

**Τεκμηρίωση & Αποτίμηση
μή-μονολιθικού Λιμενικού Υπόστεγου
με εξωτερική προένταση**

Testing & Performance-based Evaluation of a non-monolithic
externally prestressed Harbour Shed

**Βασίλειος ΜΠΑΡΔΑΚΗΣ¹, Πέτρος ΜΟΣΧΟΛΙΟΣ², Χριστόφορος
ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ², Φώτης ΣΜΥΡΝΗΣ³, Σταύρος ΑΝΤΥΠΙΑΣ³**

*Λέξεις κλειδιά: Αποτίμηση, Επιτελεστικότητα, Προένταση, Λιμενικό Υπόστεγο,
Ανελαστική Ανάλυση, Ενίσχυση, ΚΑΝΕΠΕ, Evaluation, Performance, Prestressed
Concrete, Harbour Shed, Nonlinear Analysis, Retrofit, EN 1998-3*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Σχολιάζεται μια εφαρμογή Τεκμηρίωσης & Αποτίμησης με βάση την Επιτελεστικότητα, σε Λιμενικό Υπόστεγο, και παρουσιάζονται αποτελέσματα ανελαστικών αναλύσεων. Πρόκειται για μια ιδιαίτερη κατασκευή, της δεκαετίας του '70, το δομικό σύστημα της οποίας αποτελείται από τόξοειδείς δοκούς σκυροδέματος με εξωτερική προένταση, που εδράζονται στους στύλους μέσω ελαστικών εφεδράνων. Το υπόστεγο καλύπτει επιφάνεια 3.100 m². Για την τεκμηρίωση και την προσομοίωση της σεισμικής απόκρισης ακολουθείται η λογική του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (και του EN 1998-3) εμπλουτισμένη με στοιχεία από ανάλογες συστάσεις γεφυροποιίας - αφού η πλειονότητα των πρακτικών ανελαστικών προσομοιωμάτων κτηρίων αναφέρεται κυρίως στους συνήθεις μονολιθικούς φορείς (πλαισιακά ή μεικτά δομικά συστήματα).

ABSTRACT : Testing & Performance-based Evaluation of a special shed structure of about 3.100 m² is presented. The structural system constructed in the 70's, consists of curved concrete beams which are externally prestressed and non-monolithically connected to the columns through elastic bearings. The provisions of EN 1998-3, are adequately modified and are used for the modelling; evaluation is performed via nonlinear analyses.

¹ Δρ Πολιτικός Μηχανικός, ΕΜΠΛΕΚΤΟΝ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, Πάτρα, email: vbardakis@eblecton.gr

² Πολιτικοί Μηχανικοί (Διπλ./MSc), ΕΜΠΛΕΚΤΟΝ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, Αγρίνιο-Πάτρα, email: info@eblecton.gr

³ Πολιτικοί Μηχανικοί (Διπλ./MSc), Οργανισμός Λιμένος Πατρών ΑΕ, Πάτρα email: fsmyrnis@patrasport.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Περιγραφή

Στο χερσαίο χώρο του Βορείου Λιμένα Πατρών υπάρχει υπόστεγο, παρά το κρηπίδωμα Νο 10, το οποίο εξυπηρετεί τις δραστηριότητες του λιμένα και κυρίως τις μεταφορές εμπορευμάτων (προσωρινή αποθήκευση). Ο Φ.Ο. (Φέροντας Οργανισμός) του υποστέγου καλύπτει επιφάνεια περίπου 3078 m² (99.3m x 31m) συμπεριλαμβανομένων 2 εγκάρσιων αρμών συστολο-διαστολής που το διακρίνουν σε 3 δομικά υποσυστήματα. Ο Φ.Ο. αποτελείται από τοξοειδείς δοκούς σκυροδέματος με εξωτερική προένταση, οι οποίες συνδέονται εγκάρσια με διαδοκίδες και τεγίδες, και εδράζονται στους στύλους (μή-μονολιθικά) μέσω ελαστικών εφεδράνων. Οι τοξοειδείς δοκοί αποτελούνται από 2 προκατασκευασμένα τμήματα τα οποία ενώθηκαν επί τόπου (στο εργοτάξιο) μέσω έγχυτης «κλείδας» σκυροδέματος. Γενικά, δεν περιλαμβάνει πλαγιοκαλύψεις (ή τοιχοπληρώσεις) με εξαίρεση ένα μικρό τμήμα του (23m κατά τη διαμήκη έννοια) που χρησιμοποιείται ως αποθήκη.

Ιστορικό

Πρόκειται για κατασκευή της δεκαετίας του 1970 (απόφαση δημοπράτησης 1970, απόφαση έγκρισης παραλαβής 1974). Το υπόστεγο είναι κατασκευασμένο με μελέτη που διατίθεται. Τα διαθέσιμα στοιχεία της Μελέτης του Δρος Πολιτικού Μηχανικού Αριστ. Οικονόμου βρίσκονται στο αρχείο του Οργανισμού Λιμένος Πατρών.

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Παθολογία

Παρατηρείται σημαντική διάβρωση στους στύλους της βορειοδυτικής όψης και ηπιότερη διάβρωση στα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία, καθώς και φθορές στους σωλήνες περιβολής των τενόντων. Σημαντική βλάβη είχε δημιουργηθεί σε πρόβολο του νοτιότερου τόξου από σύγκρουση οχήματος που κινήθηκε στην δυτική οδό. Σχετική βλάβη παρατηρείται και στη περιμετρική δοκό.

Τα ελαστομερή εφεδράνα παρουσιάζουν γωνιακή παραμόρφωση - σε κάποιες περιπτώσεις ασύμμετρη μεταξύ ακμών που ανήκουν στην ίδια ελεύθερη (διαμήκη) όψη.

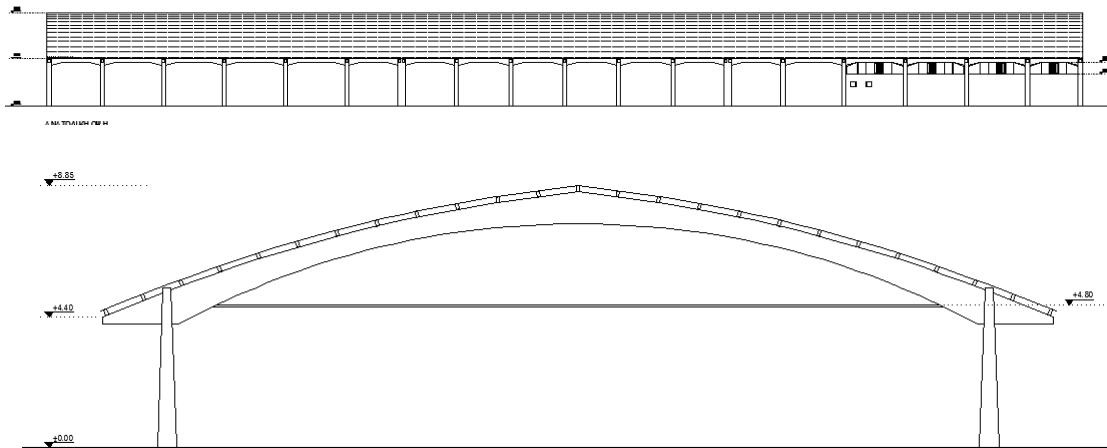
Αρκετές βλάβες εμφανίζονται και στην επικάλυψη της στέγης, στα φύλλα αμιαντοτσιμέντου, ενώ διαπιστώνονται και άλλα προβλήματα στην αποστράγγισή της (υδρορροές).

Αποτύπωση-Τεκμηρίωση

Συντάχθηκε και εκτελέστηκε πλήρες πρόγραμμα Διερεύνησης και Τεκμηρίωσης Φέροντος Οργανισμού με στόχο :

- Ικανοποιητική Σ.Α.Δ. (Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων) για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών δόμησης
- Υψηλή Σ.Α.Δ. για τα γεωμετρικά δεδομένα και τα μόνιμα φορτία.

Συγκεκριμένα, εκτελέστηκαν : επιβεβαίωση γεωμετρίας ανωδομής και βελτίωση της διαθέσιμης αποτύπωσης των τοξοειδών δοκών, διερευνητική τομή εδάφους (εκσκαφή) και επιβεβαίωση γεωμετρίας θεμελίωσης, πυρηνοληψίες σκυροδέματος - δοκιμές θλίψης & μετρήσεις του βάθους ενανθράκωσης, σαρώσεις με ανιχνευτή HILTI FERROSCAN PS200 (για τον έμμεσο προσδιορισμό γεωμετρίας οπλισμού), κρουσιμετρήσεις (για τον έμμεσο προσδιορισμό θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος), αποκαλύψεις-«χαντρώματα» σε στύλους και δοκούς (με παχυμέτρηση & εκτίμηση διάβρωσης), αποκαλύψεις εφεδράνων (με μέτρηση και εκτίμηση παραμορφώσεων) και σεισμικές δοκιμές όμοιων εφεδράνων, αποκαλύψεις τενόντων (με μέτρηση και εκτίμηση διάβρωσης) και δοκιμή εφελκυσμού, αποκαλύψεις συνδέσεων (πχ τεγίδας - τοξοειδούς δοκού), κ.α.



Σχήμα 1. Σκαριφήματα γεωμετρίας φορέα

Αξίζει να αναφερθεί ότι :

- η ελάχιστη αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου για το σκυρόδεμα “B160” μετρήθηκε 12,8 MPa και για το σκυρόδεμα “B300” μετρήθηκε 30,1 MPa
- το βάθος ενανθράκωσης σε πάρα πολλές περιπτώσεις υπερβαίνει την ελάχιστη επικάλυψη
- η διάβρωση των τενόντων που αποκαλύφθηκαν θεωρήθηκε μικρή < 0.5mm
- η μέση διάβρωση του οπλισμού των στύλων της β.δυτικής όψης εκτιμήθηκε ως 1.5mm στους συνδετήρες και > 0.7 mm στα διαμήκη σίδερα. Στα

υπόλοιπα στοιχεία η μέση διάβρωση στους συνδετήρες θεωρήθηκε $< 1.0\text{mm}$ και στα διαμήκη σίδερα $< 0.5\text{mm}$

- οι παραμορφώσεις των εφεδράνων δείχνουν γωνιακή παραμόρφωση - πιθανότατα αυξημένη από ερπυστικές παραμορφώσεις των τοξοειδών δοκών - με κάποιο τμήμα της ασύμμετρο μεταξύ ακμών που ανήκουν στην ίδια ελεύθερη (διαμήκη) όψη. Το εύρος των οριζόντιων σχετικών μετακινήσεων είναι $5\text{mm} - 15\text{mm}$.

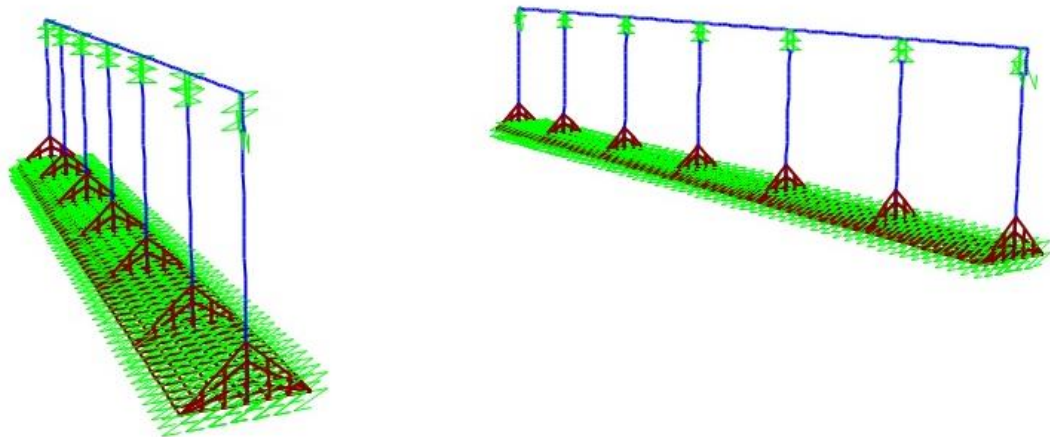
ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Φέρουσα Ικανότητα έναντι αυξημένων Κατακόρυφων Φορτίων

Στη αρχική στατική μελέτη έχει ληφθεί υπόψη φορτίο κυματοειδούς πλακός ετερνίτου $13\text{kg} / \text{m}^2$, ενώ το νέο φορτίο επικάλυψης (με χαλκό) θεωρείται ίσο με $25\text{kg} / \text{m}^2$.

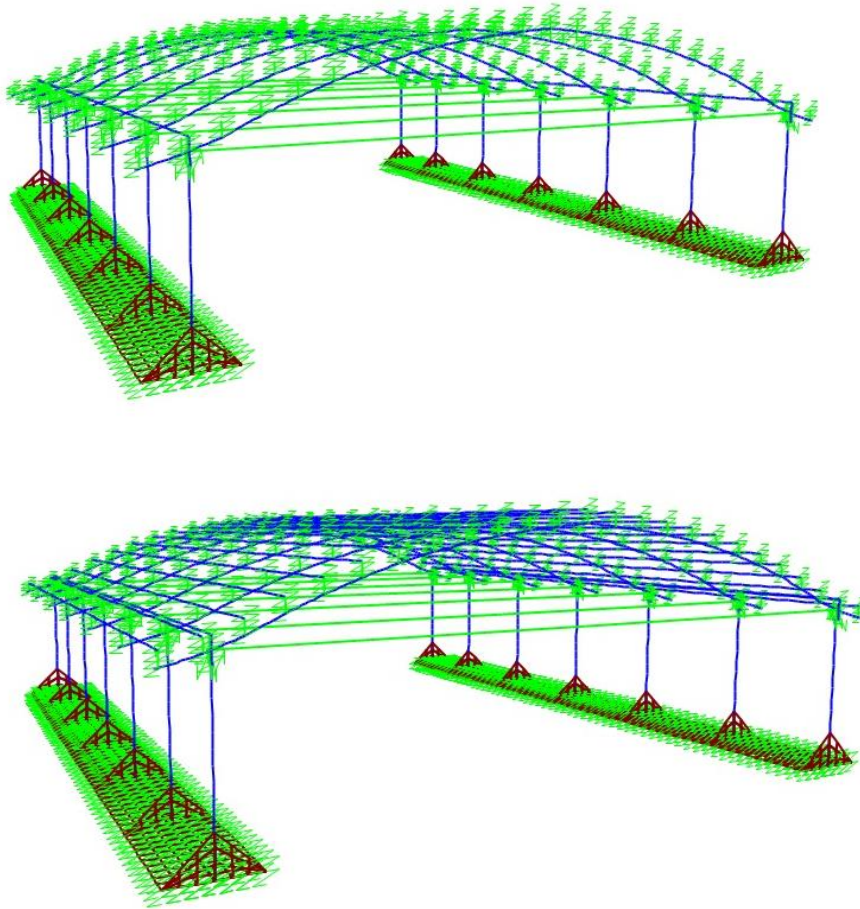
Τα φέροντα στοιχεία που επηρεάζονται από την αύξηση των κατακόρυφων φορτίων ελέγχθηκαν σύμφωνα με τον αντίστοιχο ισχύοντα κανονισμό της ομάδας (A) της ΥΑ υπ. Αριθμ. ΔΝΣγ/34033Π.Ε./ΦΝ 275 / 03.02.2016 «Τροποποίηση κανονισμών που αφορούν σε ειδικές περιπτώσεις επεμβάσεων σε υπάρχοντα κτίρια».

Πιο συγκεκριμένα η ομάδα A περιλαμβάνει το πλαίσιο Ευρωκωδίκων (EN1990, EN1991, EN1992-1-1, EN1993-1-1, EN1994-1-1, EN1995-1-1, EN1996-1-1, EN1997-1, EN1998-1) καθώς και τους ελληνικούς κανονισμούς σχεδιασμού νέων δομημάτων (ΕΑΚ2000, ΕΚΩΣ2000).



Σχήμα 2. Χαρακτηριστική απεικόνιση 1^{ου} βήματος σταδιακής δόμησης

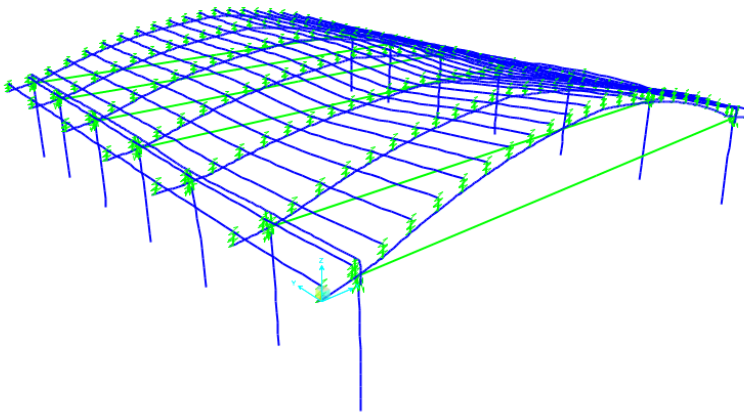
Για τις κατακόρυφες δράσεις, τόσο το πλαίσιο Ευρωκωδίκων όσο και ο ΕΚΩΣ εφαρμόζονται μέσω μη-γραμμικών αναλύσεων σταδιακής δόμησης (σε φάσεις - staged construction) λαμβάνοντας υπόψη τη συστολή ξήρανσης, τον ερπυσμό και τις απώλειες προέντασης. Όπου απαιτείται (λχ περίπτωση θραύσης τένοντα) λαμβάνεται υπ' όψιν και η μη-γραμμικότητα της γεωμετρίας. Η μη γραμμικότητα του υλικού θεωρείται συγκεντρωμένη σε θέσεις ενδεχόμενων Πλαστικών Αρθρώσεων (hinges).



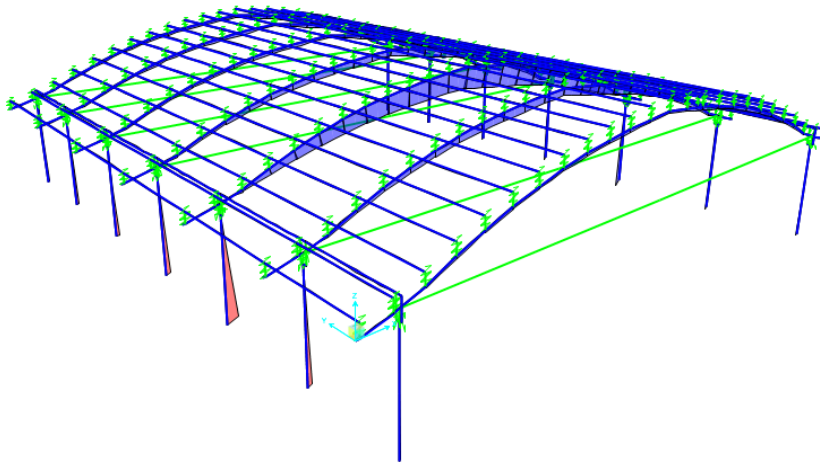
Σχήμα 3. Χαρακτηριστικές απεικονίσεις επόμενων βημάτων σταδιακής δόμησης

Ο ΕΚΩΣ 2000 καλύπτει μόνον την περίπτωση τενόντων με συνάφεια, ενώ για θέματα εξωτερικής προέντασης («τένοντες χωρίς συνάφεια») αναφέρει ειδικούς ελέγχους που καθορίζονται από την Ελεγκτική Αρχή. Σε κάθε περίπτωση προβλέπει στους συμπληρωματικούς κανόνες ότι αν ο αριθμός των τενόντων ή ο

συνολικός αριθμός των ράβδων ή συρμάτων ή συρματοσχοίνων υπολείπεται των ορίων (3 ράβδοι ή σύρματα σε κάθε στοιχείο, 7 ράβδοι ή σύρματα ή συρματοσχοίνα που αποτελούν καλώδιο σε κάθε στοιχείο) πρέπει να ελέγχεται ότι η ασφάλεια έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας εξασφαλίζεται ακόμη και όταν ένας τένοντας, 3 ράβδοι, σύρματα ή συρματοσχοίνα μιας δέσμης, αστοχήσουν. Ομοίως, και βάσει των κανονισμών DIN-FACHBERICHTE που συμπλήρωναν τον ΕΚΩΣ στη μελετητική πρακτική (πχ στη γεφυροποιία), οι τοξοειδείς δοκοί κατατάσσονται στην κατηγορία ΑΕΠ (Αποκλειστικά Εξωτερική Προένταση) για την οποία η κατάσταση σχεδιασμού «θραύση/αποτάνυση ενός εξωτερικού τένοντα ανά κορμό» πρέπει να ελέγχεται ως παροδική κατάσταση σχεδιασμού.



Σχήμα 4. Χαρακτηριστική απεικόνιση παραμόρφωσης μετά τη θράση ενός τένοντα



Σχήμα 5. Χαρακτηριστική απεικόνιση καμπτικών ροπών μετά τη θράση ενός τένοντα

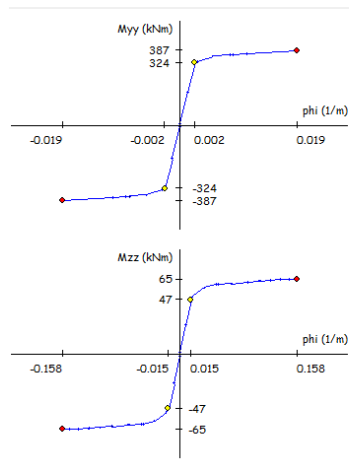
Επίσης και το πρότυπο EN 1992-1-1, αναφέρει ότι η ψαθυρή αστοχία πρέπει να αποφεύγεται και προδιαγράφει 5 μεθόδους αντιμετώπισης.

Στο μέσον της τοξοειδούς δοκού, της οποίας αστόχησε ο τένοντας, εμφανίζεται δραστική μείωση του θλιπτικού φορτίου (-41kN από -295kN προ της θραύσης του τένοντα) και μεγάλη καμπτική ροπή (305 kNm από 61kNm προ της θραύσης του τένοντα).

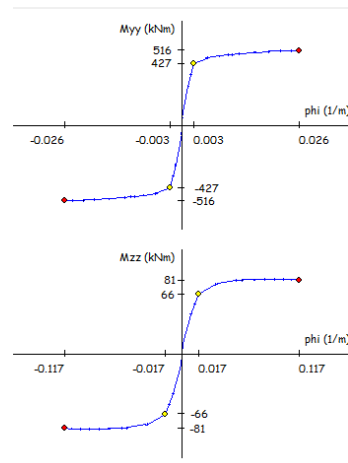
Στην περιοχή αυτή η ένωση των εφελκόμενων ράβδων ($\max\Phi = 16\text{mm}$) πραγματοποιείται μέσω υπερκάλυψης με αναβολείς. Αξίζει να σημειωθεί ότι στους «παλιούς» κανονισμούς ως μήκος υπερκάλυψης λαμβανόταν το ανάπτυγμα του αναβολέως, ενώ στους σύγχρονους μετρίεται το ένα σκέλος και εφαρμόζεται η ευεργετική μείωση 30% για εφελκυστικά φορτία.

Στην περίπτωση ανεπαρκούς συνδέσεως, η θραύση είναι ψαθυρή με ροπή αστοχίας \ll της απαιτούμενης 305 kNm.

$N=-41\text{kN}$



$N=-295\text{kN}$

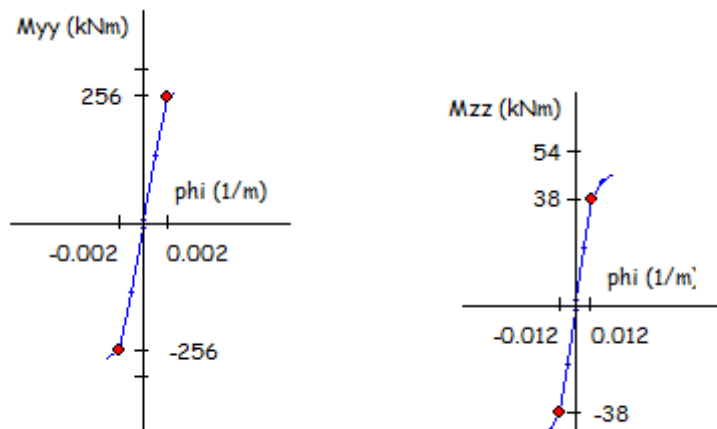


Σχήμα 6. Χαρακτηριστική απεικόνιση καμπτικών αντιστάσεων για διαφορετικά αξονικά φορτία

Άλλωστε, κατά τον έλεγχο πλευρικής ευστάθειας (§ 5.9 EN 1992) ο οποίος δεν πληρούται λόγω μικρού πλάτους (δοκού $h/b \gg 3.5$), είναι εύλογη η υπόθεση ατέλειας-απόκλισης από την ευθυγραμμία, η οποία συνεπάγεται ταυτόχρονη ροπή στον ασθενή άξονα (πριν τη θραύση του τένοντα).

Με τη θραύση του τένοντα η δοκός βυθίζεται και μετακινείται οριζοντίως (εξωτερικά των πλαισίων) με τη δέσμευση των διαζωμάτων («σενάζ») των περιμετρικών δοκών. Τα εφέδρανα παρουσιάζουν θλιπτικό φορτίο από 125 έως 175 kN και οριζόντια παραμόρφωση 1 έως 2.0cm.

Σημειώνεται βέβαια ότι τα υφιστάμενα εφεδράνα δεν καλύπτουν τις προδιαγραφές των ελαστομεταλλικών εφεδράνων (λχ ΕΤΕΠ 05-01-05-01) των σύγχρονων τεχνικών έργων (όπου συνηθίζεται η τοποθέτηση εφεδράνων). Σε κάθε περίπτωση τα υφιστάμενα εφεδράνα θα πρέπει να παρεμποδίζονται στην ανάπτυξη μεγάλων μετακινήσεων ($< 2.5\text{cm}$) μέσω αξιόπιστων συνδέσμων (stoppers).



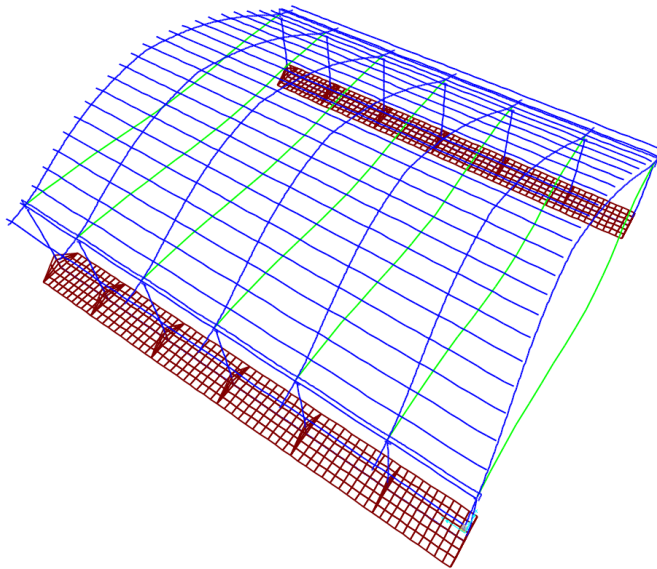
Σχήμα 7. Χαρακτηριστική απεικόνιση καμπτικών αντιστάσεων για ανεπαρκή μάτιση

Για τα άοπλα εφεδράνα υπάρχει ποικιλία παλαιότερων συστάσεων (UIC 772R, BS 5400, BE 1/76, AASHTO), στις χώρες που είχαν εφαρμογή στο παρελθόν (ΗΠΑ, ΗΒ). Χαρακτηριστικά αναφέρεται το όριο των 800 psi (5.5 MPa) σε κατακόρυφη τάση, το όριο διατμητικής παραμόρφωσης 0.7 (ή 0.5 σε άλλες περιπτώσεις), και το κάτω όριο έναντι ολίσθησης 200 psi (1.4 MPa).

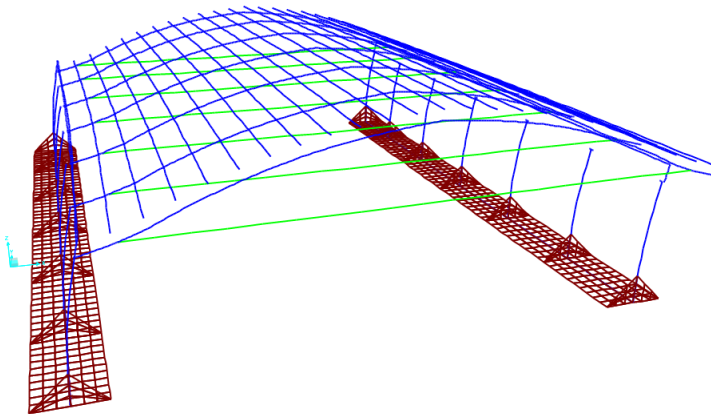
Φέρουσα Ικανότητα έναντι αυξημένων Σεισμικών Δράσεων

Προηγείται της επιβολής των οριζόντιων δράσεων, η επιβολή των κατακορύφων φορτίων με τον τρόπο που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο (σταδιακή δόμηση, χρόνιες παραμορφώσεις) και χωρίς την υπόθεση θραύσης τένοντα. Η μη γραμμικότητα του υλικού θεωρείται συγκεντρωμένη σε θέσεις ενδεχόμενων Πλαστικών Αρθρώσεων (hinges), ενώ προσομοιώνεται και η μη γραμμικότητα του εδάφους (ως προς την μη παραλαβή εφελκυστικών τάσεων). Στις παραμέτρους θεωρείται Ζώνη Επικινδυνότητας II ($\alpha=0.24$) και στόχος επιτελεστικότητας B1 («Σημαντικές Βλάβες») στο σεισμό σχεδιασμού του EN1998-1).

Κατά τη διαμήκη διεύθυνση λόγω της απουσίας διαφραγματικής σύνδεσης ο φορέας αποκρίνεται κυρίως με ταλάντωση των τοξοειδών δοκών εκτός του επιπέδου τους (ως συνεχές ελαστικό σύστημα). Κατά την εγκάρσια διεύθυνση ο φορέας αποκρίνεται πιο συμβατικά.



Σχήμα 8. δεσπόζουσα Ιδιομορφή παράλληλα στον Y - 15η $T= 2.37 \text{ sec}$ (21η με $T= 0.66 \text{ sec}$)



Σχήμα 9. δεσπόζουσα Ιδιομορφή παράλληλα στον X - 16η $T= 1.53 \text{ sec}$ (25η με $T= 0.46 \text{ sec}$)

Για δράσεις κυρίως κατά τη διαμήκη διεύθυνση :

Παρατηρείται σταθερή ενεργός δυσκαμψία του συστήματος μέχρι τη θραύση της περιοχής «σύνδεσης» του τόξου στα άκρα του ή την αστοχία της ανεπαρκούς υπερκάλυψης του οπλισμού στο μέσον των τοξοειδών δοκών (στην «κλείδα»).

Οι περιοχές «σύνδεσης» κάθε τόξου στα άκρα του (με τους κόμβους των περιμετρικών δοκών να αντιστέκονται εκτός επιπέδου), ή οι περιοχές υπερκάλυψης του οπλισμού στο μέσον («κλείδα»), έχουν εξαντλήσει το όριο της στάθμης επιτελεστικότητας «Σημαντικών Βλαβών» και το όριο της Στάθμης Επιτελεστικότητας «Οιονεί Κατάρρευσης». Πρόκειται για ψαθυρές αστοχίες που ελέγχονται με βάση τις δυνάμεις.

Οι περιοχές σύνδεσης περιμετρικών δοκών - στύλων (με τους κόμβους των περιμετρικών δοκών να αντιστέκονται και εντός επιπέδου) έχουν εξαντλήσει το όριο της στάθμης επιτελεστικότητας «Σημαντικών Βλαβών» και το όριο της Στάθμης Επιτελεστικότητας «Οιονεί Κατάρρευσης». Οι ψαθυρές αστοχίες ελέγχονται με βάση τις δυνάμεις ενώ η κάμψη των περιμετρικών δοκών με βάση τις παραμορφώσεις.

Για δράσεις κυρίως κατά την εγκάρσια διεύθυνση :

Από τις ανελαστικές αναλύσεις προκύπτουν ποικίλες ενεργές δυσκαμψίες του συστήματος : στις πρώτες μετακινήσεις το σύστημα είναι πιο εύκαμπτο γιατί λειτουργούν τα εφέδρανα, μετά λειτουργούν ως stoppers οι κόμβοι των περιμετρικών πλαισίων, είτε μέσω σφήνωσης της τοξοειδούς δοκού στο εγκάρσιο διάζωμα (σεναζ), είτε μέσω εμπλοκής της παχύτερης διατομής του προβόλου. Ακολουθεί θραύση του κόμβου, και θραύση των στύλων (στη βάση τους είτε στην περιοχή μεταβολής οπλισμού).

Οι περιοχές σφήνωσης κάθε τόξου στο ομόφορο άκρο του (κόμβοι με διάζωμα-«σεναζ») έχουν εξαντλήσει το όριο της στάθμης επιτελεστικότητας «Σημαντικών Βλαβών» και το όριο της Στάθμης Επιτελεστικότητας «Οιονεί Κατάρρευσης». Πρόκειται για ψαθυρές αστοχίες που ελέγχονται με βάση τις δυνάμεις. Ακολουθεί η υπέρβαση των ορίων των παραμορφώσεων των εφεδράνων.

Οι βάσεις των στύλων (ή οι περιοχές μεταβολής του διαμήκους οπλισμού των στύλων) έχουν εξαντλήσει το όριο της στάθμης επιτελεστικότητας «Σημαντικών Βλαβών». Πρόκειται για αστοχίες μικρής διαθέσιμης πλαστιμότητας που ελέγχονται με βάση τις παραμορφώσεις (στροφές χορδής).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βάσει των παραπάνω ελέγχων ως πιο κρίσιμες περιοχές διακρίνονται :

- οι «ανοιχτοί» 3-Δ κόμβοι (σύνδεσης περιμετρικών δοκών - στύλων και «σφήνωσης»/εμπλοκής τοξοειδών δοκών)
- οι ενώσεις εφελκόμενων ράβδων μέσω υπερκάλυψης με αναβολείς (στις τοξοειδείς δοκούς, στα διαζώματα των «ανοιχτών» κόμβων, στις τεγίδες)
- οι βάσεις στύλων και οι περιοχές μεταβολής του διαμήκους οπλισμού τους
- τα ελαστομερή εφεδράνα (χωρίς επάρκεια ανάληψης μεγάλων παραμορφώσεων).

Επίσης, έχει διαπιστωθεί μή-επιθυμητός τρόπος ταλάντωσης κατά την διαμήκη διεύθυνση (έλλειψη διαφραγματικής λειτουργίας), και έλλειψη υπερστατικότητας κατά την ίδια διεύθυνση μετά την πρόωρη πλαστικοποίηση (ή αστοχία) των «ανοιχτών» κόμβων σύνδεσης περιμετρικών δοκών-στύλων στο επίπεδό τους.

Στις προτάσεις επεμβάσεων περιλαμβάνονται : (α) η «οριζόντια» σύνδεση των τόξων μέσω σεισμικών μεταλλικών συνδέσμων, (β) η προσθήκη κατακόρυφων μεταλλικών συνδέσμων, (γ) η προσθήκη νέων τενόντων, (δ) η προσθήκη μεταλλικών στοιχείων που θα μετατρέψουν τη συμπεριφορά των κόμβων σε σύμμικτη, (ε) η περίσφιξη των στύλων με μανδύα ΙΟΠ και ειδικά εγκάρσια αγκύρια, (στ) η εφαρμογή αναστολέα διάβρωσης και κατάλληλου επιχρίσματος, (ζ) ο περιορισμός της δυνατότητας παραμόρφωσής των εφεδράνων και (η) προτείνεται η ενοργάνωση του Φ.Ο. με εφαρμογή συστήματος σύγχρονης (real time) παρακολούθησης των παραμορφώσεων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Bardakis, V.G., Fardis M.N., "A displacement-based seismic design procedure for concrete bridges having deck integral with the piers". *Bul. of Earthquake Engineering*, Vol. 9, Issue 2 (2011) pp 537-560

Bardakis V.G. and Dritsos S.E., "Evaluating assumptions for seismic assessment of existing buildings", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 27, No.3 (2007), pp. 223-234

Bardakis V.G. and Tassios T.P., "Estimation of behaviour factors of existing RC structures by means of linear methods", *Proc. 2nd fib Congress, Napoli* (2006)

Bardakis V.G. et al, "Performance-Based Retrofit Of Athens National Gallery", *Proc. 3rd fib Congress, Washington* (2010)

Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M., "Seismic Design and Retrofit of Bridges", John Wiley & Sons inc., New York (1995)

Fardis M.N., "Guidelines for displacement-based design of buildings and bridges", IUSS Press, Pavia (2007)

Τάσιος Θ.Π., "Θεωρία Σχεδιασμού Επισκευών και Ενισχύσεων", Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα (2009)

Standard EN 1998-3: Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and Retrofitting of buildings, Comité Européen de Normalisation, Brussels (2005)

2η Αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (Κανονισμού Επεμβάσεων), Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, Αθήνα (2017)

Τεχνική Έκθεση Δοκιμής Εφέλκυσμού Τένοντα Προέντασης, Εργαστήριο Μηχανικής & Τεχνολογίας Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα (2017)

Report No. 5/2017, Σεισμικές δοκιμές υφιστάμενων ελαστομεταλλικών εφεδράνων, Εργαστήριο Κατασκευών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα (2017)