NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG NEO CÁNH XOẮN TRONG HỆ THỐNG NEO NHÀ MÁY ĐIỆN MẶT TRỜI NỔI

STUDY TO APPLY HELIX ANCHOR IN THE ANCHORING SYSTEM OF THE FLOATING SOLAR POWER PLANT

ThS. **Nguyễn Hà An**, ThS. **Trần Anh Tuấn**
Viện Nghiên cứu Cơ khí – Bộ Công Thương

TÓM TẮT

Neo cánh xoắn ứng dụng trong hệ thống neo của nhà máy điện mặt trời nổi là trục có cánh xoắn, trục là thanh vuông, tròn đặc hoặc thép ống được hàn các cánh xoắn. Các cánh xoắn được làm bằng tấm thép, được ép thành hình bước ren vít. Khi neo xoay trong đất, các cánh xoắn sinh ra lực đẩy hướng trục làm cho nó tiến về phía trước. Neo cánh xoắn được thiết kế thay đổi để đáp ứng tải trọng yêu cầu theo hình dạng kinh tế và hiệu quả nhất đồng thời được sử dụng để truyền các tải trọng từ bề mặt xuống sâu hơn, địa tầng chịu lực phù hợp.

Bài báo trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu, tính toán tải trọng và thông số cơ bản của neo áp dụng thử nghiệm và ứng dụng thực tế trong hệ thống neo nhà máy điện mặt trời nổi.

Từ khóa: *Neo cánh xoắn; Hệ thống neo; Nhà máy điện mặt trời nổi.*

ABSTRACT

Helix anchor applies in the anchoring system of the floating solar power plant, is pile with helix plate, the pile is made of solid square, circle bar or tubular steel shaft to which helix plates are welded. The helix plates are made of steel plate, and pressed to proper form of a pitched screw thread. When the helix anchor rotates in the ground, the helix plates generate axial force to make it to advance. The helix anchor is designed variably to response the required load according to the most economical and effective configuration at the same time is used to transfer the load from the surface to deeper, more suitable load-bearing strata.

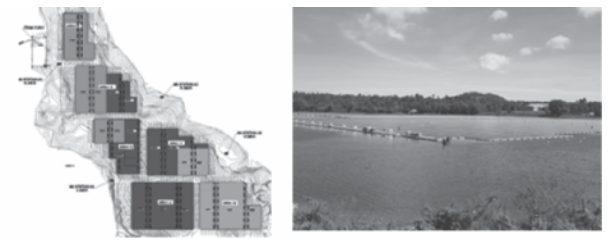
This article presents a summary of the studied results, load calculation and basic parameter of helix anchor applied for real test and real apply in the anchoring system of the floating solar power plant.

Keywords: *Helix anchor; Anchoring system; Floating solar power plant.*

1. GIỚI THIỆU VỀ HỆ THỐNG NEO VÀ ỨNG DỤNG

Cùng với sự phát triển của nền kinh tế nước ta, ngành điện đã phát triển mạnh mẽ để đáp ứng năng lượng trong đó năng lượng tái tạo, năng lượng sạch như điện mặt trời, điện gió… được ưu tiên phát triển. Các nhà máy điện mặt trời nổi trên các hồ thủy điện, hồ thủy lợi tiết kiệm quỹ đất và tối ưu khả năng phát điện.

Nhà máy điện mặt trời nổi gồm những mảng phao được liên kết bởi phao đỡ pin, phao kết nối, phao đường đi… bằng các chốt liên kết. Xung quanh các mảng phao là hành lang đi lại và dùng để kết nối với hệ thống neo. Hệ thống neo đảm bảo các mảng phao cố định và có thể dịch chuyển trong khoảng cho phép dưới tác động của sóng, gió, dòng chảy và mực nước dao động. Tại mỗi điểm neo, một cáp neo chính kết nối với các nhánh cáp phụ để giảm số lượng các điểm neo. Góc lớn nhất giữa dây neo và mặt phẳng nằm ngang là 30°.



Hình 1. Hệ thống neo của nhà máy điện mặt trời nổi

Hệ thống neo trong nhà máy điện mặt trời nổi có thể sử dụng loại neo cánh xoắn hoặc neo bê tông phụ thuộc vào yêu cầu của từng công trình cũng như kết quả khảo sát địa hình, địa chất. Neo cánh xoắn đã được sử dụng rộng rãi trong các ngành xây dựng, giao thông…. Trên thế giới, neo cũng đã được ứng dụng trong các nhà máy điện mặt trời nổi. Ở Việt Nam, Viện Nghiên cứu Cơ khí đưa vào ứng dụng trong hệ thống neo của nhà máy điện mặt trời nổi trong thời gian gần đây.

Neo cánh xoắn bao gồm có hai phần là trục neo và cánh neo. Trục neo được chế tạo từ thép đặc hình tròn, vuông hoặc thép ống: kích thước trục vuông từ 38mm tới 60mm và thanh tròn đường kính ngoài từ 60 tới 324mm. Chiều dài trục được tính toán đáp ứng tải trọng yêu cầu của neo.

Hình 2. Neo cánh xoắn và thiết bị lắp đặt

Cánh xoắn được làm từ thép tấm, cắt và ép đúng biên dạng bằng máy và khuôn ép thủy lực. Mỗi cánh xoắn 360° với bước xoắn từ 76mm đến 152mm. Cánh xoắn phải có bước đồng nhất để giảm thiểu nhiễu loạn của đất trong khi lắp đặt. Chiều dày cánh xoắn thông thường từ 5 tới 31,75mm, phụ thuộc vào đường kính trục và các điều kiện tải trọng. Khoảng cách giữa hai cánh bất kỳ khoảng 2 - 3 lần đường kính của cánh xoắn. Khi thi công trên hồ, dùng máy thủy lực trên thiết bị nổi để truyền mô men xoắn qua thanh kelly liên kết với đầu neo.

2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN KẾT CẤU NEO

2.1. Phương pháp tính toán kết cấu neo

Tính toán tải trọng kéo hoặc nén tới hạn của neo cho phép xác định các đặc tính định dạng cơ bản của neo (đường kính cánh xoắn, khoảng cách giữa các cánh, chiều dài neo, đường kính trục neo…). Hai phương pháp tính cơ bản là phương pháp cắt hình trụ và phương pháp chịu lực đơn lẻ dựa trên sức bền và cơ tính của đất.

Phương pháp tính toán dự báo mô men xoắn lắp đặt được dựa trên tải trọng và hệ số thực nghiệm. Các kiểm nghiệm kéo, uốn, xoắn dựa trên tải trọng và mô men của neo.

2.2. Tính toán tải trọng tới hạn của neo theo phương pháp cắt hình trụ

Phương pháp này dựa trên giả thuyết rằng trạng thái của neo xoắn là trung gian giữa phần đất chèn xung quanh neo và phần đất mở rộng xung quanh. Tổng tải trọng của neo (Q_t) bao gồm tải trọng nén của đất phía trên của cánh trên cùng (Q_{1t}), lực cản cắt hình trụ của khối đất giữa các cánh xoắn (Q_2) và lực cản ma sát/bám dính dọc theo phần trục neo phía trên cánh xoắn trên cùng (Q_3). Lực cản kéo được xác định như sau ([1], [2]):

$$Q_t = A_t (cN_c + \sigma'_v N_q) + A_{cs}S_u + \pi D_s L_s Q_s = Q_{1t} + Q_2 + Q_3 \quad (1)$$

Tải trọng nén của đất phía trên cánh xoắn trên cùng:

$$Q_{1t} = A_t (cN_c + \sigma'_v N_q) \quad (2)$$

Trong đó:

A_t: Diện tích của cánh xoắn trên cùng;

c: Lực dính kết của đất;

N_c: Hệ số chịu tải đối với lực bám dính;

σ'_v: Ứng suất dọc thực tế, được xác định: $\sigma'_v = H_1 \times \gamma_m$ (H_1: Chiều sâu của cánh thứ nhất; γ_m: Khối lượng riêng của đất);

N_q: Hệ số chịu tải đối với lớp đất phủ bên trên.

Lực cản cắt hình trụ của khối đất giữa các cánh xoắn:

$$Q_2 = A_{cs}S_u \quad (3)$$

Trong đó:

A_{cs}: Diện tích bề mặt của trụ cắt giữa cánh xoắn trên cùng và dưới cùng ($A_{cs} = \pi D_a L_h$);

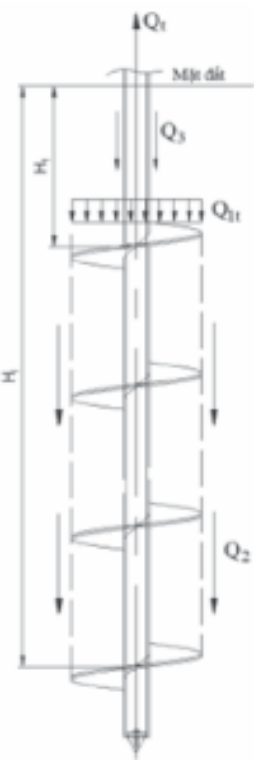
D_a: Đường kính trung bình của bề mặt trụ cắt, với $D_a = (D_b + D_t)/2$;

D_b: Đường kính của cánh xoắn dưới cùng;

D_t: Đường kính cánh xoắn trên cùng;

L_h: Khoảng cách giữa các cánh xoắn;

S_u: Độ bền cắt của đất.



Hình 3. Sơ đồ phương pháp cắt hình trụ

Lực cản ma sát/bám dính dọc theo phần trục neo phía trên cánh xoắn trên cùng:

$$Q_3 = \pi D_s L_s Q_s \quad (4)$$

Trong đó:

D_s: Đường kính ngoài của trục neo;

L_s: Chiều dài của trục phía trên các cánh tiếp xúc với đất;

Q_s: Lực cản trục, được xác định: $Q_s = \alpha \times S_u$ ([3]);

α: Hệ số bám dính của trục, $\alpha = 0,21 + 0,26x(P_a/S_u) \leq 1$ ([3]); P_a: Áp suất khí quyển.

Thông thường, có thể bỏ qua hoàn toàn thành phần lực bám dính/ma sát của trục đặc, bởi vì các trục này thường có diện tích bề mặt nhỏ. Đối với trục rỗng, thường có diện tích bề mặt lớn hơn, do đó lực cản bám dính/ma sát của trục có thể là một phần đáng kể của tổng lực cản.

2.3. Tính toán tải trọng tới hạn của neo theo phương pháp chịu lực riêng lẻ

Phương pháp chịu lực riêng lẻ dựa trên giả thuyết mỗi cánh xoắn của neo hoạt động độc lập trong đất. Tải trọng tới hạn của neo khi đó bằng tổng của các lực cản lên các cánh xoắn riêng lẻ và lực cản ma sát/bám dính dọc theo phần trục neo phía trên cánh xoắn trên cùng. Lực cản ma sát/bám dính có thể là một phần đáng kể hoặc bỏ qua tùy thuộc vào kích thước của trục neo. Tổng tải trọng được xác định như sau ([1], [2]):

$$Q_t = \Sigma[A_{hi} (cN_c + \sigma'_{vi}N_q)] + \pi D_s L_s Q_s \quad (5)$$

Trong đó:

A_{hi}: Diện tích hình chiếu của cánh xoắn thứ i lên mặt phẳng ngang;

c: Lực dính kết của đất;

N_c: Hệ số chịu tải đối với lực bám dính;

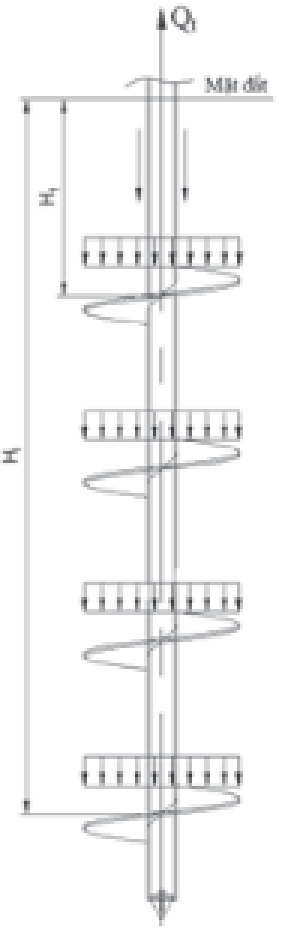
σ'_{vi}: Ứng suất dọc thực tế, được xác định: $\sigma'_{vi} = H_i \times \gamma_m$ (H_i: Chiều sâu của cánh thứ i; γ_m: Khối lượng riêng của đất);

N_q: Hệ số chịu tải đối với lớp đất phủ bên trên;

D_s: Đường kính ngoài của trục neo;

L_s: Chiều dài của trục phía trên các cánh tiếp xúc với đất;

Q_s: Lực cản trục, được xác định: $Q_s = \alpha \times S_u$ (theo công thức (4)).



Hình 4. Sơ đồ phương pháp chịu lực riêng lẻ

2.4. Tính toán mô men lắp đặt neo

Nguyên lý tính toán mô men lắp đặt neo là khi neo được lắp đặt vào trong đất, lực cản dọc trục sinh ra trong quá trình lắp đặt sẽ tăng lên do đó mô men lắp đặt cũng sẽ tăng dần lên. Phương pháp này là công cụ xác thực và đơn giản để dự báo mô men lắp đặt neo cánh xoắn. Mối liên hệ giữa mô men lắp đặt neo và lực cản (tải trọng) được thể hiện qua công thức với hệ số thực nghiệm K_t như sau ([4]):

$$Q_t = K_t \times T_e \quad (6)$$

Trong đó:
Q_t: Tải trọng (N);
T_e: Mô men lắp đặt (N.m);
K_t: Hệ số thực nghiệm (m^{-1}).

Giá trị hệ số thực nghiệm K_t khuyến nghị $K_t = 33\ m^{-1}$ đối với trục vuông và trục tròn của neo cánh xoắn với đường kính nhỏ hơn 89 mm, $K_t = 23\ m^{-1}$ đối với trục tròn đường kính trục tròn 89 mm, và $K_t = 9{,}8\ m^{-1}$ đối với trục tròn đường kính trục tròn 219 mm. Giá trị của K_t không phải là một hằng số, nó nằm trong dải từ 10 đến 66 m^{-1}, nó phụ thuộc vào các điều kiện của đất, kích thước và hình dạng của trục, chiều dày cánh xoắn và ứng dụng (kéo hoặc nén) của neo.

2.5. Tính toán kiểm bền neo

* Kiểm tra độ bền kéo của trục neo cánh xoắn [5]:

$$\sigma = N/F \leq [\sigma_k] \quad (7)$$

Trong đó:
N: Lực kéo; F: Diện tích của mặt cắt ngang;
$[\sigma_k]$: Ứng suất kéo cho phép.

* Kiểm tra độ bền uốn của trục neo cánh xoắn [5]:

$$\sigma = M/W \leq [\sigma_u] \quad (8)$$

Trong đó:
M: Mô men uốn; W: Mô men cản uốn;
$[\sigma_u]$: Ứng suất uốn cho phép.

* Kiểm tra độ bền xoắn của trục neo cánh xoắn [5]:

$$\tau = M_z/W_t \leq [\tau_t] \quad (9)$$

Trong đó:
M_z: Mô men xoắn trên trục neo; W_t: Mô men cản xoắn;
$[\tau_t]$: Ứng suất xoắn cho phép.

3. KẾT QUẢ ỨNG DỤNG TRONG THỰC TIỄN

3.1. Tính toán thử nghiệm neo cánh xoắn trên đất cát

Tính toán neo cánh xoắn lắp đặt trong đất cát, chịu được tải trọng 3 tấn.

* Các thông số cơ bản của neo:

Chọn neo có đường kính cánh xoắn ϕ300mm, chiều dày 5mm (thép CT38 - TCVN 1765-75); Khoảng cách giữa hai cánh h = 930mm; Chiều dài toàn bộ neo L = 3100mm; Trục neo đặc có đường kính D_s = 50mm (thép C45 - TCVN 1765-75).

* Đối với đất cát: c = 0,122 kG/cm^2; γ_m = 1,281 g/cm^3; góc ma sát trong $\varphi = 17{,}74^o$.

* Tải trọng tới hạn:

Chọn hệ số $N_c = 9$, theo [1] ta có $N_q = 5{,}15$.

- Tải trọng theo phương pháp cắt hình trụ áp dụng (1): Q_t = 4842,4 kG;

- Tải trọng theo phương pháp chịu lực riêng lẻ áp dụng (5): Q_t = 6448,7 kG.

Tải trọng tới hạn đáp ứng yêu cầu của tải trọng neo $Q_t \geq 3$ tấn.

* Tính mô men lắp neo: $T_e = Q/K_t$ = 195,42 kG.m (chọn hệ số $K_t = 33\ m^{-1}$).

☞

* Kiểm nghiệm trục neo:

Trong quá trình làm việc thực tế, dây neo nghiêng một góc $\alpha = 30^o$ so với mặt phẳng nằm ngang. Tải trọng yêu cầu là 3 tấn, do đó:

- Lực kéo theo phương thẳng đứng F_1 = 3000 x sin 30° = 1500 kG;

- Lực theo phương ngang (lực gây uốn) F_2 = 3000 x cos 30° = 2598,1 kG;

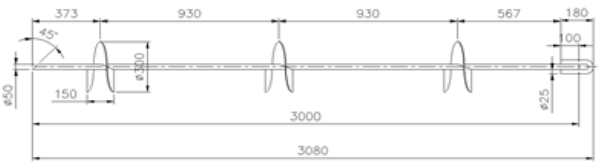
- Mô men uốn tác dụng lên neo: $M_u = F_2 \times l$ = 259,8 (kG.m); Khoảng chìa lên mặt đất của neo l = 0,1m;

- Kiểm nghiệm độ bền kéo (7), ta có: σ = 7,5 Mpa $\leq [\sigma_k]$ = 185 Mpa (đảm bảo đủ bền);

- Kiểm nghiệm độ bền uốn (8): σ = 207,7 Mpa $\leq [\sigma_u]$ = 220 Mpa (đảm bảo đủ bền);

- Kiểm nghiệm độ bền xoắn (9): $\tau = T_e/W_t$ = 78,11 Mpa $\leq [\tau_t]$ = 110 Mpa (đảm bảo đủ bền).

Neo được thiết kế như sau:



Hình 5. Neo cánh xoắn thử nghiệm

* Hình ảnh thử tải thực tế:

Hình 6. Thử tải neo cánh xoắn thử nghiệm

3.2. Tính toán neo cánh xoắn ứng dụng thực tiễn trong nhà máy điện mặt trời nổi

Tính toán neo cánh xoắn lắp đặt tại đáy hồ cho nhà máy điện mặt trời, chịu được tải trọng 3 tấn theo phương xiên 30° so với mặt phẳng nằm ngang.

* Các thông số cơ bản của neo:

Chọn neo có đường kính cánh xoắn ϕ400mm, chiều dày 8mm (thép SS400 - JIS G3101:2010); khoảng cách giữa hai cánh h = 750mm; chiều dài toàn bộ neo L = 3100mm; trục neo ống rỗng có đường kính D_s = 76mm, dày 6mm (thép SS400 - JIS G 3452:2014).

* Đối với đất: c = 0,2 kG/cm^2; γ_m = 2,7 g/cm^3; góc ma sát trong $\varphi = 17,32^o$.

* Tải trọng tới hạn: Chọn hệ số N_c = 9, theo [1] ta có N_q = 5,02.

- Tải trọng theo phương pháp cắt hình trụ áp dụng (1): Q_t = 21731 kG;

- Tải trọng theo phương pháp chịu lực riêng lẻ áp dụng (5): Q_t = 19101 kG.

Tải trọng tới hạn đáp ứng yêu cầu của tải trọng neo $Q_t \geq$ 3 tấn.

* Tính mô men lắp neo: $T_e = Q/K_t$ = 578,8 kG.m (chọn hệ số K_t = 33 m^{-1}).

* Kiểm nghiệm trục neo:

Dây neo nghiêng một góc 30° so với mặt phẳng nằm ngang. Các lực tác dụng lên neo:

- Lực kéo theo phương thẳng đứng F_1 = 3000 x sin 30° = 1500 kG;

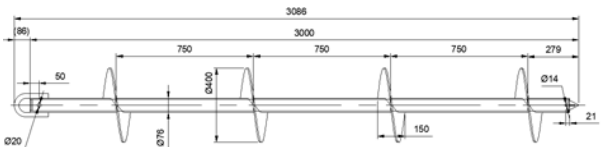
ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 292, tháng 7 năm 2022
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

- Lực theo phương ngang (lực gây uốn) $F_2 = 3000 \times \cos 30^o = 2598,1$ kG;

- Mô men uốn tác dụng lên neo: $M_u = F_2 \times l = 259,8$ (kG.m); Khoảng chìa lên mặt đất của neo l = 0,1m.

- Kiểm nghiệm độ bền kéo theo (7), ta có: $\sigma = 11,15$ Mpa $\leq [\sigma_k] = 235$ Mpa (đảm bảo đủ bền).

- Kiểm nghiệm độ bền uốn (8): $\sigma = 199,2$ Mpa $\leq [\sigma_u] = 230$ Mpa (đảm bảo đủ bền);



Hình 7. Neo cánh xoắn ứng dụng trong nhà máy điện mặt trời nổi

- Kiểm nghiệm độ bền xoắn (9): $\tau = T_e / W_t = 221,9$ Mpa $\leq [\tau_t] = 250$ Mpa (đảm bảo đủ bền). Hình ảnh thử tải thực tế:

Hình 8. Thử tải neo tại nhà máy điện mặt trời nổi

4. KẾT LUẬN

Neo cánh xoắn được tính toán sơ bộ dựa trên tải trọng tới hạn đưa ra các thông số cơ bản của neo dựa trên các đặc trưng của đất nơi neo được lắp đặt. Kiểm nghiệm lại các thông số cơ bản theo điều kiện làm việc của neo trong hệ thống neo của nhà máy điện mặt trời nổi. Việc tính toán, thiết kế, thử nghiệm neo thực tế sau đó đưa vào áp dụng thực tế trong hệ thống neo của nhà máy điện mặt trời nổi, góp phần khẳng định tính thực tiễn và đúng đắn khi áp dụng neo cánh xoắn trong lĩnh vực này.

Hơn nữa, những thuận lợi của neo cánh xoắn như có thể được lắp đặt trong mọi điều kiện thời tiết. Lắp đặt không cần đào, không tạo ra rác, không tạo ra lực tác động và rung động, vì vậy mà sử dụng chúng giảm thiểu rủi ro thiệt hại đối với các kết cấu bên cạnh từ sự di chuyển của đất. Chúng sẵn sàng được sử dụng ngay sau khi lắp đặt. Cũng như việc lắp đặt neo nhanh, khả năng lắp đặt tới 40 neo một ngày. Vì vậy, việc áp dụng neo cánh xoắn là phù hợp và thuận tiện trong hệ thống neo của nhà máy điện mặt trời nổi có điều kiện địa chất thích hợp.❖

Ngày nhận bài: **01/6/2022**
Ngày phản biện: **16/6/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Guide for power lift Helical screw piles and anchors - Power lift foundation repair inc.
[2]. Design and installation of Torque anchors for Tiebacks and Foundations.
[3]. Helical pile installation torque and capacity correlations, Jared Louis Harnish, University of Western Ontario.
[4]. Technical Design Manual Edition 4 - Atlas - Hubbell.
[5]. PGS,TS. Hà Văn Vui, TS. Nguyễn Chỉ Sáng, ThS. Phan Đăng Phong; *Sổ tay thiết kế cơ khí* - Tập 1, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
[6]. TCVN 5575:2012, TCVN 8301:2009.

☞