

Στατιστική Ναυπηγικών Κατασκευών

Ενότητα 1: Εισαγωγή στην αντοχή του πλοίου

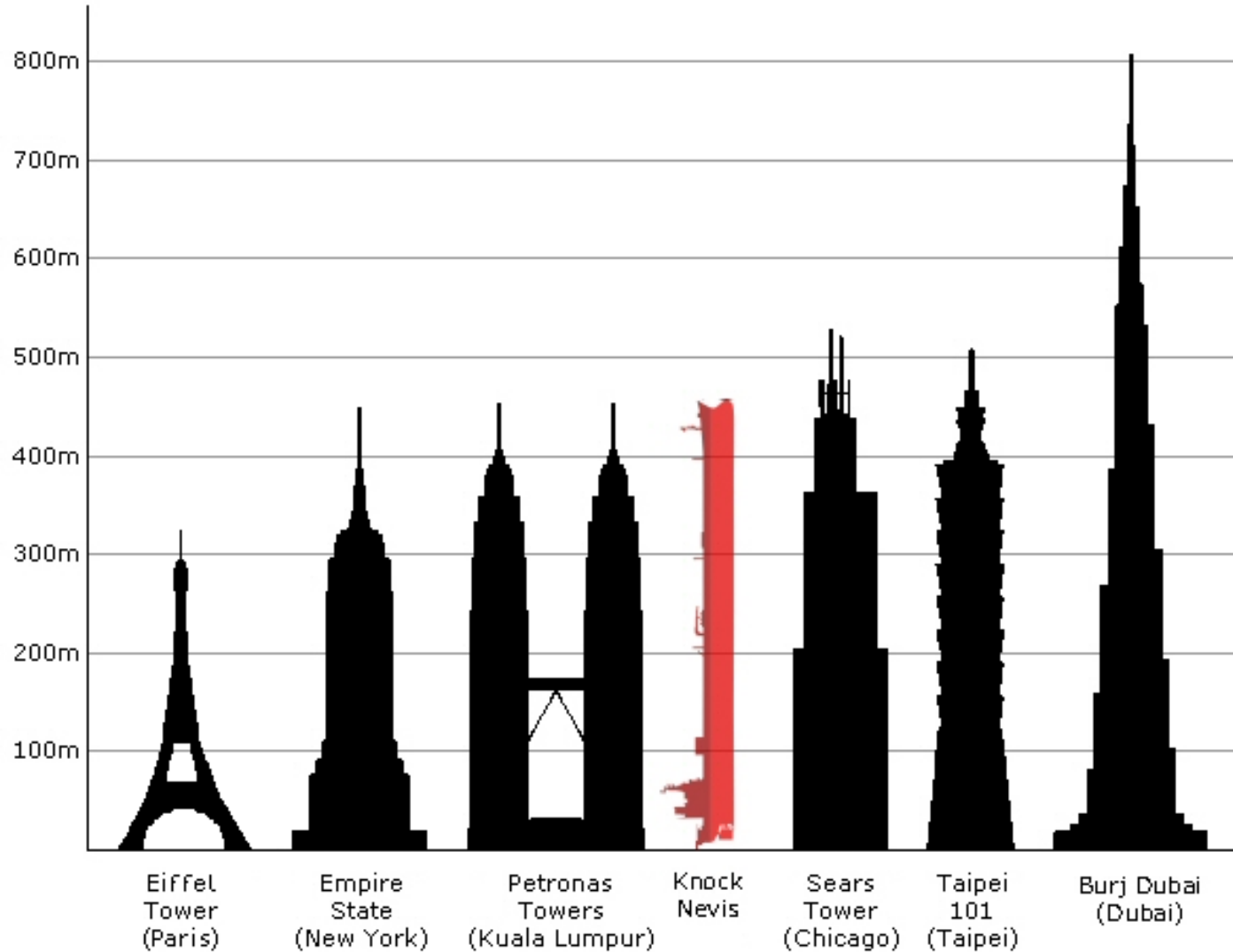
Αλέξανδρος Θεοδουλίδης

Ιδιαιτερότητες πλοίων από κατασκευαστική άποψη

Τα πλοία, ως κατασκευές παρουσιάζουν τις ακόλουθες ιδιαιτερότητες σε σχέση με άλλα ανθρώπινες κατασκευές:

- Είναι σύνθετες κελυφοειδείς μεταλλικές κατασκευές.
- Έχουν μεγάλο μέγεθος (είναι οι μεγαλύτερες κινούμενες κατασκευές).
- Λειτουργούν σε ένα έντονα στοχαστικό περιβάλλον (στοχαστικές φορτίσεις).
- Υφίστανται μεγάλες φθορές λόγω του διαβρωτικού περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν.

Σύγκριση πλοίου με άλλες κατασκευές (1 από 2)



“Comparison knock nevis with other large buildings”, από Dz με άδεια CC BY-SA 3.0

Σύγκριση πλοίου με άλλες κατασκευές (2 από 2)

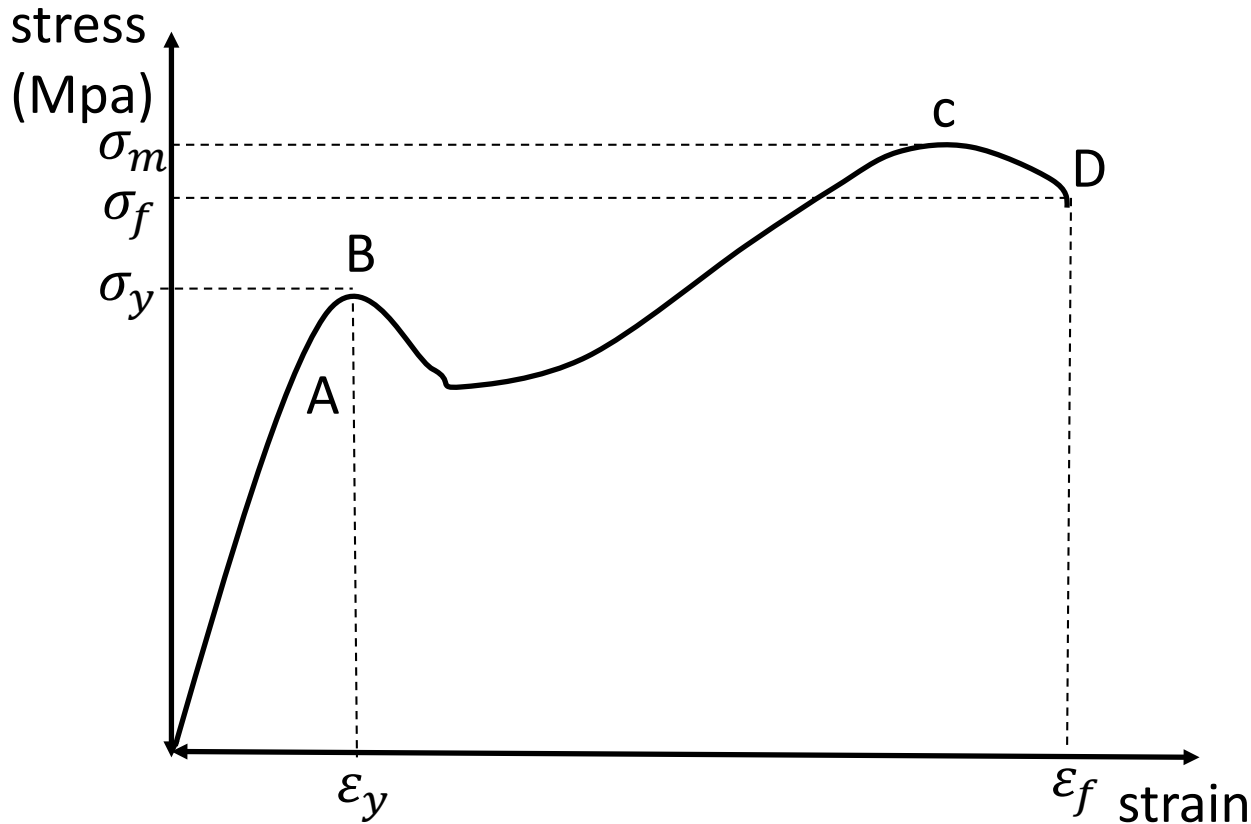


"Allure of the Seas under Great Belt Bridge", από [Martin Nikolaj Christensen](#) με άδεια [CC BY 2.0](#)

Χρησιμοποιούμενα υλικά για την κατασκευή της γάστρας

- Κοινός ναυπηγικός χάλυβας.
- Χάλυβες υψηλής αντοχής.
- Ειδικά κράματα αλουμινίου.
- Άλλα υλικά.

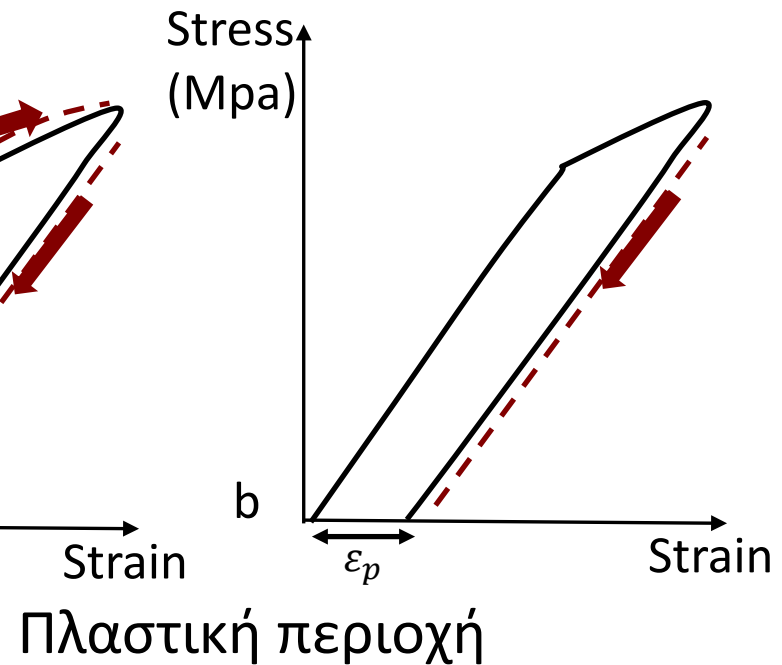
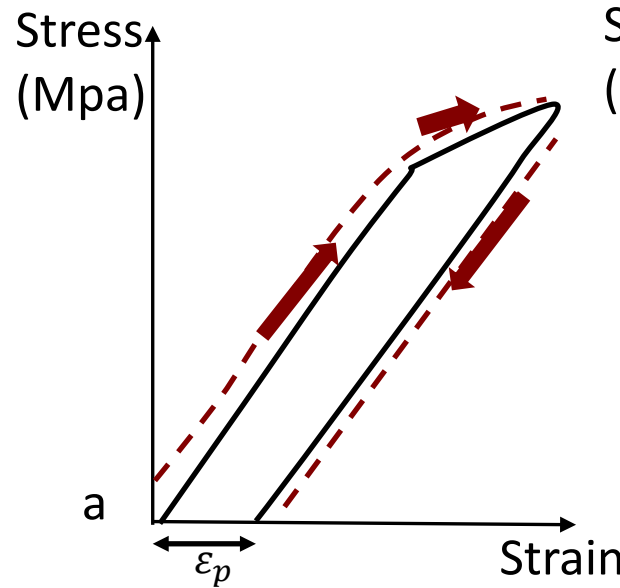
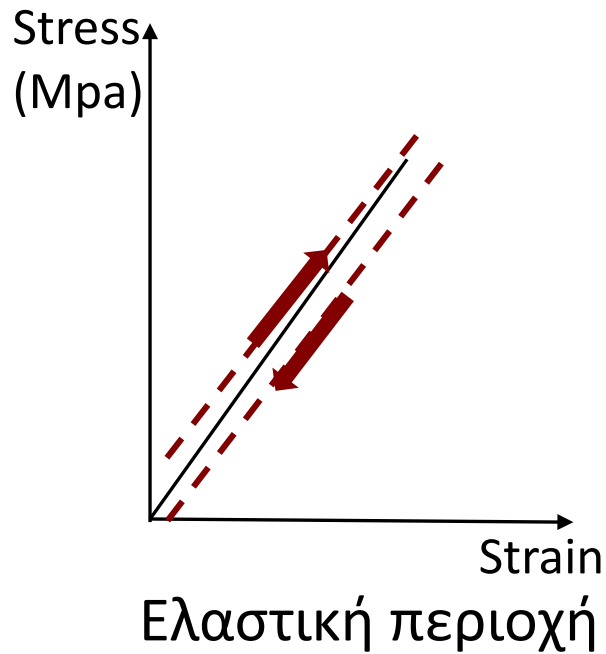
Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων (1 από 5)



A: Οριο γραμμικότητας, B: Όριο διαρροής, C: Όριο αντοχής, D: Σημείο Αστοχίας

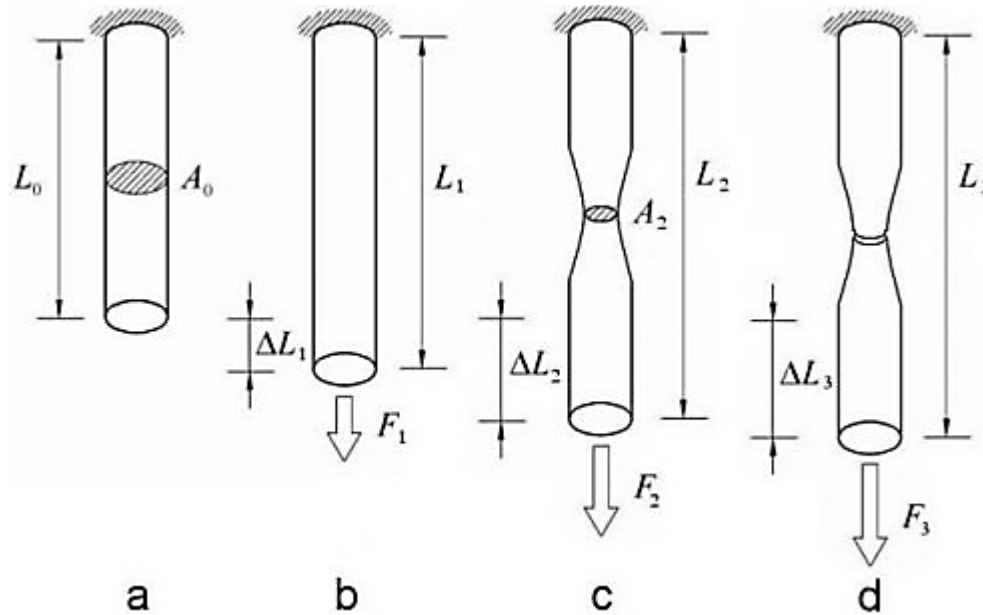
Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων

(2 από 5)



Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων

(3 από 5)

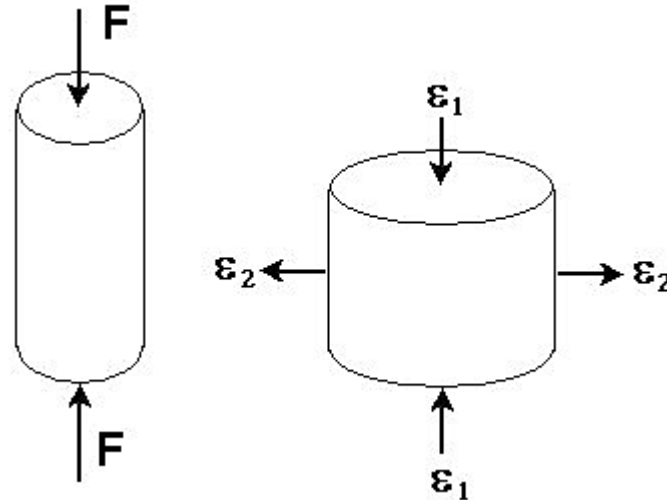


$$\sigma = E \cdot \varepsilon \qquad \sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

σ = ορθή τάση, ε = γραμμική παραμόρφωση, E = μέτρο ελαστικότητας

Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων

(4 από 5)

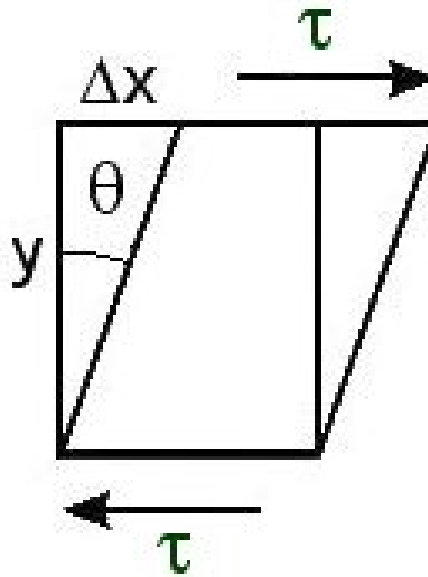


$$\nu = -\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

$\nu = \text{λόγος Poisson}$

Μηχανικές ιδιότητες και τυπική συμπεριφορά μεταλλικών κραμάτων

(5 από 5)



$$\tau = G \cdot \gamma$$

$$\gamma = \frac{\Delta x}{y} = \epsilon \phi \theta$$

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

τ = διατμητική τάση, γ = γωνιακή παραμόρφωση, G = μέτρο διάτμησης

Αβεβαιότητες κατά το σχεδιασμό

- Μοντελοποίηση/ιδεατοποίηση της κατασκευής
- Ανομοιομορφία των χρησιμοποιούμενων υλικών
- Ανθρώπινη δεξιοτεχνία (workmanship)

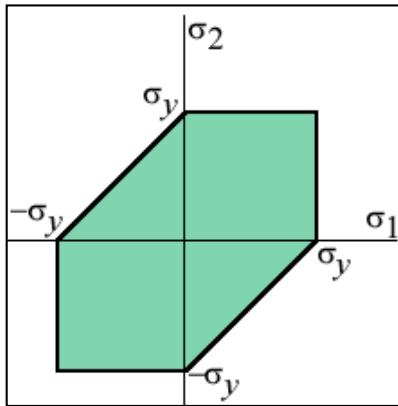
Είδη αστοχίας

Οι ναυπηγικές κατασκευές συνήθως αστοχούν:

- Λόγω διαρροής.
- Λόγω λυγισμού.
- Λόγω κοπώσεως.
- Λόγω ψαθυρής θραύσης.

Κριτήρια αστοχίας – Όλκιμα υλικά

Κριτήριο μέγιστης τάσης (Tresca):



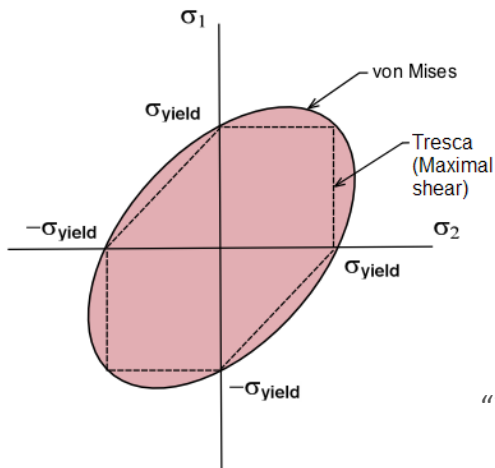
και

$$|\sigma_1| \leq \sigma_y, |\sigma_2| \leq \sigma_y$$

$$|\sigma_1 - \sigma_2| \leq \sigma_y$$

efunda.com

Κριτήριο Von Mises:

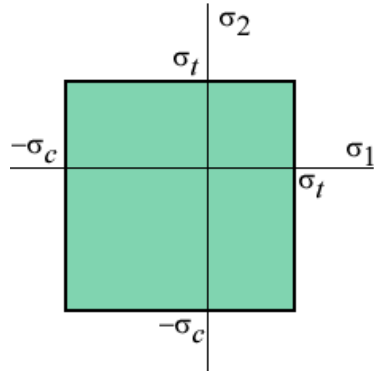


$$\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 \leq \sigma_y^2$$

“Tresca stress 2D”, από [Melchoir](#)
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

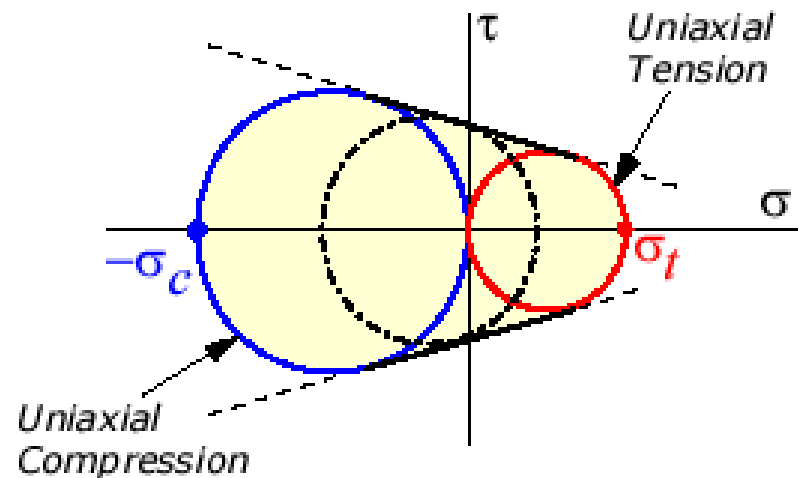
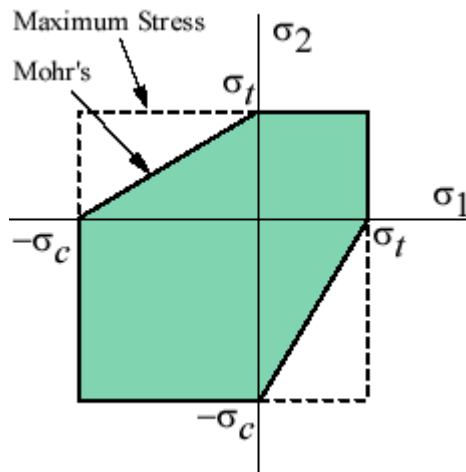
Κριτήρια αστοχίας – Ψαθυρά υλικά

Κριτήριο μέγιστης ορθής τάσης:



$$-\sigma_c < \{\sigma_1, \sigma_2\} < \sigma_t$$

Κριτήριο Mohr:



Αστοχία λόγω θραυσης



“Seledang Ayu 2”, από Korrigan
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

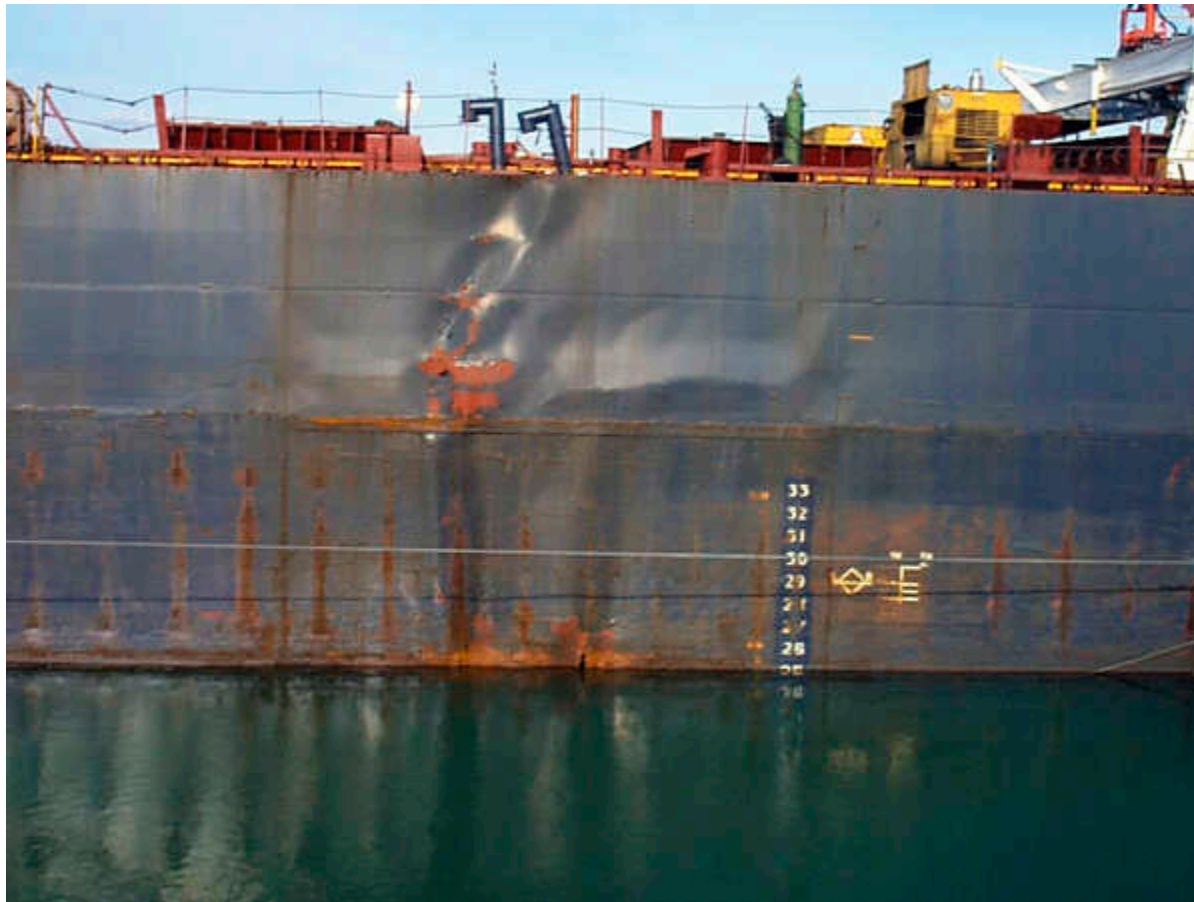


blogmercante.com

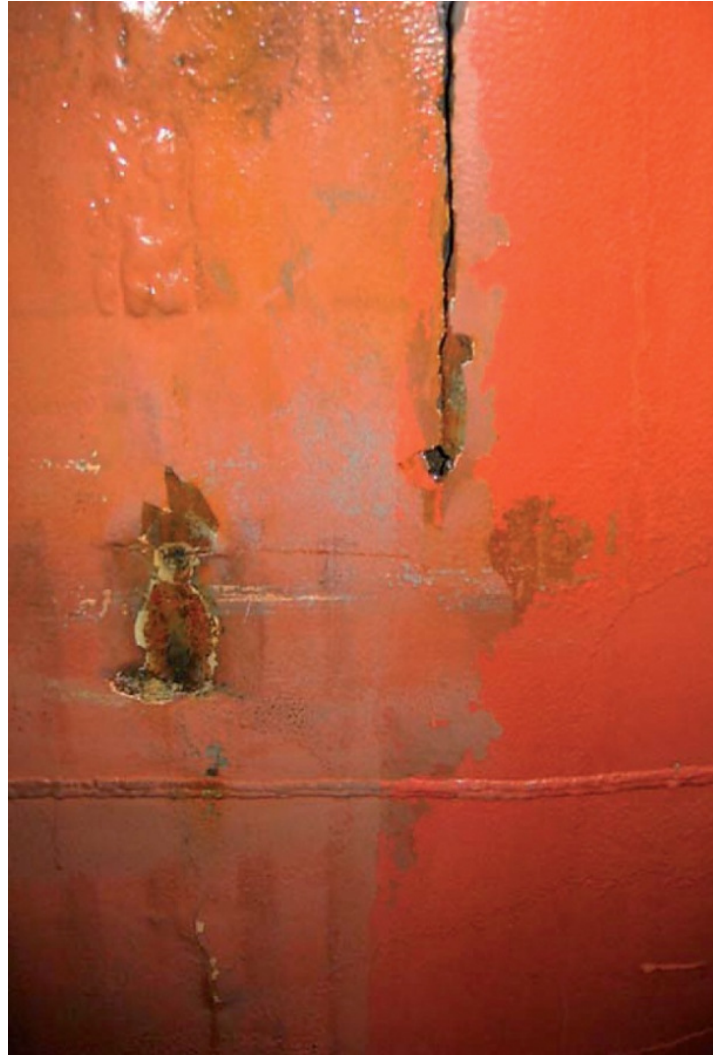
Αστοχία λόγω λυγισμού



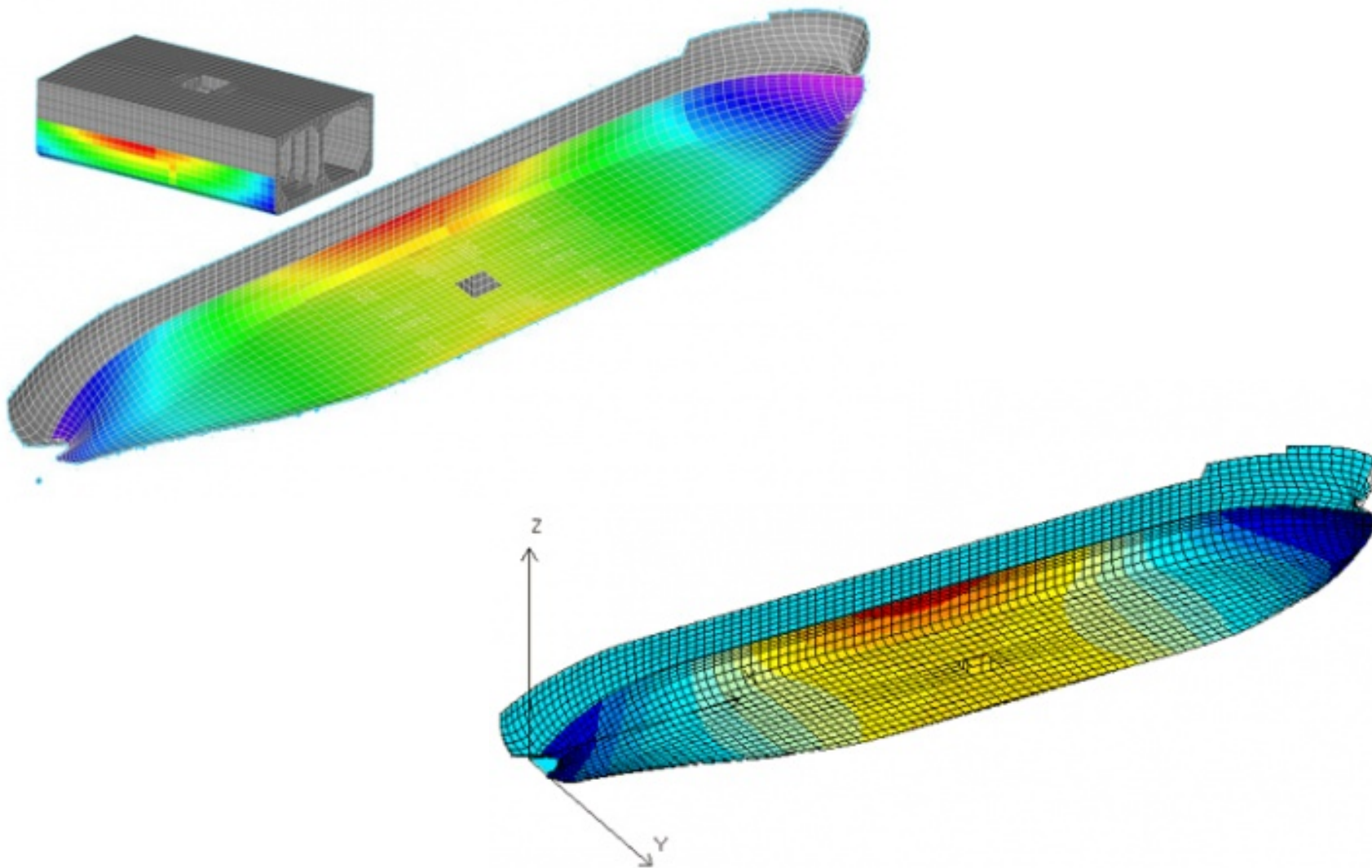
Αστοχία λόγω λυγισμού



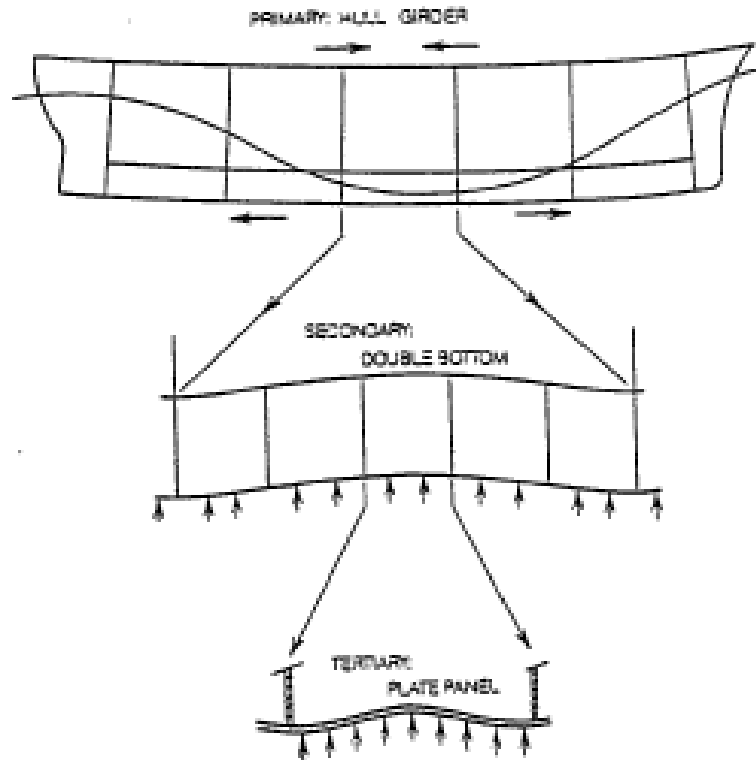
Αστοχία λόγω κοπώσεως



Το πλοίο δοκός



Πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες τάσεις



Primary, secondary and tertiary structure

Είδη φορτίσεων (1 από 6)

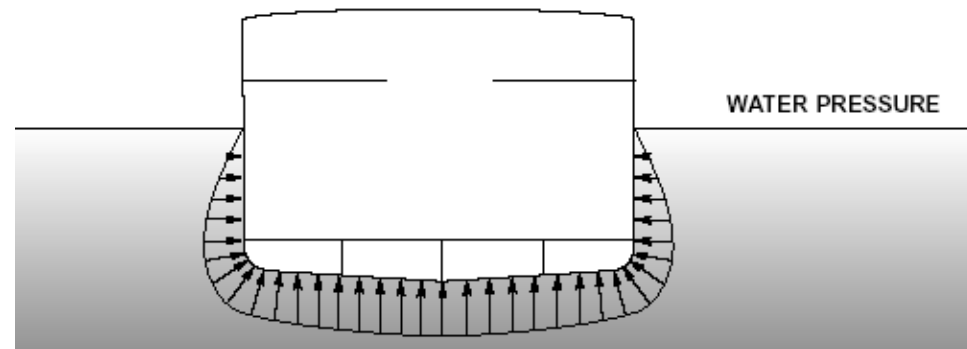
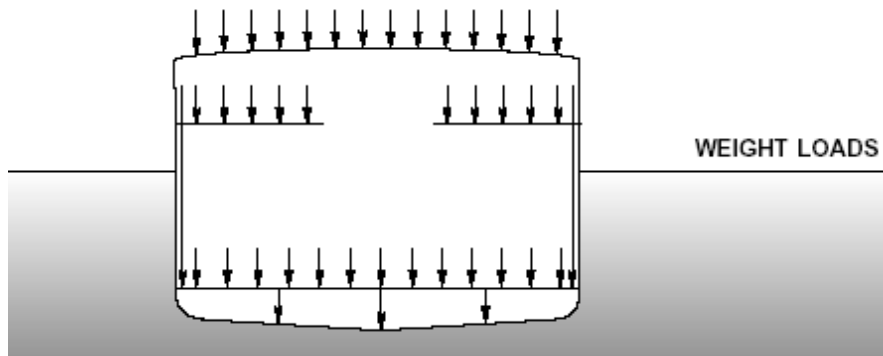
Κατά το σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη:

- Στατικές φορτίσεις.
- Δυναμικές φορτίσεις (χαμηλόσυχνες & υψίσυχνες).
- Ειδικές φορτίσεις.
- Βασική παράμετρος η οποία επηρεάζει το σχεδιασμό είναι η **διάρκεια ζωής** (design life) η οποία για τα πλοία κυμαίνεται από 20-25 χρόνια.

Είδη φορτίσεων (2 από 6)

Στατικές φορτίσεις:

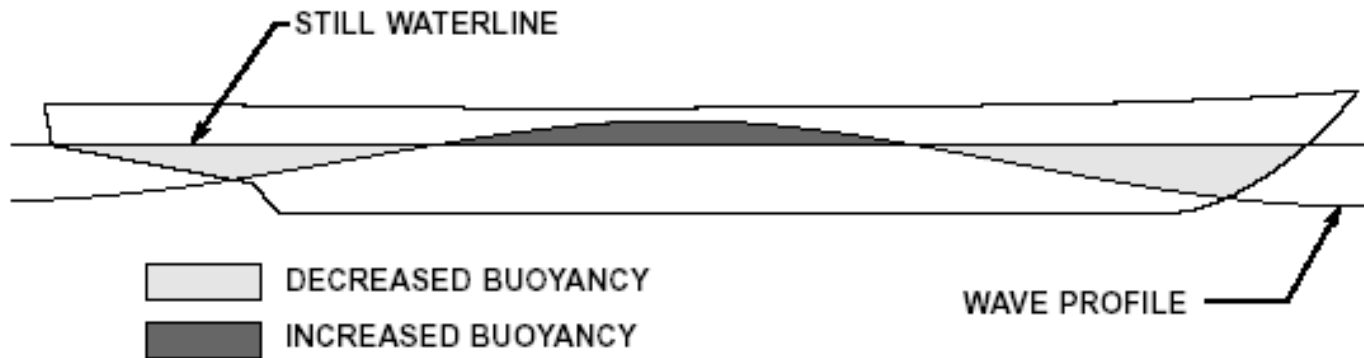
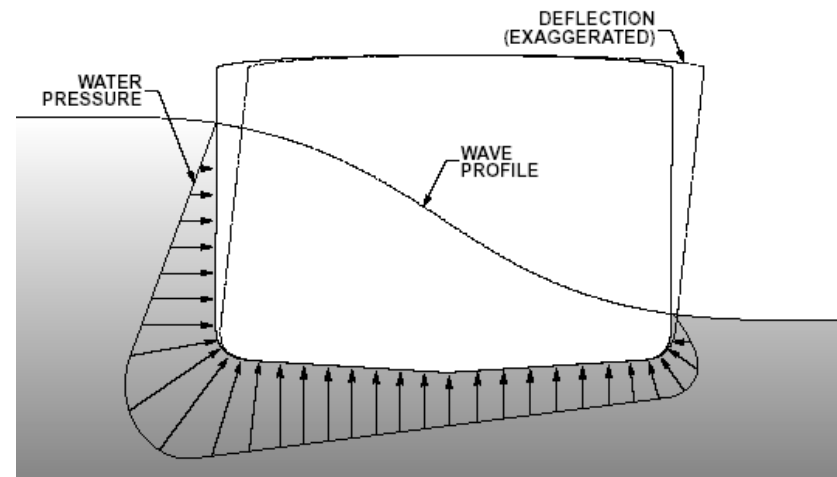
- Βάρος.
- Άντωση.
- Θερμικά φορτία.
- Διάφορες συγκεντρωμένες φορτίσεις (π.χ. Δεξαμενισμός).



Είδη φορτίσεων (3 από 6)

Χαμηλόσυχνες δυναμικές φορτίσεις
(περίοδοι από λίγα δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά).

- Πιέσεις στη γάστρα λόγω των κυματισμών
- Φορτίσεις λόγω των ταλαντωτικών κινήσεων του πλοίου εν μέσω κυματισμών
- Αδρανειακές δυνάμεις λόγω των επιταχύνσεων που αναπτύσσονται εξ' αιτίας των κυματισμών



Είδη φορτίσεων (4 από 6)

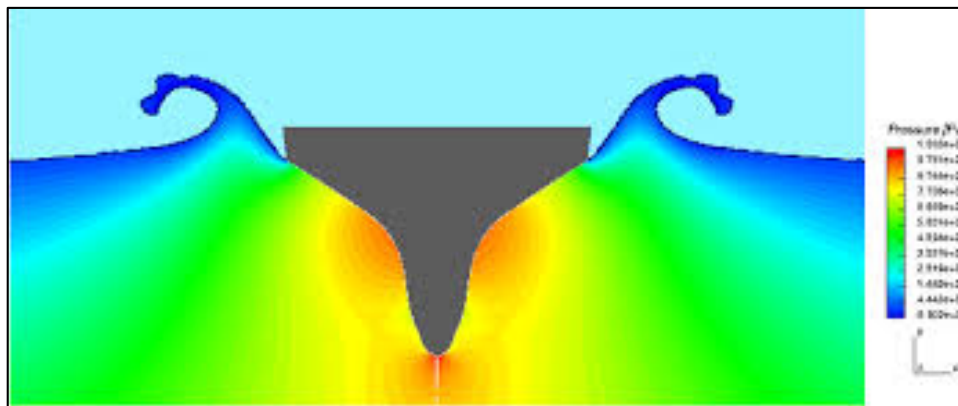
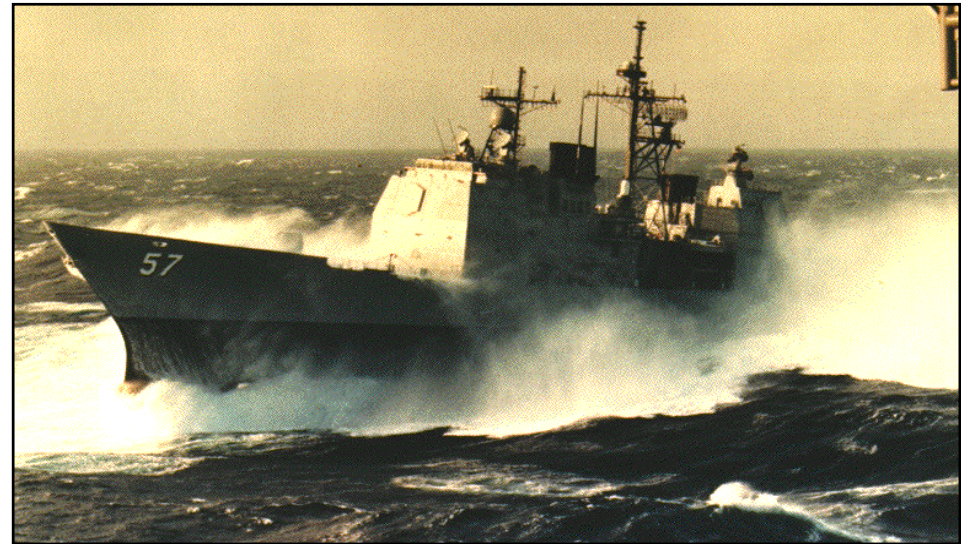
Υψίσυχνες δυναμικές φορτίσεις

- Δονήσεις της γάστρας λόγω περιστροφής της έλικας
- Φορτίσεις λόγω της λειτουργίας διαφόρων μηχανών
- Φορτίσεις λόγω της κινήσεις κόντρα σε «κοντούς» κυματισμούς (μεγάλη συχνότητα συνάντησης)
- Αδρανειακές δυνάμεις λόγω των επιταχύνσεων που αναπτύσσονται εξ' αιτίας των κυματισμών
- Υδροελαστικές φορτίσεις λόγω αλληλεπίδρασης με διάφορα εξαρτήματα της γάστρας

Είδη φορτίσεων (5 από 6)

Κρουστικές φορτίσεις

- Σφυρόκρουση.
- Sloshing δεξαμενών.
- Πρόσπτωση κυματισμών.



encrypted-tbn0.gstatic.com



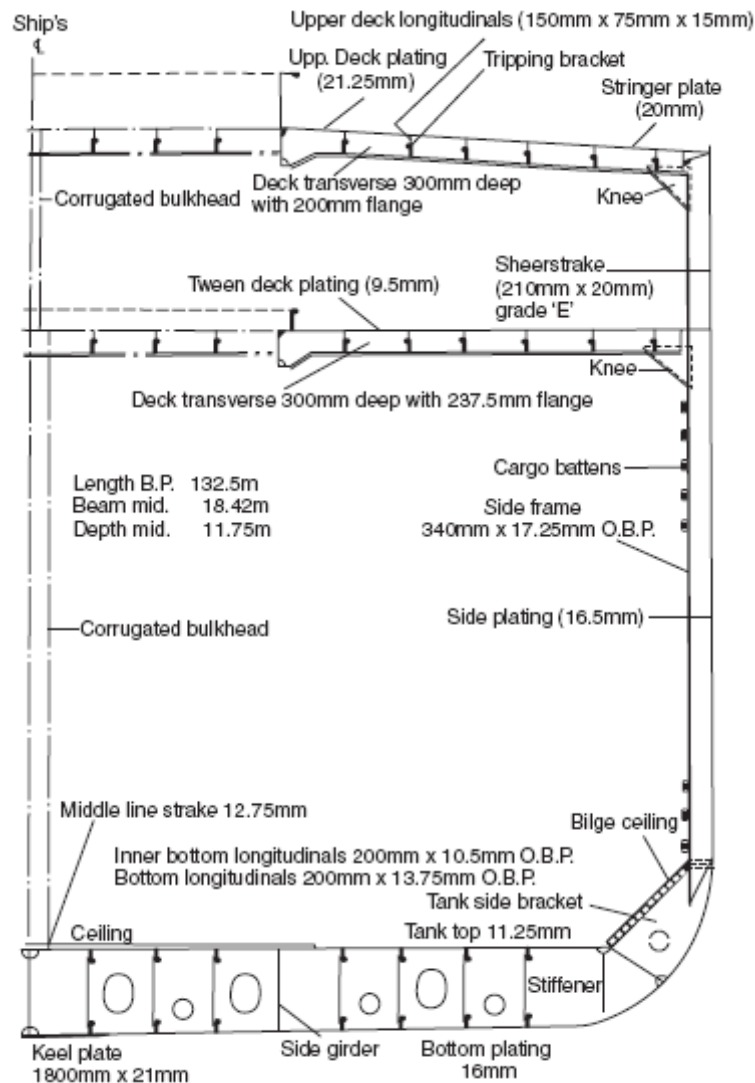
mn.uio.no

Είδη φορτίσεων (6 από 6)

Λειτουργικές φορτίσεις

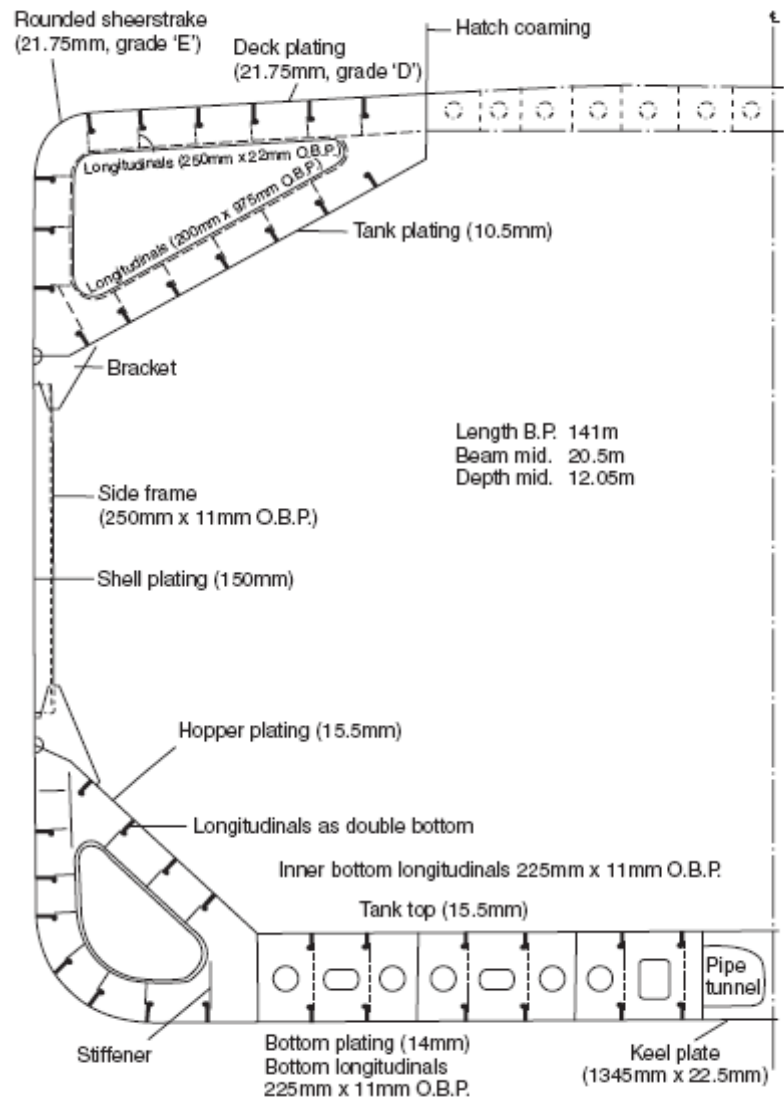
- Λόγω πάγου.
- Λόγω ανύψωσης βαρέων αντικειμένων.
- Λόγω υπερ/υπό-πίεσης δεξαμενών.
- Λόγω μεταφοράς θερμών φορτίων.
- Λόγω προσνηώσεων ελικοπτέρων.
- Ατυχηματικές φορτίσεις (προσάραξη, σύγκρουση).

Σημαντικότεροι τύποι πλοίων



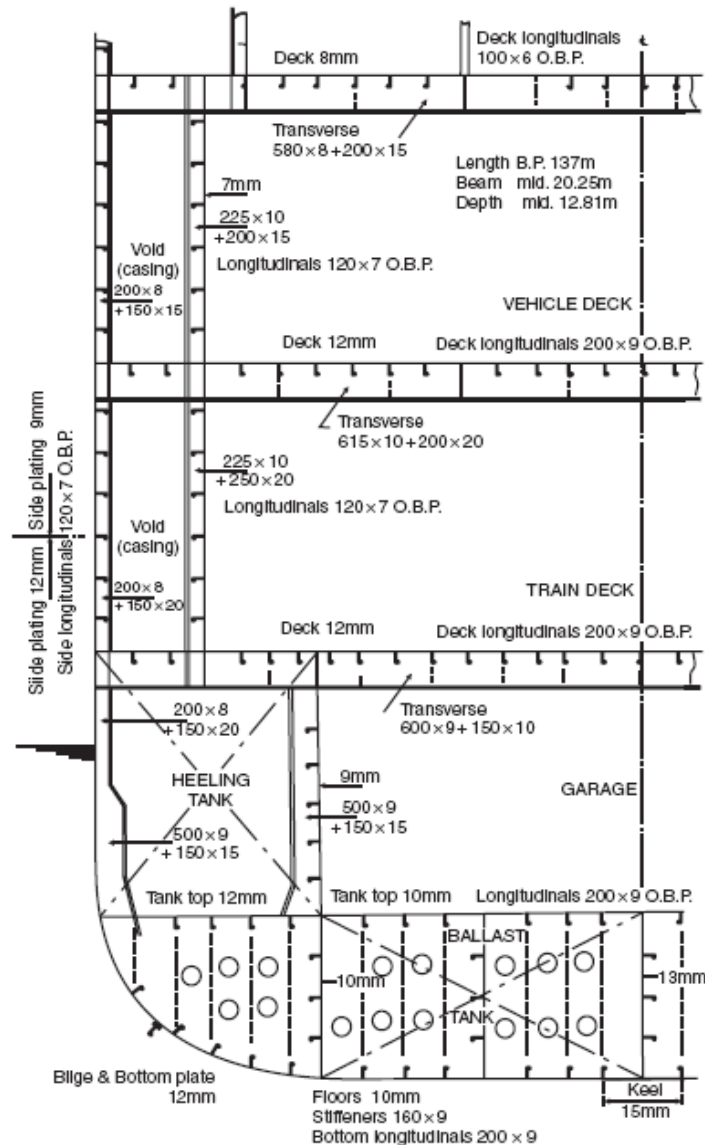
Μέση τομή πλοίου γενικού φορτίου (General Cargo)

Σημαντικότεροι τύποι πλοίων



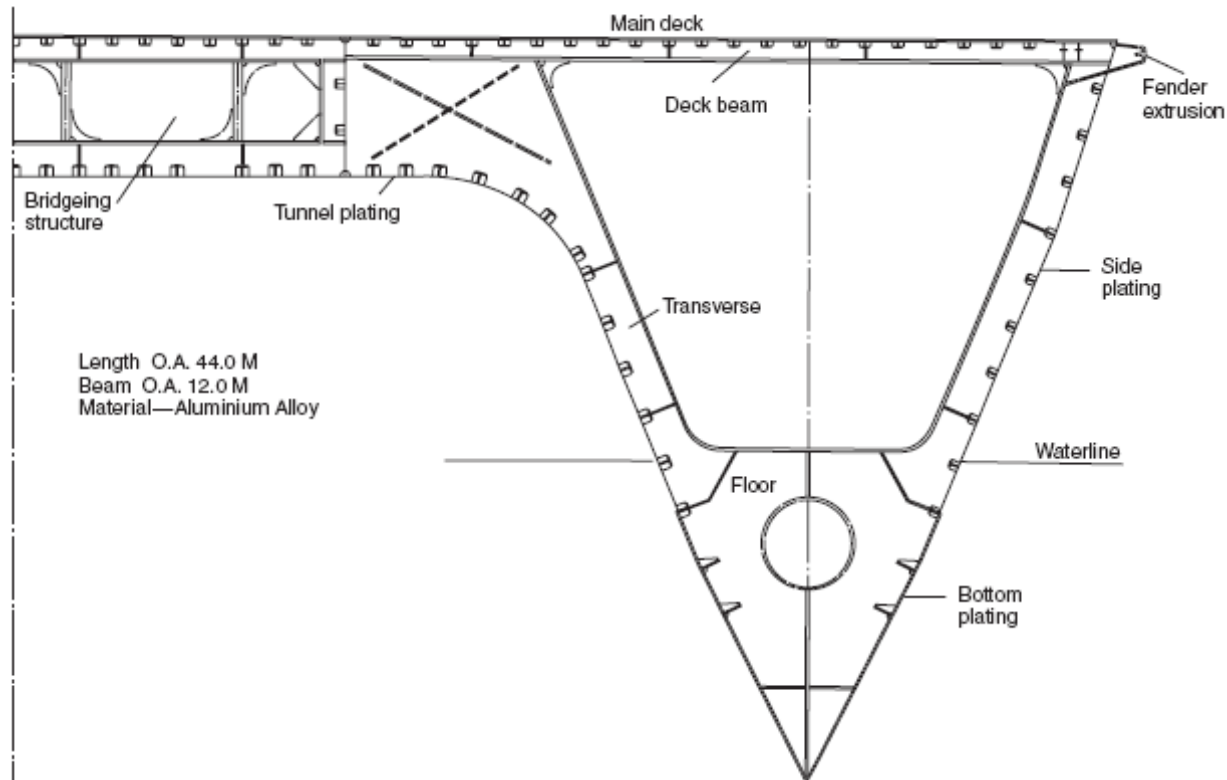
Μέση τομή πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier)

Σημαντικότεροι τύποι πλοίων



Μέση τομή πλοίου μεταφοράς οχημάτων (Ro-ro ship)

Σημαντικότεροι τύποι πλοίων



Μέση τομή ταχύπλου πλοίου (High Speed Craft)

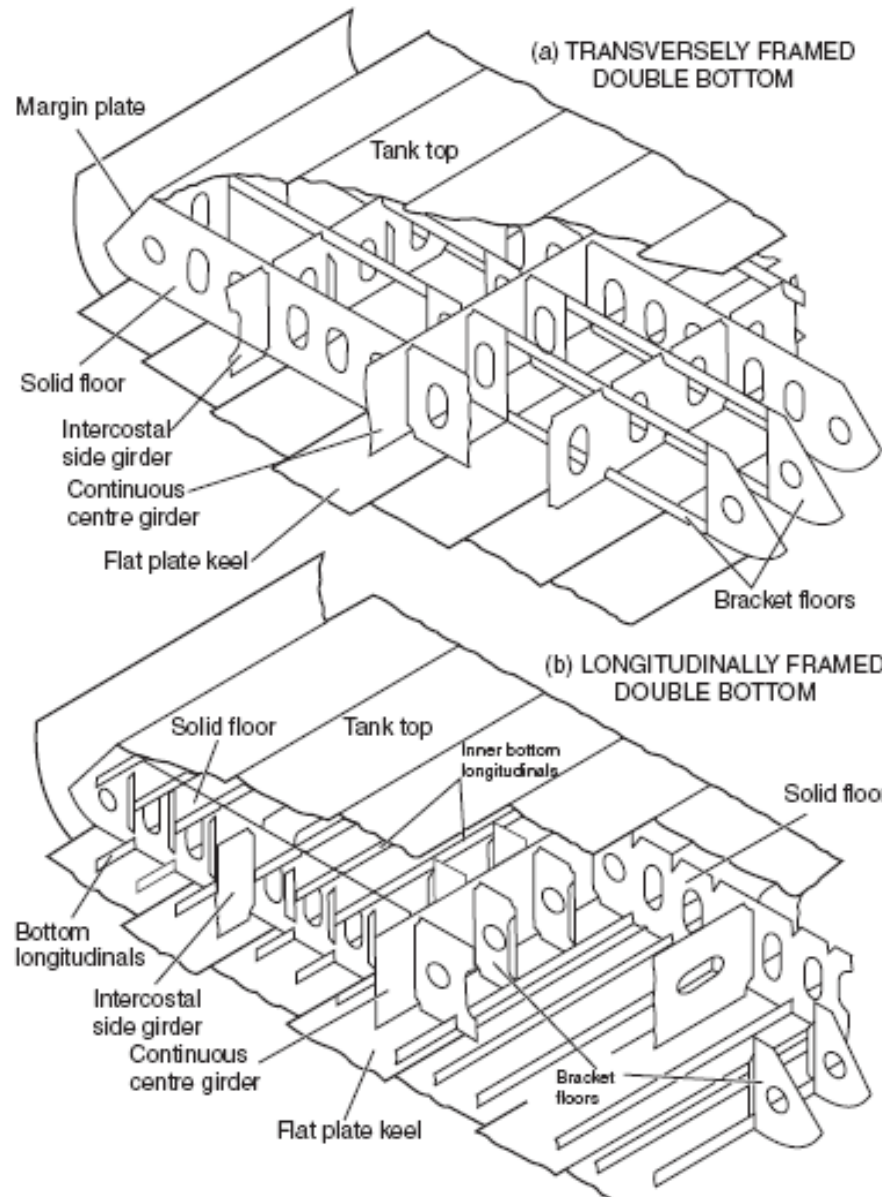
Διάμηκες και εγκάρσιο σύστημα ναυπήγησης

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των νομέων καθορίζεται από τους Νηογνώμονες, και για τα δύο συστήματα ναυπήγησης.

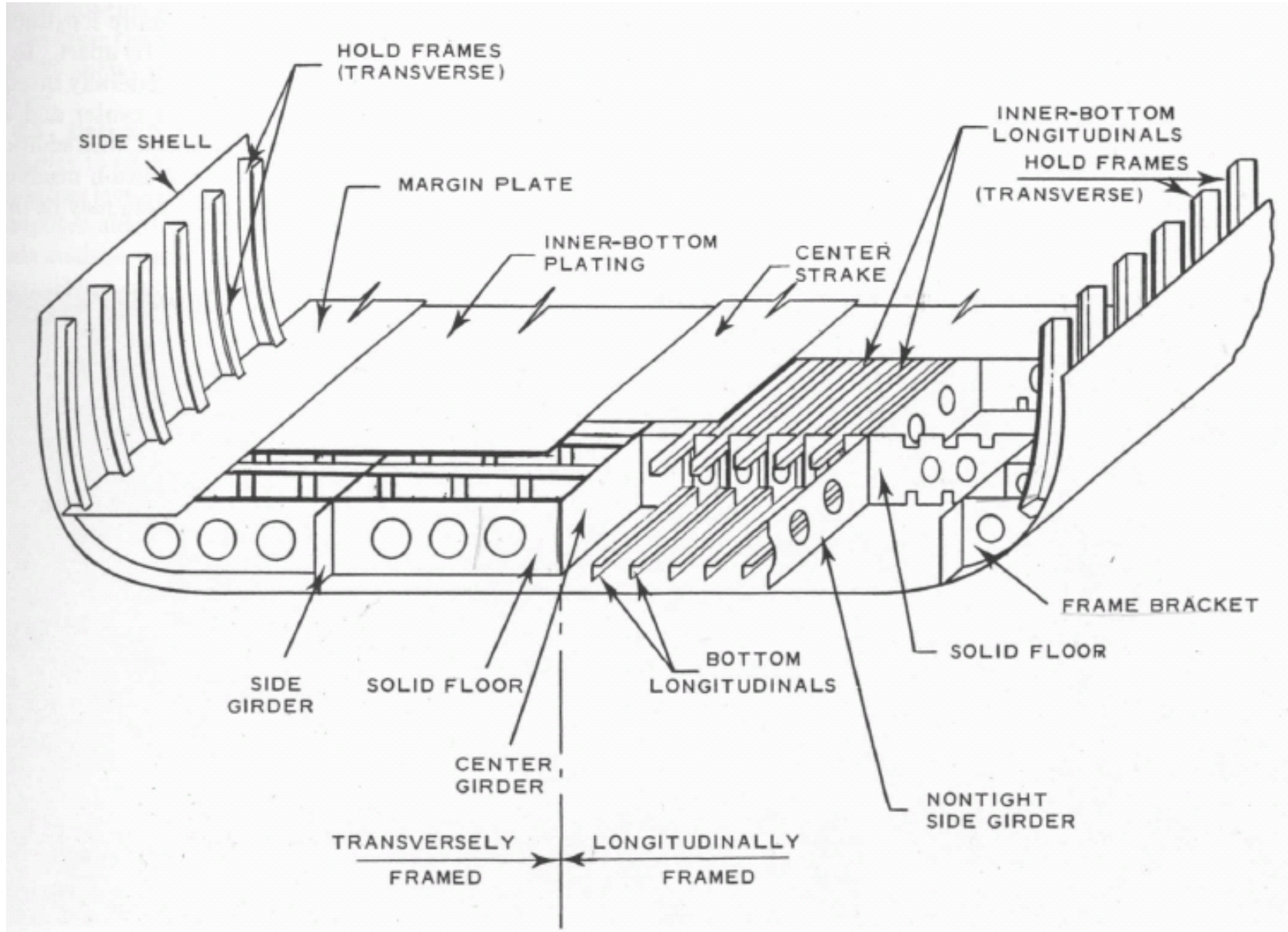
Συχνά επιλέγεται συνδυασμός εγκαρσίου και διαμήκους συστήματος

Το διάμηκες εξασφαλίζει μεγαλύτερη αντοχή σε διαμήκη καμπτική ροπή και λυγισμό.

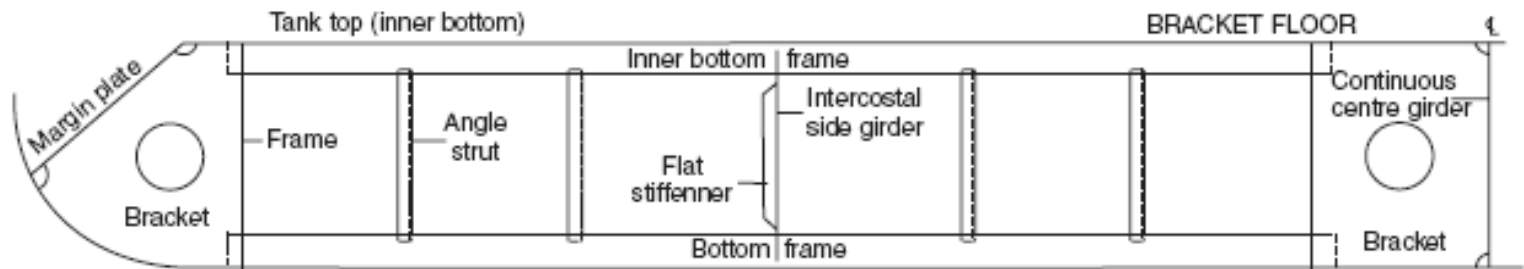
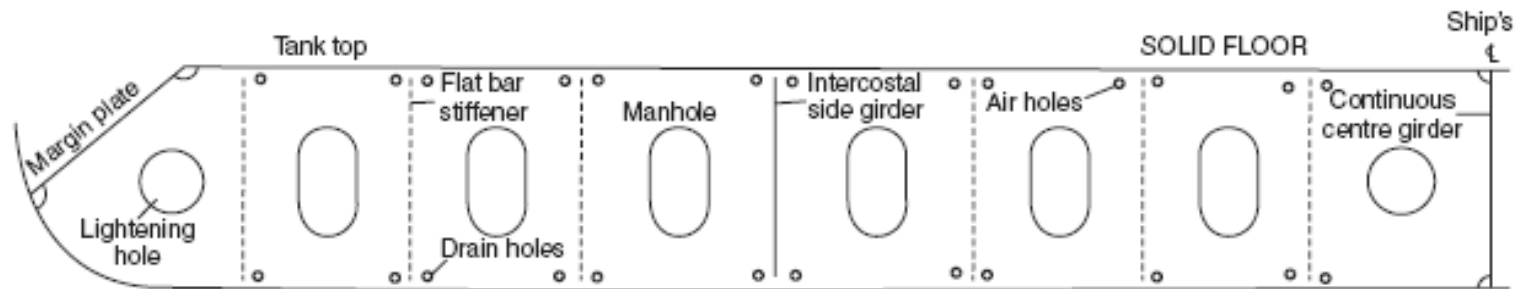
Κατασκευή διπυθμένου



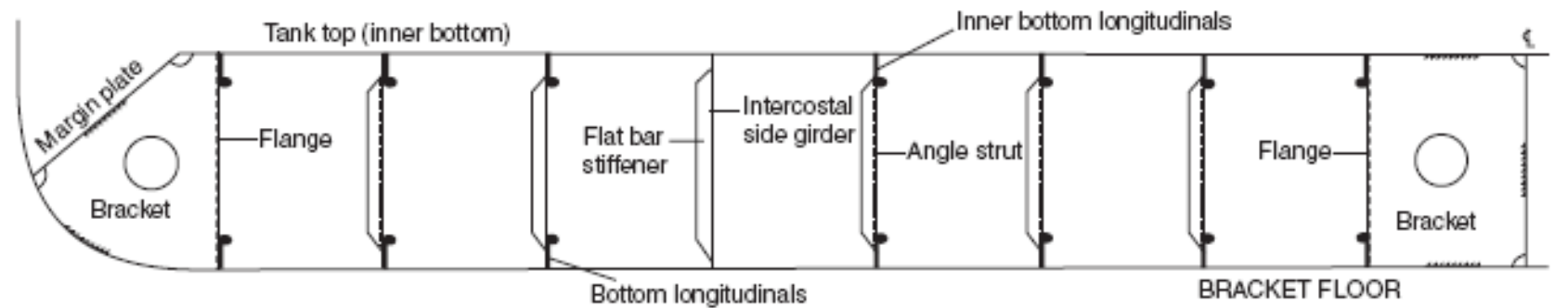
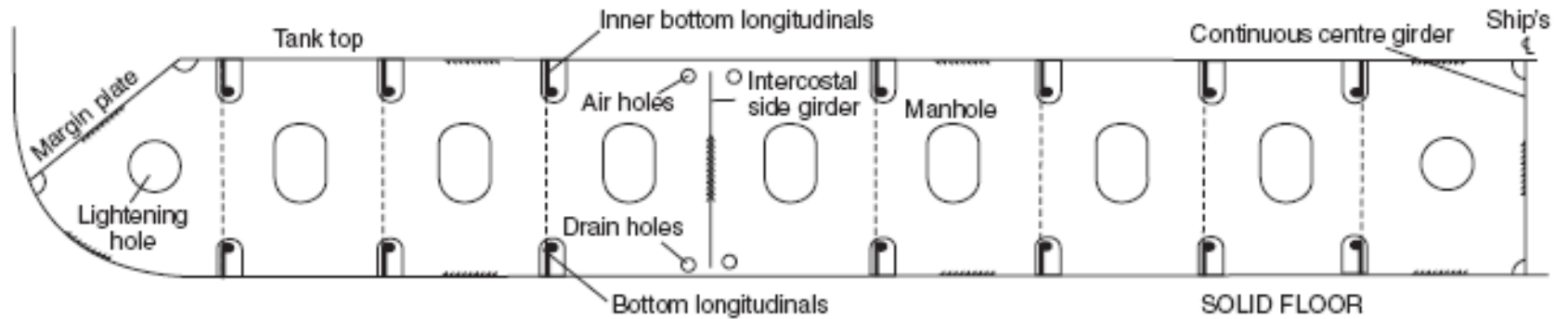
Κατασκευή διπυθμένου



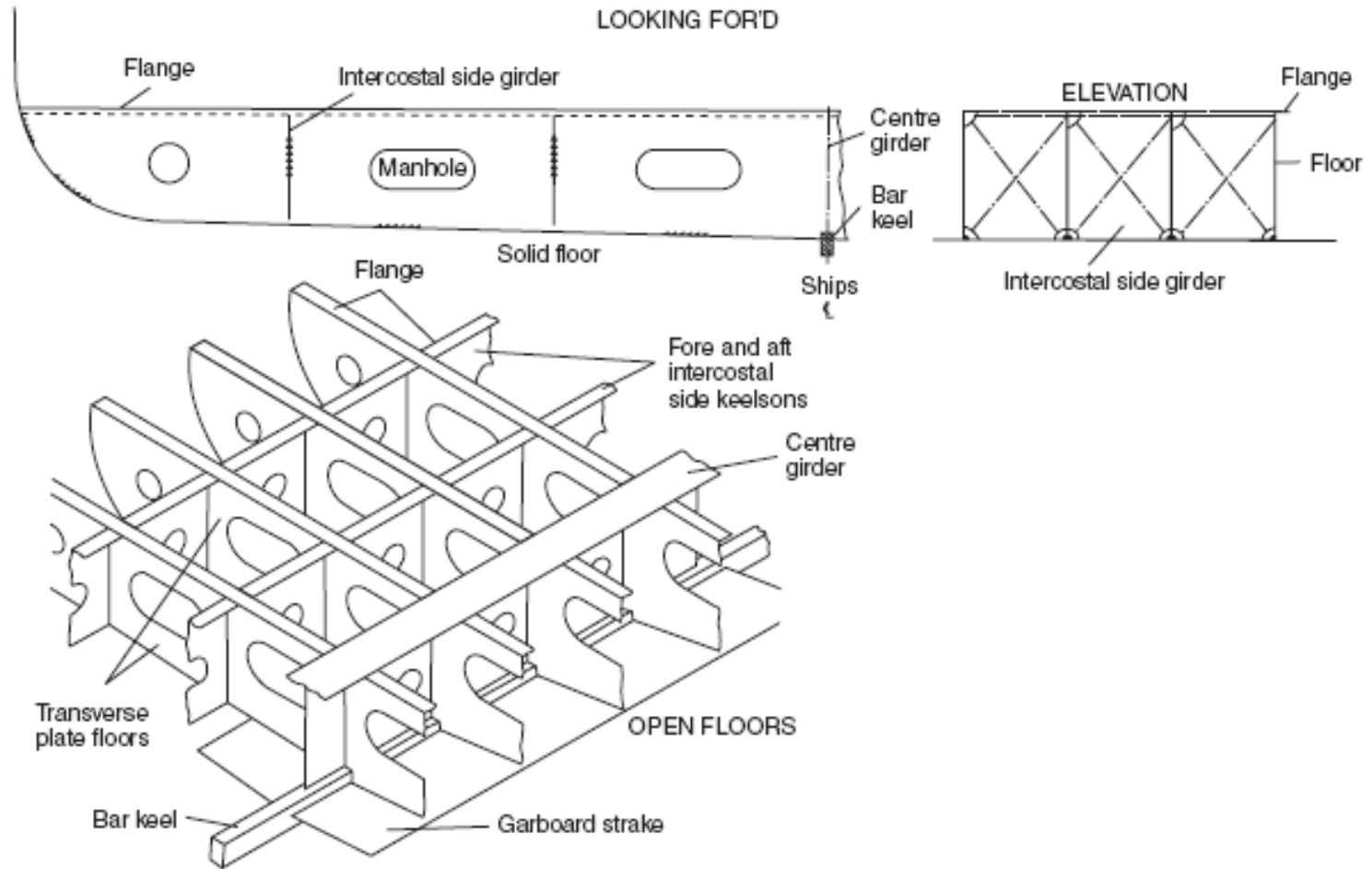
Κατασκευή διπυθμένου



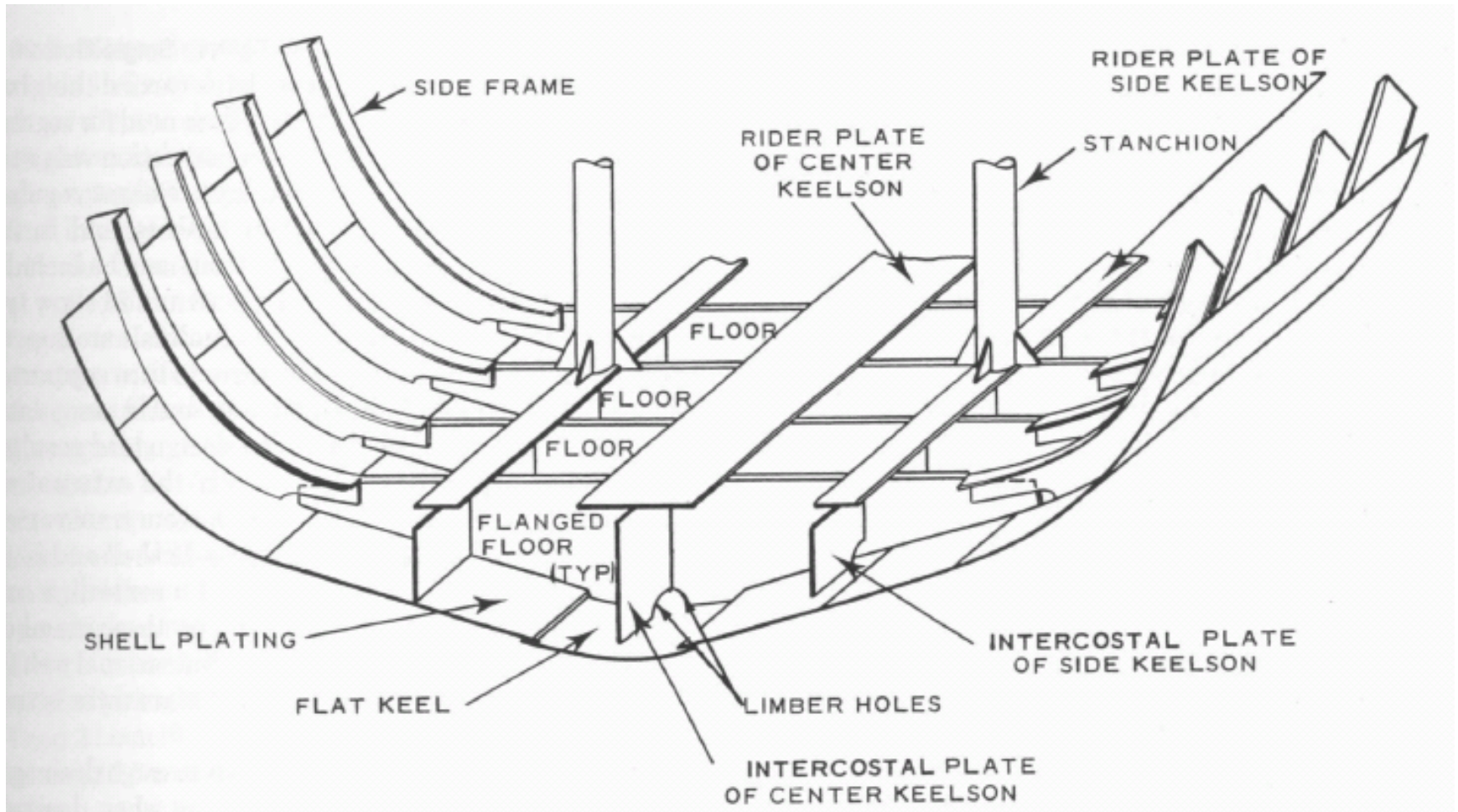
Κατασκευή διπυθμένου



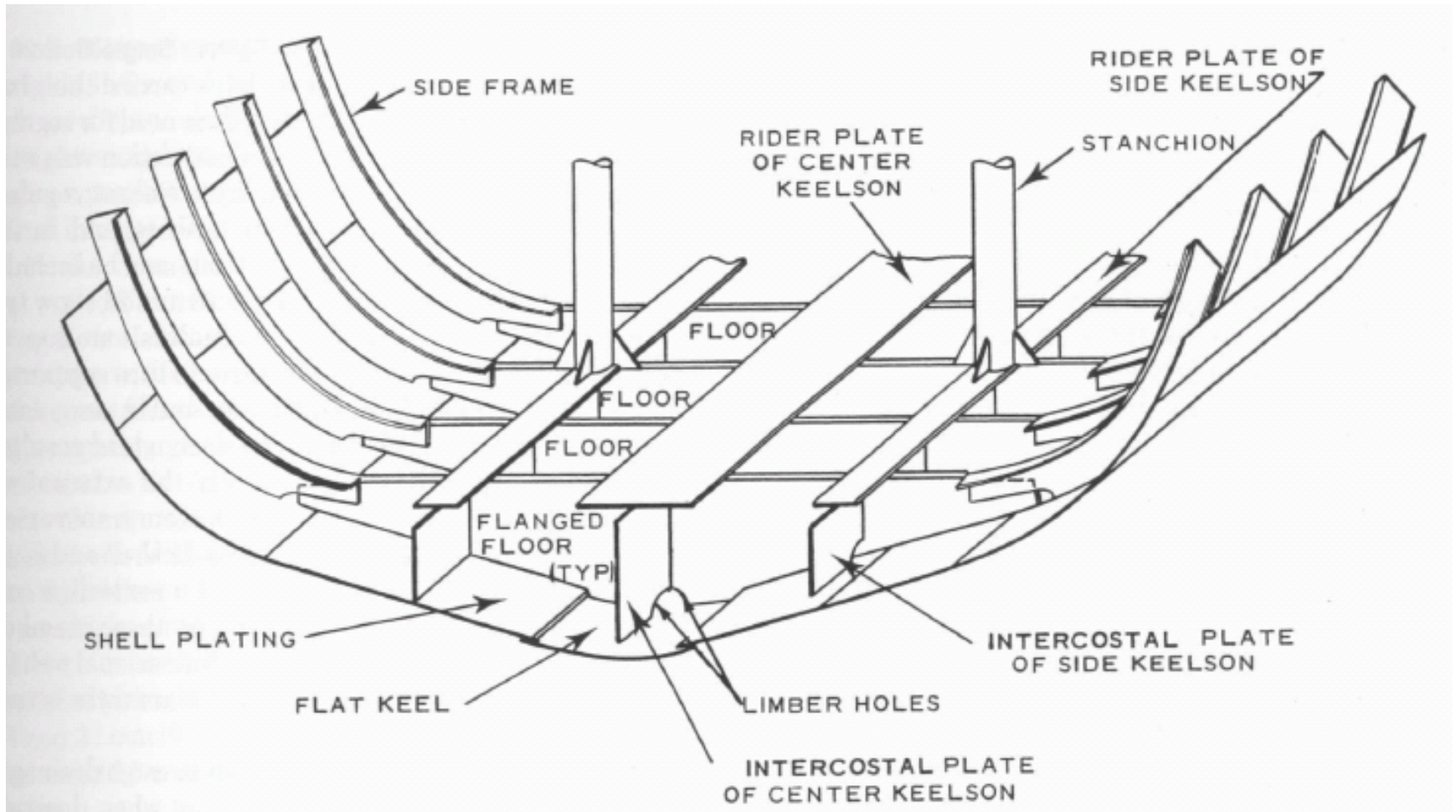
Κατασκευή απλού πυθμένα



Κατασκευή απλού πυθμένα



Κατασκευή απλού πυθμένα



Κατασκευή πλώρης

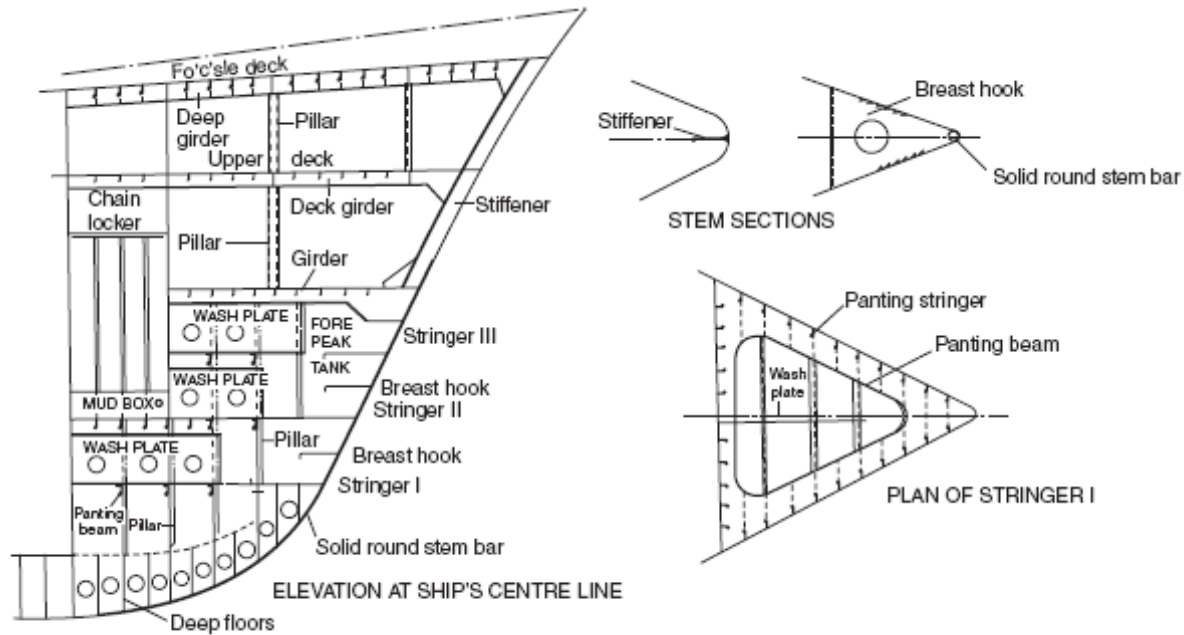
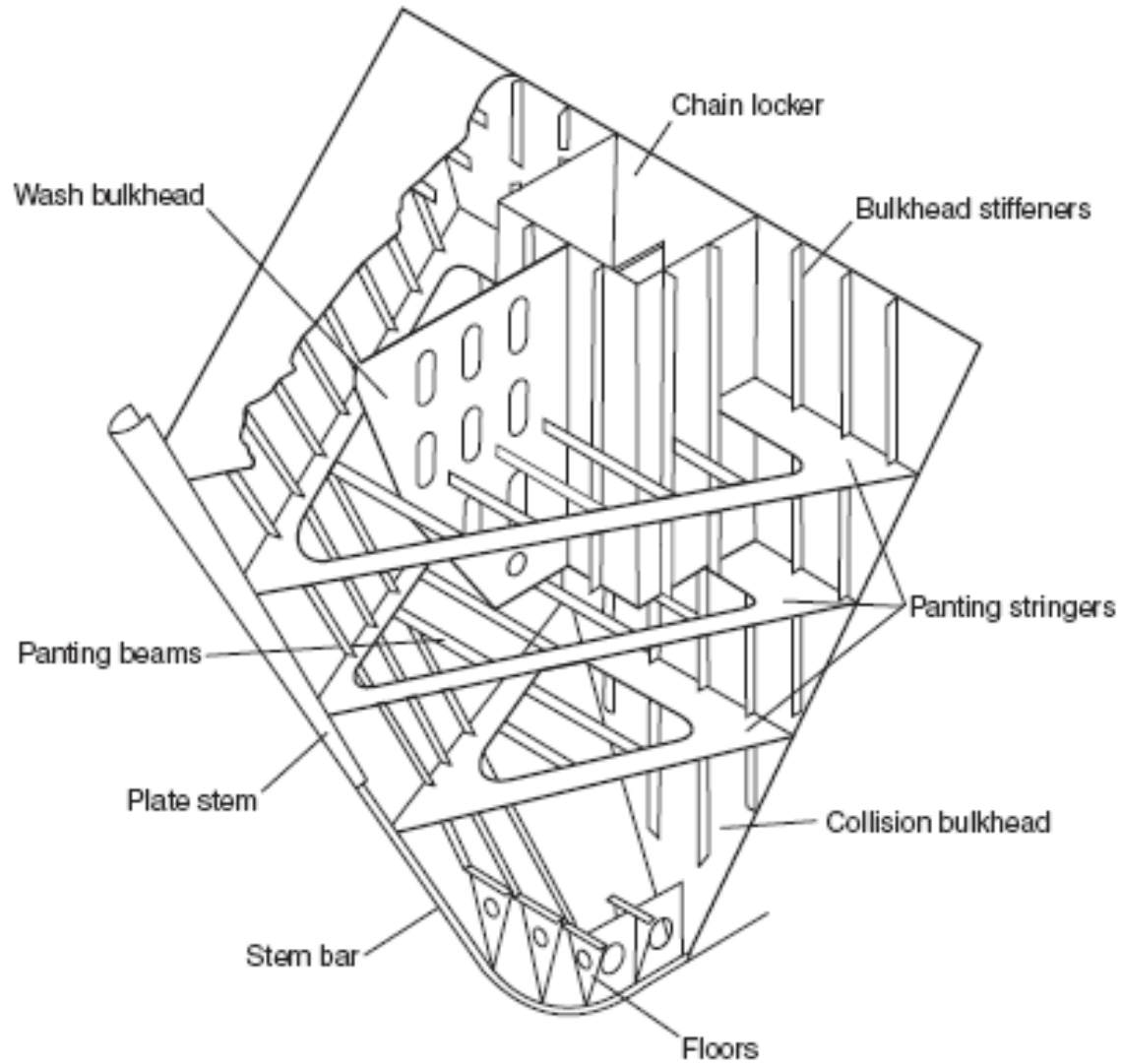
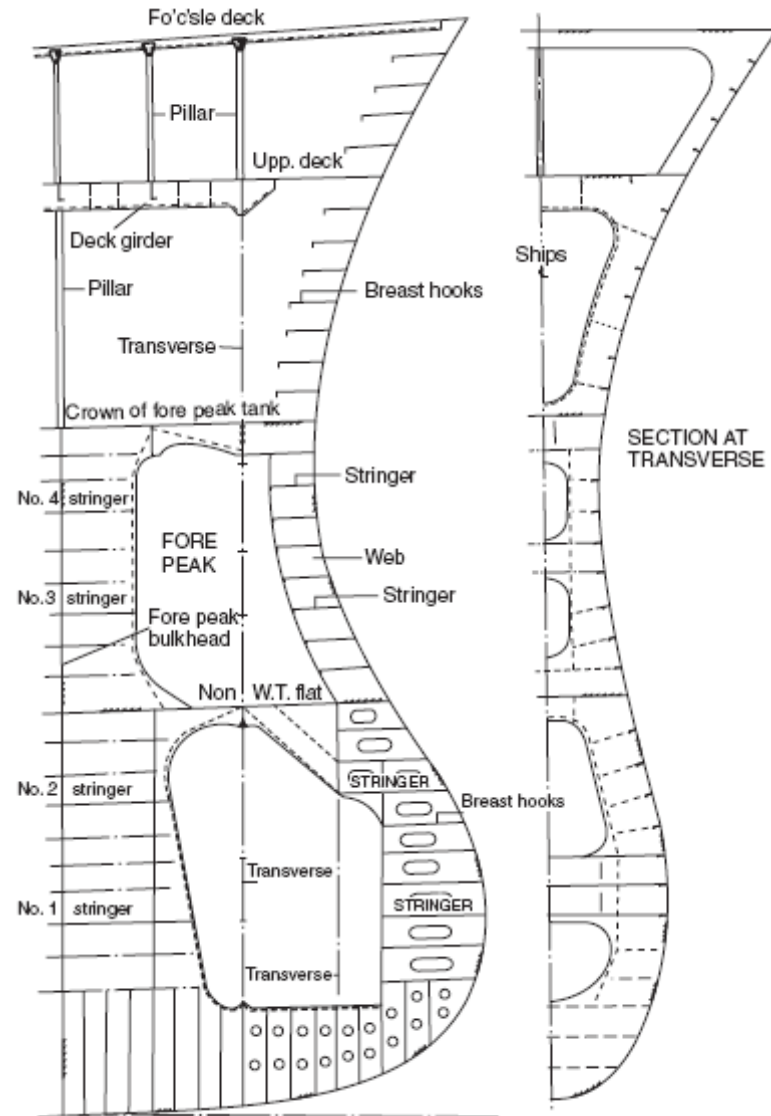


FIGURE 20.1 Fore end construction

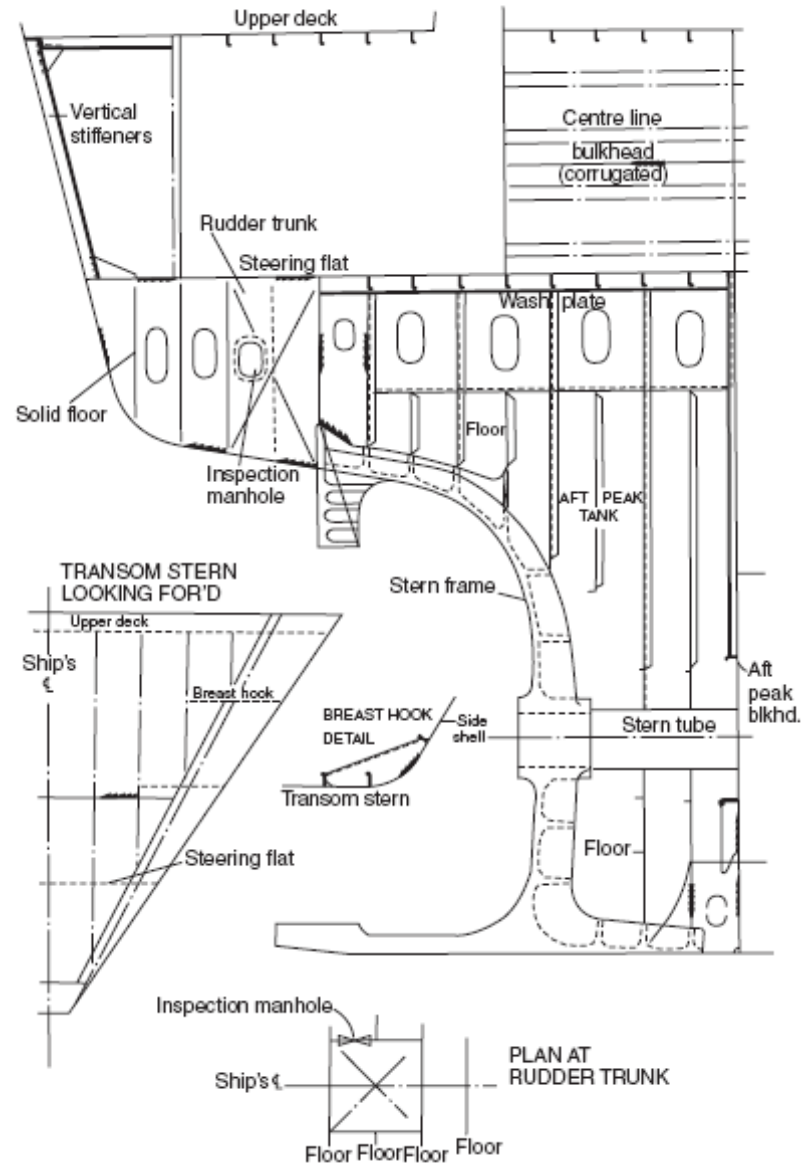
Κατασκευή πλώρης



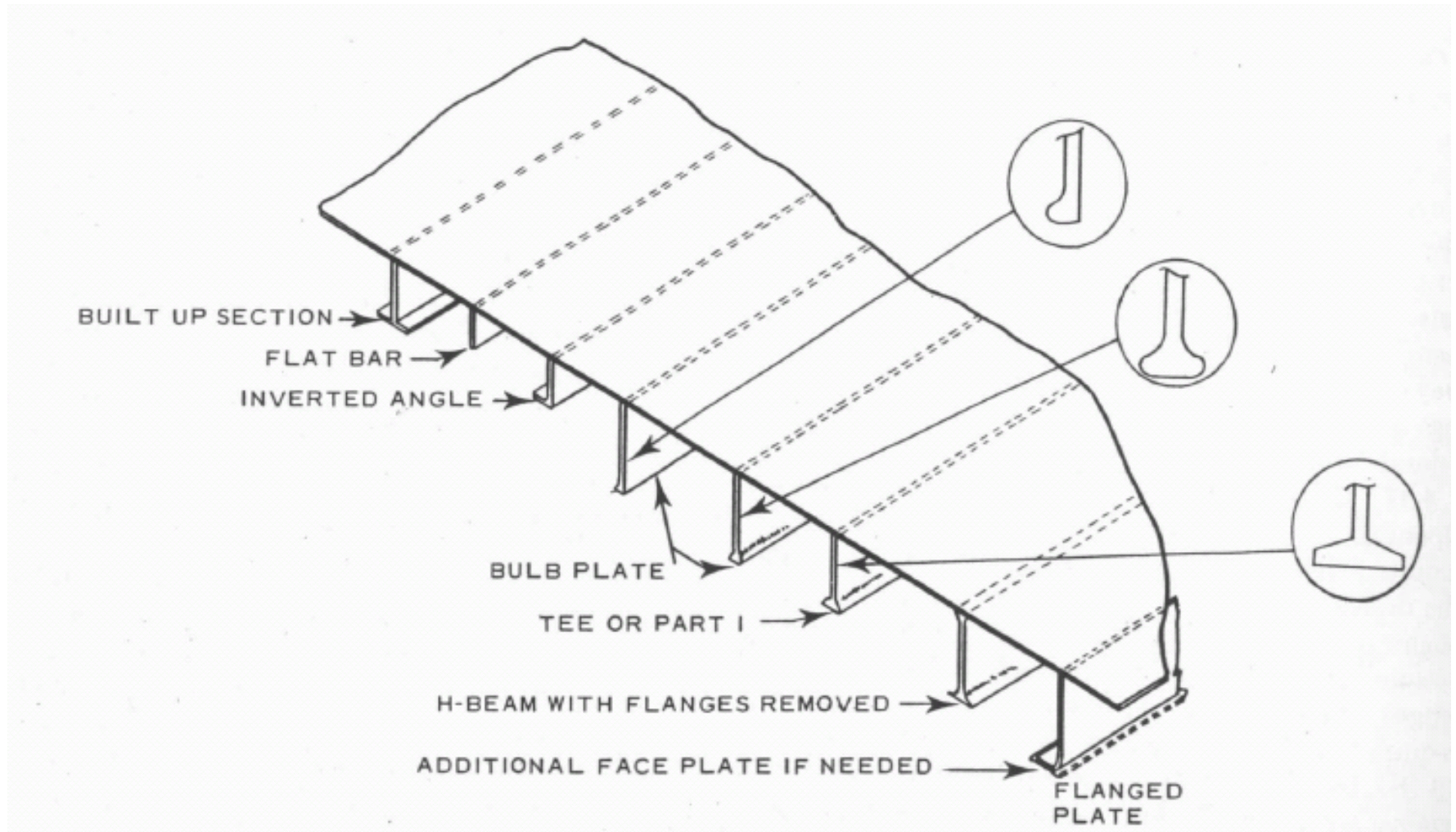
Κατασκευή πλώρης



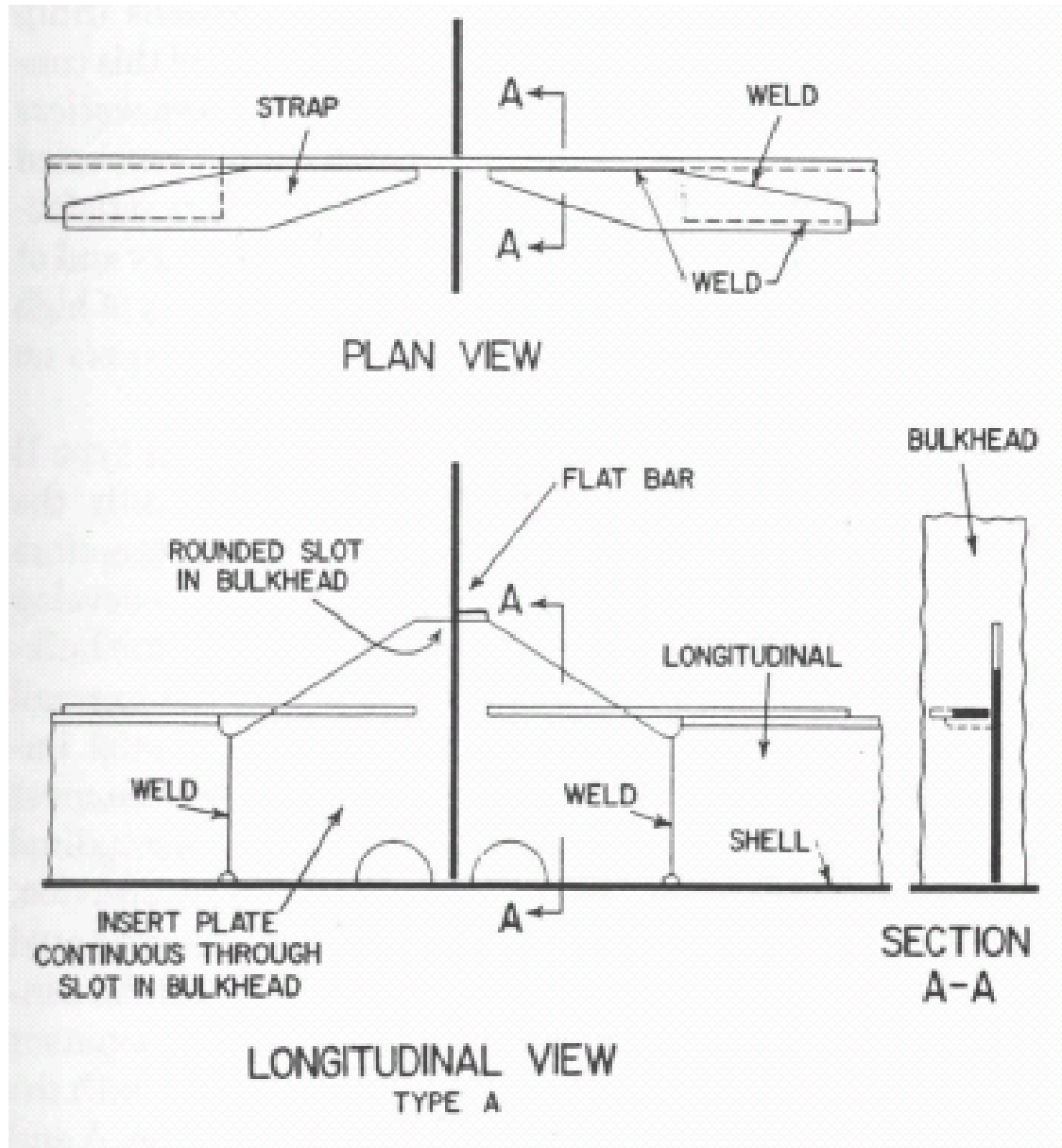
Κατασκευή πρύμνης



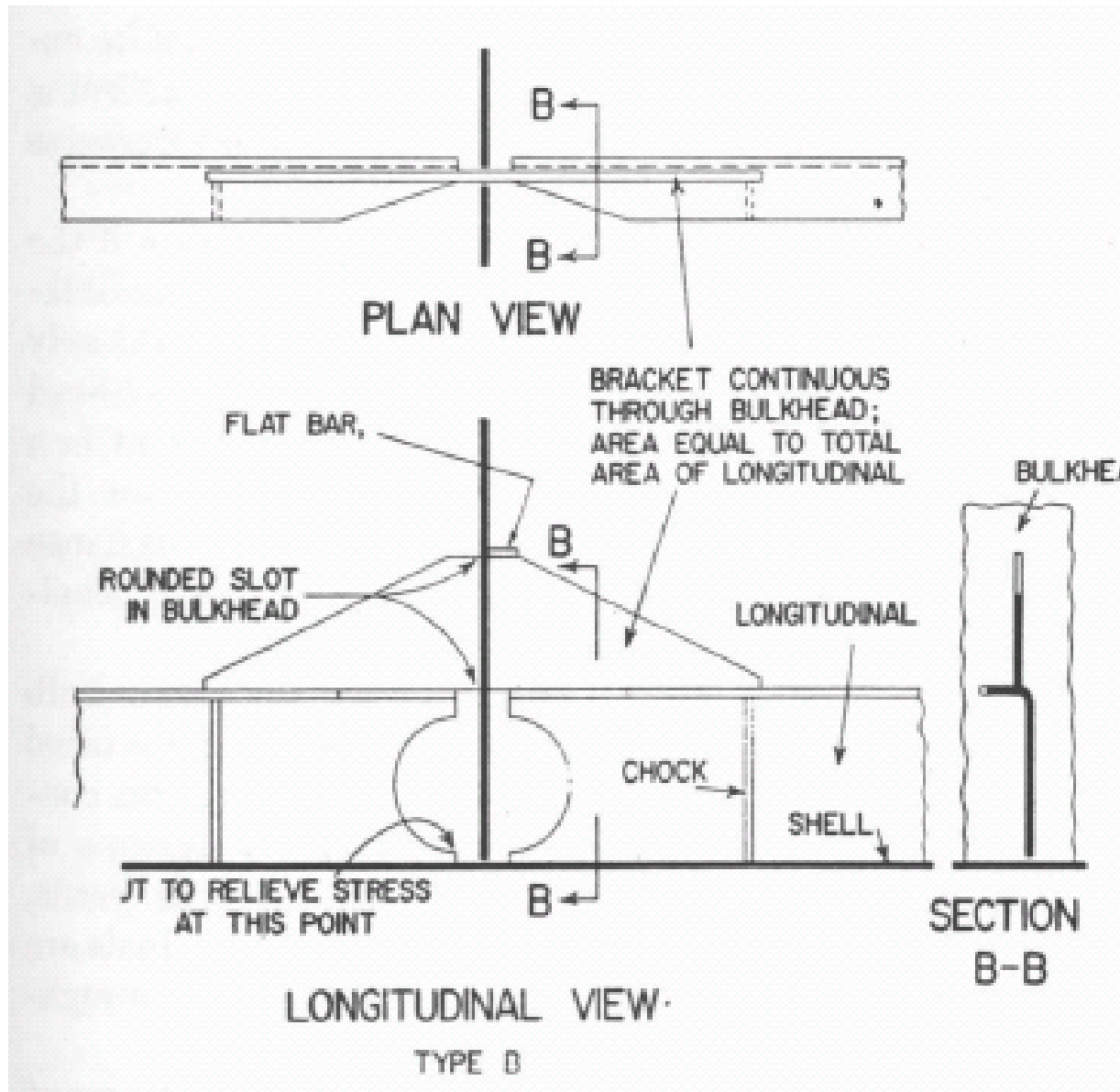
Συνηθέστεροι τύποι ενισχυτικών



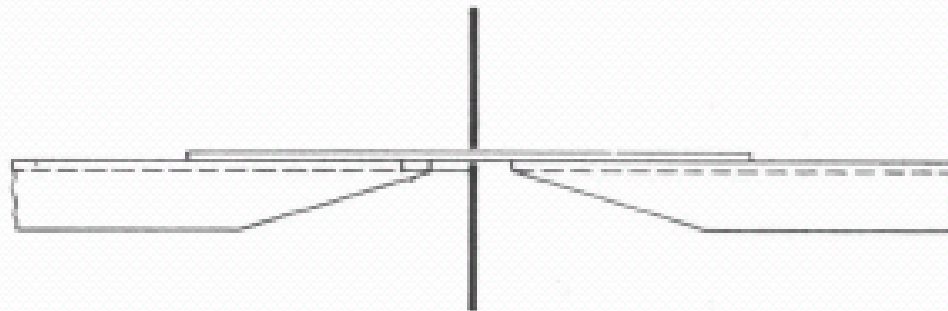
Ευθυγράμμιση και συνέχεια ενισχυτικών



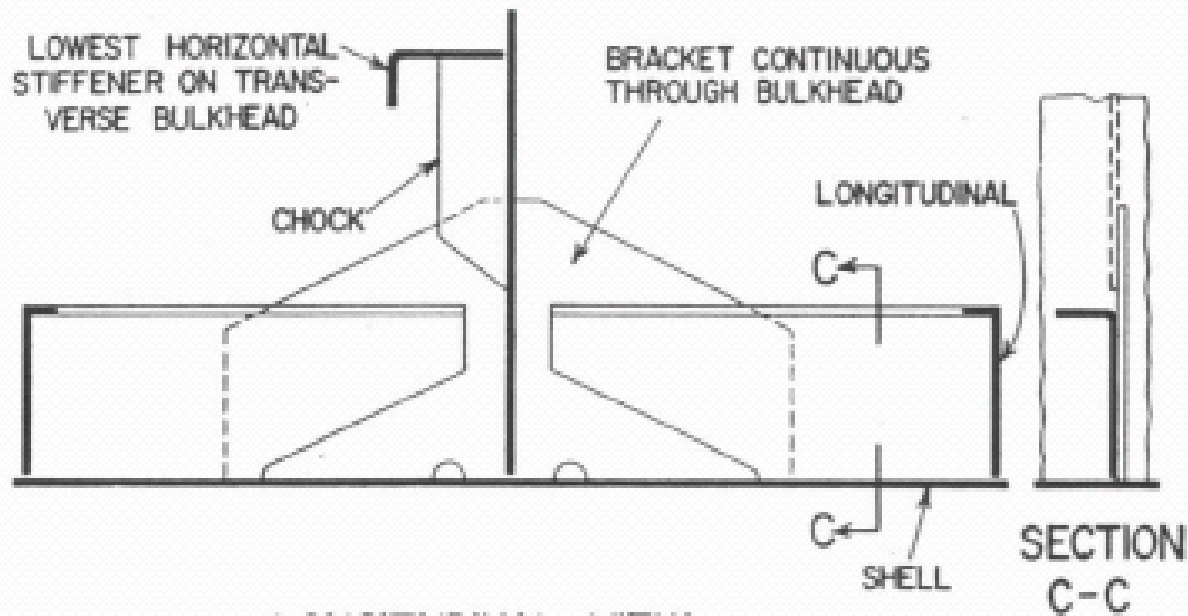
Ευθυγράμμιση και συνέχεια ενισχυτικών



Ευθυγράμμιση και συνέχεια ενισχυτικών

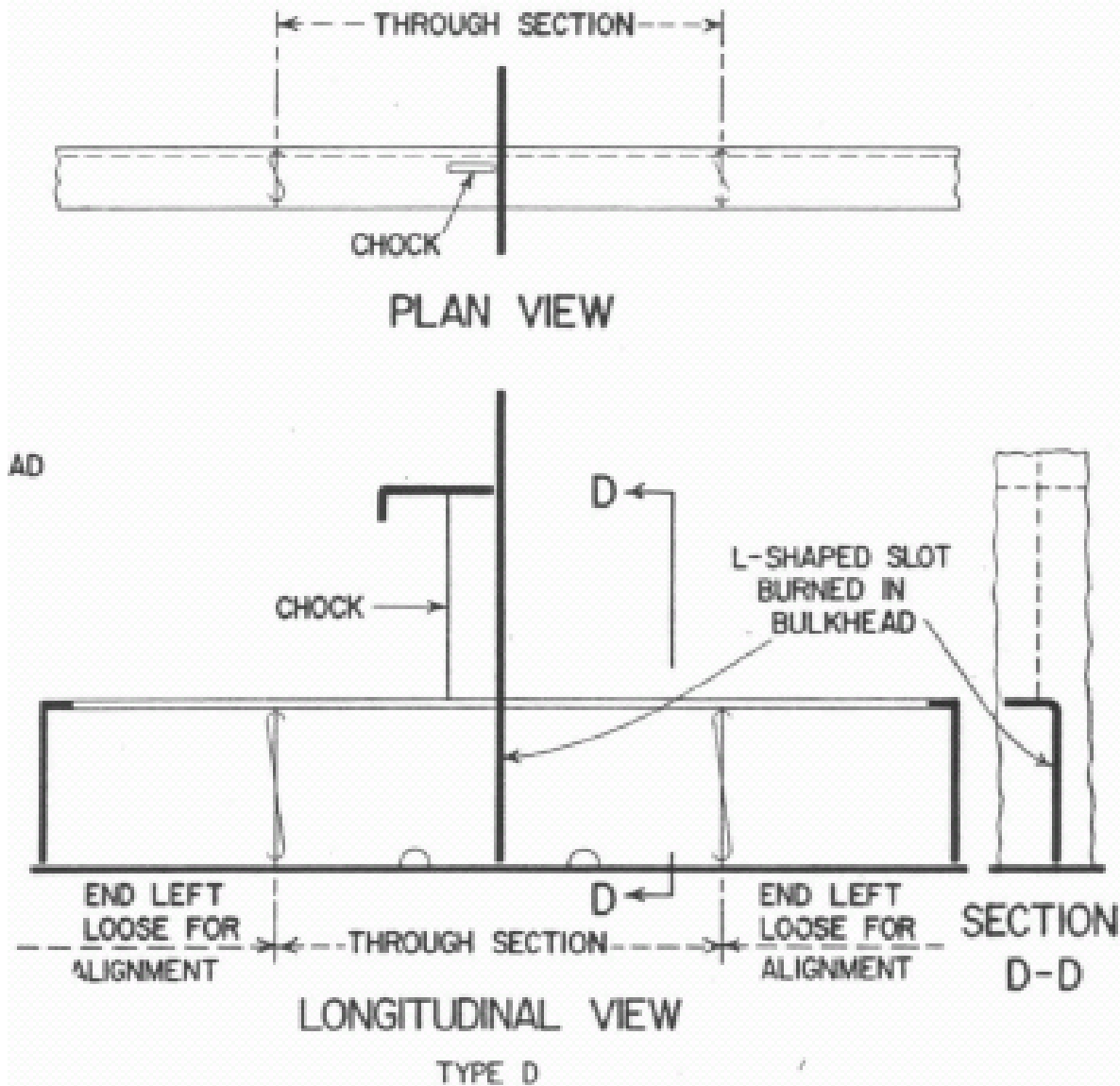


PLAN VIEW



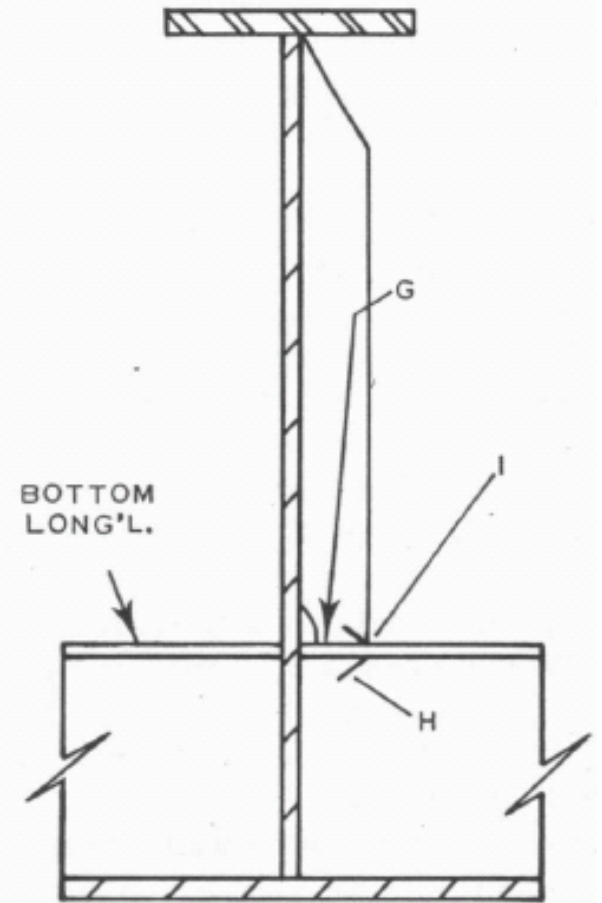
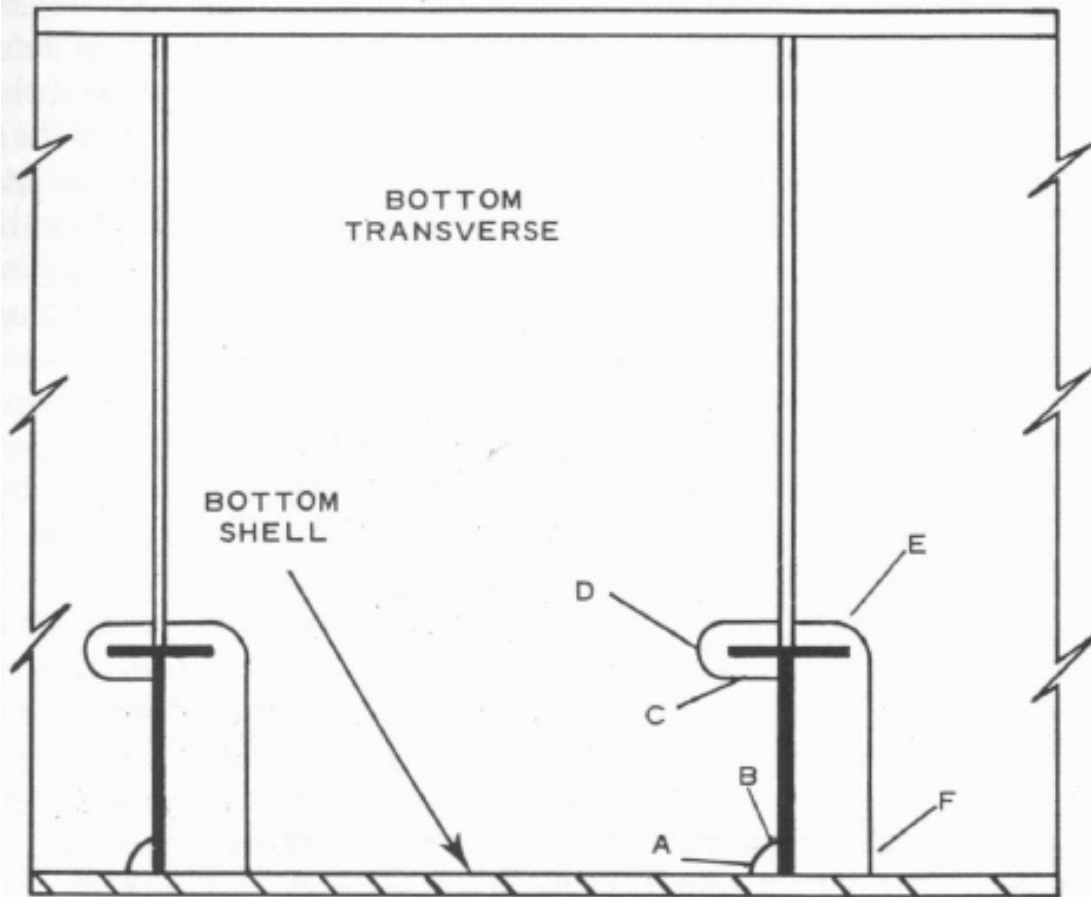
LONGITUDINAL VIEW
TYPE C

Ευθυγράμμιση και συνέχεια ενισχυτικών



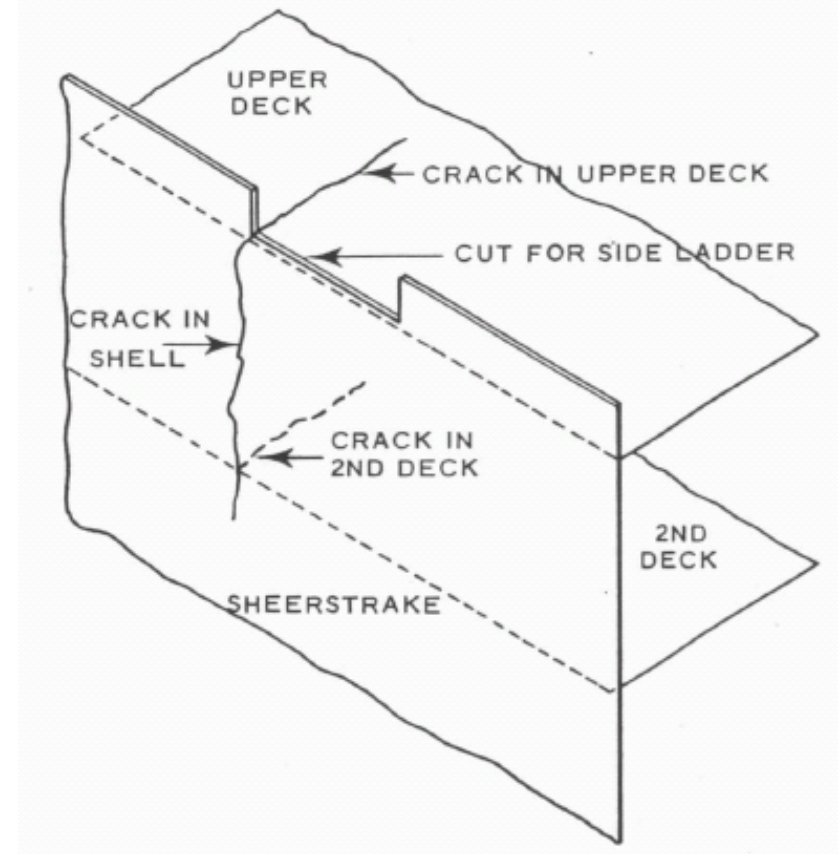
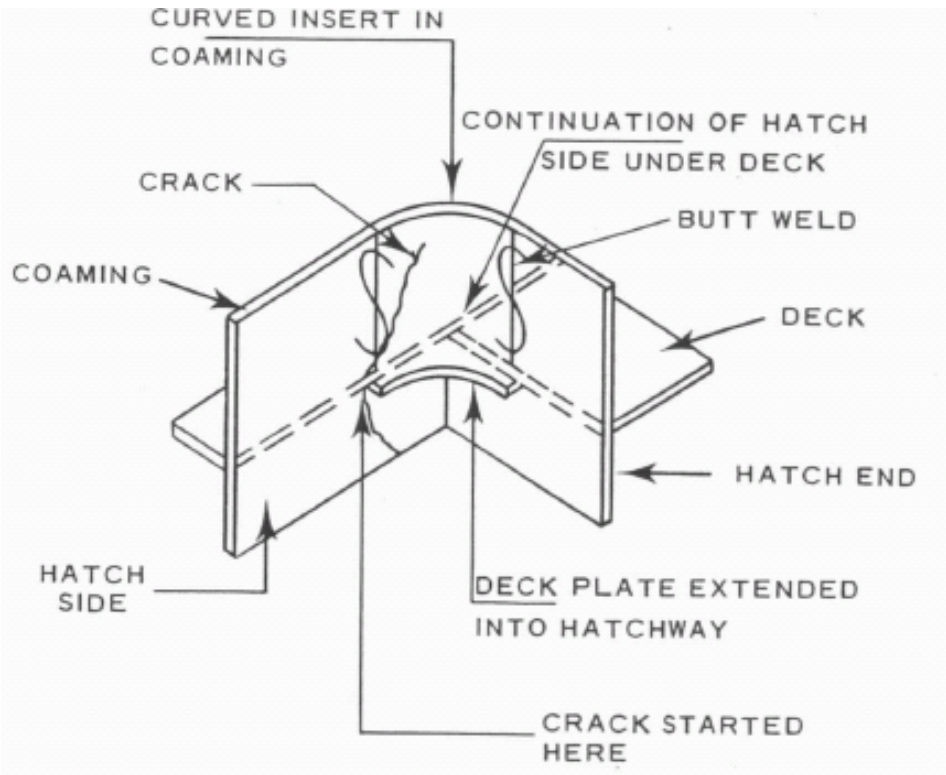
Hard Spots

Hard spots είναι σημεία στα οποία η καμπύλη παραμόρφωσης αλλάζει απότομα λόγω αυξημένης ακαμψίας. Τα σημεία αυτά πρέπει να αποφεύγονται γιατί αποτελούν ενδεχόμενα σημεία έναρξης ρωγμών.

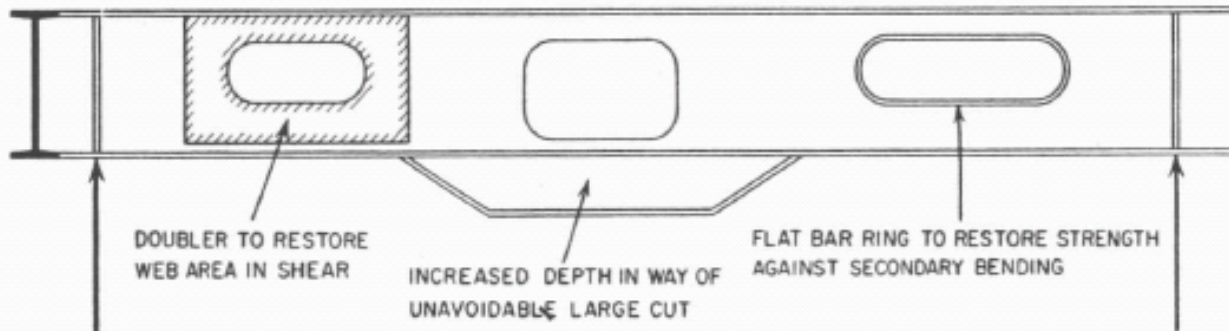
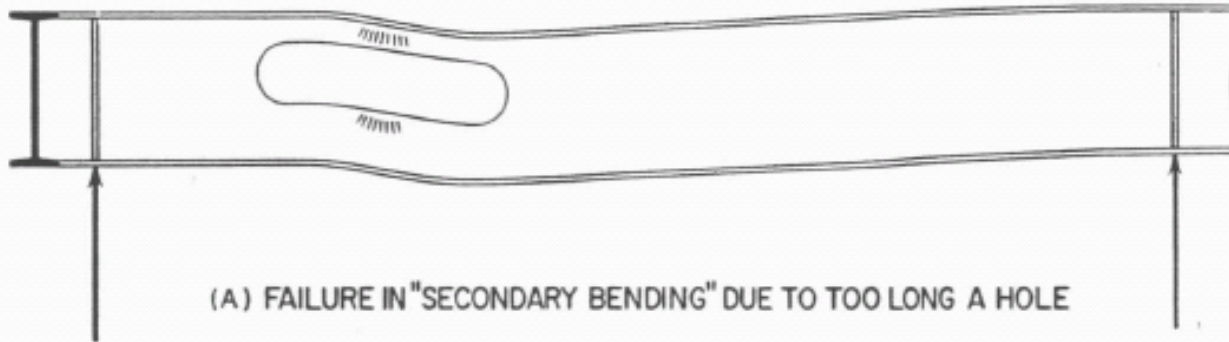


Συγκέντρωση τάσεων

Σημεία συγκέντρωσης τάσεων συνήθως εμφανίζονται συνήθως στα ανοίγματα, όταν δεν έχουν γίνει οι κατάλληλες στρογγυλοποιήσεις

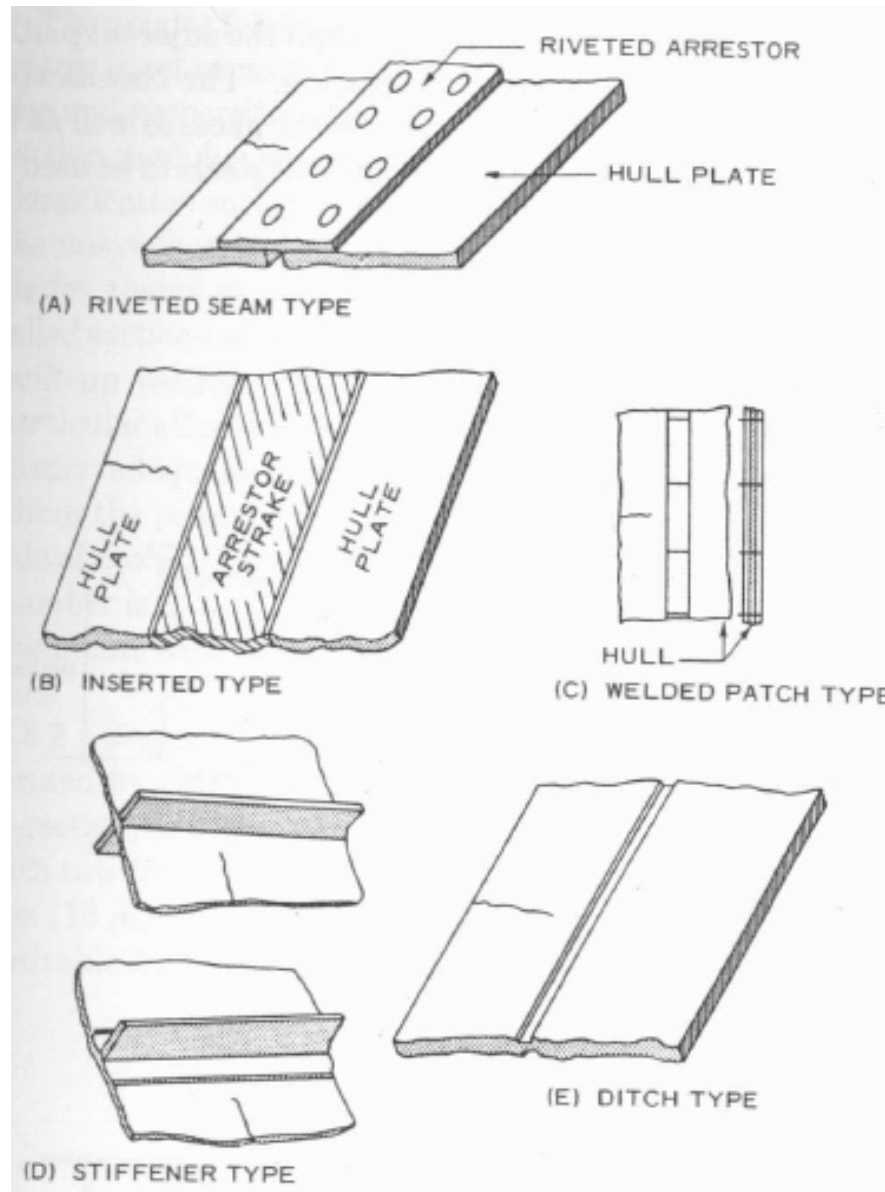


Ενίσχυση ανοιγμάτων

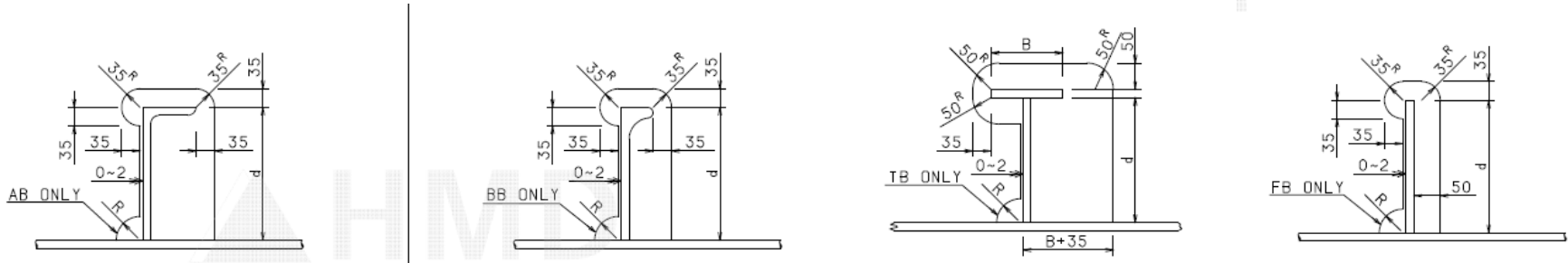


ALTERNATE TO ABOVE USING ANGLE BARS

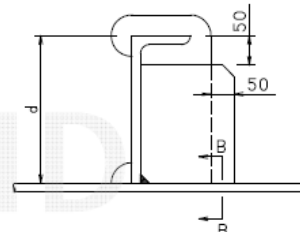
Crack arrestors



Διελεύσεις ενισχυτικών



Typical slots for several types of stiffeners



Collar plate

Βιβλιογραφία

1. “Principles of Naval Architecture”, SNAME.
2. D.J. Eyres, “Ship Construction”, Butterworth-Heinemann, 5th Ed., 2001.
3. W. C. Young, R.G. Budynas, “Roark’s Formulas for Stress and Strain”, Mac Graw Hill, 2002.
4. Π.Α. Καρύδης, “ Η Μεταλλική Κατασκευή του Πλοίου – Θέματα τοπικής Αντοχής”, 2000.
5. Π.Α. Καρύδης, “ Επιθεώρηση, συντήρηση και επισκευή της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου”, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, 2002.
6. Yong Bai, “Marine structural design”, Elsevier, 2003 .
7. E. Tupper, “Introduction to Naval Architecture”, Butterworth-Heinemann, 3rd Ed., 2002.

Τέλος Ενότητας