

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ»

A.S.T.E. VI

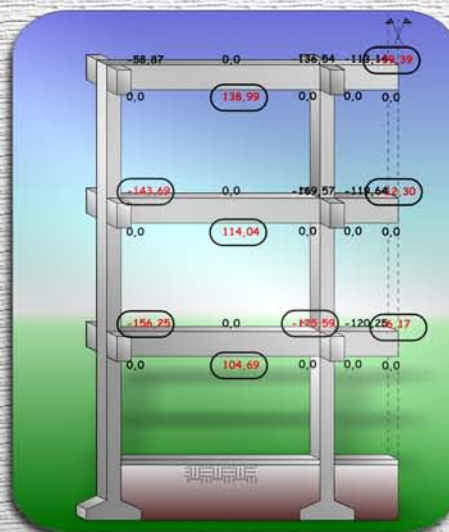
**Βλάβες απο σεισμό - Επισκευές - Ενισχύσεις
Διαχείριση σεισμικού κινδύνου**

Υπεύθυνοι:

Γ. Πενέλης
Κ. Στυλιανίδης
Χ. Ιγνατάκης

Άσκηση:

Ενίσχυση τριωρόφου κτιρίου



Όνομα φοιτητών:
Μουρελάτος Ηλίας
Οικονόμου Θεμιστοκλής

Τρίτη, 28 Ιανουαρίου 2003

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤ. ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΙΤ. ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
“ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ” (ΑΣΤΕ)
ΘΕΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2002-2003 ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΑΣΤΕ 6
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΑ: Ο.ωνόπου - Μουρελάτος

Δίδεται τριώροφο κτίριο μεγάλου μήκους και πλάτους 3L (Σχ. 1) με αμιγή πλαισιακό φέροντα οργανισμό που σχεδιάσθηκε σύμφωνα με τον ΚΟΣ 1954, χωρίς αντισεισμικό υπολογισμό. Οι διατομές και οι οπλισμοί των δομικών στοιχείων φαίνονται στο Σχ. 2. Η προμελέτη ενίσχυσης προβλέπει την κατασκευή εμφαντούμενων τοιχωμάτων στα μεσαία ανοίγματα όλων των ορόφων κάθε τρίτου πλαισίου κατά y-y (Σχ. 1). Η ενίσχυση των πλαισίων της διεύθυνσης x-x δεν αποτελεί αντικείμενο του θέματος.

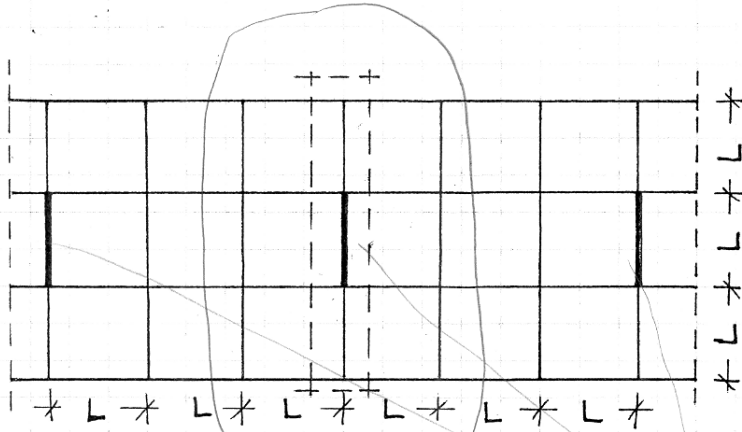
ΖΗΤΟΥΝΤΑΙ

1. Να γίνει στατική ανάλυση για το συνδυασμό $G+0.3Q \pm E_y$ του νέου φέροντος οργανισμού με τη συμμετοχή των εμφαντούμενων τοιχωμάτων και έλεγχος επάρκειας σε ορθή ένταση των υφισταμένων γραμμικών δομικών στοιχείων μόνον του τριστύλου – τριώροφου πλαισίου με τα τοιχώματα. Παραλείπεται η επίδραση του σεισμού της εγκάρσιας διεύθυνσης καθώς και της αθέλητης εκκεντρότητας.
2. Να επαναληφθεί η στατική ανάλυση με τη συμμετοχή και των τυχόν ενισχυμένων στύλων και δοκών και να γίνει διαστασιολόγηση όλων των δομικών στοιχείων μόνον του πλαισίου με τα τοιχώματα.
3. Να γίνει έλεγχος επάρκειας των δομικών στοιχείων ενός τυπικού πλαισίου χωρίς τοιχώματα. Να σχολιασθεί το αποτέλεσμα και να διατυπωθούν προτάσεις αντιμετώπισης τυχόν ανεπαρκειών. Για τον σεισμικό συνδυασμό να γίνει διαστασιολόγηση της τυχόν απαιτούμενης ενίσχυσης στηριγμάτων δοκού σε κάμψη και διάτμηση με επικόλληση FRPs.
4. Να υπολογισθούν οι απαιτούμενοι σύνδεσμοι του τοιχώματος με τους στύλους και τις δοκούς υπό την εξαιρετικά δυσμενή παραδοχή ότι λειτουργούν ως βλήτρα με ανεμπόδιστες διατμητικές παραμορφώσεις. Στη σχεδίαση πάντως των λεπτομερειών να θεωρηθεί ότι απαιτείται απλώς αποκατάσταση διατομής των οπλισμών κορμού του τοιχώματος.
5. Δεν απαιτείται έλεγχος διεπιφάνειας μεταξύ υφισταμένου στύλου και τυχόν μανδύα, απαιτείται όμως έλεγχος αγκύρωσης των κατακορύφων ράβδων στη θεμελίωση.
6. Έλεγχος εδάφους και θεμελίων δεν θα γίνει. Θεωρείται όμως ότι τα μεμονωμένα κεντρικά πέλδια θα συνδεθούν με πεδילוδοκό ύψους 1.5m, πλάτους δοκού 0.8m και πλάτους πέλματος κατά 0.5m μεγαλύτερο των υφισταμένων πεδίων.
7. Να δοθούν πλήρη κατασκευαστικά σχέδια και τουλάχιστον τα εξής (βλ. Σχ. 2):
 (α) Πρόσοψη με έμφαση στη γενική γεωμετρία (χωρίς οπλισμούς) (Κλίμακα 1:25).
 (β) Οριζόντιες τομές Α-Α έως Θ-Θ (Κλίμακα 1:10).
 (γ) Κατακόρυφες τομές Ι-Ι έως Π-Π (Κλίμακα 1:10).

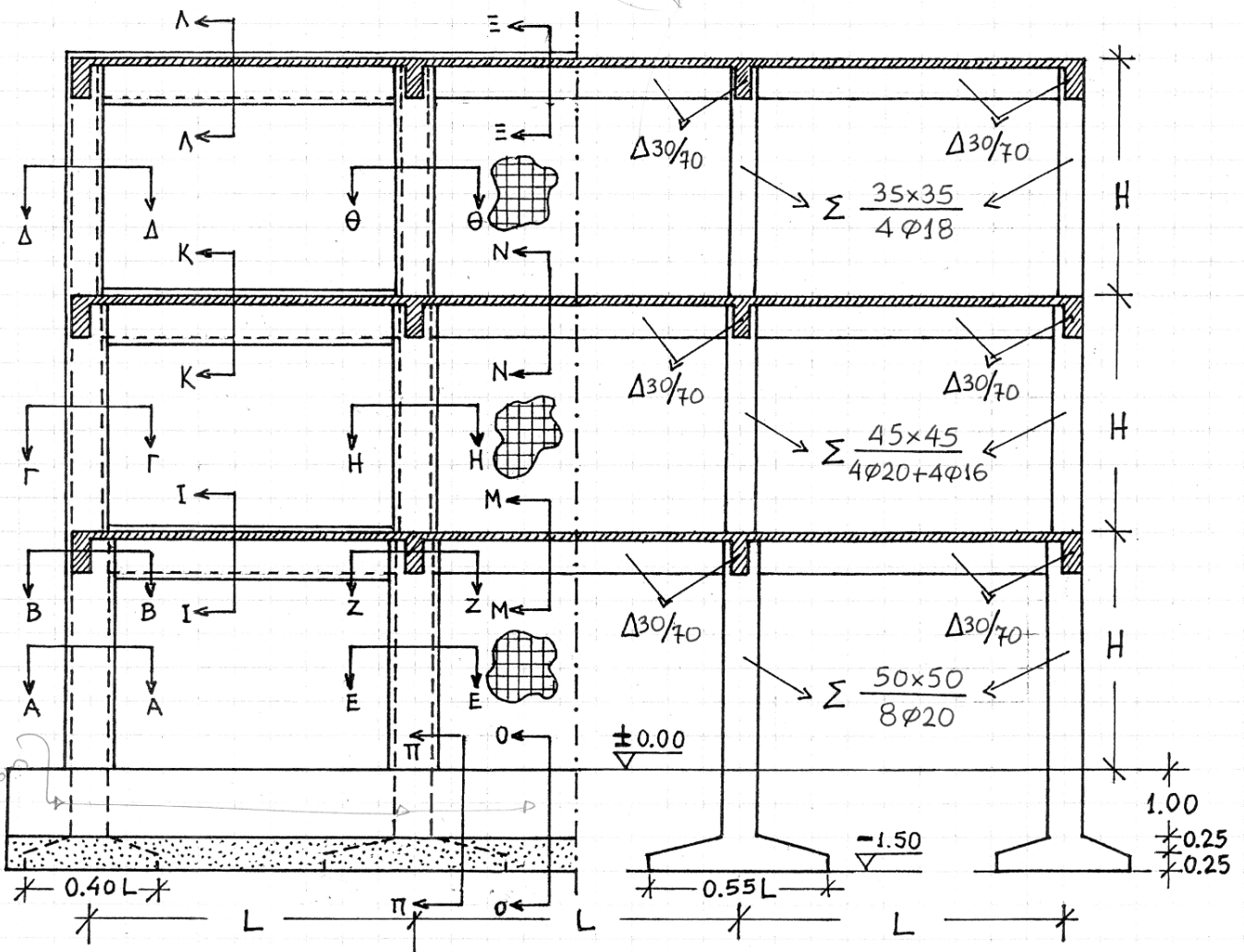
Δεν ακολουθώ
 μαστε με
 μανδύωση
 ΑΛΛΑ ΓΟ ΛΕΥΣ
 ΣΧΟΛΙΑ ΠΕΙ;

ΔΙΔΟΝΤΑΙ

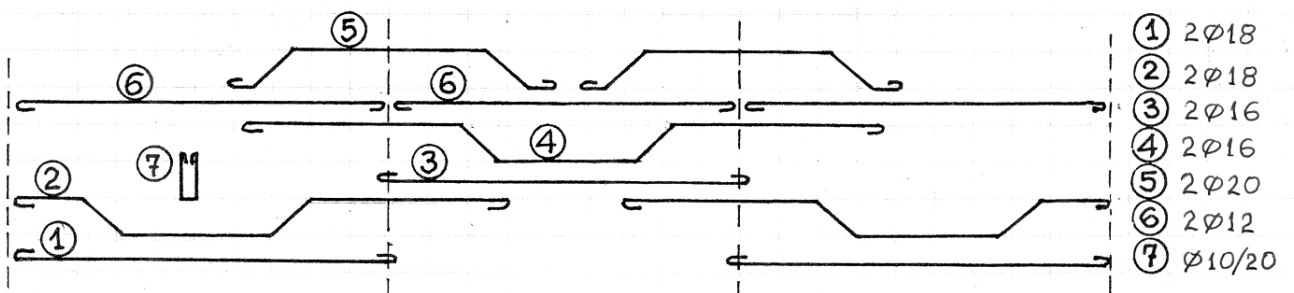
L (m)	H (m)	h _f (m)	t _{τοιχ} (m)	g ² (KN/m ²)	q (KN/m ²)	Ζώνη Έδαφος	Υλικά υφιστ	Υλικά επεμβ	Περιβ.
6.0	3.75	0.18	0.30	3.5	3.5	Π B	C12 S220	C20 S500s	Μέτρια διαβρωτ.



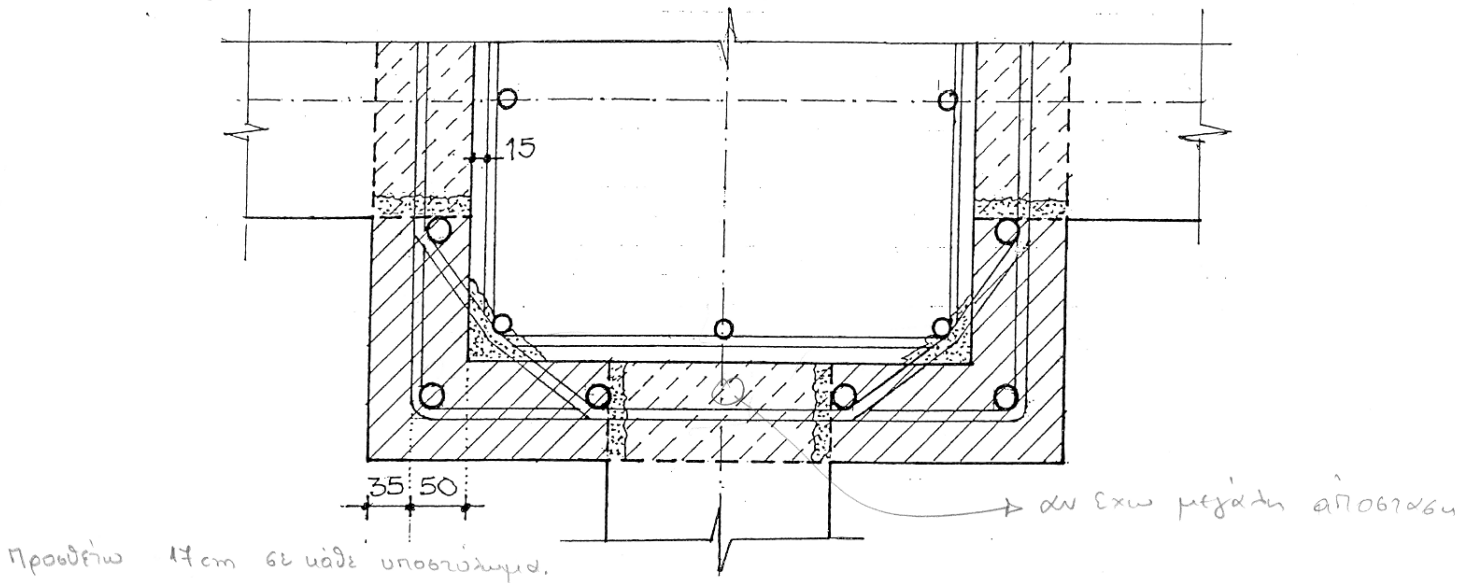
Σχ. 1 Σχηματική κάτοψη του κτιρίου με τις θέσεις των εμφανιζόμενων τοιχωμάτων



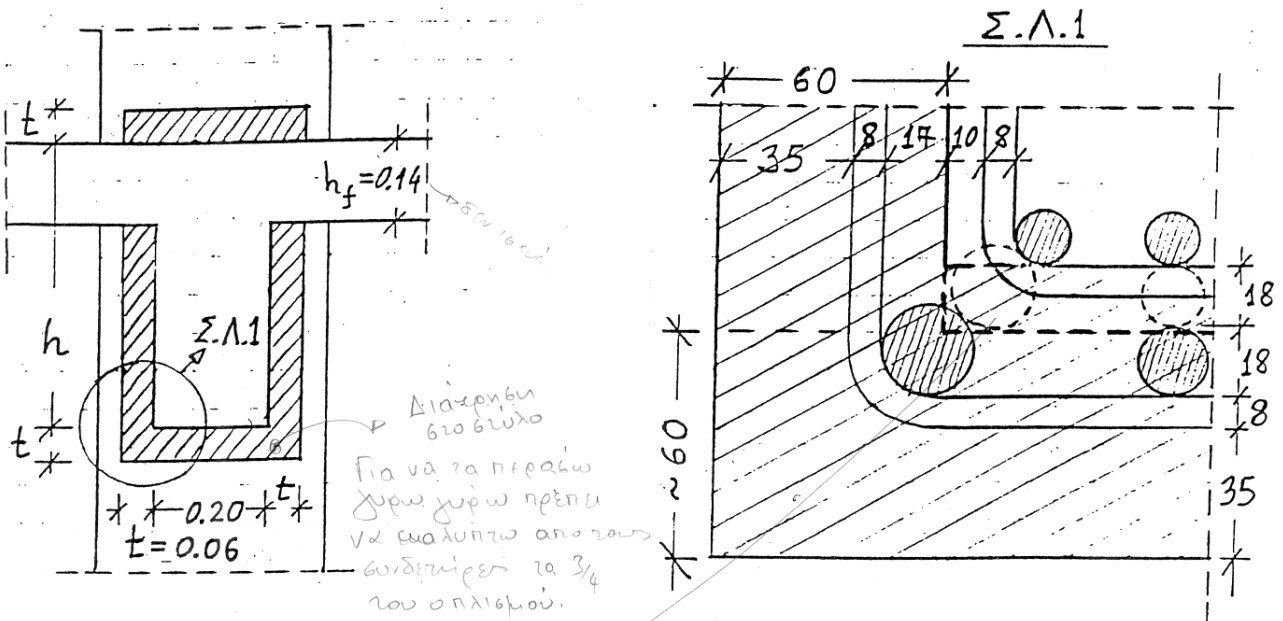
Υφιστάμενοι οπλισμοί δοκών



Σχ. 2 Τυπικό πλαίσιο κατά y-y. Παρθενικός φορέας (δεξιά), ενισχυμένος φορέας (αριστερά)

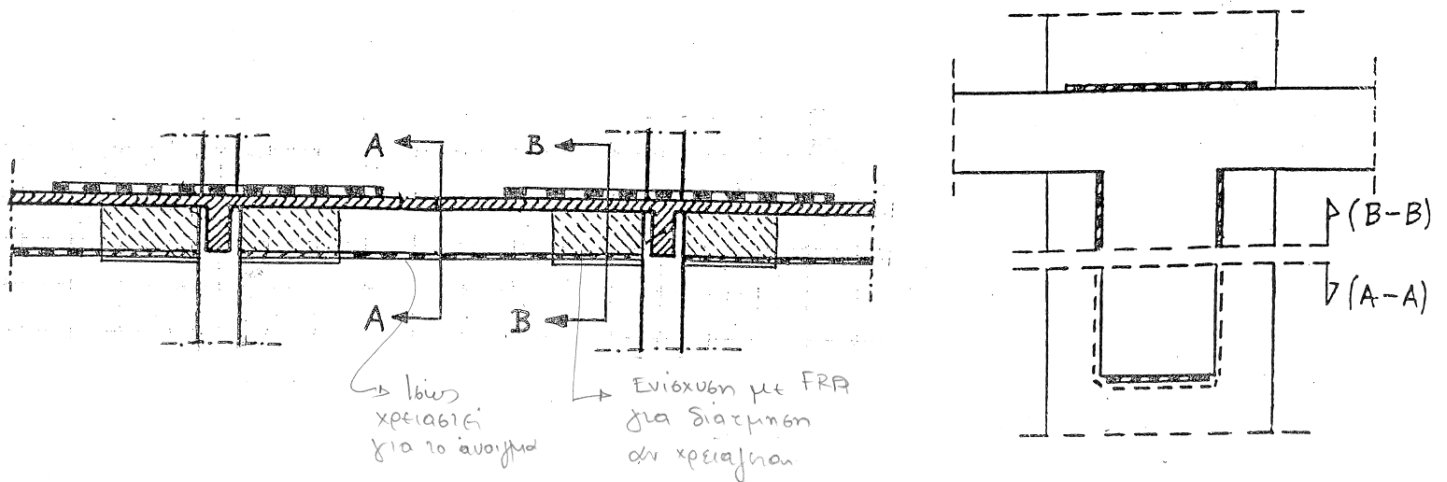


Σχ. 3 Τυπική οριζόντια ημιτομή κόμβου με μανδύα υποστυλώματος



Σχ. 4 Τυπική κατακόρυφη τομή δοκού με περιμετρικό μανδύα

Παρέμβλημα -> ανή να βάλω υποστυζ.



Σχ. 5 Ενδεικτική όψη και τομή δοκού με ενισχύσεις FRPs

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών
«Αντισεισμικός Σχεδιασμός Τεχνικών Έργων»

**Μάθημα: «Βλάβες από σεισμό – Επισκευές –
Ενισχύσεις – Διαχείριση σεισμικού κινδύνου»
(Α.Σ.Τ.Ε. 6)**

ΘΕΜΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

«Ενίσχυση τριώροφου κτιρίου»

Υπεύθυνοι Θέματος:

Πενέλης Γ.
Στυλιανίδης Κ.
Ιγνατάκης Χ.

Μεταπτυχιακοί Φοιτητές:

Μουρελάτος Ηλίας
Οικονόμου Θεμιστοκλής

1. Εισαγωγικά στοιχεία

1.1. Γενικές παραδοχές

1.1.1. Φορέας

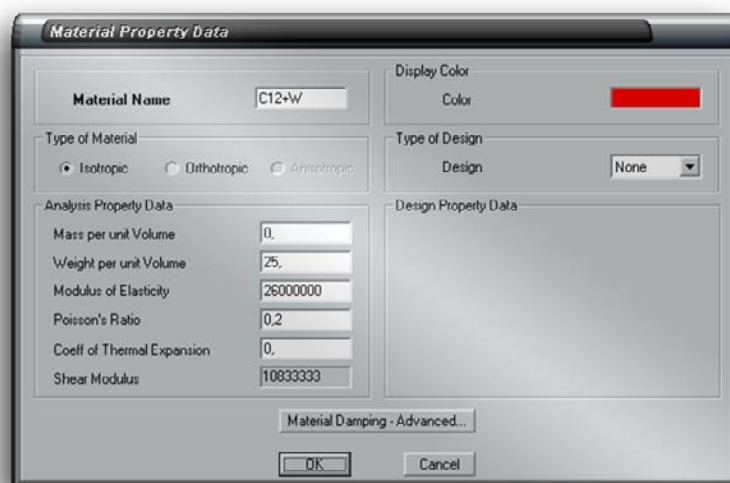
Η συνολική δυσκαμψία του φορέα στο χώρο προσομοιώνεται με το άθροισμα των δυσκαμψιών τριών συνεπίπεδων πλαισίων τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με άκαμπτους συνδέσμους. Τα πλαίσια αυτά θεωρούνται πλήρως πακτωμένα στο έδαφος, λόγω άκαμπτης θεμελίωσης.

1.2. Δεδομένα ανωδομής

1.2.1. Υλικά

1.2.1.1. C12+W

- Σκυρόδεμα C12/15. Περιλαμβάνει το βάρος σκυροδέματος ανά μονάδα όγκου. Χρησιμοποιήθηκε στα frame sections των υποστυλωμάτων για τον αυτόματο υπολογισμό του ίδιου βάρους τους. Δεν λήφθηκε υπόψη μάζα σκυροδέματος ανά μονάδα όγκου. Ο δείκτης Poisson είναι 0,2, το μέτρο ελαστικότητας είναι 26×10^6 KN/m², ενώ ο δείκτης θερμικής διαστολής θεωρήθηκε ίσος με το μηδέν.



1.2.1.2. C12-W

- Σκυρόδεμα C12/15. Δεν περιλαμβάνει το βάρος σκυροδέματος ανά μονάδα όγκου. Χρησιμοποιήθηκε στα frame sections των δοκών (τα ίδια βάρη τους υπολογίστηκαν μέσω αντιστοιχών φορτιστικών καταστάσεων και όχι αυτόματα). Δεν λήφθηκε υπόψη μάζα σκυροδέματος ανά μονάδα όγκου. Ο δείκτης Poisson είναι 0,2, το μέτρο ελαστικότητας είναι 26×10^6 KN/m², ενώ ο δείκτης θερμικής διαστολής θεωρήθηκε ίσος με το μηδέν.

Material Property Data

Material Name: C12-W

Display Color: Color (Green)

Type of Material: Isotropic Orthotropic Anisotropic

Type of Design: Design (None)

Analysis Property Data:

Mass per unit Volume	0.
Weight per unit Volume	0.
Modulus of Elasticity	26000000
Poisson's Ratio	0,2
Coeff of Thermal Expansion	0.
Shear Modulus	10833333

Design Property Data:

Material Damping - Advanced... (button)

OK Cancel (buttons)

1.2.1.3. C20

- Σκυρόδεμα C20/25. Περιλαμβάνει το βάρος σκυροδέματος ανά μονάδα όγκου. Χρησιμοποιήθηκε στα frame sections του τοιχείου για τον αυτόματο υπολογισμό του ίδιου βάρους του. Δεν λήφθηκε υπόψη μάζα σκυροδέματος ανά μονάδα όγκου. Ο δείκτης Poisson είναι 0,2, το μέτρο ελαστικότητας είναι 26×10^6 KN/m², ενώ ο δείκτης θερμικής διαστολής θεωρήθηκε ίσος με το μηδέν.

Material Property Data

Material Name: C20

Display Color: Color (Blue)

Type of Material: Isotropic Orthotropic Anisotropic

Type of Design: Design (Steel)

Analysis Property Data:

Mass per unit Volume	0.
Weight per unit Volume	25.
Modulus of Elasticity	29000000
Poisson's Ratio	0,2
Coeff of Thermal Expansion	0.
Shear Modulus	12083333

Design Property Data:

Minimum Yield Stress, Fy	248211,28
Minimum Tensile Stress, Fu	399896.

Material Damping - Advanced... (button)

OK Cancel (buttons)

1.2.1.4. C12>20-W

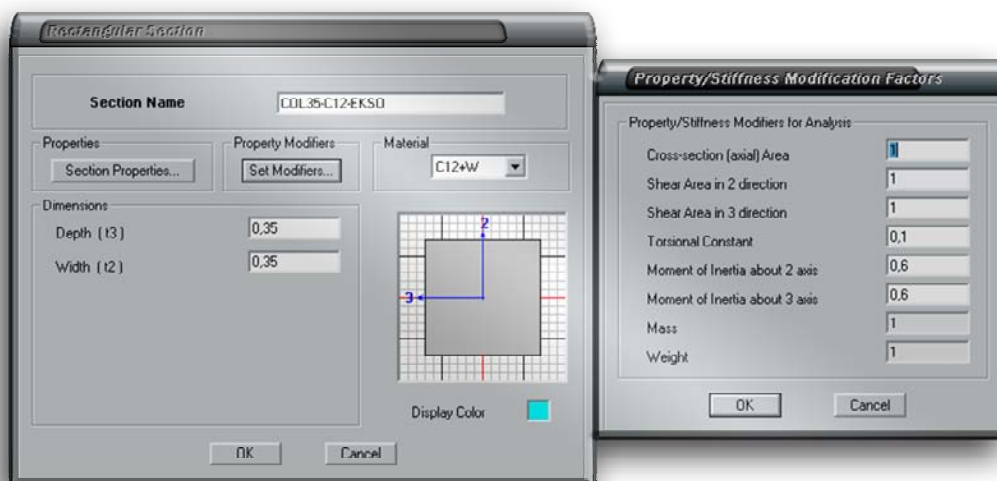
- Υλικό που με προσεγγιστικό τρόπο προσεγγίζει τις ιδιότητες μικτής διατομής δοκών από σκυρόδεμα C12/15 και C20/25. Δεν περιλαμβάνει το βάρος σκυροδέματος ανά μονάδα όγκου. Χρησιμοποιήθηκε στα frame sections των ενισχυμένων με μανδύα δοκών (τα ίδια βάρη τους υπολογίστηκαν μέσω αντιστοιχών φορτιστικών καταστάσεων και όχι αυτόματα). Δεν λήφθηκε υπόψη μάζα σκυροδέματος ανά μονάδα όγκου. Ο δείκτης Poisson είναι 0,2, το μέτρο ελαστικότητας είναι περίπου $27,3 \times 10^6$ KN/m² (γραμμική παρεμβολή βάσει ποσοστών όγκου), ενώ ο δείκτης θερμικής διαστολής θεωρήθηκε ίσος με το μηδέν.

Material Property Data	
Material Name	C12>20-W
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic <input type="radio"/> Anisotropic
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	0.
Weight per unit Volume	0.
Modulus of Elasticity	27358929
Poisson's Ratio	0.2
Coeff of Thermal Expansion	0.
Shear Modulus	11357887
Design Property Data	
Material Damping - Advanced...	
OK	Cancel

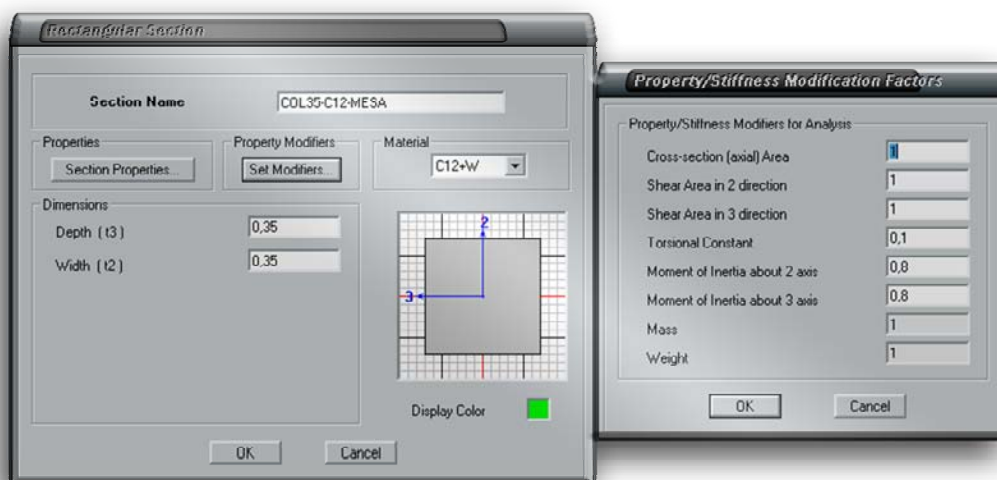
1.2.2. Γεωμετρικά στοιχεία διατομών- Προσομοιώσεις

1.2.2.1. Υποστυλώματα

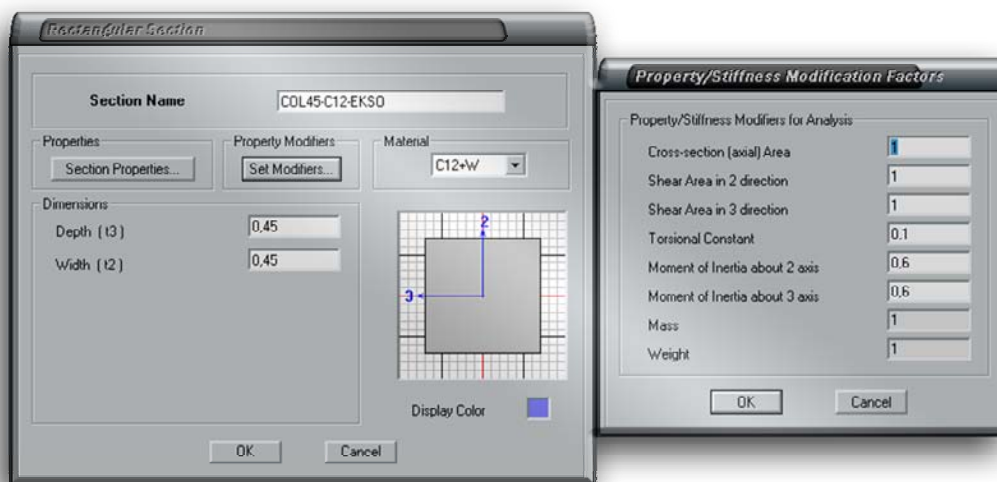
- **COL35-C12-EKSO.** Εξωτερικό υποστυλώμα 35×35 3^{ου} ορόφου το οποίο προσομοιώθηκε με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Ανήκει στο υλικό C12+W, ενώ οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια 10%, Καμπτική δυσκαμψία 60%) λήφθηκαν από EAK §3.2.3.[2]



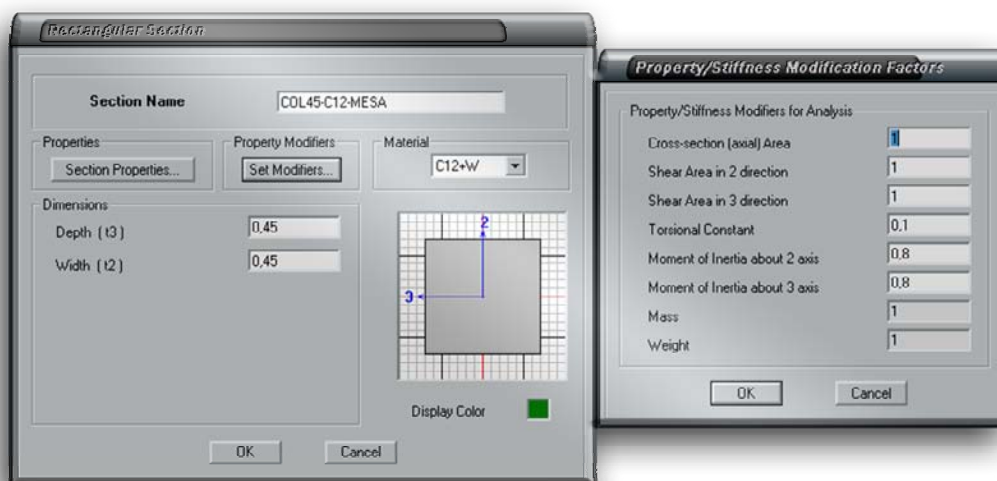
- **COL35-C12-MESA.** Εσωτερικό υποστυλώμα 35×35 3^{ου} ορόφου το οποίο προσομοιώθηκε με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Ανήκει στο υλικό C12+W, ενώ οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια 10%, Καμπτική δυσκαμψία 80%) λήφθηκαν από EAK §3.2.3.[2]



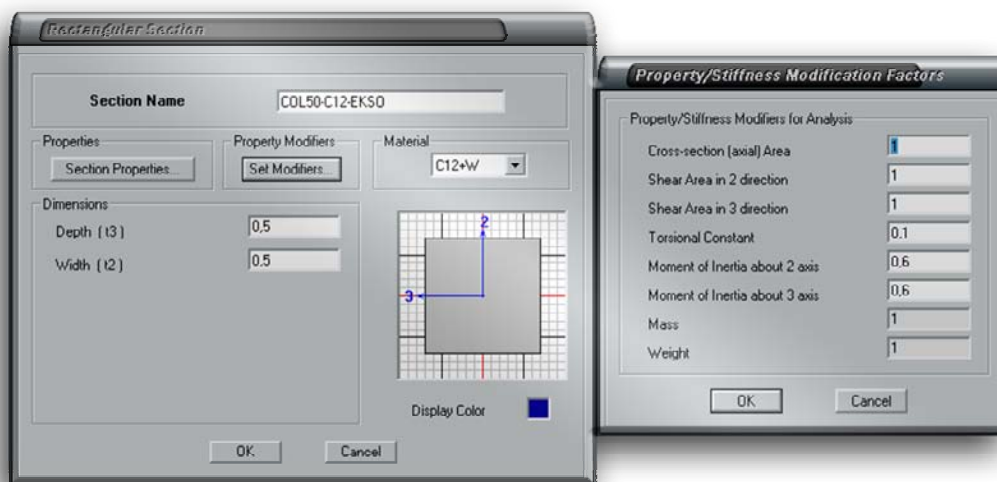
- **COL45-C12-EKSO.** Εξωτερικό υποστύλωμα 45×45 2^{ου} ορόφου το οποίο προσομοιώθηκε με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Ανήκει στο υλικό **C12+W**, ενώ οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **60%**) λήφθηκαν από *EAK §3.2.3.[2]*



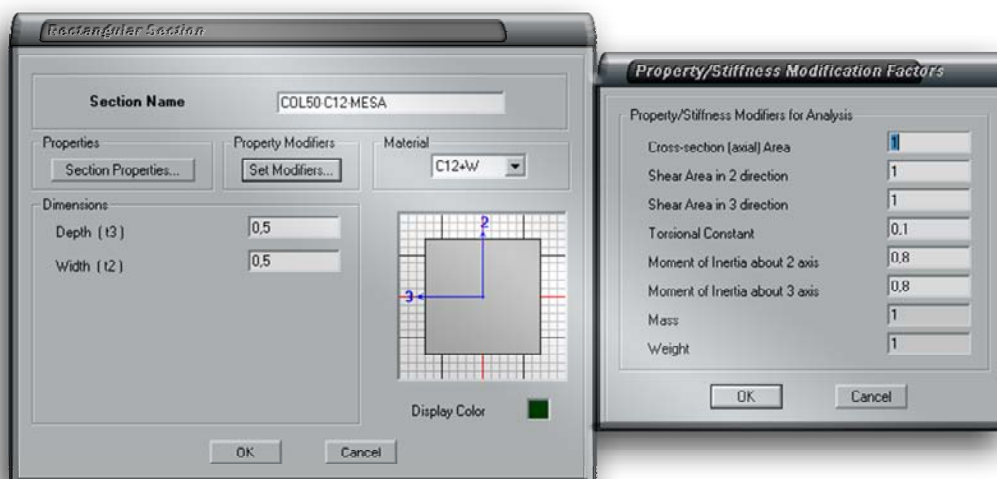
- **COL45-C12-MESA.** Εσωτερικό υποστύλωμα 45×45 2^{ου} ορόφου το οποίο προσομοιώθηκε με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Ανήκει στο υλικό **C12+W**, ενώ οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **80%**) λήφθηκαν από *EAK §3.2.3.[2]*



- **COL50-C12-EKSO.** Εξωτερικό υποστύλωμα 50×50 1^{ου} ορόφου το οποίο προσομοιώθηκε με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Ανήκει στο υλικό **C12+W**, ενώ οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **60%**) λήφθηκαν από *EAK §3.2.3.[2]*



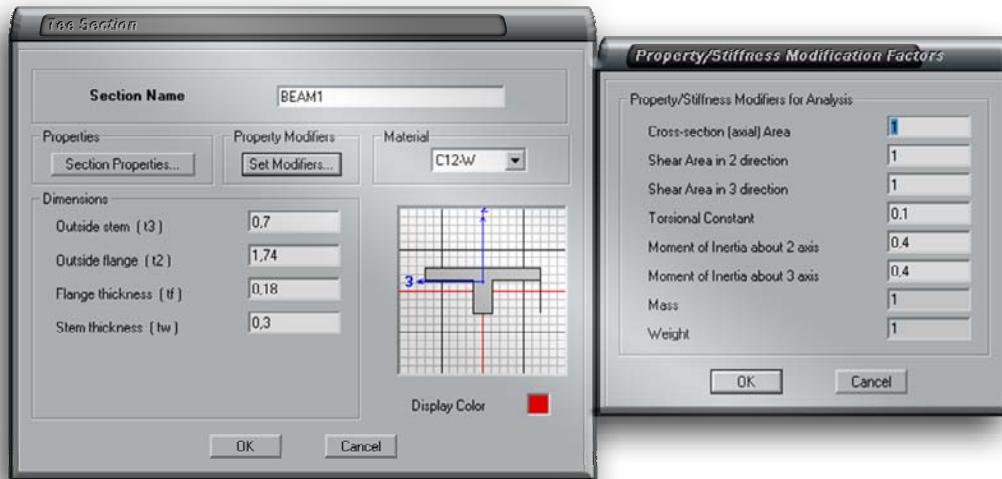
- **COL50-C12-MESA.** Εσωτερικό υποστύλωμα 50×50 1^{ου} ορόφου το οποίο προσομοιώθηκε με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία. Ανήκει στο υλικό **C12+W**, ενώ οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **80%**) λήφθηκαν από *EAK §3.2.3.[2]*



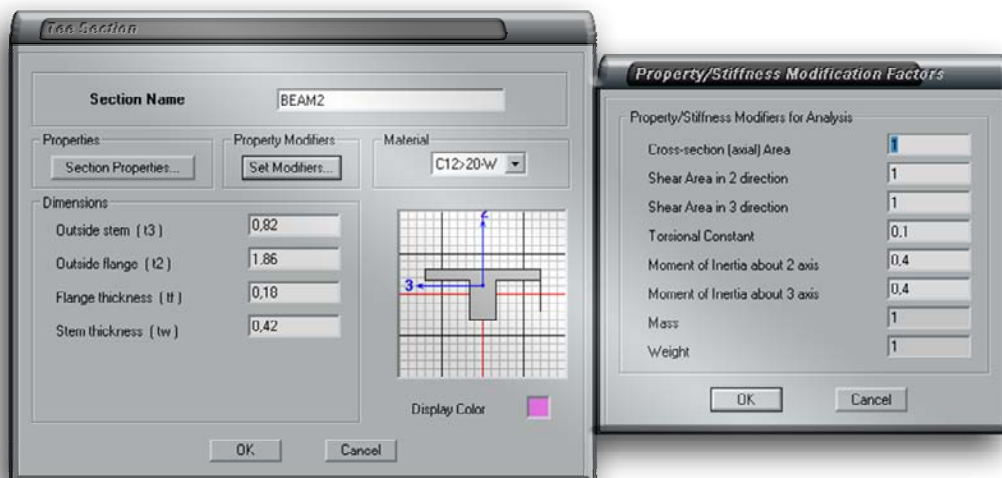
1.2.2.2. Δοκοί

Σημείωση: Οι δοκοί στο θέμα μας έχουν μορφή μόνο T (αμφίπλευρες δοκοί). Πλευρικές δοκοί μορφής Γ υπάρχουν κατά τη διεύθυνση X-X, η οποία δεν εξετάζεται.

- **BEAM1. Δοκός 30×70 1^{ης} επίλυσης.** Το υλικό της διατομής είναι το **C12-W**. Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§3.2.3.[2]), είναι: $b_m = 8h_F + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \rightarrow b_m = 1,74m$. Οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **40%**) λήφθηκαν από ΕΑΚ §3.2.3.[2]

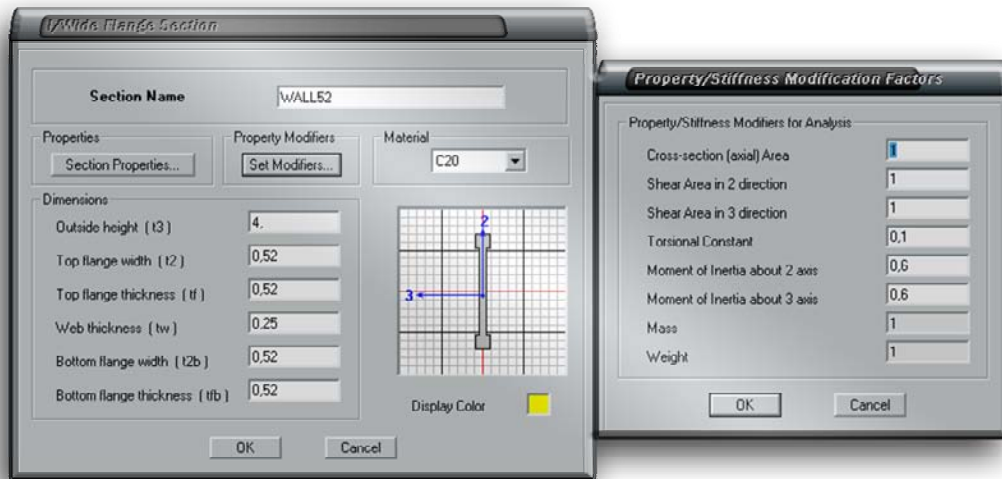


- **BEAM2. Δοκός 42×82 2^{ης} επίλυσης για το πλαίσιο με τα εμφανιζόμενα τοιχώματα μόνο.** Το υλικό της διατομής είναι το **C12>20-W**. Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με το ΕΑΚ (§3.2.3.[2]), είναι: $b_m = 8h_F + b_w = 8 \times 0,18 + 0,42 \rightarrow b_m = 1,86m$. Οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **40%**) λήφθηκαν από ΕΑΚ §3.2.3.[2]

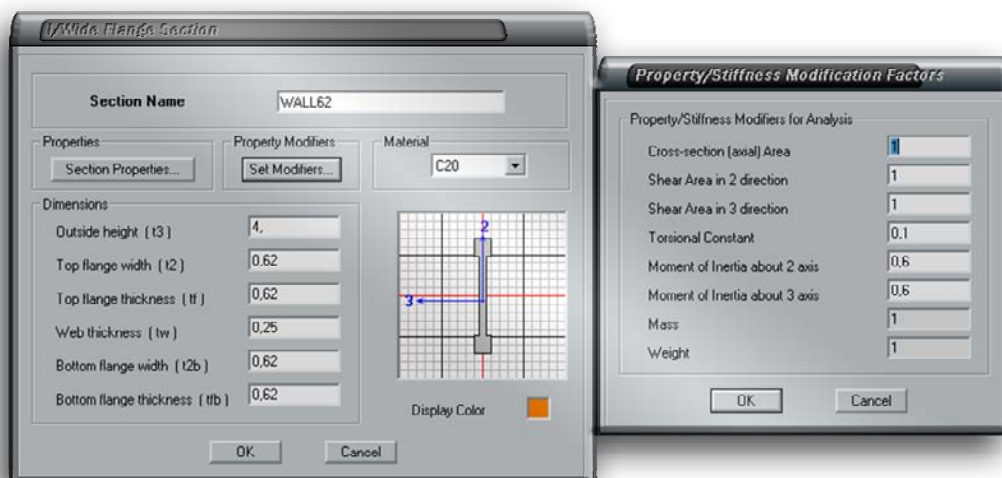


1.2.2.3. Τοιχεία

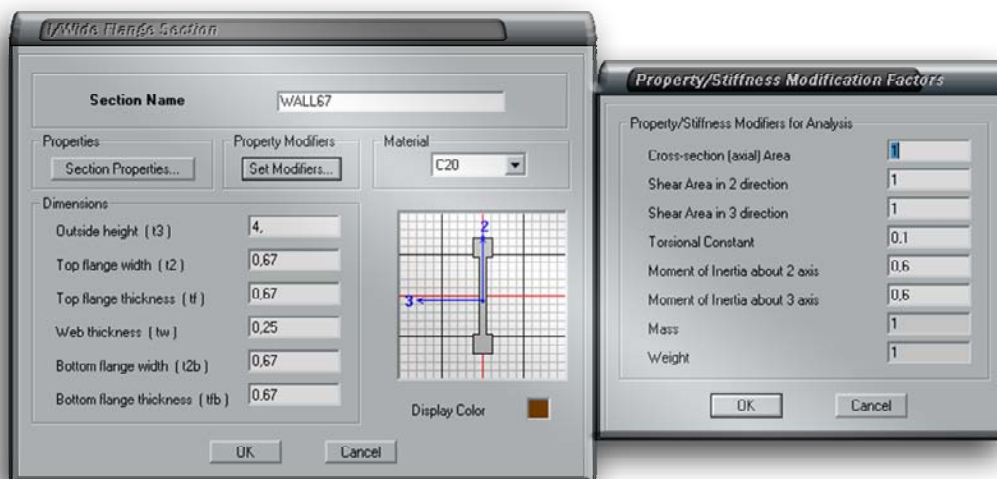
- WALL52. Εμφατινόμενο τοιχείο 3^{ου} ορόφου.** Χρησιμοποιείται και στις δύο επιλύσεις. Περιέχει κρυφοκολώνες οι οποίες είναι στην ουσία τα αντίστοιχα υποστυλώματα του ορόφου (35×35) μαζί με τον ελάχιστο μανδύα του κανονισμού (50mm μανδύας και 35mm επικάλυψη). Το υλικό της διατομής είναι το **C20**. Το μήκος του τοιχείου είναι **4 m** ενώ το πάχος του είναι **25 cm**. Οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **60%**) λήφθηκαν από *EAK §3.2.3.[2]*



- WALL62. Εμφατινόμενο τοιχείο 2^{ου} ορόφου.** Χρησιμοποιείται και στις δύο επιλύσεις. Περιέχει κρυφοκολώνες οι οποίες είναι στην ουσία τα αντίστοιχα υποστυλώματα του ορόφου (45×45) μαζί με τον ελάχιστο μανδύα του κανονισμού (50mm μανδύας και 35mm επικάλυψη). Το υλικό της διατομής είναι το **C20**. Το μήκος του τοιχείου είναι **4 m** ενώ το πάχος του είναι **25 cm**. Οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **60%**) λήφθηκαν από *EAK §3.2.3.[2]*

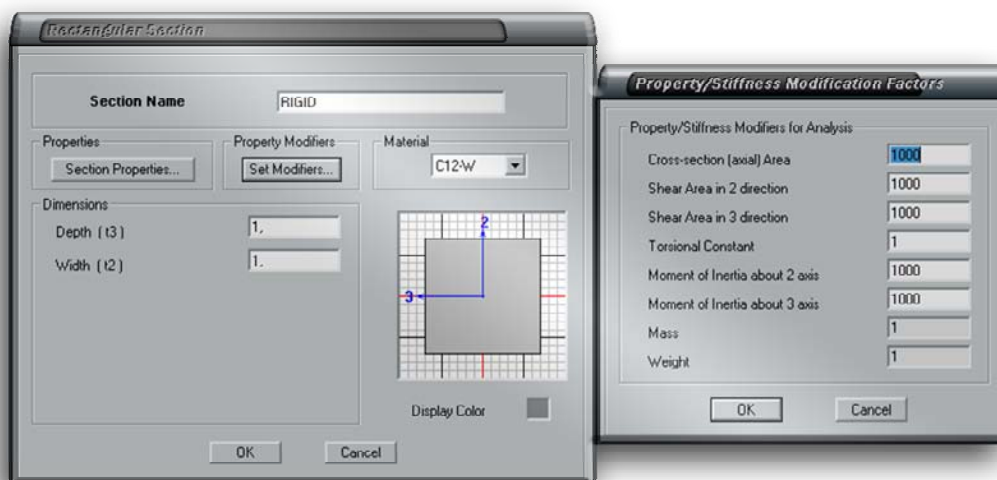


- **WALL67. Εμφατινόμενο τοιχείο 1^{ου} ορόφου.** Χρησιμοποιείται και στις δύο επιλύσεις. Περιέχει κρυφοκολώνες οι οποίες είναι στην ουσία τα αντίστοιχα υποστυλώματα του ορόφου (50×50) μαζί με τον ελάχιστο μανδύα του κανονισμού (50mm μανδύας και 35mm επικάλυψη). Το υλικό της διατομής είναι το **C20**. Το μήκος του τοιχείου είναι **4 m** ενώ το πάχος του είναι **25 cm**. Οι μειωτικοί συντελεστές (στρεπτική αδράνεια **10%**, Καμπτική δυσκαμψία **60%**) λήφθηκαν από *EAK §3.2.3.[2]*



1.2.2.4. Στερεές Ζώνες

- **RIGID. Στερεή ζώνη.** Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του frame section του τοιχείου με τις αντίστοιχες δοκούς, καθώς και για την σύνδεση των τριών πλαισίων μεταξύ τους. Χρησιμοποιήθηκε διατομή **1m×1m**, με όλες τις ιδιότητες (πλην της στρεπτικής αδρανείας) πολλαπλασιασμένες με έναν συντελεστή **1000**.



1.2.3. Φορτία πλακών δαπέδων και τοιχοποιϊών

1.2.3.1. Μόνιμο φορτίο τοιχοποιϊών

Θεωρούμε μόνιμο βάρος λόγω τοιχοποιϊας 2KN/m^2 .

1.2.3.2. Μόνιμο φορτίο πλακών

Οι πλάκες έχουν πάχος $0,18\text{m}$, οπότε το αντίστοιχο μόνιμο φορτίο είναι $0,18 \times 25 = 4,5\text{KN/m}^2$.

1.2.3.3. Πρόσθετο μόνιμο φορτίο

Από την εκφώνηση δίδεται πρόσθετο μόνιμο φορτία $g' = 3,5\text{KN/m}^2$.

1.2.3.4. Συνολικό μόνιμο φορτίο

Το συνολικό μόνιμο φορτίο είναι $G=2,0+4,5+3,5 \rightarrow G=10\text{KN/m}^2$.

1.2.3.5. Συνολικό κινητό φορτίο

Το συνολικό κινητό φορτίο έχει δοθεί από την εκφώνηση ίσο με $Q=3,5\text{KN/m}^2$.

1.2.4. Λεπτομέρειες μόρφωσης μοντέλου προσομοίωσης

Έγινε θεώρηση ατενούς διαφράγματος στις στάθμες των ορόφων με χρήση της ενσωματωμένης δυνατότητας του προγράμματος SAP2000 μέσω του block "Constraint". Οι στάθμες του ατενούς διαφράγματος ελήφθησαν στο επίπεδο του Κ.Β. της διατομής των πλακοδοκών.

1.3. Αδρανειακή προσομοίωση

1.3.1. Παραδοχές

Η συνολική μάζα του κάθε ορόφου θεωρείται συγκεντρωμένη στο γεωμετρικό κέντρο βάρους M του αντίστοιχου ατενούς διαφράγματος. Η συνολική μάζα του κάθε ορόφου συντίθεται από:

- Τη μάζα των πλακών και των δοκών του ορόφου συμπεριλαμβανομένων και των επιστρώσεων.
- Τη μάζα των υποκείμενων και των υπερκείμενων υποστυλωμάτων μέχρι το μέσο του ύψους τους.

- Τη μάζα του υποκείμενου και του υπερκείμενου τοιχείου μέχρι το μέσο του ύψους του.
- Τη μάζα που αντιστοιχεί στο 30% του ωφέλιμου φορτίου

1.3.2. Αναλυτικός υπολογισμός μαζών–Συνολική μάζα κάθε ορόφου

1.3.2.1. Μάζες Επιμέρους Δομικών Στοιχείων

Σημείωση: Οι μάζες της πλάκας διαπέδου του ισογείου, των πεδιλοδοκών και του τοιχείου του ισογείου δεν συμπεριλαμβάνονται στην ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής. Ως στάθμη ο θεωρήθηκε το επίπεδο του εδάφους.

1.3.2.2. 1^{ος} όροφος:

{1} Πλάκα

ίδιο βάρος πλάκας: $4 \Pi_1 + 2 \Pi_2 + [4 \times (1/2 \times \Pi_1) + 2 \times (1/2 \times \Pi_2)] =$

$\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 0,18 \times 25 = 1296 \text{ KN}$

επίστρωση: $\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 3,5 = 1008 \text{ KN}$

Ωφέλιμο φορτίο: $\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 3,5 = 1008 \text{ KN}$

{2} Κρεμάσεις δοκών (όλες 30×70)

I.B. 14(δοκών των 6μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times 6,0 = 23,4 \text{ KN}$

I.B. 3 (δοκών των 4μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times 4,0 = 15,6 \text{ KN}$

I.B. 8 (δοκών των 1/2×6μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times (1/2) \times 6 = 11,7 \text{ KN}$

{3} Στύλοι

I.B. στύλων 2^{ου} ορόφου (45×45)(10 στύλοι): $0,45 \times 0,45 \times 25 \times (3,75/2) = 9,49 \text{ KN}$

I.B. στύλων 2^{ου} ορόφου (50×50)(10 στύλοι): $0,50 \times 0,50 \times 25 \times (3,75/2) = 11,72 \text{ KN}$

I.B. στύλων 2^{ου} ορόφου (62×62)(2 στύλοι): $0,62 \times 0,62 \times 25 \times (3,75/2) = 18,02 \text{ KN}$

I.B. στύλων 2^{ου} ορόφου (67×67)(2 στύλοι): $0,67 \times 0,67 \times 25 \times (3,75/2) = 21,04 \text{ KN}$

{4} Τοιχείο

I.B. τοιχείου 2^{ου} ορόφου: $6 \times 0,30 \times 25 \times (3,75/2) = 84,375 \text{ KN}$

I.B. τοιχείου 2^{ου} ορόφου: $6 \times 0,30 \times 25 \times (3,75/2 - 0,7) = 52,875 \text{ KN}$

Συνολικό μόνιμο: $G = (1296 + 1008) + (14 \times 23,4 + 3 \times 15,6 + 8 \times 11,7)$

$+ (10 \times 9,49 + 10 \times 11,72 + 2 \times 18,02 + 2 \times 21,04) + (84,375 + 52,875) = 3199,47 \text{ KN}$

Συνολικό κινητό: $Q = 1008 \text{ KN}$

$G + 0,3Q = 3199,47 + 0,3 \times 1008 = 3501,87 \text{ KN}$

$m = 3501,87 / 9,81 \rightarrow m = 356,97 \text{ t}$

$J_m = 356,97 \times (18^2 + 16^2) / 12 \rightarrow J_m = 17253,55 \text{ t} \times \text{m}^2.$

1.3.2.3. 2^{ος} όροφος:**{1} Πλάκα**

ίδιο βάρος πλάκας: $4 \Pi_1 + 2 \Pi_2 + [4x(1/2x\Pi_1) + 2x(1/2x\Pi_2) =$

$\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 0,18 \times 25 = 1296 \text{ KN}$

επίστρωση: $\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 3,5 = 1008 \text{ KN}$

Ωφέλιμο φορτίο: $\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 3,5 = 1008 \text{ KN}$

{2} Κρεμάσεις δοκών (όλες 30×70)

I.B. 14(δοκών των 6μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times 6,0 = 23,4 \text{ KN}$

I.B. 3 (δοκών των 4μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times 4,0 = 15,6 \text{ KN}$

I.B. 8 (δοκών των 1/2×6μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times (1/2) \times 6 = 11,7 \text{ KN}$

{3} Στύλοι

I.B. στύλων 2^{ου} ορόφου (35x35)(10 στύλοι): $0,35 \times 0,35 \times 25 \times (3,75/2) = 5,74 \text{ KN}$

I.B. στύλων 2^{ου} ορόφου (45x45)(10 στύλοι): $0,45 \times 0,45 \times 25 \times (3,75/2) = 9,49 \text{ KN}$

I.B. στύλων 2^{ου} ορόφου (52x52)(2 στύλοι): $0,52 \times 0,52 \times 25 \times (3,75/2) = 12,675 \text{ KN}$

I.B. στύλων 2^{ου} ορόφου (62x62)(2 στύλοι): $0,62 \times 0,62 \times 25 \times (3,75/2) = 18,02 \text{ KN}$

{4} Τοίχειο

I.B. τοιχείου 2^{ου} ορόφου : $6 \times 0,30 \times 25 \times (3,75/2) = 84,375 \text{ KN}$

I.B. τοιχείου 2^{ου} ορόφου : $6 \times 0,30 \times 25 \times (3,75/2 - 0,7) = 52,875 \text{ KN}$

Συνολικό μόνιμο: $G = (1296 + 1008) + (14 \times 23,4 + 3 \times 15,6 + 8 \times 11,7)$

$+ (10 \times 5,74 + 10 \times 9,49 + 2 \times 12,675 + 2 \times 18,02) + (84,375 + 52,875) = 3122,94 \text{ KN}$

Συνολικό κινητό: $Q = 1008 \text{ KN}$

$G + 0,3Q = 3122,94 + 0,3 \times 1008 = 3425,34 \text{ KN}$

$m = 3425,34 / 9,81 = 349,17 \text{ t}$

$J_m = 349,17 \times (18^2 + 16^2) / 12 \rightarrow J_m = 16876,55 \text{ t} \times \text{m}^2.$

1.3.2.4. 3^{ος} όροφος:**{1} Πλάκα**

ίδιο βάρος πλάκας: $4 \Pi_1 + 2 \Pi_2 + [4x(1/2x\Pi_1) + 2x(1/2x\Pi_2) =$

$\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 0,18 \times 25 = 1296 \text{ KN}$

επίστρωση: $\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 3,5 = 1008 \text{ KN}$

Ωφέλιμο φορτίο: $\{4 \times (6 \times 6) + 2 \times (6 \times 4) + [4 \times (1/2) \times (6 \times 6) + 2 \times (1/2) \times (4 \times 6)]\} \times 3,5 = 1008 \text{ KN}$

{2} Κρεμάσεις δοκών (όλες 30×70)

I.B. 14(δοκών των 6μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times 6,0 = 23,4 \text{ KN}$

I.B. 3 (δοκών των 4μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times 4,0 = 15,6 \text{ KN}$

I.B. 8 (δοκών των 1/2×6μ): $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 25 \times (1/2) \times 6 = 11,7 \text{ KN}$

{3} Στύλοι

I.B. στύλων 3^{ου} ορόφου (35x35)(10 στύλοι) : $0,35 \times 0,35 \times 25 \times (3,75/2) = 5,74$ KN

I.B. στύλων 3^{ου} ορόφου (52x52)(2 στύλοι) : $0,52 \times 0,52 \times 25 \times (3,75/2) = 12,675$ KN

{4} Τοίχειο

I.B. τοιχείου 3^{ου} ορόφου : $6 \times 0,30 \times 25 \times (3,75/2 - 0,7) = 52,875$ KN

Συνολικό μόνιμο: $G = (1296 + 1008) + (14 \times 23,4 + 3 \times 15,6 + 8 \times 11,7) + (10 \times 5,74 + 2 \times 12,675) + (52,875) = 2907,625$ KN

Συνολικό κινητό: $Q = 1008$ KN

$G + 0,3Q = 2907,625 + 0,3 \times 1008 = 3210,025$ KN

$m = 3210,025 / 9,81 = 327,22$ t

$J_m = 327,22 \times (18^2 + 16^2) / 12 \rightarrow J_m = 15815,62$ t \times m².

Συνολική μάζα όλων των ορόφων: $M = 356,97 + 349,17 + 327,22 \rightarrow M = 1033,36$ t

	Μάζα (t)	Μαζική ροπή αδράνειας (t \times m ²)
1 ^{ος} όροφος	356,97	17253,55
2 ^{ος} όροφος	349,17	16876,55
3 ^{ος} όροφος	327,22	15815,62
Σύνολο	1033,36	

Σημείωση: Για τη δεύτερη επίλυση, θεωρήσαμε ότι οι μάζες παραμένουν αμετάβλητες, παρά την εισαγωγή μανδυνών στις δοκούς, αφού η αλλαγή στα αντίστοιχα αποτελέσματα είναι αμελητέα.

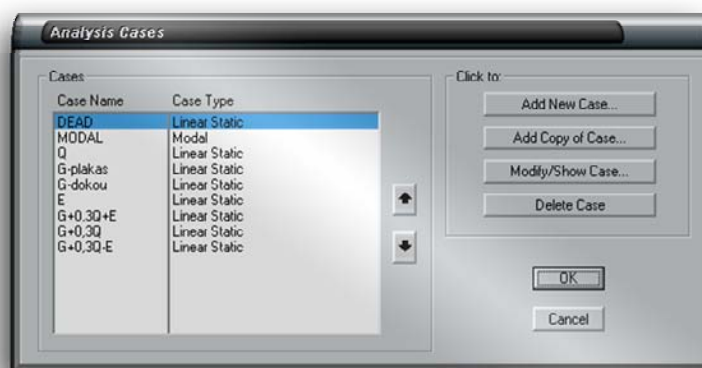
1.4. Φορτίσεις δομικών στοιχείων

1.4.1. Φορτιστικές καταστάσεις

Έχουμε **4 φορτιστικές καταστάσεις**: Την **G-plakas** (φόρτιση από ίδια βάρη πλακών), την **G-dokou** (φόρτιση από ίδια βάρη δοκών), την **Q** (Κινητά φορτία) και την **E** (σεισμικά φορτία με κατανομή 1ης ιδιομορφής).

1.4.2. Συνδυασμοί Ανάλυσης

Εκτός των ανωτέρω 4 φορτιστικών καταστάσεων, έχουμε επίσης και τους εξής συνδυασμούς ανάλυσης:



- **MODAL.** Ιδιομορφική ανάλυση με eigen vectors 3 ιδιομορφών.

Analysis Case Data - Modal

Analysis Case Name: MODAL [Set Def Name]

Analysis Case Type: Modal

Stiffness to Use:

- Zero Initial Conditions - Unstressed State
- Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Type of Modes:

- Eigen Vectors
- Ritz Vectors

Number of Modes:

Maximum Number of Modes: 3

Minimum Number of Modes: 1

Loads Applied:

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Frequency Shift (Center): 0.

Cutoff Frequency (Radius): 0.

Convergence Tolerance: 1,000E-07

OK Cancel

- **G+0,3Q+E.**

Analysis Case Data - Linear Static

Analysis Case Name: G+0.3Q+E [Set Def Name]

Analysis Case Type: Static

Stiffness to Use:

- Zero Initial Conditions - Unstressed State
- Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type:

- Linear
- Nonlinear

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load	G-dokou	1.
Load	G-plakas	1.
Load	Q	0,3
Load	E	1.

Add Modify Delete

OK Cancel

- **G+0,3Q.**

Analysis Case Data - Linear Static

Analysis Case Name: G+0.3Q [Set Def Name]

Analysis Case Type: Static

Stiffness to Use:

- Zero Initial Conditions - Unstressed State
- Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type:

- Linear
- Nonlinear

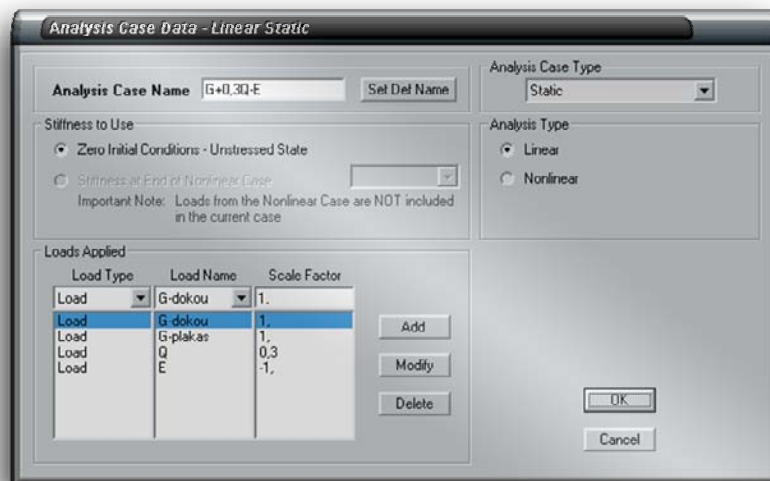
Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load	G-dokou	1.
Load	G-dokou	1.
Load	G-plakas	1.
Load	Q	0,3

Add Modify Delete

OK Cancel

- **G+0,3Q-E.**



1.4.3. Φόρτιση από ίδιο βάρος δοκών (νευρώσεις)

Στην **πρώτη επίλυση**, το ίδιο βάρος των δοκών (φόρτιση **G-dokou**) είναι ίσο με $0,30 \times (0,70 - 0,18) \times 1 \times 25 = 3,90 \text{ kN/m}$, το οποίο κατανέμεται ισοδύναμα σε όλες τις δοκούς.

Επίσης, η τέμνουσα που μεταφέρουν οι εγκάρσιες δοκοί ως αξονικό υποστυλωμάτων είναι $3,90 \times [2 \times (6\text{m}/2)] = 23,40 \text{ KN}$.

Στη **δεύτερη επίλυση**, λόγω αύξησης της διατομής της δοκού από 30×70 σε 42×82 , το ίδιο βάρος των δοκών (φόρτιση **G-dokou**) είναι ίσο με $0,42 \times (0,82 - 0,18) \times 1 \times 25 = 6,72 \text{ kN/m}$, το οποίο κατανέμεται ισοδύναμα σε όλες τις δοκούς.

Επίσης, η τέμνουσα που μεταφέρουν οι εγκάρσιες δοκοί ως αξονικό υποστυλωμάτων είναι $6,72 \times [2 \times (6\text{m}/2)] = 40,32 \text{ KN}$.

1.4.4. Φόρτιση από ίδιο βάρος πλακών

$g = 10,00 \text{ kN/m}^2$.

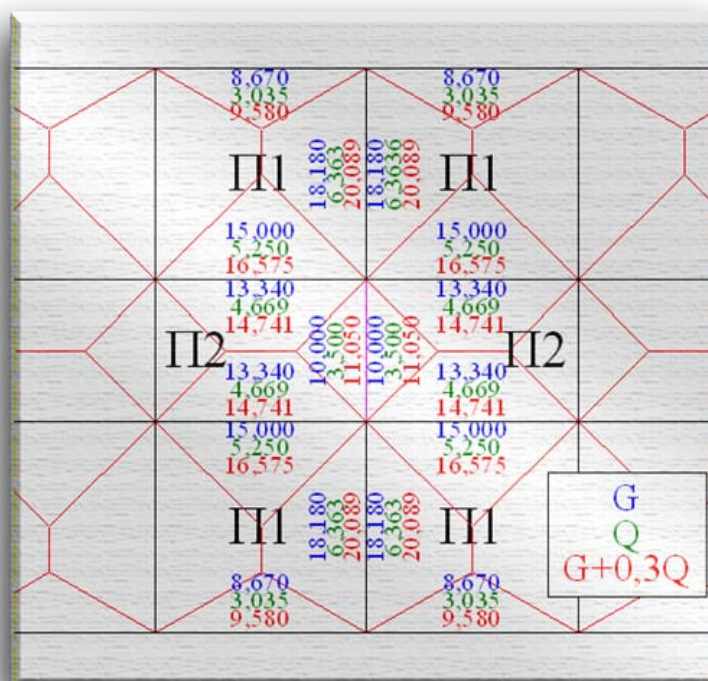
$q = 3,50 \text{ kN/m}^2$.

Ισχύει ότι $g^* = 1/2 \times g \times l_{\min}$ και $q^* = 1/2 \times q \times l_{\min}$.

Το φορτίο της πλάκας κατανέμεται σε κάθε όροφο σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα (βλ. τους πίνακες 2.16 ~ 2.19, σελ 56~59 βιβλίο Σιδηροπαγούς Σκυροδέματος ΙΙΙ):

g= 10,00		q= 3,50						Άνω	Κάτω	Αριστερά	Δεξιά	
Πλάκα	Τύπος	l _{min}	e (=l _{max} /l _{min})	g	q	g* (=1/2gl _{min})	q* (=1/2ql _{min})	λ ^ο _v	λ ^υ _v	λ ^γ _v	λ ^δ _v	
								ξ _{δοκού} [1]	ξ _{δοκού} [2]	ξ _{δοκού} [1]	ξ _{δοκού} [2]	
Π ₁	5β	6,00	1,0000	10,00	3,50	0,280	0,500	0,606	0,606	0,606	0,606	
				30,00	10,50	8,670	15,000	18,180	18,180	18,180	18,180	
		6,00	3,035	6,363	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900
Π ₂	6	4,00	1,5000	10,00	3,50	0,667	0,667	0,500	0,500	0,500	0,500	
				20,00	7,00	13,340	13,340	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
		6,00	4,669	3,500	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900

Συγκριτικά, παρουσιάζουμε στο παρακάτω σχέδιο τις φορτίσεις δοκών ανά τρέχον μέτρο για τις φορτίσεις G, Q και G+0,3Q:



Σημειώνουμε ότι τα φορτία των εγκάρσιων δοκών, ανάλογα με την επιφάνεια επιρροής τους μεταφέρονται ανάλογα ως αξονικά φορτία στους εκατέρωθεν των δοκών, στύλους. Οι φορτίσεις παρουσιάζονται παρακάτω σε συνοπτική μορφή:

		1 ^η επίλυση	2 ^η επίλυση
Κατανεμημένο εξωτερικών δοκών	G,plakas	36,360	36,360
	G,dokou	3,900	6,720
	Q	12,726	12,726
Κατανεμημένο εσωτερικών δοκών	G,plakas	20,000	20,000
	G,dokou	3,900	6,720
	Q	7,000	7,000
Αξονικά Στύλων Σ1 & Σ4	G,plakas	52,020	52,020
	G,dokou	23,400	40,320
	Q	18,207	18,207
Αξονικά Στύλων Σ2 & Σ3	G,plakas	170,040	170,040
	G,dokou	23,400	40,320
	Q	59,514	59,514

1.4.5. Φόρτιση από ίδιο βάρος στύλων

Το ίδιο βάρος των στύλων υπάρχει ενσωματωμένο στο υλικό (C12-W).

1.4.6. Φόρτιση από ίδιο βάρος τοιχωμάτων

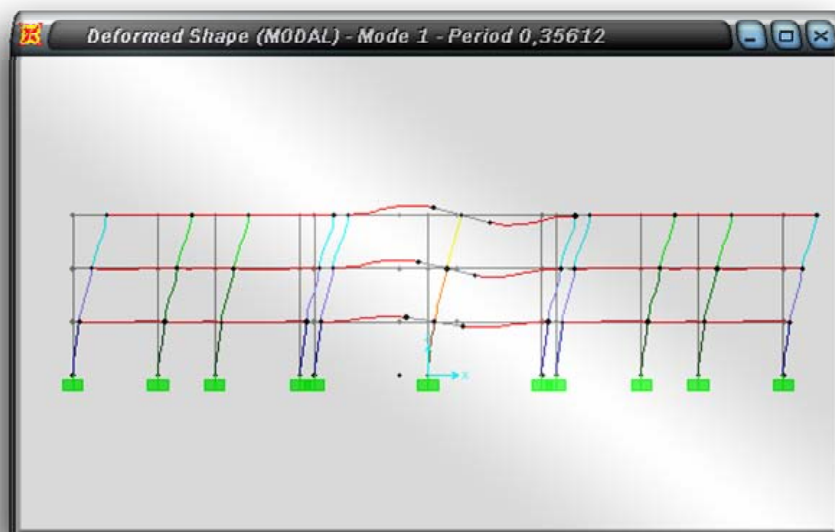
Το ίδιο βάρος των τοιχωμάτων υπάρχει ενσωματωμένο στο υλικό (C20).

1.4.7. Φόρτιση από ίδιο βάρος τοιχοποιϊών

Το ίδιο βάρος των τοιχοποιϊών υπάρχει ενσωματωμένο στα μόνιμα φορτία.

1.4.8. Προσδιορισμός της φόρτισης E για την 1^η επίλυση

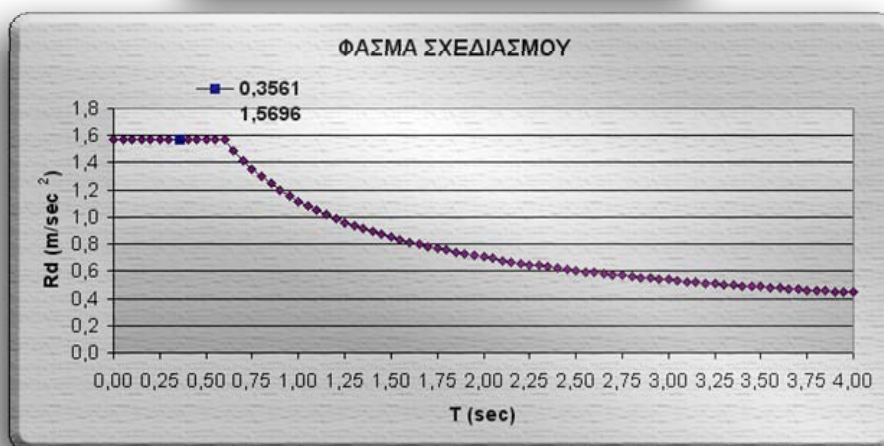
Γίνεται εκτέλεση ιδιομορφικής ανάλυσης του φορέα:



Θεμελιώδης Ιδιοπερίοδος: $T=0,35612$ sec.

Δεδομένα						
Έδαφος	Επικ (1-4)	γ_1	η	ζ (%)	θ	β_0
B	2	1,00	2,5	5	1,0	2,5

Υπολογισμός				
a	$A=a \cdot g$	η	T_1	T_2
0,16	1,5696	1	0,15	0,6



Ομαλοποιημένο; (1=Ναι, 0=Όχι)
0

$$R_d(T) = 1,5696 \text{ m/sec}^2.$$

Προτιμούμε τα αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης βάσει 1ης ιδιομορφής, από τη χρησιμοποίηση τριγωνικής φόρτισης, λόγω μεγαλύτερης αξιοπιστίας της πρώτης. Οι μετακινήσεις της 1ης ιδιομορφής δίνονται από το πρόγραμμα SAP 2000:

- 1ος όροφος: $\varphi_1^{(1)} = 0,008918$ $m_1 = 356,97$ tn.

- 2^{ος} όροφος: $\phi_2^{(1)} = 0,026432$ $m_2 = 349,17$ tn.
- 3^{ος} όροφος: $\phi_3^{(1)} = 0,047157$ $m_3 = 327,22$ tn.

Η συνολική τέμνουσα βάσης είναι: $V_o = R_d(T) \times M = 1,5696 \times 1033,36 \rightarrow V_o = 1621,962$ KN.

Η κατανομή της τέμνουσας βάσης στους ορόφους φαίνεται παρακάτω:

$$F_i = V_o \times \frac{m_i \times \phi_i}{\sum_j m_j \times \phi_j}$$

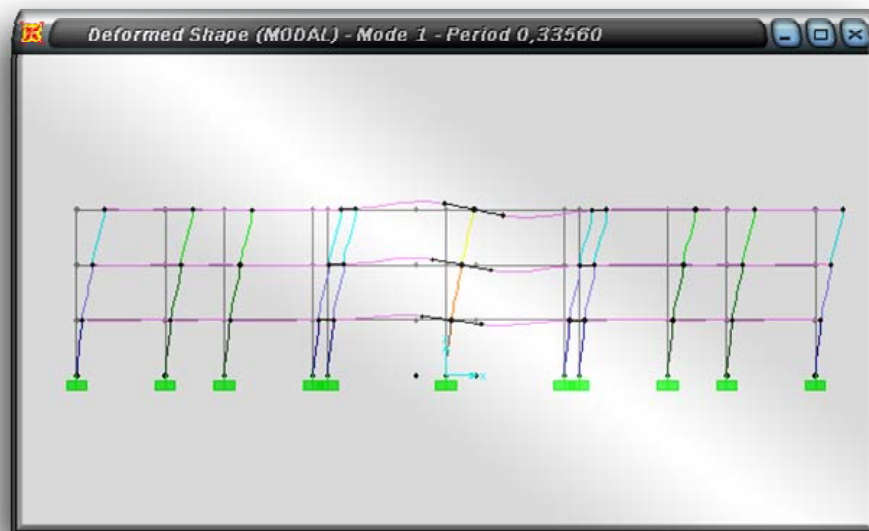
$$F_1 = V_o \times \frac{m_1 \times \phi_1}{m_1 \times \phi_1 + m_2 \times \phi_2 + m_3 \times \phi_3} \Rightarrow F_1 = 185,446 \text{ KN.}$$

$$F_2 = V_o \times \frac{m_2 \times \phi_2}{m_1 \times \phi_1 + m_2 \times \phi_2 + m_3 \times \phi_3} \Rightarrow F_2 = 537,632 \text{ KN.}$$

$$F_3 = V_o \times \frac{m_3 \times \phi_3}{m_1 \times \phi_1 + m_2 \times \phi_2 + m_3 \times \phi_3} \Rightarrow F_3 = 898,884 \text{ KN.}$$

1.4.9. Προσδιορισμός της φόρτισης E για την 2η επίλυση

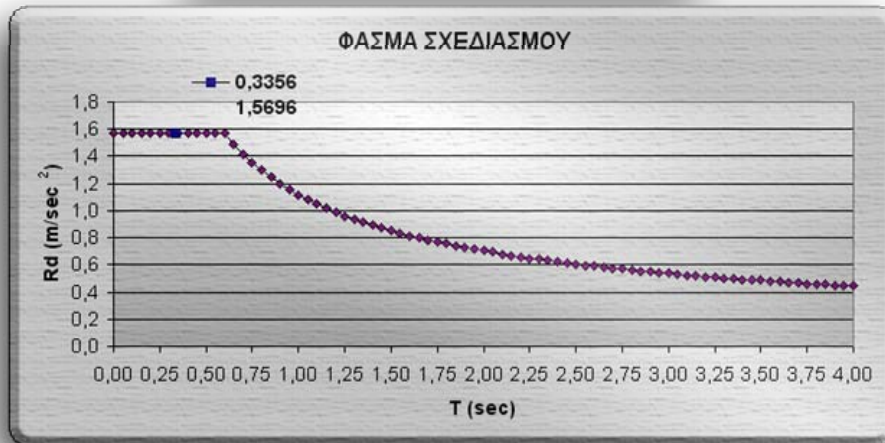
Γίνεται εκτέλεση ιδιομορφικής ανάλυσης του φορέα:



Θεμελιώδης Ιδιοπερίοδος: T=0,33560 sec.

Δεδομένα						
Έδαφος	Επικ (1-4)	γ_1	η	ζ (%)	θ	β_0
B	2	1,00	2,5	5	1,0	2,5

Υπολογισμός				
a	$A=a \cdot g$	η	T_1	T_2
0,16	1,5696	1	0,15	0,6



Ομαλοποιημένο; (1=Ναι, 0=Όχι)
0

$$R_d(T) = 1,5696 \text{ m/sec}^2.$$

Προτιμούμε τα αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης από τη χρησιμοποίηση τριγωνικής φόρτισης, λόγω μεγαλύτερης αξιοπιστίας της πρώτης. Οι μετακινήσεις της 1^{ης} ιδιομορφής είναι:

- 1^{ος} όροφος: $\phi_1^{(1)} = 0,009221$ $m_1 = 356,97 \text{ tn.}$
- 2^{ος} όροφος: $\phi_2^{(1)} = 0,026714$ $m_2 = 349,17 \text{ tn.}$
- 3^{ος} όροφος: $\phi_3^{(1)} = 0,046923$ $m_3 = 327,22 \text{ tn.}$

$$V_0 = R_d(T) \times M = 1,5696 \times 1033,36 \rightarrow V_0 = 1621,962 \text{ KN.}$$

$$F_i = V_0 \times \frac{m_i \times \phi_i}{\sum_j m_j \times \phi_j}$$

$$F_1 = V_0 \times \frac{m_1 \times \phi_1}{m_1 \times \phi_1 + m_2 \times \phi_2 + m_3 \times \phi_3} \Rightarrow F_1 = 190,855 \text{ KN.}$$

$$F_2 = V_0 \times \frac{m_2 \times \phi_2}{m_1 \times \phi_1 + m_2 \times \phi_2 + m_3 \times \phi_3} \Rightarrow F_2 = 540,841 \text{ KN.}$$

$$F_3 = V_0 \times \frac{m_3 \times \phi_3}{m_1 \times \phi_1 + m_2 \times \phi_2 + m_3 \times \phi_3} \Rightarrow F_3 = 890,266 \text{ KN.}$$

1.5. Διαγράμματα εντατικών μεγεθών 1ης επίλυσης

1.5.1. Συνδυασμός $G+0,3Q$

Παρατίθενται λόγω μεγέθους σε ξεχωριστό φύλλο.

1.5.2. Συνδυασμός $G+0,3Q+E$

Παρατίθενται λόγω μεγέθους σε ξεχωριστό φύλλο.

1.5.3. Συνδυασμός $G+0,3Q-E$

Παρατίθενται λόγω μεγέθους σε ξεχωριστό φύλλο.

Λόγω συμμετρίας του φορέα τα διαγράμματα εντατικών μεγεθών του συνδυασμού $G+0,3Q+E$, είναι αντισυμμετρικά με αυτά του συνδυασμού $G+0,3Q-E$. Συνεπώς ο έλεγχος σε επάρκεια θα γίνει βάσει των δυσμενέστερων εντατικών μεγεθών του πρώτου.

2. Έλεγχος επάρκειας διατομών

Παρακάτω εμφανίζεται ο έλεγχος επάρκειας των δοκών και υποστυλωμάτων του φορέα μετά την 1^η επίλυση.

Τα υλικά των διατομών είναι: C12
S220

2.1. Δοκοί

2.1.1. Δοκός D5 (30×70)

2.1.1.1. Κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 60,0236 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \Phi 18 \text{ (} 5,09 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \rightarrow \boxed{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = \frac{60,0236}{1,74 \times 0,65^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \\ h_f / d = \frac{0,18}{0,65} \\ b / b_w = 1,74 / 0,30 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \mu_{sd} = 0,0102 \\ \Rightarrow h_f / d = 0,277 \\ b / b_w = 5,8 \end{array} \left. \begin{array}{l} \pi.σ\chi. \\ \Rightarrow \omega = 0,0107 \\ 6.7 \end{array} \right\}$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0107 \times 174 \times 65 \times (12 / 1,5) / (220 / 1,15) \Rightarrow A_s = 1,14 \text{ cm}^2 < 5,09 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η διατομή επαρκεί σε κάμψη.

2.1.1.2. Άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = -244,4302 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2\Phi 18 + 2\Phi 16 + 2\Phi 20 = (15,39 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{-244,4302}{0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0,2411 \Rightarrow \omega = 0,2927 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \Rightarrow 0,2927 \times 0,3 \times 0,65 \times \frac{12 \times 10^3}{220} \Rightarrow A_s = 23,86 \text{ cm}^2 > 15,39 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η δοκός χρειάζεται ενίσχυση.

2.1.2. Δοκός D8 (30×70)

2.1.2.1. Κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 89,9027 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαριφμα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \varnothing 18 \text{ (} 5,09 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \Rightarrow \underline{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = \frac{89,9027}{1,74 \times 0,65^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \\ h_f / d = \frac{0,18}{0,65} \\ b / b_w = 1,74 / 0,30 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = 0,0153 \\ h_f / d = 0,277 \\ b / b_w = 5,8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{π.σ.χ.} \\ \Rightarrow \omega = 0,0161 \\ 6.7 \end{array}$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0945 \times 174 \times 65 \times (12 / 1,5) / (220 / 1,15) \Rightarrow A_s = 1,71 \text{ cm}^2 < 5,09 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η διατομή επαρκεί σε κάμψη.

2.1.2.2. Άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = -211,8025 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαριφμα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2\varnothing 18 + 2\varnothing 16 + 2\varnothing 20 = (15,39 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{-211,8025}{0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0,2089 \Rightarrow \omega = 0,2454 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \Rightarrow 0,2454 \times 0,3 \times 0,65 \times \frac{12}{220} \Rightarrow A_s = 20,01 \text{ cm}^2 > 15,39 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η δοκός χρειάζεται ενίσχυση.

2.1.3. Δοκός D17 (30×70)

2.1.3.1. Κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 61,7039 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαριφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \varnothing 18 (5,09 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \Rightarrow \boxed{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = \frac{61,7039}{1,74 \times 0,65^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \\ h_f / d = \frac{0,18}{0,65} \\ b / b_w = 1,74 / 0,30 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = 0,0105 \\ h_f / d = 0,277 \\ b / b_w = 5,8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{π.σχ.} \\ \Rightarrow \omega = 0,0110 \\ 6.7 \end{array}$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0110 \times 174 \times 65 \times (12 / 1,5) / (220 / 1,15) \Rightarrow A_s = 1,17 \text{ cm}^2 < 5,09 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η διατομή επαρκεί σε κάμψη.

2.1.3.2. Άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = -296,1413 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαριφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2\varnothing 18 + 2\varnothing 16 + 2\varnothing 20 = (15,39 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{-296,9413}{0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0,2928 \Rightarrow \omega = 0,3804 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \Rightarrow 0,3804 \times 0,3 \times 0,65 \times \frac{12}{220} \Rightarrow A_s = 31,01 \text{ cm}^2 > 15,39 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η δοκός χρειάζεται ενίσχυση.

2.1.4. Δοκός D20 (30×70)

2.1.4.1. Κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 111,4726 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαριφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \varnothing 18 (5,09 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \Rightarrow \boxed{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = \frac{111,4726}{1,74 \times 0,65^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \\ h_f / d = \frac{0,18}{0,65} \\ b / b_w = 1,74 / 0,30 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = 0,0190 \\ h_f / d = 0,277 \\ b / b_w = 5,8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \pi.σ\chi. \\ \Rightarrow \omega = 0,0199 \\ 6.7 \end{array}$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0199 \times 1,74 \times 65 \times (12 / 1,5) / (220 / 1,15) \Rightarrow A_s = 2,12 \text{ cm}^2 < 5,09 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η διατομή επαρκεί σε κάμψη.

2.1.4.2. Άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = -242,6075 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαριφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2\varnothing 18 + 2\varnothing 16 + 2\varnothing 20 = (15,39 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{-242,6075}{0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0,2393 \Rightarrow \omega = 0,2899 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \Rightarrow 0,2899 \times 0,3 \times 0,65 \times \frac{12}{220} \Rightarrow A_s = 23,64 \text{ cm}^2 > 15,39 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η δοκός χρειάζεται ενίσχυση.

2.1.5. Δοκός D29 (30×70)

2.1.5.1. Κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 52,8553 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \varnothing 18 \text{ (5,09 cm}^2\text{)}$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \Rightarrow \underline{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

$$\mu_{sd} = \frac{52,8553}{1,74 \times 0,65^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = 0,0090 \\ \Rightarrow h_f / d = 0,277 \\ b / b_w = 5,8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{π.σχ.} \\ \Rightarrow \omega = 0,0094 \\ 6.7 \end{array}$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0094 \times 174 \times 65 \times (12 / 1,5) / (220 / 1,15) \Rightarrow A_s = 1,00 \text{ cm}^2 < 5,09 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η διατομή επαρκεί σε κάμψη.

2.1.5.2. Άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = -302,6079 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2\varnothing 18 + 2\varnothing 16 + 2\varnothing 20 = (15,39 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{-302,607}{0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0,2984 \Rightarrow \omega = 0,391 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \Rightarrow 0,391 \times 0,3 \times 0,65 \times \frac{12}{220} \Rightarrow A_s = 31,88 \text{ cm}^2 > 15,39 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η δοκός χρειάζεται ενίσχυση.

2.1.6. Δοκός D32 (30×70)

2.1.6.1. Κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 115,7906 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαριφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \varnothing 18 (5,09 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \Rightarrow \boxed{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = \frac{115,7906}{1,74 \times 0,65^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \\ h_f / d = \frac{0,18}{0,65} \\ b / b_w = 1,74 / 0,30 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = 0,0197 \\ h_f / d = 0,277 \\ b / b_w = 5,8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \pi.σ\chi. \\ \Rightarrow \omega = 0,0207 \\ 6.7 \end{array}$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0207 \times 1,74 \times 65 \times (12 / 1,5) / (220 / 1,15) \Rightarrow A_s = 2,20 \text{ cm}^2 < 5,09 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η διατομή επαρκεί σε κάμψη.

2.1.6.2. Άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = -235,4481 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαριφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2\varnothing 18 + 2\varnothing 16 + 2\varnothing 20 = (15,39 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m} \Rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{-235,4481}{0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0,2322 \Rightarrow \omega = 0,2793 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \Rightarrow 0,2793 \times 0,3 \times 0,65 \times \frac{1,5}{220} \Rightarrow A_s = 22,77 \text{ cm}^2 > 15,39 \text{ cm}^2.$$

Επομένως η δοκός χρειάζεται ενίσχυση.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα εν συντομία σε πίνακα:

G+0,3Q+E	Δοκοί	h _f /d	b/b _f	M _{αυτοίγ}	μ _{sd,αυτοίγ}	ω _{αυτοίγ}	A _{s,αυτοίγ}
	D5	0,276923	5,8	60,0236	0,0102	0,0107	1,14
	D8	0,276923	5,8	89,9027	0,0153	0,0161	1,71
	D17	0,276923	5,8	61,7039	0,0105	0,0110	1,17
	D20	0,276923	5,8	111,4726	0,0190	0,0199	2,12
	D29	0,276923	5,8	52,8553	0,0090	0,0094	1,00
	D32	0,276923	5,8	115,7906	0,0197	0,0207	2,20
Υπάρχοντα							5,09

G+0,3Q+E	Δοκοί	M _{max}	μ _{sd}	ω	A _s
	D5	-244,4302	0,2411	0,2927	23,87
	D8	-211,8025	0,2089	0,2454	20,01
	D17	-296,9413	0,2928	0,3804	31,02
	D20	-242,6075	0,2393	0,2899	23,64
	D29	-302,6079	0,2984	0,3910	31,88
	D32	-235,4481	0,2322	0,2793	22,78
Υπάρχοντα					15,39

2.2. Στύλοι

Η ορθή δύναμη N και η ροπή κάμψης M αλληλεπιδρούν στην αντοχή των στύλων και συνεπώς οι στύλοι θα ελεγχθούν σε συνδυασμό των δύο.

2.2.1. Στύλος S13 (50×50)

2.2.1.1. Κεφαλή

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι: **8Ø20 (25,13 cm²)**

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -709,307 \text{ KN.}$$

$$M_d = -51,9523 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{-51,9523}{0,50 \times 0,50^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0519 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-709,307}{0,50 \times 0,50 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,3546 \\ \frac{d}{h} &= 0,10 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{δ.σζ.6.9} \\ \Rightarrow \omega_{\text{tot}} = 0,000 \\ \text{σελ.120} \end{array}$$

$$\rho_{\text{tot}} = \omega_{\text{tot}} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,000 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 0,000 \text{ cm}^2 < 25,13 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.1.2. Πόδας

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι: **8Ø20 (25,13 cm²)**

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -756,182 \text{ KN.}$$

$$M_d = 54,0884 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{54,0884}{0,50 \times 0,50^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0541 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-756,182}{0,50 \times 0,50 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,3781 \\ \frac{d}{h} &= 0,10 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σχ.6.9 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,000 \\ \sigma_{ελ.120} \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,000 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 0,000 \text{ cm}^2 < 25,13 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.2. Στύλος S14 (45×45)

2.2.2.1. Κεφαλή

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:
4Ø20+4Ø16 (20,61 cm²)

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -369,247 \text{ KN.}$$

$$M_d = 72,8178 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{72,8178}{0,45 \times 0,45^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0999 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-369,247}{0,45 \times 0,45 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,2279 \\ \frac{d}{h} &= 0,111 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σχ.6.9 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,05 \\ \sigma_{ελ.120} \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 4,23 \text{ cm}^2 < 20,61 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.2.2. Πόδας

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:
4Ø20+4Ø16 (20,61 cm²)

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του

προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -407,213 \text{ KN.}$$

$$M_d = 70,8862 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{70,8862}{0,45 \times 0,45^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0969 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-407,213}{0,45 \times 0,45 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,2514 \\ \frac{d}{h} &= 0,111 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σ\chi.6.9 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,025 \\ \text{σελ.120} \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,025 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 2,12 \text{ cm}^2 < 20,61 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.3. Στύλος S15 (35×35)

2.2.3.1. Κεφαλή

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι: **4Ø18 (10,18 cm²)**

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -117,581 \text{ KN.}$$

$$M_d = 36,5112 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{36,5112}{0,35 \times 0,35^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,1064 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-117,581}{0,35 \times 0,35 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,1199 \\ \frac{d}{h} &= 0,143 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σ\chi.6.10 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,15 \\ \text{σελ.121} \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,15 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 7,68 \text{ cm}^2 < 10,18 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.3.2. Πόδας

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι: **4Ø18 (10,18 cm²)**

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του

προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -140,55 \text{ KN.}$$

$$M_d = 34,5284 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{34,5284}{0,35 \times 0,35^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,1006 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-140,55}{0,35 \times 0,35 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,1434 \\ \frac{d}{h} &= 0,143 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σ\chi.6.10 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,12 \\ \sigma\epsilon\lambda.121 \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,12 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 6,15 \text{ cm}^2 < 10,18 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.4. Στύλος S25 (50×50)

2.2.4.1. Κεφαλή

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι: **8Ø20 (25,13 cm²)**

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -653,989 \text{ KN.}$$

$$M_d = 45,4675 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{45,4675}{0,50 \times 0,50^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0454 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-653,989}{0,50 \times 0,50 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,3269 \\ \frac{d}{h} &= 0,10 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σ\chi.6.9 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,000 \\ \sigma\epsilon\lambda.120 \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,000 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 0,000 \text{ cm}^2 < 25,13 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.4.2. Πόδας

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι: **8Ø20 (25,13 cm²)**

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του

προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -700,864 \text{ KN.}$$

$$M_d = 50,9201 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{50,9201}{0,50 \times 0,50^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0509 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-700,864}{0,50 \times 0,50 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,3504 \\ \frac{d}{h} &= 0,10 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σχ.6.9 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,000 \\ \sigma\epsilon\lambda.120 \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,000 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 0,000 \text{ cm}^2 < 25,13 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.5. Στύλος S26 (45×45)

2.2.5.1. Κεφαλή

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:
4Ø20+4Ø16 (20,61 cm²)

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -493,334 \text{ KN.}$$

$$M_d = 61,8649 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{61,8649}{0,45 \times 0,45^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0848 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-493,334}{0,45 \times 0,45 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,3045 \\ \frac{d}{h} &= 0,111 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σχ.6.9 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,000 \\ \sigma\epsilon\lambda.120 \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,000 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 0,000 \text{ cm}^2 < 20,61 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.5.2. Πόδας

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:
4Ø20+4Ø16 (20,61 cm²)

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του

προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -531,302 \text{ KN.}$$

$$M_d = 62,0695 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{62,0695}{0,45 \times 0,45^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0851 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-531,302}{0,45 \times 0,45 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,3279 \\ \frac{d}{h} &= 0,111 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σχ.6.9 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,000 \\ \sigma\epsilon\lambda.120 \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,000 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 0,000 \text{ cm}^2 < 20,61 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.6. Στύλος S27 (35×35)

2.2.6.1. Κεφαλή

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:
4Ø18 (10,18 cm²)

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -276,387 \text{ KN.}$$

$$M_d = 29,4421 \text{ KNm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_d &= \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{29,4421}{0,35 \times 0,35^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0858 \\ V_d &= \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-276,387}{0,35 \times 0,35 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,2820 \\ \frac{d}{h} &= 0,143 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \delta.σχ.6.10 \\ \Rightarrow \omega_{tot} = 0,01 \\ \sigma\epsilon\lambda.121 \end{array}$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,01 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 0,51 \text{ cm}^2 < 10,18 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

2.2.6.2. Πόδας

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός του στύλου σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:
4Ø18 (10,18 cm²)

Το αξονικό σε συνδυασμό με τη ροπή που καλείται να παραλάβει ο στύλος βάσει του

προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$N_d = -299,356 \text{ KN.}$$

$$M_d = 28,5671 \text{ KNm}$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{b \times h_{\Sigma}^2 \times f_{cd}} = \frac{28,5671}{0,35 \times 0,35^2 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = 0,0833$$

$$V_d = \frac{N_d}{b \times h_{\Sigma} \times f_{cd}} = \frac{-299,356}{0,35 \times 0,35 \times \frac{12}{1,5} \times 10^3} = -0,3054$$

δ.σχ.6.10
σελ.121

$$\Rightarrow \omega_{tot} = 0,000$$

$$\frac{d}{h} = 0,143$$

$$\rho_{tot} = \omega_{tot} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,000 \times \frac{12/1,5}{220/1,15} = 0,000 \text{ cm}^2 < 10,18 \text{ cm}^2$$

Επομένως η διατομή είναι επαρκής.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα εν συντομία σε πίνακα:

G+0,3Q+E	Στύλοι	d/h	N	V _{ed}	M	μ _{ed}
	S13°	0,100	-709,307	-0,3547	-51,9523	0,0520
	S13 ^υ	0,100	-756,182	-0,3781	54,0884	0,0541
	S14°	0,111	-369,247	-0,2279	-72,8178	0,0999
	S14 ^υ	0,111	-407,213	-0,2514	70,6882	0,0970
	S15°	0,143	-117,581	-0,1200	-36,5112	0,1064
	S15 ^υ	0,143	-140,550	-0,1434	34,5284	0,1007
	S25°	0,100	-653,989	-0,3270	-45,4675	0,0455
	S25 ^υ	0,100	-700,864	-0,3504	50,9201	0,0509
	S26°	0,111	-493,334	-0,3045	-61,8649	0,0849
	S26 ^υ	0,111	-531,302	-0,3280	62,0695	0,0851
	S27°	0,143	-276,387	-0,2820	-29,4421	0,0858
S27 ^υ	0,143	-299,356	-0,3055	28,5671	0,0833	

G+0,3Q+E	Στύλοι	ω _{tot}	A _s	Υπάρχοντες	Εντάξει;
	S13°	0,000	0,00	25,13	ΝΑΙ
	S13 ^υ	0,000	0,00	25,13	ΝΑΙ
	S14°	0,050	4,23	20,61	ΝΑΙ
	S14 ^υ	0,025	2,12	20,61	ΝΑΙ
	S15°	0,150	7,68	10,18	ΝΑΙ
	S15 ^υ	0,120	6,15	10,18	ΝΑΙ
	S25°	0,000	0,00	25,13	ΝΑΙ
	S25 ^υ	0,000	0,00	25,13	ΝΑΙ
	S26°	0,000	0,00	20,61	ΝΑΙ
	S26 ^υ	0,000	0,00	20,61	ΝΑΙ
	S27°	0,010	0,51	10,18	ΝΑΙ
S27 ^υ	0,000	0,00	10,18	ΝΑΙ	

Άρα τα υφιστάμενα υποστυλώματα του τρίστυλου τριώροφου πλαισίου με τα εμφανιζόμενα τοιχώματα, ικανοποιούν τον έλεγχο επάρκειας σε ορθή ένταση. Έτσι, δεν υπάρχει ανάγκη

ενίσχυσής τους. Άλλωστε μετά την ενίσχυση λοιπών στοιχείων τα προαναφερθέντα κατακόρυφα στοιχεία θα παραλάβουν μικρότερη ένταση, οπότε ούτε μετά την ανάλυση του ενισχυμένου φορέα δεν θα απαιτηθεί ενίσχυσή τους.

Οι απαιτήσεις περίσφιξης και αντοχή σε διάτμηση θα καλυφθούν με τοποθέτηση FRPs, η διαστασιολόγηση των οποίων θα γίνει μετά τη δεύτερη επίλυση.

3. Διαστασιολόγηση δοκών

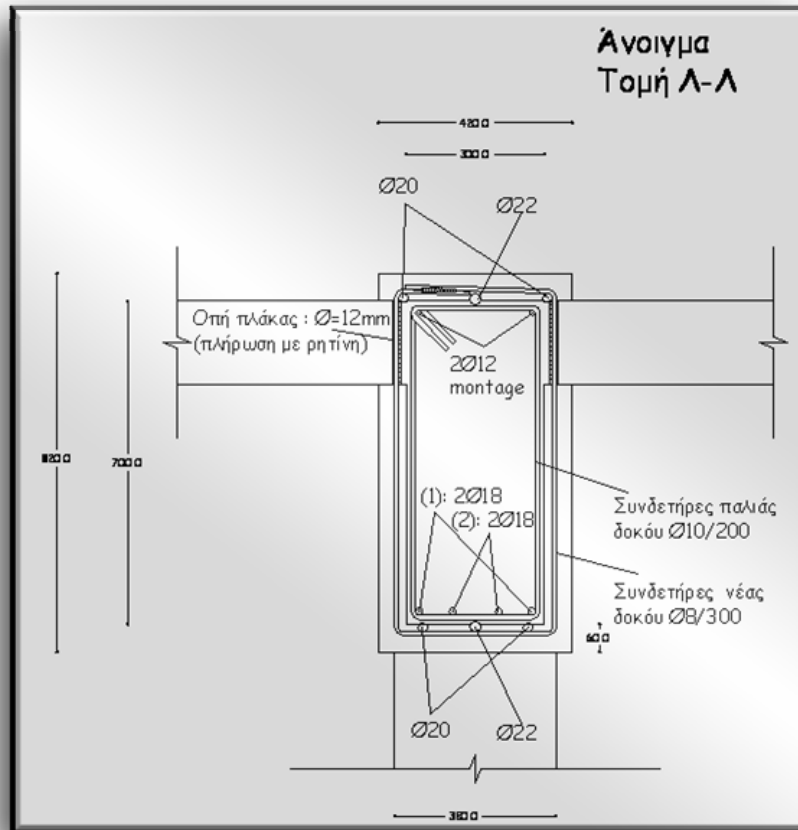
Από τον προηγηθέντα έλεγχο σε επάρκεια διατομών προέκυψε απαίτηση ενίσχυσης των δοκών του πλαισίου με τα εμφανιζόμενα τοιχώματα. Ο σχεδιασμός της υφιστάμενης δοκού επιβάλλει την ενίσχυσή της με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος ικανού πάχους και κατάλληλης όπλισης ώστε το νέο σύστημα να έχει επαρκή αντοχή που να αντεπεξέρχεται στις απαιτήσεις των σύγχρονων κανονισμών συμπεριλαμβανομένων και αντισεισμικών απαιτήσεων.

Για την εκλογή του πάχους του μανδύα ελέγχεται αρχικά η εφαρμογή του ελάχιστου πάχους μανδύα $t = 6 \text{ cm}$, οπότε οι συνολικές διαστάσεις της ενισχυμένης δοκού θα είναι **42x82 (cm)**. Επιπλέον η ποιότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι **C20** και ο χρησιμοποιούμενος χάλυβας είναι ποιότητας **S500**.

Κάνουμε την παραδοχή ότι οι απαιτούμενοι οπλισμοί των ενισχυμένων δοκών προκύπτουν θεωρώντας στατικό ύψος της καινούργιας διατομής. Η συνεισφορά των οπλισμών της υφιστάμενης δοκού θεωρείται κατάλληλα μειωμένη, ώστε να ληφθεί υπόψη η μειωμένη τιμή του στατικού ύψους και τη ποιότητας του χάλυβα της παλιά διατομής. Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει:

$$A_{s, \text{υφισταμ.}} = A_s \times \frac{f_{yd, s220}}{f_{yd, s500}} \times \frac{d_{\text{υφιστ.}}}{d_{\text{ενισχ.}}} = A_s \times \frac{220}{500} \times \frac{0,73}{0,77} = 0,42 \times A_s$$

Επίσης για να ληφθεί υπόψη η διάβρωσή των υφιστάμενων οπλισμών ή οι μη σύμφωνες με τις σύγχρονες αντιλήψεις μέθοδοι τοποθέτησής τους, θα αγνοηθεί η συμβολή των υφιστάμενων θλιβόμενων οπλισμών ανοιγμάτων και στηριγμάτων λόγω ανεπαρκούς αγκύρωσής τους.



3.1.1. Μέγιστος - Ελάχιστος οπλισμός κάμψης (δοκός με απαιτήσεις αντισεισμικότητας):

Σύμφωνα με τον Κ.Ο.Σ. § 18.3.2. το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού πρέπει να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} \times \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = \frac{1}{2} \times \frac{2,2}{500/1,15} = 2,53 \%$$

$$A_{s \min} = 2,53\% \times 42 \times 82 \Rightarrow A_{s \min} = 8,71 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4\text{Ø}18 \quad (10,18 \text{ cm}^2)$$

Σημ.: Για κατασκευαστικούς λόγους, θα τοποθετηθεί ο ισοδύναμος οπλισμός **2Ø20+1Ø22 (10,08 cm²)**.

όπου: f_{ctm} : η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος ποιότητας C20 (αντί του C12) ώστε να προκύψουν υψηλότερες απαιτήσεις σε ελάχιστο οπλισμό (Κ.Ο.Σ. § 2.4. πίνακας 2.1.)

Η συνεισφορά των παλιών οπλισμών αγνοείται στον υπολογισμό των ελαχίστων, έτσι ώστε σε κάθε περίπτωση να είμαστε προς την πλευρά της ασφάλειας.

Το μέγιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού σύμφωνα με τον Κ.Ο.Σ. § 18.3.2. στις κρίσιμες περιοχές των δοκών όπου υπάρχει η πιθανότητα σχηματισμού πλαστικών

αρθρώσεων (περιοχές με υψηλές απαιτήσεις πλαστιμότητας) θα πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$\rho_{\max} = 0,65 \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \times \frac{P'}{P} + 0,0015 \leq \frac{7}{f_{yd}} \Rightarrow 0,65 \times \frac{20/1,5}{500/1,15} \times \frac{15,39}{5,09} + 0,0015 \leq \frac{7}{500/1,15} \Rightarrow$$

$$0,0618 \leq 0,0161 \rightarrow \rho_{\max} = 16,10 \text{ ‰}$$

3.2. Διαστασιολόγηση

Κατά την διαστασιολόγηση οι υπολογισμοί θα γίνουν θεωρώντας ποιότητα σκυροδέματος την δυσμενέστερη από τις C12 της υφιστάμενης δοκού και C20 του μανδύα ώστε να προκύψει η υψηλότερη απαίτηση σε οπλισμό κάμψης.

Επίσης θα δεχθούμε τη μικτή διατομή πλακοδοκού με διαστάσεις:

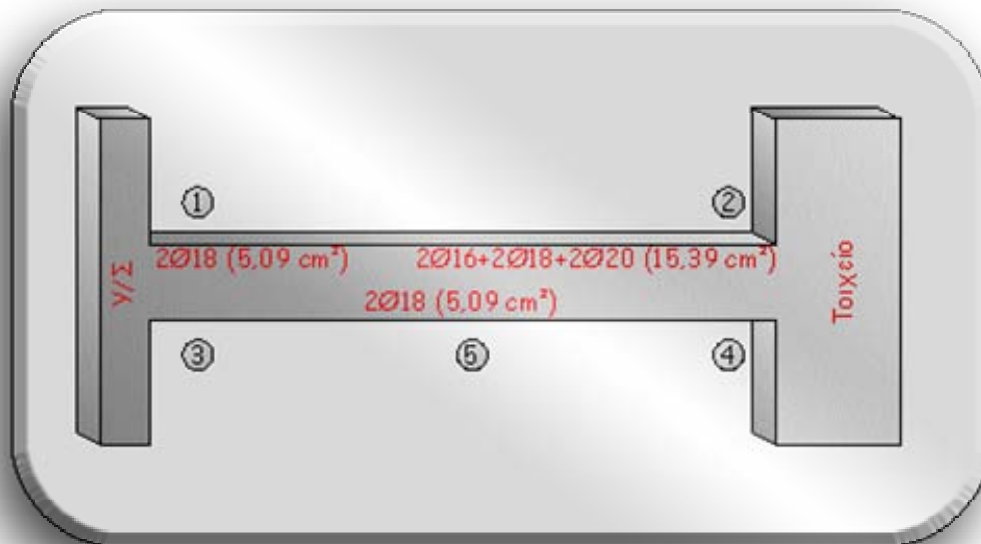
$$b_w = 0,42\text{m}$$

$$h_f = 0,18\text{m}$$

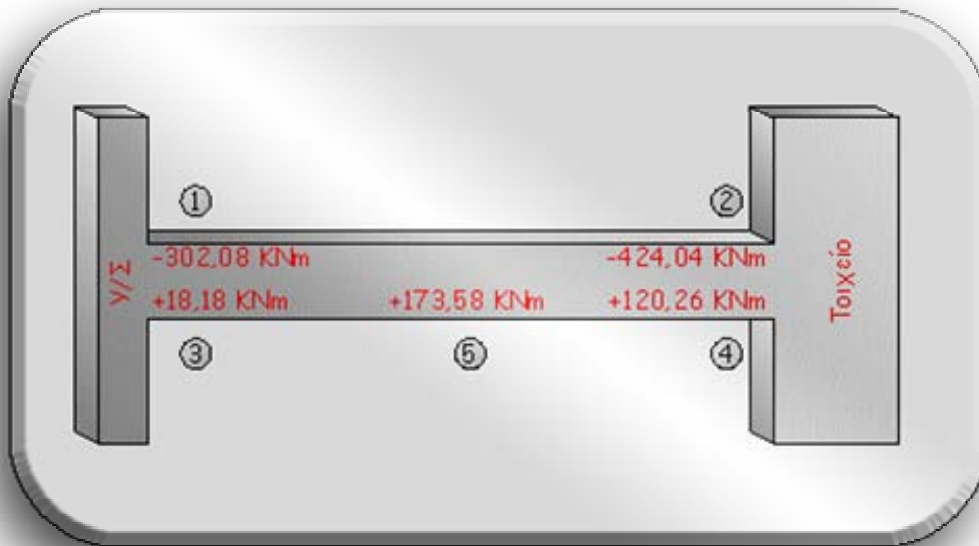
$$h = 0,82\text{m} \rightarrow d = 0,77\text{m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:
 $b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,42 \rightarrow \boxed{b_m = 1,86\text{m}}$

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά τα σημεία ελέγχου ροπής της δοκού καθώς και οι ήδη υπάρχοντες οπλισμοί.



Επίσης παρατίθεται και η περιβάλλουσα των διαγραμμάτων των ροπών όλων των δοκών των πλαισίου βάσει των οποίων θα γίνει η διαστασιολόγηση.



3.2.1. Θέση 1

3.2.1.1. Εφελκόμενη άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = -302,08 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \varnothing 18 (5,09 \text{ cm}^2) \rightarrow A_{s, \text{υφιστ}} = 5,09 \times 0,41 = 2,12 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 0,42 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,82 \text{ m} \rightarrow d = 0,77 \text{ m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{-302,08}{0,42 \times 0,77^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0,1516 \Rightarrow \omega = 0,1690 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \Rightarrow 0,1690 \times 42 \times 77 \times \frac{1,5}{500} \Rightarrow A_{s, \text{απαιτ}} = 10,06 \text{ cm}^2$$

$$\text{Επομένως } A_{s, \text{απαιτ}} - A_{s, \text{υφιστ}} = 10,06 - 2,12 = 7,93 \rightarrow A_{s, \text{τοποθ}} 4\varnothing 18 (10,18 \text{ cm}^2) = A_{s, \text{min}}$$

Ο συνολικός οπλισμός είναι $0,41 \times [2\varnothing 18] + 4\varnothing 18 = 0,41 \times 5,09 + 10,18 \rightarrow A_{s, \text{τοποθ}} = 12,30 \text{ cm}^2$.

$$\omega = \frac{12,30}{42 \times 77} \times \frac{500/1,15}{12/1,5} = 0,2067 \rightarrow \mu_{sd} = 0,1806$$

$$M_{Rd}^1 = 0,1806 \times 0,42 \times 0,77^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd}^1 = 359,781 \text{KNm} = M_{Rb1}^{\text{άνω}}$$

3.2.2. Θέση 2

3.2.2.1. Εφελκόμενη άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = -424,04 \text{KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2 \text{Ø}16 + 2 \text{Ø}18 + 2 \text{Ø}20 \text{ (15,39 cm}^2\text{)} \Rightarrow A_{s,\text{υφιστ}} = 15,39 \times 0,41 = 6,42 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 0,42 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,82 \text{ m} \Rightarrow d = 0,77 \text{ m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{-424,04}{0,42 \times 0,77^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5}} \Rightarrow \mu_{sd} = 0,2129 \Rightarrow \omega = 0,2510 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_s = \omega \times b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \Rightarrow 0,2510 \times 42 \times 77 \times \frac{1,5}{\frac{500}{1,15}} \Rightarrow A_{s,\text{απαιτ}} = 14,94 \text{ cm}^2$$

$$\text{Επομένως } A_{s,\text{απαιτ}} - A_{s,\text{υφιστ}} = 14,94 - 6,42 = 8,52 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_{s,\text{τοποθ}} = 4\text{Ø}18 (10,18 \text{ cm}^2) = A_{s,\text{min}}$$

Ο συνολικός οπλισμός είναι $0,41 \times [2\text{Ø}16 + 2\text{Ø}18 + 2\text{Ø}20] + 4\text{Ø}18 = 0,41 \times 15,39 + 10,18 \Rightarrow A_{s,\text{τοποθ}} = 16,60 \text{ cm}^2$.

$$\omega = \frac{16,60}{42 \times 77} \times \frac{500/1,15}{12/1,5} = 0,2789 \rightarrow \mu_{sd} = 0,2320$$

$$M_{Rd}^2 = 0,2320 \times 0,42 \times 0,77^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd}^2 = 462,177 \text{KNm} = M_{Rb2}^{\text{άνω}}$$

3.2.3. Θέση 3

3.2.3.1. Θλιβόμενη κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 18,18 \text{KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(0) = (0 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,42 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,82 \text{ m} \rightarrow d = 0,77 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,42 \rightarrow \boxed{b_m = 1,86 \text{ m}}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_{sd} &= \frac{18,18}{1,86 \times 0,77^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \\ h_f / d &= \frac{0,18}{0,77} \\ b / b_w &= 1,86 / 0,42 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \mu_{sd} &= 0,0021 \text{ π.σχ.} \\ \Rightarrow h_f / d &= 0,234 \\ b / b_w &= 4,43 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \mu_{sd} &= 0,0021 \text{ π.σχ.} \\ \Rightarrow h_f / d &= 0,234 \\ b / b_w &= 4,43 \end{aligned}} \right\} \Rightarrow \omega = 0,0022$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0022 \times 186 \times 77 \times (12 / 1,5) / (500 / 1,15) \Rightarrow A_s = 0,58 \text{ cm}^2$$

$$\text{Επομένως } A_{s, \text{τοποθ}} = 4 \emptyset 18 (10,18 \text{ cm}^2) = A_{s, \text{min}}$$

Ο συνολικός οπλισμός είναι $0,41 \times 0 + 4 \emptyset 18 = 0,41 \times 0 + 10,18 \rightarrow A_{s, \text{τοποθ}} = 10,18 \text{ cm}^2$.

$$\omega = \frac{10,18}{186 \times 77} \times \frac{500 / 1,15}{12 / 1,5} = 0,0386 \rightarrow \mu_{sd} = 0,0368$$

$$M_{Rd}^3 = 0,0368 \times 1,86 \times 0,77^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd}^3 = 324,663 \text{ kNm} = M_{Rb1}^{\text{κάτω}}$$

3.2.4. Θέση 4

3.2.4.1. Ολιβόμενη κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 120,26 \text{ kNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(o) = (0 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,42 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,82 \text{ m} \rightarrow d = 0,77 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,42 \rightarrow \boxed{b_m = 1,86 \text{ m}}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_{sd} &= \frac{120,26}{1,86 \times 0,77^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \\ h_f / d &= \frac{0,18}{0,77} \\ b / b_w &= 1,86 / 0,30 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \mu_{sd} &= 0,0136 \text{ π.σχ.} \\ \Rightarrow h_f / d &= 0,234 \\ b / b_w &= 4,43 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \mu_{sd} &= 0,0136 \text{ π.σχ.} \\ \Rightarrow h_f / d &= 0,234 \\ b / b_w &= 4,43 \end{aligned}} \right\} \Rightarrow \omega = 0,0143$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0143 \times 186 \times 77 \times (12 / 1,5) / (500 / 1,15) \Rightarrow A_s = 3,77 \text{ cm}^2$$

$$\text{Επομένως } \rightarrow A_{s, \text{τοποθ}} = 4 \emptyset 18 (10,18 \text{ cm}^2) = A_{s, \text{min}}$$

Ο συνολικός οπλισμός είναι $0,41 \times 0 + 4\text{Ø}18 = 0,41 \times 0 + 10,18 \rightarrow A_{s,\text{τοποθ}} = 10,18 \text{ cm}^2$.

$$\omega = \frac{10,18}{186 \times 77} \times \frac{500/1,15}{12/1,5} = 0,0386 \rightarrow \mu_{sd} = 0,0368$$

$$M_{Rd}^4 = 0,0368 \times 1,86 \times 0,77^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd}^4 = 324,663 \text{ KNm} = M_{Rb2}^{\text{κάτω}}$$

3.2.5. Θέση 5

3.2.5.1. Εφελκόμενη κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Η ροπή που καλείται να παραλάβει η δοκός βάσει του προγράμματος SAP 2000 είναι:

$$M_{sd} = 173,58 \text{ KNm}$$

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ Ø}18 (5,09 \text{ cm}^2) \rightarrow A_{s,\text{υφιστ}} = 5,09 \times 0,41 = 2,09 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 0,42 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,82 \text{ m} \rightarrow d = 0,77 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,42 \rightarrow \boxed{b_m = 1,86 \text{ m}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \mu_{sd} = \frac{173,58}{1,86 \times 0,77^2 \times 12 \times 10^3 / 1,5} \\ h_f / d = \frac{0,18}{0,77} \\ b / b_w = 1,86 / 0,42 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \mu_{sd} = 0,0197 \\ \Rightarrow h_f / d = 0,234 \\ b / b_w = 4,43 \end{array} \left. \begin{array}{l} \pi.σ\chi. \\ \Rightarrow \omega = 0,0207 \\ 6.7 \end{array} \right\}$$

$$A_s = \omega \times b \times d \times f_{cd} / f_{yd} = 0,0207 \times 186 \times 77 \times (12/1,5) / (500/1,15) \Rightarrow A_s = 5,45 \text{ cm}^2$$

$$\text{Επομένως } A_{s,\text{απαιτ}} - A_{s,\text{υφιστ}} = 5,45 - 2,09 = 3,33 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s,\text{τοποθ}} 4\text{Ø}18 (10,18 \text{ cm}^2) = A_{s,\text{min}}$$

Ο συνολικός οπλισμός είναι $0,41 \times 2\text{Ø}18 + 4\text{Ø}18 = 0,41 \times 5,09 + 10,18 \rightarrow A_{s,\text{τοποθ}} = 12,30 \text{ cm}^2$.

$$\omega = \frac{12,30}{186 \times 77} \times \frac{500/1,15}{12/1,5} = 0,0467 \rightarrow \mu_{sd} = 0,0445$$

$$M_{Rd} = 0,0445 \times 1,86 \times 0,77^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd} = 392,595 \text{ KNm}$$

3.3. Έλεγχος αγκύρωσης διαμήκων οπλισμών στον στύλο

Η πλήρης εφελκυστική λειτουργία των οπλισμών της δοκού στις στηρίξεις προϋποθέτει την σωστή αγκύρωσή τους, η οποία θα πραγματοποιηθεί μέσω της πάκτωσής τους στα

κατακόρυφα στοιχεία στα οποία συντρέχει η δοκός. Το μήκος αγκύρωσης επιλέγεται ίσο με $l_b = 200 \text{ mm}$.

Η σχέση που δίνει την αντοχή σε ολίσθηση μίας ράβδου οπλισμού είναι:

$$N_{ud} = \frac{\tau_r}{\gamma_m} \times \pi \times l_b \times d_o$$

όπου:

$\tau_r = 8 \text{ MPa}$ είναι η αντοχή συνάφειας του υλικού χημικής πάκτωσης με το σκυρόδεμα.

$\gamma_m = 1,3$ είναι ο συντελεστής υλικού του υλικού χημικής πάκτωσης

$d_o = \emptyset + 6 \text{ mm}$ είναι η διάμετρος της οπής στο σκυρόδεμα

$$N_{ud} = \frac{8 \times 10^3}{1,3} \times \pi \times 0,200 \times (18 + 6) \times 10^{-3} \Rightarrow N_{ud} = 92,0 \text{ kN}$$

Η τιμή αυτή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την αναμενόμενη αναπτυσσόμενη τάση του οπλισμού για όλους τους συνδυασμούς δράσεων. Κατά συνέπεια, το μήκος αγκύρωσης επαρκεί.

3.4. Έλεγχος σε διάτμηση

3.4.1. Ελάχιστος οπλισμός διάτμησης (δοκός με απαιτήσεις αντισεισμικότητας):

Γενικά εντός - εκτός κρίσιμων περιοχών σύμφωνα με τον Κ.Ο.Σ. (σχόλια § 18.3.4. πίν. Σ 18.1.) για σκυρόδεμα C12 και χάλυβα S220 (δυσμενέστερα από C20 και S500 αντίστοιχα - ούτως ή άλλως μη κρίσιμα) για το ελάχιστο ποσοστό οπλισμού διάτμησης $\min p_w$ πρέπει να ισχύει:

$$p_{w,\min} = \frac{A_{sw}}{s_{\max} \times b_{ev} \times \sin \alpha} = 0,0016 \Rightarrow s_{\max} = \frac{2 \times 0,503}{0,0016 \times 42,0 \times 1,0} = 14,96 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

όπου: A_{sw} : για συνδετήρες δίτητους Φ8 ισούται με $2 \times 0,503 = 1,006 \text{ cm}^2$

s_{\max} : η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων

Για δοκούς με απαιτήσεις αντισεισμικότητας εκτός κρίσιμων περιοχών (εκτός $2h = 2 \times 0,82 = 1,64 \text{ m}$ από την παρειά της άμεσης στήριξης) ο ελάχιστος οπλισμός διάτμησης (μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων) καθορίζεται επιπλέον με βάση τα εξής:

3.4.1.1. Εκτός κρίσιμων περιοχών:

$$s_{\max} \leq \min \begin{cases} 0,8d (< 300 \text{ mm}) , & V_{Sd} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \\ 0,6d (< 300 \text{ mm}) , & \frac{1}{5} V_{Rd2} \leq V_{Sd} \leq \frac{2}{3} V_{Rd2} \\ 0,3d (< 200 \text{ mm}) , & V_{Sd} > \frac{2}{3} V_{Rd2} \end{cases}$$

Αντίθετα, για δοκούς με απαιτήσεις αντισεισμικότητας εντός κρισίμων περιοχών (εντός $2h = 2 \times 0,82 = 1,64 \text{ m}$ από την παρειά της άμεσης στήριξης - περιοχές με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας) ο ελάχιστος οπλισμός διάτμησης (μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων) καθορίζεται επιπλέον με βάση τα εξής:

3.4.1.2. Εντός κρισίμων περιοχών:

$$s_{\max} \leq \min \begin{cases} h_{ev} / 3 = 82 / 3 = 27,33 \text{ cm} \\ 10 \times \min \Phi_{L, ev} = 10 \times 1,8 = 18 \text{ cm} \\ 20 \times \Phi_{st} = 20 \times 0,8 = 16 \text{ cm} \\ 20 \text{ cm} \end{cases} = 16 \text{ cm}$$

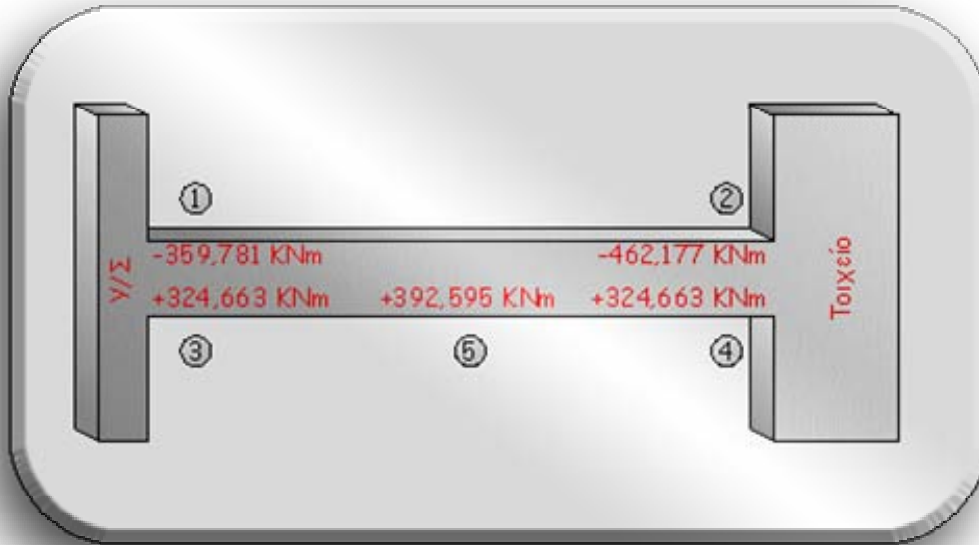
3.4.2. Ικανοτικές τέμνουσες

Για την διαστασιολόγηση σε τέμνουσα θα χρησιμοποιηθούν ικανοτικές τέμνουσες, οι οποίες θα προκύψουν από την μέγιστη ροπή αντοχής των άκρων των δοκών. Θα γίνει θεώρηση ότι οι νέοι συνδετήρες θα παραλάβουν το σύνολο της τέμνουσας που καλείται να αναλάβει η διατομή. Δηλαδή, αγνοείται η συμμετοχή των παλιών συνδετήρων και ο όρος V_{Rd1} .

Επειδή όλες οι δοκοί έχουν τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά και είναι οπλισμένες με τους ίδιους διαμήκεις οπλισμούς οι ικανοτικές σεισμικές τέμνουσες θα προκύψουν για όλες τις δοκούς οι ίδιες. Γι' αυτό τον λόγο θα γίνει έλεγχος στην δυσμενέστερη μόνο διατομή όλων των δοκών.

Σημείωση: Για τον υπολογισμό των καμπτικών υπεραντοχών και στους αντίστοιχους τύπους το σκυρόδεμα εισήχθη ως ποιότητας C12 παρόλο που δυσμενέστερα αποτελέσματα στον υπολογισμό των ικανοτικών τεμνουσών θα προέκυπταν για ποιότητα σκυροδέματος C20. Ο λόγος είναι ότι για τον υπολογισμό των απαιτούμενων καμπτικών οπλισμών θεωρήθηκε ποιότητα σκυροδέματος C12 ώστε να προκύψουν δυσμενέστερες απαιτήσεις οπότε κρίνεται ότι δεν απαιτείται περαιτέρω αύξηση των ήδη "ενισχυμένων" ικανοτικών τεμνουσών.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι ροπές αντοχής των διατομών των δοκών όπως έχουν υπολογιστεί:



Ρολές αντοχής δοκών

Ισχύει ότι:

Από το διάγραμμα τεμνουσών για τη φόρτιση "Ε", έχουμε ότι η δυσμενέστερη (μεγαλύτερη) σεισμική τέμνουσα για τις εξωτερικές δοκούς μεσαίου πλαισίου είναι:

$$V_E = 71,91 \text{ KN} \Rightarrow \frac{q * V_E}{1,2} = \frac{2,5 * V_E}{1,2} = 149,813 \text{ KN}.$$

Όπως έχουμε ήδη παραθέσει σε πίνακα, οι ανωτέρω δοκοί φορτίζονται από τα φορτία:

- G, plakas = 36,360 KN/m².
- G, dokou = 6,720 KN/m².
- 0,3*Q = 0,3*12,726 = 3,8178 KN/m².

Συνολικά, λοιπόν, έχουμε φορτίο **w=46,8978 KN/m²**.

$$V_{CD1}^{\max} = \frac{w \times l}{2} + \min \left\{ \gamma_{Rd} \times \frac{|M_{Rb1}^{\acute{\alpha}νω}| + |M_{Rb2}^{\acute{\alpha}νω}|}{\frac{q * V_E}{1,2}} \right\} = \frac{46,8978 \times 6,0}{2} + \min \left\{ 1,20 \times \frac{359,781 + 324,663}{149,813} \right\}$$

$$V_{CD1}^{\max} = 140,6934 + \min \left\{ \frac{136,889}{149,813} \right\} \Rightarrow V_{CD1}^{\max} = \mathbf{277,582 \text{ KN}}$$

$$V_{CD1}^{\min} = \frac{w \times l}{2} - \min \left\{ \gamma_{Rd} \times \frac{|M_{Rb1}^{\acute{\alpha}νω}| + |M_{Rb2}^{\acute{\alpha}νω}|}{\frac{q * V_E}{1,2}} \right\} = \frac{46,8978 \times 6,0}{2} - \min \left\{ 1,20 \times \frac{324,663 + 462,177}{149,813} \right\}$$

$$V_{CD1}^{\min} = 140,6934 - \min \left\{ \frac{157,368}{149,813} \right\} \Rightarrow V_{CD1}^{\min} = \mathbf{-9,120 \text{ KN}}$$

$$\text{Επειδή } \frac{V_{CD1}^{\min}}{V_{CD1}^{\max}} = \frac{-9,120}{277,582} = -0,03 \Rightarrow \frac{V_{CD1}^{\min}}{V_{CD1}^{\max}} = \mathbf{-0,03 < 0}$$

Θα γίνει έλεγχος αν χρειαστεί δισδιαγώνιος οπλισμός:

$$V_{sd1} = 3 \times (2 + \zeta) \times \tau_{Rd} \times b_w \times d = 3 \times (2 - 0,03) \times 0,26 \times 10^3 \times 0,42 \times 0,77 = 496,22 \text{ KN}$$

$V_{sd1} > V_{sd,max}$, οπότε δε χρειάζεται δισδιαγώνιος οπλισμός.

$$V_{CD2}^{\max} = -\frac{w \times l}{2} + \min \left\{ \gamma_{Rd} \times \frac{|M_{Rb1}^{\acute{\alpha}vw}| + |M_{Rb2}^{\acute{\alpha}vw}|}{\frac{q^* V_E}{1,2}} \right\} = -\frac{46,8978 \times 6,0}{2} + \min \left\{ 1,20 \times \frac{359,781 + 324,663}{149,813} \right\}$$

$$V_{CD2}^{\max} = -140,6934 + \min \left\{ \frac{136,889}{149,813} \right\} \Rightarrow V_{CD2}^{\max} = -3,805 \text{ KN}$$

$$V_{CD2}^{\min} = -\frac{w \times l}{2} - \min \left\{ \gamma_{Rd} \times \frac{|M_{Rb1}^{\acute{\alpha}vw}| + |M_{Rb2}^{\acute{\alpha}vw}|}{\frac{q^* V_E}{1,2}} \right\} = -\frac{46,8978 \times 6,0}{2} - \min \left\{ 1,20 \times \frac{324,663 + 462,177}{149,813} \right\}$$

$$V_{CD2}^{\min} = -140,6934 - \min \left\{ \frac{157,368}{149,813} \right\} \Rightarrow V_{CD2}^{\min} = -290,506 \text{ KN}$$

$$\frac{V_{CD2}^{\min}}{V_{CD2}^{\max}} = \frac{-290,506}{-3,805} = 76,36 \Rightarrow \frac{V_{CD2}^{\min}}{V_{CD2}^{\max}} = 76,36 > 0$$

Δε χρειάζεται δισδιαγώνιος οπλισμός.

$$V_{sd,max} = 290,506 \text{ KN.}$$

3.4.3. Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού.

Ο έλεγχος θα γίνει με την δυσμενέστερη ικανοτική τέμνουσα $\max |V_{CD,i}|$ στις πιθανές θέσεις σχηματισμού πλαστικής άρθρωσης (παρειά στήριξης) που από τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι η $|V_{CD2}^{\min}|$ (τέμνουσα στην παρειά της στήριξης δεξιά) για την οποία ο έλεγχος ικανοποιείται καθώς είναι:

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \times \max \left\{ 0,5, 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right\} \times f_{cd} \times b_w \times (0,9 \times d) = 0,50 \times 0,64 \times \frac{12000}{1,5} \times 0,42 \times (0,9 \times 0,77) \Rightarrow$$

$$V_{Rd2} = 745,11 \text{ kN}$$

$$|V_{CD2}^{\min}| = 290,506 \text{ KN} \leq V_{Rd2}$$

3.4.4. Υπολογισμός οπλισμού

Αφού, λοιπόν, έχουμε θεωρήσει ότι η τέμνουσα θα παραληφθεί μόνο από τους νέους συνδετήρες, ο απαιτούμενος οπλισμός υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V_{Wd} = \frac{A_{sw}}{s} \times 0,9 \times d \times f_{ywd} \geq |V_{CD2}^{\min}| \Rightarrow$$

$$290,506 \leq \frac{2 \times 0,503}{s} \times 0,9 \times 77 \times \frac{50}{1,15} \Rightarrow s \leq 10,427 \text{ cm} \Rightarrow \text{Ø}8/100$$

(Ξεπερνιέται η ελάχιστη απαίτηση Φ8/160).

3.4.4.1. Εκτός κρισίμων περιοχών:

$$\frac{1}{5} V_{Rd2} \leq V_{Sd} \leq \frac{2}{3} V_{Rd2} \Rightarrow 149,02 \leq 290,51 \leq 496,74, \text{ οπότε}$$

$$s_{\max} \leq \min \begin{cases} 0,8d (< 300 \text{ mm}), & V_{Sd} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \\ 0,6d (< 300 \text{ mm}), & \frac{1}{5} V_{Rd2} \leq V_{Sd} \leq \frac{2}{3} V_{Rd2} \\ 0,3d (< 200 \text{ mm}), & V_{Sd} > \frac{2}{3} V_{Rd2} \end{cases} = \min \left\{ \begin{array}{l} 300 \\ 0,6d = 462 \end{array} \right\} = 300$$

Άρα **Φ8/300** εκτός κρισίμων και **Φ8/100** εντός κρισίμων.

4. Υποστυλώματα

4.1. Έλεγχος επάρκειας διατομών.

4.1.1. Κάμψη με αξονικό (M+N)

Γίνεται όπως ακριβώς και στην πρώτη επίλυση, χωρίς να παρατηρούνται σοβαρές διαφορές των εντατικών μεγεθών καθώς και των απαιτούμενων οπλισμών. Συνοπτικά, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:

G+0,3Q+E	Στύλοι	d/h	N	v_{sd}	M	μ_{sd}
	S13°	0,100	-659,788	-0,3299	-55,619	0,0556
	S13 ^u	0,100	-706,663	-0,3533	53,410	0,0534
	S14°	0,111	-351,285	-0,2168	-75,758	0,1039
	S14 ^u	0,111	-389,254	-0,2403	72,040	0,0988
	S15°	0,143	-128,047	-0,1307	-36,909	0,1076
	S15 ^u	0,143	-151,016	-0,1541	34,933	0,1018
	S25°	0,100	-846,437	-0,4232	-47,698	0,0477
	S25 ^u	0,100	-893,312	-0,4467	49,540	0,0495
	S26°	0,111	-609,478	-0,3762	-62,954	0,0864
	S26 ^u	0,111	-647,446	-0,3997	61,795	0,0848
	S27°	0,143	-318,060	-0,3246	-29,150	0,0850
	S27 ^u	0,143	-341,029	-0,3480	28,244	0,0823

G+0,3Q+E	Στύλοι	ω_{tot}	A_s	Υπάρχοντες	Εντάξει:
	S13°	0,000	0,00	25,13	ΝΑΙ
	S13 ^u	0,000	0,00	25,13	ΝΑΙ
	S14°	0,050	4,23	20,61	ΝΑΙ
	S14 ^u	0,025	2,12	20,61	ΝΑΙ
	S15°	0,150	7,68	10,18	ΝΑΙ
	S15 ^u	0,130	6,66	10,18	ΝΑΙ
	S25°	0,000	0,00	25,13	ΝΑΙ
	S25 ^u	0,000	0,00	25,13	ΝΑΙ
	S26°	0,000	0,00	20,61	ΝΑΙ
	S26 ^u	0,000	0,00	20,61	ΝΑΙ
	S27°	0,000	0,00	10,18	ΝΑΙ
	S27 ^u	0,000	0,00	10,18	ΝΑΙ

Οι απαιτήσεις περίσφιξης και αντοχής σε διάτμησης θα καλυφθούν με την τοποθέτηση FRP, η διαστασιολόγηση των οποίων θα γίνει στην επόμενη παράγραφο.

Ως μηχανικά χαρακτηριστικά των FRP λαμβάνονται αυτά τα οποία προέκυψαν από τον εργαστηριακό έλεγχο λωρίδων FRP στο μάθημα ΑΣΤΕ 7 “Πειραματική σεισμική μηχανική”.

- Τάση θραύσης FRP $f_{u,FRP} = 5100 \text{ MPa}$
- Μέτρο ελαστικότητας FRP $E_{FRP} = 285 \text{ GPa}$
- Παραμόρφωση θραύσης FRP $\varepsilon_{f,u} = 18 \text{ ‰}$
- Τάση συνάφειας FRP $\tau_{FRP} = 7,3 \text{ MPa}$
- Πάχος στρώσης FRP $t_{FRP} = 0,16 \text{ mm}$

4.1.2. Υπολογισμός περίσφιξης

Η συνολική τέμνουσα που παραλαμβάνει το τοίχωμα είναι μεγαλύτερη του 75% της συνολικής τέμνουσας βάσης. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τον κανονισμό σκυροδέματος απαλασσόμαστε από τον έλεγχο σε περίσφιξη.

$$\left. \begin{array}{l} 0,75 \times V_o = 0,75 \times 1621,962 = 1216,4714 \text{ kN} \\ V_{\text{τοιχ}} = 1354,39 \end{array} \right\} \Rightarrow V_{\text{τοιχ}} \geq 0,75 \times V_o$$

4.1.3. Διαστασιολόγηση σε τέμνουσα

Οι έλεγχοι σε τέμνουσα θα γίνουν με τις ικανοτικές τέμνουσες. Οι ροπές αντοχής που απαιτούνται για τον έλεγχο αυτό έχουν υπολογιστεί παρακάτω:

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται τα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των στύλων και υπολογίζονται οι ροπές αντοχής.

G+0,3Q+E	Στύλοι	Διαστάσεις	Οπλισμοί	A_{stot}	N	ω_{tot}
	S13 ^o	50×50	8Φ20	25,13	-659,788	0,240
	S13 ^u	50×50	8Φ20	25,13	-706,663	0,240
	S14 ^o	45×45	4Φ20+4Φ16	20,61	-351,285	0,243
	S14 ^u	45×45	4Φ20+4Φ16	20,61	-389,254	0,243
	S15 ^o	35×35	4Φ18	20,36	-128,047	0,397
	S15 ^u	35×35	4Φ18	20,36	-151,016	0,397
	S25 ^o	50×50	8Φ20	25,13	-846,437	0,240
	S25 ^u	50×50	8Φ20	25,13	-893,312	0,240
	S26 ^o	45×45	4Φ20+4Φ16	20,61	-609,478	0,243
	S26 ^u	45×45	4Φ20+4Φ16	20,61	-647,446	0,243
	S27 ^o	35×35	4Φ18	20,36	-318,060	0,397
S27 ^u	35×35	4Φ18	20,36	-341,029	0,397	

G+0,3Q+E	Στύλοι	v	μ	M_{Rd}
	S13 ^o	-0,330	0,200	200,000
	S13 ^u	-0,353	0,205	205,000
	S14 ^o	-0,217	0,180	131,220
	S14 ^u	-0,240	0,185	134,865
	S15 ^o	-0,131	0,190	65,170
	S15 ^u	-0,154	0,195	66,885
	S25 ^o	-0,423	0,200	200,000
	S25 ^u	-0,447	0,200	200,000
	S26 ^o	-0,376	0,195	142,155
	S26 ^u	-0,400	0,200	145,800
	S27 ^o	-0,325	0,230	78,890
S27 ^u	-0,348	0,235	80,605	

Θα χρησιμοποιηθούν οι μεγαλύτερες ροπές αντοχής. Εφόσον προκύψει ότι η μία στρώση FRP επαρκεί για την δυσμενέστερη διατομή συνεπάγεται ότι επαρκεί και για τις υπόλοιπες.

$$V_{CD,c} = 1,40 \times \frac{M_{R,c1} + M_{R,c2}}{l_c} \leq q \times V_{E,c}$$

$$V_{CD,c} = 1,40 \times \frac{205 + 205}{3,75 - 0,85} = 197,93 \text{ kN} \geq 2,5 \times 36,340 = 90,85 \text{ kN} \Rightarrow V_{CD,c} = 90,85 \text{ kN}$$

4.1.3.1. Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού.

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \times \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \\ 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \end{array} \right\} \times f_{cd} \times b_w \times (0,9 \times d) = 0,50 \times 0,64 \times \frac{12000}{1,5} \times 0,50 \times (0,9 \times 0,45) \Rightarrow$$

$$V_{Rd2} = 518,40 \text{ kN} \geq V_{CD,c}$$

4.1.3.2. Έλεγχος επάρκειας

Η σχέση (Δρίτσος, §5.4.2.3) που δίνει την αντίσταση σε τέμνουσα της ενίσχυσης με FRP για τη δυσμενέστερη περίπτωση των μικρότερων στύλων (στύλοι 3^{ου} ορόφου) είναι:

$$V_{fd} = \frac{\alpha_o \times \varepsilon_{f,e}}{\gamma_f} \times E_f \times \rho_f \times b_w \times 0,9 \times d \times (1 + \cot a) \times \sin a$$

$$\alpha_o = 0,8$$

$$\gamma_f = 1,2$$

$$E_f = 285000 \text{ MPa}$$

$$b_w = 0,35 \text{ m}$$

$$d = 0,30 \text{ m}$$

$$a = 90^\circ$$

$$\rho_f = 2 \times \frac{t_f}{b_w} = 2 \times \frac{0,16}{350} = 9,143 \times 10^{-4}$$

Ο όρος $\varepsilon_{f,e}$ αντιπροσωπεύει την ενεργή παραμόρφωση του ινοϋφάσματος και δίνεται από την σχέση:

$$\varepsilon_{f,e} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,17 \times \varepsilon_{fu} \times \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_f \times \rho_f} \right)^{0,3} \\ 0,65 \times 10^{-3} \times \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_f \times \rho_f} \right)^{0,56} \\ 0,006 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,17 \times 18 \times 10^{-3} \times \left(\frac{20^{2/3}}{285 \times 9,143 \times 10^{-4}} \right)^{0,3} = 8,34 \times 10^{-3} \\ 0,65 \times 10^{-3} \times \left(\frac{20^{2/3}}{285 \times 9,143 \times 10^{-4}} \right)^{0,56} = 4,224 \times 10^{-3} \\ 0,006 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\varepsilon_{f,e} = 4,224 \times 10^{-3}$$

Άρα:

$$V_{fd} = \frac{0,8 \times 4,224 \times 10^{-3}}{1,2} \times 285 \times 10^6 \times 9,143 \times 10^{-4} \times 0,35 \times 0,9 \times 0,30 \Rightarrow V_{fd} = 69,34 \text{ kN} \leq V_{CD} = 90,85 \text{ kN}$$

Άρα, θα χρειαστούμε δύο στρώσεις FRP, δηλαδή $2 \times V_{fd} = 138,679 \text{ KN}$.

4.1.3.3. Υπολογισμός μήκους υπερκάλυψης (αγκύρωσης)

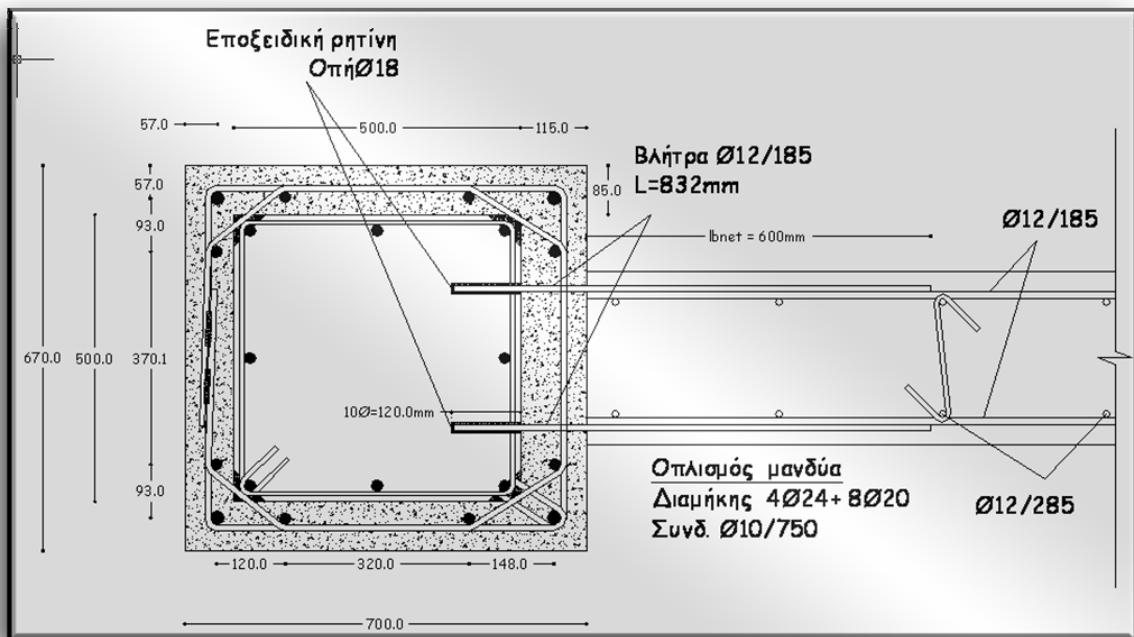
Θα πρέπει το μήκος υπερκάλυψης να είναι τέτοιο ώστε να διασφαλίζει την ανάπτυξη της

πλήρους εφελκυστικής αντοχής του ινοϋφάσματος πριν από αστοχία από ολίσθηση:

$$\tau_{FRP} \times l_{αγκ} \times h \geq f_{uFRP} \times t_{FRP} \times h \Rightarrow l_{αγκ} \geq \frac{f_{uFRP} \times t_{FRP}}{\tau_{FRP}} = \frac{5100 \times 0,16 \times 10^{-3}}{7,3} \Rightarrow l_{αγκ} \geq 11,18 \text{ cm}$$

Επιλέγεται μήκος υπερκάλυψης (αγκύρωσης) **$l_{αγκ} = 15 \text{ cm}$**

5. Τοίχωμα Ισογείου



Προς απλοποίηση των υπολογισμών θα θεωρηθεί ότι η διατομή του τοιχίου είναι ενιαία καθ' ύψος. Αυτή η παραδοχή δεν είναι η πιο οικονομική αλλά θεωρείται ικανοποιητική για τις απαιτήσεις του θέματος.

Τα εντατικά μεγέθη του τοιχώματος στην βάση του ορόφου δίνονται ακολούθως:

Θέση	Φορτία	G + 0,3Q + E
1 ^{ος}	N	-3374,73
	V	1354,323
	M	9662,31

Σύμφωνα με τον Ε.Κ.Ο.Σ. §18.5.2, το μήκος της κρίσιμης περιοχής του τοιχώματος μετρούμενο από τη στάθμη θεμελίωσης είναι:

$$H_{cr} = \max \left\{ \begin{array}{l} l_w = 4,67 \text{ m} \\ \frac{H_w}{6} = \frac{3 \times 3,75}{6} = 1,875 \\ H_{op} = 3,75 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow H_{cr} = 4,67 \text{ m} \Rightarrow$$

Επομένως, ως κρίσιμη περιοχή του τοιχώματος θεωρείται το ύψος του τοιχώματος στο ισόγειο και τον 1^ο όροφο και ο διαμήκης οπλισμός του τοιχώματος στους ορόφους αυτούς θα εφαρμοστεί ενιαίος, σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ., §B1.4[4].

5.1. Κρυφοϋποστρώματα

Το μήκος της κρυφοκολώνας είναι:

$$a_w = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,15 \times l_w = 0,15 \times 4,67 = 0,70 \text{ m} \\ 1,50 \times b_w = 1,50 \times 0,30 = 0,45 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow a_w = 0,70 \text{ m}$$

Πρέπει $10\% \times a_w \times b \leq A_{s, \text{κρυφ}} \leq 40\% \times a_w \times b \Rightarrow 0,01 \times 70 \times 67 \leq A_{s, \text{κρυφ}} \leq 0,04 \times 70 \times 67 \Rightarrow 46,90 \text{ cm}^2 \leq A_{s, \text{κρυφ}} \leq 187,60 \text{ cm}^2$.

Σύμφωνα με τον Ε.Κ.Ο.Σ. §18.4.4.1, η μέγιστη διάμετρος και η μέγιστη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων εντός του κρίσιμου μήκους του τοιχώματος είναι:

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 8 \times \varnothing_{L \min} = 8 \times 20 = 160 \text{ mm} \\ 0,5 \times b_{\min} = 0,5 \times 670 = 335 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow s_{\max} = 100 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{w \min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3} \times \varnothing_{l \max} = \frac{1}{3} \times 20 = 6,67 \text{ mm} \\ 8 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow \varnothing_{w \min} = 8 \text{ mm}$$

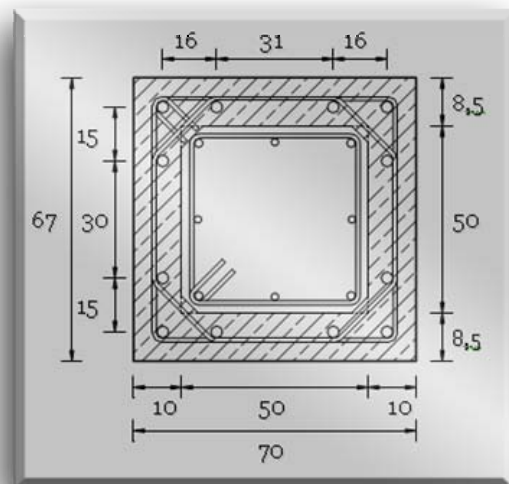
5.1.1. Περίσφιξη

Το μέγιστο θλιπτικό φορτίο κάθε κρυφοκολώνας υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση (Ε.Κ.Ο.Σ. §18.5.3):

$$N_{\text{eff}} = \frac{2}{3} \times \left(\frac{N_{sd}}{2} + \frac{M_{sd}}{z} \right) = \frac{2}{3} \times \left(\frac{3374,73}{2} + \frac{9662,31}{(4,67 - 2 \times \frac{0,70}{2})} \right) = 2747,43 \text{ kN}$$

Η διάταξη των συνδετήρων της διατομής κάθε κρυφοκολώνας φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Ο εγκάρσιος οπλισμός αποτελείται από τετραγωνικούς και οκταγωνικούς κλειστούς συνδετήρες.

Σημ.: Για κατασκευαστικούς λόγους (κλείσιμο του οκταγωνικού συνδετήρα γύρω από το υπάρχον υποστύλωμα), αντί των 30 και 31 cm, τα μεσαία σίδερα θα μπουν σε απόσταση 37 και 32 cm μεταξύ τους, αντίστοιχα.



Για τον έλεγχο της περίσφιξης των ενισχυμένων κρυφοκολώνων λαμβάνονται υπόψη μόνο οι νέοι συνδετήρες, καθότι εξωτερικοί.

Το απαιτούμενο μηχανικό ποσοστό περίσφιξης δίνεται από τη σχέση (Ε.Κ.Ο.Σ. §18.4.4.2):

$$\alpha \times \omega_{wd} = 0,85 \times v_d \times \left(0,35 \times \frac{A_c}{A_o} + 0,15 \right) - 0,035 \geq 0,10$$

όπου: $A_c = b \times a_w = 67 \times 70 = 4690 \text{ cm}^2$ (ολικό εμβαδό)

$$A_o = b_o \times a_{wo} = (b_{\text{στίλου}} - 2c - 2\varnothing_{\text{συνδ.}}) \times (a_w - 2c - 2\varnothing_{\text{συνδ.}}) = \\ = (67 - 2 \times 3,5 - 2 \times 1,0) \times (70 - 2 \times 3,5 - 2 \times 1,0) = 58,0 \times 61,0 = 3538,00 \text{ cm}^2$$

(εμβαδό περισφιγμένου πυρήνα)

$$\alpha = \alpha_n \times \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \sum_1^{12} \frac{b_i^2}{6 \times A_o} = 1 - \frac{4 \times (16^2 + 15^2) + 2 \times (30^2 + 31^2)}{6 \times 3538,00} = 0,734$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2 \times b_o} \right)^2 = \left(1 - \frac{100 - \varnothing_{\text{συνδ.}}}{2 \times 614} \right)^2 = 0,8579$$

$$v_d = \frac{N_{sd}}{A_{c,C20} \times f_{cd,C20} + A_{c,C12} \times f_{cd,C12}} = \\ = \frac{2747,46}{(0,70 \times 0,67 - 0,50^2) \times 20000 / 1,5 + 0,50^2 \times 12000 / 1,5} = 0,558 < 0,65$$

Οπότε:

$$\omega_{wd} = \frac{1}{0,734 \times 0,8579} \times \left[0,85 \times 0,558 \times \left(0,35 \times \frac{4690}{3538,00} + 0,15 \right) - 0,035 \right] = 0,407 \geq 0,10$$

Θεωρώντας συνδετήρες $\varnothing 10/75$, το διατιθέμενο μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό οπλισμού περισφιξης της διατομής των κρυφοκολώνων προκύπτει:

$$\omega_{wd, \text{διατιθέμενο}} = \frac{V_{\text{κλ.συνδ.}} \times f_{yd}}{V_o \times f_{cd}} = \\ = \frac{\left[2 \times (31 + 30) + 4 \times (15 + 16) + 2 \times 31 + 2 \times 30 + 4 \times (16^2 + 15^2)^{0,5} \right] \times A_{s, \text{συνδ.}} \times f_{yd}}{(A_{o,C20} \times f_{cd,C20} + A_{o,C12} \times f_{cd,C12}) \times s} = \\ = \frac{\left[2 \times (0,31 + 0,30) + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,16 + 2 \times 0,31 + 2 \times 0,30 + 4 \times 0,22 \right] \times \left(\pi \times \frac{1,0^2}{4} \right) \times 10^{-4} \times 500000 / 1,15}{(0,70 \times 0,67 - 0,50^2) \times 20000 / 1,5 + 0,50^2 \times 12000 / 1,5} \times 0,075 =$$

$$\omega_{wd, \text{διατιθέμενο}} = 0,422 > \omega_{wd}$$

5.1.2. Έλεγχος σε M+N

$$\left. \begin{array}{l} N = -3374,632 \text{ KN} \\ M = 9662,311 \text{ KNm} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} v_d = \frac{-3374,632 \text{ KN}}{[2 \times 0,70 \times 0,67 + (4,67 - 1,40) \times 0,3] \times \frac{20 \times 10^3}{1,5}} = -0,1319 \\ \mu = \frac{9662,311 \text{ KNm}}{0,3 \times 4,67^2 \times \frac{16 \times 10^3}{1,5}} = 0,1385 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\omega_{\text{tot}} = 0,18$$

$$A_{s,\text{tot}} = \omega_{\text{tot}} \times l_w \times b \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,18 \times 467 \times 30 \times \frac{20/1,5}{500/1,15} = 77,34 \text{ cm}^2.$$

$A_s = 1/2 A_{s,\text{tot}} = 38,67 \text{ cm}^2 < 46,90 \text{ cm}^2 = A_{s,\text{min}}$, οπότε βάζουμε **4Φ24+8 Φ22 (48,51 cm²)**.
 $2 \times 48,51 \text{ cm}^2 \rightarrow \omega_{\text{tot}} = 0,226 \rightarrow$ Για $v_d = -0,1319 \rightarrow \mu = 0,15 \rightarrow M_{Rd} = 10468,272 \text{ KNm}$.

5.1.3. Διάτμηση

Ο ΕΑΚ 2000 προβλέπει τις κάτωθι σχέσεις για τις ικανοτικές τέμνουσες που θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο σε διάτμηση:

$$V_{CD,w0} = \alpha_{CD} \times V_{E,w0}$$

$$\alpha_{CD} = \gamma_{Rd} \times \frac{M_{R,w0}}{M_{E,w0}} \leq q$$

$$\alpha_{CD} = 1,30 \times \frac{10468,272}{9662,311} = 1,408 \leq q = 2,5 \Rightarrow \alpha_{CD} = 1,408$$

$$V_{CD,w0} = 1,408 \times 1354,393 \Rightarrow V_{CD,w0} = 1907,577 \text{ KN}$$

5.1.4. Ελάχιστοι οπλισμοί σχάρας

$$\min \theta_V = 10 \text{ mm.}$$

$$\min \theta_H = 8 \text{ mm.}$$

$$\rho_{wH,\text{min}} = \rho_{wV,\text{min}} = 0,0025$$

$$A_{s,\text{min}} = 0,0025 \times 30 \times 100 = 7,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$1/2 A_{s,\text{min}} = 3,75 \text{ cm}^2 / \text{m.}$$

Έτσι, ο ελάχιστος οπλισμός σχάρας είναι: **2#Ø10/200 (3,93 cm²/m/παρειά)**

5.1.4.1. Έλεγχος περιορισμού λοξής θλίψης σκυροδέματος κορμού.

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$d = 4,67 - 2 \times 0,70 = 3,27 \text{ m}$$

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \times \max \left\{ 0,5, 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right\} \times f_{cd} \times b_w \times (0,9 \times d) = 0,50 \times 0,64 \times \frac{20000}{1,5} \times 0,30 \times (0,9 \times 3,27) \Rightarrow$$

$$V_{Rd2} = 3767,04 \text{ kN}$$

$$V_{Rd1} = \left[\tau_{Rd} \times \max \left\{ \frac{1,60 - d}{1,0} \right\} \times \left(1,20 + 40 \times \min \left\{ \frac{A_{sl}}{b_w \times d} \right\} \right) + 0,15 \times \frac{N_{sd}}{A_c} \right] \times b_w \times d$$

$$V_{Rd1} = \left[0,26 \times 10^3 \times \max \left\{ \frac{1,60 - 3,27}{1,0} \right\} \times \left(1,20 + 40 \times \min \left\{ \frac{48,51}{0,30 \times 3,27} \right\} \right) + 0,15 \times \frac{3374,632}{0,30 \times 3,27} \right] \times 0,30 \times 3,27$$

$$V_{Rd1} = \left[0,26 \times 10^3 \times 1,0 \times (1,20 + 40 \times 4,851 \times 10^{-3}) + 0,15 \times \frac{3374,632}{0,30 \times 3,27} \right] \times 0,30 \times 3,27$$

$$V_{Rd1} = 862,71 \text{ KN}$$

$$V_{cd} = 0,25 \times 862,71 = 215,678 \text{ KN}$$

$$a_s = \frac{M_{sd}}{V_{sd} \times l_w} = \frac{9662,311}{1354,393 \times 4,67} = 1,53 \Rightarrow 1,3 \leq a_s \leq 2,0$$

Ο λόγος διάτμησης βρίσκεται μεταξύ των ορίων 1,3 και 2 συνεπώς δεν υπάρχει κίνδυνος διαγώνιου ελκυσμού.

5.1.4.2. Οριζόντιος οπλισμός κορμού:

$$\rho_h \times f_{yd,h} \times b_w \times d_e \geq V_{CD} - V_{cd} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sh}}{b_w \times s} \times f_{yd,h} \times b_w \times d_e \geq V_{CD} - V_{cd} \Rightarrow$$

$$\frac{2 \times 0,7854 \times 10^{-4}}{0,30 \times s} \times \frac{500 \times 10^3}{1,15} \times 0,30 \times 3,27 \geq 1907,577 - 215,678 \Rightarrow$$

$$\frac{223,326}{s} \geq 1691,899 \Rightarrow s \leq 13,2 \text{ cm}$$

$$2\# \text{Ø}10/130 \quad (6,04 \text{ cm}^2/\text{m}/\text{παρειά})$$

Για κατασκευαστικούς λόγους θα τοποθετηθούν **2#Ø12/185 (6,11 cm²/m/παρειά)**

Κατακόρυφος οπλισμός κορμού:

$$\rho_v \times f_{yd,v} \times b_w \times d_e \geq V_{CD} - V_{cd} - \min N_{sd} \Rightarrow$$

$$\frac{A_{sv}}{b_w \times s} \times f_{yd,v} \times b_w \times d_e \geq V_{CD} - V_{cd} - \min N_{sd} \Rightarrow$$

$$\frac{2 \times -0,7854 \times 10^{-4}}{0,30 \times s} \times \frac{500 \times 10^3}{1,15} \times 0,30 \times 3,27 \geq 1907,577 - 215,678 - 2747,43 \leq 0$$

Επειδή το δεύτερο μέλος είναι αρνητικό, αρκούν οι ελάχιστοι οπλισμοί:

$$2\# \text{Ø}10/200 \quad (3,93 \text{ cm}^2/\text{m}/\text{παρειά})$$

Για κατασκευαστικούς λόγους θα τοποθετηθούν **2#Ø12/285 (3,97 cm²/m/παρειά)**

5.2. Υπολογισμός συνδέσμων τοιχώματος

Για τον υπολογισμό των απαιτούμενων συνδέσμων του τοιχώματος με τους στύλους και τις δοκούς, γίνεται η δυσμενής παραδοχή ότι οι σύνδεσμοι αυτοί λειτουργούν ως βλήτρα με ανεμπόδιστες διατμητικές παραμορφώσεις. Επιπλέον, θεωρείται ότι η απαίτηση ως προς την φέρουσα ικανότητα των βλήτρων αυτών είναι να μπορούν να παραλάβουν το διατμητικό φορτίο που προκαλεί το σύνολο της ικανοτικής τέμνουσας του ορόφου.

$$V_{CD} = 1907,577 \text{ kN} \Rightarrow V_{CD} = \frac{1906,985}{3,27} = 583,357 \text{ kN/m}$$

Υπενθυμίζεται ότι οι οριζόντιες διατμητικές τάσεις είναι ίσες με τις κατακόρυφες. Κατά συνέπεια θα προκύψει η ίδια απαίτηση οπλισμού ανά μονάδα μήκους τόσο για τους κατακόρυφους όσο και για τους οριζόντιους οπλισμούς σύνδεσης. Έτσι, ο έλεγχος θα γίνει μία φορά.

Οι μορφές αστοχίας ενός διατμητικού βλήτρου είναι τρεις:

- Διαρροή χάλυβα από διάτμηση
- Σύνθλιψη περιβάλλοντος σκυροδέματος και δημιουργία πλαστικής άρθρωσης στο βλήτρο
- Απόσχιση πλευρικού κώνου σκυροδέματος στο βλήτρο

Από τις παραπάνω τρεις μορφές αστοχίας μόνο οι δύο πρώτες μπορούν να υπάρξουν στην περίπτωση που εξετάζουμε. Αυτό συμβαίνει γιατί ο τρίτος τύπος αστοχίας συμβαίνει μόνο σε περιπτώσεις που η απόσταση του βλήτρου κατά την διεύθυνση της φόρτισης είναι πολύ κοντά σε άκρο του σκυροδέματος, γεγονός που δεν συμβαίνει στην περίπτωση που εξετάζεται.

Η αντοχή των βλήτρων σε διαρροή του χάλυβα από διάτμηση δίνεται από την σχέση:

$$V_{ud,a} = A_s \times \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \Rightarrow 583,357 = A_s \times \frac{500 \times 10^3 / 1,15}{\sqrt{3}} \Rightarrow A_s = 23,24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Η αντοχή των βλήτρων σε σύνθλιψη του περιβάλλοντος σκυροδέματος δίνεται από την σχέση:

$$V_{ud,b} = \frac{1,65}{\gamma_m} \times A_s \times \sqrt{f_{cd} \times f_{yd}} \Rightarrow 583,357 = \frac{1,65}{1,3} \times A_s \times \sqrt{\frac{12000}{1,5} \times \frac{500000}{1,15}} \Rightarrow A_s = 77,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

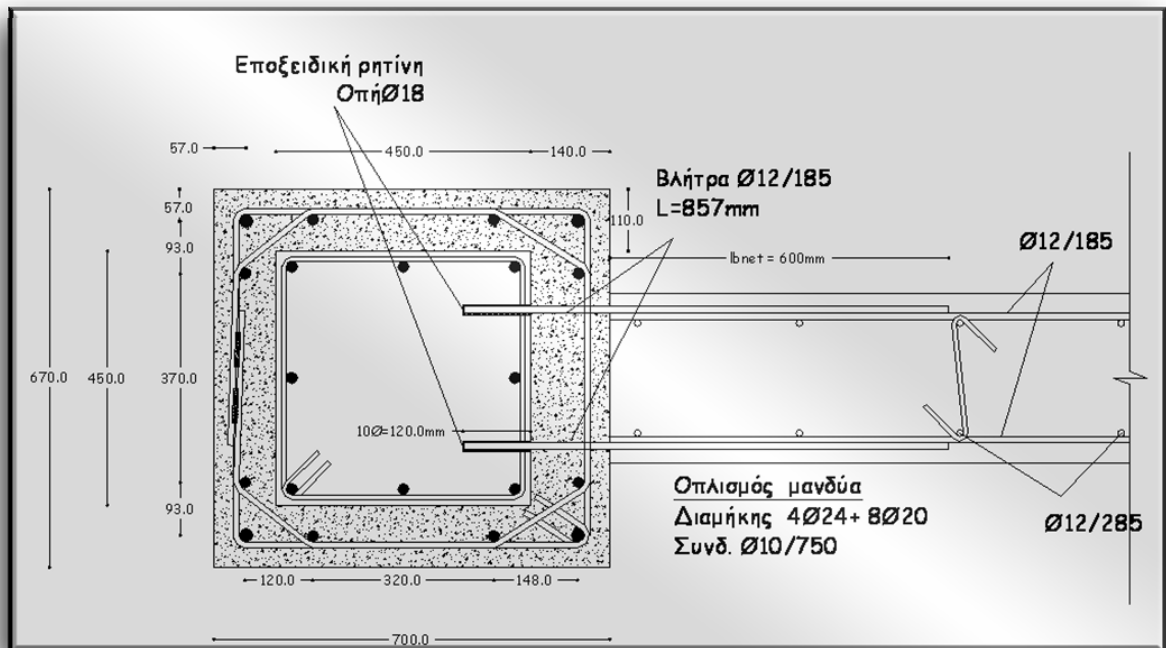
Οι παραπάνω τύποι δίνονται στο «Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα», σελ. 134-136,[1], Δρίτσος Σ. (2000).

Η τελευταία αυτή απαίτηση προκύπτει κρίσιμη και οδηγεί σε απαίτηση οπλισμών:

Φ24/100 (45,24 cm²) / όψη

Σημ.: Ο έλεγχος αυτός ως εξαιρετικά συντηρητικός θα αγνοηθεί. Στην πράξη θα γίνει μόνο αποκατάσταση της συνέχειας των οπλισμών.

6. Τοίχωμα 1^{ου} ορόφου



Τα εντατικά μεγέθη του τοιχώματος στην βάση του ορόφου δίνονται ακολούθως:

Θέση	Φορτία	G + 0,3Q + E
2 ^{ος}	N	-2226,921
	V	1088,837
	M	5180,08

6.1. Κρυφοϋποστυλώματα

Το μήκος της κρυφοκολώνας είναι:

$$a_w = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,15 \times l_w = 0,15 \times 4,67 = 0,70 \text{ m} \\ 1,50 \times b_w = 1,50 \times 0,30 = 0,45 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow a_w = 0,70 \text{ m}$$

Πρέπει $10\% \times a_w \times b \leq A_{s,κρυφ} \leq 40\% \times a_w \times b \Rightarrow 0,01 \times 70 \times 67 \leq A_{s,κρυφ} \leq 0,04 \times 70 \times 67 \Rightarrow 46,90 \text{ cm}^2 \leq A_{s,κρυφ} \leq 187,60 \text{ cm}^2$.

Σύμφωνα με τον Ε.Κ.Ο.Σ. §18.4.4.1, η μέγιστη διάμετρος και η μέγιστη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων εντός του κρισιμού μήκους του τοιχώματος είναι:

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 8 \times \varnothing_{L \min} = 8 \times 20 = 160 \text{ mm} \\ 0,5 \times b_{\min} = 0,5 \times 670 = 335 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow s_{\max} = 100 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{w \min} = \max \left\{ \frac{1}{3} \times \varnothing_{l \max} = \frac{1}{3} \times 20 = 6,67 \text{ mm} \right. \\ \left. \begin{array}{l} 8 \text{ mm} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow \varnothing_{w \min} = 8 \text{ mm}$$

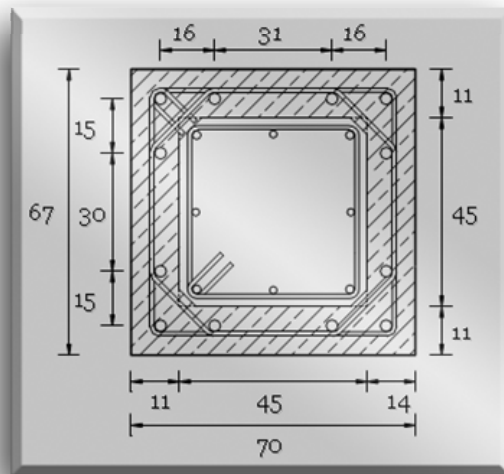
6.1.1. Περίσφιξη

Το μέγιστο θλιπτικό φορτίο κάθε κρυφοκολώνας υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση (Ε.Κ.Ο.Σ. §18.5.3):

$$N_{eff} = \frac{2}{3} \times \left(\frac{N_{sd}}{2} + \frac{M_{sd}}{z} \right) = \frac{2}{3} \times \left(\frac{2226,921}{2} + \frac{5180,08}{(4,67 - 2 \times \frac{0,70}{2})} \right) = 1612,18 \text{ kN}$$

Η διάταξη των συνδετήρων της διατομής κάθε κρυφοκολώνας φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Ο εγκάρσιος οπλισμός αποτελείται από τετραγωνικούς και οκταγωνικούς κλειστούς συνδετήρες.

Σημ.: Για κατασκευαστικούς λόγους (κλείσιμο του οκταγωνικού συνδετήρα γύρω από το υπάρχον υποστύλωμα), αντί των 30 και 31 cm, τα μεσαία σίδερα θα μπουν σε απόσταση 37 και 32 cm μεταξύ τους, αντίστοιχα.



Για τον έλεγχο της περίσφιξης των ενισχυμένων κρυφοκολώνων λαμβάνονται υπόψη μόνο οι νέοι συνδετήρες, καθότι εξωτερικοί.

Το απαιτούμενο μηχανικό ποσοστό περίσφιξης δίνεται από τη σχέση (Ε.Κ.Ο.Σ. §18.4.4.2):

$$\alpha \times \omega_{wd} = 0,85 \times \nu_d \times \left(0,35 \times \frac{A_c}{A_o} + 0,15 \right) - 0,035 \geq 0,10$$

όπου: $A_c = b \times a_w = 67 \times 70 = 4690 \text{ cm}^2$ (ολικό εμβαδό)

$$A_o = b_o \times a_{wo} = (b_{\text{στήλου}} - 2c - 2\varnothing_{\text{συνδ.}}) \times (a_w - 2c - 2\varnothing_{\text{συνδ.}}) = \\ = (67 - 2 \times 3,5 - 2 \times 1,0) \times (70 - 2 \times 3,5 - 1,0) = 58 \times 61 = 3538,00 \text{ cm}^2$$

(εμβαδό περισφιγμένου πυρήνα)

$$\alpha = \alpha_n \times \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \sum_1^{12} \frac{b_i^2}{6 \times A_o} = 1 - \frac{4 \times (16^2 + 15^2) + 2 \times (30^2 + 31^2)}{6 \times 3585,76} = 0,737$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2 \times b_o}\right)^2 = \left(1 - \frac{100 - \varnothing_{\text{συνδ.}}}{2 \times 614}\right)^2 = 0,8579$$

$$v_d = \frac{N_{sd}}{A_{c,C20} \times f_{cd,C20} + A_{c,C12} \times f_{cd,C12}} = \frac{1612,18}{(0,70 \times 0,67 - 0,450^2) \times 20000 / 1,5 + 0,450^2 \times 12000 / 1,5} = 0,311 < 0,65$$

Οπότε:

$$\omega_{wd} = \frac{1}{0,734 \times 0,8579} \times \left[0,85 \times 0,311 \times \left(0,35 \times \frac{4690}{3538,00} + 0,15 \right) - 0,035 \right] = 0,203 \geq 0,10$$

Θεωρώντας συνδετήρες $\varnothing 10/75$, το διατιθέμενο μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό οπλισμού περίσφιξης της διατομής των κρυφοκολώνων προκύπτει:

$$\omega_{wd, \text{διατιθέμενο}} = \frac{V_{\text{κλ.συνδ.}} \times f_{yd}}{V_o \times f_{cd}} = \frac{[2 \times (31 + 30) + 4 \times (15 + 16) + 2 \times 31 + 2 \times 30 + 4 \times (16^2 + 15^2)^{0,5}] \times A_{s, \text{συνδ.}} \times f_{yd}}{(A_{o,C20} \times f_{cd,C20} + A_{o,C12} \times f_{cd,C12}) \times s} = \frac{[2 \times (0,31 + 0,30) + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,16 + 2 \times 0,31 + 2 \times 0,30 + 4 \times 0,22] \times \left(\pi \times \frac{1,0^2}{4} \right) \times 10^{-4} \times 500000 / 1,15}{((0,70 \times 0,67 - 0,45^2) \times 20000 / 1,5 + 0,45^2 \times 12000 / 1,5) \times 0,075} =$$

$$\omega_{wd, \text{διατιθέμενο}} = 0,401 > \omega_{wd}$$

6.1.2. Έλεγχος σε M+N

Εφόσον τοποθετήθηκαν οι ελάχιστοι οπλισμοί στην βάση του τοιχώματος που οι ροπές είναι μεγαλύτερες συνεπάγεται ότι αυτοί επαρκούν και για τον 1^ο όροφο όπου οι ροπές είναι μικρότερες.

Άρα, τοποθετούνται και εδώ: $\mathbf{4\Phi 24 + 8 \Phi 22 (48,51 \text{ cm}^2)} = A_{s, \text{min}}$

6.1.3. Διάτμηση

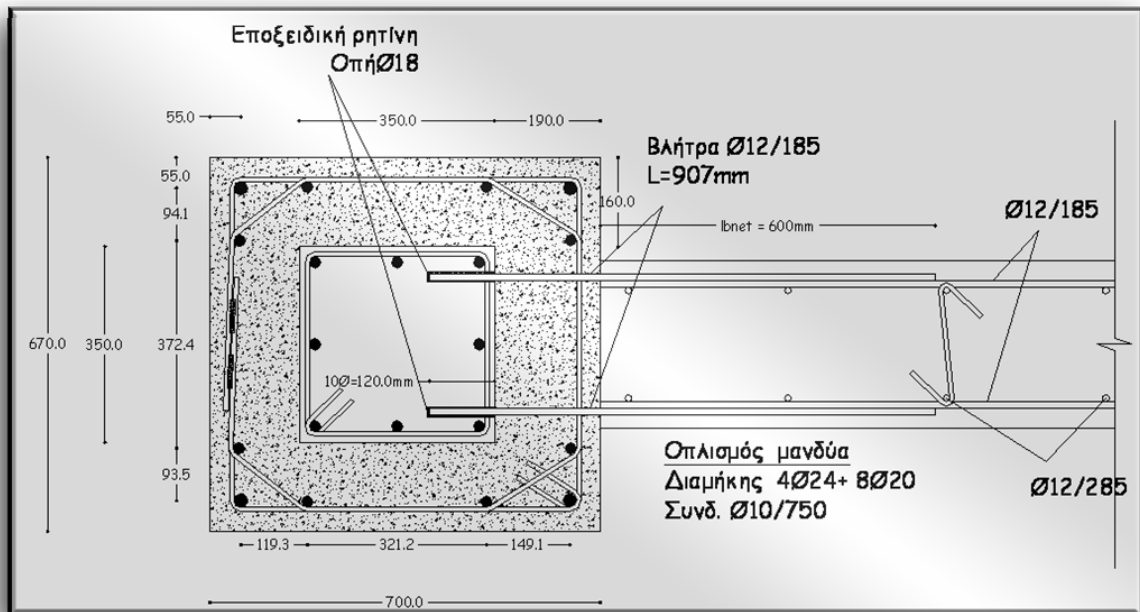
Εφόσον τοποθετήθηκαν οι ελάχιστοι οπλισμοί στην βάση του τοιχώματος που οι ροπές είναι μεγαλύτερες συνεπάγεται ότι αυτοί επαρκούν και για τον 1^ο όροφο όπου οι ροπές είναι μικρότερες.

Άρα, τοποθετούνται και εδώ:

Οριζόντιος οπλισμός κορμού: 2#Ø12/185 (6,11 cm²/m/παρειά)

Κατακόρυφος οπλισμός κορμού: 2#Ø12/285 (3,97 cm²/m/παρειά)

7. Τοίχωμα 2^{ου} ορόφου



Τα εντατικά μεγέθη του τοιχώματος στην βάση του ορόφου δίνονται ακολούθως:

Θέση	Φορτία	G + 0,3Q + E
3 ^{ος}	N	1097,25
	V	728,205
	M	1927,325

Ο δεύτερος όροφος βρίσκεται εκτός κρισίμου ύψους. Κατά συνέπεια δεν απαιτείται έλεγχος περισφιξης.

$$s_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 8 \times \varnothing_{L \min} = 8 \times 20 = 160 \text{ mm} \\ 0,5 \times b_{\min} = 0,5 \times 670 = 335 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow s_{\max} = 100 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{w \min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3} \times \varnothing_{l \max} = \frac{1}{3} \times 20 = 6,67 \text{ mm} \\ 8 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow \varnothing_{w \min} = 8 \text{ mm}$$

Άρα, τοποθετούνται συνδετήρες: **Φ8/100** **2^{ος} όροφος**

7.1.1. Έλεγχος σε M+N

Εφόσον τοποθετήθηκαν οι ελάχιστοι οπλισμοί στην βάση του τοιχώματος που οι ροπές είναι μεγαλύτερες συνεπάγεται ότι αυτοί επαρκούν και για τον 2^ο όροφο όπου οι ροπές είναι μικρότερες.

Άρα, τοποθετούνται και εδώ: $4\Phi 24 + 8\Phi 22 (48,51 \text{ cm}^2) = A_{s,\min}$

7.1.2. Διάτμηση

Αν και ο τρίτος όροφος είναι εκτός του κρισίμου ύψους τοποθετείται ο ίδιος οριζόντιος και κατακόρυφος οπλισμός κορμού με αυτόν εντός του κρισίμου ύψους για λόγους ομοιομορφίας και ευκολίας στην κατασκευή.

Άρα, τοποθετούνται και εδώ:

Οριζόντιος οπλισμός κορμού: 2#Ø12/185 (6,11 cm²/m/παρειά)

Κατακόρυφος οπλισμός κορμού: 2#Ø12/285 (3,97 cm²/m/παρειά)

8. Διαστασιολόγηση δομικών στοιχείων πλαισίων χωρίς τοίχωμα

8.1. Δοκοί

8.1.1. Κάμψη

Οι ροπές αντοχής των δοκών των πλαισίων χωρίς τοίχωμα είναι ίδιες με αυτές του πλαισίου με τοίχωμα, πριν από την ενίσχυση, καθώς ο οπλισμός είναι ο ίδιος. Παρακάτω υπολογίζονται οι ροπές αντοχής και εμφανίζονται σχηματικά σε ενδεικτική τομή για καλύτερη εποπτεία.

8.1.1.1. Θέση 1

8.1.1.1.1. Εφελκόμενη άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \varnothing 18 \text{ (5,09 cm}^2\text{)}$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Επομένως:

$$\omega = \frac{5,09}{30 \times 65} \times \frac{220/1,15}{12/1,5} = 0,0624 \rightarrow \mu_{sd} = 0,0595$$

$$M_{Rd}^1 = 0,0595 \times 0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd}^1 = 60,295 \text{ kNm}$$

8.1.1.2. Θέση 2

8.1.1.2.1. Εφελκόμενη άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2 \text{ } \varnothing 16 + 2 \text{ } \varnothing 18 + 2 \text{ } \varnothing 20 \text{ (15,39 cm}^2\text{)}$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Επομένως:

$$\omega = \frac{15,39}{30 \times 65} \times \frac{220/1,15}{12/1,5} = 0,1887 \rightarrow \mu_{sd} = 0,1765$$

$$M_{Rd}^2 = 0,1765 \times 0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd}^2 = 169,829 \text{ KNm}$$

8.1.1.3. Θέση 3

8.1.1.3.1. Θλιβόμενη κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(0) = (0 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \rightarrow \boxed{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

Επομένως: $M_{Rd}^3 = 0 \text{ KNm}$

8.1.1.4. Θέση 4

8.1.1.4.1. Θλιβόμενη κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(0) = (0 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \rightarrow \boxed{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

Επομένως: $M_{Rd}^4 = 0 \text{ KNm}$

8.1.1.5. Θέση 5

8.1.1.5.1. Εφελκυόμενη κάτω ίνα (πλακοδοκός).

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \varnothing 18 (5,09 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18\text{m}$$

$$h = 0,70\text{m} \rightarrow d = 0,65\text{m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \rightarrow \boxed{b_m = 1,74\text{m}}$$

Επομένως:

$$\omega = \frac{5,09}{174 \times 65} \times \frac{220/1,15}{12/1,5} = 0,0108 \rightarrow \mu_{sd} = 0,0102$$

$$M_{Rd} = 0,0102 \times 1,74 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd} = 60,279\text{KNm}$$

8.1.1.6. Θέση 6

8.1.1.6.1. Ολιβόμενη άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(0) = (0 \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18\text{m}$$

$$h = 0,70\text{m} \rightarrow d = 0,65\text{m}$$

$$\text{Επομένως: } M_{Rd}^6 = 0\text{KNm}$$

8.1.1.7. Θέση 7

8.1.1.7.1. Εφελκόμενη άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2)+(4)+(5) = 2 \text{ } \emptyset 16 + 2 \text{ } \emptyset 18 + 2 \text{ } \emptyset 20 \text{ (15,39 cm}^2\text{)}$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18\text{m}$$

$$h = 0,70\text{m} \rightarrow d = 0,65\text{m}$$

Επομένως:

$$\omega = \frac{15,39}{30 \times 65} \times \frac{220/1,15}{12/1,5} = 0,1887 \rightarrow \mu_{sd} = 0,1765$$

$$M_{Rd}^2 = 0,1765 \times 0,30 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd}^7 = 169,829\text{KNm}$$

8.1.1.8. Θέση 8**8.1.1.8.1. Ολιβόμενη άνω ίνα (ορθογωνική διατομή).**

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(o) = (o \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Επομένως: $M_{Rd}^6 = 0 \text{ KNm}$

8.1.1.9. Θέση 9**8.1.1.9.1. Ολιβόμενη κάτω ίνα (πλακοδοκός).**

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(o) = (o \text{ cm}^2)$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \rightarrow \boxed{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

Επομένως: $M_{Rd}^9 = 0 \text{ KNm}$

8.1.1.10. Θέση 10**8.1.1.10.1. Εφελκόμενη κάτω ίνα (πλακοδοκός).**

Ο ήδη υπάρχον οπλισμός της δοκού σύμφωνα με το σκαρίφημα της εκφώνησης είναι:

$$(2) = 2 \text{ } \emptyset 16 \text{ (4,02 cm}^2\text{)}$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$h_f = 0,18 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m} \rightarrow d = 0,65 \text{ m}$$

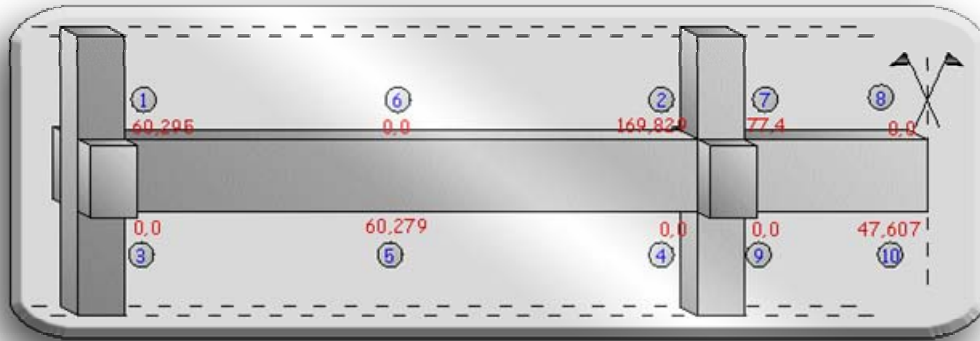
Το συνεργαζόμενο πλάτος σύμφωνα με τον ΕΑΚ (§Σ3.2.3.[2]), είναι:

$$b = 8h_f + b_w = 8 \times 0,18 + 0,30 \rightarrow \boxed{b_m = 1,74 \text{ m}}$$

Επομένως:

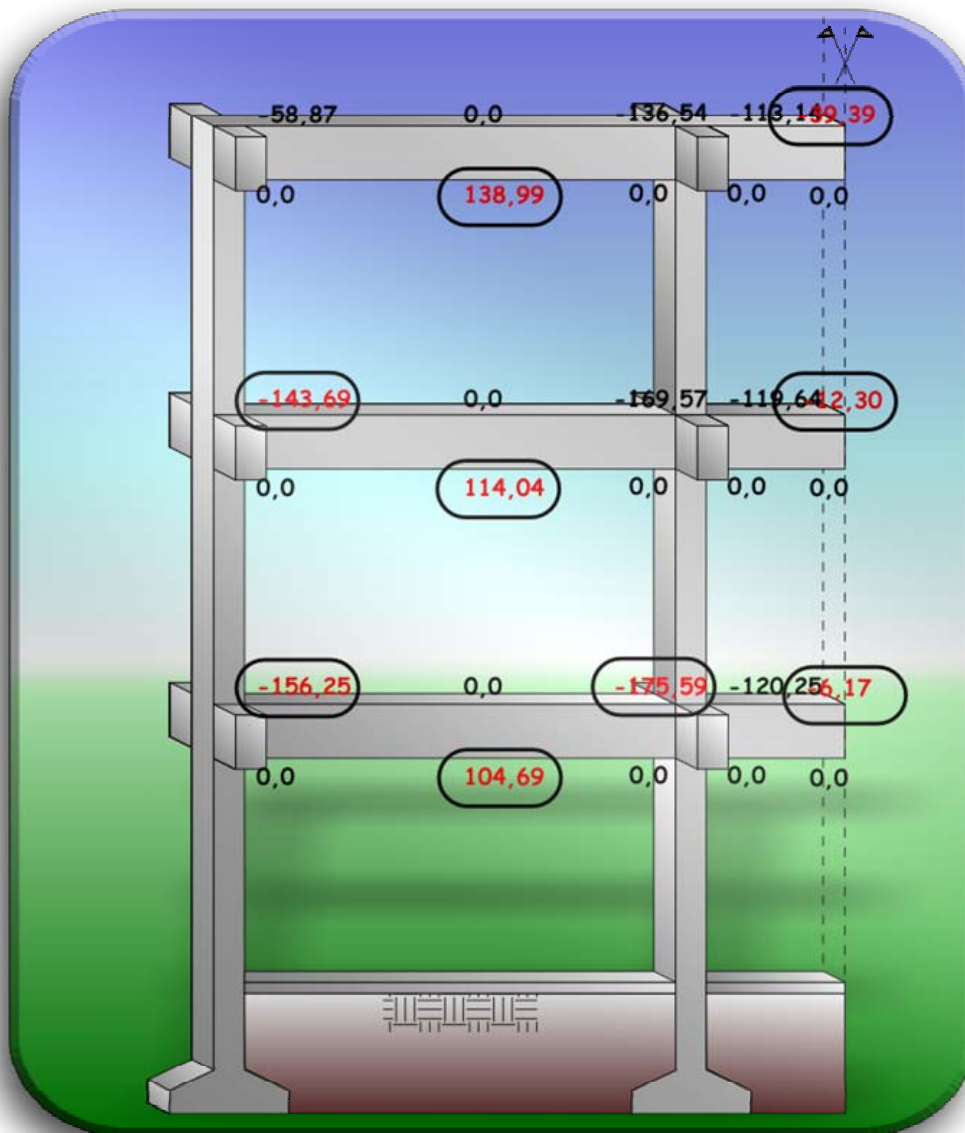
$$\omega = \frac{4,02}{174 \times 65} \times \frac{220/1,15}{12/1,5} = 0,0085 \rightarrow \mu_{sd} = 0,0081$$

$$M_{Rd} = 0,0081 \times 1,74 \times 0,65^2 \times \frac{12 \times 10^3}{1,5} \Rightarrow M_{Rd} = 47,607 \text{ KNm}$$



Ροτές αντοχής δοκών πλαισίου χωρίς τοιχώματα

Στο ακόλουθο σχήμα εμφανίζονται οι μέγιστες αναπτυσσόμενες ροτές όπως υπολογίστηκαν από την ανάλυση. Οι περιοχές όπου απαιτείται ενίσχυση εμφανίζονται σε πλαίσιο.



Μέγιστες αναπτυσσόμενες ροτές δοκών πλαισίου χωρίς τοίχωμα

Όπως φαίνεται και από το ανωτέρω σχήμα, με τον επιλεγθέντα τρόπο ενίσχυσης του φορέα, δεν καταφέραμε να αποσυμφορήσουμε τα πλαίσια χωρίς εμφανιζόμενα τοιχώματα. Έτσι, λοιπόν, παρατηρείται ανεπάρκεια σε μεγάλο αριθμό δοκών. Για να μη χρειαστεί ενίσχυση και αυτών των δοκών (μία ασύμφορη λύση), μια πιθανή λύση για το προαναφερθέν πρόβλημα είναι η προσθήκη εμφανιζόμενων τοιχείων σε πιο πυκνές διατάξεις.

Για την πληρότητα του θέματος, ακολουθεί ενδεικτική ενίσχυση στήριξης μιας δοκού με οπλισμένο ινοϋφασμα (FRP). Η δοκός με την οποία θα ασχοληθούμε, είναι η "D1", η οποία παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διαφορά απαιτούμενης με διαθέσιμη αντοχή.

8.2. Ενίσχυση δοκού με οπλισμένο ινοϋφασμα (FRP)

8.2.1. Δοκός D1 (30×70)

8.2.1.1. Στήριξη(εφελκόμενο άνω πέλαμα)

Από τα προηγούμενα σχήματα έχουμε:

$$M_{Rd} = 60,295 \text{ KNm}$$

$$M_{sd} = 156,249 \text{ KNm}$$

Το απαιτούμενο εμβαδό FRP υπολογίζεται με βάση τις ακόλουθες σχέσεις:

$$M_{sd} = A_{s1} \times \sigma_{s1} \times (d - k \times x) + A_f \times E_f \times \varepsilon_f \times (h - k \times x) + A_{s2} \times \sigma_{s2} \times (k \times x - d_2) \quad (1)$$

$$\alpha \times 0,85 \times f_{cd} \times b \times x + A_{s2} \times \sigma_{s2} = A_{s1} \times \sigma_{s1} + A_f \times E_f \times \varepsilon_f \quad (2)$$

όπου:

A_{s1} το εμβαδό του εφελκόμενου οπλισμού

A_{s2} το εμβαδό του θλιβόμενου οπλισμού

A_f το εμβαδό της διατομής του ινοϋφάσματος

σ_{s1} η τάση του εφελκόμενου οπλισμού

σ_{s2} η τάση του θλιβόμενου οπλισμού

E_s το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα του οπλισμού

E_f το μέτρο ελαστικότητας του ινοϋφάσματος

ε_f η παραμόρφωση του ινοϋφάσματος

ε_c η παραμόρφωση της ακραίας ίνας της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος

x το ύψος της θλιβόμενης ζώνης

k συντελεστής θέσης

α συντελεστής πληρότητας

Οι δύο τελευταίοι συντελεστές εξαρτώνται από την μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση του σκυροδέματος και είναι:

$$\alpha = 1000 \times \varepsilon_c \times \left(0,5 - \frac{1000}{12} \times \varepsilon_c \right) \quad \text{για } \varepsilon_c \leq 0,002$$

$$\alpha = 1 - \frac{2}{3000 \times \varepsilon_c} \quad \text{για } 0,002 \leq \varepsilon_c \leq 0,0035$$

$$k = \frac{8 - 1000 \times \varepsilon_c}{4 \times (6 - 1000 \times \varepsilon_c)} \quad \text{για } \varepsilon_c \leq 0,002$$

$$k = \frac{1000 \times \varepsilon_c \times (3000 \times \varepsilon_c - 4) + 2}{2000 \times \varepsilon_c \times (3000 \times \varepsilon_c - 2)} \quad \text{για } 0,002 \leq \varepsilon_c \leq 0,0035$$

Τέλος, ισχύουν οι σχέσεις:

$$\sigma_{s1} = E_s \times \varepsilon_c \times \frac{d-x}{x} \leq f_{yd}$$

$$\sigma_{s2} = E_s \times \varepsilon_c \times \frac{x-d_2}{x} \leq f_{yd}$$

$$\varepsilon_f = \varepsilon_c \times \frac{h-x}{x} - \varepsilon_0 \leq 0,006$$

με ε_0 : την αρχική (πριν την εφαρμογή του ινοϋφάσματος) παραμόρφωση της ακραίας ίνας της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος

Μετά απο επίλυση του παραπάνω συστήματος με επαναληπτική διαδικασία (με χρήση κατάλληλου προγράμματος που δημιουργήθηκε από το Χρήστο Μητσαράκη), υπολογίστηκε και προτείνεται η παρακάτω ενίσχυση:

Διατομή	
h =	0,700 m
b =	0,300 m
d ₁ =	0,050 m
d ₂ =	0,050 m
d =	0,650 m

Σκυρόδεμα	
f _{ck} =	12000
γ _c =	1,5

Οπλισμοί	
A _{s1} =	0,000509 m ²
A _{s2} =	0,000000 m ²
E _s =	2,1E+08 kN/m ²
f _{yk} =	220000 kN/m ²
γ _s =	1,15

FRP	
b _f =	0,290 m
t _f =	0,00016 m
n =	2
A _f =	0,00009280 m ²
E _f =	285000000 kN/m ²
ε _{f,max} =	0,006

Αρχική ένταση	
M ₀ =	30,000 kNm

Τελική ένταση	
M _{τελ} =	156,250 kNm

Δίχως FRP	% Σφάλμα	0,2	ε _{c0} =	0,25 (‰)
	x =	217,40 mm	σ _{s1} =	102 MPa
	x =	0,21740 m	σ _{s2} =	40 MPa
	ε ₀ =	4,88E-04	ε _{s1} =	0,49 (‰)
	Σύνολο λύσεων	1	ε _{s2} =	0,19 (‰)
			25	1

Με δύο στρώσεις FRP	% Σφάλμα	0,2	$\epsilon_c =$	2,22	(‰)	
	$M_{\text{πλά}}$	156,2500	kNm	$\sigma_{s1} =$	191	MPa
	$x =$	179,05	mm	$\sigma_{s2} =$	191	MPa
	$x =$	0,17905	m	$\epsilon_{s1} =$	5,85	(‰)
	$\epsilon_0 =$	4,875E-04		$\epsilon_{s2} =$	1,60	(‰)
				$\epsilon_f =$	5,98	(‰)
	Σύνολο λύσεων	13		27	1	

8.2.1.2. Άνοιγμα (εφελκόμενο κάτω πέλμα)

Λόγω της αντιστροφής του προσήμου της ροπής έχουμε ακριβώς την ίδια περίπτωση με πριν, Δηλαδή **2Φ18 (5,09cm²)**.

Οι ροπές που αναπτύσσονται είναι μικρότερες από αυτές για τις οποίες υπολογίσαμε στη στήριξη. Κατά συνέπεια, επαρκεί η ίδια ενίσχυση που υπολογίστηκε για την στήριξη. Ενδεχομένως οι απαιτήσεις ινοϋφάσματος στο άνοιγμα να προέκυπταν μικρότερες, παρόλα αυτά τοποθετείται το ίδιο εμβαδό προς ευκολία στην κατασκευή.

8.2.1.3. Υπολογισμός μήκους αγκύρωσης

Η μέγιστη εφελκυστική δύναμη $T_{k,max}$ που μπορεί να αναληφθεί από το ινοϋφασμα μπορεί να προσδιοριστεί από την σχέση:

$$T_{k,max} = 0,5 \times k_b \times b_f \times \sqrt{E_f \times t_f \times f_{ctm}}$$

όπου:

$$k_b = 1,06 \times \sqrt{\frac{2 - \frac{b_f}{b}}{1 + \frac{b_f}{400}}} \geq 1 \Rightarrow k_b = 1,06 \times \sqrt{\frac{2 - \frac{290}{300}}{1 + \frac{290}{400}}} = 0,82 \Rightarrow k_b = 1,0$$

$$T_{k,max} = 0,5 \times 1,0 \times 290 \times \sqrt{285000 \times 0,16 \times 1,6} \Rightarrow T_{k,max} = 39,17 \text{ kN}$$

Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης θα πρέπει να ικανοποιεί την σχέση:

$$l_b \geq l_{bo} = \sqrt{\frac{E_f \times t_f}{2 \times f_{ctm}}} = \sqrt{\frac{285000 \times 0,16}{2 \times 1,6}} \Rightarrow l_b \geq l_{bo} = 119 \text{ mm}$$

Επιλέγεται μήκος αγκύρωσης : **$l_b = 15,0 \text{ cm}$**

8.2.1.4. Διάτμηση

Η διαστασιολόγηση σε διάτμηση θα γίνει με βάση τις τέμνουσες που αναπτύσσονται κατά τον σεισμικό συνδυασμό $G + 0,3Q \pm E$.

Αρχικά θα ελεγχθεί η επάρκεια των υφιστάμενων συνδετήρων. Σε περίπτωση που αυτοί δεν

επαρκούν θα γίνει ενίσχυση με FRP.

Η στήριξη στην οποία αναπτύσσεται η μεγαλύτερη τέμνουσα είναι στην δοκό Β104.

$$V_{sd} = 75,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \times \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \\ 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \end{array} \right\} \times \frac{12000}{1,5} \times 0,30 \times 0,9 \times 0,675 \Rightarrow V_{Rd2} = 466,56 \text{ kN} \geq V_{sd}$$

$$V_{Rd1} = 0,18 \times 10^3 \times 1,025 \times \left(1,20 + 40 \times \frac{15,39}{30 \times 67,5} \right) \times 0,30 \times 0,675 \Rightarrow V_{Rd1} = 56,19 \text{ kN}$$

$$V_{wd} = \frac{1,005}{20} \times (0,90 \times 67,5) \times \frac{22}{1,15} \Rightarrow V_{wd} = 58,42 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 0,3 \times V_{Rd1} + V_{wd} = 0,3 \times 56,19 + 58,42 \Rightarrow V_{Rd3} = 75,28 \text{ kN} \leq V_{sd}$$

Άρα, απαιτείται ενίσχυση με FRP.

Η σχέση που δίνει την αντίσταση σε τέμνουσα της ενίσχυσης με FRP είναι:

$$V_{fd} = \frac{\alpha_o \times \varepsilon_{f,e}}{\gamma_f} \times E_f \times \rho_f \times b_w \times 0,9 \times d$$

$$\alpha_o = 0,8$$

$$\gamma_f = 1,2$$

$$E_f = 285000 \text{ MPa}$$

$$\rho_f = 2 \times \frac{t_f}{b_w} = 2 \times \frac{0,16}{300} = 1,067 \times 10^{-3}$$

Ο όρος $\varepsilon_{f,e}$ αντιπροσωπεύει την ενεργή παραμόρφωση του ινοϋφάσματος και δίνεται από την σχέση:

$$\varepsilon_{f,e} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,17 \times \varepsilon_{f,u} \times \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_f \times \rho_f} \right)^{0,3} \\ 0,65 \times 10^{-3} \times \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_f \times \rho_f} \right)^{0,56} \\ 0,006 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,17 \times 18 \times 10^{-3} \times \left(\frac{20^{2/3}}{285 \times 1,067 \times 10^{-3}} \right)^{0,3} = 7,96 \times 10^{-3} \\ 0,65 \times 10^{-3} \times \left(\frac{20^{2/3}}{285 \times 1,067 \times 10^{-3}} \right)^{0,56} = 3,87 \times 10^{-3} \\ 0,006 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\varepsilon_{f,e} = 3,87 \times 10^{-3}$$

Άρα:

$$V_{fd} = \frac{0,8 \times 3,87 \times 10^{-3}}{1,2} \times 285 \times 10^6 \times 1,067 \times 10^{-3} \times 0,3 \times 0,9 \times 0,675 \Rightarrow V_{fd} = 143,11 \text{ kN} < V_{sd} = 163,104 \text{ kN}$$

Άρα, θα χρειαστούν δύο στρώσεις FRP.

8.2.2. Υποστυλώματα

Τα εντατικά μεγέθη των υποστυλωμάτων του πλαισίου χωρίς τοίχωμα είναι κατά πολύ μικρότερα από αυτά των υποστυλωμάτων του πλαισίου με τοίχωμα. Εφόσον για τα δεύτερα προέκυψε ότι δεν χρειάζονται καμπτική ενίσχυση και ότι μία στρώση FRP αρκεί για την ικανοποίηση των ελέγχων σε περίσφιξη και διάτμηση, προκύπτει ότι μία στρώση FRP αρκεί και για αυτά.

9. Έλεγχος αγκύρωσης κατακόρυφων ράβδων στη θεμελίωση.

Το απαιτούμενο ευθύγραμμο μήκος αγκύρωσης $l_{b,net}$ δίνεται από τον τύπο :

$$l_{b,net} = a \times l_b \times \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} \geq l_{b,min}$$

όπου :

$A_{s,cal}$: η κατά τους υπολογισμούς θεωρητικά απαιτούμενη διατομή οπλισμού

$A_{s,ef}$: η υπάρχουσα διατομή οπλισμού

a : συντελεστής εξαρτώμενος από τον τύπο της αγκύρωσης ($a=1$ για ευθύγραμμη ράβδο σε κάθε περίπτωση).

$l_{b,min}$: $0,3 \times l_b$ (πρέπει $> 10 \varnothing = 10 \times 0,024 = 0,24m$) για ράβδους υπό εφελκυσμό

$l_{b,min}$: $0,6 \times l_b$ (πρέπει $> 100 mm$) για ράβδους υπό θλίψη

$$l_b = \frac{\varnothing}{4} \times \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

όπου \varnothing : η διάμετρος της ράβδου η οποία για δομικά πλέγματα αντικαθίσταται από την ισοδύναμη διάμετρο $\varnothing \times \sqrt{2}$

f_{bd} : η οριακή τάση συνάφειας 2,3 → για C20 πιν. 17.4 Ε.Κ.Ο.Σ.

f_{yd} : η τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του χάλυβα

$$l_b = \frac{0,024}{4} \times \frac{500}{2,3} = 1,3m$$

$l_{b,min} := 0,3 \times l_b = 0,43m$ για ράβδους υπό εφελκυσμό

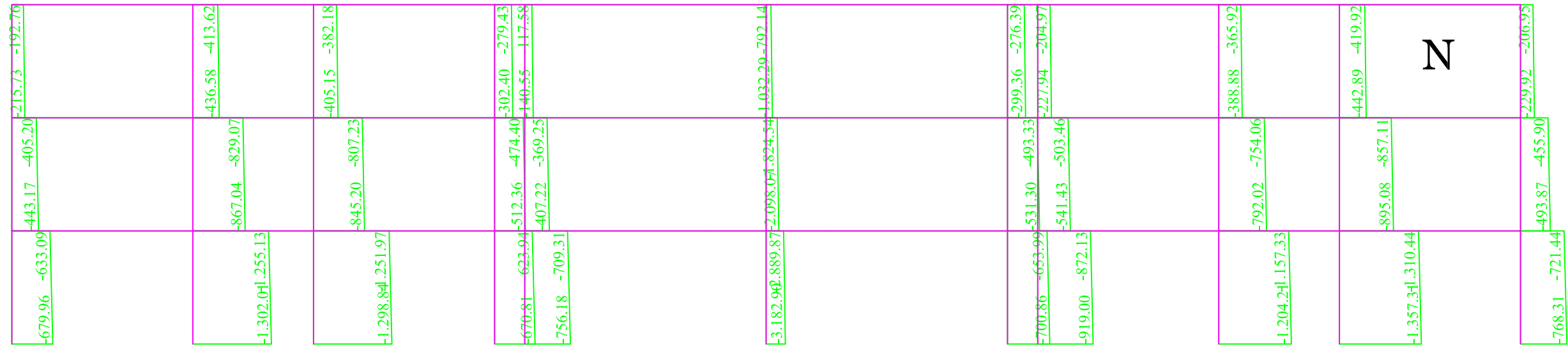
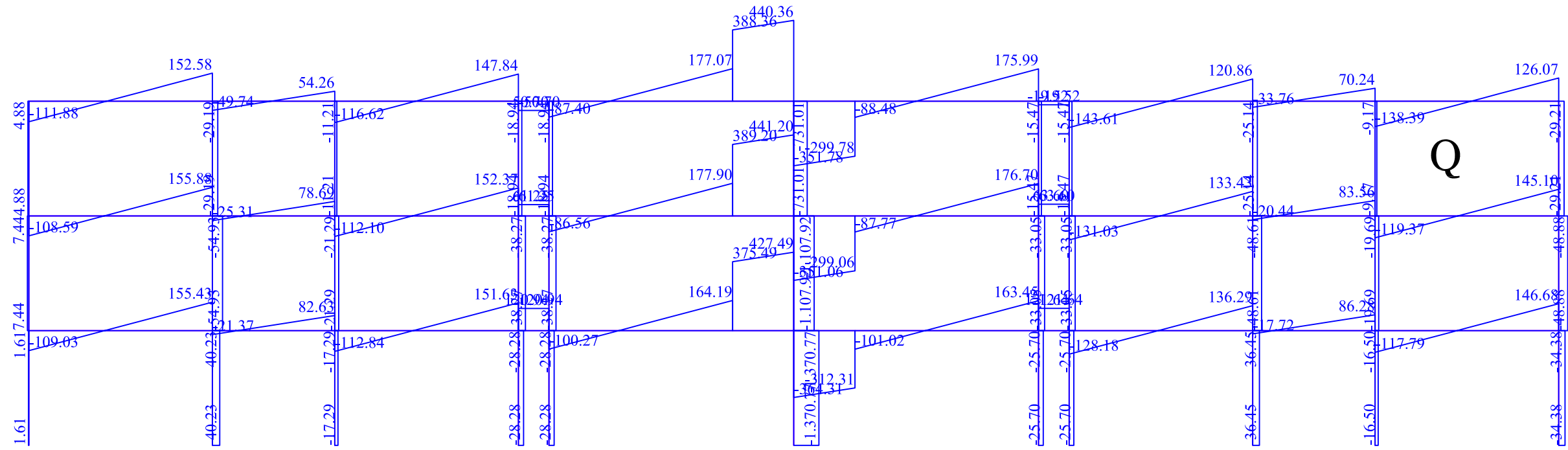
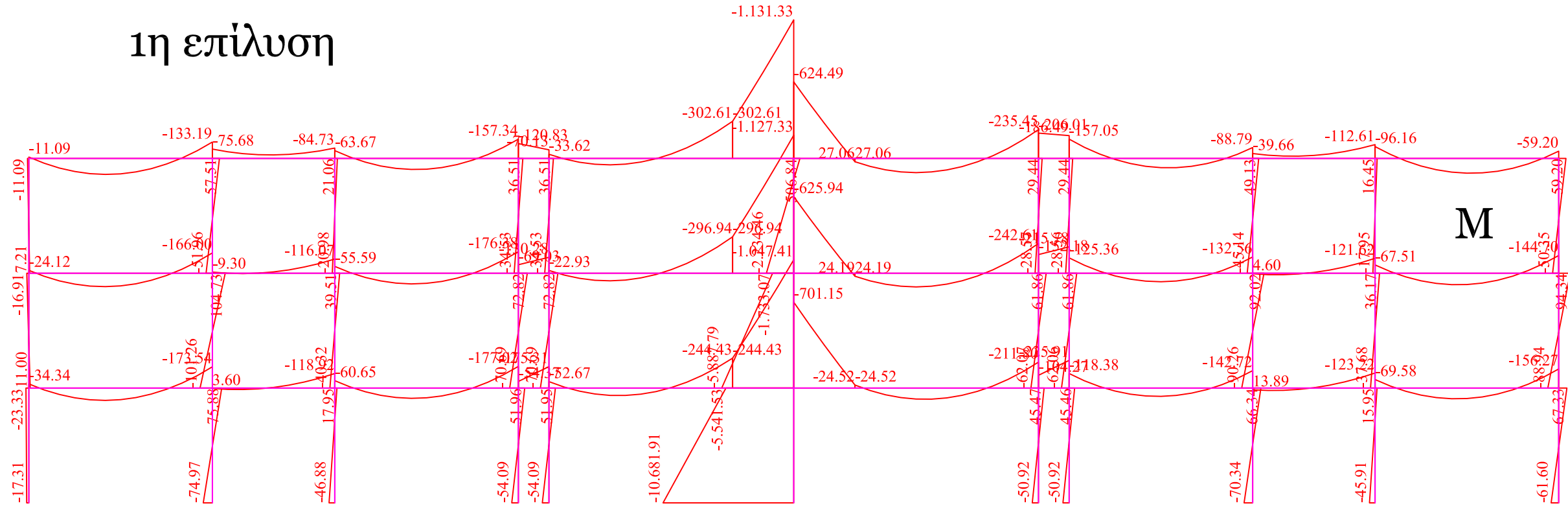
$l_{b,min} := 0,6 \times l_b = 0,86m$ για ράβδους υπό θλίψη

Θεωρώντας τη δυσμενή παραδοχή ότι $\frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} = 1$ έχουμε :

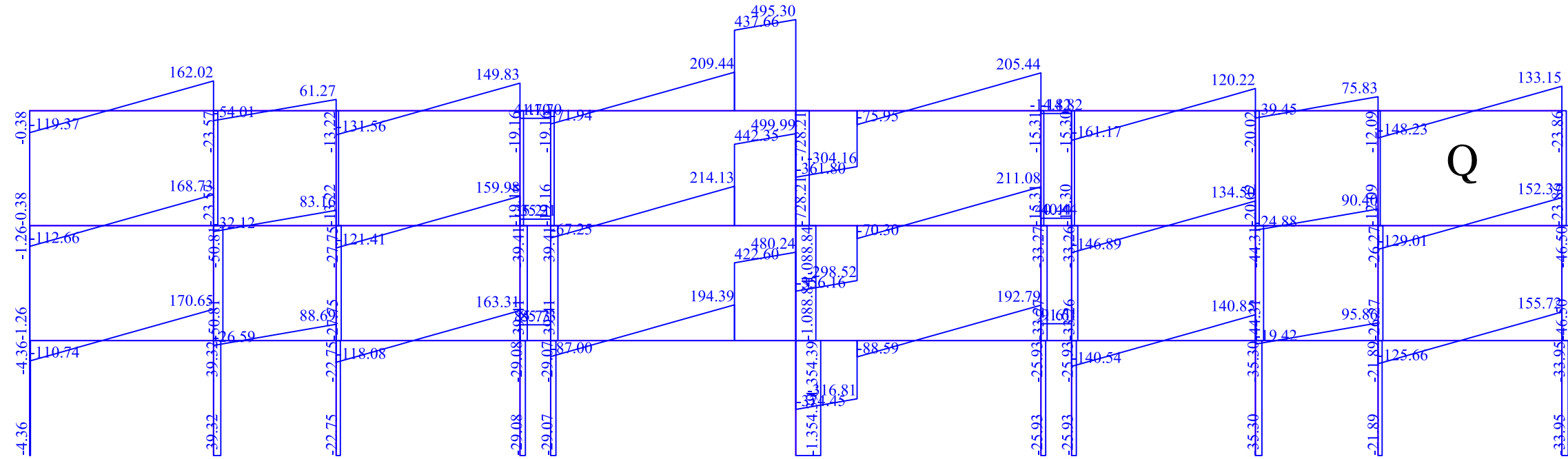
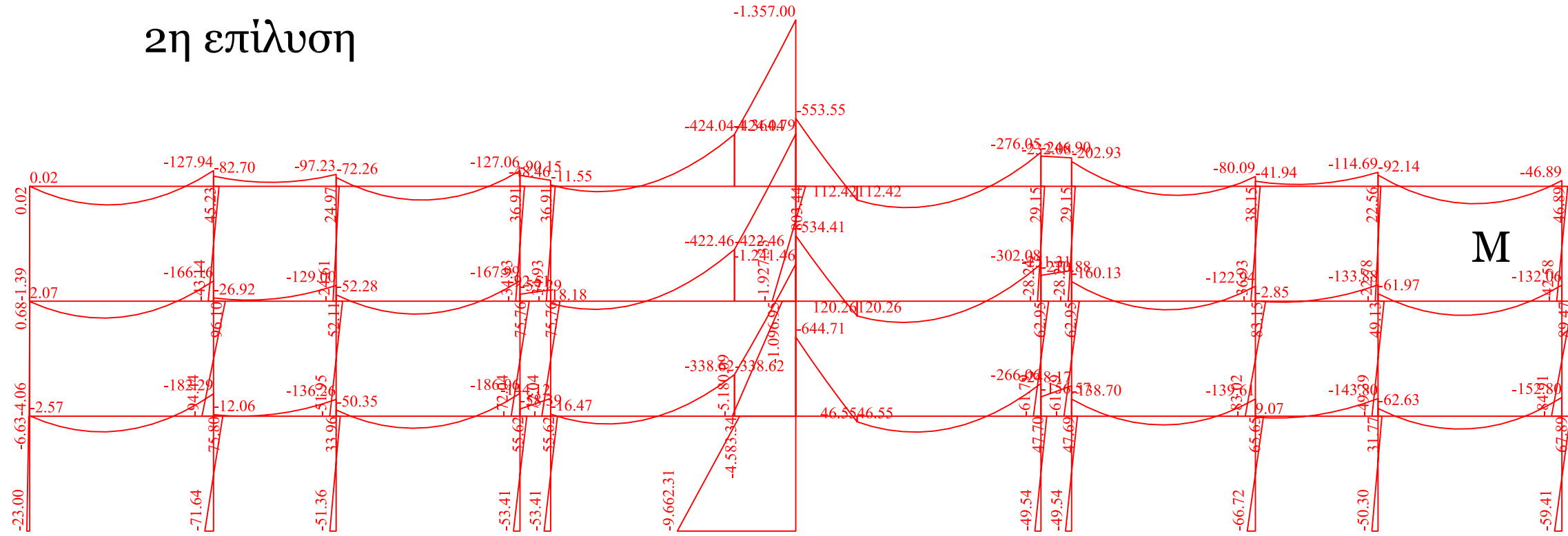
$$l_{b,net} = a \times l_b \times \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} = 1 \times 1,3 \times 1 = 1,3m \geq l_{b,min}$$

Συνεπώς οι οπλισμοί των κατακόρυφων ράβδων στη θεμελίωση θα αγκυρωθούν κάτω από την άνω στάθμη των θεμελίων .

1η επίλυση

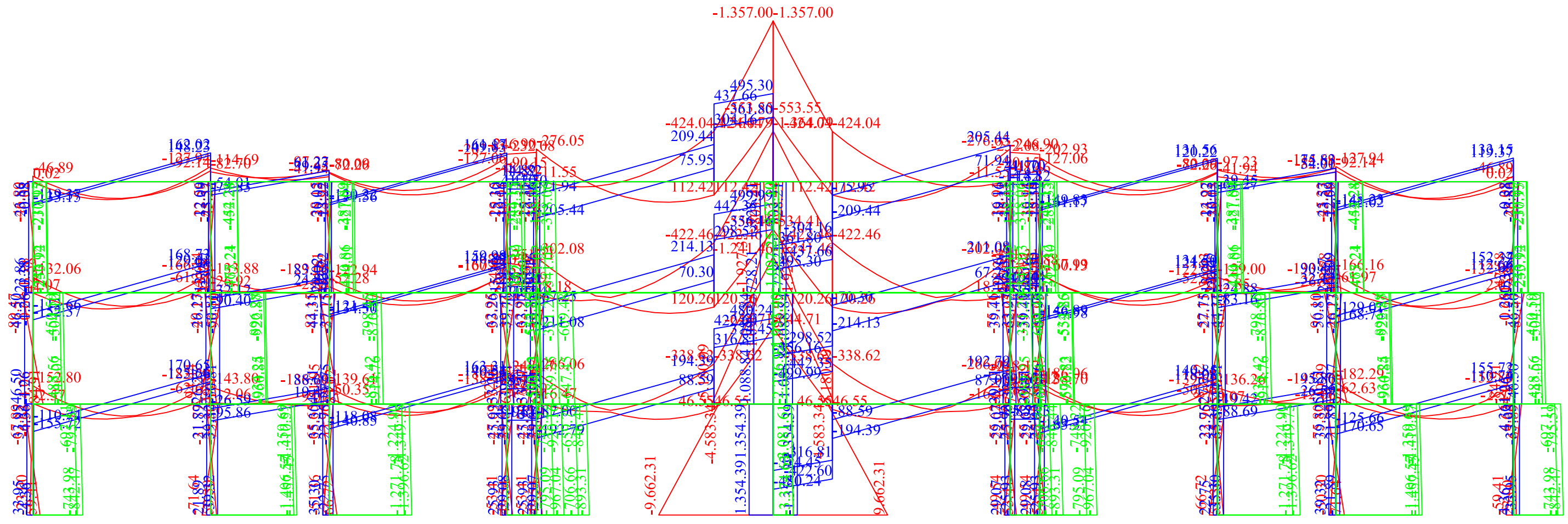


2η επίλυση



-743.98	-697.11	-488.56	-450.59	-240.14	-217.17
-1.406.57	-1.359.69	-934.25	-896.28	-467.21	-444.24
-1.396.62	-1.349.75	-914.76	-876.80	-444.01	-421.04
-795.09	-748.22	-572.83	-534.86	-312.30	-289.33
-706.66	-659.79	-389.25	-351.29	-151.02	-128.05
-3.374.65	-3.081.61	-2.226.99	-1.953.40	-1.097.25	-857.10
-893.31	-846.44	-647.45	-609.48	-341.03	-318.06
-967.04	-920.16	-590.22	-552.25	-267.12	-244.15
-1.271.78	-1.224.90	-836.42	-798.45	-410.86	-387.89
-1.457.45	-1.410.57	-960.84	-922.87	-475.24	-452.28
-842.47	-795.59	-542.07	-504.10	-253.92	-230.95

N



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1.ΥΛΙΚΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
 Σκυρόδεμα C12/15
 Χάλυβας S220
 Συνδέτες S220

2.ΥΛΙΚΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ
 Σκυρόδεμα C20/25
 Νευρογέλυμα S500s
 Συνδέτες S550s
 FRP

3. ΦΟΡΤΙΑ
 Ουλοσμένο Σκυρόδεμα 25 KN/m³
 Νακρό φορτίο 3,5 KN/m²
 Ωφέλιμο φορτίο 3,5 KN/m²
 Φορτίο ταξοτομίας 2KN/m²

4. ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ
 Στάθμη θεμελίωσης 1,5m κάτω από την επιφάνεια εδάφους

5. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ
 Κατηγορία εδάφους B
 Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II

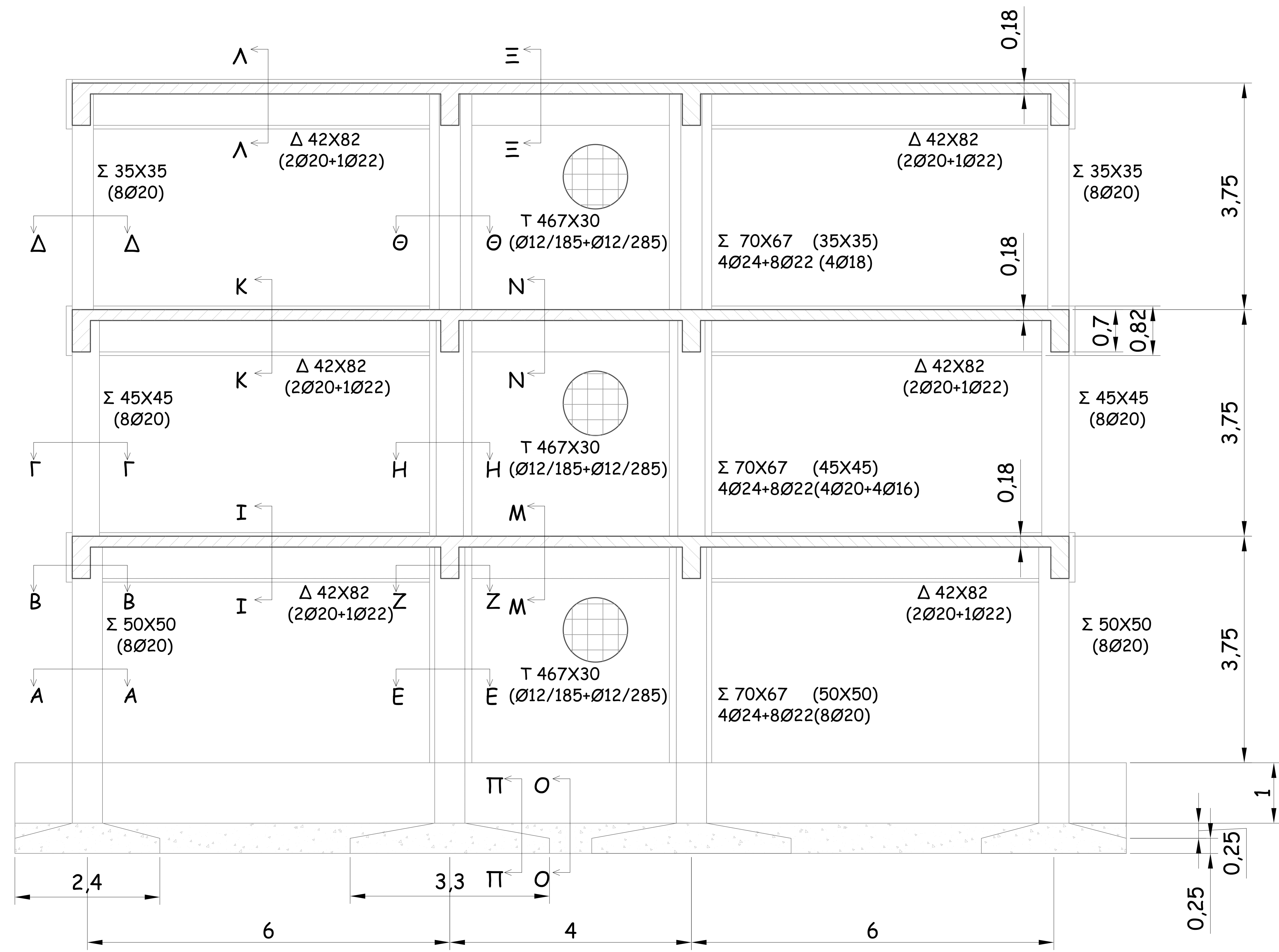
6. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
 Στόλοι 1ου ορόφου 50x50
 Στόλοι 2ου ορόφου 45x45
 Στόλοι 3ου ορόφου 35x35
 Δοκοί 30x70
 Κεντρικά πέλαια 330x330
 Περιμετρικά πέλαια 240x240

7. ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
 Νέο Τοιχείο 467x30
 Κρυσταλλοκόλλητο Τοιχείο 70x67
 Δοκοί 42x82
 Περίοδοδοι (πλάτος=ύψος πέλαιου 380x50)
 Περίοδοδοι (πλάτος=ύψος δοκού 80x100)

8. ΟΠΛΙΣΜΟΙ
 Υφιστάμενος Δοκοί 30x70
 εξωτερική στήριξη πάνω : 2012+2018
 κάτω : 2018
 άνωτημα πάνω : 2012
 κάτω : 2018+2018
 εσωτερική στήριξη πάνω : 2020+2018+2016+2012
 κάτω : 2018+2018
 συνδέτες : 010/20
 Υφιστάμενος Στόλος 1ου ορόφου (50x50) : 8020
 Υφιστάμενος Στόλος 2ου ορόφου (45x45) : 4020+4016
 Υφιστάμενος Στόλος 3ου ορόφου (35x35) : 4018

Ενισχυμένος Δοκοί 42x82 πάνω : 2020+1022
 κάτω : 2020+1022
 συνδέτες : 08/100 εντός κριτίου
 συνδέτες : 08/300 εκτός κριτίου

Νέο Τοιχείο
 Ενισχυμένος Στόλος (Κρυσταλλοκόλλητο) ισολόγιο : 4024+8022
 συνδέτες : 010/75
 Ενισχυμένος Στόλος (Κρυσταλλοκόλλητο) 1ου ορόφου : 4024+8022
 συνδέτες : 010/75
 Ενισχυμένος Στόλος (Κρυσταλλοκόλλητο) 2ου ορόφου : 4024+8022
 συνδέτες : 08/100
 Κορμός Οριζόντια Εσχάρα : 012/185
 Κορμός Κατακόρυφη Εσχάρα : 012/285



ΕΡΓΟ : ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
 ΑΣΤΕ 06 - ΕΠΙΣΚΕΥΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΒΑΛΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ
 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ
 ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ : ΜΟΥΡΕΛΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ
 ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ :	ΠΡΟΣΩΦΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ
ΚΑΙΜΑΚΑ :	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ :	ΙΟΥΝΙΟΣ 2003

ΥΠΟΓΡΑΦΗ	ΣΦΡΑΓΙΔΑ
----------	----------

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1.ΥΛΙΚΑ ΥΦΕΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
 Σκυρόδεμα C12/15
 Χάλυβας S220
 Συνδετήρες S220

2.ΥΛΙΚΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ
 Σκυρόδεμα C20/25
 Νευρογάλυβας S500s
 Συνδετήρες S550s
 FRP

3.ΦΟΡΤΙΑ
 Οπλισμένο Σκυρόδεμα 25 KN/m³
 Νεκρό φορτίο 3,5 KN/m²
 Ωφέλιμο φορτίο 3,5 KN/m²
 Φορτίο τοποποιίας 2KN/m²

4.ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ
 Στάθμη θεμελίωσης 1,5m κάτω από την επιφάνεια εδάφους

5.ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ
 Κατηγορία εδάφους Β
 Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II

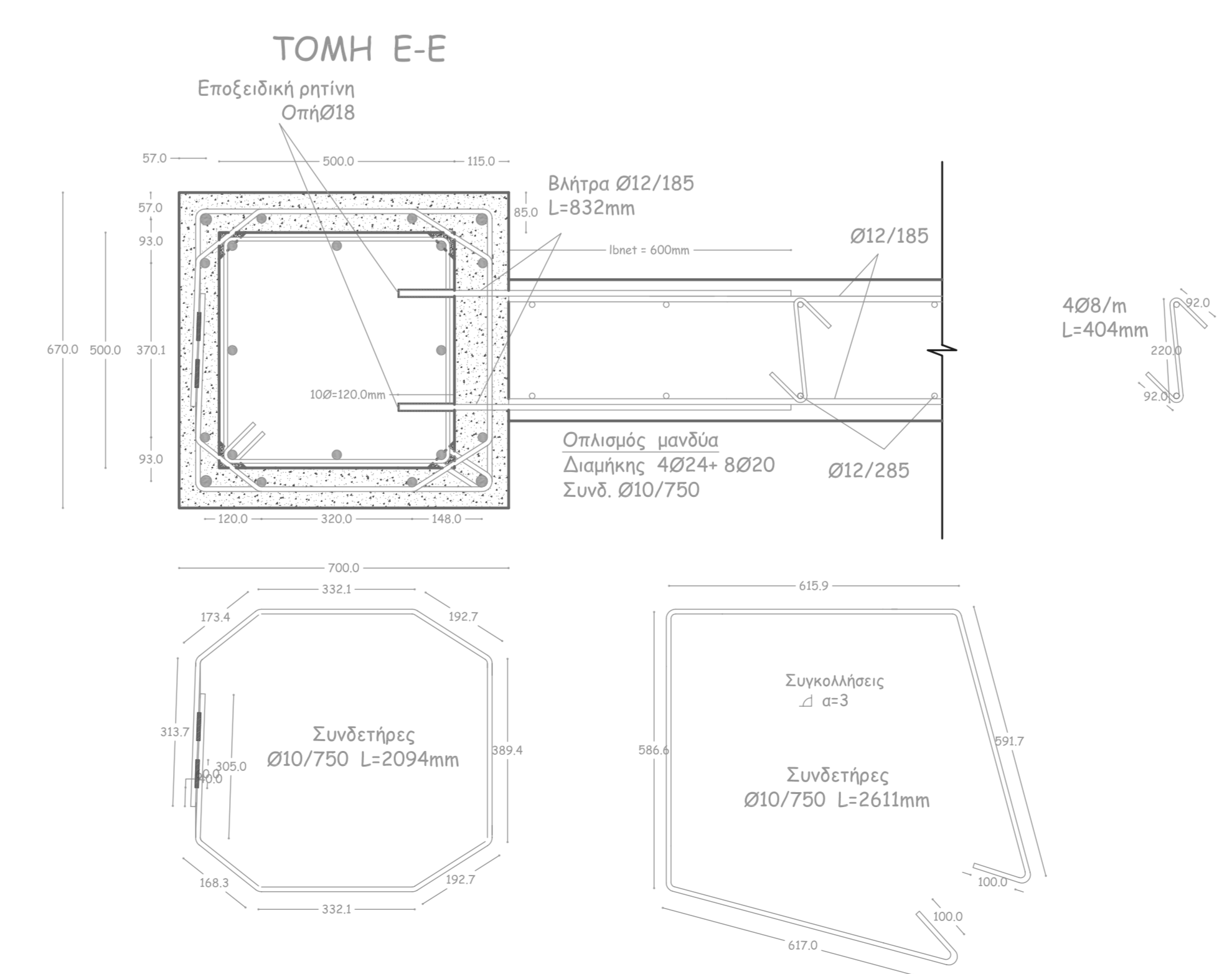
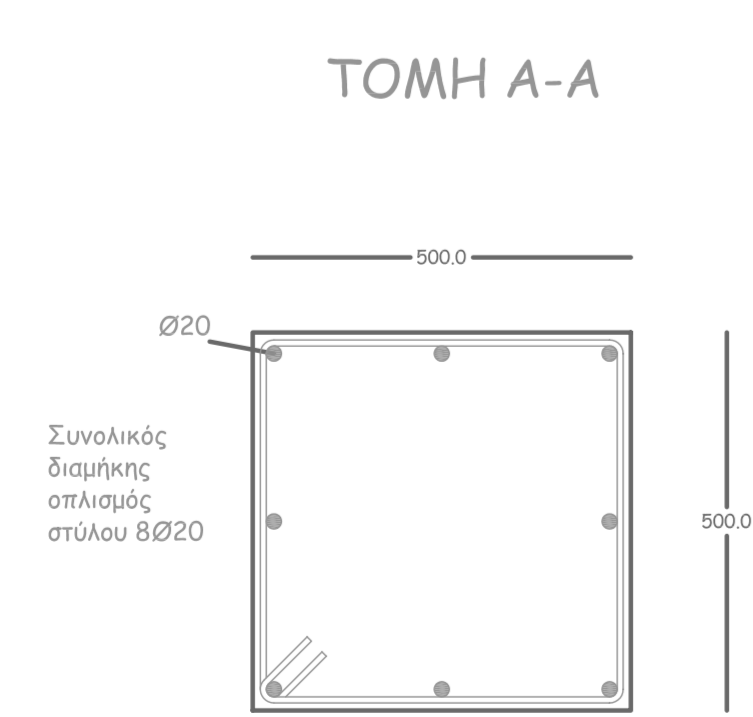
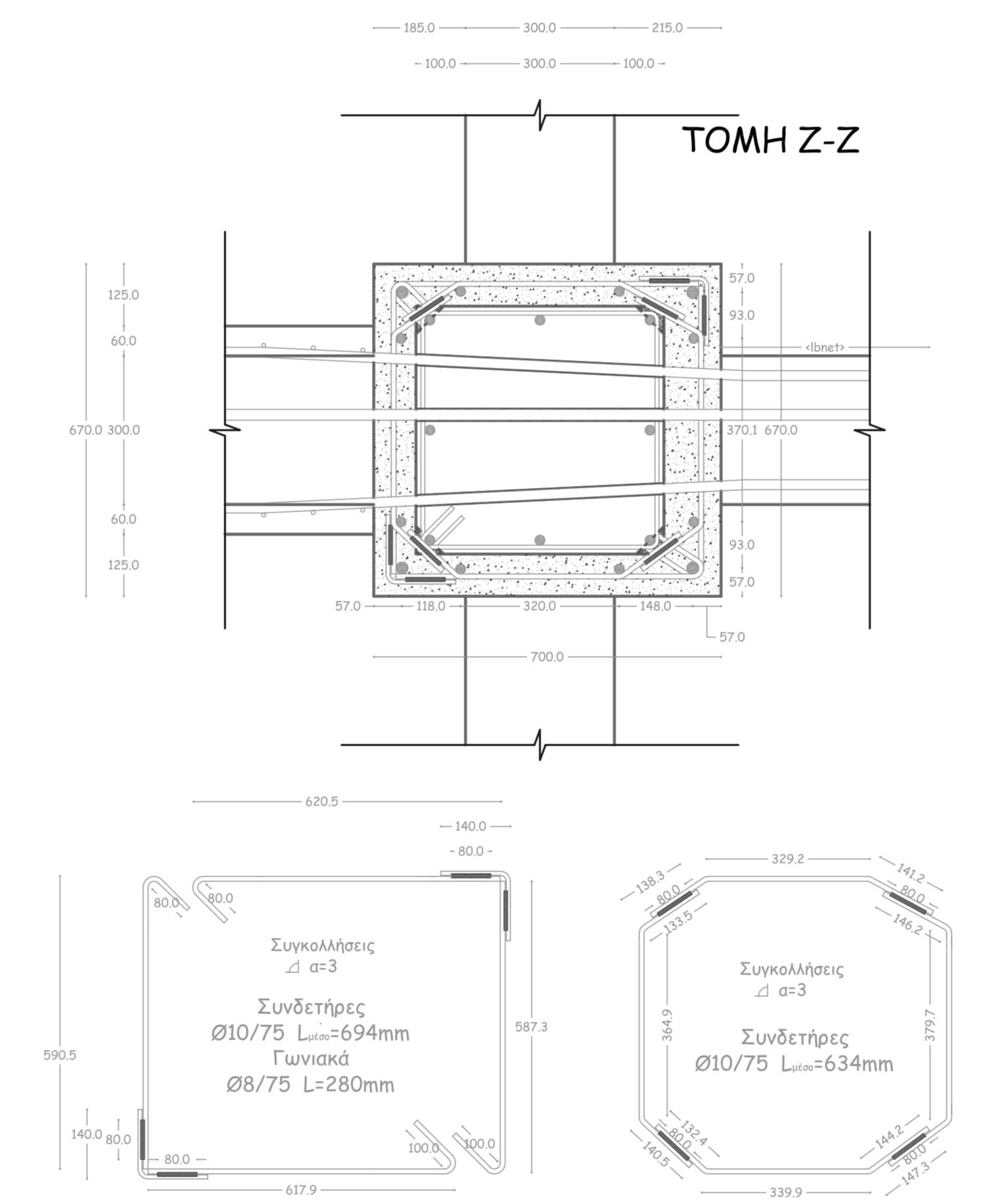
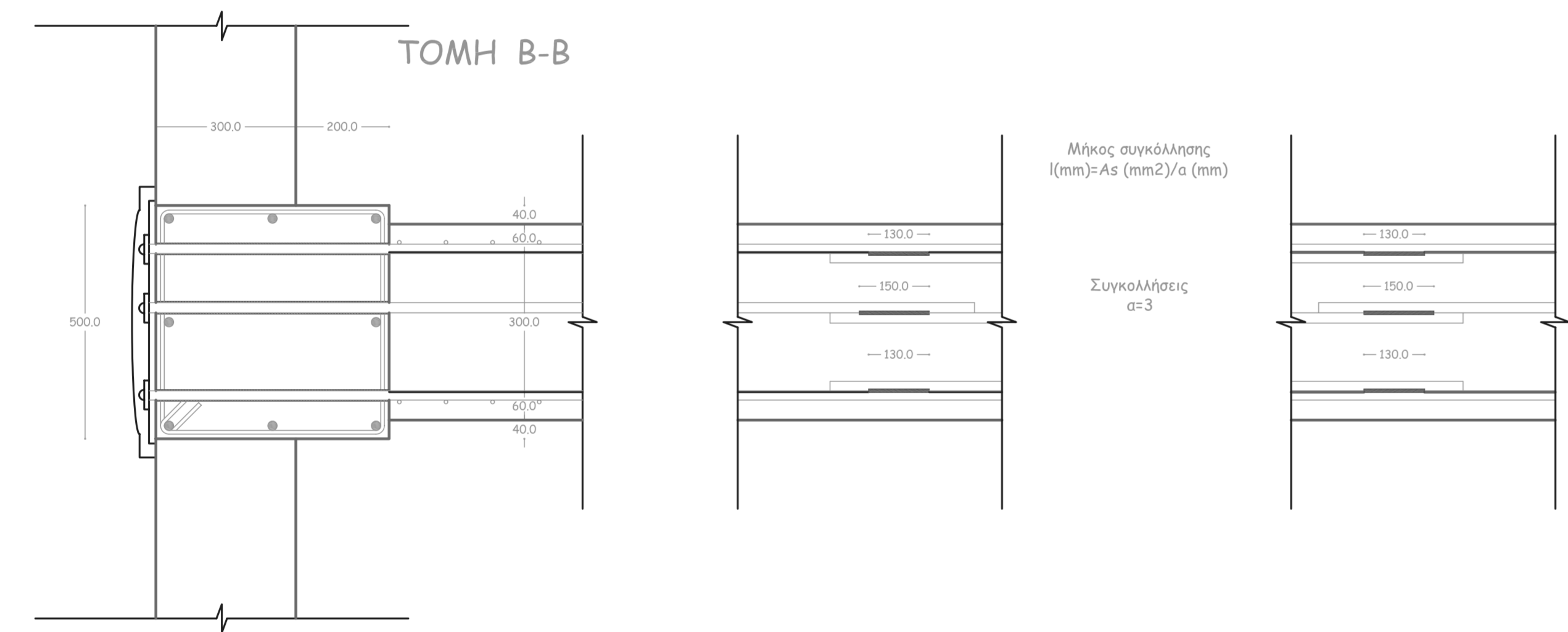
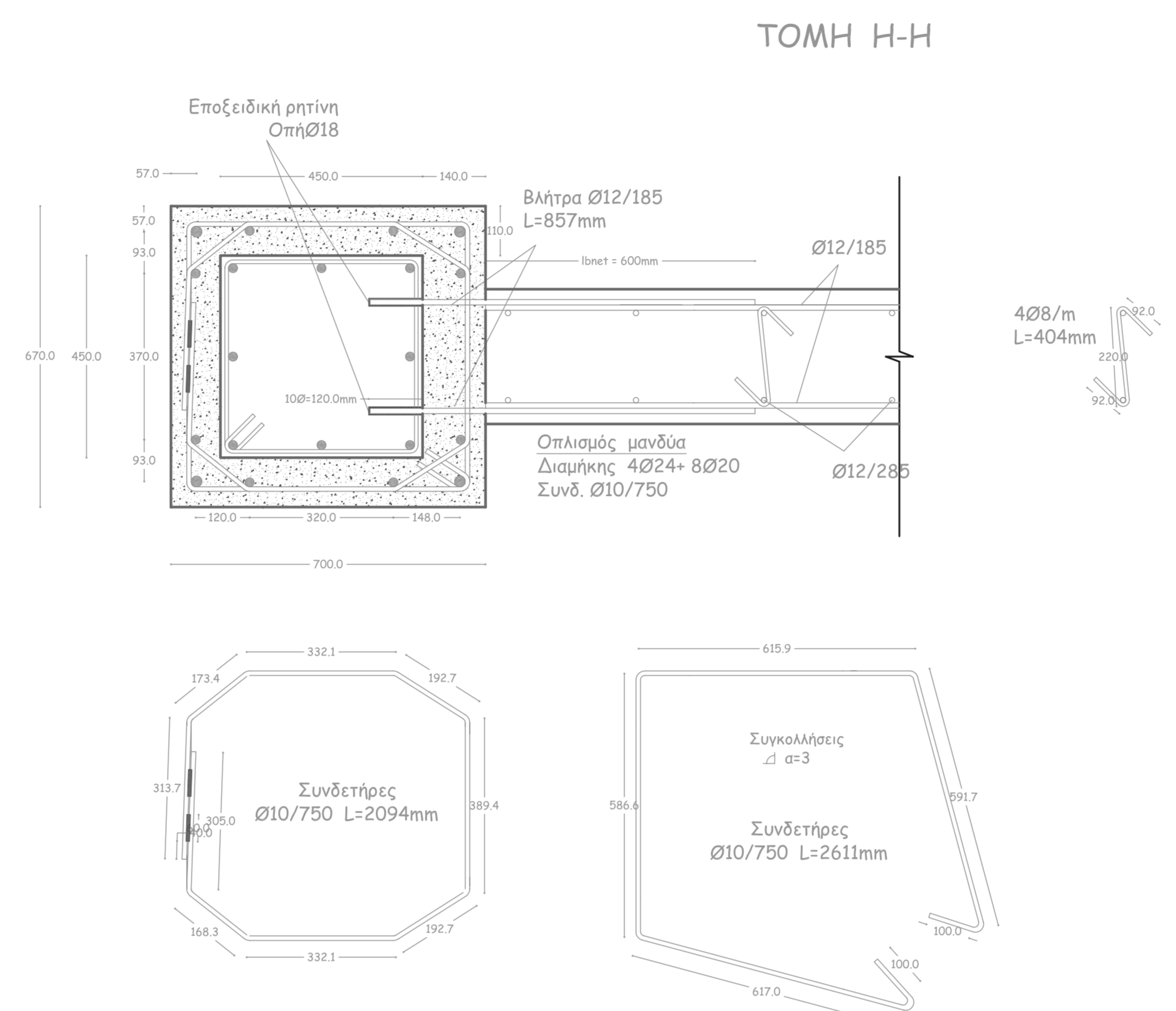
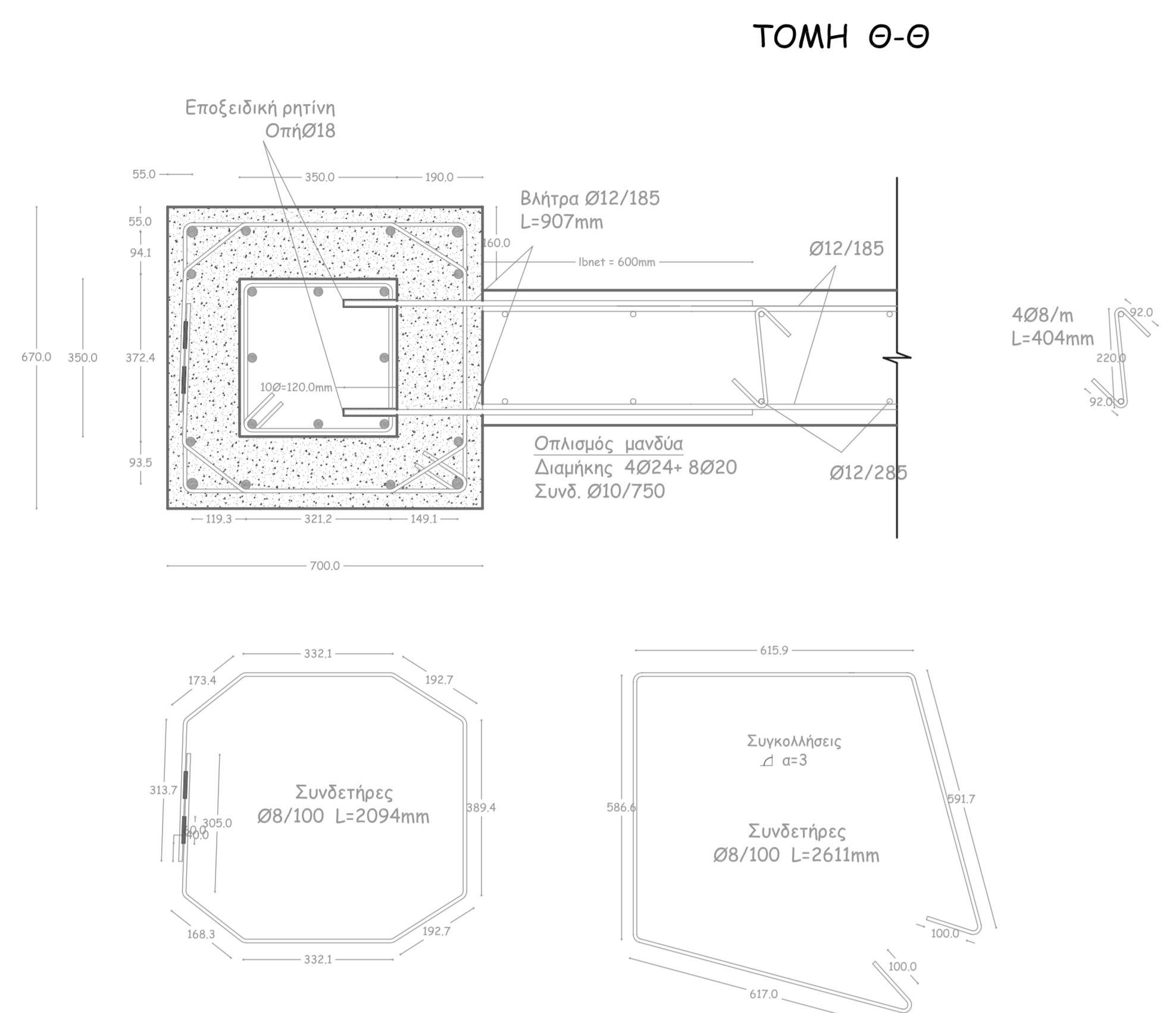
6.ΥΦΕΣΤΑΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
 Στόλοι 1ου ορόφου 50×50
 Στόλοι 2ου ορόφου 45×45
 Στόλοι 3ου ορόφου 35×35
 Δοκοί 30×70
 Κεντρικά πέλδια 330×330
 Περιμετρικά πέλδια 240×240

7.ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
 Νέο Τοιχείο 467×30
 Κρυφοκολόνα Τοιχείου 70×67
 Δοκοί 42×82
 Περίοδοδοκος (πλάτος×ύψος πέλδιου 380×50)
 Περίοδοδοκος (πλάτος×ύψος δοκού 80×100)

8.ΟΠΛΙΣΜΟΙ
 Υφιστάμενος Δοκοί 30×70
 εξωτερική στήριξη πάνω : 2Ø12+2Ø18
 κάτω : 2Ø18
 άνοιγμα πάνω : 2Ø12
 κάτω : 2Ø18+2Ø18
 εσωτερική στήριξη πάνω : 2Ø20+2Ø18+2Ø16+2Ø12
 κάτω : 2Ø18+2Ø18
 συνδετήρες : Ø10/20
 Υφιστάμενος Στόλος 1ου ορόφου (50×50) : 8Ø20
 Υφιστάμενος Στόλος 2ου ορόφου (45×45) : 4Ø20+4Ø16
 Υφιστάμενος Στόλος 3ου ορόφου (35×35) : 4Ø18

Ενισχυμένος Δοκοί 42×82 πάνω : 2Ø20+1Ø22
 κάτω : 2Ø20+1Ø22
 συνδετήρες : Ø8/100 εντός κρισίμου
 συνδετήρες : Ø8/300 εκτός κρισίμου

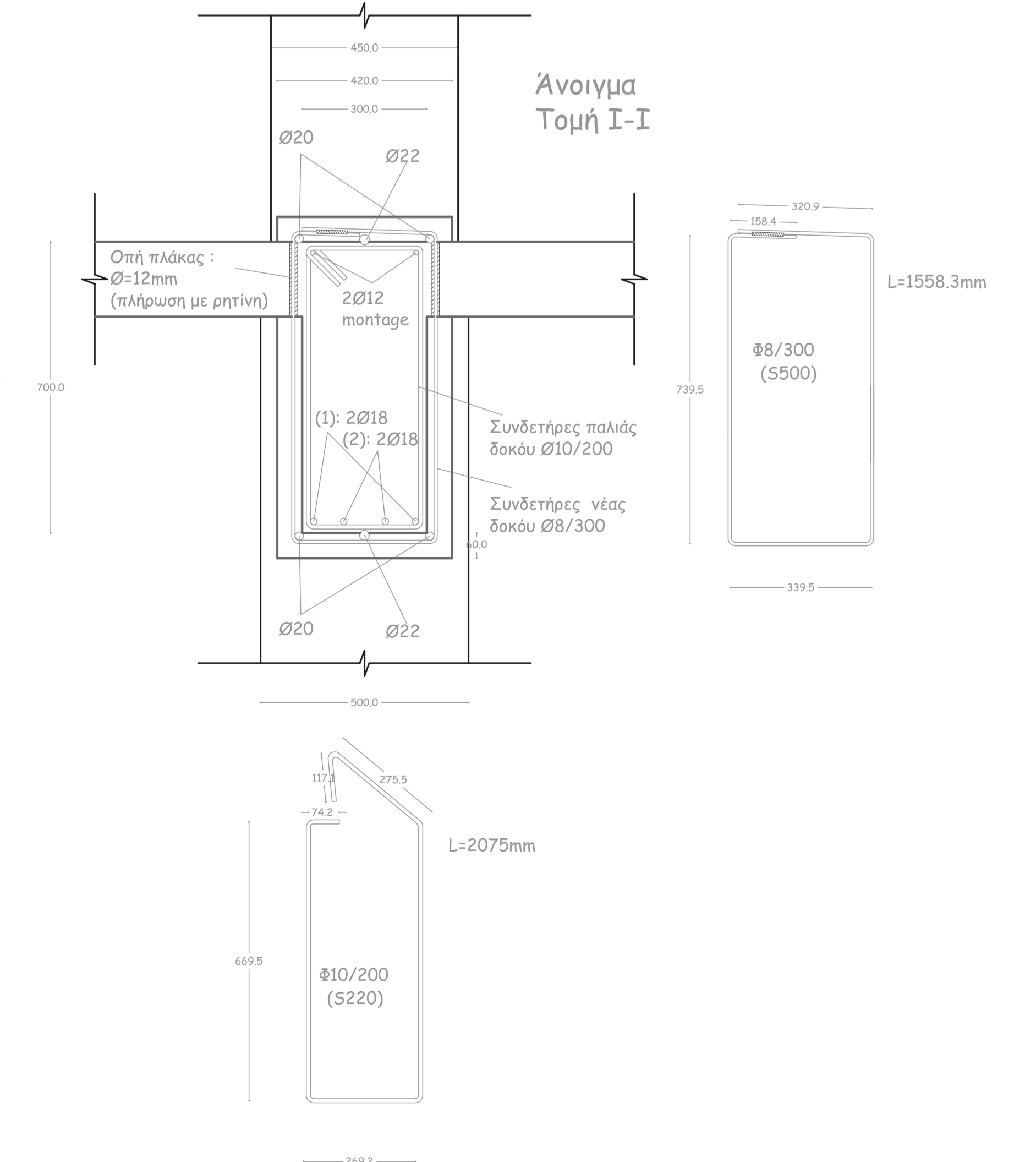
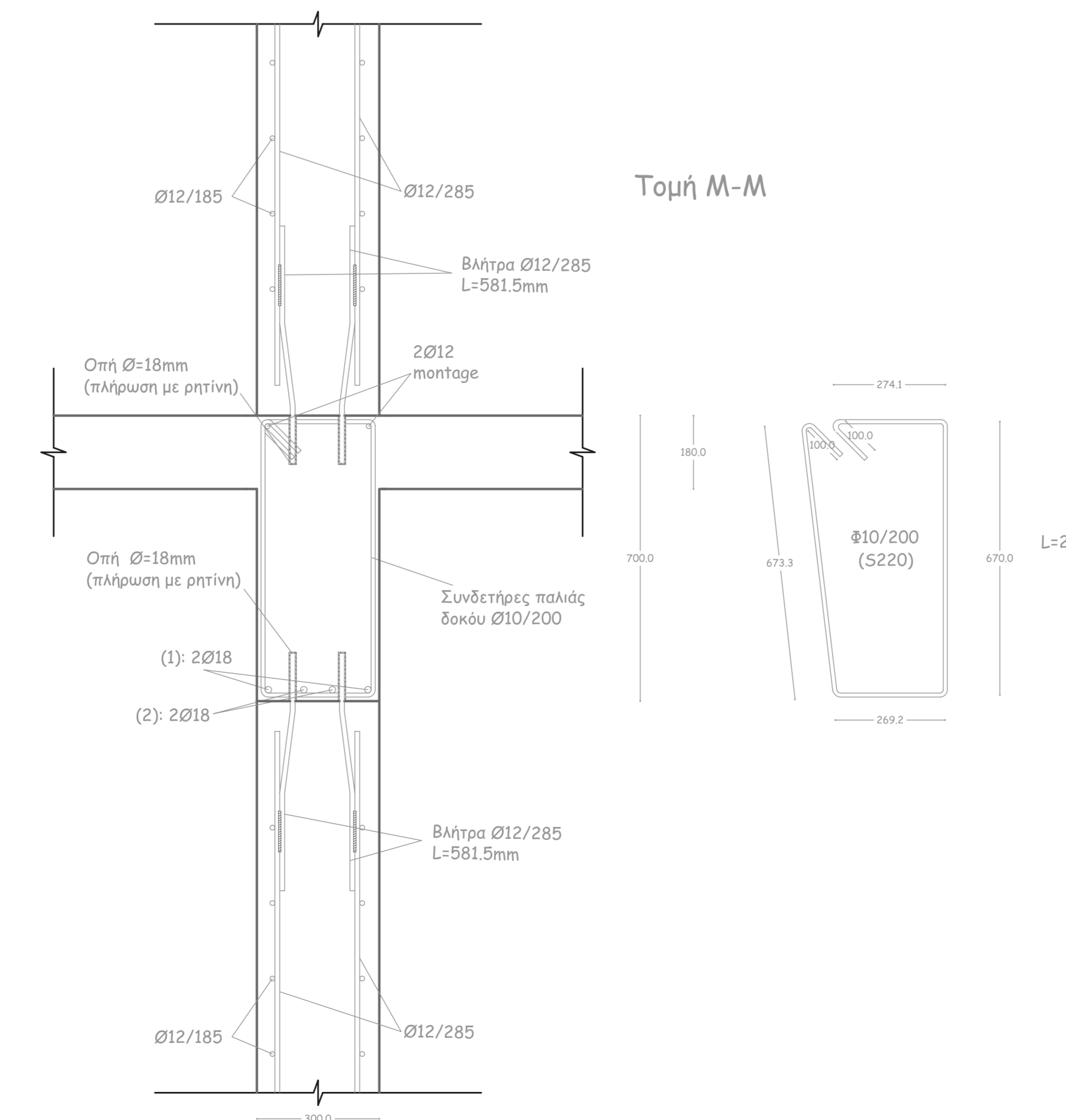
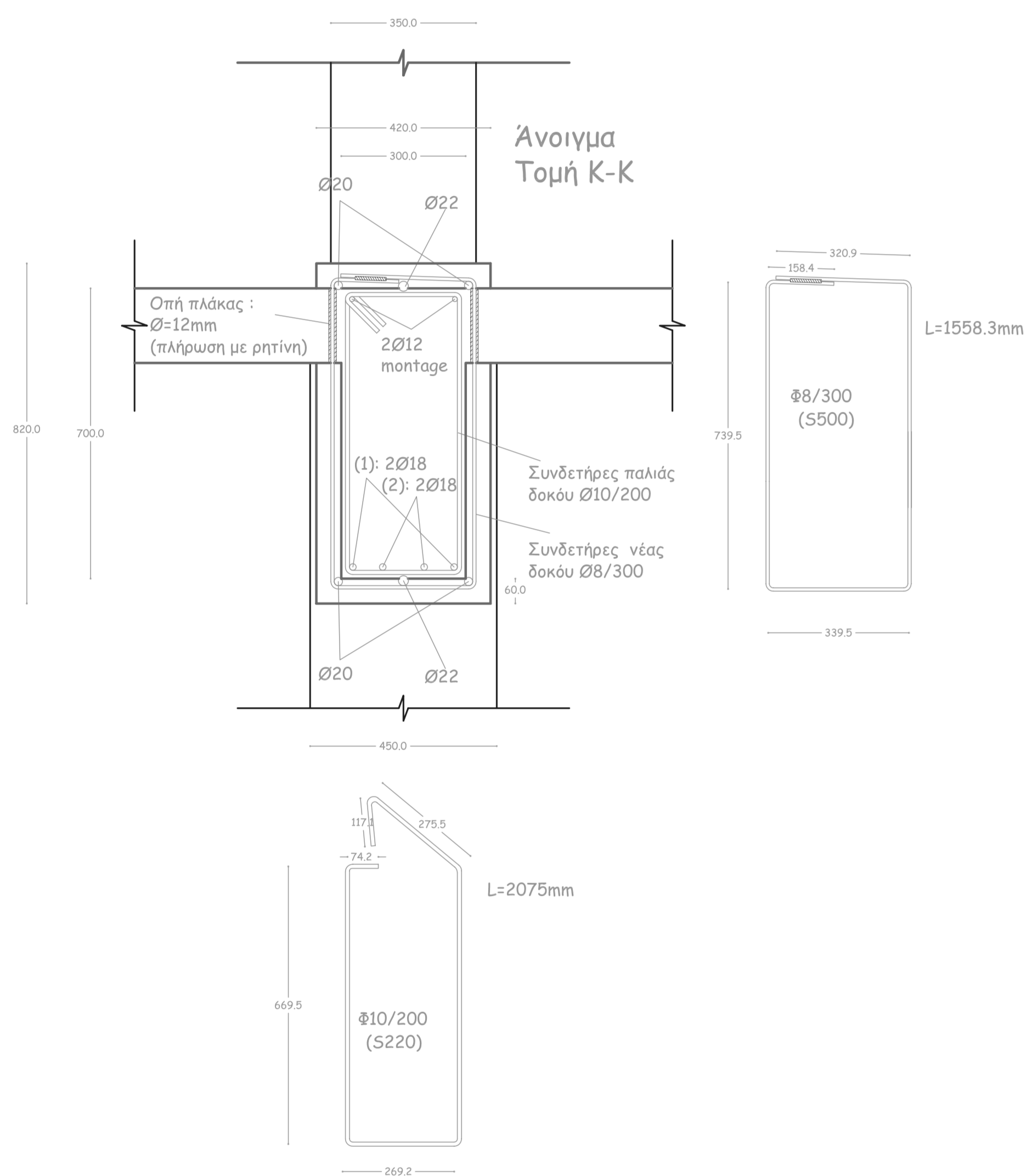
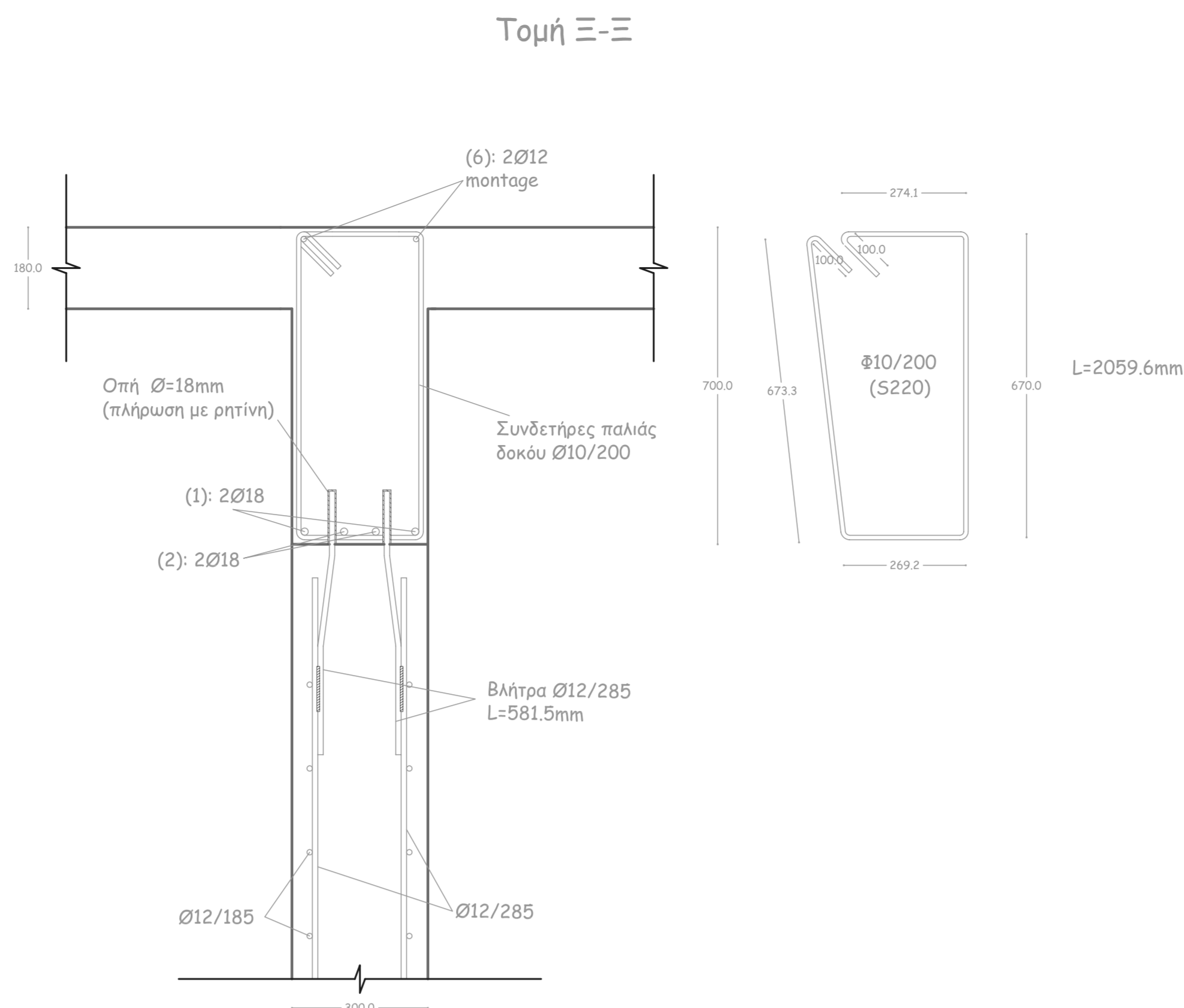
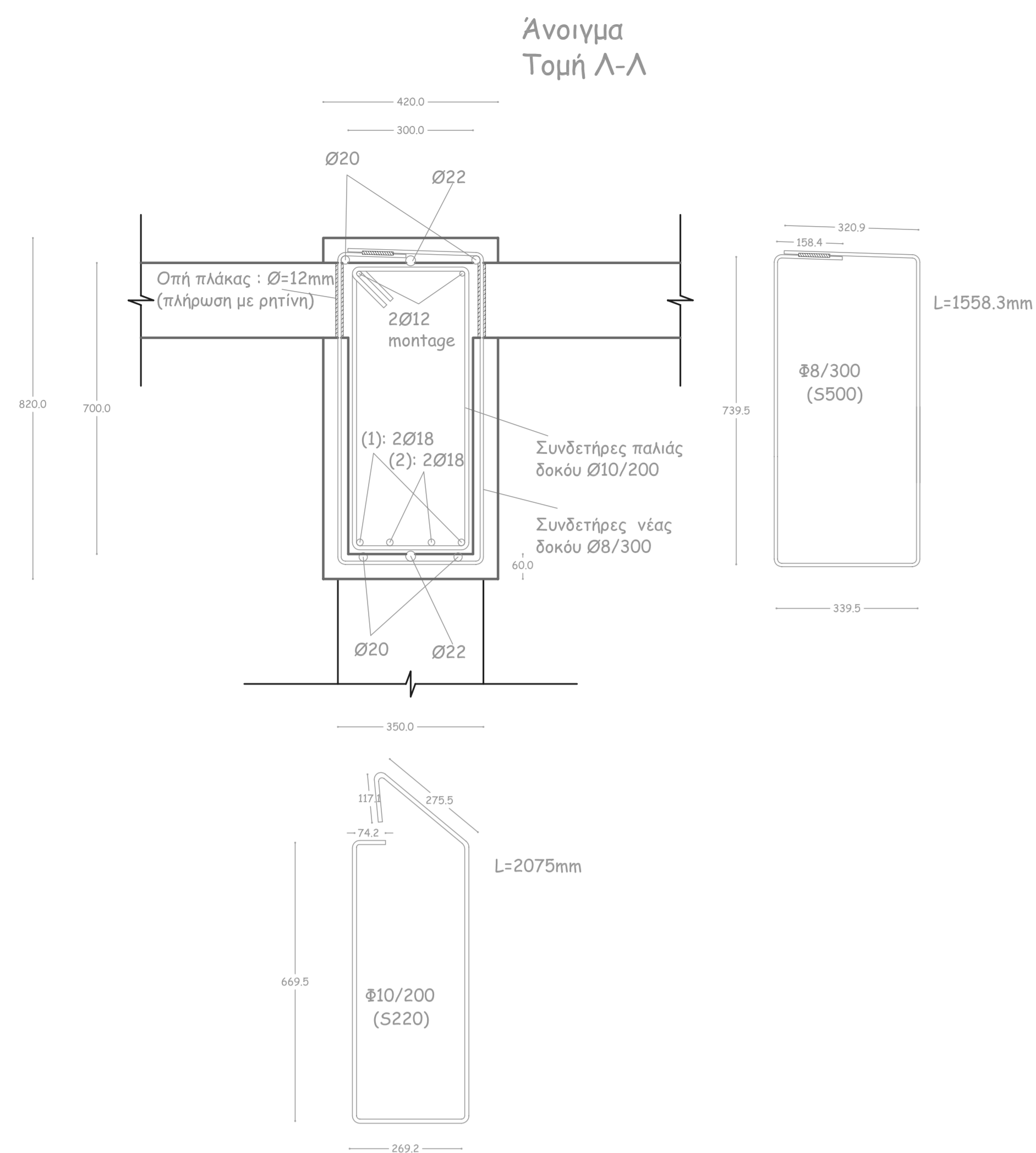
Νέο Τοιχείο
 Ενισχυμένος Στόλος (Κρυφοκολόνα) ισογείου : 4Ø24+8Ø22
 συνδετήρες : Ø10/75
 Ενισχυμένος Στόλος (Κρυφοκολόνα) 1ου ορόφου : 4Ø24+8Ø22
 συνδετήρες : Ø10/75
 Ενισχυμένος Στόλος (Κρυφοκολόνα) 2ου ορόφου : 4Ø24+8Ø22
 συνδετήρες : Ø8/100
 Κορμός Οριζόντια Εσχάρα : Ø12/185
 Κορμός Κατακόρυφη Εσχάρα : Ø12/285



ΕΡΓΟ :	ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΚΑΘΙΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΑΣΤΕ 06 -	ΕΠΙΣΚΕΥΣΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΣ ΒΑΛΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	
ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ :	ΜΟΥΡΕΛΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ	

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ :	ΤΟΜΕΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ : 2-Υ
ΚΑΙΜΑΚΑ :	ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ :	ΙΟΥΝΙΟΣ 2003

ΥΠΟΓΡΑΦΗ	ΣΦΡΑΓΙΔΑ
----------	----------



ΛΣΤΕ 06

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΥΛΙΚΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**
Σκυρόδεμα C12/15
Χάλυβας S220
Συνδετήρες S220
- ΥΛΙΚΑ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ**
Σκυρόδεμα C20/25
Νευροσάλβιας S500s
Συνδετήρες S550s
FRP
- ΦΟΡΤΙΑ**
Οπλισμένο Σκυρόδεμα 25 KN/m³
Νεκρό φορτίο 3,5 KN/m²
Ωφέλιμο φορτίο 3,5 KN/m²
Φορτίο τοιχοποιίας 2KN/m²
- ΕΛΑΦΟΣ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ**
Στάθμη θεμελίωσης 1,5m κάτω από την επιφάνεια εδάφους
- ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ**
Κατηγορία εδάφους Β
Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II
- ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**
Στόλοι 1ου ορόφου 50x50
Στόλοι 2ου ορόφου 45x45
Στόλοι 3ου ορόφου 35x35
Δοκοί 30x70
Κεντρικά πέλδια 330x330
Περιμετρικά πέλδια 240x240
- ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**
Νέο Τοίχιο 467x30
Κρυφοκολόνα Τοιχείου 70x67
Δοκοί 42x82
Πεδύοδοκος (πλάτος>ύψος πέλδου 380x50)
Πεδύοδοκος (πλάτος>ύψος δοκού 80x100)
- ΟΠΛΙΣΜΟΙ**
Υφιστάμενος Δοκοί 30x70
εξωτερική στήριξη πάνω : 2Ø12+2Ø18
κάτω : 2Ø18
άνοιγμα πάνω : 2Ø12
κάτω : 2Ø18+2Ø18
εσωτερική στήριξη πάνω : 2Ø20+2Ø18+2Ø16+2Ø12
κάτω : 2Ø18+2Ø18
συνδετήρες : Ø10/20
Υφιστάμενος Στόλος 1ου ορόφου (50x50) : 8Ø20
Υφιστάμενος Στόλος 2ου ορόφου (45x45) : 4Ø20+4Ø16
Υφιστάμενος Στόλος 3ου ορόφου (35x35) : 4Ø18

Ενισχυμένες Δοκοί 42x82 πάνω : 2Ø20+1Ø22
κάτω : 2Ø20+1Ø22
συνδετήρες : Ø8/100 εντός κρηπίδου
συνδετήρες : Ø8/300 εκτός κρηπίδου

Νέο Τοίχιο
Ενισχυμένος Στόλος (Κρυφοκολόνα) τοιχείου : 4Ø24+8Ø22
συνδετήρες : Ø10/75
Ενισχυμένος Στόλος (Κρυφοκολόνα) 1ου ορόφου : 4Ø24+8Ø22
συνδετήρες : Ø10/75
Ενισχυμένος Στόλος (Κρυφοκολόνα) 2ου ορόφου : 4Ø24+8Ø22
συνδετήρες : Ø8/100
Κορμός Οριζόντια Εσχάρα : Ø12/185
Κορμός Κατακόρυφη Εσχάρα : Ø12/285

ΕΡΓΟ : ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΑΣΤΕ 06 - ΕΠΕΚΕΙΝΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΒΑΛΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

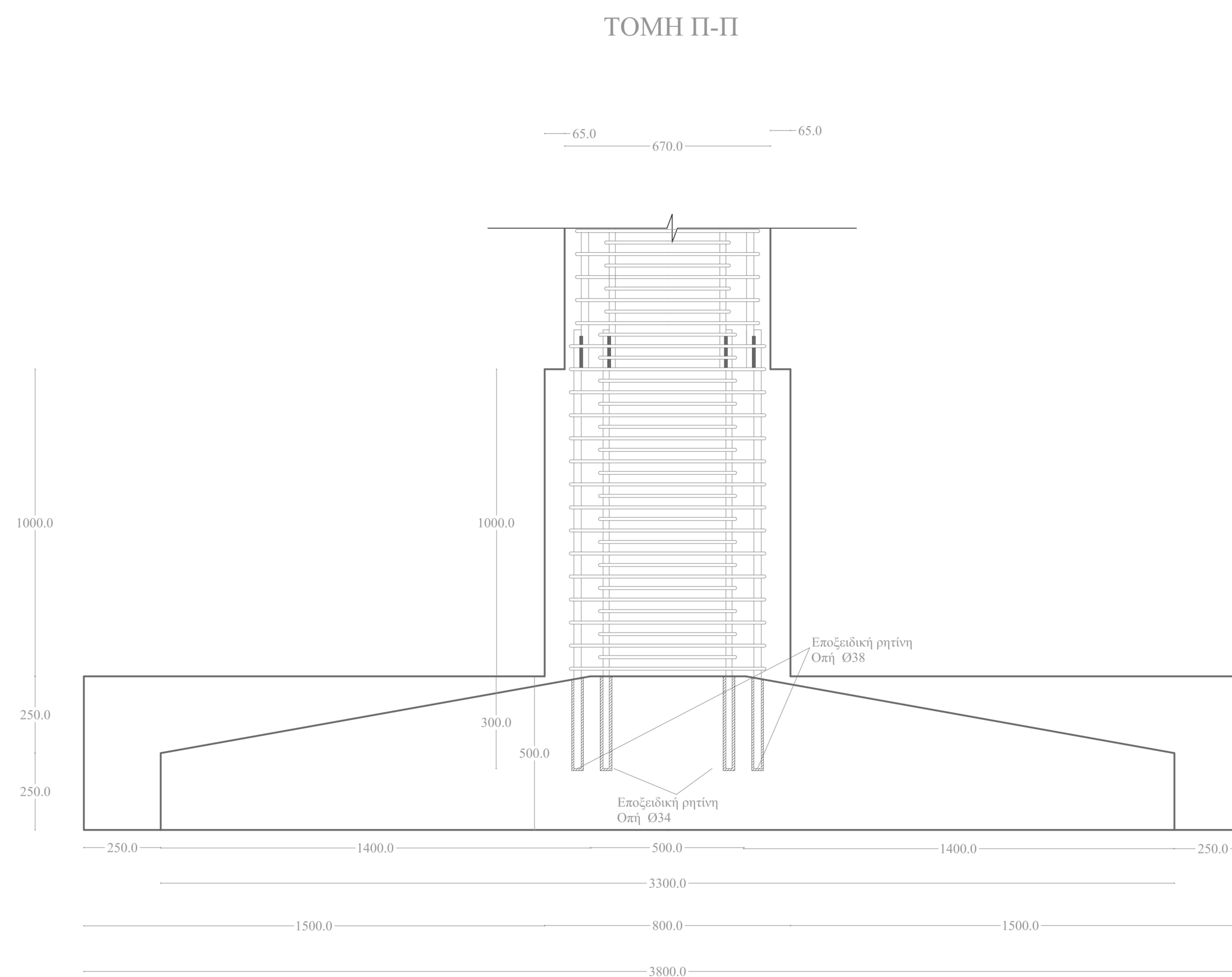
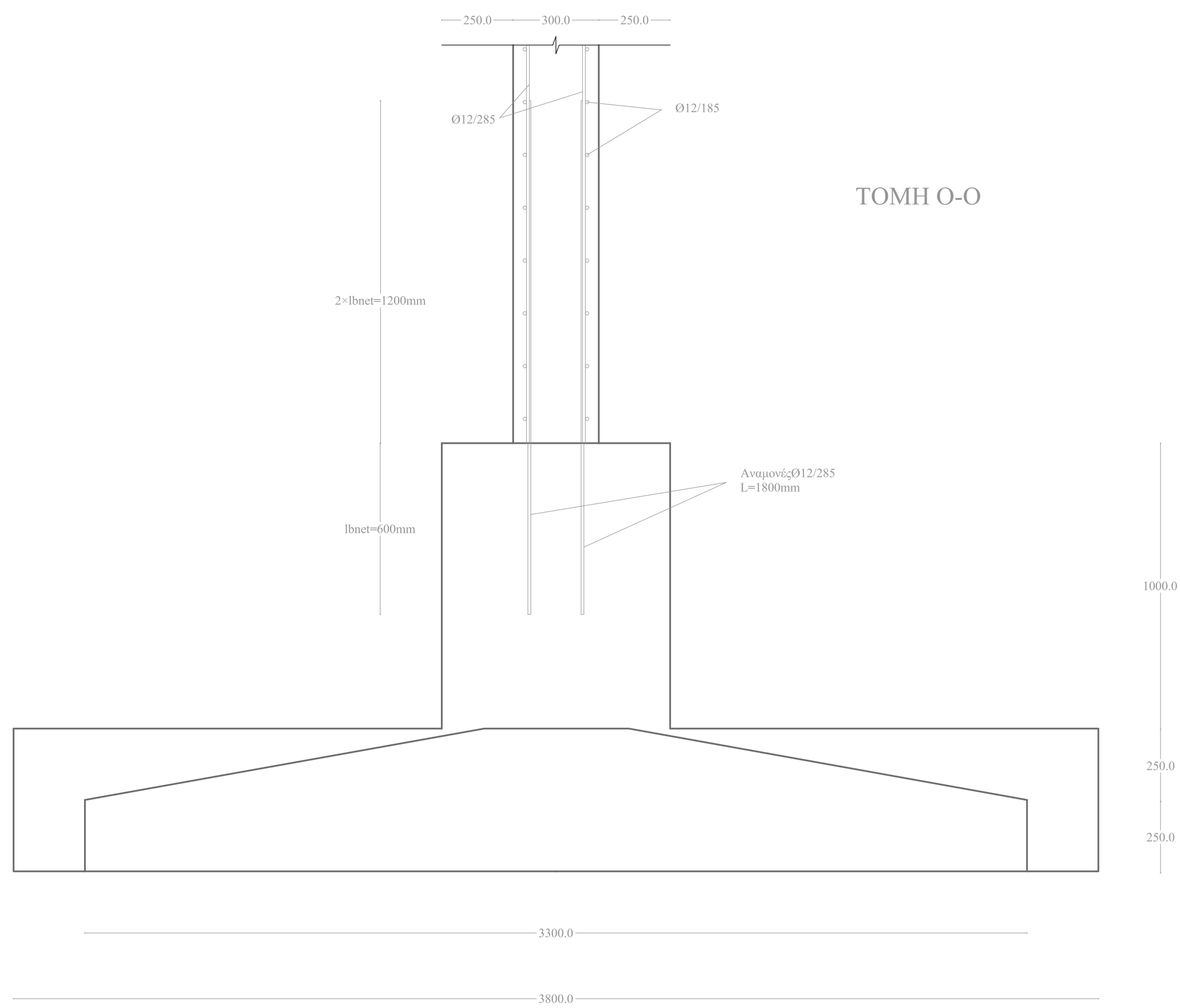
ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ : ΜΟΥΡΕΛΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

ΘΕΜΑ : ΤΟΜΕΣ ΔΟΚΩΝ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ : 3-Δ

ΚΑΙΜΑΚΑ : ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : ΙΟΥΝΙΟΣ 2003

ΥΠΟΓΡΑΦΗ : ΣΦΡΑΓΙΔΑ



ΕΡΓΟ : ΕΝΔΥΞΗ ΤΡΙΩΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΑΣΤΕ 06 - ΕΠΕΚΤΕΥΣ ΕΝΔΥΞΕΣ ΒΑΛΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ ΔΙΑΔΕΙΡΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ : ΜΟΥΡΕΛΑΤΟΣ ΠΑΙΔΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

ΘΕΜΑ ΤΟΜΕΣ ΠΕΔΙΩΝ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ : 4-Π

ΚΑΙΜΑΚΑ : ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ : ΙΟΥΝΙΟΣ 2003

ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΣΦΡΑΓΙΔΑ