

**TCVN xxxx:2022**

Xuất bản lần 1

Tên đăng ký:

**THIẾT BỊ LÀM VIỆC TẠM THỜI  
PHẦN 3: TẢI TRỌNG THỬ NGHIỆM**

Tên đề xuất:

**THIẾT BỊ LÀM VIỆC TẠM THỜI  
PHẦN 3: THÍ NGHIỆM THỬ TẢI**  
*Temporary works equipment – Part 3: Load testing*



**Mục lục**

Trang

Lời nói đầu.....	4
1 Phạm vi áp dụng.....	5
2 Tài liệu viện dẫn.....	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa .....	5
4 Các quy trình thí nghiệm điển hình.....	6
5 Yêu cầu chung khi thí nghiệm thử tải.....	7
6 Thí nghiệm vật liệu.....	7
7 Thí nghiệm cấu hình giàn giáo và bộ phận.....	9
8 Thí nghiệm hệ cấu hình giàn giáo.....	11
9 Ghi chép kết quả thí nghiệm.....	11
10 Đánh giá sức chịu tải, độ cứng qua việc thí nghiệm cấu hình giàn giáo và bộ phận kim loại.....	13
Phụ lục A (tham khảo) Ví dụ về việc xác định hàm xấp xỉ, số $q_e$ của tổn hao năng lượng và hệ số riêng $\gamma_{R2}$ .....	21
Phụ lục B (tham khảo) Ví dụ về đánh giá thống kê kết quả thí nghiệm và xác định giá trị đặc trưng khả năng chịu lực.....	25
Phụ lục C (tham khảo) Ví dụ về đánh giá độ cứng.....	27
Thư mục tài liệu tham khảo.....	29

**Lời nói đầu**

**TCVN xxxx:2022** được biên soạn trên cơ sở tham khảo EN 12811-3: 2002.

**TCVN xxxx:2022** do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng – Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Thiết bị làm việc tạm thời - Phần 3: Thí nghiệm thử tải

*Temporary works equipment – Part 3: Load testing*

### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các quy tắc cho việc thí nghiệm thử tải, lập hồ sơ và đánh giá kết quả thí nghiệm hiện trường của các thiết bị làm việc tạm thời không phải là thiết bị cơ học.

CHÚ THÍCH: Tiêu chuẩn này được sử dụng trong bộ **CEN/TC53** là cơ sở cho các tiêu chuẩn bao gồm cả thí nghiệm. Mặc dù tiêu chuẩn này đưa ra các quy tắc chung, nhưng khi cần các yêu cầu cụ thể, các yêu cầu đó được quy định trong tiêu chuẩn riêng, ví dụ như chi tiết của quy trình thí nghiệm.

### 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau 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).

EN 408, *Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties* (Kết cấu gỗ - Gỗ xây dựng và gỗ dán nhiều lớp – Xác định một số tính chất vật lý và cơ học);

EN 789, *Timber structures – Test methods – Determination of mechanical properties of wood based panels* (Kết cấu gỗ - Các phương pháp thử - Xác định các chỉ tiêu cơ học của tấm gỗ);

EN 10002-1, *Materials – Tensile testing – Method of tests (at ambient temperature)* (Các vật liệu - Thí nghiệm kéo - Phương pháp thí nghiệm (ở nhiệt độ môi trường));

EN ISO 6506-1, *Metallic materials – Brinell hardness test – Part 1: Test method* (Vật liệu kim loại – Thí nghiệm độ cứng Brinell – Phần 1: Phương pháp thử);

EN ISO 6507-1, *Metallic materials – Vickers hardness test – Part 1: Test method* (Vật liệu kim loại – Thí nghiệm độ cứng Vickers – Phần 1: Phương pháp thử).

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

#### 3.1

##### Hệ (System)

(Ví dụ: hệ giàn giáo, hệ thống ống):

- tập hợp các chi tiết có thể kết nối với nhau, chủ yếu được thiết kế cho hệ;
- tập hợp các hệ cấu hình đã được đánh giá;
- hướng dẫn sử dụng.

#### 3.2

##### Bộ phận (Component)

Phần có thể tháo lắp của hệ, ví dụ: thanh giằng chéo, khung đứng.

#### 3.3

##### Phần tử (Element)

## **TCVN xxxx:2022**

Phần nhỏ của bộ phận (có thể được hàn lại với nhau), ví dụ: thanh giằng ngang của khung đứng.

### **3.4**

#### **Liên kết (Connection)**

Cơ cấu dùng để liên kết các bộ phận với nhau.

### **3.5**

#### **Cấu hình giàn giáo (Configuration)**

Sự kết hợp của các bộ phận theo một cách nhất định bằng các liên kết.

### **3.6**

#### **Hệ cấu hình giàn giáo (System configuration)**

Hệ kết cấu hoàn chỉnh (ví dụ như giàn giáo, giáo chống) hoặc một phần đại diện trong đó.

### **3.7**

#### **Hệ cấu hình giàn giáo chuẩn (Standard set of system configurations)**

Hệ giàn giáo cụ thể sử dụng để thiết kế và đánh giá kết cấu.

### **3.8**

#### **Độ rơ (Looseness)**

Khe hở thực (ban đầu) hoặc ảo (độ rơ tăng thêm trong quá trình đánh giá) tại vị trí giữa hai bộ phận.

### **3.9**

#### **Thí nghiệm thử tải theo chu kỳ (Cyclic loading test)**

Các thí nghiệm mà tải trọng được gia tải theo vòng lặp qua điểm 0 một số lần sao cho việc đảo chiều của lực và hiệu ứng mà nó tạo ra trong mẫu thử.

### **3.10**

#### **Vòng lặp trễ (Hysteresis loops)**

Các đồ thị tương quan giữa mô men – góc xoay hoặc lực - chuyển vị đạt được từ các thí nghiệm thử tải theo chu kỳ.

### **3.11**

#### **Thí nghiệm tải trọng lặp (Repeated loading tests)**

Các thí nghiệm mà tải trọng được tăng và giảm một số lần nhưng không đảo chiều về dấu.

### **3.12**

#### **Đánh giá (Assessment)**

Quy trình kiểm tra được lập khi cần kiểm tra sự phù hợp với những yêu cầu cụ thể.

## **4 Các quy trình thí nghiệm điển hình**

### **4.1 Cơ sở**

Các tiêu chuẩn về thiết kế kết cấu là cơ sở để thiết kế thiết bị làm việc tạm thời, tuy nhiên nếu không có các mô hình tính toán phù hợp trong các tiêu chuẩn đó thì phải tiến hành công tác thí nghiệm thay cho tính toán.

Không tiến hành thí nghiệm với mục đích làm giảm các giả thiết thiên về an toàn đã có trong các mô hình tính toán của các tiêu chuẩn có liên quan.

### **4.2 Các dạng thí nghiệm**

Danh sách chưa đầy đủ những dạng thí nghiệm điển hình được liệt kê trong Bảng 1.

**Bảng 1 - Danh sách những thí nghiệm điển hình**

	<b>Dạng thí nghiệm</b>	<b>Đối tượng thí nghiệm</b>	<b>Ví dụ</b>
1	Sức chịu tải và độ cứng	s, a, c	- Chi tiết liên kết - Nút mô đun - Tấm phẳng ngang
2	Kiểm tra các kết quả tính toán tĩnh	s (trường hợp đặc biệt) a, c	- Hệ cấu hình giàn giáo
3	Kiểm tra ảnh hưởng của tải trọng lặp theo chu kỳ tác động đến đặc tính của kết cấu	a, c, e	- Chi tiết liên kết - Nút mô đun - Tấm phẳng ngang
4	Kiểm tra ảnh hưởng của tải trọng lặp	a, c, e	- Mặt bậc cầu thang
5	Kiểm tra tính khả dụng trong trường hợp - chịu tác động lặp - dao động	a, c	- Mối liên kết nêm - Khóa giáo
6	Kiểm tra ảnh hưởng của tải trọng va đập	a, c	- Các bộ phận tấm sàn công tác và liên kết - Các bộ phận lan can bảo vệ và liên kết
s – hệ cấu hình giàn giáo , a – cấu hình giàn giáo, c - bộ phận, e - phần tử			

## 5 Yêu cầu chung khi thí nghiệm thử tải

Các tải trọng thí nghiệm và chuyển vị hoặc góc xoay liên quan phải được ghi nhận tại từng cấp gia tải và giảm tải để xây dựng được đường cong biến dạng đầy đủ. Đồ thị quan hệ giữa biến dạng chính và tải trọng được thiết lập trong quá trình thí nghiệm. Ưu tiên thực hiện thí nghiệm gia tải theo chuyển vị. Tốc độ gia tải phải đủ chậm để đảm bảo cho phép sự phát triển đầy đủ của biến dạng dẻo.

Tốc độ gia tải với thí nghiệm tải trọng tĩnh có thể tùy chỉnh theo ứng xử của bộ phận hoặc cấu hình thí nghiệm, nhưng không vượt quá 25 % tải trọng thí nghiệm dự kiến lớn nhất cho mỗi phút. Tương tự, độ lớn của các bước gia tải có thể tùy chỉnh theo ứng xử của bộ phận hoặc giàn giáo thí nghiệm, nhưng mỗi bước không quá 10 % tải trọng thí nghiệm lớn nhất. Có thể gia tải liên tục, theo tốc độ gia tải giới hạn đối với những thí nghiệm nêu trong Bảng 1, với thí nghiệm gia tải theo chu kỳ xem 7.2.

## 6 Thí nghiệm vật liệu

### 6.1 Tổng quan

Các thí nghiệm về vật liệu phải được tiến hành nhằm xác định tính chất cơ học thực tế của các bộ phận hoặc phần tử thí nghiệm.

Các thí nghiệm vật liệu nhằm mục đích:

- kiểm tra xem các vật liệu sử dụng có đúng với các đặc tính kỹ thuật do nhà sản xuất công bố.

## **TCVN xxxx:2022**

- xác định các thông số để đánh giá kết quả thí nghiệm.

Thông thường, các thông số của vật liệu kim loại được xác định bao gồm (xem thêm 6.3.1):

- giới hạn chảy hoặc ứng suất chảy danh định;
- giới hạn bền kéo;
- độ giãn dài;

Thông thường, các thông số của vật liệu gỗ được xác định bao gồm:

- cường độ chịu uốn;
- khối lượng thể tích;
- độ ẩm.

### **6.2 Lấy mẫu**

Các mẫu thí nghiệm phải có tính đại diện cho các đặc tính liên quan và có thể lấy trực tiếp từ các đối tượng thí nghiệm.

Trường hợp có sự thay đổi đáng kể về đặc tính vật liệu giữa các đối tượng thí nghiệm tương tự nhau, các mẫu thử được lấy từ từng đối tượng thí nghiệm.

Khi thí nghiệm cấu hình hoặc bộ phận, mẫu thử được lấy cho tất cả các vật liệu góp phần vào sự phá hủy hoặc gây ra sự phá hủy.

CHÚ THÍCH 1: Một nhóm các thí nghiệm cấu hình có thể chứng minh sự phá hủy của một phần tử; các thí nghiệm cho cấu hình với các lô vật liệu khác nhau có thể gây ra sự phá hủy của một phần tử khác, do có sự thay đổi trong các đặc trưng vật liệu.

Khi lấy mẫu từ các đối tượng đã thí nghiệm, các mẫu thử cần được lấy ra từ các phần sao cho không bị ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm vật liệu. Điều này có nghĩa:

- mẫu không bị biến dạng dẻo và biến dạng đàn hồi trong quá trình đã thí nghiệm;
- mẫu không được lấy từ vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ.

Khi lấy mẫu từ các đối tượng chưa được thí nghiệm, chúng phải cùng loại và cùng lô với các bộ phận thí nghiệm.

Trường hợp nếu đặc tính vật liệu khác nhau đáng kể trong một mặt cắt ngang, khuyến cáo nên lấy mẫu trên toàn bộ mặt cắt ngang.

CHÚ THÍCH 2: Đối với thép hình dập nguội hoặc vật liệu đột dập, các đặc tính có thể khác nhau trong mặt cắt ngang.

Khi mẫu không được lấy từ giàn giáo hoặc bộ phận được thí nghiệm, số lượng thí nghiệm tối thiểu như sau:

- vật liệu kim loại: 3 mẫu cho mỗi loại vật liệu;
- vật liệu gỗ: 5 mẫu cho mỗi loại vật liệu.

### **6.3 Phương pháp thí nghiệm**

#### **6.3.1 Vật liệu kim loại**

Để xác định các đặc tính cơ học, các thí nghiệm kéo được thực hiện theo EN 10002-1.

Trong trường hợp không thể lấy mẫu thử với các kích thước tiêu chuẩn hoặc thí nghiệm trên toàn bộ mặt cắt, độ dài mẫu phải lớn hơn 03 đến 05 lần kích thước của mặt cắt ngang lớn nhất.

CHÚ THÍCH: Yêu cầu này nhằm giảm sự ảnh hưởng của các mặt cắt biên.

Nếu không thể thực hiện các thí nghiệm kéo (ví dụ với các cấu kiện nhỏ hơn làm bằng gang), tiến hành thí nghiệm độ cứng theo EN ISO 6506-1 hoặc EN ISO 6507-1.

Trong trường hợp các mẫu thử trên toàn bộ mặt cắt, thí nghiệm được thực hiện trên các đoạn theo EN 1993-1-3:1996, A.3.2.



### 6.3.2 Vật liệu gỗ

Thí nghiệm xác định các đặc tính cơ học được thực hiện theo EN 408 hoặc EN 789.

## 7 Thí nghiệm cấu hình giàn giáo và bộ phận

### 7.1 Tổng quan

Các liên kết sử dụng nêm hoặc bu lông phải được lắp vào và tháo ra 3 lần trước khi tiến hành thí nghiệm.

### 7.2 Thí nghiệm để xác định khả năng chịu tải, độ cứng và độ rơ

#### 7.2.1 Tổng quát

Trước khi gia tải đến phá hủy, thí nghiệm gia tải theo chu kỳ phải được thực hiện trong các trường hợp sau:

- Tải trọng lặp theo chu kỳ toàn phần ( $C_{full}$ ) áp dụng cho cấu hình và các bộ phận kết cấu dự kiến phải chịu ứng suất đảo chiều để xác định khả năng chịu lực của kết cấu.
- Tải trọng lặp theo chu kỳ giới hạn ( $C_{lim}$ ) áp dụng cho cấu kiện và các bộ phận kết cấu có độ rơ nếu mục a) không yêu cầu.

#### 7.2.2 Tải trọng theo chu kỳ

**7.2.2.1** Đối với tải trọng lặp theo chu kỳ toàn phần ( $C_{full}$ ), các thí nghiệm được thực hiện trên khoảng tải trọng sau:

$$+1,0 \times \frac{R_k^+}{\gamma_M \times \gamma_F}; -1,0 \times \frac{R_k^-}{\gamma_M \times \gamma_F}$$

trong đó

$R_k^+$  là giá trị đặc trưng của khả năng chịu lực theo hướng tải trọng dương;

$R_k^-$  là giá trị đặc trưng của khả năng chịu lực theo hướng tải trọng âm;

$\gamma_M$  là hệ số riêng cho khả năng chịu lực;

$\gamma_F$  là hệ số riêng cho sự tác động.

Ít nhất, phải áp dụng 3 chu kỳ lặp đối với cấp tải này. Khi hoàn thành việc gia tải trên, tải trọng sẽ tăng dần theo một hướng cho đến khi xuất hiện phá hoại và giảm tải về mức không.

Vì các giá đặc trưng  $R_k$  của khả năng chịu lực không được biết trước, do vậy có thể chấp nhận các giá trị ước tính từ các thí nghiệm tương tự.

Ít nhất năm thí nghiệm như nhau được thực hiện cho mỗi thông số đặc trưng.

Mỗi thí nghiệm có thể được thực hiện với một tải trọng (hoặc một mô men) hoặc với các tổ hợp của tải trọng để xác định sự ứng xử do tác động tương hỗ.

**7.2.2.2** Đối với tải trọng lặp theo chu kỳ giới hạn ( $C_{lim}$ ), thực hiện 3 chu kỳ gia tải trên khoảng tải trọng sau:

$$+0,1 \times \frac{R_k^+}{\gamma_M \times \gamma_F}; -0,1 \times \frac{R_k^-}{\gamma_M \times \gamma_F}$$

tại cấp đầu tiên và các cấp tiếp theo tải trọng được gia tăng tới khi xuất hiện phá hoại cùng với một vài lần giảm tải. Ít nhất phải thực hiện 5 lần thí nghiệm đối với mỗi tham số cần xác định.

### 7.3 Tải trọng lặp

## TCVN xxxx:2022

Cần thực hiện thí nghiệm với tải trọng lặp cho giàn giáo và các bộ phận kết cấu, trong đó tải trọng về cơ bản phát triển theo một hướng và khả năng lặp lại của tải là cao.

Mục đích của thí nghiệm tải trọng lặp là kiểm tra khả năng sử dụng giàn giáo và các bộ phận kết cấu mà không bị ảnh hưởng xấu khi mẫu thử được gia tải và dỡ tải lặp lại một số lần theo quy định.

Đối với thí nghiệm tải trọng lặp, số lần gia tải sẽ được xác định trên cơ sở hợp lý bằng việc đánh giá tuổi thọ và tần suất sử dụng dự kiến.

Ví dụ, cần 300 000 lần gia tải đối với các bậc của cầu thang.

Độ lớn tải trọng thí nghiệm sẽ tương đương với tải trọng sử dụng, hoặc loại tải trọng tạo ra các ảnh hưởng tương đương như tải trọng sử dụng.

CHÚ THÍCH: Thông thường, các thí nghiệm như vậy không bắt buộc đối với các thiết bị làm việc tạm thời.

### 7.4 Thí nghiệm rung

Các thí nghiệm rung được thực hiện trên các cấu hình dễ bị rơi lỏng do sự đảo chiều của tải trọng thường xuyên, ví dụ như các mối nối dùng nêm.

Thông thường, các thí nghiệm sẽ được thực hiện:

- với tải trọng có độ lớn như sau:

$$\pm 0,1 \times \frac{R_k}{\gamma_M \times \gamma_F}$$

trong đó:

$R_k$  là giá trị đặc trưng của khả năng chịu lực;

$\gamma_M$  là hệ số riêng cho khả năng chịu lực;

$\gamma_F$  là hệ số riêng cho sự tác động.

- tại tần suất 5 vòng lặp một giây;

- với khoảng thời gian tối thiểu tương ứng với 3000 vòng lặp.

Phải thực hiện ít nhất 3 thí nghiệm.

Sau mỗi lần thí nghiệm rung, phải kiểm tra vị trí của các bộ phận và các chi tiết liên kết. Không cho phép sự dịch chuyển của bất kỳ bộ phận hay chi tiết nào, ví dụ nêm.

### 7.5. Thí nghiệm va đập

Mục đích chính của thí nghiệm va đập là:

a) xác định khả năng chịu tải của cấu hình hoặc bộ phận kết cấu, chịu tác động giống như trong điều kiện hoạt động bình thường. Ví dụ: các bộ phận kết cấu của lan can bảo vệ và các kết cấu chống đỡ kèm theo, được thiết kế để đỡ người bị rơi. Cường độ của hiệu ứng động lực học quy định cho thí nghiệm phải được đo bằng động lượng của cửa vật thể di chuyển tại điểm va chạm và phải bằng năng lượng va đập thực mà giàn giáo hay bộ phận phải chịu trong điều kiện sử dụng;

b) xác định sự độ lớn của tĩnh tải gây ra bởi hiệu ứng động lực học. Ví dụ: tấm sàn thao tác và các chi tiết liên kết của nó chịu tác động bởi người di chuyển;

c) tìm ra kết cấu chưa phù hợp trong cấu hình hoặc bộ phận. Ví dụ: tấm sàn và các chi tiết liên kết của nó.

Chi tiết sẽ được cho trong các tiêu chuẩn tương ứng.

## 8 Thí nghiệm hệ cấu hình giàn giáo

Nhìn chung, các thí nghiệm cho hệ cấu hình giàn giáo với kích thước thực sẽ chỉ được thực hiện nhằm mục đích chứng minh các giả thiết thiết kế đã sử dụng khi phân tích mô hình thiên về an toàn.

Hệ cấu hình giàn giáo và tải trọng thí nghiệm lựa chọn phải mang tính đại diện. Các bộ phận và mối nối chính sẽ phải chịu tác động trong suốt quá trình thí nghiệm.

Chỉ cần ghi lại lực tác dụng và một số điểm chuyển vị chính.

Không cần thiết phải xử lý các kết quả theo phương pháp thống kê.

Khi thực hiện phân tích bậc hai, các đồ thị quan hệ chuyển vị - tải trọng xác định trong các thí nghiệm sẽ được so sánh với kết quả tính toán. Đường cong tính toán phải thiên về an toàn cho đến điểm phá hủy.

Khi ảnh hưởng của biến dạng đối với trạng thái ổn định được xem xét bằng tính toán dựa trên phân tích bậc nhất, thí nghiệm sẽ cung cấp cơ sở để tính toán tải trọng tới hạn lý tưởng thông qua tải trọng phá hủy và hàm đặc trưng. Khi tải trọng tác động chính là lực dọc trục, có thể có thêm các tải trọng ngang nhỏ sẽ mô phỏng hàm đặc trưng tương ứng với tải trọng tới hạn nhỏ nhất.

## 9 Ghi chép kết quả thí nghiệm

### 9.1 Tổng quan

Chi tiết của các bộ phận được thí nghiệm, cách bố trí thí nghiệm, đề cương và quy trình thí nghiệm cũng như các kết quả phải được ghi chép lại đầy đủ. Đi cùng với các ghi chép là các:

- các bản vẽ có liên quan;
- ảnh chụp;
- các sơ đồ và
- bảng biểu.

### 9.2 Nội dung báo cáo thí nghiệm

Báo cáo thí nghiệm bao gồm các mục sau:

- trang tiêu đề;
- mục lục;
- nhận xét sơ bộ;
- hạng mục thí nghiệm;
- đề cương thí nghiệm;
- trình tự và quy trình các thí nghiệm;
- các kết quả;
- kết luận;
- tài liệu, tiêu chuẩn tham khảo;
- danh mục các phụ lục;
- chi tiết các phụ lục.

### 9.3 Nội dung hướng dẫn chi tiết

#### 9.3.1 Trang tiêu đề

Trang tiêu đề phải bao gồm các nội dung tối thiểu sau:

- tên và mã định danh phòng thí nghiệm;
- tiêu đề và số báo cáo;

## **TCVN xxxx:2022**

- ngày báo cáo;
- số trang của báo cáo và số phụ lục;
- tên các hạng mục thí nghiệm;
- tên và địa chỉ khách hàng.

Nếu các nội dung trên không có trong báo cáo, các thông tin khác bao gồm:

- địa chỉ của phòng thí nghiệm, số điện thoại và fax, địa chỉ email;
- tên của phòng hoặc bộ phận chịu trách nhiệm.

### **9.3.2 Nhận xét sơ bộ**

Thông tin sau phải được cung cấp:

- ngày thí nghiệm;
- cơ sở và tài liệu liên quan đến thí nghiệm (ví dụ đề cương được duyệt, số hiệu tiêu chuẩn áp dụng);
- ngày xác nhận của cơ quan phê duyệt đề cương thí nghiệm nếu có hoặc nếu cần thiết.

### **9.3.3 Các hạng mục thí nghiệm**

Các hạng mục thí nghiệm phải được thể hiện bằng các bản vẽ hoặc các hình thức khác. Hình dạng, kích thước, loại vật liệu và biện pháp chống ăn mòn tự nhiên phải được xác định đầy đủ. Quá trình sản xuất chế tạo phải được ghi rõ (rèn, khoan, đúc, dập nguội).

Thông tin về việc lấy mẫu phải được cung cấp, do phòng thí nghiệm hợp chuẩn lựa chọn, hoặc do nhà sản xuất cung cấp, các cấu kiện là mới hay đã qua sử dụng.

Các kích thước và tính chất cơ học chính của vật liệu liên quan phải được xác định và liệt kê rõ ràng. Các sai số đáng kể phải được chỉ ra. Tính chất hóa học của vật liệu chỉ được kiểm soát khi có yêu cầu.

### **9.3.4 Đề cương thí nghiệm**

Phải lập đề cương thí nghiệm. Đối với từng loại hình thí nghiệm sẽ được liệt kê như dưới đây:

- các mục tiêu (ví dụ như độ cứng, sức chịu tải);
- số lượng các thí nghiệm;
- các loại tải trọng và thông số của nó, với các bản vẽ minh họa tải trọng nếu cần;
- thuyết minh ngắn gọn.

### **9.3.5 Bố trí thí nghiệm và quy trình thí nghiệm**

Bố trí thí nghiệm phải được lập chi tiết và đầy đủ, thể hiện lại bằng bản vẽ và hình ảnh thích hợp. Các điều kiện biên cho bộ phận được thí nghiệm phải được xác định rõ ràng. Các vị trí đặt tải trọng và thiết bị đo cũng như vị trí của các gối đỡ phải được xác định bằng kích thước chính xác.

Các kiểu, độ chính xác của thiết bị gia tải và đo lường phải được miêu tả rõ ràng. Các kiểu gia tải kiểm soát bằng chuyển vị hoặc bằng lực phải được chỉ rõ. Các đặc tính như tốc độ gia tải, giảm tải và vòng trễ phải được thể hiện.

### **9.3.6 Kết quả**

Với mỗi thí nghiệm, các kết quả, tất cả các bước gia tải (lực, mô men) và các biến dạng tương ứng (chuyển vị, góc quay) phải được cung cấp bằng số liệu hoặc ở dạng bản in hoặc bản điện tử. Các đồ thị tương quan giữa biến dạng - tải trọng chính cũng được thể hiện bằng biểu đồ. Với mỗi kiểu thí nghiệm, các ảnh chụp mô tả các cấu kiện bị phá hoại hoặc các cấu kiện có xuất hiện biến dạng dẻo phải được cung cấp. Những bộ phận bị phá hoại và các nguyên nhân gây ra phá hoại phải được chỉ ra. Cần phải có các giải thích rõ ràng đối với các kết quả thí nghiệm bất thường.

## 10 Đánh giá sức chịu tải, độ cứng qua việc thí nghiệm cấu hình giàn giáo và bộ phận kim loại

### 10.1 Tổng quan

Mục 10 được sử dụng cho tất cả các bộ phận bằng kim loại bao gồm các mối nối như các nút mô đun hoặc ở giữa các cấu kiện sàn và giằng ngang.

Kết quả thu được từ các thí nghiệm sẽ được đánh giá để xác định:

- giá trị đặc trưng khả năng chịu lực;
- độ cứng;
- độ rơ và;
- hệ số riêng  $\gamma_{R2}$

Bảng 2 chỉ ra các bước để xác định giá trị đặc trưng khả năng chịu lực. Phụ lục A minh họa quy trình cho các bước từ 1.1 đến 2.2 của Bảng 2 kèm theo ví dụ.

### 10.2 Hàm xấp xỉ

Một cách phổ biến, đường quan hệ giữa lực - chuyển vị hoặc mô men - góc xoay được xác định trong thí nghiệm khi gia tải và dỡ tải có thể được thể hiện bằng hàm xấp xỉ phù hợp bằng cách sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Một hàm xấp xỉ có thể được chấp nhận nếu hệ số tương quan  $R^2 \geq 0,95$ . Trong trường hợp không thể đạt được hệ số này cho toàn bộ đường cong bằng một hàm xấp xỉ thì có thể thiết lập thêm các hàm xấp xỉ khác.

Một đường thẳng nằm ngang được giả định quanh điểm 0 nhằm mô hình hóa độ rơ được xác định theo 10.10 để thu được một đường cong như trong Hình 1.

CHÚ THÍCH 1: Một ứng xử bất đối xứng ở hướng gia tải dương và âm phải sử dụng nhiều hơn một hàm xấp xỉ.

CHÚ THÍCH 2: Một chương trình tính có khả năng xác định một hàm xấp xỉ và hệ số tương quan.

CHÚ THÍCH 3: Khi sử dụng các hàm xấp xỉ dạng đa thức nên chú ý đến đoạn lượn sóng có thể xuất hiện ở các khoảng trống giữa các điểm giá trị đo được. Có thể lấy các giá trị tại các điểm phân bố gần đều nhau.

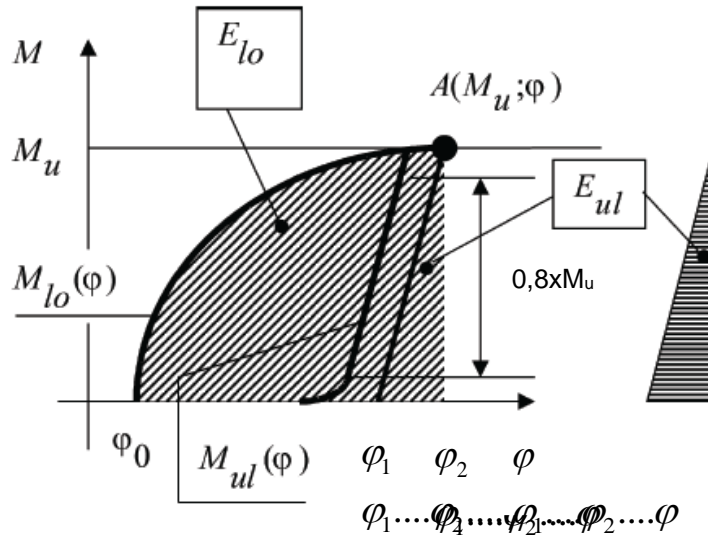
**Bảng 2 – Các bước để xác định giá trị đặc trưng khả năng chịu lực  $R_{k,nom}$**

Bước số	Bước xác định (n là số thứ tự kết quả thí nghiệm)	Mục
1.1	Hàm tương tự	10.2
1.2	Số $q_e$ đại diện cho sự tổn hao năng lượng của thí nghiệm thứ n	10.3
1.3	Giá trị cực hạn $r_{u,i}^a$ của thí nghiệm thứ n	10.4
1.4	Giá trị trung bình $\overline{q_e}$	10.5
1.5	Hệ số riêng $\gamma_{R2}$ phụ thuộc vào $\overline{q_e}$	
1.6	Điều chỉnh từng giá trị cực hạn $r_{u,i}^a$ tới $r_{u,i}^b$ phụ thuộc vào độ lệch của kích thước trên các mặt cắt ngang	10.6
2.1	Điều chỉnh từng giá trị cực hạn $r_{u,i}^b$ tới $r_{u,i}^c$ phụ thuộc vào đặc tính vật liệu trong trường hợp: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phá hoại vật liệu</li> <li>- Phá hoại ổn định</li> </ul>	10.7
3.1	Xác định giá trị đặc trưng cơ sở khả năng chịu lực $R_{k,b}$ theo phương pháp thống kê	10.8
3.2	Xác định giá trị đặc trưng khả năng chịu lực $R_{k,nom}$	10.9

Thông thường, chỉ cần xét đến các giá trị thí nghiệm trong khoảng 10 % và 90 % của tác động để tính toán cho đường cong khi dỡ tải. Đối với phần dưới 10 %, tương tự như phần trên 90 %, một đường thẳng có thể được sử dụng với độ dốc của hàm xấp xỉ cho giá trị 10 %, tương tự 90 %. Chấp nhận hàm xấp xỉ nếu hàm xấp xỉ không lệch đáng kể so với các đường thẳng này.

CHÚ THÍCH 4: Trong nhiều trường hợp, một đường thẳng có thể là hàm xấp xỉ phù hợp đối với đường cong dỡ tải.

Ví dụ được đưa ra trong Phụ lục A



Hình 1 - Ví dụ về sự tổn hao năng lượng trong trường hợp của đường cong  $M - \varphi$

### 10.3 Sự tổn hao năng lượng

Để đánh giá thêm, số  $q_e$  được tính toán từ công thức (1):

$$q_e = \frac{E_{lo}}{E_{ul}} \quad (1)$$

trong đó:

$E_{lo}$  là năng lượng được cung cấp trong quá trình gia tải, ví dụ trong Hình 1 ứng với công thức (2).

$$E_{lo} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_2} M_{lo}(\varphi) d\varphi \quad (2)$$

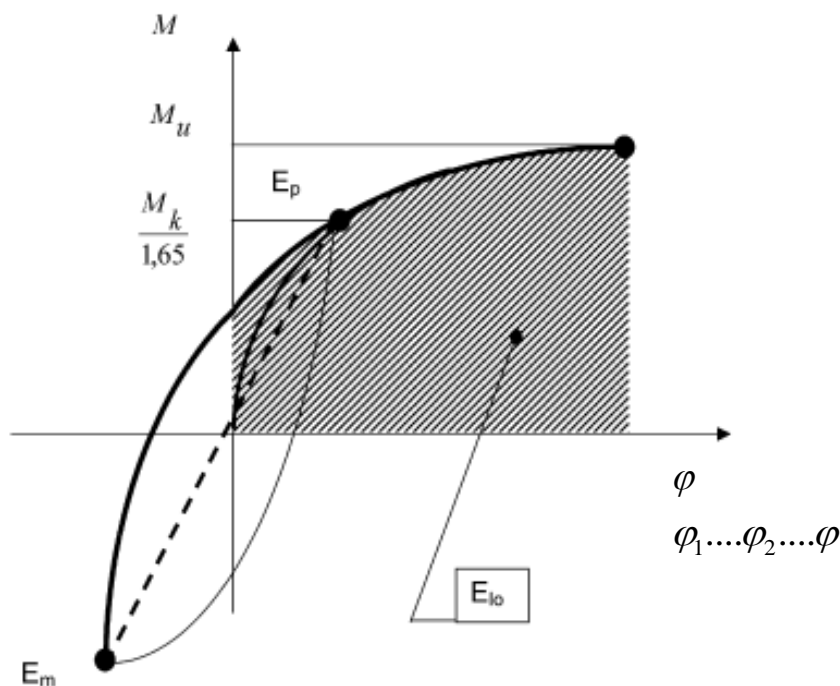
$$E_{ul} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_{ul}(\varphi) d\varphi \quad (3)$$

$E_{ul}$  là năng lượng lấy lại trong quá trình giảm tải, ví dụ trong Hình 1 phù hợp công thức (3).

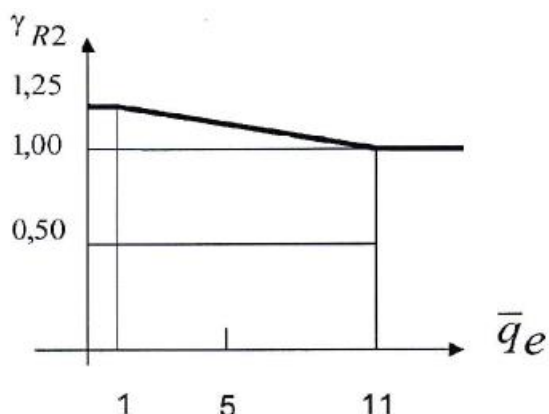
Nếu đường cong giảm tải  $M_{ul}(\varphi)$  trong Hình 1 không được xác định ở điểm A đường cong giảm tải cuối cùng trước khi phá hủy được xét đến và lấy song song và tịnh tiến với nó.

Trong trường hợp các kết quả thí nghiệm như ở Hình 2,  $E_{lo}$  phải được tính toán như phần diện tích gạch chéo. Lưu ý đối với các vòng lặp trễ, đường cong bao sẽ được lấy là đường cong gia tải, không phải là đường cong của cấp gia tải đầu tiên.

Các phương pháp đồ họa được cũng chấp nhận.



Hình 2 - Ví dụ việc xác định  $E_{lo}$  trong trường hợp có sự biến đổi của đường cong trễ



Hình 3 - Hệ số riêng  $\gamma_{R2}$  phụ thuộc vào  $\bar{q}_e$

#### 10.4 Khả năng chịu lực cực hạn $r_{u,i}^a$

Khả năng chịu lực cực hạn  $r_{u,i}^a$  trong thí nghiệm  $i$  sẽ được tính như là giá trị cực đại đầu tiên của đường cong lực - chuyển vị tương tự với đường cong mômen - góc xoay hoặc giá trị lực tương ứng với thời điểm  $q_e = 11$ , chọn giá trị nào xảy ra trước. Thông thường, đối với các mối nối có ma sát, ma sát trượt sẽ được tính toán như là giá trị cực hạn nếu sự trượt xảy ra. Nó có thể thấp hơn giá trị cực đại đầu tiên.

#### 10.5 Hệ số riêng $\gamma_{R2}$ phụ thuộc vào độ dẻo

Hệ số riêng  $\gamma_{R2}$  được xác định phụ thuộc vào  $\bar{q}_e$  trong công thức (5) được thể hiện ở Hình 3.  $\bar{q}_e$  là trung bình cộng của số  $q_e$  xác định cho một loạt thí nghiệm giống nhau (công thức (4)).

$$\bar{q}_e = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n q_e(i) \quad (4)$$

$$1,25 \geq \gamma_{R2} = -0,025 \times \bar{q}_e + 1,275 \geq 1,00$$

(5)

### 10.6 Điều chỉnh giá trị cực hạn $r_{u,i}^a$ đến $r_{u,i}^b$ theo sai lệch của các kích thước mặt cắt ngang

Các giá trị cực hạn  $r_{u,i}^a$  sẽ được điều chỉnh tới giá trị  $r_{u,i}^b$  để tính toán cho các thay đổi trong các kích thước thực của các mặt cắt ngang từ các mặt cắt danh nghĩa.

Mặc dù không làm tăng giá trị cực hạn, tuy nhiên, việc chiết giảm giá trị cực hạn tùy theo độ sai lệch của các đặc trưng mặt cắt ngang (ví dụ diện tích; cường độ chịu uốn; momen quán tính) từ giá trị danh nghĩa.

Đối với các cấu kiện chịu nén dọc trục (như cột, cột chống), việc chiết giảm có thể được thực hiện theo bảng dưới đây:

Độ lệch của tham số khống chế	Thực hiện
$d \leq 0,01$	Không cần chiết giảm
$0,01 < d \leq 0,10$	Chiết giảm tuyến tính
$0,10 < d$	Cần thí nghiệm với các cấu kiện mới

Đối với các bộ phận khác, không cần chiết giảm khi các kích thước có liên quan của các mặt cắt nằm trong sai số cho phép theo quy định. Trường hợp các kích thước nằm ngoài mức độ sai số cho phép theo quy định thì phải tiến hành thực hiện thí nghiệm với các bộ phận mới.

### 10.7 Điều chỉnh giá trị cực hạn $r_{u,i}^b$ đến $r_{u,i}^c$ theo các đặc trưng của vật liệu

Các giá trị cực hạn  $r_{u,i}^b$  sẽ được điều chỉnh thành giá trị  $r_{u,i}^c$  dựa vào tỷ lệ giữa giá trị thực với giá trị đặc trưng của vật liệu.

Việc điều chỉnh các giá trị cực hạn sẽ được thực hiện bằng công thức (6) trong đó  $\xi_a$  sẽ được lấy từ Bảng 3.

$$r_{u,i}^c = \frac{r_{u,i}^b}{\xi_a} \quad (6)$$

$$\xi_a = \xi_y \text{ nếu } 0 \leq \bar{\lambda} \leq 0,2 \quad (7)$$

$$\xi_a = \xi_y - (\xi_y - 1) \times \frac{\bar{\lambda} - 0,2}{d_M} \text{ nếu } 0,2 < \bar{\lambda} \leq (d_M + 0,2) \quad (8)$$

$$\xi_y = \frac{f_{y,a}}{f_{y,k}} \quad (9)$$

trong đó:

$d_M$  1,3 cho các bộ phận chế tạo từ thép;

$d_M$  1,5 cho các bộ phận chế tạo từ nhôm;

$d_M$  1,7 cho các bộ phận chế tạo từ vật liệu đúc;



$\bar{\lambda}$  độ mảnh tương ứng được xác định từ công thức (10):

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{ci}}} \quad (10)$$

$N_{pl}$  lực dọc trong điều kiện biến dạng dẻo hoàn toàn được xác định từ công thức:

$$N_{pl} = A_{nom} \times f_{y,k}$$

$A_{nom}$  diện tích mặt cắt ngang;

$f_{y,k}$  là giá trị đặc trưng của giới hạn chảy;

$f_{y,a}$  là giá trị thực của giới hạn chảy;

$N_{ci}$  là tải trọng tới hạn.

$N_{ci}$  được xác định cho các trường hợp mất ổn định tương ứng theo lý thuyết đàn hồi.

CHÚ THÍCH: Ví dụ  $N_{ci}$  sẽ được tính từ công thức (11) cho cột có hai đầu khớp với diện tích mặt cắt không đổi.

$$N_{ci} = \frac{\pi^2 \times (ExI)_k}{l^2} \quad (11)$$

trong đó:

$(ExI)_k$  giá trị đặc trưng độ cứng của mặt cắt ngang;

$l$  chiều dài cột;

**Bảng 3 - Điều chỉnh kết quả thí nghiệm dựa vào các dạng phá hoại**

STT	Dạng phá hoại	Hệ số điều chỉnh
1	Mất ổn định <sup>a)</sup>	$\xi_a$ được tính từ công thức (7) và (8)
2	Vỡ <sup>b)</sup>	$\xi_a = \xi_y$
3	Cong vênh	
4	Biến dạng lớn không bị phá hoại <sup>b)</sup>	
5	Trượt mối nối ma sát	Không chiết giảm

a) Sự phá hủy xảy ra đối với các cấu kiện chịu nén hoặc uốn, sự phát triển nhanh của biến dạng khi tăng thêm lượng nhỏ tải trọng.

b) Trường hợp một số cấu kiện phức tạp với các loại vật liệu khác nhau, nó cũng có thể phá hoại, hệ số chiết giảm bất lợi nhất sẽ được xét đến.

Nếu giới hạn bền chỉ có thể được xác định thông qua kiểm tra độ cứng thì  $f_{y,a}$  xác định bằng công thức (12):

$$f_{y,a} = f_{y,k} \times \frac{f_{u,a}}{f_{u,k}}$$

(12)

trong đó:

$f_{u,k}$  là giá trị đặc trưng của giới hạn bền;

$f_{u,a}$  là giá trị thực của giới hạn bền.

Giá trị  $f_{y,k} \equiv R_{eH}$  hoặc  $f_{y,k} \equiv R_{e0,2}$  và  $f_{u,k} \equiv R_m$  và  $\varepsilon_{u,k}$  sẽ được lấy từ các tiêu chuẩn có liên quan.

## TCVN xxxx:2022

Khi các tiêu chuẩn liên quan có xác định một khoảng cho độ giãn dài của vật liệu, lấy giá trị tối thiểu để tính cho  $\varepsilon_{u,k}$ .

Nếu việc xác định đặc tính vật liệu của các cấu kiện nhỏ hơn gặp khó khăn mặc dù các đặc tính ban đầu bị thay đổi trong suốt quá trình sản xuất hoặc các cấu kiện được chế tạo bằng vật liệu kim loại đúc thì việc điều chỉnh được giới hạn tới một giá trị do nhà sản xuất cam kết. Trong trường hợp này, nhà sản xuất sẽ đảm bảo rằng sức chịu tải của bộ phận tương ứng không nhỏ hơn giá trị được cam kết trong quá trình sản xuất.

Khi một vùng hợp kim nhôm bị ảnh hưởng bởi nhiệt có thể dẫn đến phá hoại hệ số chiết giảm sẽ được đánh giá bằng các đặc trưng liên quan đến vật liệu mà không bị ảnh hưởng bởi nhiệt.

Nếu mối quan hệ giữa ứng suất chảy của các cấu kiện quan trọng trong cấu hình và giá trị cực hạn của đặc trưng liên quan được xác định bằng các thí nghiệm, thì sự điều chỉnh các giá trị cực hạn có thể thực hiện bằng nội suy.

### 10.8 Xác định giá trị đặc trưng cơ sở khả năng chịu lực $R_{k,b}$ theo phương pháp thống kê

Các giá trị cực hạn đã được điều chỉnh  $r_{u,i}^c$  phải được đánh giá theo phương pháp thống kê để xác định giá trị đặc trưng cơ sở của sức kháng  $R_{k,b}$  khi đó  $R_{k,b}$  được xác định ở điểm phân vị 5 % cho mức độ tin cậy 75 %. Bảng 4 đưa ra các giá trị cho  $k_{sk}$ . Thông thường, có thể sử dụng một hàm phân bố chuẩn logarit. Phụ lục B ví dụ minh họa cho một quy trình tính toán.

### 10.9 Xác định giá trị đặc trưng khả năng chịu lực $R_{k,nom}$

Giá trị đặc trưng khả năng chịu lực  $R_{k,nom}$  được tính toán từ các giá trị đặc trưng cơ sở  $R_{k,b}$  bằng công thức (13). Hệ số riêng  $\gamma_{R2}$  được tính phụ thuộc vào  $\bar{q}_e$  theo 10.5.

$$R_{k,nom} = \frac{R_{k,b}}{\gamma_{R2}} \quad (13)$$

**Bảng 4 - Các hệ số phân vị  $k_{sk}$  (phân vị: 5 %; mức độ tin cậy: 75 %)**

n			3	4	5	6	7	8	9	10
$k_{sk}$			3,15	2,68	2,46	2,33	2,25	2,19	2,14	2,10
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$k_{sk}$	2,07	2,05	2,03	2,00	1,99	1,98	1,96	1,95	1,94	1,93
n	21	22	23	24	25	30	35	40	45	50
$k_{sk}$	1,92	1,92	1,91	1,90	1,90	1,87	1,85	1,83	1,82	1,81

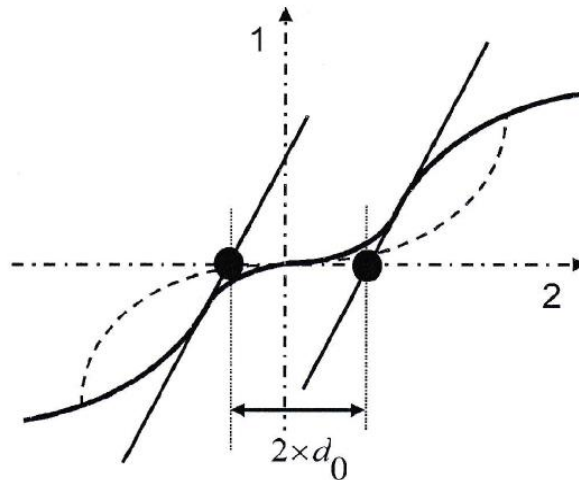
### 10.10 Đánh giá độ rơ và độ cứng

Các kết quả của chu kỳ thứ ba trong chu trình thử tải, được sử dụng để đánh giá độ rơ và độ cứng.

Độ rơ ban đầu,  $d_0$  (nhìn Hình 4) sẽ được xác định như sau:

Khi dạng đường cong tương ứng với Hình 1, độ rơ ban đầu thu được bằng việc ngoại suy các đường cong lực - biến dạng về trục hoành như Hình 4. Khoảng cách giữa hai điểm giao cắt đó bằng hai lần giá trị độ rơ ban đầu. Giá trị trung bình  $\bar{d}_0$  thu được từ giá trị nhỏ nhất của năm thí nghiệm được sử dụng.

Khi hình dạng đường cong tương ứng với Hình 2, độ rơ ban đầu bằng 0.



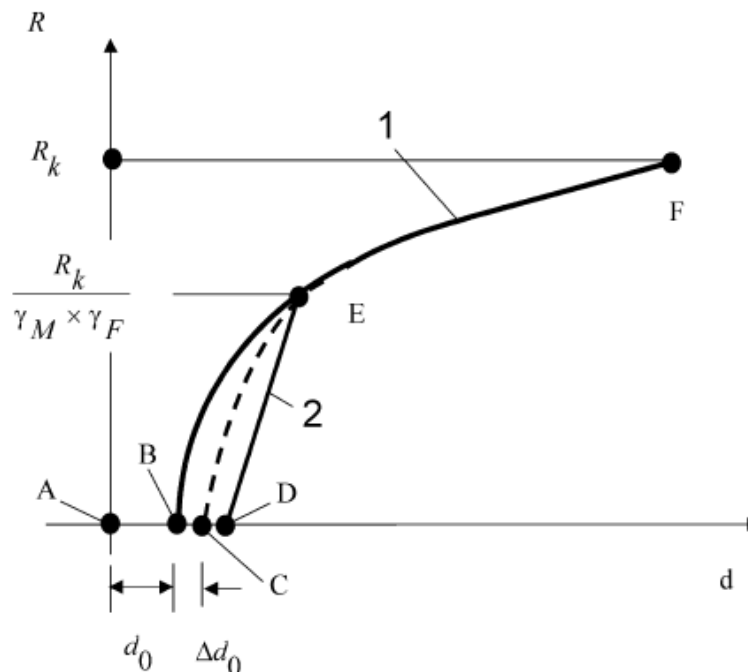
CHÚ DẪN:

1. Biến dạng
2. Tải trọng

**Hình 4 - Xác định độ rơ ban đầu**

Khi hình dạng đường cong tương ứng như Hình 1, các hàm xấp xỉ cho loạt n thí nghiệm được sử dụng để đánh giá (xem Hình 1 và Hình 5).

- Đường cong trung bình  $R_{lo,mean}$  (BEF) của tất cả các đường cong gia tải;
- Đường cong trung bình  $R_{ul,mean}$  (DE) của tất cả các đường cong giảm tải bắt đầu từ điểm E hoặc lân cận nó; thông thường, đường cong xấp xỉ có thể được sử dụng;
- Đường cong (CE) ở chính giữa  $R_{lo,mean}$  và  $R_{ul,mean}$ .



CHÚ DẪN:

- 1  $R_{lo}$ , trung bình
- 2  $R_{ul}$ , trung bình
- $d_0$  Độ rơ ban đầu
- $\Delta d_0$  Độ rơ cộng thêm

**Hình 5 - Đánh giá độ cứng**

## TCVN xxxx:2022

Khi hình dạng đường cong tương ứng với Hình 2, đường thẳng nối giữa điểm 0 và giá trị trung bình của  $E_p$  và đường thẳng nối giữa điểm 0 và  $E_m$  có thể được sử dụng.

Các phần (CE) cũng như (CF) của các đường cong có thể được hồi quy tuyến tính bởi các đường cánh cung.

Kết quả các mối quan hệ độ cứng được sử dụng như là đặc trưng lực - biến dạng cho các tính toán tĩnh.

Tùy thuộc vào hệ số biến động  $v_x$  của độ cứng  $c_i$  (xem công thức (14)), giá trị đặc trưng của độ cứng sẽ được xác định như dưới đây:

Hệ số biến động $v_x$	Giá trị đặc trưng của độ cứng $c_k$
$v_x \leq 0,10$	$\bar{c}$
$0,10 < v_x \leq 0,20$	$0,9 \times \bar{c}$
$0,20 < v_x \leq 0,30$	$0,8 \times \bar{c}$
$0,30 < v_x \leq 0,40$	$0,7 \times \bar{c}$
$0,40 < v$	Cấu hình cần được thiết kế lại

Trong cả hai trường hợp (Hình 1 và Hình 2), có thể sử dụng các mối quan hệ độ cứng giống nhau với hướng tải trọng dương và âm với điều kiện là độ nghiêng tuyến tính tại hướng tải trọng dương  $\bar{c}_{pp}$  nằm giữa  $C_p$  và  $E_p$  (xem Hình 5), tương ứng độ nghiêng tuyến tính  $\bar{c}_{pp}$  nằm giữa điểm 0 và  $E_p$  (xem Hình 2), và độ nghiêng tuyến tính tại hướng tải trọng âm  $\bar{c}_{mm}$  nằm giữa  $C_m$  và  $E_m$  (tương tự như Hình 5), tương ứng độ nghiêng tuyến tính  $\bar{c}_{mm}$  nằm giữa điểm 0 và  $E_m$  (tương tự như Hình 2), sai số không quá 10 % (xem phương trình 15).

Trong phạm vi này, chỉ số "p" biểu thị dương, chỉ số "m" biểu thị âm của hướng tải trọng. Chỉ số kép "pp", tương ứng "mm", biểu thị giá trị trung bình từ n thí nghiệm được thực hiện.

$$v_x = \frac{S_x}{\bar{x}} \quad (14)$$

trong đó:

$S_x$  độ lệch chuẩn cho kết quả của n thí nghiệm;

$\bar{x}$  là giá trị trung bình của n kết quả thí nghiệm  $c_{pi}$ ,  $c_{mi}$ .

trong đó ký hiệu p biểu thị cho hướng tải trọng dương và ký hiệu m biểu thị cho hướng tải trọng âm.

$$\left| \frac{\bar{c}_{pp} - \bar{c}_{mm}}{\bar{c}_{pp} + \bar{c}_{mm}} \right| \times 100 \leq 10 \quad (15)$$

Khi phương trình (15) thỏa mãn, dùng một đường thẳng giữa  $E_p$  và  $E_m$  cho loại đường cong được cho trong Hình 2.

Để xác định các đường cong trung bình, phải sử dụng biến dạng dọc theo các đường thẳng của khả năng chịu lực không đổi của sức kháng cố định sẽ được sử dụng. Khi tính độ cứng trung bình, phải sử dụng giá trị nghịch đảo.

Phụ lục C ví dụ minh họa cho một quy trình tính toán.

## Phụ lục A

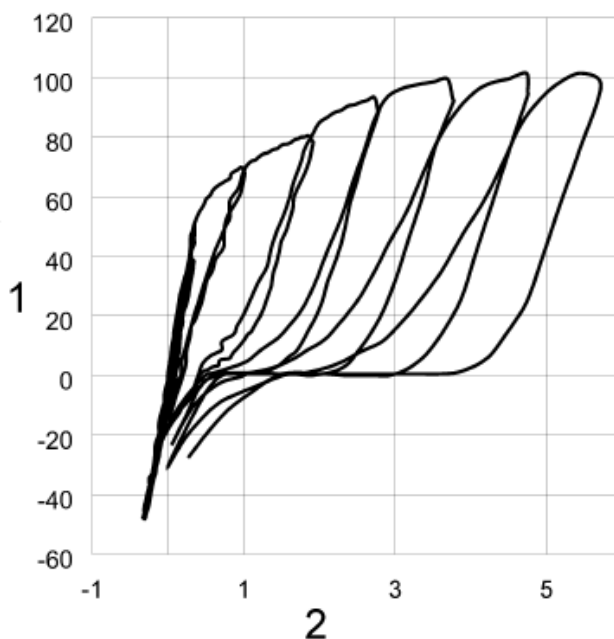
(Tham khảo)

Ví dụ về việc xác định hàm xấp xỉ, số  $q_e$  của tổn hao năng lượng và hệ số riêng  $\gamma_{R2}$

### A.1 Cơ sở

Ví dụ, xét hệ liên kết thanh ngang - đứng của nút mô đun, cụ thể là mô men đỉnh nối dương, Hình A.1 minh họa đường cong mô men - góc xoay của một thí nghiệm.

Theo 7.1, các thí nghiệm chất tải theo chu kỳ đã được thực hiện. Các giá trị:



#### CHÚ DẪN:

1. Mô men [kN.cm]
2. Góc xoay [°]

**Hình A.1 - Thí nghiệm cấu hình; hệ kết nối thanh ngang - đứng; momen – góc xoay**

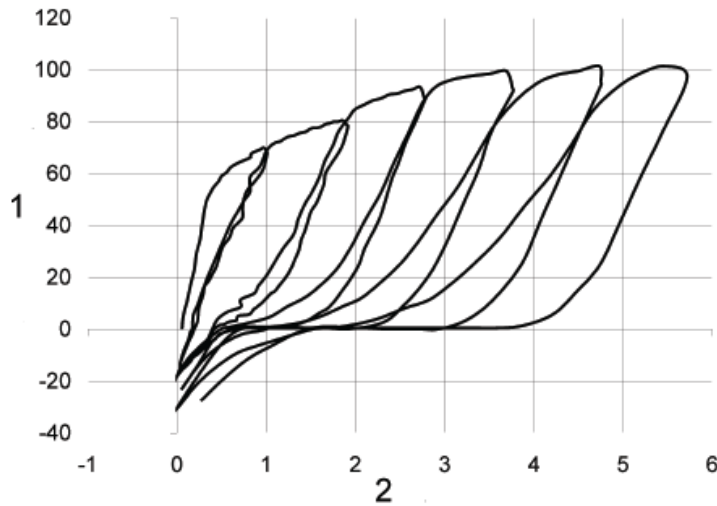
$\frac{R_k^+}{1,1 \times 1,5}$  và  $\frac{R_k^-}{1,1 \times 1,5}$  được xác định bằng  $\pm 40$  kNcm. Theo mục 7.2.2.1, các chu kỳ được thực hiện cho

$\pm 40$  kNcm. Sau đó, các thí nghiệm sẽ được tiếp tục ở hướng mô men dương cho đến khi phá hoại. Tổng cộng tiến hành 10 thí nghiệm.

CHÚ THÍCH: Trong ví dụ, các chu kỳ cũng đã được thực hiện ở các mức  $\pm 20$  kNcm và  $\pm 48$  kNcm.

### A.2. Các hàm xấp xỉ

Hình A.2 minh họa một phần đường cong mô men - góc xoay của Hình A.1 sau vòng tải lặp thứ ba.

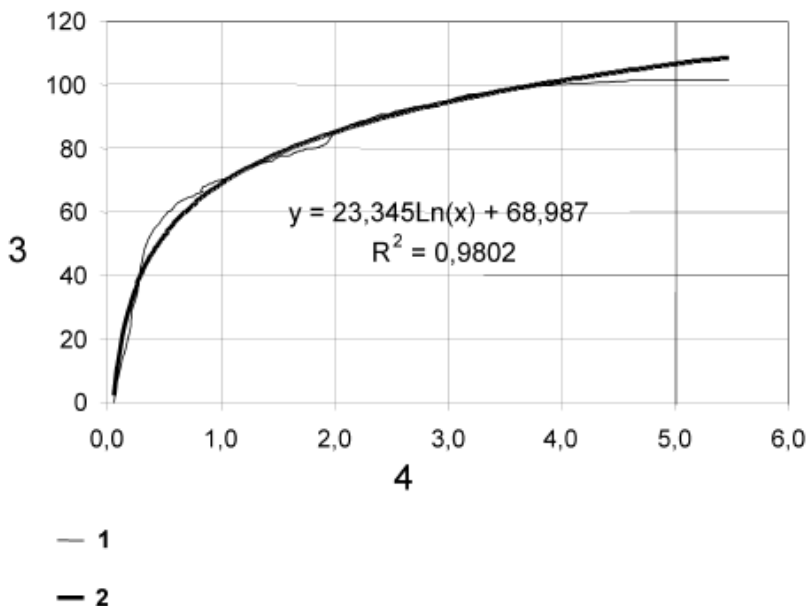


CHÚ DẪN:

- 1. Mô men [kN.cm]
- 2. Góc quay [°]

**Hình A.2 - Đường cong mô men góc xoay của Hình A.1 không bao gồm các phần gia tải theo chu kỳ lặp của các đường cong**

Hình A.3 minh họa đường cong xấp xỉ mà không có phần đường cong giảm tải và hàm xấp xỉ  $M_{lo} = 23,345.x \ln \varphi + 68,987$  (đường đậm) được xác định bằng chương trình tính. Trong trường hợp này một hàm logarit tự nhiên là thích hợp. Hệ số tương quan tính toán  $R^2 = 0,9802 \geq 0,95$  thỏa mãn các yêu cầu tại mục 10.2.

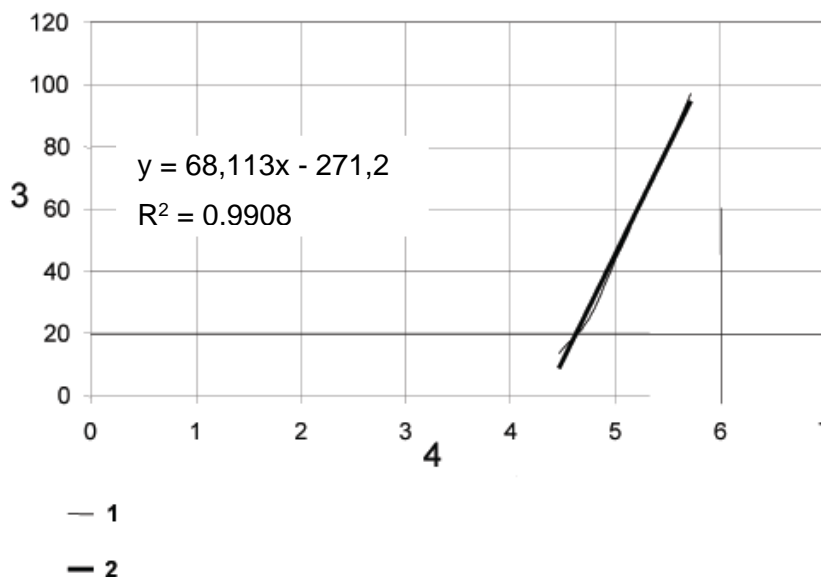


CHÚ DẪN:

- 1. Giá trị thí nghiệm; 2. Hàm logarit; 3. Mô men [kN.cm]; 4. Góc xoay [°]

**Hình A.3 – Đường cong mô men - góc xoay ở hình A.2 không có phần đường cong giảm tải**

Hình A.4 minh họa đường cong xấp xỉ cho các phần giảm tải gần các mô men phá hoại  $M_{ul}^* = 68,113\varphi - 294,68$ . Để xác định các hàm này, chỉ những giá trị thí nghiệm nằm giữa 10 % và 90% của các tác động được đưa vào tính toán phù hợp mục 10.2. Hệ số tương quan thu được  $R^2 = 0,9908$  đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của mục 10.2.



CHÚ DẪN:

- 1 Các giá trị thí nghiệm
- 2 Đường tuyến tính
- 3 Momen [kN.cm]
- 4 Góc xoay [°]

#### Hình A.4 – Đường cong mô men - góc xoay ở hình A.1 cho phần giảm tải cuối cùng

Đường cong tương tự cho phần dỡ tải được tịnh tiến song song cho đến khi nó chạy qua điểm P1 (5,47; 101,4) của mômen phá hoại  $M_{ul} = 101,4 \text{ kN.cm}$ . Kết quả là  $M_{ul} = 68,113\varphi - 271,2$ .

### A.3. Tổn hao năng lượng

Theo công thức 10.3, các tích phân  $E_{lo}$  và  $E_{ul}$  được xác định bằng hàm số (A.1):

$$E_{lo} = \int_{0,052}^{5,47} (23,345 \ln \varphi + 68,987) d\varphi = 467,9 \quad (\text{A.1})$$

CHÚ THÍCH 1: Để tính tích phân  $E_{lo}$ , hàm xấp xỉ được xét đến cho đến góc quay 5,47°, mặc dù momen cho góc xoay này lớn hơn, nhưng không lớn hơn đáng kể momen phá hoại 101,4 kN.cm. Các độ lệch của hàm xấp xỉ sẽ không ảnh hưởng đáng kể đến ý nghĩa của kết quả tích phân.

$$E_{ul} = \int_{3,98}^{5,47} (68,113\varphi - 271,2) d\varphi = 75,5 \quad (\text{A.2})$$

CHÚ THÍCH 2: Để tính tích phân  $E_{ul}$  (xem công thức (A.2)), đường thẳng được thiết lập cho đến điểm phá hoại thực ( $M_{ul} = 101,4 \text{ kN.cm}$ ;  $\varphi_u = 5,47^\circ$ ).

Với các giá trị này, tỉ số (A.3) có kết quả:

$$q_e = \frac{467,9}{75,5} = 6,20 \quad (\text{A.3})$$

**A.4. Hệ số riêng  $\gamma_{R2}$** 

Bảng A.1 đưa ra các kết quả của số  $q_e$  từ 10 thí nghiệm:

**Bảng A.1 – Số  $q_e$** 

Phép kiểm tra thứ i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$q_e(i)$	5,95	6,02	6,03	6,18	6,20	6,29	6,35	6,39	6,43	6,50

Theo công thức 10.5 giá trị trung bình của số  $q_e(i)$  được xác định bằng công thức (A.4):

$$\bar{q}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_e(i) = 6,23 \quad (\text{A.4})$$

Hệ số riêng  $\gamma_{R2}$  được xác định như công thức (A.5) như sau:

$$\gamma_{R2} = -0,025 \times \bar{q}_e + 1,275 = 1,12 \quad (\text{A.5})$$



**PHỤ LỤC B**

(Tham khảo)

**Ví dụ về đánh giá thống kê kết quả thí nghiệm  
và xác định giá trị đặc trưng khả năng chịu lực****B.1. Cơ sở**

Ví dụ, xét hệ kết nối thanh ngang - đứng của nút mô đun được thực hiện, cụ thể là mô men điểm nút dương, Hình A.1 minh họa đường cong mô men – góc xoay của một thí nghiệm. Các kết quả thí nghiệm  $r_{u,i}^a$  được xác định tại vị trí cực đại đầu tiên của đường cong mô men – góc xoay tương ứng theo mục 10.4. Sau khi đánh giá kết quả theo các mục 10.6 và 10.7, ta có 10 giá trị  $r_{u,i}^c$  trong Bảng B.1 sau đây:

**Bảng B.1 – Các kết quả thí nghiệm riêng  $r_{u,i}^c$** 

1	Thí nghiệm thứ i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	$r_{u,i}^c$ kN.cm	75,7	76,8	77,2	77,9	78,1	78,8	79,5	80,2	81,8	83,2
3	$y_i = \ln(r_{u,i}^c)$	4,327	4,341	4,346	4,355	4,358	4,367	4,376	4,385	4,404	4,421

**B.2. Các tính toán**

**B.2.1** Các giá trị  $r_{u,i}^c$  được chuyển sang giá trị logarit  $y_i$  sử dụng công thức (B.1)

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (\text{B.1})$$

Ví dụ trong Bảng B.1, có các kết quả:  $\bar{y} = 4,368$  và  $S_y = 0,02907$ .

**B.2.2** Giá trị trung bình của các giá trị  $y_i$  được tính từ công thức B.2 và độ lệch tiêu chuẩn từ công thức B.3

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (\text{B.2})$$

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (\text{B.3})$$

Ví dụ trong Bảng B.1, có các kết quả:  $\bar{y} = 4,368$  và  $S_y = 0,02907$ .

**B.2.3** Điểm phân vị 5% được tính từ công thức (B.4) với mức độ tin cậy 75 %

$$y_5 = \bar{y} - k_{s,k} \times S_y \quad (\text{B.4})$$

Ví dụ ở Bảng B.1, điểm phân vị trở thành điểm  $y_5 = 4,307$ , trong đó hệ số  $k_{s,k} = 2,10$  được lấy từ Bảng 4 với  $n = 10$ .

**B.2.4** Biến đổi logarit nghịch đảo để đạt được giá trị đặc trưng cơ sở bằng cách sử dụng công thức (B.5)

$$R_{k,b} = e^{(y_5)} \quad (\text{B.5})$$

Điều này có nghĩa:  $R_{k,b} = 74,2$  kN.cm.

**B.2.5** Giá trị đặc trưng của momen được tính từ công thức (13). Với hệ số riêng  $\gamma_{R2} = 1,12$  từ phụ lục A, giá trị đặc trưng của momen  $R_{k,nom} = 66,25 \text{ kN.cm}$ .

**PHỤ LỤC C**

(Tham khảo)

**Ví dụ về đánh giá độ cứng****C.1. Cơ sở**

Ví dụ, xét nút mô đun của liên kết nối thanh ngang - đứng, cụ thể là momen điểm nút dương, Hình A.1 minh họa đường cong mô men - góc xoay của một thí nghiệm. Loại đường cong tương ứng với Hình 2.

Các giá trị  $c_p$  và  $c_m$  (xem 10.10) cho ở chu kỳ thứ ba với mức tải trọng  $\pm 1,0 \times \frac{R_k}{1,1 \times 1,5}$  và các giá trị trung

bình  $c_{p,7}$  và  $c_{m,7}$  được liệt kê trong Bảng C.1

**Bảng C.1 – Các độ cứng  $c_p$  và  $c_m$  cho thí nghiệm trong Hình A.1**

Chu kỳ số	kN.cm/[°]	
	$c_{p,7}$	$c_{m,7}$
1	136,2	132,7
2	152,3	132,7
3	152,3	134,3
	$\bar{c}_{p,7} = 147,0$	$\bar{c}_{m,7} = 133,2$

CHÚ THÍCH: Một tịnh tiến nhỏ của điểm 0 trong đường cong momen - góc xoay của Hình A.1 đã được điều chỉnh.

Tương tự, độ cứng cho các thí nghiệm khác đã được xác định. Các kết quả của 10 thí nghiệm được liệt kê trong Bảng C.2

**Bảng C.2 – Các độ cứng  $c_p$  và  $c_m$  cho 10 thí nghiệm kiểm tra**

1	Thí nghiệm số	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	$\bar{c}_{p,i}$	kN.cm/[°]	139,8	142,5	144,1	145,2	145,5	146,7	147,0	148,3	149,0	150,1
3	$\bar{c}_{m,i}$		127,6	128,8	130,1	130,3	131,5	132,1	133,2	133,9	135,0	137,4

**C.2. So sánh độ cứng trung bình ở tải trọng dương  $\bar{c}_{pp}$  và tải trọng âm  $\bar{c}_{mm}$** 

Theo mục 10.10, giá trị trung bình của độ cứng được tính toán bằng cách sử dụng các giá trị nghịch đảo. Đối với độ cứng ở Bảng C.2, các giá trị trung bình từ các công thức (C.1) và công thức (C.2) cho kết quả với số lượng các thí nghiệm  $n = 10$ :

$$\bar{c}_{pp} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{c_{p,i}}} = 145,8 \text{ kN.cm/l}^{\circ} \quad (\text{C.1})$$

$$\bar{c}_{mm} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{c_{m,i}}} = 131,9 \text{ kN.cm/l}^{\circ} \quad (\text{C.2})$$

Áp dụng công thức (15) thu được công thức (C.3) như sau:

$$\frac{145,8 - 131,9}{145,8 + 131,9} \times 100 = 5,0\% < 10\%$$

(C.3)

Do độ dốc trung bình tuyến tính ở các hướng tải trọng dương và tải trọng âm khác biệt không quá 10%, đường thẳng nối giữa điểm  $E_p$  và  $E_m$  có thể được sử dụng như là mô men đánh giá của cả liên kết.

**C.3. Độ cứng**

Để tính toán tĩnh, mối tương quan độ cứng của liên kết thanh ngang - đứng, cụ thể mô men điểm nút có thể được lấy từ đường cong mô men – góc xoay xác định bằng các công thức (C.1), (C.5) và (C.6).

Đối với các mô men trên:  $\pm \frac{R_k}{1,1 \times 1,5} = \pm 40 \text{ kN.cm}$ , đường cong mô men – góc xoay được tuyến tính hóa

phù hợp với mục 10.10. Góc xoay trung bình cho  $R_k = 66,0 \text{ kN.cm}$  và cho  $R_k = -66,0 \text{ kN.cm}$  cũng không sai khác nhiều hơn 10 %. Do đó, có thể chấp nhận giá trị trung bình là  $\pm 0,88^\circ$ .

CHÚ THÍCH: Các kết quả cho mô men điểm nút âm không đề cập trong tài liệu này.

Hàm được đưa ra ở công thức (C.4) áp dụng cho đến các momen  $\pm \frac{R_k}{1,1 \times 1,5} = \pm 40 \text{ kN.cm}$

$$M(\varphi) = 138,9 \times \varphi \tag{C.4}$$

Độ dốc 138,9 là giá trị trung bình của  $\overline{c_{pp}}$  và  $\overline{c_{mm}}$

Đối với các momen lớn hơn  $\frac{R_k}{1,1 \times 1,5}$  cho đến  $R_k = 66,0 \text{ kN.cm}$ , phương trình cho trong công thức (C.5).

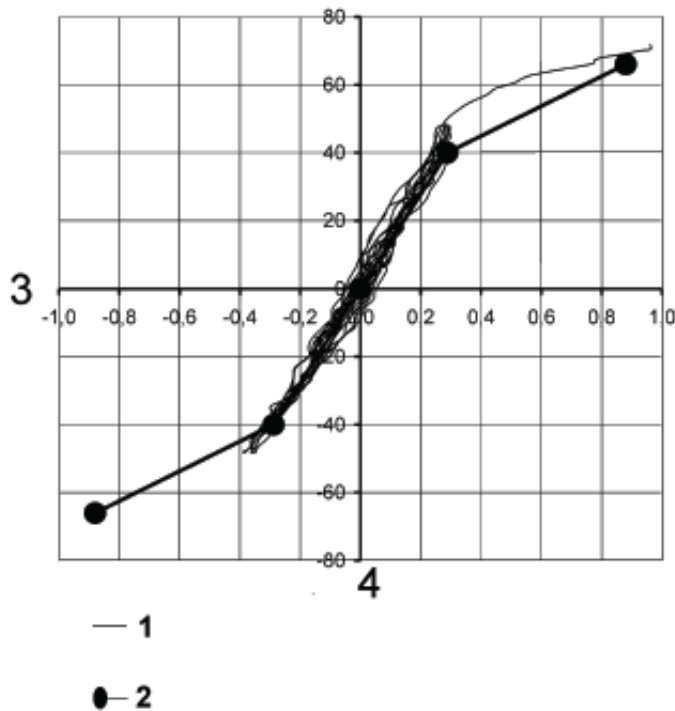
Đối với các momen nhỏ hơn  $-\frac{R_k}{1,1 \times 1,5}$  cho đến  $R_k = -66,0 \text{ kN.cm}$ , phương trình của công thức (C.6)

điều chỉnh.

$$M(\varphi) = 43,915 \times \varphi + 27,351 \tag{C.5}$$

$$M(\varphi) = 43,915 \times \varphi - 27,351 \tag{C.6}$$

Hình C.1 minh họa đồ thị của các phương trình (C.4), (C.5) và (C.6) thêm vào một phần của đường cong thí nghiệm trong Hình A.1.



CHÚ DẪN:

1 Các giá trị thử; 2 Hàm xấp xỉ; 3 Mô men [kN.cm]; 4 Góc quay [°]

**Hình C.1 – Đường cong momen – góc xoay đã đánh giá cho một đường cong thí nghiệm**

**Thư mục tài liệu tham khảo**

EN 1993-1-3:1996, Eurocode 3: Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-3: Quy tắc chung – Quy tắc bổ sung cho thép tấm và thép kết cấu thành mỏng dẹt nguội.

---