

ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ Ι



Ο ΔΙΠΛΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

ΟΙ ΔΥΟ ΟΡΟΙ ΤΗΣ ΕΠΙΠΤΟΝΗΣΗΣ:
ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΗ

Η ΔΙΠΛΗ ΡΟΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΕΩΝ
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

ΑΝΙΣΩΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ:
ΤΟ ΚΛΕΙΔΙ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΜΟΡΦΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ-
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

1. Ο ΔΙΠΛΟΣ ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Η κατασκευή αποτελεί τεχνητή υπερύψωση του εδάφους με σκοπό να εξασφαλίσει ένα ελεύθερο χώρο για την ανεμπόδιστη ανάπτυξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, κρατώντας απ' έξω τις επιρροές από τον περιβάλλοντα χώρο (φυσικά σώματα, χιόνι, κ.λ.π.). Γι' αυτό σχεδιάζεται για διπλό ρόλο, αυτόν του **φράγματος στο χώρο** και αυτόν του **αγωγού** των επιρροών από το περιβάλλον στο έδαφος.

1.1 Ο Οργανισμός Πληρώσεως και ο Φέρων Οργανισμός

Μολονότι το σύνολο της κατασκευής μετέχει και των δύο ρόλων, του φράγματος και του αγωγού, σχεδιάζεται διακριτά για καθένα απ' αυτούς.

Το μέρος της που σχεδιάζεται για το ρόλο του φράγματος ορίζεται ως ο **οργανισμός πληρώσεως** (τοιχοποιίες).

Το μέρος της που σχεδιάζεται για το ρόλο του αγωγού ορίζεται ως ο **φέρων οργανισμός**. Όταν στα επόμενα θα αναφέρεται ο όρος κατασκευή θα αναφέρεται στον φέροντα οργανισμό.

1.2 Φέρων Οργανισμός και Φορείς

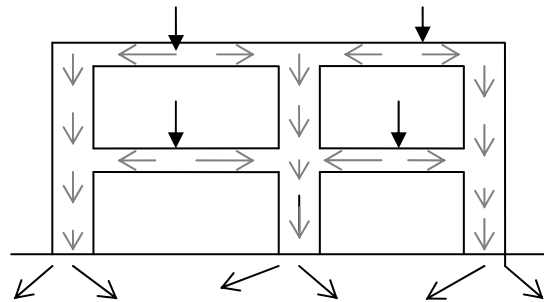
Μολονότι ο φέροντας οργανισμός αποτελεί ένα ενιαίο όλο, για απλοποίηση του σχεδιασμού του θεωρείται ότι αποτελείται από διακριτά επί μέρους μέλη, τους επί μέρους **φορείς**.

Η διάκριση των φορέων γίνεται με βάση την αλλαγή της διεύθυνσης και των διαστάσεων του φέροντα οργανισμού.

Το οριζόντιο επίπεδο μέρος του οργανισμού το οποίο φέρει και τα κατακόρυφα φορτία της κατασκευής αποτελεί τις **πλάκες**. Τα κατακόρυφα στοιχεία ονομάζονται **υποστυλώματα** και όταν είναι επιμήκη **τοιχεία**, ή **τοιχώματα**.

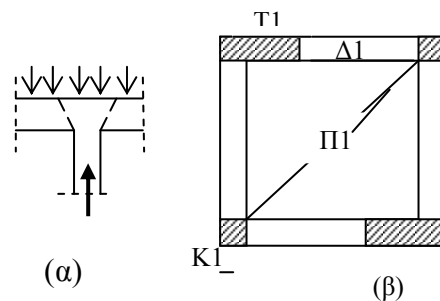
Οι πλάκες στις θέσεις των υποστυλωμάτων για να αποφευχθεί η διάτρησή τους απ' αυτά, όπως φαίνεται στο Σχ. 2, σχεδιάζονται με αυξημένο πάχος και αποτελούν ιδιαίτερα μέλη, τις **δοκούς** οι οποίες οριοθετούν και τις επί μέρους πλάκες, όπως φαίνεται στην κάτοψη του φέροντα οργανισμού στο Σχ. 3.

Πλάκες οι οποίες στηρίζονται κατ' ευθείαν στα υποστυλώματα ονομάζονται **μυκητοειδείς**. Στο άκρο των κατακόρυφων στοιχείων που είναι σ' επαφή με το έδαφος διαμορφώνεται τοπική διαπλάτυνση, το **πέδιλο**, ώστε να μεγαλώσει η επιφάνεια επαφής με το έδαφος και να μειωθεί η πίεση στο έδαφος.



Σχ. 1.1 Η κατασκευή ως αγωγός

Όταν το μήκος είτε το φορτίο μιας δοκού είναι μεγάλα, ή η κατασκευή υπόκειται σε οριζόντια φόρτιση (σεισμό, άνεμο) δοκός και υποστύλωμα σχεδιάζονται ως ενιαίος φορέας, το **πλαίσιο** αποτελούμενο από το **ζύγωμα** (δοκό) και **στύλους** (υποστυλώματα).



K: Υποστύλωμα T: Τοιχείο
Δ: Δοκός Π: Πλάκα

Σχ. 1.2 (α) Διάτρηση πλάκας ελλείψει δοκού
(β) Κάτοψη Φ.Ο.

Η περιοχή συνάντησης ζυγώματος και στύλου, ο **κόμβος**, απαιτεί ιδιαίτερο σχεδιασμό και

επιμελημένη εργασία.

2. ΟΙ ΔΥΟ ΟΡΟΙ ΓΙΑ ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ

Για κάθε κίνηση, για κάθε δημιουργία, απαιτούνται δύο όροι: ο ενεργητικός και ο παθητικός. Στην περίπτωση της κατασκευής ενεργητικός όρος είναι τα φορτία και αρνητικός οι στηρίξεις.

2.1 Φορτίο + Στήριξη → Ένταση

Λόγω των επιρροών από το περιβάλλον και του ίδιου βάρους της, η κατασκευή τείνει να μετακινηθεί από την αρχική της θέση.

- Η τάση για μετακίνηση δηλώνεται ως τα **φορτία** της κατασκευής.
- Συμβολίζονται με βέλη κατά την διεύθυνση και φορά της μετακίνησης.
- Η μετακίνηση παρεμποδίζεται στις διεπιφάνειες κατασκευής και εδάφους οι οποίες ορίζονται ως οι **στηρίξεις** της κατασκευής.
- Στις ενδιάμεσες θέσεις ο φορέας υπόκειται σε παρεμποδισόμενη μετακίνηση (μετατόπιση ή στροφή) η οποία ορίζεται ως η **παραμόρφωση** του φορέα και είναι η αιτία για την ένταση της κατασκευής.

Γι αυτό:

❖ Για την ένταση ενός φορέα απαιτείται συνύπαρξη φορτίου και στήριξης.

Αν υπάρχει φορτίο αλλά όχι αντίστοιχη στήριξη, δεν αναπτύσσεται ένταση στο φορέα.

Προκειμένου για μεμονωμένο φορέα μιας κατασκευής:

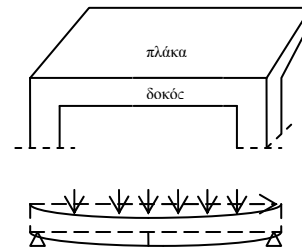
- Τα σώματα (ή μέλη της κατασκευής) που τείνουν να μετακινήσουν το φορέα από τη θέση του αποτελούν τα **φορτία**.
Συνήθως είναι τα επάνω.
- Τα σώματα (ή μέλη της κατασκευής) που αντιστέκονται στη μετακίνηση αποτελούν τις **στηρίξεις**. Συνήθως είναι τα κάτω.
- ❖ Σε φορείς επί εδάφους (πέδιλα, πεδιλοδοκούς, στρωτήρες κ.λ.π.) φορτία είναι οι τάσεις του εδάφους και στηρίξεις τα επάνω στοιχεία (υποστυλώματα, ράγες, κ.λ.π)

2.2 Οι Τέσσερις Τύποι της Επιπόνησης και Έντασης

Η παραμόρφωση (παρεμποδισόμενη μετακίνηση) του φορέα και η αντίστοιχη ένταση και επιπόνηση διακρίνονται σε τέσσερες συνιστώσες:

- **Παρεμπόδιση μετατόπισης κατά μήκος του φορέα.** Η αντίστοιχη ένταση ονομάζεται **Αξονική**.

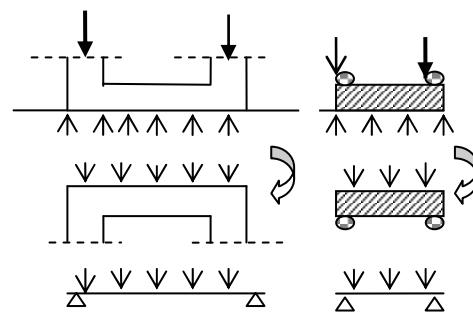
Συμβολίζεται με **N**.



Σχ. 2.1 Φορτίο – Στήριξη - Παραμόρφωση

- **Παρεμπόδιση μετατόπισης κάθετα στο φορέα** (βύθιση). Η αντίστοιχη ένταση ονομάζεται **Διατμητική**.

Συμβολίζεται με **V**.



Σχ. 2.2 Φορτία και στηρίξεις σε φορείς επί του εδάφους

- **Παρεμπόδιση στροφής κατά μήκος του φορέα.** Η αντίστοιχη ένταση ονομάζεται **Καμπτική**. Συμβολίζεται με **M**.
- **Παρεμπόδιση στροφής γύρω από τον άξονα του φορέα.** Η αντίστοιχη ένταση ονομάζεται **Στρεπτική**. Συμβολίζεται με το **T**.

2.3 Είδη Φορτίων

Ανάλογα με την επιφάνεια στην οποία ασκούνται και ανάλογα με τη σταθερότητά τους στο χρόνο και το χώρο, διακρίνονται τα παρακάτω είδη φορτίων:

- ❖ **Συγκεντρωμένα**, όταν δρουν σε μικρό μόνον τμήμα του φορέα (περίπου σε 10-30 εκ). Συμβολίζονται με κεφαλαίο γράμμα.
- ❖ **Κατανεμημένα**, όταν δρουν σ' όλο το μήκος του φορέα ή σε μεγάλο τμήμα του. Συμβολίζονται με μικρό γράμμα.
- ❖ **Μόνιμα**, όταν ασκούνται συνεχώς στην ίδια θέση (π.χ. ίδια βάρη, επικαλύψεις, τοιχοποιίες, μόνιμα μηχανήματα). Συμβολίζονται συνήθως με το γράμμα **G, g**.
- ❖ **Μεταβλητά (ή κινητά)**, όταν δεν ασκούνται συνεχώς. Μπορεί να υπάρχουν σε μια θέση ή να μην υπάρχουν (άνθρωποι, έπιπλα, κινητά μηχανήματα, χιόνι, κλπ) ή να μετακινούνται από θέση σε θέση (π.χ. φορτίο γερανογέφυρας).

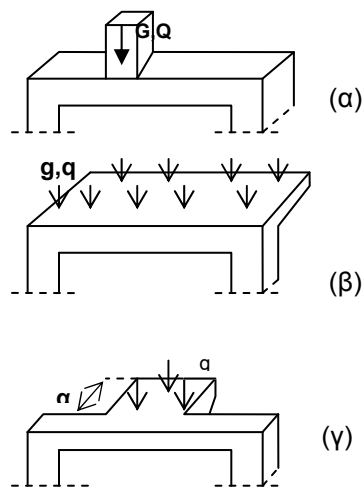
Στη δεύτερη περίπτωση στο συμβολισμό του βέλους προστίθεται και το σύμβολο της ρόδας, όπως φαίνεται στο σχήμα. Συμβολίζονται συνήθως με το γράμμα **Q, q**.



2.4 Τύποι Φορτίων

Ανάλογα με την επιπόνηση την οποία προκαλούν διακρίνονται οι παρακάτω τύποι φορτίων:

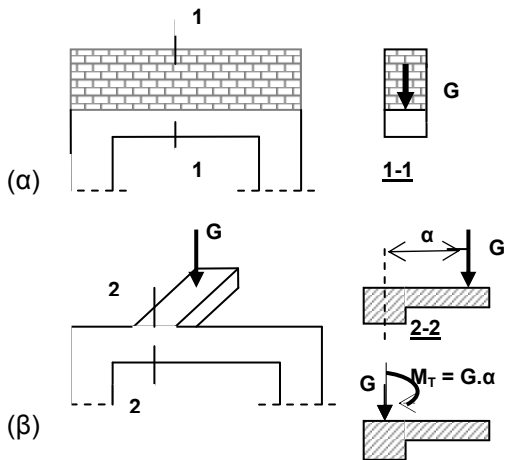
- ❖ **Αξονικά N** (σε μονάδες δύναμης): Φορτία κατά μήκος του κ.β. άξονα του φορέα. Τείνουν να μετατοπίσουν το φορέα κατά μήκος του άξονα του. Προκαλούν αξονική δύναμη **N**.
- ❖ **Καμπτοδιατμητικά g, G, q, Q** (σε μονάδες δύναμης) Φορτία κάθετα στον κεντροβαρικό άξονα του φορέα. Τείνουν να κάμψουν τον φορέα κατά μήκος του άξονά του. Προκαλούν καμπτική ροπή **M**, είτε τέμνουσα δύναμη **V**.
- **Στρεπτικά m_T, M_T** (σε μονάδες ροπής): Τείνουν να στρέψουν τον φορέα γύρω από τον άξονά του.



Σχ. 2.3 Είδη φορτίων (α) καμπτοδιατμητικά, (β) και (γ) καμπτοδιατμητικά και στρεπτικά

Προκύπτουν από φορτία κάθετα στον κ.β άξονα, αλλά σε κάποια απόσταση απ' αυτόν (ακριβέστερα από τον στρεπτικό άξονα).

Με **m_T** συμβολίζονται όταν είναι κατανεμημένα και με **M_T** όταν είναι συγκεντρωμένα.



Σχ. 2.4 Τύποι φορτίων

Μεταφερόμενα στον κ.β. άξονα του φορέα δίνουν καμτοδιατμητικά φορτία με τιμή την τιμή των φορτίων και στρεπτικά φορτία με τιμή το γινόμενο της τιμής των φορτίων επί την απόστασή τους από τον κ.β. άξονα του φορέα (βλ. Σχ.3γ και 4β).

Προκαλούν στρεπτική ροπή T .

2.5 Άμεσα και Έμμεσα Φορτία

Όταν η τάση για παραμόρφωση του φορέα προκύπτει από κάποια επιβαλλόμενη μετακίνηση (μετατόπιση ή στροφή) σε κάποια θέση του, όπως στην περίπτωση σεισμού, θερμοκρασιακών μεταβολών, υποχωρούσας στήριξης, κ.λ.π., η μετακίνηση αυτή δηλώνεται ως **έμμεσο φορτίο**, σ'αντιδιαστολή με την τάση για παραμόρφωση του φορέα στην περίπτωση επιβαλλόμενης δύναμης (βάρους, κ.λ.π), η οποία δηλώνεται ως **άμεσο φορτίο**.

2.6 Τύποι Στηρίξεων

Ανάλογα με τον τύπο της παρεμπόδισης της μετακίνησης που προκαλούν, οι στηρίξεις διακρίνονται σε:

❖ Έδραση

Όταν παρεμποδίζεται η μετατόπιση κάθετα στον κεντροβαρικό άξονα του φορέα.

❖ Άρθρωση

Όταν παρεμποδίζεται η μετατόπιση κάθετα και κατά μήκος του κεντροβαρικού άξονα του φορέα.

❖ Καμπτική πάκτωση,

Όταν παρεμποδίζονται οι μετατοπίσεις και επιπλέον η **στροφή κατά μήκος** του κ. β. άξονα του φορέα.

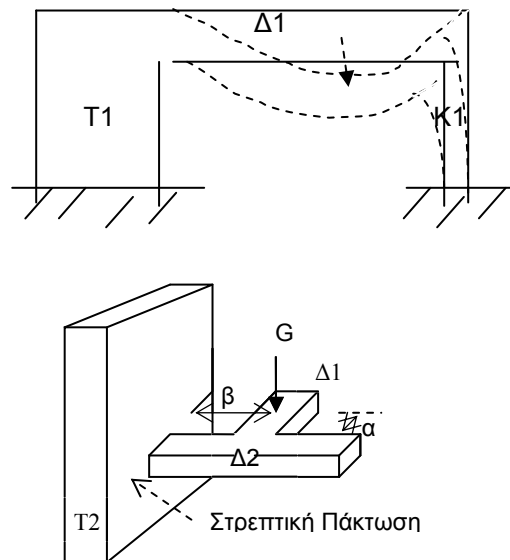
❖ Στρεπτική πάκτωση

Όταν παρεμποδίζονται οι μετατοπίσεις και επιπλέον η **στροφή γύρω** από τον κεντροβαρικό (ακριβέστερα τον στρεπτικό) άξονα του φορέα.

2.7 Άμεσες και Έμμεσες Στηρίξεις

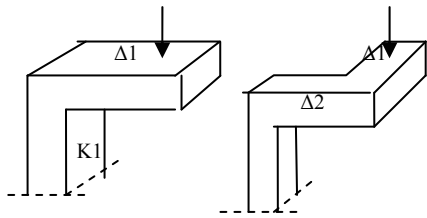
Όταν ένας φορέας στηρίζεται σ'άλλον που είναι στο ίδιο επίπεδο μ'αυτόν, όπως η διαδοκίδα Δ1 στο Σχ. 6(β) που στηρίζεται σ'άλλη δοκό (κύρια δοκό Δ2), η στήριξη χαρακτηρίζεται ως **έμμεση**, σ'αντιδιαστολή με την **άμεση** στήριξη της δοκού Δ1 στο Σχ. 6(α) που στηρίζεται σε φορέα κάτω απ'αυτήν, στο υποστύλωμα Κ1.

Η διάκριση του τύπου των φορτίων, των επιπονήσεων και των στηρίξεων σχολιάζεται στην ενότητα Γ.



Σχ. 2.5 Τύποι στηρίξεων :

K1: άρθρωση,
T1: καμπτική πάκτωση,
T2: στρεπτική πάκτωση



2.6 (α) Άμεση στήριξη,
(β) Έμμεση στήριξη

3. Η ΔΙΠΛΗ ΡΟΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΡΑΣΗ S ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ R

Κατά την επιβολή του φορτίου, ο φορέας πάλλεται, συστελλόμενος και διαστελλόμενος ωθώντας την διατάραξη που προκαλεί το φορτίο προς τα σώματα στα οποία στηρίζεται αναπτύσσοντας, έτσι, μια ροή προς τις θέσεις των στηρίξεων. Στις θέσεις αυτές τα σώματα στήριξης αντιδρούν και η ροή αντιστρέφεται κατευθυνόμενη από τις στηρίξεις προς τις θέσεις της διατάραξης, τις θέσεις των φορτίων.

3.1 Η Διπλή Ροή: Δράσεις και Αντιδράσεις

Η ροή από τις θέσεις των φορτίων προς τις στηρίξεις συμβολίζεται με το **S** (Sustained) και δηλώνεται ως **δράση**, ή **επιπόνηση**.

Η αντίθετη ροή από τις στηρίξεις προς τις θέσεις των φορτίων συμβολίζεται με το **R** (Resistance) και δηλώνεται ως **αντίδραση** ή **ένταση**.

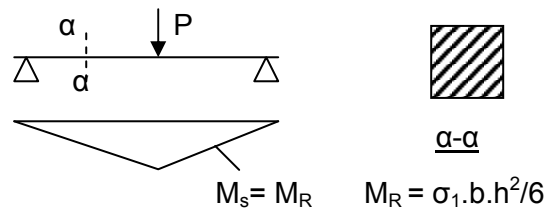
Ανάλογα με τον τύπο της παραμόρφωσης του φορέα, οι δράσεις διακρίνονται σε: **N_s**, **V_s**, **M_s** και **T_s** και οι αντιδράσεις σε **N_R**, **V_R**, **M_R** και **T_R**.

3.2 Η Διπλή Οπτική: Εσωτερικά και Εξωτερικά Μεγέθη

Η πρώτη ροή αντιστοιχεί στην παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα θεωρούμενη **από έξω από τον φορέα**, (γίνεται αντιληπτή ως μετακίνηση, μετατόπιση και στροφή, του φορέα) και, γι αυτό, δηλώνεται, επίσης, και ως **Εξωτερικό Μέγεθος**.

Τα μεγέθη αυτά εκφράζονται συναρτήσει εξωτερικών μεγεθών, του φορτίου και του ανοίγματος του φορέα, ή μετακινήσεων και αποτελούν τη **γλώσσα της Στατικής**.

Η δεύτερη ροή αντιστοιχεί στην παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα θεωρούμενη **από το εσωτερικό του φορέα** (γίνεται αντιληπτή ως μετακίνηση, μετατόπιση και στροφή, των διατομών του φορέα). και δηλώνεται, επίσης, ως **Εσωτερικό Μέγεθος**.



$$M_s = P \cdot l / 4$$

$$M_R = \sigma_1 \cdot b \cdot h^2 / 6$$

Σχ. 3.1 M_s και M_R αμφιέριστης δοκού

Τα μεγέθη αυτά εκφράζονται συναρτήσει των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των διατομών του φορέα και των τάσεων του υλικού ή των υλικών του φορέα και αποτελούν τη **γλώσσα της Αντοχής των Υλικών**.

3.3 Οι Δράσεις ως Αποτέλεσμα Φορτίων και Αποστάσεων- Στατικό Σύστημα Φορέα

Το μέγεθος των δράσεων ή εξωτερικών μεγεθών, εξαρτώμενο από το μέγεθος των μετακινήσεων του φορέα εξαρτάται από:

- ❖ τον τύπο των φορτίων και των στηρίξεων,
- ❖ την απόσταση του φορτίου από τις στηρίξεις
- ❖ το μήκος (άνοιγμα) του φορέα.

Τα στοιχεία αυτά σημειούμενα στον κεντροβαρικό (ή ακριβέστερα στον στρεπτικό) άξονα του φορέα, όπως φαίνεται στο Σχ. 2, αποτελούν το **στατικό σύστημα** του φορέα.

Τα μεγέθη των δράσεων προκύπτουν από την **στατική επίλυση**. Κατ' αρχήν υπολογίζονται οι

τιμές των αντίστοιχων αντιδράσεων στις θέσεις των στηρίξεων.

Οι τιμές των δράσεων σε οποιαδήποτε θέση του φορέα προκύπτουν (βλ. Σχ. 2):

- **Η Αξονική N_s** σε μια θέση του φορέα αντιστοιχεί στο αλγεβρικό άθροισμα των οριζόντιων (παράλληλων με τον κεντρο-βαρικό άξονα του φορέα) συνιστωσών των φορτίων στο τμήμα του φορέα από τη στήριξη μέχρι την υπόψη θέση και της οριζόντιας συνιστώσας της αντίδρασης στη στήριξη.
- **Η Τέμνουσα V_s** σε μια θέση του φορέα αντιστοιχεί στο αλγεβρικό άθροισμα των κατακόρυφων (κάθετων στον κεντροβαρικό άξονα του φορέα) συνιστωσών των φορτίων στο τμήμα του φορέα από τη στήριξη μέχρι την υπόψη θέση και της κατακόρυφης συνιστώσας της αντίδρασης στη στήριξη.
- **Η Καμπτική Ροπή M_s** σε μια θέση του φορέα αντιστοιχεί στο αλγεβρικό άθροισμα των γινομένων των κάθετων συνιστωσών των φορτίων στο τμήμα του φορέα από τη στήριξη μέχρι την υπόψη θέση επί την απόστασή τους από τη στήριξη και της αντίστοιχης αντίδρασης στη στήριξη.
- **Η στρεπτική ροπή T_s** σε μια θέση του φορέα αντιστοιχεί στο αλγεβρικό άθροισμα των γινομένων των κάθετων συνιστωσών των φορτίων στο τμήμα του φορέα από τη στήριξη μέχρι την υπόψη θέση επί την απόστασή τους από τον κεντροβαρικό (ακριβέστερα στρεπτικό) άξονα του φορέα και της αντίστοιχης αντίδρασης στη στήριξη.

Ο εντοπισμός του στατικού συστήματος και ο υπολογισμός του μεγέθους των δράσεων περιγράφεται στην ενότητα Γ.

3.4 Τα Εσωτερικά Μεγέθη ως Αποτέλεσμα Τάσεων και Εσωτερικών Δυνάμεων

Τα εσωτερικά μεγέθη του φορέα προκύπτουν ως αποτέλεσμα εσωτερικών δυνάμεων. Οι εσωτερικές δυνάμεις προκύπτουν ως οι συνισταμένες τάσεων του φορέα. Οι τάσεις του φορέα είναι αποτέλεσμα των παραμορφώσεων των διατομών του.

Για τον υπολογισμό των μεγεθών αυτών σε μια θέση του φορέα γίνεται εγκάρσια **τομή** του φορέα στη θέση αυτή και σημειώνεται η νέα θέση της τομής μετά την επιβολή των φορτίων. Οι δύο θέσεις της τομής δίνουν τη μορφή του

διαγράμματος παραμορφώσεων του φορέα στην υπόψη θέση.

Ανάλογα με το είδος της μετακίνησης της τομής διακρίνονται οι παρακάτω τύποι παραμορφώσεων, τάσεων και εσωτερικών δυνάμεων:

- **Ορθές παραμορφώσεις, τάσεις και δυνάμεις**, συμβολιζόμενες με ϵ , σ και F (Force) αντίστοιχα.

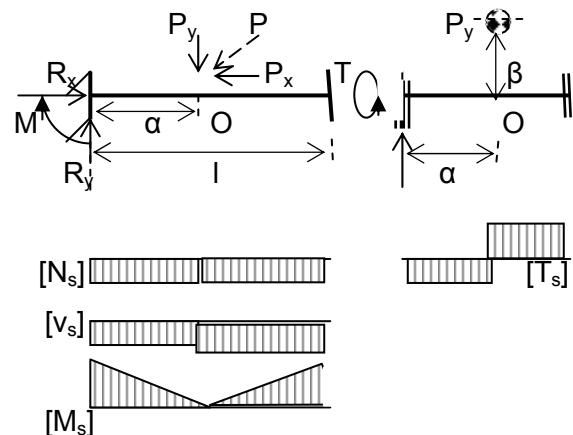
Προκύπτουν όταν κατά την επιπόνηση η εγκάρσια διατομή υπόκειται σε μετακίνηση κάθετα προς αυτήν (παράλληλη με τον κ.β. άξονα του φορέα), όπως φαίνεται στο Σχ. 3(α) και 3(γ).

- **Διατμητικές παραμορφώσεις, τάσεις και δυνάμεις**, συμβολιζόμενες με γ , τ και T ή F_t , αντίστοιχα.

Η διατμητική παραμόρφωση είναι μεταβολή γωνίας και, γι' αυτό, ονομάζεται και **γωνιακή** παραμόρφωση.

Προκύπτουν όταν κατά την επιπόνηση η εγκάρσια διατομή υπόκειται σε εγκάρσια μετατόπιση επί του επιπέδου της, όπως φαίνεται στο Σχ. 3β)

Οι εσωτερικές δυνάμεις από τις οποίες προκύπτουν οι διάφοροι τύποι αντιδράσεων είναι, όπως φαίνεται στο Σχ.3.



Παράδειγμα: Στατικά μεγέθη στη θέση O

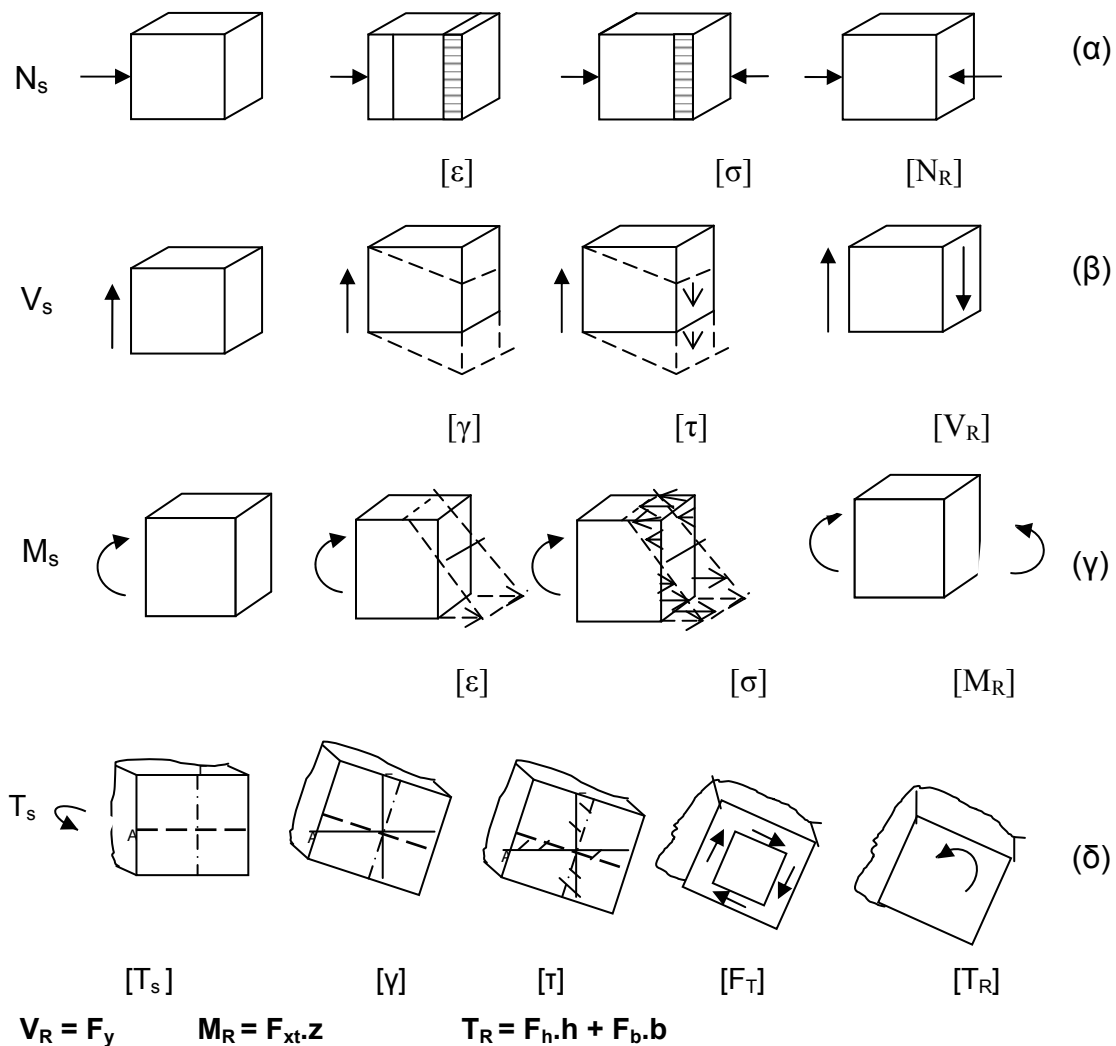
$$N_s = R_x - P_x \quad V_s = R_y - P_y$$

$$M_s = M - P_y \cdot \alpha \quad T_s = T - P_y \cdot \beta$$

Σχ. 3.2 Στατικά μεγέθη (δράσεις)

- **Η Αξονική N_R** αντιστοιχεί σε εσωτερική δύναμη κάθετη στην εγκάρσια διατομή του φορέα στη θέση του κέντρου βάρους της, η οποία είναι συνισταμένη ομοίμορφων ορθών τάσεων.
- **Η Τέμνουσα V_R** αντιστοιχεί σε δύναμη κάθετη στην εγκάρσια διατομή του φορέα, η οποία είναι συνισταμένη διατμητικών τάσεων τ ,

- **Η Καμπτική Ροπή M_R** αντιστοιχεί σε ζεύγος ίσων και αντίθετων ορθών δυνάμεων (μιας εφελκυστικής και μιας θλιπτικής), δηλ. δυνάμεων κάθετων στην εγκάρσια διατομή. Ισούται με το γινόμενο της μίας δύναμης επί την απόστασή τους.
- **Η στρεπτική ροπή T_R** αντιστοιχεί σε δύο ζεύγη ίσων και αντίθετων διατμητικών δυνάμεων, δηλ. δυνάμεων επί της εγκάρσιας διατομής. Ισούται με το άθροισμα των ροπών (γινόμενο δύναμης επί απόσταση) των δύο ζευγών δυνάμεων.



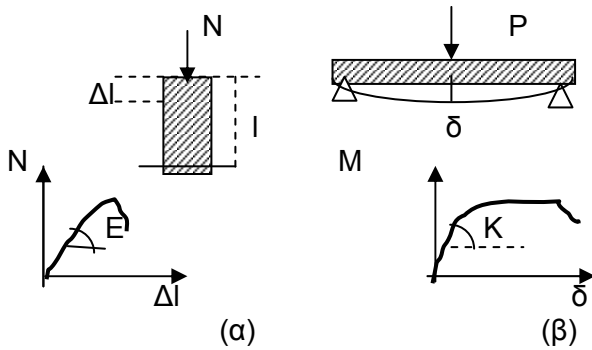
Σχ. 3.3 Ορθές παραμορφώσεις, τάσεις, εσωτερικές δυνάμεις και εσωτερικά μεγέθη για (α) αξονική, (β) καμπτική (γ) διατμητική και (δ) στρεπτική επιπόνηση

4 ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΦΟΡΕΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

Το μέγεθος της παραμόρφωσης που θα αναπτυχθεί σ'έναν φορέα δεν είναι το ίδιο μ' αυτό που θα αναπτυχθεί σ'έναν άλλο φορέα με άλλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και άλλο υλικό. Κάθε φορέας αναπτύσσει μια αντίσταση στην παραμόρφωσή του. Για κάποια τιμή της επιπόνησης η αντίσταση μηδενίζεται και ο φορέας αστοχεί.

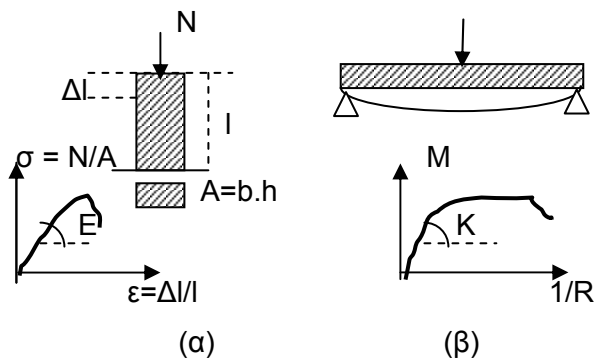
4.1 Αντοχές Φορέων

Στο πεδίο των φυσικών σωμάτων όλα τα μεγέθη έχουν ένα όριο. Η οριακή τιμή των αντιδράσεων ενός φορέα δηλώνεται ως η **αντοχή του φορέα** ή το **μέγεθος αστοχίας του φορέα**.



Σχ. 4.1 Διαγράμματα συμπεριφοράς φορέα για (α) αξονική επιπόνηση (β) καμπτική επιπόνηση

Συμβολίζεται με τον δείκτη **u** και τα εντατικά μεγέθη ως N_{Ru} , V_{Ru} , M_{Ru} και T_{Ru} . Αντιστοιχούν στις οριακές τιμές των τάσεων των υλικών του φορέα οι οποίες συμβολίζονται με το γράμμα **f** (festigkeit) και δηλώνονται ως η **αντοχή του υλικού**.



Σχ. 4.2 Διαγράμματα συμπεριφοράς διατομής για (α) αξονική επιπόνηση (β) καμπτική επιπόνηση

Οι αντίστοιχες οριακές τιμές των δράσεων δηλώνονται ως οι μέγιστες δράσεις και συμβολίζονται ως $\max N_R$, $\max V_R$, $\max M_R$ και $\max T_R$. Αντιστοιχούν στις οριακές τιμές των φορτίων του φορέα οι οποίες δηλώνονται ως η **φέρουσα ικανότητα** του φορέα.

4.2 Διαγράμματα Συμπεριφοράς

➤ Διαγράμματα Συμπεριφοράς Φορέα

Η παραμόρφωση ενός φορέα αυξάνει προφανώς με την αύξηση της επιπόνησης. Η αύξηση αυτή δεν είναι για όλους τους φορείς αναλογική.

- ❖ Ο τρόπος με τον οποίο παραμορφώνεται ο φορέας με την αύξηση της επιπόνησης, δηλώνεται ως η συμπεριφορά του.
- ❖ Η γραφική παράσταση της σχέσης που συνδέει επιπόνηση και παραμόρφωση, αποτελεί το **διάγραμμα συμπεριφοράς του φορέα**.

Ανάλογα με τον τύπο επιπόνησης διακρίνονται, όπως φαίνεται στο Σχ. 1, τα διαγράμματα **N - Δl**, **V - φ**, **M - δ** και **T - φ** ως τα διαγράμματα συμπεριφοράς για αξονική, διατμητική, καμπτική και στρεπτική επιπόνηση, αντίστοιχα, όπου **Δl**, **δ** και **φ** είναι η μεταβολή του μήκους, το βέλος και η στροφή του φορέα.

- ❖ Στην περίπτωση της καμπτικής επιπόνησης υιοθετείται επίσης το διάγραμμα **P-δ** (P το καμπτικό φορτίο) το οποίο είναι γνωστό και ως **διάγραμμα P-δ**.

➤ Διαγράμματα Συμπεριφοράς Διατομής

Επειδή, όπως εντοπίζεται στις επόμενες ενότητες, ο σχεδιασμός του φορέα γίνεται σε επίπεδο διατομής, τα παραπάνω διαγράμματα αναγόμενα ως προς τις γεωμετρικές διαστάσεις του φορέα δίνουν τα **διαγράμματα συμπεριφοράς της διατομής του φορέα**.

- ❖ Τα διαγράμματα συμπεριφοράς διατομής ισχύουν για όλους τους φορείς με ίδια διατομή και υλικό, ανεξαρτήτως του ανοίγματός τους και του στατικού συστήματός τους.

Τα διαγράμματα αυτά για αξονική και καμπτική επιπόνηση ως $\sigma - \epsilon$ και $M - 1/R$, αντίστοιχα, δίνονται στο Σχ. 2, όπου ϵ είναι η ανηγμένη ορθή παραμόρφωση ίση με $\Delta l/l$ και $1/R$ η καμπυλότητα του φορέα στην υπόψη διατομή.

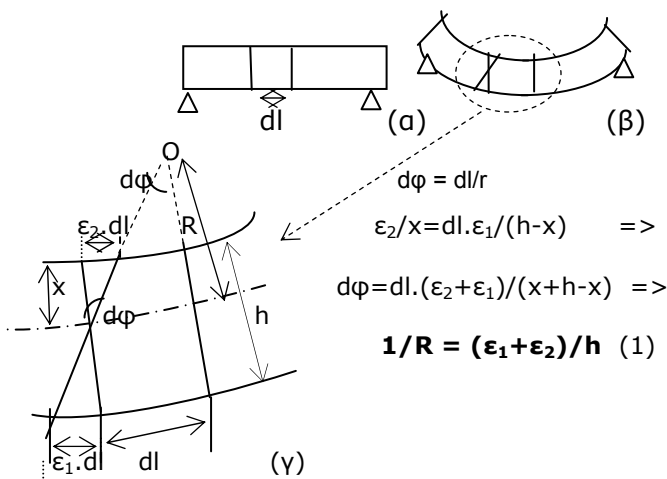
Η **καμπυλότητα $1/R$** αντιστοιχεί, όπως φαίνεται στο Σχ. 3, στο αντίστροφο της ακτίνας R κύκλου, τόξο του οποίου θεωρείται ότι είναι η παραμορφωμένη θέση του κεντροβαρικού άξονα του φορέα.

Η **καμπυλότητα $1/R$** είναι το ανηγμένο βέλος του φορέα ($1/R = \alpha \cdot \delta/l^2$) και είναι συνάρτηση των ορθών παραμορφώσεων ϵ_1 στην ακραία εφελκυσόμενη και ϵ_2 στην ακραία θλιβόμενη ίνα του καμπτόμενου φορέα :

$$\text{❖ } 1/R = (\epsilon_1 + \epsilon_2) / h$$

h: ύψος του φορέα

Στο Σχ. 3(α) φαίνεται στοιχειώδες τμήμα του φορέα μήκους dl στην κρίσιμη περιοχή του, στο Σχ. 3(β) η νέα του θέση κατά την επιπόνησή του.



Σχ. 4.3 Συσχέτιση καμπυλότητας $1/R$ και παραμορφώσεων ϵ_1 και ϵ_2

Όπως φαίνεται στο μεγενθυμένο Σχ. 3(γ), το τμήμα dl έχει συσταλεί κατά Δl_2 στην ίνα 2, έχοντας υποστεί μια θλιπτική παραμόρφωση $\epsilon_2 = \Delta l_2/dl$ και έχει εκταθεί στην ίνα 1 κατά Δl_1

έχοντας υποστεί μια εφελκυστική παραμόρφωση $\epsilon_1 = \Delta l_1/dl$.

Από τα όμοια τρίγωνα στο Σχ. 3(γ) προκύπτει η σχέση:

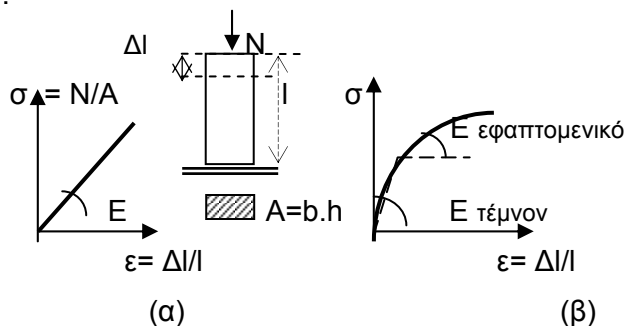
$$d\phi = dl/R = \epsilon_2 \cdot dl/x = \epsilon_1 \cdot dl/(h-x) = (\epsilon_1 + \epsilon_2)/h$$

Άρα είναι:

$$\text{❖ } \underline{1/R = (\epsilon_1 + \epsilon_2)/h} \quad (1)$$

Διαγράμματα Συμπεριφοράς Υλικών

Τα υλικά ταυτοποιούνται με βάση το διάγραμμα συμπεριφοράς $\sigma - \epsilon$ σε αξονική επιπόνηση συμβατικών δοκιμών από το υλικό αυτό (με συμφωνημένες διαστάσεις, μορφή, τρόπο παραγωγής και δοκιμασίας).



Σχ. 4.4 Διαγράμματα $[\sigma - \epsilon]$ (α) πλαστικού, (β) σκυροδέματος

4.7 Αντιστάσεις Φορέων

Η κλίση των διαγραμμάτων συμπεριφοράς σ' επίπεδο διατομής του φορέα δηλώνεται ως η **αντίσταση του φορέα**, καθώς όσο αυξάνει η κλίση αυτή τόσο πιο μικρή είναι η παραμόρφωση του φορέα.

Ανάλογα με τον τύπο της επιπόνησης, οι αντιστάσεις ονομάζονται **μέτρο ελαστικότητας, μέτρο διάτμησης, δυσκαμψία και δυστρεψία** για αξονική, διατμητική, καμπτική και στρεπτική επιπόνηση, αντίστοιχα.

- ❖ Το **μέτρο ελαστικότητας E** είναι η κλίση του διαγράμματος $[\sigma - \epsilon]$ του υλικού του φορέα (βλ. Σχ. 2).

Αποτελεί το μέτρο αντίστασης του αξονικά επιπνούμενου φορέα στην αξονική παραμόρφωσή του.

Για υλικά με γραμμική συμπεριφορά έχει σταθερή τιμή ανεξάρτητα από τη στάθμη της επιπόνησης.

- ❖ Η **δυσκαμψία** (stiffness) **K** του φορέα είναι η κλίση του διαγράμματος συμπεριφοράς **[M-1/R]** της διατομής καμπτόμενου φορέα (βλ. Σχ. 2).

$$\text{Είναι: } K = M / (1/R)$$

Αποτελεί το μέτρο της αντίστασης του φορέα στην κάμψη του.

Για φορείς με γραμμική συμπεριφορά η δυσκαμψία δεν μεταβάλλεται με την αύξηση του φορτίου και ισούται με: **K = E.J**

(E: μέτρο ελαστικότητας, J: ροπή αδράνειας).

Σε υλικά και φορείς με μη γραμμική συμπεριφορά, όπως το σκυρόδεμα και φορείς από σκυρόδεμα, το μέτρο ελαστικότητας και η δυσκαμψία μεταβάλλονται με την αύξηση του φορτίου, όπως φαίνεται από τη μορφή του διαγράμματος συμπεριφοράς τους στο Σχ. 4.

Διακρίνεται:

- το **αρχικό E**, ως η κλίση του διαγράμματος [σ-ε] στην αρχή των αξόνων και

- το **τεχνικό E**, ως η κλίση του διαγράμματος [σ-ε] σε στάθμη $\sigma = f_c/3$

(όπου f_c είναι η αντοχή του σκυροδέματος).

Αντίστοιχα διακρίνεται η **αρχική και η τεχνική δυσκαμψία**.

Επίσης, διακρίνονται οι εφαπτομενικές και οι τέμνουσες τιμές του μέτρου ελαστικότητας και της δυσκαμψίας.

- Όταν το E ή το K ορίζονται ως η κλίση της εφαπτόμενης του διαγράμματος συμπεριφοράς σε μία στάθμη επιπόνησης αποτελούν τις **εφαπτομενικές τιμές** του E και K, ενώ
- Όταν το E ή το K ορίζονται ως η κλίση της ευθείας που συνδέει την αρχή των αξόνων με το σημείο του διαγράμματος στη συγκεκριμένη στάθμη αποτελούν τις **τέμνουσες τιμές**.

Το τεχνικό E και η τεχνική K αντιστοιχούν σε τέμνουσες τιμές.

5. ΑΝΙΣΩΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ: ΤΟ ΚΛΕΙΔΙ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Όπως εντοπίστηκε στο κεφάλαιο 3, ισχύουν οι παρακάτω βασικές αρχές: (α) Σε κάθε δράση αναπτύσσεται μια αντίδραση της ίδιας μορφής με τη δράση και ίση μ αυτή (β) Κάθε μέγεθος είναι πεπερασμένο χαρακτηριζόμενο από μια οριακή τιμή, την τιμή αστοχίας. Οι αρχές αυτές αποτελούν νόμο για όλο το πεδίο των φυσικών σωμάτων.

13.1 Ανίσωση Ασφαλείας

- ❖ Για να είναι ασφαλής ο φορέας πρέπει το εσωτερικό μέγεθος που θα αναπτυχθεί (που είναι ισοδύναμο με το αντίστοιχο εξωτερικό), να είναι μικρότερο* ή ίσο από την τιμή αστοχίας.

Η συνθήκη αυτή διατυπώνεται με τη σχέση (1) και είναι γνωστή ως η **ανίσωση ασφαλείας**:

$$S = R \leq R_u \quad \text{ή} \quad S \leq R_u \quad (1)$$

όπου:

S : δράση ή εξωτερικό μέγεθος

R: αντίδραση ή εσωτερικό μέγεθος

R_u: μέγεθος αστοχίας ή η αντοχή του φορέα

Η σχέση (1) αποτελεί τη βάση του σχεδιασμού των κατασκευών.

5.2 Η Ανίσωση Ασφαλείας ως Άρση της Διγλωσσίας και Διπτότητας της Οπτικής

Όπως εντοπίστηκε παραπάνω οι δράσεις αντιστοιχούν στη γλώσσα της Στατικής και την εξωτερική άποψη του παραμορφούμενου φορέα και οι αντιδράσεις αντιστοιχούν στη γλώσσα της Αντοχής των Υλικών και την εσωτερική άποψη του παραμορφωμένου φορέα.

Η σχέση, λοιπόν, **S = R** μπορεί να ειπωθεί ως η **μετάφραση** ενός (και μόνον) μεγέθους από τη μία γλώσσα στην άλλη, ή ως η **συνάντηση δύο οπτικών**.

Η άρση της διγλωσσίας και η υπέρβαση της διπτότητας (μέσα - έξω) αποδεικνύεται και στην περίπτωση της μηχανικής των κατασκευών το κλειδί της ασφάλειας.

- ❖ Σημειώνεται ότι η διατύπωση: «η δράση να είναι μικρότερη από την αντίδραση» ως η διατύπωση της ανίσωσης ασφαλείας (συμβολιζόμενης ως **S ≤ R**) που αναγράφεται σε εγχειρίδια και κανονισμούς είναι ατυχής αντιβαίνουσα βασικό νόμο της φυσικής (δράση = αντίδραση).

Εύκολα μπορεί να εντοπιστεί ότι θεαματική πρόοδος στην επιστήμη, την τεχνολογία και την κοινωνία σημειώνεται όταν έρχονται σε επαφή δύο (φαινομενικά) διαφορετικοί τομείς.

Πολλές φορές επιστήμονες σ' έναν κλάδο μοχθούν για αποτελέσματα τα οποία είναι ήδη κλασσικά σ έναν άλλο τομέα αλλά δεν αναγνωρίζονται γιατί είναι εκφρασμένα σε άλλη γλώσσα (ορολογία), μ' άλλη οπτική.

5.3 Μορφές Ανίσωσης Ασφαλείας

Η ανίσωση ασφαλείας διατυπώνεται για κάθε συνιστώσα των δράσεων με τις παρακάτω σχέσεις:

$$N_s = N_R \leq N_{Ru}, \quad M_s = M_R \leq M_{Ru}, \\ V_s = V_R \leq V_{Ru}, \quad T_s = T_R \leq T_{Ru}$$

Στις παραπάνω σχέσεις:

N_s, M_s, V_s και **T_s** είναι η δρώσα ή εξωτερική Αξονική Δύναμη, Καμπτική Ροπή, Τέμνουσα Δύναμη και Στρεπτική ροπή, αντίστοιχα.

N_R, M_R, V_R και **T_R** είναι η αντιδρώσα, ή εσωτερική Αξονική Δύναμη, Καμπτική Ροπή, Τέμνουσα Δύναμη και Στρεπτική ροπή, αντίστοιχα.

N_{Ru}, M_{Ru}, V_{Ru} και **T_{Ru}** είναι η Αξονική, Καμπτική, Διατμητική και Στρεπτική αντοχή, αντίστοιχα.

5.4 Συντόμηση Σχεδιασμού: Κρίσιμες Διατομές και Δυσμενείς Φορτίσεις

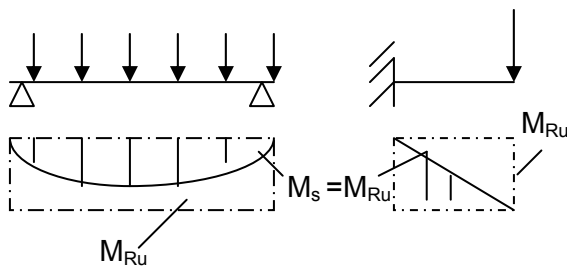
Αντί για την εφαρμογή της ανίσωσης ασφαλείας σε κάθε θέση της κατασκευής και για κάθε χρονική στιγμή, για συντόμηση της διαδικασίας αρκεί να τηρηθεί η ανίσωση ασφαλείας για τη δυσμενέστερη θέση, την **κρίσιμη διατομή**, και τη δυσμενέστερη χρονική στιγμή, τον **δυσμενέστερο συνδυασμό δράσεων**, για τις οποίες η τιμή της επιπόνησης και της έντασης είναι μέγιστη.

5.5 Εντοπισμός Κρίσιμων Διατομών

Στο Σχ. 1 δίνεται η γραφική παράσταση της ανίσωσης ασφαλείας για έναν αμφιέριστο και έναν πρόβολο φορέα με ομοιόμορφο κατανεμημένο φορτίο και ίδια διατομή και αντοχή του υλικού σ όλο το μήκος τους,

❖ Το διάγραμμα της M_{Ru} κατά μήκος των φορέων είναι σταθερό γιατί εξαρτάται μόνον από τη διατομή και την αντοχή του υλικού.

Όπως προκύπτει από το Σχ. 1, στην περίπτωση σταθερής διατομής του φορέα οι κρίσιμες διατομές είναι αυτές με τη μεγαλύτερη τιμή των δράσεων, εν προκειμένω η διατομή του μέσου για τον αμφιέριστο και η διατομή της πάκτωσης για τον πρόβολο φορέα.

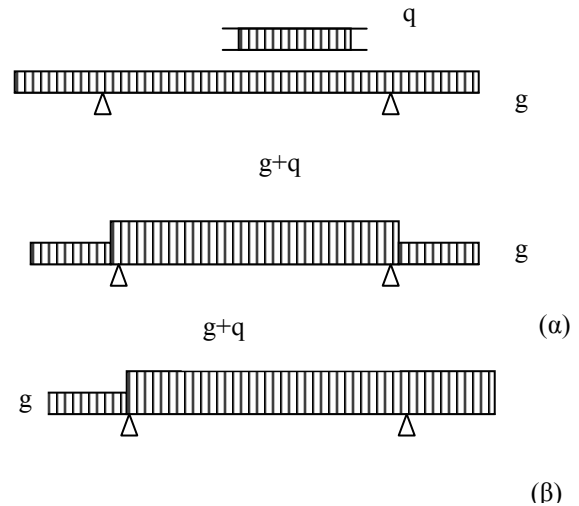


Σχ. 5.1 Γραφική παράσταση ανίσωσης ασφαλείας

5.6 Εντοπισμός Κρίσιμων Χρονικών Στιγμών

Αν ο φορέας έχει περισσότερα από ένα ανοίγματα, είτε τα μόνιμα και κινητά φορτία του δεν είναι ομόσημα, δυσμενέστερες (μεγαλύτερες) τιμές των δράσεων ενδέχεται να μην προκύπτουν όταν ασκούνται ταυτόχρονα τα μόνιμα και κινητά φορτία.

Για να εντοπιστεί η δυσμενέστερη τιμή για κάθε τύπο επιπόνησης, καμπτική ροπή, τέμνουσα, αξονική και στρεπτική ροπή, εξετάζονται διάφοροι συνδυασμοί μόνιμων και κινητών φορτίων (για διάφορες χρονικές στιγμές), όπως αναλύεται σε επόμενη ενότητα.



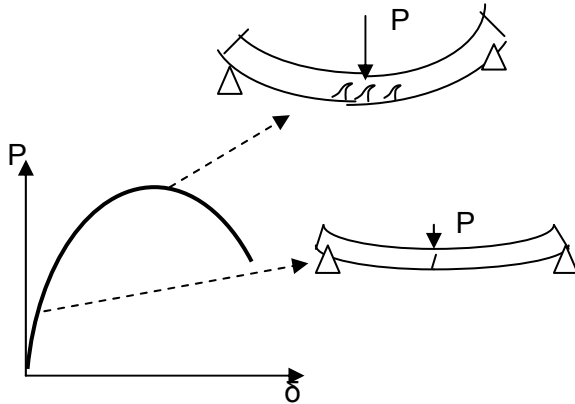
Σχ. 5.2 Δυσμενής φόρτιση για μέγιστη ροπή (α) στο άνοιγμα και (β) τη στήριξη

6. ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΙΣΩΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Ο στόχος του σχεδιασμού των φορέων είναι να εξασφαλισθεί ότι: (α) ο φορέας θα αντέξει τα φορτία του με επαρκή ασφάλεια και (β) η απόκρισή του θα είναι τέτοια ώστε να μην παρεμποδίζεται η λειτουργία της κατασκευής. Γι αυτό η ανίσωση ασφαλείας εφαρμόζεται για δύο διαφορετικές καταστάσεις: την κατάσταση αστοχίας και την κατάσταση λειτουργίας (ή λειτουργικότητας σύμφωνα με τους κανονισμούς.)

6.1 Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (ΟΚΑ)

Η κατάσταση του φορέα κατά την οποία έχει εμφανιστεί, λόγω αύξησης της επιπόνησης, μεγάλο βέλος και άνοιγμα ρωγμών (ακριβέστερος ορισμός της έννοιας της αστοχίας δίνεται στην ενότητα Z) ορίζεται ως **κατάσταση αστοχίας του φορέα**.



Σχ.6.1 Αύξηση βέλους και ανοίγματος ρωγμών με την αύξηση του φορτίου

Στην περίπτωση κατακόρυφης φόρτισης της κατασκευής (με ίδια βάρη και φορτία λειτουργίας) ο σχεδιασμός πρέπει να εξασφαλίσει ότι η φόρτιση της κατασκευής θα υπολείπεται σημαντικά από τη φόρτιση αστοχίας, ώστε η κατασκευή να μην τίθεται εκτός λειτουργίας κάθε φορά που θα δέχεται όλα τα φορτία της. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται ένα περιθώριο ασφαλείας.

6.2 Φορτία Λειτουργίας και Φορτία Αστοχίας

Για να ισχύει η παραπάνω ασφάλεια θα μπορούσε να τεθεί ένας αυξητικός συντελεστής στο πρώτο σκέλος της ανίσωσης ασφαλείας, στις δράσεις, ή ένας μειωτικός συντελεστής ασφαλείας στο δεύτερο σκέλος της ανίσωσης, στα μεγέθη αστοχίας.

Οι σύγχρονοι κανονισμοί υιοθετούν επι μέρους **συντελεστές ασφαλείας, γ** , αυξητικούς για τα φορτία, διαφορετικούς για κάθε κατηγορία φορτίου, και μειωτικούς για τις αντοχές των υλικών.

Στην περίπτωση των κατασκευών από σκυρόδεμα ο Νέος Ελληνικός Κανονισμός Σκυροδέματος (ΝΕΚΩΣ) υιοθετεί τις παρακάτω τιμές του συντελεστή γ :

- ❖ $\gamma_q = 1.5$ για τα μεταβλητά φορτία q ,
- ❖ $\gamma_g = 1.35$ για τα μόνιμα φορτία g ,
- ❖ $\gamma_c = 1.50$ για την αντοχή f_c του σκυρ/τος
- ❖ $\gamma_s = 1.15$ για την αντοχή f_s του χάλυβα.

6.3 Χαρακτηριστικές Τιμές και Τιμές Σχεδιασμού

Οι τιμές των φορτίων και των αντοχών των υλικών, καθώς και των δράσεων και των μεγεθών αστοχίας του φορέα που προκύπτουν μετά την εφαρμογή των συντελεστών ασφαλείας ονομάζονται **τιμές σχεδιασμού** και συμβολίζονται με τον δείκτη **d** (design):

- ❖ $g_d = 1,50 \cdot g_k$
- ❖ $q_d = 1,50 \cdot q_k$
- ❖ $f_{cd} = f_{ck}/1,5$
- ❖ $f_{sd} = f_{sk}/1,15$

Ο δείκτης **k** δηλώνει **χαρακτηριστικές τιμές** των μεγεθών.

Χαρακτηριστικές είναι οι τιμές που έχουν προκύψει αφού έχουν μετρηθεί διάφορες τιμές των φορτίων για μία περίοδο χρόνου και διάφορες τιμές αντοχών αρκετών δοκιμίων και κατόπιν στατιστικής επεξεργασίας κρατούνται οι τιμές για τις οποίες η πιθανότητα να βρεθεί μεγαλύτερη τιμή στην περίπτωση των φορτίων ή μικρότερη τιμή στην περίπτωση των αντοχών είναι 5%.

6.4 Ανίσωση Ασφαλείας σε Κατάσταση Αστοχίας (ΟΚΑ)

Η ανίσωση ασφαλείας μετά την εφαρμογή των συντελεστών ασφαλείας γράφεται:

$$\diamond S_d = R_d \leq R_{du} \quad (2)$$

Αναλύεται στις επιμέρους ανισώσεις:

$$\diamond N_{Sd} = N_{Rd} \leq N_{Rdu}$$

$$\diamond M_{Sd} = M_{Rd} \leq M_{Rdu}$$

$$\diamond V_{Sd} = V_{Rd} \leq V_{Rdu}$$

$$\diamond T_{Sd} = T_{Rd} \leq T_{Rdu}$$

Με τη σχέση (2) εξασφαλίζεται ότι ο φορέας μπορεί να αντέξει με αρκετό περιθώριο ασφάλειας τη μέγιστη τιμή των φορτίων του π.χ. $q_k = 5.0 \text{ kN/m}^2$ (5 άνθρωποι των 100 kg στο 1m^2), ή ότι έχει περιθώριο και για κάποια υπέρβαση των φορτίων του, ή κάποια κακοτεχνία στα υλικά του, δηλαδή, ότι τα φορτία του θα είναι αρκετά μικρότερα από τα φορτία που θα προκαλούσαν την αχρήστευσή του, την αστοχία του.

Ο σχεδιασμός που υπακούει σ αυτή την λογική και διατυπώνεται με τη σχέση (2) δηλώνεται με τον όρο:

- ❖ **Σχεδιασμός σε οριακή κατάσταση αστοχίας (ΟΚΑ).**

6.5 Διαφοροποίηση Σχεδιασμού στην Περίπτωση Σεισμικής Φόρτισης

Στην περίπτωση της σεισμικής φόρτισης ο σχεδιασμός σε κατάσταση αστοχίας έχει διαφορετική έννοια από την παραπάνω και η υιοθέτησή του ίδιου όρου αποτελεί ανεπιτυχή έκφραση των κανονισμών.

Λόγω της τυχηματικής φύσης της σεισμικής φόρτισης (μπορεί και να μην ασκηθεί η φόρτιση αυτή) για λόγους οικονομίας επιτρέπεται η φόρτιση της κατασκευής να είναι ίση με την φόρτιση αστοχίας, δηλ. η κατασκευή να λειτουργήσει σε κατάσταση αστοχίας, και, ως εκ τούτου, να εμφανίσει εκτεταμένες ρωγμές και βέλη και να απαιτείται επισκευή για την επαναλειτουργία της.

6.6 Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (ΟΚΛ)

Σε μερικές κατασκευές για τις οποίες έχει ιδιαίτερη σημασία το μέγεθος των βελών των φορέων ή το άνοιγμα των ρωγμών (π.χ. δεξαμενές) εκτός από τον παραπάνω σχεδιασμό απαιτείται να εξασφαλιστεί ότι το βέλος του φορέα ή το άνοιγμα των ρωγμών του δεν θα υπερβεί κάποια επιτρεπόμενη τιμή.

Η ανίσωση ασφαλείας στην περίπτωση αυτή είναι:

$$\diamond \delta_R \leq \text{επ } \delta_R \quad (3) \quad \text{είτε}$$

$$\diamond w_R \leq \text{επ } w_R \quad (4)$$

Η τιμή του επιτρεπόμενου βέλους, $\text{επ} \cdot \delta_R$, και του επιτρεπόμενου ανοίγματος των ρωγμών, $\text{επ} \cdot w_R$ δίνεται από τους κανονισμούς. Το βέλος δ_R και το άνοιγμα των ρωγμών w_R υπολογίζεται με βάση τις χαρακτηριστικές τιμές των φορτίων.

Με τον έλεγχο αυτό εξασφαλίζεται η **λειτουργικότητα** του φορέα.

Ο έλεγχος ή ο σχεδιασμός που υπακούει σ αυτή την λογική και διατυπώνεται με τη σχέση (3) και (4) δηλώνεται με τον όρο: «**Έλεγχος ή σχεδιασμός σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας**».

7. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Στο κεφ. 13.3 η ανίσωση ασφαλείας διατυπώθηκε σύμφωνα με την ισχύουσα μέθοδο της συνολικής αντοχής. Παρακάτω παρουσιάζονται οι διαφορές της μεθόδου αυτής με την παλιότερη μέθοδο των επιτρεπομένων τάσεων.

Η μέθοδος των επιτρεπομένων τάσεων εξακολουθεί να ισχύει για το σχεδιασμό προεντεταμένων φορέων.

7.1 Διαφορές των Μεθόδων Σχεδιασμού

Οι δύο μέθοδοι των επιτρεπομένων τάσεων και της συνολικής αντοχής διαφέρουν ως προς:

- Το είδος της ασφάλειας που επιδιώκεται και τα κριτήριά της.
- Την οπτική του φορέα στον οποίο εφαρμόζεται.
- Το είδος των μεγεθών έντασης R που υιοθετούνται.
- Τον προσδιορισμό της τιμής του οριακού μεγέθους R .

15.2 Η Μέθοδος των Επιτρεπομένων Τάσεων

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή:

1. Ο φορέας θεωρείται ότι αποτελείται από δύο διακριτά υλικά: το σκυρόδεμα και το χάλυβα και η ανίσωση ασφαλείας εφαρμόζεται **ξεχωριστά** για καθένα από τους φορείς αυτούς.
2. Ως είδος ασφάλειας τίθεται η απαίτηση για **ασφαλή λειτουργία** του φορέα. Οι δράσεις υπολογίζονται για τα **φορτία λειτουργίας**. Η κατάσταση του φορέα δηλώνεται ως **οριακή κατάσταση λειτουργικότητας** συμβολιζόμενη με την συντομογραφία **ΟΚΛ**.
3. Κριτήριο για την παραπάνω εξασφάλιση τίθεται ο περιορισμός της ρηγμάτωσης και του βέλους του φορέα.
4. Για την τήρηση των περιορισμών αυτών τίθενται περιορισμοί στο μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων των δύο υλικών του φορέα, σκυροδέματος και χάλυβα.
5. Ως οριακή τιμή των αναπτυσσόμενων τάσεων τίθενται οι **επιτρεπόμενες τάσεις**. Προκύπτουν από τις αντοχές των δύο

λικών διαιρεμένες με συντελεστές ασφαλείας. Οι συντελεστές ασφαλείας είναι διαφορετικοί για κάθε υλικό.

Η ανίσωση ασφαλείας παίρνει την παρακάτω μορφή:

- ❖ $\sigma_c \leq \text{επ } \sigma_c$ για το σκυρόδεμα
- ❖ $\sigma_s \leq \text{επ } \sigma_s$ για το χάλυβα

7.3 Η Μέθοδος της Συνολικής Αντοχής

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή:

1. Ο φορέας θεωρείται **ενιαίος** αποτελούμενος από σκυρόδεμα και χάλυβα.
2. Ως είδος ασφάλειας τίθεται η απαίτηση για **μη κατάρρευση** του φορέα. Γίνεται αποδεκτή η εμφάνιση σημαντικής ρηγμάτωσης και βέλους και ο φορέας απαιτεί επισκευή για την επαναλειτουργία του.
Οι δράσεις υπολογίζονται για τα φορτία σχεδιασμού που προκύπτουν πολλαπλασιάζοντας τα φορτία λειτουργίας με αυξητικούς συντελεστές.
Η κατάσταση του φορέα δηλώνεται ως **Οριακή κατάσταση Αστοχίας** (αστοχία της λειτουργίας του) συμβολιζόμενη με την συντομογραφία ΟΚΑ
3. Για την παραπάνω εξασφάλιση τίθενται περιορισμοί στις παραμορφώσεις των συστατικών υλικών του φορέα: ϵ_c και ϵ_s
4. Για την τήρηση των περιορισμών αυτών τίθενται περιορισμοί στην τιμή των δράσεων M_{sd} , N_{sd} , V_{sd} και T_{sd} του φορέα.
5. Ως οριακά εσωτερικά μεγέθη τίθενται τα στατικά μεγέθη αστοχίας, π.χ. η καμπτική ροπή αστοχίας M_{Rdu} . ανίσωση ασφαλείας εφαρμόζεται ξεχωριστά για κάθε τύπο δράσης N , M , V , T , βλέπε κεφ. 5.3.

8. ΜΟΡΦΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

8.1 Μορφές Σχεδιασμού

Ανάλογα με το άγνωστο μέγεθος διακρίνονται οι παρακάτω μορφές επίλυσης της ανίσωσης ασφαλείας:

❖ **Σχεδιασμός:**

Ο άγνωστος είναι στο δεύτερο σκέλος της ανίσωσης. Είναι γνωστά τα φορτία. Ζητείται η διαστασιολόγηση του φορέα.

❖ **Ανασχεδιασμός:**

Ο άγνωστος είναι στο πρώτο σκέλος της ανίσωσης. Είναι γνωστή η διαστασιολόγηση. Ζητούνται τα φορτία.

Αντιστοιχεί στην περίπτωση κατά την οποία εξετάζεται η δυνατότητα μεταβολής των φορτίων υπάρχοντος φορέα, λόγω αλλαγής της χρήσης του.

❖ **Ελεγχος:**

Είναι γνωστά και τα φορτία και η διαστασιολόγηση. Ζητείται να εξεταστεί κατά πόσον είναι ασφαλής ο φορέας.

8.2 Ο Ρόλος των Υλικών στο Σχεδιασμό

Όπως προκύπτει από την ανίσωση ασφαλείας που αποτελεί τη βάση του σχεδιασμού των κατασκευών, το είδος των υλικών του φορέα υπεισέρχεται μόνο στο δεύτερο σκέλος, στο μέγεθος των αντιδράσεων αστοχίας.

Ο υπολογισμός των δράσεων είναι ανεξάρτητη των υλικών.

Γι' αυτό, οι αρχές και οι βάσεις σχεδιασμού που αναφέρονται σ' αυτή και στις δύο επόμενες ενότητες ισχύουν για όλες τις κατασκευές, ανεξάρτητα του υλικού τους.

Η διαφοροποίηση λόγω του υλικού της κατασκευής αφορά μόνον το δεύτερο σκέλος της ανίσωσης ασφαλείας, τις αντοχές των φορέων, οι οποίες είναι συνάρτηση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών των υλικών τους και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των διατομών τους.