

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ 36 Μ ΑΠΟ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ
ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΟΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΦΕΔΡΑΝΑ,
ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΕΛΑΙΩΝΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΙΓΙΑΛΙΑΣ,
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ.**



ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ-ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:

Δρ. Διονυσία-Πηνελόπη Κοντονή
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Αν. Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι.

ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

Νάσκος Αθανάσιος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έχοντας πάντα τη βοήθεια και την καθοδήγηση της καθηγήτριάς μου Εισηγήτριας και Επιβλέπουσας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, Δρ. Διονυσίας - Πηνελόπης Κοντονή, Δρ. Πολιτικού Μηχανικού και Αν. Καθηγήτριας Τ.Ε.Ι., ολοκλήρωσα την παρούσα Πτυχιακή Εργασία. Για την πολύτιμη αυτή προσφορά της, την ευχαριστώ μέσα από τη καρδιά μου.

Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ και στον κ. Κωσταντίνο Μακαρίτη Πολιτικό Μηχανικό, επιβλέποντα μηχανικό της Μελέτης, η οποία υλοποιήθηκε από τις εταιρείες OBERMEYER PLANEN+BERATEN GmbH και Υδροσύστημα Ε.Π.Ε. καθώς και στον κ. Δημήτρη Κουτσούκο, Επικεφαλή της Αρμόδιας Οργανωτικής Μονάδας Μελετών.

Νοέμβριος 2018,

Νάσκος Αθανάσιος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία, που εκπονήθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας, περιλαμβάνει τη πλήρη και αναλυτική μελέτη γέφυρας μήκους 36 m από προεντεταμένο και οπλισμένο σκυρόδεμα με ελαστομεταλλικά εφέδρανα, στην παράκαμψη Ελαιώνα Δήμου Αιγιαλείας. Για την στατική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Η/Υ SOFISTIK. Η κατασκευή του τεχνικού έργου εξυπηρετεί την επικοινωνία των οικισμών εκατέρωθεν της Νέας Σιδηροδρομικής Γραμμής ΚΟΡΙΝΘΟΥ – ΠΑΤΡΩΝ. Η μελέτη έγινε σύμφωνα με τους κανονισμούς: DIN 1055 Παραδοχές φορτίων: Μέρος 1 (7/1978), Μέρος 2 (2/1976), DIN 1072 Παραδοχές φορτίων για Οδογέφυρες και Πεζογέφυρες (12/1985), DIN 1075 Γέφυρες από Σκυρόδεμα – Διαστασιολόγηση και Εκτέλεση (4/1981), DIN 1045, Άοπλο και Οπλισμένο Σκυρόδεμα – Διαστασιολόγηση και Εκτέλεση (7/1988), HEFT 240 Βοηθήματα υπολογισμού των εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα, (DafStB, 1978), DIN 4141 Εφέδρανα στις δομικές κατασκευές - Μέρος 14 (9/1985). DIN 4227-1 Προεντεταμένο Σκυρόδεμα: Μέρος 1 (7/1988) και Παραρτ. Α1 (12/1995), DIN 1054 Έδαφος Θεμελίωσης - Επιτρεπόμενη φόρτιση (11/1976), Ε39/99, Αναμόρφωση της Εγκυκλίου Ε39/93 «Οδηγίες για την αντισεισμική μελέτη γεφυρών» της ΔΜΕΟ/γ του ΥΠΕΧΩΔΕ (12/1999), ΕΑΚ2000 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός – Έκδοση 2000 (12/1999) με τις ισχύουσες τροποποιήσεις του. Συνεκτιμώνται επίσης στοιχεία από τα ακόλουθα: EC8-2, Αντισεισμικός Σχεδιασμός κατασκευών-Μέρος 2: Γέφυρες ENV1998-2 (10/1994).

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή : Ο κάτωθι υπογεγραμμένος φοιτητής έχει επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνει υπεύθυνα ότι είναι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολόκληρου του κειμένου, έχει δε αναφέρει στην βιβλιογραφία του όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησε και έλαβε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνει επίσης ότι οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχει ενσωματώσει στην εργασία του προερχόμενο από Βιβλία, ή άλλες εργασίες, ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχει πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο φοιτητής

A handwritten signature in black ink on a light blue background. The signature is stylized and appears to be 'Naskos Athanasios'.

Νάσκος Αθανάσιος

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	6
2. ΕΙΔΗ ΓΕΦΥΡΩΝ.....	10
3. ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ 36 Μ ΑΠΟ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΟΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΦΕΔΡΑΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ.....	14
Αντικείμενο.....	14
Περιεχόμενα Τεχνικά Σχέδια	15
3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ	16
3.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΑΡΑΞΗΣ	17
3.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΟ	18
Διάταξη Ανοιγμάτων.....	18
Ανωδομή.....	18
Ακρόβαθρα	20
Τύπος Θεμελίωσης	21
Θεωρήσεις Λειτουργίας και Συντήρησης	21
Ελεύθερο Ύψος	23
Ειδικές Θεωρήσεις	23
3.4 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	24
3.5 ΥΛΙΚΑ - ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ	26
Σκυρόδεμα	26
Χάλυβας Χαλαρών Οπλισμών	27
Χάλυβας Προέντασης	27
Εφέδρανα	30
Αρμοί Καταστρώματος.....	32
Τελικές Επεξεργασίες Επιφανειών σκυροδέματος.....	32
3.6 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ.....	33
Στρωματογραφία.....	33
Στάθμη Υπογείων Υδάτων	34
3.7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ	35
Γεωτεχνικές Παράμετροι Σχεδιασμού.....	36
3.8 ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	37
Φέρουσα Ικανότητα Βάθρων.....	37

Καθιζήσεις	40
Δείκτης Εδάφους.....	41
3.9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	42
Αλληλουχία εργασιών – Προσωρινά έργα	42
3.10 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ	44
Εδαφικές Παράμετροι.....	44
Φορτίσεις Σχεδιασμού.....	44
Κωδικοποίηση Φορτίσεων	53
Καταστάσεις Φορτίσεων.....	54
3.11 ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ- ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	55
Γενική Περιγραφή Προσομοιωμάτων.....	55
Λογισμικό Προσομοίωσης.....	57
Ραβδωτό Προσομοίωμα Ανωδομής (Spine Beam Global Model)	57
Πτυχωτό Προσομοίωμα Ανωδομής (Finite Elements Space Model).....	64
Πτυχωτό Προσομοίωμα Ακροβάθρου	69
3.12 ΣΥΝΟΨΗ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΕΛΕΓΧΩΝ	75
Σεισμική Απόκριση.....	75
Εφέδρανα - Αρμοί διαστολής	77
Έλεγχοι Προεντεταμένου Σκυροδέματος.....	80
4. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	83
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	97
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	99
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'.....	102

1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η πρώτη κατασκευασθείσα γέφυρα ήταν κατά πάσα πιθανότητα ένα ξύλο που το χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος για να διασχίσει ένα ποτάμι. Σταδιακά, ο άνθρωπος ανέπτυξε τη «γνώση» και ο σχεδιασμός και η κατασκευή των γεφυρών προόδευσε. Οι ανάγκες των οργανωμένων πλέον κοινωνιών οδήγησαν στην εξέλιξη της γεφυροποιίας χρησιμοποιώντας νέα δομικά υλικά όπως ο λίθος. Η ανακάλυψη του σκυροδέματος, το οποίο είναι ένα υλικό με πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, οικονομικό και με μεγάλη ανθεκτικότητα, έδωσε τη λύση στις αυξανόμενες απαιτήσεις των αναπτυσσόμενων κοινωνιών.

(Πηγή: Κωνσταντινίδης, 2012)



ΕΙΚΟΝΑ 1.1: Pons Fabricius στην πόλη της Ρώμης.



ΕΙΚΟΝΑ 1.2: Γέφυρα Kapellbrück Λουκέρνη.



ΕΙΚΟΝΑ 1.3: Γέφυρα της Πλάκας στην Ήπειρο.

2 ΕΙΔΗ ΓΕΦΥΡΩΝ

Ορισμός γέφυρας

Γέφυρα είναι κάθε τεχνικό έργο με οποιαδήποτε διάταξη ανοιγμάτων που φέρει μια οδό πάνω από οποιοδήποτε τύπου εμπόδιο με απόσταση άνω των 6 m. Οι γέφυρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη γεφύρωση ξηρών ή υγρών κωλυμάτων, για τη δημιουργία άνω και κάτω διαβάσεων σιδηροδρομικών σταθμών, τροχιόδρομων και οδών κάθε κατηγορίας και χρήσης.

Είδη γεφυρών

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής οι γέφυρες διακρίνονται σε:

- Ξύλινες
- Λίθινες
- Από σκυρόδεμα (άοπλο, οπλισμένο και προεντεταμένο)
- Μεταλλικές
- Σύμμικτες

Ανάλογα με τη χρήση τους οι γέφυρες διακρίνονται σε:

- Πεζογέφυρες
- Οδικές
- Σιδηροδρομικές
- Ειδικές γέφυρες

Ανάλογα με τη στατική λειτουργία του φορέα ή του φέροντος συστήματος οι γέφυρες διακρίνονται σε:

- Γέφυρες επιφανειακών φορέων (πλάκες, εσχάρες, πολυκυψελωτές διατομές)
- Γέφυρες φορέων μορφής δοκού (πλακοδοκοί, κιβωτιοειδείς, σκαφοειδείς)
- Πλαισιωτές γέφυρες (με κατακόρυφα ή κεκλιμένα βάρθρα)
- Τοξωτές γέφυρες
- Καλωδιωτές γέφυρες
- Κρεμαστές γέφυρες

Ανάλογα με τη μορφή σε κάτοψη διακρίνονται σε:

- Ορθές
- Λοξές

Ανάλογα με τη δυνατότητα μετακίνησης οι γέφυρες διακρίνονται σε:

- Σταθερές
- Κινητές (οριζόντια περιστρεφόμενες, περιστροφικά ανυψούμενες, κατακόρυφα ανυψούμενες, κυλιόμενες)

(Πηγή: Κωνσταντινίδης, 2012)

Τμήματα γεφυρών

Μια γέφυρα αποτελείται συνήθως από τα παρακάτω τμήματα:

- Το σύστημα θεμελίωσης
- Τα ακρόβαθρα
- Μεσόβαθρα
- Το κατάστρωμα της ανωδομής
- Τα εξαρτήματα
- Τους πτερυγότοιχους
- Επίχωμα.

3 ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΑΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΜΗΚΟΥΣ 36 Μ ΑΠΟ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΟΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΦΕΔΡΑΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ.

Αντικείμενο

Η παρούσα Τεχνική Έκθεση συντάσσεται στα πλαίσια εκπόνησης της οριστικής μελέτης του έργου «Υπολειπόμενες μελέτες υποδομής της **Νέας Σιδηροδρομικής Γραμμής (Ν.Σ.Γ.) κανονικού εύρους Κορίνθου – Πατρών στο τμήμα από χλμ. 75 έως χλμ. 90 – Α.Δ. 360**». Το έργο ανατέθηκε από την ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. με την από 16.01.04 σύμβαση με τα συμπράττοντα γραφεία «ΟΒΕΡΜΕΥΕΡ ΠΛΑΝΕΝ + ΒΕΡΑΤΕΝ GmbH», «ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑ Ε.Π.Ε.». Η μελέτη της γέφυρας εκπονήθηκε από την τεχνική εταιρία ΟΒΕΡΜΕΥΕΡ ΠΛΑΝΕΝ + ΒΕΡΑΤΕΝ GmbH.

Η παρούσα Τεχνική Έκθεση αναφέρεται στην Οριστική Μελέτη Τεχνικού (Άνω Διάβασης) **ΚΟ5** στη Χ.Θ. 78+020.25 της Ν.Σ.Γ.

Η κατασκευή του τεχνικού εξυπηρετεί την επικοινωνία των οικισμών εκατέρωθεν της Νέας Σιδηροδρομικής Γραμμής

Τεχνικά Σχέδια

Α/Α	ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ
Α	ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ - ΑΠΟΣΠΑΣΜΑΤΑ ΜΗΚΟΤΟΜΩΝ
Β	ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ - ΟΨΕΙΣ
Γ	ΚΑΤΟΨΗ – ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ
Δ	ΚΑΤΟΨΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ
Ε	ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΤΟΜΕΣ
Ζ	ΞΥΛΟΤΥΠΟΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΟΥ Α1-Α2
Η	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ
Θ	ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ
Ι	ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΠΕΛΜΑΤΩΝ ΑΝΩΔΟΜΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ
Κ	ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΟΥ Α1
Λ	ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΟΥ Α2
Μ	ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΑΔΟΚΙΔΑΣ

Τα τεχνικά σχέδια παρατίθενται στο Παράρτημα Α'.

3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ

Η μελέτη εκπονήθηκε από την τεχνική εταιρία OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH, λαμβάνοντας υπόψιν τις ακόλουθες μελέτες και έγγραφα σχετιζόμενα με το έργο:

1. Σύμβαση Α.Δ. 360 (16.01.04)
2. Συγγραφή υποχρεώσεων Α.Δ. 360 (Απρίλιος 2003)
3. Έγκριση προκαταρκτικής μελέτης και εντολή εκπόνησης οριστικής μελέτης τεχνικού Κ.Ο.5 στην περιοχή παράκαμψης Ελαιώνα (αρ.πρωτ. ΕΡΓΑ ΟΣΕ 87108/07.08.06)
4. Γεωτεχνική έρευνα και αξιολόγηση στη θέση του τεχνικού Άνω Διάβαση ΚΟ5 της παράκαμψης του Ελαιώνα (αρ.πρωτ. έγκρισης ΕΡΓΑ ΟΣΕ 94272/10.11.06)
5. Οριστική μελέτη χάραξης Νέας Σιδηροδρομικής Γραμμής και αποκατάστασης οδικού δικτύου στην περιοχή του Ελαιώνα από ΧΘ 75+500 έως ΧΘ 80+493 και της μελέτης προσωρινής παραλλαγής της υφιστάμενης Σ.Γ. κατά την κατασκευή από Χ.Θ. 75+000 έως Χ.Θ. 81+000 (αρ. πρωτ. υποβολής στην ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε/ 107916/21-05-07).
6. Μελέτη υδραυλικών έργων από Βουραϊκό ποταμό μέχρι Κερυνίτη ποταμό

Επιπροσθέτως, ελήφθησαν υπόψιν τα πορίσματα μετά από τις κατά περιόδους συσκέψεις με την υπηρεσία.

3.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΑΡΑΞΗΣ

Η υποκείμενη Νέα Σιδηροδρομική Γραμμή Υψηλών Ταχυτήτων (ΝΣΓ) στη θέση της υπό μελέτη γεφύρωσης (ΚΟ5) οριζοντιογραφικά βρίσκεται σε δεξιόστροφη καμπύλη. Βάσει της σχετικής μηκοτομής χάραξης ΝΣΓ , παρουσιάζει κατά μήκος κλίση καθοδική περίπου **0.125%**.

Σύμφωνα με την οριστική μελέτη χάραξης, ο άξονας της τοπικής οδού **ΚΟ5** διασταυρώνεται με αυτόν της ΝΣΓ με γωνία **80°** περί τη Χ.Θ. 0+269.23 της τοπικής οδού και στην άμεση περιοχή της γεφύρωσης δεν παρουσιάζει καμπυλότητα σε οριζοντιογραφία. Βάσει της σχετικής μηκοτομής οδοποιίας, η ερυθρά της οδού **ΚΟ5** παρουσιάζει κατά μήκος κλίση καθοδική και μεταβαλλόμενη από περίπου 1.4% στην αρχή της γεφύρωσης σε περίπου 2.1% στο πέρας γεφύρωσης, σύμφωνα με κυρτό τόξο προσαρμογής ακτίνας **5000m**, κέντρο πολυγωνικής ευρισκόμενο περί τη ΧΘ 0+277.3 της οδού, και κλίσεις πολυγωνικής περίπου -0.9% και -2.94%. Κατά την εγκάρσια, η επιφάνεια του καταστρώματος κυκλοφορίας προβλέπεται αμφικλινής 2.5%.

3.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΟ

Διάταξη Ανοιγμάτων

Ο φορέας ανωδομής του τεχνικού διαμορφώνεται με ένα (1) άνοιγμα μήκους **34.80 m** μεταξύ των αξόνων στήριξης στα ακρόβαθρα (θεωρητικό μήκος ανοίγματος σε κάτοψη – μετρούμενο επί της ερυθράς). Το συνολικό μήκος της γέφυρας μετρούμενο στον άξονα της ερυθράς και μεταξύ παρειών διαδοκίδων υπολογίστηκε σε **36.00 m**.

Οι άξονες στήριξης προβλέπονται να είναι κάθετοι στον άξονα της οδού. Η σύνδεση της ανωδομής επί των ακροβάθρων υλοποιείται μέσω ελαστομεταλλικών εφεδράνων με σκοπό τη μείωση των παρασιτικών δράσεων από καταναγκασμούς και τη σεισμική μόνωση.

Κατωτέρω γίνεται περιγραφή των κυριότερων τμημάτων του τεχνικού με πρόθεση αναφοράς μόνο στις χαρακτηριστικές διαστάσεις. Τίθενται οι ακόλουθες ονομασίες – κωδικοί για τα βασικά τμήματα που συνθέτουν τον φέροντα οργανισμό του τεχνικού:

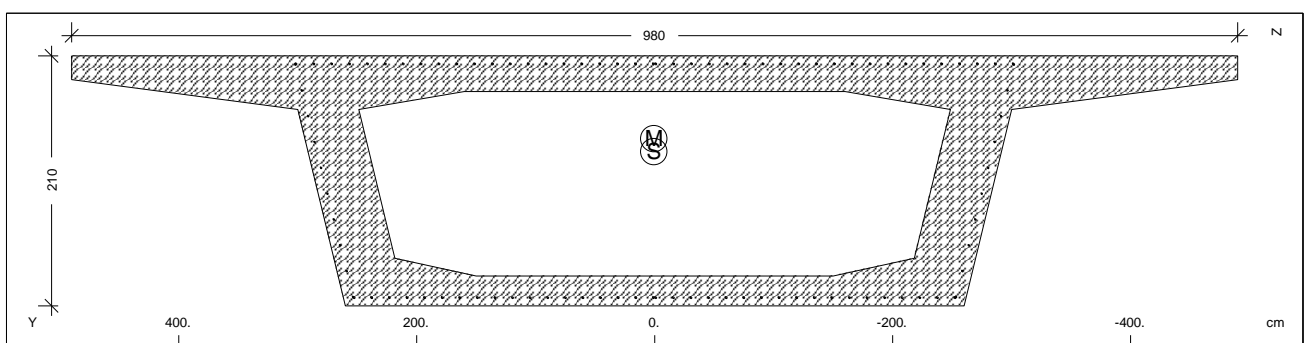
A1	Ακρόβαθρο στην Αρχή του Τεχνικού (Χ.Θ. 0+150.65)
L1	Άνοιγμα φορέα ανωδομής
A2	Ακρόβαθρο στο πέρας του Τεχνικού (Χ.Θ. 0+182.73)

Ανωδομή

Η διατομή οδοποιίας στη θέση του τεχνικού περιλαμβάνει δύο (2) λωρίδες κυκλοφορίας πλάτους **3.75m** έκαστη χωρίς παρεμβολή διαχωριστικής νησίδας και πεζοδρόμια συνολικού πλάτους **1.50 m** έκαστο. Για την πλευρική διαμόρφωση υιοθετούνται οι Οδηγίες Εκπόνησης Μελετών (ΕΡΓΑ Ο.Σ.Ε. Α.Ε.) και προκύπτουν:

- Συνολικό πλάτος οδοστρώσας ίσο με $2 \times 3.75 = 7.50 \text{ m}$
- Συνολικό πλάτος εκάστου πεζοδρομίου ίσο με **1.50 m** (κάλυμμα **0.35m**)
- Συνολικό πλάτος σκυροδέματος φορέα ανωδομής ίσο με **9.80 m**, και
- Συνολικό πλάτος φορέα ανωδομής (συμπεριλαμβανομένων των καλυμμάτων) ίσο με **10.50m**

Επι της πλάκας καταστρώματος προβλέπεται στεγανωτική μεμβράνη, προστατευτική στρώση της μεμβράνης και διαμόρφωσης εγκαρσίων κλίσεων ελάχιστου πάχους **5 cm**, ασφαλτική ισοπεδωτική στρώση (πάχους **5 cm**) και αντιολισθηρή ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας συμπυκνωμένου πάχους **4 cm**. Η διατομή του φορέα ανωδομής μορφώνεται ως κιβωτιοειδής (μονοκυψελικό κιβώτιο συνολικού ύψους **2.10 m** με λοξούς κορμούς και αμφιπροέχοντα τμήματα προβόλων μεταβλητού πάχους) από προεντεταμένο σκυρόδεμα B35 (C30/37).



Τίθεται πάχος κορμού ίσο με **0.50 m**. Στην περιοχή έδρασης τίθεται ενισχυμένο πάχος κορμού (γραμμικά μεταβαλλόμενο από **0.70 m** στην εσωτερική παρειά διαδοκίδας έως **0.50 m** σε απόσταση **4.00 m** από αυτήν).

Τα τμήματα διατομής εκατέρωθεν του κιβωτίου (πρόβολοι) τίθενται με πάχος γραμμικά μεταβαλλόμενο από **0.45 m** στην παρειά του κορμού έως **0.20 m** στο άκρο (σημειώνεται ότι για λόγους τοπικής κατασκευαστικής διαμόρφωσης ρύσεων κατά OEM, το πάχος προβόλου στο άκρο στα σχέδια προδιαγράφεται με τιμή **0.22 m**).

Τίθεται πάχος άνω πέλματος κιβωτίου (πλάκα καταστρώματος) ίσο με **0.30 m** σε εγκάρσιο μήκος εφαρμογής **1.60 m** εκατέρωθεν του άξονα κιβωτίου (ήτοι σε εγκάρσιο μήκος **3.20 m**). Κατά τη λοιπή εγκάρσια έννοια τίθεται ενισχυμένο πάχος άνω πέλματος κιβωτίου αυξανόμενο γραμμικά σε **0.45 m** στην παρειά σύνδεσης με κορμούς

Τίθεται πάχος κάτω πέλματος κιβωτίου (πλάκα πυθμένα) ίσο με **0.25 m** σε εγκάρσιο μήκος εφαρμογής **1.50 m** εκατέρωθεν του άξονα κιβωτίου (ήτοι σε εγκάρσιο μήκος **3.00 m**). Κατά τη λοιπή εγκάρσια έννοια τίθεται ενισχυμένο πάχος πλάκας πυθμένα αυξανόμενο γραμμικά σε **0.40 m** στην παρειά σύνδεσης με κορμούς.

Ακρόβαθρα

Τα ακρόβαθρα (A1 και A2) μορφώνονται ως συμπαγή με τοίχους αντεπιστροφής και πτερύγια. Στο σώμα των ακροβάθρων προβλέπεται επισκέψιμος χώρος, ο οποίος θα επιτρέπει την πρόσβαση στις θέσεις των εφεδράνων, στα σημεία αγκύρωσης των τενόντων και στην κάτω επιφάνεια της περιοχής εγκατάστασης των αρμών διαστολής.

Τύπος Θεμελίωσης

Προβλέπεται επιφανειακή θεμελίωση των ακροβάθρων. Η επιλογή προέκυψε σύμφωνα με τα πορίσματα αξιολόγησης των γεωτεχνικών ερευνών.

Πρανή

Τα μόνιμα πρανή εκσκαφών προδιαγράφονται με κλίση (υ:π) **2:3** και τα προσωρινά πρανή εκσκαφών προδιαγράφονται με κλίση **1:1**.

Τα πρανή επίχωσης προδιαγράφονται με κλίση **2:3**.

Θεωρήσεις Λειτουργίας και Συντήρησης

Πλάκες πρόσβασης

Με σκοπό τη μείωση της επιρροής της καθίζησης του επιχώματος (όπισθεν των ακροβάθρων) στην ποιότητα κυκλοφορίας τίθενται πλάκες πρόσβασης πάχους **0.25m** και συνολικού μήκους **6.0m**, πίσω από τα ακρόβαθρα.

Υδατοστεγάνωση

Στην ανώτερη επιφάνεια του προεντεταμένου σκυροδέματος της ανωδομής (κατάστρωμα) τοποθετείται στεγανωτική μεμβράνη.

Επιδιώκεται πολλαπλή προστασία (έναντι υγρασίας/διάβρωσης χάλυβα) στην περιοχή αγκύρωσης των τενόντων. Καίτοι οι αρμοί διαστολής προβλέπονται υδατοστεγανοί λαμβάνονται τα κάτωθι πρόσθετα μέτρα:

- Διαμορφώνεται διάταξη απορροής στο προεξέχον τμήμα της διαδοκίδας ακροβάθρου ώστε να περιοριστεί το ενδεχόμενο διαβροχής της επιφάνειας της διαδοκίδας από τυχόν κατεισδύοντα ύδατα ή άλλες ουσίες.

- Επιδιώκεται περιορισμός της ρηγμάτωσης στις περιοχές αγκύρωσης τενόντων με αντίστοιχο περιορισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης παραμόρφωσης του χάλυβα (οπλισμού έναντι δυνάμεων διάσπασης/αποφλοίωσης) στο 0.1%.
- Επενδύεται με στεγανωτική μεμβράνη όλη η εξωτερική επιφάνεια της διαδοκίδας ακροβάθρου.

Στην περιοχή του αρμού διαστολής τοποθετείται διάταξη συλλογής και απορροής των υγρών που πιθανώς κατεισδύσουν. Η απόληξη του σωλήνα αποχέτευσης τοποθετείται εγγύς του αύλακα απορροής στο δάπεδο του ανοίγματος πρόσβασης. Η όλη διάταξη δεν συνδέεται με στοιχεία της ανωδομής ώστε να αποφεύγεται καταπόνησή της σε περίπτωση υπερύψωσης της γραμμής έδρασης εφεδράνων.

Στα εσωτερικά όλων των τοίχων και επάνω στις πλάκες πρόσβασης προβλέπεται διπλή ασφαλική επάλειψη. Πίσω από τα ακρόβαθρα προβλέπονται στραγγιστήρια εδραζόμενα επι διαμόρφωσης από ισχνό σκυρόδεμα ποιότητας B5 ή B10 (C12/15).

Επισκεψιμότητα

Η δυνατότητα επισκεψιμότητας για επιθεώρηση των εφεδράνων ακροβάθρων, της κάτω επιφάνειας των αρμών και των περιοχών αγκύρωσης των τενόντων επιτυγχάνεται μέσω του ειδικά για το σκοπό αυτό διαμορφωμένου ανοίγματος των ακροβάθρων.

Αντικατάσταση εφεδράνων

Προβλέπεται δυνατότητα ανύψωσης της γραμμής έδρασης της ανωδομής στην περιοχή των ακροβάθρων με σκοπό την αντικατάσταση των εφεδράνων. Η διαδικασία θα γίνεται με εγκατάσταση και χρήση γρύλων ανύψωσης (jacks)

που τοποθετούνται σε θέσεις υποδοχής προδιαγεγραμμένες για το σκοπό αυτό.

Πεζοδρόμια – Στηθαία

Στα άκρα των προβόλων του φορέα ανωδομής διαμορφώνεται έγχυτο επιτόπου πεζοδρόμιο πλάτους **1.50m** στο οποίο συμπεριλαμβάνεται πάχος καλύμματος **0.35m**.

Επι του πεζοδρομίου τοποθετούνται άκαμπτα μεταλλικά στηθαία ασφαλείας τύπου **ΣΤΕ-1** με ορθοστάτες ανά **2.5 m**.

Η εφαρμογή πεζοδρομίων/στηθαίων επεκτείνεται και στα ακρόβαθρα. Στις θέσεις των αρμών καταστρώματος τίθενται αρμοί συστολοδιαστολής και στα στηθαία.

Ελεύθερο Ύψος

Με τις ως άνω παραδοχές σχεδιασμού διασφαλίζεται το ελάχιστο επιτρεπόμενο ελεύθερο ύψος **7.00 m**.

Ειδικές Θεωρήσεις

Σωληνώσεις Αναμονής Διέλευσης Αγωγών Ο.Κ.Ω.

Υπάρχει πρόβλεψη τριών οπών διαμέτρου **Φ110mm** ανά πεζοδρόμιο της οδού για εξυπηρέτηση Οργανισμών Κοινής Ωφελείας (Ο.Κ.Ω.).

3.4 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Λαμβάνονται υπόψιν και εφαρμόζονται τα κάτωθι κείμενα κανονισμών και οδηγιών:

- Ο.Ε.Μ. Οδηγίες εκπόνησης μελετών της ΕΡΓΟΣΕ (Έκδοση 0.1)
- DIN 1055 Παραδοχές φορτίων: Μέρος 1 (7/1978), Μέρος 2 (2/1976)
- DIN 1072 Παραδοχές φορτίων για Οδογέφυρες και Πεζογέφυρες (12/1985)
- DIN 1075 Γέφυρες από Σκυρόδεμα – Διαστασιολόγηση και Εκτέλεση (4/1981)
- DIN 1045 Άοπλο και Οπλισμένο Σκυρόδεμα – Διαστασιολόγηση και Εκτέλεση (7/1988)
- HEFT 240 Βοηθήματα υπολογισμού των εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα. (DafStB, 1978).
- DIN 4141 Εφέδρανα στις δομικές κατασκευές- Μέρος 14 (9/1985)
- DIN 4227-1 Προεντεταμένο Σκυρόδεμα: Μέρος 1 (7/1988) και Παραρτ.Α1 (12/1995)
- DIN 1054 Έδαφος Θεμελίωσης - Επιτρεπόμενη φόρτιση (11/1976)
- E39/99 Αναμόρφωση της Εγκυκλίου E39/93 «Οδηγίες για την αντισεισμική μελέτη γεφυρών» της ΔΜΕΟ/γ του ΥΠΕΧΩΔΕ (12/1999).
- ΕΑΚ2000 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός – Έκδοση 2000 (12/1999) με τις ισχύουσες τροποποιήσεις του. Συνεκτιμώνται επίσης στοιχεία από τα ακόλουθα:
- EC8-2, Αντισεισμικός Σχεδιασμός κατασκευών-Μέρος 2: Γέφυρες ENV1998-2 (10/1994)
- EN 1377, European Standard on Structural Bearings (6/2004)
- «Οδηγίες για τη μελέτη γεφυρών με σεισμική μόνωση» της ΔΜΕΟ/γ του ΥΠΕΧΩΔΕ (1/2004).

E.C Hambly, " Bridge Deck Behaviour", E& FN SPON, 1990

F. Leonhardt, E. Mönning, "Ειδικά Κεφάλαια Ωπλισμένου Σκυροδέματος", Springer Verl, Berlin/Heidelberg 1975

J. Schlaich, H Scheef, "Concrete Box Girder Bridges", IABSE, 1982

ICE, "Manual of Bridge Engineering", Telford Ltd, London 2000

Construction Industry Research & Information Association (CIRIA), "Guide 1", London 1976

The Concrete Society/Concrete Bridge Development Group, "One Day Seminar on Durable Post Tensioned Concrete Bridges", The Society of Chemical Industry, London, 1994

3.5 ΥΛΙΚΑ - ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Σκυρόδεμα

Ποιότητες Σκυροδέματος

Χρησιμοποιούνται οι παρακάτω ποιότητες σκυροδέματος κατά DIN 1045 ανά τύπο κατασκευής:

Φορέας ανωδομής.....:	B35 (C30/37)
Ακρόβαθρα	B25 (C20/25)
Πεζοδρόμια	B25
Πλάκες πρόσβασης.....:	B25
Εξομαλυντικές στρώσεις	B10 (C12/15)
Σκυρόδεμα Πλήρωσης στραγγιστηριών.....:	B10

Ιδιο Βάρος Σκυροδέματος

Θεωρούνται οι παρακάτω τιμές για το ίδιο βάρος σκυροδέματος:

Άοπλο Σκυρόδεμα	$\gamma_c = 24$	kN/m ³
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	$\gamma_c = 25$	kN/m ³
Προεντεταμένο Σκυρόδεμα	$\gamma_c = 25$	kN/m ³

Συντελεστής Θερμικής Διαστολής Σκυροδέματος

Λαμβάνεται ίσος με $\alpha = 10^{-5}$ ανά βαθμό Κελσίου.

Χάλυβας Χαλαρών Οπλισμών

Ποιότητες Χάλυβα Οπλισμών

Τίθεται γενικώς κατά DIN 488:

Χάλυβας Χαλαρών Οπλισμών	BSt 500s (S500s)
Χάλυβας Συνδετήρων	BSt 500s

Επικαλύψεις Οπλισμού

Γενικά η ονομαστική επικάλυψη του σιδηρού οπλισμού λογίζεται στους στατικούς υπολογισμούς ίση με **4.5 cm**. Στα στοιχεία της κατασκευής που έρχονται σε επαφή με έδαφος (βάθρα, πέδιλα, τοίχοι) η ονομαστική επικάλυψη λαμβάνεται κατά τους στατικούς υπολογισμούς ίση με **5.5 cm**.

Χάλυβας Προέντασης

Ποιότητες Χάλυβα Προέντασης

Επιλέγεται ποιότητα χάλυβα προέντασης 1570/1770 (160/180) κατά EN 138-79 με τις παρακάτω ιδιότητες (οι οποίες αντιστοιχούν σε τύπο Y1770S7 κατά πίνακες της Alga Spa):

Τύπος Καλωδίων	T15 (0.6") Super
Ονομαστική Επιφάνεια Διατομής Κλώνου	$A_n = 150 \text{ mm}^2$
Όριο Διαρροής Χάλυβα	$\beta_s = 1570 \text{ MPa (160 Kp/mm}^2)$
Αντοχή Χάλυβα σε Εφελκυσμό	$\beta_z = 1770 \text{ MPa (180 Kp/mm}^2)$
Μέτρο Ελαστικότητας	$E = 195000 \text{ Mpa}$

Σύστημα Προέντασης

Θεωρείται περιορισμένη προένταση με μονόπλευρη τάνυση των τενόντων και μεταγενέστερη συνάφεια.

Τίθενται **έξι (6)** τένοντες των **19T15** έκαστος ανά κορμό ήτοι συνολικά τίθενται **12** τένοντες των **19T15** έκαστος.

Στις περιοχές τάνυσης/αγκύρωσης εφαρμόζεται σύστημα τύπου **M** (κατά τους πίνακες και την ονοματολογία της Alga Spa) ή αναλόγου.

Κατά τη χάραξη και τους στατικούς υπολογισμούς ελήφθησαν υπ'όψιν τα παρακάτω δεδομένα για την προένταση:

Επιφάνεια τένοντα 19T15	A_z	=	$19 \cdot 150 = 2850 \text{ mm}^2$
Εξωτερική Διάμετρος Σωλήνα προέντασης	Φ_e	=	96 mm
Εσωτερική Διάμετρος Σωλήνα προέντασης	Φ_i	=	90 mm
Ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας	R_{\min}	=	7500
Ελάχιστο ευθύγραμμο μήκος μετά την αγκύρωση	G_{mi}	=	1000 mm
Συντελεστής Τριβής	μ	=	0.20/rad
Αθέλητη γωνία εκτροπής:	k	=	0.01 rad/m
Ολίσθηση κώνου:	ss	=	6 mm
Τετραγωνική πλάκα αγκύρωσης με πλευρά:	N	=	320 mm

Με υιοθέτηση $\sigma_{\varepsilon\pi} = \min (0.55\beta_z, 0.75\beta_s)$ θεωρείται επιτρεπόμενη τάση χάλυβα προέντασης $\sigma_{\varepsilon\pi} = \mathbf{973.5 \text{ Mpa}}$ και αντίστοιχα επιτρεπόμενη δύναμη προέντασης $Zv = Az \cdot \sigma_{\varepsilon\pi} = \mathbf{2774 \text{ kN}}$ ανά τένοντα.

Κατά τους υπολογισμούς λαμβάνεται υπ'όψιν γενικώς μέγιστη επιτρεπτή υπερτάνυση τέτοια ώστε, αμέσως μετά την ολίσθηση κώνου αφενός να εξασφαλίζεται η επιτρεπόμενη τάση $\sigma_{\varepsilon\pi}$ στο άκρο της αγκύρωσης, αφετέρου δε σε ενδιάμεσες θέσεις τενόντων να εξασφαλίζεται τάση όχι μεγαλύτερη από $0.96 \cdot \sigma_{\varepsilon\pi}$. Για την διασφάλιση των απαιτήσεων αυτών, πάντως, τίθεται άνω όριο επιτρεπόμενης υπερτάνυσης στην τιμή $1.18 \cdot \sigma_{\varepsilon\pi}$.

Αποστάσεις Μεταξύ Τενόντων – Επικαλύψεις Σκυροδέματος

Κατά την τοποθέτηση των πλακών αγκύρωσης λαμβάνονται υπ'όψιν και εξασφαλίζονται τα κάτωθι όρια (κατά τις οδηγίες της ALGA Spa και για $f_{c,k}=27.5 \text{ N/mm}^2$):

Ελάχιστη απόσταση μεταξύ κ.β. τενόντων	X	=	460 mm
Ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος	$X/2+10$	=	240 mm

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη ελεύθερη απόσταση μεταξύ των σωλήνων λαμβάνεται (κατά DIN 4227) ίση με $0.8\Phi_i = 72\text{mm}$ και η ελάχιστη επιτρεπόμενη επικάλυψη σκυροδέματος λαμβάνεται ίση με $0.6\Phi_i = 54\text{mm}$.

Εφέδρανα

Στην έδραση της ανωδομής επι των ακροβάθρων τίθενται ορθογωνικά αγκυρούμενα ελαστομεταλλικά εφέδρανα διαστάσεων **500 x 600** με συνολικό πάχος ελαστικού **T_{ελ} = 99 mm** σε **9** στρώσεις (τύπου π.χ. AlgaBloc NB4 ή αναλόγου). Η επιλογή έγινε με κριτήριο την αντοχή και ευστάθεια υπό τους προβλεπόμενους ελέγχους.

Γεωμετρικές Ιδιότητες

Κατά τους στατικούς υπολογισμούς ελήφθησαν υπ'όψιν ελαστομεταλλικά εφέδρανα με τις παρακάτω γεωμετρικές ιδιότητες:

Τύπος Εφεδράνου	AlgaBloc NB4	
Διαστάσεις εφεδράνου (a x b x H _s)	500 x 600 x 211	mm
Αριθμός στρώσεων ελαστομερούς (n)	9	
Πάχος ενδιάμεσης στρώσης ελαστομερούς (e)	11	mm
Συνολικό πάχος ελαστομερούς (T _{ελ})	99	mm
Συνολικό πάχος εφεδράνου (H _s)	211	mm

Πηγή: ΕΛΕΜΚΑ ΑΕ, 2002

Ο συντελεστής σχήματος υπολογίζεται (E39/99) :

$$S = \left(\frac{ab}{2 \cdot (a+b) \cdot e} \right) = \left(\frac{500 \cdot 600}{2 \cdot (500 + 600) \cdot 11} \right) = 12.40$$

Οριακές – επιτρεπόμενες τιμές

Μέγιστη επιτρεπόμενη ορθή τάση	15 Mpa
Μέγιστη επιτρεπόμενη στροφή στρώσης (περί άξονα // στη μεγάλη πλευρά)	0.0020 rad
Μέγιστη επιτρεπόμενη στροφή στρώσης (περί άξονα // στη μικρή πλευρά)	0.0012 rad
Μέγιστη επιτρεπόμενη διατμητική παραμόρφωση	$\tan \gamma = 0.7$

Ανοιγμένη διατμητική παραμόρφωση κατά τη θραύση	$\gamma_{bu} = 7$
Μέγιστη επιτρεπόμενη διατμητική παραμόρφωση υπό Σεισμό	$0.75\gamma_{bu}$
Μέγιστη επιτρεπόμενη διατμητική παραμόρφωση υπο σεισμική δράση μόνο	$\gamma_s = 2$

Ελαστικές σταθερές εφεδράνων

Υπό φορτία λειτουργίας λαμβάνεται υπ'όψιν μέτρο διάτμησης ελαστομερούς **G = 0.99 N/mm²**.

Για τον έλεγχο των εφεδράνων έδρασης υπό σεισμό εφαρμόζεται η Ε39/99 και οι «Οδηγίες για τη μελέτη γεφυρών με σεισμική μόνωση». Υιοθετούνται Ανώτατες και Κατώτατες Τιμές Παραμέτρων Σχεδιασμού (ΑΤΠΣ και ΚΤΠΣ αντίστοιχα).

Λαμβάνεται **G_{min} = 0.99 N/mm² (ΚΤΠΣ)** και,
G_{max} = 1.485 N/mm² (ΑΤΠΣ).

Για τον υπολογισμό της αντίστασης σε θλίψη λαμβάνεται υπ'όψιν μέτρο συμπίεσης ελαστομερούς (rubber bulk modulus) ίσο με **k = 2000 N/mm²** και υπολογίζεται ισοδύναμο μέτρο ελαστικότητας εφεδράνου βάσει της σχέσης :

$$E_{i,comp} = \left(\frac{k \cdot f}{k + f} \right)$$

όπου στον τύπο λαμβάνεται $f = 5 \cdot G \cdot S^2$ (S ο συντελεστής σχήματος του εφεδράνου).

Προκύπτει (π.χ για G=0.99 N/mm² και S = 12.40) : $f = 5 \times 0.99 \times 12.40^2 = 761$
N/mm² και

$$E_{i,comp} = \left(\frac{2000 \times 761}{2000 + 761} \right) = 551 \text{ N/mm}^2$$

Εγκατάσταση εφεδράνων

Επιλέγεται απόσταση μεταξύ αξόνων εφεδράνων ίση με **4.00m**. Τα εφέδρανα τοποθετούνται ώστε η πλευρά με τη μεγαλύτερη διάσταση να είναι παράλληλη με τον εγκάρσιο άξονα του προσκέφαλου ακροβάθρου.

Αρμοί Καταστρώματος

Εκτιμάται ότι είναι αντιοικονομικός ο σχεδιασμός αρμού για ικανότητα παραλαβής του συνόλου της σεισμικής μετακίνησης υπό σεισμό μεγάλης περιόδου επαναφοράς ενώ διαρκούσης της υπ'όψιν περιόδου πρέπει να αντικαθίσταται αρκετές φορές λόγω (συνήθους) φθοράς. Είναι δυνατό να ληφθεί υπ'όψιν (κατά τις συστάσεις της παρ.2.7.5(1) της Ε39/99) ποσοστό 40% της συνολικής σεισμικής μετακίνησης d_{ED} κατά το σχεδιασμό των αρμών καταστρώματος. Οι υπολογισμοί των σεισμικών μετακινήσεων με την ως άνω θεώρηση υπέδειξαν απαιτούμενη δυνατότητα μετακίνησης αρμού ίση με **+/- 60mm**. Τίθεται αρμός καταστρώματος τύπου **ALGAFLEX T120** (κατά τους πίνακες της ALGA Spa) ή ανάλογου τύπου.

Τελικές Επεξεργασίες Επιφανειών σκυροδέματος

Όλες οι αφανείς επιφάνειες (θεμελιώσεις) και οι επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με γαίες, θα διαμορφωθούν με επιφανειακό τελείωμα ΤΥΠΟΥ Α.

Όλες οι ορατές επιφάνειες σκυροδέματος (φορέας ανωδομής, ακρόβαθρα) θα διαμορφωθούν με επιφανειακό τελείωμα ΤΥΠΟΥ Γ.

3.6 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

Γενικά

Για τη διερεύνηση των συνθηκών υπεδάφους στη θέση κατασκευής του τεχνικού, εκτελέσθηκε στην παρούσα φάση μελέτης η γεώτρηση ΚΟ5-1. Τα στοιχεία της γεώτρησης έχουν ως εξής:

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΒΑΘΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ
	Χ	Υ	(m)	(m)	
ΚΟ5-1	338985.35	4228928.90	+33.00	25.20	25/7– 27/7/2006

Η θέση της γεώτρησης δίδεται στο σχέδιο οριζοντιογραφίας της παρούσας μελέτης.

Στρωματογραφία

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεώτρησης, το υπέδαφος στη θέση κατασκευής του τεχνικού αποτελείται από αμμοχάλικα σε συνεχείς εναλλαγές με μέσο – χονδρόκοκκες άμμους πυκνής απόθεσης ενώ σε μεγάλο βάθος συναντήθηκε και μία στρώση αργιλώδους άμμου μέσης πυκνότητας.

Σε όλες τις δοκιμές τυποποιημένης διείσδυσης (S.P.T.) που εκτελέσθηκαν κατά την εξέλιξη της γεώτρησης από την τεχνική εταιρία OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH., παρατηρήθηκε ομοιομορφία και καταγράφηκαν τιμές που υποδεικνύουν πυκνή απόθεση των αδρομερών σχηματισμών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η στρωματογραφία που συναντήθηκε ομαδοποιείται σε δύο γεωτεχνικές ενότητες ως εξής :

- Ενότητα I : Αμμοχάλικα - Άμμοι, πυκνής απόθεσης
- Ενότητα II : Αργιλώδης Άμμος, μέσης πυκνότητας

Τα βάθη εντοπισμού των γεωτεχνικών ενότητων στην γεώτρηση έχουν ως εξής :

Γεώτρηση	Ενότητα I Βάθος (m)	Ενότητα II Βάθος (m)	Ενότητα III Βάθος (m)
KO5 – 1	0.00– 17.50 19.80 – 25.20	17.50 – 19.80	–

Στάθμη Υπογείων Υδάτων

Μέχρι το μέγιστο διερευνηθεί βάθος των 25.20m δεν εντοπίσθηκε υδροφόρος ορίζοντας.

3.7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Γενικά

Για τη θεμελίωση του τεχνικού κρίνεται προτιμητέα η λύση της επιφανειακής θεμελίωσης με πέδιλα επειδή:

- Οι συνθήκες υπεδάφους κρίνονται ευνοϊκές για επιφανειακή θεμελίωση.
- Η εκσκαφή για την θεμελίωση των βάθρων θα γίνει εν ξηρώ.
- Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν υφίσταται κίνδυνος υποσκαφής των βάθρων.
- Οι αναμενόμενες καθιζήσεις δεν είναι σημαντικές. Λόγω της ομοιογένειας και της φύσης του εδάφους θεμελίωσης δεν υφίσταται κίνδυνος διαφορικών καθιζήσεων, οι οποίες δεν είναι επιθυμητές.
- Η επιφανειακή θεμελίωση με πέδιλα κρίνεται στη συγκεκριμένη περίπτωση οικονομικότερη των φρεατοπασσάλων.

Σύμφωνα με τον σχεδιασμό του τεχνικού τα προβλεπόμενα υψόμετρα έδρασης των πεδίων στις θέσεις των βάθρων είναι τα εξής:

Βάθρο	Στάθμη φυσικού εδάφους (m)	Στάθμη θεμελίωσης (m)
A1	+33.43	+ 23.11
A2	+ 32.80	+ 22.48

Ο σχεδιασμός της θεμελίωσης του τεχνικού προβλέπει για τα βάθρα διαστάσεις πεδίων **9.50 m x 9.80 m**. Το ύψος των πεδίων είναι **1.50 m**.

Γεωτεχνικές Παράμετροι Σχεδιασμού

Η επιλογή των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς γίνεται, ελλείψει αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων του υπεδάφους λόγω της κοκκώδους φύσης του υπεδάφους, με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών τυποποιημένης διείδυσης (S.P.T.) και την βοήθεια της σχετικής βιβλιογραφίας και ειδικότερα το DIN 1055.

• Παράμετροι Αντοχής

Για πυκνά αμμοχάλικα και άμμους οι παράμετροι διατμητικής αντοχής λαμβάνονται από τον πίνακα 1 του DIN 1055 ως εξής :

- γωνία τριβής $\varphi' = 35^\circ$
- συνοχή $c' = 0 \text{ Kpa}$

• Παράμετροι Παραμορφωσιμότητας

Για τα αμμοχάλικα η τιμή του μέτρου συμπίεστότητας που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό των καθιζήσεων και τον προσδιορισμό του κατακόρυφου δείκτη εδάφους, λαμβάνεται από τα αποτελέσματα των δοκιμών τυποποιημένης διείδυσης.

Για μη συνεκτικούς σχηματισμούς το μέτρο συμπίεστότητας μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση:

$$E_s = \alpha + C * (N \pm 6) \text{ (kg/cm}^2\text{)} \text{ (Tassios and Anagnostopoulos, 1974)}$$

όπου:

N : ο αριθμός των κτύπων κατά τη δοκιμή τυποποιημένης διείδυσης.

Λαμβάνεται ίσος με 50, εφόσον συναντήθηκε άρνηση.

$\alpha = 40$ για $N > 15$.

$C = 10$ (τιμή για άμμο με χαλίκια)

Επομένως:

$$E_s = 40 + 10 * (50 \pm 6) \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 540 \text{ kg/cm}^2 = 54.000 \text{ kPa}$$

3.8 ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Για την θεμελίωση του τεχνικού με πέδιλα οι εδαφοτεχνικοί υπολογισμοί περιλαμβάνουν :

- Εκτίμηση φέρουσας ικανότητας και επιτρεπόμενης τάσης εδάφους κατά DIN 4017 και DIN 1054.
- Εκτίμηση καθιζήσεων κατά DIN 4019.
- Εκτίμηση του κατακόρυφου δείκτη εδάφους.

Φέρουσα Ικανότητα Βάθρων

Για τον υπολογισμό της οριακής τάσης θεμελίωσης χρησιμοποιείται σύμφωνα με τη DIN 4017/1 (1979) η σχέση:

$$q_u = c \times N_c \times v_c + \gamma_1 \times d \times N_d \times v_d + \gamma_2 \times b \times N_b \times v_b$$

όπου,

c = η συνοχή του εδάφους

γ_1 = το φαινόμενο βάρος εδάφους επάνω από το επίπεδο θεμελίωσης

γ_2 = το φαινόμενο βάρος εδάφους κάτω από το επίπεδο θεμελίωσης

d = το βάθος θεμελίωσης

b = το πλάτος θεμελίωσης

N_c = ο συντελεστής επιρροής συνοχής

N_d = ο συντελεστής επιρροής υπερκειμένου εδάφους

N_b = ο συντελεστής επιρροής του πλάτους θεμελίωσης

v_c, v_d, v_b = συντελεστές μορφής, εξαρτώμενοι από την μορφή του πεδίου

Λόγω εκκεντρότητας των επιβαλλομένων φορτίων το ενεργό πλάτος των πεδίων ορίζεται ως:

$$b' = b - 2e_x$$

Ομοίως το ενεργό μήκος των πέλδλων ορίζεται ως : $a' = a - 2e_y$.

Για τις εκκεντρότητες που υπολογίσθηκαν από τα εντατικά μεγέθη των στατικών υπολογισμών του τεχνικού, προκύπτουν τα ακόλουθα ενεργά πλάτη και μήκη πέλδλων :

Βάθρο	Διαστάσεις πέλδλου (m)	Εκκεντρότητα e_x (m)	Ενεργό πλάτος πέλδλου (m)	Εκκεντρότητα e_y (m)	Ενεργό μήκος πέλδλου (m)
A1	9.50 x 9.80	0.82	7.86	0.00	9.80
A2	9.50 x 9.80	0.82	7.86	0.00	9.80

Για γωνία τριβής $\varphi' = 35^\circ$ οι συντελεστές N_c , N_d και N_b λαμβάνονται από τον Πίνακα 2 της DIN 4017/Teil 1 :

$$N_c = 46, N_d = 33, N_b = 23$$

Για πέλδλα ορθογωνικής διατομής οι συντελεστές v_c , v_d και v_b υπολογίζονται σύμφωνα με τον Πίνακα 3 του DIN 4017/Teil 1 ως εξής:

$$v_c = (v_d \times N_d - 1) / (N_d - 1) = (1.46 \times 33 - 1) / (33 - 1) = 1.47$$

$$v_d = 1 + \sin\varphi \times b'/a' = 1 + \sin 35^\circ \times 7.86/9.80 = 1.46$$

$$v_b = 1.0 - 0.3 \times b'/a' = 1.0 - 0.3 \times 7.86 / 9.80 = 0.76$$

Για βάθος θεμελίωσης $d = 1.50\text{m}$, η οριακή τάση θεμελίωσης υπολογίζεται :

$$q_u = 0 \times 46 \times 1.47 + 20 \times 1.50 \times 33 \times 1.46 + 20 \times 7.86 \times 23 \times 0.76$$

$$q_u = 4.193 \text{ kN/m}^2$$

Με συντελεστή ασφαλείας έναντι θραύσης $FS = 2.0$ σύμφωνα με το DIN 1054, προκύπτει μέση επιτρεπόμενη τάση θεμελίωσης $q_{επ}$ ίση με:

$$q_{επ} = 4193 / 2.0 = 2097 \text{ kN/m}^2$$

Για τον σεισμικό σχεδιασμό μπορεί να ληφθεί σύμφωνα με το DIN 1054 συντελεστής ασφαλείας $\eta=1.3$, επομένως η μέση επιτρεπόμενη τάση $q_{επ}$ στην προκειμένη περίπτωση είναι ίση με :

$$q_{επ} = 4193 / 1.3 = 3225 \text{ kN/m}^2$$

Η ομοιόμορφα κατανεμημένη τάση που αναμένεται να ασκηθεί από την θεμελίωση των ακροβάθρων είναι της τάξης των $23555 \text{ kN} / 9.50\text{m} \times 9.80\text{m} = 253 \text{ kN/m}^2$. Η τάση αυτή είναι πολύ μικρότερη της επιτρεπόμενης τάσης που υπολογίσθηκε παραπάνω. Στην περίπτωση του σεισμού, η μέγιστη τάση που αναμένεται να ασκηθεί στην διεπιφάνεια πεδίου – εδάφους είναι 740 kN/m^2 , η οποία είναι επίσης πολύ μικρότερη από την τάση που υπολογίσθηκε παραπάνω.

Επομένως για την θεμελίωση των βάθρων δεν τίθεται πρόβλημα φέρουσας ικανότητας.

Καθιζήσεις

Για τον υπολογισμό των καθιζήσεων χρησιμοποιείται σύμφωνα με το DIN 4019/1 (1979) η σχέση:

$$s = (\sigma_o \times b \times f) / E_s \text{ όπου:}$$

s = η υπολογιζόμενη καθίζηση

σ_o = η πίεση που ασκείται από το πέλδιλο

b = το πλάτος του πεδίλου

E_s = το μέτρο συμπίεστότητας

f = συντελεστής εξαρτώμενος από τον λόγο του βάθους του ασυμπίεστου στρώματος προς το πλάτος του πεδίλου και από τον λόγο μήκος προς πλάτος πεδίλου.

Οι καθιζήσεις υπολογίζονται για βάθος ασυμπίεστου στρώματος 20m (~2b) από τη θεμελίωση. Οι καθιζήσεις υπολογίζονται με χρήση του διαγράμματος Steinbrenner στο κέντρο του πεδίλου για μέση τάση 253 kN/m² σύμφωνα με τους στατικούς υπολογισμούς.

$$s_k = 4 \times \sigma_o \times b \times \Delta f / E_s$$

$$a/b = 4.90 / 4.75 = 1.03$$

$$z/b = 20 / 4.75 = 4.2$$

$$f = 0.440$$

$$s_k = 4 \times 253 \times 4.75 \times 0.440 / 54000 = 0.039\text{m} = 3.9 \text{ cm}$$

Για άκαμπτο πέλδιλο λαμβάνεται υπ' όψη διορθωτικός συντελεστής 0.75 λόγω ακαμψίας, επομένως οι αναμενόμενες μέγιστες καθιζήσεις θα είναι

$$s_k = 0.75 \times 3.9 = 2.9 \text{ cm}$$

Δείκτης Εδάφους

Ο κατακόρυφος δείκτης εδάφους k_s λαμβάνεται από τη σχέση:

$$k_s = E_s / f * \sqrt{a*b} \quad \text{όπου:}$$

E_s = το μέτρο συμπίεστικότητας

f = συντελεστής μορφής, λαμβάνεται ίσος με 0.4 κατά Rausch

a, b = οι διαστάσεις του πεδίου

Προκύπτει δείκτης εδάφους:

$$k_s = 54000 / 0.4 \times (9.50 \times 9.80)^{1/2} = 13.991 \text{ kN/m}^3$$

3.9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ-ΠΡΟΣΩΡΙΝΑ ΕΡΓΑ

Αλληλουχία εργασιών – Προσωρινά έργα

Η κατασκευή προβλέπεται με χρήση ικριωμάτων και ξυλοτύπων συμβατικού τύπου.

Η αλληλουχία εργασιών προτείνεται ως ακολούθως:

Ακρόβαθρα

- Εργασίες γενικών εκσκαφών μέχρι την καθορισμένη από τη μελέτη στάθμη θεμελίωσης. Ο τρόπος εκσκαφής θα καθοριστεί λαμβάνοντας υπ'όψιν τα αποτελέσματα της Γεωτεχνικής έρευνας στη θέση του έργου και τις συστάσεις της Γεωτεχνικής Έκθεσης.
- Κατασκευή πέδιλων
- Κατασκευή κορμού και πτερυγοτοίχων ακροβάθρων Ενδιάμεσος κατασκευαστικός αρμός επιτρέπεται. Το θωράκιο μπορεί να σκυροδετηθεί μετά το πέρας των εργασιών προεντάσεως, ώστε να διατίθεται ο απαιτούμενος χώρος (σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτού του συστήματος προεντάσεως) για την εκτέλεση και ασφαλή διεκπεραίωση όλων των εργασιών προεντάσεως, τοποθέτηση η/και απομάκρυνση των πρεσσών και κλείσιμο/σφράγισμα των εσοχών προεντάσεως.

Ανωδομή

Προβλέπεται η εξής διαδικασία για την κατασκευή:

- Τοποθέτηση του εξωτερικού τύπου του φορέα της ανωδομής. Έλεγχος των υψομέτρων σύμφωνα με τα γεωμετρικά σχέδια της μελέτης.
- Τοποθέτηση ράβδων οπλισμού και των σωλήνων των τενόντων. Θα τοποθετηθούν καβίλιες για την όσο το δυνατόν ακριβέστερη χάραξη των καλωδίων.
- Μετά το τέλος του σιδερώματος τοποθετείται ο εσωτερικός τύπος.
- Τοποθέτηση του τύπου των μετώπων.
- Σκυροδέτηση: Σκυροδετείται το κάτω πέλμα του κιβωτίου και οι κορμοί. Ακολουθεί σκυροδέτηση τού πάνω πέλματος του κιβωτίου. Επιβάλλεται διαβροχή και συντήρηση σύμφωνα με τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.)
- Η τάνυση των τενόντων ακολουθεί μετά την ανάληψη της απαιτούμενης αντοχής.

Υπενθυμίζεται ότι το σύστημα του ικριώματος του ξυλοτύπου πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν το φορτίο του νωπού σκυροδέματος και τη συγκέντρωση του φορτίου του ιδίου βάρους του σκυροδέματος στο μέσο του ανοίγματος κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης. Η στατική μελέτη του ικριώματος στήριξης δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας στατικής μελέτης.

Κατασκευή επιστρώσεων – επικαλύψεων

Μετά την ολοκλήρωση των φορέων ανωδομής κατασκευάζονται οι κατασκευές προστασίας (πεζοδρόμια, αποχετευτικά σημεία, στηθαία ασφαλείας) οι επιστρώσεις του καταστρώματος και εκτελούνται οι εργασίες αποστράγγισης ακροβάθρων καθώς και κάθε άλλη εργασία που προβλέπεται από τη μελέτη.

3.10 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Εδαφικές Παράμετροι

Επιχώσεις

Για τον υπολογισμό της καταπόνησης εκ των πλευρικών ωθήσεων των παρακειμένων επιχώσεων λαμβάνεται γωνία διατμητικής αντοχής $\varphi = 30^\circ$ και γωνία τριβής $\delta=0^\circ$. Για τον υπολογισμό ακροβάθρων και τοίχων κατά τους συνδυασμούς φορτίων λειτουργίας λαμβάνεται υπ'όψιν ώθηση ηρεμίας. Η ώθηση γαιών υπό σεισμό θεωρείται σύμφωνα με την Ε39/99 και τις διατάξεις του ΕΑΚ2000.

Θεμελίωση

Λαμβάνεται υπ'όψιν το κεφάλαιο των γεωτεχνικών υπολογισμών και υιοθετούνται οι τιμές εδαφικών παραμέτρων που προτείνονται.

Φορτίσεις Σχεδιασμού

Προδιαγράφονται σύμφωνα με την DIN 1072. Λαμβάνονται υπ'όψιν οι κάτωθι περιπτώσεις φορτίσεων σχεδιασμού.

Κύρια Φορτία (H)

Μόνιμα Φορτία Φορέα

Ίδια βάρη σκυροδέματος

Ίδιο Βάρος Προεντεταμένου Σκυροδέματος	25	kN/m ³
Ίδιο Βάρος Οπλισμένου Σκυροδέματος	25	kN/m ³

Μόνιμα φορτία γαιών

Ιδιο Βάρος Γαιών επίχωσης 20 kN/m³

Φορτία ασφαλτικών κλπ. Επιστρώσεων

Λαμβάνονται υπ'όψιν:

- Ίδιο Βάρος Ασφαλτικών Επιστρώσεων 24 kN/m³
πάχους 9 cm
- Ίδιο Βάρος Σκυροδέματος μόρφωσης επικλίσεων 24 kN/m³
μεταβλητού πάχους απο 14.4 cm στην ερυθρά έως 5 cm στα ρείθρα.
- Πρόσθετο ομοιόμορφο φορτίο για κάλυψη αβεβαιοτήτων 0.5 kN/m²

Φορτία στηθαίων ασφαλείας

Ιδιο βάρος στηθαίου ΣΤΕ-1 1.0 kN/m³

Φορτία πεζοδρομίων, ρείθρων, επιστέψεων

Ιδιο βάρος πεζοδρομίων 25 kN/m³

Φορτία Κυκλοφορίας

Οι δράσεις από τα συνήθη φορτία κυκλοφορίας προσδιορίζονται κατ' εφαρμογή των Γερμανικών Κανονισμών (DIN 1072) για γέφυρες κλάσεως 60/30.

Εντοπίζονται τα δυσμενή εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από τις πιθανές δυσμενείς θέσεις φορτίων κυκλοφορίας κατά μήκος και πλάτος του καταστρώματος. Η διατύπωση των φορτίων οχημάτων (SLW60 και SLW30) γίνεται μέσω εφαρμογής συγκεντρωμένων ή ισοδυνάμων κατανεμημένων φορτίων τροχών στις εκάστοτε δυσμενείς θέσεις με συναξιολόγηση γραμμών επιρροής.

Συρρίκνωση Σκυροδέματος και Ερπυσμός

Τα φαινόμενα ερπυσμού και συρρίκνωσης υπολογίζονται κατά DIN 4227/Μέρος 1 με τις παρακάτω παραδοχές:

Θέση κατασκευής:	Ύπαιθρο
Μέση υγρασία περιβάλλοντος:	70%
Μέση Θερμοκρασία Σκυροδέματος:	10 ° C
Κατηγορία τσιμέντου:	Z35F ή Z45F (σκλήρυνση με κανονική

θερμοκρασία)

Για «ύπαιθρο» λαμβάνεται:	$\Phi_{f,o} = 2.0$
	$K_{ef} = 1.5$
	$\epsilon_{s,o} = -32 \cdot 10^{-5}$.

Λαμβάνεται για το κιβώτιο της ανωδομής και για πάχος κορμού 50 cm:

Εκτιθέμενη περίμετρος	$u \cong 28.6\text{m}$
Επιφάνεια σκυροδέματος	$A_c \cong 6.2\text{m}^2$

Το ενεργό πάχος της ανωδομής υπολογίζεται και λαμβάνεται γενικώς ίσο με:

$$d_{ef} = k_{ef} \frac{2 \times A_c}{u} = 1.5 \times \frac{2 \times 6.2}{28.6} \cong 0.65\text{m}$$

Η χρονική στιγμή έναρξης της συρρίκνωσης του σκυροδέματος της ανωδομής λογίζεται σε μία (1) ημέρα μετά τη σκυροδέτηση.

Η ενεργός ηλικία του σκυροδέματος της ανωδομής κατά την επιβολή της τάσης λογίζεται σε εικοσιοκτώ (28) ημέρες.

Οι βασικοί συντελεστές διαχρονικής εξέλιξης της διαρροής, της ελαστικής υστέρησης και της συρρίκνωσης λαμβάνονται κατά τα σχ. 1, 2 και 3 αντίστοιχα της DIN 4227/Μέρος 1 και υπολογίζεται: $\varphi = 2.11$, $\epsilon_s = -24.5 \times 10^{-5}$

Πρόσθετα Φορτία (Z)

Θερμικές Επιδράσεις.

Λαμβάνονται υπ'όψιν οι παρακάτω θερμοκρασιακές δράσεις (DIN 1072 §4.1):

- **Ομοιόμορφη θερμοκρασιακή μεταβολή φορέα ανωδομής**

Η μέση θερμοκρασία σκυροδέματος του φορέα κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου λαμβάνεται ίση με 10°C. Διακύμανση της θερμοκρασίας αυτής κατά $\Delta T = +20^{\circ}\text{C}$ και $\Delta T = -30^{\circ}\text{C}$ λαμβάνεται υπ'όψιν για τον υπολογισμό των δυσμενών εντατικών μεγεθών επι του σκυροδέματος και τη διαστασιολόγηση των ελαστομεταλλικών εφεδράνων.

Ειδικά για το σχεδιασμό των αρμών διαστολής λαμβάνεται υπ'όψιν ομοιόμορφη διακύμανση της θερμοκρασίας σκυροδέματος κατά $\Delta T = +50^{\circ}\text{C}$ και $\Delta T = -40^{\circ}\text{C}$.

- **Μεταβολή Θερμοκρασίας στο επίπεδο διατομής (Ακραίων Ινών Ανωδομής)**

Λαμβάνεται υπ'όψιν διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ άνω και κάτω ίνας της διατομής σκυροδέματος ανωδομής ίση με $dT = +7^{\circ}\text{C}$ ή $dT = -3.5^{\circ}\text{C}$ (με + συμβολίζεται ότι η άνω ίνα είναι θερμότερη της κάτω ίνας).

Υπό ταυτόχρονη δράση κινητών φορτίων, λαμβάνονται υπ'όψιν οι κάτωθι περιπτώσεις συνδυασμού (κατά § 4.1.3(3) της DIN 1072):

- α) 100% κινητών + 70% Διαφοράς Θερμοκρασίας μεταξύ ακραίων ινών
- β) 70% κινητών + 100% Διαφοράς Θερμοκρασίας μεταξύ ακραίων ινών

Η περίπτωση β) δεν λαμβάνεται υπ'όψιν στους ελέγχους επιτρεπόμενων τάσεων προεντεταμένου σκυροδέματος (DIN 4227 §9.2.5(3)).

Ανεμοπίεση

Λαμβάνονται υπ'όψιν οριζόντια φορτία ανέμου (κατά DIN 1072 Πίν.4, § 4.2.2) δρώντα στην εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας :

- **Γέφυρα χωρίς παρουσία φορτίων κυκλοφορίας:**

Λαμβάνεται ομοιόμορφο επιφανειακό φορτίο $w = 1.75 \text{ KN/m}^2$ και θεωρείται προσβαλλόμενη επιφάνεια ύψους $H=2.10+1.50 = 3.60\text{m}$ (σε όλο το μήκος της ανωδομής).

- **Γέφυρα με παρουσία φορτίων κυκλοφορίας:**

Λαμβάνεται ομοιόμορφο επιφανειακό φορτίο $w = 0.90 \text{ KN/m}^2$ και θεωρείται προσβαλλόμενη επιφάνεια ανωδομής ύψους $H=2.1+3.50 = 5.60\text{m}$ (σε όλο το μήκος της ανωδομής).

Χιόνι

Δεν λαμβάνεται υπ'όψιν.

Φορτία πέδησης και εκκίνησης

Λαμβάνεται φορτίο πέδησης και εκκίνησης των οδικών οχημάτων κατά DIN 1072 § 4.4:

$$T = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{4} [600 + (36 - 6) \times 3.0 \times 5.0] \\ \frac{1}{3} (600 + 300) \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 262.5 \\ 300 \end{array} \right\} = 300 \text{ kN}$$

Ειδικά φορτία (S).

Φορτία Πλευρικής Πρόσκρουσης στα Κράσπεδα και στα Στηθαία Ασφαλείας

Λογίζονται μόνο κατά τον έλεγχο εγκάρσιως της ανωδομής. Θεωρούνται δυνάμεις πρόσκρουσης κάθετα στον άξονα κυκλοφορίας και ροπές περί άξονα παράλληλο στον άξονα κυκλοφορίας στις περιοχές εφαρμογής στηθαίου ασφαλείας ΣΤΕ-1. Λαμβάνεται οριζόντιο φορτίο 300 kN και ροπή 200 kNm. Τα ανωτέρω φορτία κατανέμονται σε μήκος 0.5 m λαμβάνοντας υπ'όψη και κατανομή τάσεων υπό γωνία 45°.

Δυνατές Μετακινήσεις Στηρίξεων

Δεν λαμβάνονται υπ'όψιν.

Φορτία Σεισμού

Για τον Αντισεισμικό σχεδιασμό του Τεχνικού τηρούνται οι διατάξεις της Εγκυκλίου Ε39/99, των οδηγιών για τη μελέτη γεφυρών με σεισμική μόνωση (ΔΜΕΟγ/ΥΠΕΧΩΔΕ 2004) και του ισχύοντος Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού. Λαμβάνονται επίσης υπ'όψιν όψη ο EC8/Μέρος 2 και σχετική επιστημονική βιβλιογραφία.

Παράμετροι Αντισεισμικού Σχεδιασμού

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας

II

Ανοιγμένη Εδαφική Επιτάχυνση

$\alpha_0=0.24$

Κατηγορία εδάφους

Λαμβάνεται κατηγορία εδάφους **A** κατά τη γεωτεχνική μελέτη.

Κατά ΕΑΚ2000 προκύπτει:

$$T_1 = 0.10 \text{ sec}$$

$$T_2 = 0.40 \text{ sec}$$

Συντελεστής Σπουδαιότητας Έργου

Λαμβάνεται σύμφωνα με την έκθεση αντικειμένου εργασίας: $\gamma = 1.00$

Συντελεστής Θεμελίωσης (θ)

Λαμβάνεται (κατά §2.3 Ε39/99)

$$\theta = 1.00$$

Ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης (ζ)

Υπό οριζόντια σεισμική δράση λαμβάνεται ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης $\zeta = 5\%$ και διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης:

$$\eta = 1.00$$

Υπό κατακόρυφη σεισμική δράση λαμβάνεται ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης $\zeta = 4\%$ και διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης:

$$\eta = 1.08$$

Συντελεστές μετελαστικής συμπεριφοράς (q)

Λόγω της μορφής του φορέα υιοθετήθηκαν οι κάτωθι τιμές συντελεστών συμπεριφοράς μετελαστικής συμπεριφοράς για το σύστημα ανωδομής - εφεδράνων:

$$\text{Διαμήκης σεισμική δράση : } q_x = 1.0$$

$$\text{Εγκάρσια σεισμική δράση : } q_y = 1.0$$

$$\text{Κατακόρυφη σεισμική δράση : } q_z = 1.0$$

Μεθοδολογία

Δεδομένης της τάξης μεγέθους για την ακαμψία του συστήματος ακροβάθρων και τον τρόπο έδρασης της ανωδομής συνάγεται ότι το σύστημα του σώματος των ακροβάθρων με το υποκείμενο και περιβάλλον αυτών έδαφος μπορεί να θεωρηθεί ως στατικώς ανεξάρτητο στατικό σύστημα με πρακτικώς αμελητέα επιρροή στις ιδιομορφές του συστήματος ανωδομής – εφεδράνων (E39/99 § 2.5.2).

Ανωδομή

Εφαρμόζεται (Ισοδύναμη Γραμμική) Δυναμική Ανάλυση σε προσομοίωμα το οποίο περιλαμβάνει την ανωδομή και τα εφέδρανα υπό μορφή ραβδωτών πεπερασμένων στοιχείων και ελατηρίων.

Οι αδρανειακές σταθερές εκτιμώνται κατά τις §§ 2.5.1(1) και 2.5.2 της E39/99 και τις αντίστοιχες διατάξεις του ΕΑΚ, λαμβάνοντας υπ'όψιν το σύνολο των μονίμων φορτίων του φορέα και το **20%** του μέγιστου φορτίου κινητών (Q_{1k}) ομοιόμορφα κατανεμημένο στην επιφάνεια του καταστρώματος.

Η επαλληλία των ιδιομορφιών αποκρίσεων διατυπώνεται κατά την § 3.4.3 και η χωρική επαλληλία διατυπώνεται κατά την § 3.4.4[4] του ΕΑΚ (αντίστοιχα § 2.5.2 και §2.6.1 της E39/99) λαμβανομένης υπ'όψιν και της κατακόρυφης σεισμικής δράσης. Πρόσθετες στρεπτικές καταπονήσεις περί κατακόρυφο άξονα λαμβάνονται υπ'όψιν κατά την §3.3.2 [2] του ΕΑΚ (με θεώρηση των §3.1.6 της E39/99 και § 4.1.5(4) του EC8/Μέρος2) με επιπρόσθετη στατική φόρτιση.

Εντάσεις καταναγκασμού δεν λαμβάνονται υπ'όψιν (E39/99 §§2.6.2 (2) και Σ.2.6.2) και θεωρείται ο γενικός σεισμικός συνδυασμός $G_k+V+0.2Q_{1k}+A_{Ed}$. Οι μετακινήσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές, ελαστική και χρόνια βράχυνση της

ανωδομής, λαμβάνονται υπ'όψιν κατά τον σχεδιασμό εφεδράνων και αρμών διαστολής ως και για τον υπολογισμό των ικανοτικών δράσεων των εφεδράνων. Δεδομένου ότι το σύστημα είναι δυνατόν να προσομοιωθεί κατά την οριζόντια σεισμική απόκριση με μονοβάθμιο ταλαντωτή, γίνεται εκ παραλλήλου και η αντίστοιχη θεώρηση με σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Ακρόβαθρα

Εφαρμόζεται ανάλυση σε Προσομοίωμα φορέα από επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία με σκοπό τη διενέργεια των ελέγχων ευστάθειας και αντοχής εδάφους θεμελίωσης και την όπλιση. Η απαίτηση ανάληψης από το έδαφος θεμελίωσης μόνο θλιπτικών τάσεων, επιτυγχάνεται με εφαρμογή μή γραμμικής επίλυσης των δυσμενών καταστάσεων φόρτισης.

Λαμβάνονται υπ'όψιν οι οριζόντιες ικανοτικές δράσεις των εφεδράνων (κατά την E39/99 §3.2.3) σε συνδυασμό με τα λοιπά εξ ανωδομής σεισμικά φορτία.

Οι οριζόντιες αδρανειακές δυνάμεις υπερκειμένων επιχώσεων και σκυροδέματος ακροβάθρου λαμβάνονται με ισοδύναμο σεισμικό συντελεστή $R_d/g = \alpha$ (και $q_w = 1$) κατά την §3.2.4(4) της E39/99.

Οι σεισμικές ωθήσεις γαιών λαμβάνονται κατά την § 3.2.1(3) της E39/99 (δυνατότητα παραμορφώσεως) αφού ελήφθη υπ'όψιν ο λόγος U/H .

Η κατακόρυφη συνιστώσα σεισμικών δράσεων υπερκειμένων γαιών και σκυροδέματος ακροβάθρου λαμβάνεται με ισοδύναμο σεισμικό συντελεστή $a_v = 0.7 \cdot \alpha$ επί του ιδίου βάρους των, κατά § 2.7.2(2) της E39/99.

Κωδικοποίηση Φορτίσεων

Στον κατωτέρω πίνακα κωδικοποιούνται οι συνιστώσες φορτίσεις που λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη των στατικών προσομοιωμάτων:

ΚΩΔ	Περιγραφή	Κατάταξη DIN1075
G1	Ίδιο βάρος σκυροδέματος	H
G2	Πρόσθετα μόνιμα φορτία (επιστρώσεις, ίδιο βάρος επιχώσεων)	H
E _G	Ωθήση επιχώσεων (από ίδιο βάρος επιχώσεων)	H
E _Q	Ωθήση επιχώσεων (από φορτία οχημάτων στο επίχωμα)	H
Q	Φορτίο από κυκλοφορία οχημάτων	H
C	Συρρίκνωση & Ερπυσμός Σκυροδέματος (C&S)	H
V _o	Προένταση – Βραχυχρόνια (short term) δράση	H
V _∞	Προένταση – Μακροχρόνια (long term) δράση	H
T	Ομοιόμορφη μεταβολή Θερμοκρασίας	Z
dT	Διαφορά Θερμοκρασίας μεταξύ ακραίων ινών	Z
W _U	Ανεμοπίεση - χωρίς παρουσία φορτίων κυκλοφορίας	Z

W_L	Ανεμοπίεση - με παρουσία φορτίων κυκλοφορίας	Z
B_R	Φορτίο πέδησης/εκκίνησης οχημάτων κυκλοφορίας	Z
B_S	Πλευρική πρόσκρουση σε κράσπεδα και στηθαία	S
L	Περιβάλλουσα δράσεων από ανεμοπίεση & κυκλοφορία οχημάτων (Βάρος, Πέδηση, Εκκίνηση)	
A_E	Περιβάλλουσα ακροτάτων τιμών δράσεων από σεισμικές επιφορτίσεις	A

Καταστάσεις Φορτίσεων

Οι καταστάσεις φορτίσεων που κατά περίπτωση ελέγχου εξετάζονται, διατυπώνονται κατά DIN 1075, DIN 4227, DIN 1045, E39/99 και ΕΑΚ2000. Στα ειδικά κεφάλαια περιγραφής των επιμέρους προσομοιωμάτων στατικής ανάλυσης περιγράφονται λεπτομερώς οι διατυπωμένοι κατά περίπτωση συνδυασμοί φορτίσεων.

3.11 ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ- ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Γενική Περιγραφή Προσομοιωμάτων

Γίνεται διαμόρφωση, επίλυση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων των παρακάτω στατικών προσομοιωτών πεπερασμένων στοιχείων τα οποία περιγράφονται λεπτομερώς στα επόμενα εδάφια:

Ραβδωτό Προσομοίωμα του Ανωδομής και Εφεδράνων (Spine Beam Global Model).

Το Στατικό σύστημα διαμορφώνεται ως αμφιέριστη δοκός συντιθέμενη από το φορέα ανωδομής υπό μορφή συστήματος ράβδων και τα εφέδρανα υπό τη μορφή ελατηρίων. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων φόρτισης του προσομοιώματος καλείται να τεκμηριώσει την ικανοποίηση απαιτήσεων που επιβάλλονται για το σχεδιασμό εφεδράνων / αρμών διαστολής και για το σχεδιασμό του προεντεταμένου σκυροδέματος καθώς αφορούν σε μή υπέρβαση επιτρεπόμενων ορίων τάσεων, διατμητική εξασφάλιση, περιορισμό του εύρους ρωγμών και υπολογισμό του απαιτούμενου συνελκόμενου διαμήκους οπλισμού και οπλισμού διάτμησης κορμών.

Πτυχωτό Προσομοίωμα Ανωδομής (Finite Elements Space Model).

Το Στατικό σύστημα διαμορφώνεται ως πτυχωτός φορέας από επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία για την προσομοίωση της ανωδομής και ελατήρια για την προσομοίωση των εφεδράνων. Η προσομοίωση επεκτείνεται στο σύνολο του συστήματος ανωδομής με σκοπό την κατά το δυνατόν αξιόπιστη εκτίμηση των εγκάρσιων δράσεων της προέντασης και των φορτίων κυκλοφορίας.

Ο μείζων σκοπός του προσομοιώματος είναι εδώ η ανάλυση τοπικά αναπτυσσομένων μεγεθών, τα οποία δεν είναι δυνατό να αποκαλυφθούν μέσω

χρήσης του ραβδωτού προσομοιώματος. Ως ετούτου γίνεται επιλεκτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για την ικανοποίηση απαιτήσεων που επιβάλλονται κυρίως για τον έλεγχο της εγκάρσιας καταπόνησης και την αντίστοιχη διαστασιολόγηση.

Επιπρόσθετα υπολογίζονται και ελέγχονται οι ορθές τάσεις του προεντεταμένο σκυροδέματος κορμών και πυθμένα ώστε να αξιολογηθεί η επιρροή της έκκεντρης τοποθέτησης οχήματος στην ένταση των κορμών.

Πτυχωτό Προσομοίωμα Ακροβάθρου (Finite Elements Space Local Model)

Το Στατικό σύστημα του σώματος ακροβάθρου μορφώνεται ως πτυχωτός φορέας από επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία. Το υποκείμενο έδαφος προσομοιώνεται με ειδική διατύπωση επί των πεπερασμένων στοιχείων προσομοίωσης πεδίου στα οποία αποδίδονται ιδιότητες συναρτήσεων των εδαφικών παραμέτρων .

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων φόρτισης τεκμηριώνει την ικανοποίηση απαιτήσεων που επιβάλλονται για τη διενέργεια των ελέγχων ευστάθειας, για τη διενέργεια των ελέγχων αντοχής του εδάφους θεμελίωσης και για τη διαστασιολόγηση του οπλισμού.

Λογισμικό Προσομοίωσης

Χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα στατικής ανάλυσης μέσω H/Y, της εταιρείας SOFiSTiK AG.

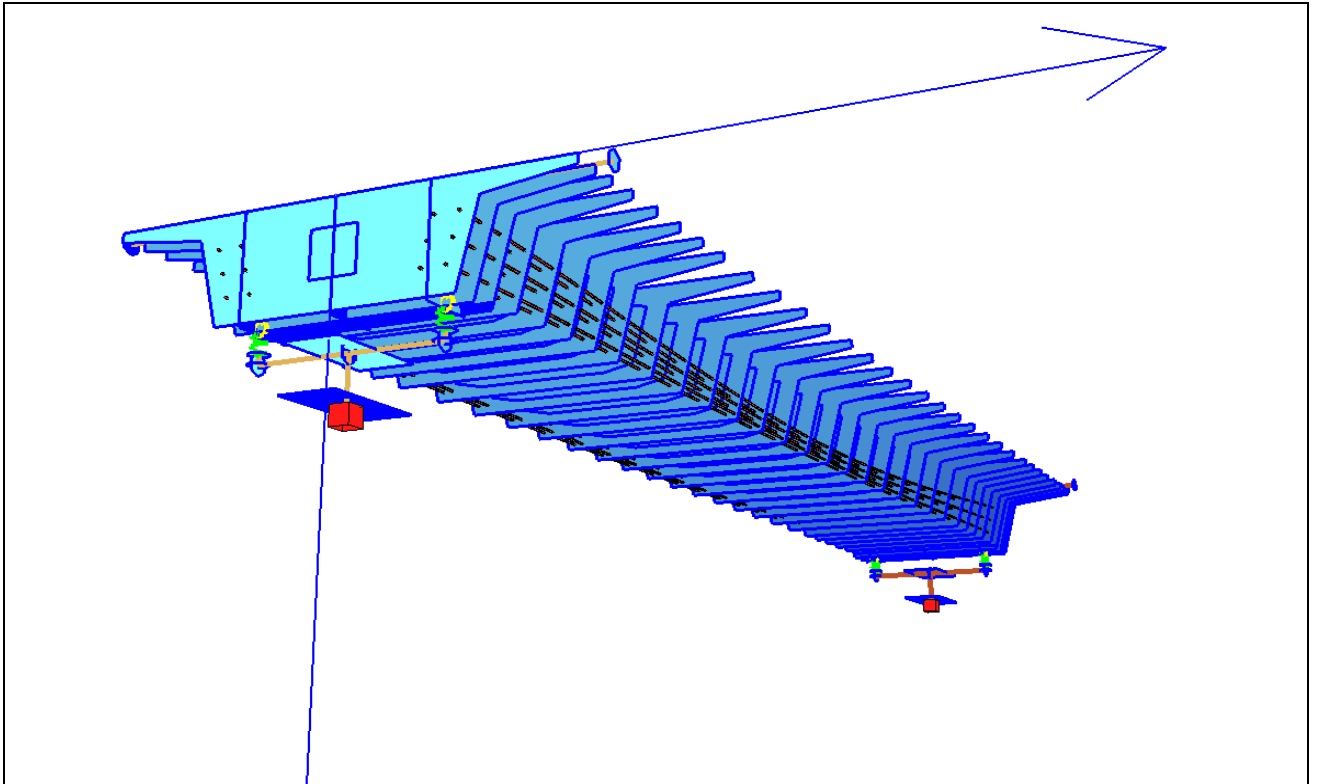
Ραβδωτό Προσομοίωμα Ανωδομής (Spine Beam Global Model)

Περιγραφή Στατικού Συστήματος

Ο φορέας προσομοιώνεται με σύστημα ραβδωτών πεπερασμένων στοιχείων εδραζόμενο σε εφέδρανα (περιοχή ακροβάθρων) υπό μορφή γραμμικών ελατηρίων.

Ο προσανατολισμός του Καθολικού Συστήματος Συντεταγμένων (τρισορθογώνιο δεξιόστροφο) προσδιορίζεται συναρτήσει των βασικών συνιστωσών σεισμικής καταπόνησης του φορέα:

- Ως άξονας **Z** ορίζεται ο κατακόρυφος με φορά προς τα κάτω.
- Ο άξονας **X** ορίζεται οριζόντιος και παράλληλος με το διαμήκη άξονα της γέφυρας. Η θετική φορά του άξονα **X** ορίζεται από το βάθρο A1 προς το βάθρο A2.
- Ο άξονας **Y** ορίζεται οριζόντιος και κάθετος με τον άξονα **X**.



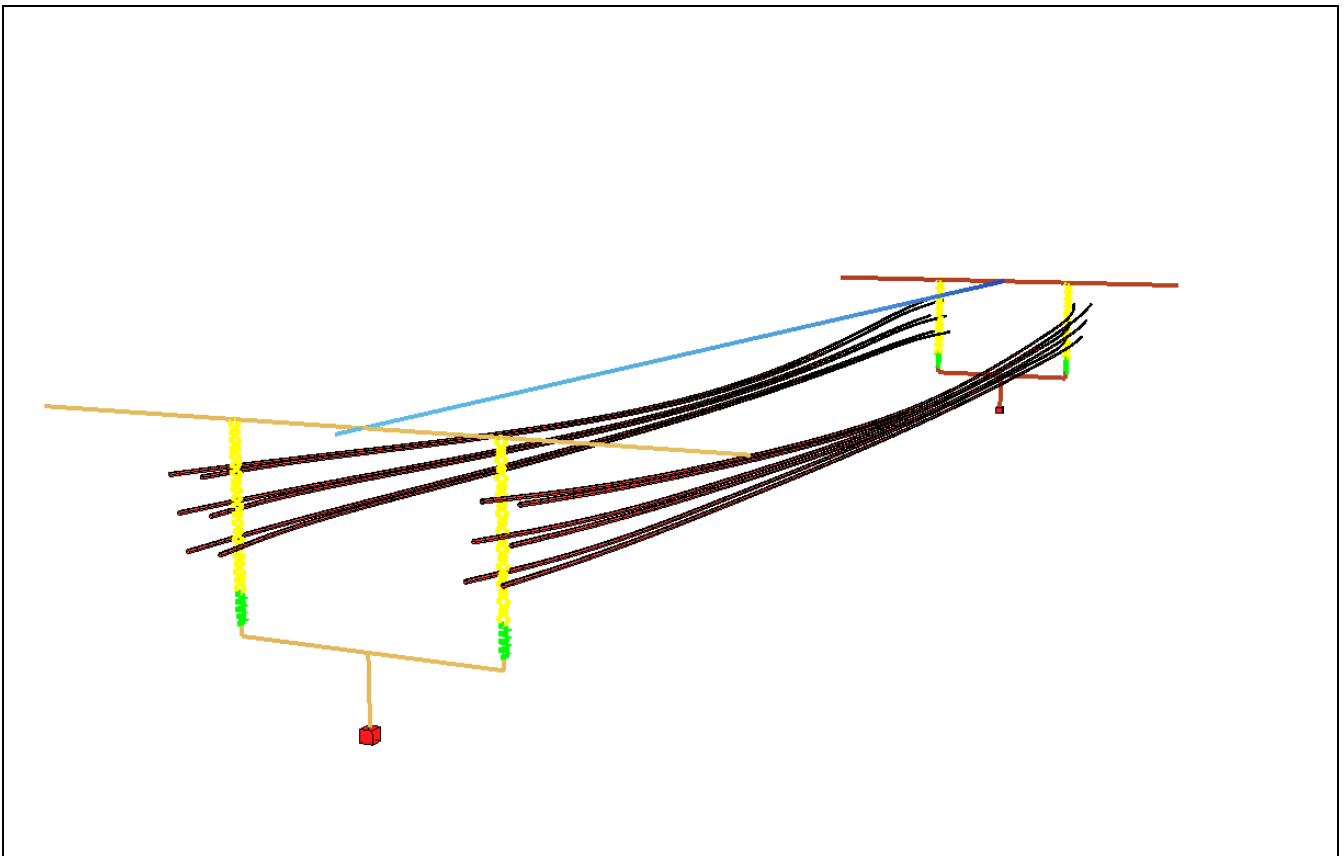
ΣΧΗΜΑ: 3.11.1

Ανωδομή

Προσομοιώνεται το σύνολο του μήκους της ανωδομής του τεχνικού με ραβδοσειρά ενός ανοίγματος (και προεξέχοντα τμήματα εξωτερικά των αξόνων έδρασης ακροβάθρων). Στατικώς λογίζεται η διατομή του σκυροδέματος (χωρίς συνεισφορά πεζοδρομίων κλπ επιστρώσεων) στην ακαμψία και θέση του κ/β άξονα. Κατά τη μόρφωση της ραβδοσειράς ελήφθη υπ' όψιν η κατακόρυφη απόκλιση της θέσης του φορτιζομένου καταστρώματος από τον κεντροβαρικό άξονα της ανωδομής.

Προένταση - Χρόνια βράχυνση

Η περιγραφή της προέντασης γίνεται για κάθε τένοντα με διατύπωση χαρακτηριστικών θέσεων (x,y,z) διέλευσης του σωλήνα.



ΣΧΗΜΑ: 3.11.2

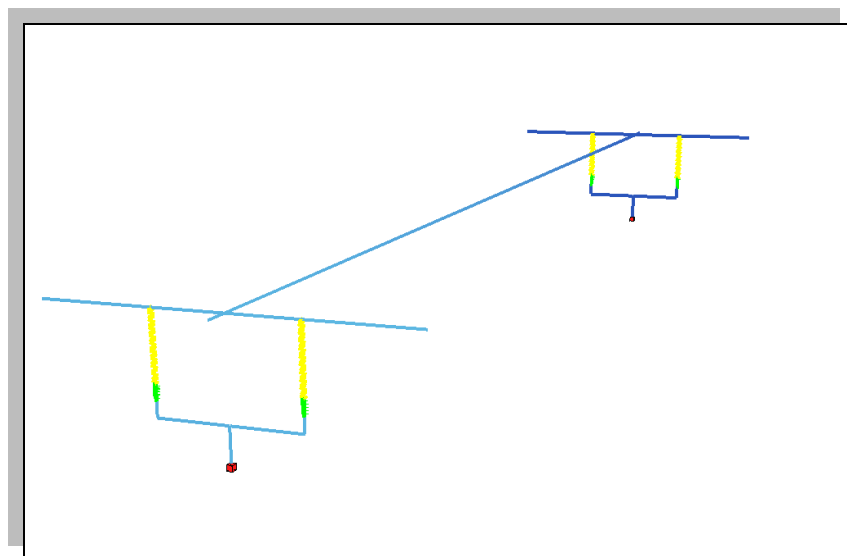
Η κατά περίπτωση θέση έκκεντρη θέση του τένοντα εντός του σωλήνα λαμβάνεται υπόψιν. Η παραγόμενη φόρτιση προέντασης εκφράζει τα ισοστατικά εντατικά μεγέθη επί της ραβδοσειράς ανωδομής και βάσει των παραγομένων καμπυλοτήτων και μηκύνσεων υπολογίζονται και τα πρόσθετα (παρασιτικά) εντατικά μεγέθη λόγω της αντίστασης εφεδράνων.

Η επιρροή του ερπυσμού και της συρρίκνωσης λαμβάνεται υπ'όψιν για τον υπολογισμό τόσο των χρονιών απωλειών προέντασης όσο και των λοιπών καταναγκασμών στο προσομοιωμένο στατικό σύστημα (ένταση επι εφεδράνων).

Εφέδρανα έδρασης

Κάθε εφέδρανο προσομοιώνεται με γραμμικό στοιχείο κατακόρυφου ελατηρίου με επιπρόσθετη διατμητική ελαστική σταθερά.

Η γεωμετρική τοποθέτηση των ελατηρίων στο προσομοίωμα λαμβάνει υπ'όψιν την αντίστοιχη πραγματική θέση του εφεδράνου στο τεχνικό, ήτοι λαμβάνεται υπ'όψιν τόσο η οριζόντια όσο και η καθ' ύψος έκκεντρη θέση του εφεδράνου ως προς τον άξονα γέφυρας.



ΣΧΗΜΑ: 3.11.3

Η συμπεριφορά των ελαστομεταλλικών εφεδράνων αποδίδεται μέσω της διατμητικής και της αξονικής σταθεράς των ελατηρίων. Κάτω από και εν σειρά με τα στοιχεία ελατηρίων προσομοίωσης των εφεδράνων έδρασης τίθενται κατακόρυφες βοηθητικές ράβδοι με σχετικά μεγάλη ακαμψία για την άντληση των εντατικών μεγεθών (N, V_x, V_y) στη βάση των εφεδράνων. Οριζόντιες βοηθητικές ράβδοι στη στάθμη του αρμού καταστρώματος τίθενται για την άντληση μετατοπίσεων κόμβων στα άκρα των προβόλων.

Δυσκαμψίες ραβδωτών στοιχείων περιγραφής σκυροδέματος

Λαμβάνεται η (πλήρης) δυσκαμψία, δυσμησία, δυστένεια/δυσθληψία που αντιστοιχεί σε στάδιο I (αρηγμάτωση διατομή). Η θεώρηση γίνεται τόσο υπό φορτία λειτουργίας όσο και για φορτία σεισμού (σύμφωνα με τις προδιαγραφές της E39/99 για προεντεταμένο σκυρόδεμα). Ομοίως λαμβάνεται πλήρης ενεργός στρεπτική ακαμψία (δυστρεψία).

Ονοματολογία των στοιχείων ραβδωτού προσομοιώματος Ανωδομής- Εφεδράνων

Ράβδοι	1- 30	Προσομοιώνουν την ανωδομή με αρίθμηση από το ακρόβαθρο A1 προς το ακρόβαθρο A2.
Ελατήρια	801-804	Προσομοιώνουν τα ελαστομεταλλικά εφέδρανα έδρασης επί των ακροβάθρων υπό συνθήκες λειτουργίας.
Ελατήρια	901-904	Προσομοιώνουν τα ελαστομεταλλικά εφέδρανα έδρασης επί των ακροβάθρων υπό σεισμό.
Ράβδοι	3801- 3804	Κατακόρυφες ράβδοι άντλησης δράσεων επί εφεδράνων.
Ράβδοι	9001,9002 9003,9004	Χρησιμοποιούνται ως οριζόντιες συνδετήριες ράβδοι ακαμψίας στην περιοχή του προσκεφάλου ακροβάθρων.

Ράβδοι	9011,9012 9021,9022 9031,9032 9042,9042	Χρησιμοποιούνται ως οριζόντιες συνδετήριες ράβδοι ακαμψίας στην περιοχή των διαδοκίδων της ανωδομής.
Ράβδοι	3001,3002	Κατακόρυφες ράβδοι άντλησης φορτίων επι ακροβάθρων (Α1 και Α2 αντίστοιχα). Τίθενται στο μέσο του άξονα εφεδράνων κάθε ακροβάθρου.

Συνδυασμοί Φόρτισης Μελών Προσομοιώματος Ανωδομής

Προεντεταμένο Σκυρόδεμα

Διατυπώνονται οι παρακάτω καταστάσεις φορτίσεων. Το σύμβολο (+) υποδηλώνει ότι η αμέσως επόμενη φόρτιση λαμβάνεται υπ'όψιν εφόσον παράγει δυσμενή αποτελέσματα.

Έλεγχος επιτρεπόμενων τάσεων

Κατά τον έλεγχο λοξών κυρίων τάσεων εφελκυσμού και υπό παρουσία κινητών, οι καμπτικές τάσεις από εγκάρσια λειτουργία δεν λαμβάνονται υπ'όψιν (DIN 4227-1§ 12.1(1))

Κατά τον έλεγχο επιτρεπόμενων τάσεων και υπό συνθήκες πλήρους φόρτισης από καταναγκασμούς λόγω θερμοκρασίας (DIN 1072§ 4.1.3(3)) δεν λαμβάνονται υπ'όψιν (DIN 4227-1§ 9.2.5(3)) εντατικά μεγέθη από κινητά φορτία.

Στάδιο κατασκευής

G1+V_o (+) G2

Κύρια φορτία (H)

DIN 4227-1

G + V_o (+) C (+) (Q + B_R)

DIN 4227-1

G + V_{oo} (+) 0.5Q

Κύρια και πρόσθετα φορτία (HZ)

DIN 4227/1

G + V_o (+) C (+) T (+) 1.00dT (+) W_U

G + V_o (+) C (+) T (+) 0.70dT (+) L

Περιορισμός Εύρους Ρηγμάτωσης

G + 0.90V_o (+) 0.90C (+) ΔM (+) T (+) 1.00dT (+) W_U

G + 0.90V_o (+) 0.90C (+) ΔM (+) T (+) 1.00dT (+) 0.70L

G + 0.90V_o (+) 0.90C (+) ΔM (+) T (+) 0.70dT (+) 1.00L

G + 1.10V_o (+) 1.10C (+) ΔM (+) T (+) 1.00dT (+) W_U

G + 1.10V_o (+) 1.10C (+) ΔM (+) T (+) 1.00dT (+) 0.70L

G + 1.10V_o (+) 1.10C (+) ΔM (+) T (+) 0.70dT (+) 1.00L

Οριακή κατάσταση Αστοχίας

1.75G + V_o (+) C (+) T (+) 1.00dT (+) 1.75W_U

1.75G + V_o (+) C (+) T (+) 1.00dT (+) 1.75*0.70L

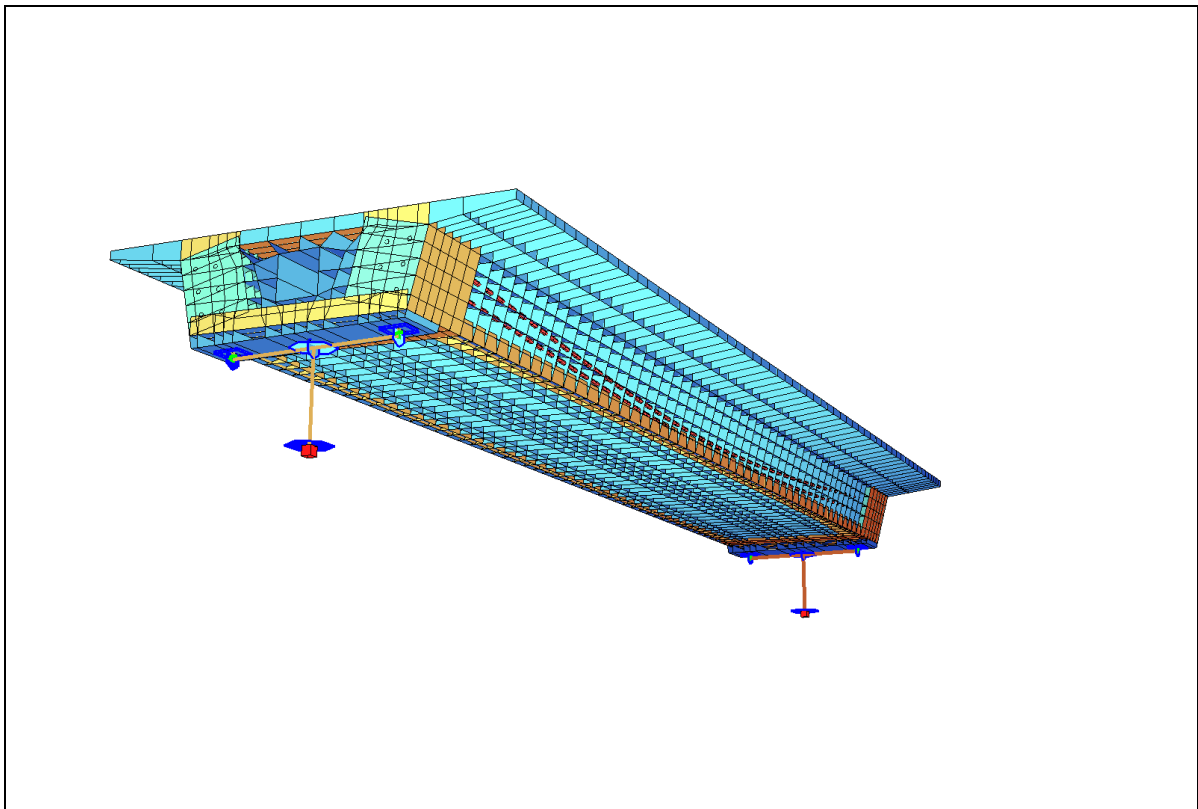
1.75G + V_o (+) C (+) T (+) 0.70dT (+) 1.75*1.00L

1.00G + V_o (+) C (+) 0. 2Q_{1k} (+) A_E

Πτυχωτό Προσομοίωμα Ανωδομής (Finite Elements Space Model)

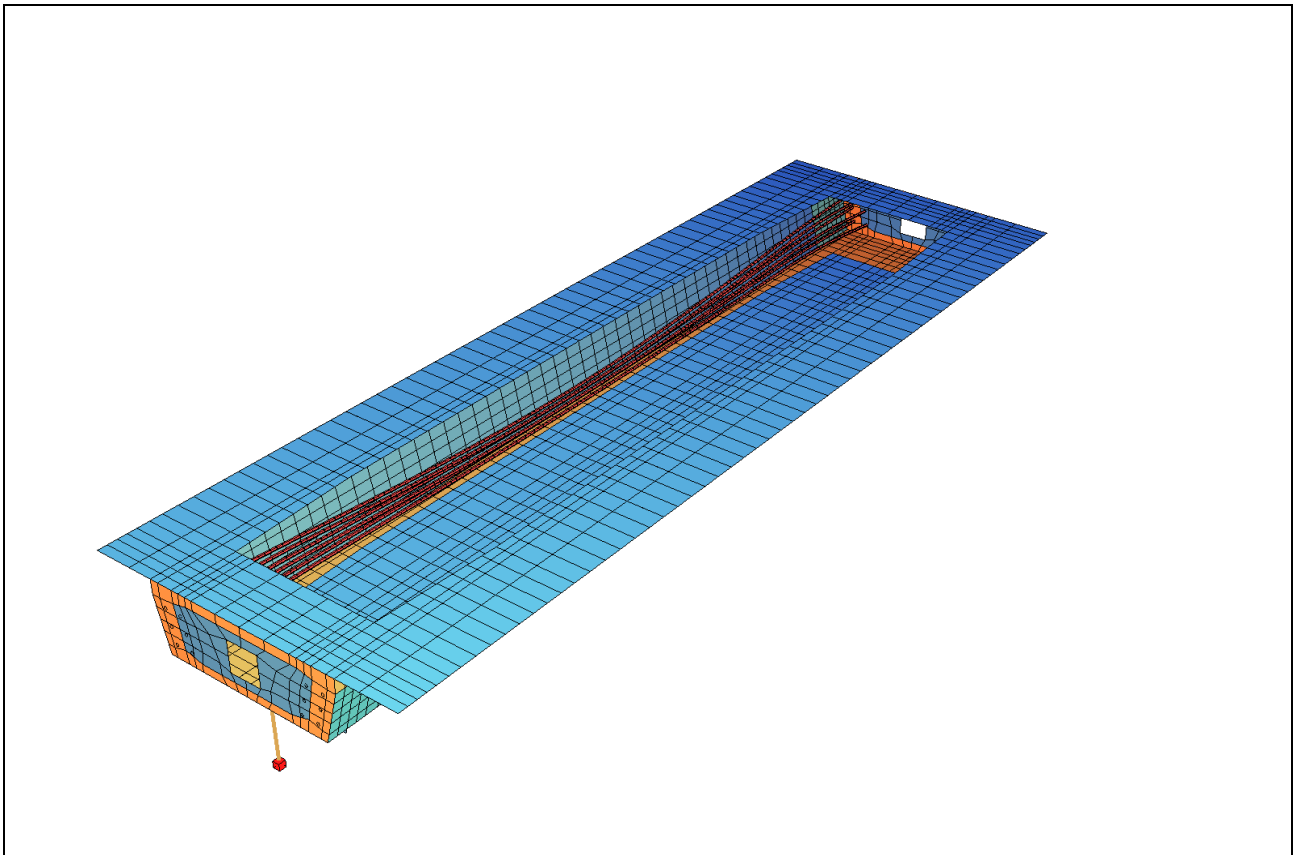
Περιγραφή Στατικού Συστήματος

Το Στατικό σύστημα διαμορφώνεται ως πτυχωτός φορέας. Προσομοιώνεται το σύνολο του σκυροδέματος ανωδομής με πεπερασμένα στοιχεία.



ΣΧΗΜΑ: 3.11.4

Τα λοιπά στοιχεία του στατικού συστήματος (εφέδρανα, τένοντες προέντασης) προσομοιώνονται με τις ίδιες αρχές του ραβδωτού προσομοιώματος Ανωδομής-Εφεδράνων (Spine Beam Global Model).



ΣΧΗΜΑ: 3.11.5

Ο προσανατολισμός του Καθολικού Συστήματος Συντεταγμένων (τρισορθογώνιο δεξιόστροφο) προσδιορίζεται κατά τις ίδιες παραδοχές και συμβάσεις που θεσπίστηκαν στο ραβδωτό προσομοίωμα του φορέα ανωδομής.

Δυσκαμψίες στοιχείων περιγραφής σκυροδέματος

Για την ανωδομή λαμβάνονται μεγέθη Σταδίου Ι (όπως προκύπτουν για την ομογενή διατομή των πεπερασμένων στοιχείων). Στις περιοχές συμβολής μελών λαμβάνονται υπ' όψη αυξημένες δυσκαμψίες (κατά περίπτωση διεύθυνσης) ώστε να προσομοιωθεί επαρκώς η λειτουργία κόμβου.

Ονοματολογία των στοιχείων προσομοιώματος

ΟΜΑΔΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΠΕΠ.ΣΤΟΙΧ.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	1001,1002,....	Πεπερασμένα Στοιχεία Προσομοίωσης Ανω Πέλματος Κιβωτίου Ανωδομής
2	2001,2002,...	Πεπερασμένα Στοιχεία Προσομοίωσης Κορμού Κιβωτίου Ανωδομής (πλευρά – Υ)
3	3001,3002,...	Πεπερασμένα Στοιχεία Προσομοίωσης Κορμού Κιβωτίου Ανωδομής (πλευρά +Υ)
4	4001,4002,...	Πεπερασμένα Στοιχεία Προσομοίωσης Πυθμένα (Κάτω πέλμα) Κιβωτίου Ανωδομής
5 55	5001,5002,.... 55001,55002,....	Πεπερασμένα Στοιχεία Προσομοίωσης Διαδοκίδας Α1
6 65	6001,6002, ... 65001,65002,....	Πεπερασμένα Στοιχεία Προσομοίωσης Διαδοκίδας Α2
11	11001,11002,....	Πεπερασμένα Στοιχεία Προσομοίωσης

12	12001,12002,...	Προβόλων Κιβωτίου Ανωδομής
13	13001,13002,...	Περιοχές κόμβων Άνω πλάκας Κιβωτίου Ανωδομής με κορμούς
14	14001,14002,...	Περιοχές κόμβων Άνω πλάκας Κιβωτίου
15	15001,15002...	Ανωδομής με διαδοκίδες
21	21001,21002,...	Περιοχές κόμβων Κορμών Κιβωτίου
22	22001,22002,...	Ανωδομής με Άνω πλάκα – Διαδοκίδες
31	31001,31002,...	
32	32001,32002,...	
1. 41	41001,41002,...	Περιοχές κόμβων Κάτω πλάκας Κιβωτίου Ανωδομής με κορμούς
42	42001,42002,...	Περιοχές κόμβων Κάτω πλάκας Κιβωτίου
43	43001,43002,...	Ανωδομής με διαδοκίδες
51-53, 61-63		Περιοχές κόμβων Διαδοκίδων Κιβωτίου Ανωδομής με γειτονικά μέλη
80	80001-80004	Ελατήρια για τα εφεδράνα έδρασης υπό
90	90001-90004	συνθήκες λειτουργίας και υπό σεισμό
95	95011-95014	Κατακόρυφες ράβδοι άντλησης δράσεων επι εφεδράνων
96	96101-96104	Οριζόντιες ράβδοι ακαμψίας στην περιοχή του προσκεφάλου ακροβάθρων.
96	96001,96002	Κατακόρυφες ράβδοι άντλησης φορτίων επι ακροβάθρων. Τίθενται στο μέσο του άξονα εφεδράνων κάθε ακροβάθρου.

Συνδυασμοί φόρτισης μελών προσομοιώματος ανωδομής (Finite Elements Space Model)

Διατυπώνονται οι παρακάτω καταστάσεις φόρτισης. Το σύμβολο (+) υποδηλώνει ότι η αμέσως επόμενη φόρτιση λαμβάνεται υπ'όψιν μόνον εφόσον παράγει δυσμενή αποτελέσματα. Το σύμβολο (/) υποδηλώνει ότι η αμέσως επόμενη φόρτιση λαμβάνεται εναλλακτικά της αμέσως προηγούμενης εφόσον παράγει δυσμενέστερα αποτελέσματα από αυτή. Για τη συγκεκριμένη ανάλυση θεωρούνται απώλειες προέντασης λόγω ερπυσμού/συρρίκνωσης 12.5% επί της φόρτισης V_o ($V_{oo} = 0.875V_o$).

Ελεγχοι τάσεων

$$\frac{\text{Συνδυασμός Μονίμων Φορτίων [Perm]}}{G + V_o/V_{oo}} \quad \text{DIN 4227-1}$$

$$\frac{\text{0Συνδυασμος κυρίων φορτίων Λειτουργίας [H]}}{G + V_o/V_{oo} (+) Q} \quad \text{DIN 4227-1}$$

Οπλισμοί

$$\frac{\text{Συνδυασμός Μονίμων Φορτίων [Perm-R]}}{G + \alpha \cdot V_o/V_{oo}}$$

Τίθεται $\alpha = 1/1.75$ και ο υπολογισμός των απαιτούμενων οπλισμών γίνεται με συντελεστές ασφαλείας **1.75** ή **2.10** κατά DIN 1045.

$$\frac{\text{Συνδυασμός κυρίων φορτίων Λειτουργίας [H-R]}}{G + \alpha \cdot V_o/V_{oo} (+) \alpha \cdot P_s (+) Q(+)} Q_b$$

Τίθεται $\alpha = 1/1.75$ και ο υπολογισμός των απαιτούμενων οπλισμών γίνεται με συντελεστές ασφαλείας **1.75** ή **2.10** κατά DIN 1045.

Συνδυασμός κυρίων και πρόσθετων φορτίων Λειτουργίας

[HZ-R]

$$\alpha^*G + \beta^*V_o/V_{oo} (+) \beta^*1.00dT (+) \alpha^*W_U \quad (+) \alpha^*1.00Q_b$$

$$\alpha^*G + \beta^*V_o/V_{oo} (+) \beta^*0.70dT (+) \alpha^*1.00Q \quad (+) \alpha^*1.00Q_b (+) \alpha^*1.00R_L$$
$$(+)\alpha^*1.00W_L (+)\alpha^*1.00 B_R$$

$$\alpha^*G + \beta^*V_o/V_{oo} (+) \beta^*1.00dT (+) \alpha^*0.70Q \quad (+) \alpha^*0.70Q_b (+) \alpha^*0.70R_L$$
$$(+)\alpha^*0.70W_L (+)\alpha^*0.70 B_R$$

Τίθεται $\alpha = 0.90$ και $\beta = 0.90/1.75$ και ο υπολογισμός των απαιτούμενων οπλισμών (με πρόσθετο έλεγχο περιορισμού ρηγμάτωσης) γίνεται με συντελεστές ασφαλείας **1.75** ή **2.10** κατά DIN 1045.

Συνδυασμός ειδικών φορτίων Πρόσκρουσης [HS-R]

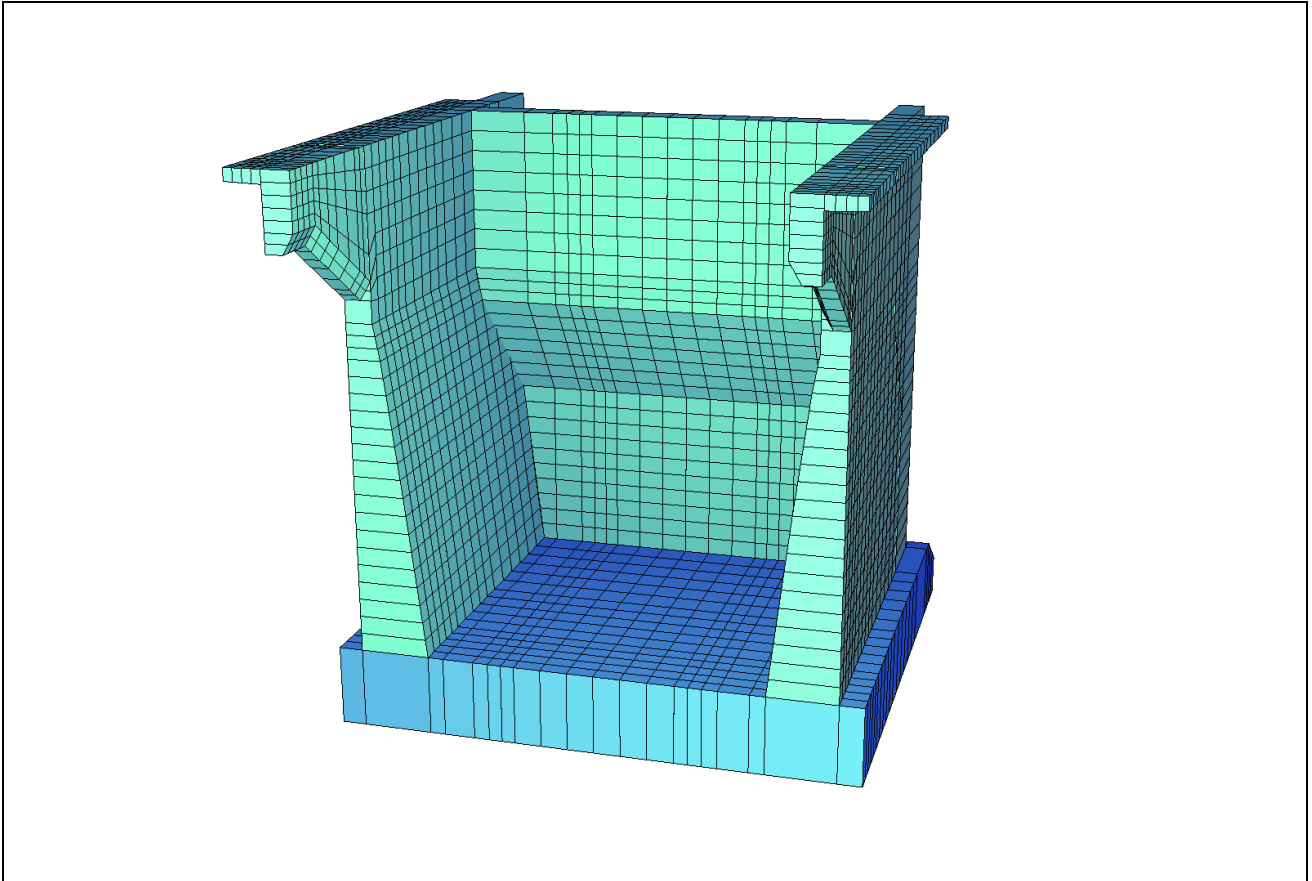
$$G + V_o/V_{oo} (+) 0.20Q (+) 0.20B_R + 1.40B_S$$

Ο υπολογισμός των απαιτούμενων οπλισμών (άνω πλάκα, πρόβολοι) γίνεται με συντελεστή ασφαλείας **1.00**.

Πτυχωτό Προσομοίωμα Ακροβάθρου

Περιγραφή Στατικού Συστήματος

Ο φορέας προσομοιώνεται με σύστημα πεπερασμένων στοιχείων στο χώρο (XYZ) με σκοπό τη διαστασιολόγηση και τη διενέργεια των απαιτούμενων ελέγχων ευστάθειας και τάσεων εδάφους.



ΣΧΗΜΑ: 3.11.6

Ο προσανατολισμός του καθολικού Συστήματος Συντεταγμένων (τρισορθογώνιο) προσδιορίζεται συναρτήσει των βασικών συνιστωσών σεισμικής καταπόνησης:

- Ως άξονας **Z** ορίζεται ο κατακόρυφος με φορά προς τα κάτω.
- Ο άξονας **X** ορίζεται οριζόντιος παράλληλος με το διαμήκη άξονα της γέφυρας. Η θετική φορά του άξονα **X** ορίζεται σύμφωνα με τη χιλιομέτρηση της τοπικής οδού (από A1 προς A2).
- Ο άξονας **Y** ορίζεται οριζόντιος και κάθετος με τον άξονα **X**.

Το υποκείμενο έδαφος προσομοιώνεται με ειδική διατύπωση επι των πεπεραμένων στοιχείων προσομοίωσης πεδίου στα οποία αποδίδονται ιδιότητες συναρτήσει των εδαφικών παραμέτρων .

Εφαρμόζεται γενικώς μη γραμμική ανάλυση (με απαίτηση ανάπτυξης μόνο θλιπτικών τάσεων στην επιφάνεια έδρασης) ώστε αφενός να αποτυπωθεί ο χαίνων αρμός αλλά και να ληφθεί υπόψιν η επιρροή του στην όπλιση των πέδλων.

Επι το δυσμενέστερο, υπό σεισμό δεν λαμβάνεται υπόψιν παθητική ώθηση πλευρικών επιχώσεων.

Ονοματολογία στοιχείων

ΟΜΑΔΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΠΕΠ.ΣΤΟΙΧ.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	201...	Στοιχεία Προσομοίωσης Πεδίου
1	1001,1002,....	Στοιχεία Προσομοίωσης Θωρακίου
2	2001,2002,...	Στοιχεία Προσομοίωσης Κορμού Ακροβάθρου (τμήμα σταθερού πάχους)
4	4001,4002,...	Στοιχεία Προσομοίωσης Κορμού Ακροβάθρου (τμήμα μεταβλητού πάχους έως προσκέφαλο έδρασης εφεδράνων ανωδομής)

3	3001,3002,...	Κατακόρυφα Πεπ. Στοιχεία Προσομοίωσης Συμβολής Κορμού με πέδιλο (βοηθητικά, για τις διατυπώσεις φόρτισης ώθησης γαιών προς τη γέφυρα)
7	7001,7002,...	Στοιχεία Προσομοίωσης Πλευρικού τοίχου
8	8001,8002,...	Στοιχεία Προσομοίωσης Πλευρικού τοίχου
17	17001,17002,...	Στοιχεία Προσομοίωσης Πτερυγίου
18	18001,18002,...	Στοιχεία Προσομοίωσης Πτερυγίου
71	71001,71002,...	Στοιχεία Προσομοίωσης Προβόλου στη στέψη του Πτερυγότοιχου
72	72001,72002,...	
81	81001,81002,...	Στοιχεία Προσομοίωσης Προβόλου στη στέψη του Πτερυγότοιχου
82	82001,82002,...	

Συνδυασμοί φόρτισης

Διατυπώνονται οι παρακάτω συνδυασμοί φόρτισης επί του πτυχωτού προσομοιώματος ακροβάθρου:

Συνδυασμός μονίμων φορτίων [P]

Ιδιο βάρος Σκυροδέματος, Υπερκειμένων επιχώσεων και μονίμων φορτίων ανωδομής

[+] Ωθήσεις γαιών (από ίδιο βάρος επιχώσεων)

[+] Δράσεις από ερπυσμό/συρρίκνωση ανωδομής

Για τους ελέγχους ευστάθειας λαμβάνεται υπ'όψιν ενεργός ώθηση γαιών ενώ για τη διαστασιολόγηση λαμβάνεται ενεργός ή ουδέτερη ώθηση (ώθηση ηρεμίας).

Ο υπολογισμός των απαιτούμενων οπλισμών γίνεται με συντελεστές ασφαλείας **1.75** ή **2.10** κατά DIN 1045.

Συνδυασμός φορτίων λειτουργίας [H]

Ίδιο βάρος Σκυροδέματος, υπερκειμένων επιχώσεων και μονίμων φορτίων ανωδομής

- [+] Ωθήσεις γαιών (από ίδιο βάρος επιχώσεων)
- [+] Δράσεις από ερπυσμό/συρρίκνωση ανωδομής
- [+] Ωθήσεις γαιών από κινητό στο επίχωμα
- [+] Δράσεις από κινητά φορτία ανωδομής
- [+] Δράσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές ανωδομής

Για τους ελέγχους ευστάθειας λαμβάνεται υπ'όψιν ενεργός ώθηση γαιών ενώ για τη διαστασιολόγηση λαμβάνεται ουδέτερη ώθηση (ώθηση ηρεμίας).

Ο υπολογισμός των απαιτούμενων οπλισμών γίνεται με συντελεστές ασφαλείας **1.75** ή **2.10** κατά DIN 1045.

Συνδυασμοί φορτίων Σεισμού [HE]

Ιδιο βάρος Σκυροδέματος, υπερκειμένων επιχώσεων και μονίμων φορτίων ανωδομής

[+] Αδρανειακές δυνάμεις σκυροδέματος (και υπερκειμένων επιχώσεων για ελέγχους ευστάθειας και τάσεων εδάφους)

[+] Ωθήσεις γαιών υπό σεισμό.

[+] Φορτία Ανωδομής υπό σεισμό (με ικανοτικές δράσεις εφεδράνων)

Για τα σεισμικά φορτία διατυπώνονται οι κρίσιμες καταστάσεις φόρτισης (επι των μονίμων):

υπό σεισμό **X** : **$E_x \pm 30\%$** **$E_y + 30\%$** **E_z** (φορά ωθήσεων X προς την πλευρά γέφυρας)

υπό σεισμό **X** : **$E_x \pm 30\%$** **$E_y - 30\%$** **E_z** (φορά ωθήσεων X προς την πλευρά γέφυρας)

υπό σεισμό **Y** : **$+E_y + 30\%$** **$E_x \pm 30\%$** **E_z** (εγκάρσιως)

υπό σεισμό **Y** : **$-E_y + 30\%$** **$E_x \pm 30\%$** **E_z** (εγκάρσιως)

υπό σεισμό **Z** : **$+E_z + 30\%$** **$E_y + 30\%$** **E_x**

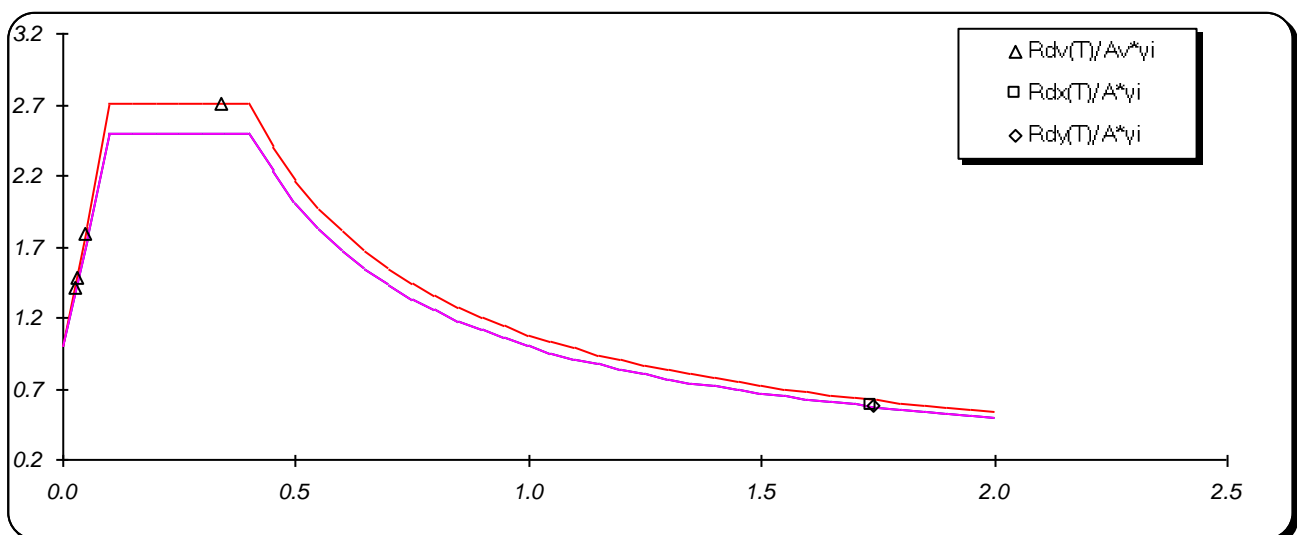
Οι (μή γραμμικές) επιλύσεις κάθε κατάστασης φόρτισης δίδουν την επιφάνεια αδρανούς περιοχής και φορτία υπολογισμού για τους ελέγχους ολίσθησης και τη διαστασιολόγηση. Ο υπολογισμός των απαιτούμενων οπλισμών γίνεται με συντελεστές ασφαλείας **1.50** για το σκυρόδεμα και **1.15** για το χάλυβα.

3.12 ΣΥΝΟΨΗ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΕΛΕΓΧΩΝ

Σεισμική Απόκριση

Η υπό ταλάντωση μάζα της ανωδομής υπολογίστηκε σε **929 t** (λαμβάνοντας υπ' όψη τα μόνιμα και το 20% των φορτίων κυκλοφορίας). Οι υπολογισμοί έγιναν 2 φορές με διαφοροποίηση στο μέτρο διάτμησης του ελαστομερούς των εφεδράνων.

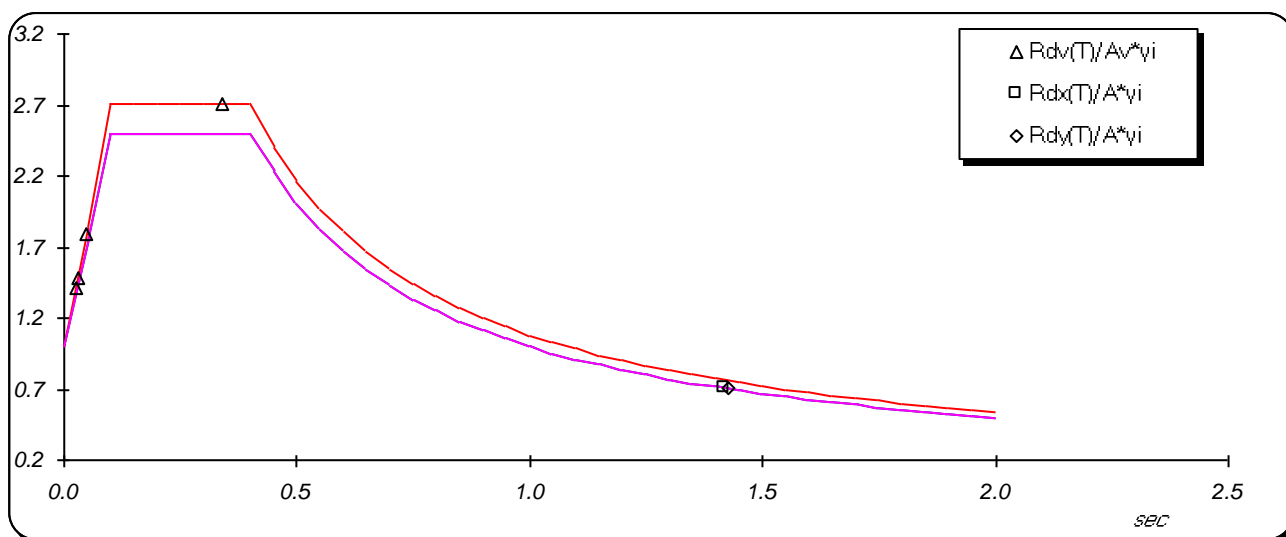
Υπό χρήση **Κατωτάτων Τιμών Παραμέτρων Σχεδιασμού για τα εφέδρανα (ΚΤΠΣ – G = 0.99 N/mm²)**, η δεσπόζουσα ιδιοπερίοδος του υπό οριζόντια ταλάντωση του συστήματος ανωδομή-εφέδρανα υπολογίστηκε σε **1.74 sec** (1^η ιδιόμορφη – μεταφορική κατά την εγκάρσια). Η δεσπόζουσα ιδιοπερίοδος κατά τη διαμήκη υπολογίστηκε σε **1.73 sec** και υπό κατακόρυφο ταλάντωση υπολογίστηκε σε **0.34 sec**.



ΣΧΗΜΑ: 3.12.1

Η μέγιστη τιμή σεισμικής μετακίνησης εκτιμήθηκε σε **11.3 cm** (εγκάρσια σεισμική δράση με συνυπολογισμό τυχωματικής μετατόπισης **1 cm**).

Για τα επιλεχθέντα εφέδρανα η μέγιστη τιμή ικανοτικής δράσης εφεδράνου υπολογίστηκε σε **0.46MN (διαμήκης)** και **0.44 MN (εγκάρσια)**. Αντίστοιχα, υπό χρήση **Ανωτάτων Τιμών Παραμέτρων Σχεδιασμού (ΑΤΠΣ - $G=1.485 \text{ N/mm}^2$)**, η δεσπόζουσα ιδιοπερίοδος υπολογίστηκε σε **1.43 sec** (1^η ιδιόμορφη – μεταφορική κατά την εγκάρσια). Η δεσπόζουσα ιδιοπερίοδος κατά τη διαμήκη υπολογίστηκε σε **1.42 sec** (και υπό κατακόρυφο ταλάντωση υπολογίστηκε σε 0.34 sec).



ΣΧΗΜΑ: 3.12.2

Η μέγιστη τιμή σεισμικής μετακίνησης εκτιμήθηκε σε **9.2 cm** (εγκάρσια σεισμική δράση με συνυπολογισμό τυχηματικής μετατόπισης **1 cm**).

Για τα επιλεχθέντα εφέδρανα η μέγιστη τιμή ικανοτικής δράσης εφεδράνου υπολογίστηκε σε **0.58 MN (διαμήκης)** και **0.54 MN (εγκάρσια)**.

Στο τεύχος Στατικών Υπολογισμών Ανωδομής δίδονται αναλυτικά αποτελέσματα των αναλύσεων.

Εφέδρανα - Αρμοί διαστολής

Οι έλεγχοι αντοχής και ευστάθειας έδειξαν επάρκεια των επιλεχθέντων εφεδράνων. Δεν τίθεται θέμα ανύψωσης εφεδράνου και οι κατά DIN 4141, DIN 1072 και E39/99 ελέγχοι απέβησαν επιτυχείς. Τα επιλεχθέντα αγκυρούμενα εφέδρανα περιλαμβάνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Είδος Εφεδράνου	Θέση Εφεδράνου	Αριθμός τεμαχίων στο Ακρόβαθρο A1	Αριθμός τεμαχίων στο Ακρόβαθρο A2	Σύνολο τεμαχίων
500x600x211 (n=9, Tel = 99) Ελαστομεταλλικό Αγκυρούμενο Τύπου ALGABLOC NB4 ή ανάλογου	Ακρόβαθρο	2	2	4

Οι επιλεχθέντες αρμοί διαστολής για μετακίνηση **+/-60mm** τύπου π.χ. ALGAFLEX T120 ή ανάλογου) ικανοποιούν τα κριτήρια σχεδιασμού.

Στο τεύχος Στατικών Υπολογισμών Ανωδομής δίδονται αναλυτικά αποτελέσματα ελέγχων ανα εφέδρανο και αρμό.

Στον ακόλουθο πίνακα δίδεται σύνοψη κρίσιμων αποτελεσμάτων επι εφεδράνων.

Κατηγορία:		Ορθογωνικά ελαστομεταλλικό ααγκυρούμενα			
Τύπος:		Alga Bloc NB4 500 x 600 n=9 (Tel=99mm) ή ανάλογος			
Θέση:		Ακρόβαθρο			
ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ		ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Κατακόρυφη διεύθυνση	Οριζόντια διεύθυνση	
α/α	Στοιχεία Υπολογισμού	Μονάδες		Διαμήκης διεύθυνση	Εγκάρσια διεύθυνση
1	Κατακόρυφο φορτίο ανά εφέδρανο	kN			
	α) Μόνιμα φορτία		2175	32	0
	β) Κινητά φορτία		1136	75	45
2	Οριζόντιο φορτίο ανά εφέδρανο	kN			
	α) Τροχοπέδηση		6	75	
	β) Φυγόκεντρος				
	γ) Άνεμος (Γέφυρα Φορτισμένη)		34		15
	δ) Σεισμικές Δράσεις				
	ΑΤΠΣ (G=1.485 MPA)			397	382
	ΚΤΠΣ (G=0.99 MPA)			320	311
	ε) Κλίση εφεδράνου				
3	Φορτίο διαστασιολόγησης εφεδράνου	kN	3352		

4	Αποδεκτή κατακόρυφη μετακίνηση από:				
	α) κινητά φορτία				
	β) κινητό+μόνιμο+ερπυσμό				
5	Μέγιστη οριζόντια μετατόπιση απο:	mm			
	α) Θερμοκρασιακές μεταβολές			3.6 (+50C) 5.8 (-40C)	
	β) Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης			8	
	γ) Προένταση				
	δ) Τροχοπέδηση			25	
	ε) Καθιζήσεις				
	στ) Σεισμικές Δράσεις				
	ΑΤΠΣ (G=1.485 MPA)			88	93
	ΚΤΠΣ (G=0.99 MPA)			107	114

ΑΤΠΣ,ΚΤΠΣ : Ανώτατες, Κατώτατες Τιμές παραμέτρων Σχεδιασμού σύμφωνα με "Οδηγίες για μελέτη Γεφυρών με Σεισμ.Μόνωση" (ΥΠΕΧΩΔΕ/Ιαν 2004)

Έλεγχοι Προεντεταμένου Σκυροδέματος

Οι σχετικοί κατά DIN 4227 έλεγχοι έδειξαν επάρκεια του τιθέμενου χάλυβα προέντασης και μή υπέρβαση των επιτρεπόμενων τάσεων χάλυβα προέντασης και σκυροδέματος.

Κατωτέρω συνοψίζονται τα κυριότερα αποτελέσματα ορθών εφελκυστικών τάσεων σκυροδέματος και αντιπαραβάλλονται οι υπολογισθείσες τιμές του ραβδωτού προσομοιώματος με τις αντίστοιχες του προσομοιώματος πεπερασμένων στοιχείων.

Συνοψίζονται επίσης τα αποτελέσματα υπολογισμού των εγκάρσιων εφελκυστικών τάσεων (για τον κατά DIN 4227 έλεγχο).

Στο τεύχος Στατικών Υπολογισμών δίδονται διαγράμματα αναπτυσσομένων τάσεων χάλυβα προέντασης και σκυροδέματος και πίνακες με σύγκριση ως προς τις επιτρεπόμενες τιμές.

Ορθές θλιπτικές τάσεις σκυροδέματος

Κρίσιμοι Έλεγχοι κατά DIN 4227 -1	Επιτρεπόμενη Εφελκ.τάση [Μρα]	Μέγιστη τιμή υπολογισθείσας τάσης [Μρα]
[H] τάση συνόρου θλιβόμενη Ζώνη	-13	-8.5
[H] τάση συνόρου προθλιβόμενη Ζώνη εφελκυσμού	-16	-7.3

[H] τάση γωνίας προθλιβόμενη Ζώνη εφελκυσμού	-18	-8.6
--	-----	------

Ορθές εφελκυστικές τάσεις σκυροδέματος

Τα δυσμενέστερα αποτελέσματα υπολογιστικών τιμών ορθών τάσεων σκυροδέματος εμφανίζονται κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του προσομοιώματος πεπερασμένων στοιχείων ενώ ευμενέστερες τιμές υπολογίζονται κατά την αξιολόγηση του ραβδωτού προσομοιώματος.

Ως κρίσιμες χαρακτηρίζονται οι ορθές εφελκυστικές τάσεις σκυροδέματος στους κορμούς και την πλάκα πυθμένα υπό το συνδυασμό της (απαίτηση θλιπτικών τάσεων στο σκυρόδεμα με το 50% του φορτίου κυκλοφορίας).

Τα πλέον κρίσιμα αποτελέσματα ελέγχων συνοψίζονται κατωτέρω:

Κρίσιμοι Έλεγχοι κατά DIN 4227 -1	Επιτρεπόμενη Εφελκ.τάση [Mpa]	Μέγιστη τιμή υπολογισθείσας τάσης		Παρατηρήσεις
		Ραβδωτό Προσομοί ωμα	Πεπερασμένα Στοιχεία	
[H] τάση συνόρου	2.80	0.82	1.79	Για τα πεπ. στοιχεία λογίζεται η max σχ στους κορμούς και στην πλάκα πυθμένα
[H] τάση γωνίας	3.20	0.87	1.03	
(2)	0	-1.10	-0.18	

Εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις

Οι κατα § 15.6 έλεγχοι κορμών και πλάκας πυθμένα (εγκάρσια κάμψη) απέβησαν επιτυχείς.

Υπό τους ίδιους ελέγχους δοκιμάστηκε και η πλάκα καταστρώματος με τους πρόβλους και οι υπολογισθείσες τιμές τάσεων υπέδειξαν ότι δεν απαιτείται εγκάρσια προένταση. Για λόγους σύγκρισης αριθμητικών αποτελεσμάτων οι έλεγχοι έγιναν και τις 2 γέφυρες. Τα πλέον κρίσιμα αποτελέσματα ελέγχων (βάσει της προσομοίωσης με πεπερασμένα στοιχεία) συνοψίζονται κατωτέρω:

Έλεγχοι εγκάρσιας διατομής κατα DIN 4227-1	Επιτρ. Τάση [Mpa]	Μέγιστη τιμή υπολογισθείσας εγκάρσιας ακραίας τάσης [Mpa]					
		Κορμός	Πλάκα Πυθμένα		Πρόβλος	Πλάκα καταστρώματος	
			Κάτω	Άνω		Άνω (στήριξη)	Κάτω
(1) [G+V+Q]	4.0	1.32	1.31	1.30	2.80	3.33	3.66
(2) [G+V]	2.8	0.89	0.65	0.52	1.57	1.35	0.72

Η μελέτη της γέφυρας εκπονήθηκε από την τεχνική εταιρία OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH.

4 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Οι παρακάτω φωτογραφίες της γέφυρας ελήφθησαν στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας από τον φοιτητή κ. Νάσκο Αθανάσιο.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.1 : Βόρεια όψη γέφυρας μήκους 36 m από προεντεταμένο και οπλισμένο σκυρόδεμα με ελαστομεταλλικά εφέδρανα, στην παράκαμψη Ελαιώνα Δήμου Αιγιαλείας. Διακρίνονται τα ακρόβαθρα και το μεταβατικό επίχωμα από κοκκώδες υλικό και στο βάθος τα εφέδρανα.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.2 : Νότια όψη γέφυρας μήκους 36 m από προεντεταμένο και οπλισμένο σκυρόδεμα με ελαστομεταλλικά εφέδρανα, στην παράκαμψη Ελαιώνα Δήμου Αιγιαλείας. Διακρίνονται τα ακρόβαθρα και το μεταβατικό επίχωμα από κοκκώδες υλικό και στο βάθος τα εφέδρανα.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3 : Φαίνονται οι αγωγοί όμβριων υδάτων βόρειας όψης καθώς και τα εφέδρανα εντός των καλουπιών.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.4 : Φαίνονται οι αγωγοί όμβριων υδάτων νότιας όψης καθώς και τα εφέδρανα εντός των καλουπιών,



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.5 : Μεταλλικό κάλυμμα του διαχωριστικού αρμού τύπου ALGAFLEX T120.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.6 : Θέση αγωγού παροχέτευσης όμβριων υδάτων.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.7 : Γενική άποψη καταστρώματος της παρούσας γέφυρας μετά την ασφαλτόστρωση (ανατολική όψη).



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.8 : Σημείο πραγματοποίησης γεώτρησης για τον καθορισμό του είδους του εδάφους.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.9 : Γενική άποψη καταστρώματος της παρούσας γέφυρας μετά την ασφαλτόστρωση (δυτική όψη).



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.10 : Διακρίνεται το μεταβατικό επίχωμα από κοκκώδες υλικό και το νότιο τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.11 : Διακρίνεται το προστατευτικό κιγκλίδωμα του δρόμου του καταστρώματος .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.12 : Διακρίνεται η μικρότερη γέφυρα του υδραγωγείου που βρίσκεται στη βόρεια όψη.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.13 : Διακρίνεται η μικρότερη γέφυρα του υδραγωγείου που βρίσκεται στη βόρεια όψη.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.14 : Διακρίνεται ο σωλήνας συλλογής όμβριων υδάτων.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.15 : Διακρίνεται η ανατολική όψη του καταστρώματος της γέφυρας.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στον τομέα του υπολογισμού των κατασκευών ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (Η/Υ) έχει γίνει ένα σημαντικό εργαλείο που βοηθάει τον μηχανικό να εκτελεί την εργασία του .
2. Τα πλεονεκτήματά των λύσεων των φορέων με Η/Υ προβάλλονται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις φορέων με πολλά μέλη όπου η επίλυση με καθιερωμένες μεθόδους θα ήταν χρονοβόρα και κουραστική.
3. Ο μελετητής μηχανικός πρέπει να είναι σε θέση να ελέγξει αυτοτελώς την ορθότητα των αποτελεσμάτων που απαντάει το πρόγραμμα του Η/Υ οπότε πρέπει να είναι γνώστης της στατικής.
4. Υπάρχει ποικιλία προγραμμάτων Η/Υ που μπορεί κανείς να επιλέξει ανάλογα με τις ανάγκες του. Τα προγράμματα αυτά συνεχώς αναβαθμίζονται.
5. Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία περιλαμβάνει την πλήρη και αναλυτική μελέτη γέφυρας μήκους 36 m από προεντεταμένο και οπλισμένο σκυρόδεμα με ελαστομεταλλικά εφέδρανα.

6. Η επιλογή της γέφυρας και της μεθόδου κατασκευής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον προϋπολογισμό του έργου. Ο μελετητής βάσει της πείρας και των γνώσεων του καλείται να κάνει τη σωστή επιλογή.

8. Κάθε μελέτη τεχνικού έργου οφείλει να συμμορφώνεται με τους ισχύοντες κανονισμούς υλικών, φορτίσεων και ασφάλειας.

9. Σε όλα τα τεχνικά έργα πρέπει η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής να είναι το πρώτο πράγμα που απασχολεί τους υπεύθυνους του έργου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δ.–Π. Ν. ΚΟΝΤΟΝΗ, «Υπολογισμός Κατασκευών με Η/Υ», Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Πάτρα, 1995 – 1999.
2. Δ.–Π. Ν. ΚΟΝΤΟΝΗ, «Επιστημονικά Εκπαιδευτικά Προγράμματα Η/Υ ειδικότητας Πολιτικού Μηχανικού», Πάτρα 1985 – 2018.
3. Δ.–Π. Ν. ΚΟΝΤΟΝΗ, «Πολιτικός Μηχανικός & Η/Υ», «Εισαγωγή στους Η/Υ», «Εισαγωγή στο Διαδίκτυο (Internet) και στις υπηρεσίες του» (Διδακτικές Σημειώσεις), «Ασκήσεις Προγραμματισμού Η/Υ I & II» (Φύλλα Έργου), Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Τ.Ε.Ι. Πάτρας, «Ασκήσεις Προγραμματισμού Η/Υ και Εφαρμογών Πολιτικού Μηχανικού - I & II» (Φύλλα Έργου), Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε., Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα, 1999 – 2018.
4. Δ. Κωνσταντινίδης, «Γεφυροποιία» (Διδακτικές Σημειώσεις), Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Αλεξάνδρειο Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, 2012.
5. EN 1991 Ευρωκώδικας 1: Δράσεις επί των κατασκευών.
6. EN 1992 Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός των κατασκευών από σκυρόδεμα.
7. ΕΑΚ 2000. Ελληνικός αντισεισμικός κανονισμός (Ε.Α.Κ. 2000. Υπ. Απόφαση Δ17α/141/3/ΦΝ 2184Β'/20-12-1999 & Φ.Ε.Κ. 781/18-0602003). Όπως επίσης και το ΦΕΚ/Β' 1154/12-8-2003 – Δ17α/115/9/ΦΝ 275.
8. Οδηγίες για τη μελέτη των οδικών έργων – (ΟΜΟΕ – Τεχνικών Έργων Οδοποιίας (Έργα Πολιτικού Μηχανικού) 2003).
9. DIN–Fachbericht 101: Δράσεις σε γέφυρες.
10. DIN–Fachbericht 102: Γέφυρες από σκυρόδεμα.
11. Οδηγίες για την εφαρμογή των κανονισμών DIN–Fachbericht στην Ελλάδα (ΥΠΕΧΩΔΕ Ιούνιος 2007).

12. DIN 4019 (1986) «Έδαφος Θεμελίωσης – Υπολογισμός Θραύσης Εδάφους», Έκδοση Απριλίου 1979.
13. DIN 4019 1979 Baugrund. Setzungberechnungen, Έκδοση Απριλίου 1979.
14. ΕΑΚ 2000 (1999) Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός «ΕΑΚ 2000», Υπ. Αποφ. Δ17α/141/3/Φ.Ν. 275/92-ΦΕΚ 2184Β'/20.12.1999, όπως τροποποιήθηκε με ΦΕΚ 181Β/18.06.2003.
15. ΕΚΩΣ 2000 (2000) Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος «ΕΚΩΣ 2000» ΦΕΚ 1329Ε/6.11.2000.
16. Ο.Ε.Μ. Οδηγίες εκπόνησης μελετών της ΕΡΓΟΣΕ (Έκδοση 0.1).
17. DIN 1055 Παραδοχές φορτίων: Μέρος 1 (7/1978), Μέρος 2 (2/1976).
18. DIN 1072 Παραδοχές φορτίων για Οδογέφυρες και Πεζογέφυρες (12/1985).
19. DIN 1075 Γέφυρες από Σκυρόδεμα – Διαστασιολόγηση και Εκτέλεση (4/1981).
20. DIN 1045 Άοπλο και Οπλισμένο Σκυρόδεμα – Διαστασιολόγηση και Εκτέλεση (7/1988).
21. HEFT 240 Βοηθήματα υπολογισμού των εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα. (DafStB, 1978).
22. DIN 4141 Εφάδρανα στις δομικές κατασκευές- Μέρος 14 (9/1985).
23. DIN 4227-1 Προεντεταμένο Σκυρόδεμα: Μέρος 1 (7/1988) και Παραρτ.Α1 (12/1995).
24. DIN 1054 Έδαφος Θεμελίωσης - Επιτρεπόμενη φόρτιση (11/1976).

25. E39/99 Αναμόρφωση της Εγκυκλίου E39/93 «Οδηγίες για την αντισεισμική μελέτη γεφυρών» της ΔΜΕΟ/γ του ΥΠΕΧΩΔΕ (12/1999).
26. ΕΑΚ2000 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός – Έκδοση 2000 (12/1999) με τις ισχύουσες τροποποιήσεις του.
27. EC8-2, Αντισεισμικός Σχεδιασμός κατασκευών-Μέρος 2: Γέφυρες ENV1998-2 (10/1994).
28. EN 1377, European Standard on Structural Bearings (6/2004).
29. «Οδηγίες για τη μελέτη γεφυρών με σεισμική μόνωση» της ΔΜΕΟ/γ του ΥΠΕΧΩΔΕ (1/2004).
30. Τεχνική έκθεση των εταιρειών OBERMEYER PLANEN+BERATEN +GmbH και Υδροσύστημα Ε.Π.Ε., «Ν.Σ.Γ. ΚΟΡΙΝΘΟΥ-ΠΑΤΡΩΝ, ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΕΛΑΙΩΝΑ, ΑΝΩ ΔΙΑΒΑΣΗ ΚΟ5 ΣΤΗ Χ.Θ. ΝΣΓ 78+020.25, ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΑΣ», 2009.
31. E.C Hambly, "Bridge Deck Behaviour", E& FN SPON, 1990.
32. F. Leonhardt, E. Mönning, "Ειδικά Κεφάλαια Οπλισμένου Σκυροδέματος", Springer Verl, Berlin/Heidelberg 1975.
33. J.Schlaich, H Scheef, "Concrete Box Girder Bridges", IABSE, 1982.
34. ICE, "Manual of Bridge Engineering", Telford Ltd, London 2000.
35. Construction Industry Research & Information Association (CIRIA), "Guide 1", London 1976.
36. The Concrete Society/Concrete Bridge Development Group, "One Day Seminar on Durable Post Tensioned Concrete Bridges", The Society of Chemical Industry, London, 1994.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

- A) ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ – ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΜΗΚΟΤΟΜΩΝ**
- B) ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΚΑΙ ΟΨΗ**
- Γ) ΚΑΤΟΨΗ**
- Δ) ΚΑΤΟΨΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ**
- Ε) ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΤΟΜΕΣ**
- Ζ) ΞΥΛΟΤΥΠΟΙ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ Α1-Α2**
- Η) ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ**
- Θ) ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ**
- Ι) ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΠΕΛΜΑΤΩΝ ΑΝΩΔΟΜΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ**
- Κ) ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΟΥ Α1**
- Λ) ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΟΥ Α2**
- Μ) ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΑΔΟΚΙΔΑΣ**