

TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH



LÊ TUẤN VŨ

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TỔN THƯƠNG
MỖI TÍCH LŨY KẾT CẤU, ỨNG DỤNG CHO TÀU THỦY VÀ
CÔNG TRÌNH NỒI

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ

TP. HCM, NĂM 2024

TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH



LÊ TUẤN VŨ

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TỒN THƯƠNG
MỎI TÍCH LŨY KẾT CẤU, ỨNG DỤNG CHO TÀU THỦY VÀ
CÔNG TRÌNH NỒI

NGÀNH: KỸ THUẬT TÀU THỦY

MÃ SỐ: 8520122

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN:

1. TS. ĐỖ HÙNG CHIẾN

TP. HCM, NĂM 2024

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Hiện nay, các lý thuyết và phương pháp đánh giá tuổi thọ mỗi của kết cấu đã được nghiên cứu khá bài bản và đạt được nhiều kết quả khả quan. Tuy nhiên, thực tế các chi tiết, kết cấu trong quá trình làm việc hầu hết đều chịu tác dụng của tải trọng phức tạp dẫn đến trạng thái ứng suất trong chi tiết, kết cấu không phải ở trạng thái ứng suất đơn. Hơn nữa, các yếu tố đặc biệt về hình dạng và sự không đồng nhất về vật liệu của chi tiết, kết cấu càng làm cho trạng thái ứng suất trong kết cấu trở nên phức tạp hơn [1]. Ngày nay, các phương pháp đánh giá tuổi thọ mỗi của chi tiết chịu ứng suất phức tạp có thể chia thành ba nhóm chính: phương pháp ứng suất - biến dạng tương đương [2], phương pháp năng lượng [3] và phương pháp mặt phẳng tới hạn [4-6]. Bên cạnh đó, chúng ta còn có thêm một phương pháp là phương pháp phạm vi phân phối ứng suất. [7]

Phương pháp phạm vi phân phối ứng suất (SRD) giúp xác định các khoảng ứng suất tại các điểm nóng trên kết cấu, mô phỏng các biến đổi độ bền môi trong một khoảng thời gian và điều kiện hoạt động khác nhau.

Bằng cách áp dụng phương pháp SRD có thể giúp nâng cao độ an toàn và độ tin cậy của tàu thủy và công trình nổi, tránh được các sự cố liên quan đến hỏng hóc môi và giảm thiểu chi phí bảo trì và sửa chữa

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu tổng quát của nghiên cứu là cung cấp một phương pháp đáng tin cậy và dễ phân tích và đánh giá các yếu tố tác động đến độ

bền mỏi của kết cấu tàu thủy và công trình nổi bằng phương pháp phạm vi phân phối ứng suất. Nghiên cứu nhằm xác định những yếu tố quan trọng tác động đến độ bền mỏi của kết cấu tàu trong các điều kiện khác nhau, từ đó đưa ra các dự đoán về độ mệt mỏi và tuổi thọ của kết cấu tàu.

Các mục tiêu cụ thể trong nghiên cứu bao gồm:

- Xác định, phân tích và đánh giá các yếu tố tác động đến độ bền mỏi của kết cấu tàu thủy và công trình nổi bằng phương pháp phạm vi phân phối ứng suất.
- Xây dựng một chương trình nhằm hỗ trợ việc tính toán các giá trị liên quan đến độ bền mỏi và xác định tuổi thọ của kết cấu tàu thủy và công trình nổi.

3. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu trong đề tài chính là độ bền mỏi của kết cấu tàu thủy và công trình nổi.

Phạm vi nghiên cứu của đề tài bao gồm các nội dung sau:

- Phạm vi nội dung: Luận văn tập trung vào vấn đề phân tích và đánh giá độ bền mỏi của kết cấu tàu thủy và công trình nổi.
- Phạm vi không gian: Luận văn thực hiện tại khu vực giao nhau giữa các kết cấu khỏe trong tàu thủy và công trình nổi.
- Phạm vi thời gian: Nghiên cứu được thực hiện trong 6 tháng (Từ tháng 11 năm 2023 đến tháng 4 năm 2024).

4. Phương pháp nghiên cứu

- Thống kê các nghiên cứu trước, mô phỏng để tính toán ứng suất lớn nhất và hệ số tập trung ứng suất, lập trình xây dựng công cụ ứng dụng thay thế tính toán thủ công.

- Sử dụng phương pháp phạm vi phân phối ứng suất, qua đó phân tích và đánh giá các yếu tố tác động đến độ bền mỏi kết cấu tàu thủy và công trình nổi.

5. Ý nghĩa của đề tài

Đề tài trên có ý nghĩa trong việc xác định độ bền mỏi của kết cấu tàu thủy và công trình nổi.

Ý nghĩa khoa học: Đề tài tóm tắt cơ sở lý thuyết về lĩnh vực đánh giá độ bền mỏi của kết cấu tàu thủy và công trình nổi. Kết quả đề tài là tạo ra một công cụ nhằm hỗ trợ trong lĩnh vực xác định độ bền mỏi kết cấu

Ý nghĩa thực tiễn: Có thể áp dụng tính toán về độ bền mỏi cho vào các kết cấu tàu thủy và công trình nổi khác nhau.

6. Nội dung luận văn

Luận văn "Nghiên cứu phương pháp đánh giá tổn thương mỏi tích lũy kết cấu, ứng dụng cho tàu thủy và công trình nổi." bao gồm các nội dung sau:

- Tổng quan về các kết quả nghiên cứu liên quan đến độ bền mỏi của các nhà khoa học trong và ngoài nước.
- Cơ sở lý thuyết về phương pháp phạm vi phân phối ứng suất.
- Xây dựng chương trình hỗ trợ tính toán.
- Mô phỏng mô hình kết cấu và xác định ứng suất.
- Sử dụng chương trình để đưa ra giá trị liên quan đến độ bền mỏi và tuổi thọ của kết cấu

Đánh giá và phân tích kết quả về các yếu tố tác động đến độ bền mỏi của kết cấu.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về nghiên cứu trong nước

1.1.1. Nghiên cứu đánh giá tuổi thọ mỏi của công trình biển di động

Nhiều nghiên cứu tập trung vào đánh giá tuổi thọ mỏi của tàu thủy và các công trình biển khác, góp phần nâng cao độ tin cậy và kéo dài thời gian sử dụng cho các công trình này. [8, 9]

Đề tài khoa học cấp bộ: “Nghiên cứu đánh giá tuổi thọ mỏi của công trình biển di động hoạt động trong thềm lục địa Việt Nam” do TS. Đỗ Hùng Chiến làm chủ nhiệm đề tài đã cơ bản tìm ra hướng giải quyết các bài toán xác định tải trọng môi trường tác động lên công trình biển do nhóm nghiên cứu viết trên nền của MATLAB, qua đó có thể xác định được hệ số tập trung ứng suất và tiến hành phân tích mỏi để xác định được tổn thương mỏi và tuổi thọ mỏi của kết cấu. [10]

1.1.2. Xác định giới hạn bền mỏi bằng phương pháp số

Nhóm tác giả: Đỗ Văn Sĩ, Bùi Mạnh Cường, Tạ Văn San trong nghiên cứu “Xác định giới hạn bền mỏi của chi tiết chịu ứng suất phức tạp bằng phương pháp số đã trình bày kết quả tính toán giới hạn bền mỏi của chi tiết chịu ứng suất phức tạp bằng phương pháp số”.

Nội dung của tài liệu bao gồm việc chế tạo chi tiết từ thép CT3, sử dụng phương pháp cắt dây và gia nhiệt kiểu hàn để tạo ứng suất dư. Các phương pháp đánh giá tuổi thọ mỏi của chi tiết chịu ứng suất phức tạp được trình bày, bao gồm ứng suất - biến dạng tương đương, năng lượng và mặt phẳng tới hạn. [11]

1.1.3. Nghiên cứu tính toán độ bền mỏi kết cấu thép

Bài nghiên cứu “Nghiên cứu tính toán độ bền mỏi kết cấu thép cửa van phẳng kéo đứng nhíp uốn” của các tác giả Trần Xuân Hải

và Vũ Hoàng Trung tập trung vào việc nghiên cứu và tính toán độ bền mỏi cho cấu trúc cửa van phẳng kéo đứng nhịp lớn làm việc hai chiều vì lý do cấu trúc cửa van này được làm từ thép và liên kết bằng hàn trong xưởng và cả ở ngoài hiện trường. [12]

Bài báo này cung cấp cái nhìn sâu sắc về quá trình tính toán độ bền mỏi cho cấu trúc cửa van phẳng kéo đứng nhịp lớn và nhấn mạnh về tầm quan trọng của việc đảm bảo an toàn và hiệu suất hoạt động của cấu trúc trong điều kiện làm việc hai chiều.

1.1.4. Nghiên cứu về vấn đề tăng tuổi thọ kết cấu

Bài báo “Tính toán mức tăng tuổi thọ của kết cấu sau rung khử ứng suất dư theo các giả thuyết khác nhau” của nhóm tác giả Đỗ Văn Sĩ, Bùi Mạnh Cường và Nguyễn Văn Dương trình bày kết quả nghiên cứu về ứng dụng công nghệ rung khử ứng suất dư trong tính toán và khảo sát về mức độ tăng tuổi thọ mỏi của kết cấu.

Kết quả cho thấy mức tăng tuổi thọ mỏi trung bình của các mẫu sau khi sử dụng công nghệ rung khử ứng suất dư là khoảng 2,45 lần so với trước khi áp dụng công nghệ này. Đồng thời, bài báo sử dụng các lý thuyết khác nhau để tính toán mức tăng tuổi thọ mỏi.

1.2. Tổng quan về các nghiên cứu nước ngoài.

1.2.1. Tiếp cận phương pháp sử dụng đường cong S-N để đánh giá độ bền mỏi.

Nhóm tác giả Wolfgang Fricke, Hans Paetzold với đề tài nghiên cứu “**Full-scale fatigue tests of ship structures to validate the S–N approaches for fatigue strength assessment**” tập trung vào việc thực hiện các thử nghiệm độ bền mỏi quy mô đầy đủ trên các cấu trúc tàu

thủy và công trình nổi để xác nhận các phương pháp đánh giá sức mệt mỏi dựa trên đường cong S-N.

Từ các kết quả của các nghiên cứu thử nghiệm, đã đạt được cái nhìn tổng quát về cường độ của các cấu trúc tàu hàn phức tạp. Các nghiên cứu này đóng góp quan trọng cho việc cải thiện phương pháp thiết kế và xây dựng các kết cấu tàu an toàn và đáng tin cậy hơn. [13]

1.2.2. Đánh giá độ bền mỏi của tàu Container rất lớn.

Nhóm tác giả: Byoung-Hoon Jung, In-Gyu Ahn, Sun-Kee Seo và Beom-Il Kim trong nghiên cứu “Fatigue Assessment of Very Large Container Ships Considering Springing Effect Based on Stochastic Approach” đã xây dựng một phương pháp đánh giá độ bền mỏi xem xét thành phần co giãn tuyến tính trong miền tần số.

Nghiên cứu này nhằm thiết lập một quy trình để đánh giá độ bền mỏi dựa trên một kỹ thuật phân tích thống kê tuyến tính được sử dụng rộng rãi trong đánh giá độ bền mỏi. Trong tương lai, cần nghiên cứu kỹ hơn về hàm chuyển đổi ứng suất và phản ứng ứng suất được sử dụng để tính toán phá hủy mỏi, và tiến hành các nghiên cứu liên quan đến các yếu tố phi tuyến. [14].

1.2.3. Đánh giá độ bền mỏi của hệ thống chứa hàng LNG

Bài nghiên cứu: “Fatigue strength assessment of MARK-III type LNG cargo containment system” của các tác giả Myung Hyun Kim, Sang Min Lee, Jae Myung Lee, Byung Jae Noh, và Wha Soo Kim tập trung vào việc khám phá độ bền mỏi của hệ thống cách nhiệt loại Mark-III trên tàu chở LNG. Các thử nghiệm mỏi đã được tiến hành ở ba vị trí khác nhau trên hệ thống cách nhiệt, đồng thời xem xét tác động từ việc chuyển động đội sóng. Các mức tải trọng đã được xác định dựa trên độ bền cuối cùng của bọt xốp polyurethane gia cường.

Đường cong S-N thiết kế được đề xuất dựa trên kết quả của các thử nghiệm phân tích phần tử hữu hạn. Kết quả này có thể được sử dụng trong việc phân tích độ bền mỏi cho hệ thống cách nhiệt LNG, giúp nâng cao hiệu quả và đáng tin cậy trong thiết kế của hệ thống cách nhiệt này. [15]

1.3. Kết luận chương 1

Các nghiên cứu trên đã đưa ra một số vấn đề và thách thức quan trọng trong việc đánh giá độ bền mỏi của các kết cấu. Dưới đây là một số điểm chính được thể hiện:

- **Sử dụng phương pháp số**
- **Chênh lệch giữa ứng suất đơn và ứng suất tương đương Von Mises**
- **Đánh giá chi tiết và chất lượng đường hàn**
- **Tính toán độ bền mỏi dựa trên các tiêu chí khác nhau**
- **Thách thức từ áp lực nước biến đổi**
- **Sự chênh lệch giữa mô hình hóa và thực nghiệm**
- **Nghiên cứu về hệ thống cách nhiệt LNG**

Như vậy, các vấn đề này thể hiện sự phức tạp và đa dạng trong quá trình đánh giá độ bền mỏi của các kết cấu, đặc biệt khi chúng đối mặt với các điều kiện tải trọng động, sự biến đổi không gian, môi trường, vật liệu,... Do đó, đề tài "Nghiên cứu phương pháp đánh giá tổn thương mỏi tích lũy kết cấu, ứng dụng cho tàu thủy và công trình nổi." được ra đời và phân tích thêm một phương pháp có thể đánh giá được thiệt hại do mỏi gây ra trong quá trình hoạt động của tàu thủy và công trình nổi, đồng thời có thể dự đoán được tuổi thọ của kết cấu nhằm có các biện pháp phù hợp bảo vệ kết cấu.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHÂN TÍCH MÔI KẾT CẤU

2.1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp phạm vi phân phối ứng suất

2.1.2. Phân bố Weibull và phạm vi ứng suất dài hạn

Hàm mật độ xác suất cho phân phối Weibull hai tham số có dạng:

$$f(\Delta\sigma) = \frac{h}{q} \left(\frac{\Delta\sigma}{q} \right)^{h-1} e^{-\left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^h} \quad (2.1)$$

Tham số tỷ lệ liên quan đến biên độ ứng suất tối đa $\Delta\sigma$, trong suốt n_0 chu kỳ ứng suất, cụ thể như sau:

$$q = \frac{\Delta\sigma_0}{(\ln n_0)^{1/h}} \quad (2.2)$$

Phân phối tích lũy sau đây cho biên độ ứng suất được tạo ra bằng việc tích phân của phương trình (2.1) từ 0 đến $\Delta\sigma$:

$$\begin{aligned} F(\Delta\sigma) &= \int_0^{\Delta\sigma} f(\Delta\sigma) d\Delta\sigma \\ &= \int_0^{\Delta\sigma} \frac{h}{q} \left(\frac{\Delta\sigma}{q} \right)^{h-1} e^{-\left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^h} d\Delta\sigma \\ &= \left[-e^{-\left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^h} \right]_0^{\Delta\sigma} \\ &= 1 - e^{-\left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^h} \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$Q(\Delta\sigma) = 1 - F(\Delta\sigma) \quad (2.4)$$

$$Q(\Delta\sigma_0) = \frac{1}{n_0} = e^{-\left(\frac{\Delta\sigma_0}{q}\right)^h} \quad (2.5)$$

$$Q(\Delta\sigma) = \frac{n}{n_0} = e^{-\left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^h} \quad (2.6)$$

$$\ln \frac{n}{n_0} = -\left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^h \quad (2.7)$$

$$\ln \frac{n}{n_0} = \ln n - \ln n_0 = -\left(\frac{\Delta\sigma}{\Delta\sigma_0}\right) \ln n_0 \quad (2.8)$$

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta\sigma_0} = \left(1 - \frac{\ln n}{\ln n_0}\right)^{1/h} = \left(1 - \frac{\log n}{\log n_0}\right)^{1/h} \quad (2.9)$$

Ở phần cuối của phương trình này, mối quan hệ $\log n = \ln n$ được sử dụng. [16]

2.1.2. Các biểu thức cho sự phá hủy mỏi dựa trên phân phối Weibull của biên độ ứng suất.

Hàm gamma được định nghĩa như sau:

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{z-1} dt \quad (2.10)$$

Hàm gamma không hoàn chỉnh được định nghĩa như sau:

$$\gamma(a, x) = \int_0^x e^{-t} t^{a-1} dt \quad (2.11)$$

Hàm bù gamma không hoàn chỉnh được định nghĩa như sau:

$$\Gamma(a, x) = \Gamma(a) - \gamma(a, x) = \int_x^{\infty} e^{-t} t^{a-1} dt \quad (2.12)$$

Tồn thương mỗi có thể tính như sau:

$$\begin{aligned} D &= \int_0^{\infty} \frac{dn}{N(\Delta\sigma)} d\Delta\sigma \\ &= n_0 \int_0^{\infty} \frac{f(\Delta\sigma)}{N(\Delta\sigma)} d\Delta\sigma \\ &= \frac{n_0}{a_d} \int_0^{\infty} \Delta\sigma^m \frac{h}{q} \left(\frac{\Delta\sigma}{q} \right)^{h-1} e^{-\left(\frac{\Delta\sigma}{q} \right)^h} d\Delta\sigma \end{aligned} \quad (2.13)$$

Tiếp theo ta có:

$$t = \left(\frac{\Delta\sigma}{q} \right)^h \quad (2.14)$$

Lấy vi phân của phương trình 2.14, ta có:

$$\frac{dt}{d\Delta\sigma} = \frac{h}{q} \left(\frac{\Delta\sigma}{q} \right)^{h-1} \quad (2.15)$$

Ta có:

$$D = \frac{n_0}{a_d} q^m \int_0^\infty e^{-t} t^{\left(1+\frac{m}{h}\right)-1} dt \quad (2.16)$$

và

$$D = \frac{n_0}{a_d} q^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{h}\right) \quad (2.17)$$

Với q từ công thức 2.2, sự phá hủy mỗi có thể được tính như sau:

$$D = \frac{n_0}{a_d} \frac{\Delta\sigma_0^m}{(\ln n_0)^{m/h}} \Gamma\left(1 + \frac{m}{h}\right) \quad (2.18)$$

Ta có:

$$D = \frac{n_0}{a_d} \Delta\sigma_{eq}^m = \frac{n_0}{a_d} \frac{\Delta\sigma_0^m}{(\ln n_0)^{m/h}} \Gamma\left(1 + \frac{m}{h}\right) \quad (2.19)$$

Giải phương trình này để tìm hằng số biên độ ứng suất tĩnh tương đương ta có:

$$\Delta\sigma_{eq} = \frac{\Delta\sigma_0}{(\ln n_0)^{1/h}} \sqrt[m]{\Gamma\left(1 + \frac{m}{h}\right)} \quad (2.20)$$

Với q từ phương trình 2.2, phương trình trên cũng có thể được trình bày như sau:

$$\Delta\sigma_{eq} = q\sqrt{\Gamma\left(1+\frac{m}{h}\right)} \quad (2.21)$$

Sự phá hủy mỗi được tính toán như sau:

$$\begin{aligned} D &= \frac{n_0}{a_{d1}} \int_{S_1}^{\infty} \Delta\sigma^{m_1} \frac{h}{q} \left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^{h-1} e^{-\left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^h} d\Delta\sigma + \\ &\quad \frac{n_0}{a_{d2}} \int_{S_2}^{\infty} \Delta\sigma^{m_2} \frac{h}{q} \left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^{h-1} e^{-\left(\frac{\Delta\sigma}{q}\right)^h} d\Delta\sigma \end{aligned} \quad (2.22)$$

Kết hợp với phương trình 2.14 và 2.15, chúng ta có:

$$\begin{aligned} D &= \frac{n_0}{a_{d1}} \int_{(S_1/q)^h}^{\infty} q^{m_1} t^{\frac{m_1}{h}} \frac{dt}{d\Delta\sigma} e^{-t} d\Delta\sigma + \frac{n_0}{a_{d2}} \int_0^{(S_1/q)^h} q^{m_2} t^{\frac{m_2}{h}} \frac{dt}{d\Delta\sigma} e^{-t} d\Delta\sigma \\ &= \frac{n_0}{a_{d1}} q^{m_1} \int_{(S_1/q)^h}^{\infty} e^{-t} t^{\left(1+\frac{m_1}{h}\right)-1} dt + \frac{n_0}{a_{d2}} q^{m_2} \int_0^{(S_1/q)^h} e^{-t} t^{\left(1+\frac{m_2}{h}\right)-1} dt \end{aligned} \quad (2.23)$$

Ta có thể tạo ra phương trình sau đây [16]:

$$D = \frac{n_0}{a_{d1}} q^{m_1} \Gamma\left(1+\frac{m_1}{h}; \left(\frac{S_1}{q}\right)^h\right) + \frac{n_0}{a_{d2}} q^{m_2} \Gamma\left(1+\frac{m_2}{h}; \left(\frac{S_2}{q}\right)^h\right) \quad (2.24)$$

2.1.3. Biểu thức cho sự phá hủy mỗi dựa trên phân phối Rayleigh của biên độ ứng suất.

Phân phối Rayleigh có dạng như sau:

$$f(\Delta\sigma) = \frac{\Delta\sigma}{4\sigma_x^2} e^{-\frac{\Delta\sigma^2}{8\sigma_x^2}} \quad (2.25)$$

Phân phối Rayleigh là một trường hợp đặc biệt của phân phối Weibull, với:

$$\begin{aligned} h &= 2 \\ q &= 2\sqrt{2}\sigma_x \end{aligned} \quad (2.26)$$

Do đó, biểu thức tính toán sự phá hủy môi có thể được tính toán trực tiếp từ phương trình 2.24 như sau [16]:

$$\begin{aligned} D &= \frac{n_0}{a_{d1}} \left(2\sqrt{2}\sigma_x \right)^{m_1} \Gamma \left(1 + \frac{m_1}{2}; \left(\frac{S_1}{2\sqrt{2}\sigma_x} \right)^h \right) \\ &+ \frac{n_0}{a_{d2}} \left(2\sqrt{2}\sigma_x \right)^{m_2} \gamma \left(1 + \frac{m_2}{2}; \left(\frac{S_1}{2\sqrt{2}\sigma_x} \right)^h \right) \end{aligned} \quad (2.27)$$

2.1.4. Ví dụ về việc sử dụng biểu thức cho môi trong các bảng tính toán dựa trên đường cong S-N Bilinear

Phân phối gamma được định nghĩa như sau:

$$P(a, x) = \frac{1}{\Gamma(a)} \int_0^x e^{-t} t^{a-1} dt \quad a > 0 \quad (2.28)$$

$$\text{và:} \quad \gamma(a, x) = P(a, x) \Gamma(a) = \int_0^x e^{-t} t^{a-1} dt \quad a > 0 \quad (2.29)$$

Hàm bù gamma không hoàn chỉnh được tạo ra như sau:

$$\Gamma(a, x) = \Gamma(a) - \gamma(a, x) = \int_x^{\infty} e^{-t} t^{a-1} dt \quad (2.30)$$

Ta thấy:

$$x = \left(\frac{S_1}{q} \right)^h \quad (2.31)$$

$$a = 1 + \frac{m_1}{h} \quad \text{cho phần bên trái đường S-N}$$

$$a = 1 + \frac{m_2}{h} \quad \text{cho phần bên phải đường S-N}$$

2.1.5. Xác suất xảy ra sự cố

$$H = H_{\max} \left(1 - \frac{\log n}{\log n_0} \right)^{1/h} \quad (2.32)$$

Mối quan hệ giữa hai mức xác suất khác nhau có thể được thể hiện như sau:

$$q = \frac{\Delta \sigma_0}{(\ln n_0)^{1/h}} = \frac{\Delta \sigma}{(\ln n)^{1/h}} \quad (2.33)$$

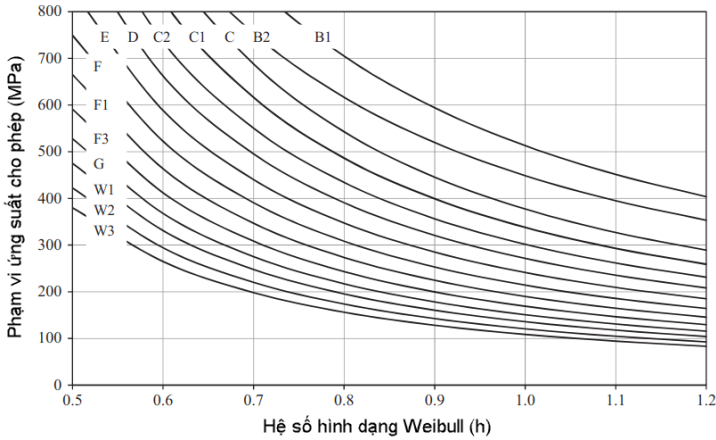
Điều này cho ra:

$$\Delta \sigma = \Delta \sigma_0 \left(\frac{\ln n}{\ln n_0} \right)^{1/h} = \Delta \sigma_0 \left(\frac{\log n}{\log n_0} \right)^{1/h} \quad (2.34)$$

$$\Delta\sigma_{20} = \Delta\sigma_{100} \left(\frac{\log n_{20}}{\log n_{100}} \right)^{1/h} = \Delta\sigma_{100} \left(\frac{\log 10^8}{\log 5 \cdot 10^8} \right)^{1/h} = \Delta\sigma_{100} (0.92)^{1/h} \quad (2.35)$$

2.1.6. Phạm vi ứng suất tối đa cho phép

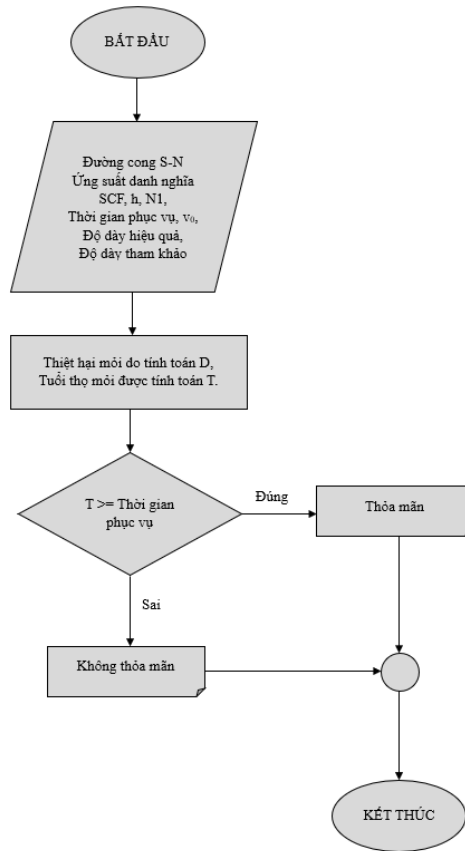
Một biểu đồ thiết kế với các phạm vi ứng suất cho phép cho tuổi thọ thiết kế là 20 năm với 10^8 chu kỳ ứng suất bị tạo ra, như được thể hiện trong Hình 2.1.



Hình 0.1 Phạm vi ứng suất cực đại cho phép trong 10^8 chu kỳ đối với các bộ phận trong không khí. [19]

2.2. Xây dựng chương trình tính toán

Để có đầy đủ các thông số trong việc tính toán sự phá hủy môi theo phương pháp phạm vi phân phối ứng suất, ta dùng ngôn ngữ lập trình C# với các hàm có thể ứng dụng để xây dựng chương trình tính toán. Chương trình được xây dựng dựa trên sơ đồ thuật toán hình 2.2.



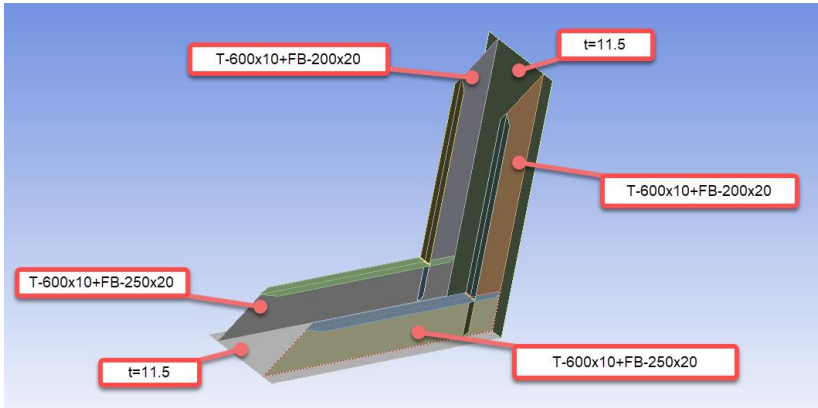
Hình 0.2. Sơ đồ thuật toán xây dựng chương trình phục vụ tính toán phân tích độ bền môi theo phương pháp phạm vi phân phối ứng suất.

2.3. Kết luận chương 2

Chương 2 trình bày cơ sở lý thuyết của phương pháp phạm vi phân phối ứng suất nhằm phân tích môi kết cấu và kết quả của sự phá hủy và tuổi thọ môi kết cấu được tính toán thông qua phần mềm hỗ trợ được xây dựng dựa trên phần mềm C#

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TỔN THƯƠNG MÔI TÍCH LŨY KẾT CẤU

3.1. Mô hình tính toán và thông số đầu vào



Hình 0.1 Góc khung sườn được nghiên cứu

Lực tác động chủ yếu là lực kéo theo đường chéo tạo ra một momen uốn cùng với lực dọc trục trong cả 2 khung sườn, do đó khung sườn chủ yếu chịu tải uốn. Mỗi lực kéo tác dụng có giá trị 125kN, như vậy tổng lực kéo tác động 250kN.

Mô hình được chia lưới cơ bản phần tử tám với kích thước 40x40

3.2. Giá trị ứng suất và các thông số cơ bản

Kết quả ứng suất danh nghĩa (nominal stress): $\sigma_{nom} = 29.5MPa$

Kết quả ứng suất lớn nhất: $\sigma_{max} = 90MPa$

Hệ số tập trung ứng suất (SCF):

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{nom}} = \frac{90}{29.5} = 3.1$$

Lần lượt thực hiện việc tính toán dựa trên bảng tính đã được lập trình và trình bày cụ thể như hình 3.2.

FATIGUE CALCULATION

Đường cong S-N: B1
 Phạm vi ứng suất danh nghĩa (MPa): 90
 Hệ số tập trung ứng suất (SCF): 1.1
 Hệ số hình dạng weibull: 1.1
 Chu kỳ tại khớp đường cong S-N: 1000000
 m1 (Pa-N1 chu kỳ): 4
 loga1 (Pa-N1 chu kỳ): 15.117
 m2 (Pa-N2 chu kỳ): 5
 loga2 (Pa-N2 chu kỳ): 17.146
 Thời gian phục vụ (năm): 20
 Tần số tải: 0.159
 Độ dày hiệu quả (mm): 20
 Độ dày tham khảo (mm): 25

Số mô đun đàn hồi E: 0
 Tải trọng trung bình: 430720000
 Số chu kỳ được tính toán: 10000480
 Hệ số tỉ lệ weibull q: 19.736
 Độ dày hoặc kích thước được chỉ ra: 1
 Gamma (1-m1/N): 14.089
 Gamma (1-m2/N): 56.331
 Ứng suất tại khớp của đường cong S-N S1: 106.967
 (S1)g/h: 6.418
 Phân phối Gamma P(1-m1/N, (S1)g/h): 0.214
 Phân phối Gamma P(1-m2/N, (S1)g/h): 0.089
 Thiết bị mỏi do tính toán D: 0.114
 Tuổi thọ được tính toán T (years): 175.753

Results Table:

SN	SN5	SN6	SN7	SN8
B1	1448.3	1062.2	861.2	704.7
B2	1266.1	955.7	753.6	616.6
C	1319.3	919.6	686.1	542.8
C1	1182	824	616.5	486.2
C2	1055.3	755.6	595.3	464.1
D	945.9	662.1	492.4	392.7
E	843.9	588.3	440.2	347.2
F	749.2	522.3	393.8	308.2
F1	664.8	463.4	346.7	273.5
F3	591.1	412	308.3	243.2
G	527.6	367.8	275.2	217.1
W1	475	331	247.8	195.4
W2	422.1	294.1	220.1	173.6

Hình 0.2: Bảng tính toán độ bền mỏi của kết cấu thân tàu

3.3. Kết quả

Kết quả tính toán được chia thành bốn trường hợp để phân tích sự thay đổi của tổn thương mỏi và tuổi thọ mỏi:

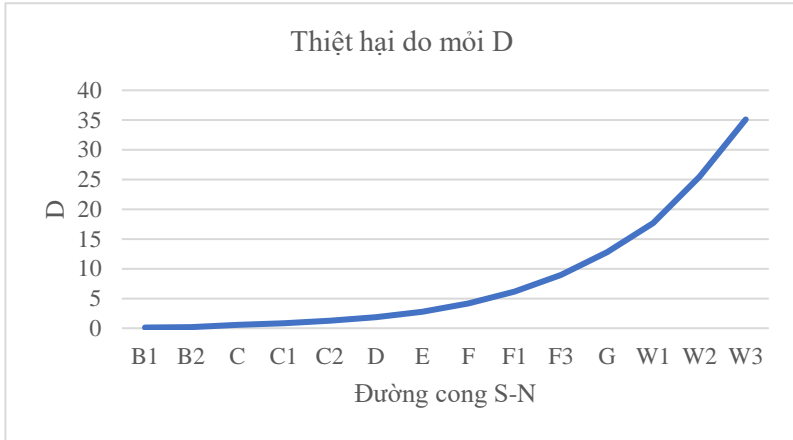
- Trường hợp 1: Giữ nguyên hệ số hình dạng Weibull là 1.1, thay đổi các giá trị của đường cong S-N.
- Trường hợp 2: Giữ nguyên đường cong S-N là B1, thay đổi các giá trị của hệ số hình dạng Weibull.
- Trường hợp 3: Thay đổi số năm phục vụ.
- Trường hợp 4: Thay đổi hệ số tập trung ứng suất (SCF).

3.4. Phân tích và đánh giá tuổi thọ mỏi kết cấu

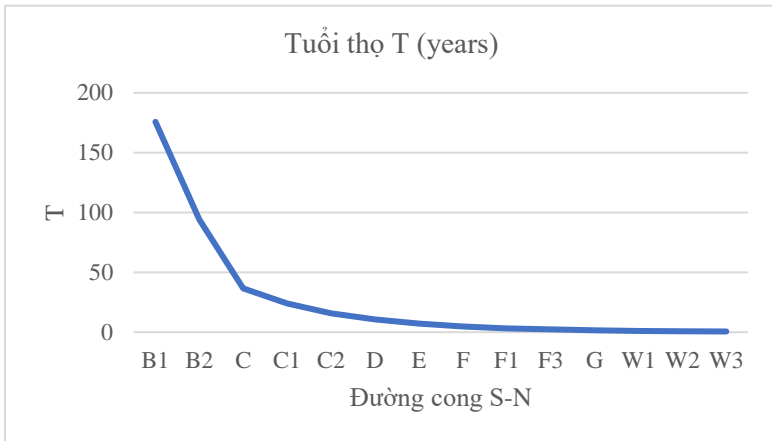
3.4.1. Trường hợp 1: Giữ nguyên hệ số hình dạng Weibull là 1.1, thay đổi các giá trị của đường cong S-N.

Hai đồ thị hình 3.3, hình 3.4 cho thấy việc lựa chọn loại đường cong S-N là rất quan trọng trong việc xác định tổn thương và tuổi thọ mỏi. Các đường cong B1, B2, C, C1 trong cùng hệ số Weibull và các thông số khác cho ra tuổi thọ mỏi thỏa mãn điều kiện lớn hơn số năm phục vụ là 20 năm. Các đường cong C2, D,... cho đến W2, W3 trong

cùng các thông số lại không thỏa mãn điều kiện tuổi thọ mỗi lớn hơn số năm phục vụ. Như vậy, với việc lựa chọn đường cong S-N khác nhau sẽ cho ra các giá trị về tổn thương mỗi và tuổi thọ mỗi khác nhau

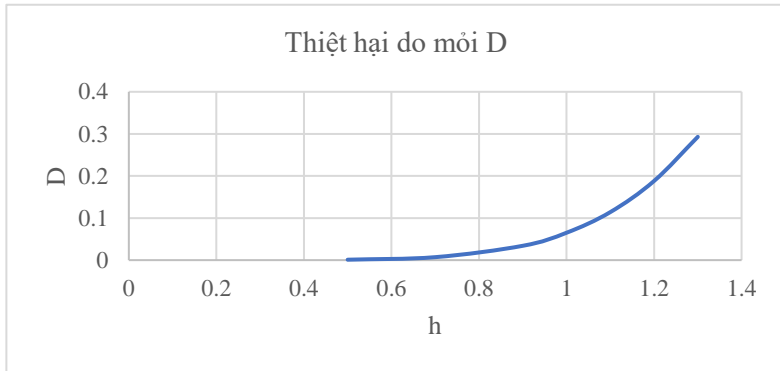


Hình 0.3 Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của loại đường S-N curve đến thiệt hại môi do tính toán

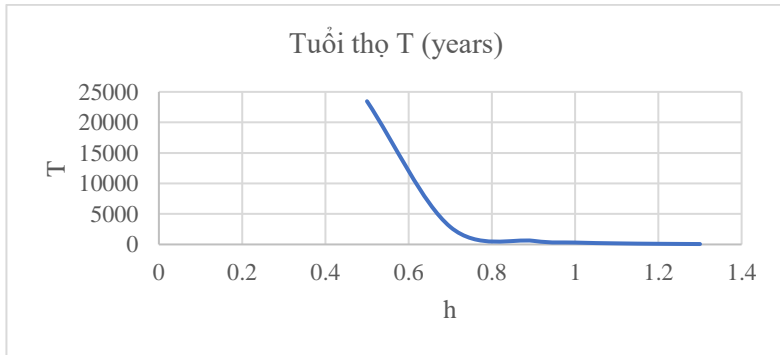


Hình 0.4 Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của loại đường S-N curve đến tuổi thọ tính toán

3.4.2. Trường hợp 2: Giữ nguyên đường cong S-N là B1, thay đổi các giá trị của hệ số hình dạng Weibull.



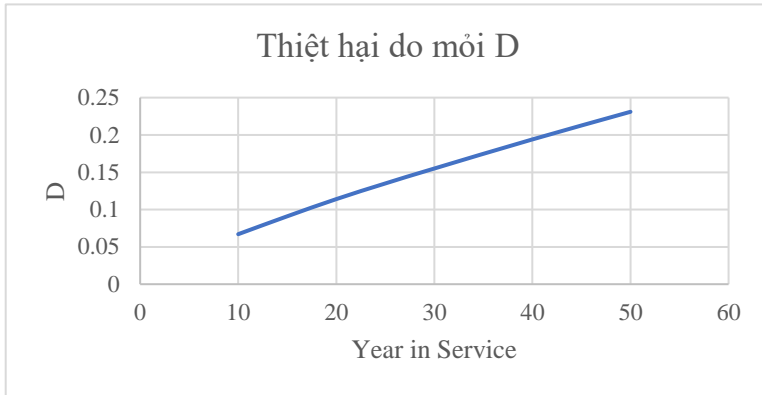
Hình 0.2 Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của hệ số hình dạng Weibull đến thiệt hại mỗi do tính toán



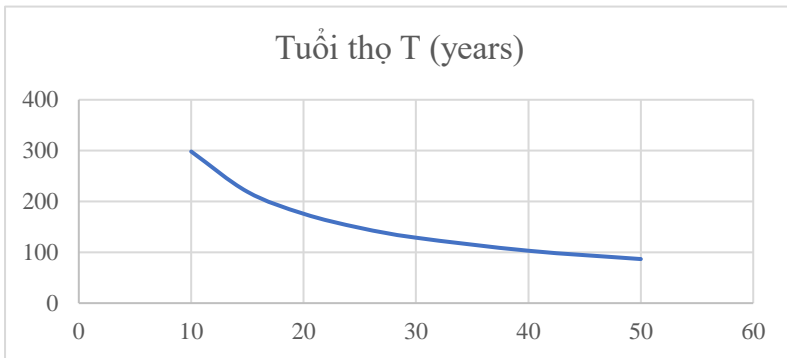
Hình 0.3 Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của hệ số hình dạng Weibull đến tuổi thọ tính toán

Đối với trường hợp thay đổi hệ số hình dạng Weibull, tuổi thọ và thiệt hại do mỗi cũng có sự thay đổi rõ rệt khi hệ số thay đổi. Hệ số này phụ thuộc vào khu vực mà tàu hoặc các thiết bị này hoạt động, phụ thuộc vào vị trí kết cấu. Giá trị hệ số hình dạng Weibull càng cao thì thiệt hại do mỗi càng lớn, đồng thời tuổi thọ mỗi sẽ càng giảm.

3.4.3. Trường hợp 3: Thay đổi số năm phục vụ.



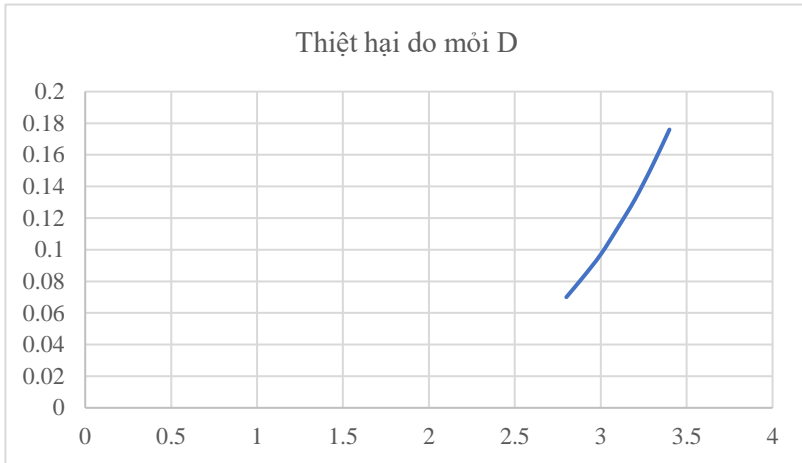
Hình 0.4 Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của số năm phục vụ đến thiệt hại mỗi do tính toán



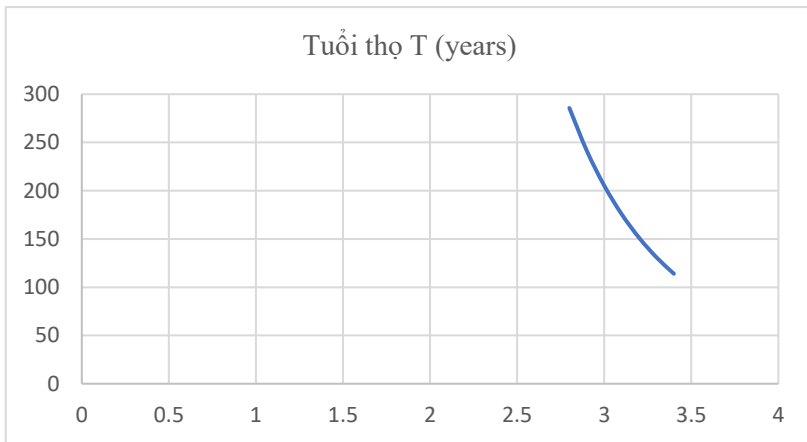
Hình 0.5 Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của số năm phục vụ đến tuổi thọ tính toán

Việc xác định số năm phục vụ cũng ảnh hưởng lớn đến việc xác định thiệt hại do mỗi và độ bền mỗi. Với cùng các thông số khác, nếu xác định số năm phục vụ của kết cấu càng lớn, tuổi thọ kết cấu sẽ càng giảm và thiệt hại mỗi sẽ càng tăng.

3.4.4. Trường hợp 4: Thay đổi hệ số tập trung ứng suất (SCF).



Hình 0.6 Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của hệ số tập trung ứng suất đến thiệt hại mỗi do tính toán



Hình 0.7 Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của hệ số tập trung ứng suất đến tuổi thọ tính toán

Đối với hệ số tập trung ứng suất, nếu hệ số này càng gia tăng, thiệt hại do mỗi sẽ càng tăng và giá trị tuổi thọ kết cấu cũng sẽ càng giảm.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Luận văn "Nghiên cứu phương pháp đánh giá tổn thương môi tích lũy kết cấu, ứng dụng cho tàu thủy và công trình nổi." Đã làm rõ các nội dung sau:

- Đã nêu ra được các kết quả nghiên cứu liên quan đến độ bền mỏi của các nhà khoa học trong và ngoài nước, trong các nghiên cứu này đã nêu ra được các phương pháp được sử dụng để đánh giá độ bền mỏi của kết cấu, và cũng có nghiên cứu nêu ra các vấn đề liên quan đến tuổi thọ kết cấu.
- Trình bày được cơ sở lý thuyết về phương pháp phạm vi phân phối ứng suất.
- Đã xây dựng được chương trình hỗ trợ tính toán, dựa trên ngôn ngữ C# với sự hỗ trợ của Visual Studio phiên bản Community 2022.
- Mô phỏng được mô hình kết cấu và xác định được ứng suất khi kết cấu bị lực tác dụng dưới sự hỗ trợ của phần mềm ANSYS.
- Sử dụng chương trình hỗ trợ tính toán và các kết quả xuất ra từ Ansys để tính toán được các giá trị liên quan đến độ bền mỏi và tuổi thọ của kết cấu tàu.
- Luận văn cũng đã có những đánh giá về các yếu tố tác động đến độ bền mỏi của kết cấu, tuổi thọ của kết cấu

2. Kiến nghị

- Chương trình hỗ trợ tính toán đang được xây dựng một cách đơn giản, tiếp tục phát triển xây dựng theo hướng đa nhiệm hơn, có thể xuất ra được đồ thị để hạn chế các bước tính toán dựa trên những phần mềm khác.

- Mặc dù đề tài đã được thực hiện thành công, tuy nhiên có thể mở rộng tính toán thêm các thông số trong từng sự thay đổi để có được phổ thay đổi rộng hơn và có cái nhìn tổng thể hơn trong việc xác định sự ảnh hưởng của các yếu tố đến độ bền mỏi kết cấu. Ví dụ trong trường hợp 4, chỉ tính toán trong điều kiện giá trị hệ số tập trung ứng suất trải từ 2.8 đến 3.4, có thể mở rộng tính toán cho các giá trị nhỏ hơn 2.8 và lớn hơn 3.4.

Trên đây là một số khó khăn của học viên trong việc nghiên cứu đề tài. Định hướng trong tương lai nếu có điều kiện, có thể phát triển phần mềm hiệu quả hơn, và có thể thực hiện các thực nghiệm để có thêm các kết quả để so sánh.