

Đánh giá xác suất phá hủy của kết cấu khối chân đế các giàn cố định bằng thép trong vùng biển Việt Nam, chịu tác động của tàu va

TS. Joko Harsono Widjaja, ThS. Từ Lê Trung
 KS. Trần Thanh Quyền
 Technip Vietnam

Tóm tắt

Bài báo trình bày cách tiếp cận theo phương pháp thống kê để đánh giá xác suất phá hủy của kết cấu khối chân đế các giàn cố định bằng thép trong vùng biển Việt Nam, chịu tác động của tàu va. Cách tiếp cận này dựa trên lý thuyết trạng thái giới hạn cho năng lượng tác động của tàu và khả năng hấp thụ năng lượng của giàn cố định thép, qua đó đánh giá được sự phá hủy của kết cấu. Hai mô hình năng lượng tàu va dựa trên hai hàm mật độ phân phối xác suất năng lượng tàu va chạm P50⁽¹⁾ và P95⁽²⁾ được sử dụng để xác định xác suất phá hủy kết cấu. Trong bài viết này, năng lượng hấp thụ bởi kết cấu được xác định sử dụng module SACS - Collapse version 5.3.

Các nghiên cứu trong bài viết cũng cung cấp một cách nhìn sâu sắc về năng lượng tàu va cực đại đối với các giàn cố định kiểu Jacket (khối chân đế), từ đó có thể cho phép làm giảm nhẹ lực tàu va bằng các cách khác nhau như đưa vào quy định trong hoạt động hàng hải cũng như trong tiêu chuẩn thiết kế kết cấu Jacket.

1. Mở đầu

Đã xảy ra một vụ tai nạn do va chạm tàu vào các phần tử kết cấu giàn nằm ngoài khơi đảo Madura, Indonesia gây thiệt hại nghiêm trọng về người và của đã cảnh báo các nhà khai thác dầu khí ở khu vực Đông Nam Á về sự cần thiết để đánh giá tác động của hoạt động hàng hải tới kết cấu giàn khoan. Dạng tai nạn này đã được các nhà khai thác tại biển Bắc và vịnh Mexico nghiên cứu (ghi chép và nghiên cứu HSE năm 2003, báo cáo nghiên cứu 053) [12].

2. Phát triển mô hình động năng của tàu

Cả hai tiêu chuẩn và hướng dẫn [2, 9] đều khuyến cáo năng lượng va của tàu E_v được thể hiện như các sản phẩm năng lượng chuyển động tàu, tỷ số tương đối giữa khối lượng, vận tốc là các yếu tố biểu diễn độ mềm và khối lượng của kết cấu giàn. Năng lượng va của tàu E_v được xác định theo phương trình sau:

$$E_v = E_s + E_I = \left(\frac{1}{2} (M_s + M_{sa}) V_s^2 \right) \left(\frac{\left(1 - \frac{V_i}{V_s} \right)^2}{1 + \frac{M_s + M_{sa}}{M_i + M_{ia}}} \right) \quad (1)$$

Trong đó, E_s , E_I , M_s , M_{sa} , M_i , M_{ia} , V_s và V_i lần lượt là năng lượng do tàu hấp thụ (ship energy absorption); năng lượng do kết cấu hấp thụ (installation absorption energy); khối lượng chiếm nước của tàu có tải (ship loaded displacement mass); khối lượng nước kèm dựa vào phía đuôi của tàu (ship added mass); khối lượng hiệu dụng của kết cấu (effective installation mass); khối lượng nước kèm của kết cấu (installation added mass), vận tốc bản thân tàu (ship free-field velocity) và vận tốc chuyển động của kết cấu.

Trong phương trình (1), năng lượng do tàu chuyển động được tính toán dựa trên số liệu thống kê thực tế của 16 tàu hoạt động trong vùng biển Việt Nam được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng thống kê một số tàu hoạt động trên vùng biển Việt Nam và các tham số chính

| TT | Tên tàu | Chủng loại | Chiều dài (m) | Chiều rộng (m) | Chiều cao mạn (m) | Chiều chìm (P100) (m) | Trọng tải chiếm nước (P100) (Mtons) |
|----|--------------------------|----------------------------|---------------|----------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 1 | AHTS-Bourbon Liberty 219 | Anchor Handling Tug Supply | 59,78 | 15,00 | 5,50 | 4,30 | 1460,00 |
| 2 | AHTS-Seacor Valor | Anchor Handling Tug Supply | 67,00 | 14,00 | 6,00 | 5,00 | 2198,00 |
| 3 | Jaya Amandam | Anchor Handling Tug Supply | 58,70 | 14,60 | 5,50 | 4,75 | 1350,00 |
| 4 | Mary K | Anchor Handling Tug Supply | 59,00 | 14,60 | 5,50 | 4,50 | 1275,00 |
| 5 | Sapa | Anchor Handling Tug Supply | 64,40 | 13,80 | 6,90 | 5,88 | 1950,00 |
| 6 | Bourbon Liberty 118 | Support Vessel | 57,90 | 14,00 | 5,50 | 4,90 | 1509,00 |
| 7 | Thanh Long | Anchor Handling Tug Supply | 81,16 | 16,30 | 7,20 | 4,90 | 1382,00 |
| 8 | Greatship Ahalya | Towing & supply vessel | 63,00 | 15,00 | 6,10 | 5,20 | 1600,00 |
| 9 | Binh Minh | Anchor Handling Tug Supply | 61,00 | 14,95 | 5,80 | 4,80 | 1500,00 |
| 10 | Visal 2 | Towing & supply vessel | 53,34 | 11,58 | 4,57 | 3,81 | 343,00 |
| 11 | Visal Sai Gon | Towing & supply vessel | 64,40 | 13,80 | 6,90 | 5,90 | 1875,00 |
| 12 | FALCON 06 | Multipurpose tug boat | 34,00 | 9,93 | 4,60 | 3,70 | 268,20 |
| 13 | Dau khi 101 | Utility Standby Vessel | 50,06 | 11,62 | 3,50 | 2,62 | 606,75 |
| 14 | Dau khi 105 | Utility Standby Vessel | 39,00 | 9,50 | 3,21 | 1,70 | 479,16 |
| 15 | Dau khi 106 | Utility Standby Vessel | 50,03 | 11,58 | 4,26 | 2,16 | 678,00 |
| 16 | Phu My 06 | Support Vessel | 50,60 | 11,50 | 3,96 | 3,40 | 467,00 |

Bảng 2. Các tham số luật phân phối Weibull cho vận tốc chuyển động của tàu

| TT | Tên tàu | Vs (Knots) (P50) | Vs (Knots) (P80) | Vs (Knots) (P100) | Phân phối Weibull | | | Chủng loại |
|----|--------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------|---------|------------------------|
| | | | | | Beta (β) | Alpha (α) | Std (σ) | |
| 1 | AHTS-Bourbon Liberty 219 | 9,00 | 12,00 | 13,00 | 3,05 | 10,20 | 0,326 | AHT Supply Vessel |
| 2 | AHTS-Seacor Valor | 10,00 | 11,00 | 13,00 | 8,00 | 10,35 | 0,844 | AHT Supply Vessel |
| 3 | Jaya Amandam | 10,00 | 10,90 | 13,50 | 8,00 | 10,45 | 0,836 | AHT Supply Vessel |
| 4 | Mary K | 10,00 | 11,10 | 13,00 | 8,00 | 10,45 | 0,836 | AHT Supply Vessel |
| 5 | Sapa | 10,00 | 12,00 | 15,00 | 6,00 | 10,70 | 0,613 | AHT Supply Vessel |
| 6 | Bourbon Liberty 118 | 10,50 | 11,50 | 12,50 | 9,00 | 10,90 | 0,903 | Support Vessel |
| 7 | Thanh Long | 9,00 | 10,00 | 13,00 | 7,00 | 9,35 | 0,814 | AHT Supply Vessel |
| 8 | Greatship Ahalya | 9,00 | 11,00 | 13,50 | 4,20 | 9,80 | 0,467 | Towing Supply Vessel |
| 9 | Binh Minh | 10,00 | 12,00 | 13,70 | 4,70 | 10,80 | 0,476 | AHT Supply Vessel |
| 10 | Visal 2 | 9,50 | 10,65 | 12,00 | 7,40 | 9,95 | 0,811 | Towing Supply Vessel |
| 11 | Visal Sai Gon | 8,00 | 9,00 | 12,00 | 7,00 | 8,40 | 0,901 | Towing Supply Vessel |
| 12 | FALCON 06 | 10,00 | 10,60 | 12,00 | 10,20 | 10,35 | 1,076 | Multi-purpose tug boat |
| 13 | Dau khi 101 | 6,50 | 7,65 | 9,50 | 5,50 | 6,94 | 0,848 | Utility Standby Vessel |
| 14 | Dau khi 105 | 6,50 | 7,65 | 9,50 | 5,50 | 6,94 | 0,848 | Utility Standby Vessel |
| 15 | Dau khi 106 | 7,50 | 9,50 | 12,50 | 3,70 | 8,30 | 0,482 | Utility Standby Vessel |
| 16 | Phu My 06 | 9,50 | 10,65 | 13,00 | 7,40 | 9,95 | 0,811 | Support Vessel |

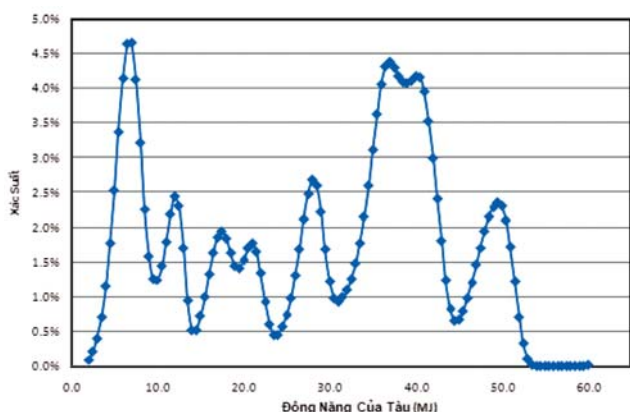
Những dữ liệu trên được sử dụng để phát triển hàm mật độ phân phối xác suất động năng của tàu. Một vài giả định như một số tham số của tàu được lấy dựa trên xác suất 50%, khối lượng chiếm nước của tàu tính toán dựa trên 80% DWT và vận tốc kinh tế (economic vessel speed) được coi là vận tốc chuyển động (tính toán) của tàu, tốc

độ hành trình và tốc độ cực đại của các tàu lần lượt được xem như số phần trăm thứ 80 và 100, tùy theo tốc độ nào đi cùng với tốc độ tàu xác định bằng P50, là một hàm phân bố vận tốc tàu sử dụng luật phân bố Weibull với ba tham số, đã được tính toán và thể hiện trong Bảng 2 và 3 (trong đó không thể hiện tham số γ).

Bảng 3. Động năng của tàu và các tham số luật phân phối Weibull

| TT | Tên tàu | E_v (MJ) (P50) | σ_{Ev} | α | β | Gama |
|----|--------------------------|------------------|---------------|----------|---------|-------|
| 1 | AHTS-Bourbon Liberty 219 | 28,39 | 2,03 | 3,05 | 10,20 | 19,30 |
| 2 | AHTS-Seacor Valor | 41,52 | 7,09 | 8,00 | 10,35 | 31,63 |
| 3 | Jaya Amandam | 37,52 | 6,09 | 8,00 | 10,45 | 27,52 |
| 4 | Mary K | 35,75 | 5,80 | 8,00 | 10,45 | 25,76 |
| 5 | Sapa | 47,58 | 5,74 | 6,00 | 10,70 | 37,50 |
| 6 | Bourbon Liberty 118 | 39,80 | 6,75 | 9,00 | 10,90 | 29,30 |
| 7 | Thanh Long | 50,03 | 8,50 | 7,00 | 9,35 | 41,16 |
| 8 | Greatship Ahalya | 36,74 | 3,70 | 4,20 | 9,80 | 25,78 |
| 9 | Binh Minh | 40,21 | 3,73 | 4,70 | 10,80 | 30,20 |
| 10 | Visal 2 | 20,62 | 3,24 | 7,40 | 9,95 | 11,15 |
| 11 | Visal Sai Gon | 27,84 | 6,20 | 7,00 | 8,40 | 19,87 |
| 12 | FALCON 06 | 11,90 | 2,41 | 10,20 | 10,35 | 1,91 |
| 13 | Dau khi 101 | 6,31 | 1,62 | 5,50 | 6,94 | 0,00 |
| 14 | Dau khi 105 | 2,35 | 0,67 | 5,50 | 6,94 | 0,00 |
| 15 | Dau khi 106 | 6,10 | 0,81 | 3,70 | 8,30 | 0,00 |
| 16 | Phu My 06 | 16,91 | 2,73 | 7,40 | 9,95 | 7,44 |

Lấy theo các giá trị biên trên của hàm mật độ phân phối xác suất động năng của tàu theo P50, mô hình động năng của tàu có thể được phát triển như Hình 1.



Hình 1. Mô hình động năng của tàu lấy theo P50

3. Phát triển mô hình năng lượng va của tàu

Từ phương trình (1), ta thấy các hệ số đặc biệt phụ thuộc vào khối lượng kết cấu, khối lượng nước kèm cứng như vận tốc kết cấu trong quá trình va chạm. Vận tốc này của kết cấu liên quan tới độ cứng tổng thể của giàn và độ cứng cục bộ (chống bẹp, méo) của ống tại điểm va chạm.

Cùng một lực va tại một điểm trên ống chính hoặc ống nhánh, chuyển vị và biến dạng lõm tại điểm va chạm

có mối liên hệ sau:

$$\delta_D = \frac{(a\Delta^2 + b\Delta + c)\Delta t^3}{P^2} \left(\frac{21F_y}{4}\right)^2 \tag{2}$$

$$\delta_D = \frac{(a\Delta^2 + b\Delta + c)\Delta t^4}{P^2 D} \left(\frac{150F_y}{4}\right)^2 \tag{3}$$

Trong đó: Δ , δ_D , P , D , t , F_y , a , b và c lần lượt là chuyển vị của điểm va chạm, chiều sâu vết lõm (bẹp) của ống, lực va chạm của tàu, đường kính ống, độ dày ống, ứng suất giới hạn dẻo trung bình, tham số độ cứng chống uốn và hằng số độ cứng. Tham số độ cứng chống uốn và hằng số độ cứng được xác định bằng các phân tích ứng suất cho kết cấu chịu năng lượng va của tàu tại các điểm va chạm.

Phương trình (2) dựa trên lý thuyết về lực va chạm của Amdahl's cho ống bị bẹp [5] áp dụng cho ống có tỷ số $D/t < 50$, trong khi phương trình (3) dựa trên kết quả của Ellinas và Walker [6] cho ống có tỷ số $D/t > 50$.

Các biểu thức sau đây thể hiện cho năng lượng hấp thụ do cả tàu và giàn, đúng đối với bất kỳ sự biến dạng của tàu và kết cấu giàn nào. Khi năng lượng tàu hấp thụ được giả định là bằng không, thì kết cấu giàn hấp thụ toàn bộ năng lượng. Năng lượng đó được mô phỏng như hàm lũy thừa bậc hai, năng lượng va chạm của tàu bằng với

năng lượng giàn hấp thụ và phân phối tới ứng suất uốn và lõm (bẹp) của phần tử kết cấu, được thể hiện qua các phương trình (4) và (5) sau:

$$E_V = E_S + E_I = \frac{7F_y (\delta_D t)^3}{2} + \left(\frac{a\Delta^4}{4} + \frac{b\Delta^3}{3} + \frac{c\Delta^2}{2} \right) \quad (4)$$

$$E_V = E_S + E_I = \frac{25F_y (\delta_D)^3 t^2}{D^2} + \left(\frac{a\Delta^4}{4} + \frac{b\Delta^3}{3} + \frac{c\Delta^2}{2} \right) \quad (5)$$

Vận tốc chuyển động của giàn trong phương trình (1) được lấy xấp xỉ từ phản ứng động (dynamic response) của kết cấu giàn tại điểm va chạm theo công thức (6):

$$V_i \cong \omega_i (\Delta + \delta_D) \quad (6)$$

Trong đó:

V_i : Vận tốc chuyển động của giàn (cm/s)

ω_i : Tần số dao động riêng tại mode đầu tiên

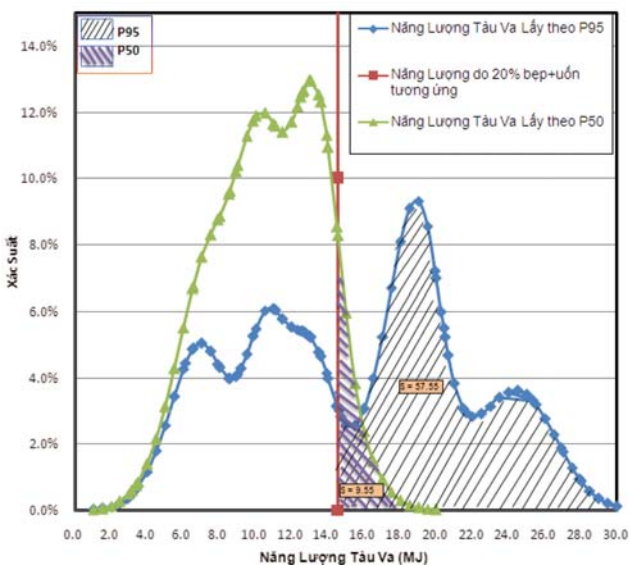
Δ : Chuyển vị tại điểm tàu va ở mode đầu tiên (cm)

δ : Chiều sâu vết lõm (cm)

Bằng cách thực hiện phương pháp tính lặp sử dụng cho các phương trình (2 - 6), với các tham số: Lực va, chiều sâu vết lõm của ống, chuyển vị của điểm va chạm trên ống chính và ống nhánh, vận tốc chuyển động của giàn và năng lượng tàu va dẫn tới kết quả phù hợp.

Với phương pháp tính toán tương tự dựa trên hàm mật độ phân phối xác suất năng lượng tàu va P95 ta cũng xác định được mô hình năng lượng tàu va cho P95.

Kết hợp hai mô hình năng lượng và tàu P50 và P95 được trình bày trong Hình 2.



Hình 2. Mô hình năng lượng tàu va

Độ lệch chuẩn của năng lượng tàu va và σ_V được thể hiện như công thức 7:

$$\sigma_{E_V} = \sqrt{\left(\frac{\partial E_V}{\partial M} \sigma_M \right)^2 + \left(\frac{\partial E_V}{\partial V} \sigma_V \right)^2 + \left(\frac{\partial E_V}{\partial f} \sigma_f \right)^2} \quad (7)$$

Trong đó σ_M , σ_V và σ_f lần lượt là độ lệch chuẩn của khối lượng chiếm nước của tàu có tải (ship loaded displacement mass), vận tốc bản thân tàu và hệ số tương đối giữa khối lượng và vận tốc của tàu.

4. Tiêu chuẩn phá hủy kết cấu

Các tiêu chuẩn áp dụng để đánh giá sự phá hủy của kết cấu có thể thay đổi tùy thuộc vào mục tiêu và mức độ rủi ro do mỗi dự án quy định. Trong nghiên cứu này, kết cấu bị phá hủy cục bộ được giới hạn đến khớp dẻo - "plastic hinges" và độ sâu vết lõm (bẹp) của ống được phát triển dựa trên sự va chạm của tàu vào các thanh kết cấu. Trong khi đó phản ứng của tổng thể kết cấu giàn là không đàn hồi và được tính toán dựa trên khớp dẻo trên các thanh kết cấu bị va.

Trong tài liệu tham khảo API RP 2A LRFD [13], ứng suất uốn danh nghĩa (nominal bending stress) được thay thế bằng giới hạn chảy dẻo trung bình F_y , tiêu chuẩn để đánh giá phần tử kết cấu dưới tổ hợp giữa Momen uốn và kéo, Momen uốn và nén lần lượt được trình bày trong công thức (8) và (9):

$$\Gamma = -\cos \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{f_t}{F_y} \right) \right] + \left[\left(\frac{f_{by}}{F_y} \right)^2 + \left(\frac{f_{bz}}{F_y} \right)^2 \right]^{1/2} \leq 0 \quad (8)$$

$$\Gamma = -\cos \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{f_c}{F_{xc}} \right) \right] + \left[\left(\frac{f_{by}}{F_y} \right)^2 + \left(\frac{f_{bz}}{F_y} \right)^2 \right]^{1/2} \leq 0 \quad (9)$$

Nếu tỷ số giữa ứng suất nén và ứng suất mất ổn định của phần tử kết cấu lớn hơn 0,15, phương trình (10) sau đây có thể dùng để thay thế cho (9):

$$\Gamma = \frac{f_c}{F_{xc}} + \left[\left(\frac{C_{my} f_{by} / F_y}{\left(1 - \frac{f_c}{F'_{ey}} \right)} \right)^2 + \left(\frac{C_{mz} f_{bz} / F_y}{\left(1 - \frac{f_c}{F'_{ey}} \right)} \right)^2 \right]^{1/2} - 1 \leq 0 \quad (10)$$

Các ký hiệu trong các phương trình (8 - 10) có thể tham khảo tiêu chuẩn API RP 2A LRFD năm 1993 [13].

Để đánh giá các vết lõm (bẹp) của ống dựa vào tỷ lệ giữa độ sâu vết lõm (bẹp) lớn nhất và đường kính ống. DNV RP F107, 2001 [11] quy định độ sâu vết lõm (bẹp) tối đa được lấy bằng 20% của đường kính ống bị

hấp thụ năng lượng va từ tàu. Phương trình (11, 12) chỉ ra năng lượng hấp thụ giới hạn của kết cấu tạo vết lõm:

$$(E_D)_{\max} = 2,236F_yDt^2 \tag{11}$$

$$(E_D)_{\max} = 0,313F_y(Dt)^{1,5} \tag{12}$$

Trong đó:

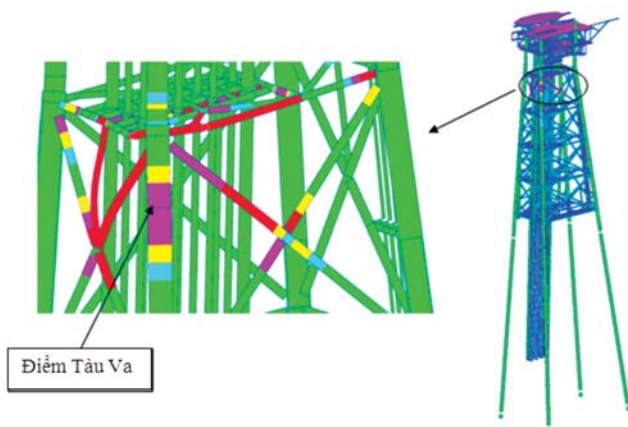
$(E_D)_{\max}$: Năng lượng hấp thụ lớn nhất của kết cấu tạo vết lõm

D : Đường kính ống

t : Chiều dày ống

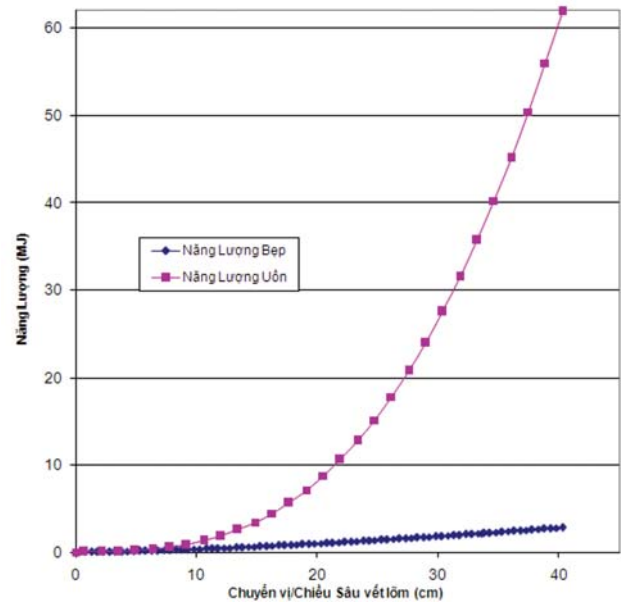
5. Năng lượng hấp thụ của kết cấu

Để xác định năng lượng uốn (bending energy) kết cấu giàn cố định thép, mô hình tổng hợp gồm cọc - khối chân đế - khối thượng tầng được phát triển dựa trên phần mềm SACS 5.3. Để tính toán năng lượng tàu va, phân tích lũy tiến phi tuyến (non-linear progressive analysis) được thực hiện trên Module SACS - Collapse, trong đó tiêu chuẩn đánh giá phần tử kết cấu phá hủy được giới hạn trong sự phát triển của khớp dẻo. Kết quả tính toán từ phần mềm trên cho thấy tại bước 31 đã xuất hiện khớp dẻo đầu tiên. Kết quả chi tiết xem thêm mục “Một số kết quả tính toán từ phần mềm SACS version 5.3” (mục 8.2).



Hình 3. Kết quả tại bước 31 - khớp dẻo bắt đầu xuất hiện

Năng lượng tạo ra uốn của kết cấu được tính toán dựa trên phân tích lũy tiến phi tuyến, được kể đến chuyển vị tổng thể của giàn thống nhất gồm khối chân đế - khối thượng tầng và cọc với chuyển vị cục bộ của phần tử kết cấu bị va chạm và các phần tử xung quanh. Trong khi đó năng lượng làm ống bị lõm (bẹp) được tính toán dựa trên phương trình Amdahl [5] cho ống có tỷ số giữa đường kính và chiều dày $\frac{D}{t} \leq 50$, ngược lại phương trình Ellinas và Walker sẽ được áp dụng. Kết quả được thể hiện trên Hình 4.

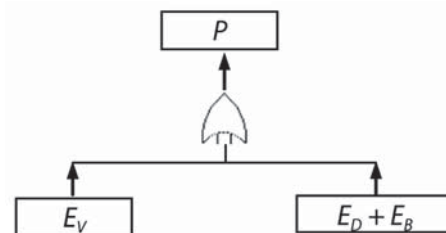


Hình 4. Năng lượng hấp thụ uốn và bẹp của kết cấu

Đồ thị Hình 4 thể hiện năng lượng gây uốn và năng lượng gây ra lõm (bẹp) của phần tử kết cấu của một giàn cố định thép trong vùng biển Việt Nam. Giới hạn của bài báo chưa sử dụng phần tử hữu hạn để miêu tả rõ sự biến dạng lõm của ống, mà chỉ tính toán chiều sâu vết lõm dựa vào phương trình (2, 3).

6. Đánh giá xác suất phá hủy của kết cấu

Xác suất phá hủy P_f của kết cấu ống chính hoặc ống nhánh của kết cấu bị tàu bè va có thể được xác định bằng cách sử dụng phương pháp trạng thái giới hạn được mô tả bằng sơ đồ giải thuật Boolean (Hình 5).



Hình 5. Giải thuật Boolean đánh giá xác suất phá hủy phần tử kết cấu

Các đại diện trên có thể được thể hiện với các phương trình (13) và (14), trong đó E_B và E_D tương ứng là năng lượng cần thiết để kết cấu hấp thụ tạo ra uốn (chuyển vị) và lõm (bẹp).

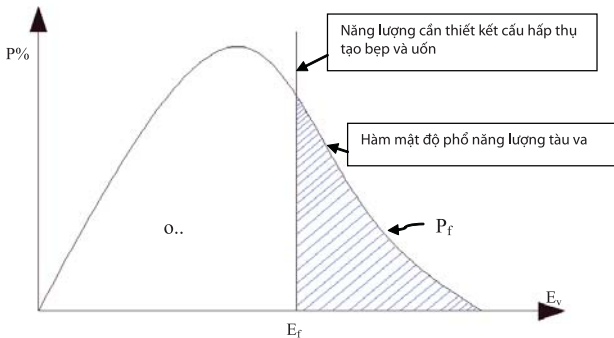
$$Z = E_I - E_V = (E_B + E_D) - E_V \tag{13}$$

$$\sigma_Z = \sqrt{(\sigma_B^2 + \sigma_D^2) + \sigma_V^2} \tag{14}$$

Từ phương trình (13), xác suất phá hủy kết cấu P_f được xác định khi $Z < 0$, có nghĩa là năng lượng cần thiết để kết cấu hấp thụ tạo bẹp và uốn.

Dựa trên nguyên lý trên ta xác định được xác suất phá hủy kết cấu P_f do tàu va là diện tích phần gạch chéo như Hình 6.

Trong đó E_r là năng lượng cần thiết để tạo bẹp và uốn. Kết quả tính toán đã được trình bày trên Hình 2, mục 3 của bài báo.



Hình 6. Xác suất phá hủy kết cấu P_f dưới tác động tàu va

7. Kết luận

Với dữ liệu giới hạn tàu thực tế thu thập được, nghiên cứu chỉ có thể trình bày kết quả sơ bộ về động năng của tàu và xác suất của sự phá hủy của kết cấu dưới ảnh hưởng của tàu va chạm bằng phương pháp xác suất thống kê. Tuy nhiên, phương pháp trình bày vẫn có thể được tham khảo như một tài liệu hướng dẫn cho việc đánh giá kết cấu công trình biển, đặc biệt là phần tử ống chính và các thanh giằng của giàn cố định bằng thép dưới tác động của tàu va. Nghiên cứu có thể chi tiết và chính xác hơn

bằng cách cập nhật các số liệu thống kê tàu hoạt động và số lượng mẫu giàn nghiên cứu.

Nghiên cứu cho thấy dựa trên tiêu chuẩn phá hủy của 20% tỷ số độ sâu vết lõm và phá hủy dẻo cục bộ của kết cấu bị va chạm, xác suất phá hủy ống chính xấp xỉ 10% cho tốc độ tàu trung bình (P50) và 57% cho tốc độ tàu P95 (Hình 2). Những phát hiện này cho thấy hơn 50% ống chính của giàn sẽ bị phá hủy trong trường hợp tai nạn (P95) do tàu va, và xác suất phá hủy khoảng 10% trong điều kiện tàu vận hành (P50).

Hơn nữa, nghiên cứu cũng cung cấp cái nhìn sâu sắc cho nhà khai thác trong vùng biển Việt Nam trên các tiêu chuẩn năng lượng tàu va (Boat impact Energy) trong thiết kế, đánh giá kết cấu giàn cố định bằng thép, đặc biệt là các ống chính, ống nhánh và giá cập tàu chịu các tải trọng sự cố mà trong quy định hàng hải chưa đề cập tới. Thêm vào đó, bài báo nghiên cứu sâu hơn về nguy cơ phá hủy, khía cạnh kinh tế, do đó để đáp ứng các tiêu chuẩn trên mức độ rủi ro chấp nhận được.

8. Phụ lục

8.1. Giải thích ký hiệu:

^{(1), (2)} - P50 và P95

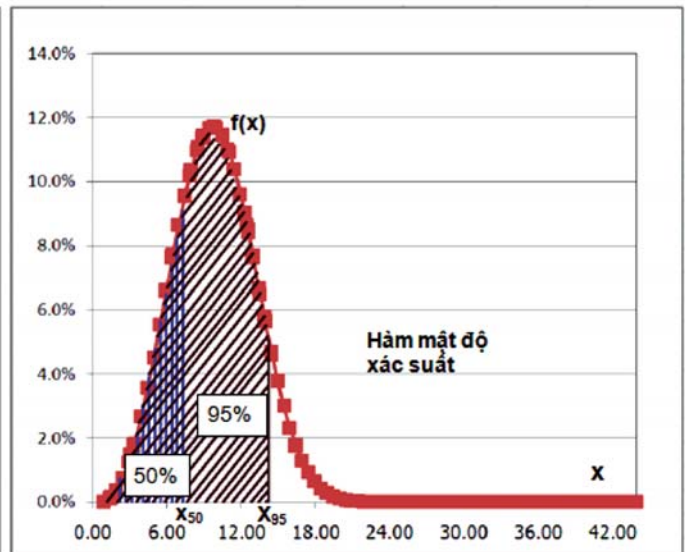
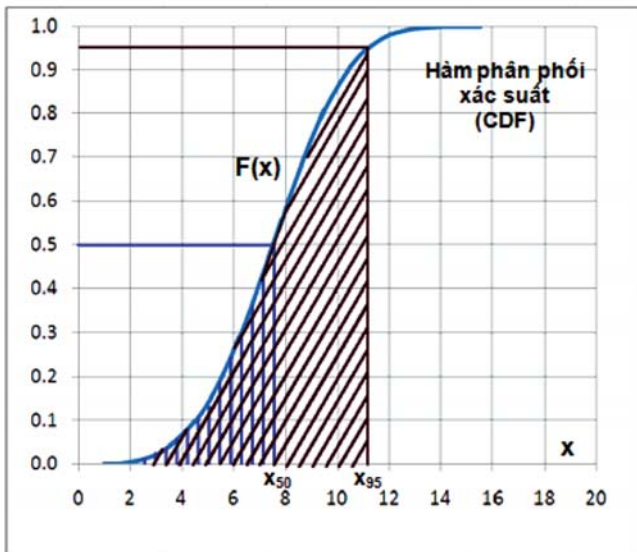
$$P50 = P(0 < x < x_{50}) = \int_0^{x_{50}} f(x)dx$$

$$P95 = P(0 < x < x_{95}) = \int_0^{x_{95}} f(x)dx$$

Biến ngẫu nhiên x - Vận tốc của tàu

Hàm phân bố tích lũy $F(x) = \int_0^x f(x)dx$

Hàm mật độ xác suất $f(x)$ tuân theo hàm phân phối Weibull



Hình 7. Hàm phân phối xác suất và mật độ xác suất

8.2. Một số kết quả tính toán từ phần mềm SACS Version 5.3

Tóm tắt các sự kiện đặc biệt (trích)

| Step | Cond | Factor | Joint Member Plate | (M) | Subseg | Plasticity | Event |
|------|------|--------|--------------------|--------|--------|------------|------------------------------------|
| 19 | 500 | 36.00 | BI01 L103 | 0.000 | 1 | 0.167 | Plastic |
| 19 | 500 | 36.00 | L203 BI01 | 8.100 | 9 | 0.083 | Plastic |
| 20 | 500 | 38.00 | 152 L103 | 3.193 | 9 | 0.083 | Plastic |
| 21 | 500 | 40.00 | 180 130 | 0.000 | 1 | 0.083 | Plastic |
| 21 | 500 | 40.00 | BI01 L103 | 0.545 | 2 | 0.083 | Plastic |
| v21 | 500 | 40.00 | L203 BI01 | 6.954 | 8 | 0.083 | Plastic |
| 21 | 500 | 40.00 | LI01 P103 | 0.000 | 1 | 0.167 | Plastic |
| 21 | 500 | 40.00 | P303 LI01 | 12.047 | 8 | 0.167 | Plastic |
| 22 | 500 | 42.00 | 152 L103 | 2.761 | 8 | 0.083 | Plastic |
| 23 | 500 | 44.00 | 202 L103 | 9.163 | 9 | 0.083 | Plastic |
| 23 | 500 | 44.00 | BI01 L103 | 0.000 | 1 | 0.333 | Plastic |
| 23 | 500 | 44.00 | L103 180 | 0.000 | 1 | 0.167 | Plastic |
| 23 | 500 | 44.00 | L203 BI01 | 5.808 | 7 | 0.083 | Plastic |
| 23 | 500 | 44.00 | L203 BI01 | 8.100 | 9 | 0.333 | Plastic |
| 23 | 500 | 44.00 | LI01 P103 | 0.578 | 2 | 0.167 | Plastic |
| 23 | 500 | 44.00 | P303 LI01 | 10.362 | 7 | 0.083 | Plastic |
| 24 | 500 | 46.00 | 152 L103 | 2.329 | 7 | 0.167 | Plastic |
| 24 | 500 | 46.00 | 152 L103 | 3.193 | 9 | 0.333 | Plastic |
| 24 | 500 | 46.00 | 180 106 | 0.830 | 2 | 0.083 | Plastic |
| 24 | 500 | 46.00 | 180 130 | 0.649 | 2 | 0.167 | Plastic |
| 24 | 500 | 46.00 | L103 180 | 0.079 | 2 | 0.083 | Plastic |
| 24 | 500 | 46.00 | LI01 P103 | 0.000 | 1 | 0.333 | Plastic |
| 24 | 500 | 46.00 | P303 LI01 | 12.047 | 8 | 0.333 | Plastic |
| 25 | 500 | 48.00 | 152 L103 | 1.897 | 6 | 0.083 | Plastic |
| 25 | 500 | 48.00 | 202 L103 | 7.886 | 8 | 0.083 | Plastic |
| 25 | 500 | 48.00 | BI01 L103 | 0.545 | 2 | 0.333 | Plastic |
| 25 | 500 | 48.00 | BI01 L103 | 1.089 | 3 | 0.167 | Plastic |
| 25 | 500 | 48.00 | L103 180 | 0.159 | 3 | 0.083 | Plastic |
| 25 | 500 | 48.00 | L103 180 | 0.556 | 8 | 0.083 | Plastic |
| 25 | 500 | 48.00 | L203 BI01 | 6.954 | 8 | 0.333 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 106 105 | 8.266 | 8 | 0.333 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 106 130 | 2.968 | 5 | 0.167 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 106 130 | 3.710 | 6 | 0.250 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 106 130 | 4.452 | 7 | 0.583 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 106 130 | 5.194 | 8 | 0.750 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 107 106 | 0.000 | 1 | 0.333 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 107 106 | 0.300 | 2 | 0.167 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 107 106 | 0.600 | 3 | 0.750 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 107 106 | 1.120 | 4 | 0.667 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 107 106 | 1.640 | 5 | 0.583 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 107 106 | 2.160 | 6 | 0.333 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 107 106 | 2.681 | 7 | 0.250 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 108 W100 | 0.000 | 1 | 0.917 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 108 W100 | 0.046 | 2 | 0.917 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 108 W100 | 0.092 | 3 | 0.917 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 108 W100 | 0.138 | 4 | 0.833 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 108 W100 | 0.183 | 5 | 0.833 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 108 W100 | 0.229 | 6 | 0.833 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 108 W100 | 0.275 | 7 | 0.833 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 108 W100 | 0.321 | 8 | 0.833 | Plastic |
| 31 | 500 | 60.00 | 115 W100 | 0.000 | 1 | 1.000 | Hinged xuất hiện khớp dẻo đầu tiên |

Năng lượng kết cấu hấp thụ
Work Report (KILOJOULES)

| Load | | | Structure | | | | Ship | | | Toatal | |
|------|------|--------------|-----------|---------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| Step | Cond | Factor Joint | Work X | Work Y | Work Z | Total | Stern | Broadside | Stern | Broadside | |
| 1 | BI | 1.00 BI01 | 1.25 | 5.02 | 0.00 | 6.27 | 0.00 | 0.00 | 6.27 | 6.27 | |
| 1 | BI | Sum Joints | 1.25 | 5.02 | 0.00 | 6.27 | 0.00 | 0.00 | 6.27 | 6.27 | |
| 2 | 500 | 2.00 BI01 | 10.31 | 28.27 | 0.00 | 38.58 | 0.00 | 0.00 | 38.58 | 38.58 | |
| 2 | 500 | Sum Joints | 10.31 | 28.27 | 0.00 | 38.58 | 0.00 | 0.00 | 38.58 | 38.58 | |
| 3 | 500 | 4.00 BI01 | 27.52 | 57.85 | 0.00 | 85.37 | 0.00 | 0.00 | 85.37 | 85.37 | |
| 3 | 500 | Sum Joints | 27.52 | 57.85 | 0.00 | 85.37 | 0.00 | 0.00 | 85.37 | 85.37 | |
| 4 | 500 | 6.00 BI01 | 52.88 | 93.76 | 0.00 | 146.64 | 0.00 | 0.00 | 146.64 | 146.64 | |
| 4 | 500 | Sum Joints | 52.88 | 93.76 | 0.00 | 146.64 | 0.00 | 0.00 | 146.64 | 146.64 | |
| 5 | 500 | 8.00 BI01 | 86.40 | 136.00 | 0.00 | 222.39 | 0.00 | 0.00 | 222.39 | 222.39 | |
| 5 | 500 | Sum Joints | 86.40 | 136.00 | 0.00 | 222.39 | 0.00 | 0.00 | 222.39 | 222.39 | |
| 6 | 500 | 10.00 BI01 | 128.08 | 184.58 | 0.00 | 312.65 | 0.00 | 0.00 | 312.65 | 312.65 | |
| 6 | 500 | Sum Joints | 128.08 | 184.58 | 0.00 | 312.65 | 0.00 | 0.00 | 312.65 | 312.65 | |
| 7 | 500 | 12.00 BI01 | 177.93 | 239.51 | 0.00 | 417.44 | 0.00 | 0.00 | 417.44 | 417.44 | |
| 7 | 500 | Sum Joints | 177.93 | 239.51 | 0.00 | 417.44 | 0.00 | 0.00 | 417.44 | 417.44 | |
| 8 | 500 | 14.00 BI01 | 235.93 | 300.77 | 0.00 | 536.71 | 139.26 | 16.61 | 675.96 | 553.32 | |
| 8 | 500 | Sum Joints | 235.93 | 300.77 | 0.00 | 536.71 | 139.26 | 16.61 | 675.96 | 553.32 | |
| 9 | 500 | 16.00 BI01 | 302.05 | 368.32 | 0.00 | 670.37 | 481.55 | 190.87 | 1151.92 | 861.24 | |
| 9 | 500 | Sum Joints | 302.05 | 368.32 | 0.00 | 670.37 | 481.55 | 190.87 | 1151.92 | 861.24 | |
| 10 | 500 | 18.00 BI01 | 376.21 | 442.12 | 0.00 | 818.33 | 858.79 | 382.92 | 1677.13 | 1201.25 | |
| 31 | 500 | Sum Joints | 3620.30 | 3300.86 | 0.00 | 6921.16 | 447587.12 | 10048.69 | 454508.31 | 16969.85 | |
| 51 | 500 | Sum Joints | 6966.01 | 6698.08 | 0.00 | 13664.09 | 859384.88 | 15078.73 | 873049.00 | 28742.82 | |

Tài liệu tham khảo

1. *Ship/platform collision incident database*. Prepared by serco assurance for health and safety executive. 2001.
2. *Design against Accidental Loads*. DNV RP C204. 2004.
3. Ellinas, C.P, February 1984. *Ultimate strength of damaged tubular bracing members*. Journal of Structural Engineering, Vol. 110, No. 2.
4. Furnes, O. and Amdahl, J., 1980. *Ship collision with offshore platforms*. Intermaritec '80.
5. Amdahl, J. and Eberg, E., 1993. *Ship collision with offshore structures*. Structural dynamics - EURO DYN'93, Moan et al. (eds), Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 336 1.
6. *Ship collision and capacity of brace members of fixed steel offshore platforms*. Prepared by visser consultancy for health and safety executive. 2004.
7. Jin, W; Song, J; Gong S. and Lu, Y., 2005. *Evaluation of damage to offshore structures due to collision of large barge*. Engineering Structures 27, p. 1317 - 1326.

8. Zheng, P., Kanegaonkar, H., Gjerstad, V-A and Engevik, E., 2003. *Transient dynamic effects of jacket - vessel collision on the platform topside*. Proc. Of the 13th international offshore and polar engineering conference, Honolulu, Hawaii, USA.
9. *JIP-Design Against Accidental Loads*. Ch. 3 of 'Design guidance for structures exposed to ship Collision', Veritec, Report No. 88 - 3172.
10. DNV Report No. 95 - 2018. *Guideline for offshore structural reliability analysis-general*.
11. DNV-RP-F107, 2001. *Risk assessment of pipeline protection*.
12. HSE 2003, Research Report 053.
13. API, 'Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms - Load Resistance Factor Design', API RP2A-LRFD Supplement 1 dated February 2007.