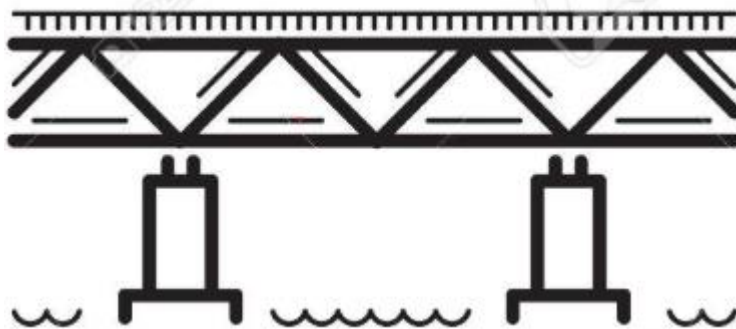




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

**ΑΡΧΕΙΟ ΠΑΛΑΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ
ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥΣ ΜΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ**



Διπλωματική Εργασία
Γεώργιος Μελάκης

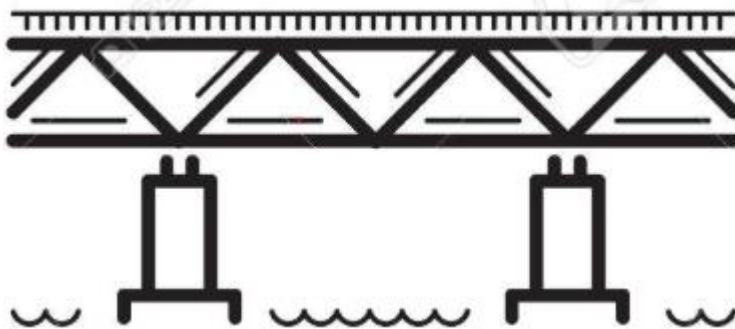
ΕΜΚ ΔΕ 2019 22
Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Αθήνα, Νοέμβριος 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

**ΑΡΧΕΙΟ ΠΑΛΑΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ
ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥΣ ΜΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ**



Διπλωματική Εργασία
Γεώργιος Μελάκης

ΕΜΚ ΔΕ 2019 22
Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Αθήνα, Νοέμβριος 2019

Copyright © Γεώργιος Μελάκης, 2019
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια του συγγραφέα. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Georgios Melakis, 2019
All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

Γεώργιος Μελάκης (2019)
Αρχείο παλαιών μεταλλικών γεφυρών στην Κρήτη και μεθοδολογία αποτίμησης και ενίσχυσής
τους με εφαρμογή στη γέφυρα Ταυρωνίτη
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2019 22
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Georgios Melakis (2019)
Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2019 22
Archive of old steel bridges in Crete and evaluation and strengthening methodology applied to
the Tavronitis bridge
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Θα ήθελα πρώτο από όλους να ευχαριστήσω ιδιαίτέρως τον καθηγητή μου κ. Χάρη Γαντέ, ο οποίος με εμπιστεύτηκε όταν του πρότεινα να ασχοληθούμε με το θέμα των Μεταλλικών Γεφυρών. Μου δόθηκε η ευκαιρία να ασχοληθώ ένα θέμα που με ενδιαφέρει ιδιαίτερα. Η συμβολή του στην εκπόνηση της διπλωματικής μου ήταν καθοριστική τόσο από άποψη διεκπεραίωσής της όσο και από άποψη συνεργασίας. Με εύστοχες και σαφείς διευκρινήσεις και παρατηρήσεις πάντα με οδηγούσε στη σωστή πορεία εργασίας. Ήταν μια εμπειρία άψογης συνεργασίας, όπου η επικοινωνία ήταν άμεση και με βοήθησε στην σωστή οργάνωση της εργασίας .

Επίσης επιθυμώ να ευχαριστήσω τους κύριους Παύλο Θανόπουλο και Ανδρέα Σπηλιόπουλο, καθηγητές μου, στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για την άμεση βοήθειά τους σχετικά με θέματα προσομοίωσης της γέφυρας .

Με εκτίμηση θα ευχαριστήσω επίσης όλους τους καθηγητές μου στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, οι οποίοι ευθύνονται για την κατάρτιση μου στον κλάδο Πολιτικού Μηχανικού, αλλά και για την εξέλιξη του ενδιαφέροντός μου ως προς αυτόν.

Για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας ευχαριστώ ακόμα τον φίλο μου Κωνσταντίνο Εγγλέζο, ο οποίος με βοήθησε να οργανωθεί η ιστοσελίδα για το Αρχείο Μεταλλικών Γεφυρών της Κρήτης (ΑΜΕΓΕΚ).

Η οικογένειά και οι φίλοι μου παίζουν πάντοτε τον πιο καθοριστικό ρόλο στη ζωή μου, οπότε δε θα μπορούσα να αμελήσω να τους ευχαριστήσω για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχαν σε όλα βήματα των ακαδημαϊκών μου χρόνων.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2019 22

Αρχείο παλαιών μεταλλικών γεφυρών στην Κρήτη και μεθοδολογία αποτίμησης και ενίσχυσής τους με εφαρμογή στη γέφυρα Ταυρωνίτη

Γεώργιος Μελάκης

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές
Νοέμβριος 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην σύγχρονη εποχή, όπου οι απαιτήσεις για συντήρηση παλαιών γεφυρών αυξάνονται διαρκώς, παρουσιάζεται έντονο ενδιαφέρον προς την ανάπτυξη και οργάνωση σύγχρονων και αποτελεσματικών μεθόδων επιθεώρησης, αξιολόγησης και γενικότερα αποτίμησης και ενίσχυσης των γεφυρών. Στην Ελλάδα δεν έχει δημιουργηθεί ακόμα ένας οργανωμένος κύκλος αλληλεπίδρασης των μηχανικών-επιθεωρητών με τις παλαιές γέφυρες, που χρήζουν άμεσης επιθεώρησης και συντήρησης. Η παρούσα διπλωματική εστιάζει στα βήματα που πρέπει να γίνουν, για την οργάνωση ενός ελληνικού συστήματος επιθεώρησης και αποτίμησης μεταλλικών γεφυρών. Αρχικά δημιουργήθηκε ένα διαδραστικό σύστημα εισαγωγής και αποθήκευσης δεδομένων των μεταλλικών γεφυρών της Κρήτης, μέσω μιας διαδικτυακής πλατφόρμας. Δίνονται αναλυτικές οδηγίες για τη χρήση του. Σε αυτό μπορούν να εισαχθούν όλες οι μεταλλικές γέφυρες που βρίσκονται στον ελλαδικό χώρο. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα, τόσο στον απλό χρήστη, όσο και στον επιθεωρητή-μηχανικό να πληροφορηθεί για την τοποθεσία, την κατάσταση και τα στοιχεία της μεταλλικής γέφυρας που αναζητεί. Στη συνέχεια έχει γίνει μια αναλυτική παρουσίαση της διαδικασίας που θα μπορούσε να ακολουθήσει μία ομάδα μηχανικών, ώστε να επιθεωρηθεί και να αποτιμηθεί μία μεταλλική γέφυρα. Προτείνεται δηλαδή, ο τρόπος που θα γίνεται ο σχεδιασμός, η προετοιμασία και η εκτέλεση της επιθεώρησης. Ακόμα εξηγείται από τι πρέπει να απαρτίζεται το ειδικό έντυπο επιθεώρησης το οποίο πρέπει να συμπληρώνεται μετά την εκτέλεσή της, για την σωστή αποτίμηση της γέφυρας. Παρουσιάζονται ακόμα αναλυτικά ο εξοπλισμός που απαιτείται για την ορθή και ασφαλή εργασία των μηχανικών, καθώς και οι αστοχίες/ζημιές αλλά και οι τοποθεσίες των ρωγμών που μπορεί να εμφανισθούν σε κάθε τύπο μεταλλικής γέφυρας. Σε μία αποτελεσματική αποτίμηση ο επιθεωρητής-μηχανικός οφείλει να είναι εξειδικευμένος και ενημερωμένος για τα τεχνολογικά μέσα, από τα οποία μπορεί να αντλήσει πληροφορίες για τις παθήσεις της μεταλλικής γέφυρας. Έτσι παρουσιάζονται κάποια, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επίσης δίνονται σε μορφή πίνακα περιπτώσεις αξιολόγησης της υφιστάμενης κατάστασης του μεταλλικού μέλους ανάλογα με το είδος της ζημιάς, καθώς και προτεινόμενοι τρόποι επισκευής και ενίσχυσης σε περίπτωση αστοχίας λόγω κόπωσης. Τέλος, γίνεται μια εφαρμογή αποτίμησης στη περίπτωση της μεταλλικής γέφυρας του Ταυρωνίτη Χανίων και προτείνονται τα μέτρα ενίσχυσης με σκοπό τη λειτουργία της ως πεζογέφυρα.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2019 22

Archive of old steel bridges in Crete and evaluation and strengthening methodology applied to the Tavronitis bridge

Georgios Melakis

Supervisor: Professor Charis Gantes
November 2019

ABSTRACT

In the modern era, where requirements for the maintenance of old bridges are constantly increasing, a strong interest arises in developing and organizing modern and efficient methods of inspection, evaluation and strengthening of bridges. In Greece, there is still no organized interaction cycle between inspector engineers and old bridges that require immediate attention and maintenance. This thesis focuses on providing the necessary steps for organizing a Greek steel bridge inspection and evaluation system. Firstly, an interactive data entry and storage system for the steel bridges of Crete is developed through an online platform. In that respect, detailed instructions for its use are provided. All information referring to steel bridges in Greece can be inserted into this platform, giving both the casual user and the inspector engineer the opportunity to look for details about their location and current status. In addition, there is detailed presentation of the process that could be followed by a team of engineers for the inspection and evaluation of a steel bridge. Subsequently, a proposal about the way of planning, preparing and executing an inspection is composed. Further explained, is the suggested composition of the special inspection form, used for appropriate bridge evaluation. Moreover, the equipment required for accuracy and safety in the work of engineers is being showcased, as well as the failures/damages and crack locations that may form on any type of steel bridge. During an efficient assessment, the inspector engineer must be specialized and up to date with the technological equipment from which information about the conditions of the steel bridge can be derived. Therefore, in this thesis the aforementioned equipment along with the process needed to be followed are being analyzed. Furthermore, tables are provided with means of evaluation of the existing steel bridge condition, according to the type of damage, as well as ways for repair and strengthening in case of fatigue failure. Finally, a complete evaluation was executed with respect to the Tavronitis steel bridge in Chania. Based on this example, the current paper seeks to propose a plethora of reinforcement techniques that could allow it to function as a footbridge.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2	ΑΡΧΕΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ	3
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2.2	ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΙΣΤΟΤΟΠΟΥ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ	4
2.2.1	Προσθήκη γέφυρας στη βάση	4
2.2.2	Προβολή γεφυρών σε χάρτη	6
2.2.3	Προβολή γεφυρών σε πίνακα	9
3	ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΡΓΟΥ	11
3.1	ΑΥΤΟΨΙΑ – ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	11
3.1.1	Ο σχεδιασμός της επιθεώρησης	12
3.1.2	Η προετοιμασία της επιθεώρησης	12
3.1.3	Εκτέλεση της επιθεώρησης.....	15
3.1.4	Επιθεώρηση των μελών της γέφυρας.....	17
3.1.5	Συμπλήρωση εντύπου επιθεώρησης.....	18
3.2	ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ.....	26
3.2.1	Εργαλεία επιθεώρησης.....	28
3.3	ΕΙΔΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	31
4	ΠΙΘΑΝΕΣ ΖΗΜΙΕΣ / ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ	35
4.1	ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	35
4.2	ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΦΑΝΕΡΩΘΟΥΝ ΛΟΓΩ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΩ ΤΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	37
4.3	ΖΗΜΙΕΣ ΛΟΓΩ ΑΚΡΑΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	37
4.4	ΖΗΜΙΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ.....	37
4.5	ΡΩΓΜΕΣ ΛΟΓΩ ΚΟΠΩΣΗΣ.....	38
5	ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΡΩΓΜΩΝ ΚΟΠΩΣΗΣ	39
6	ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	43
6.1	ΔΟΚΙΜΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (ACOUSTIC EMISSION AE).....	44
6.2	ΝΕΕΣ ΒΑΦΕΣ	44
6.3	ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΗ ΒΑΦΗ	45
6.4	ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (MAGNETIC PARTICLE TESTING).....	46
6.5	ΜΕΘΟΔΟΣ ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΑΣ (RADIOGRAPHY TESTING RT).....	46
6.6	ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ (αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.3)	47
6.7	ΔΟΚΙΜΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ (ULTRA SONIC – TESTING).....	47
6.8	ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΠΑΧΟΥΣ (D – METERS).....	48

6.9	ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΝΟΡΡΕΥΜΑΤΩΝ (EDDY CURRENT TESTING ET).....	49
6.10	ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΔΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΒΟΗΘΕΙΑ ΔΕΣΜΗΣ LASER.....	50
7	ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΥΠΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	51
7.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2 ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ.....	51
7.1.1	Τοποθεσίες ελέγχου.....	51
7.2	ΚΙΒΩΤΙΟΕΙΔΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗ.....	52
7.2.1	Τοποθεσίες ελέγχου:.....	53
7.3	ΓΕΦΥΡΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ.....	53
7.3.1	Εφελκυόμενα μέλη	54
7.3.2	Θλιβόμενα μέλη.....	54
7.3.3	Πλάκες σύνδεσης	55
7.4	ΤΟΞΩΤΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ.....	56
7.4.1	Τοποθεσίες ελέγχου.....	57
7.5	ΚΑΛΩΔΙΩΤΕΣ / ΚΡΕΜΑΣΤΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ	58
7.5.1	Τοποθεσίες ελέγχου κρεμαστών γεφυρών	59
7.5.2	Τοποθεσίες ελέγχου καλωδιωτών γεφυρών	60
7.5.3	Επιπλέον μέθοδοι επιθεώρησης για καλώδια μεταλλικών	61
8	ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΜΕΛΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ	63
9	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ	65
9.1	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΝΤΙ ΚΟΠΩΣΗΣ	65
9.2	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	72
9.3	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΗΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ.	75
9.4	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΓΕΦΥΡΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΑΑΣΗΤΟ (American Association of State Highway and Transportation Officials)	77
10	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΣΤΟΧΙΩΝ	83
10.1	ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ.....	83
10.2	ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΟΧΛΙΩΣΕΩΝ Ή ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΗΛΟΥΣ	89
10.3	ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΜΕΛΗ.....	92
10.4	ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	93
11	ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ ΧΑΝΙΩΝ	95
11.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	95
11.2	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ	96
11.2.1	Επισκέψεις	96
11.2.2	Επιτόπου μετρήσεις	96
11.3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ	102
11.4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ	106

11.4.2	Αστοχίες και έντονες παραμορφώσεις μελών και συνδέσεων	119
11.5	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	120
11.5.1	Γενικές παραδοχές	121
11.5.2	Γεωμετρία φορέα	121
11.5.3	Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά διατομών των μελών.....	121
11.5.4	Απομειώσεις διατομών λόγω διάβρωσης στα μέλη της μεταλλικής γέφυρας	124
11.5.5	Συνθήκες στήριξης και προσομοίωση συνδεόμενων μελών	127
11.6	ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	130
11.7	ΦΟΡΤΙΑ	130
11.7.1	Βασικές φορτίσεις.....	130
11.7.2	Μόνιμα φορτία	130
11.7.3	Κινητά φορτία	131
11.7.4	Φορτία χιονιού	131
11.7.5	Φορτία ανέμου	131
11.7.6	Θερμοκρασιακή μεταβολή	135
11.7.7	Σεισμικές δράσεις	135
11.8	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ	137
	Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.....	139
11.9	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΓΕΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ.....	140
11.9.1	Παραμορφώσεις	140
11.9.2	Ιδιομορφές	141
11.9.3	Έλεγχοι στατικής επάρκειας μεταλλικών διατομών – μελών	142
11.9.4	Έλεγχος καθολικού λυγισμού	148
11.10	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	150
11.10.1	Αντικατάσταση ή ενίσχυση των υπό αστοχία μελών.....	150
11.10.2	Παραμορφώσεις.....	151
11.10.3	Ιδιομορφές	152
11.11	ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ	153
11.11.1	Ενδιάμεσες διαμήκεις δοκοί	153
11.11.2	Εγκάρσιες δοκοί	157
11.11.3	Ενισχυμένα ακραία διαγώνια μέλη της όψης	159
11.11.4	Διαγώνια μέλη όψης με διατομή L, 2 CAE 120 x 10.....	160
11.11.5	Χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας καταστρώματος.....	161
11.11.6	Εγκάρσιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας άνω HEA 100 ανά 3,95 μέτρα.....	162
11.11.7	Άνω Χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας	163
11.12	ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΘΟΛΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ.....	164
11.13	ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	168

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πρόοδος στην τεχνολογία και την κατασκευή, έχουν βελτιώσει σημαντικά το σημερινό σχεδιασμό μεταλλικών γεφυρών. Ωστόσο, η εμφάνιση προηγούμενων άγνωστων κρίσιμων περιοχών και η κλιμάκωση του κόστους της αντικατάστασης παλαιότερων γεφυρών καθιστά επιτακτική την ανάγκη κατάλληλης αξιολόγησης τους, ώστε να διατηρούνται ασφαλείς.

Η σωστή αξιολόγηση της κατάστασης των στοιχείων των μεταλλικών γεφυρών, αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο στη διαχείριση τους. Η εισαγωγή των μεθόδων ελέγχου των στοιχείων της στις αρχές της δεκαετίας του 1990 αποτέλεσε σημαντική πρόοδο στην πρακτική ελέγχου των γεφυρών και υιοθετήθηκε από τη συντριπτική πλειονότητα των κρατικών υπηρεσιών μεταφορών στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι ιδιοκτήτες γεφυρών στις Ηνωμένες Πολιτείες έχουν αναγνωρίσει τα οφέλη των λεπτομερών επιθεωρήσεων των γεφυρών, μέσω της χρήσης των πληροφοριών που παρέχονται μετά την ολοκλήρωσή τους και των εκτεταμένων μέτρων πρόβλεψης μετά την αξιολόγηση της φθοράς τους.

Καθώς η χρήση των τεχνικών που χρησιμοποιούνται στην επιθεώρηση των στοιχείων των γεφυρών, έχει πολλαπλασιαστεί στο εξωτερικό, εντοπίστηκε η ανάγκη να υπάρξει αντίστοιχα ένα πρότυπο σύμφωνα με το οποίο θα αντιμετωπίζει την επιθεώρηση, αξιολόγηση και ενίσχυση των μεταλλικών γεφυρών και η Ελλάδα. Οι παρούσες προτάσεις βασίζονται σε συλλογή ήδη χρησιμοποιημένων μεθόδων αποτίμησης μεταλλικών γεφυρών σε όλο το κόσμο. Κατά την επιθεώρηση ο στόχος είναι, να καταγράφεται πλήρως η κατάσταση τους με έναν απλό τρόπο, που μπορεί να τυποποιηθεί σε ολόκληρο το έθνος.

Στην Ελλάδα υπάρχουν γέφυρες για τις οποίες δεν υπάρχει καμία αρμόδια αρχή συντήρησης, Έτσι, κανείς δεν είναι σε θέση να γνωρίζει τον ακριβή αριθμό των μεταλλικών γεφυρών αλλά και την κατάσταση αυτών που ανήκουν στο παλιό εθνικό και επαρχιακό δίκτυο. Συνήθως οι μεταλλικές γέφυρες αντιμετωπίζουν προβλήματα, λόγω των παλιών κανονισμών με τους οποίους σχεδιάστηκαν και την πολυετή έκθεσή τους σε δυσμενείς συνθήκες. Παλαιότερα οι κανονισμοί δεν προέβλεπαν την επίδειξη ανθεκτικότητας σε διάρκεια, δεν υπήρχε ανάπτυξη αντισεισμικού σχεδιασμού και επίσης λόγω μη εξειδικευμένων συνεργειών γινόντουσαν κακοτεχνίες. Όλα αυτά οδήγησαν στη σταδιακή ανάδειξη λειτουργικών ανεπαρειών και στα προβλήματα δομικής ακεραιότητας σε αρκετές γέφυρες τόσο στο εξωτερικό όσο και στην Ελλάδα.

Έτσι, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη να οργανωθεί το ελληνικό κράτος στο να δημιουργήσει ένα σύστημα διαχείρισης μεταλλικών γεφυρών, όπως έχουν όλα τα προηγμένα κράτη του εξωτερικού, προκειμένου να προστατέψει τον εθνικό της πλούτο. Το σύστημα αυτό θα πρέπει να είναι ενταγμένο σε ένα ευρύτερο πρόγραμμα ασφάλειας για τις γέφυρες, που θα προσδιορίζει και το τι πρέπει να γίνει όταν εντοπιστεί κάθε γέφυρα που αντιμετωπίζει προβλήματα.

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής έχει δημιουργηθεί μια διαδικτυακή πλατφόρμα εισαγωγής και αποθήκευσης δεδομένων για μεταλλικές γέφυρες, στην οποία έχουν ήδη ενταχθεί τα στοιχεία για τις μεταλλικές γέφυρες της Κρήτης. Αυτό θα λειτουργεί ως αρχείο και θα είναι διαδραστικό τόσο ως προς τον απλό χρήστη, αλλά και ως προς τον επιθεωρητή-μηχανικό που μπορεί να εισάγει νέες γέφυρες στο αρχείο. Ακόμα προτείνονται μέθοδοι για επιθεώρηση, αξιολόγηση, και ενίσχυση μεταλλικών γεφυρών ανάλογα τη περίπτωση αστοχίας και το είδος της γέφυρας. Τέλος ελέγχεται η υφιστάμενη κατάσταση της γέφυρας του Ταυρωνίτη Χανίων και προτείνονται τα μέτρα ενίσχυσής της για την αποκατάσταση και χρήση της ως πεζογέφυρα.

2 ΑΡΧΕΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι οι γέφυρες όσο περνάνε τα χρόνια αντιμετωπίζουν όλο και περισσότερα προβλήματα. Οι γέφυρες είναι κατασκευές οι οποίες έχουν σχεδιαστεί για συγκεκριμένα χρόνια ζωής και με συγκεκριμένους κανονισμούς. Τα χρόνια όμως περνάνε και μαζί με αυτά αλλάζουν οι κανονισμοί και οι παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα τη γέφυρα, όπως π.χ. τα φορτία κυκλοφορίας, η πυκνότητα της κυκλοφορίας η διάβρωση και άλλοι μακροχρόνιοι παράγοντες. Αυτό συμβαίνει διότι δεν υπάρχει καμία μέριμνα για τη συντήρηση-επίβλεψή τους. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν ότι είναι επιτακτική η ανάγκη για επίβλεψη τους και ανακατασκευή των όποιων ζημιών ή ατελειών τους.

Κάτι τέτοιο δεν είναι εύκολο να υλοποιηθεί αν δεν υπάρχει μια βάση δεδομένων και μια ορθή και οργανωμένη αρχειοθέτηση των γεφυρών την οποία θα μπορούν να συμβουλευόμαστε οι μηχανικοί.

Συνεπώς η ιδέα είναι να δημιουργηθεί μια πλατφόρμα στον παγκόσμιο ιστό για να υπάρχει η δυνατότητα προσπέλασής της από τον οποιονδήποτε απλό χρήστη αλλά και από τους επιθεωρητές-μηχανικούς.

Για το σκοπό αυτό υλοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας ένα διαδραστικό σύστημα εισαγωγής και αποθήκευσης δεδομένων των μεταλλικών γεφυρών. Στόχος είναι να είναι μια οργανωμένη και πλήρης καταγραφή των μεταλλικών γεφυρών. Μέχρι στιγμής έχουν εισαχθεί τα δεδομένα για όλες τις μεταλλικές γέφυρες της Κρήτης.

Ο υπερσύνδεσμος για το αρχείο των μεταλλικών γεφυρών είναι :

<http://bmsofgreece.dx.am/>

Στο αρχείο αυτό δίνεται η δυνατότητα προσθήκης νέας γέφυρας , με χρήση ειδικών κωδικών εισόδου από τους επιθεωρητές, στο αντίστοιχο τμήμα της ιστοσελίδας. Ακόμα δίνεται η δυνατότητα προβολής των στοιχείων των γεφυρών τόσο σε μορφή πίνακα όσο και σε οπτικοποιημένη μορφή σε χάρτη.

Οι πληροφορίες που παρέχει το αρχείο αυτό είναι οι εξής :

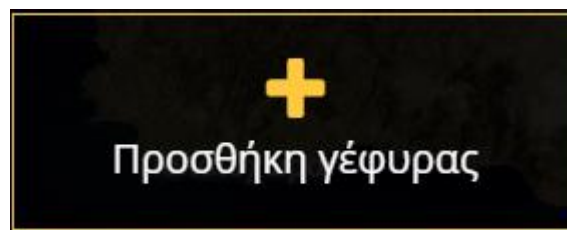
- Όνομα και αριθμός μητρώου της γέφυρας
- Γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος της
- Περιφερειακή ενότητα στην οποία ανήκει η γέφυρα και ακριβής τοποθεσία της
- Χιλιομετρική θέση της γέφυρας
- Είδος της γέφυρας
- Υλικό φορέα ανωδομής
- Μορφή διατομής φορέα ανωδομής
- Στατικό σύστημα
- Επιμέρους μήκη της γέφυρας και συνολικό μήκος
- Έτος κατασκευής και έτος ανακατασκευής
- Παρούσα κατάσταση

2.2 ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΙΣΤΟΤΟΠΟΥ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ

Το αρχείο μεταλλικών γεφυρών αυτό παρέχει τις δυνατότητες είτε προσθήκης γέφυρας στη βάση δεδομένων , είτε προβολής των γέφυρας και των στοιχείων της.

2.2.1 Προσθήκη γέφυρας στη βάση

Ο επιθεωρητής πατώντας αυτό το κουμπί που φαίνεται με τη πληκτρολόγηση της ιστοσελίδας στο διαδίκτυο, μπορεί να αρχίσει να προσθέτει τα δεδομένα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για να συμβεί αυτό πρέπει απλά να γνωρίζει και να πληκτρολογήσει τον κωδικό εισόδου στη φόρμα συμπλήρωσης. Αυτό υλοποιήθηκε ως μέσο προστασίας από άσκοπη χρήση του ιστότοπου από επιτήδειους χρήστες του διαδικτύου.

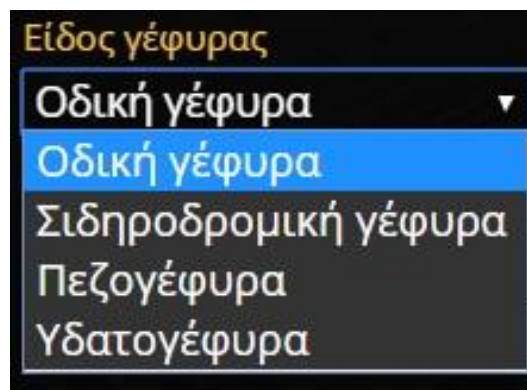


Σχήμα 2.1: Προσθήκη γέφυρας στο χάρτη

Η φόρμα συμπλήρωσης είναι διαδραστική, μιας και δίνεται η δυνατότητα στον μηχανικό να επιλέξει ανάμεσα σε διάφορες επιλογές τη κατάλληλη για κάθε περίπτωση.

Για παράδειγμα στη κατηγορία **Είδος Γέφυρας** δίνονται οι επιλογές

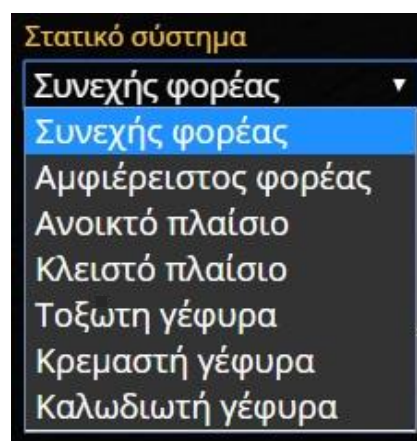
1. Οδική γέφυρα
2. Σιδηροδρομική γέφυρα
3. Πεζογέφυρα
4. Υδατογέφυρα



Σχήμα 2.2: Είδος γέφυρας

Στη κατηγορία **Στατικό Σύστημα** δίνονται οι επιλογές:

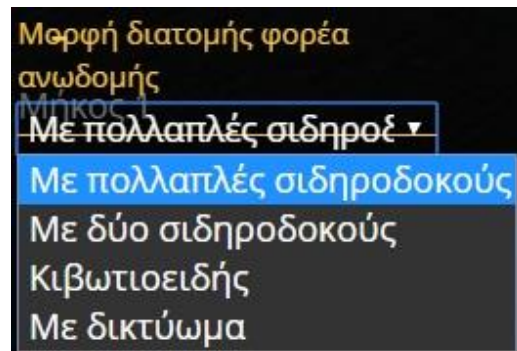
1. Συνεχής φορέας
2. Αμφιέριστος φορέας
3. Ανοικτό πλαίσιο
4. Τοξωτή γέφυρα
5. Κρεμαστή γέφυρα
6. Καλωδιωτή γέφυρα





Σχήμα 2.3: Στατικό σύστημα

Στη κατηγορία **Μορφή Διατομής Φορέα Ανωδομής** δίνονται οι επιλογές :

1. Με πολλαπλές σιδηροδοκούς
2. Με δύο σιδηροδοκούς
3. Κιβωτιοειδής
4. Με δικτύωμα



Σχήμα 2.4: Μορφή διατομής φορέα ανωδομής

Ακόμα δίνεται η δυνατότητα σε οποιονδήποτε προσθέτει δεδομένα για γέφυρα με περισσότερα των ενός ανοιγμάτων να επιλέξει το σύμβολο  αν θέλει να προσθέσει επιπλέον άνοιγμα (δεύτερο, τρίτο, ...) ή το σύμβολο  αν έκανε κάποιο σφάλμα στην εισαγωγή μήκους και θέλει να το ξαναισιάγει.

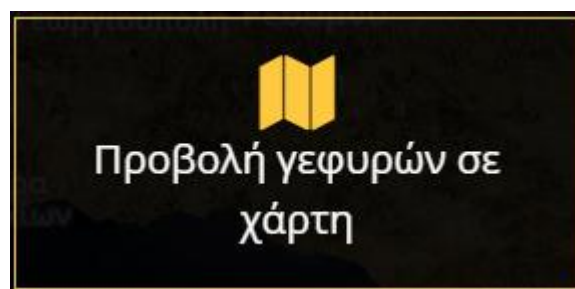
Τέλος όταν η προσθήκη στοιχείων έχει ολοκληρωθεί, πατώντας το κουμπί της αποθήκευσης η γέφυρα καταχωρείται στη βάση δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι πλέον μπορεί κάποιος να δει τα στοιχεία της τόσο στη προβολή σε χάρτη, όσο και στη πινακοποιημένη μορφή του αρχείου.



Σχήμα 2.5

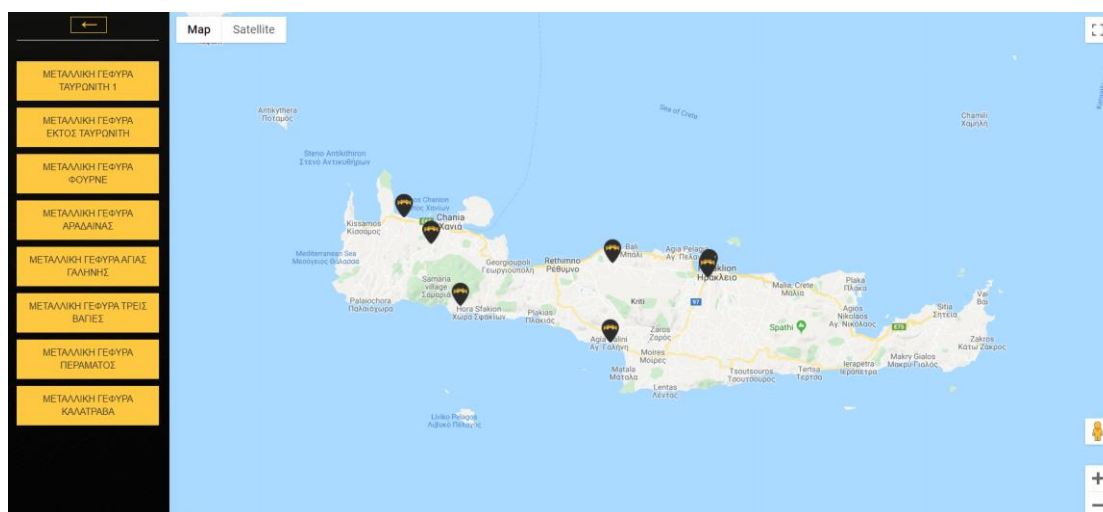
2.2.2 Προβολή γεφυρών σε χάρτη

Η βάση δεδομένων και αρχείο μεταλλικών γεφυρών δίνει επίσης τη δυνατότητα στο χρήστη να δει τις γέφυρες, τις πληροφορίες για αυτές καθώς και φωτογραφίες τους.



Σχήμα 2.6: Προβολή γεφυρών σε χάρτη

Μόλις ο χρήστης κάνει αυτή την επιλογή το παρακάτω περιβάλλον παρουσιάζεται



Σχήμα 2.7: Πινέζες τοποθεσίας γεφυρών

Αριστερά ο χρήστης μπορεί να δει και να επιλέξει οποιαδήποτε από τις καταχωρημένες μεταλλικές γέφυρες. Στα πλαίσια της διπλωματικής έχουν καταχωρηθεί οι εξής μεταλλικές γέφυρες.

1. Μεταλλική γέφυρα Ταυρωνίτη Χανίων
2. Δεύτερη μεταλλική γέφυρα στον Ταυρωνίτη Χανίων
3. Μεταλλική γέφυρα Αράδαινας Χανίων
4. Μεταλλική γέφυρα Φουρνέ Χανίων
5. Μεταλλική γέφυρα Αγίας Γαλήνης Ρεθύμνου
6. Μεταλλική Τρεις Βαγιές Ηρακλείου
7. Μεταλλική γέφυρα Καλατράβα Ηρακλείου (Γιόφυρο Ηρακλείου)

Μόλις επιλεγεί οποιαδήποτε γέφυρα, ένα αυτόματο σύστημα καθοδήγησης μεταφέρει τον χρήστη στη τοποθεσία της γέφυρας.

Το περιβάλλον είναι από το Google Earth.

Για παράδειγμα για τη γέφυρα του Καλατράβα το σύστημα μεταφέρει τον χρήστη στο εξής περιβάλλον.



Σχήμα 2.8: Περιβάλλον Google Earth σε τοποθεσίες γεφυρών

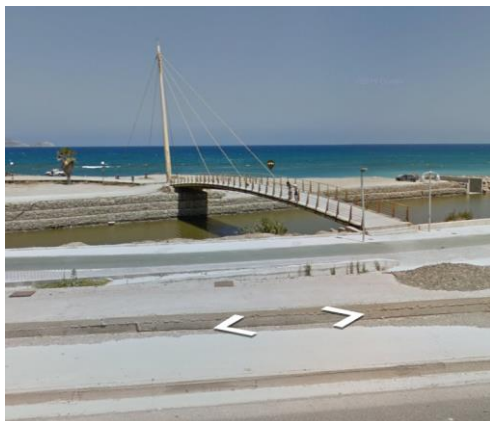
Αξίζει να αναφερθεί ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα προβολής της γέφυρας τόσο με μορφή δορυφορικής εικόνας, όσο και σε μορφή χάρτη. Η επιλογή αυτή δίνεται πάνω αριστερά επιλέγοντας "Satellite" ή "Map" αντίστοιχα.

Όπως είναι φανερό στα δεξιά της παραπάνω φωτογραφίας, ο χρήστης δύναται να επιλέξει το

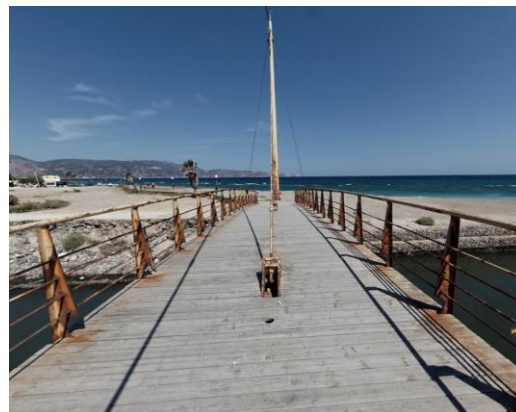


εικονίδιο και να το τοποθετήσει σε σημείο της γέφυρας ώστε να δει σε πραγματική εικόνα τη κατάστασή της.

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η Google, να έχει το απαραίτητο φωτογραφικό υλικό και βίντεο για να καλύψει αυτές τις απαιτήσεις του χρήστη.



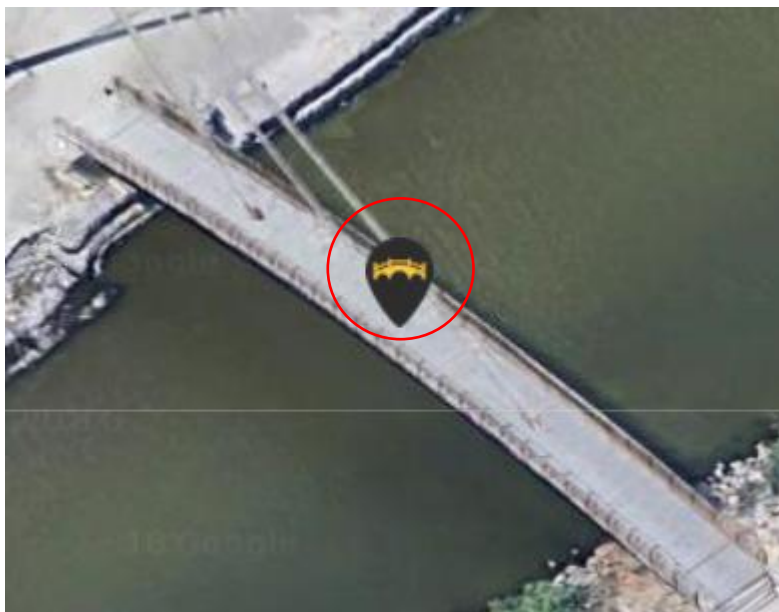
2.9 (α)



2.9 (β)

Σχήμα 2.9 (α), 2.9 (β): Φωτογραφικό υλικό από το περιβάλλον της Google Earth που υποστηρίζεται στη πλατφόρμα αρχείου μεταλλικών γεφυρών

Εκτός αυτού ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη πινέζα (marker) της γέφυρας όταν μεταφερθεί σε αυτή).

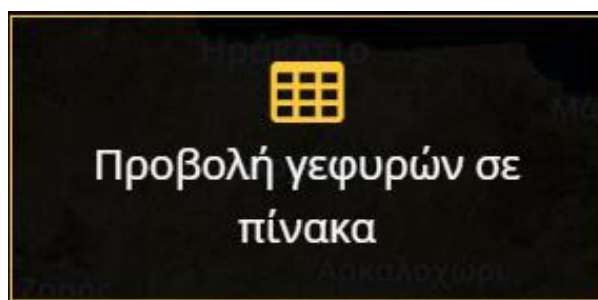


Σχήμα 2.10: Επιλογή της πινέζας.

Μόλις συμβεί αυτό στο χρήστη εμφανίζεται το παράθυρο πληροφοριών της γέφυρας, καθώς και οι φωτογραφίες της που μπορεί να επιλέξει και να δει.

2.2.3 Προβολή γεφυρών σε πίνακα

Στη πλατφόρμα αυτή ο χρήστης μπορεί ακόμα να αναζητήσει και να αποκτήσει πληροφορίες για τις μεταλλικές γέφυρες και από τη πινακοποιημένη μορφή που προσφέρεται.



Σχήμα 2.11 Προβολή γεφυρών σε πίνακα

Μόλις ο χρήστης κάνει αυτή την επιλογή παρουσιάζεται ένα περιβάλλον πίνακα στο οποίο είναι ενταγμένα όλα τα χαρακτηριστικά της γέφυρας καθώς και η υφιστάμενη κατάστασή της.

Αριθμός Μητρώου Γέφυρας	Όνομα Γέφυρας	Γ. Πλάτος	Γ. Μήκος	Περ. Ενότητα	Είδος Γέφυρας	Μήκος Ανοίγματος (Μ)	Συνολικό Μήκος (Μ)	Στατικό Σύστημα	Μορφή Ανωδομής Φορέα	Έτος Κατασκευής	Έτος Ανακατασκευής	Παρούσα Κατάσταση
1	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ 1	23.8227516090	35.5271972874	ΧΑΝΙΩΝ	Πεζογέφυρα	31,6	31.6	Αμφιέριετος Φορέας	Με δικτύωμα	1901	-	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ
2	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΕΚΤΟΣ ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ	23.8256649661	35.5266454859	ΧΑΝΙΩΝ	οδική γέφυρα	31.3 31.3	120.2	Αμφιέριετος Φορέας	Με δικτύωμα	1901	2000	ΚΑΛΗ
3	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΦΟΥΡΝΕ	23.9402537517	35.4357280020	ΧΑΝΙΩΝ	Πεζογέφυρα	46	46	Συνεχής Φορέας	Με δικτύωμα	1970	-	ΜΕΤΡΙΑ
4	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΑΡΑΔΑΙΝΑΣ	24.0622	35.2226	ΧΑΝΙΩΝ	οδική γέφυρα	84	84	Συνεχής Φορέας	Με δικτύωμα	1980	-	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ
5	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΑΓΙΑΣ ΓΑΛΗΝΗΣ	24.6941049222	35.0978983515	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Πεζογέφυρα	37	37	Αμφιέριετος Φορέας	Με πολλαπλές σιδηροδοκούς	2007	-	ΚΑΛΗ
6	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΤΡΕΙΣ ΒΑΓΙΕΣ	25.1060494749	35.3213572183	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	οδική γέφυρα	27	27	Αμφιέριετος Φορέας	Με δικτύωμα	1970	2017	ΚΑΚΗ
7	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ	24.7049365600	35.3714520714	ΡΕΘΥΜΝΟΥ	οδική γέφυρα	44	44	Συνεχής Φορέας	Με πολλαπλές σιδηροδοκούς	1901	-	ΚΑΛΗ
8	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΚΑΛΑΤΡΑΒΑ	25.1107724565	35.3382862658	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	Πεζογέφυρα	43	43	Συνεχής Φορέας	Με πολλαπλές σιδηροδοκούς	2004	-	ΠΟΛΥ ΚΑΚΗ

Σχήμα 2.12: Προβολή σε μορφή πίνακα

3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΡΓΟΥ

3.1 ΑΥΤΟΨΙΑ – ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Εισαγωγή

Η επιθεώρηση των γεφυρών είναι μείζονος σημασίας για τη παροχή ασφαλούς υποδομής στο οποιοδήποτε κράτος. Όπως σημειώθηκε και στην εισαγωγή οι γέφυρες γερνούν και η κατάστασή τους επιδεινώνεται, έτσι χρειάζεται λεπτομερής **επιθεώρηση** και **αξιολόγηση** της κατάστασης της γέφυρας. Με αυτό το τρόπο το σύστημα αυτοκινητοδρόμων γίνεται πιο αξιόπιστο.

Οι παρακάτω οδηγίες στοχεύουν στη σωστή προετοιμασία, οργάνωση και αυτοψία των γεφυρών του Εθνικού οδικού δικτύου.

Στους κανονισμούς της μεγάλης Βρετανίας (BD56/10 PART 11 The assessment of steel highway bridges and structures) υπάρχουν 2 επίπεδα κινδύνου.

1^ο επίπεδο: Μέλη που χρειάζονται επιθεώρηση , και **2^ο Επίπεδο:** Μέλη που δεν χρειάζονται επιθεώρηση.

Στην Αμερική ακολουθούν ανάλογα με τη περίπτωση 7 διαφορετικά είδη επιθεώρησης.

- Αρχική στην οποία γίνεται μια απογραφή (Initial)
- Επιθεώρηση Ρουτίνας (Routine)
- Έλεγχος Ζημιών (Damage)
- Επιθεώρηση σε βάθος (In depth)
- Επιθεώρηση Fracture Critical , η οποία συμβαίνει όταν ένα μεταλλικό μέλος υπό εφελκυσμό που αστοχεί μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση ολόκληρης της κατασκευής
- Υποβρύχια Επιθεώρηση (Underwater)
- Ειδικές Επιθεωρήσεις (Special Interim)

Στην Ελλάδα έχουν συνταχθεί δύο Εγχειρίδια, Εγχειρίδιο Αυτοψίας και Εγχειρίδιο Αξιολόγησης Γεφυρών τα οποία έχουν πληροφορίες σε βάθος, για έλεγχο κυρίως σε γέφυρες από σκυρόδεμα. Τα δύο αυτά εγχειρίδια συνεργάζονται πλήρως καθώς η ομάδα μηχανικών οφείλει πρώτα να έχει κάνει την αυτοψία στη γέφυρα βαθμολογώντας την αντιστοίχως πριν κάνει την αξιολόγηση της.

Στόχος, αυτού του κεφαλαίου είναι να δώσει μια πιο λεπτομερή καταγραφή των απαιτήσεων για την επιθεώρηση των μεταλλικών γεφυρών και των μεταλλικών τμημάτων τους γενικότερα.

ΟΜΑΔΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Η ομάδα επιθεώρησης των γεφυρών έχει έξι (6) βασικά καθήκοντα :

1. Σχεδιασμός της επιθεώρησης
2. Προετοιμασία της επιθεώρησης
3. Εκτέλεση της επιθεώρησης
4. Συμπλήρωση της έκθεσης επιθεώρησης
5. Προσδιορισμός των μελών – αντικειμένων για επισκευή και συντήρηση
6. Ενημέρωση για τη σημασία της άμεσης παρακολούθησης των κρίσιμων ευρημάτων τους

3.1.1 Ο σχεδιασμός της επιθεώρησης

Αποτελείται από την επιλογή της ομάδας επιθεώρησης και από το είδος επιθεώρησης που θα ακολουθήσουν. Επίσης περιλαμβάνει την επιλογή των δραστηριοτήτων που απαιτούνται (π.χ. διαχείριση κυκλοφορίας, χρήση ειδικών σημάτων ασφαλείας, περιορισμός χώρων για επιθεώρηση, έκδοση ειδικών αδειών επιθεώρησης, απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών όπως βαφές μόλυβδου , αφαίρεση αμιάντου και περιττωμάτων από περιστέρια). Τέλος, ο σχεδιασμός της επιθεώρησης απαιτεί την δημιουργία χρονοδιαγράμματος για τη περάτωσης της επιθεώρησης.

3.1.2 Η προετοιμασία της επιθεώρησης

Είναι η βάση για την επιτυχία της. Έτσι απαιτείται ο έλεγχος του αρχείου της γέφυρας (αν υπάρχει), ο προσδιορισμός των στοιχείων της, η ανάπτυξη επιθεωρήσεων σε τακτικά διαστήματα, η προετοιμασία και οργάνωση σημειώσεων με κατά το δυνατόν προσθήκη σκίτσων και φορμών συμπλήρωσης, ο προσωρινός έλεγχος της κυκλοφορίας, ο προσδιορισμός εισόδου και διαδρομής της γέφυρας, η εξέταση των συστημάτων ασφαλείας, η οργάνωση απαραίτητου εξοπλισμού και εργαλείων.

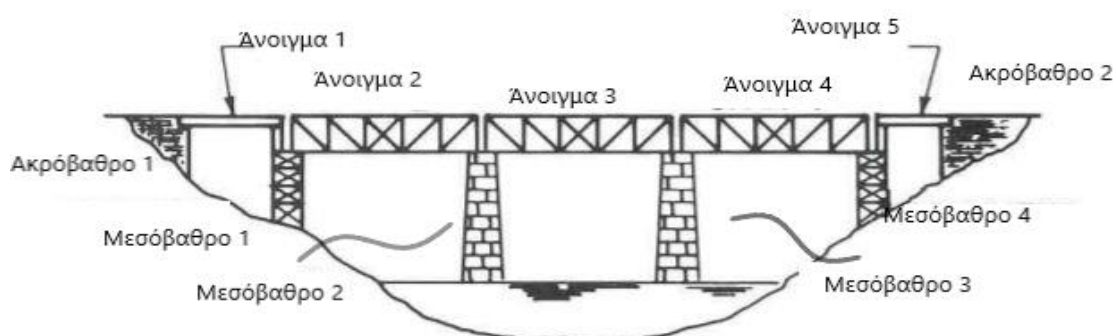
Χρειάζονται δηλαδή: σχέδια, τόσο κατασκευαστικά όσο και αρχιτεκτονικά, διευκρινήσεις πάνω σε αυτά, φωτογραφικό υλικό, πληροφορίες για τα υλικά και τη πιστοποίησή τους , το ιστορικό επιθεωρήσεων συντήρησης και επισκευής , τα δεδομένα κίνησης ατυχημάτων, πλημμύρας και

καθαριότητας, οι απαιτήσεις των επιθεωρήσεων που κρίνονται αναγκαίες σε κάθε περίπτωση, τα φύλλα καταγραφής της κατασκευής και αξιολόγησής της και τα αρχεία βαθμολόγησης της κατάστασης στην οποία βρίσκεται η γέφυρα. Παρακάτω αναλύονται ειδικότερα.

3.1.2.1 Προσδιορισμός στοιχείων γέφυρας

Όσον αφορά τον προσδιορισμό των στοιχείων της γέφυρας προτείνεται για καλύτερη αναγνώριση μελών και περιεχομένων της να υπάρχει μια ξεκάθαρη ονοματολογία τους με αρίθμηση. Έτσι θα είναι ευκολότερος ο έλεγχός τους. (Κεφάλαιο Αναγνώρισης μελών μεταλλικών γεφυρών)

Απαιτείται ακόμα η κατεύθυνση διαδρομής να είναι βόρεια ή νότια και ανατολική ή δυτική η οποία σε συνδυασμό με την ύπαρξη δεικτών χιλιομέτρησης θα οδηγήσει στη θέση της γέφυρας. Η επιθεώρηση συνήθως ξεκινάει με τα μέλη καταστρώματος και ανωδομής και συνεχίζει από



πάνω προς τα κάτω. Παρ' όλα αυτά ανάλογα με το είδος της γέφυρας, τη κατάσταση των μελών της, τη καθολική της κατάσταση, το μέγεθος και τη περιπλοκότητα της γέφυρας, τις απαιτήσεις της υπεύθυνης αρχής επιθεώρησης, και τέλος τη κατάσταση της κίνησης, η διαδικασία της επιθεώρησης μπορεί να πάρει άλλη σειρά. Παρακάτω φαίνεται μια τυπική διακριτοποίηση στοιχείων της επιθεώρησης για μια μέσου ανοίγματος και πολυπλοκότητας γέφυρα.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΩΔΟΜΗΣ
<ul style="list-style-type: none"> • Οδοί προσέγγισης • Χαρακτηριστικά ασφάλειας της κυκλοφορίας • Γραμμές προσέγγισης • Εκτροπές οδού • Καθίζηση 	<ul style="list-style-type: none"> • Κύρια μέλη φόρτισης • Δευτερεύοντα μέλη φόρτισης • Σύνδεσμοι δυσκαμψίας • Μέσα σύνδεσης • Καλώδια-Αγωγοί και τόπος/τρόπος τοποθέτησής τους • Εφέδρανα

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ
<ul style="list-style-type: none"> • Δάπεδο γέφυρας • Αρμοί διαστολής • Πεζοδρόμια και κιγκλιδώματα • Αποχέτευση • Σήμανση • Ηλεκτρικός φωτισμός • Συσκευές ελέγχου μεταφορών 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακρόβαθρα • Μεσόβαθρα • Θεμέλια(Πάσσαλοι, Curtain walls) • Μέσα αντιστήριξης

Πίνακας 3.1 Στοιχεία τα οποία επιθεωρούνται

3.1.2.2 Προετοιμασία, οργάνωση, σημειώσεις – φόρμες - σκίτσα

Η ομάδα επιθεώρησης θα πρέπει να έχει μαζί της τα κατάλληλα σχέδια και σημειώσεις πριν από την επιτόπια επιθεώρηση. Αυτό θα βοηθήσει στη μείωση της εργασίας στο πεδίο.

Χρειάζονται αντίγραφα :

- **Σκαριφημάτων** παλαιών αναφορών ελέγχου για ενημέρωση παλαιότερων ελαττωμάτων

Αν τα παλαιότερα σκαριφήματα δεν υπάρχουν τότε συνίστανται γενικά σκίτσα για επαναλαμβανόμενα/χαρακτηριστικά μέλη όπως τμήματα καταστρώματος, δαπέδων, μέλη στήριξης, υποστηρίγματα, τοίχοι αντιστήριξης.

- **Τυποποιημένα έντυπα επιθεώρησης** για καταγραφή και αρχειοθέτηση της κατάστασης όλων των στοιχείων

Η προετοιμασία πρόσθετων αντιγράφων των παραπάνω συμβάλλει στην απώλεια πληροφορίας αν υπάρχει κάποια ζημιά στο πεδίο.

Τα αριθμημένα σκίτσα και έντυπα επιθεώρησης συμβάλουν και σε πιθανό μετέπειτα ποιοτικό έλεγχο της ολοκληρωμένης διαδικασίας επιθεώρησης.

3.1.2.3 Διευθέτηση θεμάτων κυκλοφορίας

Η ομάδα επιθεώρησης θα πρέπει επίσης να προβλέψει κατάλληλα μέτρα για έλεγχο κυκλοφορίας, πεζών και οδηγών κατά τη διάρκεια των ελέγχων. Κάποια μέτρα είναι

- Κυκλοφορία των επιθεωρητών μέσω περιοχών εργασίας με συγκεκριμένη γεωμετρία.
- Περιορισμός της κίνησης πεζών και οχημάτων όσο το δυνατόν λιγότερο.
- Επαρκής εκπαίδευση του προσωπικού επιθεώρησης για την εκτέλεση πράξεων ελέγχου κυκλοφορίας



Σχήμα 3.1 Διευθέτηση θεμάτων κυκλοφορίας

3.1.3 Εκτέλεση της επιθεώρησης

Βασικές δραστηριότητες της Επιθεώρησης περιλαμβάνουν

- Οπτική εξέταση στοιχείων της γέφυρας
- Φυσική εξέταση στοιχείων της γέφυρας
- Αξιολόγηση των στοιχείων της γέφυρας

3.1.3.1 Γενικές πληροφορίες για εκτέλεση επιθεώρησης

Πρώτο βήμα είναι ο καθορισμός του προσανατολισμού του τόπου και της γέφυρας. Χρειάζονται δηλαδή οδηγίες πυξίδας , κατεύθυνση ροής υδάτινων οδών. Ακολουθεί η καταγραφή των μελών της ομάδας επιθεώρησης ,της θερμοκρασίας αέρα και των γενικότερων καιρικών συνθηκών της ώρας έναρξης επιθεώρησης. Στα αντίστοιχα ελληνικά εγχειρίδια αναγράφεται ότι η αυτοψία της γέφυρας δε πρέπει να ξεπερνάει τις 3 ώρες.

Η εργασία ξεκινάει όταν γίνουν οι παραπάνω ενέργειες και δεν πρέπει να παραλειφθεί κανένα τμήμα της γέφυρας. Είναι επιτακτική η ανάγκη να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα κρίσιμα μέλη για την στατική και δομική ακεραιότητα της γέφυρας.

Στη καταγραφή των ελαττωμάτων και ανεπαρκειών της γέφυρας η ομάδα οφείλει να έχει πλήρη προσοχή και τυπικότητα καθώς και η αρχειοθέτηση να γίνει με αριθμηση.

3.1.3.2 Ανωδομή

Αστοχία κύριας δοκού ή μέλους ανωδομής μπορεί να οδηγήσει στη κατάρρευση της γέφυρας. Αυτό σημαίνει ότι η επιθεώρηση της ανωδομής πρέπει να γίνει με προσοχή.

Κύρια μέθοδος της είναι η οπτική επιθεώρηση απαιτώντας τη καθαριότητά της από απορρίμματα οποιασδήποτε φύσης ώστε να επιτρέπεται ο εξονυχιστικός έλεγχος των μελών που μεταφέρονται τα φορτία .

Συνήθη μέλη είναι οι μηκίδες, οι εγκάρσιες δοκοί, οι τεγίδες, οι δοκοί έδρασης, τα δικτυώματα, τα καλώδια, τα πλαίσια.

Σημειώνονται οι καιρικές συνθήκες, η ταχύτητα ανέμου , η θερμοκρασία του υλικού και η ώρα έναρξης και λήξης της επιθεώρησης

3.1.3.3 Κατάστρωμα - Αρμοί

Έλεγχος για:

- Ανωμαλίες στα πεζοδρόμια, γενικότερες καθιζήσεις , τραχύτητα εδάφους
- Ανεπάρκεια διαστάσεων/υλικών πεζοδρομίων
- Διαστάσεις ανοίγματος γέφυρας
- Διαστάσεις στηρίξεων
- Γραμμές οδοποιίας (αριθμός, μήκος)
- Αρμούς διαστολής με επαρκή απόσταση για στεγανοποίηση
- Κατάσταση συστημάτων αποστράγγισης
- Ύπαρξη συστημάτων ασφαλείας (όπως φωτισμός, κιγκλιδώματα και σημάνσεις περιορισμών φορτίου) .

3.1.3.4 Εφέδρανα

Ο έλεγχος των εφεδράνων είναι κρίσιμος μιας και είναι το μέσο σύνδεσης κατασκευής και εδάφους.

Η επιθεώρηση των εφεδράνων γίνεται οπτικά με απομάκρυνση απορριμμάτων οποιασδήποτε φύσης για να επιτρέπεται ο εξονυχιστικός έλεγχος τους. Σημειώνονται οι καιρικές συνθήκες, η ταχύτητα ανέμου , η θερμοκρασία του υλικού και η ώρα έναρξης και λήξης της επιθεώρησης

3.1.3.5 Μέσα στήριξης

Τα μέσα στήριξης είναι υπεύθυνα για τη στήριξη της ανωδομής και αποτελούνται από ακρόβαθρα, μεσόβαθρα και μέσα στήριξης κλίσεων πρανών. Πρώτη εργασία είναι σαφών η καθαριότητα των μέσων αυτών από απορρίμματα οποιασδήποτε φύσης. Η ομάδα επιθεώρησης έχει ως έργο να ελέγξει τα υπάρχοντα σχέδια για τις ορθές διαστάσεις των μέσων στήριξης. Άλλες εργασίες της ομάδας επιθεώρησης είναι ο καθορισμός τυχόν καθιζήσεων των εδράσεων των βάθρων ή τυχόν τοπικών υποσκαφών. Μία ακόμα ευθύνη της ομάδας είναι ο έλεγχος τυχόν κλίσεων των μέσων σύνδεσης από οπτικό έλεγχο από το ύψος της ανωδομής.

Σημειώνονται οι καιρικές συνθήκες, η ταχύτητα ανέμου, η θερμοκρασία του υλικού και η ώρα έναρξης και λήξης της επιθεώρησης.



Σχήμα 3.2: Επιθεώρηση για υποσκαφές και τυχόν απορρίμματα

3.1.4 Επιθεώρηση των μελών της γέφυρας

Υπάρχουν γενικοί όροι για να περιγραφούν οι ανεπάρκειες-αστοχίες και οι ζημιές των γεφυρών. Αυτοί είναι

1. Διάβρωση που οδηγεί σε απώλεια διατομών
2. Ρωγμή
3. Διαμελισμός σε κομμάτια του μέλους/διατομής
4. Ολίσθηση σύνδεσης, σχετική κίνηση συνδεδεμένων στοιχείων
5. Παραμόρφωση λόγω υπερφορτίσεων
6. Βλάβη από σύγκρουση οχημάτων/σκαφών στη γέφυρα

Οι αστοχίες αυτές αναλύονται στο κεφάλαιο (Αξιολόγηση ατελειών μεταλλικών γεφυρών). Υπάρχει η επιθεώρηση σκυροδέματος, τοιχοποιίας, σκυροδέματος, ενισχυμένων πολυμερών (FRP -Fiber Reinforced Polymer) καθώς και μετάλλου-αλουμινίου-σιδήρου. Η παρούσα διπλωματική εστιάζει στις περιπτώσεις επιθεώρησης και αξιολόγησης μεταλλικών στοιχείων.

Διαδικασία Επιθεώρησης Μεταλλικών Γεφυρών

Γενικά η επιθεώρηση Μεταλλικών Γεφυρών απαιτεί τα παρακάτω:

- Καθορισμός έκτασης της διάβρωσης σε κάθε μέλος ξεχωριστά προσεκτική μέτρηση της απομένουσας απομειωμένης διατομής.
- Καταγραφή όλων των λυγισμένων ή κατεστραμμένων μελών. (Τοπικοί λυγισμοί, Τρύπες σε διατομές, Κομμένα μέλη)
- Εύρεση και καταγραφή όλων των ρωγμών (μήκος, μέγεθος και τοποθεσία στην οποία βρίσκονται)
- Εύρεση και έλεγχος όλων των μέσων σύνδεσης (κοχλίες, πριτσίνια ήλοι κλπ τόσο σε διαστάσεις όσο και στο αν είναι χαλαρά ή λείπουν). Ο έλεγχος μπορεί να γίνει με χρήση σφυριού
- Τελική καταγραφή των εκβάσεων της επιθεώρησης στο ειδικό έντυπο επιθεώρησης ώστε να τεκμηριωθεί το «πορίσμα» για την αξιολόγηση της γέφυρας

Κρίσιμα ευρήματα κατά την επιθεώρηση απαιτούν άμεση αντιμετώπιση και η ομάδα επιθεώρησης οφείλει να ενημερώσει άμεσα την αρμόδια αρχή διαχείρισης της γέφυρας.

3.1.5 Συμπλήρωση εντύπου επιθεώρησης

Πριν συμπληρωθεί η ομάδα επιθεώρησης οφείλει να έχει συλλέξει αρκετά και πλήρη στοιχεία κατά την επιθεώρηση. Αναφέρεται τόσο η κατάσταση της γέφυρας όσο και η εργασία του επόπτη μηχανικού .

Η Συμπλήρωση για το έντυπο επιθεώρησης αφού ολοκληρωθούν οι απαραίτητες εργασίες περιλαμβάνει:

- Αντικειμενική και τεκμηριωμένη καταγραφή των ευρημάτων επιθεώρησης
- Παροχή σχολίων φωτογραφιών και σκίτσων για τα ευρήματα
- Αντικειμενική και Τεκμηριωμένη αξιολόγηση όλων των στοιχείων γέφυρας. – Η διπλωματική αυτή εστιάζει στο κεφάλαιο της αξιολόγησης μεταλλικών γεφυρών για το ποια είναι η αξιολόγηση των μεταλλικών στοιχείων της γέφυρας.
- Εκτίμηση κόστους της επιθεώρησης-ενίσχυσης
- Σύνταξη μιας περίληψης εργασίας

Το ελληνικό εγχειρίδιο αυτοψίας γεφυρών από σκυρόδεμα αναφέρει ότι ορίζεται μονοσήμαντα η σχετική θέση τμημάτων της γέφυρας με βοήθεια σχημάτων προσανατολισμού. Η συμπλήρωση του εντύπου πέραν των γενικών σταθερών χαρακτηριστικών της γίνεται για έλεγχο από πάνω καταλήγοντας στο κάτω μέρος της γέφυρας.

- Απαιτούνται 2 φωτογραφίες για προσδιορισμό θέσης

Μία κατά την αύξηση χιλιομέτρησης της οδού και μία κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτό συμβαίνει για να παρουσιάζονται τα άκρα της γέφυρας , για να φαίνεται όλο το πλάτος του φορέα και ο εξοπλισμός όπως πεζοδρόμια , στηθαία ασφαλείας, κιγκλιδώματα προστασίας πεζών , ιστοί ηλεκτροφωτισμού.

- Οι δύο πρώτες παράγραφοι του εντύπου αυτοψίας των ελληνικών προτύπων αναφέρονται σε στοιχεία του έργου, και περιγραφή του τεχνικού έργου. Αυτά συμπληρώνονται μόνον κατά την πρώτη αυτοψία.

Τα στοιχεία είναι:

1. Φορέας
2. Μεσόβαθρα
3. Ακρόβαθρα
4. Λοιπά Στοιχεία
5. Στοιχεία κάτω από τη γέφυρα

Προτείνεται η αυτοψία των στοιχείων 2 έως 5 να είναι κοινή για όλους τους τύπους φορέα.

Για το στοιχείο «Φορέας» υπάρχουν χωρισμένα κεφάλαια για το τρόπο αυτοψίας ανάλογα με το τύπο της ανωδομής.

Το εγχειρίδιο συμπληρώνεται ως εξής στη πρώτη στήλη συμπληρώνεται το **είδος της φθοράς** με συνοδεία ενός ή παραπάνω σκαριφημάτων. Στη δεύτερη στήλη συμπληρώνεται η **θέση της παρατήρησης της φθοράς**, στη τρίτη στήλη η **κατηγορία της εξεταζόμενης φθοράς** και στη τέταρτη στήλη πλαισιώνονται οι **παρατηρήσεις** τα **σχόλια** και τα **σκαριφήματα** του μηχανικού επιθεωρητή .

Το ελληνικό εγχειρίδιο επιθεώρησης γεφυρών από σκυρόδεμα κατηγοριοποιεί τις **φθορές σε 5 κατηγορίες**. Αυτές είναι οι **1,2,2 A, 3, 3 E, ME** . Αναφέρεται επίσης ότι η κατηγοριοποίηση φθοράς δεν είναι αναγκαίο να γίνει κατά την αυτοψία, αλλά μετά την επεξεργασία των συλλεχθέντων πληροφοριών, δηλαδή στο κομμάτι της αξιολόγησης της κατάστασης της γέφυρας που αναλύεται στο κεφάλαιο (Αξιολόγηση μεταλλικών γεφυρών).

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΦΥΛΛΟ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ**1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ**

1.1 ΕΙΔΟΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

Α.Δ.	Κ.Δ.	ΓΕΦΥΡΑ ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ	ΓΕΦΥΡΑ ΥΠΕΡΑΝΩ ΥΓΡΟΥ ΚΩΛΥΜΑΤΟΣ

1.2 ΘΕΣΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

ΟΔΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ:

Χ.Θ. :

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ:

1.3 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ

- Έτος κατασκευής:
- Περίοδος κατασκευής από έως
- Ημερομηνία παράδοσης στην κυκλοφορία

Σχήμα 3.3: Φύλλο επιθεώρησης στοιχείων τεχνικού έργου

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

- 2.1 Στατικό σύστημα:
- 2.2 Καθαρά μήκη ανοιγμάτων:
- 2.3 Θεωρητικά μήκη ανοιγμάτων:
- 2.4 Πλήθος ανοιγμάτων:
- 2.5 Συνολικό μήκος γέφυρας:
- 2.6 Πλάτος καταστρώματος του τεχνικού (οδόστρωμα και πεζοδρόμια):
- 2.7 Γωνία λοξότητας του τεχνικού: min , max
- 2.8 Ελεύθερο ύψος: max min
- 2.9 Μορφή διατομής του φορέα:
- 2.10 Μορφή ακροβάθρων:
- 2.11 Μορφή μεσοβαθρών:

- Μηχανικοί ελέγχου:

- 1.
- 2.
- 3.

- Ημ/νία ελέγχου:

- Κλιματολογικές συνθήκες:

- 1. Καιρός:
- 2. Θερμοκρασία:
- 3. Υγρασία:

- Μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την επιθεώρηση

ΚΛΙΜΑΚΑ	ΟΧΗΜΑ ΜΕ ΦΟΡΕΙΟ	ΙΚΡΙΩΜΑ	ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ

Σχήμα 3.4: Φύλλο επιθεώρησης περιγραφής τεχνικού έργου

Ανάλογα με το έθνος, τα έντυπα επιθεώρησης αλλάζουν αλλά η κύρια ιδέα είναι κοινή. Συνήθως η συμπλήρωσή του απαιτεί τα παρακάτω, τα περισσότερα εκ των οποίων υπάρχουν και στο αντίστοιχο ελληνικό εγχειρίδιο.

Στοιχεία εντύπων επιθεώρησης

Αριθμός μητρώου γέφυρας και κωδικοποίηση στοιχείων της. Απαιτείται κάθε γέφυρα και στοιχείο της να είναι συγκεκριμένα δηλωμένο στο έντυπο επιθεώρησης ώστε να γίνεται η ορθή ταυτοποίηση στοιχείων.

Μία πρόταση για κωδικοποίηση στοιχείων γέφυρας θα μπορούσε να είναι τα αρχικά του μέλους με μία αρίθμηση .

Για παράδειγμα για κύρια δοκό -> ΚΔ1, ΚΔ 2, ΚΔ 3 ...τελευταία κύρια δοκός. Για εγκάρσια δοκό ΕΔ, για πλευρική εξασφάλιση διαφράγματος ΠΕΔ, για χιαστί συνδέσμους Χ, για Ακρόβαθρα, ΑΒ, για μεσόβαθρα ΜΒ, για πυλώνες Π, για τοίχους αντιστήριξης ΤΑ κλπ.

Θέση και Περιγραφή γέφυρας. Το έντυπο επιθεώρησης πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία για τον επακριβή προσδιορισμό της τοποθεσίας της γέφυρας, καθώς και γενικά στοιχεία για αυτήν.

Τύπος φορέα και υλικά της γέφυρας. Η γέφυρα κατηγοριοποιείται με βάση τον τύπο της αλλά και τα υλικά της. Παίζουν ρόλο τα ανοίγματα ο τρόπος κατασκευής ακόμα και ο τρόπος στήριξης.

Ηλικία κατασκευής και ανακατασκευής. Σημειώνεται η ημερομηνία κατασκευής της γέφυρας καθώς και ανακατασκευής ή επιθεώρησης αν έχει ξαναγίνει στο παρελθόν.

Γεωμετρικά δεδομένα. Συμπληρώνονται οι κατασκευαστικές διαστάσεις των μελών και στοιχείων της γέφυρας.

Φορτία αντοχής της γέφυρας. Είναι σημαντικό να γνωρίζει ο επιθεωρητής μηχανικός τα φορτία για τα οποία σχεδιάστηκε η γέφυρα. Καθώς είναι και ένας από τους σημαντικούς λόγους κατάρρευσης γεφυρών σήμερα ότι γίνεται χρήση γεφυρών για φορτία πολύ ανώτερα των φορτίων σχεδιασμού.

Προτάσεις για βελτιώσεις στη κατάσταση της γέφυρας με συνύπαρξη εκτιμώμενου κόστους.

Καταγραφή και άμεση ενημέρωση της αρμόδιας αρχής διαχείρισης της γέφυρας αν εντοπιστεί **ακραίος κίνδυνος** κατά τη χρήση της γέφυρας.

Πχ σε Μεταλλικές γέφυρες, αν κριθεί ακραίος κίνδυνος λόγω κρίσιμου ευρήματος κατά την επιθεώρηση πρέπει να σχεδιαστεί ειδική επιθεώρηση.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων ευρημάτων είναι:

- Χαλύβδινα μέλη με απόμειωμένες διατομές λόγω διάβρωσης ή που έχουν αστοχήσει λόγω λυγισμού
- Έλλειψη πάνω από το 10% των συνδέσεων
- Διαφράγματα και σύνδεσμοι δυσκαμψίας με εκτεταμένες απώλειες τμήματος
- Κρίσιμα μέλη που έχουν ζημιά από κρούση, ρωγμές κάθετες στην επιβαλλόμενη τάση
- Κακές συγκολλήσεις ή σοβαρές διαβρώσεις σε πέλματα, δοκούς ή ελάσματα ενίσχυσης.

Πρόταση για την επόμενη **εκτιμώμενη ή απαιτούμενη ημερομηνία επιθεώρησης και συχνότητας** τους στο μέλλον.

Στις εικόνες παρακάτω θα παρουσιαστούν αντίστοιχα έντυπα της ομοσπονδιακής διοίκησης αυτοκινητοδρόμων των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

Structure Inventory and Appraisal Sheet			
Bridge Key: 11 0013		Agency ID: 11 0013	Sufficiency Rating: 96.8
IDENTIFICATION State 1: 06 California Struc Num 8: 11 0013 Facility Carried 7: STATE ROUTE 162 Location 9: 03-GLE-162-_-73.55 Rte (On/Under)5A: Route On Structure Rte. Signing Prefix 5B: 3 State Hwy Level of Service 5C: 1 Mainline Rte. Number 5D: 00162 Directional Suffix 5E: 0 N/A (NBI) % Responsibility: Unknown GHD District 2: District 3 County Code 3: (1)GLENN Place Code 4: Unknown Kilometer Post 11: 73.5 km Feature Intersected 6: BRUSH CANAL Latitude 16: 39d 31' 18" Longitude 17: 122d 03' 42" Border Bridge Code 9B: Unknown (P) Border Bridge Number 9C: Unknown		INSPECTION Frequency 91: 24 months Inspection Date 90: 10/28/1997 Next Inspection: 10/28/1999 FC Frequency 92A: NA FC Inspection Date 93A: NA Next FC Inspection: NA LW Frequency 92B: NA LW Inspection Date 93B: NA Next LW Inspection: NA SI Frequency 92C: NA SI Date 93C: NA Next SI: NA Element Frequency: 24 months Element Inspection Date: 12/11/1997 Next Elem. Insp. Due: 10/28/1999	
STRUCTURE TYPE AND MATERIALS Number of Approach Spans 46: 0 Number of Spans Main Unit 45: 2 Main Span Material/Design 43A/B: 2 Concrete Continuous 01 Slab Deck Type 107: 1 Concrete-Cast-in-Place Wearing Surface 108A: 1 Monolithic Concrete Membrane 108B: 0 None Deck Protection 108C: None		CLASSIFICATION Defense Highway 100: 0 Not a STRAHNET hwy Parallel Structure 101: No bridge exists Direction of Traffic 102: 2 2-way traffic Temporary Structure 103: Unknown (NBI) Highway System 104: 0 Not on NHS NBIS Length 112: Long Enough Toll Facility 20: 3 On free road Functional Class 26: 06 Rural Minor Arterial Historical Significance 37: 5 Not eligible for NRHP Owner 22: 1 State Highway Agency Custodian 21: 1 State Highway Agency	
AGE AND SERVICE Year Built 27: 1963 Year Reconstructed 106: Unknown Type of Service on 42A: 1 Highway Type of Service under 42B: 5 Waterway Lanes on 28A: 2 Lanes Under 28B: 0 Detour Length 19: 13 km ADT 29: 1,900 Truck ADT 109: 12 % Year of ADT 30: 1994		CONDITION Deck 58: 7 Good Super 59: 7 Good Sub 60: 7 Good Culvert 62: N N/A (NBI) Channel/Channel Protection 61: 8 Protected	
GEOMETRIC DATA Length Max Span 48: 6.40 m Structure Length 49: 13.70 m Curb/Sidewalk Width L 50A: 0.00 m Curb/Sidewalk Width R 50B: 0.00 m Width Curb to Curb 51: 10.80 m Width Out to Out 52: 11.30 m Approach Roadway Width 32: 9.80 m Median 33: 0 No median Deck Area: 155.00 m ² Skew 34: 5.00 ° Structure Flared 35: 0 No flare Minimum Vertical Clearance Over Bridge 53: 99.99 m Minimum Vertical Underclearance Reference 54A: N Feature not hwy or RR Minimum Vertical Underclearance 54B: 00.00 m Minimum Lateral Underclearance Reference R 55A: N Feature not hwy or RR Minimum Lateral Underclearance R 55: 99.99 m Minimum Lateral Underclearance L 56: 00.00 m		LOAD RATING AND POSTING Inventory Rating Method 65: 1 LF Load Factor Operating Rating Method 63: 1 LF Load Factor Inventory Rating 66: MS20.7 Operating Rating 64: MS34.2 Design Load 31: 5 MS 18 (HS 20) Posting 70: 5 At/Above Legal Loads Posting status 41: A Open, no restriction	
PROPOSED IMPROVEMENTS Bridge Cost 94: \$ 0 Type of Work 75: Unknown (P) Roadway Cost 95: \$ 0 Length of Improvement 76: 00.00 m Total Cost 96: \$ 0 Future ADT 114: 2,900 Year of Cost Estimate 97: Unknown Year of Future ADT 115: 2010		APPRAISAL Bridge Rail 36A: 1 Meets Standards Approach Rail 36C: 0 Substandard Transition 36B: 0 Substandard Approach Rail Ends 36D: 0 Substandard Str. Evaluation 67: 7 Above Min Criteria Deck Geometry 68: 6 Equal Min Criteria Underclearance, Vertical and Horizontal 69: N Not applicable (NBI) Waterway Adequacy 71: 8 Equal Desirable Approach Alignment 72: 8 Equal Desirable Crit Score Critical 113: 6 Caisc not made	
NAVIGATION DATA Navigation Control 38: 0 Permit Not Required Vertical Clearance 39: 0.00 m Horizontal Clearance 40: 0.00 m Pier Protection 111: Unknown (NBI) Lift Bridge Vertical Clearance 116:			

Σχήμα 3.5: Structure inventory and appraisal sheet

NATIONAL BRIDGE INVENTORY		STRUCTURE INVENTORY AND APPRAISAL		10/15/94
***** IDENTIFICATION *****				
(1) STATE NAME -	_____	CODE	_____	
(8) STRUCTURE NUMBER	_____	#	_____	
(5) INVENTORY ROUTE (ON/UNDER) -	_____	=	_____	
(2) HIGHWAY AGENCY DISTRICT	_____			
(3) COUNTY CODE	_____	(4) PLACE CODE	_____	
(6) FEATURES INTERSECTED -	_____			
(7) FACILITY CARRIED	_____			
(9) LOCATION	_____			
(11) MILEPOINT/KILOMETERPOINT	_____			
(12) BASE HIGHWAY NETWORK -	_____	CODE	_____	
(13) LRS INVENTORY ROUTE & SUBROUTE	_____	#	_____	
(16) LATITUDE	__ DEG	MIN	__ SEC	
(17) LONGITUDE	__ DEG	MIN	__ SEC	
(98) BORDER BRIDGE STATE CODE	_____	% SHARE	__ %	
(99) BORDER BRIDGE STRUCTURE NO.	_____	#	_____	
***** STRUCTURE TYPE AND MATERIAL *****				
(43) STRUCTURE TYPE MAIN: MATERIAL -	_____			
TYPE -	_____	CODE	_____	
(44) STRUCTURE TYPE APPR: MATERIAL -	_____			
TYPE -	_____	CODE	_____	
(45) NUMBER OF SPANS IN MAIN UNIT	_____			
(46) NUMBER OF APPROACH SPANS	_____			
(107) DECK STRUCTURE TYPE -	_____	CODE	_____	
(108) WEARING SURFACE / PROTECTIVE SYSTEM:				
A) TYPE OF WEARING SURFACE -	_____	CODE	_____	
B) TYPE OF MEMBRANE -	_____	CODE	_____	
C) TYPE OF DECK PROTECTION -	_____	CODE	_____	
***** AGE AND SERVICE *****				
(27) YEAR BUILT	_____			
(106) YEAR RECONSTRUCTED	_____			
(42) TYPE OF SERVICE: ON -	_____			
UNDER -	_____	CODE	_____	
(28) LANES: ON STRUCTURE	_____	UNDER STRUCTURE	_____	
(29) AVERAGE DAILY TRAFFIC	_____			
(30) YEAR OF ADT	_____	(109) TRUCK ADT	__ %	
(19) BYPASS, DETOUR LENGTH	_____		__ KM	
***** GEOMETRIC DATA *****				
(48) LENGTH OF MAXIMUM SPAN	_____		__ M	
(49) STRUCTURE LENGTH	_____		__ M	
(50) CURB OR SIDEWALK: LEFT	__ M	RIGHT	__ M	
(51) BRIDGE ROADWAY WIDTH CURB TO CURB	_____		__ M	
(52) DECK WIDTH OUT TO OUT	_____		__ M	
(32) APPROACH ROADWAY WIDTH (W/SHOULDERS)	_____		__ M	
(33) BRIDGE MEDIAN -	_____	CODE	_____	
(34) SKEW	__ DEG	(35) STRUCTURE FLARED	_____	
(10) INVENTORY ROUTE MIN VERT CLEAR	_____		__ M	
(47) INVENTORY ROUTE TOTAL HORIZ CLEAR	_____		__ M	
(53) MIN VERT CLEAR OVER BRIDGE RDWY	_____		__ M	
(54) MIN VERT UNDERCLEAR REF -	_____		__ M	
(55) MIN LAT UNDERCLEAR RT REF -	_____		__ M	
(56) MIN LAT UNDERCLEAR LT	_____		__ M	
***** NAVIGATION DATA *****				
(38) NAVIGATION CONTROL -	_____	CODE	_____	
(111) PIER PROTECTION -	_____	CODE	_____	
(39) NAVIGATION VERTICAL CLEARANCE	_____		__ M	
(116) VERT-LIFT BRIDGE NAV MIN VERT CLEAR	_____		__ M	
(40) NAVIGATION HORIZONTAL CLEARANCE	_____		__ M	
***** CLASSIFICATION *****				
(112) NBIS BRIDGE LENGTH -	_____	CODE	_____	
(104) HIGHWAY SYSTEM	_____		__	
(26) FUNCTIONAL CLASS	_____		__	
(100) DEFENSE HIGHWAY	_____		__	
(101) PARALLEL STRUCTURE	_____		__	
(102) DIRECTION OF TRAFFIC	_____		__	
(103) TEMPORARY STRUCTURE	_____		__	
(105) FEDERAL LANDS HIGHWAYS	_____		__	
(110) DESIGNATED NATIONAL NETWORK	_____		__	
(20) TOLL	_____		__	
(21) MAINTAIN	_____		__	
(22) OWNER	_____		__	
(37) HISTORICAL SIGNIFICANCE	_____		__	
***** CONDITION *****				
(58) DECK	_____	CODE	_____	
(59) SUPERSTRUCTURE	_____		__	
(60) SUBSTRUCTURE	_____		__	
(61) CHANNEL & CHANNEL PROTECTION	_____		__	
(62) CULVERTS	_____		__	
***** LOAD RATING AND POSTING *****				
(31) DESIGN LOAD	_____	OR	_____	
(63) OPERATING RATING METHOD -	_____		__	
(64) OPERATING RATING	_____		__	
(65) INVENTORY RATING METHOD -	_____		__	
(66) INVENTORY RATING	_____		__	
(70) BRIDGE POSTING	_____		__	
(41) STRUCTURE OPEN, POSTED OR CLOSED -	_____		__	
DESCRIPTION -	_____			
***** APPRAISAL *****				
(67) STRUCTURAL EVALUATION	_____	CODE	_____	
(68) DECK GEOMETRY	_____		__	
(69) UNDERCLEARANCES, VERTICAL & HORIZONTAL	_____		__	
(71) WATERWAY ADEQUACY	_____		__	
(72) APPROACH ROADWAY ALIGNMENT	_____		__	
(36) TRAFFIC SAFETY FEATURES	_____		__	
(113) SCOUR CRITICAL BRIDGES	_____		__	
***** PROPOSED IMPROVEMENTS *****				
(75) TYPE OF WORK -	_____	CODE	_____	
(76) LENGTH OF STRUCTURE IMPROVEMENT	_____		__ M	
(94) BRIDGE IMPROVEMENT COST	_____		\$ __, __, 000	
(95) ROADWAY IMPROVEMENT COST	_____		\$ __, __, 000	
(96) TOTAL PROJECT COST	_____		\$ __, __, 000	
(97) YEAR OF IMPROVEMENT COST ESTIMATE	_____		__	
(114) FUTURE ADT	_____		__	
(115) YEAR OF FUTURE ADT	_____		__	
***** INSPECTIONS *****				
(90) INSPECTION DATE	__ / __ / __	(91) FREQUENCY	__ MO	
(92) CRITICAL FEATURE INSPECTION:	_____	(93) CFI DATE	__ / __ / __	
A) FRACTURE CRIT DETAIL	__ - __ - MO	A)	__ / __	
B) UNDERWATER INSP	__ - __ - MO	B)	__ / __	
C) OTHER SPECIAL INSP	__ - __ - MO	C)	__ / __	

Σχήμα 3.6: Structure inventory and appraisal

3.2 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Πέραν από την έγκαιρη και αποτελεσματική περάτωση της επιθεώρησης εξίσου σημαντική είναι και η ασφάλεια με την οποία επιτυγχάνεται.

Απαιτείται ορθή και ασφαλή στάση των μηχανικών, εγρήγορση και κοινή λογική για την μείωση πιθανότητας ατυχημάτων.

Η επισκευή / αντικατάσταση ειδικού εξοπλισμού σε περίπτωση ζημιάς του μπορεί να είναι πολύ δαπανηρή είναι μείζονος σημασίας για τη διατήρηση της ασφάλειας της ζωής και της ακεραιότητας κάθε ενός από τα μέλη της ομάδας επιθεώρησης.

Σε τελικό στάδιο, η ύπαρξη ασφάλειας συμβάλει και κλειδώνει στο σημαντικότερο όλων Στην διατήρηση της ίδιας της σωματικής ακεραιότητας μηχανικών -χρηστών- εργαζομένων. Γενικότερα η ασφάλεια ενισχύει την συνεχή παραγωγή, ο εργαζόμενος παράγει έργο, ο χρήστης δεν έχει δυσκολία στη καθημερινότητά του. Ακόμα αύξηση ασφάλειας μειώνει τα ασφαλιστικά έξοδα και η αρμόδια αρχή της διαχείρισης της γέφυρας δεν χρειάζεται να καλύπτει ανορθόδοξα υπέρογκα ποσά ιατρικών εξόδων σε περίπτωση ατυχήματος.

Οι δαπάνες για εξασφάλιση της ασφάλειας των γεφυρών πρέπει να γίνονται χωρίς εκπτώσεις. Εξασφαλίζονται κυρίως η ζωή αλλά και η αποφυγή περιπτώσεων εξόδων μακροπρόθεσμα.

Ασφαλές εργασιακό περιβάλλον εξασφαλίζεται με

- Κατάλληλα εργαλεία και εξοπλισμό
- Ειδική εκπαίδευση για επιθεώρηση
- Κανόνες και διαδικασίες ασφαλείας
- Εποπτεία εργασιών επιθεώρησης από υπεύθυνο μέλος της ομάδας

Τα εργαλεία και ο εξοπλισμός που απαιτούνται για μια ασφαλή επιθεώρηση είναι αυτά που προσδίδουν το αίσθημα ασφάλειας στην εργασία. Πρέπει να έχουν το κατάλληλο μέγεθος και να είναι για το κατάλληλο κλίμα. Απαιτούνται δηλαδή ειδικές μπότες με μεταλλικά προστατευτικά ή παπούτσια αναρρίχησης, γάντια και ζώνη για τα εργαλεία που θα χρειαστούν στην επιθεώρηση.

Λεπτομερέστερα ο εξοπλισμός είναι:

Κράνος μηχανικού απαιτείται για διασφάλιση από τραυματισμούς στο κεφάλι είτε από αντικείμενα που πέφτουν από ύψος (πχ κατεστραμμένα τμήματα γεφυρών που απομακρύνονται από άλλους επιθεωρητές, εργαλεία που έπεσαν από άλλους επιθεωρητές, αντικείμενα που εκτοξεύονται από αυτοκίνητα-μηχανές κατά τη κίνησή τους).

Το κράνος αυτό μπορεί επίσης να προστατέψει το μηχανικό από πρόσκρουση με μέλη της γέφυρας προς έλεγχο κατά την αναρρίχησης του.

Ανακλαστικό γιλέκο

Αυτό συμβάλλει στην αναγνώρισή τους από τους οδηγούς.

Προστατευτικά γυαλιά και γάντια

Η προστασία των ματιών και των χεριών είναι απαραίτητη ειδικά σε εργασίες όπως κρούσεις με σφυρί, αμμοβολή, χρήση ηλεκτρικών εργαλείων.



Σχήμα 3.7: Χρήση ειδικών γαντιών και γυαλιών ασφαλείας

Μάσκα έναντι σκόνης και αναπνευστήρας

Αυτή προστατεύει τον επιθεωρητή μηχανικό από εισπνοή επικίνδυνων αερίων και ρύπων κατά τις εργασίες αμμοβολής, βαφής μελών, έκθεσης σε σκόνη και σκουριά ή σε απορρίμματα περιστεριών που μπορεί να οδηγήσουν σε ιστοπλάσμωση αρκετά επικίνδυνη ασθένεια αν εξαπλωθεί πέραν από τους πνεύμονες.

Σχήμα 3.8: Επιθεωρητής με χρήση μάσκας έναντι εισπνοής επικίνδυνων υλικών



Ιμάντες ασφαλείας

Σε περίπτωση εργασιών που εκτελούνται από τον επιθεωρητή μηχανικό σε ύψος και πάνω από νερό ή πάνω από κυκλοφορία αυτοκινήτων/μηχανών, απαιτούνται ειδικοί ιμάντες ασφαλείας



Σχήμα 3.9 Χρήση ιμάντων ασφαλείας κατά την επιθεώρηση

Σκάφος διάσωσης

Σε έκτακτη ανάγκη διάσωσης οφείλει να υπάρχει σκάφος που θα ανταποκριθεί ανά πάσα στιγμή όταν η επιθεώρηση γίνεται πάνω από το νερό. Το σκάφος αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για περισυλλογή κάποιου εργαλείου ή αντικειμένου που έπεσε από τη γέφυρα.

3.2.1 Εργαλεία επιθεώρησης

3.2.1.1 Εργαλεία καθαριότητας



-Σκούπα για απομάκρυνση βρωμιάς και σκουριάς από διαβρωμένα μέλη.

-Ειδική βούρτσα για αφαίρεση χρωμάτων και διάβρωσης από χάλυβα μελών

-Κατσαβίδι

-Φτυάρι που χρησιμοποιείται για γενικό καθαρισμό

3.2.1.2 Εργαλεία πεδίου κατά επιθεώρηση



-Ζώνη εργαλείων για συγκράτηση στα μικρά εργαλεία

-Αισθητήρας εύρους που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση οπής

-Μαχαίρι τσέπης για γενική χρήση

-Γεωλογικό σφυρί για χαλάρωση σκουριάς και φθοράς

3.2.1.3 Εργαλεία για βοήθεια στην οπτική επιθεώρηση



-Διόπτρα

-Φακός

-Μεγεθυντικός φακός

-Καθρέπτες ελέγχου για επιθεώρηση των μη προσβάσιμων περιοχών ελέγχου όπως η κάτω πλευρά αρμών

-Διεισδυτικό βαφής για αναγνώριση ρωγμών και αντίστοιχων μηκών τους

3.2.1.4 Εργαλεία για μετρήσεις και υπολογισμούς

- Ταινία τσέπης για μετρήσεις ελαττωμάτων μελών, διαστάσεων στοιχείων

- Laser μετρητής αποστάσεων

- Αριθμομηχανή

- Παχύμετρο

- Μετρητής ρωγμών

- Μετρητής μεμβράνης χρώματος, για έλεγχο επαρκούς πάχους βαφής

- Θερμόμετρο

- D-meter μετρητής πάχους υπερήχων για ακριβέστερες μετρήσεις στο πάχος χάλυβα

- Ηλεκτρονικός μετρητής απόστασης (EDM) για ακριβείς μετρήσεις ανοιγμάτων γεφυρών όταν δεν είναι εύκολη η πρόσβαση

- Νήμα της στάθμης – Αλφάδι



Σχήμα 3.10: Εργαλεία για μετρήσεις και υπολογισμούς

3.2.1.5 Εργαλεία Πρόσβασης

-Σκάλα

-Σκάφος

-Σχοινιά και ιμάντες

3.2.1.6 Εργαλεία σημειώσεων για αρχειοθέτηση στοιχείων

-Ειδικά έντυπα επιθεώρησης ,συνδετήρες ,στυλό, μολύβι, κιμωλία

-Τετράδια για επιπλέον σημειώσεις εκτός του έντυπου

-Χάρακας για τα σκίτσα

-Ψηφιακή κάμερα για τη παροχή φωτογραφιών που χρειάζονται στο έντυπο

3.3 ΕΙΔΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Μη καταστροφικός εξοπλισμός αξιολόγησης που χρησιμοποιείται στους μη καταστροφικούς ελέγχους (NDT methods) που αναπτύσσονται στο κεφάλαιο (6). Ο εξοπλισμός αυτός οδηγεί τον επιθεωρητή να αξιολογήσει ελλείψεις που δεν μπορεί να δει με γυμνό μάτι σε μέλη της γέφυρας.

Ρομποτικά μηχανήματα, που αναπτύσσονται συνεχώς από ερευνητές. Συνίστανται για εφαρμογές σε πολύ μεγάλα ύψη ή υποθαλάσσιες επιθεωρήσεις. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι σε γέφυρες όπου δεν υπάρχει χώρος για τους επιθεωρητές να εργαστούν ή που υπάρχει αυξημένος κίνδυνος όπως σιδηροδρομικές γέφυρες, τα ρομποτικά μηχανήματα επιθεώρησης μπορούν να αποτελέσουν ιδανική λύση.

Συνήθως οι επιθεωρήσεις με ρομπότ γίνονται με διάφορους τρόπους

Μερικοί είναι :

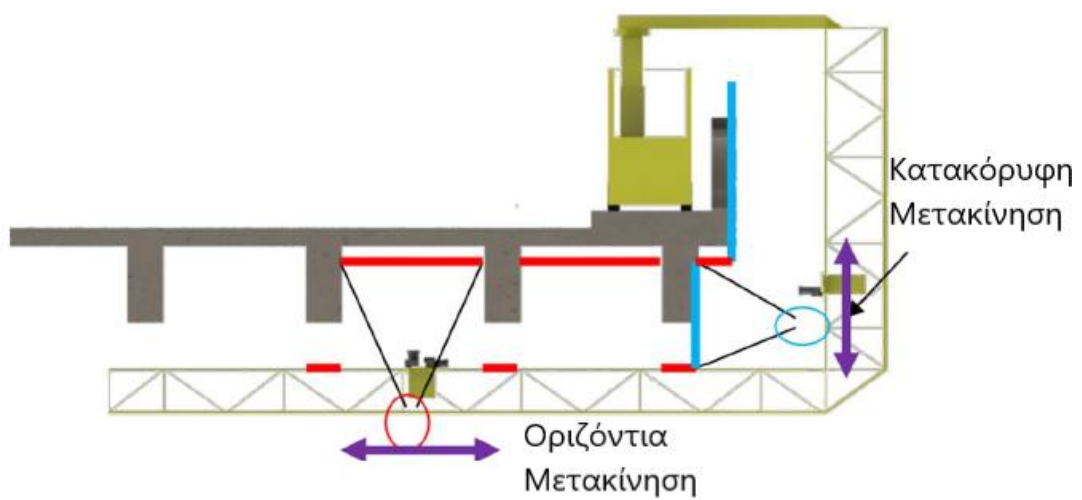
- η λειτουργία ζωντανής προβολής κατά την οποία αποστέλλονται φωτογραφίες και βίντεο στον επιθεωρητή όποτε το επιθυμεί.
- η πλήρης αυτόματη λειτουργία κατά την οποία το ρομπότ αφού γίνει σωστή τοποθέτηση επιθεωρεί τη μια πλευρά της γέφυρας και το μισή κάτω πλευρά της. Η εγγραφή γίνεται εγκάρσια καθώς το ρομπότ μετακινείται παράλληλα με τη γέφυρα. Οποιαδήποτε στιγμή, ο επιθεωρητής μπορεί να βλέπει τη διαδικασία που ακολουθείται από το ρομπότ τόσο σε ζωντανή σύνδεση όσο και σε στιγμιαίες φωτογραφίες.

Κατά μέσο όρο τα ρομπότ καταλήγουν με μια συγκομιδή 100-150 εικόνων ημερησίως, που συγκριτικά με την κλασσική επιθεώρηση δεν είναι περισσότερες, απλά ο επιθεωρητής είναι ασφαλέστερος και πιο άνετος. Τα ρομπότ είναι επίσης εξουσιοδοτημένα να εργάζονται σε σιδηροδρόμους υψηλών ταχυτήτων δίπλα σε τρένα που λειτουργούν στα 320 km / h χωρίς καμία επίπτωση στην εμπορική κίνηση.

Στόχος της χρήσης των ρομπότ, είναι και η μείωση του χρόνου της επιθεώρησης μιας και αποτρέπονται χρόνοι διακοπής κυκλοφορίας ή συρμών, κάτι που γίνεται μόνο όταν πρέπει το ρομπότ να μεταφερθεί στα άκρα της γέφυρας.



Σχήμα 3.11: Ρομποτικά μη επανδρωμένα οχήματα επιθεώρησης

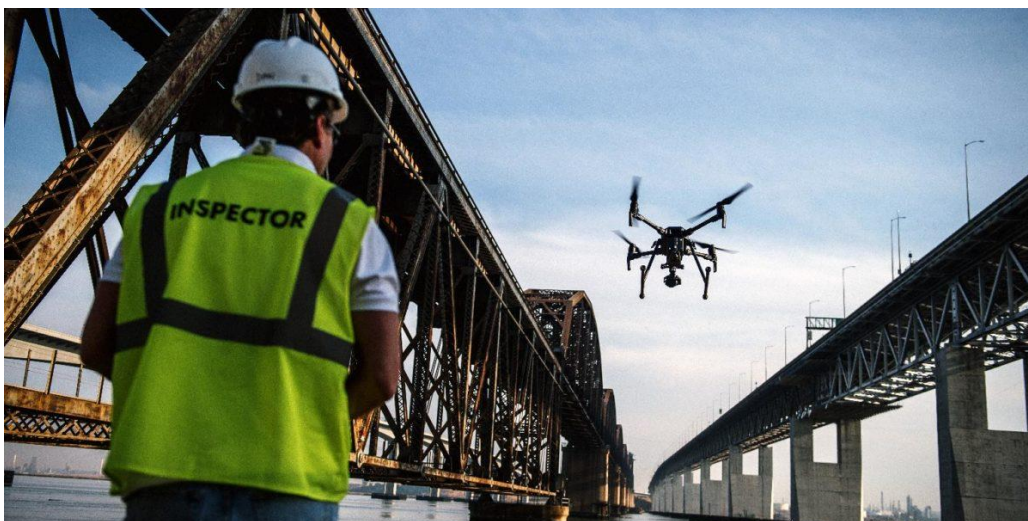


Σχήμα 3.12: Κίνηση Ρομποτικού συστήματος επιθεώρησης



Σχήμα 3.13: Ρομποτικό σύστημα επιθεώρησης

Τέλος τα **ΣμηΕΑ (Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών)**, στη περίπτωση μας γνωστά και ως **drones** έχουν ήδη ενταχθεί σε προγράμματα επιθεωρήσεων. Υπάρχουν παγκόσμια ερευνητικά προγράμματα που εστιάζουν στην αλληλεπίδραση των drones με τους μηχανικούς και πως θα μπορούσαν ανάλογα με το τι ζημιά παρατηρούν με τα drones οι επιθεωρητές να προτείνουν την ορθή αντιμετώπιση όντας όχι στο πεδίο αλλά στο γραφείο τους. Αυτό συμβαίνει γιατί πλέον τα drones θα κατευθύνονται από όχι εξειδικευμένους επιθεωρητές.



Σχήμα 3.14: Επιθεωρητής με χρήση drone

4 ΠΙΘΑΝΕΣ ΖΗΜΙΕΣ / ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Για μία σωστή επιθεώρηση γέφυρας ο υπεύθυνος μηχανικός οφείλει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει τις διαφορετικές μορφές ατελειών , ελλείψεων και ζημιών. Εκτός αυτού πρέπει να είναι σε θέση να καταλάβει πως δημιουργήθηκαν καθώς και πως να τις αντιμετωπίσει.

4.1 ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Η διάβρωση είναι ο πιο ζημιογόνος παράγοντας όσον αφορά τις μεταλλικές γέφυρες. Είναι κύρια υπεύθυνη για ατέλειες σε διατομές που μπορούν να οδηγήσουν σε πλήρης τρύπες σε μέλη. Συμβαίνει λόγω εναλλαγής υγρών και ξηρών περιβαλλοντικών συνθηκών και μάλιστα επιταχύνεται αρκετά όταν η γέφυρα έρχεται σε επαφή με αντιψυκτικά χημικά για να καταπολεμούν το χιόνι και τους παγετούς.



Σχήμα 4.1: Διάβρωση Διατομών – Οπές λόγω εκτεταμένης διάβρωσης

Είδη διάβρωσης

1. Διάβρωση λόγω έντασης που προκαλείται από εφελκυστικές δυνάμεις, επηρεάζονται οι κόκκοι του υλικού και καταλήγει στη διάβρωση
2. Διάβρωση σε στενά τμήματα μεταξύ εξαρτημάτων ή στηρίξεων και βρίσκονται κάτω από δονήσεις. Είναι φανερά λόγω κόκκινου κατάλοιπου οξειδίου του σιδήρου
3. Συσσώρευση σκουριάς στη διεπιφάνεια στοιχείων. Η συγκέντρωση σκουριάς σε σημεία θα οδηγήσει σε τοπικές παραμορφώσεις και ρωγμές
4. Διάβρωση λόγω ρωγμών. Διάβρωση και σκουριά που δεν εκτείνεται πέρα των γειτονικών επιφανειών
5. Διάβρωση που μπορεί να προκύψει από ηλεκτρικούς σιδηρόδρομους, συστήματα καθοδικής προστασίας ρε ράγες ή θεμελιώσεις
6. Περιβαλλοντική διάβρωση που επηρεάζει κυρίως μέταλλα σε επαφή με έδαφος και νερό. Πιθανός σχηματισμός διάβρωσης λόγω αντιψυκτικών χημικών, υγρασία, ξένες ύλες όπως απορρίμματα και περιττώματα πουλιών
7. Διάβρωση λόγω βακτηρίων. Σε στάσιμα και μολυσμένα νερά, βάλτους αναπτύσσονται βακτήρια που συμβάλλουν στη διάβρωσή

4.2 ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΦΑΝΕΡΩΘΟΥΝ ΛΟΓΩ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΩ ΤΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Σε περίπτωση ανάπτυξης πλαστικών παραμορφώσεων είναι πιθανή η εμφάνιση

1. Επιμηκύνσεων στα μέλη υπό εφελκυσμό
2. Απώλειες στις διατομές των μελών υπό εφελκυσμό
3. Λυγισμό σε μέλη υπό θλίψη
4. Λυγισμός σε σχήμα S κοντά σε τμήματα που θλίβονται και υπάρχει εξασφάλιση

4.3 ΖΗΜΙΕΣ ΛΟΓΩ ΑΚΡΑΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ

Οι θερμοκρασίες αυτές αναγκάζουν τα μέλη να λυγίσουν ή να στρεβλωθούν. Μέσα σύνδεσης όπως πριτσίνια και κοχλίες μπορούν να αστοχήσουν.

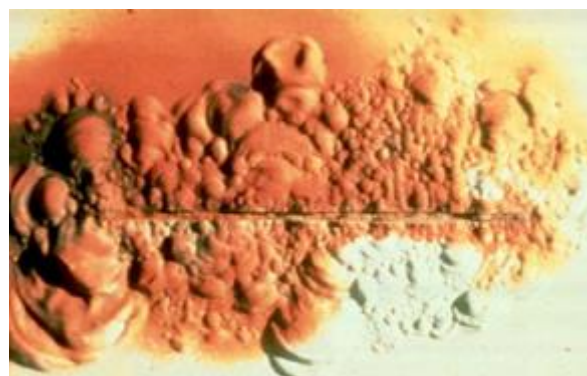
Αναμένεται λυγισμός στους κορμούς διατομών υπό θλίψη.

4.4 ΖΗΜΙΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ

Διάβρωση και ρωγμές/ζάρες λόγω μεγάλης ποσότητας βαφής όπως αναφέρεται στον ASTM D-3359. Επίσης λόγω διαλυτικών υλικών που έρχονται σε επαφή με το χάλυβα όπως λάδι, λίπη, νερό, αλάτι, προκαλούνται πόροι που οδηγούν στη διάβρωση του χάλυβα. Επίσης όταν υπάρχουν σχισμές στη βαφή του χάλυβα, η διάβρωση αναπτύσσεται κατά μήκος της, στη συνέχεια έρχεται σε επαφή με το χάλυβα και φουσκώνει την περιοχή γύρω από τη σχισμή. Πολύ πιθανό είναι επίσης η ύπαρξη αυτών των σχισμών σε συνδυασμό με διαλυτικά χρωμάτων της επιφάνειας του χάλυβα να οδηγήσουν σε από αποχρωματισμό της βαφής προστασίας του χάλυβα. Μπορούν επίσης να υπάρξουν ρωγμές στη βαφή λόγω μούχλας, ή ξηρών κλιμάτων.



Σχήμα 4.2: Υπερβολική βαφή που οδηγεί σε ζάρες. Μη σωστή στρώση βαφής



Σχήμα 4.3: Διάβρωση και φούσκωμα λόγω σχισμής στη βαφή

4.5 ΡΩΓΜΕΣ ΛΟΓΩ ΚΟΠΩΣΗΣ

Είναι γνωστό ότι η αστοχία λόγω φαινομένων κόπωσης, συμβαίνει λόγω επαναλαμβανόμενων φορτίσεων. Είναι εξαιρετικής σημασίας φαινόμενο μιας και μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφική και χωρίς προειδοποίηση αστοχία για τη γέφυρα. Κατά το σχεδιασμό και την ανέγερση των μεταλλικών κατασκευών οι οποίες θα υπόκεινται σε κόπωση, θα πρέπει να αποφεύγονται στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες οι εγκοπές-προεξοχές-notches-και οι απότομες μεταβολές των διατομών. Κατά την κατασκευή, είναι απαραίτητο να εξαλείφονται ελαττώματα στις συγκολλητές συνδέσεις

Επιτακτική ανάγκη είναι λοιπόν για τον επιθεωρητή μηχανικό να αναγνωρίζει πρόωρα τις ρωγμές λόγω κόπωσης αλλά και τις τοποθεσίες στις οποίες αυτές μπορεί να εμφανιστούν.

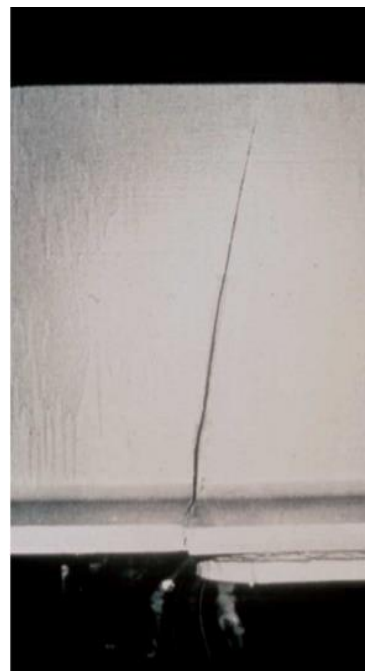
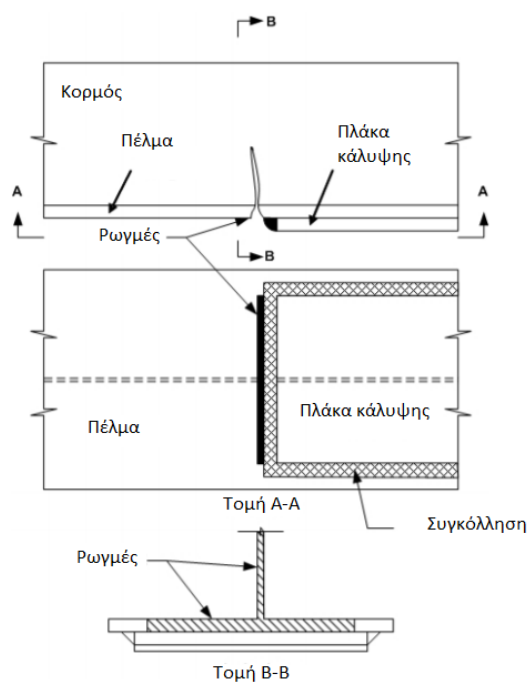
Οι ρωγμές εμφανίζονται σε μέλη με συγκεντρώσεις τάσεων από επαναλαμβανόμενες φορτίσεις. Κρίσιμα σημεία είναι οι συνδέσεις των μελών. Γενικότερα οι συγκολλήσεις των μελών όσο λεπτομερείς και αν είναι, είναι αδύνατον να μην επιφέρουν συγκεντρώσεις τάσεων. Οπότε οι ρωγμές αυτές επεκτείνονται και τελικά οδηγούν στη μερική ή καθολική κατάρρευση της γέφυρας.

Σημαντική **επιρροή στη παραγωγή ρωγμών κόπωσης** έχουν:

- Η ποιότητα των συγκολλήσεων. Κακές ή μέτριες συγκολλήσεις επηρεάζουν το εύρος τάσεων στα μέλη και οδηγούν σε φαινόμενα κόπωσης
- Το μέγεθος του εύρους των τάσεων
- Ανθεκτικότητα στη θραύση τόσο των μετάλλων προς συγκόλληση όσο και της ίδιας της συγκόλλησης
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ψυχρά κλίματα οδηγούν σε συχνότερες ρωγμές
- Συχνότητα φορτίων οχημάτων και κυρίως φορτηγών στη γέφυρα
- Ηλικία της γέφυρας καθώς και το ιστορικό των φορτίων που έχει λάβει
- Καμπτικές καταστάσεις εκτός επιπέδου στις διατομές, μπορούν να θεωρηθούν ως παραμορφώσεις που προκαλούν την κόπωση

5 ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΡΩΓΜΩΝ ΚΟΠΩΣΗΣ

Ρωγμές λόγω φαινομένων κόπωσης μπορούν να εμφανισθούν είτε σε σημεία **συγκόλλησης εγκάρσιων συνδέσμων δυσκαμψίας** είτε σε σημεία **συγκολλήσεων πλακών ενίσχυσης**. Ακολουθούν φωτογραφίες ρωγμών λόγω κόπωσης. Είναι κρίσιμα σημεία λόγω κακής εφαρμογής συγκολλήσεων ή συνδέσεων μελών.



Σχήμα 5.1 Ρωγμή σε θέση έναρξης ή τέλους πλάκας ενίσχυσης



Σχήμα 5.2: Ρωγμές κατά μήκος της συγκόλλησης

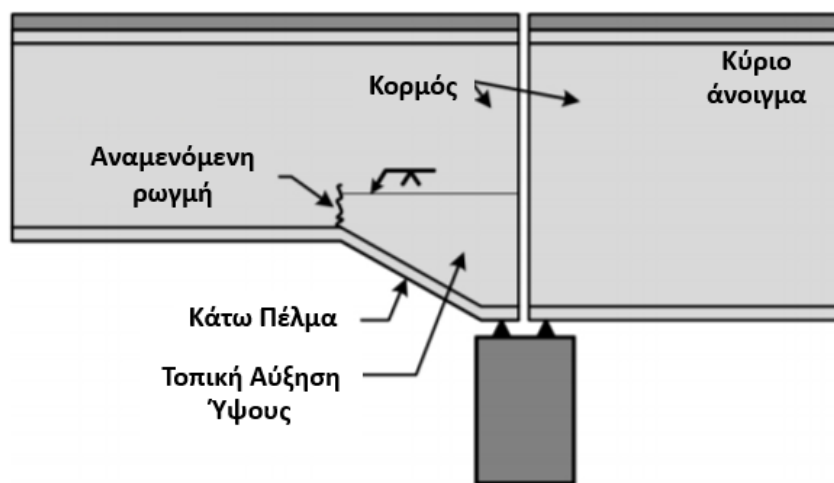
Σε περιπτώσεις που οι ρωγμές διαδοθούν στο **κορμό μιας διατομής** και είναι πλέον ορατές και στα 2 άκρα του κορμού, η ρωγμή είναι πιθανό να συνεχίσει στα πέλματα, μέχρι τη τελική αστοχία μέλους.



Σχήμα 5.3: Ρωγμή με κατεύθυνση το πέλμα του μέλους

Τέτοιες περιπτώσεις ευρημάτων είναι ακραία επικίνδυνες και συνιστούν άμεση ενημέρωση της αρμόδιας αρχής διαχείρισης της γέφυρας από τους επιθεωρητές μηχανικούς και αντίστοιχη συμπλήρωση στο έντυπο επιθεώρησης.

Ρωγμές κόπωσης μπορούν επίσης να εμφανισθούν **σε σημεία τοπικής αύξηση ύψους της διατομής με τη βοήθεια συγκόλλησης επιπλέον** διατομής. Οι συγκολλήσεις των διατομών αυτών συνήθως γίνονται κατακόρυφα. Αναπτύσσονται ρωγμές καθ' ύψος της συγκόλλησης .

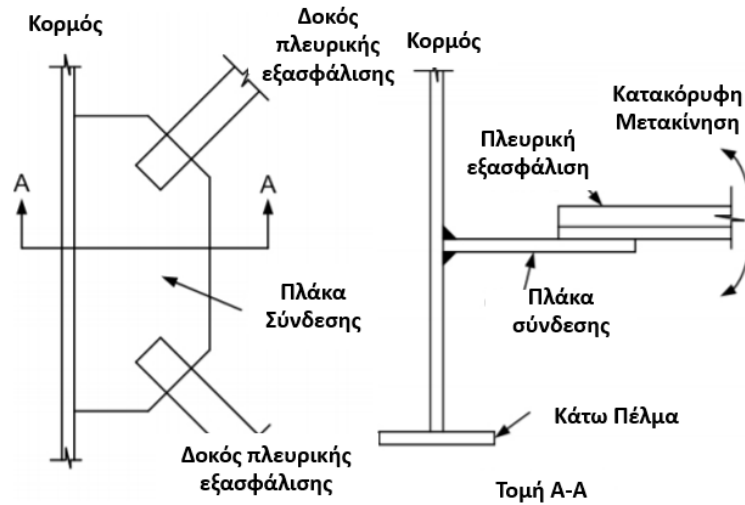


Σχήμα 5.4 Τοπική ρωγή λόγω μεταβλητότητας ύψους διατομής

Ρωγμές λόγω **εκτός επιπέδου κάμψης των διατομών.**

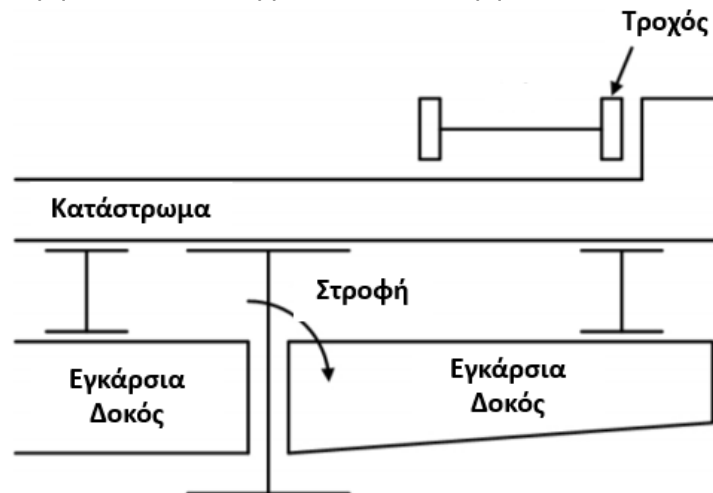
Τέτοια παραδείγματα είναι:

- Διαφράγματα κάθετα στις δοκούς. Τα διαφράγματα υπόκεινται σε διαφορικές κατακόρυφες παραμορφώσεις που προκαλούν παραμόρφωση εκτός επιπέδου στο κατώτερο άκρο της πλάκας σύνδεσης διαφράγματος.
- Ελάσματα σύνδεσης φορέα με δοκούς πλευρικής εξασφάλισης. Τα ελάσματα αυτά ενδέχεται να συγκολλούνται στα κατακόρυφα ελάσματα σύνδεσης που βρίσκονται στο φορέα. Η απότομη αλλαγή στη γωνία συγκόλλησης των κατακόρυφων ελασμάτων και των ελασμάτων σύνδεσης οδηγούν σε ρωγμές.



Σχήμα 5.5 Μέλος με εκτός επιπέδου κάμψη

- Δοκοί πρόβολοι που πιθανώς να αναπτύξουν εκτός επιπέδου κάμψη λόγω διαφορετικής κάμψης των διαμηκών δοκών που βρίσκονται σε επαφή.



Σχήμα 5.6 Εκτός επιπέδου κάμψη σε πρόβλους.

6 ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Εκτός από τις κλασσικές μεθόδους επιθεώρησης μεταλλικών γεφυρών όπως η οπτική επιθεώρηση, υπάρχουν και πολλές εξελιγμένες ειδικές μέθοδοι επιθεώρησης .

Κάθε μία απαιτεί γνώση και εξειδίκευση για το τρόπο και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της.

Η χρήση μη καταστρεπτικών μεθόδων έχει ως στόχο:

- Τον προσδιορισμό της ακεραιότητας των υλικών, των μελών και κατά προέκταση της ίδιας της κατασκευής.
- Την ποσοτικοποίηση ορισμένων χαρακτηριστικών.
- Την εξέταση των υλικών και των μελών με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται ή καταστρέφεται η χρησικότητά τους.

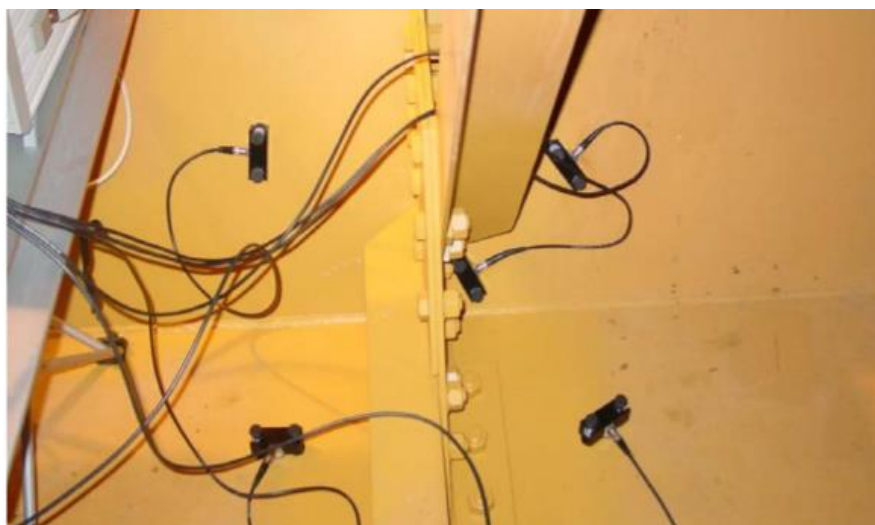
Μέσω τον μη καταστρεπτικών ελέγχων μπορούν να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες απαραίτητες διαδικασίες για την αξιολόγηση της κατάστασης των κατασκευών:

- Ανίχνευση και αξιολόγηση ατελειών.
- Ανίχνευση διαρροής.
- Προσδιορισμός της ακριβούς θέσης μιας ατέλειας-αστοχίας. Μέτρηση διαστάσεων.
- Χαρακτηρισμός της μικρο-δομής των υλικών.
- Αξιολόγηση των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των υλικών.
- Μέτρηση των τάσεων και της δυναμικής απόκρισης των κατασκευών.
- Ταξινόμηση των υλικών και προσδιορισμό της χημικής τους σύνθεσης.

Μη καταστρεπτικές μέθοδοι θεωρούνται οι παρακάτω:

6.1 ΔΟΚΙΜΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (ACOUSTIC EMISSION AE)

Οι δοκιμές αυτές ανιχνεύουν ελαστικά κύματα ανιχνεύει ελαστικά κύματα που δημιουργούνται από την ταχεία απελευθέρωση ενέργειας μέσα από ένα αντικείμενο δοκιμής με μηχανισμούς όπως η πλαστική παραμόρφωση και η κόπωση. Όταν μια κατασκευή είναι κάτω από ορισμένα επίπεδα φορτίου, παράγεται ακουστικός ήχος που κυμαίνεται μεταξύ 20 KHz και 1 MHz. Ο ήχος που παράγεται είναι γνωστός ως ακουστική εκπομπή. Στη δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται υπερηχητικό μικρόφωνο για να ακούσει ο επιθεωρητής τους ήχους από ενεργές ελλείψεις και είναι πολύ ευαίσθητα σε δραστηριότητα ανεπάρκειας όταν μια κατασκευή είναι φορτισμένη το φορτίο λειτουργικότητας. Αυτή η διαδικασία μπορεί να ανιχνεύσει ατέλειες και ανομοιογένειες όπως ανάπτυξη ρωγμών που οφείλονται στη κόπωση της έναρξης, της ανάπτυξης και του ρυθμού ανάπτυξης των ρωγμών κόπωσης στα κατασκευαστικά στοιχεία του χάλυβα, διαβρώσεις, παραμορφώσεις, ασυνέχειες συγκόλλησης, αποτυχία συνδέσεων ινών σύνθετων υλικών.



Σχήμα 6.1: Ακουστικοί αισθητήρες επιθεώρησης γέφυρας

Σημαντικό είναι οι αισθητήρες να είναι προστατευμένοι από τους ήχους περιβάλλοντος ώστε να μην υπάρχουν λανθασμένα αποτελέσματα.

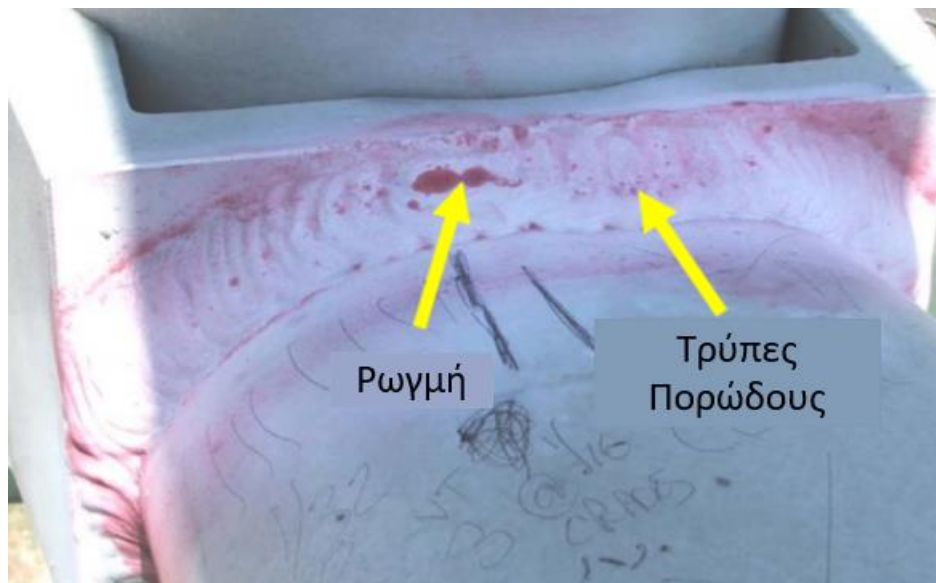
6.2 ΝΕΕΣ ΒΑΦΕΣ

Ιάπωνες επιστήμονες έχουν αναπτύξει χρώμα που στέλνει ηλεκτρικά σήματα που συλλέγονται από ηλεκτρόδια τοποθετημένα σε κάθε πλευρά της στιβάδας ρητίνης της βαφής, αν η δομή ή το υλικό αρχίσει να δονείται. Όσο μεγαλύτερη είναι η δόνηση, τόσο μεγαλύτερο είναι το ηλεκτρικό σήμα. Αυτή η βαφή θα μπορούσε να επιτρέψει στους μηχανικούς να παρακολουθούν τους κραδασμούς καθ' όλη τη διάρκεια ζωής μιας κατασκευής, επιτρέποντάς

τους να υπολογίζουν πολύ ακριβέστερα όταν η κόπωση είναι το μείζον πρόβλημα. Το νέο αυτό χρώμα είναι ένας πολύ ευκολότερος τρόπος μέτρησης των κραδασμών από τους συμβατικούς μετρητές τάσης.

6.3 ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΗ ΒΑΦΗ

Με αυτή τη μέθοδο καθορίζεται η έκταση και το μέγεθος των επιφανειακών ατελειών σε χαλύβδινα μέλη. Πριν την εφαρμογή της η περιοχή του χάλυβα καθαρίζεται ώστε να μην έχουν μείνει κατάλοιπα στην επιφάνεια. Η περίσσεια βαφή απομακρύνεται με ψεκασμό νερού ή με βούρτσα. Μόλις διεισδύσει το υλικό και στεγνώσει η βαφή τραβιέται από τις ατέλειες και ο επιθεωρητής εκτιμά τα αποτελέσματα. Δεν απαιτείται κάποια εξειδικευμένη γνώση ούτε είναι ακριβή μέθοδος.



Σχήμα 6.2: Αποτελέσματα διεισδυτικής βαφής



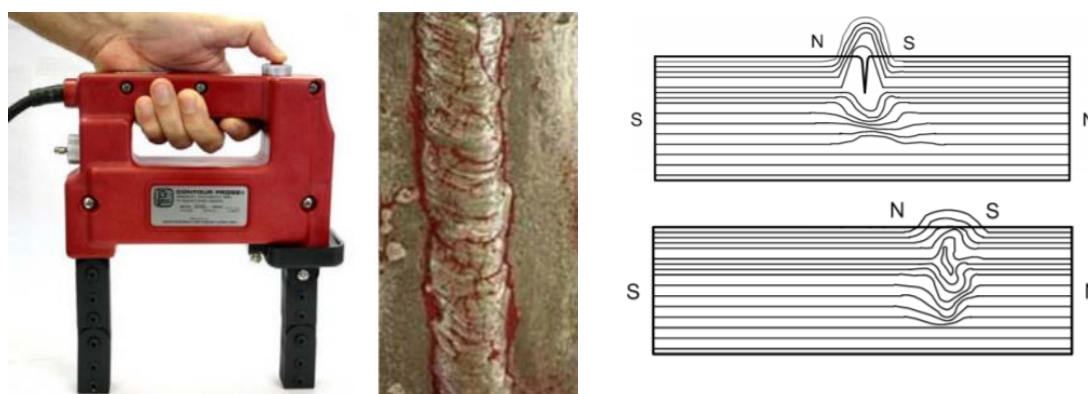
Σχήμα 6.3: Έλεγχος πληρωμένων με φθορίζον υλικό ρηγματώσεων, υπό υπεριώδη UV ακτινοβολία

Η βαφή μπορεί να είναι και με φθορίζον υλικό, και ο έλεγχος να γίνει υπό υπεριώδη ακτινοβολία UV για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Ακόμα αξίζει να αναφερθεί ότι ο τρόπος προετοιμασίας της επιφάνειας του μέλους αλλά και η κανονικότητά της επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα της μεθόδου. Τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε μαγνητικά όσο και σε μη μαγνητικά υλικά.

6.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (MAGNETIC PARTICLE TESTING)

Μπορεί να ανιχνεύσει και αυτός ο έλεγχος ατέλειες και ελλείψεις σε υλικό, ρωγμές. Κυρίως όμως χρησιμοποιείται για έλεγχο επιφανειών. Η μέθοδος εφαρμόζει στο μέλος ρινίσματα σιδήρου τα οποία και μαγνητίζει στη συνέχεια. Δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο έχει ανωμαλίες λόγω ρωγμών και ατελειών. Η μέθοδος μπορεί να αναφερθεί και ως μέθοδος διαταραχής μαγνητικού πεδίου.

Η μέθοδος αυτή προτείνεται για καθαρές μη βαμμένες επιφάνειες και είναι εφαρμόσιμη και σαφώς το μαγνητικό πεδίο απαιτεί κάθετο προσανατολισμό προς το επίπεδο της ατέλειας για να ανιχνευθεί.



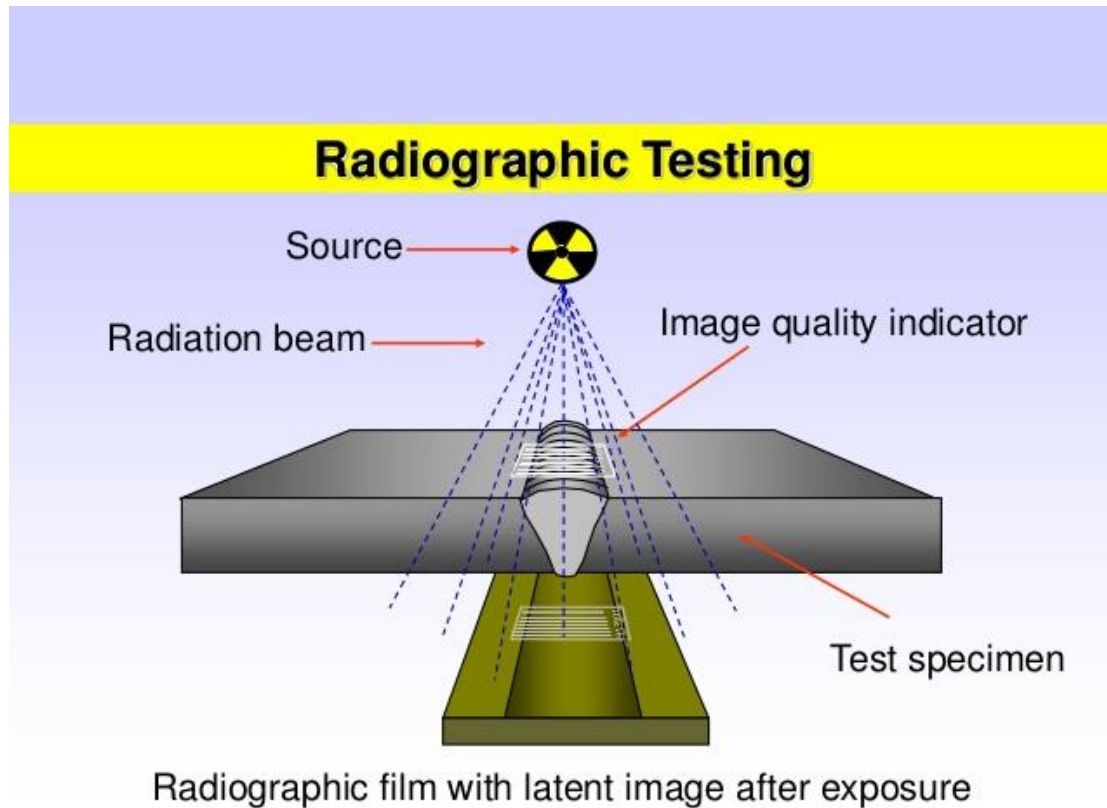
Σχήμα 6.4: Συσκευή ανίχνευσης ατελειών στη μέθοδο μαγνητικών σωματιδίων.

6.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΑΣ (RADIOGRAPHY TESTING RT)

Με τη χρήση της μεθόδου της ραδιογραφίας ανιχνεύονται εσωτερικές και εξωτερικές ατέλειες, ρωγμές, οπές και ασυνέχειες στις ρίζες των συγκολλήσεων. Η μέθοδος αυτή απαιτεί μικρή προετοιμασία της επιφάνειας και δεν απαιτούνται ειδικές ικανότητες στο χειριστή του μηχανήματος. Το κόστος της μεθόδου και το βάρος του μηχανήματος ωστόσο δεν είναι ευκαταφρόνητο. Επίσης ο επιθεωρητής/χειριστής δεν λαμβάνει πληροφορίες για το βάθος της ατέλειας και η μέθοδος πρέπει να εφαρμόζεται και στις δυο επιφάνειες του μέλους οι οποίες πρέπει να απέχουν συγκεκριμένη απόσταση. Απαιτούνται επίσης μέτρα προστασίας για την X και γ ακτινοβολία.

Μηχάνημα εκπέμπει ακτινοβολία X ή γ. Αυτή περνάει μέσα από το μέλος και η εικόνα καταγράφεται σε αρνητικό φιλμ. Για παράδειγμα αν μια συγκόλληση έχει ασυνέχειες, θα

περάσουν περισσότερες ακτίνες στο φιλμ, και η απεικόνιση θα είναι σκουρότερη σε σχέση με μια σωστή συγκόλληση.



Σχήμα 6.5: Αναπαράσταση ραδιογραφίας

6.6 ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ (αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.3)

6.7 ΔΟΚΙΜΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ (ULTRA SONIC – TESTING)

Η μέθοδος των υπερήχων μπορεί να ανιχνεύσει επιφανειακές και μη επιφανειακές ατέλειες. Ακόμα μπορεί να ανιχνεύσει μηχανισμούς αστοχιών όπως την πλαστικοποίηση και τη διάβρωση του μέλους. Οι συγκολλήσεις μπορούν να αξιολογηθούν με τη χρήση γωνιακών αισθητήρων. Για την ανίχνευση μιας ρωγμής μέσω υπερήχων, θα πρέπει η διεύθυνσή της να είναι κάθετη προς τη μηχανή εκπομπής υπερήχων, όπως ακριβώς και με το μηχάνημα των μαγνητικών σωματιδίων. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη και μπορεί να προσδιορίσει ατέλειες οι οποίες βρίσκονται σε βάθος καθώς και να προσφέρει αξιολόγηση συνδέσεων οι οποίες είναι απρόσιτες ή πολύ λεπτές για την εφαρμογή της ραδιογραφίας. Ο εξοπλισμός είναι ελαφρύς και φορητός, με αποτέλεσμα να καθιστά την εφαρμογή της μεθόδου δυνατή υπό δύσκολες συνθήκες προσβασιμότητας του μέλους.

Ωστόσο η εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι ακριβή, δεν είναι δυνατή η απευθείας καταγραφή των αποτελεσμάτων και απαιτείται ειδικευση του μηχανικού στην ερμηνεία τους.



Σχήμα 6.6: Απεικόνιση υπερηχητικού ελέγχου (UT)



Σχήμα 6.7: Υπερηχητικός έλεγχος σε πείρο μετακινούμενης μεταλλικής γέφυρας

6.8 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΠΑΧΟΥΣ (D – METERS)

Είναι σαν τους προηγούμενους μετρητές. Η πρωταρχική διαφορά μεταξύ ενός μέσου υπερηχητικού ελεγκτή και ενός μετρητή D-meters είναι ότι οι D-meters μπορούν να



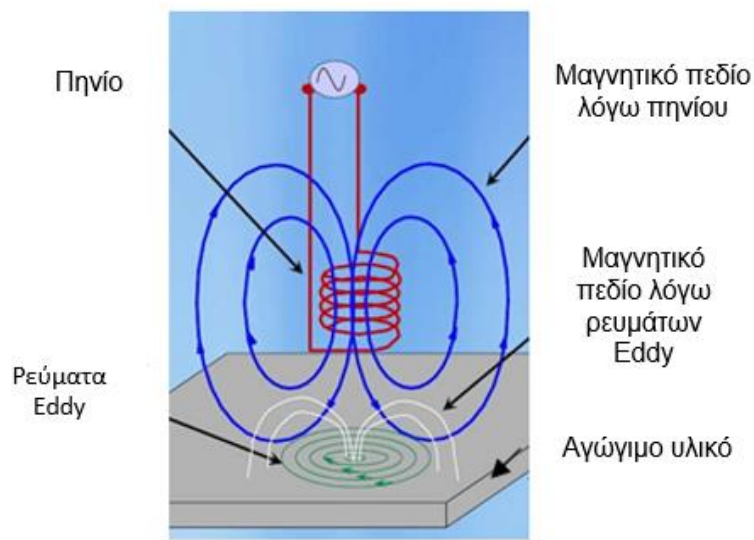
Σχήμα 6.8

Μετρητής D-meter ο οποίος φανερά δείχνει μικρότερη τιμή στην υπό διάβρωση περιοχή

ανιχνεύσουν μόνο το πάχος του προς δοκιμή τμήματος.

6.9 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΝΟΡΡΕΥΜΑΤΩΝ (EDDY CURRENT TESTING ET)

Η μέθοδος των δινορρευμάτων χρησιμοποιεί την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή των ηλεκτρικών ρευμάτων σε ένα υλικό. Τα ρεύματα επηρεάζονται από οποιαδήποτε αλλαγή μέσα σε ένα μέλος. Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του πάχους επιχρισμάτων, την ανίχνευση παρουσίας κραμάτων στο εσωτερικό του χάλυβα και ρωγμών. Αναφέρεται ότι είναι δυνατός ο προσδιορισμός ασυνεχειών τόσο στο εξωτερικό ενός μέλους, όσο και στο εσωτερικό του αλλά μέχρι ένα συγκεκριμένο βάθος. Τα αποτελέσματα των επιφανειακών ατελειών είναι πολύ ακριβή, όμως τυχόν ανωμαλίες στη γεωμετρία μπορούν να προκαλέσουν λάθος αναγνώσεις.



Σχήμα 6.9: Μέθοδος δινορρευμάτων



Σχήμα 6.10: Συσκευές Ελέγχου δινορρευμάτων (Eddy Current)

6.10 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΔΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΒΟΗΘΕΙΑ ΔΕΣΜΗΣ LASER

Οι μετρητές δόνησης με λέιζερ χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση μικρών κραδασμών σε καλώδια μεταλλικών γεφυρών. Δεν χρειάζεται να τοποθετηθεί ή να γίνει κάτι ιδιαίτερο στο καλώδιο. Χρησιμοποιείται μια δέσμη λέιζερ χαμηλής ισχύος, που κατευθύνεται στα καλώδια. Η απόκριση που μετριέται είναι το εύρος και οι συχνότητες των κραδασμών που θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό οποιασδήποτε δόνησης των καλωδίων. Αυτές οι συχνότητες που εντοπίζονται στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των δυνάμεων που προκαλούν οι δονήσεις στα καλώδια.

- Άλλες μέθοδοι για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων υλικών είναι ονομαστικά οι :
- Δοκιμή σκληρότητας Brinell
- Δοκιμή πρόσκρουσης Charpy
- Χημική ανάλυση
- Δοκιμή αντοχής σε εφελκυσμό

7 ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΥΠΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

7.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2 ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ

7.1.1 Τοποθεσίες ελέγχου

- Εφέδρανα
- Ζώνες διάτμησης (Έλεγχος των κορμών των δοκών κοντά σε στηρίξεις για λυγισμό ή απώλειες διατομών)
- Ανοίγματα αναμονής έντονης κάμψης
- Πλευρικές εξασφαλίσεις σε δοκούς
- Περιοχές εκτεθειμένες σε υγρασία
- Περιοχές εκτεθειμένες σε κίνηση

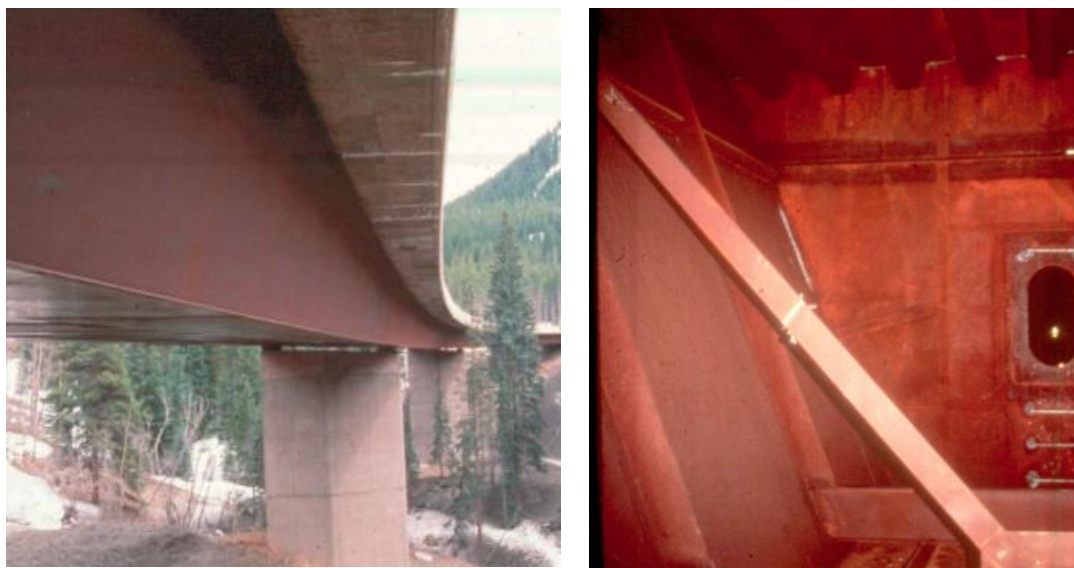


Σχήμα 7.1: Διατομή δοκού σε ζώνη έντονης διάτμησης



Σχήμα 7.2: Συστήματα 2 δοκών – Μεταλλικές γέφυρες

7.2 ΚΙΒΩΤΙΟΕΙΔΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗ



Σχήμα 7.3: Κιβωτιοειδής διατομή μεταλλικής γέφυρας

Οι μεταλλικές γέφυρες τέτοιου τύπου αποτελούνται από διαφράγματα, νευρώσεις πλευρικών εξασφαλίσεων.

7.2.1 Τοποθεσίες ελέγχου:

- Εφέδρανα
- Ζώνες διάτμησης (Έλεγχος των κορμών των δοκών κοντά σε στηρίξεις για λυγισμό ή απώλειες διατομών)
- Ανοίγματα ύπαρξης έντονης κάμψης
- Πλευρικές εξασφαλίσεις σε δοκούς
- Περιοχές εκτεθειμένες σε υγρασία
- Περιοχές εκτεθειμένες σε κίνηση

7.3 ΓΕΦΥΡΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ



Σχήμα 7.4: Δικτυωτή μεταλλική γέφυρα ενός ανοίγματος

Υπάρχουν διάφορων ειδών μεταλλικές δικτυωτές γέφυρες. Παρ' όλα αυτά η λογική σχεδιασμού τους είναι κοινή. Πέραν από τις προηγούμενες **τοποθεσίες ελέγχου**, πρέπει να ελεγχθούν ακόμα συγκεκριμένα

7.3.1 Εφελκούμενα μέλη

- Απώλειες διατομών λόγω διάβρωσης
- Για κλειστές διατομές, έλεγχος για εσωτερικές ρωγμές και διάβρωση
- Έλεγχος σε αποκαταστάσεις διατομών μέσω συγκόλλησης
- Έλεγχος ευθυγραμμίας μελών, σε αντίθετη περίπτωση πιθανώς έχει υπάρξει ζημιά λόγω σύγκρουσης οχήματος, μετακίνηση υποστυλώματος .



Σχήμα 7.5: Λυγισμός κύριων δοκών λόγω μετακίνησης των ακροβάθρων

7.3.2 Θλιβόμενα μέλη

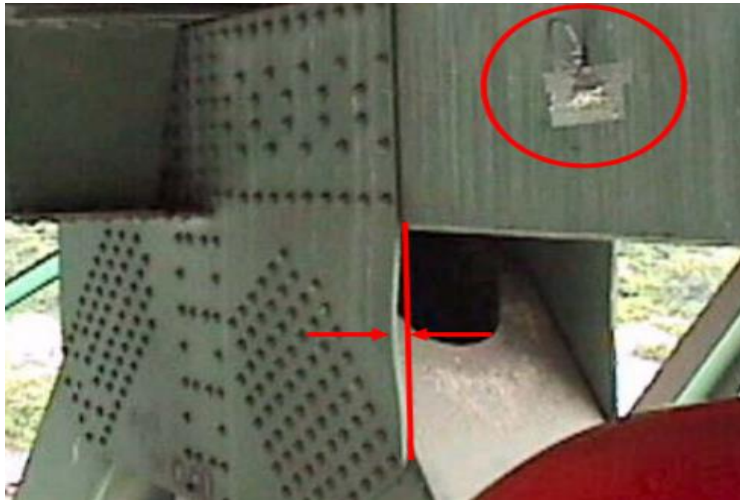
- Θέσεις που είναι πιθανή να συμβεί σύγκρουση οχήματος.
- Λυγισμένα, σχισμένα ή μη ευθυγραμμισμένα μέλη μπορούν να έχουν φανερά μικρότερη φέρουσα ικανότητα
- Θέσεις τοπικού λυγισμού (πχ κυματισμοί σε κορμούς, πέλματα ή πλάκες ενίσχυσης)



Σχήμα 7.6: Αστοχία μέλους δικτυώματος, λόγω σύγκρουσης οχήματος

7.3.3 Πλάκες σύνδεσης

Έλεγχος για εκτός επιπέδου παραμορφώσεις , για διάβρωση και απώλειες διατομών, για ρωγμές γύρω από συγκολλήσεις , γύρω από πριτσίνια και κοχλίες. Να ελεγχθεί ακόμα για απώλεια κοχλιών , πριτσινιών ή οποιονδήποτε μέσων σύνδεσης. Εξέταση θέσεων που παλιότερα είχε γίνει επισκευή με συγκόλληση στις πλάκες αυτές.



Σχήμα 7.8: Πλάκα σύνδεσης που παρουσιάζει τοπικό λυγισμό

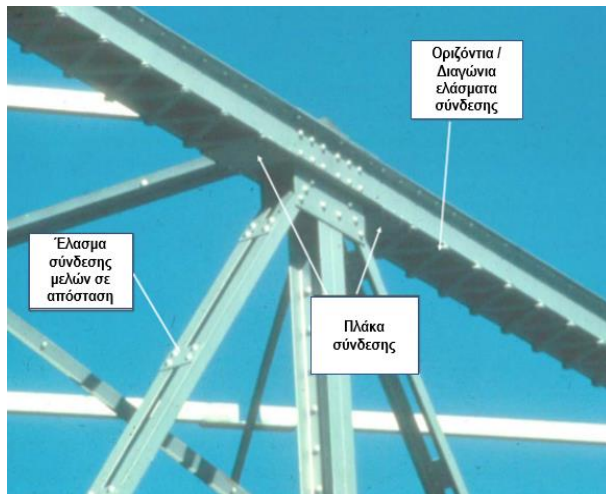
Ακολουθούν μερικές φωτογραφίες διαβρωμένων και μη μελών που πρέπει να ελέγχονται σε δικτυώματα.



Σχήμα 7.9: Χιαστί σύνδεσμος δυσκαμψίας στο κάτω μέρος μεταλλικής γέφυρας υπό διάβρωση



Σχήμα 7.10: Πλάκα σύνδεσης υπό έντονη διάβρωση



Σχήμα 7.11: Ελάσματα σύνδεσης που πρέπει να ελέγχονται στα δικτυώματα
(lacing bars, batten plates, stay plates)

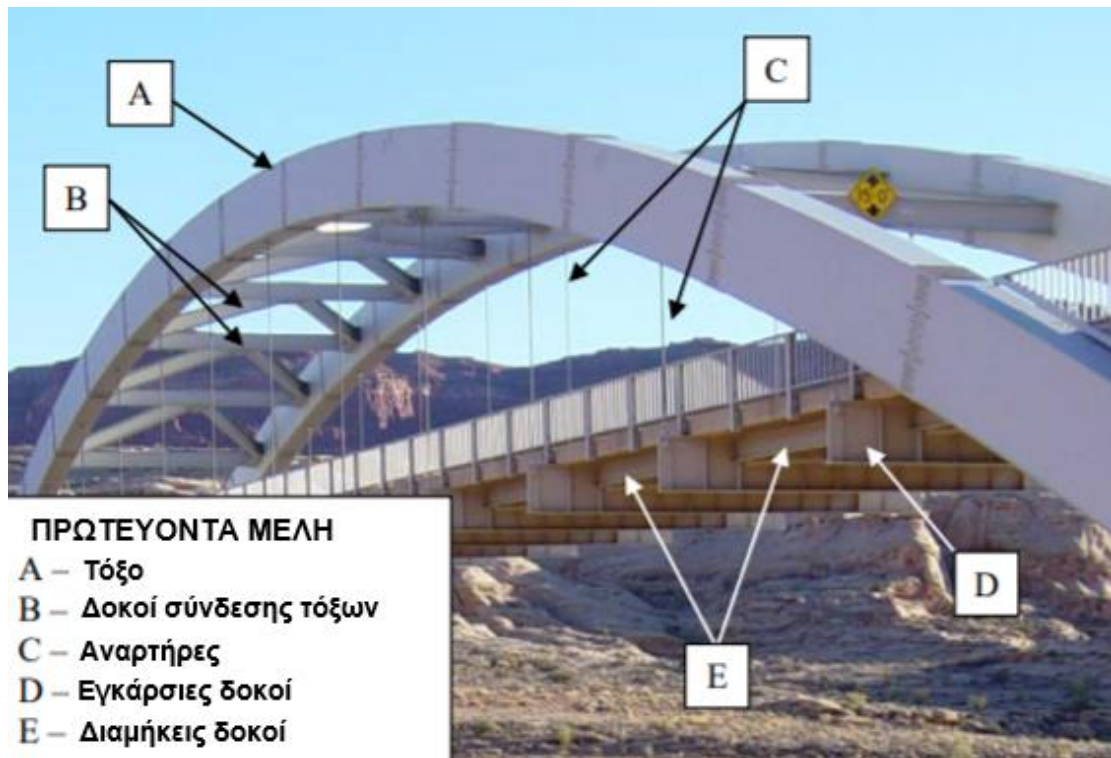


Σχήμα 7.12: Ελάσματα σύνδεσης μελών σε απόσταση (stay plates)

7.4 ΤΟΞΩΤΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ



Σχήμα 7.13: Τοξωτή μεταλλική γέφυρα της Εκκάρας.



Σχήμα 7.14: Πρωτεύοντα μέλη τοξωτής γέφυρας

7.4.1 Τοποθεσίες ελέγχου

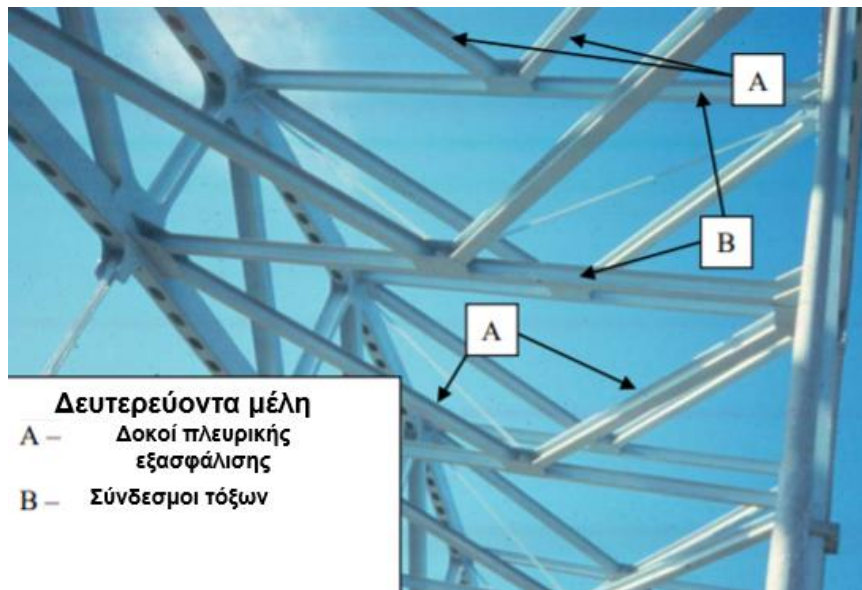
- Εφάδρανα
- Ζώνες διάτμησης (έλεγχος των κορμών των δοκών κοντά σε στηρίξεις για λυγισμό ή απώλειες διατομών)
- Ανοίγματα με έντονη κάμψης
- Τόξα.

Τα τόξα είναι σχεδιασμένα να αντιστέκονται κυρίως στην αξονική θλίψη. Οι επιθεωρητές οφείλουν να ελέγχουν την αψίδα και να ψάχνουν για σημάδια λυγισμού. Τα τόξα πρέπει να ελέγχονται και για διάβρωση καθώς και φθορές που έχουν υποστεί.

- Καλώδια

Φυσικά μεγάλο ρόλο στις τοξωτές γέφυρες παίζουν τα καλώδια. Τα οποία θα αναλυθούν περισσότερο στον επόμενο τύπο γέφυρας που είναι οι καλωδιωτές γέφυρες.

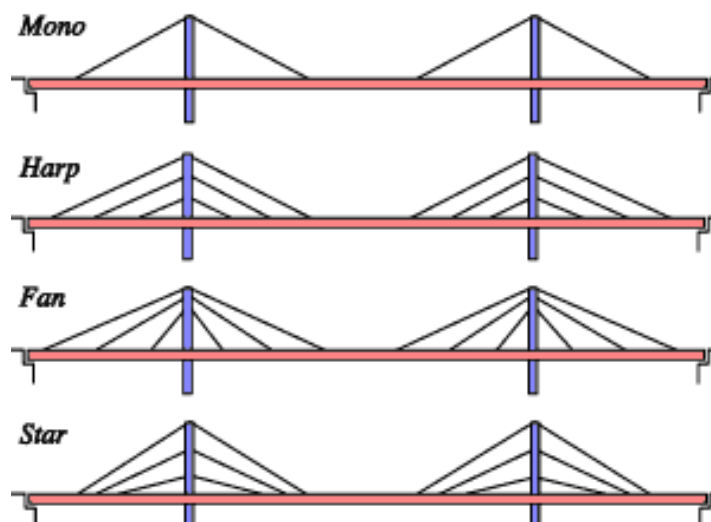
- Πλευρικές εξασφαλίσεις σε δοκούς
- Περιοχές εκτεθειμένες σε υγρασία
- Περιοχές εκτεθειμένες σε κίνηση



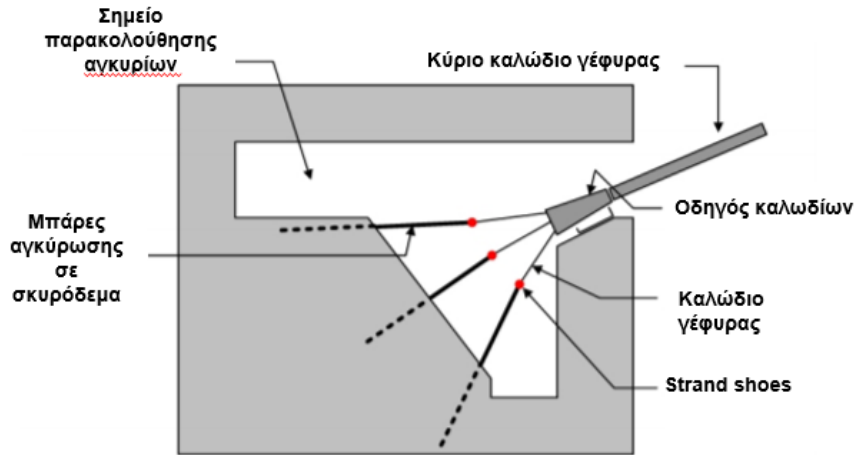
Σχήμα 7.15: Δευτερεύοντα μέλη τοξωτής γέφυρας

7.5 ΚΑΛΩΔΙΩΤΕΣ / ΚΡΕΜΑΣΤΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ

Υπάρχουν πολλοί τύποι καλωδιωτών γεφυρών. Οι πιο συνηθισμένοι από αυτούς φαίνονται στη φωτογραφία από κάτω.



Σχήμα 7.16: Είδη καλωδιωτών γεφυρών



Σχήμα 7.17: Βασικά στοιχεία αγκύρωσης καλωδίων στις κρεμαστές γέφυρες

7.5.1 Τοποθεσίες ελέγχου κρεμαστών γεφυρών

- Οδηγός Καλωδίων (spray saddle). Υπάρχει κίνδυνος καλώδια να μετακινηθούν.
- Strand shoes. Σε περιπτώσεις τύπου κρεμαστής γέφυρας με παράλληλα καλώδια ελέγξτε για μετατοπισμένα στελέχη, διάβρωση, εσφαλμένη ευθυγράμμιση, ρωγμές.



Σχήμα 7.18: Τυπικό Strand shoe

- Μπάρες Αγκύρωσης. Έλεγχος για απώλεια διατομών, παραμορφώσεις και μετακινήσεις στη πρόσοψη του σκυροδέματος όπου αγκυρώνονται. Ακόμα συνίσταται να ελέγχεται διάβρωση ή οποιαδήποτε άλλη ατέλεια είναι δυνατόν να παρατηρηθεί.
- Καλώδια γέφυρας τα οποία πρέπει να ελεγχθούν από επιθεωρητή για βρεθούν τα κομμένα.

- Έλεγχος κύριου καλωδίου κρεμαστής γέφυρας (έλεγχος προστατευτικού καλύμματος ή επικάλυψης. Πιο λεπτομερής έλεγχος στα χαμηλά σημεία ,έλεγχος εξωτερικού καλωδίου περιτύλιξης για ρωγμές, και πιθανή ύπαρξη νερού).



Σχήμα 7.19: Αστοχία σε καλώδιο μεταλλικής γέφυρας

7.5.2 Τοποθεσίες ελέγχου καλωδιωτών γεφυρών

- Τα καλώδια πρέπει να ελέγχονται στο κάλυμμά τους, και στα τελειώματα των καλυμμάτων κοντά στις στηρίξεις και στο κατάστρωμα.
- Αν το προστατευτικό κάλυμμα είναι μεταλλικό ο επιθεωρητής οφείλει να ελέγχει για διάβρωση, ή σπασμένα καλώδια. Αν εποπτευθεί ρωγμή, είναι πολύ πιθανό να οφείλεται σε κόπωση.



Σχήμα 7.20: Διάβρωση σε προστατευτικό μέταλλο καλωδίων



Σχήμα 7.21: Ρωγμή σε προστατευτικό κάλυμμα καλωδίων

- Αν το προστατευτικό κάλυμμα είναι από πολυαιθυλένιο , ο επιθεωρητής οφείλει να ελέγξει για ρωγμές, σπασίματα. Επίσης συχνή είναι η εμφάνιση διαχωρισμών και ρωγμών στις συγκολλήσεις σύντηξης. Μεταβολές στη θερμοκρασία προκαλούν διόγκωση στο κάλυμμα μιας και ο θερμικός συντελεστής του πολυαιθυλενίου είναι

τρεις φορές μεγαλύτερος από του χάλυβα. Ρωγμές πιθανό να προέρχονται από κόπωση.

- Έλεγχος αποσβεστήρων (dampers) και αγκυρώσεων.



Σχήμα 7.22: Αστοχία – Ρωγμή πολυαιθυλενίου σε προστασία καλωδίων

7.5.3 Επιπλέον μέθοδοι επιθεώρησης για καλώδια μεταλλικών

- Πέρα από τις κλασσικές μεθόδους επιθεώρησης, τα καλώδια των μεταλλικών γεφυρών μπορούν να επιθεωρηθούν και με τους παρακάτω τρόπους.
- **Μετρήσεις δύναμης** καλωδίου με γραμμική ελαστική ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί **επιταχυνσιόμετρο** ως εναλλακτική λύση της συσκευής δόνησης που είχαμε αναφέρει στο κεφάλαιο με τις ειδικές μεθόδους επιθεώρησης. Αυτό μετράει τη συχνότητα του καλωδίου, η οποία οδηγεί στη τάση του για γνωστό μήκος και μάζα ανά μονάδα μήκους.
- Φυσικά μέθοδος επιθεώρησης των καλωδίων είναι και η **μέθοδος διαταραχής τους με δόνηση (Vibration decay)** -όπως είχε αναφερθεί στο κεφάλαιο με τις ειδικές μεθόδους επιθεώρησης (6). Με αυτή τη μέθοδο προκαλούνται κραδασμοί μέσω των οποίων υπολογίζεται ο λόγος απόσβεσης.

8 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΜΕΛΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να γίνει μια ομαδοποίηση και οργάνωση των μελών/στοιχείων από τα οποία αποτελείται μια μεταλλική γέφυρα. Εστιάζουμε στα κύρια μέρη της όπως:

- Δοκούς
- Δικτυώματα
- Τόξα
- Καλώδια
- Ενισχύσεις
- Ελάσματα ενίσχυσης
- Πλευρικές εξασφαλίσεις
- Στηρίξεις

Θα ήταν επιθυμητό οι επιθεωρητές μηχανικοί να χρησιμοποιούν κοινή ονοματολογία για τα μέλη της γέφυρας. Αυτό εύκολα επιτυγχάνεται με τη προσθήκη χαρακτηριστικών αριθμών τόσο στα μέλη όσο και στο αντίστοιχο πρόβλημα που παρουσιάζουν. Οι αριθμοί αυτοί προφανώς από υλικό σε υλικό θα αλλάζουν. Δηλαδή αν η γέφυρα είναι από σκυρόδεμα θα έχει άλλον αριθμό. Ωστόσο η παρακάτω ονοματολογία εστιάζει στο υλικό του μετάλλου.

Αυτό ήδη συμβαίνει σε όλες τις χώρες του εξωτερικού με οργανωμένο Σύστημα Επιθεώρησης -Αξιολόγησης και γενικότερα Συστήματος Διαχείρισης Γεφυρών (Bridge Management System).

Προτείνονται οι εξής αριθμοί τίτλοι για τα μέλη :

Στοιχείο	Αριθμός Μητρώου
Διαμήκης ακραία δοκός	100
Εγκάρσια δοκός	101
Διαμήκεις δοκοί	102
Δικτυώματα	103
Κιβωτιοειδής διατομές	104
Τόξα	105
Καλώδια (Πρωτεύοντα Α, Δευτερεύοντα Β)	106
Ελάσματα σύνδεσης πλευρικών εξασφαλίσεων	107

Πίνακας 8.1 Αρίθμηση στοιχείων μεταλλικής γέφυρας

Μορφή αρίθμησης καλωδίων


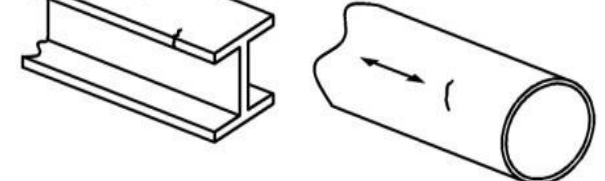
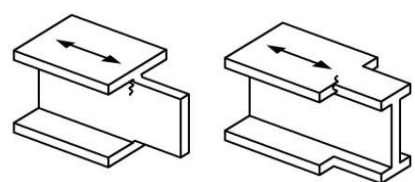
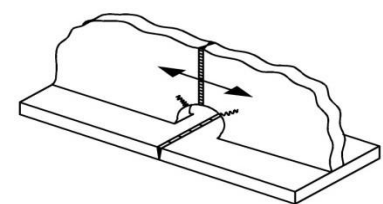
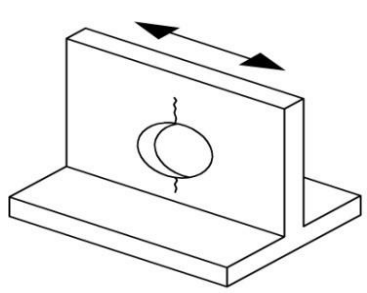


Σχήμα 8.1: Αρίθμηση καλωδίων για καταγραφή στο έντυπο επιθεώρησης

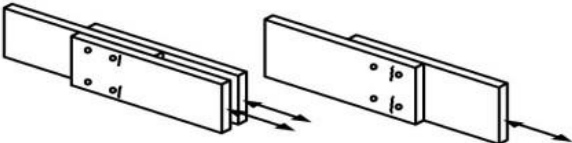
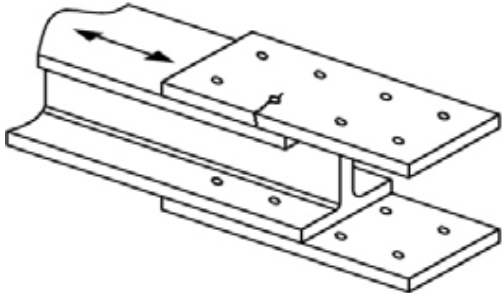
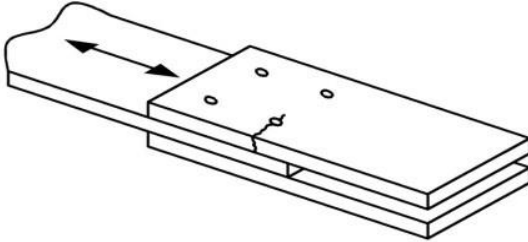
9 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ

9.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΝΤΙ ΚΟΠΩΣΗΣ

Αντίστοιχοι αμερικάνικοι κανονισμοί αναφέρουν ότι μια αρχική αξιολόγηση της κατάστασης των μελών γίνεται με το χαρακτηρισμό των μελών με τα γράμματα από Α , Β , Γ, Δ , Ε . Το Α υποδεικνύει την καλύτερη κατάσταση ενώ το Ε την χειρότερη κατάσταση.

Περιγραφή	Κατηγορία	Πιθανό σημείο έναρξης ρωγμών	Επεξηγηματικά παραδείγματα
ΜΕΡΟΣ 1 - ΛΕΙΟ ΥΛΙΚΟ ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ			
1.1 Μέταλλα εκτός από μη επικαλυμμένο χάλυβα Ακμές κομμένες με φλόγα	A	Μακριά από όλες τις συγκολλήσεις ή συνδέσεις	
1.2 Χάλυβας χωρίς επικάλυψη σχεδιασμένος λεπτομερώς σύμφωνα με το FHWA (1989). Ακμές κομμένες με φλόγα	B	Μακριά από όλες τις συγκολλήσεις ή συνδέσεις	
1.3 Μέλος με μεταβλητές διατομές και γωνίες, κοψίματα, ή άλλες γεωμετρικές ασυνέχειες Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του AASHTO/AWS D 1.5, εκτός από συγκόλληση τρυπών πρόσβασης (weld access holes- rat holes)	Γ	Σε Οποιοδήποτε εξωτερικό άκρο	
1.4 Διατομές με τρύπες πρόσβασης συγκόλλησης που έχουν απαιτήσεις του AASHTO/AWS D 1.5, άρθρο 3.2.4.	Γ	Στη γωνία της τρύπας της συγκόλλησης	
1.5 Ανοικτές τρύπες στα μέλη (Brown et al. 2007).	Δ	Γύρω από τρύπες σε διατομές	

Πίνακας 9.1 Τοποθεσία Ρωγμών μακριά από συγκολλήσεις αξιολόγηση κατηγορίας κόπωσης

Περιγραφή	Κατηγορία	Πιθανό σημείο έναρξης ρωγμών	Επεξηγηματικά παραδείγματα
ΜΕΡΟΣ 2 – ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΜΕΛΗ ΜΕ ΜΕΣΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ			
<p>2.1 Συνδέσεις τριβής με προεντεταμένους κοχλίες υψηλής αντοχής.</p> <p>π.χ. Κοχλιωμένο πέλμα και κορμός, ή κοχλιωμένοι εγκάρσιες ενισχύσεις</p>	B	Κοντά στις οπές, μέσα στη διατομή	
<p>2.2 Συνδέσεις στο καθαρό τμήμα διατομής με υψηλής αντοχής προεντεταμένων κοχλιών. Είναι bearing type συνδέσεις πληρώντας όλα τα κριτήρια όμως για συνδέσεις τριβής.</p>	B	Στο πλάι της οπής	
<p>2.3 Συνδέσεις μελών εμβαπτισμένων σε γαλβανισμένο χάλυβα με κοχλίες</p>	Δ	Στο πλάι της οπής ή μέσα από τη διατομή	

Πίνακας 9.2 Τοποθεσίες ρωγμών σε συνδέσεις μελών αξιολόγηση κατηγορίας κόπωσης

Περιγραφή	Κατηγορία	Πιθανό σημείο έναρξης ρωγμών	Επεξηγηματικά παραδείγματα
ΜΕΡΟΣ 3 – ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ			
<p>3.1 Συγκολλημένα μέταλλα που δεν έχουν κατασκευαστεί από πλάκες ούτε διατομές με πλήρους διείσδυσης διαμήκους συγκόλλησης. Συγκολλημένα από την εσωτερική παρειά της διατομής ή με συγκολλήσεις παράλληλες στη διεύθυνση ανάπτυξης τάσεων.</p>	B	Από την επιφάνεια ή τις εσωτερικές ασυνέχειες στη συγκόλληση μακριά από το πέρασ της συγκόλλησης	
<p>3.2 Συγκολλημένα μέταλλα σε μέλη που δεν έχουν κατασκευαστεί από πλάκες ούτε διατομές συνδεδεμένες με πλήρους διείσδυσης διαμήκους συγκόλλησης. Υπαρξη Backing bars ή συγκολλήσεων παράλληλων με την διεύθυνση εφαρμογής τάσεων.</p>	B'	Από την επιφάνεια ή τις εσωτερικές ασυνέχειες της συγκόλλησης, συμπεριλαμβανομένων των συγκολλημένων εξαρτημάτων προστασίας-υποστήριξης συγκόλλησης (backing bars)	
<p>3.3 Συγκολλημένα μέταλλα Στο τέλος διαμήκους συγκόλλησης, στο σημείο οπών συγκόλλησης πρόσβασης. (Access weld holes – rat holes). Σύμφωνα με AASHTO/AWS D1.5, Article 3.2.5 in built-up members.</p>	Δ	Από το πέρασ της συγκόλλησης, μέσα στο κορμό ή το πέλαμα	
<p>3.4 Συγκολλημένα μέταλλα σε μερικό μήκος . Πλάκες ενίσχυσης με συνεχείς διαμήκεις συγκολλήσεις παράλληλες στη διεύθυνση ανάπτυξης των τάσεων .</p>	B	Από την επιφάνεια ή τις εσωτερικές ασυνέχειες στη συγκόλληση μακριά από το πέρασ της συγκόλλησης	

Πίνακας 9.3 Τοποθεσίες ρωγμών σε συγκολλημένα μέλη και αξιολόγηση κατηγορίας κόπωσης

Περιγραφή	Κατηγορία	Πιθανό σημείο έναρξης ρωγμών	Επεξηγηματικά παραδείγματα
ΜΕΡΟΣ 3 – ΣΥΝΕΧΕΙΑ			
<p>3.5 Πλάκες ενίσχυσης τετραγωνικές ή κωνικές στενότερες από το μέταλλο στο οποίο συγκολλούνται. Η συγκόλληση είναι μερική μέχρι τα άκρα της πλάκας ενίσχυσης ή και όχι.</p> <p>Πέλμα πάχους < 2 cm Πέλμα πάχους > 2 cm</p>	E E'	<p>Μέσα στο πέλμα, στην άκρη του τέλους συγκόλλησης.</p> <p>Ή μέσα στο πέλμα στο πέρας της διαμήκουσ συγκόλλησης</p>	
<p>3.6 Πλάκες ενίσχυσης με μερική συγκόλληση στο πέρας τους, ενώ στο άλλο υπάρχουν κοχλίες τριβής προέντασης.</p>	B	<p>Μέσα στο πέλμα, στο πέρας της διαμήκουσ συγκόλλησης</p>	
<p>3.7 Πλάκες ενίσχυσης πλατύτερες από το πέλμα που συγκολλούνται και χωρίς συγκόλληση κατά μήκος στα άκρα τους.</p>	E	<p>Στο άκρο του πέλματος, στο σημείο πέρατος της συγκόλλησης</p>	

Πίνακας 9.3-9.4: Τοποθεσίες ρωγμών σε συγκολλημένα μέλη και αξιολόγηση κατηγορίας κόπωσης

Περιγραφή	Κατηγορία	Πιθανό σημείο έναρξης ρωγμών	Επεξηγηματικά παραδείγματα
ΜΕΡΟΣ 4 - ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΕΣ ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ			
4.1 Συγκολλητό εγκάρσιο έλασμα στο πέλμα και στο κορμό διατομής	Γ'	Στη γεωμετρική ασυνέχεια της συγκόλλησης	
4.2 Συγκολλητό έλασμα με διαμήκη συγκόλληση στο κορμό ή συγκόλληση κορμού διατομής σε άλλο μέταλλο με συγκολλήσεις παράλληλες με την ανάπτυξη τάσεων	B	Από την επιφάνεια ή τις εσωτερικές ασυνέχειες της συγκόλλησης μακριά από το πέρασ συγκολλήσεως	
4.3 Συγκολλητό μέταλλο στο πέρασ διαμήκους ενίσχυσης κορμού ή διαμήκους ενίσχυσης πέλματος Η ενίσχυση είναι συγκολλημένη και σταθερού πλάτους. Πάχος ενίσχυσης < 2,5 cm Πάχος ενίσχυσης > 2,5 cm Η ενίσχυση είναι συγκολλητή με μεταβλητότητα στην ακτίνα προσαρμογής στο άκρο της συγκόλλησης . R > 61 cm 61 cm > R ≥ 15 cm 15cm > R ≥ 5 cm 5 cm > R	E E' B Γ Δ E	Στο κύριο μέλος στο πέρασ και άκρο της συγκόλλησης Στο κύριο μέλος κοντά στο σημείο επαφής της ακτίνας	

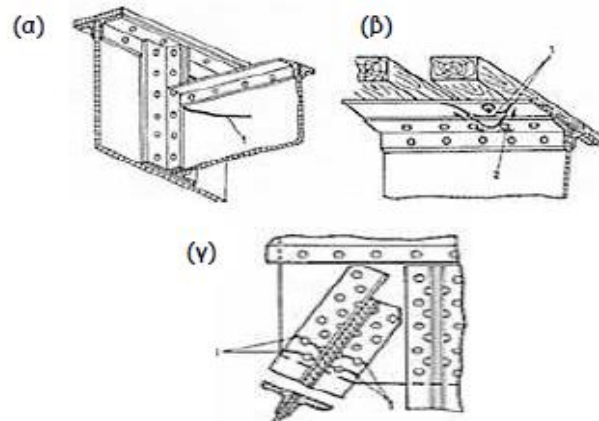
Πίνακας 9.5 Τοποθεσίες ρωγμών σε εγκάρσιες συγκολλητές ενισχύσεις και αξιολόγηση κατηγορίας κόπωσης

Σε παλιές γέφυρες που οι συνδέσεις γίνονται με τοποθεσία ήλων οι θέσεις επικινδυνότητας για ρωγμές κόπωσης είναι:

Συνδέσεις συνδετικών ελασμάτων με δοκούς, με ήλους (α)

Στο άνω μέρος δοκών κάτω από τις επικαλύψεις (β)

Στις συνδέσεις μελών δικτυώματος με τη κύρια δοκό (γ)

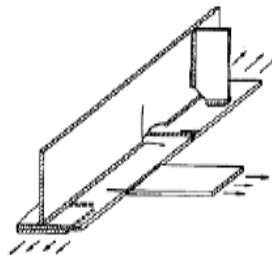


Αν οι συνδέσεις γίνονται συγκολλητά ρωγμές κόπωσης εμφανίζονται:

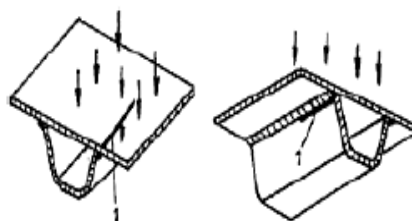
Σε αλλαγές διατομής μελών

Σε αρχή ή τέλος συγκολλήσεων

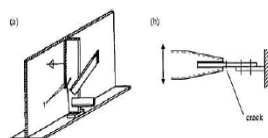
Σε κάθετα προσανατολισμένες στην ανάπτυξη κύριων τάσεων συγκολλήσεις



Στη περιοχή συγκόλλησης διαμήκων ενισχύσεων κλειστών διατομών επίπεδων «γεφυρώσεων» plate-wall bridges.



Σε λανθασμένες σχεδιασμένες λεπτομέρειες, όπως ακατάλληλες συνδέσεις ενισχύσεων τόσο εγκάρσιων όσο και διαμήκων.



9.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Το πρότυπο ISO 8501-1 προτείνει την εξής κατηγοριοποίηση της διάβρωσης με βάση την εξέλιξή της:

Επίπεδο Διάβρωσης	Φωτογραφικό παράδειγμα	Περιγραφή
A		Μεταλλική επιφάνεια καλυμμένη σε μεγάλο βαθμό με σκωρία εξέλασης (καλαμίνα) αλλά με ελάχιστη ή και καθόλου διάβρωση.
B		Μεταλλική επιφάνεια η οποία έχει αρχίσει να διαβρώνεται και στην οποία η σκωρία εξέλασης έχει αρχίσει να απομακρύνεται.
C		Μεταλλική επιφάνεια στην οποία η σκωρία εξέλασης έχει απομακρυνθεί λόγω διάβρωσης ή μπορεί να αφαιρεθεί με απόξεση, αλλά με μικρές κοιλότητες βελονισμού που είναι ορατές με γυμνό μάτι.
D		Μεταλλική επιφάνεια στην οποία η σκωρία εξέλασης έχει απομακρυνθεί λόγω διάβρωσης και στην οποία είναι εμφανώς ορατές με γυμνό μάτι γενικευμένες περιοχές κοιλότητων βελονισμού.
X		Μεταλλικά δομικά στοιχεία στα οποία λόγω διάβρωσης λείπουν ολόκληρα τμήματα.

Πίνακας 9.6: Επίπεδο διάβρωσης του χάλυβα σύμφωνα με το πρότυπο ISO 8501-1

Ακόμα το πρότυπο αυτό προτείνει τα παρακάτω μέτρα αντιμετώπισης ανάλογα με τη κατηγορία διάβρωσης.

Επίπεδο Διάβρωσης	Παραδοχές προσομοίωσης
A	Το μέλος προσομοιώνεται με τα πλήρη αδρανειακά χαρακτηριστικά της διατομής του.
B	Το μέλος προσομοιώνεται για την αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης με τα αδρανειακά χαρακτηριστικά της διατομής του απομειωμένα κατά 10% και για τον έλεγχο επάρκειας στην μελλοντική ενισχυμένη κατάσταση με τα πάχη των ελασμάτων της διατομής του απομειωμένα κατά 10%.
C	Το μέλος προσομοιώνεται για την αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης με τα αδρανειακά χαρακτηριστικά της διατομής του απομειωμένα κατά 25% και για τον έλεγχο επάρκειας στην μελλοντική ενισχυμένη κατάσταση με τα πάχη των ελασμάτων της διατομής του απομειωμένα κατά 20%.
D	Το μέλος προσομοιώνεται για την αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης με τα αδρανειακά χαρακτηριστικά της διατομής του απομειωμένα κατά 50%. Στην μελλοντική ενισχυμένη κατάσταση το μέλος προτείνεται να αντικατασταθεί από νέο, με ίδια διατομή, από χάλυβα ποιότητας S235.
X	Το μέλος προσομοιώνεται για την αρχική αποτίμηση με τα αδρανειακά χαρακτηριστικά της διατομής του απομειωμένα κατά 80%. Στην μελλοντική ενισχυμένη κατάσταση το μέλος προτείνεται να αντικατασταθεί από νέο, με ίδια διατομή, από χάλυβα ποιότητας S235.

Πίνακας 9.7: Παραδοχές προσομοίωσης ανάλογα με το επίπεδο διάβρωσης του χάλυβα

Ακαθαρσίες	Μέθοδος καθαρισμού
Λίπη και έλαια/Υδροδιαλυτές ακαθαρσίες, π.χ. άλατα	Καθαρισμός με νερό, ατμοβολή ή αλκάλια.
Καλαμίνα	Καθαρισμός με οξέα, ξηρή βολή, υγρή βολή, φλογοβολή.
Σκωρία	Όπως για την καλαμίνα και με μηχανικά μέσα –αμμοβολή- ή υδροβολή.
Επιστρώσεις	Sweeping -Βολή προς αγρίεμα της υπάρχουσας επίστρωσης, χωρίς την πλήρη απομάκρυνση της, ώστε να αυξήσει την πρόσφυση με τις επόμενες επιστρώσεις-.

Πίνακας 9.8: Καθαρισμός επιφανειών -EN ISO 12944 -Μέρος 4-.

Κατηγορία	Διαβρωτικότητα	Περιβάλλον/Περιγραφή
C1	Ασήμαντη	Ξηροί εσωτερικοί χώροι. Ποσοστό υγρασίας < 60%, ατμόσφαιρα με χαμηλή περιεκτικότητα σε SO ₂ .
C2	Μικρή	Αγροτικές περιοχές και χωριά. Ατμόσφαιρα με χαμηλή περιεκτικότητα σε SO ₂ ή άλλα βλαβερά συστατικά. Υγροί εσωτερικοί χώροι.
C3	Μέτρια	Πόλεις. Ατμόσφαιρα με μεσαία περιεκτικότητα σε SO ₂ ή άλλα βλαβερά συστατικά.
C4	Μεγάλη	Βιομηχανικές περιοχές. Ατμόσφαιρα με μεσαία περιεκτικότητα σε SO ₂ ή άλλα βλαβερά συστατικά. Κολυμβητήρια.
C5	Πολύ μεγάλη	Θαλάσσιο. Ατμόσφαιρα με μεγάλη περιεκτικότητα σε χλωρίδα και διαρκή υγρασία.

Πίνακας 9.9: Κατηγορίες ατμοσφαιρικής έκθεσης κατά EN ISO 12944, Μέρος 2.

Βαθμός	Περιγραφή
Sa 1	Απομάκρυνση χαλαρής καλαμίνας, χαλαρής σκουριάς, χαλαρών επιστρώσεων και όλων των χαλαρών ακαθαρσιών.
Sa 2	Σχεδόν πλήρης αποκατάσταση καλαμίνας, σκουριάς, επιστρώσεων και όλων των ακαθαρσιών.
Sa 2 1/2	Πλήρης απομάκρυνση καλαμίνας, σκουριάς επιστρώσεων και όλων των ακαθαρσιών. Παραμένοντα ίχνη εμφανίζονται ως ελαφριές σκιές.

Πίνακας 9.10: Βαθμός καθορισμού επιφανειών – EN ISO 8501-Μέρος 1, απόσπασμα-.

9.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ.

Το ελληνικό εγχειρίδιο αξιολόγησης γεφυρών εστιάζει και αυτό όπως το εγχειρίδιο αυτοψίας σε γέφυρες από σκυρόδεμα.

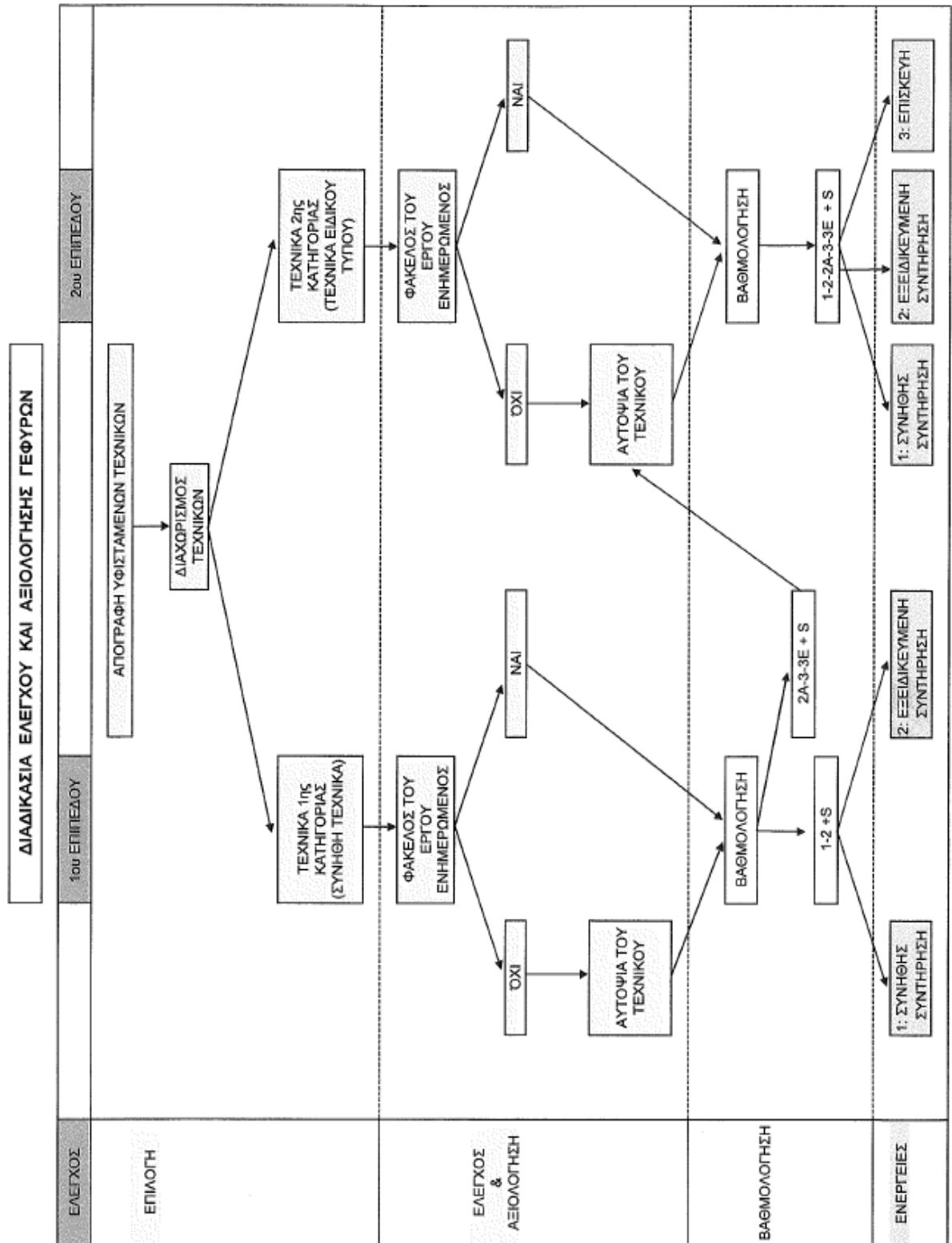
Είναι πλήρως συνυφασμένο με το εγχειρίδιο αυτοψίας και ο επιθεωρητής μηχανικός οφείλει να τα χρησιμοποιεί συνδυαστικά. Αφού δηλαδή γίνει η αυτοψία-επιθεώρηση στο πεδίο της γέφυρας, τότε μόνο μπορεί να αξιολογήσει τη γέφυρα.

Το εγχειρίδιο αυτό κατηγοριοποιεί τις γέφυρες σε 2 κατηγορίες ανάλογα με ο είδος της γέφυρας. Μάλιστα στη 2η κατηγορία τοποθετεί καλωδιωτές / σύμμικτες και εξωτερικής προέντασης γέφυρες.

Στο εγχειρίδιο αυτοψίας-επιθεώρησης όπως αναφέρθηκε η γέφυρα κατηγοριοποιείται σε κατηγορίες 1,2,2 A,3, 3 E , ME. Στις κατηγορίες 2 A, 3, 3 E υπάρχουν σοβαρές βλάβες και όποτε σημειώνεται το γράμμα "S" σημαίνει ότι απαιτείται ΑΜΕΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.

Επομένως οι 5 κλάσεις των τεχνικών έργων είναι:

- 1)** Τεχνικά έργα σε καλή κατάσταση
- 2)** Δομικά στοιχεία σε καλή κατάσταση και άλλα πρόσθετα με μικρές φθορές
- 2A)** Δομικά στοιχεία σε καλή κατάσταση που αν έχουν φθορές απαιτούνται άμεσα μέτρα συντήρησης.
- 3)** Αλλοίωση διατομών απαιτούνται εργασίες επισκευής χωρίς χαρακτήρα επείγοντος
- 3E)** Τα δομικά στοιχεία παρουσιάζουν σημαντικές φθορές και απαιτούνται επείγουσες εργασίες επισκευής
- ME)** Οι γέφυρες αυτές δεν έχουν επιθεωρηθεί για περισσότερο από 3 χρόνια



Σχήμα 9.1: Διαδικασία ελέγχου και αξιολόγησης γεφυρών σύμφωνα με το ελληνικό εγχειρίδιο αξιολόγησης γεφυρών

9.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΓΕΦΥΡΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

Οι κανονισμοί αυτοί αξιολογούν τα μέλη της μεταλλικής γέφυρας με βάση τέσσερις (4) καταστάσεις .

Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
- Καμία επέμβαση - Απλή προστασία	- Προστασία	- Προστασία - Αποκατάσταση ατέλειας - Επισκευή	-Αποκατάσταση ατέλειας -Αντικατάσταση μέλους

Πίνακας 9.11: Μέτρα επέμβασης με βάση τη κατάσταση των τμημάτων της γέφυρας

Μεταλλική Ακραία Διαμήκης Δοκός – Μέλος 100

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Διάβρωση	Καμία	Έναρξη σκουριάς	Διαδεδομένη διάβρωση- ύπαρξη κοιλοτήτων	Η κατάσταση είναι σοβαρότερη από αυτήν της κατάστασης 3. Απαιτείται στατική επίβλεψη για αξιολόγηση αντοχής και λειτουργικότητας του μέλους της γέφυρας
Ρωγμές/Κόπωση	Καμία	Αρχικό στάδιο ρωγμών	Αρκετά διαδομένες ρωγμές	
Συνδέσεις	Σωστή λειτουργία συνδέσεων	Εμφάνιση κάποιων ατελειών	Έλλειψη κοχλιών/ήλων/πριτσινιών Συγκολλήσεις με ατέλειες ή που έχουν ρωγμές.	

Πίνακας 9.12: Κατηγοριοποίηση κατάστασης μέλους ανάλογα την ατέλεια/αστοχία

Μεταλλικές Εγκάρσιες δοκοί – Μέλος 101

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Διάβρωση	Καμία	Έναρξη σκουριάς	Διαδεδομένη διάβρωση- ύπαρξη κοιλοτήτων	Η κατάσταση είναι σοβαρότερη από αυτήν της κατάστασης 3 . Απαιτείται στατική επίβλεψη για αξιολόγηση αντοχής και λειτουργικότητας του μέλους της γέφυρας
Ρωγμές/Κόπωση	Καμία	Αρχικό στάδιο ρωγμών	Αρκετά διαδομένες ρωγμές	
Συνδέσεις	Σωστή λειτουργία συνδέσεων	Εμφάνιση κάποιων ατελειών	Έλλειψη κοχλιών/ήλων/πριτσινιών Συγκολλήσεις με ατέλειες ή που έχουν ρωγμές.	

Πίνακας 9.13: Κατηγοριοποίηση κατάστασης μέλους ανάλογα την ατέλεια/αστοχία

Μεταλλική Διαμήκης δοκός – Μέλος 102

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Διάβρωση	Καμία	Έναρξη σκουριάς	Διαδεδομένη διάβρωση- ύπαρξη κοιλοτήτων	Η κατάσταση είναι σοβαρότερη από αυτήν της κατάστασης 3 . Απαιτείται στατική επίβλεψη για αξιολόγηση αντοχής και λειτουργικότητας του μέλους της γέφυρας
Ρωγμές/Κόπωση	Καμία	Αρχικό στάδιο ρωγμών	Αρκετά διαδομένες ρωγμές	
Συνδέσεις	Σωστή λειτουργία συνδέσεων	Εμφάνιση κάποιων ατελειών	Έλλειψη κοχλιών/ήλων/πριτσινιών Συγκολλήσεις με ατέλειες ή που έχουν ρωγμές.	

Πίνακας 9.14: Κατηγοριοποίηση κατάστασης μέλους ανάλογα την ατέλεια/αστοχία

Μεταλλικά Δικτυώματα – Μέλος 103

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Διάβρωση	Καμία	Έναρξη σκουριάς	Διαδεδομένη διάβρωση- ύπαρξη κοιλοτήτων	Η κατάσταση είναι σοβαρότερη από αυτήν της κατάστασης 3. Απαιτείται στατική επίβλεψη για αξιολόγηση αντοχής και λειτουργικότητας του μέλους της γέφυρας
Ρωγμές/Κόπωση	Καμία	Αρχικό στάδιο ρωγμών	Αρκετά διαδομένες ρωγμές	
Συνδέσεις	Σωστή λειτουργία συνδέσεων	Εμφάνιση κάποιων ατελειών	Έλλειψη κοχλιών/ήλων/πριτσινιών Συγκολλήσεις με ατέλειες ή που έχουν ρωγμές.	
Θλιβόμενα μέλη	Δεν υπάρχουν μέλη εκτός επιπέδου	Εντοπισμός μελών με κάμψη εκτός επιπέδου	Υπαρξη μελών ευαίσθητα σε εκτός επιπέδου κάμψη	

Πίνακας 9.15: Κατηγοριοποίηση κατάστασης μέλους ανάλογα την ατέλεια/αστοχία

Κιβωτιοειδείς διατομές – Μέλος 104

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Διάβρωση	Καμία	Έναρξη σκουριάς	Διαδεδομένη διάβρωση-ύπαρξη κοιλοτήτων	Η κατάσταση είναι σοβαρότερη από αυτήν της κατάστασης 3 . Απαιτείται στατική επίβλεψη για αξιολόγηση αντοχής και λειτουργικότητας του μέλους της γέφυρας
Ρωγμές/Κόπωση	Καμία	Αρχικό στάδιο ρωγμών	Αρκετά διαδομένες ρωγμές	
Συνδέσεις	Σωστή λειτουργία συνδέσεων	Εμφάνιση κάποιων ατελειών	Έλλειψη κοχλιών/ήλων/πριτσινιών Συγκολλήσεις με ατέλειες ή που έχουν ρωγμές.	

Πίνακας 9.16: Κατηγοριοποίηση κατάστασης μέλους ανάλογα την ατέλεια/αστοχία

Τόξα Μεταλλικών γεφυρών – Μέλος 105

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Διάβρωση	Καμία	Έναρξη σκουριάς	Διαδεδομένη διάβρωση-ύπαρξη κοιλοτήτων	Η κατάσταση είναι σοβαρότερη από αυτήν της κατάστασης 3 . Απαιτείται στατική επίβλεψη για αξιολόγηση αντοχής και λειτουργικότητας του μέλους της γέφυρας
Ρωγμές/Κόπωση	Καμία	Αρχικό στάδιο ρωγμών	Αρκετά διαδομένες ρωγμές	
Συνδέσεις	Σωστή λειτουργία συνδέσεων	Εμφάνιση κάποιων ατελειών	Έλλειψη κοχλιών/ήλων/πριτσινιών Συγκολλήσεις με ατέλειες ή που έχουν ρωγμές.	
Θλιβόμενα μέλη	Δεν υπάρχουν μέλη εκτός επιπέδου	Εντοπισμός μελών με κάμψη εκτός επιπέδου	Υπαρξη μελών ευαίσθητα σε εκτός επιπέδου κάμψη	

Πίνακας 9.17: Κατηγοριοποίηση κατάστασης μέλους ανάλογα την ατέλεια/αστοχία

Μεταλλικά Καλώδια – Μέλος 106 Α- Β (Πρωτεύοντα-Δευτερεύοντα)

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Διάβρωση	Καμία	Έναρξη σκουριάς	Διαδεδομένη διάβρωση-ύπαρξη κοιλοτήτων	Η κατάσταση είναι σοβαρότερη από αυτήν της κατάστασης 3 . Απαιτείται στατική επίβλεψη για αξιολόγηση αντοχής και λειτουργικότητας του μέλους της γέφυρας
Σύρματα και δέσιμό τους	Σωστή λειτουργία καλωδίωσης	Σωστή λειτουργία καλωδίωσης	Τα καλώδια έχουν πολλές αστοχίες στα σύρματα, απώλειες μελών. Το δέσιμο των συρμάτων έχει σπάσει.	
Αγκυρώσεις	Σωστή λειτουργία αγκύρωσης	Σωστή λειτουργία αγκύρωσης	Απώλεια μέλους/κοχλιών/ήλων, συγκολλήσεις με αστοχία ή με ατέλειες	

Πίνακας 9.18: Κατηγοριοποίηση κατάστασης μέλους ανάλογα την ατέλεια/αστοχία

Μεταλλικά Ελάσματα Σύνδεσης – Μέλος 107

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Διάβρωση	Καμία	Έναρξη σκουριάς	Διαδεδομένη διάβρωση-ύπαρξη κοιλοτήτων	Η κατάσταση είναι σοβαρότερη από αυτήν της κατάστασης 3 . Απαιτείται στατική επίβλεψη για αξιολόγηση αντοχής και λειτουργικότητας του μέλους της γέφυρας
Ρωγμές/Κόπωση	Καμία	Αρχικό στάδιο ρωγμών	Αρκετά διαδομένες ρωγμές	
Συνδέσεις	Σωστή λειτουργία συνδέσεων	Εμφάνιση κάποιων ατελειών	Έλλειψη κοχλιών/ήλων/πριτσινιών Συγκολλήσεις με ατέλειες ή που έχουν ρωγμές.	

Πίνακας 9.19: Κατηγοριοποίηση κατάστασης μέλους ανάλογα την ατέλεια/αστοχία

Επίσης πρέπει να ελέγχονται και οι βαφές / μέσα προστασίας των παραπάνω μελών έναντι των παρακάτω ατελειών.

**Κατάσταση των προστατευτικών μέσων μεταλλικών διατομών όπως -
προστατευτικές βαφές, γαλβανισμοί ή άλλες επικαλύψεις ενάντια στη διάβρωση.**

Ελάττωμα	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
Ξεβαφή- Παραγωγή πούδρας (Chalking)	Καμία	Έναρξη chalking	Απώλεια χρωστικής	Απώλεια χρωστικής
Ξεφλούδισμα - Ζάρες	Καμία	Καμία	Ελάχιστη	Απώλεια χρώματος και υλικού προστασίας
Οξειδία στα χρώματα	Ανοιχτό καφέ	Κίτρινο/πορτοκαλί	Σκούρο καφέ	Μαύρο
Αποτελεσματικότητα	Καλή κατάσταση/ Πλήρως αποτελεσματική ή προστασία	Μέτρια κατάσταση/Μέτρια αποτελεσματικότητα προστασίας	Κακή κατάσταση/ Περιορισμένη αποτελεσματικότητα προστασίας	Αστοχία, Καμία προστασία του μετάλλου

Πίνακας 9.20

10 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Για το φαινόμενο της κόπωσης που όπως έχει προαναφερθεί είναι ένα από τα σημαντικότερα που έχει να αντιμετωπίσει μια μεταλλική γέφυρα προτείνονται αποτελεσματικές μέθοδοι επισκευής και/ ή ενίσχυσης. Οι περιπτώσεις που θα παρουσιαστούν πιο κάτω έχουν παρθεί από διάφορες διεθνείς πηγές όσον αφορά τη κόπωση και την αντιμετώπισή της.

10.1 ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

- Απομάκρυνση των ρωγμών μέσω απόξεσης
- Εκ νέου συγκόλληση
- Επιφανειακή επεξεργασία με τη χρήση της μεθόδου TIG-dressing, hammer peening ή της απόξεσης
- Προσθήκη πλακών ή πλαστικών πλακών ενισχυμένων με ίνες
- Κοχλιωτές συνδέσεις με τη χρήση προεντεταμένων κοχλιών υψηλής αντοχής.
- Βελτίωση σχήματος
- Περιορισμός των οπών
- Τροποποίηση της λεπτομέρειας της σύνδεσης.

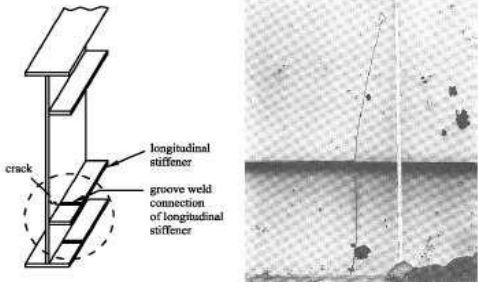
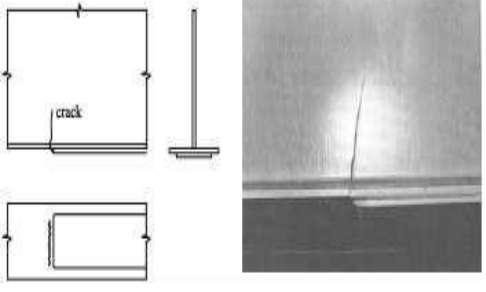
		Μέθοδοι επισκευής και ενίσχυσης							
		Απόξεση	Εκ νέου συγκόλληση	Επιφανειακή επεξεργασία	Προσθήκη πλακών	Κοχλιωτές συνδέσεις	Βελτίωση σχήματος	Περιορισμός οπών	Τροποποίηση συνδέσεων
Αιτίες εμφάνισης ρηγματώσεως κόπωσης	Ατέλειες συγκόλλησης	Κ	Κ	Ο	Κ	Α	Κ	Ο	Κ
	Έλλειψη σύντηξης	Μ	Κ	Κ	Κ	Α	Α	Κ	Α
	Ρηγματώση κατά την ψύξη	Μ	Κ	Κ	Μ	Α	Κ	Κ	Α
	Περιορισμοί	Μ	Μ	Κ	Κ	Α	Κ	Κ	Α
	Δόνηση	Μ	Μ	Κ	Κ	Μ	Κ	Μ	Α
	Κενά στον κορμό	Κ	Μ	Κ	Μ	Ο	Ο	Μ	Α
	Γεωμετρικές αλλαγές	Μ	Μ	Μ	Κ	Α	Ο	Μ	Κ
	Web breathing	Ο	Μ	Μ	Μ	Μ	Ο	Κ	Α
		Α: Άριστη		Κ: Καλή		Μ: Μέτρια		Ο: Όχι καλή	

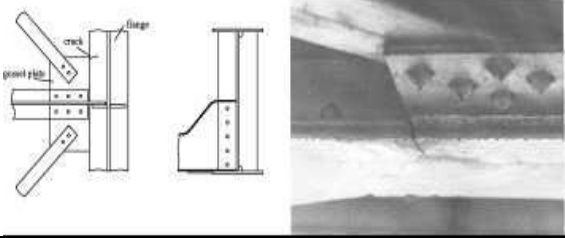
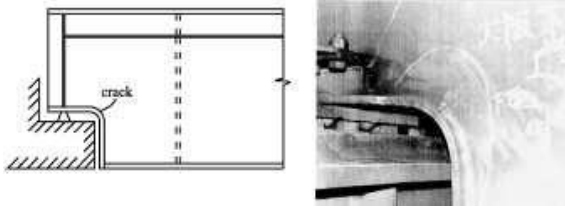
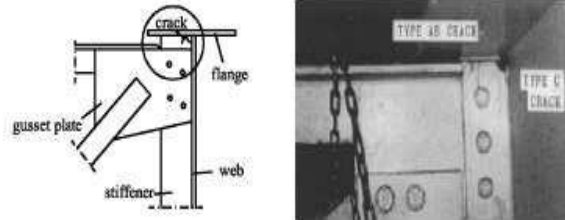
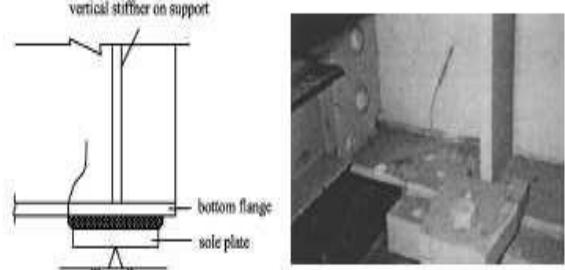
Πίνακας 10.1: Εφαρμοσιμότητα των μεθόδων επισκευής και ενίσχυσης των αστοχιών λόγω κόπωσης στις συγκολλητές κατασκευές

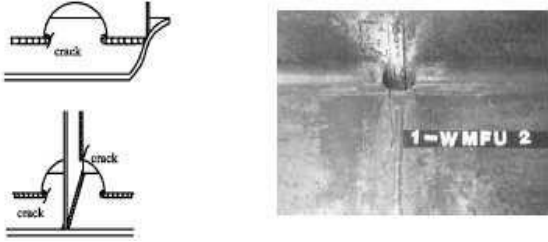
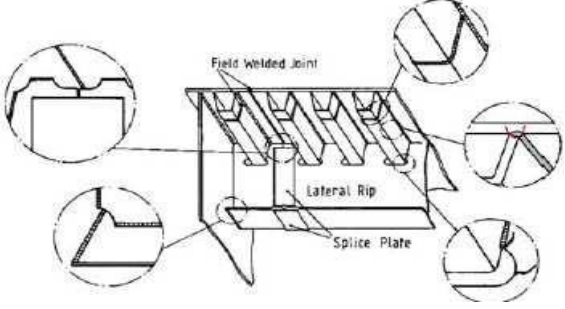
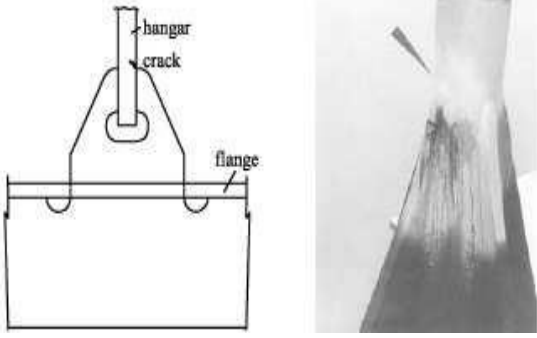
		Μέθοδοι επισκευής και ενίσχυσης						
		Προεντεταμένοι κοχλίες	Προσθήκη πλακών	Επισκευή συγκολλήσεων	Προσθήκη ενισχυμένων πλακών	Αλλαγή στατικού συστήματος	Περιορισμός οπών	Επισκευή εφεδρώνων
Αιτίες εμφάνισης ρηγιμάτωσης κόπωσης	Διαδικασία εφαρμογής ήλων	Κ	Κ	Μ/Ο	Κ	Κ	-	-
	Εμφάνιση ρωγμών στις οπές	Α	Α	Ο	Μ	Μ	Ο	-
	Εμφάνιση ρωγμών στην πλήρη διατομή	Ο	Α	Ο	Κ	Μ	Ο	-
	Λεπτές πλάκες ενίσχυσης	Α	Ο	Ο	Μ	Μ	Ο	-
	Κάμψη εκτός επιπέδου	Ο	Ο	Ο	Κ	Μ	Α	-
	Δευτερογενείς τάσεις	Ο	Ο	Ο	Κ	-	Κ	Α
	Τοπική συγκέντρωση τάσεων	-	-	-	-	-	Μ	-
	Παγωμένες αρθρώσεις	-	-	Ο	-	-	-	Α
	Λεπτομέρειες χαμηλής αντοχής	Μ	Κ	-	Κ	Κ/Μ	-	-
Α: Άριστη		Κ: Καλή		Μ: Μέτρια		Ο: Όχι καλή		-: Μη εφαρμόσιμη

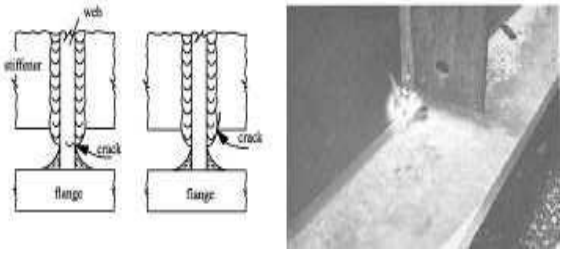
Πίνακας 10.2: Εφαρμοσιμότητα των μεθόδων επισκευής και ενίσχυσης των αστοχιών λόγω κόπωσης στις κοχλιωτές κατασκευές.

Για συγκολλητές διατομές που πάσχουν στα **φαινόμενα κόπωσης** παρουσιάζεται μια περίληψη τυπικών μορφών αστοχίας καθώς και μέθοδοι επισκευής και/ή ενίσχυσης.

Μορφή αστοχίας κόπωσης	Μέθοδος επισκευής	Μέθοδος ενίσχυσης
<p>Εγκάρσια ραφή συγκόλλησης Ρωγμές στη βάση της ραφής συγκόλλησης της σύνδεσης από τη μεριά των διαμηκών νευρώσεων ή στα πέλματα των δοκών, οι οποίες εντείνονται</p>  <p>The technical drawing shows a cross-section of a longitudinal stiffener connected to a plate via a groove weld. A crack is indicated at the base of the weld. Labels include 'crack', 'longitudinal stiffener', and 'groove weld connection of longitudinal stiffener'. The photograph shows a similar crack in a real-world structure.</p>	<p>-Προσθήκη πλακών ή FRP</p> <p>-Σύνδεση με τη χρήση κοχλιών</p> <p>-Εκ νέου συγκόλληση και εφαρμογή επιφανειακών επεξεργασιών όταν η ρηγμάτωση δεν έχει φτάσει στον κορμό</p>	<p>-Προσθήκη πλακών ή FRP</p> <p>-Σύνδεση με τη χρήση κοχλιών</p> <p>-Εκ νέου συγκόλληση</p>
<p>Το τέλος των πλακών σύνδεσης Ρωγμές εγκάρσιες στις συγκολλήσεις στο τέλος της πλάκας σύνδεσης</p>  <p>The technical drawing shows a plate connected to a longitudinal stiffener. A crack is shown at the end of the plate. Labels include 'crack'. The photograph shows a crack in a real-world structure.</p>	<p>Εξαρτάται από το μήκος της επιφανειακής ρηγμάτωσης:</p> <p>-Για μακριές ρωγμές</p> <p>L<40 mm: Περιορισμός οπών και συνδέσεις με τη χρήση κοχλιών</p> <p>-Για μικρές ρωγμές</p> <p>L<10mm: Επιφανειακή επεξεργασία όπως TIG dressing και hammer peening</p>	<p>-Βελτίωση της πλάκας συγκόλλησης</p> <p>-Επιφανειακή επεξεργασία, όπως η απόξεση και/ή peening</p> <p>-Προσθήκη πλακών ή FRP</p> <p>-Πραγματοποίηση συνδέσεων διάτμησης με τη χρήση κοχλιών ή μέσω της έγχυσης κοχλιών</p>

<p>Πρόσθετη πλάκα στα πέλματα των δοκών Ρωγμές στη συγκόλληση του πρόσθετου ελάσματος.</p> 	<p>-Περιορισμός οπών</p> <p>-Βελτίωση της φτέρνας συγκόλλησης</p>	<p>-Βελτίωση της φτέρνας συγκόλλησης</p> <p>-Επιφανειακή επεξεργασία</p>
<p>Τέλος της δοκού της πλάκας καταστρώματος Ρωγμές στο τέλος της δοκού της πλάκας καταστρώματος.</p> 	<p>-Περιορισμός οπών</p> <p>-Πλήρης συγκόλληση και επιφανειακή επεξεργασία</p> <p>-Ενίσχυση με τη σύνδεση πλακών</p>	<p>-Προσθήκη κοχλιωτών συνδέσεων με πλευρικές πλάκες</p> <p>-Προσθήκη πλακών ή FRP</p>
<p>Διατομή σύνδεσης στον ορθοστάτη Ρωγμές στη διατομή σύνδεσης του ορθοστάτη του άνω πέλματος.</p> 	<p>-Περιορισμός οπών</p> <p>-Πλήρης συγκόλληση και επιφανειακή επεξεργασία</p>	<p>-Βελτίωση της φτέρνας συγκόλλησης</p> <p>-Επιφανειακή επεξεργασία, όπως η απόξεση και/ή reeening</p> <p>-Πραγματοποίηση συμμετρικών συνδέσεων</p>
<p>Απομονωμένη πλάκα σύνδεσης Ρωγμή κοπώσεως στην πλάκα σύνδεσης στη λεπτομέρεια της στηρίξης.</p> 	<p>-Προσθήκη πλακών ή πλευρικών στηριξεων στον κορμό της στηριζόμενης δοκού</p> <p>-Ενίσχυση με κοχλιωτές συνδέσεις. Περιορισμός οπών</p>	<p>-Προσθήκη πλακών ή πλευρικών στηριξεων στον κορμό της στηριζόμενης δοκού</p> <p>-Ενίσχυση με κοχλιωτές συνδέσεις</p> <p>-Τροποποίηση της λεπτομέρειας της σύνδεσης</p>

<p>Αφαίρεση ενός μέρους του κορμού (weld access-hole ή rat hole) Εμφάνιση ρωγμών στον κορμό ή στο πέλμα, αρχίζοντας από τη ραφή της φτέρνας συγκόλλησης στο μέρος από όπου λείπει τμήμα του κορμού.</p> 	<p>-Περιορισμός οπών όταν εμφανίζονται ρωγμές στον κορμό</p> <p>-Προσθήκη πλακών ή FRP</p>	<p>-Προσθήκη πλακών ή FRP</p> <p>-Αυξάνοντας την καμπυλότητα στα σημεία κοπής</p> <p>-Πλήρη συγκόλληση και επιφανειακή επεξεργασία</p>
<p>Ορθότροπο κατάστρωμα γέφυρας Ορθότροπο κατάστρωμα μεταλλικής γέφυρας, διαφορετικές λεπτομέρειες με χαμηλή αντοχή στην κόπωση</p> 	<p>-Περιορισμός οπών</p> <p>-Προσθήκη πλακών ή FRP</p>	<p>-Προληπτικό περιορισμό οπών</p> <p>-Ενίσχυση του καταστρώματος με ένα λεπτότερο μεταλλικό κατάστρωμα ή ένα λεπτότερο πεζοδρόμιο</p> <p>-Προσθήκη μεταλλικών πλακών ή FRP</p>
<p>Hanger and pinned συνδέσεις Σε αυτές τις συνδέσεις προκαλούνται ρωγμές από δονήσεις (π.χ. άνεμος, κυκλοφορία οχημάτων)</p> 	<p>-Συγκόλληση εκ νέου των μικρών ρηγματώσεων σε συνδυασμό με επιφανειακή επεξεργασία</p>	<p>-Αλλαγή του στατικού συστήματος ή της λεπτομέρειας σύνδεσης</p> <p>-Βελτίωση της ποιότητας της συγκόλλησης με τη χρήση μεθόδων επιφανειακής επεξεργασίας</p> <p>-Αύξηση των καμπυλοτήτων</p>

<p>Κενά εγκάρσιων νευρώσεων κορμού. Ρωγμές κοντά στο τέλος κατακόρυφης νευρώσης κορμού</p> 	<p>-Περιορισμός οπών</p> <p>-Τελείωμα της φτέρνας συγκόλλησης με απόξεση ή TIG-dressing.</p>	<p>-Πρόληψη της παραμόρφωσης εκτός επιπέδου του κορμού μιας δοκού</p> <p>-Αύξηση της ευκαμψίας μιας σύνδεσης</p>
<p>Δοκός πατώματος - κάτω πέλμα Ρωγμές κοπώσεως εμφανίζονται στο κόψιμο του τελειώματος της δοκού πατώματος</p> 	<p>-Περιορισμός οπών</p> <p>-Gouging και εκ νέου συγκόλληση</p>	<p>-Προσθήκη πλάκας πληρώσεως</p> <p>-Συνδέσεις με τη χρήση κοχλιών υψηλής αντοχής</p>

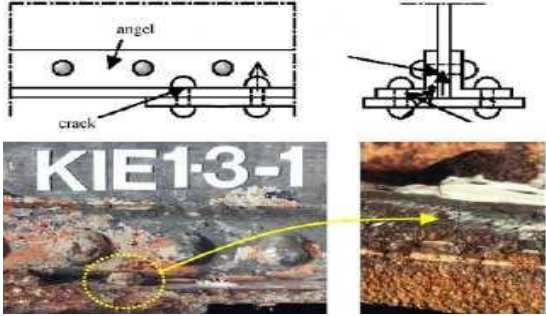
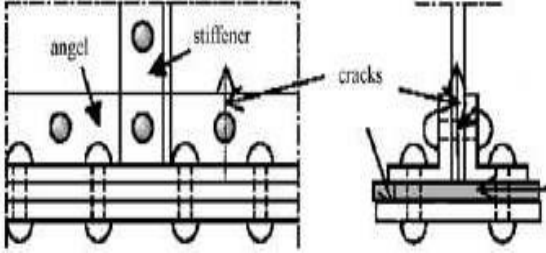
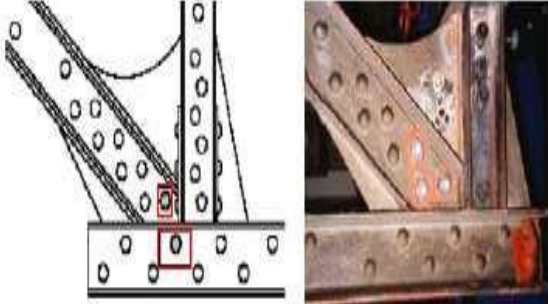
Πίνακας 10.3: Μορφές αστοχίας κοπώσεως και μέτρα επισκευής και ενίσχυσής τους

10.2 ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΟΧΛΙΩΣΕΩΝ Ή ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΗΛΟΥΣ

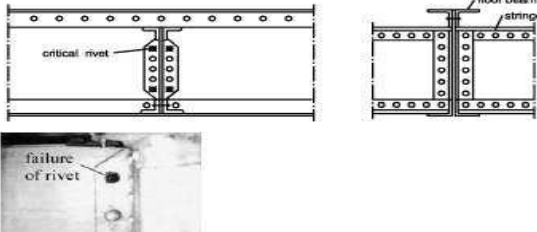
- Προεντεταμένοι κοχλίες ή έγχυση κοχλιών
- Τοποθέτηση επιπρόσθετων κατασκευαστικών μελών, έλεγχος συγκολλησιμότητας
- Επισκευή συγκολλήσεων, απαιτούμενος έλεγχος της συγκολλησιμότητας
- Προσθήκη πλακών ή πλαστικών πλακών ενισχυμένων με ίνες υαλοβάμβακα (FRP strips).
- Αλλαγή στατικού συστήματος
- Περιορισμός των οπών
- Επισκευή των εφεδράνων



Σχήμα 10.1: Αντικατάσταση ήλων με υψηλής αντοχής κοχλίες

Μορφή αστοχίας κοπώσεως	Μέθοδος επισκευής	Μέθοδος ενίσχυσης
<p>Τελείωμα ελάσματος σύνδεσης Ρωγμές αρχίζουν στις οπές στην απομειωμένη διατομή στο τέλος του ελάσματος σύνδεσης εξαιτίας της υπερφόρτισης και των γεωμετρικών αλλαγών</p> 	<p>-Αφαίρεση του ρηγματωμένου μέλους, προσθήκη μεγαλύτερου ελάσματος και προσθήκη ενός ελάσματος στο εφελκυσμένο πέλμα με τη χρήση κοχλιών</p>	<p>-Χρήση κοχλιών υψηλής αντοχής στη τελευταία σύνδεση του πάνω ελάσματος σύνδεσης -Προσθήκη πλήρους ελάσματος και μακρύτερο έλασμα σύνδεσης με τη χρήση κοχλιών -Προσθήκη πλακών ή FRP</p>
<p>Τελείωμα ελάσματος σύνδεσης Ρωγμές στο πέλμα της απομειωμένης διατομής εξαιτίας των γεωμετρικών αλλαγών</p> 	<p>-Αφαίρεση του ρηγματωμένου μέλους, προσθήκη μεγαλύτερου ελάσματος και προσθήκη ενός ελάσματος στο εφελκυσμένο πέλμα με τη χρήση κοχλιών</p>	<p>-Χρήση κοχλιών υψηλής αντοχής στη τελευταία σύνδεση του πάνω ελάσματος σύνδεσης -Προσθήκη πλήρους ελάσματος και μακρύτερο έλασμα σύνδεσης με τη χρήση κοχλιών -Προσθήκη πλακών ή FRP</p>
<p>Συνδεδετικά ελάσματα Ρωγμές στα συνδεδετικά ελάσματα εξαιτίας του αναποτελεσματικού πάχους</p> 	<p>-Μικρές ρωγμές: κοχλίες υψηλής αντοχής -Μεγάλες ρωγμές: Αλλαγή του συνδεδετικού ελάσματος</p>	<p>-Χρήση κοχλιών στη θέση των τελευταίων 3-4 ήλων των ενώσεων των μελών του δικτυώματος -Απόξεση των οπών των ήλων για την αφαίρεση μικρόρωγμών, οι οποίες προκλήθηκαν κατά την εφαρμογή του ήλου</p>

Μορφή αστοχίας κοπώσεως	Μέθοδος επισκευής	Μέθοδος ενίσχυσης
<p>Ballast sheets Ρωγμές στα κυλινδρικά Ballast sheets.</p> 	<p>-Περιορισμός οπών, ως σύγχρονο μέτρο</p> <p>-Αλλαγή του στατικού συστήματος με την απευθείας εφαρμογή των φορτίων στη σταυροειδή διατομή με τη χρήση δύσκαμπτων δοκών μεταφοράς φορτίων</p>	<p>-Αποφόρτιση του κυλινδρικού ballast sheets χωρίς οριζόντιες νευρώσεις αλλά με τη χρήση δύσκαμπτων δοκών μεταφοράς φορτίων</p>
<p>Σύνδεση σταυροειδούς δοκού διαμήκου δοκού. Ρωγμές στη σύνδεση μιας σταυροειδούς δοκού και μιας διαμήκου δοκού οδοστρώματος.</p> 	<p>-Μείωση της δυσκαμψίας με τη διάτρηση μεγάλων οπών</p> <p>-Αντικατάσταση του κατασκευαστικού μέλους</p>	<p>-Μείωση της δυσκαμψίας με τη διάτρηση μεγάλων οπών</p> <p>-Αντικατάσταση του κατασκευαστικού μέλους</p>
<p>Εφεδρανα Ρωγμές εξαιτίας των παγωμένων εφεδράνων και αρθρώσεων, εξαιτίας της διάβρωσης και των θερμοκρασιακών μεταβολών.</p> 	<p>-Περιορισμός οπών</p> <p>-Αντικατάσταση του ρηγματωμένου μέλους</p> <p>-Λειτουργικός έλεγχος των εφεδράνων</p>	<p>-Έλεγχος της διαβρωτικής προστασίας</p> <p>-Έλεγχος της κινητικότητας των εφεδράνων και των αρθρώσεων</p>

<p>Δοκός σε σύνδεση με τη δοκό του πατώματος. Αστοχία λόγω κόπωσης της κεφαλής των ήλων εξαιτίας τοπικής κάμψης</p> 	<p>-Χρήση κοχλιών υψηλής αντοχής στη τελευταία σύνδεση των συνδεόμενων μελών</p>	<p>-Αλλαγή ήλων με τη χρήση κοχλιών υψηλής αντοχής -Προσθήκη επιπρόσθετων μελών -Αλλαγή στατικού συστήματος</p>
---	--	---

Πίνακας 10.4 Μορφές αστοχίας κοπώσεως και μέθοδοι επισκευής και ενίσχυσής τους

10.3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΜΕΛΗ

Η διάβρωση είναι και αυτή με τη σειρά της ένα μείζον πρόβλημα για τις μεταλλικές γέφυρες. Πέρα από αντιδιαβρωτικά μέτρα που έχουν αναφέρει και προηγουμένως για τα διάφορα στοιχεία της γέφυρα υπάρχουν μέτρα που φαίνεται πως λειτουργούν πολύ καλά έναντι διάβρωσης.

Ο καθαρισμός με λέιζερ είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνική φυσικής αφαίρεσης σκουριάς για να αντικαταστήσει την τρέχουσα αμμοβολή και την αφαίρεση σκουριάς με οξέα. Τα οφέλη του καθαρισμού με λέιζερ περιλαμβάνουν φιλικότητα προς το περιβάλλον και παθητικοποίηση της διαβρωμένης επιφάνειας. Επιπλέον, η συγκέντρωση τάσεων στο επίπεδο των διαβρωμένων χαλύβδινων μελών μπορεί να μειωθεί κατά την εξομάλυνση της επιφάνειας μέσω καθαρισμού με λέιζερ.

Η αμμοβολή και η χρήση οξέων ως μέσα προστασίας έναντι διάβρωσης δημιουργούν μικροζημιές στην επιφάνεια των μετάλλων και οδηγούν στη γρηγορότερη μετέπειτα διάβρωση.

Αν λοιπόν βελτιστοποιηθούν οι παράμετροι που επηρεάζουν τον καθαρισμό με laser θα είναι όλο και πιο σπάνια ή καθυστερημένη η εμφάνιση της διάβρωσης. Τέτοιοι παράμετροι είναι μήκος κύματος, η ροή του laser, η διάρκεια των παλμών, η ένταση του laser, η συχνότητα επανάληψης.



Σχήμα 10.2: Καθαρισμός σκουριάς με laser

10.4 ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Μία νεότερη τεχνική που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση της διάβρωσης στα καλώδια των γεφυρών είναι η έκθεση των καλωδίων σε εξαναγκασμένη αφύγρανση. Σε μεγάλες κατασκευές όπως στη γέφυρα στο Kobe της Ιαπωνίας και στη γέφυρα Benjamin Franklin στην Πενσυλβάνια, ξηρός αέρας διέρχεται από τα καλώδια, γεγονός που δεν επιτρέπει στον χάλυβα να εκτεθεί σε υγρασία. Για να λειτουργήσει αυτό το σύστημα προστασίας, η σχετική υγρασία του εξαναγκασμένου αέρα πρέπει να είναι μικρότερη από περίπου 40%. Προτείνονται οι εξής μέθοδοι προστασίας των καλωδίων σε μεταλλικές γέφυρες

- Αντιδιαβρωτική προστασία των καλωδίων με μέθοδο
- Βαφή προστασίας του καλωδίου
- Κάλυψη του καλωδίου με σπειροειδή γαλβανισμένο σύρμα ή neoprene ή πλαστική ταινία
- Επένδυση από πολυαιθυλένιο με γέμιση τσιμεντοκονιάματος.
- Επένδυση από πολυαιθυλένιο χωρίς γέμιση.
- Οποιοσδήποτε συνδυασμός των παραπάνω συστημάτων προστασίας.



Σχήμα 10.3: Κάλυψη καλωδίου με πλαστική ταινία



Σχήμα 10.4: Επιθεώρηση καλωδίου από μηχανικούς

11 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΑΥΡΩΝΙΤΗ ΧΑΝΙΩΝ

11.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σημαντικό έργο της Κρητικής Πολιτείας, η γέφυρα του Ταυρωνίτη στον ομώνυμο οικισμό σχεδιάστηκε και κτίστηκε το 1901 από το μηχανικό Μιχάλη Σαββάκη. Αποτέλεσε σημαντικό τεχνολογικό επίτευγμα για τα δεδομένα της εποχής και έργο πνοής για τον τόπο, καθώς συνέδεε την πόλη των Χανίων και την επαρχία της Κυδωνίας με τις επαρχίες Κισιάμου και Σελίνου. Λόγω του μεγάλου πλάτους του ποταμού Ταυρωνίτη (150 μ.), η γέφυρα δεν μπορούσε να γίνει πετρόκτιστη και γι' αυτό προτάθηκε η μεταλλική κατασκευή. Για την κατασκευή της χρησιμοποιήθηκαν σίδερα από τη Γερμανία, το πάτωμά της ήταν ξύλινο με 3,5 μέτρα πλάτος, ενώ είχε και πεζοδρόμια στα πλάγια, πλάτους 60 εκατοστών. Κατά τη μάχη της Κρήτης, το πρώτο δεκαήμερο του Μαΐου του 1941, η γέφυρα και η γύρω από αυτήν περιοχή αποτέλεσαν το πιο σκληρό ίσως θέατρο πολεμικών επιχειρήσεων μεταξύ των επιτιθέμενων Γερμανών και των Συμμάχων που κρατούσαν την άμυνα του αεροδρομίου του Μάλεμε. Από τους γερμανικούς βομβαρδισμούς ένα μέρος της γέφυρας κατέρρευσε και αναστηλώθηκε πρόχειρα από τους κατακτητές. Αρκετές δεκαετίες αργότερα, το 1998, η φθορά του χρόνου και η διάβρωση είχαν ως επακόλουθο να υποστεί εκ νέου ζημιά η γέφυρα, μέχρι που το 2000 έγινε πλήρης αποκατάσταση στην αρχική της μορφή από τον τότε Δήμο Βουκολιών. Σήμερα, η γέφυρα έχει χαρακτηριστεί Νεώτερο Ιστορικό Μνημείο και αποτελεί τμήμα πεζοπορικών και ποδηλατικών διαδρομών. Δίπλα της υπάρχουν ένα παλιό πολυβολείο, ένας πύργος από γερμανικό άρμα μάχης Panzer 38T, δυο εξουδετερωμένες νάρκες MKG-MODO αμερικάνικης κατασκευής, καθώς και μία τορπίλη, για να θυμίζουν το αιματοβαμμένο κρητικό έπος του '41.



Σχήμα 11.1 Γέφυρα Ταυρωνίτη

11.2 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΔΙΟΥ

11.2.1 Επισκέψεις

Πραγματοποιήθηκαν αρκετές επισκέψεις στη Μεταλλική γέφυρα του Ταυρωνίτη προκειμένου να γίνει μια επιτόπου αποτύπωση της γέφυρας. Εκ των υστέρων έγιναν επισκέψεις προκειμένου να παρθούν φωτογραφίες των ατελειών- ζημιών- αστοχιών της γέφυρας. Στις επισκέψεις αυτές έγιναν και επιτόπου μετρήσεις όσον αφορά και τις διατομές της γέφυρας προκειμένου να γίνει γνωστό ποιες έχουν χρησιμοποιηθεί και πως είναι συνδεδεμένες για τη στατική επάρκεια του φορέα.

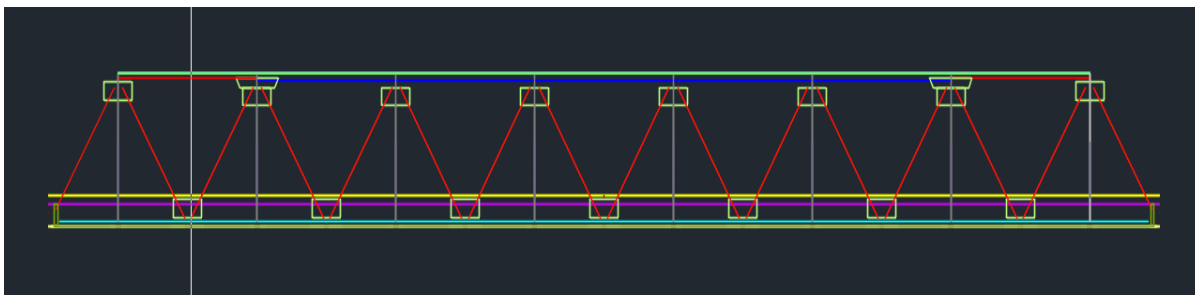
11.2.2 Επιτόπου μετρήσεις

11.2.2.1 Αποτύπωση της γέφυρας

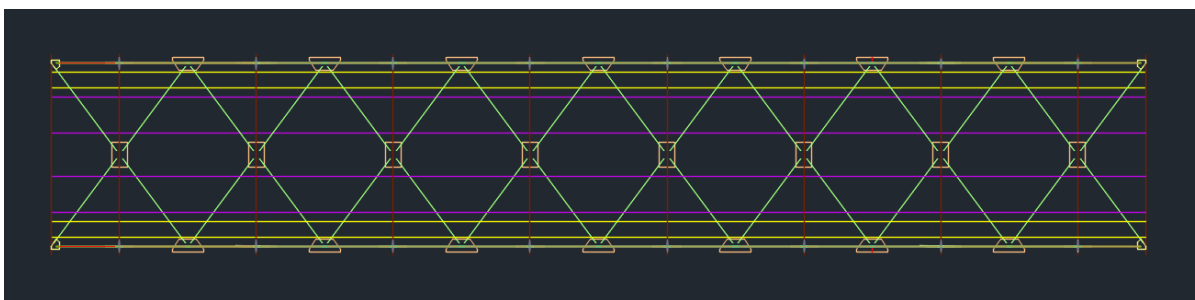
Για να ξεκινήσει η διαδικασία της αποτίμησης της μεταλλικής γέφυρας στον Ταυρωνίτη Χανίων, έπρεπε να γίνει η αποτύπωσή της, μιας και δεν είχαν διατηρηθεί τα σχέδια με τα οποία σχεδιάστηκε, κατασκευάστηκε το 1901 και ανακατασκευάστηκε το 2000.

Επομένως με τη χρήση μέτρου, μετρητή αποστάσεων laser και ενός αναλογικού παχύμετρου έγινε η αποτύπωση του φορέα της γέφυρας.

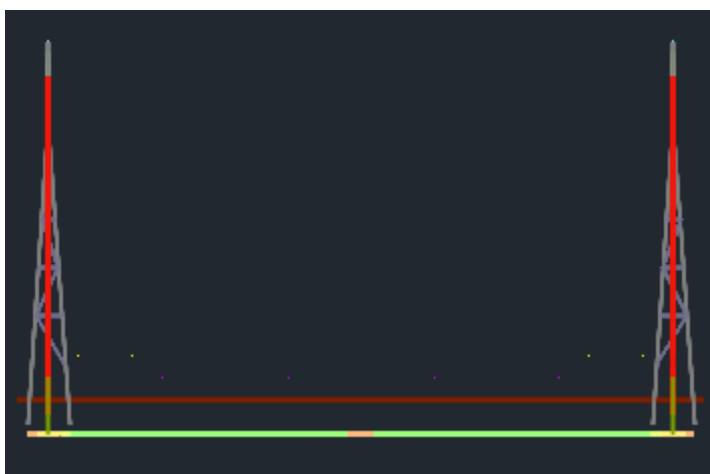
Το επόμενο βήμα ήταν να σχεδιαστεί στο σχεδιαστικό περιβάλλον του AutoCad.



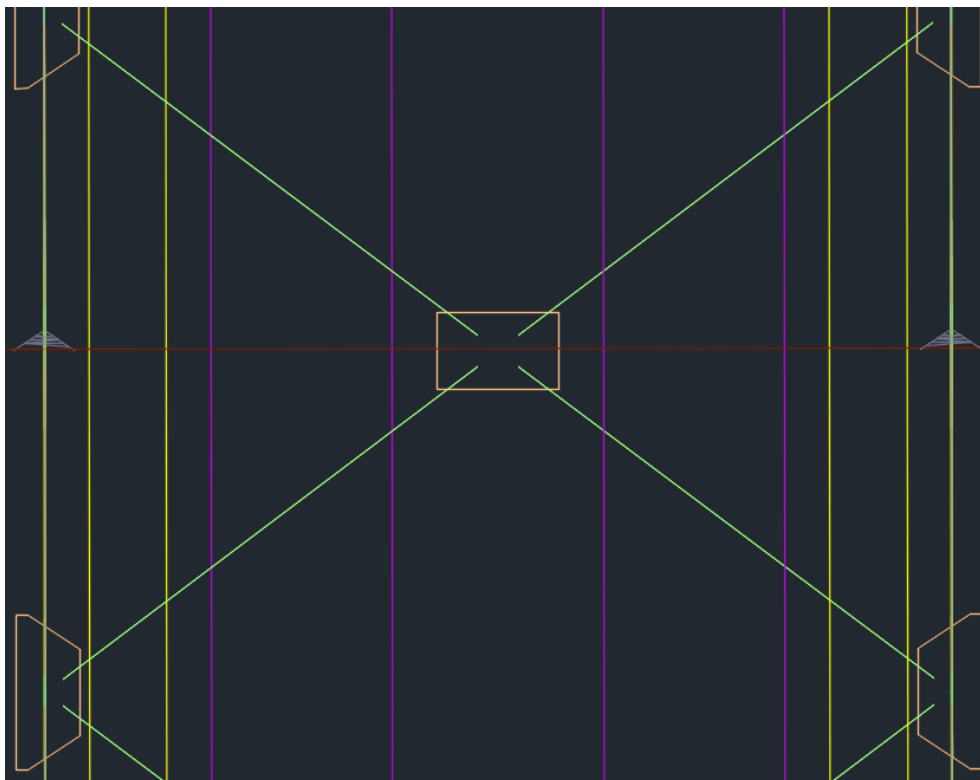
Σχήμα 11.2: Σχεδιασμός στο περιβάλλον AutoCad. Όψη της γέφυρας.



Σχήμα 11.3: Σχεδιασμός το περιβάλλον Autocad. Κάτοψη της γέφυρας.



Σχήμα 11.4: Σχεδιασμός στο περιβάλλον Autocad. Πλάγια όψη της γέφυρας



Σχήμα 11.5: Σχεδιασμός στο περιβάλλον AutoCad. Λεπτομέρεια χιαστί συνδέσμου και ελασμάτων σύνδεσης στο κάτω μέρος της γέφυρας.

Στη συνέχεια έγινε μια επανασχεδίαση του φορέα, σε απλοποιημένη μορφή ώστε να μπορέσει να γίνει σωστά η προσομοίωσή του στο πρόγραμμα στατικής ανάλυσης Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020 – Student version. Σε αυτή τη σχεδίαση αφαιρέθηκαν τα ελάσματα σύνδεσης και οι εκκεντρότητες των κεντροβαρικών αξόνων των διατομών του φορέα.

Σχεδιάστηκαν όλα κεντροβαρικά. Οι εκκεντρότητες δόθηκαν μέσω του στατικού προγράμματος.

11.2.2.2 Φωτογραφίες της κατάστασης του φορέα

Η εργασία που ακολούθησε αμέσως μετά την αποτύπωση της γέφυρας ήταν να παρθούν φωτογραφίες από τη μεταλλική γέφυρα του Ταυρωνίτη για τους εξής λόγους:

- Φωτογραφικό αρχείο της παρούσας κατάστασης της γέφυρας
- Εκ των υστέρων έλεγχος της κατάστασης και εξέλιξης των ατελειών/ ζημιών της γέφυρας



Σχήμα 11.6:
Ορθοστάτης
της γέφυρας και
σύνδεσης του
με διαδοκίδα.



Σχήμα 11.7:
Έλασμα
σύνδεσης
διαγωνίων όψης
με άνω κύριες
δοκούς



Σχήμα 11.8:
Σύνδεση
διαγωνίων όψης
με έλασμα
σύνδεσης στη
κάτω κύρια
δοκό της
γέφυρας.



Σχήμα 11.9:
Χιαστί
σύνδεσμοι
δυσκαμφίας,
εγκάρσιες
δοκοί, και
διαμήκεις δοκοί.



Σχήμα 11.10:
Σύνδεση
διαμήκων
δοκών με την
εγκάρσια δοκό.



Σχήμα 11.11:
Λεπτομέρεια
σύνδεσης
διαμήκους
δοκού με
εγκάρσια δοκό



Σχήμα 11.12:
Λεπτομέρεια σύνδεσης
διαμήκους δοκού με
εγκάρσια δοκό



Σχήμα 11.13:
Λεπτομέρεια
κύριας δοκού με
εγκάρσια δοκό

11.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

10.3.1 Γενικές πληροφορίες

Η μεταλλική γέφυρα στον Ταυρωνίτη Χανίων η οποία είναι το κύριο θέμα αποτίμησης αυτής της διπλωματικής δεν είναι αυτή η οποία ήδη έχει ανακατασκευαστεί από την αρμόδια αρχή διαχείρισης το 2000, αλλά ένα τμήμα 31,60 m το οποίο βρίσκεται παραμελημένο δίπλα στη νέα γέφυρα του Ταυρωνίτη από σκυρόδεμα.

Πρόκειται λοιπόν για μια γέφυρα μήκους 31,60 μέτρων και πλάτους 5 μέτρων η οποία κάποτε χρησιμοποιούνταν από οχήματα αλλά η αποτίμηση και η ζητούμενη ενίσχυσή της σε αυτή τη διπλωματική γίνεται με τη προοπτική να χρησιμοποιείται ως μία πεζογέφυρα. Η περιοχή είναι αρκετά τουριστική και αρκετοί πεζοπόροι περνάνε από τη περιοχή ειδικά τα καλοκαίρια, και μια τέτοια ανακατασκευή της γέφυρας θα ήταν πολύ ορθή κίνηση για την ανανέωση της περιοχής και τη προσέλκυση νέου κόσμου τόσο Κρητικών όσο και τουριστών.

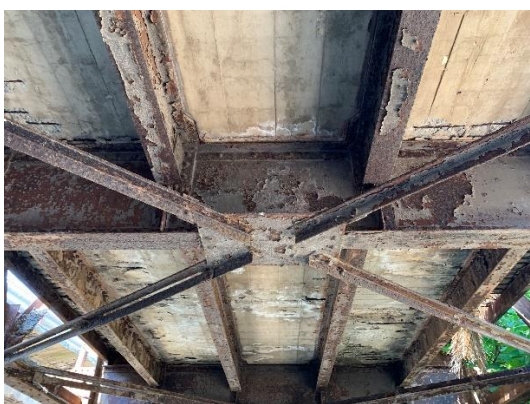
10.3.2 Στατικό σύστημα και μέλη γέφυρας

Η γέφυρα είναι αμφιέρειστη, αλλά σήμερα είναι προσωρινά ακουμπισμένη πάνω σε υποστηρίγματα από σκυρόδεμα, τα οποία κατασκευάστηκαν όταν κατασκευάστηκε η γέφυρα από σκυρόδεμα η οποία χρησιμοποιείται σήμερα.

Μέλη της γέφυρας

Οι δύο κύριες δοκοί της γέφυρας είναι δικτυωτής μορφής, με τριγωνική δικτύωση και ορθοστάτες, που ξεκινούν από τους κόμβους των άνω πελμάτων και καταλήγουν στα κάτω πέλματα.

Στους κόμβους στήριξης δεν υπάρχουν ορθοστάτες και τα πέλματα των δοκών άνω και κάτω είναι παράλληλες σύνθετες δοκοί. Τα στοιχεία δικτύωσης μορφώνονται με γωνιακά ελάσματα και οι εγκάρσιες δοκοί είναι σύνθετες από κορμό και πέλματα τα οποία άνω και κάτω είναι ζεύγος γωνιακών ελασμάτων με έλασμα κάλυψης. Οι κατά μήκος ενδιάμεσες δοκοί είναι υψίκορμες και το άνω πέλμα τους βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τα άνω πέλματα των κύριων δοκών. Στο κάτω πέλμα τοποθετούνται χιαστί σύνδεσμοι όπως μπορείτε να δείτε και στη φωτογραφία από κάτω.



Σχήμα 11.14: Ενδιάμεσες διαμήκεις, και άνω πέλμα στο ίδιο επίπεδο με άνω πέλμα εγκάρσιων.



Σχήμα 11.15: Στους κόμβους στήριξης δεν υπάρχουν ορθοστάτες

Στην άνω πλευρά του κάτω πέλματος των διαμήκων δοκών, κύριων και ενδιάμεσων υπάρχει μία πλάκα σκυροδέματος πάχους 15 cm η οποία είναι σε κακή κατάσταση.

Κατά μήκος της εσωτερικής πλευράς των κύριων δοκών υπάρχει προστατευτικό κιγκλίδωμα από τρεις σειρές γωνιακών ελασμάτων.

Όλα τα μεταλλικά μέλη θεωρούνται ότι είναι από χάλυβα S235, συνδεδεμένα μεταξύ τους με γωνιακά ελάσματα και κομβοελάσματα, κατά κύριο λόγο με ηλώσεις.

Οι κύριες δοκοί έχουν ύψος 3,35 μέτρα, αποτελούνται από 7 φατνώματα στο άνω πέλμα και 8 φατνώματα στο κάτω πέλμα μήκους 3,95 μέτρων το καθένα, που μορφώνεται ως εξής. Το άνω πέλμα είναι σύνθετη διατομή από κορμό λάμα σταθερού πάχους και μεταβλητού ύψους και ένα ζεύγος γωνιακών ελασμάτων. Μάλιστα κατά μήκος λόγω διαφοροποίησης της έντασης, η σύνθετη αυτή διατομή φέρει δύο ή και τρεις εν επαφή λάμες πέλματος. Το κάτω πέλμα, είναι επίσης σύνθετη διατομή και μορφώνεται όπως και το άνω πέλμα.

Η τριγωνική δικτύωση μορφώνεται με δύο γωνιακά ελάσματα τοποθετημένα αντιδιαγωνίως. Οι ορθοστάτες των κυρίων δικτυωτών δοκών μορφώνονται ως δικτυώματα μορφής ορθογωνίου τριγώνου με τις κορυφές τους στους κόμβους του άνω πέλματος των κύριων δοκών. Τα πέλματα του δικτυώματος των ορθοστατών είναι από γωνιακά ελάσματα, ενώ η εσωτερική δικτύωση δημιουργείται από λάμες.

Οι κύριες εγκάρσιοι δοκοί που φέρουν το κατάστρωμα είναι σύνθετες από κορμό και πέλματα τα οποία άνω και κάτω είναι ζεύγος γωνιακών ελασμάτων με έλασμα κάλυψης.

Οι ενδιάμεσες κατά μήκος δοκοί, είναι υψίκορμες.



Σχήμα

11.16: Ενδιάμεσες υψίκορμες διαμήκεις δοκοί

Οι σύνδεσμοι του κάτω πέλματος αποτελούνται από γωνιακά ελάσματα και συνδέονται τόσο μεταξύ τους, όσο και με τις κύριες δοκούς μέσω κομβοελασμάτων.



Σχήμα 11.17: Χιαστί σύνδεσμοι συνδεόμενοι σε κομβοέλασμα, αλλά και σε κύριες δοκούς.

11.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΛΑΒΩΝ

10.4.1 Διάβρωση

Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει αυτή η γέφυρα είναι το πρόβλημα της διάβρωσης. Σε άλλα μέλη είναι εξαιρετικά διαδεδομένη και σε εξελιγμένο στάδιο ενώ σε άλλα η διάβρωση είναι πιο περιορισμένη.

11.4.1.1 Διάβρωση διαγώνιων μελών

Όλα τα **διαγώνια μέλη** του δικτυώματος έχουν διάβρωση σε προχωρημένο στάδιο.



Σχήμα 11.18: Διάβρωση σε προχωρημένο στάδιο στα διαγώνια μέλη του δικτυώματος.



Σχήμα 11.19: Διάβρωση διαγώνιων μελών.



Σχήμα 11.20: Διάβρωση διαγώνιων μελών .

11.4.1.2 Διάβρωση ορθοστατών

Ακόμα σε προχωρημένο στάδιο διάβρωσης είναι όπως φαίνεται ήδη και από τις παραπάνω φωτογραφίες οι **ορθοστάτες**.



Σχήμα 11.21:

Διάβρωση σε προχωρημένο
στάδιο στους ορθοστάτες,



Σχήμα 11.22:

Διάβρωση σε προχωρημένο
στάδιο στους ορθοστάτες



Σχήμα 11.23: Λεπτομέρεια Διάβρωσης στους ορθοστάτες



Σχήμα 11.24: Λεπτομέρεια διάβρωσης στους ορθοστάτες

11.4.1.3 Διάβρωση εγκάρσιων δοκών

Όσον αφορά την εκδήλωση της διάβρωσης στις **εγκάρσιες δοκούς** της μεταλλικής γέφυρας του Ταυρωνίτη υπάρχουν μέλη στα οποία είναι φανερά περισσότερο διαδεδομένη από άλλα.

Σε κάποιες εγκάρσιες δοκούς, έχει απλά φύγει λίγο χρώμα ενώ άλλες έχουν διαβρωθεί σε τέτοιο βαθμό που είναι αρκετά ανησυχητικό για τη στατική επάρκεια του φορέα. Παρακάτω υπάρχουν φωτογραφίες με την διάβρωση αυτή.

Εγκάρσιες δοκοί με **λιγότερη διάβρωση**



Σχήμα 11.25:

Εγκάρσια δοκός που δεν έχει χάσει το χρώμα της σε σημαντικό βαθμό.



Σχήμα 11.26:

Εγκάρσιες δοκοί με χαμηλότερα επίπεδα διάβρωσης

Εγκάρσιες δοκοί με **υψηλότερα επίπεδα διάβρωσης**

Σχήμα 11.27: Εγκάρσια δοκός με αρκετά εξελιγμένο το επίπεδο διάβρωσης.



Σχήμα 11.28: Διάβρωση σε εξελιγμένη μορφή, μιας και σε σημεία η σκωρία εξέλασης έχει απομακρυνθεί λόγω διάβρωσης ή μπορεί να αφαιρεθεί με απόξεση, αλλά υπάρχουν και μικρές κοιλότητες βελονισμού που είναι ορατές με γυμνό μάτι.

Ακόμα παρατηρήθηκαν εναλλαγές στη διάβρωση κατά μήκος κάποιων εγκάρσιων δοκών, όπως των δύο ακραίων. Αυξημένη διάβρωση υπήρχε και στην πλειονότητα των άκρων των εγκάρσιων δοκών.

Παρακάτω δίνονται αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες.



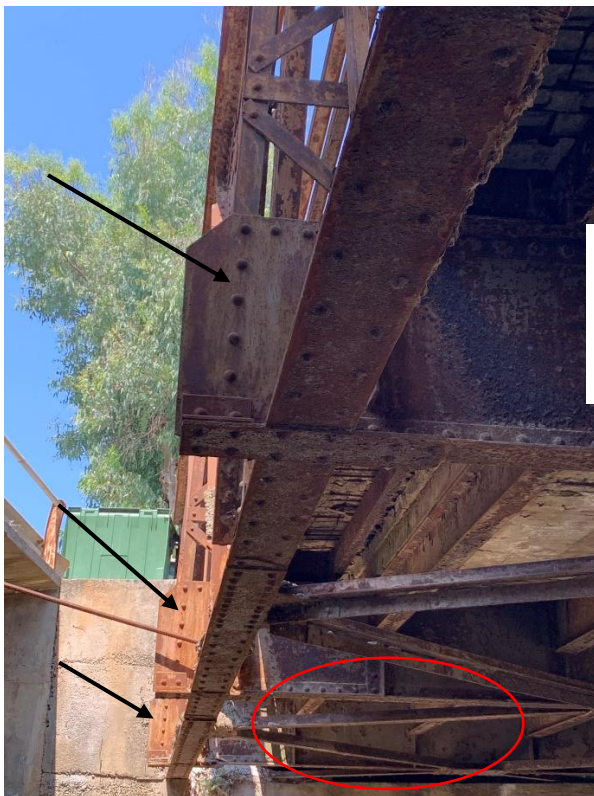
Σχήμα 11.29: Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της έντονης διάβρωσης τοπικά σε εγκάρσια δοκό.



Σχήμα 11.30: Λεπτομέρεια εναλλαγής στην εξέλιξη της διάβρωσης στην ακραία εγκάρσια δοκό.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, εναλλαγές στην εξέλιξη της διάβρωσης είχαν και τα άκρα των εγκάρσιων δοκών σε σχέση με τα μεσαία τμήματά τους.

Χαρακτηριστικές φωτογραφίες:



Σχήμα 11.31: Ακραία τμήματα
εγκάρσιων δοκών
με αυξημένη διάβρωση



Σχήμα 11.32: Λεπτομέρεια διαφοροποίησης της διάβρωσης από τα μέσα προς τα άκρα

11.4.1.4 Διάβρωση ενδιάμεσων διαμήκων δοκών

Στις ενδιάμεσες διαμήκειες δοκούς παρατηρήθηκε και πάλι εναλλαγή στη διάβρωση ανάλογα με τη θέση του μέλους αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό.

Δηλαδή μεγαλύτερη διάβρωση είχαν οι δύο ενδιάμεσες δοκοί στα δύο κεντρικά φατνώματα της γέφυρας, ενώ οι περισσότερες είχαν χαμηλά σε σχέση με τις εγκάρσιες, επίπεδα διάβρωσης.

Αξίζει να αναφερθεί ότι παρατηρήθηκε και αρκετά αυξημένη διάβρωση σε μία διαμήκη δοκό στο πρώτο και στο τελευταίο φάτνωμα.

Διαμήκειες δοκοί με **χαμηλά επίπεδα διάβρωσης:**



Σχήμα 11.33: Οι ενδιάμεσες διαμήκειες δοκοί δεν έχουν τόσο αυξημένο επίπεδο διάβρωσης. Αρκετές ενδείξεις ύπαρξης προστατευτικής βαφής.

Ενδιάμεσες διαμήκεις δοκοί με **αυξημένα επίπεδα διάβρωσης**.



Σχήμα 11.34: Ενδιάμεση διαμήκης δοκός στο άκρο της μεταλλικής γέφυρας



Σχήμα 11.35: Ενδιάμεσες διαμήκεις δοκοί στο μέσο της γέφυρας, με αυξημένη διάβρωση

11.4.1.5 Διάβρωση ακραίων δοκών άνω και κάτω

Στη περίπτωση των ακραίων δοκών άνω και κάτω του δικτυώματος, παρατηρήθηκε καλύτερη κατάσταση από ότι τα διαγώνια μέλη του.

Δεν υπήρχαν δηλαδή διευρυμένα σημεία που είχε απομακρυνθεί η σκωρία εξέλασης, ούτε σημαντικά σημεία στα οποία ήταν ευδιάκριτα με το γυμνό μάτι κοιλότητες βελονισμού.



Σχήμα 11.36: Ύπαρξη δειγμάτων προστατευτικής βαφής στο άνω πέλμα δικτυώματος και όχι στο διαγώνιο μέλος



Σχήμα 11.37: Διάβρωση άνω πελμάτων δικτύωσης



Σχήμα 11.38: Διάβρωση κάτω πελμάτων δικτύωσης.

11.4.1.6 Χιαστί σύνδεσμοι

Στους χιαστί συνδέσμους που βρίσκονται στο κάτω μέρος της γέφυρας παρατηρήθηκε χαμηλότερη διάβρωση. Η πλειονότητα είχε διατηρήσει τη προστατευτική βαφή της, η οποία είχε αποκολληθεί κατά τόπους.



Σχήμα 11.39:

Χιαστί σύνδεσμοι με χαμηλότερη διάβρωση



Σχήμα 11.40: Φανερή η διατήρηση του χρώματος ανά τόπους στους χιαστί συνδέσμους

11.4.2 Αστοχίες και έντονες παραμορφώσεις μελών και συνδέσεων

Στη μεταλλική γέφυρα του Ταυρωνίτη δεν παρουσιάστηκαν εκτενείς παραμορφώσεις μελών, ούτε αστοχίες μελών. Υπήρχαν ζημιές και ατέλειες στα μέλη, οι οποίες όμως είναι εύκολα επιδιορθώσιμες.

Υπήρχαν φυσικά και μέλη στα οποία υπήρξαν τοπικοί λυγισμοί, αλλά και μέλος το οποίο είχε αστοχήσει εντελώς (τρύπα λόγω διάβρωσης) όπως φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες.



Σχήμα 11.41: Τοπικός λυγισμός στη κύρια δοκό στο πέλαμα ενίσχυσης της σύνθετης διατομής



Σχήμα 11.42: Τρύπα που προκλήθηκε από εξέλιξη σχισμής διάβρωσης, σε διαγώνιο μέλος χιαστί

Πραγματοποιήθηκε συστηματική καταγραφή διάβρωσης και βλαβών προκειμένου να γίνει μια ορθή και αντιπροσωπευτική προσομοίωση σε πρόγραμμα στατικής ανάλυσης του φορέα, αλλά και για εύρεση των σωστότερων μεθόδων επιδιόρθωσης και ενίσχυσης αυτής της γέφυρας. Υπάρχει λοιπόν επιτακτική ανάγκη για άμεσα σωστικά μέτρα τα οποία πρέπει να ληφθούν προκειμένου αυτή η γέφυρα να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Σκοπός της ανάλυσης που ακολουθεί και των προτάσεων ενίσχυσης που προτείνονται είναι η αφύπνιση της περιφερειακής κοινότητας των Χανίων για επιδιόρθωση της γέφυρας.

11.5 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ ΣΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Για την αριθμητική προσομοίωση της μεταλλικής γέφυρας του Ταυρωνίτη Χανίων επιλέχθηκε το πρόγραμμα ανάλυσης Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020. Το πρώτο βήμα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής όσον αφορά την προσομοίωση και ανάλυση ήταν να ελεγχθεί η υφιστάμενη κατάσταση της γέφυρας.

11.5.1 Γενικές παραδοχές

Επειδή η γέφυρα είναι ηλικίας άνω των εκατό (100) ετών, δεν βρέθηκαν στοιχεία ούτε της μελέτης ούτε των σχεδίων.

Η προσομοίωση λοιπόν υπέρ της ασφαλείας και για συντηρητικότητα έγινε με **χάλυβα ποιότητας S235** για όλα τα μέλη και έγιναν απομειώσεις στα πάχη των μελών ανάλογα με τη κατηγορία διάβρωσης που θεωρήθηκε ότι βρίσκονται.

11.5.2 Γεωμετρία φορέα

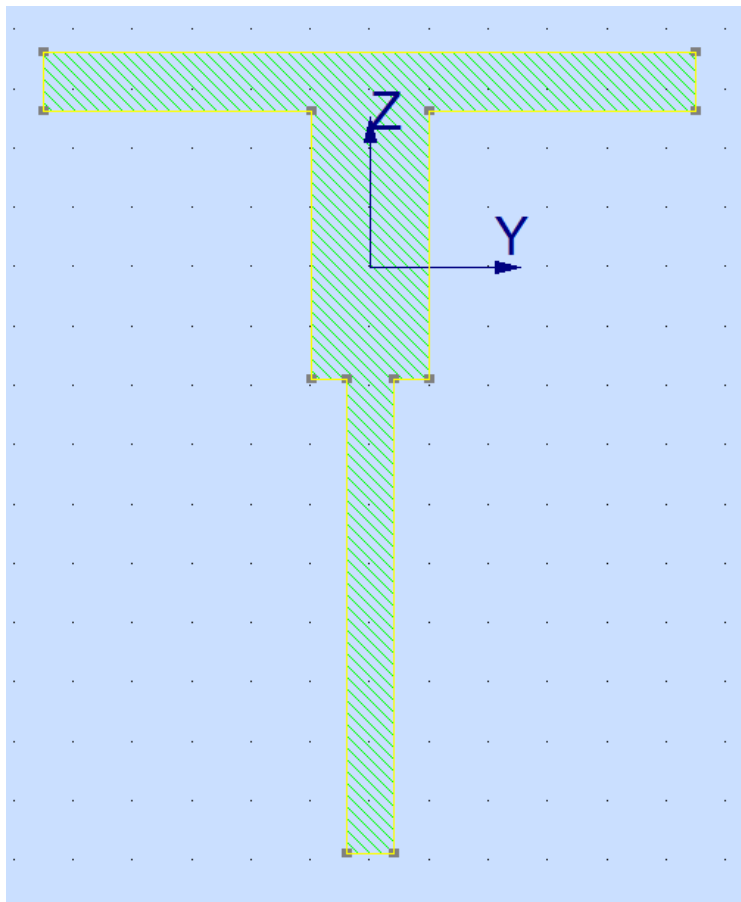
Το μοντέλο της μεταλλικής γέφυρας του Ταυρωνίτη Χανίων αποτελείται από τις κύριες δοκούς μήκους 31,60 μέτρων. Το δικτύωμα ύψους 3,30 μέτρων που, τις εγκάρσιες δοκούς μήκους 5 μέτρων. Τις ενδιάμεσες διαμήκεις δοκούς μήκους 3,95 μέτρων, εκτός των ακραίων δύο που είναι μισές σε μήκος. Ακόμα οι ορθοστάτες της γέφυρας είναι ύψους 3,30 μέτρων και αποτελούνται από διατομές σε κλίση που ενώνονται μεταξύ τους με κάποια ελάσματα σύνδεσης. Τέλος ο φορέας στο κάτω μέρος έχει τους χιαστί συνδέσμους ανά φάτνωμα οι οποίοι αποτελούνται από 4 τμήματα που ενώνονται με κεντρικό έλασμα σύνδεσης στο κάτω πέλμα των εγκάρσιων δοκών.

11.5.3 Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά διατομών των μελών

11.5.3.1 Κύριες διαμήκεις δοκοί (άνω και κάτω)

Οι διαμήκεις δοκοί είναι σύνθετης διατομής που αποτελείται από κεντρικό έλασμα 2 L διατομές εκατέρωθεν και μία πλάκα κάλυψης από πάνω και από κάτω, για τις άνω και κάτω κύριες δοκούς αντίστοιχα. Στο πρώτο και το τελευταίο άνοιγμα άνω και κάτω οι διατομές έχουν χαμηλότερο ύψος (17 εκατοστά) ενώ στα υπόλοιπα ανοίγματα οι διατομές είναι ύψους 27 εκατοστών.

Η προσομοίωση έγινε με μία διατομή μεταβλητού πάχους και με τις εξής διαστάσεις:



Πλάτος πέλματος
 $b=22\text{cm}$

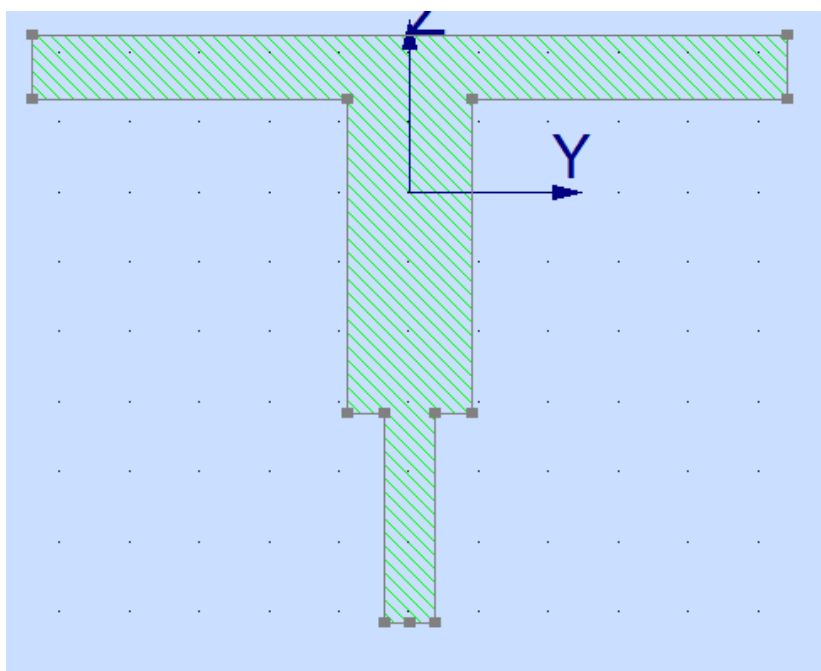
Πάχος πέλματος
 $t_f = 2\text{ cm}$

Ύψος διατομής L
 $h=9\text{ cm}$

Πάχος διατομής L
 $t_L = 1,2\text{ cm}$

Υψος συνολικής διατομής
Ολικό=27 cm

Σχήμα 11.42: Ύψος διατομής 27 εκατοστών.



Πλάτος πέλματος
 $b=22\text{cm}$

Πάχος πέλματος
 $t_f = 2\text{ cm}$

Ύψος διατομής L
 $h=9\text{ cm}$

Πάχος διατομής L
 $t_L = 1,2\text{ cm}$

Υψος συνολικής διατομής
Ολικό=17 cm

Σχήμα 11.43: Ύψος διατομής 17 εκατοστών.

11.5.3.2 Διαγώνια μέλη δικτυώματος

Τα διαγώνια μέλη του δικτυώματος είναι από ζεύγος διατομών L τοποθετημένων αντιδιαγωνίως.

Οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη προσομοίωσή τους είναι:

2 CAE 135 * 10

11.5.3.3 Ενδιάμεσες διαμήκεις δοκοί

Οι ενδιάμεσες διαμήκεις δοκοί, προσομοιώθηκαν με διατομές **IPE 240**.

11.5.3.4 Εγκάρσιες δοκοί


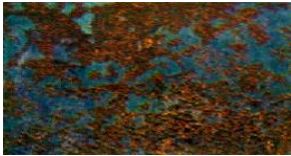

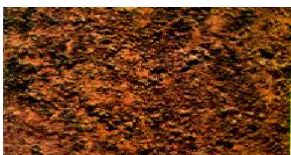
Οι εγκάρσιες δοκοί προσομοιώθηκαν με διατομές **HEA 600**.

11.5.3.5 Χιαστί σύνδεσμοι

Οι χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας προσομοιώθηκαν με ζεύγος διατομών L τοποθετημένων αντιδιαγωνίως. Χρησιμοποιήθηκαν διατομές **2 CAE 80 * 80**

11.5.4 Απομειώσεις διατομών λόγω διάβρωσης στα μέλη της μεταλλικής γέφυρας

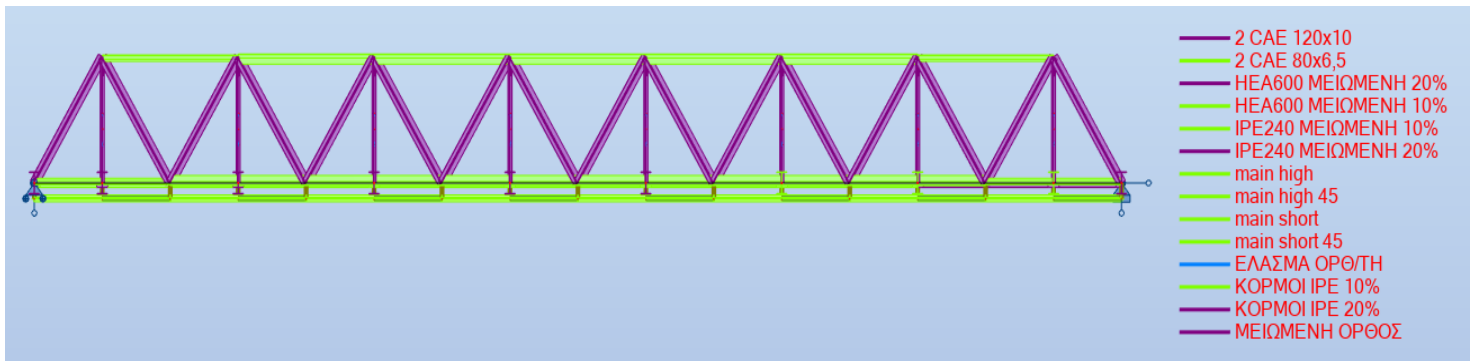
Με βάση το πρότυπο ISO 8501-1, στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής έγινε μια κατηγοριοποίηση των διατομών ανάλογα με το επίπεδο διάβρωσής τους.

Επίπεδο Διάβρωσης	Φωτογραφικό παράδειγμα	Περιγραφή
A		Μεταλλική επιφάνεια καλυμμένη σε μεγάλο βαθμό με σκωρία εξέλασης (καλαμίνα) αλλά με ελάχιστη ή και καθόλου διάβρωση.
B		Μεταλλική επιφάνεια η οποία έχει αρχίσει να διαβρώνεται και στην οποία η σκωρία εξέλασης έχει αρχίσει να απομακρύνεται.
C		Μεταλλική επιφάνεια στην οποία η σκωρία εξέλασης έχει απομακρυνθεί λόγω διάβρωσης ή μπορεί να αφαιρεθεί με απόξεση, αλλά με μικρές κοιλότητες βελονισμού που είναι ορατές με γυμνό μάτι.
D		Μεταλλική επιφάνεια στην οποία η σκωρία εξέλασης έχει απομακρυνθεί λόγω διάβρωσης και στην οποία είναι εμφανώς ορατές με γυμνό μάτι γενικευμένες περιοχές κοιλιοτήτων βελονισμού.
X		Μεταλλικά δομικά στοιχεία στα οποία λόγω διάβρωσης λείπουν ολόκληρα τμήματα.

Πίνακας 11.1: Επίπεδο διάβρωσης του χάλυβα σύμφωνα με το πρότυπο ISO 8501-1

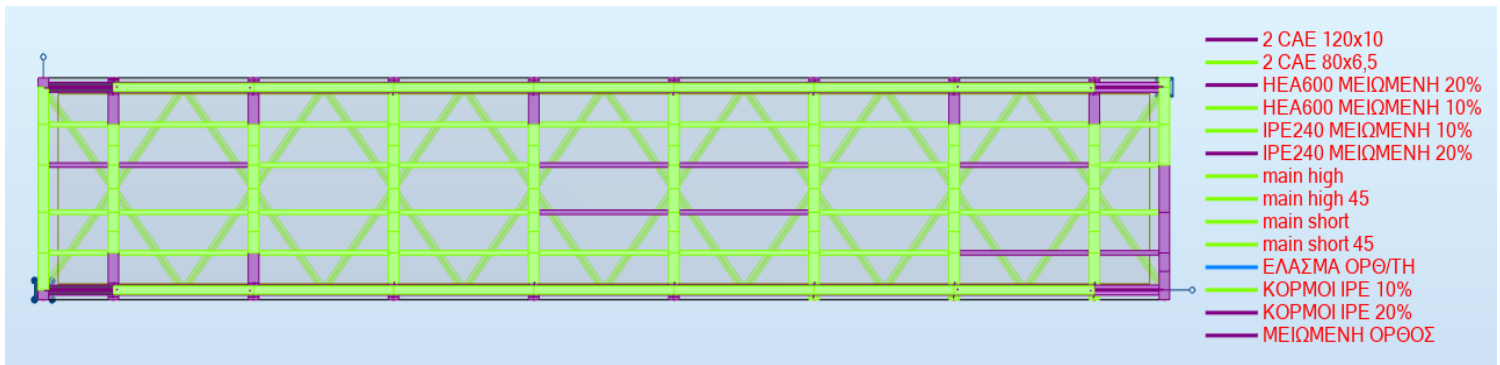
Στις φωτογραφίες προσομοίωσης που ακολουθούν με **λαχανί** χρώμα είναι οι διατομές οι οποίες έχουν προσομοιωθεί με **10% λιγότερο πάχος**, ενώ με **μωβ** χρώμα είναι οι διατομές οι οποίες έχουν προσομοιωθεί με **20% λιγότερο πάχος**.

Όψη μεταλλικής γέφυρας και επίπεδα διάβρωσης.



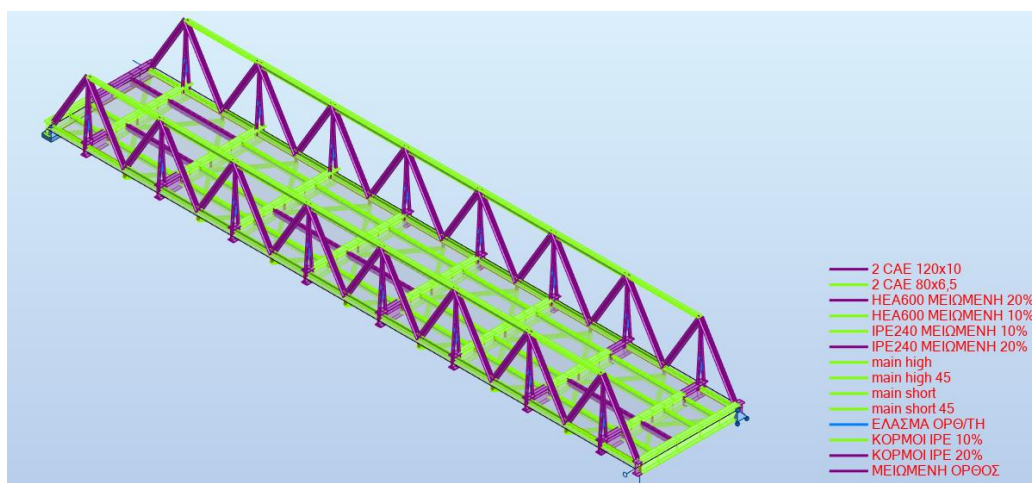
Σχήμα 11.44: Με λαχανί χρώμα όσες διατομές είναι με 10% μειωμένα πάχη και με μωβ χρώμα όσες διατομές είναι με 20% μειωμένα πάχη.

Κάτοψη μεταλλικής γέφυρας με επίπεδα διάβρωση



Σχήμα 11.45: Με λαχανί χρώμα όσες διατομές είναι με 10% μειωμένα πάχη και με μωβ χρώμα όσες διατομές είναι με 20% μειωμένα πάχη.

Γενική εικόνα μεταλλικής γέφυρας με επίπεδα διάβρωσης



Σχήμα 11.46: Με λαχανί χρώμα όσες διατομές είναι με 10% μειωμένα πάχη και με μωβ χρώμα όσες διατομές είναι με 20% μειωμένα πάχη.

Όπως αναφέρθηκε οι διατομές προσομοιώθηκαν είτε με 20% είτε με 10% λιγότερα πάχη. Έτσι λοιπόν στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής οι **τελικές διατομές προσομοίωσης είναι οι παρακάτω:**

- **Οι ακραίες διαμήκεις δοκοί (άνω και κάτω) προσομοιώνονται όλες με 10% μείωση**

Τα στοιχεία που αλλάζουν στις μικρού και μεγάλου ύψους είναι μόνο το συνολικό ύψος.

Πλάτος πέλματος: **b=21,6cm**

Πάχος πέλματος: **tf = 1,8 cm**

Ύψος διατομής L: **h=9 cm**

Πάχος διατομής L: **tL = 1,2 cm**

Ύψος συνολικής διατομής

ολικόμεγάλης=27 cm ή ολικόμικρης=17 cm

- **Τα διαγώνια μέλη του δικτυώματος προσομοιώνονται με 20% μείωση με 2 CAE 120*10**
- **Οι ενδιάμεσες διαμήκεις δοκοί προσομοιώνονται με 10% και 20% αντίστοιχα μειωμένα πάχη πελμάτων και κορμών της διατομής IPE240**
- **Οι εγκάρσιες δοκοί προσομοιώνονται με 10% και 20% αντίστοιχα μειωμένα πάχη πελμάτων και κορμών της διατομής HEA600**
- **Οι χιαστί σύνδεσμοι προσομοιώνονται με 10% μείωση με 2 CAE 80*6,5**

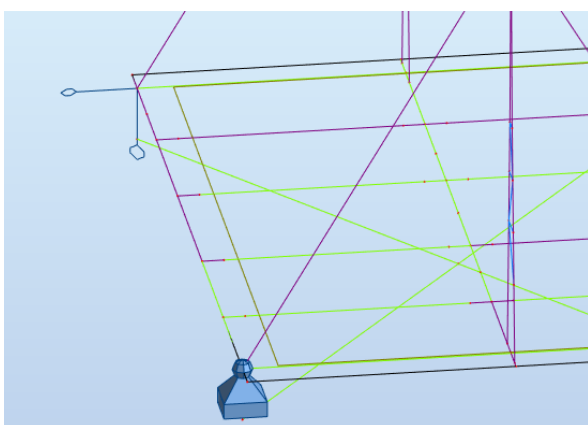
11.5.5 Συνθήκες στήριξης και προσομοίωση συνδεδεμένων μελών

11.5.5.1 Συνθήκες στήριξης

Η προσομοίωση της παρούσας γέφυρας έγινε με τις εξής παραδοχές:

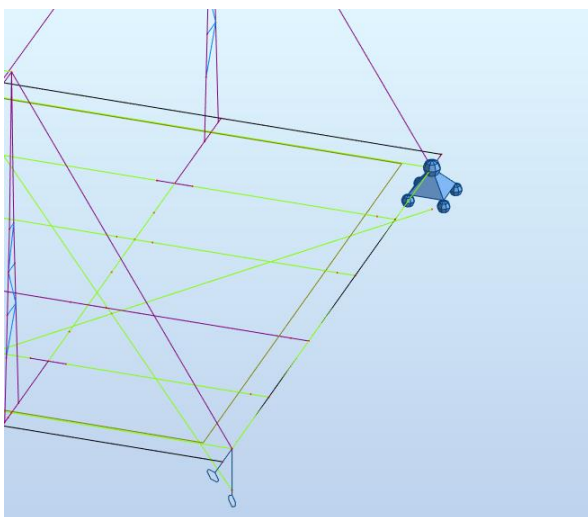
Στα άκρα της γέφυρας και αντιδιαμετρικά τοποθετήθηκαν μία πλήρης κύλιση και μία πλήρης άρθρωση. Στις άλλες 2 τοποθετήθηκαν μερικές αρθρώσεις στις οποίες δεσμεύονται στη μία η κίνηση στην οριζόντια διεύθυνση ενώ στην άλλη δεσμεύεται η κίνηση στην εγκάρσια διεύθυνση.

Στην μία δηλαδή άκρη της γέφυρας υπάρχει μία πλήρης άρθρωση και μία στήριξη στην οποία δεσμεύεται η κίνηση κατά τη διαμήκη έννοια της μεταλλικής γέφυρας ενώ στην άλλη μία πλήρης κύλιση στην οποία δεσμεύεται η κίνηση κατά την εγκάρσια διεύθυνση της μεταλλικής γέφυρας.



Σχήμα 11.47:

Στο ένα άκρο πλήρης άρθρωση και δέσμευση στη διαμήκη έννοια της γέφυρας.



Σχήμα 11.48:

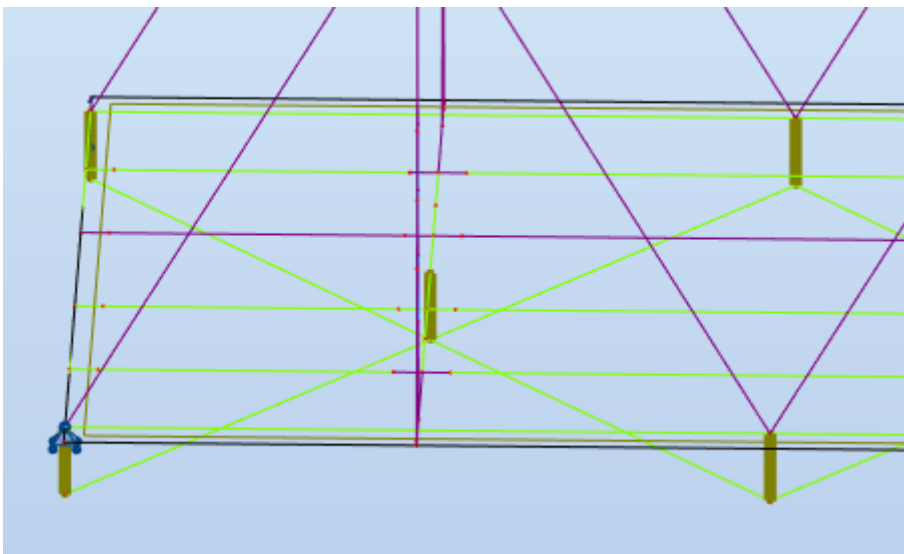
Στο άλλο άκρο πλήρης κύλιση και δέσμευση στην εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας

Ο λόγος που επιλέχθηκε αυτός ο τρόπος προσομοίωσης της στήριξης είναι γιατί με αυτό το τρόπο η γέφυρα μπορεί να παραλάβει τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Ακόμα μιας και η γέφυρα προτείνεται για επισκευή και επαναχρησιμοποίηση μπορούν να τοποθετηθούν εφάδρανα της επιλογής του σχεδιαστή.

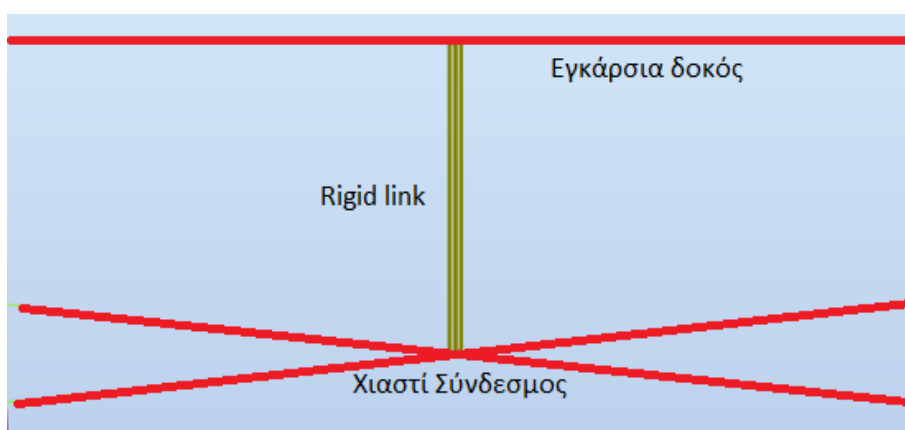
11.5.5.2 Σύνδεση χιαστί συνδέσμων με τον υπόλοιπο φορέα.

Επειδή στη πραγματικότητα οι χιαστί σύνδεσμοι είναι στο ύψος του κάτω πέλματος των εγκάρσιων δοκών HEA600, επιλέχθηκε να προσομοιωθούν στο ύψος του κάτω πέλματος των εγκάρσιων αυτών δοκών και να συνδεθούν με τον υπόλοιπο φορέα με άκαμπτα στοιχεία (rigid links)

Δηλαδή επειδή κάθε χιαστί αποτελείται από 4 διατομές 2 CAE 80*6,5 το ένα άκρο τους συνδέεται με rigid link με το κάτω πέλαμα της εγκάρσιας δοκού, στο μέσον της. Το άλλο άκρο τους συνδέεται με τις διαμήκεις ακραίες δοκούς.



Σχήμα 11.49: Άκαμπτα στοιχεία (rigid links) συνδέονται με τις ακραίες δοκούς της μεταλλικής γέφυρας.



Σχήμα 11.50: Λεπτομέρεια σύνδεσης με χρήση άκαμπτου στοιχείου (rigid link) της τομής των χιαστί με την εγκάρσια δοκό

11.5.5.3 Σύνδεση των ενδιάμεσων διαμήκων ΙΡΕ240 με τις εγκάρσιες ΗΕΑ600

Στη μεταλλική γέφυρα του Ταυρωνίτη Χανίων η σύνδεση των ΙΡΕ240 με τα ΗΕΑ600 δεν είναι η τυπική σύνδεση των συγκεκριμένων δύο διατομών. Στο σημείο σύνδεσης της ΙΡΕ με τη ΗΕΑ υπάρχουν εκατέρωθεν 2 διατομές L με διαστάσεις 7*7.



Σχήμα 11.51: Σύνδεση των διαμήκων ΙΡΕ240 με τις εγκάρσιες ΗΕΑ600



Σχήμα 11.52: Λεπτομέρεια σύνδεσης της ΙΡΕ240 με την ΗΕΑ600 διατομή

Η παραπάνω προσομοίωση έγινε βάζοντας σε αυτά τα 16 εκατοστά της σύνδεσης, από το σημείο της ήλωσης πάνω στην IPE μέχρι τον κορμό της HEA με ένα έλασμα ορθογωνικής διατομής με ύψος όσο ο κορμός της IPE και πάχος όσο το πάχος των 2 L .

Στη σύνδεση αυτή έχει πάλι ληφθεί υπόψιν η διάβρωση και έχει υπολογιστεί ίδια μείωση στη σύνδεση με αυτή του ενδιάμεσης διαμήκους δοκού ή της εγκάρσιας.

11.6 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα υλικά βάσει των οποίων μελετάται η γέφυρα είναι τα εξής:

Σκυρόδεμα C12/15:

Μέτρο ελαστικότητας: $E=31 \text{ GPa}$

Σταθερά Poisson: $\nu=0,2$

Ειδικό βάρος: $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$

Αντοχή: $f_{ck}=12 \text{ MPa}$

Δομικός χάλυβας S235:

Μέτρο ελαστικότητας: $E=210 \text{ GPa}$

Σταθερά Poisson: $\nu=0,3$

Ειδικό βάρος: $\gamma=78,5 \text{ kN/m}^3$

Όριο διαρροής: $f_y=235 \text{ MPa}$

Εφελκυστική αντοχή: $f_u=360 \text{ MPa}$

11.7 ΦΟΡΤΙΑ

11.7.1 Βασικές φορτίσεις

Τα φορτία που έχουν ληφθεί υπόψιν για την ανάλυση αυτής της γέφυρας είναι τα μόνιμα φορτία, τα κινητά φορτία, τα φορτία χιονιού, τα φορτία θερμοκρασίας, τα φορτία ανέμου και τα σεισμικά φορτία.

11.7.2 Μόνιμα φορτία

Τα μόνιμα φορτία στη μεταλλική αυτή γέφυρα είναι:

- Ίδιο βάρος σιδηροδοκών: $g_c=78,50 \text{ kN/m}^3$
- Ίδιο βάρος πλάκας σκυροδέματος $g_a=25,00 \text{ kN/m}^3$

Το βάρος της πλάκας σκυροδέματος έχει τοποθετηθεί πάνω σε επιφάνεια και έχει τιμή $P= 25 * 0,15 = 3,75 \text{ kN/m}^2$. Δεν έχει θεωρηθεί σύμμικτη λειτουργία πλάκας / φορέα.

11.7.3 Κινητά φορτία

Τα κινητά φορτία στη μεταλλική αυτή γέφυρα είναι:

Συνήθη φορτία πεζογέφυρας δηλαδή $P=5 \text{ kN/m}^2$

11.7.4 Φορτία χιονιού

Λήφθηκε υπόψιν η χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού για τη Κρήτη

$P= 0,39 \text{ kN/m}^2$

11.7.5 Φορτία ανέμου

Η δύναμη ανέμου F_w που δρα σε μια κατασκευή ή σε τμήμα κατασκευής μπορεί να προσδιορίζεται άμεσα χρησιμοποιώντας την εξίσωση $F_w = c_s c_d * c_f * q_p(z_e) * A_{ref}$

όπου:

$c_s c_d$: είναι ο συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής,

c_f : είναι ο συντελεστής δύναμης για την κατασκευή ή το στοιχείο κατασκευής,

$q_p(z_e)$: είναι η πίεση ταχύτητας αιχμής σε ύψος αναφοράς z_e ,

A_{ref} : είναι η επιφάνεια αναφοράς της κατασκευής ή στοιχείου της κατασκευής.

Για συνήθη καταστρώματα γεφυρών ανοίγματος μικρότερου των 40m, γενικά δεν χρειάζεται διαδικασία δυναμικής απόκρισης. Εάν δεν απαιτείται διαδικασία δυναμικής απόκρισης, το c_{scd} μπορεί να λαμβάνεται ίσο με 1.0.

Η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου, $V_{b,0}$, είναι η χαρακτηριστική 10 λεπτών μέση ταχύτητα του ανέμου, ανεξάρτητα από τη διεύθυνση του ανέμου και από την εποχή του έτους, στα 10 μέτρα πάνω από το έδαφος, σε ανοικτή περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και με μεμονωμένα εμπόδια σε απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων. Από το εθνικό προσάρτημα η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας ανέμου, $V_{b,0}$, ορίζεται σε $V_{b,0} = 33\text{m/s}$ για τη Κρήτη.

Η βασική ταχύτητα ανέμου, που ορίζεται ως συνάρτηση της διεύθυνσης του ανέμου και της εποχής του έτους στα 10 μέτρα πάνω από το έδαφος κατηγορίας II είναι:

$V_b = c_{dir} * c_{season} * V_{b,0}$ όπου:

c_{dir} : είναι ο συντελεστής διεύθυνσης, για διάφορες διευθύνσεις ανέμου είναι ίση με 1.0

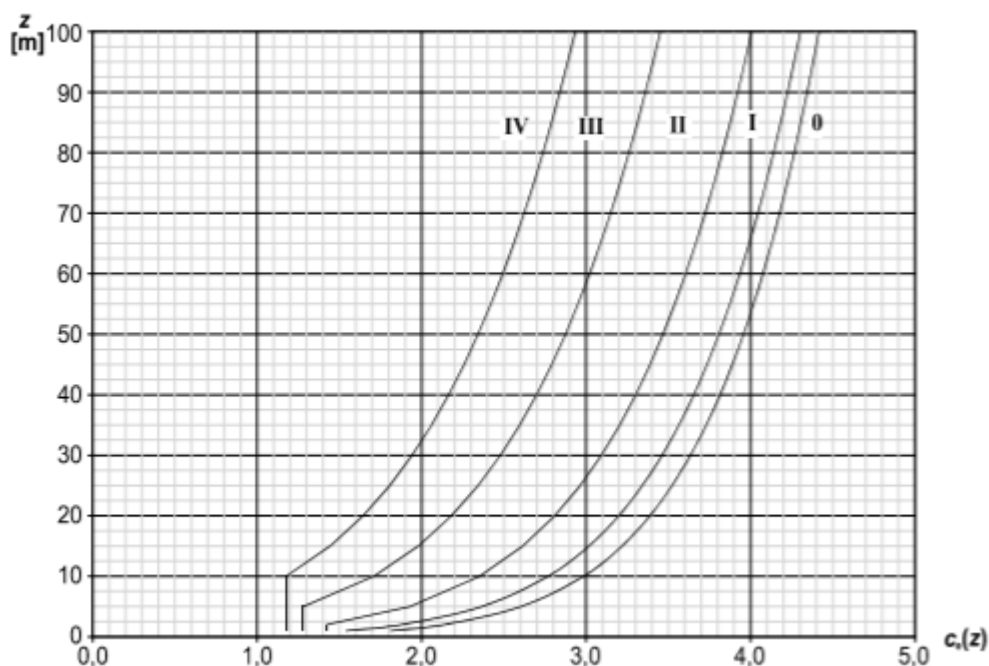
c_{season} : είναι ο εποχικός συντελεστής, είναι ίσος με 1.0

Κατηγορία εδάφους		Z ₀	Z _{min}
		m	
0	Θάλασσα ή παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	0,003	1
I	Λίμνες ή επίπεδες και οριζόντιες περιοχές με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια	0,01	1
II	Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	0,05	2
III	Περιοχή με κανονική κάλυψη βλάστησης ή με κτίρια ή με μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)	0,3	5
IV	Περιοχή όπου τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15m.	1,0	10

Πίνακας 11.2: Οι κατηγορίες εδάφους όπως περιγράφονται και εικονογραφούνται στο Παράρτημα Α.1.

Η βασική πίεση δίνεται από την εξίσωση:

$$q_p = 0.5 * \rho * v_b^2, \text{ με προτεινόμενη τιμή της } \rho \text{ να είναι } 1,25 \text{ kg/m}^3$$



Διάγραμμα 11.1: Συντελεστής έκθεσης $c_e(z)$ για $c_0 = 1$, $k_1 = 1.0$

Η πίεση ταχύτητας αιχμής $q_p(z)$ σε ύψος z , η οποία περιλαμβάνει και μικρής διάρκειας διακυμάνσεις ταχύτητας, θα πρέπει να προσδιορίζεται από:

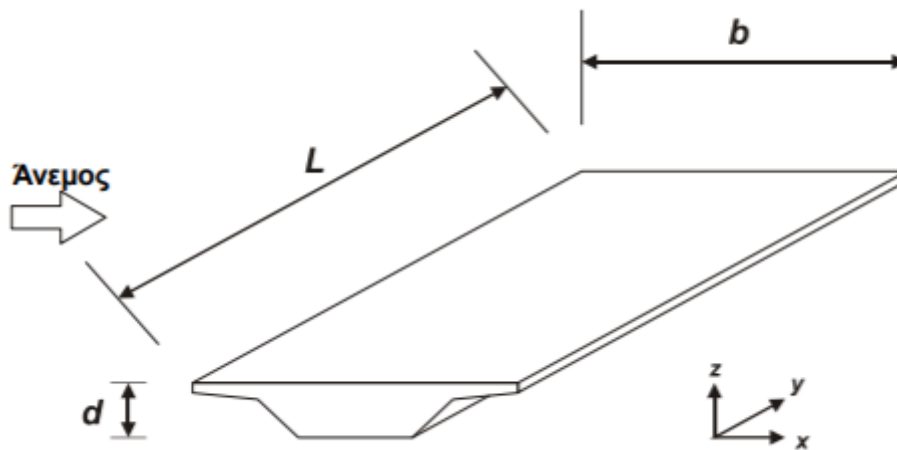
$$Q_p(z_e) = C_e(z_e) * q_b$$

Οι δράσεις ανέμου σε γέφυρες δημιουργούν δυνάμεις στις διευθύνσεις x , y , z όπου:

- x - είναι η διεύθυνση παράλληλα με το πλάτος του καταστρώματος, κάθετα προς το άνοιγμα,
- y - είναι η διεύθυνση παράλληλα με το άνοιγμα,
- z - είναι η διεύθυνση κάθετα προς το κατάστρωμα.

Οι δυνάμεις που προκαλούνται στις διευθύνσεις x και y οφείλονται σε άνεμο που πνέει σε διαφορετικές διευθύνσεις και κανονικά δεν είναι ταυτόχρονες. Οι δυνάμεις που προκαλούνται στη διεύθυνση z μπορούν να προκύψουν από την πνοή του ανέμου σε πολλές διευθύνσεις. Εάν είναι δυσμενείς και σημαντικές, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ως ταυτόχρονες με τις δυνάμεις που προκαλούνται σε κάθε άλλη διεύθυνση.

Στη περίπτωση που εξετάζεται ο άνεμος στην διαμήκη διεύθυνση της γέφυρας αμελείται γιατί δεν είναι κρίσιμος.



- Συντελεστές δύναμης στη διεύθυνση x: Οι συντελεστές δύναμης για τις δράσεις του ανέμου σε καταστρώματα γεφυρών στη διεύθυνση x δίνονται από $c_{f,x}=c_{f,x,0}$ είναι ο συντελεστής δύναμης χωρίς ροή ελευθέρων άκρων. Μια γέφυρα συνήθως δεν έχει ροή ελευθέρων άκρων επειδή η ροή παρεκκλίνει μόνο κατά μήκος δύο πλευρών (πάνω και κάτω από το κατάστρωμα της γέφυρας). Για συνήθεις γέφυρες το $c_{f,x,0}$ μπορεί να λαμβάνεται ίσο με 1.3. Η διατομή του καταστρώματος είναι συνήθους κατασκευής σύμφωνα με τον ευρωκώδικα.

Το ύψος αναφοράς, z_e , μπορεί να λαμβάνεται ως η απόσταση από το χαμηλότερο επίπεδο εδάφους μέχρι το κέντρο του καταστρώματος της γέφυρας, αγνοώντας άλλα τμήματα (π.χ. στηθαία) της επιφάνειας αναφοράς.

- Δυνάμεις ανέμου σε καταστρώματα γεφυρών στη διεύθυνση z. Οι συντελεστές δύναμης $c_{f,z}$ θα καθορίζονται για τη δράση του ανέμου στα καταστρώματα των γεφυρών κατά τη διεύθυνση z, τόσο προς τα άνω όσο και προς τα κάτω (συντελεστές δύναμης ανύψωσης). Το $c_{f,z}$ δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό κατακόρυφων ταλαντώσεων του καταστρώματος της γέφυρας.

Το Εθνικό Προσάρτημα μπορεί να δίνει τιμές για το $c_{f,z}$. Στην περίπτωση απουσίας δοκιμών σε αεροδυναμική σήραγγα, η προτεινόμενη τιμή μπορεί να λαμβάνεται ίση με ± 0.9 . Αυτή η τιμή λαμβάνει συνολικά υπόψη την επιρροή μιας πιθανής εγκάρσιας κλίσης του καταστρώματος, της κλίσης του εδάφους και των διακυμάνσεων της γωνίας διεύθυνσης του ανέμου με το κατάστρωμα λόγω στροβιλισμού.

Οι επιφάνειες αναφοράς $A_{ref,x}$, προσεγγιστικά υπολογίστηκαν ως το μήκος επί το ύψος του δικτυώματος, δηλαδή $A_{ref,x} = 31,6 * 3,30 = 104,3 \text{ m}^2$.

Η επιφάνεια αναφοράς $A_{ref,z}$ είναι ίση με την επιφάνεια κάτοψης $A_{ref,z} = 5 * 31,60 = 158 \text{ m}^2$

Επομένως προέκυψε:

$$c_s c_d = 1.0$$

$$V_{b,0} = 33 \text{ m/s}$$

$$c_{dir} = 1.0$$

$$c_{season} = 1.0$$

$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot V_{b,0} = 33 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \\ \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 \end{array} \right\} \Rightarrow q_b = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 33^2 = 680.625 \text{ N/m}^2$$

Κατηγορία εδάφους III και $z_e=5\text{m}$ οπότε από το Διάγραμμα 11.1 προκύπτει $C_e(z_e)=1.3$

$$q_p(z_e) = C_e(z_e) \cdot q_b = 1.3 \cdot 680.625 = 0,885 \text{ kN/m}^2$$

Για τη διεύθυνση x

$$C_{f,x} = C_{f,x,0} = 1.3$$

$$F_{w,x} = C_s C_d \cdot C_{f,x} \cdot q_p(z_e) = 1 \cdot 1.3 \cdot 0.885 = 1.15 \text{ kN/m}^2$$

Για τη διεύθυνση y

$$C_{f,z} = C_{f,z,0} = \pm 0.9$$

$$F_{w,z} = C_s C_d \cdot C_{f,z} \cdot q_p(z_e) = 1 \cdot 0.9 \cdot 0.885 = \pm 0.77 \text{ kN/m}^2$$

Τα φορτία αυτά κατανέμονται πάνω στις μηκίδες και στις διαδοκίδες.

11.7.6 Θερμοκρασιακή μεταβολή

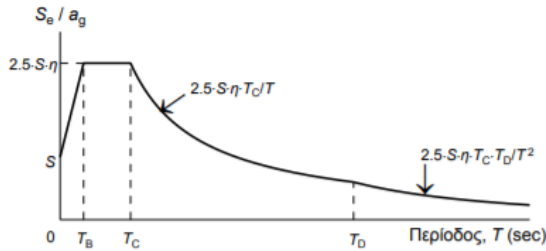
Υπολογίστηκε ΔT για κάθε ράβδο 15°C .

11.7.7 Σεισμικές δράσεις

Η ικανότητα των φορέων να παρουσιάζουν αντοχή σε σεισμικές δράσεις στην μη- γραμμική περιοχή, επιτρέπει γενικά τον σχεδιασμό τους για ανάληψη σεισμικών δυνάμεων μικρότερων από εκείνες που αντιστοιχούν σε γραμμική ελαστική απόκριση. Για να αποφευχθεί η εκτέλεση πλήρως ανελαστικής ανάλυσης στην μελέτη, η ικανότητα του φορέα για απόδοση ενέργειας, κυρίως μέσω της πλάστιμης συμπεριφοράς των στοιχείων του ή/και άλλων μηχανισμών, λαμβάνεται υπόψη με εκτέλεση ελαστικής ανάλυσης βασισμένης σε φάσμα απόκρισης μειωμένο σε σχέση με το ελαστικό, που ονομάζεται εφεξής "φάσμα σχεδιασμού". Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με την εισαγωγή του συντελεστή συμπεριφοράς q . Ο συντελεστής συμπεριφοράς q είναι μια προσέγγιση του λόγου των σεισμικών δυνάμεων στις

οποίες θα υποβαλλόταν ο φορέας εάν η απόκρισή του ήταν απεριόριστα ελαστική με ιξώδη απόσβεση 5%, προς τις σεισμικές δυνάμεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην μελέτη, με ένα συμβατικό προσομοίωμα ελαστικής ανάλυσης, εξασφαλίζοντας όμως ικανοποιητική απόκριση του φορέα. Η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς η μπορεί να είναι διαφορετική σε διαφορετικές οριζόντιες διευθύνσεις του φορέα, αλλά η κατηγορία πλαστιμότητας θα είναι η ίδια σε όλες τις διευθύνσεις.

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



$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4 \text{ sec}$$

όπου:

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{\zeta + 5}} \geq 0.55 = \text{συντελεστής απόσβεσης (το } \zeta \text{ τίθεται επί τοις εκατό)}$$

S = συντελεστής εδάφους

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	a_{gR} (g)	Κατηγορία Σπουδαιότητας	γ_I	Κατηγορία Εδάφους	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)	S
Z1	0.16	I	0.80	A	0.15	0.40	2.50	1.00
Z2	0.24	II	1.00	B	0.15	0.50	2.50	1.20
Z3	0.36	III	1.20	C	0.20	0.60	2.50	1.15
		IV	1.40	D	0.20	0.80	2.50	1.35
				E	0.15	0.50	2.50	1.40

Πίνακας 11.3: Εκφράσεις φάσματος σχεδιασμού

Υπολογίστηκε έτσι το σεισμικό φορτίο, για σεισμική ζώνη επικινδυνότητας Z2 με $a_{gR}=0,24$ g , για κατηγορία εδάφους C .

11.8 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Οριακές καταστάσεις είναι εκείνες, πέραν των οποίων η κατασκευή δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφάλειας και λειτουργικότητας του σχεδιασμού και διακρίνονται σε:

- Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ultimate limit states)
- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (serviceability limit states)

Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας αντιστοιχούν σε κατάρρευση ή άλλου είδους αστοχίες που θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές, ενώ οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας είναι εκείνες, πέραν των οποίων δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια λειτουργικότητας της κατασκευής (μεγάλες παραμορφώσεις ή μετακινήσεις που προκαλούν βλάβες στα στοιχεία πλήρωσης, ή ταλαντώσεις ενοχλητικές για τους χρήστες).

Ανάλογα με το είδος, τη μορφή και τη θέση της κατασκευής, προσδιορίζονται οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων, οι οποίες επενεργούν επί της κατασκευής. Προκειμένου να ελεγχθεί η επάρκεια της κατασκευής στην οριακή κατάσταση αστοχίας και λειτουργικότητας, χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των δράσεων αυτών, οι οποίοι καλύπτουν όλες τις καταστάσεις σχεδιασμού (καταστάσεις διάρκειας, παροδικές, τυχηματικές και σεισμού) και περιέχουν δράσεις που εκδηλώνονται ταυτόχρονα.

Για καταστάσεις διάρκειας ή παροδικές:

Δράση	Σύμβολο	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Φορτία κυκλοφορίας	gr1	0,40	0,40	0
	Q_{fvk}	0	0	0
	gr2	0	0	0
Δράσεις ανέμου	F_{Wk}	0,3	0,2	0
Θερμικές δράσεις	T_k	0,6 ⁽¹⁾	0,6	0,5
Φορτία χιονιού	$Q_{Sn,k}$ (κατά την εκτέλεση)	0,8	-	0
Φορτία κατασκευής	Q_c	1,0	-	1,0
1) Η συνιστώμενη τιμή ψ_0 για θερμικές δράσεις μπορεί στις περισσότερες περιπτώσεις να μειωθεί σε 0 για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας EQU, STR και GEO. Βλέπε επίσης τους Ευρωκώδικες σχεδιασμού.				

Πίνακας 11.4 Συνιστάμενες τιμές των συντελεστών Ψ για πεζογέφυρες

Θεμελιώδεις συνδυασμοί:

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο το φορτίο κυκλοφορίας Q :

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$$

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.3 \cdot W_0 + 1.5 \cdot 0.8 \cdot S = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 0.45 \cdot W_0 + 1.2 \cdot S$$

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.3 \cdot W_{90} + 1.5 \cdot 0.8 \cdot S = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 0.45 \cdot W_{90} + 1.2 \cdot S$$

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.3 \cdot W_{45} + 1.5 \cdot 0.8 \cdot S = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 0.45 \cdot W_{45} + 1.2 \cdot S$$

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.6 \cdot T_{\max} = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot T_{\max}$$

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.6 \cdot T_{\min} = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot T_{\min}$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο τον άνεμο W_0 :

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot W_0 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.8 \cdot S = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot W_0 + 0.6 \cdot Q + 1.2 \cdot S$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο τον άνεμο W_{90} :

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot W_{90} + 1.5 \cdot 0.4 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.8 \cdot S = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot W_{90} + 0.6 \cdot Q + 1.2 \cdot S$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο τον άνεμο W_{45} :

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot W_{45} + 1.5 \cdot 0.4 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.8 \cdot S = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot W_{45} + 0.6 \cdot Q + 1.2 \cdot S$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο το χιόνι S :

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot S + 1.5 \cdot 0.4 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.3 \cdot W_0 = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot S + 0.6 \cdot Q + 0.45 \cdot W_0$$

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot S + 1.5 \cdot 0.4 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.3 \cdot W_{90} = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot S + 0.6 \cdot Q + 0.45 \cdot W_{90}$$

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot S + 1.5 \cdot 0.4 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.3 \cdot W_{45} = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot S + 0.6 \cdot Q + 0.45 \cdot W_{45}$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο τη θερμοκρασία T_{\max} :

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot T_{\max} + 1.5 \cdot 0.4 \cdot Q = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot T_{\max} + 0.6 \cdot Q$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο τη θερμοκρασία T_{\min} :

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot T_{\min} + 1.5 \cdot 0.4 \cdot Q = 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot T_{\min} + 0.6 \cdot Q$$

Για καταστάσεις σεισμού

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1}$$

Οι οιονεί μόνιμες τιμές των μεταβλητών δράσεων δίνονται από το γινόμενο $\psi_{2,1}$, $Q_{k,1}$, όπου $Q_{k,1}$, είναι η χαρακτηριστική τιμή του κινητού φορτίου κυκλοφορίας. Γέφυρες με συνήθη κυκλοφορία και πεζογέφυρες όπως αυτή της συγκεκριμένης εργασίας, γενικά και σύμφωνα με τις συστάσεις του EN 1990:2002, Παράρτημα A2, $\psi_{2,1}=0$

Επομένως οι συνδυασμοί για καταστάσεις σεισμού είναι

G + Ex και

G + Ey

Παρ' όλα αυτά μελετήθηκαν και δυσμενέστερες φορτίσεις για καταστάσεις σεισμού.

Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Σε αυτή την περίπτωση έχουμε μετατοπίσεις, ταλαντώσεις, ρηγματώσεις κτλ, που συνδέονται με συνθήκες πέραν των οποίων δεν πληρούνται πλέον οι καθορισμένες λειτουργικές απαιτήσεις για το φορέα ή για μέλος αυτού.

Χαρακτηριστικός συνδυασμός:

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1}$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο το φορτίο κυκλοφορίας Q :

$$G + Q + 0.2 \cdot W_0$$

$$G + Q + 0.2 \cdot W_{90}$$

$$G + Q + 0.2 \cdot W_{45}$$

$$G + Q + 0.6 \cdot T_{\max}$$

$$G + Q + 0.6 \cdot T_{\min}$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο τον άνεμο W_0 :

$$G + W_0 + 0.4 \cdot Q + 0.6 \cdot T_{\max}$$

$$G + W_0 + 0.4 \cdot Q + 0.6 \cdot T_{\min}$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο τον άνεμο W_{90} :

$$G + W_{90} + 0.4 \cdot Q + 0.6 \cdot T_{\max}$$

$$G + W_{90} + 0.4 \cdot Q + 0.6 \cdot T_{\min}$$

- Θεωρώντας βασικό μεταβλητό φορτίο τον άνεμο W_{45} :

$$G + W_{45} + 0.4 \cdot Q + 0.6 \cdot T_{\max}$$

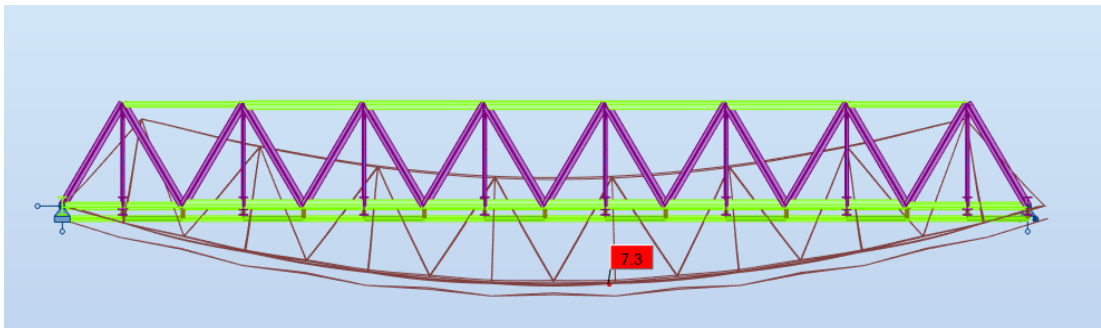
$$G + W_{45} + 0.4 \cdot Q + 0.6 \cdot T_{\min}$$

11.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΓΕΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

11.9.1 Παραμορφώσεις

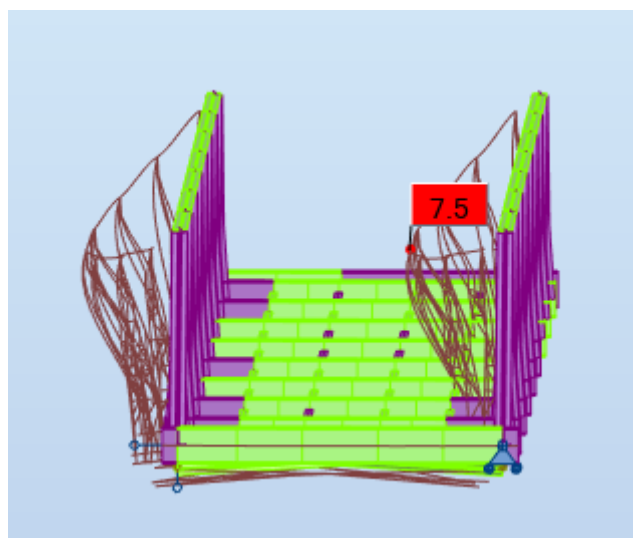
Προφανώς ανάλογα τους συνδυασμούς φόρτισης παρουσιάζονται άλλες παραμορφώσεις στον φορέα. Επιλέγεται να παρουσιαστούν οι μεγαλύτερες και πιο δυσμενείς.

Προκύπτει **η κατακόρυφη παραμόρφωση των 7,3 cm,**



Σχήμα 11.53: Κατακόρυφη παραμόρφωση φορέα

Προκύπτει **η εγκάρσια παραμόρφωση 7,5cm,** για την περίπτωση του δυσμενούς συνδυασμού φορτίσεων στην εγκάρσια διεύθυνση



Σχήμα 11.54: Εγκάρσια παραμόρφωση φορέα.

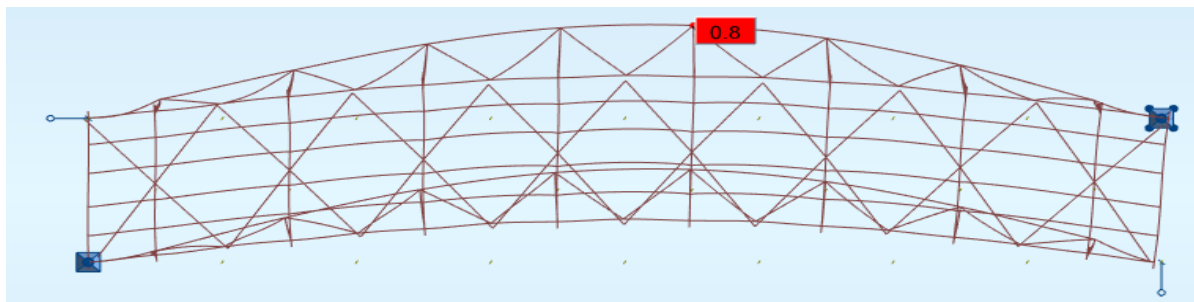
11.9.2 Ιδιομορφές

Έγινε ιδιομορφική ανάλυση για τη περίπτωση της μεταλλικής γέφυρας του Ταυρωνίτη Χανίων. Υπολογίστηκε ότι χρειάζονται 60 ιδιομορφές και η συμμετοχή της μάζας τότε ξεπερνάει και στις 3 διευθύνσεις το 90% της συνολικής μάζας.

1^η ιδιομορφή (1) κύρια στην εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας

$$T=0,4s$$

$$f=2,51Hz$$

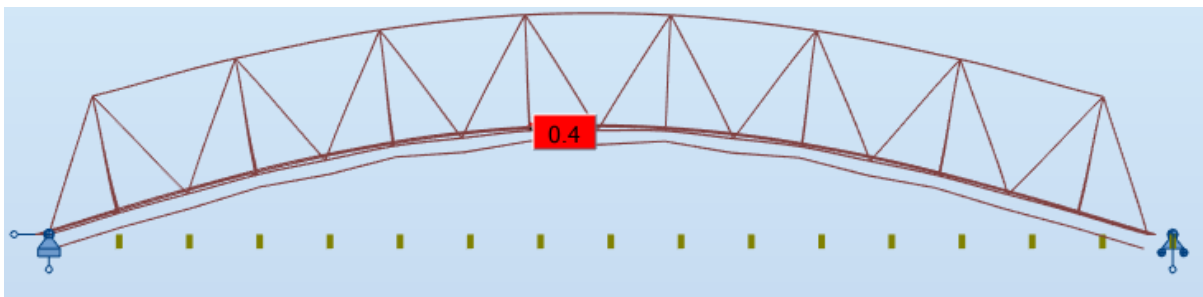


Σχήμα 11.55: Κύρια ιδιομορφή στην εγκάρσια διεύθυνση

2^η ιδιομορφή (2) κύρια στην κατακόρυφη διεύθυνση της γέφυρας

$$T=0,31s$$

$$f=3,25Hz$$

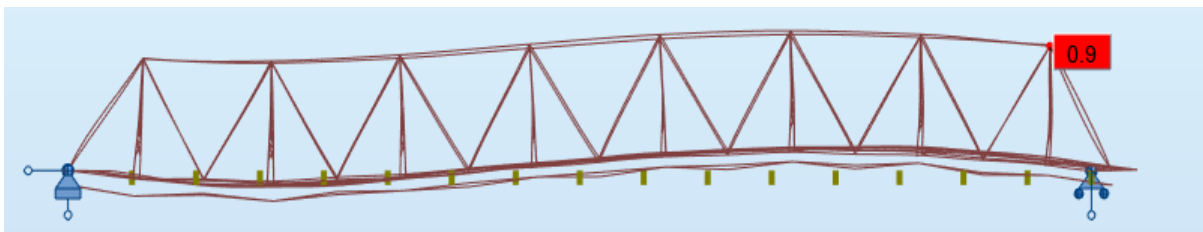


Σχήμα 11.56: Κύρια ιδιομορφή στην κατακόρυφη διεύθυνση

3^η ιδιομορφή (13) κύρια στην διαμήκη διεύθυνση της γέφυρας

$$T=0,14s$$

$$f=7,35Hz$$

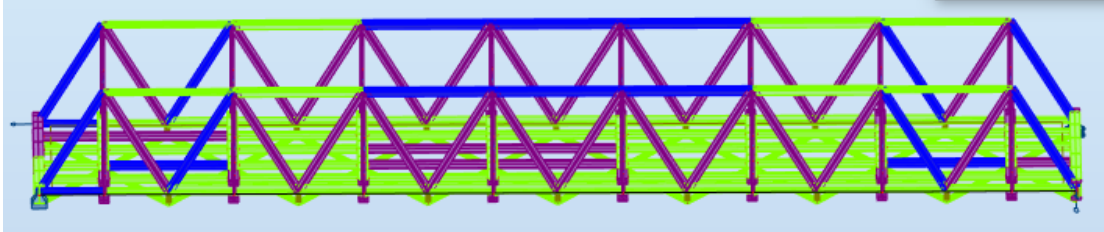


Σχήμα 11.57: Κύρια ιδιομορφή στην διαμήκη διεύθυνση

11.9.3 Έλεγχοι στατικής επάρκειας μεταλλικών διατομών – μελών

Επιλέγεται να παρουσιαστούν τα μέλη που δεν επαρκούν και στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνουν οι προτάσεις ενίσχυσης.

Όσα μέλη φαίνονται με μπλε χρώμα αστοχούν για τους λόγους που θα περιγραφούν παρακάτω



Σχήμα 11.58: Μέλη μεταλλικής γέφυρας που αστοχούν

Αρχικά αξίζει να σημειωθεί ότι έχει γίνει η παραδοχή ότι σε όλα τα διαγώνια μέλη δικτυώματος δεν έχει γίνει στρεπτοκαμπτικός έλεγχος διότι η ροπή τους είναι πολύ μικρή σε σχέση με την ροπή αντοχής τους.

Στρεπτοκαμπτικός έλεγχος δεν έχει γίνει ούτε στους χιαστί συνδέσμους. Έχουν προσομοιωθεί να παραλαμβάνουν μόνο αξονικά φορτία.

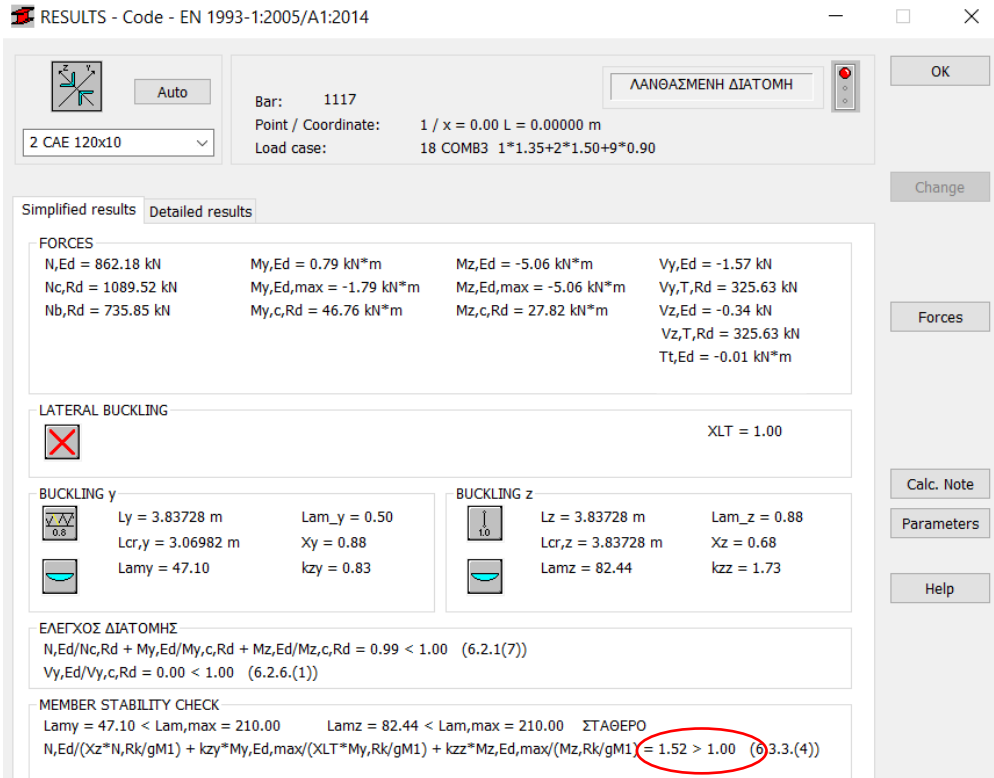
EN 1993-1:2005/A1:2014 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΛΟΥΣ (ULS) 1to4 6to258By84 15to23 7 11 31to35 56to59 63to67 71

ΜΕΛΟΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΥΛΙΚΟ	Lay	Laz	ΛΟΓΟΣ	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ
1117	2 CAE 120x10	S235-OG	47.10	82.44	1.52	18 COMB3
541	2 CAE 120x10	S235-OG	47.10	82.44	1.51	18 COMB3
632	2 CAE 120x10	S235-OG	47.10	82.44	1.41	18 COMB3
1132	2 CAE 120x10	S235-OG	47.10	82.44	1.39	18 COMB3
7	main short	S235-OG	39.59	44.87	1.28	45 COMB32
1154 ΔΟΚΟΣ 11	main high	S235-OG	47.03	97.42	1.23	18 COMB3
1147 Πάνω κύριε	main high	S235-OG	47.03	97.42	1.22	17 COMB2
1155 Πάνω κύριε	main high	S235-OG	47.03	97.42	1.17	18 COMB3
1153 Πάνω κύριε	main high	S235-OG	47.03	97.42	1.17	18 COMB3
1146 Πάνω κύριε	main high	S235-OG	47.03	97.42	1.15	17 COMB2
1148 Πάνω κύριε	main high	S235-OG	47.03	97.42	1.15	17 COMB2
716	2 CAE 120x10	S235-OG	47.10	82.44	1.11	18 COMB3
1050	2 CAE 120x10	S235-OG	47.10	82.44	1.10	18 COMB3
714	2 CAE 120x10	S235-OG	47.10	82.44	1.08	17 COMB2
1071	2 CAE 120x10	S235-OG	47.10	82.44	1.08	17 COMB2
11	main short	S235-OG	39.59	44.87	1.08	42 COMB29
274	IPE240 ΜΕΙΩ	S235-OG	40.05	143.30	1.07	18 COMB3
38	IPE240 ΜΕΙΩ	S235-OG	40.05	143.30	1.07	18 COMB3

Σχήμα 11.59: Μέλη που αστοχούν και λόγοι αστοχίας.

- Τους **μεγαλύτερους λόγους αστοχίας τους έχουν οι 4 ακραίες διαγώνιες** οι οποίες όλες αστοχούν λόγω του ελέγχου μέλους υπό κάμψη και θλίψη με $\chi_{LT} = 1$ (Παρουσιάζονται αποτελέσματα του μεγαλύτερου λόγου διαγώνιου)

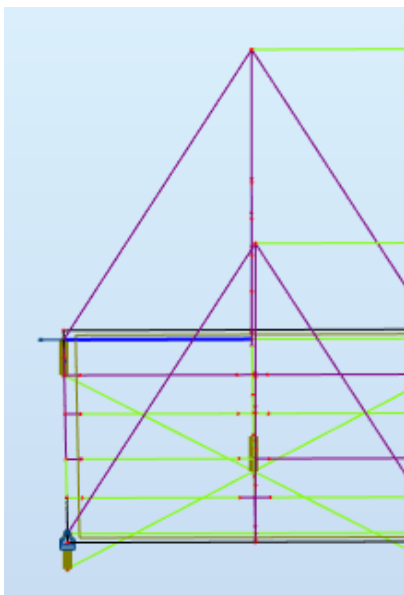
$$N_{Ed}/(\chi_z * N_{Rk}/gM1) + k_{zy} * M_{y,Ed}/\max(\chi_{LT} * M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} * M_{z,Ed}/\max(M_{z,Rk}/gM1)$$



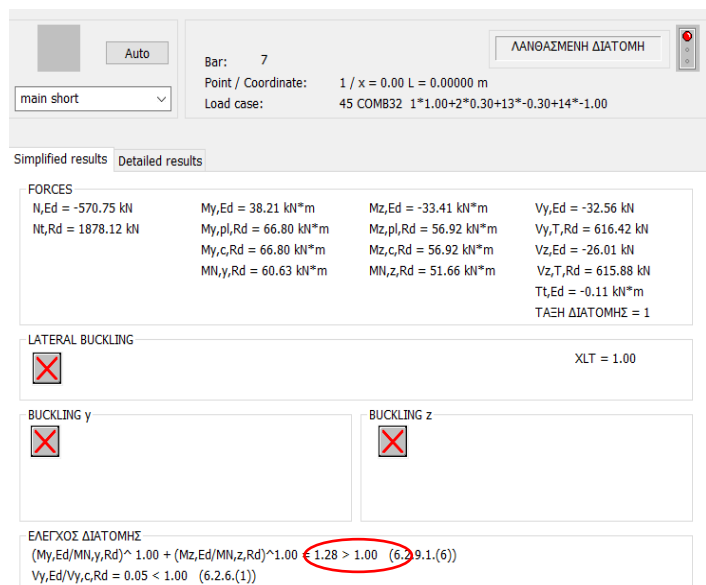
Σχήμα 11.60: Αστοχία των ακραίων διαγωνίων όψης, λόγω ελέγχου μέλους υπό κάμψη και θλίψη

- Τον αμέσως επόμενο μεγαλύτερο λόγο αστοχίας έχει η ακραία διαμήκης δοκός 7 με σύνθετη διατομή με μικρό ύψος 17 εκατοστών.

Η διατομή αυτή αστοχεί λόγω διαξονικής κάμψης.



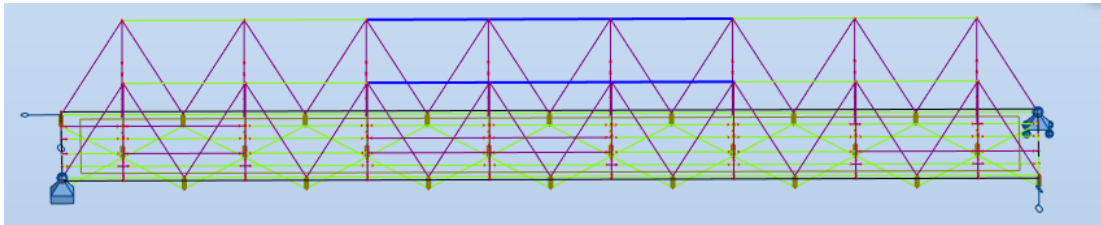
Σχήμα 11.61: Δοκός 7 που αστοχεί λόγω διαξονικής κάμψης



Σχήμα 11.62: Αστοχία ακραίας κύριας δοκού λόγω διαξονικής κάμψης

- Τον **αμέσως μεγαλύτερο λόγο αστοχίας** έχουν οι **6 άνω δοκοί** του δικτυώματος.

Δεν επαρκούν στον έλεγχο **υπό κάμψη και θλίψη**. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της δοκού με το μεγαλύτερο λόγο αστοχίας που προκύπτει από τον παραπάνω έλεγχο.



Σχήμα 11.63: Έξι άνω δοκοί δικτυώματος που δεν επαρκούν στον έλεγχο υπό κάμψη και θλίψη

RESULTS - Code - EN 1993-1:2005/A1:2014

Bar: 1154 ΔΟΚΟΣ_1154
 Point / Coordinate: 2 / x = 0.50 L = 1.97500 m
 Load case: 18 COMB3 1*1.35+2*1.50+9*0.90

main high

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ ΔΙΑΤΟΜΗ

Simplified results Detailed results

FORCES

N,Ed = 1865.57 kN	My,Ed = 7.75 kN*m	Mz,Ed = -0.11 kN*m	Vy,Ed = 0.06 kN
Nc,Rd = 2216.52 kN	My,Ed,max = 7.75 kN*m	Mz,Ed,max = -0.25 kN*m	Vy,T,Rd = 623.42 kN
Nb,Rd = 1544.50 kN	My,c,Rd = 129.99 kN*m	Mz,c,Rd = 58.13 kN*m	Vz,Ed = -0.06 kN
	MN,y,Rd = 37.90 kN*m	MN,z,Rd = 16.95 kN*m	Vz,T,Rd = 690.92 kN
			Tt,Ed = 0.00 kN*m
			ΤΑΞΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ = 1

LATERAL BUCKLING

XLT = 1.00

BUCKLING y

	Ly = 3.95000 m	Lam_y = 0.50
	Lcr,y = 3.55500 m	Xy = 0.95
	Lamy = 47.03	kzy = 0.21

BUCKLING z

	Lz = 3.95000 m	Lam_z = 1.04
	Lcr,z = 3.95000 m	Xz = 0.70
	Lamz = 97.42	kzz = 3.31

ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

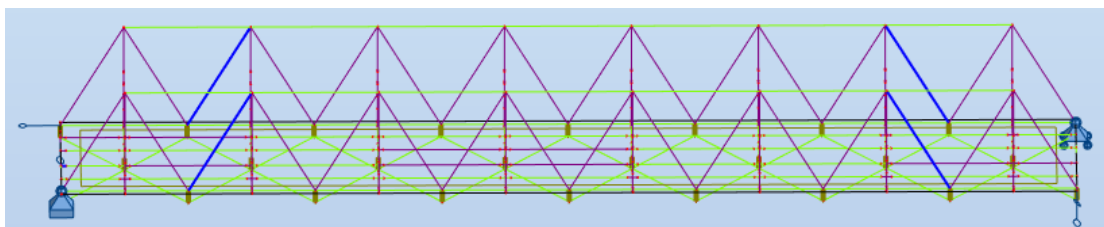
N,Ed/Nc,Rd = 0.84 < 1.00 (6.2.4.(1))
 Vz,Ed/Vz,c,Rd = 0.00 < 1.00 (6.2.6.(1))

MEMBER STABILITY CHECK


Lamy = 47.03 < Lam,max = 210.00 Lamz = 97.42 < Lam,max = 210.00 ΣΤΑΘΕΡΟ
 N,Ed/(Xz*N,Rk/gM1) + kzy*My,Ed,max/(XLT*My,Rk/gM1) + kzz*Mz,Ed,max/(Mz,Rk/gM1) = 1.23 > 1.00 (6.3.3.(4))

Σχήμα 11.64: Ανεπάρκεια άνω δοκού έναντι ελέγχου υπό κάμψη και θλίψη

- Τον **αμέσως μεγαλύτερο λόγο αστοχίας** έχουν οι **4 διαγώνιες της όψης** που φαίνονται στο σχήμα παρακάτω. Δεν επαρκούν στον **έλεγχο μέλους υπό κάμψη και θλίψη**.



Σχήμα 11.65: Απεικονίζονται με μπλε χρώμα οι 4 διαγώνιες που αστοχούν στον έλεγχο μέλους $N_{Ed}/(Xz \cdot N_{Rk}/gM1) + kzy \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + kzz \cdot M_{z,Ed,max}/(Mz_{Rk}/gM1)$



Auto

Bar: 716

Point / Coordinate: 1 / x = 0.00 L = 0.00000 m

Load case: 18 COMB3 1*1.35+2*1.50+9*0.90

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ ΔΙΑΤΟΜΗ


2 CAE 120x10

Simplified results Detailed results

FORCES


N _{Ed} = 651.31 kN	M _{y,Ed} = 3.26 kN*m	M _{z,Ed} = -3.03 kN*m	V _{y,Ed} = -1.10 kN
N _{c,Rd} = 1089.52 kN	M _{y,Ed,max} = 3.26 kN*m	M _{z,Ed,max} = -3.03 kN*m	V _{y,T,Rd} = 325.63 kN
N _{b,Rd} = 735.85 kN	M _{y,c,Rd} = 46.76 kN*m	M _{z,c,Rd} = 27.82 kN*m	V _{z,Ed} = -0.94 kN
			V _{z,T,Rd} = 325.63 kN
			T _{t,Ed} = -0.01 kN*m

LATERAL BUCKLING



XLT = 1.00


BUCKLING y



Ly = 3.83728 m
L_{cr,y} = 3.06982 m
L_{amy} = 47.10

Lam_y = 0.50
Xy = 0.88
kzy = 0.93

BUCKLING z



Lz = 3.83728 m
L_{cr,z} = 3.83728 m
Lam_z = 82.44

Lam_z = 0.88
Xz = 0.68
kzz = 1.47

ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.78 < 1.00 (6.2.1(7))

V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00 (6.2.6.(1))

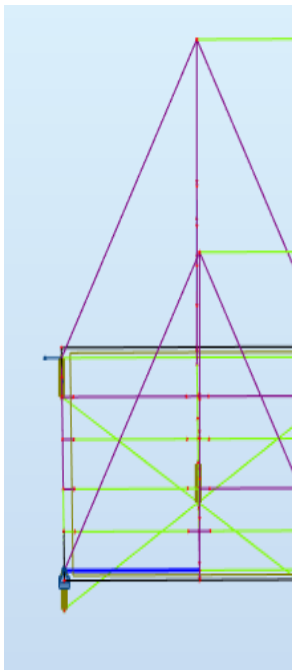
MEMBER STABILITY CHECK

Lam_y = 47.10 < Lam_{max} = 210.00 Lam_z = 82.44 < Lam_{max} = 210.00 ΣΤΑΘΕΡΟ

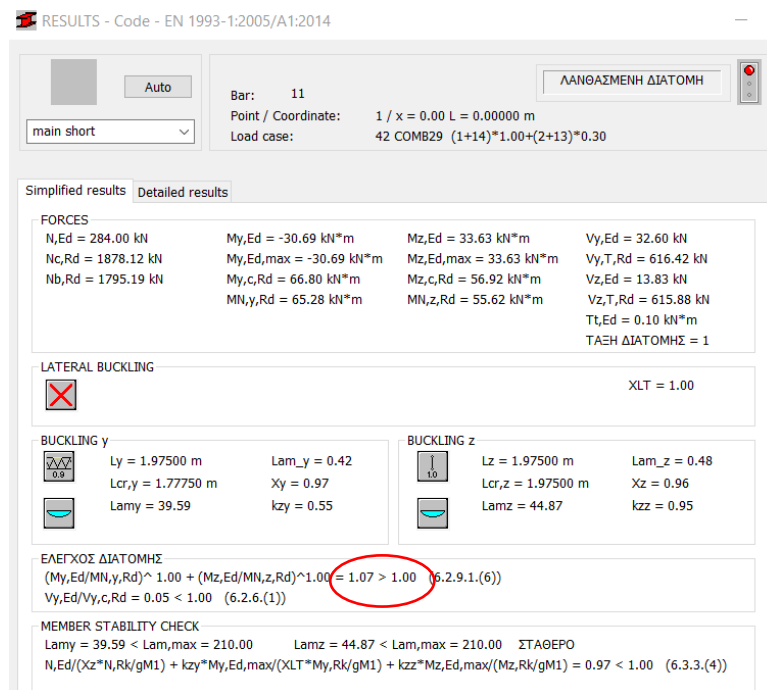
N_{Ed}/(Xz*N_{Rk}/gM1) + kzy*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk}/gM1) + kzz*M_{z,Ed,max}/(Mz_{Rk}/gM1) = **1.11 > 1.00** (6.3.3.(4))

Σχήμα 11.66: Ανεπάρκεια διαγωνίου όψης στον έλεγχο μέλους υπό κάμψη και θλίψη

- Τον **αμέσως επόμενο μεγαλύτερο** λόγο αστοχίας έχει η **ακραία κάτω σύνθετη δοκός 7** (με το μικρό ύψος) η οποία δεν επαρκεί στον **έλεγχο έναντι διαξονικής κάμψης**

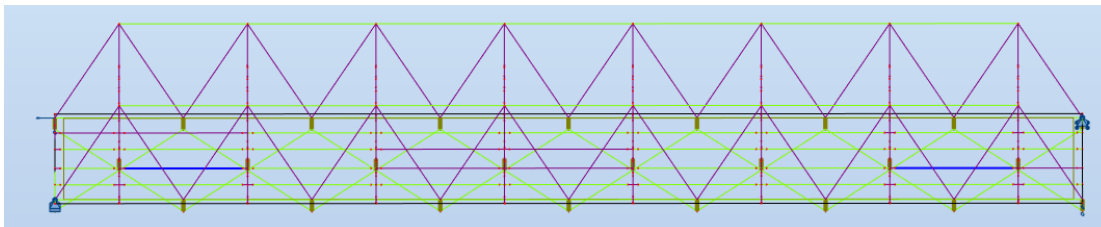


Σχήμα 11.67: Δοκός 11 που δεν επαρκεί στον έλεγχο μέλους έναντι διαξονικής κάμψης




Σχήμα 11.68: Ανεπάρκεια δοκού 11 στον έλεγχο έναντι διαξονικής κάμψης

- Τον αμέσως μεγαλύτερο λόγο αστοχίας έχουν δύο ενδιάμεσες δοκοί IPE240 που έχουν απομειωθεί 20%. Αυτές είναι ανεπαρκείς έναντι ελέγχου πλευρικού λυγισμού με τον ίδιο συντελεστή αστοχίας που είναι 1,07.



Σχήμα 11.69: Οι δύο ενδιάμεσες απομειωμένες IPE240 που είναι ανεπαρκείς σε έλεγχο έναντι πλευρικού λυγισμού



Auto

IPE240 ΜΕΙΩΜΕΝΗ 20%

Bar: 274

Point / Coordinate: 2 / x = 0.50 L = 1.81500 m

Load case: 18 COMB3 1*1.35+2*1.50+9*0.90

ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ ΔΙΑΤΟΜΗ


Simplified results

Detailed results


FORCES

N _{y,Ed} = -43.50 kN	M _{y,Ed} = 18.23 kN*m	M _{z,Ed} = -0.00 kN*m	V _{y,Ed} = 0.03 kN
N _{t,Rd} = 699.07 kN	M _{y,pl,Rd} = 64.62 kN*m	M _{z,pl,Rd} = 13.58 kN*m	V _{y,T,Rd} = 255.26 kN
	M _{y,c,Rd} = 64.62 kN*m	M _{z,c,Rd} = 13.58 kN*m	V _{z,Ed} = 3.33 kN
	MN _{y,Rd} = 64.62 kN*m	MN _{z,Rd} = 13.58 kN*m	V _{z,T,Rd} = 148.31 kN
	M _{b,Rd} = 17.17 kN*m		T _{t,Ed} = -0.00 kN*m
			ΤΑΞΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ = 1


LATERAL BUCKLING

	z = 1.00	M _{cr} = 23.21 kN*m	ΚΑΜΠΥΛΗ,LT - c
	L _{cr,upp} = 3.95000 m	Lam _{LT} = 1.67	XLT = 0.27
			f _{i,LT} = 2.25

BUCKLING y



BUCKLING z



ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.28 < 1.00 (6.2.9.1.(2))

V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.02 < 1.00 (6.2.6-7)

MEMBER STABILITY CHECK

M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 1.07 > 1.00 (6.3.2.1.(1))

Σχήμα 11.70: Ανεπάρκεια απομειωμένης IPE240 σε έλεγχο έναντι πλευρικού λυγισμού

11.9.4 Έλεγχος καθολικού λυγισμού

Αποφασίστηκε να γίνει μέσω της γενικής μεθόδου.

Για να γίνει ο έλεγχος καθολικού λυγισμού της γέφυρας αποφασίστηκε να γίνει μία γραμμική ανάλυση λυγισμού (LBA) από την οποία προέκυψε το ελάχιστο

a_{cr} .

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το a_{ult} ως ο λόγος $N_{pl,Rk}$ προς την μέγιστη αξονική δράση N_{Ed} .

Αυτά έγιναν για να βρεθεί η ανηγμένη λυγηρότητα

$$\bar{\lambda}_{\text{op}} = \sqrt{\frac{a_{ult,k}}{a_{cr,op}}}$$

στη συνέχεια με τη χρήση της **καμπύλης d** προέκυψε ο μειωτικός συντελεστής χ_{op} από:

3.2.3 Καμπύλες λυγισμού για ελατές διατομές ή ισοδύναμες συγκολλητές διατομές (EN1993-1-1 §6.3.2.3)

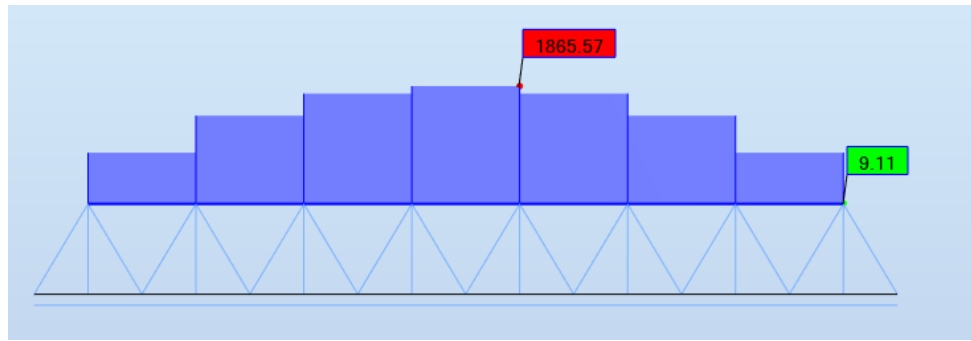
- Από την LBA για 10 ιδιομορφές προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ/ΔΙΟΜΟΡΦΗ	ΚΡΙΣΙΜΟΣ ΣΥΝΤ.	ΑΚΡΙΒΕΙΑ
6/ 1	1,24957e+00	6,05124e-03
6/ 2	1,25414e+00	4,71645e-03
6/ 3	1,25571e+00	3,83717e-03
6/ 4	1,26089e+00	5,78965e-03
6/ 5	1,74973e+00	2,21421e-03
6/ 6	1,76118e+00	4,30008e-03
6/ 7	1,87036e+00	7,35203e-03
6/ 8	1,88814e+00	3,98144e-03
6/ 9	-2,29987e+00	1,48086e-03
6/ 10	-2,35461e+00	2,89522e-03

Σχήμα 11.71: Αποτελέσματα γραμμικής ανάλυσης λυγισμού.

Άρα ο κρίσιμος συντελεστής a_{cr} που επιλέγεται είναι ο χαμηλότερος δηλαδή 1,25.

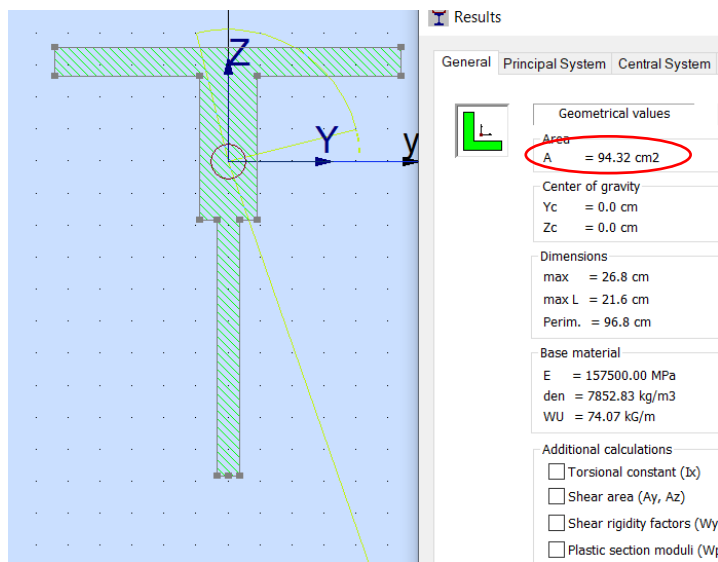
- Για τον υπολογισμό του a_{ult} λαμβάνεται υπόψη η μεγαλύτερη αξονική ένταση που γίνεται στην άνω διαμήκη σύνθετη δοκό του δικτυώματος.



Σχήμα 11.72: Μέγιστη αξονική στη ράβδο 1154 με τιμή **N_{Ed} = 1865,57 kN** (θλίψη)

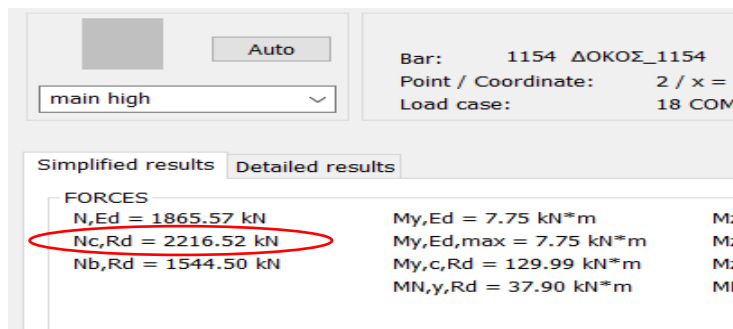
Η N_{pl,Rk}=N_{c,Rd} (του προγράμματος ανάλυσης) = 2216,52 kN

Επαλήθευση **N_{pl,Rk} = A * f_y = 94,32 * 23,5 = 2216,52 kN** (ισχύει)



Σχήμα 11.73:

Επιφάνεια της σύνθετης διατομής δοκού 1154 που καταπονείται με τη μέγιστη θλίψη



Σχήμα 11.74:

Επαλήθευση τιμής από το πρόγραμμα

$$\text{Άρα } a_{ult} = N_{pl,Rk} / N_{Ed} = 2216,52 / 1865,57 = 1,188$$

$$\text{Επομένως έχουμε ανηγμένη λυγηρότητα } \lambda = (1,188 / 1,25)^{0,5} = 0,975$$

Για $\lambda = 0,305$ και καμπύλη d προκύπτει $\chi_{or} = 0,48$ από καμπύλες λυγισμού (EN 1993-1-1 Σχ.6.4)

Πρέπει να ισχύει ότι $(\chi_{or} * a_{ult}) / \gamma M_1 \geq 1$, δηλαδή $0,48 * 1,188 / 1.1 = 0.51$ **δεν επαρκεί.**

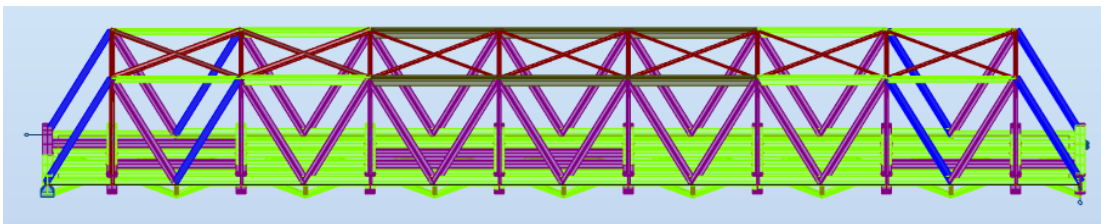
11.10 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

11.10.1 Αντικατάσταση ή ενίσχυση των υπό αστοχία μελών

Αποφασίστηκε να ληφθούν κάποια μέτρα προκειμένου να ανακατασκευαστεί η γέφυρα με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να επαρκεί ως πεζογέφυρα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η γέφυρα για να επαναχρησιμοποιηθεί πρέπει να παρθούν μέτρα καθαριότητας και προστασίας της από τη διάβρωση εκτός από τα μέτρα ενίσχυσης. Η αμμοβολή θα συνεισφέρει στην καθαριότητα των μεταλλικών επιφανειών και στη συνέχεια αφού ενισχυθούν και επισκευαστούν οι ατέλειες, όλη η κατασκευή πρέπει είτε να καλυφθεί με προστατευτική βαφή είτε να πραγματοποιηθεί γαλβανισμός στα μέλη.

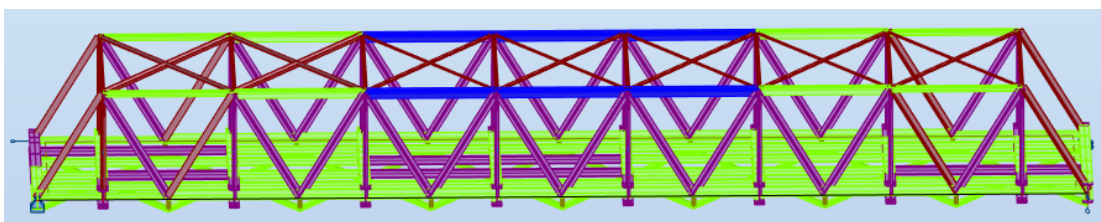
Αρχικά έπρεπε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των διατομών που αστοχούσαν. Εν συνεχεία τοποθετήθηκαν οι εγκάρσιοι και χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας στο άνω πέλμα του δικτυώματος ούτως ώστε να ικανοποιείται ο έλεγχος του καθολικού λυγισμού.

- Όσον αφορά τα οκτώ (8) διαγώνια μέλη της όψης που αστοχούσαν επιλέχθηκε να αντικατασταθούν με διαγώνια μέλη διατομής **L, CAE 200 x 24**.

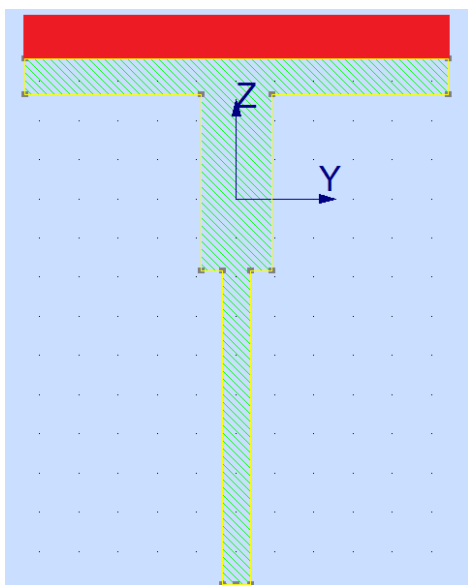


Σχήμα 11.75: Απεικονίζονται με μπλε χρώμα τα οκτώ διαγώνια μέλη διατομής L 200 * 24

- Η αντικατάσταση αυτή λόγω ανακαταννομής των εντάσεων εξασφάλισε την αντοχή **των δύο κάτω ακραίων σύνθετων δοκών** (δοκός 7 και δοκός 11) ώστε να μην αστοχούν πλέον.
- Όσον αφορά τις 6 κεντρικές διαμήκεις σύνθετες διατομές στο άνω πέλμα του δικτυώματος που αστοχούσαν, επιλέχθηκε να ενισχυθούν με πλάκα ενίσχυσης πάχους 2 εκατοστών (2cm) στο πέλμα τους.



Σχήμα 11.76: Απεικονίζονται με μπλε χρώμα οι 6 άνω κεντρικές διαμήκεις σύνθετες διατομές



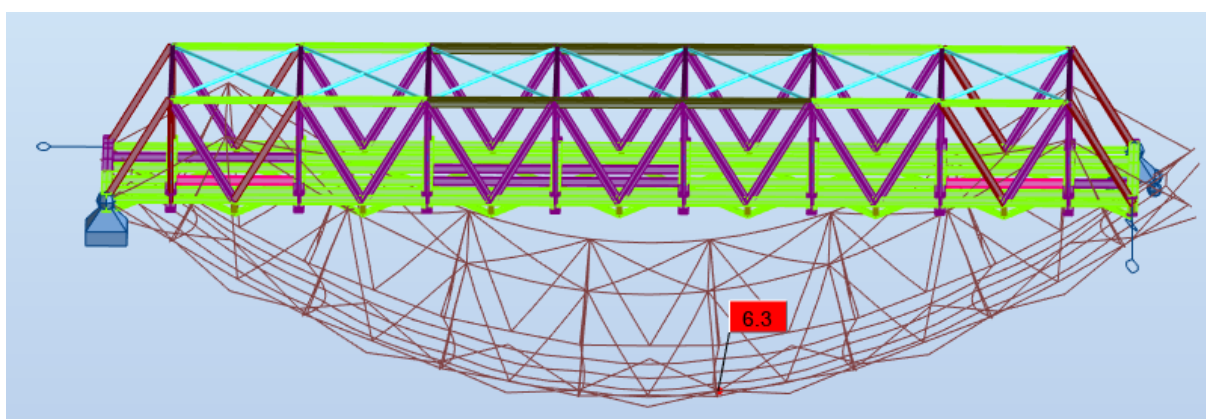
Σχήμα 11.77

Ενίσχυση άνω κεντρικών διαμήκων δοκών

- Όσον αφορά τις **2 ενδιάμεσες απομειωμένες κατά 20% διαμήκεις δοκούς IPE240, ενισχύθηκαν με πλάκα ενίσχυσης πάχους ενός εκατοστού (1 cm)** στο πάνω και στο κάτω πέλαμα τους.

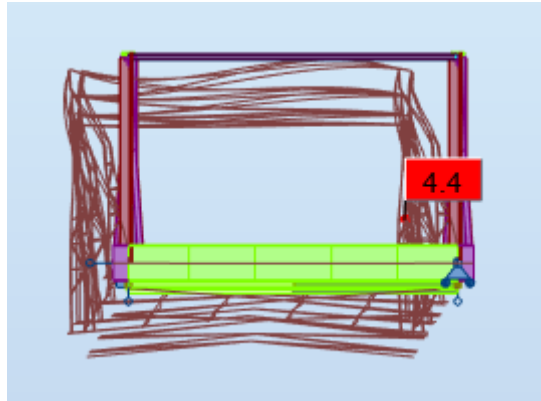
11.10.2 Παραμορφώσεις

Προκύπτει **κατακόρυφη παραμόρφωση 6,3 εκατοστά** για τον δυσμενή συνδυασμό φορτίων στη κατακόρυφη διεύθυνση



Σχήμα 11.78: Κατακόρυφη παραμόρφωση φορέα

Προκύπτει **εγκάρσια παραμόρφωση 4.4 εκατοστά** για τον δυσμενή συνδυασμό φορτίων στην εγκάρσια διεύθυνση



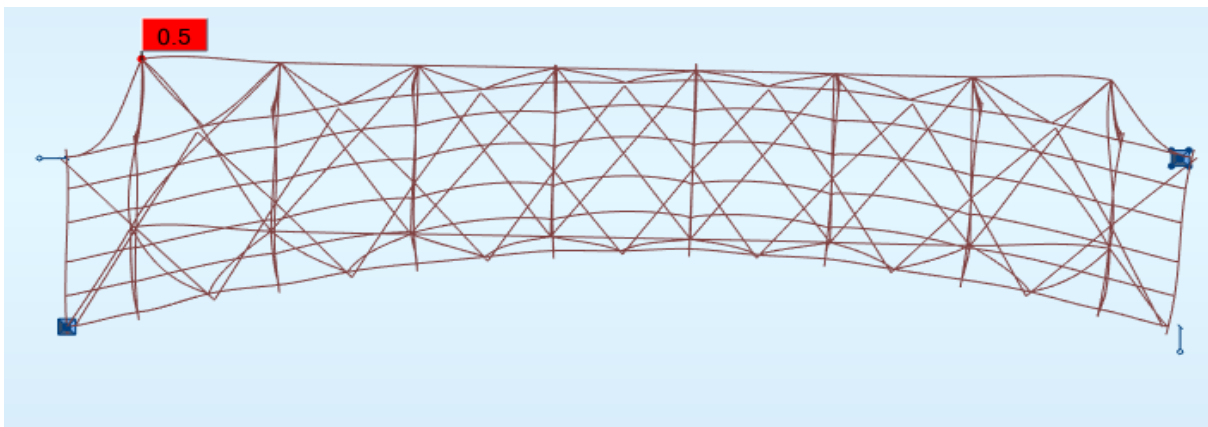
Σχήμα 11.79: Εγκάρσια παραμόρφωση γέφυρας

11.10.3 Ιδιομορφές

1^η ιδιομορφή (1) κύρια στην εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας

$$T=0,34s$$

$$f=2,92Hz$$

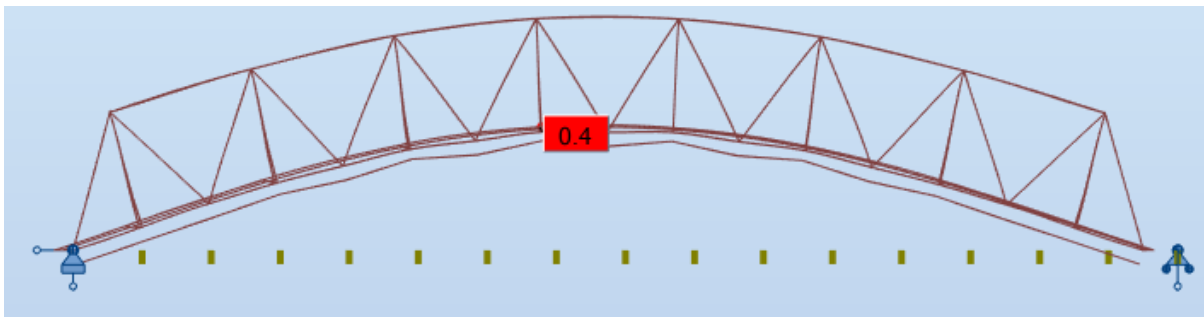


Σχήμα 11.80: Κύρια ιδιομορφή στην εγκάρσια διεύθυνση

2^η ιδιομορφή (2) κύρια στην κατακόρυφη διεύθυνση της γέφυρας

$T=0,29s$

$f=3,46Hz$

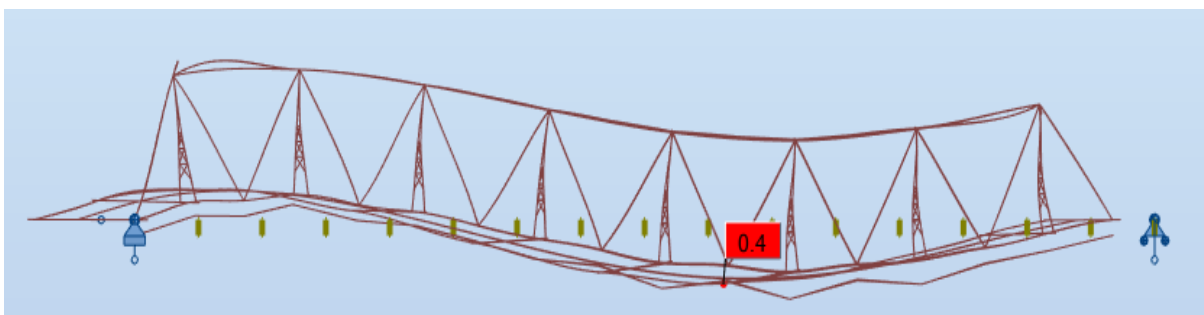


Σχήμα 11.81: Κύρια ιδιομορφή στην κατακόρυφη διεύθυνση

3^η ιδιομορφή (13) κύρια στην διαμήκη διεύθυνση της γέφυρας

$T=0,13s$

$F=7,41Hz$

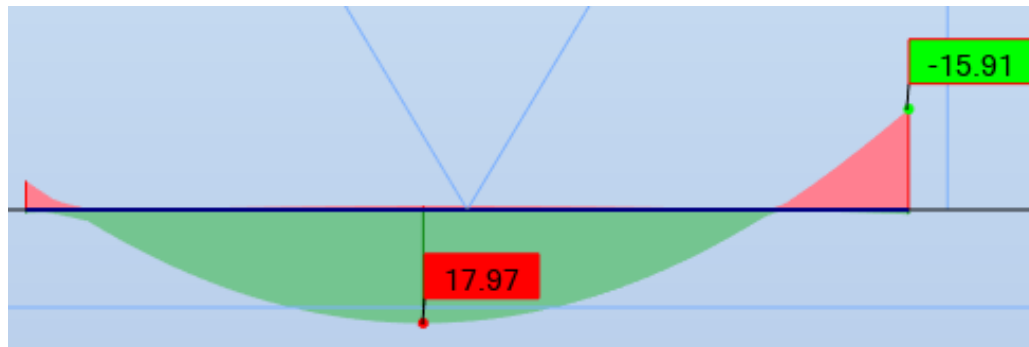


Σχήμα 11.82: Κύρια ιδιομορφή στην διαμήκη διεύθυνση

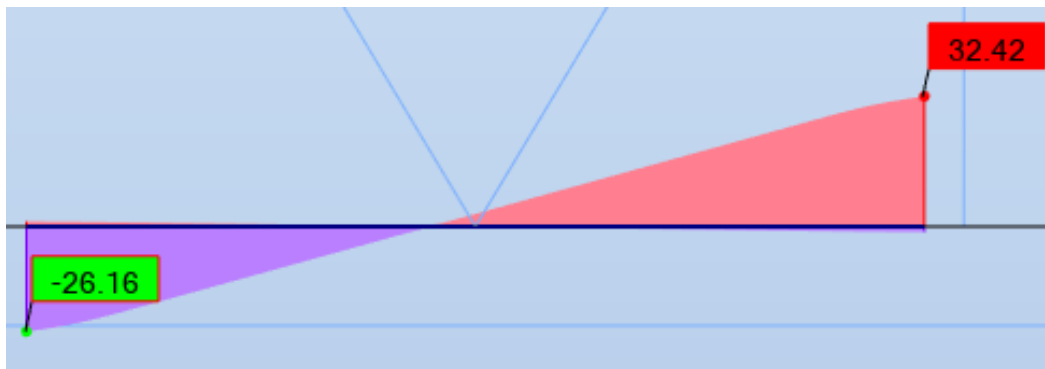
11.11 ΕΛΕΓΧΟΙ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

11.11.1 Ενδιάμεσες διαμήκειες δοκοί

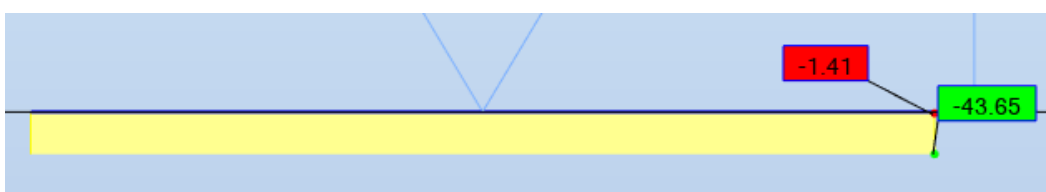
- **Ενδιάμεση διαμήκης ΙΡΕ240 απομειωμένη κατά 10%**



Σχήμα 11.83: Διάγραμμα ροπών δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού



Σχήμα 11.84: Διάγραμμα τέμνουσας δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού



Σχήμα 11.85: Διάγραμμα αξονικής δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού

ΈΛΕΓΧΟΙ

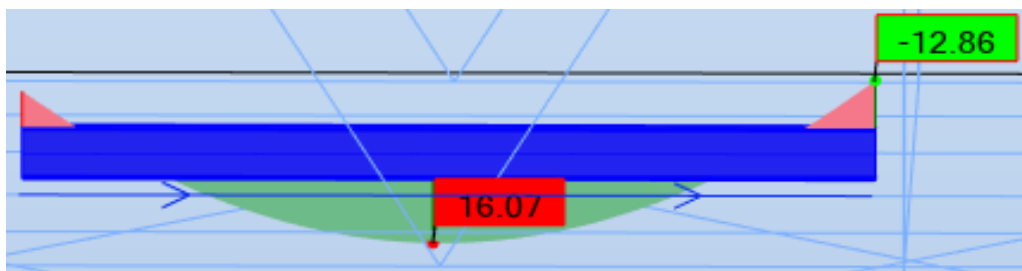
$$N_{Ed,z} = 43,65 \text{ kN} < N_{t,Rd} = 786,46 \text{ kN} \text{ επαρκεί}$$

$$V_{Ed,z} = 32,42 \text{ kN} < V_{t,Rd} = 166,86 \text{ kN} \text{ επαρκεί}$$

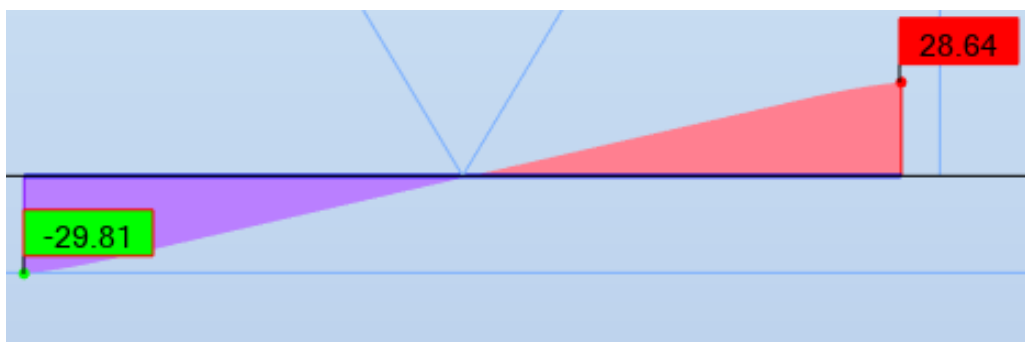
$$M_{Ed,y} = 17,97 \text{ kNm} < M_{N,y,Rd} = 72,94 \text{ kNm} \text{ επαρκεί}$$

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0,85 < 1 \text{ επαρκεί}$$

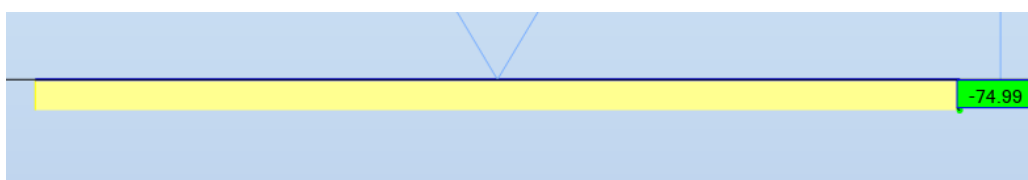
- **Ενδιάμεση διαμήκης ΙΡΕ240 απομειωμένη κατά 20%**



Σχήμα 11.86: Διάγραμμα ροπών δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού



Σχήμα 11.87: Διάγραμμα τέμνουσας δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού



Σχήμα.11.88: Διάγραμμα αξονικής δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού

ΈΛΕΓΧΟΙ

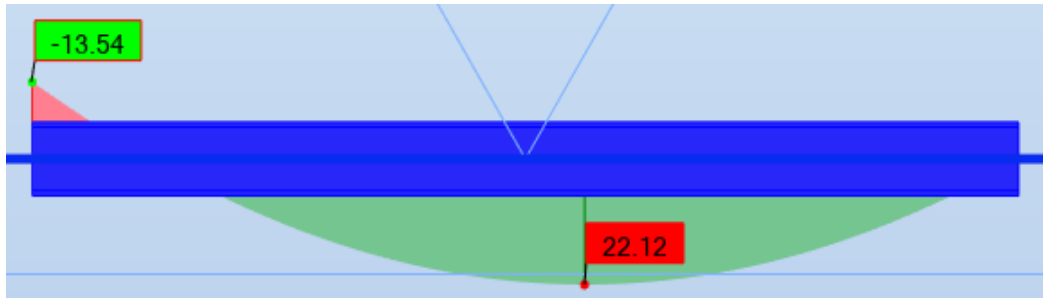
$$N_{Ed,z} = 74,99 \text{ kN} < N_{T,Rd} = 699 \text{ kN} \text{ επαρκεί}$$

$$V_{Ed,z} = 29,81 \text{ kN} < V_{T,Rd} = 148,32 \text{ kN} \text{ επαρκεί}$$

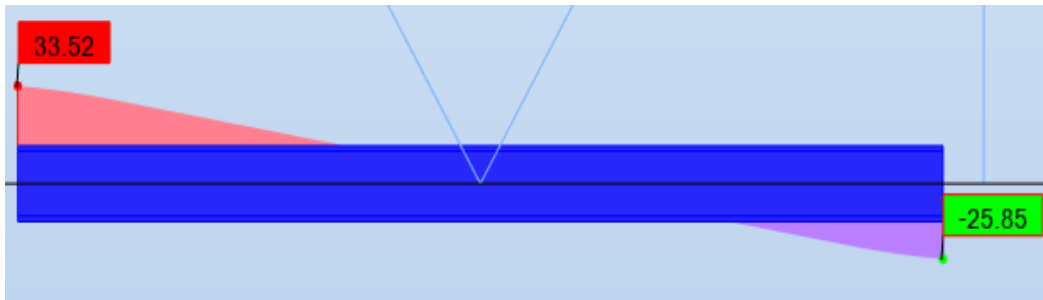
$$M_{Ed,y} = 16,07 \text{ kNm} < M_{N,y,Rd} = 64,62 \text{ kNm} \text{ επαρκεί}$$

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0,94 < 1 \text{ επαρκεί}$$

- **Ενδιάμεση διαμήκης ΙΡΕ240 ενισχυμένη**



Σχήμα 11.89: Διάγραμμα ροπών δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού



Σχήμα 11.90: Διάγραμμα τεμνουσών δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού



Σχήμα 11.91: Διάγραμμα τεμνουσών δυσμενούς ενδιάμεσης δοκού

ΈΛΕΓΧΟΙ

$$N_{Ed} = 52,53 < N_{t,Rd} = 1272,10 \text{ επαρκεί}$$

$$V_{Ed,z} = 33,52 \text{ kN} < V_{T,Rd} = 148,31 \text{ kN} \text{ επαρκεί}$$

$$M_{Ed,y} = 22,12 \text{ kNm} < M_{N,y,Rd} = 135,17 \text{ kNm} \text{ επαρκεί}$$

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0,38 < 1 \text{ επαρκεί}$$

11.11.2 Εγκάρσιες δοκοί

Δυσμενείς απομειωμένες HEA τόσο 10% όσο και 20% είναι στο στη δοκό που έχει προσομοιωθεί μισή με 10% απομείωση και μισή με 20% απομείωση

- Εγκάρσιες HEA600 απομειωμένες κατά 10%



Σχήμα 11.92: Διάγραμμα ροπών M_y εγκάρσιας δοκού

$N_{,Ed} = -26.93 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 156.39 \text{ kN}^*\text{m}$	$M_{z,Ed} = -56.08 \text{ kN}^*\text{m}$	$V_{y,Ed} = -13.99 \text{ kN}$
$N_{t,Rd} = 4657.23 \text{ kN}$	$M_{y,pl,Rd} = 1092.70 \text{ kN}^*\text{m}$	$M_{z,pl,Rd} = 242.28 \text{ kN}^*\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 1553.52 \text{ kN}$
	$M_{y,c,Rd} = 1092.70 \text{ kN}^*\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 242.28 \text{ kN}^*\text{m}$	$V_{z,Ed} = 6.83 \text{ kN}$
	$MN_{,y,Rd} = 1092.70 \text{ kN}^*\text{m}$	$MN_{,z,Rd} = 242.28 \text{ kN}^*\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 792.20 \text{ kN}$
	$M_{b,Rd} = 1092.70 \text{ kN}^*\text{m}$		$T_{t,Ed} = -5.43 \text{ kN}^*\text{m}$
			ΤΑΞΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ = 1

Σχήμα 11.93: Εντατικά μεγέθη και τιμές αντοχής εγκάρσιας δοκού

LATERAL BUCKLING



$z = 1.00$

$M_{cr} = 28615.13 \text{ kN}^*\text{m}$

ΚΑΜΠΥΛΗ,LT - c

$X_{LT} = 1.00$

$L_{cr,upp} = 1.22200 \text{ m}$

$\text{Lam}_{LT} = 0.20$

$f_{i,LT} = 0.52$

Σχήμα 11.94: Παράμετροι πλευρικού λυγισμού

ΈΛΕΓΧΟΙ

$$(M_{y,Ed}/M_{N_{y,Rd}})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N_{z,Rd}})^1 = 0,25 < 1 \text{ επαρκεί}$$

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0,15 < 1 \text{ επαρκεί}$$

- Εγκάρσιες HEA600 απομειωμένες κατά 20%



Σχήμα 11.95: Διάγραμμα ροπών M_y εγκάρσιας δοκού

$N_{,Ed} = -29.81 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 156.60 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -55.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 12.72 \text{ kN}$
$N_{t,Rd} = 4657.23 \text{ kN}$	$M_{y,pl,Rd} = 1092.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,pl,Rd} = 242.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 1563.06 \text{ kN}$
	$M_{y,c,Rd} = 1092.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 242.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -8.37 \text{ kN}$
	$MN_{,y,Rd} = 1092.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{,z,Rd} = 242.28 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 794.33 \text{ kN}$
	$M_{b,Rd} = 1092.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$		$T_{t,Ed} = 5.26 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			ΤΑΞΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ = 1

Σχήμα 11.96: Εντατικά μεγέθη και τιμές αντοχής εγκάρσιας δοκού

LATERAL BUCKLING



$z = 1.00$

$M_{cr} = 28615.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$

ΚΑΜΠΥΛΗ,LT - c

$\chi_{LT} = 1.00$

$L_{cr,upp} = 1.22200 \text{ m}$

$\lambda_{m,LT} = 0.20$

$f_{i,LT} = 0.52$

Σχήμα 11.97: Παράμετροι πλευρικού λυγισμού

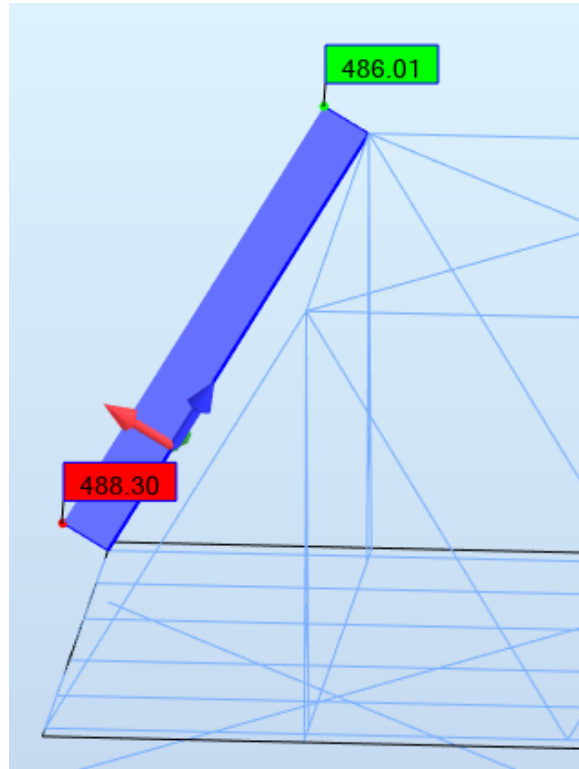
ΈΛΕΓΧΟΙ

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{N_{y,Rd}}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{N_{z,Rd}}}\right)^1 = 0,25 < 1 \text{ επαρκεί}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,15 < 1 \text{ επαρκεί}$$

11.11.3 Ενισχυμένα ακραία διαγώνια μέλη της όψης

Για τις ενισχυμένες διατομές L, CAE 200 * 24



Σχήμα 11.98: Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων

BUCKLING y		BUCKLING z	
	Ly = 3.83728 m Lcr,y = 3.06982 m Lamy = 50.62	Lam_y = 0.54 Xy = 0.87 kzy = 1.05	
	Lz = 3.83728 m Lcr,z = 3.83728 m Lamz = 63.28	Lam_z = 0.67 Xz = 0.80 kzz = 1.09	

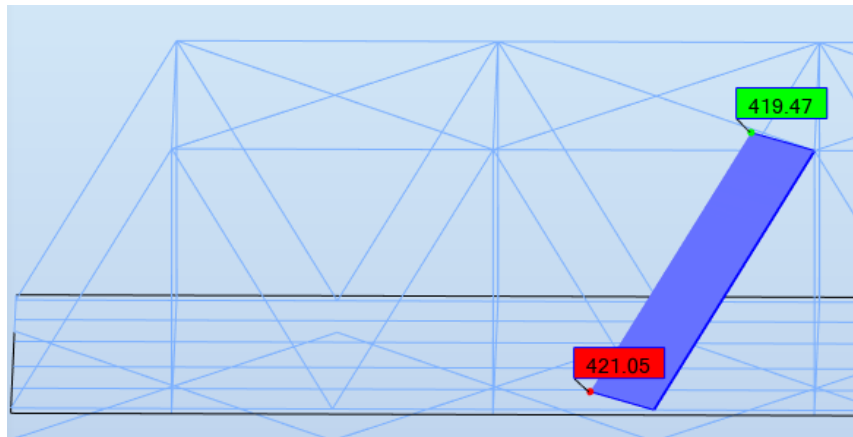
Σχήμα 11.99: Παράμετροι λυγισμού

ΈΛΕΓΧΟΙ

$N_{Ed} = 488,30 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 1700 \text{ kN}$ **επαρκεί**

$N_{Ed}/(X_z * N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} * M_{y,Ed,max} / (X_{LT} * M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zz} * M_{z,Ed,max} / (M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0,90 < 1$ **επαρκεί**





11.11.4 Διαγώνια μέλη όψης με διατομή L, 2 CAE 120 x 10



Σχήμα 11.100: Διάγραμμα αξονικής διαγώνιων μελών όψης (2 CAE 120 x 10)

$N_{Ed} = 421.05 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 2.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -1.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$
$N_{c,Rd} = 1089.52 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 2.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = -1.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$
$N_{b,Rd} = 735.85 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 46.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 27.82 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Σχήμα 11.101: Εντατικά μεγέθη και τιμές αντοχής διαγώνιων μελών όψης

BUCKLING y			BUCKLING z		
	$L_y = 3.83728 \text{ m}$	$\text{Lam}_y = 0.50$		$L_z = 3.83728 \text{ m}$	$\text{Lam}_z = 0.88$
	$L_{cr,y} = 3.06982 \text{ m}$	$X_y = 0.88$		$L_{cr,z} = 3.83728 \text{ m}$	$X_z = 0.68$
	$\text{Lam}_y = 47.10$	$k_{zy} = 0.98$		$\text{Lam}_z = 82.44$	$k_{zz} = 1.26$

Σχήμα 11.102: Παράμετροι λυγισμού

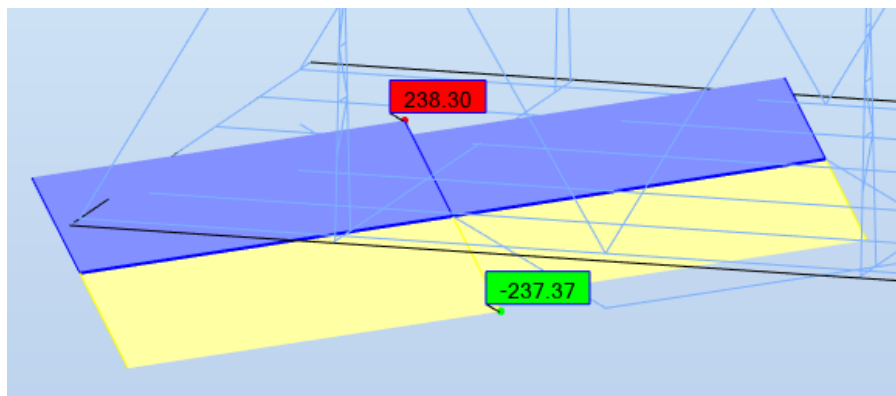
ΈΛΕΓΧΟΙ

$$N_{Ed} = 421,05 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 735,85 \text{ kN} \text{ επαρκεί}$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max} / (X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max} / (M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0,71 < 1 \text{ επαρκεί}$$

11.11.5 Χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας καταστρώματος

Οι χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας καταστρώματος έχουν προσομοιωθεί ώστε να λαμβάνουν μόνο αξονικά φορτία.



Σχήμα 11.103: Διάγραμμα αξονικής δύναμης διαγώνιου μέλους καταστρώματος

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΥΓΙΣΜΟΥ:



ΠΕΡΙ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ y:

$L_y = 6.57001 \text{ m}$ $L_{am_y} = 0.73$
 $L_{cr,y} = 3.28500 \text{ m}$ $X_y = 0.76$
 $L_{amy} = 68.98$



ΠΕΡΙ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ z:

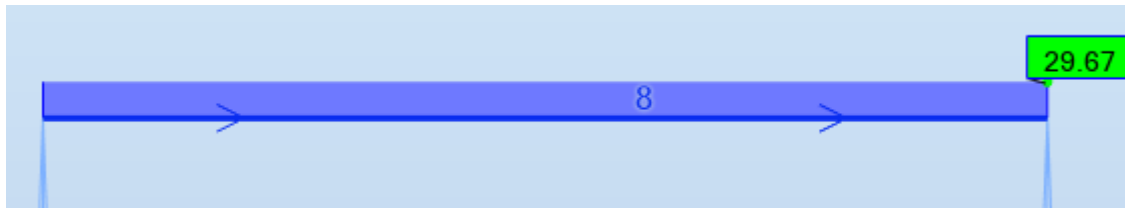
$L_z = 6.57001 \text{ m}$ $L_{am_z} = 1.13$
 $L_{cr,z} = 3.28500 \text{ m}$ $X_z = 0.52$
 $L_{amz} = 106.13$

Σχήμα 11.104: Παράμετροι Λυγισμού

ΈΛΕΓΧΟΙ

$N_{Ed} = 238,30 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 245,27 \text{ kN}$ **επαρκεί**



11.11.6 Εγκάρσιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας άνω HEA 100 ανά 3,95 μέτρα



Σχήμα 11.105: Διάγραμμα αξονικής εγκάρσιου συνδέσμου δυσκαμψίας άνω

$N_{Ed} = 29.69 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 0.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,Ed} = 0.00 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 499.05 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 0.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{y,T,Rd} = 250.14 \text{ kN}$
$N_{b,Rd} = 81.20 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 19.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 9.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 0.01 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 19.51 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 9.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 102.52 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = -0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			ΤΑΞΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ = 1

Σχήμα 11.106: Εντατικά μεγέθη και τιμές αντοχής εγκάρσιου συνδέσμου δυσκαμψίας

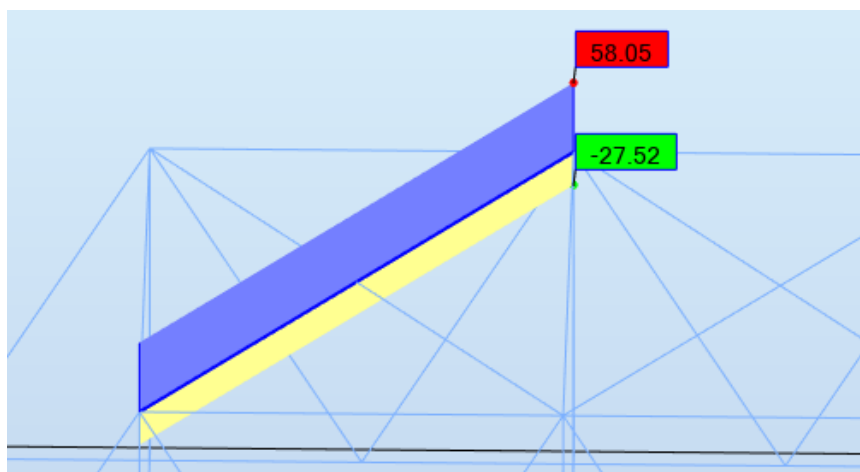
BUCKLING y		BUCKLING z	
	$L_y = 5.25000 \text{ m}$	$L_z = 5.25000 \text{ m}$	$Lam_z = 2.23$
	$L_{cr,y} = 5.25000 \text{ m}$	$L_{cr,z} = 5.25000 \text{ m}$	$X_z = 0.16$
	$Lam_y = 129.46$	$Lam_z = 209.15$	$kzz = 1.28$
	$X_y = 0.39$		
	$kzy = 0.61$		

Σχήμα 11.107: Παράμετροι πλευρικού λυγισμού

ΈΛΕΓΧΟΙ

$$N_{Ed} / (X_z * N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} * M_{y,Ed,max} / (X_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} * M_{z,Ed,max} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0,37 < 1 \text{ επαρκεί}$$

11.11.7 Άνω Χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας



Σχήμα 11.108: Διάγραμμα αξονικής χιαστί συνδέσμου δυσκαμψίας άνω

$N_{Ed} = 58.05 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -3.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = 0.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$
$N_{c,Rd} = 443.25 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = -3.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$
$N_{b,Rd} = 283.89 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 13.47 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 13.47 \text{ kN}\cdot\text{m}$
	$M_{N,y,Rd} = 13.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{N,z,Rd} = 13.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Σχήμα 11.109: Εντατικά μεγέθη και τιμές αντοχής άνω χιαστί συνδέσμου

ΈΛΕΓΧΟΙ

$$N_{Ed} = 58,05 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 283,89 \text{ kN} \text{ επαρκεί}$$

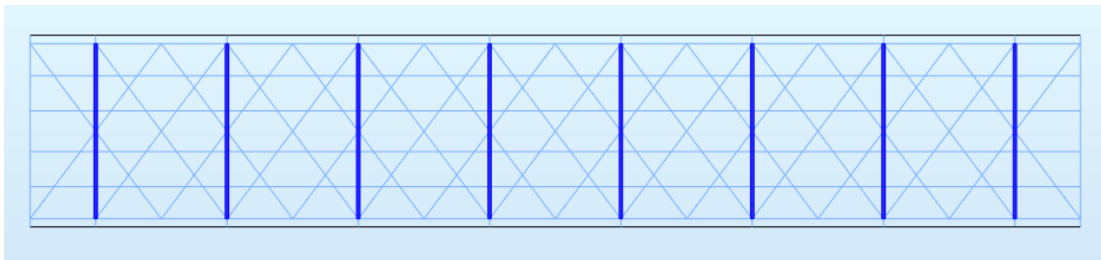
$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max} / (X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max} / (M_{z,Rk}/\gamma_{M1}) = 0,51 < 1 \text{ επαρκεί}$$

$$M_{Ed,y} = 3,22 \text{ kNm} < M_{N,y,Rd} = 13,04 \text{ kNm} \text{ επαρκεί}$$

11.12 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΘΟΛΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ

Προκειμένου να ικανοποιείται ο έλεγχος καθολικού λυγισμού ήταν επιτακτική ανάγκη να τοποθετηθούν στο μοντέλο ανάλυσης του φορέα εγκάρσιοι και χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας. Για τον υπολογισμό του αριθμού και των απαιτούμενων διατομών τους έγινε μία παραμετρική ανάλυση.

Μετά από τις απαραίτητες δοκιμές, τελικά προέκυψε ότι χρειάζονται εγκάρσιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας ανά 3,95 μέτρα στο άνω πέλμα.

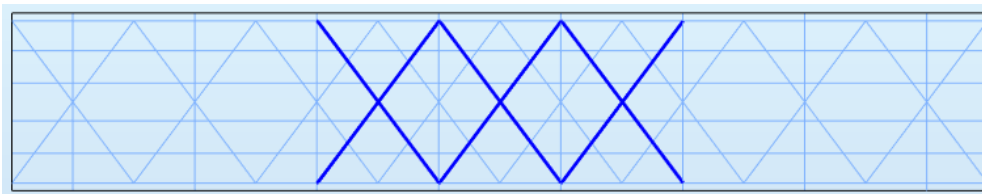


Σχήμα 11.110: Εγκάρσιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας

Για την ικανοποίηση του **ελέγχου έναντι καθολικού λυγισμού** τοποθετήθηκαν και χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας, επειδή δεν επαρκούσαν οι εγκάρσιοι.

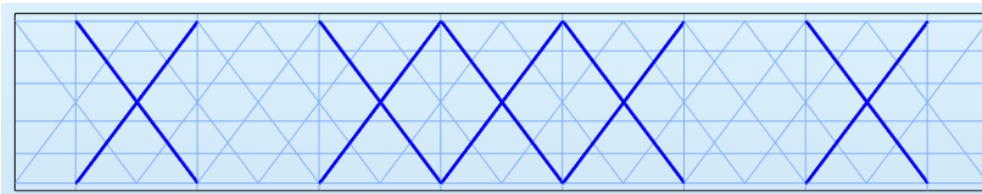
Για την τοποθέτηση των χιαστί συνδέσμων εξετάστηκαν οι παρακάτω περιπτώσεις:

1^η περίπτωση

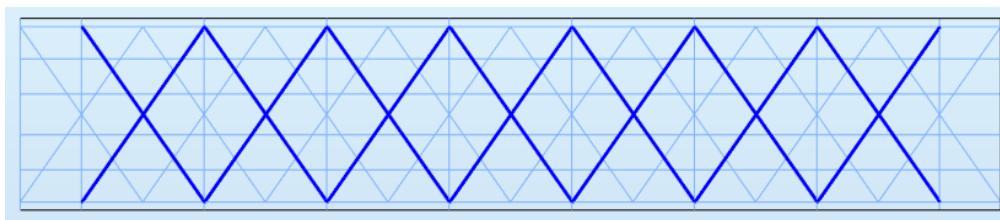


Σχήμα 11.111: Τρεις κεντρικοί χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας

2^η περίπτωση



Σχήμα 11.112: Τρεις κεντρικοί και 2 ακραίοι χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας

3^η περίπτωση

Σχήμα 11.113: Χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας σε όλο το μήκος

Μετά από παραμετρική ανάλυση προέκυψε ότι απαιτούνται **χιαστί σύνδεσμοι διατομής CHS, CHS 101,6 x 6,3 σε όλο το μήκος της γέφυρας** ώστε να ικανοποιείται ο έλεγχος.

Ο έλεγχος καθολικού λυγισμού έγινε και πάλι με τη χρήση της γενικής μεθόδου.

Για να γίνει ο έλεγχος έγινε μία γραμμική ανάλυση λυγισμού (LBA) από την οποία προέκυψε το ελάχιστο a_{cr} για την πρώτη ιδιομορφή καθολικού λυγισμού

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το a_{ult} ως ο λόγος $N_{pl,Rk}$ προς την μέγιστη αξονική δράση N_{Ed} .

Αυτά έγιναν για να βρεθεί η ανηγμένη λυγηρότητα

$$\bar{\lambda}_{\varphi} = \sqrt{\frac{a_{ult,k}}{a_{cr,\varphi}}}$$

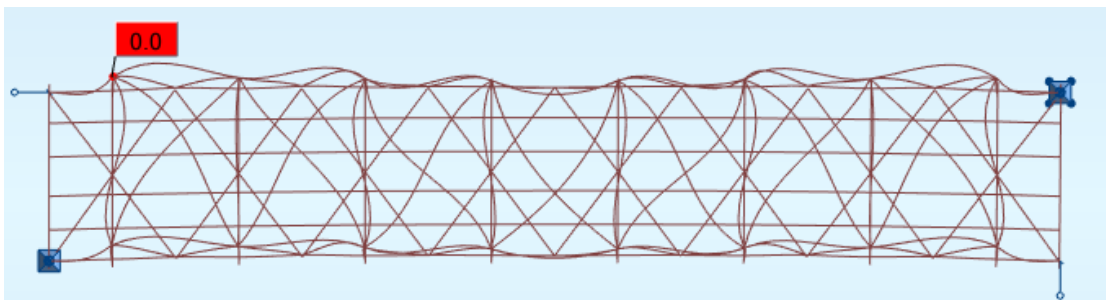
Στη συνέχεια με τη χρήση της **καμπύλης d** προέκυψε ο μειωτικός συντελεστής χ_{φ} από:

3.2.3 Καμπύλες λυγισμού για ελατές διατομές ή ισοδύναμες συγκολλητές διατομές (EN1993-1-1 §6.3.2.3)

Από την LBA για 100 ιδιομορφές προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ/ ΔΙΟΜΟΡΦΗ	ΚΡΙΣΙΜΟΣ ΣΥΝΤ.	ΑΚΡΙΒΕΙΑ
6/ 4	-2,43827e+00	4,70689e-03
6/ 5	-2,45162e+00	5,89102e-04
6/ 6	-2,46352e+00	6,79568e-03
6/ 7	-2,94460e+00	1,89627e-03
6/ 8	-2,95947e+00	8,67448e-04
6/ 9	-2,96417e+00	1,77701e-03
6/ 10	-3,04565e+00	3,37624e-03
6/ 11	-3,95583e+00	4,21576e-03
6/ 12	-4,15623e+00	1,62716e-02
6/ 13	-4,21831e+00	9,39541e-03
6/ 14	-4,27208e+00	2,63459e-03
6/ 15	4,52611e+00	7,03505e-02
6/ 16	4,83325e+00	9,52682e-02
6/ 17	5,56149e+00	5,62089e-02
6/ 18	5,92137e+00	2,55379e-02
6/ 19	-6,49629e+00	1,38694e-03
6/ 20	-6,53534e+00	5,10513e-03
6/ 21	-6,65287e+00	5,35171e-03
6/ 22	-6,68102e+00	2,34853e-03
6/ 23	-6,69700e+00	1,53308e-03
6/ 24	-6,72716e+00	3,82293e-03
6/ 25	-6,85342e+00	1,62204e-02
6/ 26	-6,99572e+00	1,66057e-02
6/ 27	-7,11932e+00	1,55503e-03
6/ 28	7,32789e+00	9,92102e-02

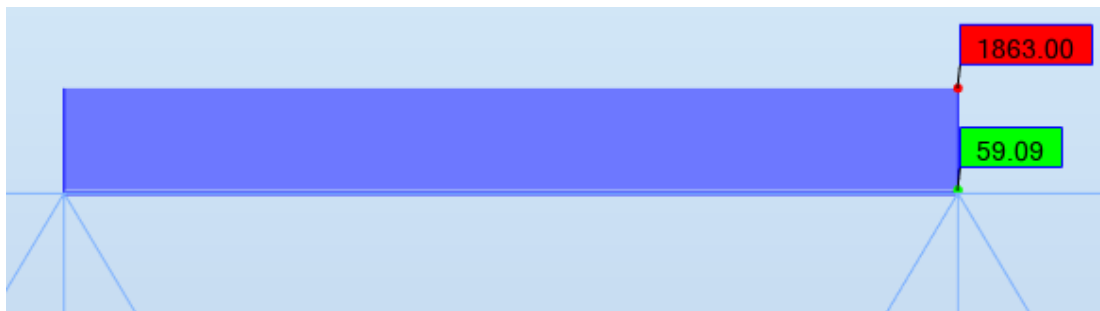
Σχήμα 11.114: Συντελεστές α_{cr} που προέκυψαν από την LBA



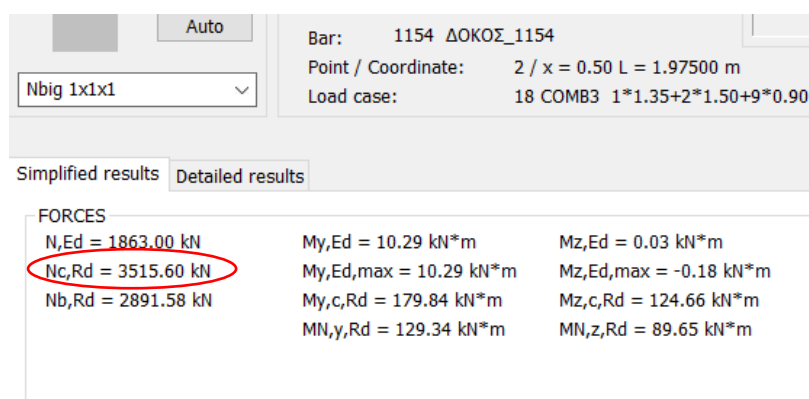
Σχήμα 11.115: 1^{ος} καθολικός λυγισμός στην 28^η ιδιομορφή

Προκύπτει $\alpha_{cr} = 7,33$

Για τον **υπολογισμό του α_{ult}** λαμβάνεται υπόψη η μεγαλύτερη αξονική ένταση που γίνεται στην άνω διαμήκη σύνθετη δοκό του δικτυώματος.



Σχήμα 11.116: Μέγιστη αξονική στη ράβδο 1154 με τιμή **NEd=1863,00 kN**



Σχήμα 11.117: Τιμή πλαστικής αξονικής αντοχής

$$N_{pl,Rk} = N_{c,Rd} = 3515,60 \text{ kN}$$

$$\text{Άρα } a_{ult} = N_{pl,Rk} / N_{Ed} = 3515,60 / 1863 = 1,887$$

$$\text{Επομένως έχουμε ανηγμένη λυγηρότητα } \lambda = (1,887 / 7,33)^{-0,5} = 0,5$$

Για $\lambda=0,395$ και καμπύλη d προκύπτει $\chi_{op}=0,75$ από καμπύλες λυγισμού (EN 1993-1-1 Σχ.6.4)

Πρέπει να ισχύει ότι $(\chi_{op} * a_{ult}) / \gamma M_1 \geq 1$, δηλαδή $(0,75 * 1,887 / 1.1 = 1,29$ επαρκεί σε έλεγχο έναντι καθολικού λυγισμού.

11.13 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την επιθεώρηση στη μεταλλική γέφυρα του Ταυρωνίτη και την λεπτομερή καταγραφή των αστοχιών της , πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της σύμφωνα με τους κανονισμούς που είναι σε ισχύ σήμερα. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της έγινε παραπάνω από εκατό χρόνια πριν, έτσι είναι λογικό στην γέφυρα να συναντώνται τόσες πιθανές αστοχίες όταν ελέγχεται σύμφωνα με τους σημερινούς κανονισμούς.

Για την υφιστάμενη κατάσταση μετά από μελέτη και ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

1. Ύπαρξη ανάγκης για λεπτομερή ανάλυση στη προσομοίωση της γέφυρας για ακριβή αποτελέσματα όσον αφορά την αντοχή της, λόγω της διαφορετικής εξάπλωσης της διάβρωσης στα μέλη της
2. Η γέφυρα κρίθηκε ανεπαρκής για να χρησιμοποιηθεί ως πεζογέφυρα
3. Υπάρχει πιθανότητα αστοχίας τόσο κάποιων θλιβόμενων διαγώνιων μελών του δικτυώματος όσο και κάποιων ενδιάμεσων διαμήκων δοκών που έχουν υποστεί μεγάλη διάβρωση.
4. Η γέφυρα είναι ανεπαρκής στον έλεγχο έναντι καθολικού λυγισμού
5. Απαραίτητη είναι η ανάγκη προσθήκης τόσο εγκάρσιων όσο και χιαστί συνδέσμων άνω στο δικτύωμα για να αποφευχθεί ο καθολικός λυγισμός

Η πρόταση της ενίσχυσης της γέφυρας με τις διατομές που επιλέχθηκαν οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα :

1. Οι τέσσερις ακραίες θλιβόμενες διαγώνιες στην αρχή και στο τέλος της γέφυρας αφού αντικαταστάθηκαν με άλλες διαγώνιες διατομής L, μεγαλύτερης αντοχής από αυτές που προϋπήρχαν, είχαν καλύτερη συμπεριφορά έναντι σεισμικών φορτίων που καταπονούσαν έντονα την γέφυρα.
2. Η αλλαγή αυτή απομειώνει την ένταση που αναλάμβαναν οι ακραίες σύνθετες διαμήκεις δοκοί.
3. Η τοπική αύξηση του πάχους των πελμάτων των άνω δοκών κατά 2 εκατοστά, λειτούργησε θετικά

Μετά τα μέτρα ενίσχυσης και την ανάλυση που έγινε στη γέφυρα προέκυψε ότι η γέφυρα είναι και πάλι ανεπαρκής έναντι του ελέγχου καθολικού λυγισμού.

Έτσι μετά από δοκιμές που έγιναν για τον απαιτούμενο αριθμό, τύπο και την τοποθεσία των συνδέσμων δυσκαμψίας στο άνω πέλμα του δικτυώματος επιλέχθηκαν χιαστί σύνδεσμοι δυσκαμψίας άνω σε όλο το μήκος της γέφυρας και εγκάρσιοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας ανά 3,95 μέτρα.

Τελικά η γέφυρα μετά από τις ενισχύσεις και τις προσθήκες των νέων συνδέσμων δυσκαμψίας στο άνω πέλμα του δικτυώματος αποδείχθηκε επαρκής έναντι όλων των απαραίτητων ελέγχων.

Μάλιστα σε σχέση με την υφιστάμενη γέφυρα η προτεινόμενη ενισχυμένη κατάσταση παρουσιάζει :

1. Μειωμένες παραμορφώσεις τόσο στη κατακόρυφη όσο και στην εγκάρσια διεύθυνση, φανερή η συνεισφορά των συνδέσμων που προστέθηκαν, στην εκτός επιπέδου παραμόρφωση
2. Μειωμένη ιδιοπερίοδο

12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials, CORE-1-I1 "Guide for Commonly Recognized (CoRe) Structural Elements", 2002
- [2] AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials, "PONTIS", User's Manual, 2009
- [3] AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials, "Bridge Element Inspection Guide Manual", 2010
- [4] FHWA Federal Highway Administration, "Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges", 1995
- [5] FHWA Federal Highway Administration, "Bridge Inspector's Reference Manual", 2006
- [6] National Research Council - NCHRP Project 12-28 (A and B1), "BRIDGIT Bridge Management System User's Manual and Technical Manual", 1999
- [7] National Research Council - NCHRP Report 590, "Multi-Objective Optimization for Bridge Management", 2007
- [8] BRITISH STANDARD BD 29/04, "DESIGN CRITERIA FOR FOOTBRIDGES",
- [9] BRITISH STANDARD BS 5135, "Arc welding of carbon and carbon manganese steels", 1984
- [10] BRITISH STANDARD BS 5400-3:1999, "Steel, concrete and composite bridges – part6: Specification for materials and workmanship, steel", 1999
- [11] BRITISH STANDARD BS 5400-3:2000, "Steel, concrete and composite bridges – part3: Code of practice for design of steel bridges", 2000
- [12] BD 56/10 "The assessment of steel highway bridges and structures"
- [13] Shuaicheng Guo, Ruizhe Si, Qingli Dai, Zhanping You, Yunxiang Ma, Jiaqing Wang, "A critical review of corrosion development and rust removal techniques on the structural/environmental performance of corroded steel bridges", 2019
- [14] U. Kuhlmann, S. Bove, S. Breunig "Fatigue design of selected details in steel bridges, K.Drebenstedt"
- [15] Sreenivas Alampalli, William J. Moreau, "Inspection, Evaluation and Maintenance of Suspension Bridges"

- [16] Tarek Zayed, Ahmed Elbeheri, "Non destructive Evaluation Techniques for Steel Bridges Inspection", 2016
- [16] Peyman Kaviani, Anousheb Rouzbehani, "Structural Forensics- Fracture Critical Bridge Inspection", 2016
- [17] Xinke Li, Chao Gao, Yongcai Guo, Fuliang He, Yanhua Shao, "Cable surface damage detection in cable-stayed bridges using optical techniques and image mosaicking", 2018
- [18] Pavel Ryjáček, "The diagnostic techniques for the assessment of the historical steel bridges", IABSE Symposium 2019
- [19] Martin Macho, Pavel Ryjáček¹, Jose Campos e Matos, "Static and Fatigue Test on Real Steel Bridge Components Deteriorated by Corrosion, 2018
- [20] G.S.T. Armer, J.L. Clarke, F.K. Garas, "The Life of Structures Physical Testing", 1989
- [21] Erica Siviero, Roberto Pavan, "Assessment of existing steel bridges: codes and standard", 2018
- [22] B. Kühn, M. Lukić, A. Nussbaumer, H.-P. Günther, R. Helmerich, S. Herion, M.H. Kolstein, S. Walbridge, B. Androic, O. Dijkstra, Ö. Bucak, "Assessment of Existing Steel Structures: Recommendations for Estimation of Remaining Fatigue Life", 2008
- [23] European Committee for Standardization, Eurocode 1: Actions on Structures – Part 1-4: "General Actions – Wind Actions", 2010
- [24] Ι. Λεπίδας – Ι. Σπινάσας Ε.Ε , «Εγχειρίδιο Αυτοψίας γεφυρών», 2010
- [25] Ι. Λεπίδας – Ι. Σπινάσας Ε.Ε , «Εγχειρίδιο Αξιολόγησης γεφυρών», 2010
- [26] Μαρία Χ. Αϊβάζογλου, "Αποτίμηση Κατάστασης Παλαιών Μεταλλικών Κατασκευών", 2013
- [27] Παναγιώτης Ι. Σκούρας, "Σχεδιασμός Μεταλλικής Πεζογέφυρας", 2018
- [28] Edo Vonk, "Innovative Approaches to Steel Bridge Repair and Strengthening Around the Globe", 2019
- [29] U.S. Department of Transportation Federal Highway – National Highway Institute (NHI), "Bridge Inspector's Reference Manual", 2012
- [30] Hasan Demir, " Strengthening and repair of steel bridges Techniques and management", 2011
- [31] DFID Department for International Development Uk, "FOOTBRIDGES – A Manual for Construction at Community and District", 2004
- [32] Kennedy Reid, "Inspection and assessment", 2008
- [33] Baptiste Sutter, Arnaud Lelevé, Minh Tu Pham, Olivier Gouin, Nicolas Jupille, Manuel Kuhn, Pierre Lulé, Pierre Michaud, Pascal Rmy, "A semi-autonomous mobile robot for bridge inspection", 2018
- [34] Alessio Pipinato, "Prolonging the Lifetime of Old Steel and Steel–Concrete Bridges: Assessment Procedures and Retrofitting Interventions", 2019