ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

Αποτίμηση Δυναμικών Χαρακτηριστικών Γέφυρας Bailey με Ανωδομή από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα

<u>ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ</u>

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΓΕΙΡΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΖΩΓΛΟΠΙΤΗΣ

Αθήνα, Νοέμβριος 2020

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κωνσταντίνος Ζωγλοπίτης. του Αλεξάνδρου , με αριθμό μητρώου retrofit-102 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Δομοστατικά Έργα του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι την παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας στις 16 Φεβρουαρίου 2021 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο Δηλών

Κωνσταντίνος Ζωγλοπίτης

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ		
Επιβλέπων Καθηγητής	Μαγείρου Γεώργιος	
Μέλος	Κωνσταντίνος Δημάκος	Konstantinos Dimakos Digitally signed by Konstantinos Dimakos Date: 2021.02.17 12:41:54 +02'00'
Μέλος	Νικόλαος Πνευματικός	Nikolaos Pnevmatikos Digitally signed by Nikolaos Pnevmatikos Date: 2021.02.16 20:46:00 +02'00'

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ:

Αποτίμηση Δυναμικών
Χαρακτηριστικών Γέφυρας Bailey με Ανωδομή από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα

Επιβλέπων Καθηγητής: κος Γεώργιος Μαγείρου

Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Κωνσταντίνος Ζωγλοπίτης

Περίληψη

Η γέφυρα Bailey είναι τύπος μεταλλικής δικτυωτής γέφυρας που αποτελείται από προκατασκευασμένα τμήματα τα οποία συναρμολογούνται επί τόπου με κοχλίες και με πείρους. Σχεδιάστηκε, μελετήθηκε και αναπτύχθηκε στο Β' Παγκόσμιο Πόλεμο για να καλύψει τις επιχειρησιακές ανάγκες των Συμμάχων για τη γεφύρωση κωλυμάτων μεταβλητού ανοίγματος και ταυτόχρονα μεταβλητής φέρουσας ικανότητας των εδαφών.

Η δυνατότητα κάλυψης μεγάλων ανοιγμάτων, κατασκευής και καθέλκυσης μόνο με τα χέρια την κατέστησαν δημοφιλή και η χρήση της επεκτάθηκε μέχρι τις μέρες μας σε πολλές χώρες για τη κάλυψη αναγκών εθνικών οδικών δικτύων.

Υπάρχουν γέφυρες οι οποίες έχουν καθελκυσθεί τη δεκαετία του ΄80 και παραμένουν σε χρήση μέχρι και σήμερα χωρίς να έχει πραγματοποιηθεί καμία επέμβαση και συντήρηση. Ταυτόχρονα τα φορτία των οχημάτων τα οποία διέρχονται από αυτές έχουν αυξηθεί με το πέρασμα του χρόνου και την εξέλιξη της αυτοκινητοβιομηχανίας. Αποτέλεσμα είναι η αύξηση αυτή να προκαλεί και τα ανάλογα αποτελέσματα επί των φορέων όπως είναι η αύξηση των δυναμικών μετακινήσεων με τις συνέπειες της.

Η αδυναμία αύξησης της φέρουσας ικανότητας στις περισσότερες περιπτώσεις, με την αύξηση της ακαμψίας της γέφυρας, οδήγησε στη αναζήτηση προτάσεων μείωσης των δυναμικών φαινομένων. Προς τη κατεύθυνση αυτή επιχειρείται με την παρούσα εργασία μια προσέγγιση μείωσης των φαινομένων αυτών μέσω της ενίσχυσης του καταστρώματος της γέφυρας με πλάκα ωπλισμένου σκυροδέματος το πάχος της είναι 20 εκατοστά. Η συγκεκριμένη ενέργεια δύναται εκτός των άλλων να μειώσει το αίσθημα ανασφάλειας που δημιουργεί στους χρήστες της γέφυρας, η ταλάντωση του καταστρώματος.

Estimation of Dynamic Characteristics of Bailey Bridge and Investigation of the Methods for the Reduction of Dynamic Response on the Structure

Abstract

The Bailey bridge is a steel truss bridge composed of prefabricated parts which are assembled in situ with bolts and pins. Was Designed, studied and developed during the Second World War for the operational needs of the Allies in bridging barriers with variable span and simultaneously variable bearing capacity of soil.

The ability to bridging large spans, the construction and the launching only with hands made the bridge popular and its use was extended until today in many countries in order to cover the needs of National road networks.

There are bridges that have launched at the 80's and were remained in use until today without any intervention and maintenance. At the same time the increase of cargo that pass over them have increased with the passage of time and the evolution of the automobile. The result is this case is a magnification of the causes and effects depending on the structure such as the increase of dynamic response.

The weakness of the increase of the bearing capacity, in most cases, by increasing the rigidity of the bridge, led the researchers to searching proposals to reduce the dynamic phenomena.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Γενικά (Chase 2015) (http://www.thinkdefence.co.uk/2012/01/uk-military-bridging-equipment-the-bailey-bridge 2019)

Κατά τη διάρκεια του Β'ΠΠ η βιομηχανική και τεχνολογική επανάσταση υπήρξε αλματώδης. Η ταχυκινησία των εξελισσόμενων στρατιωτικών μηχανοκίνητων δυνάμεων μετέφερε τα πεδία μάχης σε μεγάλες αποστάσεις και σε εδάφη με πολλαπλά κωλύματα και είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της απαίτησης για κάλυψη θεμάτων διοικητικής μέριμνας όπως για παράδειγμα ο ανεφοδιασμός σε καύσιμα και τρόφιμα.

Figure 1 Απλός Φορέας γέφυρας Bailey πάνω από το Ρέμα Riggosa κοντά στη Gambetolla καθελκουμένος από Λόχο Σακαπανέων των Συμμαχικών Δυνάμεω

Τα προς κάλυψη ανοίγματα των κωλυμάτων παρουσίαζαν ποικιλία τόσο ως προς το μήκος όσο και προς τη φέρουσα ικανότητα των οχθών. Ο σχεδιασμός, η μελέτη και η ανάπτυξη κατά περίπτωση νέων γεφυρών για την περιστασιακή κάλυψη των αναγκών ήταν εξαιρετικά δύσκολη για τους μηχανικούς του στρατού.

Στην κατεύθυνση αυτή η δικτυωτή γέφυρα Bailey ήταν μια πρωτοποριακή ιδέα η οποία αναπτύχθηκε για να καλύψει ανάγκες πολεμικών επιχειρήσεων.

Ο Sir Donald Bailey με την ομάδα του εμπνεύστηκε την ανάπτυξη μιας γέφυρας η οποία θα έπρεπε να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

α. Να κατασκευάζεται με τα χέρια.

β. Ο φορέας της ανάλογα με τις ανάγκες να κατασκευάζεται σε διάφορους τύπους.

γ. Όλες οι βιομηχανίες να είναι ικανές να κατασκευάσουν τα επιμέρους τμήματα της γέφυρας, καθώς υπήρχε δυσκολία στο να ανταποκριθούν στις κατασκευαστικές απαιτήσεις.

δ. Τα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελεέιται η γέφυρα να δύνανται να μεταφερθούν με τα μεταφορικά μέσα της εποχής.

Figure 2 Η ομάδα σχεδιασμού και ανάπτυξης της γέφυρας Bailey πηγή: http://www.thinkdefence.co.uk/2012/01/uk-military-bridging-equipment-the-bailey-bridge

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά της υπόψη γέφυρας, ωστόσο βρήκαν απήχηση αμέσως μετά την λήξη του Β’ΠΠ στην ανασυγκρότηση των κρατών τα οποία είχαν υποστεί μεγάλες καταστροφές στις υποδομές τους και επομένως μία γέφυρα με τα χαρακτηριστικά που περιγράψαμε προηγουμένος θα ήταν ικανή να εξυπηρετήσει τις πολλαπλές τους ανάγκες για τη σύνδεση των κατεστραμένων γραμμών συγκοινωνιών. Παράλληλα ωστόσο δε θα πρέπει να παραβλέψουμε και τη σύγχρονη χρησιμοποιήση της, όπου στα πλαίσια αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών αλλά και της δυναμικής επέμβασης του κρατικού μηχανισμού, μετά από καταστροφές στις υποδομές του, ο εν λόγω τρόπος γεφύρωσης προσφέρει μία γρήγορη και αξιόπιστη λύση.

Figure 3 **Καθέλκυση Διπλού-Τριπλού Φορέα μήκους 180 ποδών στο Θέρμο Αιτολωακαρνανίας το 1954, κατά την ανασυγκρότηση της χώρας, για την αποκατάσταση κατεστραμμένης πετρόκτιστης τοξωτής από τις Γερμανικές Δυνάμεις Κατοχής**

Με το πέρασμα των ετών η αύξηση της μεταφορικής ικανότητας των οχημάτων έχει σαν αποτέλεσμα, την οριακή φόρτιση των γεφυρών αυτών και την ανάπτυξη εντατικών μεγεθών και δυναμικών φαινομένων μεγαλύτερων από τα αναμενόμενα.

Figure 4 **Η γέφυρα του Θέρμου πριν την τοποθέτηση του μεσοβάθρου**

Figure 5 **Η γέφυρα μετά την τοποθέτηση μεσοβάθρου**

Οι αυξημένες παραμορφώσεις καθώς και η ταλάντωση μετά το πέρασμα των προπορευόμενων οχημάτων δύνανται να προκαλέσουν στους χρήστες (οδηγούς οχημάτων) αίσθημα ανασφάλειας κατά τη διέλευση από τη γέφυρα.

2. Αντικειμενικός σκοπός και στόχοι της εργασίας

Αντικειμενικός σκοπός της εργασίας είναι αρχικά ο υπολογισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών φορέα **Διπλού – Απλού (Δ/Α) 80 ποδών,** και στη συνέχεια η διερεύνηση της δυναμικής του συμπεριφοράς, η οποία αφορά στα στοιχεία της γέφυρας και στην ερευνητική προσπάθεια διερεύνησης της φέρουσας ικανότητας με πειραματική διάταξη σε κλίμακα, με την προσθήκη στο κατάστρωμά της, πλάκας σκυροδέματος προκειμένου να δοθεί στους διερχόμενους οδηγούς το αίσθημα της ασφάλειας το οποίο με τον υπάρχον τρόπο κατασκευής τίθεται υπό αμφισβήτηση λόγω των ταλαντώσεων – μετακινήσεων των δίπλακων που σχηματίζουν την επιφάνεια του καταστρώματος.

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων επιδιώκεται η ταυτοποίηση του μοντέλου-φορέα πεπερασμένων ραβδωτών στοιχείων μέσω του λογισμικού SAP2014 το οποίο αναπτύσσεται με σκοπό να αποτελέσει το βασικό πρότυπο δυναμικών επιλύσεων και ελέγχου επεμβάσεων επί αυτού.

Ο **Διπλός – Απλός (Δ/Α)** φορέας μήκους 80 ποδών επιλέχθηκε με γνώμονα ότι είναι απλός φορέας, που έχει φέρουσα ικανότητα φορτίου λαστιχοφόρων οχημάτων μέχρι 40 τόνους για κανονική διέλευση και 53 τόνους για επικίνδυνη διέλευση.

3.Παραδοχές

Όπως προφανώς γίνεται αντιληπτό δεν θα ήταν εφικτή μια μελέτη επί του πεδίου καθότι θα υπήρχε αδυναμία τοποθέτησης πλάκας σκυροδέματος επί του φορέα της γέφυρας που ήδη βρίσκεται σε χρήση, αποκλειστικά κα μόνο για πειραματικούς σκοπούς και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SAP2014.

Επιπλέον κατά την εξέταση της καταπόνησης της γέφυρας δεν ελήφθησαν υπόψη, λόγω περιορισμένου χρόνου εκπόνησης της εργασίας, τα φορτία χιονιού, ανέμου και σεισμού.

4.Δομή της Πτυχιακής εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 8 Κεφάλαια.

Στο **1^{ο} Κεφάλαιο** το οποίο είναι το εισαγωγικό, γίνεται αναφορά στα ιστορικά δεδομένα και τη χρήση του φορέα της γέφυρας Bailey.

Στο **2^{ο} Κεφάλαιο** Περιγράφεται η γέφυρα Bailey και τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται. Αναφέρονται οι τύποι γέφυρας που μπορούν να κατασκευαστούν και πραγματοποιούνται οι απαραίτητοι υπολογισμοί καθώς τα μέλη της γέφυρας είναι πρότυπα της Βρετανικής Χαλυβουργίας του 1940.

Στο **3^{ο} Κεφάλαιο** αποτυπώνονται οι τοποθετημένες γέφυρες Bailey στην ελληνική επικράτεια, ενώ γίνεται και παρουσίαση της ηλεκτρονικής εφαρμογής η οποία δημιουργήθηκε από τον Ταγματάρχη (ΜΧ) Κωνσταντίνο Λυμπερόπουλο η οποία είναι μια ενιαία βάση δεδομένων που περιλαμβάνει το σύνολο των γεφυρών καθώς και όλα τα γνωστά στοιχεία για αυτές αλλά και τη δυνατότητα οπτικοποιίσης της κάθε τοποθετημένης γέφυρας με τη χρήση σύνδεσης στο διαδίκτυο.

Στο **4^{ο} Κεφάλαιο** επιδιώκεται να παρουσιαστούν οι εξισώσεις και το υπόβαθρο τα οποία χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά του φορέα τόσο σε δυναμική όσο και στατική απόκριση.

Στο **5^{ο} Κεφάλαιο** γίνεται ανάπτυξη των δράσεων – φορτίων επί της γέφυρας καθώς και των συνδυασμών υπό τον οποίων δρούν.

Στο **6^{ο} Κεφάλαιο** παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των δράσεων επί των μελών της γέφυρας αλλά και των εντατικών μεγεθών που ασκούνται στις διατομές αυτών.

Στο **7^{ο} Κεφάλαιο** πραγματοποιείται μία προσπάθεια να αντικατασταθούν οι διατομές των μελών που αστοχούν από τις παραπάνω φορτίσεις με αντίστοιχες συγκολλητές προκειμένου να αυξηθεί η φέρουσα ικανότητα της γέφυρας.

Στο **8ο Κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη του αρχικού φορέα και του ενισχυμένου φορέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Περιγραφή και Χαρακτηριστικά Γέφυρας Bailey (USA ARMY DC, 9 May 1986) (ΒΑΡΛΑΜΟΣ n.d.)Γενικά

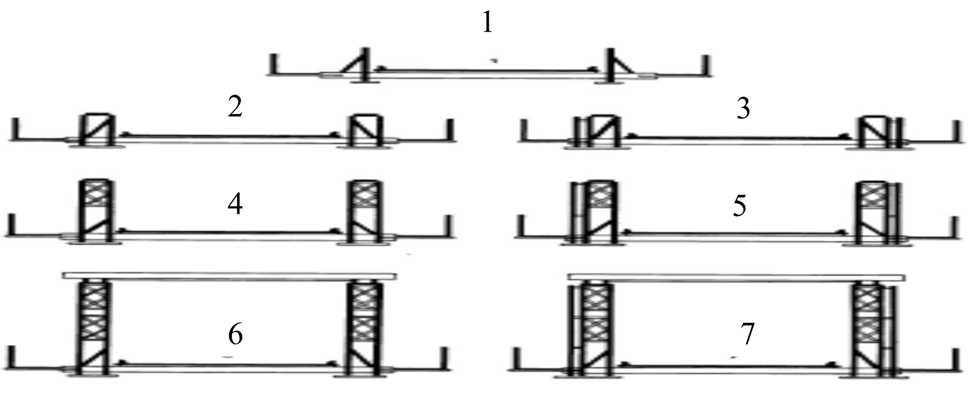
Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας θα παρουσιασθεί κατά κύριο λόγο ο φορέας της γέφυρας Bailey 80 ποδών τύπου M2 από πλευράς υλικών, τρόπου σύνδεσης και φέρουσας ικανότητας, όπως αυτά αναφέρονται στο σχετικό Τεχνικό Εγχειρίδιο (USA ARMY DC, 9 May 1986).

2.Χαρακτηριστικά Γέφυρας Bailey

2.1Τύποι Φορέα

Με το υλικό των συλλογών της γέφυρας Bailey μπορούν να κατασκευαστούν αμφιέρειστοι και με κατάλληλη προσαρμογή συνεχείς φορείς. Οι αμφιέρειστοι φορείς μπορούν να καλύψουν ανοίγματα από 30 πόδια (9,144 μέτρα) έως 210 πόδια(64,01 μέτρα). και έχουν φέρουσα ικανότητα πάνω από 100 τόνους, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και συνδυασμούς ανοίγματος και τύπου φορέα.

Οι κύριες δοκοί του φορέα είναι δύο στα άκρα οι οποίοι ανάλογα με τις απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας μορφοποιούνται στις γέφυρες των σκαριφημάτων της εικόνας 1 των οποίων ο χαρακτηρισμός φαίνεται στον πίνακα 1.



Εικόνα 1:*Μορφές φορέα Bailey*

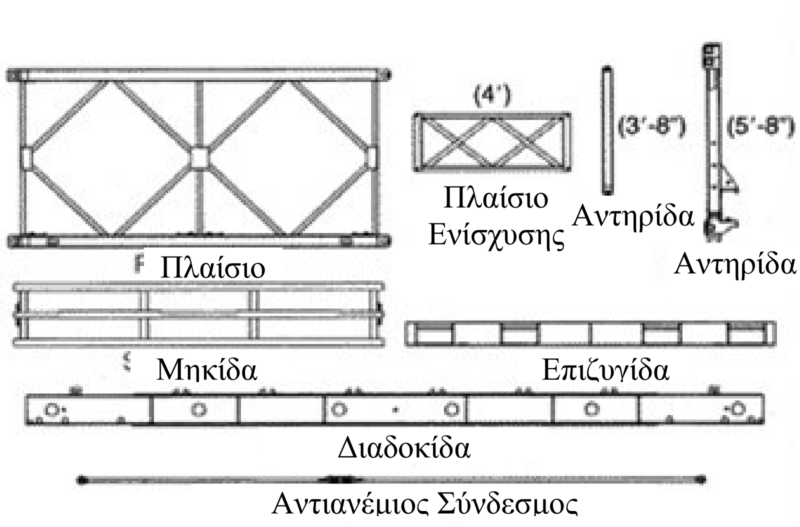
πηγη:FM 5-277-http://library.enlisted.info/field-manuals/series-1/FM5_277/CH1.PDF

Α/Α	ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΕΩΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΝΤΜΗΣΗ
1	Μία σειρά πλαισίων, ένας όροφος	Απλός - Απλός	Α/Α
2	Δύο σειρές πλαισίων ένας όροφος	Διπλός - Απλός	Δ/Α
3	Τρεις σειρές πλαισίων, ένας όροφος	Τριπλός - Απλός	Τ/Α
4	Δύο σειρές πλαισίων, δύο όροφοι	Διπλός - Διπλός	Δ/Δ
5	Τρεις σειρές πλαισίων, δύο όροφοι	Τριπλός - Διπλός	Τ/Δ
6	Δύο σειρές πλαισίων, τρεις όροφοι	Διπλός - Τριπλός	Δ/Τ
7	Τρεις σειρές πλαισίων, τρεις όροφοι	Τριπλός - Τριπλός	Τ/Τ

Πίνακας 1: Ονοματολογία φορέων Bailey

2.2Εξαρτήματα-υλικά της συλλογής γέφυρας Bailey

Ο κάθε φορέας αποτελείται από τα ίδια εξαρτήματα με τη μόνη διαφορά ότι από φορέα σε φορέα αυξάνεται ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων τεμαχίων από κάθε ομάδα εξαρτημάτων.



Εικόνα 2:Κύρια μέρη και εξαρτήματα συλλογής γέφυρας Bailey

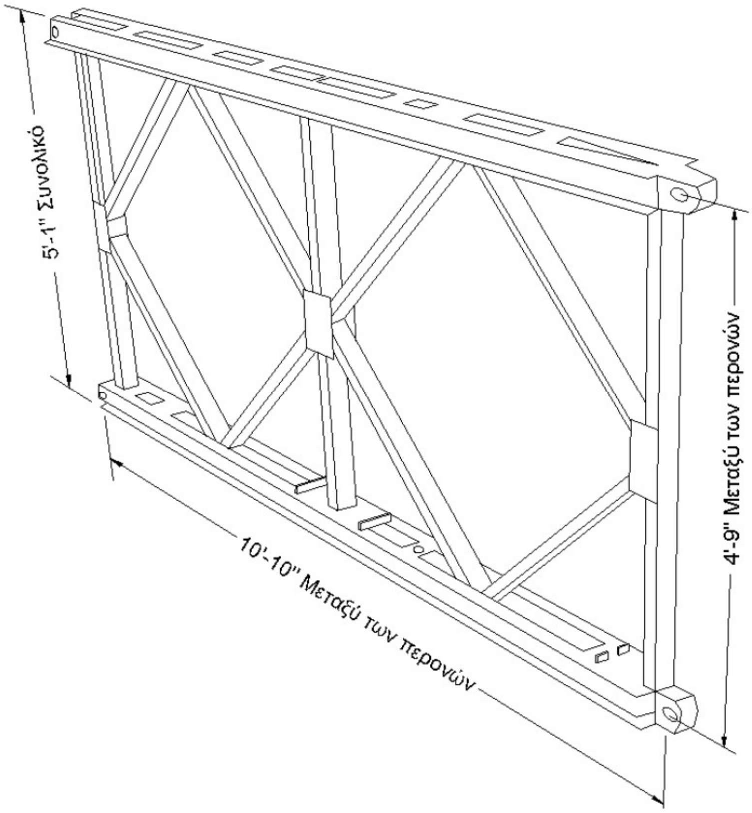
πηγή:FM 5-277

2.2.1.Πλαίσιο (Panel)

α. Το πλαίσιο (Εικόνα 3) είναι το κύριο υλικό της γέφυρας. Είναι ηλεκτροσυγκολλημένο δικτύωμα από χαλύβδινα μεγάλης αντοχής τεμάχια. Έχει μήκος 10 πόδια (3,05 μέτρα), ύψος 5 πόδια και 1 ίντσα (1,55 μέτρα) και πλάτος 6.½ ίντσες (16,51 εκατοστά). Το βάρος του είναι 577 λίβρες ή 261,72 κιλά και μεταφέρεται από 6 άνδρες με ράβδους μεταφοράς.

β. Τα οριζόντια μέρη του πλαισίου καλούνται πέλματα. Οι διαδοκίδες στερεώνονται πάνω σε 4 υποδοχές τις οποίες έχει το πλαίσιο στην πάνω επιφάνεια του κάτω πέλματος, κοντά στους ορθοστάτες τους. Η κατά πλάτος απόσταση μεταξύ των κέντρων των οπών των τόρμων του πλαισίου, είναι 4 πόδια και 9 ίντσες (1,45 μέτρα).

γ. Τα πέλματα του πλαισίου φέρουν στη μία άκρη αρσενικούς τόρμους, ενώ στην άλλη άκρη θηλυκούς τόρμους. Τα πλαίσια συνδέονται μεταξύ τους με τα άκρα τους, όπου το θηλυκό του ενός πλαισίου ενώνεται με το αρσενικό του άλλου πλαισίου. Η σύνδεση και σταθεροποίηση γίνεται με την τοποθέτηση περονών μέσα από τις οπές των τόρμων.



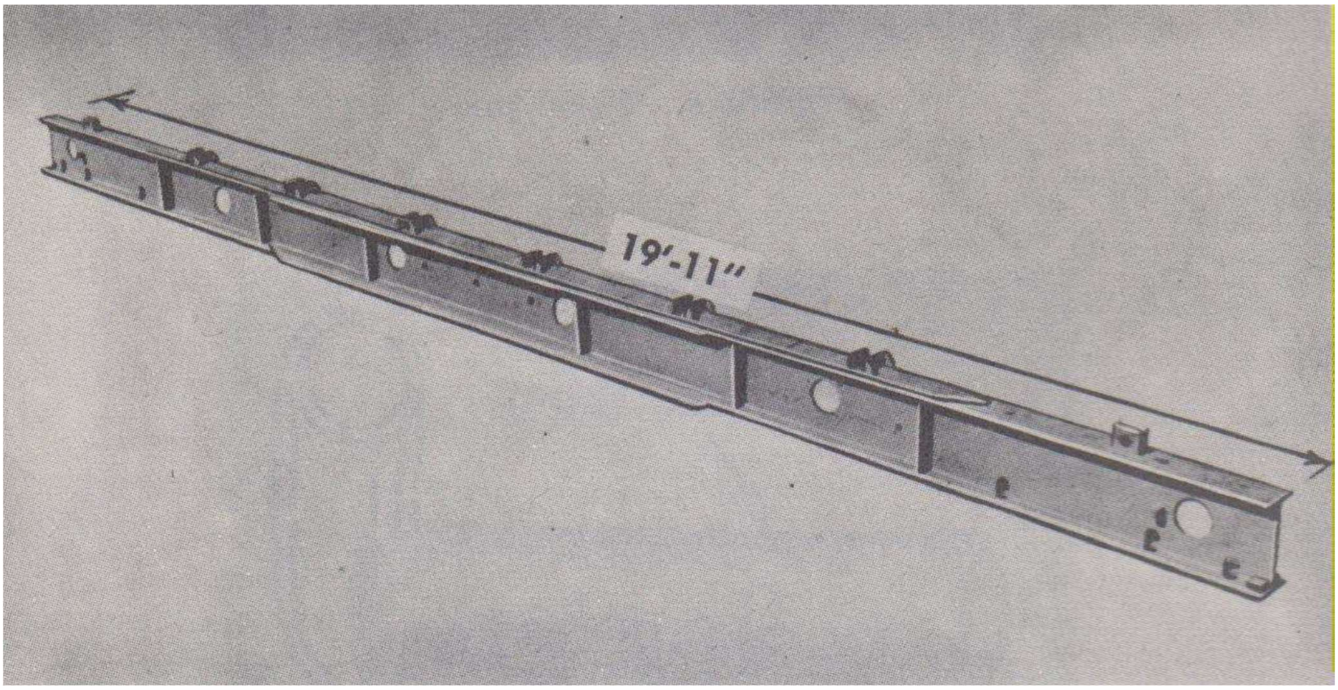
Εικόνα 3 Πλαίσιο

2.2.2.Διαδοκίδα (Transom)

α. Η διαδοκίδα (Εικόνα 4) χρησιμεύει για την υποστήριξη του καταστρώματος. Έχει σχήμα διπλού Τ, ύψος 10 ίντσες και μήκος 19 πόδια και 11 ίντσες, με πέλματα 4. ½ ίντσας και με πλάκα ενισχύσεως των πελμάτων πάχους 5/16 ιντσών. Έχει βάρος 618 λίβρες και μεταφέρεται από 8 άντρες είτε με ράβδους μεταφοράς οι οποίες εισέρχονται μέσα από οπές τις οποίες έχει η διαδοκίδα στο εσωτερικό της, είτε με αρπάγες μεταφοράς οι οποίες συγκρατούν τη διαδοκίδα από το πάνω πέλμα της.

β. Το κάτω πέλμα της διαδοκίδας έχει 6 οπές, μέσα στις οποίες προσαρμόζονται οι τόρμοι των πλαισίων για τη συγκράτηση αυτής. Στο πάνω πέλμα της διαδοκίδας υπάρχουν 6 εγκοπές (“αυτάκια”) για τη συγκράτηση των μηκίδων. Σε κάθε ένα άκρο της υπάρχουν ένας επιπλέον τόρμος, για τη προσαρμογή των αντηρίδων και τόρμοι – υποδοχές για τη στερέωση των διαδοκίδων του πεζοδρομίου.

γ. Οι διαδοκίδες στηρίζονται στην πάνω επιφάνεια του κάτω πέλματος των πλαισίων και στερεώνονται με τους συνδετήρες διαδοκίδων. Για κλάσεις γεφυρών μέχρι 70, τοποθετούνται 2 διαδοκίδες σε κάθε πλαίσιο, σε αποστάσεις 5 ποδών μεταξύ τους. Η μία στο μέσο και η άλλη στη μία άκρη του πλαισίου. Για κλάσεις γεφυρών πάνω από 70, απαιτούνται 4 διαδοκίδες σε κάθε στοιχείο.

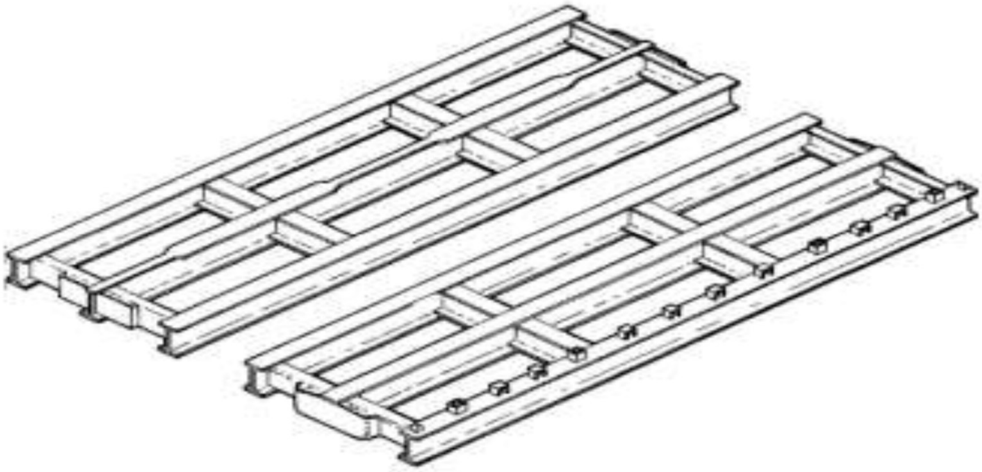


Εικόνα 4 Διαδοκίδα

2.2.3.Μηκίδα (Stringer)

α. Οι μηκίδες (Εικόνα 5) δέχονται τα φορτία των εξαρτημάτων που είναι πάνω στο κατάστρωμα της γέφυρας. Αποτελούνται από τρεις χαλύβδινους δοκούς σχήματος διπλού Ταυ 4 ιντσών (10,16 εκατοστά), μήκους 10 ποδών, όπου συνδέονται με συγκολλημένα μεταξύ τους τεμάχια. Υπάρχουν δύο είδη μηκίδων, οι ακραίες μηκίδες βάρους 267 λιβρών (121,11 κιλά) και οι μεσαίες μηκίδες βάρους 260 λιβρών (117,93 κιλά). Η μόνη διαφορά στις μηκίδες αυτές είναι ότι οι ακραίες έχουν 12 υποδοχές, στη μία ακραία χαλύβδινη δοκό, οι οποίες συγκρατούν τις άκρες των διπλάκων.

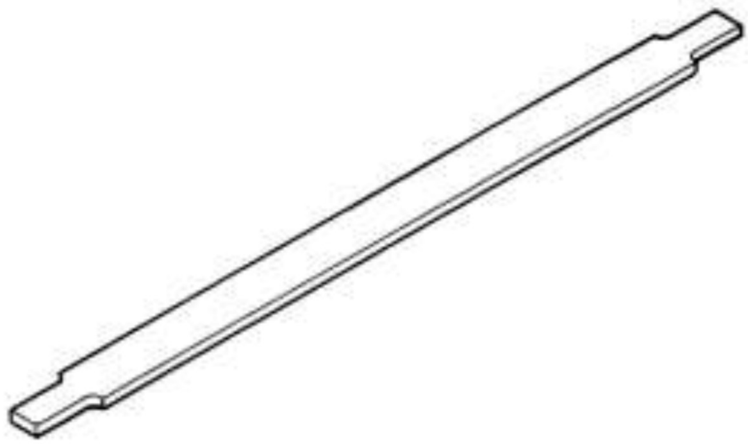
β. Κάθε στοιχείο γέφυρας έχει 6 μηκίδες, τέσσερις μεσαίες και δύο ακραίες (μία σε κάθε πλευρά) Οι μηκίδες συγκρατούνται στις θέσεις τους, από τις εγκοπές τις οποίες έχει η διαδοκίδα.



Εικόνα 5 Μηκίδα

2.2.4.Δίπλακες (Chess)

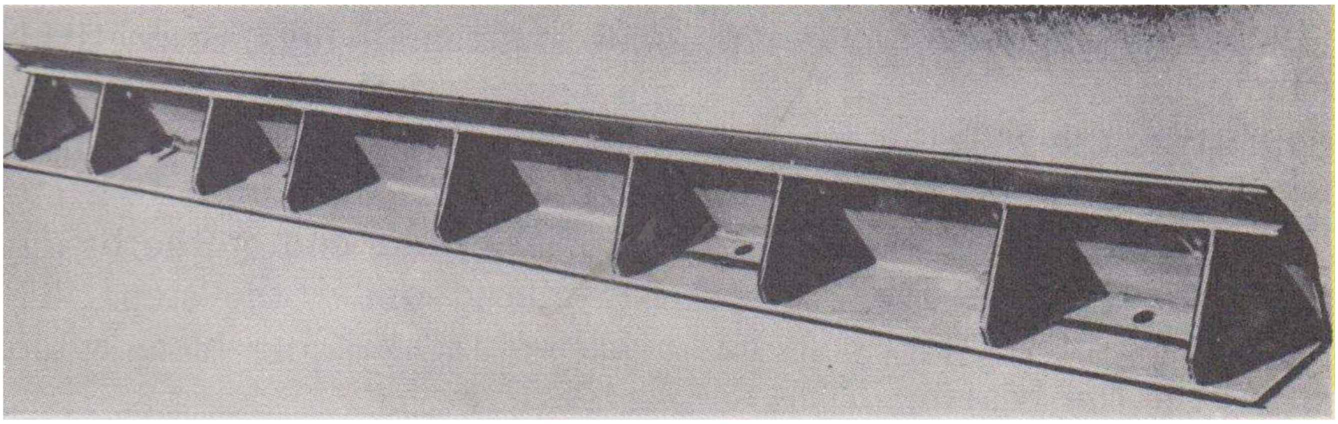
Οι δίπλακες (Εικόνα 6) σχηματίζουν την επιφάνεια του καταστρώματος.Έχουν πάχος 2 ίντσες, πλάτος 8.3/4 ίντσες και μήκος 13 πόδια και 10 ίντσες;.Είναι ξύλινες και ζυγίζουν 65 λίβρες. Στα άκρα τους φέρουν εγκοπές ώστε να προσαρμόζονται μέσα στις υποδοχές των ακραίων μηκίδων. Κάθε στοιχείο γέφυρας αποτελείται από 13 δίπλακες, τοποθετημένες κάθετα με τις μηκίδες και μέσα στις υποδοχές αυτών. Συγκρατούνται στη θέση τους με τις επιζυγίδες.



Εικόνα 6 Δίπλακες

2.2.5.Επιζυγίδες(Ribands)

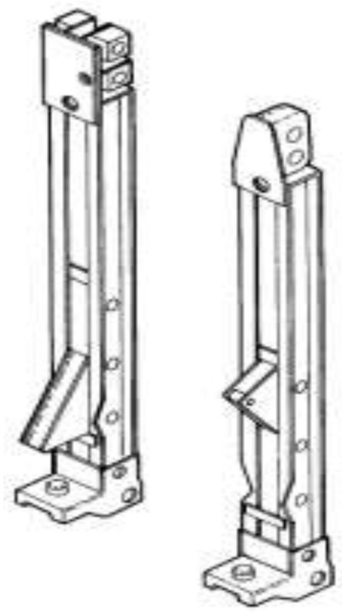
Οι επιζυγίδες (Εικόνα 7) είναι χαλύβδινα τμήματα του καταστρώματος με διττή χρήση. Πρώτα για να συγκρατούν της δίπλακες σε επαφή με τις μηκίδες και κατά δεύτερο για να προστατεύουν τα πλαίσια από πρόσκρουση οχημάτων επι αυτών. Έχουν μήκος 10 πόδια (3,048 μέτρα) και βάρος 74 κιλά.



Εικόνα 7 Επιζυγίδες

2.2.6.Ακραίοι Ορθοστάτες.

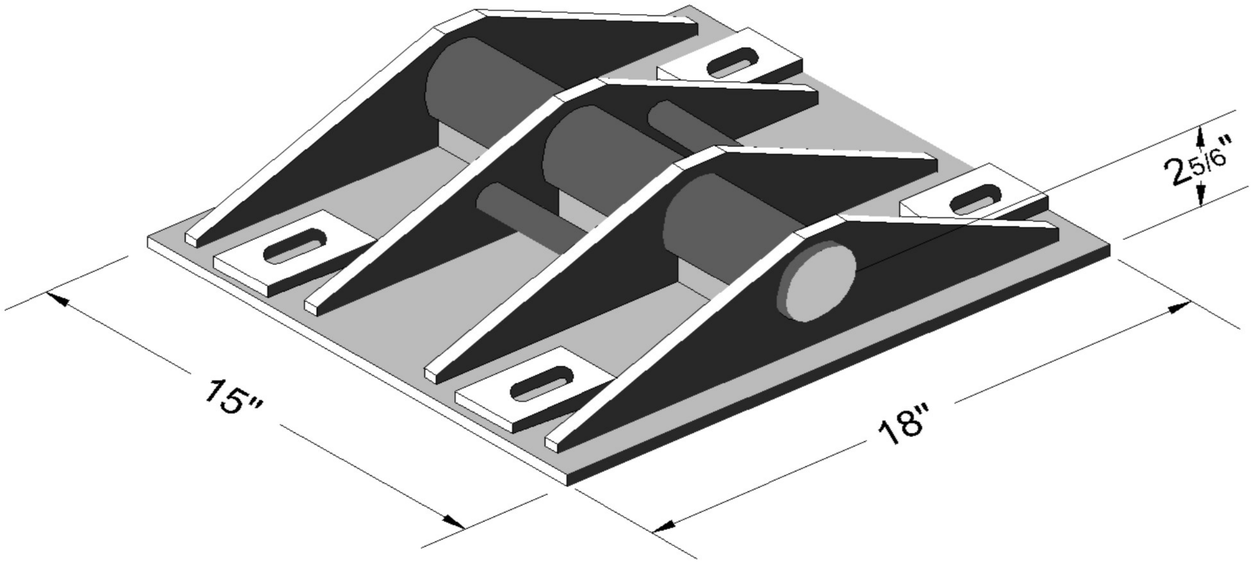
Οι ακραίοι ορθοστάτες (εικόνα Δ-16) τοποθετούνται και στα δύο άκρα τηςγέφυρας παραλαμβάνοντας τις τέμνουσες δυνάμεις. Τοποθετούνται στα πλαίσιατου ορόφου που συγκρατεί – φέρει το κατάστρωμα. Έχουν ύψος 5 πόδια και 8ίντσες και είναι κατασκευασμένοι από δύο αυλακωτούς, συγκολλημένους με πλάκες, δοκούς πλάτους 4 ιντσών. Υπάρχουν δύο τύποι ορθοστατών, οι αρσενικοί και οι θηλυκοί, οι οποίοι έχουν αρσενικούς και θηλυκούς τόρμους αντίστοιχα. Οι τόρμοι αυτοί στερεώνονται στα ακραία πλαίσια της γέφυρας με περόνες πλαισίων, διερχόμενες μέσα από τις οπές αυτών. Οι αρσενικοί ορθοστάτες ζυγίζουν 121 λίβρες και οι θηλυκοί 130 λίβρες. Οι ακραίοι ορθοστάτες έχουν υποδοχή για τη στήριξη της διαδοκίδας, τοποθετημένης εξωτερικά των πλαισίων στο ένα άκρο της γέφυρας. Κατά την ανύψωση της γέφυρας οι γρύλλοι τοποθετούνται κάτω από την αναφερόμενη παραπάνω υποδοχή. Το κάτω μέρος του ορθοστάτη έχει ημικυκλική υποδοχή, η οποία εφαρμόζει πάνω στα εφέδρανα



Εικόνα 8 Ακραίοι Ορθοστάτες

2.2.7.Εφέδρανα.

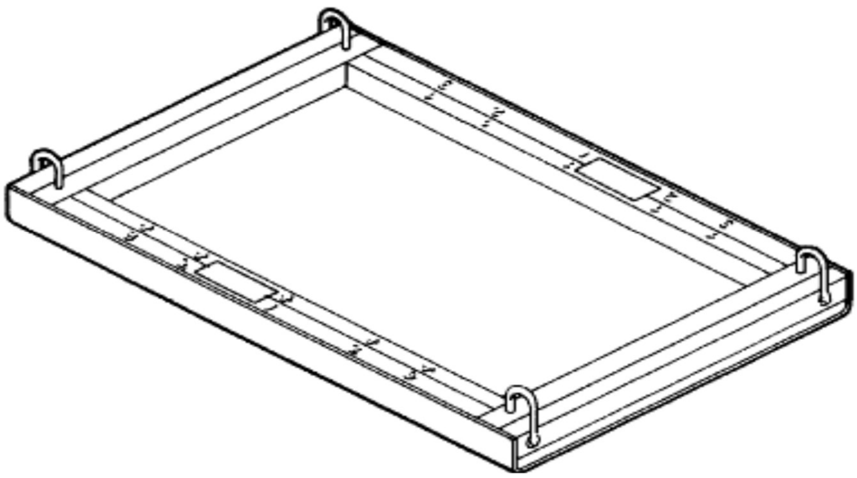
Σκοπός των εφεδράνων (Εικόνα 9) είναι η κατανομή του φορτίου της γέφυρας στην πλάκα εδράσεως. Τα εφέδρανα αποτελούνται από συγκολλημένα χαλύβδινα τεμάχια, τα οποία φέρουν μία στρογγυλή ράβδο, πάνω στην οποία κάθεται η κοίλη ημικυκλική επιφάνεια εδράσεως των ακραίων ορθοστατών της γέφυρας. Κατά την κατασκευή της γέφυρας, τα εφέδρανα χρησιμοποιούνται για τη στήριξη των ταλαντευόμενων κυλίστρων πάνω σε αυτά. Η στρογγυλή ράβδος του εφεδράνου διαιρείται σε τρία τμήματα με κατακόρυφες πλάκες. Σε Α/Α γέφυρα, ο ορθοστάτης στηρίζεται στο μεσαίο τμήμα της ράβδου του εφεδράνου. Σε γέφυρα διπλή κατά πλάτος τοποθετούνται δύο εφέδρανα, όπου κάθε ορθοστάτης στηρίζεται στο μεσαίο τμήμα της ράβδου κάθε εφεδράνου. Για τριπλή κατά πλάτος γέφυρα τοποθετούνται πάλι δύο εφέδρανα και ο μεν εσωτερικός ορθοστάτης στηρίζεται στο μεσαίο τμήμα της ράβδου του εσωτερικού εφεδράνου, οι δε δύο εξωτερικοί ορθοστάτες στηρίζονται στα δύο ακραία τμήματα της ράβδου του εξωτερικού εφεδράνου. Το ύψος του εφεδράνου είναι 4 5/16 ίντσας, οι διαστάσεις του είναι 15΄΄x18΄΄, ενώ το βάρος του είναι 68 λίβρες. Η εικόνα Δ-29 δείχνει τις θέσεις των εφεδράνων κάτω από γέφυρα απλή, διπλή και τριπλή κατά πλάτος.



Εικόνα 9 Εφέδρανα

2.2.8.Πλάκα Εδράσεως

Η πλάκα εδράσεως (Εικόνα 10) αποτελείται από συγκολλημένα χαλύβδινα τμήματα. Είναι τελείως επίπεδη και στις τέσσερις πλευρές της φέρει προεξοχές πάνω από την επιφάνεια της. Στις τέσσερις γωνίες της, έχει χειρολαβές για τη μεταφορά της. Η πλάκα εδράσεως χρησιμεύει για την τοποθέτηση πάνω σε αυτήν, των εφεδράνων και για την εν συνεχεία διανομή των φορτίων της γέφυρας στο έδαφος ή σε ξύλινες εσχάρες. Η επιφάνεια εδράσεως της πλάκας είναι 13. ½ τετραγωνικά πόδια, ενώ το βάρος της είναι 381 λίβρες (172,82 κιλά). Είναι αρκετά μεγάλη για να δέχεται τα εφέδρανα της γέφυρας. Τα εφέδρανα μπορούν να ολισθαίνουν πάνω στην πλάκα κατά 9 ίντσες (22,86 εκατοστά). Στις δύο μεγάλες πλευρές της, έχει χαραγμένους τους αριθμούς 1, 2 και 3, με σκοπό να καταδεικνύεται η θέση ης πλάκας κάτω από την εσωτερική σειρά των πλαισίων απλού, διπλού και τριπλού φορέα γέφυρας

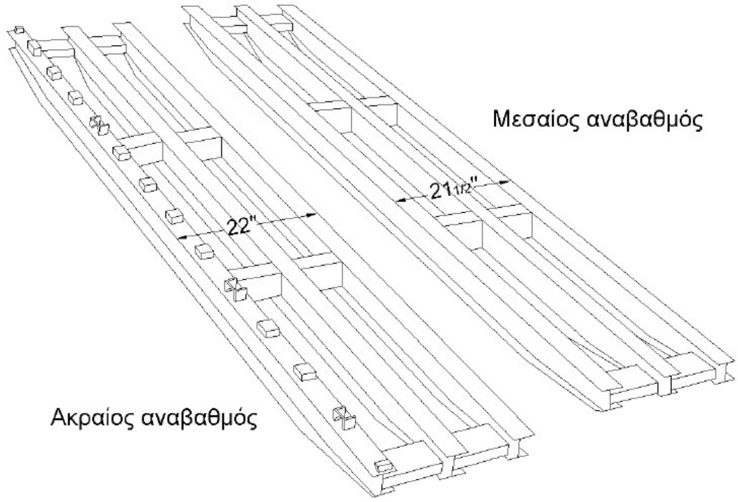


Εικόνα 10 Πλάκα Εδράσεως

2.2.9.Αναβαθμοί.

α. Οι αναβαθμοί (Εικόνα 11) είναι περίπου όμοιοι με τις μηκίδες. Αποτελούνται από χαλύβδινους δοκούς σχήματος διπλού Ταυ των 5 ιντσών, συνδεδεμένους μεταξύ τους με χαλύβδινα τεμάχια. Το μήκος τους είναι 10 πόδια. Η κάτω επιφάνεια αυτών και κοντά στις άκρες τους, παρουσιάζεται ως κεκλιμένο επίπεδο από κάτω προς τα πάνω. Υπάρχουν δύο είδη αναβαθμών: Οι μεσαίοι, οι οποίοι ζυγίζουν 338 λίβρες και οι ακραίοι, με βάρος 349 λίβρες. Οι ακραίοι και μεσαίοι αναβαθμοί είναι όμοιοι μεταξύ τους, με μόνη διαφορά ότι οι ακραίοι στη μία τους πλευρά, φέρουν 12 υποδοχές για τη συγκράτηση των διπλάκων στις θέσεις τους.

β. Για τη κατασκευή των προσβάσεων (αναβαθμών) της γέφυρας τοποθετούνται τέσσερις μεσαίοι και δύο ακραίοι αναβαθμοί, οι οποίοι συνδέουν τα άκρα της γέφυρας με τις όχθες. Εάν η κλίση είναι πολύ μεγάλη, τοποθετούνται δύο στοιχεία αναβαθμών κατά μήκος στηριζόμενα στο σημείο επαφής τους, πάνω σε διαδοκίδα, η οποία διατηρείται στη θέση της από τέσσερα πέδιλα αναβαθμών. Όταν η κλάση της γέφυρας είναι 45 και άνω, οι αναβαθμοί πρέπει να στηρίζονται στο μέσο τους, με ξύλινα υποθέματα. Τα άκρα των αναβαθμών προσαρμόζονται στις εγκοπές της ακραίας διαδοκίδας της γέφυρας.



Εικόνα 11 Αναβαθμοί

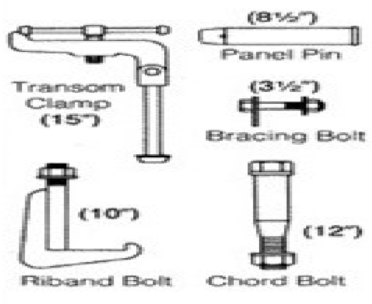
2.2.10.Εγκάρσιο Πλαίσιο

Το εγκάρσιο πλαίσιο (Εικόνα 12) είναι πλαίσιο ορθογωνικού σχήματος διαστάσεων 4 πόδια και 4 ίντσες επί 1 πόδι και 8 ίντσες και σε κάθε γωνία έχει ένα κοίλο κωνικό τόρμο. Έχει βάρος 44 λίβρες. Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των δύο εσωτερικών σειρών πλαισίων, σε γέφυρες διπλές και τριπλές κατά πλάτος. Τοποθετούνται οριζόντια επί των πάνω πελμάτων των πλαισίων και κατακόρυφα στη μία πλευρά αυτών (σε κάθε στοιχείο γέφυρας) και μόνο στο δεύτερο και τρίτο όροφο. Στερεώνονται με βλήτρα συνδέσμων.

Εικόνα 12 Εγκάρσιο Πλαίσιο

2.2.11.Υλικά Σύνδεσης

Διάφορα βλήτρα και πείροι χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις των εξαρτημάτων της γέφυρας.



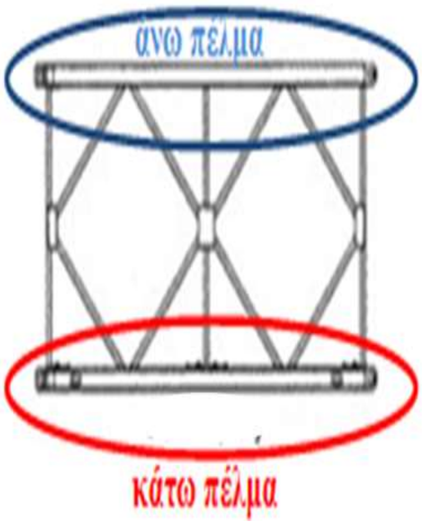
Εικόνα 13:Πείροι και βλήτρα σύνδεσης

πηγή:FM 5-277

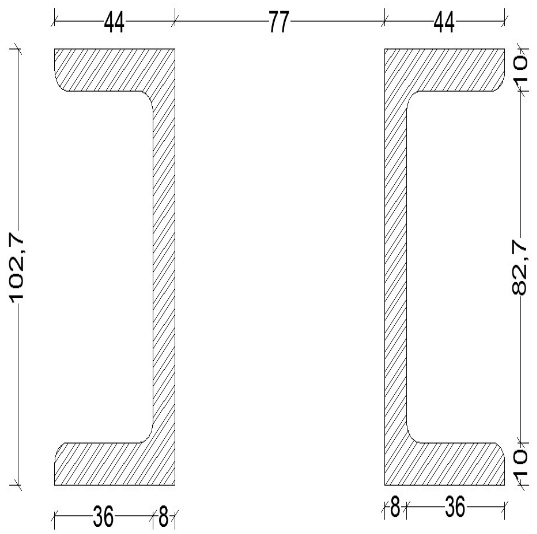
2.2.12.Γεωμετρικά και μηχανικά στοιχεία διατομών (ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ n.d.)

2.2.12.(α) Διατομές πέλματος πλαισίου.

Έκαστο πέλμα πλαισίου αποτελείται από δύο διατομές τύπου [(channel) με διαστάσεις όπως απεικονίζονται στα παρακάτω σχέδια.



Εικόνα 14:Απεικόνιση πλαίσιου 10 ποδών



Σκαρίφημα 1: Διατομή άνω και κάτω πέλματος δοκού

Για το πέλμα χρησιμοποιούνται δύο διατομές για καθαρά πρακτικούς λόγους καθώς επι των δοκών έχουν συγκολληθεί τεμάχια που απαιτούνται για τις συνδέσεις καθ’ ύψος. Με τη χρήση των δύο διατομών σε απόσταση μεταξύ τους 77 mm επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη συγκόλληση των ορθοστατών και των χιαστί ενισχύσεων δημιουργώντας ταυτόχρονα άκαμπτους κόμβους δικτυώματος.
Έκαστη διατομή του άνω ή κάτω πέλματος του πλαισίου έχει:

2.2.12(α).(1) Εμβαδό A(α-κ) πέλματος

=3083,2 mm^2.

2.2.12.(α).(2) Ροπή αδράνειας ισχυρού άξονα I3-3

= 4549860 mm^4= 454,9860 cm^4= $4,55*10^{-6} m^4$.

2.2.12.(α).(3) Ροπή αδράνειας ασθενούς άξονα I2-2

= 9123074 mm^4= 912,3074 cm^4= $9,21*10^{-6} m^4$.

2.2.12(α).(4) Ροπή αδράνειας διατομής σύνθετης δικτυωτής δοκού

Η ροπή της σύνθετης δικτυωτής δοκού αποτελούμενης από τα πλαίσια των 10 ποδών υπολογίζεται με δύο (2) τρόπους προκειμένου να διαπιστωθεί η αξιοπιστία των μεθόδων.

Υπολογισμός ροπών αδράνειας δοκού με τη κλασική θεωρητική μεθοδολογία

$A_{διατομής}$ = 2* $A_{(α-κ)\ πέλματος}$ =2*3083,2 mm^2=6166,4 mm^2.

I_{3-3}= $3,238*10^9$ mm^4= 323825 cm^4=0,003238 m^4.

I_{2-2}= 18246147 mm^4= 1824,6147 cm^4=$1,125*10^{-5}$ m^4.

Υπολογισμός σύμφωνα με τις διατάξεις του EC-3

$$I_{eff} = 2*A_f*\left(\frac{h_0}{2}\right)^2 = 0,5*A_f*h_0^2 = 0,5*3083,2*1550^2 = 0,003704\ m^4.$$

Παρατηρείται μια διαφορά στο αποτέλεσμα των υπολογισμών της τάξης του 12,56% με μεγαλύτερη την υπολογιζόμενη σύμφωνα με τις διατάξεις του EC-3. Αυτή η διαφορά προκύπτει από το γεγονός ότι στη μέθοδο του EC-3 θεωρείται στον υπολογισμό όλο το εμβαδό των πελμάτων.

2.2.12.(β) Διατομές ορθοστατών και διαγώνιων μελών πλαισίων

Έκαστο εκ των ορθοστατών και διαγωνίων είναι της αυτής διατομής τύπου [(channel) με διαστάσεις όπως απεικονίζονται στο παρακάτω σκαρίφημα.

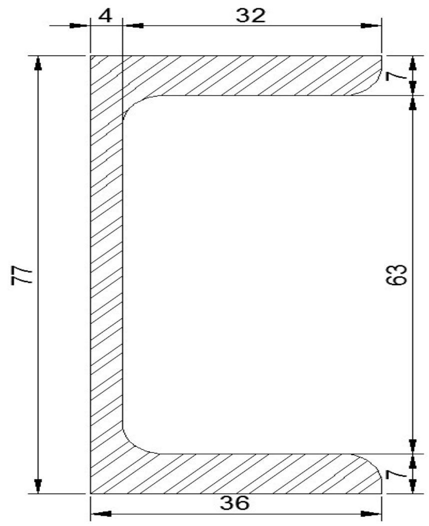
h= 77 mm

b= 32 mm

t_w= 4 mm

t_f= 7 mm

Ροπή αδράνειας ασθενούς άξονα $I_{2\text{-}2}$= 8960mm^4=0,0000896m^4



Σκαρίφημα 2:Διατομή ορθοστάτη και διαγώνιου μέλους πλαισίου

2.2.12.(γ) Διατομή διαδοκίδας

Η διαδοκίδα είναι διατομής σειράς IPN με τα παρακάτω χαρακτηριστικά τα οποία μετρήθηκαν επί τόπου με παχύμετρο:

G= 46,13 Kg/m

h= 265 mm

b= 115 mm

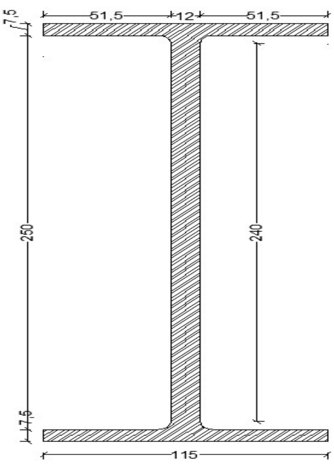
t_w= 12 mm

t_f= 7,5 mm

A= 45,7 cm^2

r_1= 5 mm

Ροπή αδράνειας ασθενούς άξονα $I_{2\text{-}2}$=0.0000323438m^4



Σκαρίφημα 3:Διατομή διαδοκίδας

2.2.13 Κατάταξη διατομών.

Διατομή πελμάτων (2xUPN)

Το όριο διαρροής ελήφθει κατόπιν πειραματικών δεδομένων **f_y=344 MPa**.

ε= $\sqrt{\frac{235}{344}} = 0{,}826 \qquad \Rightarrow \qquad \frac{c}{t} = \frac{44}{10} = 4{,}4 < 9 * \varepsilon = 0{,}826$

επομένως η διατομή είναι κατηγορίας 1.

Διατομή ορθοστατών και διαγωνίων πλαισίου(UPN)

$\frac{c}{t} = \frac{36}{7} = 5{,}14 < 9 * \varepsilon = 0{,}826$ επομένως η διατομή είναι κατηγορίας 1.

Διατομή διαδοκίδας (IPN)

$\frac{c}{t} = \frac{115-}{7.5} = 6.87 < 9 * \varepsilon = 0{,}826$ επομένως η διατομή είναι κατηγορίας 1.

2.2.14 Υπολογισμός της διατμητικής δυσκαμψίας δοκού από πλαίσια Bailey. (ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ n.d.)

Ο υπολογισμός της διατμητικής δυσκαμψίας της δικτυωτής δοκού του φορέα ακολουθεί την παρακάτω πορεία:

α. Εφαρμόζεται στο φορέα μια μοναδιαία εγκάρσια δύναμη V=1kN.

β. Προσδιορίζεται η ένταση στις ράβδους του δικτυώματος.

γ. Προσδιορίζεται η πλευρική παραμόρφωση ενός φατνώματος του δικτυώματος από τη σχέση $\delta_s = \Sigma \int \frac{N^2}{EA} dx$. όπου N= αξονικές δυνάμεις των μελών του δικτυώματος λόγω της μοναδιαίας δύναμης και A= Αντίστοιχα εμβαδά των διατομών.

δ. Η διατμητική παραμόρφωση του φατνώματος, ύψους α, δίνεται από τη σχέση φ=$\frac{\delta s}{a}$.

ε. Η διατμητική δυσκαμψία προσδιορίζεται από τη σχέση $S_V = \frac{V}{\varphi} = \frac{1}{\varphi}$ καθώς V=1.

Στη παρούσα εργασία για τον υπολογισμό της διατμητικής δυσκαμψίας χρησιμοποιείται ένα εκ των πλαισίων του φορέα το οποίο στηρίζεται με αρθρώσεις στους κόμβους αρχής (άνω και κάτω πέλμα) και φόρτίζεται με μοναδιαίο φορτίο 1 kN κόμβο της θέσης A όπως φαίνεται στην εικόνα 5. Οι μετατοπίσεις των ακραίων κόμβων είναι αντίστοιχα δ_{s1} =0,0476 και δ_{s2} =0,0433 από όπου θεωρώντας τον μέσο όρο τους υπολογίζουμε :

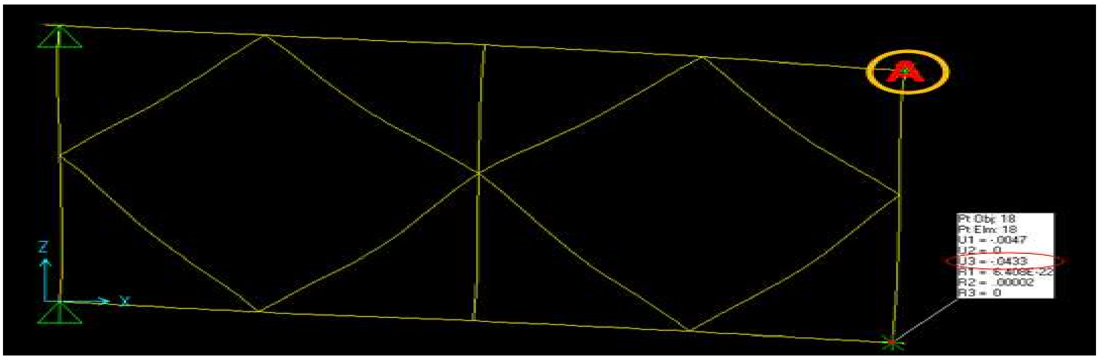
$$\delta_{\text{average}} = 0{,}04545\text{mm}$$

$$\varphi = \frac{\delta_s}{\alpha} = \frac{0{,}04545}{2948} = 1{,}542 * 10^{-5}$$

Επομένως η διατμητική δυσκαμψία είναι $S_V = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1{,}542*10^{-5}} = 64862{,}5$ κN

Για λόγους ανάλυσης μπορούμε να αντικαταστήσουμε ένα δικτυωτό κορμό από ένα ολόσωμο ισοδύναμου πάχους $(t_w)_{eq}$.

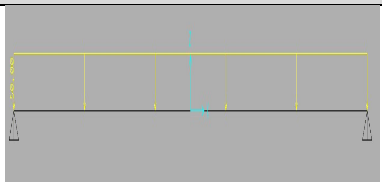
$$t_{w_{eq}} = \frac{S_v}{G*h_w} = \frac{64892{,}5\ kN}{75{,}5549\frac{kN}{mm^2}*1550mm} = 0{,}55mm$$



Εικόνα 15:Επίλυση πλαισίου με το Sap14 για τον υπολογισμό του Sv

2.2.15 Μεγεθυντικός συντελεστής βέλους λόγω παραμορφώσεων εκ τεμνούσων σε δοκούς ενός ανοίγματος. (ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ n.d.)

Στο Πίνακα 2 παρατίθενται τα βέλη λόγω ροπών κάμψης και ο μεγεθυντικός συντελεστής βέλους όταν ληφθούν υπόψη τα έργα εκ τεμνουσών.

Σύστημα	**Βέλη Εκ Ροπών W_M**	**Βέλη εκ Τεμνουσών W_V**	$\frac{W_M + W_v}{W_M}$
	$\frac{5ql^4}{384EI}$	$\frac{ql^2}{8S_v}$	$1+\frac{48EI}{5l^2S_v}$

Πίνακας 2:Μεγεθυντικός συντελεστής βέλους λόγω παραμορφώσεων εκ τεμνουσών

Χάλυβας κατασκευής εξαρτημάτων και υλικών γέφυρας Bailey **(ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ n.d.)**

Η γέφυρα Bailey είναι μια κατασκευή με διαχρονική χρήση. Η σύλληψη της το 1943 με μελλοντική πρόβλεψη για την κάλυψη αναγκών αυξανόμενων φορτίων, με την εξέλιξη της βιομηχανίας, οδήγησε την Βρετανική Βιομηχανία Χάλυβα στη βελτίωση των, μηχανικών χαρακτηριστικών του κράματος BS 968 1941(War Emergency Standard), το οποίο είχε χαρακτηριστικά ίδια με αυτό του BS 548 1934 , στο BS 968 No_1 1943 (War Time Amendend) . Οι αυξημένες απαιτήσεις στις κατασκευές και ειδικά για το υλικό της γέφυρας Bailey οδήγησε στη συνέχεια το 1962 με την εφαρμογή νέων τεχνικών παρασκευής την ανάπτυξη του BS 968 1962 με βελτίωση στο όριο διαρροής. Στα πλαίσια της δοκού και στους οριζόντιους συνδέσμους δυσκαμψίας (αντιανέμια) χρησιμοποιείται χάλυβας BS 968 και στα υπόλοιπα χρησιμοποιείται χάλυβας BS 15. Για τους πείρους των πλαισίων χρησιμοποιείται κράμα χάλυβα με μολυβδαίνιο-μαγγάνιο για την επίτευξη υψηλών αντοχών. Λεπτομέρειες παρουσιάζονται στο Πίνακα 3.

	πάχος υλικού σε inches	πάχος υλικού σε mm	Όριο διαρροής σε ton/sq.in	Όριο διαρροής σε Mpa	σmax εφελκυσμού (Mpa)
BS 15					
έως	0.75	19.05	16	220.64	455.07
έως	1.5	38.1	15	206.85	
πάνω από	1.5	38.1	14.75	203.4025	
BS 968 1941					
	1.25	31.75	23	317.17	592.97
	1.75	44.45	22	303.38	
	2.25	57.15	21	289.59	
	2.75	69.85	20	275.8	
πάνω από	2.75	69.85	19	262.01	
BS 968 1943					
μέχρι	0.75	19.05	21	289.59	565.39
πάνω από	0.75	19.05	19	262.01	537.81
BS 968 1962					
	0.625	15.875	23	317.17	537.81
	1.25	31.75	22.5	310.275	
	2	50.8	22	303.38	

Πίνακας 3:Χρησιμοποιούμενοι τύποι χάλυβα στα εξαρτήματα γέφυρας Bailey

Η εταιρία παραγωγής του υλικού της Bailey χρησιμοποιεί σήμερα χάλυβα υψηλής αντοχής με όριο διαρροής στα 50.000 psi /344 Mpa (ASTM A242) με αυξημένες αντοχές στις επίδραση των περιβαλλοντικών επιδράσεων.

Λόγω της αδυναμίας λήψης δοκιμίων (coupons) από το υλικό της γέφυρας, τόσο για πρακτικούς όσο και για οικονομικούς λόγους θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα προγενέστερης εργασίας που αφορά γέφυρα Bailey στο Πακιστάν (LTD n.d.).

Όσο αφορά το μέτρο ελαστικότητας αυτό υπολογίστηκε με τη εκτέλεση δοκιμών σε δοκίμια τα οποία ελήφθησαν από πλαίσια του ίδιου έτους κατασκευής με αυτά της υπόψη εργασίας.

Ο μέσος όρος των εργαστηριακών αυτών μετρήσεων είναι :

- Για το μέτρο ελαστικότητας : E=30.000 Ksi ήτοι 206,8 GPa.
- Για το φορτίο διαρροής των πελμάτων πάνελ: P=min:90 κN max:110 kN
- Για το όριο διαρροής : f_y =50 Ksi/344 MPa
- Για το όριο θραύσης : f_u= 78 Ksi/540 MPa

Ιδιότητα	Υλικό	Μονάδα	Τιμή
Ε:μέτρο ελαστικότητας	Steel BS 968	Gpa	206,8
f_y:τάση διαρροής	Steel BS 968	Mpa	344
f_u: τάση θραύσης	Steel BS 968	Mpa	540

Πινακας4:Πίνακας μέσων όρων παραδοχών ιδιοτήτων χάλυβα BS968

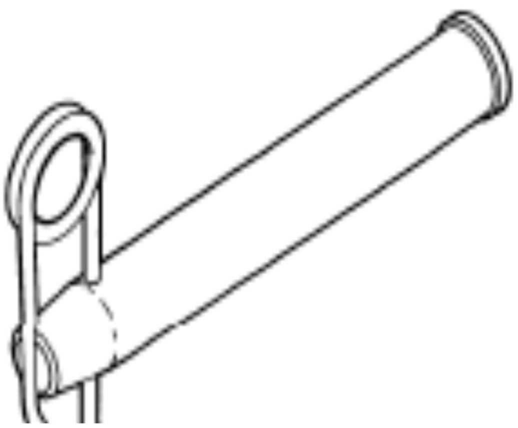
2.2.16.Λεπτομέρειες σύνδεσης των διαφόρων τμημάτων (ΣΤΡΑΤΟΥ n.d.)

2.2.16.(α). Γενικά

Η σύνδεση των διαφόρων τμημάτων της γέφυρας Bailey γίνεται είτε με πείρους είτε με κοχλίες. Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι κυριότερες και κρισιμότερες εξ αυτών.

2.2.16(α).(1).Σύνδεση Πλαισίων.

Η σύνδεση των πλαισίων υλοποιείται με πείρους (panel pins)

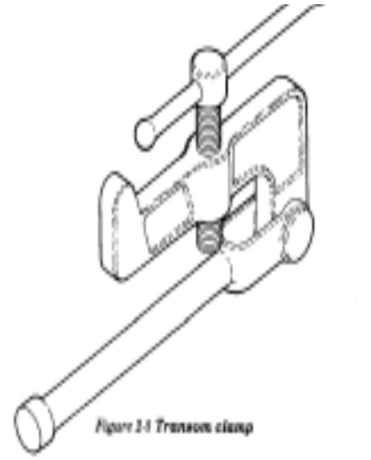


Εικόνα 16:Πείρος Σύνδεσης Πλαισίων
πηγη:FM 5-277

Εικόνα 17: Πείρος στη θέση σύνδεσης

2.2.16.(α).(2)Σύνδεση διαδοκίδων

Η σύνδεση των διαδοκίδων πραγματοποιείται με το συνδετήρα διαδοκίδας. Πρόκειται για ένα εξάρτημα το οποίο συγκρατεί την διαδοκίδα στο πέλμα του με σύνδεση πέλματος και ορθοστάτη και έχει βάρος 3,2 κιλά..



Εικόνα 18:Συνδετήρας Διαδοκίδας

Figure 6 Λεπτομέρεια από σύνδεση διαδοκίδας
:

2.2.16.(α).(3).Σύνδεση Δίπλακας

Η σύνδεση της δίπλακας με τις μηκίδες γίνεται με απλή έδραση επί αυτών (φωτογραφία 8).

2.2.16.(α).(4).Σύνδεση μηκίδας με επιζυγίδα

Η σύνδεση της μηκίδας με την επιζυγίδα γίνεται με το βλήτρο επιζυγίδας όταν το υλικό είναι της συλλογής της γέφυρας. Συνήθως στη γεφύρωση κωλυμάτων οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από την τοπική αυτοδιοίκηση παρατηρούνται αυτοσχέδιες επεμβάσεις.

Figure 7 Αυτοσχέδιες Επιζυγίδες σε Τριπλό-Διπλό Φορέα στο Θέρμο Αιτωλοακαρνανίας

Figure 8 Κατάστρωμα με επιζυγίδες της συλλογής γέφυρας Bailey

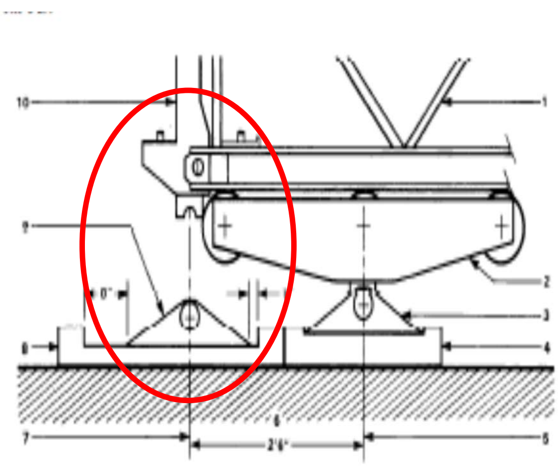
2.2.16.(α).(3).Σύνδεση των οριζόντιων συνδέσμων δυσκαμψίας

Η σύνδεση των στοιχείων αυτών γίνεται σε χιαστί διάταξη ανά δύο και συνδέονται με τα πλαίσια του αυτού κάθε φορά στοιχείου με πείρους όπως φαίνεται στη φωτογραφία.

Figure 9 Λεπτομέρεια σύνδεσης αντιανέμιων συνδέσμων

2.2.17.Έδραση γέφυρας

Η έδραση της γέφυρας πραγματοποιείται με την τοποθέτηση ορθοστατών στα τέσσερα ανεξάρτητα άκρα και τη κατασκευή εσχάρας. Βασικό μειονέκτημα είναι ότι με την διαδικασία αυτή σε ασταθή εδάφη είναι δυνατό να προκληθούν διαφορικές καθιζήσεις. Το πρόβλημα αυτό έχει αποκατασταθεί στη μετεξέλιξη της γέφυρας Bailey που είναι η τύπου Mabey-Johnson



Εικόνα 19:Λεπτομέρεια έδρασης της γέφυρας μέσω ορθοστάτη στη πλάκα έδρασης.

Εικόνα 20:Λεπτομέρεια έδρασης απλού φορέα 80 ποδών

2.3Περιγραφή του φορέα Bailey τύπου ΔΙΠΛΟΣ-ΑΠΛΟΣ 80 ποδών

2.3.1 Γενικά

Ο υπό εξέταση φορέας είναι τύπου διπλός – απλός συνολικού μήκους 80 ποδών (24,384 μέτρα).

Figure 10 Εγκατεστημένος φορέας Διπλός-Απλός 80 ποδών

2.3.2 Στατικό Προσωμοίωμα και γεωμετρικά χαρακτηριστικά γέφυρας

Πρόκειται για ισοστατικό (αμφιέρειστο) φορέα ο οποίος στα άκρα του φέρει δύο δικτυωτές δοκούς, αποτελούμενες από δύο σειρές πλαισίων κατά πλάτος και μια σειρά πλαισίων καθ’ύψος συνολικού μήκους 80 ποδών (16 πλαίσια των 10 ποδών έκαστη), μορφής δικτυώματος ρόμβου με παράλληλα ευθύγραμμα πέλματα.

Για την καθέλκυση του χρησιμοποιείτε η μέθοδος της προώθησης με τη χρήση προβόλου αποτελούμενου από 5 πλαίσια κατά μήκος ο οποίος αποσυναρμολογείτε με τη σταδιακή προώθηση του φορέα επί των ταλαντευόμενων κυλίστρων κατασκευής.

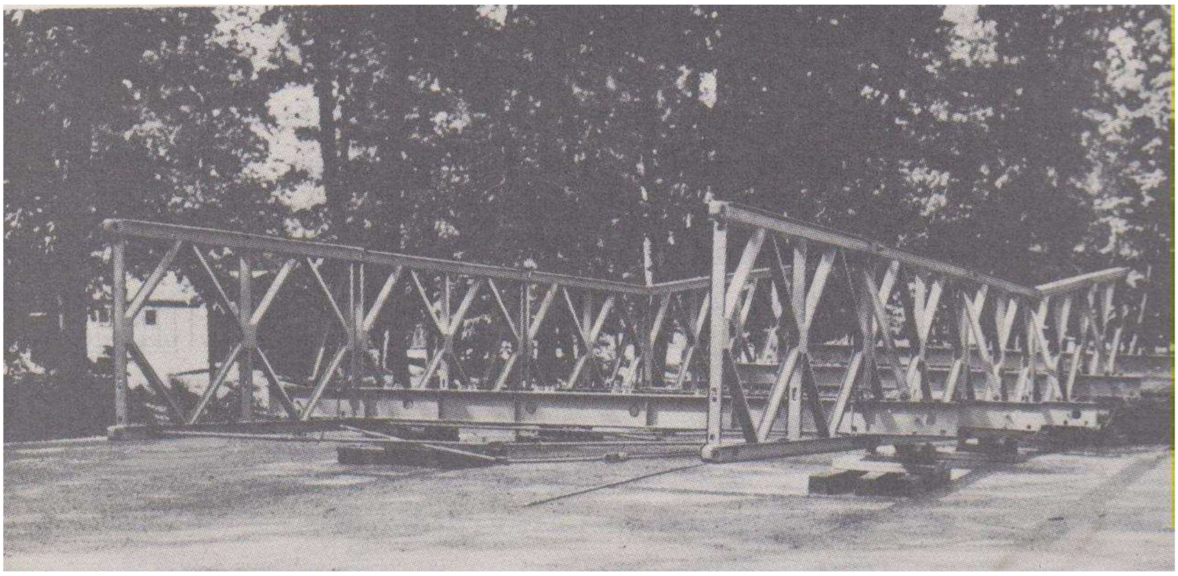


Figure 11 Πρόβολος Καθέλκυσης

Το δε ωφέλιμο πλάτος αυτής είναι 3,81 m μεταξύ των επιζυγίδων.

Figure 12 Ωφέλιμο πλάτος γέφυρας 3,81 m

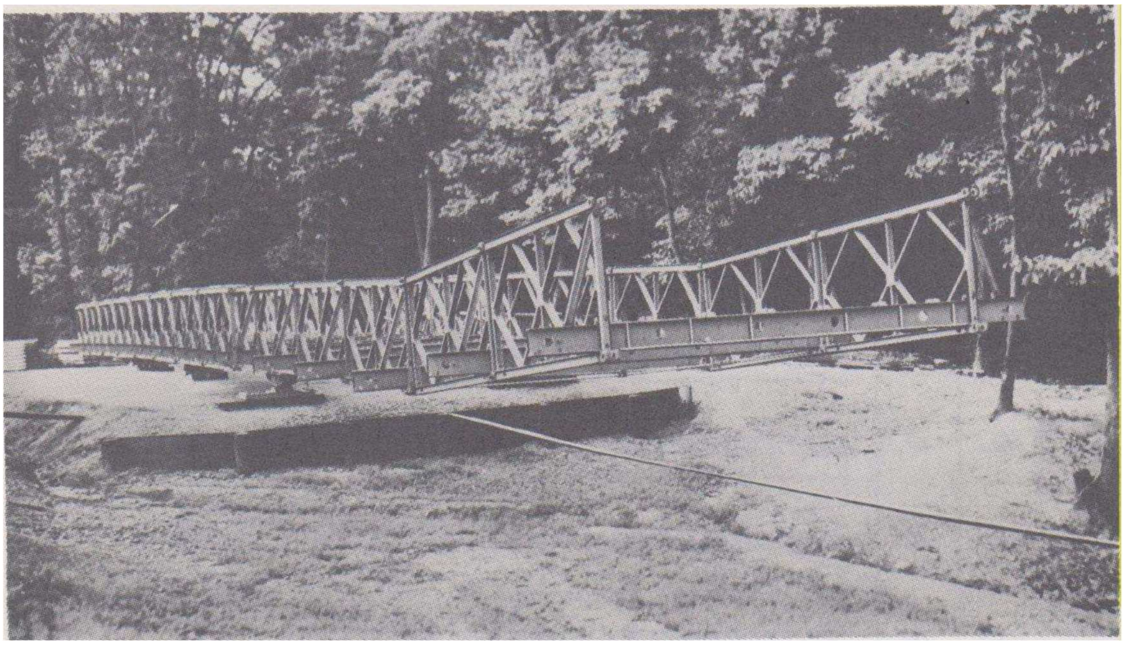
2.3.3 Μέθοδοι Κατασκευής Γεφυρών Μ2

Οι απλές καθ’ ύψος γέφυρες, συναρμολογούνται και καθελκύονται συνήθως μόνο από προσωπικό. Αυτές συναρμολογούνται εξ ολοκλήρου επί των κυλίστρων και καθελκύονται πάνω από το άνοιγμα από τη θέση τους ή μετά την κάθε συναρμολόγηση δύο στοιχείων, η γέφυρα και ο πρόβολος ωθούνται πάνω από το κώλυμα.

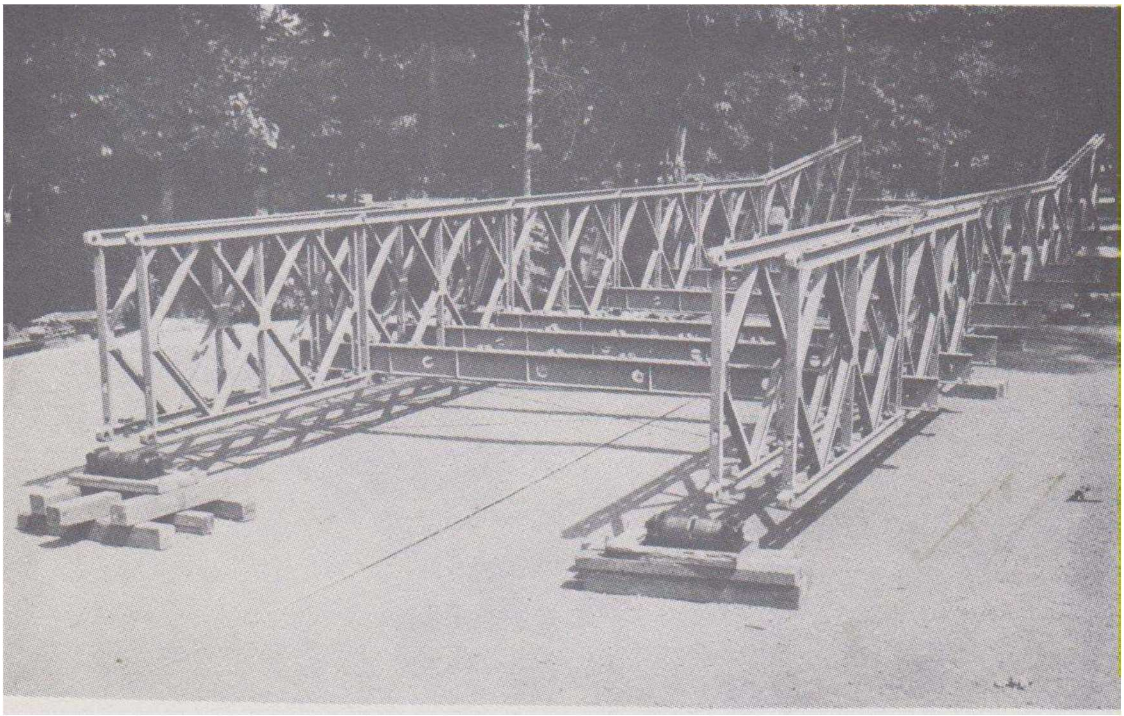
Η οργάνωση των συνεργείων και οι χρόνοι κατασκευής διαφόρων γεφυρών φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ	Αριθμός Υπαξ/κων και Στρατιωτών		
	Τύπος γέφυρας		
	Α/Α	Δ/Α	Τ/Α
	Κατασκευή με προσωπικό		
ΠΛΑΙΣΙΩΝ	**1-14**	**1-14**	**2-28**
Μεταφοράς	12	12	24
Περονών	2	2	4
ΔΙΑΔΟΚΙΔΩΝ	**1-9**	**1-10**	**1-10**
Μεταφοράς	8	8	8
Συνδετήρων	1	2	2
ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ	**1-4**	**1-6**	**1-8**
Αντιανεμίων	2	2	2
Αντηρίδων	2	2	2
Εγκαρσίων πλαισίων		2	2
Πλακών συνδέσεως			2
ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	**1-12**	**1-12**	**1-12**
Μηκίδων	8	8	8
Διπλάκων και επιζυγίδων	4	4	4
ΣΥΝΟΛΟ	**4-39**	**4-42**	**5-58**

Πίνακας 5 Συνεργεία κατασκευής



Εικόνα 21 Πρόβολος με υπερυψωμένα άκρα λόγω χρήσεως των συνδέσμων ανυψώσεως



Εικόνα 22 Συναρμολόγηση πρώτου στοιχείου Δ/Α γέφυρας με την δεύτερη και την τρίτη διαδοκίδα και τους αντιανέμιους σύνδεσμους.

2.4 Φέρουσα Ικανότητα γέφυρας βάσει εγχειριδίου

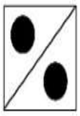
Από τη γέφυρα αυτή (Δ/Α) σύμφωνα με τα δεδομένα του εγχειριδίου (USA ARMY DC, 9 May 1986) που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, μπορούν να διέλθουν τόσο τροχοφόρα οχήματα αλλά και ερπυστριοφόρα σε κανονική διέλευση. Πάνω από τη γέφυρα των 80 ποδών επιτρέπεται η διέλευση τροχοφόρων και ερπιστριοφόρων οχημάτων σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΔΙΠΛΗ ΚΛΑΣΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ Μ2 ΤΥΠΟΥ ΜΠΑΙΛΕΫ

	Α/Α			Δ/Α			Τ/Α			Δ/Δ			Τ/Δ			Δ/Τ			Τ/Τ		
	Κ	Π	Ε	Κ	Π	Ε	Κ	Π	Ε	Κ	Π	Ε	Κ	Π	Ε	Κ	Π	Ε	Κ	Π	Ε
30	30/30	42/37	47/42																		
40	24/	36/34	40/38																		
50	/24	33/31	36/35	75/70	83/86	88/84															
60	20/	30/29	33/32	65/65	77/73	85/79															
70	20/	24/	30/30	60/60	68/69	78/75															
80	16/	20/	24/	50/55	60/60	66/64	85/80	95/90	100*/90*												
90	12/	16/	19/	40/45	50/50	55/55	65/65	74/75	82/82												
100	8/	12/	14/	30/30	37/39	42/44	50/55	57/60	64/66	80/80	86/90	96/90									
110				20/	30/32	34/36	35/40	47/49	52/54	65/70	72/76	80/83	90/90*	100*/90*	100*/90*						
120				16/	23/	27/30	30/35	38/41	43/45	45/55	57/61	64/68	75/80	83/90*	91/90*						
130				12/	18/	21/	20/	31/33	35/38	35/45	47/50	53/56	55/60	65/72	74/80	70/80	80/90*	90/90*			
140				8/	14/	17/	16/	24/	29/31	30/35	39/42	44/48	45/55	57/62	64/70	70/70	80/90*	88/90*			
150							12/	18/	22/	24/	32/35	36/40	35/45	47/51	54/58	60/60	77/85	85/90*			
160							8/	15/	17/	16/	25/	30/33	30/35	37/41	45/48	55/55	69/78	80/89	80/75	100/90*	100*/90*
170							4/	10/	13/	12/	19/	24/	20/	31/34	36/40	45/50	57/64	64/74	70/70	80/90*	90/90*
180										8/	15/	18/	16/	24/	29/32	35/45	48/53	55/60	55/60	66/75	77/87
190													12/	18/	22/	30/35	39/43	46/51	45/55	59/66	68/77
200																20/	32/36	38/43	35/40	48/52	55/62
210																16/	25/	31/35	24/	38/43	46/51

Σημείωση: Κ = Κανονική διέλευση
Π = Προσεκτική διέλευση
Ε = Επικίνδυνη διέλευση



→ Κλάση τροχοφόρων

→ Κλάση ερπυστριοφόρων

Πίνακας 6 Κλασσικοποίηση Δικτυωτής Γέφυρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΓΕΦΥΡΕΣ ΤΥΠΟΥ BAILEY ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ (ΤΧΗΣ(ΜΧ)ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΣ n.d.)

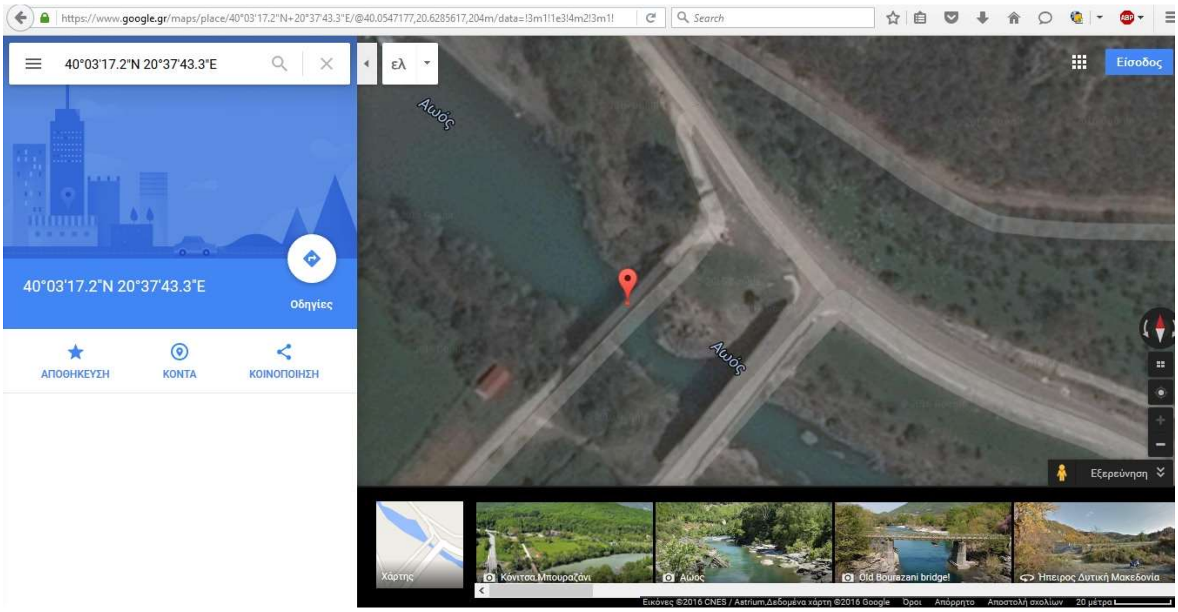
Σε ολόκληρη την ελληνική επικράτεια βρίσκεται τοποθετημένος ένας μεγάλος αριθμός στρατιωτικών γεφυρών για πολιτική χρήση. Η τοποθέτηση τους ξεκίνησε μετά το τέλος του Β Παγκοσμίου πολέμου για άμεση αποκατάσταση των καταστροφών στο οδικό δίκτυο της περιοχής της Ηπείρου. Η διαδικασία συνεχίστηκε σε βάθος χρόνου σε ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο τόσο για την αποκατάσταση δρομολογίων όσο και για δημιουργία νέων. Λόγω του πλήθους των τοποθετημένων γεφυρών καθώς και των διαφορετικών χρήσεων που εξυπηρετούν έχει δημιουργηθεί από τον Ταγματάρχη (ΜΧ) Κωνσταντίνο Λυμπερόπουλο μια ενιαία βάση δεδομένων η οποία περιλαμβάνει το σύνολο των γεφυρών καθώς και όλα τα γνωστά στοιχεία για αυτές. Η βάση δεδομένων δίνει την δυνατότητα να έχει ο ενδιαφερόμενος μια ολοκληρωμένη εικόνα του υλικού των γεφυρών και βοηθάει στην εξαγωγή χρήσιμων αποτελεσμάτων όπως, χρονολογική σειρά τοποθέτησης των γεφυρών, δρομολόγια που εξυπηρετούνται ή έχουν πάψει να χρησιμοποιούνται, κλάση γεφυρών, μήκος κωλύματος κ.α.

Για την δημιουργία της βάσης χρησιμοποιήθηκε λογισμικό ΣΓΠ (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών) και επιλέχτηκε ως σύστημα αναφοράς το WGS 84 έτσι ώστε έκτος από τον διαχειριστή της βάσης που έχει πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα να είναι δυνατή η εξαγωγή μη διαβαθμισμένων αρχείων δεδομένων προς όλους τους πιθανούς ενδιαφερόμενους. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει άμεση εξαγωγή επιλεγμένων δεδομένων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά από τη βάση σε μορφή συγκεκριμένων αρχείων (* .kml) έτσι ώστε ο παραλήπτης να μπορεί να εκμεταλλευτεί παράλληλα το σύνολο ελεύθερων δεδομένων που παρέχουν εταιρίες όπως η Google με τις εφαρμογές maps, earth και street.

3.1ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δημιουργήθηκε ένα αρχείο excel (*.xlsx) με όλα τα παρεχόμενα δεδομένα για τις γέφυρες σε μορφή τέτοια ώστε να μπορεί να γίνει αυτόματη εισαγωγή σε ένα σύστημα ΣΓΠ. Επιπλέον προστέθηκαν κάποια επιπλέον χρήσιμα δεδομένα για την ορθότερη λειτουργία της βάσης. Τα πρόσθετα δεδομένα αφορούν κυρίως τις γεωγραφικές συντεταγμένες Χ,Ψ σε WGS 84 καθώς και τις υπερσυνδέσεις των θέσεων των γεφυρών στην εφαρμογή Google map.

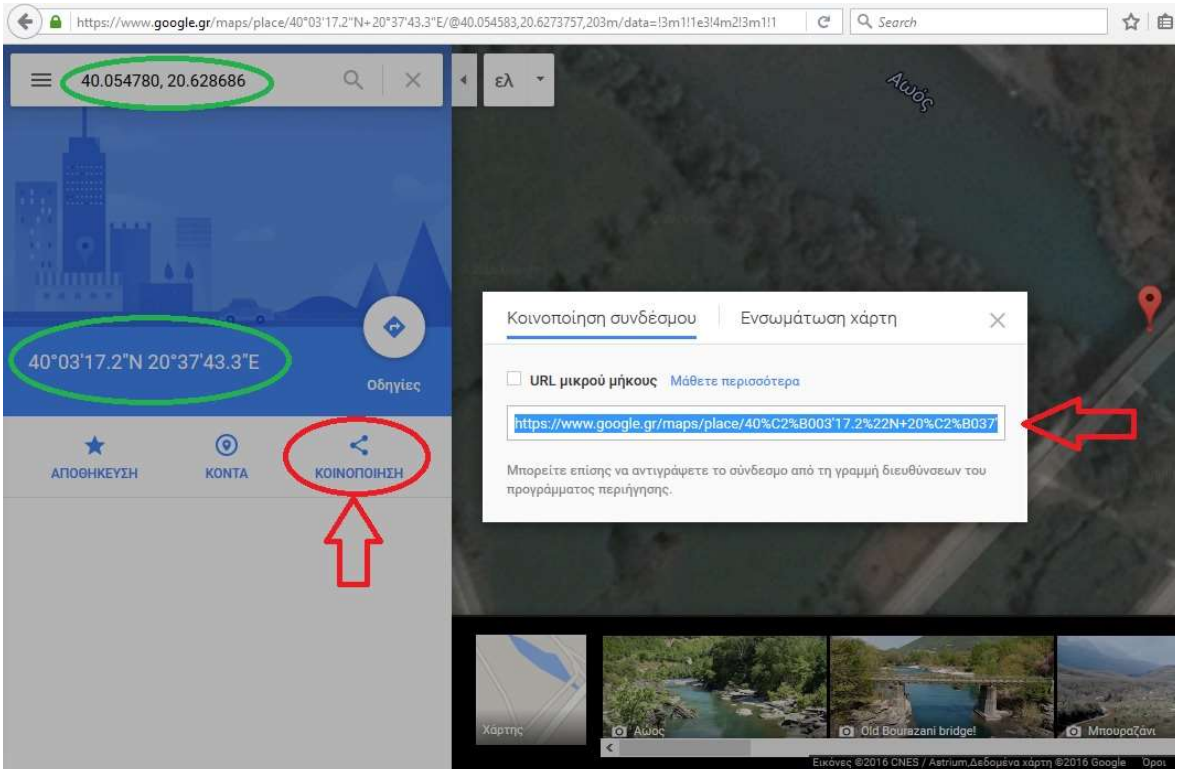
Η πλήρης συμπλήρωση του φύλλου excel απαίτησε την ανεύρεση της κάθε μιας γέφυρας τύπου Bailey στην εφαρμογή google map. Η ανεύρεση της γινόταν με αναζήτηση επί του ορθοφωτοχάρτη της περιοχής (Εικόνα 1) όπου η γέφυρα είναι τοποθετημένη, σε συνδυασμό και με τους τοπογραφικούς χάρτες όταν η γέφυρα δεν ήταν άμεσα ορατή.



Εικόνα 23: Ανεύρεση θέσεων γεφυρών Bailey στον ορθοφωτοχάρτη της Google

Αμέσως μετά τον ακριβή εντοπισμό της θέσης της γέφυρας έγινε αποθήκευση τόσο των συντεταγμένων όσο και της υπερσύνδεσης της συγκεκριμένης θέσης στο αρχείο excel

Οι σύνδεσμοι και οι συντεταγμένες (Εικόνα 2) αντιγράφηκαν από το συγκεκριμένη εφαρμογή και αποθηκευτήκαν στο αρχείο Excel για όλες τις γέφυρες.



Εικόνα 24: Αποθήκευση συντεταγμένων και υπερσυνδέσμων των γεφυρών Bailey απο τον ορθοφωτοχάρτη της Google

Η τελική μορφή του αρχείου excel περιλάμβανε δεδομένα όπως παρακάτω:

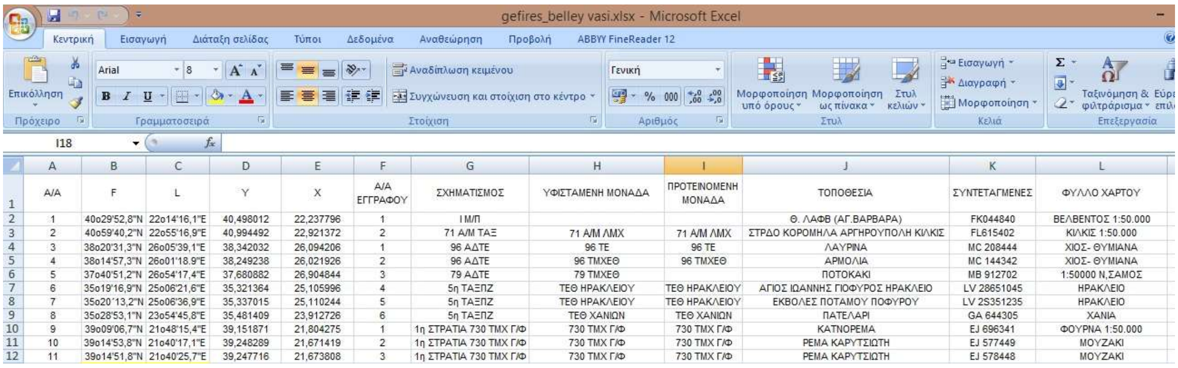
1. Αύξων Αριθμός(Α/Α)[1]
2. Συντεταγμένες (φ,λ) σε WGS 84
3. Συντεταγμένες (Χ,Ψ) σε WGS 84
4. Σχηματισμός
5. Μονάδα Παρακολούθησης Υλικού (Υφιστάμενη και Προτεινόμενη)
6. Τοποθεσία
7. Φύλλο τοπογραφικού χάρτη ΓΥΣ 1:50000
8. Συντεταγμένες (Χ,Υ) σε ΗΑΤΤ
9. Νομός
10. Δρομολόγιο που εξυπηρετεί η γέφυρα
11. Στοιχεία γέφυρας (Τύπος, Είδος Υλικού, Άνοιγμα, Κλάση για τροχοφόρα, Κλάση για ερπυστριοφόρα)
12. Στοιχεία κωλύματος (Πλάτος, Βάθος, Κλίση Πρανών)
13. Ιδιοκτησιακό καθεστώς
14. Έτος κατασκευής

[1] Ο αυξών αριθμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πρωτεύον κλειδί της βάσης δεδομένων

15. Υπερσυνδέσεις θέσης της γέφυρας στην εφαρμογή Google Map.

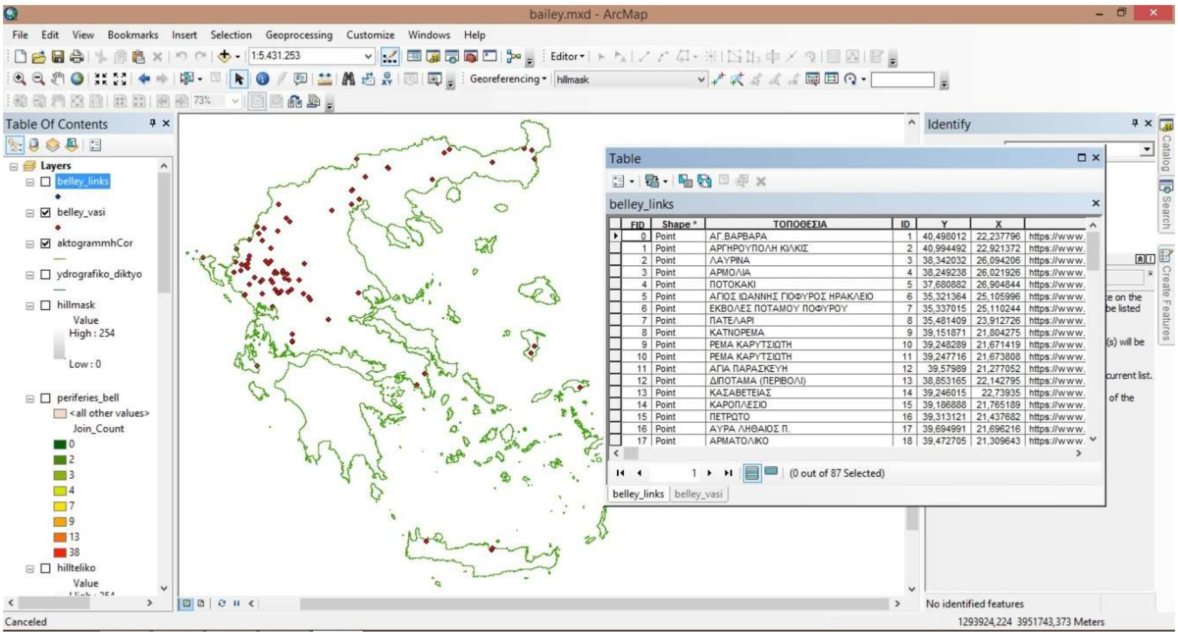
16. Παρατηρήσεις

Για την αυτόματη είσοδο των δεδομένων στην εφαρμογή ArcGIS όλα τα παραπάνω στοιχεία τοποθετήθηκαν ένα σε κάθε στήλη, με μία μοναδική αρχική γραμμή η οποία και ανέφερε τον τίτλο της κάθε στήλης. Επιπλέον κάθε γραμμή στο αρχείο excel περιλάμβανε όλα τα γνωστά στοιχεία για μία και μόνο γέφυρα. (Εικόνα 3)



Α/Α	F	L	Y	X	Α/Α ΕΓΓΡΑΦΟΥ	ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΦΥΛΛΟ ΧΑΡΤΟΥ
1	40ο29'52,8"N	22ο14'16,1"E	40,498012	22,237796	1	I Μ/Π			Θ. ΛΑΦΒ (ΑΓ.ΒΑΡΒΑΡΑ)	FK044840	ΒΕΛΒΕΝΤΟΣ 1:50.000
2	40ο59'40,2"N	22ο55'16,9"E	40,994492	22,921372	2	71 Α/Μ ΤΑΞ	71 Α/Μ ΛΜΧ	71 Α/Μ ΛΜΧ	ΣΤΡΔΟ ΚΟΡΟΜΗΛΑ ΑΡΓΗΡΟΥΠΟΛΗ ΚΙΛΚΙΣ	FL615402	ΚΙΛΚΙΣ 1:50.000
3	38ο20'31,3"N	26ο05'39,1"E	38,342032	26,094206	1	96 ΑΔΤΕ	96 ΤΕ	96 ΤΕ	ΛΑΥΡΙΝΑ	MC 208444	ΧΙΟΣ- ΘΥΜΙΑΝΑ
4	38ο14'57,3"N	26ο01'18.9"E	38,249238	26,021926	2	96 ΑΔΤΕ	96 ΤΜΧΕΘ	96 ΤΜΧΕΘ	ΑΡΜΟΛΙΑ	MC 144342	ΧΙΟΣ- ΘΥΜΙΑΝΑ
5	37ο40'51,2"N	26ο54'17,4"E	37,680882	26,904844	3	79 ΑΔΤΕ	79 ΤΜΧΕΘ		ΠΟΤΟΚΑΚΙ	MB 912702	1:50000 Ν,ΣΑΜΟΣ
6	35ο19'16,9"N	25ο06'21,6"E	35,321364	25,105996	4	5η ΤΑΞΠΖ	ΤΕΘ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΤΕΘ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΙΟΦΥΡΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟ	LV 28651045	ΗΡΑΚΛΕΙΟ
7	35ο20΄13,2"N	25ο06'36,9"E	35,337015	25,110244	5	5η ΤΑΞΠΖ	ΤΕΘ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΤΕΘ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΕΚΒΟΛΕΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΠΟΦΥΡΟΥ	LV 2S351235	ΗΡΑΚΛΕΙΟ
8	35ο28'53,1"N	23ο54'45,8"E	35,481409	23,912726	6	5η ΤΑΞΠΖ	ΤΕΘ ΧΑΝΙΩΝ	ΤΕΘ ΧΑΝΙΩΝ	ΠΑΤΕΛΑΡΙ	GA 644305	ΧΑΝΙΑ
9	39ο09'06,7"N	21ο48'15,4"E	39,151871	21,804275	1	1η ΣΤΡΑΤΙΑ 730 ΤΜΧ Γ/Φ	730 ΤΜΧ Γ/Φ	730 ΤΜΧ Γ/Φ	ΚΑΤΝΟΡΕΜΑ	EJ 696341	ΦΟΥΡΝΑ 1:50.000
10	39ο14'53,8"N	21ο40'17,1"E	39,248289	21,671419	2	1η ΣΤΡΑΤΙΑ 730 ΤΜΧ Γ/Φ	730 ΤΜΧ Γ/Φ	730 ΤΜΧ Γ/Φ	ΡΕΜΑ ΚΑΡΥΤΣΙΩΤΗ	EJ 577449	ΜΟΥΖΑΚΙ
11	39ο14'51,8"N	21ο40'25,7"E	39,247716	21,673808	3	1η ΣΤΡΑΤΙΑ 730 ΤΜΧ Γ/Φ	730 ΤΜΧ Γ/Φ	730 ΤΜΧ Γ/Φ	ΡΕΜΑ ΚΑΡΥΤΣΙΩΤΗ	EJ 578448	ΜΟΥΖΑΚΙ

Εικόνα 25: ***Αρχείο excel με τα δεδομένα των γεφυρών Bailey***



Εικόνα 26: ***Αρχείο excel με τα δεδομένα των γεφυρών Bailey***

Στην βάση δεδομένων για την καλύτερη οπτικοποίηση των γεφυρών προστέθηκαν και άλλα επίπεδα πληροφορίας όπως παρακάτω:

1. Ακτογραμμή[2]
2. Περιφέρειες Ελλάδος[3]
3. Δήμοι Ελλάδος (Σχέδιο Καλλικράτης)[4]
4.Ψηφιακό μοντέλο εδάφους ανάλυσης 30μ [5] καθώς και ο χάρτης σκίασης ως παράγωγο αυτού.

Στα παραπάνω είναι δυνατών να τοποθετηθούν και άλλα επίπεδα όπως ο ορθοφωτοχάρτης, οι χρήσεις γης κ.α. τα οποία και δεν τοποθετήθηκαν για να μην αυξηθεί υπερβολικά το μέγεθος της γεοβάσης. Επιπλέον θα πρέπει να αναφερθεί ότι για την εξαγωγή των χαρτών στην βάση δημιουργήθηκαν επιπλέον βοηθητικά επίπεδα για την επεξεργασία των δεδομένων που επιβάρυναν είδη την βάση. Για παράδειγμα από το γραμμικό (line) αρχείο της ακτογραμμής δημιουργήθηκε ένα αρχείο επιφάνειας του ελλαδικού χώρου (polygon) έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί σαν μάσκα περικοπής για όλα τα παράγωγα ψηφιδωτά αρχεία τύπου raster[6].

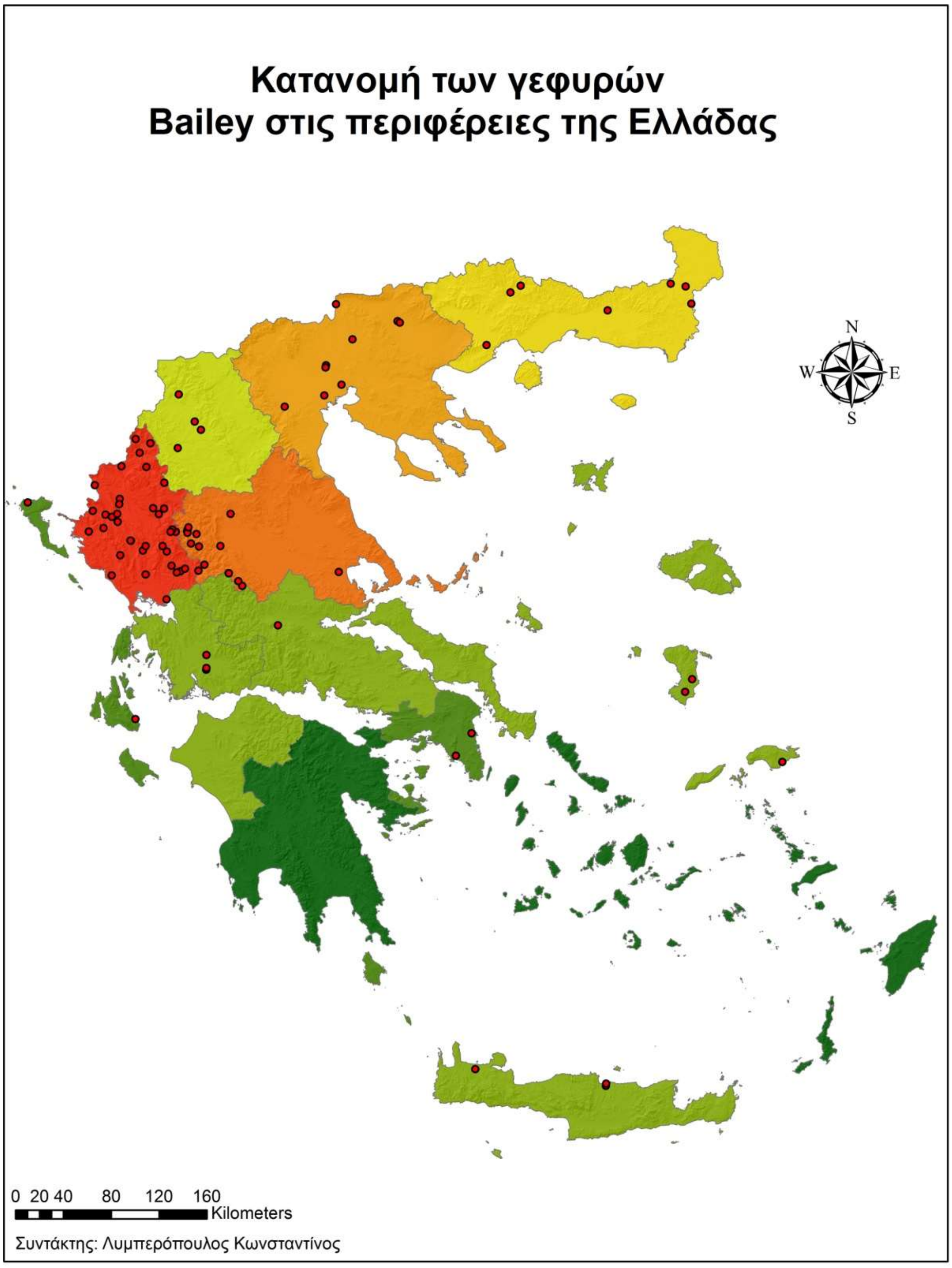
3.2ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία μιας ολοκληρωμένης γεοβάσης δεδομένων για τις τοποθετημένες γέφυρες τύπου Bailey στον Ελλαδικό χώρο. Η βάση αυτή υπάρχει τοπικά στον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη και μπορεί να είναι προσπελάσιμη από όλες τις εφαρμογές ΣΓΠ, ελεύθερες (QGIS, GRASS κ.α.) η όχι (ArcMAP, AutoCAD Map 3D κ.α.).

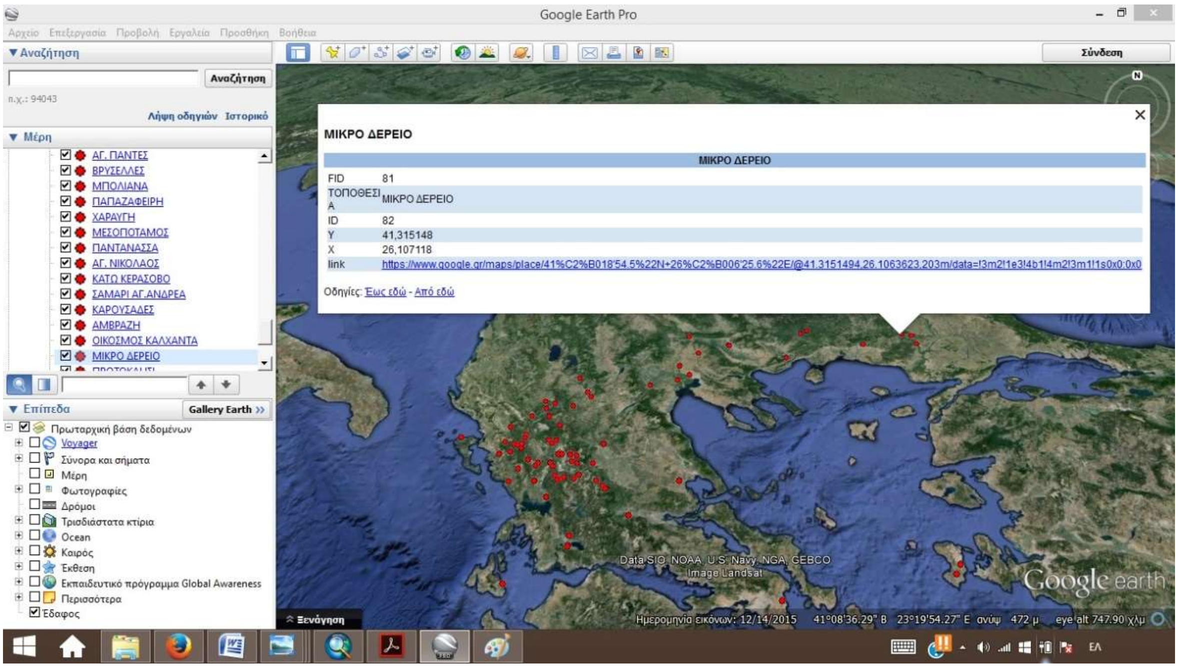
Με της κατάλληλες αιτήσεις στην βάση με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού SQL μπορεί ο χρήστης να επιλέξει γέφυρες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ή γέφυρες που πληρούν συγκεκριμένα χωρικά κριτήρια. Οι επιλεγμένες γέφυρες μπορούν άμεσα να αναπαρασταθούν σε χαρτογραφικά προϊόντα (Χάρτης 1) ή να γίνουν εξαγωγή σε ένα αρχείο τύπου *.kml το οποίο θα περιλαμβάνει για κάθε γέφυρα εκτός από την θέση, μόνο τα δεδομένα που επιθυμεί

[2] Πηγή: http://geodata.gov.gr
[3] Πηγή: http://geodata.gov.gr
[4] Πηγή: http://geodata.gov.gr
[5] ASTER GDEM, http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp
[6] Raster αρχεία είναι αυτά στα οποία η εικόνα σχηματίζεται από άθροισμα τετραέδρων εικονοστοιχείων. Κάθε σημείο της εικόνας αποτελείται από ένα εικονοστοιχείο (pixel) που καθορίζει το χρώμα ή τον τόνο του γκρι αν πρόκειται για ασπρόμαυρη.

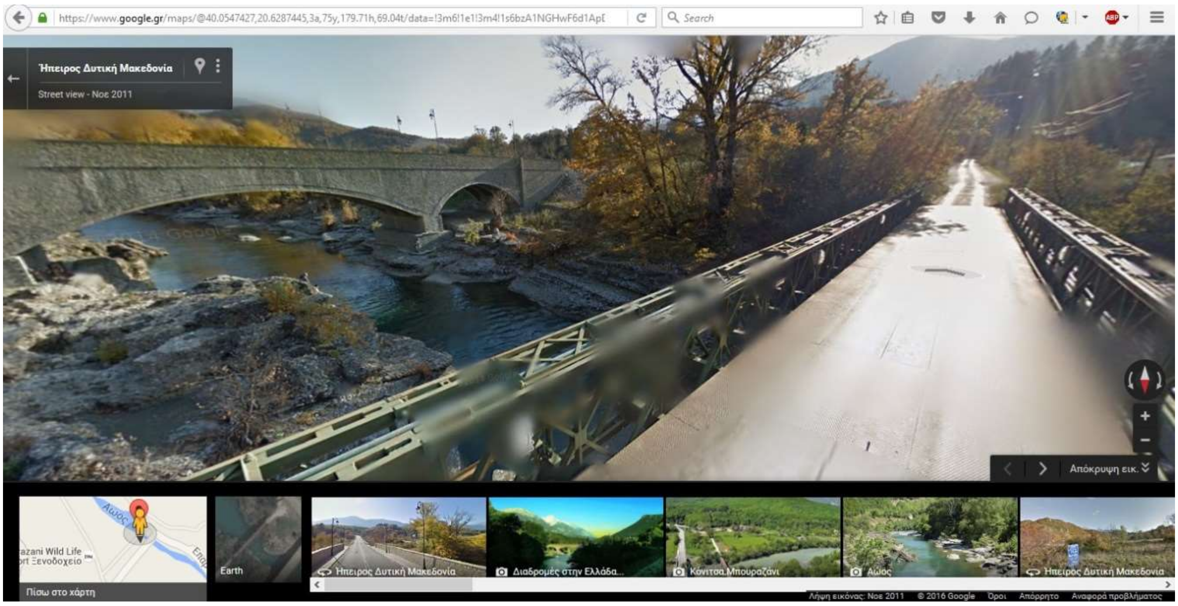
ο χρήστης. Με αυτό τον τρόπο ο διαχειριστής της βάσης μπορεί να παρέχει αρχεία με ελεγχόμενη πληροφορία σε όποιον την ζητήσει. Επιπλέον ο αποδέκτης μπορεί να προσπελάσει το αρχείο με την εφαρμογή Google earth (Εικόνα 5) και παράλληλα έχοντας άμεση πρόσβαση στις υπερσυνδέσεις του Google map, να προβάλει φωτογραφίες της γέφυρας, να διέλθει εικονικά το δρομολόγιο (Εικόνα 6) και να εκμεταλλευθεί όλα τα ελεύθερα δεδομένα που παρέχονται στο διαδίκτυο.



Χάρτης 1: *Κατανομή των γεφυρών Bailey στις περιφέρειες της Ελλάδας*

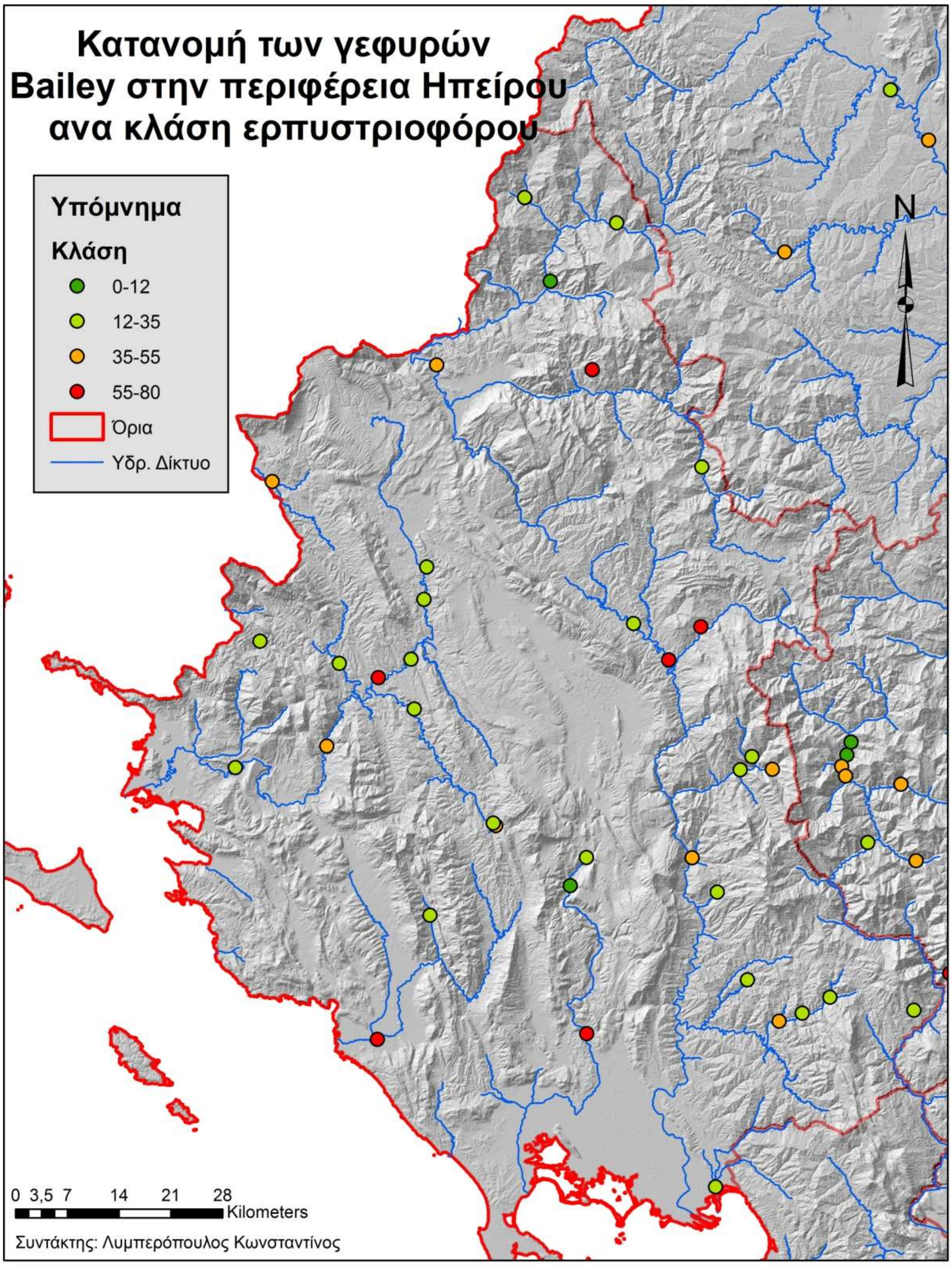


Εικόνα 27: *Αρχείο με όλες τις υπερσυνδέσεις των Γεφυρών bailey στην εφαρμογή Google earth.*



Εικόνα 28 : *Γέφυρα bailey όπως αυτή παρουσιάζεται στην εφαρμογή Google street.*

Τα δεδομένα που εξάγονται από την βάση έχουν την δυνατότητα να αναπαρασταθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους και να απεικονίσουν οποιοδήποτε χαρακτηριστικό των γεφυρών. Η ίδια μορφή αναπαράστασης εκτός από τους χάρτες μπορεί να γίνει εξαγωγή και στα αρχεία *kml. Με αυτό τον τρόπο για παράδειγμα ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προβάλει της γέφυρες ανά κλάση, χρονολογία κατασκευής κ.α.(Χάρτης 2)



Χάρτης 2: *Κατανομή των γεφυρών Bailey στην περιφέρεια Ηπείρου ανά κλάση ερπυστριοφόρου*

3.3ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μια περιπλάνηση για μικρό χρονικό διάστημα στις εφαρμογές της Google η σε αντίστοιχες εφαρμογές που παρέχουν χαρτογραφικά υπόβαθρα (OpenStreet, Esri κ.α.), με παράλληλη χρήση της βάσης δεδομένων είναι αρκετή για να γίνει αντιληπτή η αξία της. Ο εντοπισμός κάθε γέφυρας γίνεται ταχύτατα με διαφορετικές μεθόδους αναζήτησης. Η πρακτική αξία της κάθε γέφυρας γίνεται άμεσα αντιληπτή. Επίσης το δρομολόγιο μπορεί εύκολα να χαρακτηριστεί όσον αφορά το μέγεθος και την κλάση των οχημάτων.

Η εξέλιξη της συγκεκριμένης γεοβάσης μπορεί να λύσει οριστικά τα θέματα παρακολούθησης και διαχείρισης του υλικού Bailey. Η σύνδεση και επέκταση της με την αλληλογραφία που ακολουθεί κάθε γέφυρα θα λύση τα θέματα διαχείρισης και προγραμματισμού συντήρησης.Η παρούσα γεοβάση είναι ικανή να ενσωματωθεί άμεσα σε μεγαλύτερες γεοβάσεις και να την εμπλουτίσουν σε επίπεδα πληροφορίας αυξάνοντας σημαντικά τις δυνατότητες τους. Πρέπει να γίνει αντιληπτό σταδιακά πως η χωρική ανάλυση είναι ένα πανίσχυρο εργαλείο στα χέρια των αναλυτών και μπορεί να συνεισφέρει τα μέγιστα σε όλα τα επιστημονικά επίπεδα

3.4ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Όπως προαναφέρθηκε στον Ελλαδικό χώρο είναι εγκατεστημένες γέφυρες τύπου Bailey οι οποίες εξυπηρετούν τις τοπικές κοινωνίες. Ο αριθμός των εγκατεστημένων γεφυρών ανέρχεται στις 54 ενώ η κατανομή τους ανά γεωγραφικό διαμέρισμα φαίνεται παρακάτω. Επιπλέον στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι υπόψη γέφυρες και οι λεπτομέρειες αυτών όπως είδος γέφυρας, πλάτος ανοίγματος, κλάση κ.λ.π.

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ</u>

<u>ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ BAILEY</u>

Α/Α	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΝΟΜΟΣ	ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ	ΤΥΠΟΣ ΓΕΦΥΡΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΑΝΟΙΓΜΑ	ΚΛΑΣΗ ΤΡΟΧ	ΚΛΑΣΗ ΕΡΠΥΣΤΡ	ΠΛΑΤΟΣ	ΒΑΘΟΣ	ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ	ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
1	ΠΟΤΟΚΑΚΙ	ΣΑΜΟΥ	ΠΥΘΑΓΟΡΕΙΟ-ΠΟΤΟΚΑΚΙ -ΗΡΑΙΟ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	10	75	70	3	0,5	0	ΥΠΕΧΩΔΕ	2005
2	ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΙΟΦΥΡΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΤΕΙ- ΑΓ.ΙΩΑΝΝΗΣ- ΒΑΠΕΣ	Δ/Α ΜΠΕΛΕΫ	ΜΠΕΛΕΥ	21			18	5,3	90	ΔΗΜΟΣΙΟ	1981
3	ΕΚΒΟΛΕΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΑΜΟΥΔΑΡΑ	Δ/Α ΜΠΕΛΕΫ	ΜΠΕΛΕΥ	30			27	3,7	90	ΔΗΜΟΣΙΟ	
4	ΚΑΣΑΒΕΤΕΙΑΣ	ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	ΑΙΔΙΝΙΟ -ΕΡΕΤΡΙΑ	Α/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΦΛΑΜΠΟ	13,8	24	-	11,5	4,5	80	(ΠΡΩΗΝ ΥΕΘΑ) ΔΗΜΟΣ ΑΓΧΙΑΛΟΥ	1945
5	ΚΑΡΟΠΛΕΣΙΟ	ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΚΑΡΔΙ ΤΣΑ-ΚΑΛΙΘΗΡΟ-ΚΑΣΤΑΝΙΑ-ΚΑΡΟΠΛΕΣΙ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	20	65	65	17	5,5	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝΥΠ ΕΧΩΔΕ)	1979
6	ΠΕΤΡΩΤΟ	ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΜΟΥΖΑΚΙ- ΔΡΑΚΟΤΡΥΠΑ- ΠΕΤΡΩΤΟ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	44	80	70	39,5	7	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1977
7	ΑΥΡΑ ΛΗΘΑΙΟΣ Π.	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΑΥΡΑ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	26,2	50	55	23,2	3	45	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1998
8	ΑΡΜΑΤΟΛΙΚΟ	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΣΤΟΥΡΝΑΡΑΙΚΑ- ΜΕΣΟΧΩΡΑ- ΑΡΜΑΤΟΛΙΚΟ	Δ/Α 3 ΑΝΟΙΓ	ΜΠΕΛΕΥ	76	30	30	38	10	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1976
9	ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΕΛΑΤΗ- ΠΕΡΤΟΥΛΙ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	41	35	45	27	6,2	55	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1964
10	ΓΑΡΔΙΚΙ	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΠΥΛΗ- ΠΕΡΤΟΥΛΙ	Δ/Α 2 ΑΝΟΙΓ	ΜΠΕΛΕΥ	44	50	55	40	7	85	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	-
11	ΔΡΟΣΟΧΩΡΙ	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΕΛΑΤΗ- ΠΕΡΤΟΥΛΙ- ΔΡΟΣΟΧΩΡΙ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	25,7	50	55	21,7	5,3	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	-
12	ΡΟΠΩΤΟ	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΠΥΛΗ- ΡΟΠΩΤΟ	Τ/Α ΑΜΦΙΕΡ	ΜΠΕΛΕΥ	31,5	50	55	27,5	8	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1975
13	ΜΗΛΕΑ	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΠΕΡΤΟΥΛΙ- ΜΗΛΕΑ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	34,5	20		27,5	5,5	80	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1973
14	ΝΕΑ ΠΕΥΚΗ	ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΤΡΙΚΑΛΑ- ΣΤΟΥΡΝΑ -ΡΑΙΚΑ -ΜΕΣΟΧΩΡΑ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	25	50	55	21	9	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	-
15	ΚΟΥΦΑΛΙΑ- ΠΡΟΧΩΜΑ	ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ	Τ/Α	ΜΠΕΛΕΫ	85,4	60	60	75	7	45	ΠΕ Κ. ΜΑΚΕΔ.	1959
16	ΚΟΥΦΑΛΙΑ- ΠΡΟΧΩΜΑ	ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ	Τ/Α	ΜΠΕΛΕΫ	201,3	50	50	180	7	45	ΠΕ Κ. ΜΑΚΕΔ.	1959
17	ΚΛΕΙΔΙ- Ν. ΜΑΛΓΑΡΑ	ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΕΠΑΡΧΙΑΚΗ ΟΔΟΣ ΚΛΕΙΔΙ- Ν. ΜΑΛΓΑΡΑ	Τ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΫ	54,9	16	16	48	5	60	ΠΕ Κ. ΜΑΚΕΔ.	1957
18	ΚΑΝΑΛΙ ΣΙΝΔΟΥ	ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ	Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΫ	39,65	35	45	33	4	80	ΠΕ Κ. ΜΑΚΕΔ.	1979
19	ΠΛΑΤΑΝΙΑ	ΚΟΖΑΝΗΣ	ΝΕΑΠΟΛΗ- ΠΛΑΤΑΝΙΑ- ΚΑΣΤΟΡΙΑ	Τ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΫ	36,5	30	35	25	9	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1995
20	Ν ΤΥΡΟΛΟΗ- ΣΚΟΤΟΥΣΑ	ΣΕΡΡΩΝ	Ν ΤΥΡΟΛΟΗ- ΣΚΟΤΟΥΣΑ	Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΫ	33,5	70	65	18	6,5	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1981
21	Ν ΤΥΡΟΛΟΗ- ΚΑΛΑ ΔΕΝΔΡ Α	ΣΕΡΡΩΝ	Ν ΤΥΡΟΛΟΗ- ΚΑΛΑ ΔΕΝΔΡΑ	Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΫ	33,5	55	45	28	6	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1976
22	ΠΑΡΑΝΕΣΤΙ	ΔΡΑΜΑΣ	ΠΑΡΑΝΕΣΤΙ- ΘΟΛΟΣ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΫ	18,5	65	65	4,34	10,7	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1978
23	ΠΑΡΑΝΕΣΤΙ	ΔΡΑΜΑΣ	ΠΑΡΑΝΕΣΤΙ- ΔΙΠΟΤΑΜΑ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΫ	21,5	60	60	4,31	6	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1975
24	ΓΟΡΓΟ ΠΟΤΑΜΟΣ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΓΟΓΟΠΟΤΑΜΟΣ- ΚΟΝΙΤΣΑ	Α/Α ΣΥΝΕΧΗΣ ΔΥΟ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	ΦΛΑΜΠ Ο	9,9-9,9	24	24	7,9- 7,9	2,5	25	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1969
25	ΚΟΥΡΕΝΤΑ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΚΟΥΡΕΝΤΑ- ΓΡΑΝΙΤΣΑ	Τ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΦΛΑΜΠΟ	35	24	24	31	8	65-5	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1989
26	ΜΑΖΑΡΑΚΙ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΜΑΖΑΡΑΚΙ- ΠΑΡΑΚΑΛΑΜΟ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΦΛΑΜΠΟ	26,4	18	18	22,4	5,3	70	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1966
27	ΔΡΟΣΟΠΗΓΗ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΔΡΟΣΟ ΠΗΓΗ- ΕΠΤΑΧΩΡΙ	Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	39,6	16	16	35,6	8,3	50	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1974
28	ΚΑΛΛΑΡΥΤΕΣ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΠΡΑΜΑΝΤΑΣ- ΚΑΛΛΑΡΥΤΕΣ	Τ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΦΛΑΜΠΟ	42,9	20	20	38,9	38,4	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1992
29	ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΜΕΤΣΟΒΟ- ΙΩΑΝΝΙΝΑ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	26,4	60	60	22,4	7	60	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1987
30	ΒΟΒΟΥΣΑ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΒΟΒΟΥΣΑ- ΕΛΑΤΟΧΩΡΙ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	33	30	30	29	9,2	80	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
31	ΛΙΘΙΝΟ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΛΙΘΙΝΟ- ΖΙΤΣΑ	Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	52,8	16	16	48,8	27	82	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
32	ΚΑΡΥΕΣ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΚΑΡΥΕΣ ΙΩΑΝΝΙΝΑ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	33	30	30	29	8,6	65	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
33	ΚΗΠΙΝΑ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΠΡΑΜΑΝΤΑ- ΙΩΑΝΝΙΝΑ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	19,8	18	18	15,8	12,5	80	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
34	ΜΠΑΛΝΤΟΥΜΑ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΙΩΑΝΝΙΝΑ- ΜΕΤΣΟΒΟ	Τ/Α ΣΥΝΕΧΗΣ ΤΡΙΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	ΜΠΕΛΕΥ	24.75- 28.05- 26.4	60	60	22.75- 28.05- 24.4	8,9	30	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1969
35	ΠΛΑΤΑΝΙΑ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΤΥΡΙΑ- ΠΛΑΤΑΝΙΑ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	26,4	50	50	22,4	3,5	20	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1994
36	ΜΠΑΛΚΑΝΑΕΝΑ	ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	ΤΥΡΙΑ- ΠΛΑΤΑΝΙΑ	Α/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	13,2	30	30	9,2	5	25	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
37	ΒΩΒΟΣ (χωριό Κομμένο)	ΑΡΤΑΣ	ΑΛΥΚΗ- ΣΥΚΙΕΣ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΦΛΑΜΠΟ	23,1	24	24	19,1	5,8	60	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1980
38	ΔΙΧΟΜΕΡΙΟ	ΑΡΤΑΣ	ΑΝΩ ΚΑΛΕΝΤΙΝΗ- ΡΕΤΣΙΑΝΑ	Δ/Α ΣΥΝΕΧΗΣ ΔΥΟ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	ΜΠΕΛΕΥ	23.1- 29.7	30	30	21.1- 27.7	21	85	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
39	ΜΑΚΡΥ ΚΑΜΠΟΣ	ΑΡΤΑΣ	ΜΑΚΡΥΚΑΜΠΟΣ- ΓΡΑΙΚΙΚΟ	Α/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	23,1	25	25	19,1	8,6	80	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
40	ΡΕΤΣΙΑΝΑ	ΑΡΤΑΣ	ΔΙΧΟΜΕΡΙΟ- ΡΕΤΣΙΑΝΑ	Α/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	9,9	30	30	5,9	8,5	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
41	ΣΕΣΗ	ΑΡΤΑΣ	ΑΝΩ ΚΑΛΕΝΤΙΝΙ- ΤΕΤΡΑΚΩΜΟ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	29,7	40	40	25,7	12,3	85	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
42	ΓΡΕΒΗ	ΑΡΤΑΣ	ΓΡΕΗ- ΟΙΚΙΣΜΟ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	33	30	30	29	5,4	15	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
43	ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΑΡΤΑΣ	ΤΑΥΛΑ- ΟΙΚΙΣΜΟ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	9,9	30	30	5,9	5,2	75	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
44	ΜΠΟΛΙΑΝΑ	ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	ΠΛΑΚΩΤΗ- ΚΟΚΚΙΝΙΑ	Δ/Α ΣΥΝΕΧΗΣ ΔΥΟ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	ΜΠΕΛΕΥ	49,5- 23,1	40	40	47,5- 21,1	11,8	55	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1975
45	ΠΑΠΑΖΑΦΕΙΡΗ	ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	ΓΛΥΚΗ- ΣΟΥΛΙ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	33	30	30	29	6,5	35	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
46	ΧΑΡΑΥΓΗ	ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	ΧΑΡΑΥΓΗ- ΚΑΛΛΙΘΕΑ	Α/Α ΣΥΝΕΧΗΣ ΔΥΟ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	ΜΠΕΛΕΥ	19.8- 13.2	20	20	17.8- 11.2	13	45	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
47	ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΠΡΕΒΕΖΑΣ	ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΟΣ- ΚΑΣΤΡΙ	Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	33	80	80	29	7,1	45	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
48	ΠΑΝΤΑΝΑΣΣΑ	ΠΡΕΒ ΕΖΑΣ		Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	23,1	60	60	19,1	6,8	35	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
49	ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ- ΚΑΜΑΡΟΥΛΑ	Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	49,5	70	70	45,5	21,5	90	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
50	ΚΑΤΩ ΚΕΡΑΣΟΒΟ	ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	ΑΝΩ ΚΕΡΑΣΟΒΟ- ΟΙΚΙΣΜΟΣ	Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	26,4	80	80	22,4	5	80	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
51	ΣΑΜΑΡΙ ΑΓ.ΑΝΔΡΕΑ	ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ		Δ/Δ ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	23,1	80	80				ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	
52	ΚΑΡΟΥΣΑΔΕΣ	ΚΕΡΚΥΡΑΣ	ΚΑΡΟΥΣΑΔΕΣ- ΒΕΛΟΝΑΔΕΣ	Α/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	16,5	30	30	12,5	6	15	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1945
53	ΜΙΚΡΟ ΔΕΡΕΙΟ	ΕΒΡΟΥ	Χ. ΚΥΡΙΑΚΗ -ΜΙΚΤΟ ΔΕΡΕΙΟ	Τ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	34	20	-	32	2,5	80	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1955
54	ΠΡΩΤΟΚΛΗΣΙ	ΕΒΡΟΥ	ΠΡΩΤΟΚΛΗΣΙ- ΜΙΚΡΟΣ ΕΒΡΟΣ-ΣΟΥΦΛΙ	Δ/Α ΑΜΦΙΕΡ.	ΜΠΕΛΕΥ	43	35	30	42	2,3	80	ΥΠΟΜΕΔΙ (ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΧΩΔΕ)	1987

Πίνακας 7 Εγκατεστημένες γέφυρες Μπέλλευ στην ελληνική επικράτεια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ (ΕΡΜΟΠΟΥΛΟΣ n.d.) (ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ n.d.)4. Γενικά

Στο θεωρητικό μέρος της παρούσας εργασίας επιδιώκεται να παρουσιαστούν οι εξισώσεις και το υπόβαθρο τα οποία χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά του φορέα τόσο σε δυναμική όσο και στατική απόκριση.

4.1. Χαρακτηριστικά δοκού υπό στατική φόρτιση

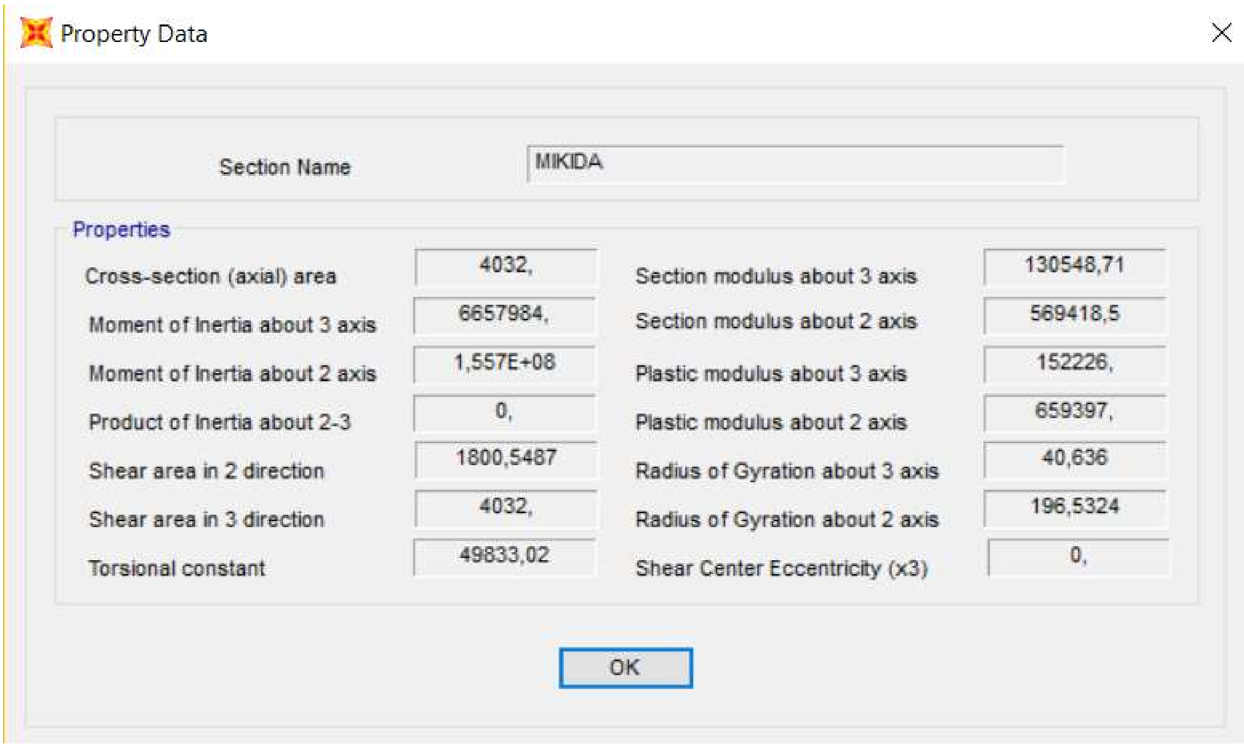
Η εξέταση της συμπεριφοράς του φορέα υπό τα στατικά φορτία χρησιμοποιείται προκειμένου να αξιολογηθεί κατά πόσο τα φορτία της στατικής φόρτισης ταυτοποιούνται από τις μετρήσεις στο πεδίο και την επίλυση του αναλυτικού προσομοιώματος με κατάλληλο λογισμικό.

4.1.1. Εντατικά μεγέθη διατομών μελών γέφυρας

Προκειμένου να υπάρξει ένα θεωρητικό υπόβαθρο που να αφορά στα εντατικά μεγέθη των μελών της γέφυρας θα επιχειρηθεί να υπολογισθούν με βάση τις θεωρητικές σχέσεις (ΕΡΜΟΠΟΥΛΟΣ χ.χ.).Έτσι θα έχουμε για κάθε μέλος της γέφυρας:

4.1.1.α.Μηκίδα

Υπολογίζοντας τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού της μηκίδας χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον πίνακα ιδιοτήτων του μοντέλου που φαίνεται παρακάτω



Εικόνα 29 Πίνακας ιδιοτήτων μηκίδας

θα έχουμε:

M_{pl} μηκίδας

$$M_{pl} = \frac{W_{pl} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$M_{pl} = \frac{152226 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 3.024KNmm$$

N_{ED}μηκίδας

$$N_{ED} = \frac{A_{tot*fy}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$N_{ED} = \frac{4032 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 800{,}789KN$$

V_{ED}μηκίδας

$$V_{ED_2} = \frac{A_{v*fy}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$V_{ED_2} = \frac{1800{,}5487 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 357{,}604KN$$

T_{ED}μηκίδας

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$$

$$T_{Ed} = 1649{,}47 + 36{,}418 = 1.685{,}888\ KNmm$$

$$T_{tel,Rd} = \frac{I_t}{maxt_i} * \tau_{Rd}$$

$$T_{tel,Rd} = \frac{49833{,}02}{6} * 0{,}1986 = 1.649{,}47KNmm$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

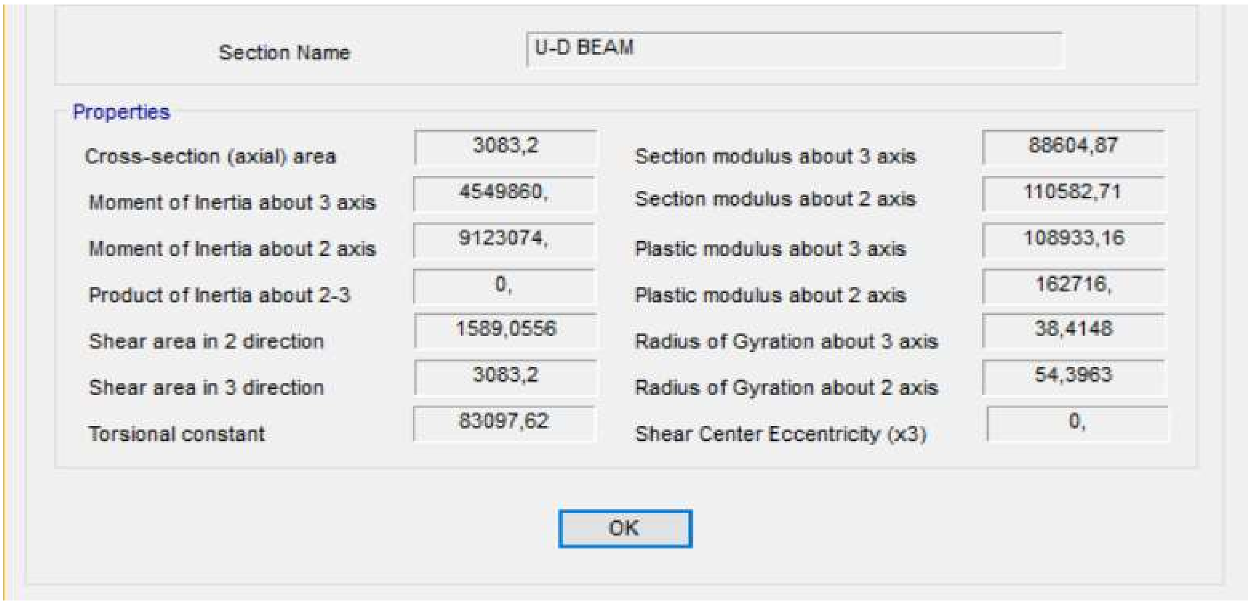
$$\tau_{Rd} = \frac{0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 0{,}1986\frac{KN}{mm^2}$$

$$T_{W,Ed} = V_f * h$$

$$T_{W,Ed} = 357{,}04KN * 0{,}102 = 36{,}418\ KNmm$$

4.1.1.β. Πέλματα πλαισίων

Υπολογίζοντας τα εντατικά μεγέθη των πελμάτων πλαισίων χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον πίνακα ιδιοτήτων του μοντέλου που φαίνεται παρακάτω


Section Name: U-D BEAM

Properties

Cross-section (axial) area	3083,2	Section modulus about 3 axis	88604,87
Moment of Inertia about 3 axis	4549860,	Section modulus about 2 axis	110582,71
Moment of Inertia about 2 axis	9123074,	Plastic modulus about 3 axis	108933,16
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	162716,
Shear area in 2 direction	1589,0556	Radius of Gyration about 3 axis	38,4148
Shear area in 3 direction	3083,2	Radius of Gyration about 2 axis	54,3963
Torsional constant	83097,62	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

Εικόνα 30 Πίνακας ιδιοτήτων πελμάτων πλαισίων

θα έχουμε:

M_{pl} πελμάτων πλαισίων

$$M_{pl} = \frac{W_{pl} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$M_{pl} = \frac{108933{,}16 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 21.635KNmm$$

$$N_{ED} = \frac{A_{tot*fy}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

N_{ED} πελμάτων πλαισίων

$$N_{ED} = \frac{3083{,}02m^2 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 612{,}314KN$$

V_{ED2} πελμάτων πλαισίων

$$V_{ED_2} = \frac{A_{v*fy}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$V_{ED_2} = \frac{1589{,}0556 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 315{,}588KN$$

T_{ED} πελμάτων πλαισίων

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$$

$$T_{Ed} = 1.650.385{,}38 + 32{,}41 = 1.650.417{,}79\ KNm$$

$$T_{tel,Rd} = \frac{I_t}{maxt_i} * \tau_{Rd}$$

$$T_{tel,Rd} = \frac{83097{,}62}{0{,}010} * 0{,}198608 = 1.650.385{,}38KNmm$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3 * \gamma_{M0}}}$$

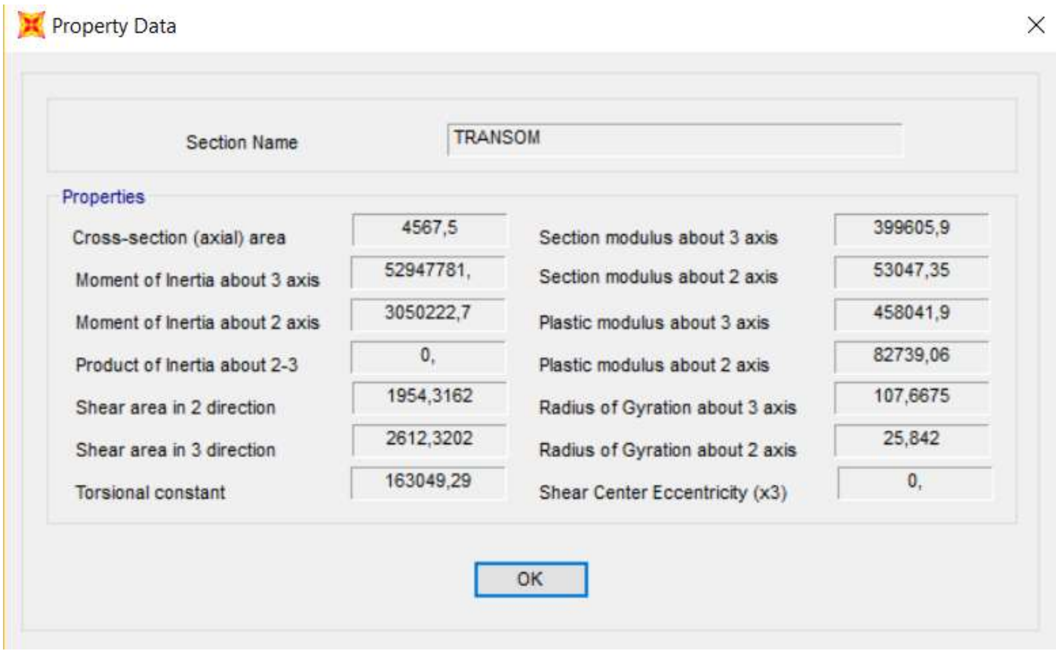
$$\tau_{Rd} = \frac{0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 0{,}198608 \frac{KN}{mm^2}$$

$$T_{W,Ed} = V_f * h$$

$$T_{W,Ed} = 315{,}588KN * 0{,}1027 = 32{,}41\ KNm$$

4.1.1.γ. Διαδοκίδες

Υπολογίζοντας τα εντατικά μεγέθη των διαδοκίδων χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον πίνακα ιδιοτήτων του μοντέλου που φαίνεται παρακάτω :



Property Data

Section Name: TRANSOM

Properties

Cross-section (axial) area	4567,5	Section modulus about 3 axis	399605,9
Moment of Inertia about 3 axis	52947781,	Section modulus about 2 axis	53047,35
Moment of Inertia about 2 axis	3050222,7	Plastic modulus about 3 axis	458041,9
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	82739,06
Shear area in 2 direction	1954,3162	Radius of Gyration about 3 axis	107,6675
Shear area in 3 direction	2612,3202	Radius of Gyration about 2 axis	25,842
Torsional constant	163049,29	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

Εικόνα 31 Πίνακας ιδιοτήτων διαδοκίδων

θα έχουμε:

M_{pl} διαδοκίδων

$$M_{pl} = \frac{W_{pl} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$M_{pl} = \frac{458041{,}9 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 90.971KNmm$$

N_{ED} διαδοκίδων

$$N_{ED} = \frac{A_{tot*fy}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$N_{ED} = \frac{4567{,}5 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 907{,}144KN$$

V_{ED2} ***διαδοκίδων***

$$V_{ED_2} = \frac{A_{v*fy}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$V_{ED_2} = \frac{1954{,}3162 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 388{,}144KN$$

T_{ED} ***διαδοκίδων***

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$$

$$T_{Ed} = 269.858{,}11 + 102{,}858 = 269.960{,}968\ KNm$$

$$T_{tel,Rd} = \frac{I_t}{maxt_i} * \tau_{Rd}$$

$$T_{tel,Rd} = \frac{163049{,}29}{0{,}012} * 0{,}19860849 = 269.858{,}11KNm$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3 * \gamma_{M0}}}$$

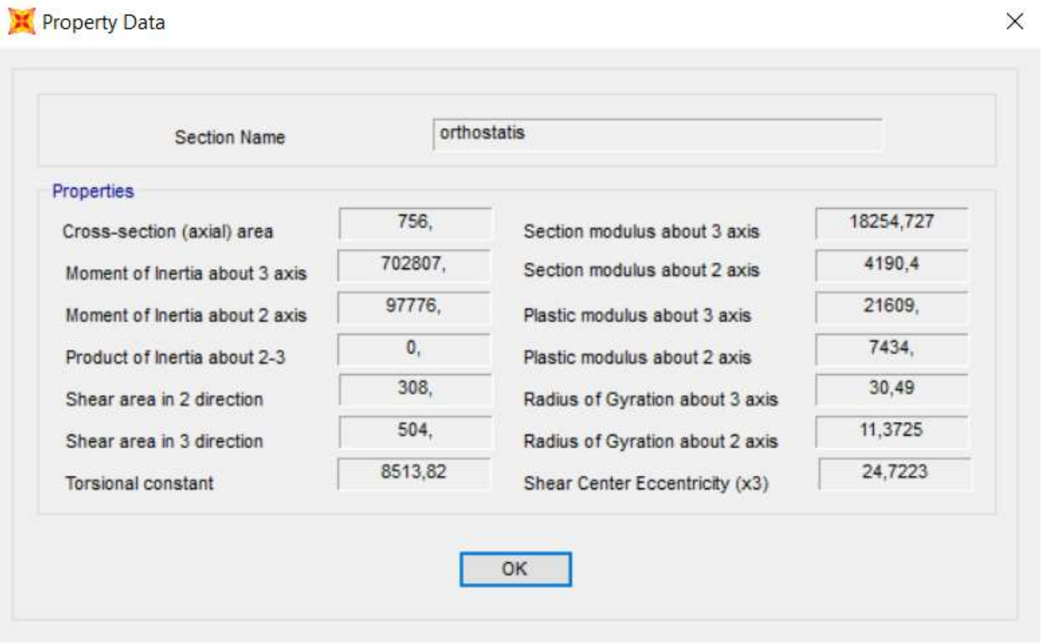
$$\tau_{Rd} = \frac{0{,}344}{\sqrt{3 * \gamma_{M0}}} = 0{,}19860849\frac{KN}{mm^2}$$

$$T_{W,Ed} = V_f * h$$

$$T_{W,Ed} = 388{,}144KN * 0{,}265 = 102{,}858\ KNm$$

4.1.1.δ. Ορθοστάτες - διαγώνιοι πλαισίων

Υπολογίζοντας τα εντατικά μεγέθη των ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον πίνακα ιδιοτήτων του μοντέλου που φαίνεται παρακάτω :



Εικόνα 32 Πίνακας ιδιοτήτων ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων

θα έχουμε:

M_{pl} *ορθοστατών διαγώνιων πλαισίων*

$$M_{pl} = \frac{W_{pl} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$M_{pl} = \frac{21609 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 4.291{,}7KNm$$

N_{ED} *ορθοστατών διαγώνιων πλαισίων*

$$N_{ED} = \frac{A_{tot*fy}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$N_{ED} = \frac{756 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 150{,}148KN$$

V_{ED2} *ορθοστατών διαγώνιων πλαισίων*

$$V_{ED_2} = \frac{A_{v*fy}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}}$$

$$V_{ED_2} = \frac{504 * 0{,}344}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 100{,}10KN$$

T_{ED} ορθοστατών διαγώνιων πλαισίων

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$$

$$T_{Ed} = 24.153{,}62 + 7{,}707 = 24.161{,}33\ KNm$$

$$T_{tel,Rd} = \frac{I_t}{maxt_i} * \tau_{Rd}$$

$$T_{tel,Rd} = \frac{8513{,}02}{0{,}007} * 0{,}198608 = 24.153{,}62KNmm$$

$$\tau_{Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3 * \gamma_{M0}}}$$

$$\tau_{Rd} = \frac{0{,}344}{\sqrt{3 * \gamma_{M0}}} = 0{,}198608$$

$$T_{W,Ed} = V_f * h$$

$$T_{W,Ed} = 100{,}10KN * 0{,}077 = 7{,}707\ KNm$$

4.1.2 Βέλος Κάμψης της δοκού

Ο φορέα της γέφυρας προκειμένου να υπολογιστούν τα χαρακτηριστικά του θεωρείται ότι αποτελεί μονοδιάστατο σύστημα με κατανεμημένη μάζα m_x (εξ 2). Η κατανεμημένη μάζα υπολογίζεται με γνώμονα ότι κάθε πλήρες στοιχείο μήκους 3,048 m έχει βάρος 2,76 τόνους ($\pm$) όταν αυτή καθελκύεται με τα υλικά της συλλογής της. Η Διπλή - Απλή έχει άνοιγμα 80 ποδών και αποτελείται από 32 πλαίσια επομένως θα έχουμε τα παρακάτω:

α. Ιδίο Βάρος γέφυρας(ΙΒ):

$$\boldsymbol{IB} = 3{,}41 * 16 = 54{,}56 \text{ τόνοι ή } 545{,}6 \text{ kN}$$

β. Κατανομή του φορτίου

$$\boldsymbol{q_x} = \frac{\mathbf{545{,}6\kappa}}{\mathbf{24{,}384}\boldsymbol{m}*} = \mathbf{22{,}37}\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m}} \quad \text{(εξ 2)},$$

γ. Κατανομή της μάζας

$$\boldsymbol{m_x} = \frac{\mathbf{22{,}37}\frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m}}}{\mathbf{9{,}81}\frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{sec^2}}} = \mathbf{2{,}28}\ \boldsymbol{kNm^{-1}sec^2} \text{(εξ 3)}$$

Το μέτρο ελαστικότητας λήφθηκε όπως αναφέρεται στη παράγραφο 2.3 ίσο με E=206,8 GPa.

Η συνολική ροπή αδράνειας I της δοκού ισούται με το άθροισμα των δύο σύνθετων δικτυωτών δοκών η οποία υπολογίστηκε με δύο μεθόδους:

I_{eff} = 0,003704 m^4 σύμφωνα με τον EC-3 $\quad I_{eff} = o{,}5 * h_o * A_{ch}$ (εξ 4)

$I_{3\text{-}3}$ =0,003238 m^4 με τη κλασσική θεωρία $\quad I_{yo} = \frac{b*h^3}{12},\ I_{y1} = I_{yo} + A * d^2$ (εξ 5)

δ. Βέλη εκ ροπής

Από τη εξίσωση $\boldsymbol{W_m} = \frac{\mathbf{5}\boldsymbol{ql^4}}{\mathbf{384}\boldsymbol{EI}}$ για τα βέλη εκ ροπής και τις εξ 2,3,4 προκύπτει:

$$W_{meff} = \frac{\mathbf{5*22{,}37*24{,}38^4}}{\mathbf{384*206800000*(4*0{,}003704)}} \text{=0,03358m ή 3,358mm (εξ 6)}$$

$$\mathrm{Wm3}-3=\frac{\mathbf{5*22{,}37*24{,}384^4}}{\mathbf{384*206800000*(4*0{,}003238)}}$$ =0,03844m ή 3,844mm(εξ 7)

ε. Αρχικό βέλος κάμψης e_o το οποίο προκαλείται από την ανοχή των οπών σύνδεσης των πλαισίων και το οποίο προσδιορίζεται από τη σχέση [8]:

$$e_0=\frac{\boldsymbol{0{,}5L\delta_o}}{\boldsymbol{h*cosa}}$$ (εξ 8)

L: Μήκος γέφυρας

δ_o:Ανοχή οπών =1 mm

h:Ύψος δικτυώματος

a: γωνία που σχηματίζουν οι διαγώνιοι ράβδοι του δικτυώματος =45º

$$e_0=5{,}56mm$$ (εξ 9)

στ. Προκειμένου να υπολογιστεί το βέλος κάμψης σε πραγματικές συνθήκες θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το βέλος το προερχόμενο από την επίδραση των τεμνουσών δυνάμεων. Η εξίσωση από την οποία προκύπτει το βέλος εκ τεμνουσών

$$\boldsymbol{W_v}=\frac{\boldsymbol{ql^2}}{\boldsymbol{8S_v}}$$ (εξ 10)

Επομένως

$$W_v=0{,}0207m=20{,}7mm$$

Συνολικό βέλος κάμψης προκύπτει ίσο με:

$\delta_{tot}=53{,}47mm$ από άθροισμα των εξισώσεων 6,9 και 10

ενώ από το άθροισμα των εξισώσεων 7,8 και 10 ίσο με $\delta_{tot}=57{,}38mm$

Τα εν λόγω βέλη κάμψης βρίσκονται εντός των ορίων αφού από τη θεωρία ισχύει ότι:

$$\delta_{max} = \frac{l}{250} = \frac{24384}{250} mm = 97{,}536 mm, \delta_{max} = \text{το συνολικό βέλος}$$

$$\delta_{max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$$

$$\delta_1 = \text{βέλος κάμψης μονίμων δράσεων}$$

$$\delta_2 = \text{βέλος κάμψης μεταβλητών δράσεων}$$

$$\delta_0 = \text{το αρχικό βέλος της δοκού (αν υπάρχει) στην αφόρτιστη κατάσταση}$$

4.2 Χαρακτηριστικά δοκού υπό δυναμική φόρτιση

Προκειμένου να μπορεί να είναι εφικτή η ιδιομορφική ανάλυση του φορέα είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν οι ιδιομορφές και ιδιοσυχνότητες του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους είτε με βάση τη θεωρία είτε από πειραματικά δεδομένα όπως αναπτύχθηκε προηγουμένως.

4.2.1 Ιδιομορφές και ιδιοσυχνότητες της δοκού

Ο ρεαλιστικός προσδιορισμός των ιδιομορφών και των ιδιοσυχνοτήτων ενός φορέα είναι μια διαδικασία η οποία απαιτεί πειραματικά δεδομένα τα οποία λαμβάνονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες διέγερσης και με ταυτόχρονη καταγραφή σε συγκεκριμένα σημεία του φορέα. Σε θεωρητικό επίπεδο ο προσδιορισμός των ιδιομορφών και των ιδιοσυχνοτήτων και για το επίπεδο της εργασίας αυτής θα ληφθεί υπόψη μόνο η καμπτική ταλάντωση και συγκεκριμένα η πρώτη εκ των ιδιομορφών προκειμένου ταυτόχρονα να υπάρχουν αξιοποιήσιμα αποτελέσμα για την πιστοποίηση και του μοντέλου ραβδωτών πεπερασμένων στοιχείων. Ο υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων δίνεται από τη σχέση :

$$\boldsymbol{\omega_n} = \frac{\boldsymbol{n^2 * \pi^2}}{\boldsymbol{L^2}} \sqrt{\frac{\boldsymbol{EI}}{\boldsymbol{m}}} \quad \text{(εξ 11)}$$

όπου για την υπόψη περίπτωση είναι

E=206,8 GPa

$\Sigma I_{3\text{-}3}$ =0,006476 m^4

m_x= 2,28 $kNm^{-1}sec^2$

L=24,384 m

Επομένως αφού

$$T = \frac{2 * \pi}{\omega} \ (\varepsilon\xi\ 12)$$

και

$$f = \frac{1}{T}(\varepsilon\xi\ 13)$$

θα έχουμε:

ω_i	T_i	f_i
ω_1=14,31 rad/sec	T_1=0,438sec	f_1=2,278 sec^{-1}
ω_2=57,27rad/sec	T_2=0,109 sec	f_2=9,115 sec^{-1}
ω_3=128,862 rad/sec	T_3=0,048 sec	f_3=20,509 sec^{-1}

Πίνακας 8:Θεωρητικές τιμές των 3 πρώτων καμπτικών ιδιομορφών

4.3 Μέθοδοι Ανάλυσης

Προκειμένου να προσδιορίσουμε τα εντατικά μεγέθη θα πρέπει να επιλέξουμε την μέθοδο που θα ακολουθήσουμε και η οποία δύναται να είναι: (ΕΡΜΟΠΟΥΛΟΣ χ.χ.)

(1) Ελαστική Ανάλυση

(2) Πλαστική Ανάλυση

Κατά περίπτωση είναι δυνατόν να χρησιμοποιείται:

Ανάλυση 1ης τάξης (στον απαραμόρφωτο φορέα)

Ανάλυση 2ης τάξης (στον παραμορφωμένο φορέα)

4.3.1 Ελαστική Ανάλυση

Η ελαστική ανάλυση μπορεί να εφαρμόζεται σε όλες τις περιπτώσεις, ανεξαρτήτως του αν η αντοχή των διατομών προσδιορίζεται με βάση την ελαστική ή πλαστική αντοχή τους. Κατ΄ αυτήν υποτίθεται ελαστική συμπεριφορά του φορέα, η δε σχέση τάσης – παραμόρφωσης του υλικού θεωρείται ότι είναι γραμμική για οποιαδήποτε στάθμη των τάσεων. Υποτίθεται επομένως ότι η παραμόρφωση είναι ανάλογη με την τάση, δηλαδή ότι το υλικό συμπεριφέρεται ελαστικά καθ' όλη τη φόρτιση.

Όταν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί η θεωρία 1ης τάξης, οι εξισώσεις ισορροπίας και συμβιβαστού εκφράζονται στο σύστημα αναφοράς της αρχικής (μη παραμορφωμένης) γεωμετρίας του φορέα.

Όταν επιβάλλεται να ληφθούν υπόψη φαινόμενα 2ης τάξης (γεωμετρική μη γραμμικότητα), χρησιμοποιείται η θεωρία 2ης τάξης, η οποία απαιτεί επαναληπτικές διαδικασίες επίλυσης. Επειδή σε αυτή την περίπτωση δεν ισχύει η αρχή της επαλληλίας, γίνεται αναφορά σε κάποια συγκεκριμένη κατανομή φορτίων, τα οποία αυξάνονται βήμα – βήμα, χρησιμοποιώντας έναν πολλαπλασιαστή φόρτισης.

4.3.2 Πλαστική Ανάλυση

Η πλαστική ανάλυση λαμβάνει υπόψη τις επιδράσεις της μη γραμμικότητας του υλικού κατά τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των δράσεων επί του φορέα, μπορεί δε να χρησιμοποιείται μόνον εφόσον τα μέλη της κατασκευής διαθέτουν επαρκή στροφική ικανότητα στις θέσεις όπου δημιουργείται η άρθρωση.

Προκειμένου να είναι δυνατή η πλαστική ανάλυση πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

(α) Ο χάλυβας πρέπει να έχει κατάλληλη ολκιμότητά, ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί η πλαστική αντοχή των διατομών.

(β) Μετά τη δημιουργία της, η πλαστική άρθρωση πρέπει να μπορεί να στραφεί ύπο σχεδόν σταθερή ροπή, ίση με την πλαστική ροπή της διατομής(διατομή κατηγορίας 1) (γ) Η πλαστική άρθρωση πρέπει να έχει αρκετή στροφική ικανότητα, χωρίς να μπορεί να δημιουργηθεί μηχανισμός κατάρρευσης με ανακατανομή των ροπών.

(δ) Στην περίπτωση όπου στον κορμό μιας διατομής στη θέση της πλαστικής άρθρωσης εφαρμόζεται εγκάρσια (τέμνουσα) δύναμη μεγαλύτερη από το 10% της αντοχής της διατομής έναντι τέμνουσας, πρέπει να προβλέπονται ενισχύσεις κορμού σε μία απόσταση h/2 από τη θέση της πλαστικής άρθρωσης (h είναι το ύψος της διατομής)

(ε) Η κατασκευή πρέπει να υπόκειται κυρίως σε στατικά φορτία, ώστε να είναι δυνατόν να αστοχήσει σε ολιγόκυκλική κόπωση.

4.4. Κατάταξη διατομών

Ο σχεδιασμός ενός φορέα και των στοιχείων από τα οποία συντίθεται, προϋποθέτει την επιλογή μιας κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης και ελέγχου. Η επιλογή αφορά αφενός την ανάλυση, μέσω της οποίας προσδιορίζονται τα εντατικά και παραμορφωσιακά μεγέθη, αφετέρου τον τρόπο υπολογισμού της αντοχής των διατομών.

Ανάλογα με την έκταση στην οποία η αντοχή και η στροφική ικανότητα των διατομών περιορίζεται από τον τοπικό λυγισμό , οι διατομές κατατασονται στις ακόλουθες τεσσερις κατηγορίες:

(1) Διατομές κατηγορίας 1: Είναι εκείνες που μπορούν να σχηματίσουν πλαστική άρθρωση με την απαιτούμενη από την πλαστική ανάλυση στροφική ικανότητητα χωρίς μείωση της αντοχής τους.

(2) Διατομές κατηγορίας 2: Είναι εκείνες που μπορούν να αναπτύξουν πλαστική ροπή αντοχή τους, αλλά έχουν περιορισμένη στροφική ικανότητα λόγω τοπικού λυγισμού.

(3) Διατομές κατηγορίας 3: Είναι εκείνες στις οποίες η τάση στην ακραία θλιβόμενη ίνα του χαλύβδινου μέλους, υποθέτοντας ελαστική κατανομή των τάσεων, μπορεί να φθάσει το όριο διαρροής, αλλά ο τοπικός λογισμός εμποδίζει την ανάπτυξη της πλαστικής ροπής αντοχής.

(4) Διατομές στις οποίες τοπικός λυγισμός θα συμβεί πριν την ανάπτυξη της τάσης διαρροής σε ένα ή περισσότερα μέρη της διατομής

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ροπές αντοχής των τεσσάρων κατηγοριών διατομών:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	**ΡΟΠΗ**	**ΤΥΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΡΟΠΗΣ**
1	ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗ	$M_{pl} = W_{el} * f_y$
2	ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗ	$M_{pl} = W_{el} * f_y$
3	ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗ	$M_{el} = W_{el} * f_y$
4	ΡΟΠΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ	$M_0 < M_{el}$

Πίνακας 9 Ροπών Αντοχής

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2 της παρούσας εργασίας μετά από το σχετικό έλεγχο των διατομών προέκυψε ότι αυτές ανήκουν στην κατηγορία 1.Μπορεί έτσι να χρησιμοποιηθεί η πλαστική ανάλυση αυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ (ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ n.d.) (Standardisation 2006) (Standardisation 2006) (ΕΡΜΟΠΟΥΛΟΣ χ.χ.)

Η γέφυρα Bailey είναι ένας φορέας ο οποίος όπως προαναφέρθηκε, αναπτύχθηκε για την κάλυψη αναγκών κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες καθέλκυσης και λειτουργίας. Παρά το γεγονός ότι από τη σύλληψη μέχρι την παραγωγή της ήταν προαπαιτούμενο η χρήση της να είναι βραχυπρόθεσμη ωστόσο μέχρι σήμερα βρίσκεται σε λειτουργία σε πολλές περιπτώσεις αγγίζοντας τα 60 χρόνια αδιάκοπης χρήσης της.

Οι μελέτες οι οποίες έχουν γίνει κατά το παρελθόν ,έχουν εστιάσει στη συμπεριφορά των πλαισίων καθώς αυτά είναι τα κυριότερα δομικά στοιχεία της γέφυρας και επομένως, οποιαδήποτε αστοχία σε αυτά οδηγεί αναπόφευκτα και σε αστοχία του φορέα.

Η μη εύρεση νέου υλικού σε Εθνικό επίπεδο και το υψηλό κόστος προμήθειας από το εξωτερικό καθιστά επιτακτική την ανάγκη για μια προσέγγιση η οποία αποσκοπεί στην συντήρηση και ενίσχυση μερών της εκάστοτε γέφυρας σε μια προσπάθεια να διορθωθούν οι παθογένειες της. Επιπλέον είναι εξαιρετικά δύσκολο δε σε κάθε περίπτωση παρά την όποια δυνατότητα αντικατάστασης τμήματος από πλευράς υλικού να πραγματοποιηθεί αυτή απρόσκοπτα. Είναι δύσκολο έως αδύνατο σε πολλές περιπτώσεις να αντικατασταθεί ή να ενισχυθεί τμήμα της γέφυρας χωρίς προηγούμενα να αποκαθελκυσθεί και να επανατοποθετηθεί.

Πρωταρχικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναπτυχθεί ένα μοντέλο πεπερασμένων ραβδωτών στοιχείων στο επίπεδο του φορέα Διπλού – Απλού, να πιστοποιηθεί μέσω και των αποτελεσμάτων των πειραμάτων και στη συνέχεια να αποτελέσει εργαλείο για τις οποιεσδήποτε επεμβάσεις σε γέφυρες τέτοιου τύπου.

Όπως είναι φυσικό η παλαιότητα του υλικού σε συνδυασμό με την καταπόνηση την οποία έχει υποστεί στην πάροδο των ετών που βρίσκεται τοποθετημένο ανά την επικράτεια, οδήγησε την παρούσα εργασία να λάβει υπόψη τις ελάχιστα δημοσιευμένες μελέτες ώστε να αντλήσει σχετικές πληροφορίες. Ωστόσο θεωρείται μέσα από τη διεθνή πρακτική και την συνάφεια σε κάθε περίπτωση των αποτελεσμάτων ότι επιτυγχάνεται καλή προσέγγιση της κατάστασης του φορέα στην υφιστάμενη του κατάσταση.

Οι παραδοχές οι οποίες και αναλύονται στη συνέχεια είναι πολυεπίπεδες και πραγματοποιείται κάθε φορά προσπάθεια επιβεβαίωσης της ορθότητας στη χρήση αυτών.

5.1 Γεωμετρία του φορέα

Προκειμένου η ανάλυση με τα πεπερασμένα ραβδωτά στοιχεία να είναι αξιοποιήσιμη ως προς τα αποτελέσματα όλα τα γεωμετρικά στοιχεία της γέφυρας λήφθηκαν από τις μετρήσεις που έγιναν στην εργασία του Βασίλειου Παπαβασιλείου όπου μετρήθηκαν με όργανα ακριβείας, όπως παχύμετρα. Στην οποία επιβεβαιώθηκαν με σχέδια παλαιότερης εργασίας (LTD n.d.). Η μέτρηση και η επιβεβαίωση των στοιχείων της γέφυρας έγινε γιατί υπάρχουν διάφοροι τύποι με παραπλήσιες ιδιότητες κατασκευασμένες από διαφορετικές εταιρίες(πχ Βρετανικές ή Αμερικάνικες και σήμερα Κινεζικές). Όλα τα στοιχεία παρά τις γενικές πρότυπες, για την εποχή κατασκευής τους, διατομές φέρουν και ενισχύσεις οι οποίες είναι δύσκολο να προσομοιωθούν στα γραμμικά πεπερασμένα ραβδωτά στοιχεία.

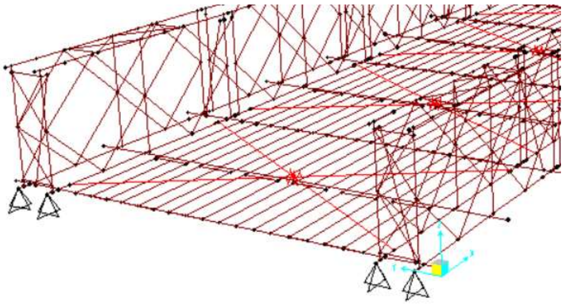
Όλα τα στοιχεία τοποθετήθηκαν κεντροβαρικά και οι κόμβοι σε στοιχεία τα οποία στη πραγματικότητα συνδέονται με λεπίδες σχηματίστηκαν με την λεπτομέρεια των διαστάσεων τους όπως ορίζει και ο EC-3.

5.2 Άνοιγμα του φορέα

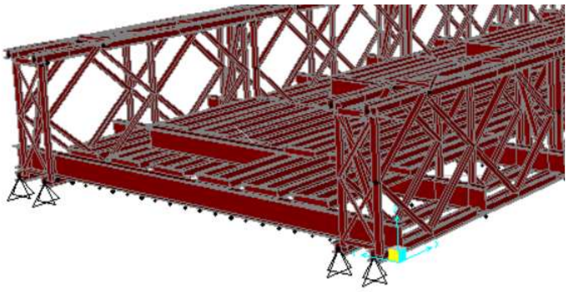
Για τον προς έλεγχο φορέα λήφθηκε υπόψη ως μήκος τα 24,384 m(80 πόδια) για δύο λόγους, πρώτον γιατί η έδραση του στο πεδίο είναι ασφαλής και εξασφαλισμένη η ορθή λειτουργία της σε μήκη μεταξύ 30 και 80 ποδών και δεύτερον λόγο αυτού του μήκους θα ήταν πιο εύκολη η διέγερση της καμπτικής ταλάντωσης σε σχέση με τον στιβαρό φορέα των 30 ποδών.

5.3Διαδικασία σχεδιασμού του φορέα στο Sap 2000

Η διαδικασία σχεδιασμού και τελικής μορφής του φορέα στηρίχθηκε στην δυνατότητα πολλαπλασιασμού ενός πρότυπου μοντέλου το οποίο σχεδιάστηκε αρχικά. Μιας και όλα τα τμήματα ή αλλιώς πλήρη στοιχεία του φορέα έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά σχεδιάστηκε ένα πλήρες στοιχείο και στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκε σε 8 τμήματα. Αυτή είναι και η βασική επιδίωξη της εργασίας , δηλαδή η ανάπτυξη ενός προτύπου το οποίο να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.



Εικόνα 33: Πρότυπο μοντέλο πλήρους στοιχείου φορέα διπλού απλού

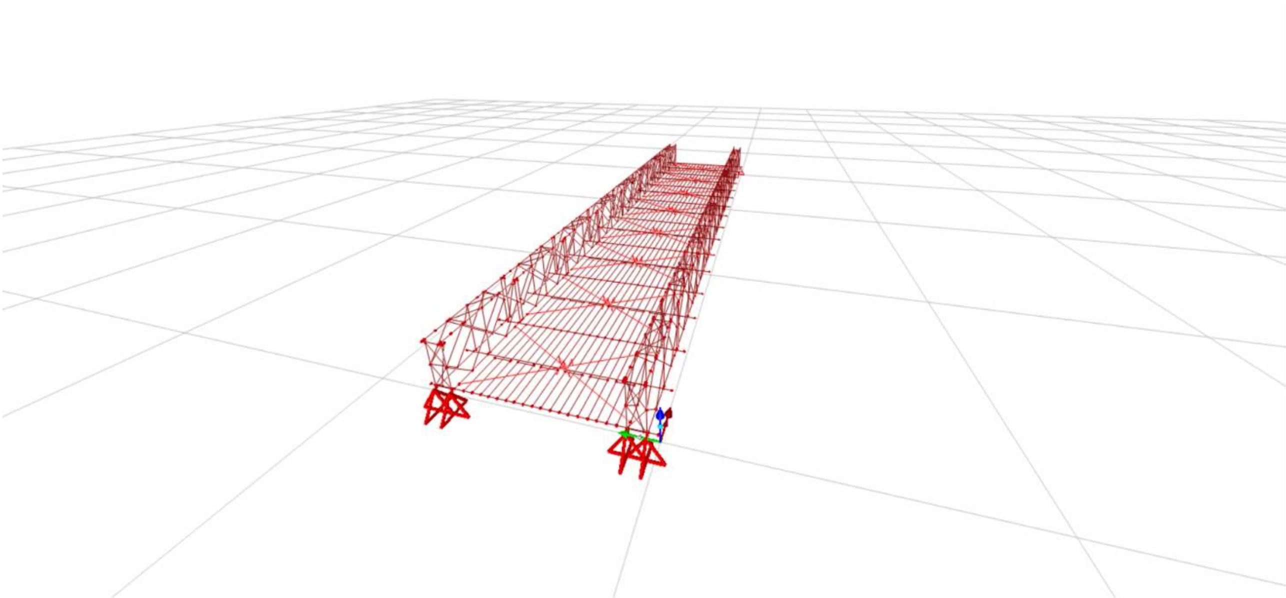


Εικόνα 34: Πρότυπο μοντέλο πλήρους στοιχείου φορέα διπλού απλού σε 3D

Όλα τα στοιχεία έχουν τοποθετηθεί στις θέσεις που είναι τοποθετημένα και στο φορέα, ενώ οι συνδέσεις τους έχουν θεωρηθεί είτε αρθρώσεις μεταξύ των πλαισίων με ελευθέρωση της ροπής στον κύριο άξονα είτε ως πακτώσεις κατά περίπτωση.

Για παράδειγμα η σύνδεση των διαδοκίδων με τα πλαίσια γίνεται με βλήτρα σύνδεσης. Ο τρόπος όμως της πραγματοποίησης της σύνδεσης μπορεί να θεωρηθεί πάκτωση με ελάχιστη απόκλιση από την πραγματικότητα. Αποκλίσεις από τη θεώρηση μπορούν να προκύψουν εφόσον οι συνδέσεις δεν γίνουν με επιμέλεια και παραμείνουν χαλαρές. Η παραδοχή είναι ότι οι συνδέσεις είναι καλά επιμελημένες.

Για την σύνδεση των διαδοκίδων με την αντηρίδα προκειμένου να προσομοιωθεί τόσο η θέση όσο και η δυσκαμψία των μελών προσομοιώθηκε και ένας κοχλίας στην σύνδεση ως άκαμπτο μέλος.



Εικόνα 35:Φορέας 8 διπλών πλήρων στοιχείων 24,384 m (80 ποδών)

Για τους αντιανέμιους συνδέσμους δυσκαμψίας δεν χρησιμοποιήθηκε διατομή χάλυβα αλλά πραγματοποιήθηκε σύνδεση με στοιχείο LINK δύο κόμβων.

5.4Μορφές Φορέων και Διαδικασία Φόρτισης αυτών

Η επίλυση του φορέα περιλαμβάνει συνδυασμούς φορτίσεων προκειμένου να ελεγχθεί τόσο η κατάσταση λειτουργικότητας όσο και η κατάσταση αστοχίας.

Το κινητό φορτίο **P_i (i=1,2,3)** στη περίπτωση αυτή είναι φορτηγό όχημα η κλάση του οποίου μεταβάλλεται σύμφωνα με τον κανονισμό (ΣΤΡΑΤΟΥ χ.χ.). Στο κανονισμό ορίζεται ότι οι περιπτώσεις φόρτισης της γέφυρας με κινητό φορτίο είναι τρείς.

Η **κανονική κυκλοφορία** προβλέπει την κίνηση οχημάτων επι του φορέα σε αποστάσεις 27 m και επιτρεπόμενη κλάση οχήματος 50 χωρίς όριο ταχύτητας.

Η **μετα-προσοχής κυκλοφορία** προβλέπει την κίνηση οχήματος με ταχύτητα 12,5 Km/h σε απόσταση 47 m μεταξύ τους με άξονα κίνησης επί του κέντρου του καταστρώματος και επιτρεπόμενη κλάση 60.

Η **επικίνδυνη κυκλοφορία** προβλέπει την κίνηση ενός μόνο οχήματος με ταχύτητα 4,2 Km/h με άξονα κίνησης επί του κέντρου του καταστρώματος και επιτρεπόμενη κλάση 66.

5.5 Αρχές Σχεδιασμού

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού ενός φορέα για τις οποίες πραγματοποιείται έλεγχος επάρκειας είναι οι παρακάτω:

1. Καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια, οι οποίες αφορούν σε κανονικές συνθήκες χρήσης.
2. Παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού, οι οποίες αφορούν σε προσωρινές συνθήκες που επιβάλλονται στο φορέα, , π.χ. κατά τη φάση ανέγερσης ή επισκευών.
3. Τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού, που αντιστοιχούν σε εξαιρετικές συνθήκες που επιβάλλονται στο φορέα, π.χ. πυρκαγιά, έκρηξη, πρόσκρουση.
4. Καταστάσεις σχεδιασμού έναντι σεισμού (seismic), που αντιστοιχούν σε συνθήκες που επιβάλλονται στο φορέα ,όταν αυτός εκτίθεται σε σεισμικά γεγονότα.

5.6 Οριακές καταστάσεις

Οριακές καταστάσεις, είναι οι καταστάσεις πέρα πασ τις οποίες ο φορέας ‘η τμήμα αυτού δεν ικανοποιεί τα κριτήρια σχεδιασμού του. Οι υπόψη καταστάσεις διακρίνονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

1. Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ultimate limit states, πλαστικές αντοχές, απώλεια ευστάθειας, θραύση κόπωση, ανατροπή κ.λ.π.) οι οποίες συνδέονται με κατάρρευση ή ισοδύναμες μορφές αστοχίας του φορέα ή τμήματός του.
2. Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (service ability limit States μετατοπίσεις ταλαντώσεις, ρηγματώσεις κ.λ.π.) που συνδέονται με συνθήκες πέραν των οποίων δεν τηρούνται πλέον οι καθορισμένες λειτουργικές απαιτήσεις για το φορέα ή για το μέλος αυτού.

5.7 Ανάλυση Δράσεων

5.7.1 Προέλευση Δράσεων

Οι δράσεις οι οποίες επιβάλλονται στην κατασκευή με τη μορφή συνδυασμών αναλόγως της προέλευσής τους, για τις προαναφερθείσες καταστάσεις σχεδιασμού, διακρίνονται σε:

1. Άμεσες (direct), π.χ. συγκεντρωμένα ή ομοιομόρφως κατανεμημένα γραμμικά και επιφανειακά φορτία.
2. Έμμεσες (indirect), π.χ. επιβαλλόμενη παραμόρφωση λόγω θερμοκρασιακής μεταβολής ή υποχώρησης στηρίξεων, ή επιβαλλόμενη επιτάχυνση λόγω σεισμού.

5.7.2 Χωρική Μεταβολή Δράσεων

Οι δράσεις αυτές, ως προς το χρόνο ταξινομούνται σε:

1. Μόνιμες (permanent) (G), π.χ. ίδια βάρη της κατασκευής, προσαρτήματα
2. Μεταβλητές (variable) (Q), π.χ. επιβεβλημένα φορτία, φορτία χιονιού ή ανέμου.
3. Τυχηματικές (accidental) (A), π.χ. εκρήξεις ή προσκρούσεις οχημάτων.

Ορισμένες δράσεις, π.χ. οι σεισμικές δράσεις ή τα φορτία χιονιού μπορεί να θεωρούνται είτε ως τυχηματικές ή και μεταβλητές δράσεις, ανάλογα με την περιοχή της κατασκευής, όπως περιγράφεται αναλυτικά σε άλλα Μέρη του Ευρωκώδικα 1.

5.7.3 Θέση Δράσεων

Ως προς τη θέση τους οι δράσεις ταξινομούνται σε:

1. Καθορισμένες (fixed), π.χ. ίδιο βάρος

2. Ελεύθερες (free), π.χ. κινητά επιβεβλημένα φορτία, φορτία χιονιού ή ανέμου.

5.7.4 Φύση Δράσεων

Ως προς τη φύση τους ταξινομούνται σε στατικές ή δυναμικές (static or dynamic), ανάλογα με το μέγεθος της επιτάχυνσης που προκαλείται στην κατασκευή. Η προένταση (P) είναι μόνιμη δράση. Οι έμμεσες δράσεις είναι είτε μόνιμες (π.χ. υποχώρηση στήριξης), ή μεταβλητές (π.χ. θερμοκρασιακή μεταβολή).

5.8 Κατηγορίες Δράσεων

5.8.1 Μόνιμες Δράσεις

Με τον όρο αυτό νοούνται όλες οι δράσεις, οι οποίες αναμένεται να επενεργήσουν κατά την διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου αναφοράς και για την οποία η διαφοροποιήση του μεγέθους τους στο χρόνο είναι αμελητέα. Στα μόνιμα φορτία περιλαμβάνεται το σύνολο του ίδιου βάρους της γέφυρας.

5.8.2 Επιβαλλόμενες (Μεταβλητές) Δράσεις

Εντάσσονται γενικώς στη κατηγορία των μεταβλητών ελευθέρων δράσεων εκτός αν ορίζεται διαφορετικά στο κανονισμό. Περιλαμβάνουν τα κατακόρυφα φορτία που προκύπτουν από τη χρήση της κατασκευής, την παρουσία ανθρώπων, οχημάτων,κινητού εξοπλισμού , αποθηκευμένων αγαθών κ.λπ. Οι μεταβλητές δράσεις θα πρέπει να τοποθετούνται κατά τον πλέον δυσμενή τρόπο στο φορέα,ώστε να καλύπτουν όλες τις ενδεχόμενες καταστάσεις φόρτισης και να προσδιορίζεται η δυσμενέστερη επιρροή τους.

5.8.3 Φορτίο Χιονιού επί του εδάφους (sk)

Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους (s_k) πρέπει να προσδιορίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$s_{k,A} = s_{k,0}\left[1+\left(\frac{A}{917}\right)^2\right]$$

Όπου:

$s_{k,0}$: είναι το χαρακτηριστικό φορτίου χιονιού σε έδαφος που βρίσκεται στην στάθμη της θάλασσας (A=0). Η τιμή του δίνεται από τον παρακάτω πίίνακα συναρτήσει της ζώνης:

Ζώνη	Περιοχές	$s_{k,0}$ (kN/m^2)
Α	Νομοί Αρκαδίας, Ηλείας, Λακωνίας, Μεσσηνίας και όλα τα νησιά πλην των Σποράδων και της Εύβοιας	0,4
Β	Νομοί Μαγνησίας, Φθιώτιδας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Λάρισας, Σποράδες και Εύβοια	0,8
Γ	Υπόλοιπη Χώρα	1,7

Πίνακας 10_Τιμές του χαρακτηριστικού φορτίου χιονιού

A: είναι το υψόμετρο της τοποθεσίας πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας (σε m). Το υψόμετρο Α μετριέται με ακρίβεια 100m. Το υψόμετρο στρογγυλοποιείται στην αμέσως μεγαλύτερη εκατοντάδα.

S = μi Ce Ct Sk

5.8.4 Φορτίο Ανέμου

Οι δράσεις του ανέμου παρουσιάζουν διακυμάνσεις στο χρόνο και δρουν άμεσα ως πιέσεις επί των εξωτερικών επιφανειών κλειστών κατασκευών και, λόγω της πορώδους φύσης της εξωτερικής επιφάνειας, δρουν επίσης έμμεσα επί των εσωτερικών επιφανειών. Επίσης μπορούν να δρουν άμεσα επί της εσωτερικής επιφάνειας ανοικτών κατασκευών. Από τις πιέσεις που αναπτύσσονται σε περιοχές της επιφάνειας προκύπτουν δυνάμεις κάθετες προς την επιφάνεια της κατασκευής ή των μεμονωμένων στοιχείων επικάλυψης. Επιπρόσθετα, όταν μεγάλες επιφάνειες κατασκευών σαρώνονται από τον άνεμο, οι δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται εφαπτομενικά προς την επιφάνεια μπορεί να είναι σημαντικές. Η δράση του ανέμου αναπαρίσταται με ένα απλοποιημένο σύνολο πιέσεων ή δυνάμεων των οποίων οι επιδράσεις είναι ισοδύναμες με τις ακραίες επιδράσεις του στροβιλώδους ανέμου.

Η μέση ταχύτητα του ανέμου $v_m(z)$, σε ύψος z πάνω από το έδαφος, εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και την τοπογραφία και από τη βασική ταχύτητα του ανέμου, v_b, και θα προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$v_m (z)= c_r (z) \cdot c_o (z) \cdot v_b$$

όπου:

$c_r(z)$: Ο συντελεστής τραχύτητας

$c_o(z)$:Ο συντελεστής ανάγλυφου του εδάφους, που λαμβάνεται ως 1,0 εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά.

v_b: Η βασική ταχύτητα ανέμου, που ορίζεται ως συνάρτηση της διεύθυνσης του ανέμου και της εποχής του έτους, στα 10m πάνω από έδαφος κατηγορίας II.

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

$v_{b,0}$: Η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας ανέμου, βλέπε (1)P

c_{dir}: Ο συντελεστής διεύθυνσης, Η τιμή του συντελεστή διεύθυνσης, cdir, για διάφορες διευθύνσεις ανέμου μπορεί να δίνεται στο Εθνικό Προσάρτημα. Η προτεινόμενη τιμή είναι 1,0..

C_{season}: Ο εποχικός συντελεστής, Η τιμή του εποχικού συντελεστή, cseason, για χρήση σε μια Χώρα μπορεί να δίνεται στο Εθνικό της Προσάρτημα. Η προτεινόμενη τιμή είναι 1,0.

5.8.5 Φορτίο σεισμού

Η πολυπλοκότητα του προσομοιώματος που θα επιλεγεί για την περιγραφή της σεισμικής δράσης εξαρτάται από την περιγραφόμενη σεισμική κίνηση και την σπουδαιότητα του έργου και δεν θα πρέπει να είναι δυσανάλογη με την δομή του προσομοιώματος που χρησιμοποιείται για την ανάλυση της γέφυρας.

Για την ποσοτικοποίηση της σεισμικής δράσης λαμβάνεται υπόψη μόνον η ταλάντωση του συστήματος που διεγείρεται από την κίνηση του εδάφους. Οι σεισμοί όμως μπορούν να προκαλέσουν και μόνιμες εδαφικές μετακινήσεις που προκύπτουν από εδαφική αστοχία ή ρήξη ρήγματος που μπορεί να οδηγήσουν σε επιβεβλημένες παραμορφώσεις με σοβαρές συνέπειες για τις γέφυρες. Τέτοιοι κίνδυνοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με ειδικές μελέτες και οι συνέπειές τους να ελαχιστοποιούνται με κατάλληλη επιλογή στατικού συστήματος.

Ο έλεγχος αναφορικά με τις σεισμικές δράσεις έγινε σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8, Μέρος 2. Επιλέχθηκε για την ανάλυση, η μέθοδος της φασματικής απόκρισης. Ο προσδιορισμός των μαζών γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των μόνιμων φορτίων της γέφυρας με τις χαρακτηριστικές τιμές τους, καθώς και τις οιονεί μόνιμες τιμές των μεταβλητών δράσεων με τιμή ψ_{21} Q_{1k}, όπου όμως σε οδογέφυρες με κανονική κυκλοφορία ή σε πεζογέφυρες, λαμβάνεται ψ_{21}=0.

(1) Στο πλαίσιο του EN 1998, η σεισμική κίνηση σε ένα δεδομένο σημείο στην επιφάνεια προσομοιώνονται με ένα ελαστικό φάσμα απόκρισης εδαφικής επιτάχυνσης, αποκαλούμενο εφεξής "ελαστικό φάσμα απόκρισης".

(2) Η μορφή του ελαστικού φάσματος απόκρισης λαμβάνεται η ίδια για τα δύο επίπεδα σεισμικής δράσης για την απαίτηση μη-κατάρρευσης (οριακή κατάσταση αστοχίας – σεισμική δράση σχεδιασμού) και για την απαίτηση περιορισμού βλαβών.

(3) Η οριζόντια σεισμική δράση περιγράφεται από δύο ορθογώνιες συνιστώσες που θεωρούνται ανεξάρτητες μεταξύ τους και που εκφράζονται από το ίδιο φάσμα απόκρισης.

(4) Για τις τρεις συνιστώσες της σεισμικής δράσης, μπορούν να υιοθετηθούν μια ή περισσότερες εναλλακτικές μορφές φασμάτων απόκρισης, ανάλογα με τις σεισμογενείς πηγές και τα σεισμικά μεγέθη.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 Η επιλογή της μορφής του ελαστικού φάσματος απόκρισης που χρησιμοποιείται σε μια χώρα ή μέρος της χώρας μπορεί να βρεθεί στο Εθνικό Προσάρτημα.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 Για την επιλογή της κατάλληλης μορφής του φάσματος, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο μέγεθος σεισμών οι οποίοι συμβάλλουν περισσότερο στη σεισμική επικινδυνότητα που έχει ληφθεί με στόχο την πιθανολογική αξιολόγηση του κινδύνου, παρά σε συντηρητικά ανώτερα όρια (π.χ. Μέγιστος Δυνατός Σεισμός) που καθορίζονται με διαφορετικούς στόχους.

(5) Όταν οι σεισμοί που έχουν επιρροή σε μια θέση προέρχονται από πηγές που έχουν σημαντικές διαφορές, πρέπει να εξετάζεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν φάσματα με περισσότερες από μία μορφή με στόχο να καταστήσουν δυνατή επαρκώς αντιπροσωπευτική προσομοίωση της σεισμικής δράσης σχεδιασμού. Σε τέτοιες περιπτώσεις, απαιτούνται διαφορετικές τιμές του a_g για κάθε τύπο φάσματος και σεισμού.

(6) Για φορείς με μεγάλη σπουδαιότητα (γ_I >1,0) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη επιδράσεις τοπογραφικής ενίσχυσης.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Το Πληροφοριακό Παράρτημα A του EN 1998-5:2004 παρέχει πληροφορίες για τις επιδράσεις τοπογραφικής ενίσχυσης.

(7) Επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν προσομοιώσεις χρονοϊστορίας της σεισμικής κίνησης.

(8) Για ειδικούς τύπους φορέων μπορεί να χρειαστεί να λαμβάνεται υπόψη η χωρική και η χρονική μεταβολή της εδαφικής κίνησης (βλέπε EN 1998-2, EN 1998-4 και EN 1998-6).

Οριζόντιο ελαστικό φάσμα απόκρισης

(1) Για τις οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής δράσης, το ελαστικό φάσμα απόκρισης $S_e(T)$ καθορίζεται από τις ακόλουθες εκφράσεις (βλέπε 3.1):

$$0 \le T \le T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2{,}5 - 1)\right] \quad (3.2)$$

$$T_B \le T \le T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2{,}5 \quad (3.3)$$

$$T_C \le T \le T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2{,}5\left[\frac{T_C}{T}\right] \quad (3.4)$$

$$T_D \le T \le 4\text{s} : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2{,}5\left[\frac{T_C T_D}{T^2}\right] \quad (3.5)$$

όπου:

$S_e(T)$είναι το ελαστικό φάσμα απόκρισης

T είναι η περίοδος ταλάντωσης ενός γραμμικού συστήματος μίας ελευθερίας κίνησης

a_g είναι η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού σε έδαφος κατηγορίας A (a_g = □I.a_{gR});

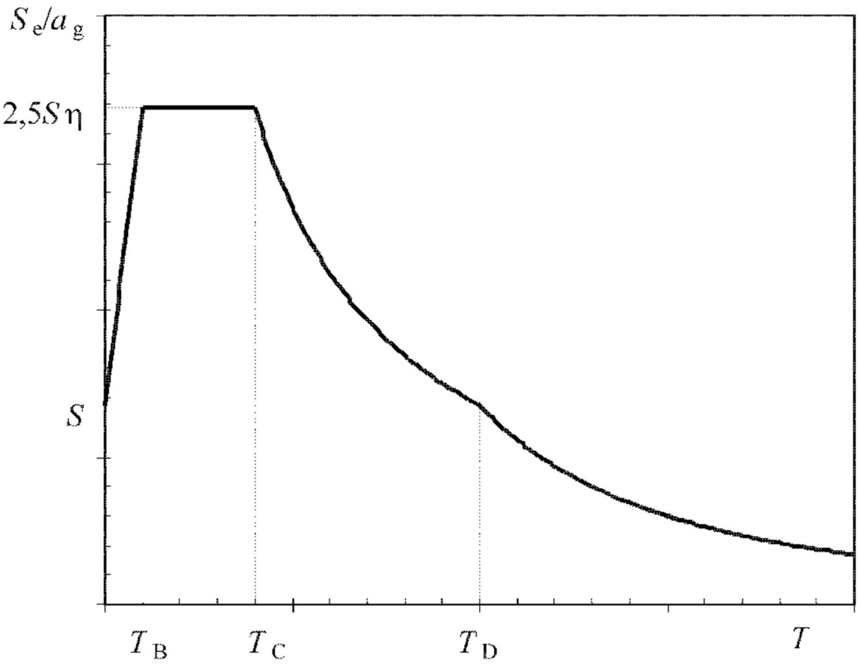
T_B είναι η περίοδος κάτω ορίου του κλάδου σταθερής φασματικής επιτάχυνσης

T_C είναι η περίοδος άνω ορίου του κλάδου σταθερής φασματικής επιτάχυνσης

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

S είναι ο συντελεστής εδάφους

η είναι ο διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης, με τιμή αναφοράς η = 1 για 5% ιξώδη απόσβεση, βλέπε (**3**) της παρούσας



Σχήμα 3.1: Μορφή του ελαστικού φάσματος απόκρισης

(2) Οι τιμές των περιόδων T_B, T_C και T_D καθώς και αυτή του συντελεστή εδάφους S, που περιγράφουν την μορφή του ελαστικού φάσματος απόκρισης εξαρτώνται από την κατηγορία του εδάφους.

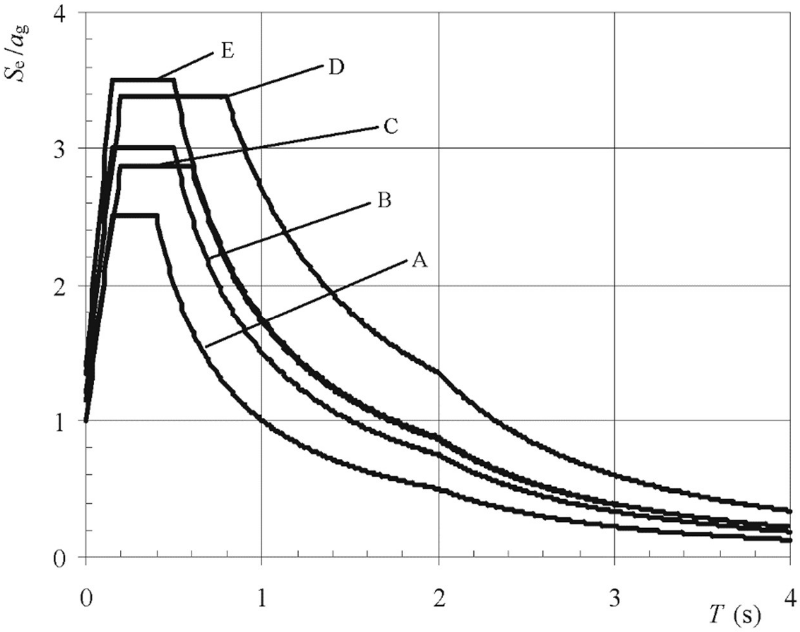
ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 Οι τιμές που αποδίδονται στις T_B, T_C, T_D και S για κάθε κατηγορία εδάφους και τύπο φάσματος για χρήση σε μια χώρα μπορούν να βρεθούν στο Εθνικό Προσάρτημα. Εάν δεν είναι διαθέσιμη η γεωλογία των βαθύτερων στρωμάτων, η συνιστώμενη επιλογή είναι η χρήση δύο τύπων φασμάτων: Τύπος 1 και Τύπος 2. Εάν οι σεισμοί που συμβάλλουν περισσότερο στη σεισμική επικινδυνότητα που καθορίζεται για την περιοχή με σκοπό την πιθανολογική αξιολόγηση της διακινδύνευσης έχουν μέγεθος κύματος επιφανείας, M_s, όχι μεγαλύτερο από 5,5, συνιστάται η υιοθέτηση φάσματος τύπου 2. Για τους πέντε εδαφικούς τύπους A, B, C, D και E οι συνιστώμενες τιμές των παραμέτρων S, T_B, T_C και T_D δίνονται στον Πίνακα 3.2 για τον Τύπο Φάσματος 1 και στον Πίνακα 3.3 για τον Τύπο Φάσματος 2. Το Σχήμα 3.2 και το Σχήμα 3.3 παρουσιάζουν τις μορφές του συνιστώμενου Τύπου Φάσματος 1 και του συνιστώμενου Τύπου Φάσματος 2, αντίστοιχα, ανηγμένες σε a_g, για απόσβεση 5%. Διαφορετικά φάσματα μπορούν να καθοριστούν στο Εθνικό Προσάρτημα, εάν απαιτείται από την γεωλογία των βαθύτερων στρωμάτων.

Εδαφικός Τύπος	S	T_B **(s)**	T_C **(s)**	T_D **(s)**
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

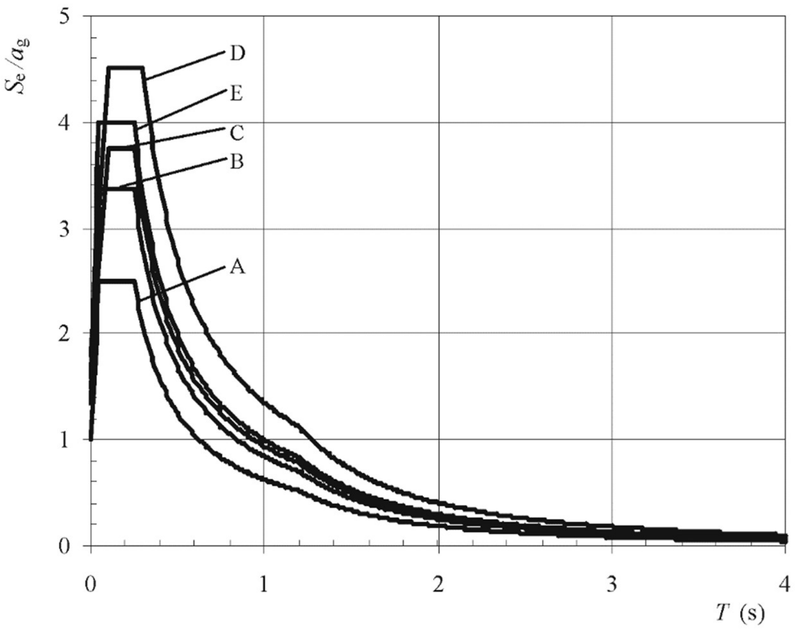
Πίνακας 11 Τιμές παραμέτρων που περιγράφουν τα συνιστώμενα φάσματα ελαστικής απόκρισης Τύπου 1

Εδαφικός Τύπος	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

Πίνακας 12 Τιμές των παραμέτρων που περιγράφουν τα συνιστώμενα φάσματα ελαστικής απόκρισης Τύπου 2



Σχήμα 3.2: Συνιστώμενα φάσματα ελαστικής απόκρισης Τύπου 1 για κατηγορίες εδάφους A έως E (5% απόσβεση)



Σχήμα 3.3: Συνιστώμενα φάσματα ελαστικής απόκρισης Τύπου 2 για κατηγορίες εδάφους Α έως Ε (5% απόσβεση)

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 Για τις κατηγορίες εδάφους S_1 και S_2 οι αντίστοιχες τιμές των S, T_B, T_C και T_D πρέπει να προέρχονται από ειδική μελέτη.

(3) Η τιμή του διορθωτικού συντελεστή απόσβεσης η μπορεί να ληφθεί από την έκφραση:

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0{,}55$$

όπου ξ είναι ο λόγος ιξώδους απόσβεσης του φορέα, εκπεφρασμένος σαν ποσοστό επί τις εκατό.

(4) Εάν για ειδικούς λόγους πρέπει να χρησιμοποιηθεί λόγος ιξώδους απόσβεσης διαφορετικός από 5%, η τιμή αυτή δίνεται στο σχετικό Μέρος του EN 1998.

(5) Το ελαστικό φάσμα απόκρισης μετακίνησης, $S_{De}(T)$, θα λαμβάνεται από άμεση μετατροπή του φάσματος ελαστικής απόκρισης επιτάχυνσης, $S_e(T)$, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη έκφραση:

$$S_{\mathrm{De}}(T) = S_{\mathrm{e}}(T)\left[\frac{T}{2\pi}\right]^2$$

(6) Η παραπάνω έκφραση πρέπει κανονικά να εφαρμόζεται για περιόδους ταλάντωσης που δεν υπερβαίνουν τα 4.0 s. Για φορείς με περιόδους ταλάντωσης μεγαλύτερες από 4.0 s, είναι δυνατός πληρέστερος ορισμός του ελαστικού φάσματος μετακίνησης.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Για φάσμα ελαστικής απόκρισης Τύπου 1, που αναφέρεται στην Σημείωση 1, ένας τέτοιος ορισμός παρουσιάζεται στο Πληροφοριακό Παράρτημα Α, σε όρους φάσματος απόκρισης μετακίνησης. Για περιόδους μεγαλύτερες από 4,0 s, το φάσμα ελαστικής απόκρισης επιτάχυνσης μπορεί να ληφθεί από το φάσμα απόκρισης ελαστικής μετακίνησης με αντιστροφή της έκφρασης.

Φάσμα κατακόρυφης ελαστικής απόκρισης

(1) Η κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής δράσης θα προσομοιώνεται από ένα φάσμα ελαστικής απόκρισης $S_{ve}(T)$, που ορίζεται από :

$$0 \le T \le T_B : \; S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3{,}0 - 1)\right]$$

$$T_B \le T \le T_C : \; S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0$$

$$T_C \le T \le T_D : \; S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0 \left[\frac{T_C}{T}\right]$$

$$T_D \le T \le 4\mathrm{s} : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0 \left[\frac{T_C . T_D}{T^2}\right]$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Οι τιμές που αποδίδονται στις T_B, T_C, T_D και a_{vg} για κάθε τύπο κατακόρυφου φάσματος για χρήση σε μια χώρα μπορούν να βρεθούν στο Εθνικό Προσάρτημα. Η συνιστώμενη επιλογή είναι η χρήση δύο τύπων κατακόρυφων φασμάτων: Τύπου 1 και Τύπου 2. Όπως και για τα φάσματα που καθορίζουν τις οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής δράσης, εάν οι σεισμοί που συμβάλλουν περισσότερο στην σεισμική επικινδυνότητα που καθορίζεται για την περιοχή με σκοπό την πιθανολογική αξιολόγηση της διακινδύνευσης έχουν μέγεθος κύματος επιφανείας, M_s, όχι μεγαλύτερο από 5.5, συνιστάται η υιοθέτηση φάσματος Τύπου 2. Για τις πέντε κατηγορίες εδάφους A, B, C, D και E, οι συνιστώμενες τιμές των παραμέτρων που περιγράφουν τα κατακόρυφα φάσματα δίνονται στον Πίνακα 3.4. Αυτές οι συνιστώμενες τιμές δεν ισχύουν για τις ειδικές κατηγορίες εδάφους S_1 και S_2.

Πίνακας

Συνιστώμενων τιμων παραμέτρων που περιγράφουν τα φάσματα κατακόρυφης ελαστικής απόκρισης

Φάσμα	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Τύπου 1	0,90	0,05	0,15	1,0
Τύπου 2	0,45	0,05	0,15	1,0

Πίνακας 13 Συνιστώμενες τιμές παραμέτρων που περιγράφουν τα φάσματα κατακόρυφης ελαστικής απόκρισης

Εδαφική μετακίνηση σχεδιασμού

(1) Εκτός αν υπάρχουν διαφορετικές ενδείξεις από ειδικές μελέτες που βασίζονται σε διαθέσιμες πληροφορίες, η εδαφική μετακίνηση σχεδιασμού d_g, που αντιστοιχεί στην εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού, μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση της ακόλουθης έκφρασης:

$$d_{\mathrm{g}} = 0{,}025 \cdot a_{\mathrm{g}} \cdot S \cdot T_{\mathrm{C}} \cdot T_{\mathrm{D}}$$

5.8.6 Λοιπά Φορτία

Εκτός των φορτίων που αναφέρθηκαν παραπάνω θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψην και μία σειρά από άλλα φορτία όπως παρακάτω:

5.8.6.α Θερμοκρασιακές Μεταβολές

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των θερμικών δράσεων θα πρέπει να προσδιορίζονται από τη συνιστώσα ομοιόμορφης θερμοκρασίας και τις συνιστώσες θερμοκρασιακής διαφοράς (βλ. 6.1.4)

5.8.6.α.(1) Συνιστώσα ομοιόμορφης θερμοκρασίας

Η συνιστώσα ομοιόμορφης θερμοκρασίας εξαρτάται από την ελάχιστη και τη μέγιστη θερμοκρασία που θα αναπτυχθεί σε μια γέφυρα. Εξ αυτών προκύπτει ένα εύρος ομοιόμορφων θερμοκρασιακών μεταβολών, που έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή μήκους των μελών ενός μη παρεμποδιζόμενου φορέα.Οι ακόλουθες επιδράσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όπου απαιτείται:

- Παρεμπόδιση της συναφούς συστολής ή διαστολής ανάλογα με το είδος της κατασκευής (π.χ. μεταθετό πλαίσιο, τοξωτός φορέας, ελαστομεταλλικά εφέδρανα)
- Τριβή σε κυλιόμενα ή ολισθαίνοντα εφέδρανα

- Μη γραμμικές γεωμετρικές επιδράσεις (φαινόμενα 2ας τάξεως)
- Σε σιδηροδρομικές γέφυρες, τα φαινόμενα αλληλεπίδρασης μεταξύ των σιδηροτροχιών και της γέφυρας λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας του καταστρώματος και των τροχιών μπορεί να εισαγάγουν πρόσθετες δράσεις στα εφέδρανα (και πρόσθετες οριζόντιες δράσεις στις σιδηροτροχιές).

5.8.6.α.(2) Συνιστώσα της θερμοκρασιακής διαφοράς

(1) Για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο θέρμανσης και ψύξης της άνω επιφάνειας ενός καταστρώματος γέφυρας προκύπτει μια μέγιστη θερμαντική (θερμότερη η άνω επιφάνεια) και μια μέγιστη ψυκτική (θερμότερη η κάτω επιφάνεια) θερμοκρασιακή διαφορά.

(2) Η καθ΄ ύψος θερμοκρασιακή διαφορά μπορεί να προκαλέσει επιδράσεις σε ένα φορέα όπως:

- Παρεμπόδιση της ελεύθερης καμπύλωσης λόγω του τύπου του φορέα (π.χ. πλαισιωτός φορέας, συνεχείς δοκοί, κλπ.)
- Τριβή σε εφέδρανα με κύλιστρα
- Μη γραμμικές γεωμετρικές επιδράσεις (φαινόμενα 2ας τάξεως)

(3) Στην περίπτωση δόμησης εν προβόλω, ίσως να πρέπει να ληφθεί υπόψη μια αρχική θερμοκρασιακή διαφορά στη θέση ολοκλήρωσης του προβόλου.

5.8.6.β. Πυρκαγιά (Δεν εξετάζεται στην παρούσα εργασία)

α. Η ανάλυση του δομοστατικού σχεδιασμού έναντι πυρκαγιάς θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα ακόλουθα βήματα, όπου συντρέχει:

(1) Την επιλογή των σχετικών σεναρίων σχεδιασμού έναντι πυρκαγιάς

(2) Τον προσδιορισμό των αντίστοιχων πυρκαγιών σχεδιασμού

(3) Τον υπολογισμό της εξέλιξης της θερμοκρασίας μέσα στα δομικά μέλη

(4) τον υπολογισμό της μηχανικής συμπεριφοράς του φορέα που εκτίθεται σε πυρκαγιά. Η μηχανική συμπεριφορά ενός φορέα εξαρτάται από τις θερμικές δράσεις και τις θερμικές τους επιδράσεις στις ιδιότητες των υλικών και τις έμμεσες μηχανικές δράσεις, καθώς και από τα άμεσα αποτελέσματα των μηχανικών δράσεων.

β. Ο δομοστατικός σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς αφορά την εφαρμογή δράσεων για ανάλυση της θερμοκρασίας και δράσεων για μηχανική ανάλυση σύμφωνα με το παρόν Μέρος και τα άλλα Μέρη του ΕΝ 1991.

5.8.6.γ. Φορτία κόπωσης

Ο έλεγχος κόπωσης πρέπει να διεξάγεται σε φορείς και μέλη φορέων που υπόκεινται τακτικά σε κύκλους φόρτισης. Επιπλέον τα φορτία κόπωσης λόγω ανέμου σε λυγηρά στοιχεία θα πρέπει να εξετάζονται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα

5.8.6.δ. Φορτία λόγω ωθήσεως γαιών ή υδροστατικών πιέσεων

(Δεν εξετάζονται στην παρούσα εργασία).

Οι χαρακτηριστικές τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων, των τάσεων του εδάφους και των ωθήσεων γαιών, καθώς και οι οριακές τιμές για τις μετακινήσεις των θεμελίων δίδονατι από τον Ευρκώδικα. Γενικά οι δράσεις που οφείλονται στο νερό, συμπεριλαμβανομένου του υπόγειου νερού, (Q_{wa}) πρέπει να απεικονίζονται ως στατικές πιέσεις ή/και υδροδυναμικές επιδράσεις, όποιο από τα δύο δίδει το δυσμενέστερο αποτέλεσμα

5.8.6.ε. Τυχηματικές Δράσεις

(Δεν εξετάζονται στην παρούσα εργασία)

Οι τυχηματικές δράσεις οφείλονται σε εκρήξεις, πρόσκρουση οχημάτων τρένων κ.λπ.)

5.8.6.στ. Δράσεις κατά την ανέγερση

(Δεν εξετάζονται στην παρούσα εργασία)

Τα κατασκευαστικά φορτία (Q_c) μπορεί να απεικονίζονται στις κατάλληλες καταστάσεις σχεδιασμού, ως μια και μοναδική μεταβλητή δράση ή, όπου απαιτείται, διαφορετικά είδη κατασκευαστικών φορτίων μπορούν να ομαδοποιούνται και να εφαρμόζονται ως μια και μοναδική μεταβλητή δράση. Το μεμονωμένο φορτίο ή/και η ομάδα των κατασκευαστικών φορτίων πρέπει να θεωρούνται κατάλληλα ότι δρουν ταυτόχρονα με τα μη-κατασκευαστικά φορτία.

α. Προσωπικό και ατομικά εργαλεία

β. Αποθήκευση κινητών αντικειμένων

γ. Μη-μόνιμος εξοπλισμός

δ. Κινητά βαρέα μηχανήματα και εξοπλισμός

ε. Συσσώρευση υλικών προς απόρριψη

στ. Φορτία από μέρη του φορέα σε προσωρινές καταστάσεις.

5.8.7. Λοιπά Φορτία

5.8.7.(1).Δράσεις οδικής κυκλοφορίας και άλλες δράσεις ειδικά για τις οδογέφυρες.

α. Τα φορτία που οφείλονται στην οδική κυκλοφορία, τα οποία αποτελούνται από τα επιβατικά, τα φορτηγά και τα ειδικά οχήματα (π.χ. για βιομηχανικές μεταφορές) προκαλούν κατακόρυφες και οριζόντιες, στατικές και δυναμικές δυνάμεις.

β. Τα πραγματικά φορτία πάνω στις οδογέφυρες προέρχονται από διάφορες κατηγορίες οχημάτων και από πεζούς.

γ. Η κυκλοφορία των οχημάτων μπορεί να διαφέρει από γέφυρα σε γέφυρα ανάλογα με τη σύνθεσή της (π.χ. ποσοστό βαρέων οχημάτων), την πυκνότητά της (π.χ. μέσο ετήσιο πλήθος οχημάτων), τις συνθήκες της (π.χ. συχνότητα κυκλοφοριακής συμφόρησης), τα μέγιστα αναμενόμενα βάρη των οχημάτων και τα συνολικά αξονικά φορτία τους και, όταν συντρέχει, την επιρροή της οδικής σήμανσης που περιορίζει τον κυκλοφοριακό φόρτο.

δ. Όπως προαναφέρθηκε τα φορτία που προκαλούνται από την οδική κυκλοφορία μπορεί να είναι κατακόρυφες και οριζόντιες στατικές και δυναμικές δυνάμεις.

5.8.7.(1).(α)Κατακόρυφα φορτία

Τα προσομοιώματα φόρτισης από κατακόρυφα φορτία απεικονίζουν τις ακόλουθες κυκλοφοριακές καταστάσεις:

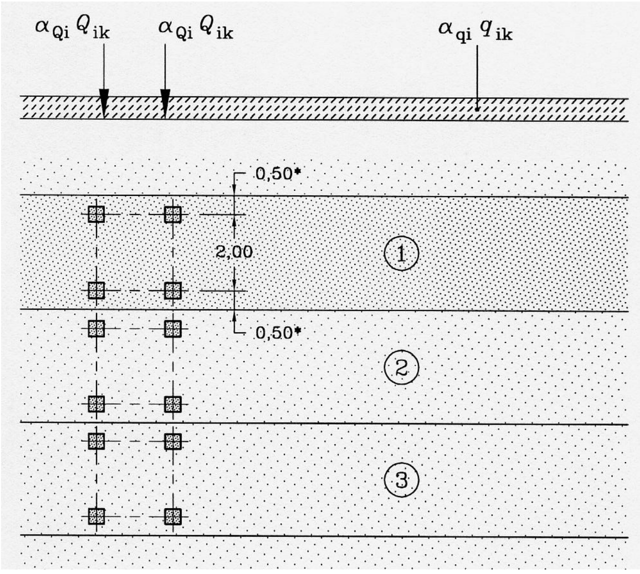
5.8.7.(1).(α).1/Πρότυπη Φόρτιση 1 (LM1)

Συγκεντρωμένα και ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία, τα οποία καλύπτουν την πλειονότητα των επιδράσεων από την κυκλοφορία βαρέων και επιβατικών οχημάτων. Αυτό το προσομοίωμα χρησιμοποιείται για γενικούς και τοπικούς ελέγχους.

Θέση	**Σύστημα δίδυμου άξονα *TS***	***Σύστημα UDL***
	Αξονικά Φορτία Q_{ik} (kN)	**q_{ik} (ή q_{ik}) (kN/m²)**
Λωρίδα 1	300	9
Λωρίδα 2	200	2,5
Λωρίδα 3	100	2,5
Λοιπές λωρίδες	0	2,5
Εναπομένουσα επιφάνεια (q_{rk})	0	2,5

Πίνακας 14 Χαρακτηριστικές Τιμές Πρότυπης Φόρτισης 1

Οι λεπτομέρειες της Πρότυπης Φόρτισης 1 απεικονίζονται στο Σχήμα 4.2a.



Όπου

(1) Λωρίδα 1 : Q_{1k} = 300 kN ; q_{1k} = 9 kN/m^2

(2) Λωρίδα 2 : Q_{2k} = 200 kN ; q_{2k} = 2,5 kN/m^2

(3) Λωρίδα 3 : Q_{3k} = 100 kN ; q_{3k} = 2,5 kN/m^2

* Για w_l = 3,00 m

5.8.7.(1).(α).2/Πρότυπη Φόρτιση 2 (LM2)

: Ένα φορτίο μεμονωμένου άξονα που ασκείται πάνω σε ειδικές επιφάνειες επαφής ελαστικών, το οποίο καλύπτει τις δυναμικές επιδράσεις της κανονικής κυκλοφορίας επάνω σε φέροντα στοιχεία μικρού ανοίγματος.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 Ως τάξη μεγέθους, το LM2 μπορεί να κυριαρχεί σε εύρος φορτιζόμενων μηκών από 3m έως 7m.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2 Η χρήση του LM2 μπορεί να καθοριστεί περαιτέρω στο Εθνικό Προσάρτημα.

5.8.7.(1).(α).3/ Πρότυπη Φόρτιση 3 (LM3)

Ένα σύνολο συνδεδεμένων αξονικών φορτίων που απεικονίζουν ειδικά οχήματα (π.χ. για βιομηχανικές μεταφορές), τα οποία μπορούν να κυκλοφορούν σε διαδρομές που επιτρέπουν τη διέλευση μη-κανονικών φορτίων. Προορίζεται για γενικούς και τοπικούς ελέγχους.

5.8.7.(1).(α).4/ Πρότυπη Φόρτιση 4 (LM4)

Φόρτιση ανθρωποσυνωστισμού, που προορίζεται αποκλειστικά για γενικούς ελέγχους.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Η φόρτιση ανθρωποσυνωστισμού είναι ιδιαίτερα κρίσιμη στην περίπτωση γεφυρών που βρίσκονται μέσα ή κοντά σε πόλεις, αν τα εντατικά μεγέθη στα οποία οδηγεί δεν καλύπτονται από την Πρότυπη Φόρτιση 1. Οι Πρότυπες Φορτίσεις 1, 2 και 3, όπου συντρέχει, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για οποιαδήποτε κατάσταση σχεδιασμού (π.χ. για παροδικές καταστάσεις κατά τη διάρκεια εργασιών επισκευής).Η Πρότυπη Φόρτιση 4 θα χρησιμοποιείται αποκλειστικά για μερικές παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού.

5.8.7.(1).(β) Οριζόντια φορτία

5.8.7.(1).(β).1/ Δυνάμεις πέδησης και επιτάχυνσης

Μία δύναμη πέδησης, Q_{lk}, θα λαμβάνεται ως διαμήκης δύναμη ασκούμενη στο επίπεδο της επιφάνειας του οδοστρώματος.

5.8.7.(1)(β).2/ Φυγόκεντρες και άλλες εγκάρσιες δυνάμεις

Η φυγόκεντρος δύναμη Q_{tk} θα πρέπει να λαμβάνεται ως εγκάρσια δύναμη ασκούμενη στο επίπεδο του αποπερατωμένου οδοστρώματος και ακτινικά ως προς τον άξονα του οδοστρώματος.

Πίνακας

Χαρακτηριστικών τιμών των φυγόκεντρων δυνάμεων

$Q_{tk} = 0,2Q_v$ (kN)	αν $r < 200$ m
$Q_{tk} = 40Q_v / r$ (kN)	αν $200 \leq r \leq 1500$ m
Q_{tk} = 0	αν $r > 1500$ m

Πίνακας 15 Χαρακτηριστικές τιμές των φυγόκεντρων δυνάμεων

r είναι η οριζόντια ακτίνα του κεντρικού άξονα του οδοστρώματος. [m]

Q_v είναι το συνολικό μέγιστο βάρος των κατακόρυφων συγκεντρωμένων φορτίων των συστημάτων δίδυμου άξονα της Πρότυπης Φόρτισης 1, δηλ. $\sum_i \alpha_{Qi} (2Q_{ik})$

5.8.8.Ταυτόχρονες δράσεις

Η περίπτωση ταυτόχρονης δράσης των συστημάτων φόρτισης (Πρότυπη Φόρτιση 1), (Πρότυπη Φόρτιση 2), (Πρότυπη Φόρτιση 3), (Πρότυπη Φόρτιση 4), (οριζόντιες δυνάμεις) και των φορτίων για τα πεζοδρόμια θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, εξετάζοντας τις ομάδες των φορτίων που καθορίζονται στον παρακάτω. Καθεμία από αυτές τις ομάδες φορτίων, οι οποίες είναι αμοιβαία αποκλειόμενες, θα θεωρείται ότι προσδιορίζει μια χαρακτηριστική δράση που θα πρέπει να συνδυασθεί με φορτία μη οφειλόμενα στην κυκλοφορία.

		ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ						ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΑ ΚΑΙ ΠΟΔΗΛΑΤΟΔΡΟΜΟΙ
Τύπος φόρτισης		**Κατακόρυφες δυνάμεις**				**Οριζόντιες δυνάμεις**		**Μόνο κατακόρυφες δυνάμεις**
Παραπομπή		**4.3.2**	**4.3.3**	**4.3.4**	**4.3.5**	**4.4.1**	**4.4.2**	**5.3.2-(1)**
Σύστημα Φόρτισης		**LM1 (TS και UDL συστήματα)**	**LM2 (Μονοαξονικό)**	**LM3 (Ειδικά Οχήματα)**	**LM4 (Ανθρωπο-συνωστισμός)**	**Δυνάμεις πέδησης και επιτάχυνσης**	**Δυνάμεις φυγόκεντρες και εγκάρσιες**	**Ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο**
Ομάδες Φορτίων	gr1a	Χαρακτηριστικές τιμές				[a]	[a]	Τιμή συνδυασμού [b]
	gr1b		Χαρακτηριστική τιμή					
	gr2	Συχνές τιμές [b]				Χαρακτηριστική τιμή	Χαρακτηριστική τιμή	
	gr3 [d]							Χαρακτηριστική τιμή [c]
	gr4				Χαρακτηριστική τιμή			Χαρακτηριστική τιμή [b]
	gr5	Βλέπε Παράρτημα Α		Χαρακτηριστική τιμή				

Επικρατούσα συνιστώσα δράση (οριζόμενη ως συνιστώσα που σχετίζεται με την ομάδα)

[a] Μπορεί να προσδιορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα.

[b] Μπορεί να προσδιορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα. Η προτεινόμενη τιμή είναι 3 kN/m^2.

[c] Μόνο ένα πεζοδρόμιο θα πρέπει να θεωρείται ότι είναι φορτιζόμενο όταν τα εντατικά μεγέθη είναι δυσμενέστερα από τα εντατικά μεγέθη για δύο φορτιζόμενα πεζοδρόμια.

[d] Η ομάδα αυτή δεν έχει νόημα εάν λαμβάνεται υπόψη το gr4.

Πίνακας 16 Ομάδες Κυκλοφορίας Φόρτισης

5.8.9. Συνδυασμοί δράσεων

Διακρίνουμε τις παρακάτω βασικές φορτίσεις οι οποίες θα συνδυαστούν μεταξύ τους:

D μόνιμα φορτία
SD φορτία επικαλύψεων
Q μεταβλητές δράσεις
S φορτίο χιονιού
WP_0 πίεση ανέμου στη διεύθυνση x
WP_90 πίεση ανέμου στη διεύθυνση y
WP_180 αναρρόφηση ανέμου στη διέυθυνση -x
WP_270 αναρρόφηση ανέμου στη διέυθυνση -y
DT^{+} θερμοκρασιακή αύξηση
DT^{-} θερμοκρασιακή μείωση
E_X σεισμός στη διεύθυνση x (δυναμική φασματική μέθοδος)
E_Y σεισμός στη διεύθυνση y (δυναμική φασματική μέθοδος)
E_Z σεισμός στη διεύθυνση z (δυναμική φασματική μέθοδος)

Προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια της γέφυρας στην οριακή κατάσταση αστοχίας χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των δράσεων αυτών οι οποίοι καλύπτουν όλες τις καταστάσεις σχεδιασμού.

Συνδυασμοί φόρτισης

Loadcombinations

5.8.9.(α). Οριακή κατάσταση αστοχίας (ULS)

Ultimate limit state (ULS)

COMB1 1.35(D+SD) + 1.50Q
COMB2 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S
COMB3 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_0
COMB4 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_90
COMB5 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_180
COMB6 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_270

COMB7 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90DT+

COMB8 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90DT

COMB9 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_0

COMB10 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_90

COMB11 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_180

COMB12 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_270

COMB13 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90DT

COMB141.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_0 + 0.90DT+

COMB15 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_0 + 0.90DT

COMB161.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_90 + 0.90DT+

COMB17 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_90 + 0.90DT

COMB181.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_180 + 0.90DT+

COMB19 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_180 + 0.90DT

COMB20 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_270+ 0.90DT+

COMB21 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.90WP_270+ 0.90DT

COMB22 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_0 + 0.90DT

COMB23 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_90 + 0.90DT

COMB24 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_180 + 0.90DT

COMB25 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_270+ 0.90DT

COMB26 1.35(D+SD) + 1.50S

COMB27 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q

COMB28 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90WP_0

COMB29 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90WP_90

COMB30 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90WP_180

COMB31 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90WP_270

COMB32 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90DT

COMB33 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90WP_0

COMB34 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90WP_90

COMB35 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90WP_180

COMB36 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90WP_270

COMB37 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90DT

COMB38 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90WP_0 + 0.90DT

COMB39 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90WP_90 + 0.90DT

COMB40 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90WP_180 + 0.90DT

COMB41 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90WP_270+ 0.90DT

COMB42 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90WP_0 + 0.90DT

COMB43 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90WP_90 + 0.90DT

COMB44 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90WP_180 + 0.90DT

COMB45 1.35(D+SD) + 1.50S + 0.90Q + 0.90WP_270+ 0.90DT

COMB46 1.35(D+SD) + 1.50WP_0

COMB47 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.90Q

COMB48 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.75S

COMB49 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.90DT+

COMB50 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.90DT

COMB51 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.90Q + 0.75S

COMB52 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.90Q + 0.90DT+

COMB53 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.90Q + 0.90DT

COMB54 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.75S + 0.90DT

COMB55 1.35(D+SD) + 1.50WP_0 + 0.90Q + 0.75S + 0.90DT

COMB56 1.35(D+SD) + 1.50WP_90

COMB57 1.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.90Q

COMB58 1.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.75S

COMB59 1.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.90DT+

COMB60 1.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.90DT

COMB611.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.90Q + 0.75S

COMB62 1.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.90Q + 0.90DT+

COMB63 1.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.90Q + 0.90DT

COMB64 1.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.75S + 0.90DT

COMB65 1.35(D+SD) + 1.50WP_90 + 0.90Q + 0.75S + 0.90DT

COMB66 1.35(D+SD) + 1.50WP_180

COMB67 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90Q

COMB68 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.75S

COMB69 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90DT+

COMB70 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90DT

COMB71 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90Q + 0.75S

COMB72 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90Q + 0.90DT+

COMB73 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90Q + 0.90DT

COMB74 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.75S + 0.90DT

COMB75 1.35(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90Q + 0.75S + 0.90DT

COMB66A1.00(D+SD) + 1.50WP_180

COMB69A 1.00(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90DT+

COMB70A 1.00(D+SD) + 1.50WP_180 + 0.90DT

COMB76 1.35(D+SD) + 1.50WP_270

COMB77 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90Q

COMB78 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.75S

COMB79 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90DT+

COMB80 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90DT

COMB81 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90Q + 0.75S

COMB82 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90Q + 0.90DT+

COMB83 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90Q + 0.90DT

COMB84 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.75S + 0.90DT

COMB85 1.35(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90Q + 0.75S + 0.90DT

COMB76A 1.00(D+SD) + 1.50WP_270

COMB79A 1.00(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90DT+

COMB80A 1.00(D+SD) + 1.50WP_270+ 0.90DT

COMB86 1.35(D+SD) + 1.50DT+

COMB87 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90Q

COMB88 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90WP_0

COMB89 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90WP_90

COMB90 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90WP_180

COMB91 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90WP_270

COMB92 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90Q + 0.90WP_0

COMB93 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90Q + 0.90WP_90

COMB94 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90Q + 0.90WP_180

COMB95 1.35(D+SD) + 1.50DT+ + 0.90Q + 0.90WP_270

COMB96 1.35(D+SD) + 1.50DT

COMB97 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q

COMB98 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.75S

COMB99 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90WP_0

COMB100 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90WP_90

COMB101 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90WP_180

COMB102 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90WXY

COMB103 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.75S

COMB104 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.90WP_0

COMB105 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.90WP_90

COMB106 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.90WP_180

COMB107 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.90WP_270

COMB108 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.75S + 0.90WP_0

COMB109 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.75S + 0.90WP_90

COMB110 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.75S + 0.90WP_180

COMB111 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.75S + 0.90WP_270

COMB112 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.75S + 0.90WP_0

COMB113 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.75S + 0.90WP_90

COMB114 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.75S + 0.90WP_180

COMB115 1.35(D+SD) + 1.50DT- + 0.90Q + 0.75S + 0.90WP_270

5.8.9.(β).Seismic state with response spectrummethod

(σχόλιο: ψ2χιονιου = 0.3 on υπέρ της ασφάλειας σύμφωνα και με τον ΕΑΚ2003)
(comment ψ2,snow = 0.3 on safe side according Greek seismic code 2003)

F1 (G+SD) + 0.6Q + 0.3S + EX + 0.3EY + 0.3EZ

F2 (G+SD) + 0.6Q + 0.3S + 0.3EX + EY + 0.3EZ

F3 (G+SD) + 0.6Q + 0.3S + 0.3EX + 0.3EY + EZ

5.8.9.(γ). Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Service ability limitstate

L1 (G+SD) + Q

L2 (G+SD) + Q + 0.5S

L3 (G+SD) + Q + 0.6WP_0

L4 (G+SD) + Q + 0.6WP_90

L5 (G+SD) + Q + 0.6WP_180

L6 (G+SD) + Q + 0.6WP_270

L7 (G+SD) + Q + 0.6DT+

L8 (G+SD) + Q + 0.6DTL9

(G+SD) + Q + 0.5S + 0.6WP_0

L10 (G+SD) + Q + 0.5S + 0.6WP_90

L11 (G+SD) + Q + 0.5S + 0.6WP_180

L12 (G+SD) + Q + 0.5S + 0.6WP_270

L13 (G+SD) + Q + 0.5S + 0.6DTL14

(G+SD) + Q + 0.6WP_0 + 0.6DT+

L15 (G+SD) + Q + 0.6WP_0 + 0.6DTL16

(G+SD) + Q + 0.6WP_90 + 0.6DT+

L17 (G+SD) + Q + 0.6WP_90 + 0.6DTL18

(G+SD) + Q + 0.6WP_180 + 0.6DT+

L19 (G+SD) + Q + 0.6WP_180 + 0.6DT

L20 (G+SD) + Q + 0.6WP_270+ 0.6DT+

L21 (G+SD) + Q + 0.6WP_270+ 0.6DT

L22 (G+SD) + Q + 0.5S + 0.6WP_0 + 0.6DT

L23 (G+SD) + Q + 0.5S + 0.6WP_90 + 0.6D

TL24 (G+SD) + Q + 0.5S + 0.6WP_180 + 0.6DT

L25 (G+SD) + Q + 0.5S + 0.6WP_270+ 0.6DT

L26 (G+SD) + S

L27 (G+SD) + S + 0.7Q

L28 (G+SD) + S + 0.6WP_0

L29 (G+SD) + S + 0.6WP_90

L30 (G+SD) + S + 0.6WP_180

L31 (G+SD) + S + 0.6WP_270

L32 (G+SD) + S + 0.6DTL33

(G+SD) + S + 0.7Q + 0.6WP_0

L34 (G+SD) + S + 0.7Q + 0.6WP_90

L35 (G+SD) + S + 0.7Q + 0.6WP_180

L36 (G+SD) + S + 0.7Q + 0.6WP_270

L37 (G+SD) + S + 0.7Q + 0.6DT

L38 (G+SD) + S + 0.6WP_0 + 0.6DT

L39 (G+SD) + S + 0.6WP_90 + 0.6DT

L40 (G+SD) + S + 0.6WP_180 + 0.6DT

L41 (G+SD) + S + 0.6WP_270+ 0.6DT

L42 (G+SD) + S + 0.7Q + 0.6WP_0 + 0.6DT

L43 (G+SD) + S + 0.7Q + 0.6WP_90 + 0.6DT

L44 (G+SD) + S + 0.7Q + 0.6WP_180 + 0.6DT

L45 (G+SD) + S + 0.7Q + 0.6WP_270+ 0.6DT

L46 (G+SD) + WP_0
L47 (G+SD) + WP_0 + 0.7Q
L48 (G+SD) + WP_0 + 0.5S
L49 (G+SD) + WP_0 + 0.6DT+
L50 (G+SD) + WP_0 + 0.6DTL51
(G+SD) + WP_0 + 0.7Q + 0.5S
L52 (G+SD) + WP_0 + 0.7Q + 0.6DT+
L53 (G+SD) + WP_0 + 0.7Q + 0.6DT
L54 (G+SD) + WP_0 + 0.5S + 0.6DT
L55 (G+SD) + WP_0 + 0.7Q + 0.5S + 0.6DT
L56 (G+SD) + WP_90
L57 (G+SD) + WP_90 + 0.7Q
L58 (G+SD) + WP_90 + 0.5S
L59 (G+SD) + WP_90 + 0.6DT+
L60 (G+SD) + WP_90 + 0.6DT
L61 (G+SD) + WP_90 + 0.7Q + 0.5S
L62 (G+SD) + WP_90 + 0.7Q + 0.6DT+
L63 (G+SD) + WP_90 + 0.7Q + 0.6DT
L64 (G+SD) + WP_90 + 0.5S + 0.6DT
L65 (G+SD) + WP_90 + 0.7Q + 0.5S + 0.6DT
L66 (G+SD) + WP_180
L67 (G+SD) + WP_180 + 0.7Q
L68 (G+SD) + WP_180 + 0.5S
L69 (G+SD) + WP_180 + 0.6DT+
L70 (G+SD) + WP_180 + 0.6DT
L71 (G+SD) + WP_180 + 0.7Q + 0.5S
L72 (G+SD) + WP_180 + 0.7Q + 0.6DT+
L73 (G+SD) + WP_180 + 0.7Q + 0.6DT
L74 (G+SD) + WP_180 + 0.5S + 0.6DT
L75 (G+SD) + WP_180 + 0.7Q + 0.5S + 0.6DT
L76 (G+SD) + WP_270
L77 (G+SD) + WP_270+ 0.7Q
L78 (G+SD) + WP_270+ 0.5S
L79 (G+SD) + WP_270+ 0.6DT+
L80 (G+SD) + WP_270+ 0.6DT

L81 (G+SD) + WP_270+ 0.7Q + 0.5S

L82 (G+SD) + WP_270+ 0.7Q + 0.6DT+

L83 (G+SD) + WP_270+ 0.7Q + 0.6DT

L84 (G+SD) + WP_270+ 0.5S + 0.6DT

L85 (G+SD) + WP_270+ 0.7Q + 0.5S + 0.6DT

L86 (G+SD) + DT+

L87 (G+SD) + DT+ + 0.7Q

L88 (G+SD) + DT+ + 0.6WP_0

L89 (G+SD) + DT+ + 0.6WP_90

L90 (G+SD) + DT+ + 0.6WP_180

L91 (G+SD) + DT+ + 0.6WP_270

L92 (G+SD) + DT+ + 0.7Q + 0.6WP_0

L93 (G+SD) + DT+ + 0.7Q + 0.6WP_90

L94 (G+SD) + DT+ + 0.7Q + 0.6WP_180

L95 (G+SD) + DT+ + 0.7Q + 0.6WY

L96 (G+SD) + DT

L97 (G+SD) + DT- + 0.7Q

L98 (G+SD) + DT- + 0.5S

L99 (G+SD) + DT- + 0.6WP_0

L100 (G+SD) + DT- + 0.6WP_90

L101 (G+SD) + DT- + 0.6WP_180

L102 (G+SD) + DT- + 0.6WP_270

L103 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.5S

L104 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.6WP_0

L105 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.6WP_90

L106 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.6WP_180

L107 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.6WP_270

L108 (G+SD) + DT- + 0.5S + 0.6WP_0

L109 (G+SD) + DT- + 0.5S + 0.6WP_90

L110 (G+SD) + DT- + 0.5S + 0.6WP_180

L111 (G+SD) + DT- + 0.5S + 0.6WP_270

L112 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.5S + 0.6WP_0

L113 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.5S + 0.6WP_90

L114 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.5S + 0.6WP_180

L115 (G+SD) + DT- + 0.7Q + 0.5S + 0.6WP_270

Οι συνδυασμοί φόρτισης που πραγματοποιήθηκαν ελέγχουν ταυτόχρονα τόσο την λειτουργικότητα όσο και την κατάσταση αστοχίας σε σχέση με τα καθοριζόμενα βάρη οχημάτων και κίνησης επί του φορέα τα οποία φαίνονται παρακάτω:

(1) βάρους 12tn

(2) βάρους 20tn

(3) βάρους 25tn

(4) βάρους 30tn

(5) βάρους 35tn

(6) βάρους 40tn

(7) βάρους 45tn

(8) βάρους 50tn

(9) βάρους 60tn

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Αποτελέσματα Αναλύσεων με λογισμικό Sap 2000

Στο παρόν κεφάλαιο εμφανίζονται οι αναλύσεις και τα αποτελέσματα τους, που πραγματοποιήθηκαν στο φορέα υπό την επίδραση των συνδυασμού δράσεων που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για κάθε έναν από τους φορείς έγιναν μετρήσεις των μετακινήσεων στις θέσεις L/4 και L/2 και υπολογισμοί των εντατικών μεγεθών στα κρίσιμα σημεία.

6.1 Αμφιέρειστος Φορέας
6.2 Βέλος Κάμψης

Αρχικά εξήχθησαν από το λογισμικό SAP2000, τα μέγιστα βέλη κάμψης όπως αυτά προκύπτουν από τα μεμονωμένα φορτία και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΒΕΛΟΣ ΚΑΜΨΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ
1	DEAD	-31,008269 mm	ΜΗΚΙΔΑ (1175)
2	SUPER DEAD	-36,695336 mm	ΜΗΚΙΔΑ (1175)
	MODAL	-7,27184	ΜΗΚΙΔΑ (1520)
3	VEXICLES	-81,92224 mm	ΜΗΚΙΔΑ (1867)
4	WIND_0_PX	-13,118338 mm	ΜΗΚΙΔΑ (1175)
	WIND_90_PX	-0,692074 mm	ΜΗΚΙΔΑ (1175)
	WIND_180_PX	-0,076181 mm	ΑΝΤΙΑΝΕΜΙΑ (10658)
	WIND_270_PX	-0,00398 mm	ΑΝΤΙΑΝΕΜΙΑ (10658)
	SNOW	-22,212904 mm	ΜΗΚΙΔΑ (1174)
	COMB (22)	-183,185856 mm	ΜΗΚΙΔΑ (1162)
	L (22)	-176,005053 mm	ΜΗΚΙΔΑ (1867)

Πίνακας 17 Τιμές Βέλους κάμψης

Από την μελέτη των παραπάνω αποτελεσμάτων εξάγεται το συμπέρασμα ότι το μέγιστο βέλος κάμψης προκαλείται από το συνδυασμό φόρτισης COMB 22 ,ενώ η διατομή που καταπονείται είναι η μηκίδα.

6.3 Ιδιοχαρακτηριστικά φορέα

Τα ιδιοχαρακτηριστικά του φορέα που προέκυψαν από την ανάλυση μέσω του λογισμικού δίνονται στο παρακάτω πίνακα.

1	TABLE: Modal Periods And Frequencies						
2	OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
3	Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
4	MODAL	Mode	1	0,479937	2,0836069	13,0916883	171,392302
5	MODAL	Mode	2	0,339869	2,9423126	18,4870953	341,772693
6	MODAL	Mode	3	0,267838	3,7336016	23,4589107	550,320493
7	MODAL	Mode	4	0,242049	4,13139456	25,9583176	673,834253
8	MODAL	Mode	5	0,213711	4,6792217	29,4004171	864,384523
9	MODAL	Mode	6	0,193356	5,17180585	32,4954145	1055,95196
10	MODAL	Mode	7	0,181688	5,50394636	34,5823149	1195,93651
11	MODAL	Mode	8	0,180979	5,52550491	34,7177713	1205,32364
12	MODAL	Mode	9	0,160193	6,24247756	39,2226433	1538,41575
13	MODAL	Mode	10	0,153065	6,53315624	41,0490313	1685,02297
14	MODAL	Mode	11	0,150487	6,64508538	41,7523028	1743,25479
15	MODAL	Mode	12	0,147725	6,76932017	42,5328931	1809,04699
16	MODAL	Mode	13	0,126015	7,93557027	49,8606585	2486,08527
17	MODAL	Mode	14	0,112308	8,90411978	55,9462346	3129,98117
18	MODAL	Mode	15	0,111285	8,98595849	56,4604423	3187,78155
19	MODAL	Mode	16	0,107933	9,2649994	58,2137081	3388,83581

Πίνακας 18 Ιδιοχαρακτηριστικά Φορέα

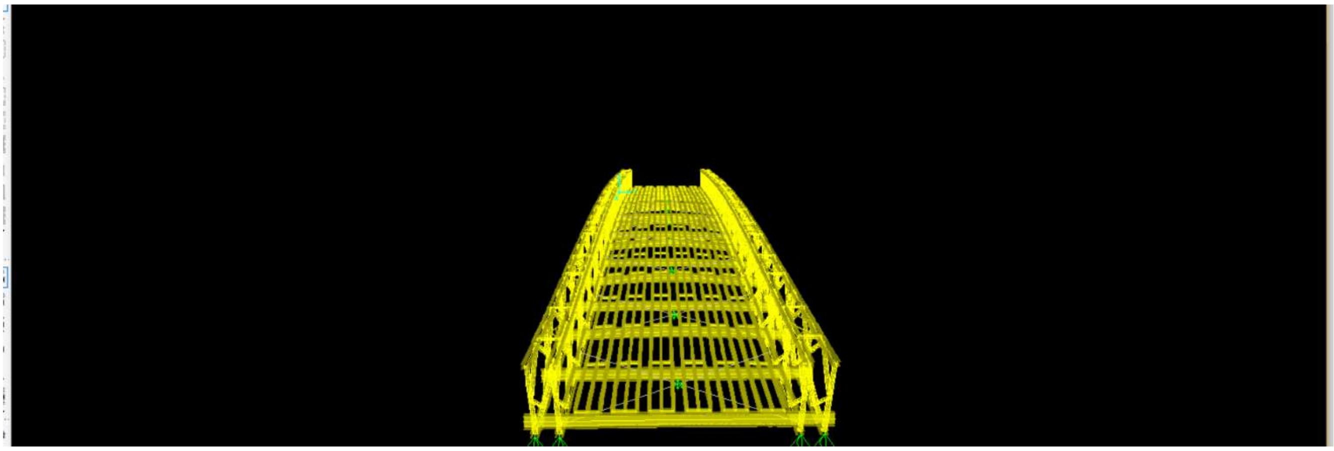
Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα η ιδιοπερίοδος T του φορέα αρχής γενομένης από την πρώτη βαίνει μειούμενη, ενώ η συχνότητα f και η γωνιακή συχνότητα ω αυξάνονται, γεγονός το οποίο είναι λογικό καθότι είναι τα μεγέθη είναι αντιστρόφως ανάλογα.

$$f = \frac{1}{T}$$

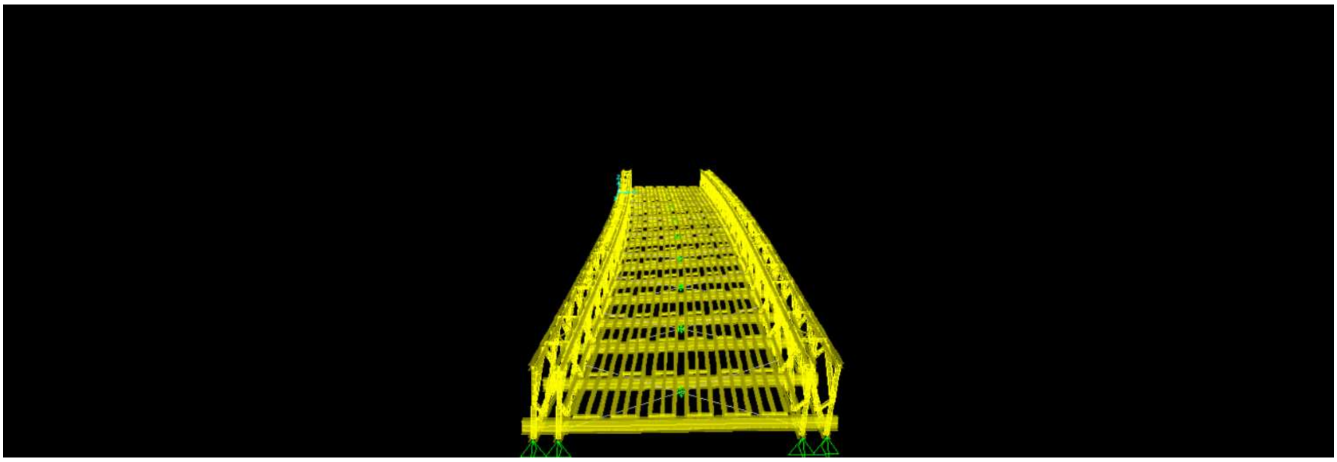
$$\omega = \frac{2 * \pi}{T}$$

6.3.1Ιδιομορφές

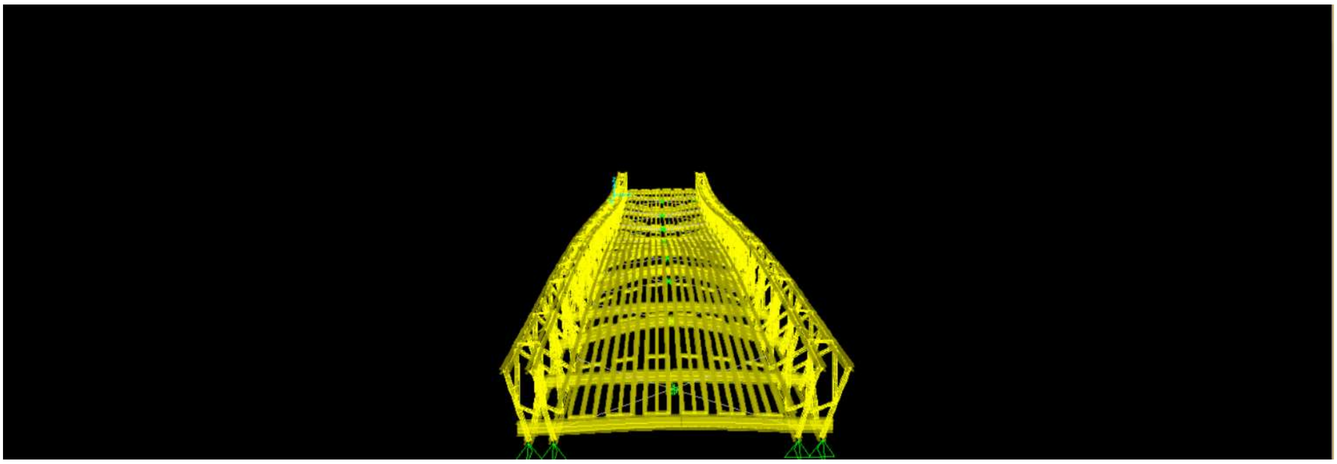
Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι 6 πρώτες ιδιομορφές του φορέα.



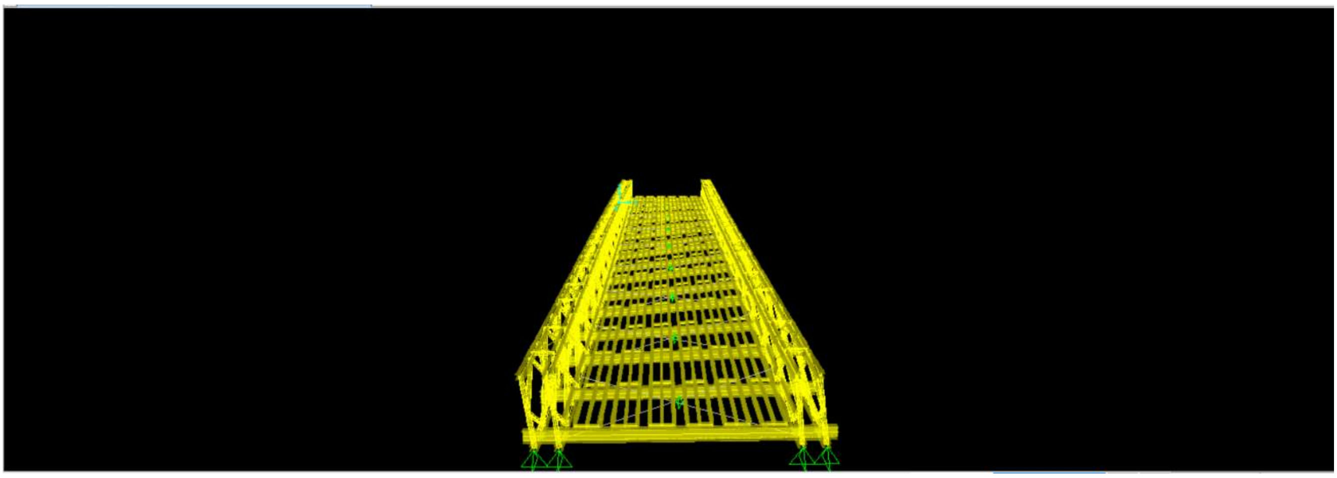
Εικόνα 36 1η Ιδιομορφή



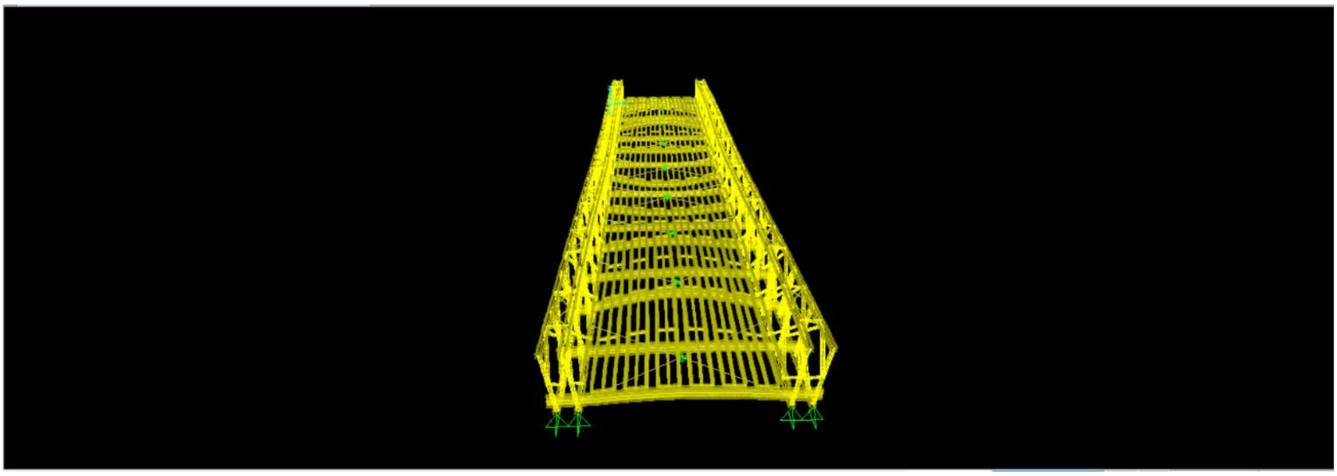
Εικόνα 37 2η Ιδιομορφή



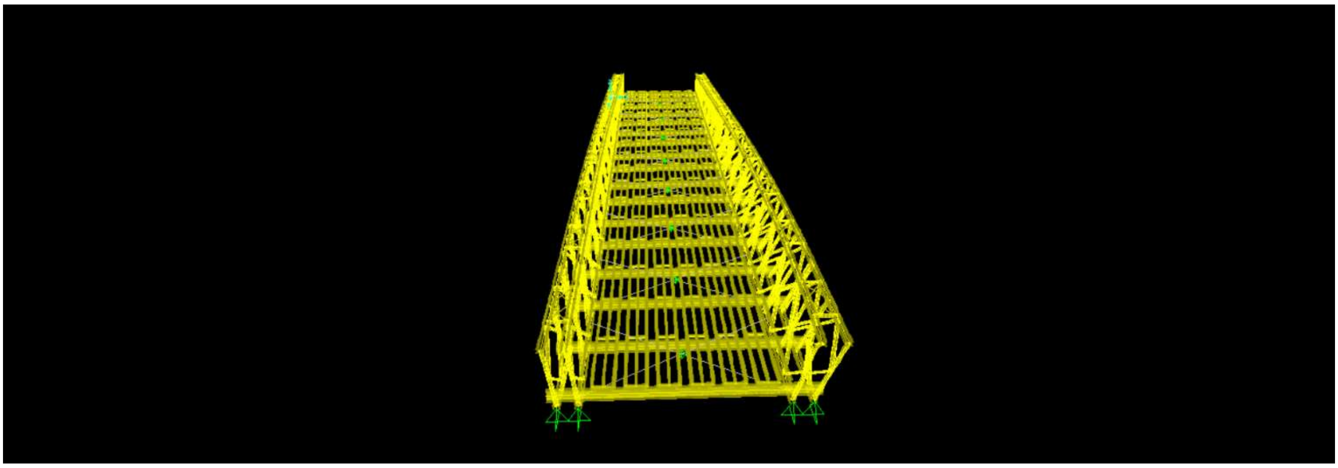
Εικόνα 38 3η Ιδιομορφή



Εικόνα 39 4η Ιδιομορφή



Εικόνα 40 5η Ιδιομορφή

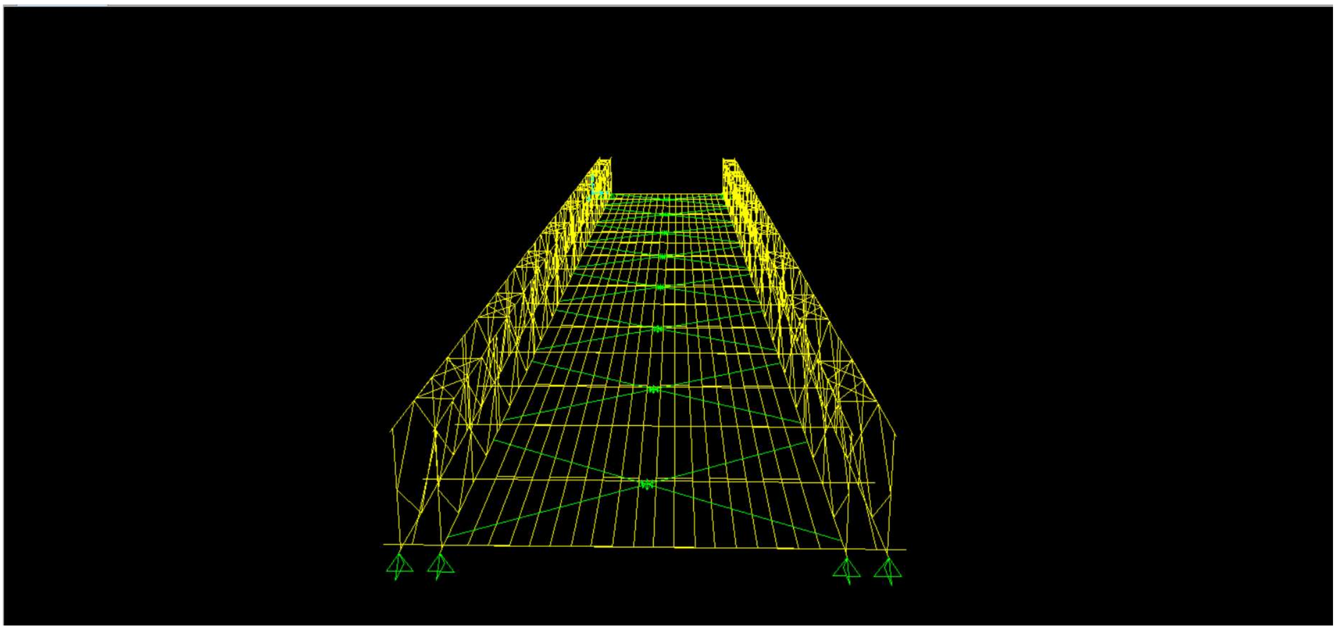


Εικόνα 41 6η Ιδιομορφή

Από την παρατήρηση των ιδιομορφών συμπεραίνουμε ότι η πρώτη ιδιομορφή είναι καμπτική ενώ οι υπόλοιπες πέντε ιδιομορφές είναι συνδυασμός κάμψης και πλάγιας μετατόπισης του φορέα.

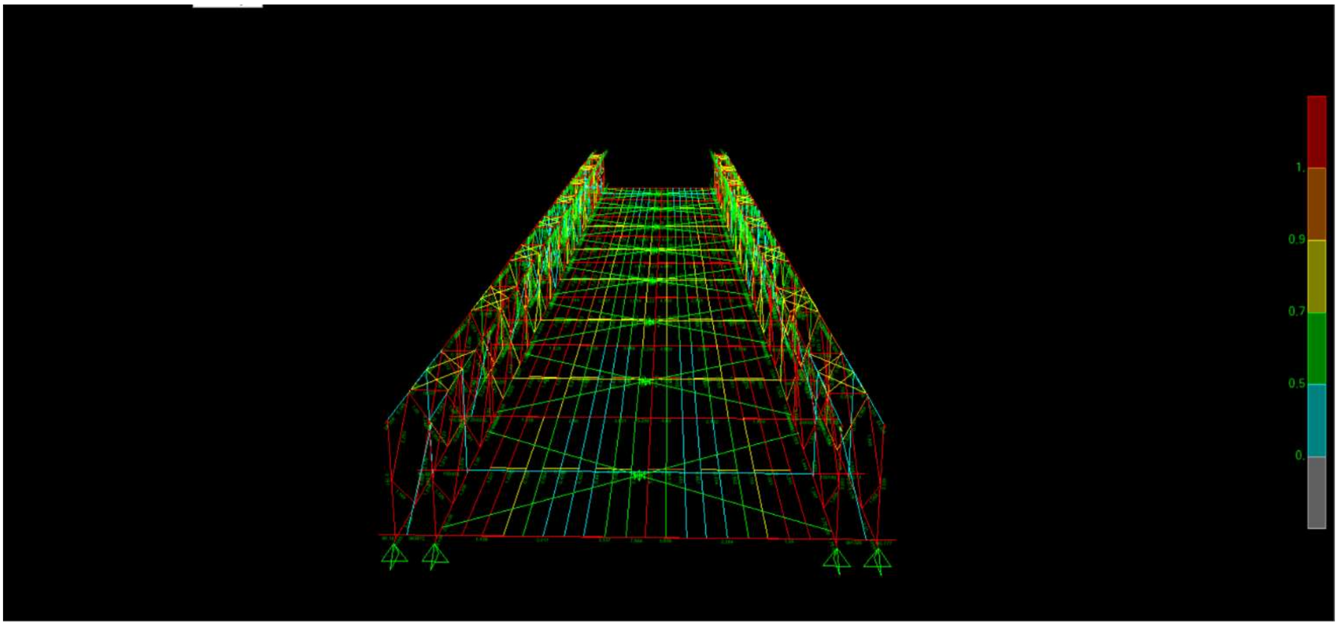
6.2 Έλεγχος γέφυρας και διατομών της με το πρόγραμμα SAP2000

Όπως προαναφέρθηκε ο έλεγχος της κατασκευής και κατ΄ επέκταση των διατομών της, πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος SAP2000. Η αφόρτιστη κατάσταση της γέφυρας φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 42 Αφόρτιστη κατάσταση γέφυρας

Η φορτισμένη κατάσταση της γέφυρας και τα αποτελέσματα της εν λόγω ανάλυσης φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 43 Φορτισμένη κατάσταση γέφυρας

Από τη μελέτη της φορτισμένης κατάστασης της γέφυρας προκύπτει ότι με την εφαρμογή των συνδυασμών των φορτίων που αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 5 αστοχούν ορισμένα από τα μέλη - διατομές της γέφυρας.

Τα κυριότερα μέλη της γέφυρα τα οποία αστοχούν είναι τα παρακάτω:

α. Μηκίδες

β. Διαδοκίδες

γ. Πέλματα πλαισίων

δ. Ορθοστάτες – Διαγώνιοι πλαισίων

Εικόνα 44:Κατάρρευση γέφυρας στη Κόστα Ρίκα το 2012 Εικόνα 45:Κατάρρευση γέφυρας στην Ινδία

Η αστοχία των υπόψη διατομών οφείλεται κατά κύριο λόγο στην εμφάνιση φαινομένων κάμψης και αξονικών δυνάμεων, στρεπτοκαμπτικού και καμπτικού λυγισμού, όπως αναλυτικά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΙΔΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΥ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΠΟΥ ΑΣΤΟΧΕΙ Η ΔΙΑΤΟΜΗ	ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
ΜΗΚΙΔΑ	COMP 92 1.35(D+SD) + 1.50DT+0.90Q + 0.90WP_0	Καμπτικός λυγισμός $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} < 1{,}0$
ΔΙΑΔΟΚΙΔΑ	COMP 22 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_0 + 0.90DT	Στρεμπτοκαμπτικός λυγισμός μελών σταθερής διατομής υπό θλίψη και κάμψη $\frac{N_{Ed}}{\frac{x_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{x_{LT}\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz}\frac{M_{Z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$
ΠΕΛΜΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	COMP 22 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_0 + 0.90DT	Κάμψη και αξονική δύναμη $\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$
ΟΡΘΟΣΤΑΤΗΣ–ΔΙΑΓΩΝΙΟΙ ΠΛΑΙΣΙΩΝ	COMP 22 1.35(D+SD) + 1.50Q + 0.75S + 0.90WP_0	N_{ed}>$N_{CR,ZZ}$ (2,557) Στρεμπτοκαμπτικός λυγισμός μελών σταθερής διατομής υπό θλίψη και κάμψη

Πίνακας 19 Διατομές γέφυρας ΜΠΕΛΛΕΥ_που αστοχούν

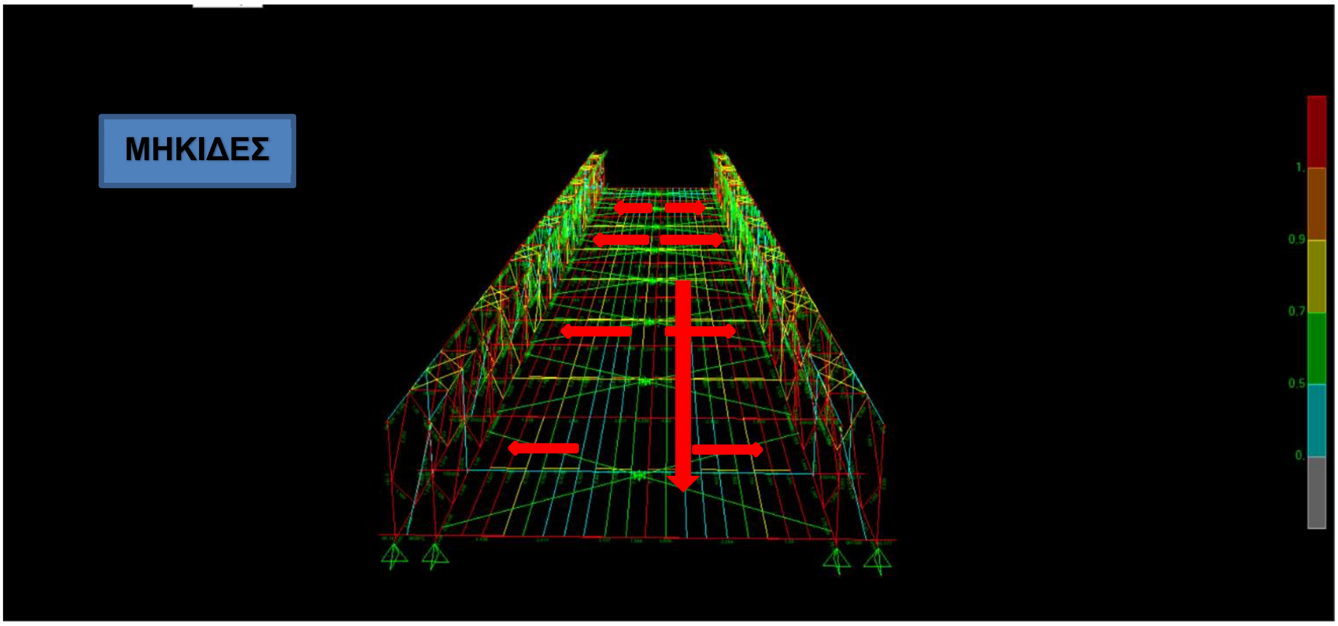
6.2.1. Ανάλυση αποτελεσμάτων

6.2.1.(α) Μηκίδες

```
Units   : KN, mm, C                                                                          Units  KN, mm, C

Frame  : 3157        X Mid: 22702,970   Combo: COMB92          Design Type: Beam
Length: 3048,000     Y Mid: 1284,500    Shape: MIKIDA          Frame Type: DCM-MRF
Loc    : 3048,000    Z Mid: 0,000       Class: Class 3         Rolled : No

Country=CEN Default                     Combination=Eq. 6.10               Reliability=Class 1
Interaction=Method 2 (Annex B)          MultiResponse=Envelopes            P-Delta Done? Yes
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00         GammaM1=1,00       GammaM2=1,25
An/Ag=1,00           RLLF=1,000         PLLF=0,750         D/C Lim=1,000

Aeff=4032,000        eNy=0,749          eNz=-3,610
A=4032,000           Iyy=6657984,000    iyy=40,636         Wel,yy=130548,706   Weff,yy=130548,706
It=49833,017         Izz=155735949,0    izz=196,532        Wel,zz=569418,461   Weff,zz=569418,461
Iw=0,000             Iyz=0,000          h=102,000          Wpl,yy=152226,000   Av,y=4032,000
E=206,843            fy=0,344           fu=0,410           Wpl,zz=659397,000   Av,z=1800,549

Iyz=0,000            Imax=155735949,0   imax=196,532       Wel,zz,maj=569418,461
Rot= 90 deg          Imin=6657984,0     imin=40,636        Wel,zz,min=130548,706


DESIGN MESSAGES
    Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned       Med,yy       Med,zz        Ved,z        Ved,y          Ted
    3048,000         -90,371   -16570,140     63943,542       12,695      -29,773        4,838

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation EC3 6.3.1.1(1)-6.46)
    D/C Ratio:    1,039 = 1,039    >        1,000  Overstress
                        = (NEd/Nb,Rd)        (EC3 6.3.1.1(1)-6.46)

BASIC FACTORS
    Buckling Mode    K Factor    L Factor       Lcr/i
    Major (y-y)         1,000       0,500      37,504
    Major Braced        1,000       0,500      37,504
    Minor (z-z)         1,000       0,500       7,754
    Minor Braced        1,000       0,500       7,754
    LTB                 1,000       0,500       7,754

AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned        Nc,Rd       Nt,Rd
```

Εικόνα 46 Αποτέλεσμα ανάλυσης μηκίδας

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των μηκίδων προκύπτει ότι αυτές αστοχούν στις αμφότερες πλευρές της γέφυρας και σε αναλογία με τον κεντρικό άξονά της. Επιπλέον αστοχεί και η κεντρική μηκίδα σε όλο το μήκος του καταστρώματος της γέφυρας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 47 Αστοχία μηκίδων

Η εν λόγω αστοχία οφείλεται στην εμφάνιση του φαινομένου του καμπτικού λυγισμού λόγω αξονικής θλιπτικής δύναμης. Όπως είναι γνωστό η επάρκεια ενός θλιβόμενου μέλους με σταθερή διατομή έναντι καμπτικού λυγισμού ελέγχεται με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{\boldsymbol{N_{Ed}}}{\boldsymbol{N_{b,Rd}}} < \mathbf{1,0}$$

Όπου:

N_{Ed} η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής δύναμης

$N_{b,Rd}$ η αντοχή του θλιβόμενου μέλους σε λυγισμό $= \boldsymbol{N_{b,Rd}} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}}$

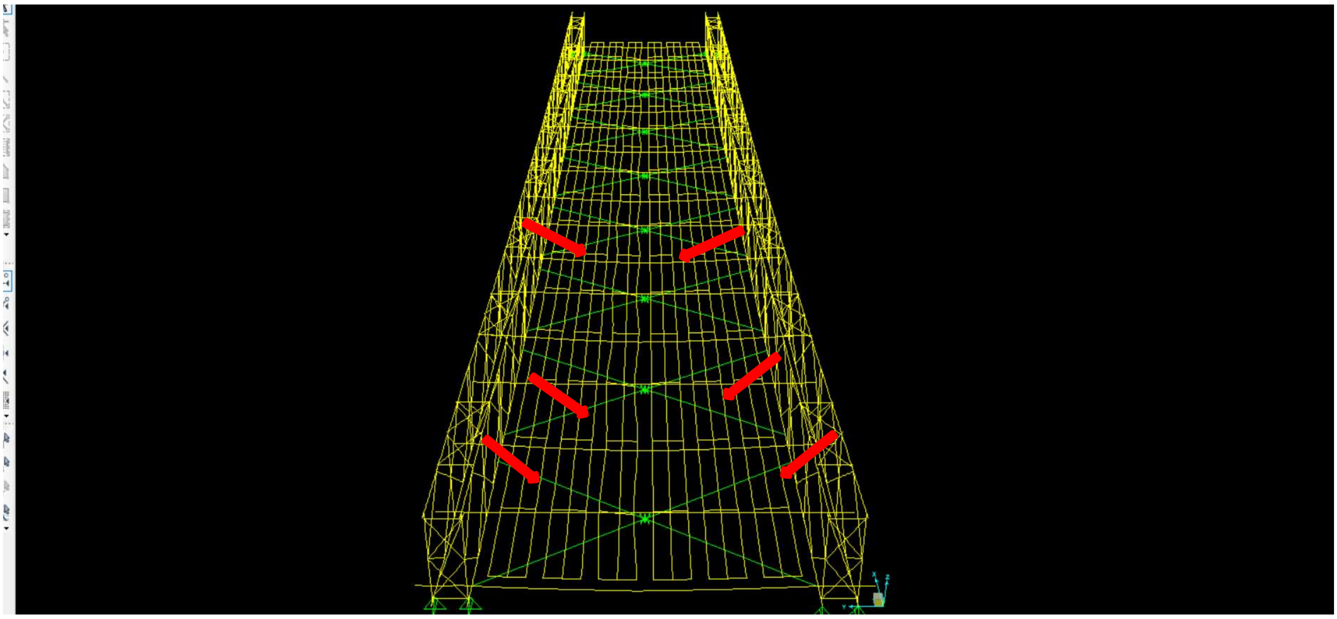
Από τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό SAP2000 προέκυψε ότι:

$$\frac{\boldsymbol{N_{Ed}}}{\boldsymbol{N_{b,Rd}}} > \mathbf{1,25}$$

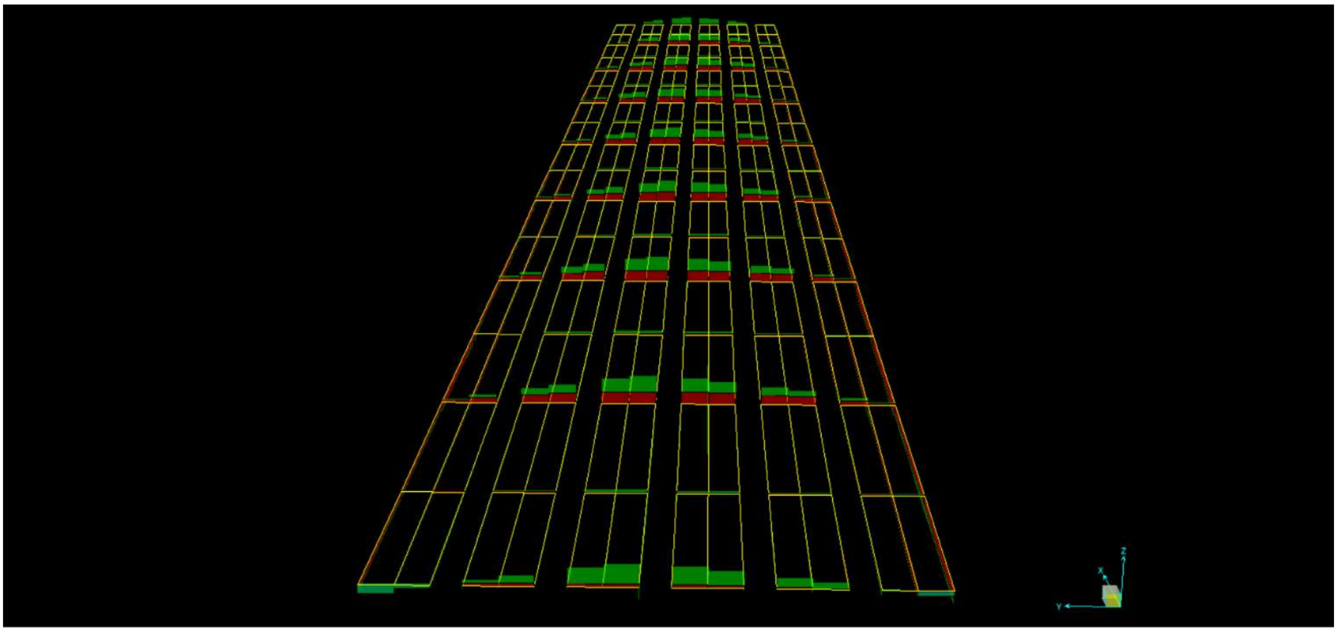
γεγονός που έχει ως συνέπεια την αστοχία της διατομής.

Η παραμόρφωση που προκαλείται στη γέφυρα και συνεπώς στις μηκίδες λόγω του συνδυασμού φόρτισης COMP 92 (1.35(D+SD) + 1.50DT+0.90Q + 0.90WP_0) στον οποίο οφείλεται και η αστοχία των μηκίδων φαίνεται παρακάτω:

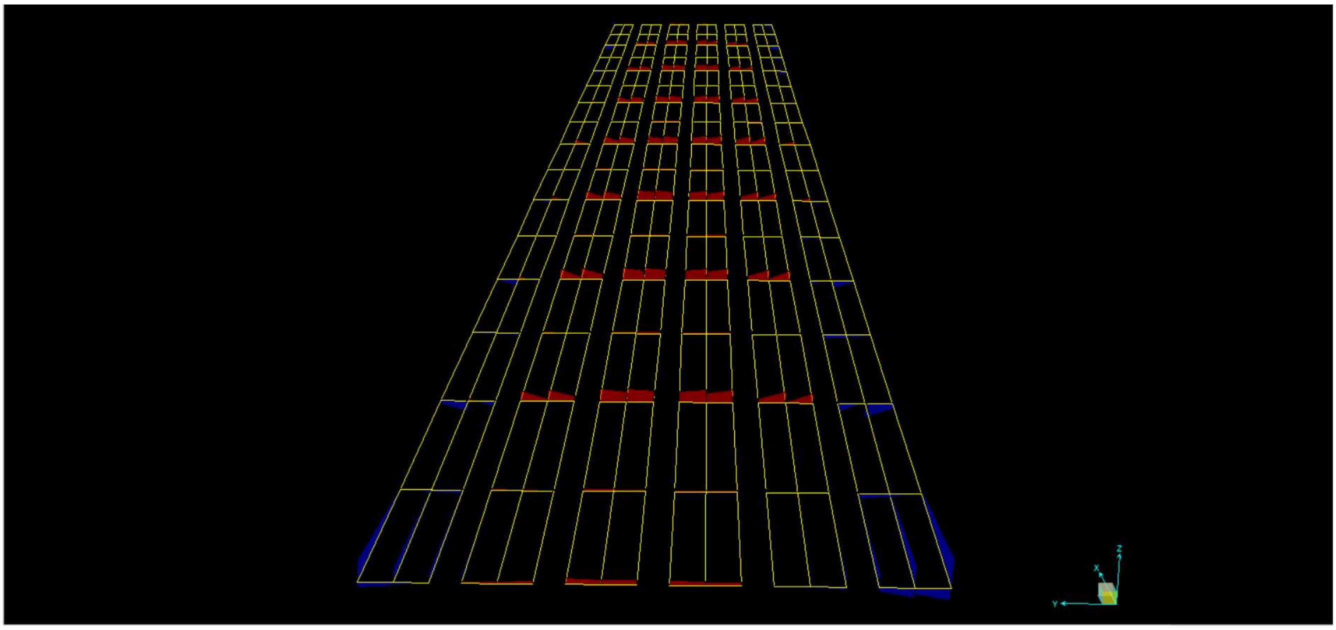
9



Εικόνα 48 Παραμόρφωση γέφυρας - μηκίδων λόγω συνδυασμού COMP92



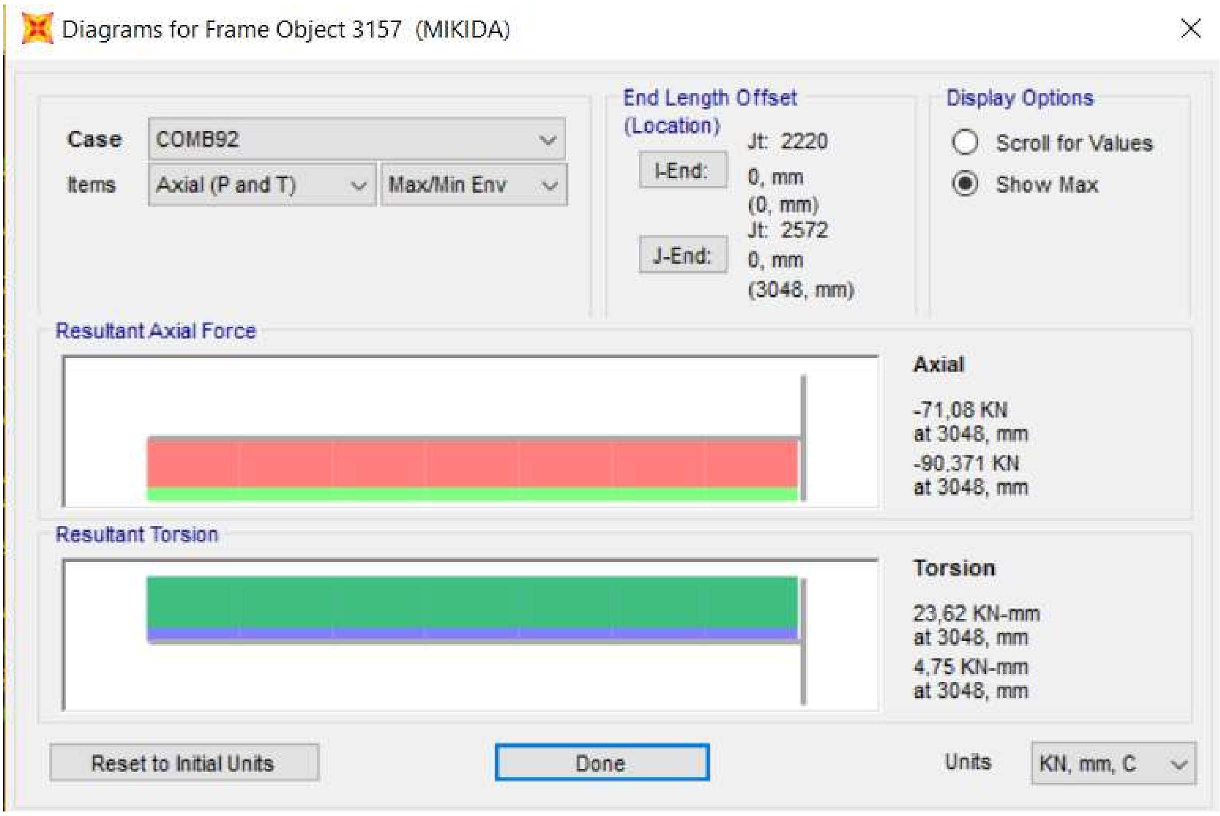
Εικόνα 49 Κατανομή αξονικών δυνάμεων συνδιασμού φόρτισης COMB 92 αστοχίας πλαισίου



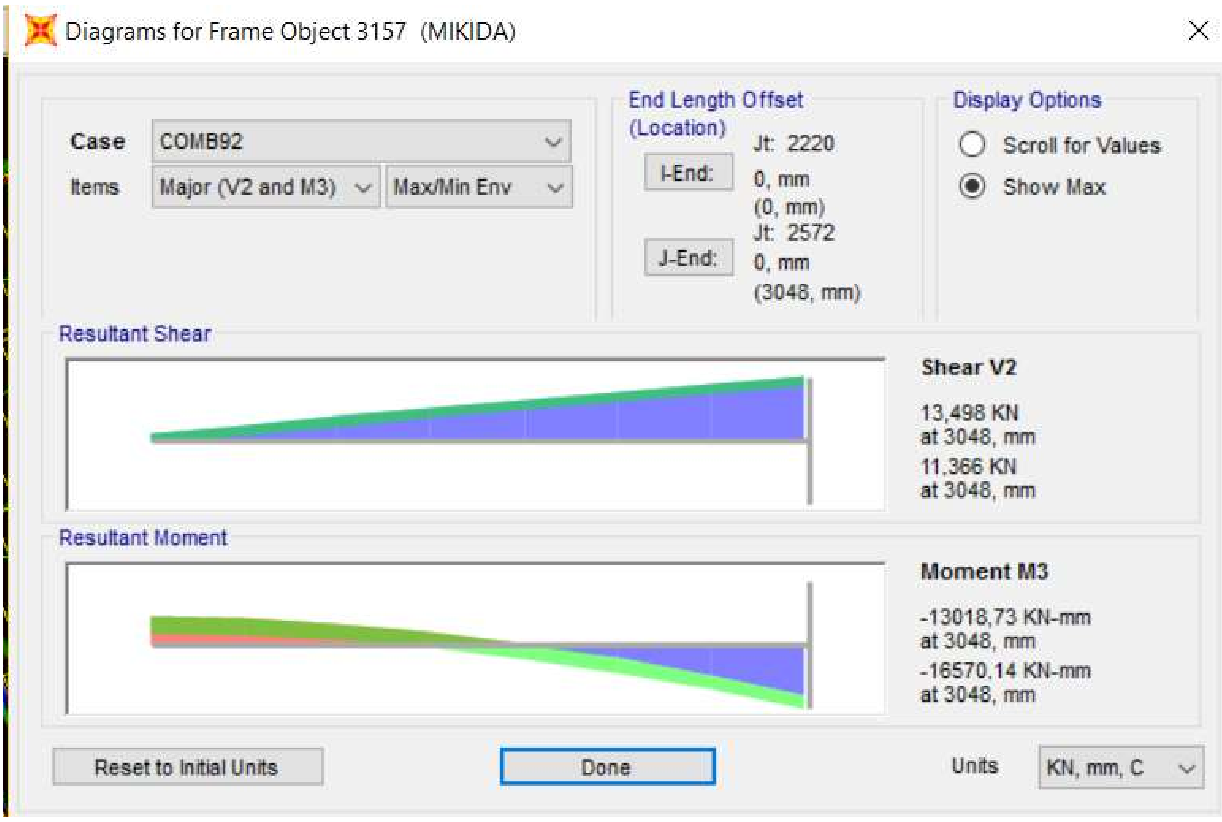
Εικόνα 50 Κατανομή τάσεων συνδυασμού φόρτισης COMB 92 αστοχίας πλαισίου

6.2.1.α.(1) Διαγράμματα -Πίνακες εντατικών μεγεθών μηκίδας

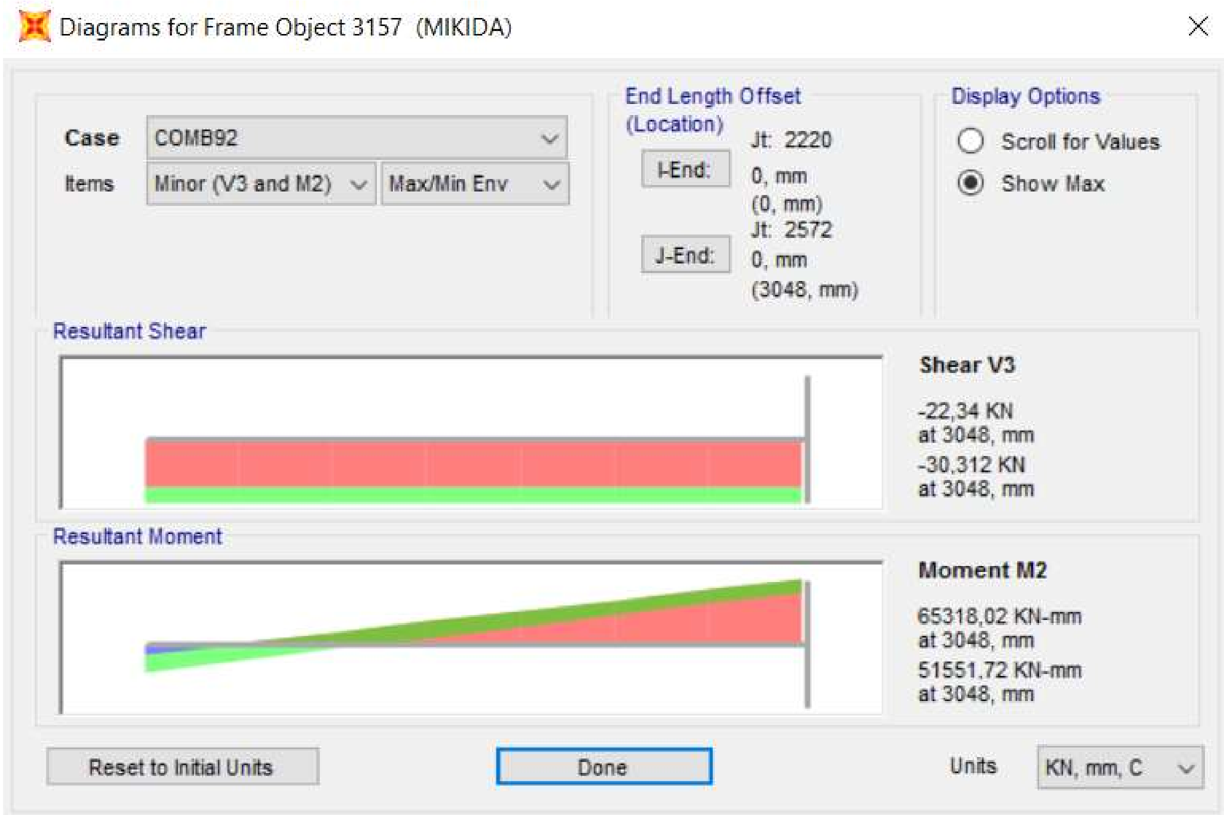
Τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών στη μηκίδα φαίνονται παρακάτω:



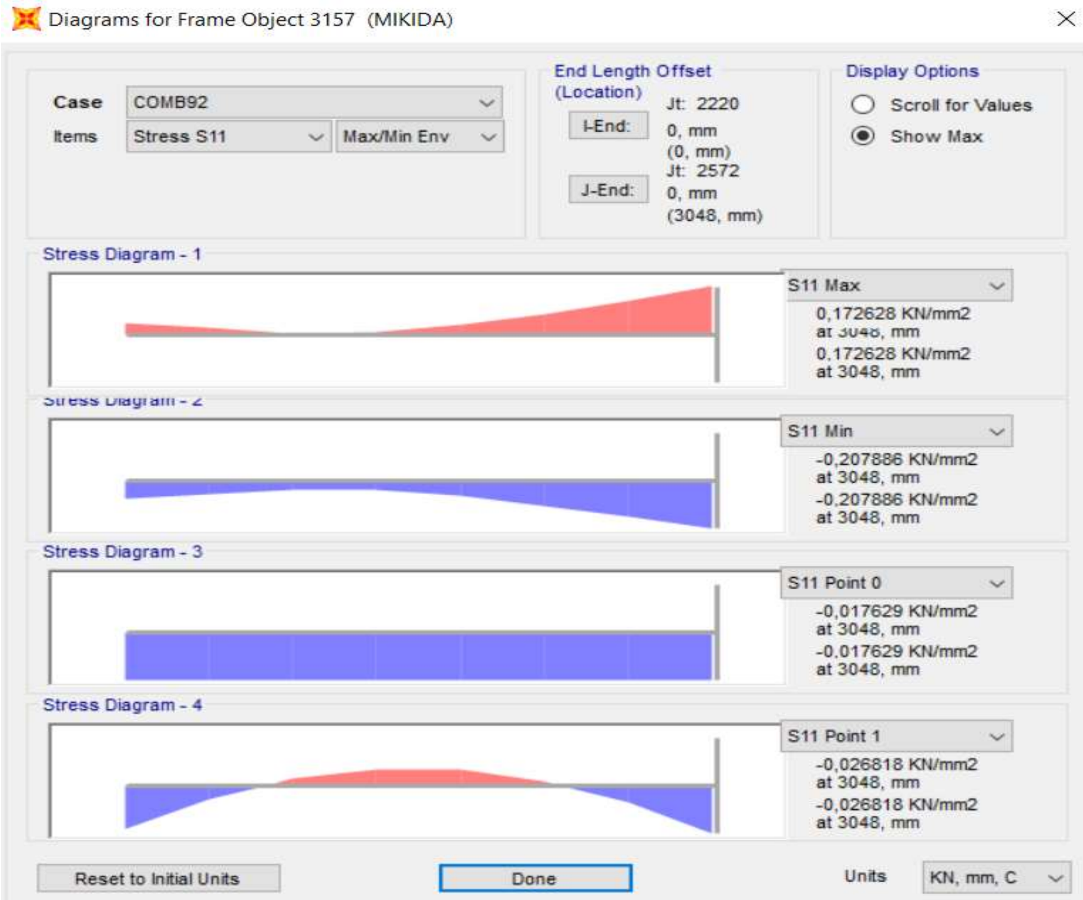
Εικόνα 51 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων και στρέψης μηκίδας



Εικόνα 52 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ισχυρό άξονα μηκίδας



Εικόνα 53 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ασθενή άξονα μηκίδας



Εικόνα 54 Διάγραμμα τάσεων μηκίδας

Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακες με τα μέγιστα και ελάχιστα των εντατικών μεγεθών της μηκίδας:

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
3157	0	COMB92	Combination	Max	-90,371	13,498	-30,312	23,62	65318,02	-16570,14	3157-1	0
3157	435,43	COMB92	Combination	Max	-90,371	11,794	-30,312	23,62	54447,32	-13018,73	3157-1	435,43
3157	870,86	COMB92	Combination	Max	-90,371	11,366	-30,312	23,62	51551,72	-11555,47	3157-1	870,86
3157	1306,29	COMB92	Combination	Max	-90,371	10,09	-30,312	23,62	43576,62	-7891,29	3157-1	1306,29
3157	1741,71	COMB92	Combination	Max	-90,371	9,662	-30,312	23,62	40088,03	-7282,83	3157-1	1741,71
3157	2177,14	COMB92	Combination	Max	-90,371	8,386	-30,312	23,62	32705,92	-3752,23	3157-1	2177,14
3157	2612,57	COMB92	Combination	Max	-90,371	7,957	-30,312	23,62	28624,35	-3505,9	3157-1	2612,57
3157	3048	COMB92	Combination	Max	-90,371	6,681	-30,312	23,62	21835,21	-963,66	3157-1	3048
3157	0	COMB92	Combination	Min	-71,08	6,253	-22,34	4,75	17160,66	137,47	3157-1	0
3157	435,43	COMB92	Combination	Min	-71,08	4,977	-22,34	4,75	10964,51	1082,87	3157-1	435,43
3157	870,86	COMB92	Combination	Min	-71,08	4,549	-22,34	4,75	5696,97	2387,37	3157-1	870,86
3157	1306,29	COMB92	Combination	Min	-71,08	3,273	-22,34	4,75	93,81	2949,84	3157-1	1306,29
3157	1741,71	COMB92	Combination	Min	-71,08	2,845	-22,34	4,75	-5766,71	3038,8	3157-1	1741,71
3157	2177,14	COMB92	Combination	Min	-71,08	1,569	-22,34	4,75	-10776,89	5198,1	3157-1	2177,14
3157	2612,57	COMB92	Combination	Min	-71,08	1,141	-22,34	4,75	-17230,4	6615,36	3157-1	2612,57
3157	3048	COMB92	Combination	Min	-71,08	-0,563	-22,34	4,75	-28694,09	7290,59	3157-1	3048

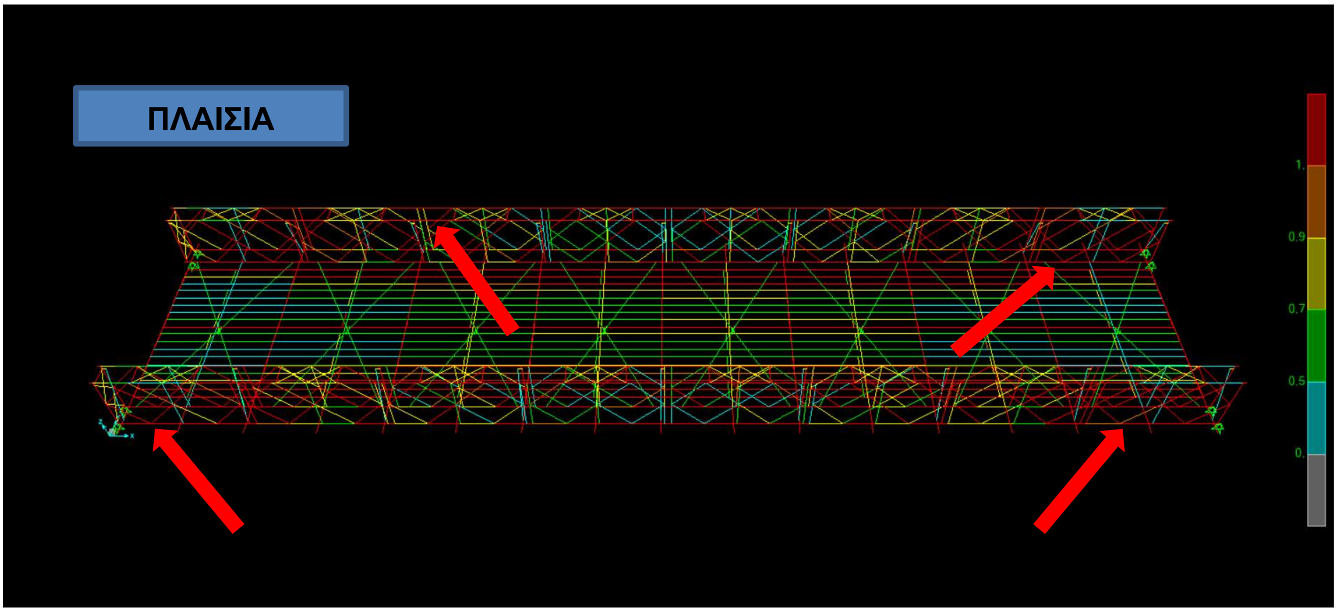
Εικόνα 55 Εντατικά μεγέθη αρχικής μηκίδας

6.2.1. (β) Πέλματα πλαισίων

```
Length: 723,900   Y Mid: 774,500    Shape: U-D BEAM       Frame Type: DCM-MRF          Units  KN, mm, C
Loc   : 643,070   Z Mid: 0,000      Class: Class 3        Rolled : No

Country=CEN Default                 Combination=Eq. 6.10                Reliability=Class 1
Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes             P-Delta Done? Yes
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00      GammaM1=1,00      GammaM2=1,25
An/Ag=1,00        RLLF=1,000        PLLF=0,750        D/C Lim=1,000

Aeff=3083,200     eNy=0,000         eNz=0,000
A=3083,200        Iyy=4549859,977   iyy=38,415        Wel,yy=88604,868   Weff,yy=88604,868
It=83097,622      Izz=9123073,733   izz=54,396        Wel,zz=110582,712  Weff,zz=110582,712
Iw=0,000          Iyz=0,000         h=102,700         Wpl,yy=108933,160  Av,y=3083,200
E=206,843         fy=0,344          fu=0,410          Wpl,zz=162716,000  Av,z=1589,056

Iyz=0,000         Imax=9123073,733  imax=54,396       Wel,zz,maj=110582,712
Rot= 90 deg       Imin=4549860,0    imin=38,415       Wel,zz,min=88604,868

DESIGN MESSAGES
    Error: Section overstressed
    Warning: Ned > NRk / GammaM1 -- n_pl can not be calculated (EC3 Table A.1, sec 6.3.3(4))

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned       Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    643,070       -1181,969   90182,614  -55328,232     424,732    -352,195       0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation EC3 6.2.1(7), 6.2.9.2(1))
    D/C Ratio:   3E+06 = 1,114 + 3E+06 + 1,488   >       1,000  Overstress
                       = (NEd/NRd) + (My,Ed/My,Rd) + (Mz,Ed/Mz,Rd)       (EC3 6.2.1(7), 6.2.9.2(1))

AXIAL FORCE DESIGN
                            Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                          Force    Capacity    Capacity
    Axial             -1181,969    1060,621     910,161

                         Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                       1060,621     910,161    1490,718    1490,718       1,000

                 Curve    Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)      c    0,490   17724,785       0,245       0,541       0,977    1036,551
    MajorB(y-y)      c    0,490   17724,785       0,245       0,541       0,977    1036,551
    Minor (z-z)      c    0,490   35540,549       0,173       0,508       1,000    1060,621
    MinorB(z-z)      c    0,490   35540,549       0,173       0,508       1,000    1060,621
    Torsional TF     c    0,490    1490,718       0,843       1,013       0,635     673,374
```

Εικόνα 56 Αποτελέσματα ανάλυσης πελμάτων πλαισίων

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των πελμάτων των πλαισίων προκύπτει ότι αυτά αστοχούν κατά μήκος του άξονα της γέφυρας σε αμφότερες τις πλευρές της τόσο στο άνω όσο και στο κάτω μέρος των πλαισίων,όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 57 Αστοχία πελμάτων πλαισίων

Η εν λόγω αστοχία οφείλεται στην εμφάνιση ταυτόχρονα αξονικού φορτίου N_{ED} αλλά και κάμψης τόσο κατά τον άξονα τον y-y΄ όσο και κατά τον z-z΄. Μέρος της διατομής αναλίσκεται στην αντιμετώπιση της αξονικής δύναμης και επομένως η αντοχή της σε κάμψη περιορίζεται.

Όπως είναι γνωστό η επάρκεια ενός θλιβόμενου μέλους με σταθερή διατομή έναντι καμπτικού λυγισμού ελέγχεται με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

όπου

$$M_{y,Rd} = \frac{M_{pl,y,Rd} * (1-n)}{1-0,5 * a_w}$$

$$a_w = \frac{A - 2 * b * t_f}{A}, \alpha\lambda\lambda\acute{\alpha}\ a_w \leq 0,5$$

$$\kappa\alpha\iota\ \ M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}}, W = \frac{I}{h}$$

$$M_{z,Rd} = \frac{M_{pl,z,Rd} * (1-n)}{1-0,5 * a_f}$$

$$a_f = \frac{A - 2 * h * t_w}{A}, \alpha\lambda\lambda\acute{\alpha}\ a_f \leq 0,5$$

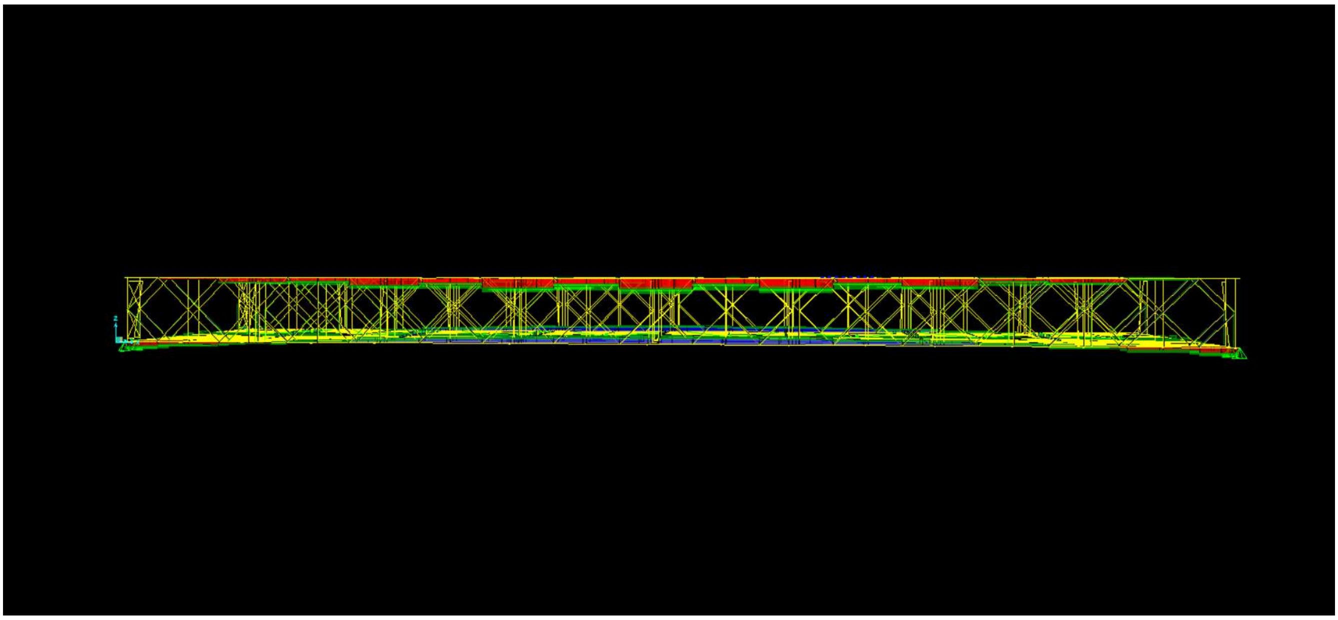
$$\kappa\alpha\iota\ M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0}}, W = \frac{I}{h}$$

Από τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό SAP2000 προέκυψε ότι:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} > 3,0E + O,6$$

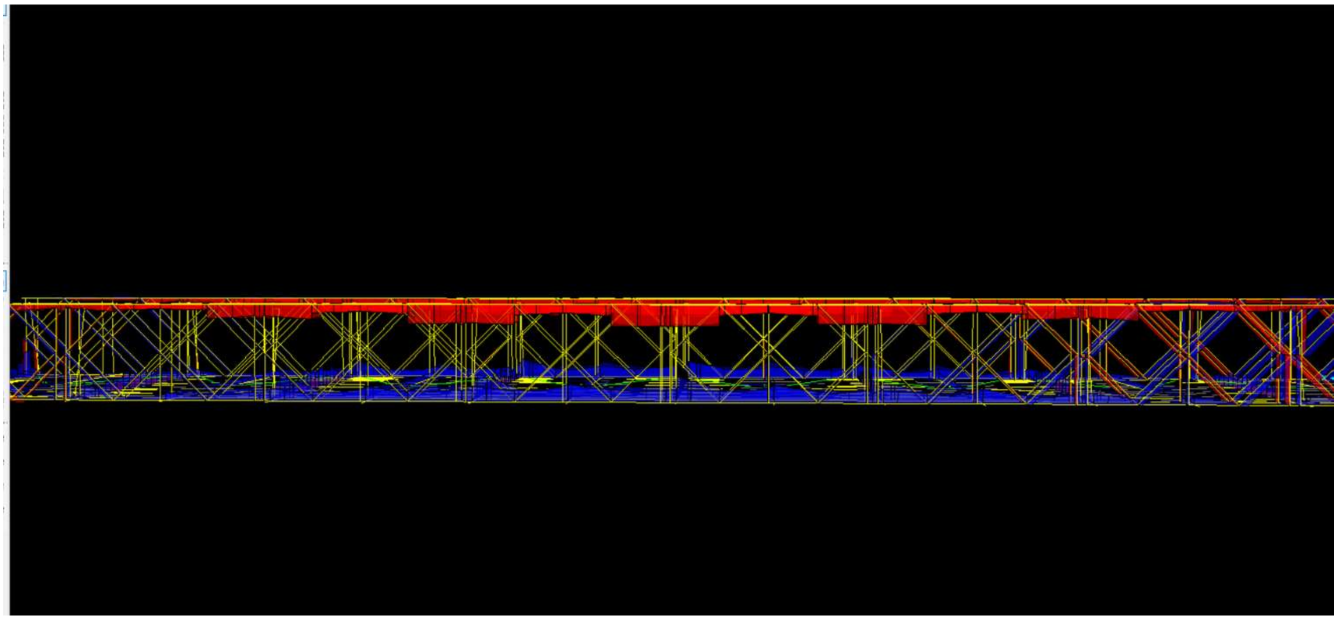
γεγονός που έχει ως συνέπεια την αστοχία της διατομής.

Το διάγραμμα κατανομής των αξονικών δυνάμεων για το συνδυασμό φόρτισης COMB 22 που αστοχεί το πλαίσιο φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 58 **Διάγραμμα κατανομής αξονικών δυνάμεων συνδιασμού φόρτισης COMB 22 αστοχίας πλαισίου**

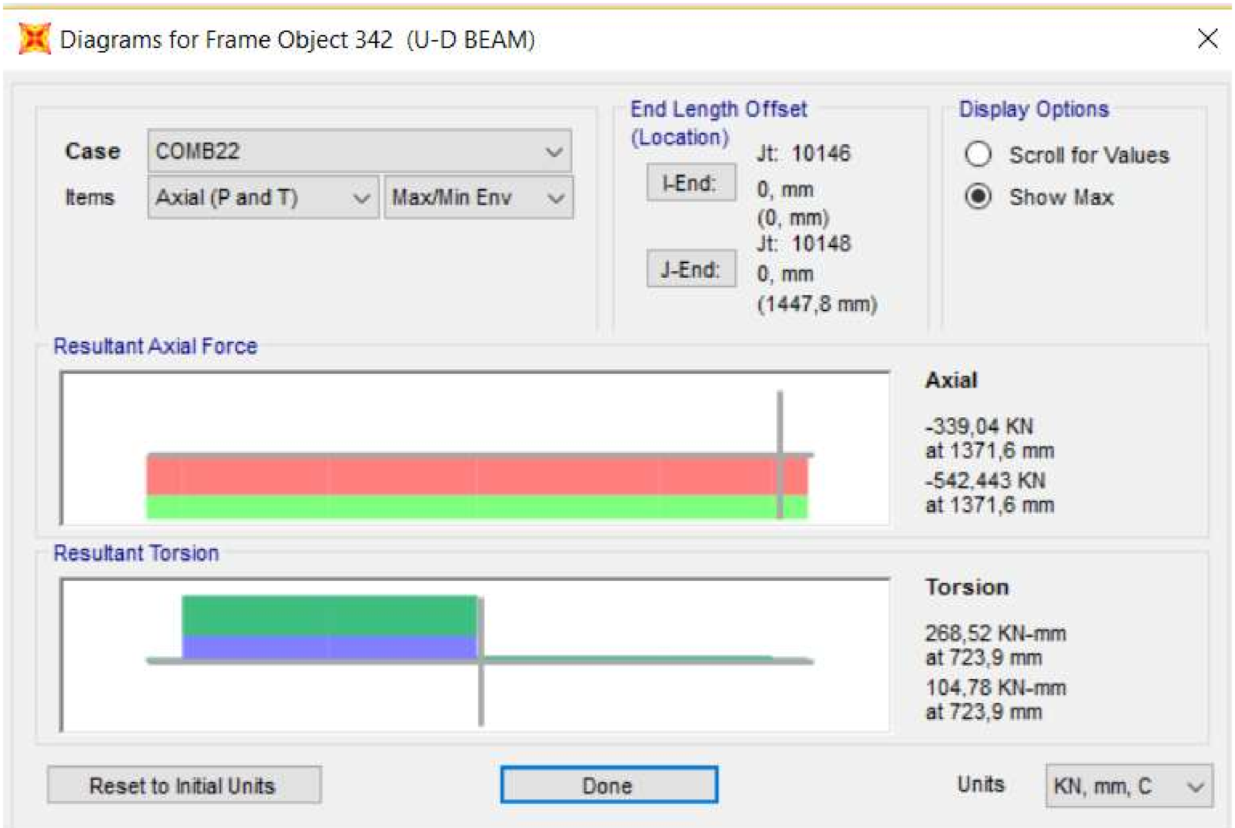
Το διάγραμμα κατανομής των τάσεων για το συνδυασμό φόρτισης COMB 22 που αστοχεί το πλαίσιο φαίνεται παρακάτω



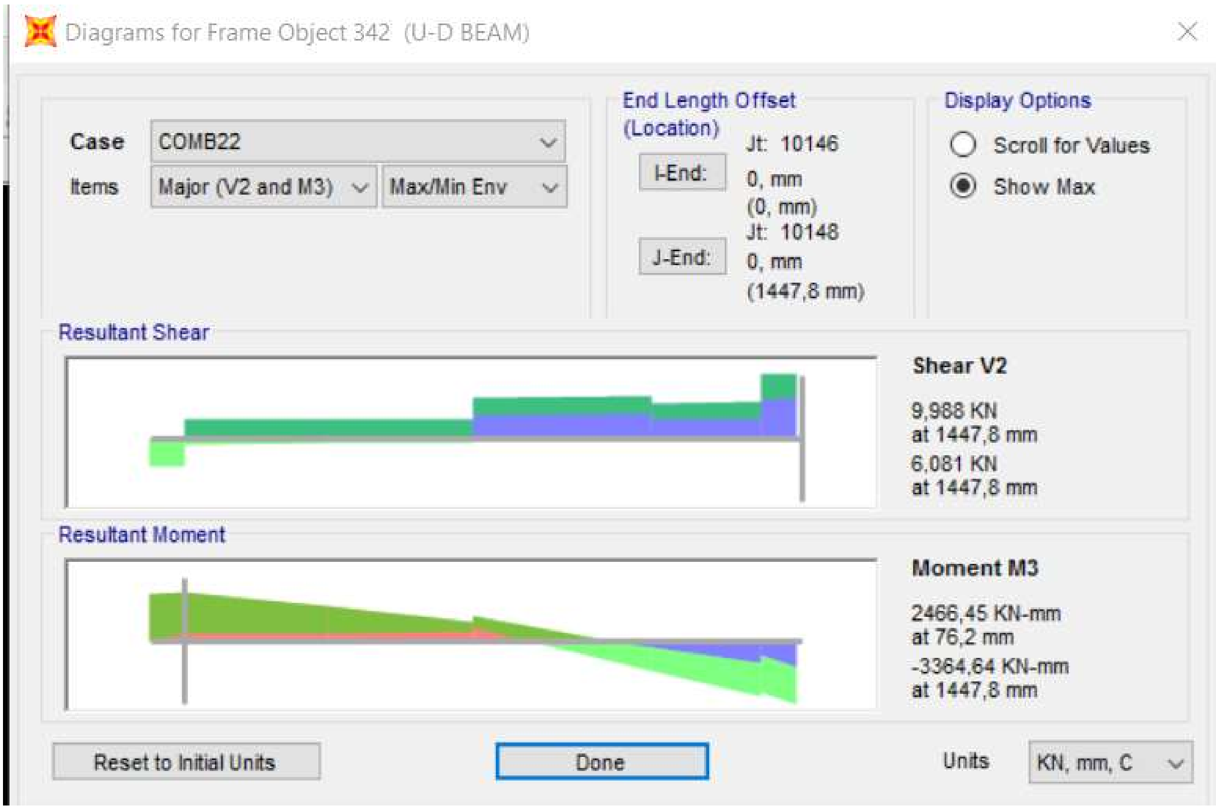
Εικόνα 59 **Διάγραμμα κατανομής τάσεων συνδυασμού φόρτισης COMB 22 αστοχίας πλαισίου**

6.2.1.(β).(1) Διαγράμματα -Πίνακες εντατικών μεγεθών πελμάτων πλαισίων

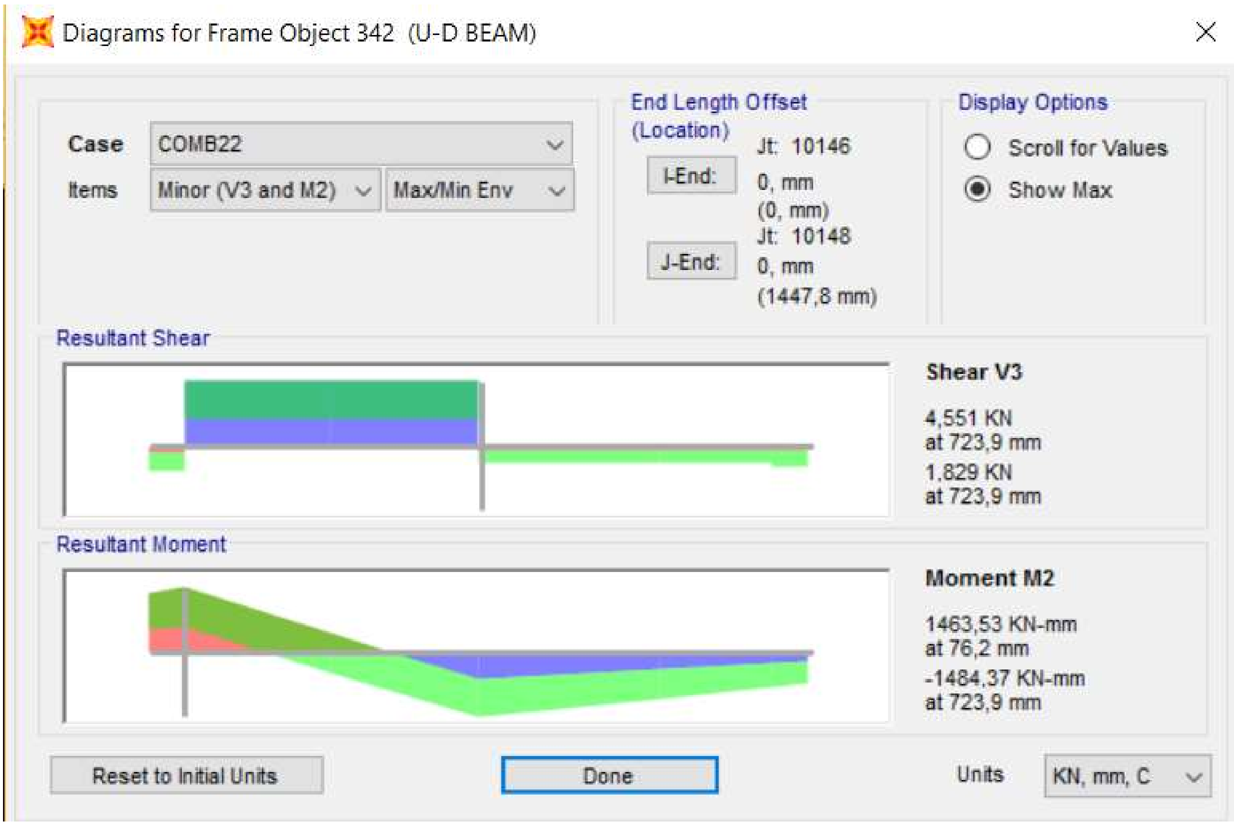
Τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών στα πέλματα των πλαισίων φαίνονται παρακάτω:



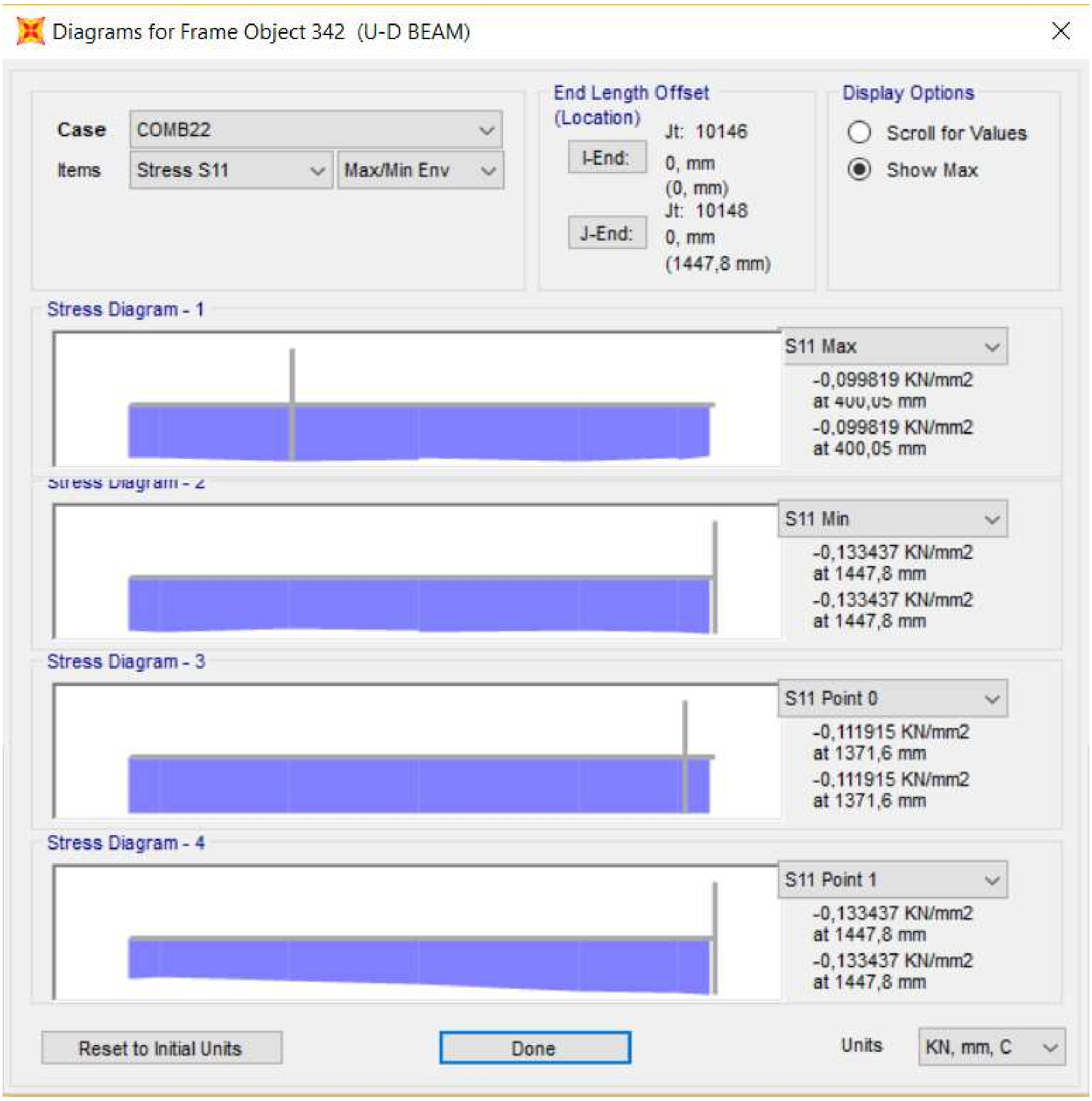
Εικόνα 60 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων και στρέψης πλαισίου



Εικόνα 61 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ισχυρό άξονα πλαισίου



Εικόνα 62 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ασθενή άξονα πλαισίου



Εικόνα 63 Διάγραμμα τάσεων πλαισίου

Εντατικά μεγέθη πελμάτων του πλαισίου

Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας με τα εντατικά μεγεθών των πελμάτων των πλαισίων:

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
342	0	COMB22	Combination	Max	-542,443	-4,298	-0,547	268,52	1338,61	-3364,64	342-1	0
342	76,2	COMB22	Combination	Max	-542,443	-4,273	-0,547	268,52	1463,29	-2866,09	342-1	76,2
342	76,2	COMB22	Combination	Max	-536,141	-0,978	4,551	268,52	1463,53	-2677,81	342-2	0
342	400,05	COMB22	Combination	Max	-536,141	-0,87	4,551	104,78	425,32	-1597,09	342-2	323,85
342	723,9	COMB22	Combination	Max	-536,131	-0,762	4,551	104,78	-612,89	-1597,09	342-2	647,7
342	723,9	COMB22	Combination	Max	-536,131	-0,537	-0,403	104,78	-612,39	-1337,89	342-3	0
342	1123,9	COMB22	Combination	Max	-530,597	-0,511	-0,403	19,08	-391,23	-1143,71	342-3	400
342	1123,9	COMB22	Combination	Max	-530,597	2,741	-0,403	19,08	-391,23	-799,87	342-4	0
342	1371,6	COMB22	Combination	Max	-530,597	2,747	-0,403	17,41	-254,27	-360,06	342-4	247,7
342	1371,6	COMB22	Combination	Max	-529,185	2,824	-0,411	17,41	-254,26	-360,06	342-5	0
342	1447,8	COMB22	Combination	Max	-529,185	2,855	-0,411	15,37	-213,54	-5,43	342-5	76,2
342	0	COMB22	Combination	Min	-339,04	2,963	-1,789	15,37	515,7	320,74	342-1	0
342	76,2	COMB22	Combination	Min	-339,039	3,534	-1,789	14,39	558,32	321,13	342-1	76,2
342	76,2	COMB22	Combination	Min	-336,375	3,667	1,829	14,39	558,41	385,99	342-2	0
342	400,05	COMB22	Combination	Min	-336,375	5,423	1,829	-3,81	-462,98	416,31	342-2	323,85
342	723,9	COMB22	Combination	Min	-336,368	5,506	1,829	-3,81	-1484,37	701,23	342-2	647,7
342	723,9	COMB22	Combination	Min	-336,368	6,056	-1,191	-7,83	-1483,29	1003,54	342-3	0
342	1123,9	COMB22	Combination	Min	-333,916	6,081	-1,191	-7,83	-1039,82	1267,73	342-3	400
342	1123,9	COMB22	Combination	Min	-333,916	6,327	-1,191	-11,89	-1039,83	1752,46	342-4	0
342	1371,6	COMB22	Combination	Min	-333,916	6,46	-1,191	-11,89	-801,33	2425,62	342-4	247,7
342	1371,6	COMB22	Combination	Min	-333,51	9,963	-1,46	-13,1	-801,3	2465,57	342-5	0
342	1447,8	COMB22	Combination	Min	-333,509	9,988	-1,46	-13,1	-698,06	2466,45	342-5	76,2

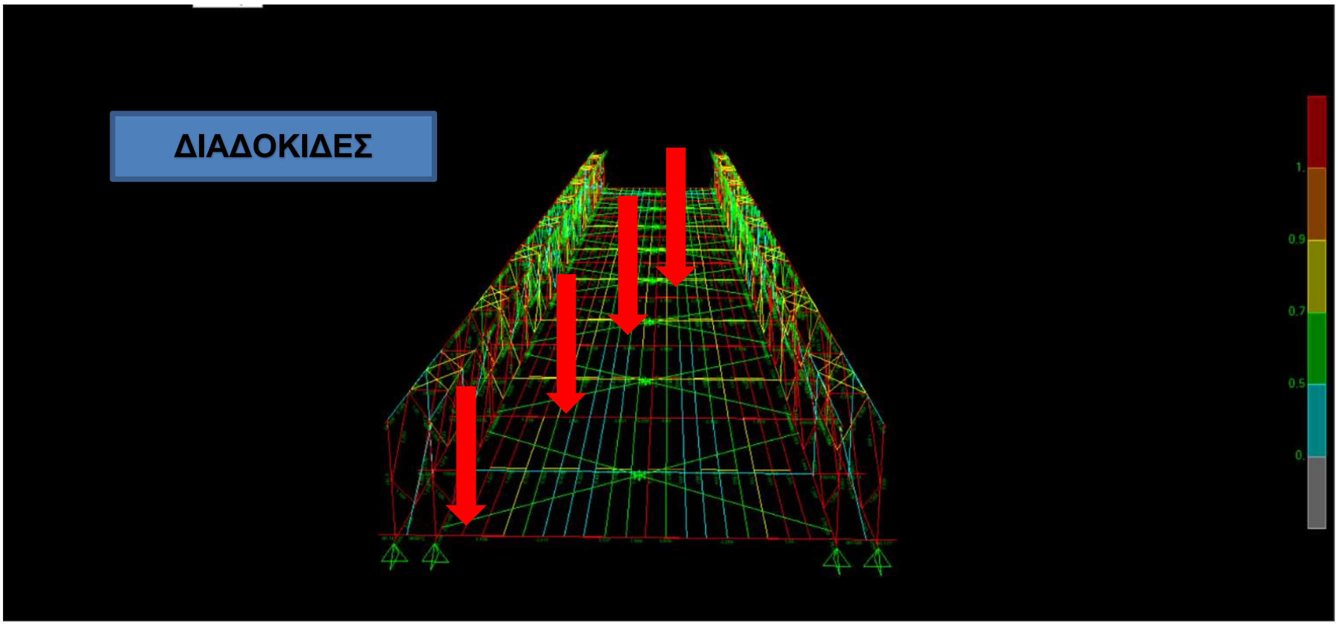
Εικόνα 64 Εντατικά μεγέθη αρχικών πελμάτων πλαισίων

6.2.1.(γ) Διαδοκίδες

```
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.61)                Units  KN, mm, C
    D/C Ratio:    4,641 = 0,070 + 2,611 + 1,960    >        1,000  Overstress
                        = NEd/(Chi_y NRk/GammaM1) + kyy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + kyz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)      (EC3 6.3.3(4)-6.61)

AXIAL FORCE DESIGN
                            Ned        Nc,Rd        Nt,Rd
                          Force     Capacity     Capacity
    Axial              -109,669     1571,220     1348,326

                         Npl,Rd        Nu,Rd        Ncr,T       Ncr,TF        An/Ag
                       1571,220     1348,326     1058,015     1058,015        1,000

                   Curve  Alpha          Ncr    LambdaBar          Phi          Chi        Nb,Rd
    Major (y-y)      c    0,490   528786,573        0,055        0,466        1,000     1571,220
    MajorB(y-y)      c    0,490   528786,573        0,055        0,466        1,000     1571,220
    Minor (z-z)      c    0,490    30462,406        0,227        0,532        0,986     1549,533
    MinorB(z-z)      c    0,490    30462,406        0,227        0,532        0,986     1549,533
    Torsional TF     c    0,490     1058,015        1,219        1,492        0,425      667,730

MOMENT DESIGN
                            Med    Med,span        Mc,Rd        Mv,Rd        Mn,Rd        Mb,Rd
                         Moment      Moment     Capacity     Capacity     Capacity     Capacity
    Major (y-y)      298012,162  298012,162   137464,427   137464,427   137464,427   137464,427
    Minor (z-z)       35431,347   35431,347    18248,289    17938,921    18248,289

                   Curve AlphaLT LambdaBarLT        PhiLT        ChiLT           C1          Mcr
    LTB              d    0,760        0,425        0,676        0,832        1,208   759649,656

                            kyy          kyz          kzy          kzz
    Factors               1,002        1,010        0,999        1,010

SHEAR DESIGN
                            Ved          Ted        Vc,Rd       Stress       Status
                          Force      Torsion     Capacity        Ratio        Check
    Major (z)           159,078        0,579      388,144        0,410           OK
    Minor (y)           293,191      309,087      518,829        0,565           OK

                         Vpl,Rd          Eta   LambdabarW
    Reduction           388,144        1,200        0,000

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                         VMajor       VMajor
                           Left        Right
    Major (V2)          222,598      236,446
```

Εικόνα 65 Αποτελέσματα ανάλυσης διαδικίδων

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των διαδοκίδων προκύπτει ότι αυτές αστοχούν κατά μήκος του άξονα της γέφυρας ,'όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 66 Αστοχία Διαδοκίδων

Η εν λόγω αστοχία οφείλεται στην εμφάνιση στρεμπτοκαμπτικού λυγισμού μελών σταθερής διατομής υπό θλίψη και κάμψη.

Όπως είναι γνωστό η επάρκεια ενός μέλους με σταθερή διατομή έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού ελέγχεται με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{x_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{x_{LT}\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz}\frac{M_{Z,Ed} + \Delta \quad _{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Όπου

$\mathrm{N_{Ed}}, \mathrm{M_{y,Ed}}, \mathrm{M_{Z,Ed}}$:οι τιμές σχεδιασμού της θλιπτικής αξονικής δύναμης και των μεγίστων ροπών ως προς τους άξονες y-y΄ και z-z΄ κατά μήκος του μέλους αντίστοιχα.

$\Delta\mathrm{M_{y,Ed}}, \Delta\mathrm{M_{z,Ed}}$:οι ροπές λόγω της μετατόπισης του κεντροβαρικού άξονα για διατομές κατηγορίας 4 (οι διατομές της υπο μελέτης κατασκευής όπως προαναφέρθηκε ανήκουν στην κατηγορία 1 και επομένως $\Delta\mathrm{M_{y,Ed}}, \Delta\mathrm{M_{z,Ed}} = 0$

$\mathrm{x_y}$: ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού

$\mathrm{x_{LT}}$:ο μειωτικός συντελεστής λόγω πλευρικού λυγισμού.

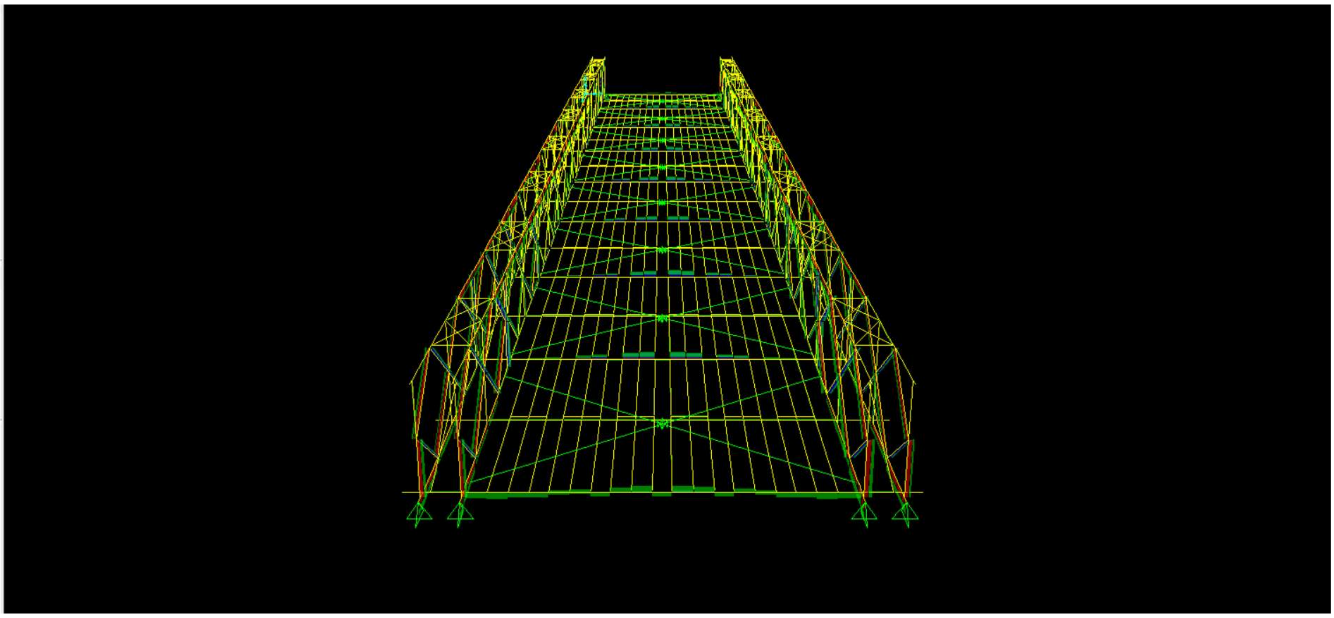
k_{yy}, k_{yz} : οι συντελεστές αλληλεπίδρασης, εξαρτώμενοι από τη μέθοδο που έχει επιλεγεί.

Από τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό SAP2000 προέκυψε ότι:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{x_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{x_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{Z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} > 4{,}641$$

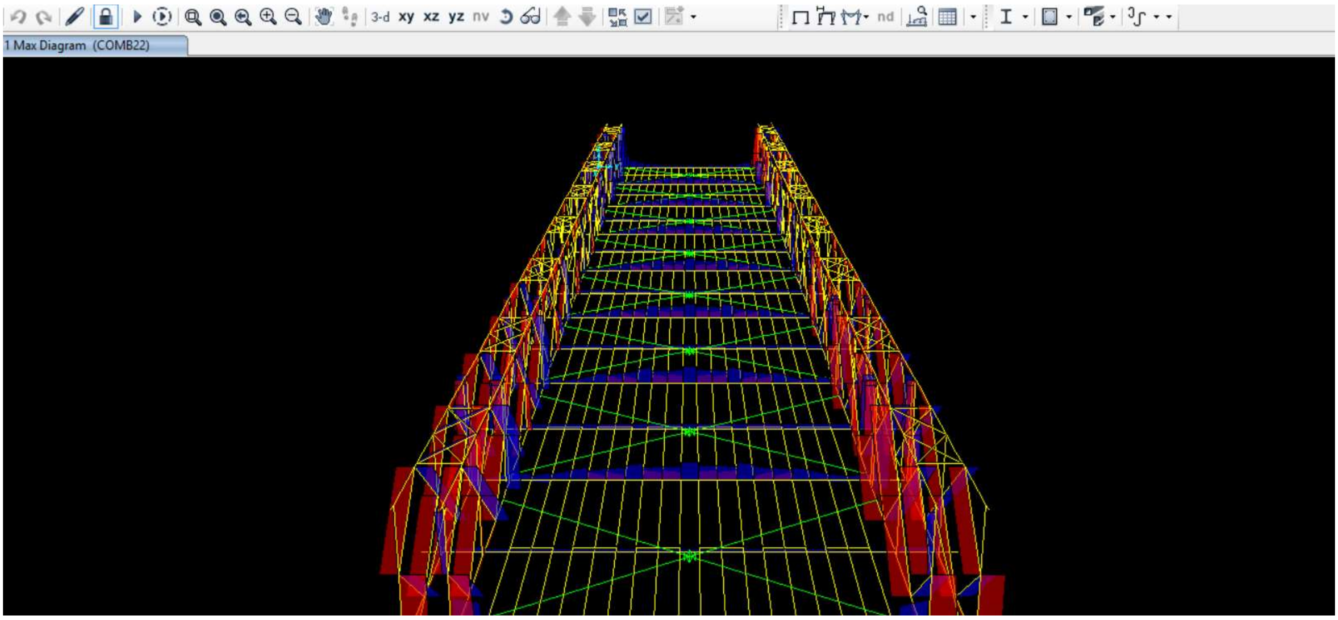
γεγονός που έχει ως συνέπεια την αστοχία της διατομής.

Το διάγραμμα κατανομής των αξονικών δυνάμεων των διαδοκίδων φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 67 **Διάγραμμα κατανομής αξονικών δυνάμεων διαδοκίδων**

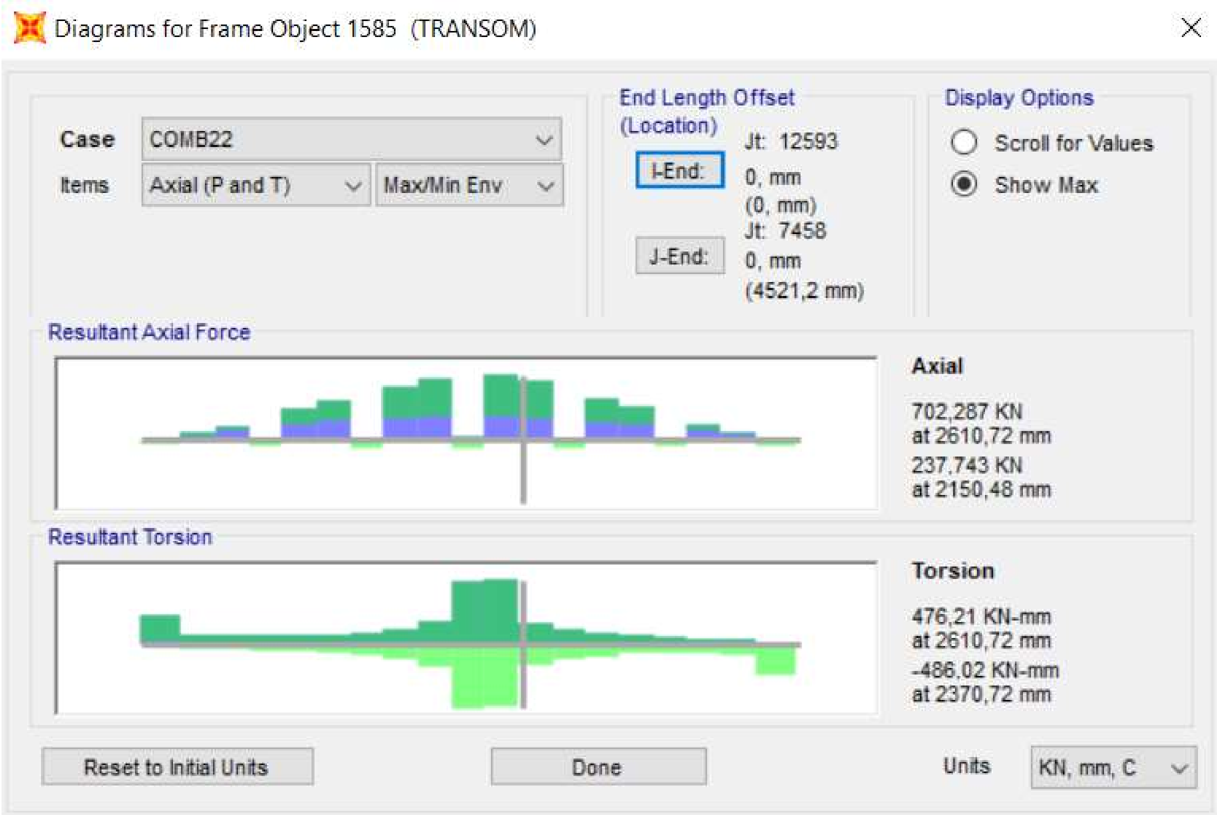
Το διάγραμμα κατανομής των τάσεων των διαδοκίδων φαίνεται παρακάτω:



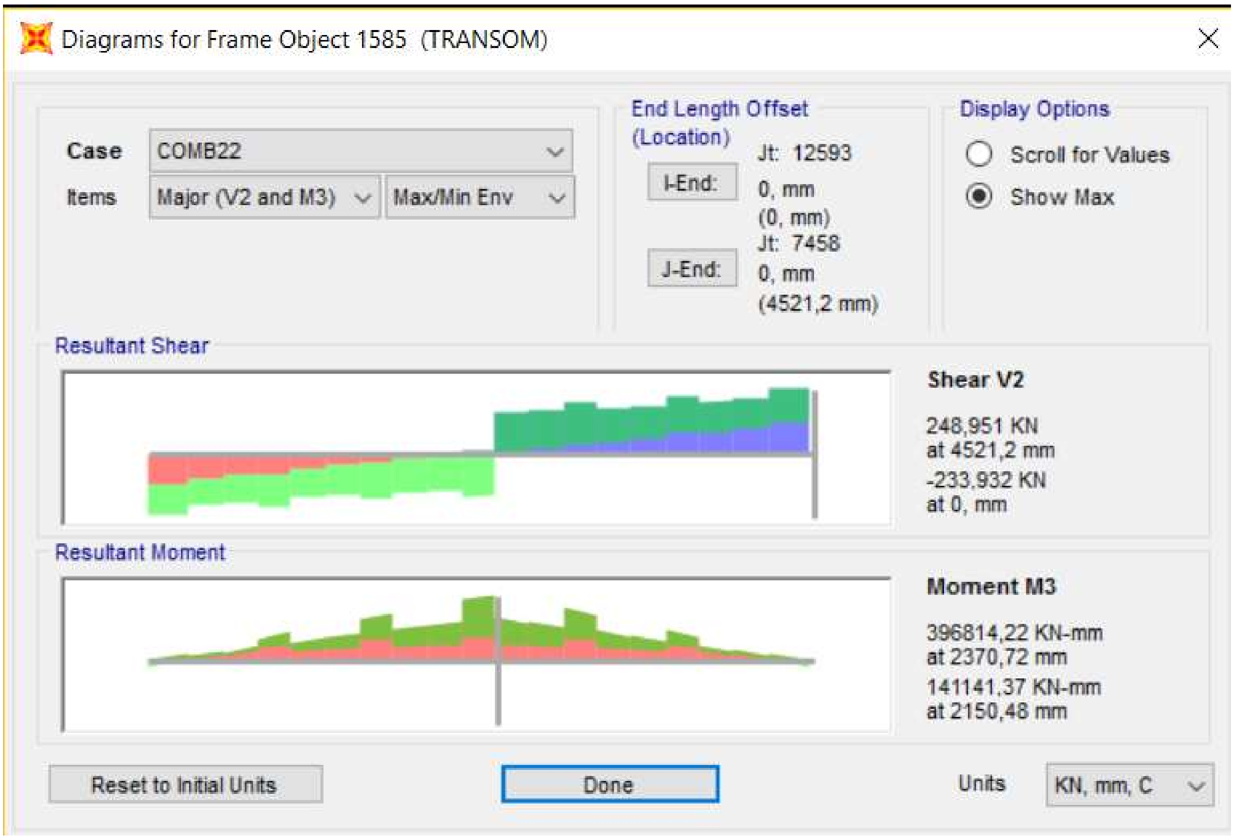
Εικόνα 68 **Διάγραμμα κατανομής των τάσεων των διαδοκίδων**

6.2.1.(γ).(1) Διαγράμματα - Πίνακες εντατικών μεγεθών διαδοκίδων

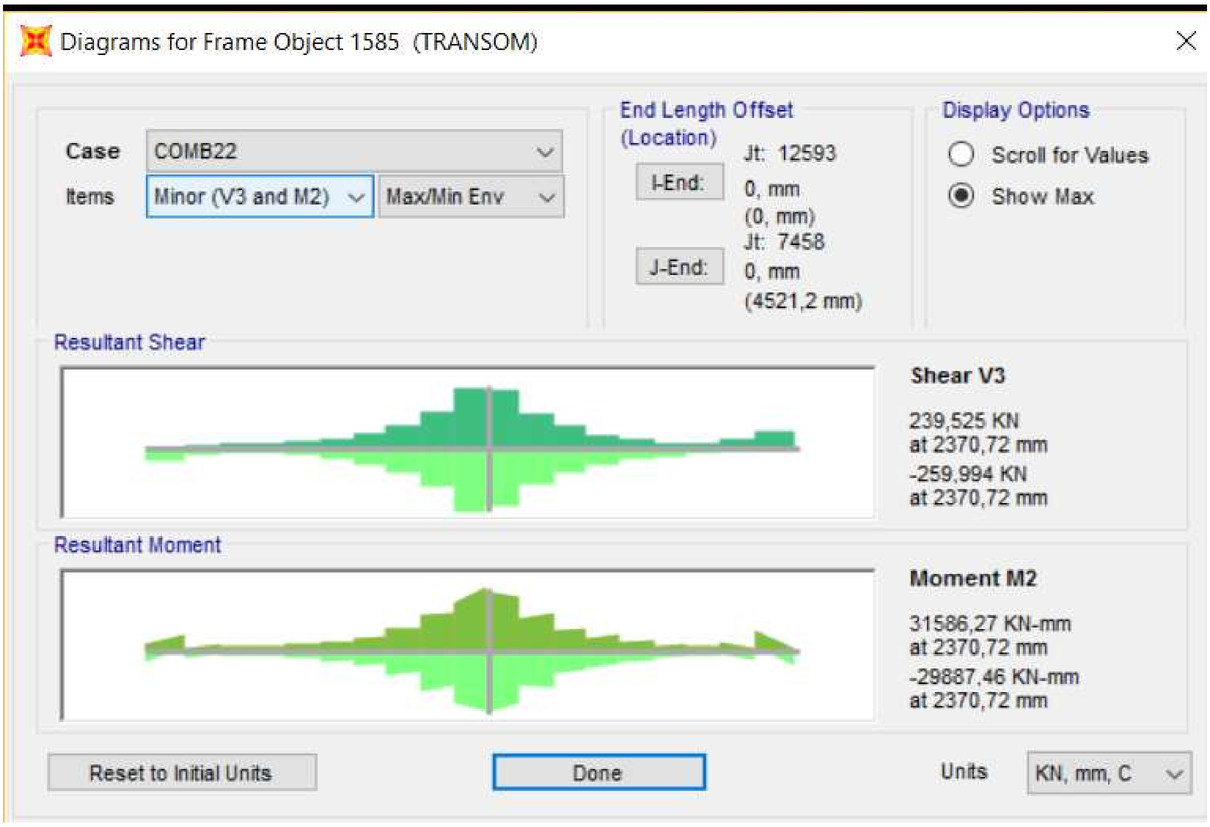
Τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών στη διαδοκίδα φαίνονται παρακάτω:



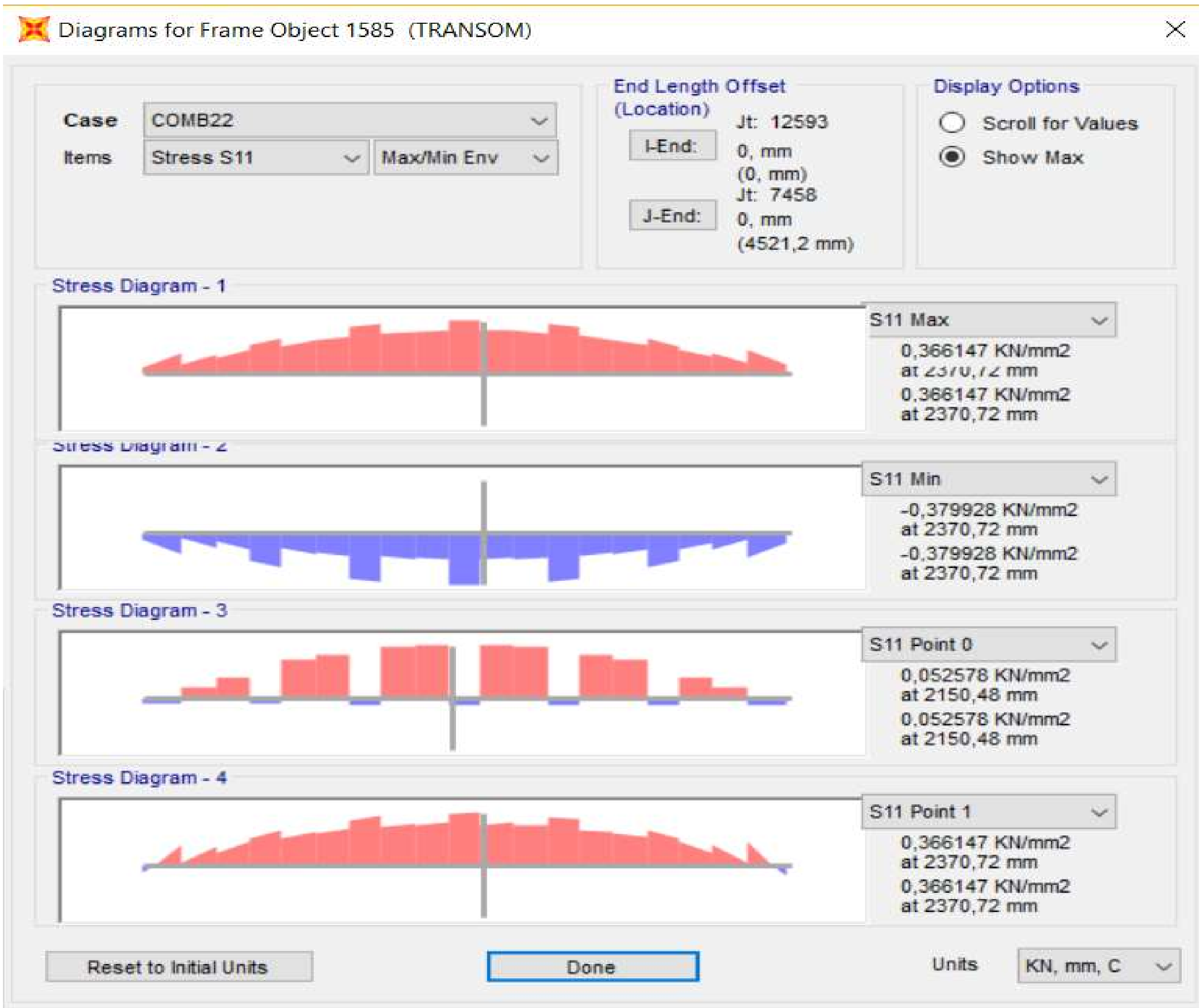
Εικόνα 69 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων και στρέψης διαδοκίδας



Εικόνα 70 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ισχυρό άξονα διαδοκίδας



Εικόνα 71 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ασθενή άξονα διαδοκίδας



Εικόνα 72 Διάγραμμα τάσεων διαδοκίδας

Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακας με τα εντατικά μεγέθη των διαδοκίδων:

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
1585	0	COMB22	Combination	Min	702,287	248,951	3,728	-486,02	-29887,46	396814,22	1585-19	270
1585	0	COMB22	Combination	Min	702,287	248,818	3,728	-486,02	-29199,29	362300,54	1585-19	0
1585	270	COMB22	Combination	Min	642,09	214,172	-11,052	-466,15	-25904,58	313666,11	1585-18	240
1585	270	COMB22	Combination	Min	642,09	214,063	-11,052	-466,15	-25674,77	289180,94	1585-18	0
1585	270	COMB22	Combination	Min	621,325	206,847	-22,018	-229,75	-19227,11	271974,49	1585-17	240
1585	270	COMB22	Combination	Min	621,325	206,728	-22,018	-229,75	-17514,1	263433,19	1585-17	0
1585	510	COMB22	Combination	Min	569,818	196,742	-33,459	-166,96	-17034,28	252624,19	1585-16	220,24
1585	510	COMB22	Combination	Min	569,818	196,624	-33,459	-166,96	-16882,8	240687,91	1585-16	0
1585	510	COMB22	Combination	Min	446,731	189,483	-46,962	-158,73	-12091,12	235639,26	1585-15	240
1585	510	COMB22	Combination	Min	446,731	189,375	-46,962	-158,73	-11504,94	225673,6	1585-15	0
1585	750	COMB22	Combination	Min	408,602	179,325	-68,023	-113,68	-10351,51	215902,9	1585-14	240
1585	750	COMB22	Combination	Min	408,602	179,206	-68,023	-113,68	-9363,74	206992,06	1585-14	0
1585	750	COMB22	Combination	Min	358,607	172,066	-102,311	-109,69	-8020,71	197049,2	1585-13	220,24
1585	750	COMB22	Combination	Min	358,607	171,948	-102,311	-109,69	-7347,14	182808,76	1585-13	0
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	328,027	161,882	-148,989	-88,67	-7223,12	182755,77	1585-12	240
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	328,027	161,764	-148,989	-88,67	-6466,83	181117,54	1585-12	0
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	237,743	158,518	-235,323	-80,9	-6022,13	171040,19	1585-11	240
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	237,743	158,399	-235,323	-80,9	-5521,27	168580,21	1585-11	0
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	237,543	119,565	-259,994	-77,73	-5193,93	152285,51	1585-10	220,24
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	237,543	119,432	-259,994	-77,73	-4915,12	142144,17	1585-10	0
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	229,091	91,936	-157,48	-71,85	-4456,13	141141,37	1585-9	240
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	229,091	91,818	-157,48	-71,85	-4065,07	141138,86	1585-9	0
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	228,026	79,765	-98,183	-67,56	-4031,26	141080,21	1585-8	240
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	228,026	79,646	-98,183	-67,56	-3569,22	138833,22	1585-8	0
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	192,02	77,308	-63,376	-65,68	-3247,94	133059,08	1585-7	220,24
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	192,02	77,199	-63,376	-65,68	-3208,43	131588,23	1585-7	0
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	191,883	55,98	-39,994	-62,64	-3160,89	131082,84	1585-6	240
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	191,883	55,861	-39,994	-62,64	-2666,78	129442,59	1585-6	0
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	166,561	44,321	-26,169	-51,94	-2593,93	122802,73	1585-5	240
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	166,561	44,202	-26,169	-51,94	-2582,6	122026,3	1585-5	0
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	166,239	33,625	-18,697	-46,52	-2209,82	111598,57	1585-4	220,24
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	166,239	33,516	-18,697	-46,52	-2072,03	104294,68	1585-4	0
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	158,682	16,091	-17,715	-38,86	-1998,68	95041,02	1585-3	240
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	158,682	15,972	-17,715	-38,86	-1968,05	94039,97	1585-3	0
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	143,334	8,264	-28,142	-31,14	-1489,16	93234,3	1585-2	240
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	143,334	8,155	-28,142	-31,14	-1206,89	90800,73	1585-2	0
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	92,453	6,025	-49,303	-24,76	1150,29	90729,1	1585-1	270
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	92,453	5,907	-49,303	-24,76	1445,57	88878,39	1585-1	0
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	91,763	-2,072	63,969	27,36	1575,26	88848,98	1585-19	270
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	91,763	-2,19	63,969	27,36	1637,05	88751,13	1585-19	0
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	71,858	-15,282	34,92	32,24	2000,81	88133,71	1585-18	240
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	71,858	-15,401	34,92	32,24	2179,63	87949,24	1585-18	0
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	69,847	-34,779	22,477	43,32	2203,3	83425,36	1585-17	240
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	69,847	-34,887	22,477	43,32	2345,14	83352,17	1585-17	0
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	48,835	-44,428	23,618	54,19	2581,85	80532,36	1585-16	220,24
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	48,835	-44,546	23,618	54,19	2701,84	80059,3	1585-16	0
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	41,509	-56,084	33,068	59,18	2711,92	76181,07	1585-15	240
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	41,509	-56,202	33,068	59,18	2728,78	75389,36	1585-15	0
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	36,268	-77,322	52,692	59,55	3072,06	72197,26	1585-14	240
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	36,268	-77,431	52,692	59,55	3228,6	71705,91	1585-14	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	20,386	-79,421	87,685	62,09	3273,46	69114,63	1585-13	220,24
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	20,386	-79,539	87,685	62,09	3506,07	68641,67	1585-13	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	16,388	-91,433	137,409	65,43	3799,79	60858,38	1585-12	240
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	16,388	-91,552	137,409	65,43	3871,15	57966,4	1585-12	0
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	-18,196	-118,676	229,25	69,67	4349,62	57513,22	1585-11	240
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	-18,196	-118,809	229,25	69,67	4646,56	56394,89	1585-11	0
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	-19,631	-142,386	239,525	73,13	4683,38	51700,2	1585-10	220,24
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	-19,631	-142,504	239,525	73,13	5749,54	51150,95	1585-10	0
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-27,115	-146,184	144,543	83,74	6179,17	50228,67	1585-9	240
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-27,115	-146,302	144,543	83,74	6607,47	47171,8	1585-9	0
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-31,178	-158,015	88,644	84,84	6734,85	43625,7	1585-8	240
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-31,178	-158,133	88,644	84,84	8304,86	42627,05	1585-8	0
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-61,73	-158,811	57,345	106,91	8340,02	36591,78	1585-7	220,24
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-61,73	-158,92	57,345	106,91	9947,9	36030,97	1585-7	0
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-64,408	-165,794	37,928	117,93	10072,71	31477,05	1585-6	240
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-64,408	-165,913	37,928	117,93	10922,98	30993,19	1585-6	0
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	-73,458	-172,522	26,81	160,64	11028,01	24647,34	1585-5	240
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	-73,458	-172,631	26,81	160,64	11472,92	24169,62	1585-5	0
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	-77,286	-183,719	20,682	171,19	15477,88	22807,72	1585-4	220,24
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	-77,286	-183,837	20,682	171,19	17656,03	18323,91	1585-4	0
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-96,655	-193,819	16,537	211,81	18567,97	6084,78	1585-3	240
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-96,655	-193,938	16,537	211,81	18874,62	5182,4	1585-3	0
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-101,334	-199,119	13,026	470,47	23553,61	4777,97	1585-2	240
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-101,334	-199,228	13,026	470,47	26610,88	2977,96	1585-2	0
1585	4521,2	COMB22	Combination	Max	-103,354	-233,799	7,697	476,21	29115,4	-42026,38	1585-1	270
1585	4521,2	COMB22	Combination	Max	-103,354	-233,932	7,697	476,21	31586,27	-42350,17	1585-1	0

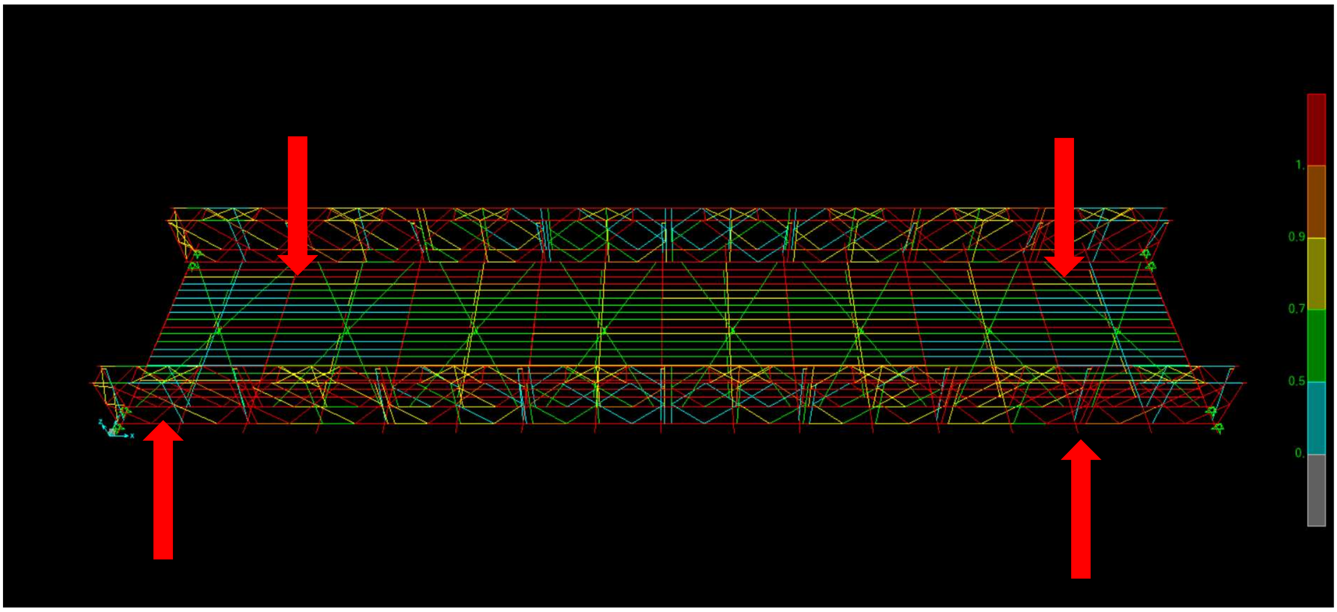
Εικόνα 73 Εντατικά μεγέθη αρχικών διαδοκίδων

6.2.1.(δ) Ορθοστάτες– Διαγώνιοι πλαισίων

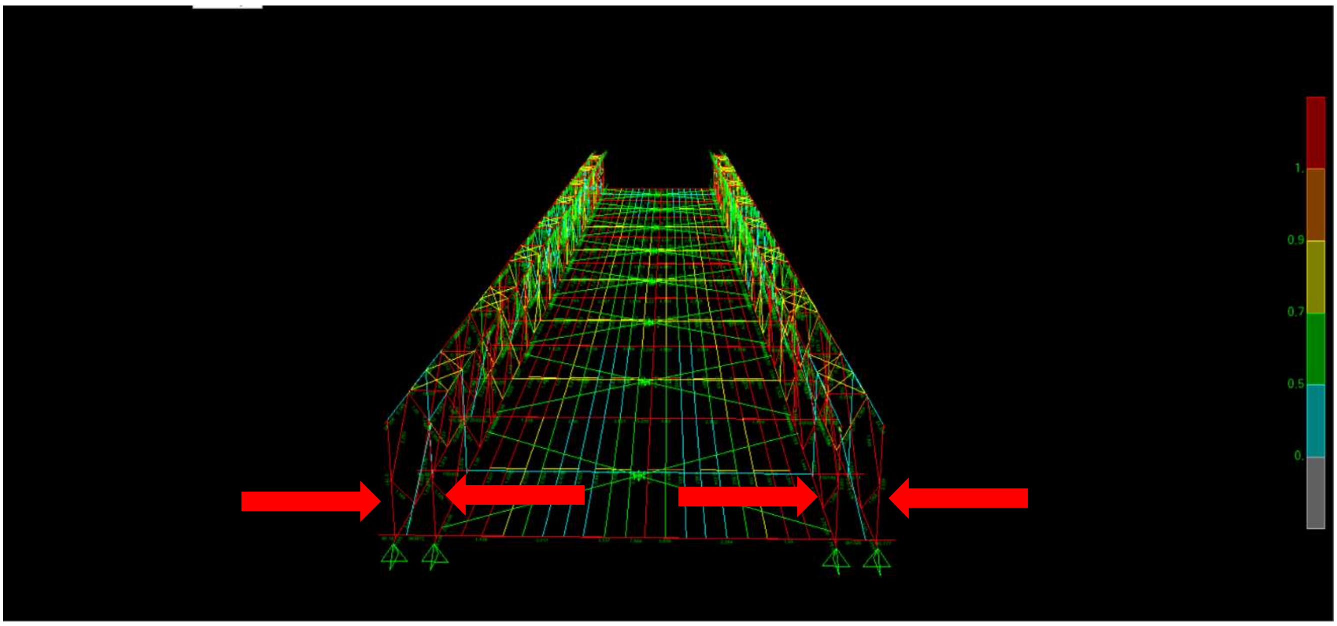
```
Units  : KN, mm, C                                                                Units  KN, mm, C

Frame : 9158       X Mid: 23945,850  Combo: COMB22          Design Type: Brace
Length: 1023,749   Y Mid: 317,500    Shape: orthostatis     Frame Type: DCM-MRF
Loc   : 1023,749   Z Mid: 1085,850   Class: Class 1         Rolled : No

Country=CEN Default                  Combination=Eq. 6.10                 Reliability=Class 1
Interaction=Method 2 (Annex B)       MultiResponse=Envelopes              P-Delta Done? Yes
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00       GammaM1=1,00      GammaM2=1,25
An/Ag=1,00         RLLF=1,000        PLLF=0,750        D/C Lim=1,000

Aeff=756,000       eNy=0,000         eNz=0,000
A=756,000          Iyy=702807,000    iyy=30,490        Wel,yy=18254,727   Weff,yy=18254,727
It=8513,820        Izz=97776,000     izz=11,372        Wel,zz=4190,400    Weff,zz=4190,400
Iw=84883072,585    Iyz=0,000         h=77,000          Wpl,yy=21609,000   Av,y=504,000
E=206,843          fy=0,344          fu=0,410          Wpl,zz=7434,000    Av,z=302,400

DESIGN MESSAGES
   Error: Section overstressed
   Warning: Ned > Ncr,zz -- k factors can not be calculated (EC3 Table A.1, B.1, sec 6.3.3(4))

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
   Location            Ned       Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
   1023,749        -256,385       0,000       0,000       0,000       0,030      20,526

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
   D/C Ratio:    2,203 = 2,195 + 0,000 + 0,007    >        1,000  Overstress
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)        (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN
                       Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                     Force    Capacity    Capacity
   Axial          -256,385     260,064     223,171

                    Npl,Rd       Nu,Rd      Ncr,T       Ncr,TF       An/Ag
                   260,064     223,171    503,805      431,105       1,000

               Curve   Alpha        Ncr   LambdaBar        Phi         Chi        Nb,Rd
   Major (y-y)     c   0,490   1368,955       0,436      0,653       0,878      228,384
   MajorB(y-y)     c   0,490   1368,955       0,436      0,653       0,878      228,384
   Minor (z-z)     c   0,490    190,452       1,169      1,420       0,449      116,782
   MinorB(z-z)     c   0,490    190,452       1,169      1,420       0,449      116,782
```

Εικόνα 74 Αποτελέσματα ανάλυσης ορθοστατών διαγώνιων πλαισίων

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των ορθοστατών – Διαγώνιων πλαισίων προκύπτει ότι αυτοί αστοχούν εκατέρωθεν του κεντρικού άξονα της γέφυρας με την εν λόγω αστοχία να επικεντρώνεται στα δύο πρώτα πλαίσια της γέφυρας εκατέρωθεν των ανοιγμάτων της, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 75 Αστοχία ορθοστατών– Διαγώνιων πλαισίων



Εικόνα 76 Αστοχία ορθοστατών– Διαγώνιων πλαισίων

Η εν λόγω αστοχία οφείλεται στην εμφάνιση στρεμπτοκαμπτικού λυγισμού μελών σταθερής διατομής υπό θλίψη και κάμψη

Όπως είναι γνωστό και προαναφέρθηκε, η επάρκεια ενός μέλους με σταθερή διατομή έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού ελέγχεται με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{x_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{x_{LT}\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz}\frac{M_{Z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Όπου

$\mathrm{N_{Ed}}, \mathrm{M_{y,Ed}}, \mathrm{M_{Z,Ed}}$:οι τιμές σχεδιασμού της θλιπτικής αξονικής δύναμης και των μεγίστων ροπών ως προς τους άξονες y-y΄ και z-z΄ κατά μήκος του μέλους αντίστοιχα.

$\Delta \mathrm{M_{y,Ed}}, \Delta \mathrm{M_{z,Ed}}$:οι ροπές λόγω της μετατόπισης του κεντροβαρικού άξονα για διατομές κατηγορίας 4 (οι διατομές της υπό μελέτης κατασκευής όπως προαναφέρθηκε ανήκουν στην κατηγορία 1 και επομένως $\Delta M_{y,Ed}, \Delta M_{z,Ed} = 0$

$\mathrm{x_y}$: ο μειωτικός συντελεστής λόγω καμπτικού λυγισμού

$\mathrm{x_{LT}}$:ο μειωτικός συντελεστής λόγω πλευρικού λυγισμού.

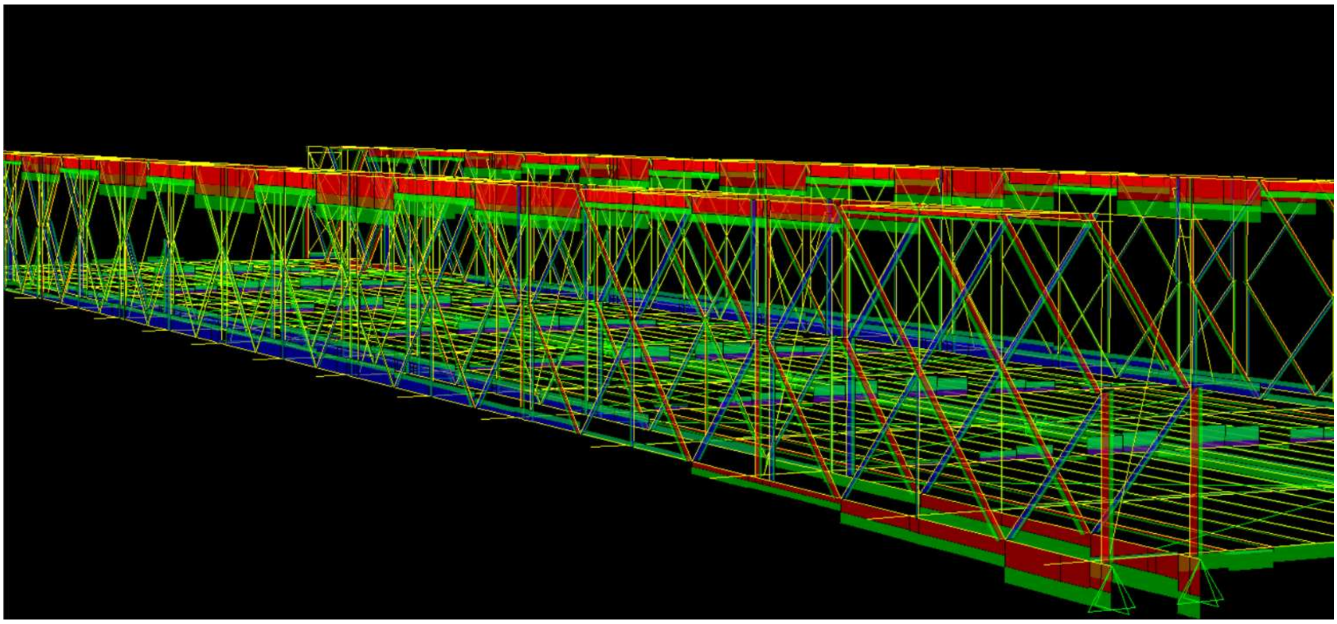
$\mathrm{k_{yy}}, \mathrm{k_{yz}}$: οι συντελεστές αλληλεπίδρασης, εξαρτώμενοι από τη μέθοδο που έχει επιλεγεί.

Από τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό SAP2000 προέκυψε ότι:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{x_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{x_{LT}\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz}\frac{M_{Z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} > 2{,}156$$

γεγονός που έχει ως συνέπεια την αστοχία της διατομής.

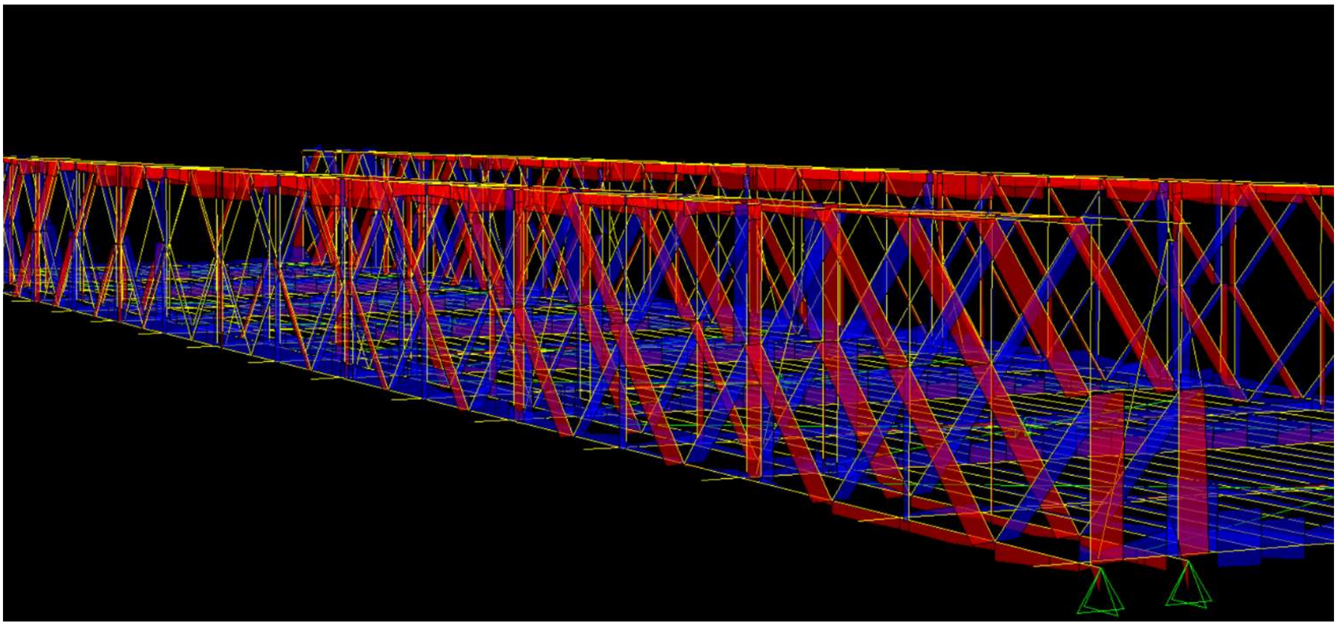
Το διάγραμμα κατανομής αξονικών δυνάμεων των ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 77 **Διάγραμμα κατανομής αξονικών δυνάμεων των ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων**

‘

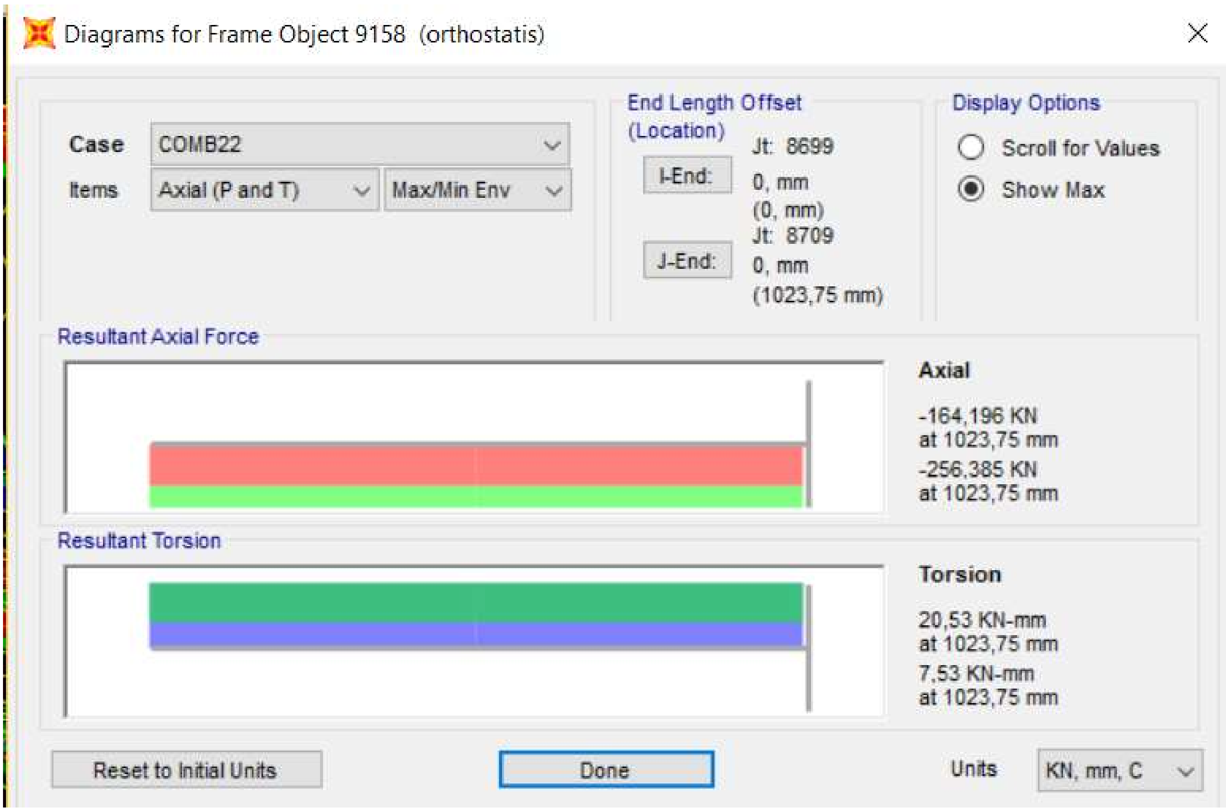
Το διάγραμμα κατανομής των τάσεων των ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων φαίνεται παρακάτω:



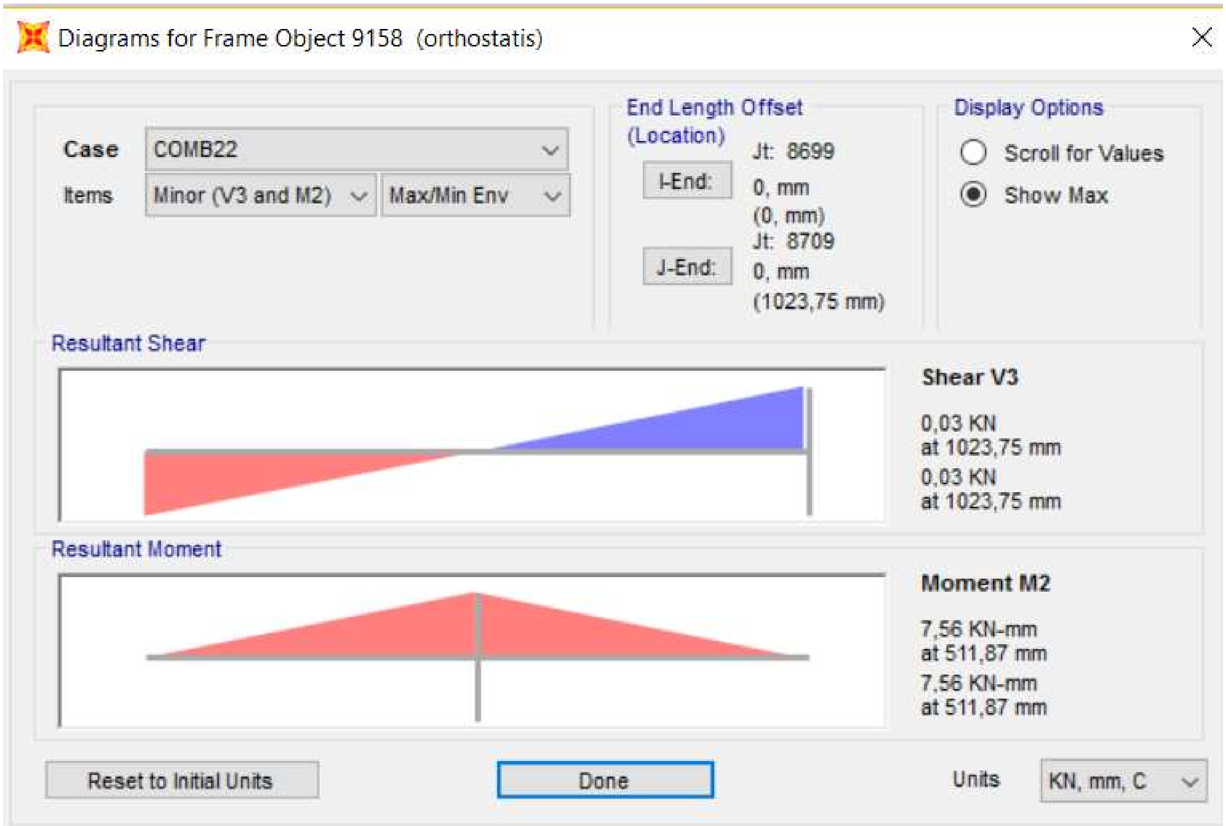
Εικόνα 78 **Διάγραμμα κατανομής τάσεων των ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων**

6.2.1.(δ).(1) Διαγράμματα - Πίνακες εντατικών μεγεθών ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων

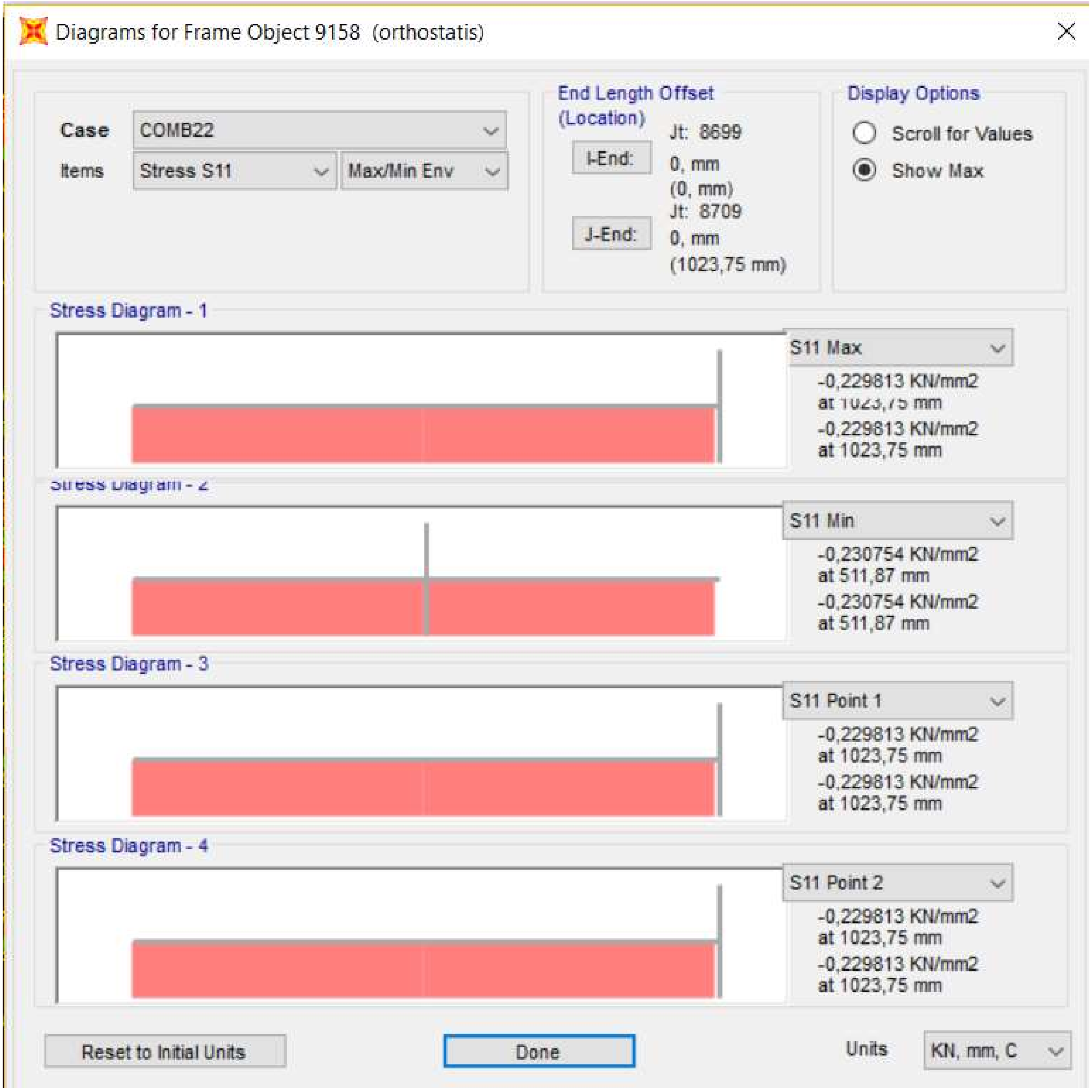
Τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων φαίνονται παρακάτω:



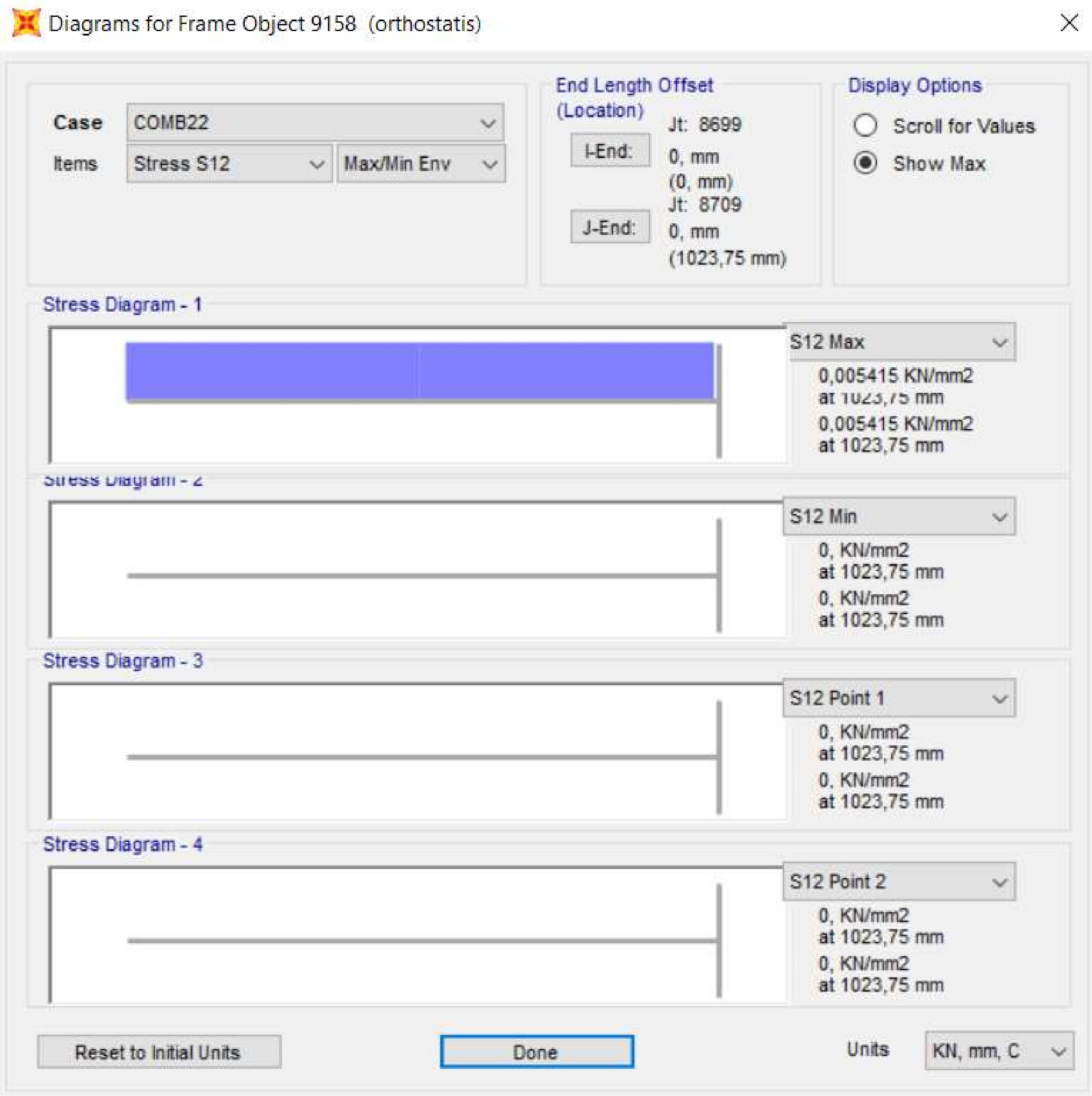
Εικόνα 79 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων και στρέψης ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων



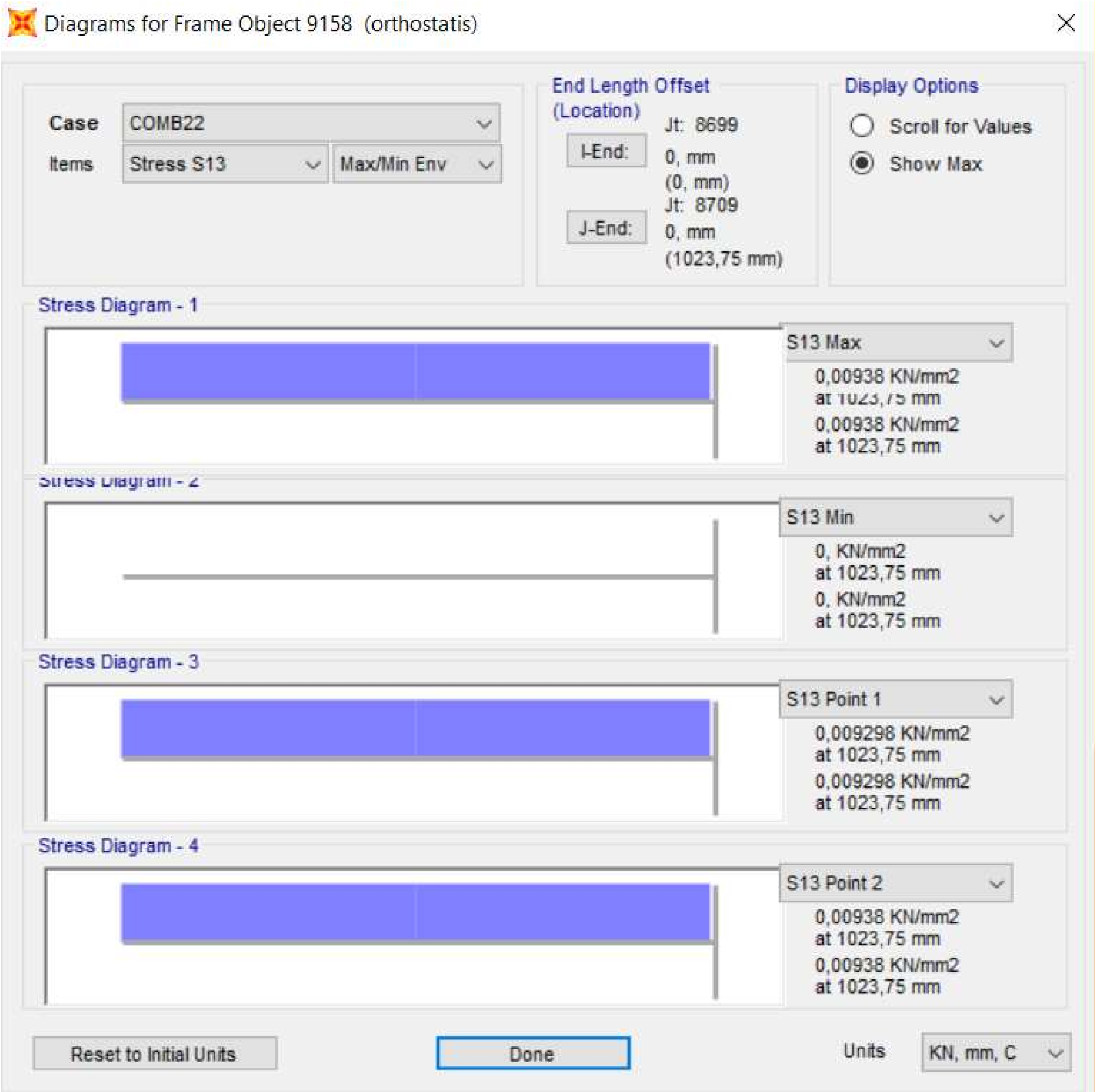
Εικόνα 80 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ασθενή άξονα ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων



Εικόνα 81 Διάγραμμα τάσεων S11 ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων



Εικόνα 82 Διάγραμμα τάσεων S12 ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων



Εικόνα 83 Διάγραμμα τάσεων S13 ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων

Στη συνέχεια παρατίθενται των εντατικών μεγεθών των ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων:

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
9158	0	COMB22	Combination	Max	-164,137	-1,81E-18	-0,03	20,53	0	0	9158-1	0
9158	511,87	COMB22	Combination	Max	-164,167	0	9,368E-18	20,53	7,56	4,631E-16	9158-1	511,87
9158	1023,75	COMB22	Combination	Max	-164,196	1,81E-18	0,03	20,53	-9,592E-15	0	9158-1	1023,75
9158	0	COMB22	Combination	Min	-256,326	-1,81E-18	-0,03	7,53	0	0	9158-1	0
9158	511,87	COMB22	Combination	Min	-256,356	0	9,368E-18	7,53	7,56	4,631E-16	9158-1	511,87
9158	1023,75	COMB22	Combination	Min	-256,385	1,81E-18	0,03	7,53	-9,592E-15	0	9158-1	1023,75

Εικόνα 84 Εντατικά μεγέθη αρχικών ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων

6.3.1. Αποτελέσματα μετατοπίσεων φορέα

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες μετατοπίσεις του φορέα για τους δύο συνδυασμούς φόρτισης στους οποίους οφείλεται η αστοχία του φορέα δηλαδή COMP 22 και COMP 92:

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
12692	COMB22	Combination	Max	3,28229	5,617985	0	0,027824	-0,008197	-0,0012
12692	COMB22	Combination	Min	0,738285	2,563364	0	0,014113	-0,013224	-0,00281
12693	COMB22	Combination	Max	4,092924	-1,772894	0	-0,012297	-0,010655	0,000098
12693	COMB22	Combination	Min	1,957161	-5,036529	0	-0,027576	-0,015632	-0,000654
12694	COMB22	Combination	Max	4,237756	-1,33036	0	-0,011183	-0,012759	0,002517
12694	COMB22	Combination	Min	2,181068	-4,205107	0	-0,02464	-0,019084	0,001048
12695	COMB22	Combination	Max	4,086974	5,427319	0	0,027804	-0,012856	0,000993
12695	COMB22	Combination	Min	2,360892	2,126429	0	0,012264	-0,018826	0,000074
12696	COMB22	Combination	Max	4,48587	5,346433	0	0,027323	-0,012212	-0,001348
12696	COMB22	Combination	Min	2,237106	2,284126	0,04878	0,013427	-0,018823	-0,002829
12697	COMB22	Combination	Max	3,853586	-1,407708	0,191265	-0,010868	-0,013656	-0,000304
12697	COMB22	Combination	Min	2,283143	-4,678869	0,267369	-0,025924	-0,019617	-0,001259
12698	COMB22	Combination	Max	3,472946	-1,41826	0,325291	-0,008984	-0,015292	0,002412
12698	COMB22	Combination	Min	2,102431	-4,197535	0,384447	-0,021465	-0,022407	0,000792
12699	COMB22	Combination	Max	0,662656	1,328684	0,446174	0,010144	-0,014392	0,00141
12699	COMB22	Combination	Min	0,424837	-0,499606	0,474185	0,001459	-0,021639	-0,001969
12700	COMB22	Combination	Max	3,692135	4,782098	0,638311	0,022983	-0,014509	-0,001035
12700	COMB22	Combination	Min	2,180763	1,941252	0,707263	0,010097	-0,021823	-0,002663
12701	COMB22	Combination	Max	0,619426	0,60693	0,978204	-0,001164	-0,015159	0,001541
12701	COMB22	Combination	Min	0,407631	-1,180258	**1,397377**	-0,009372	-0,022269	-0,001765

Εικόνα 85 Ελάχιστη μετατόπιση αρχικού φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 22

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
4	COMB22	Combination	Max	-3,116117	-1,014819	**-253,917599**	-0,009987	0,02317	0,000972
4	COMB22	Combination	Min	-6,476527	-4,074451	-251,874831	-0,025387	0,01465	-0,000042
6	COMB22	Combination	Max	-3,089211	-0,935346	-232,3384	-0,009346	0,024145	0,00093
6	COMB22	Combination	Min	-7,068598	-3,911328	-226,276097	-0,024339	0,014207	-0,000044
23	COMB22	Combination	Max	-3,146908	-1,026341	-210,822887	-0,0103	0,022344	0,001009
23	COMB22	Combination	Min	-5,815362	-4,084644	-208,797233	-0,025713	0,014942	-0,000014
24	COMB22	Combination	Max	-2,905002	-1,543586	-208,612443	-0,009325	0,028063	0,001554
24	COMB22	Combination	Min	-7,80983	-3,919649	-208,540438	-0,020797	0,014756	0,000074
25	COMB22	Combination	Max	-2,671765	-1,407059	-207,009008	-0,009332	0,024455	0,001599
25	COMB22	Combination	Min	-5,972529	-3,773791	-206,641754	-0,020803	0,015186	0,000145
27	COMB22	Combination	Max	-3,04829	-0,566758	-204,382606	-0,006895	0,026104	0,000885
27	COMB22	Combination	Min	-8,026834	-3,095882	-204,013465	-0,01964	0,01358	-0,000013
33	COMB22	Combination	Max	-3,021104	-0,341962	-203,902953	-0,005577	0,02742	0,000914
33	COMB22	Combination	Min	-8,479484	-2,531219	-203,471819	-0,016749	0,013309	-0,000039
35	COMB22	Combination	Max	-3,057556	-0,749922	-201,941058	-0,008019	0,025124	0,000855
35	COMB22	Combination	Min	-7,550334	-3,526773	-201,935528	-0,021911	0,01382	-0,000003946
36	COMB22	Combination	Max	-2,907439	-0,67686	-200,884162	-0,005187	0,032901	0,001154
36	COMB22	Combination	Min	-9,972723	-3,036342	-200,718798	-0,015966	0,013934	0,00000303
37	COMB22	Combination	Max	-2,962139	-0,53262	-200,639227	-0,005201	0,029683	0,001411
37	COMB22	Combination	Min	-8,530628	-2,865908	-199,96359	-0,015991	0,014562	0,000005009
39	COMB22	Combination	Max	-1,974615	0,268229	-199,371506	-0,001921	0,031076	0,000888
39	COMB22	Combination	Min	-9,979493	-0,891011	-199,085033	-0,007918	0,010767	-0,000512
41	COMB22	Combination	Max	-0,841725	0,578573	-198,922562	-0,000288	0,034005	0,000997
41	COMB22	Combination	Min	-11,182507	0,001002	-198,744078	-0,003419	0,007798	-0,000633
43	COMB22	Combination	Max	-2,717434	-0,014342	-198,032893	-0,003481	0,028936	0,000775
43	COMB22	Combination	Min	-9,105675	-1,690469	-196,843887	-0,011866	0,012749	-0,000387

Εικόνα 86 Μέγιστη μετατόπιση αρχικού φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 22

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCa	CaseTyp	StepTy	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
12672	COMB92	Combination	Max	-0,183721	-0,67537	0,794456	0,001728	0,000356	-0,003336
12672	COMB92	Combination	Min	-0,247417	-0,828019	0,522125	0,000009241	-0,001739	-0,004122
10658	COMB92	Combination	Max	-0,05555	0,385006	0,36053	0,000452	0	-0,00193
10661	COMB92	Combination	Max	-0,028804	0,198174	0,130616	0,000452	0,003018	-0,00193
10658	COMB92	Combination	Min	-0,055667	0,303459	0,109026	-0,000902	0	-0,002452
7622	COMB92	Combination	Max	0,56028	0,080222	0,102921	0,000451	0,003761	-0,001927
72	COMB92	Combination	Max	0,072057	0,124246	0,056439	0,002085	0,001392	-0,000337
12143	COMB92	Combination	Max	0,060474	0,024341	0,016727	0,000462	0,001817	-0,003395
10661	COMB92	Combination	Min	-0,028921	0,156356	0,015333	-0,000902	0,00123	-0,002452
12143	COMB92	Combination	Min	0,010472	-0,034178	0,00911	-0,000678	-0,000086	-0,004184
7620	COMB92	Combination	Max	0	0	0	0,001389	-0,008874	-0,005454
7620	COMB92	Combination	Min	0	0	0	-0,000449	-0,010705	-0,006679
7621	COMB92	Combination	Max	0	0	0	0,000451	0,003761	-0,001927
7621	COMB92	Combination	Min	0	0	0	-0,000904	0,001765	-0,002451
8426	COMB92	Combination	Max	0	0	0	0,00272	0	0,000114
8426	COMB92	Combination	Min	0	0	0	-0,000464	0	-0,00218
8701	COMB92	Combination	Max	0	0	0	0,002631	0	0,002148
8701	COMB92	Combination	Min	0	0	0	-0,001502	0	-0,000514
9170	COMB92	Combination	Max	0	0	0	0,002476	0	0,001167
9170	COMB92	Combination	Min	0	0	0	-0,001764	0	-0,002379
9445	COMB92	Combination	Max	0	0	0	0,002365	0	0,002521
9445	COMB92	Combination	Min	0	0	0	-0,002919	0	-0,001522
10189	COMB92	Combination	Max	0	0	0	0,003452	0	0,001239
10189	COMB92	Combination	Min	0	0	0	-0,002153	0	-0,002899
10933	COMB92	Combination	Max	0	0	0	0,002297	0	0,000167
10933	COMB92	Combination	Min	0	0	0	-0,001841	0	-0,00253

Εικόνα 87 Ελάχιστη μετατόπιση αρχικού φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 92

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCa	CaseTyp	StepTy	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1867	COMB92	Combination	Min	-1,597837	-0,277059	-156,472[illegible]24	0,000145	-0,007429	-0,000058
1515	COMB92	Combination	Min	-4,067758	-0,235423	-155,283695	0,000205	-0,003045	-0,000043
2219	COMB92	Combination	Min	0,7829	-0,377636	-142,843535	0,000101	-0,011731	-0,000057
1163	COMB92	Combination	Min	-6,609764	-0,178502	-139,494835	0,000261	0,000833	-0,000029
1866	COMB92	Combination	Min	-1,589612	-2,261782	-130,660838	-0,009539	-0,007499	-0,000114
1514	COMB92	Combination	Min	-4,13302	-2,192293	-129,483334	-0,009465	-0,003088	-0,000101
1175	COMB92	Combination	Min	-4,004342	-0,062755	-129,234269	-0,001999	-0,007884	-0,000499
1502	COMB92	Combination	Min	-5,294073	0,794888	-129,231598	0,002386	-0,012717	-0,000159
1174	COMB92	Combination	Min	-3,287765	-0,86807	-128,211983	-0,005417	-0,006086	-0,000422
1178	COMB92	Combination	Min	-3,870358	1,241113	-127,845811	0,004061	-0,007519	-0,000527
1176	COMB92	Combination	Min	-2,789701	-1,612604	-126,409297	-0,00848	-0,004847	-0,000354
1529	COMB92	Combination	Min	-1,321963	-2,324746	-126,168138	-0,009578	-0,006803	-0,000251
1855	COMB92	Combination	Min	-1,478687	-0,200733	-125,993512	0,000179	-0,007031	-0,000239
1501	COMB92	Combination	Min	-3,219815	1,671663	-125,617113	0,005673	-0,005773	-0,000301
1177	COMB92	Combination	Min	-3,827966	-2,255177	-125,028686	-0,009504	-0,002397	-0,00025
1503	COMB92	Combination	Min	-3,989299	-0,159139	-124,78622	0,000238	-0,0026	-0,000217
1854	COMB92	Combination	Min	-2,721249	0,726604	-124,107807	0,002325	-0,016966	-0,000164
1527	COMB92	Combination	Min	-1,439789	-0,140307	-124,104455	-0,002052	-0,012106	-0,000503
1170	COMB92	Combination	Min	-2,464953	-2,393622	-123,969838	-0,012348	-0,004009	-0,000341
1524	COMB92	Combination	Min	-1,172802	-3,307192	-123,464197	-0,01554	-0,006381	-0,00029
1526	COMB92	Combination	Min	-0,727691	-0,959489	-123,067296	-0,005496	-0,010311	-0,000436
1506	COMB92	Combination	Min	-2,817034	2,145289	-122,724933	0,007845	-0,004697	-0,000396
1530	COMB92	Combination	Min	-1,314475	1,172983	-122,721442	0,004021	-0,011742	-0,000531
1860	COMB92	Combination	Min	-1,371734	2,558618	-122,50892	0,009502	-0,006599	-0,000301
1172	COMB92	Combination	Min	-3,639988	-3,19455	-122,350759	-0,015338	-0,001985	-0,000297
823	COMB92	Combination	Min	-6,331267	-0,004948	-121,745916	-0,001928	-0,00366	-0,000497
1150	COMB92	Combination	Min	-7,638772	0,818911	-121,721146	0,002401	-0,008459	-0,000142

Εικόνα 88 Μέγιστη μετατόπιση αρχικού φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο η υπόψη γέφυρα με το συνδυασμό φορτίσεων που επιβάλλαμε αστοχεί, γεγονός που έχει ως συνέπεια την απαίτηση επέμβασης προκειμένου τα μέλη της να είναι ικανά να ικανοποιούν τις συνθήκες φορτίσεις που τους επιβάλλονται.

Οι προτεινόμενες λύσεις που δύνανται να εφαρμοσθούν είναι οι παρακάτω:

α. Αντικατάσταση των μελών της γέφυρας που αστοχούν από αντίστοιχα με διαφορετικά αδρανειακά χαρακτηριστικά ούτως ώστε να να ικανοποιούν τις καταπονήσεις που δέχεται ο φορέας της γέφυρας.

β. Ενίσχυση των διατομών που αστοχούν με συγκόλληση κατάλληλων ελασμάτων προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή τους, χωρίς όμως να επηρεάζεται η λειτουργικότητα της γέφυρας.

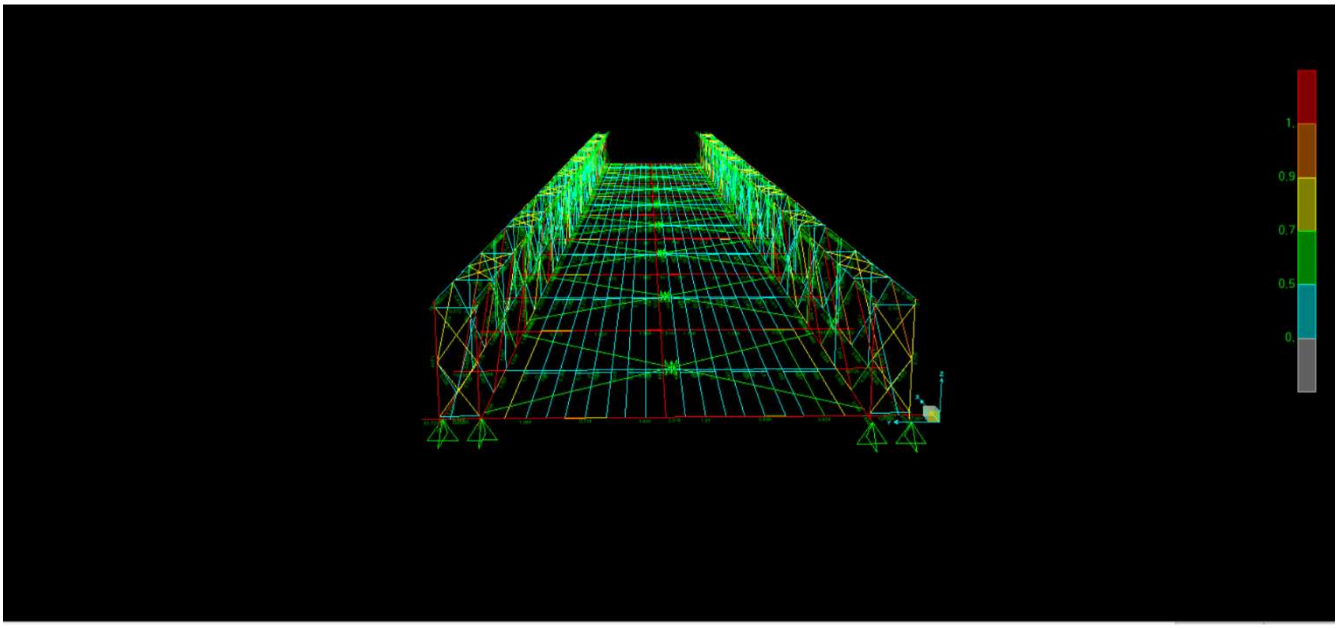
Από τις παραπάνω ενδεικτικές λύσεις η πρώτη που αφορά στην αντικατάσταση αστοχούντων μελών από αντίστοιχα με διαφορετικά αδρανειακά χαρακτηριστικά θα μας οδηγούσε στον εκ νέου σχεδιασμό του φορέα της γέφυρας με διαφορετικά υλικά και ίσως με διαφορετική φιλοσοφία κατασκευής και συναρμολόγησης εκ φεύγοντας εντελώς του ήδη διατιθέμενου υλικού . Συνεπώς η λύση της συγκόλλησης κατάλληλων ελασμάτων προκρίνεται καθότι κρίνεται ποιο οικονομικός αλλά και περισσότερο πρακτικός.

7.2 Ενισχυμένες διατομές.

Προκειμένου να διαπιστωθεί η απαραίτητη ενίσχυση των διατομών πραγματοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού SAP 2000 δοκιμές, με τις οποίες ενισχύονταν σε κατάλληλα σημεία αυτές και στη συνέχεια ελεγχόταν η επάρκεια της γέφυρας.

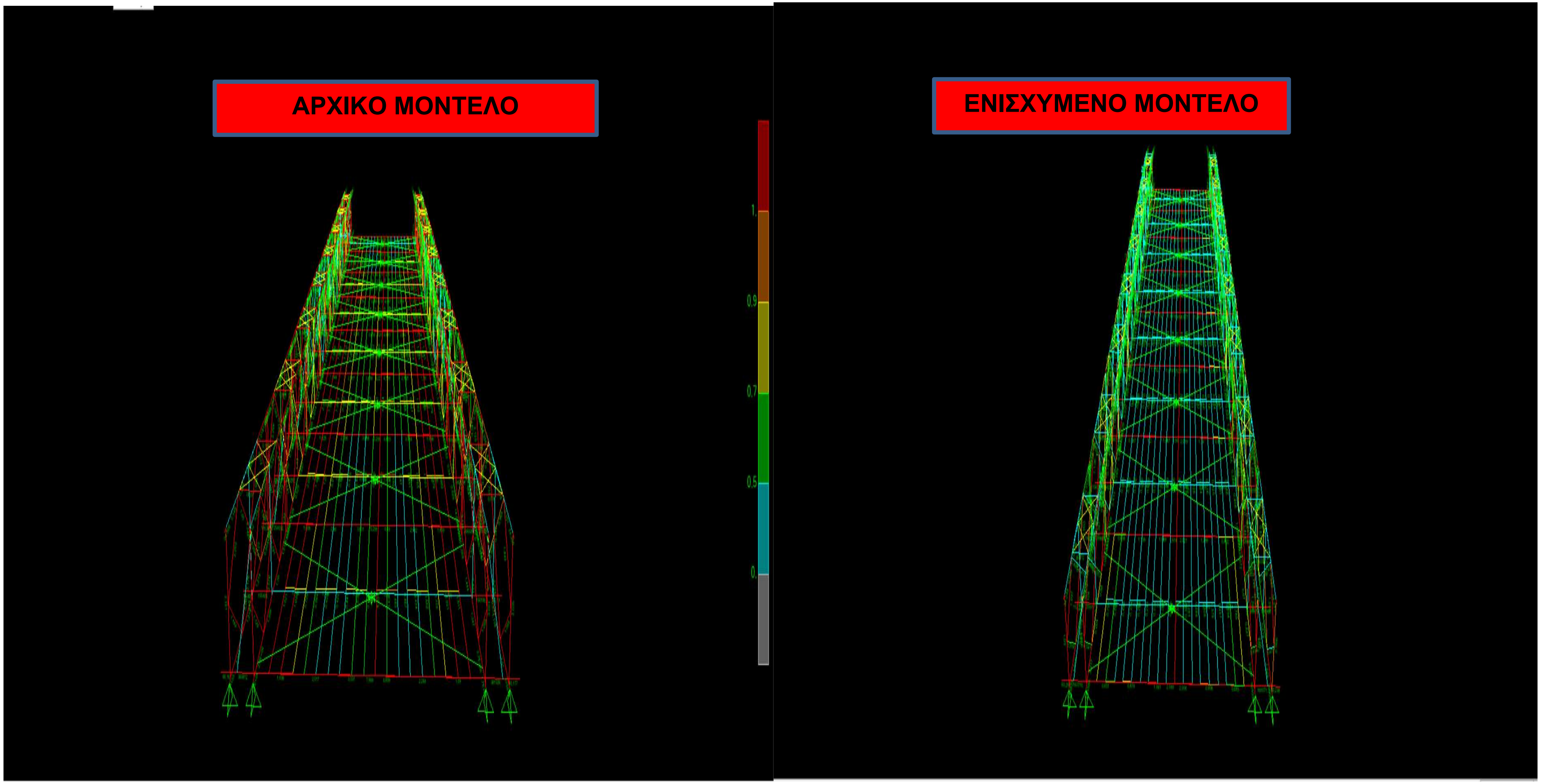
Η ενίσχυση πραγματοποιήθηκε βασιζόμενη στα αδρανειακά χαρακτηριστικά τα οποία απαιτούνταν να βελτιωθούν σύμφωνα με το αίτιο που προκαλούσε την αστοχία, π.χ. αύξηση εμβαδού διάτμησης, ύψους διατομής, πλάτους διατομής κ.λ.π. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε θεωρώντας ότι αυτή υλοποιείται με συγκόλληση κατάλληλων ελασμάτων προκειμένου να εξασφαλισθεί η μονολιθικότητα της διατομής. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι δεν μελετήθηκε ο τρόπος συγκόλλησης αλλά και ούτε η αντοχή των συγκολήσεων, καθότι μπορεί να αποτελέσει ξεχωριστό αντικείμενο προς διερεύνηση.

Η φορτισμένη κατάσταση της ενισχυμένης γέφυρας φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 89 Φορτισμένη κατάσταση της ενισχυμένης γέφυρας

Συγκρίνοντας παρακάτω την φορτισμένη κατάσταση της ενισχυμένης γέφυρας με την φορτισμένη κατάσταση του αρχικού φορέα (μη ενισχυμένος) είναι φανερή η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του πλείστου των διατομών της γέφυρας

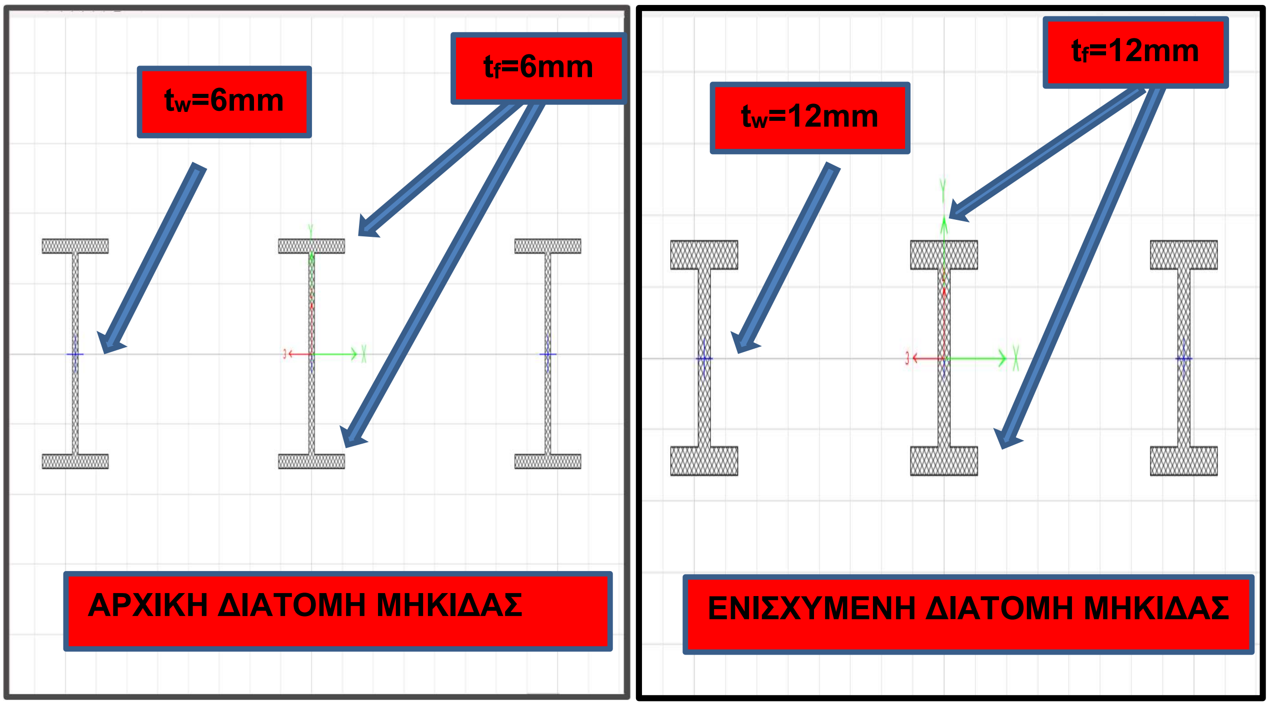


Εικόνα 90 Συγκριτικό μοντέλο μη ενισχυμένης και ενισχυμένης γέφυρας

Η ενίσχυση που επιλέχθηκε και εφαρμόσθηκε στις διατομές που αστοχούν, αναλύεται παρακάτω:

7.2.(α). Ενισχυμένες Μηκίδες

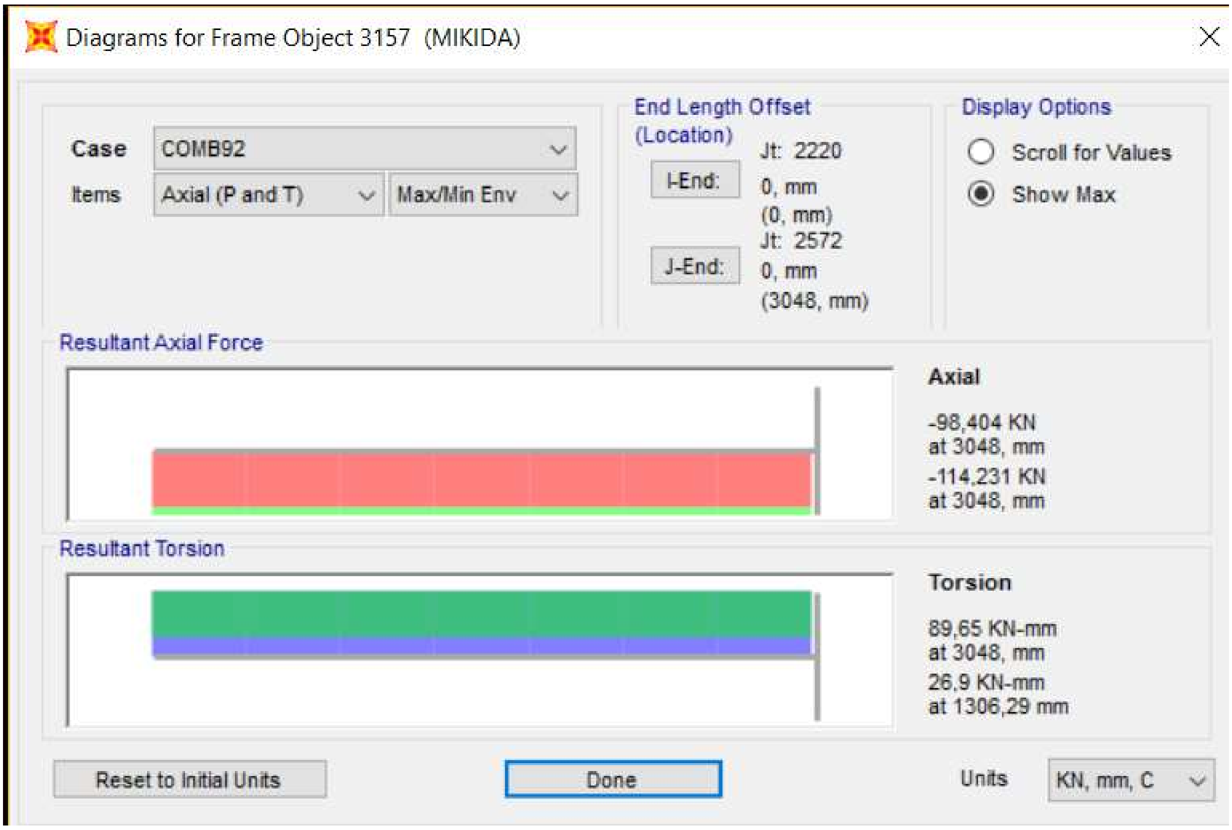
Οι συγκολλήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις μηκίδες αφορούν σε ελάσματα που αυξάνουν το πάχος των ΄δύο πελμάτων και του κορμού της διατομής από 6mm σε 12mm όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 91 Αύξηση διαστάσεων πελμάτων και κορμού της διατομής μηκίδας

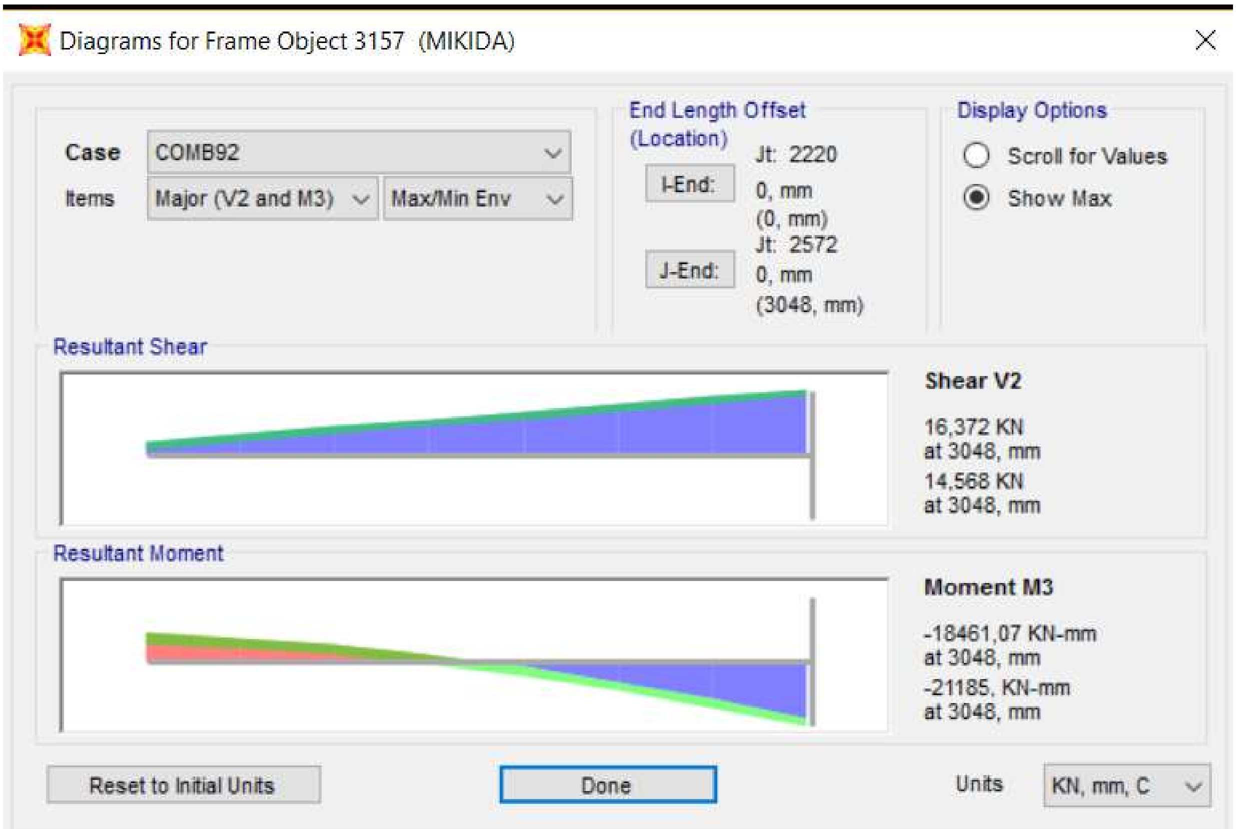
7.2.(α). (1) Διαγράμματα – Πίνακες εντατικών μεγεθών ενισχυμένων μηκίδων

Τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών στην ενισχυμένη μηκίδα φαίνονται παρακάτω:

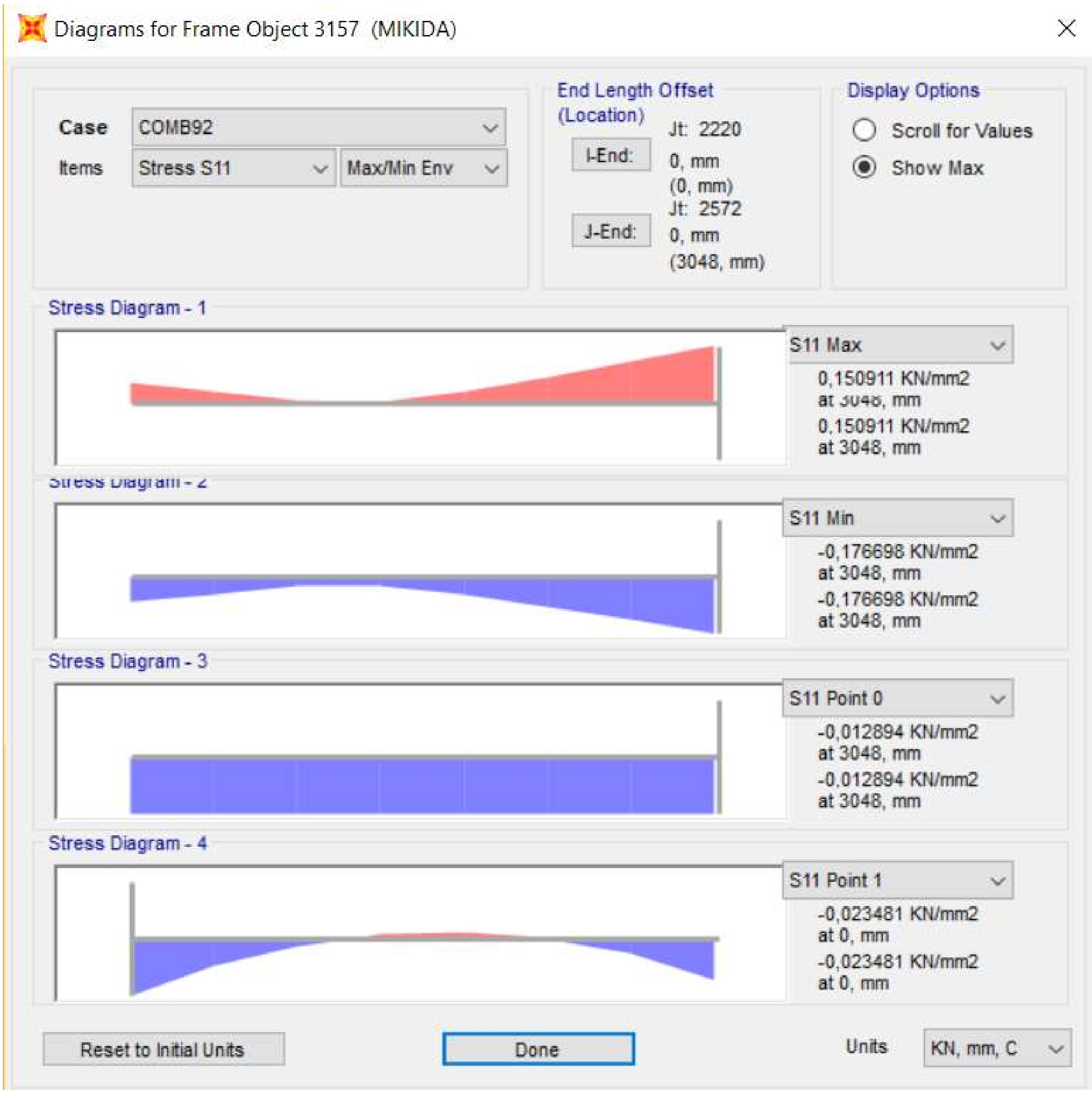


Εικόνα 92 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων και στρέψης ενισχυμένων μηκίδων

Εικόνα 93 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ασθενή άξονα ενισχυμένων μηκίδων



Εικόνα 94 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ισχυρό άξονα ενισχυμένων μηκίδων



Εικόνα 95 Διάγραμμα τάσεων S11 ενισχυμένων μηκίδων

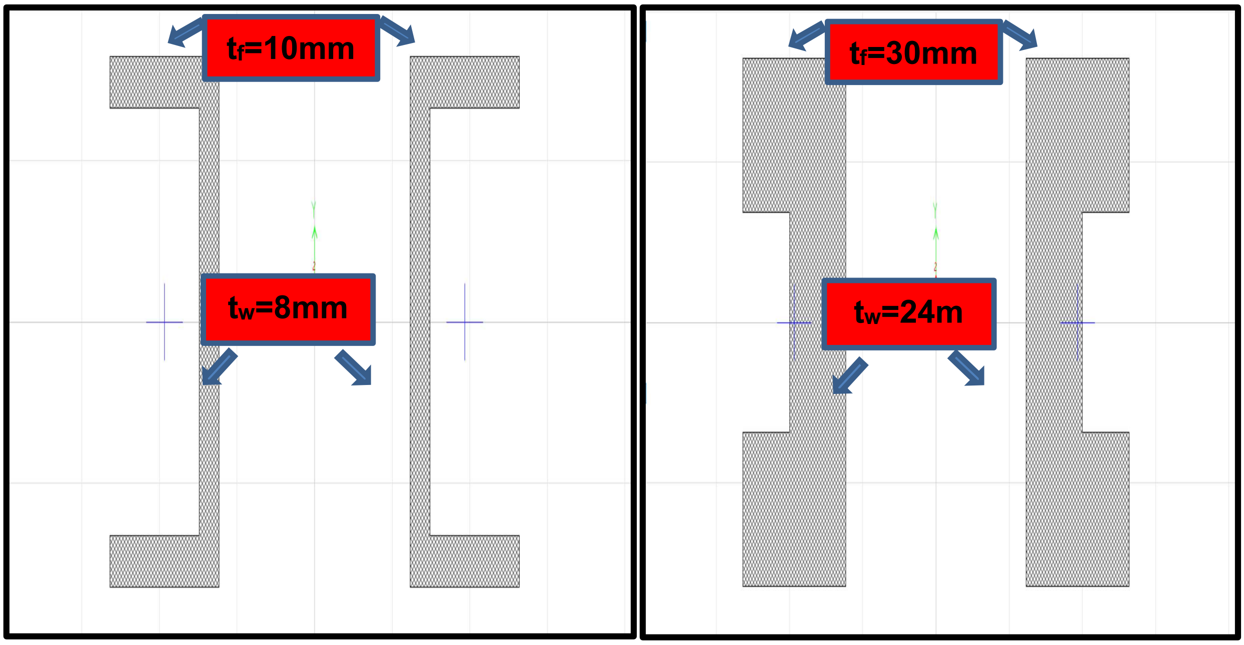
Παρακάτω παρατίθενται πίνακας με τα εντατικά μεγέθη των ενισχυμένων μηκίδων:

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
3157	0	COMB92	Combination	Max	-98,404	3,258	-41,328	89,65	-33766,01	9151,95	3157-1	0
3157	435,43	COMB92	Combination	Max	-98,404	5,131	-41,328	89,65	-14434,67	7654,48	3157-1	435,43
3157	870,86	COMB92	Combination	Max	-98,404	7,004	-41,328	89,65	4896,68	5341,26	3157-1	870,86
3157	1306,29	COMB92	Combination	Max	-98,404	8,878	-41,328	89,65	24228,03	2212,3	3157-1	1306,29
3157	1741,71	COMB92	Combination	Max	-98,404	10,751	-41,328	89,65	43559,38	-1732,42	3157-1	1741,71
3157	2177,14	COMB92	Combination	Max	-98,404	12,625	-41,328	89,65	62890,72	-6492,89	3157-1	2177,14
3157	2612,57	COMB92	Combination	Max	-98,404	14,498	-41,328	89,65	82222,07	-12069,1	3157-1	2612,57
3157	3048	COMB92	Combination	Max	-98,404	16,372	-41,328	89,65	101553,42	-18461,07	3157-1	3048
3157	0	COMB92	Combination	Min	-114,231	1,454	-48,321	26,9	-49490,18	5614,91	3157-1	0
3157	435,43	COMB92	Combination	Min	-114,231	3,328	-48,321	26,9	-30079,28	4233,6	3157-1	435,43
3157	870,86	COMB92	Combination	Min	-114,231	5,201	-48,321	26,9	-10668,38	2036,54	3157-1	870,86
3157	1306,29	COMB92	Combination	Min	-114,231	7,075	-48,321	26,9	8742,52	-976,27	3157-1	1306,29
3157	1741,71	COMB92	Combination	Min	-114,231	8,948	-48,321	26,9	28153,42	-4804,83	3157-1	1741,71
3157	2177,14	COMB92	Combination	Min	-114,231	10,822	-48,321	26,9	47564,32	-9449,14	3157-1	2177,14
3157	2612,57	COMB92	Combination	Min	-114,231	12,695	-48,321	26,9	66975,22	-14909,19	3157-1	2612,57
3157	3048	COMB92	Combination	Min	-114,231	14,568	-48,321	26,9	86386,11	-21185	3157-1	3048

Εικόνα 96 Πίνακας εντατικών μεγεθών ενισχυμένης μηκίδας

7.2.(β). Ενισχυμένα Πέλματα πλαισίων

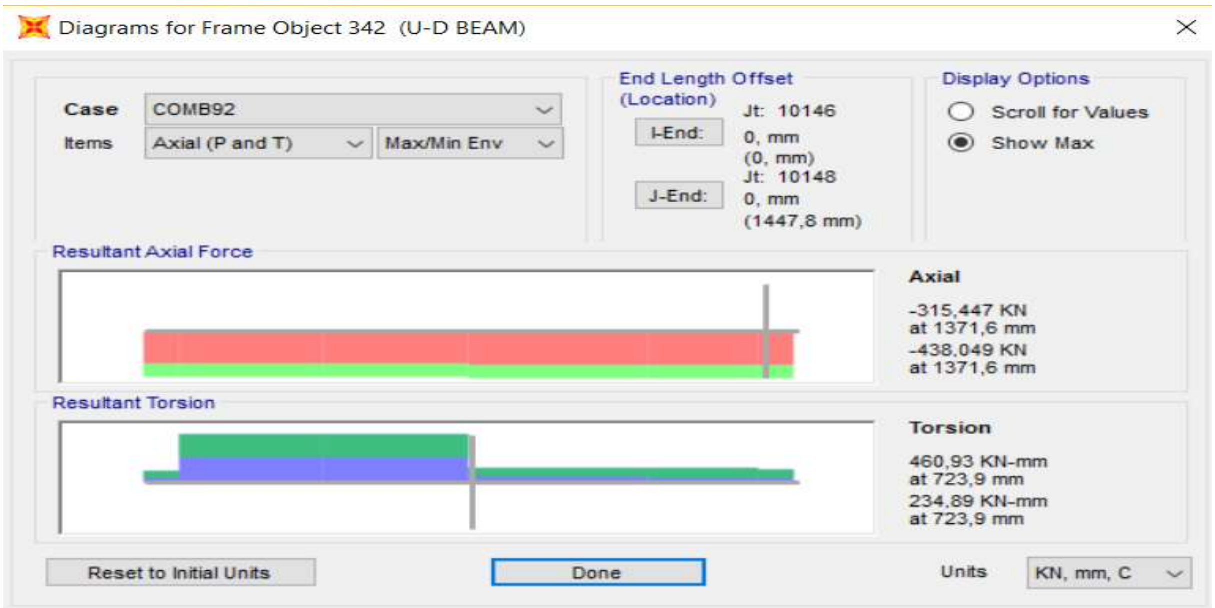
Οι συγκολλήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πέλματα των πλαισίων αφορούν σε ελάσματα που αυξάνουν το πάχος των ΄δύο πελμάτων από 10mm σε 30mm και του κορμού της διατομής από 8mm σε 24mm όπως φαίνεται παρακάτω:



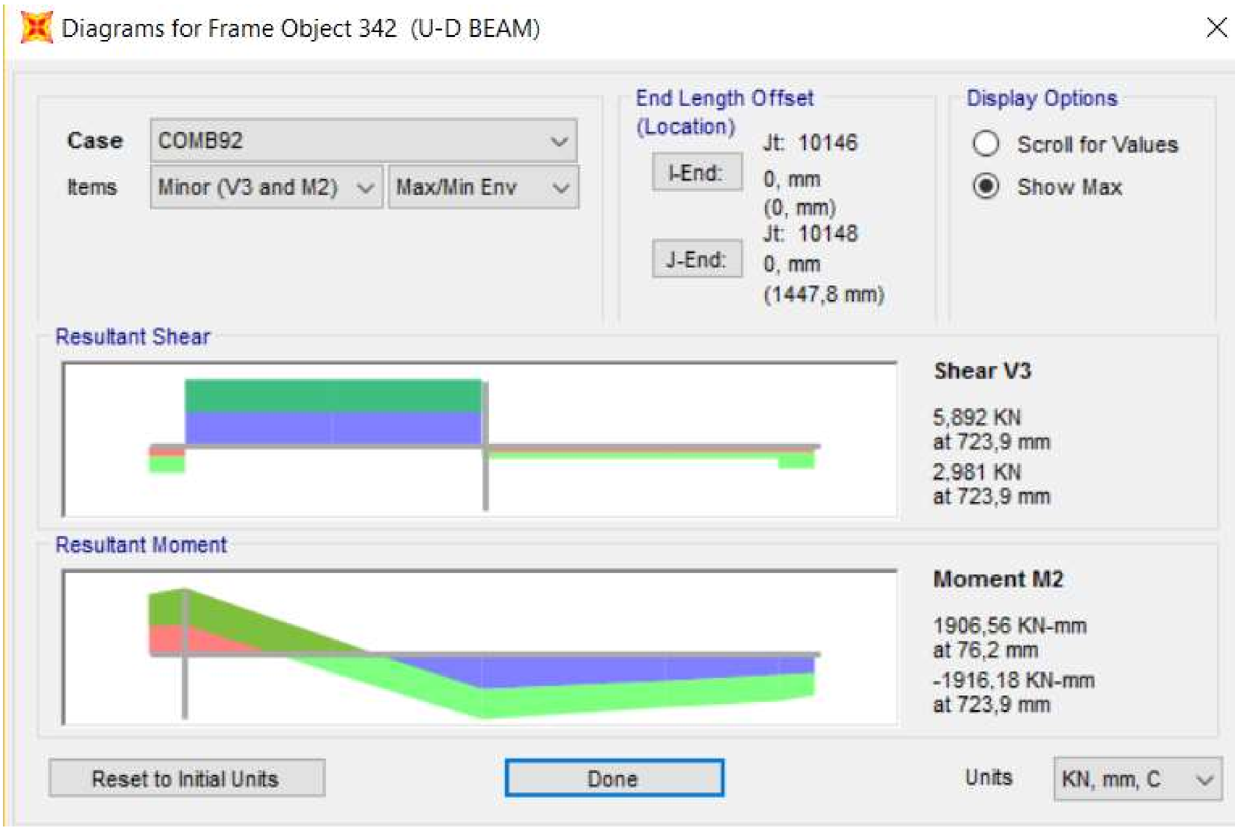
Εικόνα 97 Αύξηση διαστάσεων πελμάτων και κορμού της διατομής πελμάτων πλαισίων

7.2.(α). (1) Διαγράμματα – Πίνακες εντατικών μεγεθών ενισχυμένων πελμάτων πλαισίων

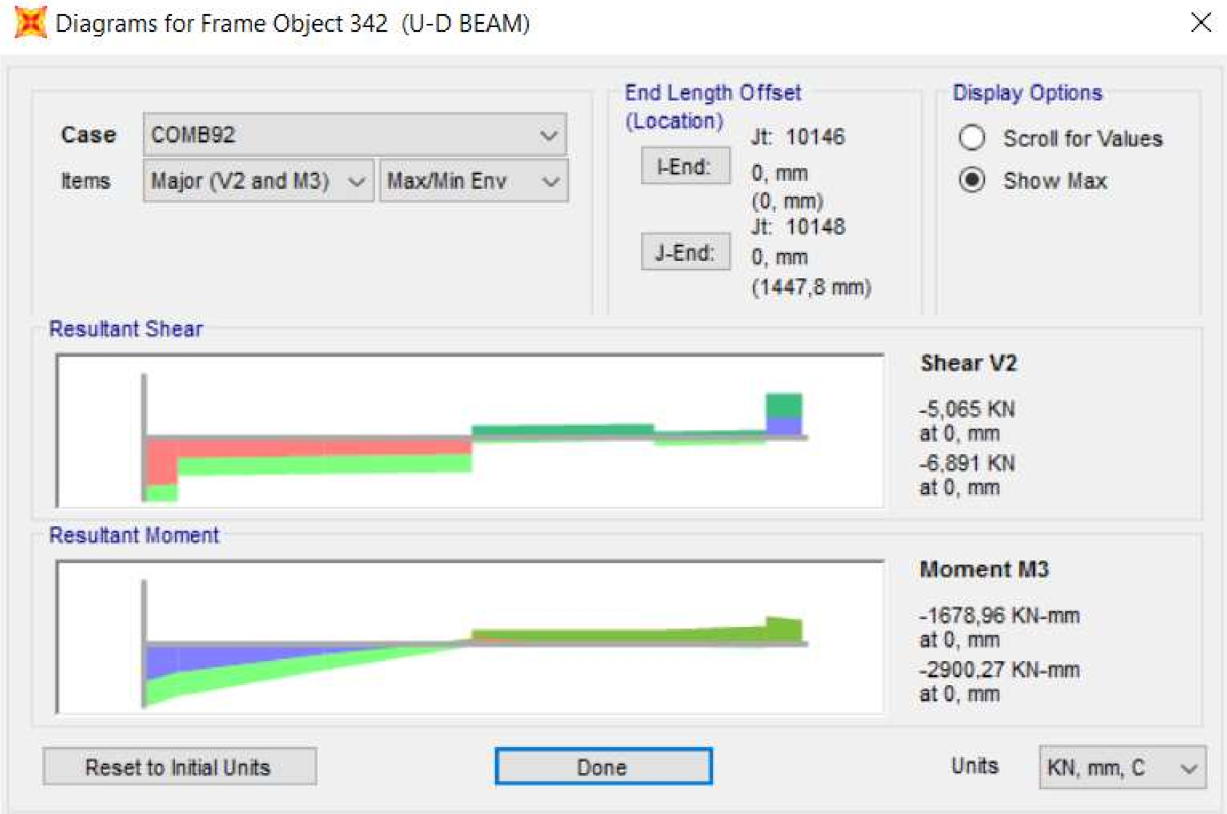
Τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών στα πέλματα των πλαισίων φαίνονται παρακάτω:



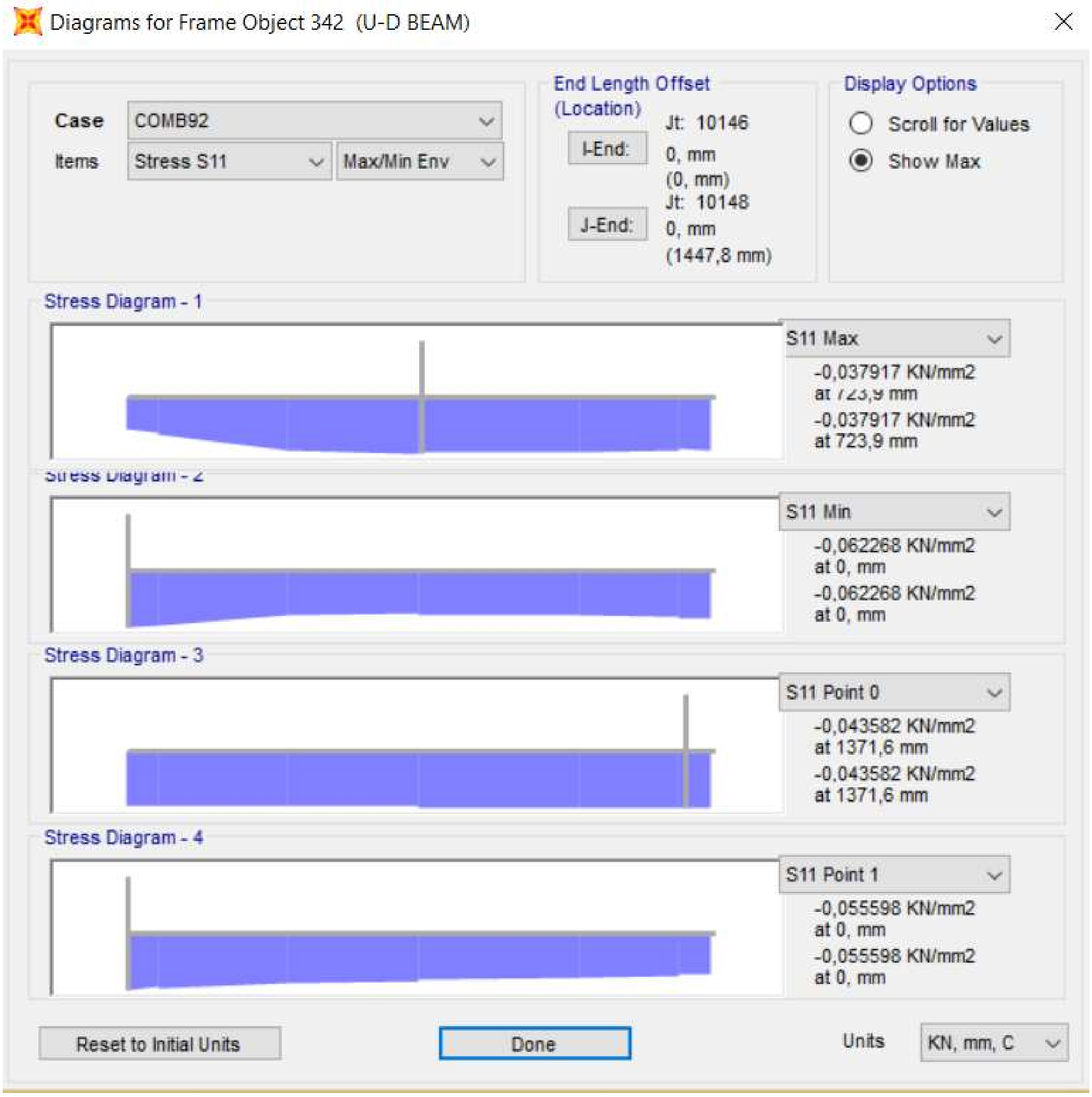
Εικόνα 98 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων και στρέψης ενισχυμένων πελμάτων πλαισίων



Εικόνα 99 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ασθενή άξονα ενισχυμένων πελμάτων πλαισίων



Εικόνα 100 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ισχυρό άξονα ενισχυμένων πελμάτων πλαισίων



Εικόνα 101 Διάγραμμα τάσεων S11 ενισχυμένων πελμάτων πλαισίων

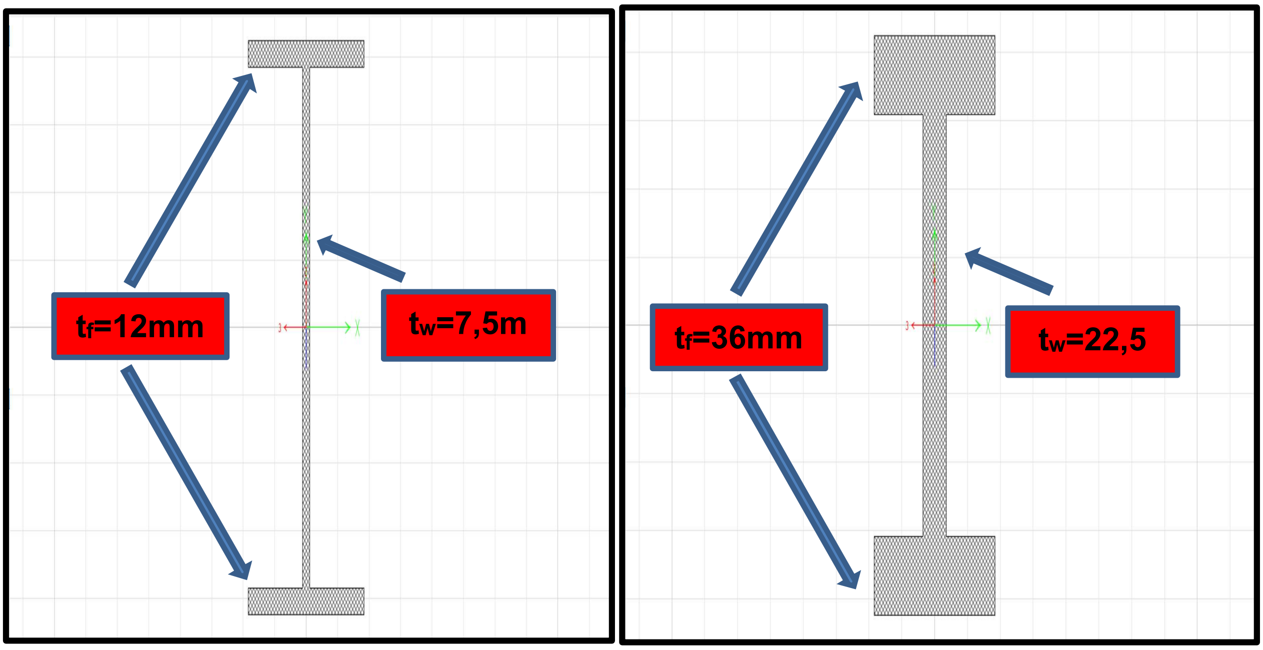
Παρακάτω παρατίθενται πίνακες με τα εντατικά μεγέθη των ενισχυμένων πελμάτων πλαισίων:

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
342	0	COMB22	Combination	Max	-407,37	-0,557	-0,976	129,57	2575,41	3151,99	342-1	0
342	76,2	COMB22	Combination	Max	-407,37	-0,497	-0,976	129,57	2822,82	3205,57	342-1	76,2
342	76,2	COMB22	Combination	Max	-407,325	3,376	8,778	664,78	2824,12	3209,77	342-2	0
342	400,05	COMB22	Combination	Max	-407,325	3,633	8,778	664,78	710,29	2247,73	342-2	323,85
342	723,9	COMB22	Combination	Max	-407,325	3,889	8,778	664,78	-1403,54	1202,68	342-2	647,7
342	723,9	COMB22	Combination	Max	-413,441	8,432	-1,157	148,59	-1401,18	1749,49	342-3	0
342	1123,9	COMB22	Combination	Max	-413,441	8,749	-1,157	148,59	-867,73	-815,62	342-3	400
342	1123,9	COMB22	Combination	Max	-413,453	7,556	-1,157	144,73	-867,81	-815,62	342-4	0
342	1371,6	COMB22	Combination	Max	-413,453	7,752	-1,157	144,73	-537,48	-2160,33	342-4	247,7
342	1371,6	COMB22	Combination	Max	-419,176	12,917	-0,639	147,84	-537,05	-1548,65	342-5	0
342	1447,8	COMB22	Combination	Max	-419,176	12,977	-0,639	147,84	-452,89	-2331,34	342-5	76,2
342	0	COMB22	Combination	Min	-597,919	-3,599	-3,445	12,85	976,47	1116,47	342-1	0
342	76,2	COMB22	Combination	Min	-597,919	-3,539	-3,445	12,85	1053,44	1388,42	342-1	76,2
342	76,2	COMB22	Combination	Min	-598,792	0,284	3,927	288,05	1053,93	1390,83	342-2	0
342	400,05	COMB22	Combination	Min	-598,792	0,54	3,927	288,05	-909,42	1068,89	342-2	323,85
342	723,9	COMB22	Combination	Min	-598,792	0,796	3,927	288,05	-2872,78	663,92	342-2	647,7
342	723,9	COMB22	Combination	Min	-611,297	5,528	-2,207	3,24	-2869,54	1225,5	342-3	0
342	1123,9	COMB22	Combination	Min	-611,297	5,845	-2,207	3,24	-2143,1	-1942,04	342-3	400
342	1123,9	COMB22	Combination	Min	-611,312	4,988	-2,207	0,79	-2143,38	-1942,04	342-4	0
342	1371,6	COMB22	Combination	Min	-611,312	5,184	-2,207	0,79	-1758,85	-3771,01	342-4	247,7
342	1371,6	COMB22	Combination	Min	-623,512	8,864	-3,047	22,78	-1758,08	-3332,87	342-5	0
342	1447,8	COMB22	Combination	Min	-623,512	8,925	-3,047	22,78	-1539,22	-4237,75	342-5	76,2

Εικόνα 102 Πίνακας εντατικών μεγεθών ενισχυμένων πελμάτων πλαισίων

7.2.(γ) Ενισχυμένες Διαδοκίδες

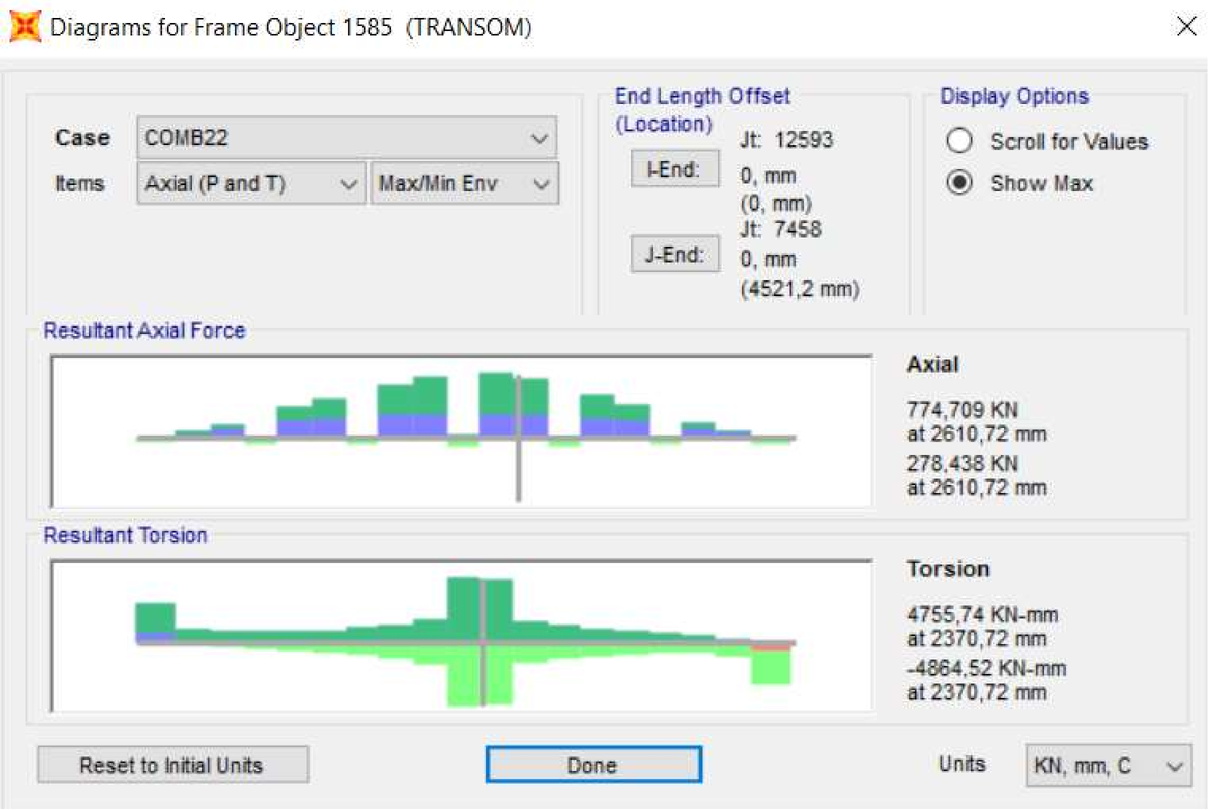
Οι συγκολλήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πέλματα των πλαισίων αφορούν σε ελάσματα που αυξάνουν το πάχος των ΄δύο πελμάτων από 12mm σε 36mm και του κορμού της διατομής από 7,5mm σε 22,5mm όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 103 Αύξηση διαστάσεων πελμάτων και κορμού της διατομής διαδοκίδας

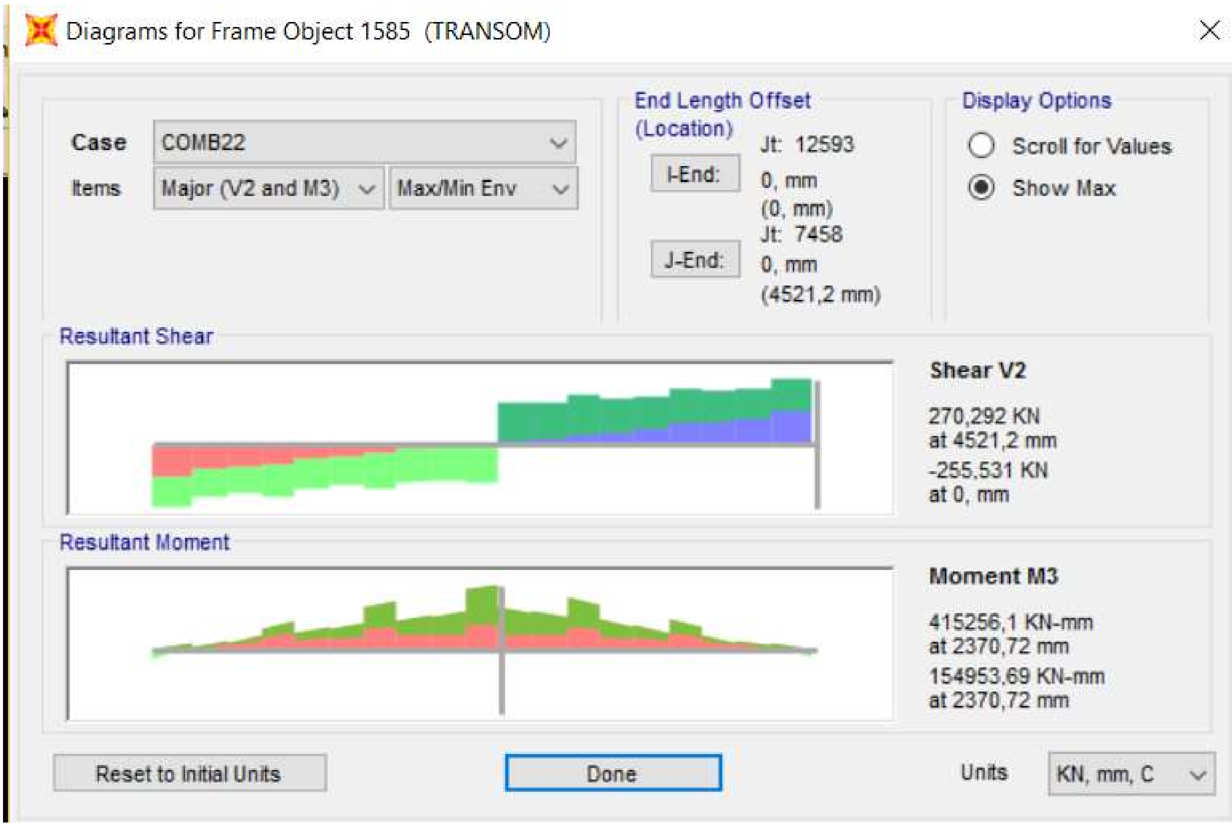
7.2.(γ). (1) Διαγράμματα – Πίνακες εντατικών μεγεθών ενισχυμένων διαδοκίδων

Τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών των ενισχυμένων διαδοκίδων φαίνονται παρακάτω:

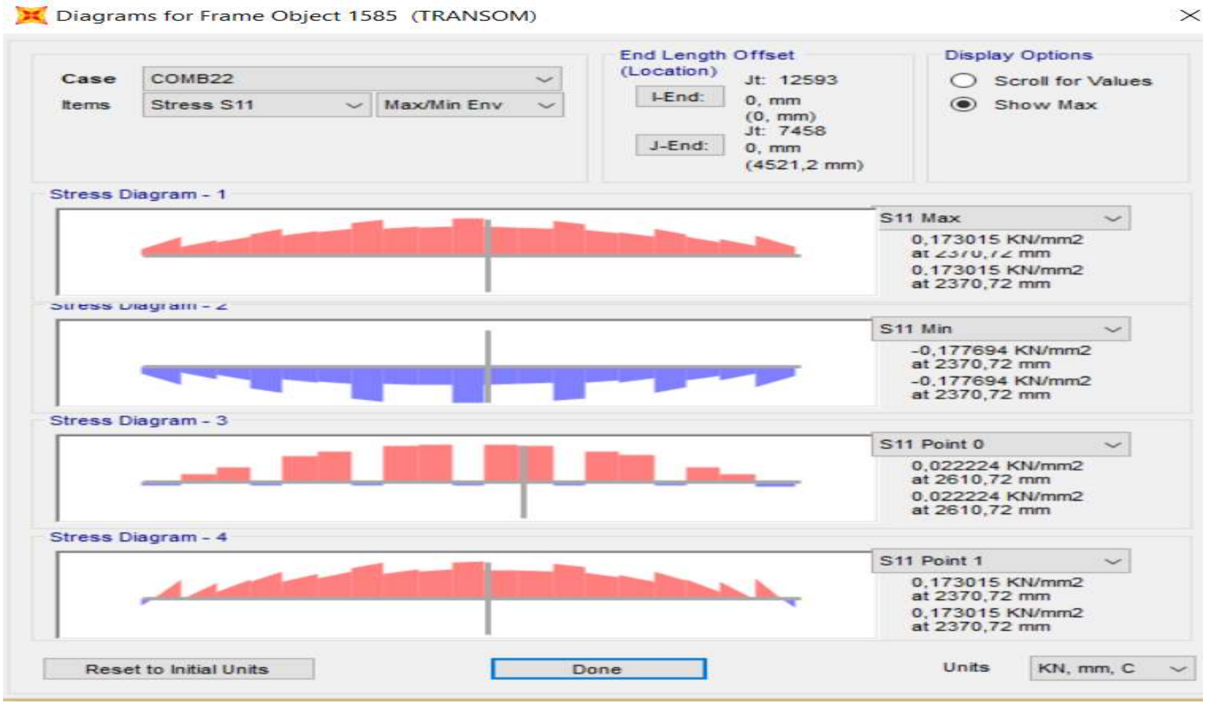


Εικόνα 104 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων και στρέψης ενισχυμένων διαδοκίδων

Εικόνα 105 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ασθενή άξονα ενισχυμένων διαδοκίδων



Εικόνα 106 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ισχυρό άξονα ενισχυμένων διαδοκίδων



Εικόνα 107 Διάγραμμα τάσεων S11 ενισχυμένων διαδοκίδων

Παρακάτω παρατίθενται πίνακες με τα εντατικά μεγέθη των ενισχυμένων διαδοκίδων:

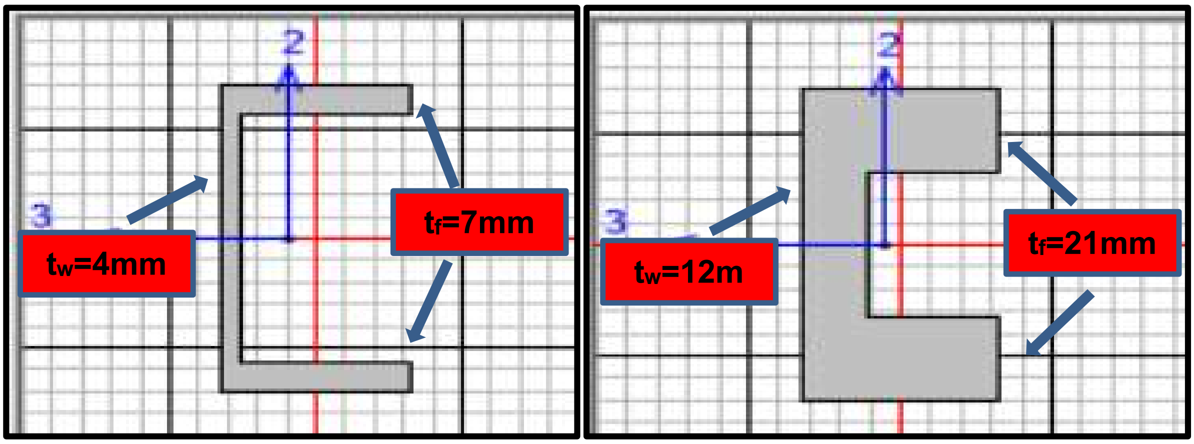
TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
1585	0	COMB22	Combination	Max	-33,088	-133,045	-8,624	2911,13	2784,88	6861,56	1585-1	0
1585	270	COMB22	Combination	Max	-33,088	-132,677	-8,624	2911,13	13477,59	46304,8	1585-1	270
1585	270	COMB22	Combination	Max	80,651	-104,972	1,104	968,76	360,67	24963,32	1585-2	0
1585	510	COMB22	Combination	Max	80,651	-104,645	1,104	968,76	6783,76	58056,61	1585-2	240
1585	510	COMB22	Combination	Max	156,7	-90,905	10,722	773,78	1376,23	46933,56	1585-3	0
1585	750	COMB22	Combination	Max	156,7	-90,578	10,722	773,78	5396,97	91163,55	1585-3	240
1585	750	COMB22	Combination	Max	-21,402	-85,774	21,04	760,43	2579,54	134062,77	1585-4	0
1585	970,24	COMB22	Combination	Max	-21,402	-85,474	21,04	760,43	5127,87	177865,91	1585-4	220,24
1585	970,24	COMB22	Combination	Max	364,11	-63,846	32,922	774,81	4094,95	105336,1	1585-5	0
1585	1210,24	COMB22	Combination	Max	364,11	-63,518	32,922	774,81	6226,12	146362,42	1585-5	240
1585	1210,24	COMB22	Combination	Max	455,486	-50,345	50,088	878,77	6213,28	134770,73	1585-6	0
1585	1450,24	COMB22	Combination	Max	455,486	-50,018	50,088	878,77	7970,73	175049,13	1585-6	240
1585	1450,24	COMB22	Combination	Max	12,041	-38,233	75,246	1036,56	8784,58	265094,2	1585-7	0
1585	1670,48	COMB22	Combination	Max	12,041	-37,933	75,246	1036,56	9878,54	305089,4	1585-7	220,24
1585	1670,48	COMB22	Combination	Max	631,774	-19,359	108,784	1313,99	13567,66	186112,29	1585-8	0
1585	1910,48	COMB22	Combination	Max	631,774	-19,031	108,784	1313,99	14682	223289,14	1585-8	240
1585	1910,48	COMB22	Combination	Max	711,064	-5,756	161,986	1743,98	19694,78	212351,98	1585-9	0
1585	2150,48	COMB22	Combination	Max	711,064	-5,429	161,986	1743,98	21441,72	247840,2	1585-9	240
1585	2150,48	COMB22	Combination	Max	30,436	5,918	236,549	4755,74	21453,76	380513,18	1585-10	0
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	30,436	6,219	236,549	4755,74	33087,36	415256,1	1585-10	220,24
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	774,709	164,947	222,625	4696,98	29256,21	270297,75	1585-11	0
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	774,709	165,274	222,625	4696,98	25042,06	230861,67	1585-11	240
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	686,816	171,3	157,296	1582,75	17678,4	242907,33	1585-12	0
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	686,816	171,627	157,296	1582,75	20872,32	201974,79	1585-12	240
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	14,8	198,404	122,233	1308,27	14015,05	330110,54	1585-13	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	14,8	198,704	122,233	1308,27	13605,8	286526,11	1585-13	220,24
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	14,8	198,404	122,233	1308,27	14015,05	330110,54	1585-13	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	14,8	198,704	122,233	1308,27	13605,8	286526,11	1585-13	220,24
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	496,568	186,122	85,455	1000,2	10040,74	189398,99	1585-14	0
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	496,568	186,449	85,455	1000,2	10789,5	144708,38	1585-14	240
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	397,09	195,504	64,15	799,12	7516,43	158338,5	1585-15	0
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	397,09	195,831	64,15	799,12	7444,35	112864,21	1585-15	240
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-22,939	229,142	55,184	681,32	6044,21	190771,9	1585-16	0
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-22,939	229,442	55,184	681,32	4737,5	144264,83	1585-16	220,24
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	173,967	217,063	53,476	481,91	6477,7	97798,47	1585-17	0
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	173,967	217,39	53,476	481,91	2731,8	49627,94	1585-17	240
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	79,101	229,227	63,343	238,77	7854,39	62950,13	1585-18	0
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	79,101	229,554	63,343	238,77	675,27	25983,06	1585-18	240
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-37,401	269,924	94,417	-642,56	14938,93	48238,51	1585-19	0
1585	4521,2	COMB22	Combination	Max	-37,401	270,292	94,417	-642,56	1240,4	9421,62	1585-19	270
1585	0	COMB22	Combination	Min	-69,383	-255,531	-80,146	659,02	-8289,05	-51449,96	1585-1	0
1585	270	COMB22	Combination	Min	-69,383	-255,163	-80,146	659,02	5113,31	15933,78	1585-1	270
1585	270	COMB22	Combination	Min	38,619	-216,435	-54,034	-197,81	-6184,48	-565,24	1585-2	0
1585	510	COMB22	Combination	Min	38,619	-216,107	-54,034	-197,81	95,81	39470,36	1585-2	240
1585	510	COMB22	Combination	Min	107,185	-204,26	-44,606	-409,54	-5314,23	32546,22	1585-3	0
1585	750	COMB22	Combination	Min	107,185	-203,932	-44,606	-409,54	-1197,15	55803,46	1585-3	240
1585	750	COMB22	Combination	Min	-72,916	-214,657	-46,044	-571,71	-5151,99	82749,15	1585-4	0
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	-72,916	-214,357	-46,044	-571,71	-2054,39	102676,11	1585-4	220,24
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	194,227	-182,213	-52,908	-629,63	-6471,69	61648,36	1585-5	0
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	194,227	-181,886	-52,908	-629,63	-3806,26	77930,55	1585-5	240
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	224,815	-172,37	-68,025	-758,62	-8355,21	73803,85	1585-6	0
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	224,815	-172,043	-68,025	-758,62	-5807,73	86778,37	1585-6	240
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	-91,889	-182,001	-93,535	-989	-10721,67	134568,07	1585-7	0
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	-91,889	-181,701	-93,535	-989	-7787,65	144064,36	1585-7	220,24
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	268,09	-156,276	-126,75	-1259,9	-15738,06	89567,59	1585-8	0
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	268,09	-155,949	-126,75	-1259,9	-12540,41	95810,05	1585-8	240
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	278,416	-149,603	-181,08	-1713,93	-22017,58	94606,83	1585-9	0
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	278,416	-149,275	-181,08	-1713,93	-19181,97	97757,24	1585-9	240
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	-111,796	-159,514	-256,999	-4864,52	-23514,15	154929,9	1585-10	0
1585	2370,72	COMB22	Combination	Min	-111,796	-159,214	-256,999	-4864,52	-30643,82	154953,69	1585-10	220,24
1585	2370,72	COMB22	Combination	Min	278,438	8,936	-229,101	-4642,29	-29942,29	97864,18	1585-11	0
1585	2610,72	COMB22	Combination	Min	278,438	9,263	-229,101	-4642,29	-24173,84	94895,78	1585-11	240
1585	2610,72	COMB22	Combination	Min	267,883	20,193	-163,174	-1565,16	-18289,48	95996,58	1585-12	0
1585	2850,72	COMB22	Combination	Min	267,883	20,52	-163,174	-1565,16	-20072,75	89895,67	1585-12	240
1585	2850,72	COMB22	Combination	Min	-96,458	37,112	-127,63	-1327,32	-14503,5	144830,32	1585-13	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Min	-96,458	37,413	-127,63	-1327,32	-12923,3	135448,45	1585-13	220,24
1585	3070,96	COMB22	Combination	Min	224,984	48,496	-87,796	-1095,75	-10281,57	87317,19	1585-14	0
1585	3310,96	COMB22	Combination	Min	224,984	48,823	-87,796	-1095,75	-10468,41	74613,58	1585-14	240
1585	3310,96	COMB22	Combination	Min	194,276	62,996	-59,917	-934,71	-6935,7	78742,56	1585-15	0
1585	3550,96	COMB22	Combination	Min	194,276	63,323	-59,917	-934,71	-7879,64	62503,52	1585-15	240
1585	3550,96	COMB22	Combination	Min	-77,908	84,901	-39,738	-884,43	-4014,42	104164,52	1585-16	0
1585	3771,2	COMB22	Combination	Min	-77,908	85,201	-39,738	-884,43	-6220,48	84218,17	1585-16	220,24
1585	3771,2	COMB22	Combination	Min	107,085	90,103	-21,358	-868,51	-2394,1	56726,73	1585-17	0
1585	4011,2	COMB22	Combination	Min	107,085	90,43	-21,358	-868,51	-6356,62	33372,45	1585-17	240
1585	4011,2	COMB22	Combination	Min	50,059	104,268	-3,163	-1053,34	-83,78	40382,32	1585-18	0
1585	4251,2	COMB22	Combination	Min	50,059	104,595	-3,163	-1053,34	-7347,86	2068,57	1585-18	240
1585	4251,2	COMB22	Combination	Min	-73,139	132,444	17,072	-3199,47	5849,94	21321,28	1585-19	0
1585	4521,2	COMB22	Combination	Min	-73,139	132,812	17,072	-3199,47	-10667,95	-50238,16	1585-19	270

Εικόνα 108 Πίνακας εντατικών μεγεθών ενισχυμένων διαδοκίδων

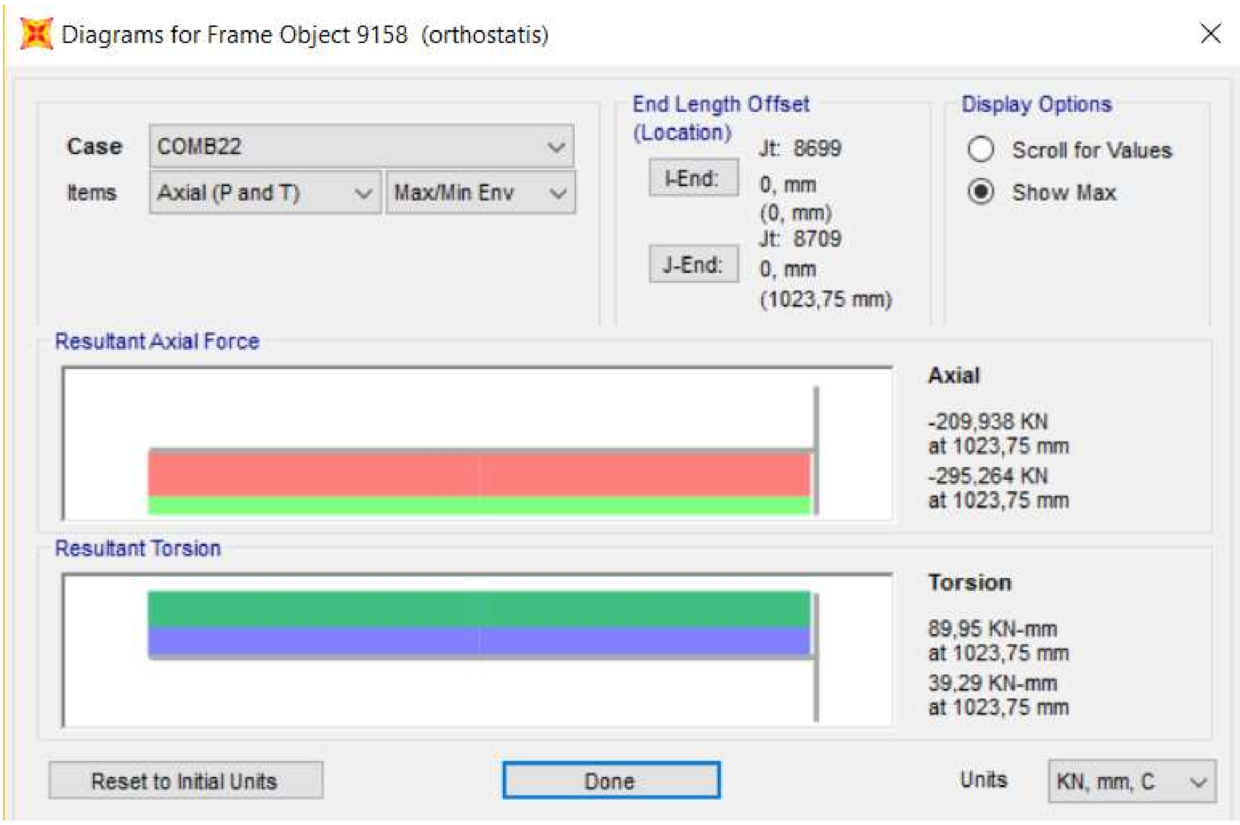
7.2.γ Ενισχυμένοι Ορθοστάτες – Διαγώνιοι πλαισίων

Οι συγκολλήσεις που πραγματοποιήθηκαν στους ορθοστάτες – διαγώνιους πλαισίων αφορούν σε ελάσματα που αυξάνουν το πάχος των ΄δύο πελμάτων από 7mm σε 21mm και του κορμού της διατομής από 4mm σε 12mm όπως φαίνεται παρακάτω:

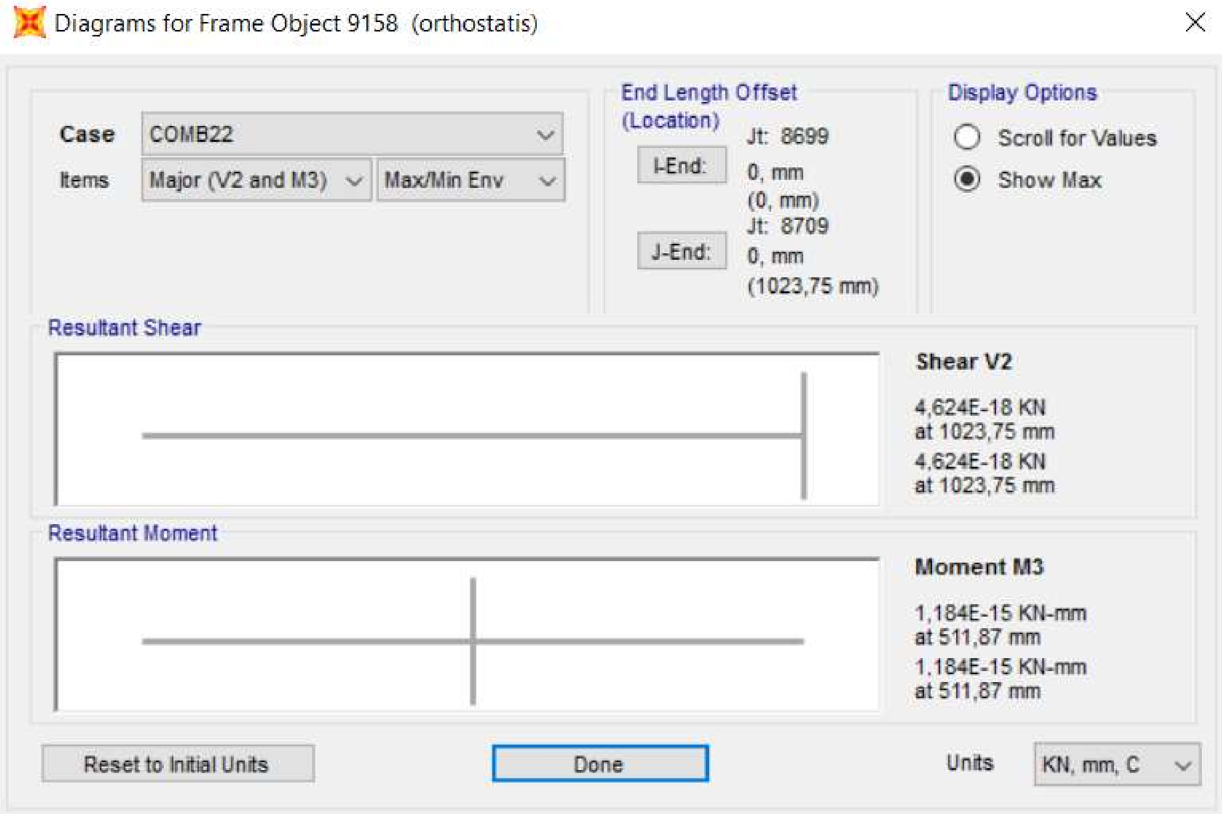


7.2.(γ). (1) Διαγράμματα – Πίνακες εντατικών μεγεθών ενισχυμένων ορθοστατών - διαγώνιων πλαισίων

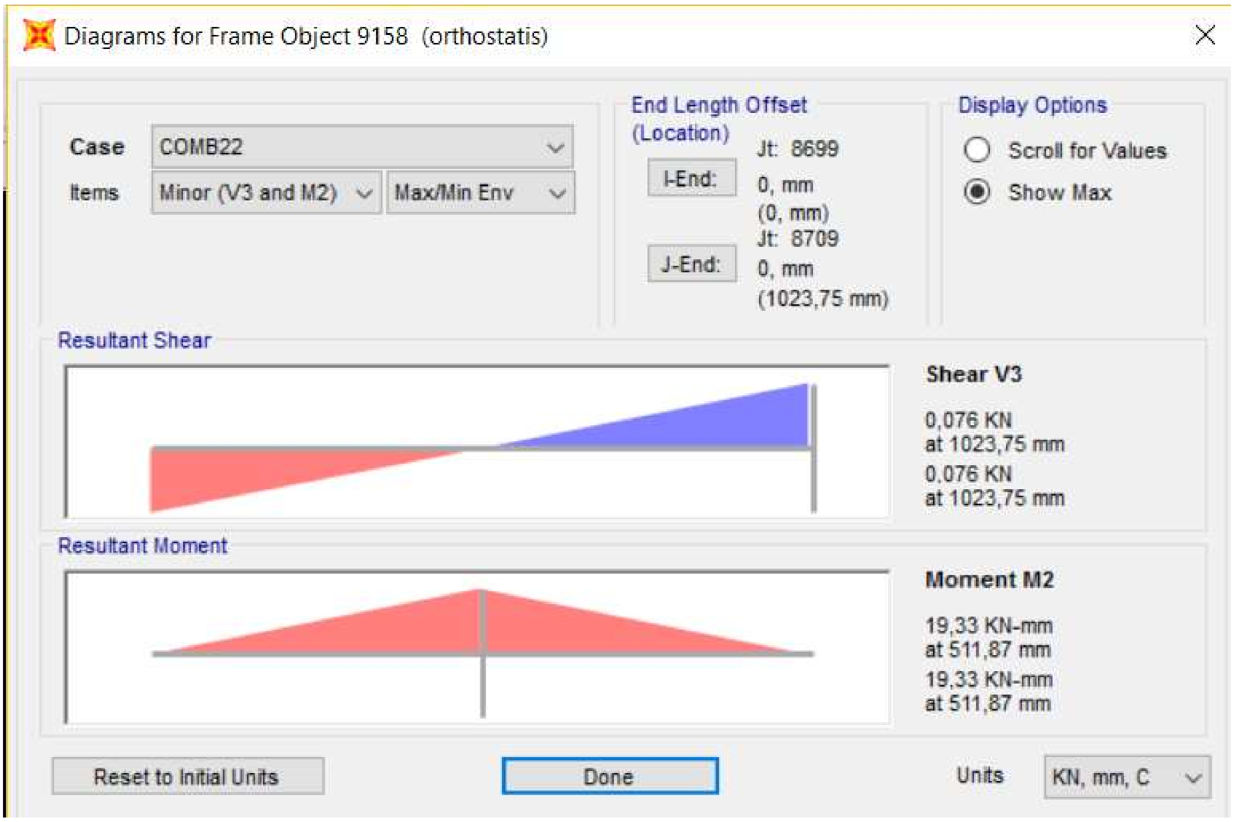
Τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών των ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων φαίνονται παρακάτω:



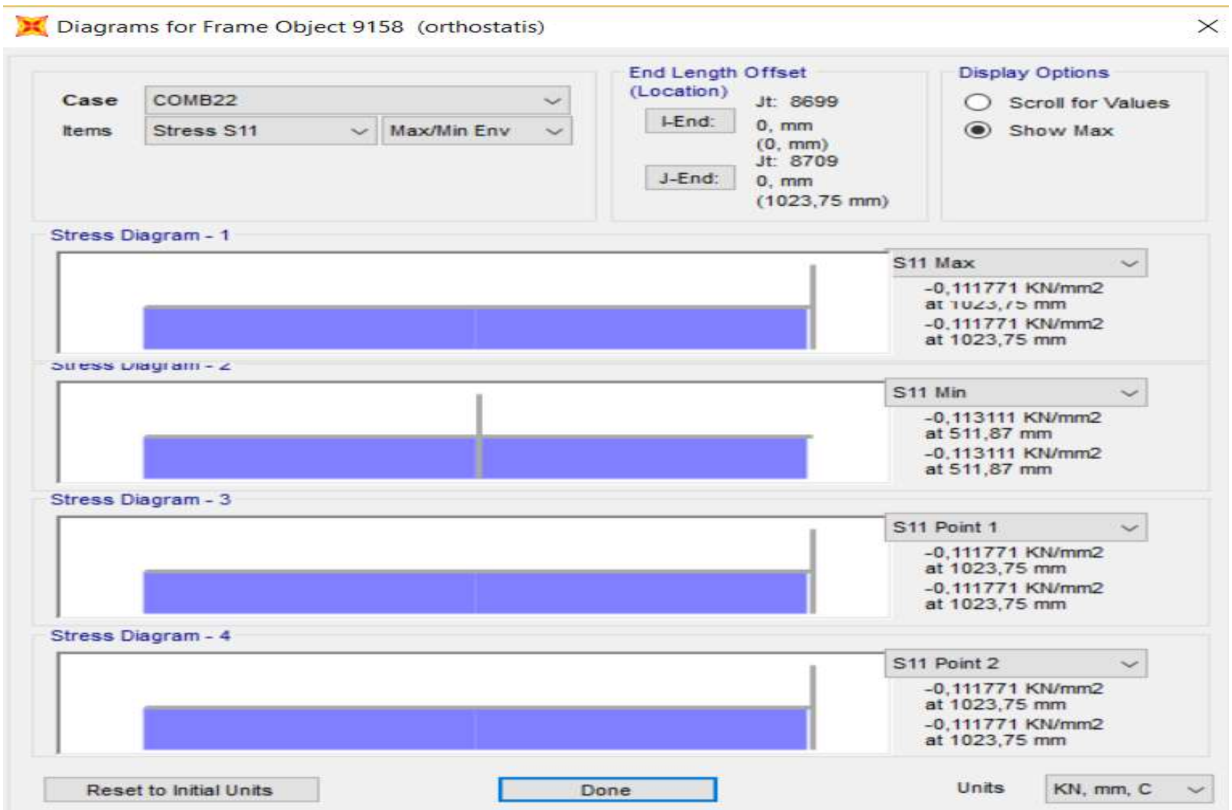
Εικόνα 109 Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων



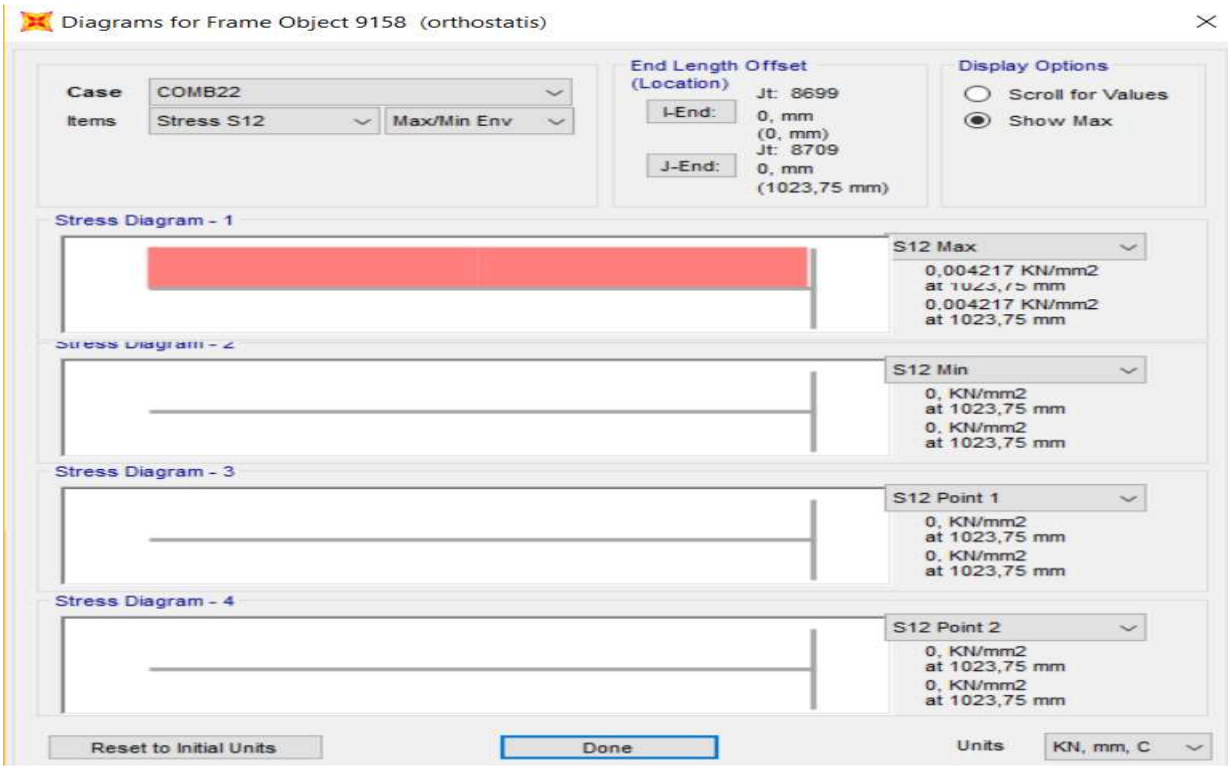
Εικόνα 110 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ισχυρό άξονα ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων



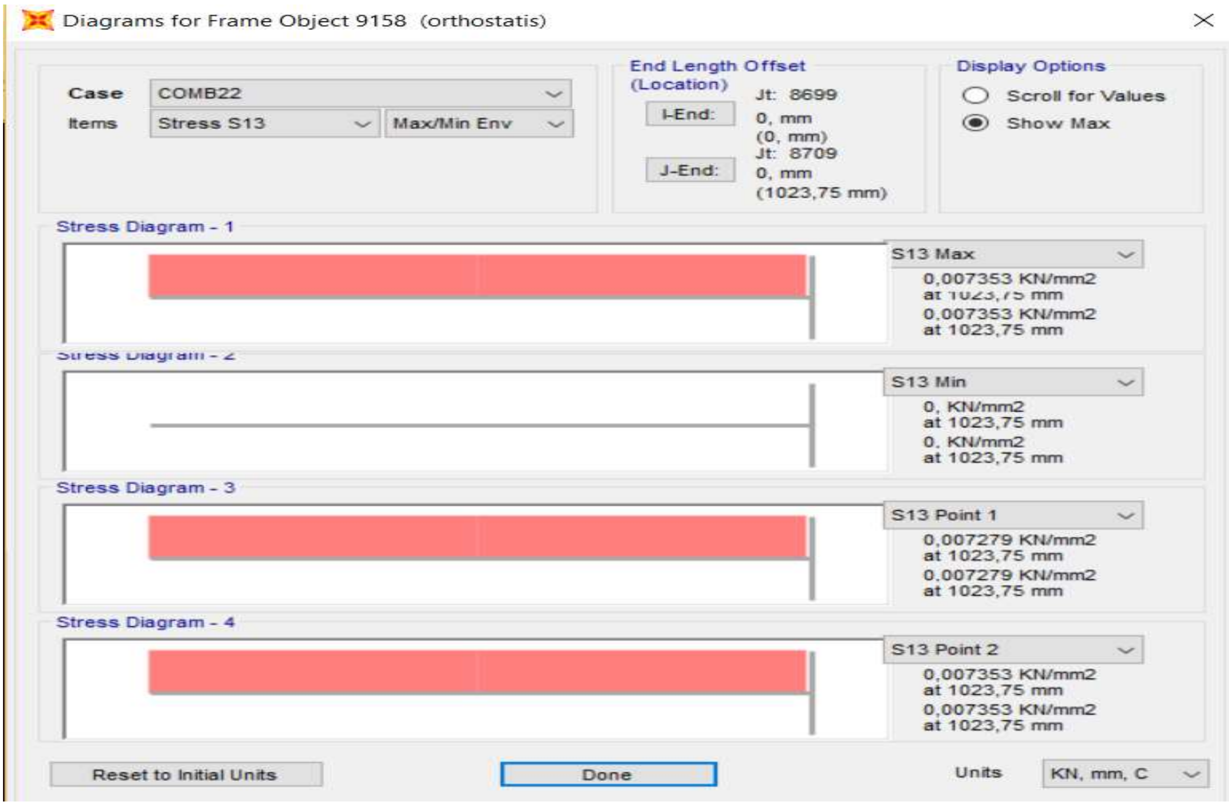
Εικόνα 111 Διάγραμμα κάμψης και ροπής ως προς τον ασθενή άξονα ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων



Εικόνα 112 Διάγραμμα τάσεων S11 ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων



Εικόνα 113 Διάγραμμα τάσεων S12 ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων



Εικόνα 114 Διάγραμμα τάσεων S13 ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων

Παρακάτω παρατίθενται πίνακας με τα εντατικά μεγέθη των ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων:

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
9158	0	COMB22	Combination	Max	-209,787	-4,624E-18	-0,076	89,95	0	0	9158-1	0
9158	511,87	COMB22	Combination	Max	-209,862	0	0	89,95	19,33	1,184E-15	9158-1	511,87
9158	1023,75	COMB22	Combination	Max	-209,938	4,624E-18	0,076	89,95	0	0	9158-1	1023,75
9158	0	COMB22	Combination	Min	-295,113	-4,624E-18	-0,076	39,29	0	0	9158-1	0
9158	511,87	COMB22	Combination	Min	-295,188	0	0	39,29	19,33	1,184E-15	9158-1	511,87
9158	1023,75	COMB22	Combination	Min	-295,264	4,624E-18	0,076	39,29	0	0	9158-1	1023,75

Εικόνα 115 Πίνακας εντατικών μεγεθών ενισχυμένων ορθοστατών – διαγώνιων πλαισίων

7.3 Αποτελέσματα μετατοπίσεων ενισχυμένου φορέα

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες μετατοπίσεις του ενισχυμένου φορέα για τους δύο συνδυασμούς φόρτισης στους οποίους οφείλεται η αστοχία του φορέα δηλαδή COMP 22 και COMP 92:

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
4	COMB22	Combination	Max	-1,066225	-0,190632	**0,660955**	-0,004686	0,011645	0,000438
4	COMB22	Combination	Min	-2,456229	-1,470864	0,538705	-0,011221	0,007999	-0,000017
6	COMB22	Combination	Max	-1,01458	-0,180617	0,391282	-0,004388	0,012056	0,000422
6	COMB22	Combination	Min	-2,668869	-1,430939	0,343179	-0,010776	0,007787	-0,000011
23	COMB22	Combination	Max	-1,147295	-0,167955	0,316227	-0,004827	0,011261	0,000428
23	COMB22	Combination	Min	-2,254853	-1,440945	0,258866	-0,011335	0,008153	-0,000037
24	COMB22	Combination	Max	-0,751798	-0,358004	0,239011	-0,003973	0,013792	0,000741
24	COMB22	Combination	Min	-2,886038	-1,314023	0,195003	-0,008774	0,008	0,000089
25	COMB22	Combination	Max	-0,640851	-0,246612	0,168248	-0,003989	0,012084	0,000763
25	COMB22	Combination	Min	-2,102165	-1,202526	0,160186	-0,008786	0,00801	0,000131
27	COMB22	Combination	Max	-0,876935	-0,055478	0,149573	-0,003228	0,013151	0,000435
27	COMB22	Combination	Min	-3,118279	-1,122605	0,073259	-0,00869	0,007457	-0,000057
33	COMB22	Combination	Max	-0,719567	0,023812	0,036983	-0,002606	0,013794	0,000458
33	COMB22	Combination	Min	-3,395656	-0,902452	0	-0,007406	0,007	-0,000083
35	COMB22	Combination	Max	-0,981905	-0,115	0	-0,003758	0,01258	0,000412
35	COMB22	Combination	Min	-2,871147	-1,283375	0	-0,009695	0,00765	-0,000047
36	COMB22	Combination	Max	-0,714096	-0,131408	0	-0,002329	0,016018	0,000559
36	COMB22	Combination	Min	-3,79882	-1,130795	0	-0,007077	0,007725	0,000047
37	COMB22	Combination	Max	-0,747226	-0,022605	0	-0,002356	0,014533	0,000676
37	COMB22	Combination	Min	-3,173735	-1,019744	0	-0,007121	0,007931	0,000055
39	COMB22	Combination	Max	-0,177789	0,27387	0	-0,000855	0,015527	0,000485
39	COMB22	Combination	Min	-4,078353	-0,22541	0	-0,003437	0,005575	-0,000317
41	COMB22	Combination	Max	0,27425	0,400706	0	-0,000081	0,016849	0,000512
41	COMB22	Combination	Min	-4,585901	0,136973	0	-0,001445	0,004391	-0,000342
43	COMB22	Combination	Max	-0,519446	0,162004	0	-0,001598	0,014546	0,00042
43	COMB22	Combination	Min	-3,689334	-0,544421	0	-0,005191	0,006472	-0,000249

Εικόνα 116 Ελάχιστη μετατόπιση ενισχυμένου φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 22

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
4	COMB22	Combination	Max	-1,066225	-0,190632	**-128,254869**	-0,004686	0,011645	0,000438
4	COMB22	Combination	Min	-2,456229	-1,470864	-127,123163	-0,011221	0,007999	-0,000017
6	COMB22	Combination	Max	-1,01458	-0,180617	-117,376193	-0,004388	0,012056	0,000422
6	COMB22	Combination	Min	-2,668869	-1,430939	-114,066542	-0,010776	0,007787	-0,000011
23	COMB22	Combination	Max	-1,147295	-0,167955	-104,344361	-0,004827	0,011261	0,000428
23	COMB22	Combination	Min	-2,254853	-1,440945	-103,221949	-0,011335	0,008153	-0,000037
24	COMB22	Combination	Max	-0,751798	-0,358004	-103,077209	-0,003973	0,013792	0,000741
24	COMB22	Combination	Min	-2,886038	-1,314023	-103,059695	-0,008774	0,008	0,000089
25	COMB22	Combination	Max	-0,640851	-0,246612	-102,437259	-0,003989	0,012084	0,000763
25	COMB22	Combination	Min	-2,102165	-1,202526	-102,173055	-0,008786	0,00801	0,000131
27	COMB22	Combination	Max	-0,876935	-0,055478	-101,873335	-0,003228	0,013151	0,000435
27	COMB22	Combination	Min	-3,118279	-1,122605	-101,427958	-0,00869	0,007457	-0,000057
33	COMB22	Combination	Max	-0,719567	0,023812	-101,310194	-0,002606	0,013794	0,000458
33	COMB22	Combination	Min	-3,395656	-0,902452	-100,753847	-0,007406	0,007	-0,000083
35	COMB22	Combination	Max	-0,981905	-0,115	-100,730049	-0,003758	0,01258	0,000412
35	COMB22	Combination	Min	-2,871147	-1,283375	-100,337976	-0,009695	0,00765	-0,000047
36	COMB22	Combination	Max	-0,714096	-0,131408	-99,790503	-0,002329	0,016018	0,000559
36	COMB22	Combination	Min	-3,79882	-1,130795	-99,617036	-0,007077	0,007725	0,000047
37	COMB22	Combination	Max	-0,747226	-0,022605	-99,058747	-0,002356	0,014533	0,000676
37	COMB22	Combination	Min	-3,173735	-1,019744	-99,030072	-0,007121	0,007931	0,000055
39	COMB22	Combination	Max	-0,177789	0,27387	-99,01699	-0,000855	0,015527	0,000485
39	COMB22	Combination	Min	-4,078353	-0,22541	-98,920323	-0,003437	0,005575	-0,000317
41	COMB22	Combination	Max	0,27425	0,400706	-98,548383	-0,000081	0,016849	0,000512
41	COMB22	Combination	Min	-4,585901	0,136973	-98,377834	-0,001445	0,004391	-0,000342
43	COMB22	Combination	Max	-0,519446	0,162004	-98,128809	-0,001598	0,014546	0,00042
43	COMB22	Combination	Min	-3,689334	-0,544421	-97,915304	-0,005191	0,006472	-0,000249

Εικόνα 117 Μέγιστη μετατόπιση ενισχυμένου φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 22

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCa	CaseTyp	StepTy	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
12701	COMB22	Combination	Min	0,192966	-0,459984	**0,660955**	-0,004567	-0,011977	-0,000653
12701	COMB22	Combination	Max	0,283579	0,246224	0,538705	-0,001278	-0,00914	0,00063
12700	COMB22	Combination	Min	1,040413	0,598869	0,391282	0,005038	-0,01116	-0,00127
12700	COMB22	Combination	Max	1,686875	1,787542	0,343179	0,010493	-0,008142	-0,0006
12699	COMB22	Combination	Min	0,203109	-0,199492	0,316227	0,001429	-0,011565	-0,000822
12699	COMB22	Combination	Max	0,304546	0,524653	0,258866	0,00492	-0,008668	0,000493
12698	COMB22	Combination	Min	0,991883	-1,481926	0,239011	-0,00973	-0,011493	0,000484
12698	COMB22	Combination	Max	1,579178	-0,311815	0,195003	-0,004437	-0,008577	0,001151
12697	COMB22	Combination	Min	1,071521	-1,877756	0,168248	-0,011674	-0,010477	-0,000239
12697	COMB22	Combination	Max	1,743033	-0,501645	0,160186	-0,00533	-0,007964	0,000136
12696	COMB22	Combination	Min	1,071903	0,806168	0,149573	0,006458	-0,009381	-0,001273
12696	COMB22	Combination	Max	2,046302	2,074878	0,073259	0,012305	-0,006687	-0,000652
12695	COMB22	Combination	Min	1,121105	0,872953	0,036983	0,006071	-0,009964	-0,000238
12687	COMB22	Combination	Min	0,186424	1,308331	0	0,007263	-0,003974	-0,000208
12688	COMB22	Combination	Max	0,591208	2,400459	0	0,012565	-0,001246	-0,000492
12688	COMB22	Combination	Min	-0,577714	1,113778	0	0,006781	-0,002918	-0,001267
12689	COMB22	Combination	Max	1,200952	-0,424643	0	-0,005658	-0,002758	0,000229
12689	COMB22	Combination	Min	0,178531	-1,813795	0	-0,011972	-0,004222	-0,000102
12690	COMB22	Combination	Max	1,369089	-0,133361	0	-0,005165	-0,004587	0,001126
12690	COMB22	Combination	Min	0,368502	-1,348156	0	-0,010837	-0,006572	0,000477
12691	COMB22	Combination	Max	1,96516	2,620285	0	0,013632	-0,005548	-0,00000671
12691	COMB22	Combination	Min	0,959274	1,210122	0	0,007079	-0,007665	-0,000324
12692	COMB22	Combination	Max	1,48232	2,259941	0	0,012558	-0,004435	-0,000563
12692	COMB22	Combination	Min	0,385757	0,97778	0	0,006728	-0,006539	-0,001239
12693	COMB22	Combination	Max	1,848938	-0,565048	0	-0,005797	-0,006018	0,000212
12693	COMB22	Combination	Min	0,921936	-1,941231	0	-0,012158	-0,008165	-0,000084

Εικόνα 118 Ελάχιστη μετατόπιση ενισχυμένου φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 22

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
4	COMB92	Combination	Max	-3,554109	-1,332064	**-66,472531**	-0,004155	0,005504	0,000424
4	COMB92	Combination	Min	-4,388111	-2,100203	-66,024022	-0,008076	0,003316	0,000151
6	COMB92	Combination	Max	-3,784815	-1,207578	-60,779727	-0,003933	0,005942	0,000355
6	COMB92	Combination	Min	-4,777388	-1,957771	-59,62125	-0,007766	0,00338	0,000095
23	COMB92	Combination	Max	-3,207932	-1,432338	-52,129592	-0,004247	0,004771	0,000555
23	COMB92	Combination	Min	-3,872467	-2,196132	-51,686761	-0,008152	0,002906	0,000276
24	COMB92	Combination	Max	-4,639705	-1,363182	-51,282918	-0,004493	0,00795	0,00044
24	COMB92	Combination	Min	-5,920249	-1,936793	-51,268977	-0,007373	0,004475	0,000049
25	COMB92	Combination	Max	-4,162536	-1,504318	-50,827605	-0,004489	0,007092	0,000386
25	COMB92	Combination	Min	-5,039324	-2,077867	-50,658336	-0,007368	0,004647	0,000006737
27	COMB92	Combination	Max	-4,016252	-0,881642	-50,421943	-0,002984	0,006726	0,000344
27	COMB92	Combination	Min	-5,361058	-1,521918	-50,171568	-0,006261	0,003309	0,000049
33	COMB92	Combination	Max	-4,037362	-0,702513	-50,020677	-0,002482	0,007179	0,000322
33	COMB92	Combination	Min	-5,643015	-1,258272	-49,967651	-0,005362	0,003102	-0,000002653
35	COMB92	Combination	Max	-3,916373	-1,044928	-49,747902	-0,003407	0,006258	0,000357
35	COMB92	Combination	Min	-5,049918	-1,745952	-49,669185	-0,006969	0,0033	0,000082
36	COMB92	Combination	Max	-5,024651	-0,838056	-49,542769	-0,002751	0,009329	0,000338
36	COMB92	Combination	Min	-6,875485	-1,437689	-49,128759	-0,0056	0,004353	0,000031
37	COMB92	Combination	Max	-4,820193	-0,986936	-49,116114	-0,002761	0,008452	0,000394
37	COMB92	Combination	Min	-6,276099	-1,585219	-48,924352	-0,00562	0,004491	0,000021
39	COMB92	Combination	Max	-3,824842	-0,275	-48,900829	-0,001007	0,008225	0,000315
39	COMB92	Combination	Min	-6,16518	-0,574568	-48,669747	-0,002556	0,002255	-0,000166
41	COMB92	Combination	Max	-3,572667	-0,059427	-48,543903	-0,000368	0,008996	0,000309
41	COMB92	Combination	Min	-6,488757	-0,217667	-48,542114	-0,001186	0,001521	-0,000204
43	COMB92	Combination	Max	-3,976535	-0,479594	-48,504971	-0,001617	0,007612	0,000297
43	COMB92	Combination	Min	-5,878469	-0,903449	-48,492967	-0,003773	0,002767	-0,000104

Εικόνα 119 Μέγιστη μετατόπιση αρχικού φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 92

TABLE: Joint Displacements									
Joint	OutputCa	CaseTyp	StepTy	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
12701	COMB92	Combination	Min	0,234597	-0,159114	**1,49415**	-0,000081	-0,001481	-0,001015
12701	COMB92	Combination	Max	0,288965	0,264611	1,489925	0,001892	0,000221	-0,000245
12700	COMB92	Combination	Min	1,317674	2,01461	1,489251	0,003389	-0,003664	-0,000331
12700	COMB92	Combination	Max	1,705551	2,727814	1,474617	0,006663	-0,001853	0,000071
12699	COMB92	Combination	Min	0,24164	-0,226924	1,465155	-0,001787	-0,001396	0,000105
12699	COMB92	Combination	Max	0,302502	0,207563	1,440161	0,000308	0,000342	0,000894
12698	COMB92	Combination	Min	1,286002	-2,576154	1,427392	-0,006178	-0,003721	-0,000139
12698	COMB92	Combination	Max	1,638379	-1,874087	1,394931	-0,003002	-0,001971	0,000261
12697	COMB92	Combination	Min	1,434897	-2,043153	1,360843	-0,007592	-0,002923	-0,001391
12697	COMB92	Combination	Max	1,837804	-1,217486	1,322464	-0,003785	-0,001415	-0,001166
12696	COMB92	Combination	Min	1,44021	2,081315	1,273873	0,005191	-0,003926	-0,000631
12696	COMB92	Combination	Max	2,02485	2,842541	1,237941	0,008699	-0,002309	-0,000258
12695	COMB92	Combination	Min	1,466848	1,417972	1,165966	0,004269	-0,002702	0,001085
12695	COMB92	Combination	Max	1,909237	2,24692	1,131249	0,0082	-0,001204	0,001309
12694	COMB92	Combination	Min	1,412393	-2,540026	1,061425	-0,007827	-0,003946	0,000179
12694	COMB92	Combination	Max	1,948074	-1,819637	1,049617	-0,004435	-0,002401	0,000542
12693	COMB92	Combination	Min	1,328195	-2,431565	1,026644	-0,008725	-0,003379	-0,000763
12693	COMB92	Combination	Max	1,884396	-1,605855	1,001463	-0,004908	-0,002092	-0,000586
12692	COMB92	Combination	Min	0,74109	2,033405	0,990511	0,005565	-0,003118	-0,000739
12692	COMB92	Combination	Max	1,399027	2,802702	0,986211	0,009062	-0,001855	-0,000333
12691	COMB92	Combination	Min	1,350592	1,941611	0,957195	0,005741	-0,003127	0,0005
12691	COMB92	Combination	Max	1,954124	2,787709	0,941386	0,009673	-0,001857	0,000691
12690	COMB92	Combination	Min	0,730078	-2,352939	0,912227	-0,007955	-0,003061	0,000276
12690	COMB92	Combination	Max	1,33043	-1,624061	0,894153	-0,004552	-0,00187	0,000666
12689	COMB92	Combination	Min	0,536641	-2,462217	0,815495	-0,008744	-0,002088	-0,000425
12689	COMB92	Combination	Max	1,150093	-1,628726	0,808097	-0,004956	-0,00121	-0,000226

Εικόνα 120 Ελάχιστη μετατόπιση αρχικού φορέα οφειλόμενη στον συνδυασμό φόρτισης COMP 92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων

Στο παρόν κεφάλαιο θα επιχειρηθεί να αξιολογηθούν και να συγκριθούν τα αποτελέσματα των αναλύσεων του αρχικού (μη ενισχυμένου) φορέα και του ενισχυμένου φορέα της γέφυρας και τα οποία αφορούν κυρίως:

α. Στις διαφορές των μεγεθών των διατομών μεταξύ αρχικού και ενισχυμένου φορέα

β. Στα εντατικά μεγέθη των μελών της γέφυρας.

γ. Στις μετατοπίσεις που παρουσιάζονται.

8.1 Διαφορές των μεγεθών των διατομών μεταξύ αρχικού και ενισχυμένου φορέα.

Όπως προαναφέρθηκε προκειμένου να αποφευχθεί η αστοχία των μελών της γέφυρας τα οποία αδυνατούν να παραλάβουν τα φορτία τα οποία επιβάλλαμε προχωρήσαμε στην αύξηση των διατομών τους με συγκόλληση ελασμάτων. Οι διαφορές μεταξύ αρχικών και ενισχυμένων διατομών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΙΔΟΣ ΜΕΛΟΥΣ	ΕΝΙΣΧΥΩΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ(mm)	ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ(mm)	ΜΕΤΑΒΟΛΗ
ΜΗΚΙΔΑ	t_f	6	12	100%
ΜΗΚΙΔΑ	tw	6	12	100%
ΠΕΛΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	t_f	10	30	200%
ΠΕΛΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	t_w	8	24	200%
ΔΙΑΔΟΚΙΔΑ	t_f	12	36	300%
ΔΙΑΔΟΚΙΔΑ	t_w	7,5	22,5	300%
ΟΡΘΟΣΤΑΤΕΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΙ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	t_f	7	21	300%
ΟΡΘΟΣΤΑΤΕΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΙ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	t_w	4	12	300%

Πίνακας 20 Διαστάσεις αρχικών και ενισχυμένων διατομών

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι απαιτείται σημαντική μεταβολή στις διαστάσεις των μελών της γέφυρας που αστοχούν, προκειμένου αυτά με την επερχόμενη αύξηση του εμβαδού και των διαστάσεων τους, να δύνανται να παραλάβουν τόσο τα αξονικά φορτία $\boldsymbol{N_{b,Rd}}$ όσο και τις ροπές $M_{y,Rk}$, $M_{z,Rk}$, μεγέθη στα οποία όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 6 ευθύνονται για την πρόκληση της αστοχίας τους.

8.2 Εντατικά μεγέθη των μελών της γέφυρας

8.2.1. Μηκίδα

Συγκίνοντας τους πίνακες εντατικών μεγεθών της αρχική και της ενισχυμένης μηκίδας παρατητούμε μία μικρή αύξηση της ασκούμενης θλιπτικης δύναμης P καθώς και της τέμνουσας V3 ενώ ταυτόχρονα μειώνετε η καμπτική ροπή M3.Η αυξημένη θλιπτική δύναμη P και τέμνουσα V3 δύνανται να παραληφθούν από την μηκίδα λόγω της αυξημένης διατομής της.

ΑΡΧΙΚΗ ΜΗΚΙΔΑ

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
3157	0	COMB92	Combination	Max	-90,371	13,498	-30,312	23,62	65318,02	-16570,14	3157-1	0
3157	435,43	COMB92	Combination	Max	-90,371	11,794	-30,312	23,62	54447,32	-13018,73	3157-1	435,43
3157	870,86	COMB92	Combination	Max	-90,371	11,366	-30,312	23,62	51551,72	-11555,47	3157-1	870,86
3157	1306,29	COMB92	Combination	Max	-90,371	10,09	-30,312	23,62	43576,62	-7891,29	3157-1	1306,29
3157	1741,71	COMB92	Combination	Max	-90,371	9,662	-30,312	23,62	40088,03	-7282,83	3157-1	1741,71
3157	2177,14	COMB92	Combination	Max	-90,371	8,386	-30,312	23,62	32705,92	-3752,23	3157-1	2177,14
3157	2612,57	COMB92	Combination	Max	-90,371	7,957	-30,312	23,62	28624,35	-3505,9	3157-1	2612,57
3157	3048	COMB92	Combination	Max	-90,371	6,681	-30,312	23,62	21835,21	-963,66	3157-1	3048
3157	0	COMB92	Combination	Min	-71,08	6,253	-22,34	4,75	17160,66	137,47	3157-1	0
3157	435,43	COMB92	Combination	Min	-71,08	4,977	-22,34	4,75	10964,51	1082,87	3157-1	435,43
3157	870,86	COMB92	Combination	Min	-71,08	4,549	-22,34	4,75	5696,97	2387,37	3157-1	870,86
3157	1306,29	COMB92	Combination	Min	-71,08	3,273	-22,34	4,75	93,81	2949,84	3157-1	1306,29
3157	1741,71	COMB92	Combination	Min	-71,08	2,845	-22,34	4,75	-5766,71	3038,8	3157-1	1741,71
3157	2177,14	COMB92	Combination	Min	-71,08	1,569	-22,34	4,75	-10776,89	5198,1	3157-1	2177,14
3157	2612,57	COMB92	Combination	Min	-71,08	1,141	-22,34	4,75	-17230,4	6615,36	3157-1	2612,57
3157	3048	COMB92	Combination	Min	-71,08	-0,563	-22,34	4,75	-28694,09	7290,59	3157-1	3048

ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΜΗΚΙΔΑ

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
3157	0	COMB92	Combination	Max	-98,404	3,258	-41,328	89,65	-33766,01	9151,95	3157-1	0
3157	435,43	COMB92	Combination	Max	-98,404	5,131	-41,328	89,65	-14434,67	7654,48	3157-1	435,43
3157	870,86	COMB92	Combination	Max	-98,404	7,004	-41,328	89,65	4896,68	5341,26	3157-1	870,86
3157	1306,29	COMB92	Combination	Max	-98,404	8,878	-41,328	89,65	24228,03	2212,3	3157-1	1306,29
3157	1741,71	COMB92	Combination	Max	-98,404	10,751	-41,328	89,65	43559,38	-1732,42	3157-1	1741,71
3157	2177,14	COMB92	Combination	Max	-98,404	12,625	-41,328	89,65	62890,72	-6492,89	3157-1	2177,14
3157	2612,57	COMB92	Combination	Max	-98,404	14,498	-41,328	89,65	82222,07	-12069,1	3157-1	2612,57
3157	3048	COMB92	Combination	Max	-98,404	16,372	-41,328	89,65	101553,42	-18461,07	3157-1	3048
3157	0	COMB92	Combination	Min	-114,231	1,454	-48,321	26,9	-49490,18	5614,91	3157-1	0
3157	435,43	COMB92	Combination	Min	-114,231	3,328	-48,321	26,9	-30079,28	4233,6	3157-1	435,43
3157	870,86	COMB92	Combination	Min	-114,231	5,201	-48,321	26,9	-10668,38	2036,54	3157-1	870,86
3157	1306,29	COMB92	Combination	Min	-114,231	7,075	-48,321	26,9	8742,52	-976,27	3157-1	1306,29
3157	1741,71	COMB92	Combination	Min	-114,231	8,948	-48,321	26,9	28153,42	-4804,83	3157-1	1741,71
3157	2177,14	COMB92	Combination	Min	-114,231	10,822	-48,321	26,9	47564,32	-9449,14	3157-1	2177,14
3157	2612,57	COMB92	Combination	Min	-114,231	12,695	-48,321	26,9	66975,22	-14909,19	3157-1	2612,57
3157	3048	COMB92	Combination	Min	-114,231	14,568	-48,321	26,9	86386,11	-21185	3157-1	3048

Εικόνα 121 Πίνακας σύγκρισης εντατικών μεγεθών αρχικής και ενισχυμένης μηκίδας

8.2.2 Πέλματα πλαισίων

ΑΡΧΙΚΟ ΠΕΛΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
342	0	COMB22	Combination	Max	-542,443	-4,298	-0,547	268,52	1338,61	-3364,64	342-1	0
342	76,2	COMB22	Combination	Max	-542,443	-4,273	-0,547	268,52	1463,29	-2866,09	342-1	76,2
342	76,2	COMB22	Combination	Max	-536,141	-0,978	4,551	268,52	1463,53	-2677,81	342-2	0
342	400,05	COMB22	Combination	Max	-536,141	-0,87	4,551	104,78	425,32	-1597,09	342-2	323,85
342	723,9	COMB22	Combination	Max	-536,131	-0,762	4,551	104,78	-612,89	-1597,09	342-2	647,7
342	723,9	COMB22	Combination	Max	-536,131	-0,537	-0,403	104,78	-612,39	-1337,89	342-3	0
342	1123,9	COMB22	Combination	Max	-530,597	-0,511	-0,403	19,08	-391,23	-1143,71	342-3	400
342	1123,9	COMB22	Combination	Max	-530,597	2,741	-0,403	19,08	-391,23	-799,87	342-4	0
342	1371,6	COMB22	Combination	Max	-530,597	2,747	-0,403	17,41	-254,27	-360,06	342-4	247,7
342	1371,6	COMB22	Combination	Max	-529,185	2,824	-0,411	17,41	-254,26	-360,06	342-5	0
342	1447,8	COMB22	Combination	Max	-529,185	2,855	-0,411	15,37	-213,54	-5,43	342-5	76,2
342	0	COMB22	Combination	Min	-339,04	2,963	-1,789	15,37	515,7	320,74	342-1	0
342	76,2	COMB22	Combination	Min	-339,039	3,534	-1,789	14,39	558,32	321,13	342-1	76,2
342	76,2	COMB22	Combination	Min	-336,375	3,667	1,829	14,39	558,41	385,99	342-2	0
342	400,05	COMB22	Combination	Min	-336,375	5,423	1,829	-3,81	-462,98	416,31	342-2	323,85
342	723,9	COMB22	Combination	Min	-336,368	5,506	1,829	-3,81	-1484,37	701,23	342-2	647,7
342	723,9	COMB22	Combination	Min	-336,368	6,056	-1,191	-7,83	-1483,29	1003,54	342-3	0
342	1123,9	COMB22	Combination	Min	-333,916	6,081	-1,191	-7,83	-1039,82	1267,73	342-3	400
342	1123,9	COMB22	Combination	Min	-333,916	6,327	-1,191	-11,89	-1039,83	1752,46	342-4	0
342	1371,6	COMB22	Combination	Min	-333,916	6,46	-1,191	-11,89	-801,33	2425,62	342-4	247,7
342	1371,6	COMB22	Combination	Min	-333,51	9,963	-1,46	-13,1	-801,3	2465,57	342-5	0
342	1447,8	COMB22	Combination	Min	-333,509	9,988	-1,46	-13,1	-698,06	2466,45	342-5	76,2

ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟ ΠΕΛΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
342	0	COMB22	Combination	Max	-407,37	-0,557	-0,976	129,57	2575,41	3151,99	342-1	0
342	76,2	COMB22	Combination	Max	-407,37	-0,497	-0,976	129,57	2822,82	3205,57	342-1	76,2
342	76,2	COMB22	Combination	Max	-407,325	3,376	8,778	664,78	2824,12	3209,77	342-2	0
342	400,05	COMB22	Combination	Max	-407,325	3,633	8,778	664,78	710,29	2247,73	342-2	323,85
342	723,9	COMB22	Combination	Max	-407,325	3,889	8,778	664,78	-1403,54	1202,68	342-2	647,7
342	723,9	COMB22	Combination	Max	-413,441	8,432	-1,157	148,59	-1401,18	1749,49	342-3	0
342	1123,9	COMB22	Combination	Max	-413,441	8,749	-1,157	148,59	-867,73	-815,62	342-3	400
342	1123,9	COMB22	Combination	Max	-413,453	7,556	-1,157	144,73	-867,81	-815,62	342-4	0
342	1371,6	COMB22	Combination	Max	-413,453	7,752	-1,157	144,73	-537,48	-2160,33	342-4	247,7
342	1371,6	COMB22	Combination	Max	-419,176	12,917	-0,639	147,84	-537,05	-1548,65	342-5	0
342	1447,8	COMB22	Combination	Max	-419,176	12,977	-0,639	147,84	-452,89	-2331,34	342-5	76,2
342	0	COMB22	Combination	Min	-597,919	-3,599	-3,445	12,85	976,47	1116,47	342-1	0
342	76,2	COMB22	Combination	Min	-597,919	-3,539	-3,445	12,85	1053,44	1388,42	342-1	76,2
342	76,2	COMB22	Combination	Min	-598,792	0,284	3,927	288,05	1053,93	1390,83	342-2	0
342	400,05	COMB22	Combination	Min	-598,792	0,54	3,927	288,05	-909,42	1068,89	342-2	323,85
342	723,9	COMB22	Combination	Min	-598,792	0,796	3,927	288,05	-2872,78	663,92	342-2	647,7
342	723,9	COMB22	Combination	Min	-611,297	5,528	-2,207	3,24	-2869,54	1225,5	342-3	0
342	1123,9	COMB22	Combination	Min	-611,297	5,845	-2,207	3,24	-2143,1	-1942,04	342-3	400
342	1123,9	COMB22	Combination	Min	-611,312	4,988	-2,207	0,79	-2143,38	-1942,04	342-4	0
342	1371,6	COMB22	Combination	Min	-611,312	5,184	-2,207	0,79	-1758,85	-3771,01	342-4	247,7
342	1371,6	COMB22	Combination	Min	-623,512	8,864	-3,047	22,78	-1758,08	-3332,87	342-5	0
342	1447,8	COMB22	Combination	Min	-623,512	8,925	-3,047	22,78	-1539,22	-4237,75	342-5	76,2

Εικόνα 122 Πίνακας σύγκρισης εντατικών μεγεθών αρχικού και ενισχυμένου πέλματος πλαισίου

Συγκρίνοντας τους πίνακες εντατικών μεγεθών του αρχικού και του ενισχυμένου πέλματος πλαισίου, παρατηρούμε μία μικρή αύξηση της ασκούμενης θλιπτικής δύναμης P καθώς της τέμνουσας V3 αλλά και της καμπτικής ροπής M3 στο ενισχυμένο πέλμα πλαισίου. Τα εν λόγω αυξημένα εντατικά μεγέθη δύνανται να παραληφθούν από το πέλμα του πλαισίου λόγω της αυξημένης διατομής του.

8.2.3. Διαδοκίδες

ΑΡΧΙΚΗ ΔΙΑΔΟΚΙΔΑ

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
1585	0	COMB22	Combination	Min	702,287	248,951	3,728	-486,02	-29887,46	396814,22	1585-19	270
1585	0	COMB22	Combination	Min	702,287	248,818	3,728	-486,02	-29199,29	362300,54	1585-19	0
1585	270	COMB22	Combination	Min	642,09	214,172	-11,052	-466,15	-25904,58	313666,11	1585-18	240
1585	270	COMB22	Combination	Min	642,09	214,063	-11,052	-466,15	-25674,77	289180,94	1585-18	0
1585	270	COMB22	Combination	Min	621,325	206,847	-22,018	-229,75	-19227,11	271974,49	1585-17	240
1585	270	COMB22	Combination	Min	621,325	206,728	-22,018	-229,75	-17514,1	263433,19	1585-17	0
1585	510	COMB22	Combination	Min	569,818	196,742	-33,459	-166,96	-17034,28	252624,19	1585-16	220,24
1585	510	COMB22	Combination	Min	569,818	196,624	-33,459	-166,96	-16882,8	240687,91	1585-16	0
1585	510	COMB22	Combination	Min	446,731	189,483	-46,962	-158,73	-12091,12	235639,26	1585-15	240
1585	510	COMB22	Combination	Min	446,731	189,375	-46,962	-158,73	-11504,94	225673,6	1585-15	0
1585	750	COMB22	Combination	Min	408,602	179,325	-68,023	-113,68	-10351,51	215902,9	1585-14	240
1585	750	COMB22	Combination	Min	408,602	179,206	-68,023	-113,68	-9363,74	206992,06	1585-14	0
1585	750	COMB22	Combination	Min	358,607	172,066	-102,311	-109,69	-8020,71	197049,2	1585-13	220,24
1585	750	COMB22	Combination	Min	358,607	171,948	-102,311	-109,69	-7347,14	182808,76	1585-13	0
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	328,027	161,882	-148,989	-88,67	-7223,12	182755,77	1585-12	240
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	328,027	161,764	-148,989	-88,67	-6466,83	181117,54	1585-12	0
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	237,743	158,518	-235,323	-80,9	-6022,13	171040,19	1585-11	240
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	237,743	158,399	-235,323	-80,9	-5521,27	168580,21	1585-11	0
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	237,543	119,565	-259,994	-77,73	-5193,93	152285,51	1585-10	220,24
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	237,543	119,432	-259,994	-77,73	-4915,12	142144,17	1585-10	0
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	229,091	91,936	-157,48	-71,85	-4456,13	141141,37	1585-9	240
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	229,091	91,818	-157,48	-71,85	-4065,07	141138,86	1585-9	0
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	228,026	79,765	-98,183	-67,56	-4031,26	141080,21	1585-8	240
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	228,026	79,646	-98,183	-67,56	-3569,22	138833,22	1585-8	0
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	192,02	77,308	-63,376	-65,68	-3247,94	133059,08	1585-7	220,24
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	192,02	77,199	-63,376	-65,68	-3208,43	131588,23	1585-7	0
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	191,883	55,98	-39,994	-62,64	-3160,89	131082,84	1585-6	240
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	191,883	55,861	-39,994	-62,64	-2666,78	129442,59	1585-6	0
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	166,561	44,321	-26,169	-51,94	-2593,93	122802,73	1585-5	240
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	166,561	44,202	-26,169	-51,94	-2582,6	122026,3	1585-5	0
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	166,239	33,625	-18,697	-46,52	-2209,82	111598,57	1585-4	220,24
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	166,239	33,516	-18,697	-46,52	-2072,03	104294,68	1585-4	0
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	158,682	16,091	-17,715	-38,86	-1998,68	95041,02	1585-3	240
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	158,682	15,972	-17,715	-38,86	-1968,05	94039,97	1585-3	0
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	143,334	8,264	-28,142	-31,14	-1489,16	93234,3	1585-2	240
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	143,334	8,155	-28,142	-31,14	-1206,89	90800,73	1585-2	0
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	92,453	6,025	-49,303	-24,76	1150,29	90729,1	1585-1	270
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	92,453	5,907	-49,303	-24,76	1445,57	88878,39	1585-1	0
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	91,763	-2,072	63,969	27,36	1575,26	88848,98	1585-19	270
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	91,763	-2,19	63,969	27,36	1637,05	88751,13	1585-19	0
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	71,858	-15,282	34,92	32,24	2000,81	88133,71	1585-18	240
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	71,858	-15,401	34,92	32,24	2179,63	87949,24	1585-18	0
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	69,847	-34,779	22,477	43,32	2203,3	83425,36	1585-17	240
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	69,847	-34,887	22,477	43,32	2345,14	83352,17	1585-17	0
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	48,835	-44,428	23,618	54,19	2581,85	80532,36	1585-16	220,24
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	48,835	-44,546	23,618	54,19	2701,84	80059,3	1585-16	0
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	41,509	-56,084	33,068	59,18	2711,92	76181,07	1585-15	240
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	41,509	-56,202	33,068	59,18	2728,78	75389,36	1585-15	0
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	36,268	-77,322	52,692	59,55	3072,06	72197,26	1585-14	240
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	36,268	-77,431	52,692	59,55	3228,6	71705,91	1585-14	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	20,386	-79,421	87,685	62,09	3273,46	69114,63	1585-13	220,24
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	20,386	-79,539	87,685	62,09	3506,07	68641,67	1585-13	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	16,388	-91,433	137,409	65,43	3799,79	60858,38	1585-12	240
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	16,388	-91,552	137,409	65,43	3871,15	57966,4	1585-12	0
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	-18,196	-118,676	229,25	69,67	4349,62	57513,22	1585-11	240
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	-18,196	-118,809	229,25	69,67	4646,56	56394,89	1585-11	0
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	-19,631	-142,386	239,525	73,13	4683,38	51700,2	1585-10	220,24
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	-19,631	-142,504	239,525	73,13	5749,54	51150,95	1585-10	0
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-27,115	-146,184	144,543	83,74	6179,17	50228,67	1585-9	240
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-27,115	-146,302	144,543	83,74	6607,47	47171,8	1585-9	0
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-31,178	-158,015	88,644	84,84	6734,85	43625,7	1585-8	240
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-31,178	-158,133	88,644	84,84	8304,86	42627,05	1585-8	0
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-61,73	-158,811	57,345	106,91	8340,02	36591,78	1585-7	220,24
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-61,73	-158,92	57,345	106,91	9947,9	36030,97	1585-7	0
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-64,408	-165,794	37,928	117,93	10072,71	31477,05	1585-6	240
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-64,408	-165,913	37,928	117,93	10922,98	30993,19	1585-6	0
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	-73,458	-172,522	26,81	160,64	11028,01	24647,34	1585-5	240
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	-73,458	-172,631	26,81	160,64	11472,92	24169,62	1585-5	0
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	-77,286	-183,719	20,682	171,19	15477,88	22807,72	1585-4	220,24
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	-77,286	-183,837	20,682	171,19	17656,03	18323,91	1585-4	0
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-96,655	-193,819	16,537	211,81	18567,97	6084,78	1585-3	240
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-96,655	-193,938	16,537	211,81	18874,62	5182,4	1585-3	0
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-101,334	-199,119	13,026	470,47	23553,61	4777,97	1585-2	240
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-101,334	-199,228	13,026	470,47	26610,88	2977,96	1585-2	0
1585	4521,2	COMB22	Combination	Max	-103,354	-233,799	7,697	476,21	29115,4	-42026,38	1585-1	270
1585	4521.2	COMB22	Combination	Max	-103.354	-233.932	7.697	476.21	31586.27	-42350.17	1585-1	0

ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΔΙΑΔΟΚΙΔΑ

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
1585	0	COMB22	Combination	Max	-33,088	-133,045	-8,624	2911,13	2784,88	6861,56	1585-1	0
1585	270	COMB22	Combination	Max	-33,088	-132,677	-8,624	2911,13	13477,59	46304,8	1585-1	270
1585	270	COMB22	Combination	Max	80,651	-104,972	1,104	968,76	360,67	24963,32	1585-2	0
1585	510	COMB22	Combination	Max	80,651	-104,645	1,104	968,76	6783,76	58056,61	1585-2	240
1585	510	COMB22	Combination	Max	156,7	-90,905	10,722	773,78	1376,23	46933,56	1585-3	0
1585	750	COMB22	Combination	Max	156,7	-90,578	10,722	773,78	5396,97	91163,55	1585-3	240
1585	750	COMB22	Combination	Max	-21,402	-85,774	21,04	760,43	2579,54	134062,77	1585-4	0
1585	970,24	COMB22	Combination	Max	-21,402	-85,474	21,04	760,43	5127,87	177865,91	1585-4	220,24
1585	970,24	COMB22	Combination	Max	364,11	-63,846	32,922	774,81	4094,95	105336,1	1585-5	0
1585	1210,24	COMB22	Combination	Max	364,11	-63,518	32,922	774,81	6226,12	146362,42	1585-5	240
1585	1210,24	COMB22	Combination	Max	455,486	-50,345	50,088	878,77	6213,28	134770,73	1585-6	0
1585	1450,24	COMB22	Combination	Max	455,486	-50,018	50,088	878,77	7970,73	175049,13	1585-6	240
1585	1450,24	COMB22	Combination	Max	12,041	-38,233	75,246	1036,56	8784,58	265094,2	1585-7	0
1585	1670,48	COMB22	Combination	Max	12,041	-37,933	75,246	1036,56	9878,54	305089,4	1585-7	220,24
1585	1670,48	COMB22	Combination	Max	631,774	-19,359	108,784	1313,99	13567,66	186112,29	1585-8	0
1585	1910,48	COMB22	Combination	Max	631,774	-19,031	108,784	1313,99	14682	223289,14	1585-8	240
1585	1910,48	COMB22	Combination	Max	711,064	-5,756	161,986	1743,98	19694,78	212351,98	1585-9	0
1585	2150,48	COMB22	Combination	Max	711,064	-5,429	161,986	1743,98	21441,72	247840,2	1585-9	240
1585	2150,48	COMB22	Combination	Max	30,436	5,918	236,549	4755,74	21453,76	380513,18	1585-10	0
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	30,436	6,219	236,549	4755,74	33087,36	415256,1	1585-10	220,24
1585	2370,72	COMB22	Combination	Max	774,709	164,947	222,625	4696,98	29256,21	270297,75	1585-11	0
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	774,709	165,274	222,625	4696,98	25042,06	230861,67	1585-11	240
1585	2610,72	COMB22	Combination	Max	686,816	171,3	157,296	1582,75	17678,4	242907,33	1585-12	0
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	686,816	171,627	157,296	1582,75	20872,32	201974,79	1585-12	240
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	14,8	198,404	122,233	1308,27	14015,05	330110,54	1585-13	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	14,8	198,704	122,233	1308,27	13605,8	286526,11	1585-13	220,24
1585	2850,72	COMB22	Combination	Max	14,8	198,404	122,233	1308,27	14015,05	330110,54	1585-13	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	14,8	198,704	122,233	1308,27	13605,8	286526,11	1585-13	220,24
1585	3070,96	COMB22	Combination	Max	496,568	186,122	85,455	1000,2	10040,74	189398,99	1585-14	0
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	496,568	186,449	85,455	1000,2	10789,5	144708,38	1585-14	240
1585	3310,96	COMB22	Combination	Max	397,09	195,504	64,15	799,12	7516,43	158338,5	1585-15	0
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	397,09	195,831	64,15	799,12	7444,35	112864,21	1585-15	240
1585	3550,96	COMB22	Combination	Max	-22,939	229,142	55,184	681,32	6044,21	190771,9	1585-16	0
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	-22,939	229,442	55,184	681,32	4737,5	144264,83	1585-16	220,24
1585	3771,2	COMB22	Combination	Max	173,967	217,063	53,476	481,91	6477,7	97798,47	1585-17	0
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	173,967	217,39	53,476	481,91	2731,8	49627,94	1585-17	240
1585	4011,2	COMB22	Combination	Max	79,101	229,227	63,343	238,77	7854,39	62950,13	1585-18	0
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	79,101	229,554	63,343	238,77	675,27	25983,06	1585-18	240
1585	4251,2	COMB22	Combination	Max	-37,401	269,924	94,417	-642,56	14938,93	48238,51	1585-19	0
1585	4521,2	COMB22	Combination	Max	-37,401	270,292	94,417	-642,56	1240,4	9421,62	1585-19	270
1585	0	COMB22	Combination	Min	-69,383	-255,531	-80,146	659,02	-8289,05	-51449,96	1585-1	0
1585	270	COMB22	Combination	Min	-69,383	-255,163	-80,146	659,02	5113,31	15933,78	1585-1	270
1585	270	COMB22	Combination	Min	38,619	-216,435	-54,034	-197,81	-6184,48	-565,24	1585-2	0
1585	510	COMB22	Combination	Min	38,619	-216,107	-54,034	-197,81	95,81	39470,36	1585-2	240
1585	510	COMB22	Combination	Min	107,185	-204,26	-44,606	-409,54	-5314,23	32546,22	1585-3	0
1585	750	COMB22	Combination	Min	107,185	-203,932	-44,606	-409,54	-1197,15	55803,46	1585-3	240
1585	750	COMB22	Combination	Min	-72,916	-214,657	-46,044	-571,71	-5151,99	82749,15	1585-4	0
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	-72,916	-214,357	-46,044	-571,71	-2054,39	102676,11	1585-4	220,24
1585	970,24	COMB22	Combination	Min	194,227	-182,213	-52,908	-629,63	-6471,69	61648,36	1585-5	0
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	194,227	-181,886	-52,908	-629,63	-3806,26	77930,55	1585-5	240
1585	1210,24	COMB22	Combination	Min	224,815	-172,37	-68,025	-758,62	-8355,21	73803,85	1585-6	0
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	224,815	-172,043	-68,025	-758,62	-5807,73	86778,37	1585-6	240
1585	1450,24	COMB22	Combination	Min	-91,889	-182,001	-93,535	-989	-10721,67	134568,07	1585-7	0
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	-91,889	-181,701	-93,535	-989	-7787,65	144064,36	1585-7	220,24
1585	1670,48	COMB22	Combination	Min	268,09	-156,276	-126,75	-1259,9	-15738,06	89567,59	1585-8	0
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	268,09	-155,949	-126,75	-1259,9	-12540,41	95810,05	1585-8	240
1585	1910,48	COMB22	Combination	Min	278,416	-149,603	-181,08	-1713,93	-22017,58	94606,83	1585-9	0
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	278,416	-149,275	-181,08	-1713,93	-19181,97	97757,24	1585-9	240
1585	2150,48	COMB22	Combination	Min	-111,796	-159,514	-256,999	-4864,52	-23514,15	154929,9	1585-10	0
1585	2370,72	COMB22	Combination	Min	-111,796	-159,214	-256,999	-4864,52	-30643,82	154953,69	1585-10	220,24
1585	2370,72	COMB22	Combination	Min	278,438	8,936	-229,101	-4642,29	-29942,29	97864,18	1585-11	0
1585	2610,72	COMB22	Combination	Min	278,438	9,263	-229,101	-4642,29	-24173,84	94895,78	1585-11	240
1585	2610,72	COMB22	Combination	Min	267,883	20,193	-163,174	-1565,16	-18289,48	95996,58	1585-12	0
1585	2850,72	COMB22	Combination	Min	267,883	20,52	-163,174	-1565,16	-20072,75	89895,67	1585-12	240
1585	2850,72	COMB22	Combination	Min	-96,458	37,112	-127,63	-1327,32	-14503,5	144830,32	1585-13	0
1585	3070,96	COMB22	Combination	Min	-96,458	37,413	-127,63	-1327,32	-12923,3	135448,45	1585-13	220,24
1585	3070,96	COMB22	Combination	Min	224,984	48,496	-87,796	-1095,75	-10281,57	87317,19	1585-14	0
1585	3310,96	COMB22	Combination	Min	224,984	48,823	-87,796	-1095,75	-10468,41	74613,58	1585-14	240
1585	3310,96	COMB22	Combination	Min	194,276	62,996	-59,917	-934,71	-6935,7	78742,56	1585-15	0
1585	3550,96	COMB22	Combination	Min	194,276	63,323	-59,917	-934,71	-7879,64	62503,52	1585-15	240
1585	3550,96	COMB22	Combination	Min	-77,908	84,901	-39,738	-884,43	-4014,42	104164,52	1585-16	0
1585	3771,2	COMB22	Combination	Min	-77,908	85,201	-39,738	-884,43	-6220,48	84218,17	1585-16	220,24
1585	3771,2	COMB22	Combination	Min	107,085	90,103	-21,358	-868,51	-2394,1	56726,73	1585-17	0
1585	4011,2	COMB22	Combination	Min	107,085	90,43	-21,358	-868,51	-6356,62	33372,45	1585-17	240
1585	4011,2	COMB22	Combination	Min	50,059	104,268	-3,163	-1053,34	-83,78	40382,32	1585-18	0
1585	4251,2	COMB22	Combination	Min	50,059	104,595	-3,163	-1053,34	-7347,86	2068,57	1585-18	240
1585	4251,2	COMB22	Combination	Min	-73,139	132,444	17,072	-3199,47	5849,94	21321,28	1585-19	0
1585	4521,2	COMB22	Combination	Min	-73,139	132,812	17,072	-3199,47	-10667,95	-50238,16	1585-19	270

Εικόνα 123 Πίνακας σύγκρισης εντατικών μεγεθών αρχικής και ενισχυμένης διαδοκίδας

Συγκρίνοντας τους πίνακες εντατικών μεγεθών της αρχικής και της ενισχυμένης διαδοκίδας, παρατηρούμε μείωση της ασκούμενης θλιπτικής δύναμης P , της τέμνουσας V3 αλλά και της καμπτικής ροπής M3.

8.2.4. Ορθοστάτες - Διαγώνιοι πλαισίων

ΑΡΧΙΚΟΣ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗΣ - ΔΙΑΓΩΝΙΟΙ ΠΛΑΣΙΩΝ

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
9158	0	COMB22	Combination	Max	-164,137	-1,81E-18	-0,03	20,53	0	0	9158-1	0
9158	511,87	COMB22	Combination	Max	-164,167	0	9,368E-18	20,53	7,56	4,631E-16	9158-1	511,87
9158	1023,75	COMB22	Combination	Max	-164,196	1,81E-18	0,03	20,53	-9,592E-15	0	9158-1	1023,75
9158	0	COMB22	Combination	Min	-256,326	-1,81E-18	-0,03	7,53	0	0	9158-1	0
9158	511,87	COMB22	Combination	Min	-256,356	0	9,368E-18	7,53	7,56	4,631E-16	9158-1	511,87
9158	1023,75	COMB22	Combination	Min	-256,385	1,81E-18	0,03	7,53	-9,592E-15	0	9158-1	1023,75

ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΣ ΟΡΘΟΣΤΑΤΗΣ - ΔΙΑΓΩΝΙΟΙ ΠΛΑΣΙΩΝ

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-mm	KN-mm	KN-mm	Text	mm
9158	0	COMB22	Combination	Max	-209,787	-4,624E-18	-0,076	89,95	0	0	9158-1	0
9158	511,87	COMB22	Combination	Max	-209,862	0	0	89,95	19,33	1,184E-15	9158-1	511,87
9158	1023,75	COMB22	Combination	Max	-209,938	4,624E-18	0,076	89,95	0	0	9158-1	1023,75
9158	0	COMB22	Combination	Min	-295,113	-4,624E-18	-0,076	39,29	0	0	9158-1	0
9158	511,87	COMB22	Combination	Min	-295,188	0	0	39,29	19,33	1,184E-15	9158-1	511,87
9158	1023,75	COMB22	Combination	Min	-295,264	4,624E-18	0,076	39,29	0	0	9158-1	1023,75

Εικόνα 124 Πίνακας σύγκρισης εντατικών μεγεθών αρχικού και ενισχυμένου ορθοστάτη και διαγώνιου πλαισίων

Συγκρίνοντας τους πίνακες εντατικών μεγεθών του αρχικού και του ενισχυμένου ορθοστάτη - διαγώνιου πλαισίων, παρατηρούμε αύξηση της ασκούμενης θλιπτικής δύναμης P η οποία δύναται να παραληφθεί από την ενισχυμένη διατομή και ταυτόχρονα μείωση της τέμνουσας V3 αλλά και της καμπτικής ροπής M3.

8.3. Μετατοπίσεις

Από τη σύγκριση των μετατοπίσεων του φορέα στην αρχική και ενισχυμένη μορφή του προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΦΟΡΕΑ				ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΦΟΡΕΑ			
COMB22		COMB92		COMB22		COMB92	
ΑΡΧΙΚΗ	ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ	ΑΡΧΙΚΗ	ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ	ΑΡΧΙΚΗ	ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ	ΑΡΧΙΚΗ	ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ
1,397	0,660	0,794	1,494	-253,917	-128,254	-156,472	-66,472
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	**-52,75%**	**ΜΕΤΑΒΟΛΗ**	**88,16%**	**ΜΕΤΑΒΟΛΗ**	**-49,49%**	**ΜΕΤΑΒΟΛΗ**	**-57,52%**

Πίνακας 21 Συγκριτικός πίνακας μετατοπίσεων φορέα

.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι μεταξύ του αρχικού και του ενισχυμένου φορέα διαπιστώνεται διαφορά δηλαδή μία σαφή μείωση στη μετατόπιση του η οποία δικαιολογείται λόγω της αύξησης των διαστάσεων των διατομών στον ενισχυμένο φορέα.

8.4 Επίλογος

Όπως είναι φανερό από την εργασία που παρουσιάστηκε παραπάνω, προκύπτει ότι είναι δυνατή η σκυροδέτηση του καταστρώματος της γέφυρας από πλάκα σκυροδέματος πάχους 20 εκατοστών ενισχύοντας κατά αυτό τον τρόπο το αίσθημα ασφαλείας των χρηστών της αφού έτσι θα μειώνονται η ταλαντώσεις του καταστρώματος. Επιπλέον προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα αστοχιών των μελών της γέφυρας εξαιτίας των συνδυασμών φορτίσεων, αυτά θα πρέπει να ενισχυθούν κατάλληλα προκειμένου να ανταπεξέρχονται στις απαιτήσεις του Ευρωκώδικα. Η υπόψη γέφυρα είναι φανερό ότι θα μπορέσει να συνεχίσει την αποστολή για την οποία σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε δηλαδή να γεφυρώνει ανοίγματα με ταχύτητα, εξυπηρετώντας την κυκλοφορία οχημάτων -πεζών και δίνοντας γρήγορες και άμεσες λύσεις στον κρατικό μηχανισμό σε περίπτωση καταστροφής γεφυρών από θεομηνίες και καταστροφές.

Βιβλιογραφία

1. Chase, Cody. *A Look at Bridges: A Study of Types, Histories, and.* Connecticut College, 2015.

2. *http://www.thinkdefence.co.uk/2012/01/uk-military-bridging-equipment-the-bailey-bridge.* ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019.

3. L.D, Robberts. "The Bailey:The Amazing, All-Purpose Bridge."

4. LTD, ASSOCIATED CONSUNTINING ENGINEERS ACE. *EVALUATION OF BAILEY BRIDGE AT ARUNDU.* ASSOCIATED CONSUNTINING ENGINEERS ACE LTD.

5. USA ARMY, HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE. *BAILEY BRIDGE FM 5-277.* Washington, DC, 9 May 1986.

6. ΑΝΧΗΣ(ΜΧ) ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΒΑΡΛΑΜΟΣ, *ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟΥ 10-.*
7. ΕΡΜΟΠΟΥΛΟΣ. *ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ* . ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ.

8. ΤΧΗΣ (ΜΧ) ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ. "Εκτίμηση Δυναμικών Χαρακτηριστικών Γέφυρας Bailey και Διερεύνηση Μεθόδων Μείωσης των Επιδράσεων στο Φορέα." In *ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ*. Αθήνα, Ιούλιος 2014.

9. ΓΕΝΙΚΟ ΕΠΙΤΕΛΕΙΟ ΣΤΡΑΤΟΥ, *ΤΕ 10-210 ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ.* ΓΕΝΙΚΟ ΕΠΙΤΕΛΕΙΟ ΣΤΡΑΤΟΥ.

10. ΤΧΗΣ(ΜΧ)ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΣ. "ΒΑΣΗ ΓΕΦΥΡΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ."

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ FIGURE (ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ)