



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΜΕΛΩΝ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ - ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ**



Διπλωματική εργασία

ΣΟΦΙΑ ΑΤΣΑΛΗ

Επιβλέπων:

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ,

Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα 2014

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΩΝ ΠΕΡΙ ΜΕΟΤ	5
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΜΕΟΤ	5
ΜΕΓΑΛΑ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥΣ.....	5
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΑ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ- ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	6
ΒΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΜΘΕ	7
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΟΡΕΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 2 (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 (ΟΚΑ) - ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΜΘΕ)	8
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ Μ.Ε.Ο.Τ. / ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 8.....	14
ΤΥΠΟΙ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ-ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ	15
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ - ΜΕΓΑΛΑ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	25
ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΑ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	26
ΜΕΓΑΛΑ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ -ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ	27
ΜΕΓΑΛΑ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ -ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: MANUAL CAST (STRUT AND TIE MODELS)	30
2.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	30
2.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ CAST	30
2.3 ΈΝΑΡΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ CAST	31
2.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ CAST (ΒΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΟ CAST).....	32
2.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΗΜΑΤΩΝ.....	33
2.5.1 Νέο αρχείο (Define Project Description).....	33
2.5.2 Ορισμός γενικών ιδιοτήτων (Define General Propetries)	33
2.5.3 Κατασκευή Κανάβου(Construct grid points).....	33
2.5.4 Κατασκευή οδηγών γραμμών (Construct Guidelines).....	34
2.5.5 Κατασκευή εξωτερικού περιγράμματος (Construct Outer Boundary)	36
2.5.6 Κατασκευάζω το σχήμα μου με την βοήθεια των κατευθυντηρίων γραμμών (Construct Elements - Edit Glue STM Nodes).....	38
2.5.7 Τοποθέτηση Πλακών έδρασης (Assign Bearing Plates)	39
2.5.8 Ορίζω συντοριακές συνθήκες - στηρίξεις (Assign boundary conditions)	40
2.5.9 Ορισμός - Ανάθεση Δυνάμεων (Assing Body force or support)	41
2.5.10 Ορίζω και αναθέτω ιδιότητες θλιπτήρων (DEFINE Srut Types).....	41
2.5.11 Ορίζω Ιδιότητες θλιπτήρων – Ακαμψία, Πλάτη (DEFINE Concrete Strut Types).....	42
2.5.12 Έλεγχος Θλιπτήρων (Min Effective Width).....	43
2.5.13 Ορισμός ελκυστήρων - επιλογή οπλισμού (DEFINE Tie Types Non - Prestressed Reinforcement Tie).....	44

2.6 ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ (OBTAINING TRUSS FORCES)	45
2.7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (DISPLAYING MODEL AND ANALYSIS RESULTS)	46
2.8 ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ (STRUT AND TIE MODELS)	50
2.9 ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ – ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ	51
2.10 ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΠΟΡΙΕΣ ΣΤΟ CAST	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΜΕΛΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΜΕ ΤΟ CAST (STRUT AND TIE MODELS)

58

3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΨΙΚΟΡΜΗΣ ΔΟΚΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ-ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	59
3.1.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ: ΦΟΡΕΑΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΑ	59
3.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ	60
3.1.3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΩΝ ΕΔΡΑΣΗΣ	60
3.1.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ - ΕΠΙΛΟΓΗ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	61
3.1.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ	65
3.1.6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΟΜΒΩΝ.....	66
3.2 ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΥΨΙΚΟΡΜΗΣ ΔΟΚΟΥ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ-ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΔΙΚΤΥΩΜΑ ΜΕ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ Η ΜΕΓΑΛΕΣ ΟΠΕΣ	67
3.3 ΔΙΚΤΥΩΜΑ ΜΕ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ Η ΜΕΓΑΛΕΣ ΟΠΕΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ-ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	70
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΜΕΛΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΠΕΝΤΑΟΡΟΦΗΣ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	72
3.3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	72
3.3.2 ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΥΠΟΨΗ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	73
3.3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	74
3.3.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	75
3.3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ-ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	76
3.3.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ.....	77
3.3.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΟΓΩΝ ΤΑΣΕΩΝ (ΔΕΙΚΤΩΝ) ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	78
3.3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ	79
3.3.9 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ.....	80
3.3.10 ΣΧΕΔΙΟ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑΣ.....	81
3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΡΙΓΩΝΟΥ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΑ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ - ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	82
3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΡΑΠΕΖΙΟΥ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΑ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ - ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	83
3.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΔΙΟΡΟΦΟΥ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΑ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ - ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	84
3.6 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΩΔΙΚΑ - CAST (CODE PROVISIONS)	85

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

87

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται ο σχεδιασμός με μοντέλα θλιπτήρων-ελκυστήρων και υπολογισμός αντοχής ελαφρά οπλισμένων μελών σκυροδέματος με την μέθοδο θλιπτήρων - ελκυστήρων.

Ο υπολογισμός αντοχής ελαφρά οπλισμένων μελών σκυροδέματος, ο υπολογισμός των τάσεων του δικτυώματος με την μέθοδο θλιπτήρων - ελκυστήρων και η στατική επίλυση πραγματοποιείται με το πρόγραμμα CAST. Το CAST (Computer Aided Strut and Ties) πρόγραμμα είναι ένα γραφικό εργαλείο σχεδιασμού που κάνει τη διαδικασία σχεδιασμού πιο αποτελεσματική και διαφανή λόγω της φιλοσοφίας του σχεδιασμού και την εξοικείωση στην απλή μηχανική του δικτυώματος. Το CAST πρόγραμμα αναπτύχθηκε για να παρέχει την εμπειρία στους φοιτητές και επαγγελματίες και την δυνατότητα κατανόησης των προτεινόμενων διατάξεων σχεδιασμού για την αντοχή των δοκών και την διασφάλιση ότι οι διαστάσεις των δοκών είναι επαρκείς για να υποστηρίξουν τα φορτία που επιβάλλονται, τους ελέγχους ικανότητας των δοκών και κόμβων την επιλογή του οπλισμού κ.λ.π.

Τα πλεονεκτήματα της επιλογής τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα τον φέροντα οργανισμό μιας κατασκευής είναι γνωστά, γι' αυτό άλλωστε είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη η χρησιμοποίηση τους σε κατασκευές για κάθε χρήση. Μέχρι πρότινος, πριν γίνει υποχρεωτική στη χώρα μας η χρήση των διατάξεων του Ευρωκώδικα όλα τα τοιχώματα ανεξάρτητα από τις διαστάσεις τους θεωρούνταν ότι συμπεριφέρονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και συνεπώς σπλίζονταν με τον ίδιο τρόπο. Στον Ευρωκώδικα 8 όμως πλέον υιοθετείται διαφορετική προσέγγιση για τα τοιχώματα μεγάλων διαστάσεων, τα οποία ορίζονται ως μεγάλα ελαφρώς οπλισμένα τοιχώματα. Τα τοιχώματα αυτά συμπεριφέρονται διαφορετικά από τα πλάστιμα υπό τη δράση σεισμικών φορτίων και σπλίζονται με βάση διαφορετικές παραδοχές.

Κεφάλαιο 1: Απαιτήσεις Ευρωκωδίκων περί ΜΕΟΤ

Γενικά περί ΜΕΟΤ

Μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα και προϋποθέσεις χρησιμοποίησης τους

Ως **μεγάλο ελαφρώς οπλισμένο τοίχωμα** ορίζεται τοίχωμα με μεγάλο μήκος, δηλαδή μήκος μεγαλύτερο από 4m ή τα 2/3 του ύψους του τοιχώματος, όποιο είναι μικρότερο, και διαφέρει πολύ ως προς τη συμπεριφορά του από τα πλάστιμα τοιχώματα.

Τα μεγάλα ελαφρώς οπλισμένα τοιχώματα αναμένεται να μετατρέψουν τη σεισμική ενέργεια σε δυναμική μέσω της προσωρινής ανύψωσης των στατικών μαζών και σε ενέργεια που μεταφέρεται στο έδαφος μέσω της ταλάντωσής του ως στερεό σώμα και δεν αναμένεται να απορροφήσουν τη σεισμική ενέργεια με δημιουργία πλαστικής άρθρωσης στη βάση τους, όπως τα πλάστιμα τοιχώματα.

Τα πλεονεκτήματα τους έναντι των πλαισιωτών είναι η μεγάλη δυσκαμψία των τοιχωμάτων και η μείωση των μετακινήσεων αλλά και οι λίγες αβεβαιότητες στους κόμβους. Τα τοιχώματα εκεί κάμπτονται ως πρόβολοι και αναγκάζουν σε πλαστικές αρθρώσεις ενώ εδώ ενεργοποιούνται οι όροφοι ως διαφράγματα. Έχουν αντοχή σε σεισμούς και ενεργειακά ωφέλη, μετατρέπουν δηλαδή την σεισμική σε δυναμική ενέργεια

Οι πλαστικές αρθρώσεις σε άκρα δοκών σε σύμμεικτα πλαίσια παραλαβής ροπών είναι πλάστιμες. Σκοπός είναι η αποφυγή πρόωρου λυγισμού με ανώτατο όριο διατομής και αποφυγή σύνθλιψης σκυροδέματος με κατώτατο όριο διατομής. Υπάρχουν αβεβαιότητες λόγω γεωμετρικών σφαλμάτων και λόγω πλαστιμότητας.

Σύστημα ελαφριά οπλισμένων μεγάλων τοιχωμάτων στην υπόψη οριζόντια διεύθυνση υπό τις εξής προϋποθέσεις

- A) Ποσοστό 65% τέμνουσας βιάσης αναλαμβάνεται από τοιχώματα
- B) Τοιχώματα με $\lambda > 4\mu$ αναλαμβάνουν μεγαλύτερο >20% κατακόρυφου φορτίου
- Γ) Ιδιοπερίοδος $T1 < 0.5$ για θεώρηση πάκτωσης στη βιάση

Αν ο φορέας δεν πληροί ανωτέρω συνθήκες όλα τα τοιχώματα σχεδιάζονται ως πλάστιμα

Βασικές αρχές σχεδιασμού με μοντέλα θλιπτήρων- ελκυστήρων

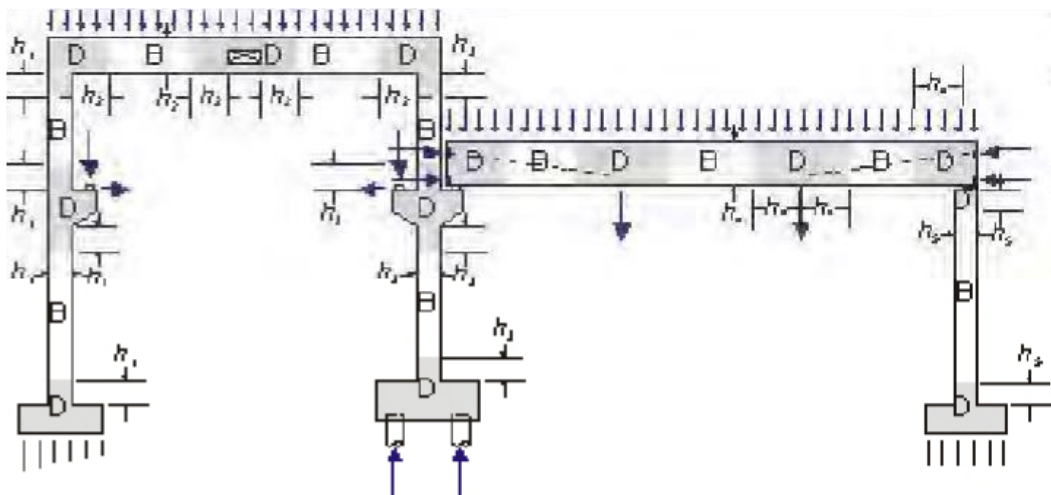
Σεμινάριο Ευρωκωδίκων, ΤΕΕ, ΤΕΕ-Τμ. Δ. Ελλάδα, ΣΠΜΕ, Επιτροπή Ευρωκωδίκων, τ. ΥΠΕΧΩΔΕ, 3-5/12/2009, Πάτρα

Πεδίο εφαρμογής ΜΘΕ: Όταν η κατανομή των παραμορφώσεων είναι μη γραμμική (π.χ. σε στηρίξεις, κοντά σε συγκεντρωμένα φορτία, ή σε περιπτώσεις επίπεδης) Υπόβαθρο: οι περιοχές των στοιχείων Ο/Σ διακρίνονται σε :

(α) περιοχές με περίπου γραμμική κατανομή τάσεων

- Περιοχές Β (Bernoulli)

(β)



περιοχές με μη γραμμική κατανομή τάσεων

- Περιοχές D (Discontinuity)

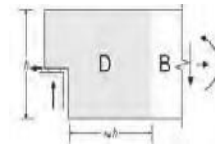
Strut Resource Web Site (D. Kuchma)

- ΜΘΕ = μοντέλα δικτύματος για περιοχές D
- κατάλληλα για υψίκορμες δοκούς, βραχείς προβόλους, κόμβους.

Βήματα σχεδιασμού με ΜΘΕ

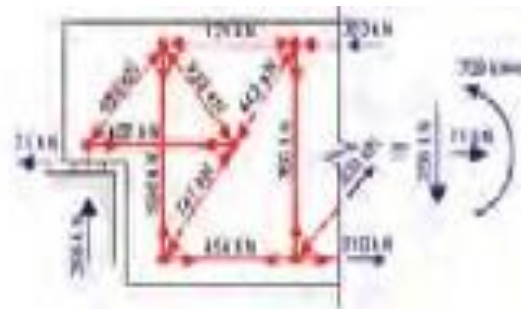
(εκτός Ευρωκώδικα EC2)

- Καθορισμό γεωμετρίας περιοχής D και δυνάμεων στα άκρα της



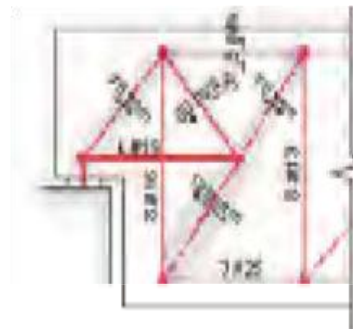
- Σχηματική (ή και ακριβής, από FEM) κατανομή των τάσεων στο εσωτερικό της περιοχής

- Καθορισμός θλιπτήρων στις ζώνες θλιπτικών τάσεων



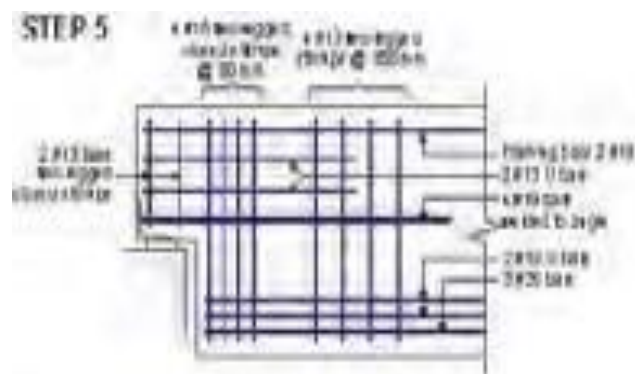
- Ολοκλήρωση δικτυώματος με προσθήκη ελκυστήρων (ισορροπία με θλιπτήρες)

- Επίλυση δικτυώματος (εύρεση δυνάμεων θλιπτήρων, ελκυστήρων)



- Υπολογισμός απαιτούμενων διατομών ελκυστήρων

- Κατασκευαστική διαμόρφωση οπλισμού (αγκύρωση, κατανεμημένος οπλισμός για έλεγχο ρηγμάτωσης)



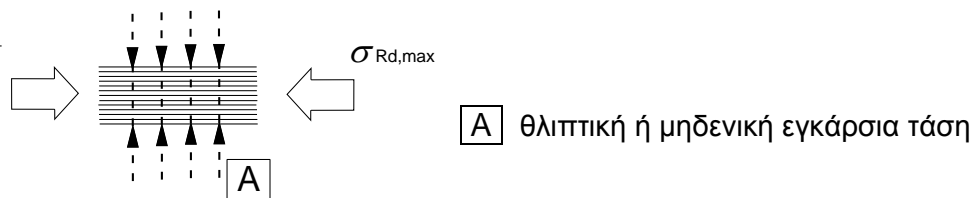
Σχεδιασμός φορέων από σκυρόδεμα - Γενικοί Κανόνες Ευρωκώδικας 2 (Κεφάλαιο 6 (ΟΚΑ) -Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας (Σχεδιασμός με ΜΘΕ)

Γενικά

Όταν η κατανομή των παραμορφώσεων είναι μη γραμμική (π.χ. σε στηρίξεις, κοντά σε συγκεντρωμένα φορτία, ή σε περιπτώσεις επίπεδης έντασης) μπορεί να χρησιμοποιούνται μοντέλα θλιπτήρων - ελκυστήρων (βλέπε επίσης 5.6.4).

Θλιπτήρες

Η αντοχή σχεδιασμού ενός θλιπτήρα σκυροδέματος σε περιοχές με θλιπτική ή μηδενική εγκάρσια τάση, μπορεί να υπολογίζεται από τη Σχέση (6.55) (βλέπε Σχήμα 6.23).

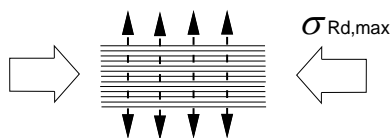


Σχήμα: Αντοχή σχεδιασμού θλιπτήρων σκυροδέματος χωρίς εγκάρσιο εφελκυσμό

$$V_{Rd,max} = f_{cd}$$

Ενδεχομένως είναι σκόπιμο να λαμβάνεται υψηλότερη αντοχή σχεδιασμού σε περιοχές υπό τριαξονική θλίψη.

Η αντοχή σχεδιασμού των θλιπτήρων σκυροδέματος πρέπει να μειώνεται στις ρηγματωμένες θλιβόμενες ζώνες και, εάν δεν χρησιμοποιείται ακριβέστερη μέθοδος, μπορεί να υπολογίζεται από τη Σχέση (6.56) (βλέπε Σχήμα 6.24).



Σχήμα: Αντοχή σχεδιασμού θλιπτήρων σκυροδέματος με εγκάρσιο εφελκυσμό

$$V_{Rd,max} = 0,6 \nu' f_{cd}$$

Σημείωση: Η τιμή του V που θα χρησιμοποιείται σε μια χώρα δίνεται στο αντίστοιχο Εθνικό Πρόσάρτημα.

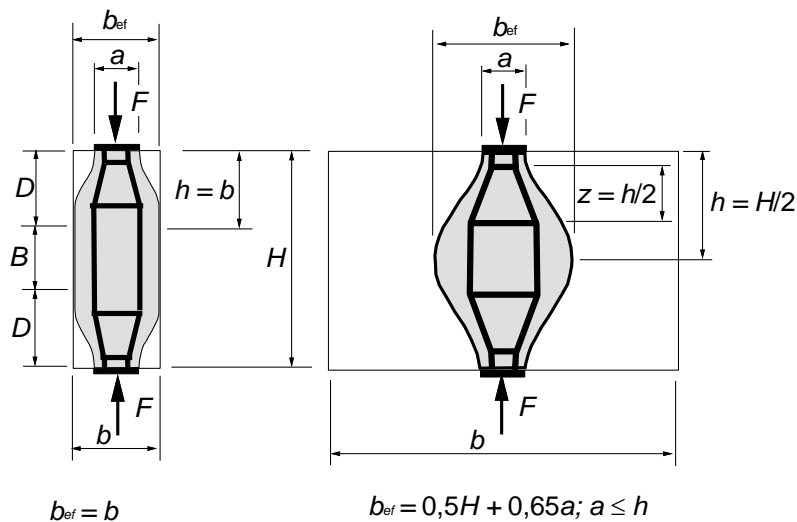
Η συνιστώμενη τιμή δίνεται από τη σχέση (6.57N). $v' = 1 - f_{ck} / 250$ (6.57N)

Για θλιπτήρες μεταξύ περιοχών με άμεση φόρτιση, όπως οι βραχείς πρόβολοι ή οι υψίκορμες δοκοί μικρού ανοίγματος, δίνονται εναλλακτικές μέθοδοι σχεδιασμού στις 6.2.2 και 6.2.3.

Ελκυστήρες

- 1 Η τιμή της αντοχής σχεδιασμού εγκάρσιων ελκυστήρων και οπλισμού υπόκειται στα όρια που καθορίζονται στις παρ. 3.2 και 3.3.
- 2 Ο οπλισμός πρέπει να είναι επαρκώς αγκυρωμένος στους κόμβους.
- 3 Ο οπλισμός που απαιτείται για την παραλαβή των δυνάμεων σε συγκεντρωμένους κόμβους μπορεί να κατανέμεται σε ένα μήκος (βλέπε Σχήμα 6.25 α) και β)). Όταν ο οπλισμός στην περιοχή του κόμβου εκτείνεται σε ένα σημαντικό μήκος του στοιχείου, ο οπλισμός πρέπει να κατανέμεται στο μήκος όπου οι τροχιές των θλιπτικών τάσεων είναι καμπυλωμένες (ελκυστήρες και θλιπτήρες). Η εφελκυστική δύναμη T μπορεί να υπολογίζεται ως εξής:

B και **D** : Περιοχές ασυνέχειας



a) μερική ασυνέχεια b) πλήρης ασυνέχεια

Σχήμα: Παράμετροι για τον προσδιορισμό των εγκάρσιων εφελκυστικών τάσεων

a) στις περιοχές μερικής ασυνέχειας $\left(b \leq \frac{H}{2}\right)$, βλέπε Σχήμα 6.25 a:

$$T = \frac{1}{4} \frac{b-a}{b} F \quad (6.58)$$

b) στις περιοχές πλήρους ασυνέχειας $\left(b > \frac{H}{2}\right)$, βλέπε Σχήμα 6.25 b:

$$T = \frac{1}{4} \left(1 - 0,7 \frac{a}{h}\right) F \quad (6.59)$$

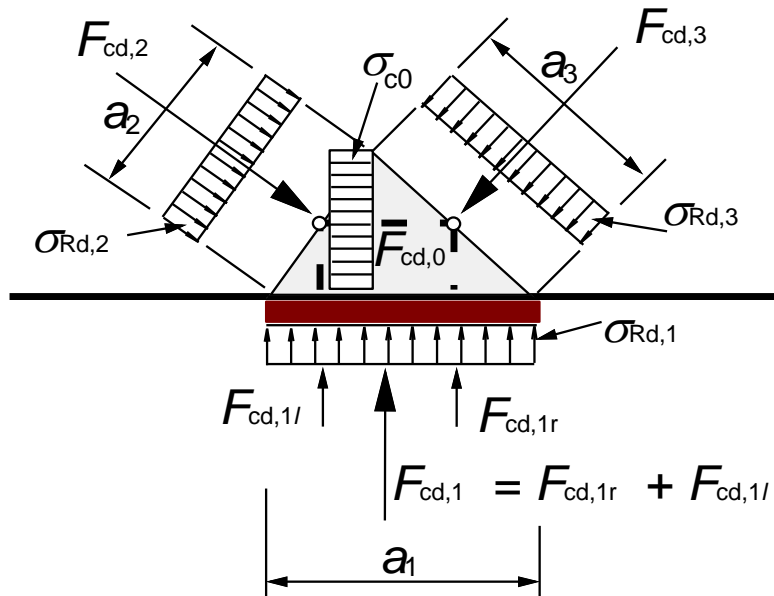
Κόμβοι

- (1)P Οι σχετικοί με τους κόμβους κανόνες ισχύουν και για περιοχές στις οποίες συγκεντρωμένες δυνάμεις μεταβιβάζονται σε ένα στοιχείο και οι οποίες δεν σχεδιάζονται με βάση μοντέλα θλιπτήρων - ελκυστήρων.
- (2)P Οι δυνάμεις που ασκούνται στους κόμβους πρέπει να βρίσκονται σε ισορροπία. Εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις κάθετες προς το επίπεδο ενός κόμβου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- (3) Η διαστασιολόγηση και κατασκευαστική διαμόρφωση σημειακών κόμβων είναι κρίσιμες σε σχέση με τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητάς τους. Σημειακοί κόμβοι μπορεί να δημιουργούνται π.χ. στα σημεία εφαρμογής μεμονωμένων φορτίων, σε στηρίξεις, σε περιοχές αγκυρώσεων με συγκέντρωση οπλισμού ή τενόντων προέντασης, στο σημείο κάμψης ράβδων οπλισμού, και σε συνδέσεις ή γωνίες δομικών στοιχείων.
- (4) Οι τιμές σχεδιασμού των θλιπτικών τάσεων στους κόμβους μπορεί να υπολογίζονται ως εξής:
- a) σε θλιβόμενους κόμβους στους οποίους δεν αγκυρώνονται ελκυστήρες (βλέπε Σχήμα 6.26)

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 \nu' f_{cd} \quad (6.60)$$

Σημείωση: Η τιμή του k_1 που θα χρησιμοποιείται σε μια χώρα δίνεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή είναι 1,0.

όπου $\sigma_{Rd,max}$ είναι η μέγιστη τάση που μπορεί να αναπτυχθεί στα άκρα του κόμβου. Βλέπε 6.5.2 (2) για τον ορισμό του ν' .



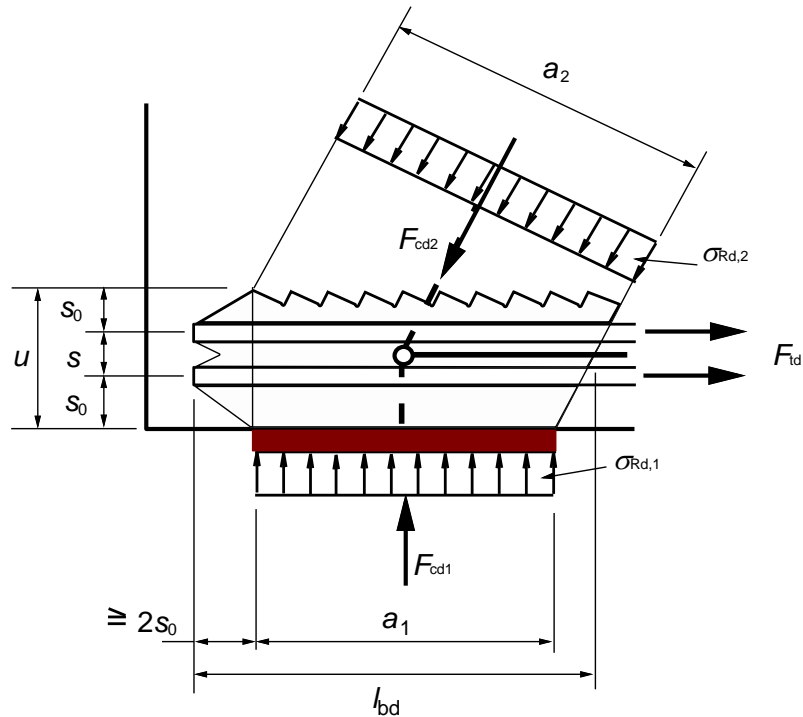
Σχήμα 6.26: Θλιβόμενος κόμβος χωρίς ελκυστήρες

b) σε κόμβους υπό ταυτόχρονη θλίψη και εφελκυσμό όπου υπάρχουν αγκυρωμένοι ελκυστήρες σε μία μόνο διεύθυνση (βλέπε Σχήμα 6.27),

$$\sigma_{Rd,max} = k_2 \nu' f_{cd} \quad (6.61)$$

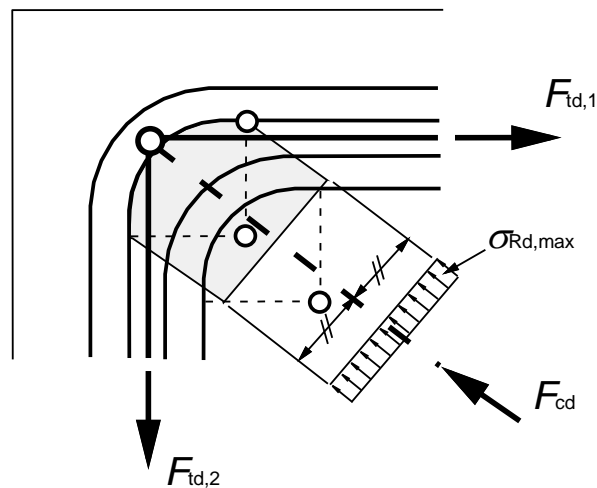
όπου $\sigma_{Rd,max}$ είναι η μεγαλύτερη από τις $\sigma_{Rd,1}$ και $\sigma_{Rd,2}$. Βλέπε 6.5.2 (2) για τον ορισμό του ν' .

Σημείωση: Η τιμή του k_2 που θα χρησιμοποιείται σε μια χώρα δίνεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή είναι 0,85.



Σχήμα 6.27: Κόμβος υπό ταυτόχρονη θλίψη και εφελκυσμό με οπλισμό σε μία διεύθυνση

Σε κόμβους υπό ταυτόχρονη θλίψη και εφελκυσμό όπου υπάρχουν αγκυρωμένοι ελκυστήρες σε περισσότερες από μία διευθύνσεις (βλέπε Σχήμα 6.28),



Σχήμα 6.28: Κόμβος υπό ταυτόχρονη θλίψη και εφελκυσμό με οπλισμό σε δύο διευθύνσεις

$$\sigma_{Rd,max} = k_3 v' f_{cd} \quad (6.62)$$

Σημείωση: Η τιμή του k_3 που θα χρησιμοποιείται σε μια χώρα δίνεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή είναι 0,75.

(5) Κάτω από τις προϋποθέσεις που δίνονται στη συνέχεια, οι τιμές σχεδιασμού των θλιπτικών τάσεων που δίνονται στην 6.5.4 (4) μπορεί να αυξηθούν μέχρι 10% όταν ισχύει μία τουλάχιστο από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- υπάρχει εξασφαλισμένη τριαξονική θλίψη,
- όλες οι γωνίες μεταξύ θλιπτήρων και ελκυστήρων είναι $\geq 55^\circ$,
- οι τάσεις που ασκούνται σε περιοχές στηρίξεων ή μοναχικών φορτίων είναι ομοιόμορφες και ο κόμβος είναι περισφιγμένος με συνδετήρες,
- ο οπλισμός είναι τοποθετημένος σε πολλαπλές στρώσεις,
- ο κόμβος είναι αξιόπιστα περισφιγμένος μέσω του τρόπου έδρασής του ή μέσω τριβής.

(6) **Κόμβοι υπό τριαξονική θλίψη** μπορεί να ελέγχονται σύμφωνα με τις Σχέσεις (3.24) και (3.25) με $\sigma_{Rd,max} \leq k_4 \nu' f_{cd}$ αν είναι γνωστή η κατανομή του φορτίου και για τις τρεις διευθύνσεις των θλιπτήρων.

Σημείωση: Η τιμή του k_4 που θα χρησιμοποιείται σε μια χώρα δίνεται στο αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή είναι 3,0.

(7) **Η αγκύρωση του οπλισμού** σε κόμβους υπό ταυτόχρονη θλίψη και εφελκυσμό ξεκινά από την αρχή του κόμβου, π.χ. στην περίπτωση μιας στήριξης η αγκύρωση αρχίζει από την εσωτερική παρειά της (βλέπε Σχήμα 6.27). Το μήκος αγκύρωσης πρέπει να εκτείνεται σε ολόκληρο το μήκος του κόμβου. Σε μερικές περιπτώσεις, ο οπλισμός μπορεί επίσης να αγκυρώνεται πίσω από τον κόμβο. Σχετικά με την αγκύρωση και κάμψη των οπλισμών βλέπε τις παραγ. 8.4 ως 8.6.

(8) **Θλιβόμενοι κόμβοι** που βρίσκονται εντός του επιπέδου της συναρμογής τριών θλιπτήρων μπορεί να ελέγχονται με βάση το Σχήμα 6.26. Οι μέγιστες μέσες κύριες τάσεις στον κόμβο (σ_{c0} , σ_{c1} , σ_{c2} , σ_{c3}) πρέπει να ελέγχονται σύμφωνα με την 6.5.4 (4) α). Κατά κανόνα, μπορεί να γίνουν οι εξής παραδοχές:

$$F_{cd,1}/a_1 = F_{cd,2}/a_2 = F_{cd,3}/a_3 \text{ που δίνει } \sigma_{cd,1} = \sigma_{cd,2} = \sigma_{cd,3} = \sigma_{cd,0}.$$

(9) **Κόμβοι σε περιοχές κάμψης οπλισμών** μπορεί να αναλύονται σύμφωνα με το Σχήμα 6.28. Οι μέσες τάσεις στους θλιπτήρες πρέπει να ελέγχονται σύμφωνα με την 6.5.4 (5). Η διάμετρος του τυμπάνου πρέπει να ελέγχεται σύμφωνα με την 8.4.

Απαιτήσεις Μ.Ε.Ο.Τ. / Ευρωκώδικα 8

Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός Φορέων

Ο παρών Κανονισμός προσφέρει εναλλακτικές διαδικασίες, τιμές και συστάσεις για κατηγορίες, μέσω σημειώσεων οι οποίες καθορίζουν τις περιπτώσεις όπου απαιτείται ύπαρξη εθνικών επιλογών. Για το λόγο αυτό θα πρέπει το Εθνικό Πρότυπο που υλοποιεί το EN 1998-1 να διαθέτει ένα Εθνικό Προσάρτημα, το οποίο να περιλαμβάνει όλες τις Εθνικά Προσδιορισμένες Παραμέτρους, οι οποίες πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό κτηρίων και τεχνικών έργων, που πρόκειται να κατασκευαστούν στην υπόψη χώρα.

Ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός αυτός EN 1998-1, στο Κεφάλαιο που αφορά τα κτήρια από τοιχοποιία, περιλαμβάνει περιέχει ειδικές διατάξεις, οι οποίες απλοποιούν τον σχεδιασμό «απλών κτηρίων από τοιχοποιία».

Εθνικό προσάρτημα για το EN 1998-1

Εθνικές επιλογές επιτρέπονται μέσα από τις ακόλουθες παραπομπές στο EN 1998-1:2004:

Παραπομπή	Αντικείμενο
5.4.3.5.2(1)	Ελάχιστος οπλισμός κορμού για μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα.

ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ)

Γενικά

Πεδίο εφαρμογής

(1)P Το Κεφάλαιο 5 έχει εφαρμογή σε μελέτες κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα σε σεισμικές περιοχές, τα οποία παρακάτω ονομάζονται κτίρια από όσον και προκατασκευασμένα κτίρια.

(2)P Κτίρια από σκυρόδεμα που χρησιμοποιούν πλαίσια με ζυγώματα από πλάκες χωρίς δοκούς ως κύρια σεισμικά στοιχεία σύμφωνα με την 4.2.2 δεν καλύπτονται πλήρως από το παρόν Κεφάλαιο.

(3)P Για την μελέτη κτιρίων από σκυρόδεμα ισχύει το EN 1992-1-1:2004. Οι κανόνες που ακολουθούν είναι πρόσθετοι σε αυτούς του EN 1992-1-1:2004.

Όροι και ορισμοί Οι ακόλουθοι όροι χρησιμοποιούνται στο Κεφάλαιο 5 με την ακόλουθη σημασία:

Μεγάλο ελαφρά οπλισμένο τοίχωμα (5.1.2.) τοίχωμα με μεγάλες διαστάσεις διατομής, δηλαδή την μια οριζόντια διάσταση l_w τουλάχιστον ίση με 4.0m ή τα δύο τρίτα του ύψους h_w του τοιχώματος, όποιο είναι μικρότερο, και το οποίο αναμένεται να αναπτύξει περιορισμένη ρηγματώση και μετελαστική συμπεριφορά υπό την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Ένα τέτοιο τοίχωμα αναμένεται να μετατρέψει την σεισμική ενέργεια σε δυναμική (μέσω της προσωρινής ανύψωσης των στατικών μαζών) και σε ενέργεια που μεταφέρεται στο έδαφος μέσω της ταλάντωσής του ως στερεού σώματος, κλπ. Λόγω των διαστάσεών του, ή λόγω έλλειψης πάκτωσης στη βάση, ή λόγω σύνδεσης με μεγάλα εγκάρσια τοιχώματα που αποτρέπουν την δημιουργία πλαστικής άρθρωσης στη βάση, δεν μπορεί να σχεδιαστεί αποτελεσματικά για απόδοση ενέργειας μέσω πλαστικής άρθρωσης στην βάση.

5.2.2 Τύποι στατικών συστημάτων και συντελεστές συμπεριφοράς

5.2.2.1 Τύποι στατικών συστημάτων

(1)P Τα κτίρια από σκυρόδεμα θα κατατάσσονται σε έναν από τους ακόλουθους τύπους στατικών συστημάτων (βλέπε 5.1.2) ανάλογα με την συμπεριφορά τους υπό οριζόντιες σεισμικές δράσεις:

- α) πλαισιωτό σύστημα
- β) διπλό σύστημα (ισοδύναμο με πλαισιωτό ή με σύστημα τοιχωμάτων)
- γ) σύστημα πλάστιμων τοιχωμάτων (συζευγμένων ή όχι)
- δ) σύστημα μεγάλων ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων
- ε) σύστημα ανεστραμμένου εκκρεμούς
- ζ) στρεπτικά εύκαμπτο σύστημα.

Τύποι στατικών συστημάτων και συντελεστές συμπεριφοράς-Σύστημα μεγάλων ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων

(5.2.2.1 (3)P Ευρωκώδικα)

(3)P Σύστημα τοιχωμάτων θα θεωρείται **σύστημα μεγάλων ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων** εάν περιλαμβάνει, στην οριζόντια διεύθυνση που εξετάζεται, τουλάχιστον δύο τοιχώματα με οριζόντια διάσταση όχι μικρότερη από 4.0 m ή $2h_w/3$, οποίο είναι μικρότερο, που φέρουν από κοινού τουλάχιστον το 20% του συνολικού υπερκειμένου φορτίου βαρύτητας στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, και έχει θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T_1 , με την υπόθεση πάκτωσης στη βάση, μικρότερη ή ίση με 0,5 s. Η ύπαρξη ενός μόνον τοιχώματος που ικανοποιεί τις ανωτέρω συνθήκες σε μια από τις δύο διευθύνσεις, είναι επαρκής υπό τον όρο ότι:

(α) η βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς, q_0 , σε αυτήν την διεύθυνση προκύπτει από την τιμή που δίνεται στον Πίνακα 5.1 μετά από διαίρεση με συντελεστή 1,5,

και

(β) ότι υπάρχουν τουλάχιστον δύο τοιχώματα που ικανοποιούν τις προαναφερθείσες συνθήκες στην ορθογώνια διεύθυνση.

(4)P Οι πρώτοι τέσσερις τύποι συστημάτων (δηλ. πλαισιωτά συστήματα, διπλά συστήματα και συστήματα τοιχωμάτων και των δύο τύπων) θα έχουν μια ελάχιστη στρεπτική δυσκαμψία που ικανοποιεί την έκφραση (4.1b) και στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις.

Τύποι στατικών συστημάτων -Μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

(5.2.2.1 (7) ευρωκώδικα)

(7) Εάν ένα στατικό σύστημα δεν μπορεί να θεωρηθεί σύστημα μεγάλων ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων σύμφωνα με την (3)P παραπάνω, όλα τα τοιχώματά του πρέπει να μελετώνται και να έχουν διαμόρφωση λεπτομερειών ως πλάστιμα τοιχώματα.

5.2.2.2 Συντελεστές συμπεριφοράς για οριζόντιες σεισμικές δράσεις

(1)P Η ανώτατη τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q , που εισάγεται στην 3.2.2.5(3) για να εκφράσει την ικανότητα απόδοσης ενέργειας, θα υπολογίζεται για κάθε διεύθυνση σχεδιασμού ως εξής:

$$q = q_0 k_w \geq 1,5 \quad (5.1)$$

Όπου

Q_0 Είναι η βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς, που εξαρτάται από τον τύπο του στατικού συστήματος και από την κανονικότητά του σε όψη (βλέπε (2) της παρούσας).

k_w είναι συντελεστής που εκφράζει την επικρατούσα μορφή αστοχίας σε στατικά συστήματα με τοιχώματα (βλέπε (11)P της παρούσας).

Για κτίρια κανονικά σε όψη σύμφωνα με την 4.2.3.3, οι βασικές τιμές του q_0 για τους διάφορους τύπους στατικών συστημάτων δίνονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: Βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς, q_0 , για συστήματα κανονικά σε όψη

ΤΥΠΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΚΠΜ	ΚΠΥ
Πλαισιωτό σύστημα, διπλό σύστημα, σύστημα συζευγμένων τοιχωμάτων	$3,0\alpha_u/\alpha_1$	$4,5\alpha_u/\alpha_1$
Σύστημα ασύζευκτων τοιχωμάτων	3,0	$4,0\alpha_u/\alpha_1$
Στρεπτικά εύκαμπτο σύστημα	2,0	3,0
Σύστημα ανεστραμμένου εκκρεμούς	1,5	2,0

(3) Για κτίρια μη κανονικά σε όψη, η τιμή του q_0 πρέπει να μειώνεται κατά 20% (βλέπε 4.2.3.1(7) και Πίνακα 4.1).

(4) Τα α_1 και α_u ορίζονται ως εξής:

α_1 είναι η τιμή με την οποία πρέπει να πολλαπλασιαστεί η οριζόντια σεισμική δράση σχεδιασμού ώστε για πρώτη φορά η καμπτική επιπόνηση να γίνει ίση με την καμπτική αντοχή σε οποιοδήποτε στοιχείο στον φορέα, ενώ όλες οι άλλες δράσεις σχεδιασμού παραμένουν σταθερές

α_u είναι η τιμή με την οποία πρέπει να πολλαπλασιαστεί η οριζόντια σεισμική δράση σχεδιασμού για να αναπτυχθούν πλαστικές αρθρώσεις σε τόσες θέσεις ώστε να σχηματιστεί πλήρως πλαστικός μηχανισμός, ενώ όλες οι άλλες δράσεις σχεδιασμού παραμένουν σταθερές. Ο συντελεστής α_u μπορεί να υπολογιστεί από μη-γραμμική στατική γενική ανάλυση

(5) Όταν ο πολλαπλασιαστικός συντελεστής α_u / α_1 δεν έχει υπολογιστεί με ειδικό υπολογισμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες προσεγγιστικές τιμές α_u/α_1 για κτίρια κανονικά σε κάτοψη.

α) Πλαισιωτά συστήματα ή ισοδύναμα προς πλαισιωτά διπλά συστήματα. μονώροφα κτίρια:

$$\alpha_u/\alpha_1=1,1;$$

πολυώροφα δίστυλα πλαισιωτά κτίρια:

$$\alpha_u/\alpha_1=1,2;$$

πολυώροφα πολύστυλα πλαισιωτά κτίρια ή ισοδύναμα προς αυτά διπλά συστήματα: $\alpha_u/\alpha_1=1,3$.

β) Συστήματα τοιχωμάτων ή ισοδύναμα προς αυτά διπλά συστήματα. Συστήματα τοιχωμάτων με μόνον δύο ασύζευκτα τοιχώματα σε κάθε οριζόντια διεύθυνση: $\alpha/\alpha_1=1,0$;

Άλλα συστήματα ασύζευκτων τοιχωμάτων: $\alpha/\alpha_1=1,1$;

Ισοδύναμα προς τοιχώματα διπλά συστήματα ή συστήματα συζευγμένων τοιχωμάτων: $\alpha/\alpha_1=1,2$.

(6) Για κτίρια που δεν είναι κανονικά σε κάτοψη (βλ. 4.2.3.2), η προσεγγιστική τιμή του α/α_1 που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν δεν γίνει ειδικός υπολογισμός για την αποτίμησή του είναι ίση με την μέση τιμή μεταξύ (α) 1.0 και (β) της τιμής που δίνεται στην (5) της παρούσας.

(7) Υψηλότερες τιμές του α/α_1 από αυτές που δίνονται στις (5) και (6) της παρούσας μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφόσον επιβεβαιώνονται από μη-γραμμική στατική γενική ανάλυση.

(8) Η μέγιστη τιμή του α/α_1 που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην μελέτη είναι 1,5, ακόμα και όταν η ανάλυση που αναφέρεται στην (7) της παρούσας οδηγεί σε υψηλότερες τιμές.

(9) Η τιμή του q_0 που δίνεται για σύστημα ανεστραμμένου εκκρεμούς μπορεί να αυξηθεί, εάν μπορεί να αποδειχθεί ότι επιτυγχάνεται αντίστοιχα αυξημένη απόδοση ενέργειας στην κρίσιμη περιοχή του φορέα.

(10) Εάν στην μελέτη, προμήθεια και κατασκευή εφαρμόζεται ειδικό και πιστοποιημένο Σύστημα Ποιότητας, επιπλέον των κανονικών συστημάτων διασφάλισης ποιότητας, μπορεί να επιτραπούν αυξημένες τιμές του q_0 . Οι αυξημένες τιμές δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν τις τιμές που δίνονται στον Πίνακα 5 περισσότερο από 20%.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Οι αυξημένες τιμές που αποδίδονται στον q_0 για χρήση σε μια χώρα και ενδεχομένως για συγκεκριμένα έργα με ειδικό Σύστημα Διασφάλισης Ποιότητας μπορούν να βρεθούν στο Εθνικό Προσάρτημα.

(11)Ρ Ο συντελεστής k_w που εκφράζει την κυρίαρχη μορφή αστοχίας σε στατικά συστήματα με τοιχώματα θα λαμβάνεται ως εξής:

(5.2)

$$k_w = \left\{ \begin{array}{l} 1,00, \text{ για πλαισιωτά και ισοδύναμα προς πλαισιωτά συστήματα τοιχωμάτων} \\ (1 + \alpha_0)/3 \leq 1, \text{ αλλά όχι μικρότερη από } 0,5, \text{ για συστήματα τοιχωμάτων,} \\ \text{ισοδύναμα προς τοιχώματα διπλά συστήματα και στρεπτικά εύστρεπτα} \\ \text{συστήματα} \end{array} \right\}$$

όπου α_o

είναι κυριαρχούσα τιμή του λόγου όψεως των τοιχωμάτων του στατικού συστήματος.

(12) Εάν οι λόγοι όψεως h_{wi}/l_{wi} όλων των τοιχωμάτων i του στατικού συστήματος δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές, η κυριαρχούσα τιμή του λόγου όψεως α_o μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη έκφραση:

$$\alpha_o = \sum h_{wi} / \sum l_{wi} \quad (5.3)$$

όπου

- h_{wi} είναι το ύψος του τοιχώματος i ; και
- l_{wi} είναι το μήκος της διατομής του τοιχώματος i .

(13) Τα συστήματα μεγάλων ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων δεν διαθέτουν αξιόπιστη απόδοση ενέργειας από πλαστικές αρθρώσεις και πρέπει να μελετώνται σαν φορείς ΚΠΜ.

5.2.3 Κριτήρια σχεδιασμού

5.2.3.1 Γενικά

(1) Οι βάσεις σχεδιασμού που δίνονται στην **5.2.1** και στο Κεφάλαιο 2 θα εφαρμόζονται στα αντισεισμικά φέροντα στοιχεία κτιρίων από σκυρόδεμα όπως ορίζεται στις **5.2.3.2 - 5.2.3.7**.

(2) Τα κριτήρια σχεδιασμού των **5.2.3.2 - 5.2.3.7** κρίνεται ότι ικανοποιούνται, εάν ακολουθούνται οι κανόνες των **5.4 - 5.7**.

5.2.3.2 Συνθήκη τοπικής αντοχής

(1)P Όλες οι κρίσιμες περιοχές του φορέα θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις της **4.4.2.2(1)**.

5.2.3.3 Κανόνας ικανοτικού σχεδιασμού

(1)P Η ψαθυρή αστοχία ή άλλοι ανεπιθύμητοι μηχανισμοί αστοχίας (π.χ. συγκέντρωση των πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα ενός μόνον ορόφου σε ένα πολυώροφο κτίριο, διατμητική αστοχία των φερόντων στοιχείων, αστοχία των κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων, διαρροή των θεμελιώσεων ή οποιουδήποτε στοιχείου που προορίζεται να παραμείνει ελαστικό) θα

αποτρέπονται, με τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών σχεδιασμού επιλεγμένων περιοχών από συνθήκες ισορροπίας, υποθέτοντας ότι έχουν σχηματιστεί πλαστικές αρθρώσεις με τις πιθανές υπεραντοχές τους στις παρακείμενες περιοχές.

(2) Τα κύρια σεισμικά υποστυλώματα φορέων από σκυρόδεμα πλαισιωτών ή ισοδύναμων προς πλαισιωτά διπλών συστημάτων πρέπει να ικανοποιούν τις ικανοτικές απαιτήσεις σχεδιασμού της **4.4.2.3(4)** με τις ακόλουθες εξαιρέσεις

α) Σε επίπεδα πλαίσια με τουλάχιστον τέσσερα υποστυλώματα με περίπου ίδιες διατομές, δεν είναι απαραίτητο να ικανοποιείται η έκφραση (4.29) σε όλα τα υποστυλώματα, αλλά μόνον σε τρία από κάθε τέσσερα υποστυλώματα.

β) Στον κατώτατο όροφο διώροφων κτιρίων εφόσον η τιμή της ανηγμένης αξονικής δύναμης v_d δεν υπερβαίνει το 0.3 σε οποιοδήποτε υποστυλώμα.

(3) Ο οπλισμός πλάκας που είναι παράλληλος προς την δοκό και εντός του συνεργαζομένου πλάτους του πέλματος που ορίζεται στην **5.4.3.1.1(3)**, θα υποτίθεται ότι συνεισφέρει στον υπολογισμό του ΣM_{Rd} στην έκφραση **(4.29)**, εάν είναι αγκυρωμένος πέρα από την παρειά της δοκού στον κόμβο.

5.2.3.4 Συνθήκη τοπικής πλαστιμότητας

(1)P Για την επίτευξη της απαιτούμενης γενικής πλαστιμότητας, οι πιθανές περιοχές για σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων που θα ορισθούν παρακάτω για κάθε τύπο κτιριακού στοιχείου θα πρέπει να διαθέτουν ικανότητα μεγάλης πλαστικής στροφής.

(1) Η παράγραφος **(1)P** θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν ισχύουν οι ακόλουθες συνθήκες:

α) παρέχεται ικανοποιητική πλαστιμότητα καμυλότητας σε όλες τις κρίσιμες περιοχές των βασικών σεισμικών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων των ακρών των υποστυλωμάτων (ανάλογα με τη δυνατότητα σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα) **(βλ. (3) της παρούσας)**

β) αποτρέπεται τοπικός λυγισμός του θλιβομένου οπλισμού μέσα στις πιθανές περιοχές πλαστικών αρθρώσεων των βασικών σεισμικών στοιχείων. Οι σχετικοί κανόνες εφαρμογής δίνονται **στις 5.4.3 και 5.5.3.**

γ) χρησιμοποιούνται κατάλληλες ποιότητες σκυροδέματος και χάλυβα για την εξασφάλιση τοπικής πλαστιμότητας ως εξής:

ο χάλυβας που χρησιμοποιείται στις κρίσιμες περιοχές των βασικών σεισμικών στοιχείων πρέπει να διαθέτει υψηλή ομοιόμορφη πλαστική μήκυνση (βλέπε **5.3.2(1)P, 5.4.1.1(3)P, 5.5.1.1(3)P**)

ο λόγος εφελκυστικής αντοχής προς την αντοχή διαρροής του χάλυβα που χρησιμοποιείται σε κρίσιμες περιοχές των βασικών σεισμικών στοιχείων πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερος της μονάδας. Χάλυβας οπλισμού που συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις των **5.3.2(1)P**, **5.4.1.1(3)P** ή **5.5.1.1(3)P**, αναλόγως, θεωρείται ότι ικανοποιεί την απαίτηση αυτή.

Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στα βασικά σεισμικά στοιχεία πρέπει να διαθέτει επαρκή θλιπτική αντοχή και ανηγμένη παραμόρφωση θραύσεως που υπερβαίνει την ανηγμένη παραμόρφωση στην μέγιστη θλιπτική αντοχή κατά ένα ικανοποιητικό περιθώριο. Σκυρόδεμα που είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις της **5.4.1.1(1)P** ή **αντίστοιχα της 5.5.1.1(1)P**, θεωρείται ότι ικανοποιεί την απαίτηση αυτή.

(2) Εκτός αν διατίθενται ακριβέστερα στοιχεία και εκτός αν ισχύει η (4) της παρούσας, η (2)α) της παρούσας θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν η πλαστιμότητα καμπυλότητας μ_ϕ των περιοχών αυτών (οριζόμενη ως ο λόγος της καμπυλότητας που αντιστοιχεί σε (μετά τη μέγιστη τιμή) πτώση της καμπτικής αντοχής στο 85% της οριακής τιμής της προς την καμπυλότητα διαρροής, υπό την προϋπόθεση ότι οι οριακές μηκύνσεις του σκυροδέματος και του χάλυβα ε_{cu} και $\varepsilon_{su,k}$ δεν υπερβαίνονται) είναι τουλάχιστον ίση με τις ακόλουθες τιμές:

$$\mu_\phi = 2q_0 - 1 \quad \text{εάν } T_1 \geq T_C \quad (5.4)$$

$$\mu_\phi = 1 + 2(q_0 - 1)T_C/T_1 \quad \text{εάν } T_1 < T_C \quad (5.5)$$

όπου q_0 είναι η αντίστοιχη βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς από τον Πίνακα 5.1 και T_1 είναι η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου, που και οι δύο λαμβάνονται στο κατακόρυφο επίπεδο στο οποίο λαμβάνει χώρα η κάμψη, ενώ T_C είναι η περίοδος που ορίζει το ανώτατο όριο της περιοχής σταθερής επιτάχυνσης του φάσματος, σύμφωνα με την 3.2.2.2(2)P.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Οι εκφράσεις (5.4) και (5.5) βασίζονται στην σχέση μεταξύ μ_ϕ και της πλαστιμότητας μετακίνησης μ_δ : $\mu_\phi = 2\mu_\delta - 1$, που είναι κανονικά συντηρητική προσέγγιση για μέλη από σκυρόδεμα, καθώς και στην ακόλουθη σχέση μεταξύ μ_δ και q : $\mu_\delta = q$ εάν $T_1 \geq T_C$, $\mu_\delta = 1 + (q-1)T_C/T_1$ εάν $T_1 < T_C$ (βλέπε επίσης B5 στο Πληροφοριακό Παράρτημα Β). Χρησιμοποιείται η τιμή του q_0 αντί της τιμής του q , επειδή ο q θα είναι μικρότερος του q_0 σε μη κανονικά κτίρια, καθώς απαιτείται υψηλότερη αντοχή σε οριζόντια φορτία για την προστασία τους. Εντούτοις, οι απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας ενδέχεται να είναι υψηλότερες από αυτές που αντιστοιχούν στην τιμή του q , και επομένως δεν δικαιολογείται μείωση της ικανότητας για πλαστιμότητα καμπυλοτήτων.

(3) Σε κρίσιμες περιοχές κύριων σεισμικών στοιχείων με διαμήκη οπλισμό από χάλυβα κατηγορίας Β του EN1992-1-1:2004, Πίνακας C.1, η πλαστιμότητα καμπυλοτήτων μ_ϕ πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με 1,5 φορές την τιμή που δίνεται από τις εκφράσεις (5.4) ή (5.5), όποια από τις δύο εφαρμόζεται.

5.2.3.5 Υπερστατικότητα

(1)P Θα επιδιώκεται η επίτευξη υψηλού βαθμού υπερστατικότητας που συνοδεύεται από ικανότητα ανακατανομής, επιτρέποντας ευρύτερη εξάπλωση της απόδοσης ενέργειας και αύξηση της συνολικής αποδιδόμενης ενέργειας. Συνεπώς, σε στατικά συστήματα με μικρότερο βαθμό υπερστατικότητας θα αντιστοιχούν μικρότερες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς (βλ. Πίνακα 5.1). Η απαραίτητη ικανότητα ανακατανομής θα επιτυγχάνεται μέσω των κανόνων τοπικής πλαστιμότητας που δίνονται στις **5.4 έως 5.6**.

5.2.3.6 Δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία και αντοχές

(1)P Ένας περιορισμένος αριθμός φερόντων στοιχείων μπορεί να οριστούν ως δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία σύμφωνα με την **4.2.2**.

(2) Οι κανόνες για την μελέτη και την διαμόρφωση λεπτομερειών των δευτερευόντων σεισμικών στοιχείων δίνονται στην **5.7**.

(4) Αντοχές ή σταθεροποιητικές επιδράσεις που δεν λαμβάνονται ευθέως υπόψη στους υπολογισμούς μπορεί να βελτιώσουν την αντοχή και την απόδοση ενέργειας (π.χ. μεμβρανικές αντιδράσεις πλακών που κινητοποιούνται από κατακόρυφες μετακινήσεις φερόντων τοιχωμάτων).

(5) Μη-φέροντα στοιχεία μπορούν επίσης να συμβάλουν στην απόδοση ενέργειας, εάν κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλο τον φορέα. Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα έναντι πιθανών τοπικών δυσμενών επιδράσεων λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ φερόντων και μη-φερόντων στοιχείων (**βλέπε 5.9**).

(6) Για πλαίσια με τοιχοπληρώσεις (που αποτελούν συνήθεις περιπτώσεις μη-φερόντων στοιχείων) δίνονται ειδικοί κανόνες στις **4.3.6 και 5.9**.

5.2.3.7 Ειδικά πρόσθετα μέτρα

(1)P Λόγω της τυχαίας φύσης της σεισμικής δράσης και των αβεβαιοτήτων της μετελαστικής κυκλικής συμπεριφοράς των φορέων από σκυρόδεμα, η συνολική αβεβαιότητα είναι ουσιαστικά υψηλότερη από ότι σε μη-σεισμικές δράσεις. Επομένως, θα λαμβάνονται μέτρα για την μείωση αβεβαιοτήτων σχετικών με τη στατική διαμόρφωση, την ανάλυση, την αντοχή και με την πλαστιμότητα.

(2)P Σημαντικές αβεβαιότητες αντοχής ενδέχεται να προκληθούν από γεωμετρικά σφάλματα. Για να ελαχιστοποιηθεί αυτός ο τύπος αβεβαιότητας, θα εφαρμόζονται οι ακόλουθοι κανόνες.

α) Θα τηρούνται κάποιες ελάχιστες διαστάσεις φερόντων στοιχείων (**βλέπε 5.4.1.2 και 5.5.1.2**) για να μειωθεί η ευαισθησία σε γεωμετρικά σφάλματα.

β) Ο λόγος της ελάχιστης προς την μέγιστη διάσταση γραμμικών στοιχείων θα περιορίζεται, για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος εγκάρσιας αστάθειας των στοιχείων αυτών **(βλέπε 5.4.1.2 και 5.5.1.2.1(2)P)**.

γ) Οι σχετικές παραμορφώσεις ορόφων θα περιορίζονται, για να αποφεύγονται αποτελέσματα 2ας τάξεως (P-Δ) στα υποστυλώματα **(βλέπε 4.4.2.2(2)-(4))**.

δ) Ένα σημαντικό ποσοστό του άνω οπλισμού των δοκών στις ακραίες διατομές τους θα συνεχίζεται σε ολόκληρο το μήκος της δοκού **(βλ. 5.4.3.1.2(5)P, 5.5.3.1.3 (5)P)** για να καλυφθεί η αβεβαιότητα της θέσης του σημείου καμπής.

ε) Θα λαμβάνονται υπόψη αναστροφές ροπών που δεν προβλέπονται από την ανάλυση με την πρόβλεψη ελάχιστου οπλισμού στο αντίστοιχο πέλμα των δοκών **(βλ. 5.5.3.1.3)**.

(3)P Για ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων πλαστιμότητας θα εφαρμόζονται οι ακόλουθοι κανόνες:

α) Θα προβλέπεται μια ελάχιστη τοπική πλαστιμότητα σε όλα τα βασικά σεισμικά στοιχεία, ανεξάρτητα από την κατηγορία πλαστιμότητας που υιοθετείται στην μελέτη **(βλέπε 5.4 και 5.5)**.

β) Θα προβλέπεται ένας ελάχιστος εφελκυστικός οπλισμός, για να αποφευχθεί ψαθυρή αστοχία με την ρηγμάτωση **(βλέπε 5.4.3 και 5.5.5)**.

γ) Θα τηρείται ένα κατάλληλο όριο της ανηγμένης αξονικής δύναμης σχεδιασμού **(βλέπε 5.4.3.2.1(3)P, 5.4.3.4.1(2), 5.5.3.2.1(3)P και 5.5.3.4.1(2))** ώστε να μειώνονται οι συνέπειες της αποφλοιώσης του σκυροδέματος επικάλυψης και να αποφεύγονται οι υψηλές αβεβαιότητες διαθέσιμης πλαστιμότητας που είναι εγγενείς σε υψηλά επίπεδα ανηγμένης αξονικής δύναμης.

5.2.4 Έλεγχοι ασφαλείας

(1)P Στους ελέγχους οριακής κατάστασης αστοχίας οι μερικοί συντελεστές ιδιοτήτων υλικών γ_c και γ_s θα λαμβάνουν υπόψη την πιθανή απομείωση αντοχής των υλικών λόγω ανακυκλικών παραμορφώσεων.

(2) Ελλείψει ειδικότερων στοιχείων, πρέπει να εφαρμόζονται οι τιμές των μερικών συντελεστών γ_c και γ_s για μόνιμες και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού, υποθέτοντας ότι λόγω των προβλέψεων τοπικής πλαστιμότητας ο λόγος της απομένουσας μετά την απομείωση αντοχής προς την αρχική είναι περίπου ίσος με τον λόγο μεταξύ των τιμών γ_m για τυχηματικούς και θεμελιώδεις συνδυασμούς φορτίσεων.

(4) Εάν η απομείωση αντοχής έχει ληφθεί κατάλληλα υπόψη στην αποτίμηση των ιδιοτήτων υλικών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές που υιοθετούνται για την τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 Οι τιμές που δίνονται στους μερικούς συντελεστές υλικών γ_c και γ_s για τις μόνιμες ή παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού για χρήση σε μια χώρα μπορούν να βρεθούν στο Εθνικό Προσάρτημα για το EN 1992-1-1:2004.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 Το Εθνικό Προσάρτημα μπορεί να διευκρινίζει εάν οι τιμές γ_M που χρησιμοποιούνται για την αντισεισμική μελέτη είναι αυτές για μόνιμες και παροδικές ή για τις τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού. Στο Εθνικό Προσάρτημα μπορούν ακόμη να επιλεγούν και ενδιάμεσες τιμές, ανάλογα με τον τρόπο αποτίμησης των ιδιοτήτων υλικών υπό σεισμική φόρτιση. Η συνιστώμενη επιλογή είναι αυτή της (2) της παρούσας, που επιτρέπει την χρήση της ίδιας τιμής της αντοχής σχεδιασμού για τις μόνιμες και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού (π.χ. φορτία βαρύτητας με άνεμο) καθώς και για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

Μελέτη σύμφωνα με το EN 1992-1-1

5.3.1. Γενικά

(1) Σεισμική μελέτη για χαμηλή πλαστιμότητα (κατηγορία πλαστιμότητας X), κατά το EN1992-1-1:2004 χωρίς καμία πρόσθετη απαίτηση εκτός αυτών της **5.3.2**, συνιστάται μόνον σε περιπτώσεις χαμηλής σεισμικότητας (βλέπε **3.2.1(4)**).

5.3.2. Υλικά

(1)P Σε κύρια σεισμικά στοιχεία (**βλέπε 4.2.2**), θα χρησιμοποιείται χάλυβας οπλισμού κατηγορίας B ή C του EN 1992-1-1:2004, Πίνακας C.1.

5.3.3 Συντελεστής συμπεριφοράς

(1) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί συντελεστής συμπεριφοράς q έως και 1,5 για τον υπολογισμό των σεισμικών δράσεων ανεξάρτητα από το στατικό σύστημα και την κανονικότητα σε όψη.

5.4. Μελέτη για ΚΠΜ

5.4.1. Γεωμετρικοί περιορισμοί και υλικά

5.4.1.1 Απαιτήσεις υλικών

(1)P Σε κύρια σεισμικά στοιχεία δεν θα χρησιμοποιείται σκυρόδεμα κατηγορίας χαμηλότερης από C16/20.

(2)P Σε κρίσιμες περιοχές των κύριων σεισμικών στοιχείων θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ράβδοι με νευρώσεις με εξαίρεση τους κλειστούς και μονοσκελείς συνδετήρες.

(3)P Σε κρίσιμες περιοχές των κύριων σεισμικών στοιχείων θα χρησιμοποιείται χάλυβας οπλισμού κατηγορίας B ή C του EN 1992-1-1:2004, Πίνακας C.1.

(4)P Συγκολλημένα πλέγματα επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται εφόσον ικανοποιούν τις απαιτήσεις των **(2)P** και **(3)P** της παρούσας.

Γεωμετρικοί περιορισμοί - Μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

(5.4.1.2.4)

Η διάταξη της 5.4.1.2.3(1) ισχύει και για μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα. Δηλαδή Το πάχος του κορμού, b_{wo} , (σε μέτρα) πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη έκφραση:

$$b_{wo} \geq \max\{0,15, h_s/20\} \quad (5.7) \text{ όπου } h_s \text{ είναι το καθαρό ύψος ορόφου σε μέτρα.}$$

Πρόσθετες απαιτήσεις εφαρμόζονται όσον αφορά το πάχος των περισφιγμένων στοιχείων άκρων των τοιχωμάτων, όπως ορίζονται στην **5.4.3.4.2(10)**. Δηλαδή το πάχος του κορμού, b_{wo} , (σε μέτρα) πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη έκφραση:

$$b_{wo} \geq \max\{0,15, h_s/20\} \quad (5.7) \text{ όπου } h_s \text{ είναι το καθαρό ύψος ορόφου σε μέτρα}$$

5.4.2. Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού

5.4.2.1 Γενικά

(1)P Με εξαίρεση τα πλάστιμα κύρια σεισμικά τοιχώματα, για τα οποία ισχύουν οι ειδικές διατάξεις της 5.4.2.4, οι τιμές σχεδιασμού των ροπών κάμψεως και αξονικών δυνάμεων θα λαμβάνονται από την μελέτη του φορέα για την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού σύμφωνα με το EN 1990:2001 6.4.3.4, λαμβάνοντας υπόψη αποτελέσματα δευτέρας τάξεως σύμφωνα με την 4.4.2.2 καθώς και τις απαιτήσεις ικανοτικού σχεδιασμού της 5.2.3.3(2). Επιτρέπεται ανακατανομή των ροπών κάμψεως σύμφωνα με το EN 1992-1-1. Οι τιμές σχεδιασμού των τεμνουσών δυνάμεων κύριων σεισμικών δοκών, υποστυλωμάτων, πλάστιμων τοιχωμάτων και ελαφρά οπλισμένων τοιχωμάτων καθορίζονται σύμφωνα με τις 5.4.2.2, 5.4.2.3, 5.4.2.4 και 5.4.2.5, αντίστοιχα.

Ειδικές διατάξεις για μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

(5.4.2.5)

(1)P Για να εξασφαλίζεται ότι η καμπτική διαρροή προηγείται της επίτευξης της ΟΚΑ σε διάτμηση, θα αυξάνεται η τέμνουσα δύναμη V'_{Ed} από την ανάλυση.

(2) Η απαίτηση της (1) της παρούσας θεωρείται ότι ικανοποιείται εάν σε κάθε όροφο του τοιχώματος η τέμνουσα δύναμη σχεδιασμού V_{Ed} λαμβάνεται από τη τέμνουσα δύναμη που υπολογίζεται από την ανάλυση, V'_{Ed} , σύμφωνα με την ακόλουθη έκφραση:

$$V_{Ed} = V'_{Ed} \frac{q+1}{2} \quad (5.10)$$

(3)P Πρόσθετες αξονικές δυνάμεις δυναμικής προέλευσης που αναπτύσσονται σε μεγάλα τοιχώματα λόγω αποκόλλησης από το έδαφος, ή λόγω ανοίγματος και κλεισίματος οριζόντιων ρωγμών, θα λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο ΟΚΑ του τοιχώματος για κάμψη με αξονική δύναμη.

(4) Εκτός αν διατίθενται αποτελέσματα ακριβέστερου υπολογισμού, η δυναμική συνιστώσα της αξονικής δύναμης τοίχων στην (3)P της παρούσας μπορεί να ληφθεί ως το 50% της αξονικής δύναμης στο τοίχωμα λόγω των φορτίων βαρύτητας στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Η δύναμη αυτή πρέπει να λαμβάνεται με θετικό ή αρνητικό πρόσημο, όποιο είναι το δυσμενέστερο.

(5) Εάν η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q δεν υπερβαίνει το 2.0, η επίδραση της δυναμικής αξονικής δύναμης στις (3) και (4) της παρούσας μπορεί να αγνοηθεί.

Μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα -Αντοχή σε κάμψη

(5.4.3.5)

(1)P Η ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη θα ελέγχεται υποθέτοντας οριζόντια ρηγμάτωση, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις του EN 1992-1-1:2004, συμπεριλαμβανομένης της υπόθεσης επιτεδότητας των διατομών.

(2)P Οι ορθές τάσεις στο σκυρόδεμα θα περιορίζονται, ώστε να αποτρέπεται η εκτός επιπέδου αστάθεια του τοιχώματος.

(1) Η απαίτηση της **(2)P** της παρούσας μπορεί να ικανοποιηθεί βάσει των κανόνων του EN 1992-1-1:2004 για τα αποτελέσματα δευτέρας τάξεως, οι οποίοι, εάν είναι απαραίτητο, συμπληρώνονται με άλλους κανόνες για τις ορθές τάσεις στο σκυρόδεμα.

(2) Όταν η δυναμική αξονική δύναμη των **5.4.2.5 (3)P και (4)** λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη, η οριακή ανηγμένη παραμόρφωση ϵ_{cu2} για μη-περισφιγμένο σκυρόδεμα μπορεί να αυξηθεί σε 0.005. Υψηλότερη τιμή μπορεί να ληφθεί υπόψη για περισφιγμένο σκυρόδεμα, σύμφωνα με το EN 1992-1-1:2004, 3.1.9, υπό τον όρο ότι η αποφλοιώση του μη-περισφιγμένου σκυροδέματος της επικάλυψης θα λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο.

Μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα -Αντοχή σε διάτμηση

(1) Στις θέσεις όπου η τιμή V_{Ed} από την 5.4.2.5(2) είναι μικρότερη από την τιμή σχεδιασμού της διατμητικής αντοχής $V_{Rd,c}$ στο EN 1992-1-1:2004, 6.2.2, δεν απαιτείται η πρόβλεψη ελάχιστου διατμητικού οπλισμού $\rho_{w,min}$ στον κορμό, λόγω του περιθωρίου ασφάλειας που παρέχεται από την μεγέθυνση των τεμνουσών δυνάμεων σχεδιασμού στις 5.4.2.5(1)P και (2) και επειδή η απόκριση (συμπεριλαμβανομένης πιθανής κεκλιμένης ρηγματώσης) οφείλεται σε επιβαλλόμενη παραμόρφωση.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Η τιμή που αποδίδεται στον $\rho_{w,min}$ για χρήση σε μια χώρα μπορεί να βρεθεί στο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη τιμή είναι η ελάχιστη τιμή που προβλέπεται για τοιχώματα στο EN 1992-1-1:2004 και στο Εθνικό Προσάρτημα.

(2) Όπου δεν ικανοποιείται η συνθήκη $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$, ο διατμητικός οπλισμός κορμού πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με το EN 1992-1-1:2004, με προσομοίωμα δικτυώματος, με θλιπτήρες μεταβλητής κλίσης, ή με προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων, όποιο είναι το καταλληλότερο για την ειδική γεωμετρία του τοίχου.

(3) Εάν χρησιμοποιείται προσομοίωμα θλιπτήρων-ελκυστήρων, το πλάτος του θλιπτήρα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την παρουσία ανοιγμάτων και δεν πρέπει να υπερβαίνει το μικρότερο από τα $0,25l_w$ ή $4b_{wo}$.

(4) Η ΟΚΑ σε διάτμηση ολίσθησης σε οριζόντιους αρμούς κατασκευής πρέπει να ελέγχεται σύμφωνα με το EN 1992-1-1:2004, **6.2.5**, με το μήκος αγκύρωσης των ράβδων αγκύρωσης που διαπερνούν την διεπιφάνεια του αρμού αυξημένο κατά 50% σε σχέση με το μήκος που απαιτείται από το EN 1992-1-1:2004.

Διαμόρφωση λεπτομερειών για τοπική πλαστιμότητα

1) Οι κατακόρυφες ράβδοι που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη, ή για την ικανοποίηση οποιωνδήποτε ελάχιστων απαιτήσεων οπλισμού, πρέπει να περικλείονται από κλειστό ή μονοσκελή συνδετήρα με διάμετρο μεγαλύτερη από 6 mm ή από το ένα τρίτο της κατακόρυφης διαμέτρου ράβδων, d_{bl} . Οι κλειστοί ή μονοσκελείς συνδετήρες πρέπει να διατάσσονται σε κατακόρυφη απόσταση όχι μεγαλύτερη από 100 mm ή $8d_{bl}$, όποιο είναι μικρότερο.

2) Κατακόρυφες ράβδοι απαιτούμενες από τον έλεγχο ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη και περικλειόμενες οριζόντια με κλειστούς ή μονοσκελείς συνδετήρες σύμφωνα με την (1) της παρούσας πρέπει είναι συγκεντρωμένες σε στοιχεία άκρων στα άκρα της διατομής. Αυτά τα στοιχεία πρέπει να εκτείνονται στην διεύθυνση του μήκους l_w του τοιχώματος σε μήκος μεγαλύτερο από b_w ή $3b_w\sigma_{cm}/f_{cd}$, όποιο είναι μεγαλύτερο, όπου σ_{cm} είναι η μέση τιμή της τάσης σκυροδέματος στην θλιβόμενη ζώνη στην ΟΚΑ κάμψης με αξονική δύναμη. Η διάμετρος των κατακόρυφων ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 12 mm στον χαμηλότερο όροφο του κτιρίου, ή σε οποιονδήποτε όροφο όπου το μήκος l_w του τοίχου μειώνεται σε σχέση με αυτό του υποκείμενου ορόφου περισσότερο από το ένα τρίτο του ύψους ορόφου h_s . Σε όλους τους άλλους ορόφους η διάμετρος των κατακόρυφων ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 10 mm.

3) Για να αποφευχθεί αλλαγή στον τρόπο συμπεριφοράς από συμπεριφορά που κυριαρχείται από κάμψη σε συμπεριφορά που κυριαρχείται από διάτμηση, ο κατακόρυφος οπλισμός που προβλέπεται στην διατομή του τοιχώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει χωρίς λόγο τον απαιτούμενο από τον έλεγχο ΟΚΑ σε κάμψη με αξονική δύναμη και από τον έλεγχο για την ακεραιότητα του σκυροδέματος.

4) Οπλισμός σύνδεσης υπό μορφή συνεχών ράβδων, οριζόντιων ή κατακόρυφων, πρέπει να διατάσσεται: (α) κατά μήκος όλων των διασταυρούμενων τοιχωμάτων ή των συνδέσεων με πέλματα (β) σε όλα τα επίπεδα ορόφων και (γ) στην περίμετρο ανοιγμάτων του τοιχώματος. Ως ελάχιστη απαίτηση, αυτοί οι δεσμοί πρέπει να ικανοποιούν τον EN 1992-1-1:2004, **9.10**.

Μελέτη για ΚΠΥ Γεωμετρικοί περιορισμοί και υλικά Απαιτήσεις υλικών

(1)P Κατηγορίες σκυροδέματος χαμηλότερες από C 20/25 δεν θα χρησιμοποιούνται σε κύρια σεισμικά στοιχεία.

(2)P Η απαίτηση της παραγράφου **5.4.1.1(2)P** έχει εφαρμογή στην παρούσα.

(3)P Στις κρίσιμες περιοχές των κύριων σεισμικών στοιχείων, θα χρησιμοποιείται χάλυβας οπλισμού κατηγορίας C του Πίνακα C.1 του EN 1992-1-1:2004. Επιπλέον, η ανώτερη χαρακτηριστική τιμή (κλάσμα - 95%) της πραγματικής αντοχής διαρροής, $f_{yk,0,95}$, δεν θα υπερβαίνει την ονομαστική τιμή κατά περισσότερο από 25%.

Κεφάλαιο 2: Manual Cast (Strut and tie models)

«MANUAL CAST (STRUT AND TIE MODELS)»

2.1 Μοντέλο θλιπτήρων και ελκυστήρων

Το μοντέλο θλιπτήρων και ελκυστήρων στηρίζεται στην οριακή ανάλυση. Στο μοντέλο αυτό η σύνθετη ροή εσωτερικών δυνάμεων στην ασυνέχεια εξιδανικεύεται σε ένα δίκτυο που μεταφέρει την φόρτιση στις στηρίξεις. Αυτό το δίκτυο λέγεται μοντέλο ελκυστήρων και θλιπτήρων. Σαν τέτοιο αποτελείται από θλιπτήρες και ελκυστήρες που τέμνονται στους κόμβους.

Διαφορετικά μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν για διαφορετικές φορτίσεις. Η παρούσα εκδοχή δεν υπολογίζει αυτόματα μια αντοχή ή ακαμψία που προκαλούνται από την πλαστική τάση και το ιστορικό θραύσεως. Για κάθε φόρτιση πρέπει να παρέχεις όρια αντοχής και ακαμψίας που αντανακλούν στην διακύμανση των τιμών.

Η τρέχουσα εκδοχή του Cast επιτρέπει ελαστική κατανομή δυνάμεων. Για να έχεις μια λογική διανομή δυνάμεων πρέπει να εκτιμήσεις την ακαμψία στους θλιπτήρες και ελκυστήρες και μετά να βάλεις τις τιμές στο Cast. Η ακαμψία εκφράζεται με EA όπου E το μέτρο ελαστικότητας και A η επιφάνεια.

2.2 Εγκατάσταση Cast


Στην παρακάτω ηλεκτρονική διεύθυνση του Google:

<http://engineeringsoftwares.blogspot.gr/2007/02/cast-strut-tie.html>

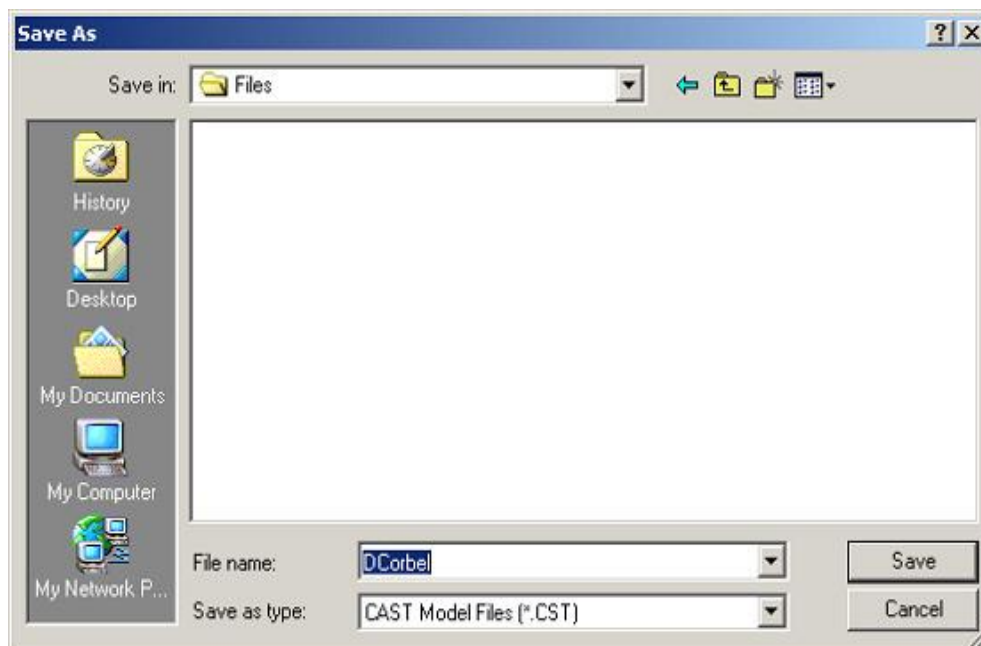
Εμφανίζεται το πρόγραμμα **CAST Strut-Tie -free engineering software** και επιλέγουμε (**download**) φόρτωση.

2.3 Έναρξη προγράμματος Cast

Αφού έχουμε εγκαταστήσει το Cast πιέζουμε **έναρξη** στο μενού του λειτουργικού συστήματος των windows και επιλέγουμε Προγράμματα και μετά **Cast** και ξεκινά το πρόγραμμα Cast .

Παρόλο που δεν έχει τελειώσει η δημιουργία του μοντέλου, πρέπει να αποθηκεύουμε την εργασία μας σε αυτό το πρώτο στάδιο. Οπότε κάνουμε το εξής : Επιλέγουμε **αποθήκευση ως** ή **αποθήκευση** από το Μενού των Αρχείων χρησιμοποιώντας το συνδυασμό CTRL+S ή πιέζοντας το κουμπί  ενεργοποιώντας standard από τα εργαλεία toolbars). Το Cast ανταποκρίνεται επιδεικνύοντας **save as** όνομα αρχείου με κατάληξη CAST Model Files (*.CAST), έτσι αποθηκεύεται κατ' αρχήν η εικόνα.

Είναι επίσης καλή ιδέα να αποθηκεύσεις την εργασία σου κάθε στιγμή με **save** γιατί θα πρέπει να ξανακάνεις την μη αποθηκευμένη εργασία σου αν το σύστημα του υπολογιστή καταρρεύσει πριν σώσεις την εργασία σου .



2.4 Εισαγωγή Δεδομένων στο CAST (βήματα που ακολουθούμε για την επίλυση στο CAST)

ΒΗΜΑ 1

1. Νέο αρχείο (Define Project Description)
2. Ορισμός γενικών ιδιοτήτων (Define General Properties)
3. Κατασκευή Κανάβου (Construct Grid)
4. Κατασκευή οδηγιών γραμμών (Construct Guidelines)

ΒΗΜΑ 2

5. Κατασκευή εξωτερικού περιγράμματος (Construct Outer Boundary)
6. Κατασκευάζω το σχήμα με την βοήθεια των οδηγιών γραμμών σβήνω διπλούς κόμβους (Construct Elements - Edit Glue Nodes)
7. Κατασκευή Πλακών έδρασης, (Assign Bearing Plates)
8. Ορίζω συντοριακές συνθήκες Επιλέγω στήριξη (Assign boundary conditions)
9. Ορισμός - Ανάθεση Δυνάμεων (Assign Body force or support)

ΒΗΜΑ 3

Τρέχω το πρόγραμμα
ταυτοποιώ θλιπτήρες και ελκυστήρες

ΒΗΜΑ 4

Ορίζω ιδιότητες - Ορίζω την ακαμψία και τα πλάτη

10. Ορισμός Θλιπτήρων (DEFINE Strut Types)
(concrete struts prismatic, Bottles Shaped)
11. Ορισμός Ελκυστήρων (DEFINE Tie Types)
Επιλογή σπλισμού Ελκυστήρων
(Non - Prestressed Reinforcement Tie)

ΒΗΜΑ 5

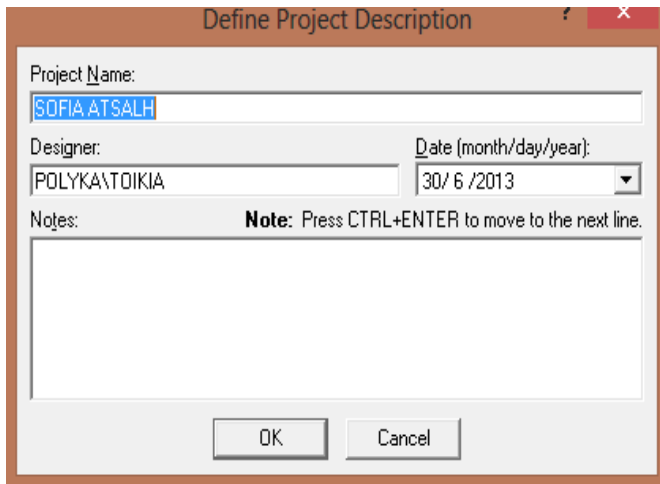
Τρέχω το πρόγραμμα
Ελέγχω τις τάσεις και τους κόμβους

Εάν ναι το μοντέλο είναι επιτυχές

Εάν όχι ξαναορίζω τις ιδιότητες

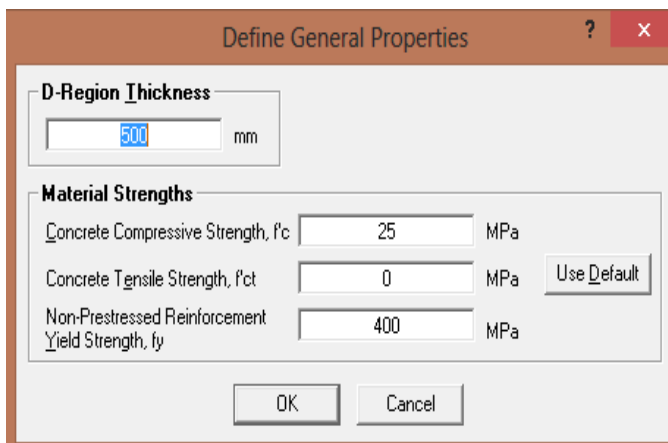
2.5 Αναλυτική Περιγραφή Βημάτων

2.5.1 Νέο αρχείο (Define Project Description)



defined location

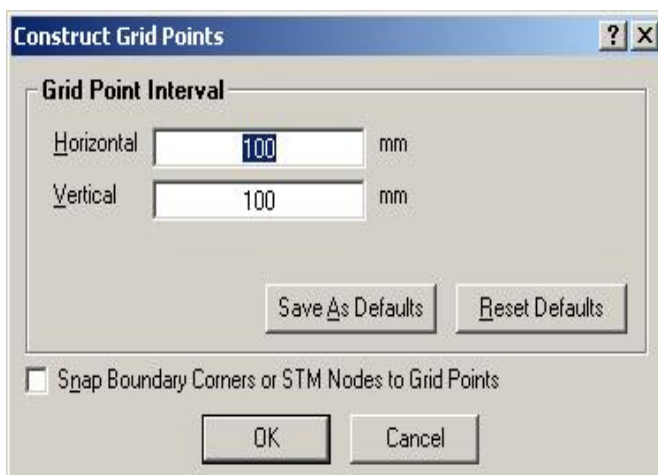
2.5.2 Ορισμός γενικών ιδιοτήτων (Define General Properties)



defined location

Στην αρχή ορίζουμε τις γενικές ιδιότητες, όπως το πάχος D-Region Thickness= 500 mm, την αντοχή σε θλίψη του μπετού $f'c = 25 \text{ MPa}$ Ποιότητα σκυροδέματος C25/30 και το σίδηρο (τάση διαρροής χάλυβα σχεδιασμού) Yield Strength $f_s = 400 \text{ MPa}$

2.5.3 Κατασκευή Κανάβου (Construct grid points)



defined location

Με το Construct grid τον κάνναβο μετακίνησης του ποντικιού ορίζοντας τις αποστάσεις (χ,ψ) Horizontal, Vertical (π.χ. 100 mm

2.5.4 Κατασκευή οδηγών γραμμών (Construct Guidelines)

defined location

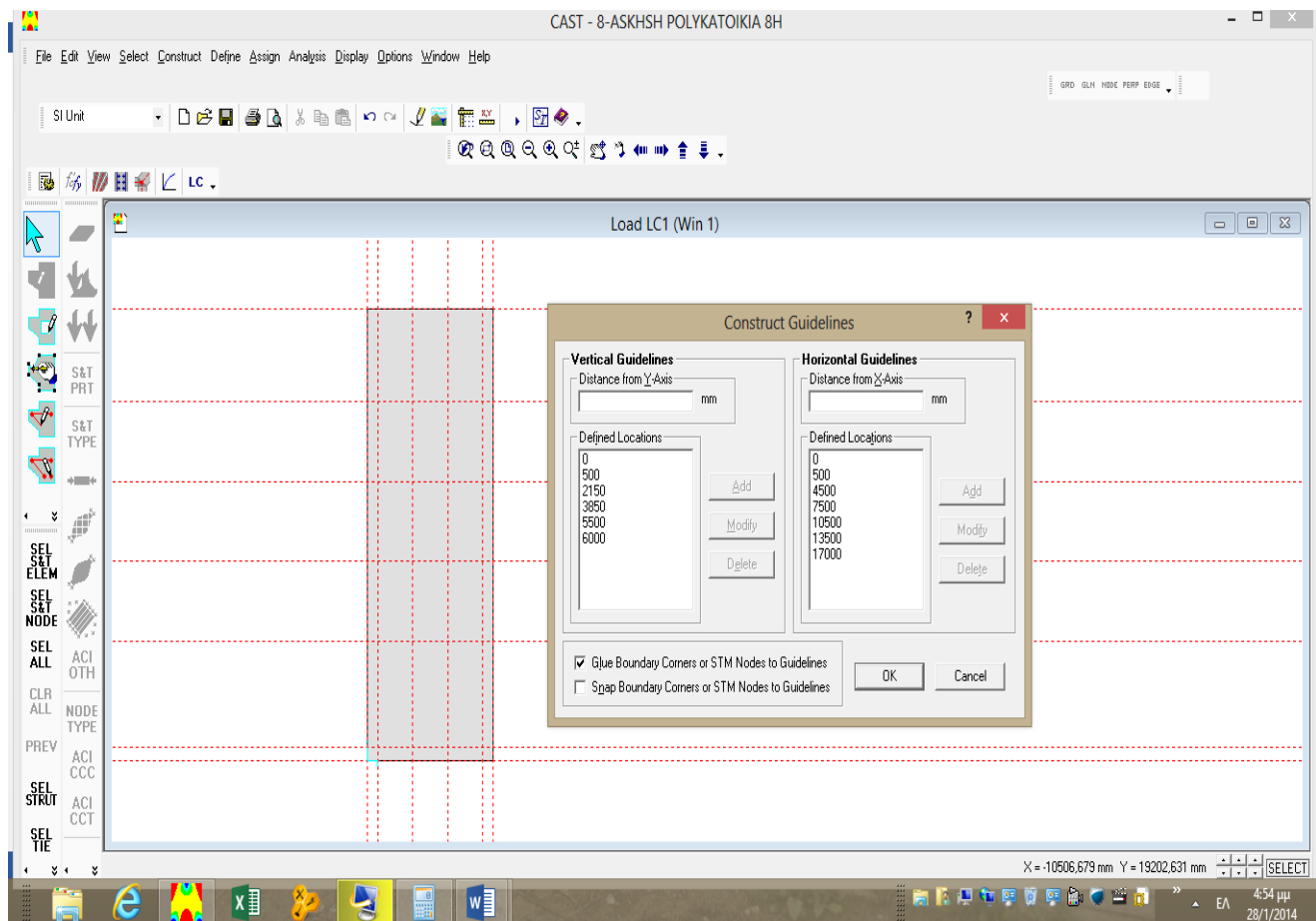


Οι γραμμές οδηγοί είναι γραμμές που μας βοηθάνε να ορίσουμε την γεωμετρία του μοντέλου. Οι οριακές γραμμές και οι κόμβοι συνήθως βρίσκονται στις τομές των οριζοντίων και καθέτων αυτών οδηγών γραμμών. Τις βρίσκουμε στο μενού construct και μετά επιλογή guideline (η πιέζοντας shift+ f3).

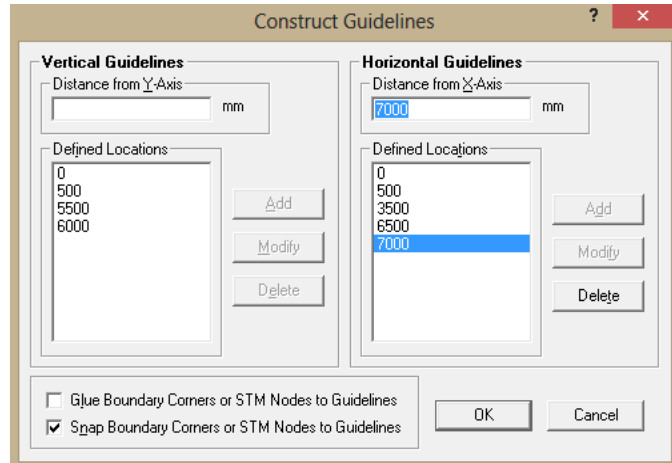
Θα χρησιμοποιήσουμε τα guidelines για να δημιουργήσουμε τα όρια της ασυνέχειας. Αν δεν βλέπεις τα Guidelines στην οθόνη, μπορείς να πατήσεις το show guidelines από το μενού view. Με το construct guidelines κατασκευάζουμε τις κατακόρυφες και οριζόντιες κατευθυντήριες γραμμές που χρειάζονται για να ορίσουμε την γεωμετρία του μοντέλου.

π.χ. αν πρόκειται να σχεδιάσεις τρίγωνο πρέπει να βάλεις και το (X,Ψ) της κορυφής του τριγώνου.


Παράθυρο του CAST που δείχνει τον τρόπο κατασκευής οδηγών γραμμών



Όταν μια οδηγός γραμμή είναι ορατή στο παράθυρο μπορείς να κάνεις 2 φορές αριστερό κλικ (αν κάνεις διπλό κλικ σε οριζόντια guideline δείχνει την απόσταση από τον άξονα τον X, ενώ αν κάνεις διπλό κλικ σε κατακόρυφη Guideline δείχνει την απόσταση από τον άξονα τον Ψ).



Αν θέλεις μπορείς να αλλάξεις μια γραμμή οδηγό (Guideline) κάνοντας τα εξής:

Διαλέγεις την τοποθεσία στο περιθώριο (defined location Guidelines)  Η περιοχή θα φανεί στο distance from y axis και δείχνει την απόσταση από τον άξονα τον Ψ, έτσι αλλάζοντας την απόσταση διορθώνουμε με modify Vertical Guidelines (setup Guidelines), ομοίως από το defined location Guidelines η με διπλό αριστερό κλικ σε κατακόρυφη Guideline βλέπουμε την απόσταση από τον άξονα τον Ψ και αλλάζοντας την, διορθώνουμε την αντίστοιχη γραμμή οδηγό, με modify Horizontal Guidelines.

π.χ. Κλικάρεις modify και μετα κλικάρεις ok

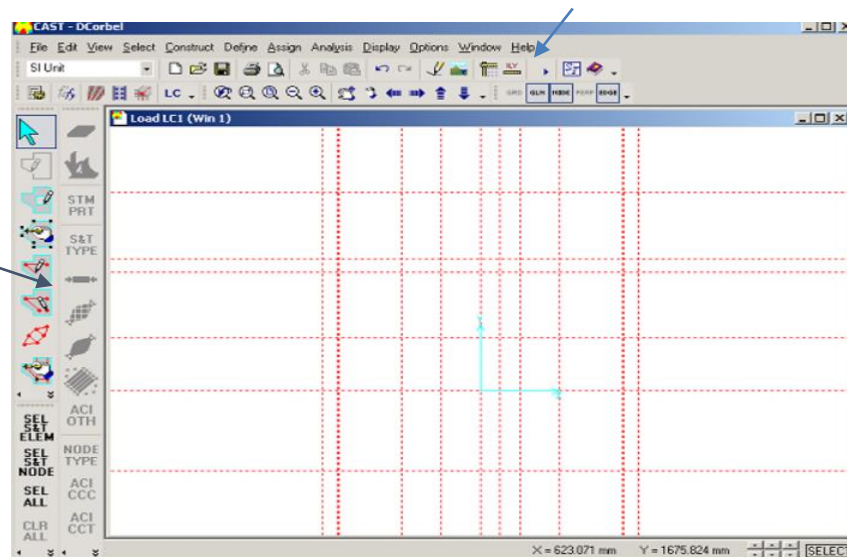


defined location

Guidelines

περιθώριο

defined location



2.5.5 Κατασκευή εξωτερικού περιγράμματος (Construct Outer Boundary)

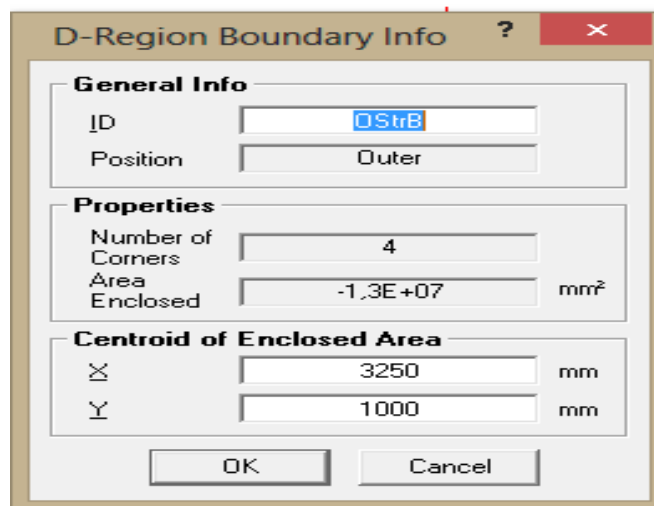



Το εξωτερικό περίγραμμα αντιπροσωπεύει την περίμετρο της προς μελέτη κατασκευής, το εσωτερικό δεν μπορεί να είναι έξω από το εξωτερικό. Μπορείς να δημιουργήσεις μόνο ένα εξωτερικό περίγραμμα αλλά να κάνεις όσα εσωτερικά περιγράμματα θέλεις.


Στο cast και οι δυο τύποι αντιπροσωπεύονται από κλειστά μη τεμνόμενα πολύγωνα. Οι λειτουργίες τους είναι να τοποθετήσεις κόμβους, στηρίξεις, σημειακά φορτία και Bearing Plates. Μόνο ένα στοιχείο επιτρέπεται να περιγράφεται στα όρια.

Δημιουργείς το εξωτερικό περίγραμμα με το εικονίδιο (Construct Outer Boundary) από το Defined Location ή κάνεις κλικ στο Construct από το βασικό μενού και μετά outer Boundary και αρχίζεις να σχεδιάζεις. Αφού εντοπίσεις τα περιμετρικά όρια και τις εξωτερικές ορθές γωνίες του περιγράμματος, κάνεις κλικ στην τομή κάθε περιμετρικής guide-line κατά X και κάθε περιμετρικής guideline κατά Ψ για κάθε σημείο και έτσι δημιουργείς. Μπορείς επίσης να μετακινήσεις το περίγραμμα που αναβοσβήνει.


Πατώντας με δεξί κλικ στο περίγραμμα εμφανίζει τον πίνακα D-Region Boundary info? αλλάζοντας τις συντεταγμένες X,Ψ στο κέντρο της περικλειόμενης περιοχής της ασυνέχειας (Centroid of Enclosed Area) θα κάνει modify Boundary info και θα μετακινήσει το περίγραμμα μαζί το σχήμα και με όλα τα στοιχεία (δυνάμεις και στηρίξεις) αλλά δεν μετακινούνται οι οδηγοί γραμμές.



Αν κάνεις ένα λάθος δηλαδή σχεδιάσεις ένα μέλος σε λάθος χώρο μπορείς πάντα με το undo να αναιρέσεις από το μενού edit ή να πατήσεις 



Μπορείς να μετακινήσεις, να προσθέσεις, ή να σβήσεις μια γωνία με το  ή επιλέγοντας edit boundaries από το μενού edit.

Αν έχεις το shift αναμμένο ενώ σχεδιάζεις έχεις το ορθοκανονικό σύστημα σχεδίασης δηλαδή τα Χ και Ψ βγαίνουν παράλληλα.


Αν θέλεις να μετακινήσεις το περίγραμμα μπορείς απλά να το σύρεις στην επιθυμητή θέση με το edit boundary κρατώντας το συνετώς  πατημένο.

Add Corner
Remove Corner

**Με την βοήθεια του πλήκτρου
Κάνω διορθώσεις στο εξωτερικό περίγραμμα**

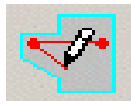
Όταν το Snap Boundary Corners or STM Nodes to Grid Points)  ή το (Snap Boundary Corners or STM Nodes to Guidelines)  είναι αναμμένο κατά την σχεδίαση ο προς δημιουργία κόμβος ενώ θα σύρεται το νήμα σχεδίασης, θα ακολουθεί τον κάνναβο ή τις κατευθυντήριες γραμμές εμφανίζοντας ένα σταυρόνημα ως οδηγό. Ομοίως με δεξί κλικ στο εξωτερικό περίγραμμα μπορείς επίσης να μετακινήσεις την θέση του κέντρου βάρους με το modify (Χ, Ψ) ενός στοιχείου (π. χ. περίγραμμα). Αν θέλεις να μετακινήσεις το περίγραμμα μπορείς απλά να το σύρεις στην επιθυμητή θέση με το edit boundary κρατώντας το συνετώς πατημένο και τότε θα χαθεί η σύνδεση στο τέλος του στοιχείου, ενώ θα ακολουθεί τα grid points ή τις κατευθυντήριες γραμμές ενώ θα σύρεται.

Κατασκευή εσωτερικών ανοιγμάτων (οπές)

Όπως έκανες το εξωτερικό περίγραμμα με τη βοήθεια του εικονιδίου  κάνοντας κλικ στο μενού Construct και μετά επιλογή inner boundaries μπορείς να κάνεις όσα εσωτερικά περιγράμματα θέλεις δηλαδή ανοίγματα πόρτες ή παράθυρα .

Όταν υπάρχουν οπές για παράθυρα ή πόρτες, οι θλιπτήρες και οι ελκυστήρες περνάνε όσο το δυνατόν κοντά στην οπή αλλά δεν την τέμνουν και οι οπές είναι στην ευθεία που ενώνει τον κόμβο στήριξης και κόμβο δύναμης.

2.5.6 Κατασκευάζω το σχήμα μου με την βοήθεια των κατευθυντηρίων γραμμών (Construct Elements - Edit Glue STM Nodes)



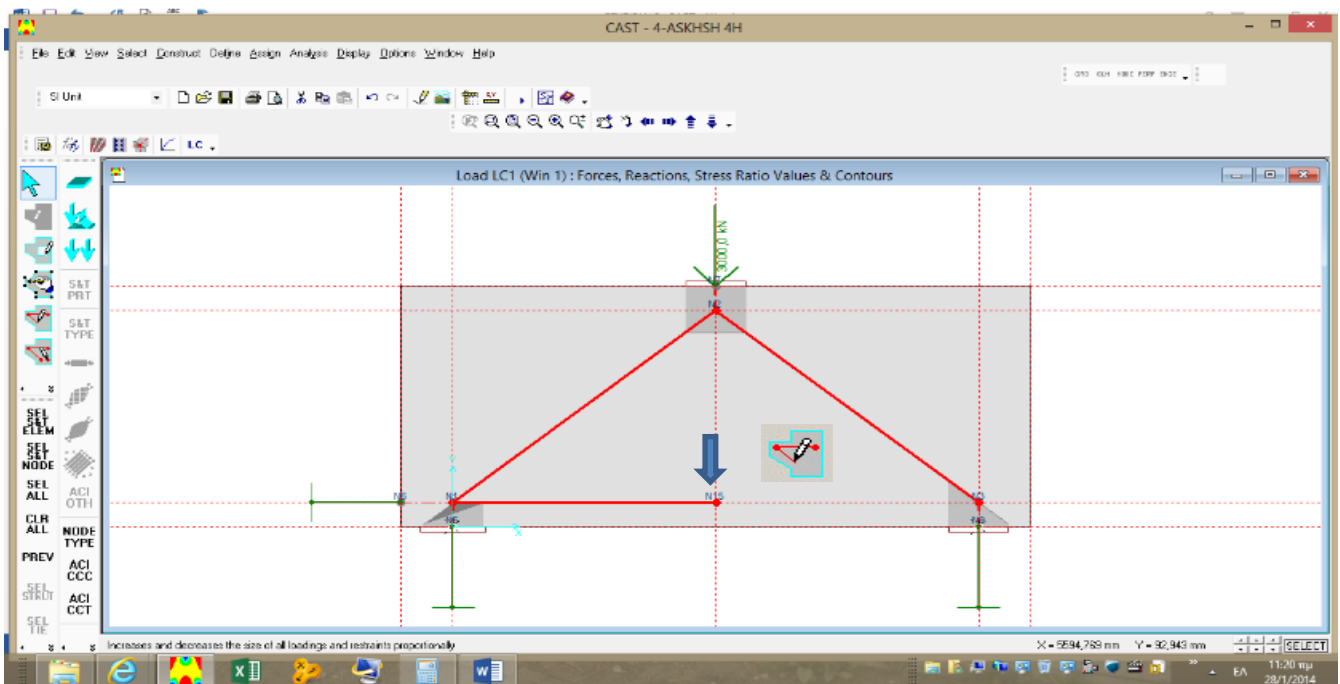
defined location

Κατόπιν με τη βοήθεια του εικονιδίου Construct STM Elements από τα πλαϊνά παράθυρα (Defined Location) είτε από το βασικό μενού κάνοντας κλικ στο Construct και μετά STM Elements, αρχίζεις να σχεδιάζεις τις γραμμές-στοιχεία (STM Elements) με την βοήθεια των παραπάνω Οδηγών γραμμών (Guidelines). Οι γραμμές και οι κόμβοι συνήθως βρίσκονται στις τομές των οριζοντίων και καθέτων αυτών οδηγών γραμμών.






Αφού κάνεις κλικ στο κουμπί Construct STM Elements κατασκευάζεις τα στοιχεία και τότε αυτόματα δημιουργούνται οι κόμβοι στην αρχή και στο τέλος κάθε γραμμής (στοιχείου). Οι γραμμές σχεδιάζονται με το construct elements (κατασκευή στοιχείων) και έτσι δημιουργούνται αυτόματα οι κόμβοι στην αφετηρία και στο τέλος κάθε γραμμής. Επομένως προηγείται η κατασκευή των γραμμών, των κόμβων και δεν χρειάζεται να δημιουργήσεις κόμβους (STM Nodes) πριν πρώτα κατασκευάσεις τις γραμμές- στοιχεία (STM Elements).

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο τρόπος κατασκευής των γραμμών(στοιχείων) (STM Elements)

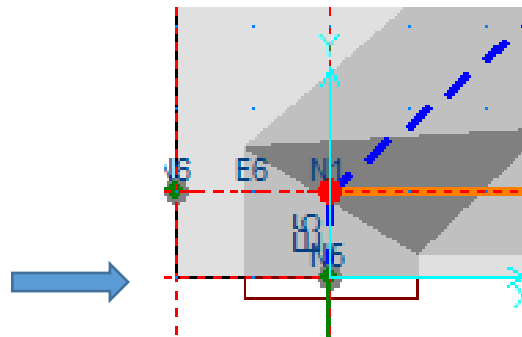


Με βοήθεια **Edit Glue S.T.M. Nodes** (επιλέγω με παράθυρο για να σβήσω περιττούς κόμβους). Είναι απαραίτητο είναι να σβήσουμε τους διπλούς κόμβους που δημιουργούνται όταν φτιάχνουμε περισσότερες γραμμές που διέρχονται από τον ίδιο κόμβο με το edit glue STM Nodes. Πρέπει όμως να επιλέξουμε τους κόμβους που θα σβήσουμε με το glue STM Nodes, γιατί αλλιώς δεν λειτουργεί η εντολή αυτή ή κάνουμε παράθυρο για να δούμε πόσοι κόμβοι υπάρχουν. Σε κάθε κίνηση πρέπει να σβήσουμε τους διπλούς κόμβους που δημιουργούνται.

- Προσοχή, πρέπει να σιγουρευτείς ότι το κουμπί  (Snap and Glue STM Nodes to Other STM Nodes) είναι πατημένο  ή μη πατημένο , διότι αν είναι πατημένο όταν σχεδιάζουμε με το Construct STM Elements, αποφεύγουμε την δημιουργία **περιττών** κόμβων.

2.5.7 Τοποθέτηση Πλακών έδρασης (Assign Bearing Plates)

Οι πλάκες έδρασης τοποθετούνται στις στηρίξεις ορίζοντας τα κατάλληλα μεγέθη



Παράθυρο του CAST

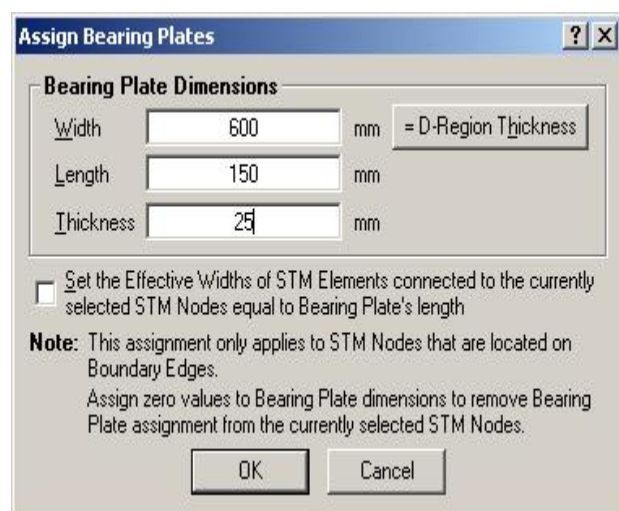
που δείχνει τον επιλεγμένο κόμβο στήριξης όπου ορίζουμε τα μεγέθη :

π.χ.

Width (D-Region Thickness) 600

Length 150

Thickness 25



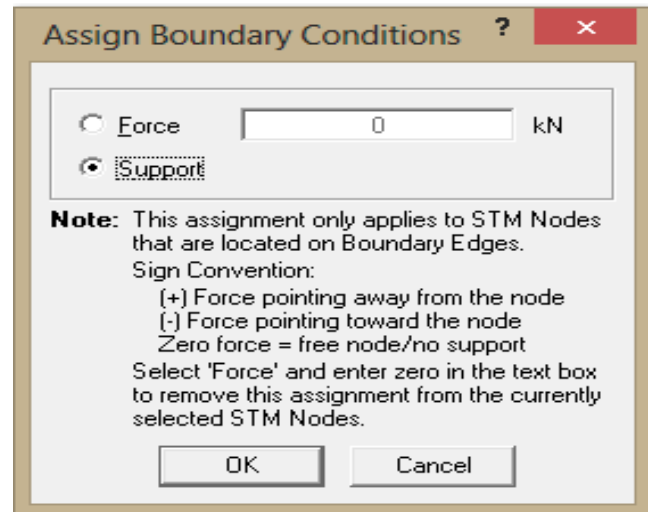
2.5.8 Ορίζω συνοριακές συνθήκες - στηρίξεις (Assign boundary conditions)

defined location



Αφού κατασκευάσουμε το σχήμα, σειρά έχουν οι στηρίξεις και οι δυνάμεις.

Οι στηρίξεις σχηματίζονται με το **Assign boundary conditions** όπου διαλέγουμε **support** και όχι **force**. Πρέπει να ενεργοποιήσουμε τον κόμβο που θα κάνουμε την στήριξη με το **assign boundary** (επιλογή **select**).



Πότε οι κόμβοι γίνονται γκρι :

Όταν πατάνε στο εξωτερικό περίγραμμα δηλαδή **στα όρια** D-Region και είναι στις στηρίξεις.

Πάντα τρέχουμε το πρόγραμμα αφότου κατασκευάσαμε το σχήμα με τις στηρίξεις και τις δυνάμεις για να διαπιστώσουμε αν υπάρχουν πιθανά προβλήματα. Δεν ξεχνάμε στις στηρίξεις ότι πρέπει πρώτα να φέρουμε την γραμμή που ενώνει τον κόκκινο κόμβο (κόκκινος είναι αυτός **που βρίσκεται μέσα στα όρια** D-Region) με τον γκρι κόμβο (γκρι είναι αυτός **που βρίσκεται στα όρια** D-Region δηλαδή στο εξωτερικό περίγραμμα) και μετά βάζουμε την στήριξη στον γκρι κόμβο.

Κάθε στιγμή μπορείς να διορθώνεις τις συντεταγμένες των κόμβων βλέποντας στο κάτω δεξιά μέρος τις συντεταγμένες που αναγράφονται καθώς μετακινείται το ποντίκι και έτσι αλλάζουμε τις συντεταγμένες του κόμβου, επιλέγοντας τον και ορίζοντας αντίστοιχα όπου X και Ψ τις επιθυμητές συντεταγμένες.

- Σε γενικές γραμμές, ένα επαρκές σύστημα συγκράτησης για ένα μοντέλο στο CAST (strut και truss) πρέπει να αποτελείται από τουλάχιστον τρεις μη συντρέχουσες στηρίξεις για την D-Περιφέρεια Συνοριακών ορίων. Όταν υπάρχουν λιγότεροι από τρεις μη ταυτόχρονοι περιορισμοί όπως προβλέπεται σε ένα μοντέλο, το μοντέλο γίνεται εξωτερικά υπερστατικό.

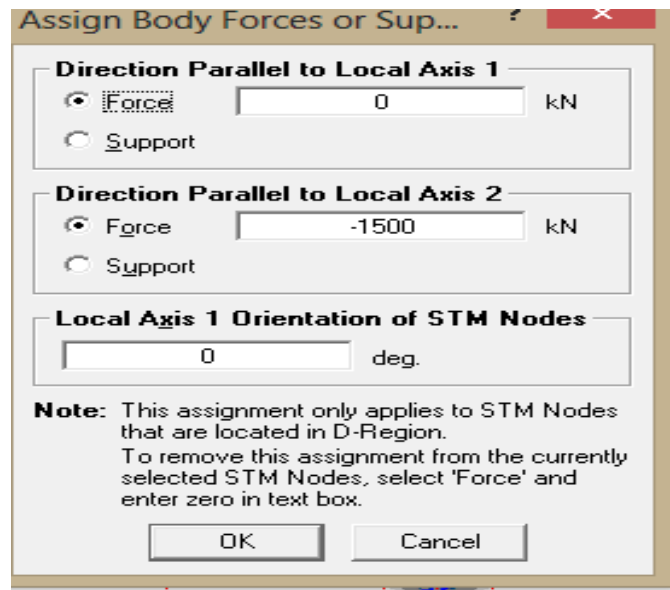
2.5.9 Ορισμός - Ανάθεση Δυνάμεων (Assigning Body force or support)

Defined location



Οι δυνάμεις δημιουργούνται με το Assign Body force αλλά και με το Assign boundary conditions όπου διαλέγουμε force και όχι support.

προς τα πάνω *Με (-) μείον μπροστά η δύναμη έχει κατεύθυνση προς τα κάτω και με (+)



2.5.10 Ορίζω και αναθέτω ιδιότητες θλιπτήρων (DEFINE Strut Types)


defined location (DEFINE Strut Types)



Ανάλογα με το παρακάτω σχήμα ορίζουμε 2 τύπους θλιπτήρων ως εξής:

α) Prismatic Strut και β) Bottle Shaped :

α) Prismatic Struts Από το Defining Toolbar εναλλακτικά πατώντας το μενού Define μετά Strut Types επιλέγουμε Concrete Struts, κατόπιν κάνουμε τα εξής : Αλλάζουμε το όνομα σε Prismatic επιλέγοντας στο Code based equation το Aci Prismatic Strut. αναγράφοντας τον στο Type List. Αλλάζουμε το συντελεστή μείωσης σε 0,75 Κλικάρουμε ADD στην λίστα .Τώρα ο τύπος του θλιπτήρα έχει οριστεί.

β) Bottle Shaped Struts Κάνοντας κλικ στο εικονίδιο  αλλάζουμε το όνομα σε Bottle Shaped στο Code based equation στο Strut equation Method και επιλέγουμε ACI Bottle Shaped Struts w/steel και μετά κλικάρουμε ADD στην λίστα.Τώρα ο τύπος του θλιπτήρα έχει οριστεί.

2.5.11 Ορίζω Ιδιότητες θλιπτήρων – Ακαμψία, Πλάτη (DEFINE Concrete Strut Types)

Παράθυρα διαλόγου του CAST για ορισμό των Concrete Strut Types

defined location



Prismatic Struts

Type List

Name: (0) ACI Prismatic Struts

Defined Types: (0) ACI Prismatic Struts, CStrut

Note: This type cannot be deleted because it has been assigned to STM Elements.

Set as default '(0) ACI Prismatic Struts' type

Type Properties

Concrete Compressive Strength, f'c: 25,00 MPa

Concrete Strut Strength

Strut Equation Method

Code-Based Equations: (0) ACI Prismatic Struts

User-Defined or Other Methods: (0) User-Defined

Efficiency Factor (between 0 and 1): 0,850

Strength Reduction Factor (between 0 and 1): 0,75

Stress Limit: 15,94 MPa

OK Cancel

defined location



Bottle Shaped Struts w/Steel

Type List

Name: (1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel

Defined Types: (0) ACI Prismatic Struts, (1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel

Note: This type has yet to be assigned to any STM Elements.

Set as default '(1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel' type

Type Properties

Concrete Compressive Strength, f'c: 25,00 MPa

Concrete Strut Strength

Strut Equation Method

Code-Based Equations: (1) ACI Bottle-Shaped Struts w/ Steel

User-Defined or Other Methods: (0) User-Defined

Efficiency Factor (between 0 and 1): 0,637

Strength Reduction Factor (between 0 and 1): 0,75

Stress Limit: 11,95 MPa

OK Cancel

2.5.12 Έλεγχος Θλιπτήρων (Min Effective Width)

Για τους θλιπτήρες ισχύει $f_{cu} = 0,85 \times \beta_s \times f'_c$ και $\beta_s = 0,75$ άρα $f_{cu} = 0,85 \times 0,75 \times 25 = 15,94$ MPa όπου $f'_c = 25$ MPa Θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος και f_{cu} επιτρεπόμενη τάση (Stress Limit) και $\Phi \times f_{cu} = 0,75 \times 15,94 = \underline{11,95}$ MP Φ = συντελεστής μείωσης δύναμης,

Υπολογισμός Ελαχίστου Πλάτους Θλιπτήρα

(Min Effective Width (Prismatic))

Stress Limit = 15,94

D-Region thickness = 500

Min Effective Width =

Strut force / Stress Limit / D-Region thickness * 1000 Strut force = 102,7

Min Effective Width =

$102,7 / 15,94 / 500 * 1000 = \underline{12,9}$ mm

Έλεγχος Θλιπτήρων (Bottle Shaped)

Για τους θλιπτήρες ισχύει $f_{cu} = (0,85 \times 0,75) \times \beta_s \times f'_c$ και $\beta_s = 0,75$ άρα $f_{cu} = 0,637 \times 0,75 \times 25 = 11,95$ MPa. και $0,85 \times 0,75 = 0,637$ $\Phi = 0,75$ συντελεστής μείωσης δύναμης,

Υπολογισμός Ελαχίστου Πλάτους Θλιπτήρα (Bottle Shaped Struts w/Steel)

Min Effective Width = Strut force / Stress

Limit / D-Region thickness * 1000

D-Region thickness = 500


Min. Effective Width =

$102,7 / 11,95 / 500 * 1000 = \underline{17,2}$ mm

Strut force = 102,7

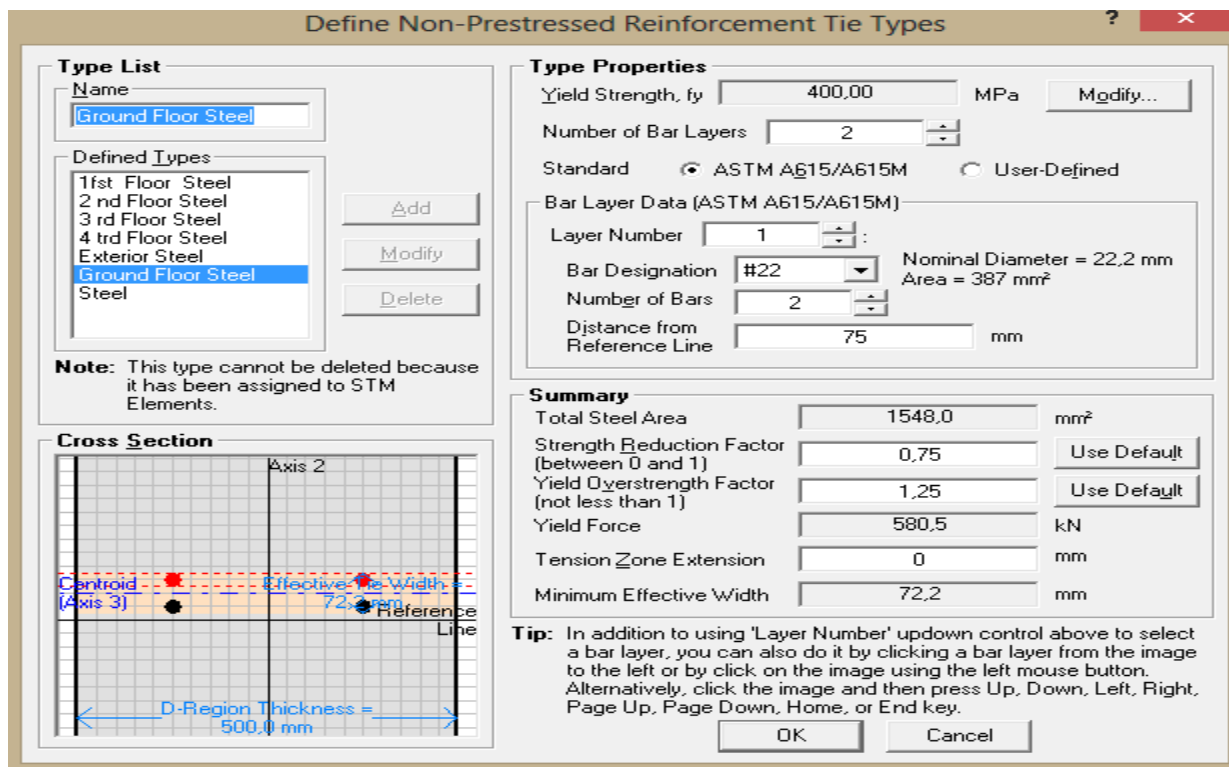
Stress Limit = 11,95


2.5.13 Ορισμός ελκυστήρων - επιλογή σπλισμού (DEFINE Tie Types Non - Prestressed Reinforcement Tie)

Αφού έχουμε ορίσει με το Define menu, τους ελκυστήρες (ties), πατώντας το κουμπί  από την Defining toolbar, επιλέγοντας τις ράβδους των ελκυστήρων όπου Tie Types επιλέγω Non - Prestressed Reinforcement Tie και μετά τον σπλισμό steel, έτσι ώστε να πληρείται η παρακάτω συνθήκη $STESS\ RATIO < 1$

Όπου $STESS\ RATIO = TIE\ FORCE / YIELD\ FORCE$

* όπως περιγράφεται αναλυτικά στα παραδείγματα (Οπλισμός Ελκυστήρων)



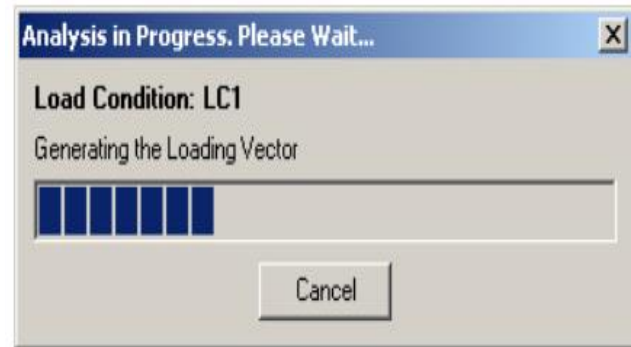
Το cast προβάλλει το non Prestressed Reinforced Tie. Μπορείς να αλλάξεις τις ονομασίες στους οπλισμούς σε Main Tie, Exterior steel κλπ., δημιουργώντας διαφορετικούς οπλισμούς στους ελκυστήρες . Μπορείς επίσης να αλλάξεις τον αριθμό των μπαρών δηλαδή των ράβδων. Μπορείς να υπερπηδήσεις αυτό το βήμα άμα ορίσεις τους υπο-κατασκευή θλιπτήρες, κάνοντας κλικ στο μενού Define μετά Tie Types και μετά non Prestressed Reinforcement Tie η κάνοντας κλικ στο 

2.6 ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ (Obtaining Truss Forces)

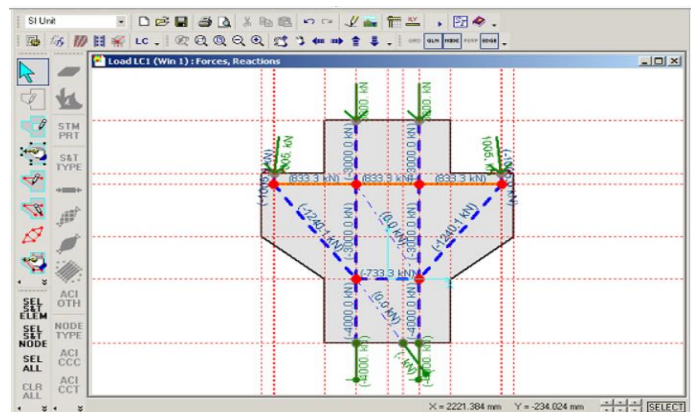
Εδώ αναλύουμε το μοντέλο που κατασκευάσαμε για να αποκτήσουμε τις δυνάμεις στο μοντέλο θλιπτέρων και ελκυστήρων .


Για να αναλύσουμε το μοντέλο κλικ άρουμε το run design calculation από το μενού analysis η κλικάρουμε το κουμπί από το standart .

Ένα παράθυρο επιδεικνύει την πρόοδο εμφανίζεται.



Μετά που ολοκληρώνεται η ανάλυση εμφανίζονται οι δυνάμεις. Οι θλιπτήρες φαίνονται με διακεκομμένη μπλε και (-) αρνητικό πρόσημο, ενώ οι ελκυστήρες με έντονη πορτοκαλί γραμμή και (+) θετικό πρόσημο.



Μπορώ να πλησιάσω, η να απομακρύνομαι από το σχήμα με το ζουμ ή με το παραθυράκι. Επίσης μπορώ να μεγαλώνω η να μικραίνω το μέγεθος των γραμμάτων και τα πάχη των γραμμών καθώς και το μέγεθος των δυνάμεων σχήματος από το πινακάκι κάτω δεξιά  αντίστοιχα.

Πάντα τρέχουμε το πρόγραμμα αφότου κατασκευάσαμε το σχήμα με τις στηρίξεις και τις δυνάμεις για να δούμε αν το μοντέλο που δημιουργήσαμε είναι σταθερό γιατί μια αστάθεια μπορεί να οφείλεται σε ένα ή συνδυασμό πολλών προβλημάτων.

2.7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (Displaying Model and Analysis Results)

Το πρόγραμμα του Cast παρέχει δυο τρόπους να δεις το μοντέλο και τα αποτελέσματα της δικτυακής ανάλυσης : Ο Γραφικός τρόπος και η μέθοδος με Πίνακες.

ΓΡΑΦΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ

Κάθε παράθυρο έχει και διαφορετικό γράφημα. Κάθε παράθυρο έχει τον προσανατολισμό του και έχει επιλογές από το **set object view options** . Μπορεί να έχουμε πολλά παράθυρα την ίδια στιγμή. Αφού κάθε παράθυρο έχει πολλές επιλογές μπορεί να γεννηθούν εκατοντάδες.

Κάθε ενεργό παράθυρο μπορεί να πιαστεί τοποθετημένο στο clipboard και μετά να αντιγραφεί σε άλλο πρόγραμμα πχ (Word). Αυτή η προοπτική είναι χρήσιμη όταν για παράδειγμα θέλεις να προβάλλεις εικόνες του Cast σε άλλο πρόγραμμα .

Για να αιχμαλωτίσεις μια εικόνα πρέπει να κάνεις τα εξής:

Ενεργοποιείς το παράθυρο κάνοντας το κλικ όπου υπάρχει η εικόνα επιλέγεις copy image to clipboard από το μενού edit. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με δεξί κλικ στο παράθυρο. Μετά επιλέγεις set image area for windows clipboard και διαλέγεις το επιθυμητό μέγεθος και **μετά οκ**.



ΓΡΑΦΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ

Οι λεπτομερείς πληροφορίες κάθε στοιχείου του μοντέλου μπορούν να φανερωθούν με δεξί κλικ στο στοιχείο. π.χ. (E4 θλιπτήρας)

Ομοίως για κάθε κόμβο με δεξί κλικ στον κόμβο π.χ. (N4 κόμβος)

Ομοίως πιο σύντομα πληροφορίες μπορούν να φανερωθούν με shift και πατώντας στα στοιχεία (elements) (ράβδους E η κόμβους N) πχ (E6)

Load Condition: LC1
 Element ID: E6
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Concrete Strut
 Property Type Name: Prismatic Strut
 Strut Stress Limit: 22.31 MPa
 Effective Width: 150.0 mm
 Relative Stiffness: 1.000
 Direction: 0.00 deg.
 Results of Design Calculations:
 Strut Force: -733.3 kN
 Strut Stress Ratios: 0.365
 Strut f'c Ratio: 0.233
 Strut Beta Ratio: 0.365
 Right click on the element for more info

ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ

Οι πληροφορίες με πίνακες γίνεται με τη γεωμετρία της ασυνέχειας, τους κόμβους, και τα μέλη στοιχεία που είναι στο display menu. Πληροφορίες στο display output file. Αν το windows Microsoft version 97 είναι εγκατεστημένο στον υπολογιστή μαζί με το Cast είναι οκ.

STM Node Geometry Info

Load Condition: **LC1**

Row #	Node ID	Function	X (mm)	Y (mm)	Direction (deg.)
1	N1	Strut-and-Tie	-910.0	900.0	0.00
2	N2	Strut-and-Tie	-250.0	900.0	0.00
3	N3	Strut-and-Tie	250.0	900.0	0.00
4	N4	Strut-and-Tie	910.0	900.0	0.00
5	N5	Strut-and-Tie	-250.0	0.0	0.00
6	N6	Strut-and-Tie	250.0	0.0	0.00
7	N7	Load/Support	-250.0	-600.0	180.00
8	N8	Load/Support	-250.0	1500.0	0.00
9	N9	Load/Support	250.0	-600.0	180.00
10	N10	Load/Support	250.0	1500.0	0.00
11	N11	Load/Support	125.0	-600.0	212.01
12	N12	Load/Support	-900.0	1000.0	-5.71
13	N13	Load/Support	900.0	1000.0	5.71

Note: You can change the Node IDs, Xs, Ys, and Directions corresponding to the currently displayed Load Condition by double clicking the corresponding cells.

STM Element Geometry Info

Load Condition: **LC1**


Row #	Element ID	Function	End I ID	End J ID	Length (mm)	Direction (deg.)
1	E1	Strut-and-Tie	N1	N2	660.0	0.00
2	E2	Strut-and-Tie	N2	N3	500.0	0.00
3	E3	Strut-and-Tie	N3	N4	660.0	360.00
4	E4	Strut-and-Tie	N1	N5	1116.1	306.25
5	E5	Strut-and-Tie	N4	N6	1116.1	233.75
6	E6	Strut-and-Tie	N5	N6	500.0	0.00
7	E7	Strut-and-Tie	N7	N5	600.0	90.00
8	E8	Strut-and-Tie	N5	N2	900.0	90.00
9	E9	Strut-and-Tie	N2	N8	600.0	90.00
10	E10	Strut-and-Tie	N9	N6	600.0	90.00
11	E11	Strut-and-Tie	N6	N3	900.0	90.00
12	E12	Strut-and-Tie	N3	N10	600.0	90.00
13	E13	Stabilizer	N2	N6	1029.6	299.05
14	E14	Stabilizer	N5	N11	707.5	302.01
15	E15	Strut-and-Tie	N1	N12	100.5	84.29
16	E16	Strut-and-Tie	N4	N13	100.5	95.71

Note: You can change the Element IDs corresponding to the currently displayed Load Condition by double clicking the corresponding cells.

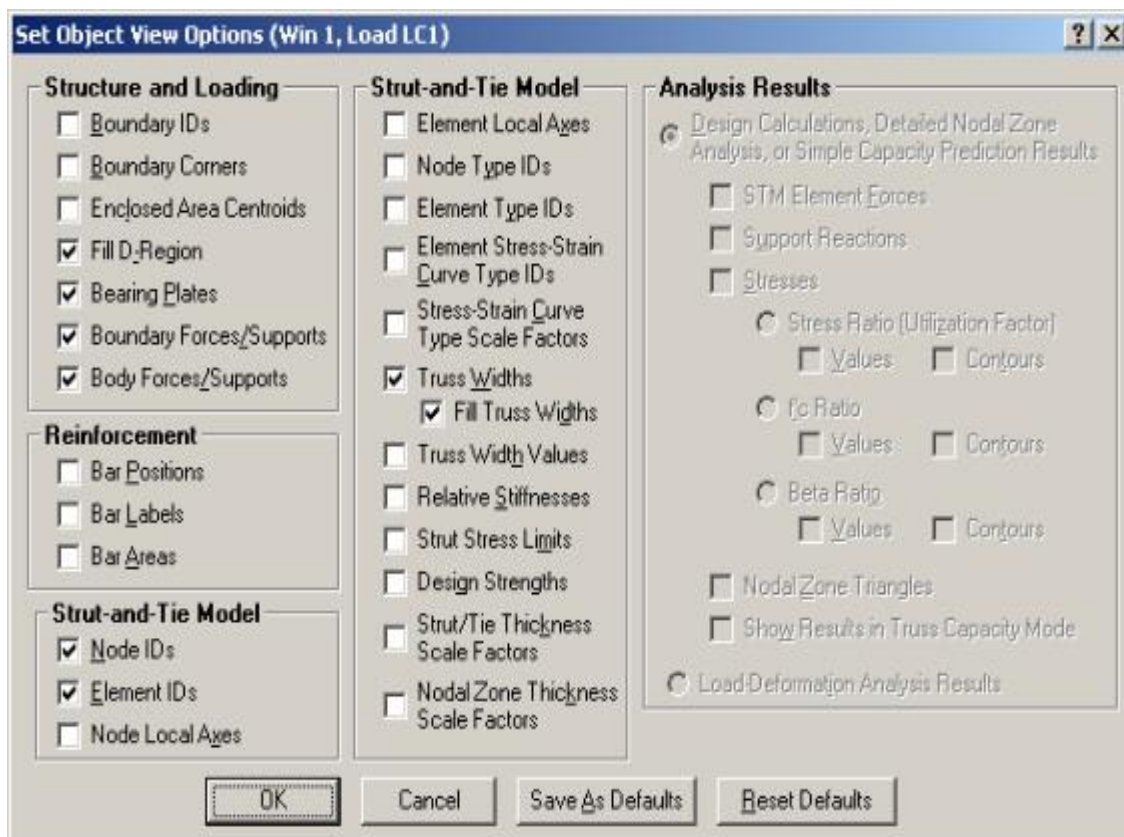
Set object View Options

defined location



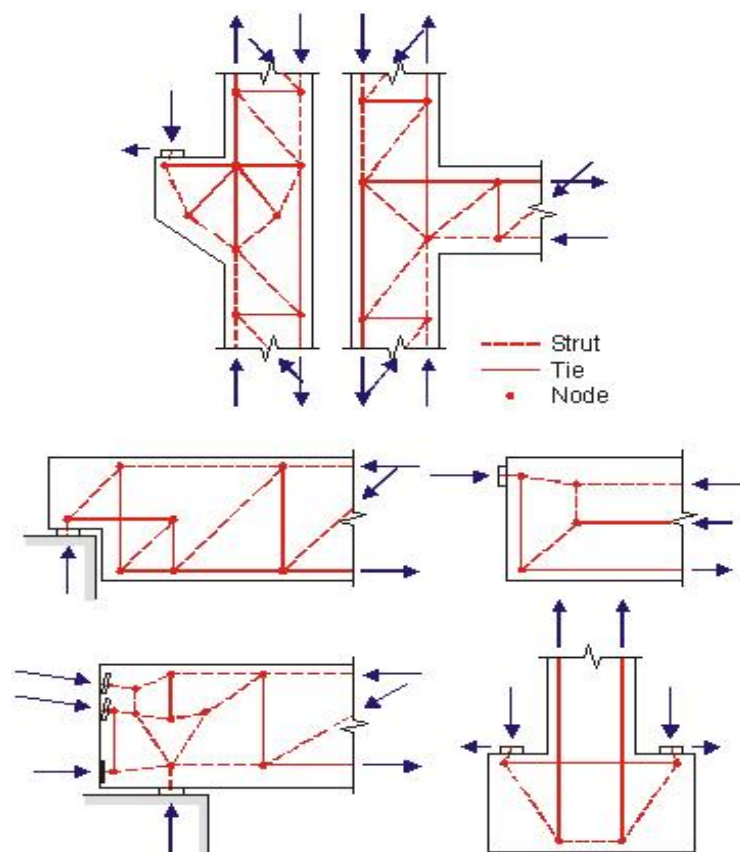
Πρέπει επίσης να δείξουμε τα στοιχεία (STM Element) και κόμβους (Node ID) για μελλοντική αναφορά μας. Αυτό γίνεται πατώντας το  κουμπί από τη Βασική γραμμή εργαλείων ή επιλέγοντας Ορισμός αντικειμένου μενού View Options από το μενού Προβολή και στη συνέχεια κάντε κλικ στο κουμπί OK.

Αυτό θα δείξει το παράθυρο διαλόγου Ορισμός αντικειμένου Δείτε επιλογές όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Σε αυτό το παράθυρο διαλόγου, επιλέξτε Node ταυτότητες και Στοιχεία αναγνωριστικά πλαίσια ελέγχου στο πλαίσιο Strut- and Ties μοντέλο, και στη συνέχεια κάντε κλικ στο κουμπί OK.



2.8 ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ (Strut and tie models)

Το μοντέλο θλιπτήρων και ελκυστήρων στηρίζεται στην οριακή ανάλυση. Στο μοντέλο αυτό η σύνθετη ροή εσωτερικών δυνάμεων στην ασυνέχεια εξιδανικεύεται σε ένα δίκτυο που μεταφέρει την φόρτιση στις στηρίξεις. Αυτό το δίκτυο λέγεται μοντέλο ελκυστήρων και θλιπτήρων. Σαν τέτοιο αποτελείται από θλιπτήρες και ελκυστήρες που τέμνονται στους κόμβους. Μια επιλογή φαίνεται στο σχήμα παρακάτω:



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Όταν υπάρχουν πολλαπλές καταστάσεις φόρτισης ένα κουτί διαλόγου θα εμφανίζεται πριν από την ανάλυση για να ζητήσει τις συνθήκες φόρτισης. Αν δημιουργήσεις ένα μοντέλο που δεν είναι σταθερό ένα μήνυμα λάθους θα φανεί ότι δεν υπάρχει ακρίβεια.

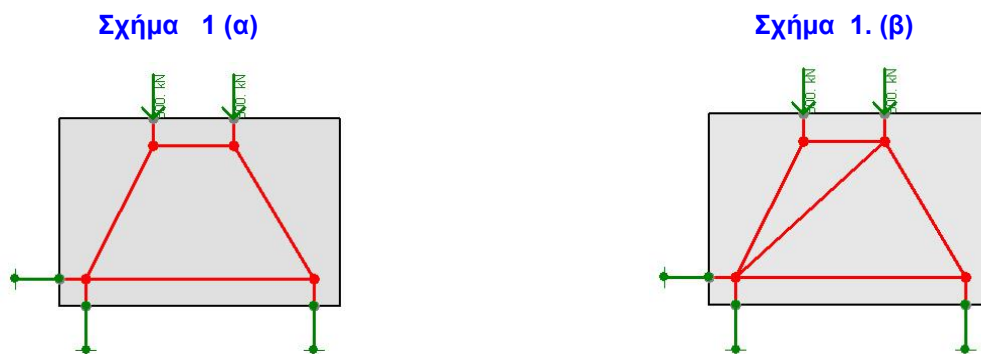
2.9 ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ – ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Σε γενικές γραμμές ένας ελάχιστος αριθμός STM στοιχείων απαιτείται για να είναι ένα επαρκές σταθερό σύστημα συγκράτησης και αυτός ισούται με το διπλάσιο του αριθμού των κόμβων που βρίσκονται μέσα στα όρια **D- Region** + συν τον αριθμό των κόμβων που βρίσκονται στα όρια **D-Region** μείον των αριθμό των στηρίξεων.

Επομένως $2 \times (4) + 5 - 3 = 10$ στοιχεία STM Elements (γραμμές & κόμβοι)

Εάν ο αριθμός των STM στοιχείων υπερβαίνει το ελάχιστο που απαιτείται, το σύστημα γίνεται εσωτερικά υπερστατικό.

Ένα παράδειγμα μοντέλου Strut-και-tie του CAST που στερείται STM Elements δείχνεται στο [Σχήμα 1 \(α\)](#). Το Σχήμα 1 (α) έχει συνολικά εννέα STM Nodes, δηλαδή εννέα STM στοιχεία, και τα τρία υποστηρίγματα.

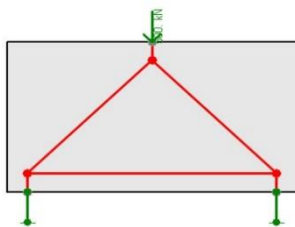


Οι τέσσερις (κόκκινοι) κόμβοι STM βρίσκονται εντός των ορίων D-Region, και οι πέντε κόμβοι (γκρί) βρίσκονται στα όρια D-Region. Ένα σταθερό σύστημα χρειάζεται τουλάχιστον $2(4) + 5 - 3 = 10$ STM στοιχεία, αλλά έχουμε μόνο εννέα STM Elements. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να προσθέσετε ένα STM Element ώστε να είναι σταθερό το σύστημα. Το Σχήμα 1(β) δείχνει ένα παράδειγμα για το πώς να τοποθετήσει σωστά το απαιτούμενο EEM στοιχείο για να διορθώσετε το πρόβλημα **Είναι βασικό στοιχείο και είναι σταθεροποιητής απαραίτητος για να αποφύγουμε το υπό όρους Μητρώο Ακαμψίας της κατασκευής στη δικτυακή ανάλυση,**

Σε γενικές γραμμές, ένα επαρκές σύστημα συγκράτησης για ένα μοντέλο στο CAST (strut και truss) πρέπει να αποτελείται από τουλάχιστον τρεις μη συντρέχουσες στηρίξεις για την D-Περιφέρεια Συνοριακών ορίων. Όταν υπάρχουν λιγότεροι από τρεις μη ταυτόχρονοι περιορισμοί όπως προβλέπεται σε ένα μοντέλο, το μοντέλο γίνεται εξωτερικά υπερστατικό.

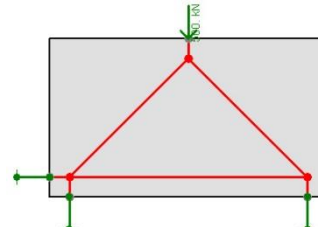
Το Σχήμα 2 (α) δείχνει ένα παράδειγμα του δικτυωτού ομοιώματος στο CAST στην οποία το σύστημα συγκράτησης (support) αποτελείται από μόνο δύο στηρίγματα. Το μοντέλο έχει έλλειψη περιορισμών δηλαδή έχει έλλειψη συγκράτησης της κίνησης, σε οριζόντια κατεύθυνση.

Σχήμα 2 (α)



Παράδειγμα αστάθειας δικτυωτού Μοντέλου

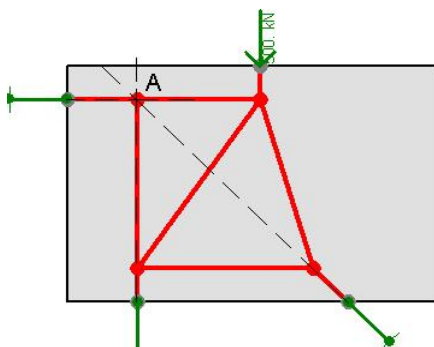
Σχήμα 2 (β)



Αναθεωρημένο Μοντέλο CAST ώστε να αποτραπεί η μετακίνηση σε οριζόντια κατεύθυνση.

Το Σχήμα 2 (β) είναι μία από τις πολλές λύσεις για να γίνει το σύστημα συγκράτησης επαρκές. Όπως φαίνεται στο σχήμα, ένα σύντομο EEM στοιχείο με μια οριζόντια στήριξη προστίθεται στο κάτω αριστερό κόμβο EEM έτσι ώστε το σύστημα στήριξης έχει ως ελάχιστο τρεις μη συντρέχουσες στηρίξεις.

Το σχήμα 3 δείχνει ένα άλλο παράδειγμα δικτύου μοντέλου Strut and tie, όπου ναι μεν υπάρχουν τρία στηρίγματα στα τα όρια D-Region, αλλά είναι μη συντρέχουσες ανά δύο. Το σύστημα στήριξης του χωροδικτυώματος δεν είναι επαρκές, δεδομένου ότι είναι ελεύθερο να περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα που διέρχεται από το σημείο συνάντησης των στηριγμάτων (σημείο A).



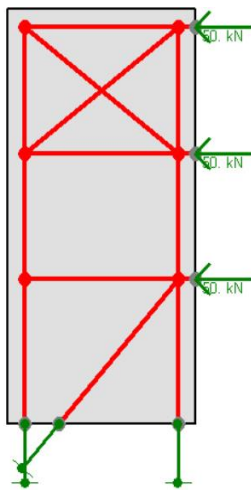
Σχήμα 3

Η λύση στο πρόβλημα αυτό είναι να παρέχει επαρκή αριθμό του STM στοιχείων στο σύστημα αντηρίδων (στηρίξεων) και να βεβαιωθούμε ότι η διαμόρφωση αντηρίδων είναι επαρκής για τη σταθερότητα.

Το Σχήμα 4 (α) δείχνει ένα άλλο παράδειγμα δικτύου μοντέλου Strut and tie CAST, η οποία έχει αρκετό αριθμό STM Elements, αλλά η διαμόρφωση του δικτυώματος είναι ανεπαρκής.

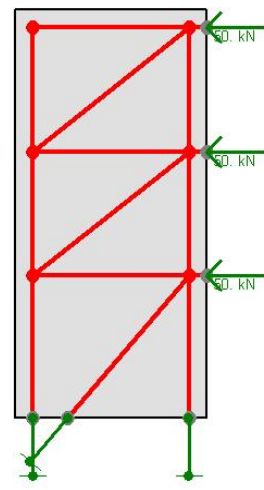
Το πάνω μέρος του συστήματος έχει ένα επιπλέον διαγώνιο μέλος, ενώ το μεσαίο τμήμα έχει η έλλειψη διαγωνίου μέλους. Το Σχήμα 4 (β) δείχνει πώς να διορθώσετε το πρόβλημα.

Σχήμα 4 (α)



Παράδειγμα Ανεπαρκούς Διαμόρφωσης

Σχήμα 4(β)



Παράδειγμα που δείχνει πώς να διορθώσετε το πρόβλημα.

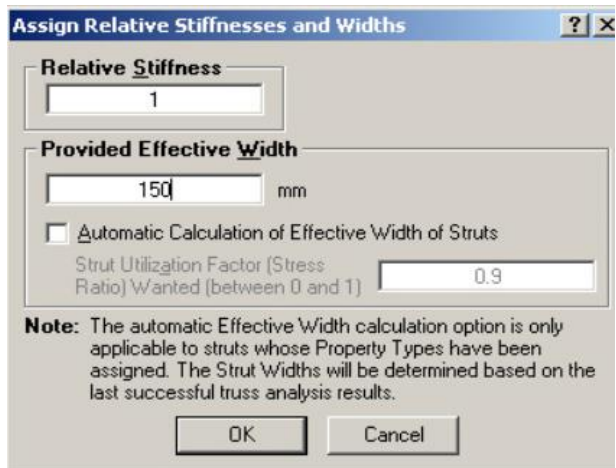
ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ :

- Ένας καλός σχεδιασμός μοντέλου με την μέθοδο (Struts and Ties) είναι αποδεκτός εφόσον όλοι οι δείκτες επιτρεπόμενης τάσης μετά την δικτυακή ανάλυση με την μέθοδο θλιπτήρων-ελκυστήρων είναι μικρότεροι της μονάδας 1,0. Αν οι δείκτες είναι μεγαλύτεροι της μονάδας, δηλαδή ο χαρακτηρισμός στους δείκτες είναι (O/S) τότε σημαίνει ότι καταπονείται ο φορέας . Παρακαλώ σημειώστε ότι ακόμη και αν όλοι οι δείκτες απλώς ικανοποιούν όλες τις αναλογίες της μεθόδου και τα ελάχιστα πλάτη βρίσκονται εντός των ορίων αυτό δεν είναι αρκετό, διότι ο καλός σχεδιασμός πρέπει να ικανοποιεί και την ισορροπία του μοντέλου Ωστόσο, η απαίτηση αυτή ικανοποιείται αυτόματα αν η δικτυακή ανάλυση είναι επιτυχής.
- Ένας καλός σχεδιασμός πρέπει επίσης να εξετάσει την απαίτηση συντήρησης για να αποφευχθεί η υπερβολική παραμόρφωση και οι ρωγμές. Η τελευταία αυτή απαίτηση μπορεί να είναι σιωπηρά ικανοποιημένη εάν η επιλεγμένη δικτυακή ανάλυση του μοντέλου θλιπτήρων και ελκυστήρων ακολουθεί την ελαστική λύση.

2.10 ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΠΟΡΙΕΣ ΣΤΟ CAST

- Μπορεί το καστ να σχεδιάσει αόριστα το μοντέλο?

Ναι, μπορεί να σχεδιάσει αόριστα το μοντέλο. Η τρέχουσα εκδοχή του καστ επιτρέπει ελαστική κατανομή δυνάμεων. Για να έχεις μια λογική διανομή δυνάμεων πρέπει να εκτιμήσεις την ακαμψία στους θλιπτήρες και ελκυστήρες και μετά να βάλεις τις τιμές στο καστ. Η ακαμψία εκφράζεται με $E A$ όπου E το μέτρο ελαστικότητας και A η επιφάνεια.



- Μπορεί το καστ να διαχειριστεί πολλαπλό συνδυασμό Φορτίσεων ?

Διαφορετικά μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν για διαφορετικές φορτίσεις. Η παρούσα εκδοχή δεν υπολογίζει αυτόματα μια αντοχή ή ακαμψία που προκαλούνται από την πλαστική τάση και το ιστορικό θραύσεως. Για κάθε φόρτιση πρέπει να παρέχεις όρια αντοχής και ακαμψίας που αντανακλούν στην διακύμανση των τιμών.



- Κάποια από τα μενού ορίζονται μη διαθέσιμα τι σημαίνει αυτό ?

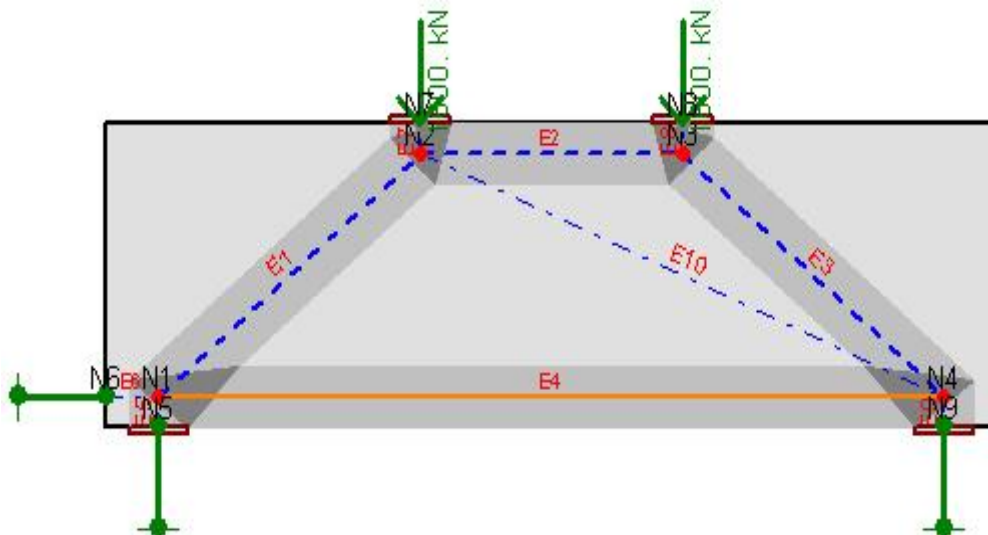
Δεν είναι διαθέσιμα.(NA). Είναι υπό δημιουργία και μπορεί σε άλλη έκδοση του ΚΑΣΤ.

- _Ποιες οι διαφορές μεταξύ εξωτερικού περιγράμματος και εσωτερικού ?

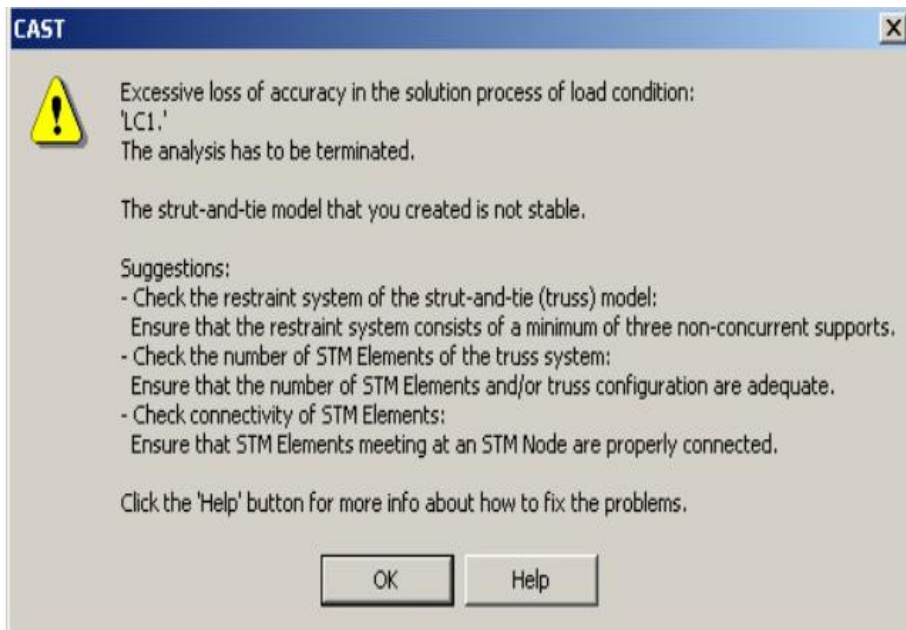
Το εξωτερικό περίγραμμα αντιπροσωπεύει την περίμετρο της κατασκευής προς μελέτη ,το εσωτερικό δεν μπορεί να είναι έξω από το εξωτερικό. Μπορείς να δημιουργήσεις μόνο ένα εξωτερικό. Στο cast και οι δυο τύποι αντιπροσωπεύονται από κλειστά μη τεμνόμενα πολύγωνα. Οι λειτουργίες τους είναι να τοποθετήσεις κόμβους, σημειακά φορτία, στηρίξεις και Bearing Plates . Μόνο ένα στοιχείο επιτρέπεται να περιγράφεται στα όρια.

- _Τι είναι σταθεροποιητής πότε και γιατί είναι απαραίτητος ?

Είναι βασικά στοιχεία που απαιτούνται για να αποφύγουμε το υπό όρους Μητρώο Ακαμψίας της κατασκευής στη δικτυακή ανάλυση,



- Έλαβα λανθασμένα μηνύματα κατά τη διάρκεια της ανάλυσης τι να κάνω?



Το μοντέλο που δημιούργησες δεν είναι σταθερό. Η αστάθεια μπορεί να οφείλεται σε ένα ή συνδυασμό πολλών προβλημάτων όπως'

1. Να μην είναι επαρκείς οι στηρίξεις . Η λύση είναι να είναι επαρκώς στηριζόμενο το σύστημα. Πρέπει να αποτελείται από 3 μη συντρέχουσες στηρίξεις. Το μοντέλο είναι στατικώς αόριστο όταν οι στηρίξεις είναι παραπάνω.
 2. Έχουμε ένα παράδειγμα του δικτυακού μοντέλου του καστ με 2 στηρίξεις. Το μοντέλο έχει έλλειψη σταθερότητας. Δεν εμποδίζεται η οριζόντια κίνηση. έχουμε λύση αν προσθέσουμε ένα στοιχείο με οριζόντια στήριξη κάτω αριστερά.
- Ο καλός σχεδιασμός πρέπει να ικανοποιεί και την ισορροπία του μοντέλου και τους ικανοποιητικούς δείκτες εντός των ορίων της μεθόδου ώστε η επιλεγμένη δικτυακή ανάλυση του μοντέλου θλιπτήρων και ελκυστήρων να είναι επιτυχής και να ακολουθεί την ελαστική λύση.

- **Προσπάθησα να μετακινήσω το εξωτερικό περίγραμμα αλλά δεν μπορούσα να το επιλέξω και να το σβήσω ;**

Δεν σου επιτρέπεται να μετακινήσεις το εξωτερικό περίγραμμα μόλις το δημιουργήσεις γιατί έχει μοναδικό ρόλο. Είναι μόνο ένα το εξωτερικό περίγραμμα που πρέπει να υπάρχει και η περιοχή μέσα αντιπροσωπεύει τη συνέχεια του μπετού. Αυτό σημαίνει ότι άλλα αντικείμενα του cast όπως το εσωτερικό περίγραμμα, το μοντέλο, τα σημειακά φορτία, τα bearing plates δεν μπορούν να υπάρχουν όταν δεν υπάρχει εξωτερικό περίγραμμα.

Σε 2 περιπτώσεις μετακινείς το περίγραμμα.

πατάς escape ★

πατάς undo ★

- **Μπορούμε να κάνουμε αλλαγές στο παράθυρο του cast ?**

Ναι μπορούμε να αλλάξουμε τα χρώματα, τις διαστάσεις όπως το πάχος και τις διαστάσεις των κειμένων. έχεις επίσης τα εργαλεία του zoom, μέγιστο αριθμό αρχείων και undo, redo.

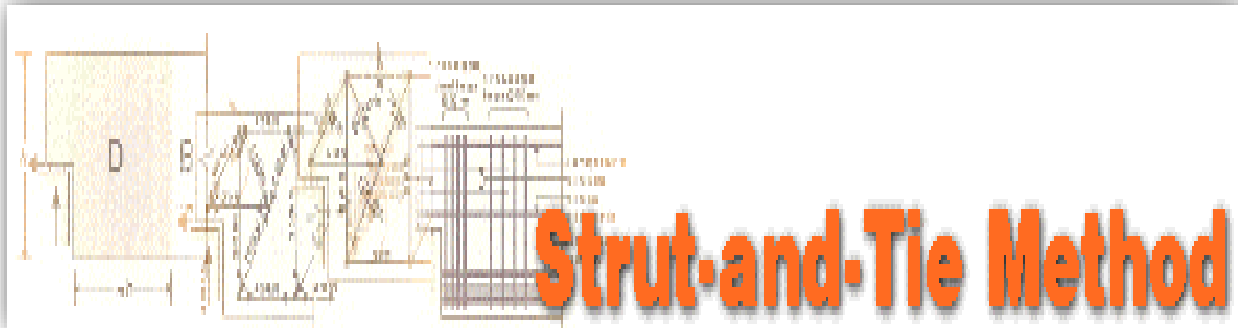
- **Μπορούν τα στοιχεία η οι κόμβοι να αλλάξουν?**

Ναι, μπορούν να αλλάξουν. Το cast αναθέτει μια ξεχωριστή θέση για τα στοιχεία, στοιχείο (E) και (N) για τους κόμβους. Για να αλλάξεις ένα στοιχείο κάνεις ως εξής :Δεξί κλικ στο στοιχείο για ένα παράθυρο διαλόγου.

- **Γιατί τα περισσότερα κουμπιά είναι ανενεργά δεν είναι διαθέσιμα ?**

Είναι διαθέσιμα είναι όμως εκτός ενεργοποίησης γιατί είναι ευαίσθητα. Για παράδειγμα το ASSING BOUNDARY CONDITION και το ASSIGN BEARING PLATES ενεργοποιούνται όταν επιλέξεις κόμβους. Επίσης του σχεδιασμού τα κουμπιά ενεργοποιούνται μόλις δημιουργήσεις εξωτερικό περίγραμμα.

Κεφάλαιο 3: Παραδείγματα υπολογισμού αντοχής ελαφρα οπλισμενων μελων σκυροδεματος με τη μεθοδο θλιπτηρων ελκυστηρων με το cAST (Strut and tie models)



Άλλα παρόμοια παραδείγματα σχεδιασμού με μοντέλα θλιπτήρων-ελκυστήρων υπολογισμού αντοχής ελαφρά οπλισμένων μελών σκυροδέματος με το πρόγραμμα cast

3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΨΙΚΟΡΜΗΣ ΔΟΚΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ-ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

3.1.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ: ΦΟΡΕΑΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΑ

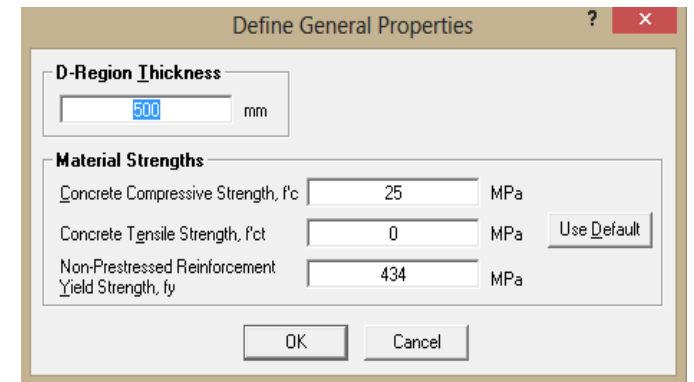
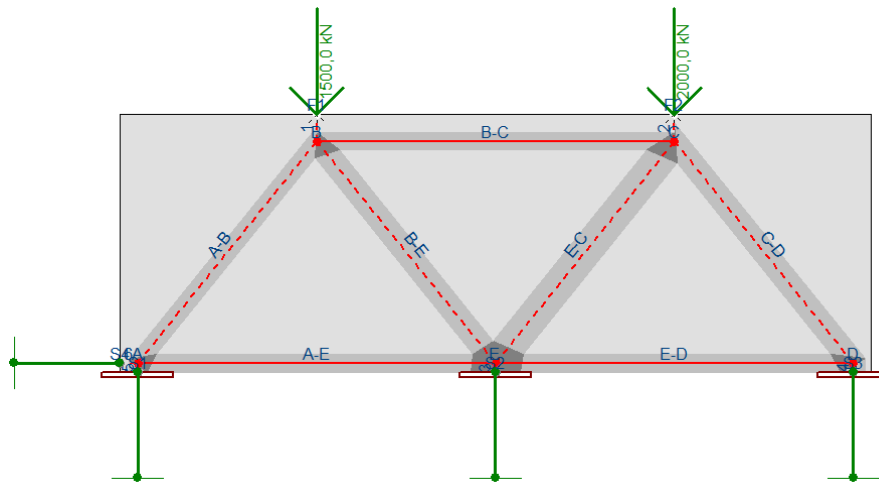
Δίδεται η υψίκορμη δοκός 2 ανοιγμάτων του σχήματος (διαστάσεις σε χιλιοστά)

Κατακόρυφα φορτία (σχεδιασμού) 1500 kN και 2000 kN

Ποιότητα σκυροδέματος C25/30 , $f_c=25$

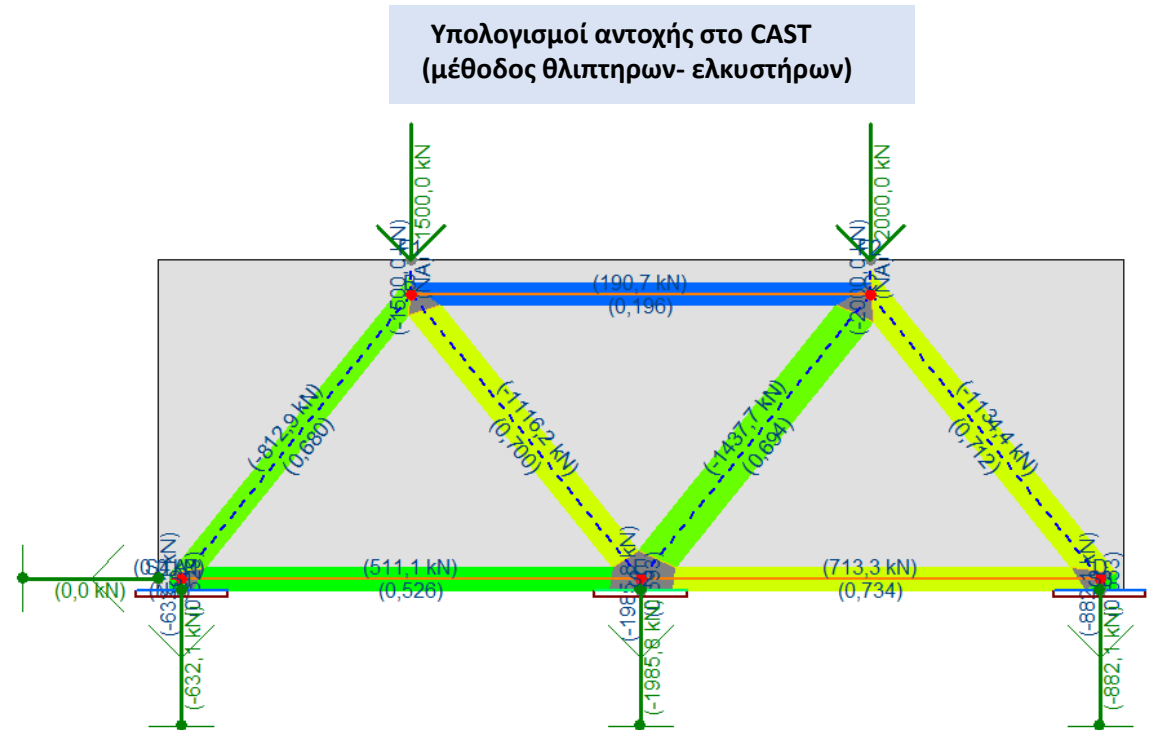
Τάση διαρροής χάλυβα (σχεδιασμού) $f_s=434$ MPa

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
P =1500 , P =2000



3.1.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ

Το προσομοίωμα Cast απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Αφού προσδιορισθούν «λογικές» αντιδράσεις, προσδιορίζεται η εντατική κατάσταση του δικτυώματος. Προηγουμένως έχουν προσδιορισθεί οι κόμβοι, των οποίων η οριζόντια θέση είναι στη θέση επιβολής των δυνάμεων. Προεκτιμώντας ότι το Κ.Β. των οπλισμών θα είναι σε απόσταση 75 mm από τις παρειές, προκύπτει πάχος ελκυστήρων ίσο με 150mm (θα ελεγχθεί πιά κάτω), που εξασφαλίζει και έναντι της πιθανότητας να απαιτηθούν δύο σειρές οπλισμών.



3.1.3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΩΝ ΕΔΡΑΣΗΣ

Οι πλάκες έδρασης οφείλουν να διασφαλίζουν τη μεταφορά των φορτίων (1500 και 2000 kN) στη δοκό και των αντιδράσεων (632, 1985,8 και 882 kN) στις στηρίξεις. Ας υποθέσουμε, αρχικά, ότι το μέγεθος κάθε πλάκας 600 x 500 mm. Θα διενεργήσουμε τον έλεγχο για τη δυσμενέστερη πλάκα (μεσαία στήριξη).

$$\text{Η τάση εδράσεως στη μεσαία στήριξη είναι } \sigma_B = \frac{1985,8 \times 10^3}{600 \times 500} = 6.62 \text{ MPa}$$

Η θλιπτική αντοχή ενός κόμβου «C-C-T» είναι $f_{cu} = 0.85P_n f_c$.

Εκεί όμως που αγκυρώνονται περισσότεροι του ενός ελκυστήρες, μειώνεται στο 60% αυτής. Επομένως, $f_{cu} = 0.85 \times 0.60 \times 25 = 12.24 \text{ MPa}$

Η επιτρεπόμενη τάση έδρασης περιορίζεται στο 75% της ως άνω. Επομένως, $f_{cu} = 0.75 \times 12.24 = 9.18 > 6.62 \text{ MPa, ok.}$

3.1.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ - ΕΠΙΛΟΓΗ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΕΠΙΛΟΓΗ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ (BC)

α) Από το παράθυρο διαλόγου (**Show detail**)

Define Non - Prestressed Reinforcement Tie Types

για Τάση διαρροής χάλυβα (Yield Strength) $f_s = 434 \text{ MPa}$

Επιλέγοντας οπλισμό 4φ των 16 (σε δυο σειρές) και
Distance From Reference Line = 75

Το πρόγραμμα υπολογίζει εμβαδόν οπλισμού

$R = D / 2 = 15,9 / 2 = 8$ οπότε

$AREA = r^2 \times \pi = 7,95^2 \times 3,14 = \underline{199 \text{ mm}^2}$

και **Total Steel Area** = $199 \times 4 = \underline{796 \text{ mm}^2}$

για Strength Reduction factor (between 0 and 1) = 0,75

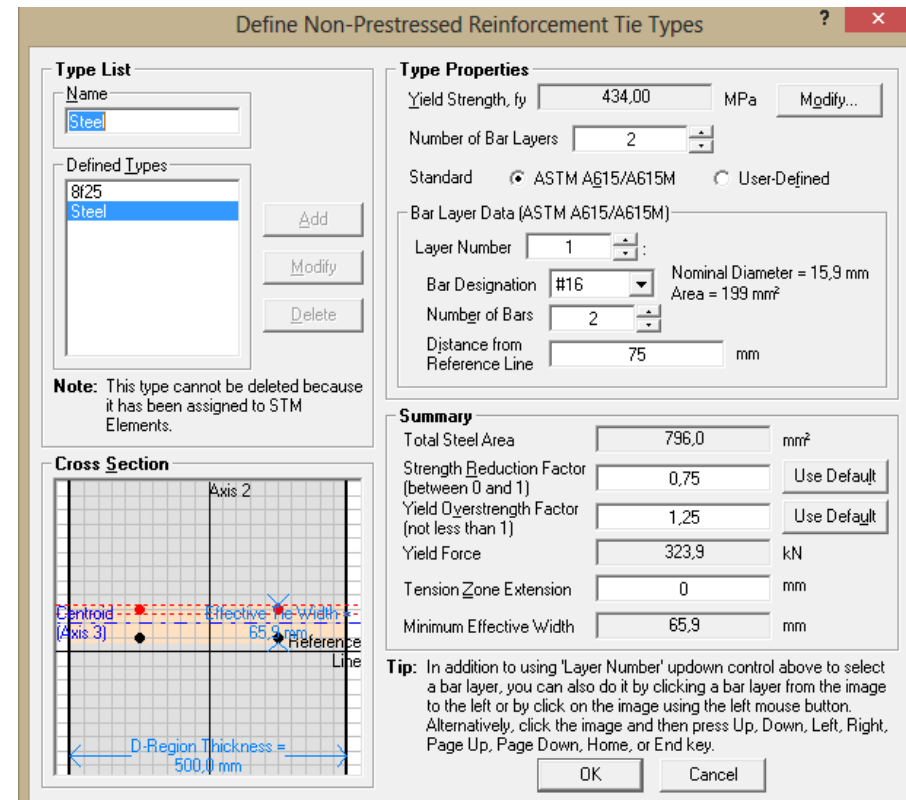
για Yield Overstrength factor (not less than 1) = 1,25

Yield force = **323,9 KN**

Το πρόγραμμα υπολογίζει την Yield force ως εξής :

$796 \times 0,75 \times 1,25 \times 434 / 1000 = \underline{323,9 \text{ KN}}$

YIELD FORCE= TIE FORCE LIMIT



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ - ΕΠΙΛΟΓΗ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

β) Από το παράθυρο διαλόγου
STM Element Info (Load LC1)
 για Tie Force (ft) =190.7
 εφελκυστική δύναμη ελκυστήρα BC
 και Total Steel Area = 796 mm²

Το πρόγραμμα τώρα υπολογίζει τους δείκτες

Stress Ratio και Tie Stress

Ως εξής :

$$\text{Tie Stress} = \frac{\text{Tie force } 190.7}{\text{Total Steel Area } 796} \times 1000 = \underline{239.55 \text{ MPa}}$$

$$\text{Stress Ratio} = \frac{\text{Tie Force } 190.7}{\text{Tie force limit } 323,9} = \underline{0.589}$$

αλλά για να είναι αποδεκτός ο επιλεγέντας οπλισμός
 πρέπει ο δείκτης Stress Ratio < 1

Stress Ratio = 0.589 < 1 είναι ο οπλισμός αποδεκτός

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ (BC)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ - ΕΠΙΛΟΓΗ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ (ΑΕ)

α) Από το παράθυρο διαλόγου (Show detail)

για Τάση διαρροής χάλυβα (Yield Strength)
 $f_s = 434 \text{ MPa}$

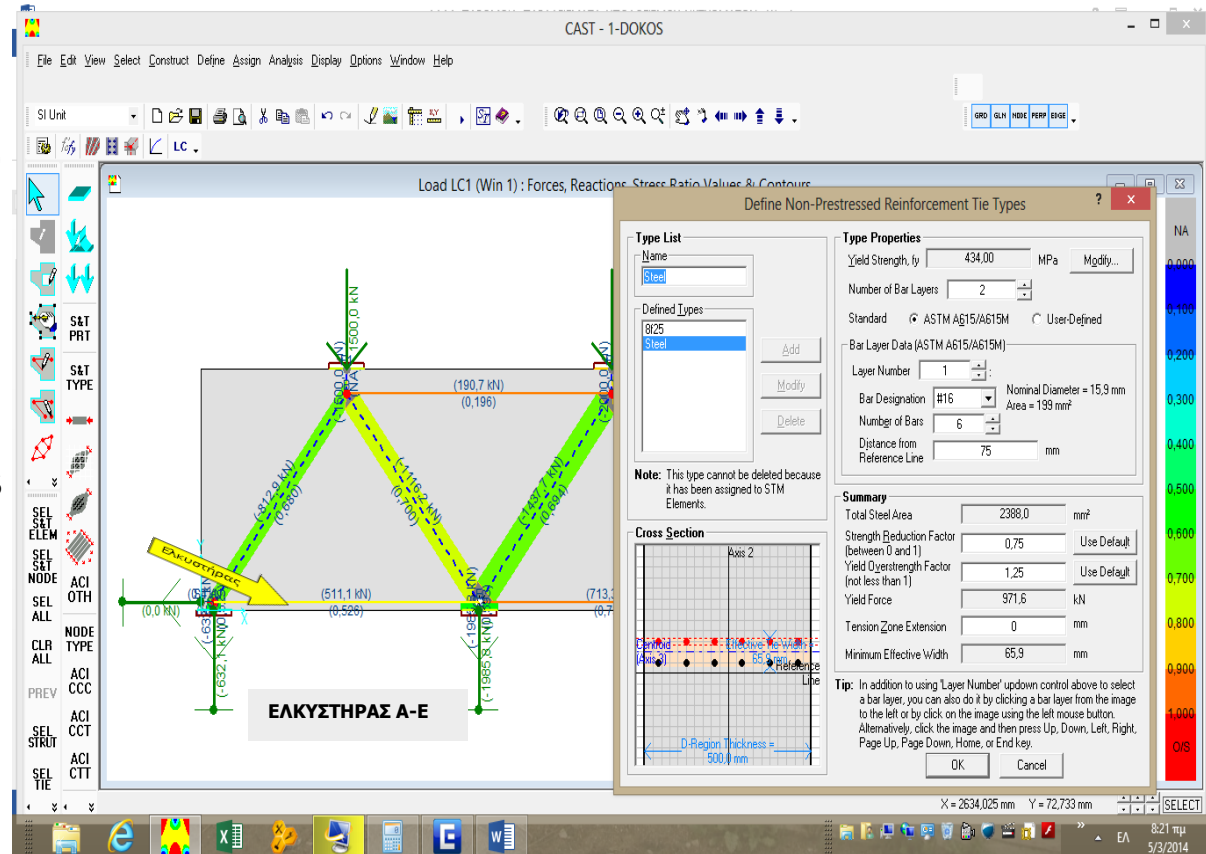
Επιλέγοντας οπλισμό 12φ των 16 (σε δυο σειρές)
 και Distance From Reference Line =75
 Το πρόγραμμα υπολογίζει εμβαδόν οπλισμού
 $R = D / 2 = 15,9 / 2 = 8$ οπότε
 $AREA = r^2 \times \pi = 7,95^2 \times 3,14 = \mathbf{199 \text{ mm}^2}$

και **Total Steel Area = 199 X 12 = 2388 mm²**
 Strength Reduction factor (between 0 and 1)=0,75
 Yield Overstrength factor (not less than 1) = 1,25
 Yield force = **971,6 KN**

Το πρόγραμμα υπολογίζει την Yield force
 ως εξής :
 $2388 \times 0,75 \times 1,25 \times 434 / 1000 = \mathbf{971,6 \text{ KN}}$

YIELD FORCE= TIE FORCE LIMIT

Define Non - Prestressed Reinforcement Tie Tie Types



ΕΠΙΛΟΓΗ- ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ (ΑΕ)

β) Από το παράθυρο διαλόγου **STM Element Info (Load LC1)**

όπου **Tie Force (ft) =511.1** εφελκυστική δύναμη ελκυστήρα ΑΕ και **Total Steel Area = 2388 mm²**

Το πρόγραμμα τώρα υπολογίζει τους δείκτες

Stress Ratio και **Tie Stress**

αλλά για να είναι αποδεκτός ο επιλεγέντας οπλισμό

πρέπει ο δείκτης **Stress Ratio < 1**

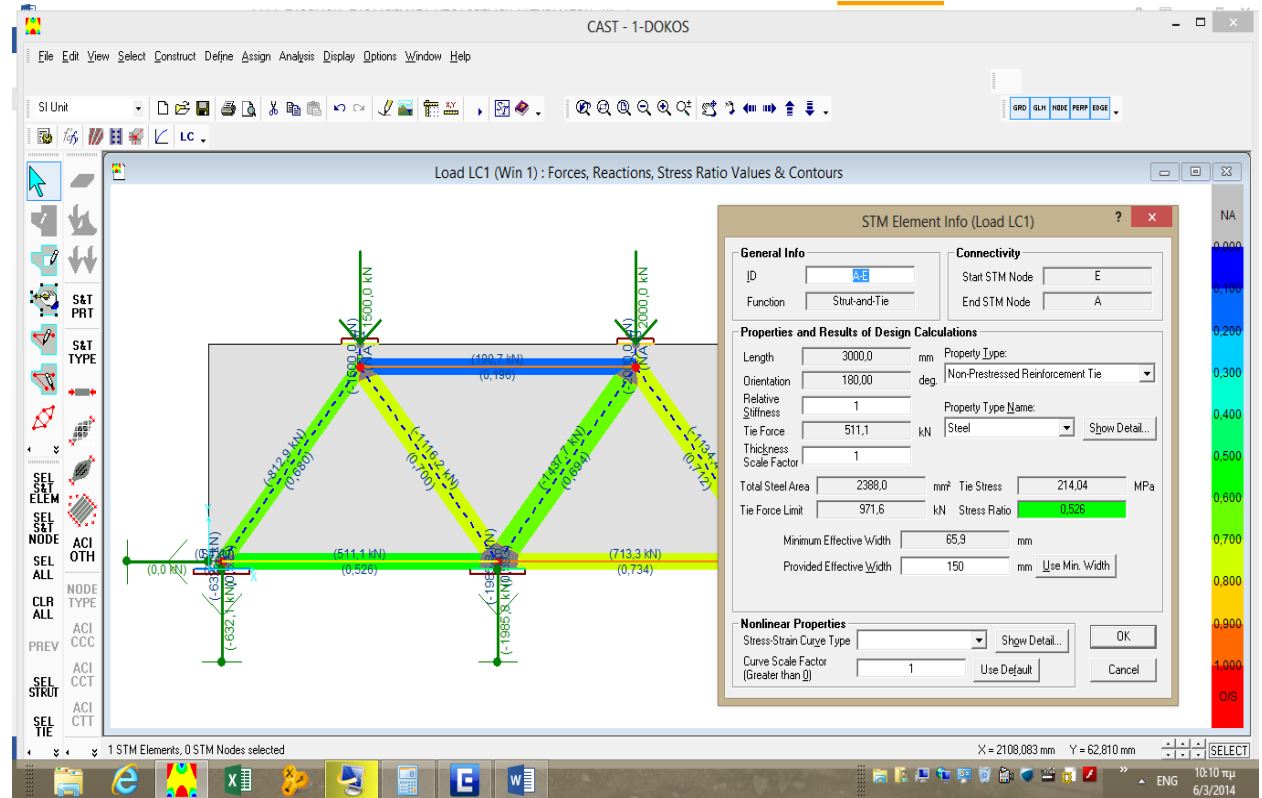
Οπότε

$$\text{Tie Stress} = \frac{\text{Tie force } 511.1}{\text{Total Steel Area } 2388} \times 1000 = \underline{214.04 \text{ MPa}}$$

$$\text{Stress Ratio}_ = \frac{\text{Tie Force } 511.1}{\text{Tie force limit } 971,6} = \underline{0.526}$$

Επομένως επειδή

Stress Ratio = 0.526 < 1 είναι ο οπλισμός αποδεκτός



3.1.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ

Για τους θλιπτήρες ισχύει $f_{cu} = 0,85 \times \beta_s \times f'_c$ και $\beta_s = 0,75$ άρα $f_{cu} = 0,85 \times 0,75 \times 25 = 15,94 \text{ MPa}$
 $f'_c = 25 \text{ MPa}$ Θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος και f_{cu} επιτρεπόμενη τάση **Stress Limit = 15,94 (Prismatic)**

Έλεγχος υπολογισμός Ελαχίστου πλάτους Θλιπτήρα A-D

Strut force = 812,9 και D-Region thickness = 500 Min Effective Width = Strut force / Stress Limit / D-Region thickness * 1000 =

= $812,9 / 15,94 / 500 * 1000 = 102 \text{ mm}$ και επιλέγω

Effective Width = 150 mm > 102 mm

Το πρόγραμμα τώρα υπολογίζει τους δείκτες
strut Stress , f'_c Ratio. beta Ratio , Stress Ratio

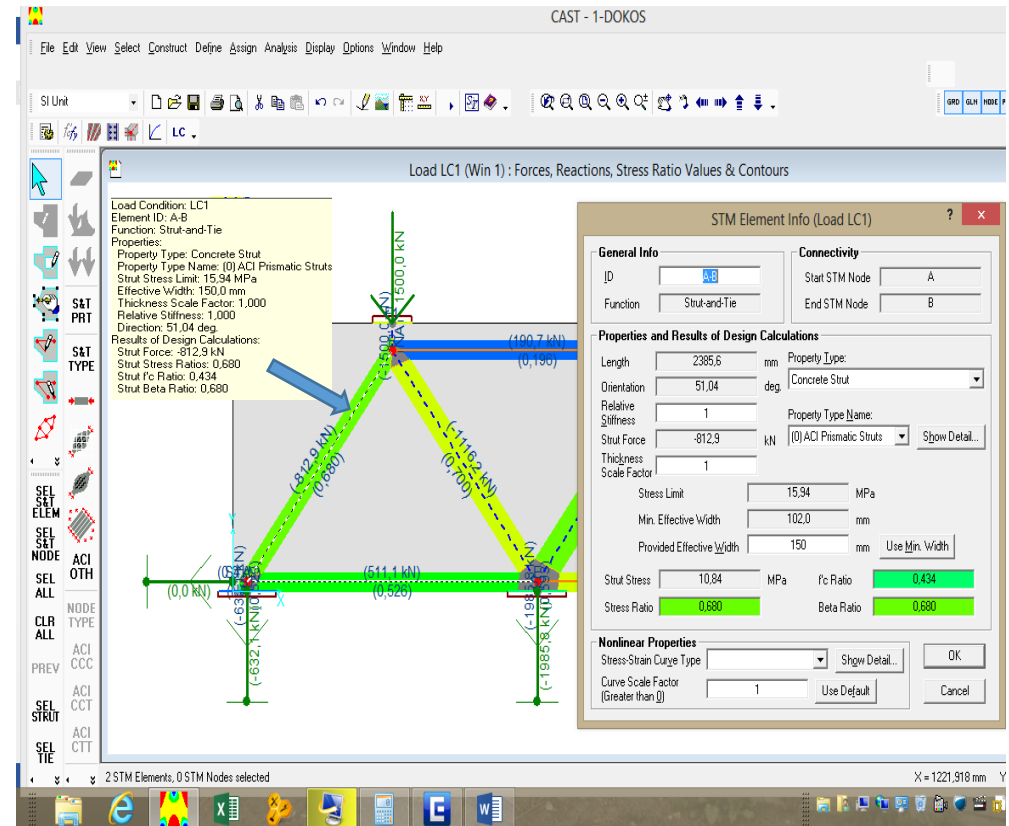
$$\text{strut Stress} = \frac{\text{Strut force}}{1/2(\text{Effective Width})} = \frac{812,9}{150/2} = 10,84$$

$$f'_c \text{ Ratio} = \frac{\text{strut Stress}}{f'_c} = \frac{10,84}{25} = 0,434$$

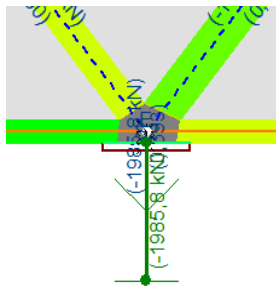
$$\text{Stress Ratio} = \frac{\text{strut Stress}}{\text{Stress Limit}} = \frac{10,84}{15,94} = 0,680$$

Stress Ratio = beta Ratio

Stress Ratio = 0.680 < 1



3.1.6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΟΜΒΩΝ



Οι κόμβοι Α και D είναι CCT (Compression-Compression-Tension). Εάν κάποια από τις δυνάμεις που ασκούνται σε έναν κόμβο είναι εφελκυστική, η απαιτούμενη ελάχιστη διάσταση της αντίστοιχης πλευράς του κόμβου υπολογίζεται από το πλάτος μιας πλάκας αγκύρωσης, που αγκυρώνει τον ελκυστήρα επί του κόμβου, ασκώντας ομοιόμορφη τάση σε αυτόν.

Η «ενεργός» τάση επί του κόμβου ισούται με $f_{cu} = 0,85 \beta_n f'_c$
 Όπου β_n μειωτικός συντελεστής, που για κόμβο CCT έχει την τιμή $\beta_n = 0,80$.
 Επομένως, $f_{cu} = 0,85 \times 0,80 \times 25 = 17,0$ MPa.

Η «επιτρεπόμενη» τάση μειώνεται περαιτέρω με τον συντελεστή «Φ», που παίρνει την τιμή $\Phi = 0,75$.
 Άρα, $\Phi \times f_{cu} = 0,75 \times 17,0 = 12,75$ MPa

STM Node Info (Load LC1)

General Info

ID: E
 Function: Strut-and-Tie
 Connectivity: 5 elements...

Coordinates

X: 3150 mm
 Y: 75 mm
 Local Axis 1 Orientation: 0 deg.

Properties and Results of Design Calculations

Thickness Scale Factor: 1
 Node Type: ACI CCT NODES
 Stress Limit: 12,75 MPa
 Node Side: E-D
 Tie Force: 713,3 kN
 Node Stress: 9,51 MPa
 Stress Ratio: 0,746
 f'c Ratio: 0,380
 Beta Ratio: 0,597

Tip: To obtain info of node side stresses, click the light gray lines surrounding the node (if any) from the above image.

Buttons: OK, Cancel, Body Force Info..., Detailed Analysis Results...

Define Node Types

Type List

Name: ACI CCT NODES
 Defined Types: (1) ACI CCT NODES, ACI CCC NODES, ACI CCT NODES, ACI CTT NODES

Type Properties

Concrete Compressive Strength, f'c: 25,00 MPa
 Concrete Node Strength Node Equation Method: Code-Based Equations
 (1) ACI CCT NODES
 User-Defined or Other Methods: (0) User-Defined
 Efficiency Factor (between 0 and 1): 0,680
 Strength Reduction Factor (between 0 and 1): 0,75 Use Default
 Stress Limit: 12,75 MPa

Note: This type cannot be deleted because it has been assigned to STM Nodes.
 Set as default '(1) ACI CCT NODES' type

Buttons: OK, Cancel

STM Node E Stress Info

Node Side	Force (kN)	Stress (MPa)	Stress Ratio	f'c Ratio	Beta Ratio
E-D	713,3	9,51	0,746	0,380	0,597
A-E	511,1	6,82	0,535	0,273	0,428
3	-1985,8	9,46	0,742	0,378	0,593
B-E	-1116,2	11,16	0,875	0,446	0,700
E-C	-1437,7	11,06	0,867	0,442	0,694

Buttons: OK, Cancel, Create MS Excel File...

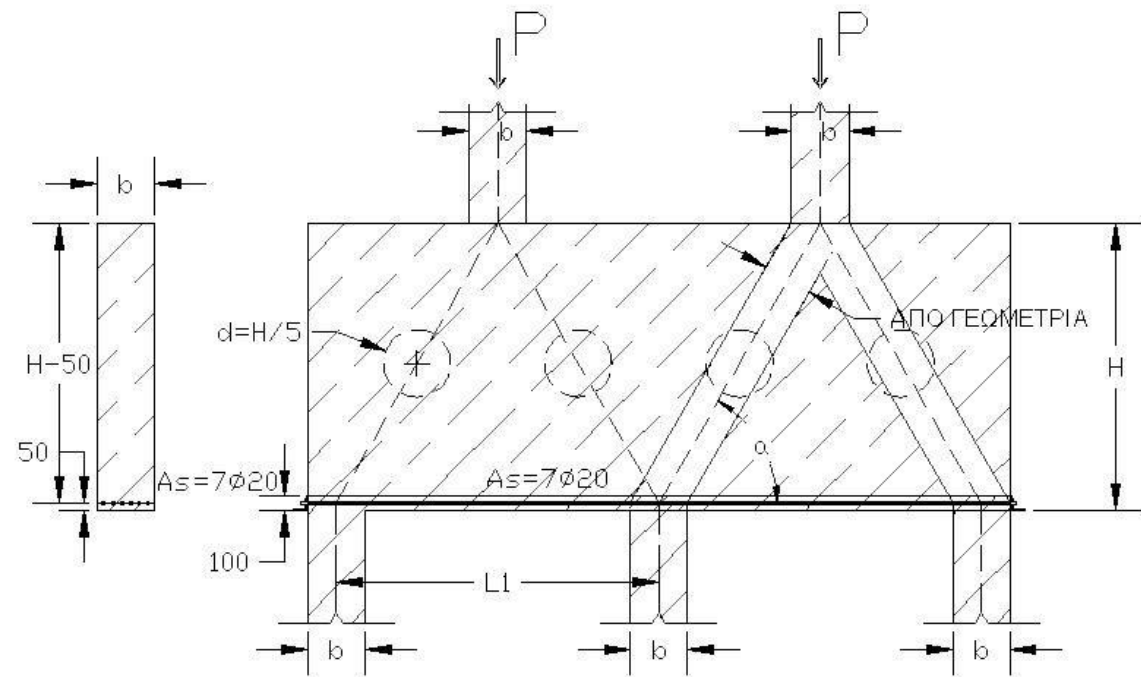
Άλλα παρόμοια παραδείγματα σχεδιασμού με μοντέλα θλιπτήρων-ελκυστήρων υπολογισμού αντοχής ελαφρά οπλισμένων μελών σκυροδέματος με το πρόγραμμα cast

3.2 Φέρουσα ικανότητα υψίκορμης δοκού με μέθοδο θλιπτήρων-ελκυστήρων δικτυωμά με ανοίγματα ή μεγάλες οπές

α) Να προσδιορισθεί το μέγιστο φορτίο σχεδιασμού ($2P$) που μπορεί να φέρει η υψίκορμη δοκός δύο ανοιγμάτων του σχήματος με τις διαστάσεις και τον διαμήκη οπλισμό που απεικονίζονται, αν στη δοκό υφίστανται οπές διαμέτρου $d=H/5$, όπως στο σχήμα που ακολουθεί.

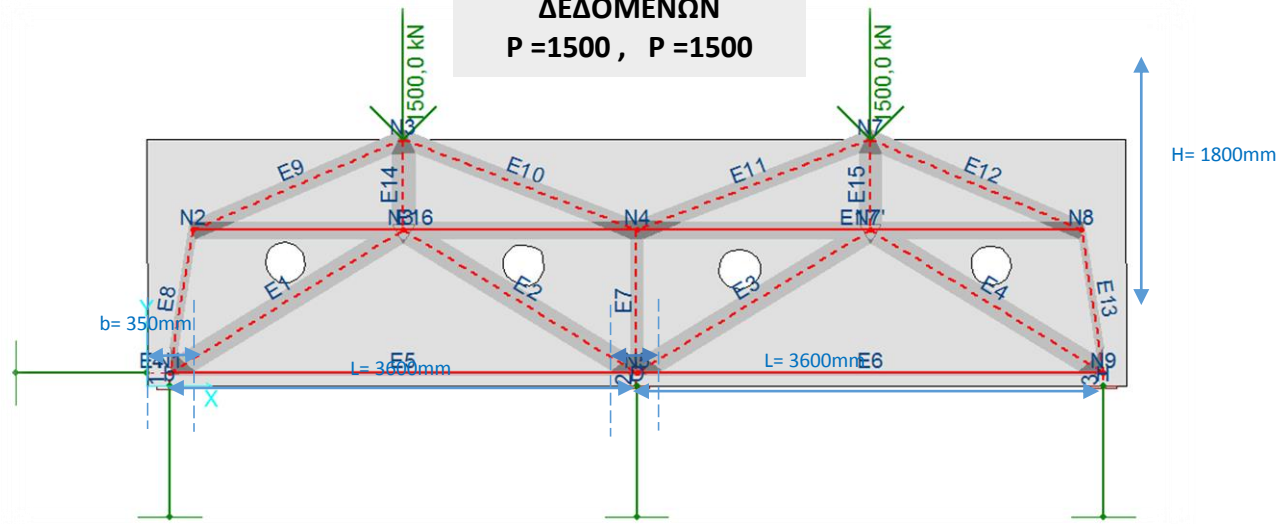
ΚΟΙΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
C20/25, B500C

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
 $E5= 3,60$, $E6= 3,60$ $H=1,80$ $b=35$

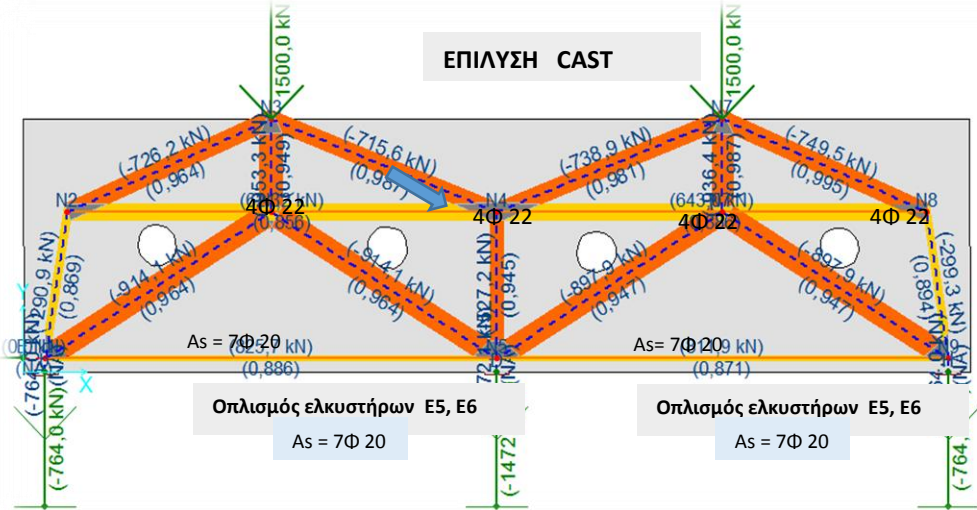


1^Η ΛΥΣΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
P = 1500, P = 1500



ΕΠΙΛΥΣΗ CAST



Define Non-Prestressed Reinforcement Bar Types

Type List
Name: 8I25
Defined Types: Steel

Type Properties
Yield Strength, fy: 500.00 MPa
Number of Bar Layers: 1
Standard: ASTM A615/A615M
Bar Layer Data (ASTM A615/A615M): Layer Number 1, Bar Designation #22, Nominal Diameter = 22.2 mm, Area = 387 mm², Number of Bars 4, Distance from Reference Line 100 mm

Summary
Total Steel Area: 1548.0 mm²
Strength Reduction Factor (between 0 and 1): 0.75
Yield Overstrength Factor (not less than 1): 1.25
Yield Force: 725.6 kN
Tension Zone Extension: 50 mm
Minimum Effective Width: 122.2 mm

Cross Section
D-Region Thickness = 350.0 mm

Define Non-Prestressed Reinforcement Bar Types

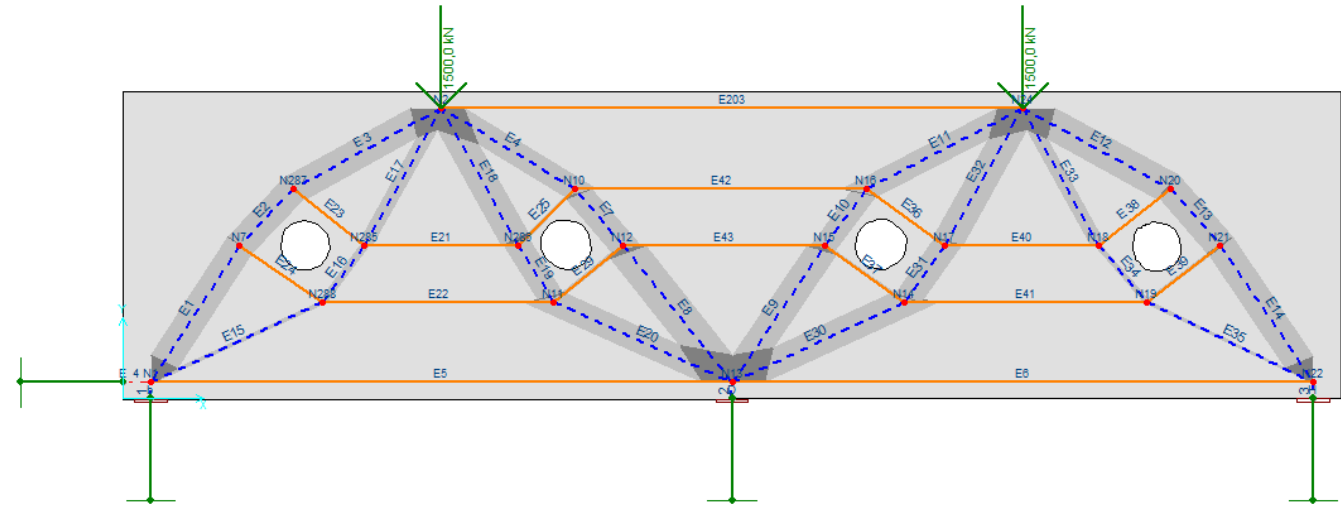
Type List
Name: Steel
Defined Types: Steel

Type Properties
Yield Strength, fy: 500.00 MPa
Number of Bar Layers: 1
Standard: ASTM A615/A615M
Bar Layer Data (ASTM A615/A615M): Layer Number 1, Bar Designation #19, Nominal Diameter = 19.1 mm, Area = 284 mm², Number of Bars 7, Distance from Reference Line 100 mm

Summary
Total Steel Area: 1988.0 mm²
Strength Reduction Factor (between 0 and 1): 0.75
Yield Overstrength Factor (not less than 1): 1.25
Yield Force: 931.9 kN
Tension Zone Extension: 0 mm
Minimum Effective Width: 19.1 mm

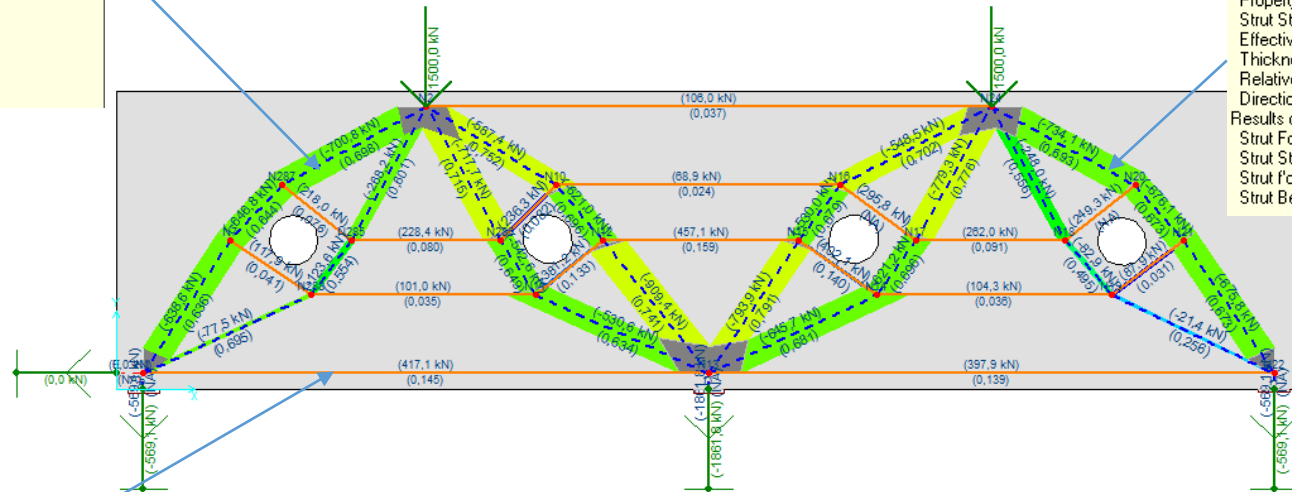
Cross Section
D-Region Thickness = 350.0 mm

2^Η ΛΥΣΗ



Element ID: E3
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Concrete Strut
 Property Type Name: (0) ACI Prismatic Struts
 Strut Stress Limit: 15,94 MPa
 Effective Width: 180,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 208,55 deg.
 Results of Design Calculations:
 Strut Force: -700,8 kN
 Strut Stress Ratios: 0,698
 Strut f'c Ratio: 0,445
 Strut Beta Ratio: 0,698

Element ID: E12
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Concrete Strut
 Property Type Name: (0) ACI Prismatic Struts
 Strut Stress Limit: 15,94 MPa
 Effective Width: 190,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 331,35 deg.
 Results of Design Calculations:
 Strut Force: -734,1 kN
 Strut Stress Ratios: 0,693
 Strut f'c Ratio: 0,442
 Strut Beta Ratio: 0,693

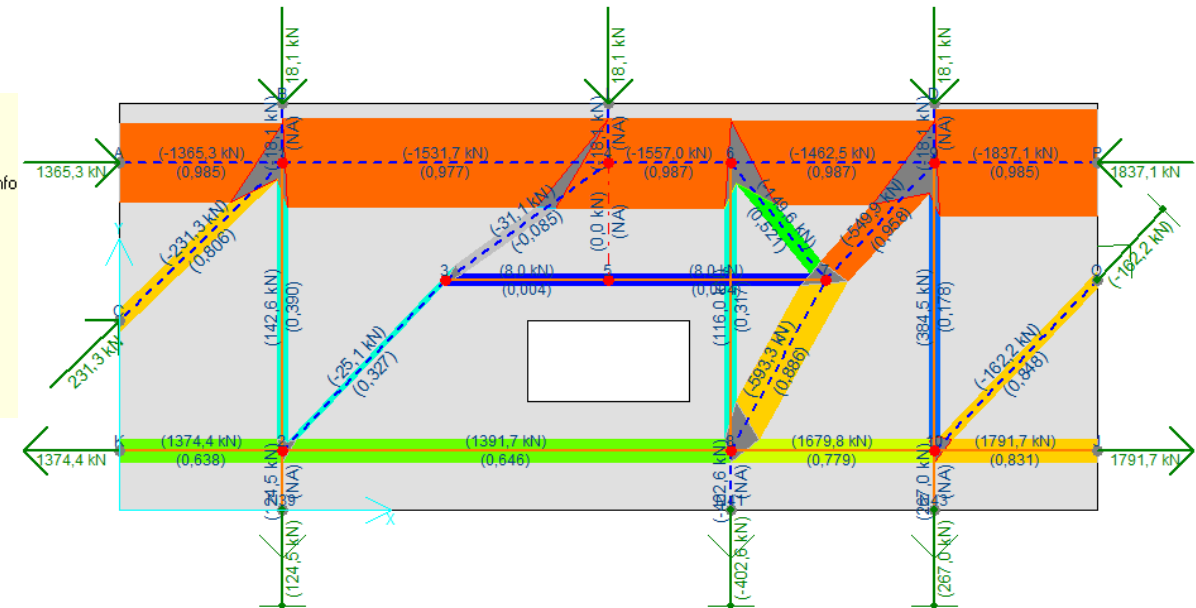
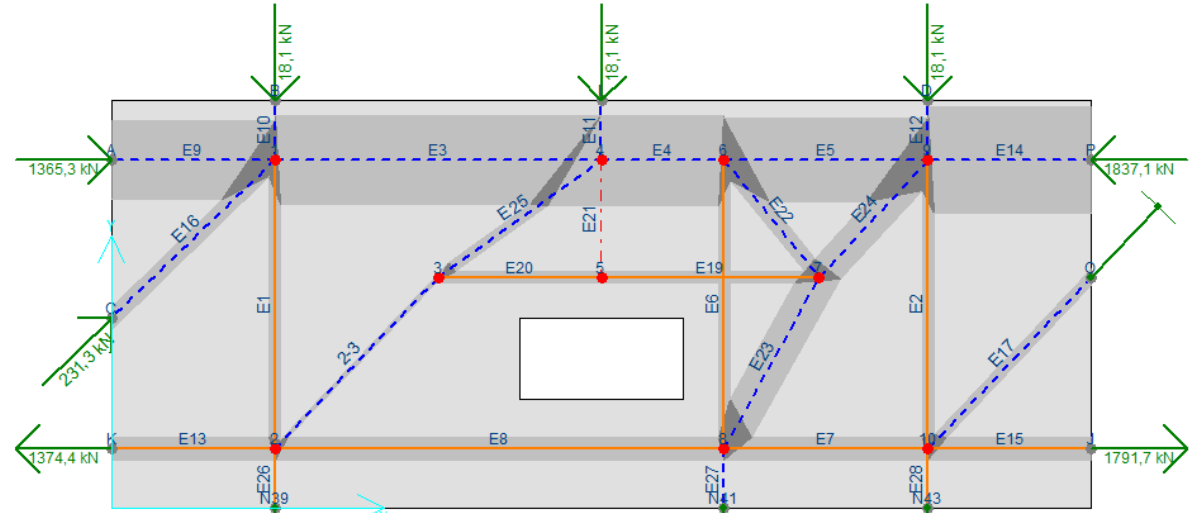


Load Condition: LC1
 Element ID: E5
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Non-Prestressed Reinf
 Property Type Name: Steel
 Tie Reinforcement: 12#25
 Tie Area: 6120,0 mm²
 Tie Yield Force: 2868,8 kN
 Effective Width: 0,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 0,00 deg.
 Results of Design Calculations:
 Tie Force: 417,1 kN
 Tie Stress Ratios: 0,145

3.3 Δικτυωμα με Ανοίγματα ή μεγάλες οπές με μέθοδο θλιπτήρων-ελκυστήρων

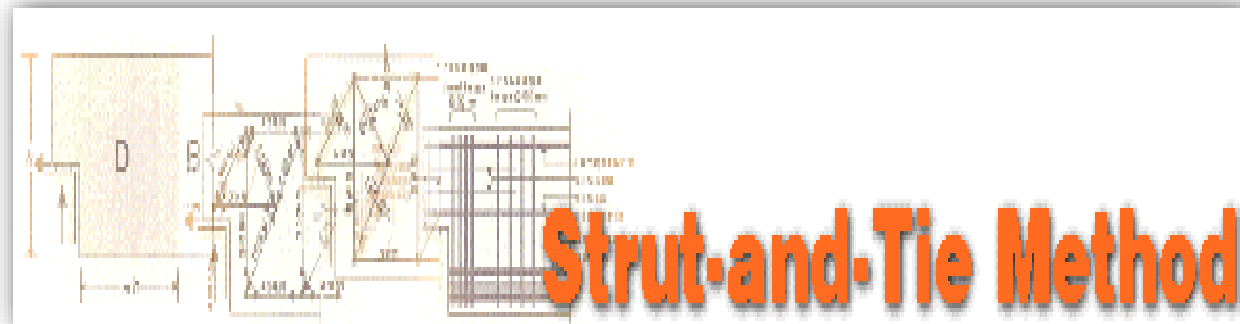
ΔΙΚΤΥΩΜΑ ΜΕ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ Η ΜΕΓΑΛΕΣ ΟΠΕΣ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΕΠΙΛΥΣΗ ΜΕ ΤΟ CAST



Load Condition: LC1
 Element ID: E8
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Non-Prestressed Reinfo
 Property Type Name: STEEL
 Tie Reinforcement: 3#36 + 3#32
 Tie Area: 5475.0 mm²
 Tie Yield Force: 2155.8 kN
 Effective Width: 40.0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 360,00 deg.
 Results of Design Calculations:
 Tie Force: 1391,7 kN
 Tie Stress Ratios: 0,646

ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΟ CAST



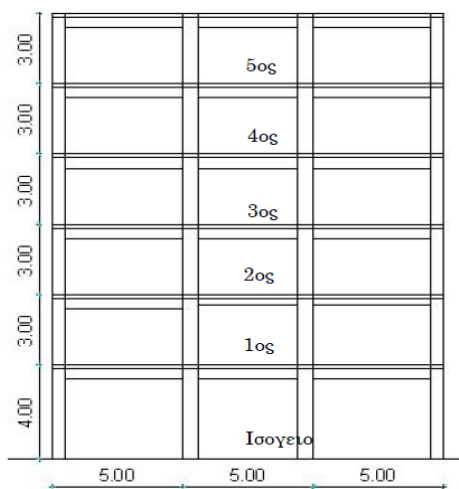
**ΑΛΛΑ ΠΑΡΟΜΟΙΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΑ
ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ-ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΛΑΦΡΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΜΕΛΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CAST**

3.3 Υπολογισμός αντοχής ελαφρά οπλισμενων μελών σκυροδέματος πενταόροφης Πολυκατοικίας

3.3.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στο παρόν παράδειγμα μελετάται μια τυπική πολυκατοικία 5 ορόφων με ισόγειο ύψους 4,00 μ και ορόφους ύψους 3,00 μ και πλάτους 5,00 μ της οποίας το εξωτερικό περίβλημα αποτελείται εξ' ολοκλήρου από ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα

Ο υπολογισμός των τάσεων του δικτυώματος και η στατική επίλυση πραγματοποιείται με το πρόγραμμα CAST. Το CAST Computer Aided Strut and Ties program είναι ένα γραφικό εργαλείο σχεδιασμού που κάνει τη διαδικασία σχεδιασμού πιο αποτελεσματική και διαφανή λόγω της φιλοσοφίας του σχεδιασμού και την εξοικείωση στην απλή μηχανική του δικτυώματος. Το πρόγραμμα CAST αναπτύχθηκε για να παρέχει εμπειρία στους φοιτητές και επαγγελματίες και την δυνατότητα κατανόησης των προτεινόμενων διατάξεων σχεδιασμού για την αντοχή των δοκών και την διασφάλιση ότι οι διαστάσεις των δοκών είναι επαρκείς για να υποστηρίξουν τα φορτία που επιβάλλονται, τους ελέγχους ικανότητας των δοκών και κόμβων επιλογής οπλισμού κ.λ.π.



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΥΠΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΒΑΣΕΙ 1959

3.3.2 ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΥΠΟΨΗ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Υπολογισμός φορτίου στα τοιχεία

$$G_{\beta} \text{ πλάκας} = \gamma_b \cdot E_{\pi\lambda} \cdot h_{\pi\lambda}$$

$$G_{\beta} \text{ δοκού} = \gamma_b \cdot (KN/m^2) \cdot b_w \cdot (h_{\text{δοκ}} - h_{\pi\lambda}) \cdot L_{\mu\mu} \text{ δοκ}$$

$$Q_{\pi\lambda} \text{ Κινητό φορτίο πλάκας} = q_{\pi\lambda} (KN/m^2) \cdot E_{\pi\lambda}$$

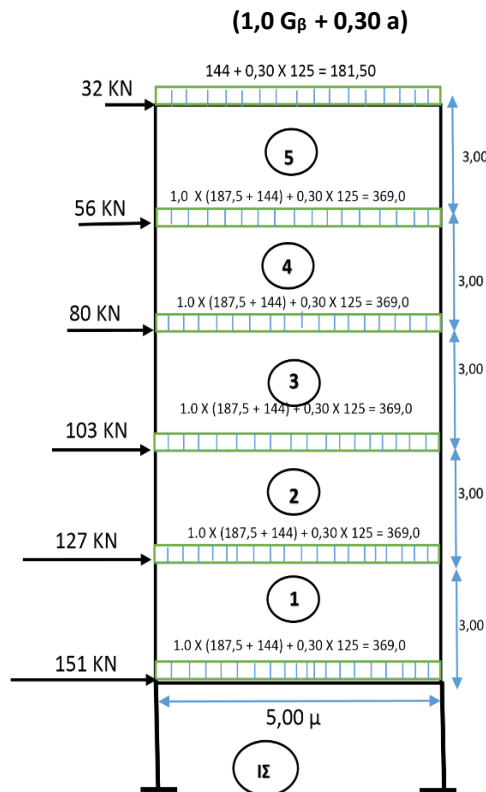
$$G_{1\beta} = 25 KN/m^2 \cdot (10\mu\mu \times 2,5\mu\mu) \cdot 0,16\mu = 100 KN$$

$$G_{\beta} \text{ δοκ} = 25 KN/m^2 \cdot 0,40\mu (0,60 - 0,16)\mu \cdot 0,10\mu\mu = 44 KN$$

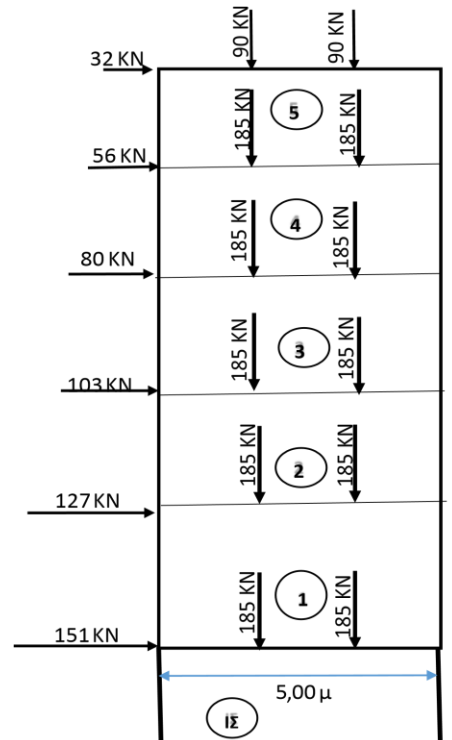
$$Q \text{ κινητό πλάκας} = 5,0 KN/m^2 \cdot (10\mu\mu \times 2,5\mu\mu) = 125 KN$$

Ίδιο βάρος τοιχείου ανά όροφο $25 KN/m^2 \times (3,00 \times 5,00 \times 0,50) = 187,5 KN$

Κατανομή φορτίων



Φορτία οριζόντια – κάθετα



3.3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

α) Φορτία στη στάθμη θεμελιώσεως

$$(181,5 + 5,00 \times 369) = 2026,5 \text{ KN}$$

$$M = \frac{2026,50}{9} = \frac{2026,50}{4,81} = 206,5 \text{ KN}$$

Ιδιοπερίοδος $T = 0,31\text{s}$

Για συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς $Q = 3$ & Εδαφος D, Ζώνη III

β) Συντελεστής φάσματος επιτάχυνσης

$$R_{d(T)} = 0,24 \frac{3,40}{3,00} = 0,272 \text{ g}$$

$$\text{Οπότε η οριζόντια } H = M \cdot R_{d(T)} = 206,5 \times 0,272\text{g} = 550 \text{ KN}$$

γ) Κατανομή της δύναμης καθ ύψος

$$F_{100\gamma} = \frac{m_{19}}{[m_4+m_7+ m_{10}+m_{13}+m_{16}+m_{19}]} = \frac{19}{69} \times 550 = 151 \text{ KN}$$

$$F_{10\sigma} = \frac{m_{16}}{m_{69}} = 127 \text{ KN}$$

$$F_{20\sigma} = \frac{m_{13}}{m_{69}} = 103 \text{ KN}$$

$$F_{30\sigma} = \frac{m_{10}}{m_{69}} = 80 \text{ KN}$$

$$F_{40\sigma} = \frac{m_7}{m_{69}} = 56 \text{ KN}$$

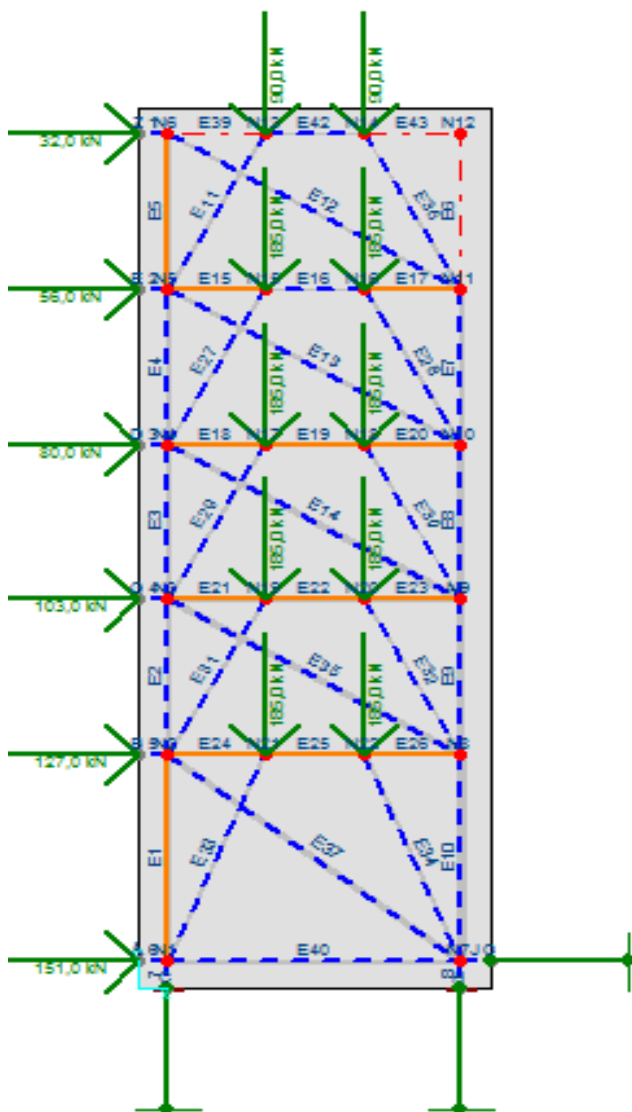
$$F_{50\sigma} = \frac{m_4}{m_{69}} = 32 \text{ KN}$$

$$= \underline{\underline{550 \text{ KN}}}$$

3.3.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Το προσομοίωμα απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Αφού σχεδιασθεί ο φορέας και εισαχθούν τα δεδομένα φορτία προσδιορίζεται η εντατική κατάσταση του δικτυώματος.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ: ΦΟΡΕΑΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΑ



Εισαγωγή δεδομένων στο CAST

Οριζόντια φορτία (σχεδιασμού)

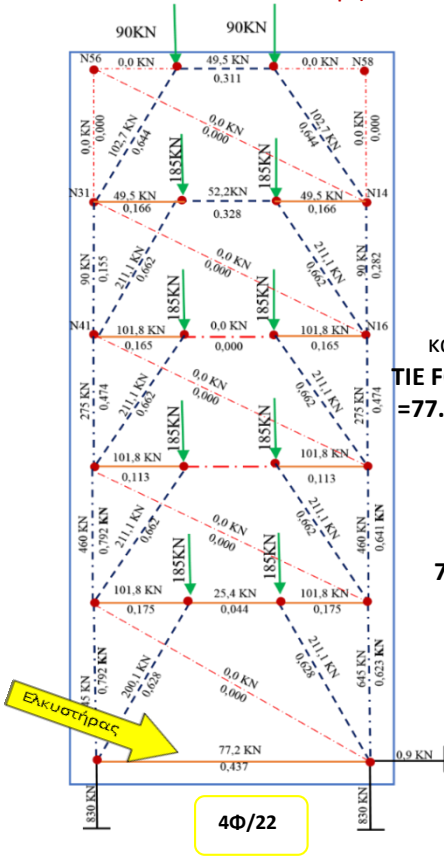
32 kN , 56 kN , 80kN 103 kN , 127 kN , 151 kN,

Κατακόρυφα φορτία (σχεδιασμού)

90 kN και 90 KN
 185 kN και 185 KN
 185 kN και 185 KN
 185 kN και 185 KN

3.3.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

β) Επίλυση μόνο με κατακορυφα φορτία



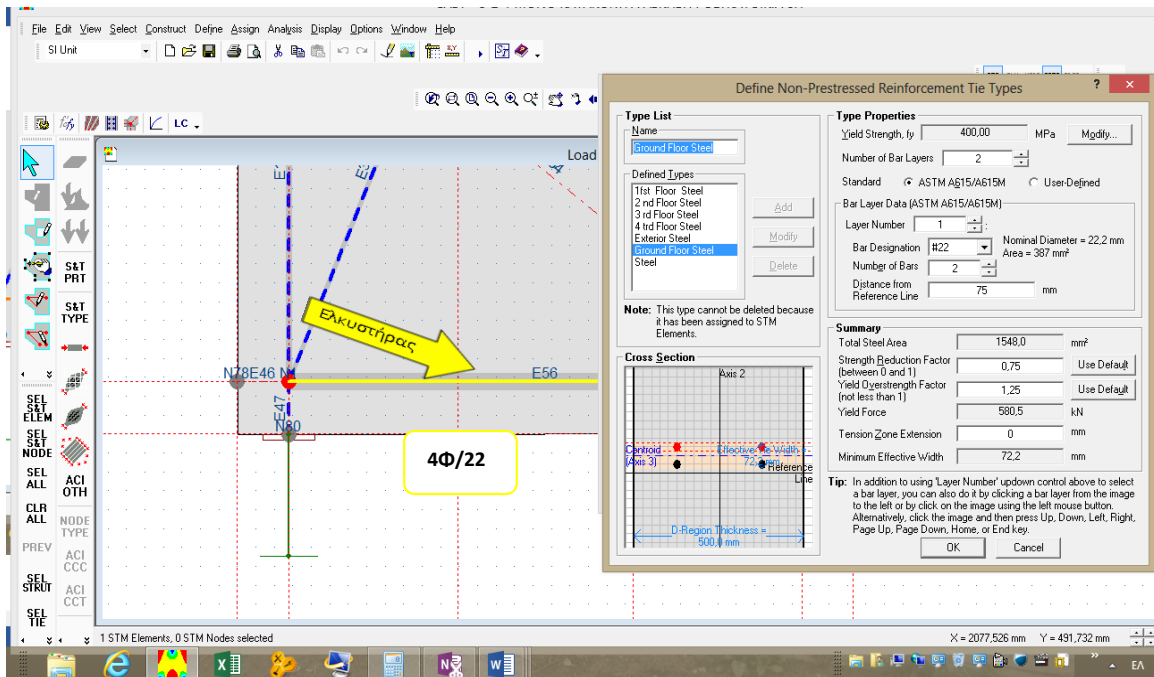
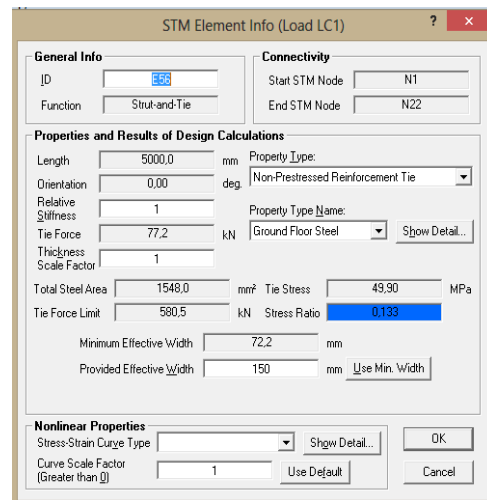
Επομένως για (Yield Strength) $f_s = 400 \text{ MPa}$
 και για $1548 = \text{TOTAL STEEL AREA}$,
 $0,75 = \text{Strength Reduction Factor}$
 $1,25 = \text{Yield Overstrength Factor}$

Έχουμε **YIELD FORCE** = $1548 \times 0,75 \times 1,25 \times 400/1000 = \mathbf{580,5}$

και η τιμή **TIE STRESS** προκύπτει ως
TIE FORCE / TOTAL STEEL AREA X 1000
 $= 77.2 / 1548 \times 1000 = \mathbf{49.90 \text{ TIE STRESS}}$

και η τιμή **STRESS RATIO**
 υπολογίζεται ως
= TIE FORCE / YIELD FORCE

Δηλαδή
 $77.2 / 580,5 = \mathbf{0.133 \text{ STRESS RATIO}}$
 αποδεκτή <1



3.3.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΟΓΩΝ ΤΑΣΕΩΝ (ΔΕΙΚΤΩΝ) ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

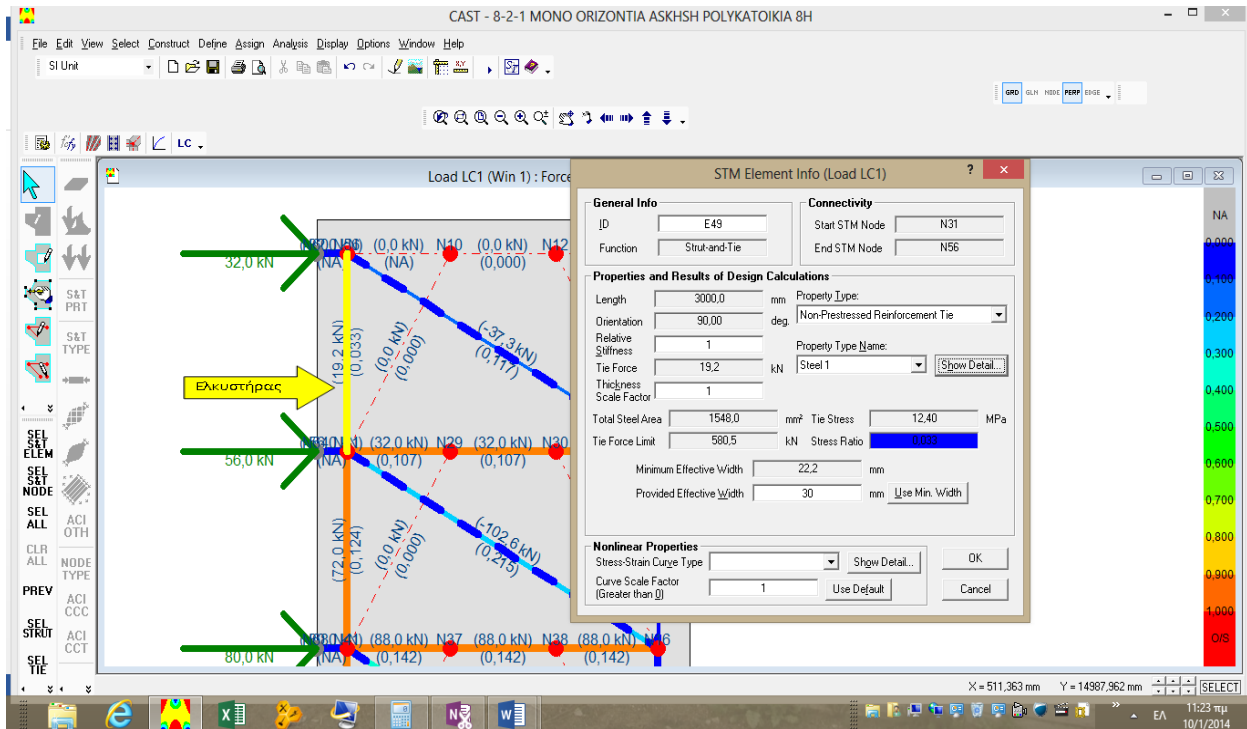
Αφού εκτελέσω τα παραπάνω βήματα 1-10 προϋπόθεση (σχεδιάζω πάντα 3 στηρίξεις για να τρέξει το πρόγραμμα) τρέχω το ανάλυση και υπολογίζει π.χ.. για E49

TIE FORCE E49 = 19.2

(ΠΙΝΑΚΑΣ - 1) **STM Element Info (Load LC1)**

Τάση διαρροής χάλυβα (σχεδιασμού) (Yield Strength) $f_s = 400 \text{ MPa}$

Ποιότητα σκυροδέματος C25/30



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ E49 ΑΠΟ ΠΙΝΑΚΑ - 1

Επομένως για (Yield Strength) $f_s = 400 \text{ MPa}$

και για TOTAL STEEL AREA = 1548

για 1548 = TOTAL STEEL AREA, 0,75 = Strength Reduction Factor

1,25 = Yield Overstrength Factor” Έχουμε YIELD FORCE ισούται με

$$1548 \times 0,75 \times 1,25 \times 400 / 1000 = \mathbf{580,5 \text{ YIELD FORCE}}$$

και η τιμή TIE SRESS προκύπτει $TIE FORCE / TOTAL STEEL AREA \times 1000 =$

$$19.2 / 1548 \times 1000 = \mathbf{12.40 \text{ TIE SRESS}}$$

και η τιμή STESS RATIO προκύπτει $TIE FORCE / YIELD FORCE$

$$19.2 / 580,5 = \mathbf{0.033 \text{ STESS RATIO είναι αποδεκτή } < 1}$$

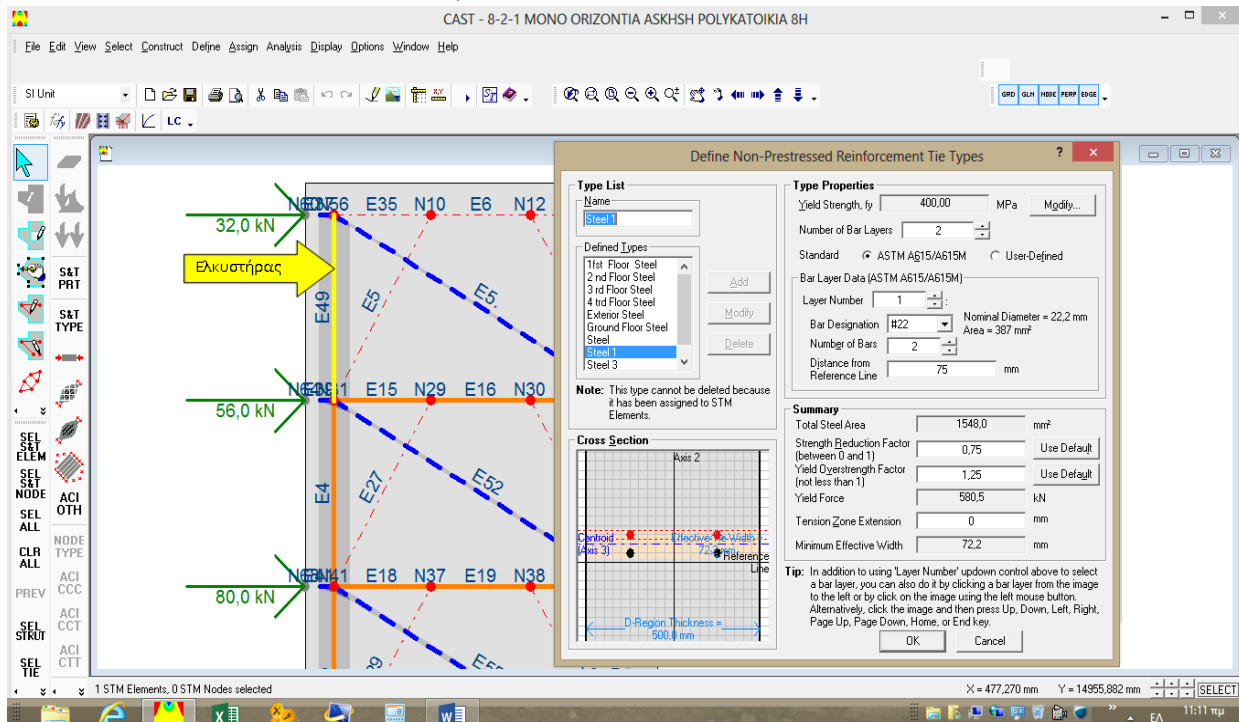
3.3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Υπολογισμός οπλισμού ελκυστήρα (E49) (χρώμα κίτρινο)

α) Από το παράθυρο διαλόγου (Show detail) ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ -1 επιδεικνύεται ο παρακάτω

(ΠΙΝΑΚΑΣ- 2) **Define Non - Prestressed Reinforcement Tie Types**

Τάση διαρροής χάλυβα (σχεδιασμού) (Yield Strength) $f_s = 400 \text{ MPa}$ Ποιότητα σκυροδέματος C25/30



Επιλέγοντας οπλισμό 4φ των 22 (σε δυο σειρές) και Distance From Reference Line =75

Το πρόγραμμα υπολογίζει εμβαδόν οπλισμού

$$R = D/2 = 22,2/2 = 11,1$$

$$\text{AREA} = R^2 \times \pi = 11,1^2 \times 3,14 = \mathbf{387 \text{ AREA}}$$

Και για (Yield Strength) $f_s = 400 \text{ MPa}$

$$\text{Total Steel Area} = 387 (\text{AREA}) \times 4(\Phi) = \mathbf{1548}$$

για Strength Reduction factor (between 0 and 1)=0,75

για Yield Overstrength factor (not less than 1) = 1,25

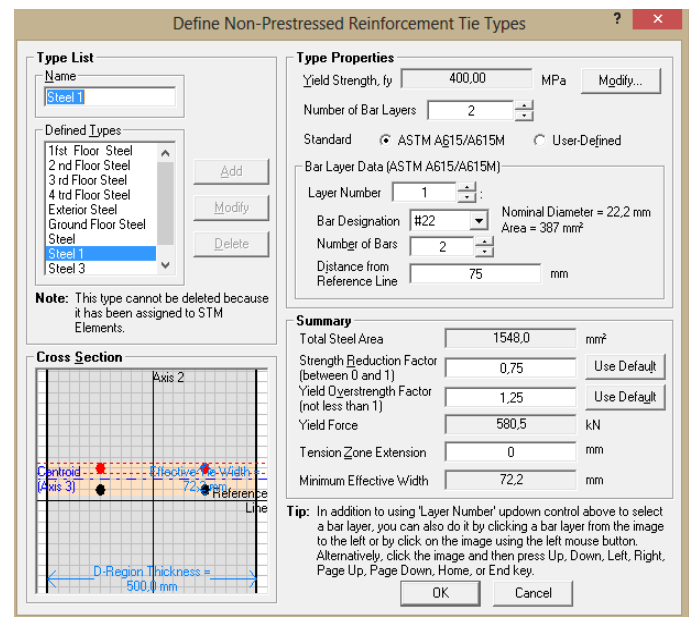
Το πρόγραμμα υπολογίζει την Yield force ως εξής:

$$1548 \times 0,75 \times 1,25 \times 400 / 1000$$

$$\text{Yield force} = \mathbf{580,5 \text{ kN}}$$

YIELD FORCE= TIE FORCE LIMIT

$$\text{MIN EFFECTIVE WIDTH } 22,2+ 50=72,2$$



3.3.9 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ

Για τους θλιπτήρες ισχύει $f_{cu} = 0,85 \times \beta_s \times f_c$ και $\beta_s = 0,75$, άρα $f_{cu} = 0,85 \times 0,75 \times 25 = 15,94$ MPa.

και $\Phi \times f_{cu} = 0,75 \times 15,94 = 11,95$ MP

MIN EFFECTIVE WIDTH (PRISMATIC)

STRUT FORCE / D-Region thickness / Stress Limit (PRISMATIC)*1000 = $102,7 / 500 / 15.94 \times 1000 = 12,9$ mm

Για $f_{cu} = 102,7 =$ STRUT FORCE και Stress Limit (PRISMATIC) = 15,94 και D-REGION THICKNESS = 500

Και

Strut Stress=Strut Force /(Provided Effective With/2)

δηλαδή

Strut Stress= $102,7 / (20/2) = 10,27$

και

BETA RATIO=STRUT STRESS/Stress Limit

= $10,27 / 15,94 = 0.644$ BETA RATIO

0.644 < 1 Αποδεκτή τιμή

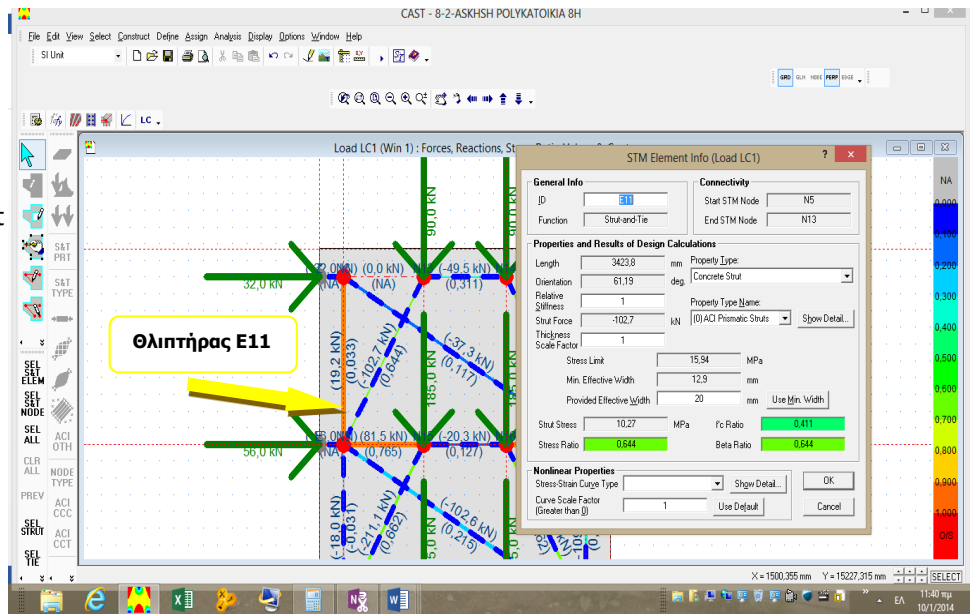
και

f'c RATIO=STRUT STRESS/ f'c

όπου $f_c = 25$

f'c RATIO= $10,27 / 25 = 0.411$

Ποιότητα σκυροδέματος
C25/30 ,



ομοίως

Strut Stress= $102,6 / (60/2) = 3,42$ και

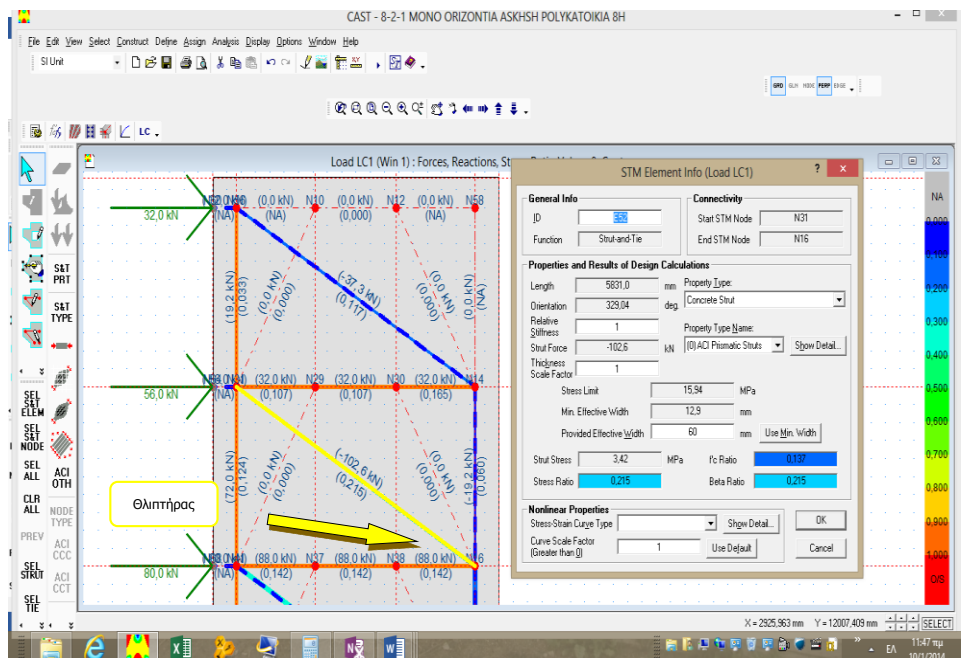
BETA RATIO=STRUT STRESS/Stress Limit

= $3,42 / 15,94 = 0.215$ BETA RATIO

0.215 < 1 Αποδεκτή τιμή

και f'c RATIO = STRUT STRESS/ f'c

= $3,42 / 25 = 0.137$ f'c RATIO

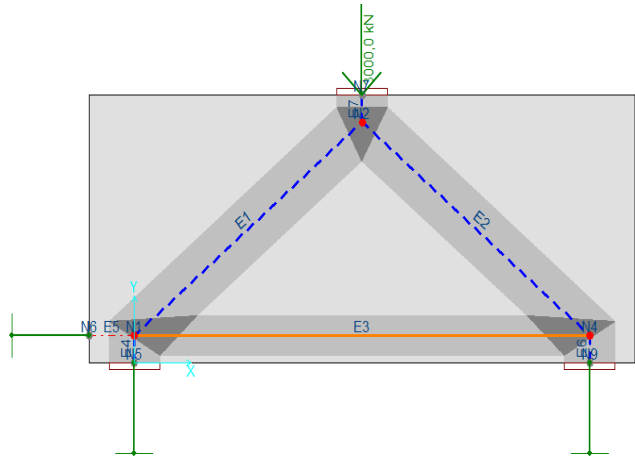


Άλλα παρόμοια παραδείγματα σχεδιασμού με μοντέλα θλιπτήρων-ελκυστήρων και υπολογισμού αντοχής ελαφρά οπλισμένων μελών σκυροδέματος με το πρόγραμμα cast

3.4 Παράδειγμα επίλυσης τριγώνου με μοντέλα θλιπτήρων - Ελκυστήρων

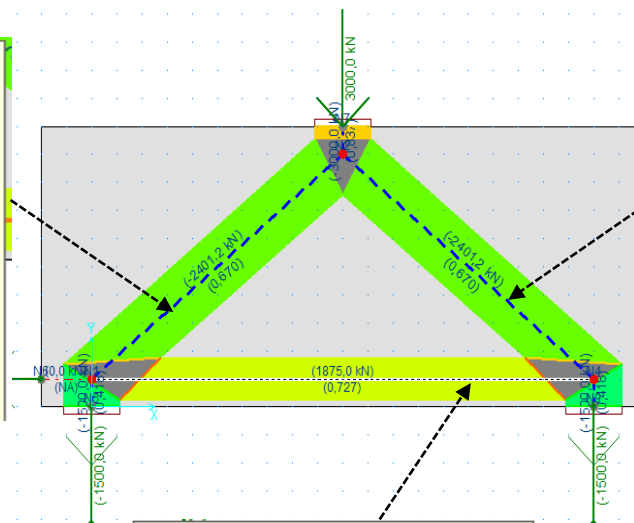
4^η ΑΣΚΗΣΗ CAST

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΣΤΟ CAST**
P = 3000 kN, E1 = 2561 mm
E2 = 2561 mm E3 = 4000 mm



Υπολογισμοί αντοχής στο CAST (μέθοδος θλιπτήρων- ελκυστήρων)

Load Condition: LC1
Element ID: E1
Function: Strut-and-Tie
Properties:
Property Type: Concrete Strut
Property Type Name: Prismatic
Strut Stress Limit: 15,94 MPa
Effective Width: 450,0 mm
Thickness Scale Factor: 1,000
Stress-Strain Curve Type: Strut
Curve Scale Factor: 1
Relative Stiffness: 1,000
Direction: 38,66 deg.
Results of Design Calculations:
Strut Force: -2401,2 kN
Strut Stress Ratios: 0,670
Strut f'c Ratio: 0,427
Strut Beta Ratio: 0,670



Load Condition: LC1
Element ID: E2
Function: Strut-and-Tie
Properties:
Property Type: Concrete Strut
Property Type Name: Bottle-Shaped
Strut Stress Limit: 15,94 MPa
Effective Width: 450,0 mm
Thickness Scale Factor: 1,000
Stress-Strain Curve Type: Strut
Curve Scale Factor: 1
Relative Stiffness: 1,000
Direction: 321,34 deg.
Results of Design Calculations:
Strut Force: -2401,2 kN
Strut Stress Ratios: 0,670
Strut f'c Ratio: 0,427
Strut Beta Ratio: 0,670

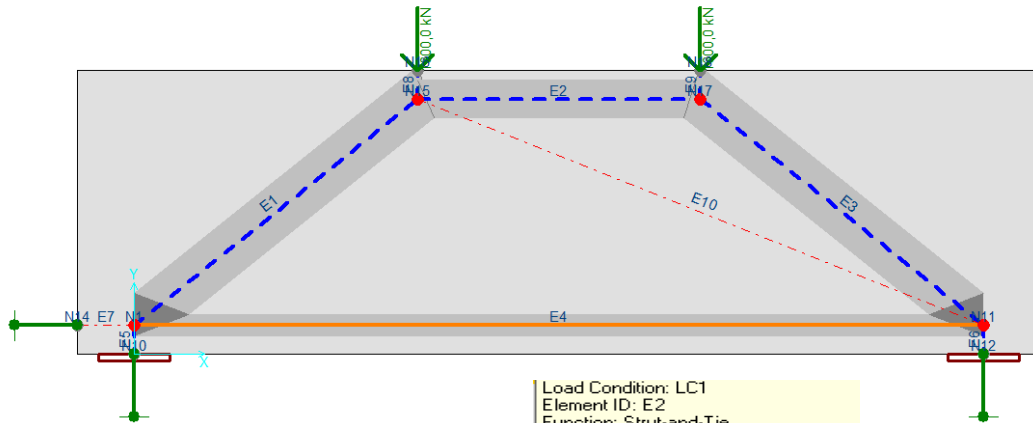
Load Condition: LC1
Element ID: E3
Function: Strut-and-Tie
Properties:
Property Type: Non-Prestressed Reinforcement
Property Type Name: Main Steel
Tie Reinforcement: 10#32
Tie Area: 8190,0 mm²
Tie Yield Force: 2579,9 kN
Effective Width: 300,0 mm
Thickness Scale Factor: 1,000
Stress-Strain Curve Type: Tie
Curve Scale Factor: 1
Relative Stiffness: 1,000
Direction: 180,00 deg.
Results of Design Calculations:
Tie Force: 1875,0 kN
Tie Stress Ratios: 0,727

3.4 Παράδειγμα επίλυσης τραπεζίου με μοντέλα Θλιπτηρων - Ελκυστήρων

5^η ΑΣΚΗΣΗ CAST

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

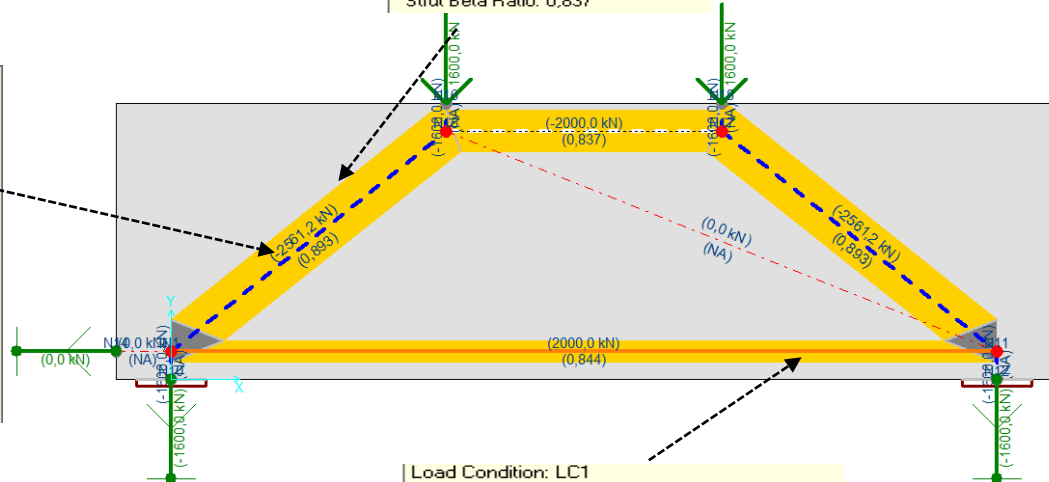
$P_1 = 1600 \text{ kN}$, $P_2 = 1600 \text{ kN}$
 $E_1 = 2561 \text{ mm}$, $E_2 = 2000 \text{ mm}$, $E_3 = 2561 \text{ mm}$
 $E_4 = 6000 \text{ mm}$



**Υπολογισμοί αντοχής στο CAST
(μέθοδος θλιπτηρων- ελκυστήρων)**

Load Condition: LC1
 Element ID: E2
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Concrete Strut
 Property Type Name: ACI PRISMATIC
 Strut Stress Limit: 15,94 MPa
 Effective Width: 300,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 0,00 deg.
 Results of Design Calculations:
 Strut Force: -2000,0 kN
 Strut Stress Ratios: 0,837
 Strut f'c Ratio: 0,533
 Strut Beta Ratio: 0,837

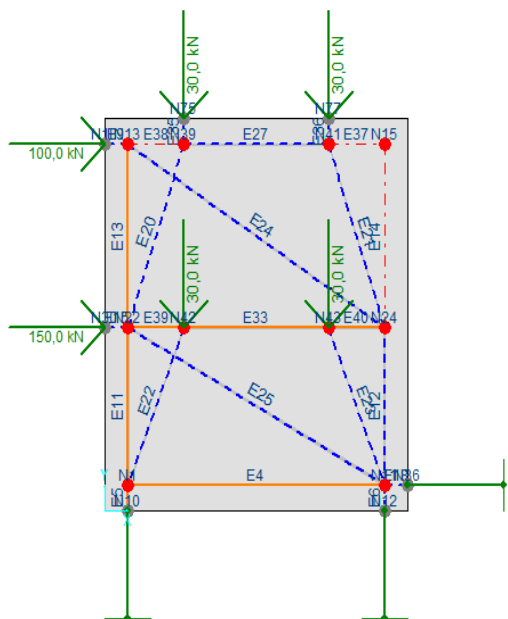
Load Condition: LC1
 Element ID: E1
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Concrete Strut
 Property Type Name: ACI PRISMATIC
 Strut Stress Limit: 15,94 MPa
 Effective Width: 360,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 38,66 deg.
 Results of Design Calculations:
 Strut Force: -2561,2 kN
 Strut Stress Ratios: 0,893
 Strut f'c Ratio: 0,569
 Strut Beta Ratio: 0,893



Load Condition: LC1
 Element ID: E4
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Non-Prestressed Reinforcement
 Property Type Name: Steel
 Tie Reinforcement: 10#29
 Tie Area: 6450,0 mm²
 Tie Yield Force: 2418,8 kN
 Effective Width: 150,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 180,00 deg.
 Results of Design Calculations:
 Tie Force: 2000,0 kN
 Tie Stress Ratios: 0,827

3.5 Παράδειγμα επίλυσης διορόφου με μοντέλα Θλιπτέρων - Ελκυστήρων

ΔΕΔΟΜΕΝΑ
 $P_1 = 30 \text{ kN}$, $P_2 = 30 \text{ kN}$, $P_3 = 100 \text{ kN}$, $P_4 = 150 \text{ kN}$
 $E_{13} = 3500 \text{ mm}$, $E_{11} = 3000 \text{ mm}$,
 $E_4 = 5500 \text{ mm}$

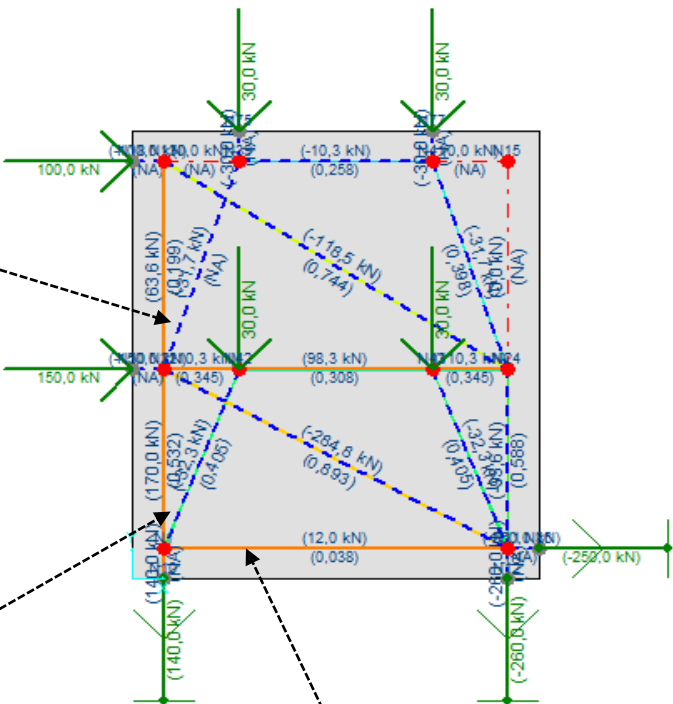


7^η ΑΣΚΗΣΗ CAST

Υπολογισμοί αντοχής στο CAST

Load Condition: LC1
 Element ID: E13
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Non-Prestressed Reinforcement
 Property Type Name: Steel
 Tie Reinforcement: 3#19
 Tie Area: 852,0 mm²
 Tie Yield Force: 319,5 kN
 Effective Width: 0,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 90,00 deg.
 Results of Design Calculations:
 Tie Force: 63,6 kN
 Tie Stress Ratios: 0,199

Load Condition: LC1
 Element ID: E11
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Non-Prestressed Reinforcement
 Property Type Name: Steel
 Tie Reinforcement: 3#19
 Tie Area: 852,0 mm²
 Tie Yield Force: 319,5 kN
 Effective Width: 20,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 90,00 deg.
 Results of Design Calculations:
 Tie Force: 170,0 kN
 Tie Stress Ratios: 0,532



Load Condition: LC1
 Element ID: E4
 Function: Strut-and-Tie
 Properties:
 Property Type: Non-Prestressed Reinforcement
 Property Type Name: Steel
 Tie Reinforcement: 3#19
 Tie Area: 852,0 mm²
 Tie Yield Force: 319,5 kN
 Effective Width: 0,0 mm
 Thickness Scale Factor: 1,000
 Relative Stiffness: 1,000
 Direction: 180,00 deg.
 Results of Design Calculations:
 Tie Force: 12,0 kN
 Tie Stress Ratios: 0,038

3.6 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΩΔΙΚΑ - CAST (Code Provisions)

Το **CAST Computer Aided Strut and Ties** ως γραφικό εργαλείο σχεδιασμού κάνει τη διαδικασία σχεδιασμού πιο αποτελεσματική και διαφανή λόγω της φιλοσοφίας σχεδιασμού, και την εξοικείωση στην απλή μηχανική του δικτυώματος. Το πρόγραμμα CAST αναπτύχθηκε για να παρέχει εμπειρία στους φοιτητές και επαγγελματίες και την δυνατότητα κατανόησης των προτεινόμενων διατάξεων σχεδιασμού για την αντοχή των δοκών και την διασφάλιση ότι οι διαστάσεις των δοκών είναι επαρκείς για να υποστηρίξουν τα φορτία που επιβάλλονται, τους ελέγχους ικανότητας των δοκών και κόμβων επιλογής οπλισμού κ.λ.π.

ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΩΔΙΚΑ Code Provisions

Πίνακας 1 Όρια stress και παράγοντες μείωσης Strength Σύμφωνα με το ACI 318-02
Παράρτημα A

Table 1 Stress Limits and Strength Reduction Factors According to ACI 318-02 Appendix J <i>stress Limits, f_{cu}</i>	
Struts:	$f_{cu} = 0.85\beta_s f'_c$
where:	$\beta_s = 1.00$ for prismatic struts in uncracked compression zones $\beta_s = 0.40$ for struts in tension members $\beta_s = 0.75$ struts may be bottle shaped and crack control reinforcement is included $\beta_s = 0.60$ struts may be bottle shaped and crack control reinforcement is not included $\beta_s = 0.60$ for all other cases f'_c = specified concrete compressive strength
Note:	Crack control reinforcement requirement is $\sum \rho_{vi} \sin \gamma_i \geq 0.003$, where ρ_{vi} = steel ratio of the i-th layer of reinforcement crossing the strut under review, and γ_i = angle between the axis of the strut and the bars.
Nodes:	$f_{cu} = 0.85\beta_n f'_c$
where:	$\beta_n = 1.00$ when nodes are bounded by struts and/or bearing areas $\beta_n = 0.80$ when nodes anchor only one tie $\beta_n = 0.60$ when nodes anchor more than one tie
Strength Reduction Factors, ϕ	
	$\phi = 0.75$ for struts, ties, and nodes

Πίνακας 2 Stress Limits and Strength Reduction Factors According to AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2nd Edition

Stress Limits, f_{cu}	
Struts:	$f_{cu} = \frac{f'_c}{0.8 + 170\varepsilon_1} \leq 0.85f'_c$
where:	$\varepsilon_1 = \varepsilon_s + (\varepsilon_s + 0.002)\cot^2 \theta_s$ <p>θ_s = smallest angle between the strut under review and the adjoining ties</p> <p>ε_s = average tensile strain in the tie direction</p> <p>f'_c = specified concrete compressive strength</p>
	Note: The stress limit assumes a minimum distributed reinforcement of 0.003 in each direction is provided.
Nodes:	$f_{cu} = \nu f'_c$
where:	$\nu = 0.85$ when nodes are bounded by struts and/or bearing areas $\nu = 0.75$ when nodes anchor only one tie $\nu = 0.65$ when nodes anchor more than one tie
Resistance Factors, ϕ	
	$\phi = 0.7$ for struts and nodes
	$\phi = 0.9$ for ties

STM design provisions consist of rules for defining the dimensions and ultimate stress limits of struts and nodes as well as the requirements for the distribution and anchorage of reinforcement. Guidelines for design by the STM have been developed for European practice. Provisions for the STM have been incorporated in the Canadian Concrete Design Code and in the AASHTO LRFD code since 1994. Another specific set of provisions has been developed to be included as an alternative design procedure in the 2002 ACI code .

Table 1 and Table 2 show examples of stress limits and strength reduction factors defined in ACI Code and AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, respectively. As shown in the tables, there are substantial differences in the rules used in these provisions and guidelines because of uncertainties associated with defining the characteristics of an idealized truss within a continuum of structural concrete.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

19^ο ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ 2013

Απλοποιήσεις στην τοιχωματοποίηση πλασιών με βάση τις προβλέψεις του ΕΚ-8
περί μεγάλων ελαφρώς οπλισμένων τοιχωμάτων ΜΑΝΩΛΗΣ ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΜΠ

Αθήνα σεισμός 5,9 R , “Σύνοψη οδηγιών για επισκευές βλαβών από σεισμό» Μ. Βουγιούκας

Συστάσεις ΚΑΝ.ΕΠΕ. για τις τοιχοπληρώσεις, δικτυωτούς συνδέσμους www.episkeves.upatras.gr

Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός Φορέων EN 1998 Εθνικό Προσάρτημα
για το EN 1998-1

Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα- Μέρος 1-1: Γενικοί κανόνες
και κανόνες για κτίρια (Κεφάλαιο 6 (ΟΚΑ) -Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας (Σχεδιασμός με ΜΘΕ)

Σεμινάριο Ευρωκωδίκων, ΤΕΕ, Τμ. Δ. Ελλάδας, ΣΠΜΕ, , Επιτροπή Ευρωκωδίκων, τ. ΥΠΕΧΩΔΕ,
3- 5/12/2009, Πάτρα

Verification and Implementation of Strut-and-Tie Model in LRFD Bridge Design Specifications
Requested by: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

Highway Subcommittee on Bridge and Structures *Prepared by:* Barney T. Martin, Jr., Ph.D., P.E.
Modjeski and Masters, Inc. 301 Manchester Road, Poughkeepsie, NY 12603 David H.
Sanders, Ph.D. University of Nevada Reno November, 2007

(CAST)

AASHTO, *AASHTO LRFD Bridge Specifications* , American Association of State Highway and Transportation
Officials, 1st ed., Washington, DC, 1994

CSA Technical Committee A23.3, *Design of Concrete Structures CAN3-A23.3-M84* , Canadian Standards
Association, Rexdale, Ontario, 1984, 281 pp.

Comité Euro-International du Béton, *CEB-FIP Model Code 1990* , Thomas Telford Services, Ltd., London,
1993,

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Marti, Π., «Βασικά εργαλεία Οπλισμένου Σκυροδέματος Beam Σχεδιασμός," *ACI Journal*, Πρακτικά, Vol. 82, αρ. 1, Ιανουάριος-Φεβρουάριος 1985,

Schlaich, J., Schäfer, K., and Jennewein, M., "Toward a Consistent Design of Structural Concrete," *Journal of the Prestressed Concrete Institute* , Vol. 32, No. 3, May-June 1987, pp. 74-150.

"Σχεδιασμός και Detailing Σκυροδέματος,« *Εφημερίδα Του Ινστιτούτου Προεντεταμένου Σκυροδέματος*

Schlaich, J. και Schäfer, K., "Σχεδιασμός και Detailing Σκυροδέματος Χρησιμοποιώντας Strut-και-Ties Μοντέλα,« *Ο Μηχανικός*, »Vol. 69, No. 6, Μάρτιος 1991 Schlaich, J., Schäfer, K., και Jennewein, M.,

Thomas Telford Services, Ltd, Λονδίνο, 1993CSA Τεχνική Επιτροπή A23.3 Προεκτεταμένο Σκυρόδεμα Comité Euro-International du Béton, *CEB-FIP Model Code 1990*,

FIP Commission 3, *Practical Design of Structural Concrete* , Fédération Internationale de la Precontrainte, Lausanne, Switzerland, September 1999

"Σχεδιασμός Σκυροδέματος,« *Εφημερίδα της ASCE-ACI επιτροπή 445 για διάτμηση και στρέψη*, «Πρόσφατες Προσεγγίσεις στην Shear Σχεδιασμός Σκυροδέματος," *Εφημερίδα των Κατασκευών*, ASCE, Vol. 124, αρ. 12, Δεκέμβριος 1998

Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα CAN3-A23.3-M84, Καναδική Ένωση Ένωση των κρατικών εθνικών οδών και μεταφορών υπαλλήλων, 1η έκδοση., Washington, DC, 1994, 1091 Προτύπων, Rexdale, Οντάριο, 1984, 281 *Ινστιτούτο*, Vol. 32, αρ. 3, Μάιος-Ιούνιος 1987,

AASHTO *LRFD Προδιαγραφές Bridge*, η Αμερικανική Ένωση των κρατικών εθνικών οδών και μεταφορών υπαλλήλων, 2nd ed., Washington, DC

ACI επιτροπή 318, *ΟΙΚΩ Απαιτήσεις Σκυροδέματος (ACI 318-02) και Σχόλια (ACI 318R-02)*, Αμερικανικού Ινστιτούτου Σκυροδέματος, Farmington Hills, Michigan, 2002 ACI Committee 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02)* , American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 2002, 443 pp.