

# ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA TỐC ĐỘ GIA TẢI ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CỦA MẪU THÉP TRÒN QUA THÍ NGHIỆM KÉO THÉP

## ASSESSMENT OF THE EFFECT OF STRESS RATE TO TENSILE STRENGTH OF REBAR SAMPLE BY TENSILE TESTING

BÙI QUỐC BÌNH\*, PHẠM VĂN SỸ

Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

\*Email liên hệ: binhbq.ctt@vamaru.edu.vn

### Tóm tắt

Thí nghiệm kéo thép là một trong những thí nghiệm quan trọng nhất của các thí nghiệm kỹ thuật cho thép cốt bê tông. Trong bài báo này, các thí nghiệm kéo thép được thực hiện với các mẫu thử là thanh thép vằn CB-300V của Công ty LDSX Thép VINAUSTEEL có đường kính 12, 14 và 16mm. Quá trình thí nghiệm tuân theo TCVN197-1:2014 - phương pháp B với máy kéo WA-1000. Các giá trị “Giới hạn chảy trên”, “Giới hạn chảy dưới”, “Giới hạn bền kéo” được xác định thông qua thí nghiệm với hiện tượng phá hủy tương ứng. Ảnh hưởng của tốc độ gia tải (tốc độ ứng suất) đến các giá trị trên của vật liệu được phân tích, từ đó, các tác giả kiến nghị dải tốc độ gia tải phù hợp.

**Từ khóa:** TCVN197-1:2014, CB300-V, giới hạn chảy trên, giới hạn bền kéo, tốc độ ứng suất.

### Abstract

The tensile test is one of the most important of engineering tests for concrete reinforcement bars. In this paper, steel tensile tests were carried out with test specimens of CB-300V rebar of VINAUSTEEL Company with diameters of 12, 14 and 16mm. The process of endurance testing according to TCVN197-1:2014 - method B with WA-1000 testing machine. The values of “upper yield strength”, “lower yield strength”, “tensile strength” were determined through experiment with the fracture subjects respectively. The effect of the loading rate (stress rate) on those values was analyzed, based on that, authors suggest the appropriate loading rate range.

**Keywords:** TCVN197-1:2014, CB300-V, upper yield strength, tensile strength, stress rate.

xác định các chỉ tiêu cơ học và vật lý của mẫu thép cốt bê tông là cần thiết. Xác định cường độ chịu kéo là chỉ tiêu cơ học cơ bản trong thí nghiệm đối với thép tròn. Công tác thí nghiệm này được thực hiện trong những phòng thí nghiệm hợp chuẩn với quy trình thí nghiệm yêu cầu tuân theo các tiêu chuẩn hiện hành.

Tiêu chuẩn thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo của thép hiện đang sử dụng ở nước ta là TCVN 197-1:2014, tiêu chuẩn này được biên soạn dựa chủ yếu vào tiêu chuẩn ISO 6892-1:2009 (có tham khảo - không viện dẫn tiêu chuẩn ASTM A370, ASTM Designation E8/E8M-16a).

Trong tiêu chuẩn này, trình tự xác định cường độ chịu kéo đã được nêu cụ thể. Tuy nhiên việc xác định và sử dụng tốc độ gia tải khi kéo chưa được đề cập chi tiết trong tiêu chuẩn, vì một số lý do mà việc đề xuất dải tốc độ thử nghiệm được khuyến cáo là sẽ đề cập sau khi chỉnh sửa hay biên soạn mới tiêu chuẩn [1].

Quá trình thí nghiệm thực tế cho thấy nhiều kỹ thuật viên thí nghiệm gia tải chưa tuân thủ tiêu chuẩn một cách nghiêm ngặt. Các báo cáo cũng không đề cập chi tiết đến tốc độ gia tải (tốc độ ứng suất) mà chỉ tập trung cho các giá trị “Giới hạn chảy trên”, “Giới hạn chảy dưới”, “Giới hạn bền kéo”, “Độ dẫn dài/độ dẫn dài tương đối” - là các chỉ tiêu cơ học trực tiếp dùng để kết luận lô thép có đáp ứng yêu cầu thiết kế và được sử dụng cho công trình hay không.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã chuẩn bị các tổ mẫu thử bằng thanh thép vằn đường kính 12mm (D12), thí nghiệm kéo bằng máy kéo nén vạn năng WA-1000 (loại hiển thị kết quả trực tiếp, không có máy tính điều khiển) với các tốc độ gia tải (tốc độ ứng suất) tăng dần từ 0,5kN/s-4,0kN/s, kiểm nghiệm lại với các tổ mẫu D14, D16. Phân tích kết quả và đưa ra kiến nghị dải tốc độ phù hợp với từng nhóm đường kính.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu

Thí nghiệm trong phần nghiên cứu này sử dụng thanh thép vằn dùng làm cốt trong các kết cấu bê

## 1. Mở đầu

Trong xây dựng hiện nay, kết cấu bê tông cốt thép là vật liệu được sử dụng rộng rãi với nhiều dạng khác nhau như dầm, bản, cột, vòm,... trong đó bê tông cốt thép sử dụng thanh cốt mềm (cốt tiết diện tròn) chiếm đa số. Trước khi đưa vào sử dụng, việc



Hình 1. Các bó thép tại kho của đại lý VINAUSTEEL



Hình 3. Vạch dấu đoạn 50mm và ký hiệu các thanh của tổ mẫu



Hình 2. Ký hiệu của nhà sản xuất trên thanh thép  
(logo của nhà sản xuất, ký hiệu mác thép viết tắt CB3,  
đường kính d12)



Hình 4. Máy kéo nén vạn năng WA-1000

(Công ty TNHH chế tạo thiết bị nghi khí Long Chấn vĩ  
ngành, Hà Bắc, Trung Quốc chế tạo)

tông cốt thép với mác thép CB300-V của Công ty Liên doanh sản xuất Thép VINAUSTEEL. Ở giai đoạn thí nghiệm thứ nhất, sử dụng thép có đường kính danh nghĩa thanh  $D=12\text{mm}$ , diện tích danh nghĩa mặt cắt ngang  $A_n=113\text{mm}^2$ , khối lượng 1m dài là  $0,888\text{kg/m}$  với sai lệch cho phép  $\pm 6\%$  [2]. Thép mẫu được chế bị từ cây thép thẳng dài 11,7m (Hình 1, 2).

## 2.2. Chế bị mẫu thử

Căn cứ TCVN197-1: 2014 phụ lục D, các thanh mẫu được cắt trực tiếp từ thanh thép nguyên bằng máy cắt cầm tay, vị trí cắt quán khảm ẩm để giảm nhiệt do đĩa ma sát cắt thép tạo ra (thanh mẫu không qua tiện giám cấp). Mỗi tổ mẫu thử gồm 03 thanh, mỗi thanh có chiều dài phân thí nghiệm là  $L_c=250\text{mm}$  (Hình 3), chiều dài phần đầu để kẹp trong ngàm kẹp mỗi phía là 100mm, tổng chiều dài của một thanh mẫu thử là  $L_t=450\text{mm}$  [1].

Các thanh mẫu thử được vạch dấu các đoạn

50mm và ghi ký hiệu để tiện theo dõi trong quá trình thí nghiệm (Hình 3). Sau khi chế bị mẫu, các tổ mẫu được bao gói bằng bạt đũa mỏng, quấn băng dính và vận chuyển đến phòng thí nghiệm, bảo quản trên giá khô thoáng, đảm bảo cách xa mặt nền để không bị ẩm gây gỉ thanh mẫu.

## 2.3. Thiết bị và trình tự thí nghiệm

Toàn bộ các tổ mẫu được thí nghiệm kéo trong điều kiện nhiệt độ phòng bằng máy kéo nén vạn năng WA-1000 (Hình 4). Quá trình thử kéo các tổ mẫu được thực hiện theo phương pháp B-TCVN197-1: 2014.

Thanh mẫu thử được đưa lên giá, cố định 2 đầu thanh mẫu bằng mâm kẹp (Hình 5), kiểm tra và hiệu chỉnh độ đúng tâm của thanh mẫu. Thiết lập chế độ gia tải và chạy máy. Quan sát màn hình hiển thị nếu phát hiện có hiện tượng bất thường về các chỉ số và đồ thị “biểu diễn mối quan hệ ứng suất - biến dạng” trong

quá trình kéo thì dùng máy, thay thanh mẫu khác và thử lại. Quá trình kéo thanh thép mẫu được thực hiện đến khi thanh mẫu đứt hẳn (thông thường trong thí nghiệm, các kỹ thuật viên hạn chế việc này, chỉ kéo đến khi xuất hiện khu vực có tiết diện giảm yếu rõ rệt là dừng để tránh hại bộ gia tải thủy lực và ngàm kẹp). Sơ đồ nguyên lý của mẫu thử kéo mô tả trên Hình 6. Tốc độ gia tải ứng với từng tổ mẫu thép D12 được trình bày chi tiết trên Bảng 1 (giá trị này được tính quy đổi từ bảng 3 - tốc độ ứng suất - TCVN 197-1:2014 [1] - theo diện tích danh nghĩa mặt cắt ngang của thanh mẫu).

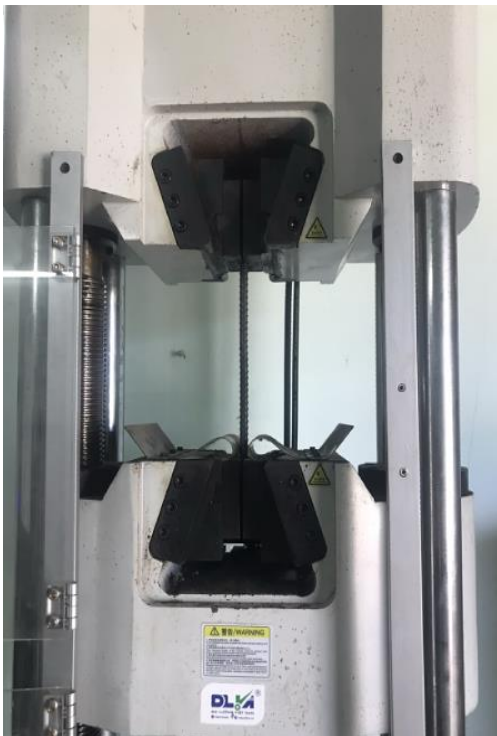
Kết thúc thí nghiệm giai đoạn 1, căn cứ vào hiện tượng phá hủy của các thanh mẫu, nhóm nghiên cứu tiếp tục thử nghiệm giai đoạn 2 với các tổ mẫu có

đường kính D14, D16. Tuy nhiên, để tiết kiệm kinh phí, các phân tích dựa trên kết quả thí nghiệm mẫu D12 cho phép dự đoán tốc độ gia tải cho các thanh mẫu có đường kính lớn hơn nên số tổ mẫu thử giảm đi. Tốc độ gia tải ứng với từng tổ mẫu thép D12 được trình bày chi tiết trên Bảng 2.

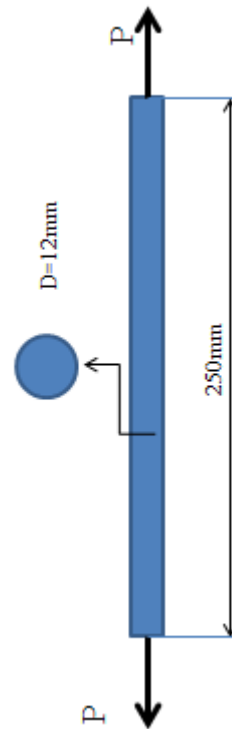
### 3. Kết quả và thảo luận

Quan sát quá trình thí nghiệm ban đầu cho thấy:

- Hiện tượng thu hẹp tiết diện thanh thép mẫu phụ thuộc vào tốc độ gia tải một cách rõ rệt;
- Vị trí đứt (phá hủy) trên thanh mẫu phần lớn ở lân cận vị trí ngàm kẹp (trong khoảng 50mm ở cả ngàm trên hoặc ngàm dưới) tuy nhiên cũng có trường hợp thanh mẫu bị đứt ở khoảng giữa. Điều này cũng



Hình 5. Cơ định mẫu thử trên máy kéo bằng mâm kẹp (ảnh chụp khi các tâm bảo hộ được mở)



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý của mẫu thử kéo (P là lực kéo có tốc độ biến thiên tùy thuộc vào tổ mẫu thử)

Bảng 1. Tốc độ gia tải với các tổ mẫu thép D12

TT	Ký hiệu tổ mẫu	Tốc độ gia tải R (kN/s)
1	M1	0,5
2	M2	1,0
3	M3	1,5
4	M4	2,0
5	M5	3,0
6	M6	4,0

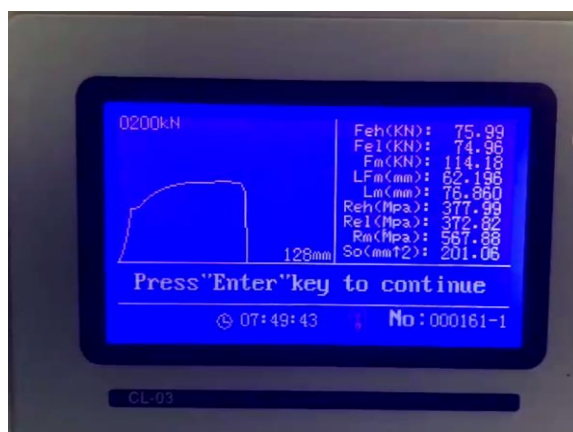
cho thấy quá trình sản xuất các thanh thép vẫn chưa đảm bảo tuyệt đối đồng nhất về vật liệu, đường kính tiết diện. Hiện tượng này cũng có thể thấy bằng mắt thường khi quan sát các gai thép và kích thước 2 đường gân dọc (Quá trình thí nghiệm, nhóm nghiên cứu đã chọn lọc các thanh thép chưa bị tác động cơ

học gây biến dạng, không làm thanh mẫu từ các thanh thép phải nắn thẳng để hạn chế các ảnh hưởng).

Thực hiện quá trình thí nghiệm phục vụ cho nghiên cứu nên nhóm nghiên cứu lựa chọn kết quả thí nghiệm của thanh mẫu điển hình, không lấy giá trị trung bình như khi làm báo cáo thí nghiệm kiểm



**Hình 7. Màn hình kết quả thí nghiệm kéo thanh thép mẫu D12 với tốc độ gia tải 1,0kN/s**



**Hình 8. Màn hình kết quả thí nghiệm kéo thanh thép mẫu D16 với tốc độ gia tải 2,0kN/s**

**Bảng 2. Tốc độ gia tải với các tổ mẫu thép D14, D16**

TT	Ký hiệu tổ mẫu	Tốc độ gia tải R (kN/s)
1	T14-1	1,0
2	T14-2	2,0
3	T14-3	3,0
4	T16-1	1,0
5	T16-2	2,0
6	T16-3	3,0

**Bảng 3. Tổng hợp kết quả thí nghiệm**

TT	Tổ mẫu	Tốc độ gia tải R (kN/s)	Kết quả			
			Độ giãn dài ứng với giới hạn bền L <sub>Fm</sub> (mm)	Độ giãn dài tổng của mẫu L <sub>m</sub> (mm)	Giới hạn chảy trên Re <sub>H</sub> (MPa)	Giới hạn bền kéo R <sub>m</sub> (MPa)
1	M1	0,5	61,83	75,02	490,54	666,54
2	M2	1,0	56,37	68,31	489,8	673,9
3	M3	1,5	60,8	75,68	482,3	662,4
4	M4	2,0	61,1	74,65	477,3	653,8
5	M5	3,0	60,35	77,30	498,7	668
6	M6	4,0	60,8	74,3	489,1	663,2
7	T14-1	1,0	60,1	63,2	389,76	584,78
8	T14-2	2,0	60,1	64,1	379,52	588,28
9	T14-3	3,0	61,38	64,7	392,05	601,27
10	T16-1	1,0	63,96	84,52	358,2	548,1
11	T16-2	2,0	62,20	76,90	378	567,9
12	T16-3	3,0	60,13	76,79	384,5	572,1

tra, đối sánh thông thường. Chi tiết kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3.

Khi thí nghiệm mẫu thử phục vụ cho kiểm tra, đối sánh với các loại máy kéo/nén không có bộ điều khiển kỹ thuật số (điều khiển bằng máy tính), ban đầu, các kỹ thuật viên thường tăng tải ở mức lớn, quan sát khi bắt đầu chớm thềm chảy thì giảm tốc độ gia tải. Việc làm này cho phép rút ngắn thời gian thí nghiệm nhưng thanh mẫu thử chịu tác dụng của lực kéo với tốc độ gia tăng biến thiên chắc chắn sẽ cho kết quả không chính xác bởi giai đoạn đàn hồi với thép xây dựng thông thường ngắn, chỉ thao tác nhanh/chậm vài giây là ảnh hưởng đến thềm chảy. Khi kết thúc giai đoạn chảy thì phần cứng hóa cũng bị ảnh hưởng. Do đó, việc giữ ổn định tốc độ gia tải là hết sức cần thiết. Về mặt định tính thì tốc độ gia tải khi kéo thép nhỏ sẽ cho kết quả dễ quan trắc và xử lý, trạng thái làm việc khi thí nghiệm của mẫu thép sẽ gần tương đồng với trạng thái làm việc của thanh cốt trong kết cấu, kết quả thí nghiệm sẽ chính xác nhưng năng suất thí nghiệm giảm, ảnh hưởng đến thời gian khai thác máy và hiệu quả kinh tế.

Quá trình thí nghiệm với các mẫu thử D12, D14 và D16 bằng máy kéo điều khiển cơ học cho thấy: Việc khống chế tốc độ gia tải ở mức thấp 0,5kN/s rất khó khăn. Việc điều tốc bằng núm xoay có độ nhạy thấp, hệ thống điều khiển bơm thủy lực của đầu kéo phản hồi chậm nên khi màn hình hiển thị được tốc độ mong muốn thì tốc độ của bộ kéo lại chưa đạt đến mức cần áp dụng nên trị số tiếp tục nhảy. Thiết lập tốc độ gia tải ở mức này với máy kéo WA-1000 hoặc tương đương là không khả thi. Với các loại máy kéo có thiết bị điều khiển toàn phần bằng máy tính như INSTRON series 3400 trở lên hoặc tương đương thì có thể nghiên cứu thử nghiệm thêm để áp dụng [3, 6].

Với thanh thép vằn đường kính nhỏ D12, kết quả thí nghiệm cho thấy khi thí nghiệm kéo với dải tốc 1,0kN/s-1,5kN/s thì quá trình kéo diễn ra có biểu đồ kéo tương tự như cơ sở lý thuyết truyền thống đã trình bày, thời gian thí nghiệm trung bình khoảng 120s. (Việc kết quả thí nghiệm cho giá trị Reh, Rm lớn hơn nhiều giá trị công bố của nhà sản xuất [4] là hoàn toàn bình thường vì còn nhiều yếu tố ảnh hưởng như thành phần mé thép, phương thức làm nguội, cứng hóa,...). Ở tốc độ gia tải 2,0kN/s thì thời gian thí nghiệm ngắn lại (trung bình khoảng 110s), độ giãn dài ứng với giới hạn bền tăng nhẹ nhưng giới hạn chảy trên và giới hạn bền kéo có xu thế giảm. Vị trí phá hủy tiến gần lại điểm ngầm.

Với dải tốc độ 3,0kN/s đến 4,0kN/s, thanh thép

mẫu D12 nhanh chóng đạt đến thềm chảy, khoảng cách từ thềm chảy đến giới hạn bền kéo ngắn lại và mẫu rất nhanh bị phá hủy, thời gian thí nghiệm rút xuống còn khoảng 85s. Tuy sự sai lệch về giới hạn chảy trên và giới hạn bền kéo so với dải tốc 1,0kN-1,5kN/s không nhiều nhưng có hiện tượng suy biến biểu đồ kéo, sau khi vượt qua Rm thì biểu đồ kéo gần như lao thẳng xuống và đến trạng thái phá hủy. Đặc biệt đoạn ban đầu, lực kéo tăng nhưng biến dạng không tăng rồi chuyển sang đoạn đàn hồi (Hình 9). Như vậy có thể thấy, với thanh thép đường kính nhỏ D12, tốc độ gia tải không nên vượt quá 1,5kN/s.



Hình 9. Màn hình kết quả thí nghiệm kéo thanh thép mẫu D12 với tốc độ gia tải 3,0kN/s

Nhóm nghiên cứu tiếp tục thử nghiệm lại tốc độ gia tải từ 1,0kN/s-3,0kN/s với thanh thép mẫu đường kính D14 và D16. Kết quả cho thấy với thanh thép mẫu đường kính D14, tốc độ gia tải 2,0kN/s có kết quả tương đồng với kết quả khi có tốc độ gia tải 1,0kN/s. Các thông số cơ học thu được cũng phù hợp với kết quả các tài liệu đã công bố [4, 5, 6]. Ở tốc độ gia tải 3,0kN/s, độ giãn dài ứng với giới hạn bền, độ giãn dài tổng, giới hạn chảy trên, giới hạn bền kéo có xu hướng tăng, thời gian thí nghiệm ngắn lại, nhanh đạt đến trạng thái phá hủy tương tự như mẫu D12 với tốc độ gia tải 2,0kN/s. Như vậy, với thanh thép vằn D14, tốc độ gia tải phù hợp khuyến nghị là 2,0kN/s.

Với thanh thép mẫu D16, ở tốc độ gia tải 1,0kN/s thì độ giãn dài ứng với giới hạn bền, độ giãn dài tổng lớn hơn so với kết quả thí nghiệm ở 2 tốc độ gia tải còn lại nhưng giới hạn chảy trên, giới hạn bền kéo lại giảm, có thể do ảnh hưởng của vận hành thiết bị, thời gian thí nghiệm kéo dài tới gần 200s. Kết quả thí nghiệm với tốc độ 2,0kN/s-3,0kN/s khá tương đồng, thời gian thí nghiệm xấp xỉ 140s nên để đảm bảo kinh tế, khuyến nghị áp dụng tốc độ gia tải 3,0kN/s cho thử kéo thanh thép vằn D16.

## 5. Kết luận

Thông qua nghiên cứu thực nghiệm mẫu thử, bài báo này trình bày kết quả thí nghiệm kéo thanh thép vằn CB300-V theo TCVN hiện hành với các tốc độ gia tải khác nhau. Do hạn chế về kinh phí và thời gian nên tác giả mới tiến hành thử nghiệm được cho các thanh thép D12, 14, 16. Dựa trên kết quả thí nghiệm, nhóm tác giả khuyến nghị tốc độ gia tải cho các loại thép này như sau:

- Thanh thép vằn CB300-V D12: 1,0kN/s-1,5kN/s;
- Thanh thép vằn CB300-V D14: 2,0kN/s;
- Thanh thép vằn CB300-V D16: 3,0kN/s.

Việc áp dụng dải tốc độ gia tải nào cho thanh thép vằn đường kính  $D \geq 18$  cần tiếp tục nghiên cứu trong thời gian tới. Tuy nhiên, căn cứ vào kết quả trên có thể sơ bộ chọn dải tốc 3,0kN/s đến tối đa 6,0kN/s với bước nhảy 0,5kN/s cho các thanh thép từ D18 trở lên là phù hợp.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT22-23.80**.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 197-1:2014 ISO 6892-1:2009 Vật liệu kim loại - Thử kéo - Phần 1: Phương pháp thử ở nhiệt độ phòng.
- [2] TCVN 1651-2:2008 Thép cốt bê tông - Phần 2: Thanh thép vằn.
- [3] ASTM Designation E8/E8M-16a.
- [4] <http://vinausteel.com.vn/files/vinausteel-product-standards.pdf>
- [5] ASTM Designation A370-17.
- [6] Baciu Florin, Aurelia Rusu-Casandra, Stefan Dan Pastrama, Low strain rate testing of tensile properties of steel. Materials Today: Proceedings 32. DOI:10.1016/j.matpr.2020.03.469.

Ngày nhận bài:	27/06/2023
Ngày nhận bản sửa:	07/07/2023
Ngày duyệt đăng:	11/07/2023