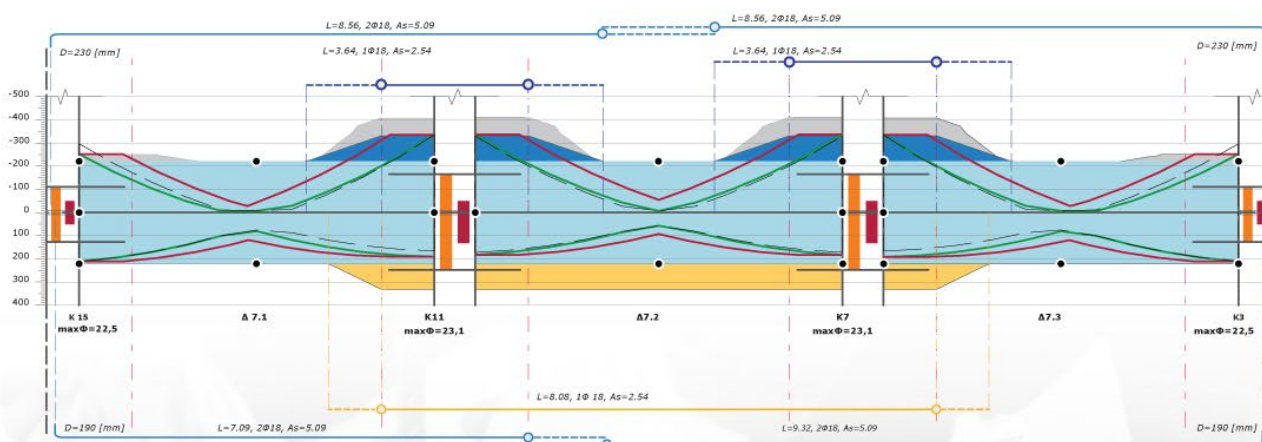


FESPAC

B design

Διαδραστική όπλιση δοκών - οδηγίες χειρισμού

Διάγραμμα αναλαμβανόμενης εφελκυστικής δύναμης | Δ 7(0), Li[m] = 4,35/4,50/4,35



FespaC

Διαδραστική όπλιση δοκών

Οδηγός όπλισης δοκών στο FespaC



Αθήνα, Νοέμβριος 2025

Version 1.0.16

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	4
1.1	Διαδραστική όπλιση δοκών.....	4
2	Γνωριμία με το περιβάλλον	7
2.1	Κάρτα «Ράβδοι διαδραστικής όπλισης δοκών» στο FESPA....	7
2.2	Άνοιγμα του περιβάλλοντος	8
2.3	Περιβάλλον	9
	2.3.1 Αυτόματη όπλιση	11
	2.3.2 Καθοδηγούμενη όπλιση	14
	2.3.3 Περιήγηση στις δοκιμές.....	17
	2.3.4 Πορεία εργασίας.....	18
	2.3.5 Εργαλειοθήκη «Βασικές Επιλογές»	19
	2.3.6 Εργαλειοθήκη «Προχωρημένες επιλογές».....	28
	2.3.7 Εργαλεία καθοδηγούμενης όπλισης	31
3	Παραδείγματα διαδραστικής όπλισης δοκών	35
3.1	Εισαγωγή	35
3.2	Παραδείγματα	36
	3.2.1 Βελτίωση διάταξης όπλισης σε δοκοσειρά τυπικής 5ώροφης πολυκατοικίας	36
	3.2.2 Πώς αντιμετωπίζω το πρόβλημα των πολλών στρώσεων λόγω υψηλών φορτίων;.....	46
	3.2.3 Πώς η αύξηση ποιότητας σκυροδέματος βοηθά στον έλεγχο συνάφειας και στην μείωση των στρώσεων;.....	61
	3.2.4 Πώς να λάβω υπόψιν τη μείωση του στατικού ύψους λόγω πολλών στρώσεων και πώς να εξαλείψω τον κλιμακούμενο οπλισμό στο άνοιγμα;	70
	3.2.5 Πώς να οπλίσω με ράβδους μικρότερου μήκους και να μειώσω την φύρα;	78

1

Εισαγωγή

1.1 Διαδραστική όπλιση δοκών

Τι είναι η διαδραστική όπλιση δοκών;

Είναι η επέκταση και ολοκλήρωση της αυτόματης διαστασιολόγησης για την ανεύρεση της καταλληλότερης διάταξης των οπλισμών.

Περιλαμβάνει:

- Την ανάλυση των αποτελεσμάτων για τον προσδιορισμό ευαίσθητων ή ασθενών σημείων
- Την διερεύνηση των αιτίων που προξενούν αυτές τις εξάρσεις οπλισμού
- Δοκιμές για την βελτίωση της λύσης, που γίνονται ταχύτατα
- Έλεγχο προτεινόμενης διάταξης
- Εφαρμογή και ενημέρωση του κεντρικού προγράμματος για την τελική λύση

Η διαδραστική όπλιση δοκών, με το σύγχρονο γραφικό περιβάλλον, αποτελεί τον συνεργάτη του μηχανικού στην διαστασιολόγηση των δοκών, δίνοντας του την δυνατότητα της αλληλεπίδρασης και της αμφίδρομης επικοινωνίας με την εφαρμογή σε πραγματικό χρόνο.

Ανάλυση – Εποπτεία

Η διαδραστική όπλιση δίνει στον μηχανικό σε κάθε βήμα και δοκιμή όπλισης την δυνατότητα ανάλυσης και εποπτείας της διάταξης όπλισης μέσω της παραστατικής απεικόνισης των ράβδων με διαφορετικά χρώματα. Μπορεί να δει τα μήκη των ράβδων και το πλήθος τους, σε ποιες θέσεις αυτές τοποθετούνται, ποιες περιοχές καλύπτουν, πού αγκυρώνουν, πού ματίζουν, το πλήθος των στρώσεων, το βάρος της διάταξης.

Διερεύνηση

Τα προηγούμενα παρέχουν στον μηχανικό τη δυνατότητα να αντιληφθεί και να κατανοήσει με άμεσο, εποπτικό και απλό τρόπο την πηγή προέλευσης της κάθε ράβδου και ποια ανάγκη καλύπτει.

Οι ράβδοι σε μια διατομή αυξάνονται λόγω:

- των απαιτήσεων ροπής
- των απαιτήσεων πλαστιμότητας
- του ελέγχου συνάφειας, ο οποίος επιβάλλει μικρές διαμέτρους.

Εντοπίζοντας την αιτία ο μηχανικός μπορεί να παρέμβει δραστικά, στοχευμένα και αποτελεσματικά.

Δοκιμές διατάξεων όπλισης

Η διαδραστική όπλιση δίνει **ελευθερία** και **ευελιξία** στον χρήστη να δοκιμάσει **διατάξεις όπλισης** που θεωρεί ιδανικότερες κατά την κρίση του για κάθε περίπτωση. Προσθέτει ράβδους σε θέσεις που επιθυμεί ή αφαιρεί, προκαθορίζει την διάμετρο των ράβδων, τροποποιεί το πλήθος τους. Έχει τον απόλυτο έλεγχο του προβλήματος της διαστασιολόγησης.

Έλεγχος της προτεινόμενης διάταξης

Το πρόγραμμα **εγγυάται στον μηχανικό** ότι θα υποστηρίξει με τον καλύτερο τρόπο τις ιδέες του για την διάταξη όπλισμού, θα σεβαστεί τις κατευθύνσεις που έδωσε και δεν θα τον εγκαταλείψει στη μέση της διαδρομής. Η διαδραστική όπλιση θα:

- επιβεβαιώσει την διάταξη, εφόσον ικανοποιούνται όλοι οι προβλεπόμενοι από τους κανονισμούς έλεγχοι ή
- θα την τροποποιήσει ελαφρώς προσθέτοντας επιπλέον ράβδους, που διακρίνονται από την χρωματική επισήμανσή τους, στις «προβληματικές» θέσεις ή
- θα ενημερώσει τον μηχανικό μέσω μηνύματος σε περίπτωση που η κατεύθυνση όπλισης που δίνει δεν μπορεί να οδηγήσει σε λύση ή οδηγεί σε σαφή παραβίαση διάταξης κανονισμού και θα προτείνει και πιθανές διεξόδους.

Εφαρμογή και ενημέρωση του κεντρικού προγράμματος για την τελική λύση

Βλέπε την §2.3.3 και την παράγραφο «Περιήγηση στις δοκιμές» του 2^{ου} παραδείγματος (§3.2.2).

Διαδραστικότητα

Στη δυσάρεστη κατάσταση της μεγάλης απαίτησης σε οπλισμό και της περίπλοκης διάταξης, ο μηχανικός κατευθύνεται αποτελεσματικά από το πρόγραμμα στην αντιμετώπιση του αιτίου. Έτσι αναπτύσσεται μια αμφίδρομη σχέση μεταξύ χρήστη και προγράμματος. Ο χρήστης καθοδηγεί την διαστασιολόγηση και το πρόγραμμα δίνει κατευθύνσεις στον χρήστη. Η διαδικασία αυτή της ανατροφοδότησης ενισχύει τον διαδραστικό χαρακτήρα του προγράμματος. **Ο χρήστης μαθαίνει από το πρόγραμμα και το πρόγραμμα ανταποκρίνεται στην καθοδήγηση του χρήστη.**

Ταχύτατες δοκιμές

Ενσωματώνει την προσέγγιση «trial and error». Ο χρήστης, στην περίπτωση που δεν τον καλύπτει η αυτόματη όπλιση ή επιθυμεί εναλλακτικές διατάξεις, κάνει δοκιμές, βλέπει άμεσα το αποτέλεσμα των επιλογών του, το πρόγραμμα εντοπίζει τα σημεία αποτυχίας της δοκιμής, ο χρήστης προχωράει σε επανακαθορισμό των παραμέτρων και των θέσεων, των διαμέτρων και του πλήθους των ράβδων, έως ότου προκύψει μια επιτυχής κι επιθυμητή διάταξη.

Η δοκιμή γίνεται ταχύτατα με επίλυση μόνο της δοκοσειράς, χωρίς να απαιτείται επίλυση όλου του κτηρίου.

Τι κάνει η διαδραστική όπλιση των δοκών;

Η διάταξη όπλισης μιας δοκού πρέπει να συμμορφώνεται με τις παρακάτω απαιτήσεις:

- η διάταξη όπλισης να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις για **αντοχή σε κάμψη και διάτμηση**
- η διάταξη όπλισης να υπηρετεί το δόγμα της γενικής πλαστιμότητας «**ισχυρά υποστυλώματα – ασθενείς δοκοί**»
- οι κρίσιμες περιοχές να ανέχονται ισχυρές μετελαστικές παραμορφώσεις χωρίς ουσιαστική απομείωση της αντοχής (**τοπική πλαστιμότητα**)
- να εξασφαλίζεται η **αγκύρωση** εντός και εκτός των κόμβων (έλεγχος συνάφειας)
- να τηρείται η **ελάχιστη απόσταση μεταξύ ράβδων**, σύμφωνα με τον ΚΤΣ
- να προκρίνονται **κατασκευάσιμες διατάξεις**

Οι παραπάνω απαιτήσεις κάποιες φορές λειτουργούν συντονισμένα, ενώ σε άλλες περιπτώσεις λειτουργούν ανταγωνιστικά μεταξύ τους, δημιουργώντας μια ισχυρή **περιπλοκότητα** στην επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων όπλισης της δοκού.

Η ανάγκη για άμεσες και γρήγορες αλλαγές των παραμέτρων και πλήθος δοκιμών μέχρι την επίτευξη της βέλτιστης λύσης υπηρετείται από την **διαδραστικότητα**.

2

Γνωριμία με το περιβάλλον

2.1 Κάρτα «Ράβδοι διαδραστικής όπλισης δοκών» στο FESPA

Δεσμική	Φορτία	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Ράβδοι διαδραστικής όπλισης δοκών	Έδαφος	Υλικά - Αποτί
☒				Διαστασιοδότηση	?	Αυτόματα
Άνω οπλισμός						
☒				η°Φ Δοκοσειράς	?	
☒				η°Φ Ανοίγματος	?	
☒				η°Φ Πρόσθετα στήριξης αριστερά	?	
☒				η°Φ Πρόσθετα στήριξης δεξιά	?	
Κάτω οπλισμός						
☒				η°Φ Δοκοσειράς	?	
☒				η°Φ Ανοίγματος	?	
☒				η°Φ Πρόσθετα στήριξης αριστερά	?	
☒				η°Φ Πρόσθετα στήριξης δεξιά	?	
☒				η°Φ Κλιμακούμενου οπλισμού	?	
Αυτόματη απόδοση						
☒				Αυτόματα άνω σίδερα δοκοσειράς	?	Ναι
☒				Αυτόματα κάτω σίδερα δοκοσειράς	?	Ναι
☒				Αυτόματα άνω πρόσθετα σίδερα	?	Ναι
☒				Αυτόματα κάτω πρόσθετα σίδερα	?	Ναι

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 2.1: Οι παράμετροι της κάρτας «Ράβδοι διαδραστικής όπλισης δοκών» της Δοκού

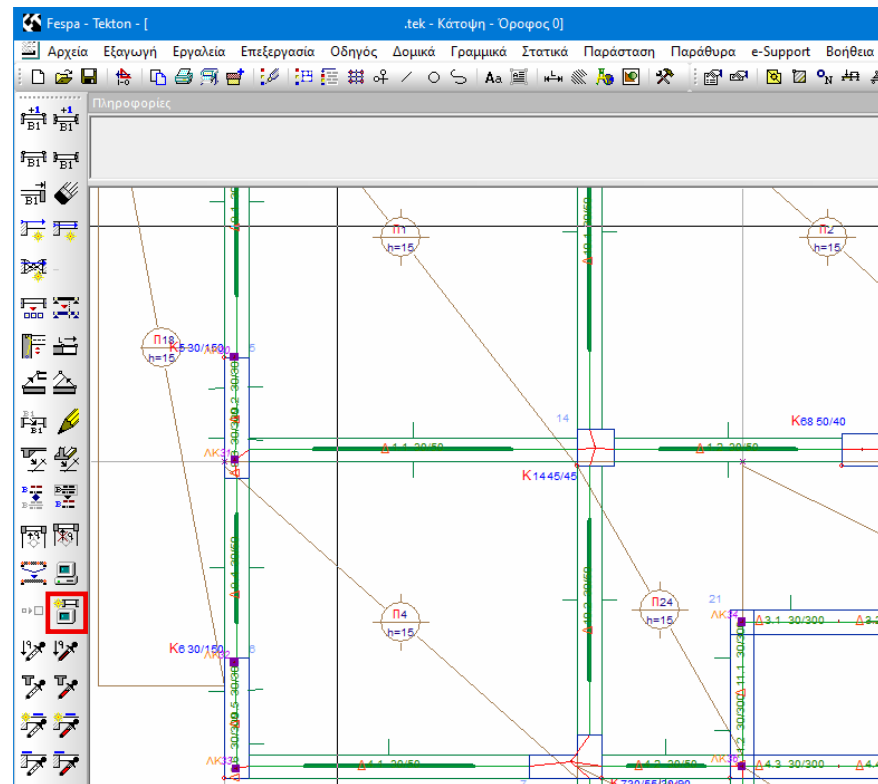
Διαστασιολόγηση

- ▶ **Αυτόματη:** Βλ. § 2.3.1, Αυτόματη όπλιση
- ▶ **Καθοδηγούμενη:** Βλ. § 2.3.2, Καθοδηγούμενη όπλιση



2.2 Άνοιγμα του περιβάλλοντος

Το περιβάλλον ανοίγει με την εντολή «Διαδραστική όπλιση δοκών» στην εργαλειοθήκη της οντότητας «Δοκός» (**Εικόνα 2.2**) κι επιλογή της δοκού.



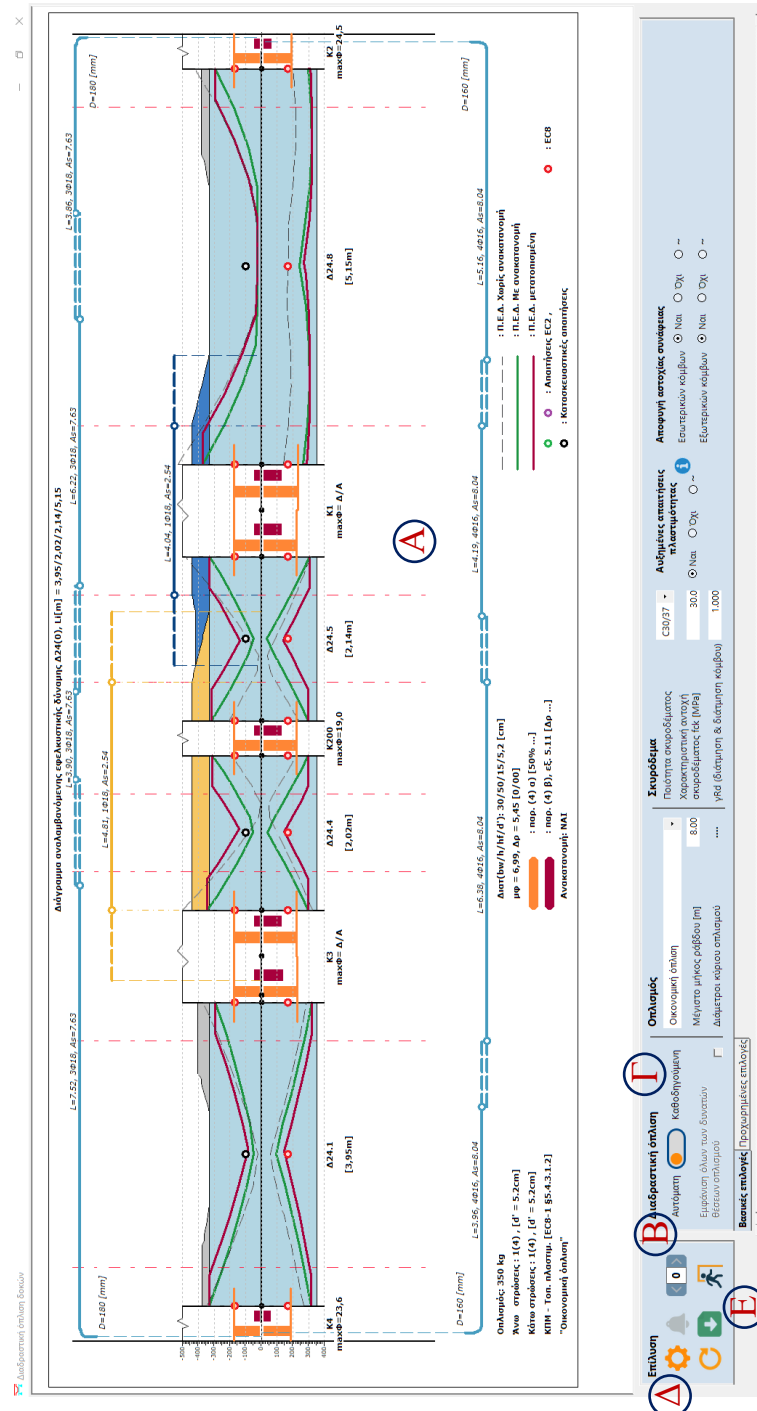
Εικόνα 2.2: Εντολή «Διαδραστική όπλιση δοκών» στην εργαλειοθήκη της οντότητας «Δοκός»

2.3 Περιβάλλον

Το περιβάλλον της διαδραστικής όπλισης δοκών παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2.1** και ο χειριστής έχει στη διάθεσή του:



- την διάταξη της όπλισης της δοκού επάνω στο διάγραμμα της αναλαμβανόμενης εφελκυστικής δύναμης (βλ. **Σχήμα 2.1**, Α)
- την αυτόματη όπλιση (βλ. **Σχήμα 2.1**, Β), που ενεργοποιείται με το πλήκτρο της επίλυσης, (βλ. **Σχήμα 2.1**, Δ)
- πλήκτρο της επίλυσης
- τη δυνατότητα να αποθηκεύσει τα αποτελέσματα κάθε επίλυσης ώστε να προκύπτει πάντοτε η επιθυμητή όπλιση. Αυτό γίνεται με το κουμπί «Δώσε παραμέτρους» (βλ. **Σχήμα 2.1**, Ε)
- τη δυνατότητα επαναφοράς της αρχικής κατάστασης, όπως αυτή προκύπτει από τις τιμές που υπάρχουν στις αντίστοιχες καρτέλες του FW.



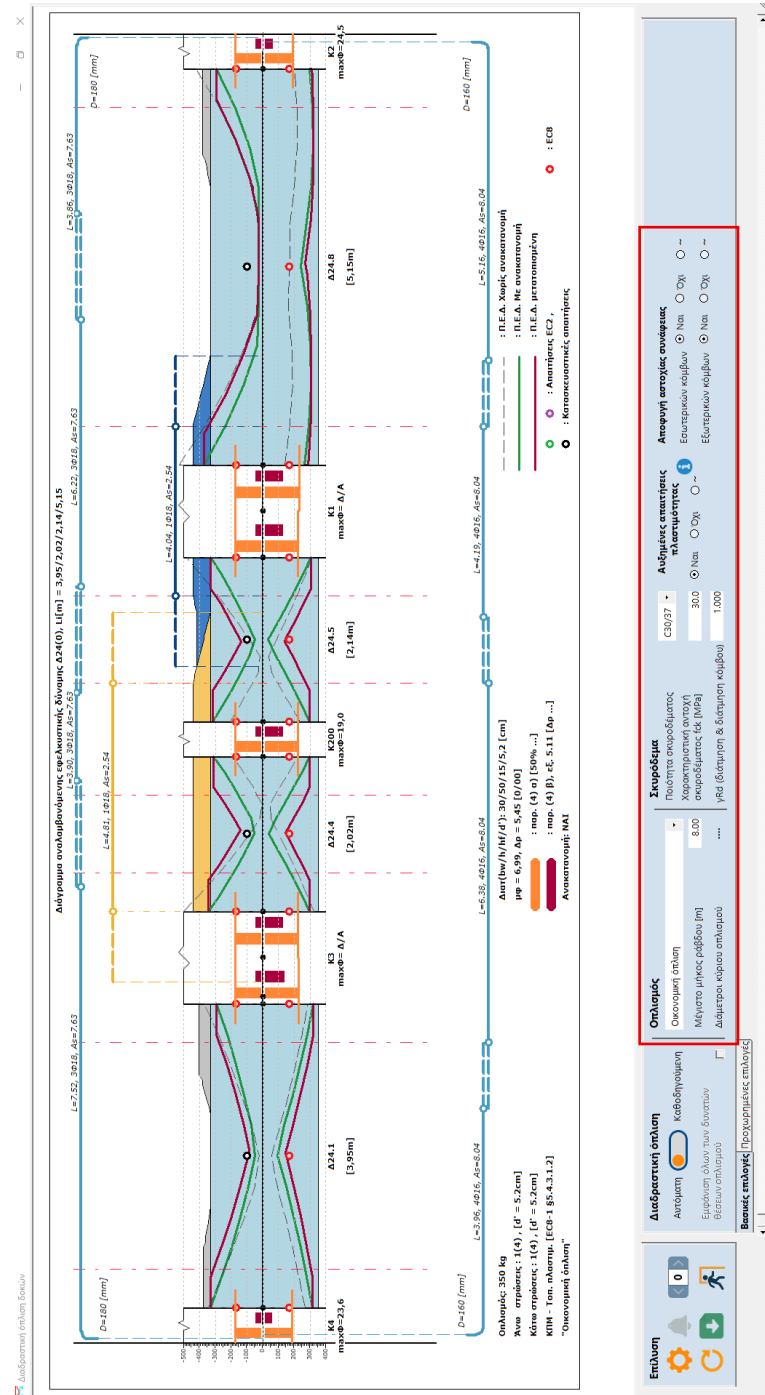
2.3.1 Αυτόματη όπλιση

Η αυτόματη όπλιση ενεργοποιείται με το πλήκτρο της επίλυσης. Ο χειριστής έχει τη δυνατότητα να αλλάζει μια σειρά από παραμέτρους (βλ. **Εικόνα 2.3**, **Εικόνα 2.4**), όπως:

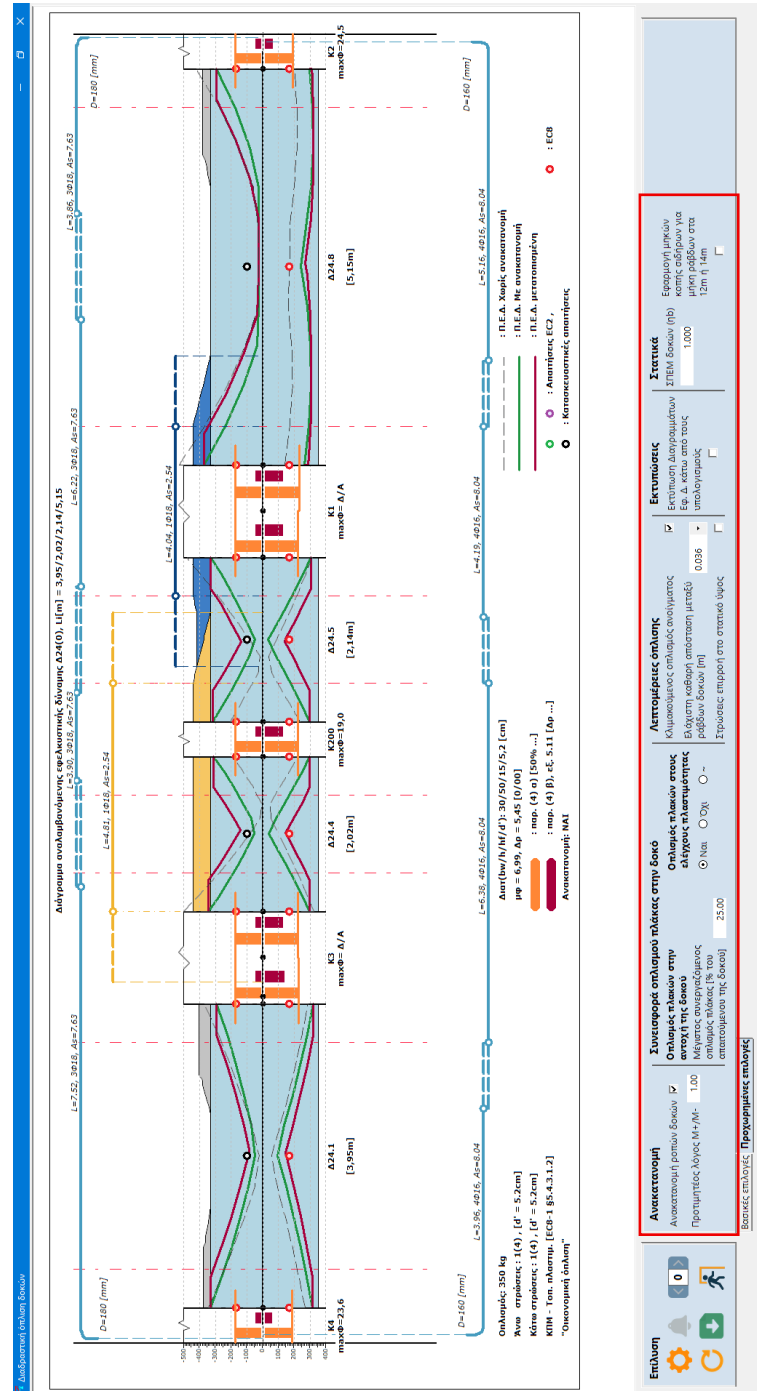
- ▶ Τύπος όπλισης
- ▶ Μέγιστο μήκος ράβδου (κατάλληλο μήκος για την μεταφορά στο εργοτάξιο, βελτιστοποίηση του πλήθους των ματίσεων)
- ▶ Διάμετροι κύριου οπλισμού
- ▶ Ελάχιστη καθαρή απόσταση μεταξύ ράβδων (λιγότερες στρώσεις)
- ▶ Ποιότητα σκυροδέματος
- ▶ Αποφυγή αστοχίας συνάφειας κόμβου

Παρατήρηση:

Αναλυτικά οι παράμετροι περιγράφονται στις §2.3.5 και §2.3.6.



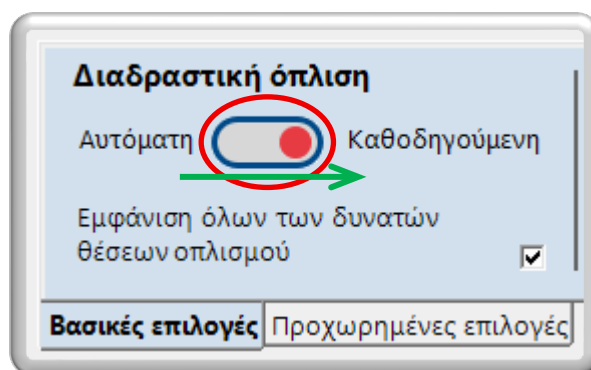
Εικόνα 2.3: Παράμετροι στην καρτέλα «**Βασικές επιλογές**» του περιβάλλοντος της διαδραστικής όπλισης δοκού



Εικόνα 2.4: Παράμετροι στην καρτέλα «**Προχωρημένες επιλογές**» του περιβάλλοντος της διαδραστικής όπλισης δοκού

2.3.2 Καθοδηγούμενη όπλιση

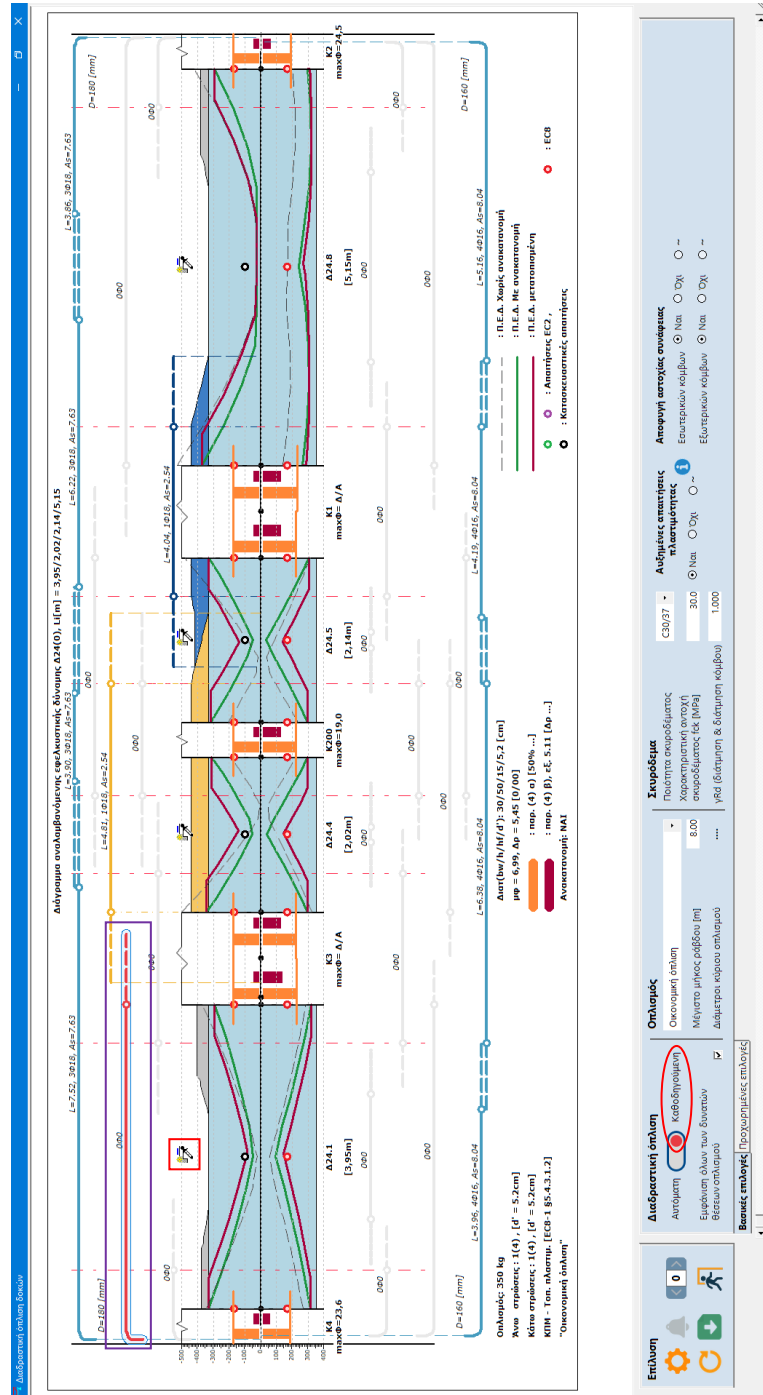
Η καθοδηγούμενη όπλιση ενεργοποιείται με το πλήκτρο της επίλυσης (βλ. **Εικόνα 2.5**, **Εικόνα 2.6**). Όταν ο χειριστής χρησιμοποιεί την καθοδηγούμενη όπλιση εκτός από τις προηγούμενες παραμέτρους (§ 2.3.1, Αυτόματη όπλιση), **μπορεί να τροποποιήσει όλη τη διάταξη όπλισης σύμφωνα με τις επιλογές του**, προσθέτοντας ή αφαιρώντας ράβδους και αλλάζοντας διαμέτρους. Σε ζωντανό χρόνο βλέπει πώς επιδρούν οι τροποποιήσεις αυτές στην κάλυψη των εφελκυστικών δυνάμεων (βλέπει τις ελλείψεις ή την περίσσεια). (**Εικόνα 2.7**).

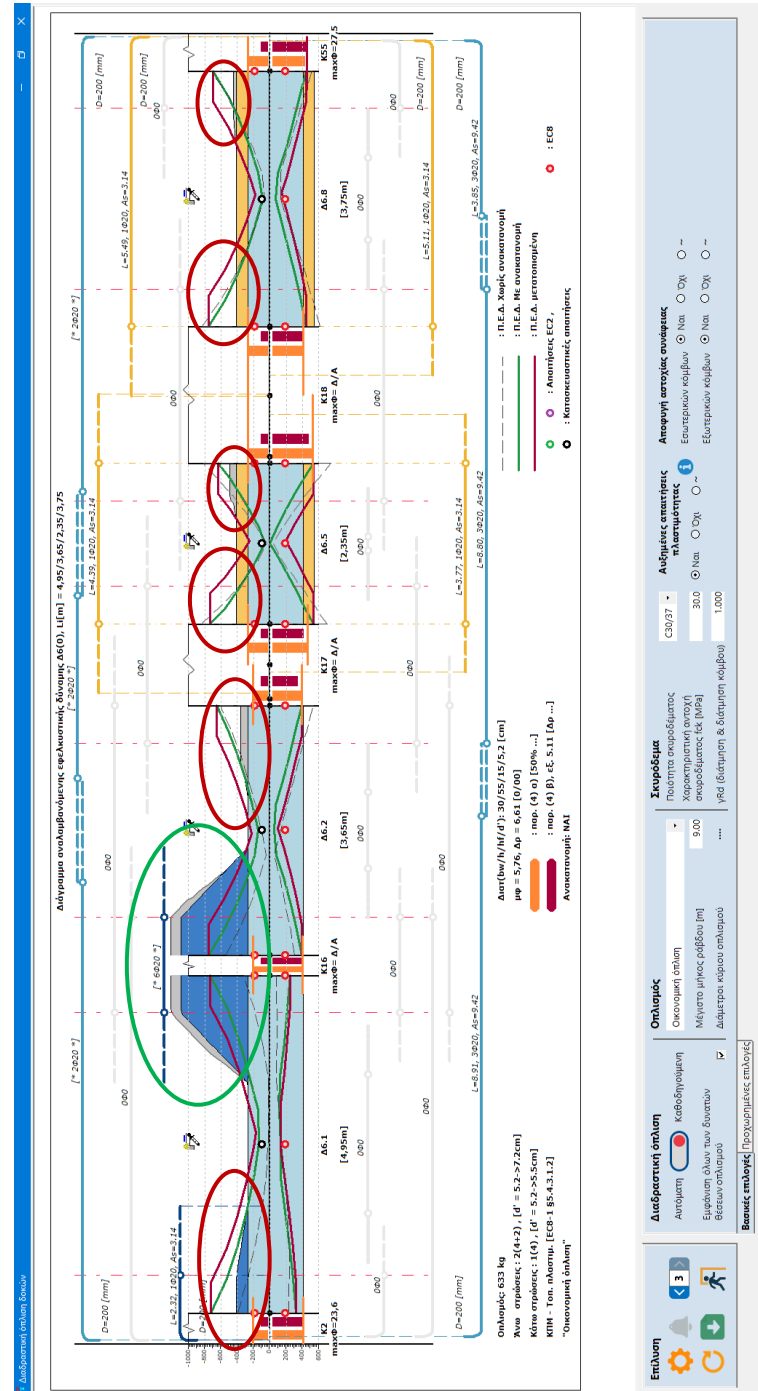


Εικόνα 2.5: Ενεργοποίηση «Καθοδηγούμενης όπλισης» και των εργαλείων της

Παρατήρηση

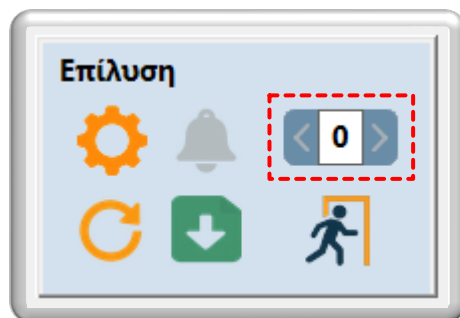
Στην «Καθοδηγούμενη όπλιση» το πρόγραμμα στο τέλος της επίλυσης προσθέτει οπλισμούς όπου υπάρχει έλλειψη. Αυτοί οι οπλισμοί επισημαίνονται με διαφορετικό χρώμα (*magenta*) στο όνομα της ράβδου.





Εικόνα 2.7: Ελλείψεις ή περισσεια στην κάλυψη των εφελκυστικών δυνάμεων

2.3.3 Περιήγηση στις δοκιμές



Εικόνα 2.8: Περιήγηση στις δοκιμές στην εργαλειοθήκη της «Επίλυση»

Η διαδραστική όπλιση **θυμάται τις 9 τελευταίες διαφορετικές επιλύσεις (Εικόνα 2.8)**, διευκολύνοντας τον μηχανικό να διαλέξει την καταλληλότερη κατά την κρίση του διάταξη οπλισμού [π.χ. με τις λιγότερες στρώσεις, δηλαδή διάταξη με στρώσεις: 2 (4+2) είναι προτιμότερη από διάταξη με στρώσεις: 2 (3+3), βλ. Σχήμα 2.2].

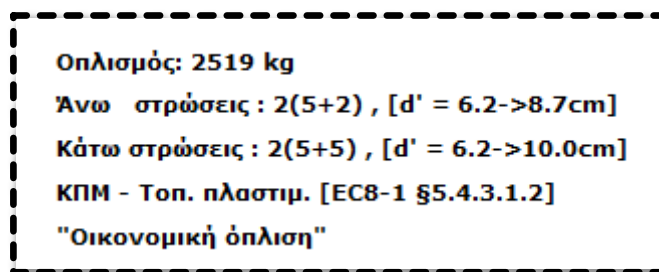


Σχήμα 2.2: Χρήση καβίλιας για την στερέωση του οπλισμού στην περίπτωση της 2^{ης} στρώσης με 3

2.3.4 Πορεία εργασίας

Η προτεινόμενη πορεία εργασίας είναι:

- Να εξαντληθούν οι αλλαγές των διαφόρων διαθέσιμων παραμέτρων με την **αυτόματη όπλιση**.
- Αν δεν μείνει ικανοποιημένος ο χειριστής, να χρησιμοποιήσει την **καθοδηγούμενη όπλιση**.
- Να περιηγηθεί τις 9 τελευταίες λύσεις και, λαμβάνοντας υπόψιν το **βάρος** της κάθε διάταξης και το **πλήθος των στρώσεων** (Εικόνα 2.9), να διαλέξει την διάταξη της αρεσκείας του.



Εικόνα 2.9: Τμήμα των πληροφοριών που εμφανίζονται κάτω από το διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων

- Να χρησιμοποιήσει το πλήκτρο «**Δώσε παραμέτρους**», ώστε να εκχωρηθεί αυτή η συλλογή παραμέτρων μόνιμα στην δοκό και να λαμβάνεται υπόψιν σε κάθε γενική επίλυση του κτηρίου.

2.3.5 Εργαλειοθήκη «Βασικές Επιλογές»

Παρατήρηση

Περισσότερες πληροφορίες για τις παρακάτω παραμέτρους μπορείτε να βρείτε στο «FespaC B-Design *For Windows*, Οδηγός όπλισης δοκών στο *FespaC*» και στο εγχειρίδιο αναφοράς του FESPA.

Διαδραστική όπλιση

- ▶ Αυτόματη: Βλ. § 2.3.1, Αυτόματη όπλιση
- ▶ Καθοδηγούμενη: Βλ. § 2.3.2, Καθοδηγούμενη όπλιση

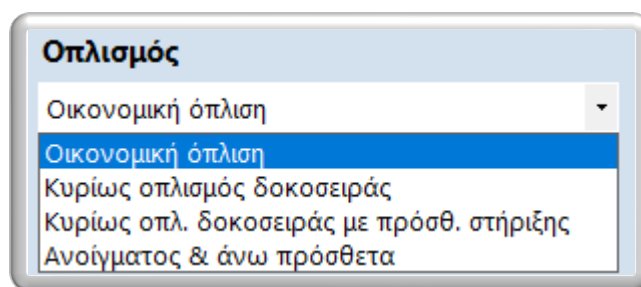
Εμφάνιση όλων των δυνατών θέσεων οπλισμού

- ▶ Ναι
- ▶ Όχι

Παρατήρηση

Αφορά μόνο την καθοδηγούμενη και χρησιμεύει για να κάνει πιο ευκρινές το διάγραμμα, όταν η τιμή του τίθεται στο «Όχι».

Τύπος όπλισης



Εικόνα 2.10: Οι 4 τύποι όπλισης

Τροποποιεί την διάταξη ώστε να δίνεται προτίμηση σε συγκεκριμένους τύπους ράβδων (ανοίγματος, δοκοσειράς, στήριξης). Μπορούν να πραγματοποιηθούν οι 4 τύποι όπλισης που φαίνονται στην **Εικόνα 2.10**. Παρατίθενται παραδείγματα στα οποία παρουσιάζεται η επίδραση της παραμέτρου αυτής στη διάταξη της όπλισης της ίδιας δοκοσειράς (βλ. **Εικόνα 2.12**, **Εικόνα 2.13**, **Εικόνα 2.14**, **Εικόνα 2.15**) Για διεξοδικότερη ανάλυση στο θέμα μπορείτε να ανατρέξετε στο «FespaC B-Design For Windows, Οδηγός όπλισης δοκών στο FespaC».

Μέγιστο μήκος ράβδου [m]

Για την διευκόλυνση της μεταφοράς και της τοποθέτησης (συναρμολόγηση) μιας ράβδου στην θέση της:

- κατάλληλο μήκος για την μεταφορά στο εργοτάξιο
- επηρεάζει το πλήθος των ματίσεων

Διάμετροι κύριου οπλισμού

Διάμετροι οπλισμού

8mm	☐
10mm	☐
12mm	☒
14mm	☒
16mm	☒
18mm	☒
20mm	☒
22mm	☐
25mm	☐
28mm	☐
32mm	☐

επαναφορά διαμ. καρτ.

OK Άκυρο

Οπλισμός

Οικονομική όπλιση

Μέγιστο μήκος ράβδου [m] 12.00

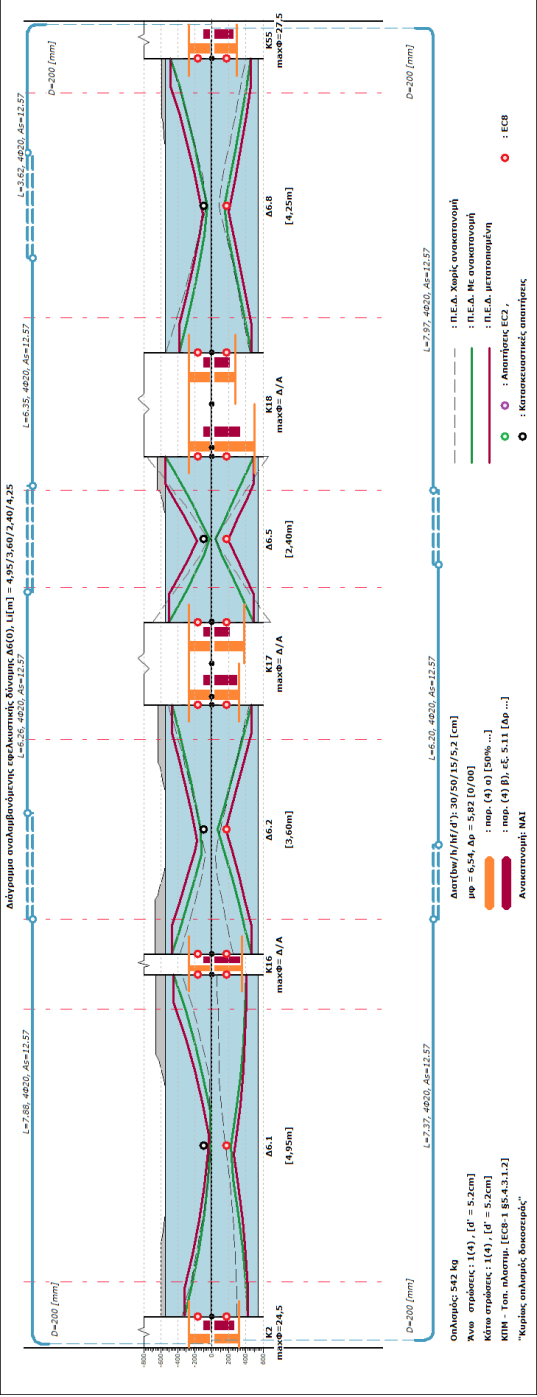
Διάμετροι κύριου οπλισμού

Εικόνα 2.11: Επιλογή διαμέτρων κύριου οπλισμού

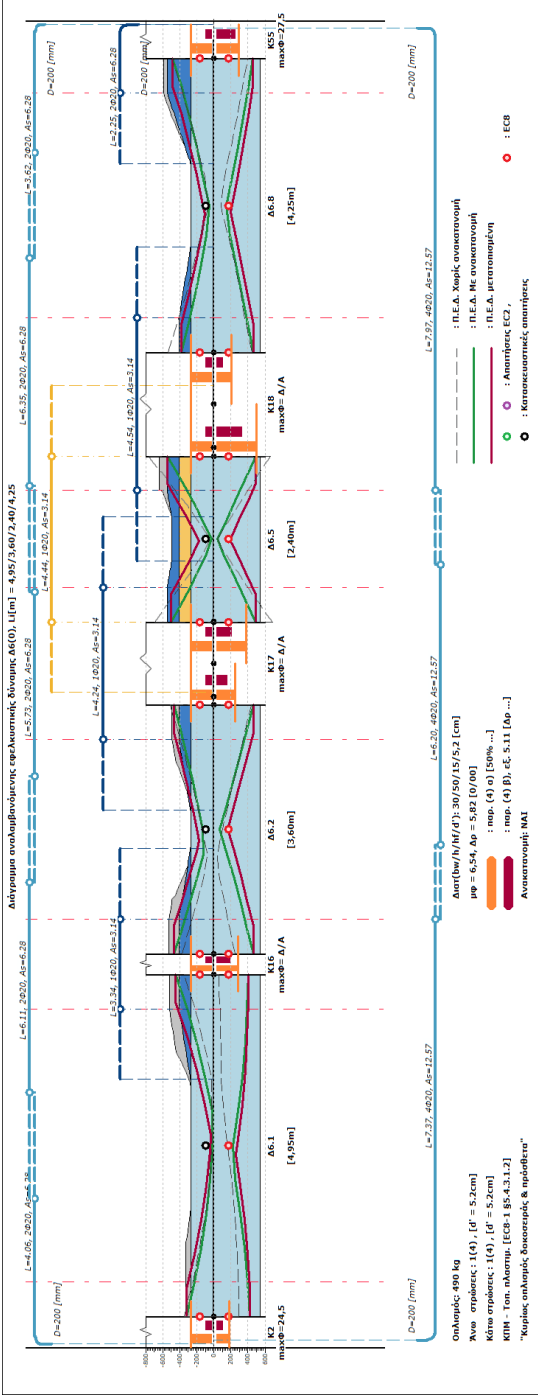
Περιορίζοντας το πλήθος των διαφορετικών διαμέτρων (Εικόνα 2.11) επιτρέπουμε μεγαλύτερη ομοιομορφία στην δοκοσειρά.



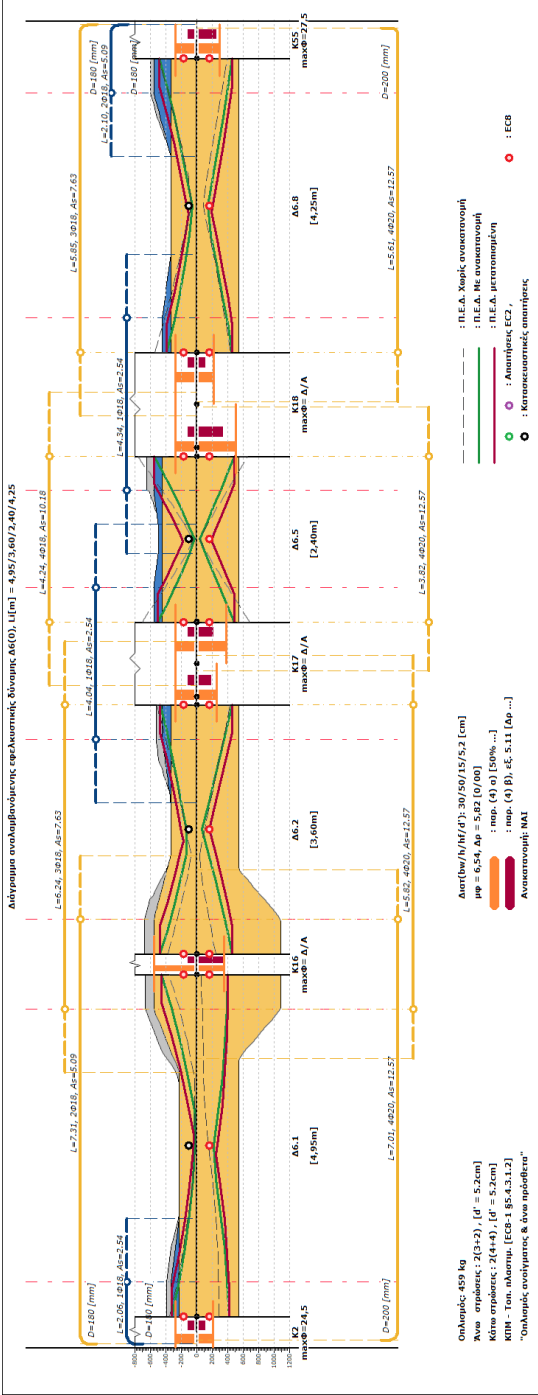
Εικόνα 2.12: Τύπος όπλισης: «Οικονομική όπλιση» δοκοσειράς (βλ. Εικόνα 2.10)



Εικόνα 2.13: Τύπος όπλισης: «Κορίως ολισθηρ. δοκοσειράς» (βλ. Εικόνα 2.10)



Εικόνα 2.14: Τύπος όπλισης: «Κορίως οπλισμός δοκοστρώας & πρόσδετα» (βλ. Εικόνα 2.10)



Εικόνα 2.15: Τύπος όπλισης: «Οπλισμός ανοίγματος & άνω πρόσθετα» (βλ. Εικόνα 2.10)

Ποιότητα σκυροδέματος

Αύξηση της ποιότητας σκυροδέματος βοηθάει τον έλεγχο συνάφειας κόμβου στους εξωτερικούς ή/και σε όλους τους εσωτερικούς κόμβους και τους ελέγχους τοπικής πλαστιμότητας.

Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [MPa]

Βλ. παράμετρο «Ποιότητα σκυροδέματος»

γ_{Rd} (διάτμηση & διάτμηση κόμβου)

γ_{Rd} είναι ο συντελεστής υπεραντοχής λόγω κράτυνσης του χάλυβα οπλισμού της δοκού. Η παράμετρος αυτή υπεισέρχεται στους ακόλουθους υπολογισμούς και ελέγχους:

- στον υπολογισμό της ικανοτικής τέμνουσας (EC8-1 §5.5.2.1(3) για ΚΠ Υ και §5.4.2.2(2) για ΚΠ Μ.
- στον έλεγχο διάτμησης κόμβου (EC8-1 §5.5.3.3(2))

Αυξημένες απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας

- ▶ Ναι
- ▶ Όχι
- ▶ Επαναφορά της δοκοσειράς στην αρχική κατάσταση

Ο χρήστης μπορεί γρήγορα κι εύκολα να αλλάξει μια δοκοσειρά από κύρια σε δοκοσειρά χωρίς αυξημένες απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας και το αντίστροφο. Αυτό θα τον βοηθήσει να αντιληφθεί άμεσα ποιος οπλισμός απαιτείται για την παραλαβή των εφελκυστικών δυνάμεων λόγω **κάμψης** και **αξονικής δύναμης** και ποιος οπλισμός προστίθεται για την κάλυψη των κανονιστικών απαιτήσεων **τοπικής πλαστιμότητας**.

Σύμφωνα με τον EC8 [EC8-1, §5.4.3.1.2 (4) α)]:

$$A_{s,k} \geq 0.5 \cdot (A_{s,\alpha} + A_{s,\pi\lambda})$$

$$A_{s,\alpha} \geq 0.5 \cdot A_{s,k}$$

ενώ σύμφωνα με τον EC8-1, §5.4.3.1.2 (4) β), εξ. (5.11):

$$A_{s,\alpha} - A_{s,k} \leq b_k \cdot d \cdot \frac{0.0018}{\mu_\phi \cdot \varepsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} - A_{s,\pi\lambda}$$

$$A_{s,k} - A_{s,\alpha} \leq b_\alpha \cdot d \cdot \frac{0.0018}{\mu_\phi \cdot \varepsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$



Η επιλογή της στήλης με την περισπωμένη δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επαναφέρει την δοκοσειρά στην αρχική κατάσταση (πριν ανοίξει την διαδραστική όπλιση), στην οποία θα μπορούσαν να συνυπάρχουν στην ίδια δοκοσειρά ανοίγματα χαρακτηρισμένα ως κύρια και ως ανοίγματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Αποφυγή αστοχίας συνάφειας (απαιτήσεις αγκύρωσης)

■ Εσωτερικών κόμβων

► Ναι

► Όχι

► Επαναφορά της δοκοσειράς στην αρχική κατάσταση

Για εσωτερικούς κόμβους δοκού-υποστυλώματος [EN1998-1, 5.6.2.2 (2) α), εξ. (5.50α)]:

$$d_{bL} \leq h_c \cdot \frac{7.5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0.8 \cdot v_d}{1 + 0.75 \cdot k_D \cdot \rho' / \rho_{max}}$$

■ Εξωτερικών κόμβων

► Ναι

► Όχι

► Επαναφορά της δοκοσειράς στην αρχική κατάσταση

Για εξωτερικούς κόμβους δοκού-υποστυλώματος [EN1998-1, 5.6.2.2 (2) β), εξ. (5.50β)]:

$$d_{bL} \leq h_c \cdot \frac{7.5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0.8 \cdot v_d)$$

Παρατηρήσεις

- Ο χρήστης μπορεί διερευνητικά να απενεργοποιήσει τους ελέγχους αυτούς σε όλη την δοκοσειρά. Αν δει ότι υπάρχει αποτέλεσμα κι επιτύχει μια καλύτερη διάταξη (π.χ. λιγότερες στρώσεις), αφού επαναφέρει τους ελέγχους, μπορεί να προσανατολιστεί στην διερεύνηση άλλων λύσεων, όπως της αύξησης της ποιότητας σκυροδέματος ή της αύξησης της διάστασης των κρίσιμων υποστυλωμάτων.
 - Ο έλεγχος του τυμπάνου (απαίτηση του EC2) πραγματοποιείται σε κάθε περίπτωση και είναι δυνατόν να μεταβληθεί καθώς μεταβάλλεται η διάμετρος της ράβδου και η **περίσσεια** του οπλισμού.
-

2.3.6 Εργαλειοθήκη «Προχωρημένες επιλογές»

Ανακατανομή ροπών δοκών

Η ανακατανομή γενικώς οδηγεί σε πιο ισορροπημένες διατάξεις οπλισμού μεταξύ του άνω και του κάτω οπλισμού.

Προτιμητέος λόγος M+/M-

Ρυθμίζει τον λόγο ανακατανεμημένων θετικών ροπών προς αρνητικές

Μέγιστος συνεργαζόμενος οπλισμός πλάκας [% του απαιτούμενου της δοκού]

- **25.0 %** (προτεινόμενη τιμή)

Παρατηρήσεις:

- Αύξηση του ποσοστού αξιοποιεί (ενεργοποιεί) περισσότερο οπλισμό της πλάκας για την παραλαβή των εφελκυστικών δυνάμεων **στην άνω παρειά της περιοχής των στηρίξεων** της δοκοσειράς, **μειώνοντας την απαίτηση σε ράβδους οπλισμού δοκού.**
- Η αύξηση του ποσοστού δεν είναι υπέρ της ασφαλείας.

Οπλισμός πλακών στους ελέγχους πλαστιμότητας

- **Ναι**
- **Όχι**
- **Επαναφορά της δοκοσειράς στην αρχική κατάσταση**

Επιλογή του «Όχι» ορίζει ότι:

$$A_{s,πλ} = 0$$

στις εξισώσεις της πλαστιμότητας:

$$A_{s,κ} \geq 0.5 \cdot (A_{s,α} + A_{s,πλ}) \quad \text{EN1998-1:2004: 5.4.3.1.2 (4) a)}$$

$$A_{s,α} - A_{s,κ} \leq b_k \cdot d \cdot \frac{0.0018}{\mu_\phi \cdot \varepsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} - A_{s,πλ} \quad \text{EN1998-1:2004: 5.4.3.1.2 (4) b)}$$

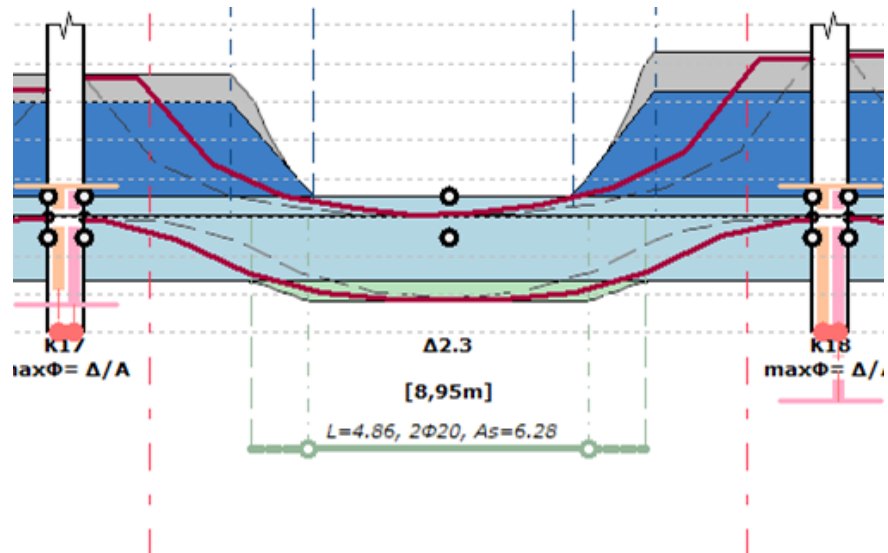
Αυτό μας βοηθάει να **αποφύγουμε** μέρος του **οπλισμού** που **απαιτείται στην κάτω παρειά στην περιοχή των στηρίξεων.**

Σημείωση

Όταν το πάχος της πλάκας γίνει μεγάλο για λόγους ανεξάρτητους της απαίτησης σε σεισμικές δυνάμεις, π.χ. λόγω μεγάλου κατακόρυφου φορτίου επί της πλάκας, προκύπτει μεγάλος οπλισμός πλάκας, και κατά συνέπεια μεγάλος οπλισμός **στην κάτω παρειά στην περιοχή των στηρίξεων**.

Κλιμακούμενος οπλισμός ανοίγματος

- ▶ Ναι
- ▶ Όχι



Εικόνα 2.16: Κλιμακούμενος οπλισμός ανοίγματος

Ο οπλισμός κλιμάκωσης δεν διέρχεται από τους κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων και αυτό είναι καλό για τον ικανοτικό έλεγχο κόμβου (**Εικόνα 2.16**). Όταν τέτοιος οπλισμός δεν είναι επιθυμητός, μπορεί να αφαιρεθεί.

Ελάχιστη καθαρή απόσταση μεταξύ ράβδων δοκών (a_h)

Εικόνα 2.17: Ελάχιστη καθαρή απόσταση μεταξύ ράβδων δοκών (a_h)

Χρησιμοποιείται για να βρεθεί ο αριθμός των στρώσεων των ράβδων. Μείωσή της οδηγεί σε λιγότερες στρώσεις ράβδων. Οι προβλεπόμενες τιμές (βλ. **Εικόνα 2.17**) υπάρχουν στον **Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ)**.

Σημειώσεις

- Η τιμή 2.1cm αντιστοιχεί σε **γαρμπιλόδεμα**, η χρήση του οποίου αυξάνει το κόστος κατασκευής. Μία μικρή μείωση της ελάχιστης καθαρής απόστασης (π.χ. 3cm) μπορεί να φανεί χρήσιμη χωρίς αξιόλογη παραβίαση του ΚΤΣ.
- Θυμηθείτε ότι υπάρχει παράμετρος «Δοκός > Οπλισμός > Λεπτομέρειες όπλισης > **Επιτρεπτή ανοχή**, μικρό έλλειμα απόστασης ράβδων» με αρχική τιμή «Ναι» $\Rightarrow$ απόσταση μεταξύ ράβδων: $0.9a_h \leq a_h' \leq a_h$.

Στρώσεις: επιρροή στο στατικό ύψος

- ▶ **Ναι**: Όταν λαμβάνεται υπόψη η επιρροή των στρώσεων στο στατικό ύψος υπολογίζεται το κέντρο βάρους του τοποθετούμενου οπλισμού, το οποίο μετακινείται προς το εσωτερικό της διατομής με αποτέλεσμα:
 - την μείωση του μοχλοβραχίονα εφελκυστικών – θλιπτικών δυνάμεων
 - και την συνεπακόλουθη **αύξηση της απαίτησης σε οπλισμό**
- ▶ **Όχι**

Εκτύπωση Διαγραμμάτων Εφ. Δ. κάτω από τους υπολογισμούς

Ναι/Όχι: Επιλέγουμε εάν στον φάκελο «Δοκοί > Διαστασιολόγηση δοκών» του τεύχους, μετά την κάθε δοκοσειρά θα παρουσιάζεται το διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων.

Σημείωση

Στον φάκελο «Αναλυτικά αποτελέσματα > Αναλυτικά αποτελέσματα δοκών» υπάρχουν τα διαγράμματα εφελκυστικών δυνάμεων όλων των δοκοσειρών που έχουν επιλυθεί επιτυχώς.

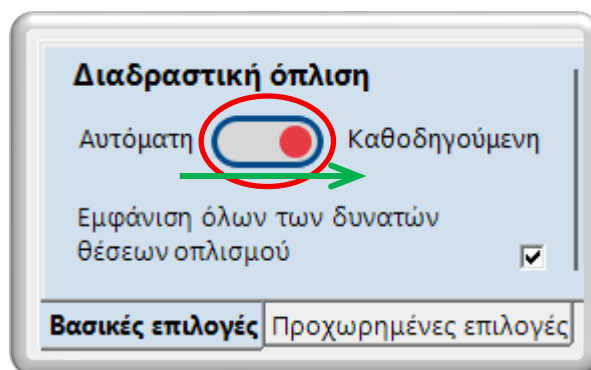
ΣΠΕΜ δοκών (ηb)

Εισάγεται ο συντελεστής προσαύξησης της σεισμικής συνιστώσας των εντατικών μεγεθών.

Εφαρμογή μηκών κοπής σιδήρων για (αρχικά) μήκη ράβδων στα 12m ή 14m

Ναι/Όχι: Πραγματοποιείται τυποποίηση των μηκών κοπής των ράβδων σε συγκεκριμένες ομάδες με σκοπό την τυποποίηση της φύρας του χρησιμοποιούμενου οπλισμού.

2.3.7 Εργαλεία καθοδηγούμενης όπλισης



Εικόνα 2.18: Ενεργοποίηση καθοδηγούμενης όπλισης και των εργαλείων της

Για την ενεργοποίηση των διαδραστικών εργαλείων της καθοδηγούμενης όπλισης πρέπει να προηγηθεί η μετακίνηση του διακόπτη στην «Καθοδηγούμενη» όπλιση (Εικόνα 2.18).

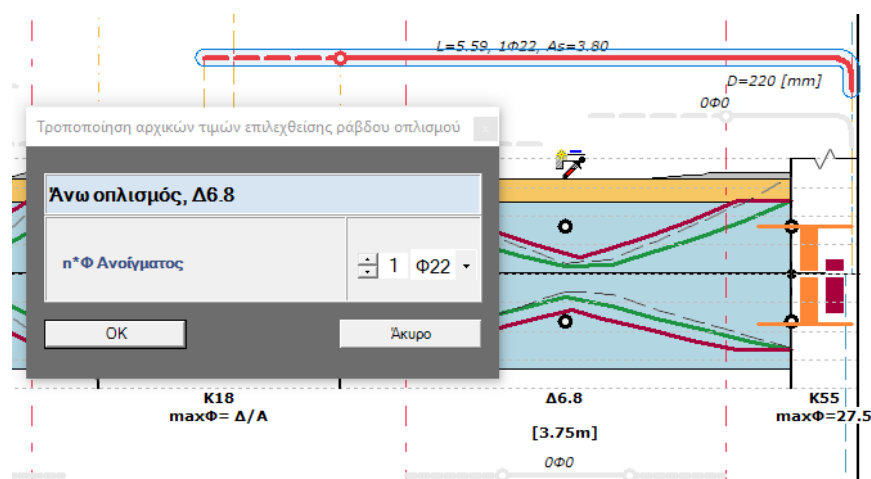
Εμφάνιση όλων των δυνατών θέσεων οπλισμού

- Ναι
- Όχι

Παρατήρηση

Χρησιμοποιεί για να κάνει πιο ευκρινές το διάγραμμα, όταν η τιμή του τίθεται στο «Όχι» (βλ. **Εικόνα 2.18** και **Εικόνα 2.20**).

Διπλό κλικ σε ράβδο που υπάρχει ή δυνατή (γκρι χρώμα) σε κατάσταση καθοδηγούμενης διαστασιολόγησης



Εικόνα 2.19: Διπλό κλικ στην κοκκινισμένη ράβδο οπλισμού

Όταν περνάει το mouse πάνω από μια ράβδο, αυτή κοκκινίζει και ο χρήστης μπορεί να κάνει διπλό κλικ και να τροποποιήσει το πλήθος και την διάμετρο στο παράθυρο που ανοίγει (**Εικόνα 2.19**).

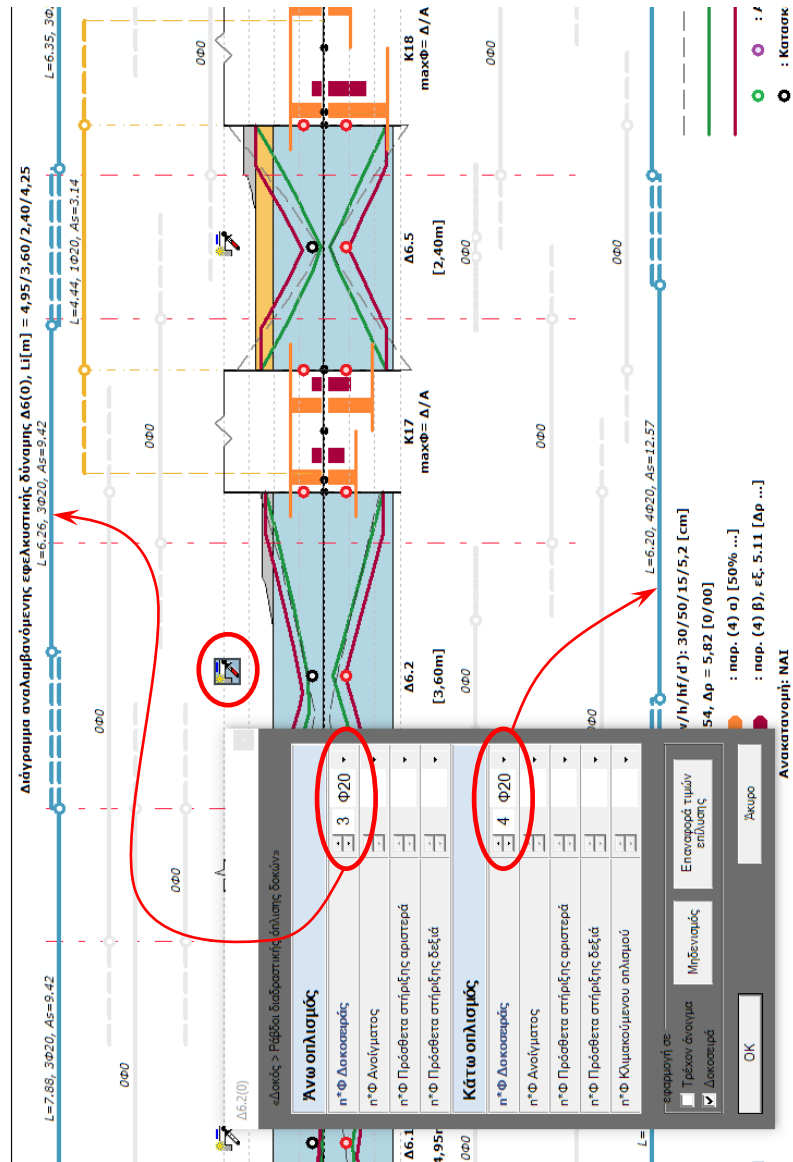


Κλικ στο «Δώσε ράβδους για καθοδηγούμενη διαστασιολόγηση»

Δυνατότητα τροποποίησης όλων των θέσεων οπλισμού που επηρεάζουν το επιλεγμένο άνοιγμα (βλ. **Εικόνα 2.20**). Ενημερώνει και τις θέσεις οπλισμού των υπόλοιπων ανοιγμάτων που επηρεάζονται. Το εικονίδιο της εντολής βρίσκεται πάνω στο διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων στο κέντρο κάθε ανοίγματος.

Σημείωση

Σε κάθε θέση μπορούμε να προκαθορίσουμε απλά την διάμετρο εισάγοντας π.χ. «0Φ18», οπότε το πρόγραμμα θα συμπληρώσει τον αριθμό των ράβδων διαμέτρου Φ18, εφόσον χρειάζονται σε αυτήν την θέση.



Εικόνα 2.20: «Πάρε/δός» ράβδους για καθοδηγούμενη διαστασιολόγηση»

3

Παραδείγματα διαδραστικής όπλισης δοκών

3.1 Εισαγωγή



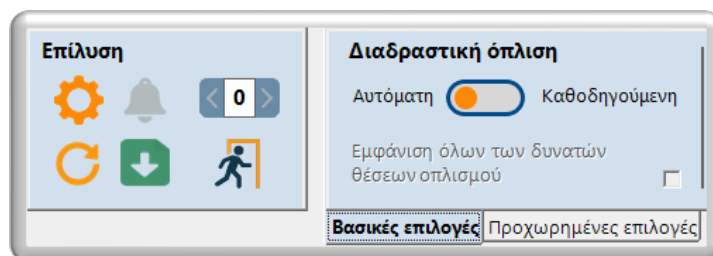
Βήμα 1 (επιλογή δοκού)

Από το περιβάλλον του προγράμματος και τις εντολές της δοκού χρησιμοποιούμε την εντολή «Διαδραστική όπλιση δοκών» και επιλέγουμε την δοκό.



Βήμα 2 (επίλυση)

Με τις εντολές των εργαλειοθηκών της διαδραστικής όπλισης δοκών:



Εικόνα 3.1: Εντολές των εργαλειοθηκών της διαδραστικής όπλισης δοκών

Τροποποιούμε τις παραμέτρους της δοκού και επιλύουμε τη νέα κατάσταση της δοκού με αυτόματη ή καθοδηγούμενη όπλιση (με την οποία έχουμε την δυνατότητα να ορίζουμε τους επιθυμητούς οπλισμούς).



Βήμα 3 (ενημέρωση FW)

Ενημερώνουμε το FESPA με την εντολή «Δώσε παραμέτρους», ώστε σε κάθε νέα επίλυση κτηρίου να εμφανίζονται οι ράβδοι όπως έχουν επιλεγεί από την διαδραστική όπλιση.

3.2 Παραδείγματα

3.2.1 Βελτίωση διάταξης όπλισης σε δοκοσειρά τυπικής 5ώροφης πολυκατοικίας

Δοκοσειρά 2 ανοιγμάτων ($L: 2.00\text{ m}/6.50\text{ m}$) με πρόβολο 2.85 m και διατομή $40 \times 45\text{ cm}$ στηρίζεται σε υποστυλώματα πλάτους $25, 45, 45\text{ cm}$. Ο μηχανικός καλείται να βελτιώσει την διάταξη του οπλισμού χωρίς αλλαγή των γεωμετρικών δεδομένων.

Αυτόματη όπλιση με αρχικές τιμές

Οπλισμός: 403 kg
Άνω στρώσεις : $3(8+8+2)$, $[d' = 5.2 \rightarrow 8.3\text{cm}]$
Κάτω στρώσεις : $2(8+8)$, $[d' = 5.2 \rightarrow 7.5\text{cm}]$

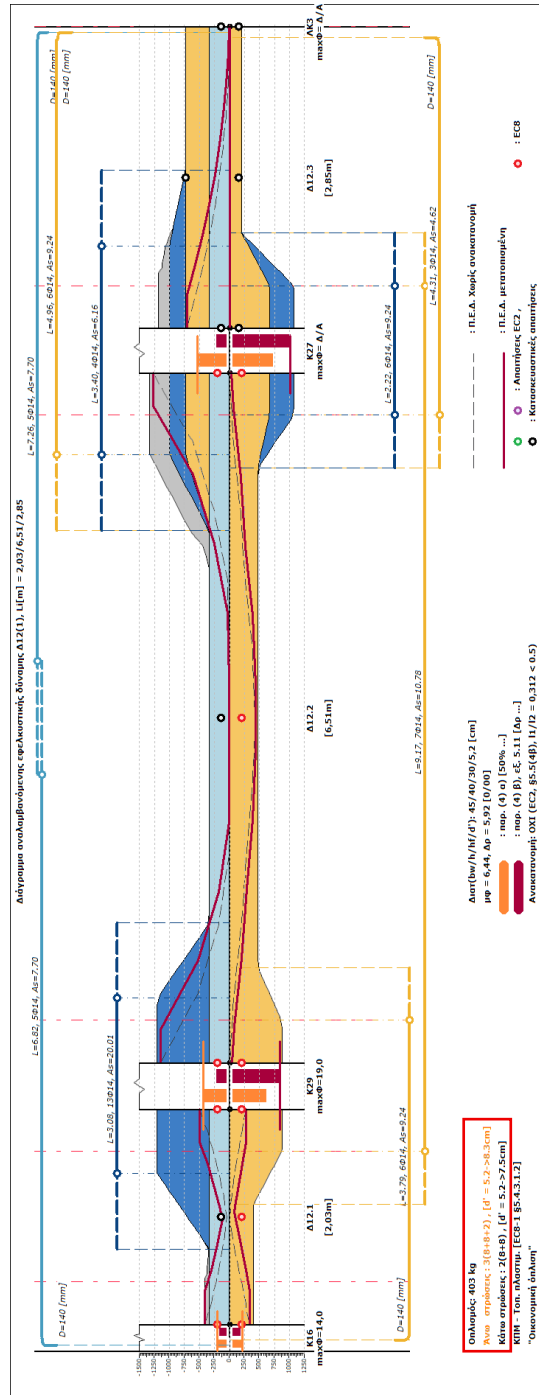
Εικόνα 3.2: Τμήμα των πληροφοριών που εμφανίζονται κάτω από το διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων

Επλύουμε με αυτόματη όπλιση. Βλέπουμε στην **Εικόνα 3.2** και **Εικόνα 3.3** ότι στην άνω παρειά της δοκού απαιτούνται 3 στρώσεις με 8, 8 και 2 ράβδους $\Phi 14$ σε κάθε στρώση στο υποστύλωμα K29 (**Εικόνα 3.3**, **Εικόνα 3.4**).

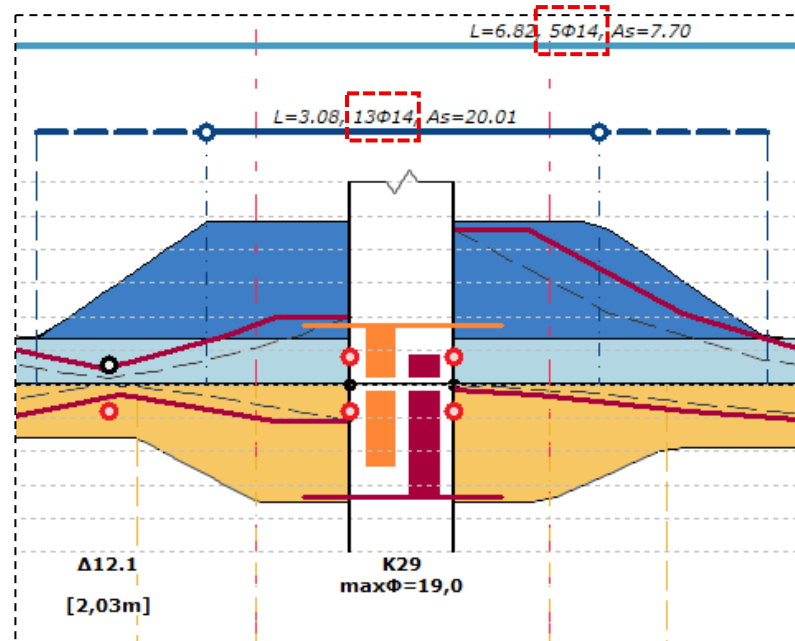
Στην κάτω παρειά της δοκού (**Εικόνα 3.2**) στο υποστύλωμα K27 (**Εικόνα 3.3**, **Εικόνα 3.5**) απαιτούνται 16 (8+8) ράβδοι διαμέτρου $\Phi 14$ που διατάσσονται σε 2 στρώσεις.

Ανάλυση και διάγνωση αιτίων πολλαπλών στρώσεων

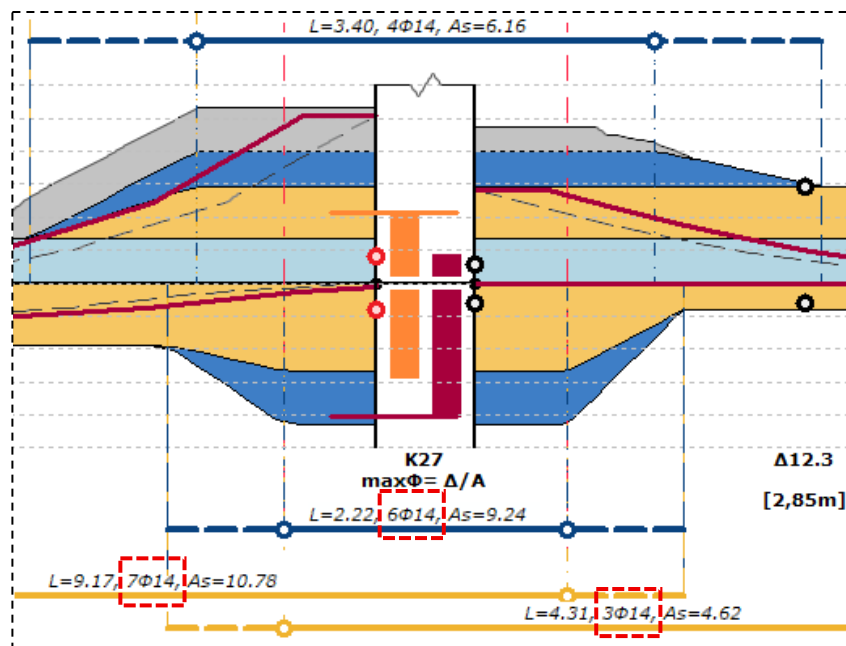
Το πρόβλημα των πολλών στρώσεων απορρέει από την χρήση μικρής διαμέτρου όπλισης ($\Phi 14$) σε όλο το μήκος της δοκοσειράς, εξαιτίας του περιορισμού που θέτει η αποφυγή αστοχίας συνάφειας στην αρχή μόνο της δοκοσειράς, στο υποστύλωμα K16 (**Εικόνα 3.6**).



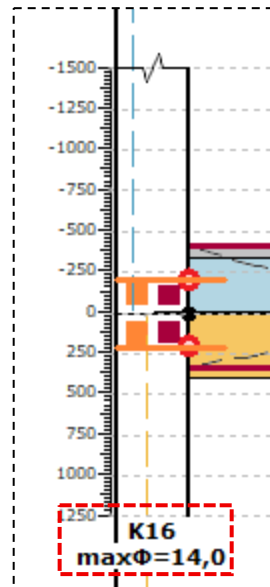
Εικόνα 3.3: Διάταξη προερχόμενη από «Αυτόματη όπλιση» 1^{ου} παραδείγματος με τις αρχικές παραμέτρους του FESPA



Εικόνα 3.4: Δυσμενέστερη θέση άνω παρειάς της δοκοσειράς Δ12



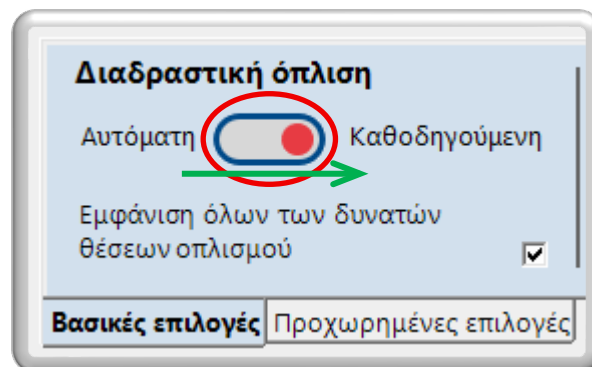
Εικόνα 3.5: Δυσμενέστερη θέση κάτω παρειάς της δοκοσειράς Δ12



Εικόνα 3.6: Μέγιστη επιτρεπόμενη διάμετρος λόγω ελέγχου συνάφειας στο υποστύλωμα **K16** (βλ. **Εικόνα 3.3**)

Ενεργοποίηση καθοδηγούμενης όπλισης

Ενεργοποιούμε την καθοδηγούμενη όπλιση, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.7**.



Εικόνα 3.7: Ενεργοποίηση καθοδηγούμενης όπλισης και των εργαλείων της



Με το πλήκτρο «**Δώσε ράβδους διαδραστικής όπλισης δοκών**», που υπάρχει στο κέντρο του κάθε ανοίγματος, ανοίγει το παράθυρο διαλόγου των ράβδων της διαδραστικής όπλισης δοκών (**Εικόνα 3.8**).

Δ12.2(1)

«Δοκός > Ράβδοι διαδραστικής όπλισης δοκών»

Άνω οπλισμός		
n*Φ Δοκοσειράς	5	Φ14
n*Φ Ανοίγματος		
n*Φ Πρόσθετα στήριξης αριστερά	13	Φ14
n*Φ Πρόσθετα στήριξης δεξιά	4	Φ14

Κάτω οπλισμός		
n*Φ Δοκοσειράς		
n*Φ Ανοίγματος	7	Φ14
n*Φ Πρόσθετα στήριξης αριστερά		
n*Φ Πρόσθετα στήριξης δεξιά	6	Φ14
n*Φ Κλιμακούμενου οπλισμού		

εφαρμογή σε

☐ Τρέχον άνοιγμα

☒ Δοκοσειρά

Μηδενισμός

Επαναφορά τιμών επίλυσης

OK

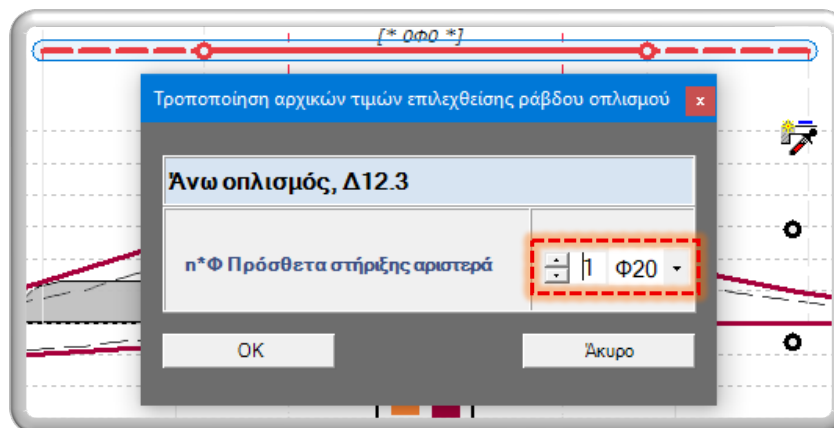
Άκυρο

Εικόνα 3.8: Μηδενισμός όλων των ράβδων της δοκοσειράς

Με το πλήκτρο «**Μηδενισμός**» όλων των ράβδων της «**δοκοσειράς**» μηδενίζουμε τους οπλισμούς και λαμβάνουμε την **Εικόνα 3.9**, όπου απεικονίζεται μόνο η **απαίτηση** σε εφελκυστικές δυνάμεις. Επίσης φαίνονται οι δυνατές θέσεις οπλισμών με γκρι χρώμα.

Καθορισμός διάταξης όπλισης της δοκού

Καθορίζουμε την διάμετρο της κάθε ράβδου, κάνοντας διπλό κλικ πάνω σε αυτήν την ράβδο και συμπληρώνουμε το εμφανιζόμενο παράθυρο διαλόγου, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.10**.



Εικόνα 3.10: Διπλό κλικ σε ράβδο και καθορισμός πλήθους και διαμέτρου

Υπάρχουν τρεις (3) δυνατότητες:

Α. Πλήρης καθορισμός απαιτούμενου οπλισμού

Βάσει του διαγράμματος απαίτησης ορίζουμε το πλήθος και την διάμετρο των ράβδων του οπλισμού σε κάθε δυνατή θέση.

Β. Καθορισμός μόνο διαμέτρων σε κάθε θέση

Σε κάθε θέση προκαθορίζουμε απλά την διάμετρο εισάγοντας π.χ. «Φ18», οπότε το πρόγραμμα θα συμπληρώσει τον αριθμό των ράβδων διαμέτρου Φ18, εφόσον χρειάζονται σε αυτήν την θέση.

Γ. Καθορισμός διαμέτρου και ελάχιστου πλήθους ράβδων

Καθορίζουμε την διάμετρο και το ελάχιστο πλήθος ράβδων σε όποια θέση επιθυμούμε, εισάγοντας π.χ. «1Φ18», οπότε το πρόγραμμα θα προσθέσει επιπλέον ράβδους διαμέτρου Φ18, εφόσον απαιτούνται, ή θα διατηρήσει την αρχική επιλογή μας, ακόμα και αν δεν είναι απαραίτητες οι ράβδοι που προκαθορίσαμε.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ακολουθούμε την 3^η δυνατότητα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.11**. Η διάμετρος των ράβδων που διέρχονται από το υποστύλωμα

K16 ορίζεται ως **Φ14**, αυτών που διέρχονται από το **K29** ορίζεται ως **Φ18** και οι υπόλοιπες ράβδοι μπορούν να είναι **Φ20**.



Επίλυση

Στην συνέχεια, πατώντας το κουμπί «Επίλυση», το πρόγραμμα αναλαμβάνει να πραγματοποιήσει **όλους** τους προβλεπόμενους **ελέγχους** και να συμπληρώσει όσες ράβδους χρειάζονται και όπου χρειάζονται, χωρίς να παραβιάσει ό,τι έχει ορίσει ο μηχανικός στο προηγούμενο βήμα (**διατηρεί την προεπιλεγμένη διάμετρο και δεν αφαιρεί, παρά μόνο προσθέτει ράβδους**). Οι προστιθέμενες από το πρόγραμμα ράβδοι επισημαίνονται με χρώμα **magenta**.

Έτσι οδηγούμαστε στην βελτιωμένη διάταξη όπλισης, που παρουσιάζεται στην **Εικόνα 3.12**, με συνολικό βάρος οπλισμού **382kg** έναντι **403kg** της αρχικής κατάστασης. Επιπρόσθετα βλέπουμε ότι στην δυσμενέστερη θέση της άνω παρειάς χρειάζονται 12 ράβδοι που διατάσσονται σε 2 στρώσεις και στην δυσμενέστερη θέση της κάτω παρειάς απαιτούνται 9 ράβδοι που διατάσσονται πάλι σε 2 στρώσεις (**Πίνακας 3.1**).

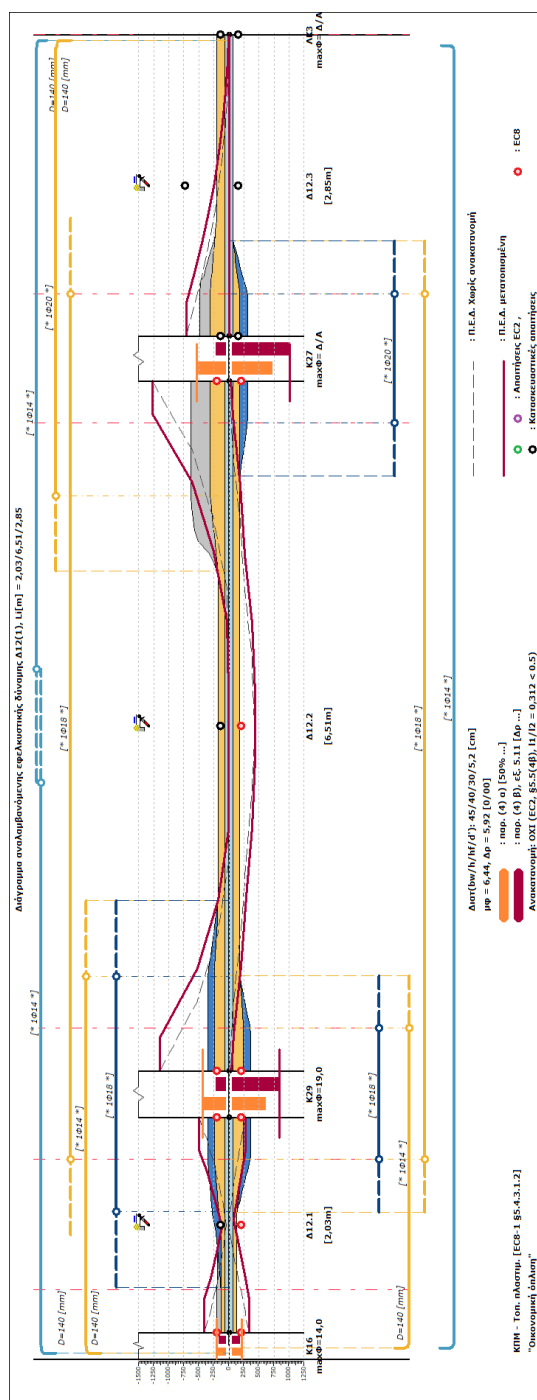
	Άνω Ράβδοι	Κάτω Ράβδοι	Βάρος οπλισμού	Άνω Στρώσεις	Κάτω Στρώσεις
Αρχική όπλιση	18	16	403	3	2
Τελική όπλιση	12	9	382	2	2

Πίνακας 3.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αρχικής και τελικής όπλισης



«Δώσε παραμέτρους»

Δεν ξεχνώ να ενημερώσω το FESPA με την εντολή «Δώσε παραμέτρους», ώστε σε κάθε νέα επίλυση κτηρίου να εμφανίζονται οι ράβδοι όπως έχουν επιλεγεί από την διαδραστική όπλιση.



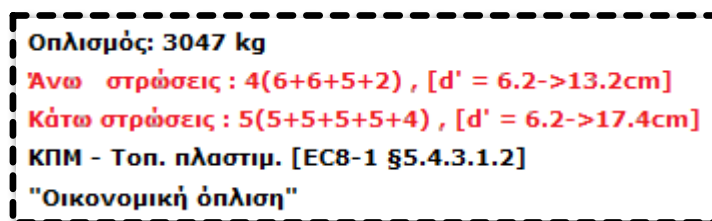
Εικόνα 3.11: Προτιμήσεις διαμέτρων οπλισμών σε κατάσταση «Καθοδηρούμενης» όπλισης

3.2.2 Πώς αντιμετωπίζω το πρόβλημα των πολλών στρώσεων λόγω υψηλών φορτίων;

Στο 2^ο παράδειγμα θα δούμε αναλυτικά με βήματα πώς η διαδραστική όπλιση των δοκών μπορεί να γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο στην ουσιαστική βελτίωση της διάταξης όπλισης των διατομών (βλ. **Εικόνα 3.14**).

Αυτόματη όπλιση

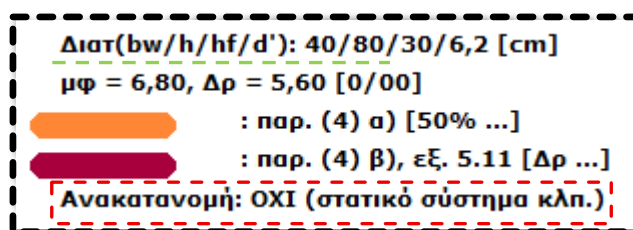
- Ξεκινώντας από την αυτόματη όπλιση, προκύπτει η διάταξη όπλισης που φαίνεται στην **Εικόνα 3.16** (διατομή 40/80 cm).
- Αρχικά ελέγχουμε τις πληροφορίες του υπομνήματος, οι οποίες μας υποδεικνύουν με κόκκινη επισήμανση ότι απαιτούνται υπερβολικές στρώσεις οπλισμού (**Εικόνα 3.13**). Συνεπώς, θα πρέπει να εντοπίσουμε τις αιτίες που οδηγούν στην μη κατασκευάσιμη διάταξη και να προβούμε σε διορθωτικές ενέργειες.



Εικόνα 3.13: Πληροφορίες υπομνήματος για τις στρώσεις

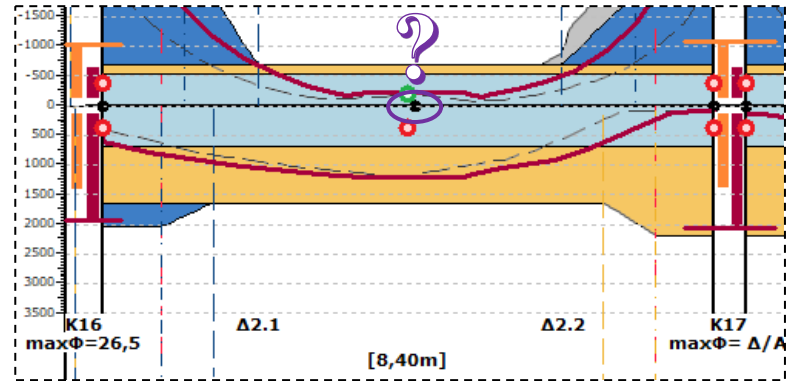
Ανάλυση – Διερεύνηση και διάγνωση

- Το 1^ο πρόβλημα που εντοπίζουμε από τις πληροφορίες του υπομνήματος του διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων (**Εικόνα 3.16**) είναι ότι δεν πραγματοποιείται ανακατανομή (**Εικόνα 3.14**).

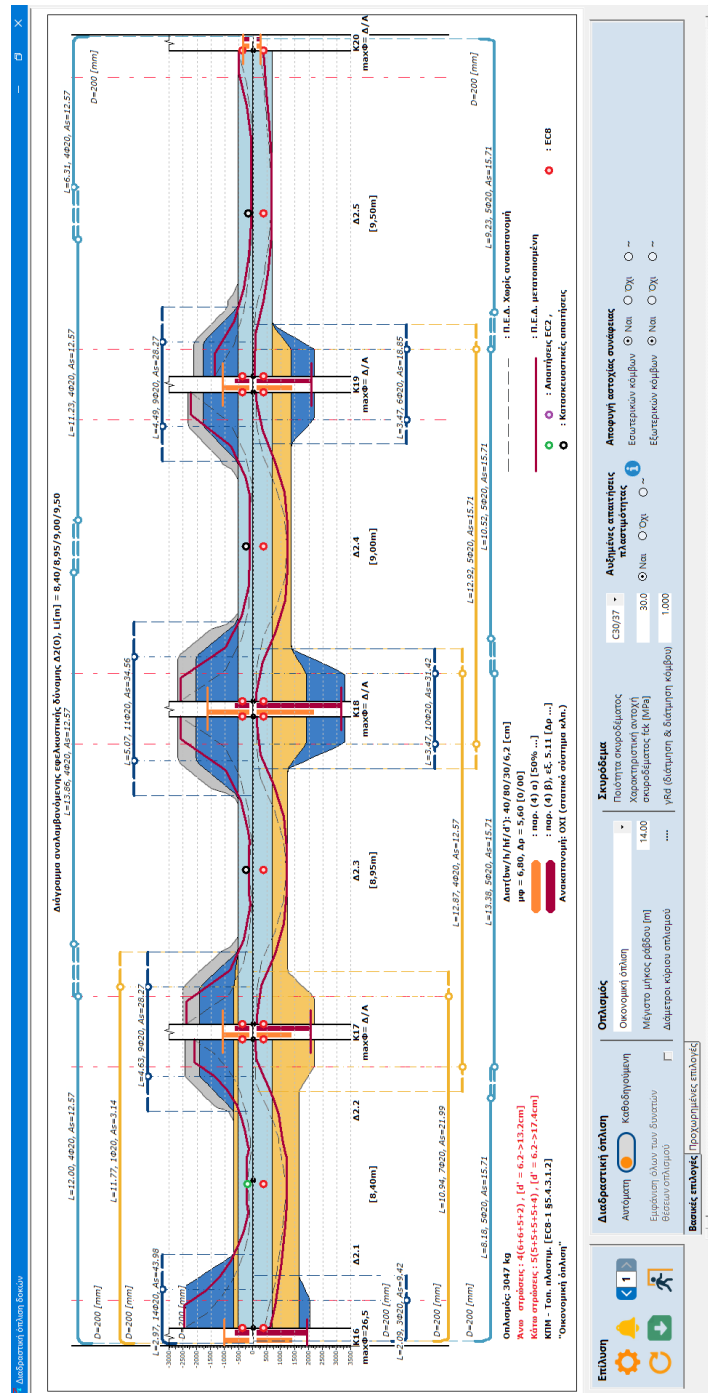


Εικόνα 3.14: Ανακατανομή: ΟΧΙ (στατικό σύστημα κλπ.)

- Παρατηρώντας το διάγραμμα των εφελκυστικών δυνάμεων (Εικόνα 3.16), εντοπίζουμε έναν κόμβο (Εικόνα 3.15), ο οποίος δεν χρειάζεται στο στατικό προσομοίωμα και δεν επιτρέπει την ανακατανομή.



Εικόνα 3.15: Περισσότερος κόμβος προσομοιώματος που εμποδίζει την ανακατανομή



Εικόνα 3.16: Διάταξη προερχόμενη από «Αυτόματη» όπλιση χωρίς ανακατανομή 2^{00} παραδεξιμάτος

Ενεργοποίηση ανακατανομής



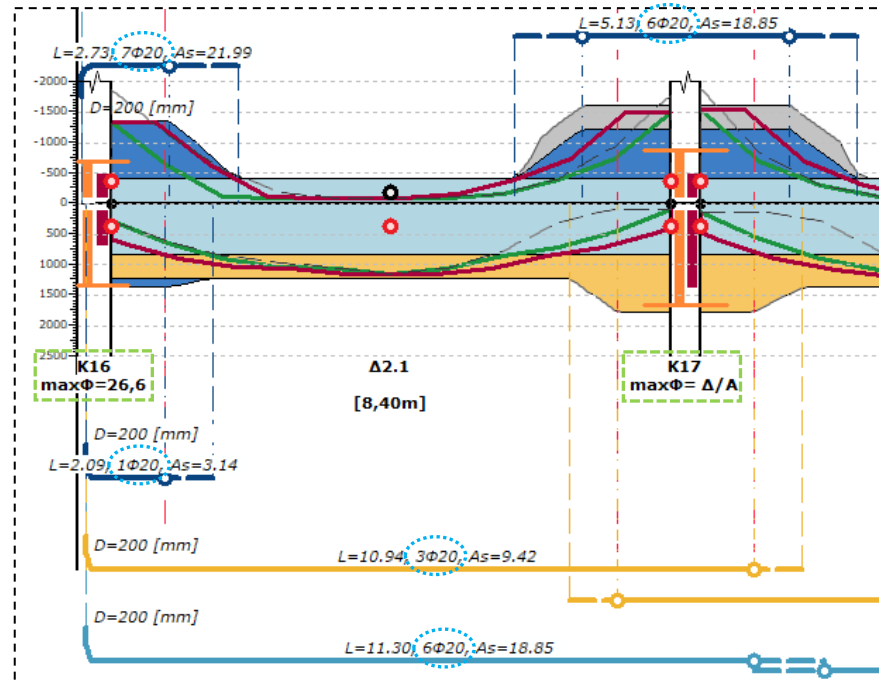
- Διορθώνουμε το στατικό προσομοίωμα, αφαιρώντας τον περιττό κόμβο, επιλύουμε, ανοίγουμε ξανά την διαδραστική όπλιση δοκών (**Εικόνα 3.20**) και παρατηρούμε πάλι στις πληροφορίες του υπομνήματος του διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων το πλήθος των ράβδων και το πλήθος των στρώσεων στις δυσμενέστερες θέσεις, στην άνω και κάτω παρειά (**Εικόνα 3.17**).

Οπλισμός: 2486 kg
Άνω στρώσεις : 2(6+4) , [d' = 6.2->8.9cm]
Κάτω στρώσεις : 4(5+5+5+3) , [d' = 6.2->14.2cm]

Εικόνα 3.17: Πλήθος στρώσεων και ράβδων οπλισμού

Δοκιμές και βελτιώσεις

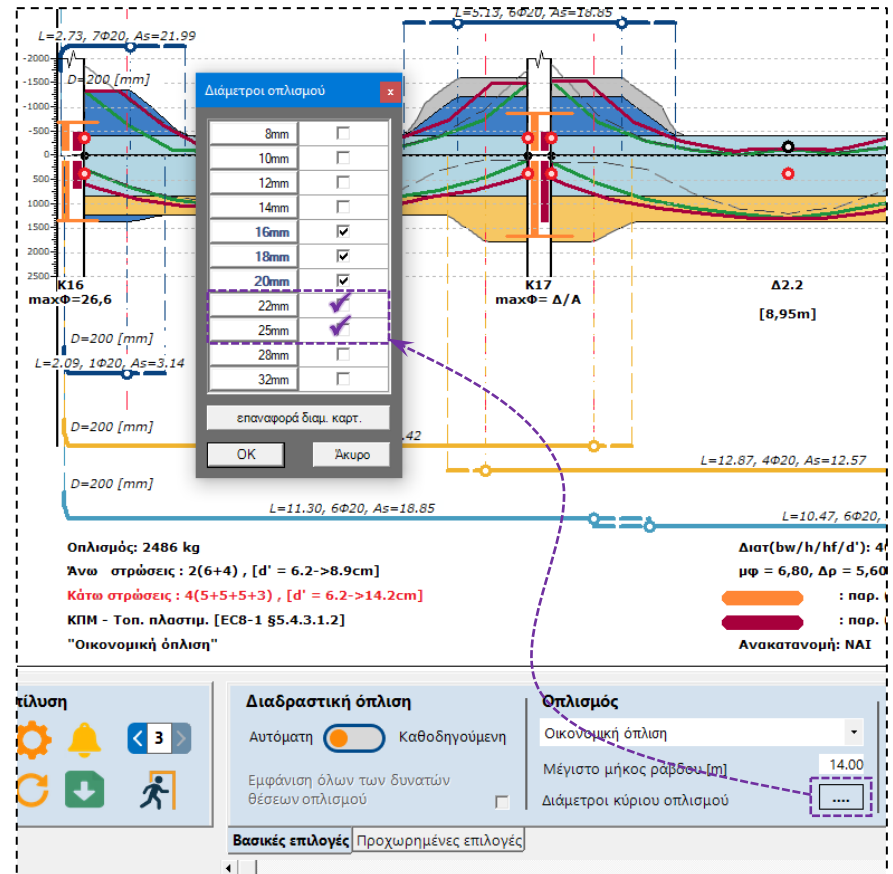
- Διαπιστώνουμε ότι το βάρος του οπλισμού μειώθηκε αρκετά ($3047\text{ kg} \rightarrow 2486\text{ kg}$, μείωση η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό 18.4% του αρχικού βάρους), το πρόβλημα στις άνω στρώσεις διορθώθηκε, καθώς στην δυσμενέστερη θέση απαιτούνται 10 ράβδοι σε 2 στρώσεις, αλλά παραμένει το πρόβλημα στις κάτω στρώσεις (**κόκκινη επισήμανση** στην **Εικόνα 3.17**).



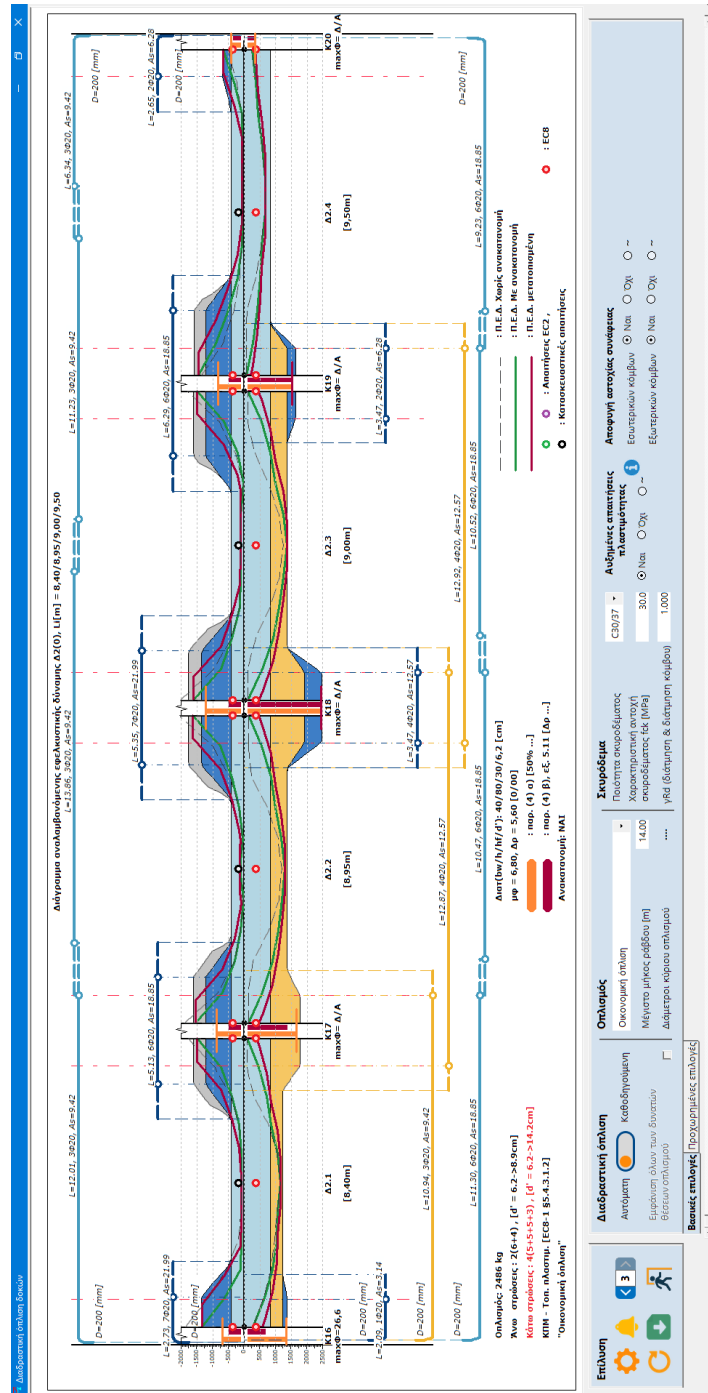
Εικόνα 3.18: Έλεγχος συνάφειας στο υποστύλωμα K16 με $\max\Phi=26.6$

Αλλαγή διαθέσιμων διαμέτρων

- Παρατηρούμε ότι η χρησιμοποιούμενη διάμετρος είναι η $\Phi 20$, ενώ ο έλεγχος συνάφειας είναι απαραίτητος μόνο στο υποστύλωμα K16 ($\max\Phi = 26.6$) κι επιτρέπει την χρήση μεγαλύτερων διαμέτρων (Εικόνα 3.18).
- Ενεργοποιούμε μεγαλύτερες διαμέτρους από το παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται πατώντας το κουμπί «Διάμετροι κύριου οπλισμού» (Εικόνα 3.19).



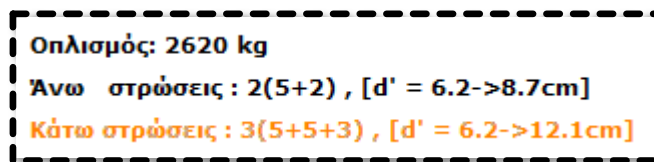
Εικόνα 3.19: Ενεργοποίηση περισσότερων διαθέσιμων διαμέτρων κύριου οπλισμού



Εικόνα 3.20: Διάταξη προερχόμενη από «Αυτόματη» όπλιση διορθωμένου (με ανακατανομή ροπών) 2^{ου} παραδείγματος



- Παραμένοντας στο περιβάλλον της διαδραστικής όπλισης, εκτελούμε την εντολή «Επίλυση» και προκύπτει το νέο διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων, το οποίο παρουσιάζεται στην **Εικόνα 3.23**.

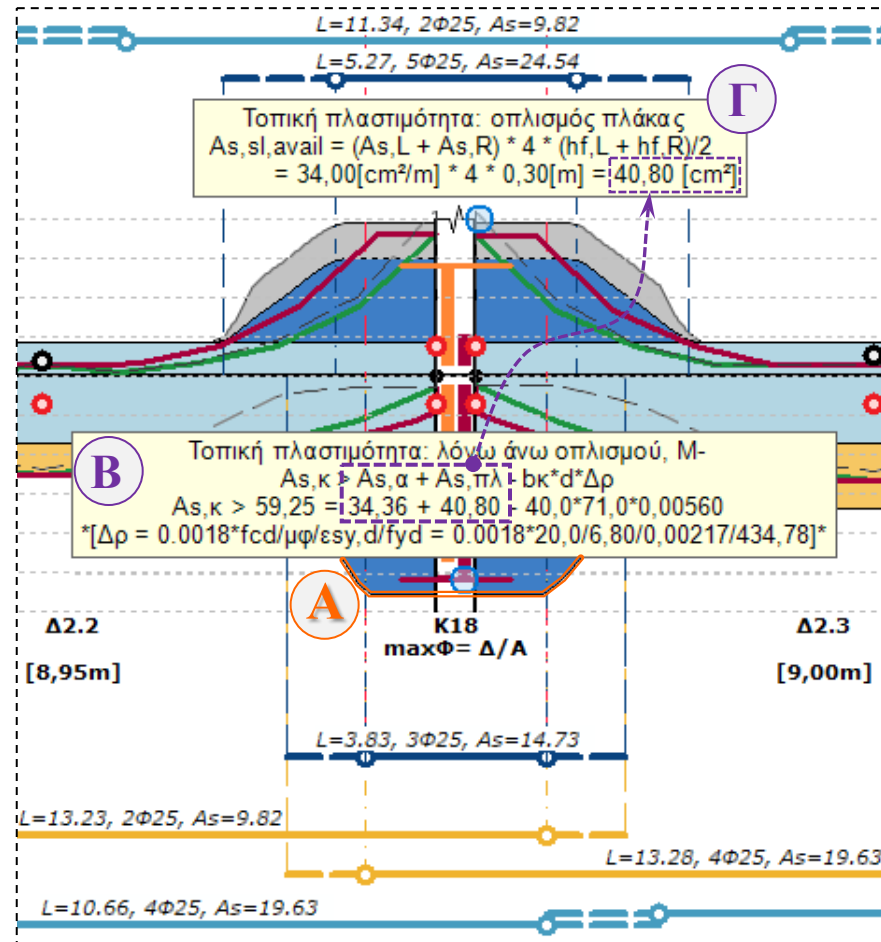


Εικόνα 3.21: Πλήθος στρώσεων και ράβδων οπλισμού στην κάτω παρειά

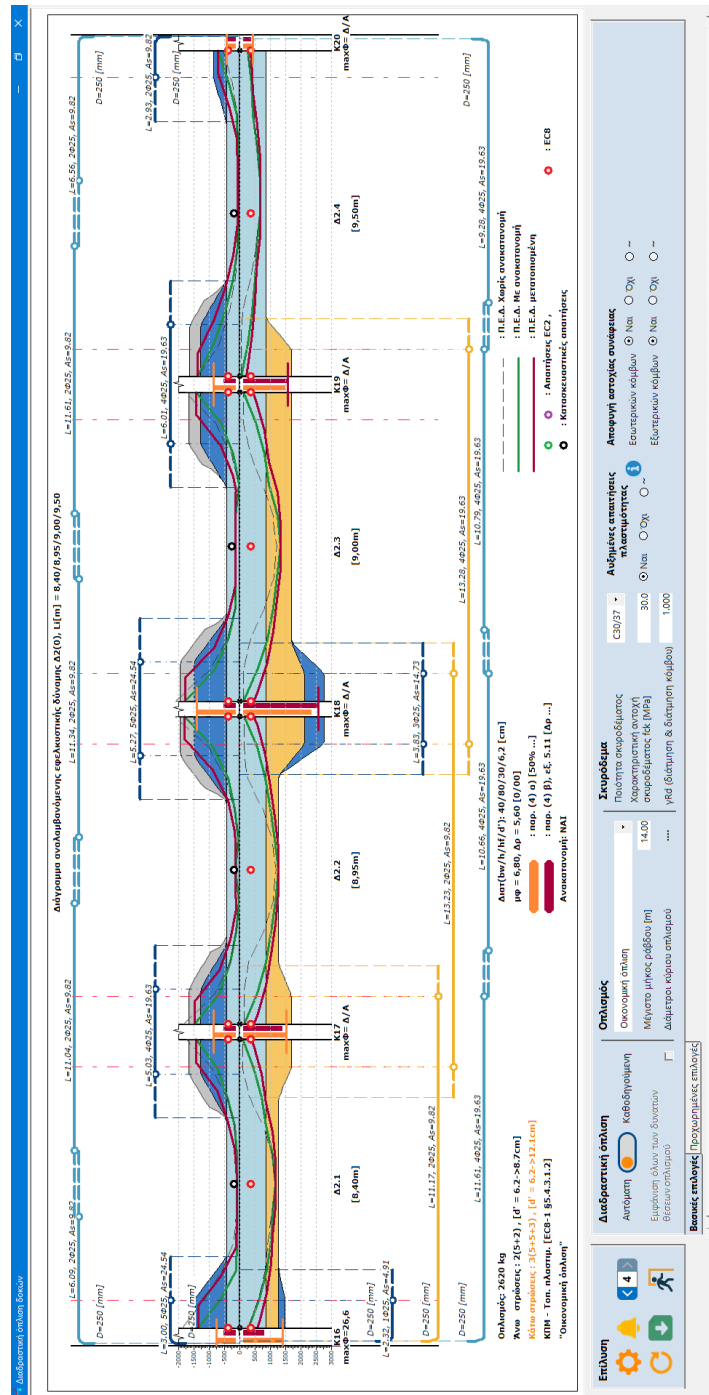
- Πριν κάνουμε οποιαδήποτε άλλη κίνηση, εστιάζουμε την προσοχή μας για άλλη μια φορά στο υπόμνημα του διαγράμματος (**Εικόνα 3.21**). Λόγω της χρήσης μεγαλύτερων διαμέτρων στην όπλιση, το συνολικό βάρος του οπλισμού αυξήθηκε ελάχιστα ($2486\text{ kg} \rightarrow 2620\text{ kg}$), εντούτοις βελτιώθηκε αρκετά η διάταξη της όπλισης ως προς τις στρώσεις, οι οποίες έγιναν 3 από 4, και το πλήθος το ράβδων, το οποίο έγινε 13 από 18. Το πρόβλημα παραμένει σε μικρότερο βαθμό (**πορτοκαλί επισήμανση**) στην κάτω παρειά.

Έλεγχοι πλαστιμότητας

- Ανατρέχουμε ξανά στο διάγραμμα (**Εικόνα 3.23**) και παρατηρούμε συσσώρευση οπλισμού στην στήριξη K18 (**Εικόνα 3.22-A**).
- Πλησιάζοντας τον κέρσορα στην **βυσσινί** κατακόρυφη μπάρα, εμφανίζεται αναδυόμενο παράθυρο, το οποίο μας ενημερώνει ότι οι απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας οδηγούν στην ανάγκη για πρόσθετο οπλισμό (**Εικόνα 3.22-B**).
- Είναι φανερό ότι η ανάγκη σε κάτω οπλισμό προκύπτει από τον αρκετά μεγάλο οπλισμό πλάκας (40.80 cm^2 , **Εικόνα 3.22-Γ**) και τον οπλισμό δοκού (34.36 cm^2).



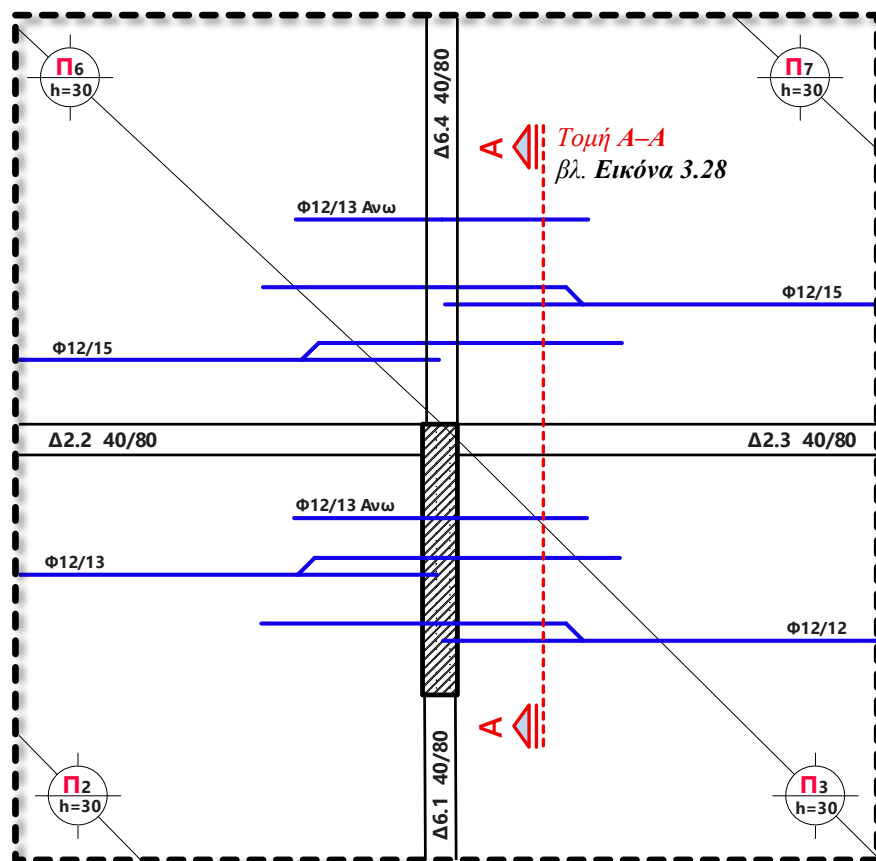
Εικόνα 3.22: Αρκετός οπλισμός στην στήριξη K18 λόγω απαιτήσεων τοπικής πλαστιμότητας, (B) $\Rightarrow A_{s,\pi\lambda} = 40.80$ το οποίο προέρχεται από το (Γ)



Εικόνα 3.23: Διόταξη προερχόμενη από «Αυτόματη» όπλιση μετά την ενεργοποίηση περισσώτερων διαθέσιμων διαμέτρων

Σημείωση

Οι πλάκες έχουν μεγάλο πάχος (30 cm, **Εικόνα 3.24**), σχεδιάζονται για να φέρουν κινητά φορτία 15.0 kN/m^2 και καθορίζεται η χρήση του ορόφου ως αποθηκών με $\psi_2 = 0.80$. Η δοκοσειρά αποτελείται από 4 ανοίγματα μεγάλου μήκους (8.40 / 8.95 / 9.00 / 9.50 m).



Εικόνα 3.24: Κάτοψη 2^{ου} παραδείγματος, οπλισμός πλακών

Αύξηση του μέγιστου συνεργαζόμενου οπλισμού πλάκας

- Θα δοκιμάσουμε να αξιοποιήσουμε τον υπάρχοντα οπλισμό πλάκας για την όπλιση της δοκού έναντι αρνητικής ροπής, τροποποιώντας την παράμετρο «Μέγιστος συνεργαζόμενος οπλισμός πλάκας [% του απαιτούμενου της δοκού]» της εργαλειοθήκης των «Προχωρημένων επιλογών», αυξάνοντας το ποσοστό από 25% σε 50%.

Εικόνα 3.25: Παράμετρος «Μέγιστος συνεργαζόμενος οπλισμός πλάκας»

Παρατηρήσεις:

- Αύξηση του ποσοστού αξιοποιεί (ενεργοποιεί) περισσότερο οπλισμό της πλάκας για την παραλαβή των εφελκυστικών δυνάμεων **στην άνω παρειά της περιοχής των στηρίξεων** της δοκοσειράς, **μειώνοντας την απαίτηση σε ράβδους οπλισμού δοκού** (EC8-1 §5.4.3.1.1 (2)).
- Η αύξηση του ποσοστού δεν είναι υπέρ της ασφαλείας.



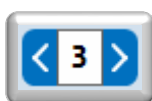
- Μετά την επίλυση προκύπτει σαφώς βελτιωμένο διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων, το οποίο παρουσιάζεται στην **Εικόνα 3.27**. Η διάταξη όπλισης στην στήριξη K18 απεικονίζεται στην **Εικόνα 3.28**. Στις πληροφορίες του υπομνήματος (**Εικόνα 3.26**) βλέπουμε ότι το βάρος του οπλισμού μειώθηκε σε ποσοστό 17.3% σε σχέση με την αρχική επίλυση, το πλήθος των στρώσεων στην άνω και κάτω παρειά περιορίστηκαν στις δύο (2) και το πλήθος των απαιτούμενων ράβδων στις δυσμενέστερες θέσεις στην άνω και κάτω παρειά είναι 7 και 10, αντίστοιχα.

Εικόνα 3.26: Πληροφορίες υπομνήματος τελικής επίλυσης

Σύνοψη δοκιμών

α/α δοκιμής		Ανακατανομή	max Φ	Αξιοποίηση συνεργ. οπλισμός πλάκας	Βάρος [kg]	Στρώσεις
0	Εικόνα 3.16	✗	20	25%	3047	(6+6+5+2) 4 (5+5+5+5+4) 5
1	Εικόνα 3.20	✓	20	25%	2486	(6+4) 2 (5+5+5+3) 4
2	Εικόνα 3.23	✓	25	25%	2620	(5+2) 2 (5+5+3) 3
3	Εικόνα 3.27	✓	25	50%	2519	(5+2) 2 (5+5) 2

Πίνακας 3.2: Συνοπτικός πίνακας με τα αποτελέσματα από τις 4 δοκιμές



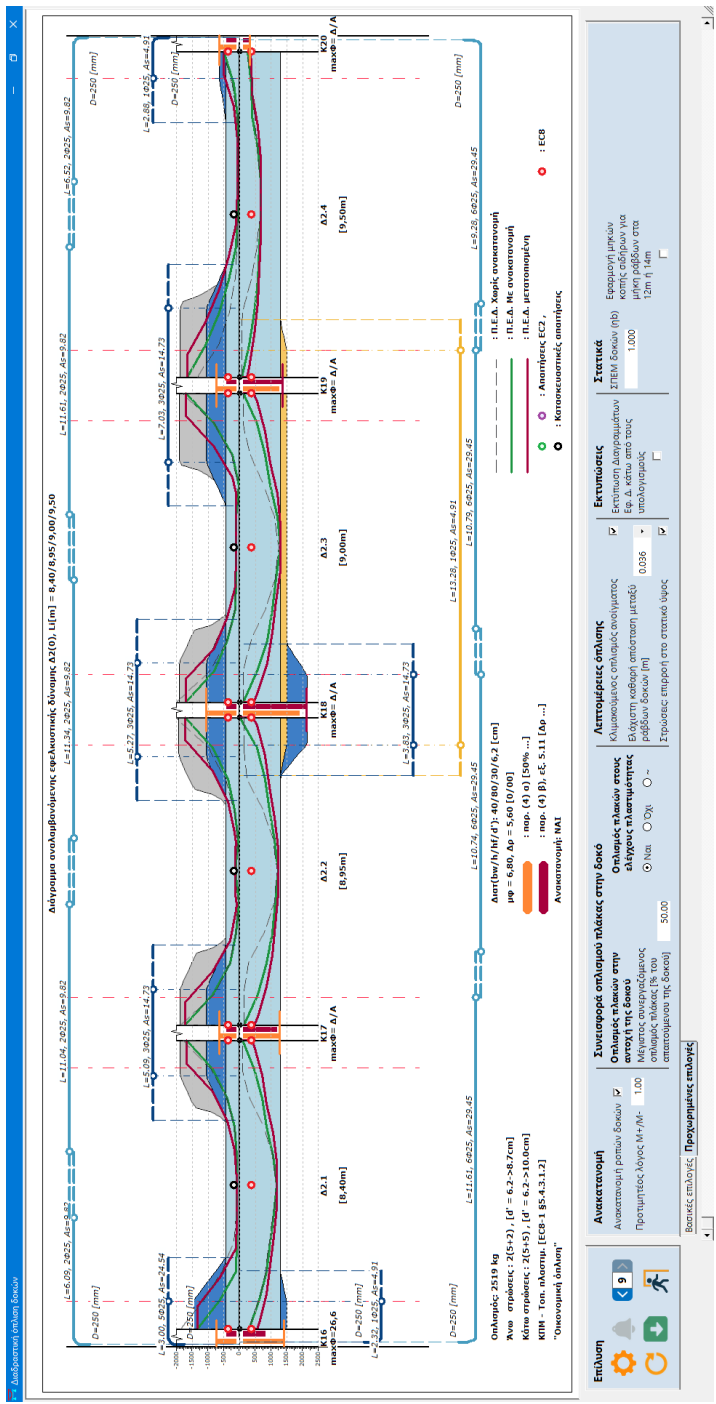
Περιήγηση στις δοκιμές

Πατώντας τα βελάκια μπορούμε να περιηγηθούμε στις 4 δοκιμές που πραγματοποιήσαμε. Η δοκιμή “0” είναι αυτή που προήλθε από την επίλυση του FW. Με την πιο κάτω εντολή το FW θα ενημερωθεί με την δοκιμή η οποία αντιστοιχεί στο νούμερο και κάθε νέα επίλυση κτηρίου θα παράγει τη διάταξη που φαίνεται στην οθόνη.

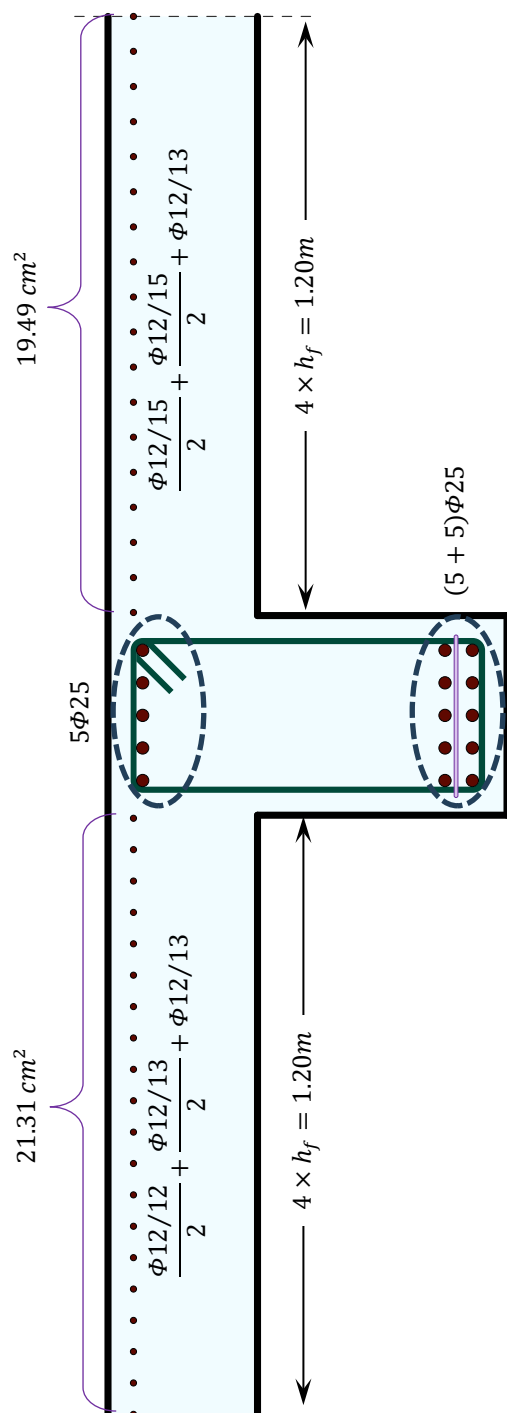


«Δώσε παραμέτρους»

Ενημερώνω το FESPA με την εντολή «Δώσε παραμέτρους», ώστε σε κάθε νέα επίλυση κτηρίου να εμφανίζονται οι ράβδοι όπως έχουν επιλεγεί από την διαδραστική όπλιση.



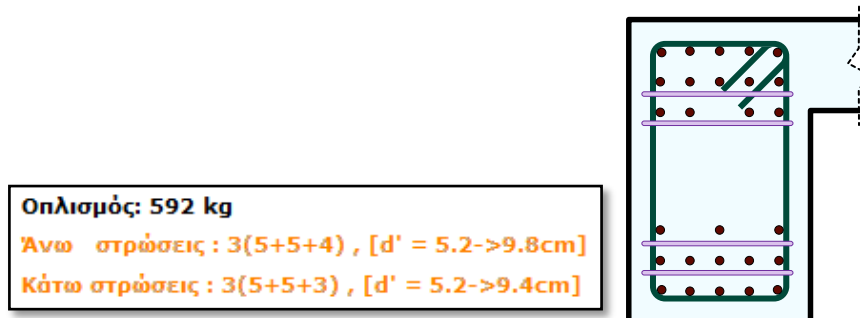
Εικόνα 3.27: Βελτιωμένη διάταξη όπλισης 2^{ου} παραδείγματος τον υπάρχοντα οπλισμό πλάκας για την όπλιση της δοκού έναντι αρνητικής ροπής



Εικόνα 3.28: Διάταξη οπλισμών για τη βελτιωμένη όπλιση (Εικόνα 3.27) στην στήριξη Κ18, τομή Α-Α (βλ. Εικόνα 3.24 για τους οπλισμούς των πλάκων)

3.2.3 Πώς η αύξηση ποιότητας σκυροδέματος βοηθά στον έλεγχο συνάφειας και στην μείωση των στρώσεων;

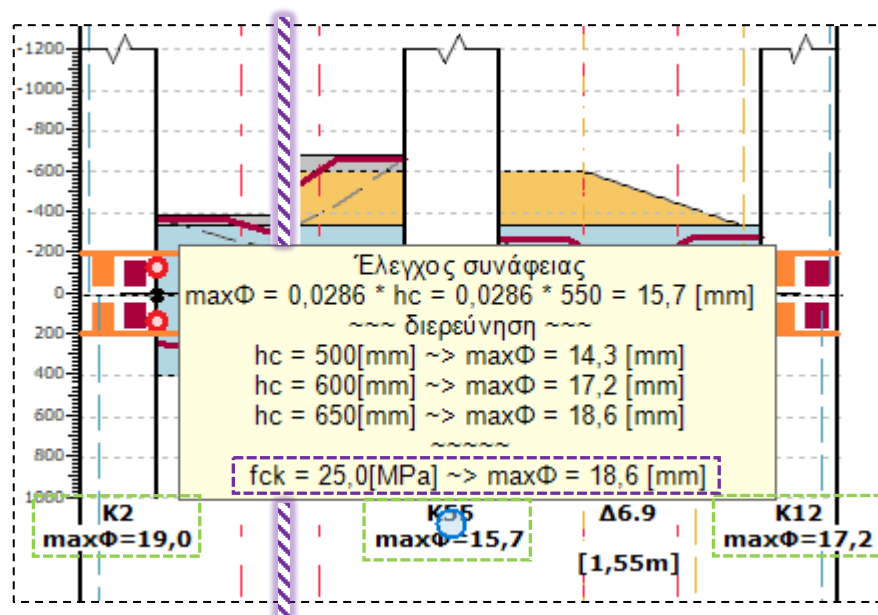
Στο 3^ο παράδειγμα εξετάζεται το πρόβλημα των αρκετών στρώσεων (3 στρώσεις άνω και κάτω στην δυσμενέστερη θέση, **Εικόνα 3.29**). Διερευνάται τρόπος αντιμετώπισης, χωρίς αλλαγή των γεωμετρικών δεδομένων.



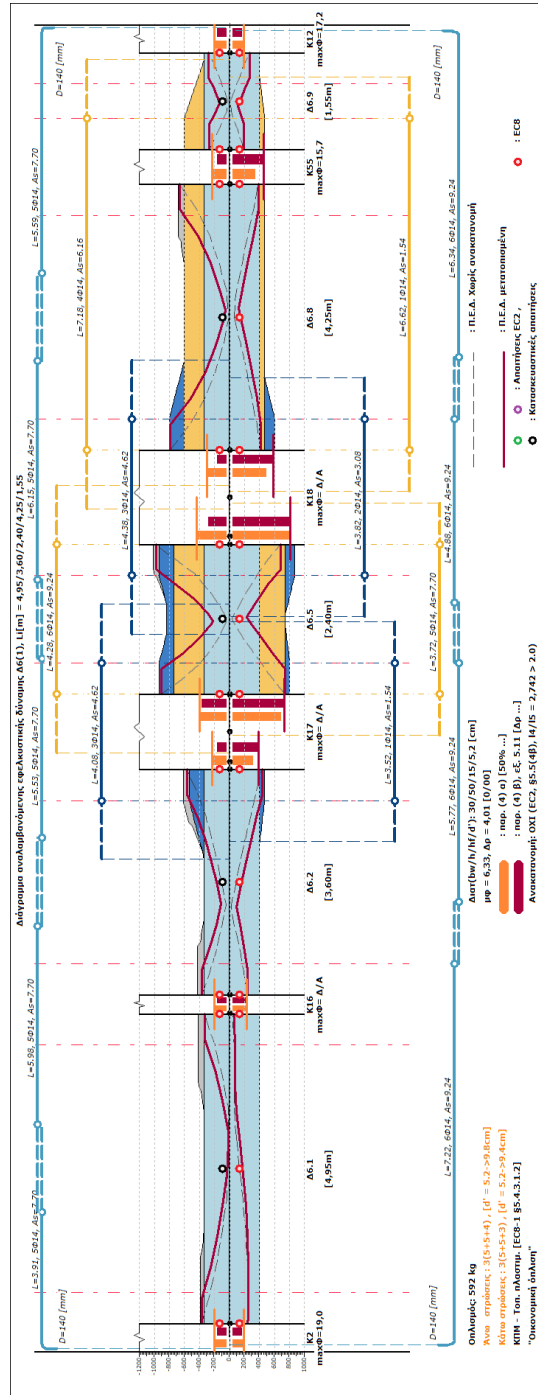
Εικόνα 3.29: Πληροφορίες υπομήματος διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων αρχικής επίλυσης

Έλεγχος συνάφειας υποστυλώματος K55

Οι πολλές στρώσεις οφείλονται στο ότι χρησιμοποιείται μικρή διάμετρος για την όπλιση ($\Phi 14$), γιατί όπως παρατηρούμε στην **Εικόνα 3.30**, ο έλεγχος συνάφειας του υποστυλώματος K55 θέτει τον πιο αυστηρό (σε σχέση με τα υπόλοιπα υποστυλώματα) περιορισμό στην μέγιστη χρησιμοποιούμενη διάμετρο ($max\Phi = 15.7$).



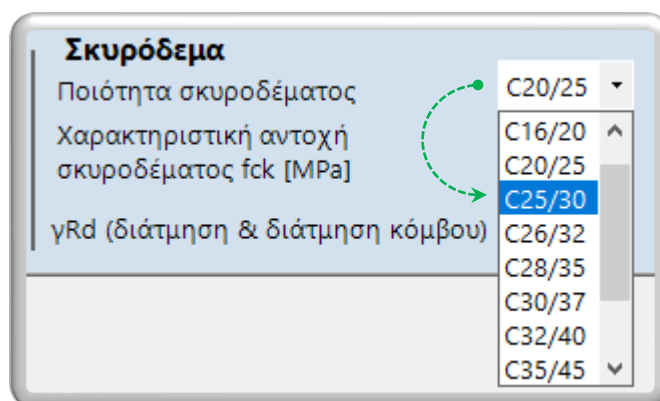
Εικόνα 3.30: Αναδυόμενο παράθυρο με διερεύνηση για τον έλεγχο συνάφειας ως προς το πλάτος του υποστυλώματος και την ποιότητα του σκυροδέματος



Εικόνα 3.31: Διάταξη προερχόμενη από «Αυτόματη» όπλιση 3^{ου} παραδείγματος, για σκαρόδεμα C20/25

Σκυρόδεμα C25/30

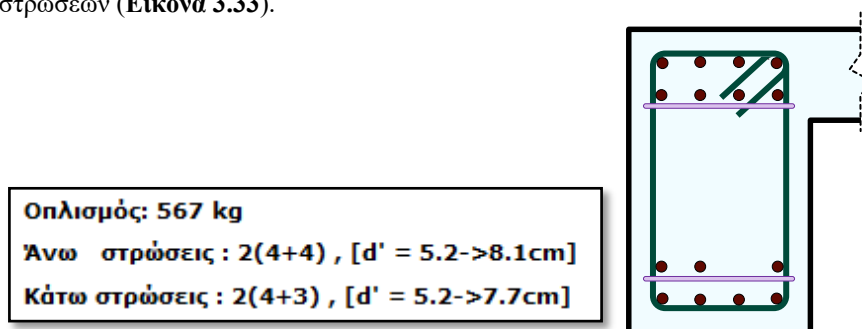
Πλησιάζοντας τον κέρσορα στο όνομα του υποστυλώματος K55, εμφανίζεται αναδυόμενο παράθυρο, το οποίο περιέχει διερεύνηση σχετικά με την μέγιστη επιτρεπόμενη διάμετρο, ανάλογα με το πλάτος του στοιχείου και την ποιότητα σκυροδέματος (**Εικόνα 3.30**). Για αρχιτεκτονικούς λόγους δεν επιτρέπεται η τροποποίηση των διαστάσεων των υποστυλωμάτων, αλλά βλέπουμε ότι με την επιλογή υψηλότερης κατηγορίας σκυροδέματος ($C20/25 \rightarrow C25/30$), ο έλεγχος συνάφειας επιτρέπει την όπλιση με διάμετρο έως και $\Phi 18$.



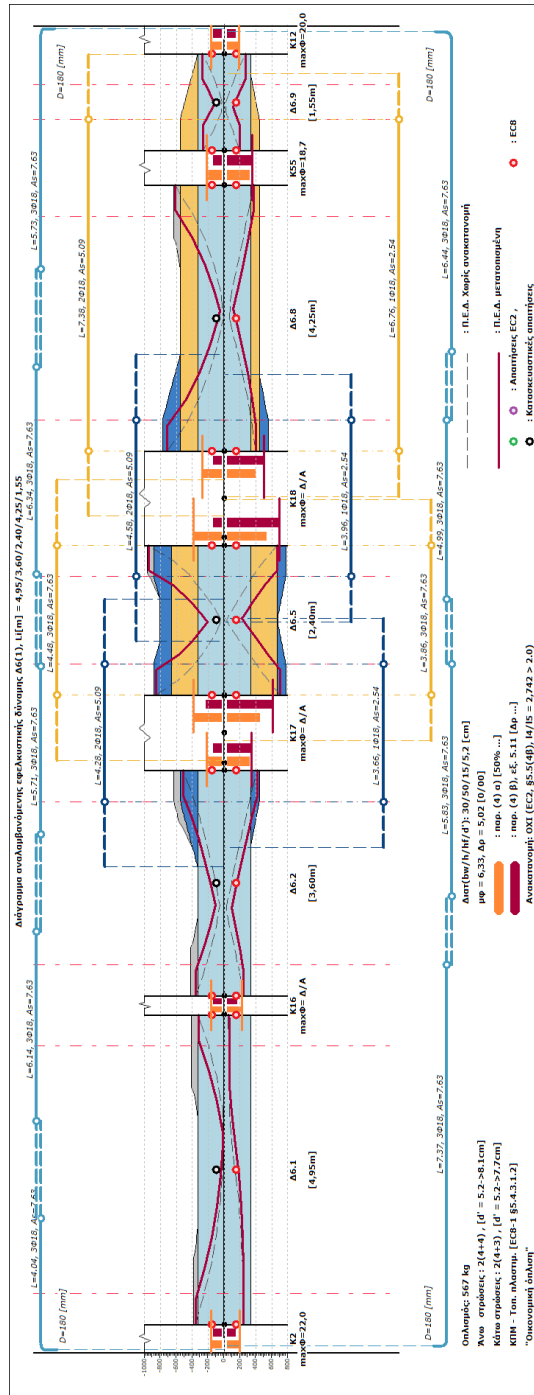
Εικόνα 3.32: Επιλογή υψηλότερης κατηγορίας σκυροδέματος



Μέσα από το περιβάλλον της διαδραστικής όπλισης, επιλέγουμε την κατηγορία σκυροδέματος $C25/30$ (**Εικόνα 3.32**) και κατόπιν εκτελούμε την εντολή «Επίλυση». Έτσι, προκύπτει το νέο διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων, το οποίο παρουσιάζεται στην **Εικόνα 3.34**. Στο νέο διάγραμμα παρατηρούμε ότι το βάρος του οπλισμού μειώθηκε από 592 kg σε 567 kg , όπως επίσης βλέπουμε ότι οι στρώσεις έγιναν 2 τόσο στην άνω όσο και στην κάτω παρειά. Δεν αποφεύγεται ωστόσο η χρήση καβίλιας για την στερέωση των ράβδων των εσωτερικών στρώσεων (**Εικόνα 3.33**).



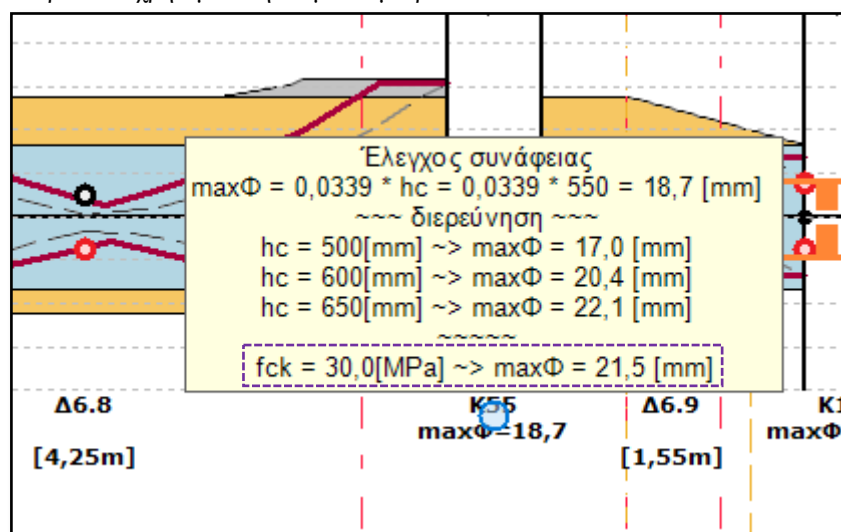
Εικόνα 3.33: Βάρος οπλισμού και στρώσεις για σκυρόδεμα $C25/30$



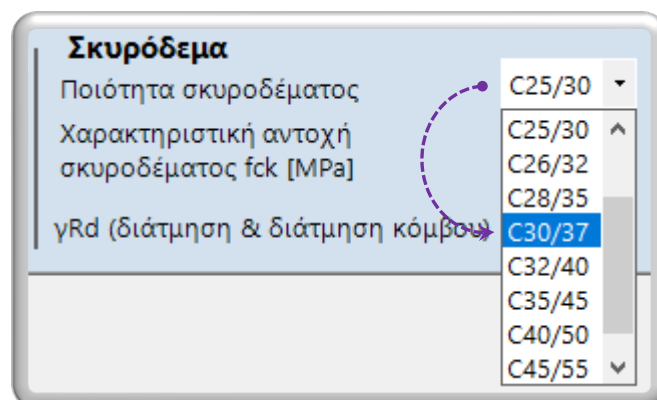
Εικόνα 3.34: Διάγραμμα ερελκυστικών δυνάμεων, για σκαρδόδεμα κατηγορίας C25/30

Σκυρόδεμα C30/37

Εάν θέλουμε να μειώσουμε περαιτέρω το πλήθος των ράβδων, θα πρέπει να αυξηθεί η επιτρεπόμενη μέγιστη διάμετρος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την όπλιση. Για το λόγο αυτό αναζητούμε το κρίσιμο υποστυλώμα, το οποίο θέτει περιορισμό στην αύξηση της διαμέτρου και, πλησιάζοντας τον κέρσορα στο όνομα του υποστυλώματος, εμφανίζεται το αναδύμενο παράθυρο με την διερεύνηση του ελέγχου συνάφειας (Εικόνα 3.35). Από την διερεύνηση συμπεραίνουμε ότι επιλογή ακόμα υψηλότερης κατηγορίας σκυροδέματος θα μας επέτρεπε να χρησιμοποιήσουμε διάμετρο $\Phi 20$.



Εικόνα 3.35: Αναδύμενο παράθυρο με διερεύνηση για τον έλεγχο συνάφειας για την επίλυση με σκυρόδεμα C25/30

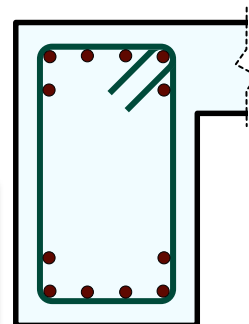


Εικόνα 3.36: Επιλογή ακόμα υψηλότερης κατηγορίας σκυροδέματος



Οπλίζοντας με $\Phi 20$ προκύπτει το διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων που βλέπουμε στην **Εικόνα 3.38**. Στην **Εικόνα 3.37** βλέπουμε το βάρος του συνολικού οπλισμού και τις στρώσεις στην δυσμενέστερη άνω και κάτω στρώση, αντίστοιχα. Δεδομένου ότι στην 2^η στρώση υπάρχουν μόνο 2 ράβδοι, δεν χρειάζονται καβίλιες, καθώς οι ράβδοι αυτές μπορούν να στερεωθούν στον συνδετήρα.

Οπλισμός: 586 kg
Άνω στρώσεις : $2(4+2)$, $[d' = 5.2 \rightarrow 7.4 \text{ cm}]$
Κάτω στρώσεις : $2(4+2)$, $[d' = 5.2 \rightarrow 7.4 \text{ cm}]$



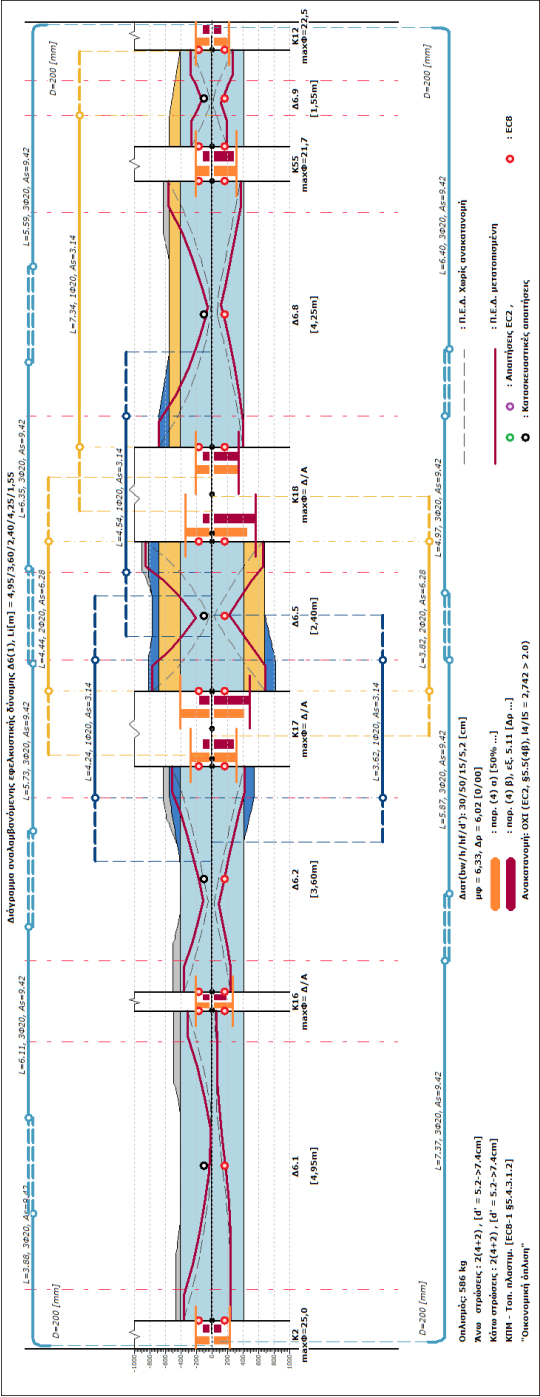
Εικόνα 3.37: Πληροφορίες υπομνήματος επίλυσης για σκυρόδεμα C30/37

Στην **Εικόνα 3.39** φαίνονται συγκριτικά οι διατάξεις οπλισμού στην κρίσιμη θέση για διαφορετικές ποιότητες σκυροδέματος. Παρατηρούμε ότι μόνο για σκυρόδεμα C30/37 δεν απαιτείται καθόλου η χρήση καβίλιας. Το συνολικό βάρος του οπλισμού δεν παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές.



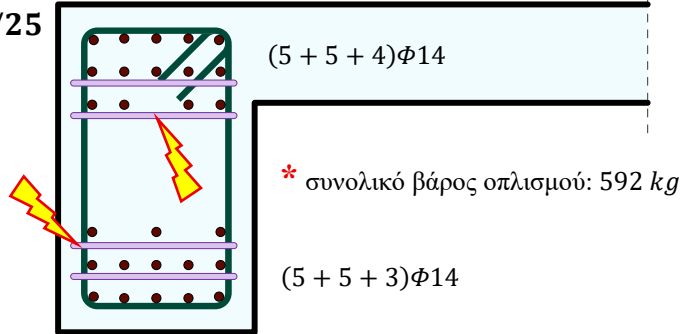
Παρατήρηση

Η ποιότητα σκυροδέματος είναι η μοναδική παράμετρος του περιβάλλοντος της διαδραστικής όπλισης δοκών, η οποία δεν εκχωρείται στην δοκό αυτόματα, όταν ο χρήστης χρησιμοποιήσει το πλήκτρο «Δώσε παραμέτρους». Θα πρέπει ο χρήστης να ενημερώσει την παράμετρο από την καρτέλα του ορόφου ή του κτηρίου.

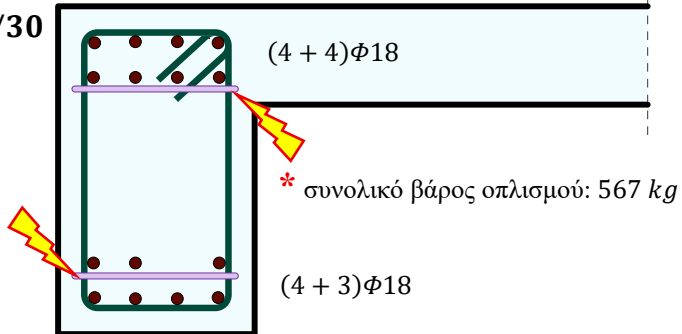


Εικόνα 3.38: Διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων, για σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37

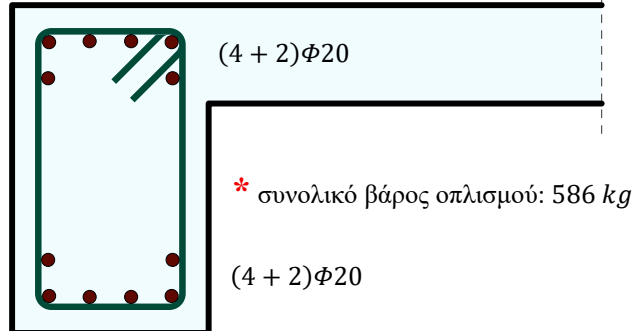
C20/25



C25/30



C30/37



Εικόνα 3.39: Διάταξη όπλισης στην κρίσιμη διατομή για διάφορες ποιότητες σκυροδέματος

3.2.4 Πώς να λάβω υπόψιν τη μείωση του στατικού ύψους λόγω πολλών στρώσεων και πώς να εξαλείψω τον κλιμακούμενο οπλισμό στο άνοιγμα;

Στο 4^ο παράδειγμα εξετάζεται δοκός υπογείου (χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ΧΑΑΠ) με διαστάσεις $40 \times 80 \text{ cm}$.

Επιρροή των στρώσεων στο στατικό ύψος

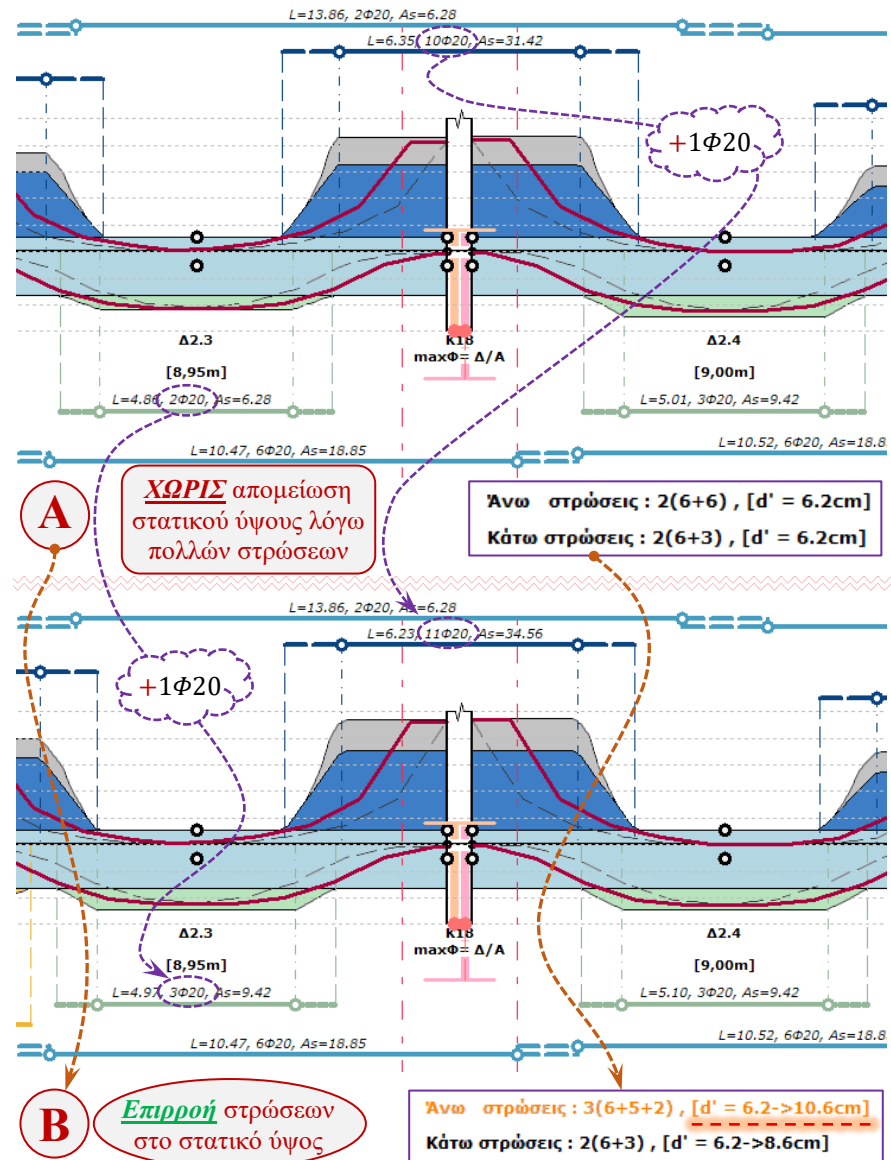
Στην **Εικόνα 3.42** παρουσιάζεται το διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων που προκύπτει θεωρώντας ότι ο οπλισμός τοποθετείται σε μία στρώση και στην **Εικόνα 3.43** παρουσιάζεται το διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων που προκύπτει έχοντας λάβει υπόψιν την επιρροή των στρώσεων στο στατικό ύψος.

Εικόνα 3.40: Παράμετρος «Στρώσεις: επιρροή στο στατικό ύψος»

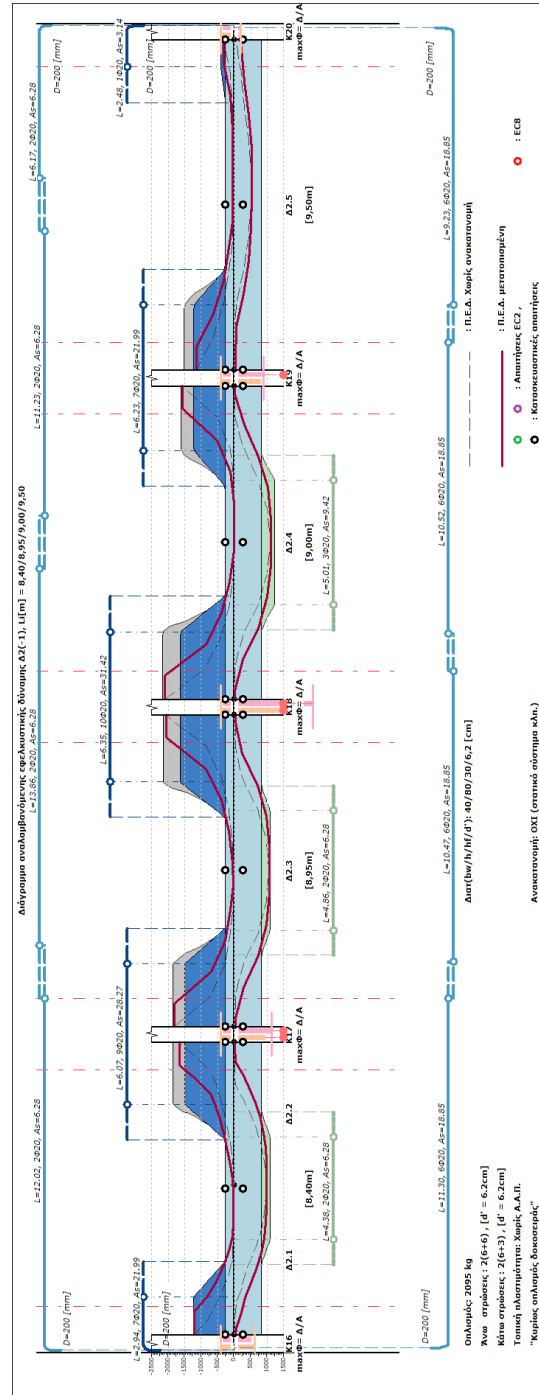
Η δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης αυτής της δυνατότητας δίνεται από την παράμετρο «**Στρώσεις: επιρροή στο στατικό ύψος**», που βρίσκεται στην ενότητα «**Λεπτομέρειες όπλισης**» των «**Προχωρημένων επιλογών**».



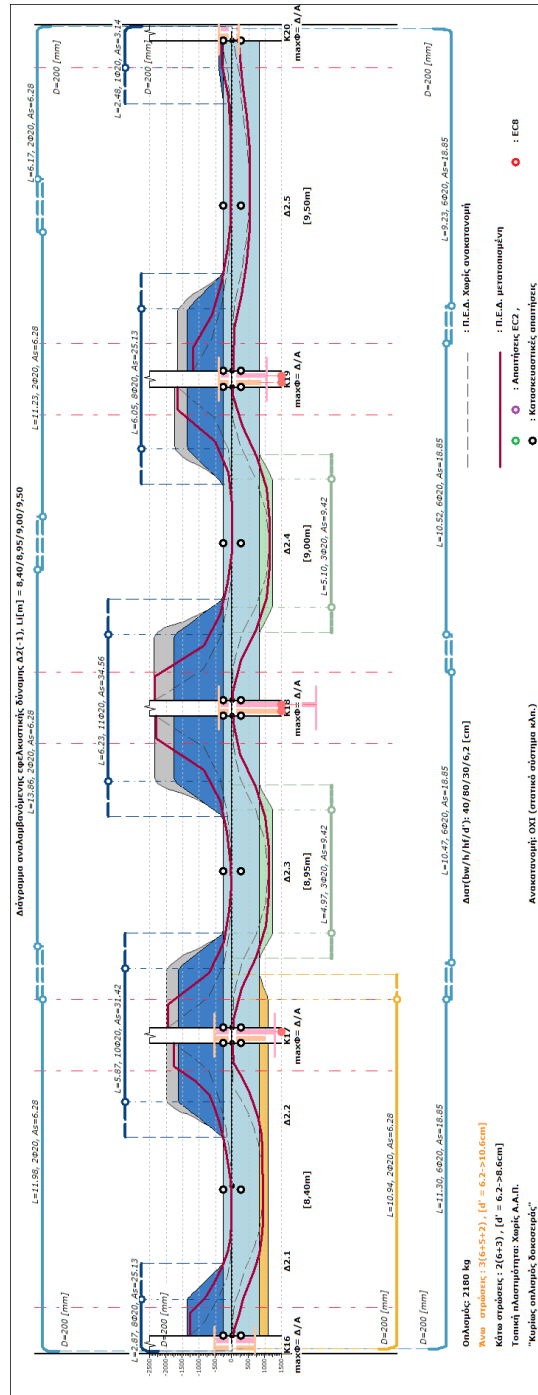
Στην **Εικόνα 3.41** επισημαίνεται η επίδραση της παραμέτρου αυτής στην όπλιση της δοκοσειράς. Στην κρίσιμη θέση της άνω παρειάς οι άνω στρώσεις γίνονται 3 (**Εικόνα 3.41-B**) από 2 (**Εικόνα 3.41-A**) λόγω της ανάγκης για μια επιπλέον ράβδο $\Phi 20$. Η επιπλέον ράβδος απαιτείται γιατί η απόσταση του πραγματικού κέντρου βάρους των άνω τοποθετούμενων οπλισμών από την άνω παρεία της δοκού είναι 10.6 cm , έναντι της απόστασης των 6.2 cm (**Εικόνα 3.41**), την οποία θεωρεί η επίλυση με απενεργοποιημένη την παράμετρο.



Εικόνα 3.41: Αύξηση απαιτούμενου οπλισμού όταν λαμβάνεται υπόψιν η επιρροή των στρώσεων στο στατικό ύψος



Εικόνα 3.42: Διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων θεωρώντας ότι ο οπλισμός τοποθετείται σε μία στρώση



Εικόνα 3.43: Διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων με επιρροή των στρώσεων στο στατικό ύψος

Ενεργοποίηση μεγαλύτερων διαμέτρων



Για την βελτίωση της διάταξης όπλισης μπορούμε στην δοκοσειρά αυτή να χρησιμοποιήσουμε και μεγαλύτερες διαμέτρους (**Εικόνα 3.44**), π.χ. Φ22, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.47**.

Εικόνα 3.44: Ενεργοποίηση μεγαλύτερων διαμέτρων

Απενεργοποίηση κλιμακούμενου οπλισμού ανοίγματος

Εικόνα 3.45: Παράμετρος «Κλιμακούμενος οπλισμός ανοίγματος»

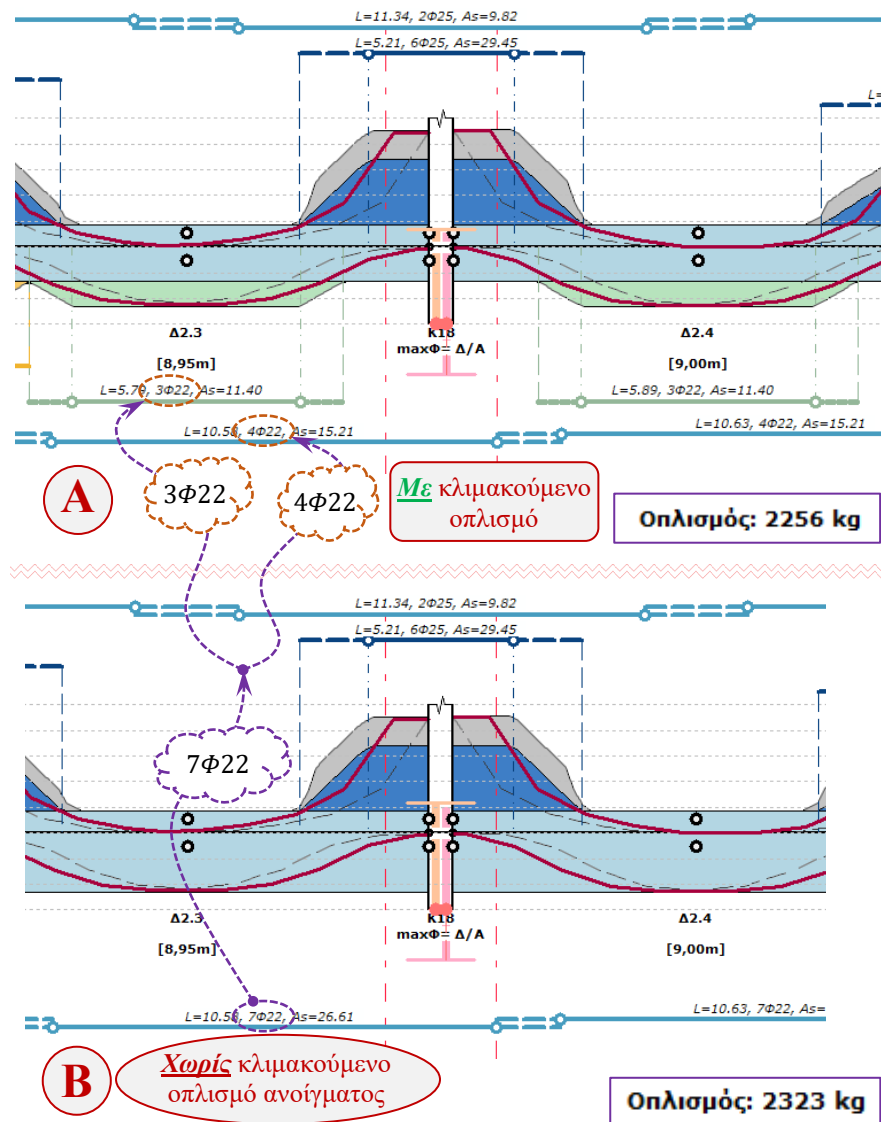
Σε περίπτωση που ο μηχανικός δεν επιθυμεί την τοποθέτηση οπλισμού κλιμάκωσης μπορεί να τροποποιήσει την αντίστοιχη παράμετρο, που βρίσκεται στην ενότητα «**Λεπτομέρειες όπλισης**» των «**Προχωρημένων επιλογών**» (**Εικόνα 3.45**).



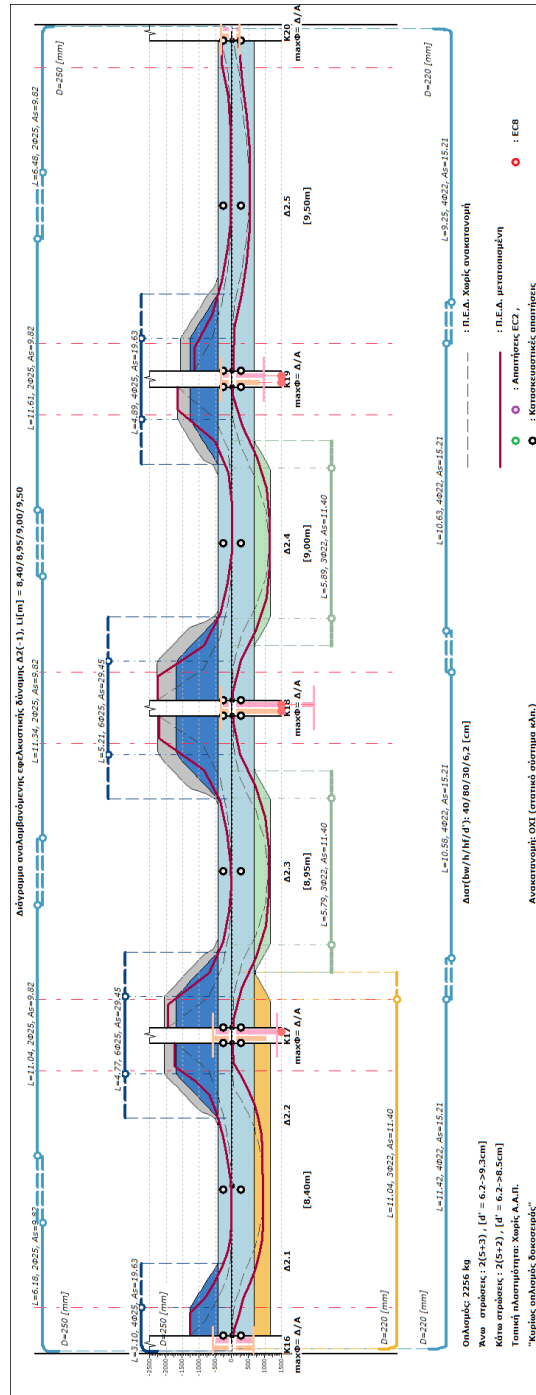
Το διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων που προκύπτει χωρίς κλιμακούμενο οπλισμό ανοίγματος φαίνεται στην **Εικόνα 3.48**.

Στην **Εικόνα 3.46** εστιάζουμε στα ανοίγματα Δ2.3 και Δ2.4. Παρατηρούμε ότι η χρήση κλιμακούμενου οπλισμού βοηθάει στην αποσυμφόρηση του υποστυλώματος K18 από τις οριζόντιες ράβδους κάτω παρειάς, αφού διέρχονται μόνο 4 ράβδοι (**Εικόνα 3.46-A**) από το υποστύλωμα έναντι των 7 (**Εικόνα 3.46-B**). Συνεπώς, η χρήση κλιμακούμενου οπλισμού ανοίγματος είναι ευεργετική για

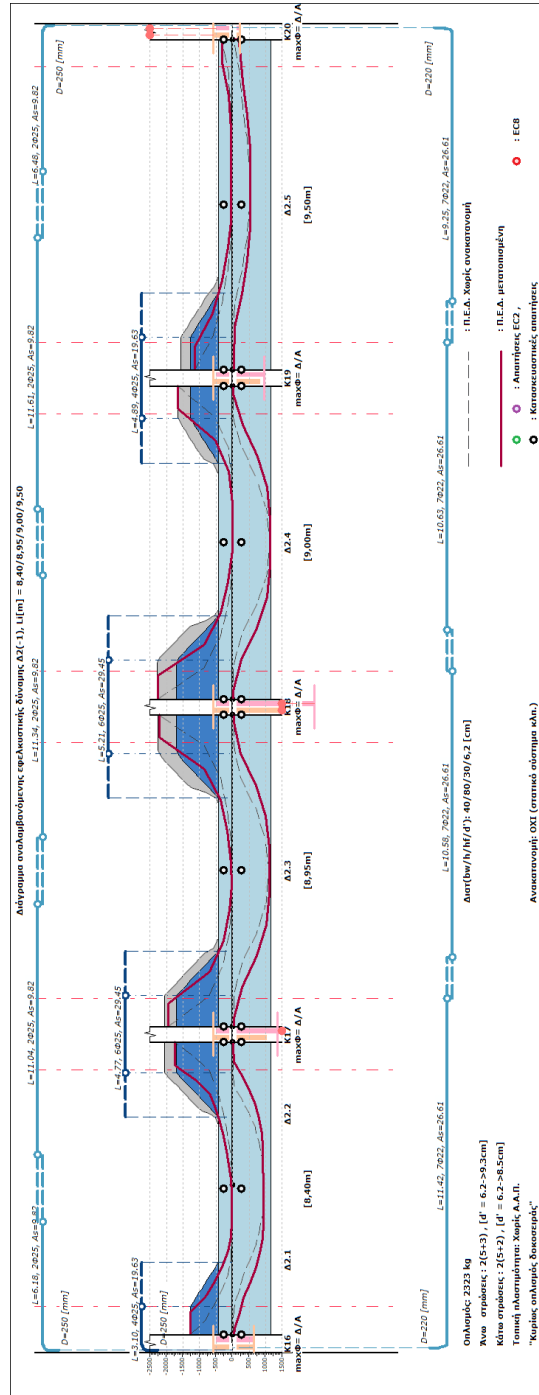
τον ικανοτικό έλεγχο κόμβου καθώς επίσης και για το συνολικό βάρος του οπλισμού.



Εικόνα 3.46: Όπλιση (Α) ΜΕ και (Β) ΧΩΡΙΣ κλιμακούμενο οπλισμό ανοίγματος



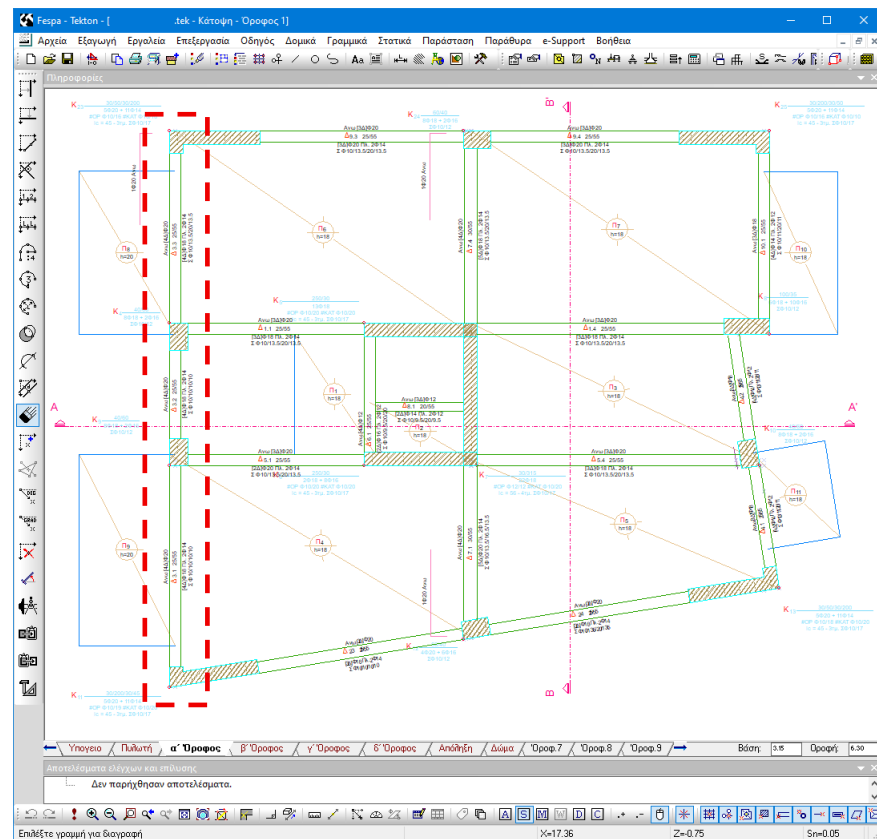
Εικόνα 3.47: Διάγραμμα ερελκροστικών δυνάμεων ΜΕ κλιμακούμενο οπλισμό ανοίγματος



Εικόνα 3.48: Διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων $X\Omega P\Sigma$ κλιμακούμενο οπλισμό ανοήματος

3.2.5 Πώς να σπλίσω με ράβδους μικρότερου μήκους και να μειώσω την φύρα;

Στο 5^ο παράδειγμα εξετάζεται δοκοσειρά του 1^{ου} ορόφου ενός τετραώροφου κτηρίου μικρής σχετικά κάτοψης ($\sim 150 \text{ m}^2$). Η δοκοσειρά αποτελείται από 3 ανοίγματα μήκους 4.45 m, 1.95 m και 3.75 m το καθένα. Η διατομή έχει διαστάσεις $25 \times 55 \text{ cm}$.



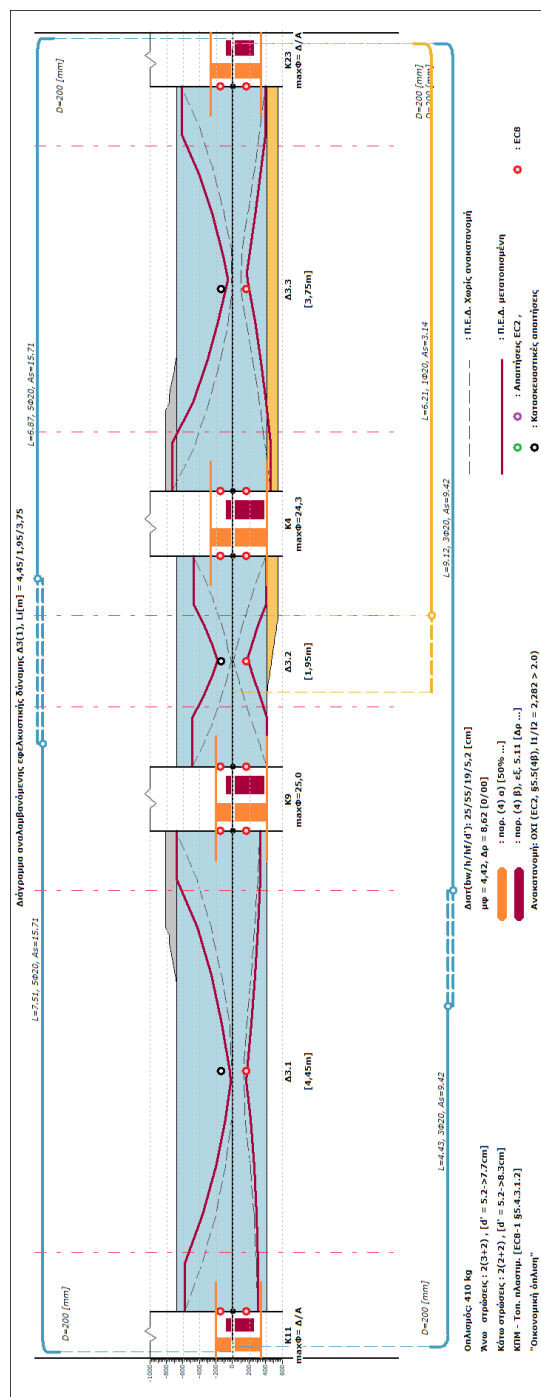
Εικόνα 3.49: Κάτοψη 1^{ου} ορόφου τετραώροφου κτηρίου

Αυτόματη όπλιση

Η διάταξη όπλισης που προκύπτει από την «Αυτόματη» όπλιση με επιλογή τύπου όπλισης «Οικονομική όπλιση» και με μέγιστο μήκος ράβδου 12 m παρουσιάζεται στην **Εικόνα 3.50**. Επίσης παρατίθεται ο πίνακας των κυρίων οπλισμών της δοκοσειράς (**Πίνακας 3.3**).

α/α	σχήμα	διάμ [mm]	τμχ	μήκος [m]	βάρος [kg]
1		20	5	7.51	92.6
2		20	5	6.87	84.7
3		20	3	4.43	32.8
4		20	1	6.21	15.3
5		20	3	9.12	67.5
Συνολικό βάρος [kg]					292.9

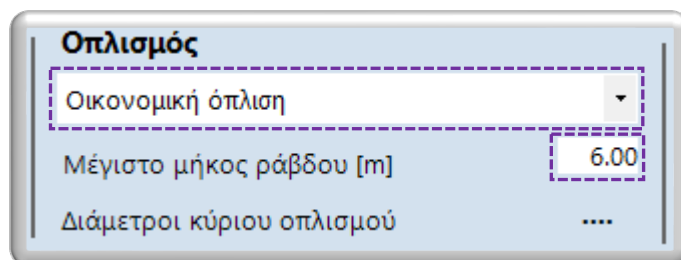
Πίνακας 3.3: Πίνακας κύριων οπλισμών δοκού για «Οικονομική Όπλιση» και μέγιστο μήκος ράβδου 12m



Εικόνα 3.50: Διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων για «Οικονομική όπλιση» και μέγιστο μήκος ράβδου 12 m

Μείωση μέγιστου μήκους ράβδου

Σε περίπτωση που ο μελετητής θέλει μικρότερα μήκη τεμαχίων για την ευκολότερη μεταφορά τους στο εργοτάξιο, μπορεί να τροποποιήσει κατάλληλα την παράμετρο «**Μέγιστο μήκος ράβδου [m]**» από την εργαλειοθήκη των «**Βασικών επιλογών**» (Εικόνα 3.51).



Εικόνα 3.51: Επιλογή διαφορετικού μέγιστου μήκους ράβδου



Επίλυση

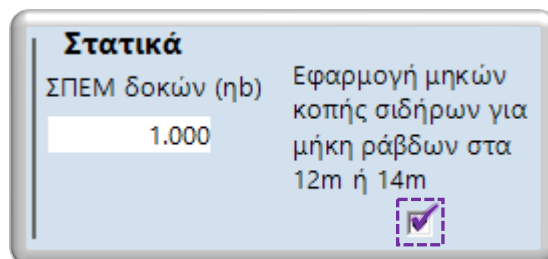
Παραμένοντας στο περιβάλλον της διαδραστικής όπλισης, εκτελούμε την εντολή «**Επίλυση**» και προκύπτει το νέο διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων (Εικόνα 3.52) από την αυτόματη όπλιση με επιλογή τύπου όπλισης «Οικονομική όπλιση» και με μέγιστο μήκος ράβδου 6 m. Επίσης παρατίθεται ο νέος πίνακας των κυρίων οπλισμών της δοκοσειράς (Πίνακας 3.4).

α/α	σχήμα	διάμ [mm]	τμχ	μήκος [m]	βάρος [kg]
1		20	4	3.71	36.6
2		20	4	5.33	52.6
3		20	4	4.42	43.6
4		20	4	3.98	39.3
5		20	1	4.55	11.2
6		20	1	3.17	7.8
7		20	3	4.43	32.8
8		20	3	3.62	26.8
9		20	3	3.84	28.4
10		20	4	3.80	37.5
11		20	1	3.48	8.6
12		20	1	2.29	5.6
Συνολικό βάρος [kg]					330.8

Πίνακας 3.4: Πίνακας κύριων οπλισμών δοκού για «Οικονομική Όπλιση» και μέγιστο μήκος ράβδου 6m

Εφαρμογή μηκών κοπής σιδήρων

Παρατηρώντας το νέο κατάλογο κύριων οπλισμών, παρατηρούμε ότι προκύπτει μεγαλύτερη ποικιλία τεμαχίων, όταν περιορίζουμε το μέγιστο μήκος ράβδου. Ενεργοποιώντας την «Εφαρμογή μηκών κοπής σιδήρων» από την εργαλειοθήκη των «Προχωρημένων επιλογών» (Εικόνα 3.53) γίνεται τυποποίηση των μηκών κοπής των ράβδων σε συγκεκριμένες ομάδες κι έτσι μειώνεται η φύρα του χρησιμοποιούμενου οπλισμού κι επίσης προκύπτουν μικρότεροι κατάλογοι οπλισμών (Πίνακας 3.5).



Εικόνα 3.53: Ενεργοποίηση μηκών κοπής

α/α	σχήμα	διάμ [mm]	τιμχ	μήκος [m]	βάρος [kg]
1		20	13	4.00	128.2
2		20	9	6.00	133.2
3		20	7	4.00	69.1
4		20	1	2.40	5.9
5		20	3	6.00	44.4
Συνολικό βάρος [kg]					380.8

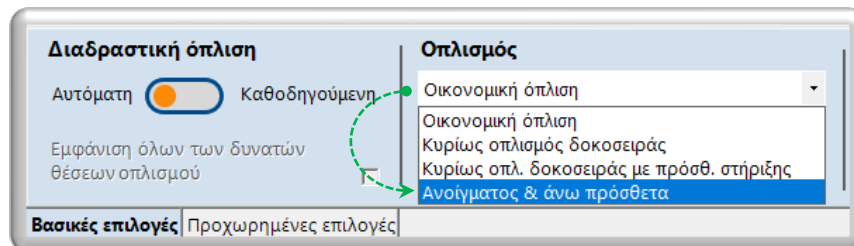
Πίνακας 3.5: Πίνακας κύριων οπλισμών δοκού για «Οικονομική Όπλιση» και μέγιστο μήκος ράβδου 12m, με ενεργοποιημένα τα μήκη κοπής



Η διάταξη όπλισης που προκύπτει μετά την «επίλυση» για «Οικονομική Όπλιση» και μέγιστο μήκος ράβδου 12m, με ενεργοποιημένα τα μήκη κοπής φαίνεται στην Εικόνα 3.2.

Αλλαγή τύπου όπλισης

Εναλλακτικός τρόπος για να περιορίσουμε τα μήκη των τεμαχίων είναι να προτιμήσουμε τον τύπο όπλισης «Ανοίγματος & άνω πρόσθετα» (Εικόνα 3.55), ο οποίος αποφεύγει τα σίδερα τα οποία διατρέχουν την δοκοσειρά και ματίζουν σε κατάλληλες θέσεις (Πίνακας 3.6).



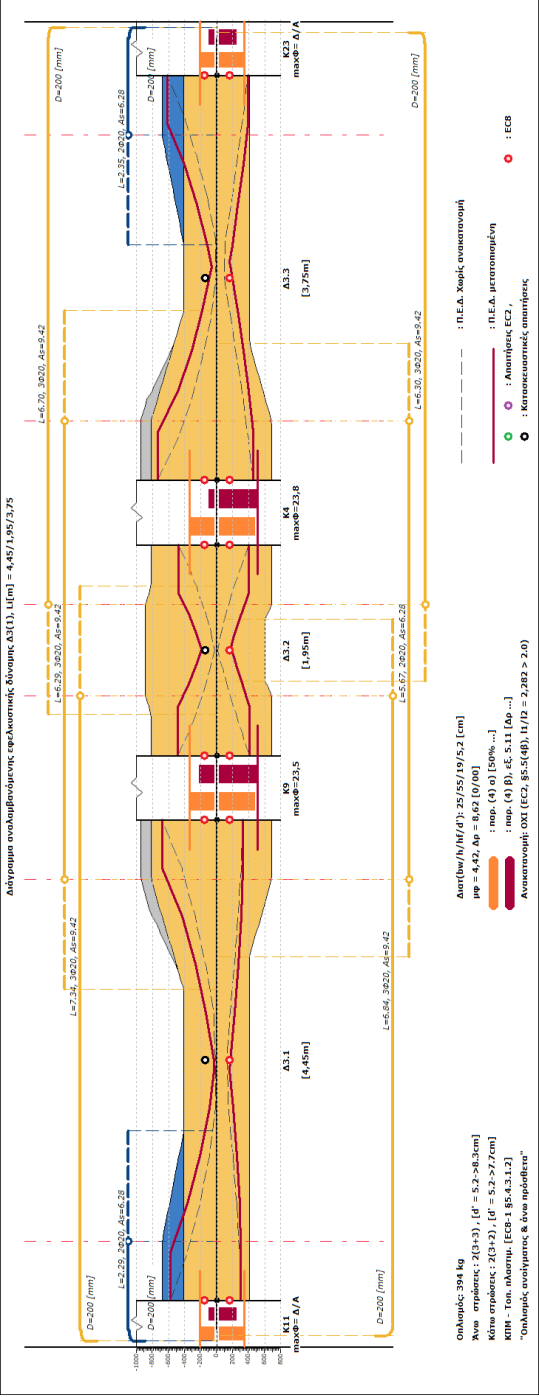
Εικόνα 3.55: Αλλαγή τύπου όπλισης



Το αποτέλεσμα αυτού του τύπου όπλισης, μετά την επίλυση, φαίνεται στην Εικόνα 3.56. Παρατηρούμε ότι το μειονέκτημα αυτού του τύπου όπλισης είναι η συσσώρευση πολλών ράβδων στους κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.

α/α	σχήμα	διάμ [mm]	τμχ	μήκος [m]	βάρος [kg]
1		20	3	7.34	54.3
2		20	3	6.7	49.6
3		20	2	2.29	11.3
4		20	2	2.35	11.6
5		20	3	6.84	50.6
6		20	3	6.3	46.6
7		20	3	6.29	46.5
8		20	3	5.67	41.9
Συνολικό βάρος [kg]					312.5

Πίνακας 3.6: Πίνακας κύριων οπλισμών δοκού για τύπο όπλισης «Ανοίγματος & άνω πρόσθετα»



Εικόνα 3.56: Διάγραμμα εφελκυστικών δυνάμεων τύπο όπλισης «Ανοίγματα & άνω πρόσδετα»