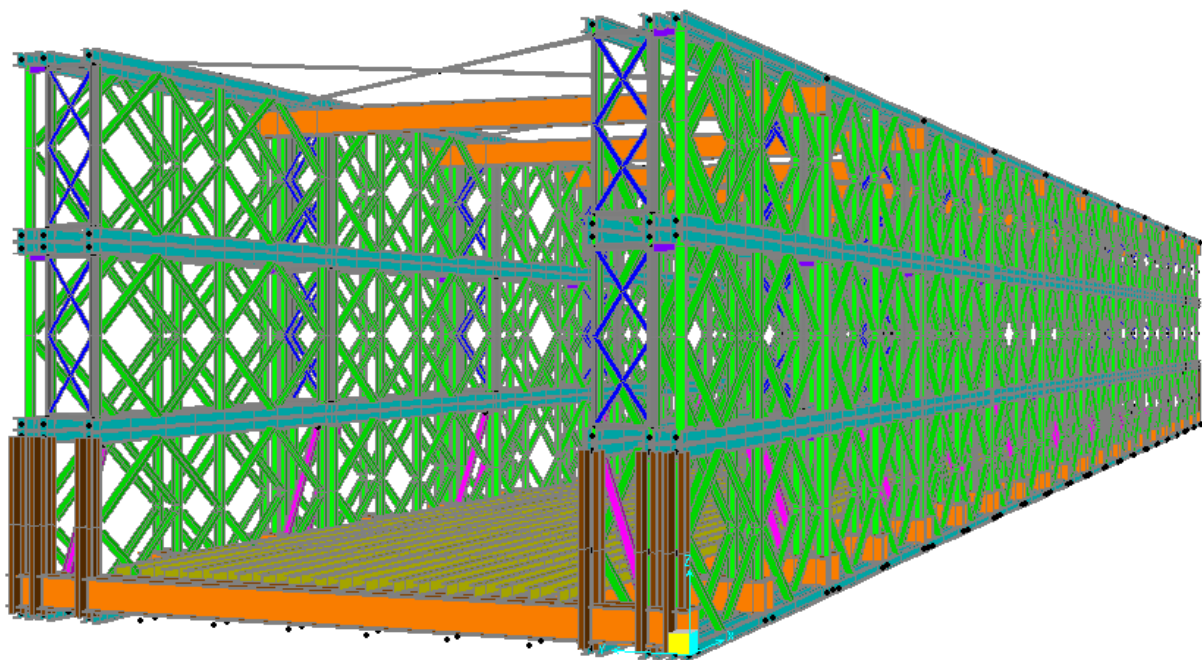




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση των Κατασκευών»
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Ανάλυση Γέφυρας Bailey M-2 και Προτάσεις Βελτίωσης της Φέρουσας Ικανότητάς της.



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριστομένης Δ. Κυριαζής

Επιβλέπων: Ιωάννης Ραυτογιάννης

Αθήνα, Φεβρουάριος 2015

EMK ME 2015/01

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	- 2 -
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	- 3 -
ABSTRACT	- 5 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	- 7 -
1.1 Γενικά - Ιστορική αναδρομή	- 7 -
1.2 Αντικειμενικός Σκοπός της Εργασίας.	- 10 -
1.3 Δομή της μεταπτυχιακής εργασίας.	- 10 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΦΥΡΑΣ BAILEY – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	- 12 -
2.1 Γενικά	- 12 -
2.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Γέφυρας Bailey	- 12 -
2.2.1 Τύποι Φορέων	- 13 -
2.2.2 Χάλυβας κατασκευής γέφυρας Bailey	- 15 -
2.2.3 Εξαρτήματα Γέφυρας. Μηχανικά και Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομών	- 16 -
2.2.3.1 Πλαίσιο (Panel)	- 17 -
2.2.3.2 Διαδοκίδα (Transom)	- 19 -
2.2.3.3 Μηκίδα (Stringer)	- 20 -
2.2.3.4 Δίπλακες (Chess)	- 21 -
2.2.3.5 Επιζυγίδες (Ribands)	- 22 -
2.2.3.6 Ακραίοι Ορθοστάτες (End Posts)	- 22 -
2.2.3.7 Υλικά συνδέσεως	- 23 -
2.2.3.8 Αντηρίδες, Εγκάρσιο πλαίσιο, πλάκα σύνδεσης	- 24 -
2.2.3.9 Αντιανέμιοι σύνδεσμοι	- 25 -
2.2.3.10 Έδραση γέφυρας	- 26 -
2.3 Περιγραφή Γέφυρας – Προσομοίωση του Φορέα	- 27 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ	- 32 -
3.1 Γενικά	- 32 -
3.2 Μόνιμες Δράσεις	- 33 -
3.3 Μεταβλητές Δράσεις	- 33 -
3.3.1 Κατακόρυφα φορτία (πρότυπο φόρτισης 1)	- 35 -
3.3.2 Οριζόντια Φορτία	- 38 -
3.3.3 Φορτία ανέμου	- 39 -

3.3.4	Θερμοκρασιακές μεταβολές	- 44 -
3.4	Τυχηματικές δράσεις	- 47 -
3.5	Σεισμικές Δυνάμεις	- 48 -
3.6	Ομάδες φορτίων κυκλοφορίας οδικών γεφυρών	- 50 -
3.7	Βασικές Φορτίσεις	- 51 -
3.8	Συνδυασμοί δράσεων	- 52 -
3.8.1	Συνδυασμοί για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές (οριακή κατάσταση αστοχίας)	- 54 -
3.8.2	Συνδυασμοί για τυχηματικές καταστάσεις (οριακή κατάσταση αστοχίας)	- 57 -
3.8.3	Συνδυασμοί για καταστάσεις σεισμού (οριακή κατάσταση αστοχίας)	- 58 -
3.8.4	Χαρακτηριστικός (σπάνιος) συνδυασμός (οριακή κατάσταση λειτουργικότητας)	- 58 -
3.8.5	Συχνός συνδυασμός (οριακή κατάσταση λειτουργικότητας)	- 61 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΦΟΡΕΑ		- 63 -
4.1	Γενικά	- 63 -
4.2	Πέλματα πλαισίων	- 64 -
4.3	Ορθοστάτες πλαισίων	- 65 -
4.4	Διαδοκίδες	- 66 -
4.5	Μηκίδες	- 67 -
4.6	Λοιπά μέλη - Αντιανέμιοι σύνδεσμοι	- 67 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ - ΑΝΑΛΥΣΗ		- 68 -
5.1	Γενικά	- 68 -
5.2	Νέες διατομές	- 68 -
5.2.1	Πέλημα πλαισίου	- 68 -
5.2.2	Ορθοστάτης και διαγώνιο μέλος πλαισίου	- 69 -
5.2.3	Διαδοκίδα	- 70 -
5.2.4	Μηκίδα	- 71 -
5.2.5	Ακραίοι Ορθοστάτες	- 71 -
5.2.6	Αντηρίδες	- 72 -
5.2.7	Εγκάρσιο πλαίσιο	- 72 -
5.2.8	Αντιανέμιοι σύνδεσμοι	- 73 -

5.2.9	Πλάκα συνδέσεως	- 73 -
5.3	Πίνακες εντατικών μεγεθών	- 73 -
5.4	Πίνακες Μετατοπίσεων	- 80 -
5.5	Διαγράμματα εντατικών μεγεθών	- 81 -
5.6	Διαγράμματα Μετατοπίσεων	- 84 -
5.7	Ιδιοσυχνότητες – Ιδιομορφές	- 85 -
5.8	Έλεγχος λυγισμού άνω θλιβόμενου πέλματος	- 87 -
5.9	Συμπεράσματα	- 89 -
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 90 -
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	- 92 -
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	- 93 -
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	- 95 -
	ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	- 97 -

Κυριαζής Α.Δ. (2015).
Ανάλυση Γέφυρας Bailey M-2 και Προτάσεις Βελτίωσης της Φέρουσας Ικανότητάς
της.
Μεταπτυχιακή Εργασία
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
Kyriazis A.D. (2015).
Analysis of Bailey Bridge M-2 and Proposals of Load Bearing Capacity Improve-
ment.
Postgraduate Thesis
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο τέλος αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας, οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ραυτογιάννη Ιωάννη, επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μου, για την πολύτιμη βοήθεια και τη διαρκή υποστήριξή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής.

Χάρη στη βοήθεια του καθηγητή μου διεύρυνα το γνωστικό μου πεδίο και κατάφερα να πραγματοποιήσω με επιτυχία αυτή την εργασία.

Τη μεταπτυχιακή αυτή εργασία, την αφιερώνω στην οικογένεια μου και στη σύζυγό μου Σπυριδούλα, για την κατανόηση και την υποστήριξη που μου παρείχε τόσο στη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας, όσο και κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στο σύνολό τους.

Τέλος, στις κόρες μου Αγγελική – Ευαγγελία και Χριστίνα, υπόσχομαι αναπλήρωση του χρόνου που της στέρησα προκειμένου να ολοκληρώσω την προσπάθεια αυτή.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2015

Κυριαζής Αριστομένης

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάλυση Γέφυρας Bailey M-2 και Προτάσεις Βελτίωσης της Φέρουσας Ικανότητάς της.

Κυριαζής Α.Δ. (Επιβλέπων: Ραυτογιάννης Ι.)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γέφυρα Bailey είναι μεταλλική δικτυωτή και 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. Σήμερα υπάρχουν γέφυρες οι οποίες έχουν κατελκυθεί και παραμένουν ακόμη σε χρήση.

Αντικειμενικός σκοπός της εργασίας είναι:

α. Η ανάλυση ενός αμφιέριστου φορέα τριών σειρών πλαισίων σε τρεις ορόφους (T/T) μήκους 100 ποδών (30,48 μέτρων), ο υπολογισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών, η διερεύνηση της φέρουσας ικανότητάς και ο έλεγχος της επάρκειας του σύμφωνα με τους εν ισχύ σύγχρονους κανονισμούς (ευρωκώδικες 1, 3 και 8).

β. Η εξαγωγή συμπερασμάτων και η υποβολή προτάσεων βελτίωσης της φέρουσας ικανότητας, με σκοπό αφενός την πιθανή ενίσχυση των ήδη τοποθετημένων γεφυρών, και αφετέρου την δημιουργία τροποποιημένης συλλογής γέφυρας βασικού ανοίγματος 30,48 μέτρων, επαρκούς αντοχής σύμφωνα με τους κανονισμούς που να είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (καταρρεύσεις γεφυρών από φυσικές ή άλλες καταστροφές κλπ), ως προσωρινή λύση.

Στην εργασία γίνεται περιγραφή του υλικού, προβάλλονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γέφυρας και αναπτύσσεται ο τρόπος προσομοίωσης του φορέα με ραβδωτά πεπερασμένα στοιχεία μέσω του λογισμικού Sap2000 V14. Παρουσιάζονται οι δράσεις που ασκούνται στον φορέα με βάση τους ευρωκώδικες, καθώς

και οι συνδυασμοί φορτίσεων, σύμφωνα με τους οποίους έγιναν οι υπολογισμοί της κατασκευής.

Αναλύεται ο φορέας, παρατίθενται τα αποτελέσματα των επιλύσεων και αναφέρονται οι παρατηρούμενες αστοχίες. Κατόπιν αναπτύσσεται η προτεινόμενη λύση για την επαύξηση της φέρουσας ικανότητας της γέφυρας. Παρουσιάζονται οι νέες ενισχυμένες διατομές των μελών της γέφυρας με τις οποίες αποφεύγεται η αστοχία. Δίδονται ενδεικτικά κάποια αποτελέσματα των νέων επιλύσεων όπως μέγιστες και ελάχιστες τιμές εντατικών μεγεθών, μέγιστα ποσοστά εξάντλησης του ορίου αντοχής των μελών, διαγράμματα ροπών κάμψεως, αξονικών και τεμνουσών δυνάμεων κλπ. Τέλος η εργασία ολοκληρώνεται με τον έλεγχο λυγισμού άνω θλιβόμενου πέλματος της γέφυρας.

**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES**

MSc THESIS

Analysis of Bailey Bridge M-2 and Proposals of Load Bearing Capacity Improvement.

Kyriazis A.D.(supervised by Raftoyiannis, I.G.)

ABSTRACT

The Bailey bridge is a steel truss bridge composed of prefabricated parts which are assembled in situ with bolts and pins. It was designed, studied and developed during the Second World War for the operational needs of the Allies in bridging barriers with variable span. There are bridges that have been launched and remained in use until today.

The objectives of this study are:

- a. The analysis of a two point resting body series of three on panels on three floors (T / T) length of 100 feet (30.48 meters), the calculation of the mechanical characteristics, the examination of the load-bearing capacity and adequacy in accordance with applicable modern regulations (Eurocodes 1, 3 and 8).
- b. The conclusions and proposals regarding the improvement of carrying capacity, with a view to both the possible strengthening of the already installed bridges, as well as the creation of a modified collection of a bridge opening of 30.48 meters of sufficient strength, in accordance with the regulations, and feasible to be used in emergencies (natural disasters, catastrophes, etc.), as a temporary solution.

This paper describes the material, displays the technical characteristics of the bridge and develops the simulation of vector Beam finite elements through software Sap2000 V14. It also presents the actions exercised on the agent as regards the Eurocodes and the load combinations, according to which the calculations of the structure were made.

The agent is analyzed, the results of the resolution as well as the observed failures are reported. Then the proposed solution to enhance the carrying capacity of the bridge is developed. The thesis shows the new reinforced sections of the

members of the bridge to avoid failure. Given as an example some results of new resolutions, such as maximum and minimum internal forces, maximum depletion rates of the members' endurance limit, bending moment diagrams, axial and shear forces, are given as examples. Finally, the thesis concludes with control over compression flange buckling of the bridge.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

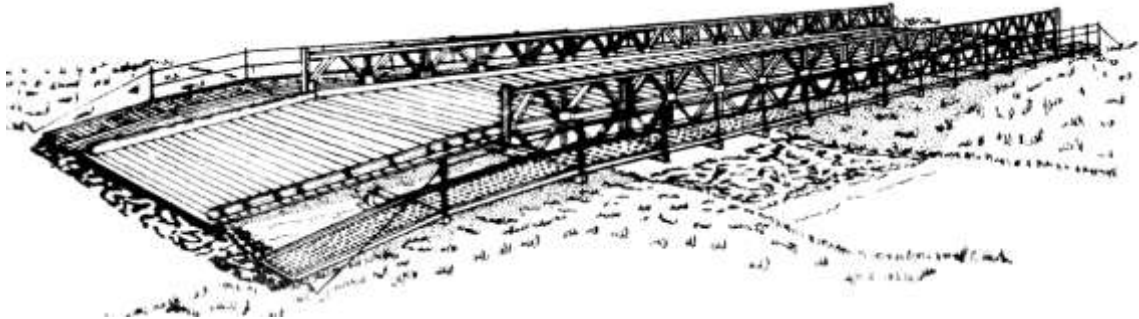
1.1 Γενικά - Ιστορική αναδρομή

Ως γέφυρα ορίζεται μία τεχνική κατασκευή με την οποία επιτυγχάνεται ζεύξη δύο ή περισσότερων σημείων υπεράνω φυσικού ή τεχνικού κωλύματος. Οι γέφυρες μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες, οι σημαντικότερες εκ των οποίων είναι:

- Ανάλογα με τον χρήση: Οδικές, σιδηροδρομικές, πεζογέφυρες, μεικτές, γέφυρες αγωγών, γερανογέφυρες κλπ.
- Ανάλογα με τη διάρκεια της χρήσης: Μόνιμες, προσωρινές και λυόμενες.
- Ανάλογα με τη στατική μορφή των κυρίων δοκών: Αμφιέριστες, συνεχείς, πλαισιωτές, τοξωτές, κρεμαστές με ευθύγραμμο ή καμπύλο καλώδια.
- Ανάλογα με την μόρφωση των κυρίων δοκών: Ολόσωμες (πρότυπες, σύνθετες ή κιβωτιοειδείς) και δικτυωτές μορφής V,N,K.
- Ανάλογα με τη θέση του καταστρώματος: Άνω, μέσης και κάτω διάβασης.
- Ανάλογα με τον αριθμό των καταστρωμάτων: Μονώροφες και διώροφες.
- Ανάλογα με το είδος των συνδέσεων: Ηλωτές, Κοχλιωτές και συγκολλητές.
- Ανάλογα με τη λοξότητα: Ορθές και λοξές.
- Ανάλογα με τη γεωμετρική χάραξη του άξονα: Ευθύγραμμες ή καμπύλες, οριζόντιες ή κεκλιμένες.
- Ανάλογα με την κινητικότητα: Σταθερές ή κινητές π.χ. κυλιόμενες, κατακόρυφα ανυψούμενες, περιστρεφόμενες περί κατακόρυφο ή οριζόντιο άξονα, καθώς και βυθιζόμενες.

Η ύπαρξη ή όχι κατάλληλων γεφυρών είναι κεφαλαιώδους σημασίας για την εξέλιξη των πολεμικών επιχειρήσεων, καθώς τα πεδία μαχών εκτείνονται σε μεγάλες αποστάσεις και σε εδάφη με πολλαπλά κωλύματα, η ζεύξη των οποίων είναι απαραίτητη για την ταχεία μετακίνηση των μηχανοκίνητων και τεθωρακισμένων δυνάμεων, την λειτουργία του ρεύματος διοικητικής μέριμνας όπως για παράδειγμα οι ανάγκες σε καύσιμα, τρόφιμα κλπ.

Οι στρατιωτικές γέφυρες, διαθέτουν κάποια από τα στοιχεία των προαναφερθέντων κατηγοριών, επιπροσθέτως όμως πρέπει να έχουν χαρακτηριστικά όπως ευκολία - ταχύτητα κατασκευής, ευκινησία, πολυμορφία κλπ.



Εικόνα 1: Γέφυρα Bailey M2



Εικόνα 2: Ένα τμήμα γέφυρας Bailey στο μουσείο Memorial Πήγασος στη Γαλλία (αριστερά). Συμμαχικά στρατεύματα κατά την καθέλκυση γέφυρας Bailey (δεξιά).

Η δικτυωτή γέφυρα Bailey M-2 ήταν μια πρωτοποριακή ιδέα η οποία αναπτύχθηκε κατά την διάρκεια του Β' παγκοσμίου πολέμου, από τον Sir Donald Bailey και την ομάδα του και η οποία έπρεπε να διαθέτει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

α. Να κατασκευάζεται και να καθελκύεται με τα χέρια (εξαιρείται η διαμόρφωση τριών ορόφων). Κάθε εξάρτημα της δικτυωτής γεφύρας M2 είναι τυποποιημένο, ελαφρύ σχετικά, εύκολου χειρισμού και τοποθετείται σε μία ορισμένη θέση, προς αποφυγή οιοδήποτε σφάλματος κατά την συναρμολόγηση της γεφύρας.

β. Να υπάρχει ταχύτητα κατασκευής, η οποία επιτυγχάνεται μεταξύ άλλων, με την τυποποίηση και τον εύκολο χειρισμό των εξαρτημάτων.

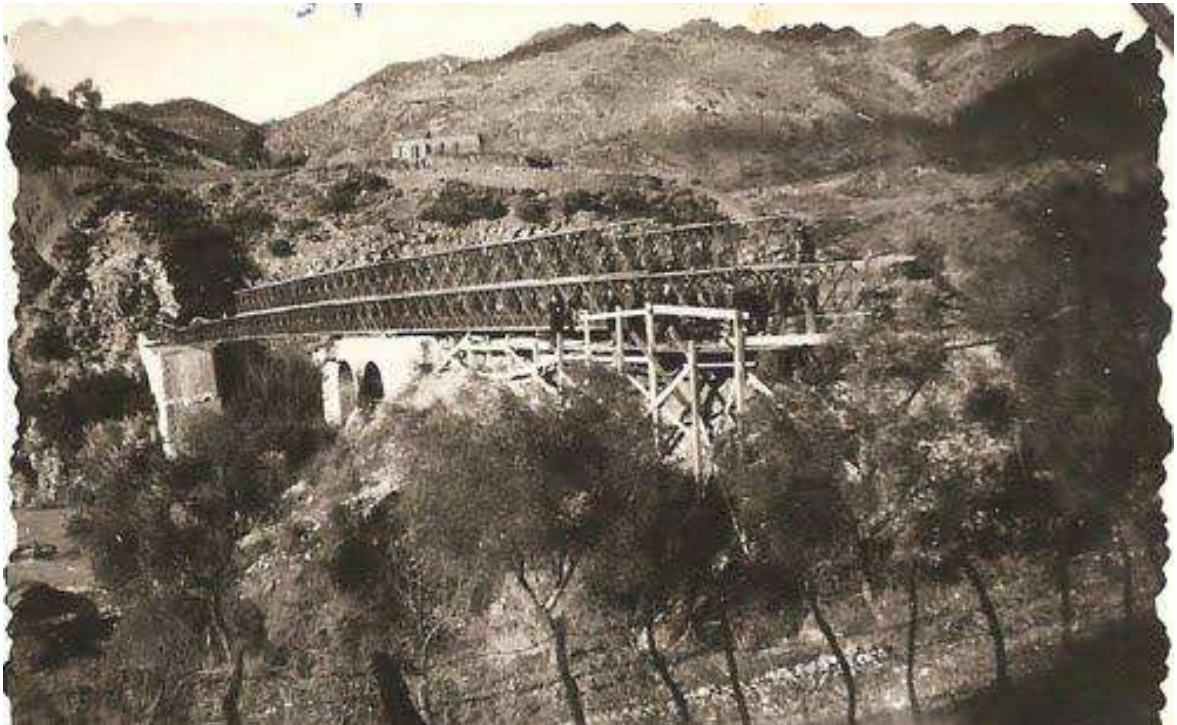
γ. Ο φορέας να κατασκευάζεται σε διάφορους τύπους ανάλογα με τις ανάγκες. Είναι δυνατόν να κατασκευασθούν επτά διαφορετικοί τύποι φορέων

γεφύρας ενός ανοίγματος και μήκους μέχρι 210 ποδών (64,05 μέτρων). Επίσης επιτυγχάνεται ή κατασκευή μεσόβαθρων, πύργων, αυτοσχέδιων κατασκευών κλπ.

δ. Να μπορεί να μεταφερθεί με τα μεταφορικά της εποχής. Τα εξαρτήματα μεταφέρονται επί οχημάτων 2,5t ή 5t και επί ρυμουλκούμενων. Δύναται να μεταφερθούν ακόμη και διά των χειρών σε μικρές αποστάσεις.

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

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά οδήγησαν στην επιλογή της Bailey από πολλές χώρες, σαν προσωρινή ή και μόνιμη ακόμη λύση την εποχή της ανασυγκρότησης, αμέσως μετά την λήξη του Β'ΠΠ, αλλά και στην σύγχρονη εποχή στο πλαίσιο αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών.



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

Με την πάροδο των ετών, η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η αύξηση της μεταφορικής ικανότητας των οχημάτων είχε σαν αποτέλεσμα την φόρτιση των γεφυρών αυτών με φορτία μεγαλύτερα από τα αναμενόμενα.



Εικόνα 4: Η γέφυρα του Θέρμου

1.2 Αντικειμενικός Σκοπός της Εργασίας.

Αντικειμενικός σκοπός της εργασίας είναι:

α. Η ανάλυση ενός αμφιέριστου φορέα τριών σειρών πλαισίων σε τρεις ορόφους (T/T) μήκους 100 ποδών (30,48 μέτρων), ο υπολογισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών, η διερεύνηση της φέρουσας ικανότητάς και ο έλεγχος της επάρκειας του σύμφωνα με τους εν ισχύ σύγχρονους κανονισμούς (ευρωκώδικες 1, 3 και 8).

β. Η εξαγωγή συμπερασμάτων και η υποβολή προτάσεων βελτίωσης της φέρουσας ικανότητας, με σκοπό αφενός την πιθανή ενίσχυση των ήδη τοποθετημένων γεφυρών, και αφετέρου την δημιουργία τροποποιημένης συλλογής γέφυρας βασικού ανοίγματος 30,48 μέτρων, επαρκούς αντοχής σύμφωνα με τους κανονισμούς που να είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (καταρρεύσεις γεφυρών από φυσικές ή άλλες καταστροφές κλπ), ως προσωρινή λύση.

Για τις επιλύσεις δημιουργήθηκε μοντέλο του φορέα με ραβδωτά πεπερασμένα στοιχεία μέσω του λογισμικού Sap2000 V14.

1.3 Δομή της μεταπτυχιακής εργασίας.

Η παρούσα εργασία αναπτύσσεται σε 5 κεφάλαια.

Στο 1^ο κεφάλαιο παρατίθενται γενικά εισαγωγικά στοιχεία και γίνεται μικρή ιστορική αναδρομή στην γέφυρα Bailey M2.

Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται εκτενής περιγραφή του υλικού, προβάλλονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γέφυρας και αναπτύσσεται ο τρόπος προσομοίωσης αμφιέριστης γέφυρας ανοίγματος 30,48 μέτρων.

Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δράσεις που ασκούνται στον φορέα με βάση τους ευρωκώδικες, καθώς και οι συνδυασμοί φορτίσεων, σύμφωνα με τους οποίους έγιναν οι υπολογισμοί της κατασκευής.

Στο 4^ο κεφάλαιο αναλύεται ο φορέας, παρατίθενται τα αποτελέσματα των επιλύσεων στο πρόγραμμα Sap 2000, και αναφέρονται οι παρατηρούμενες αστοχίες.

Στο 5^ο κεφάλαιο αναπτύσσεται η προτεινόμενη λύση για την επαύξηση της φέρουσας ικανότητας της γέφυρας. Παρουσιάζονται οι νέες ενισχυμένες διατομές των μελών της γέφυρας με τις οποίες αποφεύγεται η αστοχία. Επίσης στο ίδιο κεφάλαιο φαίνονται ενδεικτικά κάποια αποτελέσματα των νέων επιλύσεων όπως μέγιστες και ελάχιστες τιμές εντατικών μεγεθών, μέγιστα ποσοστά εξάντλησης του ορίου αντοχής των μελών, διαγράμματα ροπών κάμψεως, αξονικών και τεμνουσών δυνάμεων κλπ. Τέλος το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τον έλεγχο λυγισμού άνω θλιβόμενου πέλματος της γέφυρας, καθώς και με τον έλεγχο της κατασκευής σε κόπωση.

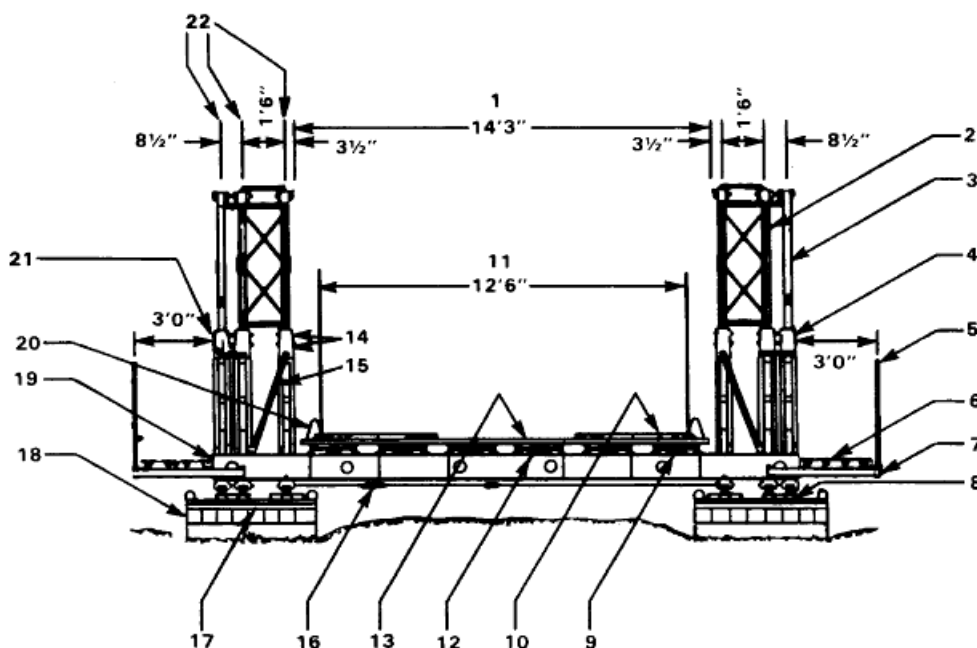
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΦΥΡΑΣ BAILEY – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει γενική περιγραφή της γέφυρας και θα δοθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά σε όση έκταση απαιτείται του φορέα που θα εξετασθεί. Λεπτομέρειες είναι δυνατόν να αναζητηθούν στην βιβλιογραφία [19].

2.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Γέφυρας Bailey

Η συνήθης κατασκευή δικτυωτής γέφυρας, είναι γέφυρα κάτω διαβάσεως. Το κατάστρωμα φέρεται μεταξύ δύο κυρίως δικτυωτών φορέων. Οι φορείς της γέφυρας αποτελούνται από πλαίσια των 10 ποδών (3,048 μέτρα), συνδεδεμένα μεταξύ τους στα άκρα με περόνες. Επί των κάτω πελμάτων των πλαισίων, στερεώνονται διαδοκίδες κάθετες στον άξονα της γέφυρας. Επί αυτών τοποθετούνται οι μηκίδες και το κατάστρωμα. Η κατασκευή φέρει αντιανέμια για την αποφυγή της οριζόντιας αποκλίσεως των φορέων, αντηρίδες οι οποίες συνδέουν τους φορείς με τις διαδοκίδες για την διατήρηση των φορέων κατακορύφων, εγκάρσια πλαίσια και πλάκες συνδέσεως μεταξύ των κατά πλάτος σειρών των πλαισίων για να τηρούνται σταθερές οι αποστάσεις μεταξύ τους.



Εικόνα 5: Τομή φορέα Τ/Δ και αποστάσεις (πηγή:FM 5-277-http://library.enlisted.info/field-manuals/series-1/FM5_277/CH1.PDF)

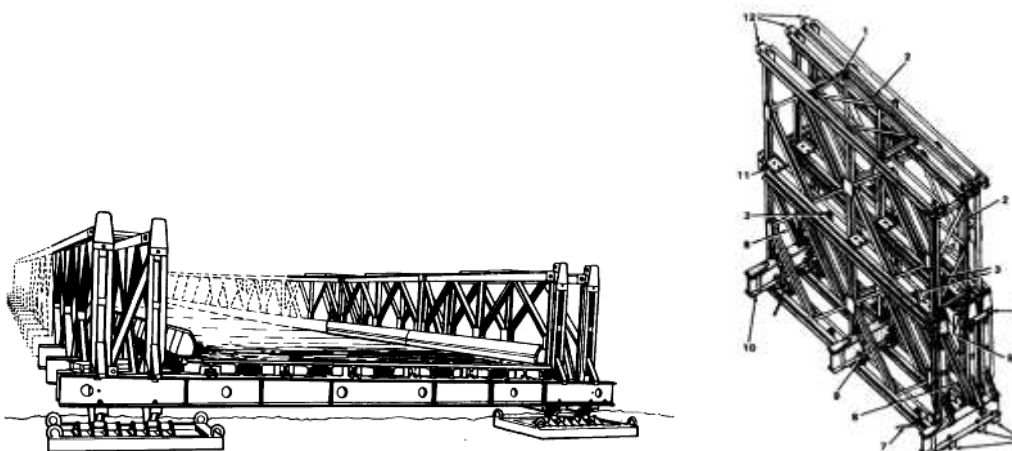
2.2.1 Τύποι Φορέων

Με το υλικό των συλλογών της γέφυρας Bailey μπορούν να κατασκευαστούν αμφιέριστοι και με κατάλληλη προσαρμογή συνεχείς φορείς. Οι αμφιέριστοι φορείς μπορούν να καλύψουν ανοίγματα από 30 πόδια (9,144 μέτρα) έως 210 πόδια (64,01 μέτρα) και έχουν φέρουσα ικανότητα που εξαρτάται από το άνοιγμα και το τύπο του φορέα.

Οι κύριοι φορείς της γεφύρας είναι δύο και ευρίσκονται στα πλευρά και κατά μήκος του άξονος ταύτης. Έκαστος φορέας φέρει μία, δύο ή τρεις παραλλήλους σειρές πλαισίων. Για να καταστεί ο φορέας μεγαλύτερης αντοχής, τοποθετείται δεύτερος και τρίτος όροφος σειρών πλαισίων, διά συνδέσεως των άνω πελμάτων της πρώτης σειράς πλαισίων μετά των κάτω πελμάτων της άνω σειράς τούτων. Οι μορφές, τις οποίες δύνανται να λάβουν οι φορείς της γέφυρας είναι οι παρακάτω:

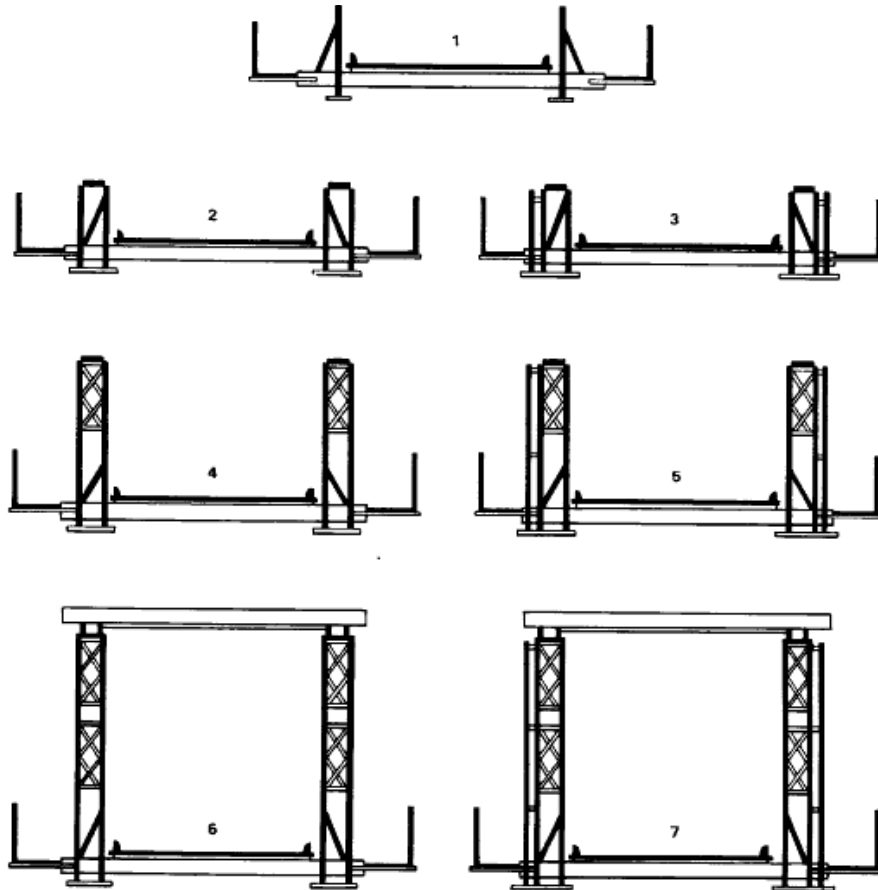
α/α	Τύπος φορέως	Ονομασία	Σύντμηση
1	Μία σειρά πλαισίων, ένας όροφος	Απλή — απλή	A/A
2	Δύο σειρές πλαισίων ένας όροφος	Διπλή — άπλή	Δ/A
3	Τρεις σειρές πλαισίων, ένας όροφος	Τριπλή — άπλή	T/A
4	Δύο σειρές πλαισίων, δύο όροφοι	Διπλή — διπλή	Δ/Δ
5	Τρεις σειρές πλαισίων, δύο όροφοι	Τριπλή — διπλή	T/Δ
6	Δύο σειρές πλαισίων, τρεις όροφοι	Διπλή — τριπλή	Δ/T
7	Τρεις σειρές πλαισίων, τρεις όροφοι	Τριπλή — τριπλή	T/T

Πίνακας 1: Ονοματολογία φορέων της γέφυρας Bailey

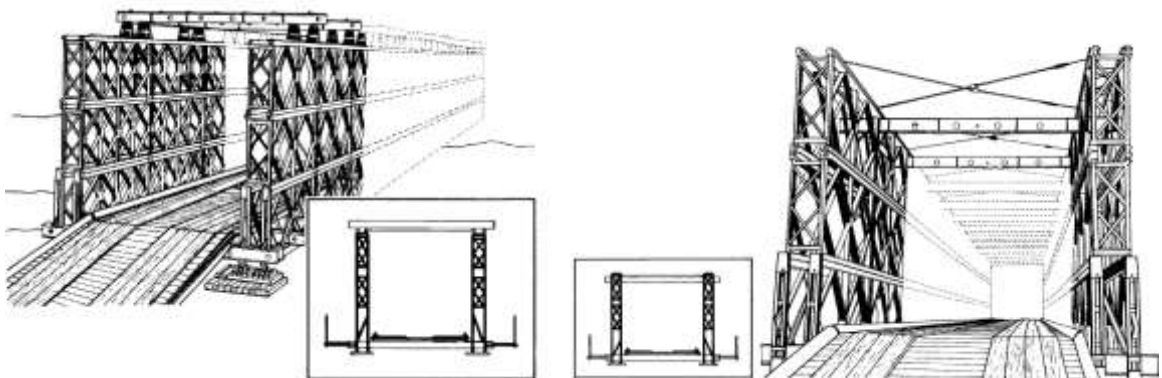


Εικόνα 6: Φορέας Δ/A (αριστερά). Δικτυωτή δοκός από πλαίσια φορέα T/Δ (δεξιά). (πηγή:

Ουδέποτε κατασκευάζεται γέφυρα με φορέα φέροντα μία σειρά πλαισίων με τρεις ή δύο ορόφους, καθ' όσον τέτοια κατασκευή θα είναι τελείως ασταθής. Οι φορείς των γεφυρών κάτω διαβάσεως, οι φέροντες τρεις ορόφους συνδέονται στην κορυφή μεταξύ τους διά διαδοκίδων και αντιανέμιων για την καλύτερη ευστάθεια αυτών.



Εικόνα 7: Μορφή φορέων της γέφυρας Bailey (πηγή: FM 5-277)



Εικόνα 8: Γέφυρα Δ/Τ με 2 διαφορετικές δυνατότητες διαμόρφωσης οροφής (πηγή: FM 5-277)

2.2.2 Χάλυβας κατασκευής γέφυρας Bailey

Για την γέφυρα Bailey χρησιμοποιήθηκε χάλυβας από την Βρετανική Βιομηχανία Χάλυβα [21]. Αρχικά BS 968 1941(War Emergency Standard), και κατόπιν BS 968 No1 1943 (War Time Amendend) με βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά.

Το 1962 αναπτύχθηκε ο BS 968 1962 με βελτιωμένο 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 [22]. Λεπτομέρειες παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα.

BS 15					
	πάχος υλικού σε inches	πάχος υλικού σε mm	Όριο διαρροής σε ton/sq.in	Όριο διαρροής σε Mpa	σπακ εφέλκυσμού (Mpa)
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 2: Χρησιμοποιούμενοι τύποι χάλυβα στη γέφυρα 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 επιδράσεις των περιβαλλοντικών επιδράσεων.

Στην παρούσα εργασία, λόγω ελλείψεως άλλων πειραματικών δεδομένων, θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα προγενέστερης εργασίας [24] που αφορά σε τοποθετημένη γέφυρα Bailey στο Πακιστάν. 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 : $E=30.000 \text{ Ksi}$ ήτοι $206,8 \text{ GPa}$.

Για το φορτίο διαρροής των πελμάτων πάνελ: $P = \min: 90 \text{ kN} \text{ max}: 110 \text{ kN}$

Για το όριο διαρροής : $f_y = 50 \text{ Ksi}/344 \text{ MPa}$

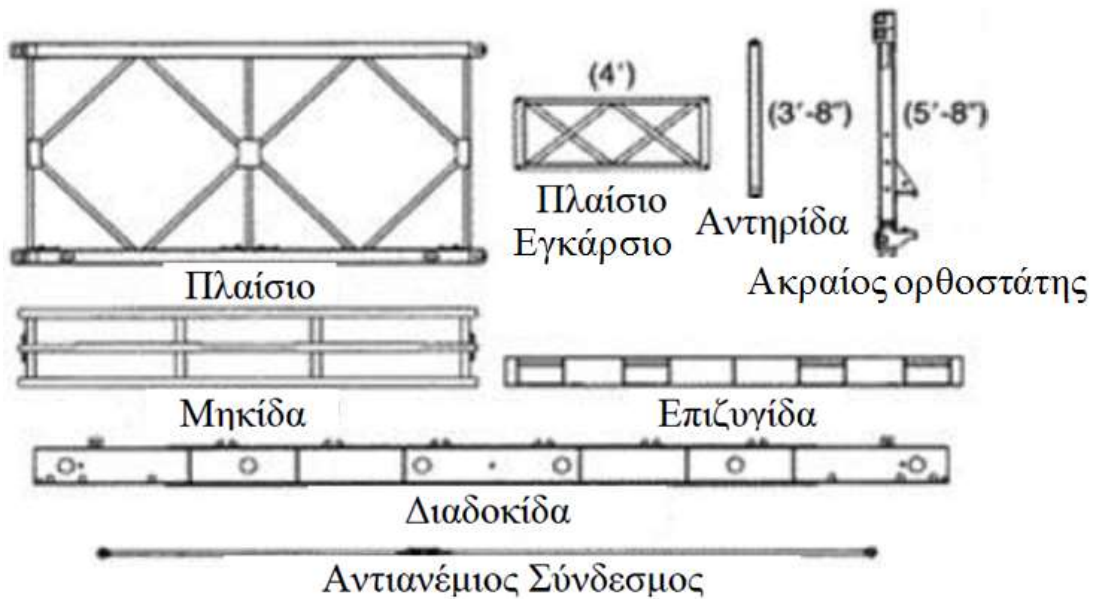
Για το όριο θραύσης : $f_u = 78 \text{ Ksi}/540 \text{ MPa}$

Ιδιότητα	Υλικό	Τιμή
Μέτρο ελαστικότητας E	Steel BS 968	206,8 GPa
Τάση διαρροής f_y	Steel BS 968	344 MPa
Τάση θραύσης f_u	Steel BS 968	540 MPa

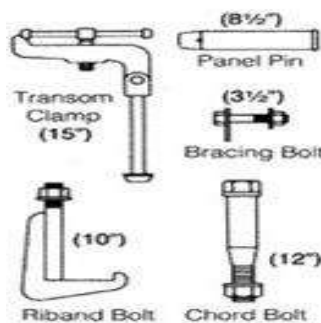
Πίνακας 3: Πίνακας μέσων όρων παραδοχών ιδιοτήτων χάλυβα BS 968

2.2.3 Εξαρτήματα Γέφυρας. Μηχανικά και Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομών

Ο κάθε φορέας αποτελείται από τα ίδια εξαρτήματα. Αναλόγως του φορέα, αλλάζει ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων τεμαχίων από κάθε ομάδα εξαρτημάτων.



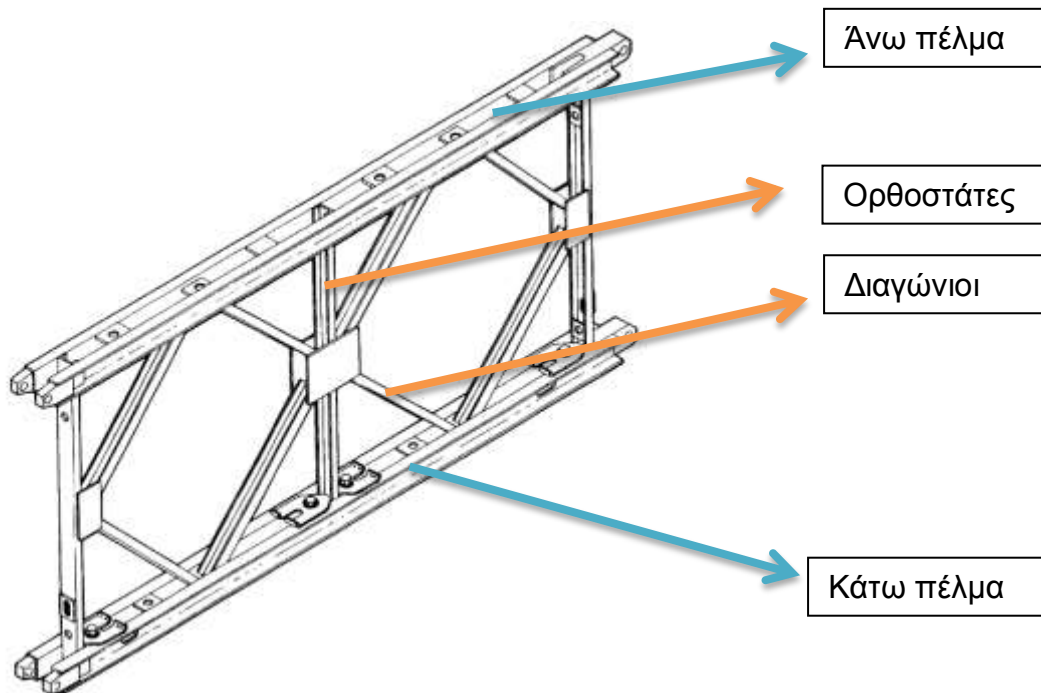
Εικόνα 9: Εξαρτήματα συλλογής γέφυρας Bailey (πηγή: FM 5-277)



Εικόνα 10: Πείροι και βλήτρα σύνδεσης (πηγή: FM 5-277)

2.2.3.1 Πλαίσιο (Panel)

Τα Πλαίσια έχει διαστάσεις 10 πόδια μήκος (3,048 μέτρα) και ύψος 5 πόδια και 1 ίντσα (1,55 μέτρα). Τα πλαίσια συνδεδεμένα μεταξύ τους με πείρους υλοποιούν τις δικτυωτές δοκούς. Κατασκευάζονται γέφυρες με μήκος πολλαπλάσιο των 10 ποδών και μέγιστο ύψος δοκών 15 πόδια (4,65 μέτρα).



Εικόνα 11: Πλαίσιο

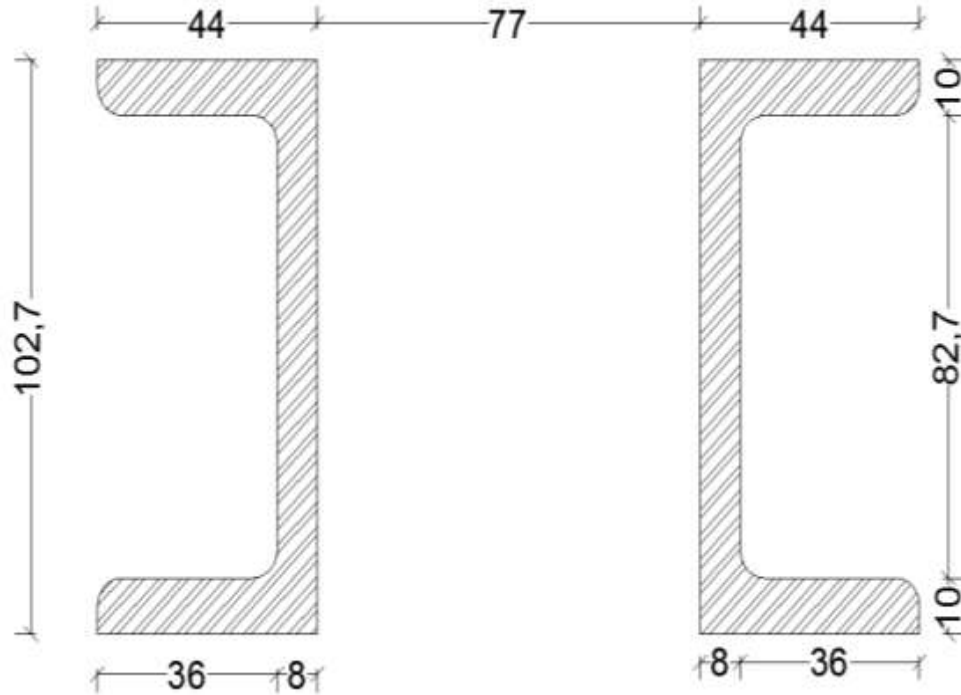
Για το πέλμα χρησιμοποιούνται δύο διατομές UPN για καθαρά πρακτικούς λόγους καθώς επί των δοκών έχουν συγκολληθεί τεμάχια που απαιτούνται για τις συνδέσεις καθ' ύψος. Με τη χρήση των δύο διατομών σε απόσταση μεταξύ τους 77 mm επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη συγκόλληση των ορθοστατών και των χιαστί ενισχύσεων δημιουργώντας ταυτόχρονα άκαμπτους κόμβους δικτυώματος.

Ακολουθούν οι υπολογισμοί γεωμετρικών και αδρανειακών μεγεθών των διατομών όπου:

- A = εμβαδόν διατομής
- $I_y = I_{3-3}$ = Ροπή αδράνειας περί τον ισχυρό άξονα $y-y$
- $I_z = I_{2-2}$ = Ροπή αδράνειας περί τον ασθενή άξονα $z-z$
- i_y = Ακτίνα αδράνειας περί τον ισχυρό $y-y$
- i_z = Ακτίνα αδράνειας περί τον ασθενή άξονα $z-z$
- $W_{el,y}$ = Ελαστική ροπή αντίστασης περί τον ισχυρό άξονα $y-y$

- $W_{el,z}$ = Ελαστική ροπή αντίστασης περί τον ασθενή άξονα z-z
- $W_{pl,y}$ = Πλαστική ροπή αντίστασης περί τον ισχυρό άξονα y-y
- $W_{pl,z}$ = Πλαστική ροπή αντίστασης περί τον ασθενή άξονα z-z

Τα άνω και κάτω πέλματα του πλαισίου έχουν την ακόλουθη διατομή:

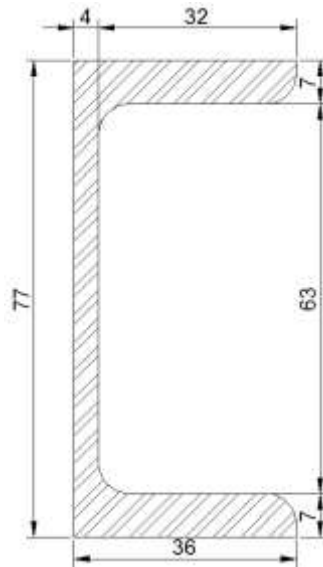


Σχήμα 1: Διατομή άνω και κάτω πέλματος δοκού

Άνω και κάτω πέλμα πλαισίου 2 UPN			
$A=30,832\text{cm}^2$			
$h= 102,7\text{mm}$	$b= 165\text{mm}$	$t_w= 8\text{mm}$	$t_f= 10\text{mm}$
$I_y= 454,986 \text{ cm}^4$	$I_z= 912,3074 \text{ cm}^4$	$i_y= 3,8415 \text{ cm}$	$i_z= 5,4396 \text{ cm}$
$W_{el,y}=88,6049 \text{ cm}^3$	$W_{el,z}=110,5827\text{cm}^3$	$W_{pl,y}=108,9332\text{cm}^3$	$W_{pl,z}=162,716\text{cm}^3$
Κατάταξη Διατομής → Κατηγορία 1			
$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{344}} = 0,826$			
Κορμός: $c/t = 82,7/8 = 10,34 < 33\varepsilon = 27,26$ Κατηγορία 1			
Πέλμα: $c/t = 44/10 = 4,4 < 9\varepsilon = 7,434$ Κατηγορία 1			

Πίνακας 4: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη διατομής 2 UPN

Οι ορθοστάτες και οι διαγώνιοι του πλαισίου έχουν την ακόλουθη διατομή UPN:



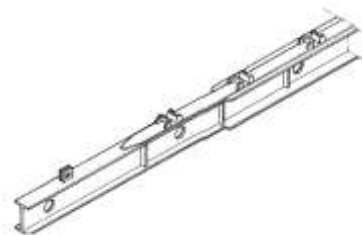
Σχήμα 2: Διατομή ορθοστάτη και διαγώνιου μέλους πλαισίου

Ορθοστάτης και διαγώνιο μέλος πλαισίου UPN			
$A=7,56\text{cm}^2$			
$h=77\text{mm}$	$b=36\text{mm}$	$t_w=4\text{mm}$	$t_f=7\text{mm}$
$I_y=70,2807\text{cm}^4$	$I_z=9,7776\text{cm}^4$	$i_y=3,049\text{cm}$	$i_z=1,1372\text{cm}$
$W_{el,y}=18,2547\text{cm}^3$	$W_{el,z}=4,1904\text{cm}^3$	$W_{pl,y}=21,609\text{cm}^3$	$W_{pl,z}=7,434\text{cm}^3$
Κατάταξη Διατομής → Κατηγορία 1			
$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{344}} = 0,826$			
Κορμός: $c/t = 63/4 = 15,75 < 33\varepsilon = 27,26$ Κατηγορία 1			
Πέλμα: $c/t = 32/7 = 4,57 < 9\varepsilon = 7,434$ Κατηγορία 1			

Πίνακας 5: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη διατομής UPN

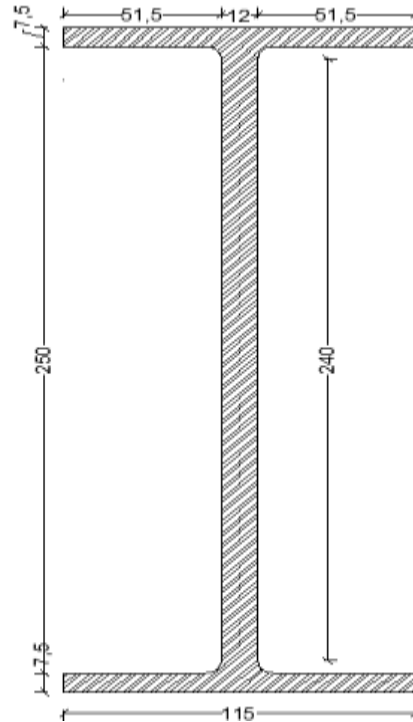
2.2.3.2 Διαδοκίδα (Transom)

Οι διαδοκίδες του φορέα έχουν μήκος 6,07 μέτρα και στα πέλματα φέρουν ενισχύσεις με πλάκα ενίσχυσης. Το βάρος ανέρχεται σε 618 λίβρες (280 κιλά).



Εικόνα 12: Διαδοκίδα

Είναι διατομή σειράς IPN



Σχήμα 3: Διατομή διαδοκίδος

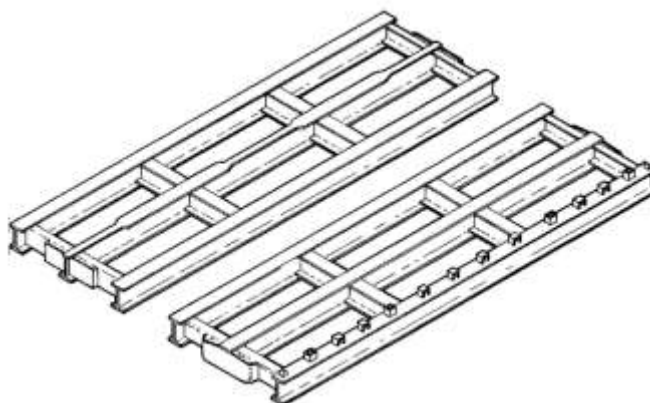
Διαδοκίδα IPN			
$A = 47,25 \text{ cm}^2$			
$h = 265 \text{ mm}$	$b = 115 \text{ mm}$	$t_w = 12 \text{ mm}$	$t_f = 7,5 \text{ mm}$
$I_y = 4422,7656 \text{ cm}^4$	$I_z = 193,7094 \text{ cm}^4$	$i_y = 9,6749 \text{ cm}$	$i_z = 2,0248 \text{ cm}$
$W_{el,y} = 333,7936 \text{ cm}^3$	$W_{el,z} = 33,6886 \text{ cm}^3$	$W_{pl,y} = 409,5938 \text{ cm}^3$	$W_{pl,z} = 58,5938 \text{ cm}^3$
Κατάταξη Διατομής → Κατηγορία 1			
$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{344}} = 0,826$			
Κορμός: $c/t = 240/12 = 20 < 33\varepsilon = 27,26$ Κατηγορία 1			
Πέλμα: $c/t = 51,5/7,5 = 6,87 < 9\varepsilon = 7,434$ Κατηγορία 1			

Πίνακας 6: : Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη διατομής IPN

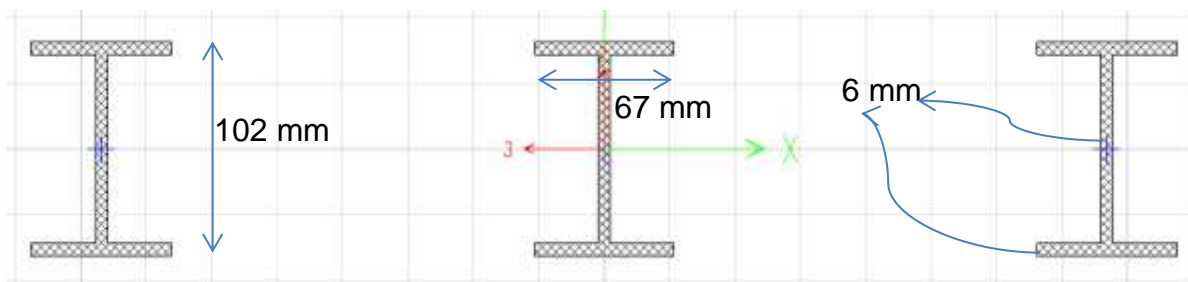
2.2.3.3 Μηκίδα (Stringer)

Οι μηκίδες εδράζονται απλά επί των διαδοκίδων και κατανέμουν τα φορτία σ' αυτές. Έχουν μήκος 3 μέτρα και πλάτη 0,56 μέτρα οι ακραίες (δύο στο σύνολο του σχηματιζόμενου καταστρώματος) και 0,546 μέτρα οι μεσαίες (τέσσερις στο

σύνολο του σχηματιζόμενου καταστρώματος). Έχουν βάρος 122 κιλά έκαστη ακραία και 118 έκαστη μεσαία.



Εικόνα 13: Μηκίδα



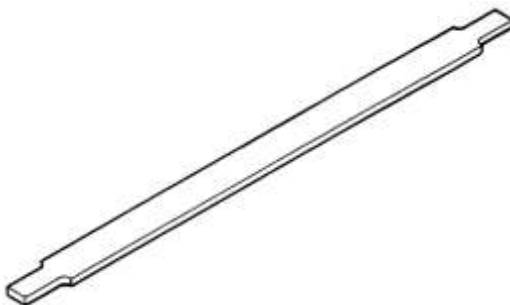
Σχήμα 4: Διατομή μηκίδας

Μηκίδα 3 IPE			
$A = 40,32 \text{ cm}^2$			
$h = 102 \text{ mm}$	$b = 547 \text{ mm}$	$t_w = 6 \text{ mm}$	$t_f = 6 \text{ mm}$
$I_y = 665,7984 \text{ cm}^4$	$I_z = 15573,595 \text{ cm}^4$	$i_y = 4,0636 \text{ cm}$	$i_z = 19,6532 \text{ cm}$
$W_{el,y} = 130,5487 \text{ cm}^3$	$W_{el,z} = 569,4185 \text{ cm}^3$	$W_{pl,y} = 152,226 \text{ cm}^3$	$W_{pl,z} = 659,397 \text{ cm}^3$
Κατάταξη Διατομής → Κατηγορία 1			
$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{344}} = 0,826$			
Κορμός: $c/t = 90/6 = 15 < 33\varepsilon = 27,26$ Κατηγορία 1			
Πέλμα: $c/t = 30,5/6 = 5,08 < 9\varepsilon = 7,434$ Κατηγορία 1			

Πίνακας 7: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη διατομής 3 IPE

2.2.3.4 Δίπλακες (Chess)

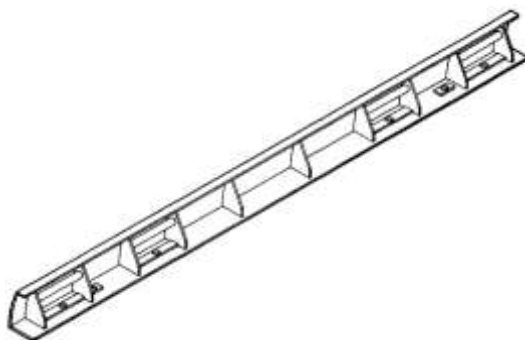
Οι δίπλακες είναι ξύλινα τεμάχια διαστάσεων μήκους 4,22 μέτρων, πλάτους 22 εκατοστών και πάχους 5 εκατοστών. Το βάρος τους είναι 31 κιλά για κάθε μία. Εδράζονται επί των μηκίδων και αποτελούν το κατάστρωμα της γέφυρας. Η σύνδεση τους με τις μηκίδες γίνεται στα άκρα αφού πρώτα τοποθετηθούν οι επιζυγίδες.



Εικόνα 14: Δίπλακα

2.2.3.5 Επιζυγίδες (Ribands)

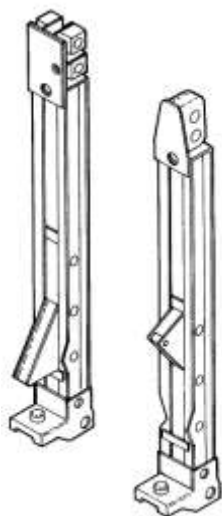
Οι επιζυγίδες είναι χαλύβδινα τμήματα του καταστρώματος με διπλή χρήση. Πρώτα για να συγκρατούν της δίπλακες σε επαφή με τις μηκίδες και κατά δεύτερο για να προστατεύουν τα πλαίσια από πρόσκρουση οχημάτων επί αυτών. Έχουν μήκος 10 πόδια (3,048 μέτρα) και βάρος 74 κιλά.



Εικόνα 15: Επιζυγίδα

2.2.3.6 Ακραίοι Ορθοστάτες (End Posts)

Οι ακραίοι ορθοστάτες τοποθετούνται στα άκρα της γέφυρας, και στα πλαίσια του ορόφου που φέρει το κατάστρωμα. Σκοπός τους είναι να παραλαμβάνουν τις τέμνουσες δυνάμεις. Υπάρχουν αρσενικοί και θηλυκοί ορθοστάτες βάρους 54,9 και 57,8 κιλά αντίστοιχα. Έχουν ύψος 1,727 μέτρα και είναι κατασκευασμένοι εκ δύο αυλακωτών δοκών.



Εικόνα 16: Ακραίοι Ορθοστάτες

2.2.3.7 Υλικά συνδέσεως

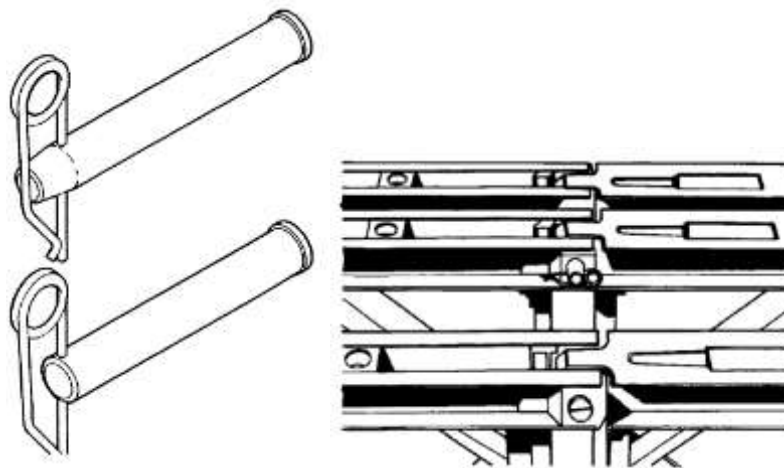
Η σύνδεση των πλαισίων υλοποιείται με πείρους (panel pins) διαμέτρου 47,625mm και βάρους 2,67 κιλών.

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.

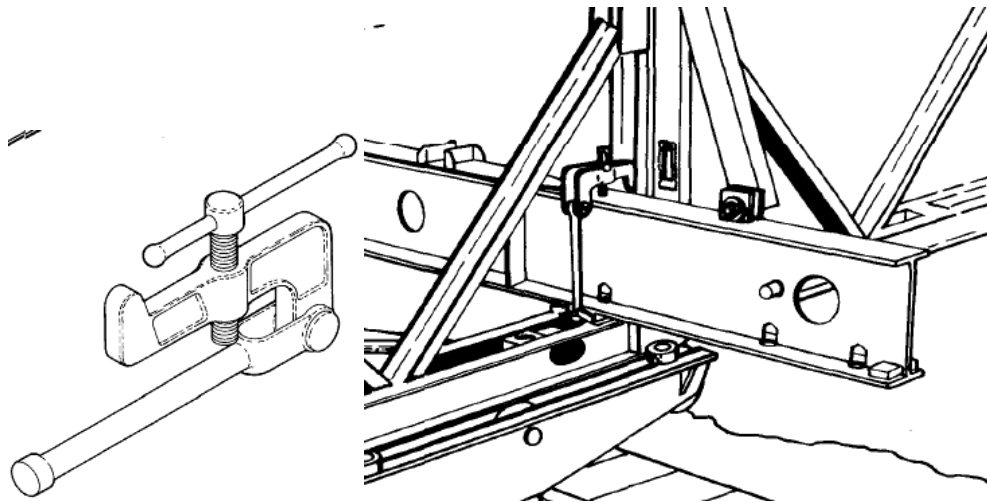
Η σύνδεση της μηκίδας με την επιζυγίδα γίνεται με το βλήτρο επιζυγίδας.

Η σύνδεση πλαισίων καθ ύψος γίνεται με βλήτρα πελμάτων βάρους 3,34 κιλών, και διαμέτρου 44,45 mm.

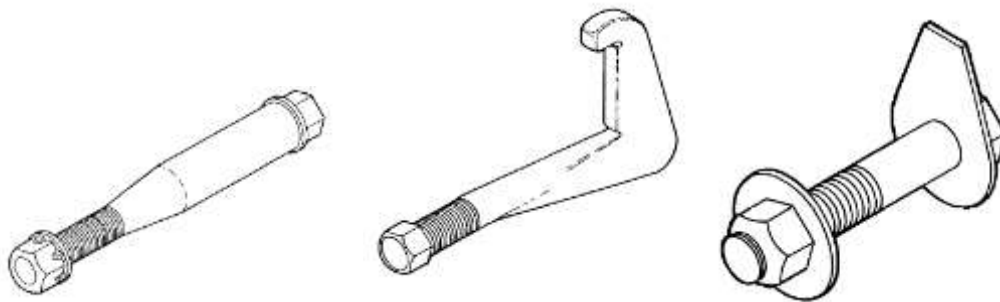
Υπάρχουν και διάφορα άλλα βλήτρα για την σύνδεση των αντηρίδων, των πλακών συνδέσεως και των εγκαρσίων πλαισίων.



Εικόνα 17: Περόνες Πλαισίου και λεπτομέρεια σύνδεσης



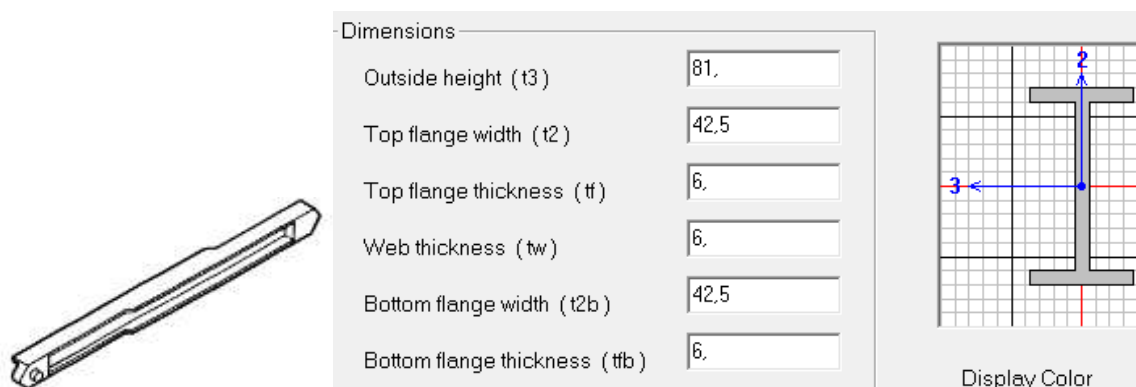
Εικόνα 18: Συνδετήρας διαδοκίδας και λεπτομέρεια σύνδεσης



Εικόνα 19: Βλήτρα πέλατος, επιζυγίδος και συνδέσμου

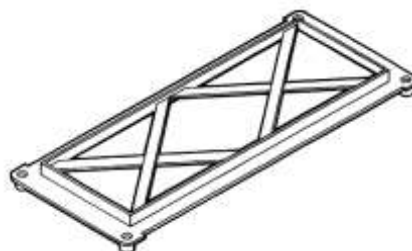
2.2.3.8 Αντηρίδες, Εγκάρσιο πλαίσιο, πλάκα σύνδεσης

Με την αντηρίδα βάρους 9,98 κιλών συνδέεται η διαδοκίδα με την κορυφή του εσωτερικού πλαισίου, έτσι ώστε να συγκρατούνται τα πλαίσια κατακόρυφα.



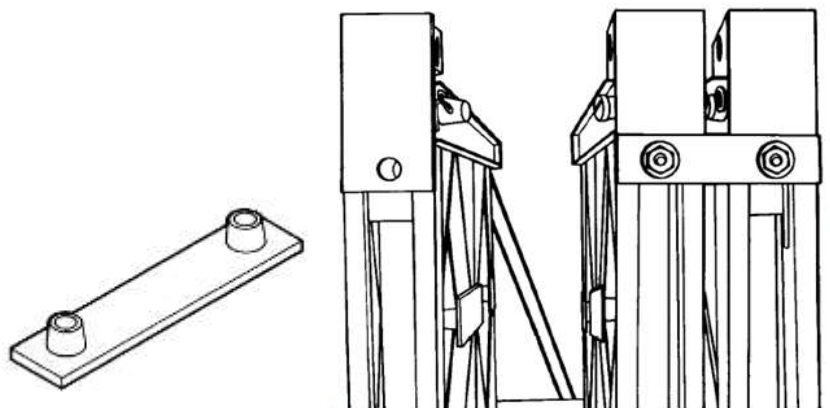
Σχήμα 5: Αντηρίδα και διατομή της

Τα εγκάρσιο πλαίσιο είναι διαστάσεων 1295,4mm x 508mm και βάρους 19,96 κιλών χρησιμεύει για την σύνδεση των εσωτερικών σειρών πλαισίων. Τα χιαστί είναι λάμες 40 mm x 6,4 mm και τα περιμετρικά είναι διατομής L 40mm x 50mm x 5mm.



Εικόνα 20: Εγκάρσιο πλαίσιο

Η πλάκα σύνδεσης βάρους 1,59 κιλών, διατομής 36,5 mm x 9,525 mm και μήκους 304,8 mm, χρησιμοποιείται για την σύνδεση της μεσαίας με την εξωτερική σειρά πλαισίων.



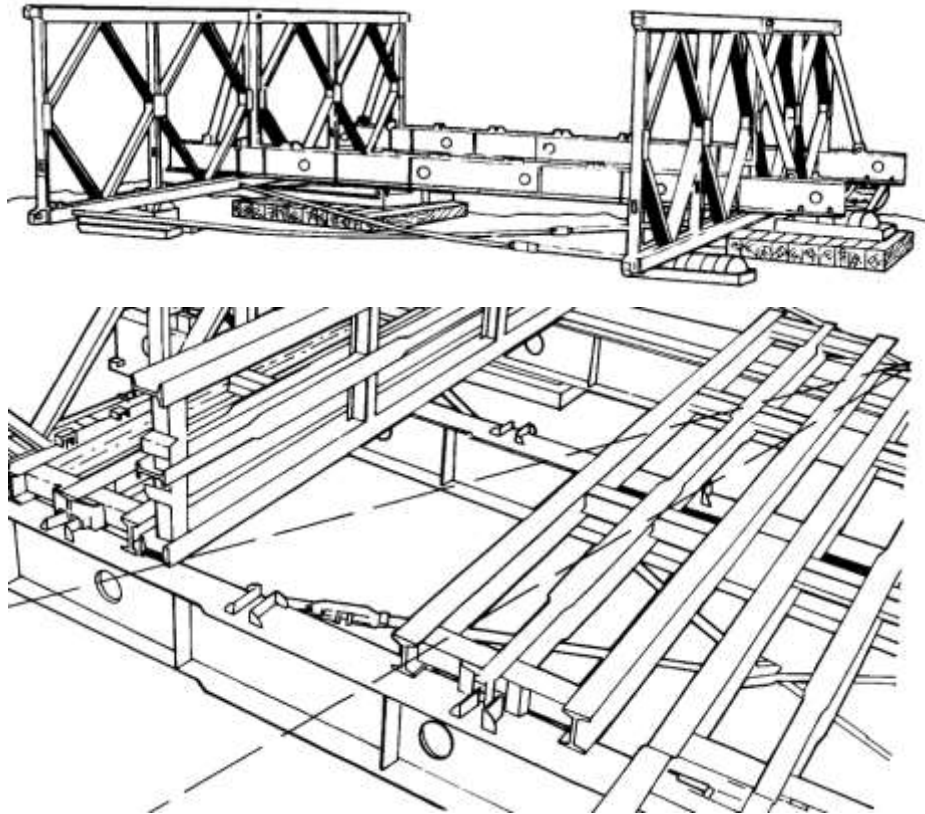
Εικόνα 21: Πλάκα συνδέσεως και λεπτομέρειες σύνδεσης

2.2.3.9 Αντιανέμιοι σύνδεσμοι

Οι αντιανέμιοι σύνδεσμοι έχουν τον ρόλο 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. Οι σύνδεσμοι αυτοί είναι χαλύβδινες ράβδοι διαμέτρου 28,575 mm.



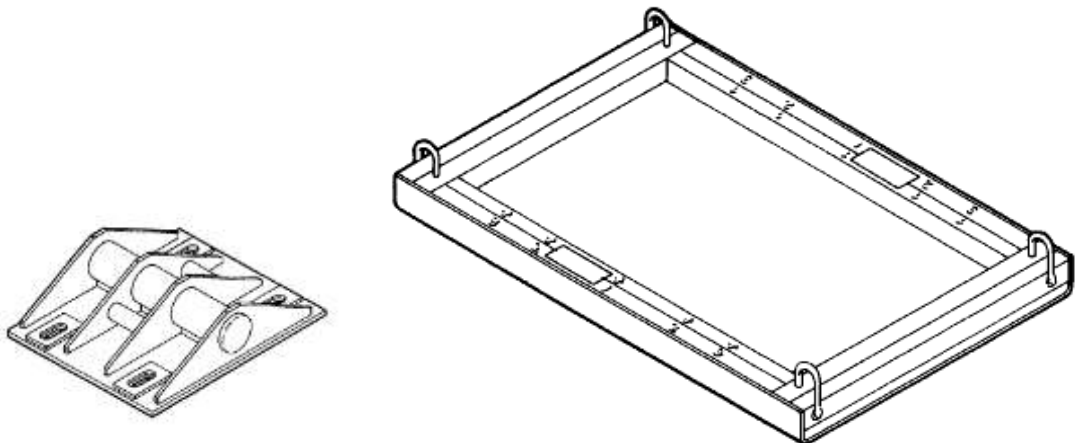
Εικόνα 22: Αντιανέμιος σύνδεσμος



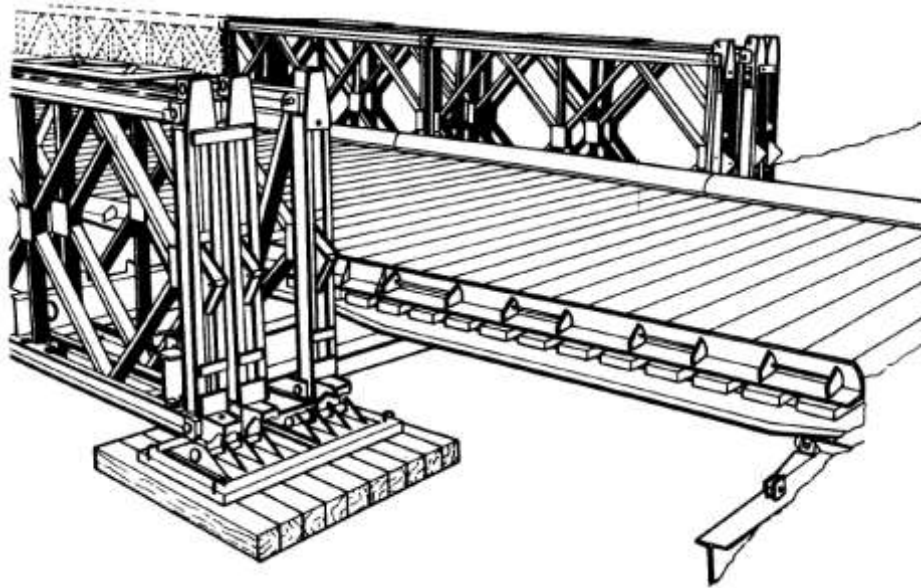
Εικόνα 23: Συνδέσεις αντιανέμιων συνδέσμων

2.2.3.10 Έδραση γέφυρας

Τα φορτία της γέφυρας κατευθύνονται στο έδαφος μέσω ακραίων ορθοστατών, των εφεδράνων και τέλος της πλάκας εδράσεως.



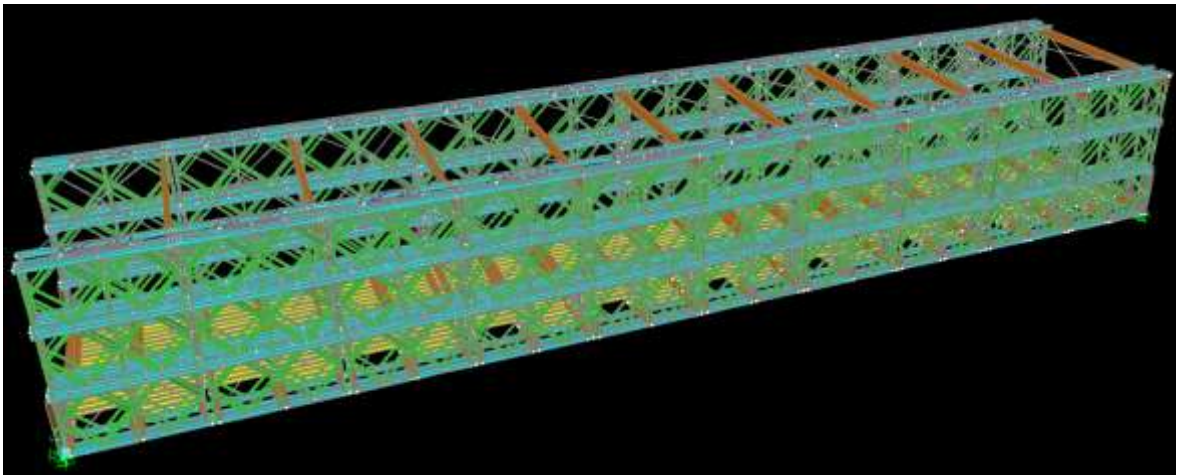
Εικόνα 24: Εφέδρανο και πλάκα εδράσεως



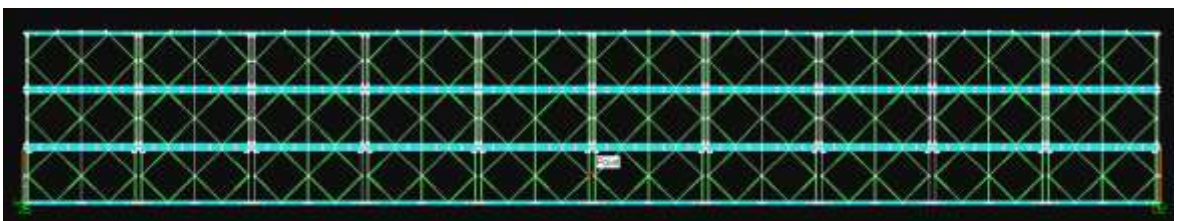
Εικόνα 25: Έδραση Γέφυρας

2.3 Περιγραφή Γέφυρας – Προσομοίωση του Φορέα

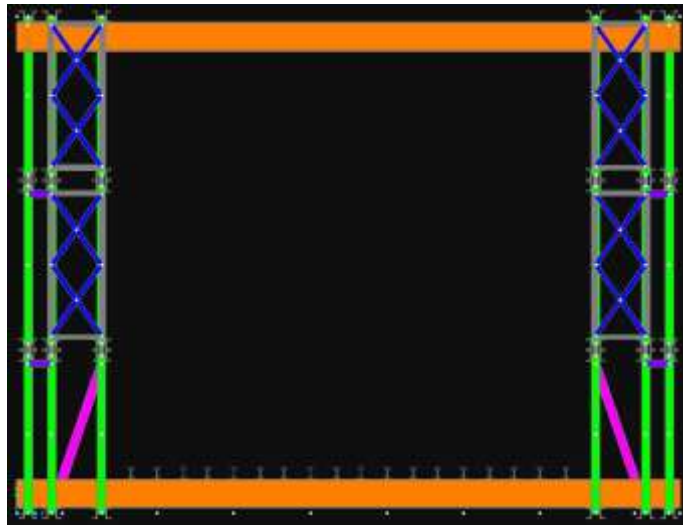
Η γέφυρα η οποία θα μελετηθεί είναι αμφιέριστη ανοίγματος 30,48 μέτρων (100 ποδών). Ο φορέας είναι τριπλός- τριπλός (T/T) δηλαδή αποτελείται από τρεις σειρές πλαισίων με τρεις ορόφους. Είναι η διαμόρφωση με την μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα.



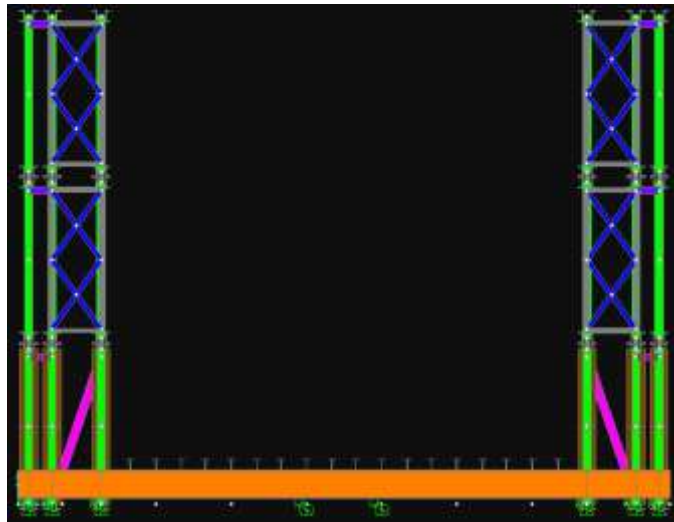
Εικόνα 26: Φορέας Bailey 30,48m



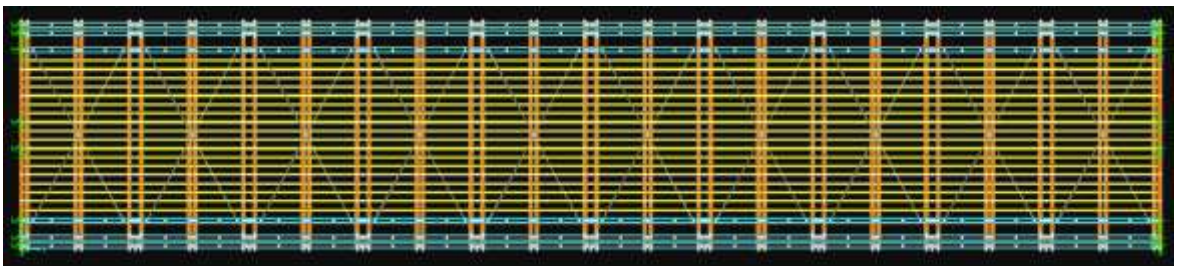
Εικόνα 27: Πλάγια όψη



Εικόνα 28: Τομή



Εικόνα 29: Εμπρός όψη



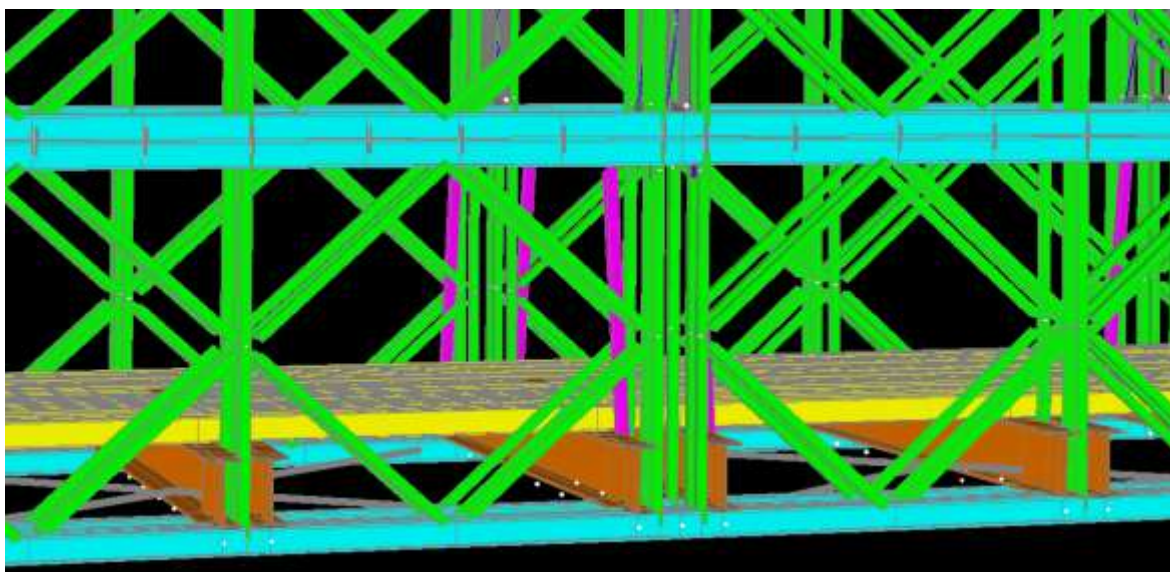
Εικόνα 30: Κάτοψη

Για τις επιλύσεις δημιουργήθηκε μοντέλο του φορέα με ραβδωτά πεπερασμένα στοιχεία μέσω του λογισμικού Sap2000 V14. Έγινε πλήρης προσομοίωση, και δόθηκε έμφαση στην λεπτομερή αποτύπωση της γέφυρας, όπως αυτή πραγ-

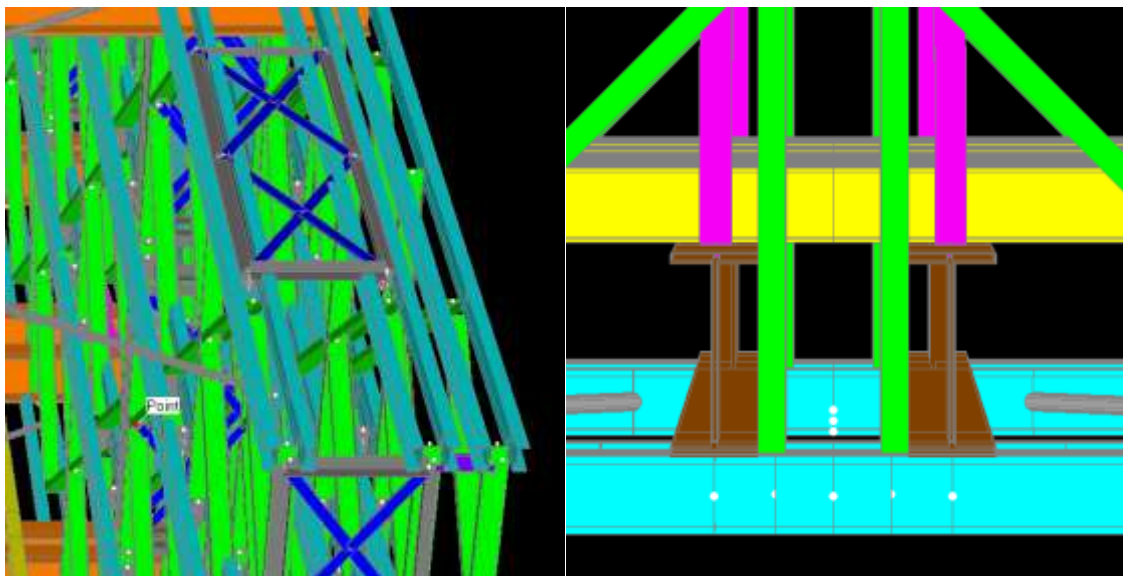
ματικά είναι. Οι διαστάσεις των εξαρτημάτων ελήφθησαν από το τεχνικό εγχειρίδιο της γέφυρας (FM 5-277) αλλά και με επί τόπου μετρήσεις σε πραγματική κατασκευή όπου αυτό ήταν απαραίτητο.

Το πλάτος της κατασκευής είναι 6,071 m και το ύψος 4,549 m. Το καθαρό πλάτος του καταστρώματος επί του οποίου μπορούν να κινηθούν οχήματα (απόσταση μεταξύ των επιζυγίδων) είναι 3,81 m.

Τα πλαίσια συνδέονται μεταξύ τους με αρθρώσεις περί τον yy' άξονα. Αρθρωτά περί τον xx' άξονα συνδέονται οι αντηρίδες με τα πλαίσια και τις διαδοκίδες. Αρθρωτά περί τον yy' άξονα συνδέονται τα πλαίσια με τις πλάκες συνδέσεως και με τα κατακόρυφα εγκάρσια πλαίσια, ενώ τα οριζόντια εγκάρσια πλαίσια αρθρωτά περί τον zz' άξονα με τα πλαίσια. Οι οριζόντιοι χιαστοί σύνδεσμοι δυσκαμψίας που είναι υπεύθυνοι για την διαμόρφωση στοιχείων δυσκαμψίας, για τη μεταφορά σεισμικών δυνάμεων και ανεμοπίεσης καθώς και για την ευστάθεια της κατασκευής, συνδέονται με τα πλαίσια με αρθρώσεις και θεωρείται ότι λαμβάνουν μόνο εφελκυστικές δυνάμεις. Οι μηκίδες εδράζονται επί των διαδοκίδων. Οι υπόλοιπες συνδέσεις των μελών είναι πλήρεις (μεταφέρονται δυνάμεις – ροπές).



Εικόνα 31: Λεπτομέρειες συνδέσεων



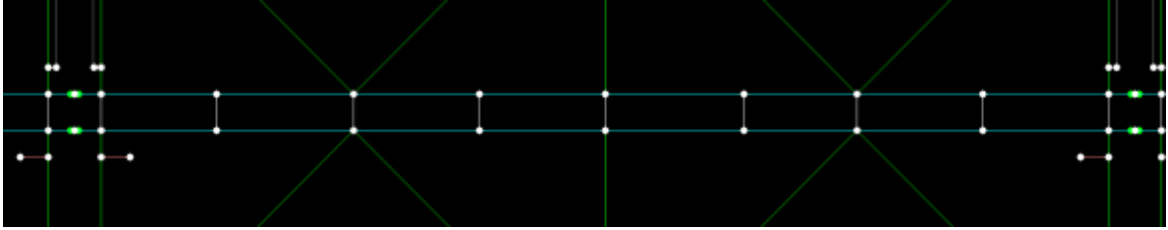
Εικόνα 32: Λεπτομέρειες συνδέσεων



Εικόνα 33: Λεπτομέρειες συνδέσεων

Στη περίπτωση της σύνδεσης των ορθοστατών μεταξύ τους αλλά και με τα πλαίσια, υπάρχει ένα τμήμα σε κάθε στοιχείο το οποίο πρακτικά συμπεριφέρεται ως άκαμπτο. Αυτό το τμήμα προσομοιώθηκε έτσι με την εντολή End Length Offsets.

Οι συνδέσεις των πλαισίων καθ ύψος γίνονται με τα βλήτρα πλαισίων, τα οποία με την σύσφιξη τα κρατούν εν επαφή και δεν επιτρέπουν μετακινήσεις. Αυτού του είδους η σύνδεση προσομοιώθηκε με άκαμπτα τμήματα κατά μήκος των άνω και κάτω πελμάτων και κάθετα σε αυτά.



Εικόνα 34: Σύνδεση πλαισίων καθ ύψος

Για τις στηρίξεις στα άκρα της γέφυρας, χρησιμοποιήθηκαν εφέδρανα, τα οποία προσομοιώθηκαν με γραμμικά ελατήρια με δυσκαμψία κατά τις οριζόντιες διευθύνσεις με 5.000 KN/m, και κατά την κατακόρυφη με 200.000 KN/m.



Εικόνα 35: Στηρίξεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

3.1 Γενικά

Οι καταστάσεις σχεδιασμού ταξινομούνται σε:

1. Καταστάσεις διάρκειας (persistent situations), που αντιστοιχούν σε κανονικές συνθήκες χρήσης.
2. Παροδικές καταστάσεις (transient), που αντιστοιχούν σε παροδικές συνθήκες, π.χ. κατά τη φάση ανέγερσης ή επισκευών.
3. Τυχηματικές καταστάσεις (accidental), που αντιστοιχούν σε εξαιρετικές συνθήκες, π.χ. πυρκαγιά, έκρηξη, πρόσκρουση.
4. Καταστάσεις σεισμού (seismic), που αντιστοιχούν σε συνθήκες επιβολής σεισμικής καταπόνησης στην κατασκευή.

Αναφορικά με τις οριακές καταστάσεις, πέραν των οποίων η κατασκευή δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφάλειας και λειτουργικότητας του σχεδιασμού έχουμε:

1. Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ultimate limit states).
2. Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (serviceability limit states).

Οι δράσεις οι οποίες επιβάλλονται στην κατασκευή με τη μορφή συνδυασμών 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.

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.

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.

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).

Στην παρούσα εργασία δεν θα εφαρμοσθούν οι ακόλουθοι τύποι φορτίων: Προένταση καθώς δεν υφίσταται σε αυτή την κατασκευή. Πυρκαγιάς, καθώς ο κίνδυνος θεωρείται αμελητέος. Χιονιού, διότι η Bailey είναι ανοικτή γέφυρα, και ως εκ τούτου ο συνδυασμός με συνύπαρξη χιονιού μπορεί να παραλείπεται. Εκρήξεων διότι η πιθανότητα θεωρείται αμελητέα. Πρόσκρουσης οχήματος εκτός γέφυρας επάνω σε αυτή, διότι αυτή η γέφυρα τοποθετείται σε σημεία όπου είναι αδύνατο κάτι τέτοιο να συμβεί, ή λαμβάνεται μέριμνα προς τούτο. Ατέλειες κατασκευής, διότι αυτό το υλικό γεφυροσκευής είναι τυποποιημένο, έχει συναρμολογηθεί και αποσυναρμολογηθεί αρκετές φορές, χωρίς να παρατηρείται τέτοιο πρόβλημα.

3.2 Μόνιμες Δράσεις

Στα μόνιμα φορτία περιλαμβάνεται το σύνολο του **ίδιου βάρους της γέφυρας**. Στην ανάλυση το μόνιμο φορτίο κατασκευής (ίδια βάρη) υπολογίστηκε από το πρόγραμμα βάσει των διατομών και των διαστάσεων της κατασκευής. Επιπλέον, εφαρμόστηκε στις εξωτερικές μηκίδες φορτίο **0,5 KN/m** και στις εσωτερικές **0,23 KN/m**. Τα παραπάνω φορτία προκύπτουν από το βάρος των διπλάκων και των επιζυγίδων, καθώς αυτές δεν προσομοιώθηκαν στην κατασκευή.

3.3 Μεταβλητές Δράσεις

Το Μέρος 3 του ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 1 προδιαγράφει τα κινητά φορτία (κατακόρυφα και οριζόντια), τα οποία χρησιμοποιούνται για οδικές, σιδηροδρομικές και γέφυρες πεζών, σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα φορτία του EC1, καθώς και με τα Μέρη των Ευρωκωδίκων 2 έως 9, που αναφέρονται σε γέφυρες. Όταν πρόκειται για κανονικές συνθήκες χρήσης, τα φορτία κυκλοφορίας οχημάτων και πεζών θεωρούνται ως μεταβλητές δράσεις.

Οι διάφορες αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων διακρίνονται σε:

- χαρακτηριστικές, στατιστικές ή ονομαστικές (characteristic)
- σποραδικές, μέση περίοδος επαναφορά 1 έτος (infrequent)
- συχνές, μέση περίοδος επαναφοράς 1 εβδομάδα (frequent)
- ημιμόνιμες (quasi-permanent)

Τα φορτία κυκλοφορίας τα οποία θα λαμβάνονται υπόψη, προσδιορίζονται υπό μορφήν ομάδων (groups) φορτίων, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

Στην παρούσα εργασία τα φορτία θα ληφθούν όπως ορίζονται στον ευρωκώδικα για το σχεδιασμό οδικών γεφυρών καθώς η εξεταζόμενη γέφυρα έχει άνοιγμα μικρότερο των 200 m και πλάτος οδοστρώματος όχι μεγαλύτερο των 42 m.

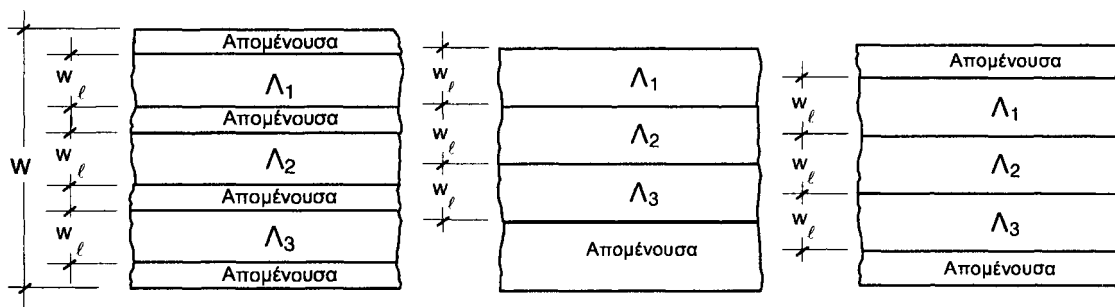
Προκειμένου να γίνει προσομοίωση των πραγματικών δράσεων, ορίζονται διάφορα πλασματικά μοντέλα φόρτισης, στην παρούσα εργασία θα γίνει ανάλυση με το **μοντέλο φόρτισης 1**.

Η δυναμική επιρροή των φορτίων έχει συνυπολογισθεί και περιληφθεί στα μοντέλα αυτά, οπότε δεν χρειάζεται να γίνει καμία περαιτέρω προσαύξηση.

Οι συμβατικές λωρίδες κυκλοφορίας καθορίζονται σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Πλάτος οδοστρώματος w	Αριθμός ονομαστικών λωρίδων	Πλάτος ονομαστικής λωρίδας w_l	Πλάτος εναπομένουσας επιφάνειας
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_1 = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_1 = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_1 = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3 m	$w - 3 \times n_1$

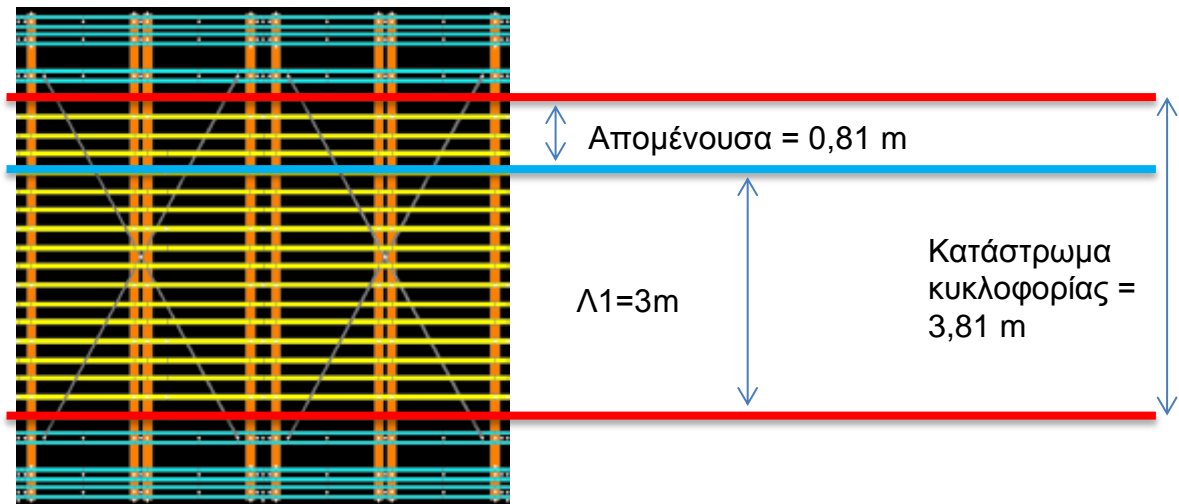
Πίνακας 8: Αριθμός και πλάτος των ονομαστικών λωρίδων κυκλοφορίας



Σχήμα 6: Παράδειγμα αρίθμησης λωρίδων κυκλοφορίας

Το μοντέλο φόρτισης που επιλέχθηκε, τοποθετείται στις λωρίδες κυκλοφορίας, στην απομένουσα επιφάνεια και στα πεζοδρόμια, έτσι ώστε να προκαλούν το πλέον δυσμενές αποτέλεσμα για τον κάθε επιμέρους έλεγχο. Αυτό σημαίνει ότι οι γραμμές επιρροής των μεγεθών που αναζητούνται, είναι αυτές που προσδιορίζουν την τελική μορφή φόρτισης και τα τμήματα όπου τοποθετούνται τα αντίστοιχα κινητά φορτία.

Στην εργασία, η εξεταζόμενη γέφυρα είναι μονής κυκλοφορίας, το καθαρό πλάτος του καταστρώματος επί του οποίου μπορούν να κινηθούν οχήματα (απόσταση μεταξύ των επιζυγίδων) είναι 3,81 m, επομένως υπάρχει μόνο μία λωρίδα κυκλοφορίας πλάτους 3 m και απομένουσα 0,81 m.



Σχήμα 7: Λωρίδες κυκλοφορίας Bailey

3.3.1 Κατακόρυφα φορτία (πρότυπο φόρτισης 1)

Το μοντέλο αυτό αποτελείται από συγκεντρωμένα και ομοιόμορφα φορτία, καλύπτει τις περισσότερες από τις επιδράσεις της κυκλοφορίας επιβατηγών και φορτηγών αυτοκινήτων, και χρησιμεύει για γενικούς και τοπικούς ελέγχους.

Απαρτίζεται από δύο επιμέρους συστήματα:

α. Τα συγκεντρωμένα φορτία δύο αξόνων (διαξονικό όχημα - tandem system: TS), όπου ο κάθε άξονας έχει βάρος ίσο με $\alpha_Q Q_k$ όπου: α_Q είναι συντελεστές προσαρμογής.

Q_k είναι η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου ενός άξονα.

Το αντίστοιχο βάρος του κάθε τροχού είναι $\alpha_Q Q_k / 2$, η δε επιφάνεια επαφής του τροχού λαμβάνεται ίση με $0,40 \times 0,40 \text{ m}^2$.

β. Ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο (UDL) σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας, ίσο με $\alpha_q q_k$ όπου:

α_q είναι συντελεστής προσαρμογής

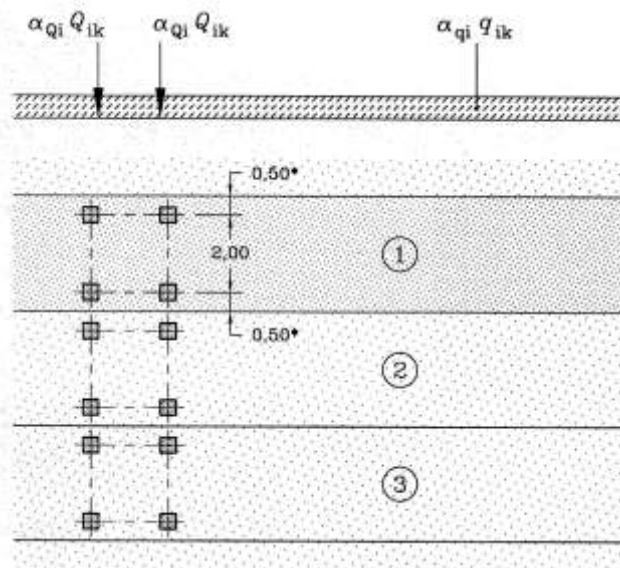
q_k είναι η χαρακτηριστική τιμή του ομοιόμορφου φορτίου ανά m^2 .

Το αντίστοιχο φορτίο στην απομένουσα επιφάνεια είναι ίσο με $\alpha_{qr} q_{rk}$

Σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας επιτρέπεται να τοποθετείται μόνον ένα διαξονικό όχημα με την πλήρη του μορφή, στην πλέον δυσμενή θέση, κατά μήκος και εγκάρσια μέσα στη λωρίδα. Το ίδιο ισχύει και για το διανεμημένο φορτίο, το οποίο πρέπει να τίθεται μόνο στα τμήματα εκείνα των επιφανειών επιρροής, τα οποία επαυξάνουν τις δυσμενείς επιπτώσεις λόγω κινητών φορτίων. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι βασικές τιμές των συγκεντρωμένων και ομοιόμορφα διανεμημένων φορτίων για κάθε λωρίδα, αλλά και για την απομένουσα επιφάνεια.

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

Πίνακας 9: Βασικές τιμές των φορτίων για κάθε λωρίδα



Όπου

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

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

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

* Για $w_l = 3,00 \text{ m}$

Σχήμα 8: Μοντέλο Φόρτισης 1

Οι συντελεστές προσαρμογής ελήφθησαν ίσοι με την μονάδα. Το κατανεμημένο φορτίο ανήχθη σε γραμμικό επί των μηκίδων αναλόγως της θέσης και επιρροής κάθε μίας (λωρίδα 1, απομένουσα). Κάθε μία από τις 6 γραμμές μηκίδων φορτίστηκε με φορτίο:

1^η σειρά: **$q = 4,5414 \text{ kN/m}$**

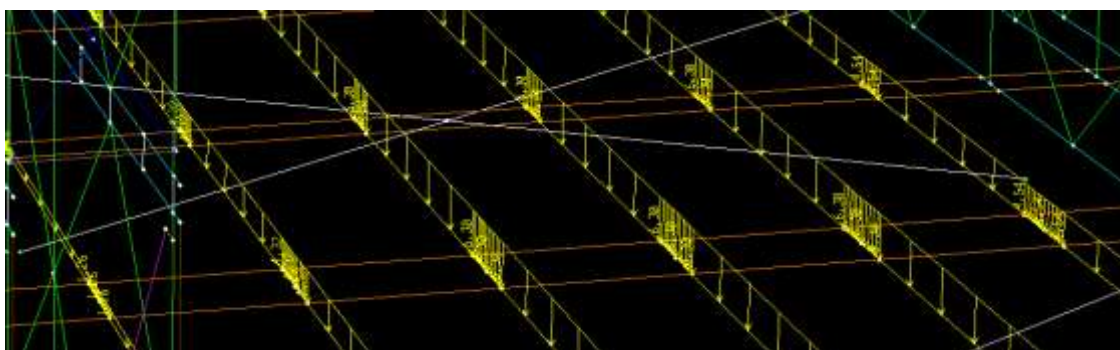
2^η σειρά: **$q = 6,3018 \text{ kN/m}$**

3^η σειρά: **$q = 6,3018 \text{ kN/m}$**

4^η σειρά: **$q = 6,3018 \text{ kN/m}$**

5^η σειρά: **$q = 4,3167 \text{ kN/m}$**

6^η σειρά: **$q = 1,2615 \text{ kN/m}$**

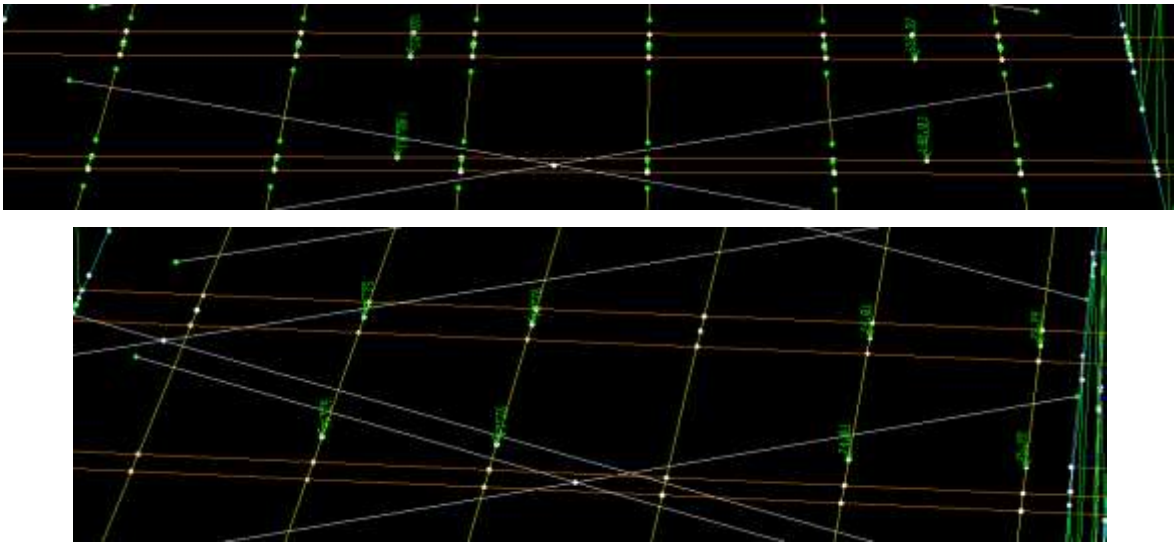


Εικόνα 36: Ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο q (UDL)

Για τα συγκεντρωμένα φορτία δύο αξόνων (διαξονικό όχημα - tandem system: TS), όπου ο κάθε άξονας έχει βάρος ίσο με 300 kN αφού έγιναν κατάλληλες αναγωγές, εφαρμόσθηκε στις μηκίδες ή στις διαδοκίδες απευθείας, αναλόγως των ζωνών επιρροής. Έγιναν διαφορετικές επιλύσεις με διαφορετικές θέσεις του φορτίου κάθε φορά έτσι ώστε να υπάρχει το δυσμενέστερο αποτέλεσμα για τα πέλματα των πλαισίων (φορτία στη μέση της γέφυρας και προς το ένα πλαίσιο), για τους ορθοστάτες του πλαισίου (φορτία στη άκρη της γέφυρας και προς το ένα πλαίσιο), για τις διαδοκίδες, για τις μηκίδες κλπ.

Ενδεικτικά τιμές για την δυσμενέστερη θέση για τις διαδοκίδες και τα πέλματα πλαισίων. Στην κεντρική διαδοκίδα σε απόσταση 0,5 m από την επιζυγίδα **$Q = 159,97 \text{ kN}$** , σε απόσταση 2,0 m από αυτό, **$Q = 159,97 \text{ kN}$** . Στην δίπλα από την κε-

ντρική διαδοκίδα σε απόσταση 0,5 m από την επιζυγίδα $Q= 140,03 \text{ kN}$, σε απόσταση 2,0 m από αυτό, $Q= 140,03 \text{ kN}$.



Εικόνα 37: Συγκεντρωμένα φορτία Q (TS) (διαφορετικές επιλύσεις)

3.3.2 Οριζόντια Φορτία

Τα οριζόντια φορτία τα οποία λαμβάνονται υπόψη, είναι η δύναμη τροχοπέδησης ή επιτάχυνσης που ενεργεί κατά το διαμήκη άξονα της γέφυρας. Φυγόκεντρη δύναμη δεν υφίσταται καθώς ο άξονας της γέφυρας είναι ευθύγραμμος. Τα φορτία αυτά εφαρμόζονται στην επιφάνεια του τελειωμένου τάπητα της γέφυρας. Στην εργασία αυτή τα φορτία θα εφαρμοσθούν ως ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο στις μηκίδες.

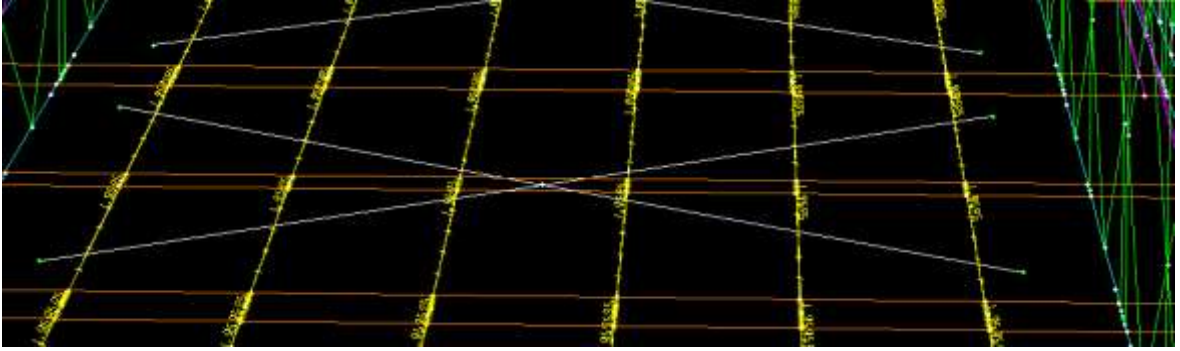
Η χαρακτηριστική τιμή Q_{1k} της δύναμης τροχοπέδησης ή επιτάχυνσης (με αντίθετη φορά) υπολογίζεται με βάση τα φορτία της Λωρίδας 1 για το Μοντέλο Φόρτισης 1, ως ακολούθως:

$$Q_{1k} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{q1}q_{1k}w_1L$$

με τον περιορισμό όμως:

$$180\alpha_{Q1} (kN) \leq Q_{1k} \leq 900 (kN)$$

όπου L είναι το μήκος του καταστρώματος ή του τμήματος που ελέγχεται. Έτσι για μία λωρίδα πλάτους 3m και για ένα φορτιζόμενο μήκος $L > 1,2 \text{ m}$, εάν οι συντελεστές α ισούνται με τη μονάδα τότε $Q_{1k} = 360 + 2,7L \quad (\leq 800 \text{ kN})$. Με κατάλληλη αναγωγή προκύπτει ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο στις μηκίδες $q_o = 2,45 \text{ kN/m}$.



Εικόνα 38: Ομοιόμορφα διανεμημένο οριζόντιο φορτίο στις μηκίδες q_0 .

3.3.3 Φορτία ανέμου

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα στις εξωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής, προκύπτει από τη σχέση: $w_e = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$

όπου q_{ref} είναι η πίεση αναφοράς που αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα αναφοράς του ανέμου, $C_e(z_e)$ είναι ο συντελεστής έκθεσης, ο οποίος λαμβάνει υπόψη την επιρροή της τραχύτητας του περιβάλλοντος εδάφους, της τοπογραφίας και του ύψους z_e πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, επί της μέσης ταχύτητας του ανέμου, c_{pe} είναι ο συντελεστής εξωτερικής πίεσης.

$$q_{ref} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{ref}^2$$

όπου

ρ είναι η πυκνότητα του αέρα, ίση με $1,25 \text{ Kg/m}^3$

v_{ref} είναι η ταχύτητα αναφοράς του ανέμου (m/s).

Για την Ελλάδα, στο Πληροφοριακό Παράρτημα Α του Μέρους 2.4 ορίζεται ότι:

$v_{ref} = 36 \text{ m/sec}$ για τα νησιά και τις παράκτιες ζώνες που απέχουν μέχρι 10 km από τη θάλασσα, και λαμβάνουμε αυτή την τιμή για τους υπολογισμούς ως την δυσμενέστερη.

$$q_{ref} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 36^2 = 810 \text{ N / m}^2 = 0,81 \text{ kN / m}^2$$

Η συνολική δύναμη του ανέμου F_w η οποία επενεργεί επί μιας κατασκευής ή επί ενός επιμέρους στοιχείου της, με την προϋπόθεση ότι η κατασκευή δεν είναι ευαίσθητη σε δυναμική καταπόνηση (δηλαδή όταν $C_d < 1,2$), υπολογίζεται ως το άθροισμα των πιέσεων επί όλων των επιφανειών της, και είναι ίση με:

$$F_w = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_d \cdot c_f \cdot A_{ref} \quad (1)$$

όπου c_d είναι ο δυναμικός συντελεστής, c_f είναι ο συντελεστής δύναμης, A_{ref} είναι η επιφάνεια αναφοράς, μετρούμενη γενικά ως η προβολή της κατασκευής σε επίπεδο κάθετο προς τη διεύθυνση του ανέμου.

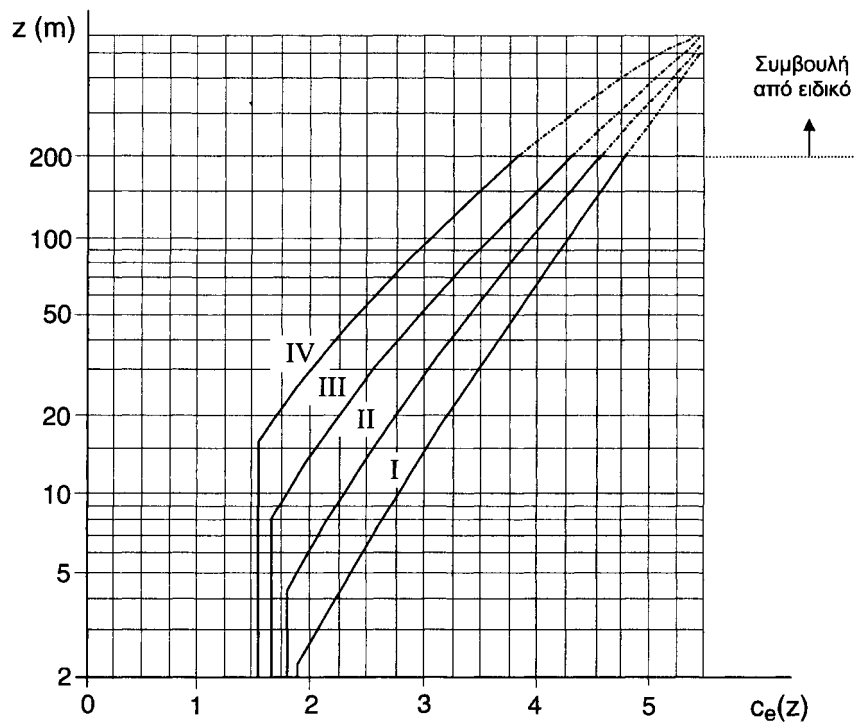
Εκτός των δυνάμεων που δρουν καθέτως προς τις επιφάνειες προσβολής της κατασκευής, και προκειμένου για κατασκευές με μεγάλες προσβαλλόμενες επιφάνειες, θα πρέπει να συνυπολογίζονται και οι δυνάμεις τριβής F_{fr} (εφαπτομενικές στην επιφάνεια προσβολής), οι οποίες ενδέχεται να είναι σημαντικές.

Είναι:

$$F_{fr} = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_d \cdot c_{fr} \cdot A_{fr}$$

όπου c_{fr} είναι ο συντελεστής τριβής και A_{fr} είναι η επιφάνεια τριβής.

Ο συντελεστής έκθεσης υπολογίζεται με βάση αναλυτικές εκφράσεις (Μέρος 2.4). Σε κοιλάδες, εάν δεν αναμένεται επιτάχυνση της πνοής του ανέμου λόγω της διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου, ο συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης c_t , μέσω του οποίου εκτιμάται η αύξηση της μέσης ταχύτητας του ανέμου πάνω από μεμονωμένους λόφους και εξάρσεις, μπορεί να λαμβάνεται $c_t=1$. Για επίπεδες επιφάνειες εδάφους, όπου είναι $c_t=1$, ο συντελεστής έκθεσης $c_e(z)$ μπορεί να υπολογίζεται από το ακόλουθο διάγραμμα, ανάλογα με την κατηγορία εδάφους, η οποία προκύπτει από τον επόμενο πίνακα.

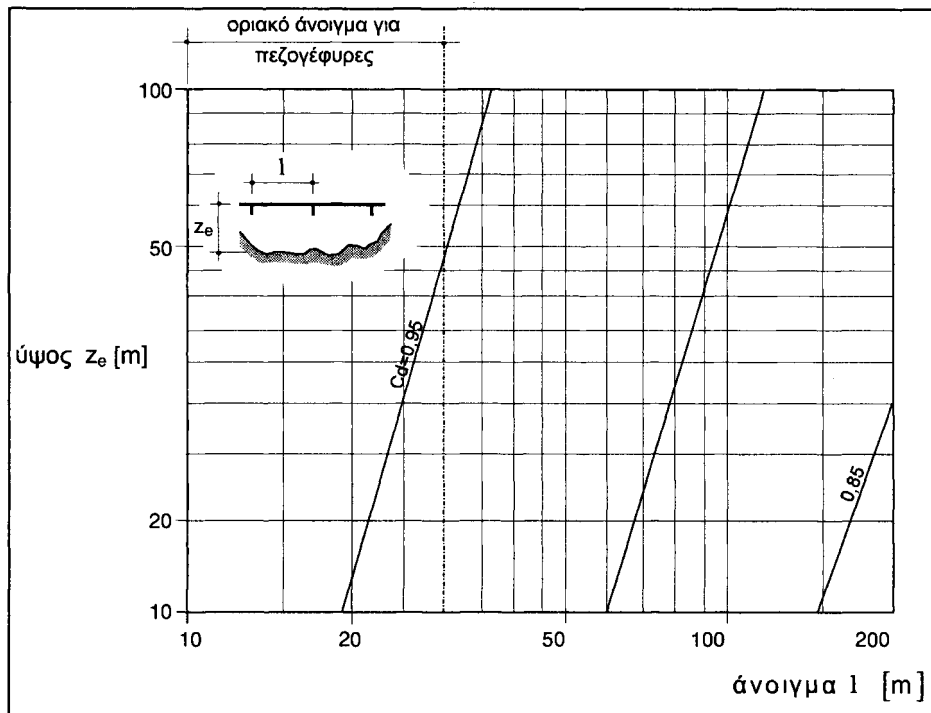


Διάγραμμα 1: Συντελεστής έκθεσης $c_e(z)$ συναρτήσει του ύψους z πάνω από το έδαφος, για διάφορες κατηγορίες εδάφους και για $c_t = 1$

I	Τρικυμιάδης ανοιχτή θάλασσα, λίμνες με μήκος ανάπτυξης κυματισμού τουλάχιστον 5 km, καθώς και λείες επίπεδες επιφάνειες εδάφους χωρίς εμπόδια
II	Αγροτικές εκτάσεις με περιμετρική περίφραξη, μικρές διάσπαρτες αγροτικές κατασκευές, κατοικίες ή δένδρα
III	Προαστιακές ή βιομηχανικές περιοχές και μόνιμες δασικές εκτάσεις
IV	Αστικές περιοχές όπου τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται από κτίρια, των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15 m

Πίνακας 10: Κατηγορίες εδάφους

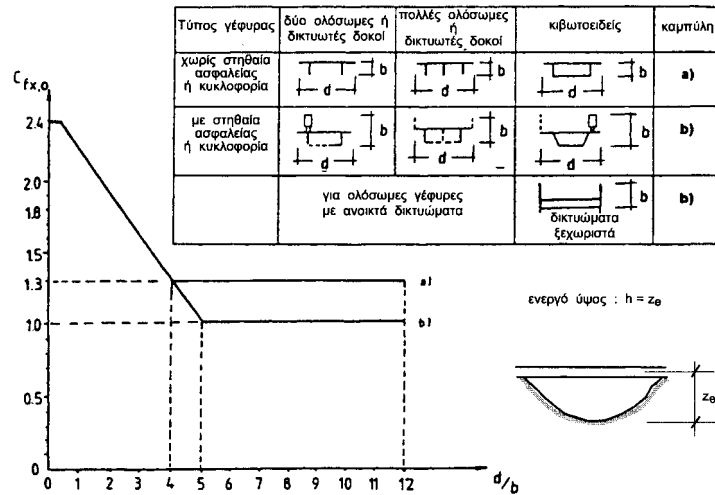
Για κατηγορία εδάφους I και $z = 30$ m λαμβάνουμε από το διάγραμμα $c_e(z) = 3,5$



Διάγραμμα 2: Τιμές του C_d για οδικές, σιδηροδρομικές και γέφυρες πεζών

Από το παραπάνω διάγραμμα εκτιμούμε την τιμή του δυναμικού συντελεστή περίπου $0,943 < 1,2$ (επιτρέπεται η απλή μέθοδος) Για τους υπολογισμούς παρακάτω (υπέρ της ασφαλείας) έστω $c_d = 1$.

Ο συντελεστής δύναμης C_{fx} κατά τη διεύθυνση x ισούται με $C_{fx} = C_{fx0} \psi_{\lambda x}$ όπου C_{fx0} είναι ο συντελεστής δύναμης για $\lambda = l/b = \infty$ και δίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα για διάφορους τύπους γεφυρών, και $\psi_{\lambda x}$ μειωτικός συντελεστής λυγηρότητας. Έστω $\psi_{\lambda x} = 1$ (υπέρ της ασφαλείας).



Διάγραμμα 3: Συντελεστές δύναμης $C_{fx,o}$ για γέφυρες

Είναι $d/b_1=6,032/4,652=1,3 < 5$ Επίσης $l/b=30/4,65=6,45 < 16$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή δύναμης υπολογίζω με αναγωγή του b στην προσβαλλόμενη από τον αέρα επιφάνεια $d/b=6,032/2,778=2,17$ και από το παραπάνω διάγραμμα έχουμε $c_{fx,o}= 1,85$. Έτσι η δύναμη ανέμου κατά την διεύθυνση y (κάθετα στον άξονα της γέφυρας) προκύπτει από την (1)⇒

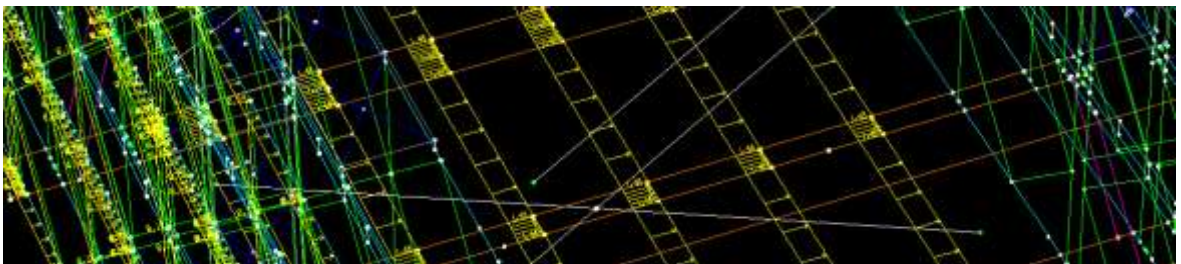
$$F_{wy} = 0,81 \cdot 3,5 \cdot 1 \cdot 1,85 \cdot A_{ref} = 5,245 \cdot A_{ref} = 5,245 \cdot \frac{8,468}{3,048} = 14,57 \text{ kN / m μήκους γέφυρας.}$$

Το παραπάνω φορτίο αντιστοιχεί σε:

φορτίο στα εξωτερικά πέλματα της μίας πλευράς $F_{wy}= 0,54 \text{ kN/m}$

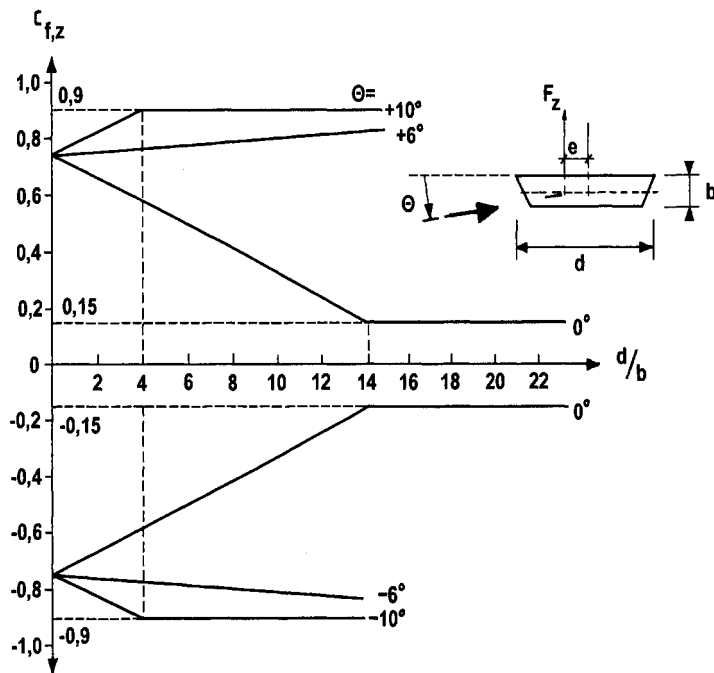
φορτίο στους εξωτερικούς ορθοστάτες της μίας πλευράς $F_{wy}= 0,19 \text{ kN/m}$

φορτίο στις μηκίδες $F_{wy}= 1,48 \text{ kN/m}$



Εικόνα 39: Ομοιόμορφα διανεμημένο οριζόντιο φορτίο ανέμου W_y

Ο συντελεστής δύναμης κατά την διεύθυνση z προκύπτει από το παρακάτω διάγραμμα:

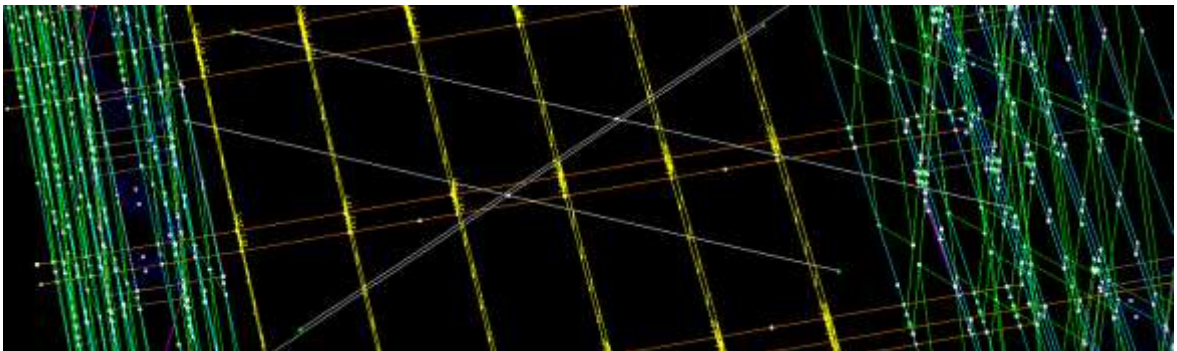


Διάγραμμα 4: Συντελεστής δύναμης C_{fz} συναρτήσει της κλίσης θ της ανεμοπίεσης

$d/b=6,032/1,246=4,84$ και από το παραπάνω διάγραμμα έχουμε $c_{fz}= 0,55$. Η αντίστοιχη επιφάνεια αναφοράς είναι: $A_{ref,z}=d \cdot l$. Ενώ το ύψος αναφοράς είναι ίδιο με τη διεύθυνση χ . Η δύναμη F_z της ανεμοπίεσης θα λαμβάνεται με εκκεντρότητα $e=d/4$. Έτσι η δύναμη ανέμου κατά την διεύθυνση z προκύπτει:

$$F_{wz} = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_d \cdot c_{fz} \cdot A_{ref,z} \Rightarrow F_{wz} = 0,81 \cdot 3,5 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 6,032 \cdot l = 9,4 \text{ kN/m}$$

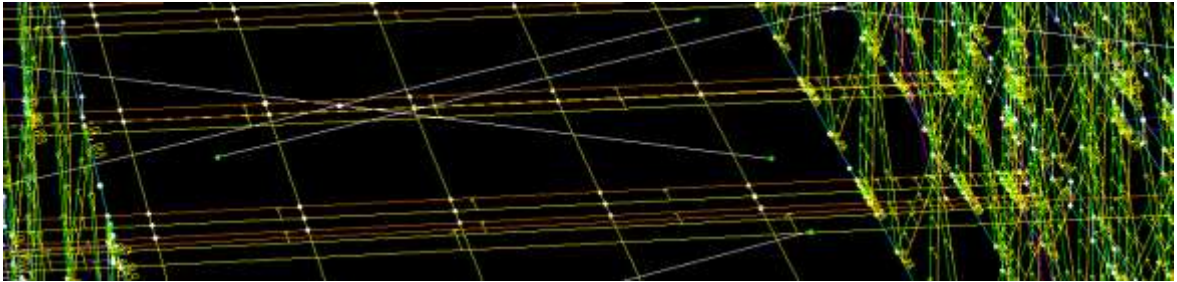
μήκους γέφυρας. Το παραπάνω φορτίο αντιστοιχεί σε φορτίο στις μηκίδες $F_{Wz} = -1,57 \text{ kN/m}$ και $F_{Wz} = 1,57 \text{ kN/m}$.



Εικόνα 40: Ομοιόμορφα διανεμημένο οριζόντιο φορτίο ανέμου W_z

Οι δυνάμεις λόγω ανέμου κατά τη διεύθυνση χ θα λαμβάνονται ίσες με το 50% των δυνάμεων ανέμου κατά τη διεύθυνση y για δικτυωτές γέφυρες.

$F_{wx} = 7,29 \text{ kN/m}$ μήκους γέφυρας. Το φορτίο αυτό αντιστοιχεί σε φορτίο στις διαδοκίδες και τους ορθοστάτες $F_{wx} = 0,08 \text{ kN/m}$.



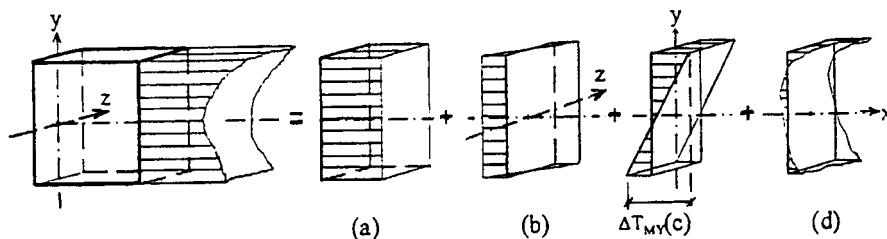
Εικόνα 41: Ομοιόμορφα διανεμημένο οριζόντιο φορτίο ανέμου W_x

3.3.4 Θερμοκρασιακές μεταβολές

Σύμφωνα με τον EC1, Μέρος 2.5, οι δράσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών είναι έμμεσες (indirect) και κατατάσσονται στις μεταβλητές (variable), ελεύθερες (free). Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τιμών των θερμοκρασιακών μεταβολών, τα καταστρώματα των γεφυρών ταξινομούνται στις ακόλουθες τρεις ομάδες (groups):

- Ομάδα 1: Χαλύβδινο δάπεδο επί κιβωτοειδών ή ανοικτών δοκών ή δικτυωτών δοκών από χάλυβα.
- Ομάδα 2: Δάπεδο από σκυρόδεμα επί κιβωτοειδών ή ανοικτών δοκών ή δικτυωτών δοκών από χάλυβα
- Ομάδα 3: Δάπεδο από σκυρόδεμα επί ανοικτών ή κιβωτοειδών δοκών από σκυρόδεμα.

Η γέφυρα Bailey ανήκει στην ομάδα 1. Ο έλεγχος γίνεται για την ομοιόμορφη (uniform) και τη γραμμική (linear) συνιστώσα της θερμοκρασίας. Εάν απαιτείται να ληφθεί υπόψη μη γραμμική κατανομή της θερμοκρασίας (π.χ. σε περίπτωση σύμμικτης κατασκευής), τα αντίστοιχα διαγράμματα της καθ' ύψος κατανομής της θερμοκρασίας λαμβάνονται από το Παράρτημα Β του Μέρους 2.5 του EC1.



Σχήμα 9: Συνιστώσες θερμοκρασιακής κατανομής σε διατομή [(a) ομοιόμορφη, (b) γραμμική περί τον z-z, (c) γραμμική περί τον y-y, (d) μη γραμμική]

Για την ομοιόμορφη συνιστώσα, προσδιορίζονται από εθνικούς ισοθερμικούς χάρτες η ελάχιστη (T_{min}) και η μέγιστη (T_{max}) θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά (Παράρτημα Α, Μέρος 2.5, EC1). Οι τιμές αυτές αναφέρονται σε μία περίοδο επανάληψης 50 ετών, και αντιστοιχούν στην επιφάνεια της θάλασσας. Αναγωγή σε άλλη περίοδο επανάληψης, ή σε άλλο ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας, μπορεί να γίνει σύμφωνα με το Παράρτημα Α.

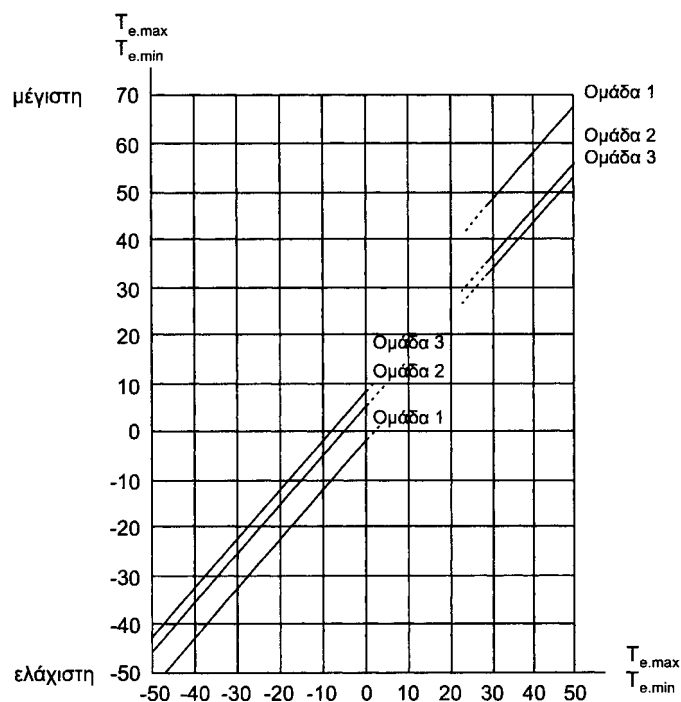
Στη συνέχεια, από το επόμενο σχήμα, ανάλογα με την ομάδα στην οποία κατατάσσεται το κατάστρωμα, προσδιορίζονται η ελάχιστη ($T_{e,min}$) μέγιστη ($T_{e,max}$) ενεργός θερμοκρασία της γέφυρας.

Οι χαρακτηριστικές τιμές μέγιστης διακύμανσης της αρνητικής ($\Delta T_{N,neg}$) και θετικής ($\Delta T_{N,pos}$) ενεργού θερμοκρασίας της γέφυρας δίνονται από τις σχέσεις:

$$\Delta T_{N,neg} = T_{e,min} - T_o \quad \text{και} \quad \Delta T_{N,pos} = T_{e,max} - T_o$$

όπου $T_o = 10^\circ \text{C}$ είναι η θερμοκρασία συναρμολόγησης της γέφυρας (κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η ολοκλήρωση των δεσμεύσεων στη γέφυρα).

Για το σχεδιασμό έναντι μετακινήσεων (π.χ. για το σχεδιασμό των εφεδράνων και των αρμών διαστολής), οι παραπάνω μέγιστες διακυμάνσεις θα λαμβάνονται ίσες με: $\Delta T_{N,neg} = -20^\circ \text{C}$ και $\Delta T_{N,pos} = 20^\circ \text{C}$ ενώ, εάν είναι γνωστή η θερμοκρασία κατά την οποία έγινε η τοποθέτηση των εφεδράνων και των αρμών διαστολής, οι 20°C στις παραπάνω σχέσεις αντικαθίστανται με 10°C .



Διάγραμμα 5: Σχέσεις μεταξύ $T_{e,min}$, $T_{e,max}$ και T_{min} , T_{max}

Για την παρούσα εργασία λαμβάνεται: $\Delta T_{N.neg} = -20^{\circ} C$ και $\Delta T_{N.pos} = 20^{\circ} C$.
Για τη γραμμική συνιστώσα της θερμοκρασίας, η οποία είναι αποτέλεσμα θέρμανσης και ψύξης του καταστρώματος μέσα σε μία ορισμένη χρονική περίοδο, κατά την οποία εμφανίζεται μία μέγιστη θετική (άνω επιφάνεια θερμότερη) και μία μέγιστη αρνητική (κάτω επιφάνεια θερμότερη) μεταβολή θερμοκρασίας, οι χαρακτηριστικές τιμές της γραμμικής διαφοράς θερμοκρασίας δίνονται από τον πίνακα

Ομάδα Καταστρώματος		Θετική διαφορά θερμοκρασίας	Αρνητική διαφορά θερμοκρασίας
		$\Delta T_{M.pos}$ (C)	$\Delta T_{M.neg}$ (C)
1		18	-13
2		15	-18
3	Κιβωτοειδής Δοκός	10	-5
	Λοιπές Μορφές	15	-8

Πίνακας 11: Χαρακτηριστικές τιμές γραμμικής διαφοράς θερμοκρασίας για γέφυρες

Οι τιμές των διαφορών θερμοκρασίας του παραπάνω πίνακα βασίζονται σε ένα πάχος επικάλυψης του καταστρώματος ίσο με 50 mm. Για άλλα πάχη, οι τιμές αυτές θα πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή k_{sur} που δίνεται στον ακόλουθο πίνακα

Πάχος επικάλυψης (mm)	Σκυρόδεμα		Χάλυβας		Σύμμικτη κατασκευή	
	Άνω θερμότερο από κάτω	Κάτω θερμότερο από άνω	Άνω θερμότερο από κάτω	Κάτω θερμότερο από άνω	Άνω θερμότερο από κάτω	Κάτω θερμότερο από άνω
0	1,5 ⁽¹⁾	1,0	1,6 ⁽¹⁾	0,6	1,1	0,9
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,0	0,7	1,2	1,0	1,0
150	0,5	1,0	0,7	1,2	1,0	1,0
έρμα 600	0,6	1,0	0,6	1,4	0,8	1,2

⁽¹⁾ Οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν άνω όρια

Πίνακας 12: Συντελεστής k_{sur} για οδικές και σιδηροδρομικές γέφυρες

Η γραμμική συνιστώσα της θερμοκρασίας υπολογίζεται μόνο κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Αν όμως για ειδικούς λόγους πρέπει να ληφθεί υπόψη και οριζόντια μεταβολή της θερμοκρασίας, τότε (ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων) ως διαφορά μπορεί να λαμβάνεται η τιμή των $5^{\circ} C$.

Για την παρούσα εργασία λαμβάνεται: $\Delta T_{M.neg} = -13^{\circ} C$ και $\Delta T_{M.pos} = 18^{\circ} C$.

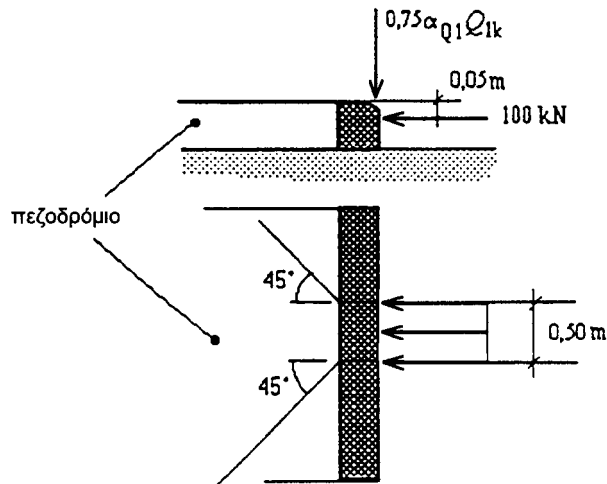
Σε περίπτωση που πρέπει να ληφθεί υπόψη ταυτόχρονη συνύπαρξη της ομοιόμορφης (ΔT_N) και της γραμμικής (ΔT_M) συνιστώσας της θερμοκρασίας, μπορεί να χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες εκφράσεις:

$$\Delta T_M + 0,35 \Delta T_N \quad \text{και} \quad 0,75 \Delta T_M + \Delta T_N$$

Από τους παραπάνω συνδυασμούς θα λαμβάνεται ο πλέον δυσμενής.

3.4 Τυχηματικές δράσεις

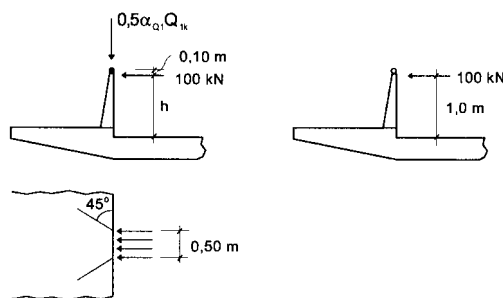
Οι δράσεις που προέρχονται από πρόσκρουση οχήματος στα κράσπεδα, (επιζυγίδα στην παρούσα εργασία) καθώς και το σημείο εφαρμογής τους, φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 10: Δράσεις στην επιζυγίδα

Σε περίπτωση που δίνει δυσμενή αποτελέσματα, λαμβάνεται υπόψη και μία ταυτόχρονη κατακόρυφη δύναμη ίση με $0,75 \alpha_{Q1} Q_{1k} = 225 \text{ kN}$.

Οι δράσεις που προέρχονται από πρόσκρουση οχήματος στα στηθαία ασφαλείας, και η θέση εφαρμογής τους φαίνονται παρακάτω



Σχήμα 11: Δράσεις στα στηθαία ασφαλείας

Η γέφυρα Bailey δεν διαθέτει στηθαία ασφαλείας λόγω κατασκευής της. Η παραπάνω οριζόντια δύναμη 100 kN είναι δυνατόν να υλοποιηθεί επί των πελμάτων πλαισίων στο όριο 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου.

Και εδώ προβλέπεται ταυτόχρονη κατακόρυφη δύναμη ίση με $0,50 \alpha_{Q1} Q_{1k} = 150 \text{ kN}$.

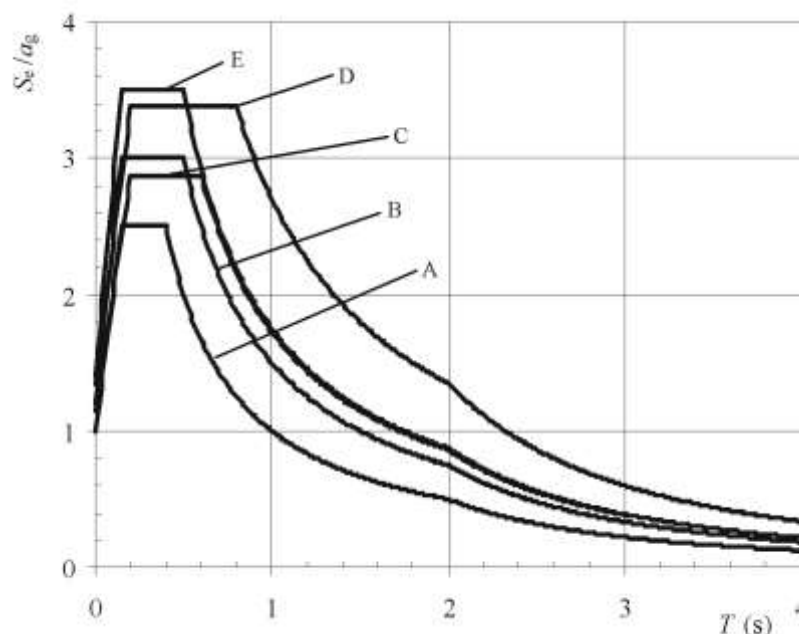
3.5 Σεισμικές Δυνάμεις

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 $\psi_{21} Q_{1k}$, όπου όμως σε οδογέφυρες με κανονική κυκλοφορία ή σε πεζογέφυρες, λαμβάνεται $\psi_{21}=0$.

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 13: Τιμές παραμέτρων συνιστώμενων φάσματος ελαστικής απόκρισης Τύπου 1



Διάγραμμα 6: : Συνιστώμενα φάσματα ελαστικής απόκρισης Τύπου 1 για κατηγορίες εδάφους A έως E (5% απόσβεση)

Για τις οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής δράσης το φάσμα σχεδιασμού, $S_d(T)$, ορίζεται από τις ακόλουθες εκφράσεις:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

όπου:

$S_d(T)$ είναι το φάσμα σχεδιασμού

T είναι η περίοδος ταλάντωσης ενός γραμμικού συστήματος μίας ελευθερίας κίνησης

a_g είναι η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού σε έδαφος κατηγορίας A. ($a_g = \gamma a_{gR}$)

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

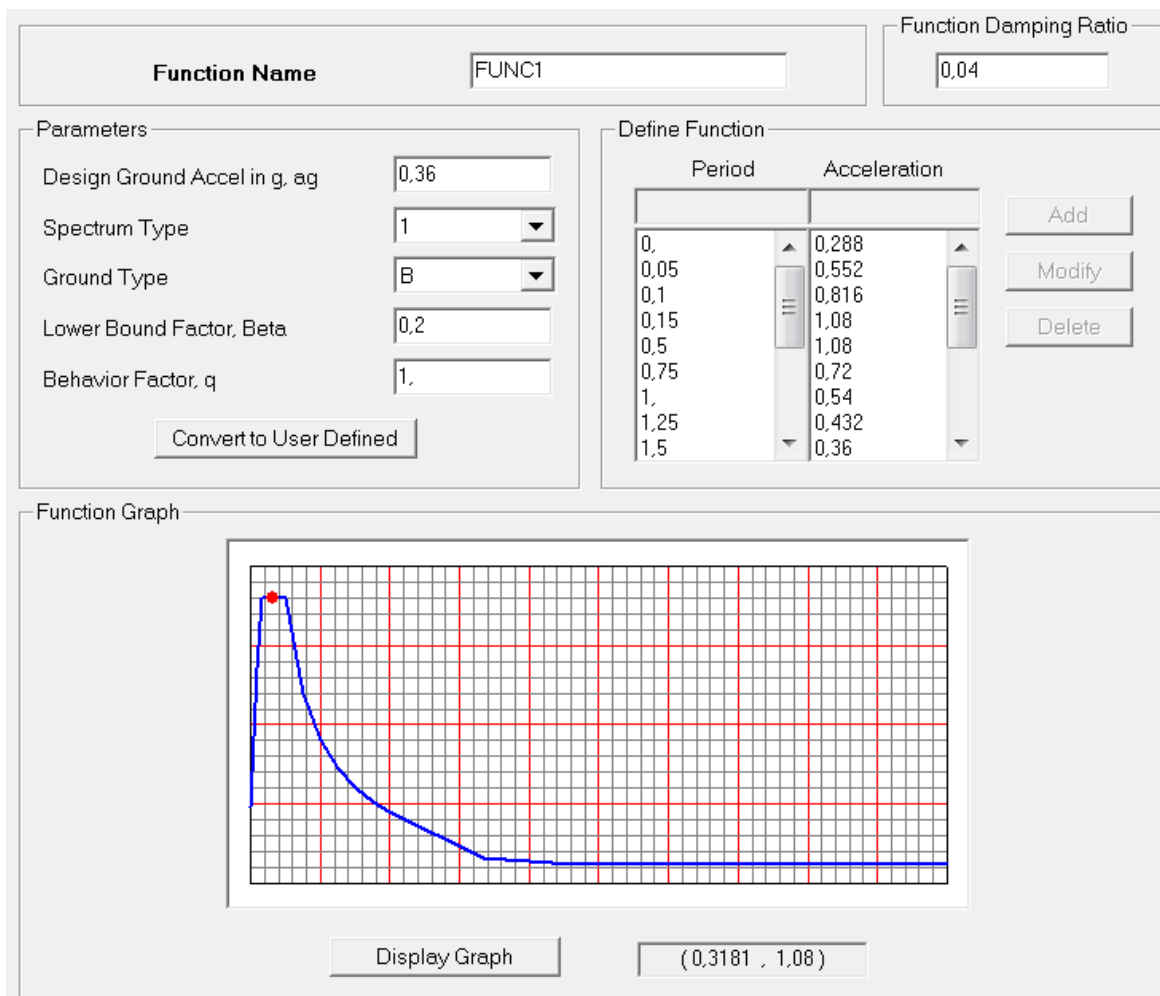
q είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς

β είναι συντελεστής κατώτατου ορίου για το οριζόντιο φάσμα σχεδιασμού.

Για την κατακόρυφη συνιστώσα της σεισμικής δράσης, το φάσμα σχεδιασμού δίνεται από τις παραπάνω εκφράσεις, με την εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού στην κατακόρυφη διεύθυνση, a_{vg} , να αντικαθιστά την a_g , ενώ ο S λαμβάνεται ως ίσος με 1.

Για τη σεισμική δράση σχεδιασμού στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκαν :

- Συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma = 1,00$ για συνήθεις γέφυρες αυτοκινητοδρόμων, εθνικών οδών.
- Κατηγορία εδάφους B.
- Σεισμική ζώνη III με σεισμική επιτάχυνσης $a_g = 0,36g$.
- Η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς ίση με $q = 1$.
- Ισοδύναμη ιξώδης απόσβεση $\xi = 0,04$.
- Τύπος φάσματος 1.
- $\beta = 0,2$



Διάγραμμα 7: Χρησιμοποιηθέν φάσμα απόκρισης

3.6 Ομάδες φορτίων κυκλοφορίας οδικών γεφυρών

		ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ					ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΑ ΚΑΙ ΠΟΔΗΛΑΤΟΔΡΟΜΟΙ	
Τύπος φόρτισης		Κατακόρυφες δυνάμεις				Οριζόντιες δυνάμεις		Μόνο κατακόρυφες δυνάμεις
Σύστημα Φόρτισης		LM1 (TS και UDL συστήματα)	LM2 (Μονοαξονικό)	LM3 (Ειδικά Οχήματα)	LM4 (Ανθρωποσυνωστισμός)	Δυνάμεις πέδησης και επιτάχυνσης	Δυνάμεις φυγόκεντρες και εγκάρσιες	Ομοιόμορφα καταμεμημένο φορτίο
	gr1a	Χαρακτηριστικές τιμές				a	a	Τιμή συνδυασμού ^b
	gr1b		Χαρακτηριστική τιμή					
	gr2	Συχνές τιμές ^b				Χαρακτηριστική τιμή	Χαρακτηριστική τιμή	

Ομάδες Φορτίων	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 14: Ομάδες φορτίων κυκλοφορίας οδικών γεφυρών

Τα κατακόρυφα και οριζόντια φορτία οδικών γεφυρών που περιγράφηκαν, προκειμένου να συνδυασθούν με τα υπόλοιπα φορτία (ανέμου, θερμοκρασιακών μεταβολών κλπ), εντάσσονται σε πέντε ομάδες, όπως φαίνεται στον προηγούμενο πίνακα. Βάση σχεδιασμού και κατασκευής της Bailey υλοποιούνται στην παρούσα εργασία οι ομάδες 1 και 2.

3.7 Βασικές Φορτίσεις

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

G	Μόνιμα φορτία (ίδιο βάρος)
Q_{(TS)1}	Συγκεντρωμένα φορτία κυκλοφορίας δύο αξόνων (ομάδα 1)
q_{(UDL)1}	Ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο κυκλοφορίας (ομάδα 1)
q_{o1}	Οριζόντια φορτία κυκλοφορίας (ομάδα 1)
Q_{(TS)2}	Συγκεντρωμένα φορτία κυκλοφορίας δύο αξόνων (ομάδα 2)
q_{(UDL)2}	Ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο κυκλοφορίας (ομάδα 2)
q_{o2}	Οριζόντια φορτία κυκλοφορίας (ομάδα 2)
W_x	Άνεμος στη διεύθυνση x-x
W_y	Άνεμος στη διεύθυνση y-y
W_{z+}	Άνεμος στη διεύθυνση z-z (φορά κατά τη διεύθυνση της βαρύτητας)
W_{z-}	Άνεμος στη διεύθυνση z-z (φορά αντίθετη της διεύθυνσης βαρύτητας)
ΔT_{N+}	Ομοιόμορφη θετική ενεργός θερμοκρασία
ΔT_{N-}	Ομοιόμορφη αρνητική ενεργός θερμοκρασία

ΔT_{M+}	Γραμμική θετική διαφορά θερμοκρασίας
ΔT_{M-}	Γραμμική αρνητική διαφορά θερμοκρασίας
A	Τυχηματική δράση
E_x	Σεισμική δράση κατά τη διεύθυνση x-x
E_y	Σεισμική δράση κατά τη διεύθυνση y-y
E_z	Σεισμική δράση κατά τη διεύθυνση z-z

3.8 Συνδυασμοί δράσεων

Προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια της γέφυρας στην οριακή κατάσταση αστοχίας χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των δράσεων αυτών οι οποίοι καλύπτουν όλες τις καταστάσεις σχεδιασμού (καταστάσεις διάρκειας, παροδικές, τυχηματικές και σεισμού). Στους συνδυασμούς αυτούς δεν συνυπολογίζονται δράσεις οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εμφανιστούν ταυτόχρονα.

α) Για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές

$$\Sigma \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_p P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Sigma \gamma_{Qi} \psi_{oi} Q_{ki}$$

β) Για τυχηματικές καταστάσεις

$$\Sigma \gamma_{GAj} G_{kj} + \gamma_{pA} P_k + A_d + \psi_{11} Q_{k1} + \Sigma \psi_{1i} Q_{ki}$$

γ) Για καταστάσεις σεισμού

$$\Sigma G_{kj} + P_k + \gamma_I A_{Ed} + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki}$$

Τα σύμβολα στους συνδυασμούς αυτούς είναι τα εξής:

+ σημαίνει « επαλληλία με »

G_{kj} είναι η χαρακτηριστική τιμή των μονίμων δράσεων

P_k είναι η χαρακτηριστική τιμή της προέντασης

Q_{k1} είναι η χαρακτηριστική τιμή της μεταβλητής δράσης i

A_d είναι η τιμή σχεδιασμού της τυχηματικής δράσης

A_{Ed} είναι η τιμή σχεδιασμού της σεισμικής δράσης

$\gamma_{Gj}, \gamma_{GAj}$ είναι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τη μόνιμη δράση j

γ_p, γ_{pA} είναι οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για την προένταση

γ_{Qi} είναι ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τη μεταβλητή δράση i

γ_I είναι ο συντελεστής σπουδαιότητας

$\psi_{oi}, \psi_{1i}, \psi_{2i}$ είναι συντελεστές συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ χρησιμοποιούνται, προκειμένου να ληφθούν υπόψη πιθανές δυσμενείς αποκλίσεις ή πιθανή μη ακριβής προσομοίωση των δράσεων καθώς και αβεβαιότητες στον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων

των δράσεων. Οι τιμές των συντελεστών αυτών για την περίπτωση του ελέγχου αστοχίας μίας γέφυρας ή μέλους της φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Δράση	Συμβολισμός	Κατάσταση	
		P/T	A
Μόνιμες δράσεις: ίδιο βάρος φερόντων και μη στοιχείων, μόνιμες δράσεις λόγω εδάφους, και νερού στο έδαφος ή ελεύθερου			
δυσμενής	γ_{Gsup}	[1,35]	[1,00]
ευμενής	γ_{Ginf}	[1,00]	[1,00]
Προένταση	γ_P	[1,00]	[1,00]
Υποχώρηση	γ_{Gset}	[1,00]	
Δράσεις κυκλοφορίας	γ_Q		
Δυσμενείς		[1,35]	[1,00]
ευμενείς		[0]	[0]
Άλλες μεταβλητές δράσεις	γ_Q		
δυσμενείς		[1,50]	[1,00]
ευμενείς		[0]	[0]
Τυχηματικές δράσεις	γ_A		[1,00]
P= Μόνιμη κατάσταση, T = Παροδική κατάσταση, A = Τυχηματική κατάσταση			

Πίνακας 15: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ για οδικές γέφυρες

Ως δυσμενής επιρροή των μονίμων δράσεων χαρακτηρίζεται η περίπτωση κατά την οποία τα αποτελέσματα των μονίμων δράσεων αυξάνουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα των μεταβλητών δράσεων.

Ο συντελεστής σπουδαιότητας γ_i αντιστοιχεί στις κατηγορίες σπουδαιότητας στις οποίες κατατάσσονται οι κατασκευές, ανάλογα με τον κίνδυνο που συνεπάγεται για τον άνθρωπο, αλλά και για τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες που μπορεί να έχει ενδεχόμενη καταστροφή τους ή διακοπή της λειτουργίας τους.

Ενώ οι συντελεστές συνδυασμού ψ_i των μεταβλητών δράσεων χρησιμοποιούνται προκειμένου να ληφθεί υπόψη η μειωμένη πιθανότητα για ταυτόχρονη συνύπαρξη των πλέον δυσμενών τιμών των διαφόρων ανεξάρτητων δράσεων. Για την οριακή κατάσταση αστοχίας οι συντελεστές ψ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Δράση	Συμβολισμός	Ψ_0	Ψ'_1	Ψ_1	Ψ_2
Φορτία κυκλοφορίας	gr1 TS	[0,75]	[0,80]	[0,75]	[0]
	(LM1) UDL	[0,40]	[0,80]	[0,40]	[0]
	Απλός άξονας (LM2)	[0]	[0,80]	[0,75]	[0]
	gr2 (Οριζόντιες δυνάμεις)	[0]	[0]	[0]	[0]
	gr3 (Φορτία πεζών)	[0]	[0,80]	[0]	[0]
	gr4 (LM4)	[0]	[0,80]	[0]	[0]
	gr5 (LM3)	[0]	1,00	[0]	[0]
Οριζόντιες δυνάμεις		[0]	[0]	[0]	[0]
Δυνάμεις ανέμου	FWk ή FWn	[0,3]	[0,6]	[0,5]	[0]
	F_w^*	[1,0]			
Θερμοκρασιακές επιδράσεις	Tk	[0]	[0,8]	[0,6]	[0,5]
Το Ψ'_1 αναφέρεται σε σποραδικά φορτία (infrequent)					

Πίνακας 16: Συντελεστές συνδυασμού ψ για οδικές γέφυρες

Ο πίνακας αυτός ισχύει και για την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, με την αλλαγή: $\psi_0 = 0,6$ για θερμοκρασιακές επιδράσεις.

Για την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις:

α) Χαρακτηριστικός (σπάνιος) συνδυασμός

$$\Sigma G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \Sigma \psi_{0i} Q_{ki}$$

β) Συχνός συνδυασμός

$$\Sigma G_{kj} + P_k + \psi_{11} Q_{k1} + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki}$$

γ) Ημιμόνιμος συνδυασμός

$$\Sigma G_{kj} + P_k + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki}$$

Στις επόμενες παραγράφους, ακολουθούν σε πίνακες οι συνδυασμοί δράσεων που εξετάστηκαν μαζί με τους συντελεστές συμμετοχής της κάθε δράσης.

3.8.1 Συνδυασμοί για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές (οριακή κατάσταση αστοχίας)

	G	$Q_{(TS)1}$	$q_{(UDL)1}$	$q_{(UDL)2}$	q_{o2}	W_x	W_y	W_{z+}	W_{z-}	ΔT_{N+}	ΔT_{N-}	ΔT_{M+}	ΔT_{M-}
c1	1,35	1,35	1,35										
c2	1,35	1,35	1,35			0,9							
c3	1,35	1,35	1,35			0,9				0,9			
c4	1,35	1,35	1,35			0,9				0,315		0,9	
c5	1,35	1,35	1,35			0,9				0,9		0,675	
c6	1,35	1,35	1,35			0,9				0,315			0,9
c7	1,35	1,35	1,35			0,9				0,9			0,675
c8	1,35	1,35	1,35			0,9					0,9		
c9	1,35	1,35	1,35			0,9				0,315	0,9		
c10	1,35	1,35	1,35			0,9				0,9	0,675		
c11	1,35	1,35	1,35			0,9				0,315			0,9
c12	1,35	1,35	1,35			0,9				0,9			0,675

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	q _{(UDL)2}	q _{o2}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}
c13	1,35	1,35	1,35			0,9						0,9	
c14	1,35	1,35	1,35			0,9							0,9
c15	1,35	1,35	1,35				0,9						
c16	1,35	1,35	1,35				0,9			0,9			
c17	1,35	1,35	1,35				0,9			0,315		0,9	
c18	1,35	1,35	1,35				0,9			0,9		0,675	
c19	1,35	1,35	1,35				0,9			0,315			0,9
c20	1,35	1,35	1,35				0,9			0,9			0,675
c21	1,35	1,35	1,35				0,9				0,9		
c22	1,35	1,35	1,35				0,9				0,315	0,9	
c23	1,35	1,35	1,35				0,9				0,9	0,675	
c24	1,35	1,35	1,35				0,9				0,315		0,9
c25	1,35	1,35	1,35				0,9				0,9		0,675
c26	1,35	1,35	1,35				0,9					0,9	
c27	1,35	1,35	1,35				0,9						0,9
c28	1,35	1,35	1,35					0,9					
c29	1,35	1,35	1,35					0,9		0,9			
c30	1,35	1,35	1,35					0,9		0,315		0,9	
c31	1,35	1,35	1,35					0,9		0,9		0,675	
c32	1,35	1,35	1,35					0,9		0,315			0,9
c33	1,35	1,35	1,35					0,9		0,9			0,675
c34	1,35	1,35	1,35					0,9			0,9		
c35	1,35	1,35	1,35					0,9			0,315	0,9	
c36	1,35	1,35	1,35					0,9			0,9	0,675	
c37	1,35	1,35	1,35					0,9			0,315		0,9
c38	1,35	1,35	1,35					0,9			0,9		0,675
c39	1,35	1,35	1,35					0,9				0,9	
c40	1,35	1,35	1,35					0,9					0,9
c41	1,35			1,35	1,35								
c42	1,35			1,35	1,35	0,9							
c43	1,35			1,35	1,35	0,9				0,9			
c44	1,35			1,35	1,35	0,9				0,315		0,9	
c45	1,35			1,35	1,35	0,9				0,9		0,675	
c46	1,35			1,35	1,35	0,9				0,315			0,9
c47	1,35			1,35	1,35	0,9				0,9			0,675
c48	1,35			1,35	1,35	0,9					0,9		
c49	1,35			1,35	1,35	0,9					0,315	0,9	
c50	1,35			1,35	1,35	0,9					0,9	0,675	
c51	1,35			1,35	1,35	0,9					0,315		0,9
c52	1,35			1,35	1,35	0,9					0,9		0,675
c53	1,35			1,35	1,35	0,9						0,9	
c54	1,35			1,35	1,35	0,9							0,9
c55	1,35			1,35	1,35		0,9						
c56	1,35			1,35	1,35		0,9			0,9			
c57	1,35			1,35	1,35		0,9			0,315		0,9	
c58	1,35			1,35	1,35		0,9			0,9		0,675	
c59	1,35			1,35	1,35		0,9			0,315			0,9
c60	1,35			1,35	1,35		0,9			0,9			0,675
c61	1,35			1,35	1,35		0,9				0,9		
c62	1,35			1,35	1,35		0,9				0,315	0,9	
c63	1,35			1,35	1,35		0,9				0,9	0,675	
c64	1,35			1,35	1,35		0,9				0,315		0,9
c65	1,35			1,35	1,35		0,9				0,9		0,675
c66	1,35			1,35	1,35		0,9					0,9	
c67	1,35			1,35	1,35		0,9						0,9
c68	1,35			1,35	1,35			0,9					
c69	1,35			1,35	1,35			0,9		0,9			
c70	1,35			1,35	1,35			0,9		0,315		0,9	
c71	1,35			1,35	1,35			0,9		0,9		0,675	
c72	1,35			1,35	1,35			0,9		0,315			0,9
c73	1,35			1,35	1,35			0,9		0,9			0,675
c74	1,35			1,35	1,35			0,9			0,9		
c75	1,35			1,35	1,35			0,9			0,315	0,9	
c76	1,35			1,35	1,35			0,9			0,9	0,675	
c77	1,35			1,35	1,35			0,9			0,315		0,9
c78	1,35			1,35	1,35			0,9			0,9		0,675
c79	1,35			1,35	1,35			0,9				0,9	
c80	1,35			1,35	1,35			0,9					0,9
c81	1,35					1,5							
c82	1,35	1,0125	0,54			1,5							
c83	1,35	1,0125	0,54			1,5				0,9			

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	q _{(UDL)2}	q _{o2}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}
c155	1,35	1,0125	0,54			0,9							1,5
c156	1,35	1,0125	0,54				0,9			1,5			
c157	1,35	1,0125	0,54				0,9			0,525		1,5	
c158	1,35	1,0125	0,54				0,9			1,5		1,125	
c159	1,35	1,0125	0,54				0,9			0,525			1,5
c160	1,35	1,0125	0,54				0,9			1,5			1,125
c161	1,35	1,0125	0,54				0,9				1,5		
c162	1,35	1,0125	0,54				0,9				0,525	1,5	
c163	1,35	1,0125	0,54				0,9				1,5	1,125	
c164	1,35	1,0125	0,54				0,9				0,525		1,5
c165	1,35	1,0125	0,54				0,9				1,5		1,125
c166	1,35	1,0125	0,54				0,9					1,5	
c167	1,35	1,0125	0,54				0,9						1,5
c168	1,35	1,0125	0,54					0,9		1,5			
c169	1,35	1,0125	0,54					0,9		0,525		1,5	
c170	1,35	1,0125	0,54					0,9		1,5		1,125	
c171	1,35	1,0125	0,54					0,9		0,525			1,5
c172	1,35	1,0125	0,54					0,9		1,5			1,125
c173	1,35	1,0125	0,54					0,9			1,5		
c174	1,35	1,0125	0,54					0,9			0,525	1,5	
c175	1,35	1,0125	0,54					0,9			1,5	1,125	
c176	1,35	1,0125	0,54					0,9			0,525		1,5
c177	1,35	1,0125	0,54					0,9			1,5		1,125
c178	1,35	1,0125	0,54					0,9				1,5	
c179	1,35	1,0125	0,54					0,9					1,5
c180	1								0,9	1,5			
c181	1								0,9	0,525		1,5	
c182	1								0,9	1,5		1,125	
c183	1								0,9	0,525			1,5
c184	1								0,9	1,5			1,125
c185	1								0,9		1,5		
c186	1								0,9		0,525	1,5	
c187	1								0,9		1,5	1,125	
c188	1								0,9		0,525		1,5
c189	1								0,9		1,5		1,125
c190	1								0,9			1,5	
c191	1								0,9				1,5

Πίνακας 17: Συνδυασμοί για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές

3.8.2 Συνδυασμοί για τυχηματικές καταστάσεις (οριακή κατάσταση αστοχίας)

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}	A
a1	1											1
a2	1	0,75	0,4									1
a3	1	0,75	0,4					0,5				1
a4	1	0,75	0,4						0,5			1
a5	1	0,75	0,4							0,5		1
a6	1	0,75	0,4								0,5	1
a7	1	0,75	0,4					0,175		0,5		1
a8	1	0,75	0,4					0,175			0,5	1
a9	1	0,75	0,4						0,5	0,375		1
a10	1	0,75	0,4						0,5		0,375	1
a11	1			0,5				0,5				1
a12	1			0,5					0,5			1
a13	1			0,5						0,5		1
a14	1			0,5							0,5	1
a15	1			0,5				0,175		0,5		1
a16	1			0,5				0,175			0,5	1
a17	1			0,5					0,5	0,375		1
a18	1			0,5					0,5		0,375	1
a19	1				0,5			0,5				1
a20	1				0,5				0,5			1
a21	1				0,5					0,5		1
a22	1				0,5						0,5	1
a23	1				0,5			0,175		0,5		1
a24	1				0,5			0,175			0,5	1

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}	A
a25	1				0,5				0,5	0,375		1
a26	1				0,5				0,5		0,375	1
a27	1					0,5		0,5				1
a28	1					0,5			0,5			1
a29	1					0,5				0,5		1
a30	1					0,5					0,5	1
a31	1					0,5		0,175		0,5		1
a32	1					0,5		0,175			0,5	1
a33	1					0,5			0,5	0,375		1
a34	1					0,5			0,5		0,375	1
a35	1						0,5	0,5				1
a36	1						0,5		0,5			1
a37	1						0,5			0,5		1
a38	1						0,5				0,5	1
a39	1						0,5	0,175		0,5		1
a40	1						0,5	0,175			0,5	1
a41	1						0,5		0,5	0,375		1
a42	1						0,5		0,5		0,375	1
a43	1							0,6				1
a44	1								0,6			1
a45	1									0,6		1
a46	1										0,6	1
a47	1							0,21		0,6		1
a48	1							0,21			0,6	1
a49	1								0,6	0,45		1
a50	1								0,6		0,45	1

Πίνακας 18: Συνδυασμοί για τυχηματικές καταστάσεις

3.8.3 Συνδυασμοί για καταστάσεις σεισμού (οριακή κατάσταση αστοχίας)

	G	E _x	E _y	E _z
s1	1	1	0,3	0,3
s2	1	0,3	1	0,3
s3	1	0,3	0,3	1

Πίνακας 19: Συνδυασμοί για καταστάσεις σεισμού

3.8.4 Χαρακτηριστικός (σπάνιος) συνδυασμός (οριακή κατάσταση λειτουργικότητας)

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	q _{(UDL)2}	q _{o2}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}
I1	1	1	1										
I2	1	1	1			0,6							
I3	1	1	1			0,6				0,6			
I4	1	1	1			0,6				0,21		0,6	
I5	1	1	1			0,6				0,6		0,45	
I6	1	1	1			0,6				0,21			0,6
I7	1	1	1			0,6				0,6			0,45
I8	1	1	1			0,6					0,6		
I9	1	1	1			0,6					0,21	0,6	
I10	1	1	1			0,6					0,6	0,45	
I11	1	1	1			0,6					0,21		0,6
I12	1	1	1			0,6					0,6		0,45
I13	1	1	1			0,6						0,6	
I14	1	1	1			0,6							0,6
I15	1	1	1				0,6						
I16	1	1	1				0,6			0,6			
I17	1	1	1				0,6			0,21		0,6	
I18	1	1	1				0,6			0,6		0,45	
I19	1	1	1				0,6			0,21			0,6
I20	1	1	1				0,6			0,6			0,45
I21	1	1	1				0,6				0,6		
I22	1	1	1				0,6				0,21	0,6	
I23	1	1	1				0,6				0,6	0,45	
I24	1	1	1				0,6				0,21		0,6

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	q _{(UDL)2}	q _{o2}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}
125	1	1	1				0,6				0,6		0,45
126	1	1	1				0,6					0,6	
127	1	1	1				0,6						0,6
128	1	1	1					0,6					
129	1	1	1					0,6		0,6			
130	1	1	1					0,6		0,21		0,6	
131	1	1	1					0,6		0,6		0,45	
132	1	1	1					0,6		0,21			0,6
133	1	1	1					0,6		0,6			0,45
134	1	1	1					0,6			0,6		
135	1	1	1					0,6			0,21	0,6	
136	1	1	1					0,6			0,6	0,45	
137	1	1	1					0,6			0,21		0,6
138	1	1	1					0,6			0,6		0,45
139	1	1	1					0,6				0,6	
140	1	1	1					0,6					0,6
141	1			1	1								
142	1			1	1	0,6							
143	1			1	1	0,6				0,6			
144	1			1	1	0,6				0,21		0,6	
145	1			1	1	0,6				0,6		0,45	
146	1			1	1	0,6				0,21			0,6
147	1			1	1	0,6				0,6			0,45
148	1			1	1	0,6					0,6		
149	1			1	1	0,6					0,21	0,6	
150	1			1	1	0,6					0,6	0,45	
151	1			1	1	0,6					0,21		0,6
152	1			1	1	0,6					0,6		0,45
153	1			1	1	0,6						0,6	
154	1			1	1	0,6							0,6
155	1			1	1		0,6						
156	1			1	1		0,6			0,6			
157	1			1	1		0,6			0,21		0,6	
158	1			1	1		0,6			0,6		0,45	
159	1			1	1		0,6			0,21			0,6
160	1			1	1		0,6			0,6			0,45
161	1			1	1		0,6				0,6		
162	1			1	1		0,6				0,21	0,6	
163	1			1	1		0,6				0,6	0,45	
164	1			1	1		0,6				0,21		0,6
165	1			1	1		0,6				0,6		0,45
166	1			1	1		0,6					0,6	
167	1			1	1		0,6						0,6
168	1			1	1			0,6					
169	1			1	1			0,6		0,6			
170	1			1	1			0,6		0,21		0,6	
171	1			1	1			0,6		0,6		0,45	
172	1			1	1			0,6		0,21			0,6
173	1			1	1			0,6		0,6			0,45
174	1			1	1			0,6			0,6		
175	1			1	1			0,6			0,21	0,6	
176	1			1	1			0,6			0,6	0,45	
177	1			1	1			0,6			0,21		0,6
178	1			1	1			0,6			0,6		0,45
179	1			1	1			0,6				0,6	
180	1			1	1			0,6					0,6
181	1					1							
182	1	0,75	0,4			1							
183	1	0,75	0,4			1				0,6			
184	1	0,75	0,4			1				0,21		0,6	
185	1	0,75	0,4			1				0,6		0,45	
186	1	0,75	0,4			1				0,21			0,6
187	1	0,75	0,4			1				0,6			0,45
188	1	0,75	0,4			1					0,6		
189	1	0,75	0,4			1					0,21	0,6	
190	1	0,75	0,4			1					0,6	0,45	
191	1	0,75	0,4			1					0,21		0,6
192	1	0,75	0,4			1					0,6		0,45
193	1	0,75	0,4			1						0,6	
194	1	0,75	0,4			1							0,6
195	1						1						

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	q _{(UDL)2}	q _{o2}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}
I96	1	0,75	0,4				1						
I97	1	0,75	0,4				1			0,6			
I98	1	0,75	0,4				1			0,21		0,6	
I99	1	0,75	0,4				1			0,6		0,45	
I100	1	0,75	0,4				1			0,21			0,6
I101	1	0,75	0,4				1			0,6			0,45
I102	1	0,75	0,4				1				0,6		
I103	1	0,75	0,4				1				0,21	0,6	
I104	1	0,75	0,4				1				0,6	0,45	
I105	1	0,75	0,4				1				0,21		0,6
I106	1	0,75	0,4				1				0,6		0,45
I107	1	0,75	0,4				1					0,6	
I108	1	0,75	0,4				1						0,6
I109	1							1					
I110	1	0,75	0,4					1					
I111	1	0,75	0,4					1		0,6			
I112	1	0,75	0,4					1		0,21		0,6	
I113	1	0,75	0,4					1		0,6		0,45	
I114	1	0,75	0,4					1		0,21			0,6
I115	1	0,75	0,4					1		0,6			0,45
I116	1	0,75	0,4					1			0,6		
I117	1	0,75	0,4					1			0,21	0,6	
I118	1	0,75	0,4					1			0,6	0,45	
I119	1	0,75	0,4					1			0,21		0,6
I120	1	0,75	0,4					1			0,6		0,45
I121	1	0,75	0,4					1				0,6	
I122	1	0,75	0,4					1					0,6
I123	1								1				
I124	1								1	0,6			
I125	1								1	0,21		0,6	
I126	1								1	0,6		0,45	
I127	1								1	0,21			0,6
I128	1								1	0,6			0,45
I129	1								1		0,6		
I130	1								1		0,21	0,6	
I131	1								1		0,6	0,45	
I132	1								1		0,21		0,6
I133	1								1		0,6		0,45
I134	1								1			0,6	
I135	1								1				0,6
I136	1									1			
I137	1	0,75	0,4							1			
I138	1	0,75	0,4			0,6				1			
I139	1	0,75	0,4			0,6				0,35		1	
I140	1	0,75	0,4			0,6				1		0,75	
I141	1	0,75	0,4			0,6				0,35			1
I142	1	0,75	0,4			0,6				1			0,75
I143	1										1		
I144	1	0,75	0,4								1		
I145	1	0,75	0,4			0,6					1		
I146	1	0,75	0,4			0,6					0,35	1	
I147	1	0,75	0,4			0,6					1	0,75	
I148	1	0,75	0,4			0,6					0,35		1
I149	1	0,75	0,4			0,6					1		0,75
I150	1											1	
I151	1	0,75	0,4									1	
I152	1	0,75	0,4			0,6						1	
I153	1												1
I154	1	0,75	0,4										1
I155	1	0,75	0,4			0,6							1
I156	1	0,75	0,4				0,6			1			
I157	1	0,75	0,4				0,6			0,35		1	
I158	1	0,75	0,4				0,6			1		0,75	
I159	1	0,75	0,4				0,6			0,35			1
I160	1	0,75	0,4				0,6			1			0,75
I161	1	0,75	0,4				0,6				1		
I162	1	0,75	0,4				0,6				0,35	1	
I163	1	0,75	0,4				0,6				1	0,75	
I164	1	0,75	0,4				0,6				0,35		1
I165	1	0,75	0,4				0,6				1		0,75
I166	1	0,75	0,4				0,6					1	

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	q _{(UDL)2}	q _{o2}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}
I167	1	0,75	0,4				0,6						1
I168	1	0,75	0,4					0,6		1			
I169	1	0,75	0,4					0,6		0,35		1	
I170	1	0,75	0,4					0,6		1		0,75	
I171	1	0,75	0,4					0,6		0,35			1
I172	1	0,75	0,4					0,6		1			0,75
I173	1	0,75	0,4					0,6			1		
I174	1	0,75	0,4					0,6			0,35	1	
I175	1	0,75	0,4					0,6			1	0,75	
I176	1	0,75	0,4					0,6			0,35		1
I177	1	0,75	0,4					0,6			1		0,75
I178	1	0,75	0,4					0,6				1	
I179	1	0,75	0,4					0,6					1
I180	1								0,6	1			
I181	1								0,6	0,35		1	
I182	1								0,6	1		0,75	
I183	1								0,6	0,35			1
I184	1								0,6	1			0,75
I185	1								0,6		1		
I186	1								0,6		0,35	1	
I187	1								0,6		1	0,75	
I188	1								0,6		0,35		1
I189	1								0,6		1		0,75
I190	1								0,6			1	
I191	1								0,6				1

Πίνακας 20: Χαρακτηριστικός (σπάνιος) συνδυασμός

3.8.5 Συχνός συνδυασμός (οριακή κατάσταση λειτουργικότητας)

	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}
u1	1										
u2	1	0,75	0,4								
u3	1	0,75	0,4					0,5			
u4	1	0,75	0,4						0,5		
u5	1	0,75	0,4							0,5	
u6	1	0,75	0,4								0,5
u7	1	0,75	0,4					0,175		0,5	
u8	1	0,75	0,4					0,175			0,5
u9	1	0,75	0,4						0,5	0,375	
u10	1	0,75	0,4						0,5		0,375
u11	1			0,5				0,5			
u12	1			0,5					0,5		
u13	1			0,5						0,5	
u14	1			0,5							0,5
u15	1			0,5				0,175		0,5	
u16	1			0,5				0,175			0,5
u17	1			0,5					0,5	0,375	
u18	1			0,5					0,5		0,375
u19	1				0,5			0,5			
u20	1				0,5				0,5		
u21	1				0,5					0,5	
u22	1				0,5						0,5
u23	1				0,5			0,175		0,5	
u24	1				0,5			0,175			0,5
u25	1				0,5				0,5	0,375	
u26	1				0,5				0,5		0,375
u27	1					0,5		0,5			
u28	1					0,5			0,5		
u29	1					0,5				0,5	
u30	1					0,5					0,5
u31	1					0,5		0,175		0,5	
u32	1					0,5		0,175			0,5
u33	1					0,5			0,5	0,375	
u34	1					0,5			0,5		0,375
u35	1						0,5	0,5			
u36	1						0,5		0,5		
u37	1						0,5			0,5	
u38	1						0,5				0,5

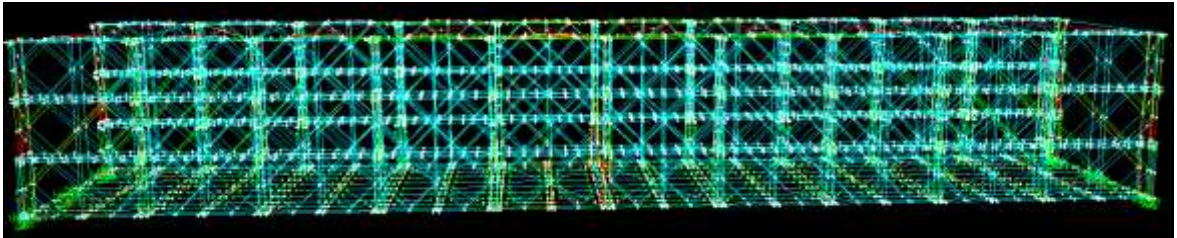
	G	Q _{(TS)1}	q _{(UDL)1}	W _x	W _y	W _{z+}	W _{z-}	ΔT _{N+}	ΔT _{N-}	ΔT _{M+}	ΔT _{M-}
u39	1						0,5	0,175		0,5	
u40	1						0,5	0,175			0,5
u41	1						0,5		0,5	0,375	
u42	1						0,5		0,5		0,375
u43	1							0,6			
u44	1								0,6		
u45	1									0,6	
u46	1										0,6
u47	1							0,21		0,6	
u48	1							0,21			0,6
u49	1								0,6	0,45	
u50	1								0,6		0,45

Πίνακας 21: Συχνός συνδυασμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΦΟΡΕΑ

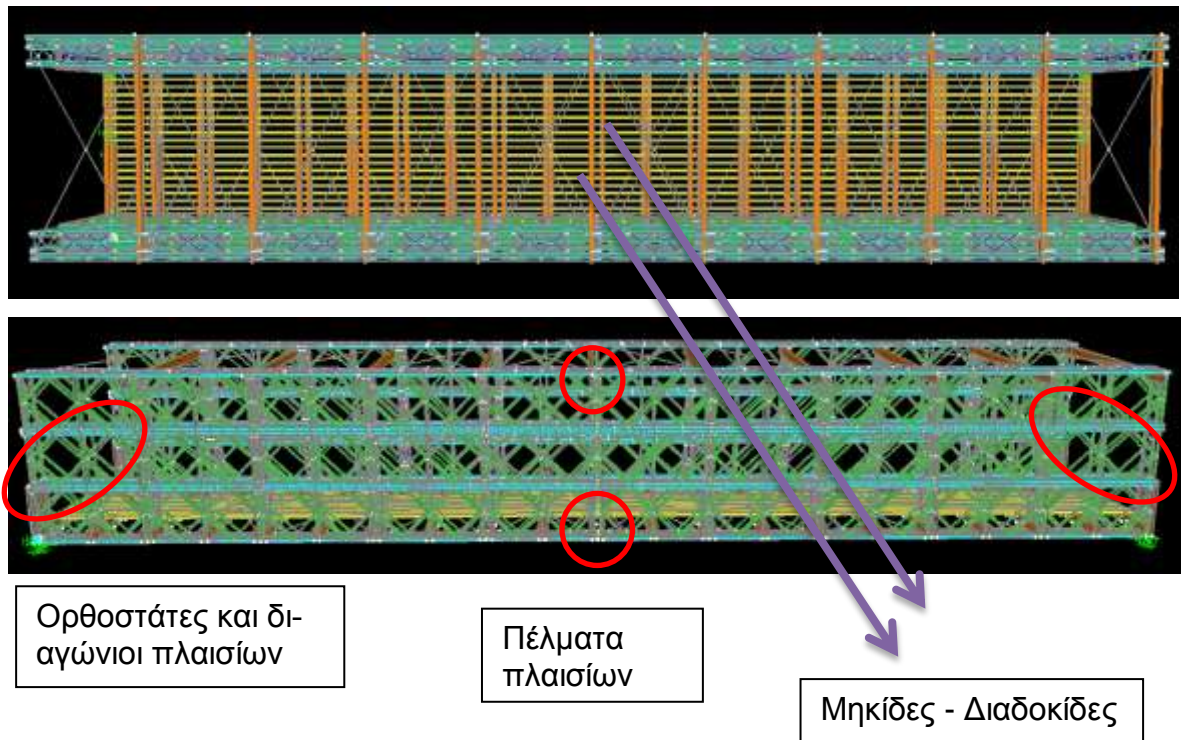
4.1 Γενικά

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει τα αποτελέσματα της ανάλυσης του φορέα στην οριακή κατάσταση αστοχίας και λειτουργικότητας, καθώς και του ελέγχου έναντι σεισμού. Παρατηρήθηκε μετά την επίλυση, ότι υπήρχε αστοχία σε αρκετά σημεία. Σχεδόν όλες οι κατηγορίες μελών της γέφυρας σε κάποιες περιοχές εξάντλησαν το όριο αντοχής τους σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 3 όπως ενδεικτικά φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (με κόκκινη σκίαση απεικονίζονται οι αστοχίες μελών για κάποιο συνδυασμό).



Εικόνα 42: Χρωματική απεικόνιση ποσοστού εξάντλησης αντοχής μελών

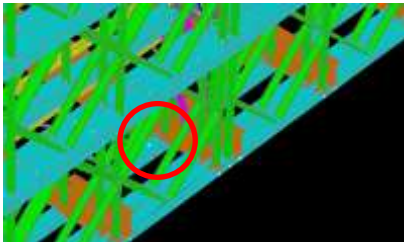
Οι βασικότερες αστοχίες παρουσιάστηκαν στα εικονιζόμενα σημεία (και στα συμμετρικά προφανώς ως προς το άξονα της γέφυρας)



Εικόνα 43: Βασικότερες αστοχίες

4.2 Πέλματα πλαισίων

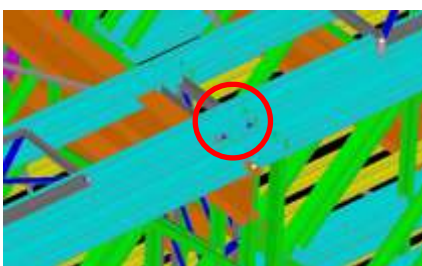
Τα πέλματα των πλαισίων αστόχησαν όπως αναμενόταν στο μέσο της γέφυρας με σοβαρότερη αστοχία στην εσωτερική κάτω σειρά στο σημείο σύνδεσης με την διαδοκίδα. Η αστοχία οφείλεται και στην μέγιστη εφελκυστική αναπτυσσόμενη δύναμη αλλά κυρίως στην ροπή που αναπτύσσεται λόγω της σύνδεσης με την διαδοκίδα. Η εξάντληση της διατομής έφτασε το 2,252 με όριο το 1.



STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location	P	M33	M22	U2	U3	T	
0,000	569,632	47,663	-4,744	430,704	-47,935	1,068	
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation (6.2.1)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
	2,252	= 0,563	+ 1,564	+ 0,125	0,950	Overstress	
AXIAL FORCE DESIGN							
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor		
Axial	569,632	1036,551	1011,290	1036,551	1060,621		
MOMENT DESIGN							
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mu,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Major Moment	47,663	30,480	30,480	30,480			
Minor Moment	-4,744	38,040	38,040				
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor	
Major Moment	1,000	8,956	1,081	0,996		1,000	
Minor Moment	1,000	5,840	1,036		1,036		
SHEAR DESIGN							
	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion		
Major Shear	430,704	315,600	1,365	Overstress	0,000		
Minor Shear	47,935	4575,455	0,010	OK	0,000		

Πίνακας 22: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ στο εσωτερικό κάτω πέλαμα

Αστοχία παρουσιάστηκε και στο μεσαίο άνω θλιβόμενο πέλαμα. Η εξάντληση της διατομής έφτασε το 1,023.



STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location	P	M33	M22	U2	U3	T	
0,000	-512,969	-8,905	2,920	-92,020	-5,074	0,164	
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation (6.62)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
	1,023	= 0,683	+ 0,100	+ 0,240	0,950	Overstress	
AXIAL FORCE DESIGN							
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor		
Axial	-512,969	750,581	1011,290	1060,621	750,581		
MOMENT DESIGN							
	Med Moment	Nc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Major Moment	-8,905	30,480	30,480	30,480			
Minor Moment	2,920	38,040	38,040				
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor	
Major Moment	1,000	8,956	1,071	0,967		1,000	
Minor Moment	1,000	37,709	1,298		1,298		
SHEAR DESIGN							
	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion		
Major Shear	92,020	315,600	0,292	OK	0,000		
Minor Shear	5,074	4575,455	0,001	OK	0,000		

Πίνακας 23: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ στο κεντρικό άνω πέλμα

4.3 Ορθοστάτες πλαισίων

Αστοχία στους ορθοστάτες παρουσιάστηκε σε διάφορα σημεία όπως αστοχία από εφελκισμό (1,45) όπου υπήρχε άμεση σύνδεση με την διαδοκίδα. Η βασικότερη όμως αστοχία στους ορθοστάτες προήλθε από την θλιπτική καταπόνηση αυτών στις άκρες της γέφυρας (1,641) όπως παρακάτω.



STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location	P	M33	M22	U2	U3	T	
0,050	-200,532	0,492	0,329	0,725	0,598	5,736E-04	
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation (6.62)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
	1,643	= 1,515	+ 0,114	+ 0,015	0,950	Overstress	
AXIAL FORCE DESIGN							
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor		
Axial	-200,532	132,382	247,968	234,283	132,382		
MOMENT DESIGN							
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Major Moment	0,492	7,433	7,433	6,007			
Minor Moment	0,329	2,557	2,557				
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor	
Major Moment	1,000	0,902	0,530	0,261		2,456	
Minor Moment	1,000	0,902	0,885		0,531		
SHEAR DESIGN							
	Ued Force	Uc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion		
Major Shear	0,725	61,171	0,012	OK	0,000		
Minor Shear	0,598	100,099	0,006	OK	0,000		

Πίνακας 24: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ εσωτερικό κάτω ορθοστάτη

4.4 Διαδοκίδες

Το όριο αντοχής εξαντλήθηκε (1,570) και στις διαδοκίδες κατά την διάρκεια πού το συγκεντρωμένο φορτίο βρισκόταν σε αυτές λόγω της μεγάλης ροπής κάμψεως περί τον ισχυρό άξονα.

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location	P	M33	M22	U2	U3	T	
2,000	82,175	175,959	0,491	-29,480	0,056	-0,142	
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation (6.2.1)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
	1,570	= 0,052	+ 1,479	+ 0,040	0,950	Overstress	
AXIAL FORCE DESIGN							
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor		
Axial	82,175	1455,112	1583,584	1604,718	1455,112		
MOMENT DESIGN							
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Major Moment	175,959	118,987	118,987	118,987			
Minor Moment	0,491	12,346	12,346				
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor	
Major Moment	1,000	1,000	0,809	0,998		1,092	
Minor Moment	1,000	0,350	1,015		1,015		
SHEAR DESIGN							
	Ued Force	Uc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion		
Major Shear	29,480	605,424	0,049	OK	0,000		
Minor Shear	0,056	386,432	0,000	OK	0,000		

Πίνακας 25: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ στις διαδοκίδες

4.5 Μηκίδες

Η αστοχία των μηκίδων προήλθε από την μεγάλη ροπή κάμψης που αναπτύχθηκε.

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS									
Location		P	M33	M22	U2	U3	T		
0,643		0,000	67,278	0,000	-101,250	0,000	0,000	0,000	
PMH DEMAND/CAPACITY RATIO									
Governing Equation (6.2.1)		Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
		1,498	= 0,000	+ 1,498	+ 0,000	0,950	Overstress		
AXIAL FORCE DESIGN									
		Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor			
Axial		0,000	1383,244	1322,496	1383,244	1387,008			
MOMENT DESIGN									
		Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mu,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity				
Major Moment		67,278	44,909	44,909	44,909				
Minor Moment		0,000	195,880	195,880					
		K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor		
Major Moment		1,000	1,000	0,600	1,000			1,880	
Minor Moment		1,000	1,000	1,000		1,000			
SHEAR DESIGN									
		Ued Force	Uc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion			
Major Shear		101,250	357,604	0,283	OK	0,000			
Minor Shear		0,000	4949,350	0,000	OK	0,000			

Πίνακας 26: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ στις μηκίδες

4.6 Λοιπά μέλη - Αντιανέμοι σύνδεσμοι

Ανάλογες αστοχίες παρατηρήθηκαν και σε άλλα εξαρτήματα της γέφυρας όπως στα εγκάρσια πλαίσια και στις αντηρίδες. Τα μόνα εξαρτήματα τα οποία είχαν επάρκεια ήταν οι διαδοκίδες που χρησιμοποιούνται στο πάνω μέρος της γέφυρας για την ευστάθεια, και οι αντιανέμοι σύνδεσμοι (οριζόντια στοιχεία δυσκαμψίας) οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι να παραλαμβάνουν μόνο εφελκυστικές δυνάμεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ - ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1 Γενικά

Η προτάσεις για την επίλυση του προβλήματος της ανεπάρκειας των μελών της γέφυρας είναι η αντικατάσταση αυτών με άλλα που θα έχουν διατομές με καλύτερα αδρανειακά χαρακτηριστικά, ή εναλλακτικά η ενίσχυση των ήδη υπαρχόντων. Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε η δεύτερη λύση, καθώς η πρώτη θα οδηγούσε σε ριζικής αλλαγής του υλικού που θα απαιτούσε στην ουσία επανασχεδιασμό αυτού και παραγωγή νέου, λύση αντιοικονομική.

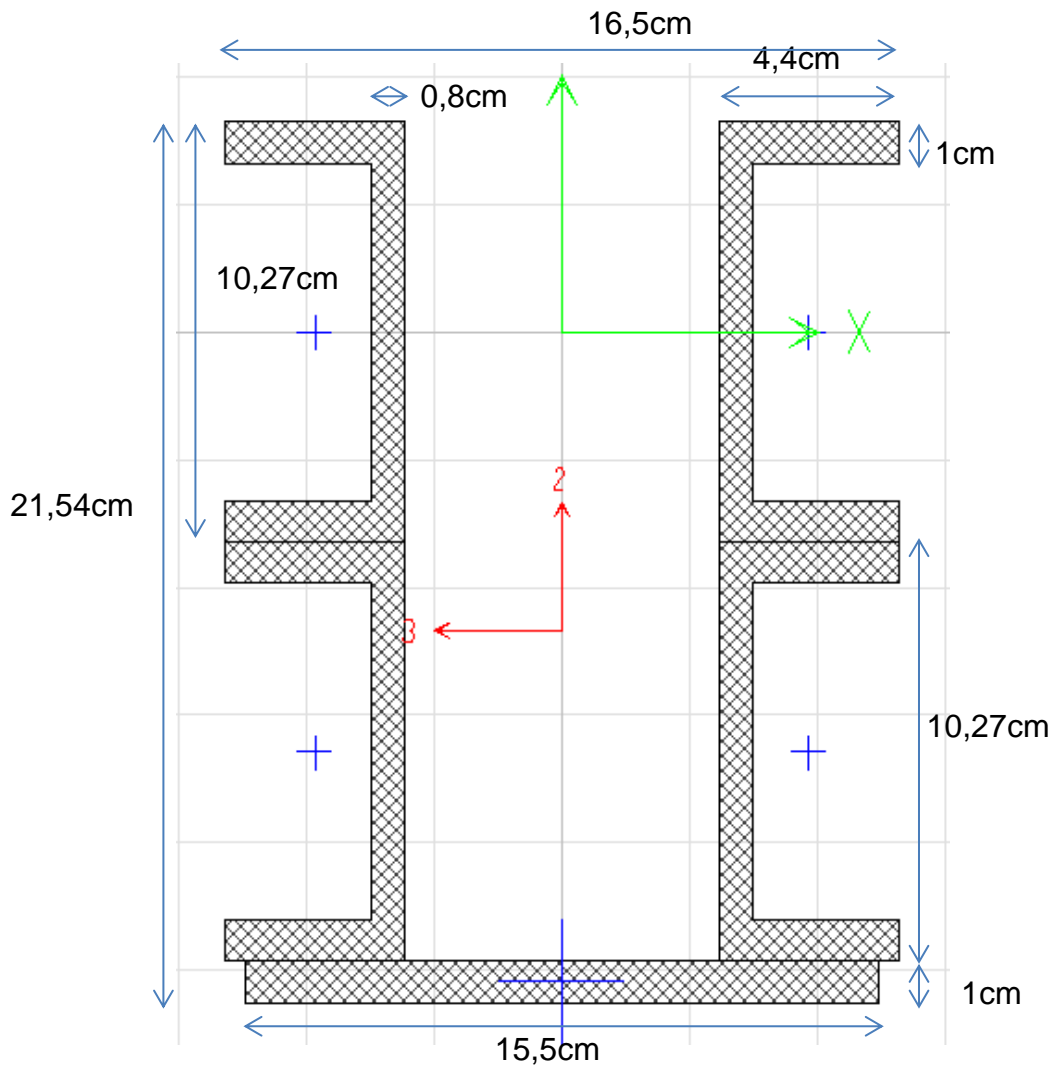
Η ενίσχυση των διατομών μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με συγκόλληση ελασμάτων σε τέτοια σημεία έτσι ώστε να μην επηρεάζεται καθόλου η λειτουργικότητα των εξαρτημάτων, ή οι επεμβάσεις να είναι αποκαταστάσιμες εύκολα για να μπορεί να συναρμολογηθεί το υλικό.

5.2 Νέες διατομές

Οι τελικές διατομές των μελών μετά την συγκόλληση ελασμάτων από χάλυβα και με τις οποίες ικανοποιούνται οι έλεγχοι για τι οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας έχουν όπως στις επόμενες παραγράφους. Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρατίθενται πίνακες με τα εντατικά μεγέθη χαρακτηριστικών μελών του φορέα, καθώς και τα διαγράμματα εντατικών μεγεθών σε επιλεγμένες θέσεις του φορέα.

5.2.1 Πέλμα πλαισίου

Αναφορικά με τα πέλματα των πλαισίων χρειάζεται σημαντική ενίσχυση μόνο το εσωτερικό κάτω πέλμα των πλαισίων του πρώτου ορόφου. Η λύση που επιλέγεται είναι να τοποθετηθεί ένα ακόμη πέλμα 2 UPN, όμοιο με το υπάρχων, όπου στο κάτω μέρος θα συγκολληθεί λάμα διατομής 15,5 χ 1 cm. Κορμός UPN: 10,27 x 0,8cm, πέλμα: 4,4 χ 1 cm.



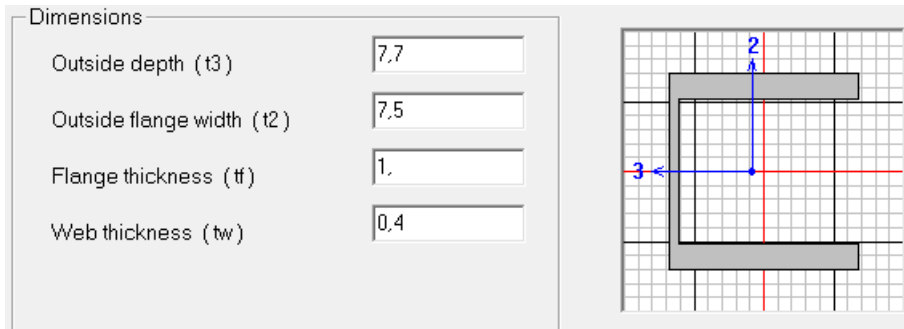
Σχήμα 12: Διατομή ενισχυμένου κάτω πέλματος

Properties			
Cross-section (axial) area	77,164	Section modulus about 3 axis	319,6219
Torsional constant	47,4709	Section modulus about 2 axis	258,7803
Moment of Inertia about 3 axis	3973,9801	Plastic modulus about 3 axis	476,7544
Moment of Inertia about 2 axis	2134,9377	Plastic modulus about 2 axis	385,4945
Shear area in 2 direction	37,0878	Radius of Gyration about 3 axis	7,1764
Shear area in 3 direction	15,9477	Radius of Gyration about 2 axis	5,26

Πίνακας 27: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένου κάτω πέλματος (μονάδα μήκους cm)

5.2.2 Ορθοστάτης και διαγώνιο μέλος πλαισίου

Οι ορθοστάτες και τα διαγώνια μέλη τροποποιούνται σε διατομή UPN με Κορμό UPN: 7,7 x 0,4 cm και πέλμα: 7,5 x 1 cm.



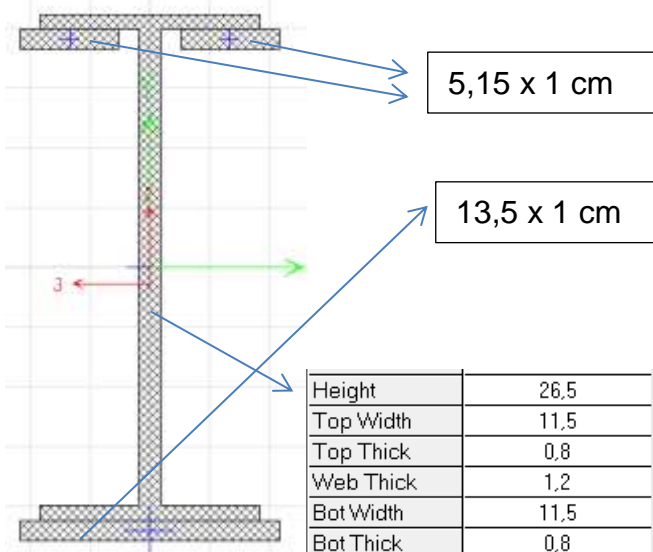
Σχήμα 13: Διατομή ενισχυμένου ορθοστάτη και διαγώνιου μέλους πλαισίου

Properties			
Cross-section (axial) area	17,28	Section modulus about 3 axis	45,6521
Torsional constant	4,6962	Section modulus about 2 axis	22,588
Moment of Inertia about 3 axis	175,7606	Plastic modulus about 3 axis	53,499
Moment of Inertia about 2 axis	95,2853	Plastic modulus about 2 axis	35,5692
Shear area in 2 direction	3,08	Radius of Gyration about 3 axis	3,1893
Shear area in 3 direction	15,	Radius of Gyration about 2 axis	2,3482

Πίνακας 28: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένου ορθοστάτη και διαγώνιου μέλους πλαισίου

5.2.3 Διαδοκίδα

Η διαδοκίδα ενισχύεται με συγκόλληση δύο ελασμάτων 5,15 x 1 cm έκαστο στο κάτω μέρος του άνω πέλματος και ενός ελάσματος 13,5 x 1 cm, στο κάτω μέρος του κάτω πέλματος.



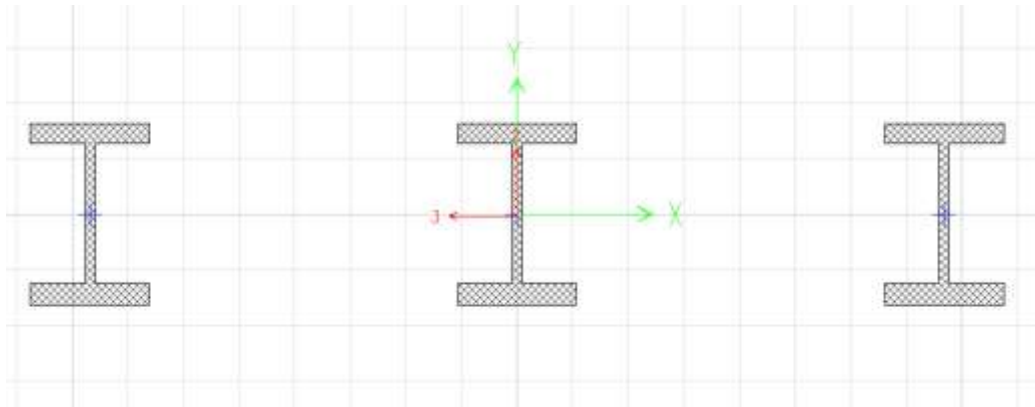
Σχήμα 14: Διατομή ενισχυμένης διαδοκίδος

Properties			
Cross-section (axial) area	72,08	Section modulus about 3 axis	605,9077
Torsional constant	53,2404	Section modulus about 2 axis	90,9186
Moment of Inertia about 3 axis	8553,9904	Plastic modulus about 3 axis	729,0197
Moment of Inertia about 2 axis	613,7008	Plastic modulus about 2 axis	150,429
Shear area in 2 direction	32,3928	Radius of Gyration about 3 axis	10,8937
Shear area in 3 direction	40,9493	Radius of Gyration about 2 axis	2,9179

Πίνακας 29: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένης διαδοκίδος

5.2.4 Μηκίδα

Η μηκίδα ενισχύεται και τροποποιείται σε διατομή όπου κάθε ένα από τα 3 ΙΡΕ να έχει διαστάσεις 10,2 χ 6,7 cm, πάχος κορμού 0,6 cm και πέλματος 1,2 cm.



Σχήμα 15: Διατομή ενισχυμένης μηκίδος

Properties			
Cross-section (axial) area	60,45	Section modulus about 3 axis	196,2636
Torsional constant	23,0296	Section modulus about 2 axis	855,07
Moment of Inertia about 3 axis	1024,4131	Plastic modulus about 3 axis	236,7644
Moment of Inertia about 2 axis	23386,165	Plastic modulus about 2 axis	993,7228
Shear area in 2 direction	18,3835	Radius of Gyration about 3 axis	4,1166
Shear area in 3 direction	482,3165	Radius of Gyration about 2 axis	19,669

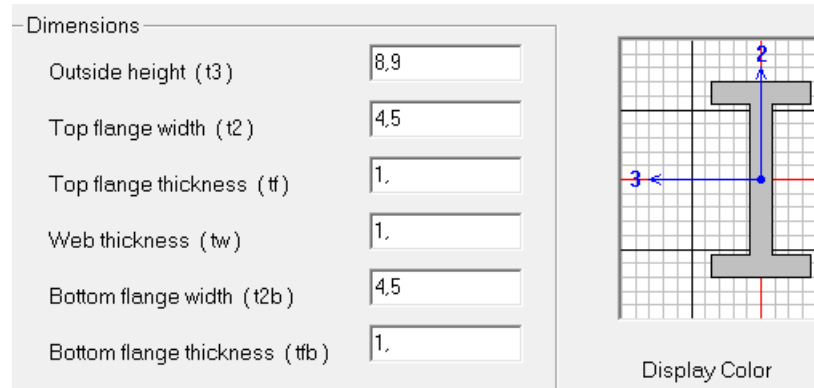
Πίνακας 30: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένης μηκίδος

5.2.5 Ακραίοι Ορθοστάτες

Για τους ακραίους ορθοστάτες δεν απαιτείται καμία τροποποίηση, αυτό που είναι όμως απαραίτητο, είναι να τοποθετηθούν με κατάλληλο σχεδιασμό ίδιοι ορθοστάτες, και στις άκρες του δεύτερου ορόφου πλαισίων.

5.2.6 Αντηρίδες

Οι αντηρίδες τροποποιούνται όπως παρακάτω



Σχήμα 16: Διατομή ενισχυμένης αντηρίδας

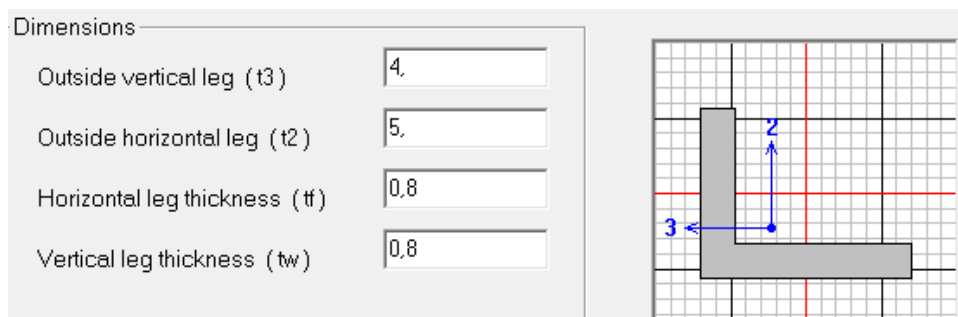
Properties			
Cross-section (axial) area	15.9	Section modulus about 3 axis	37.876
Torsional constant	4.67	Section modulus about 2 axis	7.0056
Moment of Inertia about 3 axis	168.5483	Plastic modulus about 3 axis	47.4525
Moment of Inertia about 2 axis	15.7625	Plastic modulus about 2 axis	11.85
Shear area in 2 direction	8.9	Radius of Gyration about 3 axis	3.2558
Shear area in 3 direction	7.5	Radius of Gyration about 2 axis	0.9957

Πίνακας 31: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένης αντηρίδος

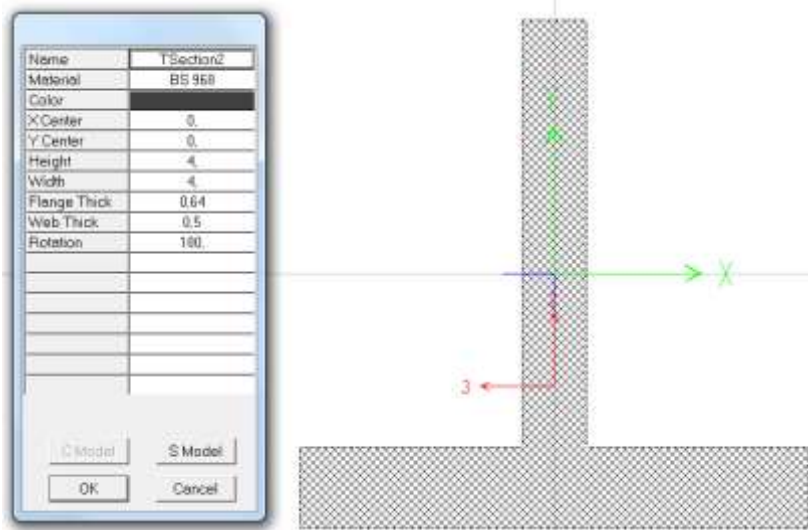
5.2.7 Εγκάρσιο πλαίσιο

Και στο εγκάρσιο πλαίσιο, οι διατομές τροποποιούνται όπως παρακάτω:

Για το εξωτερικό περίγραμμα του πλαισίου



Σχήμα 17: Διατομή ενισχυμένου πλαισίου εγκάρσιου πλαισίου



Σχήμα 18: Διατομή ενισχυμένης εσωτερικής ράβδου εγκάρσιου πλαισίου

5.2.8 Αντιανέμιοι σύνδεσμοι

Για τους συνδέσμους δυσκαμψίας δεν απαιτείται τροποποίηση.

5.2.9 Πλάκα συνδέσεως

Και για τις πλάκες συνδέσεως δεν απαιτείται τροποποίηση.

5.3 Πίνακες εντατικών μεγεθών

Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακες με τα μέγιστα εντατικά μεγέθη χαρακτηριστικών μελών του φορέα, που προκύπτουν από τον δυσμενέστερο, αλλά και ενδεικτικά από άλλους συνδυασμούς.

Στον επόμενο πίνακα εμφανίζονται τα μεγαλύτερα όρια εξάντλησης της αντοχής για κάθε μέλος.

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu	TotalRatio	PRatio	MMajRatio	MMinRatio
Text	Text	Text	KN	KN-m	KN-m	KN	KN	KN-m	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
4391	orthostatis plaisioy 2 enisxymenos	COMB34	210,64	1,0042	-6,9954	28,954	3,871	1,5808	0,997921	0,371641	0,054563	0,571717
10663	mhkida 1	COMB28	0	67323,06	7,31E-11	-101,25	-1,14E-13	31,92	0,997162	0	0,997162	0
4309	anthrida 1	COMB34	-88,373	-1,776E-18	-1,2738	0,031	1,638	0,1042	0,987947	0,720171	0,267776	0
4399	pelma plaisioy 1	COMB34	1038,95	54,582	-5,3011	455,48	-44,12	1,9652	0,966467	0,410492	0,496426	0,059549
1099	plaisio egkarsioy plaisioy 1	COMB107	-18,874	-0,547	-0,5452	-1,481	-1,932	0,0001309	0,945071	0,083636	0,518775	0,34266
4857	pelma plaisioy	COMB34	-507,96	-6,6804	1,7267	-92,374	-7,603	0,1362	0,91532	0,676762	0,058799	0,179759
10655	diadokida 1	COMB29	63,768	171,8042	0,5251	186,603	0,079	-0,1463	0,86803	0,026972	0,824269	0,016789
436	antianemioi syndesmoi	COMB107	106,89	-226,13	0	0,176	0	0	0,802127	0,511439	0,290688	0
10386	lames egkarsioy plaisioy 1	COMB107	-50,86	-49,82	89,25	-0,202	0,328	0,63	0,727315	0,57289	0,073627	0,080798
375	akraioi orthostates	COMB96	-219,07	4016,87	11196,8	-5,48	-10,586	-19,35	0,632675	0,20655	0,131787	0,294338
9940	plaka syndesews	COMB97	-4,913	0	33,82	-0,00705	0,29	-0,07458	0,125994	0,023613	0	0,102381

Πίνακας 32: Όρια εξάντλησης αντοχής μελών

Πέλματα πλαισίων φορέα:

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	Station	Output Case	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4398	0	COMB34	1067,589	-89,744	15,441	0,5799	-6,156	32,6536
4398	0,158	COMB34	1067,589	-89,612	15,441	0,5799	-8,5952	46,82
4397	0,4851	COMB34	1059,442	-89,744	0,208	-0,5318	-6,156	33,2482
4397	0	COMB34	1059,442	-90,148	0,208	-0,5318	-6,0549	-10,3845
4398	0,158	COMB40	1051,388	-89,462	17,022	0,6729	-8,7373	46,7667
4398	0	COMB40	1051,388	-89,594	17,022	0,6729	-6,0484	32,624
4398	0,158	COMB28	1051,018	-89,3	15,379	0,5695	-8,596	46,7556
4398	0	COMB28	1051,018	-89,432	15,379	0,5695	-6,1666	32,6385
4397	0,4851	COMB28	1042,918	-89,432	0,235	-0,5358	-6,1666	33,2296
4397	0	COMB28	1042,918	-89,836	0,235	-0,5358	-6,0528	-10,2518
4397	0,4851	COMB40	1042,286	-89,594	0,003575	-0,569	-6,0484	33,2882
4397	0	COMB40	1042,286	-89,998	0,003575	-0,569	-6,0467	-10,2717
5311	0,0762	COMB34	1041,528	226,901	-44,69	0,2511	5,0762	-17,2874
5311	0	COMB34	1041,528	226,838	-44,69	0,2511	1,6708	0
4253	0	COMB34	1041,528	226,774	-44,69	0,2511	-1,7346	17,2826
4253	0,0762	COMB34	1041,528	226,838	-44,69	0,2511	1,6708	2,07E-12
4399	0	COMB34	1038,946	455,48	-44,12	1,9652	-5,3011	54,582
4399	0,0808	COMB34	1038,946	455,547	-44,12	1,9652	-1,7348	17,7628
4398	0	COMB39	1036,615	-89,375	17,598	0,7034	-6,0125	32,6048

Πίνακας 33: Μέγιστη αξονική δύναμη P (εφελκυστική) που αναλαμβάνουν τα κάτω πέλματα πλαισίων του φορέα

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	Station	Output Case	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4699	0	COMB34	-515,356	-15,919	-1,23	0,003	2,3258	-1,2121
4699	0,0762	COMB34	-515,356	-15,894	-1,23	0,003	2,4195	-4E-13
5756	0,0762	COMB34	-515,356	-15,868	-1,23	0,003	2,5132	1,2101
5756	0	COMB34	-515,356	-15,894	-1,23	0,003	2,4195	0
5756	0	COMB40	-512,511	-16,009	-1,279	0,003	2,4125	0
5756	0,0762	COMB40	-512,511	-15,984	-1,279	0,003	2,5099	1,2189
4699	0	COMB40	-512,511	-16,035	-1,279	0,003	2,315	-1,2209
4699	0,0762	COMB40	-512,511	-16,009	-1,279	0,003	2,4125	-5E-13
5756	0	COMB28	-512,443	-15,845	-1,181	0,003	2,4207	0
5756	0,0762	COMB28	-512,443	-15,82	-1,181	0,003	2,5107	1,2064
4699	0	COMB28	-512,443	-15,871	-1,181	0,003	2,3307	-1,2084
4699	0,0762	COMB28	-512,443	-15,845	-1,181	0,003	2,4207	1,1E-13
4860	0,158	COMB34	-511,473	-4,824	-19,753	-0,0113	1,8633	1,939
4860	0	COMB34	-511,473	-4,876	-19,753	-0,0113	-1,2571	1,1728
5766	0,7239	COMB34	-511,044	3,72	3,935	0,0013	-0,304	-0,4945

Πίνακας 34: Ελάχιστη αξονική δύναμη P (θλιπτική) που αναλαμβάνουν τα άνω πέλματα πλαισίων του φορέα

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
4399	0	COMB40	1022,534	455,723	-44,034	-5,3832	54,5841
4399	0	COMB34	1038,946	455,48	-44,12	-5,3011	54,582
4399	0	COMB39	1007,645	455,645	-43,947	-5,4082	54,5618
4399	0	COMB28	1022,306	455,148	-44,016	-5,2885	54,537
4399	0	COMB29	1005,667	454,816	-43,912	-5,2759	54,492
4399	0	COMB1	968,824	449,934	-44,008	-5,296	54,0442
4399	0	COMB27	979,763	443,683	-43,989	-5,7283	53,5413
4399	0	COMB21	996,175	443,44	-44,076	-5,6462	53,5392
4399	0	COMB26	964,874	443,605	-43,902	-5,7534	53,519
4399	0	COMB15	979,535	443,108	-43,972	-5,6337	53,4942
4399	0	COMB16	962,896	442,776	-43,868	-5,6211	53,4492
4398	0,15797	COMB34	1067,589	-89,612	15,441	-8,5952	46,82
4398	0,15797	COMB40	1051,388	-89,462	17,022	-8,7373	46,7667
4398	0,15797	COMB28	1051,018	-89,3	15,379	-8,596	46,7556

Πίνακας 35: Μέγιστη ροπή κάμψης M_y στα κάτω πέλματα πλαισίων του φορέα

Ορθοστάτες πλαισίων:

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	Output Case	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
4391	0,6474	COMB40	293,614	0,86	5,469	-1,4736	0,936
4391	0,36195	COMB40	293,561	0,86	5,469	0,0875	1,1813
4391	0,6474	COMB39	293,528	0,933	5,46	-1,474	0,8715
4391	0,05	COMB40	293,502	0,86	5,469	1,7935	1,4494
4391	0,36195	COMB39	293,474	0,933	5,46	0,0845	1,1379
4391	0,05	COMB39	293,416	0,933	5,46	1,7876	1,429
4391	0,6474	COMB34	293,221	0,776	5,476	-1,473	1,0042
4391	0,36195	COMB34	293,167	0,776	5,476	0,0901	1,2255
4391	0,05	COMB34	293,109	0,776	5,476	1,7984	1,4674
4391	0,6474	COMB28	292,76	0,856	5,464	-1,4734	0,93
4391	0,36195	COMB28	292,707	0,856	5,464	0,0864	1,1743
4391	0,05	COMB28	292,649	0,856	5,464	1,7909	1,4413
4391	0,6474	COMB29	292,3	0,936	5,452	-1,4737	0,8559
4391	0,36195	COMB29	292,247	0,936	5,452	0,0826	1,1231
4391	0,05	COMB29	292,189	0,936	5,452	1,7834	1,4152
4391	0,6474	COMB1	286,96	0,862	5,373	-1,4551	0,8876
4391	0,36195	COMB1	286,906	0,862	5,373	0,0786	1,1336
4391	0,05	COMB1	286,848	0,862	5,373	1,7546	1,4025
4391	0,6474	COMB27	278,493	0,887	5,403	-1,4793	0,8131
4391	0,36195	COMB27	278,44	0,887	5,403	0,063	1,0663
4391	0,6474	COMB26	278,407	0,961	5,394	-1,4797	0,7487
4391	0,05	COMB27	278,382	0,887	5,403	1,7484	1,343

Πίνακας 36: Μέγιστη αξονική δύναμη P (εφελκυστική) που αναλαμβάνουν οι ορθοστάτες – διαγώνιοι πλαισίων του φορέα

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
943	0	COMB108	-194,647	-15,954	-1,127	1,8841	0,2267
943	0,0381	COMB108	-194,64	-15,954	-1,127	1,9271	0,8345
943	0,0762	COMB108	-194,633	-15,954	-1,127	1,97	1,4424
943	0	COMB21	-194,256	-10,555	0,148	2,1007	0,0612
943	0,0381	COMB21	-194,249	-10,555	0,148	2,0951	0,4634
943	0,0762	COMB21	-194,242	-10,555	0,148	2,0895	0,8655
943	0	COMB27	-193,351	-11,296	-0,045	2,0821	0,106
943	0,0381	COMB27	-193,344	-11,296	-0,045	2,0838	0,5363
943	0,0762	COMB27	-193,337	-11,296	-0,045	2,0855	0,9667
943	0	COMB96	-193,249	-15,773	-1,099	1,8748	0,2227
943	0,0381	COMB96	-193,242	-15,773	-1,099	1,9167	0,8237
943	0,0762	COMB96	-193,235	-15,773	-1,099	1,9585	1,4246
943	0	COMB107	-193,116	-16,527	-1,286	1,8621	0,2649
943	0,0381	COMB107	-193,109	-16,527	-1,286	1,9111	0,8946
943	0,0762	COMB107	-193,102	-16,527	-1,286	1,9601	1,5243
943	0	COMB15	-191,952	-11,115	-0,017	2,0728	0,102
943	0,0381	COMB15	-191,945	-11,115	-0,017	2,0734	0,5255
943	0,0762	COMB15	-191,938	-11,115	-0,017	2,0741	0,949

Πίνακας 37: Ελάχιστη αξονική δύναμη P (θλιπτική) που αναλαμβάνουν οι ορθοστάτες – διαγώνιοι πλαισίων του φορέα.

Διαδοκίδες:

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	Station	Output Case	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
10617	0	COMB40	62,361	-280,718	0,078	0,3652	0,7474	-153,9872
10617	0	COMB39	61,678	-280,721	0,079	0,3652	0,7484	-153,9461
10617	0	COMB34	63,989	-280,716	0,078	0,3652	0,7474	-153,8304
10617	0	COMB28	63,879	-280,718	0,078	0,3652	0,7493	-153,6337
10617	0	COMB29	63,768	-280,721	0,079	0,3652	0,7512	-153,437
10617	0	COMB1	63,681	-277,335	0,078	0,3131	0,7493	-152,1076
10655	1,6656	COMB27	64,033	195,352	0,042	-0,2502	0,4258	-151,6264
10655	1,6656	COMB26	63,35	195,35	0,043	-0,2502	0,4237	-151,5744
10655	1,6656	COMB21	65,66	195,355	0,042	-0,2502	0,4291	-151,4818
10655	1,6656	COMB15	65,55	195,352	0,042	-0,2502	0,4277	-151,273
10655	1,6656	COMB16	65,44	195,35	0,043	-0,2502	0,4262	-151,0642
10655	1,6656	COMB40	62,361	198,008	0,078	-0,3021	0,3927	-150,3871
10655	1,6656	COMB39	61,678	198,006	0,079	-0,3021	0,3907	-150,3351
10655	1,6656	COMB34	63,989	198,011	0,078	-0,3021	0,396	-150,2425
10655	1,6656	COMB28	63,879	198,008	0,078	-0,3021	0,3946	-150,0337
10655	1,6656	COMB29	63,768	198,005	0,079	-0,3021	0,3932	-149,8249
10617	0	COMB27	57,654	-276,607	0,042	0,3128	0,7155	-149,5932

Πίνακας 38: Ελάχιστη ροπή κάμψης My στην διαδοκίδα

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	Station	Output Case	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
10654	2	COMB29	63,768	-29,356	0,079	-0,1463	0,5251	171,8042
10655	0	COMB29	63,768	186,603	0,079	-0,1463	0,5251	171,8042
10655	0	COMB28	63,879	186,606	0,078	-0,1463	0,5253	171,5999
10654	2	COMB28	63,879	-29,354	0,078	-0,1463	0,5253	171,5999
10654	2	COMB34	63,989	-29,351	0,078	-0,1463	0,5255	171,3956
10655	0	COMB34	63,989	186,609	0,078	-0,1463	0,5255	171,3956
10654	2	COMB39	61,678	-29,356	0,079	-0,1463	0,5225	171,2945
10655	0	COMB39	61,678	186,604	0,079	-0,1463	0,5225	171,2945
10655	0	COMB40	62,361	186,606	0,078	-0,1463	0,5234	171,2465
10654	2	COMB40	62,361	-29,354	0,078	-0,1463	0,5234	171,2465
10654	2	COMB1	63,681	-30,481	0,078	-0,1289	0,5252	169,3073
10655	0	COMB1	63,681	185,478	0,078	-0,1289	0,5252	169,3073
10655	0	COMB16	63,314	186,203	0,043	-0,1292	0,5308	168,7392
10654	2	COMB16	63,314	-29,756	0,043	-0,1292	0,5308	168,7392
10654	2	COMB15	63,424	-29,753	0,042	-0,1292	0,531	168,5348
10655	0	COMB15	63,424	186,206	0,042	-0,1292	0,531	168,5348
10655	0	COMB21	63,534	186,209	0,042	-0,1292	0,5311	168,3305
10654	2	COMB21	63,534	-29,751	0,042	-0,1292	0,5311	168,3305
10654	2	COMB26	61,224	-29,756	0,043	-0,1292	0,5281	168,2294
10655	0	COMB26	61,224	186,204	0,043	-0,1292	0,5281	168,2294

Πίνακας 39: : Μέγιστη ροπή κάμψης My στην διαδοκίδα

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	Output Case	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
4267	0,457	COMB40	123,416	264,467	-28,775	4,1015	-125,5273
4267	0,457	COMB34	123,55	264,376	-28,566	4,0415	-125,4082
4267	0,0975	COMB40	123,416	264,187	-28,775	-6,2432	-30,5018
4267	0,457	COMB39	123,222	264,168	-28,891	4,1325	-125,4765
4267	0,0975	COMB34	123,55	264,096	-28,566	-6,2278	-30,4153
4267	0,0975	COMB39	123,222	263,888	-28,891	-6,2538	-30,5584
4267	0,457	COMB28	123,274	263,73	-28,633	4,0568	-125,2209
4267	0,0975	COMB28	123,274	263,45	-28,633	-6,2368	-30,4604
4267	0,457	COMB29	122,998	263,083	-28,701	4,0721	-125,0335
4267	0,0975	COMB29	122,998	262,803	-28,701	-6,2457	-30,5054
4267	0,457	COMB1	122,295	260,254	-28,526	4,0239	-123,9262
4267	0,0975	COMB1	122,295	259,974	-28,526	-6,2312	-30,4152
4267	0,457	COMB27	121,701	254,038	-28,392	4,0488	-121,5976
4267	0,457	COMB21	121,836	253,948	-28,182	3,9887	-121,4786
4267	0,0975	COMB27	121,701	253,758	-28,392	-6,158	-30,3211
4267	0,457	COMB26	121,508	253,74	-28,507	4,0798	-121,5468
4267	0,0975	COMB21	121,836	253,668	-28,182	-6,1426	-30,2346

Πίνακας 40: Μέγιστη τέμνουσα V₂ στην διαδοκίδα

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
10617	0	COMB29	63,768	-280,721	0,079	0,7512	-153,437
10617	0	COMB39	61,678	-280,721	0,079	0,7484	-153,9461
10617	0	COMB40	62,361	-280,718	0,078	0,7474	-153,9872
10617	0	COMB28	63,879	-280,718	0,078	0,7493	-153,6337
10617	0	COMB34	63,989	-280,716	0,078	0,7474	-153,8304
10617	0,255	COMB29	63,768	-280,523	0,079	0,731	-81,8785
10617	0,255	COMB39	61,678	-280,522	0,079	0,7282	-82,3876
10617	0,255	COMB40	62,361	-280,52	0,078	0,7274	-82,4293
10617	0,255	COMB28	63,879	-280,52	0,078	0,7293	-82,0758
10617	0,255	COMB34	63,989	-280,517	0,078	0,7275	-82,2732
10617	0,51	COMB29	63,768	-280,324	0,079	0,7108	-10,3705
10617	0,51	COMB39	61,678	-280,324	0,079	0,708	-10,8797
10617	0,51	COMB40	62,361	-280,321	0,078	0,7074	-10,922
10617	0,51	COMB28	63,879	-280,321	0,078	0,7093	-10,5686

Πίνακας 41: Ελάχιστη τέμνουσα V2 στην διαδοκίδα

Μηκίδες

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
10664	0	COMB34	0	101,25	1,137E-13	0	67,3231
10663	0,64273	COMB34	0	-101,25	-1,137E-13	7,307E-14	67,3231
10663	0,64273	COMB28	0	-101,25	-1,137E-13	7,307E-14	67,3231
10663	0,64273	COMB40	0	-101,25	0	0	67,3231
10663	0,64273	COMB39	0	-101,25	-1,137E-13	7,307E-14	67,3231
10663	0,64273	COMB29	0	-101,25	0	0	67,3231
10664	0	COMB39	0	101,25	2,274E-13	1,164E-13	67,3231
10664	0	COMB29	0	101,25	0	0	67,3231
10664	0	COMB28	0	101,25	0	0	67,3231
10664	0	COMB40	0	101,25	0	5,821E-14	67,3231
10664	0	COMB21	0	101,25	0	-0,2746	67,0318
10664	0	COMB26	0	101,25	0	-0,2746	67,0318

Πίνακας 42: Μηκίδα - Μέγιστη ροπή κάμψης M_y (M₃)

Αντιανέμιοι σύνδεσμοι

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
467	0	COMB107	106,89	-0,176	0	0	-0,2261
467	0,42726	COMB107	106,89	-0,147	0	0	-0,157
467	0,85453	COMB107	106,89	-0,118	0	0	-0,1005
467	1,28179	COMB107	106,89	-0,088	0	0	-0,0565
467	1,70906	COMB107	106,89	-0,059	0	0	-0,0251

467	2,13632	COMB107	106,89	-0,029 -1,388E-	0	0	-0,0063 6,573E-
467	2,56359	COMB107	106,89	17	0	0	17
436	0,85453	COMB107	106,89	0,059	0	0	-0,0251
436	1,70906	COMB107	106,89	0,118	0	0	-0,1005
436	0,42726	COMB107	106,89	0,029	0	0	-0,0063
436	1,28179	COMB107	106,89	0,088	0	0	-0,0565
436	0	COMB107	106,89	0	0	0	0
436	2,56359	COMB107	106,89	0,176	0	0	-0,2261
436	2,13632	COMB107	106,89	0,147	0	0	-0,157
436	1,28179	COMB108	105,976	0,088	0	0	-0,0565
436	0	COMB108	105,976	0	0	0	0
436	0,85453	COMB108	105,976	0,059	0	0	-0,0251
436	1,70906	COMB108	105,976	0,118	0	0	-0,1005
436	2,13632	COMB108	105,976	0,147	0	0	-0,157
436	0,42726	COMB108	105,976	0,029	0	0	-0,0063
436	2,56359	COMB108	105,976	0,176	0	0	-0,2261

Πίνακας 43: Μέγιστη αξονική δύναμη P (εφελκυστική) που αναλαμβάνουν οι οριζόντιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Ακραίοι ορθοστάτες:

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
249	0,7239	COMB26	-291,556	4,236	-6,259	6,6241	-0,3224
249	0,36195	COMB26	-291,436	4,236	-6,259	4,3585	1,2107
249	0	COMB26	-291,315	4,236	-6,259	2,0929	2,7437
249	0,7239	COMB16	-289,45	4,208	-6,132	6,4584	-0,3236
249	0,36195	COMB16	-289,33	4,208	-6,132	4,2387	1,1993
249	0	COMB16	-289,209	4,208	-6,132	2,019	2,7223
249	0,7239	COMB27	-289,108	3,903	-6,066	6,4858	-0,0971
249	0,36195	COMB27	-288,987	3,903	-6,066	4,2901	1,3157
249	0	COMB27	-288,867	3,903	-6,066	2,0943	2,7285
249	0,7239	COMB15	-287,442	3,858	-5,962	6,3589	-0,0804
249	0,36195	COMB15	-287,321	3,858	-5,962	4,2008	1,3159
249	0	COMB15	-287,201	3,858	-5,962	2,0427	2,7123
249	0,7239	COMB21	-285,433	3,508	-5,792	6,2595	0,1628
249	0,36195	COMB21	-285,312	3,508	-5,792	4,1629	1,4325
249	0	COMB21	-285,192	3,508	-5,792	2,0663	2,7023
10601	0,7239	COMB26	-277,351	-4,223	-7,012	7,23	0,3913
10601	0,36195	COMB26	-277,23	-4,223	-7,012	4,6919	-1,1371
10601	0	COMB26	-277,11	-4,223	-7,012	2,1538	-2,6654
10601	0,7239	COMB27	-276,859	-4,142	-6,794	7,0428	0,2936

Πίνακας 44: Ελάχιστη αξονική δύναμη P (θλιπτική) που αναλαμβάνουν οι ακραίοι ορθοστάτες

5.4 Πίνακες Μετατοπίσεων

Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακες με τις μέγιστες μετατοπίσεις σε χαρακτηριστικά σημεία του φορέα, που προκύπτουν από τον δυσμενέστερο, αλλά και ενδεικτικά από άλλους συνδυασμούς.

TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	U1	U2	U3
Text	Text	mm	mm	mm
2525	COMB34	-1,193396	0,029617	-48,753132
2525	COMB28	-1,230579	-0,049169	-48,409897
2525	COMB40	-1,22704	-0,00091	-48,337186
2529	COMB34	-1,1556	-0,0878	-48,284533
2525	COMB29	-1,267762	-0,127956	-48,066661
2525	COMB39	-1,259143	-0,053257	-48,00031
2529	COMB28	-1,192257	-0,019167	-47,941202
2529	COMB40	-1,188718	-0,067477	-47,868493
2529	COMB29	-1,228913	0,049465	-47,597871
2529	COMB39	-1,220347	-0,024288	-47,531531
43	COMBs1a	-29,732672	-29,331233	-47,081349
43	COMBs	-29,732669	-29,331232	-47,081346
6135	COMB34	-1,091671	-0,128861	-47,077542
2573	COMB34	0,305841	-0,026869	-47,059212
1923	COMBs1a	-38,445294	-114,752221	-47,025643
1923	COMBs	-38,445292	-114,752216	-47,02564

Πίνακας 45: Ελάχιστη μετατόπιση κατά U3 (βύθιση)

TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	U1	U2	U3
Text	Text	mm	mm	mm
2556	COMB108	-0,03353	-37,06706	-18,390996
2556	COMB96	-0,033474	-36,837256	-18,417282
2556	COMB107	-0,066213	-36,609753	-17,787721
3168	COMB108	0,026332	-36,300351	-18,296136
2556	COMB97	-0,069768	-36,230927	-17,758204
3739	COMBs1a	-35,302693	-36,116005	-53,707631
3739	COMBs	-35,30269	-36,116002	-53,707626
3168	COMB96	0,026074	-36,071073	-18,322704
1303	COMBs1a	-47,776746	-36,069351	-78,191816
1303	COMBs	-47,776743	-36,069349	-78,191809
1915	COMBs1a	-45,103035	-36,060155	-74,215303
1915	COMBs	-45,103033	-36,060153	-74,215299
3168	COMB107	0,05147	-35,844103	-17,693426
3168	COMB97	0,053914	-35,466113	-17,66436
2545	COMB108	-0,575705	-35,411448	-18,791499
2954	COMB97	0,417948	-35,371302	-21,140948

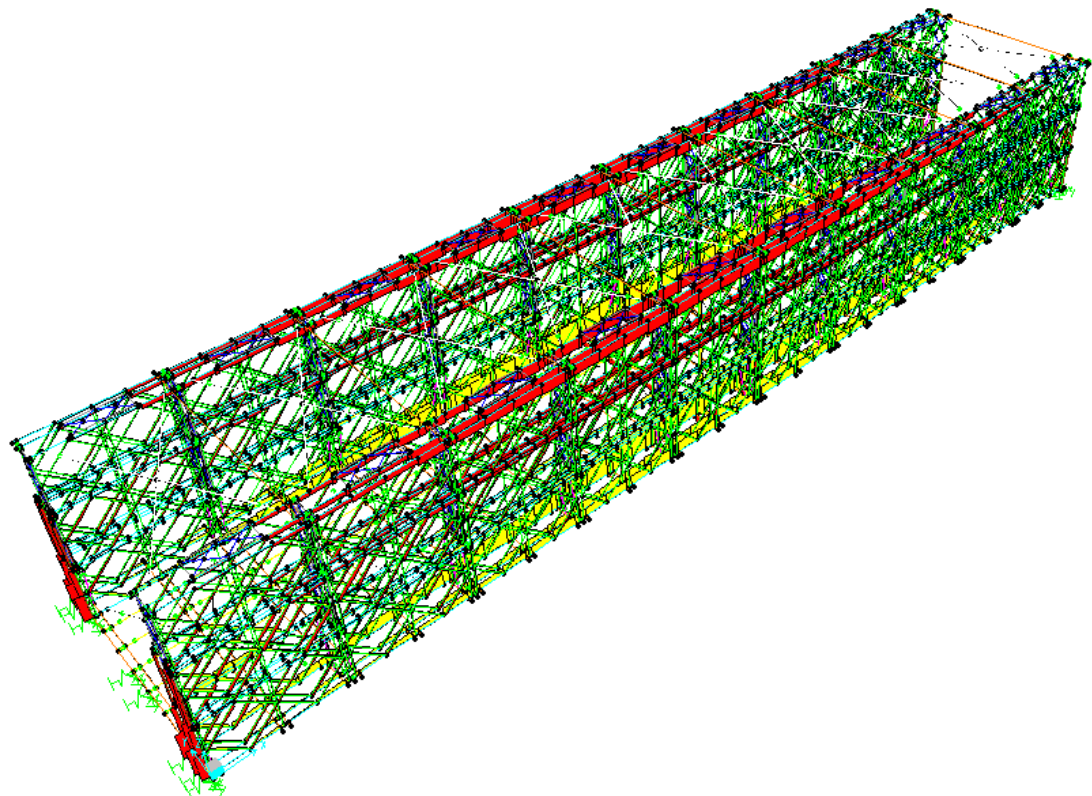
Πίνακας 46: Ελάχιστη μετατόπιση κατά U2

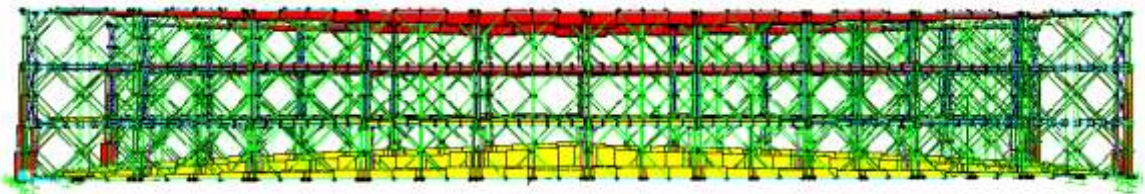
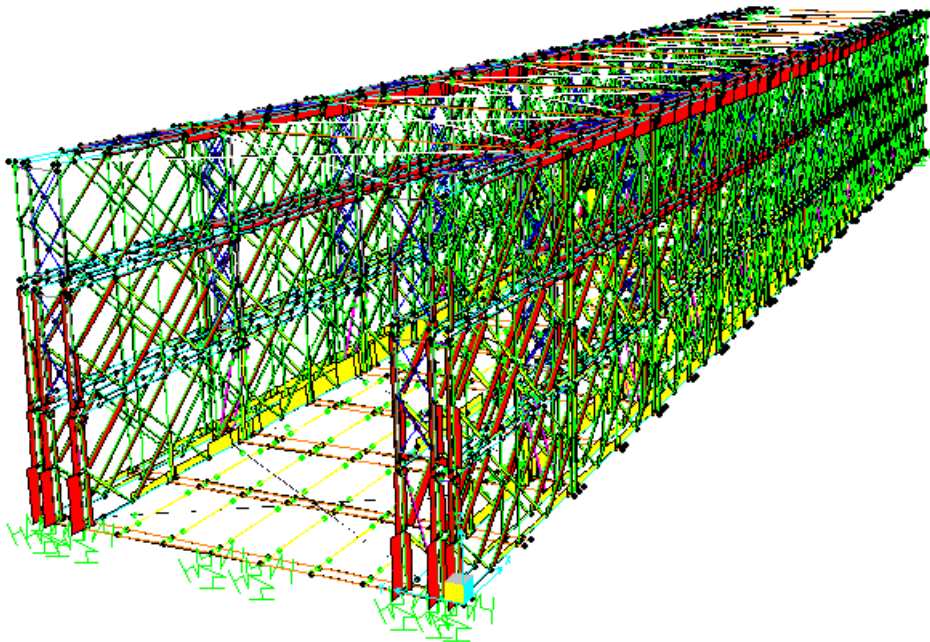
TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	U1	U2	U3
Text	Text	mm	mm	mm
4307	COMB43	42,994151	-0,589421	-7,940851
33	COMBs1a	42,279082	33,943821	78,935006
33	COMBs	42,27908	33,943818	78,935001
1923	COMBs1a	38,445294	114,752221	47,025643
1923	COMBs	38,445292	114,752216	47,02564
390	COMBs1a	35,750581	30,896022	80,711246
390	COMBs	35,750578	30,896021	80,711239
3739	COMBs1a	35,302693	36,116005	53,707631
3739	COMBs	35,30269	36,116002	53,707626
4307	COMB56	33,990605	-15,812081	-8,402052
4359	COMBs1a	33,395358	44,452972	118,478725
4359	COMBs	33,395357	44,45297	118,478719
459	COMBs1a	33,12506	7,146561	57,50074
459	COMBs	33,125058	7,14656	57,500735
2495	COMB48	32,865443	-0,472153	-13,571236
2495	COMB43	32,841786	0,483307	-12,825101

Πίνακας 47: Μέγιστη μετατόπιση κατά U1

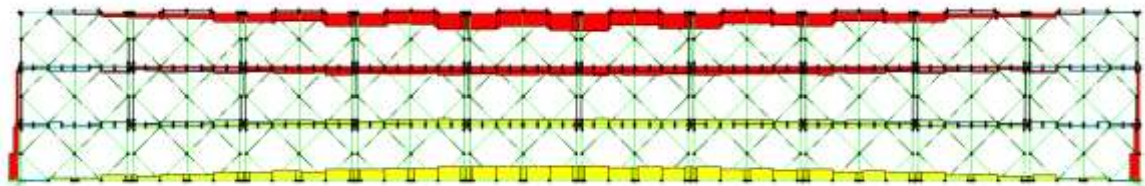
5.5 Διαγράμματα εντατικών μεγεθών

Παρατίθενται διαγράμματα που αφορούν σε εντατικά μεγέθη (αξονικές και τέμνουσες δυνάμεις καθώς και ροπές κάμψης) επιλεγμένων μελών του φορέα.

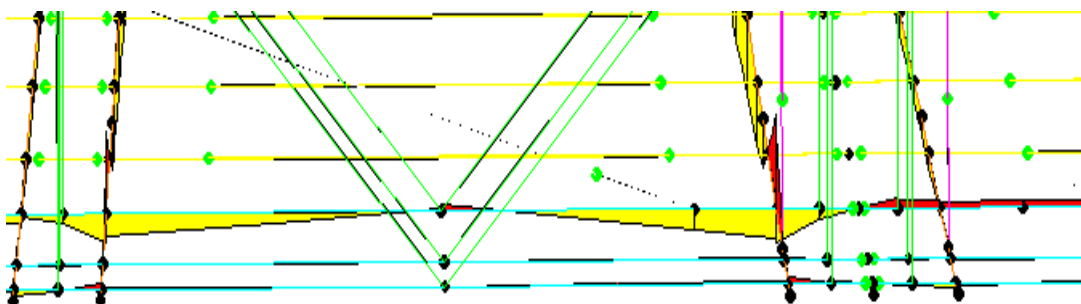




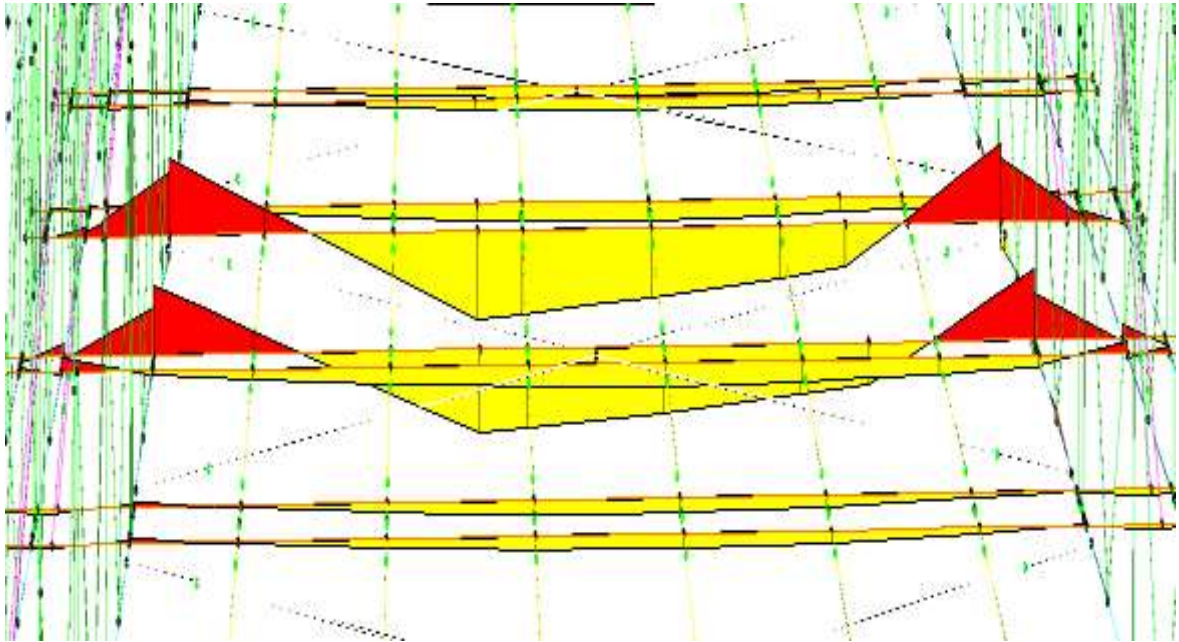
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων P (συνδυασμός comb 34).



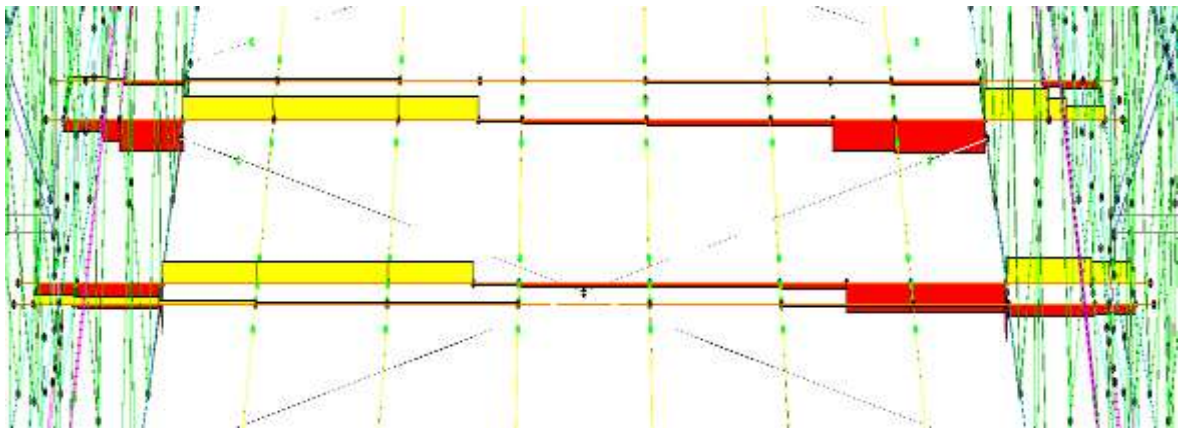
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων, τρίτη σειρά πλαισίων (συνδυασμός comb 34)



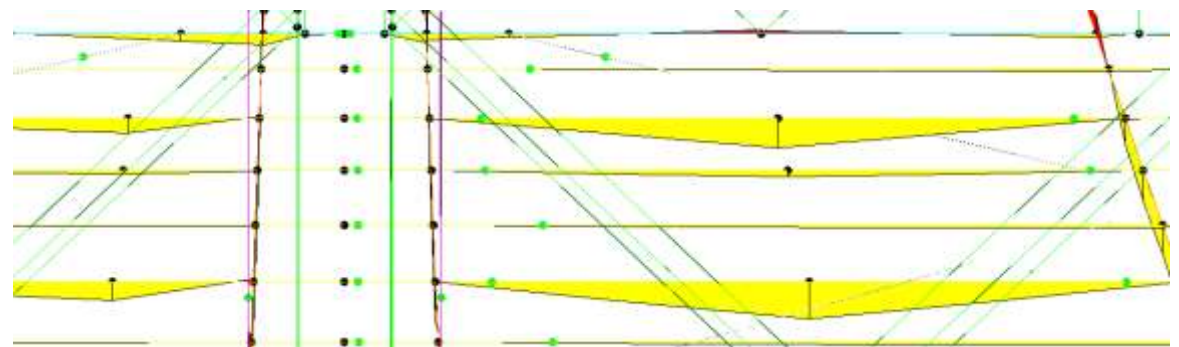
Διάγραμμα 10: Διάγραμμα Ροπών Κάμψεως M_y σε τμήμα πέλματος (συνδυασμός comb 40)



Διάγραμμα 11: Διάγραμμα Ροπών Κάμψεως M_y σε διαδοκίδες (συνδυασμός comb 29)



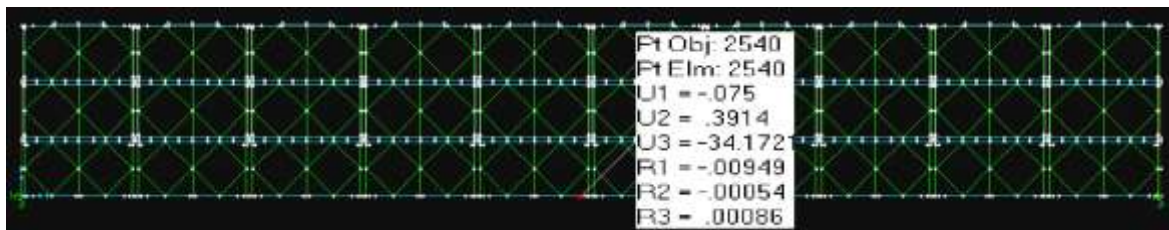
Διάγραμμα 12: Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων σε διαδοκίδες (συνδυασμός comb 29)



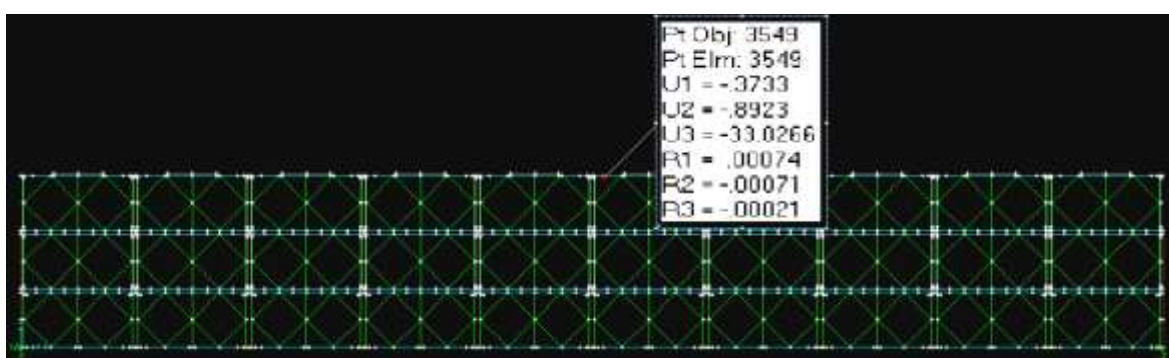
Διάγραμμα 13: Διάγραμμα Ροπών Κάμψεως M_y μήκιδος (συνδυασμός comb 28)

5.6 Διαγράμματα Μετατοπίσεων

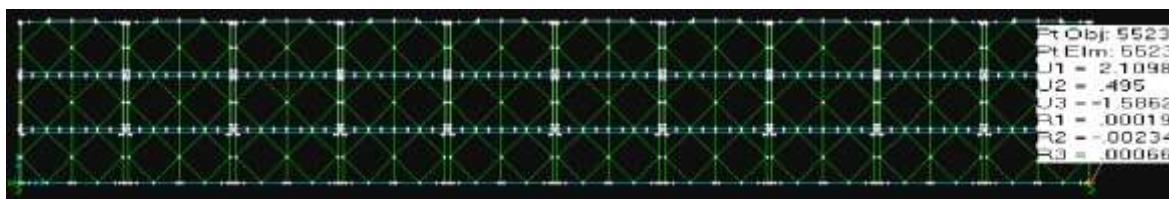
Παρατίθενται διαγράμματα μετατοπίσεων που αφορούν σε κόμβους επιλεγμένων σημείων του φορέα.



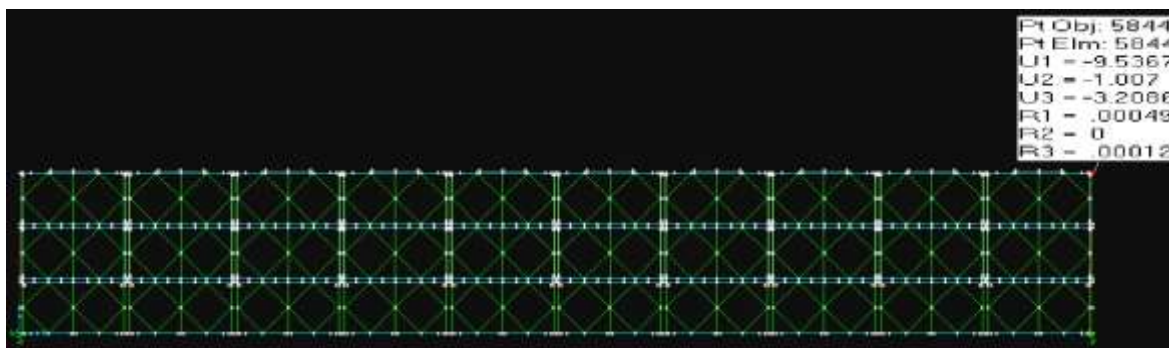
Διάγραμμα 14: Μετατοπίσεις κάτω πέλματος στο κέντρο (comb34)



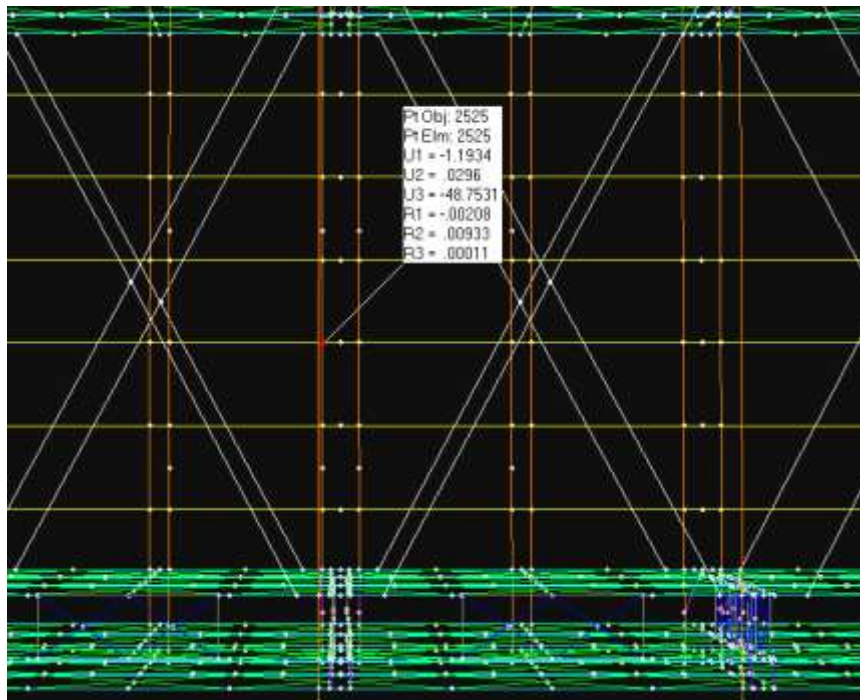
Διάγραμμα 15: Μετατοπίσεις άνω πέλματος στο κέντρο (comb34)



Διάγραμμα 16: Μετατοπίσεις κάτω πέλματος στην άκρη (comb34)



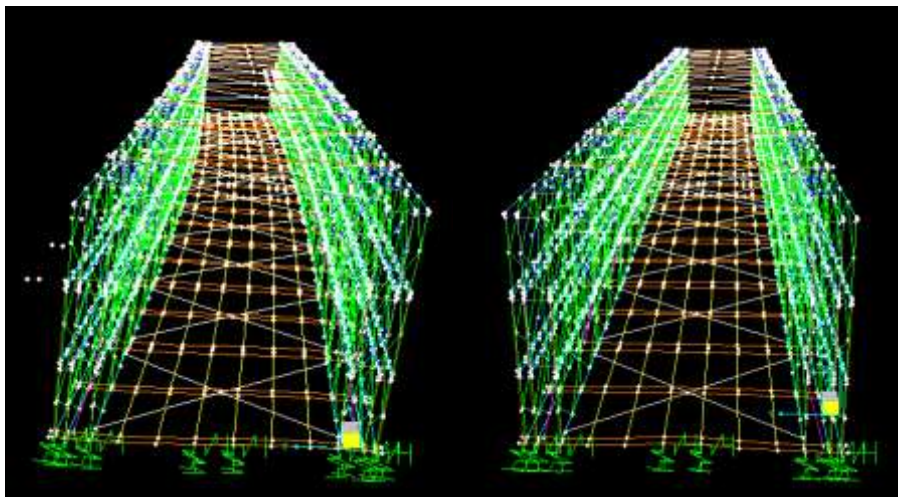
Διάγραμμα 17: Μετατοπίσεις άνω πέλματος στην άκρη (comb34)

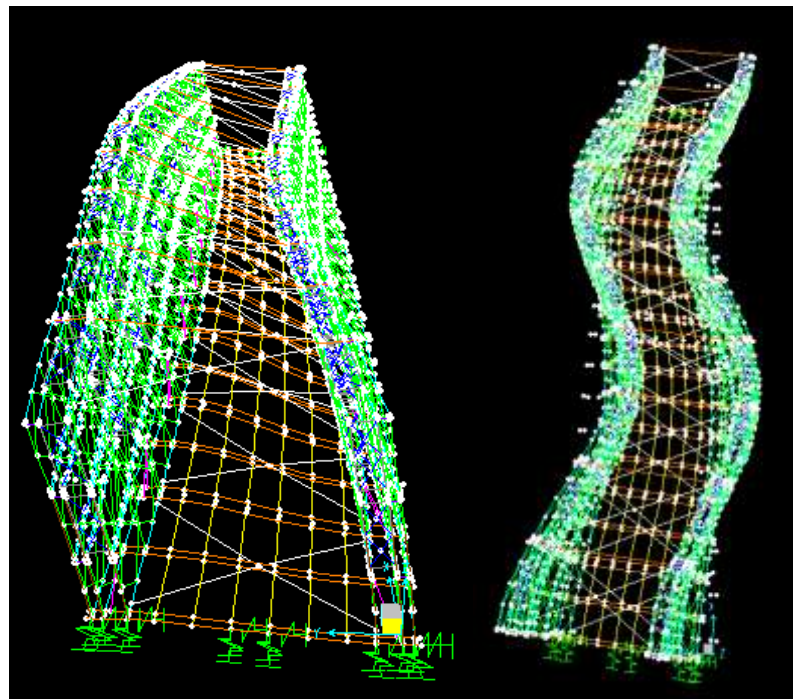
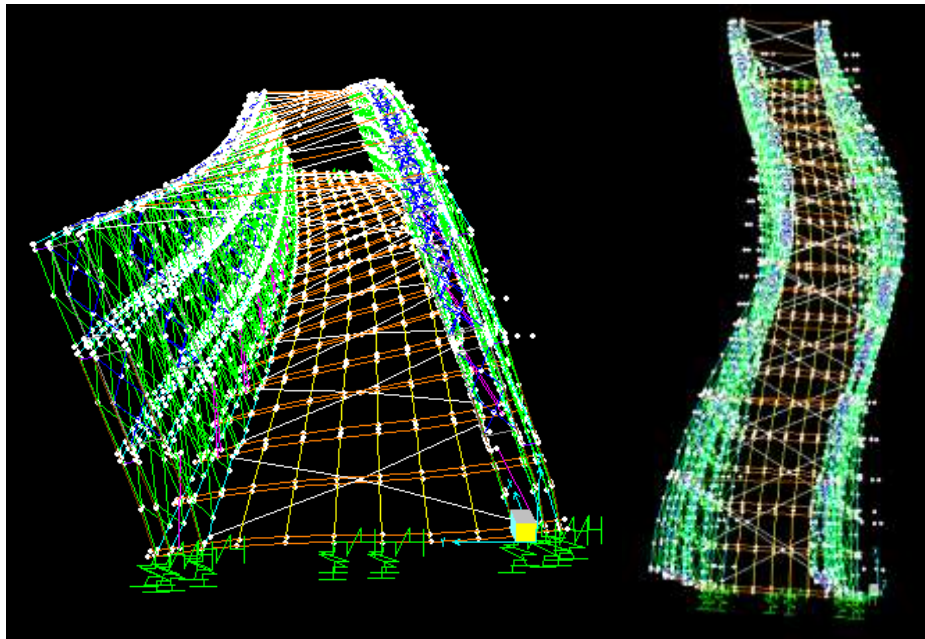
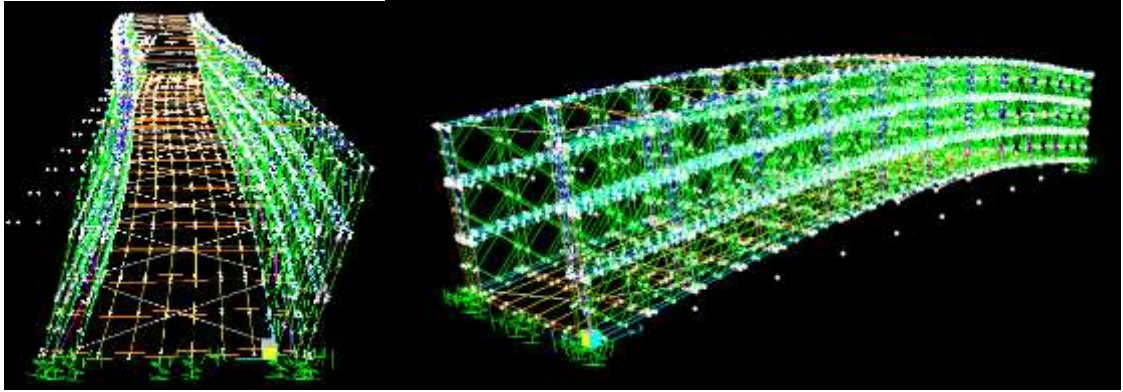


Διάγραμμα 18: Μετατοπίσεις κεντρικής διαδοκίδος (comb34)

5.7 Ιδιοσυχνότητες – Ιδιομορφές

Οι πρώτες ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές του φορέα παρατίθενται παρακάτω:





Σχήμα 19: Οι 8 πρώτες ιδιομορφές του φορέα

Ιδιομορφή	Περίοδος T(sec)	Συχνότητα f(cyc/sec)
1	0,33252	3,0073
2	0,22241	4,4962
3	0,17963	5,5670
4	0,14165	7,0596
5	0,13199	7,5763
6	0,10130	9,8717
7	0,07914	12,6358
8	0,07717	12,9584
9	0,07297	13,7043
10	0,06068	16,4799
11	0,05371	18,6185
12	0,05241	19,0803

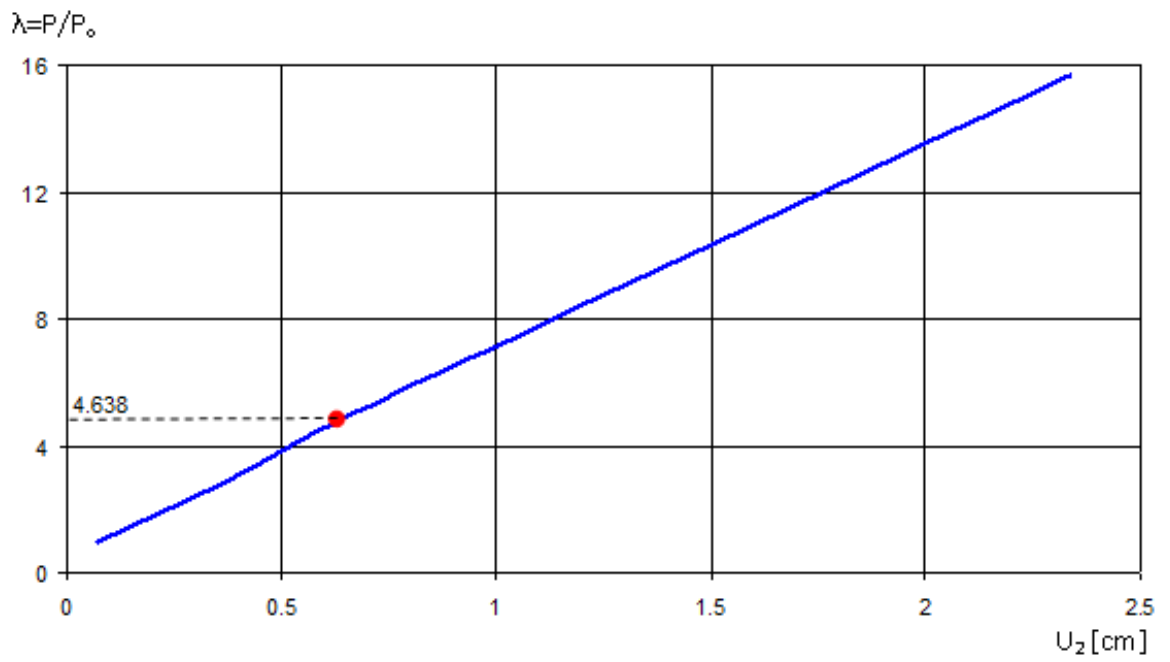
Διάγραμμα 19: Ιδιοχαρακτηριστικά φορέα

5.8 Έλεγχος λυγισμού άνω θλιβόμενου πέλματος

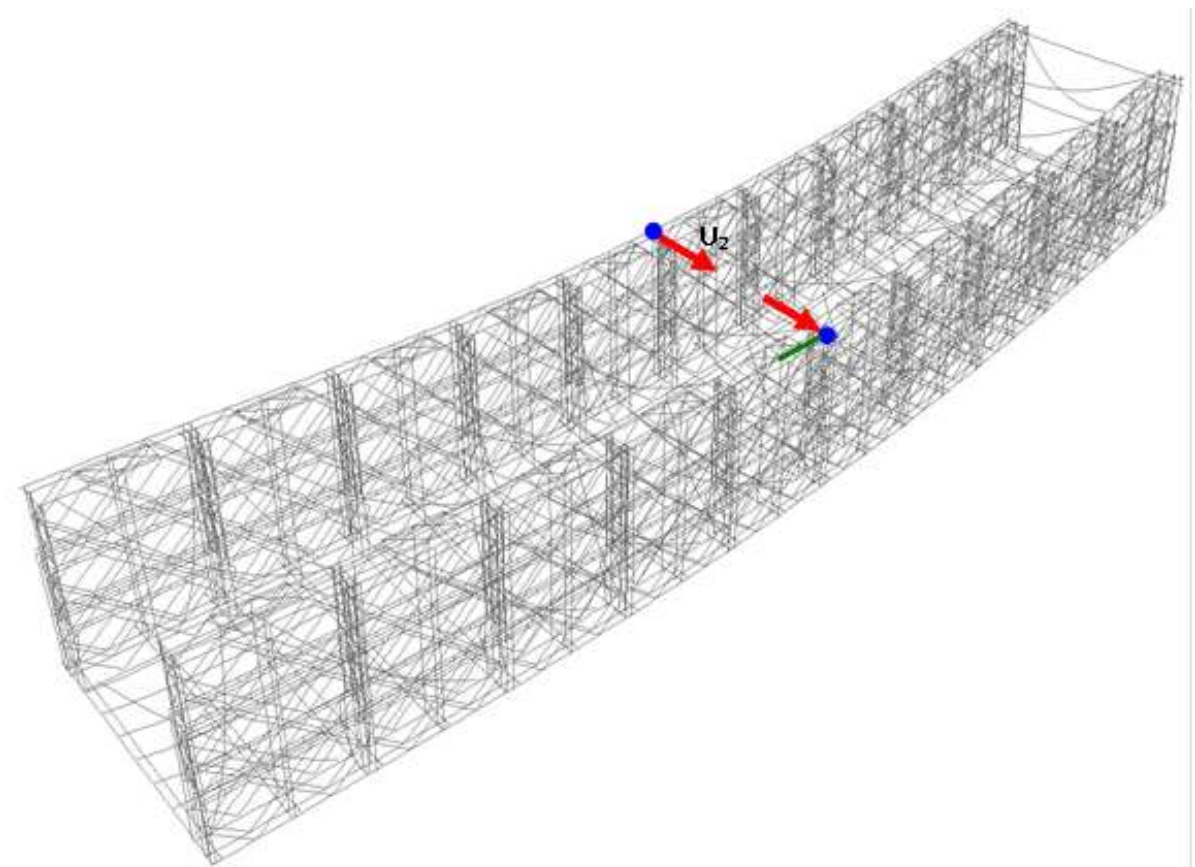
Ο έλεγχος σε λυγισμό έγινε με μη γραμμική ανάλυση. Φορτίο P_0 ίσο με το ομοιόμορφα καταμεμημένο φορτίο q εφαρμόσθηκε διαδοχικά μέχρι να προσδιορισθεί ο συντελεστής $\lambda = P/P_0$ στον οποίο θα επέλθει αστοχία λόγω λυγισμού. Η γέφυρα αποδεικνύεται ότι δεν αστοχεί από καθολικό λυγισμό, αφού ακόμη και με εφαρμογή $\lambda=16$ η οριζόντια απόκλιση του άνω πέλματος είναι μόνο 2,35 cm.

Για $\lambda=4.638$ εμφανίζεται λυγισμός στο άνω θλιβόμενο πέλμα ($N_{b,Rd}=900$ kN). Δηλαδή ο λυγισμός της δυσμενέστερης ράβδου (πράσινης) προηγείται του καθολικού λυγισμού του άνω θλιβόμενου πέλματος (η ράβδος θα αστοχήσει νωρίτερα από την εμφάνιση καθολικού λυγισμού).

Ακολουθούν διάγραμμα το οποίο προέκυψε από διαδοχικές επιλύσεις και στο οποίο απεικονίζεται η οριζόντια απόκλιση U_2 του άνω πέλματος σε συνάρτηση κάθε φορά με διάφορες τιμές του συντελεστή λ , και σχήμα που απεικονίζει την φορά της μετατόπισης U_2 και της ράβδου όπου θα εμφανισθεί αρχικά ο λυγισμός.



Διάγραμμα 20: Προσδιορισμός του δρόμου ισορροπίας



Σχήμα 20: Λυγισμού άνω θλιβόμενου πέλματος

5.9 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, διαπιστώνουμε όπως προκύπτει από την ανάλυση, ότι η γέφυρα Bailey M-2 αστοχεί εάν εφαρμοσθούν σε αυτή συνδυαζόμενα τα φορτία που προβλέπονται από τον ευρωκώδικα 1. Αυτό είναι φυσιολογικό διότι η εν λόγω γέφυρα δημιουργήθηκε για άλλα φορτία, υψηλά μεν καθώς προβλέφθηκε για στρατιωτική χρήση, αλλά ελεγχόμενα ως αναφορά το πλήθος τους επάνω στην γέφυρα, την ταχύτητα διελεύσεως, τη θέση τους στο κατάστρωμα κλπ.

Μολονότι αρκετές γέφυρες έχουν κατελκυθεί και παραμένουν σε χρήση ακόμη και σήμερα, δεν έχουν παρατηρηθεί αστοχίες και καταρρεύσεις, καθώς αυτές εξυπηρετούν κυκλοφορία σε επαρχιακές οδούς, όπου συνήθως δεν παρατηρείται υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος και πιθανότατα ποτέ δεν ασκήθηκαν σε αυτές τόσο υψηλά φορτία.

Με την παρούσα εργασία φαίνεται ότι είναι δυνατόν να προκύψει αύξηση της αντοχής των μελών και της φέρουσας ικανότητας των γεφυρών αυτών, με κατάλληλες ενισχύσεις, περιορισμένου κόστους, καθώς αυτές συνίστανται κυρίως σε συγκολλήσεις επιπλέον μεταλλικών ελασμάτων σε επιλεγμένα σημεία, καθώς και προσθήκη ακραίων ορθοστατών και στον δεύτερο όροφο πλαισίων.

Επιπλέον είναι δυνατόν οι ενισχύσεις αυτές να εφαρμοσθούν σε μη συναρμολογημένο υλικό καθώς επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζονται οι συνδέσεις και η λειτουργικότητα της κατασκευής. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί τροποποιημένη συλλογή γέφυρας βασικού ανοίγματος 30,48 μέτρων, επαρκούς αντοχής σύμφωνα με τους κανονισμούς που να είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (καταρρεύσεις γεφυρών από φυσικές ή άλλες καταστροφές κλπ), ως προσωρινή λύση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ευρωκώδικας 1: «Βάση Μελέτης και Δράσεων στις Κατασκευές», Μέρος 1-1: Βάσεις σχεδιασμού, CEN, ENV 1991-1: 1994, Εκδόσεις Τ.Ε.Ε. Αθήνα 1997.
2. Ι. Ερμόπουλου, «Ευρωκώδικας 1: Βάσεις Σχεδιασμού και Δράσεις επί των Κατασκευών, Ερμηνευτικά Σχόλια και Παραδείγματα Εφαρμογής», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 1997.
3. Ευρωκώδικας 1: Δράσεις Μέρος 2ο: Φορτία κυκλοφορίας σε γέφυρες
4. Ευρωκώδικας 3: «Σχεδιασμός Κατασκευών από Χάλυβα», Μέρος 1-1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια, CEN, prENV 1993-1-1: 2003
5. Ευρωκώδικας 3 : Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα - Μέρος 2 : Χαλύβδινες γέφυρες.
6. Α. Ν. Κουνάδη, «Σιδηρές Κατασκευές, Συμπεριφορά και Ανάλυση», Τόμοι Ι και ΙΙ, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1999.
7. Ευρωκώδικας 8 : Αντισεισμικός σχεδιασμός - Μέρος 2: Γέφυρες.
8. Ι. Ερμόπουλου, «Σιδηρές και Σύμμικτες Γέφυρες Ανάλυση και διαστασιολόγηση σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες 1 έως 8» Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2008.
9. Ι. Βάγια, Ι. Ερμόπουλου, Γ. Ιωαννίδη, «Σχεδιασμός Δομικών Έργων από Χάλυβα με Βάση τα Τελικά Κείμενα των Ευρωκωδίκων», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2005.
10. Ι. Βάγια, Ι. Ερμόπουλου, Γ. Ιωαννίδη, «Σιδηρές Κατασκευές, Παραδείγματα Εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3», Τόμος Ι, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 1997, 2005.
11. Ι. Ερμόπουλου, «Στοιχεία Σχεδιασμού Μεταλλικών Κατασκευών», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 2000.
12. Βάγιας Ι. Κ., Σιδηρές Κατασκευές, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2009
13. Π. Γ. Καρύδη, «Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 1996.
14. Δ. Παπασταματίου, Ι. Ψυχάρης, «Βοηθητικές Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας», Εκδόσεις Εθνικού Πολυτεχνείου, Αθήνα 2001.
15. Ι.Θ. Κατσικαδέλης, «Δυναμική των Κατασκευών», Τόμος ΙΙ, Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 2003.
16. Εγχειρίδια προγράμματος SAP2000

17. A.K. Chopra, Dynamics of Structures, Prentice-Hall, New Jersey, 2001.
18. Robberts L.D, The Bailey: The Amazing, All-Purpose Bridge
19. Department of the Army(DOA).(1986),Bailey Bridges FM 5-277,Washington D.C
20. King W.S,Duan L.,Experimental Investigations of Bailey Bridges,J. Bridge.Eng 2003.8:334-339
21. Bates W., (1991) Historical Structural Steelwork Handbook, London,BCSA.
22. A302/A302M – 12,(2014), Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Manganese-Molybdenum and Manganese-Molybdenum-Nickel
23. Y.Y. Chen et al., Corrosion resistance and mechanical properties of low-alloy steels under atmospheric conditions, Corrosion Science 47 (2005) 1001–1021
24. Associated Consulting Engineers L.T.D, Evaluation of Bailey Bridge at Ar-dunu (Kunar River),Lahore, Pakistan, 1990.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Διατομή άνω και κάτω πέλματος δοκού	- 18 -
Σχήμα 2: Διατομή ορθοστάτη και διαγώνιου μέλους πλαισίου	- 19 -
Σχήμα 3: Διατομή διαδοκίδος	- 20 -
Σχήμα 4: Διατομή μηκίδας.....	- 21 -
Σχήμα 5: Αντηρίδα και διατομή της	- 24 -
Σχήμα 6: Παράδειγμα αρίθμησης λωρίδων κυκλοφορίας.....	- 34 -
Σχήμα 7: Λωρίδες κυκλοφορίας Bailey.....	- 35 -
Σχήμα 8: Μοντέλο Φόρτισης 1	- 37 -
Σχήμα 9: Συνιστώσες θερμοκρασιακής κατανομής σε διατομή [(a) ομοιόμορφη, (b) γραμμική περί τον z-z, (c) γραμμική περί τον y-y, (d) μη γραμμική].....	- 44 -
Σχήμα 10: Δράσεις στην επιζυγίδα.....	- 47 -
Σχήμα 11: Δράσεις στα στηθαία ασφαλείας	- 47 -
Σχήμα 12: Διατομή ενισχυμένου κάτω πέλματος	- 69 -
Σχήμα 13: Διατομή ενισχυμένου ορθοστάτη και διαγώνιου μέλους πλαισίου ...	- 70 -
Σχήμα 14: Διατομή ενισχυμένης διαδοκίδος.....	- 70 -
Σχήμα 15: Διατομή ενισχυμένης μηκίδος	- 71 -
Σχήμα 16: Διατομή ενισχυμένης αντηρίδας	- 72 -
Σχήμα 17: Διατομή ενισχυμένου πλαισίου εγκάρσιου πλαισίου	- 72 -
Σχήμα 18: Διατομή ενισχυμένης εσωτερικής ράβδου εγκάρσιου πλαισίου.....	- 73 -
Σχήμα 19: Οι 8 πρώτες ιδιομορφές του φορέα.....	- 86 -
Σχήμα 20: Λυγισμού άνω θλιβόμενου πέλματος	- 88 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Γέφυρα Bailey M2.....	- 8 -
Εικόνα 2: Ένα τμήμα γέφυρας Bailey στο μουσείο Memorial Πήγασος στη Γαλλία (αριστερά). Συμμαχικά στρατεύματα κατά την καθέλκυση γέφυρας Bailey (δεξιά). ...	8 -
Εικόνα 3: Καθέλκυση Διπλού-Τριπλού Φορέα μήκους 180 ποδών στο Θέρμο Αιτωλοακαρνανίας το 1954, κατά την ανασυγκρότηση της χώρας, για την αποκατάσταση κατεστραμμένης πετρώκτιστης τοξωτής από τις Γερμανικές Δυνάμεις.....	- 9 -
Εικόνα 4: Η γέφυρα του Θέρμου	- 10 -
Εικόνα 5: Τομή φορέα T/Δ και αποστάσεις (πηγή:FM 5-277- http://library.enlisted.info/field-manuals/series-1/FM5_277/CH1.PDF).....	- 12 -
Εικόνα 6: Φορέας Δ/Α (αριστερά). Δικτυωτή δοκός από πλαίσια φορέα T/Δ (δεξιά). (πηγή: FM 5-277)	- 13 -
Εικόνα 7: Μορφή φορέων της γέφυρας Bailey (πηγή: FM 5-277)	- 14 -
Εικόνα 8: Γέφυρα Δ/Τ με 2 διαφορετικές δυνατότητες διαμόρφωσης οροφής (πηγή: FM 5-277)	- 14 -
Εικόνα 9: Εξαρτήματα συλλογής γέφυρας Bailey (πηγή: FM 5-277).....	- 16 -
Εικόνα 10: Πείροι και βλήτρα σύνδεσης (πηγή: FM 5-277)	- 16 -
Εικόνα 11: Πλαίσιο	- 17 -
Εικόνα 12: Διαδοκίδα	- 19 -
Εικόνα 13: Μηκίδα.....	- 21 -
Εικόνα 14: Δίπλακα	- 22 -
Εικόνα 15: Επιζυγίδα	- 22 -
Εικόνα 16: Ακραίοι Ορθοστάτες	- 23 -
Εικόνα 17: Περόνες Πλαισίου και λεπτομέρεια σύνδεσης	- 23 -
Εικόνα 18: Συνδετήρας διαδοκίδας και λεπτομέρεια σύνδεσης	- 24 -
Εικόνα 19: Βλήτρα πέλματος, επιζυγίδος και συνδέσμου.....	- 24 -
Εικόνα 20: Εγκάρσιο πλαίσιο	- 25 -
Εικόνα 21: Πλάκα συνδέσεως και λεπτομέρειες σύνδεσης	- 25 -
Εικόνα 22: Αντιανέμιος σύνδεσμος	- 25 -
Εικόνα 23: Συνδέσεις αντιανέμιων συνδέσμων	- 26 -
Εικόνα 24: Εφέδρανο και πλάκα εδράσεως	- 26 -
Εικόνα 25: Έδραση Γέφυρας.....	- 27 -
Εικόνα 26: Φορέας Bailey 30,48m	- 27 -
Εικόνα 27: Πλάγια όψη.....	- 28 -
Εικόνα 28: Τομή.....	- 28 -
Εικόνα 29: Εμπρός όψη	- 28 -
Εικόνα 30: Κάτοψη.....	- 28 -
Εικόνα 31: Λεπτομέρειες συνδέσεων	- 29 -
Εικόνα 32: Λεπτομέρειες συνδέσεων	- 30 -
Εικόνα 33: Λεπτομέρειες συνδέσεων	- 30 -
Εικόνα 34: Σύνδεση πλαισίων καθ ύψος.....	- 31 -
Εικόνα 35: Στηρίξεις	- 31 -
Εικόνα 36: Ομοιόμορφα διανεμημένο φορτίο q (UDL)	- 37 -
Εικόνα 37: Συγκεντρωμένα φορτία Q (TS) (διαφορετικές επιλύσεις).....	- 38 -
Εικόνα 38: Ομοιόμορφα διανεμημένο οριζόντιο φορτίο στις μηκίδες q_0	- 39 -
Εικόνα 39: Ομοιόμορφα διανεμημένο οριζόντιο φορτίο ανέμου W_y	- 42 -
Εικόνα 40: Ομοιόμορφα διανεμημένο οριζόντιο φορτίο ανέμου W_z	- 43 -

Εικόνα 41: Ομοιόμορφα διανεμημένο οριζόντιο φορτίο ανέμου W_x	- 44 -
Εικόνα 42: Χρωματική απεικόνιση ποσοστού εξάντλησης αντοχής μελών	- 63 -
Εικόνα 43: Βασικότερες αστοχίες	- 63 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ονοματολογία φορέων της γέφυρας Bailey	- 13 -
Πίνακας 2: Χρησιμοποιούμενοι τύποι χάλυβα στη γέφυρα Bailey	- 15 -
Πίνακας 3: Πίνακας μέσων όρων παραδοχών ιδιοτήτων χάλυβα BS 968	- 16 -
Πίνακας 4: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη διατομής 2 UPN	- 18 -
Πίνακας 5: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη διατομής UPN	- 19 -
Πίνακας 6: : Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη διατομής IPN	- 20 -
Πίνακας 7: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη διατομής 3 ΙΡΕ.....	- 21 -
Πίνακας 8: Αριθμός και πλάτος των ονομαστικών λωρίδων κυκλοφορίας	- 34 -
Πίνακας 9: Βασικές τιμές των φορτίων για κάθε λωρίδα.....	- 36 -
Πίνακας 10: Κατηγορίες εδάφους	- 41 -
Πίνακας 11: Χαρακτηριστικές τιμές γραμμικής διαφοράς Θερμοκρασίας για Γέφυρες.....	- 46 -
Πίνακας 12: Συντελεστής k_{sur} για οδικές και σιδηροδρομικές γέφυρες	- 46 -
Πίνακας 13: Τιμές παραμέτρων συνιστώμενων φάσματος ελαστικής απόκρισης Τύπου 1	- 48 -
Πίνακας 14: Ομάδες φορτίων κυκλοφορίας οδικών γεφυρών	- 51 -
Πίνακας 15: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ για οδικές γέφυρες	- 53 -
Πίνακας 16: Συντελεστές συνδυασμού ψ για οδικές γέφυρες.....	- 54 -
Πίνακας 17: Συνδυασμοί για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές	- 57 -
Πίνακας 18: Συνδυασμοί για τυχνηματικές καταστάσεις.....	- 58 -
Πίνακας 19: Συνδυασμοί για καταστάσεις σεισμού.....	- 58 -
Πίνακας 20: Χαρακτηριστικός (σπάνιος) συνδυασμός	- 61 -
Πίνακας 21: Συχνός συνδυασμός.....	- 62 -
Πίνακας 22: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ στο εσωτερικό κάτω πέλμα ...- 64 -	
Πίνακας 23: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ στο κεντρικό άνω πέλμα - 65 -	
Πίνακας 24: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ εσωτερικό κάτω ορθοστάτη...- 66 -	
Πίνακας 25: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ στις διαδοκίδες	- 66 -
Πίνακας 26: Αναπτυσσόμενα μεγέθη - έλεγχος ΟΚΑ στις μηκίδες	- 67 -
Πίνακας 27: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένου κάτω πέλματος (μονάδα μήκους cm)	- 69 -
Πίνακας 28: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένου ορθοστάτη και διαγώνιου μέλους πλαισίου	- 70 -
Πίνακας 29: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένης διαδοκίδος	- 71 -
Πίνακας 30: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένης μηκίδος.....	- 71 -
Πίνακας 31: Γεωμετρικά και αδρανειακά μεγέθη ενισχυμένης αντηρίδος	- 72 -
Πίνακας 32: Όρια εξάντλησης αντοχής μελών.....	- 73 -
Πίνακας 33: Μέγιστη αξονική δύναμη P (εφελκυστική) που αναλαμβάνουν τα κάτω πέλματα πλαισίων του φορέα.....	- 74 -
Πίνακας 34: Ελάχιστη αξονική δύναμη P (θλιπτική) που αναλαμβάνουν τα άνω πέλματα πλαισίων του φορέα.....	- 74 -
Πίνακας 35: Μέγιστη ροπή κάμψης M_y στα κάτω πέλματα πλαισίων του φορέα- 75 -	
Πίνακας 36: Μέγιστη αξονική δύναμη P (εφελκυστική) που αναλαμβάνουν οι ορθοστάτες – διαγώνιοι πλαισίων του φορέα	- 75 -
Πίνακας 37: Ελάχιστη αξονική δύναμη P (θλιπτική) που αναλαμβάνουν οι ορθοστάτες – διαγώνιοι πλαισίων του φορέα.....	- 76 -

Πίνακας 38: Ελάχιστη ροπή κάμψης M_y στην διαδοκίδα.....	- 76 -
Πίνακας 39: : Μέγιστη ροπή κάμψης M_y στην διαδοκίδα	- 77 -
Πίνακας 40: Μέγιστη τέμνουσα V_2 στην διαδοκίδα	- 77 -
Πίνακας 41: Ελάχιστη τέμνουσα V_2 στην διαδοκίδα	- 78 -
Πίνακας 42: Μηκίδα - Μέγιστη ροπή κάμψης $M_y (M_3)$	- 78 -
Πίνακας 43: Μέγιστη αξονική δύναμη P (εφελκυστική) που αναλαμβάνουν οι οριζόντιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας	- 79 -
Πίνακας 44: Ελάχιστη αξονική δύναμη P (θλιπτική) που αναλαμβάνουν οι ακραίοι ορθοστάτες.....	- 79 -
Πίνακας 45: Ελάχιστη μετατόπιση κατά U_3 (βύθιση).....	- 80 -
Πίνακας 46: Ελάχιστη μετατόπιση κατά U_2	- 80 -
Πίνακας 47: Μέγιστη μετατόπιση κατά U_1	- 81 -

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Συντελεστής έκθεσης $c_e(z)$ συναρτήσει του ύψους z πάνω από το έδαφος, για διάφορες κατηγορίες εδάφους και για $c_t = 1$	- 40 -
Διάγραμμα 2: Τιμές του C_d για οδικές, σιδηροδρομικές και γέφυρες πεζών	- 41 -
Διάγραμμα 3: Συντελεστές δύναμης $C_{fx,o}$ για γέφυρες	- 42 -
Διάγραμμα 4: Συντελεστής δύναμης C_{fz} συναρτήσει της κλίσης Θ της ανεμοπίεσης	- 43 -
Διάγραμμα 5: Σχέσεις μεταξύ $T_{e,min}$, $T_{e,max}$ και T_{min} , T_{max}	- 45 -
Διάγραμμα 6: : Συνιστώμενα φάσματα ελαστικής απόκρισης Τύπου 1 για κατηγορίες εδάφους Α έως Ε (5% απόσβεση)	- 48 -
Διάγραμμα 7: Χρησιμοποιηθέν φάσμα απόκρισης	- 50 -
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων P (συνδυασμός comb 34).	- 82 -
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων, τρίτη σειρά πλαισίων (συνδυασμός comb 34)	- 82 -
Διάγραμμα 10: Διάγραμμα Ροπών Κάμψεως M_y σε τμήμα πέλματος (συνδυασμός comb 40)	- 83 -
Διάγραμμα 11: Διάγραμμα Ροπών Κάμψεως M_y σε διαδοκίδες (συνδυασμός comb 29)	- 83 -
Διάγραμμα 12: Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων σε διαδοκίδες (συνδυασμός comb 29)	- 83 -
Διάγραμμα 13: Διάγραμμα Ροπών Κάμψης M_y μηκίδος (συνδυασμός comb 28)	- 83 -
-	-
Διάγραμμα 14: Μετατοπίσεις κάτω πέλματος στο κέντρο (comb34)	- 84 -
Διάγραμμα 15: Μετατοπίσεις άνω πέλματος στο κέντρο (comb34)	- 84 -
Διάγραμμα 16: Μετατοπίσεις κάτω πέλματος στην άκρη (comb34)	- 84 -
Διάγραμμα 17: Μετατοπίσεις άνω πέλματος στην άκρη (comb34)	- 84 -
Διάγραμμα 18: Μετατοπίσεις κεντρικής διαδοκίδος (comb34)	- 85 -
Διάγραμμα 19: Ιδιοχαρακτηριστικά φορέα	- 87 -
Διάγραμμα 20: Προσδιορισμός του δρόμου ισορροπίας	- 88 -