

ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY THEO ĐIỀU KIỆN MỎI MỞ RỘNG CỦA KẾT CẤU CÔNG TRÌNH BIỂN CỐ ĐỊNH BẰNG THÉP, CÓ KỂ ĐẾN ẢNH HƯỞNG CỦA BẢO CỤC HẠN

ThS. Mai Hồng Quân
Đại học Xây dựng

Tóm tắt

An toàn của kết cấu công trình biển cố định được đảm bảo dựa trên điều kiện bền của kết cấu khi chịu sóng cực hạn đồng thời được đánh giá dựa trên điều kiện phá hủy do mỏi tích lũy trong quá trình khai thác công trình (được gọi là “mỏi truyền thống”). Bài báo đề cập đến việc đánh giá an toàn của kết cấu công trình biển cố định bằng thép kiểu Jacket (loại phổ biến nhất hiện nay) dựa trên điều kiện phá hủy mỏi truyền thống tích lũy đến thời điểm có sóng cực hạn, đồng thời kể đến phá hủy mỏi do bản thân sóng cực hạn gây ra và được quy ước gọi là “mỏi mở rộng”. An toàn của kết cấu Jacket chịu phá hủy mỏi mở rộng được đánh giá dựa trên lý thuyết độ tin cậy của kết cấu. Bài báo cũng thực hiện tính toán ví dụ là một công trình cụ thể đang khai thác ở vùng biển Việt Nam, kết quả tính toán cho phép đánh giá độ tin cậy của kết cấu dựa trên điều kiện mỏi truyền thống và đối chiếu với độ tin cậy dựa trên điều kiện mỏi mở rộng, theo diễn biến của quá trình thời gian khai thác công trình.

1. Mở đầu

Đánh giá an toàn theo các điều kiện bền và mỏi mở rộng cho các công trình biển nói chung được GS.TS. Phạm Khắc Hùng nghiên cứu phát triển và TS. Phạm Hiến Hậu đã ứng dụng thành công cho loại công trình biển nổi có neo. Các kết quả nghiên cứu của tác giả trong bài báo này dựa trên phát triển sáng chế độc quyền “Phương pháp đánh giá an toàn cho các kết cấu công trình biển theo các điều kiện bền và mỏi mở rộng” của GS.TS. Phạm Khắc Hùng (dùng tổng quát cho các loại công trình biển) vào trường hợp của kết cấu công trình biển cố định bằng thép [2].

Hiện tượng phá hủy mỏi trong kết cấu công trình biển bằng thép [1, 10, 11]: Trong phạm vi của bài báo, tác giả chỉ đề cập đến loại phổ biến nhất là công trình biển cố định bằng thép kiểu Jacket. Với các công trình biển, chỉ có tải trọng sóng gây ra hiệu ứng phá hủy mỏi, trong đó vị trí bị phá hủy mỏi được gọi là “điểm nóng”. Đối với kết cấu Jacket, điểm nóng thường xảy ra tại các nút.

Dưới tác động thường xuyên và lâu dài của tải trọng sóng, vật liệu thép phát sinh hiện tượng mỏi dẫn đến xuất hiện các vết nứt. Các vết nứt này phát triển dần theo cả độ sâu và bề rộng, dẫn đến suy giảm khả năng chịu lực và đến khi phá hủy kết cấu. Hiện tượng mỏi trong kết cấu được tính toán theo 2 giai đoạn sau:

- Giai đoạn xuất hiện vết nứt đầu tiên: Là giai đoạn tổn thất mỏi tích lũy trong kết cấu đến khi bắt đầu xuất

hiện vết nứt. Tổn thất do mỏi được đánh giá bởi tỷ số tổn thất mỏi tích lũy, ký hiệu là D. Tỷ số tổn thất mỏi trong một trạng thái biển ngắn hạn theo mô hình ngẫu nhiên được tính theo công thức sau [10, 11]:

$$D = \int_0^{\infty} \frac{n_{(s)} ds}{N_{(s)}} \quad (1)$$

Trong đó:

$n_{(s)} ds$: Số lượng chu trình ứng suất;

$N_{(s)} = A.S^{-m}$: Phương trình của đường cong mỏi S-N;

A, m: Các thông số của đường cong S-N.

- Giai đoạn vết nứt lan truyền chậm: Vết nứt phát triển theo cả bề rộng và độ sâu, quá trình lan truyền vết nứt được tính toán dựa trên lý thuyết cơ học phá hủy [1, 10].

$$\frac{da_m}{dN} = C(\Delta K)^m \quad (2)$$

Trong đó:

a_m : Chiều sâu của vết nứt;

N: Số chu trình ứng suất;

C, m: Các thông số theo quy tắc Paris;

ΔK : Hệ số cường độ ứng suất tại điểm nóng.

Điều kiện môi trường biển dùng cho tính toán mỏi: Tổn thất mỏi của kết cấu công trình được tính với số liệu sóng thống kê trung bình trong 1 năm từ số liệu đo sóng

hiều năm tại khu vực. Sóng tính mỗi được cho dưới dạng bảng số liệu sóng với các thông số về chiều cao H_s , chu kỳ T_z và tần suất xuất hiện P . Mỗi cơn sóng được gọi là một trạng thái biển ngắn hạn, tập hợp nhiều trạng thái biển ngắn hạn gọi là trạng thái biển dài hạn. Sóng bề mặt của mỗi trạng thái biển ngắn hạn (gọi tắt là trạng thái biển) được coi là một quá trình ngẫu nhiên dừng, phân phối chuẩn, trung bình bằng không và có tính chất ergodic [1, 11].

Đánh giá an toàn theo điều kiện môi: Bài báo này chỉ đề cập đến hiện tượng môi trong giai đoạn 1, an toàn về môi trong giai đoạn này được đánh giá như sau [16,17]:

- Đánh giá theo tỷ số tổn thất mỗi cho phép:

$$D_t \leq [D] = \frac{1}{\gamma} \quad (3)$$

- Đánh giá theo độ tin cậy:

$$P_m = Prob(D_t < [D]) = \int_0^{[D]} f(D_t) dD \geq [P] \quad (4)$$

Trong đó:

[D]: Tỷ số tổn thất mỗi giới hạn cho phép;

D_t : Tỷ số tổn thất mỗi tích lũy trong thời gian t , là đại lượng ngẫu nhiên;

$f(D_t)$: Mật độ xác suất của tỷ số tổn thất mỗi D_t .

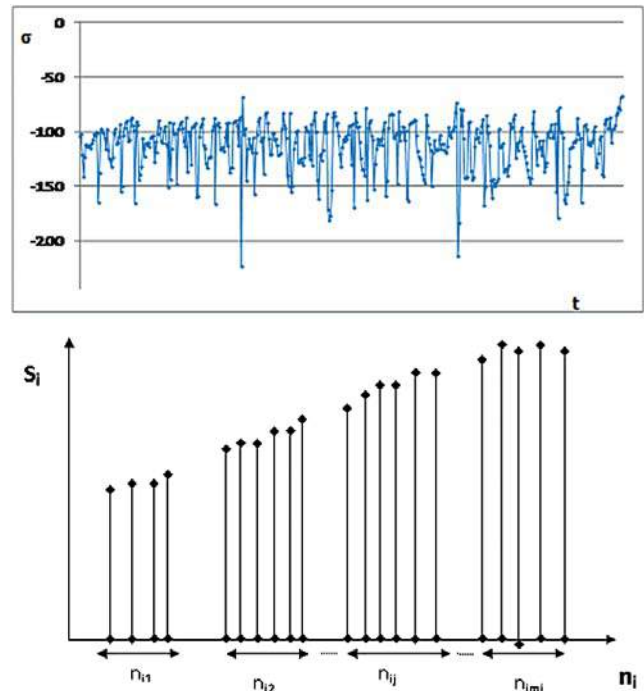
Ảnh hưởng của bão cực hạn trong tính môi: Bão cực hạn hoạt động trong thời gian không dài (theo quy định là 3 giờ hoặc 6 giờ) và được dự tính xảy ra ít nhất 1 lần trong đời sống công trình. Mỗi cơn bão cực hạn sẽ gây ra tổn thất môi nhất định, dù tổng thời gian tác động không nhiều nhưng biên độ ứng suất trong kết cấu lại rất lớn. Vì vậy tổn thất môi lớn hơn đáng kể so với một trạng thái biển thông thường. Tính toán kết cấu theo quan điểm này còn gọi là tính toán "môi mở rộng" [2, 4, 8].

2. Tính toán tổn thất môi ngẫu nhiên trong kết cấu công trình biển cố định bằng thép

Ứng suất tại điểm xét được xem là một quá trình ngẫu nhiên dừng, chuẩn và có tính chất ergodic. Tổn thất môi trong kết cấu được tính toán dựa trên một thể hiện bất kỳ của ứng suất theo thời gian.

2.1. Kỳ vọng và phương sai của tổn thất môi tại điểm nóng do 1 trạng thái biển gây ra

Sử dụng phương pháp đếm dòng mưa cho một thể hiện ứng suất của trạng thái biển thứ i , thu được số lượng chu trình n_j ứng với mỗi mức số gia ứng suất $s_j = \sigma_{max} - \sigma_{min}$ [4, 13].



Hình 1. Biểu đồ ứng suất và số gia ứng suất sắp xếp theo nhóm

Sắp xếp thành các nhóm số gia ứng suất như Hình 1 và thực hiện tính toán tổn thất cho từng nhóm số gia theo các quy trình sau:

- Tỷ số tổn thất môi trong 1 sec tại điểm nóng của nhóm ứng suất thứ j ($j = 1 \div m_i$) do trạng thái biển thứ i trong thống kê sóng trung bình 1 năm gây ra được tính theo quy tắc P-M như sau:

$$D_{ji} = \frac{P_i \times 3,1536 \times 10^7}{T_i} \frac{n_{ji}}{N_{ji}} = \frac{n_{ji}}{AS_{ji}^{-m}} = \frac{n_{ji}}{A} S_{ji}^m = A_{ji} S_{ji}^m \quad (5)$$

Trong đó:

$$A_{ji} = \frac{P_i \times 3,1536 \times 10^7}{T_i} \frac{n_{ij}}{A} \text{ là một hằng số;}$$

D_{ij} và S_{ji}^m : Các đại lượng ngẫu nhiên;

T_i, P_i : Thời gian kéo dài và xác suất xảy ra của TTB thứ i trong thống kê trung bình 1 năm;

A, m : Các thông số của đường cong môi S-N; n_{ji} là số chu trình ứng suất trong nhóm thứ j .

- Kỳ vọng của tỷ số tổn thất môi của nhóm ứng suất thứ j :

$$\bar{D}_{ji} = A_{ji} \bar{S}_{ji}^m \quad (6)$$

- Trong đó: \bar{S}_{ji} là giá trị số gia trung bình của nhóm ứng suất thứ j

- Phương sai của D_{ji} được tính như sau: $D_{ji} = A_{ji} S_{ji}^m$ là quan hệ phi tuyến, vì vậy có thể tính gần đúng bằng khai triển Taylor và giữ lại các số hạng bậc 1 của S_{ji} như sau:

$$D_{ji} \approx A_{ji} \bar{S}_{ji}^m + (S_{ji} - \bar{S}_{ji}) \frac{dD_{ji}}{dS_{ji}} = A_{ji} \bar{S}_{ji}^m + (S_{ji} - \bar{S}_{ji}) A_{ji} \bar{S}_{ji}^{(m-1)} \quad (7)$$

Đặt $B_{ji} = A_{ji} \bar{S}_{ji}^m (1-m)$ và $\alpha_{ji} = mA_{ji} \bar{S}_{ji}^{(m-1)}$ ta được:

$$D_{ji} = B_{ji} + \alpha S_{ji} \quad (8)$$

Vậy phương sai của D_{ij} được tính như sau:

$$Var(D_{ji}) = \alpha_{ji}^2 Var(S_{ji}) = (mA_{ji} \bar{S}_{ji}^{(m-1)})^2 Var(S_{ji}) \quad (9)$$

$$Var(S_{ji}) = \frac{1}{n_{ji}-1} \sum_{k=1}^{n_{ji}} (S_{kji} - \bar{S}_{ji})^2 = \frac{(mA_{ji} \bar{S}_{ji}^{(m-1)})^2}{n_{ji}-1} \sum_{k=1}^{n_{ji}} (S_{kji} - \bar{S}_{ji})^2 \quad (10)$$

$$Var(D_{ji}) = \frac{(mA_{ji} \bar{S}_{ji}^{(m-1)})^2}{n_{ji}-1} \sum_{k=1}^{n_{ji}} (S_{kji} - \bar{S}_{ji})^2 \quad (11)$$

- Kỳ vọng và phương sai của tỷ số tổn thất mỗi do trạng thái biến thứ i gây ra trong 1 năm:

$$\bar{D}_i = \sum_{j=1}^{m_i} \bar{D}_{ij} \quad (12)$$

$$Var(D_i) = \sum_{j=1}^{m_i} Var(D_{ij}) = \sum_{j=1}^{m_i} \frac{(mA_{ij} \bar{S}_{ij}^{(m-1)})^2}{n_{ij}-1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (S_{kij} - \bar{S}_{ij})^2 \quad (13)$$

$$Var(D_i) = m^2 \sum_{j=1}^{m_i} \frac{(A_{ij} \bar{S}_{ij}^{(m-1)})^2}{n_{ij}-1} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (S_{kij} - \bar{S}_{ij})^2 \quad (14)$$

Trong đó: m_i là số nhóm ứng suất trong một thể hiện ứng suất của trạng thái biến thứ i.

2.2. Kỳ vọng và phương sai của tỷ số tổn thất mỗi trong 1 năm

Giá trị trung bình, phương sai và độ lệch chuẩn của tỷ số tổn thất mỗi trong 1 năm:

$$\bar{D}_{1năm} = \sum_i \bar{D}_i; Var(D_{1năm}) = \sum_i Var(D_i)_{1năm}; \delta_{D(1năm)} = \sqrt{Var(D_{1năm})} \quad (15)$$

Trong đó:

n: Số trạng thái biến ngắn hạn theo thống kê sóng 1 năm;

\bar{D}_i là kỳ vọng của tỷ số tổn thất mỗi do trạng thái biến thứ i gây ra trong 1 năm.

2.3. Hàm phân phối của tỷ số tổn thất mỗi tại điểm nóng trong 1 năm

- Mật độ phân phối của tỷ số tổn thất mỗi tại điểm nóng trong một năm

Luật phân phối của tỷ số tổn thất mỗi của điểm nóng trong 1 năm thường chấp nhận một cách gần đúng là tuân theo luật phân phối chuẩn với biến hữu hạn (truncated normal distribution), hàm mật độ xác suất được viết như sau [4, 16]:

$$p_m(D_{1năm}) = \frac{1}{\delta_{D(1năm)} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(D_{1năm} - \bar{D}_{1năm})^2}{\delta_{D(1năm)}^2}\right); \quad (16)$$

$$D_1 \leq D_{1năm} \leq D_2$$

- Hàm phân phối của tỷ số tổn thất mỗi tại điểm nóng trong một năm

$$P_m(D_{1năm} < d) = \int_0^d p_m(D_{1năm}) dD = \int_0^d \frac{1}{\delta_{D(1năm)} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(D_{1năm} - \bar{D}_{1năm})^2}{\delta_{D(1năm)}^2}\right) dD \quad (17)$$

Tích phân này được giải theo hàm Laplace ta được

$$P_m(d) = \frac{\phi_L\left(\frac{d - \bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right) - \phi_L\left(\frac{-\bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right)}{0,5 - \phi_L\left(\frac{-\bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right)} + \frac{\phi_L\left(\frac{d - \bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right) + \phi_L\left(\frac{\bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right)}{0,5 + \phi_L\left(\frac{\bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right)} \quad (18)$$

2.4. Độ tin cậy về môi tại điểm nóng của kết cấu Jacket sau T(năm) khai thác

Tổn thất mỗi do sóng của kết cấu được coi là như nhau theo các năm, có nghĩa là tổn thất mỗi sau T năm khai thác được tính như sau [2, 4]:

$$\text{Trung bình của tỷ số tổn thất mỗi} \quad E(D_{Tnăm}) = \bar{D}_{Tnăm} = T \bar{D}_{1năm} \quad (19)$$

Phương sai

$$Var(D_{Tnăm}) = \sigma_{D_{Tnăm}}^2 = (T \sigma_{1năm})^2 = T^2 Var(D_{1năm}) \quad (20)$$

Độ tin cậy về môi của kết cấu sau T năm được biểu diễn theo công thức

$$p_m(t = Tnăm) = P_{mTnăm}(d = [D]) = \frac{\phi_L\left(\frac{[D] - \bar{D}_{Tnăm}}{\delta_{Tnăm}}\right) + \phi_L\left(\frac{\bar{D}_{Tnăm}}{\delta_{Tnăm}}\right)}{0,5 + \phi_L\left(\frac{\bar{D}_{Tnăm}}{\delta_{Tnăm}}\right)} \quad (21)$$

Thay (19, 20) vào (21) ta được

$$p_m(t = Tnăm) = P_{mTnăm} (d = [D])$$

$$= \frac{\phi_L\left(\frac{[D] - T\bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right) + \phi_L\left(\frac{\bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right)}{0,5 + \phi_L\left(\frac{\bar{D}_{1năm}}{\delta_{1năm}}\right)} \quad (22)$$

3. Độ tin cậy của điểm nóng xét trong kết cấu Jacket theo điều kiện mỗi mở rộng

3.1. Tổn thất mỗi mở rộng

Tổn thất mỗi của bản thân bão cực hạn (được quy định là kéo dài 3 giờ hoặc 6 giờ) được tính toán như một trạng thái biển riêng biệt đã trình bày trong mục 2.1. Tỷ số tổn thất mỗi tổng cộng tích lũy đến thời điểm có bão cực hạn được xác định theo công thức sau:

$$D_{Tot} = D_{Tnăm} + D_e \quad (23)$$

Trong đó:

D_{Tot} : Tỷ số tổn thất mỗi tổng cộng;

$D_{Tnăm}$: Tổn thất mỗi truyền thống (do các trạng thái biển thông thường tích lũy trong T năm);

D_e : Tỷ số tổn thất mỗi tính riêng cho trạng thái biển ngắn hạn cực đại.

$$D_{Tot} = T.D_{1năm} + D_e \quad (24)$$

Giá trị trung bình, phương sai và độ lệch của tỷ số tổn thất mỗi tổng cộng tính như sau:

$$\bar{D}_{Tot} = T.\bar{D}_{1năm} + \bar{D}_e \quad (25)$$

$$Var(D_{Tot}) = Var(D_{Tnăm}) + Var(D_e)$$

$$= T^2 Var(D_{1năm}) + Var(D_e) \quad (26)$$

$$\delta_{mTot} = \sqrt{Var(D_{Tot})} = \sqrt{T^2 Var(D_{1năm}) + Var(D_e)} \quad (27)$$

3.2. Độ tin cậy của điểm nóng xét trong kết cấu Jacket theo điều kiện mỗi mở rộng

Sử dụng công thức (22) tính được độ tin cậy tại thời điểm T năm có kể đến tác động của bão cực hạn:

$$p_{mTot} = \frac{\phi_L\left(\frac{[D] - \bar{D}_{mT}}{\delta_{mT}}\right) + \phi_L\left(\frac{\bar{D}_{mT}}{\delta_{mT}}\right)}{0,5 + \phi_L\left(\frac{\bar{D}_{mT}}{\delta_{mT}}\right)} \quad (28)$$

4. Ví dụ áp dụng

Áp dụng các nội dung nêu trên để tính toán độ tin cậy theo điều kiện mỗi

có kể đến ảnh hưởng của bão cực hạn cho một công trình biển cố định kết cấu kiểu Jacket xây dựng ở Việt Nam. Ví dụ thực hiện các nội dung sau:

- Tính toán mỗi ngẫu nhiên tại một điểm nóng trên kết cấu
- Tính độ tin cậy theo điều kiện mỗi truyền thống;
- Tính độ tin cậy theo điều kiện mỗi mở rộng.

Sử dụng phần mềm SACS để tính phản ứng của kết cấu sau đó tính toán mỗi theo phương pháp đếm giọt mưa và các công thức đã nêu, kết quả tổng hợp như sau:

4.1. Tính toán mỗi ngẫu nhiên trong kết cấu

Điểm nóng tính toán là một điểm thuộc phần tử thanh nhánh số hiệu 101L-202L trên sơ đồ kết cấu chân đế.

4.2. Tính toán độ tin cậy theo điều kiện phá hủy mỗi truyền thống

Độ tin cậy về mỗi của kết cấu sau T năm được biểu diễn theo công thức (21), trong đó sử dụng hệ số an toàn về mỗi là 2, nghĩa là $[D] = 0,5$.

4.3. Tính toán độ tin cậy theo điều kiện mỗi mở rộng

Tính toán cho hai trường hợp, trường hợp 1 bão cực hạn kéo trong 6 giờ theo công thức (28), kết quả như Bảng 3.

Nhận xét kết quả tính toán:

Một cơn bão cực đại kéo dài trong 6 giờ gây ra tổn thất chiếm 2,53% so với mỗi truyền thống ở năm thứ 10 và 1,3% ở năm thứ 20. Giá trị trung bình này không lớn đối với một cơn bão nhưng sẽ là đáng kể nếu như trạng thái biển này lặp lại nhiều lần trong suốt thời gian tồn tại của công trình, điều này được khảo sát bằng nghiên cứu bổ sung khi biến đổi khí hậu bất thường.

5. Nghiên cứu bổ sung với trường hợp biến đổi khí hậu bất thường

Biến đổi khí hậu bất thường làm cho khả năng lặp lại nhiều hơn 1 lần của các trạng thái biển cực đại theo thiết kế trong khoảng thời gian công trình tồn tại là hoàn toàn có khả năng xảy ra. Tác giả thực hiện một nghiên cứu mở rộng để khảo sát ảnh hưởng của vấn đề này ở cuối đời

Bảng 1. Kết quả tính toán tỷ số tổn thất mỗi tại điểm nóng

Trung bình 1 năm	0,016396992	Giá trị trung bình 30 năm	0,491909747
Phương sai 1 năm	0,000002418	Phương sai 30 năm	0,002175954
Độ lệch 1 năm	0,001554904	Độ lệch 30 năm	0,046647121

sống công trình (năm thứ 23, 24, 25) thời điểm độ tin cậy của công trình suy giảm đến giá trị cho phép.

Theo kết quả tính toán (Bảng 4):

- Tính từ khi bắt đầu khai thác cho đến thời điểm năm thứ 23 nếu có 2 lần xuất hiện bão cực hạn thì độ tin cậy của công trình đã đạt giới hạn cho phép, nếu có 3 lần xuất hiện bão cực hạn thì độ tin cậy của công trình đã dưới giá trị cho phép.

- Từ năm thứ 24 trở đi, ảnh hưởng của bão cực hạn đến độ tin cậy của công trình càng rõ rệt làm cho độ tin cậy giảm dưới giới hạn an toàn ngay cả khi chỉ có thêm 1 lần bão cực đại.

6. Kết luận

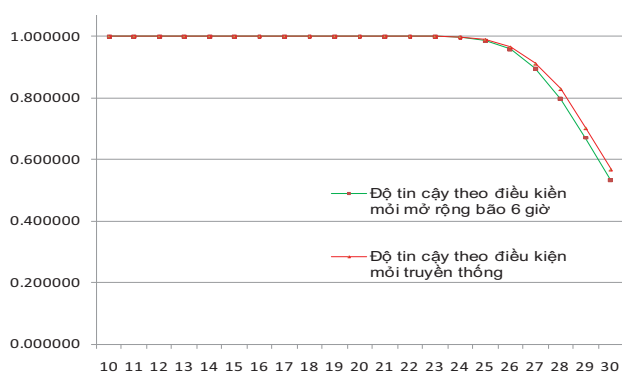
- Mô hình tính toán môi ngẫu nhiên và đánh giá an toàn của công trình theo mô hình ngẫu nhiên là phù hợp với thực tế chịu tải của kết cấu công trình biển.

Bảng 2. Kết quả tính độ tin cậy theo điều kiện môi truyền thống

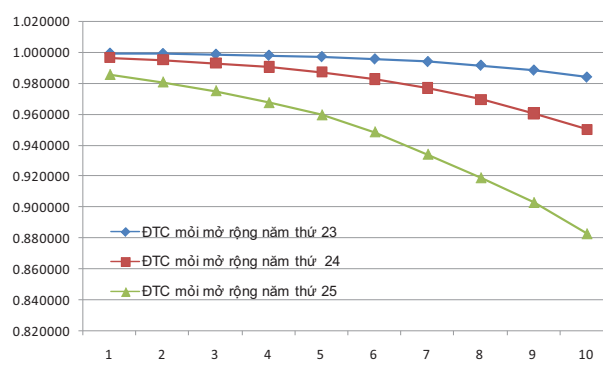
T (năm)	Trung bình mỗi dài hạn	Độ lệch mỗi dài hạn	$\frac{[D] - \bar{D}_{Tn\grave{a}n}}{\delta_{Tn\grave{a}n}}$	$\frac{\bar{D}_{Tn\grave{a}n}}{\delta_{Tn\grave{a}n}}$	$\phi_L \left(\frac{[D] - \bar{D}_{Tn\grave{a}n}}{\delta_{Tn\grave{a}n}} \right)$	$\phi_L \frac{\bar{D}_{Tn\grave{a}n}}{\delta_{Tn\grave{a}n}}$	Độ tin cậy mỗi
10	0,1640	0,0155	21,61	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
11	0,1804	0,0171	18,69	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
12	0,1968	0,0187	16,25	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
13	0,2132	0,0202	14,19	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
14	0,2296	0,0218	12,42	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
15	0,2460	0,0233	10,89	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
16	0,2624	0,0249	9,55	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
17	0,2787	0,0264	8,37	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
18	0,2951	0,0280	7,32	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
19	0,3115	0,0295	6,38	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
20	0,3279	0,0311	5,53	10,55	0,5000000	0,50000	1,00000
21	0,3443	0,0327	4,77	10,55	0,4999990	0,50000	0,99999
22	0,3607	0,0342	4,07	10,55	0,4999700	0,50000	0,99997
23	0,3771	0,0358	3,44	10,55	0,4996600	0,50000	0,99966
24	0,3935	0,0373	2,85	10,55	0,4977400	0,50000	0,99774
25	0,4099	0,0389	2,32	10,55	0,4895600	0,50000	0,98956
26	0,4263	0,0404	1,82	10,55	0,4648500	0,50000	0,96485
27	0,4427	0,0420	1,36	10,55	0,4114900	0,50000	0,91149
28	0,4591	0,0435	0,94	10,55	0,3288100	0,50000	0,82881

Bảng 3. Kết quả tính theo điều kiện môi mở rộng với cơn bão kéo dài trong 6 giờ

T (năm)	Trung bình mỗi dài hạn	Độ lệch mỗi dài hạn	TB mỗi bão cực hạn	Độ lệch mỗi bão cực hạn	Trung bình mỗi tổng cộng	Độ lệch mỗi tổng cộng	Độ tin cậy mỗi mở rộng
10	0,163970	0,015549	0,004150	0,000203	0,168119	0,015752	1,00000
11	0,180367	0,017104	0,004150	0,000203	0,184516	0,017307	1,00000
12	0,196764	0,018659	0,004150	0,000203	0,200913	0,018862	1,00000
13	0,213161	0,020214	0,004150	0,000203	0,217310	0,020417	1,00000
14	0,229558	0,021769	0,004150	0,000203	0,233707	0,021971	1,00000
15	0,245955	0,023324	0,004150	0,000203	0,250104	0,023526	1,00000
16	0,262352	0,024878	0,004150	0,000203	0,266501	0,025081	1,00000
17	0,278749	0,026433	0,004150	0,000203	0,282898	0,026636	1,00000
18	0,295146	0,027988	0,004150	0,000203	0,299295	0,028191	1,00000
19	0,311543	0,029543	0,004150	0,000203	0,315692	0,029746	1,00000
20	0,327940	0,031098	0,004150	0,000203	0,332089	0,031301	1,00000
21	0,344337	0,032653	0,004150	0,000203	0,348486	0,032856	0,99999
22	0,360734	0,034208	0,004150	0,000203	0,364883	0,034411	0,99995
23	0,377131	0,035763	0,004150	0,000203	0,381280	0,035966	0,99952
24	0,393528	0,037318	0,004150	0,000203	0,397677	0,037520	0,99674
25	0,409925	0,038873	0,004150	0,000203	0,414074	0,039075	0,98610
26	0,426322	0,040428	0,004150	0,000203	0,430471	0,040630	0,95673
27	0,442719	0,041982	0,004150	0,000203	0,446868	0,042185	0,89435
28	0,459116	0,043537	0,004150	0,000203	0,463265	0,043740	0,79673



Hình 2. So sánh độ tin cậy theo điều kiện môi mở rộng và môi truyền thống



Hình 3. Ảnh hưởng của số lần xảy ra bão cực hạn đến độ tin cậy theo điều kiện môi

Bảng 4. Kết quả tính toán môi mở rộng ở năm thứ 23, 24, 25

Số lần xuất hiện bão	Trung bình môi tổng cộng			Độ lệch môi tổng cộng			Độ tin cậy môi mở rộng		
	Năm thứ 23	Năm thứ 24	Năm thứ 25	Năm thứ 23	Năm thứ 24	Năm thứ 25	Năm thứ 23	Năm thứ 24	Năm thứ 25
1	0,38128	0,39767	0,41407	0,03596	0,03752	0,03907	0,9995	0,9968	0,9861
2	0,38543	0,40182	0,41822	0,03616	0,03772	0,03927	0,9993	0,9953	0,9812
3	0,38957	0,40597	0,42237	0,03637	0,03792	0,03948	0,9988	0,9934	0,9755
4	0,39372	0,41012	0,42652	0,03657	0,03812	0,03968	0,9981	0,9908	0,9678
5	0,39787	0,41427	0,43067	0,03677	0,03833	0,03988	0,9972	0,9877	0,9599
6	0,40202	0,41842	0,43482	0,03697	0,03853	0,04008	0,9958	0,9830	0,9489
7	0,40617	0,42257	0,43897	0,03718	0,03873	0,04029	0,9941	0,9772	0,9344
8	0,41032	0,42672	0,44312	0,03738	0,03894	0,04049	0,9918	0,9699	0,9192

- Ảnh hưởng của tổn thất môi do các cơn bão cực hạn là rất đáng để quan tâm. Mặc dù các cơn bão này là hiếm xuất hiện (chu kỳ lặp 100 năm), tuy nhiên do hiện tượng biến đổi khí hậu bất thường, như cảnh báo toàn cầu, vẫn có thể xuất hiện dày hơn trong đời sống công trình.

- Tương tự, sóng bão với chu kỳ lặp nhỏ hơn 100 năm (không có trong thống kê sóng tính môi) cũng gây ra tổn thất môi đáng kể. Vì vậy, đối với các công trình đã tồn tại nhiều năm thì cần có thống kê các cơn bão thực tế đã xảy ra để xác định đúng độ tin cậy của kết cấu công trình.

- Kết quả của nghiên cứu này có thể áp dụng trong việc thiết kế mới công trình, nhưng đặc biệt có ý nghĩa trong việc lập khối lượng khảo sát, lập chương trình khảo sát và chọn thời điểm khảo sát cho các công trình đã xây dựng. Cụ thể, bằng việc xác định chính xác độ tin cậy của kết cấu tại các điểm nóng cho phép xác định được các phần tử, các nút có nguy cơ phá hủy cao để đưa vào chương trình khảo sát nhằm tiết kiệm thời gian và kinh phí thực hiện.

- Phương pháp này còn có thể phát triển mở rộng để

đánh giá rủi ro các công trình biển, đặc biệt là kể đến hiện tượng biến đổi bất thường của khí hậu trái đất, trong đó có vùng biển Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Khắc Hùng. *Phương pháp luận tính toán thiết kế công trình biển cố định bằng thép đến độ sâu 200m nước*. Báo cáo kết quả Hợp đồng Nghiên cứu Khoa học với Liên doanh Việt - Nga. 2008.
2. Phạm Khắc Hùng. *Phương pháp đánh giá an toàn cho các kết cấu công trình biển theo các điều kiện bên và môi mở rộng*. Bằng Độc quyền sáng chế số 10143. Cục Sở hữu Trí tuệ - Bộ Khoa học và Công nghệ. 2010.
3. Mai Hồng Quân. *Phương pháp phổ tính toán tuổi thọ môi của kết cấu chân đế công trình biển cố định bằng thép chịu tải trọng sóng*. Báo cáo Hội nghị Khoa học Công nghệ kỷ niệm 30 năm thành lập Viện Dầu khí Việt Nam. 2005.
4. Phạm Hiền Hậu. *Estimation de la fiabilité du système d'ancrage des FSO/FPSOs au Vietnam, avec prise en compte de l'accumulation du dommage de fatigue*. Luận án Tiến sỹ, Đại học Liège Bỉ. 2010.

5. Phạm Khắc Hùng. Báo cáo tổng hợp kết quả Khoa học Công nghệ đề tài Nghiên cứu điều kiện kỹ thuật môi trường biển và nền móng công trình nhằm xác định luận chứng kinh tế kỹ thuật xây dựng công trình biển vùng nước sâu Việt Nam. Mã số KC.09.15/06-10. Số đăng ký 2011-52-398/KQNC, lưu trữ tại Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia - Bộ Khoa học Công nghệ. 2011.
6. Phạm Khắc Hùng. Xây dựng điều kiện bền mở rộng để xác định độ tin cậy tổng thể đánh giá an toàn của kết cấu công trình biển cố định bằng thép, áp dụng cho điều kiện biển nước sâu Việt Nam. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển. 2010; 10(3).
7. Pham Khac Hung, Mai Hong Quan, Ta Thi Hien. Assessment of fatigue damage of fixed offshore steel structures installed in deep-water areas of Vietnam sea by probabilistic modelling. Petrovietnam Journal. 2010; 6: p. 55 - 60.
8. Pham Khac Hung, Dinh Quang Cuong, Mai Hong Quan, Nguyen Van Ngoc. Estimation of the total reliability of offshore structures in Viet Nam sea conditions combining the ultimate limit states and fatigue limit states. OCEANS'04 MTS/IEE Conference Proceedings, Japan. Nov. 2004: p. 176 - 184.
9. Nguyễn Văn Ngọc. Tính toán tổn thất môi của công trình biển bê tông cốt thép. Luận án Tiến sỹ, Viện Xây dựng Công trình biển. 2000.
10. Phan Văn Khôi. Tuổi thọ môi của các công trình biển. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật. 1997.
11. N.D.P.Bartrop, A.J.Adams. Dynamics of fixed marine structures. 3rd Edition. Butterworth Heinemann/ MTD Ltd. 1991.
12. Naser Shabakhty. Durable reliability of jack-up platforms - The impact of fatigue, fracture and effect of extreme environmental loads on the structural reliability. Technische Universiteit Delft, The Netherlands. 2004.
13. Palle Thoft-Christensen, Michael J.Baker. Structural reliability theory and its applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 1982.
14. DNV. Guideline for offshore structure reliability - General. DNV No 95-2018. 1996.
15. DNV. Guideline for offshore structure reliability - Application to jacket platform. DNV No 95-3203. 1996.
16. Isaac Elishakoff. Probability methods in the theory of structures. John Willey & Son, USA. 1983.

Assessment of structural reliability of fixed steel offshore platforms on the basis of expanded fatigue conditions, taking into account extreme wave effects

Mai Hong Quan
National University of Civil Engineering

Summary

The safety of a fixed offshore structure (FOS) is guaranteed based on the strength conditions of the structure subject to extreme wave action, and on the other hand, it is also assessed based on the failure conditions due to the fatigue accumulated during the exploitation of the structure, or the so-called "conventional fatigue" condition.

This paper deals with the safety evaluation of fixed offshore structures (FOS) of Jacket type (the most common one) based on the failure conditions caused by "conventional fatigue" accumulated until the appearance of an extreme wave, including the fatigue failure caused by such an extreme wave. This fatigue is conventionally referred to as "expanded fatigue". The safety of Jacket structures based on the "expanded fatigue" condition is estimated using the structural reliability theory.

The paper also presents the author's calculations performed at a specific structure under operation in the Vietnamese waters. The obtained results allow not only the assessment of structural reliability based on the "conventional fatigue" condition, but also a comparison between this one with the reliability based on the "expanded fatigue" conditions along the operational process of the structure.