

- [6] Technical committee IV.2, "Design methods", 17th International ship & offshore structures congress - ISSC 2009, 6-21 August 2009, Seoul, Korea.
- [7] Do Quang Khai, PhD thesis: "New software development for ship design", Liège University, 2008
- [8] MAESTRO Manual, Copyright 2009 DRS Defense Solutions, LLC, Advanced Technology Center, 160 Sallitt Drive, Suite 200, Stevensville, MD 21666, 410-604-8000
- [9] MAESTRO - Ship Structural Design, Copyright 2009 DRS Defense Solutions, LLC, Advanced Technology Center, 160 Sallitt Drive, Suite 200, Stevensville, MD 21666, 410-604-8000

Người phản biện: TS. Lê Văn Hạnh

ÔN ĐỊNH CỦA TÀU KHI CÓ CHIỀU CAO THỂ VỮNG GM ÂM
STABILITY OF SHIP WITH NEGATIVE INITIAL METACENTRIC HEIGHT (GM<0)

TS. NGUYỄN CÔNG VINH, KS. NGUYỄN MẠNH HẢI
 Khoa Điều khiển tàu biển, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Bài viết này đề cập đến trường hợp tàu hành trình với GM âm. Bài viết sẽ phân tích tư thế của tàu, các hiện tượng và những lưu ý cần thiết khi gặp tình huống này. Đây là trường hợp ít xảy ra trong thực tiễn nhưng nó gây nhiều băn khoăn cho người sĩ quan hàng hải khi gặp phải.

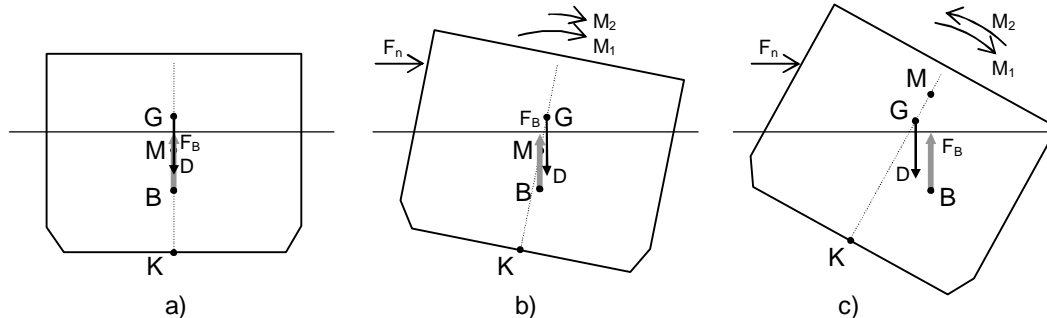
Abstract

This paper deals with case when a ship sailing with negative initial metacentric height. The article will analyze the ship's position, phenomenons, and some necessary attentions when face to face. In fact, this circumstance rarely happen, but it brings about questions without responding for navigation officer when sailing.

1. Góc lệch ổn định ban đầu của tàu (Angle of loll)

Khi tàu hành trình trên biển, chiều cao thể vững yêu cầu phải lớn hơn không ($GM > 0$) tuy nhiên trong thực tiễn hàng hải, nhiều trường hợp con tàu hành trình với chiều cao thể vững âm. Bài viết này sẽ đề cập đến các hiện tượng và những tính toán liên quan đến tình huống này.

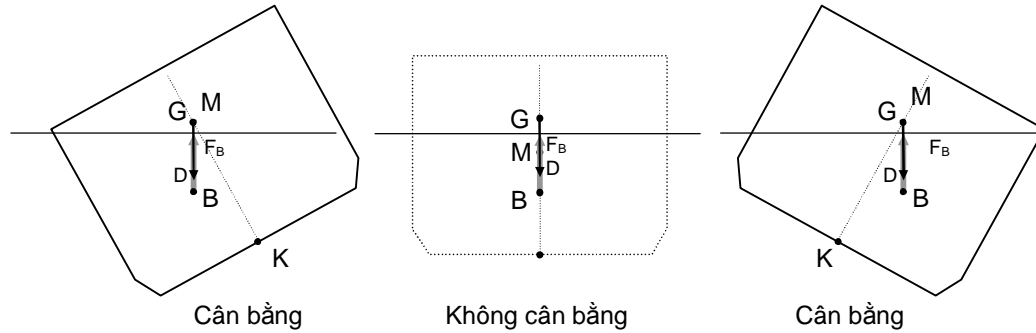
Khi một con tàu có chiều cao thể vững âm nó sẽ luôn bị nghiêng về một bên mạn một góc nhỏ. Nguyên nhân do cặp ngẫu lực "Trọng lực-Lực nổi" không sinh ra mô men hồi phục mà sinh ra mô men làm nghiêng tàu (capsizing moment).



Hình 1. Sự tạo lập cân bằng của tàu khi tàu có $GM < 0$.

Trên 0 mô tả quá trình thiết lập trạng thái cân bằng của tàu khi tàu có $GM < 0$. Giả sử ban đầu, tàu ở tư thế thẳng đứng (0a). Lực nổi F_B và trọng lực D nằm trên cùng một đường thẳng đứng và cân bằng với nhau. Về mặt lý thuyết, nếu không có các tác động ngoại lực khác, con tàu sẽ đứng cân bằng tại tư thế này.

Giả sử có ngoại lực F_n tác dụng vào mạn trái của tàu như trên O_b , ngoại lực này tạo ra mô men M_1 làm nghiêng tàu. Khi tàu nghiêng, cặp lực D và F_B không còn nằm trên đường thẳng đứng nữa và tạo ra mô men M_2 . Trong trường hợp này, mô men M_2 không phải là mô men hồi phục mà nó cùng chiều với chiều mô men ngoại lực M_1 làm cho tàu nghiêng nhanh hơn về một bên mạn. Khi tàu nghiêng tới một góc nghiêng lớn hơn, tâm nổi B dịch chuyển ra xa hơn theo phương ngang như trên O_c . Từ vị trí này, lực nổi F_B và trọng lực D sinh ra mô men hồi phục M_2 có chiều ngược lại với chiều của mô men ngoại lực M_1 . Khi hai mô men này cân bằng với nhau, tàu đạt trạng thái cân bằng với một góc nghiêng ổn định về mạn phải.



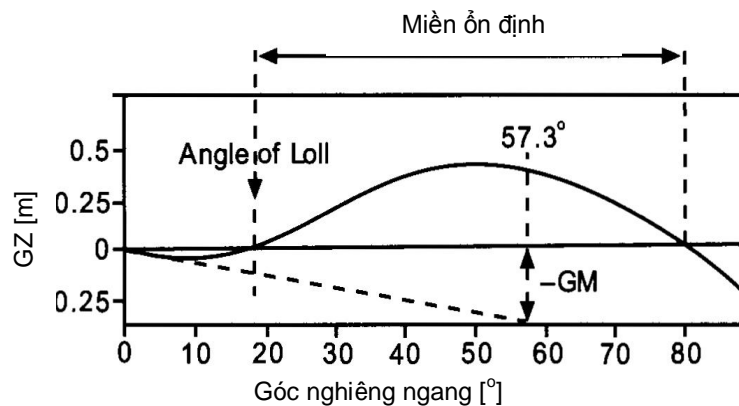
Hình 2. Trạng thái cân bằng ban đầu của tàu khi tàu có $GM < 0$.

Góc nghiêng ngang này được gọi là góc lệch ổn định ban đầu của tàu (Angle of loll). Đó là góc mà tại đó con tàu có chiều cao thể vững âm ($GM < 0$) sẽ nằm ổn định trên mặt nước yên tĩnh. Khi con tàu nghiêng với góc nghiêng lớn hơn góc lệch này, cánh tay đòn hồi phục có giá trị dương, tạo ra mô men đưa con tàu trở về góc lệch ổn định và ngược lại, khi ngoại lực tác động làm cho con tàu nghiêng một góc nhỏ hơn, cánh tay đòn hồi phục sẽ có giá trị âm và tạo ra mô men kéo con tàu về góc nghiêng là góc lệch ổn định ban đầu.

Giả sử có một ngoại lực khác đủ lớn tác dụng vào mạn phải của tàu đẩy tàu về tư thế thẳng đứng. Nếu ngoại lực này đẩy tàu vượt qua vị trí thẳng đứng, cặp lực F_B và D sẽ tiếp tục kéo tàu nghiêng hẳn về mạn trái và tàu sẽ cân bằng ổn định ở góc lệch ổn định ban đầu bên mạn trái.

Như vậy khi có $GM < 0$, tàu sẽ không cân bằng ở tư thế thẳng đứng mà sẽ cân bằng tại một góc nghiêng nhỏ về bên mạn trái hoặc phải. Con tàu sẽ lật qua lật lại giữa hai vị trí cân bằng này dưới tác động của sóng gió mà không bao giờ đứng thẳng được (0). Do góc lệch ổn định ban đầu này nhỏ nên hiện tượng này chỉ dễ nhận ra khi tàu hành trình trong vùng nước yên tĩnh hoặc sóng gió nhỏ.

Trong trường hợp $GM < 0$ này, đồ thị cánh tay đòn ổn định tĩnh GZ có dạng như trên 0. Độ lớn cánh tay đòn hồi phục của tàu tại góc lệch ổn định có giá trị bằng 0. Tại những góc nghiêng nhỏ hơn góc lệch này, cánh tay đòn ổn định mang giá trị âm, ngược lại cánh tay đòn ổn định mang giá trị dương khi góc nghiêng của tàu nằm trong khoảng từ góc lệch ổn định ban đầu đến góc lật (angle of vanishing) của tàu.



Hình 3. Đồ thị đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh khi tàu có $GM < 0$.

2. Tính góc lệch ổn định ban đầu của tàu

Góc lệch ổn định ban đầu của tàu được xác định trên đồ thị cánh tay đòn ổn định tĩnh GZ , đó chính là điểm cắt của đồ thị với trục hoành tại vị trí góc nghiêng khác 0. Đối với tàu có mạn thẳng đứng, ta có thể xác định bằng cách tính như sau.

Khi tàu có mạn thẳng đứng, giá trị GZ của tàu có thể được tính theo công thức sau:

$$GZ = \sin\theta \left(GM + \frac{1}{2} BM * \tan^2 \theta \right) \quad (1)$$

(công thức trên chỉ áp dụng với góc $\theta < 25^\circ$)

Để $GZ = 0$, hoặc $\sin\theta = 0$ (tàu ở tư thế thẳng đứng) hoặc

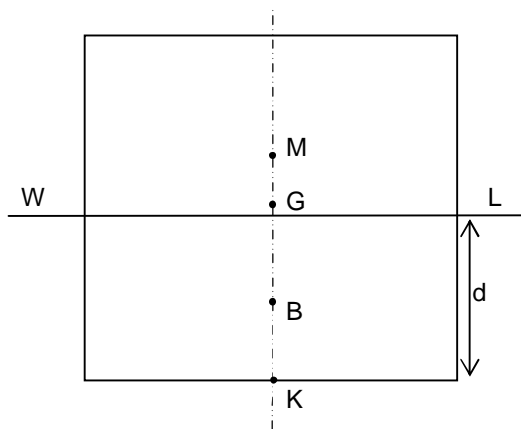
$$\left(GM + \frac{1}{2} BM * \tan^2 \theta \right) = 0 \quad (2)$$

Hay

$$\tan\theta = \sqrt{\frac{-2GM}{BM}} \quad (3)$$

Góc θ tính bởi công thức trên (khi GM có giá trị âm) chính là góc lệch ổn định ban đầu của tàu.

Ví dụ sau sẽ làm rõ hơn cách tính góc lệch này: “Một khối gỗ đồng chất có tỉ trọng 0.4, kích thước $l \times b \times h = 6\text{m} \times 3\text{m} \times 3\text{m}$ có thể nổi thẳng đứng trong nước ngọt không? Nếu không, góc lệch là bao nhiêu?”



Hình 4. Khối gỗ nổi trên mặt nước.

Do khối gỗ đồng chất nên $KG = \frac{1}{2}$ chiều cao khối gỗ, $KG = 1.5\text{m}$.

Mớn nước d của khối gỗ được xác định như sau:

$$\frac{d}{h} = \frac{\gamma_{gỗ}}{\gamma_{nước}}$$

$$d = \frac{0.4}{1} \times 3 = 1.2(m)$$

Cao độ tâm nổi bằng $\frac{1}{2}$ mớn nước của khối gỗ, bằng

$$KB = \frac{d}{2} = \frac{1.2}{2} = 0.6(m)$$

Độ cao tâm nghiêng ngang tính từ tâm nổi được xác định bằng công thức

$$BM = \frac{b^2}{12d} = \frac{3^2}{12 \times 1.2} = 0.625(m)$$

Vậy cao độ tâm nghiêng ngang là:

$$KM = KB + BM = 0.6 + 0.625 = 1.225$$

Chiều cao thể vững của khối gỗ là:

$$GM = KM + KG = 1.225 + 1.5 = -0.275(m)$$

Vì chiều cao thể vững $GM < 0$ nên khối gỗ không thể đạt trạng thái cân bằng bền tại tư thế thẳng đứng được, nó sẽ nghiêng về một bên với góc lệch ổn định ban đầu là:

$$\tan \theta = \sqrt{\frac{-2GM}{BM}} = \sqrt{\frac{-2 \times (-0.275)}{0.625}} = 0.9381$$

$$\Rightarrow \theta = 43^\circ 10'$$

Vậy khối gỗ sẽ nghiêng một góc bằng góc lệch ổn định ban đầu $\theta = 43^\circ 10'$.

3. Một số lưu ý khi tàu có $GM < 0$

Khi tàu có $GM < 0$, tàu có hiện tượng như đã mô tả ở trên. Để khắc phục hiện tượng này cần phải hạ thấp trọng tâm tàu sao cho trọng tâm tàu nằm thấp hơn tâm nghiêng M bằng cách bơm thêm nước vào các két đáy đôi hoặc hạ thấp những trọng vật có trên tàu. Khi bơm thêm nước vào balast cần đặc biệt chú ý đến ảnh hưởng mặt thoáng chất lỏng trong két vì mặt thoáng này có thể làm giảm thêm thể vững của tàu dẫn đến làm tàu càng nghiêng hơn.

Hiện tượng tàu có $GM < 0$ thường xảy ra khi tàu chở hàng nhẹ, xếp hàng trên boong. Khi gặp trường hợp này, trong lúc hành trình trên mặt nước yên tĩnh, tàu bị nghiêng cố định sang một bên rồi đột nhiên lại nghiêng sang bên kia và tiếp tục như vậy. Khi thấy tàu bị nghiêng, người sĩ quan thường cho bơm nước vào két nước đối diện với bên nghiêng, nhưng nhiều khi càng bơm vào, tàu càng nghiêng thêm làm người sĩ quan rất băn khoăn. Lý giải cho hiện tượng này như sau: Khi chở hàng trên boong, tàu thường phải bơm đầy các két đáy đôi để hạ thấp trọng tâm. Tuy nhiên, nhiều trường hợp sau khi đã bơm đầy các két đáy đôi tàu vẫn có $GM < 0$ và tàu có hiện tượng nghiêng bất thường như vậy. Do tàu các két đáy đôi đã đầy nên người sĩ quan phải bơm nước vào các két treo để chỉnh nghiêng. Chính việc bơm thêm nước vào két treo này đã nâng cao thêm trọng tâm của tàu và làm cho tàu càng nghiêng hơn về phía mạn đối diện với két balast được bơm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Derrett D.R. *Stability for Master and Mate*
- [2] Charles H. Brown F.R.S.G.S *Nichollss Seamanship And Nautical Knowledge* 2007

*Người phân biệ*n: PGS.TS. Nguyễn Viết Thành

**PHÂN TÍCH NGUYÊN NHÂN HƯ HỎNG HỆ TRỤC CHÂN VỊT MỘT SỐ
TÀU CAO TỐC VỎ HỢP KIM NHÔM ĐANG SỬ DỤNG TẠI VIỆT NAM**
ANALYSING DAMAGE CAUSES OF THE PROPELLER SYSTEM
OF HIGH SPEED ALUMINUM ALLOY SHIPS

TS. QUẢN TRỌNG HÙNG
Viện Khoa học Cơ sở, Trường ĐHHH