

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ
ΓΕΦΥΡΟΠΛΑΣΤΙΓΓΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ**



**ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (Α.Μ. 4702)
ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (Α.Μ. 4885)**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΘΥΜΙΟΥ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην μελέτη και στο σχεδιασμό μιας μεταλλικής γεφυροπλάστιγγας επιφανειακής τοποθέτησης. Η ανάγκη για ζύγιση των φορτηγών που μετέφεραν διάφορα υλικά καθώς και διάφορα καθημερινά αγαθά ήταν η αρχή για την κατασκευή ενός ζυγού ο οποίος θα είχε την ικανότητα να αντεπεξέλθει σε τόσο μεγάλα μεγέθη ζύγισης. Έτσι κατασκευάστηκαν οι γεφυροπλάστιγγες οι οποίες έχουν την ικανότητα για την ζύγιση μεγάλων φορτηγών τα οποία χρησιμοποιούμε σε καθημερινή βάση στις διάφορες μεταφορές.

Στην αρχή γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη του ζυγού. Στην συνέχεια περιγράφονται τα είδη από γεφυροπλάστιγγες που υπάρχουν και αναφέρεται η μέθοδος που επιλέξαμε για τον υπολογισμό της δικής μας περίπτωσης. Επίσης παρουσιάζονται οι μαθηματικοί υπολογισμοί και στο τέλος παρατίθενται διάφορα σχέδια τα οποία δίνουν λεπτομέρειες για την κατασκευή μια γεφυροπλάστιγγας.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ανδρέα Ευθυμίου, για την βοήθεια την οποία μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της εργασίας.

Αλεξόπουλος Ιωάννης-Παναγιώτης

Αλεξόπουλος Παναγιώτης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην μελέτη και στον σχεδιασμό μίας μεταλλικής γεφυροπλάστιγγας επιφανειακής τοποθέτησης, η οποία χρησιμοποιείται καθημερινά για την ζύγιση φορτηγών και αυτοκινήτων.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο δίνουμε τον ορισμό του ζυγού καθώς και την αρχή λειτουργίας του. Επίσης αναφέρουμε την εξέλιξη του ζυγού μέσα στους αιώνες και τις διάφορες καινοτομίες που χρησιμοποιήθηκαν. Ακόμα γίνεται αναφορά σε ορισμένα είδη ζυγών καθώς και στον διαχωρισμό τους σε μηχανικούς και ηλεκτρονικούς ζυγούς. Τέλος δίνονται ορισμένες προφυλάξεις για την σωστή χρήση των ζυγών καθώς και τρόποι έλεγχου για την σωστή λειτουργία τους.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις γεφυροπλάστιγγες οι οποίες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις ηλεκτρονικές και τις μηχανικές που έχουν αντικατασταθεί σταδιακά από τις ηλεκτρονικές. Επίσης διαχωρίζονται οι γεφυροπλάστιγγες ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους και τον τρόπο τοποθέτησης τους στους διάφορους χώρους.

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά τον μηχανισμό ζύγισης που χρησιμοποιούν οι ηλεκτρονικές γεφυροπλάστιγγες, τις δυναμοκυψέλες. Αναλύουμε τον τρόπο λειτουργίας της δυναμοκυψέλης καθώς και ορισμένα είδη που υπάρχουν και χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές εφαρμογές και δείχνουμε κάποια είδη από δυναμοκυψέλες με φωτογραφίες. Επεξηγούμε αναλυτικά τον διεθνής κώδικας προστασίας (IP) και τη σημασία του κάθε ψηφίου.

Το τέταρτο κεφάλαιο σχετίζεται με κάποιες βασικές αρχές της μηχανικής και το αντικείμενο της αντοχής των υλικών. Αναλύουμε τα είδη καταπονήσεων καθώς και τα είδη φορτίων και αναφέρουμε τα διάφορα είδη φορέων. Επίσης, αναφέρονται οι υπερστατικοί δοκοί και αναλύεται η μέθοδος της επαλληλίας και η μέθοδος των τριών ροπών οι οποίες είναι δύο τρόποι επίλυσης των υπεραστικών δοκών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αρχίζει ο υπολογισμός της κατασκευής με την μέθοδο της επαλληλίας και την μέθοδο των τριών ροπών και αναλύονται βήμα-βήμα οι πράξεις και η μεθοδολογία επίλυσης. Κάνοντας τις απαραίτητες αντικαταστάσεις έτσι ώστε να βρεθούν τα απαραίτητα αποτελέσματα τα οποία

θα βοηθήσουν στο σχεδιασμό των διαγραμμάτων τεμνουσών δυνάμεων και καμπτικών ροπών, τα οποία με την σειρά τους θα βοηθήσουν στην επιλογή των κατάλληλων υλικών.

Στο έκτο κεφάλαιο σύμφωνα με τύπους γίνεται η επιλογή της κατάλληλης διατομής που θα χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό την κατασκευής μέσα από συγκεκριμένους πίνακες. Επίσης μέσα από τους ίδιους πίνακες υπολογίζεται το συνολικό βάρος της κατασκευής έτσι ώστε να επιλεγούν οι κατάλληλες δυναμοκυψέλες οι οποίες θα στηρίζουν την κατασκευή και θα δώσουν τις σωστές μετρήσεις έτσι ώστε να επιτύχουμε την κατάλληλη δυναμικότητα ζύγισης.

Κλείνοντας, στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται οι διάφορες δυσκολίες που συναντήσαμε κατά την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας που με την σημαντική βοήθεια των καθηγητών μας, καταφέραμε να ξεπεραστούν ώστε να φέρουμε σε πέρας το θέμα που αναλάβαμε.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΖΥΓΟΙ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	11
1.1 ΖΥΓΟΣ	11
1.1.1 Αρχή του ζυγού	11
1.1.2 Νεώτερες εξελίξεις.....	12
1.2 ΤΥΠΟΙ ΖΥΓΩΝ.....	12
1.3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΖΥΓΙΣΗ.....	13
1.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΖΥΓΙΣΗ	17
1.5 ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΖΥΓΩΝ.....	22
1.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΖΥΓΩΝ.....	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΦΥΡΟΠΛΑΣΤΙΓΓΕΣ	25
2.1 ΓΕΦΥΡΟΠΛΑΣΤΙΓΓΑ	25
2.1.1 Μηχανικές γεφυροπλάστιγγες	25
2.1.2 Ηλεκτρονικές γεφυροπλάστιγγες.....	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΗ (ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΦΟΡΤΙΟΥ-LOADCELL).....	30
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	30
3.1.1 Ορισμένοι τύποι δυναμοκυψέλης	32
3.2 ΚΩΔΙΚΑΣ IP	34
3.2.1 Πρώτο ψηφίο.....	34
3.2.2 Δεύτερο ψηφίο	35
3.2.3 Εναλλακτικά γράμματα	36
3.2.4 Μηχανική αντοχή σε κρούση	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΤΟΧΗ ΥΛΙΚΩΝ	39
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.....	39
4.1.1 Αντικείμενο της αντοχής των υλικών	40
4.1.2 Είδη καταπονήσεων	42
4.1.3 Σύνθετες καταπονήσεις	43
4.1.4 Είδη Φορτίων	44
4.1.5 Είδη Φορέων	47
4.2 ΥΠΕΡΣΤΑΤΙΚΟΙ ΔΟΚΟΙ.....	48
4.2.1 Μέθοδος της επαλληλίας.....	49
4.2.2 Θεώρημα τριών ροπών ή μέθοδος CLAPEYRON.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	58
5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	58
5.2 Δοκός με δύναμη P.....	62
5.3 Δοκό με ροπή.	62
5.3.1 Περίπτωση 1	63
5.3.2 Περίπτωση 2	63
5.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΜΠΤΙΚΩΝ ΡΟΠΩΝ	69
5.4.1 Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων.....	72
5.4.2 Διάγραμμα καμπτικών ροπών.....	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ	77
6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΔΟΚΟΥ	77
6.1.1 Περίπτωση 1	78
6.1.2 Περίπτωση 2	78
6.1.3 Περίπτωση 3	78
6.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΗΣ.....	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	82
--------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	84
ΣΧΕΔΙΑ.....	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	92

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Kn = μονάδα μέτρησης δύναμης

P = δύναμη καταπόνησης

W = απαιτούμενη ροπή αντίστασης

$\sigma_{\text{διαρροής}}$ = όριο διαρροής

ΣF_x = συνισταμένη των δυνάμεων στον άξονα x

ΣF_y = συνισταμένη των δυνάμεων στον άξονα y

ΣM = συνισταμένη των δυνάμεων ροπής

ton = μονάδα μέτρησης βάρους

cm = μονάδα μέτρησης μήκους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ZYGOI–ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.1 ΖΥΓΟΣ

Ο ζυγός είναι όργανο μέτρησης του βάρους. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε κάθε τομέα της ανθρώπινης ζωής. Από τις μεταφορές και το εμπόριο μέχρι τα εργοστάσια παραγωγής και τα εργαστήρια ερευνών.

1.1.1 Αρχή του ζυγού

Η αρχή του ζυγού, μια ελεύθερη αιωρούμενη δοκός που ισορροπείται με γνωστά ή άγνωστα βάρη, είναι γνωστή από την εποχή του πρωτόγονου ανθρώπου και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στους απλούς ζυγούς και στα επιστημονικά όργανα υψηλής ακρίβειας. Στους πρωτόγονους ξύλινους ζυγούς οι πείροι ήταν κοινοί σπάγκοι, που τους περνούσαν μέσα από κατακόρυφες τρύπες στη δοκό. Οι ζυγοί αυτοί ήταν ανακριβείς κατά πρώτο λόγο εξαιτίας της δυσκολίας προσδιορισμού των τρυπών με ακρίβεια και κατά δεύτερο λόγο, γιατί οι σπάγκοι ξέφευγαν από τις τρύπες. Οι Αιγύπτιοι τους βελτίωσαν τοποθετώντας τους σπάγκους έξω από τα άκρα της δοκού. Τα μήκη των βραχιόνων του μοχλού θα μπορούσαν τότε να εξισωθούν αφαιρώντας τα άκρα της δοκού, με αποτέλεσμα οι σπάγκοι να στηρίζονται στέρεα από τα φορτία στα άκρα της δοκού. Ο αιγυπτιακός «πέιρος» από σπάγκο χρησιμοποιούταν σε πολλές ανατολικές αγορές περίπου μέχρι τα μέσα του αιώνα. Οι πρώτες προσπάθειες για την αντικατάσταση των πείρων από σπάγκο με μεταλλικούς πείρους έγιναν πιθανόν από τους Έλληνες και Ρωμαίους. Αυτοί κατά περίεργο τρόπο επανέλαβαν το λάθος του πρωτόγονου πείρου από σπάγκο χρησιμοποιώντας μια οριζόντια τρύπα μ' ένα δαχτυλίδι μέσα σ' αυτήν. Αυτός ο τύπος του πείρου παρέμεινε σε χρήση στην Ευρώπη μέχρι την Αναγέννηση, όταν τα διδάγματα της αιγυπτιακής δοκού αποκαλύφθηκαν και το δαχτυλίδι περάστηκε σε μια τρύπα ενός άκρου, που είχε το σχήμα της σάλπιγγας.

1.1.2 Νεότερες εξελίξεις

Η ανάπτυξη του μοντέρνου αιχμηρού πείρου, πού έχει τις κύριες απαιτήσεις της χαμηλής τριβής και υψηλή ακρίβεια διαστάσεων, έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια του 16ου και 17ου αιώνα. Στα τέλη του 17ου αιώνα η έννοια του «στατικού αινίγματος» του Roberval (Ρόμπερβαλ) αποτελούσε ένα σημαντικό βήμα για την εξέλιξη της ζυγίσεως. Επέτρεψε να τοποθετούνται τα αγαθά και οι ζυγιστικές πλάκες επάνω στη δοκό και διατηρώντας το επίπεδο των πλακών έτσι, ώστε τα βάρη και τα αγαθά να μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε επάνω στις πλάκες, χωρίς να διαταραχτεί η ακρίβεια. (Αυτή είναι η αρχή του αρχαίου και ονομαστού ζυγού του οπωροπώλη).

Μια πιο πρόσφατη σπουδαία εφεύρεση από τον Leonardo da Vinci ήταν η χρήση του εκκρεμούς όχι μόνο για ζύγισμα, αλλά και για να δείχνει το βάρος του φορτίου. Έτσι, υπήρξε η πιθανότητα εφευρέσεως μιας κλίμακας με αυτόματη ένδειξη, που δεν απαιτούσε χειριστή, για να χειρίζεται τα διάφορα βάρη ή τα ολισθαίνοντα αντίβαρα. Στις αρχές του 20ου αιώνα οι κατασκευαστές κλιμάκων συνειδητοποίησαν, ότι μπορούν να συνδυάσουν το εκκρεμές, το μηχανισμό Roberval και έναν πιο βελτιωμένο και ακριβή μηχανισμό, που επινοήθηκε από τον Joseph Beranger (Τζόσεφ Μπέραντζερ), έναν κατασκευαστή ζυγών του 19ου αιώνα. Οι συνδυασμοί αυτοί παραμένουν σε χρήση μέχρι και σήμερα στο συνηθισμένο τύπο των ζυγών λιανικής πώλησεως με μια βελόνα ενδείξεως, που περιστρέφεται μπροστά σε μια κλίμακα σχήματος τόξου.

1.2 ΤΥΠΟΙ ΖΥΓΩΝ

Η πρώτη βασική διάκριση των ζυγών είναι ανάλογα με τη χρήση τους. Έτσι, υπάρχουν ζυγοί:

- Μεταφορών, για τη ζύγιση μεταφερομένων εμπορευμάτων ή μεταφορικών μέσων (γεφυροπλάστιγγες)
- Εμπορίου, για τη ζύγιση πωλουμένων αγαθών, π.χ. (κρεοπωλεία, σουπερμάρκετ κτλ.)
- Εργαστηριακοί ζυγοί, για τη ζύγιση με μεγάλη ακρίβεια υλικών που χρησιμοποιούνται σε πειράματα, αναλύσεις, ακριβείς μετρήσεις κτλ.

Οι ζυγοί διακρίνονται, επίσης, σύμφωνα με τα μετρολογικά χαρακτηριστικά τους, τα εξωτερικά χαρακτηριστικά τους και την αρχή λειτουργίας τους.

Μετρολογικό χαρακτηριστικό είναι το μέγιστο βάρος ζύγισης, η αναγνωσιμότητα της κλίμακας που μπορεί να μη συμπίπτει με την ακρίβεια του ζυγού και την επαναληψιμότητα των ενδείξεων, όταν ζυγίσουμε το ίδιο σώμα κάτω από τις ίδιες συνθήκες πολλές φορές.

Τα εξωτερικά χαρακτηριστικά εξαρτώνται από την κατασκευή, η οποία υπαγορεύεται από τις απαιτήσεις χρήσης τους καθώς και την ανάγκη επίτευξης μεγαλύτερης ακρίβειας κατά την ζύγιση.

Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους, οι ζυγοί διακρίνονται σε:

- Μηχανικούς
- Ηλεκτρονικούς

1) Οι μηχανικοί ζυγοί στηρίζουν την λειτουργία τους στην παραμόρφωση ενός ή περισσότερων ελατηρίων ή στην ύπαρξη μιας φάλαγγας (ράβδου).

2) Οι ηλεκτρονικοί ζυγοί στηρίζονται στους μεταλλάκτες μηχανικής τάσης ή στους ηλεκτροδυναμικούς μεταλλάκτες. Από αυτούς οι ζυγοί με ελατήρια και οι ηλεκτρονικοί μετρούν το βάρος δηλαδή την ελκτική δύναμη που ασκεί η Γη σε κάθε σώμα που βρίσκεται κοντά ή επάνω της. Οι ζυγοί με φάλαγγα, επειδή είναι όργανα σύγκρισης, μπορούν να μετρήσουν (έμμεσα) και μάζα.

1.3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΖΥΓΙΣΗ

Μηχανικοί ζυγοί

Οι μηχανικοί ζυγοί διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη είναι ο ζυγός που χρησιμοποιεί το ελατήριο σαν μέσο ζύγισης και ο δεύτερος ο ζυγός με φάλαγγα που έχει σαν αρχή τον ζυγό του Roberval (Ρόμπερβαλ).

Ζυγός με ελατήριο



Εικόνα 1.1: Ζυγός με ελατήριο

Η βαθμονόμηση ενός τέτοιου ζυγού Εικ. 1.1 γίνεται με τη βοήθεια πρότυπων βαρών. Ο ζυγός αυτού του τύπου δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής, καθώς η σταθερά του ελατηρίου, από το οποίο εξαρτάται η ζύγιση, όπως και το μήκος του είναι δυνατό να επηρεαστούν από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα από τη θερμοκρασία. Το βασικό του μειονέκτημα είναι ότι η ακρίβεια ζύγισης επηρεάζεται άμεσα και καθοριστικά από τις γεωγραφικές συντεταγμένες και το υψόμετρο του τόπου στον οποίο εκτελείται η ζύγιση.

Ζυγός με φάλαγγα



Εικόνα 1.2: Ζυγός με φάλαγγα

Ο ζυγός με φάλαγγα Εικ. 1.2 αποτελείται από μια ράβδο (φάλαγγα), η οποία στηρίζεται στην κορυφή ενός πρίσματος ή μιας ακίδας. Στα άκρα της φάλαγγας και σε ίσες αποστάσεις από το σημείο στήριξης αναρτώνται δύο δίσκοι. Εάν στους δύο δίσκους βάλουμε δύο σώματα βάρους $B_1=B_2$ τότε ο ζυγός θα ισορροπήσει. Τα προβλήματα - μειονεκτήματα που παρουσιάζει ο ζυγός αυτού του τύπου είναι:

1. Ταλαντώνεται για αρκετό χρονικό διάστημα πριν ισορροπήσει. Για την εξάλειψη αυτού του φαινομένου χρησιμοποιούνται συστήματα απόσβεσης με αέρα ή μαγνητικό πεδίο.
2. Είναι αδύνατον να κατασκευαστεί φάλαγγα με απόλυτα ισομήκη τμήματα. Όσο μεγαλύτερη ακρίβεια επιτυγχάνεται, τόσο αυξάνει και το κόστος αλλά και η δυσχέρεια συντήρησης του ζυγού.

Για την άρση των πιο πάνω μειονεκτημάτων κατασκευάστηκε ο ζυγός με αντικατάσταση. Στο ζυγό αυτό έχει αντικατασταθεί ο ένας δίσκος με ένα σταθερό βάρος, ενώ στον άλλο τοποθετείται το δείγμα και τα σταθμά αντιστάθμισης.

Στους ζυγούς αυτού του τύπου έχουν γίνει οι παρακάτω βελτιώσεις:

- Το αντισταθμιστικό βάρος έχει ενσωματωθεί μόνιμα στη φάλαγγα.
- Για να ελαττωθεί η συνολική φόρτιση, το κεντρικό σημείο στήριξης μετατοπίστηκε προς τα σταθμά.
- Τοποθετήθηκε μηχανισμός που θέτει εκτός λειτουργίας την φάλαγγα.
- Τα σταθμά προσθαφαιρούνται με την βοήθεια πλήκτρων.
- Η ένδειξη του βάρους εμφανίζεται με ψηφιακό τρόπο.
- Τα σταθμά αντικαταστάθηκαν από άλλα, πιο ανθεκτικά στη διάβρωση.
- Ενσωματώθηκε σύστημα προζύγισης για ταχύτερη ζύγιση.
- Ενσωματώθηκε σύστημα λήψης απόβαρου.

Η απλούστερη μορφή ζυγού είναι γνωστή και ως "παλάντζα" Εικ. 1.3.



Εικόνα 1.3: Παλάντζα

Πλάστιγγα

Ο δίσκος ή η τράπεζα ζύγισης της πλάστιγγας Εικ. 1.4 στηρίζεται σε πολλά, σημεία μέσω συστήματος μοχλών που τον διατηρούν οριζόντιο. Η συνισταμένη των κατανεμημένων, στα σημεία έδρασης του δίσκου, δυνάμεων διαβιβάζεται υποπολλαπλασιασμένη από το σύστημα μοχλών στο ένα άκρο της φάλαγγας ασύμμετρου ρωμαϊκού ζυγού, εξελιγμένης μορφής, ή ακόμη σε δυναμομετρικό ελατήριο. Αυτή η μορφή διάταξης εφαρμόζεται, συχνά σε οικιακούς ζυγούς, βρεφοζυγούς, ζυγούς ζύγισης ανθρώπων, γεφυροπλάστιγγες (οδικές ή σιδηροδρομικές).



Εικόνα 1.4: Πλάστιγγα

1.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΖΥΓΙΣΗ

Ηλεκτρονικοί ζυγοί



Εικόνα 1.5: Ηλεκτρονικός ζυγός

Η γρήγορη ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών έφερε σημαντικές αλλαγές στους ζυγούς. Η διάθεση του τρανζίστορ και του ολοκληρωμένου κυκλώματος επέτρεψε τη βελτίωση πολλών ζυγιστικών συστημάτων και την εφεύρεση καινούργιων.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα επιτρέπει να εκτελεστούν σύνθετες λειτουργίες μεταξύ κυκλωμάτων με υψηλή ταχύτητα και μάλιστα με κατανάλωση ελάχιστων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας. Σ' ένα ηλεκτρονικό ζυγό, παράγονται σήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για να δείξουν την τιμή του βάρους, αλλά και για να υπολογίσουν την τιμή πώλησεως των αγαθών και σε μερικές περιπτώσεις να εκδώσουν ένα τυπωμένο δελτίο με τις πληροφορίες αυτές. Η βιομηχανία τροφίμων λιανικής πώλησεως ευεργετήθηκε από τη χρήση των ηλεκτρονικών ζυγών, που εμφανίσθηκαν ειδικά για να χρησιμοποιηθούν στο ζύγισμα και τιμολόγηση προ-συσκευασμένων αγαθών για τις υπεραγορές (σουπερμάρκετ). Μια από τις πρώτες, αυτού του είδους, μηχανές χρησιμοποίησε ένα ελατήριο συνδυασμένο μ' ένα μηχανισμό τύπου «στατικού αινίγματος». Αντί για δείκτη που να κινείται σε μια βαθμιδωτή κλίμακα βάρους,

η συμπίεση του ελατηρίου προκαλούσε την περιστροφή ενός κωδικοποιημένου δίσκου, επιτρέποντας έτσι σε μια φωτεινή πηγή να ενεργοποιήσει φωτοηλεκτρικούς ανιχνευτές σύμφωνα με το υπόδειγμα του δίσκου. Κάθε τιμή βάρους είναι μονοσήμαντα κωδικοποιημένη. Τα σήματα από τον κρυπτογράφο έχουν τη μορφή μιας ηλεκτρικής τάσεως, που υπάρχει σ' έναν ακροδέκτη. Τυπικά, υπάρχουν δέκα τέτοιοι ακροδέκτες εξόδου, που παρέχουν τη δυνατότητα 1024 τιμών βάρους. Με τα κατάλληλα κυκλώματα, τα σήματα αυτά μπορούν να θέσουν σε λειτουργία ψηφιακούς δείκτες, που θα εμφανίζουν τις τιμές σε αραβικούς αριθμούς.

Επιπρόσθετα, τα σήματα βάρους, μπορούν να πολλαπλασιασθούν μ' έναν παράγοντα, ο οποίος αντιστοιχεί στην τιμή της μονάδας βάρους, που έχει κοστολογηθεί για τα αγαθά. Το αποτέλεσμα δείχνεται ή τυπώνεται σε δελτίο από έναν εκτυπωτή. Μια μέθοδος πολλαπλασιασμού είναι η διαδοχική πρόσθεση. Αν ένας αριθμός X , ομάδων παλμών τροφοδοτηθεί σε ένα μετρητή συσσωρεύσεως και ο αριθμός των παλμών σε κάθε ομάδα είναι Y , τότε όταν τροφοδοτηθούν X ομάδες, ο συσσωρευτής θα περιέχει το γινόμενο X επί Y . Αν το X παριστάνει το βάρος και Y την τιμή του κάθε κιλού, το αποτέλεσμα θα είναι το κόστος του προϊόντος.

Ένας άλλος τύπος ηλεκτρονικού μετατροπέα βάρους χρησιμοποιεί την καταπόνηση που αναπτύσσεται, όταν κάποιο φορτίο εφαρμόζεται σε ένα υλικό. Η καταπόνηση, που είναι ανάλογη προς το εφαρμοζόμενο φορτίο, μετράται από μετρητές καταπόνησεως ηλεκτρικής αντιστάσεως. Συνδέοντας κατάλληλα έναν αριθμό μετρητών σ' ένα ηλεκτρικό τροφοδοτικό, παράγεται μια τάση εξόδου ανάλογη προς το φορτίο. Μια τέτοια συσκευή είναι γνωστή σαν δυναμοκυψέλη.

Για να στηριχθεί μια πλατφόρμα γεφυροπλάστιγγας και να λάβουμε σήματα, που θα αναπαριστούν το φορτίο, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο από δυναμοκυψέλες.

Είδη ηλεκτρονικών ζυγών

Πιο κάτω δίνονται ορισμένα είδη ζυγών που συναντούμε σε διάφορες εφαρμογές καθημερινά.

Ζωοπλάστιγγες



Εικόνα 1.6: Ζωοπλάστιγγα

Τύπος πλάστιγγας ο οποίος χρησιμοποιείται για την ζύγιση ζώων, κυρίως για βοοειδή και πρόβατα. Είναι διαδομένος σε φάρμες ή σφαγεία.

Ζυγός εργαστηρίων.

Ζυγός, υψηλής ακρίβειας, ο οποίος βρίσκει εφαρμογή σε εργαστήρια χημείας ή χρυσοχοΐας. (όπου απαιτείται μεγάλη ακρίβεια για τα υλικά τα οποία ζυγίζονται.)



Εικόνα 1.7: Ζυγός εργαστηρίων

Ζυγός τεμαχίων

Ζυγός ο οποίος χρησιμοποιείται αρκετά σε καταστήματα βιομηχανικών ειδών για την μέτρηση τεμαχίων όπως βίδες, παξιμάδια, ροδέλες κτλ.



Εικόνα 1.8: Ζυγός τεμαχίων

Ηλεκτρονικό καντάρι

Ζυγός ο οποίος χρησιμοποιείται για την ζύγιση εμπορευμάτων τα οποία μπορούν να μεταφερθούν με γερανό.



Εικόνα 1.9: Ηλεκτρονικό καντάρι

Παλετοφόρο

Παλετοφόρο μηχάνημα με μηχανισμό ζύγισης για την ζύγιση εμπορευμάτων. Βρίσκει εφαρμογές σε αποθήκες τροφίμων ή σε λαχαναγορές.



Εικόνα 1.10: Παλετοφόρο μηχάνημα με ηλεκτρονικό ζυγό

Ζυγός για την ζύγιση του ανθρωπίνου σώματος

Ο τύπος του ζυγού αυτού χρησιμοποιείται καθημερινά από τον άνθρωπο για την μέτρηση του ίδιου του το βάρους. Ο ζυγός αυτός ονομάζεται και οικιακός ζυγός. Δύο είναι οι βασικοί τύποι οικιακών ζυγών:

1. Ο μηχανικός οικιακός ζυγός με ελατήριο Εικ. 1.11
2. Ο ηλεκτρονικός οικιακός ζυγός Εικ. 1.12



Εικόνα 1.11: Οικιακός ζυγός με ελατήριο



Εικόνα 1.12: Ηλεκτρονικός οικιακός ζυγός

1.5 ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΖΥΓΩΝ

Για να λειτουργεί σωστά ο ζυγός και να δίνει σωστές μετρήσεις θα πρέπει να πάρουμε κάποιες προφυλάξεις έτσι ώστε να μην επηρεάζεται η ακρίβεια των μετρήσεων από εξωτερικούς παράγοντες.

1. Ο ζυγός πρέπει να είναι πάνω σε μια αρκετά σταθερή επιφάνεια, που δεν θα χρησιμοποιείται για τίποτα άλλο π.χ. γράψιμο.
2. Το δωμάτιο που βρίσκεται ο ζυγός θα πρέπει να έχει σταθερή θερμοκρασία και υγρασία και να μην έχει ρεύματα αέρος.
3. Το επίπεδο του ζυγού πρέπει να είναι πάντα οριζόντιο.
4. Το κάλυμμα του ζυγού, εάν έχει, πρέπει να είναι κλειστό.
5. Τα προς ζύγιση αντικείμενα πρέπει να τοποθετούνται με λαβίδες στο δίσκο ζύγισης.
6. Τα προς ζύγιση αντικείμενα πρέπει να μην διαβρώνουν το ζυγό.

7. Δεν πρέπει να υπερφορτώνεται ο ζυγός.

8. Μετά την ζύγιση πρέπει να αφαιρούνται όλα τα βάρη και να καλύπτεται ο ζυγός.

9. Ο ζυγός πρέπει να διατηρείται καθαρός.

Τα σφάλματα κατά την ζύγιση προέρχονται από την άνωση του αέρα, που οφείλεται στην διαφορά του όγκου των προς ζύγιση αντικειμένων με τα πρότυπα βάρη, και ο στατικός ηλεκτρισμός, που αναπτύσσεται συνήθως στα γυάλινα ή πλαστικά αντικείμενα.

1.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΖΥΓΩΝ

Μετά την πάροδο ορισμένου χρόνου και μετά από συχνή χρήση των ζυγών είναι καλό να ελέγχουμε αν ακόμα ο ζυγός μας είναι το ίδιο ακριβής όσο ήταν την πρώτη φορά χρήσης του. Έτσι μπορούμε να ελέγχουμε τον ζυγό μας με τις παρακάτω μεθόδους.

1. Επίδραση του χρόνου προθέρμανσης.

Με τον έλεγχο αυτό υπολογίζουμε τον μέγιστο χρόνο που χρειάζεται ο ηλεκτρονικός ζυγός για να μας δίνει σταθερές μετρήσεις.

2. Έκκεντρη τοποθέτηση του βάρους.

Ελέγχεται η μέγιστη επί τοις εκατό διαφορά βάρους όταν τοποθετούμε το προς ζύγιση σώμα σε ακραίες θέσεις του δίσκου ζύγισης.

3. Χρόνος σταθεροποίησης.

Μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται ο ζυγός για να δείξει σταθερή ένδειξη κατά την ζύγιση ενός βάρους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΦΥΡΟΠΛΑΣΤΙΓΓΕΣ

2.1 ΓΕΦΥΡΟΠΛΑΣΤΙΓΓΑ

Ο τύπος αυτής της ζυγαριάς χρησιμοποιείται για την ζύγιση αυτοκινήτων φορτηγών και σχεδόν κάθε τύπου οχήματος. Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες:

- Μηχανικές
- Ηλεκτρονικές

2.1.1 Μηχανικές γεφυροπλάστιγγες

Οι **μηχανικές** γεφυροπλάστιγγες ήταν ευρέως διαδεδομένες μέχρι την σταδιακή αντικατάστασή τους ή τη μετατροπή τους σε ηλεκτρονικές. Ο τρόπος μετατροπής είναι η τοποθέτηση μιας δυναμοκυψέλης σαν συσκευή μέτρησης βάρους. Οι μηχανικές γεφυροπλάστιγγες ακολουθούσαν την αρχή της αντικατάστασης σαν τρόπο ζύγισης. Στις μηχανικές γεφυροπλάστιγγες το βάρος του φορτηγού μεταφερόταν από το σύστημα μοχλών στο μηχανικό ζυγιστήριο Εικ. 2.1. Μετά την μετατροπή της μηχανικής γεφυροπλάστιγγας σε ηλεκτρονική αν ο χειριστής επιθυμεί μπορεί να ζυγίσει μηχανικά ή ηλεκτρονικά. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα ζύγισης και με τους δυο τρόπους αλλά σε κάθε περίπτωση μόνο με τον έναν κάθε φορά χωρίς να συνδυάζει και τους δυο τρόπους μαζί.



Εικόνα 2.1: Χειροκίνητο μηχανικό ζυγιστήριο

Ο τρόπος κατασκευής τους είναι εξ' ολοκλήρου από μεταλλικό κατάστρωμα ή ο συνδιασμός μεταλλικού πλαισίου το οποίο γέμιζε με σκυρόδεμα. Ο μηχανισμός ζύγισης είναι εξολοκλήρου μεταλλικός (τρόπος ένδειξης βάρους μηχανικό ζυγιστήριο) και το κατάστρωμα τοποθετείτε σε λάκκο ο οποίος είναι στην ίδια ευθεία με το έδαφος.

2.1.2 Ηλεκτρονικές γεφυροπλάστιγγες

Οι νεώτερες εξελίξεις στον τρόπο ζύγισης εδραίωσαν τις ηλεκτρονικές γεφυροπλάστιγγες σε σχέση με τις μηχανικές. Οι ήδη υπάρχουσες μηχανικές γεφυροπλάστιγγες μπορούσαν να αντικατασταθούν ή και να μετατραπούν σε ηλεκτρονικές. Οι ηλεκτρονικές γεφυροπλάστιγγες είναι πλέον διαδεδομένες και είναι αρκετά εύκολες στον τρόπο κατασκευής τους και τοποθέτησης τους.

Οι γεφυροπλάστιγγες διακρίνονται σε δυο κύριες κατηγορίες:

Γεφυροπλάστιγγες λάκκου: οι οποίες μπορεί να είναι με μεταλλικό κατάστρωμα ή μικτής κατασκευής μεταλλικού πλαισίου και οπλισμένου σκυροδέματος.

Γεφυροπλάστιγγες επιφανειακής τοποθέτησης: οι οποίες μπορεί να είναι με μεταλλικό κατάστρωμα ή μικτής κατασκευής μεταλλικού πλαισίου και οπλισμένου σκυροδέματος.

Οι μηχανισμοί ζύγισης στις ηλεκτρονικές γεφυροπλάστιγγες είναι οι δυναμοκυψέλες οι οποίες τοποθετούνται εύκολα και δίνουν μεγάλη ακρίβεια

ζύγισης. Το μήκος του καταστρώματος μπορεί να είναι από 5 μέτρα έως 18 μέτρα ανάλογα τι οχήματα θέλουμε να ζυγίσουμε και ανάλογα της απαιτήσεις του πελάτη.

Οι γεφυροπλάστιγγες κατασκευάζονται σύμφωνα με το Γερμανικό πρότυπο DIN 1072 και τον Ευρωκώδικα 1 όπου δίνονται οι προδιαγραφές για την κατασκευή οδογεφυρών (βλέπε παράρτημα).



Εικόνα 2.2: Ηλεκτρονική γεφυροπλάστιγγα μεικτής κατασκευής επιφανειακής τοποθέτησης.



Εικόνα 2.3: Ηλεκτρονική γεφυροπλάστιγγα μεταλλικής κατασκευής επιφανειακής τοποθέτησης

Ο τύπος γεφυροπλάστιγγας που εμείς θα μελετήσουμε είναι μια μεταλλική γεφυροπλάστιγγα 18 μέτρων η οποία έχει ηλεκτρονική ζύγιση. Αποτελείται από μεταλλικό σκελετό ο οποίος στηρίζεται πάνω σε οχτώ δυναμοκυψέλες. Όλα τα καλώδια από τις δυναμοκυψέλες καταλήγουν στο κουτί σύνδεσης. Εκεί συνδέονται έτσι ώστε οι μετρήσεις που παίρνουν να μας δίνουν το συνολικό βάρος του φορτηγού. Για την σωστή μελέτη και κατασκευή της γεφυροπλάστιγγας πρέπει να γνωρίζουμε το μέγιστο βάρος του φορτηγού για το οποίο την προορίζουμε. Το μέγιστο βάρος των διαφόρων φορτηγών λαμβάνεται υπόψη μέσα από τον Ευρωκώδικα 1, τον Κ.Ο.Κ. και το DIN 1072 τα οποία αναφέρονται στην κατασκευή οδογεφυρών και περιέχουν τα μέγιστα επιτρεπτά βάρη ανά άξονα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΗ (ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΦΟΡΤΙΟΥ-LOADCELL)

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η δυναμοκυψέλη αποτελείται από έναν μεταλλάκτη και συνήθως από έναν μικροεπεξεργαστή. Ο μικροεπεξεργαστής επιτρέπει την μετατροπή του βάρους σε διάφορες μονάδες, υπολογίζει την ταχύτητα της επιτάχυνσης μέσω ενός πρότυπου βάρους και επιτρέπει την άμεση μεταφορά των αποτελεσμάτων σε έναν υπολογιστή.

Τα μηκυνσιόμετρα των ηλεκτρονικών ζυγών είναι συνήθως μηκυνσιόμετρα μηχανικής τάσης ή ηλεκτροδυναμικά μηκυνσιόμετρα. Το μηκυνσιόμετρο μηχανικής τάσης αποτελείται από μια αντίσταση σύρματος στερεωμένη σε ένα λεπτό πλαστικό φιλμ. Λειτουργεί στερεωμένο σε ένα μεταλλικό κύλινδρο από αλουμίνιο ή ατσάλι που παραμορφώνεται από το βάρος. Στα τέσσερα σημεία του κυλίνδρου υπάρχουν μηκυνσιόμετρα που συνδέονται σε γέφυρα Wheatstone. Έτσι μετρώντας την μεταβολή της γέφυρας, μετράμε το βάρος.

Τα ηλεκτροδυναμικά μηκυνσιόμετρα φορτίου αποτελούνται από έναν μεταλλικό κύλινδρο που έχει τυλιγμένο ένα πηνίο, προσαρμοσμένο στο εσωτερικό ενός μαγνήτη, στο οποίο στηρίζεται ο δίσκος ζύγισης. Το πηνίο ανυψώνει τον δίσκο ανάλογα με το ρεύμα που του στέλνει το τμήμα ελέγχου, που αποτελείται από μια φωτοδίοδο, έναν ενισχυτή, και ένα συγκριτή. Από την μέτρηση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο ο μικροεπεξεργαστής υπολογίζει το βάρος.

Το σήμα χαμηλού επιπέδου από την δυναμοκυψέλη ενισχύεται πριν τη μετατροπή και τη χρησιμοποίηση του από μια ψηφιακή συσκευή αναγνώσεως. Στην διάθεση μας έχουμε αρκετές μεθόδους μετατροπής ενός αναλογικού σήματος σε ψηφιακή μορφή. Μια από αυτές, είναι να ενισχυθεί η τάση βάρους και να χρησιμοποιηθεί η ενισχυμένη αυτή τάση για τη δημιουργία μιας ροής ηλεκτρικού ρεύματος σ' ένα σταθερό αντιστάτη και κατόπιν να εξουδετερωθεί το ρεύμα αυτό μ' ένα ρυθμιζόμενο ρεύμα, το οποίο θα μπορεί να μεταβάλλεται κατά γνωστά ποσά. Το ρεύμα που ισορροπεί, ελέγχεται από ηλεκτρονικούς διακόπτες, οι όποιοι ανοίγουν ή κλείνουν με τη βοήθεια ενός ειδικού ενισχυτή ο

οποίος προσδιορίζει, αν απαιτείται περισσότερο ή λιγότερο ρεύμα ισορροπίας. Όταν επιτευχθεί η ισορροπία, μερικοί από τους διακόπτες, που ελέγχουν το ρεύμα ισορροπίας θα ανοίξουν, ενώ άλλοι θα κλείσουν. Μόλις το ρεύμα που ελέγχεται από κάθε διαδοχικό διακόπτη είναι διπλάσιο από εκείνο, που ελέγχεται από τον προηγούμενο, οι υποδείξεις των ανοιχτών ή κλειστών διακοπών αναπαριστούν το σήμα βάρους σε ψηφιακή μορφή. Η μέθοδος αυτή μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησής των αλλαγών βάρους.

Έχοντας λάβει το ψηφιακό σήμα βάρους, μπορούμε να εφαρμόσουμε, αν χρειάζεται διάφορες αριθμητικές λειτουργίες, όπως για παράδειγμα, σύστημα που να υποδεικνύει τη θέση του κέντρου βάρους ενός δοχείου.

Μια άλλη μέθοδος μετατροπής είναι γνωστή σαν διπλή ώθηση. Στη μέθοδο αυτή η τιμή του βάρους δειγματοληπτείται επανειλημμένα και κατά μικρά χρονικά διαστήματα. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί συνδυασμοί, αλλά στην ουσία μια τάση αυξάνεται με ρυθμό ανάλογο, προς το βάρος για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση του επιπέδου της τάσεως αυτής σε μηδενική τάση μ' ένα γνωστό καθορισμένο ρυθμό, αποτελεί μέτρο του άγνωστου, βάρους. Κάνοντας χρήση ψηφιακών παλμών για να λάβουμε τα διαστήματα ρυθμίσεως του χρόνου, η έξοδος εμφανίζεται σε ψηφιακή μορφή.

Εκτός από τις δυναμοκυψέλες που δουλεύουν με ρεύμα υπάρχουν και οι υδραυλικές δυναμοκυψέλες οι οποίες είναι ιδανικές για περιβάλλον που μπορεί να υπάρξει μεγάλη διαφορά τάσης όπως κεραυνός και μπορεί να καταστρέψει το ηλεκτρικό κύκλωμα της.

Το εσωτερικό μιας υδραυλικής δυναμοκυψέλης είναι χωρισμένο σε δύο θαλάμους που χωρίζονται με ένα διάφραγμα. Ο ένας θάλαμος περιέχει υγρό. Το υγρό κατά την εφαρμογή μιας δύναμης πιέζει το διάφραγμα το οποίο με την σειρά του μετρά την μεταβολή της δύναμης με ανάλογο τρόπο.

Υπάρχουν διάφορα είδη δυναμοκυψέλης τα οποία χωρίζονται βάση τον τρόπο από τον οποίο δέχονται την δύναμη φόρτισης δηλαδή κάμψη, εφελκυσμό ή θλίψη, διάτμηση και στρέψη. Κάθε μια από αυτές έχουν διαφορετικό σχήμα και διαφορετική δυναμικότητα μέτρησης με αποτέλεσμα κάθε μια να χρησιμοποιείται σε διαφορετικές βιομηχανικές εφαρμογές.

Το υλικό κατασκευής μιας δυναμοκυψέλης μπορεί να είναι από ανοξείδωτο ατσάλι, αλουμίνιο καθώς και επιχρωμιωμένα κράματα αλουμινίου ή κράμα χάλυβα. Είναι στεγανές για να προστατεύουν τον ηλεκτρονικό τους

εξοπλισμό και ταξινομούνται κατά τον κώδικα διεθνής προστασίας (IP). Κάθε μια έχει διαφορετικό κώδικα IP (διεθνής προστασίας) έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται στις κατάλληλες εφαρμογές και να μην αλλοιώνουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

3.1.1 Ορισμένοι τύποι δυναμοκυψέλης

Πιο κάτω δίνονται ορισμένα είδη δυναμοκυψέλης



Εικόνα 3.1 Μονού άκρου (καταπονείται σε διάτμηση)



Εικόνα 3.2 Διπλού άκρου (καταπονείται σε διάτμηση)



Εικόνα 3.3 Διάτμησης



Εικόνα 3.4: Συμπίεσης (καταπονείται σε θλίψη)



Εικόνα 3.5: Τύπου S (καταπονείται σε εφελκυσμό)



Εικόνα 3.6: Τύπου πλατφόρμας (καταπονείται σε κάμψη)

3.2 ΚΩΔΙΚΑΣ IP

Ο κωδικός IP (ή Διεθνής Κωδικός Προστασία) αποτελείται από τα γράμματα IP και ακολουθείται από δύο ψηφία και ένα προαιρετικό γράμμα. Όπως ορίζεται από το διεθνές πρότυπο IEC 60529, κατατάσσει τον βαθμό προστασίας που παρέχεται από την παρείσφρηση στερεών σωμάτων (συμπεριλαμβανομένων των τμημάτων του ανθρώπινου σώματος όπως τα χέρια και τα δάχτυλα), σκόνη, τυχαία επαφή, και νερού σε εσώκλειστα κυκλώματα. Το πρότυπο έχει ως στόχο να δώσει στους χρήστες λεπτομερείς πληροφορίες από ασαφείς όρους μάρκετινγκ, όπως «αδιάβροχο».

Τα ψηφία (χαρακτηριστικοί αριθμοί) δηλώνουν τη συμμόρφωση με τους όρους που συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες. Όπου δεν υπάρχει ταξινόμηση προστασίας σε σχέση με ένα από τα κριτήρια, το ψηφίο αντικαθίσταται με το γράμμα X.

Για παράδειγμα, μια ηλεκτρική πρίζα με ονομαστική προστασία IP22 είναι προστατευμένη από την εισαγωγή των δακτύλων και δεν πρόκειται να καταστραφεί ή να γίνει επικίνδυνη κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής στην οποία είναι εκτεθειμένη σε κάθετη ή σχεδόν κάθετη ρίψη σταγόνων νερού. Οι IP22 ή IP2X είναι οι τυπικές ελάχιστες απαιτήσεις για το σχεδιασμό των ηλεκτρικών εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους.

3.2.1 Πρώτο ψηφίο

Το πρώτο ψηφίο, Πίν. 3.1, δείχνει το επίπεδο της προστασίας που παρέχει το περίβλημα κατά την τοποθέτηση του σε επικίνδυνα μέρη (π.χ., των

ηλεκτρικών αγωγών, κινούμενα μέρη) και τη διείσδυση ξένων στερεών αντικειμένων.

Πίνακας 3.1: Πρώτο ψηφίο κώδικα

Επίπεδο	Μέγεθος αντικειμένου από το οποίο προστατεύεται	Αποτελεσματικά ενάντια σε:
0	—	Δεν παρέχει προστασία έναντι της επαφής και της διείσδυσης αντικειμένων
1	>50 mm	Κάθε μεγάλη επιφάνεια του σώματος, όπως το πίσω μέρος ενός χεριού, αλλά χωρίς προστασία κατά τη σκόπιμη επαφή με μέρος του σώματος
2	>12.5 mm	Δάχτυλα ή παρεμφερής αντικείμενα
3	>2.5 mm	Εργαλεία, χοντρά καλώδια, κλπ.
4	>1 mm	Με τα περισσότερα καλώδια, βίδες, κλπ.
5	Προστασία από σκόνη	Διείσδυση σκόνης δεν αποτρέπεται πλήρως, αλλά δεν επιτρέπει την εισχώρηση επαρκούς ποσότητας ώστε να αποτρέψει την ικανοποιητική λειτουργία του εξοπλισμού. Πλήρη προστασία έναντι επαφής
6	Στεγανός από σκόνη	Καμία διείσδυση σκόνης Πλήρης προστασία έναντι της επαφής

3.2.2 Δεύτερο ψηφίο

Προστασία του εξοπλισμού στο εσωτερικό του θαλάμου από διείσδυση νερού Πίν. 3.2.

Πίνακας 3.2: Δεύτερο ψηφίο κώδικα

Επίπεδο	Προστατεύονται από	Λεπτομέρειες
0	δεν προστατεύονται	—
1	σταγόνων νερού	Σταγόνες νερού (από κάθετη κατεύθυνση) δεν έχουν βλαβερές συνέπειες.
2	σταγόνων νερού	σταγόνες νερού δεν έχουν κανένα επιβλαβές

	υπό κλίση μέχρι 15 μοιρών	αποτέλεσμα, όταν ο θάλαμος έχει κλίση 15° από την κανονική του θέση.
3	ψεκασμό νερού	Ψεκασμός νερού από οποιαδήποτε γωνία μέχρι 60° από την κατακόρυφο, δεν έχει βλαβερές συνέπειες.
4	πιτσίλισμα νερού	Πιτσίλισμα νερού κατά του περιβλήματος από οποιαδήποτε κατεύθυνση δεν έχει βλαβερές συνέπειες.
5	νερό	Νερό κατά του περιβλήματος από οποιαδήποτε κατεύθυνση δεν έχει βλαβερές συνέπειες.
6	Νερό υπό πίεση	Νερό υπό πίεση κατά του περιβλήματος από οποιαδήποτε κατεύθυνση δεν έχει βλαβερές συνέπειες.
7	βύθιση μέχρι το 1 m	Προστασία από το νερό μέχρι βύθιση 1m (όταν το περίβλημα είναι βυθισμένο στο νερό κάτω από καθορισμένες συνθήκες πίεσης και χρόνου)
8	βύθιση πάνω από 1m	Ο εξοπλισμός είναι κατάλληλος για συνεχή εμβάπτιση σε νερό υπό τις προϋποθέσεις που καθορίζονται από τον κατασκευαστή. ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Συνήθως, αυτό σημαίνει ότι ο εξοπλισμός είναι ερμητικά κλεισμένος. Ωστόσο, σε συγκεκριμένους τύπους εξοπλισμού, αυτό μπορεί να σημαίνει ότι το νερό μπορεί να εισχωρήσει, αλλά μόνο με τέτοιο τρόπο που δεν έχει βλαβερές συνέπειες.

3.2.3 Εναλλακτικά γράμματα

Το πρότυπο ορίζει ορισμένα επιπλέον γράμματα, Πίν. 3.3, που μπορούν να προσαρτηθούν μόνο για να χαρακτηρίσουν το επίπεδο της προστασίας από την πρόσβαση σε επικίνδυνα μέρη από τον άνθρωπο.

Πίνακας 3.3: Εναλλακτικά γράμματα

Επίπεδο	Προστασία από την πρόσβαση σε επικίνδυνα μέρη με
A	πίσω μέρος του χεριού
B	δάχτυλο
C	εργαλείο
D	σύρμα

Περαιτέρω γράμματα μπορούν να προσαρτηθούν για να παράσχουν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με την προστασία της συσκευής Πίν. 3.4.

Πίνακας 3.4: Γράμματα για πρόσθετες πληροφορίες

Γράμμα	Επεξήγηση
H	συσκευή υψηλής τάσης
M	συσκευή που κινείται κατά τη διάρκεια δοκιμής με νερό
S	συσκευή ακίνητη κατά τη διάρκεια δοκιμής με νερό
W	καιρικές συνθήκες

3.2.4 Μηχανική αντοχή σε κρούση

Μερικές φορές ένας επιπλέον αριθμός, Πίν. 3.5, χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί η αντίσταση του εξοπλισμού κατά τη μηχανική κρούση. Η μηχανική αυτή κρούση αναγνωρίζεται βάσει της ενέργειας που χρειάζεται για να πιστοποιηθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο αντίστασης, το οποίο μετράται σε Joules (J). Αυτό έχει πλέον αντικατασταθεί από έναν ξεχωριστό αριθμό IK που καθορίζεται βάσει του προτύπου EN 50102.

Πίνακας 3.5: Αριθμοί για προστασία σε κρούση

Επίπεδο IP	Ενέργεια κρούσης	Ισοδύναμη μάζα από πτώση ύψους
0	—	—
1	0.225 J	150 gr από 15 εκατοστά
2	0.375 J	250 gr από 15 εκατοστά
3	0.5 J	250 gr από 20 εκατοστά
5	2 J	500 gr από 40 εκατοστά
7	6 J	1.5 kg από 40 εκατοστά
9	20.0 J	5.0 kg από 40 εκατοστά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΤΟΧΗ ΥΛΙΚΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Η **Τεχνική Μηχανική** χωρίζεται στη μηχανική του απαραμόρφωτου στερεού και στη μηχανική του παραμορφώσιμου στερεού.

Οι βασικότερες αρχές της μηχανικής είναι:

- **Αρχή της αδράνειας**

"Κάθε σώμα διατηρεί την κατάσταση της ηρεμίας του ή συνεχίζει κινούμενο ευθυγράμμως και ισοταχώς, εφόσον όλες οι δυνάμεις που δρουν επάνω σε αυτό ισορροπούν."

- **Αρχή της δράσης - αντίδρασης**

"Όταν ένα σώμα Α ασκεί σε ένα σώμα Β μία δύναμη P_A (δράση), τότε και το σώμα Β ασκεί επάνω στο σώμα Α μία δύναμη P_B (αντίδραση), η οποία έχει το ίδιο μέτρο, την ίδια διεύθυνση, αλλά είναι αντίθετης φοράς της P_A ."

- **Αρχή της επαλληλίας ή αρχή της υπέρθεσης**

"Το αποτέλεσμα (αντίδραση, τάση) το προερχόμενο από δύο ή περισσότερες δυνάμεις που επενεργούν ταυτόχρονα σε ένα σώμα, ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των αποτελεσμάτων που θα προήρχετο, αν η κάθε δύναμη δρούσε ξεχωριστά στο σώμα."

Με βάση την αρχή αυτή, μπορούμε να αναλύσουμε τα σύνθετα προβλήματα σε (αλγεβρικό) άθροισμα απλών προβλημάτων. Έτσι π.χ., μπορούμε να χωρίσουμε τα φορτία που δρουν σε ένα σώμα σε κατάλληλο

αριθμό ομάδων, έτσι ώστε να διευκολύνονται οι σχετικοί υπολογισμοί. Στη συνέχεια προσθέτουμε τα επί μέρους αποτελέσματα που θα προκύψουν από τις ομάδες των φορτίων, και συνθέτοντας τα, παίρνουμε το ολικό αποτέλεσμα.

Αρχή του Saint Venant

"Τα στατικά ισοδύναμα συστήματα, επιφέρουν ίδιες τάσεις και παραμορφώσεις σε ικανοποιητική απόσταση από την περιοχή εφαρμογής τους. "

Για παράδειγμα αν ένα κατανεμημένο φορτίο είναι στατικά ισοδύναμο με το συγκεντρωμένο φορτίο P με βάση την αρχή αυτή, μπορούμε να αντικαταστήσουμε ισοδύναμα με ένα συγκεντρωμένο φορτίο P και αντίστροφα.

4.1.1 Αντικείμενο της αντοχής των υλικών

Είναι γνωστό ότι, δύο δομικά στοιχεία από διαφορετικά υλικά π.χ. από χάλυβα το ένα και από ξύλο το άλλο, με ίδια γεωμετρική κατασκευή, όταν τους επιβληθούν ίσες εξωτερικές δυνάμεις, αυτά παρουσιάζουν γενικά διαφορετική συμπεριφορά. Το ένα υλικό για παράδειγμα μπορεί να αντέξει, ενώ το άλλο να σπάσει, ή το ένα στοιχείο να παραμορφωθεί πολύ περισσότερο από το άλλο.

Γίνεται έτσι αντιληπτό ότι, τα διάφορα στερεά σώματα που χρησιμοποιούμε στις κατασκευές (μέταλλα, ξύλα κλπ.), είναι πρακτικά χρήσιμα και εξυπηρετούν τον προορισμό τους, όταν απ' ενός δεν θραύονται με την επένεργεια των εξωτερικών φορτίων αλλά ανθίστανται τόσο, ώστε αφετέρου, οι αναπόφευκτες παραμορφώσεις τους να μην υπερβαίνουν κάποια όρια, τα οποία προκύπτουν είτε από κατασκευαστικούς λόγους είτε από λόγους αισθητικής.

Για τους παραπάνω λόγους είναι απαραίτητο να γνωρίσουμε μέχρι ποιου ορίου μας επιτρέπεται να φορτίσουμε τα διάφορα υλικά, έναντι των δύο κινδύνων που προαναφέραμε, δηλαδή έναντι του κινδύνου της θραύσης και έναντι της υπερβολικής παραμόρφωσης. Έτσι, η αντοχή των υλικών από πρακτική άποψη, έχει σαν αντικείμενο:

1. Να προσδιορίσει τα επικίνδυνα όρια φόρτισης των διαφόρων υλικών σε όλα τα είδη των καταπονήσεων και στη συνέχεια, να καθορίσει τα επιτρεπτά όρια φόρτισης για κάθε ένα είδος φόρτισης ξεχωριστά.
2. Να καθορίσει το πλέον κατάλληλο σχήμα των φορέων και στη συνέχεια να υπολογίσει τις διαστάσεις τους, έτσι ώστε αυτοί να είναι σε θέση να παραλάβουν με ασφάλεια, (έναντι του κινδύνου θραύσης αλλά

και έναντι της υπερβολικής παραμόρφωσης) και συγχρόνως κατά τον οικονομικότερο δυνατό τρόπο τη φόρτιση, η οποία είναι δυνατόν να προέρχεται:

α) Από εξωτερικές δυνάμεις, τις οποίες προορίζονται να υποβαστάξουν και οι οποίες οφείλονται σε μόνιμα ή σε κινητά φορτία.

β) Από καταπονήσεις που προέρχονται από θερμοκρασιακές μεταβολές, ή από υποχωρήσεις στηρίξεων, ή από αυτεντατικές καταστάσεις λόγω κατασκευαστικής ατέλειας, κλπ.

γ) Από το ίδιο το βάρος του φορέα ή της κατασκευής.

3. Να υπολογίσει το μέγιστο δυνατό φορτίο το οποίο μπορεί με ασφάλεια να αναλάβει ένας φορέας ή μία κατασκευή και να ελέγξει, κατά πόσο αυτός είναι ασφαλής έναντι δεδομένης φόρτισης (στατικός έλεγχος), ή τέλος να ελέγξει κατά πόσο οι προσκληθείσες παραμορφώσεις βρίσκονται εντός των παραδεκτών ορίων.

Ο πρώτος από τους στόχους της Αντοχής των Υλικών, επιτυγχάνεται στα ειδικά Εργαστήρια Αντοχής των Υλικών. Οι δύο άλλοι επιτυγχάνονται με υπολογισμούς, οι οποίοι εξαρτώνται από το σχήμα των φορέων, από τον τρόπο που δρουν οι δυνάμεις επάνω τους, από το υλικό τους, κ.ά.

Ανακεφαλαιώνοντας μπορούμε να πούμε ότι:

"Αντοχή Υλικών είναι η Επιστήμη που υποδεικνύει αναλυτικές μεθόδους για τον υπολογισμό της αντοχής, της ακαμψίας, και της ευστάθειας (είναι η ιδιότητα των σωμάτων να μη λυγίζουν) των μελών μίας κατασκευής, με γνώμονα το κόστος να είναι το ελάχιστο δυνατό."

Τα κατασκευαστικά μαθήματα ειδικότητας (π.χ. τα Στοιχεία Μηχανών για τους Μηχανολόγους, το Οπλισμένο Σκυρόδεμα για τους Πολιτικούς Μηχανικούς, κλπ.), εφαρμόζουν τις μεθόδους που υποδεικνύει η Αντοχή των Υλικών για τον υπολογισμό των ειδικών κατασκευών, λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τους ισχύοντες κανονισμούς φόρτισης, τις κατασκευαστικές και λοιπές λεπτομέρειες του έργου, κλπ.

4.1.2 Είδη καταπονήσεων

Γνωρίζουμε ότι, τα διάφορα υλικά σώματα αποτελούνται από μικρότατα σωματίδια ύλης όπως είναι τα μόρια, τα άτομα κ.λ.π., μεταξύ των οποίων ασκούνται δυνάμεις συνοχής. Οι δυνάμεις αυτές εκδηλώνονται σαν αντίσταση του υλικού εναντίον των επιβαλλόμενων εξωτερικών δυνάμεων, οι οποίες τείνουν να του προκαλέσουν παραμόρφωση ή ακόμη και λύση της συνεχείας του, δηλαδή θραύση.

Εφόσον η πάλη αυτή μεταξύ των εξωτερικών και των εσωτερικών αυτών δυνάμεων συνοχής δεν φτάσει μέχρι και τη θραύση του υλικού, μπορούμε να δεχτούμε ότι επέρχεται ισορροπία μεταξύ τους. Στην ισορροπία αυτή αντιστοιχεί μία μονοσήμαντη παραμόρφωση και μία μονοσήμαντη κατάσταση εσωτερικής έντασης. Στην περίπτωση αυτή λέμε, ότι το υλικό σώμα βρίσκεται σε εντατική κατάσταση, ή ότι καταπονείται.

Οι εξωτερικές δυνάμεις επενεργούν στα σώματα με διάφορους τρόπους και προκαλούν διάφορα είδη απλών αλλά και συνθετών καταπονήσεων Σχ. 4.1.

Τα είδη των απλών καταπονήσεων είναι τα εξής:

1. Εφελκυσμός: Ένα σώμα καταπονείται σε εφελκυσμό, όταν επενεργούν δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις οι οποίες τείνουν να το διασπάσουν.

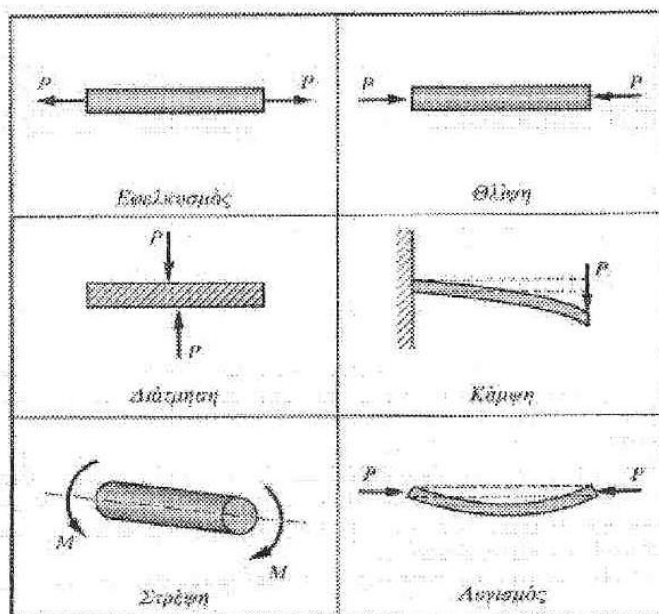
2. Θλίψη: Ένα σώμα καταπονείται σε θλίψη, όταν επάνω του επενεργούν δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις οι οποίες τείνουν να το συνθλίψουν.

3. Διάτμηση: Ένα σώμα καταπονείται σε διάτμηση, όταν δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις επενεργούν κάθετα στον άξονα του.

4. Κάμψη: Ένα σώμα καταπονείται σε κάμψη, όταν οι δυνάμεις ενεργούν κάθετα στον άξονα του. Αναπτύσσονται τότε ροπές κάμψης και προκαλείται καμπύλωση της δοκού.

5. Στρέψη: Ένα σώμα καταπονείται σε στρέψη, όταν οι δυνάμεις αποτελούν Ζεύγος με επίπεδο κάθετο στον άξονα του, το οποίο τείνουν να περιστρέψουν.

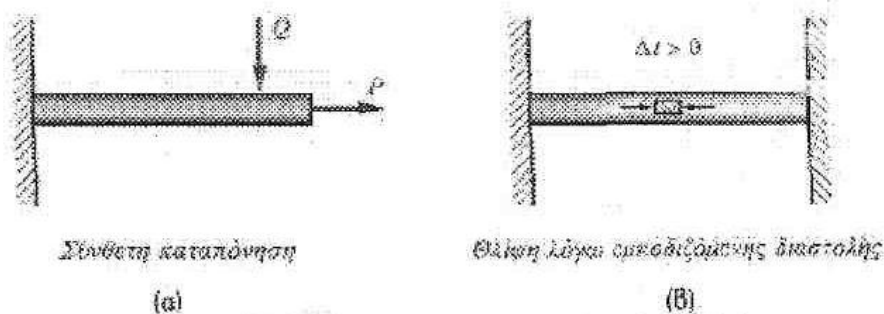
6. Λυγισμός: Ο λυγισμός από άποψη δράσης των δυνάμεων μοιάζει με τη θλίψη, ενώ από άποψη παραμορφώσεων μοιάζει με την κάμψη. Τελικά όμως διαφέρει αρκετά και από τις δύο προηγούμενες, αποτελώντας ιδιαίτερο τρόπο καταπόνησης, η οποία μάλιστα, είναι πολύ επικίνδυνη στις κατασκευές.



Σχήμα 4.1: Είδη καταπονήσεων

4.1.3 Σύνθετες καταπονήσεις

Ένα σώμα είναι δυνατό να φορτίζεται με συνδυασμό δυο, ή και περισσότερων απλών καταπονήσεων, όποτε η προκύπτουσα καταπόνηση ονομάζεται σύνθετη. Συχνά συναντώνται εφελκυσμός και κάμψη συγχρόνως Σχ.4.2α στρέψη και κάμψη, εφελκυσμός και διάτμηση, κ.λ.π., ή και συνδυασμός περισσότερων από δύο είδη καταπονήσεων. Ένα σώμα, εκτός από εξωτερικές δυνάμεις, μπορεί να καταπονείται και από άλλες αιτίες, όπως είναι η θερμοκρασιακή μεταβολή, οι γεωμετρικοί καταναγκασμοί που προέρχονται από κατασκευαστική ατέλεια, κλπ.



Σχήμα 4.2: Σύνθετες καταπονήσεις

Έτσι, αν εμποδίζεται η ελεύθερη διαστολή της ράβδου, λόγω αύξησης ($\Delta t > 0$) της Θερμοκρασίας (Σχ.4.2.β), αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να αναπτύσσονται θλιπτικές δυνάμεις στις δύο στηρίξεις της.

4.1.4 Είδη Φορτίων

Οι δυνάμεις που δρουν στην εξωτερική επιφάνεια ενός παραμορφώσιμου σώματος, όπως προαναφέραμε λέγονται εξωτερικές δυνάμεις. Οι εξωτερικές δυνάμεις αναφέρονται και σαν συνοριακές δυνάμεις επειδή δρουν στα εξωτερικά σύνορα (όρια) του σώματος. Τα εξωτερικά φορτία (δυνάμεις ή ροπές) που ασκούνται σε ένα φορέα ή σε μία κατασκευή γενικότερα, διακρίνονται σε:

Ημιστατικά φορτία, όταν αυξάνουν ομαλά, διατηρούν σταθερή τιμή για ένα χρονικό διάστημα και στη συνέχεια απομακρύνονται.

Μόνιμα ή πάγια φορτία, όταν καταπονούν μόνιμα μία κατασκευή. Σαν τέτοιο φορτίο χαρακτηρίζεται το ίδιο βάρος της κατασκευής.

Κρουστικά φορτία, όταν δρουν απότομα με όλη τους την ένταση επάνω σε μία κατασκευή. Τέτοια φορτία προκύπτουν για μία σιδηροδρομική γέφυρα, όταν οι δύο πρώτοι τροχοί του τραίνου εισέρχονται σε αυτή. Το αποτέλεσμα τέτοιων φορτίων είναι η διάδοση τάσεων κυματικής μορφής και αποτελούν έντονη εντατική κατάσταση.

Εναλλασσόμενα φορτία, όταν μεταβάλλονται ομαλά με την πάροδο του χρόνου. Τα φορτία αυτά έχουν συνήθως σταθερή περίοδο, και αποτελούν επίσης έντονη καταπόνηση για την κατασκευή. Η καταπόνηση αυτή ονομάζεται δυναμική. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η κεφαλή των εμβόλων μιας πετρελαιομηχανής που περιστρέφεται με σταθερό αριθμό στροφών.

Τα εξωτερικά φορτία, ανάλογα με τον τρόπο που δρουν σε ένα σώμα, διακρίνονται σε:

Συγκεντρωμένα φορτία ή συγκεντρωμένες δυνάμεις, όταν ασκούνται σε πολύ-πολύ μικρή περιοχή του σώματος, που πρακτικά θεωρούμε σημείο, γι' αυτό ονομάζονται και σημειακά φορτία. Τέτοιου είδους δυνάμεις προκύπτουν για παράδειγμα, από την πίεση του τροχού του τρένου επάνω σε μια γραμμή (δοκό).

Κατανεμημένα φορτία, όταν ασκούνται σε μία ορισμένη περιοχή του σώματος. Η κατανομή των φορτίων αυτών, μπορεί να είναι ομοιόμορφη, τριγωνική, τραπεζοειδής (που προκύπτει από άθροισμα της ομοιόμορφης και της τριγωνικής), παραβολική, κλπ. Ένα παράδειγμα της περίπτωσης αυτής, αποτελεί το ίδιο το βάρος μίας ευθύγραμμης δοκού με σταθερή διατομή, γιατί αποτελεί ένα ομοιόμορφο κατανεμημένο φορτίο σε όλο της το μήκος.




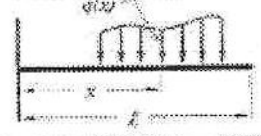
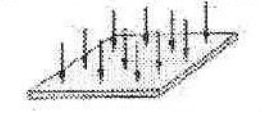
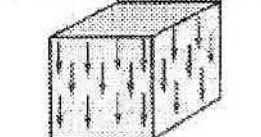

Στην τελευταία αυτή περίπτωση, εκφράζεται με μία σταθερή ποσότητα, που συμβολίσουμε με a και που έχει μονάδες, δύναμη ανά τρέχον m μήκους $[Nt/m]$ ή $[t/m]$, κλπ.

Τα ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία, για υπολογιστικούς και μόνο λόγους, μπορούν να θεωρηθούν σαν συγκεντρωμένα που ασκούνται στο μέσο του μήκους που επενεργούν. Αν η κατανομή είναι τριγωνική, δρουν στο $1/3$ (ή στα $2/3$ ανάλογα) του μήκους που επενεργούν.

Επιφανειακά κατανεμημένα φορτία, όπως είναι το ίδιο βάρος των επιφανειών, το βάρος του χιονιού σε μία επιφάνεια κλπ., καθώς επίσης και φορτία κατανεμημένα σε όλο τον όγκο (χώρο) του σώματος που χαρακτηρίζονται σαν χωρικά κατανεμημένα φορτία. Τέτοιο είδος είναι το ειδικό βάρος ενός ομογενούς σώματος.

Εκτός από τα παραπάνω είδη φορτίων, ένα σώμα μπορεί επίσης να φορτίζεται και από εξωτερική ροπή, που συνήθως μετριέται σε Nm , tm

Στο Σχήμα 4.3 φαίνονται τα διάφορα είδη φορτίων, με σημειωμένες και τις συνήθεις μονάδες μέτρησης τους. Στην πράξη πολλές φορές συνηθίζονται και τα πολλαπλάσια των μονάδων αυτών π.χ. KN , MN κ.λ.π.

Χαρακτηρισμός φορτίου	Συμβολισμός	Μονάδες μέτρησης
Συγκεντρωμένο ή σημειακό φορτίο		N, kp, t
Ομοιομορφή κατανομή φορτίου		N/m, kp/m, t/m
Τριγωνική κατανομή φορτίου		N/m, kp/m, t/m
Ανισομορφή κατανομή φορτίου		N/m, kp/m, t/m
Επιφανειακά κατανομημένο φορτίο		N/m ² , kp/m ² , t/m ²
Χωρικά κατανομημένο φορτίο		kN/m ³ , t/m ³
Συγκεντρωμένη ροπή		Nm, kp·m, t·m

Σχήμα 4.3: Διάφορα είδη φορτίων

Υπενθυμίζεται ακόμη ότι, εκτός από τις εξωτερικές δυνάμεις και ροπές, ασκούνται επιπλέον στα σώματα και οι αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τους διάφορους τρόπους στήριξης του σώματος. Έτσι, όταν σε μία δοκό για παράδειγμα επενεργούν εξωτερικές δυνάμεις, αυτές μεταφέρονται στις στηρίξεις της. Αλλά τότε, σύμφωνα με την αρχή της δράσης-αντίδρασης, και οι στηρίξεις θα ασκούν στην δοκό δυνάμεις ίσες και αντίθετες, που ονομάζονται αντιδράσεις. Σημειώνεται ακόμη ότι με τη λέξη αντιδράσεις, εννοούμε τόσο δυνάμεις όσο και ροπές.

Οι εξωτερικές δυνάμεις διακρίνονται πολλές φορές και ανάλογα με το είδος της καταπόνησης που επιφέρουν στο σώμα. Έτσι, μια αξονική δύναμη χαρακτηρίζεται και σαν εφελκυστική ή θλιπτική αν καταπονεί το σώμα σε

εφελκυσμό ή θλίψη αντίστοιχα, ενώ μία δύναμη που καταπονεί ένα σώμα σε διάτμηση χαρακτηρίζεται σαν διατμητική δύναμη. Επίσης, αν οι δυνάμεις τείνουν να περιστρέψουν το σώμα χαρακτηρίζονται σαν στρεπτικές δυνάμεις, ενώ αν καταπονούν ένα σώμα σε κάμψη αναφέρονται και σαν καμπτικές δυνάμεις.

4.1.5 Είδη Φορέων

Φορέας ονομάζεται γενικά κάθε σώμα ή κατασκευή που μπορεί να φέρει εξωτερικά φορτία, τα οποία και μεταφέρει στις στηρίξεις του, διαμέσου των οποίων καταλήγουν τελικά συνήθως στο έδαφος.

Ανάλογα με τη μορφή τους, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Η Ράβδος: Έτσι χαρακτηρίζεται ένα σώμα που το μήκος του είναι συγκριτικά πολύ μεγαλύτερο από τις άλλες του διαστάσεις, και έχει έναν ευθύγραμμο άξονα συμμετρίας. Η ράβδος καταπονείται συνήθως μόνον από αξονικά φορτία.

2. Η Δοκός: Έτσι χαρακτηρίζεται ένα σώμα που το μήκος του είναι αισθητά μεγαλύτερο από τις άλλες του διαστάσεις και έχει έναν ευθύγραμμο άξονα συμμετρίας. Η δοκός καταπονείται από αξονικά και εγκάρσια φορτία.

3. Το πλαίσιο: Αυτό αποτελείται από άθροισμα δοκών που η μία θεωρείται πακτωμένη μέσα στην άλλη.

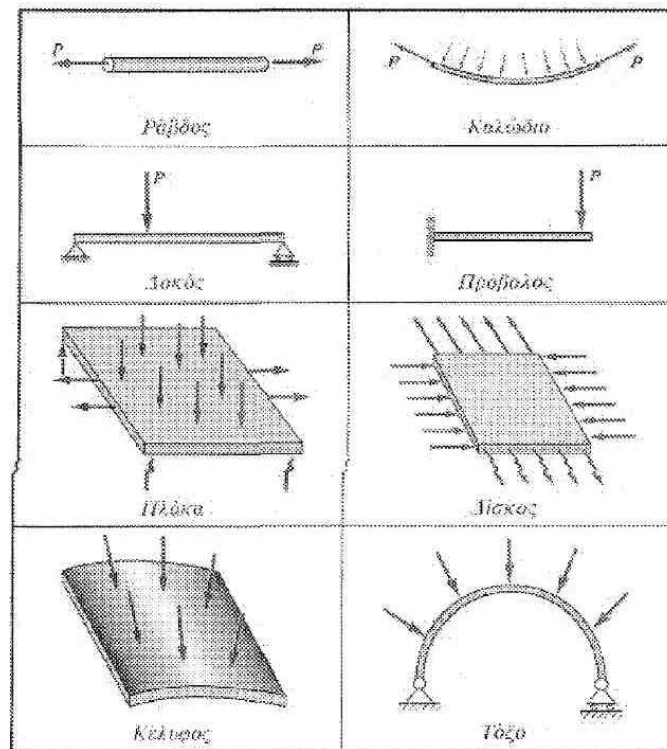
4. Το Τόξο: Έτσι χαρακτηρίζεται μία δοκός με καμπύλο όμως άξονα.

5. Ο Δίσκος: Έτσι χαρακτηρίζεται ένα επίπεδο σώμα, που έχει πάχος πολύ μικρότερο συγκριτικά με τις άλλες διαστάσεις. Ο δίσκος μπορεί να καταπονείται από δυνάμεις εφελκυστικές ή θλιπτικές που δρουν στο επίπεδο του.

6. Η Πλάκα: Έτσι χαρακτηρίζεται ένα επίπεδο σώμα, με πάχος πολύ μικρότερο από τις άλλες του διαστάσεις. Η πλάκα όμως, σε αντίθεση με το δίσκο, μπορεί επιπλέον να καταπονείται και από εγκάρσια φορτία στο επίπεδο της.

7. Το Κέλυφος: Έτσι χαρακτηρίζεται ένα σώμα, με πάχος πολύ μικρότερο από τις άλλες διαστάσεις, που η μέση του επιφάνεια δεν είναι επίπεδη, αλλά καμπύλη.

Τα διάφορα είδη φορέων, φαίνονται συνοπτικά στο Σχήμα 4.4



Σχήμα 4.4: Διάφορα είδη φορέων

4.2 ΥΠΕΡΣΤΑΤΙΚΟΙ ΔΟΚΟΙ

Όταν οι άγνωστες αντιδράσεις μίας δοκού μπορούν να προσδιοριστούν με εφαρμογή των εξισώσεων της στατικής ισορροπίας και μόνο, λέμε ότι η δοκός είναι στατικά ορισμένη ή ισοστατική. Οι εξισώσεις της στατικής ισορροπίας για τη γενική φόρτιση, είναι τρεις:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

Σε αρκετές όμως περιπτώσεις το πλήθος των αγνώστων αντιδράσεων είναι μεγαλύτερο από τον αριθμό των διατιθέμενων εξισώσεων ισορροπίας. Οι δοκοί αυτοί (ή και φορείς γενικότερα) ονομάζονται υπερστατικοί ή στατικά αόριστοι.

Η διαφορά του αριθμού των αγνώστων αντιδράσεων στις στηρίξεις από τις διατιθέμενες εξισώσεις ισορροπίας, ονομάζεται βαθμός υπερστατικότητας ή βαθμός στατικής αοριστίας ή απλά βαθμός αοριστίας.

Έτσι, οι υπερστατικοί δοκοί είναι πρόβλημα άλυτο για τη στατική του απαραμόρφωτου σώματος, από την οποία όπως είπαμε, διατίθενται μέχρι τρεις το πολύ εξισώσεις.

Οι φορείς όμως αυτοί, επιλύονται στην Αντοχή των Υλικών η οποία λαμβάνει επιπλέον υπόψη της και τις προκαλούμενες παραμορφώσεις.

Για την επίλυση των υπερστατικών δοκών, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που στηρίζονται στις προκαλούμενες παραμορφώσεις, οι οποίες βέβαια, πρέπει να είναι συμβιβαστές με τις υπάρχουσες στηρίξεις τους ή με κάποια άλλη χαρακτηριστική συνθήκη όπως είναι η υποχώρηση της στήριξης, ή η στήριξη σε ελαστικό μέσο όπως είναι το ελατήριο, κ.λ.π. Ορισμένες μέθοδοι για την επίλυση υπερστατικών δοκών είναι η μέθοδος της επαλληλίας, η αρχή δυνατών έργων, η μέθοδος CROSS, η μέθοδος της ελαστικής γραμμής, το θεώρημα των τριών ροπών ή μέθοδος Clapeyron και άλλες.

4.2.1 Μέθοδος της επαλληλίας

Μία μέθοδος που βασίζεται στην ελαστική γραμμή είναι η μέθοδος της επαλληλίας (ή υπέρθεσης). Με τη μέθοδο της επαλληλίας μπορούμε να υπολογίσουμε τα βέλη κάμψης σε γραμμικά ελαστικά σώματα που δέχονται σύνθετες φορτίσεις οι οποίες μπορούν να αναλυθούν σε επιμέρους απλές φορτίσεις.

Η μέθοδος της επαλληλίας στηρίζεται στην αρχή: "Τα εντατικά και παραμορφωτικά μεγέθη της αρχικής φόρτισης μίας δοκού μπορούν να προκύψουν από την επαλληλία των αντίστοιχων μεγεθών των επιμέρους φορτίσεων, με την προϋπόθεση που προαναφέραμε."

Το πλεονέκτημα της μεθόδου της επαλληλίας είναι ότι καθίσταται πολύ σύντομη, καθόσον μπορούμε να λύσουμε σύνθετα προβλήματα, αναλύοντας τα σε απλούστερα. Το σοβαρό μειονέκτημα είναι ότι εφαρμόζεται σε περιπτώσεις απλών μόνον φορτίσεων, για τις οποίες γνωρίζουμε ή μπορούμε να βρούμε εύκολα από πινάκες, όπως από τον πίνακα 4.1, τα βέλη κάμψης οπότε προσθέτουμε αλγεβρικά τα επιμέρους αποτελέσματα.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, επιλέγουμε τις πλεονάζουσες στηρίξεις που καθιστούν τη δοκό υπερστατική. Κατόπιν αντικαθιστούμε τις πλεονάζουσες μόνον στηρίξεις με τις αντιδράσεις τους, έστω X , Ψ , Z , οι οποίες θα καθιστούσαν τη δοκό ισοστατική αν προσωρινά δεχτούμε ότι αυτές ήταν γνωστές και θεωρηθούν σαν εξωτερική φόρτιση. Για παράδειγμα, δοκός που καταπονείται με εξωτερική φόρτιση και έχει μία πλεονάζουσα στήριξη, αντικαθιστούμε την αντίδραση της στήριξης με τη δύναμη X .

Τότε, αφού δεν υπάρχει στήριξη στο σημείο εκείνο, η αρχική εξωτερική φόρτιση θα προκαλούσε βέλος κάμψης έστω y_1 , ενώ η δύναμη X (που τώρα θεωρείται προσωρινά σαν εξωτερική φόρτιση) αν ενεργούσε μόνη της, θα προκαλούσε ένα βέλος κάμψης έστω y_2 . Το τελικό βέβαια βέλος κάμψης y , θα ισούται προφανώς λόγω της αρχής της επαλληλίας, με το αλγεβρικό άθροισμα των δύο προηγούμενων, δηλαδή:

$$y = y_1 + y_2$$

Το y όμως πρέπει να επαληθεύει την εξίσωση συμβιβαστού των παραμορφώσεων για το σημείο στήριξης, που αν η στήριξη είναι ανένδοτη πρέπει να είναι $y=0$, οπότε προκύπτει $y_1=-y_2$, δηλαδή όσο βέλος κάμψης προκάλεσε η αρχική εξωτερική φόρτιση, πρέπει να το αναιρέσει η αντίδραση X της στήριξης. Τα βέλη κάμψης όμως είναι συναρτήσεις της εξωτερικής φόρτισης, οπότε από την προηγούμενη εξίσωση, υπολογίζουμε το μέγεθος της πλεονάζουσας δύναμης X . Συνεπώς το πρόβλημα παύει πλέον να είναι υπερστατικό μετατρέπόμενο σε ισοστατικό, για την περαιτέρω επίλυση του οποίου αρκούν οι εξισώσεις στατικής ισορροπίας.

Στις περιπτώσεις που έχουμε και μετατόπιση των στηρίξεων, τότε στο βέλος κάμψης πρέπει να προστεθεί και η μετατόπιση του φορέα, λόγω υποχωρήσεως των στηρίξεων.

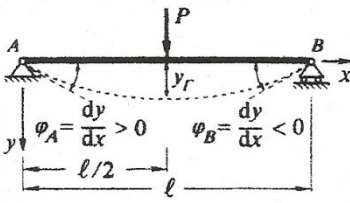
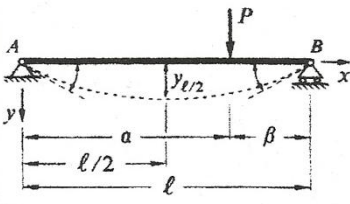
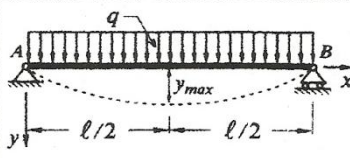
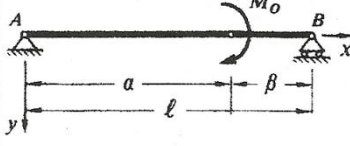
Σημειώνουμε ότι με τη μέθοδο της επαλληλίας δεν είναι απαραίτητο να εργαζόμαστε μόνο με βέλη κάμψης, αλλά μπορούμε και με κλίσεις ελαστικής γραμμής.

Έτσι η κλίση της ελαστικής γραμμής μίας δοκού με σύνθετη φόρτιση, μπορεί να προσδιοριστεί αν προσθέσουμε αλγεβρικά τις κλίσεις των επιμέρους απλούστερων φορτίσεων στη θέση αυτή, που συνήθως προκύπτουν από πίνακες.

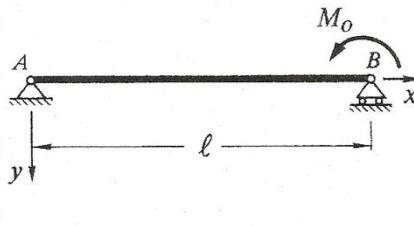
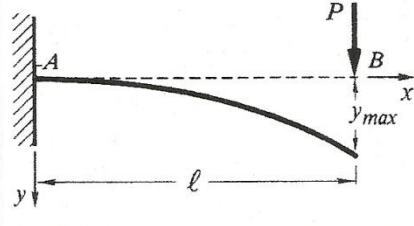
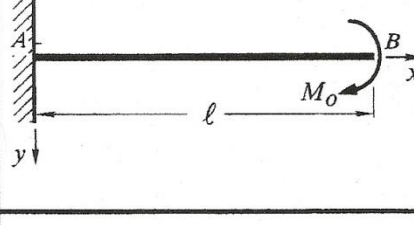
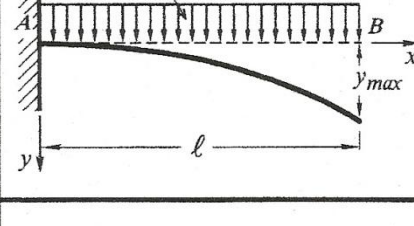
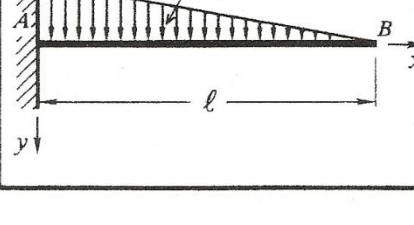
Πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος της επαλληλίας ισχύει μόνο στην περίπτωση που η κατασκευή σε κάθε φάση της έχει γραμμικά ελαστική

συμπεριφορά, δηλαδή οι τάσεις δεν ξεπερνούν το όριο αναλογίας οπότε ισχύει ο νόμος του Hook. δηλαδή οι παρομοιώσεις είναι αρκετά μικρές.

Πίνακας 4.1: Κλίσεις και βέλη κάμψης για διάφορες περιπτώσεις φόρτισης.

Είδος φόρτισης	Κλίσεις	Βέλη κάμψης
 <p> $\varphi_A = \frac{dy}{dx} > 0$ $\varphi_B = \frac{dy}{dx} < 0$ $\ell/2$ ℓ </p>	$\varphi_A = \frac{P\ell^2}{16EI}$ $\varphi_B = -\frac{P\ell^2}{16EI}$ $\varphi_r = 0$	$y_{max} = y_r = \frac{P\ell^3}{48EI}$
 <p> a β $\ell/2$ ℓ </p>	$\varphi_A = \frac{Pa\beta(\ell + \beta)}{6\ell EI}$ $\varphi_B = \frac{-Pa\beta(\ell + a)}{6\ell EI}$ $\varphi_r = \frac{Pa\beta(\beta - a)}{3\ell EI}$	$y_r = \frac{Pa^2\beta^2}{3\ell EI}$ $x = \frac{\ell}{2}, y_{r/2} = \frac{P\beta(3\ell^2 - 4\beta^2)}{48EI}$ $\mu\epsilon x = \sqrt{\frac{\ell^2 - \beta^2}{3}}, \beta < \frac{\ell}{2}$ $y_{max} = \frac{P\beta(\ell^2 - \beta^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}\ell EI}$
 <p> q y_{max} $\ell/2$ $\ell/2$ </p>	$\varphi_A = \frac{q\ell^3}{24EI}$ $\varphi_B = -\frac{q\ell^3}{24EI}$	$x = \frac{\ell}{2}, y_{max} = \frac{5q\ell^4}{384EI}$
 <p> M_0 a β ℓ </p>	$\varphi_A = \frac{M_0(3\beta^2 - \ell^2)}{6\ell EI}$ $\varphi_B = \frac{M_0(3a^2 - \ell^2)}{6\ell EI}$ $\varphi_r = \frac{M_0(a^2 - a\beta + \beta^2)}{3\ell EI}$	$y_r = \frac{M_0a\beta(\beta - a)}{3\ell EI}$

Πίνακας 4.1: Κλίσεις και βέλη κάμψης για διάφορες περιπτώσεις φόρτισης (συνέχεια)

Είδος φόρτισης	Κλίσεις	Βέλη κάμψης
	$\varphi_A = \frac{M_0 l}{6EI}$ $\varphi_B = \frac{M_0 l}{3EI}$	$x = \frac{l}{\sqrt{3}}, \quad y_{max} = \frac{M_0 l^2}{9\sqrt{3}EI}$ $x = \frac{l}{2}, \quad y_{l/2} = \frac{M_0 l^2}{16EI}$
	$\varphi_A = 0$ $\varphi_B = \frac{Pl^2}{2EI}$	$y_{max} = y_B = \frac{Pl^3}{3EI}$
	$\varphi_A = 0$ $\varphi_B = \frac{M_0 l}{EI}$	$y_{max} = y_B = \frac{M_0 l^2}{2EI}$
	$\varphi_A = 0$ $\varphi_B = \frac{ql^3}{6EI}$	$y_{max} = y_B = \frac{ql^4}{8EI}$
	$\varphi_A = 0$ $\varphi_B = \frac{ql^3}{24EI}$	$y_{max} = y_B = \frac{ql^4}{30EI}$

4.2.2 Θεώρημα τριών ροπών ή μέθοδος CLAPEYRON

Ονομάζουμε συνεχή δοκό τη δοκό εκείνη που στηρίζεται σε περισσότερες από δύο στηρίξεις οι οποίες είναι όλες κυλίσεις, εκτός από μία άρθρωση Σχ. 5.10 και της οποίας ο άξονας είναι συνεχής γραμμή.

Για την επίλυση τέτοιων δοκών ενδείκνυται η μέθοδος Clapeyron. Με τη μέθοδο αυτή χωρίζουμε τη δοκό σε άθροισμα απλών αμφιέριστων δοκών (που είναι όσες οι στηρίξεις μείον ένα) και θεωρούμε σαν πλεονάζον μέγεθος τις ενδιάμεσες ροπές κάμψης M_1, M_2, M_3 κλπ επάνω από τις αντίστοιχες ενδιάμεσες στηρίξεις που λέγονται και ροπές στήριξης.

Στο Σχ. 4.5 θεωρούμε τρεις οποιεσδήποτε συνεχόμενες στηρίξεις $n-1, n, n+1$, οπότε προκύπτουν δύο απλές δοκοί με ανοίγματα l_n , και l_{n+1} . Έστω M_{n-1}, M_n και M_{n+1} οι τρεις πλεονάζουσες ροπές στα τρία αυτά σημεία. Δηλαδή, απαριθμούμε συνήθως τις στηρίξεις με 0, 1, 2, 3 και τα ανοίγματα, μεταξύ 0 και 1 σαν l_1 , μεταξύ 1 και 2 σαν l_2 , κλπ. Για τρία συνεχόμενα στηρίγματα, αποδεικνύεται ότι ισχύει:

$$M_{n-1}l_n + 2M_n(l_n + l_{n+1}) + M_{n+1}l_{n+1} = -(l_nR_n + l_{n+1}L_{n+1}) \quad (1)$$

Η εξίσωση (1) ονομάζεται εξίσωση των τριών ροπών ή εξίσωση Clapeyron και μπορεί να εφαρμοστεί μία μόνον φορά για κάθε ενδιάμεση στήριξη, οπότε μαζί με τις δύο εξισώσεις στατικής ισορροπίας αποτελούν σύστημα εξισώσεων με το οποίο επιλύουμε την υπερστατική συνεχή δοκό. Υπολογίζουμε δηλαδή πρώτα τις M_1, M_2, \dots οπότε κατόπιν υπολογίζουμε εύκολα και τις αντιδράσεις στις στηρίξεις.



Σχήμα 4.5: Συνεχής δοκός πέντε στηρίξεων με τέσσερα ανοίγματα

Οι φορτικοί συντελεστές L (left) και R (right) για το αριστερό και δεξιό άκρο κάθε ανοίγματος της εξίσωσης (1), υπολογίζονται για τη δεδομένη εξωτερική φόρτιση των ανοιγμάτων l_n (για την R_n) και l_{n+1} (για την L_{n+1}).

Αν κάθε επιμέρους δοκός μήκους l_n θεωρηθεί αμφιέριστη και x είναι η απόσταση της τυχαίας ενδιάμεσης διατομής από το αριστερό στήριγμα $n-1$,

$\chi=l_n-x$ είναι η απόσταση από το δεξιό του στήριγμα n , και $M(x)$ η ροπή κάμψης, τότε οι φορτικοί συντελεστές ορίζονται από τις σχέσεις:


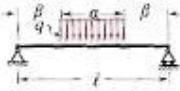

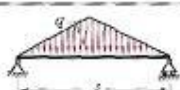

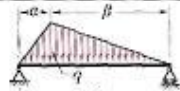
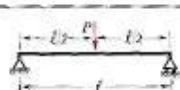
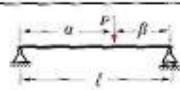
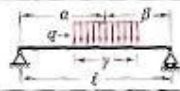

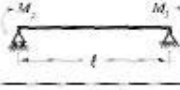
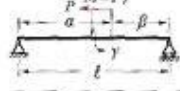
$$R_n = \frac{6}{l_n^2} \int_0^{l_n} M(x)x dx, \quad L_n = \frac{6}{l_n^2} \int_0^{l_n} (l_n - x)M(x) dx,$$

Τιμές των συντελεστών φόρτισης δίνονται στον Πίν. 4.2

Με βάση την αρχή της επαλληλίας, η ολική αντίδραση V_n στη στήριξη n , θα οφείλεται αφενός στις συνιστώσες αντιδράσεις $V_n^{\alpha\rho}$ και $V_n^{\delta\varepsilon\xi}$ (που είναι οι αντιδράσεις που οφείλονται στα εξωτερικά φορτία τόσο της αριστερής δοκού ανοίγματος l_n , όσο και της δεξιάς ανοίγματος l_{n+1} αντίστοιχα) και αφετέρου στις συνιστώσες που προέρχονται από τις ροπές M_{n-1} M_n από την αριστερή και M_n M_{n+1} από τη δεξιά, οπότε τελικά θα έχουμε:

$$V_n = V_n^{\alpha\rho} + V_n^{\delta\varepsilon\xi} + \frac{M_{n-1} - M_n}{l_n} + \frac{-M_n + M_{n+1}}{l_{n+1}}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Συντελεστές φόρτισης L και R

Περίπτωση	Συντελεστές φόρτισης	
	L	R
	$\frac{q \ell^2}{4}$	$\frac{q \ell^2}{4}$
	$\frac{q \beta \ell}{8} \left(3 - \frac{a^2}{\ell^2} \right)$	$\frac{q \beta \ell}{8} \left(3 - \frac{a^2}{\ell^2} \right)$
	$\frac{q a^2}{2} \left(3 - \frac{2a}{\ell} \right)$	$\frac{q a^2}{2} \left(3 - \frac{2a}{\ell} \right)$
	$\frac{5}{32} q \ell^2$	$\frac{5}{32} q \ell^2$
	$\frac{8 q \ell^2}{60}$	$\frac{7 q \ell^2}{60}$
	$\frac{q(\ell + \beta)}{60 \ell} (7 \ell^2 - 3 \beta^2)$	$\frac{q(\ell + a)}{60 \ell} (7 \ell^2 - 3 a^2)$
	$\frac{3 P \ell}{8}$	$\frac{3 P \ell}{8}$
	$\frac{P a \beta (\beta + \ell)}{\ell^2}$	$\frac{P a \beta (a + \ell)}{\ell^2}$
	$\frac{q a \beta \gamma}{\ell^2} \left(\ell + \beta - \frac{\gamma^2}{4 a} \right)$	$\frac{q a \beta \gamma}{\ell^2} \left(\ell + a - \frac{\gamma^2}{4 \beta} \right)$
	M	2M
	2M1 + M2	M1 + 2M2
	$P \gamma \left(1 - 3 \frac{\beta^2}{\ell^2} \right)$	$P \gamma \left(3 \frac{a^2}{\ell^2} - 1 \right)$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ένα από τα πρώτα δεδομένα που πρέπει να αναζητηθούν, ώστε να μπορέσουν να γίνουν οι υπολογισμοί της γεφυροπλάστιγγας, είναι και το μέγιστο βάρος του οχήματος που καλείται η γεφυροπλάστιγγα να ζυγίσει.

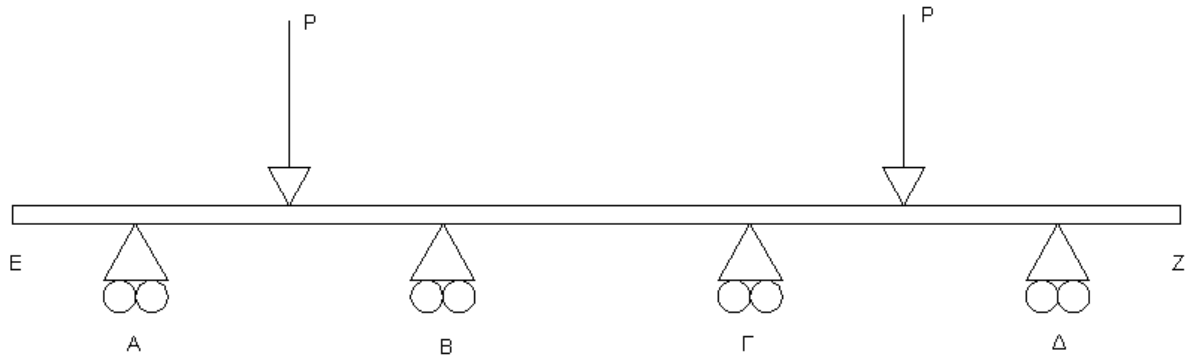
Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι ο Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας (ΚΟΚ.) αναφέρει ως μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος φορτηγού οχήματος τους σαράντα πέντε (45) τόνους, θα μπορούσε να επιλεγθεί αυτό το βάρος για τους υπολογισμούς της γεφυροπλάστιγγας. Η εμπειρία όμως υποδεικνύει ότι πολλά φορτηγά κυκλοφορούν υπέρβαρα στους δρόμους, και έτσι η γεφυροπλάστιγγα πρέπει να μπορεί να αντεπεξέλθει σε μια τέτοια καταπόνηση. Έτσι στο φορτίο των 45 τόνων πρέπει να προστεθεί και μια προσαύξηση 20% ως συντελεστής ασφαλείας. Το σύνολο του φορτίου για το οποίο θα υπολογισθεί η γεφυροπλάστιγγα είναι, για τους παραπάνω λόγους, πενήντα τέσσερις (54) τόνοι.

Σε περιπτώσεις οχημάτων, όπως ειδικών μεταφορών, με μεγαλύτερο βάρος από το μέγιστο επιτρεπόμενο ζύγισης της γεφυροπλάστιγγας, η κοινή πρακτική ζύγισης είναι να ζυγίζεται μια φορά το μπροστινό μέρος και μια το πίσω μέρος.

Όπως φαίνεται και στο σχέδιο 1 η γεφυροπλάστιγγα είναι κατασκευασμένη από έναν αριθμό δοκών κατάλληλα συνδεδεμένων μεταξύ τους. Οι τροχοί του φορτηγού οχήματος μπορεί να περάσουν πατώντας σε μια ή περισσότερες δοκούς στην άνοδο του ή στην κάθοδο του από τη γεφυροπλάστιγγα και να σταθεροποιηθεί για την ζύγιση σε οποιαδήποτε θέση μεταξύ των στηρίξεων της γεφυροπλάστιγγας.

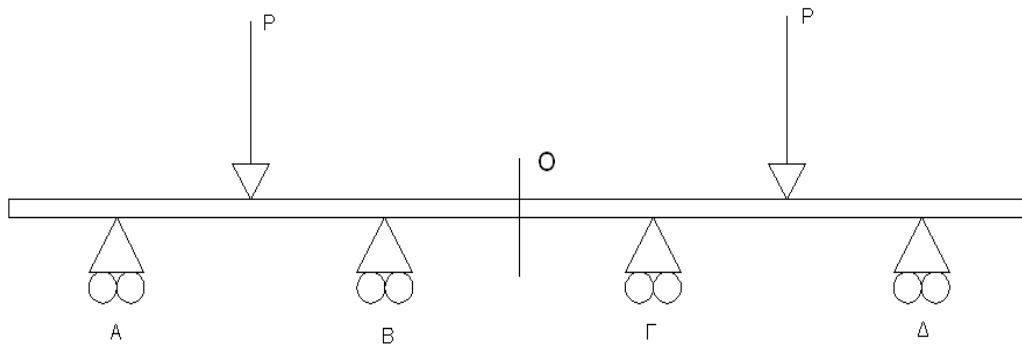
Η δυσμενέστερη περίπτωση από όλες τις παραπάνω πιθανές θέσεις είναι να βρεθεί σταθμευμένο, έτσι ώστε όλο το βάρος του οχήματος να στηρίζεται σε μία και μόνο μία δοκό, ανά τροχό και να βρίσκεται ακριβώς στην μέση της αποστάσεως από τα σημεία στήριξης, έτσι όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.1 που βρίσκεται παρακάτω.

Η δύναμη λοιπόν P , Σχ. 5.1, είναι $54 \text{ ton} / 4 = 13.5 \text{ ton}$



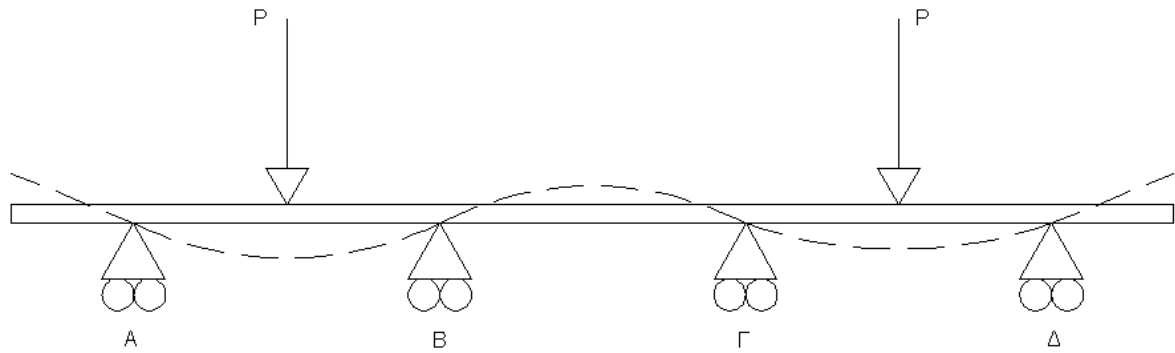
Σχήμα 5.1: Δοκός με δυνάμεις P

Κατά την επίλυση της δοκού παρατηρούμε πως η δοκός είναι υπερστατική και έτσι εκτός από τις εξισώσεις ισορροπίας θα πρέπει να βρούμε άλλη μια εξίσωση για την λύση του. Παρατηρούμε ότι η δοκός είναι συμμετρική ως προς το κέντρο του και έτσι μπορούμε να χωρίσουμε την δοκό σε δυο όμοιες και να βρούμε τις αντιδράσεις στις στηρίξεις A και B , οι οποίες θα είναι ίδιες και για τις Δ και Γ αντίστοιχα. Έτσι χωρίζουμε την δοκό σε δυο ίδιες δοκούς στο σημείο O όπως φαίνεται στο Σχ. 5.2.



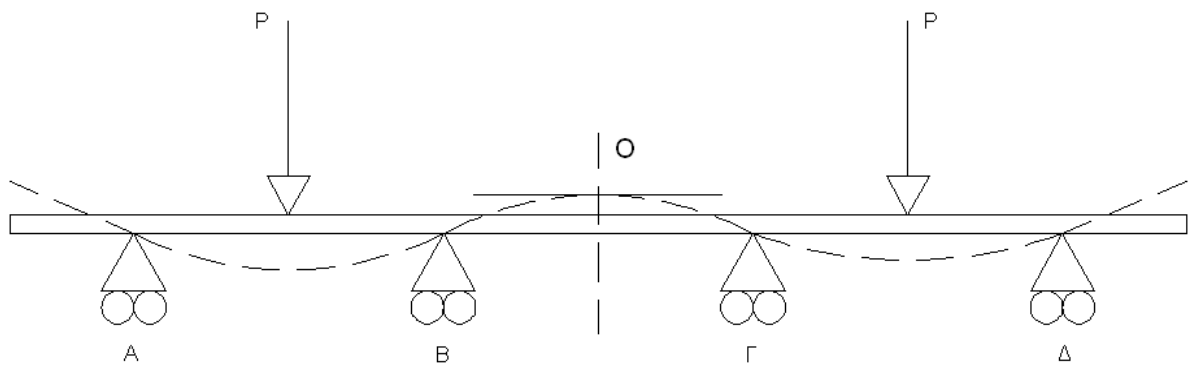
Σχήμα 5.2: Σημείο συμμετρίας O

Σύμφωνα με τα φορτία P που υπάρχουν η ελαστική γραμμή της δοκού θα χαραχτεί όπως στο Σχ. 5.3



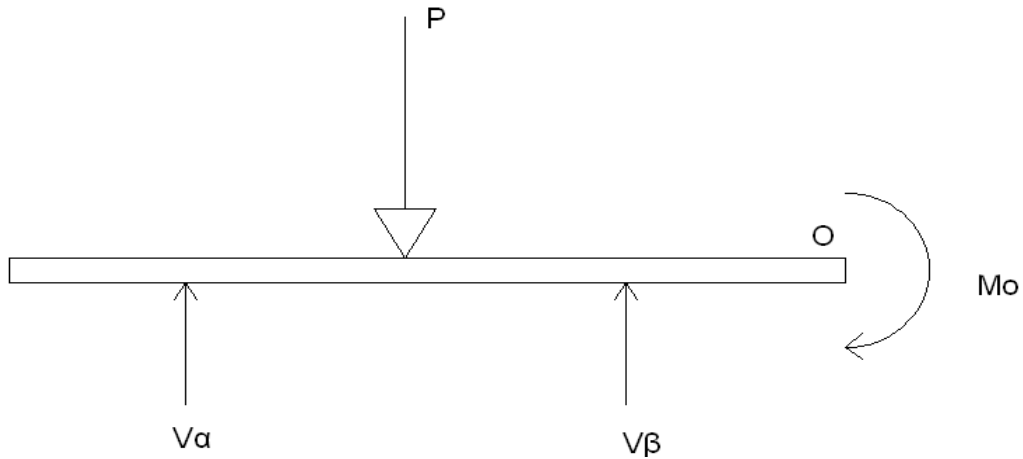
Σχήμα 5.3: Ελαστική γραμμή δοκού

Στο σημείο O, Σχ.5.4, έχουμε την συμμετρία της δοκού και το σημείο όπου τέμνει την ελαστική γραμμή.



Σχήμα 5.4: Σημείο τομής της ελαστικής γραμμής

Λόγω συμμετρίας η κλίση της ελαστικής γραμμής στο σημείο O ισούται με το μηδέν. Άρα $\Phi_0=0$. Στο σημείο O, Σχ. 5.5, προσθέτουμε μια ροπή που αλληλεπιδρά με την υπόλοιπη συμμετρική δοκό. Έτσι το διάγραμμα ελευθέρου σώματος θα είναι:



Σχήμα 5.5: Διάγραμμα ελευθέρου σώματος

Από τις εξισώσεις ισορροπίας έχουμε:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow V_A - P + V_B = 0$$

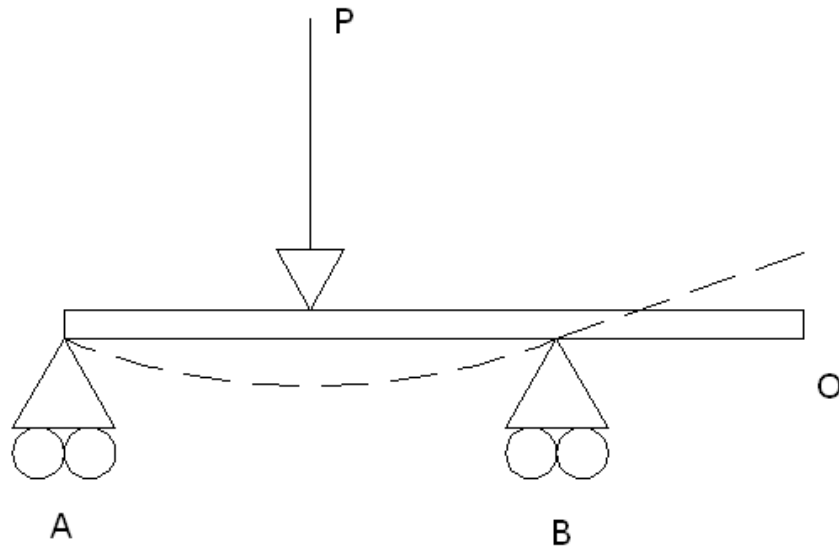
$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow -P \times \left(\frac{AB}{2}\right) + V_B \times (AB) - M = 0$$

Έχουμε δυο εξισώσεις με τρεις αγνώστους.

Για την εύρεση των V_A και V_B χρειαζόμαστε άλλη μια εξίσωση την οποία θα βρούμε μέσα από την μέθοδο επαλληλίας των κλίσεων της ελαστικής γραμμής της δοκού.

Χωρίζουμε την παραπάνω δοκό σε δύο επιμέρους δοκούς. Μία με την δύναμη P και μια δεύτερη με την ροπή M_O .

5.2 Δοκός με δύναμη P



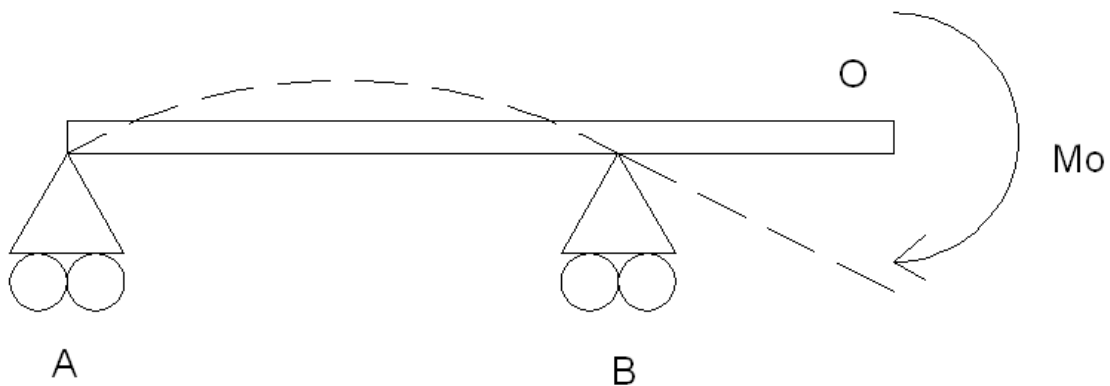
Σχήμα 5.6: Διάγραμμα ελαστικής γραμμής με την επίδραση της δύναμης P

Το κομμάτι αριστερά της κύλισης A παραλείπεται από τους υπολογισμούς γιατί δεν φορτίζεται.

Η δύναμη P βρίσκεται στο μέσο των δύο στηρίξεων. Έτσι από τον Πίν. 4.1 η εξίσωση για την κλίση του Σχ. 5.6 στο σημείο B θα είναι:

$$\Phi\rho = \frac{P \times (AB)^2}{16 \times E \times I}$$

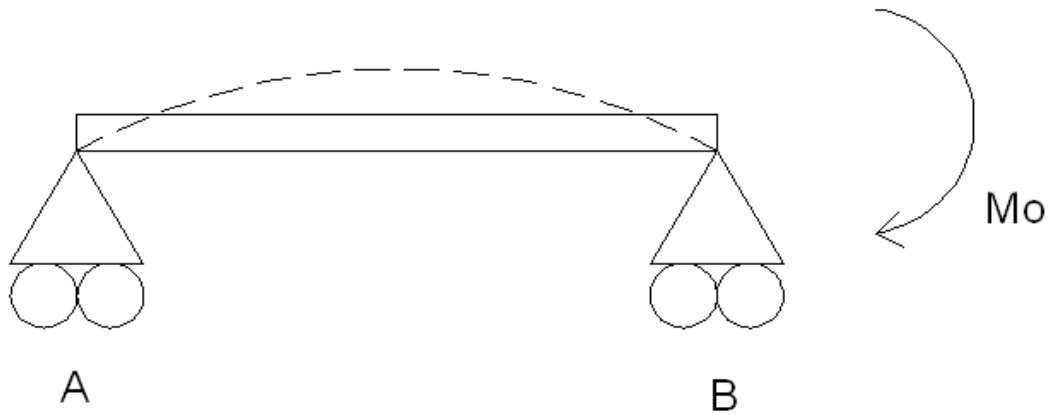
5.3 Δοκό με ροπή.



Σχήμα 5.7: Διάγραμμα ελαστικής γραμμής με την επίδραση της ροπής

Στην περίπτωση της ροπής η δοκός θα πρέπει να εξεταστεί σαν δύο είδη δοκών. Μία δοκό με την ροπή μεταφερόμενη στην στήριξη Β και άλλη μία σαν πρόβολο ΒΟ με την ροπή να ασκείται στο σημείο Ο. Άρα θα έχω δυο περιπτώσεις :

5.3.1 Περίπτωση 1

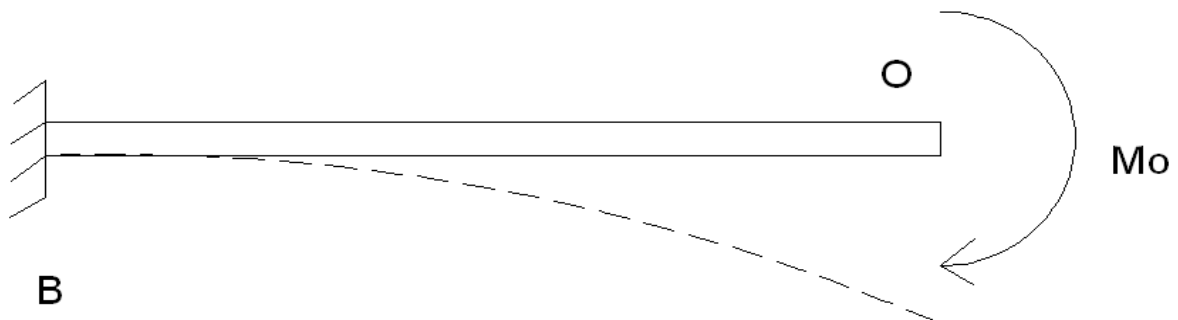


Σχήμα 5.8: Διάγραμμα ελαστικής γραμμής με την επίδραση της ροπής

Για την πρώτη περίπτωση όπου η ροπή ασκείται στο σημείο Β η εξίσωση της κλίσης στο σημείο Β βάση του Πίν. 4.1 για το Σχ. 5.8 είναι :

$$\Phi M_1 = \frac{M_o \times (AB)}{3 \times E \times I}$$

5.3.2 Περίπτωση 2



Σχήμα 5.9: Μονοπρόεχουσα δοκός με ροπή.

Για την δεύτερη περίπτωση όπου η ροπή ασκείται στο σημείο Ο η εξίσωση της κλίσης για το σημείο Ο βάση του Πίν. 4.1 για το Σχ. 5.9 είναι :

$$\Phi_{M_2} = \frac{M_o \times (BO)}{E \times I}$$

Η πρόσθεση των δυο κλίσεων Φ_{M_1} και Φ_{M_2} μας δίνει την κλίση Φ_{M_o}

$$\Phi_{M_1} + \Phi_{M_2} = \Phi_{M_o}$$

Προαναφέραμε ότι στο σημείο Ο η κλίση είναι μηδέν (λόγο συμμετρίας) άρα η αρχική μας συνθήκη είναι:

$$\Phi_o=0$$

Έτσι αφαιρώντας τις δυο κλίσεις Φ_P και Φ_{M_o} πρέπει η διαφορά να είναι ίση με το μηδέν:

$$\Phi_P - \Phi_{M_o} = 0 \Rightarrow$$

$$\Phi_P - (\Phi_{M_1} + \Phi_{M_2}) = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{P \times (AB)^2}{16 \times E \times I} - \left[\frac{M \times (AB)}{3 \times E \times I} + \frac{M \times (BO)}{E \times I} \right] = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{P \times (AB)^2}{16} - \left[\frac{M \times (AB) + 3 \times M \times (BO)}{3} \right] = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{P \times (AB)^2}{16} = M \left[\frac{(AB) + 3 \times (BO)}{3} \right] \Rightarrow$$

$$M = \frac{\frac{P \times (AB)^2}{16}}{\frac{(AB) + 3 \times (BO)}{3}} \Rightarrow$$

$$M = \frac{P \times (AB)^2 \times 3}{16 \times [(AB) + 3 \times (BO)]}$$

Αυτή είναι η επιπλέον εξίσωση που χρειάζεται για τον υπολογισμό των αντιδράσεων.

Έτσι οι τρεις εξισώσεις για τον υπολογισμό των αντιδράσεων είναι:

$$M = \frac{P \times (AB)^2 \times 3}{16 \times [(AB) + 3 \times (BO)]}$$

$$V_B = \frac{P \times \left(\frac{AB}{2}\right) + M}{AB}$$

$$V_A = P - V_B$$

Μονάδες

$$P = 13.5 \text{ ton} = 135 \text{ KN}$$

$$EZ = 18 \text{ m}$$

$$EA = 0.35 \text{ m}$$

$$AB = 5.65 \text{ m}$$

$$B\Gamma = 6 \text{ m}$$

$$\Gamma\Delta = 5.65 \text{ m}$$

$$\Delta Z = 0.35 \text{ m}$$

$$BO = 3 \text{ m}$$

Αντικαθιστώντας στις εξισώσεις τις τιμές των μεγεθών έχουμε:

$$\begin{aligned} M &= \frac{P \times (AB)^2 \times 3}{16 \times [(AB) + 3 \times (BO)]} \\ &= \frac{135 \times 5,65^2 \times 3}{16 \times (5,65 + 3 \times 3)} = \frac{12928.61}{234.4} = 55.15 \text{ KN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$V_B = \frac{P \times \left(\frac{AB}{2}\right) + M}{AB} = \frac{135 \times \left(\frac{5.65}{2}\right) + (55.15)}{5.65} = \frac{135 \times (2.825) + 55.15}{5.65}$$

$$= \frac{381.375 + 55.15}{5.65} = \frac{436.525}{5.65} = 77.26 \text{ KN}$$

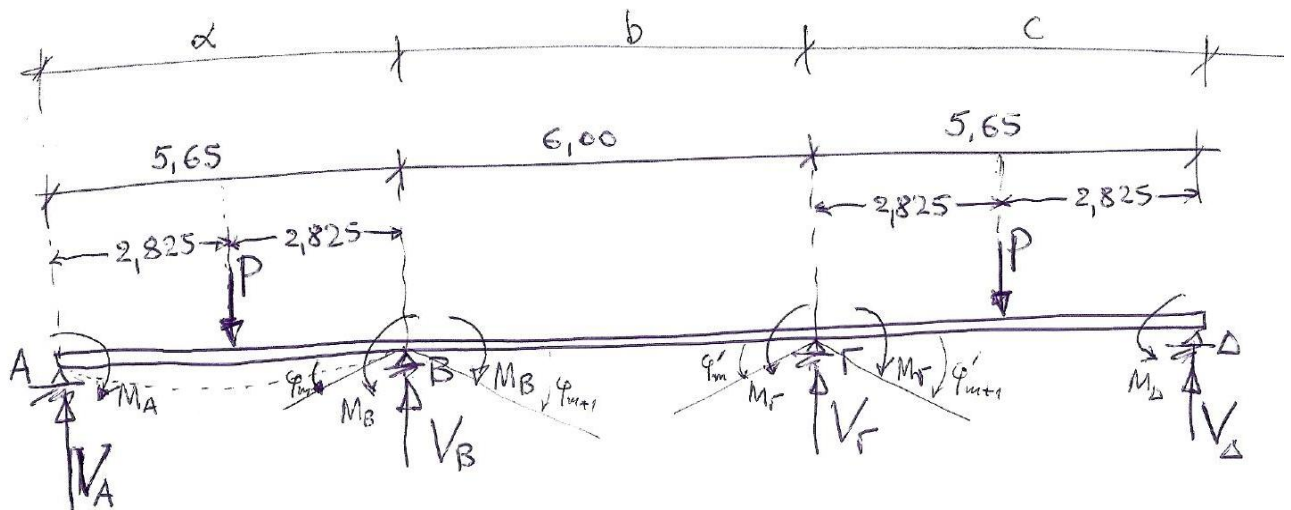
$$V_A = P - V_B = 135 - 77.26 = 57.74 \text{ KN}$$

Λόγο συμμετρίας η V_A θα ισούται με την V_Δ και η V_B θα ισούται με την V_Γ .

Οπότε:

$$V_A = V_\Delta = 57.74 \text{ KN} \text{ και } V_B = V_\Gamma = 77.26 \text{ KN}$$

Για την επαλήθευση των παραπάνω αποτελεσμάτων μπορούμε να λύσουμε το σύστημα μας με την μέθοδο των τριών ροπών (Clapeyron) με εφαρμογή των κλίσεων της ελαστικής γραμμής.



Σχήμα 5.10: Δοκός για την επίλυση με την μέθοδο Clapeyron

Ξέρουμε ότι: $V_A = V_\Delta$ και $V_B = V_\Gamma$

$$\text{Άρα: } 2 \times V_A + 2 \times V_B = 2 \times P \Rightarrow V_A + V_B = P$$

Από το Σχ. 5.10 και με την εφαρμογή της βασικής εξίσωσης της μεθόδου για τα δυο πρώτα ανοίγματα έχουμε ότι:

$$M_A \times \alpha + 2 \times M_B(\alpha + b) + M_\Gamma \times b = 6 \times E \times I \times (\varphi_m - \varphi_{m+1}) \quad (1)$$

Και για τα δυο επόμενα ανοίγματα έχουμε:

$$M_B \times b + 2 \times M_\Gamma(b + c) + M_\Delta \times c = 6 \times E \times I \times (\varphi'_m - \varphi'_{m+1}) \quad (2)$$

Οι ροπές M_B και M_Γ είναι ίσες ενώ οι M_A και M_Δ είναι μηδενικές οπότε μπορούμε να επιλύσουμε μόνο την μια εξίσωση από τις δυο. Επιλέγουμε να λύσουμε την εξίσωση (1) και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα ισχύουν και για την δεύτερη.

Οι γωνίες φ_m , φ_{m+1} και φ'_m , φ'_{m+1} οφείλονται λόγω των δυνάμεων P που βρίσκονται μεταξύ των κυλίσεων.

Οι γωνίες φ'_m και φ_{m+1} είναι μηδενικές γιατί το μεσαίο άνοιγμα δεν φορτίζεται. Επίσης από τον Πίνακα 4.1 η κλίση του σημείου B για την περίπτωση που υπάρχει φόρτιση από δύναμη στο κέντρο δυο στηρίξεων είναι:

$$\varphi_m = -\frac{P \times a^2}{16 \times E \times I}$$

Έτσι η εξίσωση (1) γίνεται

$$M_A \times \alpha + 2 \times M_B(\alpha + b) + M_\Gamma \times b = 6 \times E \times I \times \left(-\frac{P \times a^2}{16 \times E \times I} \right) \Rightarrow$$

$$2 \times M_B(\alpha + b) + M_\Gamma \times b = -\frac{3}{8}P \times a^2 \Rightarrow$$

$$M_B \times [2 \times (\alpha + b) + b] = -\frac{3}{8}P \times a^2 \Rightarrow$$

$$M_B = \frac{-\frac{3}{8} \times P \times a^2}{2 \times (\alpha + b) + b}$$

Η V_B ισούται με:

$$V_B = \frac{P}{2} + 0 + \frac{M_A - M_B}{a} + \frac{-M_B + M_\Gamma}{b}$$

Και η V_A :

$$V_A = P - V_B$$

Μονάδες

$$P=135 \text{ KN}$$

$$a=c=5,65 \text{ m}$$

$$b=6\text{m}$$

Αντικαθιστώντας στις εξισώσεις τις τιμές των μεγεθών έχουμε:

$$\begin{aligned} M_B &= \frac{-\frac{3}{8} \times P \times a^2}{2 \times (\alpha + b) + b} = \frac{-\frac{3}{8} \times 135 \times 5.65^2}{2 \times (5.65 + 6) + 6} = \frac{-1615.95}{2 \times (11.65) + 6} = \frac{-1615.95}{29.30} \\ &= -55.15 \text{ KNm} \end{aligned}$$

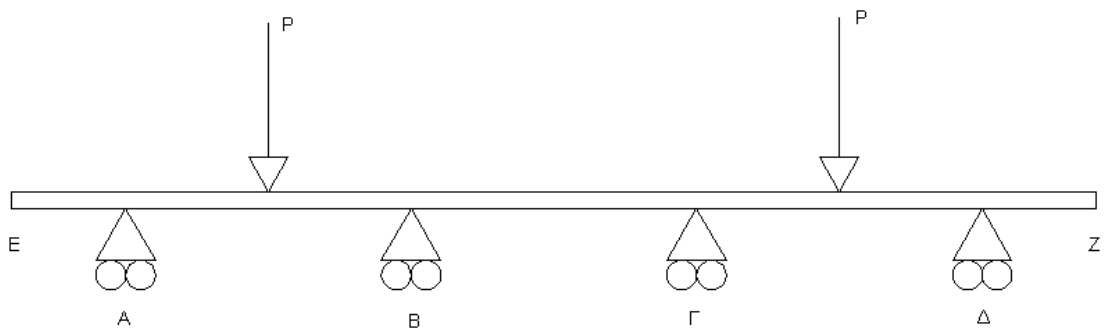
$$\begin{aligned} V_B &= \frac{P}{2} + 0 + \frac{M_A - M_B}{a} + \frac{-M_B + M_\Gamma}{b} \Rightarrow V_B = \frac{135}{2} + \frac{-(-55.15)}{5.65} \\ &= 67.5 + 9.76 = 77.26 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_A = P - V_B = 135 - 77.26 = 57.74 \text{ KN}$$

Άρα η $V_A=V_\Delta=57.74 \text{ KN}$ και η $V_B=V_\Gamma=77.26 \text{ KN}$ έτσι επαληθεύεται η μέθοδος της επαλληλίας των κλίσεων της ελαστικής γραμμής.

5.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΜΠΤΙΚΩΝ ΡΟΠΩΝ

Σύμφωνα με την αρχική δοκό του Σχ. 5.10 αντιστοιχίζουμε τα γράμματα επάνω στην δοκό με ένα νούμερο των διαγραμμάτων. Έτσι έχουμε:



Σχήμα 5.11: Δοκός με δυνάμεις και στηρίξεις

Στο σημείο 0 είναι το άκρο E της δοκού

Στο σημείο 1 βρίσκεται η στήριξη V_A

Στο σημείο 2 βρίσκεται η δύναμη P

Στο σημείο 3 βρίσκεται η στήριξη V_B

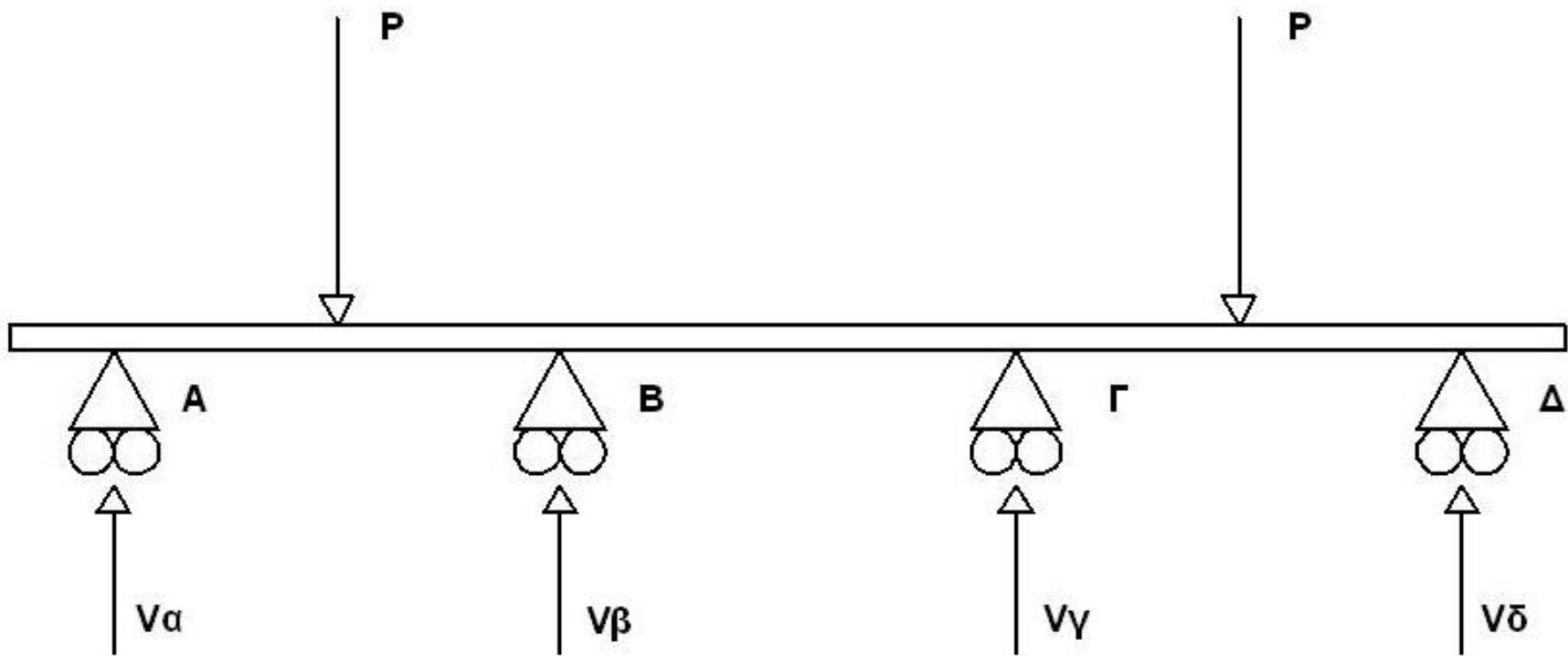
Στο σημείο 5 βρίσκεται η στήριξη V_{Γ}

Στο σημείο 6 βρίσκεται η δύναμη P

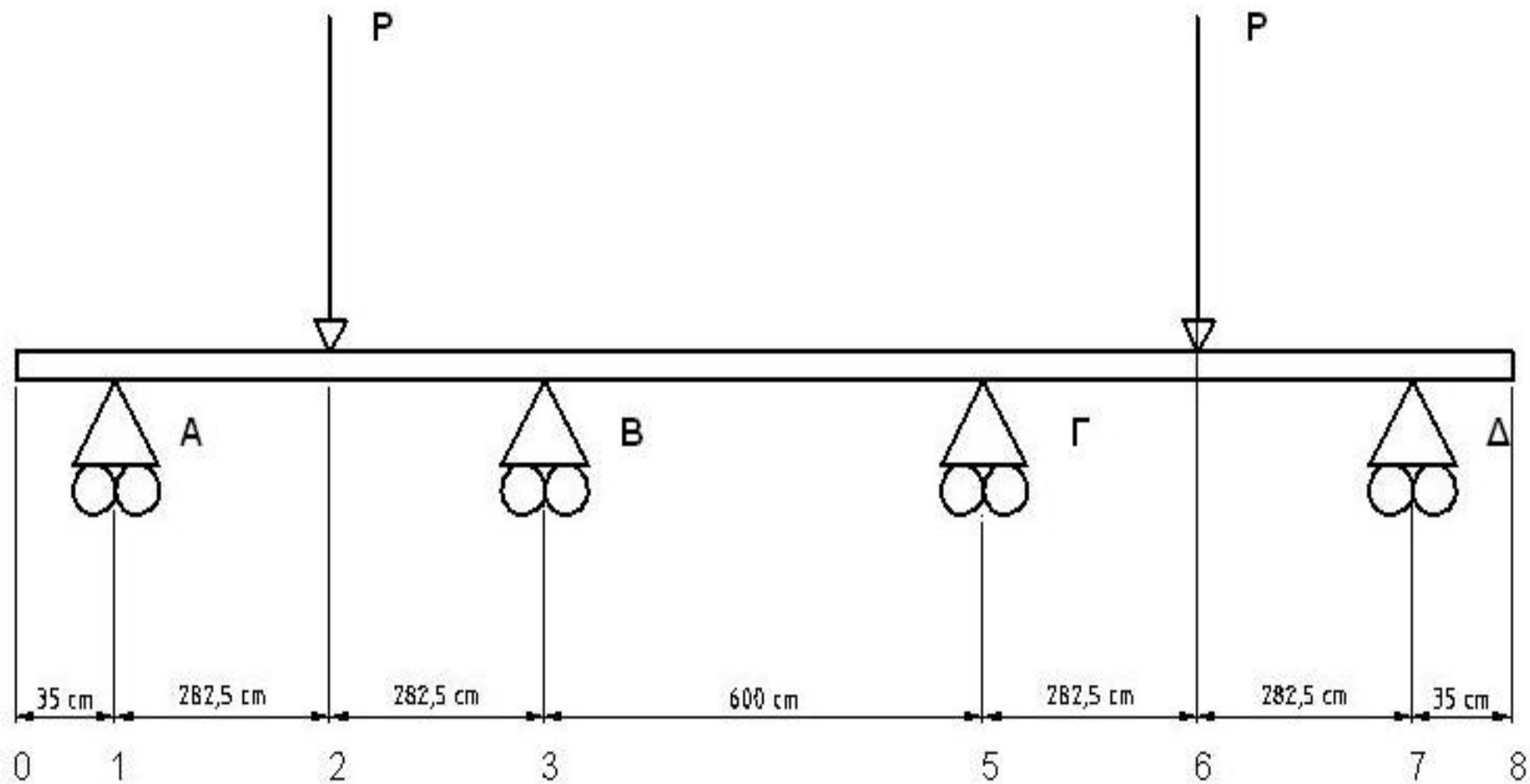
Στο σημείο 7 βρίσκεται η στήριξη V_{Δ}

Στο σημείο 8 το άκρο Z της δοκού

Στο Σχ. 5.11 φαίνονται οι αντιδράσεις στήριξης ενώ στο Σχ. 5.12 οι αποστάσεις μεταξύ των στηρίξεων καθώς και τα σημεία που αντιστοιχούν στα διαγράμματα.

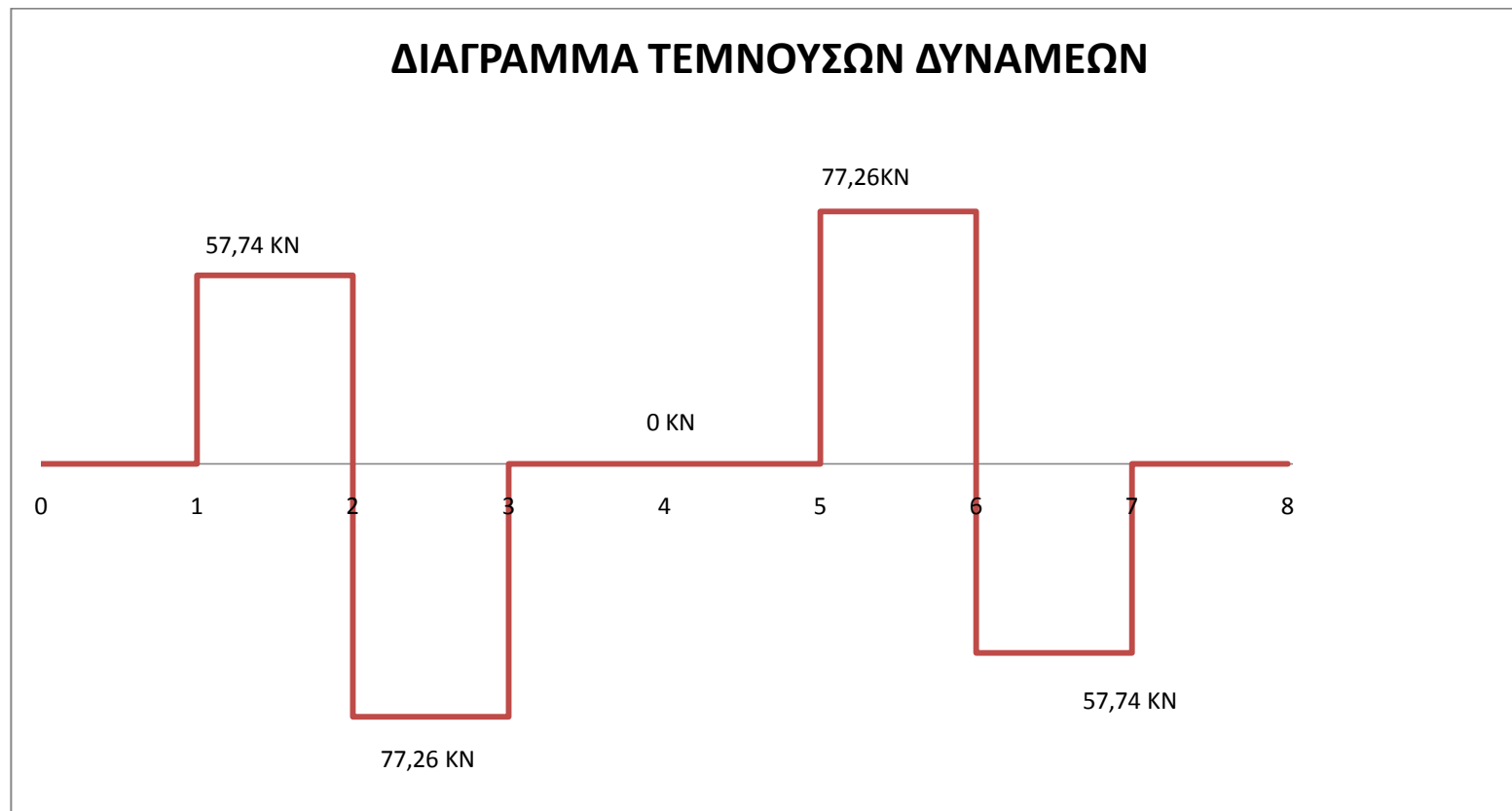


Σχήμα 5.12: Δοκός με δυνάμεις



Σχήμα 5.13: Δοκός με αποστάσεις και σημεία των διαγραμμάτων.

5.4.1 Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων



Ο σχεδιασμός του διαγράμματος τεμνουσών δυνάμεων ξεκίνησε από το σημείο 0 το οποίο είναι το άκρο της δοκού και είναι αφόρτιστο έτσι η δύναμη είναι μηδέν.

Στο σημείο 1 όπου βρίσκεται την αντίδραση VA η οποία είναι 57.74 KN και έχει θετική φορά.

Στο σημείο 2 η δύναμη P έχει αρνητική φορά έτσι προστίθεται αλγεβρικά στην VA άρα στο σημείο 2 όπου η δύναμη είναι -77.26 KN.

Στο σημείο 3 βρίσκεται η στήριξη VB η οποία είναι 77.26 KN

Από το σημείο 3 έως 5 η δοκός είναι αφόρτιστη και έτσι δεν υπάρχει κάποια μεταβολή στο διάγραμμα.

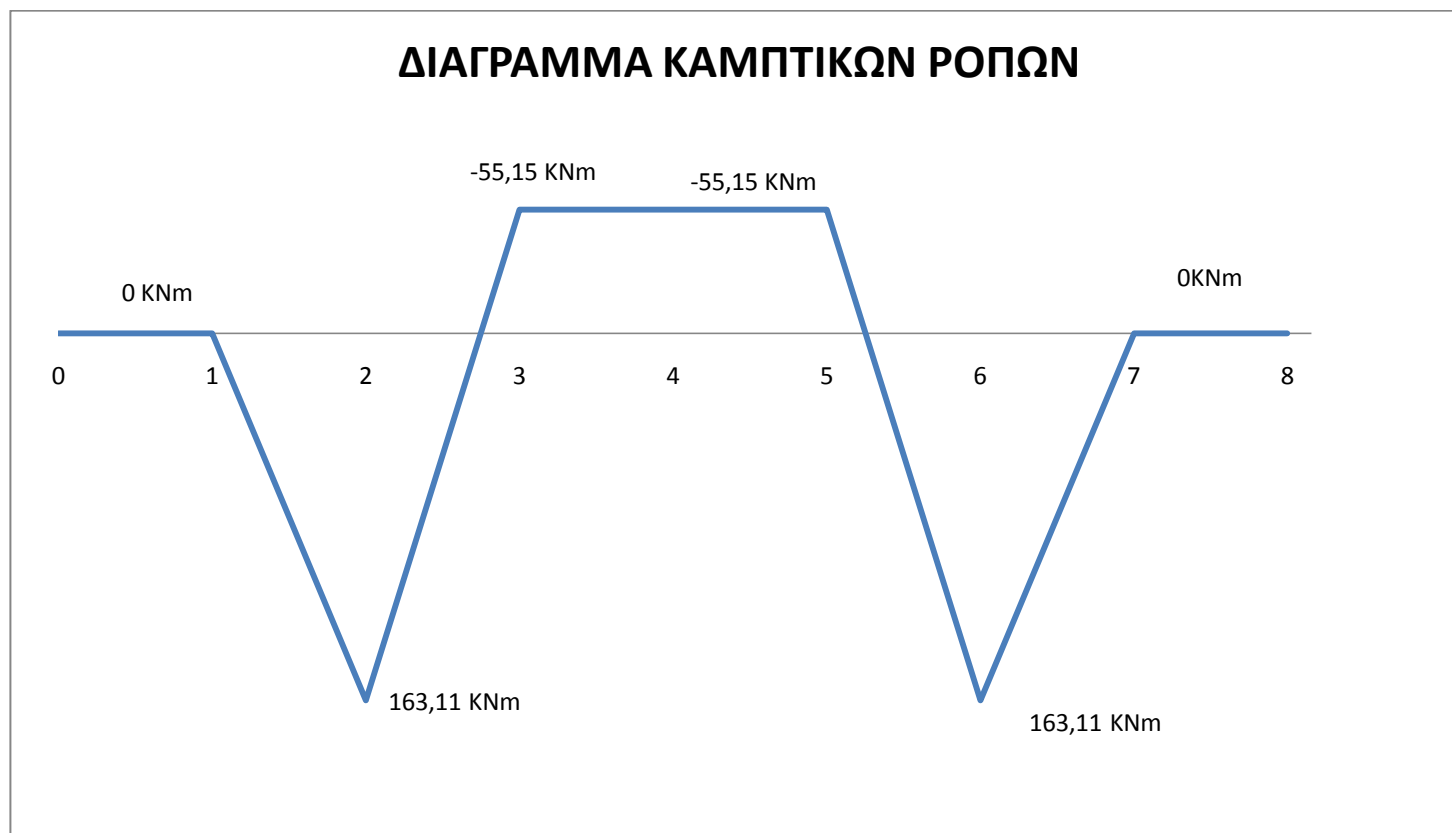
Στο σημείο 5 υπάρχει η στήριξη VΓ έχει την τιμή 77.26 KN.

Στο σημείο 6 η δύναμη P έχει αρνητική φορά έτσι προστίθεται αλγεβρικά στην VΓ άρα -57.74 KN

Στο σημείο 7 η στήριξη VΔ με τιμή 57.74 KN κλείνει το διάγραμμα

Και τέλος στο σημείο 8, στο άκρο της δοκού, σταματά το διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων.

5.4.2 Διάγραμμα καμπτικών ροπών



Σύμφωνα με το διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων σχεδιάστηκε το διάγραμμα καμπτικών ροπών. Βρίσκοντας το εμβαδόν κάθε κομματιού και προσθέτοντας το αλγεβρικά στο προηγούμενο. Έτσι:

$$M_0 = 0 \text{ KN} * m$$

$$M_1 = 57.74 \times 2.825 = 163.11 \text{ KN} * m$$

$$M_2 = M_1 + (-77.26 \times 2.825) = -55.15 \text{ KN} * m$$

$$M_3 = M_2 + (0 \times 6) = -55.15 \text{ KN} * m$$

$$M_4 = M_3 + (77.26 \times 2.825) = 163.11 \text{ KN} * m$$

$$M_5 = M_4 + (-57.74 \times 2.825) = 0 \text{ KN} * m$$

Σύμφωνα με τα διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων και καμπτικών ροπών η μέγιστη ροπή για δύναμη $P=135 \text{ KN}$ θα είναι $M_{\max}=163,11 \text{ KN} * m$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ

6.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΔΟΚΟΥ

Για την επιλογή της κατάλληλης διατομής της δοκού που θα χρησιμοποιήσουμε πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας την απαιτούμενη ροπή αντίστασης. Η απαιτούμενη ροπή αντίστασης δίνεται από τον τύπο

$$W \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{διαρροής}}}$$

Όπου:

W: απαιτούμενη ροπή αντίστασης

M_{max}: μέγιστη ροπή κάμψης

σ_{διαρροής}: όριο διαρροής χάλυβα

και εξαρτάται από την μέγιστη ροπή κάμψης και από το όριο διαρροής του χάλυβα που θα χρησιμοποιήσουμε.

Ανάλογα με τον τύπο του χάλυβα που θα χρησιμοποιήσουμε βρίσκουμε και διαφορετική ροπή αντίστασης καθώς κάθε χάλυβας έχει και διαφορετικό όριο διαρροής το οποίο αλλάζει ανάλογα με την ποιότητα του. Έτσι μέσα από πίνακες που περιέχουν τις απαιτούμενες ροπές αντίστασης για κάθε δοκό βρίσκουμε και διαφορετική δοκό, ανάλογα με τα αποτελέσματα που παίρνουμε.

Εμείς θα εξετάσουμε τρεις περιπτώσεις με διαφορετικό τύπο χάλυβα κάθε φορά.

Μέσα από το διάγραμμα καμπτικών ροπών βλέπουμε πως η μέγιστη ροπή είναι $M_{\max}=163,11 \text{ KN}\cdot\text{m}$.

Έτσι για μέγιστη ροπή, η οποία είναι $M_{\max}=163,11 \text{ KN}\cdot\text{m}=16311 \text{ KN}\cdot\text{cm}$, έχουμε τρεις περιπτώσεις.

6.1.1 Περίπτωση 1

Για χάλυβα St 37 με όριο διαρροής σε κάμψη $\sigma_{\text{διαρροής}}=33\text{KN/cm}^2$

$$W \geq \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{διαρροής}}} \geq \frac{16311}{33} \geq 494,27\text{cm}^3 \Rightarrow$$

$$W \geq 494,27\text{cm}^3$$

Για St 37 από τον πίνακα των διατομών πρέπει να επιλέξουμε την δοκό IPE 300.

6.1.2 Περίπτωση 2

Για χάλυβα St 44, Πίν 1, με όριο διαρροής σε κάμψη $\sigma_{\text{διαρροής}}=38\text{KN/cm}^2$ έχουμε:

$$W \geq \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{διαρροής}}} \geq \frac{16311}{38} \geq 429,23\text{cm}^3 \Rightarrow$$

$$W \geq 429,23\text{cm}^3$$

Για St 44, από τον πίνακα των διατομών πρέπει να επιλέξουμε την δοκό IPE 270.

6.1.3 Περίπτωση 3

Για χάλυβα St 50, Πίν 1, με όριο διαρροής σε κάμψη $\sigma_{\text{διαρροής}}=41\text{KN/cm}^2$ έχουμε:

$$W \geq \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{διαρροής}}} \geq \frac{16311}{41} \geq 370,7\text{cm}^3 \Rightarrow$$

$$W \geq 370,7\text{cm}^3$$

Για St 50 από τον πίνακα των διατομών πρέπει να επιλέξουμε την δοκό IPE 270.

Παρατηρούμε ότι για χάλυβα St 37 η διατομή της δοκού που θα χρησιμοποιήσουμε, IPE 300, είναι μεγαλύτερη από το αν επιλέξουμε μια διατομή για τους χάλυβες St 44 ή St 50 όπου είναι IPE 270. Έτσι επιλέγουμε την δοκό IPE 270 η οποία έχει λιγότερο βάρος περίπου 20 κιλά. Τέλος, από τους δυο χάλυβες St 44 και St 50, οι οποίοι μας δίνουν την ίδια διατομή, καταλήγουμε να επιλέξουμε τον χάλυβα St 44 λόγω του ότι ο χάλυβας St 44 είναι πιο οικονομικός και έτσι έχουμε μικρότερο κόστος κατασκευής.

6.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΗΣ

Για την επιλογή της δυναμοκυψέλης πρέπει να υπολογίσουμε, εκτός από το βάρος του φορτηγού, και το βάρος της κατασκευής μας έτσι ώστε να μπορεί να αντέξει το επιπλέον βάρος χωρίς να μας δίνει λανθασμένα αποτελέσματα και χωρίς να καταστραφεί με αποτέλεσμα να βρεθεί σε αχρηστία ολόκληρη η κατασκευή μας. Έτσι μέσα από τον πίνακα της δοκού IPE βλέπουμε ότι το βάρος της δοκού IPE 270 και IPE 220, που χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή μας, είναι 36,1 kg/m και 26,2 kg/m αντίστοιχα. Από το σχέδιο προκύπτουν 144 μέτρα δοκού IPE 260 και 31,24 μέτρα δοκού IPE 220 έτσι λοιπόν έχουμε ότι το βάρος της κατασκευής είναι 6017 kg. Μαζί με τις συνδέσεις που έχει η κατασκευή θέτουμε το βάρος της περίπου στα 7000 kg δηλαδή 7 τόνους.

Τέλος το συνολικό βάρος που θα πρέπει να αντέξουν οι δυναμοκυψέλες είναι το βάρος του φορτηγού, μαζί με την προσαύξηση για τυχόν υπέρβαρο όχημα και το βάρος της κατασκευής. Άρα 54 τόνοι το βάρος του φορτηγού και 7 τόνους το βάρος της κατασκευής. Οπότε έχουμε:

$$\text{Συνολικό βάρος} = 54 + 7 = 61 \text{ τόνοι}$$

Η δυναμοκυψέλη θα καταπονηθεί σε θλίψη οπότε θα επιλεγεί μια δυναμοκυψέλη σύνθλιψης δυναμικότητας 30 τόνων. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε ότι κάθε δυναμοκυψέλη έχει την δυνατότητα να αντέξει και να ζυγίσει 30 τόνους. Έτσι στη συγκεκριμένη κατασκευή με την χρήση οχτώ δυναμοκυψελών των 30 τόνων έχουμε μια δυναμικότητα 240 τόνων. Στην πραγματικότητα το βάρος που θα δεχτεί η κατασκευή μας μοιράζεται σε όλες τις δοκούς και έτσι οι δυναμοκυψέλες μοιράζονται το βάρος και της κατασκευής μας και του φορτίου που θα ανέβει. Οι παραπάνω αντοχή της δυναμοκυψέλης την καθιστά ασφαλής σε περίπτωση που κάποιο φορτηγό είναι υπέρβαρο. Επίσης αν κάποιο όχημα ανέβει με μεγάλη ταχύτητα και σταματήσει απότομα πάνω στην κατασκευή, αυτή θα υποστεί μια μικρή ταλάντωση την οποία πρέπει

οι στηρίξεις να μπορούν να την αντέξουν και να κάνουν την κατασκευή ασφαλή και να μπορεί να ζυγίζει χωρίς αποκλίσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ξεκινώντας αυτή την πτυχιακή υπήρχε η αισιοδοξία ότι με πολύ κέφι και αρκετή δουλειά θα μπορέσουμε να αντεπεξέλθουμε στις απαιτήσεις της.

Σιγά σιγά ανακαλύπταμε σημεία που δεν είχαμε προετοιμαστεί κατάλληλα ως σπουδαστές, για παράδειγμα δεν είχαμε μάθει πως να αναζητούμε πληροφορίες μέσα από τις τυποποιήσεις DIN και ακόμα καλύτερα που θα μπορούσαμε να βρούμε τα DIN.

Άλλο ένα πρόβλημα που προέκυψε, ήταν ο τρόπος υπολογισμού του συστήματος αυτού από δοκούς, όπου όπως φαίνεται και στα σχέδια δεν είναι απλό. Οι γνώσεις που είχαμε αποκομίσει μέχρι τώρα δεν ήταν αρκετές ώστε να γίνει επίλυση αυτού του προβλήματος. Ακόμα και με προσεγγιστικές μεθόδους, θα υπήρχαν αρκετές δυσκολίες στην επίλυσή του.

Στην πορεία όμως της μελέτης με την καθοδήγηση του κ. Ευθυμίου και του κ. Τσίρκα, μπορέσαμε να συνεχίσουμε και ας βρεθήκαμε μπροστά στο «εμπόδιο» επίλυσης υπερστατικών δοκών, το οποίο δεν είχαμε διδαχθεί ποτέ πως επιλύεται.

Κλείνοντας, σημειώνουμε ότι θα θέλαμε κάποια στιγμή, να δούμε μια μελέτη για γεφυροπλάστιγγα, αν όχι και για την ίδια, από κάποιους άλλους συναδέλφους που θα έχουν μπορέσει να επιλύσουν τα προβλήματα που προκύπτουν με πιο αναλυτικές μεθόδους, ή με προσεγγιστικές μεθόδους π.χ. πεπερασμένα στοιχεία, για να δούμε τι συμπεράσματα μπορεί να προκύπτουν από τυχόν διαφορές.

Και πάλι ευχαριστούμε όσους στάθηκαν δίπλα μας σε αυτή την προσπάθεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Τεχνική Εγκυκλοπαίδεια "Πως Λειτουργεί" Εκδόσεις Αλκυών Αθήνα 1982

Πάπυρους Λαρούς Μπριτάνικα Εκδόσεις Μπριτάνικα

Χαρώνης Παναγιώτης, Αντοχή Υλικών, Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2002

Γεωργίου Μ, Στατική των γραμμικών φορέων, 3η έκδοση, Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1995

Χαραλαμπίδης Νίκος, Παπαμίχος Ευριπίδης, Αντοχή δομικών υλικών, Εκδόσεις Σοφία, Θεσσαλονίκη 2005

Βουθούνης Ανδρ. Παναγιώτης, Τεχνική Μηχανική Αντοχή των Υλικών, Ζ έκδοση, Ελληνικές Τεχνολογικές Εκδόσεις, Αθήνα 2002

Ερμόπουλος Χ Ιωάννης, Ευρωκώδικας 1 : Βασικές αρχές σχεδιασμού και δράσεις επί των κατασκευών : Ερμηνευτικά σχόλια και παραδείγματα εφαρμογής, 2η έκδοση, Κλειδάριθμος, Αθήνα 2005

Χατζηχρήστου Κ., DIN 1072 Οδοφόροι Γέφυραι παραδοχές φορτίσεων, Εκδόσεις Ιουνίου 1952

Ιακωβάκης Βασίλειος, ΤΕΙ Λάρισας Σημείωσης Στοιχείων Μηχανών, Μάθημα 1 <http://teledu.mech.teilar.gr/file.php/10/SM333/arxio1.pdf>

<http://www.profishol.gr/Content.php?PageId=23>

http://sketchup.engineeringtoolbox.com/flange-beams-columns-to_10.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Load_cell

<http://www.sensorland.com/HowPage005.html>

<http://www.revere.nl/index/indexp.htm>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

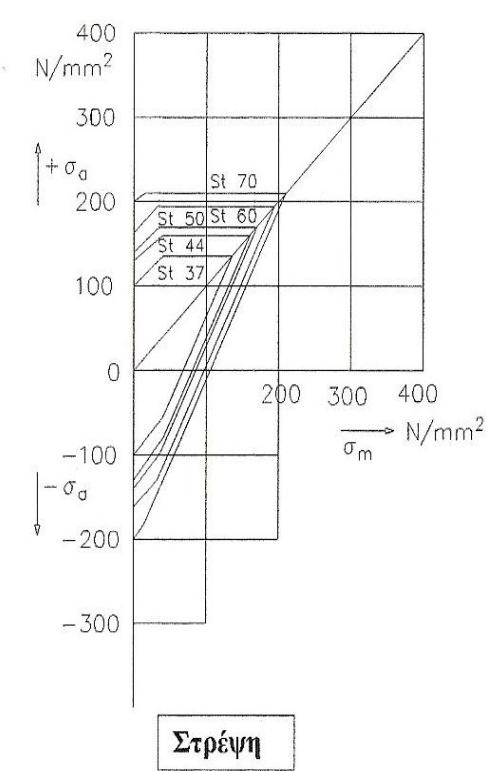
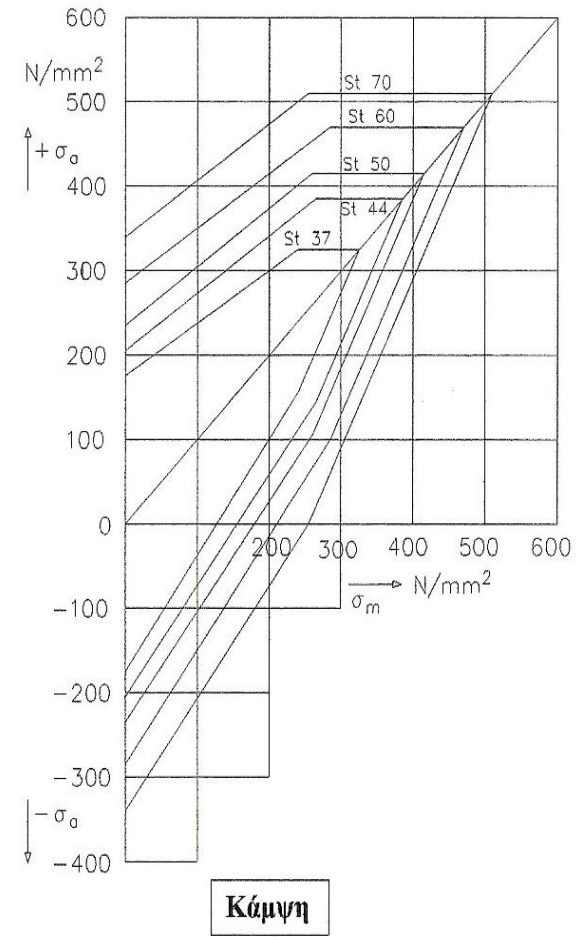
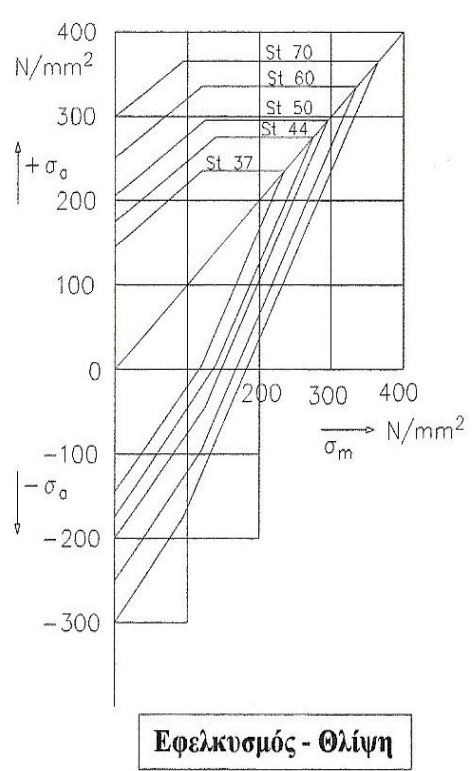
Πίνακας 1: Όρια θραύσης για διάφορες ποιότητες χάλυβα σε εφελκυσμό, κάμψη, στρέψη βάσει των διαγραμμάτων Goodman-Smith

Το όριο θραύσης για τους χάλυβες ισχύει για πάχη έως 40 mm. Για μεγαλύτερα θα πρέπει να μειώνονται κατά 90 %			Εφελκυσμός, Θλίψη			Κάμψη			Στέψη				
			I	II	III	I	II	III	I	II	III		
ΥΛΙΚΟ	Αριθμός Υλικού	Όνομασία κατά DIN	Όνομασία EN 10027	Όριο θραύσης R_m N/mm ²	$R_e, R_{p0,2}$	σ_{zSch}							
					$\sigma_{dF}, \sigma_{d0,2}$	σ_{dSch}	σ_{zW}, σ_{dW}	σ_{bF}	σ_{bSch}	σ_{bW}	T_{tF}	T_{tSch}	T_{tW}
					Οριακή τάση σ_{lim} σε N/mm ²								
1.0037	St 37	S235JR		340...470	235	235	150	330	290	170	140	140	120
1.0044	St 44	S275JR		410...560	275	275	180	380	350	200	160	160	140
1.0050	St 50	E295		470...610	295	295	210	410	410	240	170	170	160
1.0060	St 60	E335		570...710	335	335	250	470	470	280	190	190	150
1.0070	St 70	E360		670...830	365	365	300	510	510	330	210	210	190
1.1141	Ck15			590...780	440	440	330	610	610	370	250	250	210
1.7016	17 Cr 3			690...880	510	510	390	710	670	390	290	290	220
1.7131	16 MnCr 5			780...1080	635	635	430	890	740	440	360	360	270
1.7147	20 MnCr 5			980...1270	735	735	480	1030	920	540	420	420	310
1.6587	17 CrNiMo 6			1080...1320	835	835	550	1170	1040	610	470	470	350
1.1151	Ck 22	2 C22		470...620	350	350	220	490	410	240	245	245	165
1.1191	Ck 45	2 C45		650...800	500	500	280	700	520	310	350	350	210
1.1221	Ck 60	2 C60		800...950	575	560	325	800	600	350	400	480	240
1.7006	46 Cr 2	46 Cr 2		800...950	650	630	370	910	670	390	455	455	270
1.7035	41 Cr 4	41 Cr 4		900...1100	800	710	410	1120	750	440	560	510	330
1.7228	50 CrMo 4	50 CrMo 4		1000...1200	900	760	450	1260	820	480	630	560	330
1.6580	30 CrNiMo 8	30 CrNiMo 8		1250...1450	1050	870	510	1470	930	550	735	640	375
1.0420	GS-38			380	200	200	160	260	260	150	115	115	90
1.0446	GS-45			450	230	230	185	300	300	180	135	135	105
1.0552	GS-52			520	260	260	210	340	340	210	150	150	120
1.0558	GS-60			600	300	300	240	390	390	240	175	175	140
0.7040	GGG-40			400	250	240	140	350	345	220	200	195	115

Πίνακας 1 (Συν): Όρια θραύσης για διάφορες ποιότητες χάλυβα σε εφελκυσμό, κάμψη, στρέψη βάσει των διαγραμμάτων Goodmann-Smith

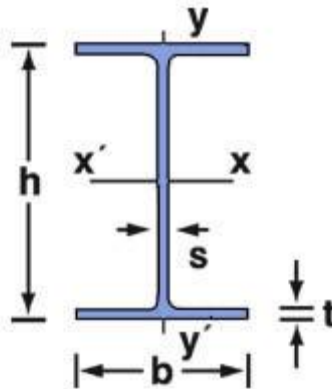
Το όριο θραύσης για τους χάλυβες ισχύει για πάχη έως 40 mm. Για μεγαλύτερα θα πρέπει να μειώνονται κατά 90 %				Εφελκυσμός, Θλίψη			Κάμψη			Στέψη		
				I	II	III	I	II	III	I	II	III
ΥΛΙΚΟ		Όριο θραύσης R_m	$R_e, R_{p0,2},$ $\sigma_{dF}, \sigma_{d0,2}$	$\sigma_{zSch},$ σ_{dSch}	σ_{zW}, σ_{dW}	σ_{bF}	σ_{bSch}	σ_{bW}	T_{tF}	T_{tSch}	T_{tW}	
Αριθμός Υλικού	Ονομασία κατά DIN	Ονομασία EN 10027	N/mm ²	Οριακή τάση σ_{lim} σε N/mm ²								
0.7050	GGG-50		500	300	270	155	420	380	270	240	225	130
0.7060	GGG-60		600	360	330	190	500	470	270	290	275	160
0.7070	GGG-70		700	400	355	205	560	520	300	320	305	175

Διαγράμματα Goodman-Smith για κοινούς χαλβες κατά EN 10025 (DIN 1710)



Πίνακας 2: Δοκοί IPE

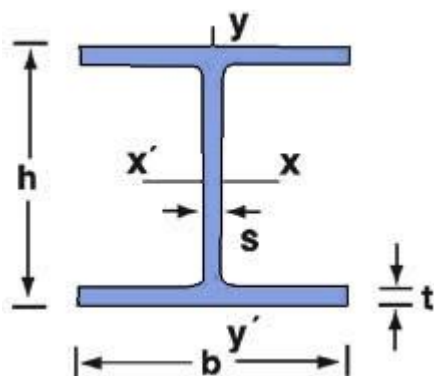
ΠΟΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΑ: DIN 17100 / EN 10025



	ΒΑΡΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ				ΔΙΑΤΟΜΗ	ΡΟΠΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ		ΡΟΠΗ ΑΡΔΡΑΝΕΙΑΣ	
	kg / m	mm				cm ²	cm ³		cm ⁴	
		h	b	s	t	F	W _x	W _y	I _x	I _y
80	6	80	46	3,8	5,2	7,64	20,0	3,69	80,1	8,49
100	8,1	100	55	4,1	5,7	10,30	34,2	5,79	171	15,9
120	10,4	120	64	4,4	6,3	13,20	53,0	8,65	318	27,7
140	12,9	140	73	4,7	6,9	16,40	77,3	12,30	541	44,9
160	15,8	160	82	5,0	7,4	20,10	109,0	16,70	869	68,3
180	18,8	180	91	5,3	8,0	23,90	146,0	22,20	1320	101
200	22,4	200	100	5,6	8,5	28,50	194,0	28,50	1940	142
220	26,2	220	110	5,9	9,2	33,40	252,0	37,30	2770	205
240	30,7	240	120	6,2	9,8	39,10	324,0	47,30	3890	284
270	36,1	270	135	6,6	10,2	45,90	429,0	62,20	5790	420
300	42,2	300	150	7,1	10,7	53,80	557,0	80,50	8360	604
330	49,1	330	160	7,5	11,5	62,60	713,0	98,50	11770	788
360	57,1	360	170	8,0	12,7	72,70	904,0	123,00	16270	1040
400	66,3	400	180	8,6	13,5	84,50	1160,0	146,00	23130	1320
450	77,6	450	190	9,4	14,6	98,80	1500,0	176,00	33740	1680
500	90,7	500	200	10,2	16,0	116,00	1930,0	214,00	48200	2140
550	106	550	210	11,1	17,2	134,00	2440,0	254,00	67120	2670
600	122	600	220	12,0	19,0	156,00	3070,0	308,00	92080	3390

Πίνακας 3: Δοκοί πλατύπελμοι HEB-IPB

ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ: DIN 1025 / EN 10034
ΠΟΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΑ: DIN 17100 / EN 10025

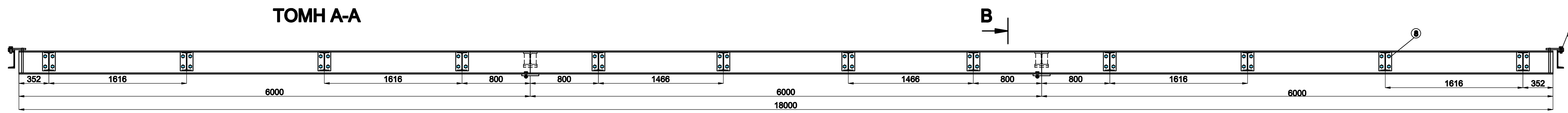


	ΒΑΡΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ				ΔΙΑΤΟΜΗ	ΡΟΠΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ	
	kg / m	mm				cm ²	cm ³	
		h	b	s	t	F	W _x	W _y
100	20,400	100	100	6,0	10,0	26,0	89,9	33,5
120	26,700	120	120	6,5	11,0	34,0	144,0	52,9
140	33,700	140	140	7,0	12,0	43,0	216,0	78,5
160	42,600	160	160	8,0	13,0	54,3	311,0	111,0
180	51,200	180	180	8,5	14,0	65,3	426,0	151,0
200	61,300	200	200	9,0	15,0	78,1	570,0	200,0
220	71,500	220	220	9,5	16,0	91,0	736,0	258,0
240	83,200	240	240	10,0	17,0	106,0	938,0	327,0
260	93,000	260	260	10,0	17,5	118,0	1150,0	395,0
280	103,000	280	280	10,5	18,0	131,0	1380,0	471,0
300	117,000	300	300	11,0	19,0	149,0	1680,0	571,0
320	127,000	320	300	11,5	20,5	161,0	1930,0	616,0
340	134,000	340	300	12,0	21,5	171,0	2160,0	646,0
360	142,000	360	300	12,5	22,5	181,0	2400,0	676,0
400	155,000	400	300	13,5	24,0	198,0	2880,0	721,0
450	171,000	450	300	14,0	26,0	218,0	3550,0	781,0
500	187,000	500	300	14,5	28,0	239,0	4290,0	842,0
550	199,000	550	300	15,0	29,0	254,0	4970,0	872,0

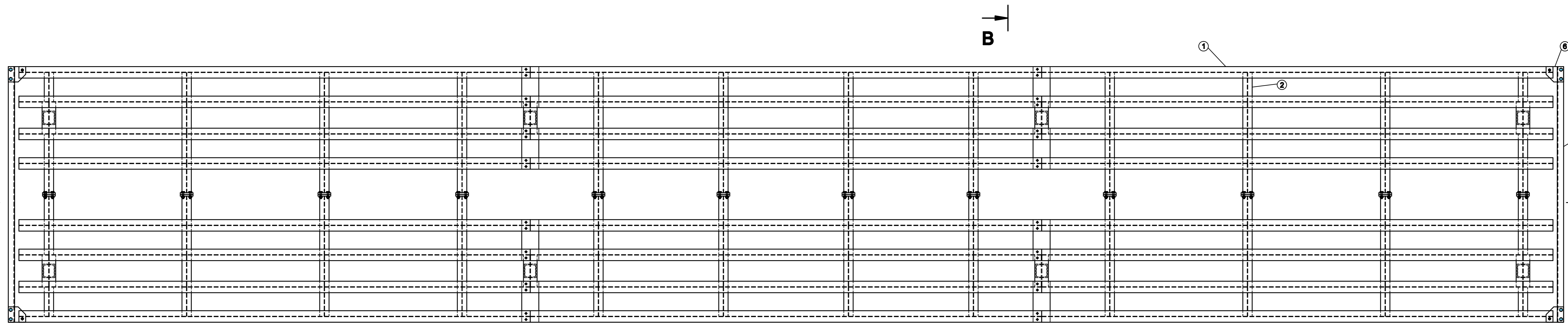
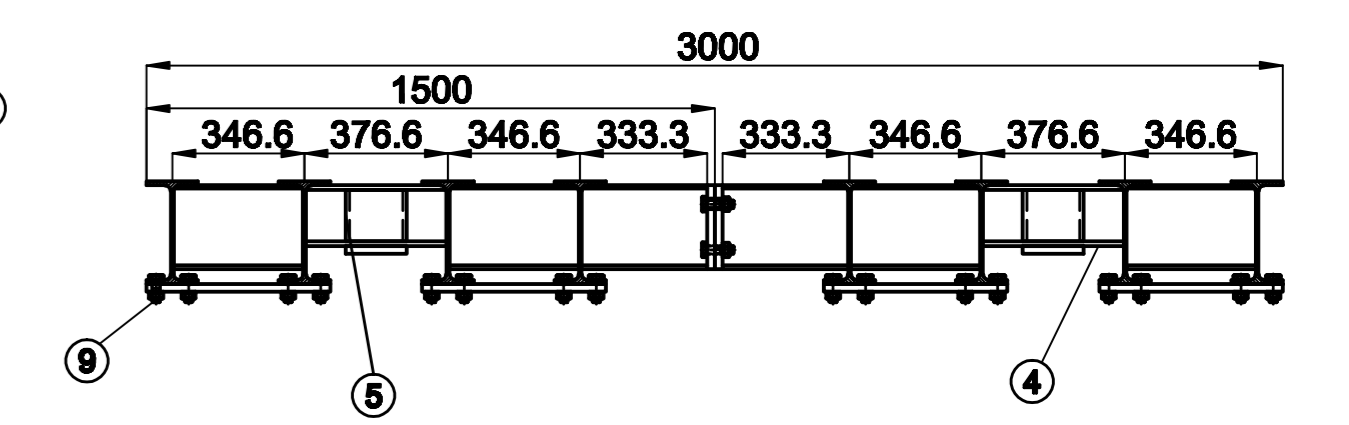
600	212,000	600	300	15,5	30,0	270,0	5700,0	902,0
650	225,000	650	300	16,0	31,0	286,0	6480,0	932,0
700	241,000	700	300	17,0	32,0	306,0	7340,0	963,0
800	262,000	800	300	17,5	33,0	334,0	8980,0	994,0
900	291,000	900	300	18,5	35,0	371,0	10980,0	1050,0
1000	314,000	1000	300	19,0	36,0	400,0	12890,0	1090,0

ΣΧΕΔΙΑ

TOMH A-A

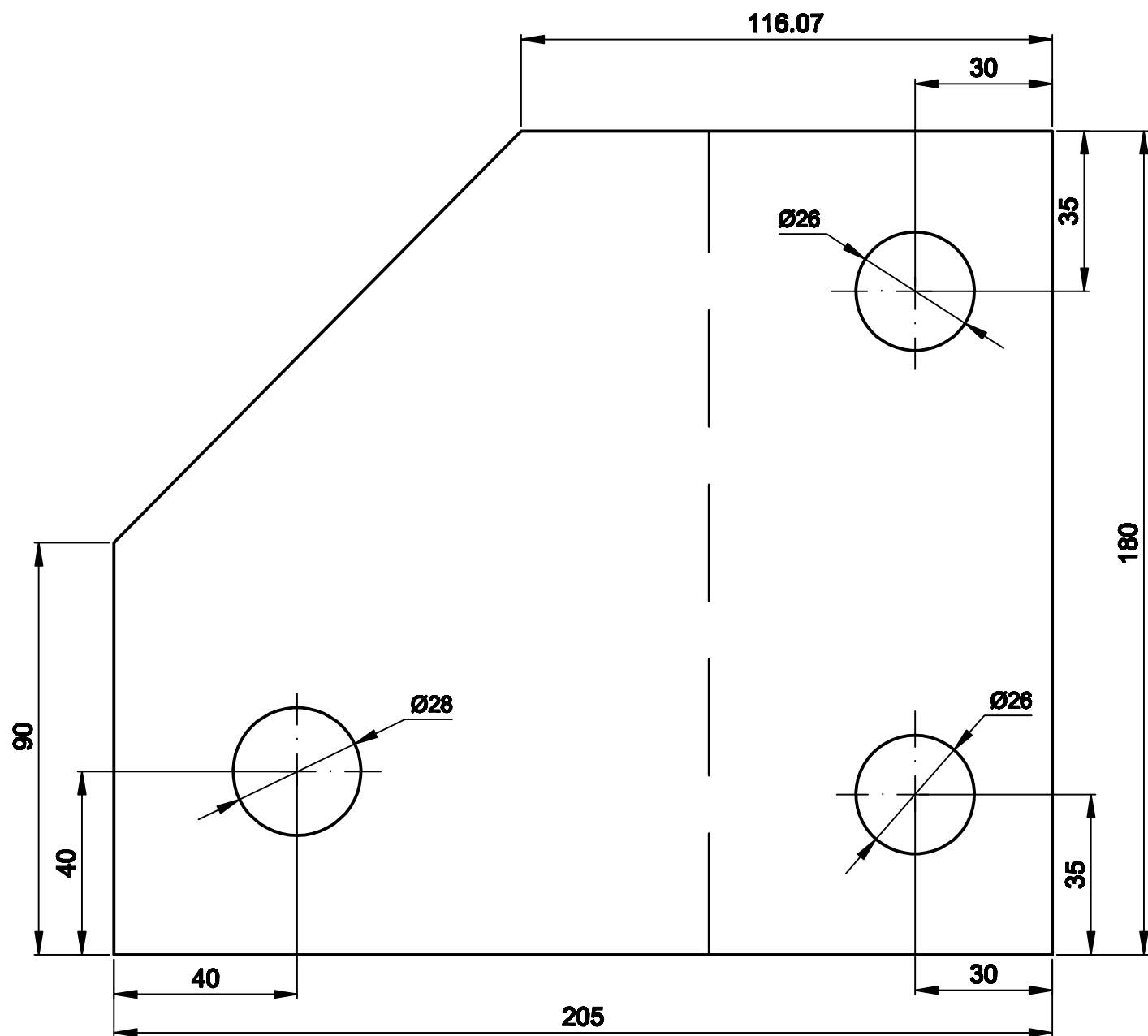
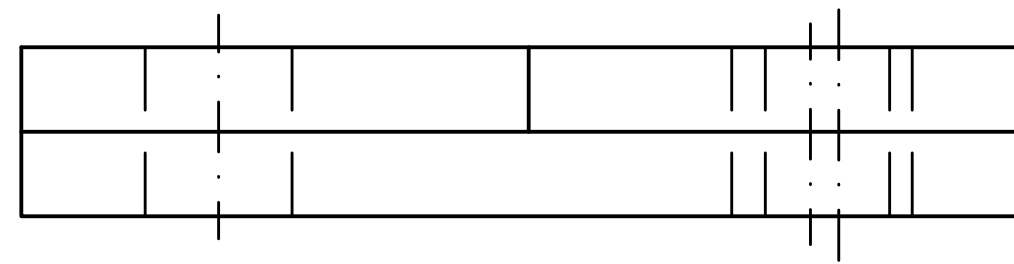
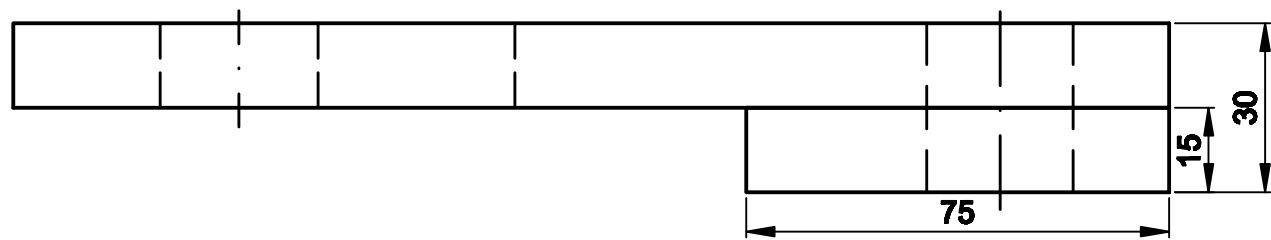


TOMH B-B

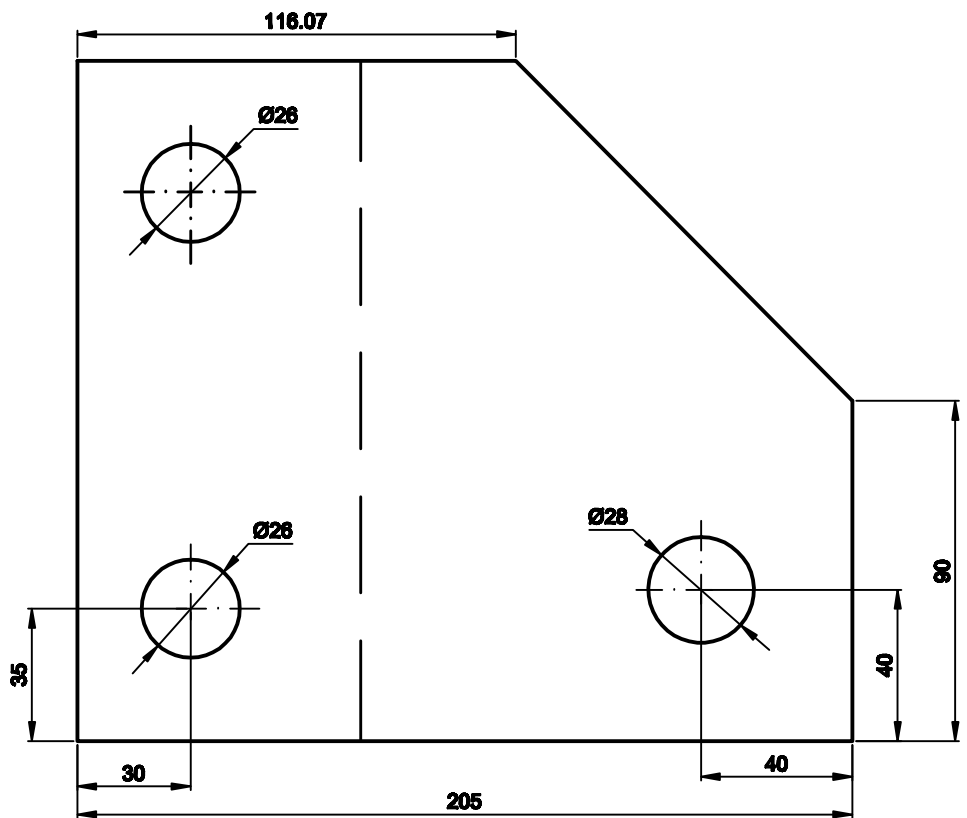
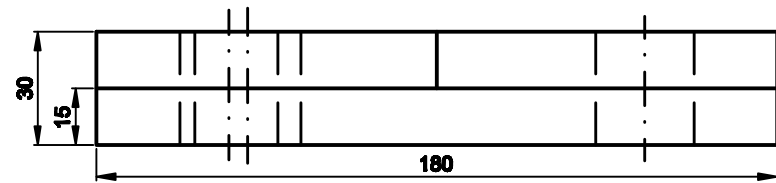
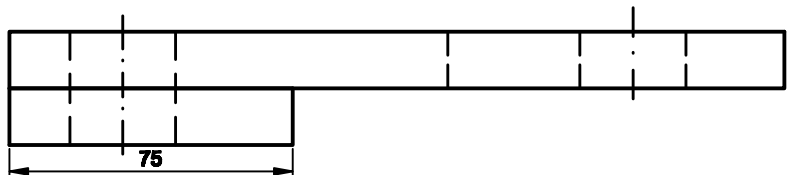


8	Καύκος-Περατόγλυο	St 40	DIN 933	32	M 20x70
8	Καύκος-Περατόγλυο	St 40	DIN 933	48	M 20x70
7	Καύκος	St 40	DIN 933	8	M 24x70
6	Αποσπαστής	St 44	DIN 1025	4	
5	Δακτύς UPN 180	St 44	DIN 1025	16	
4	Δακτύς HEB 180	St 44	DIN 1025	8	
3	Δακτύς UPN 200	St 44	DIN 1025	24	
2	Δακτύς IPE 220	St 44	DIN 1025	24	
1	Δακτύς IPE 270	St 44	DIN 1025	24	

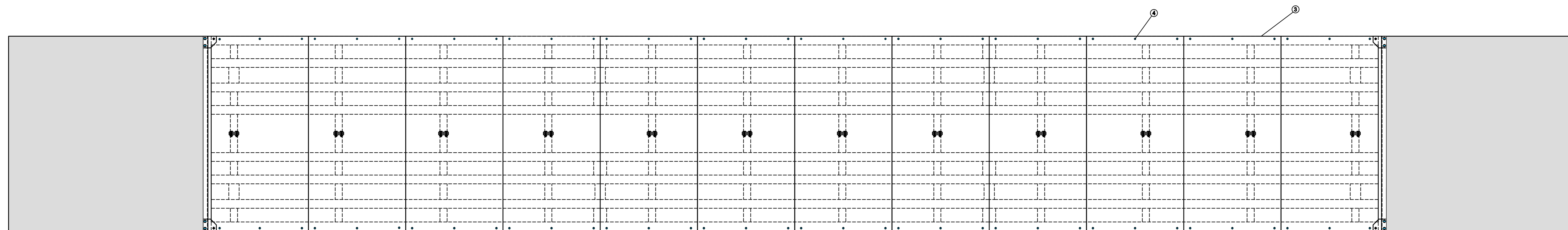
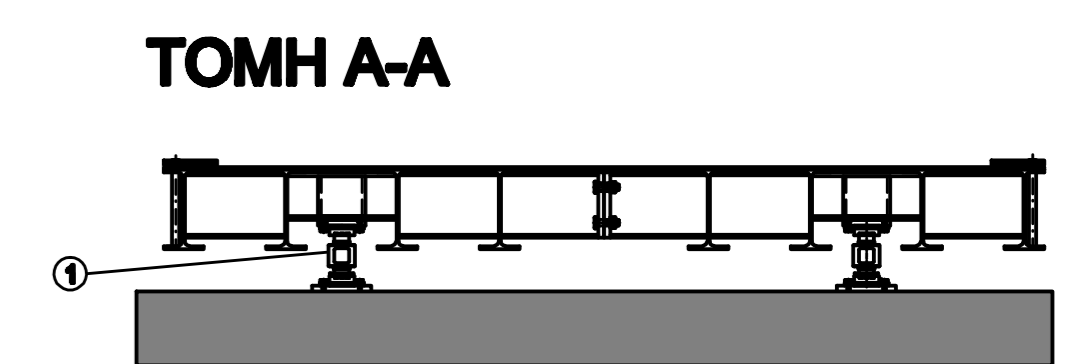
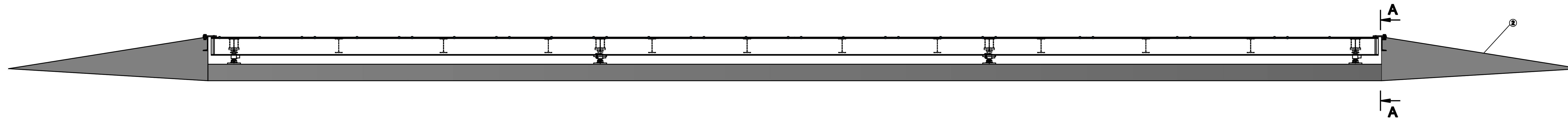
A/A	Όνομασία	Υλικό	Τυποποίηση	Πληροφορίες
Σχεδίαστας	Ημερ. Υπογραφή	ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ - ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ		ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
Κλίμακα 1:20	Κατάστρωμα γεφυροπλάστγγας			ΥΛΙΚΟ
Αρ. σχεδίου 1.00				



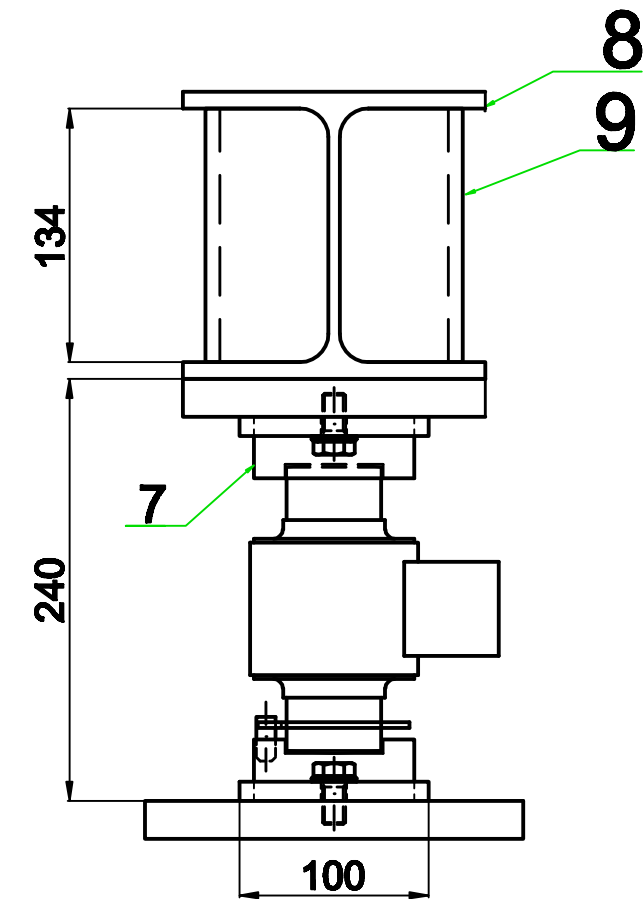
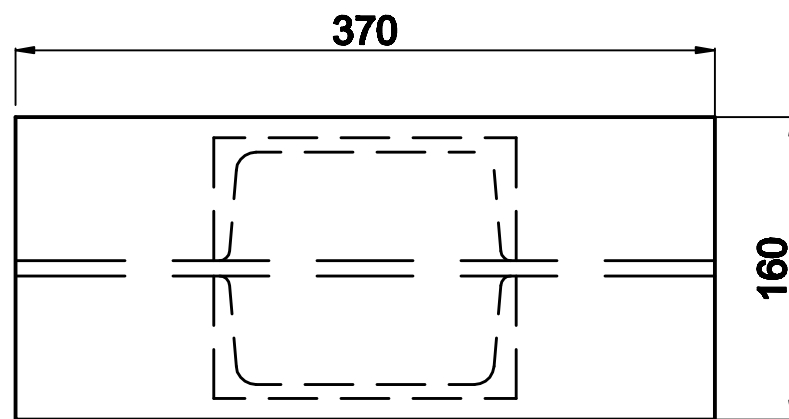
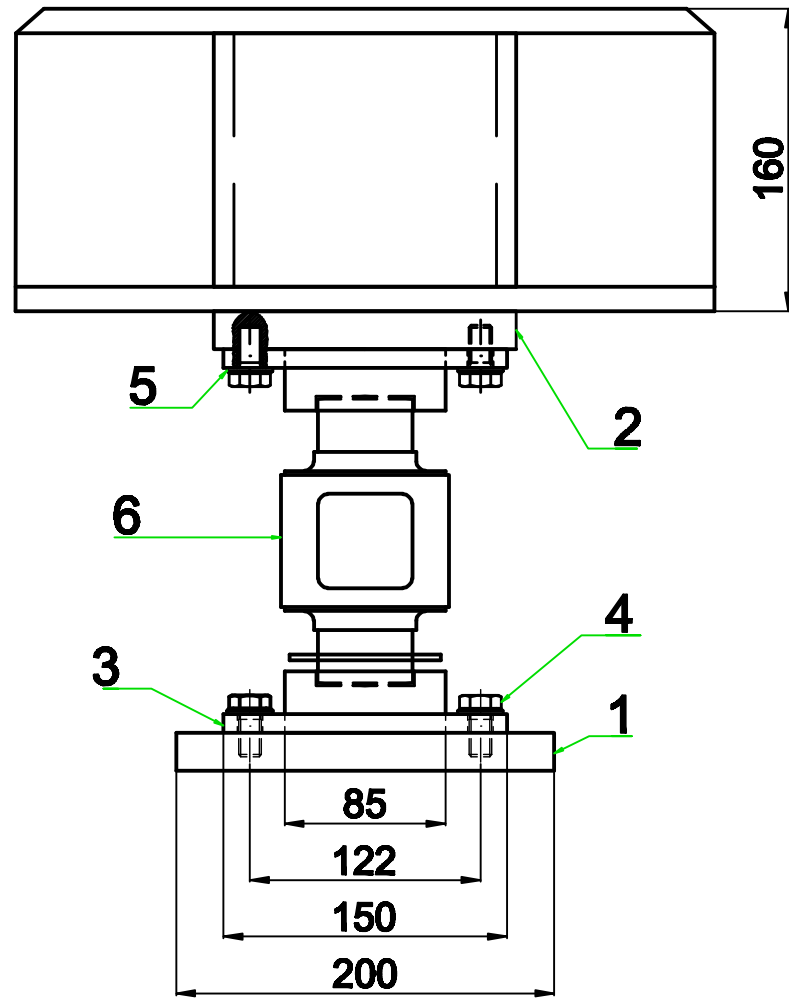
Σχεδιάστηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Αλεξόπουλος Ιωάννης-Παναγιώτης Αλεξόπουλος Παναγιώτης	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
Κλίμακα 1:2	Αποστάτης δεξιάς πλευράς			ΥΛΙΚΟ St 44
Αρ. σχεδίου 1.1				



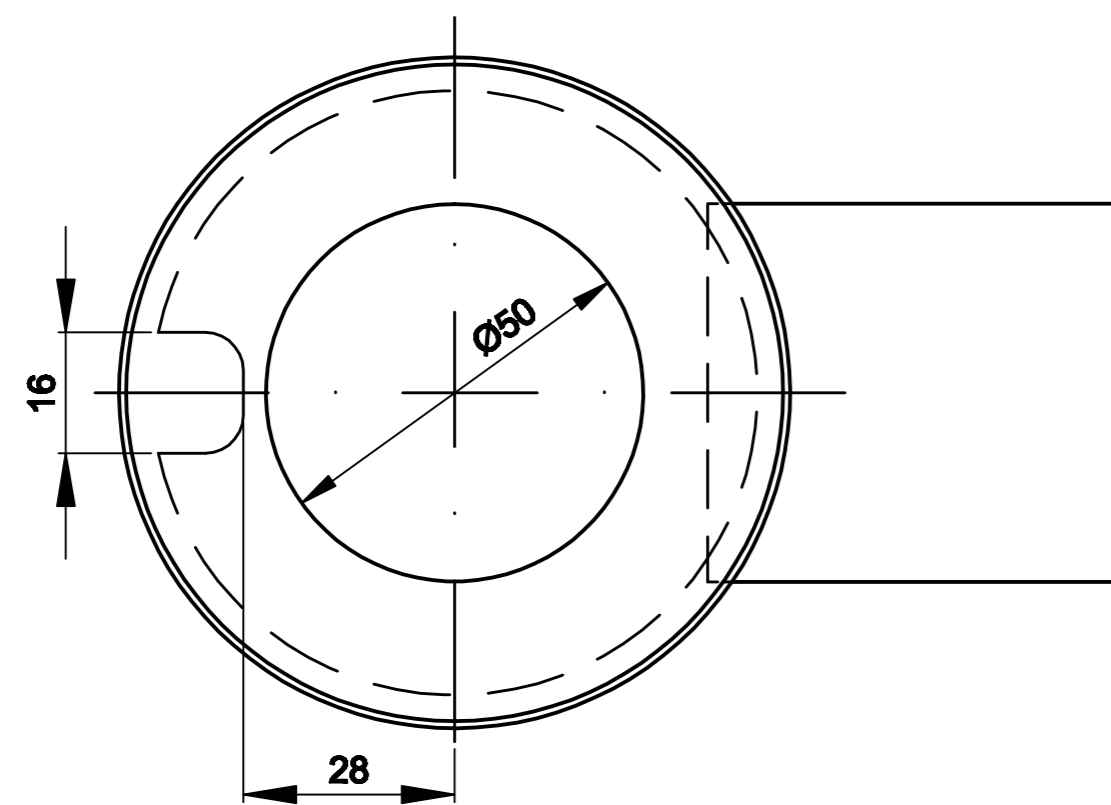
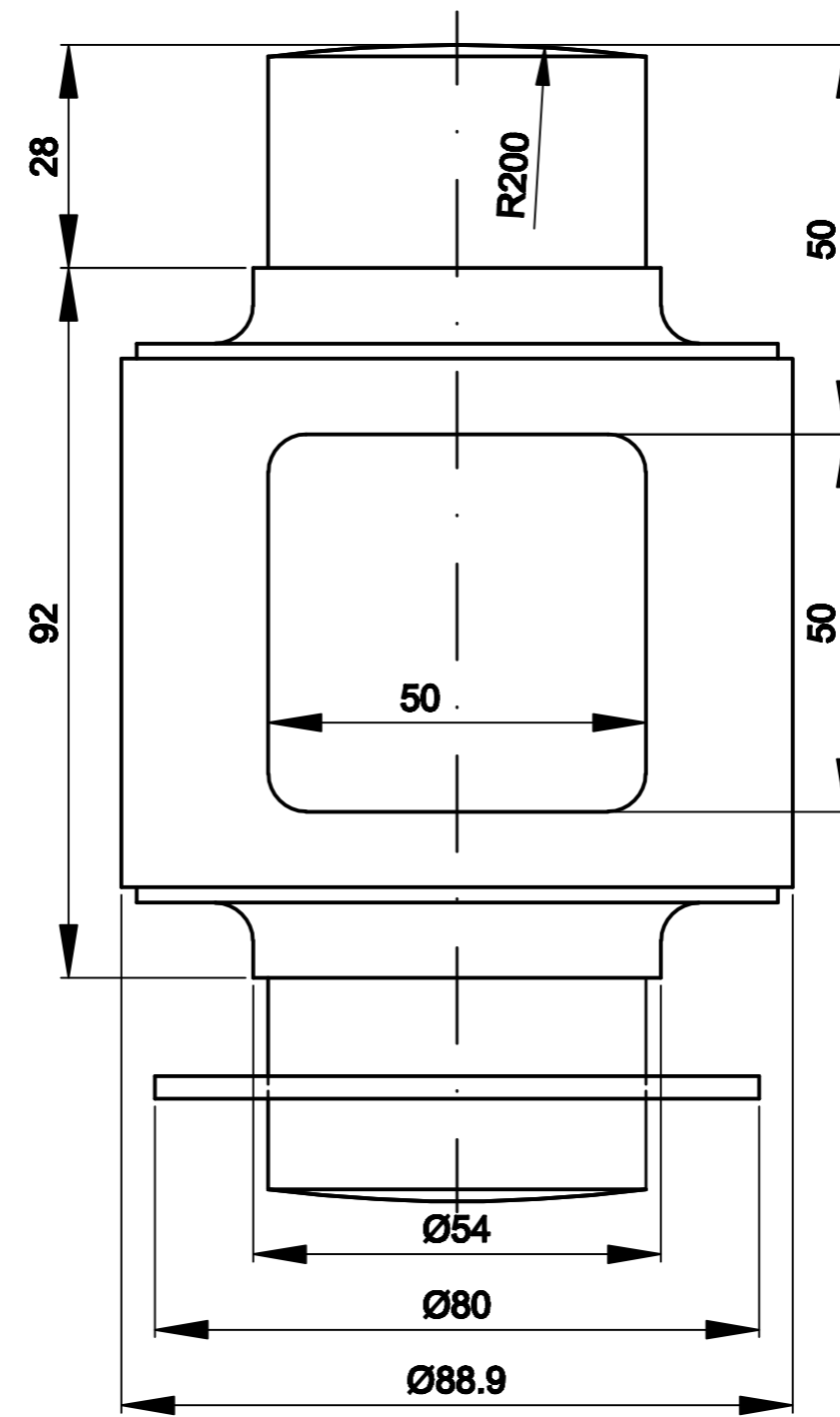
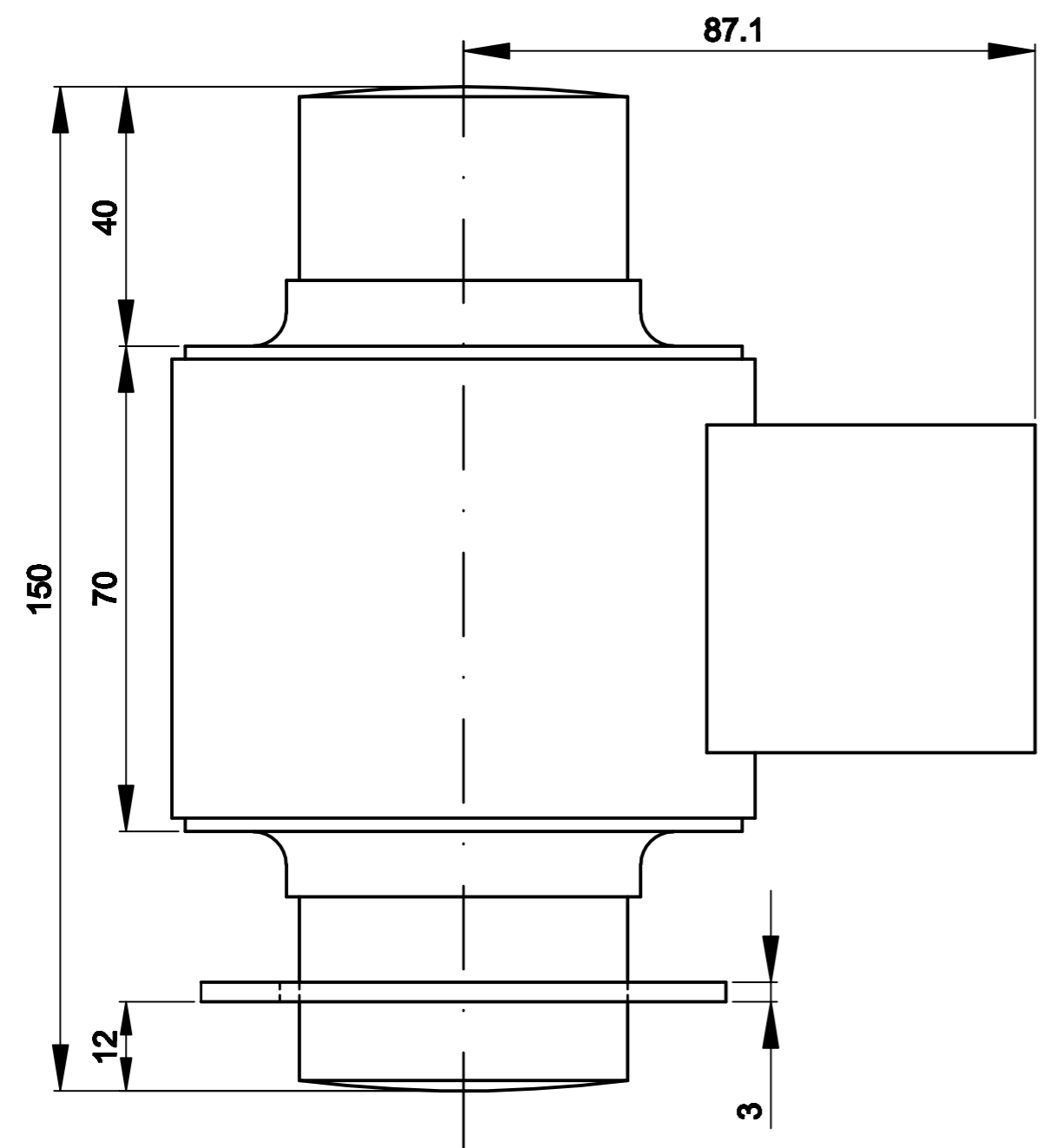
Σχεδιαστής	Ημερ.	Υπογραφή	Αλεξόπουλος Ιωάννης-Παναγιώτης Αλεξόπουλος Παναγιώτης	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
Κλίμακα 12	Αποστάτης δεξιάς πλευράς			ΥΛΙΚΟ St 44
Αρ. σχεδίου 12				



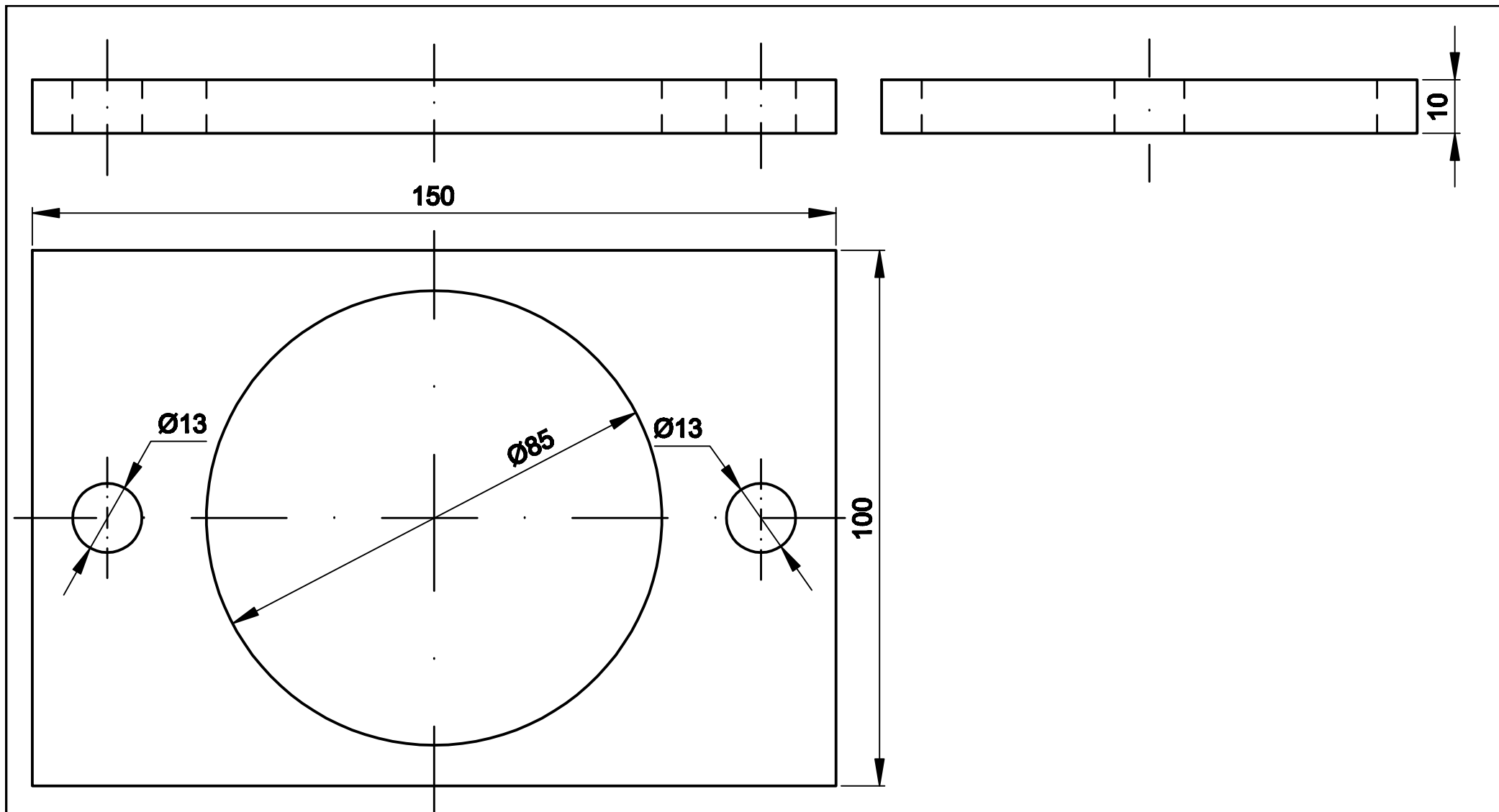
4	Κλίμακας	8:40	DN 658	72	M12-28
3	Αριθμός Στοιχείων	8:44	DN 1088	12	3000x1600x8
2	Μέγεθος στήλης	Χαλύβδινος		2	
1	Διαστάσεις	Ορθογώνιο		8	
Α/Α	Όνομασία	Υλικό	Τυποποίηση	2	Πληροφορίες
Σχεδιαστής	Ημ.Υπογραφή	ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ - ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	2	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
Κλίμακας	Γεφυροπλάστιγγα με ράβδους ανόδου και δυναμοκαμβέλες				ΥΛΙΚΟ
Αρ. σελίδου	2				



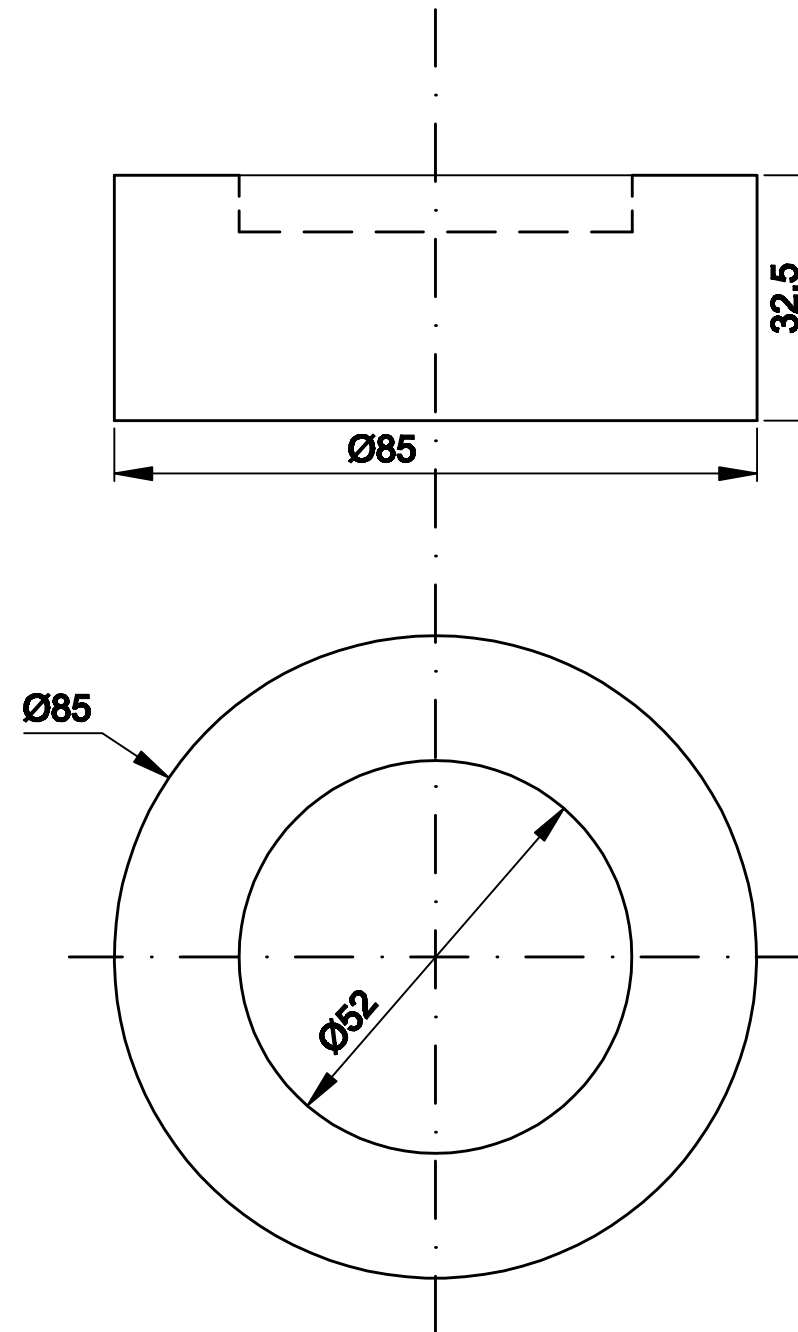
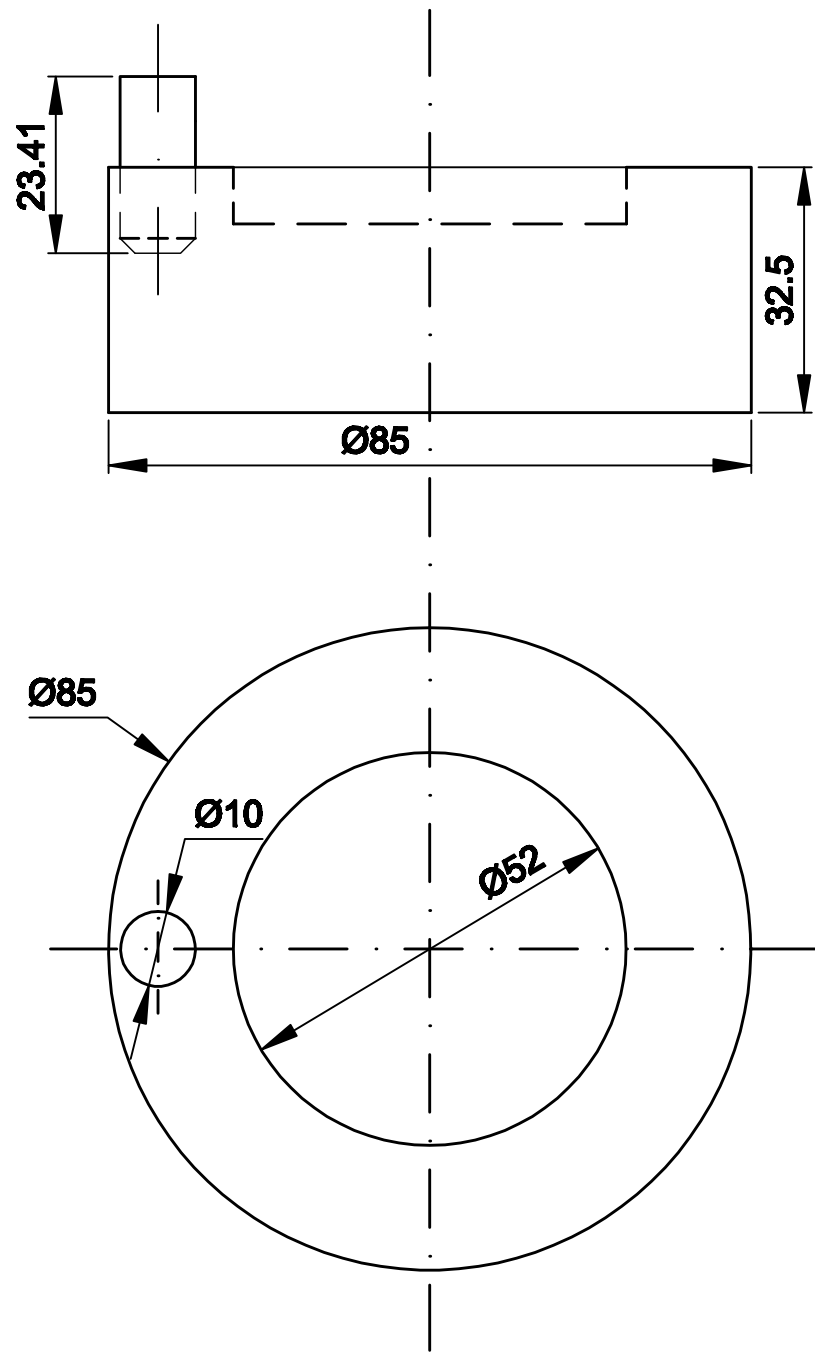
9	Δαρός UPN 160	St 44	DIN 1025	2	
8	Δαρός HEB 160	St 44	DIN 1025	1	
7	Βάση	CrNiMo		2	
6	Δυναμοκυψέλη	CrNiMo		1	IP 68
5	Ροδέλα	St 40	DIN 933	4	Φ24xΦ12x3
4	Κοχλίας	St 40	DIN 933	4	M12x25
3	Φλάτζα	St 44	DIN 1025	1	150x100x10
2	Φλάτζα	St 44	DIN 1025	1	160x160x20
1	Φλάτζα	St 44	DIN 1025	1	200x200x20
Α/Α	Όνομασία	Υλικό	Τυποποίηση	Ποσ.	Πληροφορίες
Σχεδιάστηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Αλεξόπουλος Ιωάννης-Παναγιώτης		ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
Κλίμακα 1:4	Σημείο στήριξης δυναμοκυψέλης			ΥΛΙΚΟ	
Αρ. σχεδίου 2.1					



Σχεδιάστηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Αλεξόπουλος Ιωάννης-Παναγιώτης Αλεξόπουλος Παναγιώτης	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
Κλίμακα 1:1	Δυναμοκυψέλη			ΥΛΙΚΟ CrNiMo
Αρ. σχεδίου 2.1.1				



Εγχειρίδιο	Ημερ.	Υπερστή	Αλεξάνδρος Ιωάννης Γιαννής Αλεξάνδρος Παναγιώτης	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
Κλίμακα 1:1	Φλάτζα στήριξης βάσεων δυναμοκυπέλης			ΥΛΙΚΟ St 44
Αρ. σχεδίου 2.1.2				



Σχεδιάστηκε	Ημερ.	Υπογραφή	Αλεξόπουλος Ιωάννης-Παναγιώτης Αλεξόπουλος Παναγιώτης	ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ
Κλίμακα 1:1	Σέτ βάσεων δυναμοκυψέλης			ΥΛΙΚΟ CrNiMo
Αρ. σχεδίου 2.1.3				

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

φ
5136

Κ. ΧΑΤΖΗΧΡΗΣΤΟΥ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ
ΦΥΛΛΑΔΙΟ
No ... 5136
ΒΙΒΛΙΟ

DIN 1072

**ΟΔΟΦΟΡΟΙ
ΓΕΦΥΡΑΙ**

ΠΑΡΑΔΟΧΑΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ





Β. Κωνσταντίνου

1. Γέφυραι όδών και διόδων, παραδοχαί φορτίων DIN 1072
(* Έκδοσις Ιουνίου 1952)

A. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Περιοχή Ισχύος.

Αί ύπ' όψιν παραδοχαί φορτίσεωσ ισχύουσιν δια τόν ύπολογισμόν νέων ώσ και δια τόν έλεγχον τής ένισχύσεωσ ύπαρχουσών όδοφόρων γεφυρών και διόδων.

2. Συνισχύουσαι διατάξεις.

Αί σπουδαιότεραι διατάξεις καταχωρούνται κατωτέρω :

Τυχόν συμπληρωματικά διατάξεις θά εφαρμόζονται αναλόγως τής περιοχής εφαρμογής.

DIN 1054 — Θεμελιώσεις, επιτρεπόμενα τάσεις τοῦ θεμελίον, όδηγία.

DIN 1055 — Παραδοχαί φορτίσεωσ τών οικοδομικών κατασκευών.

DIN 1073 — Βάσεις ύπολογισμού σιδηρών όδοφόρων γεφυρών.

- DIN 1074—Ξύλινοι γέφυραι, υπολογισμός και κατασκευή.
 DIN 1075—Όλίσσωμοι γέφυραι, Βάσεις υπολογισμού.
 DIN 1350—Συμβολισμοί κατά τους υπολογισμούς άντοχής.
 DIN 4101—Διατάξεις διὰ τὰς συγκολλητὰς ὀλοσώμους σιδηρᾶς ὁδογεφύρας.
 DIN 4114—Περιπτώσεις ἀσταθείας (λιγυσμός, στρέβλωσις, ὕβωσις) μεταλλικῶν κατασκευῶν. Βάσεις υπολογισμού.
 DIN 4227—Προεντεταμένον σκυρόδεμα, ὁδηγίαι διὰ τὸν καθορισμὸν τῶν διαστάσεων.
 DIN 1078—Μεταλλοσύμπηκτοι δοκοὶ ὁδοφόρων γεφυρῶν, ὁδηγίαι διὰ τὸν υπολογισμὸν καὶ μέρωσιν.
 DIN 4420—Κανονισμὸς ἰκριωμάτων.

3. Ἐξαιρέσεις.

Εἰς ἀσυνήθεις ἢ πολὺ μεγάλας γεφύρας, δύναται νὰ εἰσαχθῶσιν εἰδικαὶ διαφέρουσαι τῶν παρουσῶν παραδοχῶν φορτίσεις. Ἄλλ' αὐταὶ δεόν ἐν ἐκάστη περιπτώσει νὰ ἐγκρίνωνται ὑπὸ τῶν ἀρμοδίων ἀρχῶν.

B. ΚΥΡΙΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τὰ κύρια φορτία συναποτελοῦσι τὴν περίπτωσιν φορτίσεως I.

4. Ἴδιον βάρος.

Ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ὁμοιομόρφως διανεμημένον.

4.1 Ἴδια βάρη τῶν στοιχείων.

Βάρος τῆς ἐπιδομῆς (κυρίων δοκῶν, διαδοκίδων, κατὰ μῆκος δοκῶν, θωρακίων, πινακίδων προστασίας ἀπὸ τοῦ καπνοῦ κ.τ.τ.).

Βάρος ἀνωδομῆς (καταστρώματος ἢ σκυροστρώματος μετὰ τῆς ὑποστρώσεως, ἐπαλείψεως, τροχιῶν κ.τ.τ.), λαμβανομένων ὑπ' ὄψιν τῶν πάσης φύσεως ἀγωγῶν, συμφώνως κεφαλαίῳ 7, 3.

4.2 Προσδιορισμὸς τῶν νεκρῶν βαρῶν.

Διὰ τὸ βάρος τοῦ ὁδοστρώματος ἰσχύει τὸ DIN 1055 φύλλον 1 καὶ 2, ἐν ᾧ τὸ βάρος τοῦ φορέως δύναται νὰ προσδιορίζηται βάσει τύπων, καμπύλων, εἴτε διὰ τῆς συγκρίσεως μετ' ἐκτελεσθέντων ἔργων, ἤτοι κατὰ προσέγγισιν. Αἱ τιμαὶ αὐταὶ εἰσάγονται προσωρινῶς εἰς τὸν υπολογισμὸν.

4.3 Ἐπαλήθευσις τῶν νεκρῶν βαρῶν.

Εἰς τὸν υπολογισμὸν άντοχῆς πρέπει πάντοτε νὰ ἀντιπαραβάλλε-

3

ται τὸ ἐκ τῶν ἀκριβῶν διαστάσεων προκύπτον ἴδιον βάρος πρὸς τὸ κατὰ παραδοχὴν ληφθέν. Ἐφ' ὅσον αἱ ἐπιτρεπόμεναι τάσεις ὑπερβάλλονται περισσότερον τοῦ 3%, συνεπεία ἐσφαλμένης παραδοχῆς φορτίων, ἐπιβάλλεται ἡ ἐπανάληψις τοῦ ὑπολογισμοῦ βάσει τῶν διορθωμένων βαρῶν.

4.4 Φορτία γαιῶν καὶ ὄθησις γαιῶν.

Φορτία καὶ πιέσεις γαιῶν θὰ προσδιορίζονται κατὰ τὸ DIN 1055 φύλλον 1. Ἀποφορτικαὶ ἐπιρροαὶ γαιῶν δέον νὰ μὴ λαμβάνωνται ὑπ' ὄψιν, ἀδιαφόρως ἂν προϋποτίθεται προσωρινὴ ἢ μόνιμος ἀπομάκρυνσις αὐτῶν, ἢ ἔστω καὶ ἂν αὐταὶ θὰ ἐνσωματωθῶσιν βραδύτερον. Πλάγαι δυνάμεις, συνεπεία ἐπιχώσεων κατὰ τὰς συμπυκνώσεις τοῦ ἐδάφους, ἐπίδρασις παγετοῦ, ἢ ἄλλαι ἐπιρροαὶ πρέπει νὰ λαμβάνωνται ὑπ' ὄψιν.

5. Ἐπιρροαὶ συνεπεία ἀλλαγῆς τῶν συνθηκῶν στηρίξεως καὶ προεντάσεως.

Αἱ ἐπιρροαὶ, συνεπεία τῆς ἀλλαγῆς τῶν συνθηκῶν στηρίξεως, ἢ συνεπεία τῶν ἀσκουμένων προεντάσεων, πρέπει νὰ θεωροῦνται ὡς προερχόμεναι ἐκ μονίμων φορτίων. Εἰς τὴν κατηγορίαν ταύτην δέον νὰ κατατάσσονται καὶ αἱ πιθανῶς ἀναμενόμεναι ὑποχωρήσεις τῶν θεμελίων, ἐφ' ὅσον δὲν προβλέπεται μετὰ ταύτας ἡ κανονικὴ ἐπανόρθωσις τῶν συνθηκῶν στηρίξεως (βλ. περ. 18)

6. Ἐπιρροὴ τῆς συστολῆς καὶ χρονίας παραμορφώσεως.

6.1 Χρονία παραμόρφωσις.

Ἡ ἐπιρροὴ τῆς χρονίας παραμορφώσεως τοῦ σκυροδέματος ἐπὶ τῶν στατικῶς ἀόριστων μεγεθῶν δύναται νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν· πρέπει νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ὑποχρεωτικῶς, ἐφ' ὅσον ἡ ἐντατικὴ κατάστασις τοῦ φορέως (δυνάμεις προεντάσεως) ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τεχνητῶν δυνάμεων, π.χ. κατὰ τὴν ἀφαψίδωσιν τῇ βοηθεία πιεστηρίων, ὁπότε ἰσχύουσιν οἱ κανονισμοὶ DIN 4227.

6.2 Συστολὴ πήξεως.

Εἰς στατικῶς ἀόριστα συστήματα ἐξ ἀπλοῦ ἢ ὀπλισμένου σκυροδέματος πρέπει νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ἐπιρροὴ τῆς συστολῆς κατὰ τὴν πήξιν. Ἡ εὐνοϊκὴ ἐπίδρασις τῆς χρονίας παραμορφώσεως ἐπὶ τῆς ἐκ συστολῆς ἀπορρεούσης ἐντατικῆς καταστάσεως δύναται νὰ ληφθῇ

44
ὕψιν κατὰ DIN 4227. Πρὸς ἀπλοποίησιν δύναται ἀντὶ τούτου νὰ διεξάγονται οἱ ὑπολογισμοὶ¹ μετὰ μικροτέρου συστολικοῦ συντελεστοῦ ἴσου πρὸς 0,15 mm/m.

6.3. Εἰδικαὶ περιπτώσεις.

Ἐν περιπτώσει προεντεταμένων γεφυρῶν ἢ καὶ μεταλλοσυμπήκτων τοιούτων δέον νὰ λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν αἱ εἰς DIN 4227, ἢ αἱ εἰς τὰς «προσωρινὰς ὁδηγίας διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν μεταλλοσυμπήκτων γεφυρῶν» περιεχόμεναι διατάξεις, περὶ συστολῆς πήξεως καὶ χρόνιαν παραμορφώσεως.

7. Κινητὰ φορτία ὁδογεφυρῶν.

7.1. Κλάσεις γεφυρῶν.

Αἱ γέφυραι ὁδῶν καὶ διόδων κατατάσσονται ἀναλόγως τῶν φορτίων, δι' ἃ προορίζονται εἰς 6 κλάσεις καὶ διὰ φορτία ὑπολογισμοῦ συμφώνως τοῖς πίναξι I ἕως III, οἵτινες συνετάχθησαν, βάσει τῶν πραγματικῶς κυκλοφορούντων φορτίων.

Γέφυραι αὐτοκινητοδρόμων καὶ ἐθνικῶν ὁδῶν μετὰ τῶν διακλαδώσεων αὐτῶν πρέπει νὰ ὑπολογίζονται βάσει τῶν φορτίων τῆς κλάσεως (60). Διὰ τὰς ὑπολοίπους ὁδοὺς καὶ διόδους προσπελάσεως εἶναι ἐπιθυμητὸς ὁ ὑπολογισμὸς αὐτῶν βάσει τῆς στήλης 8 τοῦ πίνακος III. Ἐν τούτοις δύναται ἡ ἀνωτάτη διοίκησις νὰ ἀπαιτήσῃ διαφορετικὰς φορτίσεις, συμφώνως πρὸς τὰς τοπικὰς ἀνάγκας.

7.2. Σήμανσις τῶν ἐπιτρεπομένων φορτίων ἐπὶ τῆς γεφύρας.

Διὰ σημάτων εἰς ἀμφοτέρα τὰ ἄκρα τῆς γεφύρας δέον νὰ καθίστανται γνωστὰ τὰ φορτία, δι' ἃ ὑπελογίσθη αὕτη. Προκειμένου περὶ νέων γεφυρῶν καὶ ὑπαρχουσῶν τοιούτων, ἀντιστοιχουσῶν πλήρως εἰς τὴν βάσει τοῦ παρόντος κατάταξιν, ἡ ἐπισήμανσις δέον νὰ γίνεται συμφώνως πρὸς τὰς ἐνδείξεις τῆς στήλης 2 τοῦ πίνακος III. Προκειμένου δὲ περὶ γεφυρῶν, αἵτινες δὲν δύναται νὰ κλιμακοθῶσιν εἰς τὰς νέας κλάσεις, προβλέπονται ἐνδιάμεσοι² κλάσεις.

1. Ἐξαιρέσεις, προκειμένου περὶ θολωτῶν ὑπογείων διαβάσεων βλ. DIN 1075 περ. 5, 31.

2. Ἐν περιπτώσει ἐπαναλειπτικῶν ὑπολογισμῶν ὑπαρχουσῶν γεφυρῶν παρεμβάλλονται αἱ ἀκόλουθοι ἐνδιάμεσοι κλάσεις.

α) Κλάσις 18, σήμανσις 18 φόρτισις ὡς ἡ τῆς κλάσεως 12, ἀλλὰ μὲ τὰ ἔξης κατὰ

Ο αριθμὸς τοῦ σήματος δίδει τὸ βάρος τοῦ βαρυτέρου ἐπιτρεπομένου τροχοφόρου εἰς τόννους.

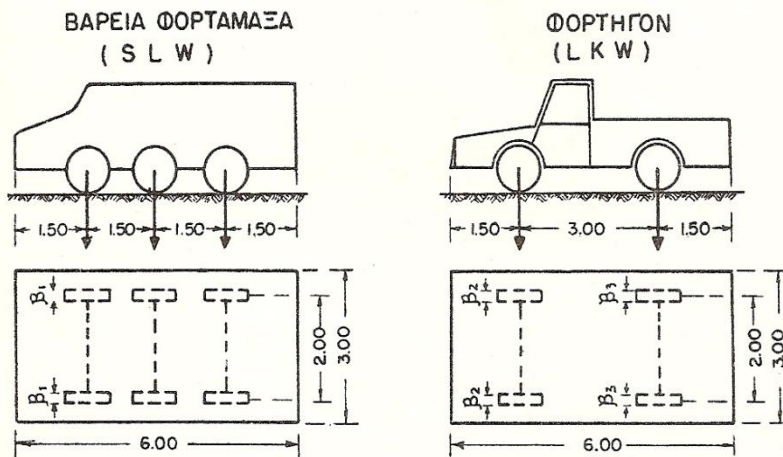
7.3. Κατάταξις τῶν κινητῶν φορτίων.

Κατὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν κινητῶν φορτίων πρέπει νὰ γίνεταί διάκρισις μεταξὺ τῆς φορτίσεως τῆς κυρίας λωρίδος κυκλοφορίας πλάτους 3,0 m, τῆς φορτίσεως τῶν ἐκτὸς τῆς λωρίδος ταύτης κειμένων ἐπιφανειῶν τοῦ ὁδοστρώματος καὶ τῆς φορτίσεως πεζοδρομίων καὶ ποδηλατοδρόμων, προφυλακτῆρων καὶ ὑπερυψωμένων μεσαίων καταφυγίων.

Διαστάσεις καὶ βάρη τῶν κανονικῶν φορτίων

ΠΙΝΑΞ Ι.

Διαστάσεις τῶν τροχοφόρων.



τροχὸν φορτία, πλάτη ἐδράσεως τροχῶν καὶ ἰσοδύναμα φορτία.

Φορτίον ἐμπροσθίου τροχοῦ 8,0 t πλάτ. ἐδράσεως $\beta_1 = 0,26$ m.

Φορτίον ὀπισθίου τροχοῦ 6,0 t > > $\beta_2 = 0,44$ m.

Ἴσοδύναμον ὁμοιόμορφον φορτίον 1,0 t/m².

β) Κλάσις 9, σήμανσις 9, φορτίσις ὡς ἡ τῆς κλάσεως 6, ἀλλὰ μὲ τὰ ἐξῆς κατὰ τροχὸν φορτία, πλάτη ἐδράσεως τροχῶν καὶ ἰσοδύναμα φορτία.

Φορτίον ἐμπροσθίου τροχοῦ 1,5 t πλάτ. ἐδράσεως $\beta_1 = 0,18$ m.

Φορτίον ὀπισθίου τροχοῦ 3,0 > > $\beta_2 = 0,26$ m.

Ἴσοδύναμον ὁμοιόμορφον φορτίον 0,50 t/m².

1. Εἰς τὰς οὕτω ἐπισημαινομένας γεφύρας ἐπιτρέπεται νὰ κυκλοφοροῦσιν καὶ νὰ συναντῶνται ἀπαντὰ ἀπεριορίστως τὰ τροχοφόρα, ἐφ' ὅσον δὲν εἶναι βαρύτερα τῶν φορτίων σημάσεως τῆς γεφύρας.

6

Τὰ πρὸς τοῦτο ἰσοδύναμα φορτία δίδονται εἰς τοὺς πίνακας I ἔως III. Πᾶν φορτίον ἐνεργὸν ἀποφορτικῶς, καθὼς καὶ μεμονωμένα φορτία ἄξόνων ἢ τροχῶν, δὲν λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν εἰς τὸν ὑπολογισμόν. Τοῦτο ἰσχύει ἐπίσης καὶ διὰ τὰ ἐναλλασσόμενα φορτία π.χ. γεφυραγωγούς ἢ στοιχεῖα οἰκοδομικά, ἅτινα δύναται μελλοντικῶς νὰ ἀπομακρυνθῶσιν.

7.4. Κυρία λωρίς κυκλοφορίας.

Ἡ κυρία λωρίς κυκλοφορίας πρέπει νὰ φορτίζεται μετὰ κανονικοῦ τροχοφόρου συμφώνως πίν. III, στήλη 4 ἔμπροσθεν δὲ καὶ ὀπισθεν τούτου μετὰ τοῦ διὰ τὴν λωρίδα ταύτην προβλεπομένου κινητοῦ φορτίου συμφώνως πίν. III στήλη. 6.

Ἡ κυρία λωρίς καὶ ἡ θέσις τοῦ κανονικοῦ τροχοφόρου ἐν τῇ ἐπιφανείᾳ ταύτης, δέον νὰ τοποθετοῦνται ἐκάστοτε ἐν τῇ διὰ τὸν ὑπολογισμόν τοῦ στοιχείου δυσμενεστέρας ἐπιρροῆς θέσει. Ἡ διεύθυνσις δὲ ταύτης πάντοτε παράλληλος τῷ ἄξονι τοῦ ὁδοστρώματος. Ὁ δὲ ἄξων τοῦ τροχοφόρου τῆς λωρίδος ταύτης συμπίπτει ἐν γένει μετὰ τοῦ ἄξονος τῆς λωρίδος. Μόνον διὰ τὸν στατικὸν ὑπολογισμόν πλακῶν, μηκίδων καὶ διαδοκίδων εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταστρώματος ἐπιβάλλεται κατὰ παρέκκλισιν τούτου, ἢ εἰς τὰ πλάγια παράλληλος μετατόπισις τοῦ τροχοφόρου μέχρι τῆς δυσμενεστέρας θέσεως ἢ μέχρι τῆς θέσεως, καθ' ἣν τοῦτο ἐφάπτεται τοῦ κρασπέδου τοῦ πεζοδρομίου.

Ἐν περιπτώσει φορέων μετὰ συνθέτων ἐπιφανειῶν ἐπιρροῆς τοῦ αὐτοῦ ἀλγεβρικοῦ σημείου μήκους μεγαλύτερου τῶν 30 m δύναται εἰς τὴν θέσιν τῶν συγκεντρωμένων φορτίων τοῦ κανονικοῦ τροχοφόρου νὰ τεθῇ τὸ εἰς πίν. III στήλη 5 διδόμενον ἰσοδύναμον ὁμοιομορφον φορτίον. Προκειμένου περὶ θόλων, τοῦτο ἐπιτρέπεται καὶ εἰς τὰς εἰς DIN 1075 περ. 5, 31 καὶ 5, 34 διδομένας περιπτώσεις. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὸν ὑπολογισμόν τῶν μεσοβάθρων.

7.5. Περιοχὴ τοῦ καταστρώματος ἐκτὸς τῆς κυρίας λωρίδος κυκλοφορίας.

Αἱ ἐκτὸς τῆς κυρίας λωρίδος εὐρισκόμεναι περιοχαὶ τοῦ καταστρώματος ἐπιβάλλεται, ὅπως φορτίζονται εἰς τὰς δυσμενεστέρας θέσεις μετὰ τοῦ εἰς πίν. III στήλη. 7 διδομένου ὁμοιομορφου φορτίου. Προκειμένου περὶ γεφυρῶν κλάσεως (12), (6) καὶ (3) ἐπιβάλλεται κατὰ παρέκκλισιν πρὸς τοῦτο καὶ ἐφ' ὅσον εἶναι δυσμενέστερον, ἢ τοποθετησις παραπλεύρως τοῦ τροχοφόρου τῆς κυρίας λωρίδος καὶ δευτέρου ὁμοίου τοιοῦτου ἐν τῇ δυσμενεστέρᾳ θέσει, ἀφαιρουμένου προφανῶς τοῦ εἰς τὴν ὑπ' αὐτοῦ καταλαμβανομένην ἐπιφάνειαν ἐμπίπτοντος κινη-

ΠΙΝΑΞ II.

Βάρη και πλάτη έδράσεως κανονικών τροχοφόρων.

Κλάσις	Όλικόν φορτίον t	Φορτίον τροχοῦ t	Πλάτος έδράσεως τροχοῦ β ₁ m	Κλάσις	Όλικόν φορτίον t	Έμπρόσθιοι τροχοί		Όπίσθιοι τροχοί	
						Φορτίον t	Πλάτος έδράσεως m	Φορτίον t	Πλάτος β ₂ έδράσεως m
60	60	10,0	0,60	12	12	2,0	0,20	4,0	0,30
45	45	7,5	0,50	6	16	1,0	0,14	2,0	0,20
30	30	5,0	0,40	3	3	0,5	0,10	1,0	0,14

Μήκος έδράσεως τοῦ τροχοῦ 0,20 m. Έπιφάνεια έδράσεως τροχοῦ = 0,20 β. εις m².

ΠΙΝΑΞ III.

Κανονικά φορτία¹.

1	2	3	4	5	6	7	8	
Κλάσις Γεφύρας	Σήμανσις	Κυρία λωρίς κυκλοφ. = 3,0 m πλ.				Έπι κυρίας λωρίς κυκλοφορίας t/m ²	Έπι κυρίας λωρίς κυκλοφορίας t/m ²	Περιοχή έφαρμογής
		Κανονικόν ὄχημα		Ίσοδύναμον ὁμοίομορφον t/m ²	Έπι κυρίας λωρίς κυκλοφορίας t/m ²			
		Συμβ.	Βάρους t					
60	60	SLW	60	3,33	0,500	0,300	Διεθνείς αὐτ/μοι	
45	45	SLW	45	2,50	0,500	0,300	Έθν. ὁδοί I	
30	30	SLW	30	1,67	0,500	0,300	Έκταρχ. ὁδοί II	
12	12	LKW	12	0,67	0,400	0,300	Συνήθ. ὁδοί βιομηχ.	
6	6	LKW	6		0,400	0,200	Όδοί έλαφρᾶς >	
3	3	LKW	3		0,300	0,200	Όδοί έλαφροτάτης βιομηχανίας	

1. Παρατήρησις. Εἰς τὰς γεφύρας τῆς κλάσεως (30) αἱ κύριαι καὶ ἐνδιάμεσοι διαδοχίδες, ὧν ἡ ἀπόστασις δὲν ὑπερβαίνει τὰ 2,0 m., αἱ μηκίδες καὶ αἱ πλάκες ἀνοίγματος μέχρι 3,5 m. θὰ ὑπολογίζονται ἐπὶ πλέον δι' ἄξονικόν φορτίον 13,0 t μετὰ διαξονίου 2,0 m καὶ πλάτους έδράσεως τροχοῦ β_s = 0,46 m.

τοῦ φορτίου. Έφ' ὅσον τὸ πλάτος τῆς γεφύρας δὲν ἐπιτρέπει τὴν τοποθέτησιν τοῦ δευτέρου τροχοφόρου πλαγίως τῇ κυρίᾳ λωρίδι κυκλοφορίας, τότε θὰ θεωρῶνται μόνον τὰ τῶν ἐπὶ τοῦ καταστρώματος ἐμπιπτόντων τροχῶν φορτία.

7.6. Πεζοδρομία, ποδηλατόδρομοι.

Ἡ ἐπιφορτίσις τῶν πεζοδρομίων καὶ ποδηλατοδρόμων πρὸς ὑπολογισμόν τῶν κυρίων δοκῶν θὰ λαμβάνεται ἐκ τοῦ πίνακος III στήλ. 7.

8

Προκειμένου περι τοῦ ὑπολογισμοῦ μεμονωμένων στοιχείων (πλακῶν πεζοδρομίων, μηρίδων, προβόλων, διαδοκίδων κλπ.) ἰσχύει πάντοτε ἡ ἐπιφόρτισις $p=0,50 \text{ t/m}^2$.

7.7. Προφυλακτῆρες.

Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν ὑποστηριζουσῶν τὰ κράσπεδα κυρίων δοκῶν καὶ διαδοκίδων ἰσχύει φόρτισις τῶν κρασπέδων διὰ τροχοφορτίου συμφώνως πίν. III στήλῃ 7 ἔξαιρουμένης τῆς περιπτώσεως, καθ' ἣν τοῦτο εἶναι πλήρως ἀποκλεισθέντος τοῦ πεζοδρομίου. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ λωρίδας διαπερωμένας ὑπὸ στοιχείων τῆς γεφύρας (π.χ. ῥάβδοι συμπληρώσεως συνθέτων δοκῶν), ἐφ' ὅσον ἄνωθεν τοῦ ἡμίσεως μήκους τῆς λωρίδος τὸ ἐλεύθερον ὕψος εἶναι μικρότερον τῶν 2,0 m. Μεμονωμένα τμήματα τῶν λωρίδων τούτων δεόν νὰ ὑπολογίζονται πάντοτε μετὰ φορτίου $p=0,50 \text{ t/m}^2$. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν καὶ στερεοποίησιν τῶν προφυλακτῆρων καὶ τῶν τούτους ὑποστηρίζοντων μερῶν θὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν κρούσις αὐτῶν ὑπὸ φορτίου ἐντάσεως ἴσης πρὸς τὸ τροχοφορτίον τοῦ κανονικοῦ τροχοφόρου εἰς τὴν δυσμενεστέραν θέσιν.

7.8. Ὑπερψωμένα κεντρικὰ καταφύγια.

Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν κυρίων δοκῶν καὶ διαδοκίδων θὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν φορτίον ἐπὶ τῶν ἐνδεχομένως προβλεπομένων καταφυγίων συμφώνως πίν. III στήλῃ 7. Μεμονωμένα μέρη τοιούτων καταφυγίων θὰ ὑπολογίζονται μετ' ἐπιφορτίσεως $0,5 \text{ t/m}^2$ ἢ ἐφ' ὅσον εἶναι τοῦτο δυσμενεστέρον, προκειμένου περι γεφυροκλάσεως (60) μέχρι καὶ (12) μετὰ τροχοφορτίου 4,0 t.

7.9. Γέφυραι τροχιοδρομῶν.

Προκειμένου περι γεφυρῶν, ἐφ' ὧν διέρχονται τροχιόδρομοι ἢ ἕτεροι συρμοί, ἢ κυρία λωρὶς κυκλοφορίας θὰ θεωρῆται ἔξωθεν βεβαίως τοῦ διακένου τοῦ τροχιοδρομογήματος ἐν τῇ δυσμενεστέρᾳ θέσει. Πρὸς τούτοις δεόν νὰ θεωρῆται ἐπιφόρτισις τῆς τροχιάς συμφώνως πρὸς τοὺς διὰ ταύτην ἰσχύοντας κανονισμούς, τῆς κυρίας λωρίδος κυκλοφορίας καὶ τῶν ὑπολοίπων ἐπιφανειῶν συμφώνως κεφαλαίῳ 7,3 ἕως 7,8.

Ἐφ' ὅσον δὲ ἐπὶ παραδοχῇ τοποθετήσεως τῆς κυρίας λωρίδος κυκλοφορίας εἰς τὴν περιοχὴν τῶν γραμμῶν, παραλειπομένου ἐννοεῖται τοῦ τροχιοδρομικοῦ φορτίου, ἢ ἡ ἐπιφόρτισις συμφώνως τοῖς κεφ. 7,3 ἕως 7,5 παραλειπομένου ὁμοίως τοῦ τροχιοδρομικοῦ φορτίου, δίδει

9

μεγαλύτερας τιμᾶς, αὕτη θὰ ἰσχύη διὰ τὸν ὑπολογισμόν, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν βεβαίως, ὅτι εἶναι δυνατὴ ἡ εἴσοδος τοῦ τροχοφόρου εἰς τὴν περιοχὴν τῆς γραμμῆς.

8. Φορτία κυκλοφορίας ἰδιωτικῶν γεφυρῶν καὶ ποδηλατογεφυρῶν.

Ἰδιωτικαὶ γέφυραι πρέπει νὰ ὑπολογίζωνται μετὰ κινητοῦ φορτίου $p = 0,50 \text{ t/m}^2$. Ἐπὶ στοιχείων ἀνοίγματος μεγαλύτερου τῶν 10,0 m δύναται τὸ κανονικὸν τοῦτο φορτίον νὰ ἐλαττωθῇ εἰς $p = 0,550 - 0,005 L$ μέχρι τῆς ὀριακῆς τιμῆς $p_{\min} = 0,40 \text{ t/m}^2$.

9. Συντελεσταὶ δονισμοῦ.

Συντελεσταὶ δονισμοῦ θὰ εἰσάγωνται μόνον διὰ τὰ φορτία κυκλοφορίας τῆς κυρίας λωρίδος, εἰς δὲ γεφύρας, αἵτινες φέρουσι σιδηροτροχιάς ἐκτὸς τούτων καὶ διὰ τὰ φορτία κυκλοφορίας μιᾶς γραμμῆς. Ἐπὶ ἰδιωτικῶν γεφυρῶν καὶ ποδηλατογεφυρῶν, ἀκροβάθρων, καθὼς καὶ διὰ τὰ φορτία τοῦ δευτέρου τροχοφόρου, ὅπερ εἰς τὰς γεφυροκλάσεις (12), (6) καὶ (3) συμφώνως κεφ. 7,5 τίθεται ἐκτὸς τῆς κυρίας λωρίδος κυκλοφορίας δὲν ἀπαιτεῖται εἰσαγωγή συντελεστοῦ δονισμοῦ.

Τιμὴν καὶ περιπτώσεις ἐφαρμογῆς τοῦ συντελεστοῦ δονισμοῦ βλ. DIN 1073, 1074, 1075 καὶ ΒΕ. Προκειμένου περὶ μεταλλοσυμπήκτων γεφυρῶν βλ. «Προσωρινὰς ὁδηγίας διὰ τὸν ὑπολογισμόν μεταλλοσυμπήκτων δοκῶν ὁδογεφυρῶν».

С. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τὰ κύρια καὶ τὰ πρόσθετα φορτία ἀποτελοῦσι ὁμοῦ τὴν περιπτῶσιν φορτίσεως II.

10. Ἐπιρροαὶ τῆς θερμοκρασιακῆς μεταβολῆς.

10.1. Σιδηραὶ γέφυραι.

Διὰ τὸν ὑπολογισμόν τῆς ἐπιρροῆς τῆς θερμοκρασίας θὰ θεωρεῖται ἀξομειώσεις ταύτης κατὰ $\pm 35^\circ\text{C}$, ὡς πρὸς θερμοκρασίαν κατασκευῆς $+ 10^\circ\text{C}$. Ἡ διαφορετικὴ θέρμανσις μεμονωμένων στοιχείων θὰ θεωρεῖται ἴση πρὸς $+ 15^\circ\text{C}$. Ἐπὶ στοιχείων, εἰς ἃ δὲν ἐπιδρῶσιν μεγάλαι θερμοκρασιακαὶ ἀξομειώσεις π.χ. εἰς μεταλλικὰ πλαίσια κάτωθεν ἐπιμήκων ὁδοφορέων συμπαγοῦς καταστρώματος, ἐπιτρέπεται ὁ ὑπολογισμὸς βάσει ἀξομειώσεως μόνον $\pm 15^\circ\text{C}$, ὡς πρὸς τὴν θερμο-

κρασίαν κατασκευής. Διαφορετική θέρμανσις τοιούτων στοιχείων δὲν θὰ θεωρεῖται.

10.2. Ὀλόσωμοι γέφυραι.

Ἀναλόγως τῶν τοπικῶν συνθηκῶν θὰ ὑπολογίζεται αὐξομειώσεις τῆς θερμοκρασίας τῶν στοιχείων κατὰ ± 15 ἕως $\pm 20^{\circ}\text{C}$, ὡς πρὸς θερμοκρασίαν κατασκευῆς $+ 10^{\circ}\text{C}$.

Ἐπὶ στοιχείων, ἐλαχίστης διαστάσεως 70 ἐκ. ἢ τὰ ὅποια εἶναι, συνεπεῖα ἐπιχώσεως ἢ ἄλλως πῶς, ὀλιγώτερον ἐκτεθειμένα εἰς τὰς θερμοκρασιακὰς μεταβολάς, ἐπιτρέπεται ὁ ὑποβιβασμὸς τῶν αὐξομειώσεων κατὰ 5°C . Κατὰ τὸν προσδιορισμὸν τῶν ἐλαχίστων διαστάσεων, δὲν ἐπιβάλλεται ἡ ἀφαίρεσις τῶν τυγὸν κλειστῶν διακένων (π.χ. εἰς κνηφελωτὰς κατασκευάς), ἐφ' ὅσον ταῦτα δὲν ὑπερβαίνουνσι τὰ 50% τῶν ἀντιστοιχῶν ὀλικῶν διατομῶν. Διαφορετικὴ θέρμανσις ἐπὶ διαφόρων στοιχείων θεωρεῖται μόνον κατ' ἐξαίρεσιν (π.χ. εἰς ἐγκυστήρας διαρθρωτῶν τόξων καὶ δὴ ἴση πρὸς $\pm 5^{\circ}\text{C}$).

10.3. Μεταλλοσύμπηκτοι γέφυραι.

Ἐν προκειμένῳ ἰσχύουσιν αἱ ἐπὶ μέρους ὁδηγίαι.

10.4. Εὐλιναι γέφυραι.

Δὲν ἐπιβάλλεται ὅπως ληφθῆ ὑπ' ὄψιν ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας.

11. Ἐπιρροὴ τῆς ἀδρανείας εἰς γεφύρας.

Εἰς τὰς κινήτὰς γεφύρας δέον ἐπίσης νὰ διερευνῶνται αἱ ἐντατικαὶ καταστάσεις αἱ ἀναπτυσσόμεναι, συνεπεῖα ἐπιταχύνσεως ἢ ἐπιβραδύνσεως κατὰ τὴν κίνησιν τῆς μάζης τῆς ἐπιδομῆς.

12. Φορτίον ἀνέμου.

12.1. Διεύθυνσις καὶ μέγεθος τοῦ ἀνεμοφορτίου.

Τὸ φορτίον ἀνέμου θὰ λαμβάνεται ὀριζόντιον¹. Ἐν περιπτώσει ἀφορτίστων γεφυρῶν θὰ λαμβάνεται ἀνεμοπίεσις $W = 250 \text{ kg/m}^2$, κατὰ δὲ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκευῆς $W = 125 \text{ kg/m}^2$. Ἐν περιπτώσει φορ-

¹ Εἰς εἰδικὰς περιπτώσεις π.χ. εἰς κρημαστὰς γεφύρας, πιθανὸν νὰ ἀπαιτεῖται νὰ ληφῶσιν ὑπ' ὄψιν καὶ ἕτεραι διευθύνσεις.

τισμένων γεφυρών θά λαμβάνεται $W = 125 \text{ kg/m}^2$. Ἐπὶ δὲ φορτισμένων ἰδιωτικῶν μικρογεφυρῶν δύναται νὰ ληφθῇ $W = 75 \text{ kg/m}^2$.

Ἐν περιπτώσει ἀνοικτῶν κινητῶν γεφυρῶν θά λαμβάνεται ἐν τῇ τελικῇ θέσει στάσεως πίεσις $W = 125 \text{ kg/m}^2$ καὶ δὴ:

α) Εἰς κατακορύφως στρεφομένης γεφύρας κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος τῆς γεφύρας, ἐφ' ὀλοκλήρου τῆς ἀνυψουμένης ἐπιφανείας, ἀλλὰ καὶ ἐγκαρσίως ἐπὶ τῆς προσβαλλομένης ἐπιφανείας συμφώνως κεφ. 12.2.

β) Εἰς ἀνυψουμένης γεφύρας ἐγκαρσίως τοῦ ἄξονος τῆς γεφύρας ἐπὶ τῆς προσβαλλομένης ἐπιφανείας, συμφώνως κεφ. 12.2.

γ) Εἰς περιστρεφομένης γεφύρας ἐπὶ τῆς προσβαλλομένης ἐπιφανείας ἐνδὸς ἐκάστου προβόλου συμφώνως κεφ. 12.2.

Εἰς πάσας τὰς ἑτέρας ἐνδιαμέσους θέσεις δεόν νὰ θεωρεῖται ἀνεμοπίεσις $W = 50 \text{ kg/m}^2$ ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας.

12.2. Ἐπιφάνειαι προσβαλλόμεναι ὑπὸ τοῦ ἀνέμου.

Αἱ ὑπὸ τοῦ ἀνέμου προσβαλλόμεναι ἐπιφάνειαι τῶν γεφυρῶν δεόν νὰ προσδιορίζωνται βάσει τῶν πραγματικῶν διαστάσεων τῶν στοιχείων κατ' ἐκτίμησιν. Ὡς δὲ ἐπιφάνειαι προσβολῆς θά λαμβάνωνται.

α) Εἰς ἀφορτίστους γεφύρας.

Μετ' ὀλοσώμων κυρίων δοκῶν, ἡ ἐπιφάνεια τῆς πρώτης κυρίας δοκοῦ καὶ τὸ προεξέχον ἐνδεχομένως ἄνωθεν πάχος τοῦ καταστρώματος, δι' ἐπιδομᾶς μετὰ συνθέτων δοκῶν τὸ πάχος τοῦ καταστρώματος κατόπιν τὰ ἄνωθεν καὶ κάτωθεν τούτου ἐξέχοντα τμήματα ὀλοκλήρου τῆς κυρία δοκοῦ, ἀλλ' οὐχὶ περισσότερο τοῦ ἄνωθεν καὶ κάτωθεν τοῦ πάχους τοῦ καταστρώματος προεκβάλλοντος περιγράμματος μιᾶς κυρίας δοκοῦ.

β) Εἰς φορτισμένας γεφύρας.

Δι' ἐπιδομᾶς μετ' ὀλοσώμων κυρίων δοκῶν ἡ ἐπιφάνεια τῆς προσθίας κυρίας δοκοῦ καὶ τὸ ἐνδεχομένως ἄνωθεν προεξέχον πάχος τοῦ ὀδοστρώματος μετὰ τῆς ταινίας τοῦ κυκλοφοροῦντος φορτίου.

Δι' ἐπιδομᾶς μετὰ συνθέτων κυρίων δοκῶν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πάχους τοῦ ὀδοστρώματος μετὰ τῆς ταινίας τοῦ κινητοῦ φορτίου ἐπηυξημέναι κατὰ τὰς ἐπιφανείας τῶν ἄνωθεν καὶ κάτωθεν προεξεχουσῶν μερικῶν ἐπιφανειῶν ἀπασῶν τῶν κυρίων δοκῶν, ἀλλ' οὐχὶ περισσότερο τῆς ἐκατέρωθεν τοῦ ὀδοστρώματος καὶ ταινίας τοῦ κινητοῦ φορτίου προεξεχούσης ἐπιφανείας τοῦ περιγράμματος μιᾶς κυρίας δοκοῦ.

Αί άνωθεν τοῦ καταστρώματος όλοσώμοι τοξωται δοκοί θά έξε-
τάζονται ώς αί σύνθετοι κύριαι δοκοί.

Τό ύψος τής ταινίας τοῦ κυκλοφοροῦντος φορτίου θά λαμβάνηται
εἰς μὲν όδογεφύρας 2,0 m εἰς δὲ πεζογεφύρας 1,80 m. Τό δὲ μή-
κος τής ἐν λόγω ταινίας δέον νά μερίζηται συμφώνως πρὸς τήν ἐπι-
φάνειαν ἐπιρροῆς τοῦ ὑπολογιζομένου στοιχείου.

Ἐν περιπτώσει μεσοβάθρων όλοσώμων ἢ μεταλλικῶν, δέον νά
θεωρῶνται ἅπασαι αί ὑπὸ τοῦ ανέμου προσβαλλόμεναι ἐπιφάνειαι
καί άνεμοφορτία ἐπίσης καί κατά τήν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος τής
γεφύρας.

12.3. Ἐστεγασμένοι καί κλεισταί γεφυραι.

Τὰ άνεμοφορτία ἐπὶ ἐστεγασμένων καί κλειστῶν γεφυρῶν θά κα-
θορίζονται βάσει τοῦ DIN 1055 φύλλον 4.

13. Φορτίσεις συνεπείᾳ τροχοπεδήσεων.

Ἡ δύναμις τροχοπεδήσεως τῶν φορταμαξῶν θεωρεῖται ἐνεργοῦσα
εἰς τὸ ύψος τοῦ ἐπιπέδου κυκλοφορίας καί ἴση πρὸς τὸ $\frac{1}{20}$ τής όλικῆς
φορτίσεως τοῦ καταστρώματος μετ' όμοιομόρφως διανεμημένου φορ-
τίου (συμφώνως πίν. III, στήλῃ 7) καθ' ἅπαν τὸ μήκος τής ἐπιδομῆς,
ἴση τοῦλάχιστον πρὸς τὰ 0,3 τοῦ βάρους τοῦ κατά τὰς παραγράφους
7,3 καί 7,4 κανονικοῦ τροχοφόρου, ἄλλά πάντοτε άνευ συντελεστοῦ
δονισμοῦ.

Ἡ δύναμις τροχοπεδήσεως τροchioδρόμων θά λαμβάνηται ἴση πρὸς
τὸ $\frac{1}{10}$ τῶν ἐπὶ μήκους 50,0 m φορτιζόντων τὸ κατάστρωμα ἄξονικῶν
φορτίων, καί δὴ ἐπὶ γεφυρῶν διπλῆς τροχιᾶς δι' ἄμφοτέρας τὰς τροχιᾶς
καί κατά τήν αὐτὴν διεύθυνσιν. Ἐν περιπτώσει ἐπιμηκεστέρων ἄνωδο-
μῶν, ἡ πέραν τῶν 50,0 m ἄνιστοιχοῦσα δύναμις τροχοπεδήσεως θά
ὑπολογίζηται ἐπὶ τῇ βάσει συντελεστοῦ $\frac{1}{20}$, άνευ όμοίως συντελεστοῦ
δονισμοῦ.

Ἡ δύναμις τροχοπεδήσεως δύναται νά ἄγνοηθῇ, ἐφ' ὅσον δὲν
ἄσκει ἄποδεδειγμένως οὐσιώδη ἐπιρροὴν ἐπὶ τής εὐσταθείας τοῦ ἔρ-
γου, π.χ. εἰς πλακογεφύρας, πλακοδοκογεφύρας μικρῶν ἄνοιγμάτων, αί
όποῖαι συμφώνως DIN 1075 περ. 6,2 μορφοῦνται μετὰ δύο σταθερῶν
ἐφεδρᾶνων, όμοίως εἰς θόλους μικρῶν ἄνοιγμάτων μετὰ πλουσίας ἐπι-
χώσεως, οἵτινες κατά DIN 1075 περ. 5,31 δύναται νά ὑπολογισθῶσιν
δι' ἐφαρμογῆς τής μεθόδου τής καμπύλης τῶν πιέσεων.

14. Φόρτισις τῶν κιγκλιδωμάτων.

Ἡ φόρτισις τῶν κιγκλιδωμάτων θὰ θεωρῆται ὀριζόντιος, ἐντάσεως ἴσης πρὸς 80 kg/m.

15. Ἀντίστασις τριβῆς τῶν ἐφεδράνων.

Ἡ ἀντίστασις τῆς μὲν τριβῆς συνεπείᾳ ὀλισθήσεως θὰ υπολογίζηται ἴση πρὸς τὰ 0,2, ἡ δὲ τῆς συνεπείᾳ κυλίσεως πρὸς τὰ 0,03 τῆς ἀντιδράσεως, συνεπείᾳ μονίμου καὶ κινητοῦ φορτίου.

16. Φορτίον χιόνος.

Τὸ φορτίον τῆς χιόνος δὲν χρειάζεται κατὰ γενικὸν κανόνα νὰ λαμβάνηται ὑπ' ὄψιν. Ἐπὶ ἀνοικτῶν κινήτων γεφυρῶν, ἐξαιρέσει τῶν ἀνυψουμένων, πρέπει νὰ θεωρῆται ἡ δυσμενεστέρα μερικὴ ἢ ὀλικὴ φόρτισις τῆς ὀριζοντίου προβολῆς τῆς γεφύρας ὑπὸ χιόνος βάρους 25 kg/m². Ἐπὶ ἐστεγασμένων γεφυρῶν τὸ φορτίον χιόνος θὰ καθορίζηται συμφώνως DIN 1055 φύλλον 5.

D. ΦΟΡΤΙΑ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ**17. Πρόσκρουσις τῶν τροχοφόρων.**

Ἐφ' ὅσον τὰ στηρίγματα, στύλοι πλαισίων ἢ ἀκραῖαι ῥάβδοι δικτυωμάτων δὲν προστατεύονται, εἴτε ὡς ἐκ τῆς θέσεώς των εἴτε δι' εἰδικῶν προφυλακτικῶν ἀπὸ τοῦ κινδύνου προσκρούσεως τροχοφόρων, θὰ υπολογίζωνται εἰς δρασὶν ὀριζοντίου δυνάμεως 100 t εἰς ὕψος 1,2 m παραλλήλως τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος κυκλοφορίας τῆς ὁδοῦ, ἢ 50 t κατὰ τὴν ἐτέραν κάθετον διεύθυνσιν. Βάσει δὲ τῆς δυσμενεστέρας ἐπιρροῆς θὰ καθορίζηται ὁ ὑπολογισμὸς τῶν διαστάσεων. Ἐν περιπτώσει, καθ' ἣν οἱ κύριοι ἄξονες τῶν στύλων εἶναι λοξῶς τοποθετημένοι, ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς κυκλοφορίας, ἐπιτρέπεται πρὸς ἀπλοποίησιν τῶν ὑπολογισμῶν ἢ προϋπόθεσις, ὅτι τὸ φορτίον ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν κυρίων ἄξόνων, ἀλλὰ κατ' ἀμφοτέρους ὑπὸ ἔντασιν 100 t.

Πρὸς τούτοις ὁ ὑπολογισμὸς θὰ διεξάγηται βάσει τῶν κυρίων φορτίων. Κατὰ τὸν ὑπολογισμὸν τοῦτον ἐπιτρέπεται, ὅπως τὰ μὲν μεταλλικὰ στοιχεῖα καὶ ὁ ὀπλισμὸς τῶν ὀπλισμένων σκυροδεμάτων φορτισθῶσιν μέχρι τοῦ ὀρίου ἀναλογίας, τὸ δὲ σκυροδεμα εἰς τάσιν διπλάσιαν τῆς ἐπιτρεπομένης,

18. Ἀπρόβλεπτοι μεταβολαὶ τῶν συνθηκῶν στηρίξεως.

Ἐὰν εἶναι δυνατὸν νὰ προβλεφθῇ, ὅτι αἱ κανονικαὶ συνθήκαι στηρίξεως θὰ μεταβληθῶσιν, τότε πρέπει ἤδη κατὰ τὴν σύνταξιν τῆς προμελέτης νὰ προσδιορισθῶσιν αἱ ἀντιδράσεις καὶ δυνάμεις προεντάσεως, συνεπεία κατακορύφου ἢ ὀριζοντίου μετακινήσεως ἴσης πρὸς 1 cm, ἐνδεχομένως δὲ καὶ μοναδιαίας στροφῆς (βλπ. περ. 5)*

19. Εἰδικαὶ ἐπιρροαὶ κατὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ ἔργου.

Προσωριναὶ φορτικαὶ καταστάσεις, δυνάμεναι νὰ παρουσιασθῶσιν ἐν τῇ κατασκευῇ π.χ. συνεπεία ὑποστηρίξεων διὰ δικτυωτῶν ἰκριωμάτων ἢ ἀναρτήσεων ἢ τῆς ἐφαρμογῆς τοῦ συστήματος τῆς κατὰ μέτωπον ἐλευθέρως προόδου τοῦ ἔργου, πρέπει νὰ ἐξετάζωνται διεξοδικῶς δι' ἀναλυτικῶν ὑπολογισμῶν (βλπ. DIN 1073 καὶ DIN 1078).

Κατὰ τὸν ἔλεγχον τῆς πλευρικῆς ἀντοχῆς τοιούτων ὑποστηρίξεων δέον μετὰ τῶν προβλεπομένων ἢ προδιαγραφομένων ὀριζοντίων φορτίων νὰ θεωρῆται, πρὸς προσδιορισμὸν τῶν δυνάμεων, αἰτινες ὑπάρχει πιθανότης νὰ ἀναπτυχθῶσιν, συνεπεία ἀναποφεύκτων ἀνακριβειῶν κατὰ τὴν κατασκευὴν ὀριζόντιον φορτίον, ἐφηρμοσμένον εἰς τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ κατακορύφου ἐντάσεως ἴσης πρὸς $\frac{1}{100}$ τῆς τοῦ κατακορύφου ἐνεργὸν δὲ κατὰ τὴν δυσμενεστέραν διεύθυνσιν.

Ὡς πρὸς τὰς ὑπολοίπους παραδοχὰς φορτίσεως ἰσχύουσιν προκειμένου ἰκριωμάτων τὸ DIN 4420.

20. Εὐστάθεια ἐναντι ἀνατροπῆς.

Ἡ εὐστάθεια τῆς ἀνωδομῆς ἐναντι ἀνατροπῆς, συνεπεία τῆς πένσεως ἀνέμου καὶ ἐνδεχομένως ἄλλων φορτίων πρέπει νὰ ἀποδεικνύηται, ἐφ' ὅσον δὲν εἶναι ἀνευ ἀμφιβολίας βέβαιον — ὡς εἰς γεφύρας μετὰ καταστρώματος εἰς τὸ κάτω μέρος — ὅτι αὕτη εὐσταθεῖ. Ὡς ταινία κυκλοφορίας (περίοδος 12,2) τῆς φορτισμένης ἐν γένει γεφύρας θὰ εἰσάγῃται σειρὰ κενῶν ὀχημάτων βάρους 0,50 t/m εἰς τὴν δυσμενεστέραν θέσιν. Ἡ εὐστάθεια ἐναντι ἀνατροπῆς δέον νὰ ἀποδεικνύηται ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν, ὅτι ἅπαντα τὰ προξενούντα τὴν ἀνατροπὴν φορτία (ἀνευ συντελεστοῦ δονισμοῦ) ἐξαιρέσει τῶν μονίμων φορτίων εἶναι μεγαλύτερα κατὰ 50%, ὁπότε ἐπαρκεῖ συντελεστῆς εὐσταθείας 1,0. Αἱ γραμμαὶ ἀνατροπῆς καθορίζονται συμφώνως DIN 1054.

* Ἡ ὑπ' ὄψιν διερεύνησις καθιστᾷ δυνατὴν τὴν κρίσιν ἐπὶ τῆς εὐσταθείας τοῦ θεωρουμένου στατικῆς συστήματος εἰς τὰς ὑποχωρήσεις τῶν στηριγμάτων αὐτοῦ, ὡς καὶ τὸν ταχὺν προσδιορισμὸν τῶν ἐπιρροῶν ἐνδεχομένων μετατοπίσεων.

21. Ἐξασφάλις τῆς ἀνυψώσεως τῶν ἐφεδρῶν.

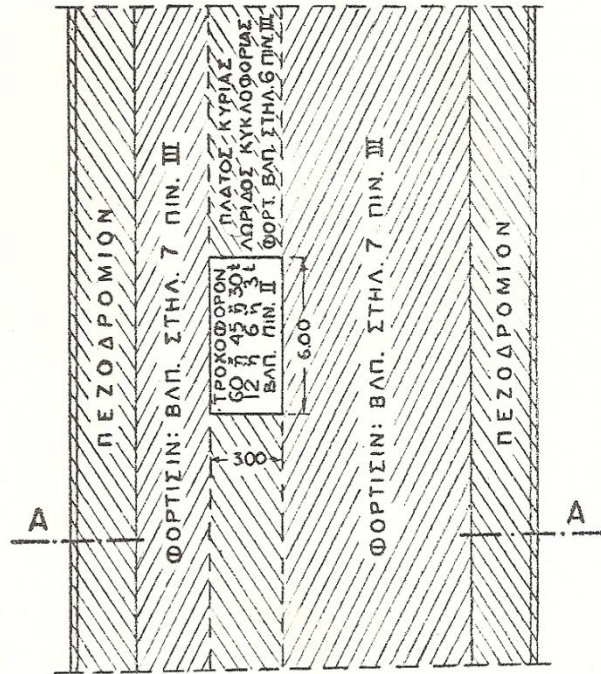
Ἐπὶ συνεχῶν δοκῶν (μετ' ἀρθρώσεων ἢ ἄνευ τοιούτων) καὶ προβῶν πρέπει νὰ ἀποδεικνύηται ἡ ἐξασφάλις τῆς ἀνυψώσεως τῶν ἐφεδρῶν. Ὡς πρὸς τοῦτο πρέπει νὰ εἰσάγονται μόνον τὰ φορτία κυκλοφορίας τὰ προκαλοῦντα ἀρνητικὰς δυνάμεις, καὶ δὴ μετ' ἐπαυξήσεως 50%, ὅποτε ἐπαρκεῖ συντελεστὴς εὐσταθείας 1,0.

22. Ἀγκυρώσεις.

Ἐφ' ὅσον πρὸς ἐξασφάλισιν τῆς ἀνατροπῆς (περ. 20) ἢ ἀνυψώσεως προβλέπονται ἀγκυρώσεις, πρέπει αὗται φορτιζόμεναι μετὰ τοῦ ἀθροίσματος τῶν κυρίων καὶ προσθέτων φορτίων καὶ τῶν πρὸς ἀσφάλειαν ἐπαυξήσεων συμφώνως κεφ. 20 καὶ 21, νὰ μὴ ὑποβάλλωνται εἰς τάσεις μεγαλυτέρας τοῦ 1,5πλασίου τῶν ἐπιτρεπομένων.

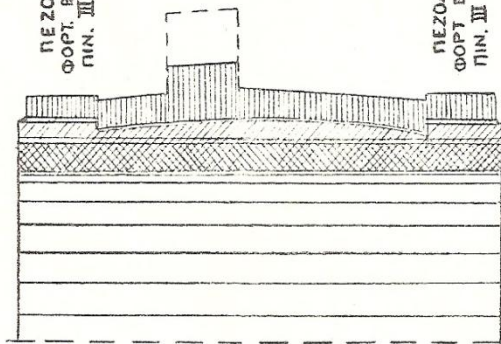
Αἱ τάσεις, συνεπεία τῆς φορτικῆς περιπτώσεως I (κύρια φορτία) καθὼς καὶ τῆς II (κύρια καὶ πρόσθετα φορτία) δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνουσι τὰς καθ' ἕκαστα ἐπιτρεπομένας τάσεις.

ΚΑΤΟΨΙΣ ΓΕΦΥΡΑΣ



ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΝ
ΦΟΡΤ. ΒΑΠ. ΣΤΗΛ. 7
ΠΙΝ. ΙΙΙ § 7.6.

ΤΟΜΗ Α-Α



ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΝ
ΦΟΡΤ. ΒΑΠ. ΣΤΗΛ. 7
ΠΙΝ. ΙΙΙ § 7.6.