

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 6170-4:2017

Xuất bản lần 2

**GIÀN CỐ ĐỊNH TRÊN BIỂN -
PHẦN 4: THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP**

Fixed offshore platforms - Part 4: Design of steel structures

HÀ NỘI - 2017

Mục lục

1	Phạm vi áp dụng	7
2	Tài liệu viện dẫn	7
3	Thuật ngữ và định nghĩa.....	7
4	Phân loại kết cấu, lựa chọn vật liệu và nguyên tắc kiểm tra.....	7
4.1	Nhiệt độ đối với sự lựa chọn vật liệu.....	7
4.2	Loại kết cấu.....	8
4.3	Kết cấu thép.....	10
5	Thiết kế theo phương pháp hệ số độ bền và hệ số tải trọng (LRFD)	15
5.1	Quy định chung.....	15
5.2	Trạng thái giới hạn cực đại	15
5.3	Trạng thái giới hạn mỗi	30
5.4	Trạng thái giới hạn sự cố	33
5.5	Trạng thái giới hạn hoạt động	34
6	Thiết kế theo phương pháp ứng suất cho phép.....	36
6.1	Quy định chung.....	36
6.2	Ứng suất cho phép của phần tử dạng ống.....	36
6.3	Tổ hợp ứng suất của các phần tử dạng ống	43
6.4	Côn chuyển tiếp.....	49
6.5	Mỗi.....	54
7	Liên kết hàn.....	62
7.1	Quy định chung.....	62
7.2	Các loại mối hàn dùng liên kết các cấu kiện thép	62
7.3	Kích thước mối hàn.....	65
8	Kiểm soát ăn mòn.....	74
8.1	Quy định chung.....	74
8.2	Các kỹ thuật để kiểm soát ăn mòn liên quan đến từng khu vực môi trường.....	74
8.3	Bảo vệ ca-tốt.....	77
8.4	Hệ thống lớp phủ	80
9	Các loại tiết diện.....	81

TCVN 6170-4 : 2017

9.1	Quy định chung.....	81
9.2	Các yêu cầu của tiết diện cho phân tích dẻo.....	82
9.3	Các yêu cầu tiết diện khi phân tích tổng thể đàn hồi được sử dụng.....	82

Lời nói đầu

TCVN 6170-4 : 2017 *Giàn cố định trên biển – Thiết kế kết cấu thép* do Cục Đăng kiểm Việt Nam biên soạn, Bộ Giao thông vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

TCVN 6170-4 : 2017 *Giàn cố định trên biển – Thiết kế kết cấu thép* thay thế **TCVN 6170-4 : 1998** *Công trình biển cố định – Thiết kế kết cấu thép*.

Bộ tiêu chuẩn TCVN 6170 "Giàn cố định trên biển" là bộ quy phạm phân cấp và chế tạo cho các giàn cố định trên biển, bao gồm 12 phần sau:

- TCVN 6170-1 : 2017, Giàn cố định trên biển – Phần 1: *Quy định chung*;
- TCVN 6170-2 : 2017, Giàn cố định trên biển – Phần 2: *Điều kiện và tải trọng môi trường*;
- TCVN 6170-3 : 2017, Giàn cố định trên biển – Phần 3: *Tải trọng thiết kế*;
- TCVN 6170-4 : 2017, Giàn cố định trên biển – Phần 4: *Thiết kế kết cấu thép*
- TCVN 6170-5 : 1999, Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 5: *Thiết kế kết cấu hợp kim nhôm*;
- TCVN 6170-6 : 1999, Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 6: *Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép*;
- TCVN 6170-7 : 1999, Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 7: *Thiết kế móng*;
- TCVN 6170-8 : 1999, Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 8: *Hệ thống chống ăn mòn*;
- TCVN 6170-9 : 2000, Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 9: *Giàn thép kiểu jacket*;
- TCVN 6170-10 : 2000 Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 10: *Giàn trọng lực bê tông*;
- TCVN 6170-11 : 2002 Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 11: *Chế tạo*;
- TCVN 6170-12 : 2002 Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 12: *Vận chuyển và lắp dựng*.

Giàn cố định trên biển - Phần 4: Thiết kế kết cấu thép

Fixed offshore platforms - Part 4: Design of steel structures

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho việc tính toán thiết kế các kết cấu thép giàn cố định trên biển (sau đây gọi tắt là giàn).

Tiêu chuẩn này áp dụng cho việc tính toán thiết kế các kết cấu thép giàn cố định theo phương pháp hệ số độ bền và hệ số tải trọng hoặc phương pháp ứng suất cho phép

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 6170-1, *Giàn cố định trên biển – Phần 1: Quy định chung.*

TCVN 6170-2, *Giàn cố định trên biển – Phần 2: Điều kiện và tải trọng môi trường .*

TCVN 6170-3, *Giàn cố định trên biển – Phần 3: Tải trọng thiết kế.*

TCVN 6170-8, *Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 8: Hệ thống chống ăn mòn.*

TCVN 6170-9, *Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 9: Giàn thép kiểu jacket.*

TCVN 6170-11, *Công trình biển cố định – Kết cấu – Phần 11: Chế tạo.*

AWS D1.1/D1.1M:2010, *Structural welding code – Steel.*

AISC 335-89, *Specification for structural steel buildings – Allowable stress design and plastic design, 1989.*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong TCVN 6170-1: 2017.

4 Phân loại kết cấu, lựa chọn vật liệu và nguyên tắc kiểm tra

4.1 Nhiệt độ đối với sự lựa chọn vật liệu

4.1.1 Quy định chung

4.1.1.1 Nhiệt độ thiết kế cho một kết cấu là nhiệt độ tham khảo đối với khu vực được đánh giá, khu vực mà kết cấu có thể được vận chuyển, lắp đặt và sử dụng/làm việc.

Nhiệt độ thiết kế thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ trung bình hàng ngày thấp nhất trong không khí cho khu vực có liên quan. Đối với sự vận hành hạn chế theo mùa nhiệt độ trung bình hàng ngày thấp nhất trong không khí cho mùa có thể được áp dụng.

TCVN 6170-4 : 2017

4.1.1.2 Nhiệt độ làm việc của các bộ phận khác nhau của kết cấu là cơ sở để lựa chọn loại thép.

4.1.1.3 Nhiệt độ làm việc của các bộ phận kết cấu khác nhau được chỉ rõ trong 4.1.2 và 4.1.3. Trong trường hợp nhiệt độ làm việc của một phần kết cấu khác với những yêu cầu được nêu trong 4.1.2 và 4.1.3, giá trị nào thấp hơn sẽ được áp dụng. Nhiệt độ làm việc của các phần tử kết cấu khác nhau có thể được chỉ rõ chi tiết hơn trong các tiêu chuẩn được chấp nhận khác.

4.1.1.4 Trong tất cả các trường hợp nhiệt độ làm việc được giảm cục bộ bằng các phương pháp nhân tạo v.v.. hoặc các điều kiện làm mát khác, các hệ số sẽ được kể đến trong thiết lập nhiệt độ làm việc cho các bộ phận kết cấu được xem xét.

4.1.2 Kết cấu nổi

4.1.2.1 Kết cấu bên ngoài trên trên đường mặt nước thấp nhất sẽ được thiết kế với nhiệt độ làm việc không cao hơn nhiệt độ thiết kế cho các khu vực nó vận hành.

4.1.2.2 Kết cấu bên ngoài dưới đường mặt nước thấp nhất không cần thiết kế đối với nhiệt độ làm việc nhỏ hơn 0°C.

Một nhiệt độ làm việc cao hơn có thể được chấp nhận nếu số liệu phụ trợ thích hợp có thể được trình bày tương ứng với nhiệt độ trung bình hàng ngày thấp nhất có thể áp dụng cho độ sâu nước thực tế.

4.1.2.3 Kết cấu bên trong đi qua các phòng có nhiệt độ cao thường xuyên không cần phải thiết kế đối với nhiệt độ làm việc nhỏ hơn 0°C.

4.1.3 Kết cấu đáy cố định

4.1.3.1 Kết cấu bên ngoài bên trên mực nước thủy triều thiên văn thấp nhất (LAT) được thiết kế với nhiệt độ làm việc không cao hơn nhiệt độ thiết kế.

4.1.3.2 Các vật liệu của kết cấu bên dưới mực nước thủy triều thiên văn thấp nhất (LAT) không cần phải thiết kế cho nhiệt độ làm việc nhỏ hơn 0°C.

Một nhiệt độ làm việc cao hơn có thể được chấp nhận nếu số liệu hỗ trợ đầy đủ có thể được miêu tả tương đối với nhiệt độ trung bình hàng ngày thấp nhất có thể áp dụng cho độ sâu nước thực tế.

4.2 Loại kết cấu

4.2.1 Quy định chung

Mục đích của sự phân loại kết cấu là nhằm bảo đảm lượng vật liệu tương xứng và sự kiểm tra phù hợp để ngăn ngừa phá hủy giòn. Mục đích của kiểm tra để loại bỏ các khuyết tật có thể phát triển trong các vết nứt do mỏi trong suốt tuổi thọ thiết kế của công trình.

Đặc biệt	Các thành phần kết cấu mà khi hư hỏng sẽ gây hậu quả đáng kể và chịu ứng suất có thể làm tăng khả năng phá hủy giòn. ²
Kết cấu chính	Các thành phần kết cấu mà khi hư hỏng sẽ gây hậu quả đáng kể.
Kết cấu phụ	Các thành phần kết cấu mà khi hư hỏng sẽ không gây hậu quả đáng kể.

¹ Việc xác định các loại kết cấu được nêu trong các tiêu chuẩn được công nhận.

² Trong các nút phức tạp, một mô hình ứng suất 3 trục hoặc 2 trục sẽ được đưa ra. Điều này có thể tạo điều kiện cho phá hủy giòn khi xuất hiện đồng thời của ứng suất kéo với khuyết tật và vật liệu có độ bền dẻo thấp.

4.2.3 Kiểm tra mối hàn

4.2.3.1 Các yêu cầu đối với kiểu và phạm vi kiểm tra, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-C401 phụ thuộc vào loại hình kiểm tra áp dụng đối với các mối hàn. Các yêu cầu được dựa trên sự xem xét hư hỏng mối và việc đánh giá chất lượng chế tạo chung.

4.2.3.2 Loại hình kiểm tra theo mặc định liên quan đến loại kết cấu theo Bảng 2.

Bảng 2 – Loại hình kiểm tra

Loại hình kiểm tra	Loại kết cấu
I	Đặc biệt
II	Kết cấu chính
III	Kết cấu phụ

4.2.3.3 Liên kết hàn giữa hai bộ phận sẽ được áp dụng theo một loại hình kiểm tra cao nhất của các bộ phận được liên kết. Đối với tấm gia cường, liên kết hàn giữa tấm gia cường, dầm dọc và bản bụng dầm có thể được kiểm tra theo loại hình kiểm tra III.

4.2.3.4 Nếu chất lượng chế tạo được đánh giá bằng cách thử, hoặc biết rõ chất lượng tốt từ kinh nghiệm trước đó, phạm vi kiểm tra được yêu cầu cho các phần tử trong loại kết cấu chính có thể được giảm, nhưng không nhỏ hơn loại hình kiểm tra III.

4.2.3.5 Các chi tiết mối tới hạn trong phạm vi loại kết cấu chính và loại kết cấu phụ sẽ được kiểm tra theo các yêu cầu của loại hình kiểm tra I.

4.2.3.6 Các mối hàn trong khu vực mối tới hạn không thể tiếp cận để kiểm tra và sửa chữa trong quá trình vận hành sẽ được kiểm tra theo các yêu cầu trong loại I trong khi chế tạo.

4.2.3.7 Phạm vi kiểm tra không phá hủy (NDT) cho các mối hàn liên kết tổng đoạn và liên kết lắp ráp vuông góc với hướng của ứng suất chính sẽ không thấp hơn loại hình kiểm tra II.

4.3 Kết cấu thép

4.3.1 Quy định chung

CHÚ THÍCH: Các điều kiện gây ra phá hủy giòn có thể phát hiện và ngăn ngừa. Phá hủy giòn có thể xuất hiện dưới một tổ hợp của:

- Sự xuất hiện của các khuyết tật sắc như các vết nứt;
- Ứng suất kéo cao trong hướng vuông góc với mặt phẳng biến dạng;
- Vật liệu với độ bền phá hủy thấp.

Các vết nứt sắc nét do chế tạo có thể được kiểm tra và sửa chữa. Các vết nứt mới cũng có thể được phát hiện trong khi hoạt động bằng sự kiểm tra.

Ứng suất cao trong các bộ phận có thể xuất hiện do hàn. Một liên kết phức tạp là có thể cung cấp nhiều giới hạn và ứng suất dư lớn hơn một liên kết đơn giản. Có thể giảm một phần ứng suất dư bằng cách xử lý nhiệt trước khi hàn nếu cần thiết. Ngoài ra, một liên kết phức tạp sẽ có nhiều trạng thái ứng suất không gian ba chiều do tải trọng bên ngoài hơn so với các liên kết đơn giản. Trạng thái ứng suất này có thể là cơ sở ban đầu gây ra sự nứt gãy.

Độ bền phá hủy phụ thuộc vào nhiệt độ và chiều dày vật liệu. Các thông số này được xem xét riêng biệt khi lựa chọn vật liệu. Độ bền phá hủy của mối hàn và trong vùng ảnh hưởng nhiệt cũng phụ thuộc vào phương pháp chế tạo.

Do đó, để ngăn ngừa phá hủy giòn, đầu tiên phải lựa chọn vật liệu có độ bền phá hủy phù hợp với nhiệt độ làm việc và chiều dày thực tế. Sau đó là sử dụng phương pháp chế tạo thích hợp. Trong trường hợp đặc biệt, xử lý nhiệt khi hàn có thể được thực hiện để giảm ứng suất gây nứt, xem 4.3.5 và các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-C401. Một khối lượng thích hợp phải được kiểm tra để xóa các khuyết tật mặt phẳng lớn hơn mức cho phép. Trong tiêu chuẩn này, vật liệu được lựa chọn theo nhiều cách bằng việc liên kết và kiểm tra các loại kết cấu khác nhau, với độ bền phá hủy thích hợp và sự ngăn ngừa của các khuyết tật lớn hơn cho phép.

4.2.2 Lựa chọn loại kết cấu

4.2.2.1 Các thành phần được phân loại thành các nhóm kết cấu theo các tiêu chí sau:

- Tầm ảnh hưởng của các bộ phận tới hậu quả hư hỏng;
- Điều kiện ứng suất tại chi tiết được xem xét cùng với các khuyết tật hàn hoặc các vết nứt do mỏi có thể tồn tại gây ra phá hủy giòn.

CHÚ THÍCH: Hậu quả của hư hỏng có thể được xác định dưới dạng độ bền dư của kết cấu khi xem xét hư hỏng của các thành phần thực tế.

4.2.2.2 Phân loại kết cấu nhằm lựa chọn vật liệu sẽ được tiến hành theo các nguyên tắc chỉ rõ trong Bảng 1.

Bảng 1 – Phân loại kết cấu cho việc lựa chọn vật liệu¹

Loại kết cấu	Các nguyên lý đối với sự xác định loại kết cấu
--------------	--

4.3.1.1 Trường hợp các yêu cầu cho các loại thép phụ thuộc vào chiều dày tấm, các yêu cầu này dựa trên chiều dày danh nghĩa thực tế chế tạo.

4.3.1.2 Các yêu cầu trong mục 4.3 đề cập đến việc lựa chọn các loại kết cấu thép khác nhau theo các yêu cầu chỉ rõ trong DNVGL-OS-B101. Trong trường hợp khác, quy định đặc tính kỹ thuật của thép áp dụng trong kết cấu sẽ được xem xét riêng.

4.3.1.3 Các loại thép được lựa chọn cho các bộ phận kết cấu phải liên quan đến ứng suất tính toán và các yêu cầu về thuộc tính độ bền. Các yêu cầu về thuộc tính độ bền nhìn chung là dựa trên việc thử độ dai va đập (Charpy V-notch) và phụ thuộc vào nhiệt độ làm việc, loại kết cấu và chiều dày của các bộ phận.

4.3.1.4 Trong các trường hợp đặc biệt độ bền vật liệu cũng có thể được đánh giá bằng thử nghiệm cơ học phá hủy, xem 4.3.4 và tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-C401.

4.3.1.5 Trong kết cấu nối chéo, nơi ứng suất kéo cao xuất hiện vuông góc với mặt phẳng tấm, vật liệu tấm sẽ được thử để chứng minh khả năng chống lại hiện tượng tách lớp, đặc tính trục Z, xem 4.3.2.3.

4.3.1.6 Các yêu cầu về rèn và đúc vật liệu, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-B101.

4.3.2 Định danh vật liệu

4.3.2.1 Các nhóm độ bền khác nhau của kết cấu thép trong **Bảng 3**.

4.3.2.2 Mỗi nhóm độ bền gồm có hai loại thép:

- Thép có tính chịu hàn thường;
- Thép có tính chịu hàn cao.

Hai loại thép này có tính ứng dụng tương tự nhau. Tuy nhiên, các loại có tính chịu hàn cao có thành phần hóa học phức tạp hơn và khả năng hàn tốt hơn, ít bị giảm độ bền sau hàn hơn. Các cấp thép này giới hạn bởi ứng suất chảy tối thiểu bằng 500N/mm².

Bảng 3 – Định danh vật liệu

Tên	Nhóm độ bền	Ứng suất chảy tối thiểu f_y^1 N/mm ²
NV	Thép có độ bền thường (NS)	235
NV-27	Thép có độ bền cao (HS)	265
NV-32		315
NV-36		355
NV-40		390
NV-420		420
NV-460	Thép có độ bền rất cao (EHS)	460
NV-500		500

TCVN 6170-4 : 2017

NV-550		550
NV-620		620
NV-690		690
¹ Đối với các thép có khả năng hàn cao, ứng suất chảy tối thiểu yêu cầu được giảm đối với việc tăng chiều dày vật liệu, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-B101.		

4.3.2.3 Các loại thép khác nhau được xác định trong mỗi nhóm độ bền, phụ thuộc vào các yêu cầu ảnh hưởng của thuộc tính độ bền. Các nhóm này được ký hiệu là A, B, D, E và F cho khả năng hàn thường, và AW, BW, DW, và EW cho khả năng hàn cao, như trong

4.3.2.4 Bảng 4.

Bổ sung ký hiệu:

- Z - Loại thép có khả năng chịu ứng suất kéo theo phương chiều dày. Ký hiệu này được bỏ qua đối với các loại thép có tính hàn cao mặc dù vẫn yêu cầu cải thiện các đặc tính thông qua chiều dày.

Bảng 4 – Các loại thép có thể áp dụng

Nhóm độ bền	Loại		Nhiệt độ thử ³ °C
	Tính hàn thường	Tính hàn cao ²	
NS	A	-	Không thử
	B ¹	BW	0
	D	DW	-20
	E	EW	-40
HS	A	BW	0
	D	DW	-20
	E	EW	-40
	F	-	-60
EHS	A	-	0
	D	DW	-20
	E	EW	-40
	F	-	-60

¹ Thử nghiệm độ dai va đập rãnh chữ V (Charpy V-notch) là bắt buộc đối với chiều dày trên 25mm, đối với chiều dày 25mm hoặc nhỏ hơn tùy thuộc vào thỏa thuận giữa các bên tham gia hợp đồng.

² Đối với thép có tính hàn cao, các đặc tính thông qua chiều dày đã được quy định, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-B101.

³ Các thử nghiệm độ dai va đập rãnh chữ V (Charpy V-notch), tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-B101.

4.3.3 Lựa chọn thép kết cấu

Loại thép được sử dụng nhìn chung liên quan đến nhiệt độ hoạt động và chiều dày đối với loại kết cấu áp dụng như trong Bảng 5.

Bảng 5 – Chiều dày giới hạn (mm) của thép kết cấu đối với các loại kết cấu khác nhau và nhiệt độ làm việc (°C)

Loại kết cấu	Loại	≥ 10	0	-10	-20	-25	-30
Kết cấu phụ	A	35	30	25	20	15	10
	B/BW	70	60	50	40	30	20
	D/DW	150	150	100	80	70	60
	E/EW	150	150	150	150	120	100
	AH/AHW	60	50	40	30	20	15
	DH/DHW	120	100	80	60	50	40
	EH/EHW	150	150	150	150	120	100
	FH	150	150	150	150	*	*
	AEH	70	60	50	40	30	20
	DEH/DEHW	150	150	100	80	70	60
	EEH/EEHW	150	150	150	150	120	100
	FEH	150	150	150	150	*	*
Kết cấu chính	A	30	20	10	N.A.	N.A.	N.A.
	B/BW	40	30	25	20	15	10
	D/DW	70	60	50	40	35	30
	E/EW	150	150	100	80	70	60
	AH/AHW	30	25	20	15	12,5	10
	DH/DHW	60	50	40	30	25	20
	EH/EHW	120	100	80	60	50	40
	FH	150	150	150	150	*	*
	AEH	35	30	25	20	17,5	15
	DEH/DEHW	70	60	50	40	35	30
	EEH/EEHW	150	150	100	80	70	60
	FEH	150	150	150	150	*	*
Kết cấu đặc biệt	D/DW	35	30	25	20	17,5	15
	E/EW	70	60	50	40	35	30
	AH/AHW	15	10	N.A	N.A	N.A	N.A
	DH/DHW	30	25	20	15	12,5	10

EH/EHW	60	50	40	30	25	20
FH	120	100	80	60	50	40
AEH	20	15	10	N.A	N.A	N.A
DEH/DEHW	35	30	25	20	17,5	15
EEH/EEHW	70	60	50	40	35	30
FEH	150	150	100	80	70	60
* Đối với nhiệt độ làm việc nhỏ hơn -20°C giới hạn phải được xem xét riêng. N.A Không áp dụng						

4.3.3.1 Việc lựa chọn một loại thép tốt hơn yêu cầu tối thiểu trong thiết kế phải không dẫn đến các yêu cầu chặt chẽ hơn trong chế tạo.

4.3.3.2 Loại thép được sử dụng có chiều dày nhỏ hơn 10mm hoặc nhiệt độ làm việc trên 10°C có thể được xem xét riêng.

4.3.3.3 Việc hàn của thép tấm và các tiết diện có chiều dày vượt quá giới hạn trên đối với loại thép thực tế nêu trong Bảng 5 sẽ được đánh giá trong mỗi trường hợp riêng về sự phù hợp với mục đích của kết cấu hàn. Sự đánh giá cần được dựa trên thử nghiệm và phân tích theo cơ học phá hủy, ví dụ phù hợp với BS 7910.

4.3.3.4 Đối với các bộ phận kết cấu chịu nén hoặc ứng suất kéo thấp, có thể xem xét đến việc sử dụng các loại thép thấp hơn so với quy định trong Bảng 5.

4.3.3.5 Việc sử dụng thép với ứng suất chảy danh nghĩa tối thiểu lớn hơn 550 N/mm² (NV550) phải được xem xét đặc biệt để áp dụng, nếu điều kiện môi trường nghèo oxy như nước đọng, bùn hoạt tính hữu cơ (vi khuẩn) và hydro sunfua có thể chiếm ưu thế.

4.3.3.6 Các điều kiện nghèo oxy chủ yếu được đặc trưng bởi nồng độ sunfua làm giảm vi khuẩn, SRB, theo thứ tự của lượng >103 SRB/ml (có thể tham khảo theo phương pháp NACE TPC bản số 3).

4.3.4 Thử nghiệm cơ học phá hủy

Đối với các kết cấu mà dự định khai thác liên tục tại cùng một vị trí trong thời gian dài hơn 5 năm, thử cơ học phá hủy phải bao gồm trong việc thẩm định của quy trình hàn cho các mối hàn mà tất cả các điều sau đây được áp dụng:

- Nhiệt độ thiết kế nhỏ hơn +10°C
- Mối nối trong khu vực đặc biệt
- Ít nhất một bộ phận liền kề được chế tạo từ thép với SMYS \geq 420 MPa

Chi tiết về phương pháp thử cơ học phá hủy, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: xem tại mục 1 chương 2, DNVGL-OS-C401.

4.3.5 Xử lý nhiệt sau khi hàn

Đối với các kết cấu được dự định để hoạt động liên tục ở cùng một vị trí trong hơn 5 năm, xử lý nhiệt sau khi hàn (PWHT) được áp dụng cho các nút của thép C-Mn trong các khu vực đặc biệt khi chiều dày vật liệu tại mỗi hàn vượt quá 50 mm. Chi tiết, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: xem mục 2 chương 2, DNVGL-OS-C401. Tuy nhiên nếu kết quả làm việc trong điều kiện như khi hàn có thể được ghi lại bởi một đánh giá phù hợp việc áp dụng thử cơ học phá hủy, phân tích sự phát triển vết nứt theo cơ học phá hủy và theo môi, PWHT có thể được bỏ qua.

5 Thiết kế theo phương pháp hệ số độ bền và hệ số tải trọng (LRFD)

5.1 Quy định chung

Các quy định chung của phương pháp thiết kế theo hệ số tải trọng và hệ số độ bền (LRFD) xem tại 5.6, TCVN 6170-1 : 2017.

5.2 Trạng thái giới hạn cực đại

5.2.1 Quy định chung

5.2.1.1 Yêu cầu chung

5.2.1.1.1 Mục 5.2 đưa ra các yêu cầu việc kiểm tra theo trạng thái giới hạn cực đại đối với các phần tử kết cấu điển hình sử dụng trong kết cấu thép công trình biển.

5.2.1.1.2 Độ bền cực hạn (ứng suất chảy và mất ổn định) của các phần tử kết cấu được đánh giá sử dụng phương pháp kỹ thuật hợp lý và thích hợp.

5.2.1.1.3 Việc kiểm tra bền phải được thực hiện cho tất cả các bộ phận kết cấu. Việc kiểm tra cần xem xét cả sự vượt quá ứng suất chảy và mất ổn định.

5.2.1.1.4 Có thể sử dụng giả định đơn giản hóa liên quan đến phân bố ứng suất miễn là các giả định này được tạo ra phù hợp với thực tiễn chung được chấp nhận, hoặc phù hợp với các kinh nghiệm hoặc thử nghiệm thực tiễn.

5.2.1.1.5 Kích thước tổng thể có thể được sử dụng trong tính toán của độ bền vỏ kết cấu, nếu có lắp đặt và duy trì một hệ thống bảo vệ ăn mòn tại mục 8.

5.2.1.1.6 Trong trường hợp không có (và duy trì) bảo vệ chống ăn mòn phù hợp với yêu cầu tại mục 8, dự trữ ăn mòn như được đưa ra trong mục 8 phải được sử dụng. Việc bổ sung ăn mòn không được tính đến, khi xác định ứng suất và sức kháng cho kiểm tra bền cục bộ.

5.2.1.2 Phân tích kết cấu

5.2.1.2.1 Phân tích kết cấu có thể được thực hiện như đàn hồi tuyến tính, phân tích dẻo-cứng đơn giản hóa, hoặc phân tích đàn hồi-dẻo. Phân tích cấp một hoặc cấp hai đều có thể được áp dụng. Trong tất cả các trường hợp, chi tiết hóa kết cấu liên quan đến yêu cầu độ bền và độ dẻo phải thích hợp với giả định được tạo ra cho phân tích.

TCVN 6170-4 : 2017

5.2.1.2.2 Khi phân tích dẻo hoặc đàn hồi-dẻo được sử dụng cho kết cấu chịu tải trọng chu kỳ, như tải trọng sóng v.v.. việc kiểm tra phải được thực hiện để xác định rằng kết cấu sẽ thích nghi mà không có biến dạng dẻo vượt quá hoặc nứt gãy do ứng suất chảy lặp đi lặp lại. Một quá trình tải chu kỳ thiết kế hay đặc tính cần được xác định theo cách mà độ tin cậy kết cấu trong trường hợp tải trọng chu kỳ, ví dụ tải do bão, không nhỏ hơn độ tin cậy kết cấu cho trạng thái ULS với tải trọng không có chu kỳ.

5.2.1.2.3 Trong trường hợp phân tích tuyến tính kết hợp với các công thức độ bền có trong Tiêu chuẩn này, sự thích nghi có thể được thừa nhận mà không cần kiểm tra thêm.

5.2.1.2.4 Nếu phân tích kết cấu dẻo hoặc đàn hồi-dẻo được sử dụng để xác định lực tổng ứng suất cắt, phải áp dụng các giới hạn về tỷ lệ độ dày – chiều rộng. Tỷ lệ độ dày – chiều rộng có liên quan được cho trong các tiêu chuẩn được công nhận sử dụng để kiểm tra khả năng chịu lực.

5.2.1.2.5 Khi phân tích dẻo và / hoặc kiểm tra khả năng dẻo được sử dụng (tiết diện loại I và II, theo điều 9), các phần tử phải có khả năng tạo thành khớp dẻo với khả năng xoay đủ để cho phép phân phối lại mô men uốn. Đồng thời cần kiểm tra mẫu tải sẽ không bị thay đổi do biến dạng.

5.2.1.2.6 Tiết diện của dầm được chia thành các loại khác nhau phụ thuộc vào khả năng của chúng để phát triển khớp dẻo. Một phương pháp để xác định loại tiết diện được cho trong Điều 9.

5.2.1.3 Độ dai

5.2.1.3.1 Một yêu cầu cơ bản là tất cả các cơ chế phá hủy phải đủ dai để tính chất của kết cấu tương thích với mô hình dự kiến được sử dụng cho việc xác định các phản ứng. Nói chung tất cả các quy trình thiết kế, bất kể phương pháp phân tích nào, sẽ không thể nắm bắt được tính chất thực sự của kết cấu. Cơ chế phá hủy dẻo sẽ cho phép các kết cấu phân phối lại lực phù hợp với mô hình tính giả định. Do đó sẽ tránh được cơ chế phá hủy giòn hoặc sẽ được xác nhận có sức kháng vượt hơn so với cơ chế dẻo, và theo cách này bảo vệ kết cấu khỏi phá hoại giòn.

5.2.1.3.2 Các nguồn sau đây cho tính chất giòn của kết cấu có thể cần phải được xem xét cho kết cấu thép:

- Nứt không ổn định được gây ra bởi sự kết hợp của các yếu tố sau: vật liệu giòn, nhiệt độ thấp trong thép, thiết kế dẫn đến ứng suất cục bộ cao và các khuyết tật tiềm ẩn trong mối hàn;
- Các chi tiết kết cấu mà độ bền cực hạn đạt được tới độ biến dạng dẻo chỉ trong khu vực hạn chế, tạo ra tính chất giòn tổng thể;
- Oằn vò;
- Oằn nơi xảy ra tương tác giữa các cơ chế oằn cục bộ và tổng thể.

5.2.1.4 Kiểm tra chảy dẻo

5.2.1.4.1 Các phần tử kết cấu mà tính chảy dẻo có thể vượt quá mức thì các dạng hư hỏng có thể được nghiên cứu về chảy dẻo.

Các thành phần ứng suất thiết kế riêng biệt và ứng suất thiết kế theo Von Mises cho kết cấu tấm phải không vượt quá sức kháng thiết kế (Mục 5.6.2 TCVN 6170-1:2017).

CHÚ THÍCH:

a) Đối với kết cấu tấm, ứng suất theo Von Mises được xác định như sau:

$$\sigma_{jd} = \sqrt{\sigma_{xd}^2 + \sigma_{yd}^2 - \sigma_{xd}\sigma_{yd} + 3\tau_d^2}$$

Trong đó σ_{xd} và σ_{yd} là ứng suất tấm thiết kế lần lượt trong trục x và trục y, τ_d là ứng suất cắt thiết kế trong mặt phẳng x-y (tức là không bao gồm ứng suất uốn cục bộ trong chiều dày tấm).

b) Trong trường hợp ứng suất uốn cục bộ của tấm là quan trọng cho kiểm tra chảy dẻo, ví dụ tấm chịu tải trọng ngang, kiểm tra chảy dẻo có thể được thực hiện theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-RP-C201 phần 1 mục 5.

5.2.1.4.2 Ứng suất đỉnh cục bộ từ phân tích đàn hồi tuyến tính trong các khu vực thay đổi hình học nhìn thấy được, có thể vượt quá ứng suất chảy miễn là các bộ phận kết cấu liền kề có khả năng chịu được ứng suất phân phối lại.

CHÚ THÍCH:

a) Vùng trên chảy dẻo được xác định bằng một phân tích tuyến tính theo phương pháp phần tử hữu hạn có thể đưa ra một biểu thị diện tích dẻo thực tế. Mặt khác, một phân tích phi tuyến theo phương pháp phần tử hữu hạn có thể cần phải thực hiện để theo dõi phạm vi đầy đủ của vùng dẻo.

b) Kiểm tra chảy dẻo không liên quan đến tập trung ứng suất cục bộ trong kết cấu hoặc đến sự thiếu sót mô hình cục bộ trong mô hình phần tử hữu hạn.

5.2.1.4.3 Đối với kiểm tra chảy dẻo của liên kết hàn, xem mục 7.

5.2.1.5 Kiểm tra mất ổn định

5.2.1.5.1 Các phần tử có tiết diện không đáp ứng các yêu cầu tiết diện loại III phải được kiểm tra mất ổn định cục bộ. Các kiểu tiết diện được định nghĩa trong Điều 9.

5.2.1.5.2 Phân tích mất ổn định được dựa trên đặc trưng sức kháng mất ổn định cho hầu hết các dạng mất ổn định bất lợi.

5.2.1.5.3 Đặc trưng độ bền mất ổn định được dựa trên trung bình 5% kết quả thử nhỏ nhất.

5.2.1.5.4 Khuyết tật ban đầu và ứng suất dư trong các phần tử kết cấu phải được kể đến.

5.2.1.5.5 Cần phải đảm bảo rằng có một sự phù hợp giữa các khiếm khuyết ban đầu trong công thức tính sức kháng mất ổn định và dung sai trong tiêu chuẩn chế tạo áp dụng.

TCVN 6170-4 : 2017

CHÚ THÍCH: Nếu sức kháng mất ổn định được tính toán phù hợp với DNVGL-RP-C201 cho kết cấu tấm, DNV-RP-C202 cho vò, hoặc DNV Classification Note 30.1 cho dầm và thanh, không nên vượt quá dung sai yêu cầu chỉ rõ trong DNVGL-OS-C401, trừ khi có tài liệu dẫn chứng cụ thể.

5.2.2 Kết cấu tấm phẳng và các pa-nen gia cường

5.2.2.1 Yêu cầu chung

Hệ số vật liệu γ_M đối với kết cấu tấm là 1,15

5.2.2.2 Kiểm tra chảy dẻo

5.2.2.2.1 Kiểm tra chảy dẻo của tấm và sườn gia cường có thể thực hiện như trong mục 5.2.6.

5.2.2.2.2 Kiểm tra chảy dẻo của dầm chính có thể thực hiện như trong 5.2.7.

5.2.2.3 Kiểm tra mất ổn định

Trạng thái mất ổn định của kết cấu tấm được kiểm tra theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-RP-C201.

5.2.2.4 Kiểm tra khả năng chịu lực theo các tiêu chuẩn khác

5.2.2.4.1 Sườn gia cường và dầm có thể được thiết kế theo các quy định cho dầm trong các tiêu chuẩn được chấp nhận như Eurocode 3 hoặc AISC LRFD Manual of Steel Construction.

CHÚ THÍCH: Các nguyên lý và tác động của các tiết diện được bao gồm trong AISC LRFD Manual of Steel Construction.

5.2.2.4.2 Hệ số vật liệu khi sử dụng Eurocode 3 được chỉ rõ trong Bảng 6.

Bảng 6 – Hệ số vật liệu sử dụng cho Eurocode 3

Kiểu tính toán	Hệ số vật liệu ¹	Giá trị
Sức kháng của tiết diện loại 1, 2 hoặc 3	γ_{M0}	1,15
Sức kháng của tiết diện loại 4	γ_{M1}	1,15
Sức kháng của các phần tử chưa mất ổn định	γ_{M1}	1,15

¹ Ký hiệu theo Eurocode 3.

5.2.2.4.3 Tấm, sườn gia cường và dầm chính có thể được thiết kế theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: NORSOK N-004.

5.2.3 Kết cấu vò

5.2.3.1 Yêu cầu chung

5.2.3.1.1 Trạng thái mất ổn định của các kết cấu vò hình trụ và kết cấu vò hình nón (côn) không được gia cường có thể được kiểm tra theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNV-RP-C202.

5.2.3.1.2 Sự tương tác giữa mắt ổn định vò và mắt ổn định cột, có thể áp dụng theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNV-RP-C202.

5.2.3.1.3 Nếu DNV-RP-C202 được áp dụng, hệ số vật liệu cho kết cấu vò sẽ phù hợp theo Bảng 7.

Bảng 7 – Hệ số vật liệu γ_M cho mắt ổn định

Kiểu kết cấu		$\lambda \leq 0,5$	$0,5 < \lambda < 1,0$	$\lambda \geq 1,0$
Dầm chính, dầm gia cường trên vò		1,15	1,15	1,15
Các vò cong một chiều (vò hình trụ, vò hình nón (côn))		1,15	$0,85 + 0,60 \lambda$	1,45
Chú ý rằng độ mảnh được dựa trên sự xem xét các dạng mắt ổn định.				
λ	-	Thông số giảm độ mảnh		
	-	$\sqrt{\frac{f_y}{f_E}}$		
f_y	-	ứng suất chảy danh nghĩa nhỏ nhất		
f_E	-	ứng suất mắt ổn định đàn hồi cho đối với dạng mắt ổn định được xét.		

5.2.4 Phần tử ống, mối nối và côn nối

5.2.4.1 Yêu cầu chung

5.2.4.1.1 Các phần tử ống có thể được kiểm tra theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNV Classification Note 30.1, API RP 2A - LRFD hoặc NORSOK N-004.

Đối với sự tương tác giữa mắt ổn định cục bộ vò và cột, và tác động của áp lực bên ngoài, có thể áp dụng theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNV-RP-C202.

5.2.4.1.2 Các tiết diện của phần tử ống được chia thành các kiểu khác nhau phụ thuộc vào khả năng phát triển khớp dẻo và chống lại mắt ổn định cục bộ. Ảnh hưởng của mắt ổn định cục bộ của các tiết diện mảnh phải được xem xét.

CHÚ THÍCH:

a) Ảnh hưởng của mắt ổn định cục bộ của các phần tử ống không có áp lực bên ngoài (ví dụ chịu lực dọc trục hoặc moment uốn) được chỉ rõ trong Điều 9, tiết diện loại IV. Mục 3.8 của DNV-RP-C202 có thể được sử dụng, xem 5.2.3.

b) Ảnh hưởng của mắt ổn định cục bộ của phần tử ống với áp lực bên ngoài không cần phải xem xét nếu hệ số đường kính (D) / chiều dày (t) thỏa mãn:

$$\frac{D}{t} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (1)$$

TCVN 6170-4 : 2017

Trong đó:

- E - Mô đun đàn hồi
- f_y - Ứng suất chảy danh nghĩa nhỏ nhất

Trong trường hợp mất ổn định vỏ cục bộ, xem 5.2.3, có thể áp dụng theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ: mục 3.8 DNV-RP-C202, API RP 2A – LRFD hoặc NORSOK N-004.

5.2.4.1.3 Các nút ống và côn nối có thể được kiểm tra theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: API RP 2A - LRFD hoặc NORSOK N-004.

5.2.4.1.4 Hệ số vật liệu γ_M cho các kết cấu dạng ống là 1,15

5.2.5 Các dầm, cột và sườn không có dạng hình ống

5.2.5.1 Yêu cầu chung

5.2.5.1.1 Thiết kế của các phần tử phải kể đến giới hạn có thể có về sức kháng của tiết diện do mất ổn định cục bộ.

CHÚ THÍCH: Các tiết diện của phần tử ống được chia theo các kiểu khác nhau phụ thuộc vào khả năng phát triển khớp dẻo và chống lại mất ổn định cục bộ, xem Điều 9. Trong trường hợp mất ổn định cục bộ, như tiết diện loại IV, có thể áp dụng theo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-RP-C201.

5.2.5.1.2 Kiểm tra mất ổn định có thể được thực hiện theo DNV Classification Note 30.1.

5.2.5.1.3 Kiểm tra khả năng chịu lực có thể được thực hiện theo các tiêu chuẩn được chấp nhận như Eurocode 3 hoặc AISC LRFD Manual of Steel Construction.

5.2.5.1.4 Các hệ số vật liệu theo **Bảng 7** sẽ được sử dụng nếu Eurocode 3 áp dụng cho tính toán sức kháng của kết cấu.

5.2.6 Các quy định đặc biệt cho tấm và các kết cấu gia cường

5.2.6.1 Phạm vi

Các yêu cầu dưới đây là các giá trị kích thước tối thiểu cho các tấm và các kết cấu gia cường theo ứng suất chảy. Các kích thước và tham khảo thêm về khả năng mất ổn định được nêu tại 5.2.2.

5.2.6.2 Độ dày tối thiểu

Độ dày của tấm không được nhỏ hơn:

$$t = \frac{14,3t_0}{\sqrt{f_{yk}}} (mm) \quad (2)$$

Trong đó:

- f_{yd} - Độ bền ứng suất chảy thiết kế f_y / γ_M
 f_y là ứng suất chảy nhỏ nhất (N/mm²) cho trong 4.3.2.2 Bảng 3
- t_0 - 7 mm cho các thành phần kết cấu chính
 - 5 mm cho các thành phần kết cấu phụ
- γ_M - Hệ số vật liệu cho thép
 - 1,15

5.2.6.3 Uốn của tấm

Độ dày của tấm chịu áp lực ngang không được nhỏ hơn:

$$t = \frac{15,8 k_a s \sqrt{p_d}}{\sqrt{\sigma_{pd1} k_{pp}}} \text{ (mm)} \quad (3)$$

Trong đó:

- k_a - Hệ số hiệu chỉnh cho tỉ lệ hình dạng của vùng tấm
 - $(1,1 - 0,25 s/l)^2$
 - Tối đa = 1,0 cho $s/l = 0,4$
 - Tối thiểu = 0,72 cho $s/l = 1,0$
- s - Khoảng cách các tấm tăng cứng (m), đo dọc theo tấm
- p_d - Áp suất thiết kế (kN/m²)
- σ_{pd1} - Ứng suất uốn thiết kế (N/mm²), lấy giá trị nhỏ hơn của:
 - $1,3(f_{yd} - \sigma_{jd})$, và
 - $f_{yd} = f_y / \gamma_M$
- σ_{jd} - Ứng suất thiết kế tương đương đối với ứng suất tấm trong mặt phẳng tổng thể:

$$\sigma_{jd} = \sqrt{\sigma_{xd}^2 + \sigma_{yd}^2 - \sigma_{xd}\sigma_{yd} + 3\tau_d^2}$$
- k_{pp} - Thông số độ cố định cho tấm

- 1,0 cho các cạnh bị kẹp
- 0,5 cho các cạnh hỗ trợ đơn giản

5.2.6.4 Các kết cấu tăng cứng

5.2.6.4.1 Modun kháng uốn Z_s cho dầm dọc, dầm ngang, sườn và các kết cấu gia cường khác chịu lực ngang không được nhỏ hơn:

$$z_s = \frac{l^2 s p_d}{k_m \sigma_{pd2} k_{ps}} 10^6 (mm^3), \text{minimum } 15 \cdot 10^3 (mm^3) \quad (4)$$

Trong đó:

- l - Khoảng cách giữa các kết cấu gia cường (m)
- k_m - Hệ số moment uốn, xem Bảng 8
- σ_{pd2} - Ứng suất uốn thiết kế (N/mm²)
 - $f_{yd} - \sigma_{jd}$
- k_{ps} - Thông số độ cố định cho kết cấu gia cường
 - 1,0 nếu ít nhất một đầu bị kẹp
 - 0,9 nếu cả hai đầu được đỡ đơn giản

5.2.6.4.2 Các yêu cầu trong 5.2.6.4.1 áp dụng cho một trục song song với tấm. Đối với các kết cấu gia cường tạo một góc xiên với tấm, một yêu cầu gần đúng cho modul kháng uốn tiêu chuẩn có thể nhận được bằng cách nhân các modul kháng uốn từ 5.2.6.4.1 với một hệ số:

$$\frac{1}{\cos \alpha}$$

- α - Góc giữa mặt phẳng bản bụng của kết cấu tăng cứng và mặt phẳng vuông góc với tấm.

5.2.6.4.3 Các kết cấu gia cường với hai đầu hàn dạng “sniped” (chỉ hàn bản bụng) có thể được chấp nhận ở nơi mà ứng suất động nhỏ và độ rung được xem là không quan trọng, với điều kiện độ dày của tấm được hỗ trợ bởi kết cấu gia cường không nhỏ hơn:

$$t \geq 16 \sqrt{\frac{(1 - 0,5s) s p_d}{f_{yd}}} (mm) \quad (5)$$

Trong trường hợp trên, modun kháng uốn của kết cấu gia cường được tính toán như chỉ dẫn trong 5.2.6.4.1 dựa trên các giá trị thông số sau:

Trong đó:

$$k_m = 8,0$$

$$k_{ps} = 0,9$$

Các kết cấu tăng cứng thông thường được vát cạnh với một góc tối đa 30°

CHÚ THÍCH: Với các chi tiết "snipe" hai đầu điển hình như mô tả ở trên, giá trị ứng suất nhỏ hơn 30 MPa có thể được xem là ứng suất động nhỏ.

5.2.7 Các quy định đặc biệt cho dầm tổ hợp và hệ dầm tổ hợp

5.2.7.1 Phạm vi

5.2.7.1.1 Các yêu cầu trong phần này đưa ra các giá trị kích thước tối thiểu theo ứng suất chảy cho các dầm tổ hợp đơn giản. Hơn nữa, các quy trình cho tính toán các hệ dầm tổ hợp phức tạp cũng được chỉ dẫn.

5.2.7.1.2 Các kích thước và tham khảo thêm về khả năng mất ổn định được nêu trong 5.2.2.

5.2.7.2 Độ dày tối thiểu

Độ dày của bản cánh và bản bụng không được nhỏ hơn giá trị cho trong 5.2.6.2 và 5.2.6.3.

5.2.7.3 Uốn và cắt

5.2.7.3.1 Các yêu cầu về modun kháng uốn và diện tích bản bụng có thể áp dụng cho các dầm tổ hợp đơn giản hỗ trợ các kết cấu tăng cứng hoặc các dầm tổ hợp khác chịu lực ngang phân bố tuyến tính. Điều này thừa nhận rằng dầm thỏa mãn các giả định cơ bản của lý thuyết dầm đơn giản, và các phần tử hỗ trợ có khoảng cách gần như đều nhau với điều kiện biên hai đầu là như nhau. Các tải trọng khác sẽ phải được xem xét đặc biệt.

5.2.7.3.2 Khi các điều kiện biên cho các dầm tổ hợp đơn lẻ không dự đoán trước được do sự phụ thuộc của các kết cấu liền kề, các tính toán trực tiếp tuân theo quy trình cho trong 5.2.7.7 sẽ được thực hiện.

5.2.7.3.3 Modun kháng uốn và diện tích bản bụng của dầm tổ hợp phải được kể đến phù hợp với các đặc tính được cho trong 5.2.7.4 và 5.2.7.5. Mô hình kết cấu kết hợp với phân tích ứng suất trực tiếp phải dựa trên các đặc tính tương tự như trên khi áp dụng.

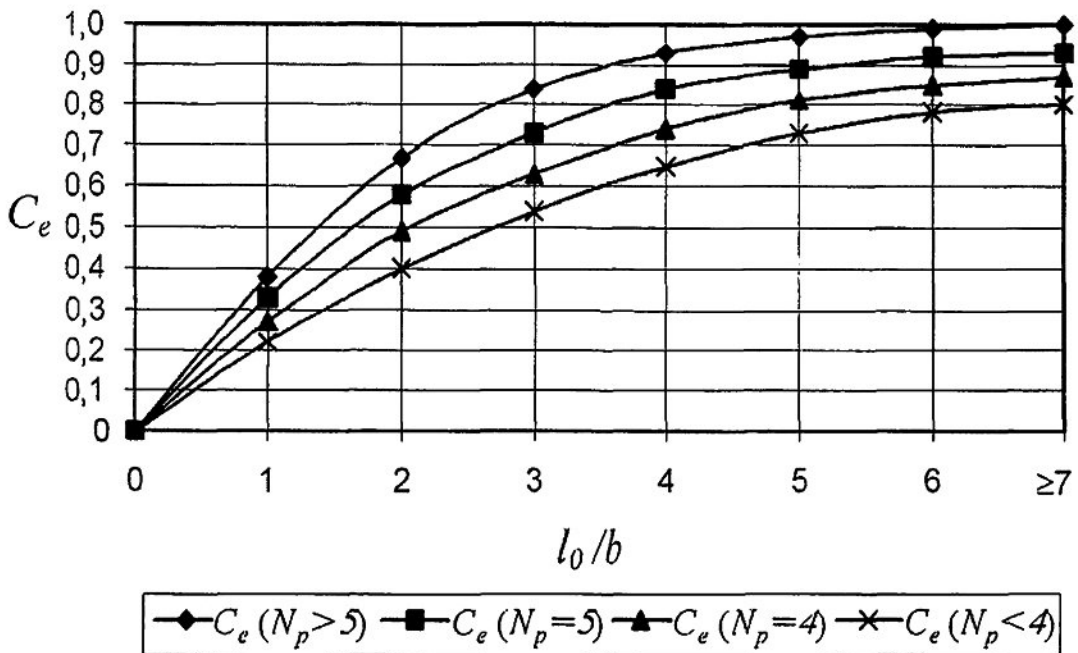
5.2.7.4 Bản cánh hiệu dụng

Diện tích bản cánh hiệu dụng được xác định là diện tích tiết diện của tấm trong phạm vi độ rộng bản cánh hiệu dụng. Diện tích tiết diện của các tấm gia cường liên tục trong phạm vi bản cánh hiệu dụng có thể được bao gồm. Độ rộng bản cánh hiệu dụng được xác định bởi công thức sau:

$$b_e = c_e b \quad (6)$$

Trong đó:

- c_e - thông số cho trong Hình 1 đối với các giá trị khác nhau của tải trọng tập trung (N_p) nằm đều nhau trên nhịp dầm
- b - bề rộng đầy đủ của bản cánh (m), ví dụ nhịp của các kết cấu gia cường, hay khoảng cách giữa các dầm, xem thêm tại 5.2.7.6.2
- l_0 - khoảng cách giữa các điểm mô men uốn bằng 0 (m)
- S - S cho các dầm tổ hợp có hai đầu được đỡ đơn giản
 - $0,6S$ cho dầm tổ hợp được ngàm hai đầu
 - nhịp dầm khi được đỡ đơn giản hai đầu, xem thêm 5.2.7.6.2.



Hình 1 – Biểu đồ cho thông số bản cánh hiệu dụng C_e

5.2.7.5 Bản bụng hiệu dụng

Các lỗ trên dầm tổ hợp thường sẽ được chấp nhận miễn là mức độ ứng suất cắt là chấp nhận được và khả năng chống mất ổn định, tuổi thọ môi được xác nhận là đủ.

5.2.7.6 Các yêu cầu độ bền cho dầm tổ hợp đơn giản

5.2.7.6.1 Dầm tổ hợp đơn giản chịu áp lực ngang và không tham gia vào độ bền tổng thể của kết cấu, phải thỏa mãn các yêu cầu tối thiểu sau đây:

- Modun kháng uốn theo 5.2.7.6.2;
- Diện tích bản cánh theo 5.2.7.6.3.

5.2.7.6.2 Modun kháng uốn Z_g

$$Z_g = \frac{s^2 b p_d}{k_m \sigma_{pd2}} 10^6 \text{ (mm}^3\text{)} \quad (7)$$

Trong đó:

- S - nhịp dầm (m). Chiều cao bản bụng của dầm trong mặt phẳng có thể giảm đi. Khi có mã ở các đầu dầm, nhịp dầm S có thể giảm đi một đoạn bằng 2/3 độ dài mã, với điều kiện giả định các đầu dầm được kẹp và mô đun chống uốn tại điểm cuối của mã thỏa mãn yêu cầu.
- b - độ rộng của vùng chất tải (trên bản cánh) (m), có thể xác định như sau:
 - $0,5(l_1 + l_2)$, l_1 và l_2 là các nhịp của các tấm gia cường ở cả hai bên của dầm tổ hợp, hoặc khoảng cách giữa các dầm tổ hợp
- p_d - áp lực thiết kế (kN/m²)
- k_m - hệ số mô men uốn, xem 1.1.1.1.1
- σ_{pd2} - ứng suất uốn thiết kế (N/mm²)
- σ_{jd} - ứng suất thiết kế tương đương cho ứng suất mặt tổng thể

$$\sigma_{jd} = \sqrt{\sigma_{xd}^2 + \sigma_{yd}^2 - \sigma_{xd}\sigma_{yd} + 3\tau^2}$$

5.2.7.6.3 Diện tích bản bụng A_w

$$A_w = \frac{k_r s b p_d - N_s P_{pd}}{\tau_{pd}} 10^3 \text{ (mm}^2\text{)} \quad (8)$$

Trong đó:

- k_r - hệ số lực cắt, xem 5.2.7.6.4.
- N_s - Số tấm tăng cứng giữa mặt cắt xem xét và điểm hỗ trợ gần nhất. Giá trị N_s ở tất cả các trường hợp không được lớn hơn $(N_p + 1)/4$
- N_p - số lượng các tấm tăng cứng hỗ trợ trong một nhịp dầm

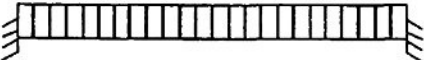

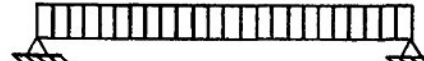
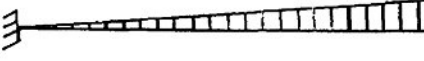


P_{pd} - lực tập trung thiết kế trung bình (kN) từ các tấm tầng cứng giữa mặt cắt xem xét và điểm hỗ trợ gần nhất

τ_{pd} - $0,5f_{yd}$ (N/mm²).

5.2.7.6.4 Các giá trị k_m - và k_r tham khảo tới 5.2.7.6.2 và 5.2.7.6.3 có thể được tính theo lý thuyết dầm tổng quát. Bảng 8, giá trị k_m - và k_r được cho với một vài tải trọng được định nghĩa và điều kiện biên. Chú ý rằng giá trị k_m - nhỏ nhất sẽ được áp dụng cho dầm tổ hợp đơn giản.

Đối với dầm tổ hợp mà hai đầu ngàm hoặc diện tích bản cánh được tăng lên một phần do mô men uốn lớn, giá trị k_m - lớn hơn có thể được sử dụng bên ngoài vùng được gia cố.

Bảng 8 – Giá trị k_m và k_r

Tải trọng và điều kiện biên			Các hệ số moment uốn và lực cắt		
Vị trí			1	2	3
1	2	3	k_{m1}	k_{m2}	k_{m3}
Điểm đỡ	Vùng giữa	Điểm đỡ	k_{t1}	-	k_{t3}
			12,00 0,50	24,00	12,00 0,50
			0,38	14,20	8,00 0,63
			0,50	8,00	0,50
			15,00 0,30	23,30	10,00 0,70
			0,20	16,80	7,50 0,80
			0,33	7,80	0,67

5.2.7.7 Hệ thống dầm tổ hợp phức tạp

5.2.7.7.1 Đối với dầm tổ hợp là một phần của một hệ thống 2 hay 3 phương phức tạp, phải thực hiện một phân tích kết cấu hoàn chỉnh.

5.2.7.7.2 Các phương pháp tính hoặc chương trình tính áp dụng phải kể đến các ảnh hưởng của lực uốn, cắt, lực dọc trục và biến dạng xoắn.

5.2.7.7.3 Các tính toán phải phản ánh được phản ứng của kết cấu của kết cấu 2-, 3- phương được xem xét, với các chú ý đến điều kiện biên.

5.2.7.7.4 Với hệ thống gồm các dầm tổ hợp mảnh, tính toán dựa trên lý thuyết dầm (phân tích làm việc hệ giàn) có thể được áp dụng, với các chú ý:

- Độ biến thiên diện tích cắt, ví dụ phần bị cắt bớt;
- Độ biến thiên mô men quán tính;
- Bản cánh hiệu dụng;
- Mất ổn định ngang của bản cánh dầm.

5.2.7.7.5 Các trạng thái tải trọng bất lợi nhất được cho trong 6170-3 : 2017 sẽ được áp dụng.

5.2.7.7.6 Đối với dầm tổ hợp tham gia vào độ bền tổng thể của giàn, ứng suất do áp lực thiết kế cho trong TCVN 6170-3 : 2017 sẽ được tổ hợp với các ứng suất tổng thể liên quan.

5.2.8 Liên kết bu lông chống trượt

5.2.8.1 Yêu cầu chung

5.2.8.1.1 Các yêu cầu trong mục này cho khả năng trượt của các liên kết bu lông căng trước dùng bu lông cường độ cao.

5.2.8.1.2 Bu lông cường độ cao được định nghĩa là bu lông có độ bền kéo cực hạn cao hơn 800 N/mm² với độ bền chảy nhỏ nhất bằng 80% giá trị độ bền kéo cực hạn.

5.2.8.1.3 Bu lông được căng trước phù hợp với các tiêu chuẩn được công nhận quốc tế. Quy trình cho việc đo đạc và bảo trì lực căng bu lông phải được thiết lập.

5.2.8.1.4 Lực kháng trượt thiết kế R_d có thể xác định bằng hoặc cao hơn tải trọng thiết kế F_d .

$$R_d \geq F_d \quad (9)$$

Ngoài ra, liên kết kháng trượt phải có khả năng chịu được tải trọng ULS và ALS như liên kết bu lông chịu lực. Khả năng của một liên kết bu lông có thể được xác định tuân theo các tiêu chuẩn được công nhận quốc tế với cấp an toàn tương đương, như Eurocode 3 hoặc AISC LRFD Manual of Steel Construction.

5.2.8.1.5 Lực kháng trượt thiết kế của bu lông cường độ cao ứng lực trước được lấy bằng:

$$R_d = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{Ms}} F_{pd} \quad (10)$$

Trong đó:

- k_s - hệ số khoảng hở lỗ

- 1,00 cho khoảng hở tiêu chuẩn cùng hướng với lực
 - 0,85 cho các lỗ quá cỡ
 - 0,70 cho các lỗ xẻ rãnh dài cùng hướng với lực
- n - số các bề mặt ma sát
- μ - hệ số ma sát
- γ_{Ms} - 1,25 cho khoảng hở tiêu chuẩn cùng hướng với lực
- 1,4 cho các lỗ quá cỡ hoặc các lỗ xẻ rãnh dài trong cùng hướng với lực.
 - 1,1 cho các lực cắt thiết kế với hệ số tải trọng 1,0
- F_{pd} - Lực ứng trước thiết kế

5.2.8.1.6 Đối với bu lông cường độ cao, lực căng trước thiết kế kiểm soát trong các bu lông được sử dụng trong liên kết kháng trượt là:

$$F_{pd} = 0,7 f_{ub} A_s \quad (11)$$

Trong đó:

- f_{ub} - độ bền kéo cực hạn của bu lông
- A_s - Diện tích ứng suất kéo của bu lông (diện tích thực không kể ren của bu lông)

Giá trị thiết kế của hệ số ma sát μ phụ thuộc vào cấp độ cụ thể của việc xử lý bề mặt. Giá trị μ được lấy theo Bảng 9.

Bảng 9 – Hệ số ma sát μ

Phân loại bề mặt	μ
A	0,5
B	0,4
C	0,3
D	0,2

Việc phân loại việc xử lý bề mặt bất kỳ phải dựa trên các thử nghiệm hoặc mẫu thử đại diện của bề mặt được sử dụng trong kết cấu, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-C401 Phần 2 Mục 6.

Việc xử lý bề mặt được cho trong

Bảng 10 có thể được phân loại mà không cần thử nghiệm thêm.

Bảng 10 – Xử lý bề mặt

Phân loại bề mặt	Xử lý bề mặt
A	Bề mặt được thổi bằng hạt hoặc đá mịn, - Loại bỏ bất kỳ gỉ sét rời rạc nào, không có rỗ - Phun kim loại hóa với nhôm - Phun kim loại hóa với một lớp phủ kẽm dựa trên chứng nhận xác minh hệ số trượt không nhỏ hơn 0,5
B	Bề mặt được thổi bằng hạt hoặc đá mịn, và sơn với sơn kiềm-kẽm-silicat để tạo ra một độ dày lớp phủ từ 50 mm tới 80 mm.
C	Bề mặt làm sạch bởi chổi dây hoặc lửa làm sạch, loại bỏ bất kỳ gỉ sét rời rạc nào
D	Bề mặt không được xử lý

Bảng 11 – Các khoảng hở trong lỗ bu lông

Loại khoảng hở	Khoảng hở mm	Đường kính bu lông d (lớn nhất) mm
Tiêu chuẩn	1	12 và 14
	2	16 tới 24
	3	27 và lớn hơn
Quá cỡ	3	12
	4	14 tới 22
	6	24
	8	27

Lỗ quá cỡ ở lớp ngoài của một liên kết kháng trượt phải được che đậy bởi các vòng đệm cứng.

Các kích thước danh nghĩa của các lỗ xẻ rãnh ngăn cho các liên kết kháng trượt không được lớn hơn giá trị được đưa ra trong Bảng 12.

Bảng 12 – Các lỗ xẻ rãnh ngắn

Kích thước lớn nhất mm	Đường kính d (lớn nhất) mm
(d + 1) đến (d + 4)	12 và 14
(d + 2) đến (d + 6)	16 tới 22
(d + 2) đến (d + 8)	24
(d + 3) đến (d + 10)	27 và lớn hơn

Các kích thước danh nghĩa của các lỗ xẻ rãnh dài cho các liên kết kháng trượt không được lớn hơn giá trị được đưa ra trong Bảng 13.

Bảng 13 – Các lỗ xẻ rãnh dài

Kích thước lớn nhất mm	Đường kính d (lớn nhất) mm
(d + 1) đến 2,5 d	12 và 14
(d + 2) đến 2,5 d	16 đến 24
(d + 3) đến 2,5 d	27 và lớn hơn

Các rãnh dài trong lớp bên ngoài được bao phủ bởi các tấm phủ có kích thước và độ dày thích hợp. Các lỗ trong tấm phủ không được lớn hơn các lỗ tiêu chuẩn.

5.3 Trạng thái giới hạn môi

5.3.1 Quy định chung

Trong tiêu chuẩn này, các yêu cầu được đưa ra liên quan đến phân tích môi dựa trên các thử nghiệm môi và cơ học phá hủy. Tham khảo trong các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như DNVGL-RP-C203 và DNV Classification Note 30.6 cho các chi tiết thực tế đối với đánh giá tuổi thọ môi của kết cấu công trình biển. Xem thêm TCVN 6170-1 : 2017.

5.3.1.1 Mục đích của đánh giá tuổi thọ mỗi là để đảm bảo rằng kết cấu đạt tuổi thọ mỗi thích hợp. Bên cạnh đó, tính toán tuổi thọ mỗi cũng tạo nên cơ sở cho các chương trình kiểm tra trong suốt quá trình chế tạo và vận hành của kết cấu.

5.3.1.2 bền mỗi thông thường được cho bằng đường cong S-N, ví dụ hàm truyền ứng suất (S) tương quan với số chu trình gây phá hủy (N) dựa trên các thử nghiệm mỗi. Tổn thương mỗi được định nghĩa là khi có phát triển vết nứt xuyên chiều dày.

5.3.1.3 Các đường cong S-N nhìn chung được dựa trên xác suất 97,6% của sự sống còn, tương ứng với các đường cong trung bình trừ đi 2 lần độ lệch chuẩn của số liệu thực tế có liên quan.

5.3.1.4 Tuổi thọ mỗi thiết kế đối với các bộ phận kết cấu nên dựa trên tuổi thọ khai thác cụ thể của kết cấu. Nếu không quy định tuổi thọ khai thác, giá trị 20 năm nên được sử dụng.

5.3.1.5 Để đảm bảo rằng kết cấu sẽ đáp ứng được các chức năng dự kiến, đánh giá mỗi sẽ được tiến hành cho mỗi phần tử riêng biệt mà phần tử đó phải chịu tải trọng gây mỗi. Khi thích hợp, việc đánh giá mỗi sẽ được hỗ trợ bởi một phân tích mỗi chi tiết. Phải lưu ý rằng mọi phần tử hoặc thanh nào của kết cấu, mỗi mỗi hàn và phụ kiện hoặc các dạng tập trung ứng suất khác có khả năng là nguồn gốc gây nứt do mỗi cần được xem xét riêng biệt.

5.3.1.6 Các phân tích phải được thực hiện theo số liệu môi trường xác định tại các vị trí có liên quan đến khu vực mà giàn sẽ hoạt động. Các hạn chế phải được mô tả trong sổ tay vận hành của giàn.

5.3.2 Hệ số mỗi thiết kế

5.3.2.1 Hệ số mỗi thiết kế (DFF) sẽ được áp dụng để giảm xác suất cho tổn thương mỗi.

5.3.2.2 Hệ số mỗi thiết kế phụ thuộc vào mức độ quan trọng của các thành phần kết cấu đối với tính toàn vẹn của kết cấu và khả năng kiểm tra và sửa chữa.

5.3.2.3 Hệ số mỗi thiết kế sẽ được áp dụng cho tuổi thọ thiết kế. Tuổi thọ mỗi tính toán phải lớn hơn tuổi thọ thiết kế nhân với hệ số mỗi thiết kế (DFF).

5.3.2.4 Yêu cầu thiết kế có thể được hiểu là tỷ lệ tổn thất mỗi tích lũy cho số chu trình tải trọng lặp của tuổi thọ thiết kế theo định nghĩa nhân với DFF phải nhỏ hơn hoặc bằng 1,0.

5.3.2.5 Hệ số mỗi thiết kế trong **Bảng 14** sử dụng cho cho các giàn với hậu quả hư hỏng thấp và có thể chứng tỏ được rằng kết cấu thỏa mãn các yêu cầu trong điều kiện hư hỏng phù hợp với trạng thái giới hạn sự cố (ALS) với hư hỏng trong phần tử thực tế như hư hỏng được xác định.

Bảng 14 – Các hệ số mỗi thiết kế (DFF)

DFF	Bộ phận kết cấu
-----	-----------------

1	Kết cấu bên trong, có thể tiếp cận và hàn trực tiếp vào các phần chìm dưới nước
1	Kết cấu bên ngoài, có thể tiếp cận để kiểm tra thường xuyên và sửa chữa trong điều kiện khô ráo, sạch sẽ.
2	Kết cấu bên trong, có thể tiếp cận và hàn trực tiếp vào các phần chìm dưới nước
2	Kết cấu bên ngoài, không thể tiếp cận để kiểm tra và sửa chữa trong điều kiện khô ráo và sạch sẽ
3	Các vùng không thể tiếp cận, các vùng được thiết kế là không thể tiếp cận để kiểm tra và sửa chữa trong quá trình vận hành.

CHÚ THÍCH:

Các kết cấu dự định theo lịch trình kiểm tra thông thường tuân theo các yêu cầu lớp, tức là khoảng thời gian kiểm tra là 5 năm ở các vùng nước có mái che, có thể áp dụng DFF bằng 1. Các kết cấu được thiết kế là sẽ kiểm tra trên mặt nước tại vị trí có mái che, DFF cho các vùng trên mực nước biển kiểm tra thấp nhất 1m nên được lấy bằng 1, và dưới mực nước trên thì DFF lấy bằng 2 cho vỏ bên ngoài. Vùng sóng vỡ được định nghĩa là vùng không thể tiếp cận.

Trường hợp lan truyền vết nứt phát triển từ một vị trí mà có thể tiếp cận để kiểm tra và sửa chữa cho một bộ phận kết cấu mà không có lối vào, vị trí như vậy nên được xem là có cùng loại với loại yêu cầu cao nhất khi xem xét các nơi có khả năng xảy ra nứt nhất. Ví dụ, chi tiết hàn bên trong một tấm vỏ chìm (mặt khô) nên được lấy giá trị DFF bằng với các mối hàn tương tự liên quan nằm bên ngoài tấm.

5.3.2.6 Hệ số môi thiết kế phải lấy dựa trên các xem xét đặc biệt khi tổn thương môi kéo theo các hậu quả đáng kể như:

- Nguy cơ thiệt hại về người, tức là không phù hợp với tiêu chí ALS;
- Ô nhiễm nghiêm trọng;
- Các hậu quả kinh tế lớn.

CHÚ THÍCH: Đánh giá các đường dẫn lan truyền vết nứt (bao gồm cả hướng và tốc độ tăng trưởng liên quan đến các khoảng thời gian kiểm tra), có thể cho thấy việc sử dụng DFF khác hơn là DFF được lựa chọn khi chi tiết được xem xét độc lập. Ví dụ khi lan truyền vết nứt cho thấy rằng một tổn thương môi bắt đầu trong một khu vực không nghiêm trọng phát triển và nó có thể gây ra hậu quả đáng kể, như vậy vị trí nhạy cảm môi nên được xem như là một hậu quả đáng kể của tổn thương.

5.3.2.7 Các đường hàn nằm dưới vị trí 150m dưới mực nước nên được giả định rằng không thể tiếp cận cho việc kiểm tra khi làm việc.

5.3.2.8 Các tiêu chuẩn đối tượng khác nhau xác định các hệ số mỗi thiết kế để được áp dụng cho các chi tiết kết cấu điển hình.

5.3.3 Các phương pháp phân tích mỏi

5.3.3.1 Phân tích mỏi nên được dựa trên dữ liệu đường cong S-N, được xác định bằng các thí nghiệm mỏi của các chi tiết mối hàn được xem xét, và giả thiết tổn thương là tuyến tính. Khi thích hợp, phân tích mỏi có thể được lựa chọn dựa trên cơ học phá hủy.

5.3.3.2 Trong diện tích tới hạn mỏi, tuổi thọ mỏi giả định được dựa trên các phương pháp đơn giản là dưới giới hạn có thể chấp nhận, một nghiên cứu chính xác hơn hoặc một phân tích theo cơ học phá hủy sẽ được thực hiện.

5.3.3.3 Với các tính toán dựa trên cơ học phá hủy, chúng nên được xác định rõ bằng các kiểm tra trong điều kiện vận hành với một khoảng thời gian đủ và phù hợp giữa thời gian phát hiện vết nứt và thời gian của tổn thương mất ổn định. Tham khảo trong các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ DNVGL-RP-C203.

5.3.3.4 Tất cả các giá trị ứng suất đáng kể, mà góp phần tạo nên tổn thất mỏi trong kết cấu, đều phải được xem xét. Các phân phối dài hạn của giá trị ứng suất có thể được thấy bởi phân tích tiên định hoặc phân tích phổ. Các hiệu ứng động phải được xem xét ở mức độ thích hợp khi thiết lập quá trình ứng suất.

5.4 Trạng thái giới hạn sự cố

5.4.1 Quy định chung

5.4.1.1 Trạng thái giới hạn sự cố (ALS) về nguyên tắc được đánh giá cho tất cả các loại kết cấu. Đánh giá an toàn thực hiện tuân theo các nguyên tắc trong các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-A101.

5.4.1.2 Hệ số vật liệu γ_M cho ALS lấy bằng 1,0.

5.4.1.3 Các kết cấu phải được kiểm tra trong ALS theo hai bước:

- a) Độ bền kết cấu dưới tác động của tải trọng sự cố
- b) Độ bền kết cấu trong trạng thái đã hư hỏng (do tác động của tải trọng sự cố) chịu tác động của tải trọng môi trường.

5.4.1.4 Mục tiêu tổng thể của thiết kế chống lại tải trọng sự cố là để đạt được một hệ thống mà các chức năng an toàn chính không bị suy giảm bởi các tải trọng sự cố thiết kế.

5.4.1.5 Thiết kế chống lại tải trọng sự cố có thể được thực hiện bằng cách tính trực tiếp các ảnh hưởng gây bởi tải trọng lên kết cấu, hoặc gián tiếp, bằng cách thiết kế các kết cấu chịu

được sự cố xảy ra. Ví dụ cho trường hợp gián tiếp là sự chia ngăn của các kết cấu nổi để có thể tồn tại được nguyên vẹn và đầy đủ sau một kịch bản va chạm nhất định mà không cần tính toán gì thêm.

CHÚ THÍCH: Khuyến nghị cho việc thiết kế các kết cấu chịu tải trọng sự cố có thể xem trong DNV-RP-C204.

5.4.1.6 Sự không chắc chắn vốn có của các tần số và cường độ của các tải trọng sự cố, cũng như tính chất gần đúng của phương pháp xác định hiệu ứng tải sự cố cần phải được nhận thức đầy đủ. Do đó, cần thiết phải áp dụng đánh giá kỹ thuật âm thanh và đánh giá thực tế trong thiết kế.

5.4.1.7 Nếu trong trường hợp phi tuyến, phân tích phần tử hữu hạn động được áp dụng cho thiết kế, nó sẽ xác định rằng tất cả các cơ chế phá hoại cục bộ, ví dụ tỷ lệ biến dạng, mất ổn định cục bộ, quá tải mối nối, gãy mối nối, được tính toán hoàn toàn bởi các mô hình được chấp nhận, hoặc các cơ chế đánh giá rõ ràng.

Tải trọng sự cố điển hình là:

- Ảnh hưởng từ vụ va chạm tàu;
- Ảnh hưởng từ các vật rơi;
- Lửa;
- Cháy nổ;
- Điều kiện môi trường bất thường;
- Lụt bất ngờ.

5.4.1.8 Các loại khác nhau của tải trọng sự cố yêu cầu các phương pháp và phân tích khác nhau để đánh giá sức kháng của kết cấu.

5.5 Trạng thái giới hạn hoạt động

5.5.1 Quy định chung

Trạng thái giới hạn hoạt động đối với kết cấu công trình biển bằng thép được kết hợp với:

- Chuyển vị có thể ngăn chặn các hoạt động dự kiến của thiết bị;
- Chuyển vị có thể gây bất lợi tới hoàn thiện hoặc các phần tử không phải kết cấu;
- Rung động có thể là nguyên nhân gây ra sự khó chịu cho nhân viên;
- Biến dạng và chuyển vị có thể làm hư hỏng hình dạng bề ngoài của kết cấu.

5.5.2 Biến dạng tiêu chuẩn

5.5.2.1 Đối với tính toán trong trạng thái giới hạn hoạt động lấy $\gamma_M = 1,0$.

5.5.2.2 Giá trị giới hạn đối với chuyển vị theo phương đứng nên được chỉ rõ trong tóm tắt thiết kế. Thay cho độ lệch như vậy, giá trị giới hạn tiêu chuẩn độ lệch chỉ rõ trong Bảng 15 có thể được sử dụng.

Bảng 15 – Giá trị giới hạn đối với chuyển vị theo phương đứng

Điều kiện	Chuyển vị δ_{max}	Giới hạn δ_2
Dầm của sàn	L/200	L/300
Dầm sàn hỗ trợ vữa trát hoặc loại vật liệu bề mặt giòn hoặc các phần kết cấu không linh hoạt	L/250	L/350

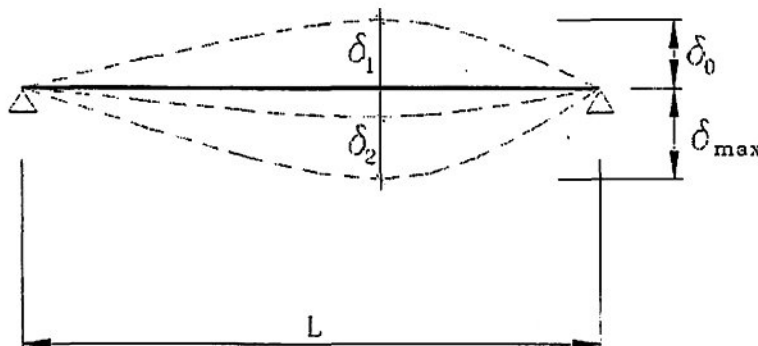
L là nhịp của dầm. Đối với dầm côngxôn, L là gấp 2 lần chiều dài nhô ra của côngxôn.

5.5.2.3 Chuyển vị theo phương đứng lớn nhất được tính như sau:

$$\delta_{max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0 \quad (12)$$

Trong đó:

- δ_{max} - Độ võng tại trạng thái cuối tương quan với đường thẳng nối các điểm đỡ
- δ_0 - Độ cong trước
- δ_1 - Độ biến thiên của chuyển vị của dầm do tải trọng thường xuyên ngay sau tải
- δ_2 - Độ biến thiên của chuyển vị của dầm do tải biến thiên cộng với bất kỳ biến dạng phụ nào do tải trọng thường xuyên.



Hình 2 – Định nghĩa về độ võng theo phương đứng

5.5.2.4 Hiệu ứng chậm pha cắt cần phải được xem xét cho dầm với bản cánh rộng

5.5.3 Độ lệch ngoài mặt phẳng của tấm cục bộ

Sự kiểm tra trạng thái giới hạn hoạt động đối với tấm mỏng liên quan đến độ lệch ngoài mặt phẳng có thể bỏ qua nếu nhịp nhỏ nhất của tấm nhỏ hơn 150 lần chiều dày tấm.

6 Thiết kế theo phương pháp ứng suất cho phép

6.1 Quy định chung

6.1.1 Ứng suất cơ bản

Trừ khi có khuyến cáo khác, giàn phải được thiết kế sao cho tất cả các phần tử đều thỏa mãn ứng suất cho phép cơ bản quy định trong AISC 335-89. Khi phần tử kết cấu hoặc loại tải trọng không có trong hướng dẫn thực hành này và trong AISC 335-89, cần tiến hành phân tích một cách đúng đắn để xác định ứng suất cho phép cơ bản với độ an toàn giống như đã nêu trong tài liệu này hoặc trong AISC 335-89. Ứng suất cho phép trong cọc được thảo luận trong mục 6.3.2.2. Các phần tử chịu tổ hợp tải trọng nén và uốn phải được thiết kế sao cho tất cả các điểm dọc theo chiều dài phần tử đều thỏa mãn tiêu chuẩn về cường độ và ổn định.

AISC 360 không được khuyến dùng trong thiết kế công trình biển.

6.1.2 Gia tăng ứng suất cho phép

Khi ứng suất gây ra bởi một phần tải trọng ngang và đứng trong điều kiện môi trường thiết kế, ứng suất cho phép cơ bản trong AISC 335-89 có thể được tăng thêm 1/3. Với tải trọng động đất, cấp thiết thế cần phù hợp với API RP 2A WSD. Các yêu cầu đặc trưng của tiết diện trong tính toán này không được nhỏ hơn yêu cầu trong thiết kế tĩnh tải và hoạt tải hoặc tải trọng vận hành cộng với tải trọng môi trường trong điều kiện vận hành tính toán khi chưa tăng lên 1/3.

6.2 Ứng suất cho phép của phần tử dạng ống

6.2.1 Kéo dọc trục

Ứng suất kéo cho phép F_t đối với phần tử dạng ống chịu kéo dọc trục được xác định như sau:

$$F_t = 0,6F_y \quad (13)$$

Trong đó:

F_y = Cường độ chảy dẻo, MPa (ksi).

6.2.2 Nén dọc trục

6.2.2.1 Mất ổn định tổng thể của cột

Ứng suất nén dọc trục cho phép F_a được xác định theo các công thức trong AISC 335-89 cho các phần tử có tỷ số D/t nhỏ hơn hoặc bằng 60:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} \quad \text{với } \frac{Kl}{r} < C_c \quad (14)$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad \text{với } Kl/r \geq C_c$$

Trong đó:

$$C_c = \left(\frac{2\pi^2 E}{F_y}\right)^{0,5}$$

- E - Modun đàn hồi MPa (ksi);
- K - Hệ số ảnh hưởng chiều dài, xem 6.3.2.4;
- l - Chiều dài thanh, m (in);
- r - Bán kính quán tính, m (in).

Với phần tử có tỷ số D/t lớn hơn 60, ứng suất mất ổn định cục bộ tới hạn (F_{xe} hoặc F_{xc} , lấy giá trị nhỏ hơn) được thay thế cho F_y để xác định C_c và F_a .

6.2.2.2 Mất ổn định cục bộ

6.2.2.2.1 Yêu cầu chung

Các phần tử thép ống không có gia cường cần được kiểm tra mất ổn định cục bộ gây ra do nén dọc trục nếu tỷ số D/t lớn hơn 60. Nếu tỷ số D/t lớn hơn 60 và nhỏ hơn 300 và chiều dày ống $t > 6$ mm (0,25 inch), ứng suất gây mất ổn định đàn hồi (F_{xe}) và dẻo (F_{xc}) do chịu nén dọc trục được xác định theo công thức tại 6.2.2.2.2 và 6.2.2.2.3. Mất ổn định tổng thể được xác định bằng cách thay thế ứng suất mất ổn định cục bộ tới hạn [F_{xe} xem 6.2.2.2.2 hoặc F_{xc} (xem 6.2.2.2.3), lấy giá trị nhỏ hơn] cho F_y trong công thức tại 6.2.2.1 và trong công thức tính C_c .

6.2.2.2.2 Ứng suất gây mất ổn định cục bộ đàn hồi

Ứng suất gây mất ổn định cục bộ đàn hồi, F_{xe} được xác định từ công thức:

$$F_{xe} = 2CEt / D \quad (15)$$

TCVN 6170-4 : 2017

Trong đó:

- C - Hệ số gây mất ổn định trong giới hạn đàn hồi;
- D - Đường kính ngoài m (in.);
- t - Chiều dày ống m (in.);

Giá trị lý thuyết của $C = 0,6$. Tuy nhiên, giá trị $C = 0,3$ được khuyến dùng trong công thức trên để tính toán ảnh hưởng của sai sót về hình dạng ban đầu theo giới hạn sai số trong API 2B.

6.2.2.2.3 Ứng suất gây mất ổn định cục bộ không đàn hồi.

Ứng suất gây mất ổn định cục bộ không đàn hồi, F_{xc} , được xác định từ công thức:

$$\left. \begin{aligned} F_{xc} &= F_y [1,64 - 0,23(D/t)^{1/4}] \leq F_{xe} \\ F_{xc} &= F_y \text{ khi } (D/t) \leq 60 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

6.2.3 Uốn

Ứng suất uốn cho phép F_b được xác định từ công thức:

$$\left. \begin{aligned} F_b &= 0,75F_y \quad \text{khi} \quad \frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y} \quad \text{trong hệ đơn vị SI} \\ F_b &= 0,75F_y \quad \text{khi} \quad \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{F_y} \quad \text{trong hệ đơn vị USC} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned} F_b &= \left[0,84 - 1,74 \frac{F_y D}{E_t} \right] F_y \quad \text{khi} \quad \frac{10340}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y} \quad \text{trong hệ đơn vị SI} \\ F_b &= \left[0,84 - 1,74 \frac{F_y D}{E_t} \right] F_y \quad \text{khi} \quad \frac{1500}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_y} \quad \text{trong hệ đơn vị USC} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$$\left. \begin{aligned} F_b &= \left[0,72 - 0,58 \frac{F_y D}{E_t} \right] F_y \quad \text{khi} \quad \frac{20680}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq 300 \quad \text{trong hệ đơn vị SI} \\ F_b &= \left[0,72 - 0,58 \frac{F_y D}{E_t} \right] F_y \quad \text{khi} \quad \frac{3000}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq 300 \quad \text{trong hệ đơn vị USC} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Với tỷ số D/t lớn hơn 300, sử dụng các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: API 2U.

6.2.4 Lực cắt

6.2.4.1 Dầm chịu cắt

Ứng suất cắt lớn nhất trong dầm f_v với phần tử dạng ống bằng:

$$f_v = \frac{V}{0,5A} \quad (20)$$

Trong đó:

- f_v - Ứng suất cắt lớn nhất, MPa (ksi);
- V - Lực cắt ngang, MN (kips);
- A - Diện tích mặt cắt ngang, m² (in.²);

Ứng suất cắt cho phép trong dầm F_v được xác định từ công thức:

$$F_v = 0,4F_y \quad (21)$$

CHÚ THÍCH:

Khi ứng suất cắt chảy dẻo của kết cấu thép thay đổi trong khoảng 1/2 đến 5/8 ứng suất chảy dẻo kéo và nén và thường bằng $F_y / \sqrt{3}$, giá trị ứng suất làm việc cho phép của kết cấu sẽ được xác định theo AISC 335-89 bằng 2/3 ứng suất chịu kéo cho phép cơ bản khuyến cáo. Với phần tử ống mà biến dạng do lực cắt cục bộ làm thay đổi hình dạng ống, có thể sử dụng một ứng suất chảy dẻo giảm đi để thay thế cho F_y trong công thức tại 6.2.4.2.

6.2.4.2 Cắt xoắn

Ứng suất cắt xoắn lớn nhất f_w trong phần tử ống gây ra do xoắn bằng:

$$f_w = \frac{M_t (D/2)}{I_p} \quad (22)$$

Trong đó:

- f_w - Ứng suất cắt xoắn lớn nhất, MPa (ksi);
- M_t - Momen xoắn MN-m (kips-in.);
- I_p - Momen quán tính cực, m⁴ (in.⁴)

và ứng suất cắt xoắn cho phép F_w được xác định từ công thức:

$$F_w = 0,4F_y \quad (23)$$

6.2.5 Áp lực thủy tĩnh (Ống gia cường và ống không gia cường)

6.2.5.1 Yêu cầu chung

Với các phần tử ống trên giàn thỏa mãn sai số và độ tròn vành ngoài theo API 2B, ứng suất tác dụng lên thành ống, f_h MPa (ksi) không được vượt quá ứng suất Hoop tới hạn gây mất ổn định, F_{hc} chia cho hệ số an toàn phù hợp:

$$\begin{aligned} f_h &\leq f_{hc} / SF_h \\ f_h &= pD / 2t \end{aligned} \tag{24}$$

Trong đó:

- f_h - Ứng suất hoop gây ra do áp lực thủy tĩnh, Mpa (ksi);
- p - Áp lực thủy tĩnh, Mpa (ksi);
- SF_h - Hệ số an toàn chống lại phá hoại do áp lực thủy tĩnh (xem 6.3.5)

CHÚ THÍCH: Với ống có đường kính lớn và chiều dài có giới hạn, những phân tích chặt chẽ được sử dụng để chứng minh vòng gia cường nhỏ hơn hoặc ít vòng gia cường hơn có ảnh hưởng đến sự biến dạng ống không và cũng cần xem xét đến tình dèo của ống. Phương pháp phân tích chi tiết tham khảo trong các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: API 2U.

6.2.5.2 Cột nước thủy tĩnh thiết kế

Áp lực thủy tĩnh ($p = \gamma H_z$) được xác định từ cột nước thiết kế, H_z được xác định như sau:

$$H_z = z + \frac{H_w}{2} \left\{ \frac{\cosh[k(d - z)]}{\cosh kd} \right\} \tag{25}$$

Trong đó:

- z - Độ sâu bên dưới bề mặt nước tĩnh có kể đến thủy triều, m (ft); z mang dấu dương khi hướng xuống dưới mặt nước tĩnh.

CHÚ THÍCH: khi lắp đặt, z là độ ngập nước lớn nhất trong suốt quá trình đánh chìm hoặc chênh lệch cột nước trong quá trình quay lật, cộng với độ tăng cột nước một cách hợp lý có tính đến sai số của trọng lượng kết cấu và độ chênh lệch so với dự kiến trong quá trình lắp đặt.

- H_w - Chiều cao sóng, m (ft);
- k - $\frac{2\pi}{L}$ với L là chiều dài sóng, m^{-1} (ft^{-1});

- d - Chiều sâu nước tĩnh, m (ft);
- γ - Mật độ nước biển, 0,01005 MN/m³ (64 lb/ft³)

6.2.5.3 Ứng suất Hoop gây mất ổn định

6.2.5.3.1 Yêu cầu chung

Ứng suất hoop gây mất ổn định đàn hồi cục bộ, F_{he} , và ứng suất hoop giới hạn gây mất ổn định được xác định từ công thức tại 6.2.5.3.2 và 6.2.5.3.3.

6.2.5.3.2 Ứng suất Hoop gây mất ổn định đàn hồi

Việc xác định ứng suất hoop gây mất ổn định đàn hồi dựa trên quan hệ biến dạng ứng suất tuyến tính:

$$F_{he} = 2C_h Et / D \quad (26)$$

Trong đó:

Hệ số ứng suất gây mất ổn định giới hạn C_h bao gồm ảnh hưởng của sai số hình học ban đầu theo sai số giới hạn trong API 2B.

$C_h = 0,44 \frac{t}{D}$	Với $M > 1,6 D/t$
$C_h = 0,44 \frac{t}{D} + \frac{0,21(D/t)^3}{M^4}$	Với $0,825 D/t < M < 1,6 D/t$
$C_h = \frac{0,736}{(M - 0,636)}$	Với $3,5 < m < 0,825 D/t$
$C_h = \frac{0,755}{(M - 0,559)}$	Với $1,5 < M < 3,5$
$C_h = 0,8$	Với $M < 1,5$

Hệ số hình dạng M được xác định bằng:

$$M = L / D(2D/t)^{0,5} \quad (27)$$

Trong đó:

- L = Chiều dài đoạn ống giữa hai vòng gia cường, vách ngăn hoặc đầu liên kết, m (in.).

CHÚ THÍCH: Ứng suất gây mất ổn định đàn hồi với $M > 1,6 D/t$ gần bằng với một ống dài không được gia cường. Vì vậy, nếu cần đặt vòng gia cường thì phải đặt tại vị trí sao cho $M < 1,6 D/t$ để có tác dụng.

6.2.5.3.3 Ứng suất Hoop tới hạn gây mất ổn định đàn hồi

Độ bền chảy dẻo của vật liệu có liên quan đến việc xác định ứng suất Hoop gây mất ổn định đàn hồi dù xuất hiện ứng suất Hoop gây mất ổn định đàn hồi hay không đàn hồi và ứng suất Hoop giới hạn gây mất ổn định F_{hc} MPa (ksi) được định nghĩa bằng công thức gần đúng như sau:

Mất ổn định đàn hồi:

$F_{hc} = F_{he}$	với $F_{he} \leq 0,55F_y$
-------------------	---------------------------

Mất ổn định không đàn hồi (đàn dẻo):

$F_{hc} = 0,45F_y + 0,18F_{he}$	với $0,55F_y < F_{he} \leq 1,6F_y$
$F_{hc} = \frac{1,31F_y}{1,15 + (F_y / F_{he})}$	với $1,6F_y < F_{he} \leq 6,2F_y$
$F_{hc} = F_y$	với $F_{he} > 6,2F_y$

6.2.5.4 Thiết kế vòng gia cường

Kích thước chu vi vòng gia cường được lựa chọn trên cơ sở gần đúng sau:

$$I_c = \frac{tLD^2}{8E} F_{he} \quad (28)$$

Trong đó:

- I_c - Momen quán tính yêu cầu cho vòng gia cường có tiết diện hỗn hợp, m^4 (in.⁴);
- L - Khoảng cách giữa hai vòng gia cường, m (in.);
- D - Đường kính, m (in.) (xem Chú ý 2 cho vòng gia cường ngoài ống).

CHÚ THÍCH 1 Chiều rộng hiệu quả của tấm bản bằng $1,1(Dt)^{0,5}$ có thể coi như là bản mặt của vòng gia cường có tiết diện hỗn hợp.

CHÚ THÍCH 2 Với vòng gia cường ngoài ống, D trong công thức tại 6.2.5.4 được tính từ tâm của vòng gia cường hỗn hợp.

- CHÚ THÍCH 3** Khi sai số độ tròn của ống cho phép lớn hơn trong API 2B, có thể sử dụng vòng gia cường rộng hơn. Sự uốn gây ra cho sai số độ tròn phải được nghiên cứu một cách chính xác.
- CHÚ THÍCH 4** Tỷ số bề rộng trên bề dày của vòng gia cường được lựa chọn theo yêu cầu trong AISC 335-89 để loại bỏ uốn cục bộ trong vòng.
- CHÚ THÍCH 5** Với thanh gia cường mảnh, đường kính tối thiểu bằng 10mm x 76 mm (3/8 in. x 3 in.) đối với vòng gia cường trong ống và tối thiểu bằng 13mm x 102 mm (1/2 in. x 4 in.) với vòng gia cường ngoài ống.
- CHÚ THÍCH 6** Công thức tại 6.2.5.4 giả định rằng ống và vòng gia cường có cùng cường độ chảy dẻo.

6.3 Tổ hợp ứng suất của các phần tử dạng ống

6.3.1 Quy định chung

Mục 6.3.1 và 6.3.2 áp dụng cho tất cả các trạng thái của phần tử trong khi đó mục 6.3.3 và 6.3.4 áp dụng cho uốn cục bộ.

6.3.2 Thanh chịu nén dọc trục và uốn

6.3.2.1 Phần tử dạng ống

Các phần tử dạng ống chịu tổ hợp nén và uốn cần thỏa mãn các yêu cầu sau đây tại mọi điểm dọc theo chiều dài thanh.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{nr} \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_c}\right) F_b} \leq 1,0 \quad (29)$$

$$\frac{f_a}{0,6F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0$$

Trong đó các đối tượng chưa được định nghĩa, được định nghĩa như trong AISC 335-89.

Khi $\frac{f_a}{F_a} \leq 0,15$ phần tử dạng ống chịu tổ hợp nén và uốn cần thỏa mãn các yêu cầu sau đây tại mọi điểm dọc theo chiều dài thanh.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0$$

Công thức $\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_e'}\right) F_b} \leq 1,0$ định rằng giá trị C_m và F_e' là như nhau đối với f_{bx} và f_{by} .

Nếu sử dụng các giá trị khác nhau thì công thức sau hoặc phân tích hợp lý khác sẽ được sử dụng thay thế cho công thức $\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_e'}\right) F_b} \leq 1,0$.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{\left(\frac{C_{mx} f_{bx}}{1 - \frac{f_a}{F_{ex}'}}\right)^2 + \left(\frac{C_{my} f_{by}}{1 - \frac{f_a}{F_{ey}'}}\right)^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad (30)$$

6.3.2.2 Cọc dạng ống

Khi đóng cọc dưới đáy biển cần xét đến xu hướng mất ổn định của cọc. Mất ổn định tổng thể của cọc thường không phải là vấn đề lớn khi thiết kế cọc do đất mềm và bằng phẳng giúp ngăn cản việc mất ổn định tổng thể. Tuy nhiên khi các cọc chịu tải ngang phải chịu một tải trọng đứng đáng kể, ảnh hưởng do chênh lệch tải trọng ($P - \Delta$) cần được xem xét khi tính toán ứng suất. Phương pháp phân tích hợp lý là mô hình cọc như một hệ dầm cọc trên nền không đàn hồi. Khi sử dụng phương pháp này cần kiểm tra tương tác trong công thức sau với ứng suất tăng 1/3 khi cần.

$$\frac{f_a}{0,6F_{xc}} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad (31)$$

Trong đó:

F_{xc} - được xác định tại 6.2.2.2.3

6.3.2.3 Phân tích cọc vượt tải

Khi phân tích vượt tải cho hệ kết móng chịu tải trọng ngang, sử dụng công thức liên hệ dưới đây để kiểm tra các phần tử cọc:

$$\frac{P/A}{F_{xc}} + \frac{2}{\pi} \left[\arcsin \left(\frac{M/Z}{F_{xc}} \right) \right] \leq 1,0 \quad (32)$$

Trong đó:

- arcsin - Tính bằng đơn vị radian
- A - Diện tích mặt cắt ngang, m² (in.²);
- Z - Modun tiết diện đàn dẻo, m³ (in.³);
- P, M - Tải trọng dọc trục và momen uốn tính toán từ phân tích phi tuyến bao gồm ảnh hưởng (P – Δ);
- F_{xc} - ứng suất cực hạn gây mất ổn định cục bộ tính từ phương trình tại 6.2.2.2.3 với giá trị giới hạn bằng 1,2F_y xét đến hiệu ứng cứng nguội (strain hardening)

Cần xét đến sự phân phối lại tải trọng giữa các cọc và dọc theo cọc.

6.3.2.4 Độ mảnh của phần tử

Xác định tỷ số độ mảnh Kl/r cho phần tử ống chịu nén cần phù hợp với AISC 335-89. Cần xem xét phân tích một cách chính xác để xác định hệ số ảnh hưởng chiều dài với nút cố định và nút chuyển vị. Hơn nữa, cần phải xem xét hệ số điều chỉnh với các đặc tính tiết diện ngang và tải trọng tác dụng lên phần tử. Có thể sử dụng các hệ số ở Bảng 16 thay thế cho việc phân tích này.

6.3.2.5 Hệ số điều chỉnh

Hệ số điều chỉnh C_m trong Bảng 16 lấy như dưới đây (với điều kiện như xác định trong AISC 335-89):

- a) 0,85;
- b) $0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$, nhưng không nhỏ hơn 0,4 và không lớn hơn 0,85;
- c) $1 - 0,4 \left(\frac{f_a}{F_c} \right)$ hoặc 0,85, lấy giá trị nhỏ hơn.

6.3.3 Thanh chịu kéo dọc trục và uốn

Các phần tử dạng ống chịu tải trọng kéo và uốn, tất cả các điểm dọc theo chiều dài phần tử đều phải thỏa mãn công thức tại 6.3.2.1 trong đó f_{bx} và f_{by} là ứng suất kéo nén tính toán.

6.3.4 Thanh chịu kéo dọc trục và áp lực thủy tĩnh

Khi phần tử chịu tác dụng đồng thời của ứng suất kéo dọc trục và ứng suất nén Hoop (gây méo ống) phải thỏa mãn điều kiện trong công thức dưới đây:

$$A^2 + B^2 + 2v|A|B \leq 1,0 \quad (33)$$

Trong đó:

$$A = \frac{f_a + f_b - (0,5f_h)^{(3)}}{F_v} x(SF_x) \quad (34)$$

- (3) Điều này ngụ ý rằng phần tử ống chịu tất cả các lực khép kín gây ra do áp lực thủy tĩnh. Trên thực tế, lực này phụ thuộc vào phần lực của phần còn lại của kết cấu tác dụng lên phần tử và ứng suất có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn $0,5f_h$. Ứng suất tính được từ phân tích một cách chính xác có thể thay thế cho giá trị $0,5f_h$.

Bảng 16 – Giá trị k và C_m cho các phần tử có vị trí khác nhau

Vị trí	Hệ số ảnh hưởng chiều dài K	Hệ số hiệu chỉnh C_m^a
Ống chính thượng tầng Thanh giằng Khung cần trục (không giằng)	1,0 K^b	xem 6.3.2.5 a)
Ống chính jacket và cọc		
Tiết diện bơm trám	1,0	xem 6.3.2.5 c)
Chân ống chính không bơm trám	1,0	xem 6.3.2.5 c)
Cọc không bơm trám giữa hai vị trí nê	1,0	xem 6.3.2.5 b)
Phần tử bụng dầm đỡ sàn		
Làm việc trong mặt phẳng	0,8	xem 6.3.2.5 b)
Làm việc ngoài mặt phẳng	1,0	xem 6.3.2.5 a) or b)
Thanh giằng jacket		
Chiều dài giữa hai điểm đối diện của thanh chéo chính	0,8	xem 6.3.2.5 a) or c)
Mặt hợp bởi ống chính và đường tâm của chiều dài ống chữ K	0,8	xem 6.3.2.5 c)
Thanh dài hơn trong thanh dạng chữ X	0,9	xem 6.3.2.5 c)
Các mặt ngang phụ	0,7	xem 6.3.2.5 c)
Ống chủ của dầm đỡ sàn	1,0	xem 6.3.2.5 a), b), or c)

Với thanh giằng dạng chữ K và chữ X, ít nhất một cặp phần tử của khung giao tại một nút sẽ chịu kéo nếu nút đó không được giằng ngoài mặt phẳng.

^a Xác định trong mục 6.3.2.5.

^b sử dụng bảng C-C2.2 trong phần chú thích của AISC 335-89. Điều này có thể được thay đổi khi tính toán trong các điều kiện khác với những giá định trong bảng này.

^c sử dụng điều kiện phù hợp nhất với từng trường hợp cụ thể

Chữ "A" phản ánh tổ hợp ứng suất kéo lớn nhất,

$$B = \left(\frac{f_h}{F_{hc}} \right) x (SF_h) \quad (35)$$

Trong đó:

- v - Hệ số Poisson, lấy bằng 0,3;
- F_y - Cường độ chảy dẻo, MPa (ksi);
- f_a - Trị tuyệt đối của ứng suất dọc trục, MPa (ksi);
- f_b - Trị tuyệt đối của ứng suất uốn do tổng hợp lực gây ra, MPa (ksi);
- f_h - Giá trị tuyệt đối của ứng suất Hoop gây nén, MPa (ksi);
- F_{hc} - ứng suất Hoop giới hạn xem tại 6.2.5.3.3;
- SF_x - Hệ số an toàn đối với kéo dọc trục xem mục 6.3;
- SF_h - Hệ số an toàn đối với lực nén Hoop xem mục 6.3.

6.3.5 Nén dọc trục và áp lực thủy tĩnh

Khi ứng suất nén dọc trục và ứng suất nén hoop xuất hiện đồng thời, những bất phương sau phải được thỏa mãn:

$$A = \frac{f_a + f_b - (0,5 f_h)}{F_v} x (SF_x) + \frac{f_b}{f_y} (SF_b) \leq 1,0 \quad (36)$$

$$SF_h x \frac{f_h}{F_{hc}} \leq 1,0$$

Công thức trên phản ánh tổ hợp ứng suất nén lớn nhất. Công thức dưới đây cũng cần được thỏa mãn nếu f_x > 0,5F_{ha}.

$$\frac{f_x - 0,5F_{ha}}{F_{oa} - 0,5F_{ha}} + \left(\frac{f_h}{F_{ha}} \right)^2 \leq 1,0 \quad (37)$$

Trong đó:

- SF_x - Hệ số an toàn khi nén dọc trục (xem 6.3.6);
- SF_b - Hệ số an toàn khi uốn (xem 6.3.6);
- F_{aa} - = F_{xe}/SF_x
- F_{ha} - = F_{he}/SF_h
- f_x - $f_a + f_b + (0,5f_h)$, xem ghi chú 3, f_x phải phản ánh được tổ hợp ứng suất nén lớn nhất

F_{xe}, F_{xc}, F_{he} và F_{hc} được xác định tại 6.2.2.2.2, 6.2.2.2.3, 6.2.5.3.2 và 6.2.5.3.3. Các thành phần khác được xác định trong mục 6.3.4.

Nếu $f_b > f_a + 0,5f_h$, các công thức tại 6.3.4 và 6.3.5 đều phải được thỏa mãn.

6.3.6 Hệ số an toàn

Sử dụng các hệ số an toàn trong Bảng 17 trong các công thức tương quan mất ổn định cục bộ để tính toán ứng suất cho phép trong mục 6.2.5 6.3.4 và 6.3.5.

Bảng 17 – Hệ số an toàn

Điều kiện: thiết kế	Tải trọng			
	Kéo dọc trục	Uốn	Nén dọc trục a	Nén Hoop
1) Khi sử dụng ứng suất cho phép cơ bản, ví dụ: áp suất chắc chắn sẽ xuất hiện trong suốt quá trình lắp đặt hoặc trong suốt đời sống công trình.	1,67	F_y/F_b ^b	1,67 đến 2,0	2,0
2) Khi sử dụng ứng suất cho phép tăng 1/3, ví dụ: khi xem xét tương tác với tải trọng bão.	1,25	$F_y/1,33F_b$	1,25 đến 1,5	1,5

^a Các giá trị sử dụng không được nhỏ hơn hệ số an toàn trong AISC 335-89 cho cột mất ổn định do tải dọc trục gây ra.
^b Các hệ số an toàn chú trọng với ứng suất cơ bản bằng 1,67 và thay đổi như trong TCVN 6170-9.

6.4 Côn chuyển tiếp

6.4.1 Nén dọc trục và uốn

6.4.1.1 Yêu cầu chung

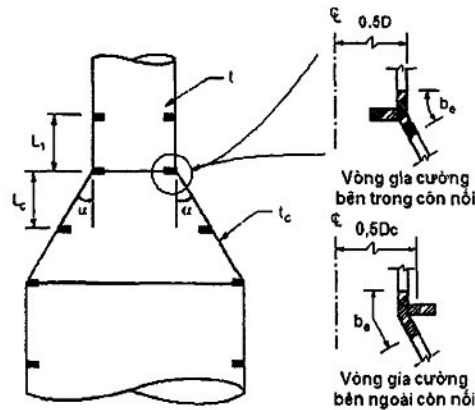
Các khuyến cáo trong mục này được áp dụng cho hình nón cụt nối giữa hai phần ống tròn đồng tâm. Thêm nữa, những nguyên tắc này cũng có thể áp dụng cho côn chuyển tiếp tại cuối thanh giằng và các nguyên tắc về ống côn nối có vòng gia cường chỉ phù hợp với đầu thanh giằng chuyển tiếp.

6.4.1.2 Đặc tính của phần tử côn

Các đặc tính của phần tử côn được lựa chọn sao cho thỏa mãn ứng suất dọc trục và uốn tại mỗi vị trí đầu côn. Ứng suất dọc trục danh nghĩa và ứng suất uốn danh nghĩa tại bất cứ tiết diện nào của côn chuyển tiếp đều được tính xấp xỉ bởi công thức $(f_a + f_b)/\cos\alpha$ trong đó α bằng một nửa của góc ở đỉnh của nón (xem Hình 3) và f_a , f_b là ứng suất dọc trục và ứng suất uốn danh nghĩa được tính toán từ các tính chất của mặt cắt tiết diện và ống trụ tương đương với đường kính và chiều dày bằng đường kính và chiều dày nón tại vị trí mặt cắt.

6.4.1.3 Mặt ổn định cục bộ

Mặt ổn định cục bộ do chịu tác động của tải trọng nén dọc trục và uốn, côn chuyển tiếp có góc ở đỉnh nhỏ hơn 60° được xem xét như một ống trụ tương đương có đường kính bằng $d/\cos\alpha$, trong đó D là đường kính côn tại điểm đang xét. Đường kính này được sử dụng trong công thức tại 6.2.2.2.3 để xác định F_{xc} . Với các côn có chiều dày không đổi, thiên về an toàn sẽ sử dụng đường kính tại vị trí cuối côn có tiết diện nhỏ.



Hình 3 – Ví dụ về ống côn chuyển tiếp

Bảng 18 – Góc α giới hạn cho ống côn chuyển tiếp

	Giới hạn góc α , độ.	
	Điều kiện bình thường	Điều kiện cực hạn

D/t	$(f_a + f_b) = 0,6F_y$	$(f_a + f_b) = 0,8F_y$
60	10,5	5,8
48	11,7	6,5
36	13,5	7,5
24	16,4	9,1
18	18,7	10,5
12	22,5	12,8

Ống côn nối không thỏa mãn các tiêu chuẩn phía trên sẽ được tăng cường độ bằng cách tăng đường kính trụ tròn, tăng chiều dày côn tại vị trí nối hoặc thêm vòng gia cường tại vị trí nối.

6.4.1.4 Mối nối côn - ống không gia cường

6.4.1.4.1 Yêu cầu chung

Với các mối nối côn ống chịu tải trọng hướng tâm không đối xứng do lực dọc trục và lực uốn gây ra và chịu ứng suất uốn cục bộ gây ra do sự thay đổi góc. Ứng suất dọc trục và ứng suất vòng (hoop) tại vị trí mối nối có thể quy đổi tương đương như đã nói trong mục 6.4.1.4.2 và 6.4.1.4.3.

6.4.1.4.2 Ứng suất dọc trục

Thay vì phân tích một cách chi tiết, ứng suất uốn cục bộ tại mối nối côn - ống không gia cường tăng cường có thể được xác định như sau:

$$f_b = \frac{0,6t\sqrt{D(t+t_c)}}{t_e^2} (f_a + f_b) \tan \alpha \tag{38}$$

Trong đó:

- D - Đường kính ngoài của ống tại vị trí nối, m (in.);
- t - Chiều dày ống, m (in.);
- t_c - Chiều dày ống côn, m (in.);
- t_e - Bằng t với ứng suất trong đoạn ống, bằng t_c với ứng suất trong đoạn ống côn, MPa (ksi);
- f_a - Ứng suất tác động dọc trục trong đoạn ống tại vị trí nối, MPa (ksi);
- f_b - Ứng suất uốn danh nghĩa trong đoạn ống tại vị trí nối, MPa (ksi);
- α - Bằng một nửa góc ở đỉnh của ống côn, độ.

Đối với yêu cầu về cường độ, tổng các ứng suất ($f_a + f_b + f_b'$) được giới hạn tới cường độ kéo nhỏ nhất của côn và vật liệu làm ống, $f_a + f_b$ giới hạn tới ứng suất cho phép thích hợp. Khi xét đến mỗi, mỗi nối ống - côn phải thỏa mãn các yêu cầu trong phần 6.5 với SCF bằng $1 + f_b'/(f_a + f_b)$, trong đó f_b' được cho bởi công thức tại 6.4.1.4.2. Nếu bề dày thành ống côn bằng chiều dày thành ống, hệ số SCF bằng $1 + 0,6\sqrt{2D/t} \tan \alpha$.

6.4.1.4.3 Ứng suất Hoop

Ứng suất Hoop gây ra do tải trọng hướng tâm không đối xứng có thể được ước lượng từ công thức:

$$f_h' = 0,45\sqrt{\frac{D}{t}}(f_a + f_b) \tan \alpha \quad (39)$$

Trong đó các số hạng được định nghĩa trong 6.4.1.4.2. Với ứng suất Hoop kéo, f_h' được giới hạn tới $0,6F_y$. Với ứng suất Hoop nén, f_h' được giới hạn tới $0,5F_{hc}$, trong đó F_{hc} được tính toán bằng công thức tại 6.2.5.3.3 với $F_{he} = 0,4Et/D$.

Dựa trên các yêu cầu về cường độ trong công thức tại 6.4.1.4.2 và 6.4.1.4.3, góc giới hạn của ống côn chuyển tiếp xác định được như dưới đây trong điều kiện không cần sử dụng vòng gia cường tăng cứng chống lại các ứng suất gây ra tại mỗi nối ống - côn. Ví dụ, các góc chuyển tiếp giới hạn của ống côn trong

Bảng 18 được lấy từ ống côn có chiều dày thành côn và thành ống bằng nhau, $f_y \leq 415$ MPa (60 ksi) và tương ứng với cường độ chịu kéo tối thiểu. Góc giới hạn cho trong

Bảng 18 là góc nhỏ hơn trong hai góc thỏa mãn yêu cầu về cường độ trong công thức tại 6.4.1.4.2 và 6.4.1.4.3. Góc giới hạn trong bảng được điều chỉnh bởi công thức tại 6.4.1.4.2. Các góc giới hạn trong điều kiện bình thường áp dụng cho trường hợp thiết kế sử dụng ứng suất cho phép cơ bản. Khi ứng suất điểm nóng (HSSs) đàn hồi được giả định bằng cường độ chịu kéo tới hạn, phân tích giới hạn chỉ ra rằng mô đun đàn dẻo và tải trọng phân phối lại có đủ cường độ dự trữ do đó ống chuyển tiếp có góc như này có đủ khả năng chịu uốn. Nếu thép sử dụng làm mối chuyển tiếp có đủ khả năng chịu uốn với độ bền dự trữ này, cũng như với các khớp nối (joint cans), có thể áp dụng góc tương tự trong trường hợp tải trọng có sử dụng ứng suất cho phép tăng 1/3.

Các góc giới hạn trong điều kiện cực hạn được lấy một cách an toàn hơn, khi đó HSS cho phép tại vị trí chuyển tiếp bằng cường độ chịu kéo tới hạn, trong khi đó ứng suất cho phép trong ống sẽ được tăng 1/3. Điều này làm giảm SCF từ 2,22 xuống 1,67. Cường độ chịu mỏi của mỗi nối côn - ống được kiểm tra theo các yêu cầu trong 6.5.

6.4.1.5 Vòng gia cường tại mỗi nối côn - ống

Nếu sử dụng vòng gia cường, các đặc trưng tiết diện sẽ được lựa chọn sao cho thỏa mãn cả hai yêu cầu dưới đây:

$$A_c = \frac{tD}{F_y} (f_a + f_b) \tan \alpha$$

$$I_c = \frac{tDD_c^2}{8E} (f_a + f_b) \tan \alpha$$
(40)

Trong đó:

- D - Đường kính ống tại vị trí nối, m (in.);
- D_c - Đường kính của vòng gia cường tổ hợp tính từ tâm, m (in.) (xem ghi chú 3);
- A_c - Diện tích mặt cắt ngang của vòng gia cường hỗn hợp, m² (in.²);
- I_c - Momen quán tính của vòng gia cường tổ hợp, m⁴ (in.⁴).

Khi tính diện tích mặt cắt ngang của vòng gia cường hỗn hợp (A_c) và mô men quán tính của vòng gia cường tổ hợp (I_c) chiều rộng hữu hiệu của tấm vòng làm việc như một bản cánh của tiết diện vòng phức tạp và được tính từ công thức:

$$b_e = 0,55(\sqrt{Dt} + \sqrt{Dt_c})$$
(41)

CHÚ THÍCH 1: Khi tăng ứng suất lên 1/3, đặc trưng tiết diện yêu cầu A_c và I_c có thể giảm 25%.

CHÚ THÍCH 2: Nếu gia cường bằng thanh phẳng, kích thước nhỏ nhất bằng 10 mm x 76 mm (3/8 in. x 3 in.) với vòng gia cường bên trong và bằng 13 mm x 102 mm (1/2 in. x 4 in.) với vòng gia cường bên ngoài.

CHÚ THÍCH 3: Với vòng gia cường bên trong, D được sử dụng thay cho D_c trong công thức tại 6.4.1.5.

6.4.2 Áp lực thủy tĩnh

6.4.2.1 Yêu cầu chung

Các khuyến cáo trong mục này có thể áp dụng khi côn nối hình nón cụt đồng tâm với hai ống trụ tròn. Thêm nữa các nguyên tắc này có thể áp dụng cho côn chuyển tiếp đầu thanh, các nguyên tắc về ống côn nối có vòng gia cường chỉ phù hợp với đầu thanh tại vị trí chuyển tiếp.

6.4.2.2 Thiết kế côn

Côn chuyển tiếp không được gia cường hoặc mặt cắt côn giữa các vị trí đặt vòng gia cường của côn với góc ở đỉnh nhỏ hơn 60° có thể được thiết kế chịu mát ổn định cục bộ do tác động của áp lực thủy tĩnh như một ống tương đương với chiều dài bằng chiều cao đường sinh của côn giữa các vòng gia cường và đường kính bằng D/cosα trong đó D là đường kính ống côn tại đầu có tiết diện lớn và α bằng một nửa góc ở đỉnh của côn (xem Hình 3).

6.4.2.3 Vòng gia cường trung gian

Nếu cần có vòng tròn gia cường phía trong của côn chuyển tiếp thì kích thước vòng được tính theo công thức tại 6.2.5.4 có đường kính tương đương bằng $D/\cos\alpha$, trong đó D là đường kính ống côn tại vị trí đặt vòng gia cường, t là chiều dày thành ống côn, L là khoảng cách trung bình giữa hai vòng gia cường liền kề dọc theo trục ống côn và F_{he} là giá trị ứng suất hoop đàn hồi trung bình gây mất ổn định đàn hồi tính cho hai nhịp liên tiếp.

6.4.2.4 Vòng gia cường mối nối côn - ống

Vòng tròn gia cường tại mối nối côn - ống có kích thước sao cho momen quán tính của mặt cắt vòng gia cường phức tạp thỏa mãn công thức dưới đây:

$$I_c = \frac{D^2}{16E} \left(tL_1 F_{he} + \frac{t_c L_c F_{hec}}{\cos^2 \alpha} \right) \quad (42)$$

Trong đó:

- I_c - Momen quán tính của tiết diện vòng gia cường phức tạp với chiều rộng bản cánh bích hữu hiệu được tính từ công thức 6.4.1.5, m^4 (in.⁴);
- D - Đường kính ống trụ tại vị trí nối, m (in.) (xem ghi chú 2);
- t - Chiều dày ống trụ, m (in.);
- t_c - Chiều dày ống côn, m (in.);
- L_c - Khoảng cách đến vòng gia cường đầu tiên trên mặt cắt dọc trục ống côn, m (in.);
- L_1 - Khoảng cách đến vòng gia cường đầu tiên trên mặt cắt ống trụ, m (in.)
- F_{he} - Ứng suất hoop gây mất ổn định đàn hồi của ống trụ, MPa (ksi);
- F_{hec} - F_{he} của tiết diện ống côn đã quy đổi tương đương ra ống trụ, MPa (ksi).

CHÚ THÍCH 1: Không cần sử dụng vòng gia cường tại mối nối để chống lại áp lực thủy tĩnh nếu công thức tại 6.2.5.1 thỏa mãn với F_{he} tính bằng $C_h = 0,44(t/D)\cos\alpha$ trong công thức tại 6.2.5.3.2, trong đó D là đường kính ống trụ tại mối nối.

CHÚ THÍCH 2: Với vòng gia cường ngoài ống, D trong công thức tại 6.4.2.4 được tính từ tâm của vòng gia cường có tiết diện phức tạp.

6.5 Mỏi

6.5.1 Đánh giá tuổi thọ mỏi

Đánh giá tuổi thọ mỏi cho liên kết nút ống, cần xét đến mỏi khi có các ứng suất lặp cục bộ theo chu trình.

Phân tích mỏi chi tiết được thực hiện với tất cả các kết cấu. Phương pháp phân tích phổ được khuyến dùng. Các phương pháp hợp lý khác có thể được sử dụng để miêu tả đầy đủ đặc trưng của các tải trọng và thể hiện phản ứng của các phần tử.

Giếng chìm (Caissons), giàn một trụ và các kết cấu tương tự không thuộc dạng jacket đều cần được phân tích chi tiết và xét đến xoáy nếu áp dụng.

6.5.2 Phân tích mỏi

6.5.2.1 Yêu cầu chung

Khi yêu cầu phân tích chi tiết tổn thất tích lũy mỏi phải thực hiện như hướng dẫn trong các mục từ 6.2.5.2 đến 6.5.2.6.

6.5.2.2 Số liệu sóng để phân tích mỏi

Số liệu sóng để phân tích mỏi xuất phát từ tập hợp của tất cả các con sóng trong các trạng thái biển ngắn hạn xảy ra trong trạng thái biển dài hạn, tính đều cho các năm trong suốt đời sống của công trình. Điều này có thể được cô đọng lại cho phù hợp với mục đích phân tích kết cấu bằng cách mô tả các trạng thái biển đặc trưng bởi phổ năng lượng sóng và các thông số vật lý cùng với tần suất xuất hiện của chúng.

6.5.2.3 Phân tích khung không gian

Phân tích khung không gian được trình bày để kể đến phản ứng của kết cấu xét về mặt ứng suất danh nghĩa trên phần tử kết cấu khi chịu tác dụng tải trọng sóng. Nhìn chung, việc tính toán tải trọng sóng phải tuân theo quy trình nêu trong TCVN 6170-2. Tuy nhiên có thể bỏ qua dòng chảy, do đó không cần phải xét đến chu kỳ sóng biểu kiến và chấn dòng chảy. Thêm nữa, trong phân tích mỏi dc sóng, lấy hệ số động học sóng bằng 1,0 và hệ số chấn conductor bằng 1,0. Hệ số cản và hệ số quán tính phụ thuộc vào cấp trạng thái biển xác định bằng hệ số Keulegan-Carpenter K . Với các sóng nhỏ ($1,0 < K < 6,0$ đối với chân ống chính tại mực nước trung bình), $C_m = 2,0$, với phần tử nhám $C_d = 0,8$, và với phần tử nhẵn $C_d = 0,5$. Hướng dẫn khi xem xét về hướng, lan truyền sóng, triều và sự phát triển của sinh vật biển được cung cấp trong phụ lục cho phần này.

Phương pháp phân tích phổ được sử dụng để xác định phản ứng của ứng suất với mỗi trạng thái biển. Cần xét đến hiệu ứng động khi trạng thái biển có năng lượng đáng kể ở chu kỳ gần với chu kỳ dao động riêng của giàn.

6.5.2.4 Ứng suất cục bộ

Ứng suất cục bộ xuất hiện tại các vị trí liên kết cần được xét đến số gia ứng suất điểm nóng (HSSs) tại các khu vực lân cận mặt giao của các ống bằng hệ số tập trung ứng suất (SCFs) phù hợp. Các ảnh hưởng tăng cường nhỏ xuất hiện tại chân mối hàn được phản ánh qua việc lựa chọn đường cong S-N.

6.5.2.5 Phản ứng ứng suất

Với mỗi vị trí xung quanh mặt giao của mỗi phần tử, cần tính toán phản ứng của ứng suất với mỗi một trạng thái biến, cần cân nhắc đầy đủ ảnh hưởng của cả ứng suất cục bộ và ứng suất tổng thể.

Phản ứng của ứng suất được tổ hợp trong phân phối ứng suất dài hạn và sau đó được sử dụng trong tính toán tỷ số tổn thất tích lũy mỗi D:

$$D = \sum \frac{n}{N} \quad (43)$$

Trong đó:

- n - Số chu trình ứng suất mà phần tử chịu với một ứng suất cho trước;
- N - Số chu trình cho phép (tới phá hủy mỗi) lấy theo đường cong mỗi S – N

Tỷ số tổn thất mỗi có thể được tính cho từng trạng thái biến rồi tổ hợp thành tỷ số tổn thất tích lũy mỗi.

6.5.2.6 Hệ số tuổi thọ an toàn mỗi

Tuổi thọ mỗi thiết kế thông thường với mỗi nút và mỗi phần tử không được nhỏ hơn tuổi thọ làm việc dự tính của kết cấu nhân với hệ số an toàn. Trong thiết kế tuổi thọ mỗi, tỷ số tổn thất tích lũy mỗi D không được lớn hơn 1.

Trong điều kiện vận hành, hệ số an toàn mỗi của kết cấu thép phụ thuộc vào hậu quả phá hủy (cụ thể là giới hạn phá hủy) và khả năng có thể kiểm tra trong quá trình vận hành. Các phần tử giới hạn là các phần tử chỉ cần bị phá hoại sẽ gây thiệt hại lớn. Thay vì đánh giá an toàn chi tiết hơn cho kết cấu loại L-1, khi kiểm tra liên kết không phá hoại tới hạn lấy hệ số an toàn bằng 2,0, với các liên kết giới hạn phá hoại hoặc/và các liên kết khó kiểm tra nên tăng hệ số an toàn như trong

Bảng 19. Nếu giảm hệ số an toàn với các kết cấu khối chân đế bằng thép thuộc loại L-2 và L-3 trên cơ sở của số liệu vận hành: với các khung kết cấu có thể kiểm tra bằng ROV hoặc thợ lặn lấy SF = 1,0, trong các trường hợp khác hệ số an toàn có thể lấy bằng một nửa số liệu trong bảng.

Bảng 19 – Hệ số an toàn tuổi thọ mỏi

Phá hủy giới hạn	Có thể kiểm tra được	Khó kiểm tra được
Không	2	5
Có	5	10

Khi xuất hiện tổn thất mỏi do các loại tải trọng khác như tải trọng lặp trong quá trình vận chuyển, cần kiểm tra thỏa mãn công thức sau:

$$\sum_j SF_j D_j < 1,0 \quad (44)$$

Trong đó:

- D_j - Tỷ số tổn thất mỏi cho mỗi loại tải trọng;
- SF_j - Hệ số an toàn tương ứng.

Trong quá trình vận chuyển, khi sử dụng phân phối sóng dài hạn để tính toán tổn thất mỏi ngắn hạn cần lấy hệ số an toàn lớn hơn.

6.5.3 Hệ số tập trung ứng suất (SCFs)

6.5.3.1 Yêu cầu chung

Các mối hàn tại nút ống là một trong những khu vực nhạy cảm mỏi nhất trong các kết cấu giàn ngoài khơi do có sự tập trung ứng suất cục bộ lớn. Tuổi thọ mỏi tại các vị trí này được đánh giá bằng cách ước lượng chu trình ứng suất điểm nóng và sử dụng nó làm số liệu đầu vào cho đường cong mỏi S-N phù hợp từ mục 6.5.5.

Với mỗi dạng hình học của nút ống với loại tải trọng trên thanh giằng, hệ số SCF được xác định bằng:

$$SCF = \text{Số gia ứng suất điểm nóng (HSSR)} / \text{Số gia ứng suất danh nghĩa}$$

Số gia ứng suất danh nghĩa trên ống nhánh được xác định dựa trên đặc trưng của tiết diện đầu ống đang xét, tính toán stub ống hoặc đầu phần tử cần được một cách hợp lý nếu có. Việc xác định SCF dựa trên các thông số mặt cắt tương tự. Chu kỳ ứng suất danh nghĩa của ống chủ cũng có thể ảnh hưởng đến HSSR và cần được xem xét.

Hệ số SCF kể đến cả hiệu ứng tăng ứng suất kết hợp với dạng hình nút và loại tải trọng được tính đến trong đường cong mỏi S-N, trừ ảnh hưởng của (notch weld) rãnh cắt mối hàn cục bộ (rất nhỏ). SCFs có thể xác định từ phân tích phần tử hữu hạn (FE), mô hình kiểm tra hoặc công thức thực nghiệm dựa trên các phương pháp này. Nhìn chung, SCFs phụ thuộc vào loại tải trọng lặp tác dụng lên ống nhánh (cụ thể là: tải trọng dọc trục ống nhánh, uốn trong mặt phẳng, uốn ngoài mặt phẳng), loại nút và thông số hình học của nút. Hệ số SCF thay đổi xung quanh nút ngay cả khi chỉ có một loại tải trọng tác dụng. Khi tổ hợp các dạng tải trọng khác nhau, cần

tính toán độ lệch pha của chúng, tính toán số gia ứng suất điểm nóng HSSR tại mỗi vị trí là số gia ứng suất điểm nóng tại một vị trí, một thời điểm gây ra do tất cả các thành phần tải trọng.

Với các mối hàn nút ống chịu tác dụng của cả ba loại tải trọng, sử dụng hệ số SCF nhỏ nhất bằng 1,5.

6.5.3.2 SCFs với nút ống không gia cường

Với các nút ống hàn không được gia cường, SCFs được tính bằng công thức Efthymiou xem TCVN 6170 – 9.

Ngoại suy tuyến tính HSS từ công thức Efthymiou có thể được điều chỉnh để tính toán tại vị trí chân mối hàn thực tế nếu có sự khác nhau có hệ thống so với các thông số cơ bản được giả định xem TCVN 6170-9, hoặc các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như AWS.

Khi tính toán SCF các nút ống được thường được phân loại thành T/Y, X, K và KT phụ thuộc vào hình dạng nút của ống nhánh đang xét và sơ đồ tải trọng. Như trong phân loại tổng quát, thuật toán Hàm số Ảnh hưởng trong TCVN 6170-9, có thể được sử dụng để xác định HSSRs. Thuật toán này có thể được sử dụng để khái quát tải trọng tác dụng trên ống nhánh. Hơn nữa, thuật toán Hàm số Ảnh hưởng có thể áp dụng với nút đa chiều trong trong hợp tải trọng dọc trục là chủ yếu.

Nút ống hàn một phía xem TCVN 6170-9.

6.5.3.3 SCFs đối với nút ống có vòng gia cường bên trong

Quan niệm về hệ số SCF cũng được áp dụng với nút có vòng gia cường phía trong, bao gồm ứng suất trên vòng gia cường và mối hàn vòng gia cường vào ống chính. Nút có vòng gia cường có ứng suất lớn nhất tại các điểm trong mặt giao của ống nhánh và vòng. Cần đặc biệt chú ý tại các vị trí này. SCFs của nút có vòng gia cường phía trong có thể được xác định bằng cách sử dụng các hệ số giảm Lloyds cho SCF của nút không được gia cường tương đương, xem TCVN 6170-9. Với nút có vòng gia cường được phân tích bằng phương pháp trên, hệ số SCF nhỏ nhất đối với phía ống nhánh chịu lực dọc hoặc tải trọng uốn ngoài mặt phẳng lấy bằng 2,0.

Với vòng gia cường không có bản cánh ở phía trong vòng cần chú ý đến việc xuất hiện ứng suất lớn tại vành trong của vòng.

6.5.3.4 SCFs của nút có bơm trám

Vừa bơm trám có xu hướng làm giảm SCF của nút do vừa làm giảm sự biến dạng của ống chủ. Nhìn chung, hệ số SCF của ống không bơm trám càng lớn thì ống được bơm trám có hệ số

TCVN 6170-4 : 2017

SCF càng nhỏ. Do đó sự giảm hệ số SCF của nút chữ X- và T- lớn hơn nút chữ Y- và K-. Cách tính toán SCFs của nút được bơm trám được trình bày trong TCVN 6170-9.

6.5.3.5 SCFs với nút đúc sẵn

Với các nút đúc sẵn, hệ số SCF được tính từ ứng suất chính lớn nhất tại điểm bất kỳ trên bề mặt ống đúc sẵn (bao gồm cả mặt trong) chia cho ứng suất danh nghĩa trên ống nhánh phía ngoài ống đúc sẵn. Hệ số SCFs cho ống đúc sẵn không được ngoại suy giá trị nhưng được dựa trên đo đạc trực tiếp hoặc tính toán giá trị tại một điểm bất kỳ cho trước, sử dụng phân tích chi tiết đầy đủ để tính được ảnh hưởng rãnh cắt (notch) cục bộ của bán kính cong, ... Cần chú ý đến mối hàn vòng quanh liên kết ống nhánh với ống đúc sẵn vì đó là vị trí bị mỏi lớn nhất.

6.5.4 Đường cong mỏi S-N với tất cả các phần tử và liên kết, trừ các liên kết ống

Các phần tử không phải dạng ống và các liên kết tại kết cấu sàn, kết cấu phụ trợ và thiết bị cùng với các phần tử ống gắn với chúng bao gồm cả vòng gia cường có thể chịu sự thay đổi ứng suất gây ra do tải trọng môi trường hoặc tải trọng vận hành. Tải trọng vận hành phải kết hợp với rung do máy móc, hoạt động của cầu và sự đầy hay rỗng trong các bể chứa. Khi sử dụng ứng suất thay đổi với các chi tiết mối hàn thông thường giống như trong bảng 2.5 của AWS D1.1/D1.1M:2010, sử dụng đường cong mỏi S-N kết hợp trong AWS D1.1/D1.1M:2010 hình 2.11 tùy vào bậc siêu tĩnh. Khi áp dụng ứng suất thay đổi này cho trường hợp ứng suất danh nghĩa trong ống xác định như trong bảng 2.7 của AWS D1.1/D1.1M:2010, sử dụng đường cong mỏi S-N kết hợp trong hình 2.13 của AWS D1.1/D1.1M:2010. Loại ứng suất DT, ET, FT, K1 và K2 được sử dụng cho liên kết ống nếu không tìm được SCF. Khi có thể xác định được hệ số SCF tại điểm nóng, ưu tiên sử dụng mục 6.5.3 và 6.5.5 trong tiêu chuẩn này.

Trong điều kiện vận hành khi các kết cấu chi tiết chịu tải trọng ngẫu nhiên thay đổi, ăn mòn do nước biển hoặc hoạt động dưới nước với lớp bảo vệ ca-tốt hữu hiệu, xem TCVN 6170-9.

Các đường cong mỏi S-N trong AWS D1.1/D1.1M:2010, hình 2.11 là các đường cong được phân loại. Với những đường cong này, có thể sử dụng số gia ứng suất danh nghĩa trong vùng lân cận của chi tiết. Do lực hút và uốn của tấm... không được thể hiện trong phân loại mẫu thí nghiệm, ứng suất thích hợp có thể lớn hơn ứng suất danh nghĩa trong toàn bộ phần tử. Sự tập trung ứng suất do thay đổi hình dạng và ảnh hưởng rãnh cắt (notch) kết hợp với bản thân chi tiết đã được kể đến trong đường cong mỏi.

Với các mối hàn đối đầu một phía, xem TCVN 6170-9.

6.5.5 Đường cong mỏi S-N cho liên kết ống

6.5.5.1 Đường cong S-N cơ bản

Đường cong mỏi S-N thiết kế dưới đây dành cho nút ống hàn và đúc sẵn. Đường cong S-N thiết kế cơ bản có dạng:

$$\log_{10}(N) = \log_{10}(k_1) - m \log_{10}(S) \quad (45)$$

Trong đó:

- N - Số chu trình mỏi dự tính gây phá hủy với số gia ứng suất S;
- k_1 - Hằng số;
- m - Nghịch đảo độ dốc của đường cong S-N.

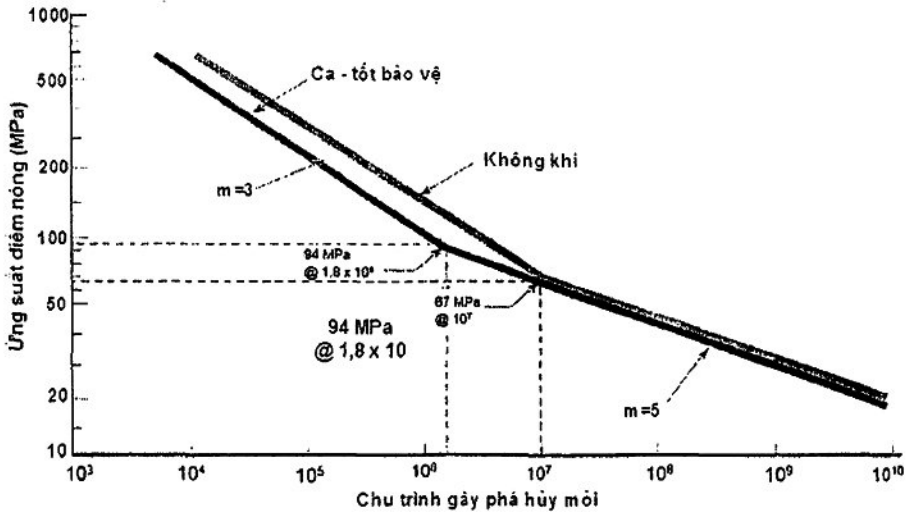
Bảng 20 thể hiện đường cong WJ và CJ cơ bản. Các đường cong S-N này xây dựng trên các loại thép có cường độ chảy dẻo nhỏ hơn 500 Mpa (72 ksi).

Bảng 20 – Các đường cong S-N thiết kế cơ bản

Đường cong	$\log_{10}(k_1)$ S (ksi)	$\log_{10}(k_1)$ S (MPa)	m
Nút hàn (WJ)	9,95	12,48	3 với $N < 10^7$
	11,92	16,13	5 với $N > 10^7$
Nút đúc sẵn (CJ)	11,80	15,17	4 với $N < 10^7$
	13,00	17,21	với $N > 10^7$

Với các nút ống hàn chịu ứng suất thay đổi ngẫu nhiên do tải trọng môi trường hoặc tải trọng vận hành gây ra, sử dụng đường cong WJ. Mặt giao của ống chủ và ống nhánh với các nút có vòng gia cường được thiết kế sử dụng đường cong WJ. Với nút đúc sẵn, sử dụng đường cong CJ. Với các chi tiết khác bao gồm nút bọc kim loại và nút có vòng gia cường, liên kết giữa vòng gia cường và ống chủ và vành trong của vòng xem mục 6.5.4

Số chu trình ứng suất cơ bản cho phép được hiệu chỉnh theo kinh nghiệm khi xem xét ảnh hưởng của nước biển, ảnh hưởng của chiều dày biểu kiến (phù hợp với 6.5.5.2, với số mũ phụ thuộc vào mặt cắt (profile) và hệ số cải tiến mỗi hàn của S phù hợp với mục 6.5.5.2. Một ví dụ về cấu trúc của đường cong S-N được cho trong hình .



Hình 4 – Ví dụ đường cong S-N nút ống có chiều dày T = 16 mm (5/8 in.)

Đường cong S-N thiết kế cơ sở được cho trong Bảng 20 được áp dụng cho các nút trong các khí và các nút ngập nước được bọc. Với các nút hàn trong nước và được bảo vệ bằng ca-tốt chống ăn mòn, nhánh đường cong S-N có m = 3 được giảm bớt bởi hệ số tuổi thọ an toàn bằng 2, với nhánh có m = 5 vẫn giữ nguyên và do đó vị trí của đường dốc thay đổi. Đồ thị đường cong WJ, số liệu và thông tin về đường cong S-N với các nút ngập nước và không được bảo vệ chống ăn mòn được cho trong TCVN 6170-9.

Việc chế tạo hàn nút được thực hiện theo TCVN 6170-11. Đường cong mỏi cho nút đúc sẵn chỉ được áp dụng với các nút đúc sẵn được kiểm tra đầy đủ trong quá trình chế tạo.

6.5.5.2 Ảnh hưởng chiều dày

Đường cong WJ dựa trên ống có chiều dày 16 mm (5/8 in.). Với các vật liệu có chiều dày lớn hơn sẽ áp dụng công thức ảnh hưởng chiều dày cho nút hàn:

$$S = S_0 \left(t_{ref} / t \right)^{0,25} \tag{46}$$

Trong đó:

- t_{ref} - Chiều dày tham chiếu, 16 mm (5/8 in.);
- S - Số gia ứng suất cho phép;
- S_0 - Số gia ứng suất cho phép từ đường cong mới S-N;
- t - Chiều dày phần tử tính toán tuổi thọ mỏi;

Nếu kiểm soát bề mặt mỗi hàn như được định nghĩa trong TCVN 6170-11, số mũ trong công thức trên có thể lấy bằng 0,20. Nếu chân mỗi hàn được mài hoặc rèn, số mũ trong công thức trên có thể lấy bằng 0,15.

Ảnh hưởng của chiều dày vật liệu với nút đúc sẵn được cho bởi công thức:

$$S = S_0 \left(t_{ref} / t \right)^{0,15} \quad (47)$$

Trong đó chiều dày tham chiếu t_{ref} bằng 38 mm (1.5 in.)

Không có ảnh hưởng gì khi chiều dày vật liệu nhỏ hơn chiều dày tham chiếu.

Với các loại liên kết được phân tích trên cơ sở điểm nóng của ống chủ, chiều dày của ống chủ ở phía nút ống được sử dụng trong các công thức trên. Với điểm nóng trên ống nhánh, sử dụng chiều dày ống nhánh.

6.5.5.3 Kỹ thuật cải tiến mỗi hàn

Với các nút hàn, hệ số cải tiến trong kết quả mỗi có thể thu được bởi nhiều phương pháp trong đó có kiểm soát mài nhẵn chân mỗi hàn, rèn bằng búa hoặc kiểm soát bề mặt mỗi hàn để có được một bề mặt cong mềm mại hòa trộn với kim loại gốc. Bảng 21 – Hệ số tuổi thọ mỗi cho mỗi hàn được hoàn thiện thể hiện hệ số cải tiến có thể áp dụng, với điều kiện tuân thủ đầy đủ quy trình kiểm tra. Hệ số mài hoàn thiện không được áp dụng được với các nút trong nước biển và không được bảo vệ chống ăn mòn. Các kỹ thuật cải tiến mỗi hàn khác nhau được thảo luận trong TCVN 6170-9.

Bảng 21 – Hệ số tuổi thọ mỗi cho mỗi hàn được hoàn thiện

Kỹ thuật cải tiến mỗi hàn	Hệ số cải tiến với S	Hệ số cải tiến với N
Bề mặt mỗi hàn (xem TCVN 6170-11)	$\tau^{-0,1 a}$	Varies
Mài nhẵn chân mỗi hàn xung quanh	1,25	2
Rèn bằng búa	1,56	4
^a Chỉ dành cho phía ống chủ		

Với các mỗi hàn được kiểm soát bề mặt mỗi hàn như định nghĩa trong TCVN 6170-11. Trong đó chân mỗi hàn được gia công bằng cách mài nhẵn để đồng nhất một cách mềm mại với kim loại gốc và được kiểm tra bột từ (MT) để chứng minh rằng chân mỗi hàn có bề mặt nhẵn mềm mại và gần như không có khuyết tật, sự cải thiện trong khả năng chịu mỗi được trình bày như

trong Bảng 21 – Hệ số tuổi thọ mỗi cho mỗi hàn được hoàn thiện, trong đó r là hệ số chiều dày ống nhánh trên chiều dày ống chủ. Sự cải tiến này cũng hữu dụng đối với ứng suất điểm nóng tại vị trí chân mối hàn thực tế và làm giảm số mũ ảnh hưởng. Có thể sử dụng hệ số với S hoặc N nhưng không được dùng với cả hai.

6.5.6 Cơ học phá hủy

Phương pháp cơ học phá hủy được sử dụng để xác định tuổi thọ mỗi thiết kế của các chi tiết hàn hoặc các thành phần kết cấu khi vận hành khi việc đánh giá thông thường qua đường cong mỗi S-N không phù hợp. Một số áp dụng riêng được dùng để đánh giá sự phù hợp với mục đích thiết kế và yêu cầu kiểm tra nứt khi phát hiện có hoặc không có khuyết tật, hoặc để đánh giá tính nguyên vẹn của nứt đúc sẵn.

Tầm quan trọng của hệ thống công thức trong cơ học phá hủy là nó được sử dụng để dự đoán một cách tương đối chính xác đặc tính mỗi của các nứt được phân loại chi tiết giống như các nứt đang xét hoặc số liệu kiểm tra nứt giống với các yêu cầu đánh giá trên.

7 Liên kết hàn

7.1 Quy định chung

Các yêu cầu trong Phần này liên quan đến các loại và kích thước của mỗi hàn.

7.2 Các loại mối hàn dùng liên kết các cấu kiện thép

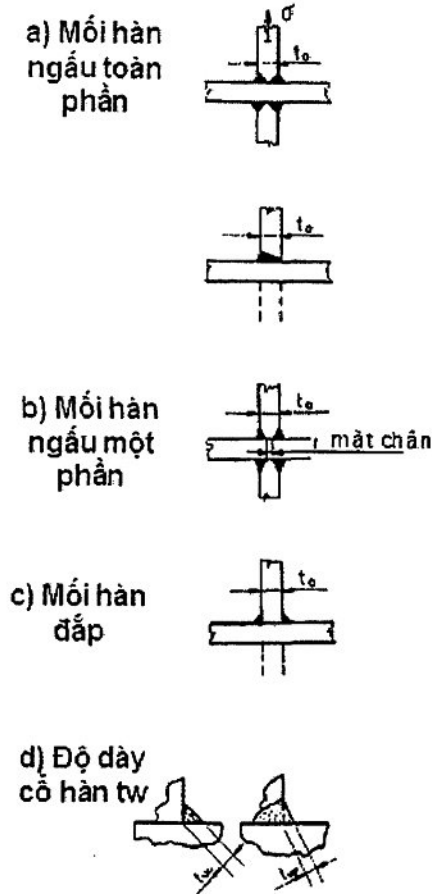
7.2.1 Mối nối đối đầu

Tất cả các loại của mối nối đối đầu nên là mối hàn từ hai bên. Trước khi hàn được thực hiện từ bên thứ hai, các kim loại mối hàn không phù hợp phải bị loại bỏ tại chân bởi phương pháp thích hợp.

7.2.2 Mối nối chữ thập hoặc chữ T

7.2.2.1 Các liên kết của tấm tiếp giáp với tấm khác có thể được làm như chỉ dẫn trong Hình 5 – Mối nối chữ thập và chữ T.

7.2.2.2 Độ dày cổ mối hàn luôn luôn được đo vuông góc với bề mặt mối hàn, như chỉ dẫn trong Hình 5 – Mối nối chữ thập và chữ Td).



Hình 5 – Mối nối chữ thập và chữ T

7.2.2.3 Các loại liên kết được áp dụng như sau:

a) Mối hàn ngấu toàn phần

- Các liên kết chéo quan trọng trong kết cấu chịu ứng suất cao, đặc biệt là ứng suất động, ví dụ cho các khu vực đặc biệt và kết cấu chính chịu tải trọng mỏi;
- Tất cả các mối hàn với tiếp giáp với tấm, hình thành đường biên tiếp xúc với nước biển;
- Tất cả các mối hàn bên ngoài tiếp xúc với nước biển ví dụ ống, kết cấu cửa thông biển (seachest) hoặc mối nối chữ T.

b) Mối hàn ngấu một phần

Các liên kết mà tại đó mức ứng suất tĩnh cao. Các liên kết chịu ứng suất động cũng được chấp nhận, với điều kiện những ứng suất tương đương là chấp nhận được, xem 7.3.3.

c) Mối hàn đắp

Liên kết mà ứng suất trong mối hàn chủ yếu là ứng suất cắt, hoặc ứng suất trực tiếp ở mức trung bình và chủ yếu là ứng suất tĩnh, hoặc ứng suất động trong các tấm tiếp giáp là nhỏ.

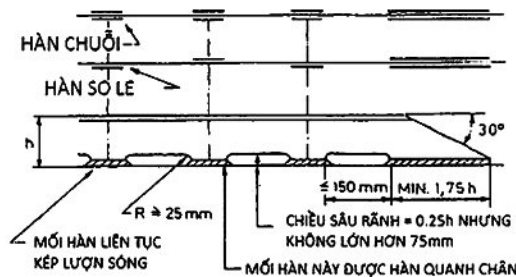
7.2.2.4 Các mối hàn liên tục hai bên được yêu cầu trong các liên kết sau đây, ở bất kỳ cấp độ nào của ứng suất:

- Các liên kết kín giữa nước với dầu;
- Các liên kết tại điểm hỗ trợ và điểm cuối của dầm, tấm tăng cứng và trụ;
- Các liên kết trong móng và kết cấu hỗ trợ máy móc;
- Các liên kết trong bánh lái, ngoại trừ ở nơi khó tiếp cận đòi hỏi các mối hàn có rãnh.

7.2.2.5 Các mối hàn góc không liên tục có thể được sử dụng trong liên kết của dầm và tấm tăng cứng, bản bụng và bản cánh dầm, tương ứng ở nơi mà liên kết thường chịu ứng suất ở cấp độ trung bình. Tham khảo Hình 6, các loại khác nhau của mối hàn không liên tục như sau:

- Mối hàn dạng xích;
- Mối hàn gián đoạn;
- Đường hàn kín lỗ khoét (scallop weld).

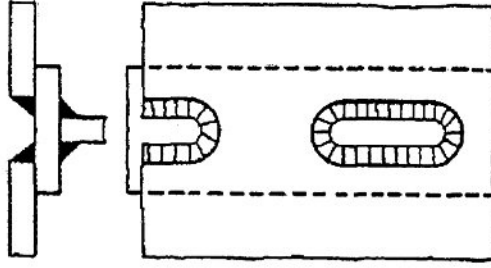
7.2.2.6 Ở nơi các mối hàn không liên tục được chấp nhận, các mối hàn dây được sử dụng trong kết/ khoang chứa dẫn nước hoặc nước sạch. Các mối hàn so le và chuỗi chỉ có thể được sử dụng ở các vị trí khô và các kết/ khoang chứa dầu nhiên liệu.



Hình 6 – Các mối hàn không liên tục

7.2.3 Các mối hàn xẻ rãnh

Mối hàn có rãnh, xem Hình 7, có thể được sử dụng cho liên kết của tấm với bản bụng trong, các vị trí khó tiếp cận để hàn, ví dụ bánh lái. Chiều dài của rãnh và khoảng cách giữa các rãnh được xem xét phù hợp với các yêu cầu về kích thước mối hàn.



Hình 7 – Các mối hàn xẻ rãnh

7.2.4 Mối nối chồng

Mối nối chồng như Hình 8 có thể được dùng trong các liên kết cuối của tấm tăng cứng. Mối nối chồng nên tránh trong các liên kết chịu ứng suất động.



Hình 8 – Các mối nối chồng

7.3 Kích thước mối hàn

7.3.1 Quy định chung

7.3.1.1 Các hệ số vật liệu cho liên kết hàn được cho trong Bảng 22.

Bảng 22 – Các hệ số vật liệu cho liên kết hàn

Trạng thái giới hạn	Hệ số vật liệu
ULS	1,3
ALS	1,0

7.3.1.2 Nếu ứng suất chảy của lớp đắp mối hàn cao hơn so với kim loại cơ bản, kích cỡ của các liên kết hàn đắp thông thường có thể giảm xuống như chỉ dẫn trong 7.3.1.4.

Ứng suất chảy của lớp đắp hàn ở tất cả các trường hợp không được nhỏ hơn giá trị cho trong DNV-OS-C401.

7.3.1.3 Vật liệu hàn sử dụng cho mối hàn thép thông thường và thép độ bền cao được giả định cho các lớp đắp mối hàn với ứng suất chảy đặc trưng σ_{fw} như chỉ dẫn trong Bảng 23 – Các tỉ lệ độ bền, f_w và f_r . Nếu vật liệu hàn với lớp đắp có ứng suất chảy nhỏ hơn cụ thể sử dụng trong Bảng 23 – Các tỉ lệ độ bền, f_w và f_r , độ bền chảy áp dụng sẽ được đưa ra cụ thể trong bản vẽ và trong báo cáo thiết kế.

7.3.1.4 Kích thước của một vài liên kết mối hàn có thể giảm:

- Phù hợp với độ bền của vật liệu mối hàn, f_w :

$$f_w = \left(\frac{\sigma_{fw}}{235} \right)^{0,75} \text{ hoặc} \quad (48)$$

- Phù hợp với giá trị tỉ lệ độ bền f_r , vật liệu cơ bản tới vật liệu mối hàn:

$$f_r = \left(\frac{f_y}{\sigma_{fw}} \right)^{0,75} \text{ tối thiểu } 0,75 \quad (49)$$

Trong đó:

- f_y - ứng suất chảy đặc trưng của vật liệu cơ bản, tầm tiếp giáp
- σ_{fw} - ứng suất chảy đặc trưng của lớp đắp mối hàn

Các giá trị thông thường cho f_w và f_r cho thép thường và thép độ bền cao được cho trong **Bảng 23**. Khi quá trình hàn xuyên sâu được áp dụng, độ dày cổ mối hàn yêu cầu có thể giảm tới 15% với điều kiện là độ xuyên mối hàn đủ sâu.

Bảng 23 – Các tỉ lệ độ bền, f_w và f_r

Kim loại cơ bản		Lớp đắp hàn	Tỉ lệ độ bền	
Nhóm độ bền	Chỉ định	Ứng suất chảy σ_{fw} (N/mm ²)	Vật liệu mối hàn $f_w = \left(\frac{\sigma_{fw}}{235} \right)^{0,75}$	Vật liệu cơ bản/Vật liệu mối hàn $f_r = \left(\frac{f_y}{\sigma_{fw}} \right)^{0,75}$
Thép thường	NV NS	355	1,36	0,75
Thép độ bền cao	NV 27	375	1,42	0,75
	NV 32	375	1,42	0,88
	NV 36	375	1,42	0,96
	NV 40	390	1,46	1,00

7.3.2 Các mối hàn đắp (mối hàn chân)

7.3.2.1 Ở nơi liên kết giữa dầm ngang và các bản bụng tăng cứng, giữa các tấm sàn hoặc tấm bản cánh dầm, tương ứng, thì ứng suất cắt là chủ yếu, mối hàn đắp được miêu tả cụ thể trong 7.3.2.2 tới 7.3.2.4 nên được áp dụng.

7.3.2.2 Trừ khi có tính toán khác, chiều cao mối hàn của các mối hàn góc đôi liên tục không nên nhỏ hơn:

$$t_w = 0,43.f_r \times t_0 \text{ nhỏ nhất} = 3 \text{ mm} \quad (50)$$

Trong đó:

- f_r - tỉ lệ độ bền như định nghĩa trong 7.3.1.4
- t_0 - độ dày thực của tấm tiếp giáp (mm)
Với các tấm gia cứng cho dầm ngang trong khoảng 60% của nhịp giữa dầm, t_0 thông thường không cần lấy lớn hơn 11 mm, tuy nhiên, không được nhỏ hơn 0,5 lần độ dày thực của bản bụng trong bất kỳ trường hợp nào.

7.3.2.3 Chiều cao mối hàn của các mối hàn gián đoạn có thể lấy như yêu cầu trong 7.3.2.2 cho các mối hàn liên tục hai bên miễn là chiều dài mối hàn không nhỏ hơn:

- 50% của chiều dài tổng thể cho các liên kết trong các kết/ khoang;
- 35% của chiều dài tổng thể cho các liên kết ở các chỗ khác.

Các mối hàn liên kết đôi chỉ được chấp thuận tại các tấm tăng cứng ở cuối 2 đầu khi cần thiết do các liên kết cuối dầm công-xôn.

7.3.2.4 Với các mối hàn gián đoạn, chiều cao mối hàn không được vượt quá:

- Đối với các mối hàn dạng xích và đường hàn kín lỗ khoét:

$$t_w = 0,6f_r t_0 \text{ (mm)} \quad (51)$$

$t_0 = \text{độ dày thực của tấm tiếp giáp}$

- Với các mối hàn gián đoạn:

$$t_w = 0,75f_r t_0 \text{ (mm)} \quad (52)$$

Nếu chiều cao mối hàn tính toán vượt quá giá trị được cho bởi một trong các công thức ở trên, chiều dài mối hàn xem xét có thể tăng lên để phù hợp.

7.3.3 Các mối hàn ngấu một phần và mối hàn đắp trong các liên kết chéo chịu ứng suất cao

7.3.3.1 Trong các phần kết cấu mà ứng suất động hay ứng suất kéo tĩnh cao hoạt động xuyên một tấm trung gian, xem Hình 5, các mối hàn ngấu hoặc mối hàn đắp tăng cường phải được sử dụng.

7.3.3.2 Khi tấm tiếp giáp mang ứng suất động, liên kết phải đáp ứng các yêu cầu với mối, xem tại 5.2.

7.3.3.3 Khi các tấm tiếp giáp mang ứng suất kéo thiết kế cao hơn 120 N/mm², chiều cao mối hàn của mối hàn liên kết hai bên không được nhỏ hơn:

$$t_w = \frac{1,36}{f_w} \left[0,2 + \left(\frac{\sigma_d}{320} - 0,25 \right) \frac{r}{t_0} \right] t_0 \quad (\text{mm}) \text{ tối thiểu } 3 \text{ mm} \quad (53)$$

Trong đó:

- f_w - tỉ lệ độ bền như định nghĩa trong 7.3.1.4
- σ_d - ứng suất kéo thiết kế tối đa tính toán trong tấm tiếp giáp (N/mm²)
- r - Mép cùn (mm), xem Hình 5
- t_0 - độ dày thực (mm) của tấm tiếp giáp

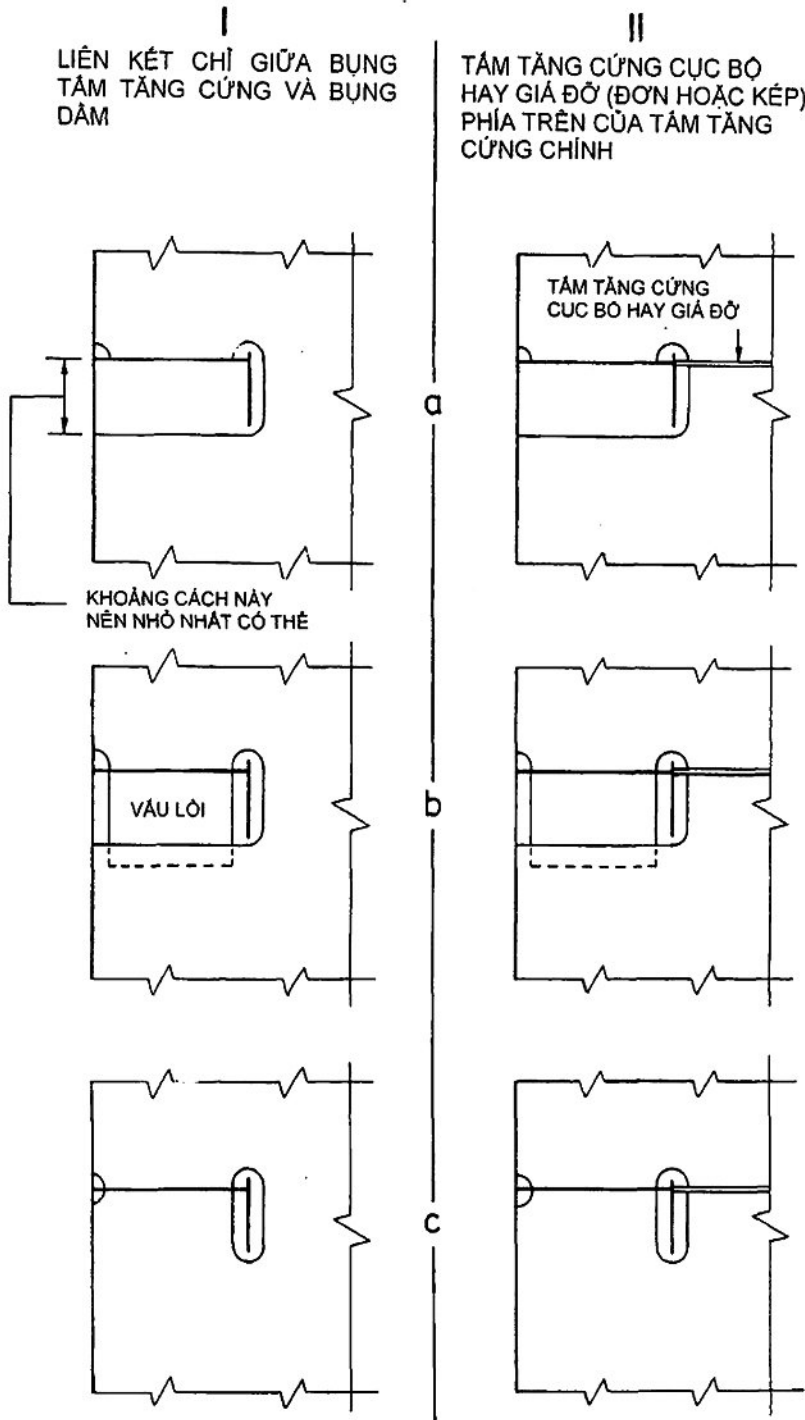
7.3.4 Các liên kết của tấm tăng cường cho dầm ngang và vách ngăn, v.v..

7.3.4.1 Các tấm tăng cường có thể liên kết tới bản bụng của dầm theo các cách sau:

- Hàn trực tiếp vào bản bụng trên một hoặc cả hai phía của tấm tăng cường;
- Liên kết bởi vấu lồi đơn hoặc cả hai bên;
- Với tấm tăng cường hoặc mối hàn công-xôn phía trên của hệ giàn;
- Kết hợp các cách nêu trên.

Tại các vị trí mà lực cắt lớn được truyền từ các tấm tăng cường tới bản bụng dầm, một liên kết hai bên hoặc tăng cường phải được yêu cầu. Một liên kết hai bên có thể được tính khi tính toán vùng bản bụng ảnh hưởng.

7.3.4.2 Các kiểu tiêu chuẩn khác nhau của liên kết giữa tấm tăng cường và dầm ngang được chỉ trong Hình 9 .



Hình 9 – Các liên kết của tầm tầng cứng

7.3.4.3 Liên kết vấu lồi nên có độ dày không nhỏ hơn 75% của độ dày bản bụng.

7.3.4.4 Tổng diện tích liên kết (vật liệu chủ) tại các điểm hỗ trợ của tấm tăng cứng không nên nhỏ hơn:

$$a_o = \sqrt{3} \frac{c}{f_{yd}} 10^3 (1 - 0,5s) s \cdot p_d \quad (\text{mm}^2) \quad (54)$$

Trong đó:

- c - hệ số hình dạng chi tiết được cho trong **Bảng 24**
- f_{yd} - độ bền chảy thiết kế
 f_y là ứng suất chảy nhỏ nhất (N/mm²) được cho trong **Bảng 3** mục 4.3.2.2
- l - nhịp của tấm tăng cứng (m)
- s - khoảng cách giữa các tấm tăng cứng (m)
- p_d - áp suất thiết kế (kN/m²)

Bảng 24 – Hệ số hình dạng chi tiết c

Loại liên kết (xem hình 5)	I	II	
	Chỉ liên kết bản bụng với nhau	Tấm tăng cứng hoặc dầm chia. Phía trên của tấm tăng cứng	
		Một bên	Hai bên
a	1,00	1,25	1,00
b	0,90	1,15	0,90
c	0,80	1,00	0,80

7.3.4.5 Tổng diện tích hàn a không nhỏ hơn:

$$a = f_r a_o \quad (\text{mm}^2) \quad (55)$$

Trong đó:

- f_r - tỉ lệ độ bền được cho trong 7.3.1.4
- a_o - diện tích liên kết (mm²) cho trong 7.3.4.5

Chiều cao mỗi hàn không được vượt quá giá trị tối đa cho các đường hàn kín lỗ khoét cho trong 7.3.2.4.

7.3.4.6 Liên kết hàn giữa tấm tăng cứng và dầm chia chủ yếu được thiết kế cho ứng suất cắt thiết kế của liên kết tương ứng với độ bền thiết kế.

7.3.4.7 Diện tích hàn của các dầm chia tới tấm tăng cứng mà đang chịu ứng suất dọc trục hoặc đang tham gia vào độ bền của các dầm ngang nặng, v.v.. thì không được nhỏ hơn diện tích mặt cắt dọc.

7.3.4.8 Các dầm chia phải được liên kết tới vách ngăn bởi mối hàn đôi liên tiếp, bằng các liên kết ứng suất lớn như mối hàn ngấu toàn phần hoặc một phần.

7.3.5 Các liên kết cuối của các dầm

7.3.5.1 Diện tích liên kết hàn của giá đỡ tới các dầm liên kết hoặc các phần kết cấu khác phải dựa trên tính toán ứng suất pháp tuyến và các ứng suất cắt. Mối hàn liên tục hai bên được sử dụng. Nơi mà có khả năng xảy ra ứng suất kéo lớn, thiết kế tuân theo 7.3.3 phải được áp dụng.

7.3.5.2 Các liên kết cuối của các dầm đơn giản phải thỏa mãn các yêu cầu về mô-đun kháng uốn được cho đối với dầm đó.

Tại các vị trí ứng suất cắt thiết kế trong bản bụng vượt quá 90 N/mm², các mối hàn góc liên tục hai bên nên có chiều cao không nhỏ hơn:

$$t_w = \frac{\tau_d}{260 f_w} f_r t_o \text{ (mm)} \quad (56)$$

Trong đó:

- τ_d - ứng suất cắt thiết kế trong bản bụng (N/mm²)
- f_w - tỉ lệ độ bền cho mối hàn như định nghĩa trong 7.3.1.4
- f_r - tỉ lệ độ bền như định nghĩa trong 7.3.1.4
- t_o - độ dày thực (mm) của bản bụng

7.3.6 Tính toán trực tiếp của liên kết hàn

7.3.6.1 Sự phân bố lực trong một liên kết hàn có thể tính toán trên giả định hoặc ở trạng thái dẻo hoặc ở trạng thái đàn hồi.

7.3.6.2 Ứng suất dư và ứng suất không tham gia vào việc truyền tải không cần phải được bao gồm khi kiểm tra độ bền của một mối hàn. Điều này áp dụng cụ thể cho ứng suất pháp tuyến song song với trục của một mối hàn.

7.3.6.3 Các mối nối hàn được thiết kế để có khả năng biến dạng.

7.3.6.4 Trong các mối nối nơi khớp dẻo có thể hình thành, các mối hàn được thiết kế để cung cấp ít nhất một sức kháng thiết kế bằng với điểm yếu nhất của các bộ phận kết nối.

7.3.6.5 Trong các mối nối khác nơi mà khả năng biến dạng xoay được yêu cầu do khả năng biến dạng quá mức, các mối hàn phải đủ độ bền để không bị phá hoại trước khi tổng ứng suất chảy đạt tới trong các vật liệu chủ liên kết.

CHÚ THÍCH: Biến dạng xoay sẽ thỏa mãn nếu sức kháng thiết kế của mối hàn không nhỏ hơn 80% của sức kháng thiết kế của điểm yếu nhất của các bộ phận kết nối.

7.3.6.6 Sức kháng thiết kế của mối hàn góc là đủ nếu, tại mỗi điểm trong chiều dài của nó, kết quả của tất cả các lực trên một đơn vị chiều dài truyền bởi các mối hàn không vượt quá sức kháng thiết kế của nó.

7.3.6.7 Sức kháng thiết kế của mối hàn đắp sẽ là đủ nếu thỏa mãn cả hai điều kiện sau đây:

$$\sqrt{\sigma_{\perp d}^2 + 3(\tau_{\parallel d}^2 + \tau_{\perp d}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} \quad \text{và} \quad \sigma_{\perp d} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}} \quad (57)$$

Trong đó:

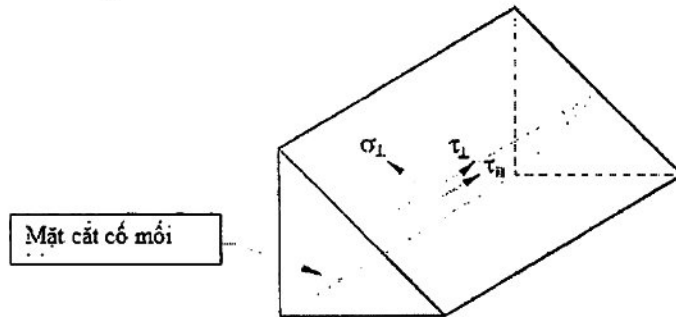
- $\sigma_{\perp d}$ - ứng suất thiết kế pháp tuyến vuông góc với cổ mối hàn (bao gồm hệ số tải trọng)
- $\tau_{\perp d}$ - ứng suất thiết kế cắt (trong mặt phẳng của cổ mối hàn) vuông góc với trục của mối hàn
- $\tau_{\parallel d}$ - ứng suất thiết kế cắt (trong mặt phẳng của chiều cao mối hàn) song song với trục của mối hàn, xem hình 8
- f_u - độ bền kéo cực hạn nhỏ nhất danh nghĩa của phần yếu hơn trong liên kết
- β_w - hệ số tương quan phù hợp, xem

Bảng 25

- γ_{Mw} - hệ số vật liệu mối hàn

Bảng 25 – Hệ số tương quan

Cấp vật liệu	Độ bền kéo cực hạn nhỏ nhất	Hệ số tương quan
	f_u	β_w
NV NS	400	0,83
NV 27	400	0,83
NV 32	440	0,86
NV 36	490	0,89
NV 40	510	0,90
NV 420	530	1,00
NV 460	570	1,00



Hình 10 - Ứng suất trong mối hàn góc

8 Kiểm soát ăn mòn

8.1 Quy định chung

Kiểm soát ăn mòn của kết cấu thép cho các kết cấu ngoài khơi bao gồm:

- Sơn phủ và/hoặc bảo vệ ca-tot;
- Sử dụng dự trữ ăn mòn;
- Kiểm tra/kiểm soát ăn mòn;
- Kiểm soát độ ẩm các khu vực bên trong (các buồng chứa).

Phần 8 đưa ra các yêu cầu kỹ thuật và hướng dẫn cho thiết kế kiểm soát ăn mòn của kết cấu thép phù hợp với các kết cấu thép ngoài khơi. Việc chế tạo/lắp đặt hệ thống kiểm soát ăn mòn, kiểm tra, kiểm định ăn mòn khi vận hành được cho trong DNV-GL-OS-C401.

8.2 Các kỹ thuật để kiểm soát ăn mòn liên quan đến từng khu vực môi trường

8.2.1 Vùng khí quyển

Bề mặt thép trong vùng khí quyển được bảo vệ bởi một hệ thống lớp phủ (xem 8.4.1) đã được chứng minh cho khí quyển biển bằng kinh nghiệm thực tế hoặc kiểm tra có liên quan.

CHÚ THÍCH: Các "Vùng khí quyển" được định nghĩa là khu vực của một cấu trúc trên Vùng sóng vỗ (xem 8.2.2.1) được tiếp xúc với bụi nước biển, lượng mưa trong không khí và / hoặc ngưng tụ.

8.2.2 Vùng nước thay đổi

8.2.2.1 Bề mặt thép trong vùng nước thay đổi được bảo vệ bởi một hệ thống lớp phủ (xem 8.4.1) đã được chứng minh cho việc áp dụng của vùng nước thay đổi bằng kinh nghiệm thực tế hoặc kiểm tra có liên quan. Dự trữ ăn mòn cũng nên được xem xét trong sự kết hợp với một hệ thống sơn cho các hạng mục kết cấu đặc biệt quan trọng.

8.2.2.2 Bề mặt thép trong vùng nước thay đổi, dưới mức nước biển trung bình (MSL) với các kết cấu cố định hoặc phía dưới mớn nước vận hành thông thường cho các kết cấu nổi, được thiết kế với bảo vệ ca-tot, và bổ sung sơn phủ.

8.2.2.3 Vùng nước thay đổi là một phần của công trình, không tiếp xúc liên tục với không khí và không liên tục chìm trong nước biển. Vùng này có yêu cầu đặc biệt với quá trình mới cho các công trình cố định với đáy biển và các kết cấu nổi có mớn nước không đổi.

CHÚ THÍCH: Mớn nước không đổi nghĩa là kết cấu không được thiết kế để thay đổi mớn nước để kiểm tra và sửa chữa cho các vùng nước thay đổi và các vùng ngập khác.

8.2.2.4 Với các kết cấu nổi với mớn nước không đổi, việc mở rộng vùng nước thay đổi sẽ mở rộng 5 m bên trên và 4m bên dưới mớn nước.

8.2.2.5 Giới hạn trên của vùng sóng vỗ (SZ_U) được tính bởi:

$$SZ_U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 \quad (58)$$

Trong đó:

- U₁ - 60% chiều cao sóng định nghĩa trong 8.2.2.5
- U₂ - mực nước thủy triều thiên văn cao nhất (HAT)
- U₃ - độ lún nền, nếu áp dụng
- U₄ - phạm vi mớn nước vận hành, nếu áp dụng
- U₅ - sự di chuyển của kết cấu, nếu áp dụng

Các biến U_i được áp dụng, như liên quan, tới các kết cấu đang được nói tới, với dấu hiệu dẫn tới giá trị lớn nhất hoặc lớn hơn SZ_U

8.2.2.6 Giới hạn dưới của vùng sóng vỡ (SZ_L) được tính bởi:

$$SZ_L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

Trong đó:

- L₁ - 40% chiều cao sóng định nghĩa trong 8.2.2.5
- L₂ - mực nước thủy triều thiên văn thấp nhất (LAT)
- L₃ - phạm vi mớn nước vận hành, nếu áp dụng
- L₄ - sự di chuyển của kết cấu, nếu áp dụng

Các biến L_i được áp dụng, như liên quan, tới các kết cấu đang được nói tới, với dấu hiệu dẫn tới giá trị nhỏ nhất hoặc nhỏ hơn SZ_L

8.2.3 Vùng chìm trong nước

8.2.3.1 Bề mặt thép trong vùng chìm trong nước sẽ có một hệ thống bảo vệ ca-tốt. Thiết kế bảo vệ ca-tốt bao gồm cả dòng điện tới bất kỳ thiết bị dẫn điện nào mà bảo vệ ca-tốt không được xem là không cần thiết (ví dụ cọc).

Các bảo vệ ca-tốt cũng sẽ bao gồm các vùng nước thay đổi dưới MSL (cho kết cấu cố định phía dưới) và vùng nước thay đổi dưới mớn nước vận hành bình thường (đối với các kết cấu vị nổi), xem **8.2.2.2**.

CHÚ THÍCH: Các "Vùng chìm trong nước" được xác định là vùng dưới vùng nước thay đổi.

8.2.3.2 Trong việc áp dụng thực tế, bảo vệ ca-tốt chỉ thực tế trong sự kết hợp với một hệ thống sơn. Bất kỳ hệ thống lớp phủ nào sẽ phải được chứng minh để sử dụng trong các vùng ngập bởi kinh nghiệm thực tế hoặc các thử nghiệm liên quan chứng minh sự tương thích với ca-tốt bảo vệ.

CHÚ THÍCH: Bảo vệ ca-tốt có thể gây thiệt hại cho lớp phủ bởi phồng rộp hoặc ăn mòn ("disbondment ca-tốt").

8.2.4 Vùng bên trong

8.2.4.1 Vùng bên trong tiếp xúc với nước biển cho một giai đoạn thời gian chính (ví dụ kết/khoang chứa dẫn nước) sẽ được bảo vệ bởi một hệ thống lớp phủ (xem 8.4.1) đã chứng minh cho các ứng dụng như vậy, bằng kinh nghiệm thực tế hoặc kiểm tra có liên quan. Ca-tốt bảo vệ cần được xem xét để sử dụng trong sự kết hợp với lớp phủ (xem thêm 8.2.4.2).

CHÚ THÍCH: "Vùng bên trong" được định nghĩa như các kết chứa, khoang trống và không gian bên trong khác có chứa một môi trường có khả năng ăn mòn, kể cả nước biển.

8.2.4.2 Vùng bên trong mà rỗng (kể cả những nơi chỉ thi thoảng tiếp xúc với nước biển trong một thời gian ngắn) sẽ có một hệ thống các lớp phủ và / hoặc dự trữ ăn mòn. Đối với vùng bên trong với kiểm soát liên tục độ ẩm thì kiểm soát ăn mòn là không yêu cầu nữa. Hơn nữa, lớp phủ là không cần thiết cho vùng không chứa nước và được bịt kín vĩnh viễn.

8.2.4.3 Thùng chứa nước ngọt sẽ có một hệ thống lớp phủ phù hợp. Yêu cầu đặc biệt sẽ được áp dụng cho các hệ thống lớp phủ được sử dụng cho các bể chứa nước uống.

8.2.4.4 Để tạo điều kiện kiểm tra, lớp phủ sáng màu và lớp phủ cứng được sử dụng cho các thành phần của vùng nội bộ chịu lực mỗi lớn đòi hỏi kiểm tra trực quan cho các vết nứt. Về những hạn chế về việc sử dụng lớp phủ có hàm lượng nhôm cao, xem 8.4.1.1.

8.2.4.5 Chỉ có cực dương bằng nhôm hoặc kẽm cơ bản được sử dụng. Do nguy cơ tích tụ khí hydro, cực dương của magiê hoặc ca-tốt bảo vệ bằng dòng điện cưỡng bức bị cấm sử dụng trong các thùng chứa.

8.2.4.6 Đối với ca-tốt bảo vệ của thùng chứa nước dẫn mà có thể bị ảnh hưởng bởi khí độc hại từ các bể lân cận để bảo quản dầu hoặc các chất lỏng khác có điểm nháy sáng dưới 60 °C, cực dương kẽm hay được dùng hơn. Do nguy cơ phát lửa nhiệt nhôm, bất kỳ cực dương nhôm nào cũng không được lắp đặt trong trường hợp mà một anode tách biệt có thể tạo ra một năng lượng 275 J hoặc cao hơn (ví dụ như tính từ cân nặng và chiều cao anode trên nóc bể). Với cùng một lý do, sơn có chứa hơn 10% nhôm trên cơ sở trọng lượng khô thì không được sử dụng cho bể vừa nêu.

8.2.4.7 Dự trữ ăn mòn được thực hiện cho vùng nội bộ không có bất kỳ sự bảo vệ chống ăn mòn nào (lớp phủ và / hoặc bảo vệ ca-tốt) nhưng ở trong một môi trường có khả năng ăn mòn như tiếp xúc liên tục với nước biển, không khí ẩm hoặc dầu/hàng hóa được sản xuất.

Bất kỳ dự trữ ăn mòn nào cho các thành phần riêng lẻ (ví dụ tấm, tấm tăng cứng và dầm) được xác định có tính đến:

- Tuổi thọ thiết kế;
- Phương pháp bảo trì;
- Nhiệt độ thép;
- Tiếp xúc một hoặc hai bên.

Tối thiểu, bất kỳ dự trữ ăn mòn (t_k) nào được áp dụng thay thế cho lớp phủ sẽ được quy định như sau:

- Một bên không được bảo vệ: $t_k = 1,0$ mm;
- Hai bên không được bảo vệ: $t_k = 2,0$ mm.

8.3 Bảo vệ ca-tốt

8.3.1 Quy định chung

8.3.1.1 Bảo vệ ca-tốt các công trình biển có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các a-nốt hy sinh hoặc dòng điện cảm ứng từ một bộ chỉnh lưu. Dòng điện cảm ứng gần như luôn được sử dụng kết hợp với một hệ thống sơn.

CHÚ THÍCH: Những lợi ích của một hệ thống lớp phủ (ví dụ bằng cách giảm trọng lượng hoặc ma sát tới dòng nước biển gây ra bởi quá nhiều anode) cũng cần được xem xét cho các hệ thống dựa trên các a-nốt hy sinh.

8.3.1.2 Hệ thống bảo vệ ca-tốt trong môi trường biển thường được thiết kế để duy trì một khả năng bảo vệ trong khoảng $-0,80$ V tới $-1,10$ V tương đối so với tham chiếu điện cực Ag/AgCl/nước biển. Điện áp âm (-) nhiều hơn có thể áp dụng trong các vùng lân cận của anode với dòng điện cưỡng bức.

CHÚ THÍCH: Việc sử dụng các anode mạ dựa trên nhôm và kẽm hạn chế điện áp âm nhất đến $-1,10$ V so với Ag / AgCl / nước biển.

8.3.1.3 Thiết kế hệ thống bảo vệ ca-tốt cho kết cấu ngoài khơi phải được thực hiện theo TCVN 6170-8.

8.3.1.4 Bảo vệ ca-tốt có thể tạo ra ứng suất hydro gây ra nứt (HISC) của các thành phần trong thép cường độ cao chịu biến dạng lớn trong khi vận hành.

Tiêu chuẩn này khuyến cáo rằng mối hàn cho thép kết cấu cường độ cao có khả năng giới hạn độ cứng ở vùng hàn đến tối đa 350 HV (độ cứng Vicker). Việc sử dụng các lớp phủ làm giảm nguy cơ hydro tạo ra tính giòn hơn nữa và được khuyến khích cho tất cả các thành phần quan trọng trong kết cấu thép có độ bền cao.

CHÚ THÍCH: Không có bằng chứng trong tài liệu nào về kết cấu thép với SMYS lên đến 550 N/mm² phải chịu bất kỳ vết nứt nào khi tiếp xúc với bảo vệ ca-tốt trong môi trường biển tại các phạm vi điện áp bảo vệ được đưa ra trong 8.3.1.2.

8.3.2 Hệ thống a-nốt hy sinh

8.3.2.1 Trừ khi việc thiết kế cho phép thay thế các anode, hệ thống bảo vệ ca-tốt bằng a-nốt hy sinh sẽ có tuổi thọ thiết kế ít nhất là tương đương với công trình biển. Đối với các bể chứa nước dẫn có khả năng tiếp cận để thay thế các anode và các chỗ khác như vậy, tuổi thọ thiết kế tối thiểu là 5 năm.

8.3.2.2 Lõi anode được thiết kế để đảm bảo bám chắc trong tất cả các giai đoạn của lắp đặt và hoạt động của kết cấu. Tránh đặt anode ở khu vực nhạy cảm với môi.

8.3.2.3 Các tài liệu về thiết kế bảo vệ ca-tốt bằng anode mạ gồm tối thiểu các nội dung sau đây:

- Tham khảo tới các tiêu chuẩn thiết kế và thiết kế cơ sở;
- Tính toán của khu vực bề mặt và nhu cầu dòng điện ca-tot (trung bình và ban đầu/cuối cùng) cho các phần riêng biệt của kết cấu;
- Tính toán các yêu cầu khối lượng anode rỗng cho các phần áp dụng dựa trên nhu cầu dòng điện trung bình;
- Tính toán các yêu cầu dòng điện ra của mỗi anode và số anode cho phần riêng lẻ dựa trên nhu cầu dòng điện cuối cùng/ban đầu;
- Bản vẽ của từng anode và vị trí của chúng.

8.3.2.4 Các yêu cầu để sản xuất các anode (xem 8.3.2.5) được xác định trong quá trình thiết kế, ví dụ bằng cách tham chiếu đến một tiêu chuẩn hay một đặc điểm kỹ thuật của dự án.

8.3.2.5 Anode mạ được sản xuất theo một đặc điểm kỹ thuật quy trình sản xuất (được chuẩn bị bởi nhà sản xuất) xác định các yêu cầu tối thiểu cho các mục sau đây:

- Giới hạn các thành phần hóa học;
- Tiêu chuẩn chất anode lõi và chuẩn bị trước để đúc;
- Dung sai về trọng lượng và chiều dài;
- Kiểm tra và thử nghiệm;
- Đánh dấu, truy xuất nguồn gốc và tài liệu.

8.3.2.6 Nhu cầu cho một quy trình vận hành thử bao gồm đo điện áp bảo vệ tại các vị trí được xác định trước nên được xem xét trong quá trình thiết kế. Tối thiểu, việc ghi mức bảo vệ chung phải được thực hiện bằng cách hạ thấp một điện cực tham chiếu từ một vị trí cao hơn mực nước.

8.3.2.7 Sản xuất và lắp đặt các anode mạ, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-C401, Phần.2, Mục.5

8.3.3 Hệ thống dòng điện cưỡng bức

8.3.3.1 Các anode dòng cưỡng bức và điện cực tham chiếu để kiểm soát dòng điện ra được thiết kế với tuổi thọ thiết kế ít nhất là tương đương với công trình ngoài khơi trừ khi có giả định thay thế các anode (và các thành phần quan trọng khác) trong khi hoạt động. Tiêu chuẩn này khuyến cáo các thiết kế trong bất cứ trường hợp nào cho phép thay thế bất kỳ anode nào bị lỗi và điện cực tham chiếu (xem 8.3.3.4) trong quá trình hoạt động.

8.3.3.2 Các anode dòng cưỡng bức sẽ được lắp ngang bằng với các đối tượng được bảo vệ và sẽ có một lớp phủ không dẫn điện dày tương đối hoặc một tấm ("lá chắn điện môi") để ngăn chặn bất kỳ tác động tiêu cực nào của điện áp âm quá lớn như disbondment của lớp phủ sơn hoặc nứt do hydro gây ra thiệt hại cho thép. Các kích thước của tấm được ghi trong thiết kế. Tránh đặt anode dòng cưỡng bức trong khu vực nhạy cảm môi.

8.3.3.3 Hệ thống bảo vệ ca-tot dòng cưỡng bức được thiết kế với điện dung cao hơn mức tối thiểu 1,5 lần so với nhu cầu dòng điện cuối cùng của kết cấu.

CHÚ THÍCH: Ca-tot bảo vệ dòng cưỡng bức cung cấp một phân phối dòng không đồng nhất hơn và có dễ bị tổn thương bởi cơ học hơn và đòi hỏi một thiết kế nghiêm ngặt hơn so với các hệ thống anode mạ.

8.3.3.4 Một hệ thống kiểm soát dòng điện ra dựa trên các bản báo cáo từ điện cực tham chiếu đặt ở gần và xa từ anode được bao gồm trong thiết kế. Chức năng báo động cho thấy điện áp quá mức / dòng điện tải trên anode, và điện áp bảo vệ quá âm hoặc quá dương cần được cung cấp. Một phân tích dạng hư hại nên được thực hiện để đảm bảo rằng bất kỳ sự cố nào của hệ thống điều khiển sẽ không dẫn đến điện áp âm hoặc dương quá mức, có thể làm hỏng kết cấu hay bất kỳ kết cấu lân cận nào khác.

8.3.3.5 Cáp từ bộ chỉnh lưu tới anode và các điện cực tham chiếu cần được bọc thép và được bảo vệ đầy đủ bằng cách định tuyến trong một ống dẫn chuyên dụng (hoặc nội bộ bên trong kết cấu, nếu có). Hạn chế việc định tuyến cáp anode trong khu vực nguy hiểm.

8.3.3.6 Các tài liệu về thiết kế ca-tot bảo vệ bởi dòng cưỡng bức gồm tối thiểu các nội dung sau đây:

- Tham khảo tới các tiêu chuẩn thiết kế và thiết kế cơ sở;
- Tính toán của khu vực bề mặt và nhu cầu dòng điện ca-tot (trung bình và ban đầu/cuối cùng) cho các phần riêng biệt của kết cấu;
- Bản vẽ bố trí chung cho thấy vị trí của anode, lớp bảo vệ anode, điện cực tham chiếu, dây cáp và bộ chỉnh lưu;
- Bản vẽ chi tiết của anode, điện cực tham chiếu và các thành phần quan trọng khác của hệ thống;
- Tài liệu hướng dẫn của anode và điện cực tham chiếu thể hiện cho tuổi thọ thiết kế quy định;

- Tài liệu hướng dẫn của chính lưu và hệ thống điều khiển dòng điện;
- Tài liệu về kích thước của lớp chắn bảo vệ anode;
- Đặc điểm kỹ thuật của vật liệu lớp chắn bảo vệ anode và ứng dụng;
- Quy trình vận hành, bao gồm xác minh phạm vi bảo vệ thích hợp bằng cách đo lường điện áp độc lập;
- Sổ tay hoạt động, bao gồm cả thủ tục để thay thế các anode và các điện cực tham chiếu.

8.3.3.7 Sản xuất và lắp đặt hệ thống ca-tot bảo vệ dòng cưỡng bức, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-C401, Phần.2, Mục.5.

8.4 Hệ thống lớp phủ

8.4.1 Đặc điểm kỹ thuật của lớp phủ

8.4.1.1 Yêu cầu đối với lớp phủ để kiểm soát ăn mòn (kể cả bất kỳ lá chắn anode dòng cưỡng bức nào) được xác định trong quá trình thiết kế (ví dụ bằng cách tham chiếu đến một tiêu chuẩn hay một đặc điểm kỹ thuật của dự án), trong đó tối thiểu:

- Vật liệu phủ (loại chung);
- Chuẩn bị bề mặt (độ nhám bề mặt và độ sạch);
- Độ dày của từng lớp;
- Kiểm tra và thử nghiệm.

Đối với sử dụng lớp phủ có chứa nhôm trong các bể chứa có thể gây ra việc nổ do khí, hàm lượng nhôm được giới hạn tối đa 10% trên cơ sở màng khô.

CHÚ THÍCH: Tiêu chuẩn khuyến cáo rằng nhà cung cấp cụ thể các vật liệu phủ được giám định bởi các thử nghiệm liên quan hoặc thể hiện trong quá trình hoạt động.

8.4.1.2 Các vật liệu sơn và ứng dụng của lớp phủ, tham khảo các tiêu chuẩn được chấp nhận, ví dụ như: DNVGL-OS-C401, Phần 2, Mục.5.

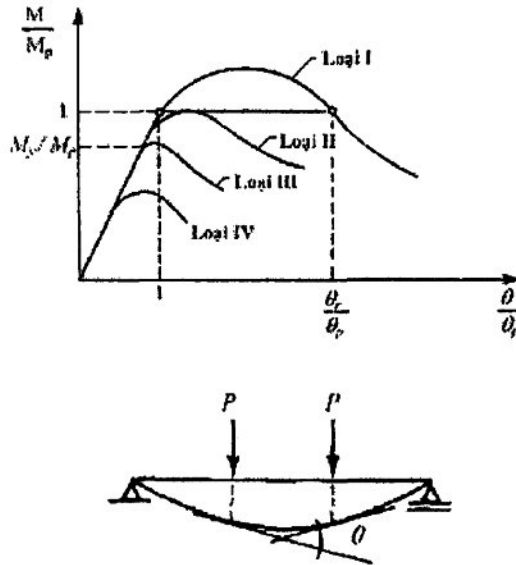
9 Các loại tiết diện

9.1 Quy định chung

9.1.1 Các tiết diện của dầm được chia thành các loại khác nhau tùy thuộc vào khả năng của chúng trong việc phát triển các khớp dẻo như được cho trong Bảng 26.

Bảng 26 – Các loại tiết diện

I	Tiết diện có thể tạo thành một khớp dẻo với khả năng xoay cần thiết để phân tích dẻo
II	Tiết diện có thể phát triển sức kháng moment dẻo nhưng hạn chế khả năng xoay
III	Tiết diện ở nơi ứng suất tính toán trong thép nén cực hạn của cấu kiện thép có thể đạt tới độ bền chảy, nhưng mất ổn định cục bộ phải có khả năng ngăn chặn sự phát triển của sức kháng moment dẻo
IV	Tiết diện ở nơi cần thiết tạo ra độ dự trữ rõ ràng cho các hiệu ứng mất ổn định cục bộ khi xác định sức kháng moment của chúng hoặc sức kháng nén



Hình 11 – Mối quan hệ giữa mô men M và sức kháng mô men dẻo M_p , và độ xoay θ với nhiều loại tiết diện, M_y là sức kháng mô men đàn hồi

9.1.2 Việc phân loại các tiết diện tùy thuộc vào độ tương quan tỷ lệ của các thành phần chịu nén của chúng, xem Bảng 3.

9.1.3 Các thành phần chịu nén bao gồm mỗi thành phần của tiết diện mà chịu nén toàn bộ hoặc một phần, do lực dọc hoặc moment uốn, dưới tổ hợp tải xem xét.

9.1.4 Các thành phần chịu nén đa dạng trong một tiết diện như bản bụng hay bản cánh, có thể là các loại khác nhau.

9.1.5 Việc lựa chọn loại tiết diện thì thường được xác định bởi các loại cao nhất hoặc kém thuận lợi nhất của các thành phần chịu nén của nó.

9.2 Các yêu cầu của tiết diện cho phân tích dẻo

9.2.1 Tại các vị trí khớp dẻo, tiết diện cấu kiện chứa khớp dẻo phải có một trục đối xứng trong mặt phẳng của lực.

9.2.2 Tại các vị trí khớp dẻo, tiết diện của cấu kiện chứa khớp dẻo phải có khả năng xoay không nhỏ hơn độ xoay yêu cầu tại vị trí khớp dẻo.

9.3 Các yêu cầu tiết diện khi phân tích tổng thể đàn hồi được sử dụng

9.3.1 Khi sử dụng phân tích tổng thể đàn hồi, vai trò của việc phân loại tiết diện là để xác định mức độ sức kháng của mặt cắt bị giới hạn bởi sức kháng mất ổn định cục bộ của nó.

9.3.2 Khi tất cả các thành phần chịu nén của tiết diện là loại III, sức kháng của nó có thể dựa trên một sự phân phối đàn hồi của ứng suất cắt ngang mặt cắt, giới hạn tới độ bền chảy tại các thớ cực hạn.

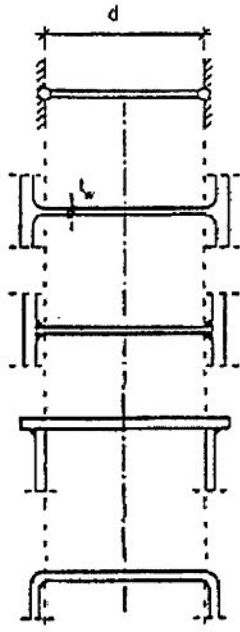
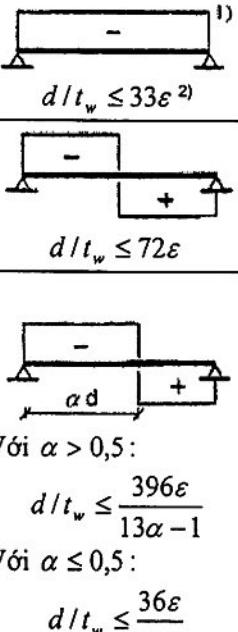
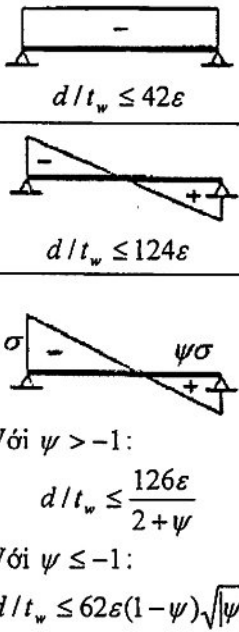
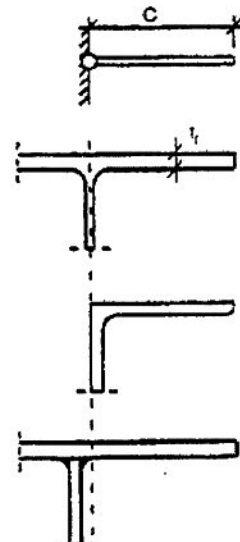
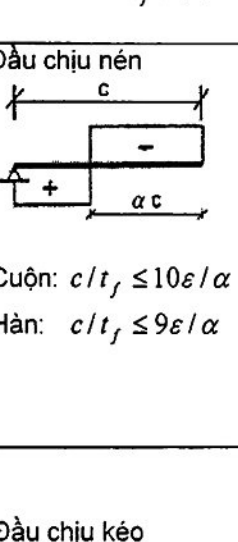
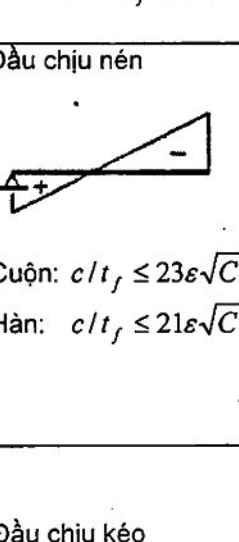

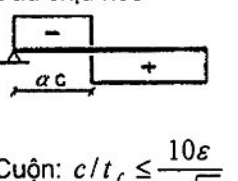
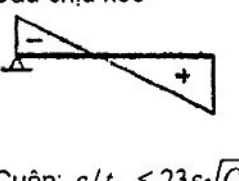
Bảng 27 – Hệ số liên quan tới biến dạng tương đối

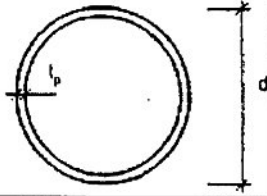
Cấp Thép NV ¹	ϵ^2
NV-NS	1
NV-27	0,94
NV-32	0,86
NV-36	0,81
NV-40	0,78
NV-420	0,75
NV-460	0,72
NV-500	0,69
NV-550	0,65
NV-620	0,62
NV-690	0,58

¹ Bảng này không có giá trị cho thép với khả năng hàn được cải tiến. Xem Bảng 3 mục 4.3.2.2, chú ý¹

² $\epsilon = \sqrt{235/f_y}$ với f_y là độ bền chảy

Bảng 28 – Tỷ số độ rộng trên độ dày tối đa cho thành phần chịu nén

Một phần mặt cắt ngang	Loại I	Loại II	Loại III
 <p>d</p> <p>$d/t_w \leq 33\epsilon^{2)}$</p> <p>$d/t_w \leq 72\epsilon$</p> <p>Với $\alpha > 0,5$: $d/t_w \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$</p> <p>Với $\alpha \leq 0,5$: $d/t_w \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$</p> <p>$d = h - 3t_w$ 3)</p>	 <p>$d/t_w \leq 38\epsilon$</p> <p>$d/t_w \leq 83\epsilon$</p> <p>Với $\alpha > 0,5$: $d/t_w \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$</p> <p>Với $\alpha \leq 0,5$: $d/t_w \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$</p>	 <p>$d/t_w \leq 42\epsilon$</p> <p>$d/t_w \leq 124\epsilon$</p> <p>Với $\psi > -1$: $d/t_w \leq \frac{126\epsilon}{2 + \psi}$</p> <p>Với $\psi \leq -1$: $d/t_w \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{ \psi }$</p>	
 <p>Cuộn: $c/t_f \leq 10\epsilon$ Hàn: $c/t_f \leq 9\epsilon$</p> <p>Đầu chịu nén</p> <p>Cuộn: $c/t_f \leq 10\epsilon/\alpha$ Hàn: $c/t_f \leq 9\epsilon/\alpha$</p>	 <p>Cuộn: $c/t_f \leq 11\epsilon$ Hàn: $c/t_f \leq 10\epsilon$</p> <p>Đầu chịu nén</p> <p>Cuộn: $c/t_f \leq 11\epsilon/\alpha$ Hàn: $c/t_f \leq 10\epsilon/\alpha$</p>	 <p>Cuộn: $c/t_f \leq 15\epsilon$ Hàn: $c/t_f \leq 14\epsilon$</p> <p>Đầu chịu nén</p> <p>Cuộn: $c/t_f \leq 23\epsilon\sqrt{C}$ Hàn: $c/t_f \leq 21\epsilon\sqrt{C}$</p>	
 <p>Đầu chịu kéo</p> <p>Cuộn: $c/t_f \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$</p>	 <p>Đầu chịu kéo</p>	 <p>Đầu chịu kéo</p> <p>Cuộn: $c/t_f \leq 23\epsilon\sqrt{C}$</p>	

	Hàn: $c/t_f \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	Cuộn: $c/t_f \leq \frac{11\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$ Hàn: $c/t_f \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	Hàn: $c/t_f \leq 21\varepsilon\sqrt{C}$
	$d/t_p \leq 50 \varepsilon^2$	$d/t_p \leq 70 \varepsilon^2$	$d/t_p \leq 90 \varepsilon^2$
<p>1) Nén âm</p> <p>2) z được định nghĩa trong Bảng 27</p> <p>3) Có giá trị cho mặt cắt lỗ chữ nhật (RHS) với h là chiều cao của thép hình</p> <p>4) C là hệ số mất ổn định. Xem bảng 5.3.3 trong Eurocode 3 (ký hiệu k_σ)</p> <p>5) Có giá trị cho lực dọc và uốn, không cho áp lực ngoài</p>			

Tài liệu tham khảo

- [1] DNVGL-RP-C203, *Fatigue strength analysis of offshore steel structures.*
- [2] DNVGL-OS-C401, *Fabrication and testing of offshore structures.*
- [3] DNV Classification Note 30.6, *Structure Reliability analysis of marine structures.*
- [4] DNVGL-OS-E301, *Position mooring.*
- [5] DNVGL-OS-B101, *Metallic materials.*
- [6] DNVGL-OS-A101, *Safety principles and arrangements.*
- [7] DNVGL-RP-C201, *Buckling strength of plated structures.*
- [8] NORSOK STANDARD N-004, *Design of steel structures.*
- [9] DNV-RP-C202, *Buckling strength of shells.*
- [10] AISC *Manual of Steel Construction, Load and Resistance Factor Design.*
- [11] Eurocode 3, *Design of Steel Structures.*
- [12] API Specification 2B, *Fabrication of Structural steel pipe.*
- [13] API Bulletin 2U, *Stability design of cylindrical shells.*
- [14] AWS D1.1/D1.1M:2010, *Structural welding code – Steel.*
- [15] AISC 335-89, *Specification for structural steel buildings – Allowable stress design and plastic design, 1989.*
- [16] DNVGL-OS-C101, *Design of offshore steel structures, general – LRFD method.*
- [17] API RP 2A WSD 2014, *Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design.*
- [18] BS 7910, *Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures.*
- [19] DNV Classification Note 30.1, *Buckling Strength Analysis Of Bars And Frames, And Spherical Shells.*
- [20] API RP 2A LRFD, *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms - Load and Resistance Factor Design.*
- [21] NACE TPC, Publication No. 3. *The role of bacteria in corrosion of oil field equipment.*