

# NEO GIỮ VÀ ĐÁNH CHÌM CAISSON (THÙNG CHÌM) TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH BIỂN

PGS.TS. HỒ SĨ MINH  
PGS .TS. NGUYỄN ĐĂNG TỘ

Trường Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Sử dụng thùng chìm trọng lực (caisson) trong xây dựng công trình biển rất có hiệu quả, trong đó chế tạo thùng chìm ở vị trí thuận lợi rồi kéo tới vị trí cần đánh chìm, neo giữ đúng vị trí là khó khăn nhất, bởi thùng chìm luôn bị dao động do sóng, dòng, áp lực đẩy nổi thùng: nhô lên, chìm xuống, lắc lư, chòng chành và quay. Mặt khác, thùng khi chìm còn bị ảnh hưởng bởi trọng lượng, tính đàn hồi của dây neo.

Cần tính toán chọn dây cáp, xích, mỏ neo chính xác để đảm bảo an toàn trong quá trình neo giữ và đánh chìm. Tuy nhiên, phải sử dụng những giả thiết đơn giản hơn hiện tượng dao động thùng chìm trong môi trường sóng và dòng để có những công thức tính cho thực hành.

Nội dung nghiên cứu xung quanh vấn đề trên được trình bày trong bài báo này nhằm giới thiệu cùng bạn đọc, các nhà nghiên cứu và thi công thùng chìm trong xây dựng công trình biển.

## 1. Giới thiệu:

Thùng chìm là loại thùng khối hộp bằng bê tông cốt thép, được sử dụng để xây dựng đê chắn sóng, cảng biển, ngăn dòng trong xây dựng công trình ở vùng triều như đập, cống ngăn mặn; và gần đây ở nước ta nghiên cứu dạng thùng chìm có tên gọi là xà lan bê tông di động thay cho cống ngăn mặn giữ ngọt xây dựng tại chỗ theo kiểu truyền thống.

Từ năm 2004 đến năm 2007 ở tỉnh Bạc Liêu và Cà Mau đã xây dựng 10 cống ngăn mặn, giữ ngọt bằng công nghệ xà lan bê tông di động, áp dụng ở những kênh, lạch triều có chiều rộng từ 25 - 30m, độ sâu từ 3 - 4m.

Đề tài cấp Bộ thường xuyên (2007) [2] “Nghiên cứu sóng dao động tức thời đến ổn định của xà lan bê tông khi đánh chìm” đã tổng kết: “*khi đánh chìm xà lan, hiện tượng xảy ra lúc bơm nước từ từ vào xà lan để đánh chìm, xà lan đang ở trạng thái nổi, bất thần lật nghiêng về một bên, góc nghiêng có khi đến 60 độ, làm nước tràn từ miệng vào bụng xà lan. Góc dưới của xà lan cắm sâu vào nền có khi hàng mét. Hiện tượng này gây nhiều khó khăn cho công tác thi công, mặt khác nó gây ra sự dao động về ứng suất ở nền đất yếu dưới đáy công trình*

*cũng như trong bản thân xà lan...*”

Trong thực tế, ở những vị trí đánh chìm, thùng chìm chịu tác dụng của sóng, dòng nên rất khó đặt nó vào đúng vị trí và bằng phẳng. Về lý thuyết tính toán neo giữ, ổn định trong quá trình đánh chìm là khó, về công nghệ đánh chìm đòi hỏi tổ chức chu đáo, phối hợp chặt chẽ các đơn vị thi công.

## 2. Neo giữ thùng chìm.

Để hạn chế thùng chìm ít bị nhô lên, chìm xuống, đu đưa và chệch hướng ở vị trí đánh chìm cần phải neo giữ bằng hệ thống dây cáp và mỏ neo, vì thế chuyển động thùng chìm ở thời điểm này là khó xác định bởi dây cáp có tính co giãn đàn hồi do lực của sóng, dòng và áp lực đẩy nổi thùng chìm. Phương trình cơ bản chuyển động thùng chìm khi được neo giữ:

$$a_x \frac{d^2x}{dt^2} + b_x \frac{dx}{dt} + (c_x + d_x)x = F(t) + F_p \quad (1)$$

Trong đó:

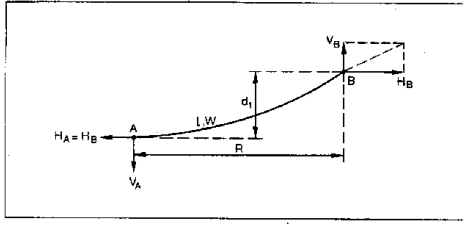
$F(t)$  - Lực tác dụng lên dây cáp theo thời gian

$F_p$  - Lực kéo dây cáp

$d_x$  - Hệ số đàn hồi của dây cáp, là tỷ số giữa lực kéo và sức kéo đứt của dây cáp.

$a_x, b_x, c_x$  - hằng số

Sơ đồ lực tác dụng lên dây cáp và mỏ neo như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ lực dây cáp và mỏ neo

$$V_B = \frac{1}{2}lw + d_1 \sqrt{\left(\left(\frac{w}{2}\right)^2 + \frac{H_B^2}{(l^2 - d_1^2)}\right)} \quad (2)$$

$$V_A = V_B - lw$$

$$R = \frac{2H_B}{w} \operatorname{arctgh}\left(\frac{d_1 w}{V_A + V_B}\right) \quad (3)$$

Trong (2) và (3):

$V_A$  - Lực đứng neo giữ của mỏ neo.

$V_B$  - Lực đứng đầu dây neo với thùng chìm.

$R$  - Khoảng cách AB có thay đổi do co giãn cáp

$l$  - Chiều dài dây cáp

$w$  - Trọng lượng dây cáp trên một đơn vị chiều dài

$d_1$  - Khoảng cách đứng AB

$H_B = H_A$  - Lực ngang ở điểm B

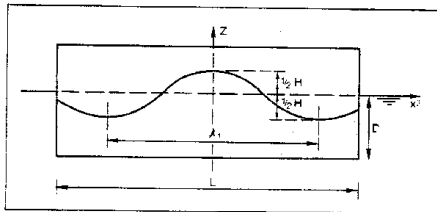
Để xác định sức giữ mỏ neo và khoảng cách dây neo người ta xây dựng quan hệ không tuyến tính  $H_B - R$ , gọi là đường đặc trưng xích. Khi  $H_B$  và  $R$  tăng thì  $dH_B/dR$  tăng, dao động dây cáp càng tăng lên. Tính toán dao động này là rất phức tạp, trong thực tế cần đơn giản hóa với giả thiết:

- Bỏ qua sự quay, nhấp nhô theo trục đứng của thùng chìm

- Dao động mực nước theo phương đứng dọc sát bên ngoài thùng chìm:

$$Z_w = \frac{1}{2} H \cos(k_1 x - \phi) \quad (4)$$

Trong đó:  $k_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1}$ ,  $\lambda_1 = \frac{\lambda}{\cos \alpha}$



Hình 2. Sóng sát thùng chìm

$\lambda$  - Chiều dài sóng tự nhiên xa thùng

$\lambda_1$  - Chiều dài sóng sát thùng chìm

$\phi$  - Góc lệch khuynh tâm thùng chìm so với phương đứng.

$x$  - Trục hoành có gốc ở điểm giữa thùng chìm

$H$  - Chiều cao sóng, ở hai phía thùng chìm có trị số khác nhau: phía hướng sóng tới có trị số  $H$ , phía bên kia thùng có trị số  $H^1$ . Như vậy tương ứng  $\phi = 0$  và  $\phi^1 \neq 0$  nên  $\lambda_1 = \lambda_1^1 : \phi^1$

$$= kb \sin \alpha$$

$\alpha$  - Góc thành bên thùng và hướng truyền sóng

Lực tổng hợp theo phương ngang là:

$$F(x) = \frac{1}{2} \rho g \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} H^2 \cos^2(k_1 x) + HD \cos k_1 x \\ -\frac{1}{2} (H^1)^2 \cos^2(k_1 x - \phi^1) \\ -H^1 D \cos(k_1 x - \phi^1) \end{array} \right\} \quad (5)$$

Khi  $H^1=0$ , lực tổng hợp trên toàn bộ chiều dài cáp (xích) được tính là:

$$F_R = \frac{1}{2} \rho g L \left\{ \frac{1}{8} H^2 \left(1 + \frac{\sin(k_1 L)}{k_1 L}\right) + HD \frac{\sin\left(\frac{1}{2} k_1 L\right)}{\frac{1}{2} k_1 L} \right\} \quad (6)$$

Khi  $\alpha \rightarrow 90^\circ$  thì  $k_1 \rightarrow 0$  và

$$F_R = \frac{1}{2} \rho g L H D \left(1 + \frac{1}{4} \frac{H}{D}\right) \quad (7)$$

Tuy nhiên, khi  $\alpha = 90^\circ$  thì  $Z_w^1 = -\frac{1}{2} H$  dọc 2 bên thành thùng thì lực lớn nhất kéo dây cáp sẽ là:  $F_R = \rho g H D L$ . Lúc này moment gây lệch hướng sẽ là:

$$M_z = \int_{-\frac{1}{2}L}^{+\frac{1}{2}L} x F(x) dx \quad (8)$$

$$= -\frac{1}{8} \rho g \frac{H^2 L}{k_1} \{A_1 \sin(2\phi^1) + A_2 \sin(\phi^1)\}$$

Trong đó:

$$A_1 = \frac{1}{4} \frac{\sin(k_1 L)}{k_1 L - \cos(k_1 L)};$$

$$A_2 = \frac{4D}{H} \frac{\sin \frac{1}{2} k_1 L}{\frac{1}{2} k_1 L - \cos \frac{1}{2} k_1 L}$$

Moment lớn nhất khi:

$$\frac{dM_z}{d\phi} = 0,$$

$$\phi_1 = \arccos(-\beta \pm \sqrt{\beta^2 + 0.5}),$$

$$\text{với } \beta = \frac{1}{8} \frac{A_2}{A_1}$$

Sau đây là ví dụ tính neo giữ cho tàu thủy để tham khảo khi tính tương tự cho thùng chìm:

Biết:  $\alpha = 45^\circ$ ,  $H=H^1=2.5\text{m}$ ;

$\lambda = 39\text{m}$ ;  $D=10\text{m}$ ;  $L=150\text{m}$

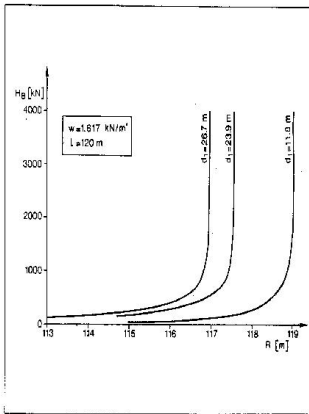
Tính:

$\lambda_1 = 55.15\text{m}$ ;  $k_1 = 0.114$ ;  $\phi^1 = 3.42$

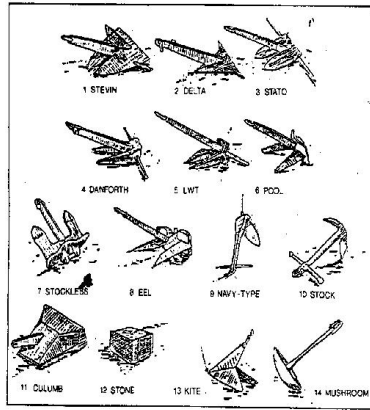
$$F_x = 12.10^3 \left\{ \frac{5}{8} [\cos^2(k_1 x) - \cos^2(k_1 x - \phi^1)] + 10 [\cos(k_1 x) - \cos(k_1 x - \phi^1)] \right\} \text{Vi: } F_R = \int_{x=-\frac{1}{2}L}^{\frac{1}{2}L} F(x) dx$$

$$\text{Nên: } F_R = 12.3.10^3 \left\{ \frac{5}{8} \cdot \frac{1}{2} \left[ L + \frac{\sin(k_1 L)}{k_1} - L - \frac{\sin(k_1 L - 2\phi^1) - \sin(k_1 L - \phi^1)}{2k_1} \right] + \right. \\ \left. 10 \left[ \frac{2 \sin(k_1 L)}{k_1} - \frac{\sin(\frac{1}{2} k_1 L - \phi^1) - \sin(-\frac{1}{2} k_1 L - \phi^1)}{k_1} \right] \right\}$$

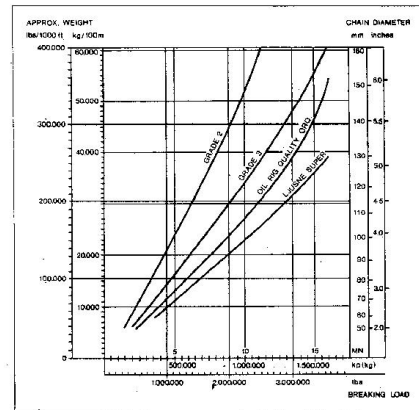
$$= 12.3.10^3 \{47.681 - 47.675 + 51.59 - 26.04\} = 12.3.10^3 \cdot 25.55(N) = 314kN$$



Hình 3. Đường đặc trưng 'xích'



Hình 4. Các loại mỏ neo



Hình 5. Chọn đường kính dây cáp

Moment gây lệch hướng  $M_z = 9.3610^6 \text{ Nm}$ .

Khi  $H^1=0$ ;

$$F_R = 12.3.10^3 \{47.68 + 51.59\} = 1.22.10^3 \text{ kN}$$

$$\text{Khi } Z_w^1 = -\frac{1}{2}H \text{ và } \alpha = 90^\circ ; F_R = 36.8.10^3 \text{ kN}$$

Để tiện tính toán, người ta xây dựng biểu đồ đường đặc trưng 'xích'  $H_B-R$ . Ví dụ ở hình 3, với: chiều dài dây cáp neo  $l = 120\text{m}$ , có trọng lượng  $1\text{m}$  dài  $w = 1.1617 \text{ KN/m}$ , độ sâu neo khác nhau:  $d_1 = 26.7, 23.9, 14.8 \text{ m}$ .

Chọn dây cáp, dây xích, loại mỏ neo có thể tham khảo ở hình 3, 4, 5.

### 3. Tổ chức đánh chìm

Lúc mực nước triều cao, kéo thùng chìm vào vị trí đã định, rồi dùng các tàu kéo có mỏ neo giữ cho thùng chìm ổn định và tiến hành đánh chìm. Thời điểm đánh chìm chọn lúc nước dừng ( $v \approx 0$ ) khi triều cao rút xuống hoặc triều bắt đầu lên, chọn lưu tốc dòng nhỏ hơn  $0.5 \text{ m/s}$ .

### 4. Tính toán lực thùng chìm va chạm với đáy nền

Khi đánh chìm, thùng chìm sẽ chuyển động theo hướng xuống đáy nền và theo chiều dòng chảy do tác dụng của dòng và sóng. Nếu chỉ xét

chuyển động theo chiều thẳng đứng (thực tế thùng được neo giữ không cho trôi theo chiều dòng chảy) thì lực va chạm với nền được tính theo sơ đồ va chạm thẳng xuyên tâm. Khi thùng chìm dịch chuyển, động năng:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (9)$$

Trong đó:

$m$  - Khối lượng thùng chìm (kg)

$v$  - Tốc độ dịch chuyển thùng chìm tại thời điểm khi va chạm nền (m/s).

Khi va chạm, động năng biến thành năng lượng đàn hồi  $E_e$ . Nếu coi thùng gắn lò xo ở đầu hoặc coi nền là lò xo có độ cứng  $C$  thì:

$$C = F/x \quad (10)$$

Trong đó :

$F$  - Lực va chạm (kN)

$x$  - Khoảng dịch chuyển nhỏ từ lúc chạm nền đến khi kết thúc va chạm (m)

Năng lượng trong khi dịch chuyển là:

$$E_e = \int_0^x C.x.dx = \frac{1}{2}C.x^2 \quad (11)$$

Bỏ qua thế năng của thùng chìm trong trường trọng lực thì  $E_k = E_e$ . Từ (9), (10), (11) tìm được lực tác dụng thùng chìm lên nền:

$$F = \sqrt{mCv} \quad (12)$$

Độ cứng  $C$  của đất nền (N/cm) có thể xác định:  $C = \lambda S$ . Trong đó:  $\lambda$  là độ cứng riêng của đất,  $\lambda = 30 \text{ N/cm}^3$ .  $S$  là diện tích đáy thùng tiếp xúc với nền ( $\text{cm}^2$ ).

**Ví dụ:** Một thùng chìm có chiều rộng  $B=9\text{m}$ , chiều dài  $L=30\text{m}$ , khối lượng (cả gia trọng)  $1188000\text{kg}$ , độ sâu mực nước đánh chìm là  $3\text{m}$ , tốc độ chìm là  $0.5 \text{ m/s}$ . Lực tác dụng lên nền tính theo (11) là:  $49050 \text{ kN}$ . Áp lực động đơn vị thùng chìm lên đáy nền :  $18.17\text{N/cm}^2$ . Áp lực tĩnh lên nền là  $4.4 \text{ N/cm}^2$ .

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trường Đại học Thủy lợi. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ “Nghiên cứu tính toán thủy lực và công nghệ ngăn dòng công trình ở vùng triều”. Chủ nhiệm: PGS.TS. Hồ Sĩ Minh
- [2] Viện Khoa học Thủy lợi (2007): Đề tài nghiên cứu khoa học thường xuyên “Nghiên cứu sóng dao động tức thời đến ổn định của xà lan bê tông khi đánh chìm”. Chủ nhiệm: ThS. Trần Văn Thái
- [3] J.C. Huis in’t Veld (1980). *Closing of Tidal Basins*, Lecture notes. IHE, The Netherlands.
- [4] J.C Huis in’t Veld and Authors (1984). *The Closure of Tidal Basins* . DELFT University Press .

#### Abstract:

### ANCHORING AND SINKING THE CAISSONS IN THE CONSTRUCTION OF COASTAL ENGINEERING

*The caissons has to be built in a construction dock that is in the site satisfying the advantageous conditions and then sailing to the gap. The disadvantages of caisson placement procedure are anchorage and sinking. The problem of a moored caisson is more complicated than the problem of unrestrained caisson motion. There are three additional periods (surge, sway and yaw) and the restoring force (elasticity and cable weight) is nonlinear. Because of the complexity of the calculation some simple cases only will be discussed in this paper.*