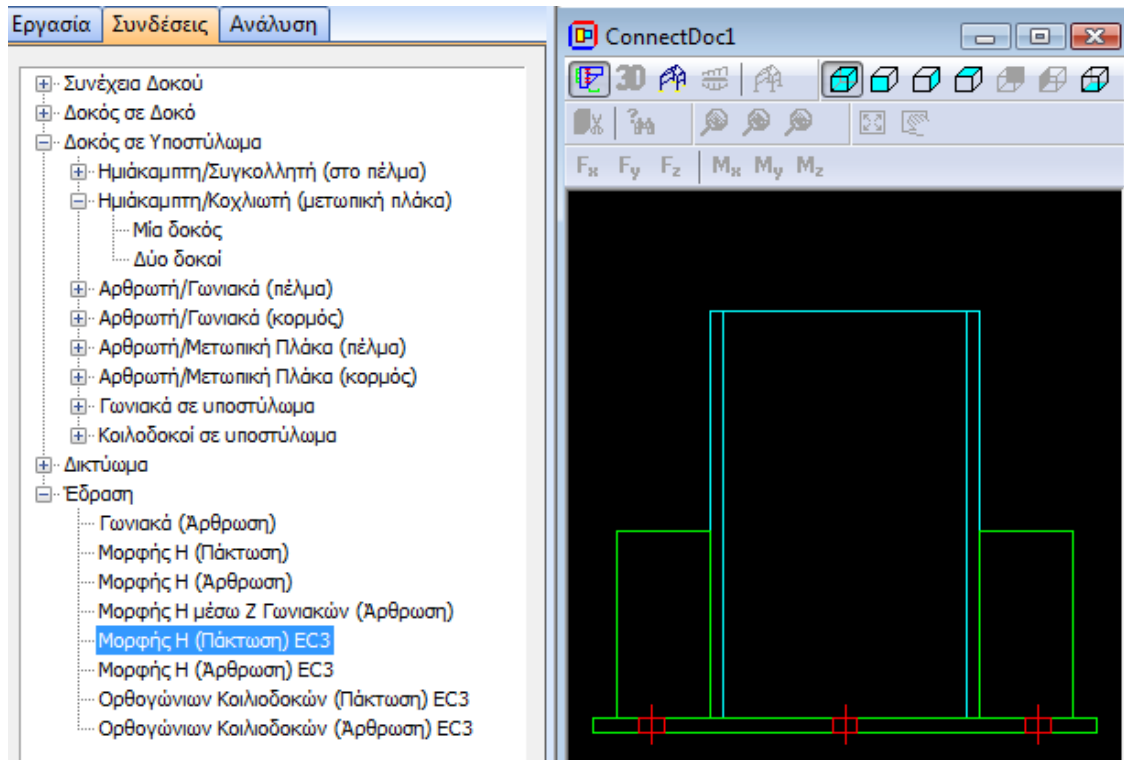
| Μέλος | Π. Φ | Τάξη | -----Έλεγχος Διατομής----- | | | | Μέλους | -----Στρο/κός λυγισμός---- | | |
|-------|------|------|----------------------------|--------|----------|----------|--------|----------------------------|-------|-------|
| | | | K+A+Δ (y, z) | Εφελκ. | Διατμ. Y | Διατμ. Z | | Kα+Θλ | Kα+Θλ | Kα+Εφ |
| m1 | 39 | 1 | 0.160 | 0.046 | 0.114 | 0.000 | 0.435 | 0.000 | 0.804 | 0.000 |
| m2 | 27 | 1 | 0.130 | 0.038 | 0.099 | 0.000 | 0.787 | 0.000 | 0.345 | 0.000 |
| m3 | 44 | 1 | 0.021 | 0.000 | 0.030 | 0.000 | 0.283 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| m5 | 27 | 1 | 0.130 | 0.019 | 0.099 | 0.000 | 0.787 | 0.000 | 0.345 | 0.000 |
| m4 | 39 | 1 | 0.155 | 0.029 | 0.141 | 0.000 | 0.432 | 0.000 | 0.789 | 0.000 |
| m6 | 39 | 1 | 0.155 | 0.029 | 0.140 | 0.000 | 0.431 | 0.000 | 0.789 | 0.000 |

Σχήμα 3.13: Ενδεικτική αναφορά αποτελεσμάτων ελέγχου μελών

3.6 Έλεγχος συνδέσεων – εδράσεις

Μέσω της υπορουτίνας ελέγχου το συγκεκριμένο πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στον μελετητή να σχεδιάσει και να ελέγξει τις διάφορες συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων που αποτελούν τον φορέα αλλά και αντιστοίχως τις εδράσεις.

Προκειμένου αυτό να καταστεί δυνατό δημιουργείται αρχείο ελέγχου σύνδεσης, στο οποίο αρχικά ορίζεται το είδος της σύνδεσης ή της έδρασης.

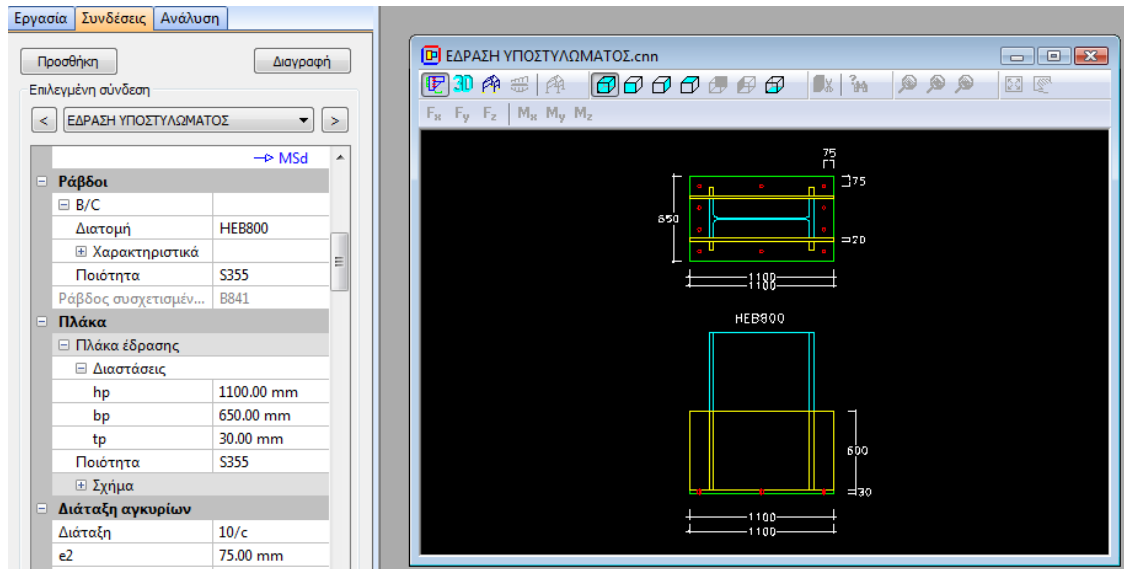


Σχήμα 3.13: Καθορισμός είδους έδρασης ή σύνδεσης κατά τον έλεγχο της

Συγκεκριμένα στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η εισαγωγή νέας έδρασης υποστυλώματος μορφής Η, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3.

Εν συνεχεία επιλέγεται η συσχετισμένη εργασία, από την οποία η υπορουτίνα θα λάβει τα στοιχεία εντατικών μεγεθών καθώς τη θέση τη σύνδεσης ή της έδρασης (κατά περίπτωση) απ' όπου θα λάβει στοιχεία που αφορούν τη γεωμετρία και το είδος των διατομών.

Προχωρώντας στον σχεδιασμό της έδρασης ή της σύνδεσης, δίνονται στοιχεία που αφορούν σε στην γεωμετρία και την ποιότητα των επιμέρους στοιχείων αυτής. Ενδεικτικά αναφέρονται ως στοιχεία, οι διαστάσεις και η ποιότητα μιας πλάκας έδρασης ή μιας μετωπικής πλάκας σύνδεσης, ο αριθμός, η θέση, η διάμετρος και η ποιότητα ήλων και αγκυρίων, το πάχος συγκολλήσεων κ.α.



Σχήμα 3.14: Καθορισμός επιμέρους στοιχείων έδρασης προς έλεγχο

Σε κάθε σημείο του σχεδιασμού της σύνδεσης ή της έδρασης, ο μελετητής έχει τη γεωμετρική εποπτεία αυτής, βοηθώντας τον να αποφύγει πρόδηλα σφάλματα γεωμετρίας που μπορεί να σχετίζονται π.χ. με μονάδες μέτρησης.

Για να ελεγχθεί η σύνδεση από το λογισμικό ζητείται από τον μελετητή να προχωρήσει στην ανάλυσή της και την παραγωγή της αντίστοιχης αναφοράς.

Στην υπόψη αναφορά περιέχονται στοιχεία επάρκειας της σύνδεσης κατηγοριοποιημένα ανά είδος (π.χ. αντοχή συγκολλήσεων, λόγος αναπτυσσόμενης διάτμησης προς αντοχή σε διάτμηση κ.α.) και ανά συνδυασμό φόρτισης.

| | | | | | | | | |
|-------|------------|------|--|------|--|------|--|------|
| ULA16 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.19 |
| ULA17 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 |
| ULA18 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.01 |
| ULA19 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.08 |
| ULA20 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.13 |
| ULA21 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 |
| ULA22 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.02 |
| ULA23 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.10 |
| ULA24 | Ικανοποιεί | 0.71 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.14 |

Μέγιστοι Λόγοι

| | |
|---|--------------|
| Δυσμενέστερη συμπεριφορά σε διάγραμμα αλληλεπίδρασης..... | : Ικανοποιεί |
| Μέγιστη καταπόνηση ανά αγκύριο N_j / αντοχή NR_d | : 0.71 |
| Μέγιστος λόγος από έλεγχο νευρώσεων..... | : 0.00 |
| Τέμνουσα δύναμη στοιχείου διάτμησης V_{Sd} / Διατμητική δύναμη VR_d | : 0.00 |
| Ελάχιστο πάχος συγκόλλησης / Πάχος συγκόλλησης (χρήστη)..... | : 0.42 |

Σχήμα 3.13: Ενδεικτική αναφορά αποτελεσμάτων ελέγχου έδρασης

4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

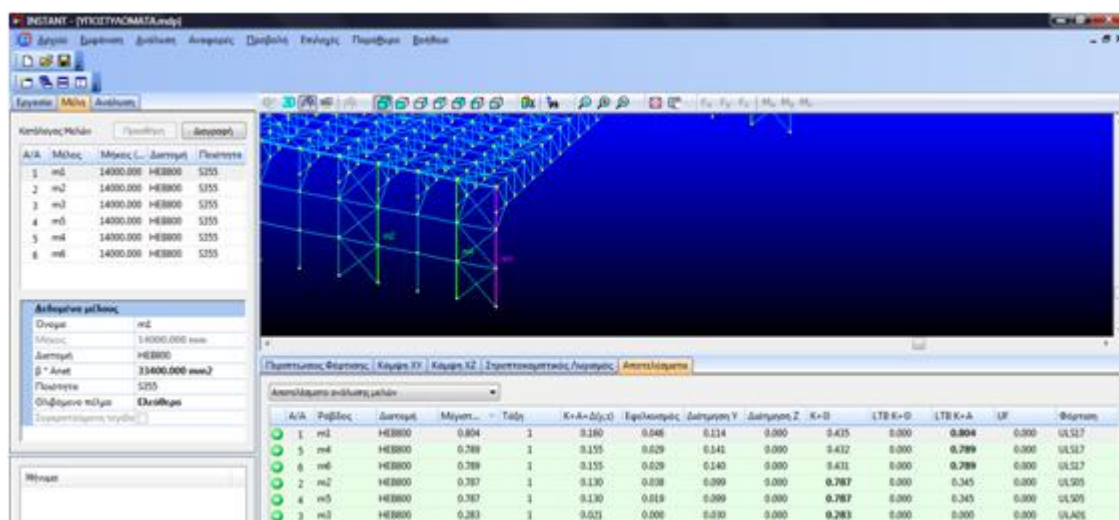
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τελικώς επιλεγείσες διατομές για κάθε στοιχείο του μεταλλικού φορέα ξεχωριστά και για τις τέσσερις διακριτές επιλύσεις του. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν στον λόγο απόδοσης της εκάστοτε διατομής, το σημείο που παρουσιάζεται, τον συνδυασμό στον οποίο προκύπτει η μέγιστη επιπόνηση, καθώς και στοιχεία που αφορούν σε μετατοπίσεις κρισίμων κόμβων. Επιπλέον στο τέλος κάθε υποκεφαλαίου παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της έδρασης των υποστυλωμάτων.

4.1 Μορφή Α'

4.1.1 Υποστυλώματα

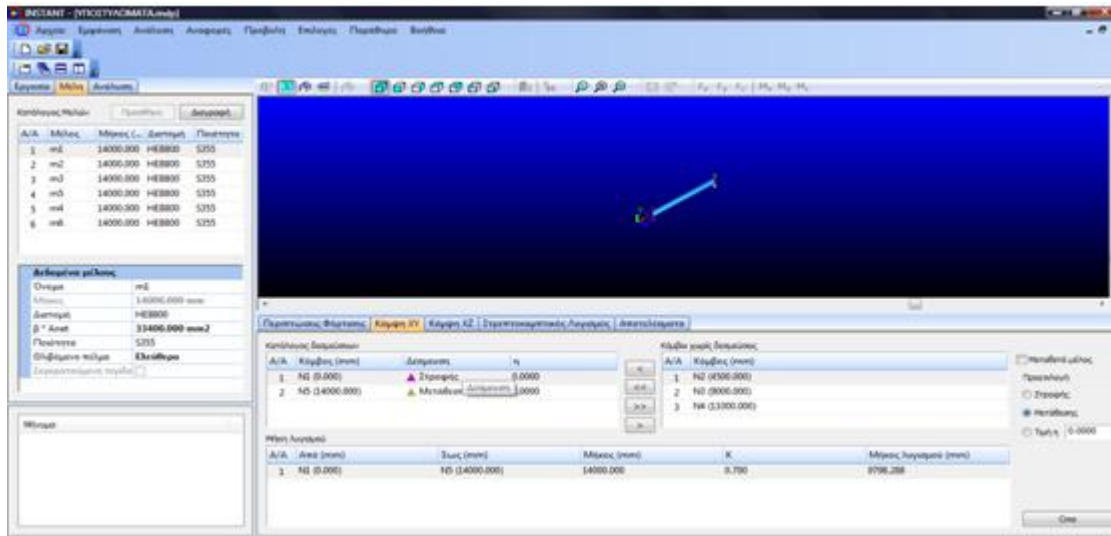
Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEB800 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα υποστυλώματα προκύπτει σε ένα εκ των γωνιακών υποστυλωμάτων για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης του υποστυλώματος για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,804 και παρουσιάζεται έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.



Σχήμα 4.1: Αποτελέσματα ελέγχου μελών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Α'

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο προσομοιώνεται ο τρόπος έδρασης των υποστυλωμάτων. Συγκεκριμένα, κατά τον ορισμό των προς έλεγχο μελών, ορίστηκε ότι ο κάτω κόμβος είναι εξασφαλισμένος έναντι στροφής κατά το επίπεδο XY και έναντι μετάθεσης στο επίπεδο XZ.



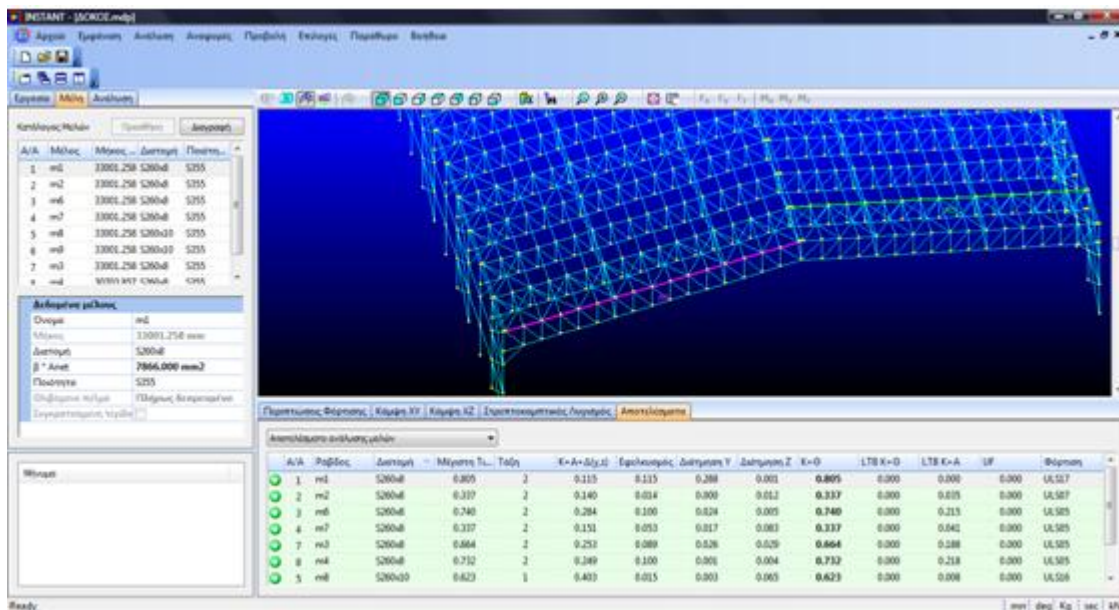
Σχήμα 4.2: Καθορισμός δεσμεύσεων υποστυλώματος στο επίπεδο XY

Η μέγιστη μετατόπιση της κεφαλής υποστυλώματος σε όλες τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι 8,76 mm (8,41 mm κατά x και 2,46 mm κατά z) και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS04 στην κεφαλή του πρώτου υποστυλώματος. Η μέγιστη μετατόπιση του σημείου σύνδεσης του υποστυλώματος με το δικτύωμα είναι 16,8 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS05 στο τέταρτο υποστυλόμενο.

4.1.2 Δοκοί πλαισίου

Η τελικός επιλεγείσα διατομή είναι η SHS260x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις δοκούς του πλαισίου προκύπτει στο πρώτο πλαίσιο για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,805 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης μέλους.



Σχήμα 4.3: Αποτελέσματα ελέγχου μελών δοκών υποστέγου μορφής Α'

Η μέγιστη βύθιση της κορφιά σε όλες τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι 80,5 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS05 στο πέμπτο πλαίσιο. Η μέγιστη βύθιση του κορφιά στο πρώτο πλαίσιο λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των συνδυασμών δράσεων είναι 98 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό ULS05. Το ίδιο σημείο βυθίζεται υπό τη δράση μόνο των ιδίων βαρών κατά 44,6 mm.

Αποτελέσματα

Αρχείο: ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΤΕΛΙΚΟ

ΕΡΓΑΣΙΑ: ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑDISPLAC

Λίστα Αναφοράς Στατικών Φορτίσεων

(10) SLS01 CMB
 (11) SLS02 CMB
 (12) SLS03 CMB
 (13) SLS04 CMB
 (14) SLS05 CMB
 (15) SLS06 CMB
 (16) SLS07 CMB
 (17) SLS08 CMB
 (18) SLS09 CMB
 (19) SLS10 CMB
 (20) SLS11 CMB
 (21) SLS12 CMB
 (22) SLS13 CMB

Περίληψη Μετατοπίσεων - Στατικές Φορτίσεις

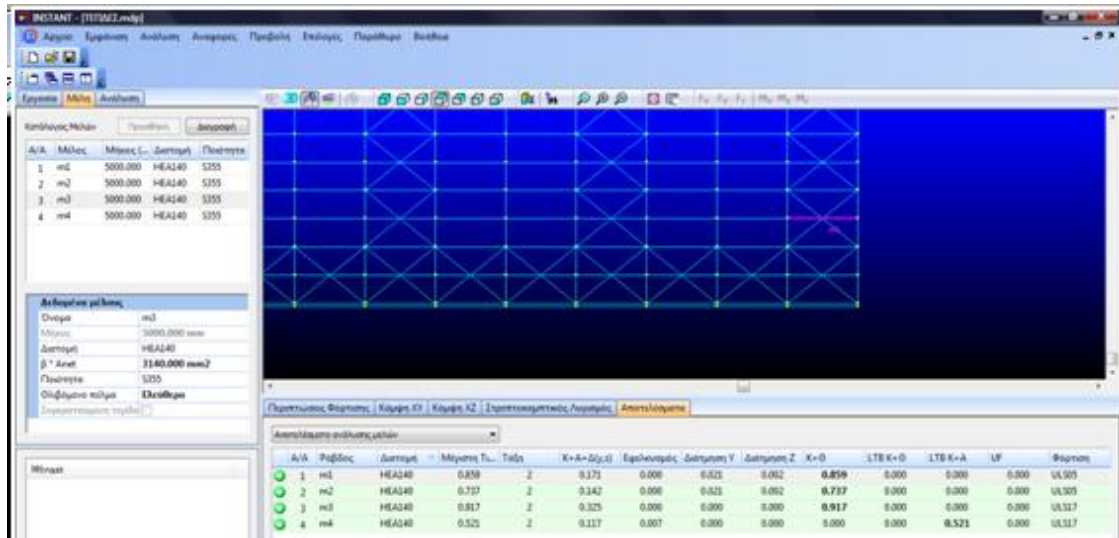
| | dX (mm) | dY (mm) | dZ (mm) | Rx (rad) | Ry (rad) | Rz (rad) |
|--------|------------------------|-------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Max dX | Κόμβος: 320 5.81 | LC: SLS01 CMB -18.5 | -4.77 | -0.000153 | -3.75e-05 | -1.51e-05 |
| Min dX | Κόμβος: 782 -0.0964 | LC: SLS03 CMB 0.0679 | 16.8 | -0.0073 | 1.09e-05 | -3.25e-08 |
| Max dY | Κόμβος: 12 0.0200 | LC: SLS04 CMB 76.1 | 19.1 | 0.00011 | 5.40e-07 | 1.7e-07 |
| Min dY | Κόμβος: 320 0.00158 | LC: SLS05 CMB -80.5 | 5.68 | 5.05e-05 | 7.75e-08 | -1.38e-07 |
| Max dZ | Κόμβος: 782 -0.0964 | LC: SLS03 CMB 0.0679 | 16.8 | -0.0073 | 1.09e-05 | -3.25e-08 |

Σχήμα 4.4: Αναφορά μετατοπίσεων κορφιά υποστέγου μορφής Α' στο σύνολο των συνδυασμών που αντιστοιχούν στις Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας

4.1.3 Τεγίδες

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEA 140 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις τεγίδες προκύπτει για την ακριανή τεγίδα του πρώτου ανοίγματος και για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,917 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.



Σχήμα 4.5: Αποτελέσματα ελέγχου μελών τεγίδων υποστέγου μορφής A'

4.1.4 Κατακόρυφα στοιχεία ζυγώματος

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS120x5 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα κατακόρυφα στοιχεία του ζυγώματος προκύπτει για ένα από τα διαγώνια στοιχεία στο δεύτερο πλαίσιο για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,691 και παρουσιάζεται έναντι εφελκυσμού.

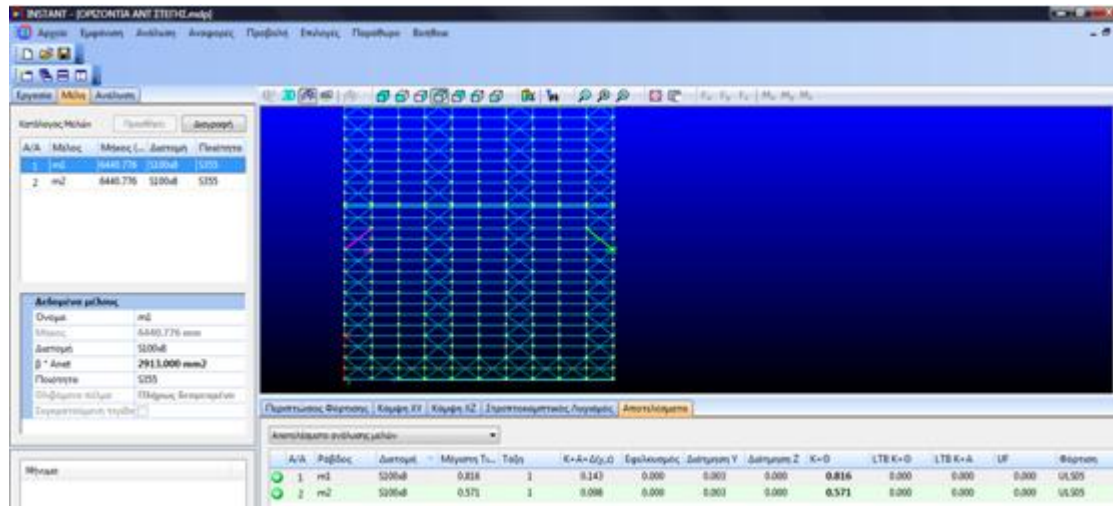
| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A-Δ(γ,z) | Εμφλευσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση |
|-----|--------|---------|--------------|------|------------|------------|------------|------------|---------|
| 184 | B184 | S120x5 | 0.691 | 1 | 0.000 | 0.691 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 279 | B279 | S120x5 | 0.691 | 1 | 0.000 | 0.691 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 213 | B213 | S120x5 | 0.634 | 1 | 0.634 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | ULS17 |
| 276 | B276 | S120x5 | 0.634 | 1 | 0.634 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | ULS17 |

Σχήμα 4.6: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών κατακόρυφων στοιχείων ζυγώματος υποστέγου μορφής A'

4.1.5 Οριζόντιοι σύνδεσμοι ακαμψίας

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους οριζόντιους συνδέσμους ακαμψίας προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων για το συνδυασμό ULS05. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,816 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

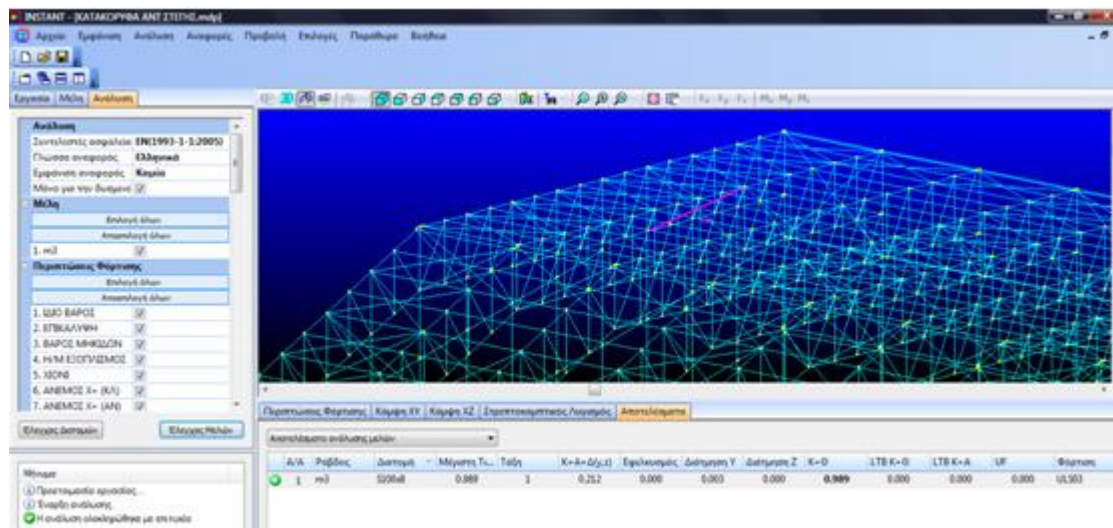


Σχήμα 4.7: Αποτελέσματα ελέγχου μελών οριζόντιων συνδέσμων ακαμψίας υποστέγου μορφής Α'

4.1.6 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στέγης

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας της στέγης προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων για το συνδυασμό ULS03. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,989 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

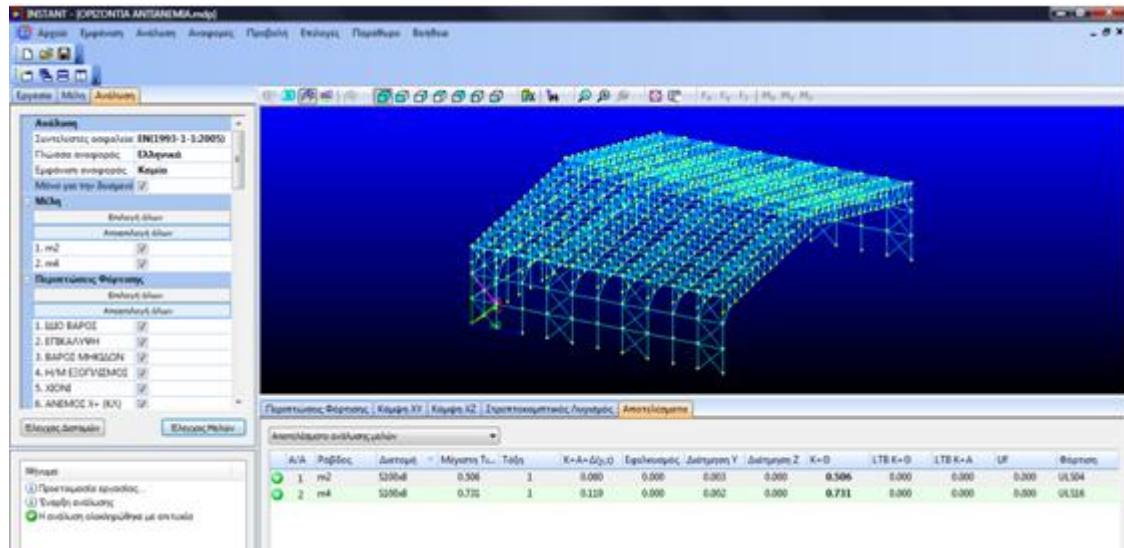


Σχήμα 4.8: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας στέγης υποστέγου μορφής Α'

4.1.7 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων και για το συνδυασμό ULS03. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,727 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

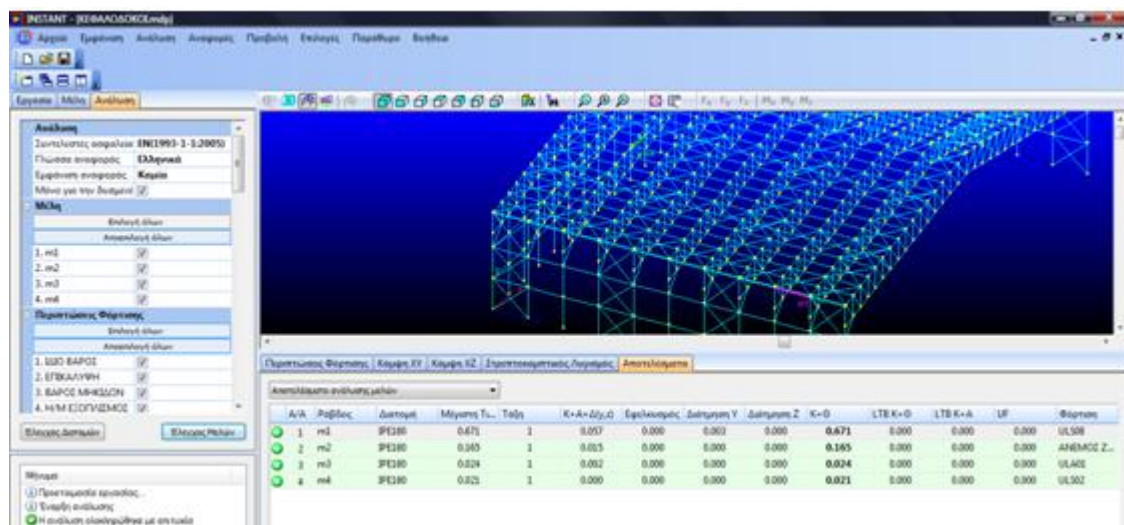


Σχήμα 4.9: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας υποστέγου μορφής Α'

4.1.8 Κεφαλοδοκοί

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η IPE180 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις κεφαλοδοκούς προκύπτει σε κεφαλοδοκό μεταξύ των δύο πρώτων πλαισίων για το συνδυασμό ULS08. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,671 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.



Σχήμα 4.10: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κεφαλοδοκών υποστέγου μορφής Α'

4.1.9 Μετωπικά υποστυλώματα

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEB300 (S355).

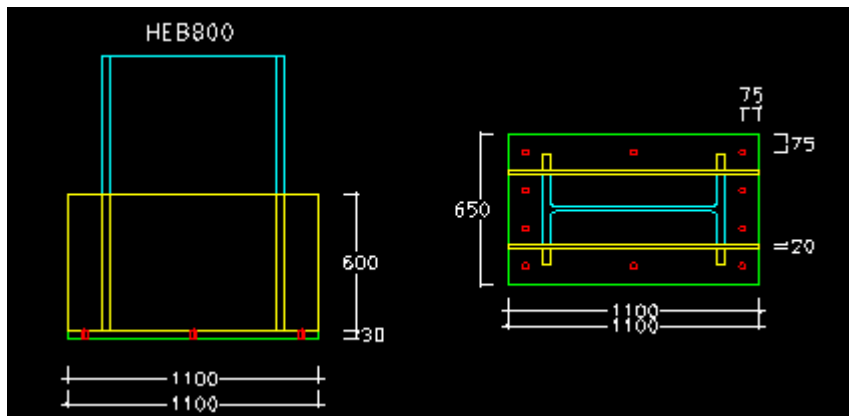
Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα μετωπικά υποστυλώματα προκύπτει για το κεντρικό υποστυλώμα και για τον συνδυασμό ULS16. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,852 και παρουσιάζεται έναντι συνδυασμού κάμψης, αξονικής και διάτμησης.

| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A*Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση |
|------|--------|---------|--------------|------|------------|------------|------------|------------|---------|
| 2284 | B2284 | HEB300 | 0.852 | 1 | 0.852 | 0.001 | 0.193 | 0.000 | ULS16 |
| 2333 | B2333 | HEB300 | 0.851 | 1 | 0.851 | 0.001 | 0.193 | 0.000 | ULS16 |
| 1431 | B1431 | S260x10 | 0.804 | 1 | 0.804 | 0.000 | 0.004 | 0.098 | ULS03 |
| 1499 | B1499 | S260x10 | 0.802 | 1 | 0.802 | 0.000 | 0.004 | 0.099 | ULS03 |
| 1432 | B1432 | S260x10 | 0.800 | 1 | 0.800 | 0.000 | 0.006 | 0.099 | ULS03 |
| 1500 | B1500 | S260x10 | 0.798 | 1 | 0.798 | 0.000 | 0.006 | 0.099 | ULS03 |
| 1603 | B1603 | HEA140 | 0.733 | 1 | 0.733 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 1604 | B1604 | HEA140 | 0.733 | 1 | 0.733 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 1605 | B1605 | HEA140 | 0.733 | 1 | 0.733 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 1602 | B1602 | HEA140 | 0.733 | 1 | 0.733 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |

Σχήμα 4.11: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών μετωπικών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής A'

4.1.10 Έδραση υποστυλωμάτων

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι συνθήκες έδρασης των υποστυλωμάτων. Η έδραση επιτυγχάνεται μέσω μεταλλικής πλάκας PL1100x650x30, η οποία συνδέεται με το θεμέλιο, ποιότητας C30, μέσω δέκα (10) αγκυριών M24. Η διατομή του υποστυλώματος ενισχύεται από 2PL1100x600x20 τοποθετημένες διαμήκως.



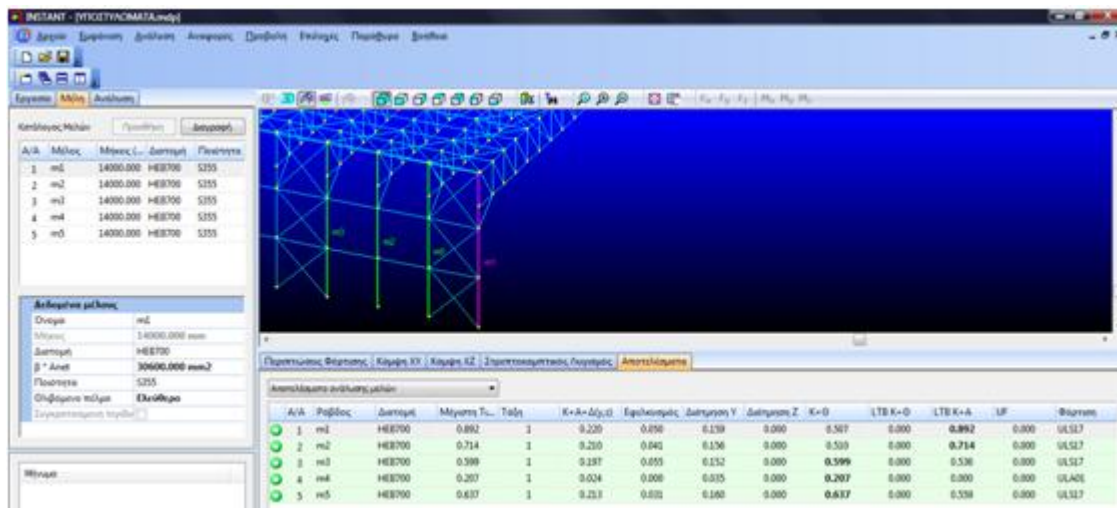
Σχήμα 4.12: Ενδεικτική παρουσίαση έδρασης υποστυλώματος υποστέγου μορφής A'

4.2 Μορφή Β'

4.2.1 Υποστυλώματα

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEB800 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα υποστυλώματα προκύπτει σε ένα εκ των γωνιακών υποστυλωμάτων για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης του υποστυλώματος για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,892 και παρουσιάζεται έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.



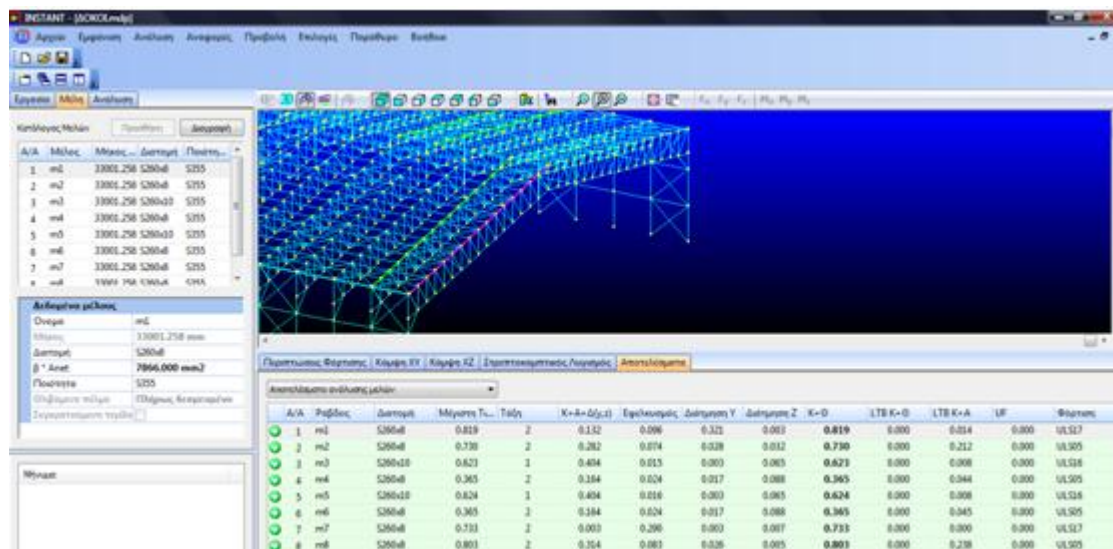
Σχήμα 4.13: Αποτελέσματα ελέγχου μελών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Β'

Η μέγιστη μετατόπιση της κεφαλής υποστυλώματος σε όλες τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι 10,11 mm (10,1 mm κατά x και 0,42 mm κατά z) και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS05 στην κεφαλή του πρώτου υποστυλώματος. Η μέγιστη μετατόπιση του σημείου σύνδεσης του υποστυλώματος με το δικτύωμα είναι 20,7 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS04 στο τέταρτο υποστυλώμα.

4.2.2 Δοκοί πλαισίου

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS260x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις δοκούς του πλαισίου προκύπτει στο πρώτο πλαίσιο για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,819 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης μέλους.



Σχήμα 4.14: Αποτελέσματα ελέγχου μελών δοκών υποστέγου μορφής Β'

Η μέγιστη βύθιση της κορυφιά σε όλες τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι 91,4 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS05 στο πέμπτο πλαίσιο. Η μέγιστη βύθιση του κορυφιά στο πρώτο πλαίσιο λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των συνδυασμών δράσεων είναι 114 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό ULS05. Το ίδιο σημείο βυθίζεται υπό τη δράση μόνο των ιδίων βαρών κατά 51,3 mm.

Περίληψη Μετατοπίσεων - Στατικές Φορτίσεις

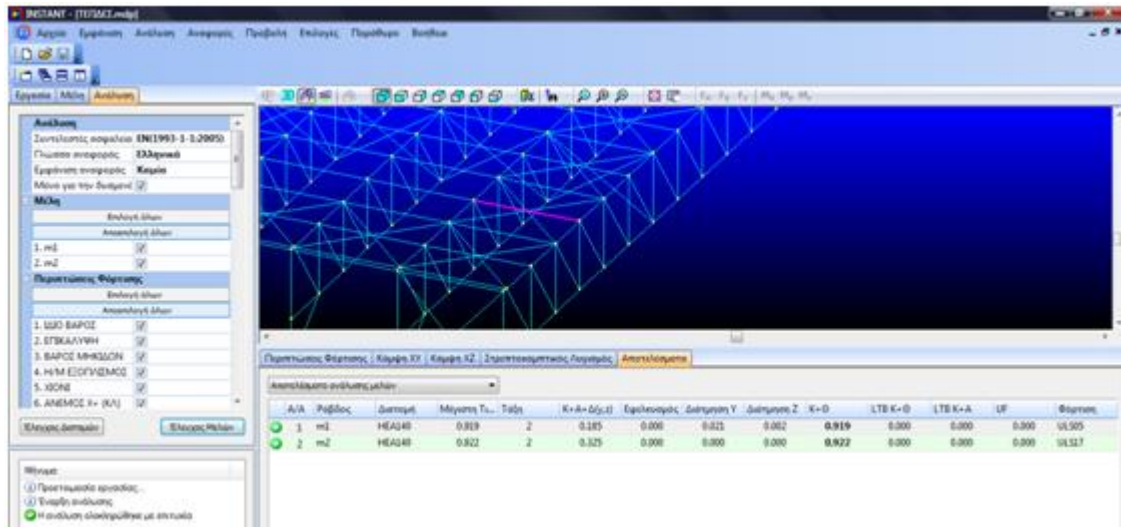
| | dX (mm) | dY (mm) | dZ (mm) | Rx (rad) | Ry (rad) | Rz (rad) |
|--------|------------------------|-------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Max dX | Κόμβος: 320 7.55 | LC: SLS01 CMB -20.8 | -4.65 | -0.000148 | -3.92e-05 | -1.29e-05 |
| Min dX | Κόμβος: 782 -0.109 | LC: SLS03 CMB 0.0688 | 17 | -0.00725 | 1.1e-05 | -3.24e-08 |
| Max dY | Κόμβος: 12 0.0287 | LC: SLS04 CMB 86.4 | -13.6 | 8.71e-05 | 5.51e-07 | -3.01e-09 |
| Min dY | Κόμβος: 320 0.00141 | LC: SLS05 CMB -91.4 | 6.41 | 7.9e-05 | 7.6e-08 | -1.04e-07 |
| Max dZ | Κόμβος: 782 -0.109 | LC: SLS03 CMB 0.0688 | 17 | -0.00725 | 1.1e-05 | -3.24e-08 |
| Min dZ | Κόμβος: 89 0.0287 | LC: SLS04 CMB 82.8 | -14.7 | -8.7e-05 | 6.34e-07 | 2.16e-08 |

Σχήμα 4.15: Αναφορά μετατοπίσεων κορυφιά υποστέγου μορφής Β' στο σύνολο των συνδυασμών που αντιστοιχούν στις Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας

4.2.3 Τεγίδες

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEA 140 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις τεγίδες προκύπτει σε τεγίδα μεταξύ των δύο πρώτων πλαισίων και για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,922 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.



Σχήμα 4.16: Αποτελέσματα ελέγχου μελών τεγίδων υποστέγου μορφής Β'

4.2.4 Κατακόρυφα στοιχεία ζυγώματος

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS120x5 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα κατακόρυφα στοιχεία του ζυγώματος προκύπτει για ένα από τα διαγώνια στοιχεία στο δεύτερο πλαίσιο για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,702 και παρουσιάζεται έναντι εφελκυσμού.

The screenshot shows the 'Αποτελέσματα ελέγχου διατομών' (Section Check Results) table in the ANSYS software.

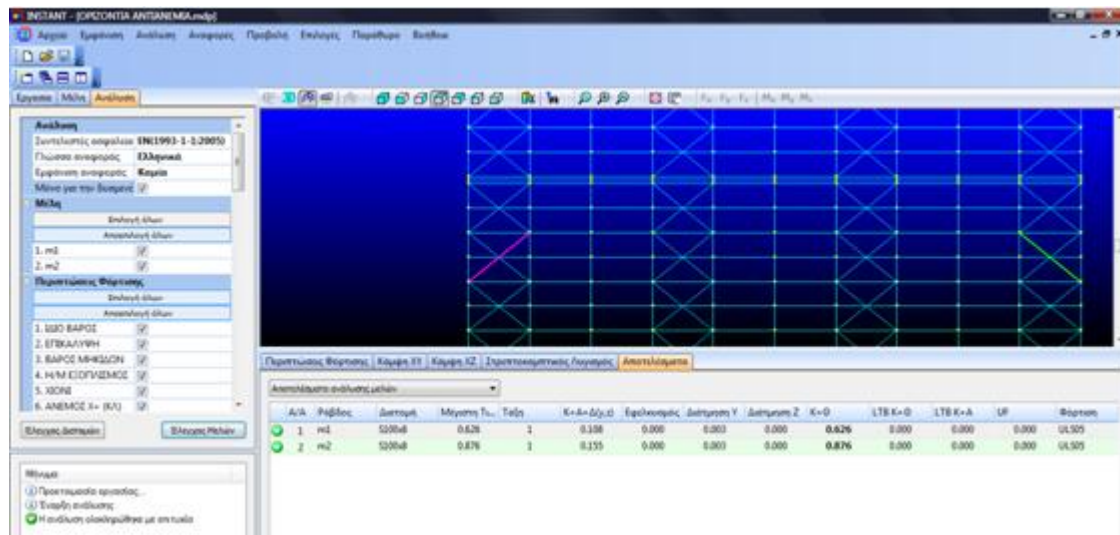
| A/A | Ράβδος | Διατομή | Μέγιστη Τμ. | Τμήν | K+A+δ(σ,ε) | Εφαρμοσμός | Δείκτης Y | Δείκτης Z | Φόρτιση |
|------|--------|---------|-------------|------|------------|------------|-----------|-----------|---------|
| 184 | B184 | SI20x5 | 0.702 | 1 | 0.000 | 0.702 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 279 | B279 | SI20x5 | 0.702 | 1 | 0.000 | 0.702 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 2276 | B2276 | HEB300 | 0.701 | 1 | 0.701 | 0.000 | 0.179 | 0.000 | ULS16 |
| 2325 | B2325 | HEB300 | 0.699 | 1 | 0.699 | 0.000 | 0.179 | 0.000 | ULS16 |
| 213 | B213 | SI20x5 | 0.646 | 1 | 0.646 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | ULS17 |
| 276 | B276 | SI20x5 | 0.646 | 1 | 0.646 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | ULS17 |

Σχήμα 4.17: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών κατακόρυφων στοιχείων ζυγώματος υποστέγου μορφής Β'

4.2.5 Οριζόντιοι σύνδεσμοι ακαμψίας

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους οριζόντιους συνδέσμους ακαμψίας προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων για το συνδυασμό ULS05. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,876 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

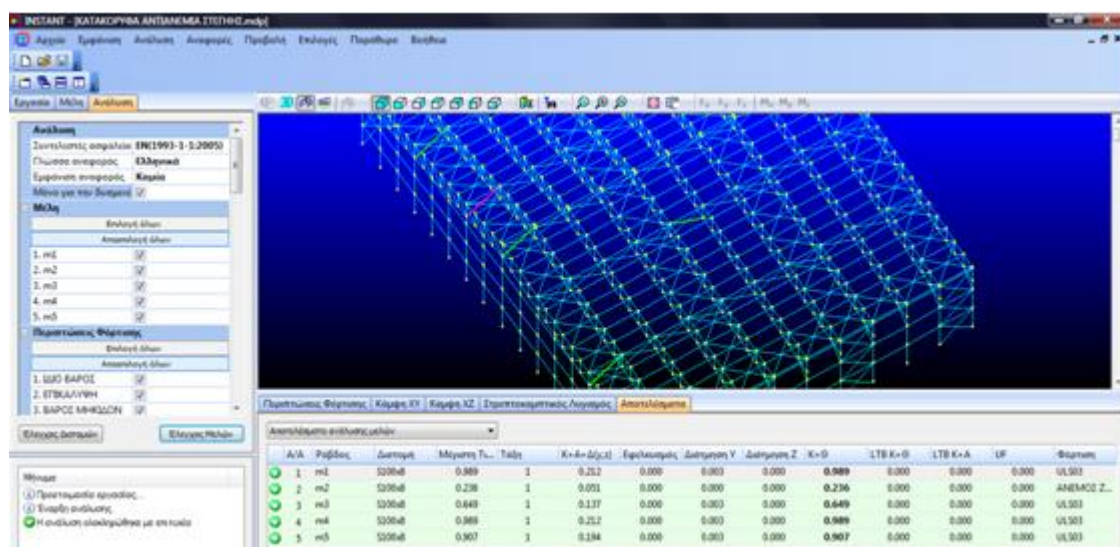


Σχήμα 4.18: Αποτελέσματα ελέγχου μελών οριζόντιων συνδέσμων ακαμψίας υποστέγου μορφής Β'

4.2.6 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στέγης

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας της στέγης προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων για το συνδυασμό ULS03. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,989 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

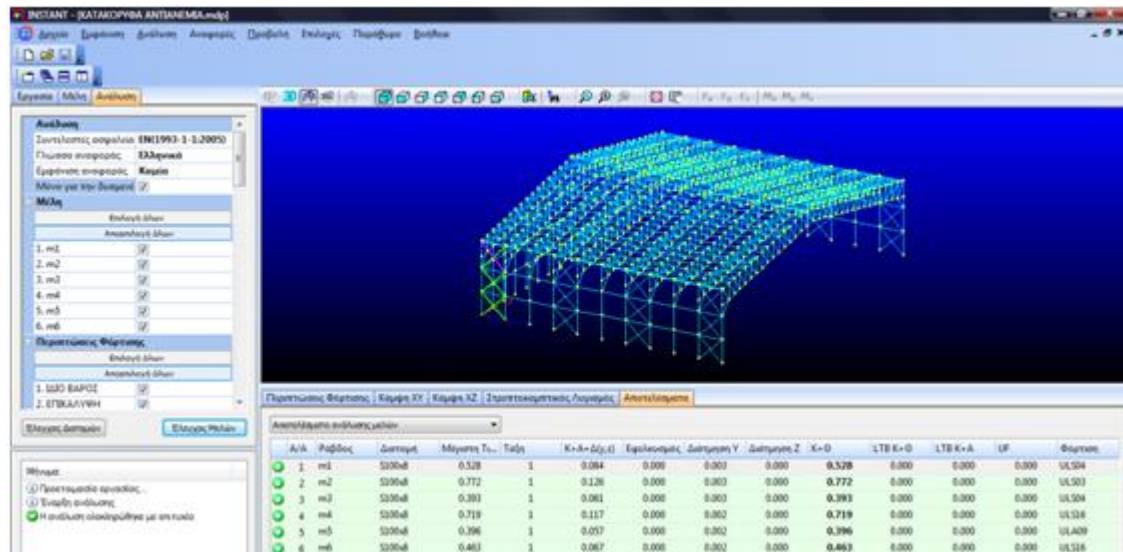


Σχήμα 4.8: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας στέγης υποστέγου μορφής Β'

4.2.7 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων και για το συνδυασμό ULS03. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,772 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

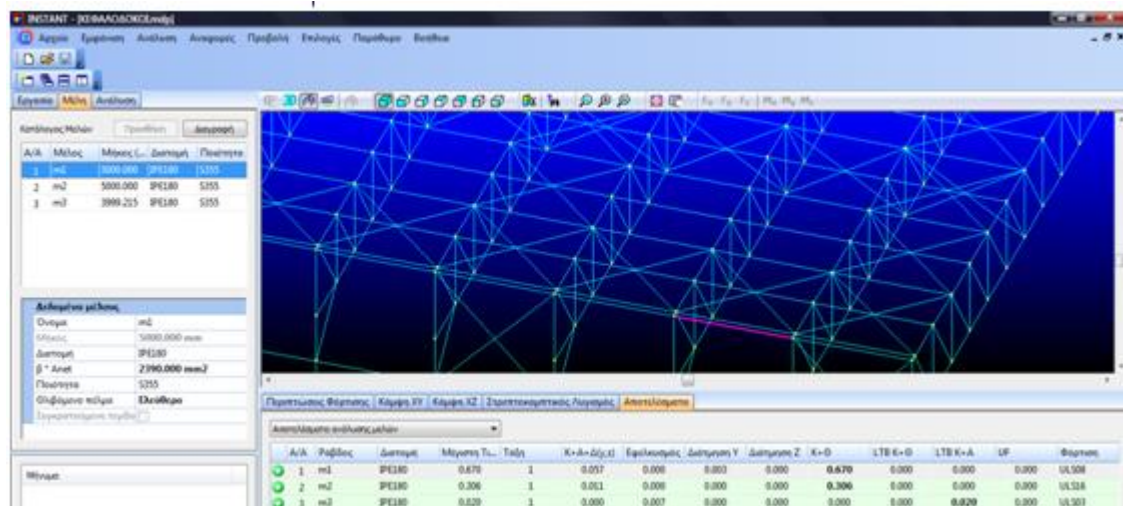


Σχήμα 4.20: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας υποστέγου μορφής Β'

4.2.8 Κεφαλοδοκοί

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η IPE180 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις κεφαλοδοκούς προκύπτει σε κεφαλοδοκό μεταξύ των δύο πρώτων πλαισίων για το συνδυασμό ULS08. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,670 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.



Σχήμα 4.21: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κεφαλοδοκών υποστέγου μορφής Β'

4.2.9 Μετωπικά υποστυλώματα

Η τελικός επιλεγείσα διατομή είναι η HEB300 (S355).

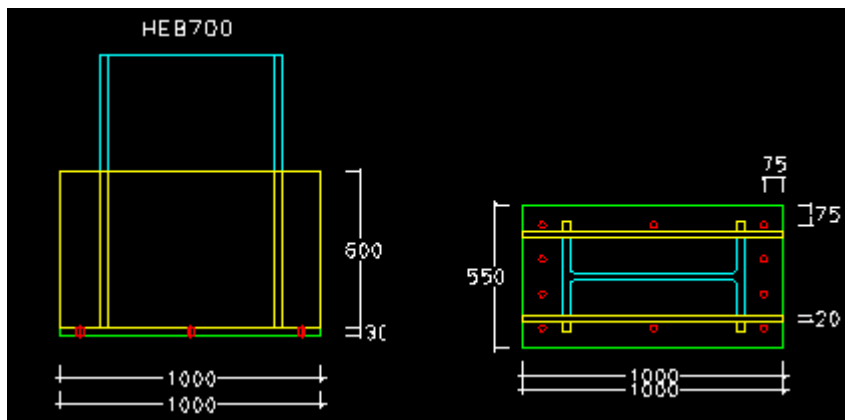
Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα μετωπικά υποστυλώματα προκύπτει για το κεντρικό υποστυλόμετρο και για τον συνδυασμό ULS16. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,853 και παρουσιάζεται έναντι συνδυασμού κάμψης, αξονικής και διάτμησης.

| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A+Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση |
|------|--------|---------|--------------|------|------------|------------|------------|------------|---------|
| 2284 | B2284 | HEB300 | 0.853 | 1 | 0.853 | 0.001 | 0.193 | 0.000 | ULS16 |
| 2333 | B2333 | HEB300 | 0.852 | 1 | 0.852 | 0.001 | 0.193 | 0.000 | ULS16 |
| 1431 | B1431 | S260x10 | 0.805 | 1 | 0.805 | 0.000 | 0.004 | 0.098 | ULS03 |
| 1499 | B1499 | S260x10 | 0.803 | 1 | 0.803 | 0.000 | 0.004 | 0.099 | ULS03 |

Σχήμα 4.22: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών μετωπικών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Β'

4.2.10 Έδραση υποστυλωμάτων

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι συνθήκες έδρασης των υποστυλωμάτων. Η έδραση επιτυγχάνεται μέσω μεταλλικής πλάκας PL1000x650x30, η οποία συνδέεται με το θεμέλιο, ποιότητας C30, μέσω δέκα (10) αγκυρίων M24. Η διατομή του υποστυλώματος ενισχύεται από 2PL1000x600x20 τοποθετημένες διαμήκως.



Σχήμα 4.23: Ενδεικτική παρουσίαση έδρασης υποστυλώματος υποστέγου μορφής Β'

4.3 Μορφή Γ'

4.3.1 Υποστυλώματα

Η τελικός επιλεγείσα διατομή είναι η HEB220 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα υποστυλώματα προκύπτει στο εσωτερικό υποστυλόμετρο του τέταρτου πλαισίου για το συνδυασμό ULS05. Ο λόγος απόδοσης του υποστυλώματος για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,760 και παρουσιάζεται έναντι συνδυασμού κάμψης, αξονικής και διάτμησης.

| A/A | Ράβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A+Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση |
|------|--------|---------|--------------|------|------------|------------|------------|------------|---------|
| 2666 | B2666 | HEB220 | 0.760 | 1 | 0.760 | 0.000 | 0.002 | 0.021 | ULS05 |
| 3287 | B3287 | HEB220 | 0.758 | 1 | 0.361 | 0.758 | 0.000 | 0.035 | ULS17 |
| 2708 | B2708 | HEB220 | 0.755 | 1 | 0.755 | 0.000 | 0.002 | 0.021 | ULS05 |
| 2540 | B2540 | HEB220 | 0.742 | 1 | 0.742 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | ULS05 |
| 3100 | B3100 | HEB220 | 0.740 | 1 | 0.740 | 0.000 | 0.000 | 0.020 | ULS05 |

Σχήμα 4.24: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Γ'

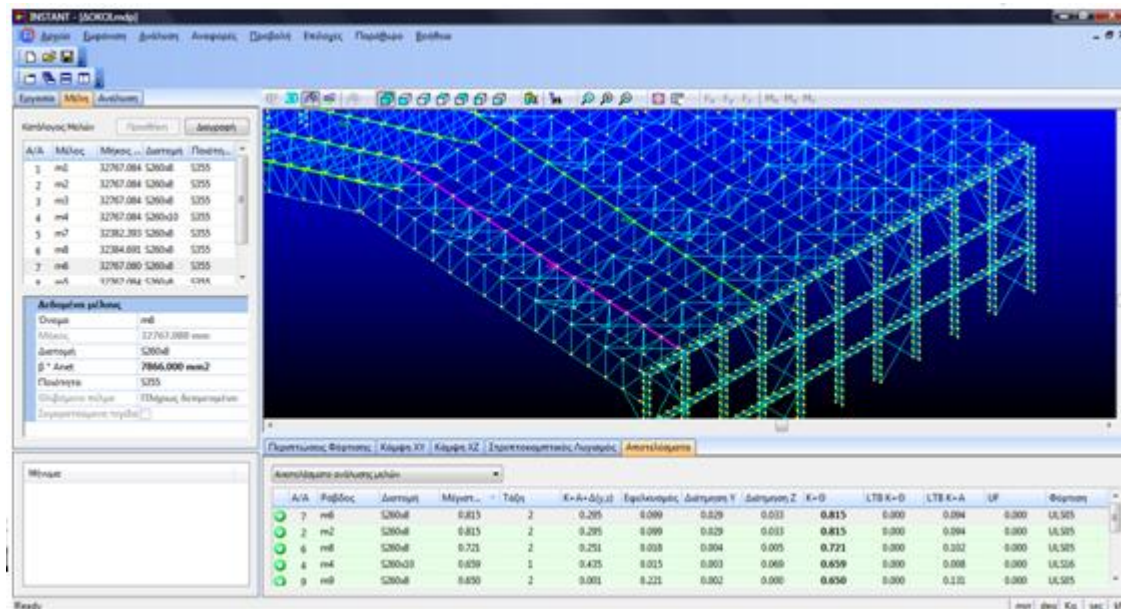
Όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενες επιλύσεις τα υποστυλώματα στην έδρασή τους θεωρείται ότι είναι εξασφαλισμένος έναντι στροφής κατά το επίπεδο XY και έναντι μετάθεσης στο επίπεδο XZ.

Η μέγιστη μετατόπιση της κεφαλής υποστυλώματος σε όλες τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι 12,7 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS04 στην κεφαλή του πρώτου υποστυλώματος. Η μέγιστη μετατόπιση του σημείου σύνδεσης του υποστυλώματος με το δικτύωμα είναι 27,3 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS05 στο τέταρτο υποστυλώμα.

4.3.2 Δοκοί πλαισίου

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS260x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις δοκούς του πλαισίου προκύπτει στο δεύτερο πλαίσιο για το συνδυασμό ULS05. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,815 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης μέλους.



Σχήμα 4.25: Αποτελέσματα ελέγχου μελών δοκών υποστέγου μορφής Γ'

Η μέγιστη βύθιση της κορυφιά σε όλες τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι 96,1 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS05 στο τέταρτο πλαίσιο. Η μέγιστη βύθιση του κορυφιά στο πρώτο πλαίσιο λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των

συνδυασμών δράσεων είναι 125 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό ULS05. Το ίδιο σημείο βυθίζεται υπό τη δράση μόνο των ιδίων βαρών κατά 56 mm.

Αποτελέσματα

Αρχείο: ΤΕΛΙΚΟ ΙΙ

ΕΡΓΑΣΙΑ: DISPLACEMENTS

Λίστα Αναφοράς Στατικών Φορτίσεων

(10) SLS01 CMB
 (11) SLS02 CMB
 (12) SLS03 CMB
 (13) SLS04 CMB
 (14) SLS05 CMB
 (15) SLS06 CMB
 (16) SLS07 CMB
 (17) SLS08 CMB
 (18) SLS09 CMB
 (19) SLS10 CMB
 (20) SLS11 CMB
 (21) SLS12 CMB
 (22) SLS13 CMB

Περίληψη Μετατοπίσεων - Στατικές Φορτίσεις

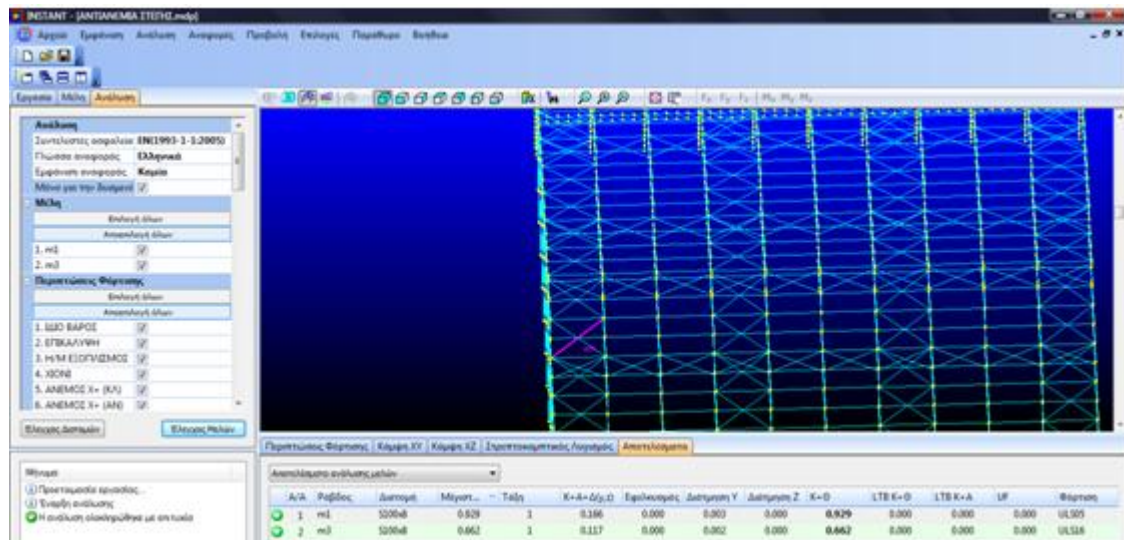
| | dX (mm) | dY (mm) | dZ (mm) | Rx (rad) | Ry (rad) | Rz (rad) |
|--------|-------------------------|------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Max dX | Κόμβος: 959 9.93 | LC: SLS01 CMB -21.2 | -5.72 | -0.000183 | -3.17e-05 | -1.66e-05 |
| Min dX | Κόμβος: 1409 -0.0605 | LC: SLS05 CMB -90.2 | 9.1 | -0.000434 | 3.43e-07 | -8.55e-07 |
| Max dY | Κόμβος: 1559 0.0477 | LC: SLS04 CMB 87.7 | -15.2 | -2.99e-05 | -1.99e-07 | 9.62e-07 |
| Min dY | Κόμβος: 1109 -0.043 | LC: SLS05 CMB -96.1 | 8.49 | 0.000111 | 3.74e-07 | -1.1e-06 |
| Max dZ | Κόμβος: 1259 -0.0302 | LC: SLS08 CMB -78.2 | 19.6 | -2.21e-05 | 1.01e-06 | 9.96e-08 |
| Min dZ | Κόμβος: 1259 | LC: SLS04 CMB | | | | |

Σχήμα 4.26: Αναφορά μετατοπίσεων κορφιά υποστέγου μορφής Γ' στο σύνολο των συνδυασμών που αντιστοιχούν στις Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας

4.3.3 Τεγίδες

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEA 140 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις τεγίδες προκύπτει για την ακριανή τεγίδα του πρώτου ανοίγματος και για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,889 και παρουσιάζεται έναντι στεπτοκαμπικού λυγισμού.

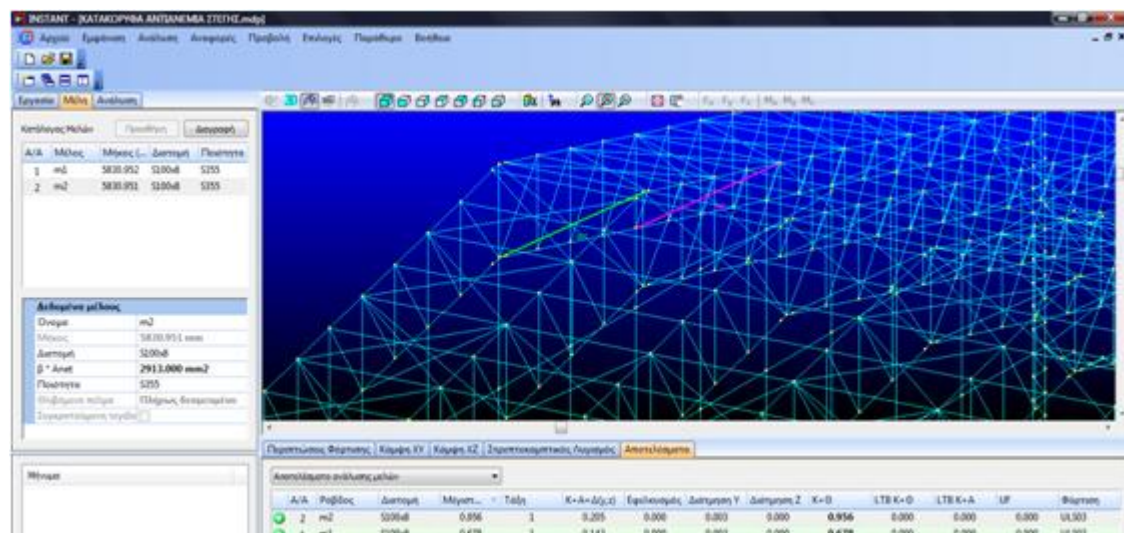


Σχήμα 4.29: Αποτελέσματα ελέγχου μελών οριζόντιων συνδέσμων ακαμψίας υποστέγου μορφής Γ'

4.3.6 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στέγης

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας της στέγης προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων για το συνδυασμό ULS03. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,956 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

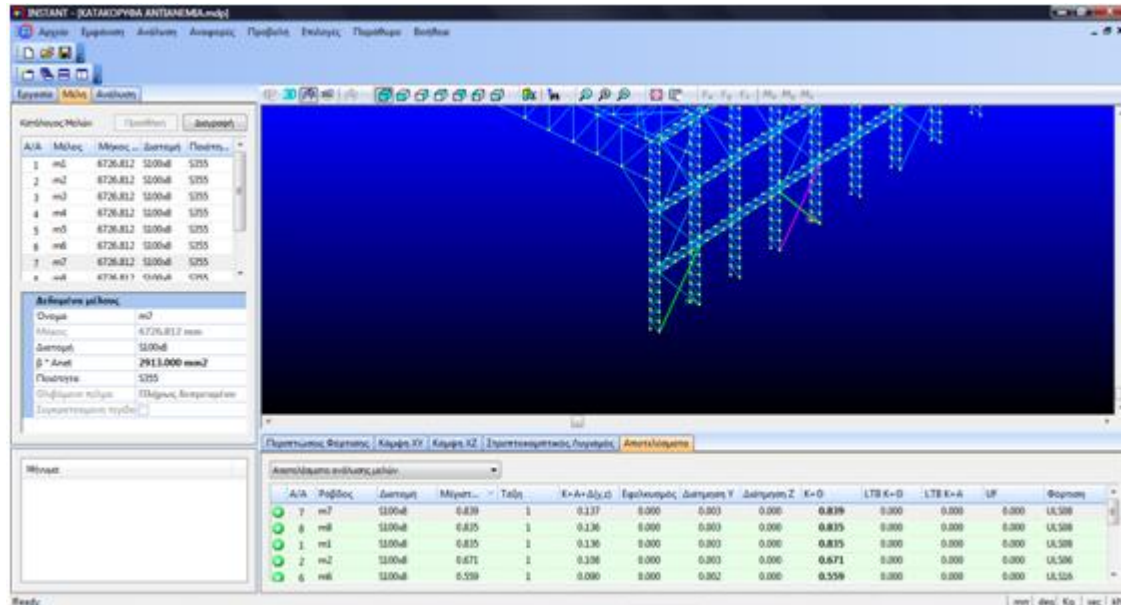


Σχήμα 4.30: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας στέγης υποστέγου μορφής Γ'

4.3.7 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας προκύπτει για το συνδυασμό ULS08. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,839 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

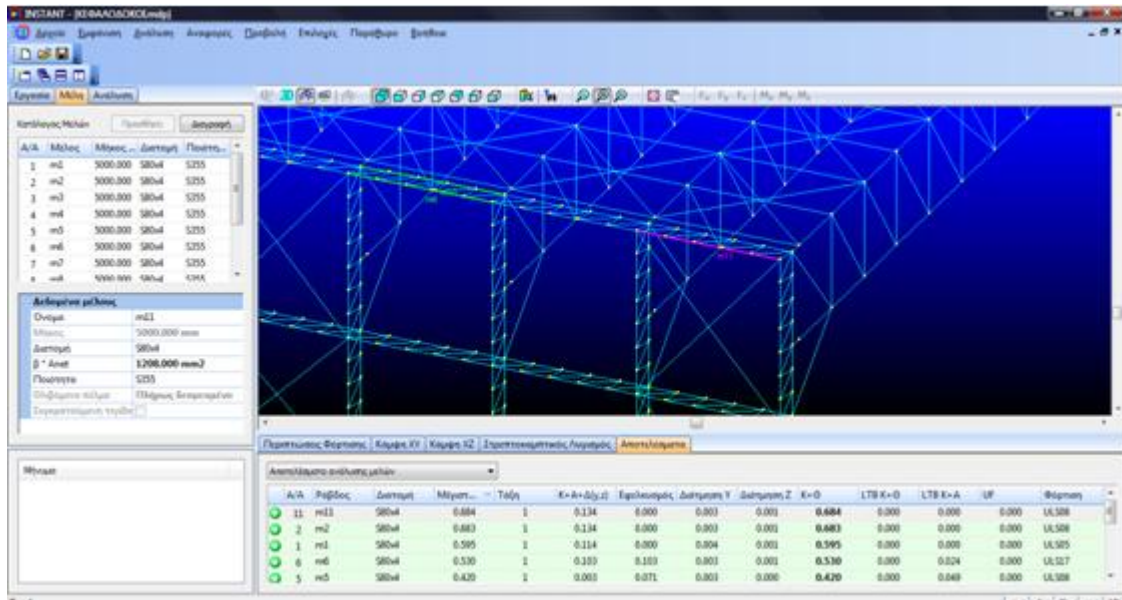


Σχήμα 4.31: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας υποστέγου μορφής Γ'

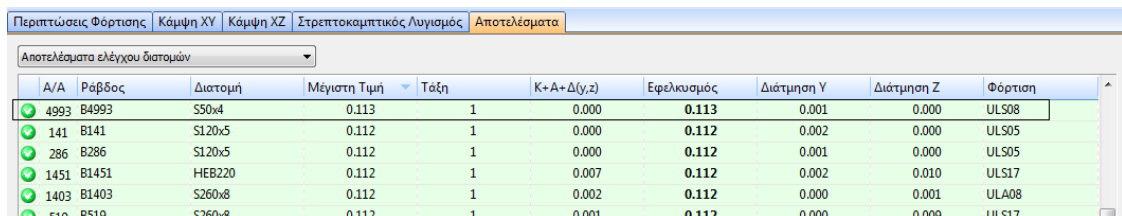
4.3.8 Κεφαλοδοκοί

Οι τελικώς επιλεγείσες διατομές είναι οι SHS 80x4 και SHS 50x4 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για την πρώτη διατομή προκύπτει για το συνδυασμό ULS08 σε διαμήκες στοιχείο μεταξύ των δύο πρώτων πλαισίων ενώ για την δεύτερη προκύπτει για το συνδυασμό ULS08. Ο λόγος απόδοσης μέλους - διατομής για αυτούς τους συνδυασμούς δράσης είναι 0,684 και 0,113 αντιστοίχως και παρουσιάζονται έναντι κάμψης και εφελκυσμού αντίστοιχα.



Σχήμα 4.32: Αποτελέσματα ελέγχου μελών διαμήκων στοιχείων κεφαλοδοκών υποστέγου μορφής Γ

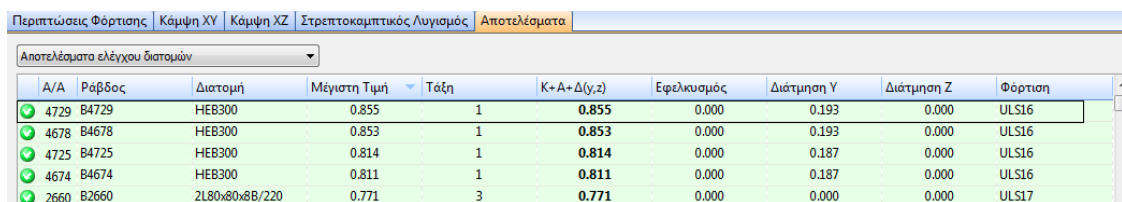


Σχήμα 4.33: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών εγκάρσιων στοιχείων κεφαλοδοκών υποστέγου μορφής Γ

4.3.9 Μετωπικά υποστυλώματα

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEB300 (S355).

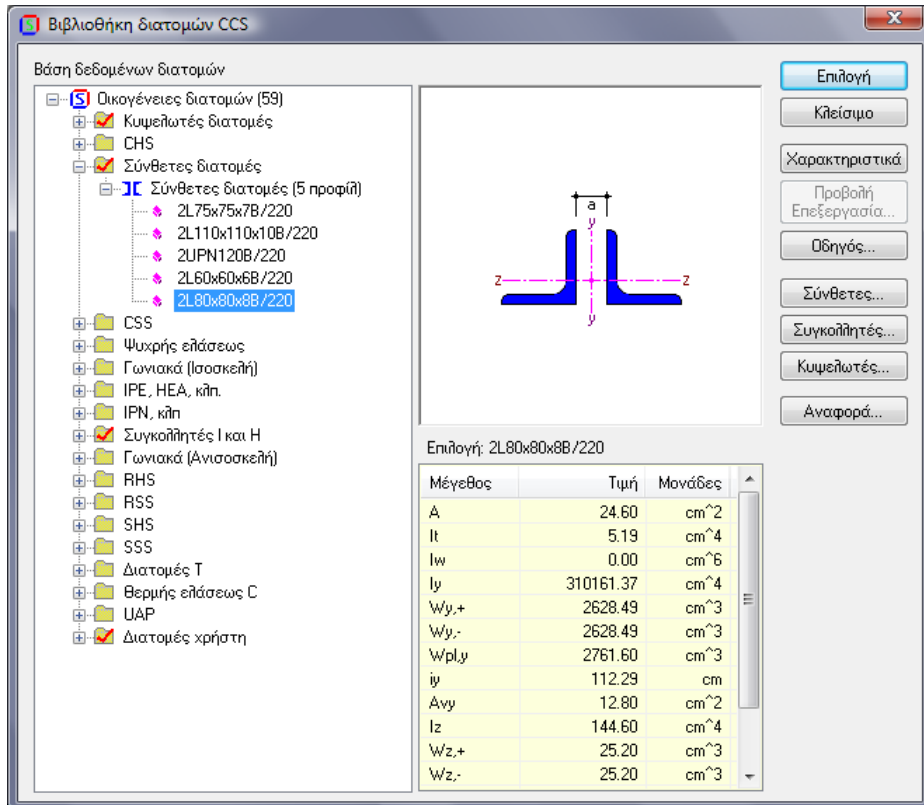
Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα μετωπικά υποστυλώματα προκύπτει για το κεντρικό υποστυλώμα και για τον συνδυασμό ULS16. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,855 και παρουσιάζεται έναντι συνδυασμού κάμψης, αξονικής και διάτμησης.



Σχήμα 4.34: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών μετωπικών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Γ

4.3.10 Διατμητικά στοιχεία σύνθετων υποστυλωμάτων

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι σύνθετη αποτελούμενη από 2L80x80x8 σε απόσταση 220mm (S355).



Σχήμα 4.35: Δημιουργία σύνθετης διατομής αποτελούμενη από 2 ισοσκελή γωνιακά

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα διατμητικά στοιχεία των σύνθετων υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,771 και παρουσιάζεται έναντι συνδυασμού κάμψης, αξονικής και διάτμησης.

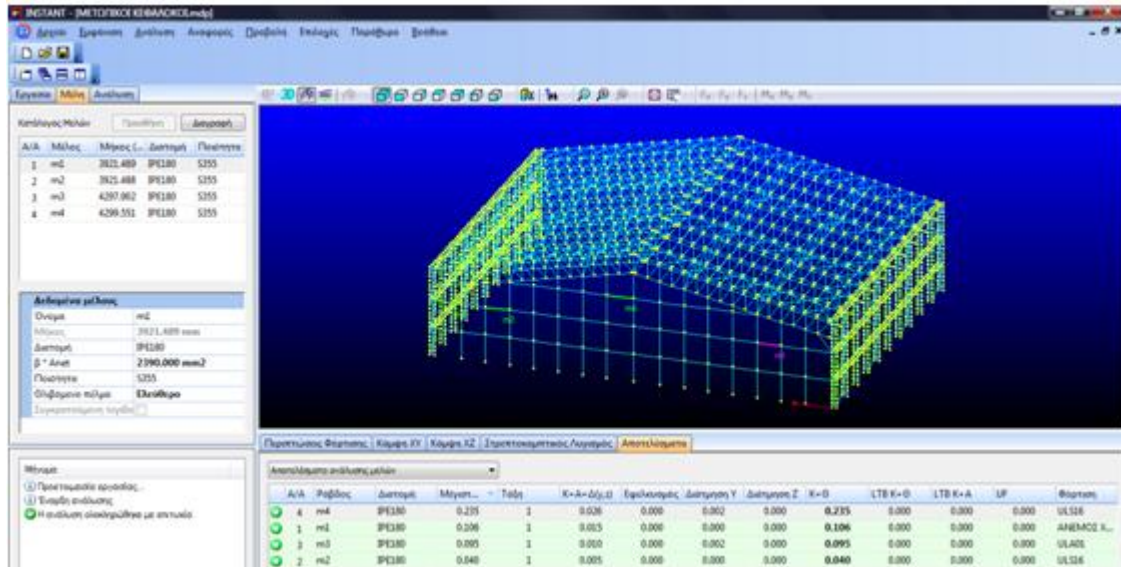
| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A·Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση |
|--------|--------|----------------|--------------|------|------------|------------|------------|------------|---------|
| ✓ 2660 | B2660 | 2L80x80x8B/220 | 0.771 | 3 | 0.771 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| ✓ 2805 | B2805 | 2L80x80x8B/220 | 0.769 | 3 | 0.769 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| ✓ 4259 | B4259 | HEA140 | 0.735 | 1 | 0.735 | 0.086 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| ✓ 4262 | B4262 | HEA140 | 0.735 | 1 | 0.735 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| ✓ 4261 | B4261 | HEA140 | 0.735 | 1 | 0.735 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| ✓ 4263 | B4263 | HEA140 | 0.735 | 1 | 0.735 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| ✓ 4260 | B4260 | HEA140 | 0.735 | 1 | 0.735 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |

Σχήμα 4.36: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών διατμητικών στοιχείων σύνθετων υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Γ'

4.3.11 Κεφαλοδοκοί μετωπικών υποστυλωμάτων

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η IPE180 (S355).

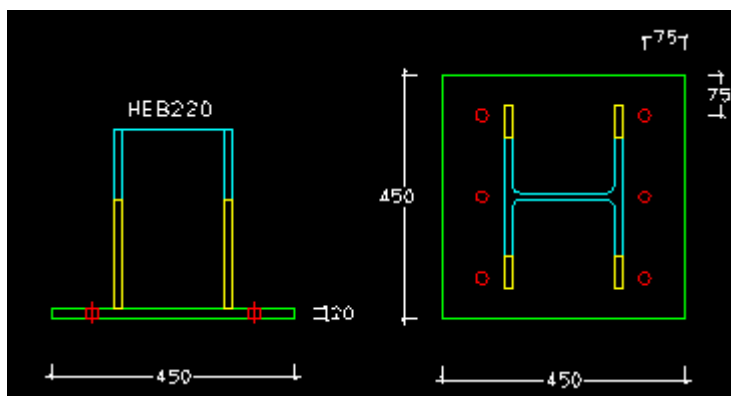
Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους υπόψη κεφαλοδοκών προκύπτει για το συνδυασμό ULS16. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,235 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.



Σχήμα 4.37: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κεφαλοδοκών μεταξύ μετωπικών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Γ'

4.3.12 Έδραση υποστυλωμάτων

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι συνθήκες έδρασης των υποστυλωμάτων. Η έδραση επιτυγχάνεται μέσω μεταλλικής πλάκας PL450x450x20, η οποία συνδέεται με το θεμέλιο, ποιότητας C30, μέσω έξι (6) αγκυριών M20.



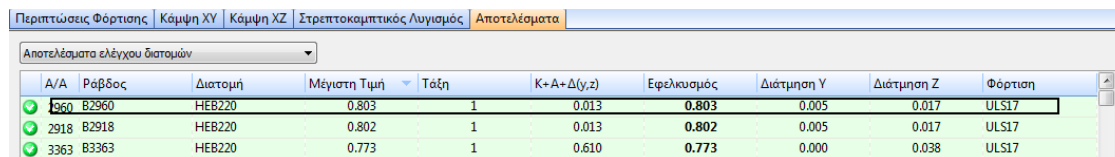
Σχήμα 4.38: Ενδεικτική παρουσίαση έδρασης υποστυλώματος υποστέγου μορφής Γ'

4.4 Μορφή Δ'

4.4.1 Υποστυλώματα

Η τελικός επιλεγείσα διατομή είναι η HEB220 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα υποστυλώματα προκύπτει στο εξωτερικό υποστυλώμα του πρώτου πλαισίου για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης του υποστυλώματος για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,803 και παρουσιάζεται έναντι εφελκυσμού.



| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Ταξή | K+A+Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση |
|------|--------|---------|--------------|------|------------|------------|------------|------------|---------|
| 2960 | B2960 | HEB220 | 0.803 | 1 | 0.013 | 0.803 | 0.005 | 0.017 | ULS17 |
| 2918 | B2918 | HEB220 | 0.802 | 1 | 0.013 | 0.802 | 0.005 | 0.017 | ULS17 |
| 3363 | B3363 | HEB220 | 0.773 | 1 | 0.610 | 0.773 | 0.000 | 0.038 | ULS17 |

Σχήμα 4.39: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Δ'

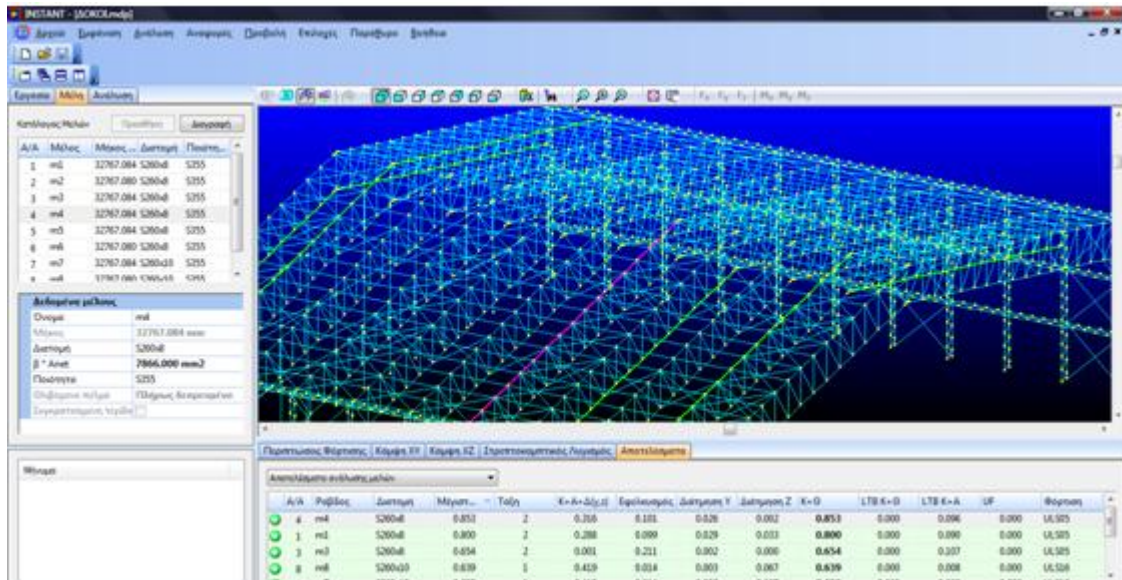
Όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενες επιλύσεις τα υποστυλώματα στην έδρασή τους θεωρείται ότι είναι εξασφαλισμένος έναντι στροφής κατά το επίπεδο XY και έναντι μετάθεσης στο επίπεδο XZ.

Η μέγιστη μετατόπιση της κεφαλής υποστυλώματος σε όλες τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι 12,3 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS04 στην κεφαλή του πρώτου υποστυλώματος. Η μέγιστη μετατόπιση του σημείου σύνδεσης του υποστυλώματος με το δικτύωμα είναι 25,7 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS05 στο τέταρτο υποστυλώμα.

4.4.2 Δοκοί πλαισίου

Η τελικός επιλεγείσα διατομή είναι η SHS260x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις δοκούς του πλαισίου προκύπτει στο πέμπτο πλαίσιο για το συνδυασμό ULS05. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,853 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης μέλους.



Σχήμα 4.40: Αποτελέσματα ελέγχου μελών δοκών υποστέγου μορφής Δ'

Η μέγιστη βύθιση της κορυφιά σε όλες τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι 93,9 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό SLS05 στο τέταρτο πλαίσιο. Η μέγιστη βύθιση του κορυφιά στο πρώτο πλαίσιο λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των συνδυασμών δράσεων είναι 122 mm και παρουσιάζεται στον συνδυασμό ULS05. Το ίδιο σημείο βυθίζεται υπό τη δράση μόνο των ιδίων βαρών κατά 54,7 mm.

Αποτελέσματα

Αρχείο: TEAIKO IIIi

ΕΡΓΑΣΙΑ: DISPLACEMENTS

Λίστα Αναφοράς Στατικών Φορτίσεων

- (10) SLS01 CMB
- (11) SLS02 CMB
- (12) SLS03 CMB
- (13) SLS04 CMB
- (14) SLS05 CMB
- (15) SLS06 CMB
- (16) SLS07 CMB
- (17) SLS08 CMB
- (18) SLS09 CMB
- (19) SLS10 CMB
- (20) SLS11 CMB
- (21) SLS12 CMB
- (22) SLS13 CMB

Περίληψη Μετατοπίσεων - Στατικές Φορτίσεις

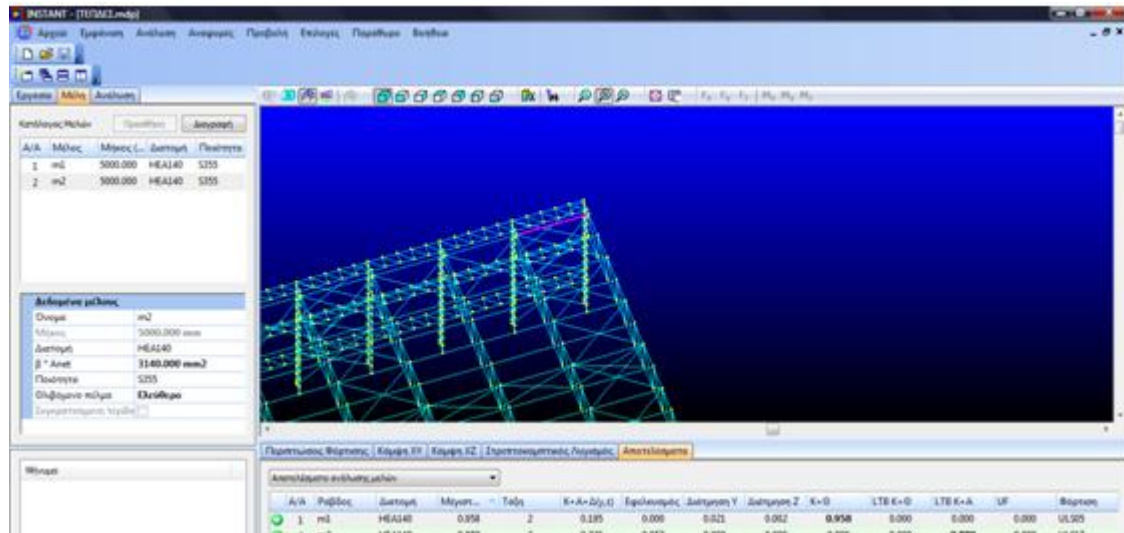
| | dX (mm) | dY (mm) | dZ (mm) | Rx (rad) | Ry (rad) | Rz (rad) |
|--------|------------------------|------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Max dX | Κόμβος: 465 8.45 | LC: SLS01 CMB -21 | -5.46 | -0.000179 | -2.99e-05 | -3.84e-05 |
| Min dX | Κόμβος: 539 -0.0661 | LC: SLS04 CMB 72.8 | -15.5 | -0.000992 | -1.79e-06 | -1.58e-07 |
| Max dY | Κόμβος: 761 -0.0167 | LC: SLS04 CMB 87.3 | -15 | -6.12e-06 | -5.09e-07 | -2.45e-07 |
| Min dY | Κόμβος: 539 0.0812 | LC: SLS05 CMB -93.9 | 8.37 | 0.000108 | 3.8e-07 | 5.22e-07 |
| Max dZ | Κόμβος: 613 0.0264 | LC: SLS08 CMB -76.1 | 19.1 | -2.94e-05 | 3.12e-07 | 1.66e-06 |
| Min dZ | Κόμβος: 613 | LC: SLS04 CMB | | | | |

Σχήμα 4.41: Αναφορά μετατοπίσεων κορυφιά υποστέγου μορφής Δ' στο σύνολο των συνδυασμών που αντιστοιχούν στις Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας

4.4.3 Τεγίδες

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEA 140 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τις τεγίδες προκύπτει για την ακριανή τεγίδα του πρώτου ανοίγματος και για το συνδυασμό ULS05. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,958 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης μέλους.



Σχήμα 4.42: Αποτελέσματα ελέγχου μελών τεγίδων υποστέγου μορφής Δ'

4.4.4 Κατακόρυφα στοιχεία ζυγώματος

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS120x5 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα κατακόρυφα στοιχεία του ζυγώματος προκύπτει για ένα από τα διαγώνια στοιχεία στο δεύτερο πλαίσιο για το συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,691 και παρουσιάζεται έναντι εφελκυσμού.

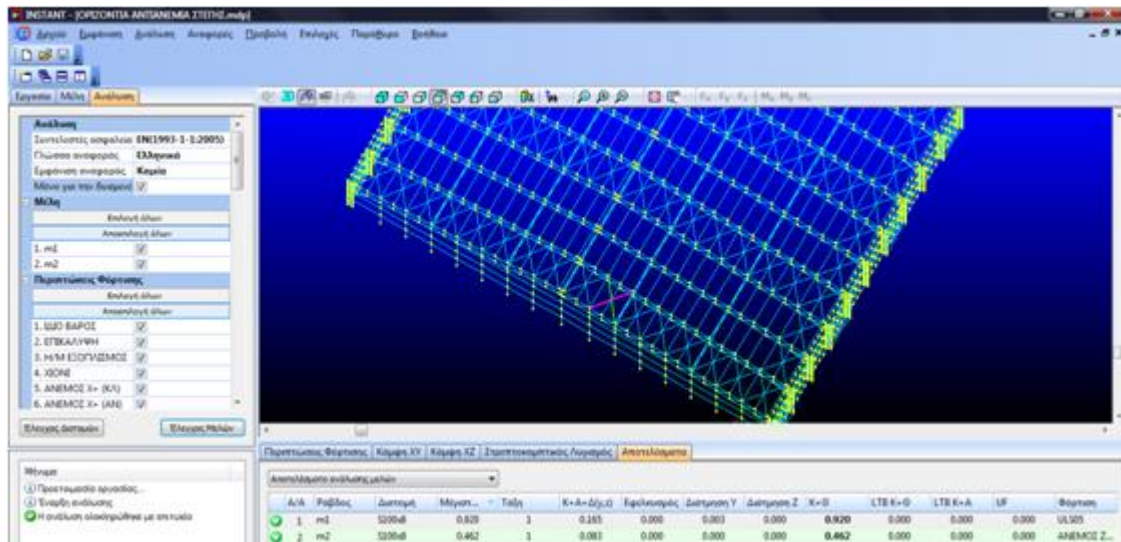
| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A+Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση |
|------|--------|----------------|--------------|------|------------|------------|------------|------------|---------|
| 1253 | B1253 | S120x5 | 0.691 | 1 | 0.000 | 0.691 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 1321 | B1321 | S120x5 | 0.690 | 1 | 0.000 | 0.690 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 2970 | B2970 | HEB220 | 0.690 | 1 | 0.690 | 0.000 | 0.001 | 0.004 | ULS17 |
| 2928 | B2928 | HEB220 | 0.689 | 1 | 0.689 | 0.000 | 0.001 | 0.004 | ULS17 |
| 2916 | B2916 | 2L80x80x8B/220 | 0.685 | 3 | 0.685 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| 2874 | B2874 | 2L80x80x8B/220 | 0.685 | 3 | 0.685 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |

Σχήμα 4.43: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών κατακόρυφων στοιχείων ζυγώματος υποστέγου μορφής Δ'

4.4.5 Οριζόντιοι σύνδεσμοι ακαμψίας

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους οριζόντιους συνδέσμους ακαμψίας προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων για το συνδυασμό ULS05. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,920 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

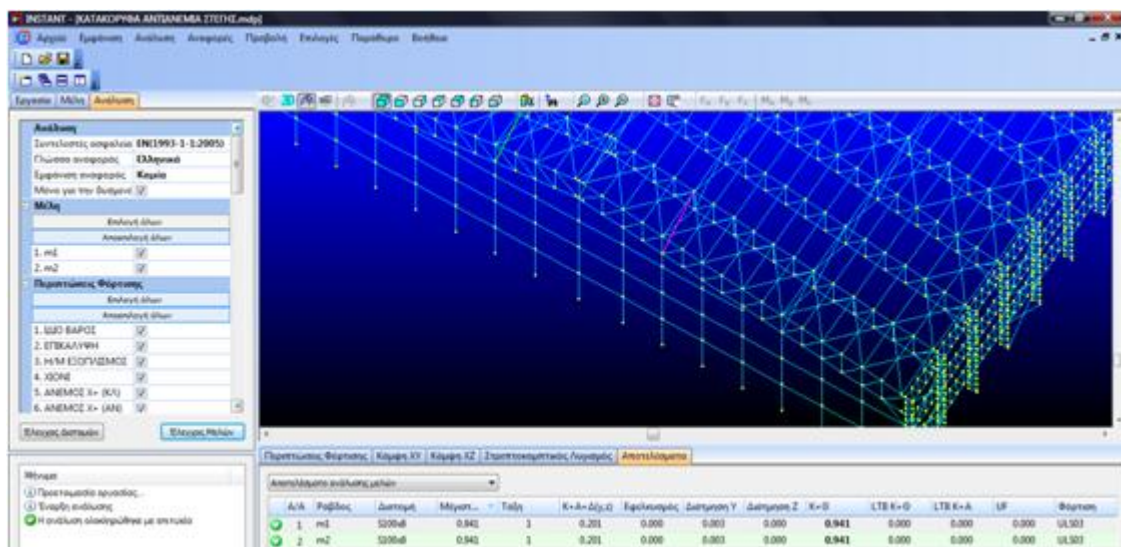


Σχήμα 4.44: Αποτελέσματα ελέγχου μελών οριζόντιων συνδέσμων ακαμψίας υποστέγου μορφής Δ'

4.4.6 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας στέγης

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας της στέγης προκύπτει μεταξύ των δύο τελευταίων πλαισίων για το συνδυασμό ULS03. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,941 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

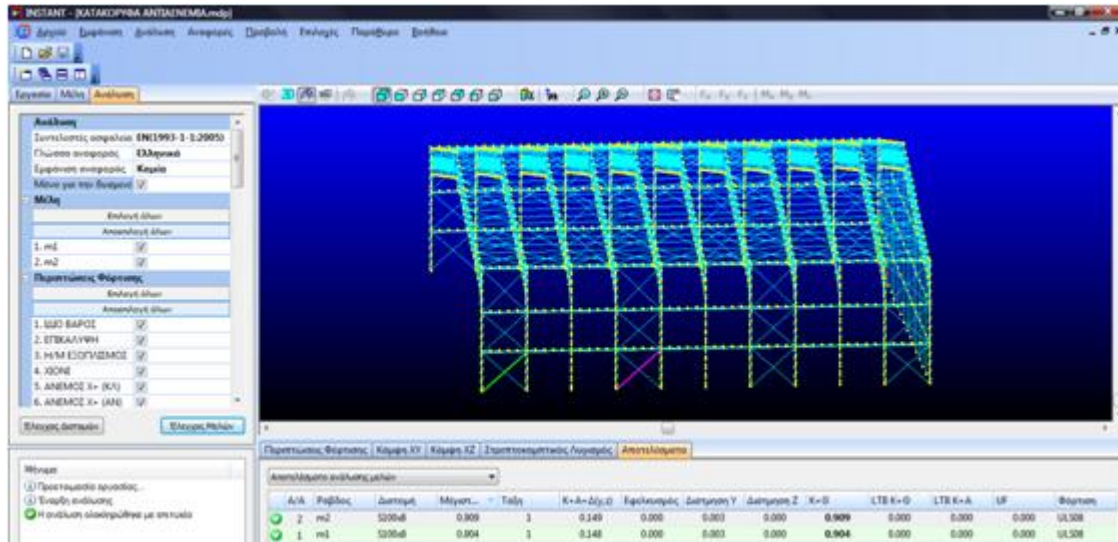


Σχήμα 4.45: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας στέγης υποστέγου μορφής Δ'

4.4.7 Κατακόρυφοι σύνδεσμοι ακαμψίας

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η SHS100x8 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας προκύπτει για το συνδυασμό ULS08. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,909 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.

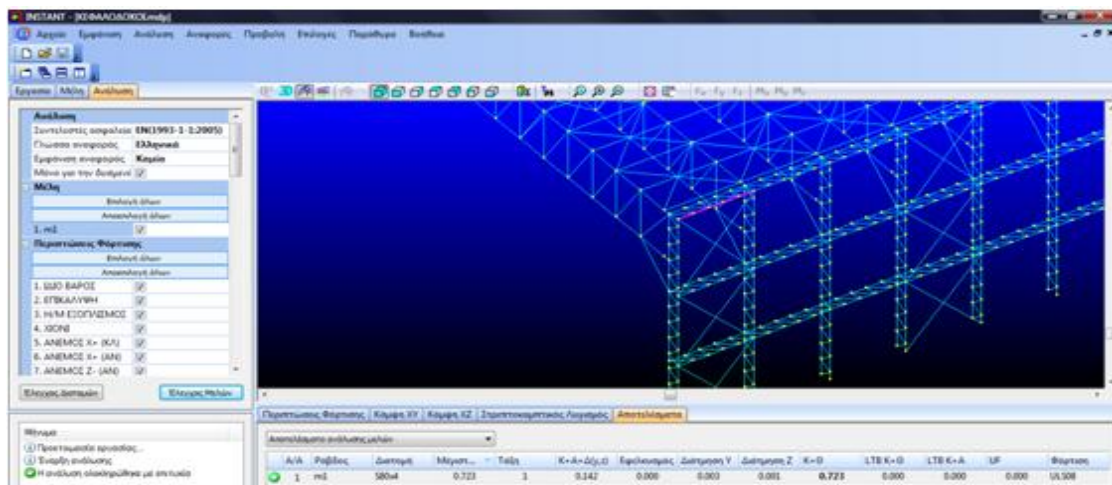


Σχήμα 4.46: Αποτελέσματα ελέγχου μελών κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας υποστέγου μορφής Δ'

4.4.8 Κεφαλοδοκοί

Οι τελικώς επιλεγείσες διατομές είναι οι SHS 80x4 και SHS 50x4 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για την πρώτη διατομή προκύπτει για το συνδυασμό ULS08 σε διαμήκες στοιχείο μεταξύ των δύο πρώτων πλαισίων ενώ για την δεύτερη προκύπτει για το συνδυασμό ULS08. Ο λόγος απόδοσης της μέλους - διατομής για αυτούς τους συνδυασμούς δράσης είναι 0,723 και 0,115 αντιστοίχως και παρουσιάζονται έναντι κάμψης και εφελκυσμού αντίστοιχα.



Σχήμα 4.47: Αποτελέσματα ελέγχου διαμήκων στοιχείων κεφαλοδοκών υποστέγου μορφής Δ'

| Περιπτώσεις Φόρτισης | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|----------|----------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|---------|-------|
| Κάμψη XY | | Κάμψη XZ | | Στρεπτοκαμπτικός Λυγισμός | | | | | | |
| Αποτελέσματα | | | | | | | | | | |
| Αποτελέσματα ελέγχου διατομών | | | | | | | | | | |
| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A+Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση | |
| ✓ | 4637 | B4637 | S50x4 | 0.115 | 1 | 0.000 | 0.115 | 0.001 | 0.000 | ULS08 |
| ✓ | 3009 | B3009 | 2L80x80x8B/220 | 0.115 | 3 | 0.115 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULA01 |
| ✓ | 3748 | B3748 | S80x4 | 0.116 | 1 | 0.008 | 0.116 | 0.004 | 0.002 | ULS05 |

Σχήμα 4.48: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών εγκάρσιων στοιχείων κεφαλοδοκών υποστέγου μορφής Δ'

4.4.9 Μετωπικά υποστυλώματα

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η HEB300 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα μετωπικά υποστυλώματα προκύπτει για το κεντρικό υποστύλωμα και για τον συνδυασμό ULS16. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,804 και παρουσιάζεται έναντι συνδυασμού κάμψης, αξονικής και διάτμησης.

| Περιπτώσεις Φόρτισης | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|----------|--------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|---------|-------|
| Κάμψη XY | | Κάμψη XZ | | Στρεπτοκαμπτικός Λυγισμός | | | | | | |
| Αποτελέσματα | | | | | | | | | | |
| Αποτελέσματα ελέγχου διατομών | | | | | | | | | | |
| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A+Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση | |
| ✓ | 3480 | B3480 | HEB300 | 0.804 | 1 | 0.804 | 0.000 | 0.190 | 0.000 | ULS16 |
| ✓ | 3433 | B3433 | HEB300 | 0.804 | 1 | 0.804 | 0.000 | 0.190 | 0.000 | ULS16 |
| ✓ | 2960 | B2960 | HEB220 | 0.803 | 1 | 0.013 | 0.803 | 0.005 | 0.017 | ULS17 |
| ✓ | 2918 | B2918 | HEB220 | 0.802 | 1 | 0.013 | 0.802 | 0.005 | 0.017 | ULS17 |
| ✓ | 3363 | B3363 | HEB220 | 0.773 | 1 | 0.610 | 0.773 | 0.000 | 0.038 | ULS17 |

Σχήμα 4.49: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών μετωπικών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Δ'

4.4.10 Διατμητικά στοιχεία σύνθετων υποστυλωμάτων

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι σύνθετη αποτελούμενη από 2L80x80x8 σε απόσταση 220mm (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τα διατμητικά στοιχεία των σύνθετων υποστυλωμάτων για τον συνδυασμό ULS17. Ο λόγος απόδοσης της διατομής για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,700 και παρουσιάζεται έναντι συνδυασμού κάμψης, αξονικής και διάτμησης.

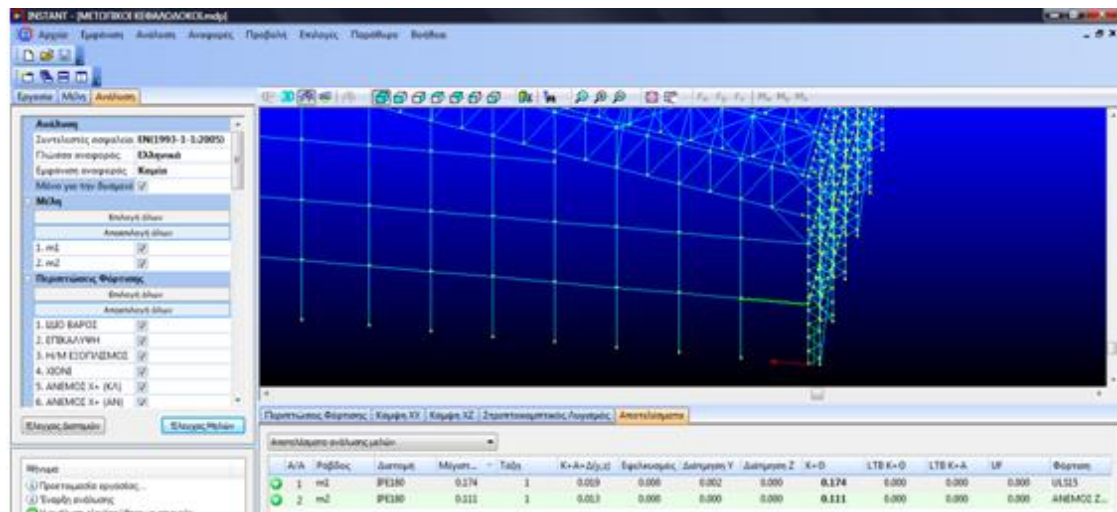
| Περιπτώσεις Φόρτισης | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|----------|----------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|---------|-------|
| Κάμψη XY | | Κάμψη XZ | | Στρεπτοκαμπτικός Λυγισμός | | | | | | |
| Αποτελέσματα | | | | | | | | | | |
| Αποτελέσματα ελέγχου διατομών | | | | | | | | | | |
| A/A | Ραβδος | Διατομή | Μέγιστη Τιμή | Τάξη | K+A+Δ(y,z) | Εφελκυσμός | Διάτμηση Y | Διάτμηση Z | Φόρτιση | |
| ✓ | 2350 | B3350 | 2L80x80x8B/220 | 0.700 | 3 | 0.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| ✓ | 3369 | B3369 | 2L80x80x8B/220 | 0.700 | 3 | 0.700 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | ULS17 |
| ✓ | 2456 | B2456 | HEB220 | 0.693 | 1 | 0.693 | 0.000 | 0.002 | 0.020 | ULS05 |
| ✓ | 2885 | B2885 | HEB220 | 0.693 | 1 | 0.693 | 0.000 | 0.002 | 0.017 | ULS17 |
| ✓ | 2843 | B2843 | HEB220 | 0.692 | 1 | 0.692 | 0.000 | 0.002 | 0.017 | ULS17 |

Σχήμα 4.50: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών διατμητικών στοιχείων σύνθετων υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Δ'

4.4.11 Κεφαλοδοκοί μετωπικών υποστυλωμάτων

Η τελικώς επιλεγείσα διατομή είναι η IPE180 (S355).

Η δυσμενέστερη φόρτιση για τους υπόψη κεφαλοδοκών προκύπτει για το συνδυασμό ULS15. Ο λόγος απόδοσης μέλους για αυτό τον συνδυασμό δράσης είναι 0,174 και παρουσιάζεται έναντι κάμψης.



Σχήμα 4.51: Αποτελέσματα ελέγχου διατομών κεφαλοδοκών μεταξύ μετωπικών υποστυλωμάτων υποστέγου μορφής Δ'

4.4.12 Έδραση υποστυλωμάτων

Η έδραση των υποστυλωμάτων στην μορφή Δ' του φορέα είναι πανομοιότυπη με την αντίστοιχη της μορφής Γ', όπως αυτή παρουσιάστηκε στην παράγραφο 4.3.12.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την επίλυση

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται πινακοποιημένα ενδεικτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατική επίλυση των τεσσάρων μορφών του υποστέγου.

Η πινακοποίηση και αντιπαράθεση των στοιχείων θα χρησιμοποιηθεί προκειμένου να εξαχθούν τα συμπεράσματα που παρουσιάζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο.

Στον παρακάτω πίνακα και σχήμα παρουσιάζεται το συνολικό βάρος της κατασκευής ανά μορφή του υποστέγου, όπως αυτό προμετράται από την αντίστοιχη υπορουτίνα του προγράμματος.

| ΜΟΡΦΗ Α΄ | | | ΜΟΡΦΗ Β΄ | | |
|---------------|-----------------|-------------------|---------------|-----------------|-------------------|
| Διατομή | Μήκος | Βάρος | Διατομή | Μήκος | Βάρος |
| HEB800 | 308.000 | 80754.547 | HEB700 | 308.000 | 73984.664 |
| S260x8 | 726.028 | 44830.715 | S260x8 | 726.028 | 44830.715 |
| S120x5 | 2193.625 | 39399.344 | S120x5 | 2193.625 | 39399.344 |
| IPE180 | 457.514 | 8583.641 | IPE180 | 457.514 | 8583.641 |
| HEA140 | 1700.000 | 41903.098 | HEA140 | 1700.000 | 41903.098 |
| S100x8 | 328.395 | 7509.429 | S100x8 | 328.395 | 7509.429 |
| HEB300 | 210.824 | 24675.531 | HEB300 | 210.824 | 24675.531 |
| S100x8 | 978.996 | 22386.836 | S100x8 | 978.996 | 22386.836 |
| S100x8 | 588.094 | 13448.010 | S100x8 | 588.094 | 13448.010 |
| S260x8 | 660.025 | 40755.203 | S260x8 | 660.025 | 40755.203 |
| S260x8 | 72.307 | 4464.800 | S260x8 | 72.307 | 4464.800 |
| S260x10 | 66.002 | 5021.097 | S260x10 | 66.002 | 5021.097 |
| Σύνολο | 8289.810 | 333732.250 | Σύνολο | 8289.810 | 326962.375 |

| ΜΟΡΦΗ Γ΄ | | | ΜΟΡΦΗ Δ΄ | | |
|----------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| Διατομή | Μήκος | Βάρος | Διατομή | Μήκος | Βάρος |
| HEB220 | 627.000 | 44789.555 | HEB220 | 616.000 | 44004.289 |
| 2L80x80x8B/220 | 749.734 | 14478.009 | 2L80x80x8B/220 | 566.422 | 10938.134 |
| S260x8 | 78.839 | 4868.146 | S260x8 | 78.199 | 4828.667 |
| S120x5 | 2179.542 | 39146.094 | S120x5 | 2176.097 | 39084.211 |
| S260x8 | 1376.218 | 84978.641 | S260x8 | 1376.218 | 84978.641 |
| HEA140 | 1700.000 | 41903.098 | HEA140 | 1700.000 | 41903.098 |
| S80x4 | 600.000 | 5689.696 | S80x4 | 600.000 | 5689.696 |
| S50x4 | 550.809 | 3149.057 | S50x4 | 550.809 | 3149.041 |
| S100x8 | 1556.373 | 35589.527 | S100x8 | 1556.373 | 35589.527 |
| S100x8 | 331.258 | 7574.893 | S100x8 | 328.395 | 7509.429 |
| HEB300 | 220.187 | 25771.445 | HEB300 | 216.437 | 25332.531 |
| IPE180 | 168.497 | 3161.252 | IPE180 | 160.653 | 3014.084 |
| S260x10 | 65.534 | 4985.469 | S260x10 | 65.534 | 4985.470 |
| Σύνολο | 10203.990 | 316084.906 | Σύνολο | 9991.137 | 311006.844 |

Σχήμα 5.1: Προμέτρηση βάρους διατομών χρησιμοποιούμενων στις τέσσερις μορφές υποστέγου

Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι οι ποσότητες που παρουσιάζονται στο παραπάνω πίνακα αφορούν στο συνολικό βάρος της κατασκευής, χωρίς να έχουν συνυπολογιστεί το βάρος των μηκίδων (καθώς αυτές έχουν εισαχθεί στο μοντέλο επίλυσης ως εξωτερικά επιβαλλόμενο μόνιμο φορτίο), καθώς και το βάρος των στοιχείων σύνδεσης (πλάκες έδρασης, ηλώσεις ενισχύσεις κόμβων κ.α.).

Από το σχήμα 5.1 εύλογα προκύπτει η σημαντική μείωση του βάρους της κατασκευής, αναλόγως της μορφής των υποστυλωμάτων που επιλέγεται από τον μελετητή. Για τον υπολογισμό του συνολικού οφέλους που θα προκύψει για την οικονομία ενός έργου θα πρέπει να συνεκτιμηθεί η ενδεχόμενη διαφορά στο κόστος κατασκευής των φέροντων στοιχείων, μεταφοράς τους στον τόπο του έργου και ανέγερσής τους.

Η διαφορά της τιμής μπορεί ασφαλώς να εκτιμηθεί ότι είναι της τάξης των 0,07€ έως 0,10€ ανά kg, το οποίο μεταφράζεται σε ποσοστό της τάξης από 6% έως 8%.

Έχοντας ως βάση αυτή την εκτίμηση και χρησιμοποιώντας ως ποσοστιαία επιβάρυνση 8% στην κατασκευή σύνθετων υποστυλωμάτων σε σχέση με τα ολόσωμα, το συνολικό όφελος για την οικονομία της κατασκευής αναλόγως της μορφής των υποστυλωμάτων που θα επιλεγούν σε όρους χρημάτων και όχι βάρους θα είναι:

ΜΟΡΦΗ Γ' σε σχέση με τη ΜΟΡΦΗ Α'

- 20,74% στο κόστος κατασκευής των υποστυλωμάτων
- 3,87% στο κόστος του συνόλου της κατασκευής

ΜΟΡΦΗ Δ' σε σχέση με τη ΜΟΡΦΗ Α'

- 26,52% στο κόστος κατασκευής των υποστυλωμάτων
- 5,49% στο κόστος του συνόλου της κατασκευής.

ΜΟΡΦΗ Γ' σε σχέση με τη ΜΟΡΦΗ Β'

- 13,48% στο κόστος κατασκευής των υποστυλωμάτων
- 1,88% στο κόστος του συνόλου της κατασκευής

ΜΟΡΦΗ Δ' σε σχέση με τη ΜΟΡΦΗ Β'

- 19,80% στο κόστος κατασκευής των υποστυλωμάτων
- 3,54% στο κόστος του συνόλου της κατασκευής.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στον τρόπο που ανταποκρίνονται οι διάφοροι τύποι υποστυλωμάτων στις εξωτερικές φορτίσεις θα πρέπει να συνταχθούν πίνακες σύγκρισης που απεικονίζουν τους λόγους απόδοσης των στοιχείων και τα μέγιστα αναπτυσσόμενα βέλη κάμψης.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μέγιστοι λόγοι απόδοσης που εμφανίζονται στα στοιχεία των υποστυλωμάτων στις διάφορες μορφές υποστέγων που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Πίνακας 5.1: Μέγιστος λόγος απόδοσης υποστυλωμάτων ανά μορφή υποστέγου

| | ΔΙΑΤΟΜΗ | ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΛΟΓΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ |
|-----------------|---------------|-------------------------|
| ΜΟΡΦΗ Α' | HEB 800 | 0,804 |
| ΜΟΡΦΗ Β' | HEB 700 | 0,892 |
| ΜΟΡΦΗ Γ' | HEB 220 | 0,760 |
| | 2L80x80x8/220 | 0,771 |
| ΜΟΡΦΗ Δ' | HEB 220 | 0,803 |
| | 2L80x80x8/220 | 0,700 |

Εν συνεχεία παρουσιάζονται οι μέγιστες αποκλίσεις από την κατακόρυφο στην κεφαλή των υποστυλωμάτων σε κάθε μορφή υποστέγου που παρουσιάζονται στις Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας (SLS).

Πίνακας 5.2: Μέγιστο βέλος κάμψης στην κορυφή υποστυλώματος ανά μορφή υποστέγου

| | ΔΙΑΤΟΜΗ | ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΕΛΟΣ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ (mm) |
|-----------------|---------|--|
| ΜΟΡΦΗ Α' | HEB 800 | 8,76 |
| ΜΟΡΦΗ Β' | HEB 700 | 10,11 |
| ΜΟΡΦΗ Γ' | HEB 220 | 12,7 |
| ΜΟΡΦΗ Δ' | HEB 220 | 12,3 |

και οι αντίστοιχες μέγιστες αποκλίσεις που αφορούν στο σημείο σύνδεσης του δικτύωματος με το υποστυλώμα (θέση δεύτερης κεφαλοδοκού).

Πίνακας 5.3: Μέγιστο βέλος κάμψης υποστυλώματος στο ύψος του δεύτερου κεφαλοδοκού ανά μορφή υποστέγου

| | ΔΙΑΤΟΜΗ | ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΕΛΟΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ (mm) |
|-----------------|---------|--|
| ΜΟΡΦΗ Α' | HEB 800 | 16,8 |
| ΜΟΡΦΗ Β' | HEB 700 | 20,7 |
| ΜΟΡΦΗ Γ' | HEB 220 | 27,3 |
| ΜΟΡΦΗ Δ' | HEB 220 | 25,7 |

Τέλος, τα μέγιστα βέλη κάμψης που αναπτύσσονται στον κορφιά του ζυγώματος σε όλες τις Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας που παρουσιάζονται στις κατασκευές είναι:

Πίνακας 5.4: Μέγιστο βέλος κάμψης κορφιά ανά μορφή υποστέγου

| | ΔΙΑΤΟΜΗ | ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΕΛΟΣ ΚΑΜΨΗΣ ΣΤΟΝ ΚΟΡΦΙΑ ΤΩΝ ΖΥΓΩΜΑΤΩΝ (mm) |
|-------------|-----------|---|
| ΜΟΡΦΗ Α' | SHS 260x8 | 80,5 |
| ΜΟΡΦΗ Β' | SHS 260x8 | 91,4 |
| ΜΟΡΦΗ Γ' | SHS 260x8 | 96,1 |
| ΜΟΡΦΗ Δ' | SHS 260x8 | 93,9 |

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι ροπές αδράνειας των τεσσάρων τελικά επιλεγμένων υποστυλωμάτων περί τον ισχυρό τους άξονα. Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό της ροπής σύνθετων υποστυλωμάτων δεν συνυπολογίστηκε η ροπή αδράνειας των επιμέρους διατομών.

Πίνακας 5.5: Ροπή αδράνειας περί τον ισχυρό άξονα υποστυλώματος ανά μορφή υποστέγου

| | ΔΙΑΤΟΜΗ | ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΠΕΡΙ ΤΟΝ ΙΣΧΥΡΟ ΑΞΟΝΑ ($\times 10^6 \text{ mm}^4$) |
|-------------|--------------|---|
| ΜΟΡΦΗ Α' | HEB 800 | 3.591 |
| ΜΟΡΦΗ Β' | HEB 700 | 2.569 |
| ΜΟΡΦΗ Γ' | 2HEB 220/740 | 2.548 |
| ΜΟΡΦΗ Δ' | | |

5.2 Τελικά συμπεράσματα

Συνδυάζοντας τα προσφερόμενα στοιχεία των ανωτέρω πινάκων, αλλά και όσων αναφέρονται στα προγενέστερα κεφάλαια, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Λόγω της ιδιαιτερότητας της γεωμετρίας του φορέα και συγκεκριμένα το μεγάλων διαστάσεων άνοιγμα που υπάρχει στη μία πλευρά του υποστέγου (κεντρική θύρα), ως προεξάρχουσα φόρτιση προκύπτει η ανεμοπίεση από

άνεμο κάθετα στο άνοιγμα με τη θύρα ανοικτή. Έτσι, το σύνολο σχεδόν των στοιχείων, κατά τον έλεγχο τους, παρουσιάζουν τον μέγιστο λόγο απόδοσης στον συνδυασμό ULS 17, που προκύπτει από τα μόνιμα φορτία (ευμενή δράση – μη προσαυξημένα) και την ανεμοπίεση από τον υπόψη άνεμο.

- Η επιλογή κατασκευής σύνθετων υποστυλωμάτων οδηγεί σε εξοικονόμηση υλικού σε ποσοστό αρκετά σημαντικό για το μέγεθος ενός έργου μεγάλων διαστάσεων. Η εξοικονόμηση αυτή είναι αρκετά σημαντική ακόμη και αν συνυπολογιστεί το αυξημένο κόστος ανέγερσης λόγω χρήσης σύνθετων διατομών. Συμπερασματικά, η κατασκευή σύνθετων υποστυλωμάτων μπορεί να επιφέρει μείωση στο κόστος ανέγερσης ενός μεταλλικού φορέα σε ποσοστό από 3% έως 5%. Επιπλέον μεταξύ των ομοειδών μορφών Γ' (σύνθετα υποστυλώματα με ορθοστάτες - μορφής N) και Δ' (σύνθετα υποστυλώματα χωρίς ορθοστάτες - μορφής V) προκύπτει μια επιπλέον εξοικονόμηση υλικού.
- Μεταξύ των μορφών Γ' και Δ' (διαφορετικών μορφών σύνθετων υποστυλωμάτων) δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις, ως προς την συμπεριφορά, καθώς οι λόγοι απόδοσης των διατομών και των μελών αλλά και οι προκύπτουσες μετατοπίσεις κόμβων παρουσιάζουν μικρή απόκλιση.
- Οι μετατοπίσεις που προκύπτουν στις μορφές Γ' και Δ' (σύνθετα υποστυλώματα) είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες που παρουσιάζονται στη μορφή Β' (HEB700). Αυτή η διαπίστωση είναι λογική καθώς οι αντίστοιχες ροπές αδράνειας είναι σχεδόν ίσες.
- Αντιθέτως, οι λόγοι απόδοσης που προκύπτουν στα σύνθετα υποστυλώματα είναι της ίδιας τάξης μεγέθους (περί το 0,8) με το λόγο απόδοσης που προκύπτει για τα υποστυλώματα της μορφής Α' (HEB800), ενώ στα υποστυλώματα της μορφής Α' (HEB700) είναι αρκετά μεγαλύτερος (της τάξης του 0,9).
- Η τεγίδωση των φορέων κατασκευάζεται από στοιχεία διατομής HEA 140. Η υπόψη διατομή θα μπορούσε να αντικατασταθεί από IPE 200, προσφέροντας οικονομία στην κατασκευή (λόγω μικρότερου βάρους). Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να τοποθετηθεί εγκάρσιος ελκυστήρας καταλλήλου διαμέτρου (ντίζα) στο μέσο του μήκους κάθε τεγίδας. Παρά ταύτα, αυτή η λύση δεν επιλέχθηκε στην τελική μόρφωση του φορέα καθώς θα προέκυπταν κατασκευαστικές δυσκολίες λόγω του γεγονότος ότι στην απόληξη του ελκυστήρα συντρέχει μεγάλος αριθμός ράβδων.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (1999). «Σιδηρές κατασκευές, παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3, Τόμος II». 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 I». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα
4. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2009). «Σιδηρές κατασκευές. Ανάλυση και εφαρμογή», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα
5. Εγχειρίδια χρήσης λογισμικού INSTANT
6. Ευρωκώδικας 1 «Βάσεις σχεδιασμού και δράσεις επί των κατασκευών», Ι. Ερμόπουλος
7. ΙΕΚΕΜ – ΤΕΕ «Σημειώσεις για την χρήση Ευρωκωδίκων EN1990, EN1991»
8. Ιστοσελίδα της Computer Control Systems S.A.
9. EN 1998-1-1, Ευρωκώδικας 8, «Αντισεισμικός σχεδιασμός», Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια, CEN, Δεκέμβριος 2004

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παρόν παράρτημα περιλαμβάνονται:

- το σύνολο των αρχείων που παράχθηκαν κατά την δημιουργία και επίλυση των τεσσάρων διακριτών μορφών του υποστέγου σε περιβάλλον του λογισμικού INSTANT της Computer Control Systems S.A.
- το σύνολο των παραγόμενων αρχείων αναφορών που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας σε μορφή Microsoft Office Word

Όλα τα παραπάνω περιλαμβάνονται στον οπτικό δίσκο (CD-ROM) που συνοδεύει την έντυπη μορφή της διπλωματικής εργασίας.