

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΤΥΧΑΙΑ ΣΥΜΒΑΝΤΑ

7.1 Εισαγωγή

Οι σχετικές κινήσεις του πλοίου ως προς την ελεύθερης επιφάνειας είναι γενικά μεγαλύτερες στα άκρα του πλοίου. Σε ψηλά κύματα οι κινήσεις μπορεί να είναι τόσο μεγάλες ώστε η πλώρα και η έλικα αναδύονται και το κατάστρωμα βυθίζεται. Αυτό συμβαίνει πολύ συχνά σε υψηλές ταχύτητες σε μετωπικούς κυματισμούς, αν και παρατηρείται και σε άλλες καταστάσεις.

Η επανείσοδος της τρόπιδας μετά την ανάδυση μπορεί να οδηγήσει σε έντονη κρούση ή σφυρόκρουση, καθώς ο πυθμένας του πλοίου προσκρούει στην επιφάνεια του νερού. Στα πλοία με μεγάλη εξοχή πλώρης (bow flare) μπορεί να παρατηρηθούν παρόμοιες αλλά λιγότερο έντονες κρούσεις κάτω από το άνοιγμα της πλώρης, ακόμα και όταν δεν συμβαίνει ανάδυση της πλώρης. Αυτές οι κρούσεις μπορεί να είναι τόσο έντονες ώστε να προκαλέσουν τοπική κατασκευαστική αστοχία στα ελάσματα του πλοίου. Σε ακραίες καταστάσεις, η φόρτιση μπορεί να είναι τόσο ισχυρή ώστε να στρεβλώσει τη γάστρα του πλοίου μόνιμα, και αρκετά πλοία θεωρείται ότι έχουν αστοχήσει έπειτα από σφυρόκρουση. Ακόμα και μέτριας έντασης σφυρόκρουση προκαλεί ταλαντώσεις του πλοίου στην ιδιοσυχνότητά του (γενικά της τάξης μερικών κύκλων ανά δευτερόλεπτο) και το προκύπτον φορτίο λόγω κόπωσης μπορεί να μειώσει τη διάρκεια ζωής του πλοίου. Η ταλάντωση που ακολουθεί τη σφυρόκρουση ονομάζεται “whipping” και συχνά αποτελεί την πρώτη ένδειξη για τον πλοίαρχο ότι έχει πραγματοποιηθεί σφυρόκρουση.

Η διαβροχή του καταστρώματος μπορεί να εμφανιστεί σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος του πλοίου, ιδιαίτερα όταν τα έξαλα είναι χαμηλά. Εντούτοις, η πιο σοβαρή διαβροχή καταστρώματος καθώς και η σφυρόκρουση συμβαίνει σε υψηλές ταχύτητες σε μετωπικούς κυματισμούς. Σ’ αυτές τις καταστάσεις, η διαμήκης ταχύτητα του πλοίου εντείνει το φαινόμενο της διαβροχής της προωραίας περιοχής καταστρώματος, και έτσι μπορεί να προκύψει ζημία στον εξοπλισμό του καταστρώματος και στο φορτίο. Οι

επιβάτες ή το πλήρωμα που βρίσκονται στο κατάστρωμα μπορεί να τραυματιστούν ή να βραχούν. Σε ακραίες καταστάσεις το πλοίο μπορεί να ανατραπεί και να βυθιστεί εξ' αιτίας του νερού που έχει συγκεντρωθεί στο κατάστρωμα.

Γρήγορη περιστροφή της έλικας συμβαίνει όταν τα πάνω άκρα των πτερυγίων αρχίζουν να αναδύονται. Η αιφνίδια μείωση και στη συνέχεια η αύξηση της ροπής καθώς η έλικα ξαναβυθίζεται πλήρως, μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στη μηχανή και στον ελικοφόρο άξονα ή ακόμη και στην ίδια την έλικα.

Αυτά τα φαινόμενα είναι σαφώς ανεπιθύμητα και ο προνοητικός καπετάνιος προσπαθεί να τα αποφύγει, όσο αυτό είναι δυνατό. Καθώς όμως γίνονται πιο σοβαρά στις υψηλές ταχύτητες επιβάλλεται ένα αποτελεσματικό όριο ταχύτητας σε κακοκαιρία, ιδιαίτερα στους μετωπικούς κυματισμούς.

7.2 Πιθανότητα εμφάνισης

Η πιθανότητα να συμβεί σφυρόκρουση της πλώρης, διαβροχή του καταστρώματος και ανάδυση της έλικας, εξαρτάται ουσιαστικά από την τοπική σχετική κίνηση υπέρβασης του βυθίσματος, των εξάλων και του βυθίσματος των ακροπτερυγίων της έλικας αντίστοιχα.

Στο σχήμα 7.1 φαίνεται πως το πλοίο αποκτά μια δυναμική διαγωγή και δημιουργεί ένα σύστημα κυματισμών το οποίο εξαρτάται από την ταχύτητα του πλοίου. Αυτό μας δίνει μια σταθερή σχετική κίνηση $\bar{r}_3$ ακόμα και όταν το πλοίο πλέει σε ήρεμο νερό. Υποθέτουμε ότι αυτή η σχετική κίνηση αναφοράς δεν αλλάζει όταν το πλοίο βρεθεί σε κύματα, μπορεί τότε να θεωρηθεί σαν μια αλλαγή στο βύθισμα, στα έξαλα κλπ. Τότε το ενεργό βύθισμα της τρόπιδας γίνεται :

$$D_{ke} = D + \bar{r}_3 \quad m \quad (7.1)$$

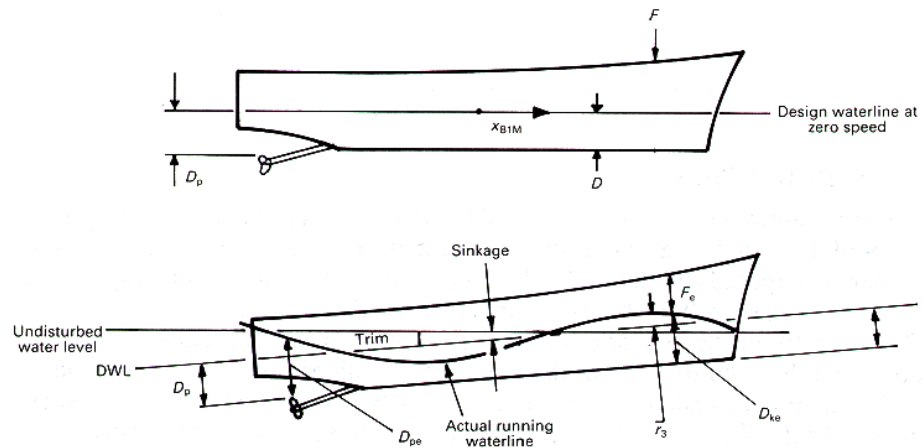
και τα έξαλα :

$$F_e = F - \bar{r}_3 \quad m \quad (7.2)$$

ενώ το ενεργό βύθισμα των ακροπτερυγίων της έλικας είναι :

$$D_{pc} = D_p + \bar{r}_3 \quad m \quad (7.3)$$

όπου η $\bar{r}_3$ προσδιορίζεται στην κατάλληλη θέση πάνω στο πλοίο.

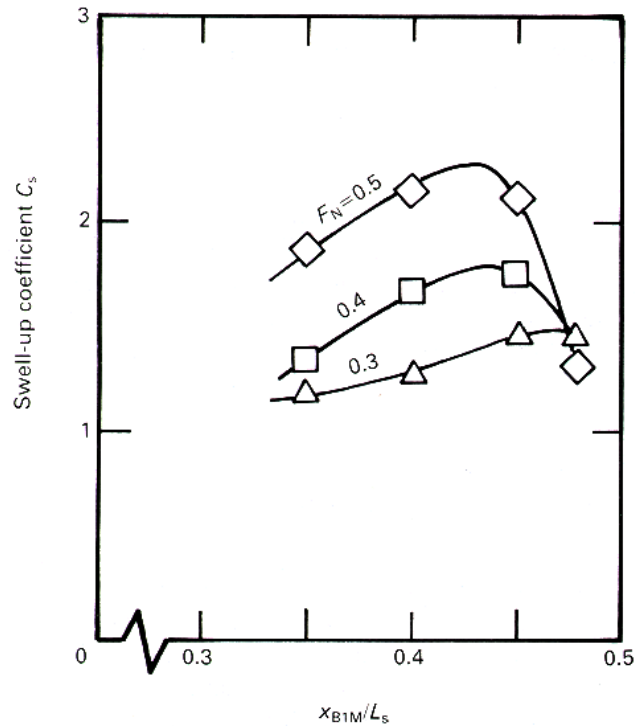


Σχήμα 7.1 : Δυναμική διαγωγή πλοίου – Σύστημα απαγόμενων κυματισμών

Η σχετική κίνηση προκύπτει θεωρητικά από την αφαίρεση της ανύψωσης του κύματος από την απόλυτη κίνηση. Καθώς το πλοίο εισδύει στο νερό η αύξηση του βυθιζόμενου όγκου προκαλεί μια τοπική ανύψωση «swell up» στην ελεύθερη επιφάνεια. Η επίδραση αυτή εξαφανίζεται όταν το πλοίο αναδύεται πάλι. Αυτό αυξάνει την σχετική κίνηση περισσότερο από τη θεωρητική τιμή. Έτσι προσδιορίζεται ένας συντελεστής ανύψωσης :

$$C_s = \text{πραγματικό πλάτος σχετικής κίνησης} / \text{θεωρητικό πλάτος σχετικής κίνησης} \quad (7.4)$$

ο οποίος βρέθηκε σε συνάρτηση της μορφής της γάστρας του πλοίου, της θέσης της γάστρας, της ταχύτητας και του μήκους κύματος. Προς το παρόν δε έχει αναπτυχθεί παγκόσμια μέθοδος υπολογισμού του C_s , αλλά έχει μετρηθεί πειραματικά από πολλούς ερευνητές. Το πιο ενδιαφέρον σετ πειραματικών δεδομένων δημοσιεύτηκε από τους Blok & Huisman (1985). Στο σχήμα 7.2 φαίνονται κάποια αποτελέσματα για μια φρεγάτα σε μετωπικούς κυματισμούς με μήκος ίσο με το μήκος του πλοίου.



Σχήμα 7.2

Η πιθανότητα να ξεπεράσει η τοπική σχετική κίνηση το αποτελεσματικό βύθισμα (π.χ. η πιθανότητα ανάδυσης της τρόπιδας) είναι :

$$P_{ke} = \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{D_{ke}^2}{C_s^2 m_o}\right) \quad (7.5)$$

όπου m_o είναι η διασπορά της σχετικής κίνησης σε κατάλληλη θέση στο πλοίο. Μια παρόμοια έκφραση για την πιθανότητα διαβροχής του καταστρώματος είναι :

$$P_{ds} = \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{F_e^2}{C_s^2 m_o}\right) \quad (7.6)$$

και η πιθανότητα ανάδυσης της έλικας δίνεται :

$$P_{pe} = \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{D_{pe}^2}{C_s^2 m_o}\right) \quad (7.7)$$

Η μέση περίοδος κορυφών μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση :

$$\bar{T}_p = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{m_4}} \text{ sec} \quad (7.8)$$

όπου m_2 και m_4 είναι οι διασπορές της σχετικής ταχύτητας και επιτάχυνσης.

Ο μέσος όρος του αριθμού αναδύσεως της τρόπιδας, βύθισης του καταστρώματος και ανάδυσης της έλικας ανά ώρα δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις:

$$N_{ke} = \frac{3600 P_{ke}}{\bar{T}_p} \quad (7.9)$$

$$N_{ds} = \frac{3600 P_{ds}}{\bar{T}_p} \quad (7.10)$$

$$N_{pe} = \frac{3600 P_{pe}}{\bar{T}_p} \quad (7.11)$$

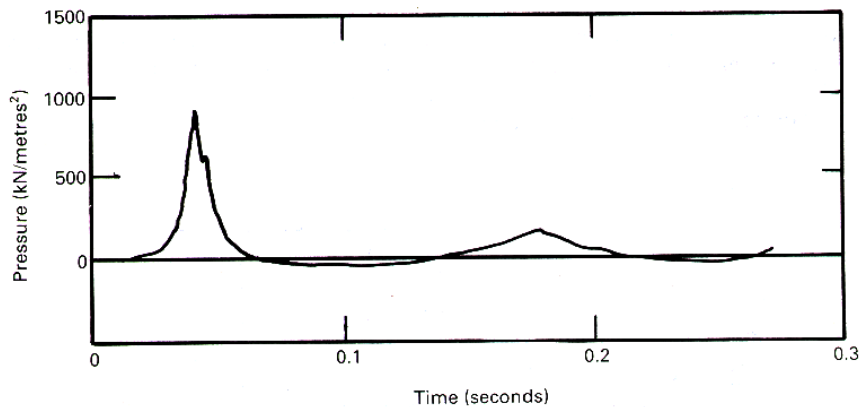
7.3 Σφυρόκρουση πλώρης

Σε έντονους μετωπικούς κυματισμούς η σχετική κίνηση είναι σε θέση να προκαλέσει την ανάδυση σημαντικού μήκους της τρόπιδας οπότε η με έχουμε σφυρόκρουση. Το πλοίο καλύπτεται από ένα κύμα αφρού που έχει διαβρέξει το κατάστρωμα και το περισσότερο από αυτό χύνεται στη θάλασσα από τις πλευρές του πλοίου. Μερική ποσότητα νερού μπορεί επίσης να περάσει κάτω από την τρόπιδα καθώς αυτή αναδύεται.

Η σφυρόκρουση στην συνέχεια γίνεται σε μείγμα αέρα και νερού. Έντονα κρουστικά φορτία μπορούν να προκληθούν από το τοπικό σχήμα των νομέων, τη σχετική ταχύτητα κρούσης, τη σχετική γωνία μεταξύ της τρόπιδας και της ελεύθερης επιφάνειας του νερού, την τοπική ευκαμψία του ελάσματος του πυθμένα και από την ευκαμψία όλης της κατασκευής. Η πλήρης πρόβλεψη των φαινομένων σφυρόκρουσης είναι περίπλοκη διαδικασία πέρα από κάθε υπάρχουσα θεωρία.

Πειράματα μέτρησης της πίεσης σε φυσική κλίμακα, γίνονται σπάνια λόγω πρακτικών δυσκολιών. Στο σχήμα 7.3 φαίνεται η χρονική ιστορία της πίεσης σφυρόκρουσης που καταγράφηκε από τον Sellars (1972) στην τρόπιδα ενός πλοίου του Αμερικάνικου Coast Guard, κατά τη διάρκεια μια ισχυρής σφυρόκρουσης. Η πίεση αυξάνει πολύ γρήγορα μετά την αρχική κρούση. Στην πραγματικότητα υπάρχει η υποψία

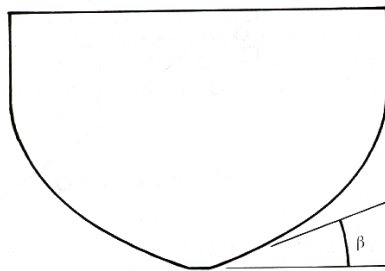
ότι η αύξηση αυτή πιθανώς να περιορίζεται από τη σχετικά αργή απόκριση του μετρητικού πίεσης.



Σχήμα 7.3 : Χρονική ιστορία πίεσης σφυρόκρουσης- Καταγραφή Sellars (1972)

7.3.1 Πειράματα σφυρόκρουσης

Το σχήμα των εγκάρσιων τομών των περισσοτέρων πλοίων στο επίπεδο της τρόπιδας μπορεί να προσεγγιστεί από απλές τομές σφηνών κατάλληλης ανύψωσης πυθμένα όπως φαίνεται και στο σχήμα 7.4. Τα χαρακτηριστικά της σφυρόκρουσης των τομών αυτών μπορούν να εξεταστούν μέσω της βύθισης σε νερό διδιάστατων σφηνοειδών τομών.

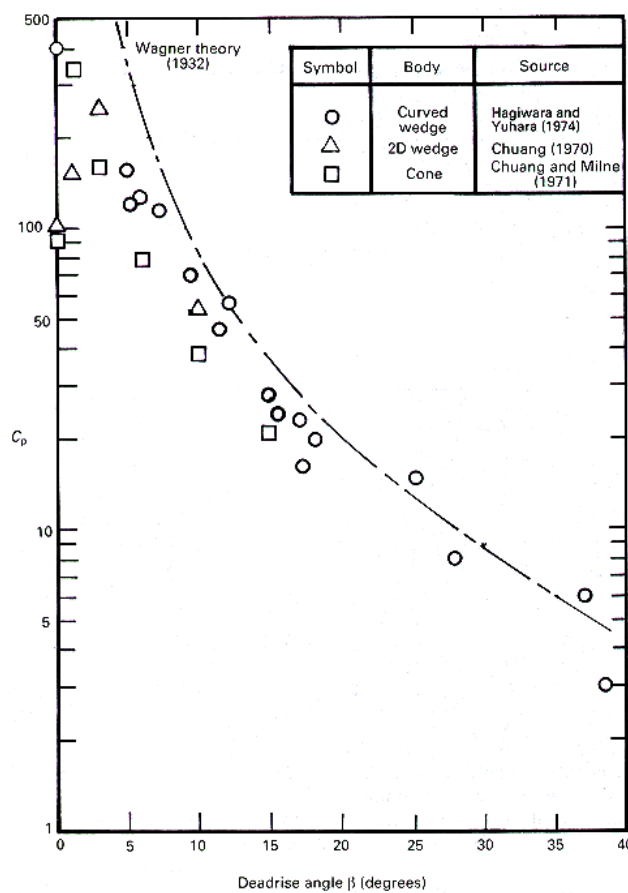


Σχήμα 7.4 : Προσδιορισμός της γωνίας ανύψωσης πυθμένα

Η διαστατική ανάλυση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κορυφή της πίεσης σφυρόκρουσης που αναπτύσσεται σε μια σφήνα κατά την διάρκεια της κρούσης και μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω έκφραση :

$$P = C_p \frac{1}{2} \rho \dot{x}_3^2 \text{ kN/m}^2 \quad (7.12)$$

όπου C_p είναι ο συντελεστής πίεσης σφυρόκρουσης, ο οποίος είναι συνάρτηση της γωνίας ανύψωσης πυθμένα β . Η σχέση έχει προκύψει από ένα αριθμό πειραμάτων και το σχήμα 7.5 δείχνει πως τη μεταβολή του συντελεστή C_p με τη γωνία β .



Σχήμα 7.5 : Μεταβολή του C_p συναρτήσει της γωνίας β

Για γωνίες ανύψωσης πάνω από 25° τα αποτελέσματα συμφωνούν με τη θεωρητική πρόβλεψη που δίνει ο Wagner (1932) σε σχέση με τις φορτίσεις κρούσεως σε υδροπλάνα :

$$C_p = 1 + \left(\frac{\pi \cot \beta}{2} \right)^2 \quad (7.13)$$

Οι πιέσεις σφυρόκρουσης που υπολογίζονται με βάση αυτά τα αποτελέσματα είναι αρκετά υψηλές διότι τα πειράματα σε δύο διαστάσεις δεν λαμβάνουν υπόψη την επίδραση του μείγματος αέρα και νερού που σχηματίζεται κάτω από την τρόπιδα πριν αυτή χτυπήσει, ούτε την επίδραση της σχετικής γωνίας της τρόπιδας και της επιφάνειας του νερού. Παρ' όλα αυτά τα αποτελέσματα δίνουν μια γενική ένδειξη της επίδρασης της γωνίας ανύψωσης του πυθμένα και επιβεβαιώνουν το μηχανισμό των φαινομένων.

7.3.2 Πειράματα προτύπων σε κυματισμούς

Η εναλλακτική διαδικασία για τη μέτρηση της πίεσης σφυρόκρουσης σε πρότυπα υπό κλίμακα σε κυματισμούς έχει ακολουθηθεί από μεγάλο αριθμό ερευνητών σε αυτό το πεδίο. Πάντως, η επίδραση της κλίμακας είναι σημαντική και είναι συνήθως δύσκολο να μετρηθεί η σχετική ταχύτητα κατά την κρούση.

Ο Ochi (1964) σε ένα κλασσικό δημοσίευμα, περιέγραψε μετρήσεις της πίεσης σφυρόκρουσης σε κυματισμούς, σε ένα πρότυπο εμπορικού πλοίου. Αν και ήταν αδύνατο να μετρήσει την ταχύτητα κρούσης απευθείας, επιβεβαίωσε την εξίσωση 7.12 αλλά βρήκε ότι συμβαίνουν ασήμαντες κρούσεις, εάν η σχετική ταχύτητα είναι μικρότερη από μια συγκεκριμένη τιμή. Σύμφωνα με τον Ochi αυτή η κρίσιμη ταχύτητα είναι περίπου 3.7 m/sec για ένα πλοίο 161 μέτρων. Υποθέτοντας ότι η κρίσιμη ταχύτητα ακολουθεί τους νόμους κλίμακας του Froude, μπορεί να εκφραστεί ως ακολούθως :

$$\dot{r}_{3crit} = 0.093 \sqrt{gL} \quad \text{m/sec} \quad (7.13)$$

Ο Ochi κατέληξε ότι μια κρούση μπορεί να συμβεί σε μια συγκεκριμένη θέση εάν :

- η σχετική κίνηση ξεπεράσει το τοπικό αποτελεσματικό βύθισμα D_{ke}
- η σχετική ταχύτητα κατά την κρούση ξεπεράσει την $\dot{r}_{3crit}$

Εφόσον η σχετική κίνηση θεωρηθεί ανεξάρτητη από τη σχετική ταχύτητα, η πιθανότητα η σχετική κίνηση να ξεπεράσει το αποτελεσματικό βύθισμα την ίδια χρονική στιγμή που η σχετική ταχύτητα ξεπερνά την $\dot{r}_{3crit}$ δίνεται από την σχέση :

$$P_{slam} = \exp\left(-\frac{D_{ke}^2}{2C_s^2 m_0} - \frac{\dot{r}_{3crit}^2}{2C_s^2 m_0}\right) \quad (7.14)$$

όπου m_0 και m_2 είναι οι διασπορές της σχετικής κίνησης και της σχετικής ταχύτητας.

Η συχνότητα σφυρόκρουσης είναι :

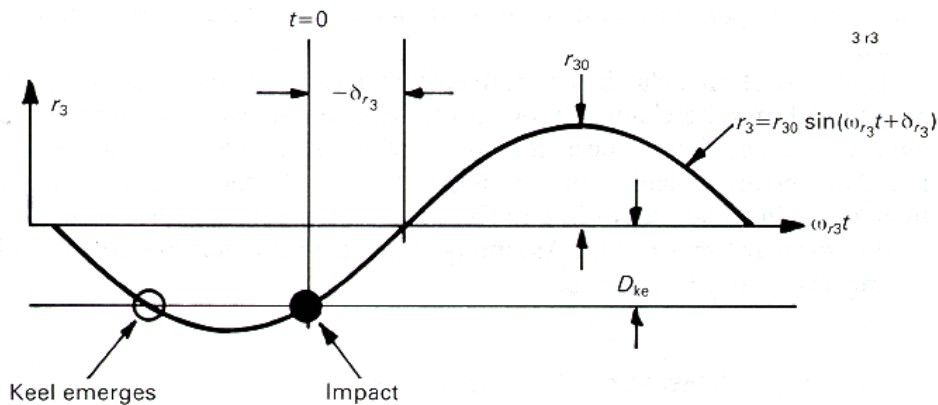
$$N_{slam} = \frac{3600 P_{slam}}{\bar{T}_p} \text{ ανά ώρα} \quad (7.15)$$

7.3.3 Εκτίμηση των πιέσεων σφυρόκρουσης κατά την διάρκεια μιας ισχυρής κρούσης

Η χρονική ιστορία της σχετικής κίνησης κατά τη διάρκεια μια βραχείας περιόδου που περιλαμβάνει μια κρούση ποικίλει από κρούση σε κρούση. Αυτό καθιστά σημαντικό τον προσδιορισμό της σοβαρότητας του συμβάντος, για να προσεγγίσουμε τη σχετική κίνηση για την μικρή αυτή περίοδο από την σχέση :

$$r_3 = r_{30} \sin(\omega_{r3} t + \delta_{r3}) \text{ m} \quad (7.16)$$

όπως φαίνεται και στο σχήμα 7.6.



Σχήμα 7.6 : Χρονική ιστορία σχετικής κίνησης

Η σχετική κίνηση κατά την κρούση είναι τότε :

$$-D_{ke} = r_{30} \sin \delta_3 \text{ m} \quad (7.17)$$

έτσι ώστε

$$\delta_{r3} = \sin^{-1}\left(\frac{-D_{ke}}{r_{30}}\right) \text{ rad} \quad (7.18)$$

Η σχετική ταχύτητα κατά την διάρκεια ενός κύκλου είναι :

$$\dot{r}_3 = \omega_{r3} r_{30} \cos(\omega_{r3} t + \delta_{r3}) \text{ m/sec} \quad (7.19)$$

και η σχετική ταχύτητα κατά την κρούση δίνεται θέτοντας στην παραπάνω εξίσωση $t=0$:

$$\dot{r}_{3\text{slam}} = \omega_{r3} r_{30} \cos \delta_{r3} = \omega_{r3} \sqrt{r_{30}^2 - D_{ke}^2} \text{ m/sec} \quad (7.20)$$

Τελικά, απομένει να προσδιορίσουμε κατάλληλη τιμή για το πλάτος της σχετικής κίνησης r_{30} και για τη συχνότητα ω_{r3} . Η πιθανότητα να ξεπερνά η σχετική κίνηση, μια μέγιστη τιμή r_{30} , δίνεται από την σχέση (7.5) :

$$P_{ke} = \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{r_{30}^2}{C_s^2 m_o}\right) \quad (7.21)$$

και το μέγιστο της σχετικής κίνησης θα συμβεί μια φορά σε N ταλαντώσεις, όπου N :

$$P = \frac{1}{N} = \frac{2\pi}{T_H \omega_{r3}} \quad (7.22)$$

όπου T_H είναι μια αυθαίρετη περίοδος δειγματοληψίας. Έτσι το πλάτος της σχετικής κίνησης που θα ξεπεραστεί μια φορά σε T_H δευτερόλεπτα είναι :

$$r_{30} = C_s \sigma_o \sqrt{\left[-2 \log_e \left(\frac{2\pi}{T_H \omega_{r3}} \right) \right]} \text{ m} \quad (7.23)$$

όπου σ_o είναι η rms τιμή της θεωρητικής σχετικής κίνησης.

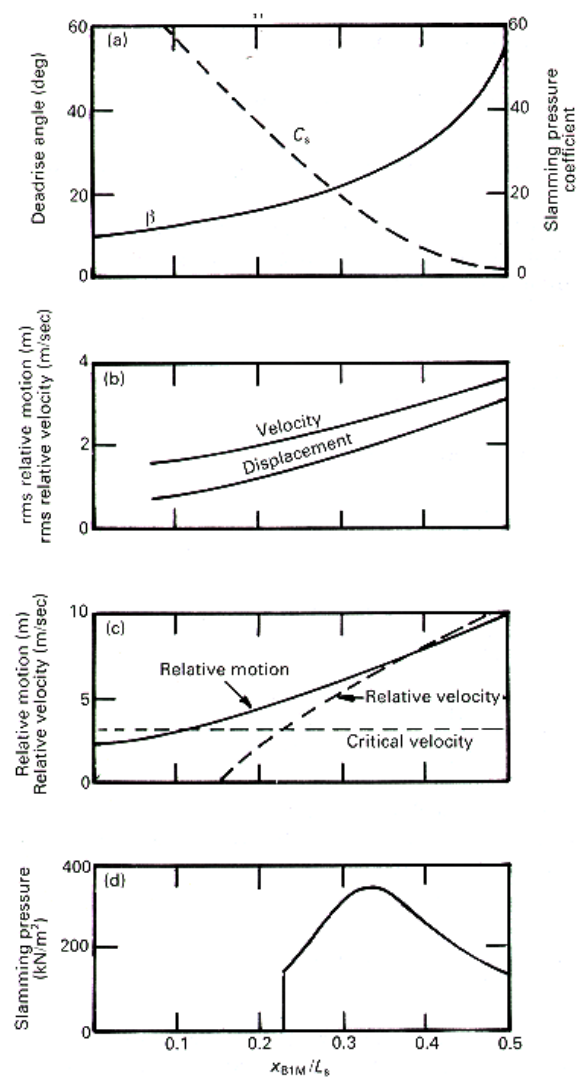
Η συχνότητα ω_{r3} θεωρείται ότι είναι ίση με τη μέση συχνότητα των κορυφών της σχετικής κίνησης :

$$\omega_{r3} = \sqrt{\frac{m_4}{m_2}} \text{ rad/sec} \quad (7.24)$$

Χρησιμοποιώντας αυτές τις εξισώσεις μπορούμε να εκτιμήσουμε τις κορυφές των πιέσεων σφυρόκρουσης που είναι πιθανόν να υπερβληθούν μια φορά σε T_H δευτερόλεπτα. Στο σχήμα 7.7 φαίνονται τα αποτελέσματα από ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα για μια φρεγάτα σε μετωπικούς κυματισμούς με $T_H = 600 \text{ sec}$. Στο σχήμα 7.7 (α) φαίνεται η γωνία ανύψωσης πυθμένα και ο αντίστοιχος συντελεστής πίεσης σφυρόκρουσης C_p . Η μέση τετραγωνική τιμή της κίνησης και της ταχύτητας για την επιλεγόμενη ταχύτητα πλεύσης, και κατάσταση κυματισμών υπολογίζονται με βάση τη θεωρία λωρίδων, ενώ τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα 7.7 (β). Στο σχήμα 7.7 (γ) φαίνεται η προκύπτουσα σχετική κίνηση και η ταχύτητα κρούσης όπως υπολογίζονται από τις εξισώσεις 7.20 και 7.23. Αυτά αντιπροσωπεύουν δυσμενέστερες συνθήκες που πιθανόν να συμβούν σε

χρονικό διάστημα 900 sec. Σημειώνεται ότι η ταχύτητα κρούσης είναι μέγιστη στο πρωραίο άκρο του πλοίου και μηδενίζεται σε κάποια θέση όπου δεν υπάρχει ανάδυση της τρόπιδας. Κάποιες από τις προβλεπόμενες ταχύτητες κρούσης είναι μικρότερες από την κρίσιμη ταχύτητα, η οποία υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση (7.13).

Τελικά το σχήμα 7.7 (δ) δείχνει την πίεση σφυρόκρουσης όπως υπολογίζεται από την εξίσωση 7.11. Η πίεση μηδενίζεται όταν η ταχύτητα κρούσης είναι μικρότερη από την κρίσιμη ταχύτητα.



Σχήμα 7.7: Υπολογισμοί για μια φρεγάτα

7.4 Διαβροχή καταστρώματος

Η πλώρη βυθίζεται στο νερό και εκτινάσσει μια στήλη «συμπαγούς» νερού και αφρού πάνω από το κατάστρωμα. Η πρόσω ταχύτητα του πλοίου εξασφαλίζει ότι κάποια ποσότητα νερού θα πέσει στο κατάστρωμα αν και αρκετό από αυτό θα απομακρυνθεί από τις πλευρές σε μια καλοσχεδιασμένη πλώρη. Τα υπολείμματα μιας προηγούμενης διαβροχής περιβάλλουν το πλοίο κατά μήκος του και σε ύψος που φτάνει μέχρι την και καπνοδόχο.

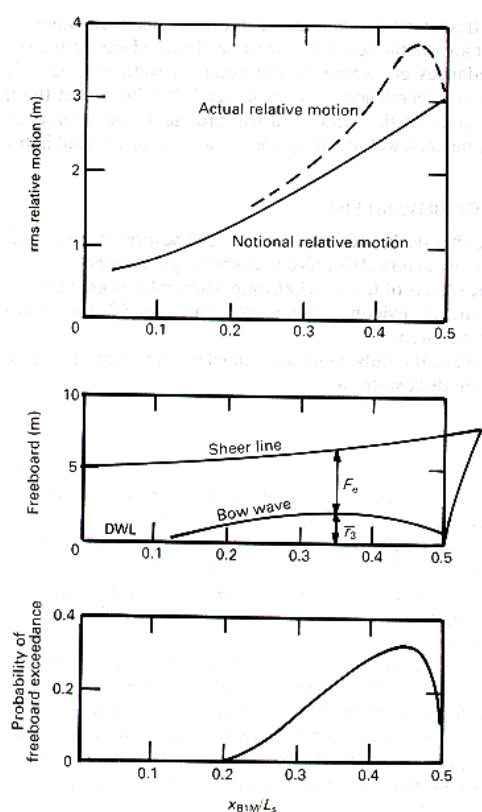
Αναλυτικές προβλέψεις της συχνότητας διαβροχής του καταστρώματος και της σοβαρότητας αυτής είναι αδύνατο να γίνουν προς το παρόν, ούτε αναμένονται στο εγγύς μέλλον. Πειράματα σε πρότυπα μπορούν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες αλλά ακόμα και εδώ οι πληροφορίες πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή. Το νερό της διαβροχής (green water) θεωρείται ότι μπορεί να μοντελοποιηθεί σωστά σε ένα συμβατικό πείραμα υπό κλίμακα, με τη μέθοδο Froude, αν και από απευθείας παρατηρήσεις προκύπτει ότι η μορφή του αφρού δεν μπορεί να μοντελοποιηθεί κατάλληλα. Αυτό συμβαίνει γιατί η επιφανειακή τάση η οποία ελέγχει το μέγεθος του αφρού δεν μπορεί να αναχθεί σε μικρή κλίμακα. Η σταγόνα του αφρού στο πρότυπο είναι αρκετά μεγάλη ώστε να αντιστοιχεί σε μέγεθος μιας μπάλας, στη φυσική κλίμακα.

7.4 Υπέρβαση ύψους εξάλων

Θεωρώντας τη συχνότητα της διαβροχής του καταστρώματος είναι απαραίτητο να διακρίνουμε μεταξύ των συμβάντων όπου το νερό ανεβαίνει στο κατάστρωμα αλλά δεν εισέρχεται στο πλοίο, και της πραγματικής διαβροχής του καταστρώματος όπου το νερό ανεβαίνει πραγματικά στο ανώτερο καιροστεγές κατάστρωμα. Σε χαμηλές ταχύτητες η υπέρβαση του ύψους εξάλων σχεδόν πάντα συμβαίνει ταυτόχρονα με τη διαβροχή του καταστρώματος, αλλά σε μεγαλύτερες ταχύτητες μια καλοσχεδιασμένη πλώρη απομακρύνει το νερό πάνω και μακριά από το πλοίο. Πάντως η υπέρβαση του ύψους εξάλων δεν συνεπάγεται απαραίτητα διαβροχή καταστρώματος, αλλά οποιαδήποτε διαβροχή καταστρώματος γίνεται πάντα με υπέρβαση των εξάλων.

Προς το παρόν είναι αδύνατο να υπολογίσουμε τη συχνότητα διαβροχής του καταστρώματος, αλλά μια ιδέα για τα χαρακτηριστικά μιας σχεδίασης μπορεί να αποκτηθεί από τον υπολογισμό της πιθανότητας υπέρβασης των εξάλων με τη βοήθεια της σχέσης 7.4.

Στο σχήμα 7.8 φαίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών υπέρβασης των εξάλων με τη χρήση αυτών των εξισώσεων, για μετωπικούς κυματισμούς. Είναι φανερό πως η σχετική κίνηση αυξάνει κατά την κατεύθυνση της πλώρης. Τα αποτελέσματα της δυναμικής ανύψωσης της ελεύθερης επιφάνειας (swell up), δίνουν μια μέγιστη τιμή αρκετά πίσω από την πλώρη.



Σχήμα 7.8

Το ενεργό ύψος εξάλων μειώνεται από το κύμα της πλώρης και την δυναμική διαγωγή. Η εξίσωση 7.4 δίνει την πιθανότητα υπέρβασης των εξάλων η οποία είναι τυπικά μέγιστη λίγο πίσω από την πλώρη.

Αν και τα αποτελέσματα αυτά είναι τυπικά, πιθανό να υπερεκτιμούν γενικά την πραγματική ενεργό συχνότητα της διαβροχής του καταστρώματος, δεδομένου ότι οι περισσότερες από τις υπερβάσεις του ύψους εξάλων δεν οδηγούν στην αναρρίχηση νερού στο πρωραίο τμήμα.

7.5 Επίδραση του σχήματος της πλώρης

Είναι φανερό ότι η συχνότητα διαβροχής του καταστρώματος και η σοβαρότητα αυτής πρέπει να επηρεάζονται από τη μορφή της πλώρης πάνω από την ίσαλο. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι δεν υπάρχει συμφωνία διεθνώς για τη σημαντική επίδραση της εξοχής της πλώρης, των ακμών και των γωνιών της πλώρης. Τα διαθέσιμα αντικειμενικά πειραματικά δεδομένα είναι μπερδεμένα και αντιφατικά, οπότε το αντικείμενο παραμένει υπό έρευνα. Το μεγάλο ύψος εξάλων είναι το μόνο χαρακτηριστικό που είναι γενικά αποδεκτό ότι έχει θετική επίδραση στη διαβροχή του καταστρώματος.