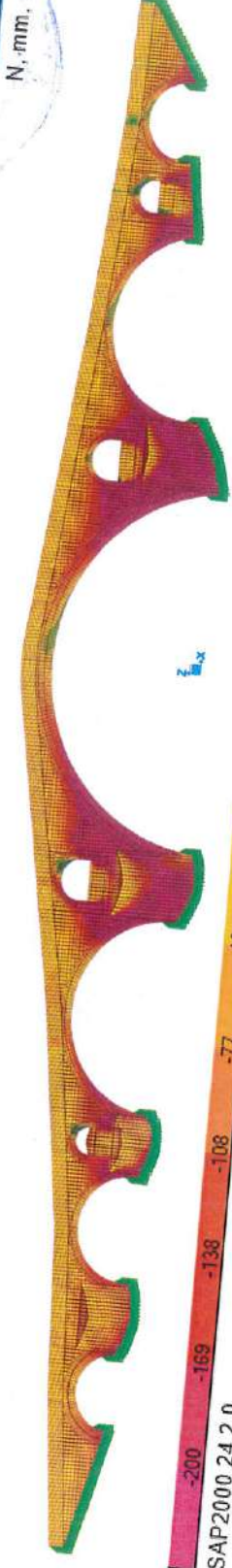




SAP2000 24.2.0
 S11 Stress Contours (Static_G-Ex-0.3Ey-0.3Ez)
 N, mm, C

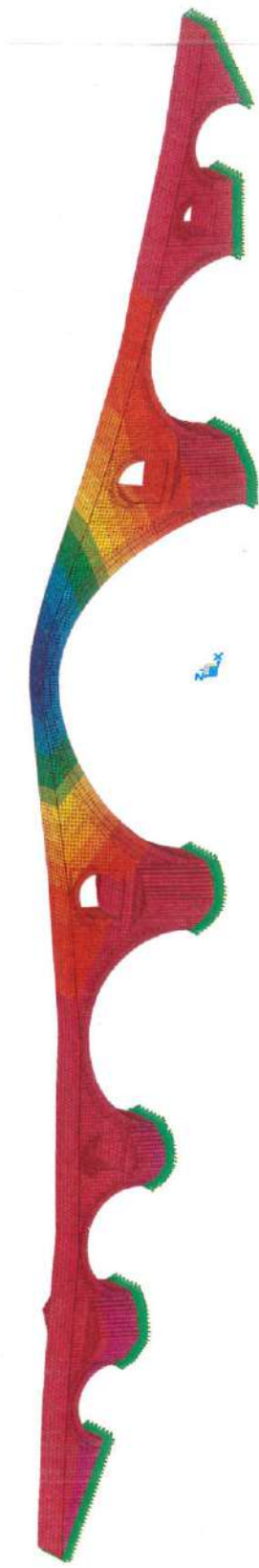


SAP2000 24.2.0
 S33 Stress Contours (Static_G-Ex-0.3Ey-0.3Ez)
 N, mm, C



SAP2000 24.2.0
 S13 Stress Contours (Static_G-Ex-0.3Ey-0.3Ez)
 N, mm, C

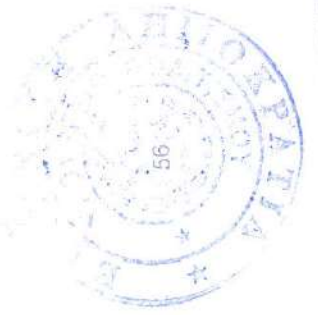
Β.5.8.3 Συνδυασμός $G+0.3Ex+Ey+0.3Ez$

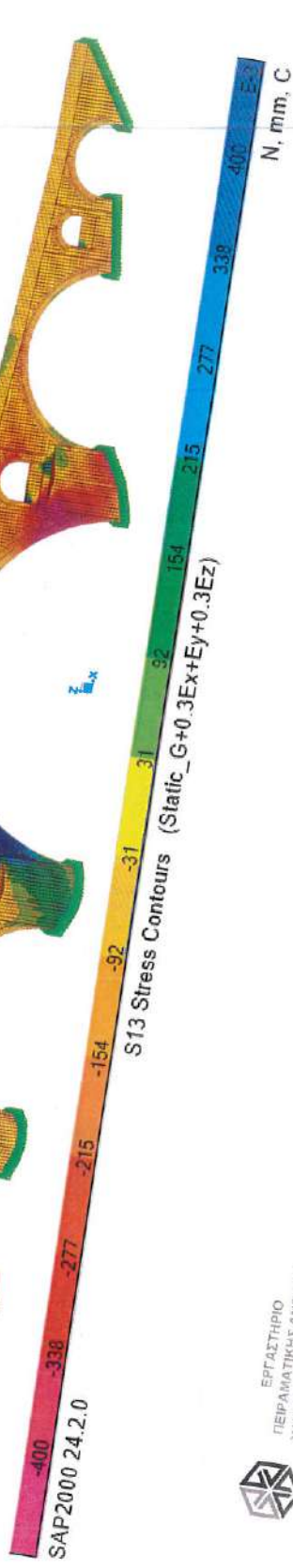
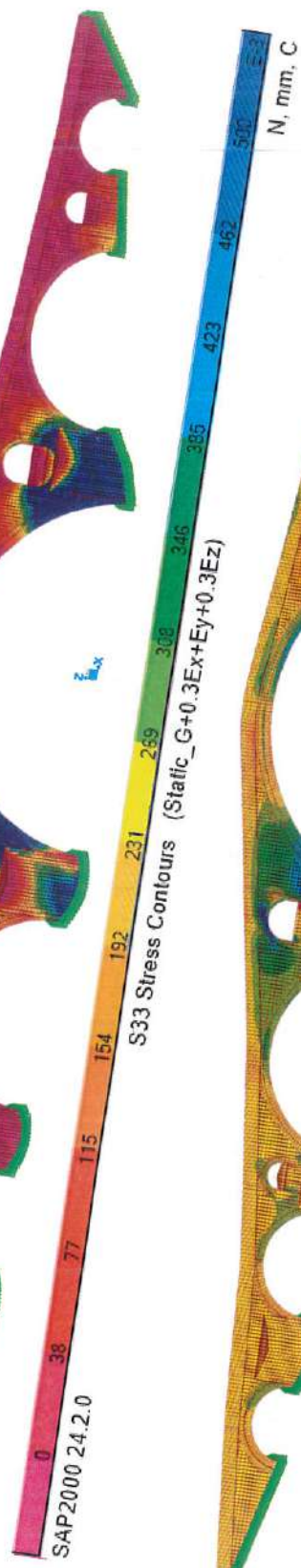
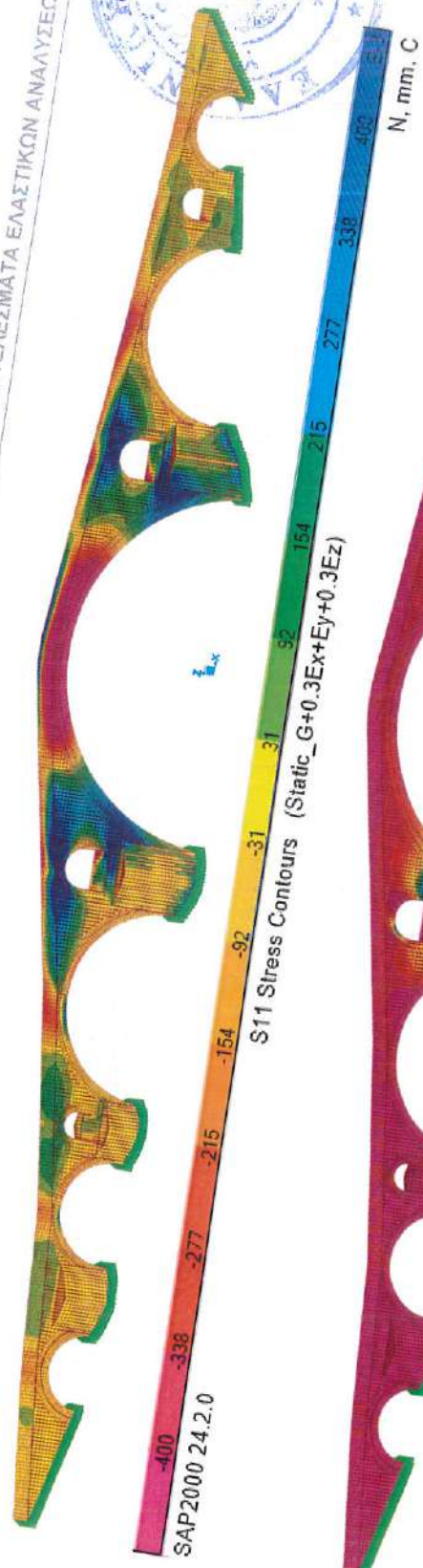


Παραμορφωμένος φορέας – Νότια Όψη

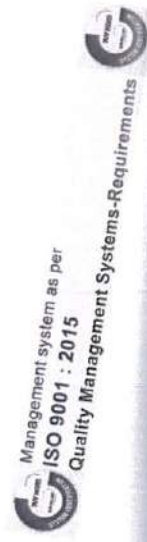


Παραμορφωμένος φορέας – Βόρεια Όψη
 Deformed Shape (Static_G+0.3Ex+Ey+0.3Ez) - Contours for Uy
 SAP2000 24.2.0
 KN, m, C





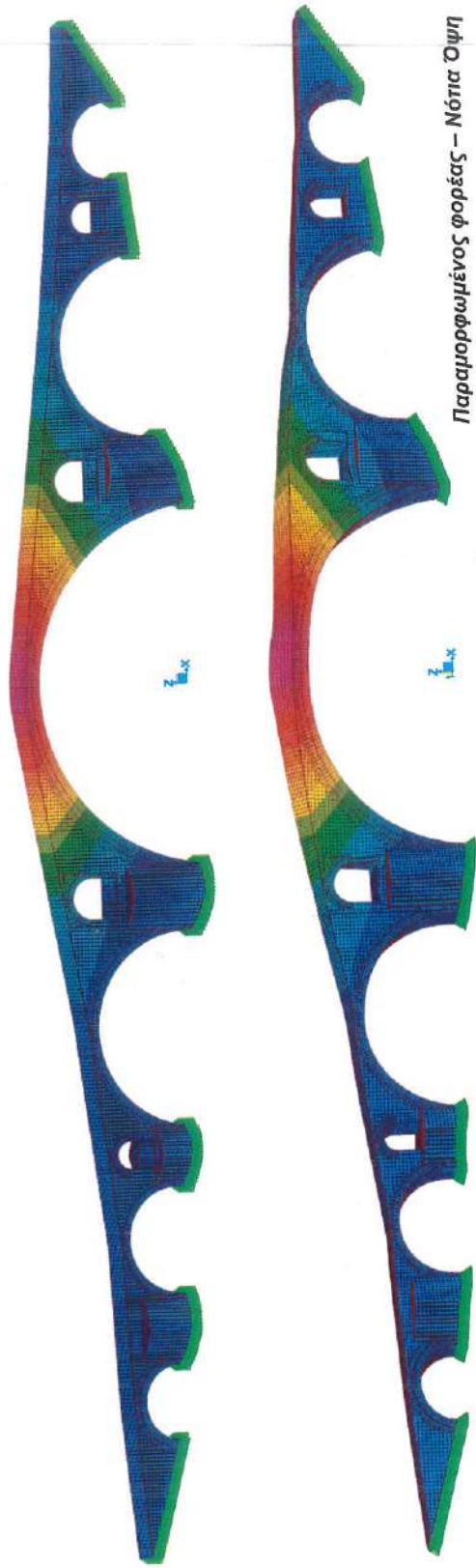
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per
ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements

ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

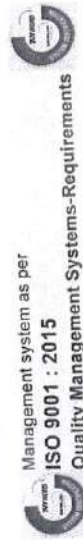
Β.5.8.4 Συνδυασμός G-0.3Ex-Ey-0.3Ez



Παραμορφωμένος φορέας - Βόρεια Όψη



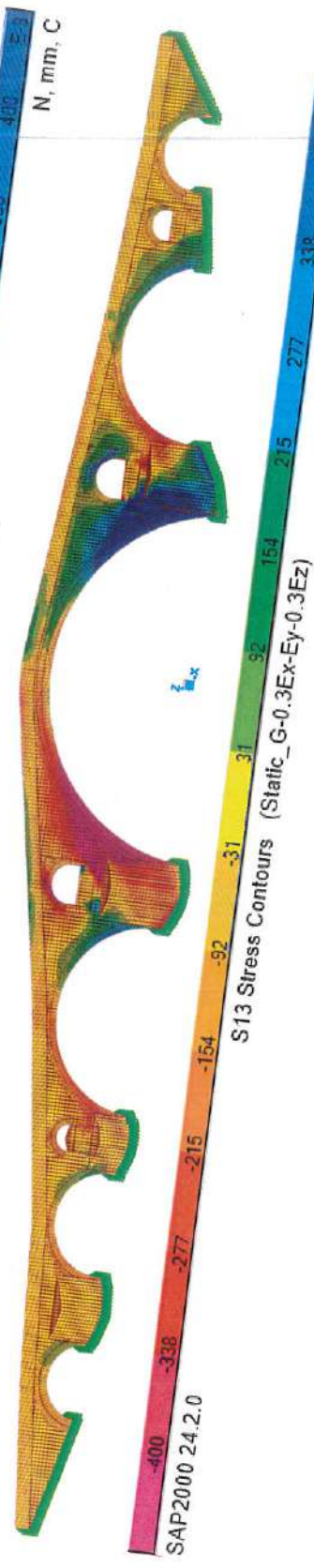
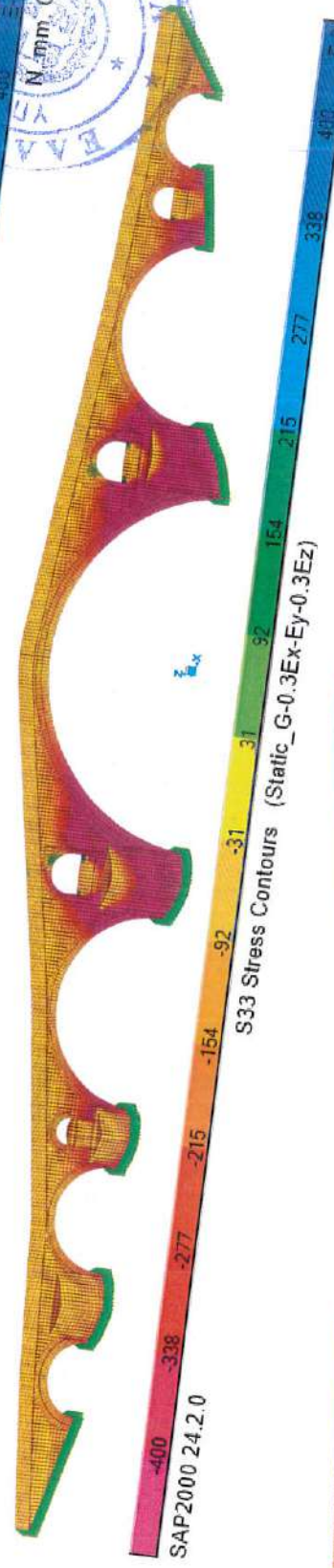
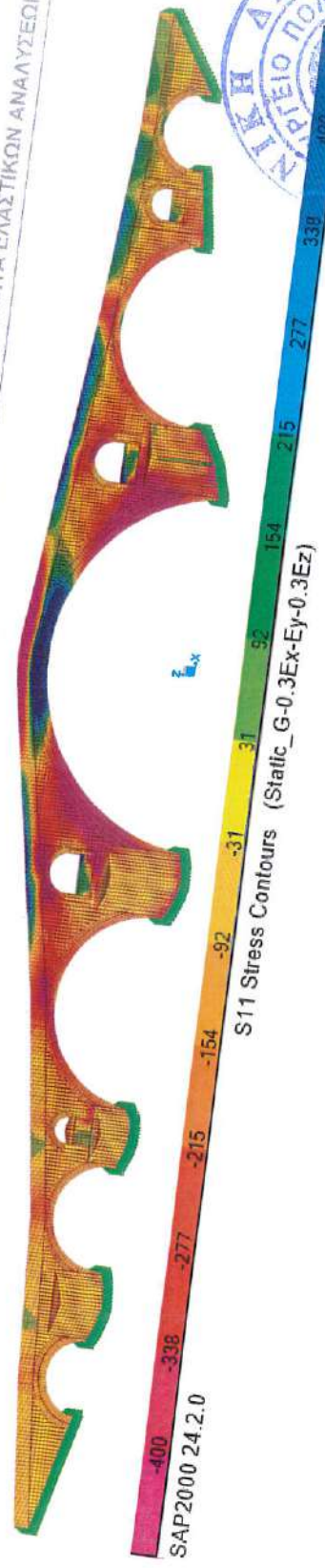
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per
ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements

ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ





ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per
ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements



Management system as per
ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements

ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Β.5.8.5 Συνδυασμός $G+0.3Ex+Ey+0.3Ez$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

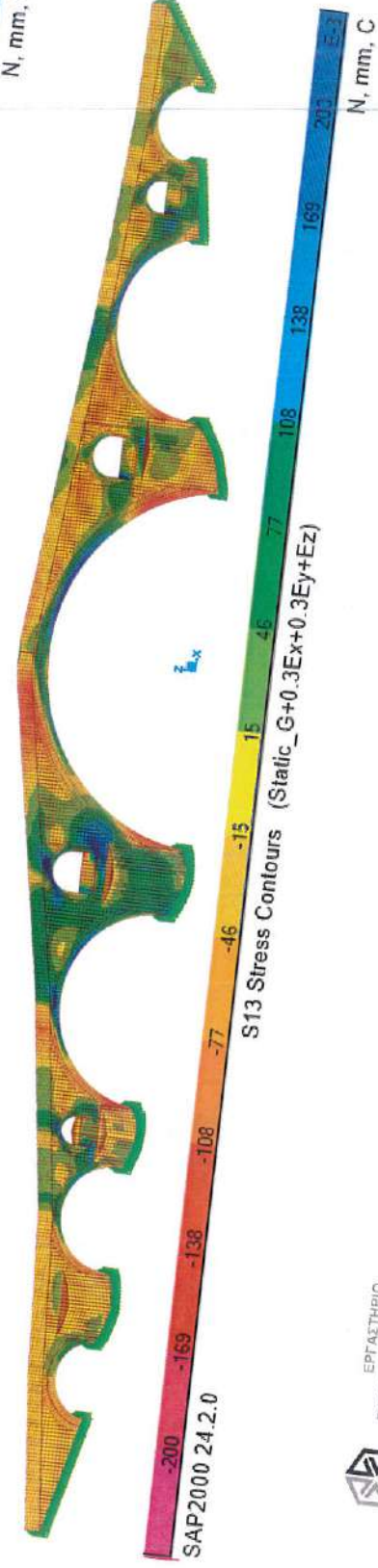
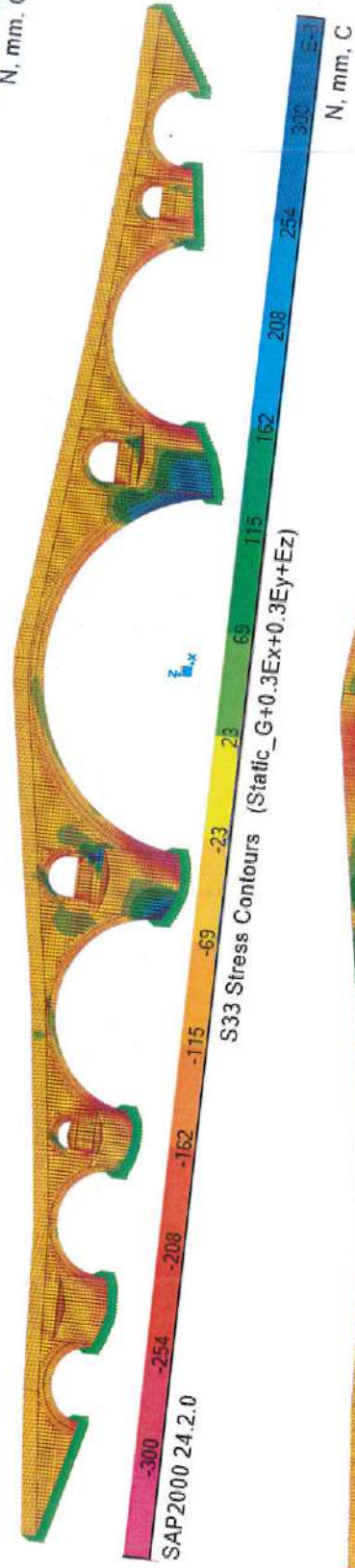
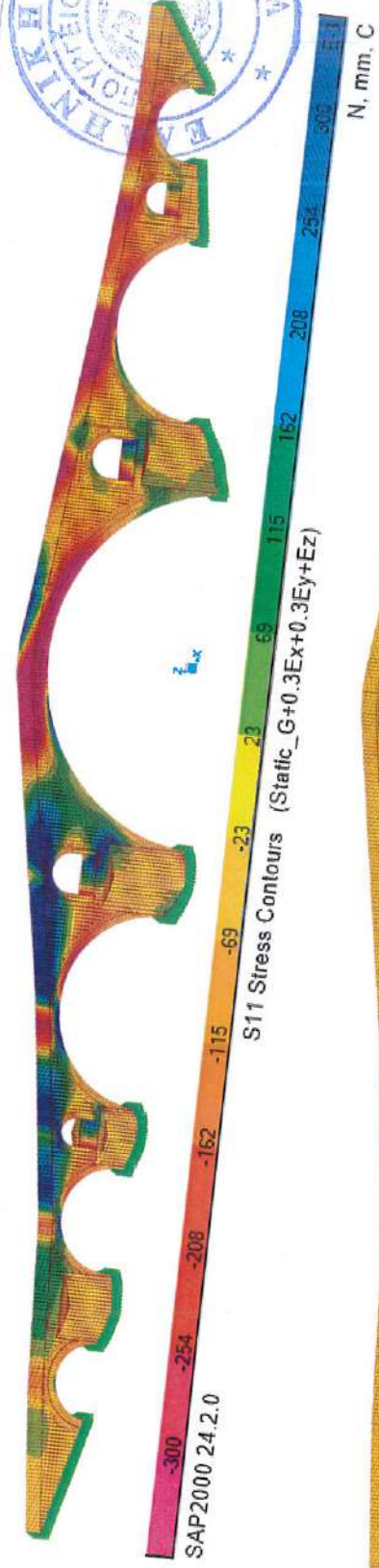


Management system as per
ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements



Management system as per
ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements

ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

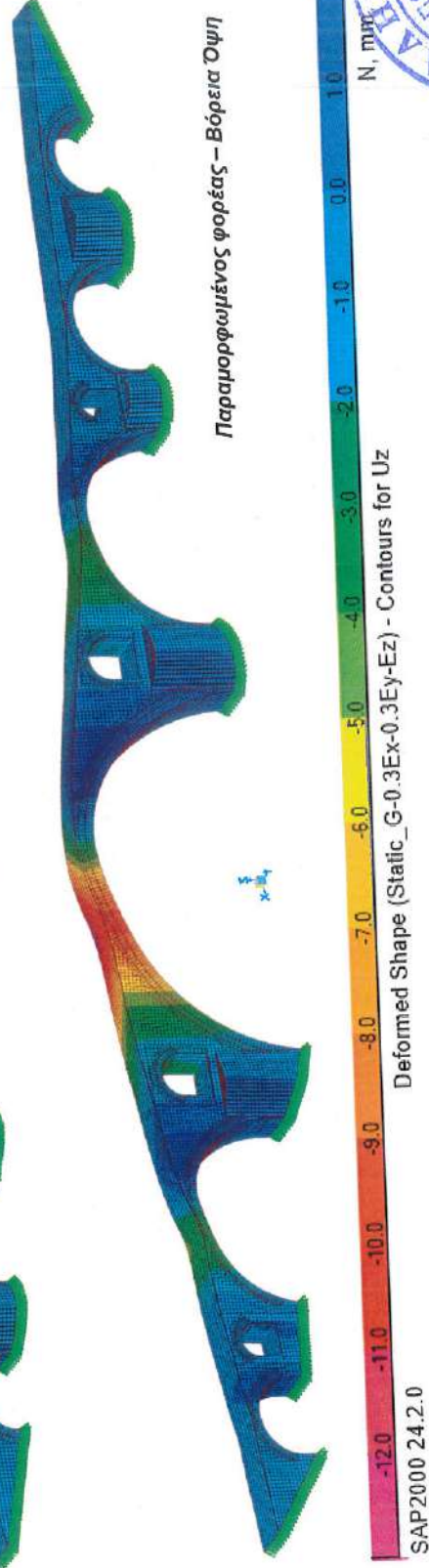


Management system as per
ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Β.5.8.6 Συνδυασμός G-0.3Ex-0.3Ey-Ez



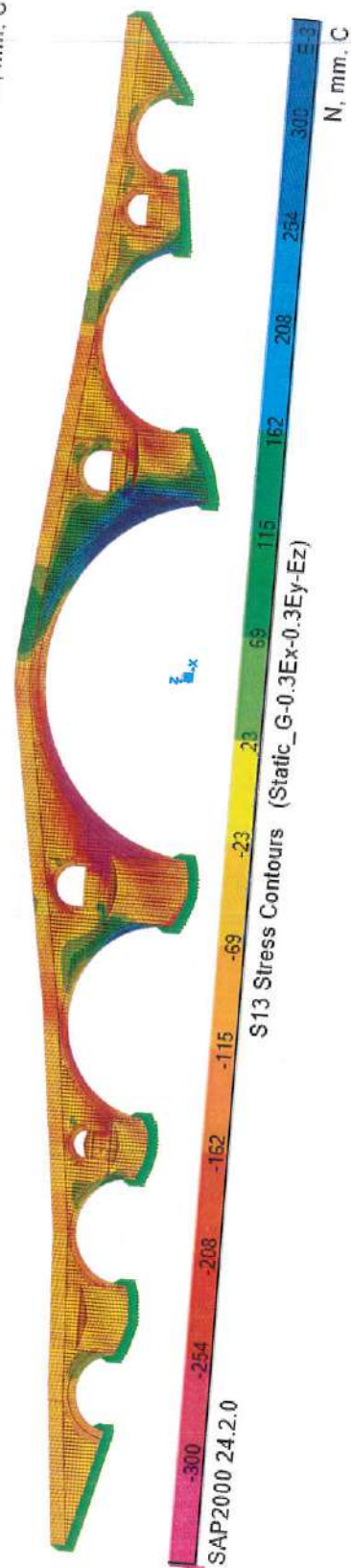
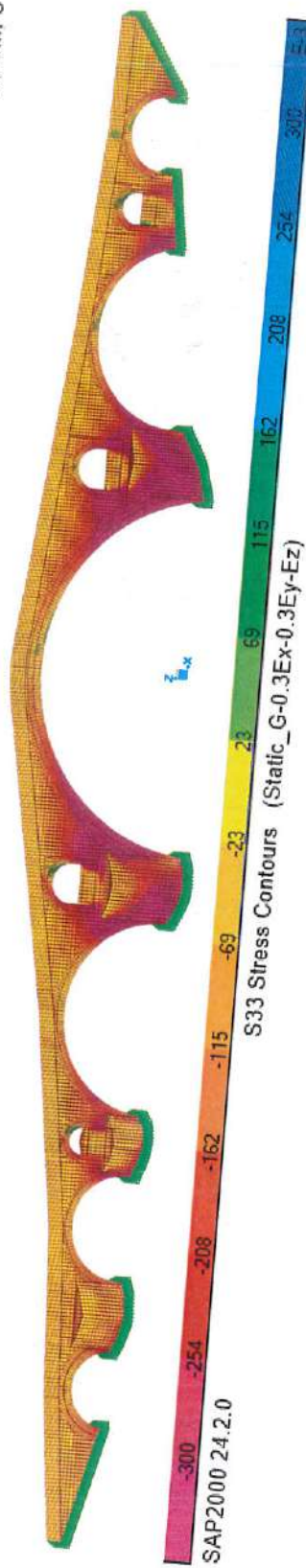
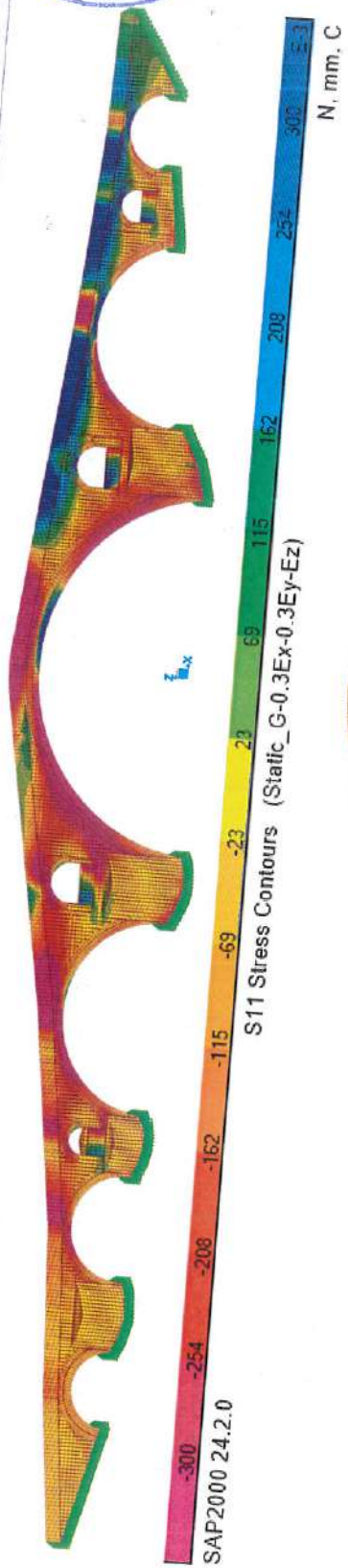
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per
ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements

ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Deformed Shape (Static_G-0.3Ex-0.3Ey-Ez) - Contours for Uz
N, mm



Β.6 ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

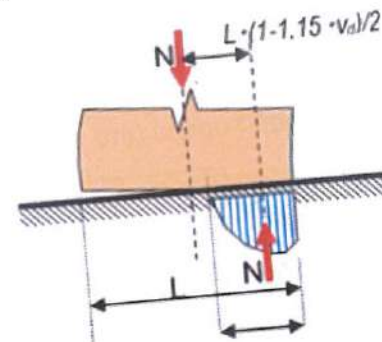
Β.6.1 Προσδιορισμός ικανότητας δομικών στοιχείων κατά Κ.Α.Δ.Ε.Τ.

Β.6.1.1 Φέρουσα Ικανότητα σε Εντός Επιπέδου Δράσεις

Κατά τον έλεγχο μιας διατομής έναντι εντός επιπέδου κάμψης, αμελείται η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, και γίνεται παραδοχή αδρανούς περιοχής. Η ροπή κάμψης M_{Rd} την οποία μπορεί να αναλάβει η διατομή ελέγχου εξαρτάται από την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και από την τιμή του (ευμενούς) αξονικού θλιπτικού φορτίου, κατά την ακόλουθη σχέση ως εξής:

$$M_{Rd} = N_{sd}(1 - 1.15v_{sd})L/2$$

Όπου,
 N_{sd} είναι το αξονικό φορτίο του τοίχου για το σεισμικό συνδυασμό (λαμβάνεται υπόψη μόνον εφόσον είναι θλιπτικό),
 L είναι η οριζόντια εντός επιπέδου διάσταση του τοιχώματος (μήκος) και
 $v_{sd} = N_{sd}/(L t f_d)$ είναι το ανηγμένο αξονικό φορτίο με f_d η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας.



Η διατμητική αντίσταση, V_v , ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία μπορεί να υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_v = f_{vd} L' t$$

Όπου

L' είναι το μήκος της θλιβόμενης περιοχής του στοιχείου,

t είναι το πάχος του τοίχου και

f_{vd} είναι η μέση διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας.

Η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας προσδιορίζεται ανάλογα με τον τρόπο αστοχίας της. Η άοπλη τοιχοποιία υπό τέμνουσα με ταυτόχρονη παρουσία κατακόρυφης θλίψεως αστοχεί με έναν εκ των κατωτέρω τρόπων:

- με ολίσθηση κατά μήκος των οριζοντίων αρμών,
- με την εμφάνιση λοξών ρωγμών (κατά την μία ή και κατά τις δυο διαγωνίους της τοιχοποιίας),
- λόγω θλιπτικής αστοχίας του διαγώνιου θλιπτήρα υπό ταυτόχρονο εγκάρσιο εφελκυσμό.





Οι δύο πρώτες περιπτώσεις, είναι οι συνηθέστερες και για κάθε μία από αυτές προσδιορίζεται η αντίστοιχη διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας.
Για τον προσδιορισμό της διατμητικής αντοχής σε ολίσθηση χρησιμοποιείται η αντίστοιχη σχέση κατά EC6 (EN 1996-1-1) που λαμβάνει υπόψη της την συνοχή και την τριβή που δημιουργείται παρουσία του υπερκείμενου θλιπτικού φορτίου:

$$f_{vd,s} = f_{vm,0} + \mu \sigma_d \leq 0.065 f_b$$

Όπου,

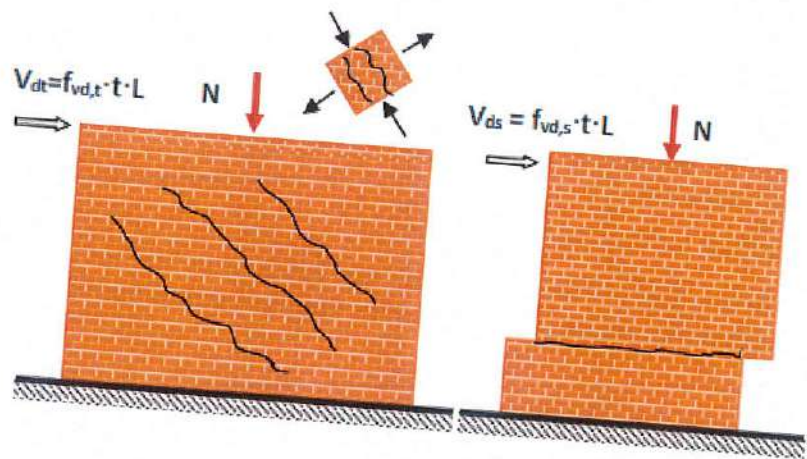
$f_{vm,0}$ η συνοχή που αναπτύσσεται στη διεπιφάνεια του κονιάματος – λιθοσώματος και ουσιαστικά αφορά την διατμητική αντοχή στην περίπτωση απουσίας κατακόρυφου φορτίου, μ είναι ο φαινόμενος συντελεστής τριβής κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης. Ο φαινόμενος συντελεστής τριβής αναφέρεται σε οριζόντιο επίπεδο και όχι στο κεκλιμένο επίπεδο της ρωγμής. Η τιμή του συντελεστή τριβής είναι συνάρτηση τόσο της τιμής της θλιπτικής τάσεως, όσο και της τραχύτητας της διεπιφάνειας. Ελλείπει ακριβέστερων στοιχείων, ο συντελεστής τριβής μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 0.40, σε πλήρη συμφωνία με τις διατάξεις του EC6. σ_d είναι η υπερκείμενη θλιπτική τάση στο επίπεδο ολίσθησης και προσδιορίζεται από την παρακάτω σχέση $\sigma_d = N_{Ed}/(L't)$

Η αντοχή της τοιχοποιίας σε διαγώνια ρηγμάτωση προσδιορίζεται συναρτήσει της μέσης εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας $f_{wt,d}$ και του αξονικού φορτίου από την σχέση:

$$f_{vd,t} = \sqrt{f_{wt,d}(f_{wt,d} + v_d f_d)}$$

Όπου,

$f_{wt,d}$ είναι η μέση αντοχή της τοιχοποιίας σε εφελκυσμό, $v_d = N_{sd}/(L't f_d)$ είναι το ανηγμένο αξονικό φορτίο με f_d η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας. Για τον έλεγχο επάρκειας έναντι τέμνουσας ως αντίσταση λαμβάνεται στην ως f_{vd} η ελάχιστη των τιμών $f_{vd,t}$ και $f_{vd,s}$.



Β.6.1.2 Φέρουσα Ικανότητα σε Εκτός Επιπέδου Δράσεις

Η φέρουσα ικανότητα ενός στοιχείου υποβαλλόμενου σε εκτός επιπέδου κάμψη υπολογίζεται για δύο πιθανούς τρόπους αστοχίας, δηλαδή, παράλληλα και κάθετα προς τους οριζόντιους αρμούς κονιάματος της τοιχοποιίας.

Για τον προσδιορισμό της ικανότητας της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί οριζόντιο άξονα γίνεται η παραδοχή αδρανούς περιοχής, με την εφελκυστική αντοχή της μονόστρωτης ή δίστρωτης με διάτονα λιθοσώματα τοιχοποιίας να θεωρείται μηδενική. Παράλληλα, η ροπή κάμψης την οποία μπορεί να αναλάβει η διατομή ελέγχου εξαρτάται από την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και από την τιμή του (ευμενούς) αξονικού φορτίου σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} l t_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$$

Όπου,

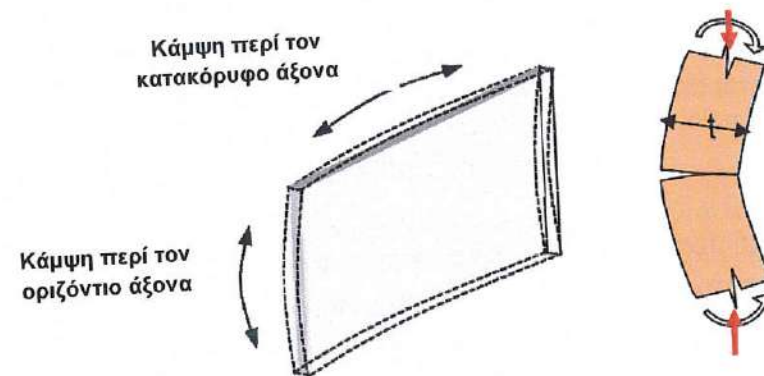
$\sigma_0 = N_{Ed}/(L't)$ η μέση θλιπτική τάση στην διατομή ελέγχου, l και t_w το μήκος και το πάχος της διατομής και f_d η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας.

Για τον προσδιορισμό της ικανότητας ενός στοιχείου σε εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί τον κατακόρυφο άξονα λαμβάνεται υπόψη μόνο η αντίστοιχη εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$M_{Rd2,0} = \frac{1}{6} f_{wt,d} l t_w^2$$

Όπου,

l και t_w το μήκος και το πάχος της καμπτόμενης διατομής του στοιχείου αντιστοίχως, εν προκειμένω το l αντιστοιχεί στο ύψος του τοίχου $f_{wt,d}$ η εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας.





B.6.2 Προσδιορισμός ικανότητας δομικών στοιχείων κατά EC6

B.6.2.1 Φέρουσα Ικανότητα σε Εντός Επιπέδου Δράσεις

Για τον έλεγχο μιας διατομής έναντι εντός επιπέδου κάμψης με ροπή μεγάλη σε σχέση με το αξονικό φορτίο, ο Ευρωκώδικας 6 δεν περιλαμβάνει σαφείς διατάξεις για την διαδικασία υπολογισμού. Για το λόγο αυτό οι αντίστοιχοι έλεγχοι πραγματοποιούνται με την σχέση που προδιαγράφει ο Κ.Α.Δ.Ε.Τ. για τα υφιστάμενα στοιχεία. Τονίζεται ότι και στο πλαίσιο παλιότερων διατάξεων και οδηγιών πριν την εφαρμογή του Κ.Α.Δ.Ε.Τ. χρησιμοποιούνται παρόμοιες σχέσεις υπολογισμού της φέρουσας ικανότητας σε κάμψη. Οι σχέσεις αυτές βασίζονται στις ίδιες παραδοχές με θεώρηση αδρανούς περιοχής, μηδενική εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας και ευνοϊκή επιρροή του θλιπτικού φορτίου.

Για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση ακόμα και για την περίπτωση των υφιστάμενων στοιχείων χρησιμοποιείται η σχέση του Ευρωκώδικα 6 για την αντοχή έναντι διατμητικής ολίσθησης. Στον Ευρωκώδικα δεν περιλαμβάνονται διατάξεις για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας έναντι διαγώνιας ρηγμάτωσης. Παρόλα αυτά και για τα ανακατασκευασμένα στοιχεία γίνεται έλεγχος και έναντι της διαγώνιας ρηγμάτωσης σύμφωνα με τα παραπάνω.

B.6.2.2 Φέρουσα Ικανότητα σε Εντός Επιπέδου Δράσεις

Η φέρουσα ικανότητα ενός στοιχείου υποβαλλόμενου σε εκτός επιπέδου κάμψη υπολογίζεται για δυο πιθανούς τρόπους αστοχίας, δηλαδή, παράλληλα και κάθετα προς τους οριζόντιους αρμούς κονιάματος της τοιχοποιίας.

Η εκτός επιπέδου αντίσταση της τοιχοποιίας έναντι καμπτικής ροπής ανά μονάδα μήκους ή ύψους καθορίζεται από την σχέση:

$$M_{Rd} = f_{xd} Z$$

Όπου,

f_{xd} είναι η καμπτική αντοχή σχεδιασμού για το κατάλληλο επίπεδο αστοχίας – παράλληλα και κάθετα στους οριζόντιους αρμούς f_{xd1} και f_{xd2} αντίστοιχα,
 Z είναι η ροπή αντίστασης της διατομής ανά μονάδα μήκους ή ύψους

Όταν ασκείται θλιπτικό φορτίο στο δομικό στοιχείο η ευμενής επιρροή της κατακόρυφης θλιπτικής τάση στην αντοχή του σε κάμψη εκτός επιπέδου παράλληλα στους οριζόντιους αρμούς μπορεί να λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με την παραπάνω σχέση:

$$f_{xd1,app} = f_{xd1} + \sigma_d$$

Όπου,

f_{xd1} είναι η καμπτική αντοχή σχεδιασμού για επίπεδο αστοχίας παράλληλο και στους οριζόντιους αρμούς
 σ_d είναι η θλιπτική τάση στο επίπεδο ελέγχου και προσδιορίζεται από την παρακάτω σχέση $\sigma_d = N_{Ed} / (L' t)$. Σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερη από $0.2f_d$.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015

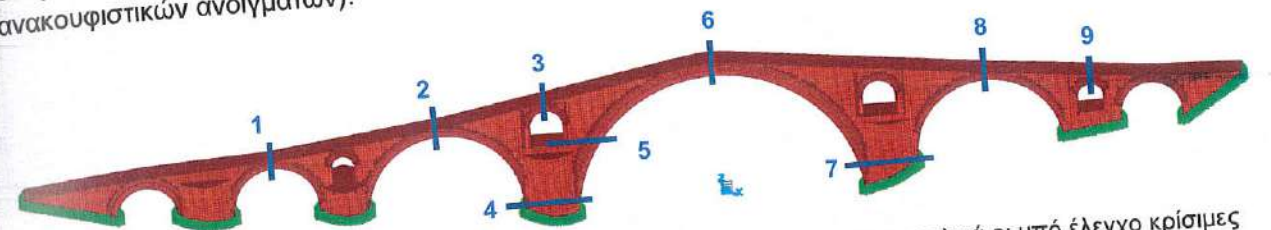
Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

B.6.3 Έλεγχοι Επάρκειας Κρίσιμων Διατομών – Αποτελέσματα

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι έλεγχοι επάρκειας των κρίσιμων διατομών του φορέα της γέφυρας σε εντός και εκτός επιπέδου δράσεις. Στις κρίσιμες διατομές της γέφυρας περιλαμβάνονται τα ανώτερα σημεία των κεντρικότερων τόξων, οι περιοχές πάνω από τα ανακουφιστικά ανοίγματα των μεσόβαθρων, οι πεσσοί που δημιουργούν τα ανοίγματα στην πλευρά του κεντρικού τόξου και τα δύο κεντρικά μεσόβαθρα. Στο παρακάτω σχήμα αναγράφονται συγκεκριμένα και αριθμημένα οι θέσεις στις οποίες πραγματοποιούνται οι έλεγχοι. Τονίζεται ότι πραγματοποιούνται οι έλεγχοι μόνο στο δυσμενέστερο από τα στοιχεία που παρουσιάζουν την ίδια περίπτωση διατομή (π.χ. πεσσοί μεταξύ των ανακουφιστικών ανοιγμάτων).



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνονται συνολικά οι υπό έλεγχο κρίσιμες διατομές.

Ανάλογα με το αν το στοιχείο είναι υφιστάμενο ή νέο χρησιμοποιούνται και οι αντίστοιχες διατάξεις του Κ.Α.Δ.Ε.Τ. και του Ευρωκώδικα 6, αν και οι διαφορές όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Οι έλεγχοι παρουσιάζονται για κάθε μορφή αστοχίας και για κάθε συνδυασμό δράσεων για να γίνει περισσότερο κατανοητός ο τρόπος συμπεριφοράς του φορέα υπό συνήθης και σεισμικές δράσεις.

Στον παρακάτω πίνακα 6.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των ελέγχων επάρκειας ξεχωριστά για συνήθης και σεισμικές δράσεις. Με βάση τα συγκεντρωτικά και αναλυτικά στοιχεία προκύπτει ότι ο φορέας της γέφυρας είναι ικανός να φέρει με ασφάλεια τα φορτία για συνήθης δράσεις σχεδιασμού – κατακόρυφα φορτία και φορτία από την πίεση της ροής του ποταμού. Μοναδική ανεπάρκεια σε συνήθεις δράσεις και συγκεκριμένα σε κατακόρυφα φορτία εντοπίζεται στα ανακουφιστικά ανοίγματα των κεντρικών μεσόβαθρων. Οι ανεπάρκειες αυτές οφείλονται στην ανάπτυξη σημαντική εφελκυστικών τάσεων στις περιοχές αυτές από την κάμψη του κεντρικού τόξου. Η αστοχία αναμένεται να εκδηλωθεί με την μορφή κατακόρυφων ρωγμών κατά την έννοια του πάχους των τοξωτών ουσιαστικά φορέων – λειτουργική ρωγή μικρού εύρους. Τέτοιου είδους ρηγματώσεις είναι αρκετά συνηθισμένες και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν απειλούν την δομική ακεραιότητα του φορέα. Ωστόσο, στο πλαίσιο του ανασχεδιασμού της γέφυρας δεν μπορούν να είναι αποδεκτές.

Στα αποτελέσματα των ελέγχων για σεισμικές δράσεις παρατηρούνται ανεπάρκειες στο σύνολο των κρίσιμων διατομών. Από τις εκτεταμένες ανεπάρκειες που εμφανίζουν τα στοιχεία γίνεται εύκολα αντιληπτή η αδυναμία του φορέα της γέφυρας να αποκριθεί πλήρως ελαστικά για τις ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις που προκύπτουν από τον σεισμό σχεδιασμού. Μάλιστα, τα εντατικά μεγέθη είναι τόσο αυξημένα που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αδύνατη η πρόβλεψη της σειράς με την οποία μπορούν να εμφανιστούν οι βλάβες σε περίπτωση σεισμικής διέγερσης. Εξαιρέση αποτελούν τα ήδη επιβαρυσμένα από τα μόνιμα φορτία στοιχεία πάνω από τα ανακουφιστικά ανοίγματα των κεντρικών μεσόβαθρων. Στα στοιχεία αυτά δεν ικανοποιείται σχεδόν κανένας από τους ελέγχους, οι λόγοι



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



ανεπάρκειας είναι εμφανώς οι μεγαλύτεροι και αναμένεται να αστοχήσουν πρώτα σε περίπτωση σεισμού. Αντίθετα, υπάρχουν διατομές, οι οποίες αν και εμφανίζονται ανεπαρκείς στα συγκεντρωτικά στοιχεία, οι περισσότεροι έλεγχοι ικανοποιούνται με μικρές εξαιρέσεις όπως π.χ. η διατομή του 2^{ου} τόξου. Τα στοιχεία αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν σε καμία περίπτωση το ίδιο ευάλωτα με αυτά που αναφέρθηκαν προηγουμένα. Από εκεί και πέρα είναι ιδιαίτερα δύσκολος ο εντοπισμός των περισσότερο ευάλωτων στοιχείων και η κατανόηση της ιεράρχησης των βλαβών.

Από το σύνολο των παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η παρούσα διερεύνηση, βασισμένη απολύτως στις ελαστικές αναλύσεις, είναι απαραίτητο να συμπληρωθεί από μη γραμμικές αναλύσεις με στόχο να προσδιοριστεί με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια η απόκριση της γέφυρας σε περίπτωση σεισμικής διέγερσης.

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας με τα αποτελέσματα των ελέγχων επάρκειας στις κρίσιμες διατομές του φορέα της γέφυρας

Κρίσιμη Διατομή	Συνήθεις Δράσεις	Σεισμικές Δράσεις
Δ.1 - 2 ^ο Τόξο	Επάρκεια	Ανεπάρκεια
Δ.2 - 3 ^ο Τόξο	Επάρκεια	Ανεπάρκεια
Δ.3 - Ανακουφιστικό Άνοιγμα 3 ^{ου} Μεσόβαθρου	Ανεπάρκεια	Ανεπάρκεια
Δ.4 - 3 ^ο Μεσόβαθρο	Επάρκεια	Ανεπάρκεια
Δ.5 - Πεσσός Αν. Ανοίγματος 3 ^ο Μεσόβαθρο	Επάρκεια	Ανεπάρκεια
Δ.6 - Κεντρικό Τόξο	Επάρκεια	Ανεπάρκεια
Δ.7 - 4 ^ο Μεσόβαθρο	Επάρκεια	Ανεπάρκεια
Δ.8 - 5 ^ο Τόξο	Επάρκεια	Ανεπάρκεια
Δ.9 - Ανακουφιστικό Άνοιγμα 5 ^{ου} Μεσόβαθρου	Επάρκεια	Ανεπάρκεια

B.6.3.1 Κρίσιμη Διατομή 1 - 2^ο Τόξο



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομής		Μηχανικά Χαρακτηριστικά	
L1 =	3.3 m πλάτος	$f_d =$	3.85 MPa
L2 =	0.67 m ύψος	$f_{vm0} =$	0.195 MPa
		$f_{xkt} =$	0.14 MPa

Συντελεστής Ασφάλειας $\gamma_m = 2.0$

Συνδυασμός Δράσεων **Ίδια Βάρη 1.35G**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του **πάχους**

Εντακά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = 151.773 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 335.57 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 9.98 \text{ kNm}$

$M_{Rd} = 107.98 \text{ kNm}$

$0.09 < 1.0$ **Επάρκεια**

$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \epsilon t_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d} \right)$

2. Κατά την έννοια του **πλάτους**

Εντακά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = 0.0394$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 335.57 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 0.157 \text{ kNm}$

$M_{Rd} = 520.95 \text{ kNm}$

$0.00 < 1.0$ **Επάρκεια**

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του **πάχους**

Εντακά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = 335.57 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 12.176 \text{ kN}$

$L' = 0.67 \text{ m}$

$\sigma_{,N} = 0.15 \text{ MPa}$

$\sigma_{,M} = 0.04 \text{ MPa}$

$L_t = -0.92 \text{ m}$

$L_c = 1.59 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.256 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 565.37 \text{ kN}$ $\sigma_d = 0.151773$

$0.02 < 1.0$ **Επάρκεια**

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_{N=}$ 0.15 MPa
 $\sigma_{M=}$ 0.00 MPa

$N_{Ed} =$ 335.57 kN
 $L' =$ 3.3 m
 $V_{Ed} =$ 0.073 kN

$L_1 =$ -1940.50 m
 $L_c =$ 1943.80 m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} =$ 0.207 MPa

$$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$V_{vd,s} =$ 458.40 kN

$\sigma_d =$ 0.030814

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$v_{sd} =$ 0.03942

$f_{vd,t} =$ 0.202 MPa

$V_{vd,t} =$ 446.86 kN

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$$

$V_{vd,t} =$ 446.86 kN

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} =$

0.00 < 1.0

Επάρκεια

Συνδυασμός Δράσεων $G+Ex+0.3Ey+0.3Ez$ & $G-Ex-0.3Ey-0.3Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 =$ -146.53 kN/m²

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} =$

$N_{Ed} =$ -323.977 kN

$M_{Rd} =$ 34.57 kNm

2.00 > 1.0

Ανεπάρκεια

$M_{Ed} =$ 69.29 kNm

$$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} t t_w \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d} \right)$$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} =$ -0.0381

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} =$

$N_{Ed} =$ -323.977 kN

$M_{Rd} =$ 170.25 kNm

0.04 < 1.0

Επάρκεια

$M_{Ed} =$ 7.656 kNm

$$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15 v_{sd}) \cdot L/2$$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{N=}$ -0.15 MPa

$\sigma_{M=}$ 0.28 MPa

$N_{Ed} =$ -323.977 kN

$L' =$ 0.16009 m

$V_{Ed} =$ 111.051 kN

$L_1 =$ 0.51 m

$L_c =$ 0.16 m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} =$ 0.195 MPa

$$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$V_{vd,s} =$ 103.02 kN

$\sigma_d =$ 0

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} =$

1.08 > 1.0

Ανεπάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{N=}$ -0.15 MPa

$\sigma_{M=}$ 0.01 MPa

$N_{Ed} =$ -323.977 kN

$L' =$ 0.01 m

$V_{Ed} =$ 1.065 kN

$L_1 =$ 40.05 m

$L_c =$ 0.01 m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} =$ 0.195 MPa

$$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$V_{vd,s} =$ 1.31 kN

$\sigma_d =$ 0

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$v_{sd} =$ 0

$f_{vd,t} =$ 0.140 MPa

$V_{vd,t} =$ 0.94 kN

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$$

$V_{vd,t} =$ 0.94 kN

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} =$

1.14 > 1.0

Ανεπάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3Ex+Ey+0.3Ez$ & $G-0.3Ex-Ey-0.3Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = 30.749 \text{ kN/m}^2$ $N_{Ed} = 67.986 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 26.27 \text{ kNm}$
 $\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 1.16 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$V_{sd} = 0.0080$ $N_{Ed} = 67.986 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 24.89 \text{ kNm}$
 $\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.22 < 1.0$ **Επάρκεια**
 $M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$
 $M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L' $N_{Ed} = 67.986 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 28.48 \text{ kN}$
 $L' = 0.432 \text{ m}$

$\sigma_{N'} = 0.03 \text{ MPa}$
 $\sigma_{M'} = 0.11 \text{ MPa}$

$L_1 = 0.24 \text{ m}$
 $L_c = 0.43 \text{ m}$

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.214 \text{ MPa}$ $f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$
 $\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.09 < 1.0$ **Επάρκεια** $\sigma_d = 0.047712$
 $V_{vd,s} = 305.05 \text{ kN}$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L' $N_{Ed} = 67.986 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 3.81 \text{ kN}$
 $L' = 3.30 \text{ m}$

$\sigma_{N'} = 0.03 \text{ MPa}$
 $\sigma_{M'} = 0.02 \text{ MPa}$

$L_1 = -0.83 \text{ m}$
 $L_c = 4.13 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.197 \text{ MPa}$ $f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$
 $\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.09 < 1.0$ **Επάρκεια** $\sigma_d = 0.006243$
 $V_{vd,s} = 436.67 \text{ kN}$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.155 \text{ MPa}$ $V_{vd,t} = 341.85 \text{ kN}$ $V_{vd,t} = 305.05 \text{ kN}$
 $\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.01 < 1.0$ **Επάρκεια**
 $f_{vd,t} = \left[\left(-f_{vtd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{vtd} \cdot (f_{vtd} + V_d \cdot f_d)}$



Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3Ex+0.3Ey+Ez$ & $G-0.3Ex-0.3Ey-Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = -160.207 \text{ kN/m}^2$ $N_{Ed} = -354.218 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 70.43 \text{ kNm}$
 $\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 2.04 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**
 $M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$V_{sd} = -0.0416$ $N_{Ed} = -354.218 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 7.65 \text{ kNm}$
 $\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.04 < 1.0$ **Επάρκεια**
 $M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L' $N_{Ed} = -354.218 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 116.147 \text{ kN}$
 $L' = 0.14685 \text{ m}$

$\sigma_{N'} = -0.16 \text{ MPa}$
 $\sigma_{M'} = 0.29 \text{ MPa}$

$L_1 = 0.52 \text{ m}$
 $L_c = 0.15 \text{ m}$

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$ $f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$
 $\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 1.23 > 1.0$ **Ανεπάρκεια** $\sigma_d = 0$
 $V_{vd,s} = 94.50 \text{ kN}$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού: $N_{Ed} = -354.218 \text{ kN}$ $V_{Ed} = 1.071 \text{ kN}$
 $L' = 0.010 \text{ m}$

$\sigma_{N'} = -0.16 \text{ MPa}$
 $\sigma_{M'} = 0.01 \text{ MPa}$

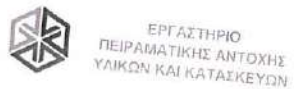
$L_1 = 43.68 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$ $f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$
 $\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 1.31 > 1.0$ **Ανεπάρκεια** $\sigma_d = 0$
 $V_{vd,s} = 1.31 \text{ kN}$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.140 \text{ MPa}$ $V_{vd,t} = 0.94 \text{ kN}$ $V_{vd,t} = 0.94 \text{ kN}$
 $\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 1.14 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**
 $f_{vd,t} = \left[\left(-f_{vtd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{vtd} \cdot (f_{vtd} + V_d \cdot f_d)}$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

B.6.3.2 Κρίσιμη Διατομή 2 - 3^ο Τόξο



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομής

L1 = 3.3 m
L2 = 0.75 m

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

$f_{wd} = 3.85$ MPa
 $f_{vd0} = 0.195$ MPa
 $f_{wt0} = 0.14$ MPa

Συντελεστής Ασφάλειας $\gamma_m = 2.0$

Συνδυασμός Δράσεων **Ίδια Βάρη 1.35G**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = 271.273$ kN/m²

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.19$

$N_{Ed} = 671.40$ kN

$M_{Rd} = 234.03$ kNm

$M_{Ed} = 45.45$ kNm

Επάρκεια

$$M_{Rd1.0} = \frac{1}{2} \alpha_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d} \right)$$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = 0.0705$

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.00$

$N_{Ed} = 671.40$ kN

$M_{Rd} = 990.72$ kNm

$M_{Ed} = 0.270$ kNm

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Επάρκεια

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = 0.27$ MPa

$\sigma_M = 0.15$ MPa

$N_{Ed} = 671.40$ kN

$L' = 0.75$ m

$V_{Ed} = 33.097$ kN

$L_t = -0.32$ m

$L_c = 1.07$ m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.304$ MPa

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.04$

$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 751.19$ kN

$\sigma_d = 0.271273$

Επάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους
Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_N = 0.27$ MPa
 $\sigma_M = 0.00$ MPa

$N_{Ed} = 671.40$ kN

$L' = 3.3$ m

$V_{Ed} = 0.273$ kN

$L_t = -2258.35$ m

$L_c = 2261.65$ m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.220$ MPa

$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 543.66$ kN

$\sigma_d = 0.061653$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$v_{sd} = 0.07046$

$f_{vd,t} = 0.240$ MPa

$V_{vd,t} = 593.89$ kN

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$$

$V_{vd,t} = 593.89$ kN

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.00 < 1.0$ Επάρκεια

Συνδυασμός Δράσεων $G+Ex+0.3Ey+0.3Ez$ & $G-Ex-0.3Ey-0.3Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = -141.065 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = -349.137 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 43.31 \text{ kNm}$

$0.40 < 1.0$ Επάρκεια

$M_{Ed} = 17.37 \text{ kNm}$

$M_{Rd1.0} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$V_{sd} = -0.0366$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = -349.137 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 190.58 \text{ kNm}$

$0.26 < 1.0$ Επάρκεια

$M_{Ed} = 49.341 \text{ kNm}$

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = -349.137 \text{ kN}$

$L' = 0.01$

$V_{Ed} = 215.678 \text{ kN}$

$\sigma_{N'} = -0.14 \text{ MPa}$

$\sigma_{M'} = 0.06 \text{ MPa}$

$L_t = 1.32 \text{ m}$

$L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 6.44 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0$

$33.52 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = -349.137 \text{ kN}$

$L' = 0.01$

$V_{Ed} = 19.864 \text{ kN}$

$\sigma_{N'} = -0.14 \text{ MPa}$

$\sigma_{M'} = 0.04 \text{ MPa}$

$L_t = 8.07 \text{ m}$

$L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1.46 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0$

$V_{sd} = 0$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.140 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 1.05 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 1.05 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$18.92 > 1.0$

Ανεπάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3Ex+Ey+0.3Ez$ & $G-0.3Ex-Ey-0.3Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = 85.577 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 211.803 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 77.66 \text{ kNm}$

$0.36 < 1.0$ Επάρκεια

$M_{Ed} = 27.61 \text{ kNm}$

$M_{Rd1.0} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$V_{sd} = 0.0222$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 211.803 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 337.82 \text{ kNm}$

$0.50 < 1.0$ Επάρκεια

$M_{Ed} = 167.85 \text{ kNm}$

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = 211.803 \text{ kN}$

$L' = 0.735$

$V_{Ed} = 50.003 \text{ kN}$

$\sigma_{N'} = 0.09 \text{ MPa}$

$\sigma_{M'} = 0.09 \text{ MPa}$

$L_t = 0.02 \text{ m}$

$L_c = 0.73 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.230 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 557.43 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.087373$

$0.09 < 1.0$ Επάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = 211.803 \text{ kN}$

$L' = 2.795$

$V_{Ed} = 67.934 \text{ kN}$

$\sigma_{N'} = 0.09 \text{ MPa}$

$\sigma_{M'} = 0.12 \text{ MPa}$

$L_t = 0.50 \text{ m}$

$L_c = 2.80 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.204 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 428.04 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.022962$

$V_{sd} = 0.02223$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.178 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 372.54 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 372.54 \text{ kN}$

$f_{vd,t} = \sqrt{\left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$0.18 < 1.0$

Επάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3E_x+0.3E_y+E_z$ & $G-0.3E_x-0.3E_y-E_z$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = -184.443 \text{ kN/m}^2$
 $N_{Ed} = -456.497 \text{ kN}$
 $M_{Ed} = 13.47 \text{ kNm}$
 $M_{Rd} = 43.31 \text{ kNm}$
 $\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.31 < 1.0$ **Επάρκεια**

$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$V_{sd} = -0.0479$
 $N_{Ed} = -456.497 \text{ kN}$
 $M_{Ed} = 49.12 \text{ kNm}$
 $M_{Rd} = 190.58 \text{ kNm}$
 $M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$
 $\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.26 < 1.0$ **Επάρκεια**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{N'} = -0.18 \text{ MPa}$
 $\sigma_{M'} = 0.04 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -456.497 \text{ kN}$
 $L' = 0.01 \text{ m}$
 $V_{Ed} = 224.552 \text{ kN}$

$L_i = 1.96 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 34.90 > 1.0$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$
 $V_{vd,s} = 6.44 \text{ kN}$
 $\sigma_d = 0$
Ανεπάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{N'} = -0.18 \text{ MPa}$
 $\sigma_{M'} = 0.04 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -456.497 \text{ kN}$
 $L' = 0.010 \text{ m}$
 $V_{Ed} = 19.85 \text{ kN}$

$L_i = 10.08 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 18.90 > 1.0$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$
 $V_{vd,s} = 1.46 \text{ kN}$
 $\sigma_d = 0$
Ανεπάρκεια

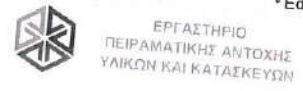
Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.140 \text{ MPa}$
 $V_{vd,t} = 1.05 \text{ kN}$
 $V_{vd,t} = 1.05 \text{ kN}$

$f_{vd,t} = \sqrt{\left(-f_{wid} - \frac{V_d f_d}{2}\right)^2 + \left(\frac{V_d f_d}{2}\right)^2} = \sqrt{f_{wid} \cdot (f_{wid} + V_d \cdot f_d)}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 18.90 > 1.0$

Ανεπάρκεια



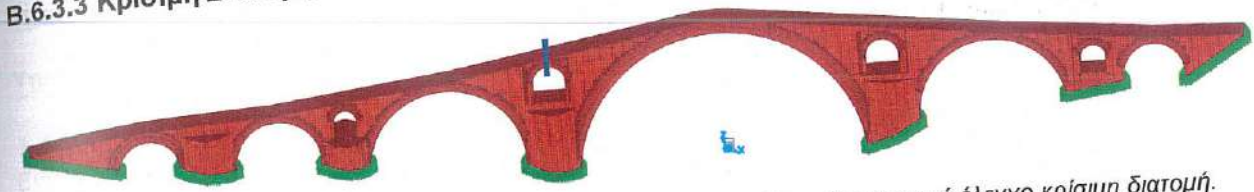
Management system as per ISO 9001 : 2015 Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Β.6.3.3 Κρίσιμη Διατομή 3 – Ανακουφιστικό Άνοιγμα 3° Μεσόβαθρο



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομής

$L1 = 3.3 \text{ m}$ πλάτος
 $L2 = 0.695 \text{ m}$ ύψος

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

$f_d = 3.85 \text{ MPa}$
 $f_{vm0} = 0.195 \text{ MPa}$
 $f_{xk1} = 0.14 \text{ MPa}$

Συντελεστής Ασφάλειας $\gamma_m = 2.00$

Συνδυασμός Δράσεων **Ίδια Βάρη 1.35G**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = -184.81 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 2.22 > 1.0$

$N_{Ed} = -423.86 \text{ kN}$
 $M_{Ed} = 82.72 \text{ kNm}$
 $M_{Rd} = 37.19 \text{ kNm}$
Ανεπάρκεια

$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$V_{sd} = -0.0480$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.01 < 1.0$

$N_{Ed} = -423.86 \text{ kN}$
 $M_{Ed} = 1.709 \text{ kNm}$
 $M_{Rd} = 176.60 \text{ kNm}$
 $M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$
Επάρκεια

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{N'} = -0.18 \text{ MPa}$
 $\sigma_{M'} = 0.31 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -423.86 \text{ kN}$
 $L' = 0.14125 \text{ m}$
 $V_{Ed} = 36.62 \text{ kN}$

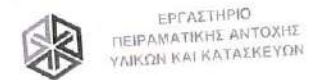
$L_i = 0.55 \text{ m}$
 $L_c = 0.14 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.40 < 1.0$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$
 $V_{vd,s} = 90.89 \text{ kN}$
 $\sigma_d = 0$
Επάρκεια



Management system as per ISO 9001 : 2015 Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



2. Κατά την έννοια του πλάτους
Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_N = -0.18$ MPa
 $\sigma_M = 0.00$ MPa

$N_{Ed} = -423.86$ kN
 $V_{Ed} = 0.273$ kN

$L_1 = 226.78$ m
 $L_c = 0.01$ m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195$ MPa

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$
 $V_{vd,s} = 1.36$ kN

$\sigma_d = 0$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.140$ MPa
 $V_{vd,t} = 0.97$ kN

$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$
 $V_{sd} = 0$

$V_{vd,t} = 0.97$ kN

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.28 < 1.0$ Επάρκεια



Συνδυασμός Δράσεων $G+Ex+0.3Ey+0.3Ez$ & $G-Ex-0.3Ey-0.3Ez$
Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = -544.26$ kN/m²

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 3.95 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$N_{Ed} = -1248.26$ kN
 $M_{Rd} = 37.19$ kNm

$M_{Ed} = 146.98$ kNm

$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \epsilon t_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$V_{sd} = -0.1414$

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 2.14 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$N_{Ed} = -1248.26$ kN
 $M_{Rd} = 176.60$ kNm

$M_{Ed} = 378.590$ kNm

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = -0.54$ MPa
 $\sigma_M = 0.55$ MPa

$N_{Ed} = -1248.26$ kN
 $L' = 0.00566$ m

$V_{Ed} = 327.754$ kN

$L_1 = 0.69$ m
 $L_c = 0.01$ m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195$ MPa

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 90.05 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$
 $V_{vd,s} = 3.64$ kN

$\sigma_d = 0$

2. Κατά την έννοια του πλάτους
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = -0.54$ MPa
 $\sigma_M = 0.30$ MPa

$N_{Ed} = -1248.26$ kN
 $L' = 0.01$ m

$V_{Ed} = 29.522$ kN

$L_1 = 4.64$ m
 $L_c = 0.01$ m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195$ MPa

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 30.34 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$
 $V_{vd,s} = 1.36$ kN

$\sigma_d = 0$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.140$ MPa
 $V_{vd,t} = 0.97$ kN

$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$
 $V_{sd} = 0$

$V_{vd,t} = 0.97$ kN

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 30.34 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**





Συνδυασμός Δράσεων

$$G+0.3Ex+Ey+0.3Ez \text{ \& \ } G-0.3Ex-Ey-0.3Ez$$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$$\sigma_0 = -253.129 \text{ kN/m}^2$$

$$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$$

$$N_{Ed} = -580.551 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 37.19 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 85.61 \text{ kNm}$$

$$2.30 > 1.0$$

Ανεπάρκεια

$$M_{Rd1.0} = \frac{1}{2} \epsilon t_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$$v_{sd} = -0.0657$$

$$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$$

$$N_{Ed} = -580.551 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 176.60 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 1265.11 \text{ kNm}$$

$$7.16 > 1.0$$

Ανεπάρκεια

$$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$$\sigma_N = -0.25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = 0.32 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = -580.551 \text{ kN}$$

$$L' = 0.075 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = 112.883 \text{ kN}$$

$$L_t = 0.62 \text{ m}$$

$$L_c = 0.07 \text{ m}$$

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$$

$$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$$

$$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$$V_{vd,s} = 47.96 \text{ kN}$$

$$2.35 > 1.0$$

Ανεπάρκεια

$$\sigma_d = 0$$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$$\sigma_N = -0.25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = 1.00 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = -580.551 \text{ kN}$$

$$L' = 1.234 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = 99.512 \text{ kN}$$

$$L_t = 2.07 \text{ m}$$

$$L_c = 1.23 \text{ m}$$

$$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$$V_{vd,s} = 167.18 \text{ kN}$$

$$v_{sd} = 0$$

$$\sigma_d = 0$$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$$

$$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$$

$$2.07 > 1.0$$

Ανεπάρκεια

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right] = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$$

$$f_{vd,t} = 0.140 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,t} = 120.02 \text{ kN}$$

$$V_{vd,t} = 47.96 \text{ kN}$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Συνδυασμός Δράσεων

$$G+0.3Ex+0.3Ey+Ez \text{ \& \ } G-0.3Ex-0.3Ey-Ez$$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$$\sigma_0 = -529.024 \text{ kN/m}^2$$

$$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$$

$$N_{Ed} = -1213.32 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 37.19 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 144.43 \text{ kNm}$$

$$3.88 > 1.0$$

Ανεπάρκεια

$$M_{Rd1.0} = \frac{1}{2} \epsilon t_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$$v_{sd} = -0.1374$$

$$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$$

$$N_{Ed} = -1213.32 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 176.60 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 378.85 \text{ kNm}$$

$$2.15 > 1.0$$

Ανεπάρκεια

$$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$$\sigma_N = -0.53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = 0.54 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = -1213.32 \text{ kN}$$

$$L' = 0.00935 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = 314.601 \text{ kN}$$

$$L_t = 0.69 \text{ m}$$

$$L_c = 0.01 \text{ m}$$

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$$

$$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$$

$$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$$V_{vd,s} = 6.02 \text{ kN}$$

$$52.29 > 1.0$$

Ανεπάρκεια

$$\sigma_d = 0$$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$$\sigma_N = -0.53 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = 0.30 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed} = -1213.32 \text{ kN}$$

$$L' = 0.010 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = 29.42 \text{ kN}$$

$$L_t = 4.56 \text{ m}$$

$$L_c = 0.01 \text{ m}$$

$$f_{vd} = f_{vd0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$$V_{vd,s} = 1.36 \text{ kN}$$

$$v_{sd} = 0$$

$$\sigma_d = 0$$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$$

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right] = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$$

$$f_{vd,t} = 0.140 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,t} = 0.97 \text{ kN}$$

$$V_{vd,t} = 0.97 \text{ kN}$$

$$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$$

$$30.24 > 1.0$$

Ανεπάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

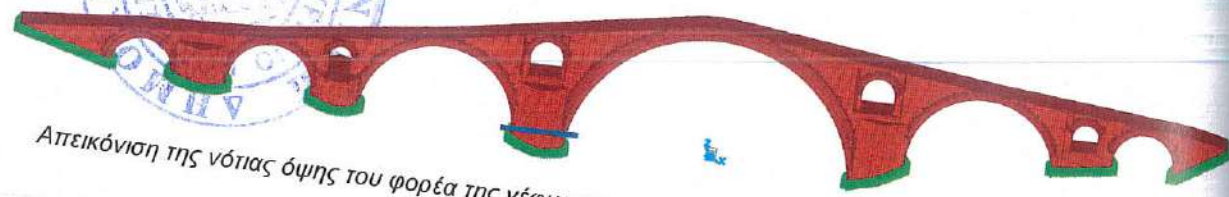


Management system as per ISO 9001:2015



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

B.6.3.4 Κρίσιμη Διατομή 4-3^ο Μεσόβαθρο



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Τοιχοποιίας

t = 3.3 m
L = 5.35 m

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

f_{wd} = 2.9 MPa
f_{vrd} = 0.1 MPa
f_{wtd} = 0.2 MPa

Έλεγχος Επάρκειας σε εντός επιπέδου δράσεις

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού

N_{Ed} = 8873.88 kN
V_{Ed} = 2388.18 kN
M_{Ed} = 1959.23 kNm

Δυσμενέστερος Συνδυασμός
G-Ex-0.3Ey-0.3Ez

Συντελεστής Ασφάλειας

γ_m = 1.2

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

v_{sd} = 0.1733

$$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$$

M_{Rd} = 17566.33 kNm

λ = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.11 < 1.0

Επάρκεια

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

σ_N = 0.50 MPa
σ_M = 0.20 MPa

L' = 5.35 m
L_t = -3.99 m
L_c = 9.34 m

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

f_{vd,s} = 0.301 MPa

$$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

V_{vd,s} = 5315.05 kN

σ_d = 0.50263

2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

f_{vd,t} = 0.375 MPa
V_{vd,t} = 6618.28 kN

$$f_{vd,s} = \left[\left(-f_{wtd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wtd} \cdot (f_{wtd} + v_d \cdot f_d)}$$

V_{vd,t} = 5315.05 kN

λ = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.45 < 1.0 Επάρκεια

Έλεγχος Επάρκειας σε εκτός επιπέδου δράσεις

Για σεισμικούς συνδυασμούς

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού

N_{Ed} = 8896.37 kN
V_{Ed} = 214.056 kN
M_{Ed,1} = 23762.9 kNm
M_{Ed,2} = 7173.07 kNm

Δυσμενέστερος Συνδυασμός
G+0.3Ex+Ey+0.3Ez

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

σ_N = 0.50 MPa
σ_M = 1.51 MPa

L' = 2.20 m
L_t = 1.10 m
L_c = 2.20 m

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

f_{vd,s} = 0.302 MPa

V_{vd,s} = 3550.67 kN

σ_d = 0.75557

2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

v_{sd} = 0.1738

f_{vd,t} = 0.375 MPa
V_{vd,t} = 4417.80 kN

$$f_{vd,s} = \left[\left(-f_{wtd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wtd} \cdot (f_{wtd} + v_d \cdot f_d)}$$

V_{vd,t} = 3550.67 kN

λ = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.06 < 1.0 Επάρκεια

Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί οριζόντιο άξονα: $M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} (f_w^2 \sigma_0) \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d} \right)$

σ₀ = 503.901

M_{Rd,1} = 30321.00 kNm

λ = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.78 < 1.0 Επάρκεια



Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί κατακόρυφο άξονα:

$$M_{Rd,2} = 4855.13 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd2,o} = \frac{1}{6} f_{wt,d} \cdot t^2 \ell$$

$$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 1.48 > 1.0 \text{ **Ανεπάρκεια**}$$

Για συνδυασμούς με υδροστατική πίεση.

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού

$$N_{Ed} = 9031.03 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 3951.04 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} = 14788.1 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,2} = 579.866 \text{ kNm}$$

**Δυσμενέστερος Συνδυασμός
G+Hydro Pressure**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$$\sigma_{N'} = 0.51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{M'} = 0.94 \text{ MPa}$$

$$L' = 2.55 \text{ m}$$

$$L_t = 0.75 \text{ m}$$

$$L_c = 2.55 \text{ m}$$

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd,s} = 0.305 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$$

$$V_{vd,s} = 4153.20 \text{ kN}$$

$$\sigma_o = 0.66237$$

2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$$v_{sd} = 0.1764$$

$$f_{vd,t} = 0.377 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,t} = 5143.37 \text{ kN}$$

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$$

$$V_{vd,t} = 4153.20 \text{ kN}$$

$$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.95 < 1.0 \text{ **Επάρκεια**}$$

Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί οριζόντιο άξονα:

$$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} t_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$$

$$\sigma_o = 511.528$$

$$M_{Rd,1} = 30681.98 \text{ kNm}$$

$$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.48 < 1.0 \text{ **Επάρκεια**}$$

Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί κατακόρυφο άξονα:

$$M_{Rd2,o} = \frac{1}{6} f_{wt,d} \cdot t^2 \ell$$

$$M_{Rd,2} = 4855.13 \text{ kNm}$$

$$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.12 < 1.0 \text{ **Επάρκεια**}$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Β.6.3.5 Κρίσιμη Διατομή 5 – Πεσσός Ανακουφιστικού Ανοίγματος 3^ο Μεσόβαθρο



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Τοιχοποιίας

$$t = 3.3 \text{ m}$$

$$L = 3.35 \text{ m}$$

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

$$f_{wd} = 3.85 \text{ MPa}$$

$$f_{vmd} = 0.195 \text{ MPa}$$

$$f_{vtd} = 0.2 \text{ MPa}$$

Έλεγχος Επάρκειας σε εντός επιπέδου δράσεις

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού

$$N_{Ed} = 2831.59 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 2682.501 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1394.5277 \text{ kNm}$$

**Δυσμενέστερος Συνδυασμός
G+Ex+0.3Ey+0.3Ez**

Συντελεστής Ασφάλειας $\gamma_m = 2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

$$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$$

$$v_{sd} = 0.0665$$

$$M_{Rd} = 4269.60 \text{ kNm}$$

$$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.33 < 1.0 \text{ **Επάρκεια**}$$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$$\sigma_{N'} = 0.26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{M'} = 0.23 \text{ MPa}$$

$$L' = 3.35 \text{ m}$$

$$L_t = -0.20 \text{ m}$$

$$L_c = 3.55 \text{ m}$$

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$$

$$f_{vd,s} = 0.297 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,s} = 3288.36 \text{ kN}$$

$$\sigma_o = 0.25614$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.302$ MPa
 $V_{vd,t} = 3339.04$ kN
 $V_{vd,t} = 3288.36$ kN

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$$

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.82 < 1.0$ Επάρκεια

Έλεγχος Επάρκειας σε εκτός επιπέδου δράσεις

Για σεισμικούς συνδυασμούς

Ενταπκά Μεγέθη Σχεδιασμού
 $N_{Ed} = 2930.127$ kN
 $V_{Ed} = 2017.862$ kN
 $M_{Ed,1} = 6098.8621$ kNm
 $M_{Ed,2} = 3529.9635$ kNm

Δυσμενέστερος Συνδυασμός
 $G+0.3Ex+Ey+0.3Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'
 $\sigma_{N'} = 0.27$ MPa
 $\sigma_{M'} = 0.99$ MPa

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

$L' = 2.09$ m
 $L_t = 1.21$ m
 $L_c = 2.09$ m

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.301$ MPa

$$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$$

$V_{vd,s} = 2110.22$ kN
 $\sigma_d = 0.41798$

2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$V_{sd} = 0.0688$

$f_{vd,t} = 0.305$ MPa
 $V_{vd,t} = 2137.95$ kN
 $V_{vd,t} = 2110.22$ kN

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$$

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.96 < 1.0$ Επάρκεια

Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί οριζόντιο άξονα:

$$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \ell t_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$$

$\sigma_o = 265.049932$

$MRd,1 = 5627.34$ kNm

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 1.08 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί κατακόρυφο άξονα:

$$M_{Rd2,o} = \frac{1}{6} f_{wt,d} \cdot t^2 \ell$$

$MRd,2 = 1520.06$ kNm

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 2.32 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

Για συνδυασμούς με υδροστατική πίεση

Ενταπκά Μεγέθη Σχεδιασμού

$N_{Ed} = 3448.114$ kN
 $V_{Ed} = 18.609$ kN
 $M_{Ed,1} = 90.3812$ kNm
 $M_{Ed,2} = 90.3812$ kNm

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{N'} = 0.31$ MPa
 $\sigma_{M'} = 0.01$ MPa

$L' = 3.30$ m
 $L_t = -33.50$ m
 $L_c = 36.80$ m

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$$

$f_{vd,s} = 0.320$ MPa

$V_{vd,s} = 3534.97$ kN
 $\sigma_d = 0.31191$

2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$V_{sd} = 0.0810$

$f_{vd,t} = 0.320$ MPa
 $V_{vd,t} = 3537.27$ kN

$$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$$

$V_{vd,t} = 3534.97$ kN

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.01 < 1.0$ Επάρκεια

Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί οριζόντιο άξονα:

$$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \ell t_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$$

$\sigma_o = 311.905382$

$MRd,1 = 6535.58$ kNm

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.01 < 1.0$ Επάρκεια

Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί κατακόρυφο άξονα:

$$M_{Rd2,o} = \frac{1}{6} f_{wt,d} \cdot t^2 \ell$$

$MRd,2 = 1520.06$ kNm

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.06 < 1.0$ Επάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



B.6.3.6 Κρίσιμη Διατομή 6 – Κεντρικό Τόξο



Απεικόνιση της νότια όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομής

L1 =	3.3	m	πλάτος
L2 =	1.3	m	ύψος

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

f_d =	3.85	MPa
f_{vd0} =	0.195	MPa
f_{xk1} =	0.14	MPa

Συντελεστής Ασφάλειας $\gamma_m = 2,0$

Συνδυασμός Δράσεων **Ίδια Βάρη 1.35G**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = 524.902 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} =$

$N_{Ed} =$	2251.83	kN	$M_{Ed} =$	20.59	kNm
$M_{Rd} =$	1264.13	kNm			

$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \ell t_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d} \right)$

$\lambda =$	0.02	< 1.0	Επάρκεια
-------------	------	-------	-----------------

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = 0.1363$

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} =$

$N_{Ed} =$	2251.83	kN	$M_{Ed} =$	0.415	kNm
$M_{Rd} =$	2955.67	kNm			

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

$\lambda =$	0.00	< 1.0	Επάρκεια
-------------	------	-------	-----------------

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} =$	2251.83	kN	$V_{Ed} =$	21.727	kN
$L' =$	1.3				

$\sigma_N =$	0.52	MPa
$\sigma_M =$	0.02	MPa

$L_1 =$	-14.75	m
$L_c =$	16.05	m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.405 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1737.28 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.525$

$\lambda =$	0.01	< 1.0	Επάρκεια
-------------	------	-------	-----------------



2. Κατά την έννοια του πλάτους

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$N_{Ed} =$	2251.83	kN	$L' =$	3.3	m	$V_{Ed} =$	0.351	kN
------------	---------	----	--------	-----	---	------------	-------	----

$\sigma_N =$	0.52	MPa
$\sigma_M =$	0.00	MPa

$L_1 =$	-4928.47	m
$L_c =$	4931.77	m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.278 \text{ MPa}$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$
 $V_{vd,s} = 1191.38 \text{ kN}$ $\sigma_d = 0.207$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.305 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 1308.88 \text{ kN}$

$f_{vd,t} = \sqrt{\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$

$V_{vd,t} = 1308.88 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.00 < 1.0$ **Επάρκεια**





$G+Ex+0.3Ey+0.3Ez$ & $G-Ex-0.3Ey-0.3Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = 320.62 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 1375.46 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 819.59 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 54.59 \text{ kNm}$

$0.07 < 1.0$ Επάρκεια

$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \alpha_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = 0.0833$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 1375.46 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 1986.01 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 873.193 \text{ kNm}$

$0.44 < 1.0$ Επάρκεια

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = 0.32 \text{ MPa}$

$\sigma_M = 0.06 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = 1375.46 \text{ kN}$

$L' = 1.3 \text{ m}$

$V_{Ed} = 189.975 \text{ kN}$

$L_t = -2.90 \text{ m}$

$L_c = 4.20 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.323 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1386.73 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.321$

$0.14 < 1.0$ Επάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_N = 0.32 \text{ MPa}$

$\sigma_M = 0.37 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = 1375.46 \text{ kN}$

$L' = 3.080 \text{ m}$

$V_{Ed} = 14.47 \text{ kN}$

$L_t = 0.22 \text{ m}$

$L_c = 3.08 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.249 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 997.39 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.135$

$0.01 < 1.0$ Επάρκεια

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.254 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 1016.62 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 1016.62 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$0.01 < 1.0$

Επάρκεια

$f_{vd,t} = \sqrt{\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2}\right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2}\right)^2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3Ex+Ey+0.3Ez$ & $G-0.3Ex-Ey-0.3Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = 321.739 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 1380.26 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 822.19 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 25.50 \text{ kNm}$

$0.03 < 1.0$ Επάρκεια

$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \alpha_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = 0.0905$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 1495.38 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 2132.28 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 2912.14 \text{ kNm}$

$1.37 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = 0.35 \text{ MPa}$

$\sigma_M = 0.03 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = 1495.38 \text{ kN}$

$L' = 1.3 \text{ m}$

$V_{Ed} = 47.25 \text{ kN}$

$L_t = -7.61 \text{ m}$

$L_c = 8.91 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.334 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1434.70 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.349$

$0.03 < 1.0$ Επάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_N = 0.35 \text{ MPa}$

$\sigma_M = 1.23 \text{ MPa}$

$L' = 2.116 \text{ m}$

$N_{Ed} = 1495.38 \text{ kN}$

$V_{Ed} = 48.334 \text{ kN}$

$L_t = 1.18 \text{ m}$

$L_c = 2.12 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.281 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 772.04 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.214$

$0.07 < 1.0$ Επάρκεια

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.262 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 719.43 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 719.43 \text{ kN}$

$f_{vd,t} = \sqrt{\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2}\right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2}\right)^2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

0.07 < 1.0

Επάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3E_x+0.3E_y+E_z$ & $G-0.3E_x-0.3E_y-E_z$
Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπκά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_0 = 165.512 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.28 < 1.0$ Επάρκεια

$N_{Ed} = 710.046 \text{ kN}$
 $M_{Rd} = 441.69 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 121.48 \text{ kNm}$

$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d}\right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπκά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = 0.0430$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.80 < 1.0$ Επάρκεια

$N_{Ed} = 710.046 \text{ kN}$
 $M_{Rd} = 1096.03 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 873.03 \text{ kNm}$

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπκά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = 0.17 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.13 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = 710.046 \text{ kN}$
 $L' = 1.3 \text{ m}$

$V_{Ed} = 194.677 \text{ kN}$

$L_t = -0.17 \text{ m}$
 $L_c = 1.47 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.262 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.17 < 1.0$ Επάρκεια

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1122.71 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.166$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

Ενταπκά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_N = 0.17 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.37 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = 710.046 \text{ kN}$
 $L' = 2.388 \text{ m}$

$V_{Ed} = 14.549 \text{ kN}$

$L_t = 0.91 \text{ m}$
 $L_c = 2.39 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.232 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.02 < 1.0$ Επάρκεια

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 718.82 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.090$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

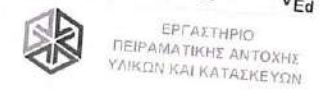
$f_{vd,t} = 0.207 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 642.05 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 642.05 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.02 < 1.0$ Επάρκεια

$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right] = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
Management system as per ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Β.6.3.7 Κρίσιμη Διατομή 7 -4° Μεσόβαθρο



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Τοιχοποιίας

$t = 3.3 \text{ m}$
 $L = 5.55 \text{ m}$

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

$f_{wd} = 2.9 \text{ MPa}$
 $f_{v0} = 0.1 \text{ MPa}$
 $f_{wd} = 0.2 \text{ MPa}$

Έλεγχος Επάρκειας σε εντός επιπέδου δράσεις

Ενταπκά Μεγέθη Σχεδιασμού

$N_{Ed} = 7804.37 \text{ kN}$
 $V_{Ed} = 2851.34 \text{ kN}$
 $M_{Ed} = 7266.1 \text{ kNm}$

Δυσμενέστερος Συνδυασμός
 $G+0.3E_x+0.3E_y+E_z$

Συντελεστής Ασφάλειας

$\gamma_m = 1.35$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

$v_{sd} = 0.1469$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.43 < 1.0$ Επάρκεια

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

$M_{Rd} = 16883.76 \text{ kNm}$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = 0.43 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.72 \text{ MPa}$

$L' = 4.41 \text{ m}$
 $L_t = 1.14 \text{ m}$
 $L_c = 4.41 \text{ m}$

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.270 \text{ MPa}$

$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 3939.67 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.53575$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
Management system as per ISO 9001 : 2015
Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$$f_{vd,t} = 0.354 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,t} = 5154.90 \text{ kN}$$

$$V_{vd,t} = 3939.67 \text{ kN}$$

$$f_{vd,s} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$$

$$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.72 < 1.0 \quad \text{Επάρκεια}$$

Έλεγχος Επάρκειας σε εκτός επιπέδου δράσεις

Για σεισμικούς συνδυασμούς

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού

$$N_{Ed} = 7102.05 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 2526.14 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} = 21019.3 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,2} = 7291.72 \text{ kNm}$$

Δυσμενέστερος Συνδυασμός
G+0.3Ex+Ey+0.3Ez

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$$V_p = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{N=}$	0.39	MPa
$\sigma_{M=}$	1.24	MPa

L'	2.17	m
L _t	1.13	m
L _c	2.17	m

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$$f_{vd,s} = 0.255 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,s} = 3066.31 \text{ kN} \quad \sigma_d = 0.59087$$

2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$$v_{sd} = 0.1337$$

$$f_{vd,t} = 0.343 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,t} = 4121.06 \text{ kN}$$

$$V_{vd,t} = 3066.31 \text{ kN}$$

$$f_{vd,s} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$$

$$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.82 < 1.0 \quad \text{Επάρκεια}$$

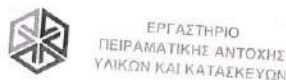
Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί οριζόντιο άξονα:

$$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \ell t_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d} \right)$$

$$\sigma_0 = 387.772$$

$$M_{Rd,1} = 13602.96 \text{ kNm}$$

$$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 1.55 > 1.0 \quad \text{Ανεπάρκεια}$$



Management system as per
ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί κατακόρυφο άξονα:

$$M_{Rd2,o} = \frac{1}{6} f_{wt,d} \cdot t^2 \ell$$

$$M_{Rd,2} = 2699.63 \text{ kNm}$$

$$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 2.70 > 1.0 \quad \text{Ανεπάρκεια}$$

Για συνδυασμούς με υδροστατική πίεση

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού

$$N_{Ed} = 7358.59 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 2640.67 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1} = 6103.79 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,2} = 967.579 \text{ kNm}$$

Δυσμενέστερος Συνδυασμός
G+Hydro Pressure

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$$V_p = f_{vd} \cdot L' \cdot t$$

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{N=}$	0.40	MPa
$\sigma_{M=}$	0.36	MPa

L'	3.30	m
L _t	-0.19	m
L _c	3.49	m

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$$

$$f_{vd,s} = 0.261 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,s} = 4774.93 \text{ kN} \quad \sigma_d = 0.40178$$

2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$$v_{sd} = 0.1385$$

$$f_{vd,t} = 0.347 \text{ MPa}$$

$$V_{vd,t} = 6353.90 \text{ kN}$$

$$V_{vd,t} = 4774.93 \text{ kN}$$

$$f_{vd,s} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$$

$$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.55 < 1.0 \quad \text{Επάρκεια}$$

Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί οριζόντιο άξονα:

$$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \ell t_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_d} \right)$$

$$\sigma_0 = 401.779$$

$$M_{Rd,1} = 14015.74 \text{ kNm}$$

$$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.44 < 1.0 \quad \text{Επάρκεια}$$

Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί κατακόρυφο άξονα:

$$M_{Rd2,o} = \frac{1}{6} f_{wt,d} \cdot t^2 \ell$$

$$M_{Rd,2} = 2699.63 \text{ kNm}$$

$$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.36 < 1.0 \quad \text{Επάρκεια}$$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Management system as per
ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Β6.3.8 Κρίσιμη Διατομή 8-5° Τόξο



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομής

L1 = 3.3 m
L2 = 0.695 m

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

$f_{wd} = 3.85$ MPa
 $f_{vm0} = 0.195$ MPa
 $f_{wid} = 0.14$ MPa

Συντελεστής Ασφάλειας $\gamma_m = 2.0$

Συνδυασμός Δράσεων **Ίδια Βάρη 1.35G**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = 198.095$ kN/m²

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 454.33$ kN
 $M_{Rd} = 149.76$ kNm
 $0.36 < 1.0$

$M_{Ed} = 54.37$ kNm

$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \alpha_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$

Επάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$V_{sd} = 0.0515$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 454.33$ kN
 $M_{Rd} = 691.79$ kNm
 $0.00 < 1.0$

$M_{Ed} = 0.266$ kNm

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

Επάρκεια

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_{,N} = 0.20$ MPa
 $\sigma_{,M} = 0.20$ MPa

$N_{Ed} = 454.33$ kN
 $L' = 0.68386$ m

$V_{Ed} = 1.492$ kN

$L_t = 0.01$ m
 $L_c = 0.68$ m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

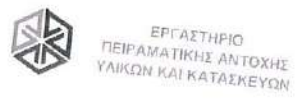
$f_{vd,s} = 0.276$ MPa

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$
 $V_{vd,s} = 621.80$ kN

$0.00 < 1.0$
Επάρκεια

$\sigma_d = 0.201322$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015 Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



2. Κατά την έννοια του πλάτους

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$L' = 3.3$ m
 $N_{Ed} = 454.33$ kN
 $V_{Ed} = 0.273$ kN

$\sigma_{,N} = 0.20$ MPa
 $\sigma_{,M} = 0.00$ MPa

$L_t = -1546.62$ m
 $L_c = 1549.92$ m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.212$ MPa

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 485.51$ kN
 $\sigma_d = 0.04172$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$v_{sd} = 0.05145$

$f_{vd,t} = 0.218$ MPa
 $V_{vd,t} = 498.98$ kN

$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wid} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wid} \cdot (f_{wid} + V_d \cdot f_d)}$

$V_{vd,t} = 498.98$ kN

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 0.00 < 1.0$ Επάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015 Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Συνδυασμός Δράσεων $G+Ex+0.3Ey+0.3Ez$ & $G-Ex-0.3Ey-0.3Ez$
Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = -312.743 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = -717.275 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 37.19 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 115.92 \text{ kNm}$

$3.12 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \alpha_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = -0.0812$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = -717.275 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 176.60 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 66.753 \text{ kNm}$

$0.38 < 1.0$ **Επάρκεια**

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = -717.275 \text{ kN}$

$L' = 0.09842$

$V_{Ed} = 241.022 \text{ kN}$

$\sigma_{N'} = -0.31 \text{ MPa}$

$\sigma_{M'} = 0.44 \text{ MPa}$

$L_t = 0.60 \text{ m}$

$L_c = 0.10 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 63.34 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0$

$3.81 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = -717.275 \text{ kN}$

$L' = 0.01$

$V_{Ed} = 4.362 \text{ kN}$

$\sigma_{N'} = -0.31 \text{ MPa}$

$\sigma_{M'} = 0.05 \text{ MPa}$

$L_t = 11.40 \text{ m}$

$L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.195 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1.36 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0$

$v_{sd} = 0$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.140 \text{ MPa}$

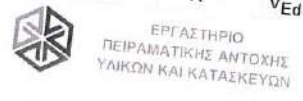
$V_{vd,t} = 0.97 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 0.97 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{vtd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{vtd} \cdot (f_{vtd} + V_d \cdot f_d)}$

$4.48 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**



Management system as per ISO 9001:2015 Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3Ex+Ey+0.3Ez$ & $G-0.3Ex-Ey-0.3Ez$
Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = 20.1827 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 46.289 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 16.00 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 65.72 \text{ kNm}$

$4.11 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \alpha_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = 0.0052$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$

$N_{Ed} = 46.289 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 75.78 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 223.28 \text{ kNm}$

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

$2.95 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = 46.289 \text{ kN}$

$L' = 0.376$

$V_{Ed} = 70.71 \text{ kN}$

$\sigma_{N'} = 0.02 \text{ MPa}$

$\sigma_{M'} = 0.25 \text{ MPa}$

$L_t = 0.32 \text{ m}$

$L_c = 0.38 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.210 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 260.38 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.037321$

$0.27 < 1.0$ **Επάρκεια**

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$N_{Ed} = 46.289 \text{ kN}$

$L' = 1.838$

$V_{Ed} = 14.712 \text{ kN}$

$\sigma_{N'} = 0.02 \text{ MPa}$

$\sigma_{M'} = 0.18 \text{ MPa}$

$L_t = 1.46 \text{ m}$

$L_c = 1.84 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.198 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 253.01 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0.007631$

$v_{sd} = 0.00524$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.150 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 191.31 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 191.31 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$

$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{vtd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{vtd} \cdot (f_{vtd} + V_d \cdot f_d)}$

$0.08 < 1.0$ **Επάρκεια**



Management system as per ISO 9001:2015 Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Συνδυασμός Δράσεων

G+0.3Ex+0.3Ey+Ez & G-0.3Ex-0.3Ey-Ez

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

σ_o = -275.561 kN/m²

λ = M_{Ed}/M_{Rd} =

N_{Ed} = -632 kN
M_{Rd} = 37.19 kNm

M_{Ed} = 125.16 kNm

Ανεπάρκεια

M_{Rd1,o} = 1/2 * α_w² * σ_o * (1 - σ_o/f_d)

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

V_{sd} = -0.0716

λ = M_{Ed}/M_{Rd} =

N_{Ed} = -632 kN
M_{Rd} = 176.60 kNm

M_{Ed} = 66.70 kNm

M_{Rd} = N_{sd} * (1 - 1.15v_{sd}) * L/2

Επάρκεια

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

V_v = f_{vd} * L' * t

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

N_{Ed} = -632 kN
L' = 0.14425 m

V_{Ed} = 238.48 kN

σ_N = -0.28 MPa

σ_M = 0.47 MPa

L_t = 0.55 m

L_c = 0.14 m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

f_{vd,s} = 0.195 MPa

λ = V_{Ed}/V_{vd,s} =

f_{vd} = f_{vo} + μ * σ_o ≤ 0.065 * f_b

V_{vd,s} = 92.83 kN

σ_d = 0

Ανεπάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

N_{Ed} = -632 kN
L' = 0.010 m

V_{Ed} = 4.349 kN

σ_N = -0.28 MPa

σ_M = 0.05 MPa

L_t = 10.25 m

L_c = 0.01 m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

f_{vd,s} = 0.195 MPa

f_{vd} = f_{vo} + μ * σ_o ≤ 0.065 * f_b

V_{vd,s} = 1.36 kN

σ_d = 0

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

f_{vd,t} = 0.140 MPa

V_{vd,t} = 0.97 kN

V_{vd,t} = 0.97 kN

f_{vd,t} = [(-f_{wtd} - v_df_d/2)² - (v_df_d/2)²]^{1/2} = √f_{wtd} * (f_{wtd} + v_df_d)

λ = V_{Ed}/V_{vd,s} =

4.47 > 1.0

Ανεπάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



B.6.3.9 Κρίσιμη Διατομή 9 - Ανακουφιστικό Άνοιγμα 5° Μεσόβαθρο



Απεικόνιση της νότιας όψης του φορέα της γέφυρας στην οποία διακρίνεται η υπό έλεγχο κρίσιμη διατομή.

Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομής

L1 = 3.3 m

L2 = 1 m

Μηχανικά Χαρακτηριστικά

f_{wd} = 2.9 MPa

f_{vm0} = 0.1 MPa

f_{wtd} = 0.2 MPa

Συντελεστής Ασφάλειας γ_m = 2.00

Συνδυασμός Δράσεων Ίδια Βάρη 1.35G

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

σ_o = -68.8061 kN/m²

λ = M_{Ed}/M_{Rd} =

N_{Ed} = -227.06 kN

M_{Rd} = 110.00 kNm

M_{Ed} = 25.87 kNm

M_{Rd1,o} = 1/2 * α_w² * σ_o * (1 - σ_o/f_d)

Επάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

v_{sd} = -0.0237

λ = M_{Ed}/M_{Rd} =

N_{Ed} = -227.06 kN

M_{Rd} = 363.00 kNm

M_{Ed} = 0.055 kNm

M_{Rd} = N_{sd} * (1 - 1.15v_{sd}) * L/2

Επάρκεια

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

V_v = f_{vd} * L' * t

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

N_{Ed} = -227.06 kN

L' = 0.01 m

V_{Ed} = 48.108 kN

σ_N = -0.07 MPa

σ_M = 0.05 MPa

L_t = 1.23 m

L_c = 0.01 m

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

f_{vd,s} = 0.100 MPa

λ = V_{Ed}/V_{vd,s} =

f_{vd} = f_{vo} + μ * σ_o ≤ 0.065 * f_b

V_{vd,s} = 3.30 kN

σ_d = 0

Ανεπάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001:2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



2. Κατά την έννοια του πλάτους

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'
Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$N_{Ed} = -227.06 \text{ kN}$
 $L' = 0.01 \text{ m}$
 $V_{Ed} = 0.273 \text{ kN}$

$\sigma_N = -0.07 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.00 \text{ MPa}$

$L_t = 3734.57 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διαμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.100 \text{ MPa}$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1.00 \text{ kN}$
 $\sigma_d = 0$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$v_{sd} = 0$

$f_{vd,t} = 0.200 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 2.00 \text{ kN}$

$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$

$V_{vd,t} = 2.00 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 0.14 < 1.0$ **Επάρκεια**



Συνδυασμός Δράσεων $G+Ex+0.3Ey+0.3Ez$ & $G-Ex-0.3Ey-0.3Ez$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = -258.161 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 1.65 < 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$N_{Ed} = -851.932 \text{ kN}$
 $M_{Rd} = 55.00 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 90.67 \text{ kNm}$

$M_{Rd1.0} = \frac{1}{2} \epsilon t_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d} \right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = -0.0890$

$\lambda = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.34 < 1.0$ **Επάρκεια**

$N_{Ed} = -851.932 \text{ kN}$
 $M_{Rd} = 181.50 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 61.955 \text{ kNm}$

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = -0.26 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.16 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -851.932 \text{ kN}$
 $L' = 0.01 \text{ m}$

$V_{Ed} = 281.022 \text{ kN}$

$L_t = 1.28 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διαμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.100 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 85.16 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 3.30 \text{ kN}$
 $\sigma_d = 0$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = -0.26 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.03 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -851.932 \text{ kN}$
 $L' = 0.01 \text{ m}$

$V_{Ed} = 4.738 \text{ kN}$

$L_t = 14.13 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διαμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.100 \text{ MPa}$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1.00 \text{ kN}$
 $\sigma_d = 0$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$v_{sd} = 0$

$f_{vd,t} = 0.100 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 1.00 \text{ kN}$

$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$

$V_{vd,t} = 1.00 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed} / V_{vd,s} = 4.74 > 1.0$ **Ανεπάρκεια**





Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3E_x+E_y+0.3E_z$ & $G-0.3E_x-E_y-0.3E_z$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = -117.293 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.77 < 1.0$

$N_{Ed} = -387.068 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 55.00 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 42.20 \text{ kNm}$

Επάρκεια

$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d}\right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = -0.0404$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 1.14 > 1.0$

$N_{Ed} = -387.068 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 181.50 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 206.38 \text{ kNm}$

Ανεπάρκεια

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = -0.12 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.08 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -387.068 \text{ kN}$

$L' = 0.010 \text{ m}$

$V_{Ed} = 112.123 \text{ kN}$

$L_t = 1.26 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.100 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 33.98 > 1.0$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 3.30 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0$

Ανεπάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = -0.12 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.11 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -387.068 \text{ kN}$

$L' = 0.010 \text{ m}$

$V_{Ed} = 15.786 \text{ kN}$

$L_t = 3.35 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.100 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 1.00$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1.00 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.100 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 1.00 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 1.00 \text{ kN}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 15.79 > 1.0$

Ανεπάρκεια

$f_{vd,t} = \sqrt{\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2}\right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2}\right)^2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Συνδυασμός Δράσεων $G+0.3E_x+0.3E_y+E_z$ & $G-0.3E_x-0.3E_y-E_z$

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$\sigma_o = -272.138 \text{ kN/m}^2$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 1.75 > 1.0$

$N_{Ed} = -898.055 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 55.00 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 95.98 \text{ kNm}$

Ανεπάρκεια

$M_{Rd1,o} = \frac{1}{2} \ell_w^2 \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_o}{f_d}\right)$

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

$v_{sd} = -0.0938$

$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.34 < 1.0$

$N_{Ed} = -898.055 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 181.50 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 61.97 \text{ kNm}$

$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$

Επάρκεια

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση

$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

1. Κατά την έννοια του πάχους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = -0.27 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.17 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -898.055 \text{ kN}$

$L' = 0.01 \text{ m}$

$V_{Ed} = 290.682 \text{ kN}$

$L_t = 1.28 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.100 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 88.09 > 1.0$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 3.30 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0$

Ανεπάρκεια

2. Κατά την έννοια του πλάτους

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού:

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'

$\sigma_N = -0.27 \text{ MPa}$
 $\sigma_M = 0.03 \text{ MPa}$

$N_{Ed} = -898.055 \text{ kN}$

$L' = 0.010 \text{ m}$

$V_{Ed} = 4.739 \text{ kN}$

$L_t = 14.80 \text{ m}$
 $L_c = 0.01 \text{ m}$

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση

$f_{vd,s} = 0.100 \text{ MPa}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 1.00$

$f_{vd} = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_o \leq 0.065 \cdot f_b$

$V_{vd,s} = 1.00 \text{ kN}$

$\sigma_d = 0$

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} = 0.100 \text{ MPa}$

$V_{vd,t} = 1.00 \text{ kN}$

$V_{vd,t} = 1.00 \text{ kN}$

$f_{vd,t} = \sqrt{\left(-f_{wd} - \frac{v_d f_d}{2}\right)^2 - \left(\frac{v_d f_d}{2}\right)^2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + v_d \cdot f_d)}$

$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} = 4.74 > 1.0$

Ανεπάρκεια



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per ISO 9001 : 2015

Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



B.6.4 Σύνοψη Αποτελεσμάτων Ελέγχου Επάρκειας

Στα προηγούμενα κεφάλαια (B.5 και B.6) πραγματοποιούνται οι ελαστικές αναλύσεις της κατασκευής με τις σεισμικές δράσεις να προκύπτουν από την Δυναμική Φασματική Ανάλυση και την Ισοδύναμη Στατική Ανάλυση και στην συνέχεια οι έλεγχοι επάρκειας των κρίσιμων διατομών. Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων προσδιορίζονται οι κρίσιμες περιοχές του φορέα της γέφυρας, δηλαδή αυτές που είναι περισσότερο ευάλωτες υπό συνήθεις και σεισμικές δράσεις. Παράλληλα, τα αποτελέσματα της Ισοδύναμης Στατικής Ανάλυσης αξιοποιούνται για τους αντίστοιχους ελέγχους επάρκειας των κρίσιμων διατομών αυτών με βάση το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο. Τα βασικά συμπεράσματα συνοψίζονται στα εξής:

- Ο φορέας της γέφυρας είναι ικανός να φέρει με ασφάλεια τα φορτία για συνήθεις δράσεις σχεδιασμού – κατακόρυφα φορτία και φορτία από την πίεση της ροής του ποταμού. Μοναδική ανεπάρκεια σε κατακόρυφα φορτία εντοπίζεται στα ανακουφιστικά ανοίγματα των κεντρικών μεσόβαθρων. Οι ανεπάρκειες οφείλονται στην ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων στις περιοχές αυτές από την κάμψη του κεντρικού τόξου.
- Στον φορέα της γέφυρας αναπτύσσονται ιδιαίτερα αυξημένες τιμές εφελκυστικών τάσεων για σεισμικές δράσεις. Δυσμενέστεροι συνδυασμοί δράσεων είναι αυτοί με κυρίαρχη σεισμική δράση την οριζόντια στην διεύθυνση y (εκτός επιπέδου του φορέα) αλλά και στην διεύθυνση x (εντός επιπέδου του φορέα). Οι μεγαλύτερες εντάσεις εντοπίζονται στο κεντρικότερο τμήμα της γέφυρας που περιλαμβάνει τα 3^ο, 4^ο (κεντρικό), 5^ο τόξο και τα μεσόβαθρα 3 και 4. Ως αποτέλεσμα αυτών παρατηρούνται ανεπάρκειες στο σύνολο των κρίσιμων διατομών του δομήματος. Επομένως, γίνεται εύκολα αντιληπτή η αδυναμία του φορέα της γέφυρας να αποκριθεί πλήρως ελαστικά για τις ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις που προκύπτουν από τον σεισμό σχεδιασμού.

Ο σχεδιασμός μεθοδολογιών ενίσχυσης με βάση τα αποτελέσματα των ελέγχων επάρκειας της ελαστικής ανάλυσης θα οδηγούσε σε εκτεταμένες επεμβάσεις ενίσχυσης στα περισσότερα δομικά στοιχεία της γέφυρας. Μία τέτοια πρόταση θα δημιουργούσε σημαντικές αλλοιώσεις στο αρχικό δομικό σύστημα της γέφυρας και παράλληλα η αποτελεσματικότητά της τίθεται εν αμφιβόλω. Επομένως, στην συνέχεια παρουσιάζονται μια σειρά μη γραμμικών – ανελαστικών αναλύσεων, οι οποίες μπορούν να προβλέψουν με μεγαλύτερο ρεαλισμό την απόκριση του φορέα της γέφυρας με απώτερο σκοπό, τον περιορισμό των επεμβάσεων και την ενίσχυση των κρισιμότερων και πιο ευάλωτων διατομών, όπως αυτές θα προκύψουν.



B.7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΑΡΧΙΚΟΥ ΦΟΡΕΑ

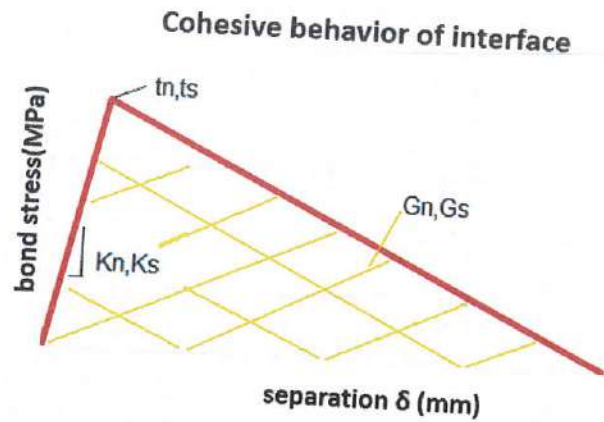
B.7.1 Μεθοδολογία

Για την πραγματοποίηση των μη γραμμικών αναλύσεων, αναπτύχθηκαν τρισδιάστατα αριθμητικά μοντέλα με χωρικά πεπερασμένα στοιχεία του φορέα του γεφυριού, με ταυτόσημη γεωμετρία με αυτήν που μορφώθηκε στα μοντέλα των ελαστικών αναλύσεων (κεφ. B.5). Οι μη γραμμικές αναλύσεις υλοποιούνται στο λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων ABAQUS. Τα μοντέλα που εξετάζονται χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο προσομοίωσης της μη γραμμικής συμπεριφοράς του δομήματος. Ειδικότερα, στην 1^η κατηγορία μοντέλων οι τοιχοδομές προσομοιώνονται ως ομογενοποιημένο υλικό, με ένα γραμμικό ελαστικό καταστατικό νόμο. Στις κρίσιμες θέσεις, όπου αναμένονται αστοχίες, με βάση τα εντατικά πεδία τάσεων που παρατηρήθηκαν για τους διάφορους φορτιστικούς συνδυασμούς των ελαστικών αναλύσεων, εισάγονται διεπιφάνειες με μη γραμμική συμπεριφορά που καθορίζεται από σχέσεις τάσεων – παραμορφώσεων κάθετα στο επίπεδο της διεπιφάνειας και εφαπτομενικά στο επίπεδο αυτής. Για το ρεαλιστικό προσδιορισμό των δύο αυτών σχέσεων, αξιοποιήθηκαν οι πειραματικές δοκιμές τριπλετών υπό κάμψη εκτός επιπέδου και υπό διάτμηση με ορθή ένταση. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν αντίστοιχα αριθμητικά μοντέλα που προσομοιώνουν, την πειραματική διαδικασία που εφαρμόστηκε στο εργαστήριο, ώστε να βαθμονομηθούν όλες οι παράμετροι των διεπιφανειών. Η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στην παρ. B.7.2. Η 2^η κατηγορία αριθμητικών μοντέλων περιλαμβάνει προσομοιώματα, στα οποία το υλικό της τοιχοποιίας δίνεται ως μη γραμμικό, σε όρους τάσεων – παραμορφώσεων με κριτήρια αστοχίας τις μέγιστες και ελάχιστες αναπτυσσόμενες κύριες τάσεις. Η 2^η αυτή σειρά προσομοιώσεων, έχει την δυνατότητα να προβλέψει την αστοχία σε οποιαδήποτε θέση – διατομή του φορέα και όχι μόνο σε προκαθορισμένες θέσεις, ενώ ταυτόχρονα έχει σημαντικά μικρότερο απαιτούμενο υπολογιστικό κόστος. Ωστόσο, για να θεωρηθούν αξιόπιστα τα μοντέλα αυτής της κατηγορίας, θα πρέπει πρωτίστως να δοθεί ένας ρεαλιστικός μη γραμμικός νόμος υλικού. Επομένως, μέσω παραμετρικών αναλύσεων προσδιορίστηκε επακριβώς ο νόμος του υλικού, συγκρίνοντας την απόκριση των μοντέλων της 1^{ης} και της 2^{ης} κατηγορίας (παρ. B.7.6).

B.7.2 Βαθμονόμηση διεπιφανειών

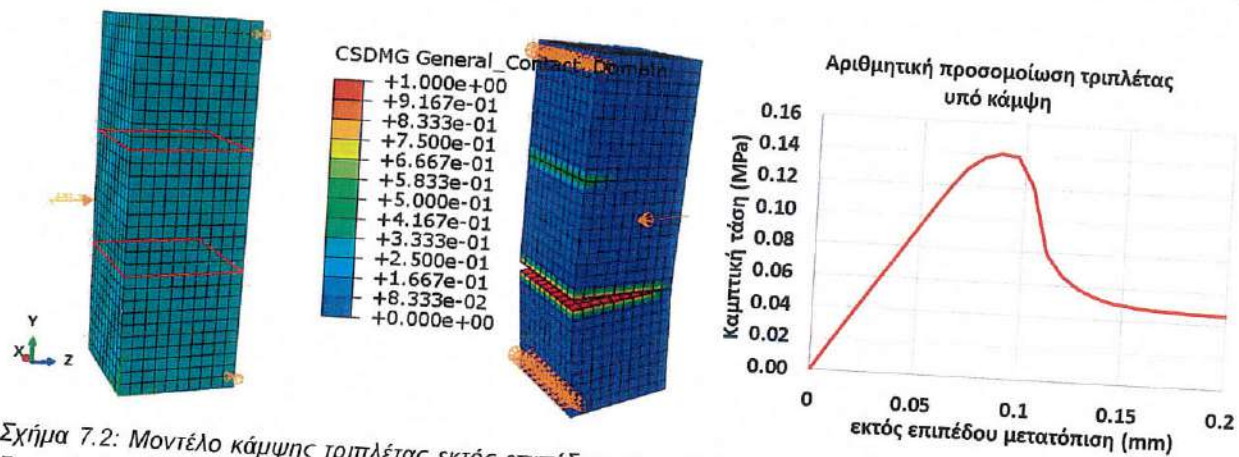
Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθείται για τον προσδιορισμό των παραμέτρων των διεπιφανειών. Παρουσιάζεται η αριθμητική προσομοίωση της τριπλέτας διάτμησης και κάμψης όπως υλοποιήθηκε στο εργαστήριο χρησιμοποιώντας ως τρόπο μοντελοποίησης το απλοποιημένο μικρομοντέλο, δηλαδή προσομοιώνονται τα λιθοσώματα και μεταξύ αυτών δεν προσομοιώνεται ο αρμός και οι δύο διεπιφάνειες του αρμού με τα γειτονικά λιθοσώματα, αλλά μια διεπιφάνεια όπου συγκεντρώνεται η μη γραμμική συμπεριφορά τόσο του αρμού όσο και των διεπιφανειών. Ειδικότερα, στην διεπιφάνεια δίνεται η συμπεριφορά σε ελκυσμό και σε διάτμηση ξεχωριστά, δίνοντας την αρχική ελαστική δukaμψία (K), το όριο αντοχής (t) και την ενέργεια θραύσης (G) η οποία καθορίζει τον πτωτικό κλάδο της συμπεριφοράς της διεπιφάνειας (Σχήμα 7.1). Το λιθοσώμα προσομοιώνεται ως γραμμικό ελαστικό.





Σχήμα 7.1: Τυπική μορφή συμπεριφοράς διεπιφάνειας είτε σε ελκυσμό είτε σε διάτμηση και οι παράμετροι που απαιτούνται για τον καθορισμό της

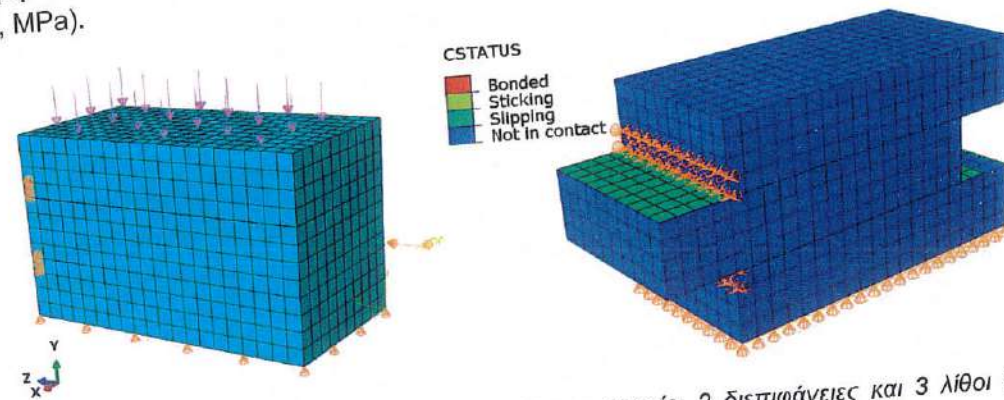
Αρχικά μορφώθηκε ένα μοντέλο τριπλέτας για την προσομοίωση της εκτός επιπέδου καμπτικής συμπεριφοράς, με την ίδια γεωμετρία και τις ίδιες οριακές συνθήκες που εφαρμόστηκαν στο εργαστήριο (παρ. B.2.2.3). Το μοντέλο απαρτίζεται από τρία στερεά σώματα που αναπαριστούν τα τρία λιθοσώματα και δύο διεπιφάνειες (κόκκινο περίγραμμα) όπως απεικονίζεται παρακάτω. Η απόκριση του μοντέλου αυτού σε όρους αναπτυσσόμενης καμπτικής τάσης – εκτός επιπέδου μετατόπισης στο μέσον του ύψους της τριπλέτας δίνεται στο ίδιο σχήμα (δεξιά). Συγκρίνοντας την μέση μέγιστη αναπτυσσόμενη τάση που μετρήθηκε στο εργαστήριο (0.139MPa) με την αντίστοιχη αριθμητική πρόβλεψη (0.141MPa) επιβεβαιώνεται η επαρκής σύγκλιση του βαθμονομημένου νόμου σε ελκυσμό. Σημειώνεται πως για την επίτευξη της παραπάνω καμπτικής αντοχής, στις διεπιφάνειες δίνεται αντοχή σε καθαρό ελκυσμό, 0.06MPa.



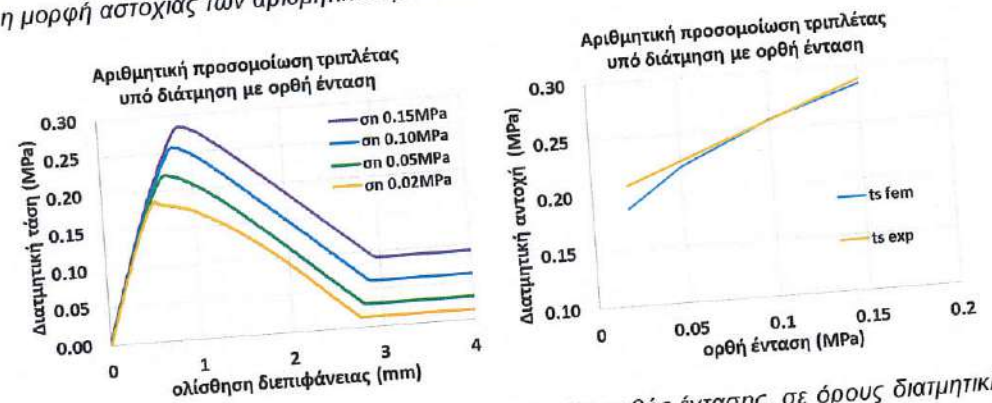
Σχήμα 7.2: Μοντέλο κάμψης τριπλέτας εκτός επιπέδου, αποτελούμενο από τρεις λίθους 100x100x100mm³ και 2 διεπιφάνειες (αριστερά), η αστοχία των διεπιφανειών στο τέλος της ανάλυσης (κέντρο) και η απόκριση του αριθμητικού μοντέλου σε όρους καμπτικής τάσης – εκτός επιπέδου μετακίνησης (δεξιά)

Σε συνέχεια του μοντέλου τριπλέτας υπό εκτός επιπέδου κάμψη, όπου βαθμονομήθηκε η συμπεριφορά των διεπιφανειών σε ορθή ένταση (εφελκυσμός), αναπτύσσεται το μοντέλο της τριπλέτας υπό διατμητικά φορτία με και χωρίς ορθή ένταση. Για την προσομοίωση της τριπλέτας σε διάτμηση ταυτόχρονα με κατακόρυφο φορτίο αναπτύχθηκε το μοντέλο που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, ώστε να

προσομοιώνει την συμπεριφορά των δοκιμών που εξετάστηκαν πειραματικά στο εργαστήριο. Χρησιμοποιείται ο ίδιος νόμος για τις διεπιφάνειες, όπως και στην εκτός επιπέδου κάμψη. Επιπλέον στο άνω άκρο της τριπλέτας ασκείται ομοιόμορφο κατακόρυφο φορτίο ίσο κάθε φορά με αυτό που ασκήθηκε και στο αντίστοιχο πείραμα του εργαστηρίου. Έγιναν 4 διαφορετικές αναλύσεις για 4 διαφορετικά επίπεδα θλιπτικής τάσης 0.02MPa, 0.05MPa, 0.10MPa και 0.15MPa. Στο Σχήμα 7.3 απεικονίζεται το μοντέλο με τις συνοριακές συνθήκες και τα ασκούμενα φορτία, καθώς και η μορφή αστοχίας η οποία είναι κοινή σε όλες τις αναλύσεις. Στο σχήμα 7.4 δίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών αρχικά σε όρους αναπτυσσόμενης διατμητικής τάσης – ολίσθησης διεπιφάνειας και στην συνέχεια συγκρίνοντας την μέγιστη διατμητική τάση κάθε ανάλυσης με τις αντίστοιχες πειραματικές μετρήσεις. Από την σύγκριση αυτή φαίνεται πως η διατμητική αντοχή του αριθμητικού μοντέλου (ts fem) συγκλίνει επαρκώς με την κατανομή που προέκυψε από τις εργαστηριακές δοκιμές (ts exp) της παραγράφου A.2.2.2 (0.195 + 0.61σπ, MPa).



Σχήμα 7.3. Μοντέλο τριπλέτας διάτμησης με κατακόρυφο φορτίο, 2 διεπιφάνειες και 3 λίθοι 200x100x40mm³ (αριστερά) και η μορφή αστοχίας των αριθμητικών μοντέλων (δεξιά)



Σχήμα 7.4. Απόκριση αριθμητικού μοντέλου για διάφορα επίπεδα ορθής έντασης, σε όρους διατμητικής τάσης με την ολίσθηση των διεπιφανειών (αριστερά) και η μεταβολή της διατμητικής αντοχής με την ασκούμενη ορθή ένταση, σύγκριση αριθμητικών προβλέψεων και πειραματικών μετρήσεων

Από τις παραπάνω αριθμητικές αναλύσεις, βαθμονομήθηκε η μη γραμμική συμπεριφορά των διεπιφανειών τόσο παράλληλα όσο και κάθετα στο επίπεδο τους ώστε να προσεγγίζουν τα αποτελέσματα των εργαστηριακών μετρήσεων. Όλες οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό, δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Properties of cohesive behavior assigned to interfaces between the stone units		
	Tensile behavior	Shear behavior
Stiffness (MPa/mm)	1	5
Bond strength (MPa)	0.06	0.20
Fracture energy (mJ)	0.01	0.30
Friction coefficient	-	0.61

B.7.3 Μέθοδοι ανάλυσης

Για τον προσδιορισμό της μη γραμμικής απόκρισης της κατασκευής υλοποιούνται οι παρακάτω μέθοδοι ανάλυσης:

- Η Ιδιομορφική Ανάλυση μοντέλου με διεπιφάνειες για την σύγκριση των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών του μοντέλου των ελαστικών αναλύσεων με το λογισμικό SAP2000 και του μοντέλου των ανελαστικών αναλύσεων με το λογισμικό ABAQUS.
- Η μη γραμμική στατική ανάλυση (Pushover) του μοντέλου με διεπιφάνειες, ώστε σε πρώτο βαθμό να ποσοτικοποιηθεί η μέγιστη τέμνουσα βάσης του δομήματος ανά διεύθυνση, και στο επόμενο βήμα να χρησιμοποιηθεί για την βαθμονόμηση του καταστατικού νόμου της λιθοδομής του μακρομοντέλου.
- Η μη γραμμική στατική ανάλυση (Pushover) του μοντέλου με μη γραμμικό νόμο υλικού (μακρομοντέλο). Εξετάζεται η φέρουσα ικανότητα του αρχικού μοντέλου και η συμπεριφορά του μετά την εφαρμογή των απαιτούμενων μέτρων ενίσχυσης.
- Η μη γραμμική ανάλυση χρονιστορίας του μοντέλου με μη γραμμικό νόμο υλικού (μακρομοντέλο). Εξετάζεται η συμπεριφορά του δομήματος υπό πραγματικές καταγραφές σεισμών (Κοζάνη 1995), ώστε να επιβεβαιωθεί η δομική του επάρκεια.

B.7.4 Ιδιομορφική ανάλυση

Στην παράγραφο αυτή, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της Ιδιομορφική ανάλυσης του μοντέλου στο ABAQUS, με σκοπό την αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων με το αντίστοιχο μοντέλο των ελαστικών αναλύσεων και την εξακρίβωση της ταυτόσημης δυναμικής συμπεριφοράς των 2 διαφορετικών μεθόδων – λογισμικών προσομοίωσης. Παρακάτω δίνεται ο συνοπτικός πίνακας των ιδιομορφών με τα αντίστοιχα ποσοστά ενεργοποιούμενης μάζας και εικόνες της παραμορφωμένης κατάστασης των σημαντικών ιδιομορφών.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παράγραφο αυτή, με τα αντίστοιχα της παραγράφου Α.5.4 προκύπτουν τα εξής:

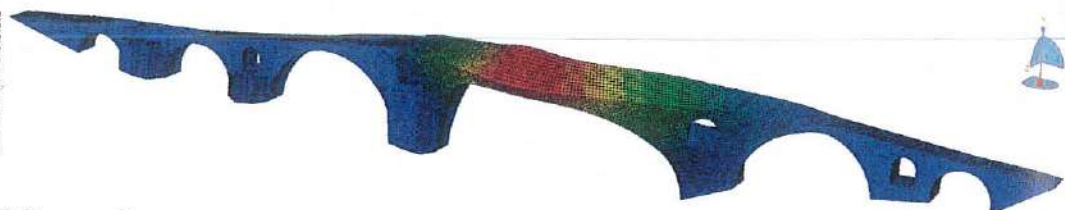
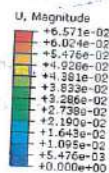
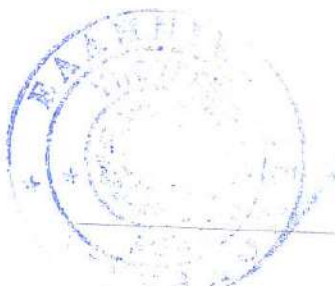
- Η 1^η ιδιομορφή, είναι η θεμελιώδης μεταφορική ιδιομορφή κατά εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας, και στις 2 περιπτώσεις η ιδιοπερίοδος της υπολογίστηκε 0.42s και το ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 21-23%.

- Η αμέσως επόμενη σημαντική ιδιομορφή κατά την εγκάρσια διεύθυνση υπολογίστηκε και από τα 2 μοντέλα με ιδιοπερίοδο 0.187s και ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 21%
- η θεμελιώδης μεταφορική ιδιομορφή κατά διαμήκη διεύθυνση της γέφυρας, δηλαδή την διεύθυνση x. Έχει περίοδο $T = 0.202-0.205s$ και ενεργοποιεί το 31% της μάζας του ταλαντούμενου συστήματος.
- η αμέσως επόμενη σημαντική ιδιομορφή για την εντός επιπέδου συμπεριφορά υπολογίστηκε με ιδιοπερίοδο 0.097s και ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 21%
- τέλος, η δεσπόμενη ιδιομορφή για την κατακόρυφη διεύθυνση προέκυψε και στις 2 περιπτώσεις ανάλυσης με ιδιοπερίοδο 0.116s ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 11%.

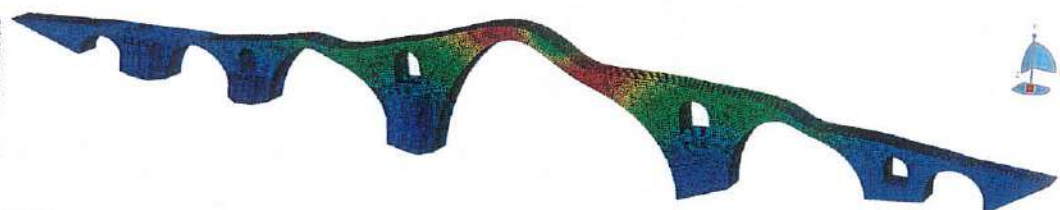
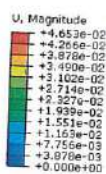
Συνεπώς, συμπεραίνεται πως, ως προς την δυναμική τους συμπεριφορά, τα δυο μοντέλα συμπεριφέρονται ταυτόσημα.

Πίνακας 7.1: Σύνοψη αποτελεσμάτων ιδιομορφικής ανάλυσης

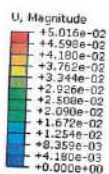
mode	f (Hz)	T (sec)	mx	my	mz
1	2.38	0.421	0.0000	0.0000	0.2310
2	4.16	0.241	0.0000	0.0005	0.0016
3	4.94	0.202	0.3129	0.0007	0.0018
4	5.34	0.187	0.0023	0.0000	0.2112
5	6.23	0.161	0.0000	0.0000	0.0038
6	7.07	0.141	0.0003	0.0146	0.0000
7	8.40	0.119	0.0008	0.0011	0.0010
8	8.62	0.116	0.0019	0.1119	0.0000
9	10.19	0.098	0.0012	0.0002	0.0001
10	10.33	0.097	0.2106	0.0012	0.0008
11	11.42	0.088	0.0021	0.0001	0.0718
12	13.10	0.076	0.0002	0.0946	0.0001
13	13.17	0.076	0.0001	0.0008	0.0010
14	13.38	0.075	0.0000	0.0002	0.0001
15	13.65	0.073	0.0000	0.0895	0.0007
16	14.00	0.071	0.0000	0.0038	0.0024
17	14.73	0.068	0.0015	0.0010	0.0056
18	15.03	0.067	0.0087	0.0182	0.0007
19	15.52	0.064	0.0000	0.0008	0.0778
20	16.06	0.062	0.0073	0.0139	0.0025
SUM			55.01%	35.31%	61.40%



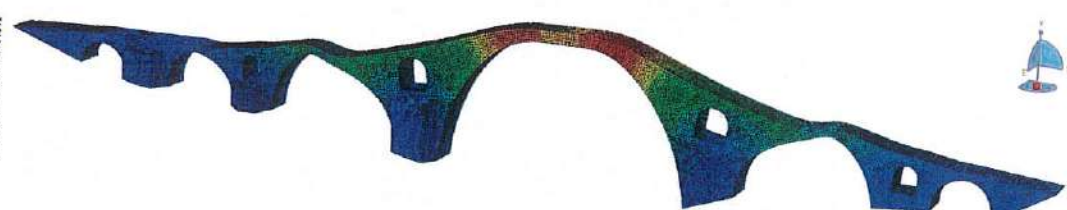
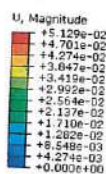
Σχήμα 7.5: 1^η Ιδιομορφή, μεταφορική κατά Z (εκτός επιπέδου) με ιδιοπερίοδο 0.421s και ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 23%



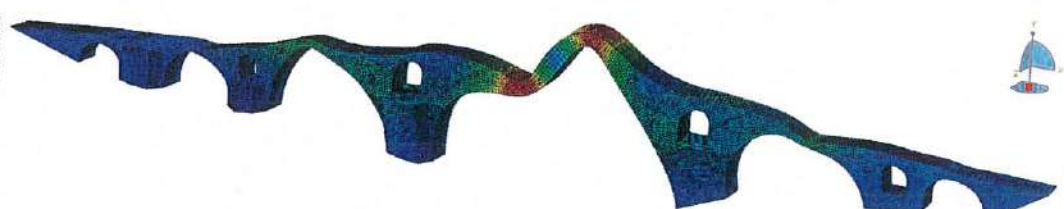
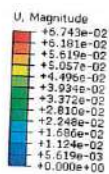
Σχήμα 7.6: 3^η Ιδιομορφή, μεταφορική κατά X (εντός επιπέδου) με ιδιοπερίοδο 0.202s και ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 31%



Σχήμα 7.7: 4^η Ιδιομορφή, μεταφορική κατά Z (εκτός επιπέδου) με ιδιοπερίοδο 0.187s και ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 21%



Σχήμα 7.8: 4^η Ιδιομορφή, μεταφορική κατά Z (κατακόρυφη) με ιδιοπερίοδο 0.116s και ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 11%

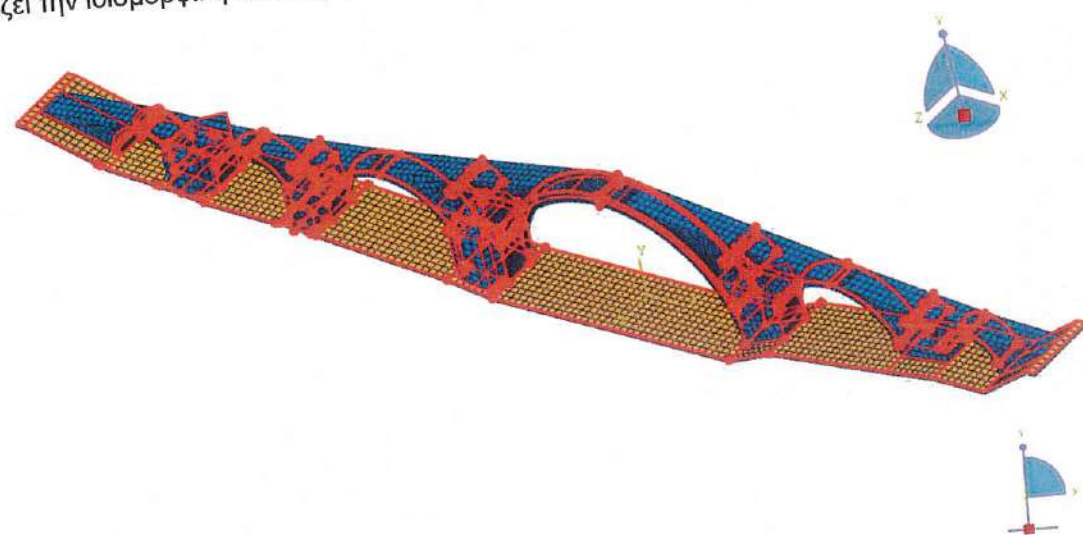


Σχήμα 7.9: 10^η Ιδιομορφή, μεταφορική κατά X (εντός επιπέδου) με ιδιοπερίοδο 0.097s και ποσοστό ενεργοποίησης μάζας 21%



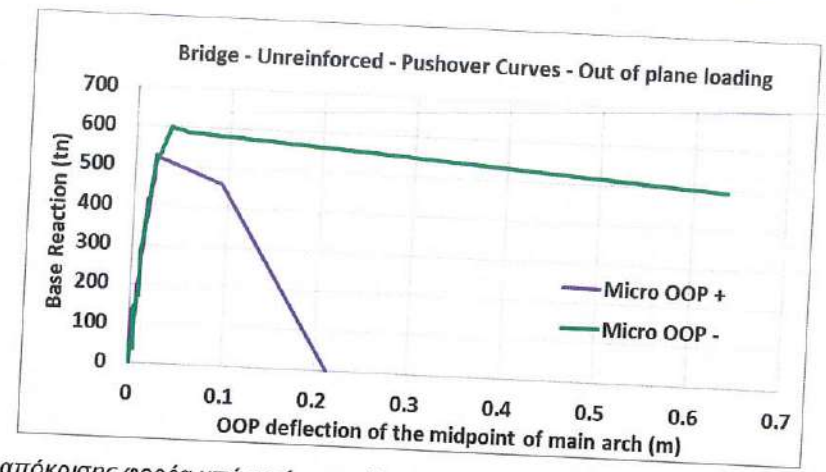
Β.7.5 Μη γραμμική στατική ανάλυση (Pushover) – Μοντέλο με διεπιφάνειες

Η μη γραμμική στατική ανάλυση (Pushover) υλοποιείται με την άσκηση μια οριζόντια σταδιακά αυξανόμενης δύναμης στον φορέα, ανά διεύθυνση και ξεχωριστά προς τα θετικά και τα αρνητικά του κάθε οριζόντιου άξονα. Πραγματοποιούνται, επομένως, 4 αναλύσεις. Η μη γραμμική συμπεριφορά του δομήματος προσδιορίζεται βάσει των διεπιφανειών που εισάγονται σε κρίσιμες διατομές του φορέα. Οι θέσεις που αυτές τοποθετήθηκαν απεικονίζονται στο σχήμα παρακάτω. Για την κατανομή των οριζόντιων φορτίσεων, τα οποία δίνονται ως δυνάμεις βαρύτητας κατά τους οριζόντιους άξονες, χρησιμοποιήθηκε η κατανομή φορτίων που εφαρμόστηκε και στις ισοδύναμες στατικές ελαστικές αναλύσεις, η οποία προσεγγίζει την ιδιομορφική κατανομή.



Σχήμα 7.10: Μοντέλο γέφυρας με διεπιφάνειες (κόκκινες γραμμές). 3D απεικόνιση (πάνω) και 2D απεικόνιση (κάτω)

Στο σχήμα που ακολουθεί δίνεται η απόκριση του μοντέλου υπό εκτός επιπέδου φόρτιση σε όρους αντίδραση βάσης κατά την εκτός επιπέδου διεύθυνση (tn) με την εκτός επιπέδου μετακίνηση της κορυφής του κεντρικού τόξου. Η πράσινη καμπύλη αφορά την άσκηση του φορτίου προς τα θετικά του εγκάρσιου άξονα (+Z), ενώ η μωβ προς τα αρνητικά αυτού (-Z). Στην συνέχεια παρουσιάζεται η μορφή αστοχίας του φορέα για τις 2 αυτές αναλύσεις.



Σχήμα 7.11. Καμπύλες απόκρισης φορέα υπό εκτός επιπέδου φόρτιση σε όρους τέμνουσα βάσης (tn) – μετακίνησης κορυφής του κεντρικού τόξου.

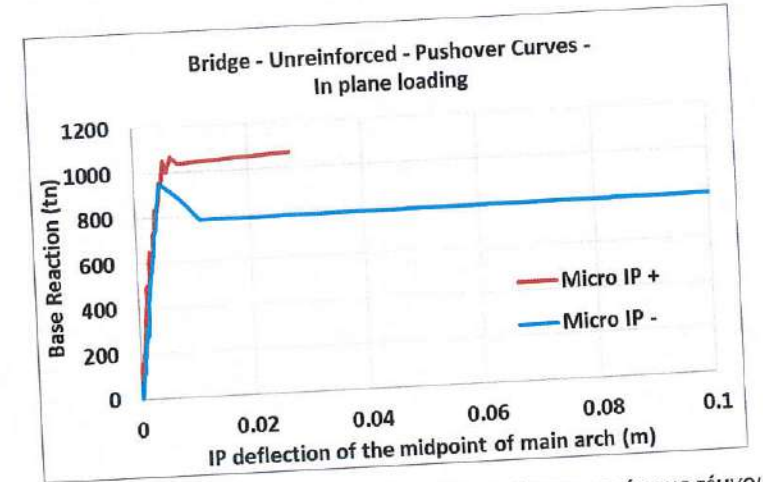


Σχήμα 7.12. Αστοχία διεπιφανειών (πάνω) και παραμορφωμένη κατάσταση – εκτός επιπέδου μετακινήσεις (κάτω) μετά την πτώση της φέρουσας ικανότητας, για την φόρτιση +Z.

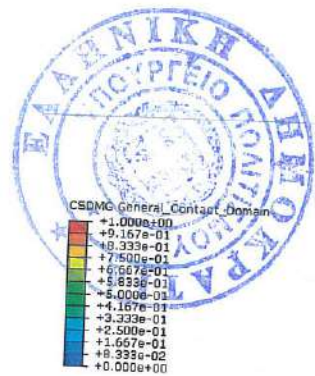


Σχήμα 7.13. Αστοχία διεπιφανειών (πάνω) και παραμορφωμένη κατάσταση – εκτός επιπέδου μετακινήσεις (κάτω) μετά την πτώση της φέρουσας ικανότητας, για την φόρτιση -Z.

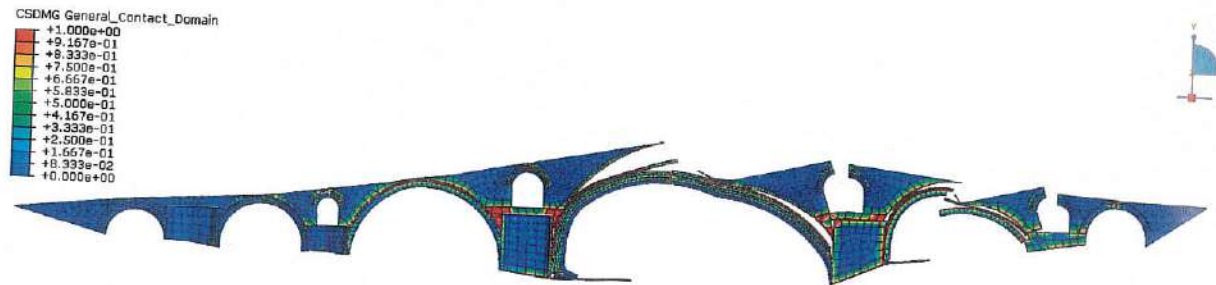
Στο σχήμα που ακολουθεί δίνεται η απόκριση του μοντέλου υπό εντός επιπέδου φόρτιση σε όρους αντίδραση βάσης κατά την εντός επιπέδου διεύθυνση (tn) με την εντός επιπέδου μετακίνηση της κορυφής του κεντρικού τόξου. Η κόκκινη καμπύλη αφορά την άσκηση του φορτίου προς τα θετικά του εγκάρσιου άξονα (+Z), ενώ η γαλάζια προς τα αρνητικά αυτού (-Z). Στην συνέχεια παρουσιάζεται η μορφή αστοχίας του φορέα για τις 2 αυτές αναλύσεις.



Σχήμα 7.14. Καμπύλες απόκρισης φορέα υπό εντός επιπέδου φόρτιση σε όρους τέμνουσα βάσης (tn) – μετακίνησης κορυφής του κεντρικού τόξου.



Σχήμα 7.15. Αστοχία διεπιφανειών και παραμορφωμένη κατάσταση μετά την πτώση της φέρουσας ικανότητας, για την φόρτιση +X.



Σχήμα 7.16 Αστοχία διεπιφανειών και παραμορφωμένη κατάσταση μετά την πτώση της φέρουσας ικανότητας, για την φόρτιση -X.

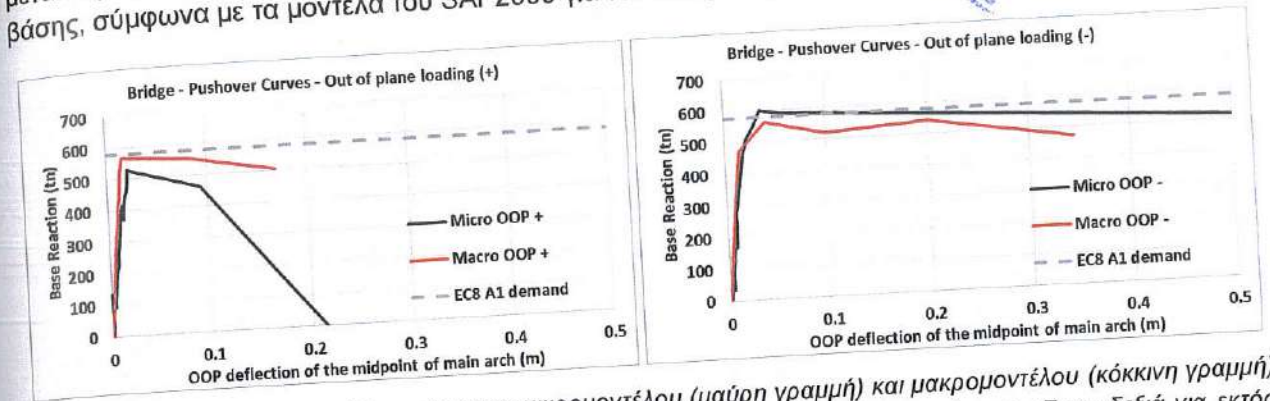
Β.7.6 Μη γραμμική στατική ανάλυση (Pushover) – Μοντέλο με μη γραμμικό νόμο υλικού

Το μοντέλο με το ομογενοποιημένο μη γραμμικό υλικό σε όλο τον φορέα της γέφυρας αναπτύχθηκε δίνοντας στο υλικό της τοιχοποιίας έναν μη γραμμικό νόμο υλικού, Concrete Damaged Plasticity – CDP, ο οποίος βαθμονομήθηκε μέσω παραμετρικών αναλύσεων, ώστε το μοντέλο αυτό να προσεγγίζει κατά το δυνατόν την συμπεριφορά του μοντέλου με τις διεπιφάνειες, όπως αυτή παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Πραγματοποιούνται 4 αναλύσεις, 2 ανά διεύθυνση προς τα θετικά και προς τα αρνητικά. Η απόκριση του μοντέλου αυτού, όπως προέκυψε από τον τελικό καταστατικό νόμο υλικού που επιλέχθηκε, συγκρίνεται με το μοντέλο με τις διεπιφάνειες. Όλες οι παράμετροι που καθορίζουν τον καταστατικό αυτό νόμο, δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

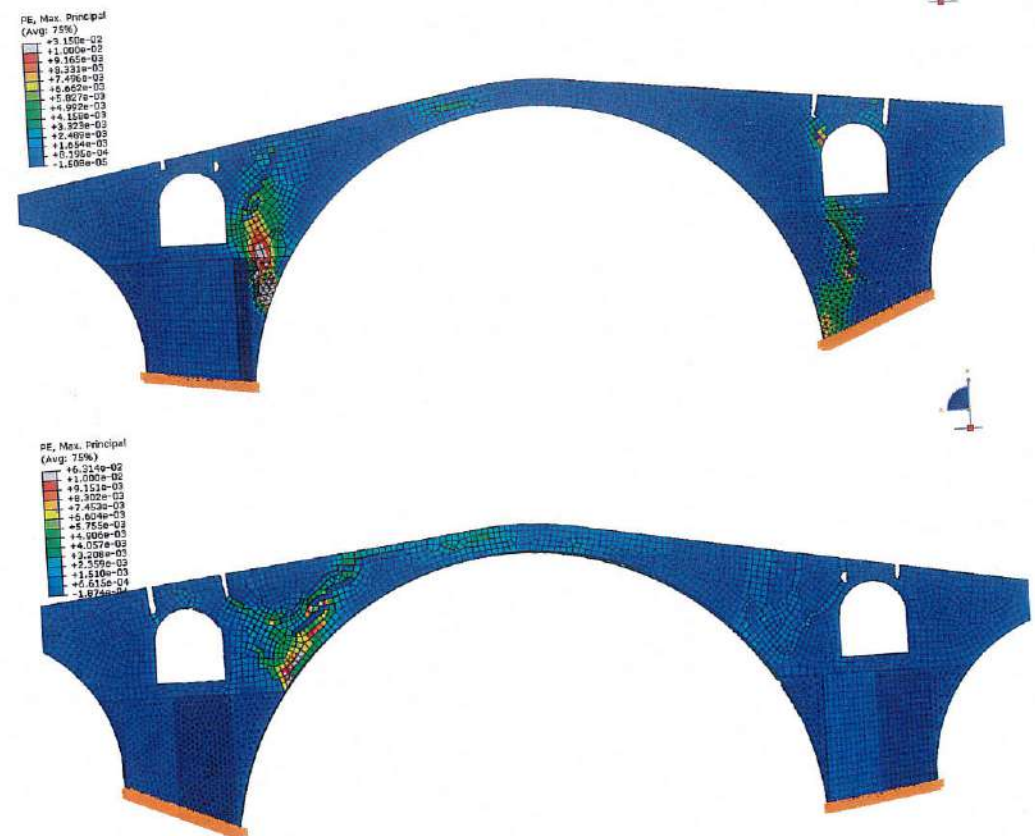
Πίνακας 7.2. Παράμετροι προσδιορισμού καταστατικού νόμου λιθοδομής

Concrete Damaged Plasticity – material model assigned to bricks					
General properties		Compressive behavior		Tensile behavior	
density	2.30 tn/m3	yield stress	inelastic strain	yield stress	inelastic strain
young's modulus	2000 MPa	2 MPa	0	0.10 MPa	0
poisson's ratio	0.15	0.2 MPa	0.05	0.001 MPa	0.01

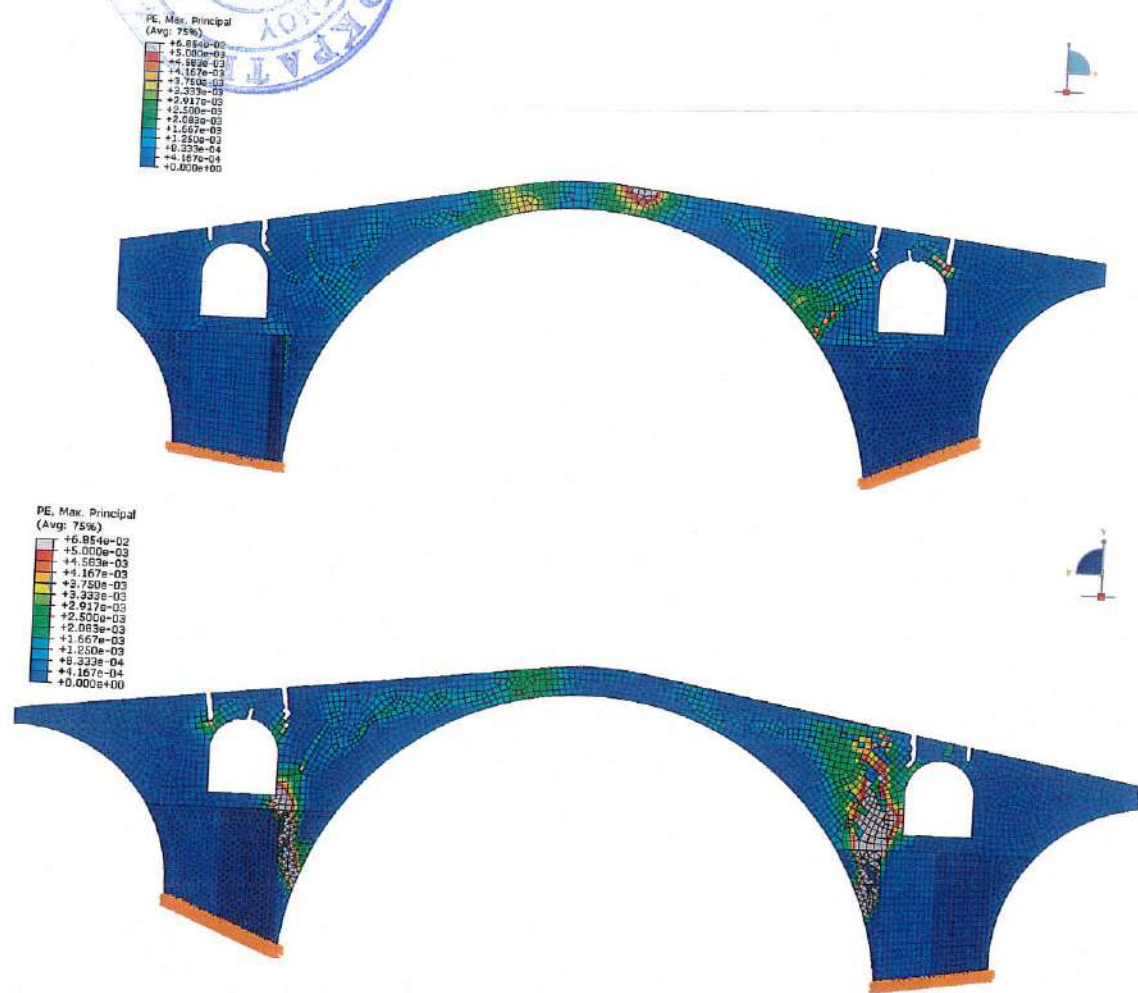
Στα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνεται η απόκριση του μοντέλου σε όρους τέμνουσας βάσης – μετακίνησης της κορυφής του κεντρικού τόξου. Επιπλέον, αποτυπώνεται η απαιτούμενη τέμνουσα βάσης, σύμφωνα με τα μοντέλα του SAP2000 για τον σεισμό σχεδιασμού του EC8.



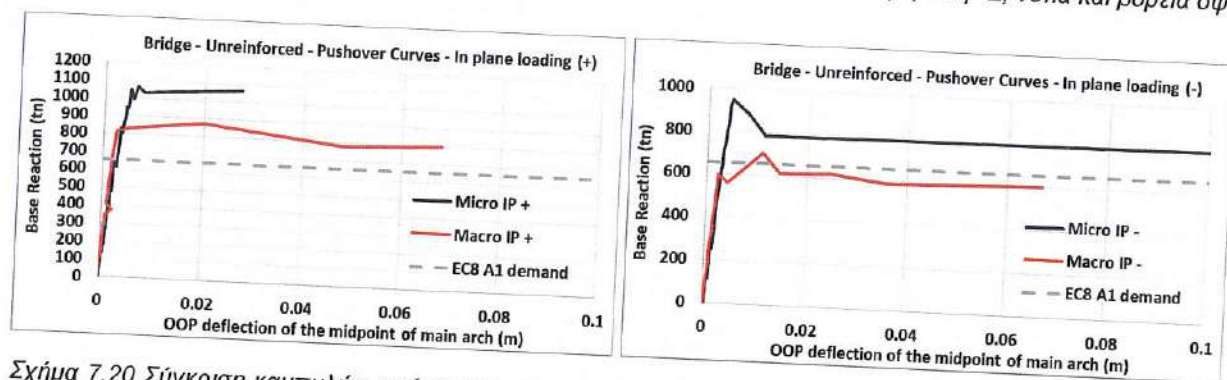
Σχήμα 7.17. Σύγκριση καμπυλών αντίστασης μικρομοντέλου (μαύρη γραμμή) και μακρομοντέλου (κόκκινη γραμμή) και απαιτούμενης τέμνουσας βάσης (γκρι γραμμή), αριστερά για εκτός επιπέδου φόρτιση +Z και δεξιά για εκτός επιπέδου φόρτιση -Z.



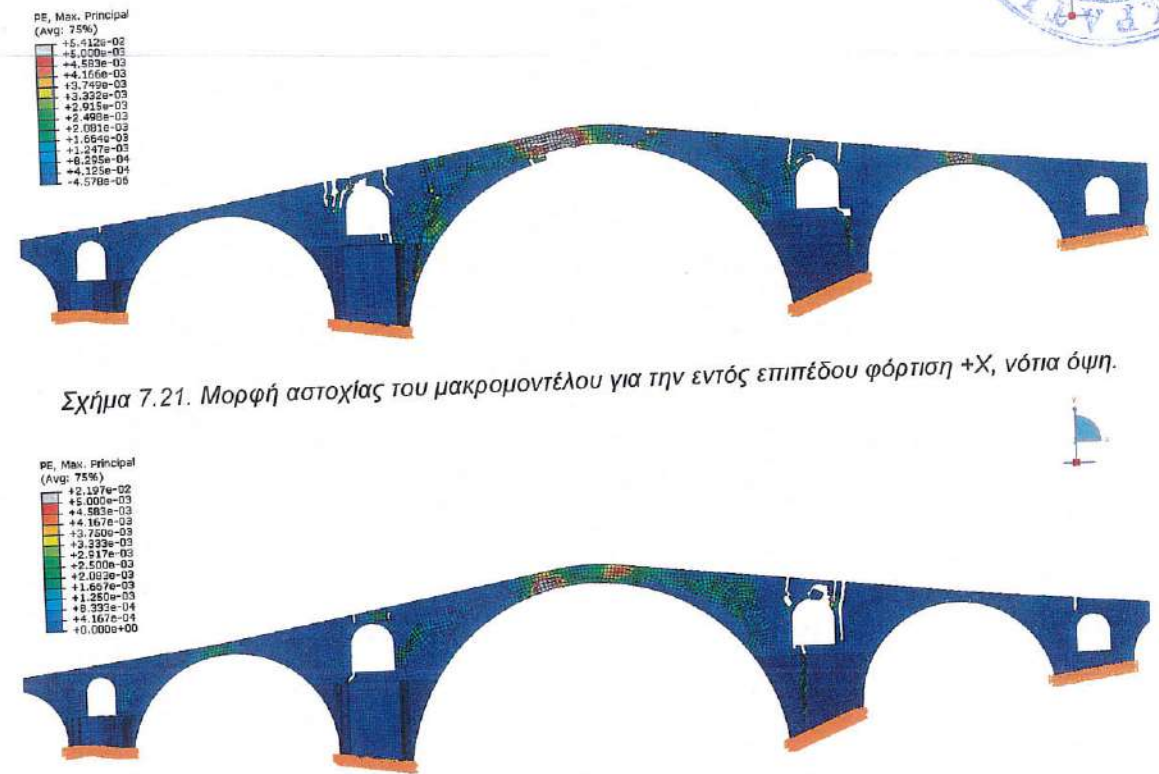
Σχήμα 7.18. Μορφή αστοχίας του μακρομοντέλου για την εκτός επιπέδου φόρτιση +Z, νότια και βόρεια όψη



Σχήμα 7.19 Μορφή αστοχίας του μακρομοντέλου για την εκτός επιπέδου φόρτιση -Z, νότια και βόρεια όψη.



Σχήμα 7.20 Σύγκριση καμπυλών αντίστασης μικρομοντέλου (μαύρη γραμμή) και μακρομοντέλου (κόκκινη γραμμή) και απαιτούμενης τέμνουσας βάσης (γκρι γραμμή), αριστερά για εντός επιπέδου φόρτιση +X και δεξιά για εντός επιπέδου φόρτιση -X.



Σχήμα 7.21. Μορφή αστοχίας του μακρομοντέλου για την εντός επιπέδου φόρτιση +X, νότια όψη.

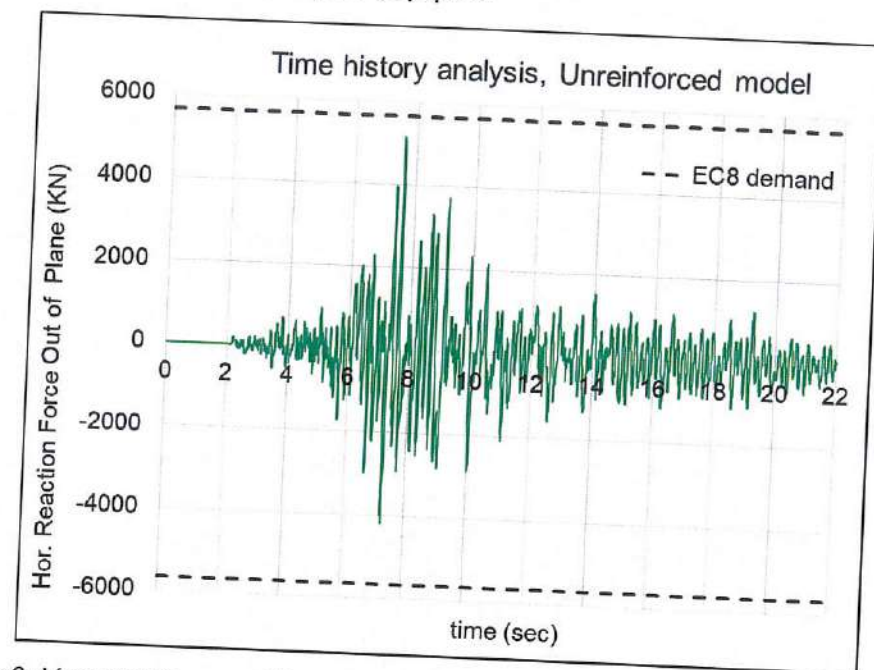
Σχήμα 7.22. Μορφή αστοχίας του μακρομοντέλου για την εντός επιπέδου φόρτιση -X, νότια όψη.

Στις εκτός επιπέδου αναλύσεις, σε όλες τις περιπτώσεις τα μοντέλα δεν ξεπερνούν την απαιτούμενη τέμνουσα βάσης, πλην του μικρομοντέλου στην εκτός επιπέδου διεύθυνση, το οποίο ωστόσο στην μέγιστη ασκούμενη δύναμη έχει εμφανίσει μη γραμμική συμπεριφορά. Στις εντός επιπέδου αναλύσεις, σε όλες τις περιπτώσεις τα μοντέλα ξεπερνούν την απαιτούμενη τέμνουσα βάσης, πλην του μακρομοντέλου στην αρνητική φόρτιση, το οποίο στην μέγιστη ασκούμενη δύναμη ξεπερνά αφενός το όριο του κανονισμού, όμως έχει εμφανίσει μη γραμμική συμπεριφορά. Σε κάθε περίπτωση οι αστοχίες εντοπίζονται αρχικά στο επάνω τμήμα των ανακουφιστικών ανοιγμάτων εκατέρωθεν του κεντρικού τόξου και συνεχίζονται προς τους πεσσούς, στην εσωτερική τους πλευρά προς το κεντρικό άνοιγμα, και την βάση του τόξου μέχρι την κατάρρευση αυτού. Τέλος, σημειώνεται πως το μακρομοντέλο προσεγγίζει καλύτερα την εκτός επιπέδου απόκριση συγκρινόμενο με το μικρομοντέλο με διεπιφάνειες, καθώς με βάση αυτήν την απόκριση βαθμονομήθηκε. Αντίθετα για την εντός επιπέδου διέγερση αποδίδει ελαφρώς μικρότερη φέρουσα ικανότητα, ωστόσο δεν κρίθηκε σκόπιμη η μεταβολή του καταστατικού νόμου.

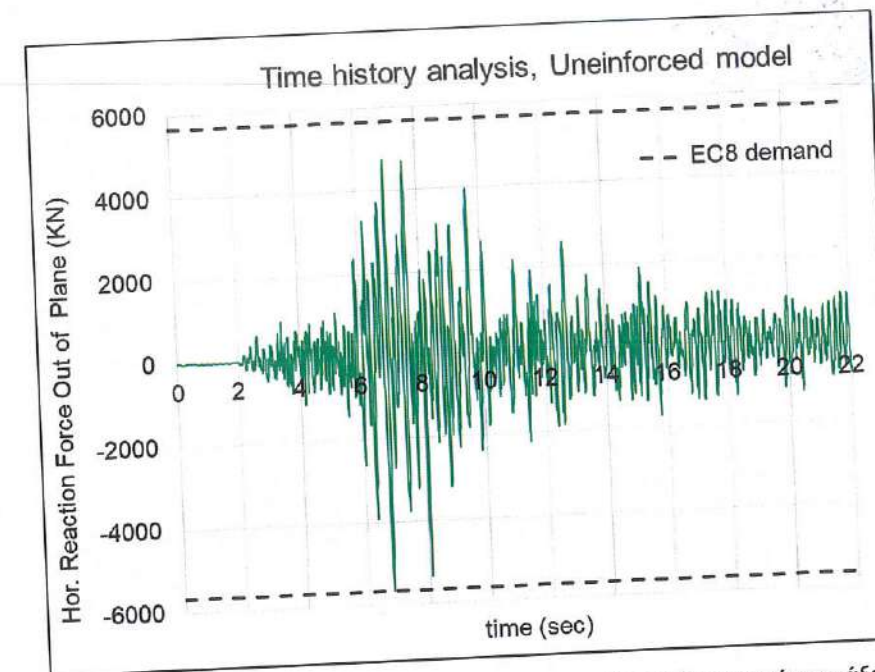
B.7.7 Δυναμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας

Για τις μη γραμμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας χρησιμοποιούνται το μακρομοντέλο που χρησιμοποιήθηκε και στις μη γραμμικές στατικές αναλύσεις της παραγράφου 7.6. Ως χρονοϊστορία για την σεισμική διέγερση των μοντέλων επιλέχθηκαν οι καταγραφές του σεισμού της Κοζάνης του 1995. Οι καταγραφές απεικονίζονται στην παράγραφο B.4.4 (Σεισμικά φορτία). Οι αναλύσεις χρονοϊστορίας, δεν ακολουθούν το κανονιστικό πλαίσιο του Ευρωκώδικα 8, δεν έχουν βαθμονομηθεί ως προς την επιτάχυνση για ιδιοπερίοδο $T=0s$, και για ένα εύρος ιδιοπεριοδών γύρω από τις δεσπάζουσες ιδιομορφές, αλλά εφαρμόζονται οι χρονοϊστορίες του σεισμού της Κοζάνης, όπως αυτές καταγράφησαν, σε μια προσπάθεια να πραγματοποιηθεί μια περαιτέρω εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του φορέα υπό δυναμικά φορτία. Αξίζει να σημειωθεί ότι για ένα εύρος ιδιοπεριοδών 0,10s-0,30s οι επιταχύνσεις του φάσματος των καταγραφών βρίσκεται είτε κοντά (διεύθυνση A-Δ) είτε αρκετά επάνω (διεύθυνση B-N) από το φάσμα του κανονισμού. Στην περιοχή αυτή βρίσκονται και οι περισσότερες σημαντικές ιδιομορφές του δομήματος. Παρακάτω παρουσιάζονται η τελική μορφή αστοχίας σε όρους πλαστικών παραμορφώσεων, και η μεταβολή των αντιδράσεων στην βάση του φορέα στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις με τον χρόνο.

Στα παρακάτω δύο σχήματα απεικονίζεται η μεταβολή της τέμνουσας βάσης του φορέα με τον χρόνο για την διεύθυνση A-Δ που αντιστοιχεί στην διαμήκη διεύθυνση του γεφυριού και την διεύθυνση B-N που αντιστοιχεί στην εκτός επιπέδου διεύθυνση του γεφυριού.



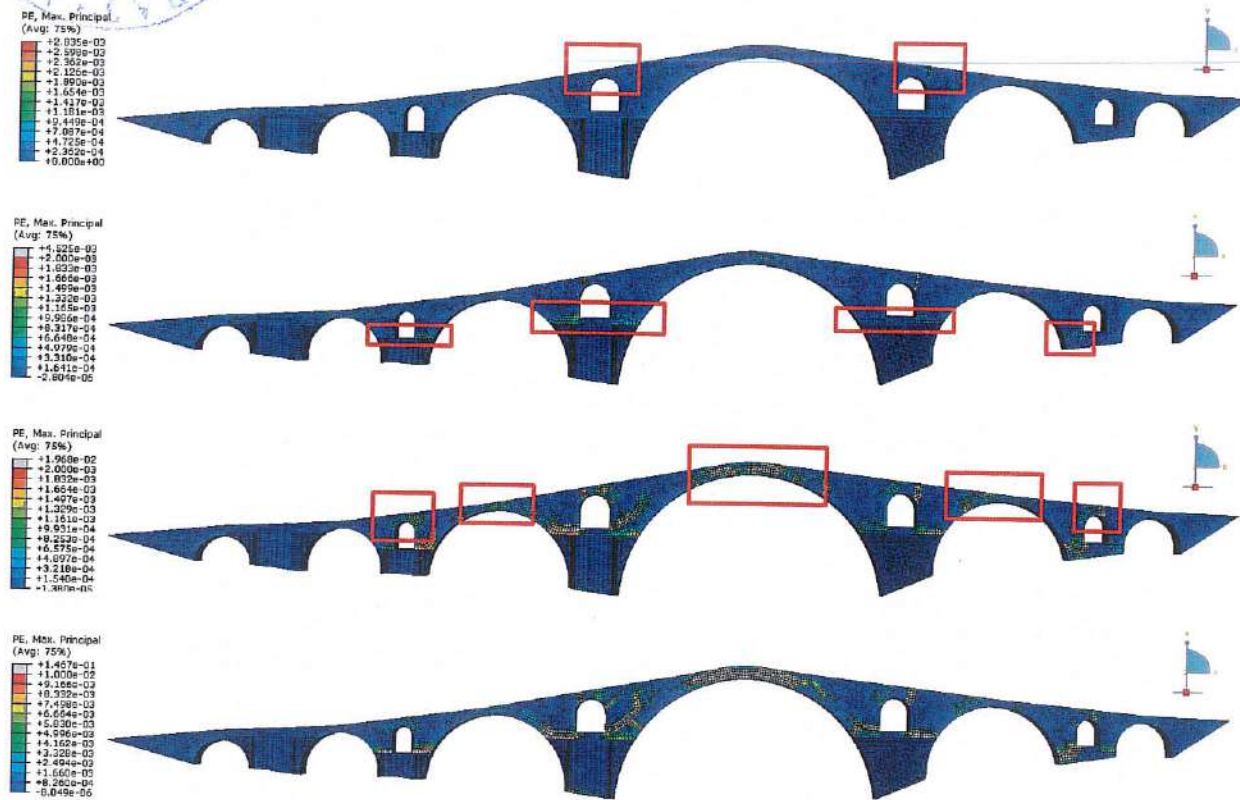
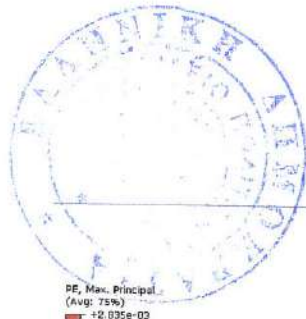
Σχήμα 7.23. Μεταβολή της οριζόντιας αντίδρασης στην βάση του φορέα κατά τον διαμήκη άξονα με τον χρόνο



Σχήμα 7.24. Μεταβολή της οριζόντιας αντίδρασης στην βάση του φορέα κατά τον εγκάρσιο άξονα με τον χρόνο

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει πως στις 2 διευθύνσεις το μέγιστο φορτίο που ασκείται είναι περίπου 5200KN και 5700KN, ενώ οι αντίστοιχες απαιτήσεις από το φάσμα του κανονισμού σε όρους δυνάμεων είναι 5800KN και 6500KN. Για την καταπόνηση αυτή η απόκριση είναι μη γραμμική, και πλαστικές παραμορφώσεις εμφανίζονται σε διάφορες θέσεις, όπως αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα. Η ιεράρχηση αυτών των βλαβών καθορίζεται ως εξής:

1. Την χρονική στιγμή $t=4.50s$ πλαστικές παραμορφώσεις της τάξεως του 0.002 αναπτύσσονται επάνω από τα ανακουφιστικά ανοίγματα των βάθρων Π3 και Π4.
2. Την χρονική στιγμή $t=6.25s$ πλαστικές παραμορφώσεις της τάξεως του 0.0015 αναπτύσσονται εκατέρωθεν των ανακουφιστικών ανοιγμάτων των βάθρων Π2, Π3, Π4 και Π5
3. Την χρονική στιγμή $t=7.00s$ οι προαναφερθείσες πλαστικές παραμορφώσεις διευρύνονται, ενώ εμφανίζονται νέες πλαστικές παραμορφώσεις της τάξεως του 0.002 στα ανακουφιστικά ανοίγματα των Π2 και Π5 και στο 3^ο, στο 5^ο και στο κεντρικό τόξο.
4. Μέχρι το τέλος της ανάλυσης οι παραπάνω πλαστικές ζώνες επεκτείνονται και διευρύνονται.



Σχήμα 7.25. Εμφάνιση και εξέλιξη πλαστικών παραμορφώσεων άοπλου μοντέλου γέφυρας υπό τον σεισμό της Κοζάνης. Από πάνω προς τα κάτω, οι πλαστικές παραμορφώσεις την χρονική στιγμή $t=4.50s$, $t=6.25s$, $t=7.00s$ και στο τέλος της ανάλυσης

Β.7.8 Σύνοψη Μη Γραμμικών Αναλύσεων αρχικού φορέα

Στα πλαίσια της παρούσας διερεύνησης αναπτύχθηκαν αριθμητικά μοντέλα του δομήματος της γέφυρας υιοθετώντας μη γραμμικούς νόμους υλικών με βάση τις ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις και τις πειραματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών. Τα μοντέλα αυτά υποβλήθηκαν σε Ανελαστικές Στατικές Αναλύσεις (pushover) και Μη Γραμμικές Δυναμικές Αναλύσεις Χρονοϊστορίας, με σκοπό την ποσοτικοποίηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής και τον προσδιορισμό της μορφής αστοχίας της. Οι αναλύσεις αυτές επιβεβαίωσαν τις κρίσιμες θέσεις όπου δύναται να εμφανισθούν αστοχίες υπό σεισμικά φορτία, όπως αυτές είχαν τονισθεί από τις ελαστικές αναλύσεις των προηγούμενων κεφαλαίων. Από τις μη γραμμικές στατικές αναλύσεις εκτιμάται η φέρουσα ικανότητα της γέφυρας, τόσο κατά την εντός επιπέδου διεύθυνση, όσο και κατά την εκτός επιπέδου διεύθυνση σε όρους δυνάμεων τέμνουσας βάσης. Ακολούθως, προτείνονται κατάλληλα ενισχυτικά μέτρα σε επιλεγμένες θέσεις της κατασκευής για την ενίσχυση των κρίσιμότερων και πιο ευάλωτων διατομών. Οι διατομές αυτές περιλαμβάνουν τα στοιχεία πάνω από τα ανακουφιστικά ανοίγματα των κεντρικών μεσόβαθρων. Οι επεμβάσεις που προτείνονται είναι οι ελάχιστες δυνατές, ενώ παράλληλα η συνολική απόκριση της γέφυρας με τις ενισχύσεις ελέγχεται μέσω των μη γραμμικών αναλύσεων, ώστε να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά και ο βαθμός επάρκειας της πρότασης



Β.8 ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Β.8.1. Περιγραφή

Η πρόταση της ενίσχυσης αφορά πρώτον την επιλογή των διατομών, οι οποίες ενισχύονται και δεύτερον την επιλογή των ενισχυτικών μέτρων. Στην περίπτωση όπου η επιλογή των υπό ενίσχυση διατομών γίνονταν αυστηρά με βάση τα αποτελέσματα των ελέγχων επάρκειας της ελαστικής ανάλυσης γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι θα οδηγούμασταν σε εκτεταμένες επεμβάσεις ενίσχυσης στα περισσότερα δομικά στοιχεία της γέφυρας. Μία τέτοια πρόταση θα δημιουργούσε σημαντικές αλλοιώσεις στο αρχικό δομικό σύστημα της γέφυρας και παράλληλα η αποτελεσματικότητά της τίθεται εν αμφιβολώ. Επομένως, η λογική της πρότασης περιορίζεται στην ενίσχυση των κρίσιμότερων και των πέραν πάσης αμφιβολίας πιο ευάλωτων διατομών, όπως αυτές προκύψαν από την ελαστική ανάλυση. Οι διατομές αυτές είναι βέβαια τα στοιχεία πάνω από τα ανακουφιστικά ανοίγματα των κεντρικών μεσόβαθρων, στα οποία εντοπίζονται ανεπάρκειες ακόμα και στις συνήθεις δράσεις. Με τον τρόπο αυτό προτείνονται οι ελάχιστες δυνατές επεμβάσεις, ενώ παράλληλα υπάρχει πρόβλεψη η συνολική απόκριση της γέφυρας με τις ενισχύσεις να ελεγχθεί μέσω ανελαστικών αναλύσεων, ώστε να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά και ο βαθμός επάρκειας της πρότασης.

Στο πλαίσιο αυτό ως μέθοδος ενίσχυσης των κρίσιμων διατομών επιλέγεται η τοπική προσθήκη οπλισμών από ανοξείδωτο χάλυβα τοποθετούμενοι κατά το πλάτος της γέφυρας ανά συγκεκριμένες αποστάσεις. Με τον τρόπο αυτό οι διατομές μετατρέπονται σε οιωνοί οπλισμένες με ανάλογη δομική συμπεριφορά. Η λύση αυτή προτείνεται ως η προσφορότερη εφόσον είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί τοπικά σε συγκεκριμένες περιοχές, οι οποίες μάλιστα δεν περιλαμβάνονται στα υφιστάμενα μέρη. Επιλέγονται εύκαμπτοι ράβδοι από ανοξείδωτο χάλυβα με διάμετρο $\Phi 12$ με σπείρωμα. Με την επιλογή οπλισμών που έχουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά επιτυγχάνεται ιδιαίτερα υψηλή συνάφεια με την τοιχοποιία και τα μήκη αγκύρωσης των ράβδων είναι της τάξης των 30 – 50 εκ. Ως όριο διαρροής του χάλυβα οπλισμού λαμβάνεται $f_y = 690$ MPa και στην συνέχεια χρησιμοποιείται αντίστοιχος συντελεστής ασφαλείας. Η διαστασιολόγηση των μέτρων ενίσχυσης γίνεται με βάση τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 6 για οπλισμένη τοιχοποιία και παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο. Στα σχέδια που ακολουθούν απεικονίζεται η τελική διάταξη των οπλισμών, όπως προέκυψε από την διαστασιολόγηση για τις κρίσιμες διατομές πάνω από τα ανακουφιστικά ανοίγματα των μεσοβάθρων 3 και 4.

Επιπροσθέτως, ιδιαίτερα κρίσιμη για την καθολική συμπεριφορά του δομήματος, είναι η απόκριση των δομικών στοιχείων στην διεπιφάνεια – ζώνη σύνδεσης των υφιστάμενων τμημάτων με τα νέα τμήματα που θα ανακατασκευαστούν. Στις περιοχές αυτές θα πρέπει να εξασφαλίζεται η επαρκής σύνδεση παλαιάς και νέας λιθοδομής, ώστε να αποκατασταθεί η μονολιθικότητα των δομικών στοιχείων. Για το λόγο αυτό, προτείνεται να τοποθετηθούν ανοξείδωτοι οπλισμοί χάλυβα, εκατέρωθεν των ανακουφιστικών ανοιγμάτων των μεσόβαθρων 3 και 4, οι οποίες μέσω των δράσεων βλήτρου και αγκυρίου θα εξασφαλίζουν την δομική συνέχεια της λιθοδομής. Η τοποθέτηση αυτών παρουσιάζεται στα παρακάτω σχέδια. Η διαστασιολόγησή τους δίνεται στην επόμενη παράγραφο και πραγματοποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις του Κ.Α.Δ.Ε.Τ. και του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Η πρόταση για ενίσχυση με τον ίδιο τρόπο των κρίσιμων διατομών της γέφυρας που παρουσιάζουν ανεπάρκειες είναι μια πάγια τακτική στο πλαίσιο κυρίως του ανασχεδιασμού δομημάτων χρησιμοποιώντας ελαστικές αναλύσεις. Ωστόσο, στην συγκεκριμένη περίπτωση ο τρόπος απόκρισης της γέφυρας λόγω των εκτεταμένων ανεπαρκειών δεν είναι εντελώς ξεκάθαρος και η συνολική ιεραρχία των

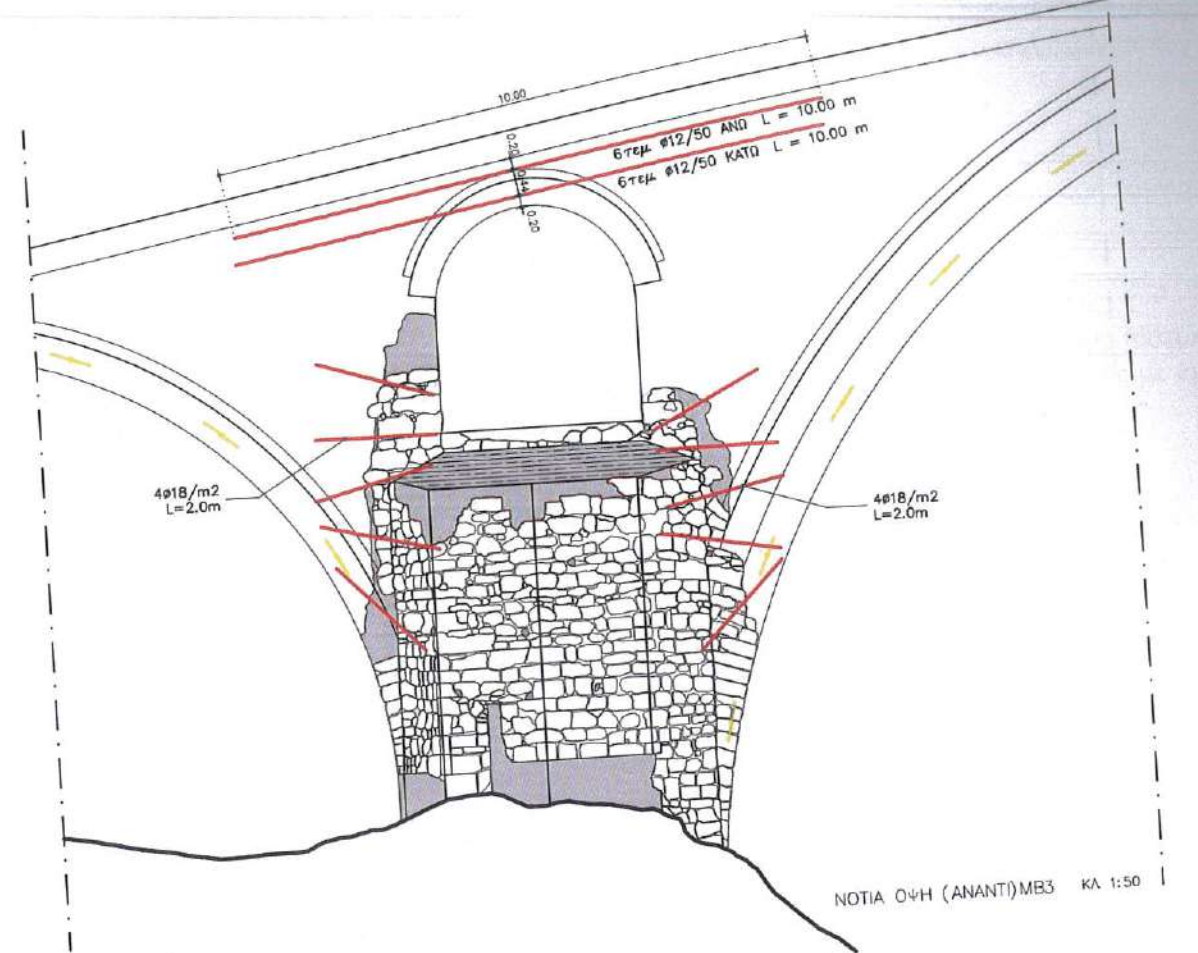


Β8. ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

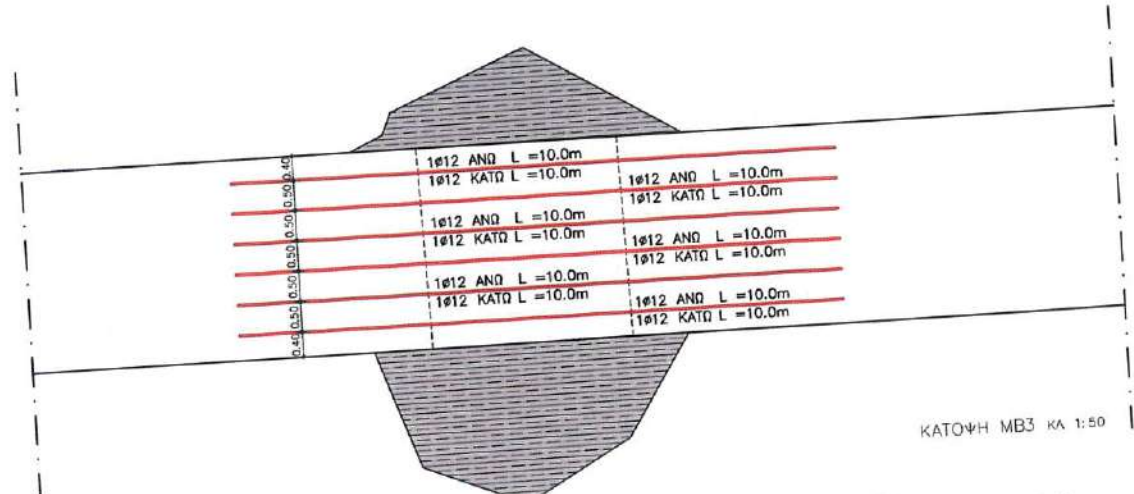
βλαβών στην περίπτωση σεισμικής διέγερσης δεν είναι γνωστή. Επομένως, υπάρχει η πιθανότητα να ενισχυθούν διατομές ιδιαίτερα σε δευτερεύοντα τόξα χωρίς επί της ουσίας να αυξηθεί η συνολική φέρουσα ικανότητα της γέφυρας. Αυτό μπορεί να συμβεί διότι με την προσθήκη των σπλισμών σε συγκεκριμένο μήκος πάνω από τα ανακουφιστικά ανοίγματα οι βλάβες μπορεί να οδηγηθούν σε εγγύς των σημείων αυτών περιοχές και όχι σε άλλα κρίσιμα στοιχεία της γέφυρας που μπορεί να είναι μη ενισχυμένα. Έτσι, η πρόταση της ενίσχυσης ελέγχεται και οριστικοποιείται με βάση τα αποτελέσματα των μη γραμμικών αναλύσεων που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.



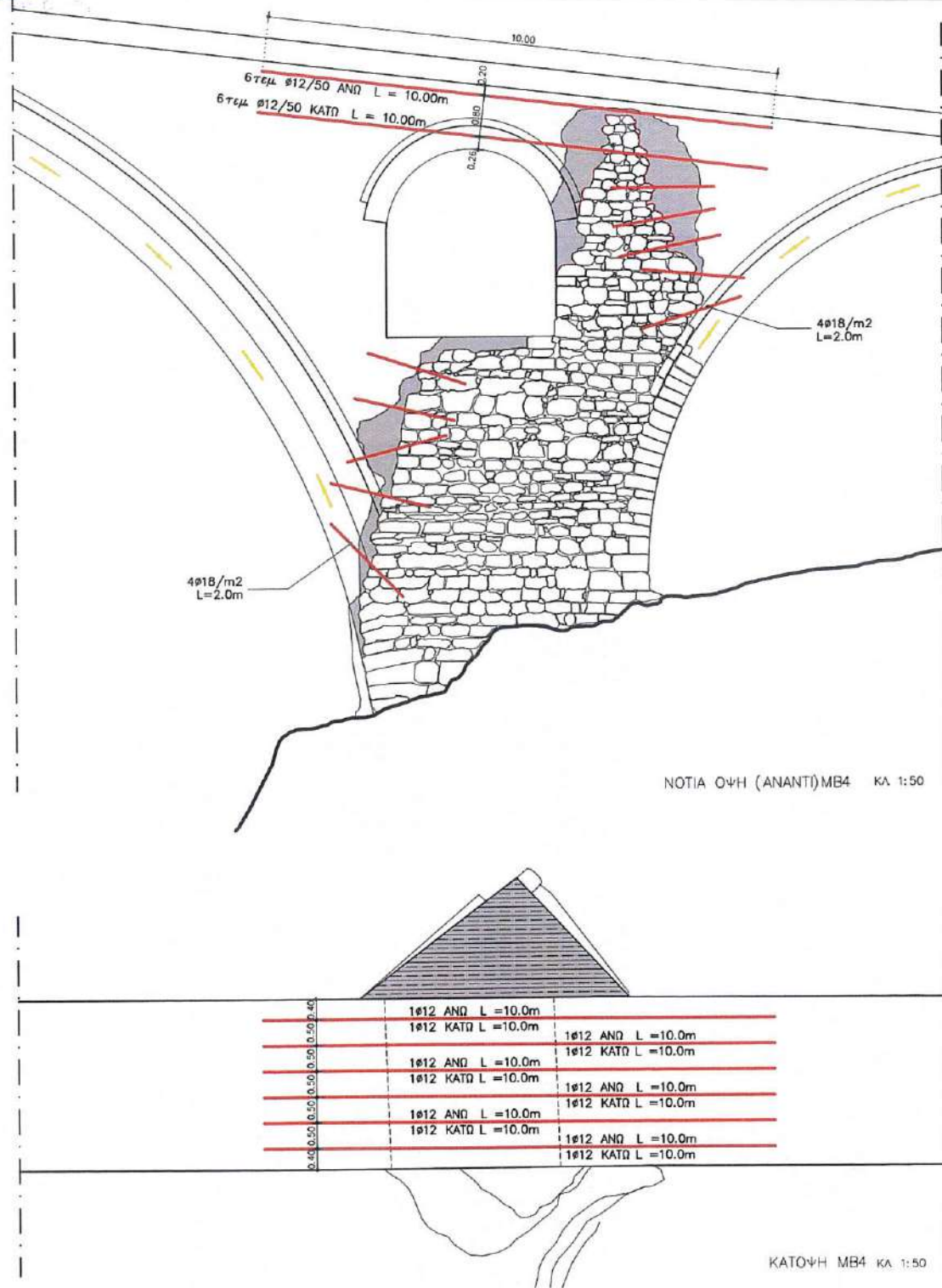
Β8. ΠΡΟΤΑΣΗ



ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ (ΑΝΑΝΤΙ) ΜΒ3 ΚΑ 1:50



ΚΑΤΟΨΗ ΜΒ3 ΚΑ 1:50



Β.8.2 Διατάξεις Ευρωκώδικα 6 για Οπλισμένη Τοιχοποιία

Για τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας των ενισχυμένων στοιχείων τοιχοποιίας με χαλύβδινους οπλισμούς χρησιμοποιούνται οι διατάξεις του Ευρωκώδικα 6 για τον σχεδιασμό οπλισμένης τοιχοποιίας σε κάμψη. Με βάση τις παρακάτω σχέσεις γίνεται η διαστασιολόγηση των ενισχύσεων αυτών χρησιμοποιώντας τους συντελεστές ασφαλείας που προβλέπει ο Ευρωκώδικας 6.

Οπλισμένη Τοιχοποιία υποβαλλόμενη σε Κάμψη με Αξονική Δύναμη

Για την περίπτωση απλά οπλισμένης ορθογωνικής διατομής η οποία υποβάλλεται σε καθαρή κάμψη, η αντίσταση σχεδιασμού έναντι καμπτικής ροπής M_{Rd} λαμβάνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$M_{Rd} = A_s f_{yd} z$$

όπου, z ο μοχλοβραχίονας που υπολογίζεται θεωρώντας απλοποιητικά ορθογωνικό διάγραμμα τάσεων και με την παραδοχή ότι η μέγιστη θλίψη και ο εφελκυσμός επιτυγχάνονται συγχρόνως, σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$z = d \left(1 - 0.5 \frac{A_s f_{yd}}{b d f_d} \right) \leq 0.95d$$

Όπου,

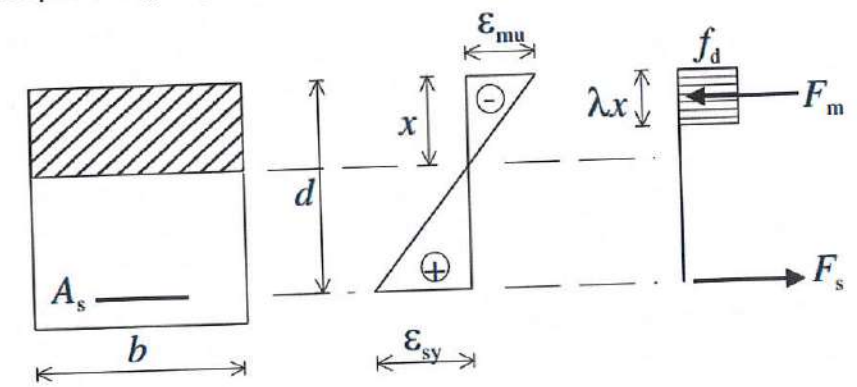
b το πλάτος της διατομής,

d το στατικό ύψος της διατομής,

A_s η διατομή του εφελκυσμένου οπλισμού,

f_d η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας κατά τη διεύθυνση φόρτισης, όπως αυτή προσδιορίζεται για τις ανάγκες της αποτίμησης

f_{yd} η αντοχή σχεδιασμού του χάλυβα οπλισμού.



Σχήμα 8.2: Κατανομή τάσεων και παραμορφώσεων σε οπλισμένη διατομή υπό κάμψη με την απλοποιητική παραδοχή ορθογωνικού διαγράμματος θλιπτικών τάσεων. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται κατά σειρά η οπλισμένη διατομή, το διάγραμμα ανηγμένων παραμορφώσεων και το διάγραμμα εσωτερικών δυνάμεων (Ευρωκώδικας 6).

**B.8.3 Διαστασιολόγηση Χαλύβδινων Οπλισμών στην Κρίσιμη Διατομή 3**

Η διαστασιολόγηση των οπλισμών γίνεται για μόνο για την κάμψη, καθώς οι διατομές δεν ενισχύονται σε διάτμηση με οπλισμούς στην άλλη διεύθυνση. Ωστόσο, ελέγχεται πλέον η ικανότητα της οπλισμένης διατομής σε διάτμηση λαμβάνοντας υπόψη πλέον όλο το μήκος του στοιχείου και όχι μόνο το θλιβόμενο, λόγω της ύπαρξης οπλισμών.

Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται για την διαστασιολόγηση είναι μειωμένα με την επιλογή σεισμική διέγερσης με πιθανότητα υπέρβασης 30% στα 50 έτη και περίοδο επαναφοράς 135 έτη. Οι δράσεις επομένως που χρησιμοποιούνται είναι μειωμένες κατά 40% και αντιστοιχούν σε Στάθμη Επιπελεστικότητα A2.

Κατά την έννοια του πλάτουςΥπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη $M_{Ed} = 703,05 \text{ kNm}$

Οπλισμός	$A_s =$	452	mm ²
$n =$	4	$f_{yd} =$	600,00 MPa
$\Phi 12$	$z =$	2745,64	$z = d \left(1 - 0,5 \frac{A_s f_{yd}}{b d f_d} \right) \leq 0,95 d$
	$M_{Rd} =$	744,62	kNm $M_{Rd} = A_s f_{yd} z$
	$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$	0,94	< 1,0 Επάρκεια

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση $V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:	$N_{Ed} =$	-474	kN	$V_{Ed} =$	57,47	kN
Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους $L' = L$	$L' =$	3,3	m			

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση	$f_{vd} =$	0,195	MPa	$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0,065 \cdot f_b$	
	$V_{vd,s} =$	447,23	kN	$\sigma_d =$	0

Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση $V_{sd} = 0$

$f_{vd,t} =$	0,140	MPa	$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{wd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{wd} \cdot (f_{wd} + V_d \cdot f_d)}$
$V_{vd,t} =$	321,09	kN	
$V_{vd,t} =$	321,09	kN	
$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$	0,18	> 1,0	Επάρκεια

**Κατά την έννοια του πάχους**Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Κάμψη $M_{Ed} = 112,70 \text{ kNm}$

Οπλισμός	$A_s =$	678	mm ²
$n =$	6	$f_{yd} =$	600 MPa
$\Phi 12$	$z =$	493,82	$z = d \left(1 - 0,5 \frac{A_s f_{yd}}{b d f_d} \right) \leq 0,95 d$
	$M_{Rd} =$	200,89	kNm $M_{Rd} = A_s f_{yd} z$
	$\lambda = M_{Ed}/M_{Rd} =$	0,56	> 1,0 Επάρκεια

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση $V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$

Εντατικά Μεγέθη Σχεδιασμού:	$N_{Ed} =$	-404,19	kN	$V_{Ed} =$	38,863	kN
Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους $L' = L$	$L' =$	0,695	m			

Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση	$f_{vd} =$	0,195	MPa	$f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0,065 \cdot f_b$	
	$V_{vd,s} =$	447,23	kN	$\sigma_d =$	0
	$\lambda = V_{Ed}/V_{vd,s} =$	0,09	> 1,0	Επάρκεια	

**B.8.4 Διατάξεις για διαστασιολόγηση βλήτρων / αγκυρίων**

Ο ΚΑΔΕΤ στην παράγραφο 8.5 τονίζει την σημασία των διεπιφανειών και ορίζει πως η διαστασιολόγηση αυτών θα πρέπει να υλοποιείται ούτως ώστε να ικανοποιείται η παρακάτω εξίσωση και η αστοχία του τελικού στοιχείου πρέπει να προηγείται της αστοχίας της διεπιφάνειας.

$$\gamma_{Ed} * E_{Ed} < R_{Ed} / \gamma_{Rd}$$

όπου, E_{Ed} = Δύναμη που δρα στη διεπιφάνεια, όπως υπολογίζεται από την ένταση σχεδιασμού

R_{Ed} = Αντίστοιχη δύναμη αντίστασης, αναλόγως της μέγιστης ανεκτής

γ_{Ed} = Συντελεστής ασφαλείας για διεπιφάνειες και συνδέσεις 1.25

Καθώς, ο ΚΑΔΕΤ δεν προτείνει συγκεκριμένες αναλυτικές μεθόδους σχεδιασμού βλήτρων – αγκυρίων, επιλέγεται η διαστασιολόγηση αυτών να γίνει βάσει των διατάξεων του ΚΑΝΕΠΕ (Κανονισμός Επεμβάσεων) και ειδικότερα των παραγράφων 6.1.2.2 και 6.1.2.3. Η διαστασιολόγηση των τοποθετούμενων οπλισμών γίνεται επί των εξής παραδοχών:

- τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού που χρησιμοποιούνται για την διαστασιολόγηση είναι μειωμένα με την επιλογή σεισμική διέγερσης με πιθανότητα υπέρβασης 30% στα 50 έτη και περίοδο επαναφοράς 135 έτη. Οι δράσεις επομένως που χρησιμοποιούνται είναι μειωμένες κατά 40% και αντιστοιχούν σε Στάθμη Επιτελεστικότητας A2
- οι οπλισμοί τοποθετούνται κάθετα στην διεπιφάνεια, και λειτουργούν ως βλήτρα για δυνάμεις παράλληλα σε αυτήν και ως αγκύρια για δυνάμεις κάθετα σε αυτήν, και διαθέτουν όριο διαρροής σχεδιασμού τουλάχιστον f_{yd} 600MPa.
- η διεπιφάνεια μπορεί να παραλάβει τάση είτε κάθετα είτε παράλληλα στο επίπεδο της ίση με 0.1MPa, θεωρώντας ως ενεργή επιφάνεια όλη την διεπιφάνεια και αγνοώντας την θετική επιρροή τυχόν ορθών θλιπτικών τάσεων,
- η αντοχή εξόγκωσης του αγκυρίου από το υπόβαθρο λιθοδομής εκτιμάται ίση με 2.0MPa. Ο Ευρωκώδικας 6 προτείνει για νευροχάλυβα σε λιθοδομή με κονίαμα κατηγορίας M5 αντοχή εξόγκωσης ίση με 1.0MPa. Ωστόσο, η χρήση ελικοειδούς μορφής οπλισμών αυξάνει δραστικά την αντοχή αυτή. Η εξασφάλιση της παραπάνω αντοχής, θα πρέπει να προσδιοριστεί πειραματικά. Το μήκος αγκύρωσης l_b υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση του Ευρωκώδικα 6, σύμφωνα με τα όρια αντοχών που έχουν τεθεί παραπάνω.

$$l_b = \frac{\Phi f_{yd}}{4 f_{bod}}$$

Σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΝΕΠΕ (παρ. 6.1.2.2) η φέρουσα ικανότητα μιας μεταλλικής ράβδου υπό διάτμηση (δράση βλήτρου) σε ανακυκλιζόμενη δράση υπολογίζεται ως εξής:

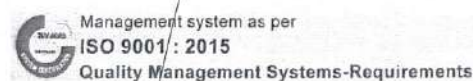
$$F_{ud} = \frac{0.65 d_b^2}{\gamma_{Rd}} \sqrt{f_{cd} f_{yd}} < \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

όπου, d_b η διάμετρο του βλήτρου

f_{cd} = η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per
ISO 9001:2015
Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



f_{yd} = η τάση διαρροής σχεδιασμού του βλήτρου

γ_{Ed} = συντελεστής ασφαλείας λαμβάνεται ίσο με 1,3

A_s = εμβαδόν διατομής βλήτρου

Σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΝΕΠΕ (παρ. 6.1.2.2) η φέρουσα ικανότητα μιας μεταλλικής ράβδου υπό διάτμηση (δράση βλήτρου) σε ανακυκλιζόμενη δράση υπολογίζεται ως εξής:

1. Διαρροή αγκυρίου

$$N_{yd} = A_s f_{yd}$$

όπου, f_{yd} = η τάση διαρροής σχεδιασμού του βλήτρου

A_s = εμβαδόν διατομής αγκυρίου

2. Αστοχία συνάφειας αγκυρίου

$$N_{bd} = f_{bk} \lambda_e \pi d_b / \gamma_b$$

όπου, f_{bk} = η τάση συνάφειας του αγκυρίου

λ_e = το μήκος αγκύρωσης του αγκυρίου

γ_b = συντελεστής ασφαλείας συνάφειας

3. Αστοχία υποβάθρου

$$N_{cd} = 4.5 \pi \lambda_e \sqrt{\frac{f_{ck}}{\gamma_c}} \varnothing$$

όπου, f_{ck} = η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

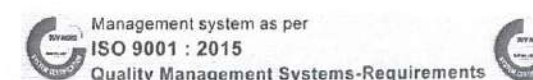
λ_e = το μήκος αγκύρωσης του αγκυρίου

γ_c = συντελεστής ασφαλείας τοιχοποιίας

\varnothing = διάμετρος σπής αγκυρίου



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Management system as per
ISO 9001:2015
Quality Management Systems-Requirements



ΔΙΑΤΑΞΗ
ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ



Β.8.5 Διαστασιολόγηση βλήτρων / αγκυριών στην διεπιφάνεια υφιστάμενου - νέου τμήματος

Γεωμετρικά Στοιχεία Διατομής			Μηχανικά Χαρακτηριστικά		
t =	3.3	m	$f_{wd} =$	2.9	MPa
L =	3.35	m	$f_{vtd} =$	0.1	MPa
			$f_{vtd} =$	0.1	MPa

Ενταπικά Μεγέθη Σχεδιασμού		Δυσμενέστερος Συνδυασμός	
$N_{Ed} =$	3077.71 kN	$G+Ex+0.3Ey+0.3Ez$	
$V_{Ed} =$	2432.49 kN		
$M_{Ed} =$	1172.8392 kNm		

Διαστασιολόγηση για Δράση Βλήτρου

Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας σε Διάτμηση		$V_v = f_{vd} \cdot L' \cdot t$	
$V_{sd} =$	0.0960		

Προσδιορισμός Θλιβόμενου Μήκους L'					
$\sigma_N =$	0.28	MPa	$L' =$	3.35	m
$\sigma_M =$	0.19	MPa	$L_t =$	-0.74	m
			$L_c =$	4.09	m

1. Αντοχή σε Διατμητική Ολίσθηση $f_{vd} = f_{v0} + \mu \cdot \sigma_0 \leq 0.065 \cdot f_b$

$f_{vd,s} =$	0.211	MPa	$V_{vd,s} =$	2336.58	kN	$\sigma_d =$	0.2784
--------------	-------	-----	--------------	---------	----	--------------	--------

2. Αντοχή σε Διαγώνια Ρηγμάτωση

$f_{vd,t} =$	0.195	MPa	$f_{vd,t} = \left[\left(-f_{vtd} - \frac{V_d f_d}{2} \right)^2 - \left(\frac{V_d f_d}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = \sqrt{f_{vtd} \cdot (f_{vtd} + V_d \cdot f_d)}$
$V_{vd,t} =$	2150.47	kN	
$V_{vd,t} =$	2150.47	kN	

Η δύναμη που μπορεί να παραλάβει η διατομή είναι: $V_{Rd} = 2150.47$ kN
 Η δύναμη που καλούνται να παραλάβουν οι σπλισμοί με δράση βλήτρου είναι:
 $F_{βλ.Ed} = V_{Ed} - V_{Rd} = 282.02$ kN

Για βλήτρο διατομής 20 mm

$F_{ud,1} =$	8.34	kN	$F_{ud} = \frac{0.65 d_b^2}{\gamma_{Rd}} \sqrt{f_{cd} f_{yd}} < \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}}$
n =	34		



Διαστασιολόγηση για Δράση Αγκυρίου

Μέρος της δύναμης μπορεί να παραληφθεί με βάση την εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας.

$N_{Rd} = 1105.50$ kN
 Η δύναμη που καλούνται να παραλάβουν οι σπλισμοί με δράση αγκυρίου είναι:
 $F_{αγκ.} = V_{Ed} - N_{Rd} = 1326.99$ kN

Για αγκύριο διατομής 20 mm

$N_{yd,1} =$	188.50	kN	$N_{yd} = A_s f_{yd}$
n =	7		

Για μήκος αγκύρωσης $\lambda_e = 2000$ mm
 Για αντοχής συνάφειας $f_{bk} = 2$ MPa

$N_{bd,1} =$	193.33	kN	$N_{bd} = f_{bk} \lambda_e \pi d_b / \gamma_b$
n =	7		

Για διάμετρο οπής $\emptyset = 25$ mm

$N_{cd,1} =$	240.75	kN	$N_{cd} = 4.5 \pi \lambda_e \sqrt{\frac{f_{ck}}{\gamma_c}} \emptyset$
n =	6		

Επομένως στην κρίσιμη διεπιφάνεια μεταξύ υφιστάμενου και νέου ανακατασκευασμένου τμήματος τοποθετούνται συνολικά **34 Φ20mm** συνολικού μήκους 2.0m. Ο ίδιος αριθμός σπλισμών τοποθετείται και στις υπόλοιπες διεπιφάνειες που δημιουργούνται μεταξύ των μεσόβαθρων 3 και 4, εκατέρωθεν των ανακουφιστικών ανοιγμάτων.





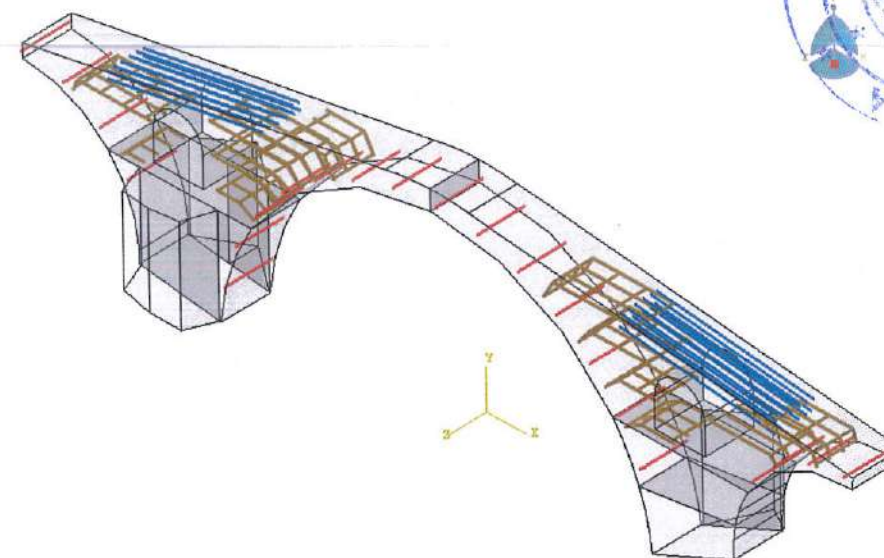
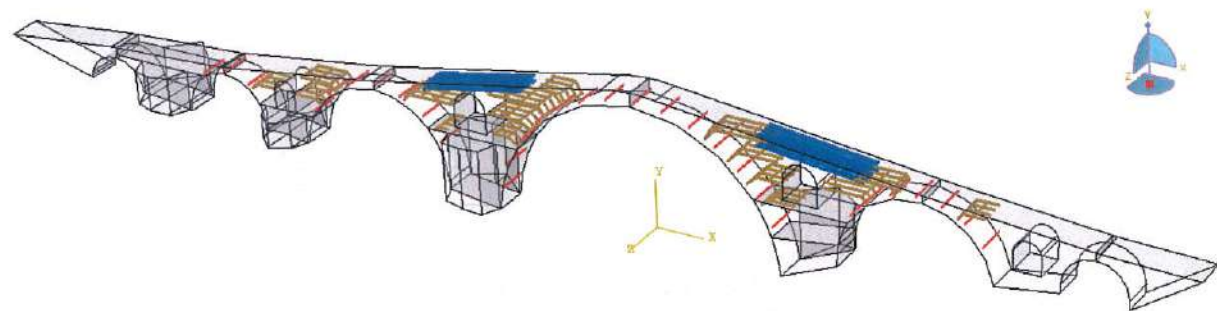
Β.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται μέσω μη γραμμικών αναλύσεων η επάρκεια του δομήματος με την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων ενίσχυσης. Στο μακρομοντέλο του αρχικού φορέα εισάγονται όλες οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Ειδικότερα εισάγονται οι ξυλοδεσιές και οι μεταλλικοί ελκυστήρες του κεντρικού τόξου, όπως προέκυψε από την αρχιτεκτονική τεκμηρίωση και οι χαλύβδινες ράβδοι οπλισμού άνωθεν των ανακουφιστικών τόξων, όπως προέκυψαν από τον έλεγχο επάρκειας του κεφαλαίου Β.8. Τα στοιχεία αυτά προσομοιώνονται ως γραμμικά στοιχεία με ελαστο-πλαστικό νόμο υλικού, των οποίων οι ιδιότητες δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Στις περιοχές όπου συνδέεται η υφιστάμενη δομή με τα τμήματα που θα ανακατασκευαστούν, θεωρείται πως η τοποθέτηση των βλήτρων, όπως αυτά διαστασιολογήθηκαν στην παράγραφο Β.8.4, εξασφαλίζει την μονολιθικότητα των δομικών στοιχείων και επομένως τα στοιχεία αυτά δεν προστίθενται στο αριθμητικό προσομοίωμα.

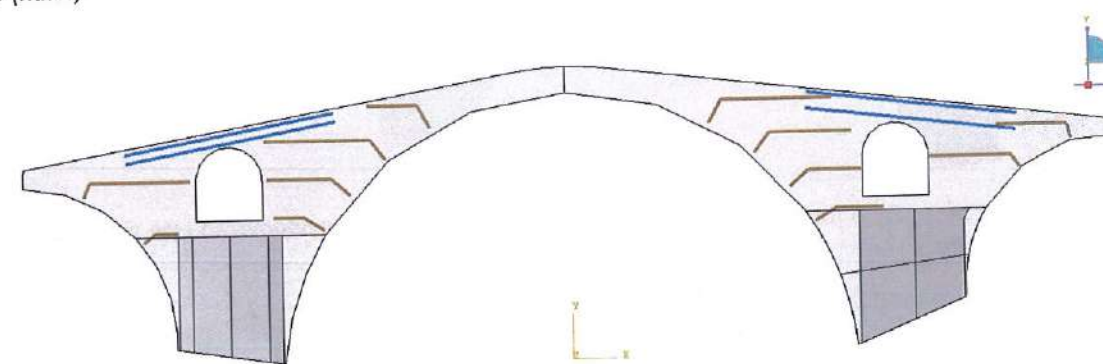
Πίνακας 9.1. Μηχανικές ιδιότητες γραμμικών στοιχείων

Στοιχείο	Μέτρο ελαστικότητας (MPa)	Όριο διαρροής (MPa)	Όριο θραύσης (MPa)
Ξυλοδεσιές	7000	20.0	22.0
Χαλύβδινοι ελκυστήρες	200000	200	350
Ράβδοι οπλισμού	200000	900	990

Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν τις θέσεις, όπου τοποθετούνται οι ξυλοδεσιές (καφέ χρώμα), οι ελκυστήρες (κόκκινο χρώμα) και οι οπλισμοί ενίσχυσης (μπλε χρώμα) εντός της γεωμετρίας του γεφυριού. Για την συνεργασία των στοιχείων αυτών και της τοιχοποιίας έγινε η παραδοχή της τέλει συνάφειας, δεν προσομοιώνεται επομένως πιθανή ολίσθηση των γραμμικών στοιχείων.



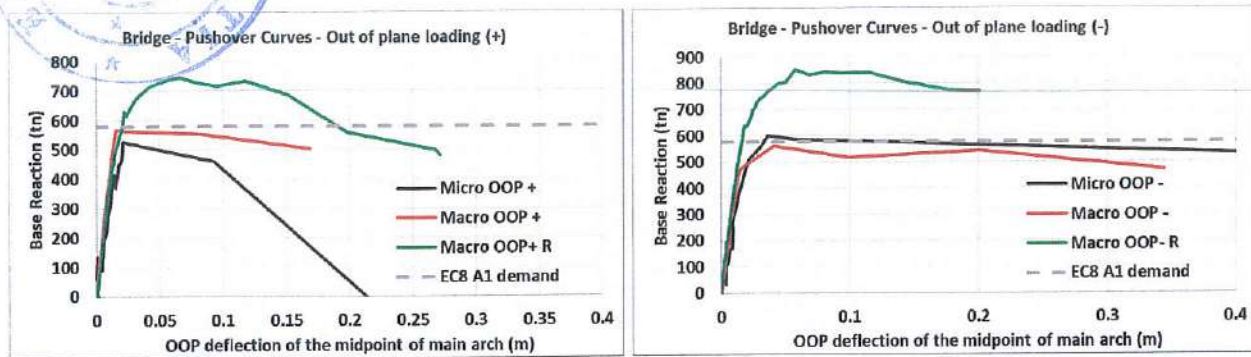
Σχήμα 9.1. Τρισδιάστατη απεικόνιση μοντέλου με κατασκευαστικές λεπτομέρειες (πάνω), λεπτομέρεια κεντρικού τόξου (κάτω)



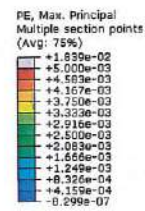
Σχήμα 9.2. Όψη κεντρικού τόξου με τις ξυλοδεσιές και τους οπλισμούς ενίσχυσης.

Β.9.1 Μη γραμμική στατική ανάλυση (Pushover) ενισχυμένου φορέα

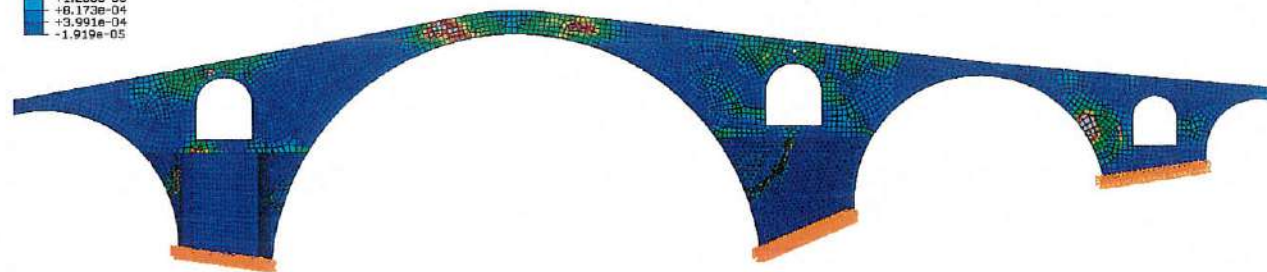
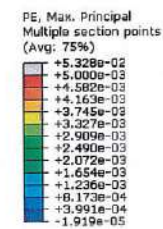
Στα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνεται η εκτός επιπέδου απόκριση του μοντέλου σε όρους τέμνουσας βάσης – μετακίνησης της κορυφής του κεντρικού τόξου. Επιπλέον, αποτυπώνονται και οι καμπύλες των προηγούμενων αναλύσεων και η απαιτούμενη τέμνουσα βάση, σύμφωνα με τα μοντέλα του SAP2000 για τον σεισμό σχεδιασμού του EC8. Στην συνέχεια δίνεται η μορφή αστοχίας, δηλαδή οι πλαστικές παραμορφώσεις που αναπτύσσονται για κάθε ανάλυση.



Σχήμα 9.3. Σύγκριση καμπυλών αντίστασης μικρομοντέλου (μαύρη γραμμή), μακρομοντέλου (κόκκινη γραμμή), ενισχυμένου μακρομοντέλου (πράσινη γραμμή) και της απαιτούμενης τέμνουσας βάσης (γκρι γραμμή), αριστερά για εκτός επιπέδου φόρτιση +Z και δεξιά για εκτός επιπέδου φόρτιση -Z.

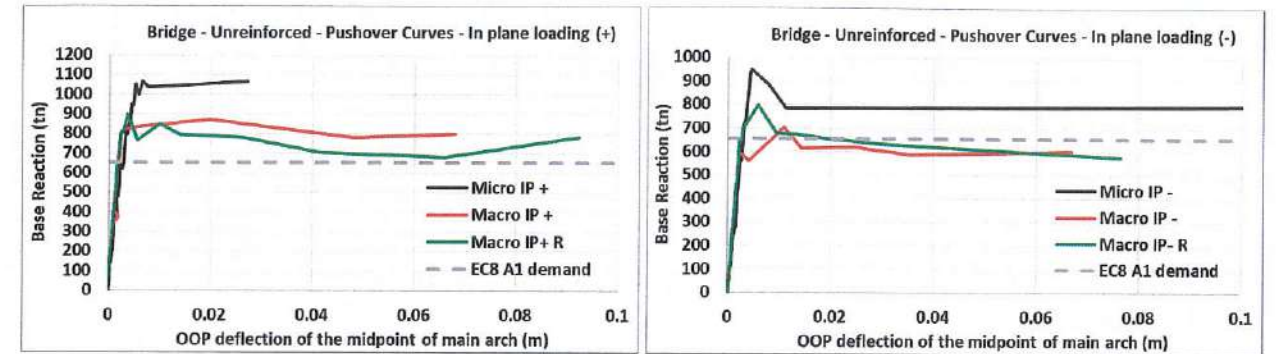


Σχήμα 9.4. Μορφή αστοχίας – πλαστικές παραμορφώσεις του ενισχυμένου μακρομοντέλου για την εκτός επιπέδου φόρτιση +Z, νότια όψη.

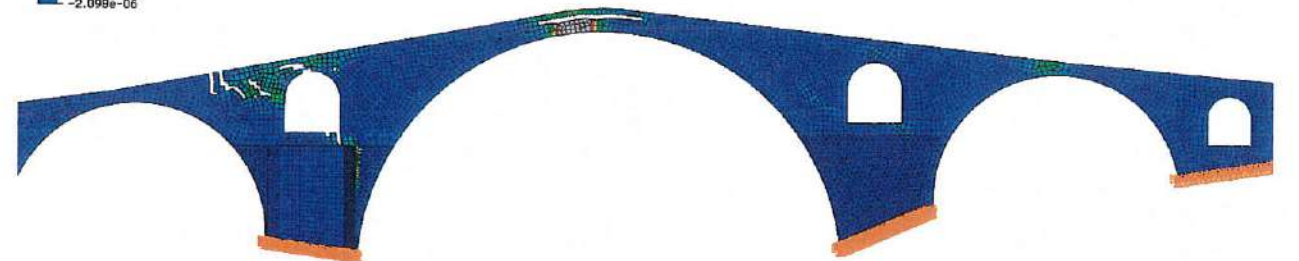
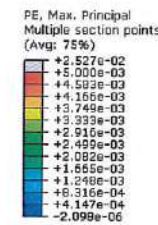


Σχήμα 9.5. Μορφή αστοχίας – πλαστικές παραμορφώσεις του ενισχυμένου μακρομοντέλου για την εκτός επιπέδου φόρτιση -Z, νότια όψη.

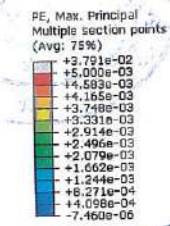
Στα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνεται η εντός επιπέδου απόκριση του μοντέλου σε όρους τέμνουσας βάσης – μετακίνησης της κορυφής του κεντρικού τόξου. Επιπλέον, αποτυπώνονται και οι καμπύλες των προηγούμενων αναλύσεων και η απαιτούμενη τέμνουσα βάση, σύμφωνα με τα μοντέλα του SAP2000 για τον σεισμό σχεδιασμού του EC8. Στην συνέχεια δίνεται η μορφή αστοχίας, δηλαδή οι πλαστικές παραμορφώσεις που αναπτύσσονται για κάθε ανάλυση.



Σχήμα 9.6. Σύγκριση καμπυλών αντίστασης μικρομοντέλου (μαύρη γραμμή), μακρομοντέλου (κόκκινη γραμμή), ενισχυμένου μακρομοντέλου (πράσινη γραμμή) και της απαιτούμενης τέμνουσας βάσης (γκρι γραμμή), αριστερά για εντός επιπέδου φόρτιση +X και δεξιά για εντός επιπέδου φόρτιση -X.



Σχήμα 9.7. Μορφή αστοχίας – πλαστικές παραμορφώσεις του ενισχυμένου μακρομοντέλου για την εντός επιπέδου φόρτιση +X, νότια όψη.



Σχήμα 9.8. Μορφή αστοχίας – πλαστικές παραμορφώσεις του ενισχυμένου μακρομοντέλου για την εντός επιπέδου φόρτιση -X, νότια όψη.

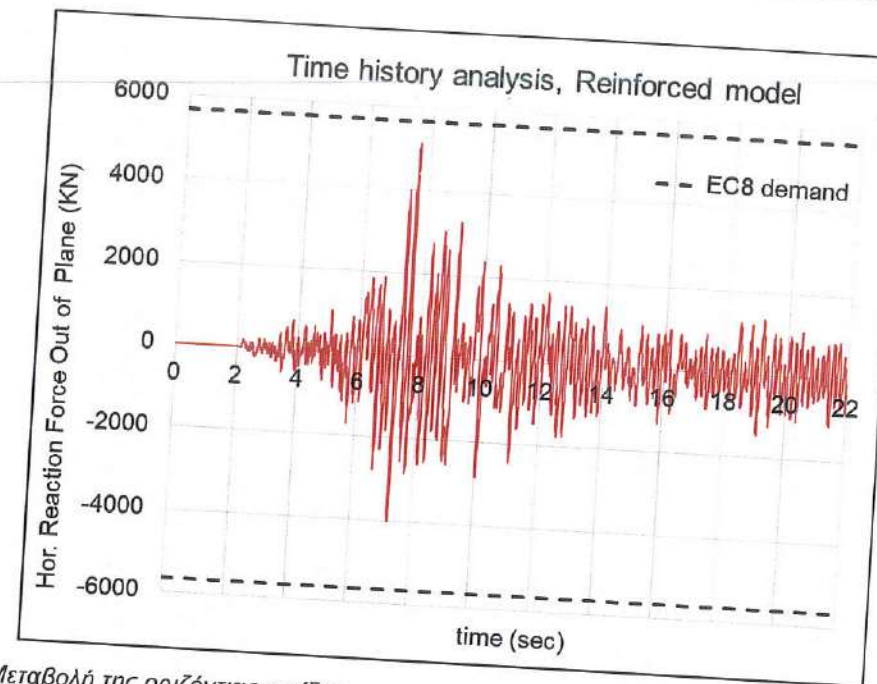
Από τα παραπάνω διαγράμματα καμπυλών αντίστασης προκύπτει πως σε όλες τις περιπτώσεις του ενισχυμένου φορέα, η απαίτηση σε όρους τέμνουσας βάσης, που τέθηκε από το φάσμα σχεδιασμού του EC8, καλύπτεται. Η συνεισφορά των κατασκευαστικών λεπτομερειών – ενισχύσεων είναι εντονότερη για την εκτός επιπέδου συμπεριφορά, ενώ στην εντός επιπέδου απόκριση επιφέρει μικρότερη αύξηση της φέρουσας ικανότητας.

B.9.2 Απόκριση ενισχυμένου μοντέλου υπό τον σεισμό της Κοζάνης

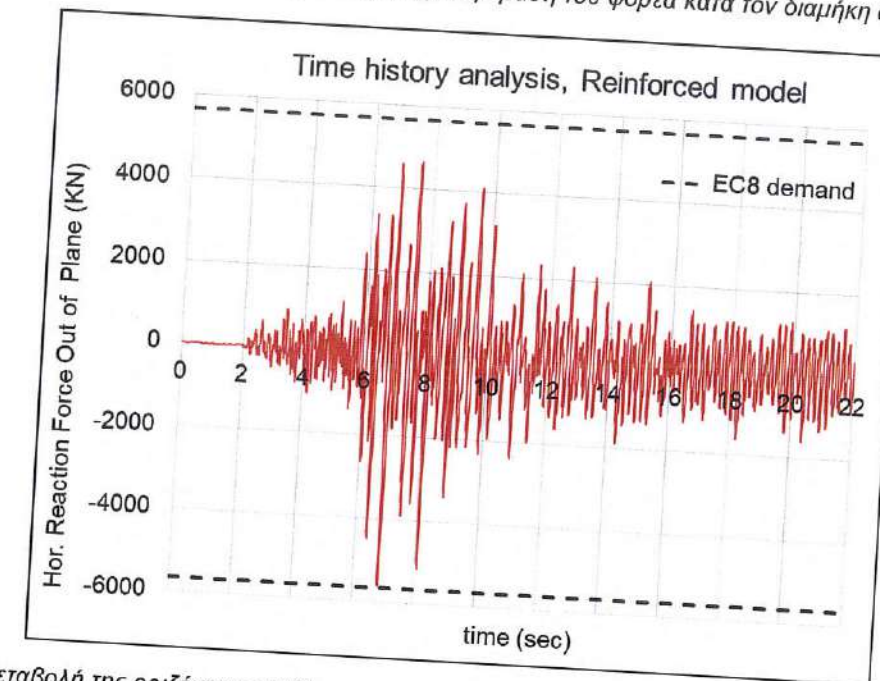
Στα παρακάτω δύο σχήματα απεικονίζεται η μεταβολή της τέμνουσας βάσης του φορέα με τον χρόνο για την διεύθυνση Α-Δ που αντιστοιχεί στην διαμήκη διεύθυνση του γεφυριού και την διεύθυνση Β-Ν που αντιστοιχεί στην εκτός επιπέδου διεύθυνση του γεφυριού.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει πως στις 2 διευθύνσεις το μέγιστο φορτίο που ασκείται είναι περίπου 5200KN και 5700KN, ενώ οι αντίστοιχες απαιτήσεις από το φάσμα του κανονισμού σε όρους δυνάμεων είναι 5800KN και 6500KN. Για την καταπόνηση αυτή η απόκριση είναι μη γραμμική, και πλαστικές παραμορφώσεις εμφανίζονται σε διάφορες θέσεις, όπως αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα. Η ιεράρχηση αυτών των βλαβών καθορίζεται ως εξής:

1. Την χρονική στιγμή $t=6.25s$ πλαστικές παραμορφώσεις της τάξεως του 0.0015 εκατέρωθεν των ανακουφιστικών ανοιγμάτων των βάθρων Π2, Π3, Π4 και Π5 και στο κεντρικό τόξο.
2. Την χρονική στιγμή $t=6.90s$ οι προαναφερθείσες πλαστικές παραμορφώσεις διευρύνονται, ενώ εμφανίζονται νέες πλαστικές παραμορφώσεις της τάξεως του 0.002 στα ανακουφιστικά ανοίγματα των Π2, Π3, Π4 και Π5 και στο 3^ο και στο 5^ο τόξο.
3. Μέχρι το τέλος της ανάλυσης οι παραπάνω πλαστικές ζώνες επεκτείνονται και διευρύνονται.



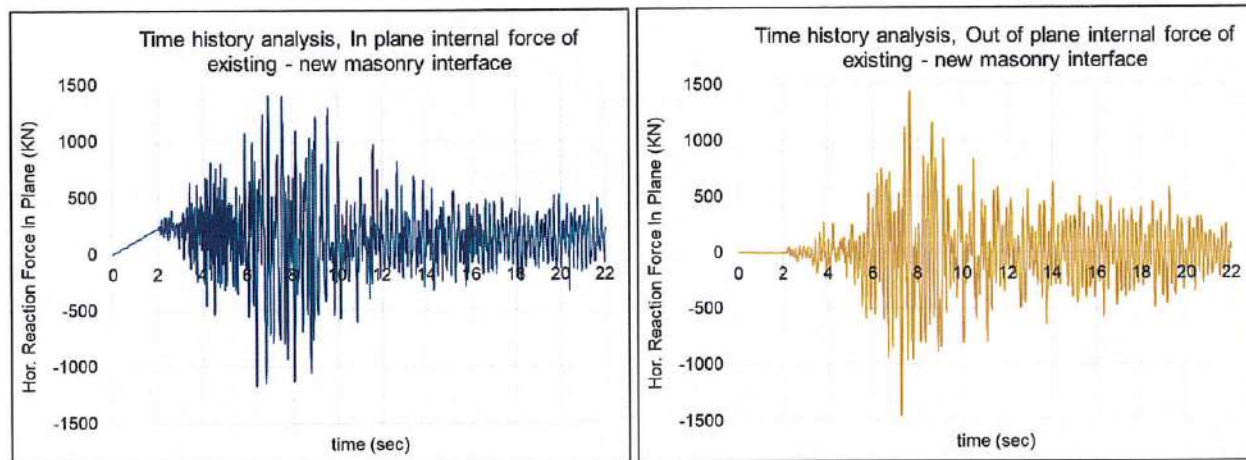
Σχήμα 9.9. Μεταβολή της οριζόντιας αντίδρασης στην βάση του φορέα κατά τον διαμήκη άξονα με τον χρόνο



Σχήμα 9.10. Μεταβολή της οριζόντιας αντίδρασης στην βάση του φορέα κατά τον εγκάρσιο άξονα με τον χρόνο



Σχήμα 9.11. Εμφάνιση και εξέλιξη πλαστικών παραμορφώσεων ενισχυμένου μοντέλου γέφυρας υπό τον σεισμό της Κοζάνης. Από πάνω προς τα κάτω, οι πλαστικές παραμορφώσεις την χρονική στιγμή $t=6.25s$, $t=6.90$ και στο τέλος της ανάλυσης



Σχήμα 9.12. Μεταβολή εντός επιπέδου (αριστερά) και εκτός επιπέδου (δεξιά) οριζόντιας δύναμης που αναπτύσσεται στην περιοχή σύνδεσης υφιστάμενης και νέας λιθοδομής στο μεσόβαθρο 3 δεξιά του ανακουφιστικού τόξου, υπό τον σεισμό της Κοζάνης του 1995

Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στην περιοχή σύνδεσης υφιστάμενης και νέας λιθοδομής στο μεσόβαθρο 3 δεξιά του ανακουφιστικού τόξου είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές για τις οποίες διαστασιολογήθηκαν τα αγκύρια αποκατάστασης της δομικής συνέχειας της λιθοδομής στην θέση αυτή. Επιβεβαιώνεται επομένως η επάρκεια της μεθοδολογίας σύνδεσης υφιστάμενης και νέας λιθοδομής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την παρούσα μελέτη πραγματοποιείται η διερεύνηση της δομικής συμπεριφοράς της γέφυρας και προσδιορίζεται η φέρουσα ικανότητάς της έναντι συνήθων και τυχηματικών δράσεων. Για τις ανάγκες της μελέτης χρησιμοποιούνται ελαστικές γραμμικές και μη γραμμικές αναλύσεις τρισδιάστατων αριθμητικών προσομοιωμάτων του φορέα.

Αρχικά πραγματοποιούνται οι ελαστικές αναλύσεις της κατασκευής με τις σεισμικές δράσεις να προκύπτουν από την Δυναμική Φασματική Ανάλυση και την Ισοδύναμη Στατική Ανάλυση. Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων προσδιορίζονται οι κρίσιμες περιοχές του φορέα της γέφυρας, δηλαδή αυτές που είναι περισσότερο ευάλωτες υπό συνήθεις και σεισμικές δράσεις. Παράλληλα, τα αποτελέσματα της Ισοδύναμης Στατικής Ανάλυσης αξιοποιούνται για τους αντίστοιχους ελέγχους επάρκειας των κρίσιμων διατομών αυτών με βάση το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο. Τα βασικά συμπεράσματα από τα αποτελέσματα των ελαστικών αναλύσεων και τους αντίστοιχους ελέγχους επάρκειας συνοψίζονται στα εξής:

- Ο φορέας της γέφυρας είναι ικανός να φέρει με ασφάλεια τα φορτία για συνήθεις δράσεις σχεδιασμού – κατακόρυφα φορτία και φορτία από την πίεση της ροής του ποταμού. Μοναδική ανεπάρκεια σε κατακόρυφα φορτία εντοπίζεται στα ανακουφιστικά ανοίγματα των κεντρικών μεσόβαθρων. Οι ανεπάρκειες οφείλονται στην ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων στις περιοχές αυτές από την κάμψη του κεντρικού τόξου.
- Στον φορέα της γέφυρας αναπτύσσονται ιδιαίτερα αυξημένες τιμές εφελκυστικών τάσεων για σεισμικές δράσεις. Δυσμενέστεροι συνδυασμοί δράσεων είναι αυτοί με κυρίαρχη σεισμική δράση την οριζόντια στην διεύθυνση y (εκτός επιπέδου του φορέα) αλλά και στην διεύθυνση x (εντός επιπέδου του φορέα). Οι μεγαλύτερες εντάσεις εντοπίζονται στο κεντρικότερο τμήμα της γέφυρας που περιλαμβάνει τα 3^ο, 4^ο (κεντρικό), 5^ο τόξο και τα μεσόβαθρα 3 και 4. Ως αποτέλεσμα αυτών παρατηρούνται ανεπάρκειες στο σύνολο των κρίσιμων διατομών του δομήματος. Επομένως, γίνεται εύκολα αντιληπτή η αδυναμία του φορέα της γέφυρας να αποκριθεί πλήρως ελαστικά για τις ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις που προκύπτουν από τον σεισμό σχεδιασμού.

Ακολουθώντας, αναπτύχθηκαν μη γραμμικά αριθμητικά μοντέλα, υιοθετώντας μη γραμμικούς νόμους υλικών με βάση τις ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις και τις πειραματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών. Τα μοντέλα αυτά υποβλήθηκαν σε Ανελαστικές Στατικές Αναλύσεις (pushover) και Μη Γραμμικές Δυναμικές Χρονοϊστορίες, με σκοπό την ποσοτικοποίηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής και τον προσδιορισμό της μορφής αστοχίας της.

- Οι αναλύσεις αυτές επιβεβαίωσαν τις κρίσιμες θέσεις όπου δύναται να εμφανισθούν αστοχίες υπό σεισμικά φορτία, όπως αυτές είχαν τονισθεί από τις ελαστικές αναλύσεις των προηγούμενων κεφαλαίων.
- Από τις μη γραμμικές στατικές αναλύσεις εκτιμάται η φέρουσα ικανότητα της γέφυρας, τόσο κατά την εντός επιπέδου διεύθυνση, όσο και κατά την εκτός επιπέδου διεύθυνση σε όρους δυνάμεων τέμνουσας βάσης.
- Λαμβάνοντας υπόψιν τα αποτελέσματα των μη γραμμικών αναλύσεων, αλλά και τα εντατικά μεγέθη των ελαστικών αναλύσεων προτείνονται και διαστασιολογούνται στοχευμένα μέτρα ενίσχυσης.

Με βάση τα παραπάνω προτείνονται κατάλληλα ενισχυτικά μέτρα σε επιλεγμένες θέσεις της κατασκευής. Στην περίπτωση όπου η επιλογή των υπό ενίσχυση διατομών πραγματοποιούνταν αυστηρά με βάση τα αποτελέσματα των ελέγχων επάρκειας της ελαστικής ανάλυσης γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι θα οδηγούμασταν σε εκτεταμένες επεμβάσεις ενίσχυσης στα περισσότερα δομικά στοιχεία της γέφυρας. Μία τέτοια πρόταση θα δημιουργούσε σημαντικές αλλοιώσεις στο αρχικό δομικό σύστημα της γέφυρας και παράλληλα η συνεισφορά της στην περαιτέρω αύξηση της φέρουσας ικανότητας τίθεται εν αμφιβόλω. Επομένως, η λογική της πρότασης περιορίζεται στην ενίσχυση των κρισιμότερων και πιο ευάλωτων διατομών, όπως αυτές προκύπτουν από τις πιο ρεαλιστικές μη γραμμικές αναλύσεις. Οι διατομές αυτές περιλαμβάνουν τα στοιχεία πάνω από τα ανακουφιστικά ανοίγματα των κεντρικών μεσόβαθρων. Οι επεμβάσεις που προτείνονται είναι οι ελάχιστες δυνατές, ενώ παράλληλα η συνολική απόκριση της γέφυρας με τις ενισχύσεις ελέγχεται μέσω των μη γραμμικών αναλύσεων, ώστε να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά και ο βαθμός επάρκειας της πρότασης.

Τα μη γραμμικά μοντέλα υποβλήθηκαν στην συνέχεια σε Ανελαστικές Στατικές Αναλύσεις (pushover) και Μη Γραμμικές Δυναμικές Αναλύσεις Χρονοϊστορίας, λαμβάνοντας υπόψιν και τις τοπικές ενισχύσεις που προτείνονται αλλά και την ανακατασκευή των ξυλοδεσιών και των ελκυστήρων που εξαρχής υπήρχαν στον φορέα.

- Η φέρουσα ικανότητα του φορέα της γέφυρας, όπως προκύπτει από τις Ανελαστικές Στατικές Αναλύσεις είναι μεγαλύτερη από αυτήν που ορίστηκε ως απαίτηση από το φάσμα σχεδιασμού του Ευρωκώδικα 8 και επομένως η συμπεριφορά κρίνεται επαρκής.
- Παράλληλα επιβεβαιώθηκε πως οι θέσεις που επιλέχθηκε να ενισχυθούν είναι αυτές στις οποίες εμφανίζεται αρχικά η μη γραμμική συμπεριφορά και ορθώς ενισχύθηκαν. Από τις μη γραμμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας εξετάστηκε η απόκριση του φορέα όταν σε αυτόν επιβάλλεται ισχυρή σεισμική κίνηση πραγματικής καταγραφής σε 3 άξονες (καταγραφές σεισμού Κοζάνης του 1995).
- Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών επαληθεύεται η θετική επιρροή των μέτρων ενίσχυσης και γενικότερα η στατική επάρκεια του δομήματος, το οποίο εμφανίζει μεν μη γραμμική συμπεριφορά σε συγκεκριμένες θέσεις, αλλά σε κάθε περίπτωση αποφεύγονται εκτεταμένοι μηχανισμοί κατάρρευσης.

