

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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μελέτη Γέφυρας ενός ανοίγματος 37,90 m από προεντεταμένο και οπλισμένο σκυρόδεμα με ελαστομεταλλικά εφέδρανα, ρέματος Καλοχωρίου στον οδικό άξονα Σχηματαρίου – Χαλκίδας, με τη χρήση Η/Υ**



**ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ-ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :**

**Δρ. Διονυσία-Πηνελόπη Κοντονή**

**Δρ. Πολιτικός Μηχανικός**

**Αν. Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι.**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ :**

**Κουλαξίζη Βαΐα**

**Αναστασίου Ερασμία**

**Ηλιοπούλου Ευσταθία**

**ΠΑΤΡΑ , ΜΑΡΤΙΟΣ 2015**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ**

Ευχαριστούμε θερμά την Εισηγήτρια και Επιβλέπουσα της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, Δρ. Διονυσία-Πηνελόπη Κοντονή, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό και Αν. Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι. για την ουσιαστική καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της Πτυχιακής Εργασίας. Τέλος ευχαριστούμε θερμά τον κ. Κώστα Πετρουλόπουλο, Πολιτικό Μηχανικό και εργολήπτη δημοσίων έργων ο οποίος και μας παραχώρησε όλα τα απαιτούμενα στοιχεία και έγγραφα για τη μελέτη της γέφυρας πάνω στην οποία στηρίζεται η Πτυχιακή αυτή Εργασία, καθώς την περίοδο κατά την οποία κατασκευάστηκε η γέφυρα αποτελούσε μέλος του Διοικητικού Συμβουλίου της εταιρείας ENTEXNΩΣ Α.Ε.

Πάτρα, ΜΑΡΤΙΟΣ 2015

**Κουλαξίζη Βαΐα  
Αναστασίου Ερασμία  
Ηλιοπούλου Ευσταθία**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία, που εκπονήθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδος, περιλαμβάνει την πλήρη και αναλυτική μελέτη γέφυρας ενός ανοίγματος 37,90m από προεντεταμένο και οπλισμένο σκυρόδεμα με ελαστομεταλλικά εφέδρανα, που αποτελεί τμήμα του ανισόπεδου κόμβου άνωθεν του Α/Δ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ – ΧΑΛΚΙΔΑΣ με χρήση Η/Υ. Η μελέτη έγινε σύμφωνα με τους κανονισμούς DIN 4227, DIN 1072, DIN 1075, DIN 4085, DIN 4141, DIN 1045, τις οδηγίες για τον Αντισεισμικό Κανονισμό Γεφυρών (Ε39/99 ΥΠΕΧΩΔΕ) και τον ΕΑΚ 2000/2003 και η γέφυρα υπολογίσθηκε για τα φορτία κατηγορίας 60/30 κατά DIN 1072.

### Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστριών:

Οι κάτωθι υπογεγραμμένες σπουδάστριες έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

ΟΙ ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:

Ηλιοπούλου Ευσταθία



ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΕΦΕΣΣΙΑ



ΚΟΥΛΑΕΙΖΗ ΒΑΙΑ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup>	
ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΦΥΡΩΝ	
1.1 ΟΡΟΣΜΟΣ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	6
1.2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	6
1.3 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΓΕΦΥΡΩΝ.....	10
1.3.1 ΦΥΣΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ.....	10
1.3.2 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΛΙΘΟΙ.....	11
1.3.3 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	11
1.3.4 ΧΑΛΥΒΕΣ.....	11
1.3.5 ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ.....	12
1.3.6 ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ.....	12
1.3.7 ΑΛΛΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	13
1.4 ΕΝΤΥΠΩΣΙΑΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ.....	14
1.5 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	15
1.5.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΦΟΡΕΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΜΗΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ.....	16
1.5.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΒΑΘΡΩΝ.....	19
1.5.3 ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ.....	20
1.6 ΤΥΠΟΙ ΓΕΦΥΡΩΝ.....	23
1.6.1 ΓΕΦΥΡΕΣ ΜΕ ΣΥΝΕΧΗ ΠΛΑΚΑ.....	24
1.6.2 ΚΙΝΗΤΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ.....	25
1.6.3 ΤΟΞΩΤΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ.....	30
1.6.4 ΚΑΛΩΔΙΩΤΗ ΓΕΦΥΡΑ.....	32
1.6.5 ΚΡΕΜΑΣΤΗ ΓΕΦΥΡΑ.....	33
1.6.6 ΓΕΦΥΡΑ ΜΟΡΦΗΣ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ.....	36
1.6.7 ΓΕΦΥΡΑ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ.....	36
1.6.8 ΠΕΖΟΓΕΦΥΡΕΣ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup>	
ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ	
2.1 ΔΡΑΣΕΙΣ.....	39
2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	39
2.1.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ-ΔΡΑΣΕΙΣ.....	39

2.2	ΦΟΡΤΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ .....	41
2.2.1	ΓΕΝΙΚΑ .....	41
2.2.2	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ .....	42
2.2.3	ΦΟΡΤΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΔΟΓΕΦΥΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ DIN 1072 (67/82) .....	42
2.2.4	ΦΟΡΤΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΔΟΓΕΦΥΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 1 .....	45

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

3.1	ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΖΗΜΙΕΣ ΓΕΦΥΡΩΝ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟΥΣ .....	51
3.2	ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ .....	52
3.3	ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΩΝ .....	55
3.4	ΒΛΑΒΕΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΡΕΥΣΗ ΓΕΦΥΡΩΝ .....	56
3.5	ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....	58
3.5.1	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΩΝ .....	59
3.5.2	ΦΑΣΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....	59

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΑΣ ΕΝΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ 37,90 m ΑΠΟ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΟΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΦΕΔΡΑΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ

4.1	ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ .....	66
4.1.1	ΓΕΝΙΚΑ .....	66
4.1.2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	66
4.1.3	ΚΛΑΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ .....	67
4.1.4	ΕΙΔΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΑΛΥΒΩΝ .....	67
4.1.5	ΣΥΝΙΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΕΑ ΓΕΦΥΡΑΣ .....	67
4.1.6	ΤΥΠΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ .....	67
4.1.7	ΥΨΟΣ ΦΟΡΕΑ .....	67
4.1.8	ΛΟΓΟΣ ΥΨΟΥΣ ΦΟΡΕΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑ .....	67
4.1.9	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	68

4.1.9.1	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	68
4.1.9.2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΦΥΡΩΣΗΣ.....	68
4.1.10	ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ.....	68
4.1.11	ΒΑΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ-ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ.....	69
4.1.12	ΔΟΜΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	70
4.1.13	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
4.1.14	ΔΑΠΑΝΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	71
4.1.15	ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ.....	71
4.2	ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	75
4.2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	75
4.2.2	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	76
4.2.3	ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	79

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

5.1	ΑΠΟΣΠΑΣΜΑΤΑ ΤΕΥΧΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ.....	82
5.2	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	169
5.3	ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ.....	177

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ.....	178
--	------------------------------------	-----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	186
--	-------------------	-----

	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	187
--	-------------------	-----

	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ.....	190
--	-------------------------------	-----

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

## ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΦΥΡΩΝ

### 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Γέφυρα είναι μία κατασκευή που έχει σκοπό της συνέχειας μίας γραμμής επικοινωνίας, όπως μιας οδού (οδική γέφυρα), ενός σιδηροδρόμου, μίας ροής πεζών ή ενός αγωγού, πάνω από ένα εμπόδιο. Τα συνήθη εμπόδια που γεφυρώνονται είναι ποτάμια ή γενικότερα υδάτινες επιφάνειες, άλλοι συγκοινωνιακοί άξονες, τεχνητές υδάτινες ροές, εδαφικές ταπεινώσεις κ.τ.λ.

Από τα πανάρχαια χρόνια, η αποκατάσταση της συνέχειας μίας οδού πάνω από μία υδάτινη ροή αποτελούσε σημαντικό πρόβλημα. Έτσι ο άνθρωπος αναγκάστηκε να το αντιμετωπίσει, δηλαδή να κατασκευάσει γέφυρες από τους προϊστορικούς ακόμα χρόνους.

Οι γεφυροποιοί των αρχαίων και μέσων χρόνων είναι άξιοι μεγάλου θαυμασμού γιατί με τα ατελή τεχνικά μέσα που διέθεταν και με τα μικρής αντοχής υλικά που χρησιμοποιούσαν κατάφεραν να κατασκευάσουν γέφυρες που ακόμη και σήμερα η κατασκευή τους θεωρείται δύσκολη.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η ονομασία των γεφυρών συχνά συνδυάζεται με τοπωνυμία της θέσης της γέφυρας, με τον κατασκευαστή και κάποτε με τον πολιτικό ή στρατιωτικό ηγέτη που διέταξε την κατασκευή της ή με το εμπόδιο που γεφυρώνεται.

### 1.2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΓΕΦΥΡΑΣ

Η γέφυρα σαν τεχνικό κατασκεύασμα, χρονολογείται από την αρχαιότητα. Οι πρώτοι επαγγελματίες κατασκευαστές γεφυρών ήταν οι Ρωμαίοι, αφήνοντας πίσω τους μία κληρονομιά από εκατοντάδες γέφυρες, τις οποίες μπορεί κανείς να δει μέχρι και σήμερα. Μία από αυτές είναι η Pons Fabricius (Φωτ.1.1) στην πόλη της Ρώμης.



Φωτ. 1.1 PonsFabricius, Ρώμη.

Η πρώτη κατασκευασθείσα γέφυρα από άνθρωπο ήταν, κατά πάσα πιθανότητα, ένα κούτσουρο χρησιμοποιούμενο για να διασχίσει ένα ρέμα. Σχετικά σύντομα έγινε αντιληπτό ότι η τοποθέτηση δύο ή περισσότερων κορμών δεμένων μεταξύ τους με σχοινιά έδινε μία πολύ πιο αποτελεσματική κατασκευή. Σταδιακά ο άνθρωπος ανέπτυξε τις μηχανικές ιδιότητες και ο σχεδιασμός και η κατασκευή των γεφυρών προόδευσε, οδηγώντας τον λοιπόν σε ανώτερες κατασκευές, όπως είναι οι πέτρινες αψιδωτές γέφυρες και πολύ αργότερα, γέφυρες με πλαϊνά υποστηρίγματα. Μερικές ρωμαϊκές γέφυρες είχαν στο κατάστρωμά τους πεζοδρόμια, αψίδες και διακοσμητικά αγάλματα.

Τα υλικά δόμησης μέχρι τον 18ο αιώνα ήταν ξύλα και πέτρες. Το 1781 φτιάχτηκε η πρώτη γέφυρα από χυτοσίδηρο στην Αγγλία από τον ποταμό Σέβερν ( Severn) γνωστή και ως Iron Bridge.





Φωτ. 1.2 Iron Bridge, Αγγλία.

Η γέφυρα που διασχίζει τον ποταμό Severn στο Shropshire της Αγγλίας, μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα μεγάλη ή περίτεχνη, έμεινε όμως στην Ιστορία για ένα λόγο :

Ήταν η πρώτη γέφυρα που κατασκευάστηκε εξολοκλήρου από χυτοσίδηρο. Κτίστηκε τον 18ο αιώνα, σύμφωνα με σχέδια του αρχιτέκτονα Thomas Farnolis Pritchard και χρησιμοποιήθηκαν 400 τόνοι χυτοσιδήρου. Το έργο ολοκληρώθηκε σε τρεις μήνες.



Φωτ. 1.3 Iron Bridge, Αγγλία.

Η βελτίωση στην επεξεργασία του χάλυβα έδωσε την δυνατότητα να αυξηθεί η αντοχή σε εφελκυσμό και να κατασκευαστούν με αυτό το υλικό μεγάλες κρεμαστές γέφυρες. Η πρώτη σημαντική γέφυρα αυτού του τύπου είναι η γέφυρα Μενάι που κατασκευάστηκε από τον Thomas Telford στην Ουαλία το 1826.



Φωτ. 1.4 Γέφυρα Menai, Ουαλία.

Στα τέλη του 19ου και στις αρχές του 20ου αιώνα, άρχισαν να κατασκευάζονται οι μεταλλικές γέφυρες, ενώ λίγο αργότερα χρησιμοποιήθηκε το μπετόν αρμέ. Η πρώτη μεταλλική γέφυρα που κατασκευάστηκε στην Ευρώπη είναι εκείνη που λέγεται Pont des Arts (Γέφυρα των Τεχνών) και βρίσκεται στο Παρίσι. Άλλοτε, για τις μεταλλικές γέφυρες χρησιμοποιούσαν το σίδηρο, ενώ σήμερα χρησιμοποιείται μόνο το ασάλι και σπανιότερα το αλουμίνιο.



Φωτ. 1.5 POND DES ARTS (Γέφυρα των Τεχνών), Παρίσι.

### **1.3 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΓΕΦΥΡΩΝ**

Ως υλικά δόμησης των γεφυρών, χρησιμοποιούνται φυσικοί λίθοι, τεχνητοί λίθοι, σκυρόδεμα και χάλυβες. Επιπλέον, συχνά χρησιμοποιούνται τεχνητές ύλες, άλλα μέταλλα κ.α. Τέλος, στην ανωδομή εφαρμόζονται υλικά επίστρωσης και στεγάνωσης.

#### **1.3.1 ΦΥΣΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ**

Οι φυσικοί λίθοι είναι στερεά σώματα διαφόρων σχημάτων και διαστάσεων που προέρχονται από τα πετρώματα της γης. Ανθεκτικοί φυσικοί λίθοι όπως ο γρανίτης, ο πορφυρίτης, ο διορίτης, ο βασάλτης αλλά και οι ασβεστόλιθοι όπως το μάρμαρο, ο ψαμμίτης, οι σκληροί τόφφοι και οι τραβερτίνες, χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη επιτυχία στη γεφυροποιία και μάλιστα στα βάθρα και στις θολωτές κατασκευές, άλλοτε σαν φέροντα στοιχεία, άλλοτε σαν επένδυση. Δυστυχώς σήμερα σπάνια χρησιμοποιούνται φυσικοί λίθοι στη γεφυροποιία εξαιτίας του υψηλού κόστους κατεργασίας τους.

Σημαντικό όμως είναι να αναφέρουμε ότι στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες με την ίδια γεωλογική διάπλαση οι φυσικοί λίθοι αφθονούν, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται αρκετά ακόμη και σήμερα, λόγω πολλών ωφέλιμων ιδιοτήτων που μπορούν να παρέχουν στις κατασκευές. Δηλαδή, έχουν μεγάλη αντοχή σε διάβρωση και τριβή από το νερό και την άμμο, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για τα βάθρα γεφυρώσεων ποταμών. Επίσης έχουν καλύτερη γήρανση από το σκυρόδεμα.

### **1.3.2 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΛΙΘΟΙ**

Μερικές φορές χρησιμοποιούνται στη γεφυροποιία για επενδύσεις βάθρων.

Κλίκερ οικοδομών : θλιπτική αντοχή λίθου 28Μρα

Τούβλα επένδυσης : θλιπτική αντοχή λίθου 20Μρα

### **1.3.3 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

Στην ανωδομή χρησιμοποιούνται κανονικά σκυροδέματα B25 έως B55 και στα θεμέλια και επενδυμένα βάθρα κανονικά σκυροδέματα B15 έως B35.

Όταν το πάχος των δομικών υλικών είναι μεγάλο, επιδιώκεται ο περιορισμός της θερμότητας ενυδάτωσης με βραδύπηκτα τσιμέντα και όχι μεγάλο ποσοστό τσιμέντου στις αναλογίες ανάμιξης. Μετά τη διάστρωση πρέπει να διατηρείται το σκυρόδεμα θερμό για αρκετές μέρες και να παρεμποδίζεται η εξάτμιση του νερού.

### **1.3.4 ΧΑΛΥΒΕΣ**

Ως κοινοί οπλισμοί θα χρησιμοποιούνται χάλυβες οπλισμού με νευρώσεις ποιότητας BSt 420/500 ή 500/550, επειδή η υψηλή τους ποιότητα συνάφειας και αντοχής χρειάζονται στον περιορισμό των ρωγμών. Σε όλα τα δομικά στοιχεία της γέφυρας (ανωδομή και υποδομή) η ελάχιστη διάμετρος χαλαρών οπλισμών θα είναι  $\Phi \geq 10\text{mm}$  και η μέγιστη απόσταση ράβδων  $e \leq 20\text{cm}$ . Επιμηκύνσεις των ράβδων  $\Phi > 20\text{mm}$  με παράθεση, καλό είναι να αποφεύγονται. Παρά τη δυναμική καταπόνηση των γεφυρών,

σπάνια είναι καθοριστική η αντοχή κόπωσης. Τα συγκολλητά πλέγματα προσφέρονται ως κύριος οπλισμός.

Οι χάλυβες προέντασης για τους τένοντες επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν όλοι οι εγκεκριμένοι χάλυβες προέντασης, εφόσον ληφθούν υπόψη κάθε φορά οι όροι των εγκριτικών αποφάσεων.

### **1.3.5 ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ**

Το λιθόστρωτο αλλοιώνεται με το χρόνο και καλό είναι να αποφεύγεται. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν :

Χυτάσφαλτοι : πάχους 40 έως 60 mm

Ασφαλτοσκυρόδεμα : πάχους 50 έως 70 mm

Το σκυρόδεμα ως επίστρωση θα χρησιμοποιείται πάντα οπλισμένο. Ελάχιστο πάχος 180 mm. Οι πλάκες πρέπει να εξασφαλίζονται για ολίσθηση πάνω στην στεγανωτική στρώση. Επιτρέπεται να μην διαταχθούν εγκάρσιοι αρμοί όταν ο άνω διαμήκης οπλισμός είναι  $\Phi 12$ ,  $e=100\text{mm}$  και η επικάλυψή του από σκυρόδεμα 40 έως 50 mm.

Ελεύθερες, φέρουσες πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος σε άμεση επαφή με τους τροχούς διατηρούνται αναλλοίωτες μόνο σε χώρες χωρίς κινδύνους παγοπάθειας και χωρίς διαβρωτικά περιβάλλοντα. Είναι οικονομικές και τεχνικά κατάλληλες μόνον εφόσον το σκυρόδεμα είναι υψηλής αντοχής, η ελάχιστη κατά μήκος κλίση είναι 2%, η ελάχιστη άνω επικάλυψη του οπλισμού είναι 40mm και το εύρος των ρωγμών περιορίζεται σε 0,1 mm (επιτρέπονται μόνο καμπτικές ροπές).

### **1.3.6 ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ**

Καμία επίστρωση δεν είναι τελείως στεγανή, ούτε η χυτάσφαλτος. Συνεπώς οι πλάκες καταστρώματος πρέπει να προστατεύονται αξιόπιστα από τα νερά με διαβρωτικές ουσίες. Όταν χρησιμοποιούνται διαβρωτικές ουσίες για την προστασία από παγετό (π.χ. ραντισμός με αλάτι) ή το περιβάλλον είναι

διαβρωτικό, θα τοποθετείται μία στεγανωτική στρώση μεταξύ της πλάκας καταστρώματος και της επίστρωσης.

Κατάλληλες στεγανώσεις είναι περασμένα σε μάλθη (άσφαλτο) φύλλα χαλκού ή αλουμινίου ή τεχνητών υλών. Στρώσεις ασφαλικής μαστίχης πάχους 10mm αποδείχτηκαν στην πράξη ικανοποιητικές. Παλαιότερα τοποθετούσαν κάτω από τη στεγανωτική στρώση ένα στρώμα ινών υάλου ώστε να παρεμποδίσουν τον σχηματισμό φυσαλίδων ατμού λόγω εξάτμισης του πλεονάζοντος νερού στο σκυρόδεμα. Αυτό όμως δρούσε σαν αποστράγγιση στις ευαίσθητες περιοχές και έκανε περισσότερο κακό παρά καλό, διαχέοντας τα βλαβερά υλικά. Ο κίνδυνος σχηματισμού φυσαλίδων ατμού είναι μικρός και καταπολεμάται καλύτερα με μία μονωτική στρώση εποξειδικής ρητίνης.

Κατά κανόνα οι στεγανώσεις εφοδιάζονται με μία προστατευτική στρώση. Ως επιφανειακή προστασία από τα άλατα της δρόσου χρησιμοποιούνται επιχρίσματα από πολλές στρώσεις τεχνητών υλών ανθεκτικών στα αλκάλια, συνήθως εποξειδικές ρητίνες.

### **1.3.7 ΑΛΛΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

Άλλα δομικά υλικά είναι τα εφέδρανα, οι αρμοί διαστολής, οι σωλήνες αποστράγγισης κτλ.

## 1.4 ΕΝΤΥΠΩΣΙΑΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ

Είναι αξιοθαύμαστο έργο η κατασκευή των γεφυρών. Είναι ένα μικρό θαύμα στατικής και αρχιτεκτονικής. Η χρησιμότητα της πολλές φορές τις κάνει σύμβολο, ακόμα και μνημείο. Στην συνέχεια, εμφανίζονται κάποιες από τις πιο περίεργες σύγχρονες γέφυρες, περίτεχνα φτιαγμένες, μοναδικές και διαφορετικές από τις κλασικές.



Φωτ. 1.6 Γέφυρα Octavio Frias de Oliveira Σάο Πάολο, Βραζιλία.

Στο Σάο Πάολο της Βραζιλίας μία γέφυρα σε σχήμα Χ με το όνομα Octavio Frias de Oliveira δεσπόζει πάνω από τον ποταμό Pnheiros και συνδέει δύο μεγάλες λεωφόρους. Η Octavio Frias υπερέχει για τον μοναδικό σχεδιασμό της με την καλωδιακή στήριξη και την πολυπλοκότητα των δρόμων που την διατρέχουν. Η γέφυρα έχει ύψος 138 μέτρα με έναν κεντρικό στύλο. Δόθηκε προς χρήση το 2008.



Φωτ. 1.7 Γέφυρα Juscelino Kubitschek, Βραζιλία.

Στην Βραζιλία βρίσκεται και η Juscelino Kubitschek, η οποία είναι ένα σύμπλεγμα τριών μεγάλων αψίδων διαγώνια στημένων.

## **1.5 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ**

Οι γέφυρες γενικά αποτελούνται από το τμήμα της ανωδομής και το τμήμα της υποδομής. Τα φορτία της ανωδομής (μόνιμα και κινητά) μεταφέρονται στις στηρίξεις της γέφυρας, και μέσω αυτών στη θεμελίωσή της.

**Πιο συγκεκριμένα τα φέροντα στοιχεία μιας γέφυρας μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:**

**Στο φορέα.** Είναι το οριζόντιο στοιχείο της γέφυρας, που αποτελεί και το κατάστρωμα, πάνω στο οποίο γίνεται η κίνηση των οχημάτων και των πεζών και γενικώς φέρει τα ωφέλιμα φορτία της γέφυρας. Ανάλογα με τη στατική τους λειτουργία, οι φορείς διακρίνονται σε συνεχείς, αμφιέριστους και δοκούς Gerber. Ανάλογα με τη διατομή τους διακρίνονται σε συμπαγείς, πλάκες με κενά, κυψελωτούς φορείς, πλακοδοκούς, κιβωτιοειδούς διατομής κ.λ.π.

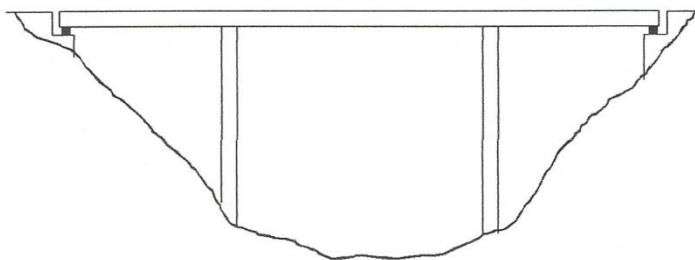


**Στα βάθρα.** Είναι τα κατακόρυφα στοιχεία που στηρίζουν το φορέα και μεταφέρουν τα φορτία στη θεμελίωση. Ανάλογα με τη μορφή τους, τα βάθρα χαρακτηρίζονται ως πολύστυλα, μονόστυλα, τοιχοειδή και κοίλα. Τα δύο ακραία βάθρα ονομάζονται ακρόβαθρα και συνήθως είναι τοιχοειδούς μορφής, επειδή λειτουργούν και ως τοίχοι αντιστήριξης των γαιών πίσω από αυτά. Τα ενδιάμεσα βάθρα ονομάζονται μεσόβαθρα.

**Στη θεμελίωση.** Οι συνήθεις τρόποι θεμελίωσης των γεφυρών είναι με επιφανειακή θεμελίωση, με πασσάλους και με φρέατα. Ανάλογα με τη γεωμετρική τους διαμόρφωση, οι γέφυρες διακρίνονται σε ορθές ή λοξές και σε ευθύγραμμες ή καμπύλες. Ορθή λέγεται μία γέφυρα, στην οποία οι γωνίες μεταξύ του διαμήκους άξονα του φορέα και των αξόνων των βάθρων είναι  $90^\circ$ . Άλλως, η γέφυρα θεωρείται λοξή. Ευθύγραμμη λέγεται μία γέφυρα, όταν είναι ευθύγραμμη σε κάτοψη. Μία γέφυρα μπορεί να είναι καμπύλη και ταυτόχρονα να είναι ορθή.

### 1.5.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΦΟΡΕΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΜΗΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

#### ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ

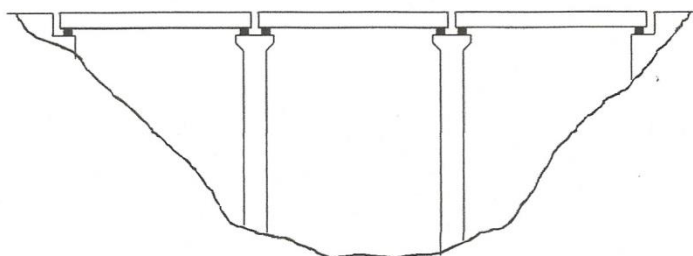


Οι συνεχείς φορείς γεφυρών έχουν γενικώς καλύτερη στατική συμπεριφορά από τους αμφιέρειστους φορείς, επειδή οι ροπές στο φορέα είναι μικρότερες και κατανέμονται καλύτερα στις στηρίξεις και τα ανοίγματα. Από αντισεισμική άποψη, έχουν πιο σαφή δυναμική απόκριση από φορείς με ρμούς, επειδή η ανωδομή συμπεριφέρεται ως ένα ενιαίο σώμα. Επίσης ο κίνδυνος πτώσης του φορέα περιορίζεται μόνο στα ακρόβαθρα. Για μονολιθικά συνδεδεμένα μεσόβαθρα, οι σεισμικές μετακινήσεις είναι γενικώς

μικρές, με αποτέλεσμα ο κίνδυνος πτώσης του φορέα να είναι πρακτικά ανύπαρκτος.

Οι συνεχείς φορείς παρουσιάζουν όμως και μειονεκτήματα, όπως η μεγάλη τους ευαισθησία σε διαφορικές καθιζήσεις των βάθρων και τεκτονικές κινήσεις. Για σχετικά άκαμπτους φορείς, οι φορτίσεις αυτές μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες εντάσεις που να καθιστούν την εφαρμογή συνεχούς φορέα απαγορευτική. Σε περιπτώσεις εύκαμπτων φορέων και μεγάλων ανοιγμάτων, δημιουργούνται και σημαντικές ταλαντώσεις στην εγκάρσια διεύθυνση κατά τη διάρκεια του σεισμού, με δυσμενή επίστρωση στα βάθρα.

## **ΑΜΦΙΕΡΕΙΣΤΟΙ ΦΟΡΕΙΣ**



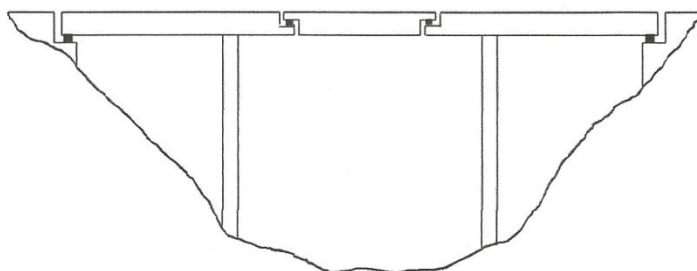
Σε γέφυρες με αμφιέρειστους φορείς, κάθε τμήμα του καταστρώματος μεταξύ γειτονικών βάθρων χωρίζεται με το διπλανό του με αρμό και λειτουργεί στατικά ανεξάρτητα. Γι' αυτό και τέτοιες γέφυρες μπορούν να παραλάβουν, χωρίς πρόβλημα, μεγάλες διαφορικές καθιζήσεις και τεκτονικές κινήσεις. Συνήθως, όμως, η επιλογή αμφιέρειστων φορέων οδηγεί σε ακριβότερη λύση, γιατί προκύπτουν μεγάλες ροπές ανοιγμάτων στους φορείς από στατικά κατακόρυφα φορτία και μεγαλύτερη καταπόνηση στα βάθρα για σεισμικά φορτία.

Σε γέφυρες με αμφιέρειστους φορείς, ο κίνδυνος πτώσης του φορέα κατά τη διάρκεια ισχυρών σεισμών είναι αυξημένος, εάν δεν

έχει προβλεφθεί επαρκές μήκος έδρασης. Ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος για εύκαμπτα μεσόβαθρα, αφού η ταλάντωσή τους δημιουργεί πρόσθετες μετακινήσεις, οι οποίες μεγιστοποιούνται εάν δύο γειτονικά βάθρα κινηθούν εκτός φάσης.

Αυξημένος είναι ο κίνδυνος κρούσης μεταξύ γειτονικών φορέων, αφού η συνήθης στήριξη μέσω ελαστομεταλλικών εφεδράνων οδηγεί σε μεγάλες μετακινήσεις κατά τη διάρκεια ισχυρών σεισμών. Η κρούση μπορεί να προκαλέσει ζημιές στους φορείς. Σημειώνεται όμως, ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η κρούση μπορεί να είναι ευεργετική, γιατί εμποδίζει τη δημιουργία συντονισμού σε ανεξάρτητα ταλαντούμενα τμήματα.

### **ΦΟΡΕΙΣ ΜΕ ΑΡΜΟΥΣ ΣΕ ΕΝΔΙΑΜΕΣΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ (ΔΟΚΟΙ GERBER)**



Ο τρόπος αυτός μόρφωσης του φορέα ήταν αρκετά δημοφιλής παλαιότερα, επειδή παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα στην κατανομή των ροπών για στατικά κατακόρυφα φορτία. Από αντισεισμική άποψη, όμως, παρουσιάζει όλα τα μειονεκτήματα των αμφιέριστων φορέων και επιπρόσθετα το μήκος έδρασης είναι συνήθως περιορισμένο, για λόγους αντοχής του κοντού προβόλου που δημιουργείται στην περιοχή έδρασης. Οι κατακόρυφες ταλαντώσεις κατά τη διάρκεια του σεισμού, που σε αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι έντονες λόγω έλλειψης συνέχειας, αυξάνουν τον κίνδυνο πτώσης του φορέα. Γι' αυτό και η διάταξη αυτή σπανίως χρησιμοποιείται τελευταία, παρότι δεν απαγορεύεται. Σε περίπτωση που θα εφαρμοστεί, θα πρέπει οπωσδήποτε να συνοδεύεται από ειδικές διατάξεις (σεισμικούς συνδέσμους), ώστε να αποκλεισθεί ο κίνδυνος πτώσης φορέα.

## **1.5.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΒΑΘΡΩΝ**

### **ΠΟΛΥΣΤΥΛΑ ΒΑΘΡΑ**

Πολύστυλα βάθρα, μορφής πλαισίου στην εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας, έχουν γενικώς καλή σεισμική συμπεριφορά, λόγω της υπερστατικότητας που διαθέτουν. Βέβαια, στη διαμήκη διεύθυνση τα βάθρα αυτά συμπεριφέρονται ως μονόστυλα.

Σε λοξούς ή καμπύλους φορείς, η στροφή περί κατακόρυφο άξονα, που συμβαίνει στο φορέα, μπορεί να προκαλέσει στρέψη και πρόσθετη καμπτική καταπόνηση στους στύλους και στη δοκό σύνδεσης (κεφαλόδεσμο), λόγω διαφορετικής οριζόντιας μετακίνησης στα δύο άκρα του βάθρου.

Για μονολιθική σύνδεση φορέα-βάθρου δεν απαιτείται κεφαλόδεσμος και η πλαισιακή λειτουργία εξασφαλίζεται μέσω φορέα.

### **ΤΟΙΧΟΕΙΔΗ ΒΑΘΡΑ**

Τα τοιχοειδή βάθρα διαθέτουν μεγάλη δυσκαμψία στην εγκάρσια διεύθυνση, ενώ στη διαμήκη διεύθυνση συμπεριφέρονται ως μονόστυλα.

Γενικώς, δεν παρουσιάζουν προβλήματα στη σεισμική τους συμπεριφορά. Κινδυνεύουν όμως περισσότερο από αστοχία, γι' αυτό και υπολογίζονται για συντελεστή συμπεριφοράς κοντά στη μονάδα.

### **ΜΟΝΟΣΤΥΛΑ ΒΑΘΡΑ**

Τα μονόστυλα βάθρα δε διαθέτουν υπερστατικότητα, γι' αυτό και υπάρχει αυξημένος κίνδυνος κατάρρευσης σε περίπτωση που θα πάθουν σημαντικές ζημιές. Το πρόβλημα μειώνεται σημαντικά όταν μονόστυλα βάθρα χρησιμοποιούνται ως μεσόβαθρα σε γέφυρες μικρού συνολικού μήκους, οι οποίες εδράζονται σε ικανοποιητικό πλάτος στα ακρόβαθρα, με αποτέλεσμα αστοχίες τέτοιου τύπου ουσιαστικά να μη μπορούν να συμβούν.

### **ΚΟΙΛΑ ΒΑΘΡΑ**

Κοίλα βάθρα χρησιμοποιούνται για μεγάλα ύψη, συνήθως μεγαλύτερα των 20m. Οι εξωτερικές τους διαστάσεις είναι της τάξης μερικών μέτρων και το πάχος των τοιχωμάτων είναι συνήθως 30-50cm. Λόγω μεγάλων εξωτερικών τους διαστάσεων διαθέτουν σημαντική δυσκαμψία, παρά το μεγάλο τους ύψος. Γενικώς, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα στη σεισμική

συμπεριφορά. Χρειάζεται όμως προσοχή στην καλή περίσφιγξη, για την εξασφάλιση πλάστιμης συμπεριφοράς. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη σύνδεση του οπλισμού της εξωτερικής παρειάς, η οποία παρουσιάζει και κατασκευαστικές δυσκολίες.

Από αντισεισμική άποψη, είναι προτιμότερη η χρήση κυκλικής διατομής, γιατί έχει ενιαία συμπεριφορά για όλες τις διευθύνσεις της σεισμικής διέγερσης. Αντίθετα, στην ορθογωνική διατομή, η θλιβόμενη ζώνη (γωνία) της διατομής, με αποτέλεσμα αυξημένες πιθανότητες αστοχίας.

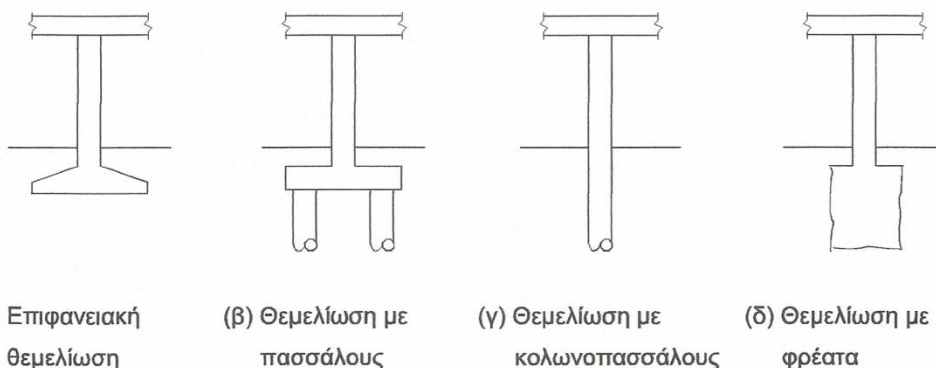
### **1.5.3 ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ**

Οι γέφυρες είναι κατασκευές ευαίσθητες στις εδαφικές συνθήκες, οι οποίες πολλές φορές είναι εξαιρετικά κακές, επειδή οι γέφυρες κατασκευάζονται σε δύσκολες τοποθεσίες (ποτάμια, χαράδρες, θάλασσα), ακόμη και πάνω από τεκτονικά ρήγματα.

Τα θεμέλια είναι στοιχεία της γέφυρας που συνδέουν την υποδομή με το έδαφος. Ρόλος τους είναι η στήριξη της γέφυρας και η μεταφορά φορτίων στο έδαφος. Μπορούν να χωριστούν σε βαθιά και ρηχά θεμέλια. Βαθιά καλούνται τα θεμέλια των οποίων το βάθος θεμελίωσης είναι μεγαλύτερο από τις άλλες δύο διαστάσεις τους, και αντιστοίχως ρηχά, καλούνται τα θεμέλια των οποίων οι διαστάσεις τους σε κάτοψη υπερτερούν του βάθους θεμελίωσής τους. Για ίδιο εμβαδόν θεμελίου, τα βαθιά θεμέλια μπορούν να αναλάβουν μεγαλύτερα φορτία.

Η επιλογή του είδους θεμελίωσης γίνεται βάσει των φορτίων που πρέπει να αναληφθούν, της ποιότητας του εδάφους και της οικονομίας της κατασκευής. Επίσης θα πρέπει να εξετάζονται και άλλοι παράγοντες, όπως η πιθανότητα ρευστοποίησης του εδάφους, η πιθανότητα κατολισθήσεων, η πιθανότητα συντονισμού (για μαλακά εδάφη) κτλ.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνηθέστεροι τρόποι θεμελίωσης βάθρων :



## ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

Εφαρμόζεται σε καλά εδάφη, επειδή οι αναπτυσσόμενες τάσεις εδάφους για τους συνδυασμούς με σεισμό προκύπτουν αρκετά μεγάλες. Οι πιθανές διαφορικές καθιζήσεις μεταξύ γειτονικών βάθρων είναι συνήθως μεγαλύτερες απ' ό,τι για θεμελίωση με πασσάλους, γεγονός που επιβαρύνει σημαντικά συνεχείς φορείς. Συνήθως απαιτούνται σημαντικές εκσκαφές, επειδή οι διαστάσεις των πεδίων είναι αρκετά μεγάλες. Από στατική άποψη, η επιφανειακή θεμελίωση σε σκληρά εδάφη λειτουργεί σχεδόν ως πάκτωση. Για μαλακά εδάφη συνιστάται να λαμβάνεται υπόψη και η αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής.

## ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ

Η θεμελίωση με πασσάλους χρησιμοποιείται πολύ συχνά σε γέφυρες, επειδή παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια έναντι αστοχίας, σε σύγκριση με την επιφανειακή θεμελίωση, και μικρότερες διαφορικές καθιζήσεις. Σε περιπτώσεις μαλακών και χαλαρών εδαφών, η θεμελίωση με πασσάλους είναι συνήθως η μόνη πρόσφορη λύση. Έχει το πλεονέκτημα της ταχύτητας κατασκευής και των μικρών απαιτούμενων εκσκαφών.

## ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΕ ΚΟΛΩΝΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ

Κολωνοπάσσαλοι ονομάζονται οι κυκλικοί στύλοι βάθρων, οι οποίοι συνεχίζουν εντός του εδάφους ως πάσσαλοι, χωρίς την παρεμβολή κεφαλόδεσμου. Η λύση αυτή προσφέρει το πλεονέκτημα της εύκολης κατασκευής, ενώ η μη κατασκευή κεφαλόδεσμου οδηγεί σε σημαντική οικονομία. Επίσης,

αποφεύγονται οι εκσκαφές που απαιτούνται για την κατασκευή του κεφαλόδεσμου. Από άποψη δυναμικής συμπεριφοράς, η ευκαμψία των πασσάλων δημιουργεί συνθήκες ελαστικής πάκτωσης στη βάση των στύλων. Η ελαστικότητα αυτή της θεμελίωσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο μοντέλο υπολογισμού, ιδιαίτερα για μαλακά εδάφη.

## **ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΜΕ ΦΡΕΑΤΑ**

Η θεμελίωση με φρέατα χρησιμοποιείται σε σκληρά ή βραχώδη εδάφη, όπου η κατασκευή πασσάλων δεν είναι δυνατή. Η παραλαβή των φορτίων γίνεται μερικώς μέσω της επιφάνειας έδρασης και μερικώς από τις πλευρικές τριβές που αναπτύσσονται. Σε σύγκριση με την επιφανειακή θεμελίωση, απαιτούνται μικρότερες εκσκαφές σε έκταση, αλλά μεγαλύτερες σε βάθος. Επομένως η επιλογή αυτού του τρόπου θεμελίωσης θα πρέπει να γίνεται με τεχνοοικονομικά κριτήρια. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου θα πρέπει να συμπεριληφθεί και η ασάφεια που υπάρχει στον τρόπο παραλαβής των κατακόρυφων και σεισμικών φορτίων. Στη δυναμική ανάλυση, η θεμελίωση αυτή μπορεί να λαμβάνεται ως πάκτωση.

Επιπρόσθετα, σημαντικό είναι να αναφερθούν τα διάφορα εξαρτήματα των γεφυρών :

- Αρμοί
- Εφέδρανα
- Στηθαία ασφαλείας
- Συσκευές δυναμικής εμπλοκής
- Σύστημα αποχέτευσης/αποστράγγισης
- Πυλώνες ηλεκτροφωτισμού

## 1.6 ΤΥΠΟΙ ΓΕΦΥΡΩΝ

Υπάρχουν διάφορα είδη γεφυρών, καθένα από τα οποία παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Συνεπώς, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες, επιλέγεται το καταλληλότερο είδος γέφυρας. Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή είναι :

- Το μήκος που πρέπει να γεφυρωθεί
- Η μορφολογία της περιοχής
- Οι θερμοκρασιακές μεταβολές
- Η τυχόν καμπυλότητα που πρέπει να έχει η γέφυρα
- Η αισθητική
- Οι οικονομικοί παράγοντες
- Η ιδιαιτερότητα της κάθε κατασκευής
- Τα διαθέσιμα μέσα κατασκευής-συντήρησης

Οι γέφυρες διακρίνονται:

- Ανάλογα με την χρήση ή τον τύπο του φορέα, σε "οδικές", "σιδηροδρομικές", "πεζών" και "πεζών και ποδηλάτων", υδατογέφυρες κ.λπ.
- Εκ του υλικού κατασκευής, σε "ξύλινες" ( οι αρχαιότερες ), "λίθινες" ( αψιδωτές ή τοξωτές ), "σχοινένιες", "μεταλλικές", "τσιμεντένιες" ή και "μικτές".
- Εκ του τρόπου έδρασής τους, που είναι και η σημαντικότερη κατάταξή τους, σε "κινητές" και σε "σταθερές" ή "σταθερώς εδραζόμενες".
- Οι κινητές διακρίνονται επιμέρους σε "αναρτώμενες", "περιστροφικές" και "πτυσσόμενες". Στις κινητές γέφυρες υπάγονται και οι "πλωτές".



- Οι σταθερές διακρίνονται επιμέρους :
  - Εκ της γωνίας τους κατά διεύθυνση προς την κοίτη ή εκείνης του εμποδίου σε : "ορθές" ή "ορθογώνιες" και σε "λοξές".
  - Εκ της κατασκευής έδρασης παραλλήλων δοκών, γνωστές ως "δοκογέφυρες" και τέλος
  - Οι "κρεμαστές" που εδράζονται και ταυτόχρονα αναρτώνται σε πυλώνες.

### 1.6.1 ΓΕΦΥΡΕΣ ΜΕ ΣΥΝΕΧΗ ΠΛΑΚΑ

Για μικρά ανοίγματα μέχρι 9m, μία γέφυρα συνεχούς πλάκας στηριζόμενη σε μικρά ακρόβαθρα αποτελεί μία πολύ οικονομική κατασκευή. Για λίγο μεγαλύτερα ανοίγματα μέχρι 24m η προένταση είναι απαραίτητη. Η συνεχής πλάκα κατασκευάζεται συνήθως με κυκλικά ή ορθογώνια κενά για μείωση του ίδιου βάρους.



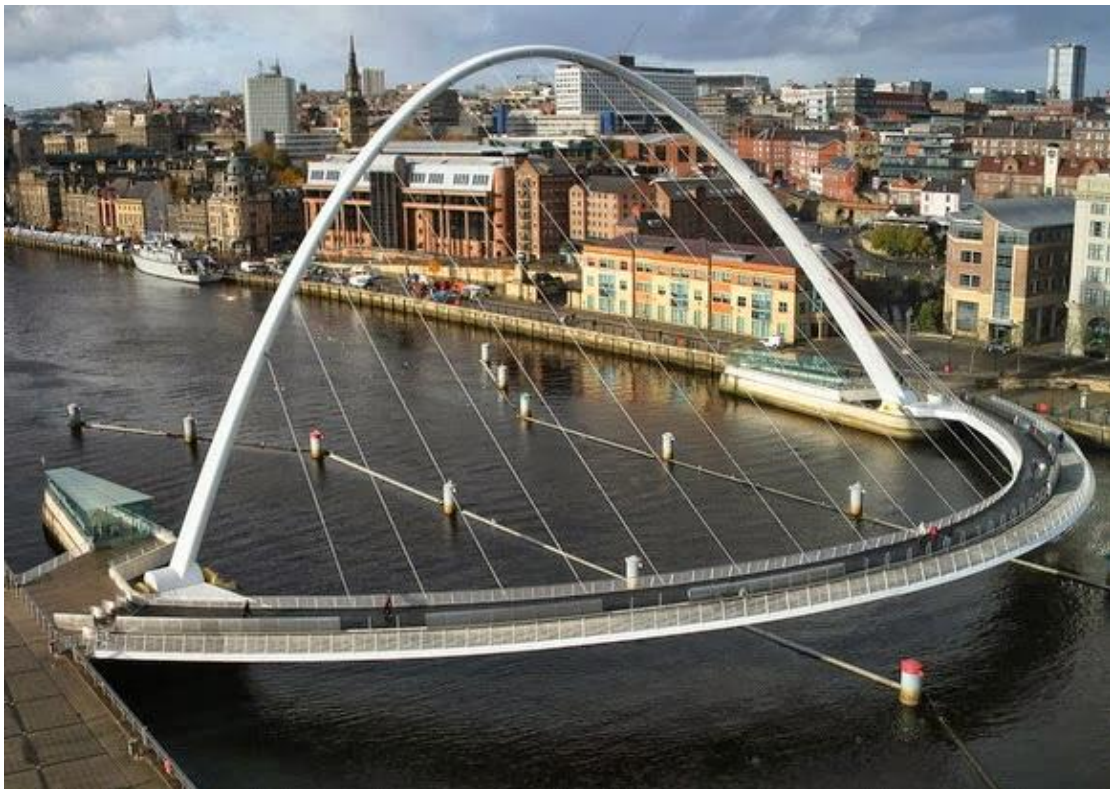
Φωτ. 1.8 Γέφυρα Ρέματος Καλοχωρίου στον οδικό άξονα Σχηματαρίου-Χαλκίδας.

## 1.6.2 ΚΙΝΗΤΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ

Κινητές γέφυρες κατασκευάζονται σε στενούς ποταμούς, όπου η ναυσιπλοΐα επιβάλλει την άρση του καταστρώματος ώστε να περάσουν από κάτω τα διερχόμενα πλοία. Η άρση γίνεται είτε με ανύψωση μόνο του ενός άκρου του καταστρώματος, είτε με ανύψωση ολόκληρου του καταστρώματος. Ακόμα, υπάρχει η δυνατότητα περιστροφής του καταστρώματος γύρω από τον άξονα μεσόβαθρου, συνήθως στο μέσο της γέφυρας.

Οι πλωτές γέφυρες κατασκευάζονται σε ποταμούς ή λίμνες βάθους 30m έως 60m, με κακής ποιότητας υλικό βυθού, όπου πρέπει να γεφυρωθεί μία απόσταση από 2km έως 5km. Σε αυτές τις περιπτώσεις η κατασκευή πλωτής γέφυρας είναι έως και 5 φορές οικονομικότερη από την κατασκευή γέφυρας μεγάλου ανοίγματος. Λόγω της άνωσης δεν απαιτούνται βάθρα και θεμελιώσεις, όμως χρειάζεται σύστημα αγκύρωσης για την αποφυγή μετακίνησης της γέφυρας.

Εικόνες από απίθανες πλωτές κινητές γέφυρες στον κόσμο που αποτελούν μοναδικά έργα αρχιτεκτονικής και σχεδιασμού :



Φωτ. 1.9 Gateshead Millennium Bridge, Βρετανία.



Φωτ. 1.10 Slauerhoffbrug, Ολλανδία.



Φωτ. 1.11 Pont Jacques Chaban-Delmas, Γαλλία.



Φωτ. 1.12 Vizcaya Bridge, Ισπανία.



Φωτ. 1.13 Puente de la Mujer, Αργεντινή.



Φωτ. 1.14 River Hull Footbridge, Βρετανία.



Φωτ. 1.15 Hörn, Γερμανία Foryd Harbour, Βρετανία.



Φωτ. 1.16 Ισθμός Κορίνθου, Ελλάδα.



Φωτ. 1.17 El Ferdan Railway Bridge, Αίγυπτος.

### 1.6.3 ΤΟΞΩΤΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ

Άνοιγμα: μικρό-μέτριο

Υλικό: πέτρα, χάλυβας, μπετόν

Κόστος: μεγάλο

Θεωρητικά, το τέλειο τόξο είναι ένα ανεστραμμένο σχοινί, κρεμάμενο μεταξύ δύο σημείων. Το τόξο λαμβάνει κυρίως θλιπτικές δυνάμεις, οι οποίες μεταβιβάζονται στα ακρόβαθρα και αναλύονται σε οριζόντιες και κάθετες δυνάμεις. Συνεπώς, απαιτούνται ογκώδη ακρόβαθρα και καλής ποιότητας έδαφος ώστε να ληφθούν οι δυνάμεις.

Προσφέρονται για τη γεφύρωση ορεινών κοιλάδων με βραχώδη πρηνή καθώς και για γεφυρώσεις σε πεδιάδες. Για ανοίγματα μέχρι 250m, οι τοξωτές γέφυρες συναγωνίζονται τις γέφυρες μορφής δικτυώματος. Παρ'όλα αυτά, οι τοξωτές γέφυρες παρέχουν πολύ καλή αισθητική και για το λόγο αυτό προτιμώνται. Για μεγαλύτερα ανοίγματα, συνήθως πάνω από νερό, οι καλωδιωτές γέφυρες είναι πιο οικονομικές.

Κατά κανόνα οι τοξωτές γέφυρες κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα με προεντεταμένη πλάκα καταστρώματος. Η πλάκα καταστρώματος μπορεί είτε να στηρίζεται πάνω στο τόξο με σύλους (η στέψη του τόξου μπορεί να ενώνεται με το κατάστρωμα ή να υπάρχει επικάθηση), είτε να αναρτάται από το τόξο, είτε να είναι μερικώς αναρτημένη και μερικώς στηριζόμενη στο τόξο.



Φωτ. 1.18 Τοξωτή Γέφυρα Λιμανιού Σίδνεϋ.



#### **1.6.4 ΚΑΛΩΔΙΩΤΗ ΓΕΦΥΡΑ**

Άνοιγμα:πολύ μεγάλο

Υλικό:χάλυβας

Κόστος:πολύ μεγάλο

Οι καλωδιωτές γέφυρες είναι ίσως το πιο δημοφιλές είδος γέφυρας μεγάλων ανοιγμάτων. Είναι οικονομική επιλογή για μεσαία και μεγάλα ανοίγματα μεταξύ 153m και 853m, υπάρχουν όμως και καλωδιωτές γέφυρες με άνοιγμα που ξεπερνάει τα 1000m. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι καλωδιωτές γέφυρες αποτελούνται από διάφορων μεγεθών "τρίγωνα" , τα οποία σχηματίζονται από τα καλώδια, το κατάστρωμα και τον πυλώνα, όπου και αγκυρώνονται τα καλώδια. Ο πυλώνας και το κατάστρωμα βρίσκεται σε θλίψη ενώ τα καλώδια σε εφελκυσμό.

Οι πυλώνες είναι τα πιο εμφανή στοιχεία των καλωδιωτών γεφυρών, για το λόγο αυτό πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση και στην αισθητική.

Όσον αφορά τον σχεδιασμό, ο σεισμός και τα φορτία ανέμου είναι καθοριστικοί παράγοντες, αν και το ένα απαιτεί αντίθετα μέτρα απ'ότι το άλλο. Συγκεκριμένα ο σεισμός απαιτεί ελαστικές κατασκευές ενώ για τα φορτία ανέμου είναι προτιμότερη μια πιο άκαμπτη κατασκευή. Μία συχνά εμφανιζόμενη λύση είναι η τοποθέτηση σεισμικών συνδέσμων. επιπλέον η κατασκευή αεροδυναμικών καταστρωμάτων καθώς και η τοποθέτηση καλωδίων επενδυμένα με ειδικό υλικό και αυλακώσεις (ενδείκνυται όταν υπάρχει βροχόπτωση και άνεμος), έχουν κριθεί αποτελεσματικά.



Φωτ. 1.19 Γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου.



Φωτ. 1.20 Γέφυρα του Μιγιό, Νότια Γαλλία.

### **1.6.5 ΚΡΕΜΑΣΤΗ ΓΕΦΥΡΑ**

Άνοιγμα:μεγάλο

Υλικό:χάλυβας

Κόστος:μεγάλο

Αρκετές γέφυρες μεγάλων ανοιγμάτων στον κόσμο, είναι κρεμαστές γέφυρες. Τα κύρια δομικά στοιχεία τους είναι:

- i. το κατάστρωμα, αποτελούμενο από άκαμπτους δοκούς οι οποίοι παραλαμβάνουν τα φορτία κυκλοφορίας και εξασφαλίζουν αεροδυναμική σταθερότητα.
- ii. τα κύρια καλώδια, όπου αναρτάται το κατάστρωμα μέσω κάθετων, διαγώνιων ή συνδυασμού αυτών καλωδίων.
- iii. οι πύργοι, μεγάλων διαστάσεων κάθετες κατασκευές πάνω στους οποίους στηρίζονται τα κύρια καλώδια και μεταφέρουν τα φορτία στα θεμέλια.
- iv. οι αγκυρώσεις, ογκώδης κατασκευές από σκυρόδεμα όπου αγκυρώνονται τα κύρια καλώδια.



Φωτ. 1.21 Akashi-Kaikyo, Ιαπωνία.



Φωτ. 1.22 Sidu River, Κίνα.



Φωτ. 1.23 Verrazano Narrows Bridge, Νέα Υόρκη.

### 1.6.6 ΓΕΦΥΡΑ ΜΟΡΦΗΣ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ

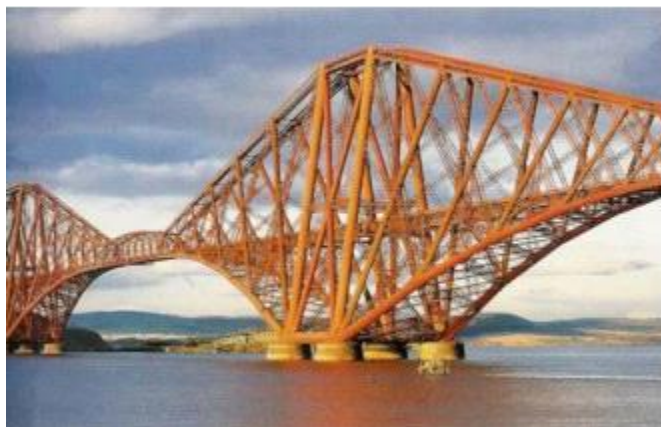
Άνοιγμα:μέτριο

Υλικό:χάλυβας

Κόστος:μικρό

Ήταν το δημοφιλέστερο είδος γέφυρας του προηγούμενου αιώνα. Λόγω του στατικού τους συστήματος, η αστοχία ενός μόνο μέλους, συνήθως σήμαινε την αστοχία ολόκληρης της κατασκευής. Επιπλέον τόσο το κόστος της κατασκευής όσο και το κόστος συντήρησης είναι αρκετά υψηλό, παράγοντας ο οποίος συνετέλεσε στη σταδιακή αποφυγή κατασκευής τέτοιου είδους γεφυρών.

Τα τελευταία χρόνια μόνο λίγες γέφυρες μορφής δικτυώματος έχουν κατασκευαστεί. Ωστόσο, η χρήση δικτυωμάτων ως μέλη μεγάλων γεφυρών ή για κατασκευή προσωρινών γεφυρών δεν είναι σπάνια.



Φωτ. 1.24 Γέφυρα Firth of Forbrug, Εδιμβούργο

### 1.6.7 ΓΕΦΥΡΑ ΣΕ ΔΟΚΟΥΣ

Άνοιγμα:μικρό-μέτριο

Υλικό:μπετόν

Κόστος:μικρό

Είναι αρκετά συνηθισμένο είδος γέφυρας και αποτελείται από μία πλάκα σκυροδέματος εδραζόμενη πάνω σε δοκούς μορφής T. Οι δοκοί κατασκευάζονται από προεντεταμένο σκυρόδεμα ή σπανιότερα εξ' ολοκλήρου από χάλυβα. Ένα από τα πλεονεκτήματά του είναι η τυποποίηση, παράγοντας ο οποίος καθιστά την κατασκευή γρήγορη και την επισκευή οικονομική,

ειδικά εάν πρόκειται για γέφυρες ίδιου βάρους σε οδικό δίκτυο. Ωστόσο, η πλάκα εδραζόμενη σε δοκούς, απαντάται σε μέτρια ανοίγματα. Όταν υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερο άνοιγμα προτιμώνται άλλα είδη γεφυρών.



Φωτ. 1.25 Banpo Bridge, Νότιος Κορέα.

### 1.6.8 ΠΕΖΟΓΕΦΥΡΕΣ

Οι πεζογέφυρες κατασκευάζονται σε αστικά κέντρα, είτε για την ασφαλή διέλευση των πεζών πάνω από οδικά δίκτυα, είτε για την υπέρβαση φυσικών εμποδίων (συνήθων ποταμού ή λίμνης). Λόγω του μικρού κόστους κατασκευής, η κατασκευή πειραματικών σχεδίων είναι συχνή. Δεν είναι άλλωστε τυχαία η στενή επαφή του μηχανικού με τον αρχιτέκτονα. Όσον αφορά τα υλικά κατασκευής, τα κινητά φορτία σε σχέση με το ίδιο βάρος, είναι αμελητέα, γι αυτό είναι δυνατή η χρήση μίας πληθώρας υλικών, μεταξύ αυτών ξύλο, αλουμίνιο, πλαστικό κ.τ.λ.



Φωτ. 1.26 Κυκλική Πεζογέφυρα Pundong, Σαγκάη.

Η εντυπωσιακή αυτή κυκλική πεζογέφυρα κατασκευάστηκε στην επιχειρηματική περιοχή του Pudong της Shanghai το 2010 και ο πρωταρχικός της σκοπός είναι να ξεχωρίσει τη ροή της κυκλοφορίας από τους πεζούς. Πρόκειται για μία πολύ όμορφη γέφυρα πλάτους 7m, που βρίσκεται σε ύψος 6m από τον δρόμο και η οποία είναι εξοπλισμένη με κυλιόμενες σκάλες και ασανσέρ. Από την στιγμή που εγκαινιάστηκε έχει αποτελέσει ένα σπουδαίο τουριστικό αξιοθέατο.

Συμπερασματικά, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι όλα τα παραπάνω είδη γεφυρών μπορούν να συνδυαστούν για την κάλυψη της ιδιαιτερότητας της κάθε κατασκευής, κάνοντας δυνατή τη δημιουργία ολοένα και οικονομικότερων, μεγαλοπρεπών και αισθητικών γεφυρών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°**

### **ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ**

#### **2.1 ΔΡΑΣΕΙΣ**

##### **2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Οι καταστάσεις σχεδιασμού ταξινομούνται σύμφωνα με το Μέρος 1 ως ακολούθως:

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

##### **2.1.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ – ΔΡΑΣΕΙΣ**

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

- Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ultimate limit states)
- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (service ability limit states)

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



Οι δράσεις οι οποίες επιβάλλονται στην κατασκευή με τη μορφή συνδυασμών για τις προαναφερθείσες καταστάσεις σχεδιασμού, διακρίνονται σε:

- άμεσες (direct), π.χ. συγκεντρωμένα ή ομοιομόρφως κατανεμημένα γραμμικά και επιφανειακά φορτία,
- έμμεσες (indirect), π.χ. επιβαλλόμενη παραμόρφωση λόγω θερμοκρασιακής μεταβολής ή υποχώρησης στηρίξεων, ή επιβαλλόμενη επιτάχυνση λόγω σεισμού.

Οι δράσεις αυτές, ως προς το χρόνο ταξινομούνται σε:

- μόνιμες (permanent) (G), π.χ. ίδια βάρη της κατασκευής, προσαρτήματα,
- μεταβλητές (variable) (Q), π.χ. επιβεβλημένα φορτία, φορτία χιονιού ή ανέμου,
- τυχηματικές (accidental) (A), π.χ. εκρήξεις ή προσκρούσεις οχημάτων.

Ορισμένες δράσεις, π.χ. οι σεισμικές δράσεις ή τα φορτία χιονιού μπορεί να θεωρούνται είτε ως τυχηματικές ή και μεταβλητές δράσεις, ανάλογα με την περιοχή της κατασκευής, όπως περιγράφεται αναλυτικά σε άλλα μέρη του Ευρωκώδικα 1.

Ως προς τη θέση τους οι δράσεις ταξινομούνται σε :

- καθορισμένες (fixed), π.χ. το ίδιο βάρος,
- ελεύθερες (free), π.χ. κινητά επιβεβλημένα φορτία, φορτία χιονιού ή ανέμου.

Ως προς τη φύση τους ταξινομούνται σε:

- στατικές ή δυναμικές (static or dynamic), ανάλογα με το μέγεθος της επιτάχυνσης που προκαλείται στην κατασκευή.

Η προένταση (P) είναι μόνιμη δράση. Οι έμμεσες δράσεις είναι είτε μόνιμες G (π.χ. υποχώρηση στήριξης), ή μεταβλητές Q (π.χ. θερμοκρασιακή μεταβολή).

Οι χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων που προαναφέρθηκαν δίνονται αναλυτικά στα διάφορα Μέρη του Ευρωκώδικα 1. Ανάλογες χαρακτηριστικές τιμές για τις ιδιότητες των υλικών, δίνονται στους υπόλοιπους Ευρωκώδικες (2 έως 9).

## **2.2 ΦΟΡΤΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ**

### **2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Το Μέρος 3 του ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 1 (Μάρτιος 1995) προδιαγράφει τα κινητά φορτία (κατακόρυφα και οριζόντια), τα οποία χρησιμοποιούνται για οδικές, σιδηροδρομικές και γέφυρες πεζών, σε συνδιασμό με τα υπόλοιπα φορτία του EC1, καθώς και με τα Μέρη του Ευρωκώδικα 2 έως 9, που αναφέρονται σε γέφυρες. Δεν προδιαγράφονται ειδικά φορτία σχετικά π.χ. με κίνηση στρατιωτικών οχημάτων ή κίνηση τραμ κλπ, καθώς και κανόνες για γέφυρες που εξυπηρετούν συγχρόνως οδικά οχήματα και τρένα. Επίσης, δεν προδιαγράφονται φορτία πρόσκρουσης πλοίων ή αεροπλάνων (π.χ. σε γέφυρες πλωτών ποταμών ή θάλασσας). Πληροφορίες και κανόνες γι'αυτές τις περιπτώσεις περιέχονται είτε στα Εθνικά Κείμενα Εφαρμογής ή σε συμπληρωματικούς κανόνες που εκδίδονται για κάθε ειδικό αντικείμενο. Επιπλέον, στα Εθνικά Κείμενα προσδιορίζοντας τιμές των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας κλπ, οι οποίες στους Ευρωκώδικες δίνονται με ενδεικτικές τιμές μέσα σε τετραγωνίδια ή αγκύλες.

Οι δράσεις επί των γεφυρών διακρίνονται σε μεταβλητές (variable) και τυχηματικές (accidental).

Όταν πρόκειται για κανονικές συνθήκες χρήσης, τα φορτία κυκλοφορίας οχημάτων και πεζών θεωρούνται ως τυχηματικές δράσεις. Οι δράσεις που προκαλούνται από πρόσκρουση ή άλλου είδους ατύχημα, όταν δεν έχουν ληφθεί επαρκή προστατευτικά μέτρα, θεωρούνται ως τυχηματικές δράσεις.

Οι διάφορες αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων διακρίνονται σε:

- χαρακτηριστικές (στατιστικές ή ονομαστικές) (characteristic)
- σποραδικές (μέση περίοδος επαναφοράς ένα έτος) (infrequent)

- συχνές (μέση περίοδος επαναφοράς μία εβδομάδα) (frequent)
- ημιμόνιμες (quasi-permanent)

Γενικά, ισχύουν οι καταστάσεις σχεδιασμού που ορίστηκαν προηγουμένως, τα δε φορτία κυκλοφορίας τα οποία θα λαμβάνονται υπόψη, προσδιορίζονται υπό μορφή ομάδων (groups) φορτίων.

### **2.2.2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ**

Τα φορτία που ορίζονται στο κεφάλαιο αυτό εφαρμόζονται για το σχεδιασμό οδικών γεφυρών με επιμέρους ανοίγματα μικρότερα των 200 m και με πλάτος οδοστρώματος όχι μεγαλύτερο των 42 m.

Η διάρκεια ζωής των γεφυρών λαμβάνεται ίση με 100 χρόνια.

Για ανοίγματα μεγαλύτερα των 200 m, τα φορτία αυτά θεωρούνται ότι είναι συντηρητικά.

Προκειμένου να γίνει προσομοίωση των πραγματικών δράσεων, ορίζονται διάφορα πλασματικά μοντέλα φόρτισης για τα οποία προδιαγράφονται τόσο η μορφή όσο και τα αντίστοιχα φορτία τους. Η δυναμική επιρροή των φορτίων έχει συνυπολογισθεί και περιληφθεί στα μοντέλα αυτά, οπότε δεν χρειάζεται να γίνει καμία προσαύξηση, εκτός αν ζητηθεί από την Αρμόδια Αρχή.

### **2.2.3 ΦΟΡΤΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΔΟΓΕΦΥΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ DIN 1072 (67/82).**

Η βασική (σχεδόν αποκλειστική) κατηγορία φορτίων που χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό οδογεφυρών στην Ελλάδα είναι η κατηγορία ή κλάση 60/30, που περιλαμβάνει δύο βαριά οχήματα, ένα των 60t και ένα των 30t. Έτσι εδώ περιοριζόμαστε στην κατηγορία αυτή. Ως κατάστρωμα της γέφυρας στο οποίο δρουν τα φορτία κυκλοφορίας λαμβάνεται ολόκληρη η επιφάνεια μεταξύ (της εσωτερικής επιφάνειας) των κρασπέδων ή των στηθαίων των πεζοδρομίων (όποιο είναι πλησιέστερα προς τον άξονα της γέφυρας) και (της εσωτερικής επιφάνειας) των τυχόν διαζωμάτων

που ενδεχόμενα χωρίζουν τους δύο κλάδους (αν οι δύο κλάδοι φέρονται από την ίδια γέφυρα). Η επιφάνεια του καταστρώματος χωρίζεται στα εξής μέρη :

- Στην κύρια λωρίδα (ΚΛ), πλάτους 3m
- Στη δευτερεύουσα λωρίδα (ΔΛ), πλάτους 3m ή όσο το υπόλοιπο του πλάτους του καταστρώματος, αν το συνολικό πλάτος του είναι μικρότερο από 6m.
- Στο υπόλοιπο της επιφάνειας.

Τα φορτία κυκλοφορίας στην κύρια λωρίδα είναι τα εξής:

1. Όχημα 60t, με μήκος 6m και πλάτος 3m (όσο της λωρίδας), με 3 άξονες τροχών ανά 1.5m (απόσταση του 1ου άξονα από αρχή οχήματος: 1.5m, απόσταση τελευταίου άξονα από τέλος οχήματος: 1.5m, σύνολο  $4 \times 1.5\text{m} = 6\text{m}$ ). Ο κάθε άξονας θεωρείται ότι έχει δύο τροχούς, σε απόσταση 2m μεταξύ τους κατά το πλάτος του οχήματος, με φορτίο 100kN ανά τροχό. Η επιφάνεια επαφής του τροχού με το κατάστρωμα είναι 0.2m (κατά το μήκος του οχήματος)  $\times$  0.6m (κατά το πλάτος). Το όχημα αυτό ονομάζεται κύριο όχημα. Η φόρτιση της γέφυρας από το κύριο όχημα μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από 3 συγκεντρωμένα φορτία των 200kN το καθένα, σε απόσταση 1.5m μεταξύ τους.
2. Ομοιόμορφο φορτίο  $q_1 = 5\text{kN/m}^2$  σ' όλο το μήκος της κύριας λωρίδας μπροστά και πίσω από το κύριο όχημα.

Το κύριο όχημα τοποθετείται σ' εκείνη τη θέση κατά μήκος της γέφυρας για την οποία προκύπτει η δυσμενέστερη δυνατή επιρροή στο εντατικό μέγεθος που μας ενδιαφέρει. Έτσι, αν μας ενδιαφέρει η ροπή κάμψης σε μια διατομή της γέφυρας, τοποθετείται ο μεσαίος άξονας στη διατομή αυτή. Κατ' εξαίρεση, αν η διατομή που μας ενδιαφέρει είναι έξω από τα μεσαία τρίτα του ανοίγματος L μεταξύ διαδοχικών στηρίξεων – ή γενικότερα μεταξύ διαδοχικών σημείων μηδενισμού της γραμμής επιρροής – είναι δυσμενέστερη η τοποθέτηση του 1ου άξονα στη διατομή που μας ενδιαφέρει και των άλλων δύο προς το κέντρο του ανοίγματος. Όλο το υπόλοιπο της κύριας λωρίδας μπρος και πίσω από το κύριο όχημα, μέχρι το

σημείο μηδενισμού της γραμμικής επιρροής, φορτίζεται από το ομοιόμορφο φορτίο  $q_1$  .

Η ένταση που προκύπτει από τη φόρτιση της κύριας λωρίδας (ή, ισοδύναμα, το φορτίο του κύριου οχήματος και το ομοιόμορφο φορτίο  $q_1$ ) πολλαπλασιάζονται επί συντελεστή ταλάντωσης  $\varphi = 1.4 - 0.008 L(m)$ . Αν η τιμή του  $L$  (άνοιγμα ή απόσταση σημείων μηδενισμού γραμμής επιρροής ) ξεπερνά τα 50m, λαμβάνεται  $\varphi = 1$ .

Στη δευτερεύουσα λωρίδα θεωρείται ότι υπάρχουν:

- Όχημα βάρους 30t (Δευτερεύον όχημα), όμοιο καθ' όλα με το κύριο όχημα των 60t εκτός από το βάρος ανά τροχό (50 kN, συνολικό βάρος άξονα 100kN και οχήματος 300kN) και το πλάτος των τροχών (0.4m κατά το πλάτος της γέφυρας). Το δευτερεύον όχημα θεωρείται ότι βρίσκεται ακριβώς δίπλα στο κύριο όχημα κατά το πλάτος της γέφυρας.
- Ομοιόμορφο φορτίο  $q_2 = 3\text{kN/m}^2$  μπρός και πίσω από το δευτερεύον όχημα (όπως το  $q_1$  της κύριας λωρίδας).

Αν το άνοιγμα  $L$  της γέφυρας - ή γενικότερα η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σημείων μηδενισμού της γραμμής επιρροής του εντατικού μεγέθους που μας ενδιαφέρει – ξεπερνά τα 30m, επιτρέπεται η απλοποίηση του κύριου οχήματος ως ομοιόμορφο φορτίο  $600\text{kN}/(3\text{m}\times 6\text{m}) = 33.3\text{kN/m}^2$  και του δευτερεύοντος με ομοιόμορφο φορτίο  $16.7\text{ kN/m}^2$  .

Στο υπόλοιπο του καταστρώματος της γέφυρας (όσο πλάτος έχει), καθώς και στα πεζοδρόμια, λαμβάνεται ομοιόμορφο φορτίο  $q_r = 3\text{kN/m}^2$ .

Ο συντελεστής  $\varphi$  δεν πολλαπλασιάζει τα φορτία εκτός της κύριας λωρίδας.

Προφανώς αν η δράση των φορτίων σε κάποιο τμήμα της επιφάνειας του καταστρώματος είναι ανακουφιστική, τότε δεν θεωρούνται ότι δρουν σ' αυτό φορτία κυκλοφορίας. Η θέση της κύριας λωρίδας στο πλάτος του καταστρώματος πρέπει να είναι η δυσμενέστερη για το εντατικό μέγεθος που μας ενδιαφέρει. Η

δευτερεύουσα λωρίδα τοποθετείται δίπλα της, εκτός αν αυτό δεν είναι δυσμενές, οπότε δεν τοποθετείται καθόλου. Το υπόλοιπο του πλάτους φορτίζεται με το φορτίο q<sub>g</sub>, για όσο πλάτος προκύπτει δυσμένεια για το υπόψη εντατικό μέγεθος.

Τονίζεται ότι λαμβάνεται μόνο μία κύρια λωρίδα και μόνο μία δευτερεύουσα το πολύ σ' όλο το πλάτος του καταστρώματος, ανεξάρτητα του αν σ' αυτό περιλαμβάνεται ο ένας κλάδος (κατεύθυνση) κυκλοφορίας ή και οι δύο. Έτσι, αν υπάρχει χωριστή γέφυρα για κάθε κλάδο, η κάθε μία από τις δύο γέφυρες θα υπολογισθεί (χωριστά) για δράση της κύριας και της δευτερεύουσας λωρίδας στο πλάτος του καταστρώματός της. Αν οι δύο αυτές παράλληλες γέφυρες στηρίζονται σε κοινά βάθρα (και όχι σε χωριστά βάθρα ανά γέφυρα και κλάδο), τα βάθρα και η θεμελίωσή τους θα υπολογισθούν για δράση μίας μόνο κύριας και μιας δευτερεύουσας λωρίδας σ' όλο το πλάτος και των δύο χωριστών γεφυρών. Το DIN 1072 προβλέπει επίσης και οριζόντια φορτία, από τροχοπέδηση ή επιτάχυνση των οχημάτων, από φυγόκεντρες δυνάμεις, κ.α.

#### **2.2.4 ΦΟΡΤΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΔΟΓΕΦΥΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 1**

Ο καθορισμός των φορτίων κυκλοφορίας στον Ευρωκώδικα 1 είναι πολύ πιο περίπλοκος απ' ό τι στο DIN 1072. Είναι όμως τεχνικά και επιστημονικά αρτιότερος και ανταποκρίνεται πολύ καλύτερα στα σημερινά δεδομένα των Ευρωπαϊκών αυτοκινητοδρόμων διεθνούς κυκλοφορίας. Εδώ δίνονται τα βασικά μόνο στοιχεία των φορτίων κυκλοφορίας κατά τον Ευρωκώδικα 1. Δεδομένου μάλιστα ότι έχουν ήδη περιγραφεί τα φορτία κατά το DIN 1072, δίνονται μόνον οι σχετικές διαφορές του Ευρωκώδικα 1.

Διακρίνονται τρεις λωρίδες κυκλοφορίας, αντί δύο του DIN 1072. Αυτές αριθμούνται ως λωρίδα 1, 2 και 3. Γενικώς το πλάτος κάθε λωρίδας είναι 3m. Αν το πλάτος καταστρώματος είναι μεταξύ 3m και 5.4m, τοποθετείται μόνον η λωρίδα 1 σε πλάτος 3m, και ότι περισσεύει χαρακτηρίζεται ως «υπόλοιπη επιφάνεια». Αν το πλάτος καταστρώματος είναι μεταξύ 5.4m και 6m, μοιράζεται σε

δύο λωρίδες (στην 1 και στη 2) πλάτους ίσου με το μισό του καταστρώματος.

Για πλάτος μεταξύ 6m και 9m τοποθετούνται λωρίδες 1 και 2 πλάτους 3m, και ότι περισσεύει χαρακτηρίζεται ως «υπόλοιπη επιφάνεια». Τέλος, για πλάτος πάνω από 9m τοποθετούνται και οι τρεις λωρίδες 1, 2 και 3 και περισσεύει και «υπόλοιπη επιφάνεια». Αν οι δυο κατευθύνσεις κυκλοφορίας βρίσκονται πάνω στην ίδια γέφυρα και χωρίζονται με διαχωριστικό στηθαίο ή νησίδα, τότε κάθε πλευρά του καταστρώματος εκατέρωθεν του διαχωριστικού χωρίζεται σε 7 λωρίδες ανάλογα με το πλάτος της (δηλ. μέχρι 5.4m, 5.4 έως 6m, 6 έως 9m, πάνω από 9m). Οι λωρίδες 1, 2, 3 τοποθετούνται στα δύο μισά του καταστρώματος, ανάλογα με το αν χωράνε. Έτσι μπορεί οι λωρίδες 1, 2 και 3 να μη βρίσκονται στην ίδια πλευρά του διαχωριστικού, αλλά μία από αυτές σε διαφορετική. Π.χ., αν σε κάθε κατεύθυνση το κατάστρωμα έχει πλάτος 7.5m, και επομένως χωράει μόνον δύο λωρίδες των 3m, τότε η λωρίδα 3 θα βρίσκεται στην άλλη κατεύθυνση και το κενό των  $7.5 - 2 \times 3 = 1.5\text{m}$  που περισσεύει στη μία κατεύθυνση, ή των  $7.5 - 3 = 4.5\text{m}$  στην άλλη, θεωρούνται «υπόλοιπη επιφάνεια».

Τα φορτία κυκλοφορίας που δίνει ο Ευρωκώδικας 1 έχουν, υπό τις συνθήκες του 2000, πιθανότητα υπέρβασης 5% σε 50 χρόνια σε γέφυρες ανοίγματος 10m μέχρι 200m. Για μεγαλύτερα ανοίγματα τα φορτία του Ευρωκώδικα είναι συντηρητικά. Τα φορτία που δίνονται για αυτοκινητοδρόμους βαριάς βιομηχανικής κυκλοφορίας διεθνών μεταφορών είναι τα εξής:

- Στη λωρίδα 1: όχημα βάρους  $Q_1 = 600\text{kN}$ , ομοιόμορφο φορτίο σ' όλο το μήκος

(περιλαμβανομένης της επιφάνειας κάτοψης του οχήματος) :  $q_1 = 9\text{kN/m}^2$  .

- Στη λωρίδα 2: όπως στην 1, αλλά με βάρος οχήματος  $Q_2 = 400\text{kN}$  και ομοιόμορφο φορτίο  $q_2 = 2.5\text{kN/m}^2$  .
- Στη λωρίδα 3: όπως στην 2, αλλά με βάρος οχήματος  $Q_3 = 200\text{kN}$ .

Στην «υπόλοιπη επιφάνεια» κυκλοφορίας θεωρείται μόνον ομοιόμορφο φορτίο  $q_f=2.5\text{kN/m}^2$ . Σε αυτοκινητοδρόμους μικρότερης κυκλοφορίας (κυρίως επιβατικής) η κάθε χώρα επιτρέπεται να μειώνει τα ανωτέρω φορτία μέχρι και κατά 20%. Οι τιμές των ανωτέρω φορτίων περιλαμβάνουν ήδη την επιρροή της ταλάντωσης. Έτσι δεν χρειάζεται επαύξηση με συντελεστή αντίστοιχο του  $\phi$  κατά DIN 1072. Τα φορτία των οχημάτων θεωρείται ότι ασκούνται σ' ένα διπλό άξονα με 2 τροχούς ανά άξονα, με απόσταση 2m μεταξύ τροχών κατά το πλάτος του οχήματος (αφήνοντας 0.5m μέχρι την άκρη του πλάτους του οχήματος). Η επιφάνεια επαφής των τροχών λαμβάνεται τετράγωνη, πλευράς 0.4m. Το όχημα θεωρείται ότι κινείται κατά μήκος του άξονα της λωρίδας, οπότε το φορτίο του ασκείται στο μέσο του πλάτους της λωρίδας. Σε γέφυρες ανοίγματος πάνω από 10m (δηλαδή πρακτικά σε όλες) το συνολικό φορτίο του οχήματος επιτρέπεται να θεωρείται συγκεντρωμένο σε ένα σημείο, στο κέντρο του οχήματος.

Για τοπικούς ελέγχους στοιχείων μικρού ανοίγματος οι δύο άξονες του διπλού άξονα λαμβάνονται χωριστά, σε απόσταση 1.2m μεταξύ τους. Για τέτοιου είδους ελέγχους τα οχήματα δυο διαφορετικών λωρίδων μπορεί να πλησιάσουν μεταξύ τους, με τους τροχούς τους να φθάνουν μέχρι απόσταση από κέντρο σε κέντρο 0.5m (αντί 1m που είναι κανονικά).

Η θέση των λωρίδων 1, 2 και 3 κατά πλάτος της γέφυρας και των οχημάτων κάθε λωρίδας κατά μήκος της πρέπει να επιλέγεται ώστε να δίνει τα δυσμενέστερα αποτελέσματα για το υπόψη εντατικό μέγεθος. Έτσι, σε αντίθεση με το DIN 1072, η λωρίδα 2 και το όχημα της δεν χρειάζεται να βρίσκονται ακριβώς δίπλα στην 1 και στο αντίστοιχο όχημα. Επιπλέον, αν το δυσμενέστερο για το εντατικό μέγεθος που υπολογίζεται είναι να μη φορτίζεται μία λωρίδα με το ομοιόμορφο φορτίο  $q_i$  σ' όλο της το πλάτος, τότε το φορτίο  $q_i$  λαμβάνεται ότι δρα μόνο σ' εκείνο το τμήμα του πλάτους της λωρίδας που δίνει δυσμένεια. Το υπόλοιπο μένει αφόρτιστο. Όμως το φορτίο του οχήματος  $Q_i$  λαμβάνεται να δρα πάντα στο σύνολό του, στο μέσο του πλάτους της λωρίδας. Κάθε λωρίδα τοποθετείται μόνο μία φορά στο πλάτος του καταστρώματος κυκλοφορίας.



Εννοείται ότι η φόρτιση κατά μήκος μιας λωρίδας εκτείνεται μόνο σ' εκείνο το μήκος της γέφυρας για το οποίο προκύπτει δυσμείνεια. Π.χ., αν μας ενδιαφέρει η ροπή στρέψης σε κάποια διατομή της γέφυρας σχετικά μακριά από στήριξη που δεσμεύει ("πακτώνει") το φορέα καταστρώματος σε στρέψη, δεδομένου ότι η σχετική γραμμή επιρροής αλλάζει πρόσημο (από + σε -) στις δύο πλευρές της διατομής, η λωρίδα 1 τοποθετείται στο τμήμα της επιφάνειας μέχρι την υπόψη διατομή και στη μέγιστη δυνατή απόσταση από τον άξονα της γέφυρας (ώστε να δίνει τη μέγιστη φόρτιση) και η λωρίδα 2 στο απέναντι τμήμα του μήκους και του πλάτους της γέφυρας, ώστε να δίνει – με αντίθετη εκκεντρότητα ως προς τον άξονα – στρεπτική φόρτιση με το ίδιο πρόσημο όπως και η λωρίδα 1. Τα οχήματα των λωρίδων 1 και 2 τοποθετούνται πολύ κοντά στη διατομή που μας ενδιαφέρει – ώστε να μεγιστοποιείται η στρεπτική φόρτιση εξαιτίας του καθενός τους - απλά σε αντίθετη πλευρά της διατομής και σε αντίθετη βέβαια θέση ως προς τον άξονα της γέφυρας. Αν στο μισό του πλάτους του καταστρώματος κυκλοφορίας χωράει και άλλη λωρίδα (τουλάχιστον το μισό του πλάτους της), τότε μία ακόμη (η λωρίδα 2 ή η 3) τοποθετείται δίπλα στη λωρίδα 1 αλλά προφανώς προς το εσωτερικό του πλάτους του καταστρώματος και το όχημά της τοποθετείται στην ίδια κατά μήκος θέση όπως και το 1, ώστε να συμβάλλει θετικά με την εκκεντρότητά του στη ροπή στρέψης. Η άλλη λωρίδα (η 3 ή η 2) τοποθετείται στο απέναντι τμήμα του μήκους και πλάτους της γέφυρας. Το ομοιόμορφο φορτίο των λωρίδων,  $q_2=q_3$ , ή της υπόλοιπης επιφάνειας,  $q_f$ , ασκείται μόνο μέχρι τον άξονα της γέφυρας, ώστε να μεγιστοποιείται η ροπή στρέψης.

Αν οι δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας βρίσκονται πάνω στην ίδια γέφυρα και χωρίζονται με διαχωριστικό στηθαίο ή νησίδα, κάθε πλευρά του καταστρώματος εκατέρωθεν του διαχωριστικού χωρίζεται σε λωρίδες ανάλογα με το πλάτος της και μπορεί π.χ. μόνο δύο λωρίδες να χωράνε στην ίδια πλευρά του διαχωριστικού. Τότε, αν το δυσμενέστερο για το υπόψη εντατικό μέγεθος είναι να τοποθετούνται οι λωρίδες συνολικά όσο γίνεται πιο έκκεντρα από τον άξονα της γέφυρας, μπορεί δυσμενέστερο να είναι να τοποθετηθούν οι λωρίδες 1 και 2 στη μία κατεύθυνση σε μέγιστη απόσταση από τον άξονα και το διαχωριστικό, η «υπόλοιπη

επιφάνεια» να συμπληρώνει το κενό μέχρι το διαχωριστικό, ενώ στην απέναντι κατεύθυνση η λωρίδα 3 να τοποθετείται κολλητά στο διαχωριστικό και ως «υπόλοιπη επιφάνεια» να φορτίζεται όσο πλάτος της δίνει δυσμέμεια.

Με τα ανωτέρω φορτία κυκλοφορίας στο κατάστρωμα συνδυάζεται φόρτιση των πεζοδρομίων (και της τυχόν ενδιάμεσης νησίδας, αν αυτή διαθέτει επαρκές πλάτος για να φιλοξενήσει πεζούς) με φορτίο  $2.5\text{kN/m}^2$ . Εναλλακτικά, και αν αυτό είναι δυσμενέστερο, μπορεί να φορτίζονται μόνον τα πεζοδρόμια και η τυχόν νησίδα με φορτίο συνωστισμού  $5\text{kN/m}^2$  (χωρίς φορτία κυκλοφορίας στο κατάστρωμα).

Ο συνδυασμός των ανωτέρω φορτίων κυκλοφορίας, Q, με τα μόνιμα φορτία, G, γίνεται με συντελεστές 1.35 και στα δύο, δηλ.  $1.35G+1.35Q$ , αντί του  $1.35G+1.5Q$  που λαμβάνεται γενικώς στα κτίρια. Οι Ευρωπαϊκές χώρες έχουν όμως το δικαίωμα να πάρουν μειωμένους (και πιο ρεαλιστικούς) συνδυασμούς μονίμων και κινητών φορτίων, καθότι είναι απίθανη η ταυτόχρονη μεγάλη υπέρβαση τόσο της ονομαστικής τιμής των μονίμων φορτίων όσο και αυτής των κινητών.

Η μείωση που συνιστάται στον Ευρωκώδικα EN1990 (Βάσεις του σχεδιασμού) είναι η εξής : Στο συνδυασμό  $1.35G+1.35Q$  ( ή  $1.35G+1.5Q$  για τα κτίρια), όταν λαμβάνεται η πλήρης τιμή των μονίμων φορτίων G μπορεί να λαμβάνεται η τιμή συνδυασμού των φορτίων κυκλοφορίας, που ισούται με το 75% των οχημάτων των λωρίδων συν το 40% των ομοιόμορφων φορτίων των λωρίδων, της «υπόλοιπης επιφάνειας» και των πεζοδρομίων. Αντίστοιχα, όταν λαμβάνεται η πλήρης τιμή των φορτίων κυκλοφορίας, μπορεί να θεωρούνται μόνιμα φορτία μειωμένα κατά 15%, γίνονται δηλ.  $1.35 \times 0.85G = 1.15G$ .

Τα μειωμένα φορτία κυκλοφορίας (δηλ. το 75% του φορτίου οχημάτων συν το 40% των ομοιόμορφων φορτίων), πολλαπλασιασμένα επί το συντελεστή φορτίου 1.35, συνδυάζονται και με τις θερμοκρασιακές δράσεις (ονομαστικές τιμές) πολλαπλασιασμένες επί συντελεστή φορτίου 1.5 και βεβαίως με τα

μόνιμα φορτία ως άνω (1.35G ή 1.15G, ανάλογα με το αν υιοθετείται η σχετική ελάφρυνση ή όχι).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Η Ελλάδα κατατάσσεται στην κατηγορία των χωρών με την υψηλότερη σεισμικότητα στον πλανήτη, και ως εκ τούτου οφείλουμε να μάθουμε να ζούμε με ένα δυσάρεστο και πολλές φορές απρόβλεπτο φυσικό φαινόμενο. Αυτός ο παράγοντας δημιουργεί ένα νέο κεφάλαιο όσον αφορά τον σχεδιασμό και την ασφάλεια μιας γέφυρας. Τα αντισεισμικά μέτρα λαμβάνονται πολύ σοβαρά μιας και το οποιοδήποτε πρόβλημα που θα δημιουργούταν, θα δυσκόλευε ή θα διέκοπτε την κυκλοφορία των οχημάτων. Σε ένα χειρότερο σενάριο ίσως να οδηγούσε στον τραυματισμό ή ακόμη και στο θάνατο αθώων συνανθρώπων μας. Δυστυχώς παλαιότερα έχουμε δει τέτοιες εικόνες αλλά με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τα σωστά άτομα στις κατάλληλες θέσεις ελπίζουμε σε ένα καλύτερο και ασφαλέστερο μέλλον.

#### **3.1 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΖΗΜΙΕΣ ΓΕΦΥΡΩΝ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟΥΣ**

Οι συνηθέστερες ζημιές που παρατηρούνται σε γέφυρες μετά από σεισμούς είναι:

- Πτώση του φορέα ή σημαντική μόνιμη μετατόπισή του. Οφείλεται σε ανεπαρκές μήκος έδρασης μεταξύ φορέα και βάθρου. Συνήθως παρατηρείται σε γέφυρες πολλών αμφιέριστων ανοιγμάτων με ψηλά βάθρα, όπου διπλανοί φορείς μπορούν να κινηθούν εκτός φάσης. Η λοξότητα συνεισφέρει δυσμενώς, επειδή προστίθεται και η επιρροή της στροφής.
- Καμπτική αστοχία των βάθρων, η οποία τις περισσότερες φορές οφείλεται σε ανεπαρκή αντοχή και πλαστιμότητα. Συνήθως παρατηρείται σε γέφυρες που έχουν υπολογιστεί με τους παλαιότερους κανονισμούς, χωρίς ιδιαίτερη φροντίδα για την εξασφάλιση πλαστικής συμπεριφοράς στις περιοχές των πλαστικών αρθρώσεων, αφού η ανάλυση γινόταν με ελαστική θεώρηση.
- Διατμητική αστοχία βάθρων. Συνήθως ακολουθείται από ψαθυρή θραύση και απότομη μείωση της αντοχής. Πειράματα και αξιολόγηση ζημιών παλαιότερων σεισμών έχουν δείξει ότι η διατμητική αντοχή μειώνεται σε διατομές που έχουν περάσει στην πλαστική περιοχή λόγω κάμψης. Γι'

αυτό, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις περιοχές πλαστικών αρθρώσεων.

- Μεγάλες μόνιμες μετακινήσεις και στροφές βάθρων λόγω κακών εδαφικών συνθηκών. Σε αμμώδη εδάφη υπάρχει κίνδυνος ρευστοποίησης με αποτέλεσμα την απώλεια στήριξης του βάθρου.
- Αστοχία του επιχώματος πίσω από τα ακρόβαθρα, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ένταση και μετακινήσεις του ακροβάθρου.
- Βλάβες στη θεμελίωση. Δεν υπάρχουν πολλές αναφορές τέτοιων βλαβών, επειδή ο έλεγχος μετά από σεισμό απαιτεί εκσκαφή και δεν είναι εύκολος. Ακόμη δυσκολότερος είναι ο έλεγχος ζημιών σε θεμελίωση με πασσάλους.

### **3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ**

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές αρχές, στις οποίες βασίζεται η αντισεισμική μελέτη των γεφυρών.

- Ο αντισεισμικός σχεδιασμός των γεφυρών βασίζεται στην ελαστοπλαστική συμπεριφορά, ανάλογα με τη μέθοδο που ακολουθείται στα οικοδομικά έργα. Δηλαδή, θεωρούμε ότι, αν γίνει ο σεισμός σχεδιασμού, θα συμβεί διαρροή σε ορισμένες θέσεις βάθρων. Έτσι, ο αντισεισμικός υπολογισμός γίνεται για φορτίο  $q$  φορές μικρότερο από αυτό που απαιτείται για ελαστική συμπεριφορά, όπου  $q$  είναι ο επιτρεπόμενος συντελεστής συμπεριφοράς ανάλογα με το είδος των βάθρων και τον τρόπο σύνδεσής τους με το φορέα.  
Σε ορισμένες περιπτώσεις, που η γέφυρα αποτελεί τμήμα κάποιου σημαντικού άξονα συγκοινωνιών, μπορεί να ορισθεί ένας σεισμός λειτουργίας, ο οποίος είναι μικρότερος από το σεισμό σχεδιασμού, με μεγάλη όμως πιθανότητα να συμβεί τουλάχιστον μία φορά στη ζωή του έργου. Ο σχεδιασμός γι' αυτόν το σεισμό γίνεται για ελαστική συμπεριφορά ή συντελεστή συμπεριφοράς  $q$  κοντά στη μονάδα, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι η γέφυρα θα παραμείνει σε λειτουργικότητα, χωρίς ζημιές.
- Οι όποιες πλαστικές αρθρώσεις συμβούν στο σύστημα θα πρέπει να περιορίζονται στα βάθρα και δεν επιτρέπεται ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων στο φορέα. Οι θέσεις

πλαστικών αρθρώσεων θα πρέπει να είναι επισκέψιμες για έλεγχο και επισκευή. Στις περιοχές που αναμένονται πλαστικές αρθρώσεις θα πρέπει να προβλέπεται καλή περίσφιγξη, ώστε να εξασφαλίζεται η πλάσσιμη συμπεριφορά. Περίσφιγξη θα πρέπει να εφαρμόζεται ακόμη και εάν γίνεται ελαστικός σχεδιασμός, επειδή μπορεί να συμβεί σεισμός μεγαλύτερος από το σεισμό σχεδιασμού, με αποτέλεσμα να προκληθεί διαρροή στα βάρθρα. Επίσης, στις αναμενόμενες θέσεις πλαστικών αρθρώσεων η ανηγμένη αξονική δύναμη θα πρέπει να διατηρείται μικρή, επειδή η μεγάλη αξονική μειώνει τη διαθέσιμη πλαστικότητα των διατομών.

- Πρέπει να επιδιώκεται ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων σε όσο το δυνατόν περισσότερα βάρθρα. Η είσοδος στη διαρροή σε αυτά τα βάρθρα πρέπει να επιδιώκεται να συμβεί σχεδόν ταυτόχρονα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η σχέση ροπής αντοχής προς ροπή υπολογισμού πρέπει να είναι περίπου ίδια σε όλα τα βάρθρα.
- Πρέπει να αποφεύγονται μορφές αστοχίας που οδηγούν σε ψαθυρή θραύση, όπως η διάτμηση. Γι' αυτό, η αντοχή σε διάτμηση πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την αντοχή σε κάμψη. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διαστασιολόγηση έναντι διάτμησης με βάση την ικανοτική ένταση, δηλαδή για τη φόρτιση που αντιστοιχεί στο σχηματισμό ροπών στις θέσεις των πλαστικών αρθρώσεων, ίσων με τις πραγματικές αντοχές, λαμβανομένης υπόψη και της υπεραντοχής. Συνήθως, θεωρούμε ότι η ικανοτική ένταση δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από αυτήν που αντιστοιχεί σε ελαστική συμπεριφορά.
- Η αντισεισμική μελέτη δεν πρέπει να περιορίζεται μόνο στη διαστασιολόγηση των φερόντων στοιχείων της γέφυρας, αλλά πρέπει να περιλαμβάνει και άλλους ελέγχους, που απαιτούνται για την εξασφάλιση του έργου από πρόσθετους κινδύνους, όπως:
  - Έλεγχο πιθανότητας ρευστοποίησης του εδάφους.
  - Έλεγχο πιθανότητας κατολισθήσεων. Οι κατολισθήσεις, εκτός από την αστοχία θεμελίωσης που μπορούν να προκαλέσουν, είναι δυνατόν να δημιουργήσουν και σημαντική καταπόνηση στα βάρθρα λόγω ωθήσεων.
  - Καθορισμό δυνατών τεκτονικών κινήσεων, εάν η γέφυρα διασταυρώνεται με ρήγμα (οριζόντιων και κατακόρυφων)

- Έλεγχο πιθανότητας διαφορετικής διέγερσης στα βάθρα, για γέφυρες μεγάλου μήκους και μεγάλων ανοιγμάτων. Η διαφορετική διέγερση μπορεί να δημιουργήσει ταλάντωση εκτός φάσης σε στατικώς ανεξάρτητα τμήματα, με αποτέλεσμα μεγάλες σχετικές μετακινήσεις μεταξύ γειτονικών φορέων. Σε συνήθεις γέφυρες, το φαινόμενο αυτό αμελείται.
- Διερεύνηση πιθανής σημαντικής μεγέθυνσης της σεισμικής έντασης σε μαλακά εδάφη, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, κυρίως λόγω συντονισμού ανωδομής-εδάφους.
- Ο γεωμετρικός σχεδιασμός μιας γέφυρας παίζει σημαντικό ρόλο στη σεισμική της συμπεριφορά. Δυστυχώς όμως, τα περισσότερα γεωμετρικά στοιχεία καθορίζονται από μη σεισμικούς παράγοντες, έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις κυκλοφορίας, τοπογραφίας, χάραξης της οδού, αισθητικής κλπ. Συνήθως, οι αποφάσεις του στατικού μηχανικού περιορίζονται στην επιλογή του είδους του φορέα (συνεχής ή με κατά μήκος αρμούς), στον τρόπο σύνδεσης φορέα-βάθρων (μονολιθική σύνδεση ή με εφέδρανα), στη μορφή και τις διαστάσεις των βάθρων και στη μορφή της θεμελίωσης. Αντίθετα, επεμβάσεις σχετικά με την καμπυλότητα ή τη λοξότητα της γέφυρας δεν είναι εύκολο να γίνουν. Επίσης, ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί οι θέσεις των βάθρων να είναι ή να μην είναι προκαθορισμένες.
- Γενικώς, ισχύουν οι παρακάτω κανόνες, όσον αφορά τη σεισμική απόκριση των γεφυρών, ανάλογα με τα γεωμετρικά τους στοιχεία:
  - Ευθύγραμμες (σε κάτοψη) γέφυρες έχουν καλύτερη σεισμική συμπεριφορά από καμπύλες.
  - Λοξές γέφυρες (ο άξονας έδρασης δεν είναι κάθετος στον άξονα της γέφυρας) κινδυνεύουν από στροφές περί κατακόρυφο άξονα, που μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες μετακινήσεις.
  - Γέφυρες με πολλά αμφιέριστα ανοίγματα κινδυνεύουν από πτώση του φορέα. Από αυτή την άποψη, οι συνεχείς φορείς είναι προτιμότεροι.
  - Τα βάθρα πρέπει κατά το δυνατόν να έχουν την ίδια δυσκαμψία. Για βάθρα ίδιας διατομής, αυτό σημαίνει και ίδιο ύψος, γιατί αλλιώς τα κοντά βάθρα καταπονούνται πολύ περισσότερο από τα ψηλά. Η παρατήρηση αυτή εφαρμόζεται και για τον τρόπο σύνδεσης φορέα-βάθρων,

ο οποίος καλό είναι να είναι ίδιος σε όλα τα βάθρα, ώστε το σεισμικό φορτίο να ισομοιράζεται και να μην παραλαμβάνεται από ορισμένα βάθρα μόνον.

- Τα μεγάλα ανοίγματα μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα στη σεισμική συμπεριφορά, επειδή οδηγούν σε μεγάλες αξονικές δυνάμεις στα βάθρα (από στατικά κατακόρυφα φορτία), με αποτέλεσμα τη μείωση της διαθέσιμης πλαστιμότητας.

Γενικά, στο σχεδιασμό μίας γέφυρας πρέπει να έχει κανείς υπόψη του ότι όσο πιο απλή και πιο κανονική είναι η μόνρφωσή της τόσο καλύτερη είναι η σεισμική της συμπεριφορά.

### **3.3 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΩΝ**

Οι γέφυρες είναι γενικώς απλές κατασκευές από στατική άποψη. Είναι όμως ευαίσθητες σε σεισμούς και κακός σχεδιασμός είναι δυνατόν να οδηγήσει σε σημαντικές βλάβες. Σε αυτό συμβάλλει και η μικρή υπερστατικότητα που συνήθως διαθέτουν ως απόρροια της απλότητας της στατικής τους λειτουργίας. Από αντισεισμική άποψη, η μικρή υπερστατικότητα αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα σε περίπτωση που θα συμβεί κάποιος ισχυρός σεισμός, ο οποίος θα οδηγήσει την κατασκευή πέραν του ορίου διαρροής. Γι' αυτό και η αυστηρή τήρηση των κατασκευαστικών λεπτομερειών είναι πολύ σημαντική.

Το κυριότερο αντικείμενο της αντισεισμικής μελέτης μιας γέφυρας είναι ο υπολογισμός των σεισμικών δυνάμεων που θα αναπτυχθούν και ο τρόπος κατανομής τους στα βάθρα. Στον προσδιορισμό του σεισμικού φορτίου συμμετέχει κυρίως η μάζα του φορέα και δευτερευόντως η μάζα των βάθρων, η οποία συνήθως είναι αρκετά μικρότερη. Όσον αφορά την κατανομή του φορτίου στα βάθρα, αυτή επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Τη διαμόρφωση του φορέα στη διαμήκη διεύθυνση (συνεχής ή με αρμούς).
- Τον τρόπο σύνδεσης φορέα-βάθρων.
- Την δυσκαμψία των βάθρων, λαμβάνοντας υπόψη και την δυστένεια των εφεδράνων, εάν υπάρχουν.
- Την ελαστικότητα της θεμελίωσης.



Εκτός όμως από τον υπολογισμό των σεισμικών φορτίων και τη διαστασιολόγηση των βάρων και του φορέα, ο αντισεισμικός σχεδιασμός των γεφυρών περιλαμβάνει και άλλους ελέγχους, οι οποίοι πολλές φορές είναι κρίσιμοι για την ασφάλεια της κατασκευής, όπως:

- Έλεγχο μετακινήσεων για την εξασφάλιση έναντι του κινδύνου πτώσης και για τη διαστασιολόγηση των εφεδράνων και των αρμών.
- Κατασκευαστικές διατάξεις για την εξασφάλιση πλαστικής συμπεριφοράς.
- Έλεγχο κινδύνου αστοχίας της θεμελίωσης ή της επίχωσης πίσω από τα ακρόβαθρα.
- Έλεγχο δυνατότητας ρευστοποίησης του εδάφους και κατολισθήσεων στην ευρύτερη περιοχή του έργου, που μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικές εντάσεις στην κατασκευή.

### **3.4 ΒΛΑΒΕΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΡΕΥΣΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ**

Η σοβαρότητα της βλάβης που θα υποστεί μια γέφυρα μετά από ένα σεισμό εξαρτάται από:

- Το έτος κατασκευής της.
- Το είδος της.
- Την απόστασή της από το επίκεντρο του σεισμού.
- Τη μέγιστη επιτάχυνση του εδάφους στην περιοχή που βρίσκεται η γέφυρα.
- Τη φασματική επιτάχυνση στην τοποθεσία της γέφυρας.

Σύμφωνα με αναφορά που έχει γίνει σχετικά με τις βλάβες που υπέστησαν οι γέφυρες κατά τη διάρκεια του Nisqually σεισμού το 2001 στη δυτική Ουάσινγκτον η φασματική επιτάχυνση στην περιοχή όπου βρίσκεται η γέφυρα παίζει σημαντικότερο ρόλο στο βαθμό της βλάβης που θα υποστεί απ'ότι η απόστασή της από το επίκεντρο του σεισμού ή από τη μέγιστη επιτάχυνση του εδάφους που σημειώνεται.

Συγκεκριμένα, τα συνηθέστερα είδη βλαβών που μπορεί να υποστεί μία γέφυρα λόγω σεισμού, συνοψίζονται στις ακόλουθες τρεις κύριες κατηγορίες:

1. Απώλεια στήριξης της ανωδομής της γέφυρας στα υποκείμενα ακρόβαθρα ή μεσόβαθρα σε μη σταθερές ακραίες στηρίξεις στη διαμήκη διεύθυνση ή μεταξύ γειτονικών τμημάτων φορέα σε ενδιάμεσους αρμούς διαχωρισμού διατεταγμένους μέσα στο άνοιγμα λόγω ανεπαρκούς μήκους έδρασης. (Βλ. Φωτ. 3.1)



Φωτ. 3.1 Απώλεια στήριξης της ανωδομής.

2. Σημαντική απώλεια αντοχής λόγω αποσάθρωσης του σκυροδέματος και αστοχίας του οπλισμού των βάθρων. Ανάλογα με τη γεωμετρία του βάθρου, οι βλάβες μπορεί να είναι καμπτικού ή διατμητικού τύπου (βλ. Φωτ. 3.2)



Φωτ. 3.2 Βλάβη διατμητικού τύπου.

3. Βλάβες των ακρόβαθρων ή των θεμελίων των βάθρων λόγω αστοχίας του εδάφους θεμελίωσης, που οφείλεται σε ρευστοποίηση, εκτεταμένη καθίζηση, κτλ. Αυτού του είδους οι βλάβες, ακόμα και αν δεν επηρεάσουν τη στατική ακεραιότητα του φορέα, κατά κανόνα καθιστούν τη γέφυρα μη προσιτή.

Από τις τρεις παραπάνω κατηγορίες βλαβών, συχνότερες είναι αυτές που σχετίζονται με μείωση της καμπτικής ή διατμητικής αντοχής των βάθρων. Συνήθως δεν οδηγούν σε κατάρρευση της γέφυρας και είναι επισκευάσιμες, σε αντίθεση με τις άλλες δύο κατηγορίες βλαβών, οι συνέπειες των οποίων είναι στις περισσότερες περιπτώσεις καταστροφικές.

### **3.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Στη σύγχρονη Αντισεισμική Μηχανική εφαρμόζεται ο Ευρωκώδικας 8 για την αντισεισμική μελέτη γεφυρών. Γενικά, εφαρμόζεται η δυναμική φασματική ανάλυση. Ο ρόλος τόσο των ελαστικών, όσο και των ανελαστικών φασμάτων είναι αναμφισβήτητος. Επί παραδείγματι, τα ελαστικά φάσματα έχουν

ιδιαίτερη σημασία στο συμβατικό σχεδιασμό με βάση τις δυνάμεις, ο οποίος υιοθετείται διεθνώς ακόμη μέχρι σήμερα από τους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, ενώ τα ανελαστικά φάσματα βρίσκουν χρήση σε νεώτερες μεθοδολογίες σχεδιασμού κατασκευών (π.χ. σχεδιασμός με βάση τις μετακινήσεις, συστήματα σεισμικής μόνωσης κλπ.).

### **3.5.1 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΩΝ**

**A** Βραχώδη.

**B** Αποθέσεις από πολύ πυκνά αμμοχάλικα ή πολύ σκληρές αργίλους μεγάλου πάχους.

**C** Αποθέσεις από πυκνά αμμοχάλικα ή σκληρές αργίλους μεγάλου πάχους.

**D** Αποθέσεις από χαλαρά έως μέτρια, μη συνεκτικά εδάφη ή μαλακά έως σκληρά συνεκτικά εδάφη.

**E** Επιφανειακό αλλουβιακό στρώμα πάχους 5-20m με τιμή  $v_s$  αντίστοιχη των εδαφών C ή D, που υπέρκειται σκληρού εδάφους.

**S1** Αποθέσεις που αποτελούνται ή περιλαμβάνουν στρώμα πάχους τουλάχιστον 10m από μαλακές αργίλους και ιλύες με μεγάλο δείκτη πλαστικότητας ( $PI > 40$ ) και μεγάλο ποσοστό υγρασίας

**S2** Αποθέσεις από εδάφη επικίνδυνα για ρευστοποίηση ή ευαίσθητες αργίλους και εδάφη που δεν υπάγονται στις παραπάνω κατηγορίες

### **3.5.2 ΦΑΣΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Το γεγονός ότι το φάσμα απόκρισης είναι άμεσα εξαρτώμενο από την εδαφική καταγραφή και σε μία γεωγραφική περιοχή υπάρχουν καταγραφές με διαφορετικά χαρακτηριστικά, οδήγησε στην δημιουργία ενός φάσματος που να είναι αντιπροσωπευτικό των εδαφικών κινήσεων που καταγράφηκαν στην περιοχή και να αποτελείται από ένα σύνολο από ομαλές καμπύλες ή μία σειρά από ευθείες γραμμές για κάθε τιμή της απόσβεσης. Εάν στην περιοχή δεν έχει καταγραφεί κανένας σεισμός, το φάσμα σχεδιασμού θα πρέπει να βασίζεται σε άλλες καταγραφές υπό τις ίδιες όμως εδαφικές συνθήκες. Οι παράγοντες που προσπαθεί κανείς να προσεγγίσει περιλαμβάνουν το μέγεθος του σεισμού, την απόσταση της περιοχής της καταγραφής από το γενεσιουργό ρήγμα, το μηχανισμό του ρήγματος, τη γεωλογία της διαδρομής που ακολουθούν τα σεισμικά κύματα από την πηγή στην περιοχή της καταγραφής και τις τοπικές εδαφικές συνθήκες της περιοχής. Ο

Housner (1959) αρχικά και έπειτα οι Newmark και Hall (1969) ανέπτυξαν την ιδέα του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού. Στην περίπτωση λοιπόν που σχεδιάζεται μια κατασκευή σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 χρειάζεται να λάβουμε υπόψη το ελαστικό φάσμα σχεδιασμού που παρέχεται και ανάλογα με την ιδιοπερίοδο της κατασκευής και το έδαφος που χαρακτηρίζει την περιοχή υπολογίζουμε την ισοδύναμη σεισμική δύναμη που ενεργεί στην κατασκευή με στόχο την επιβολή της σε συνδυασμό με τα κατακόρυφα επιβαλλόμενα φορτία. Όμως, στην προκειμένη περίπτωση ο σχεδιασμός θα είχε ως αποτέλεσμα την ελαστική απόκριση της κατασκευής. Αυτό οδηγεί στη μη αξιοποίηση της δυνατότητας των μελών να απορροφούν υστερητική ενέργεια μέσω της μη γραμμικής παραμόρφωσης τους στις ζώνες που είναι ικανές να απορροφούν ενέργεια. Για την αξιοποίηση λοιπόν της ανελαστικής συμπεριφοράς των μελών, οι δυνάμεις σχεδιασμού πρέπει να προκύψουν από το ανελαστικό φάσμα σχεδιασμού. Με αυτό τον τρόπο, όταν επιβληθεί στην κατασκευή ο σεισμός σχεδιασμού, θα αποκριθεί ανελαστικά απαιτώντας μια συγκεκριμένη πλαστιμότητα. Όσο πιο έντονα τα μη γραμμικά φαινόμενα τόσο μεγαλύτερη και η απαιτούμενη πλαστιμότητα, άρα και η ακριβέστερη σχεδίαση των λεπτομερειών της κατασκευής.

Γενικώς, για γέφυρες, στις οποίες προβλέπεται σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων στα βάθρα, γίνεται ελαστική ανάλυση για τα φορτία σχεδιασμού που προκύπτουν για τις φασματικές επιταχύνσεις σχεδιασμού  $S_d(T)$  που υπολογίζονται σύμφωνα με συγκεκριμένες σχέσεις του Ευρωκώδικα 8 (ΕΚ8 –Μέρος 1), αλλά με ειδικές τιμές των συντελεστών σπουδαιότητας και συμπεριφοράς, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.

## ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \geq \beta \cdot a_g \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \geq \beta \cdot a_g \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4\text{sec}$$

- Ο συντελεστής απόσβεσης  $\eta$  έχει διαφορετική τιμή από 5%, γι' αυτό και δεν εμφανίζεται.
- Ο συντελεστής συμπεριφοράς  $q$  μπορεί να είναι διαφορετικός στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις.
- Η κατηγορία πλαστιμότητας είναι ίδια σε όλες τις διευθύνσεις.

## ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΙ :

Έδαφος	S	$T_B$ (sec)	$T_C$ (sec)	$T_D$ (sec)
A	1.00	0.15	0.40	2.50
B	1.20	0.15	0.50	2.50
C	1.15	0.20	0.60	2.50
D	1.35	0.20	0.80	2.50
E	1.40	0.15	0.50	2.50

## ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ:

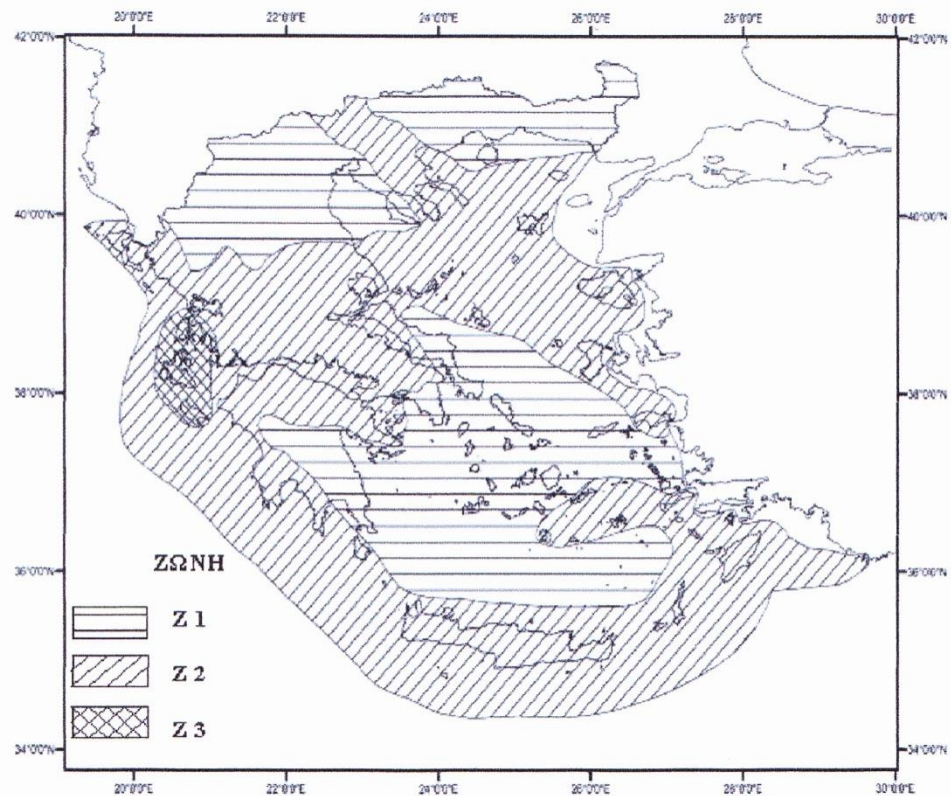
$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

- Έχουν υιοθετηθεί οι τρεις ζώνες του ΕΑΚ2003.
- Σε κάθε σεισμική ζώνη ορίζεται μία τιμή αναφοράς  $a_{gr}$  της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης σε έδαφος κατηγορίας Α, η οποία αντιστοιχεί στην τιμή αναφοράς για περίοδο επαναφοράς  $T_{NCR} = 475$  έτη (10% πιθανότητα υπέρβασης σε 50 χρόνια).

Ζώνη	$a_{gR}/g$
Z1	0.16
Z2	0.24
Z3	0.36

Οι τιμές του πίνακα ορίζονται από τον ΕΑΚ2000 και προσδιορίζονται με βάση την επιλεγείσα περίοδο επαναφοράς και γι' αυτές ορίζεται ένας συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_i$  ίσος με 1.0

Στο σχήμα που ακολουθεί δείχνεται ο χάρτης των τριών σεισμικών ζωνών Z1, Z2 και Z3 που ισχύουν για την Ελλάδα.



- Για διαφορετικές περιόδους επαναφοράς ορίζεται συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_i$  και η επιτάχυνση σχεδιασμού για έδαφος Α είναι:  $a_g = \gamma_i \times a_{gR}$

Κατηγορία σπουδαιότητας	I Γέφυρες επαρχιακών ή αγροτικών οδών	I I Συνήθεις γέφυρες	I I I Ιδιαίτερα σημαντικές γέφυρες, εφόσον δε γίνεται ειδική σεισμολογική μελέτη
γ/ι	0.85	1.00	1.30

- ο Για τις τιμές της  $a_{gR}$  έχουν υιοθετηθεί οι τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης του ΕΑΚ2003.

Για γέφυρες με σεισμική μόνωση, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και γέφυρες με συνήθη ελαστομεταλλικά εφέδρανα χαμηλής απόσβεσης, για τις οποίες ουσιαστικά γίνεται ελαστικός σχεδιασμός, χρησιμοποιείται το ελαστικό φάσμα του ΕΚ8 – Μέρος 1 που περιγράφεται από κάποιες άλλες σχέσεις.

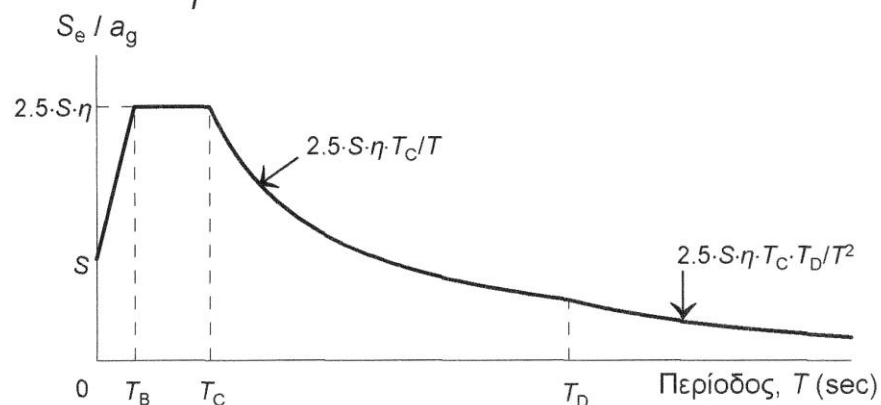
### ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:

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

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

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

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





ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:

$$S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3.0 - 1) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D$$

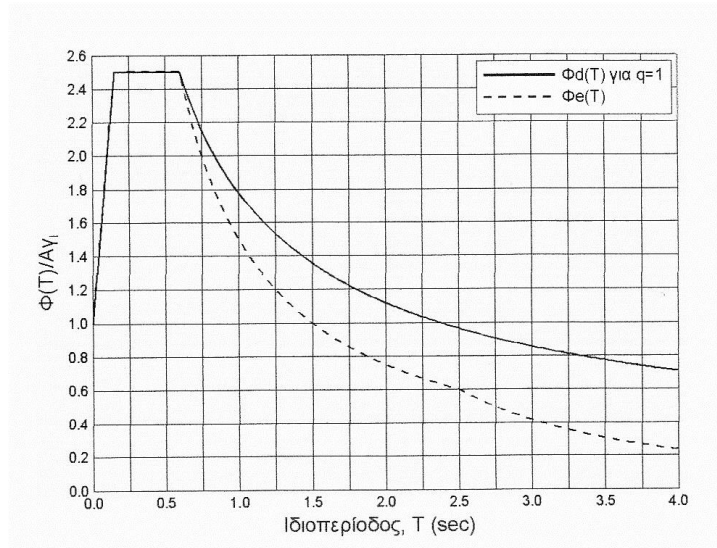
$$S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4\text{sec}$$

$a_{vg}/a_g$	$T_B$ (sec)	$T_C$ (sec)	$T_D$ (sec)
0.90	0.05	0.15	1.00

Σημειώνεται ότι το φάσμα αυτό διαφοροποιείται από το ελαστικό φάσμα του Παραρτήματος Α του ΕΑΚ για πολύ εύκαμπτα συστήματα με  $T > T_D$  (περιοχή σταθερής φασματικής μετακίνησης), όπου η φασματική επιτάχυνση είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της περιόδου:

$$\Phi_e(T) = A \times \gamma_1 \times \eta \times \beta_0 \times (T_C \times T_D / T^2)$$

όπου  $T_C = T_2$  και  $T_D = 2.50\text{sec}$ . Στο επόμενο σχήμα δίνεται μία σύγκριση του φάσματος σχεδιασμού  $\Phi_d(T)$  του ΕΑΚ 2000 για  $q=1$ , που εφαρμόζεται για γέφυρες χωρίς σεισμική μόνωση και του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού, που εφαρμόζεται για γέφυρες με σεισμική μόνωση. Η σύγκριση γίνεται για  $\eta=1$  και  $\theta=1$  και για έδαφος κατηγορίας Β, αλλά παρόμοια εικόνα παρουσιάζεται και για τις άλλες κατηγορίες εδαφών.



Εάν δεν υπάρχει ειδική μελέτη σεισμικής επικινδυνότητας για την περιοχή του έργου, τα σεισμολογικά δεδομένα λαμβάνονται από τον ΕΑΚ. Σε σημαντικές γέφυρες εκπονούνται τέτοιες σεισμολογικές μελέτες, οι οποίες προσδιορίζουν τη μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση του εδάφους ανάλογα με την επιθυμητή πιθανότητα υπέρβασης στη διάρκεια ζωής του έργου, το ελαστικό φάσμα σχεδιασμού, πιθανές τεκτονικές κινήσεις κλπ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΑΣ ΕΝΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ 37,90 m ΑΠΟ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΟΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΦΕΔΡΑΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ.

#### 4.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ

- ❖ Η μελέτη της παρούσας γέφυρας εκπονήθηκε από τον κ. Δ. Τσίγκρο Διπλωματούχο ΕΜΠ Πολιτικό Μηχανικό του Μελετητικού Γραφείου «Κ/Ξ SCETADO Scetauroute S.A. – ΑΔΟΑ.Ε.», το 2005.

##### 4.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η υπόψη εργασία αφορά την οριστική μελέτη της οδικής γέφυρας στην Χ.Θ. 4+922.10 του έργου «ΟΔΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ – ΧΑΛΚΙΔΑ» και αποτελεί το επόμενο στάδιο της συγκεκριμένης προμελέτης. Η γέφυρα είναι οδικής χρήσεως.

Το υπόψη τεχνικό γεφυρώνει το ρέμα Καλοχωρίου για την εξυπηρέτηση του νέου αυτοκινητόδρομου Σχηματαρίου-Χαλκίδας. Η διατομή στη θέση της γέφυρας προβλέπει πλάτος κυκλοφορούμενου οδοστρώματος 11.20 m και δύο εκατέρωθεν πεζοδρόμια πλάτους εκάστου 1.25 m (ανά κλάδο κυκλοφορίας). Έτσι προκύπτει συνολικό πλάτος καταστρώματος φορέα ανωδομής ίσο με 13.70m (ανά κλάδο κυκλοφορίας). Ο άξονας του τεχνικού τέμνει τον άξονα του ρέματος Καλοχωρίου υπό γωνία  $56.32^{\circ}$  στην Χ.Θ. 4+922.10 του αυτοκινητοδρόμου.

##### 4.1.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η γέφυρα θα κατασκευαστεί με ανωδομή που αποτελείται από προκατασκευασμένες δοκούς από προεντεταμένο σκυρόδεμα Β45. Οι δοκοί θα συνδεθούν με πλάκα από προεντεταμένο σκυρόδεμα Β45 χυτό επί τόπου. Για την μελέτη της γέφυρας εφαρμόστηκαν τα DIN 4227, DIN 1072, DIN 1075, DIN 4085, DIN 4141, DIN 1045 και οι οδηγίες για τον Αντισεισμικό Κανονισμό Γεφυρών (Ε39/99 ΥΠΕΧΩΔΕ).

#### **4.1.3 ΚΛΑΣΗ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ**

Η γέφυρα υπολογίσθηκε για τα φορτία κατηγορίας 60/30 κατά DIN 1072.

#### **4.1.4 ΕΙΔΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΑΛΥΒΩΝ**

Σκυροδέματα:

Ανωδομή γέφυρας

Προκατασκευασμένοι δοκοί : B45

Εγχυτη πλάκα καταστρώματος : B45

Πεζοδρόμια : B25

Ακρόβαθρα : B25

Οπλισμοί

Χαλαροί οπλισμοί : S 500s

Οπλισμός προέντασης : St 1670/1860

#### **4.1.5 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΓΕΦΥΡΑΣ και ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΕΑ ΓΕΦΥΡΑΣ**

Η γέφυρα έχει (1) άνοιγμα με θεωρητικό μήκος ανωδομής 37.90m μεταξύ των αξόνων στήριξης των εφεδράνων στα ακρόβαθρα, μετρημένο στον άξονα της γέφυρας. Πρόσθετα προβλέπονται αρμοί στα ακρόβαθρα A1 και A2 . Στο επίπεδο της (εγκάρσια έννοια) η γέφυρα λειτουργεί σαν αμφιέριστος φορέας με στηρίξεις στα βάθρα.

#### **4.1.6 ΤΥΠΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ**

Η ανωδομή έχει διατομή πλακοδοκού.

#### **4.1.7 ΥΨΟΣ ΦΟΡΕΑ**

Ο φορέας έχει ύψος 1.80 m (1.60 + 0.20)

#### **4.1.8 ΛΟΓΟΣ ΥΨΟΥΣ ΦΟΡΕΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑ**

Ο λόγος ύψους του φορέα προς το άνοιγμα έχει ως εξής :  
Ύψος : Θεωρητικό άνοιγμα :  $1.80 / 37.90 = 1 / 21.05$

## **4.1.9 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

### **4.1.9.1 Θεμελίωση γέφυρας**

Η θεμελίωση των ακροβάθρων της γέφυρας υλοποιείται με επιφανειακή θεμελίωση πάχους 1.50m. Ο φορέας της θεμελίωσης εδράζεται επί εξυγειαντικής εδαφικής στρώσης πάχους 0.70m αποτελούμενης από καλά συμπυκνωμένο αμμοχάλικο. Με βάση την αξιολόγηση των γεωτεχνικών ερευνών λαμβάνεται ως βασική τιμή της επιτρεπόμενης τάσης εδράσεως των θεμελίων η τιμή :  $\sigma_{\text{επιτρ.}} = 200\text{KN/m}^2$  (βλέπε το συνημμένο τεύχος της γεωτεχνικής μελέτης).

### **4.1.9.2 Σύστημα Γεφύρωσης**

- Η γέφυρα έχει ολικό μήκος 37.90m όσο και το μήκος μεταξύ των αξόνων έδρασης εφεδράνων στα ακρόβαθρα και αποτελείται από (1) αμφιέριστο άνοιγμα. Η ανωδομή εδραζεται στα ακρόβαθρα με τη βοήθεια ελαστομεταλλικών εφεδράνων. Η διάταξη των εφεδράνων παρουσιάζεται στα αντίστοιχα σχέδια της μελέτης.
- Η ανωδομή της γέφυρας έχει (8) προκατασκευασμένες δοκούς από προεντεταμένο σκυρόδεμα B45, ανά κλάδο αυτοκινητοδρόμου, που συνδέονται μεταξύ τους με πλάκα καταστρώματος από προεντεταμένο σκυρόδεμα B45, πάχους 0.20m, μετρημένου από το άνω πέλμα των προκατασκευασμένων δοκών.
- Οι προκατασκευασμένοι δοκοί της ανωδομής κατασκευάζονται από προεντεταμένο σκυρόδεμα B45, χάλυβα προέντασης St 1670/1860 και χαλαρό σπλισμό S 500s. Οι δοκοί προεντείνονται με (3) καλώδια τύπου 21T15 της ALGA και τοποθετούνται επί των ακροβάθρων της γέφυρας με την βοήθεια κατάλληλου γερανού.
- Προβλέπονται σεισμικοί σύνδεσμοι για την διασφάλιση της στατικής επάρκειας της γέφυρας σύμφωνα με την παράγραφο 2.7.4 της E39/99.

### **4.1.10 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ**

- Η γέφυρα εδράζεται μέσω ελαστομεταλλικών εφεδράνων επί των ακροβάθρων. Τα ακρόβαθρα είναι συνήθη τριχοειδή βάθρα που εδράζονται επί του φυσικού εδάφους με επιφανειακή θεμελίωση μέσω εξυγειαντικής στρώσης πάχους 0.70m,

σύμφωνα με την γεωτεχνική μελέτη. Για τη συγκράτηση του πρανούς του επιχώματος της οδοποιίας προβλέπονται πτερυγότοιχοι κατάλληλου μήκους. Η διάταξη των ακροβάθρων και των πτερυγοτοιχών παρουσιάζεται στα αντίστοιχα σχέδια της μελέτης.

#### **4.1.11 ΒΑΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ**

Οι υπολογισμοί για την διαστασιολόγηση των στοιχείων της γέφυρας έγιναν με βάση τους Γερμανικούς Κανονισμούς ήτοι τα DIN 4227, DIN 1045, DIN 1072, DIN 1075, την Εγκύκλιο 39/99 ΥΠ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και τον ΕΑΚ 2000/2003. Οι υπολογισμοί περιλαμβάνουν την στατική ανάλυση για την διαστασιολόγηση της ανωδομής.

##### **• ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΩΔΟΜΗΣ**

Ο έλεγχος των στοιχείων της ανωδομής της γέφυρας, ήτοι των προκατασκευασμένων προεντεταμένων δοκών και της πλάκας καταστρώματος, έγινε με στατική ανάλυση, κατά την οποία η ανωδομή προσομοιώθηκε με εσχάρα γραμμικών και επιφανειακών στοιχείων (κατά μήκος των αξόνων των δοκών και κάθετα σ' αυτούς). Η ανάλυση αυτή, μαζί με τη διαστασιολόγηση της πλάκας καταστρώματος και τους ελέγχους των δοκών, των εφεδράνων, των stoppers και αρμών συστολοδιαστολής κατά DIN 1045, DIN 4227, DIN 1072, DIN 1075 και την Ε39/99 παρουσιάζεται στο τεύχος Τ2 της παρούσας μελέτης.

##### **• ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ – ΠΤΕΡΥΓΟΤΟΙΧΩΝ**

Ο έλεγχος των ακροβάθρων γίνεται με χρήση του προγράμματος WIST της SOFISTIK GmbH ενώ των πτερυγοτοιχών με χρήση των πινάκων STIGGLAT/WIPPEL. Η ανάλυση αυτή, μαζί με τη διαστασιολόγηση και τους ελέγχους παρουσιάζεται στο τεύχος Τ3 της παρούσας μελέτης. Η διαστασιολόγηση έγινε με τα εντατικά μεγέθη από τα εφέδρανα και τους αρμούς ή τα ικανοτικά εντατικά μεγέθη για τα ακρόβαθρα. Τα ικανοτικά εντατικά μεγέθη σε ακρόβαθρα που φέρουν ελαστομεταλλικά εφέδρανα υπολογίζονται από τις μέγιστες υπολογιστικές μετακινήσεις των εφεδράνων και τις ελαστικές σταθερές των εφεδράνων προσαυξημένες κατά 30% .

#### **4.1.12 ΔΟΜΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ**

- **ΤΥΠΟΣ ΣΤΗΘΑΙΟΥ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Στα άκρα των πεζοδρομίων προβλέπεται στηθαίο ασφαλείας τύπου Σ.Τ.Ε.-1 στην εξωτερική παρειά του πεζοδρομίου, για την επαρκή προστασία των διερχομένων οχημάτων .

- **ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Στις ορατές επιφάνειες προβλέπεται τελείωμα τύπου "Γ", ενώ στις μη ορατές τύπου "Α".

- **ΑΝΤΙΡΥΠΑΝΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Στις επιφάνειες σκυροδέματος που εκτίθενται στην κυκλοφορία οχημάτων (κάτω ίνα φορέα καταστρώματος και εσωτερικές παρειές των τοίχων ακροβάθρων) προβλέπεται αντιρρυπαντική επίστρωση – επάλειψη.

- **ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΙΔΗΡΟΠΛΙΣΜΟ**

Η προστασία από διάβρωση του σιδηρού οπλισμού επιτυγχάνεται αφενός με την αυστηρή τήρηση των επικαλύψεων κατά DIN 1045 και αφετέρου με τον έλεγχο της απαίτησης οπλισμού έναντι του ελέγχου ρηγματώσεως, όπως γίνεται στους σχετικούς στατικούς υπολογισμούς της παρούσας μελέτης.

- **ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ – ΥΓΡΟΜΟΝΩΣΗ**

Η στεγάνωση της άνω επιφάνειας της πλάκας καταστρώματος προβλέπεται να γίνει με ειδικές στεγανωτικές μεμβράνες. Η υγρομόνωση των κατακορύφων τοιχωμάτων (ακροβάθρων και τοίχων αντιστήριξης – πτερυγοτόιχων) επιτυγχάνεται με διπλή ασφαλική επάλειψη και η στεγάνωσή τους πραγματοποιείται με εφαρμογή αποστραγγιστικών μεμβρανών (τύπου PVC) και αποστραγγιστικής στρώσης.

#### **4.1.13 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

##### **• ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ**

Η συμπεριφορά του φορέα στο σεισμό είναι ελαστική (συντελεστής μετελαστικής συμπεριφοράς ίσος προς 1.00).

Η αντικατάσταση των εφεδράνων και των stoppers μπορεί να γίνει, αν χρειασθεί, με απλό τρόπο από τα πλευρικά θωράκια των ακροβάθρων. Η αντικατάσταση θα γίνεται με επίπεδους γρύλλους ανύψωσης των προκατασκευασμένων δοκών που θα τοποθετούνται στη διαδοκίδα μεταξύ των εφεδράνων. Η επίσκεψη αυτή είναι εφικτή με ανθρωποθυρίδα που προβλέπεται στα πλευρικά των ακροβάθρων.

#### **4.1.14 ΔΑΠΑΝΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Η δαπάνη του έργου υπολογίσθηκε με τιμές Δ2004 και ανέρχεται σε 958.915,50 ΕΥΡΩ.

#### **4.1.15 ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ**

##### **1 ΕΚΣΚΑΦΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ (ΟΔΟ-2151)**

Θεμελίωση ακροβάθρων:  $V = 2 \cdot 35,00 \cdot 13,00 \cdot 5,00 = \dots 4.550,00 \text{ m}^3$   
Σύνολο : 4.550,00  $\text{m}^3$   
Στρογγυλ. : 4.600  $\text{m}^3$

##### **2 ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ ΜΕ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ ΕΠΙΧΩΜΑ (ΥΔΡ-6068)**

Ακρόβαθρα :  $V = 2 \cdot 34,00 \cdot 8,00 \cdot 4,00 = \dots 2.176,00 \text{ m}^3$   
Σύνολο : 2.176,00  $\text{m}^3$   
Στρογγυλ. : 2.200  $\text{m}^3$

##### **3 ΕΞΥΓΙΑΝΤΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ (ΥΔΡ-6068)**

Ακρόβαθρα :  $V = 2 \cdot 8,00 \cdot 35,00 \cdot 7,00 = \dots 392,00 \text{ m}^3$   
Σύνολο : 392,00  $\text{m}^3$   
Στρογγυλ. : 400  $\text{m}^3$

##### **4 ΑΟΠΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ Β10 ΕΞΟΜΑΛΥΝΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (ΟΔΟ-2521)**

Θεμελίωση ακροβάθρων :  $V = 2 \cdot 8,00 \cdot 34,00 \cdot 0,15 = \dots 81,60 \text{ m}^3$



Πλάκες πρόσβασης :  $V = 12 \cdot 4,00 \cdot 4,00 \cdot 0,15 = \dots\dots\dots 28,80 \text{ m}^3$   
 Έδραση στραγγιστηρίων :  $V = 2 \cdot 35,00 \cdot 10,00 \cdot 0,15 = \dots\dots 105,00 \text{ m}^3$   
 Σκυρόδεμα ρύσεων :  $V = 50,00 \cdot 25,10 \cdot 0,10 = \dots\dots\dots 125,50 \text{ m}^3$   
 Σύνολο :  $340,90 \text{ m}^3$   
 Στρογγυλ. :  $345 \text{ m}^3$

### 5 ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ Β25 ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ, ΘΕΜΕΛΙΩΝ (ΟΔΟ-2521)

Κορμός αποβάθρων :  $V = 2 \cdot (3,00 \cdot 2,70 + 2,50 \cdot 0,50) \cdot 35,15 = \dots\dots\dots 619,90 \text{ m}^3$   
 Θεμελίωση ακροβάθρων :  $V = 2 \cdot 7,80 \cdot 1,50 \cdot 33,15 = \dots\dots 775,71 \text{ m}^3$   
 Πλάκες πρόσβασης :  $V = 12 \cdot 4,00 \cdot 4,00 \cdot 0,25 = \dots\dots\dots 48,00 \text{ m}^3$   
 Πτερυγότοιχοι :  $V = (4 \cdot 5,65 \cdot 5,00 + 4 \cdot 4,00 \cdot 5,00) \cdot 0,75 = \dots\dots 144,75 \text{ m}^3$   
 Πεζοδρόμια :  $V = 4 \cdot 50,00 \cdot 1,00 = \dots\dots\dots 200,00 \text{ m}^3$   
 Σύνολο :  $1.788,36 \text{ m}^3$   
 Στρογγυλ. :  $1.790 \text{ m}^3$

### 6 ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ Β45 ΔΙΑΔΟΚΙΔΩΝ (ΟΔΟ-2565)

Διαδοκίδες :  $V = 2 \cdot 2 \cdot 7 \cdot [0,70 \cdot 1,55 \cdot (1,68 - 0,70)] \cdot 1,16 = \dots\dots 34,54 \text{ m}^3$   
 Σύνολο :  $34,54 \text{ m}^3$   
 Στρογγυλ. :  $35 \text{ m}^3$

### 7 ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ Β45 ΠΛΑΚΑΣ ΑΝΩΔΟΜΗΣ (ΟΔΟ-2565)

Ανωδομή :  $V = 2 \cdot 13,30 \cdot 0,20 \cdot 40,30 = \dots\dots\dots 214,40 \text{ m}^3$   
 Σύνολο :  $214,40 \text{ m}^3$   
 Στρογγυλ. :  $220 \text{ m}^3$

### 8 ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ Β45 ΠΡΟΚΑΤ. ΔΟΚΩΝ (ΟΔΟ-2565)

$L_b = 39,30 \text{ M}$  :  $V = [(39,30 - 8,00) \cdot 0,7735 + 2 \cdot 2,75 \cdot 1,2640 + 1,25 \cdot (0,7735 + 1,2640)] \cdot 16 = \dots\dots 539,39 \text{ m}^3$   
 Σύνολο :  $539,39 \text{ m}^3$   
 Στρογγυλ. :  $540 \text{ m}^3$

### 9 ΣΙΔΗΡΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ S 500s (ΟΔΟ-2612)

Από συνημμένο πίνακα οπλισμού :  $\dots\dots\dots = 450,000 \text{ kg}$   
 Σύνολο :  $450,000 \text{ kg}$   
 Στρογγυλ. :  $450.000 \text{ kg}$

### 10 ΧΑΛΥΒΑΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ St 1670/1860 (ΟΔΟ-2620)

$B = (3 \cdot 41,50 \cdot 21) \cdot 16 \cdot 1,10 = \dots\dots\dots 46.015,20 \text{ kg}$   
Σύνολο : 46.015,20 kg  
Στρογγυλ. : 46.500 kg

### 11 ΣΤΗΘΑΙΟ ΓΕΦΥΡΑΣ ΣΤΕ-1 (ΟΔΟ-2652)

$L = 4 \cdot 50,00 \cdot 70,00 = \dots\dots\dots 14.000,00 \text{ kg}$   
Σύνολο : 14.000,00 kg  
Στρογγυλ. : 14.000 kg

### 12 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΑ ΤΥΠΟΥ "Γ" (ΥΔΡ-6304)

Πτερυγότοιχοι :  $E = 4 \cdot 5,65 \cdot 6,00 = \dots\dots\dots 135,60 \text{ m}^2$   
Ακρόβαθρα :  $E = 2 \cdot 35,00 \cdot 4,00 = \dots\dots\dots 280,00 \text{ m}^2$   
Πεζοδρόμια :  $E = 2 \cdot 50,00 \cdot 1,00 = \dots\dots\dots 100,00 \text{ m}^2$   
Σύνολο : 515,60 m<sup>2</sup>  
Στρογγυλ. : 520 m<sup>2</sup>

### 13 ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΤΙΚΗ ΕΠΑΛΕΙΨΗ (ΟΙΚ-7902)

Όπως επιφανειακά τελειώματα :  $\dots\dots\dots 515,60 \text{ m}^2$   
Σύνολο : 515,60 m<sup>2</sup>  
Στρογγυλ. : 520 m<sup>2</sup>

### 14 ΜΟΝΩΣΗ ΜΕ ΔΙΠΛΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗ ΕΠΑΛΕΙΨΗ (ΟΔΟ-2411)

Ακρόβαθρα :  $E = [2 \cdot (5,00 + 3,00 + 2 \cdot 1,50 + 3,00 + 2,00)] \cdot 35,00 = \dots\dots\dots 1.120,00 \text{ m}^2$   
Πτερυγότοιχοι :  $E = 4 \cdot 5,65 \cdot 5,00 + 4 \cdot 4,00 \cdot 5,00 = \dots\dots\dots 193,00 \text{ m}^2$   
Πλάκες πρόσβασης :  $E = 12 \cdot 4,00 \cdot 4,00 = \dots\dots\dots 192,00 \text{ m}^2$   
Σύνολο : 1.505,00 m<sup>2</sup>  
Στρογγυλ. : 1.550 m<sup>2</sup>

### 15 ΕΓΚΑΡΣΙΟΙ ΑΡΜΟΙ ΣΥΣΤΟΛΗΣ – ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΟΛΙΚΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ 140 MM ΑΝΟΙΓΜΕΝΟΙ ΣΕ ΑΡΜΟΥΣ 50 MM (ΟΔΟ-2651)

$L = 2 \cdot 33,10 \cdot 140 / 50 = \dots\dots\dots 185,36 \text{ m}$   
Σύνολο : 185,36 m  
Στρογγυλ. : 190 m

### 16 ΕΛΑΣΤΟΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΦΕΔΡΑΝΑ (ΟΔΟ-2912)

ΕΔΡΑΣΗ :  $2 \cdot 16 \cdot (0,400 \cdot 0,500 \cdot 0,181) \cdot 1.000,00 = \dots\dots\dots 1.158,40 \text{ lit}$

STOPPERS :  $2 \cdot 4 \cdot (0,200 \cdot 0,300 \cdot 0,300) \cdot 1.000,00 = \dots\dots\dots 144,00 \text{ lit}$

Σύνολο : 1.302,40 lit

Στρογγυλ. : 1.310 lit

### 17 ΓΕΩΥΦΑΣΜΑ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΩΝ (ΚΩΔ. ΑΝ. ΟΙΚ 7912)

$E = 5 \cdot 0,50 \cdot 70,00 =$

$\dots\dots\dots 175,00 \text{ m}^2$

Σύνολο : 175,00 m<sup>2</sup>

Στρογγυλ. : 175 m<sup>2</sup>

### 18 ΔΙΑΤΡΗΤΟΙ ΠΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΩΝ Φ20cm (ΚΩΔ. ΑΝ. ΟΔΟ 2861)

$L = 2 \cdot 35,00 =$

$\dots\dots\dots 70,00 \text{ m}$

Σύνολο : 70,00 m

Στρογγυλ. : 70 m

### 19 ΠΛΗΡΩΣΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΩΝ ΜΕ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟ ΥΛΙΚΟ (ΚΩΔ. ΑΝ. ΟΔΟ 2815)

$V = 0,50 \cdot 0,50 \cdot 70,00 =$

$\dots\dots\dots 17,50 \text{ m}^3$

Σύνολο : 17,50 m<sup>3</sup>

Στρογγυλ. : 18 m<sup>3</sup>

### 20 ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ (ΚΩΔ. ΑΝ. ΟΔΟ 2412)

$V = 2 \cdot 13,30 \cdot 40,30 =$

$\dots\dots\dots 1.071,98 \text{ m}^3$

Σύνολο : 1.071,98 m<sup>3</sup>

Στρογγυλ. : 1.100 m<sup>3</sup>

### 21 ΧΕΙΡΟΘΕΤΗ ΠΛΗΡΩΣΗ ΦΑΤΝΩΝ (ΚΩΔ.ΑΝ.ΟΔΟ 2313)

$V = 2 \cdot 3,00 \cdot 100,00 =$

$\dots\dots\dots 600,00 \text{ m}^3$

Σύνολο : 600,00 m<sup>3</sup>

Στρογγυλ. : 600 m<sup>3</sup>

## **22 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΑΤΝΩΝ (ΚΩΔ. ΑΝ. ΟΔΟ 2312)**

$$E = 600,00 \cdot 5,50 =$$

.....3.300,00 m<sup>2</sup>  
Σύνολο : 3.300,00 m<sup>2</sup>  
Στρογγυλ. : 3.300 m<sup>2</sup>

## **23 ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΓΜΑΤΟΣ (ΚΩΔ. ΑΝ. ΟΔΟ 2311)**

$$B = 3.300,00 \cdot 3,50 =$$

.....11.550,00 kg  
Σύνολο : 11.550,00 kg  
Στρογγυλ. : 11.600 kg

### **4.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ**

- ❖ Η μελέτη της παρούσας γέφυρας εκπονήθηκε από τον κ. Δ. Φωτιάδη Γεωτεχνικό, M.Sc Πολιτικό Μηχανικό του Μελετητικού Γραφείου «Κ/Ξ SCETADO Scetauroute S.A. –ΑΔΟΑ.Ε.», το 2005.

#### **4.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η παρούσα τεχνική έκθεση αφορά τον έλεγχο της θεμελίωσης τεχνικού στον οδικό άξονα Σχηματάρι-Χαλκίδα και συντάχθηκε στα πλαίσια του έργου «Τεχνική υποστήριξη και υποβοήθηση της Δ/σης Δ1 της ΓΓΔΕ του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ για την προώθηση της ωριμότητας των αναγκαίων στοιχείων του έργου «Σχηματάρι-Χαλκίδα». Συγκεκριμένα, στην παρούσα έκθεση εξετάστηκε η θεμελίωση του τεχνικού (γέφυρα) περιοχής ρέματος Καλοχωρίου στην Χ.Θ. 4+941,578 της αρτηρίας.

Στη θέση αυτή πρόκειται να κατασκευαστεί γέφυρα δύο κλάδων, ενός ανοίγματος, μήκους 39,85m και πλάτους 28,20m, από οπλισμένο σκυρόδεμα.

## 4.2.2 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα γεωτεχνικά στοιχεία (γεωτρήσεις, επί-τόπου και εργαστηριακές δοκιμές) έχουν ληφθεί από το τεύχος παρουσίασης της γεωτεχνικής έρευνας (ΚΕΔΕ, Σεπτέμβριος 2003). Ειδικά για τη συγκεκριμένη θέση έχουν ληφθεί υπ' όψη οι γεωτρήσεις που παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 1 :

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΒΑΘΡΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ (*)	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΟΥ B*L (m) (**)	ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΚΕΦΑΛΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ
A1 , A2	+31.70	5.50*6.00	Γ4	+35.80
A3 , A4	+31.70	5.50*6.00	Γ5	+34.60

(\*) Δεν περιλαμβάνει μπετόν καθαριότητας και τυχόν εξυγίανση.

(\*\*) Ισοδύναμες, σε περίπτωση πολυγωνικών / τεθλασμένων σε κάτοψη θεμελίων.

#### • Βασικοί σχηματισμοί

Η στρωματογραφία από τα ανώτερα (επιφανειακά) προς τα κατώτερα στρώματα έχει ως εξής :

1. Από 0.0 έως 5.70 (Γ4) και 8.30 (Γ5) : Αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ μέσης έως υψηλής πλαστικότητας (CL, CH) , ανοικτού καστανού έως ερυθροκάστανου χρώματος.
2. Στη συνέχεια και μέχρι βάθους 8.70 (Γ4) έως 11.70 (Γ5) : ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ με άργιλο και κατά θέσεις τεμάχη από λατύπες και κροκάλες. Τοπική εμφάνιση τεφροπράσινης μάργας.
3. Στη συνέχεια και μέχρι βάθους 12.20 (Γ4) έως 13.20 (Γ5) : ΑΡΓΙΛΟΣ μέσης έως υψηλής πλαστικότητας (CL) , ανοικτού καστανού χρώματος, λίγο έως πολύ αμμώδης κατά θέσεις.
4. Τέλος και μέχρι το μέγιστο βάθος που διερευνήθηκε (20.85m) : ΜΑΡΓΑ (CH) πρασινοκάστανη έως ανοικτού καστανού χρώματος, με λεπτές στρώσεις λεπτόκοκκης άμμου.

Η στάθμη του νερού μετρήθηκε μέσα στις γεωτρήσεις κατά την διάρκεια των εργασιών πεδίου το μήνα Απρίλιο του 2003 και βρέθηκε σε βάθος από 4.20 έως 8.20m , ενώ σε μετρήσεις που έγιναν τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο του 2003 στην Γ4 ( πιεζόμετρο) βρέθηκε σε βάθος 7.80 και 7.95 m.

### • Επί-τόπου δοκιμές

	Στρώμα 1	Στρώμα 2	Στρώμα 3	Στρώμα 4
Ποσοστό χαλικιών (>No 4) %	0.0 – 16.0 % ( μ.τ. 4.60 % )	5.0 – 66.0 % ( μ.τ. 42.25 % )	0.0 – 5.0 % ( μ.τ. 2.50 % )	0.0 – 2.0 % ( μ.τ. 0.33 )
Ποσοστό άμμου (No 4 – No 200)%	22.0 – 42.0 % ( μ.τ. 30.40 % )	23.0 – 39.0 % ( μ.τ. 31.00 % )	6.0 – 40.0 % (μ.τ. 23.00 % )	4.0 – 33.0 % ( μ.τ. 17.00 % )
Ποσοστό λεπτόκοκκων (<No 200) %	42.0 – 78.0 % ( μ.τ. 65.00 % )	11.0 – 60.0 % ( μ.τ. 26.75 % )	55.0 – 94.0 % ( μ.τ. 74.50 % )	67.0 – 96.0 % ( μ.τ. 82.67 % )
Όριο υδαρότητας WL %	34.2 – 54.8 ( μ.τ. 45.92 )	39.5 – 43.2 ( μ.τ. 40.75 )	37.4 – 40.1 ( μ.τ. 38.75 )	31.6 – 102.7 ( μ.τ. 60.84 )
Δείκτης πλαστικότητας PI %	20.2 – 34.8 ( μ.τ. 27.72 )	22.5 – 27.2 ( μ.τ. 25.00 )	21.1 – 21.4 ( μ.τ. 21.25 )	12.6 – 69.7 ( μ.τ. 37.51 )
Φυσική υγρασία W %	16.8 – 19.2 ( μ.τ. 18.33 )	22.0	---	16.8 – 26.7 ( μ.τ. 23.32 )
Υγρό φαινόμενο βάρος T/m <sup>3</sup>	2.07 – 2.13 ( μ.τ.2.10 )	2.26	---	1.89 – 2.04 ( μ.τ. 2.00 )
Αριθμός κρούσεων (nspt) Για διείδυση 30εκ	28 ->50	49 ->50	50 ->50	50 ->50
Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη (q <sub>u</sub> KPA )	227 - 935 (μ.τ. 504.67 )	156	---	201- 869 ( μ.τ. 514.60 )

Εκτελέστηκαν δοκιμές SPT , που έδωσαν γενικά αρνήσεις, με διείδυση που κυμαίνεται μεταξύ 7cm και 14cm.

## • Εργαστηριακές δοκιμές

Εκτελέστηκαν δοκιμές προσδιορισμού φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών, αποτελέσματα των οποίων ( διακύμανση και μέσες τιμές ) παρουσιάζονται στη συνέχεια :

(\*) μ.τ.: μέση τιμή

## • Υπολογιστικές ιδιότητες

Η επιλογή των εδαφικών παραμέτρων  $c$ ,  $\phi$  και  $E_s$  έχει βασιστεί στα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών και στις επι-τόπου δοκιμές (βλ. Mitcell et al-1978, Ολλανδικές Προδιαγραφές NEN6740 και GRUNDBAUTASCHENBUCH-1996).

Η αναλυτική τεκμηρίωση της μεθόδου επιλογής εδαφικών παραμέτρων παρουσιάζεται στο Παράρτημα, ενώ στον Πίνακα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η απλοποιημένη εδαφική τομή με τις παραμέτρους του εδάφους που έχουν υιοθετηθεί για τους εδαφοτεχνικούς υπολογισμούς θεμελίωσης της παρούσας μελέτης.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Στρώμα	Φαιν. Βάρος $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Παράμετροι Διατμητικής Αντοχής				Μέτρο Συμπιεστότητας  $E_s$ (kPa)
		Αστράγγιστες Συνθήκες		Στραγγιζόμενες Συνθήκες		
		$c_k$ (kPa)	$\phi_k$ (μοίρες)	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (μοίρες)	
[ 1 ]	21.0	160	0	---	---	16000
[ 2 ]	22,5	---	---	0	36	35000

## • Σεισμολογικά στοιχεία

Η περιοχή του έργου στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας II σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό, το δε έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας [B].

### **4.2.3 ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

- **Φέρουσα ικανότητα επιφανειακής θεμελίωσης**

Στο Παράρτημα γίνεται εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας για την απλοποιημένη εδαφική τομή μελέτης και για διαστάσεις θεμελίου  $B \times L = 8.0\text{m} \times 35.0$ , εδραζόμενο στο +31.70. Θεωρείται ότι η επιφάνεια αστοχίας διέρχεται σε μέγιστο βάθος ίσο με  $B=8.0\text{m}$  κάτω από την έδραση του θεμελίου.

Οι υπολογισμοί της φέρουσας ικανότητας έγιναν με τη μέθοδο των οριακών καταστάσεων (Ευρωκώδικας 7, ΕΑΚ 2000), καθώς και με τη μέθοδο των επιτρεπόμενων τάσεων (DIN 4017). Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

- **Καθιζήσεις επιφανειακής θεμελίωσης**

Στο Παράρτημα γίνονται ενδεικτικοί υπολογισμοί κάτω από τετραγωνικό πέλδιλο διαστάσεων  $B \times L = 8.0\text{m} \times 35.0\text{m}$ , εδραζόμενο στο +31.70 και θεωρώντας βάθος επιρροής ίσο με  $2B=16.0\text{m}$ .

Για τον υπολογισμό των κατανομών των τάσεων και των καθιζήσεων έχει χρησιμοποιηθεί το συνημμένο διάγραμμα (KANY) του Παραρτήματος και έχει ακολουθηθεί γενικά η μεθοδολογία κατά DIN 4019. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Οι αποδεκτές καθιζήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.



### ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Τάσεις έδρασης και δείκτες εδάφους επιφανειακής θεμελίωσης  
Έδραση στο +31.70(στρώμα [1])

ΒΑΘΡΟ	Επιτρε- πόμενη τάση (κατά DIN 4017 κ' 4019) (**)	Οριακές τάσεις έδρασης			Σε σεισμική φόρτιση (ΕΑΚ- 2000)	Δείκτης εδάφους
		Οριακή κατάσταση θραύσης(*)	Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (**)			
	$\sigma_{επ}$ (kPa)	$\sigma_{ορ}$ (kPa)	$\rho$ (kPa)	$\delta$ (mm)	$\sigma_{σεισμ}$ (kPa)	$ks$ (MN/m <sup>3</sup> )
A1	200	660	200	60	900	10-20
A2	200	660	200	60	900	10-20

(\*) Δυσμενέστερο από συνδυασμούς φορτίσεων Β και C Ευρωκώδικα 7

(\*\*) Βάσει αποδεκτών καθιζήσεων εδάφους και φόρτιση μόνο με μόνιμα φορτία (G).

Επισημαίνεται ότι όλες οι ανωτέρω τάσεις έδρασης αφορούν μέσες τιμές και οι αντίστοιχες

τάσεις αιχμής είναι αυξημένες κατά 30%.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Επιτρεπόμενες καθιζήσεις δύσκαμπτης θεμελίωσης  
(π.χ. εσχάρα ισχυρών πεδילוδοκών ή γενική κοιτόστρωση)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ	$S_{max}$ (mm)	$\Delta/L$
Πολωνικοί Κανονισμοί	60-100	1:500
Σοβιετικοί Κανονισμοί	165	1:250-1:333
Bjerrum ( Ευρωπ.Συνέδριο Εδαφομηχανικής 1963)	-	1:250
Skempton &McDonald (για άμμους)	40-60	1:500
Skempton &McDonald (για αργίλους)	60-100	1:500

Κατά τη διάρκεια των εκσκαφών, το σκάμμα θα πρέπει να επιθεωρείται από γεωτεχνικό μηχανικό ώστε να επαληθεύεται η εικόνα που σχηματίστηκε από τα στοιχεία της υφιστάμενης γεωτεχνικής έρευνας και σε αντίθετη περίπτωση να τροποποιείται η μελέτη και να λαμβάνονται τα τυχόν απαιτούμενα μέτρα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΦΥΡΑΣ ΕΝΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ 37,90 m ΑΠΟ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΟΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΦΕΔΡΑΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ.

- ❖ Η μελέτη της παρούσας γέφυρας εκπονήθηκε από τον κ. Δ. Τσίγκρο Διπλωματούχο ΕΜΠ Πολιτικό Μηχανικό του Μελετητικού Γραφείου «Κ/Ξ SCETADO Scetauroute S.A. –ADO A.E.», το 2005.

Για τη μελέτη της παρούσας γέφυρας έγινε χρήση του λογισμικού SOFiSTiK. Η SOFiSTiK Hellas δραστηριοποιείται στον κλάδο της πληροφορικής και συγκεκριμένα στη κατηγορία ανάπτυξης, διάθεσης και υποστήριξης εξειδικευμένου τεχνικού λογισμικού. Η σειρά προγραμμάτων SOFiSTiK είναι μία από τις δημοφιλέστερες στην Ευρώπη, της γερμανικής εταιρείας SOFiSTiK AG και στηρίζεται στη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων. Παράλληλα, στην Ελλάδα, έχει αναπτυχθεί λογισμικό για την εφαρμογή ελληνικών κανονισμών και ευρωκωδίκων σε έργα ωπλισμένου σκυροδέματος και κατασκευαστικού χάλυβα. Γενικά, τα προγράμματα παρέχουν τη δυνατότητα ανάλυσης, διαστασιολόγησης και σχεδίασης έργων πολιτικού μηχανικού σε τομείς όπως: κτιριακά, γεφυροποιία, θεμελιώσεις, γεωτεχνικά, σήραγγες, μεταλλικές κατασκευές και βιομηχανικές κατασκευές. Είναι δυνατός ο υπολογισμός με στατική ή δυναμική ανάλυση, μη γραμμικός υπολογισμός υλικού (ελαστοπλαστικότητα, ρηγμάτωση) και γεωμετρίας. Η διαστασιολόγηση περιλαμβάνει ωπλισμένο, προεντεταμένο σκυρόδεμα και ελέγχους μεταλλικών ή σύμμικτων κατασκευών, σύμφωνα με τους ευρωκώδικες, γερμανικούς και άλλους διεθνείς κανονισμούς. Η σειρά εδαφοτεχνικών εφαρμογών περιλαμβάνει επίλυση τοίχων αντιστήριξης, βαρύτητας, πασσαλότοιχων, ευστάθεια πρανών, φραγμάτων, ορυγμάτων, καθιζήσεις, ελαστικό ημίχωρο, υπόγεια ροή. Τα σχεδιαστικά προγράμματα είναι εφαρμογές σε περιβάλλον AutoCAD και αφορούν την δημιουργία κατασκευαστικών σχεδίων σε εφαρμογές ωπλισμένου σκυροδέματος και μεταλλικών κατασκευών.

## **5.1 ΑΠΟΣΠΑΣΜΑΤΑ ΤΕΥΧΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ**

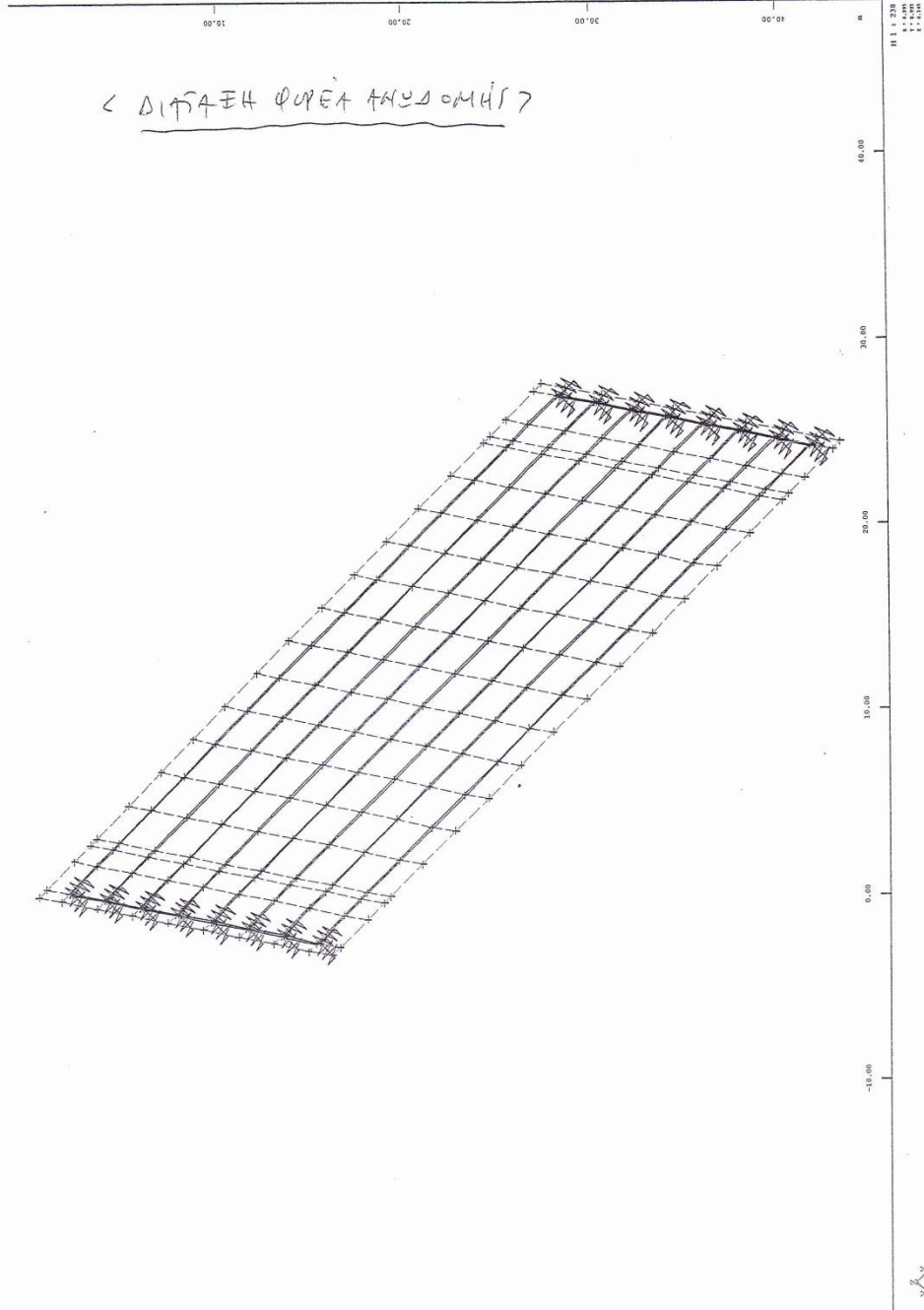
### **ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΕΦΥΡΑΣ (ΑΠΟΣΠΑΣΜΑΤΑ ΤΕΥΧΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ)**

## **ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

## **ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**



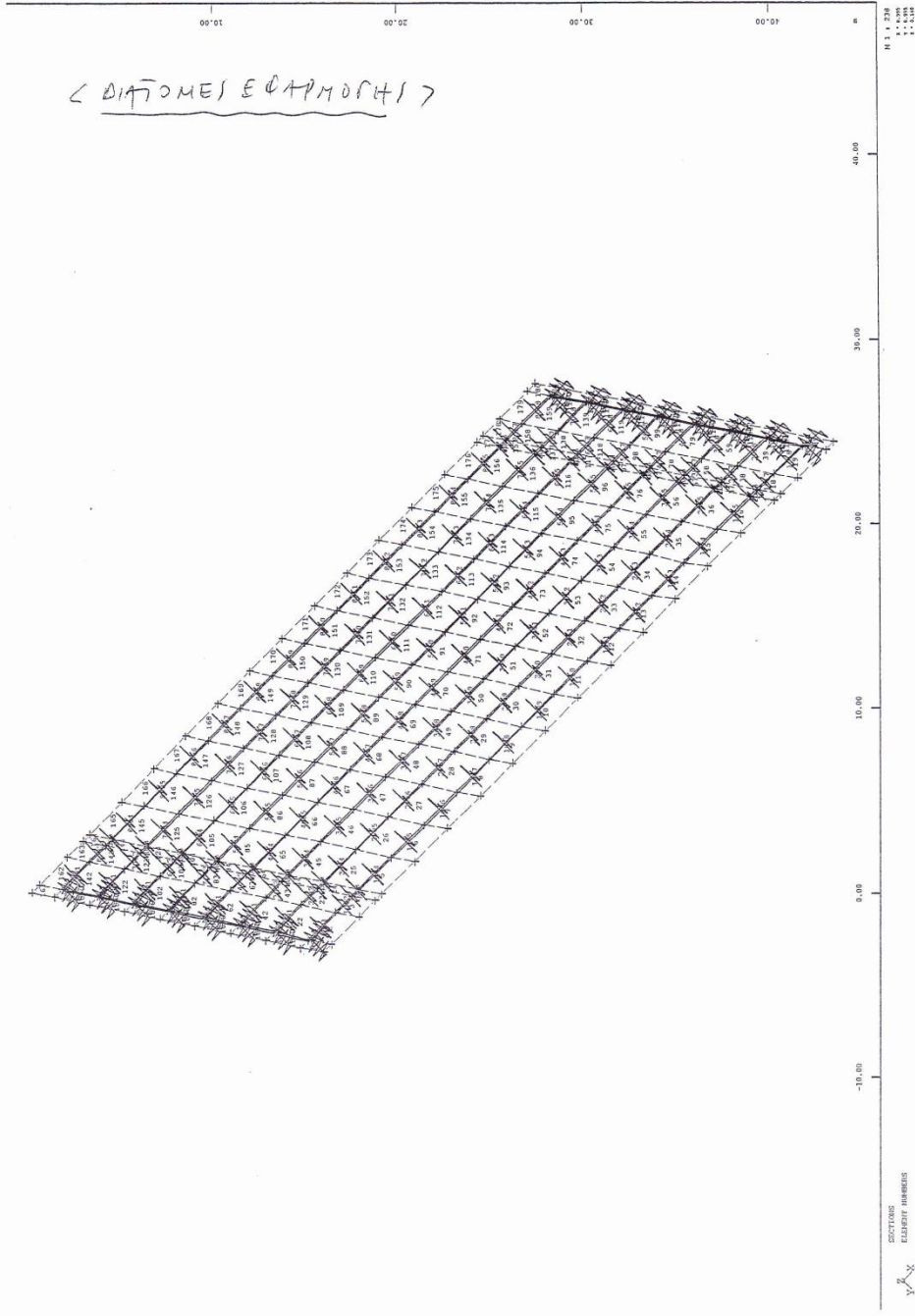
BRIDGE GA1 L=39.10M  
EKTYPOSH FOREA





BRIDGE GA1 L=39.10M  
 EKYPOSH FOREA

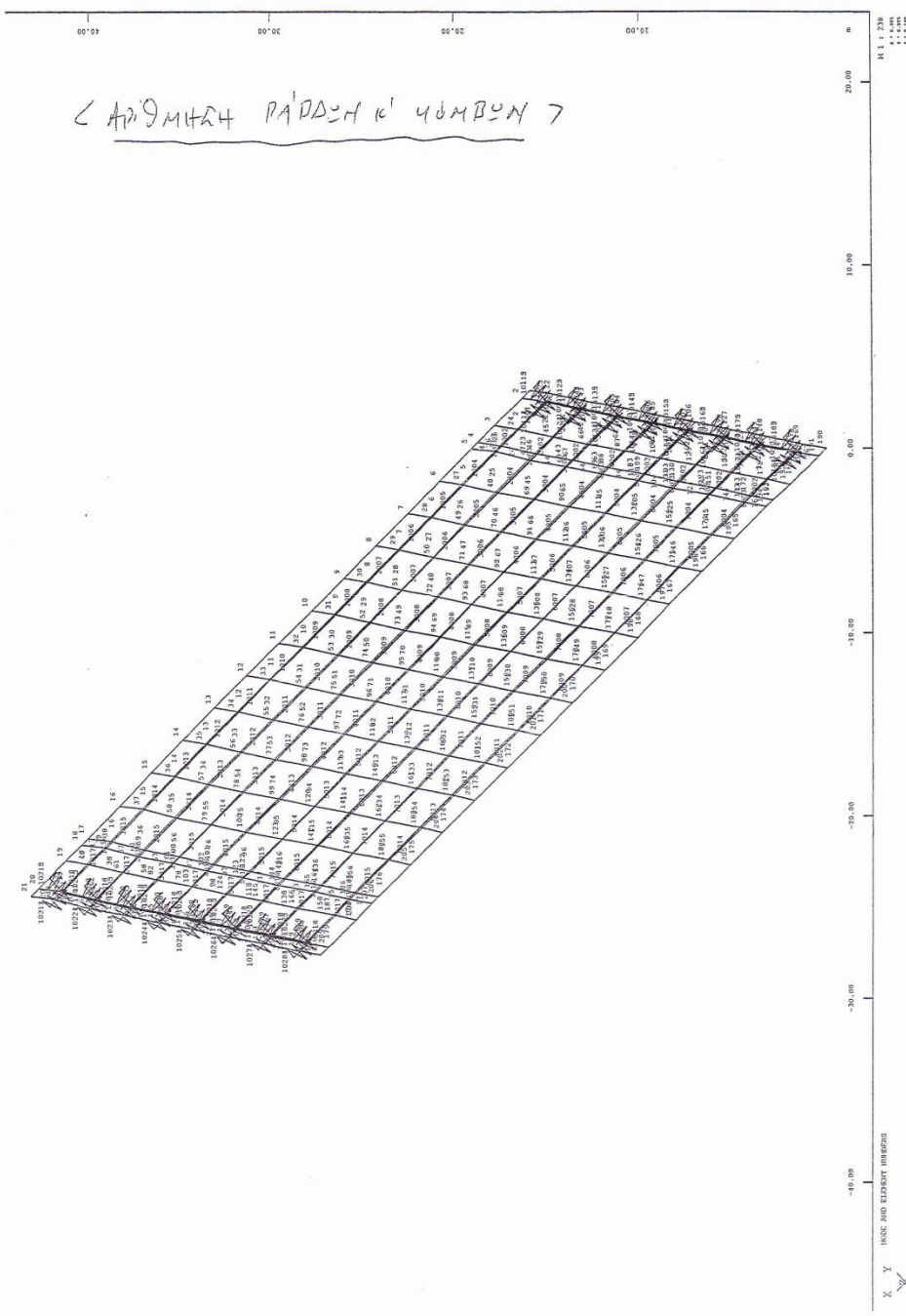
2





BRIDGE GA1 L=39.10M  
 EKYTPOSH FOREA

1  
 6.0  
 6.0



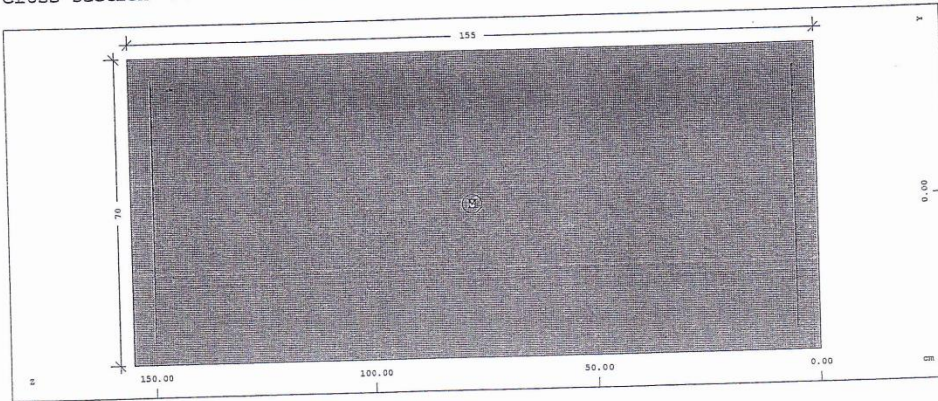
## **ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ – ΣΤΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ**

BRIDGE GA1 L=39.10M  
 MATERIALS AND CROSS SECTIONS  
 BRIDGE GA1 L=39.10M

Cross-sections		static properties			ys/zs	y/z-sc	modules	gam
No	MNo	A[m2]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	[m]	[m]	[MPa]	[kN/m]
	MNs	It[m4]	[m2]	[m4]				
4	=	DIADOKIDA						
	1	1.0850E+00		2.172E-01	0.000	0.000	37000	27.12
	3	1.804E-01		4.430E-02	0.775	0.775	15417	
11	=	MESON						
	1	7.7350E-01		2.550E-01	0.000	0.000	37000	19.34
	3	2.190E-02		5.681E-02	0.926	0.546	15417	
12	=	PROSA						
	1	1.0460E+00		2.827E-01	0.000	0.000	37000	26.15
	3	2.190E-02		6.942E-02	0.921	0.639	15417	
13	=	SYMFA						
	1	1.2640E+00		3.048E-01	0.000	0.000	37000	31.60
	3	2.190E-02		9.112E-02	0.918	0.739	15417	

Summary of used sections in system				max. length	Title
No.	Total Length	Total Weight		[m]	
	[m]	[t]			
4	27.684	75.092		1.983	DIADOKIDA
11	240.800	465.647		2.508	MESON
12	0.000	0.000		0.000	PROSA
13	54.400	171.904		2.150	SYMFA
	8.000	20.375		0.500	haunched sections

Cross-section no 4 DIADOKIDA



Static properties of cross section							
MNo	A[m2]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	ys/zs	y/z-sc	modules	gam
MNs	It[m4]	[m2]	[m4]	[cm]	[cm]	[MPa]	[kN/m]
1	1.0850E+00		2.172E-01	0.00	0.00	37000	27.12
3	1.804E-01		4.430E-02	77.50	77.50	15417	

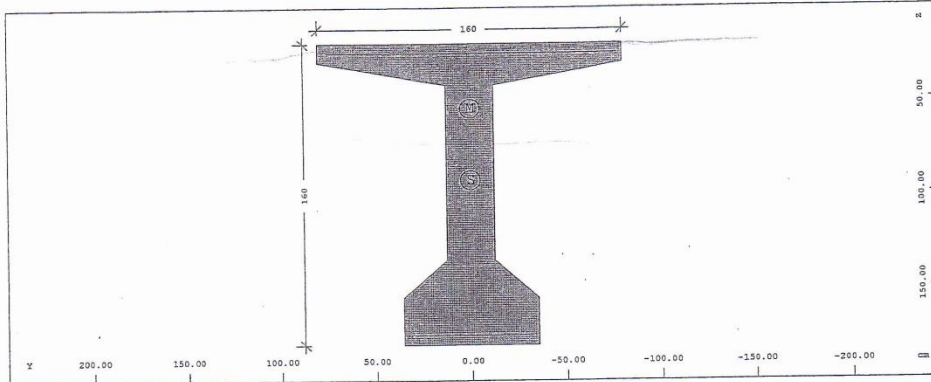
Additional static properties of cross section							
Alfa-T	ymin	zmin	hymin	AK	MB	Tau-T	Tau-Vy
	ymax	zmax	hzmin	AB		Tau-B	Tau-Vz
	[cm]	[cm]	[cm]	[m2]		[1/m3]	[1/m2]
1.0E-05	-35.00	-77.50		6.01E-01	3	3.13E+00	1.52E-07
	35.00	77.50		1.08E+00			1.38E+00

BRIDGE GA1 L=39.10M  
 MATERIALS AND CROSS SECTIONS  
 BRIDGE GA1 L=39.10M

Stress output locations on shear cuts

Txt.	MNo	y	z	1/WT	1/WVy	1/WVz	sig-p	W0
		[cm]	[cm]	[1/m3]	[1/m2]	[1/m2]	[MPa]	[m2]
3	1	21.69	150.00	3.13E+00	-2.64E-09	1.73E-01	0.00	
3E	1	35.00	150.00	3.13E+00	-2.64E-09	1.73E-01	0.00	

Cross-section no 11 MESON



Static properties of cross section

MNo	A[m2]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	ys/zs	y/z-sc	modules	gam
MNs	It[m4]	[m2]	[m4]	[cm]	[cm]	[MPa]	[kN/m]
1	7.7350E-01		2.550E-01	0.00	0.00	37000	19.34
3	2.190E-02		5.681E-02	92.63	54.62	15417	

Additional static properties of cross section

Alfa-T	ymin	zmin	hymin	AK	MB	Tau-T	Tau-Vy
	ymax	zmax	hzmin	AB		Tau-B	Tau-Vz
	[cm]	[cm]	[cm]	[m2]		[1/m3]	[1/m2]
1.0E-05	-80.00	-72.63		4.00E-01	3	1.07E+01	4.17E-08
	80.00	87.37		7.73E-01			2.89E+00

Section values for warping

Wmin[m2]	Wmax[m2]	CM[m6]	CMS[m4]	ASwyy[m6]	ASwzz[m6]	ry[cm]	rz[cm]
-3.749E-01	3.749E-01	0.000E+00	0.000E+00	-8.002E-11	1.899E-11		

Design values of cross section

MNo	A[m2]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	ys/zs	modules	gam
MNs	It[m4]	[m2]	[m4]	[cm]	[MPa]	[kN/m]
1	7.7350E-01		2.550E-01	0.00	37000	19.34
	2.190E-02		5.681E-02	92.63	15417	

Additional Design Data

circum-O	circum-I	t-min	t-max	sm.parts	thet-p	thet-y	thet-z	thet-yz
[m2/m]	[m2/m]	[cm]	[cm]	[o/o]	[tm2/m]	[tm2/m]	[tm2/m]	[tm2/m]
6.833				*****	7.795	6.375	1.420	0.000

Reinforcement global values

Layer	mS	mR	area	lower-A	upper-A	yL	zL	L-tors	N-pr	M-pr
			[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm]	[cm]	[kN]	[kNm]
1	1	3	1.5	0.0		0.00	25.00			
2	1	3	0.6	0.0		0.00	175.00			

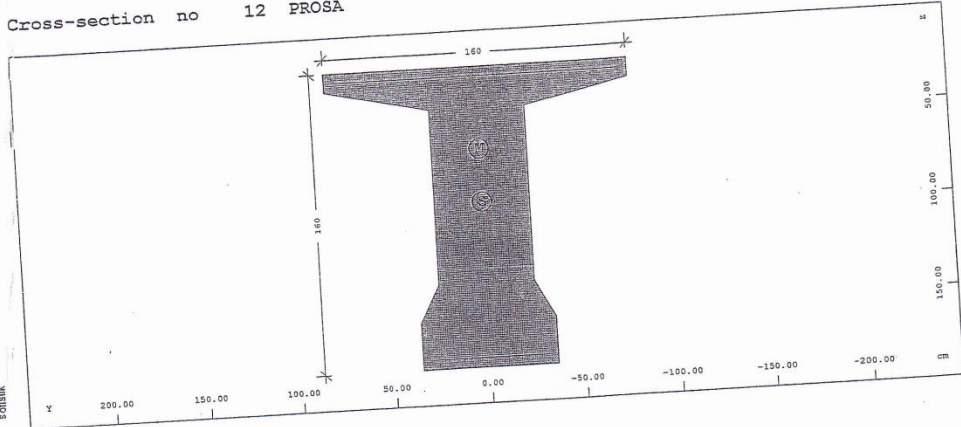


BRIDGE GA1 L=39.10M  
 MATERIALS AND CROSS SECTIONS  
 BRIDGE GA1 L=39.10M

Stress output locations on shear cuts

Ext. MNo	Y [cm]	Z [cm]	1/WT [1/m3]	1/WVy [1/m2]	1/WVz [1/m2]	sig-p [MPa]	WO [m2]
4	1	-29.15	175.00	-1.07E+01	-2.06E-09	1.66E-01	0.00
4	1	29.15	175.00	1.07E+01	-2.06E-09	1.66E-01	0.00
4E	1	35.00	175.00	1.07E+01	-2.06E-09	1.66E-01	0.00

Cross-section no 12 PROSA



Static properties of cross section

MNo	A[m2]	Ay/Az/Ayz [m2]	Iy/Iz/Iyz [m4]	ys/zs [cm]	y/z-sc [cm]	modules [MPa]	gam [kN/m]
MNs	It[m4]						
1	1.0460E+00		2.827E-01	0.00	0.00	37000	26.15
3	2.190E-02		6.942E-02	92.10	63.89	15417	

Additional static properties of cross section

Alfa-T	ymin	zmin	hymin	AK	MB	Tau-T	Tau-Vy
	ymax	zmax	hzmin	AB		Tau-B	Tau-Vz
	[cm]	[cm]	[cm]	[m2]		[1/m3]	[1/m2]
1.0E-05	-80.00	-72.10	5.49E-01	3	5.33E+00	3.24E-08	1.42E+00
	80.00	87.90	1.05E+00				

Section values for warping

Wmin[m2]	Wmax[m2]	CM[m6]	CMS[m4]	ASwyy[m6]	ASwzz[m6]	ry[cm]	rz[cm]
-3.129E-01	3.129E-01	0.000E+00	0.000E+00	7.288E-11	-2.539E-11		

Design values of cross section

MNo	A[m2]	Ay/Az/Ayz [m2]	Iy/Iz/Iyz [m4]	ys/zs [cm]	modules [MPa]	gam [kN/m]
MNs	It[m4]					
1	1.0460E+00		2.827E-01	0.00	37000	26.15
	2.190E-02		6.942E-02	92.10	15417	

Additional Design Data

circum-O [m2/m]	circum-I [m2/m]	t-min [cm]	t-max [cm]	sm.parts [o/o]	thet-p [tm2/m]	thet-y [tm2/m]	thet-z [tm2/m]	thet-yz [tm2/m]
6.433				*****	8.802	7.067	1.735	0.000

Reinforcement global values

Layer	mS	mR	area [cm2]	lower-A [cm2]	upper-A [cm2]	yL [cm]	zL [cm]	L-tors [cm]	N-pr [kN]	M-pr [kNm]
1	1	3	1.5	0.0		0.00	25.00			
2	1	3	0.6	0.0		0.00	175.00			

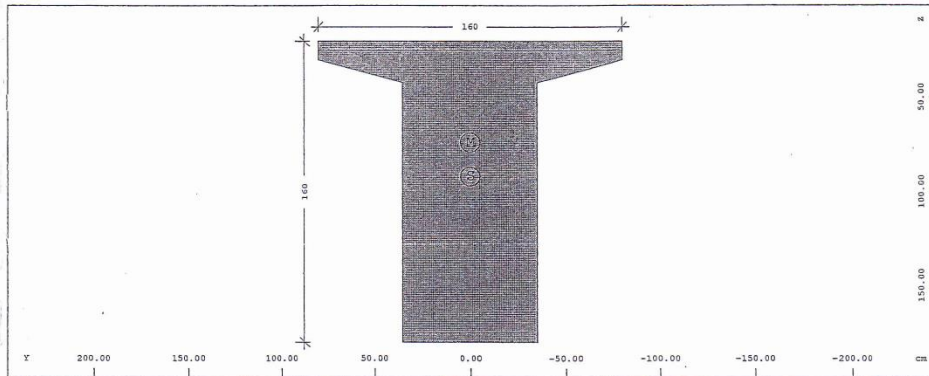
BRIDGE GA1 L=39.10M  
 MATERIALS AND CROSS SECTIONS  
 BRIDGE GA1 L=39.10M

23

Stress output locations on shear cuts

Txt.	MNo	y	z	1/WT	1/WVy	1/WVz	sig-p	W0
		[cm]	[cm]	[1/m3]	[1/m2]	[1/m2]	[MPa]	[m2]
4	1	-26.46	175.00	-5.33E+00	-1.69E-09	1.51E-01	0.00	
4	1	26.46	175.00	5.33E+00	-1.69E-09	1.51E-01	0.00	
4E	1	35.00	175.00	5.33E+00	-1.69E-09	1.51E-01	0.00	

Cross-section no 13 SYMPA



Static properties of cross section

MNo	A[m2]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	ys/zs	y/z-sc	modules	gam
MNs	It[m4]	[m2]	[m4]	[cm]	[cm]	[MPa]	[kN/m]
1	1.2640E+00		3.048E-01	0.00	0.00	37000	31.60
3	2.190E-02		9.112E-02	91.84	73.92	15417	

Additional static properties of cross section

Alfa-T	ymin	zmin	hymin	AK	MB	Tau-T	Tau-Vy
	ymax	zmax	hzmin	AB		Tau-B	Tau-Vz
	[cm]	[cm]	[cm]	[m2]		[1/m3]	[1/m2]
1.0E-05	-80.00	-71.84		6.74E-01	3	3.41E+00	3.11E-08
	80.00	88.16		1.26E+00			9.97E-01

Section values for warping

Wmin[m2]	Wmax[m2]	CM[m6]	CMS[m4]	ASwyy[m6]	ASwzz[m6]	ry[cm]	rz[cm]
-2.747E-01	2.747E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.188E-10	-3.924E-11		

Design values of cross section

MNo	A[m2]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	ys/zs	modules	gam
MNs	It[m4]	[m2]	[m4]	[cm]	[MPa]	[kN/m]
1	1.2640E+00		3.048E-01	0.00	37000	31.60
	2.190E-02		9.112E-02	91.84	15417	

Additional Design Data

circum-O	circum-I	t-min	t-max	sm.parts	thet-p	thet-y	thet-z	thet-yz
[m2/m]	[m2/m]	[cm]	[cm]	[o/o]	[tm2/m]	[tm2/m]	[tm2/m]	[tm2/m]
6.191				*****	9.897	7.620	2.278	0.000

Reinforcement global values

Layer	mS	mR	area	lower-A	upper-A	yL	zL	L-tors	N-pr	M-pr
			[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm]	[cm]	[cm]	[kN]	[kNm]
1	1	3	1.5	0.0		0.00	25.00			
2	1	3	0.6	0.0		0.00	175.00			

## **ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΑΝΩΔΟΜΗΣ**

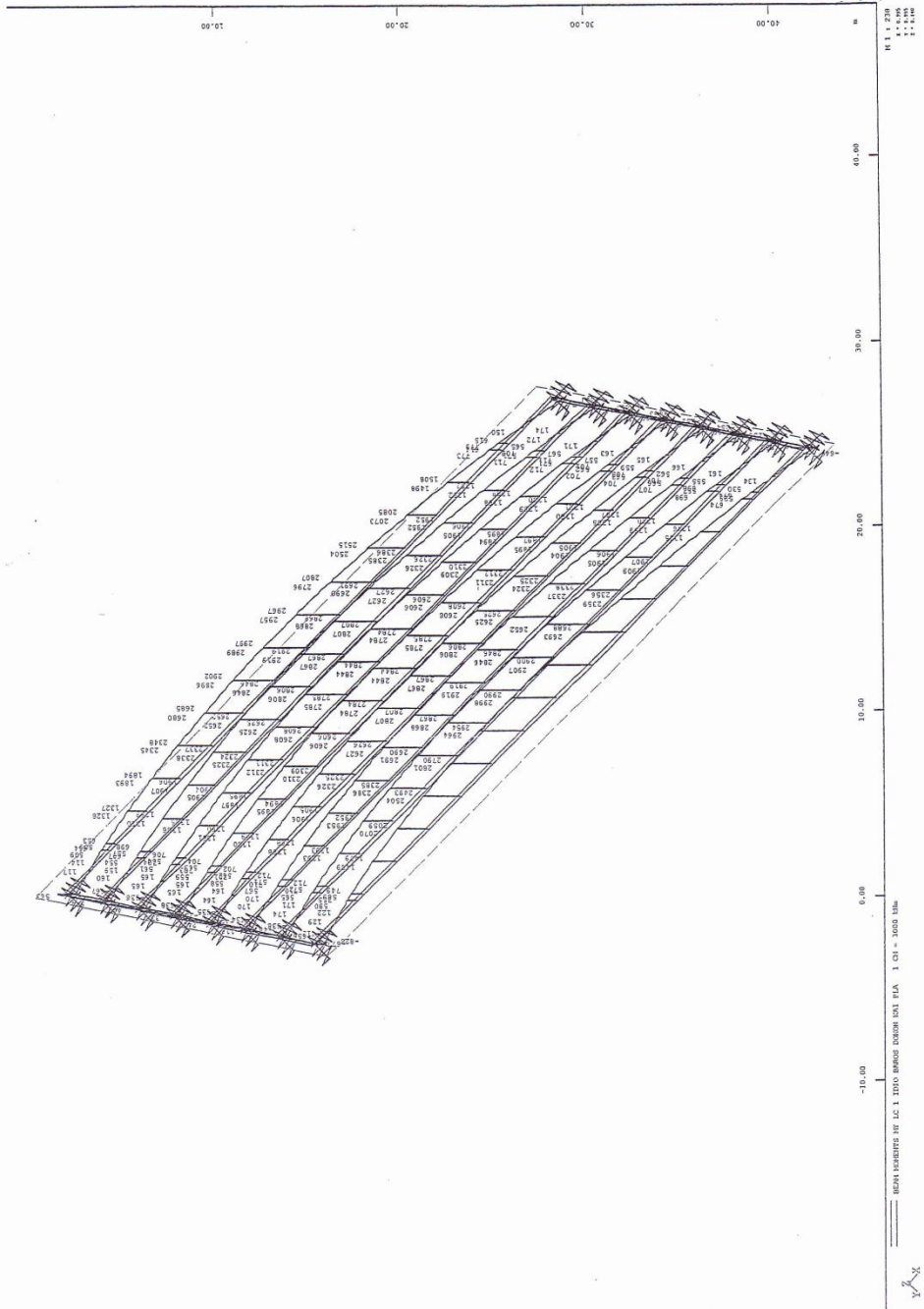
## **ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ «Η»**





BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

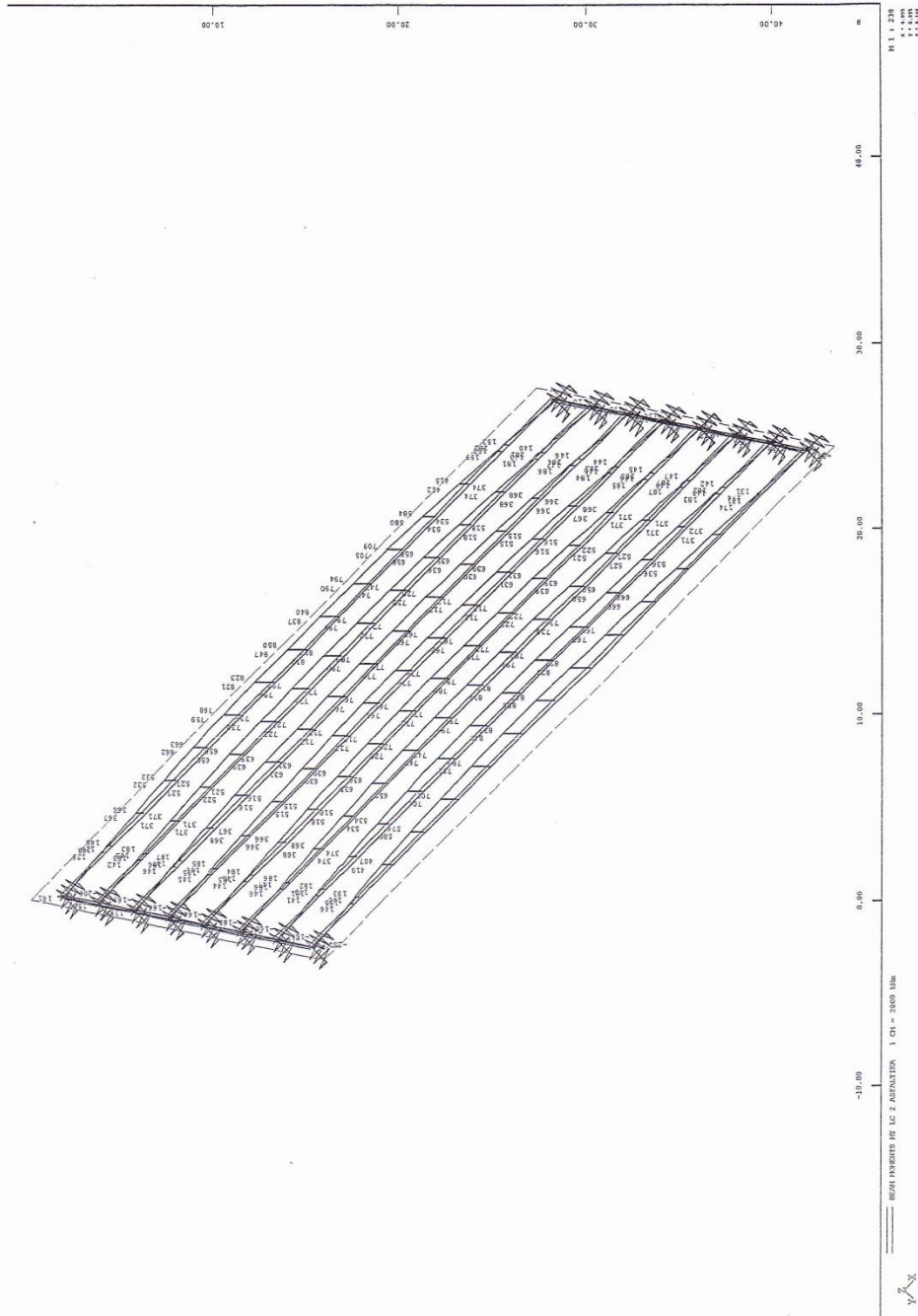
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

SOFISTIK AG - www.sofistik.com

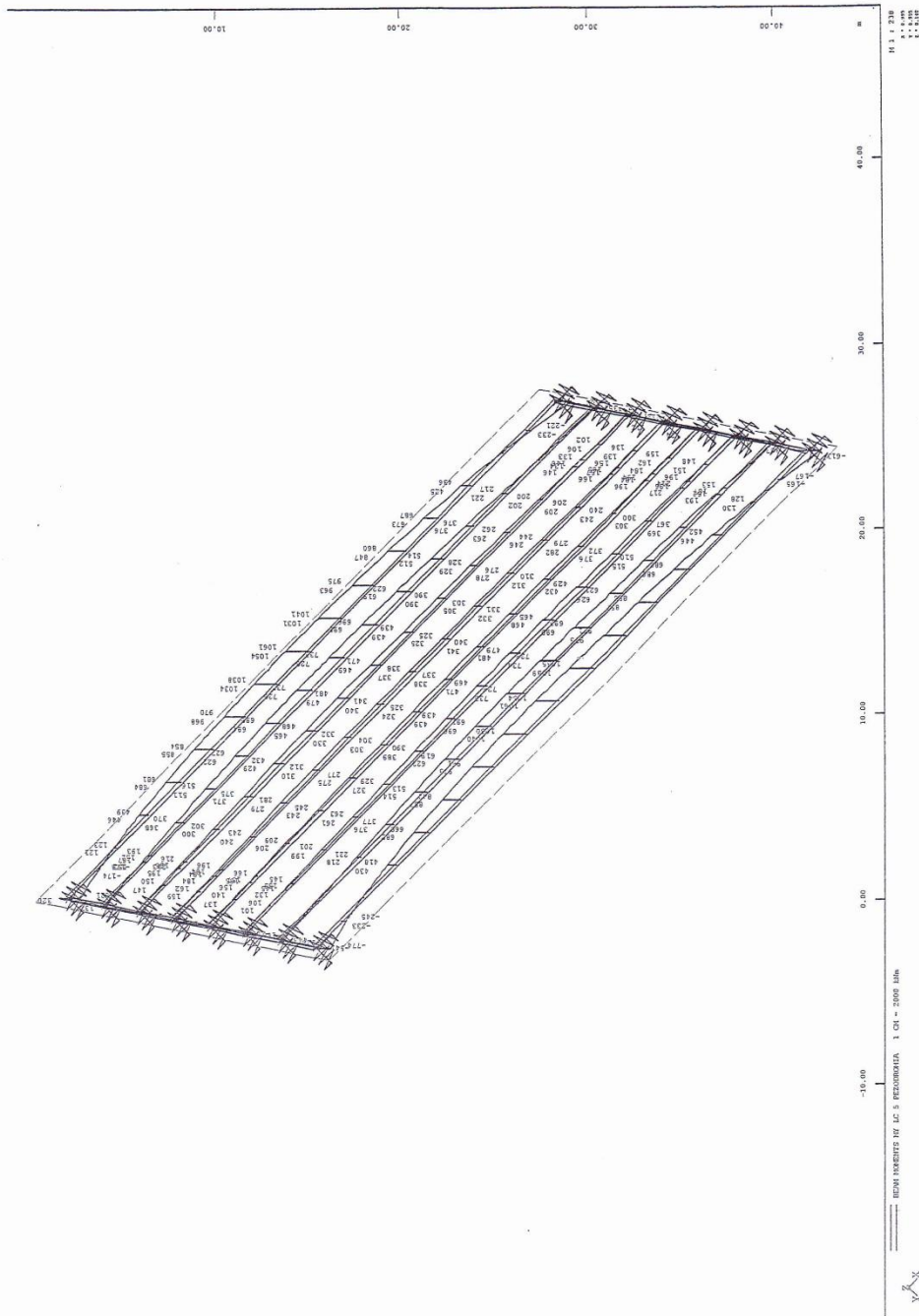




BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

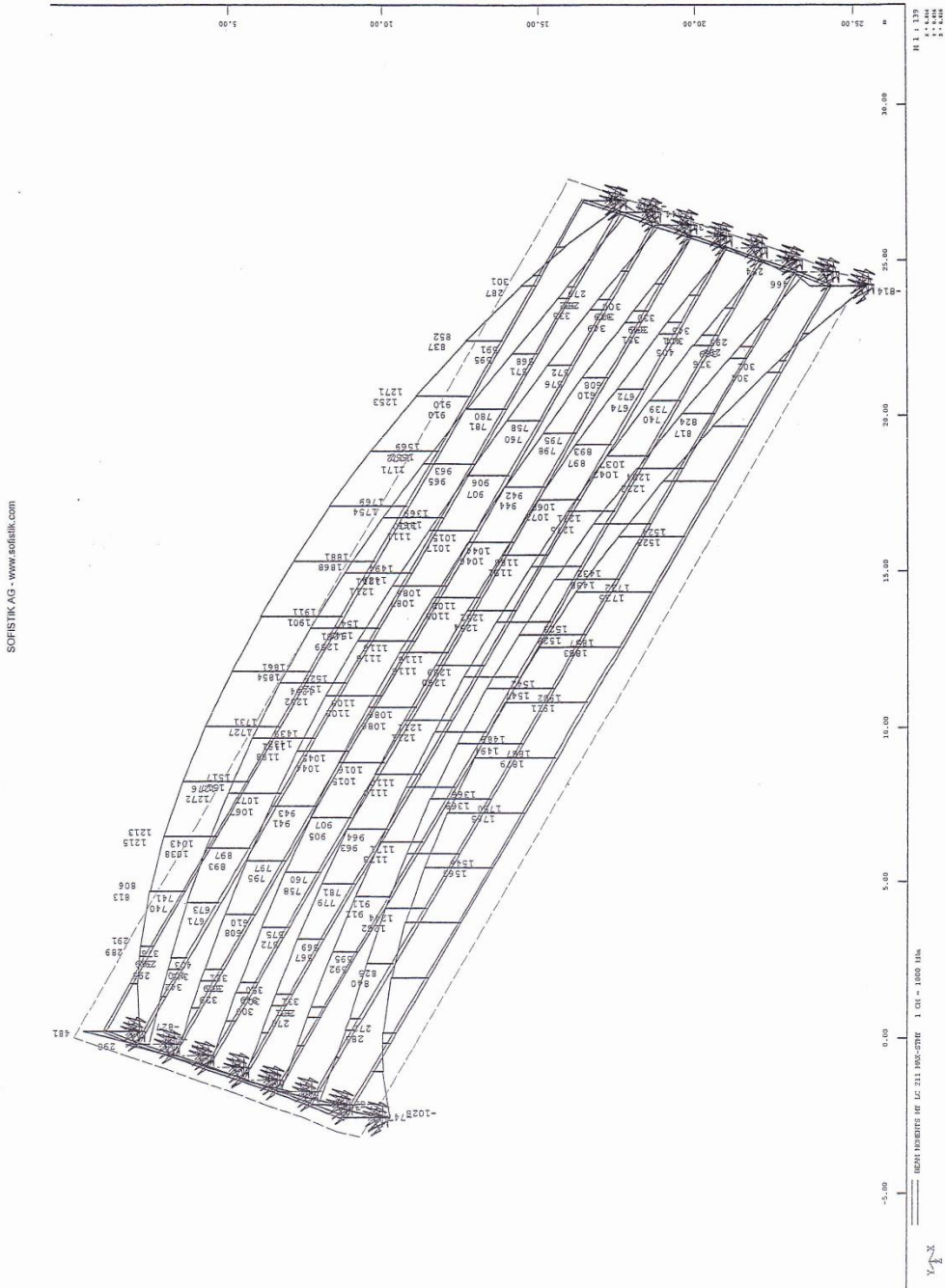
72

SOFISTIK.AG - www.sofistik.com



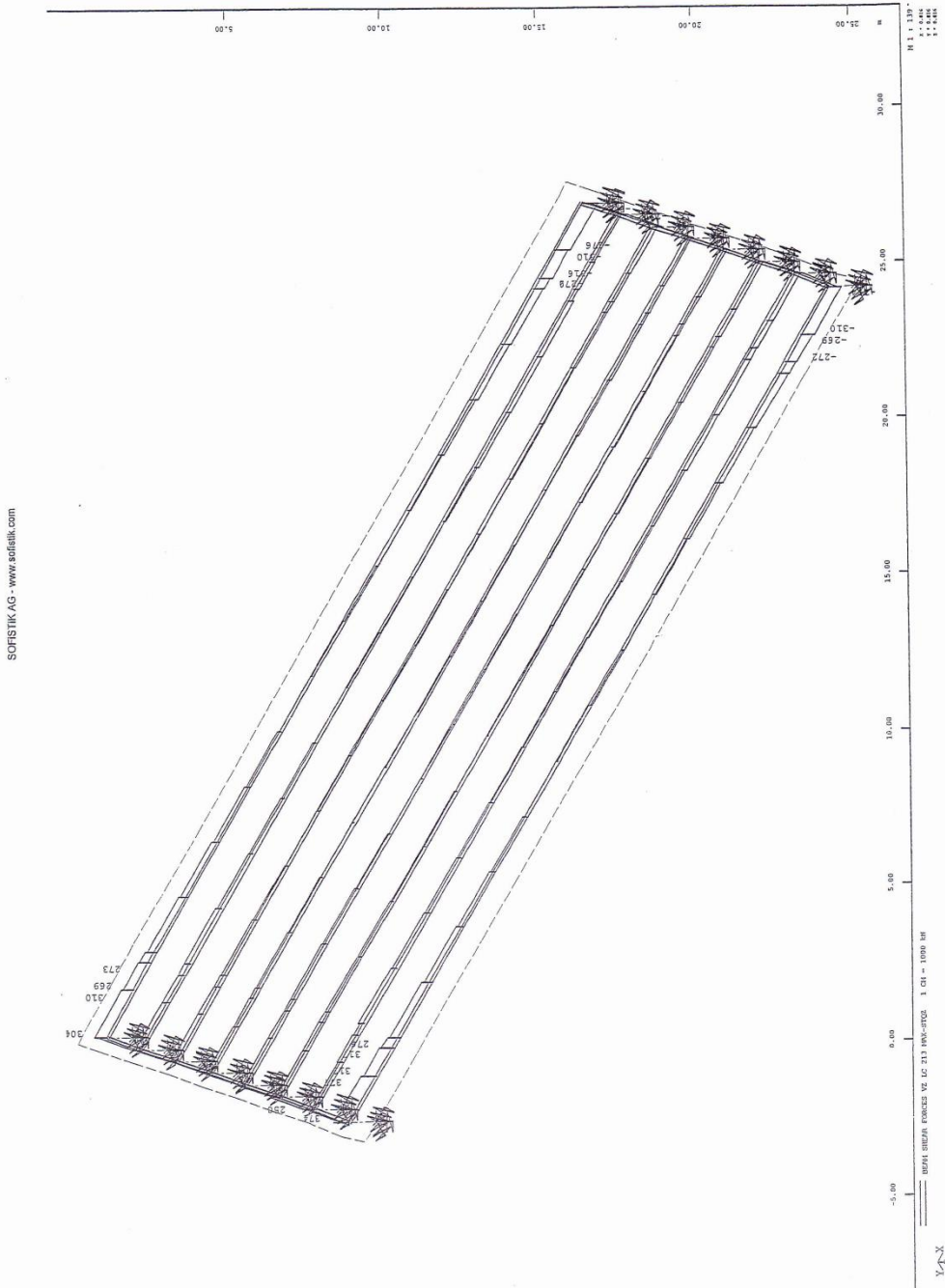
BRIDGE GA1 L=39.10M  
PROSTETA MONIMA < H >

80





BRIDGE GA1 L=39.10M  
PROSTETA MONIMA < H >

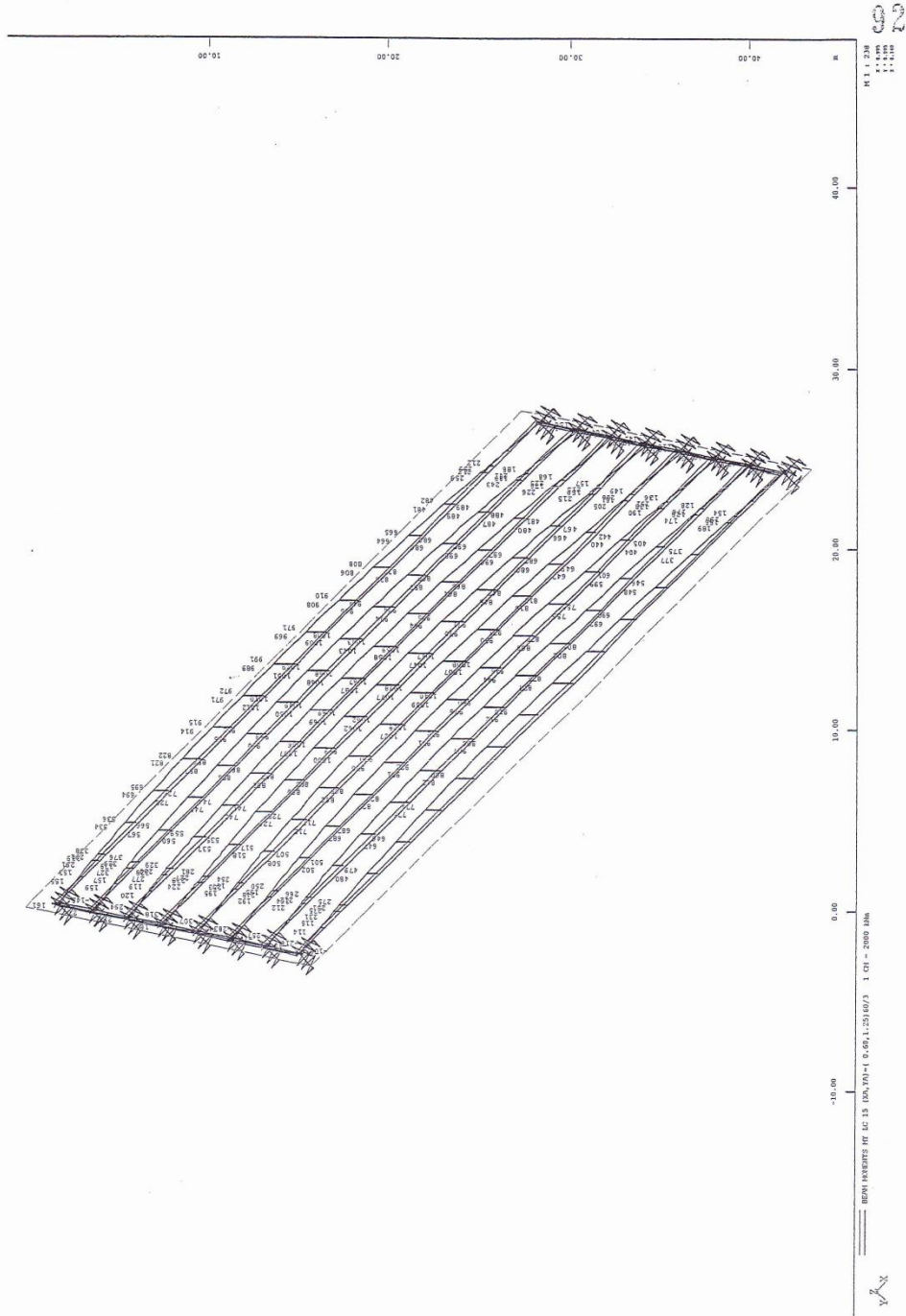


## **ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΚΙΝΗΤΩΝ**



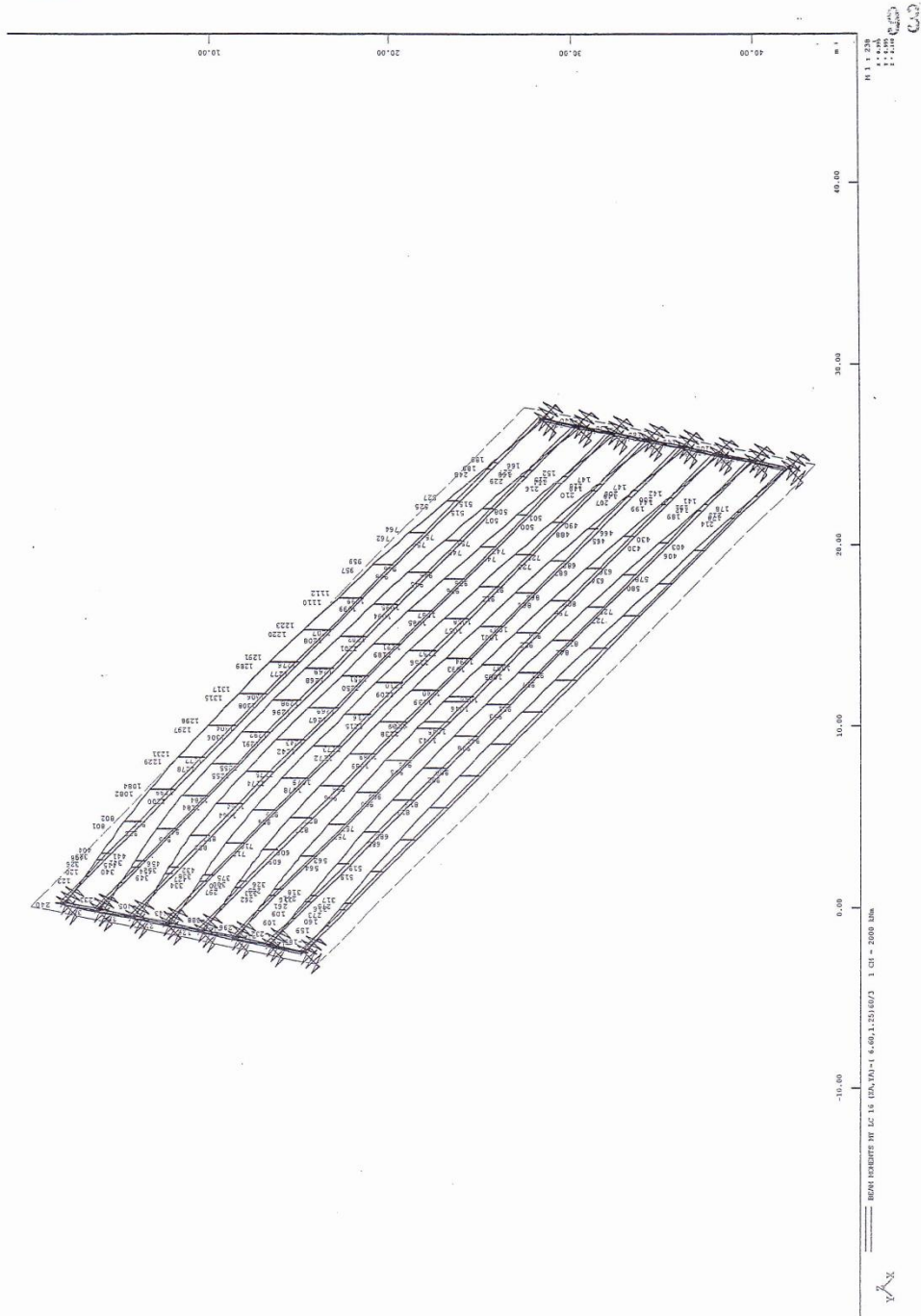
BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

SOFISTIK.AG - www.sofistik.com



BRIDGE GAI L=39.10M  
FORTISEIS

SOFISTIK AG - www.sofistik.com

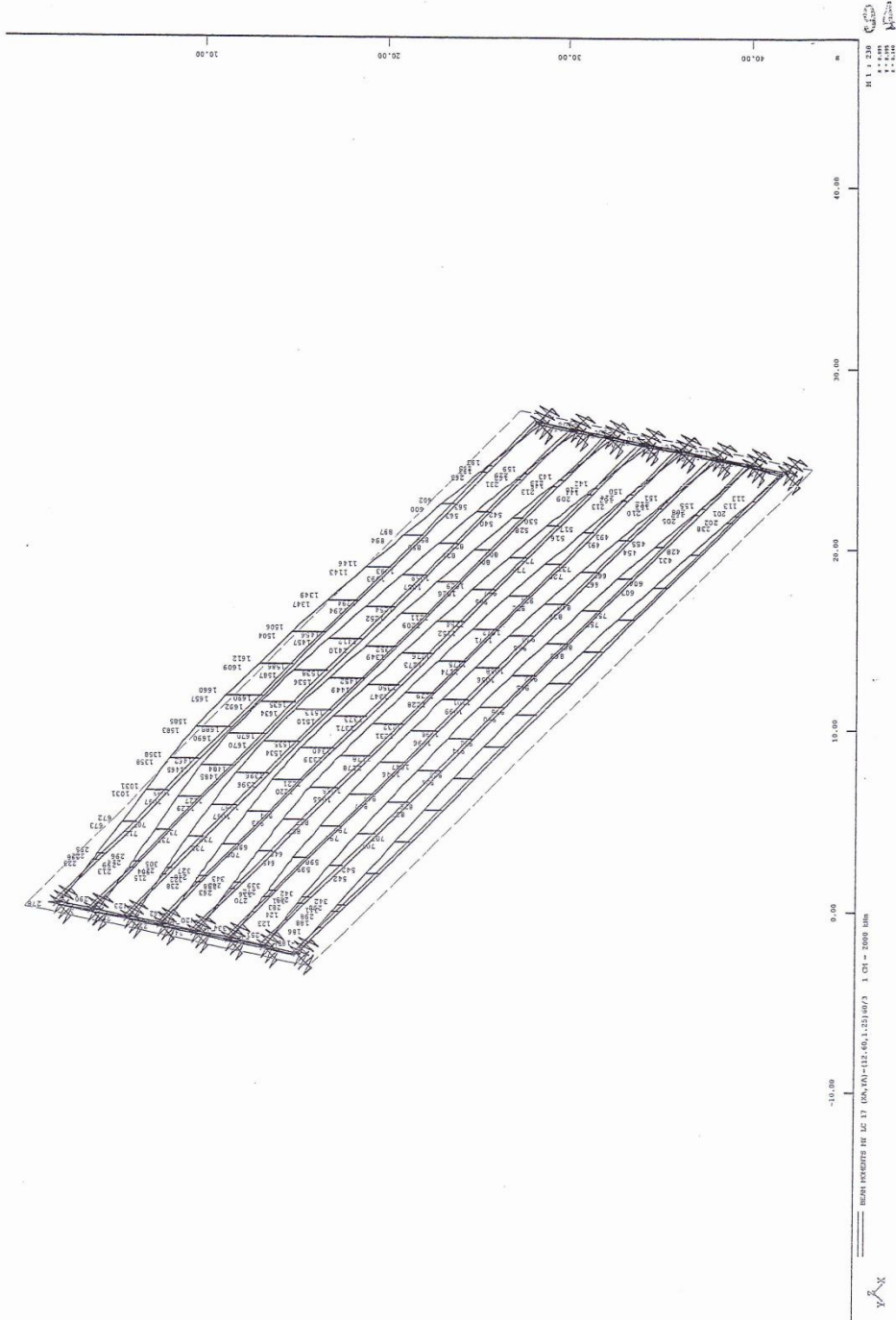






BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

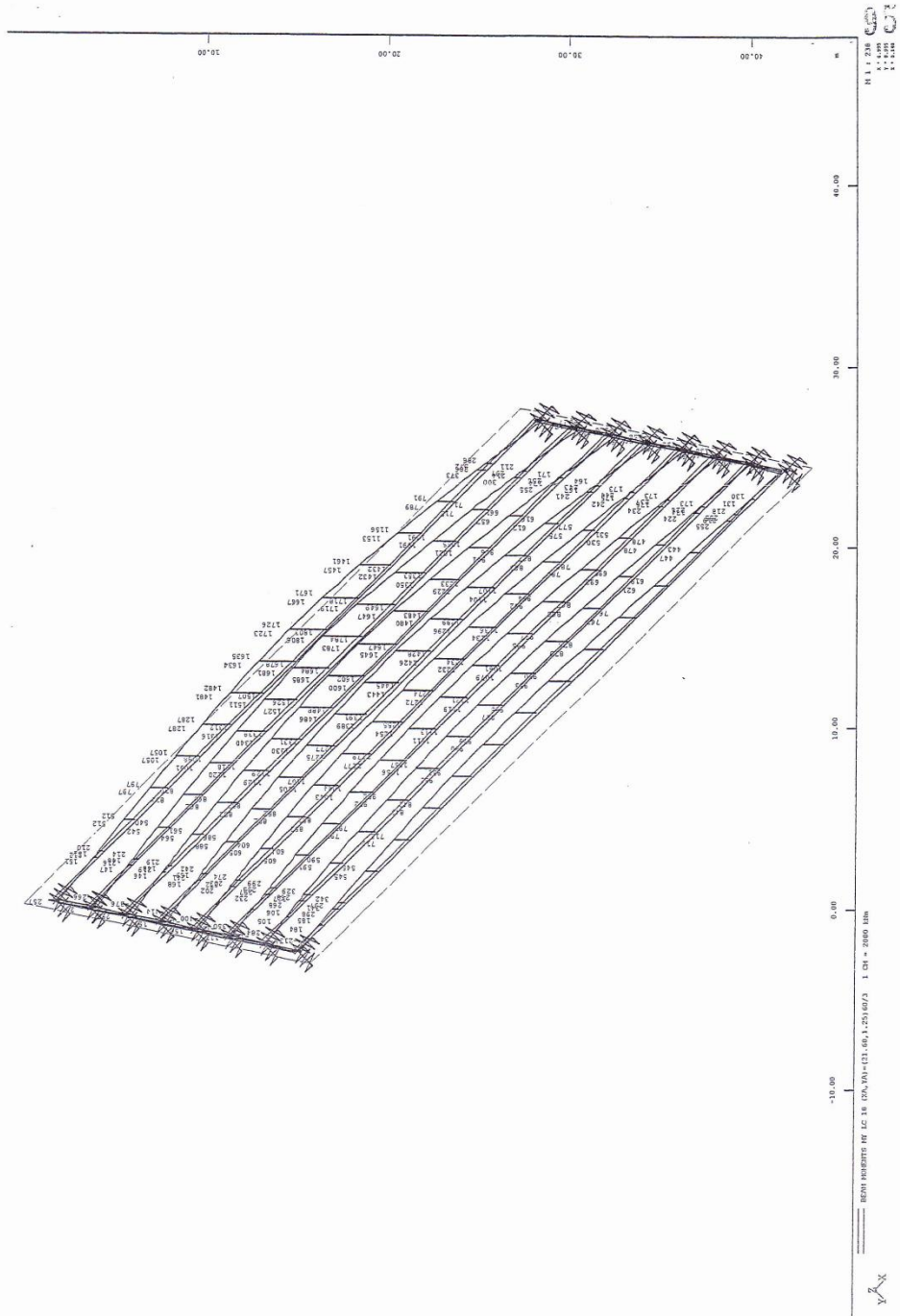
SOFISTIK.AG - www.sofistik.com





BRIDGE GAI L=39.10M  
FORTISEIS

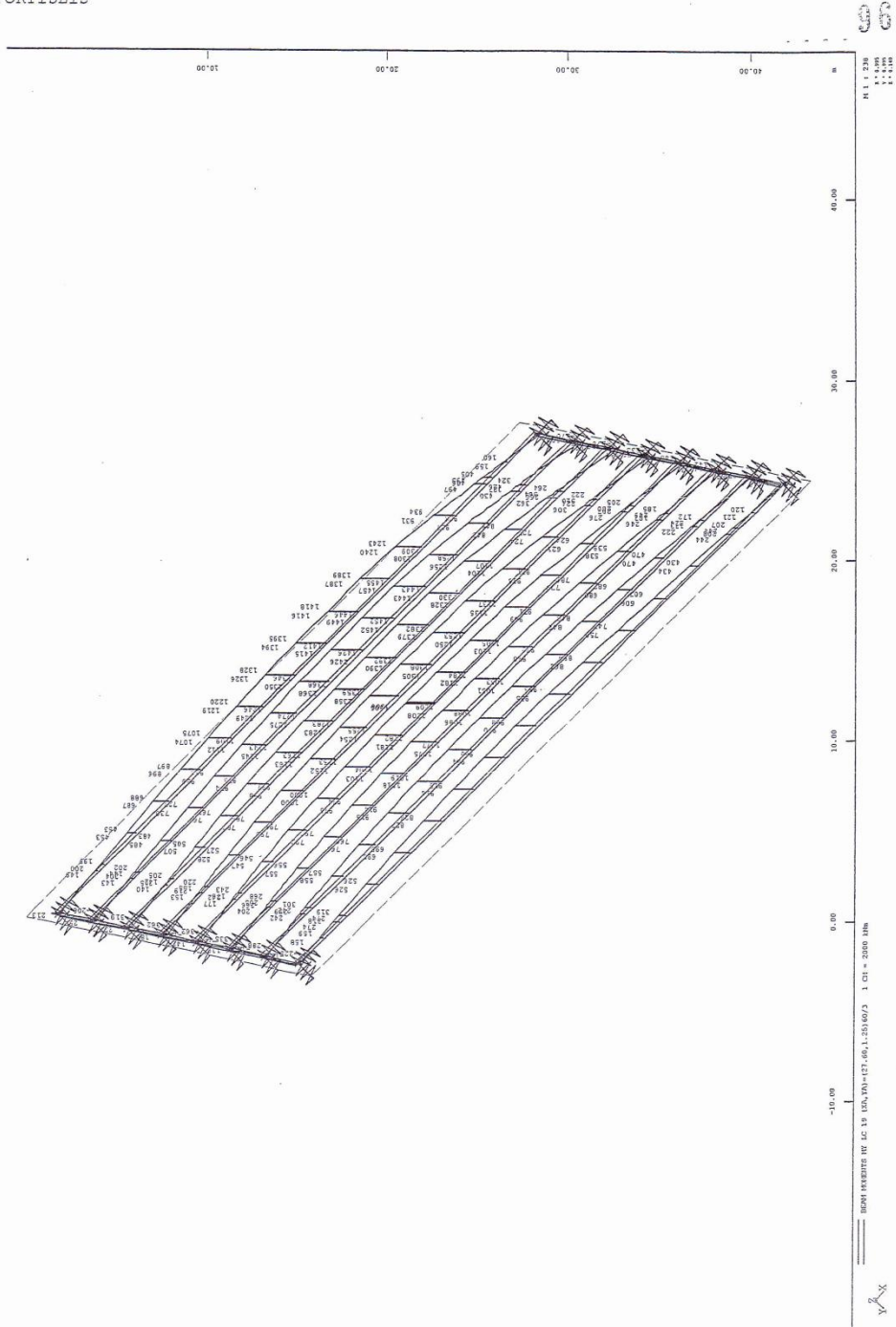
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





BRIDGE GAI L=39.10M  
FORTISEIS

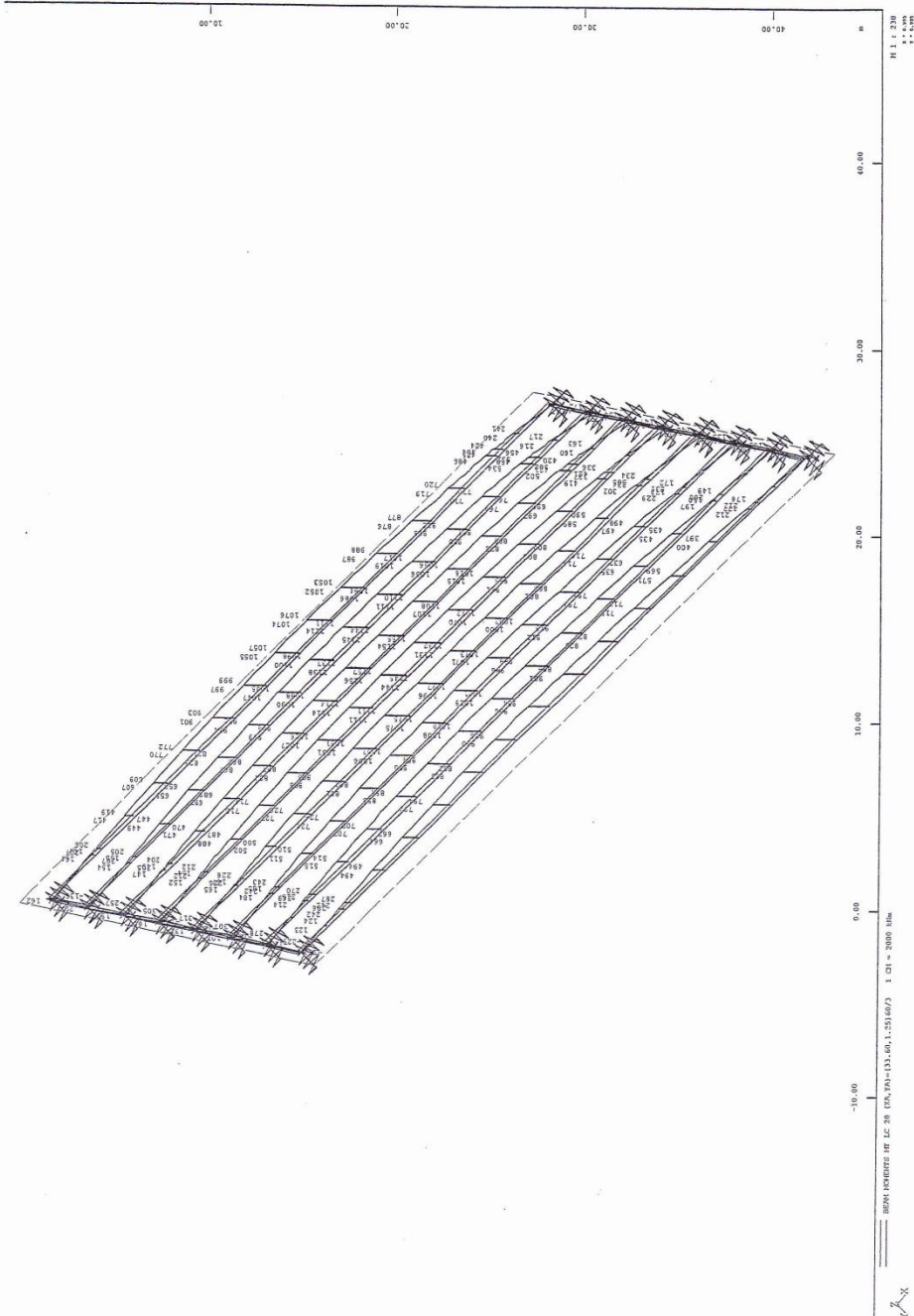
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

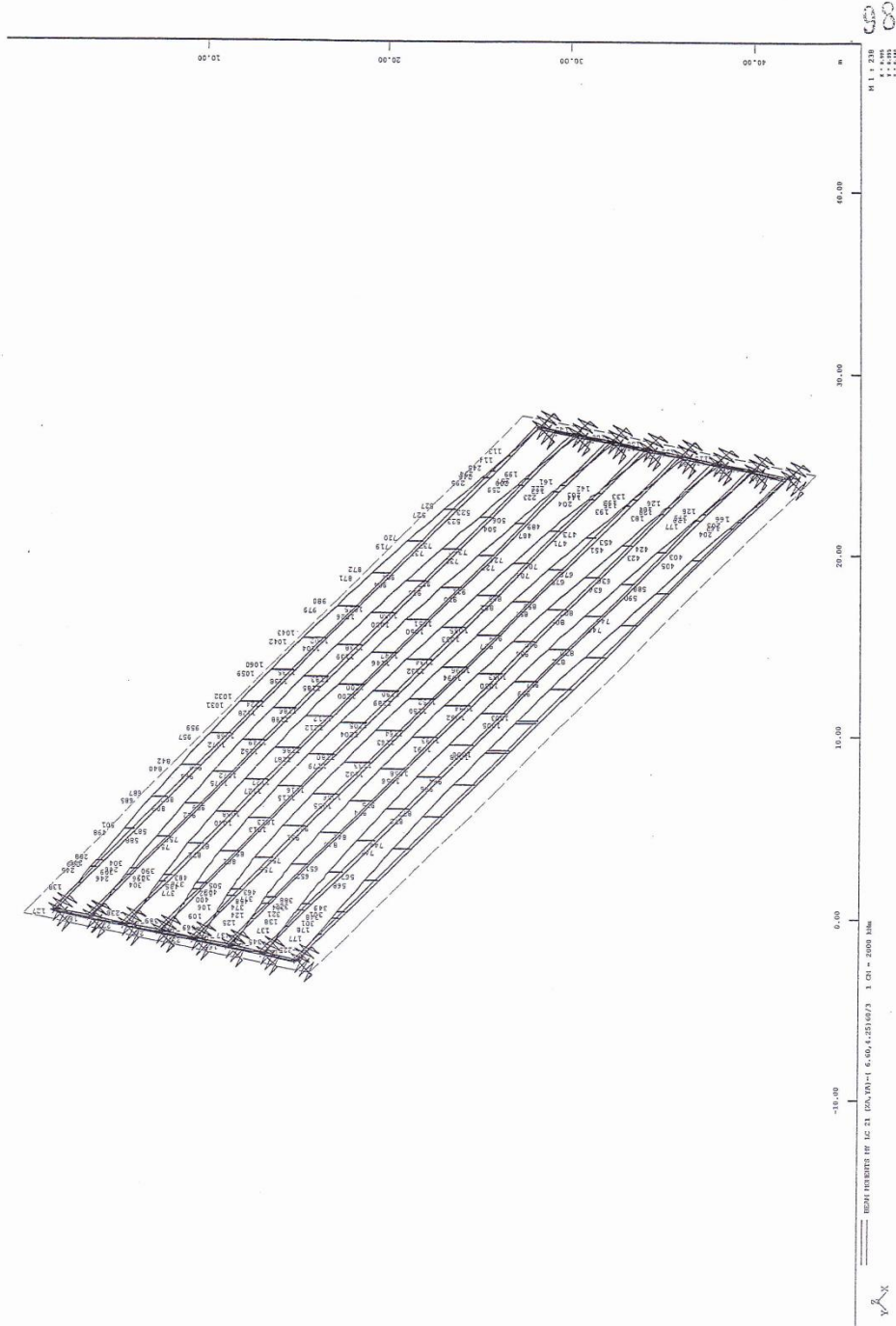
SOFISTIK.AG - www.sofistik.com





BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

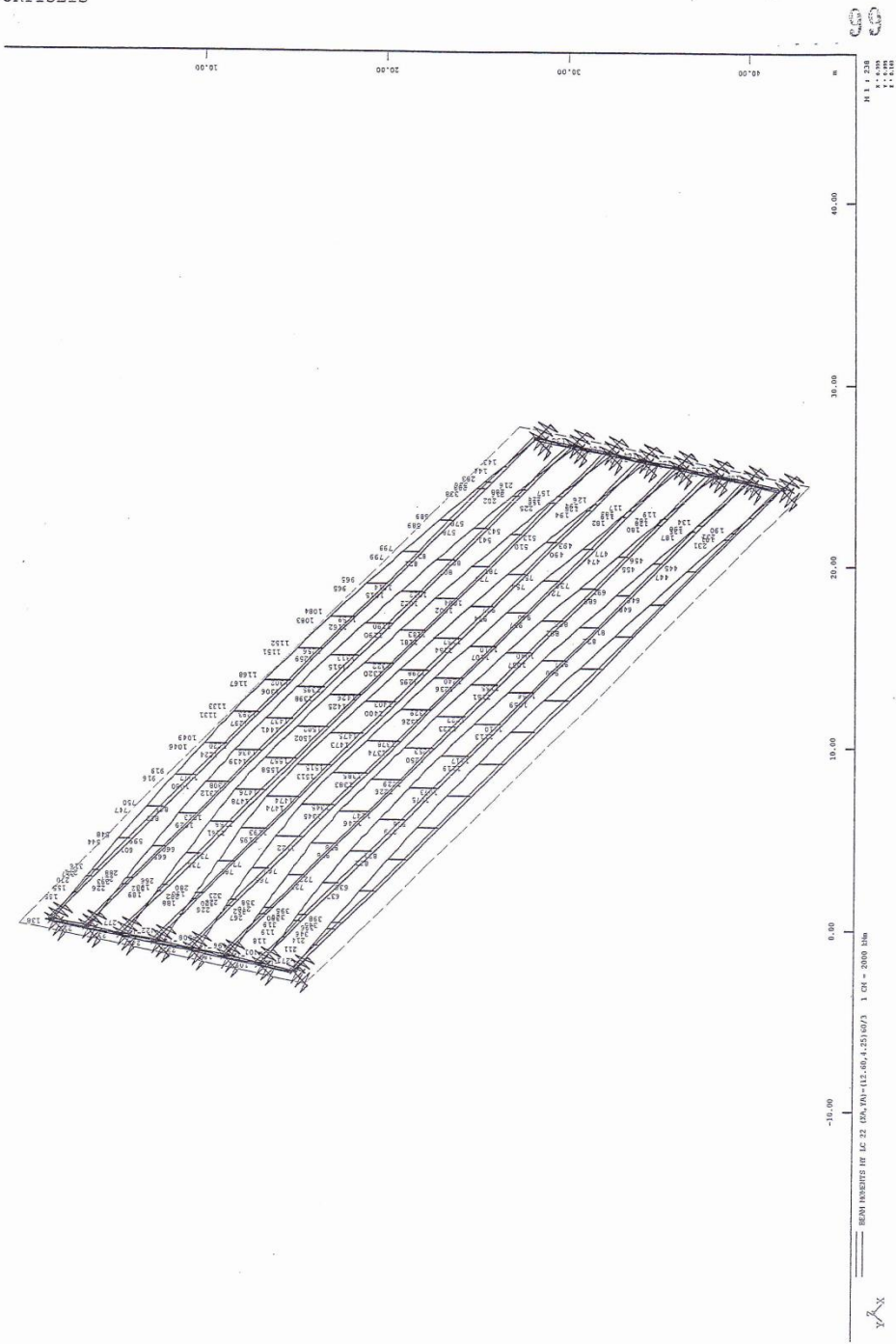
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

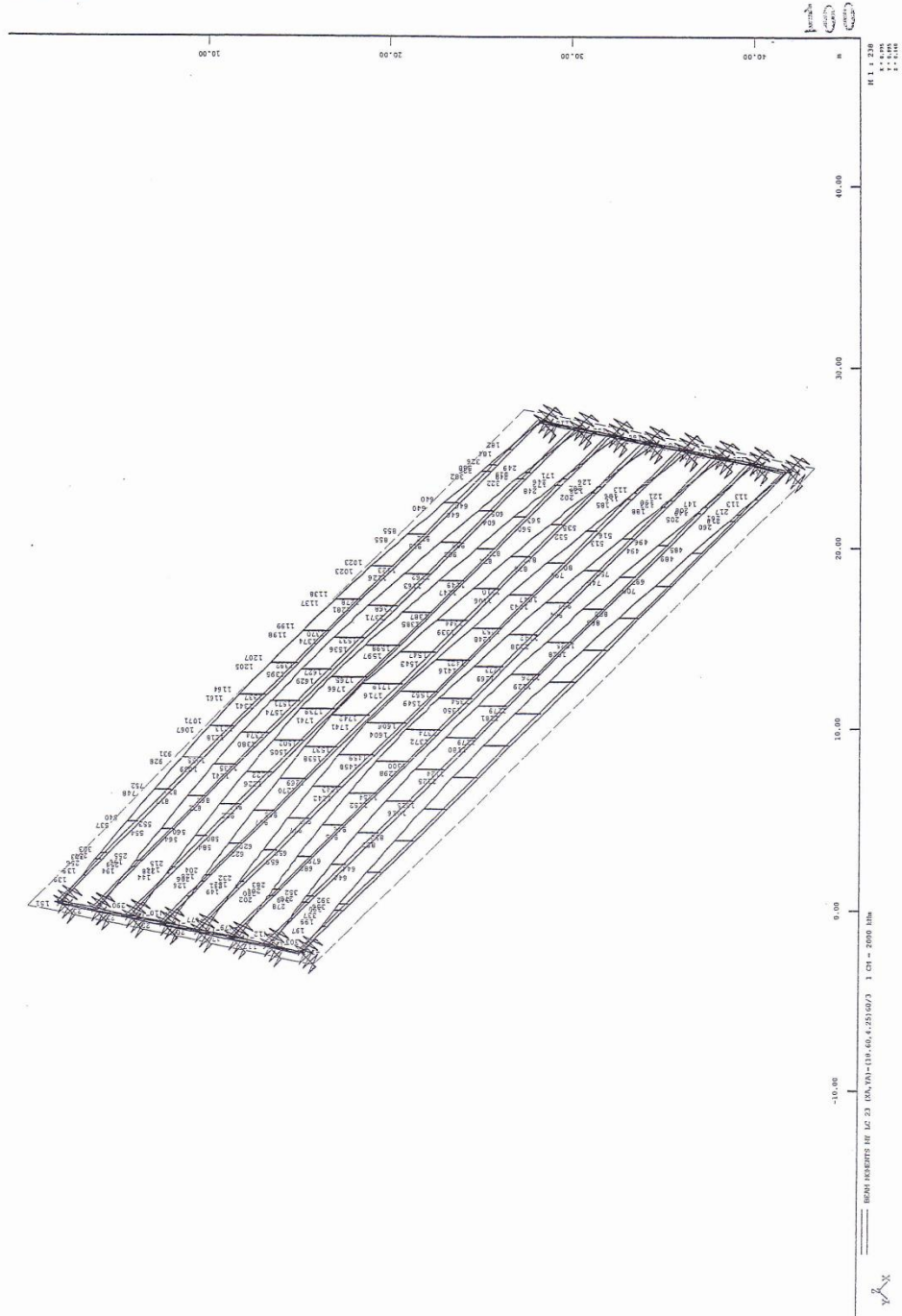
SOFISTIK.AG - www.sofistik.com





BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

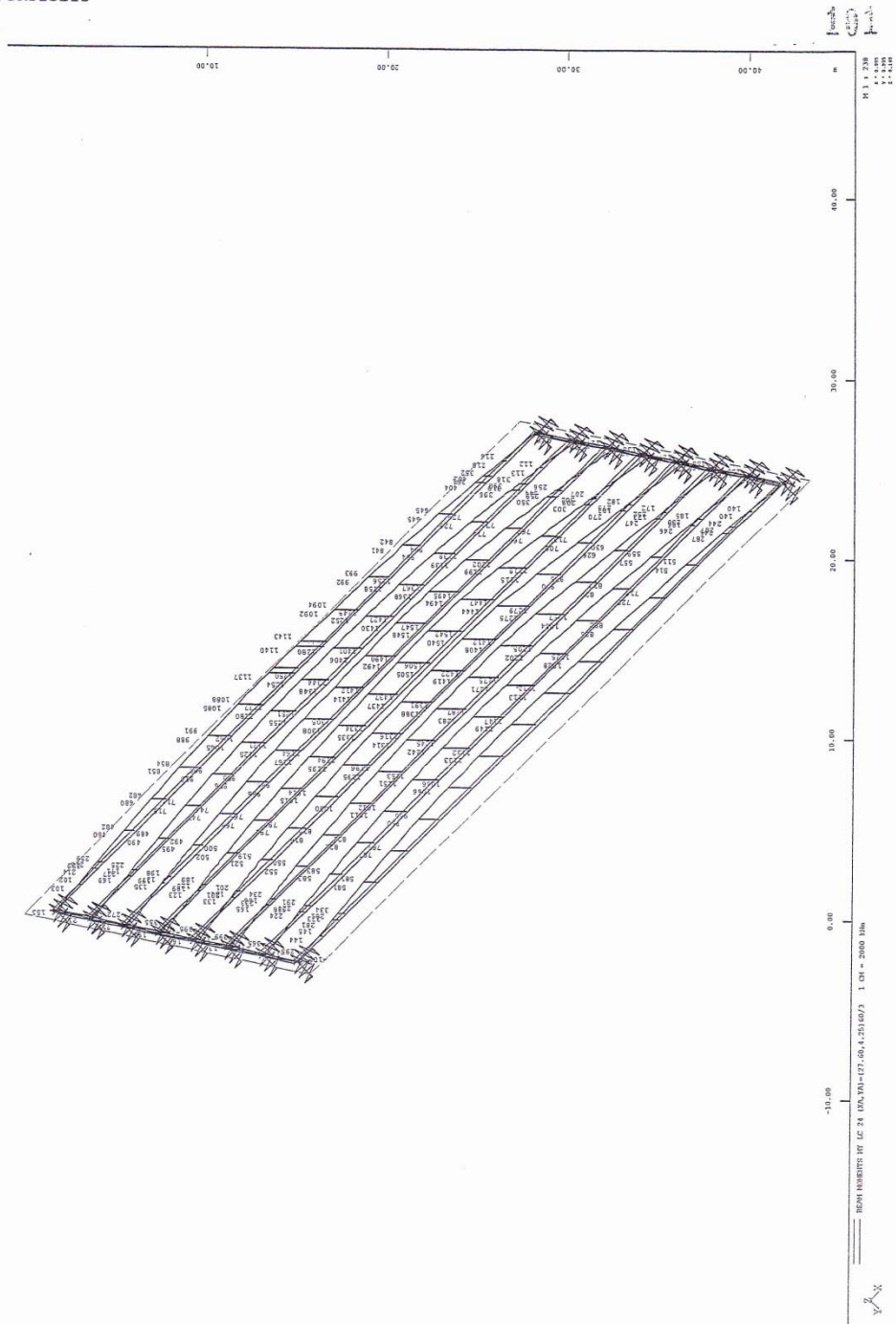
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

SOFISTIK AG - www.sofistik.com

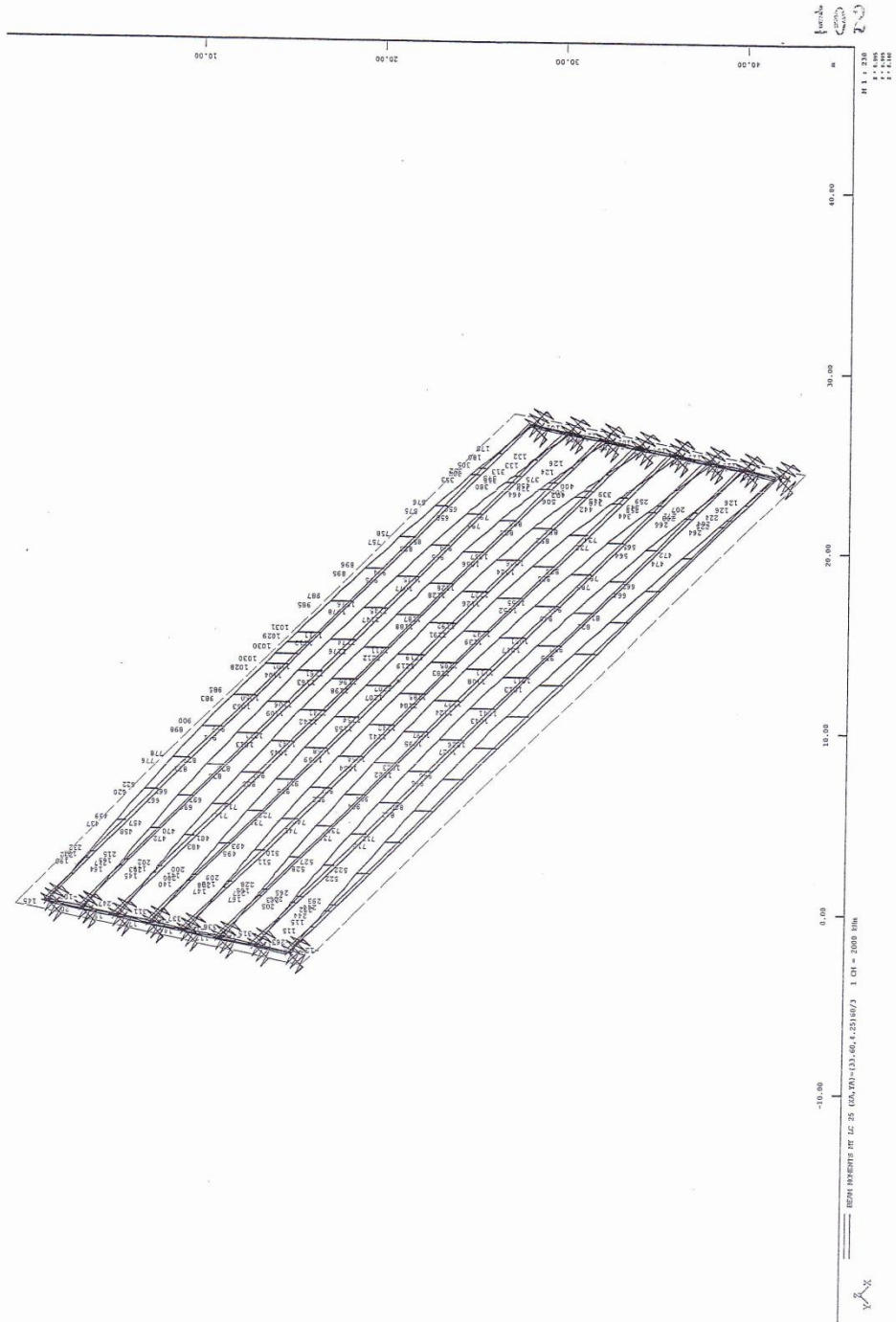






BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

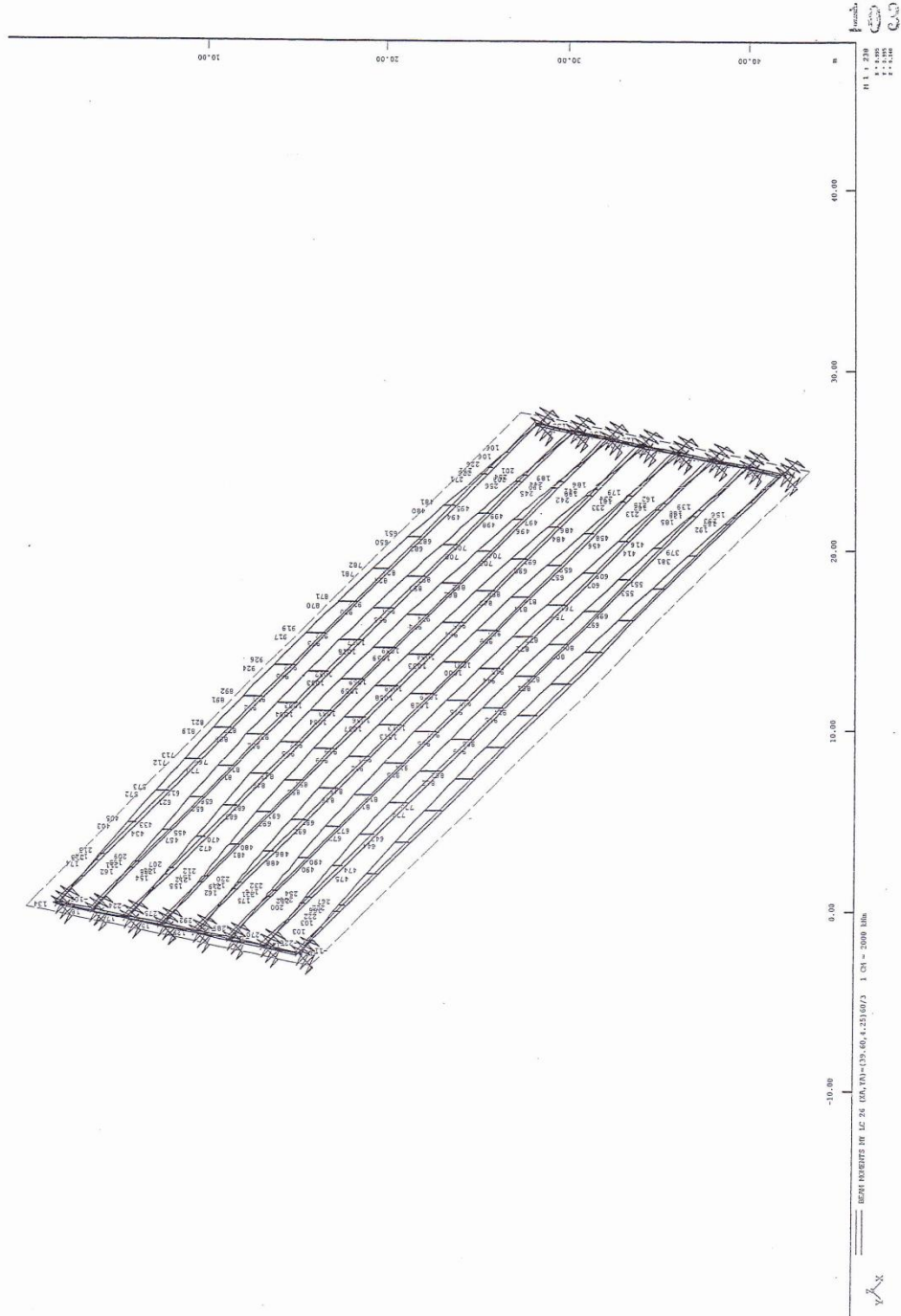
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





BRIDGE GAI L=39.10M  
FORTISEIS

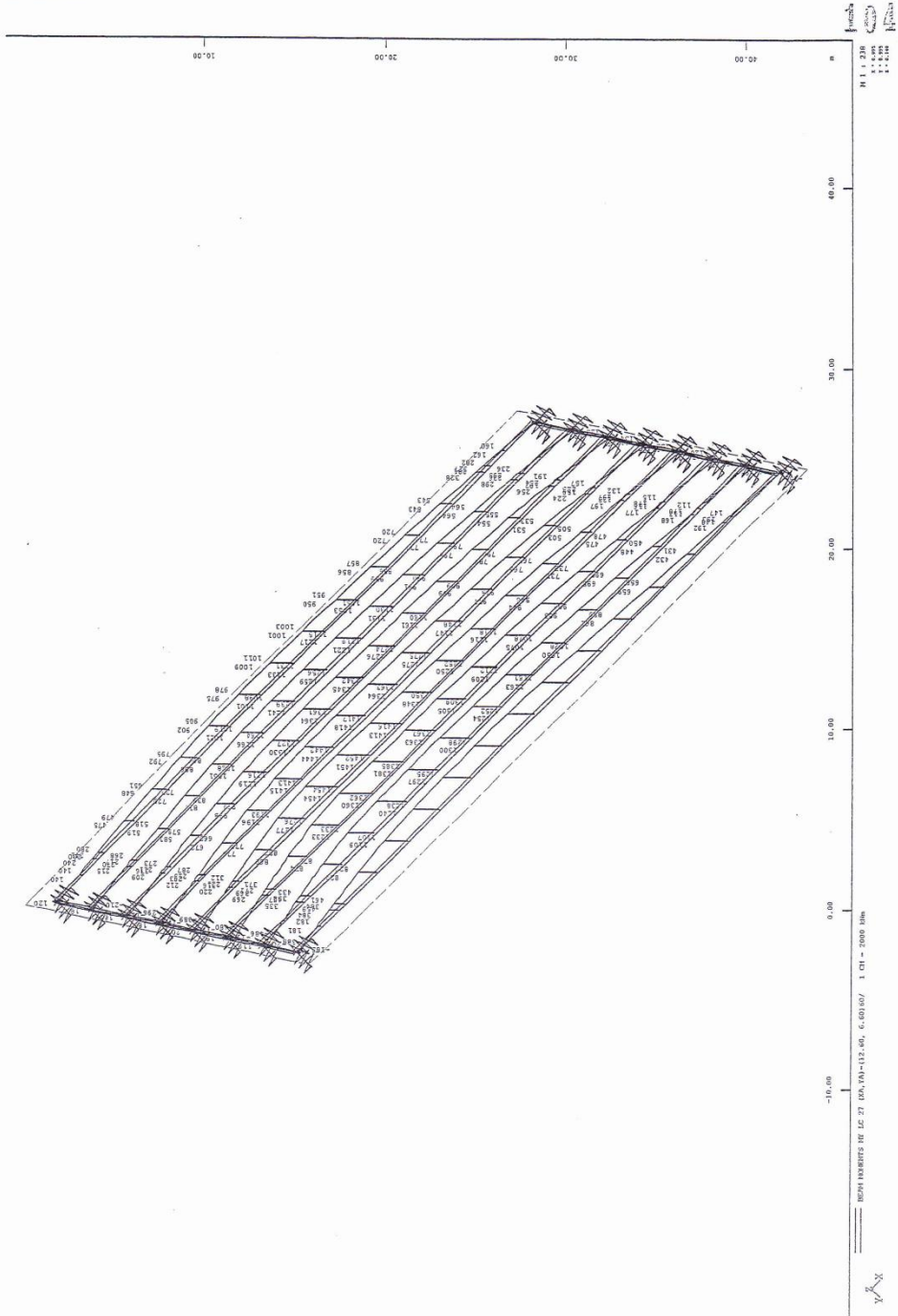
SOFISTIK.AG - www.sofistik.com





BRIDGE GA1 L=39.10M  
 FORTISEIS

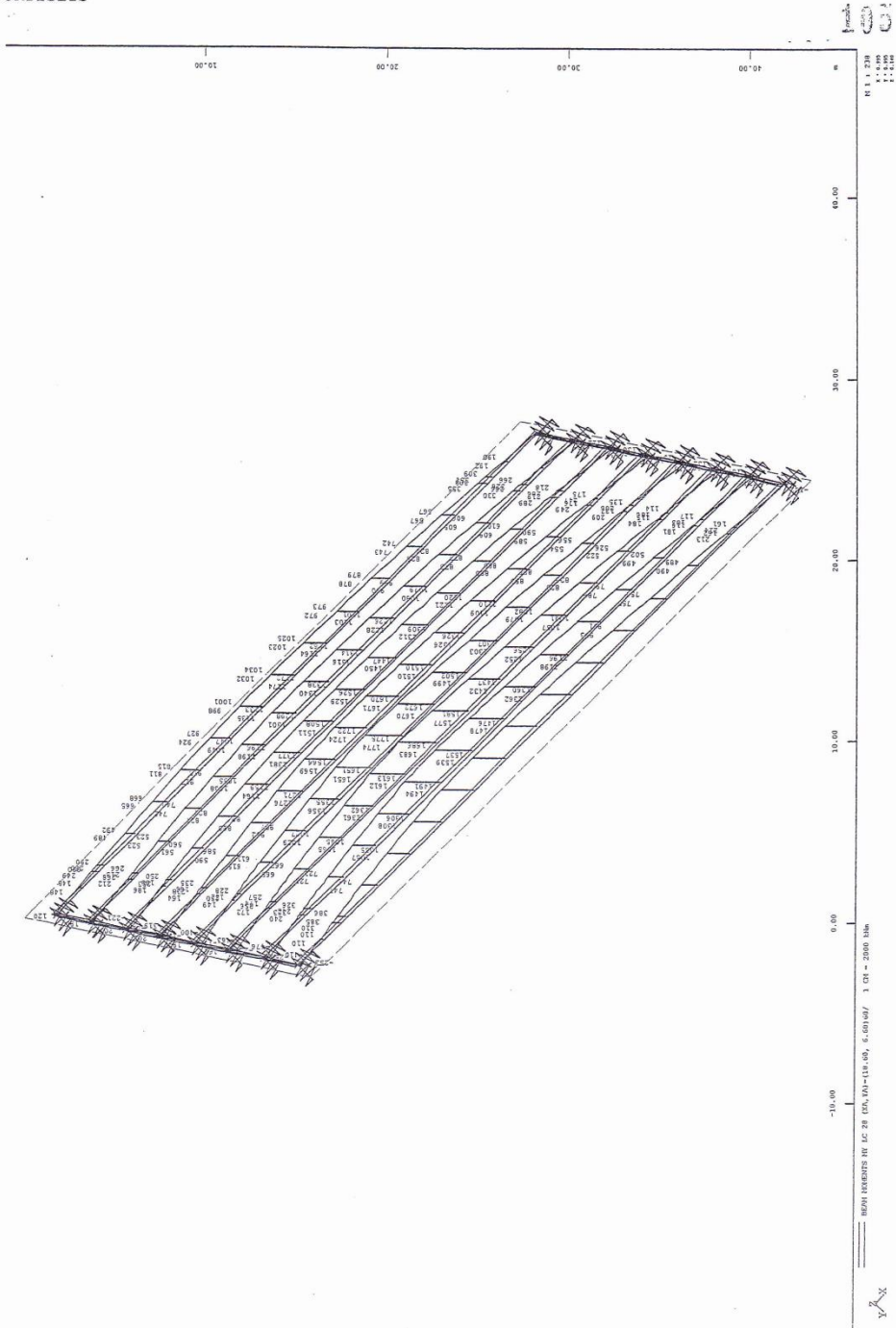
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





BRIDGE GAI L=39.10M  
FORTISEIS

SOFISTIK AG - www.sofistik.com

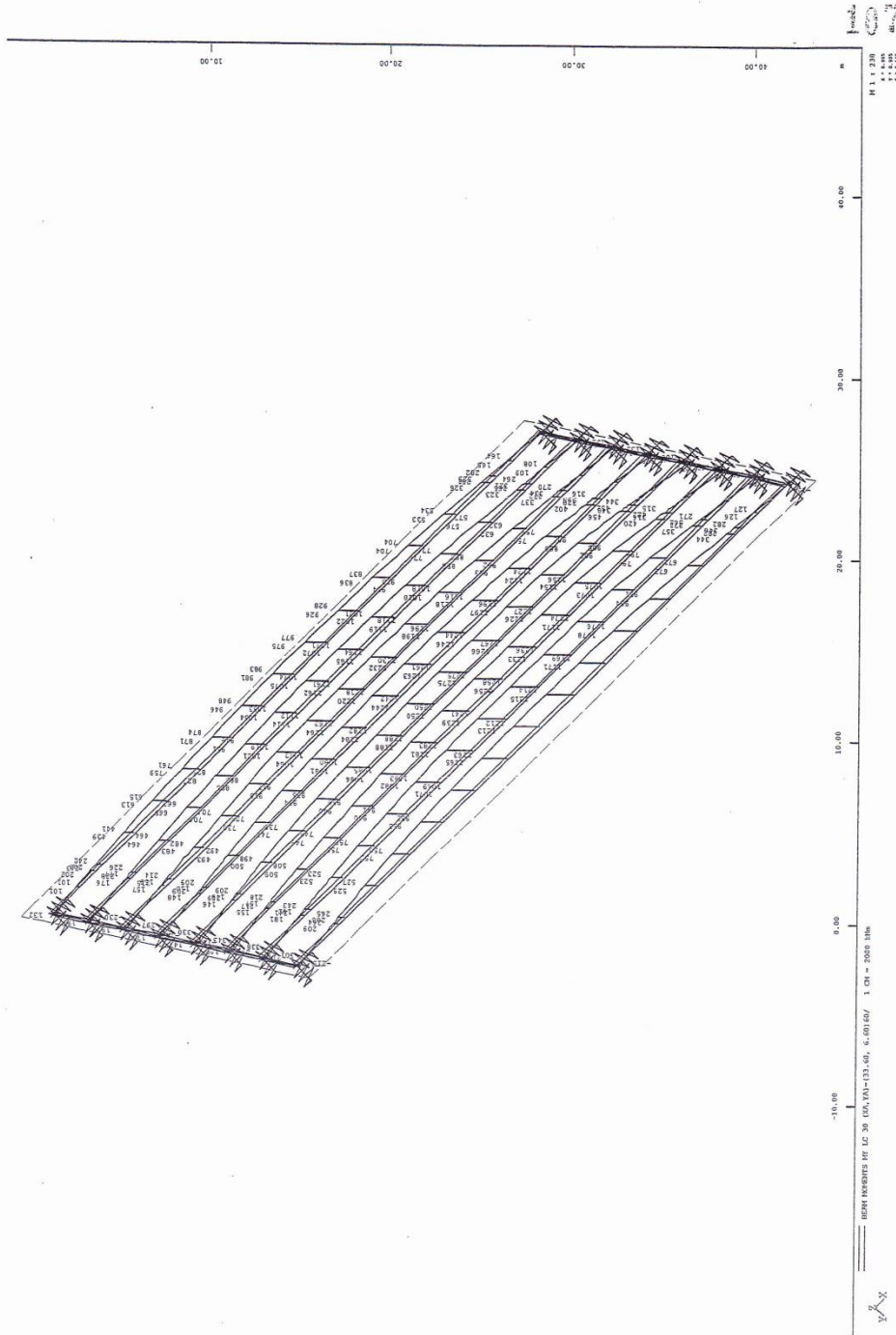






BRIDGE GAI L=39.10M  
FORTISEIS

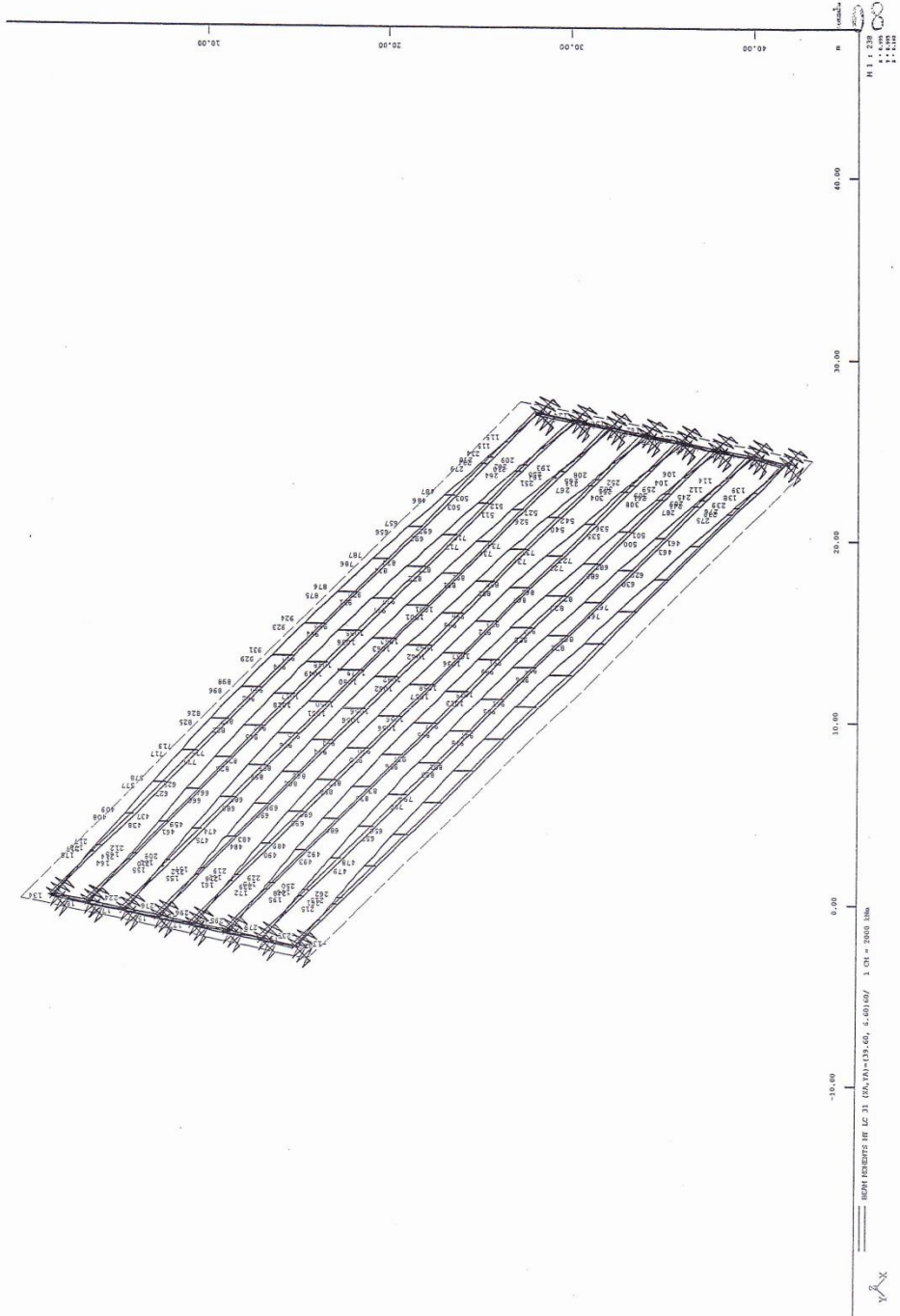
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





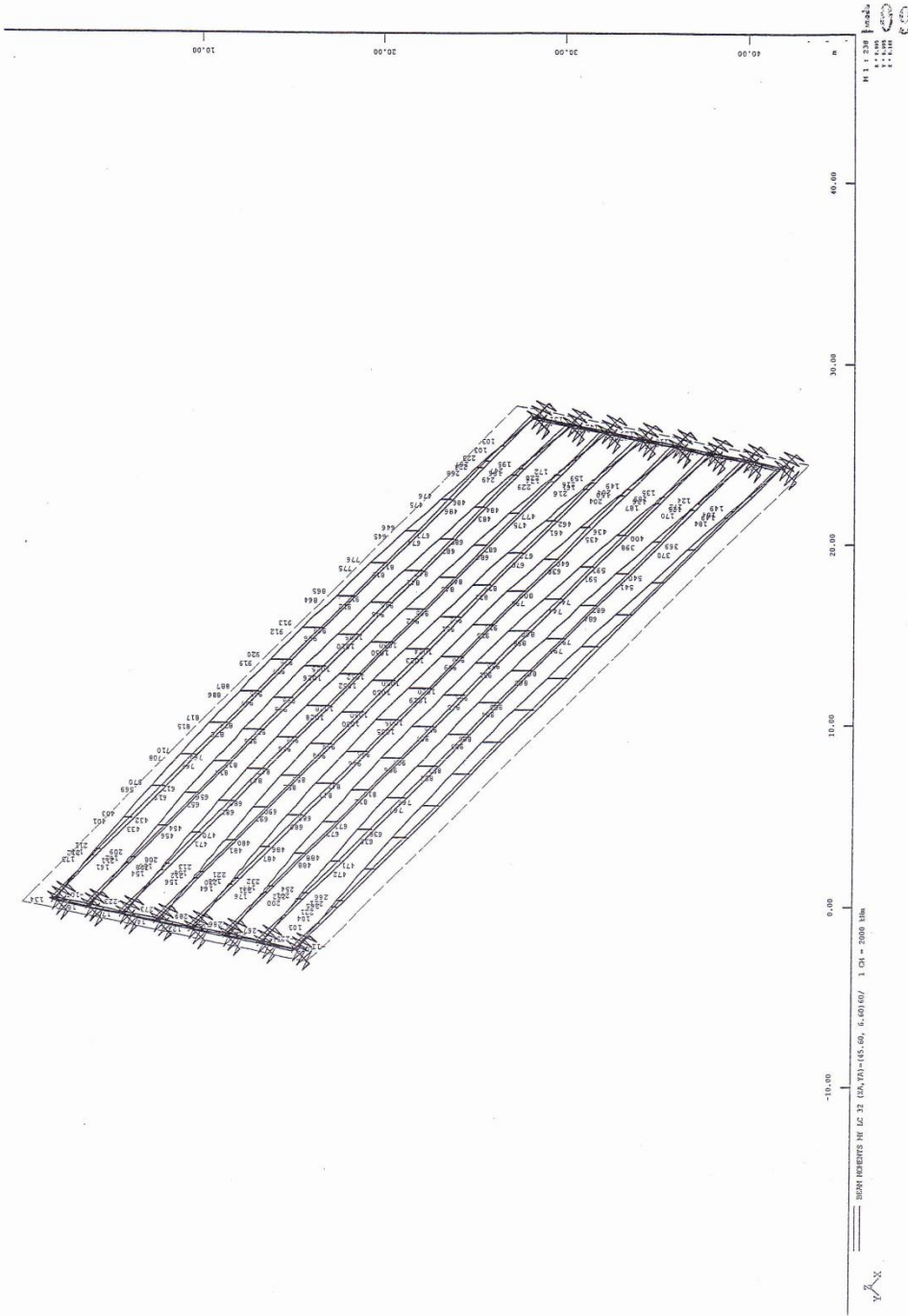
BRIDGE GA1 L=39.10M  
FORTISEIS

SOFISTIK AG - www.sofistik.com



BRIDGE GA1 L=39.10M  
 FORTISEIS

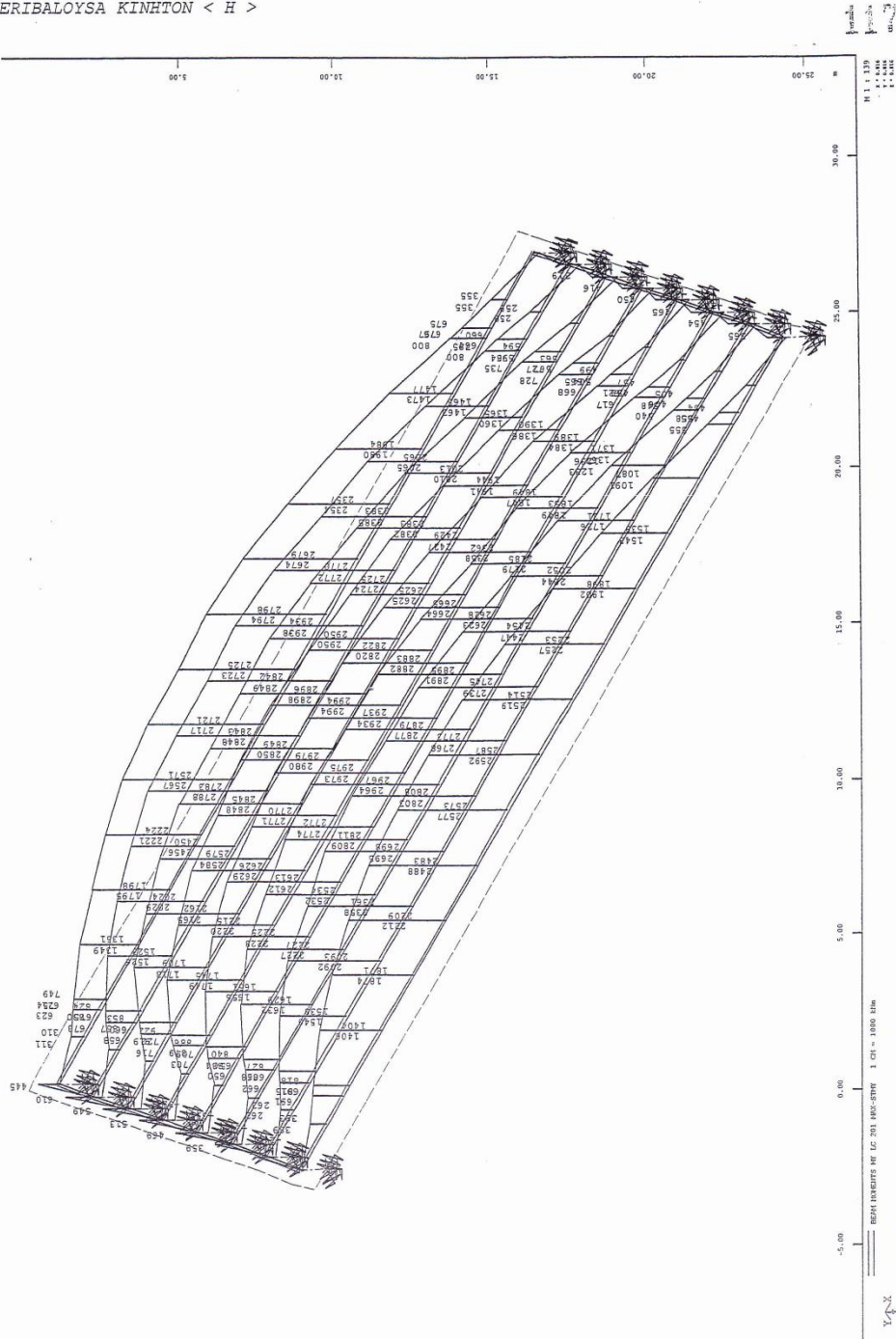
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





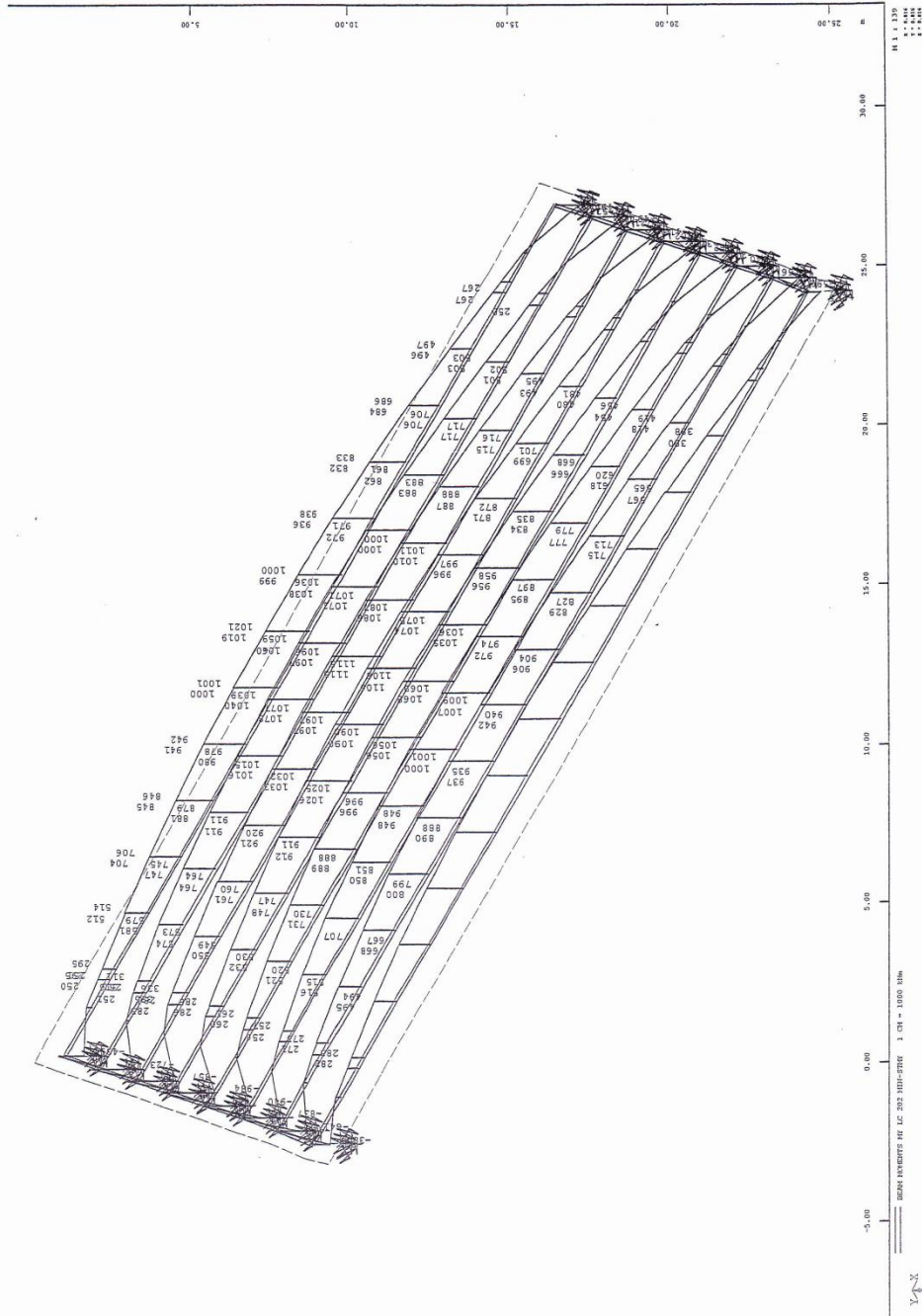
BRIDGE GAL L=39.10M  
 PERIBALOYSA KINHTON < H >

SOFISTIK AG - www.sofistik.com



BRIDGE GA1 L=39.10M  
 PERIBALOYSA KINHTON < H >

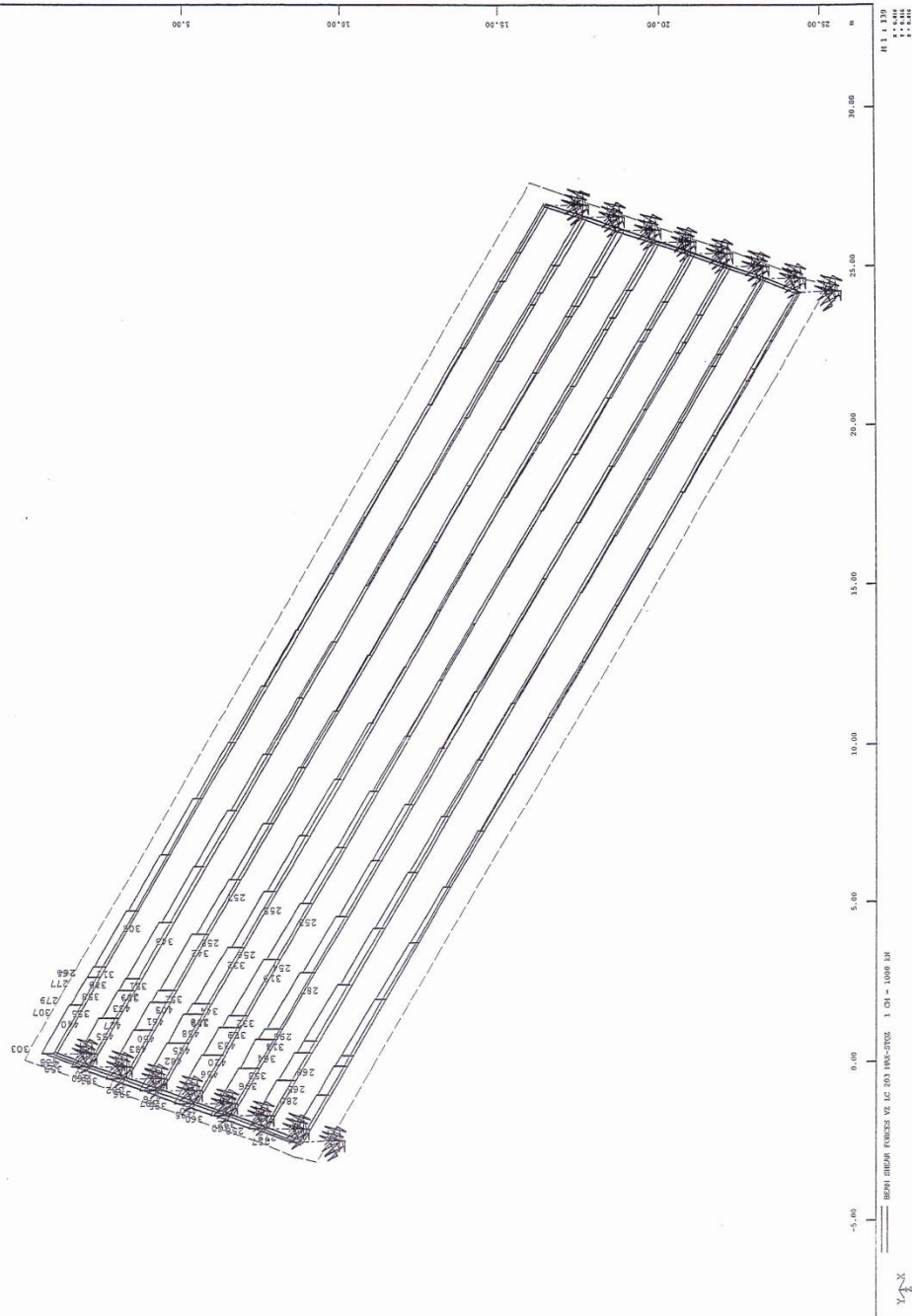
SOFISTIK AG - www.sofistik.com



BRIDGE GA1 L=39.10M  
 PERIBALOYSA KINHTON < H >

Κατάσταση  
 Έργο  
 Φάση

SOFISTIK AG - www.sofistik.com

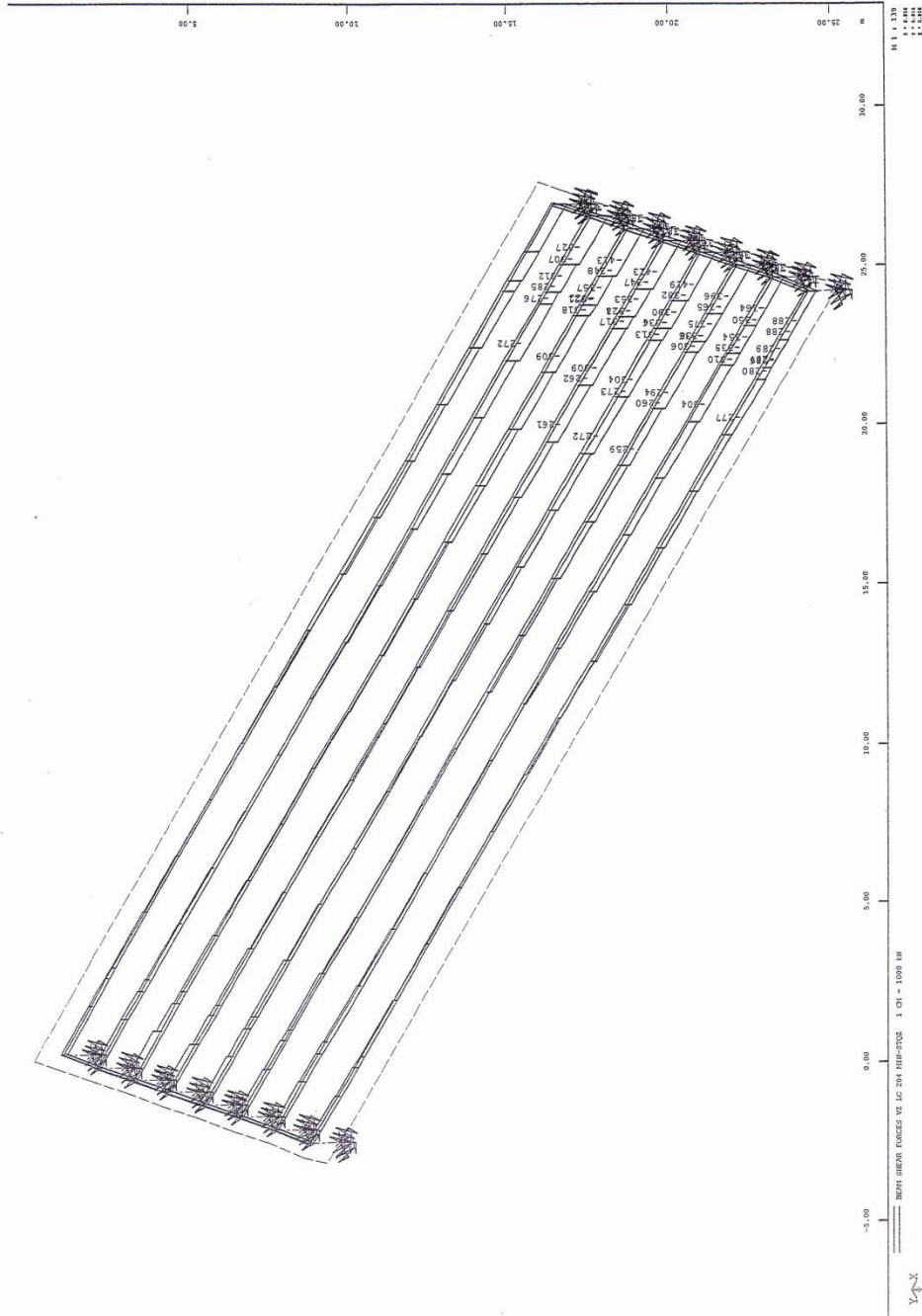




BRIDGE GA1 L=39.10M  
PERIBALOYSA KINHTON < H >



SOFISTIK AG - www.sofistik.com



## **ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ «HZ»**

## **ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ «ΗΖΕ»**

## **ΕΠΙΛΥΣΗ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

## **ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ «HZ»**



## **ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ «ΗΖΕ»**

## **ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΩΔΟΜΗΣ**

## **ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

## **ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕΙΣΜΟΥ**

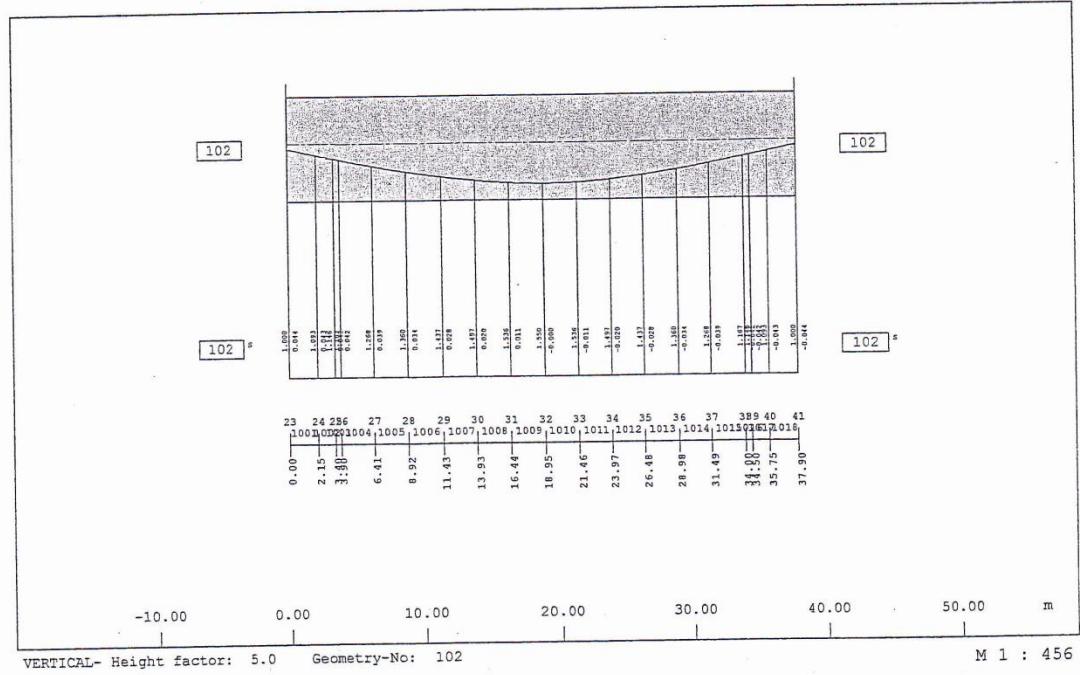
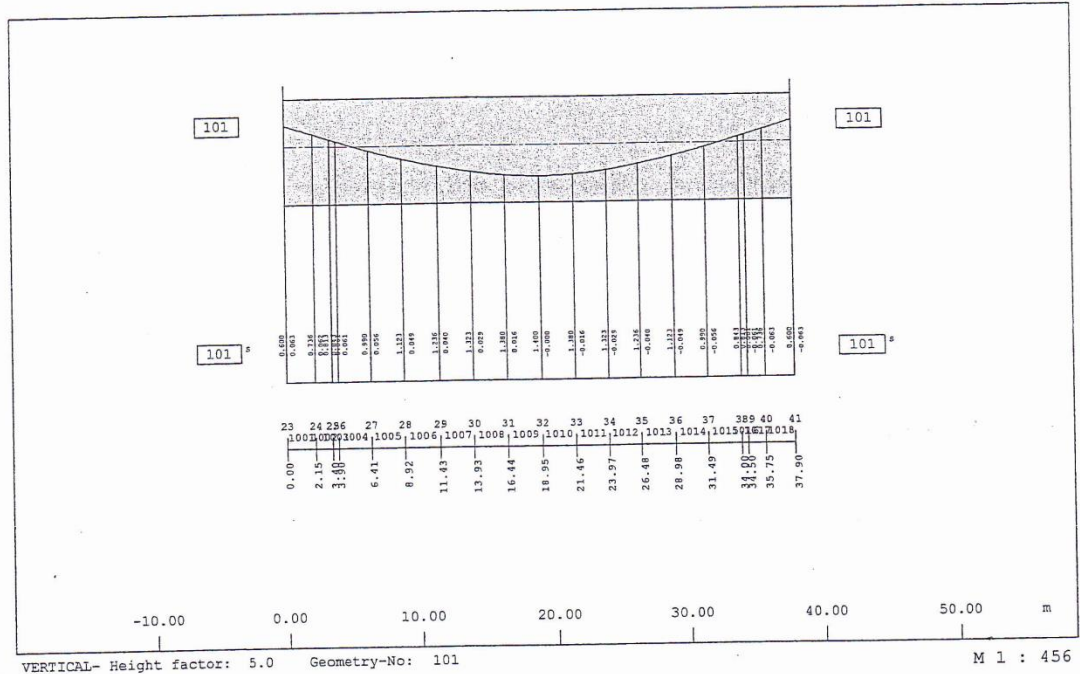
## **ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΔΟΚΙΔΩΝ**

**ΔΟΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ  $L_b=39.10m$**

BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

319

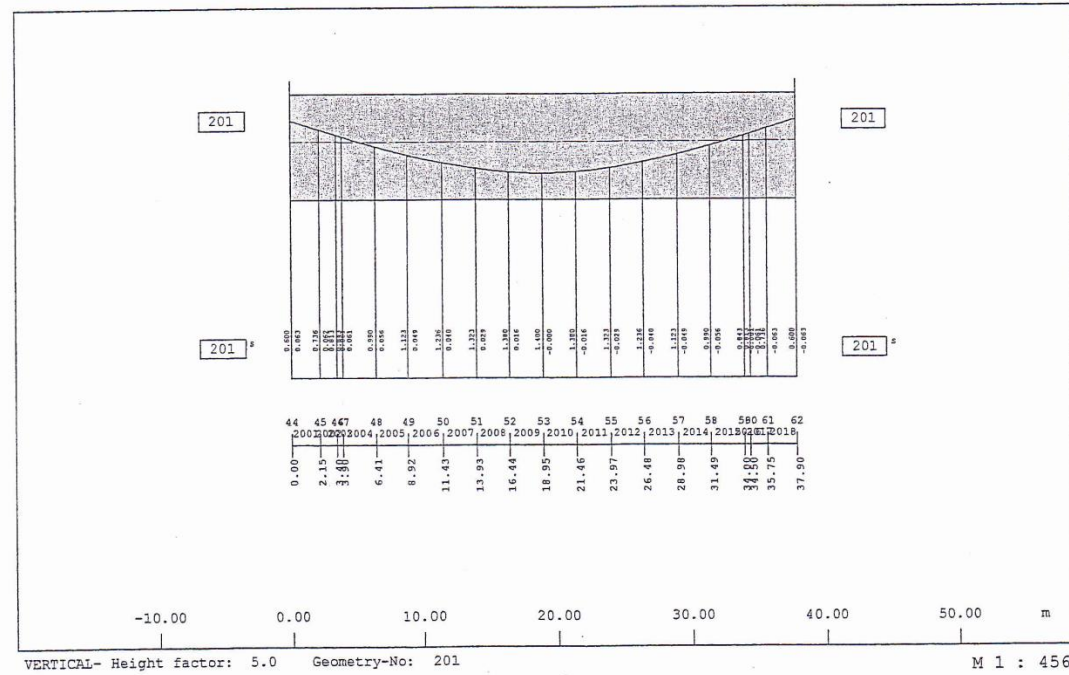
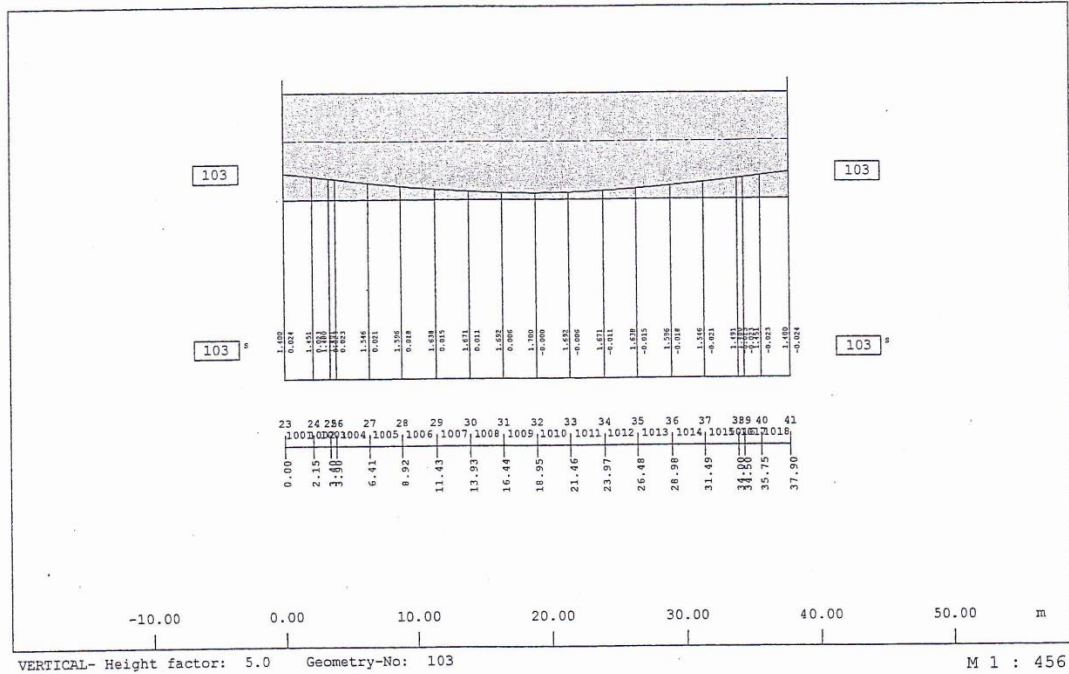
SOFISTIK AG - www.sofistik.com



BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

320

SOFISTIK AG - www.sofistik.com

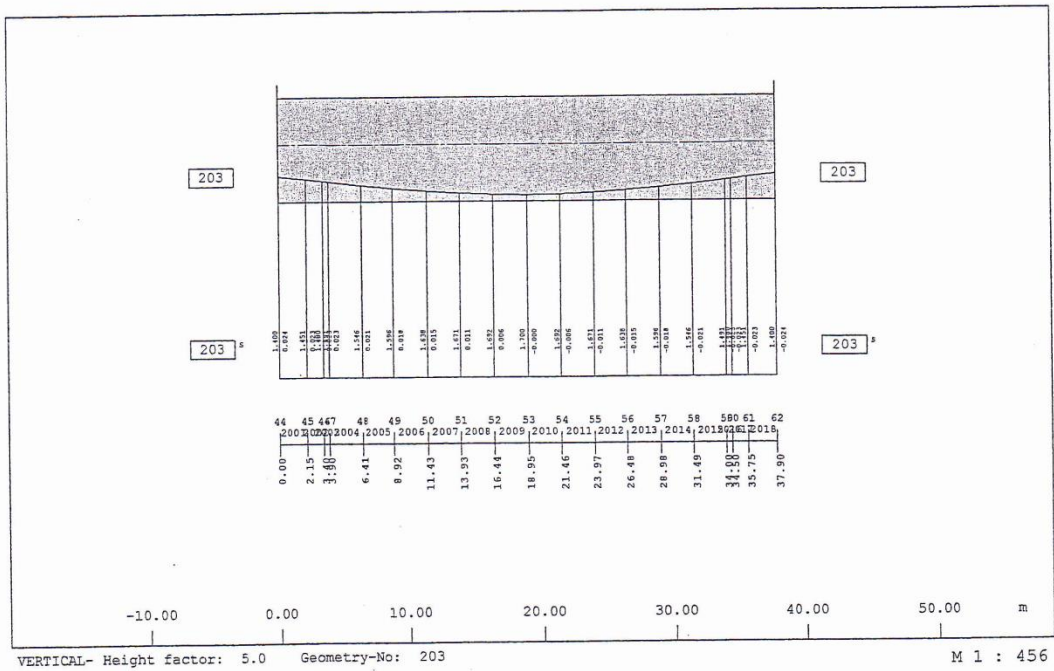
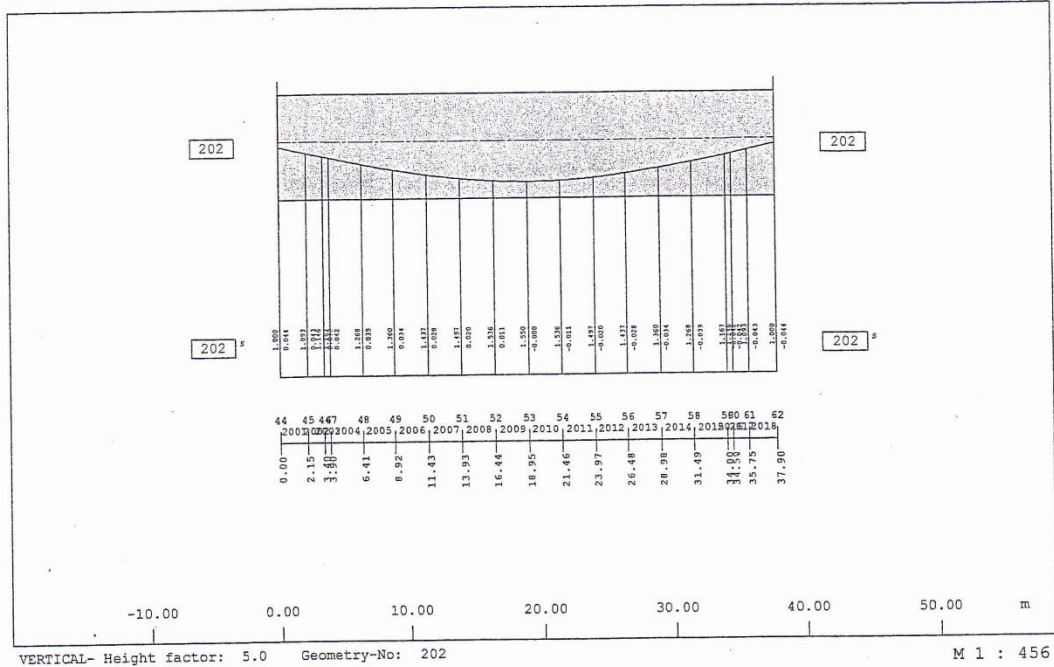




BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

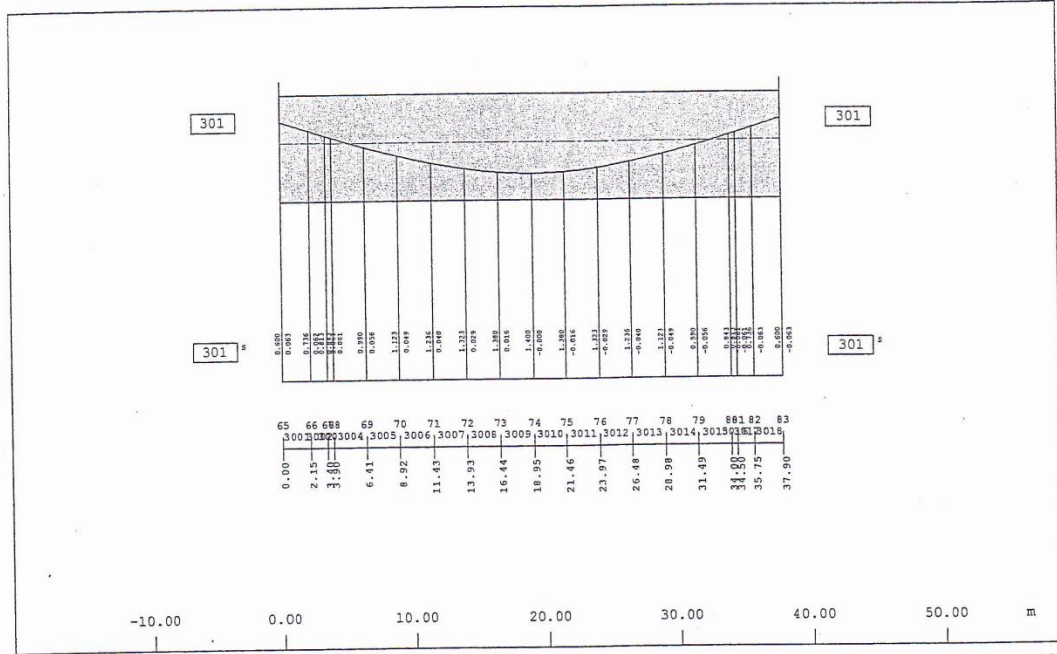
301

SOFISTIK AG - www.sofistik.com



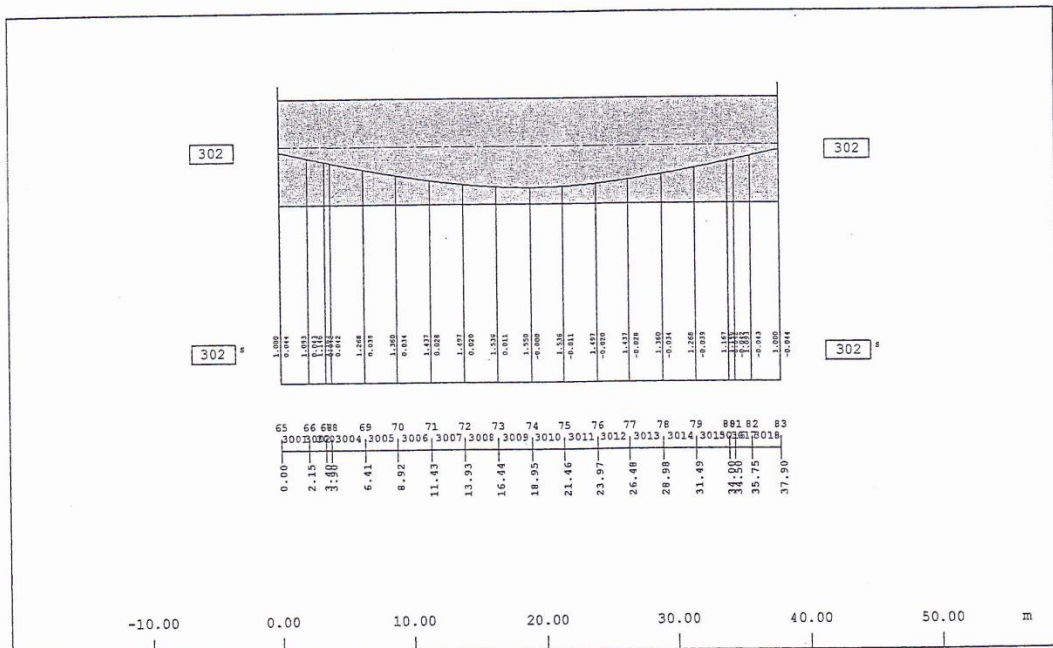
BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

399  
 314



VERTICAL- Height factor: 5.0 Geometry-No: 301

M 1 : 456



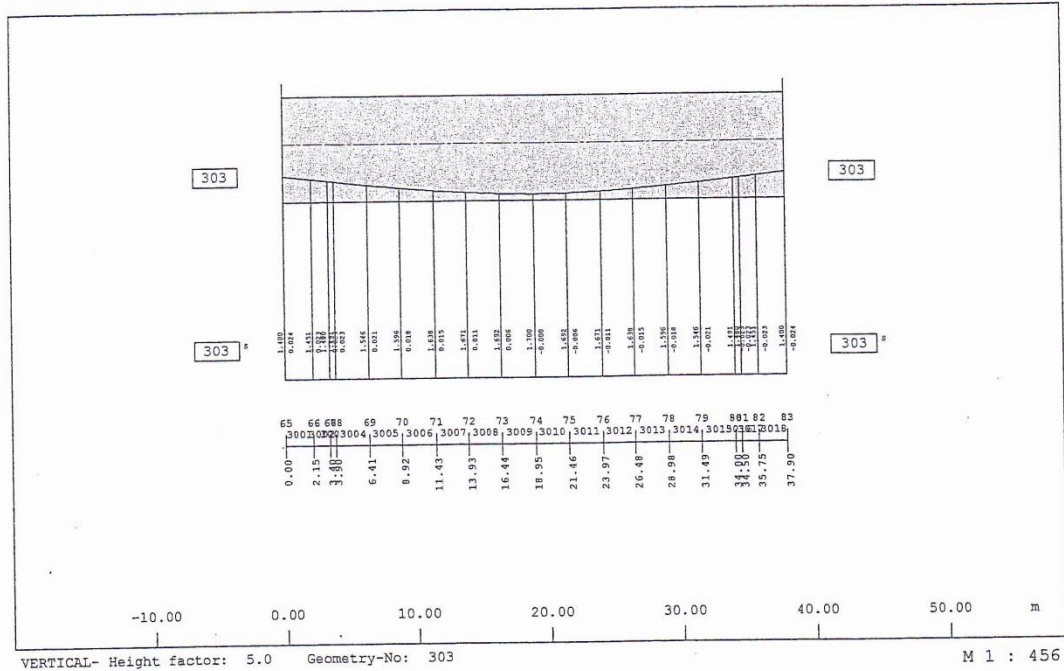
VERTICAL- Height factor: 5.0 Geometry-No: 302

M 1 : 456

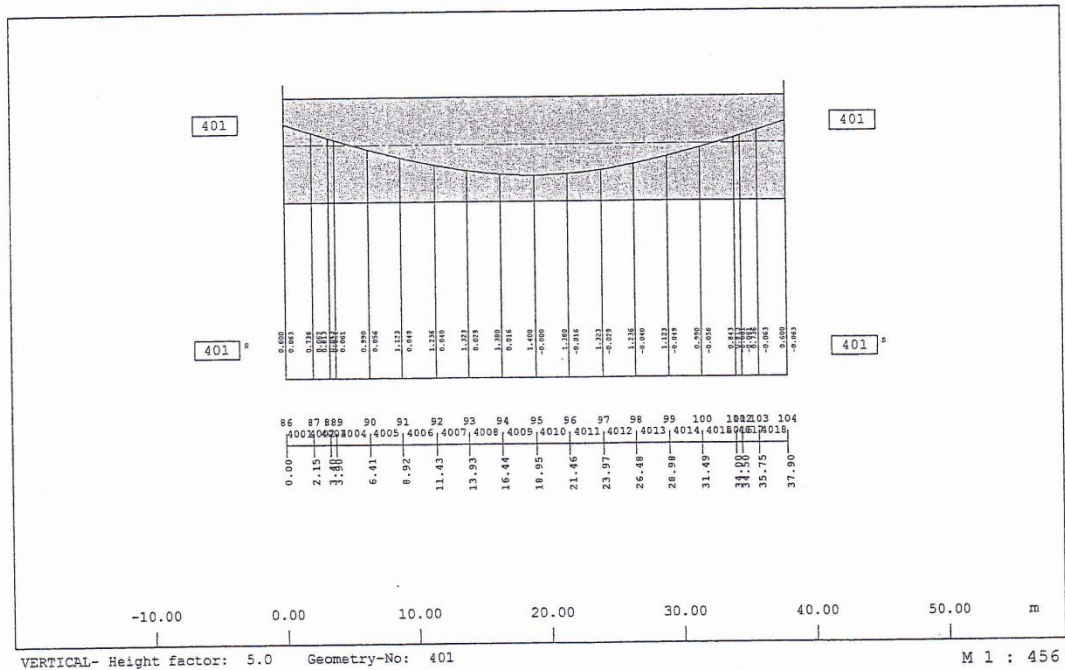
SOFISTIK AG - www.sofistik.com

BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

303



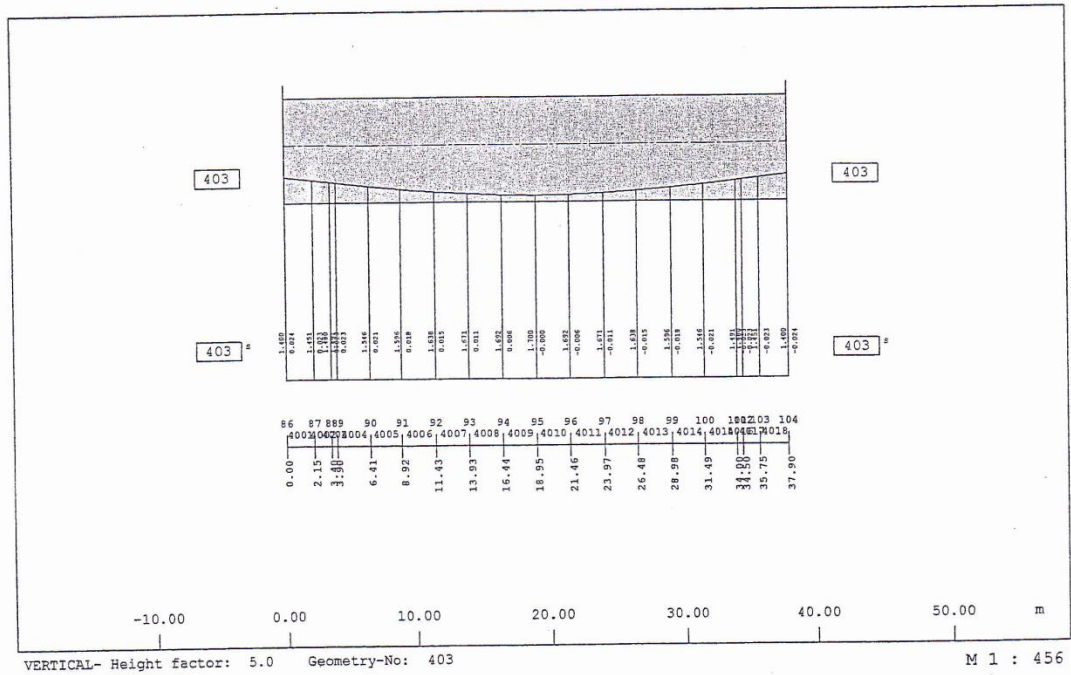
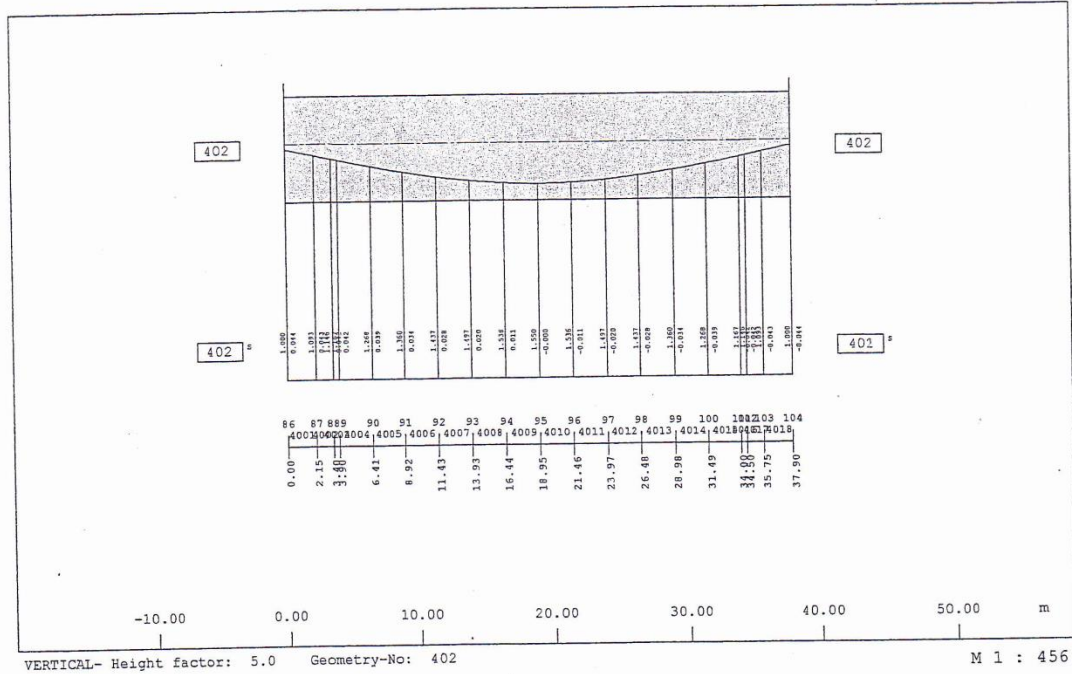
SOFISTIK AG - www.sofistik.com





BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

324

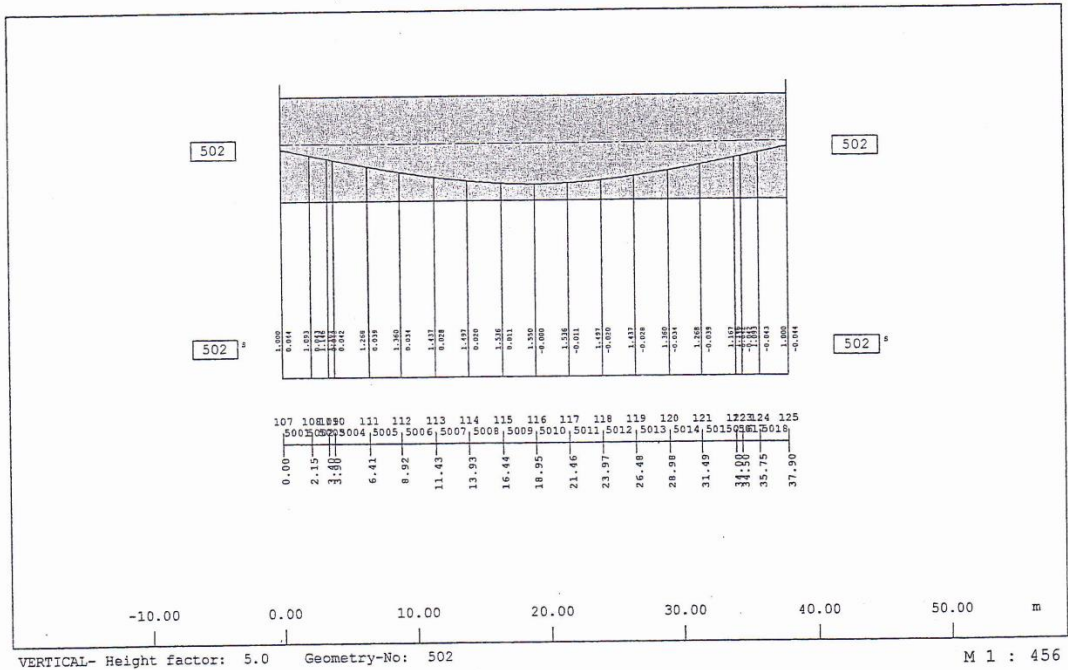
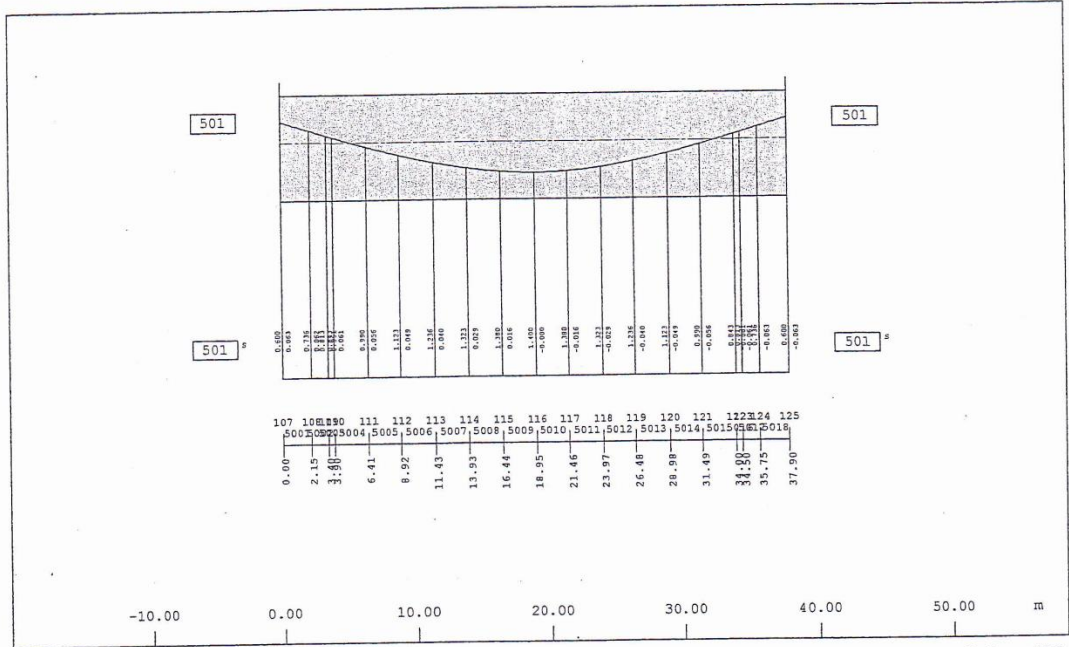


SOFISTIK AG - www.sofistik.com

BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

325

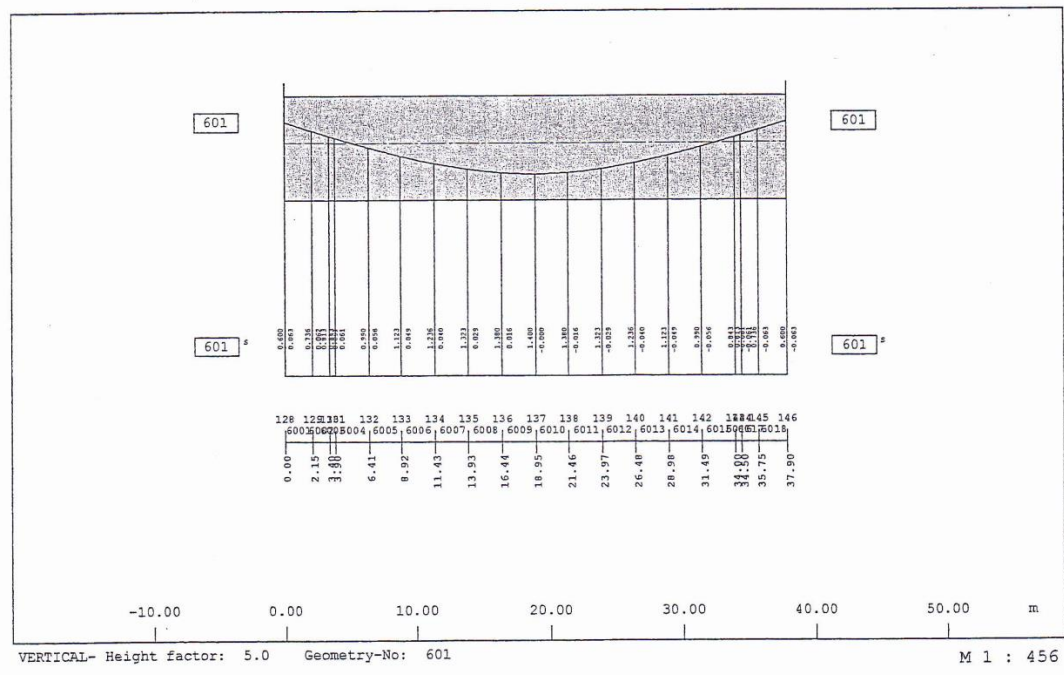
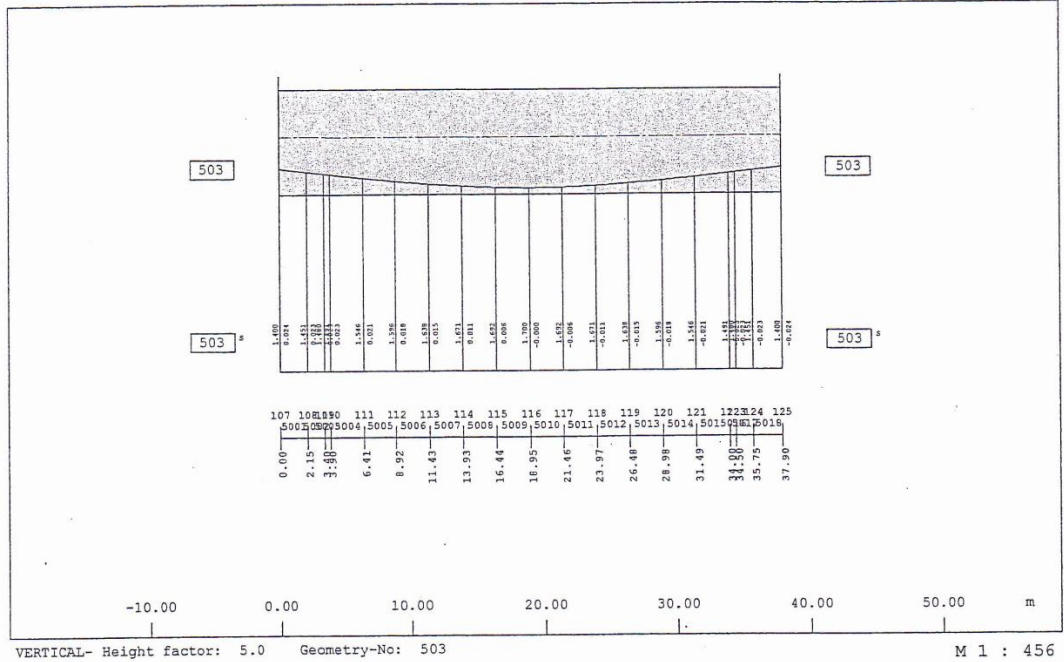
SOFISTIK AG - www.sofistik.com



BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

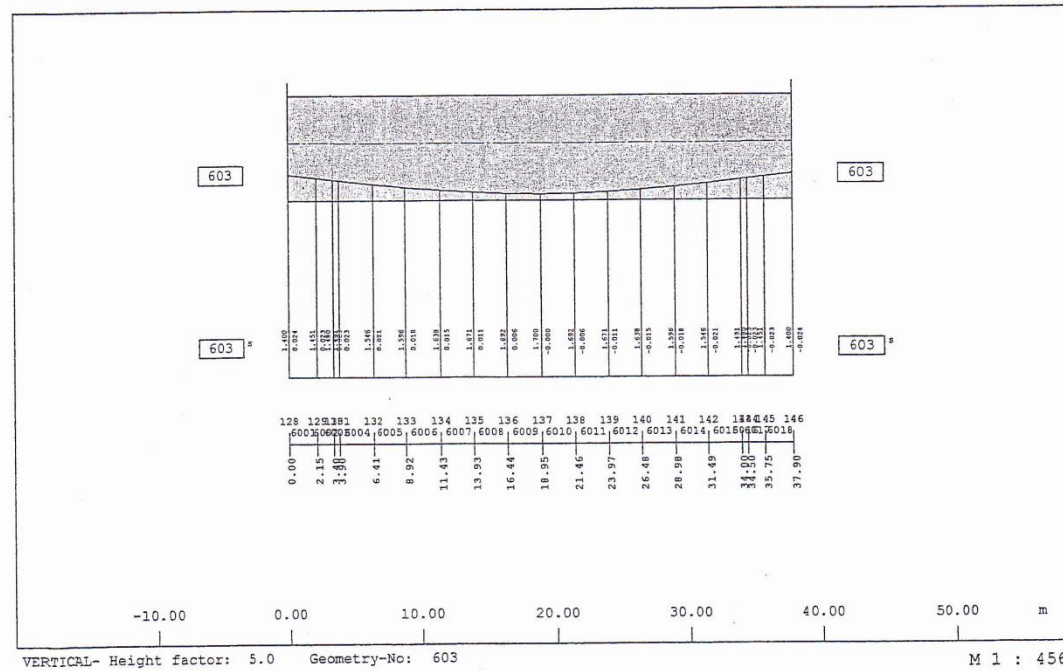
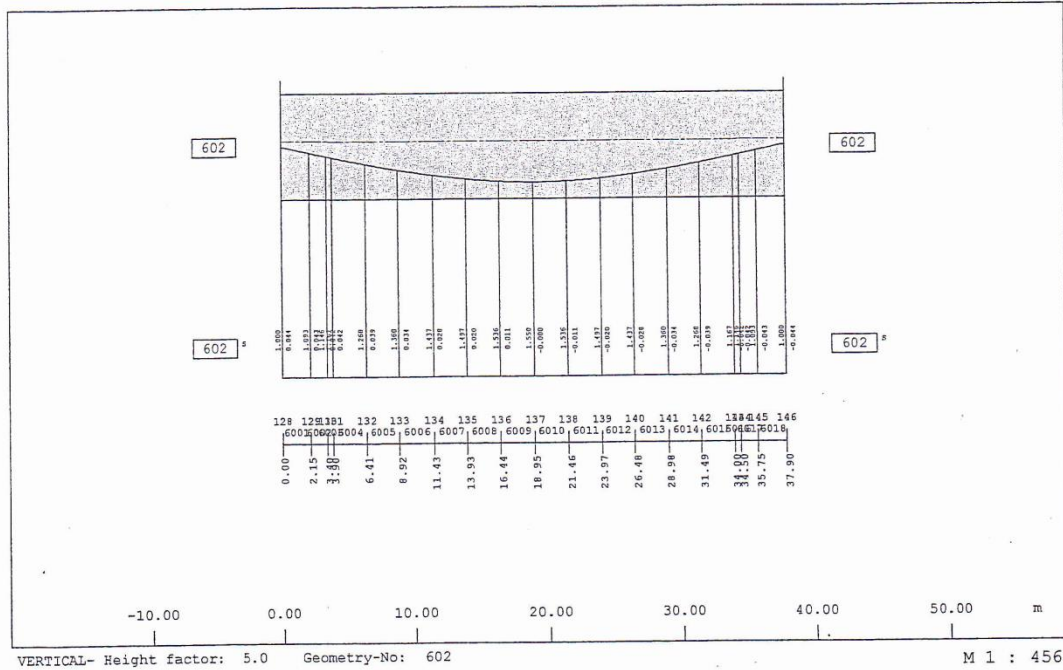
326

SOFISTIK AG - www.sofistik.com



BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

327

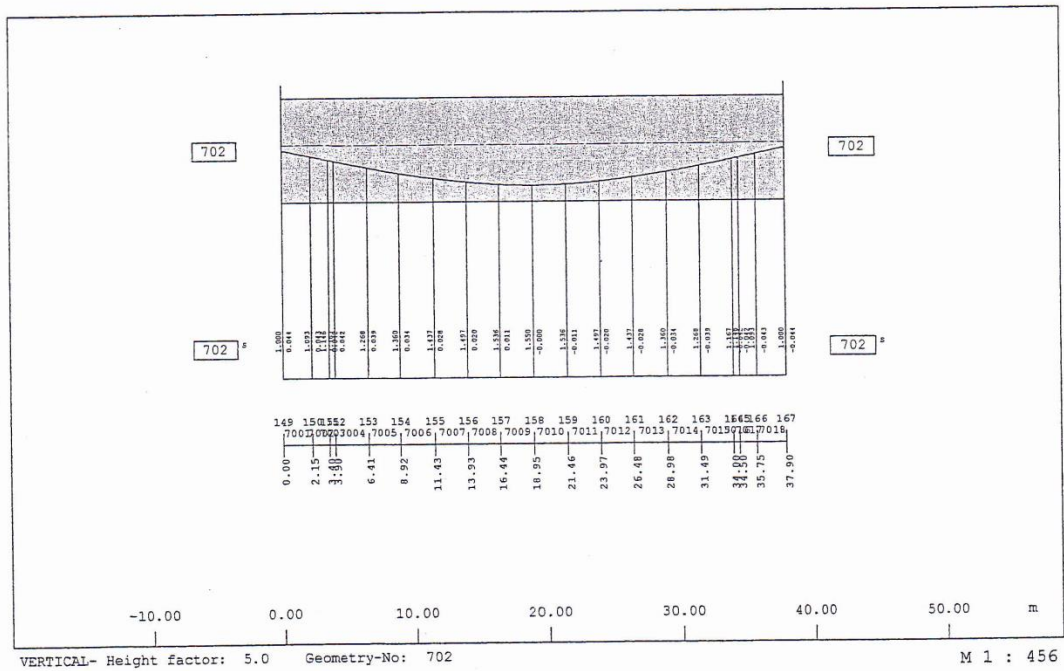
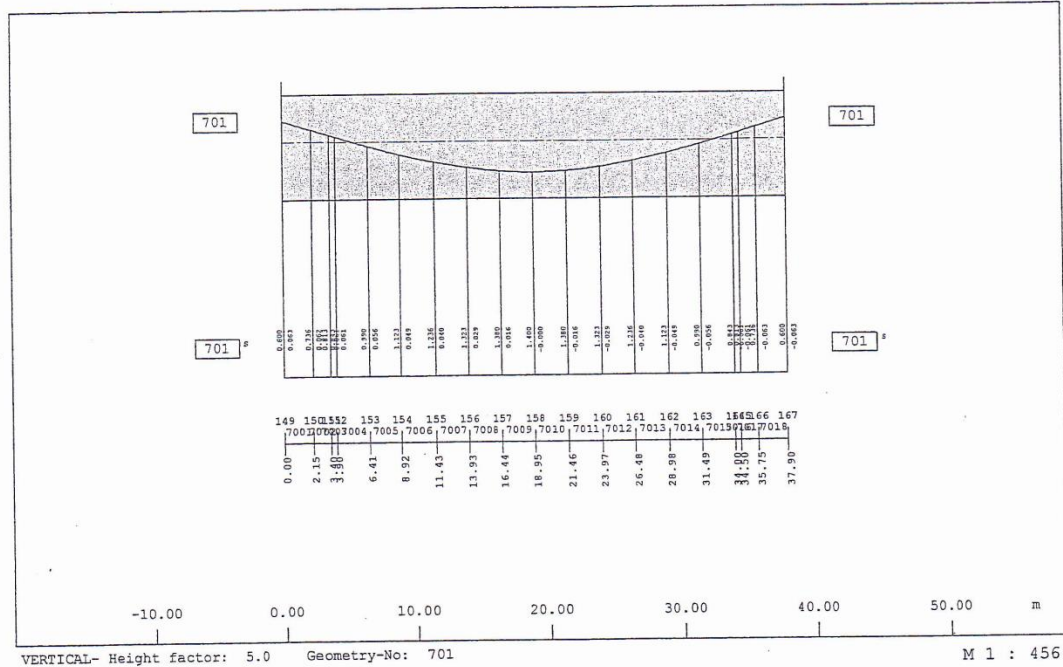


SOFISTIK AG - www.sofistik.com

BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

328

SOFISTIK AG - www.sofistik.com

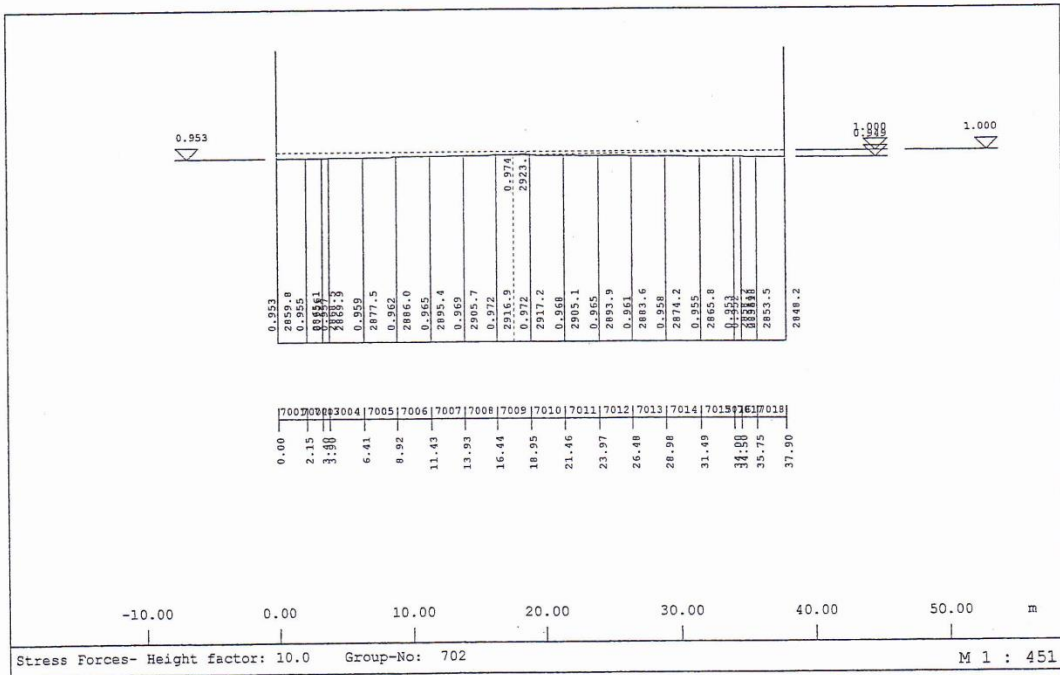
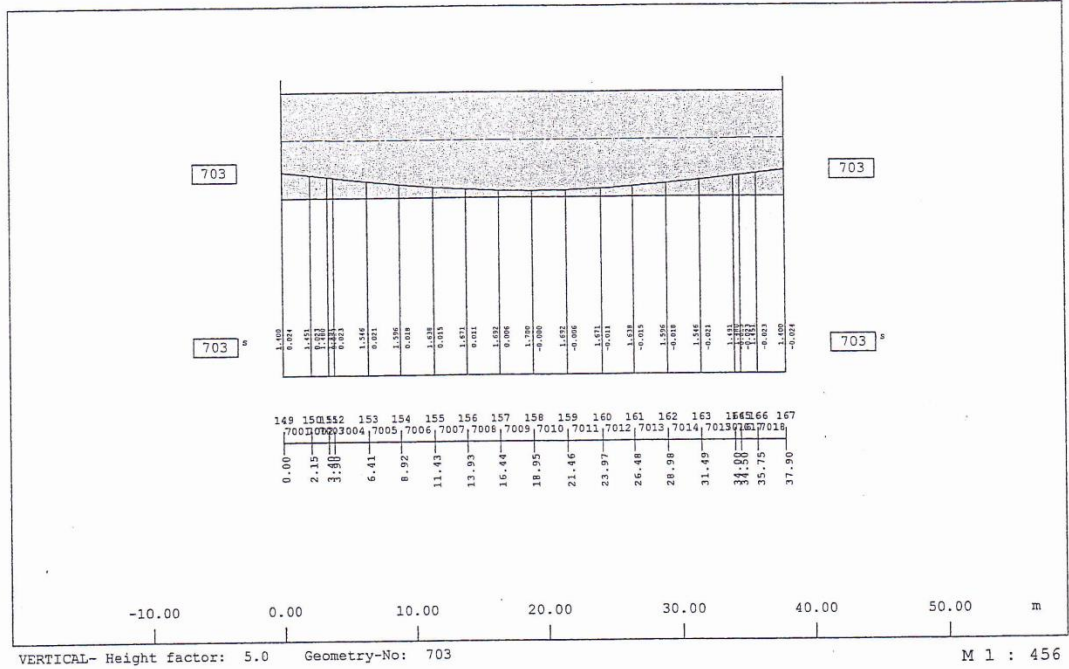




BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

328

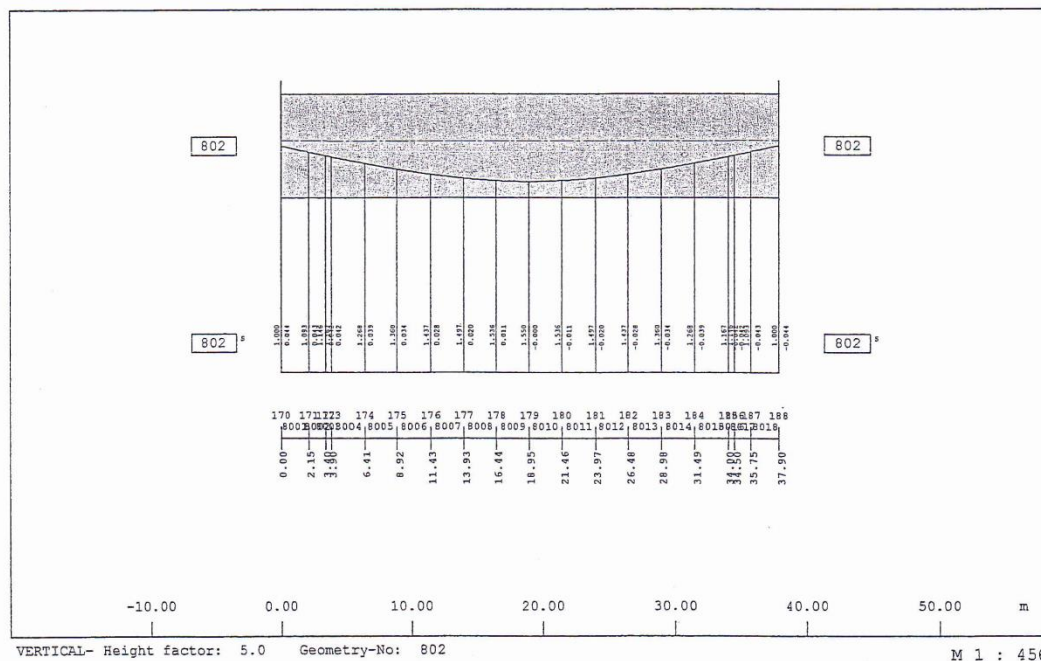
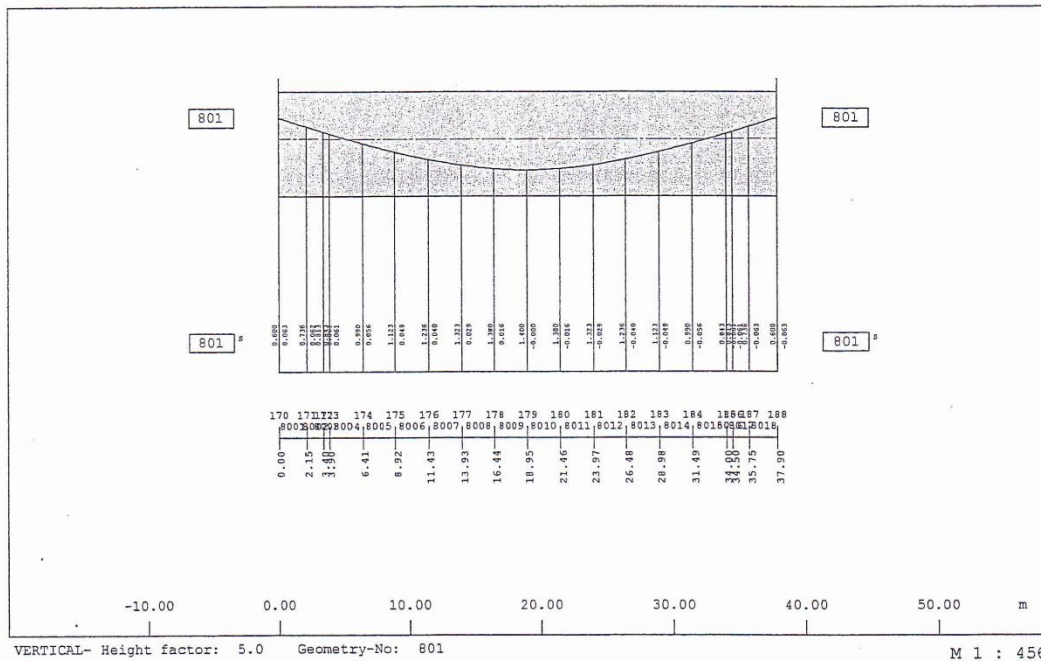
SOFISTIK AG - www.sofistik.com



BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS

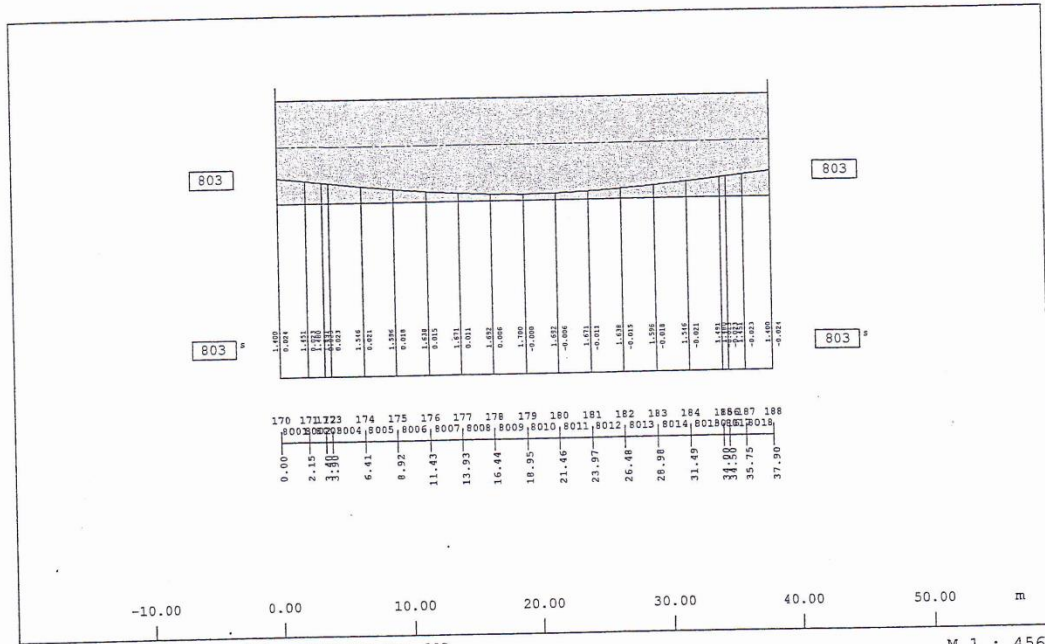
330

SOFISTIK AG - www.sofistik.com





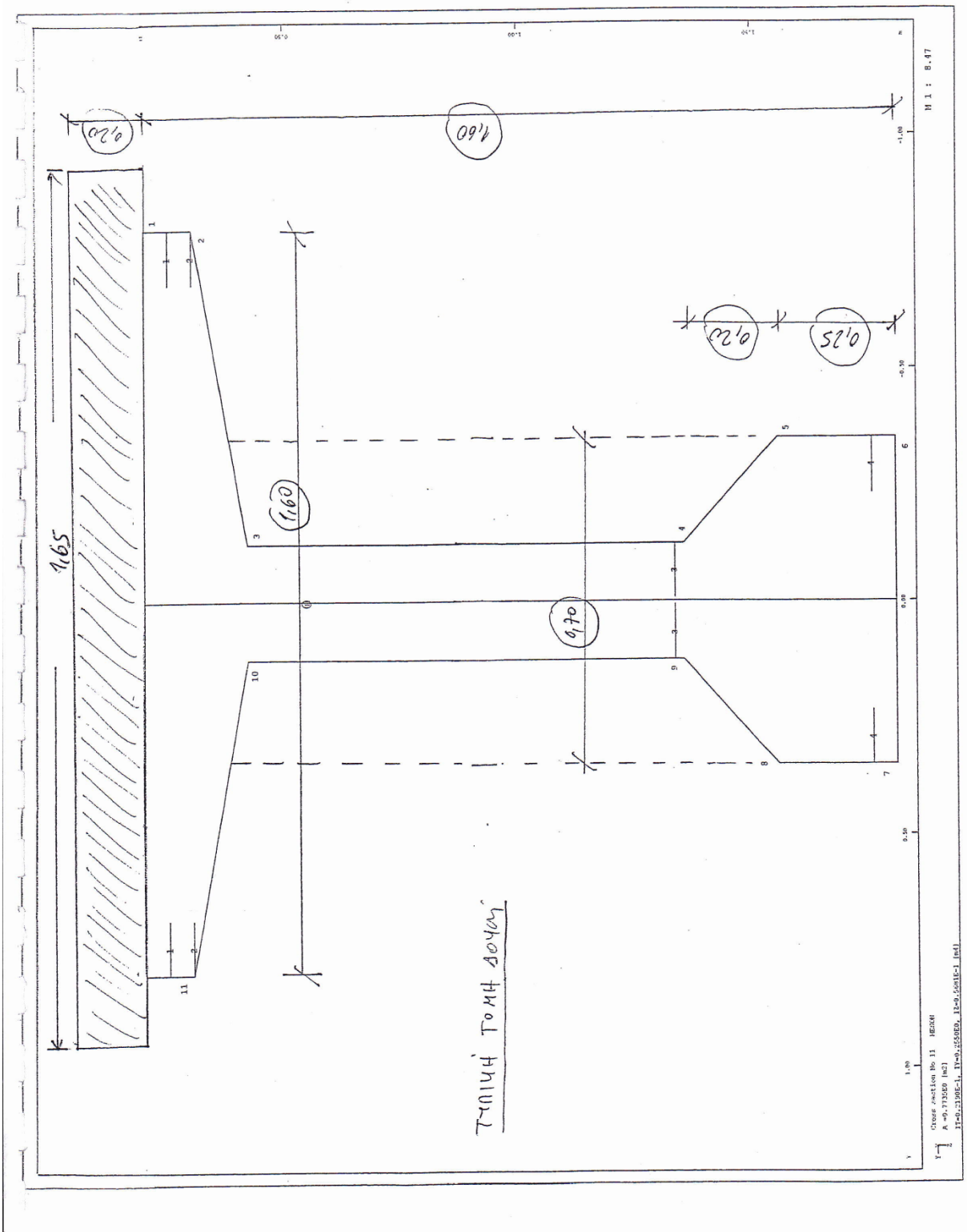
BRIDGE GA1 L=39.10M  
 GEOMETRY OF TENDONS



SOFISTIK.AG - www.sofistik.com

BRIDGE SR12 L=38.20M  
 CROSS-SECTIONAL VALUES

332



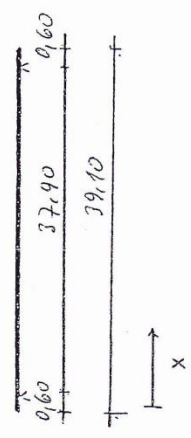
Cross section No 13 BEMH  
 A=0.73500 (m²)  
 F=0.2300E+1 (m³/35000, 1.65, 0.60E+1 (m))

ΕΝΤΑΤΙΛΙΑ ΜΕΓΕΘΗ ΔΟΧΕΙΩΝ  $L = 3,10 \text{ m}$

ΔΟΧΕΙΟΣ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΜΟΝΙΜΑ				ΥΛΙΚΑ			
	ΚΥ (L/M <sup>3</sup> )	Φ <sub>2</sub> (L/M <sup>3</sup> )	ΜΤ (L/M <sup>3</sup> )	ΜΤ (L/M <sup>3</sup> )	ΚΥ (L/M <sup>3</sup> )	Φ <sub>2</sub> (L/M <sup>3</sup> )	ΜΤ (L/M <sup>3</sup> )	ΜΤ (L/M <sup>3</sup> )
2,750	163,16	310,06	0,00	0,00	311,36	235,57	0,00	0,00
4,000	171,41	272,55	0,00	0,00	622,90	276,79	0,00	0,00
12,025	1516,91	123,86	0,00	0,00	2221,06	197,23	0,00	0,00
19,550	1900,96	181,62	0,00	0,00	2722,88	69,37	0,00	0,00
2,750			0,00	0,00	179,07	216,74	0,00	0,00
4,000			0,00	0,00	250,76	89,14	0,00	0,00
12,025			0,00	0,00	844,60	51,33	0,00	0,00
19,550			0,00	0,00	1019,33	6,33	0,00	0,00

μικρ υλικών

μικρ υλικών



0,00  
0,00  
0,00

## **ΕΙΔΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ**

## **ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΦΕΔΡΑΝΩΝ**

## **ΕΠΙΛΥΣΗ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**



## **ΕΠΙΛΥΣΗ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕΙΣΜΟΥ**

## **ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΜΩΝ**

## **ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ**

## **ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ**

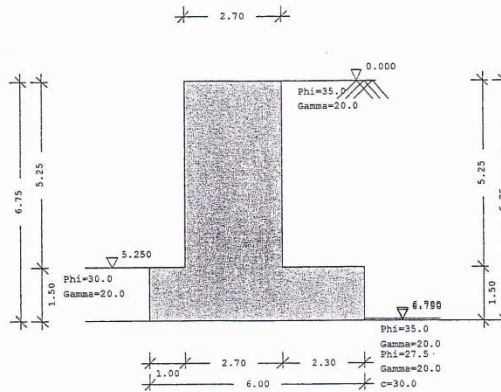
## **ΕΠΙΛΥΣΗ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

AKROBATRO GAI\_ H= 5.25M, @all=200 KN/M2

+++++ warning no. 143 in program WEI2  
 Check the range of the Friction Circle Analysis with: ECHO FCA full!  
 The found centre of the Circle is critical, coordinates near by 0,0!

GEOMETRY OF STRUCTURE

Wall height H : 5.250 m  
 Wall thickness at top: 2.700 m at base: 2.700 m  
 Toe length right: 2.300 m left: 1.000 m  
 Toe thickness right: Max. 1.500 m Min. 1.500 m  
 HR1 = 1.500 m HR2 = 1.500 m  
 Toe thickness left: Max. 1.500 m Min. 1.500 m  
 HL1 = 1.500 m HL2 = 1.500 m  
 Inclination of the wall: 0.000 degree  
 Inclination of the base: 0.000 degree



SOFISTIK AG - www.sofistik.com

Structure of the retaining wall

M 1 : 150

CONSTANTS OF THE SOIL

Factors for wall's friction angle:

- for the active soil pressure: 0.5000
- for the passive soil pressure: 0.0000
- for the soil sided toe : 0.5000
- for the air sided toe : 0.0000

Angle of wall friction for soil in section R-R: 0.0000 degree

Angle of wall friction for soil in section L-L: 0.0000 degree

Angle of wall friction for toe's surface left: 0.0000 degree

Fraction of earth pressure due to dead weight of soil: at wall 1.00  
 section R-R 1.00

Composition of active soil pressure: active soil pressure 100.0%  
 soil pressure at rest 0.0%

Soil pressure in section R-R : activ soil pressure

Soil pressure at the wall : Balanced soil pressure according to DIN 4085

Max. fraction of the passive soil pressure: 0.00%

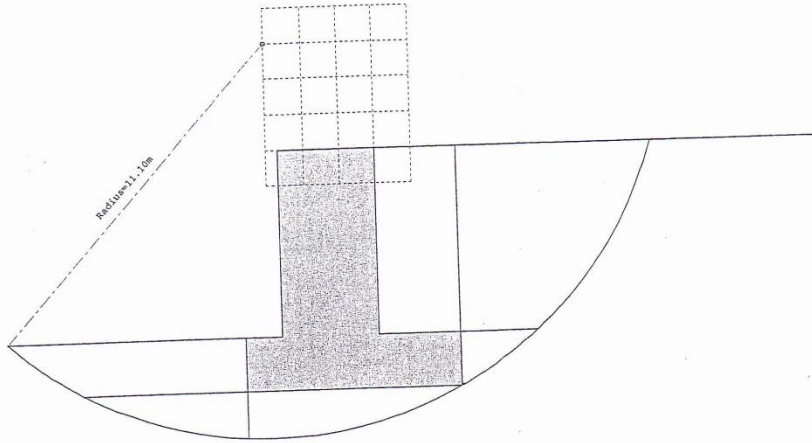
Slope angle beta-1 = 0.00 degree L-1 = 999.999 m

Permissible soil pressure: 200.0 kN/m2

Weight of water : 9.81 kN/m3



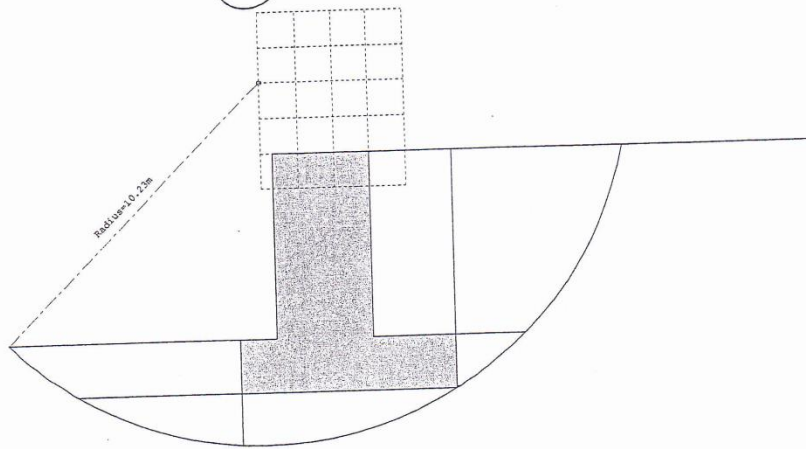
AKROBATRO GA1\_ H= 5.25M, @all=200 KN/M2



Sliding Circle LC 1.1, XM, YM= -3.00, -3.00, R=11.10 Eta= 2.99

OK ✓

M 1 : 150



Sliding Circle LC 1.2, XM, YM= -3.00, -2.00, R=10.23 Eta= 2.80

OK ✓

M 1 : 150

## **ΕΠΙΛΥΣΗ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕΙΣΜΟΥ**



## Συντελεστές ωθήσεων σύμφωνα με τον DIN 4085

### Εδαφικές παράμετροι σχεδιασμού - (ενεργές τιμές)

- Γωνία εσωτερικής τριβής  $\varphi^\circ$
- Γωνία τριβής γαιών-τοιχού  $\delta^\circ$
- Κλίση τοίχου ως προς την κατακόρυφο  $\beta^\circ$
- Κλίση γαιών ως προς την οριζόντιο  $i^\circ$

$\varphi=$	35 °
$\delta=$	17.5 °
$\beta=$	0 °
$i=$	0 °

### Συντελεστές ωθήσεων (DIN 4085)

- Συντελεστής ενεργητικών ωθήσεων
- Συντελεστής παθητικών ωθήσεων
- Συντελεστής ουδετέρων ωθήσεων

$K_{agh}=$	0.235
$K_{ach}=$	0.871
$K_{pgh}=$	7.016
$K_{pch}=$	7.561
$K_o=$	0.426

$$\alpha h = 0.12 \text{ g}$$

### Mononobe-Okabe

σεισμός προς τον τοίχο  
 $\alpha v = 0,20 \times \alpha h = 0.024 \text{ g}$

- Συντελεστής ενεργητικών ωθήσεων

$K_{AE}=$	0.321
$\theta=$	7.009 °
$K_E=K_{AE}-K_{agh}=$	0.086
φισσοδ=	30.92 °

- Επαύξηση ώθησης
- Ισοδύναμη γωνία εσωτερικής τριβής  $\varphi^\circ$

- Συντελεστής παθητικών ωθήσεων

$K_{PE}=$	2.074
$\theta=$	6.684 °
$K_F=K_{PE}-K_{pgh}=$	4.942
φισσοδ=	20.45 °

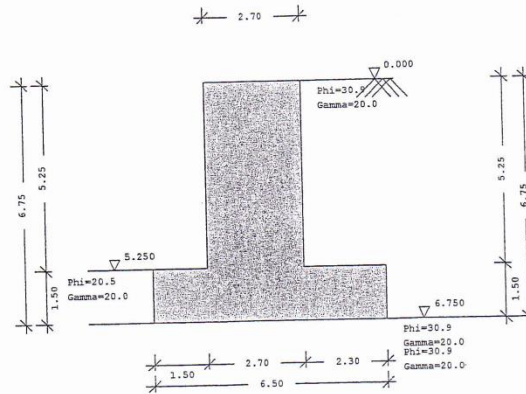
- Μείωση ώθησης
- Ισοδύναμη γωνία εσωτερικής τριβής  $\varphi^\circ$

GAL AKROBATRO\_ H= 5.25M, ah=0.12, @all=800 KN/M2

+++++ warning no. 143 in program WEI2  
 Check the range of the Friction Circle Analysis with: ECHO FCA full!  
 The found centre of the Circle is critical, coordinates near by 0,0!

GEOMETRY OF STRUCTURE

Wall height H : 5.250 m  
 Wall thickness at top: 2.700 m at base: 2.700 m  
 Toe length right: 2.300 m left: 1.500 m  
 Toe thickness right: Max. 1.500 m Min. 1.500 m  
 HR1 = 1.500 m HR2 = 1.500 m  
 Toe thickness left : Max. 1.500 m Min. 1.500 m  
 HL1 = 1.500 m HL2 = 1.500 m  
 Inclination of the wall: 0.000 degree  
 Inclination of the base: 0.000 degree



Structure of the retaining wall

M 1 : 150

CONSTANTS OF THE SOIL

Factors for wall's friction angle:

- for the active soil pressure: 0.5000
- for the passive soil pressure: 0.0000
- for the soil sided toe : 0.5000
- for the air sided toe : 0.0000

Angle of wall friction for soil in section R-R: 0.0000 degree

Angle of wall friction for soil in section L-L: 0.0000 degree

Angle of wall friction for toe's surface left: 0.0000 degree

Fraction of earth pressure due to dead weight of soil: at wall 1.00

section R-R 1.00

Composition of active soil pressure: active soil pressure 100.0%

soil pressure at rest 0.0%

Soil pressure in section R-R : active soil pressure

Soil pressure at the wall : Balanced soil pressure according to DIN 4085

Max. fraction of the passive soil pressure: 0.00%

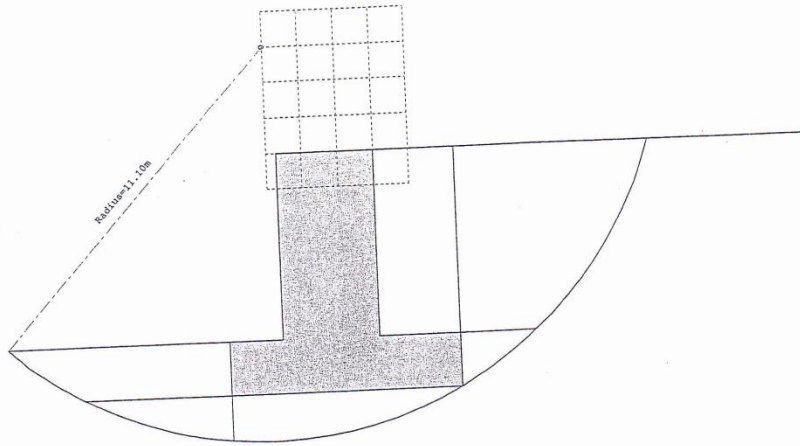
Slope angle beta-1 = 0.00 degree L-1 = 999.999 m

Permissible soil pressure: 800.0 kN/m2

Weight of water : 9.81 kN/m3

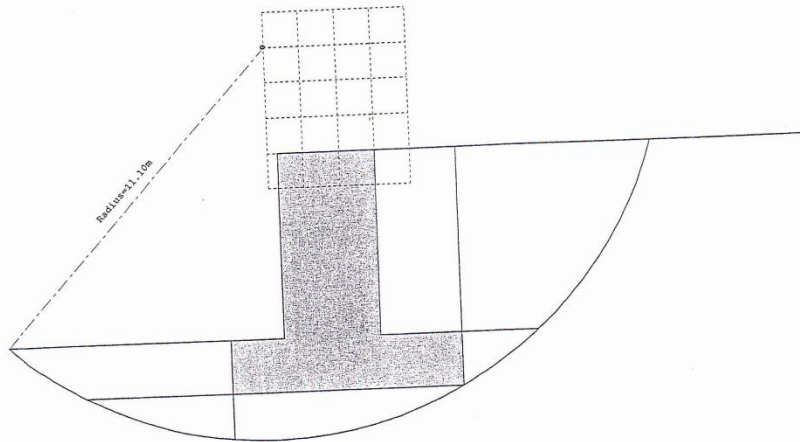


GA1 AKROBATRO\_ H= 5.25M, ah=0.12, @all=800 KN/M2



sliding Circle LC 1.1, XM, YM= -3.00, -3.00, R=11.10 Eca= 2.33

M 1 : 150



sliding Circle LC , XM, YM= -3.00, -3.00, R=11.10 Eca= 2.31

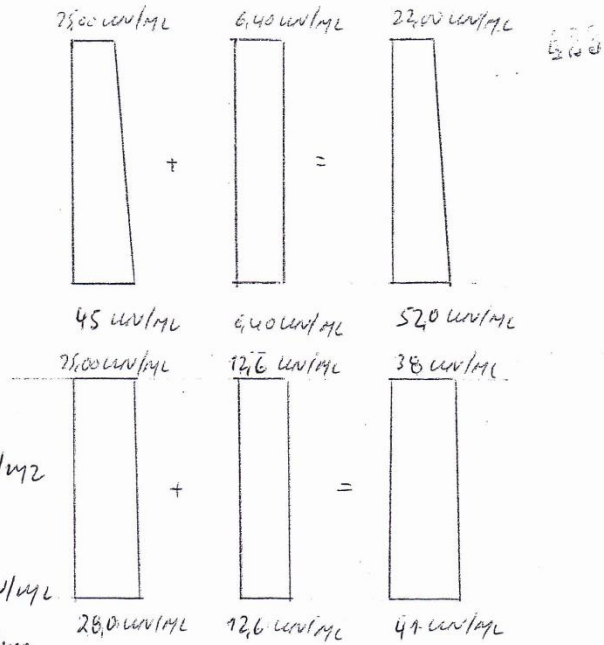
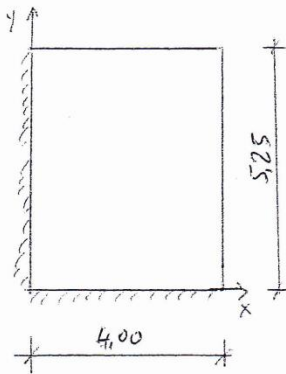
M 1 : 150

## **ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΤΕΡΥΓΟΤΟΙΤΩΝ**



## **ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΤΕΡΥΓΟΤΟΙΧΩΝ**

ΔΙΑΒΛΗΤΙΟΤΗΤΑ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΑΥΤΟΒΑΔΩΣΗ



$$\left\{ \begin{aligned} G_x &= 25 \text{ UN/ML} \\ G_{x_1} &= 0,43 \times 20 \times 5,25 = 45,15 \text{ UN/ML} \\ G_x &= 25 \text{ UN/ML} \\ G_{x_2} &= 0,27 \times 20 \times 5,25 = 28,35 \text{ UN/ML} \\ G_{x_3} &= 0,15 \times 6 \times 1 \times 4 = 12,60 \text{ UN/ML} \end{aligned} \right.$$

Αντ. ανωδ. στρώμα-ωπιδ

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{l_y}{l_x} &= \frac{5,25}{4,00} = 1,31 \rightarrow 1,25 \\ V &= p \cdot l_x \cdot l_y = 22,00 \times 4,00 \times 5,25 = 462,00 \text{ UN} \\ w_{x_{\text{ερ}}} &= \frac{462,0}{-0,54} = -70,65 \text{ UN/ML} ; w_{y_{\text{ερ}}} = \frac{462,0}{-0,41} = -54,95 \text{ UN/ML} \\ V &= 0,50 \times 30,00 \times 4,00 \times 5,25 = 315,00 \text{ UN} \\ w_{x_{\text{ερ}}} &= \frac{315}{-0,54} = -48,30 \text{ UN/ML} ; w_{y_{\text{ερ}}} = \frac{315,0}{-0,41} = -37,45 \text{ UN/ML} \\ w_x &= -(70,65 + 48,30) = -118,95 \text{ UN/ML} ; w_y = -(54,95 + 37,45) = -92,40 \text{ UN/ML} \end{aligned} \right.$$

$$K_{\text{η}x} = \frac{70}{\sqrt{11,89}} = 20,30 \rightarrow \rho_x = 0,43 \times \frac{11,89}{0,70} = 7,30 \text{ UN}^2/\text{ML}$$

$\rho_{\text{η}x} \neq \phi 14/10 \text{ (17+E)}$

Πλάκα Nr. II/1/a

Όμοιομορφο φορτίο  $p$

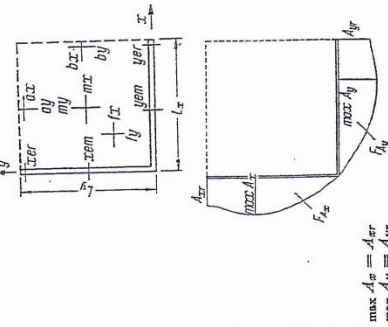
$$K = p \cdot L_x \cdot L_y$$

$$M = \frac{K}{m}$$

$$w = \frac{p \cdot L_x^4}{k_w \cdot N}$$

$$F_{Ax} = \int_0^{L_x} A_x \cdot dx = f_{Ax} \cdot K$$

$$A_x = a_x \cdot \frac{K}{L_y}$$



$\frac{L_y}{L_x}$	$m_{zer}$	$m_{zem}$	$m_{yer}$	$m_{yem}$	$m_{ax}^u$	$m_{ay}^u$	$m_{ax}^u$	$m_{ay}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$f_{Ax}$	$f_{Ay}$	$a_{er}$	$a_{yr}$	$k_{wz}$
1,00	-3,23	-7,33	-3,23	-7,33	14,5	30,5	14,6	30,5	38,5	14,5	14,6	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	0,50	0,50	1,05	1,05	26,4
1,25	-3,29	-6,54	-3,41	-6,43	10,7	50,0	16,9	50,0	30,0	13,1	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	0,60	0,40	1,13	0,89	17,8
1,50	-3,51	-6,11	-3,78	-6,00	8,6	65,2	18,4	65,2	27,0	13,3	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	0,68	0,32	1,14	0,75	13,7
1,75	-3,81	-5,91	-4,27	-5,79	6,7	85,4	21,3	85,4	25,7	14,3	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7	0,74	0,26	1,12	0,63	11,6
2,00	-4,18	-5,90	-4,88	-5,74	6,3	119	26,4	119	28,4	15,8	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	0,79	0,21	1,10	0,52	10,3
$\frac{x}{L_x}$	0	0	1,0	0,5	0	0	0	0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	1,0	
$\frac{y}{L_y}$	1,0	0,5	0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	0	1,0	

max  $A_x = A_{er}$   
max  $A_y = A_{yr}$

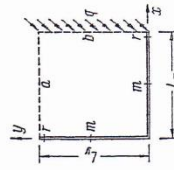
Πλάκα Nr. II/1/b

Γραμμικό φορτίο  $q$  στο άκρο  $x = L_x$

$$K = q \cdot L_y$$

$$M = \frac{K}{m}$$

$$w = \frac{q \cdot L_x^3}{k_w \cdot N}$$



$\frac{L_y}{L_x}$	$m_{zer}$	$m_{zem}$	$m_{yer}$	$m_{yem}$	$m_{ax}^u$	$m_{ay}^u$	$m_{ax}^u$	$m_{ay}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$m_{bx}^u$	$m_{by}^u$	$f_{Ax}$	$f_{Ay}$	$a_{er}$	$a_{yr}$	$k_{wz}$
1,00	-2,22	-8,36	-5,70	-1,02	-6,47	27,9	14,0	7,45	7,72	4,45	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	9,60	4,34	8,65	8,65	10,2
1,25	-2,00	-7,00	-4,51	-1,13	-6,33	37,5	18,8	9,60	7,71	4,44	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	8,86	4,19	8,86	8,86	13,6
1,50	-2,01	-6,10	-4,51	-1,30	-6,48	67,1	26,9	13,5	7,24	4,81	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	9,58	4,38	9,58	9,58	21,9
1,75	-2,10	-3,95	-3,95	-1,50	-6,65	205	41,0	18,8	7,86	5,26	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,6	4,83	4,83	4,83	24,2
2,00	-2,20	-3,08	-3,08	-1,74	-7,36	351	70,2	27,9	8,20	5,91	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	14,7	5,34	5,34	5,34	3,94	
$\frac{x}{L_x}$	0	0	1,0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	1,0	
$\frac{y}{L_y}$	1,0	0,5	0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	

max  $M_f \leq \max M_b$



Τριγωνικό φορτίο p Δ

$$K = \frac{p \cdot L_x \cdot L_y}{2}$$

$$M = \frac{K}{m}$$

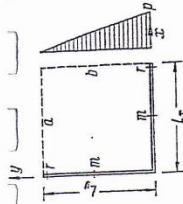
$$w = \frac{p \cdot L_x^4}{k_{10} \cdot N}$$

$$F_{A_x} = \int_0^{L_x} A_x \cdot dx = f_{A_x} \cdot K$$

$$A_x = a_x \cdot \frac{K}{L_x}$$

$$F_{A_y} = \int_0^{L_y} A_y \cdot dy = f_{A_y} \cdot K$$

$$A_y = a_y \cdot \frac{K}{L_y}$$



$\frac{L_y}{L_x}$	$m_{xer}$	$m_{xem}$	max $m_{xex}$	$\frac{y}{L_y}$	$m_{yer}$	$m_{yem}$	$m_{yex}^u$	$m_{yey}^{0,u}$	$m_{yex}^{0,u}$	$m_{yey}^{0,u}$	$m_{yex}^{0,u}$	$m_{yey}^{0,u}$
1,00	-6,60	-9,40	$m_{xer}$		-4,11	-7,74	30,3	96,6	439	76,7	18,2	383
1,25	-7,02	-9,08	$m_{xer}$		-4,05	-8,16	47,6	153	695	58,5	15,4	292
1,50	-7,85	-8,31	-7,00	0,64	-4,19	-8,00	91,8	266	> 1000	54,4	14,7	272
1,75	-8,98	-6,92	-6,87	0,55	-4,41	-9,51	383	629	> 1000	54,8	15,1	274
2,00	-10,3	-6,76	-6,76	0,50	-4,75	-10,4	> 1000	> 1000	> 1000	58,9	15,6	294
$\frac{x}{L_x}$	0	0	0	0	1,0	0,5	0	0	0	0	0	1,0
$\frac{y}{L_y}$	1,0	0,5	μεταβλητό	0	0	0	1,0	1,0	0	0	0	0

$\frac{L_y}{L_x}$	$m_{yx}$	$m_{xy}$	$m_{yx}^u$	$m_{xy}^u$	$f_{Ax}$	$f_{Ay}$	$a_{ex}$	max $a_x$	$\frac{y}{L_y}$	$a_{ey}$	$k_{10}$
1,00	29,5	43,1	46,8	70,5	0,38	0,62	0,43	0,49	0,50	1,04	96,2
1,25	43,1	15,5	45,9	102	0,46	0,54	0,42	0,62	0,50	0,95	64,8
1,50	73,7	14,7	50,0	189	0,53	0,47	0,38	0,73	0,50	0,85	50,2
1,75	75,4	15,1	54,3	272	0,59	0,41	0,32	0,83	0,33	0,75	43,0
2,00	78,1	15,6	58,9	294	0,64	0,36	0,27	0,93	0,33	0,67	39,0
$\frac{x}{L_x}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0
$\frac{y}{L_y}$	0	0	0	0	0	0	1,0	μεταβλητό	1,0	1,0	1,0

max  $A_y = A_{yr}$

## 5.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

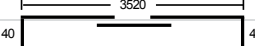
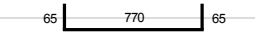
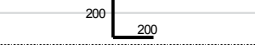
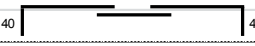
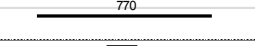
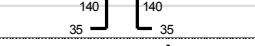
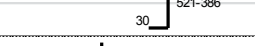
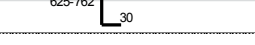
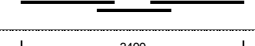

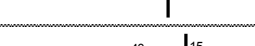




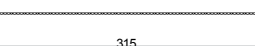
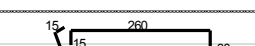
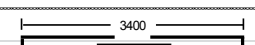
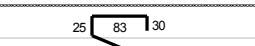
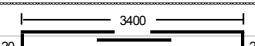


ΘΕΣΕΙΣ	Α/Α	ΣΧΗΜΑ ΡΑΒΔΟΥ	Φ	ΤΕΜ.	ΜΗΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ	
					ΤΕΜΑΧ.	ΟΛΙΚΟ	ΤΕΜΑΧ.	ΟΛΙΚΟ
		Από μεταφορά:					0.00	
		ΔΟΚΟΣ Lb=39.30 M						
	1.1		16	14	14.00	196.00	1.579	309.42
	1.2		16	7	14.00	98.00	1.579	154.71
	2.1		16	4	14.00	56.00	1.579	88.41
	2.2		16	6	14.00	84.00	1.579	132.61
	2.3		16	8	14.00	112.00	1.579	176.81
	3.1		12	36	4.00	144.00	0.888	127.87
	3.2		12	18	14.00	252.00	0.888	223.78
	3.3		12	36	14.00	504.00	0.888	447.55
	4.1		12	28	14.00	392.00	0.888	348.10
	4.2		12	18	14.00	252.00	0.888	223.78
	4.3		12	8	12.00	96.00	0.888	85.25
	5		12	262	2.30	602.60	0.888	535.11
	5.1		10	131	2.20	288.20	0.617	177.72
	6		12	288	4.10	1,180.80	0.888	1,048.55
	7.1		10	247	1.62	400.14	0.617	246.75
	7.2		10	247	1.54	380.38	0.617	234.57
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
		Σε μεταφορά:					4.560.97	

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΠΙΛΙΣΜΟΥ

ΘΕΣΕΙΣ	Α/Α	ΣΧΗΜΑ ΡΑΒΔΟΥ	Φ	ΤΕΜ.	ΒΑΡΟΣ			
					ΟΛΙΚΟ	ΤΕΜΑΧ.	ΟΛΙΚΟ	
<b>Από μεταφορά:</b>					<b>4,560.97</b>			
<b>ΔΟΚΟΣ Lb=39.30 M</b>								
	8		12	55	4.50	247.50	0.888	219.78
	8.1		12	25	4.05	101.25	0.888	89.91
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
	9.2		14	12	2.84	34.08	1.209	41.19
	10		12	12	2.00	24.00	0.888	21.31
	11		20	4	0.70	2.80	2.467	6.91
	12		20	14	3.00	42.00	2.467	103.60
	13		14	32	3.45	110.40	1.209	133.44
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
<b>Σε μεταφορά:</b>					<b>5,177.11</b>			

ΘΕΣΕΙΣ	Α/Α	ΣΧΗΜΑ ΡΑΒΔΟΥ	Φ	ΤΕΜ.	ΜΗΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ	
					ΤΕΜΑΧ.	ΟΛΙΚΟ	ΤΕΜΑΧ.	ΟΛΙΚΟ
							Από μεταφορά:	0.00
ΑΝΩΔΟΜΗ Α1-Α2/ΔΙΑΔΟΚΙΔΕΣ ΑΝΑ ΚΛΑΔΟ								
	1		12	270	14.00	3,780.00	0.888	3,356.64
	2		12	270	14.00	3,780.00	0.888	3,356.64
	6.1		12	268	18.00	4,824.00	0.888	4,283.71
	6.2		12	268	18.00	4,824.00	0.888	4,283.71
	4		14	180	4.00	720.00	1.209	870.24
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
	6		16	16	18.00	288.00	1.579	454.66
	11		14	1,096	1.00	1,096.00	1.209	1,324.70
	14		14	224	4.20	940.80	1.209	1,137.11
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
	15		16	336	1.60	537.60	1.579	848.69
	22		12	400	4.10	1,640.00	0.888	1,456.32
			0	0	0.00	0.00	0.000	0.00
	24		12	360	1.80	648.00	0.888	575.42
	25		12	132	14.00	1,848.00	0.888	1,641.02
	26		30	80	0.50	40.00	5.550	222.00
							Σε μεταφορά:	23,810.87

**ΕΡΓΟ: ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ - ΧΑΛΚΙΔΑ**  
**ΓΕΦΥΡΑ ΓΑ1**  
**Χ.Θ. 4+922,10 αυτοκινητοδρόμου**

ΘΕΣΕΙΣ	Α/Α	ΣΧΗΜΑ ΡΑΒΔΟΥ	Φ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΜΗΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ		
					ΤΕΜΑΧΙΟΥ	ΟΛΙΚΟΝ	Μ.Μ.	ΟΛΙΚΟΝ	
ΘΕΜΕΛΙΟ	<b>Ακρόβαθρο Α1</b>								
	100		18	52x2 104	36,00	3744,00	2,00	7488,0	
	101		18	229x2 458	9,00	4122,00	2,00	8244,0	
	102								
	103		14	10x2x2 40	4,00	160,00	1,21	193,6	
	104.1		18	10x2 20	36,00	720,00	2,00	1440,0	
	104.2		18	10x2 20	7,70	154,00	2,00	308,0	
	105		12	2260	4,00	9040,00	0,888	8027,5	
	109		18		5,51-4,16 4,84	1069,64	2,00	2139,3	
	109.1		18		6,55-7,92 7,24	1600,04	2,00	3200,1	
	110		18	19x2 38	34,00	1292,00	2,00	2584,0	
	112		18	20x2 40	34,60	1384,00	2,00	2768,0	
	113		18	221	3,90	861,90	2,00	1723,8	
ΚΟΡΜΟΣ-ΘΩΡΑΚΙΟ	115		12	530	0,70	371,00	0,888	329,4	
	116		18	5	34,00	170,00	2,00	340,0	
	117		18	5x3 15	34,00	510,00	2,00	1020,0	
	119		14	215	3,73	801,95	1,21	970,4	
	120		14	215	1,73	371,95	1,21	450,1	
	121		18	221	3,15	696,15	2,00	1392,3	
	122		12	730	6,10	4453,00	0,888	3954,3	
	126		14	4	34,40	137,60	1,21	166,5	
	127		12	98x2 196	2,50	490,00	0,888	435,1	
	128		18	10	34,40	344,00	2,00	688,0	
	129		12	221	3,15	696,15	0,888	618,2	
	<i>Σε μεταφορά:</i>							48.480,6	

**ΕΡΓΟ: ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ - ΧΑΛΚΙΔΑ**  
**ΓΕΦΥΡΑ ΓΑ1**  
**Χ.Θ. 4+922,10 αυτοκινητοδρόμου**


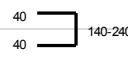
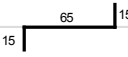
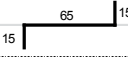
ΘΕΣΕΙΣ	Α/Α	ΣΧΗΜΑ ΡΑΒΔΟΥ	Φ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΜΗΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ	
					ΤΕΜΑΧΙΟΥ	ΟΛΙΚΟΝ	Μ.Μ.	ΟΛΙΚΟΝ
		<b>Ακρόβαθρο Α1</b>			<i>Από μεταφορά:</i>		<b>48.480,6</b>	
ΚΟΡΜΟΣ	130		14	74x2 148	0,90	133,20	1,21	161,2
	138		12	21	5,00	105,00	0,888	93,2
	138		12	21	3,65	76,65	0,888	68,1
	131		12	11x2 22	1,92	42,24	0,888	37,5
	132		14	26+17x3 77	5,80	446,60	1,21	540,4
	134		12	11x2 22	2,84	62,48	0,888	55,5
ΩΤΙΔΕΣ	135		12	11	3,64	40,04	0,888	35,6
	136		18	(10+21)x2+2x3 68	3,80	258,40	2,00	516,8
	137		12	20+30 50	0,65	32,50	0,888	28,9
	139		18	17x4 68	0,90	61,20	2,00	122,4
	170		18	2x2 4	4,00	16,00	2,00	32,0
ΠΛΑΚΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΕΩΣ	150		12	21x3x2 126	5,10	642,60	0,888	570,6
	151		14	39x3x2 234	5,10	1193,40	1,21	1444,0
	152		12	21x3x2 126	5,10	642,60	0,888	570,6
	153		12	126	5,10	642,60	0,888	570,6
	154		12	48x3x2 288	0,82	236,16	0,888	209,7
	155		12	21x2x3x2 252	2,20	554,40	0,888	492,3
ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΑΚΡΑΙΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ	160		18	17	3,60	61,20	2,00	122,4
	160.1		18	7	3,10-5,25 4,18	29,26	2,00	58,5
	160.1		18	10	5,30	53,00	2,00	106,0
					<i>Σε μεταφορά:</i>		<b>54.316,9</b>	

**ΕΡΓΟ: ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ - ΧΑΛΚΙΔΑ**  
**ΓΕΦΥΡΑ ΓΑ1**  
**Χ.Θ. 4+922,10 αυτοκινητοδρόμου**

ΘΕΣΕΙΣ	Α/Α	ΣΧΗΜΑ ΡΑΒΔΟΥ	Φ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΜΗΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ		
					ΤΕΜΑΧΙΟΥ	ΟΛΙΚΟΝ	Μ.Μ.	ΟΛΙΚΟΝ	
<b>Ακρόβαθρο Α1</b>					<i>Από μεταφορά: 54.316,9</i>				
<b>ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΑΚΡΑΙΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ</b>	160.2		18	17	6,70	113,90	2,00	227,8	
	161		18	17	3,70	62,90	2,00	125,8	
	161.1		18	7	3,15-4,75	27,65	2,00	55,3	
	161.1		18	10	4,80	48,00	2,00	96,0	
	161.2		18	17	6,20	105,40	2,00	210,8	
	162.1		18	20	8,05	161,00	2,00	322,0	
	162.2		18	15	2,20-3,20	40,50	2,00	81,0	
	163.1		18	20	8,05	161,00	2,00	322,0	
	163.2		18	15	2,20-3,20	40,50	2,00	81,0	
	164.1		12	80	0,95	76,00	0,888	67,5	
	164.2		12	80	0,95	76,00	0,888	67,5	
	<b>ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΑΚΡΑΙΑ ΔΕΞΙΑ</b>	160		18	17x3	3,60	183,60	2,00	367,2
		160.1		18	7x3	3,10-4,25	77,28	2,00	154,6
		160.1		18	10x3	4,30	129,00	2,00	258,0
160.2			18	26+22x2	5,70	399,00	2,00	798,0	
161			18	17x3	3,70	188,70	2,00	377,4	
161.1			18	7x3	3,10-4,60	80,85	2,00	161,7	
161.1			18	10x3	4,65	139,50	2,00	279,0	
161.2			18	26+22x2	6,10	427,00	2,00	854,0	
162.1			18	20	6,70	134,00	2,00	268,0	
162.1			18	20x2	7,40	296,00	2,00	592,0	
162.2			18	8x3	2,20-3,20	64,80	2,00	129,6	
163.1		18	20	6,70	134,00	2,00	268,0		
					<i>Σε μεταφορά: 60.481,1</i>				



**ΕΡΓΟ: ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ - ΧΑΛΚΙΔΑ**  
**ΓΕΦΥΡΑ ΓΑ1**  
**Χ.Θ. 4+922,10 αυτοκινητοδρόμου**

ΘΕΣΕΙΣ	Α/Α	ΣΧΗΜΑ ΡΑΒΔΟΥ	Φ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΜΗΚΟΣ		ΒΑΡΟΣ	
					ΤΕΜΑΧΙΟΥ	ΟΛΙΚΟΝ	Μ.Μ.	ΟΛΙΚΟΝ
		<b>Ακρόβαθρο Α1</b>			<i>Από μεταφορά:</i>		<b>60.481,1</b>	
163.1			18	20x2 40	7,40	296,00	2,00	592,0
163.2			18	8x3 24	2,20-3,20 2,70	64,80	2,00	129,6
164.1			12	70x3 210	0,95	199,50	0,888	177,2
164.2			12	80+60x2 200	0,95	190,00	0,888	168,7
							<b>Σύνολο:</b>	<b>61.548,6</b>

### 5.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

<u>Α/Α</u>	<u>ΟΝΟΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ</u>
Σ-1	ΚΑΤΟΨΗ
Σ-2	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ
Σ-3	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ ΑΝΩΔΟΜΗΣ
Σ-4	ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΦΕΔΡΑΝΩΝ
Σ-5	ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ-ΟΨΗ ΑΠΟ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ
Σ-6	ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΤΟΜΕΣ
Σ-7	ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΔΟΚΟΥ
Σ-8	ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΔΟΚΩΝ
Σ-9	ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ
Σ-10	ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ-ΠΛΑΚΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ- ΠΤΕΡΥΓΟΤΟΙΧΩΝ
Σ-11	ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΠΛΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ- ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΥ
Σ-12	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΗΘΑΙΟΥ ΣΤΕ-1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

Τα τεχνικά σχέδια της Μελέτης παρατίθενται στο παράρτημα της Πτυχιακής Εργασίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Οι παρακάτω φωτογραφίες της γέφυρας ελήφθησαν στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας στις 4/10/2014 από τις σπουδάστριες Αναστασίου Ερασμία, Ηλιοπούλου Ευσταθία και Κουλαξίζη Βαΐα.



Φωτ. 6.1 Νοτιοανατολική όψη της γέφυρας.



Φωτ. 6.2 Βορειοδυτική όψη της γέφυρας.



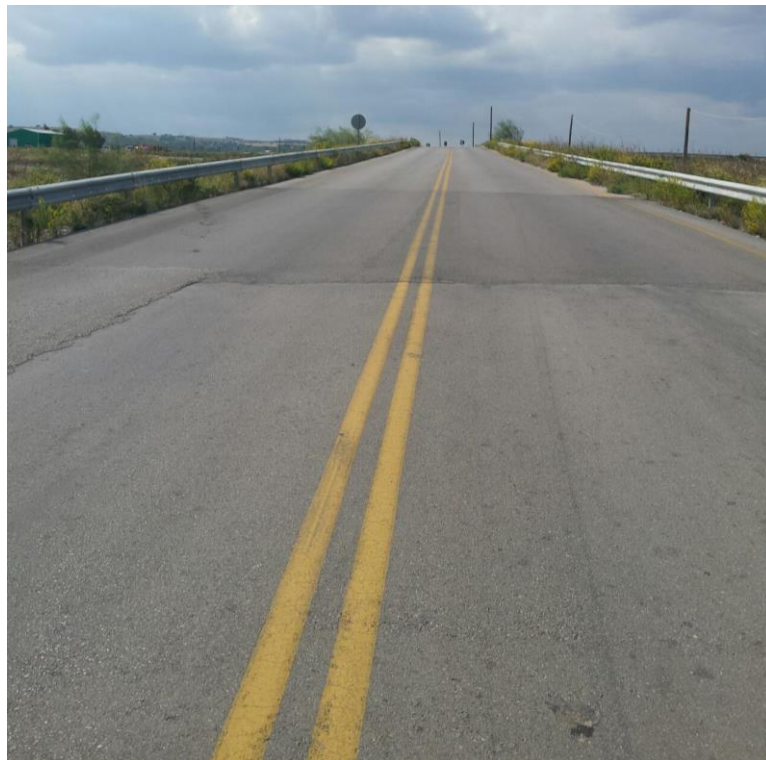
Φωτ. 6.3 Λεπτομέρεια της περιοχής έδρασης του φορέα ανωδομής στο ακρόβαθρο της γέφυρας.



Φωτ. 6.4 Βορειοανατολική όψη του καταστρώματος της γέφυρας.



Φωτ. 6.5 Άποψη της γέφυρας φωτογραφημένης από το ρεύμα του οδοστρώματος με κατεύθυνση προς Καλοχώρι.



Φωτ. 6.6 Άποψη της γέφυρας φωτογραφημένης από το ρεύμα του οδοστρώματος με κατεύθυνση προς Σχηματάρι.



Φωτ. 6.7 Τμήμα του στηθαίου ασφαλείας τύπου ΣΤΕ-1 της γέφυρας.



Φωτ. 6.8 Λεπτομέρεια στήριξης του στηθαίου ΣΤΕ-1.



Φωτ. 6.9 Αρμός συστολής-διαστολής ολικού εύρους μετακίνησης 140 mm στο Νοτιοδυτικό άκρο της γέφυρας.



Φωτ. 6.10 Λεπτομέρεια από το διάκενο του αρμού στο Νοτιοδυτικό άκρο της γέφυρας στη θέση του πεζοδρομίου.

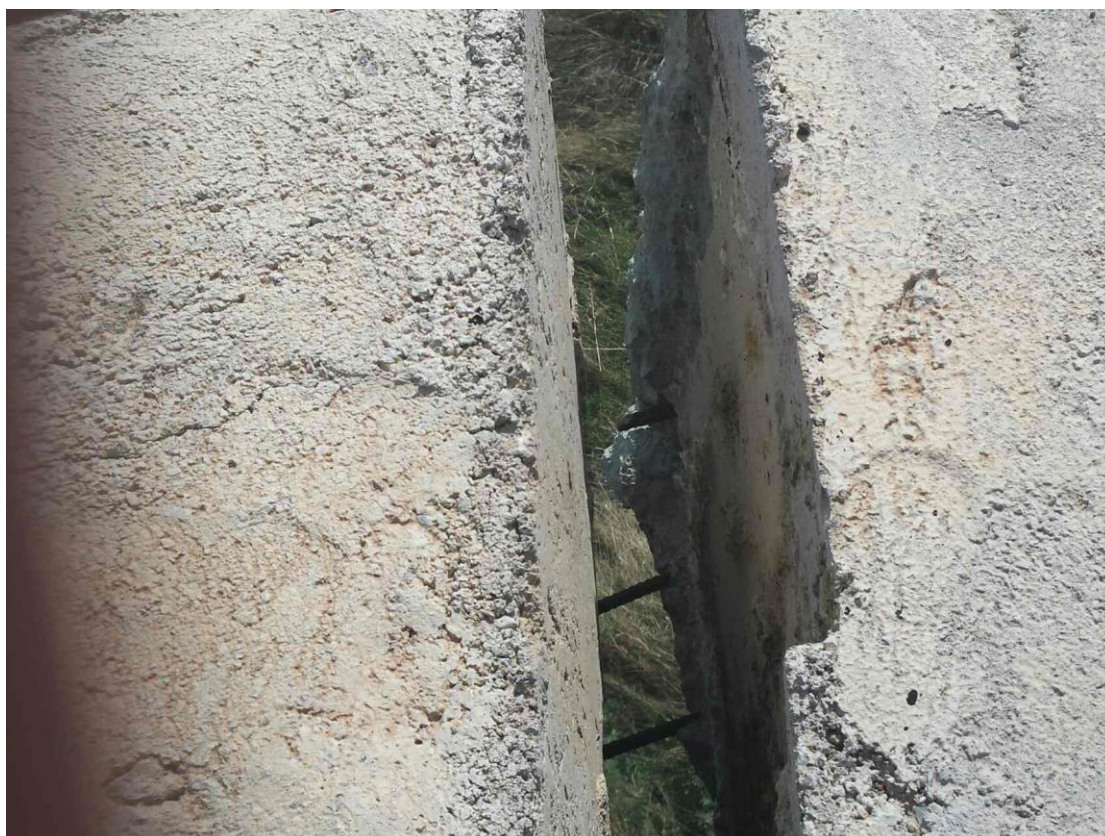




Φωτ. 6.11 Απολήξεις των υποδομών (σωληνώσεων) για δίκτυα (ύδρευσης, παροχή ρεύματος κλπ.) στο άκρο του πεζοδρομίου.



Φωτ. 6.12 Τμήμα των σωληνώσεων του δικτύου υποδομών που έχει αποκαλυφθεί σε περιοχή όπου διακόπτεται η συνέχεια του πεζοδρομίου.



Φωτ. 6.13 Διάκενο μεταξύ τμημάτων του πεζοδρομίου, πιθανόν λόγω της σκυροδέτησής του σε περισσότερες από μία φάσεις.



Φωτ. 6.14 Αποκάλυψη οπλισμών σε πεζοδρόμιο της γέφυρας λόγω πλημμελούς κατασκευής στη συγκεκριμένη θέση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στον τομέα του υπολογισμού των κατασκευών, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (Η/Υ) έχει γίνει ένα σημαντικό εργαλείο για να βοηθάει το Μηχανικό να εκτελεί την εργασία του.
2. Με τις κλασικές μεθόδους υπολογισμού συνήθως γίνονται περισσότερες απλουστευτικές παραδοχές για να επιτευχθεί η επίλυση των φορέων. Επιπλέον, ο χρόνος και η προσπάθεια που απαιτείται καταπονεί το Μηχανικό, με αποτέλεσμα οι πιθανότητες να γίνει κάποιο λάθος να αυξάνονται.
3. Ο μελετητής Μηχανικός οφείλει να είναι σε θέση να ελέγχει αυτοτελώς την ορθότητα των αποτελεσμάτων που του δίνει το πρόγραμμα Η/Υ που χρησιμοποιεί, καθώς αυτός ο έλεγχος επιβάλλεται για την ασφάλεια της κατασκευής.
4. Υπάρχει μία πληθώρα προγραμμάτων Η/Υ που μπορεί κανείς να επιλέξει ανάλογα με τις ανάγκες του. Τα προγράμματα αυτά συνεχώς εξελίσσονται και ο βαθμός αξιοπιστίας τους μεγαλώνει.
5. Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία περιλαμβάνει την πλήρη και αναλυτική μελέτη γέφυρας ενός ανοίγματος 37,90 m από προεντεταμένο και οπλισμένο σκυρόδεμα με ελαστομεταλλικά εφέδρανα, ρέματος Καλοχωρίου στον οδικό άξονα Σχηματαρίου – Χαλκίδας, με τη χρήση Η/Υ.
6. Η επιλογή του τύπου της γέφυρας και της μεθόδου κατασκευής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον προυπολογισμό του έργου. Ο μελετητής βάσει της πείρας και των γνώσεών του καλείται να κάνει τη σωστή επιλογή. Η αρμονία της γέφυρας με το περιβάλλον πρέπει να αποτελεί έναν επιπλέον στόχο του μελετητή.
7. Κάθε μελέτη τεχνικού έργου οφείλει να συμμορφώνεται με τους ισχύοντες κανονισμούς υλικών, φορτίσεων, ανάλυσης και διαστασιολόγησης. Για την μελέτη της παρούσας γέφυρας ελήφθησαν υπόψη οι κανονισμοί: DIN 4227, DIN 1072, DIN 1075, DIN 4085, DIN 4141, DIN 1045 , τις οδηγίες για τον Αντισεισμικό Κανονισμό Γεφυρών (Ε39/99 ΥΠΕΧΩΔΕ) και τον ΕΑΚ 2000/2003 και η γέφυρα υπολογίσθηκε για τα φορτία κατηγορίας 60/30 κατά DIN 1072.

## **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, 1985-2015.
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», Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Πάτρα, 1999-2015.
4. ΜΙΧΑΗΛ Ν. ΦΑΡΔΗΣ, «Σύνθεση Γεφυρών Σκυροδέματος», Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Πάτρα 2011.
5. F. LEONHARDT, «Ολόσωμες Κατασκευές, 6. Ολόσωμες Γέφυρες», Μ. Γκιούρδας, Αθήνα 1979.
6. DIN 4017 (1986)  
"Έδαφος Θεμελίωσης – Υπολογισμός Θραύσης Εδάφους", Έκδοση Μαΐου 1986.
7. DIN 4019 (1979) Baugrund. Setzungsberechnungen. Έκδοση Απριλίου 1979.
8. 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 781Β/18.06.2003.
9. ΕΚΩΣ 2000 (2000) Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος "ΕΚΩΣ 2000", ΦΕΚ 1329Ε/6.11.2000.
10. GRUNDBAUTASCHENBUCH (1996) Teil 1-2, Ernst & Sohn, Berlin, 1996.
11. KANYM. (1974) "Μεθοδικός Υπολογισμός Επιφανειακών Θεμελιώσεων", Μετάφραση στα Ελληνικά 1979.
12. ΚΕΔΕ (2004) "Γεωτεχνική έρευνα στο οδικό τμήμα Σχηματάρι-Χαλκίδα από Χ.Θ. 2+907 έως Χ.Θ. 5+799. ΚΕΔΕ. Σεπτέμβριος 2004.
13. MITCHELL J.K., GUZIKOWSKI F., VILLET W.C.B. (1978) "The Measurement of Soil Properties in Situ", Department of Civil Engineering, U.C. Berkeley.
14. WINTERKORN H.F., FANG H.Y. (1991)

“Foundation Engineering Handbook”, 2nd edition, Van Nostrand Reinhold, New York.

15. Πηγές από το διαδίκτυο :

- <http://gefires.blogspot.gr/>
- <http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/01cases.html>
- <https://www.aegean.gr/gympeir/gefires.htm>
- <http://8gym-perist.att.sch.gr/Programes/Via%20Romana/bridges.htm>
- <http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/2818/Kararylle%20-%20Koytsopoylou%20%5BMain%5D.pdf?sequence=1>
- <https://prezi.com/wjoo95dp6rf6/presentation/>
- [http://lee.civil.ntua.gr/pdf/mathimata/eidika\\_themata/simeioseis/bridge-2011.pdf](http://lee.civil.ntua.gr/pdf/mathimata/eidika_themata/simeioseis/bridge-2011.pdf)
- <http://perierga.gr/2013/09/10-%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%85%CF%80%CF%89%CF%83%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AD%CF%82-%CE%B3%CE%AD%CF%86%CF%85%CF%81%CE%B5%CF%82-2/>
- <http://blog.youdesign.gr/en/2009/09/elaborate-bridges/>
- <http://zanneio2009a26.pbworks.com/w/page/8734039/FrontPage>
- [http://www.civ.uth.gr/lessons/52%5Ckephalaio\\_12.pdf](http://www.civ.uth.gr/lessons/52%5Ckephalaio_12.pdf)
- [http://periergaa.blogspot.gr/2014/09/photos\\_64.html](http://periergaa.blogspot.gr/2014/09/photos_64.html)
- <http://www.inside.com.cy/entipwsiakesgefires/>

- [http://zanneioa4group10englishclass2007.pbworks.com/w/page/9659403/ergasia texnologias](http://zanneioa4group10englishclass2007.pbworks.com/w/page/9659403/ergasia%20texnologias)
- [http://library.tee.gr/digital/m2456/m2456\\_panetsos1.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2456/m2456_panetsos1.pdf)
- <http://kpe-makrin.mag.sch.gr/smnrgefyr13/erg1213/gefyres.pdf>
- [http://www.diolkos-eng.gr/uploads/file/Technical-papers/EC8-1%CE%9C%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD EN 1998.pdf](http://www.diolkos-eng.gr/uploads/file/Technical-papers/EC8-1%CE%9C%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD%20EN%201998.pdf)
- [http://lee.civil.ntua.gr/pdf/mathimata/antiseismiki\\_texnologa\\_2/simeioseis/EC8.pdf](http://lee.civil.ntua.gr/pdf/mathimata/antiseismiki_texnologa_2/simeioseis/EC8.pdf)
- <http://www.santamas.org/EC8shortnotes.pdf>
- [http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4963/1/MSc Thesis Georgios Tsampras.pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4963/1/MSc%20Thesis%20Georgios%20Tsampras.pdf)
- <http://cubushellas.gr/30-PDF/Part-1-GR.pdf>
- <http://www.sofistik.gr/>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

<u>Α/Α</u>	<u>ΟΝΟΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ</u>
Σ-1	ΚΑΤΟΨΗ
Σ-2	ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ
Σ-3	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ ΑΝΩΔΟΜΗΣ
Σ-4	ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΦΕΔΡΑΝΩΝ
Σ-5	ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ-ΟΨΗ ΑΠΟ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ
Σ-6	ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΤΟΜΕΣ
Σ-7	ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΔΟΚΟΥ
Σ-8	ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΔΟΚΩΝ
Σ-9	ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ
Σ-10	ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ-ΠΛΑΚΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ- ΠΤΕΡΥΓΟΤΟΙΧΩΝ
Σ-11	ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΠΛΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ- ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΥ
Σ-12	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΗΘΑΙΟΥ ΣΤΕ-1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΟΚΑΡΙΟΥ

