ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU KÉO CỦA BÊ TÔNG THEO CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN

Từ Hồng Nhung¹, Nguyễn Thành Công²

ASSESSMENT OF TENSILE STRENGTH OF CONCRETE IN ACCORDANCE WITH ITS COMPRESSIVE STRENGTH

Tu Hong Nhung¹, Nguyen Thanh Cong²

Tóm tắt – Bê tông là loại vật liệu chủ yếu trong các công trình xây dựng. Tầm quan trọng của bê tông được thể hiện qua chỉ tiêu cường độ của nó. Đây là điều không thể thiếu trong tất cả các thiết kế kết cấu công trình. Bài viết này đề cập việc xác định khả năng chịu kéo của bê tông theo cường độ chịu nén thông qua nghiên cứu thực nghiệm cho bê tông có cấp độ bền B15, B20 và B25. Trong nghiên cứu này, cường độ chịu kéo và chịu nén của bê tông được xác định bằng phương pháp thí nghiệm kéo khi uốn và thí nghiệm nén trên cùng một mẫu. Các kết quả của thí nghiệm cho thấy khả năng chịu kéo của bê tông nhỏ hơn cường độ chịu nén nhiều lần. Bê tông ở 28 ngày tuổi có khả năng chịu kéo từ 12,0% đến 12,8% cường độ chịu nén. Giá trị cường độ chịu nén nêu trên được đảm bảo độ tin cậy bằng thí nghiệm nén mẫu nén tiêu chuẩn. Bài viết cũng khuyến nghị sử dụng kết quả của nghiên cứu này đối với các thí nghiệm kiểm tra cường độ bê tông trong thực tế.

Từ khóa: cấp độ bền, cường độ chịu nén, khả năng chịu kéo, thí nghiệm kéo khi uốn, thí nghiệm nén.

Abstract – Concrete is the primary material used in construction. The importance of concrete is shown through its strength criteria which are

indispensable in all structural designs of the engineers. This article is to determine the tensile strength of concrete according to the compressive strength through an experimental study for the strength grade B15, B20, B25 of concrete. In this study, tensile and compressive strength of concrete were determined by tensile test and compression test on the same sample. The experimental results show that the tensile strength of concrete is much smaller than its compressive strength. For concrete at 28 days, the tensile strength is 12,0% to 12,8% of the compressive strength. The reliability of the above compressive strength value is ensured by the standard compression test. The results of this study are recommended for practical testing of concrete strength.

Keywords: compressive strength, compression test, strength grade, tensile strength, tensile with bending.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, nhiều quốc gia trên thế giới đã sử dụng bê tông (BT) như là loại vật liệu đa năng để xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp, giao thông, thủy lợi, quốc phòng. Đặc điểm của BT là chịu được nhiều tác động khác nhau: chịu nén, uốn, kéo (dọc trục), trượt, trong đó chịu nén là ưu thế lớn nhất. Tuy nhiên, BT có cường độ chịu kéo (sau đây gọi là khả năng chịu kéo) rất thấp so với cường độ chịu nén, tỉ lệ này là 1/8 đến 1/15 [1], [2]. Vì lí do này, kết cấu BT phải được đặt cốt thép vào để củng cố khả năng chịu kéo của nó tạo ra kết cấu bê tông cốt thép (BTCT). Thông số cường độ chịu kéo được sử dụng để tính

^{1,2}Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh
Ngày nhận bài: 01/9/2020; Ngày nhận kết quả bình duyệt:
07/12/2020; Ngày chấp nhận đăng: 15/12/2020
Email: thnhung@tvu.edu.vn

^{1,2}School of Engineering and Technology, Tra Vinh University

Received date: 01st September 2020; Revised date: 07th December 2020; Accepted date: 15th December 2020

toán cấu kiện BTCT theo độ bền tiết diện nghiêng (tính cốt đai, cốt xiên), theo sự hình thành hoặc mở rộng vết nứt (tính toán và kiểm tra về bề rộng khe nứt), theo sự nén thủng bề mặt cấu kiện BTCT.

Gần đây, ở nước ta, các công trình xây dựng bắt đầu xem khả năng chịu kéo của BT là tiêu chí bắt buộc để đánh giá chất lượng BT. Việc nghiên cứu để nâng cao hiệu quả công tác đánh giá khả năng chịu kéo của BT là rất cần thiết. Việc đánh giá khả năng chịu kéo của BT bằng thí nghiệm sẽ làm tăng đáng kể chi phí xây dựng vì các thí nghiệm này rất phức tạp và khó thực hiện. Ngược lại, việc đánh giá khả năng chịu kéo của BT dựa vào các số liệu trong tiêu chuẩn tuy không làm tăng chi phí xây dựng nhưng nó lại mang tính chất cảm tính, chưa được chặt chẽ và chưa làm sáng tỏ sự phù hợp với các giá trị đầu vào đã sử dụng khi thiết kế công trình. Vì vậy, chúng ta cần có các nghiên cứu nhằm tìm ra phương pháp tối ưu nhất để đánh giá khả năng chịu kéo của BT.

Vì lý do đó, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu đề tài “Đánh giá khả năng chịu kéo của bê tông theo cường độ chịu nén” với mục đích xác định khả năng chịu kéo của BT thông qua cường độ chịu nén trên cùng một mẫu thí nghiệm. Theo đó, việc xác định được cường độ chịu kéo của BT sẽ cung cấp số liệu trung thực và tạo hiệu quả cao trong công tác thiết kế và nghiệm thu vật liệu BT.

II. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Theo Phạm Duy Hữu [2], BT có thể làm việc ở những trạng thái khác nhau: nén, kéo, uốn, trượt. Mặt khác, BT là vật liệu giòn, làm việc ở trạng thái chịu nén là tốt nhất. Tuy nhiên, BT cũng có khả năng chịu kéo nhưng rất thấp so với cường độ chịu nén và có quan hệ đồng biến với cường độ chịu nén. BT có nhiều tính chất cơ học cần lưu ý. Trong đó, cường độ chịu kéo là một đặc trưng quan trọng mà các kỹ sư xây dựng phải quan tâm khi tính toán các cấu kiện BTCT. Vì vậy, cường độ chịu kéo của BT là thông số quan trọng trong thiết kế kết cấu BTCT. Cường độ chịu kéo của BT phụ thuộc vào chất lượng vật liệu, cấp phối, quá trình thi công và các yếu tố khác. Việc xác định cường độ chịu kéo của BT bằng phương

pháp thí nghiệm kéo trực tiếp thường khó thực hiện. Thay vào đó, cường độ chịu kéo sẽ xác định thông qua các cường độ chịu kéo gián tiếp như cường độ chịu kéo bẻ, cường độ chịu kéo khi uốn. Dù thực hiện theo phương pháp nào thì hiệu quả kinh tế – kỹ thuật và việc đảm bảo BT đạt chất lượng cao vẫn là mục tiêu cần đạt.

Hiện tại, công tác nghiệm thu và đánh giá chất lượng BT trong phần lớn các công trình xây dựng vẫn chưa thực hiện thí nghiệm cường độ chịu kéo của BT. Điều đó dẫn đến cấu kiện BTCT có thể không đủ khả năng chịu lực, bị nứt, bị chọc thủng do cường độ chịu kéo của BT trong thiết kế chưa được kiểm chứng thực tế.

Trên thế giới, nghiên cứu về mối quan hệ giữa cường độ chịu kéo và chịu nén của BT nhận được sự quan tâm từ các nhà khoa học. Trong nghiên cứu về cường độ chịu kéo của BT, Mohd. Ahmed et al. cho thấy giới hạn của kết cấu BT (vòng, nứt) và tuổi có ảnh hưởng đến cường độ chịu kéo của BT [3]. Một kết quả nghiên cứu khác của Mutiu A. Akinpelu et al. [4] cho rằng, tỉ số giữa cường độ chịu kéo và chịu nén của BT giảm khi cường độ chịu nén tăng. Các kết quả nghiên cứu nêu trên còn chưa thể hiện rõ việc đánh giá khả năng chịu kéo của BT theo cường độ chịu nén.

Vấn đề đặt ra là phải đánh giá khả năng chịu kéo của BT bằng cách nào? Thứ nhất, sự xác định khả năng chịu kéo của BT thông qua quan hệ phụ thuộc với cường độ chịu nén theo cách tra bảng lập sẵn hoặc tính theo công thức thực nghiệm được trình bày trong nghiên cứu của Phạm Duy Hữu [2] và Phan Quang Minh [5]; thứ hai, việc sử dụng phương pháp đánh giá dựa vào các bảng tra theo Bộ Khoa học và Công nghệ [6]; thứ ba, việc đánh giá bằng thí nghiệm theo Phan Quang Minh [5]. Thực tế, các phương pháp thứ nhất, thứ hai chưa thể hiện tính trực quan vì không có biện pháp thí nghiệm kiểm chứng kết quả, phương pháp thứ ba thì khó thực hiện.

Vì vậy, nghiên cứu này đề xuất phương pháp thứ tư là thí nghiệm uốn nén đồng thời trên cùng một mẫu thí nghiệm nhằm đánh giá khả năng chịu kéo của BT thông qua cường độ chịu nén cũng như áp dụng phương pháp này để kiểm tra cường độ BT trong thực tế.

III. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

A. Xác định phạm vi của nghiên cứu

Theo Bộ Khoa học và Công nghệ [6], BT có nhiều cấp độ bền khác nhau. Vì vậy, cường độ chịu nén và chịu kéo của BT cũng sẽ khác nhau. Ngoài ra, BT còn tăng cường độ theo thời gian, tốc độ tăng nhanh trong những ngày đầu sau đó giảm dần. Đặc biệt, từ 28 ngày tuổi, do tốc độ tăng cường độ không đáng kể nên BT được xem đạt 100% cường độ ở 28 ngày tuổi. Do đó, ở bài báo này, nhóm tác giả nghiên cứu cho ba cấp độ bền của BT thường. Theo đó, nghiên cứu thực hiện với ba cấp độ bền B15, B20, B25 và tuổi của BT ở 3, 7, 14, 28 ngày.

B. Mẫu thí nghiệm

Các loại mẫu làm thí nghiệm trong nghiên cứu này bao gồm: (i) 36 mẫu thí nghiệm kéo khi uốn (gọi là viên mẫu dầm), (ii) 36 mẫu nén đối chứng. Sau thí nghiệm kéo khi uốn: 36 mẫu bị gãy đôi tạo thành 72 mẫu mới (gọi là viên nửa dầm). Chúng tôi đem 72 mẫu này tiến hành thí nghiệm nén. Bên cạnh đó, chúng tôi tiến hành thí nghiệm nén cho 36 mẫu nén đối chứng để so sánh kết quả với thí nghiệm nén 72 viên nửa dầm. Mẫu làm thí nghiệm kéo khi uốn theo nhóm gồm ba viên mẫu dầm có kích thước 150 mm × 150 mm × 600 mm và mẫu thí nghiệm nén đối chứng theo nhóm gồm ba viên có kích thước 150 mm × 150 mm × 150 mm được chế tạo theo Bộ Xây dựng [7]. Chi tiết về các viên mẫu dầm, viên nửa dầm, mẫu nén đối chứng và vị trí đặt tải được thể hiện trên Hình 1.

Các tính chất của vật liệu chế tạo mẫu, thành phần cấp phối cho mẻ trộn 1 m³ BT do Phòng LAS-XD 1294 thực hiện, thí nghiệm được tóm tắt trong Bảng 1, Bảng 2.

Các viên mẫu chế tạo từ BT được thiết kế thành phần cấp phối sao cho khi thí nghiệm sẽ xảy ra phá hoại do uốn, do nén. Đồng thời, các giá trị cường độ chịu nén và chịu kéo thu được từ thí nghiệm không chênh lệch quá lớn so với tính toán lý thuyết. Bảng 3 tổng hợp các công thức lý thuyết tính cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén của BT theo Phan Quang Minh [5] và Bộ Xây dựng [10], [11].

C. Thực hiện các thí nghiệm

B1. Sơ đồ thí nghiệm

Hình 3 giới thiệu sơ đồ thí nghiệm kéo khi uốn là dầm đơn giản kê lên gối cố định và gối di động, nhịp 450 mm. Thiết bị gia tải là máy kéo thép thí nghiệm của Hãng NEW LUDA có Model: WE-1000B, có lực nén lớn nhất 100 T. Dầm chịu hai tải tập trung cách mỗi gối 150 mm; với thí nghiệm nén sử dụng thiết bị gia tải là máy nén BT của Hãng MATEST có Model: C071A, có lực nén lớn nhất 300 T, gia tải vào một mặt của viên mẫu.

B2. Các thiết bị đo số liệu thí nghiệm

Tải trọng thí nghiệm kéo khi uốn được đo bằng máy thí nghiệm kéo thép có sai số 1%, còn thí nghiệm nén thì đo bằng máy nén BT có sai số 1%.

B3. Quy trình thí nghiệm

Thí nghiệm kéo khi uốn: Sau khi lắp đặt sơ đồ thí nghiệm và cân chỉnh các thiết bị đo, các viên mẫu dầm được tiến hành thí nghiệm với quy trình như sau:

Dự đoán lực phá hoại để chọn thang lực phù hợp;

Thực hiện gia tải theo từng cấp của thang lực đến khi viên mẫu dầm bị phá hoại (viên mẫu dầm bị gãy đôi) bởi tải trọng uốn gây lớn nhất. Tại cấp tải này, dừng tải để quan sát, chụp ảnh, đọc các số trên thiết bị đo. Đây cũng là thời điểm đồng hồ lực của máy kéo thép giảm dần – theo dõi và quan sát vị trí gãy của viên mẫu dầm.

Thí nghiệm nén: Mang mẫu đặt vào bàn nén và cân chỉnh các thiết bị đo, các viên mẫu nén đối chứng và các viên nửa dầm tiến hành thí nghiệm với quy trình như sau: dự đoán lực phá hoại để chọn thang lực phù hợp; thực hiện gia tải theo từng cấp của thang lực đến khi viên mẫu bị phá hoại bởi tải trọng nén lớn nhất. Thời điểm này, đồng hồ lực của máy nén BT giảm dần, dừng gia tải để quan sát, chụp ảnh, đọc các số trên thiết bị đo.

B4. Số liệu thí nghiệm

Gia tải với tốc độ đều, không gây ra lực xung lên mẫu, đến khi mẫu bị phá hoại thì dừng lại. Số liệu thu được trong quá trình thí nghiệm bao gồm: tải trọng uốn gãy, tải trọng nén phá hoại mẫu được trình bày trong Bảng 4. Những số liệu này kết hợp với kết quả đo đặc kích thước mẫu cho

Hình 1: Chi tiết mẫu thí nghiệm kéo khi uốn
a, e) viên mẫu đầm; b, d) viên nửa đầm;
c, g) mặt cắt ngang mẫu; f, h) mẫu nén đối chứng

(Nguồn: Tác giả thực hiện tại Phòng LAS – XD 1294)

Tuổi BT	3 ngày			7 ngày			14 ngày			28 ngày		
Cấp độ bền chịu nén của BT	B15	B20	B25	B15	B20	B25	B15	B20	B25	B15	B20	B25
Số lượng mẫu kéo khi uốn 150 mm x150 mm x 600 mm	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Số lượng mẫu nén đối chứng 150 mm x150 mm x150 mm	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

phép tính toán được cường độ chịu kéo, cường độ chịu nén của các mẫu làm thí nghiệm.

IV. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

A. Cấp độ bền chịu nén của bê tông

Nghiên cứu này đã xác định cấp độ bền chịu nén của BT ở 28 ngày tuổi theo công thức (6) từ cường độ chịu nén trung bình trên mẫu nén đối chứng và viên nửa đầm, có giá trị như Bảng 5. Theo đó, BT chế tạo mẫu thí nghiệm đạt yêu

cầu về cấp độ bền thiết kế (B15, B20, B25). Bên cạnh đó, quá trình quan sát thực nghiệm cho thấy, vị trí gãy luôn nằm ở giữa viên mẫu đầm. Điều này phù hợp với sơ đồ thí nghiệm ở Hình 3 và cũng chứng tỏ rằng hỗn hợp BT là đồng nhất.

B. Cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén

Xuyên suốt quá trình thí nghiệm kéo khi uốn và thí nghiệm nén, chúng tôi chỉ sử dụng một mẫu thử (viên mẫu đầm), từ đó xác định được cả cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén của

Bảng 1: Tính chất của vật liệu chế tạo mẫu

Thành phần hạt	Khối lượng riêng (g/cm³)	Khối lượng thể tích (g/cm³)	Độ mài mòn (%)	Cường độ nén (daN/cm²)	Thời gian ninh kết (phút)	Độ mịn (%)	Đánh giá
Đá dăm 10 mm x 20 mm, nguồn gốc mẫu: mỏ đá Thạnh Phú, Đồng Nai							
Trong phạm vi cho phép	2,748/ (-)	1,443/ (-)	23,96 < (50)	-	-	-	Đạt theo [8]
Cát vàng, nguồn gốc mẫu: mỏ cát Tân Châu, An Giang							
Trong phạm vi cho phép	2,661/ (-)	1,373/ (-)	-	-	-	-	Đạt theo [8]
Xi măng Hà Tiên PCB40							
-	3,17/ (-)	-	-	470,6 (> 40)	143 ÷ 255 (> 45, < 420)	1,16 < (10)	Đạt theo [9]
<i>Ghi chú: giá trị trong () theo [8], {} theo [9].</i>							

Bảng 2: Thành phần cấp phối cho mẻ trộn 1 m³ BT

Liều lượng Cấp độ bền	Xi măng (kg)	Cát (m³)	Đá 1x2 (m³)	Nước (lít)
B15	305	0,477	0,873	195
B20	355	0,466	0,856	195
B25	390	0,452	0,833	195

BT. Trên cơ sở đó, chúng tôi đã phân tích khả năng chịu kéo theo cường độ chịu nén. Những kết quả thí nghiệm đã chỉ ra rằng các loại cường độ BT đều tăng theo thời gian. Cường độ BT khi mới đổ khuôn bằng 0, theo thời gian, BT đặc chắc dần và cường độ của nó cũng tăng dần lên. Cường độ BT thông thường tăng nhanh trong 28 ngày đầu. Sau đó, sự phát triển cường độ tăng rất chậm. Người ta thường coi cường độ tại 28 ngày là cường độ cuối cùng của nó.

Bảng 6 và Hình 5 thể hiện kết quả cường độ của BT cho tất cả mẫu thí nghiệm, bao gồm: cường độ kéo uốn, cường độ chịu kéo, cường độ chịu nén. Trong đó, cường độ chịu nén viên nửa dầm khá tương đồng với cường độ chịu nén của mẫu nén chuẩn. Điều đó cho thấy sự phù hợp khi sử dụng giá trị cường độ chịu nén của viên nửa dầm để phân tích quan hệ giữa cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén.

Cụ thể hơn, Bảng 6 và Hình 5 còn cho thấy cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo của BT tăng rất nhanh khi BT 3 ngày tuổi; khi tuổi

của BT là 7, 14 và 28 ngày thì tăng chậm lại. Hơn nữa, cường độ chịu kéo đồng biến với cường độ chịu nén. Bên cạnh đó, Hình 6 đã trình bày tỉ lệ (%) cường độ chịu nén khi BT có t ngày tuổi so với 28 ngày tuổi theo các tài liệu khác nhau, bao gồm: theo thực nghiệm của chúng tôi, Vũ Mạnh Hùng [12], TCVN 8218 – 2009 [13], Indian Standards [14]. Tiến hành so sánh chúng, kết quả có được khá tương đồng nhau. Điều đó cho thấy, kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu này hoàn toàn phù hợp với quy luật phát triển cường độ chịu nén của BT.

C. So sánh kết quả lí thuyết và kết quả thực nghiệm

Bài báo này sử dụng các giá trị cường độ thực tế trong thí nghiệm nén viên nửa dầm ở Bảng 6 kết hợp với công thức (5), (6) và (7) để tính toán lí thuyết dự báo cường độ của BT, và kết quả được thể hiện ở Hình 7. Những tính toán lí thuyết chỉ ra rằng, không có sự chênh lệch đáng kể giá trị về cường độ của BT so với kết quả thực nghiệm. Hơn nữa, các giá trị này đều nhỏ hơn so với thực nghiệm. Điều này có thể được giải thích bởi các điều kiện về vật liệu đầu vào, công tác chế tạo, bảo dưỡng mẫu đều được thực hiện tốt. Điều đó sẽ đảm bảo điều kiện an toàn trong công tác thiết kế kết cấu BTCT và cũng chứng minh độ tin cậy trong các thí nghiệm.

Bảng 3: Tổng hợp các công thức tính toán cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén của BT

TT	Thông số	Kí hiệu	Đơn vị	Công thức tính	Ý nghĩa các thông số trong công thức
(2)	Cường độ chịu nén	R_n	MPa	$R_n = \alpha \times \frac{P_n}{F}$	$\alpha = 1$ – mẫu chuẩn; P_n – tải trọng phá hoại, N; F – diện tích chịu nén của viên mẫu, mm ² .
(3)	Cường độ chịu kéo khi uốn	R_{ku}	MPa	$R_{ku} = \gamma \frac{Pl}{ab^2}$	P_u – tải trọng uốn gãy mẫu, N; l – khoảng cách giữa hai gối tựa, tính bằng mm; a – chiều rộng tiết diện ngang của mẫu, mm; b – chiều cao tiết diện ngang của mẫu, mm; γ – hệ số tính đổi cường độ chịu kéo khi uốn từ các mẫu kích thước khác đảm chuẩn sang mẫu đảm kích thước chuẩn. $\gamma = 1$ với mẫu đảm chuẩn 150 mm x 150 mm x 600 mm.
(4)	Cường độ chịu kéo dọc trục	R_k	MPa	$R_k = 0,58 \times R_{ku}$	
(5)	Cường độ chịu kéo dọc trục theo công thức thực nghiệm	R_k	MPa	$R_k = 0,6 + 0,06 \times R_n$	Công thức này sử dụng cho trường hợp dùng quan hệ đường thẳng; R_n , R_k – tính bằng MPa.
(6)	Cấp độ bền chịu nén của BT	B	-	$B = R_m (1 - 1,64 \times v)$	v – là hệ số biến động cường độ của BT. Theo Bộ Khoa học và Công nghệ [6], lấy $v = 0,135$ cho BT nặng có mức chất lượng trung bình. R_m – cường độ chịu nén trung bình của BT.
(7)	Cường độ chịu nén của BT theo thời gian	R'_n	MPa	$R'_n = 0,7 \times R_{28} \times \lg t$	R_{28} – cường độ chịu nén của BT ở 28 ngày, tính bằng MPa.

Hình 2: Gia công chế tạo mẫu

(Nguồn: Tác giả thực hiện tại Phòng LAS – XD 1294)

D. Về các thiết kế cấp phối bê tông

Cấp độ bền từ thực nghiệm giới thiệu trong Bảng 4 cho thấy chênh lệch không đáng kể so với kết quả lí thuyết. Vì vậy, hỗn hợp BT trộn theo các thiết kế cấp phối này đã đảm bảo cho các số liệu thí nghiệm là chính xác. Đây là cơ sở để củng cố độ tin cậy cho các thí nghiệm trong bài báo này.

E. Quan hệ cường độ chịu nén viên nửa đầm và cường độ chịu nén mẫu nén chuẩn

Hình 7 đã trình bày kết quả thí nghiệm nén đối chứng nhằm loại bỏ các thắc mắc về việc sử dụng các viên nửa đầm để thí nghiệm xác định cường độ chịu nén có thể không chính xác, chưa đảm bảo độ tin cậy; vì viên mẫu đã bị tác động trong quá trình thí nghiệm kéo uốn nên việc tiếp

Hình 3: Sơ đồ thí nghiệm
a) thí nghiệm kéo khi uốn; b, c) thí nghiệm nén

(Nguồn: Tác giả thực hiện tại Phòng LAS – XD 1294)

Hình 4: Các thí nghiệm
a) thí nghiệm kéo khi uốn; b) thí nghiệm nén viên nửa dầm;
c) thí nghiệm nén đối chứng

(Nguồn: Tác giả thực hiện tại Phòng LAS – X D 1294)

tục sử dụng viên mẫu này để thí nghiệm nén có thể không cho kết quả chính xác. Nhìn chung, cả hai thí nghiệm nén khi BT ở 3, 7, 14, 28 ngày tuổi cho kết quả ít chênh lệch. Cụ thể, với cấp độ bền B15 chênh lệch từ -0,9 đến 1,1 daN/cm², với cấp độ bền B20 chênh lệch từ -0,3 đến 1,6 daN/cm², với cấp độ bền B25 chênh lệch từ -2,1 đến 2,9 daN/cm². Điều đó cho thấy, việc thí nghiệm nén các viên nửa dầm để xác định cường độ chịu nén là chính xác, khách quan, phản ánh đúng khả năng chịu nén thực tế của BT.

F. Quan hệ cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén

Căn cứ kết quả thí nghiệm trong Bảng 6 và Hình 5, ta vẽ biểu đồ tỉ lệ cường độ chịu nén/cường độ chịu kéo như Hình 8. Qua đó, chúng tôi nhận thấy, trên tất cả thí nghiệm của BT có cấp độ bền B15, B20, B25 thì cường độ chịu nén lớn hơn cường độ chịu kéo từ 5,9 đến 8,3 lần. Tỉ số này tăng dần khi tuổi BT tăng từ 3 đến 28 ngày. Riêng trường hợp bê tông 14 ngày tuổi, tỉ lệ này giảm ít. Ở 28 ngày tuổi, cấp độ bền B15, B20, B25, tỉ lệ này tương ứng là 7,8,

Bảng 4: Bảng tổng hợp tải trọng phá hoại mẫu trong các thí nghiệm

Thí nghiệm	Chỉ tiêu (kN)	Mẫu	Cấp độ bền của BT/Tuổi BT											
			B15/ngày				B20/ngày				B25/ngày			
			3	7	14	28	3	7	14	28	3	7	14	28
Kéo khi uốn viên mẫu đầm	P _u	M1	21,1	25,2	31,9	35,6	27,9	31,9	37,1	42,4	32,6	36,6	42,3	51,1
	P _u	M2	19,3	25,9	30,1	37,1	27,8	30,9	38,3	41,5	33,1	37,2	42,4	52,1
	P _u	M3	20,3	24,3	31,0	36,2	27,4	31,4	38,1	41,8	32,7	37,8	42,9	53,3
Nén viên nửa đầm	P _n	M1	235,6	342,3	382,3	492,3	284,1	452,6	482,3	605,0	365,6	532,6	614,6	750,3
	P _n	M1	232,3	340,3	379,9	486,3	281,3	430,3	483,6	612,5	368,6	530,2	609,6	749,9
	P _n	M2	234,2	335,6	381,3	498,6	284,6	434,0	481,5	605,6	369,1	535,6	611,6	743,6
	P _n	M2	233,6	336,9	381,2	485,0	283,2	430,1	482,5	604,6	369,4	531,5	613,6	740,3
	P _n	M3	235,1	339,9	378,9	488,7	285,2	433,0	481,0	611,0	368,9	536,6	609,6	743,6
	P _n	M3	234,0	339,1	379,8	497,1	284,1	431,8	483,6	602,0	370,3	530,0	612,3	745,0
Nén đối chứng	P _n	M1	232,5	340,3	382,3	489,6	285,6	426,6	479,6	605,6	364,6	530,0	600,0	745,6
	P _n	M2	230,3	336,6	380,3	484,9	287,3	425,6	478,6	612,6	368,9	532,3	605,6	749,6
	P _n	M3	233,3	338,9	381,5	486,7	285,9	429,5	480,3	602,0	369,1	536,5	613,0	750,4

(Nguồn: Tác giả thực hiện tại Phòng LAS – XD 1294)

Bảng 5: Bảng cấp độ bền chịu nén B của BT ở 28 ngày tuổi

Thí nghiệm	Cấp độ bền chịu nén thiết kế	Cấp độ bền chịu nén theo thí nghiệm của nhóm tác giả
Nén viên nửa đầm	B15	B16,9
Nén mẫu đối chứng		B16,9
Nén viên nửa đầm	B20	B20,9
Nén mẫu đối chứng		B21,0
Nén viên nửa đầm	B25	B25,7
Nén mẫu đối chứng		B25,9

8,3, 8,2. Kết quả thực nghiệm này phù hợp với lí thuyết của Phạm Duy Hữu [2] là từ 8 đến 15 lần.

G. Phân tích hiệu quả phương pháp xác định cường độ chịu kéo

Các kết quả thực nghiệm như đã phân tích là chính xác và hợp lí. Qua đó, chúng tôi nhận thấy, phương pháp xác định cường độ chịu kéo thông qua cường độ chịu nén khá đơn giản, dễ dàng thực hiện trên cùng một mẫu và dễ áp dụng trong thực tế. Vì thế, phương pháp này giúp tiết kiệm chi phí xây dựng công trình.

H. Đánh giá kết quả nghiên cứu

Cấp độ bền của BT xác định từ thí nghiệm phụ thuộc chặt chẽ với công tác thiết kế cấp phối BT. Khi cấp phối BT thiết kế có giá trị cấp độ bền càng gần với giá trị yêu cầu, kéo theo các giá trị cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo sẽ chênh lệch rất ít giữa lí thuyết và thí nghiệm.

Khả năng chịu kéo của BT nhỏ hơn rất nhiều so với khả năng chịu nén; cụ thể cường độ chịu

Bảng 6: Bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm

Tuổi BT	Mẫu	Thí nghiệm	Chỉ tiêu	Giá trị (daN/cm ²)					
				Cấp độ bền B15		Cấp độ bền B20		Cấp độ bền B25	
				Cường độ	Độ lệch chuẩn	Cường độ	Độ lệch chuẩn	Cường độ	Độ lệch chuẩn
3 ngày	Viên mẫu đầm	Kéo khi uốn	R _{ku}	26,9	1,2	36,9	0,3	43,8	0,4
			R _k	15,6	0,7	21,4	0,2	25,4	0,2
	Viên nửa đầm	Nén viên nửa đầm	R _n	104,0	0,5	125,6	0,6	163,2	0,7
7 ngày	Nén	Nén đối chứng	R _n	103,1	0,7	127,2	0,4	163,3	1,2
	Viên mẫu đầm	Kéo khi uốn	R _{ku}	33,4	1,1	41,9	0,7	49,7	0,8
			R _k	19,4	0,6	24,3	0,4	28,8	0,5
14 ngày	Viên nửa đầm	Nén viên nửa đầm	R _n	149,4	1,1	190,2	3,7	236,2	1,2
	Nén	Nén đối chứng	R _n	150,5	0,8	189,9	0,9	236,9	1,4
	Viên mẫu đầm	Kéo khi uốn	R _{ku}	41,4	1,2	50,3	0,8	56,7	0,4
			R _k	24,0	0,7	29,2	0,5	32,9	0,3
28 ngày	Viên nửa đầm	Nén viên nửa đầm	R _n	168,6	0,6	214,2	0,5	271,5	0,9
	Nén	Nén đối chứng	R _n	169,5	0,5	213,1	0,4	269,4	2,9
	Viên mẫu đầm	Kéo khi uốn	R _{ku}	48,3	1,1	55,9	0,7	69,5	1,5
			R _k	28,0	0,6	32,4	0,4	40,3	0,9

(Nguồn: Tác giả thực hiện tại Phòng LAS – XD 1294)

Hình 5: Biểu đồ cường độ chịu kéo và chịu nén của BT theo thời gian

Hình 6: Biểu đồ tỉ lệ (%) cường độ chịu nén khi BT có t ngày tuổi

Hình 7: a), b): Biểu đồ so sánh cường độ chịu kéo và chịu nén của BT theo lí thuyết và thực nghiệm

kéo nhỏ hơn từ 5,9 đến 8,3 lần cường độ chịu nén. Đặc biệt, khi đánh giá BT ở độ tuổi cuối cùng để BT phát triển cường độ cũng là thời điểm nghiệm thu chất lượng BT của công trình, tức ở 28 ngày tuổi, kết quả cường độ chịu kéo nhỏ hơn 7,8 lần (B15), 8,3 lần (B20), 8,2 lần (B25). Như vậy, BT có khả năng chịu kéo bằng 12,0% – 16,9% cường độ chịu nén. BT ở 28 ngày tuổi thì chỉ từ 12,0% đến 12,8%.

Ngoài ra, kết quả này cũng nằm trong giới hạn mà Phạm Duy Hữu [2] giới thiệu. Điều này cho thấy, kết quả thu được từ nghiên cứu này là phù hợp với lí thuyết và thực tế. Vì vậy, có thể áp dụng kết quả nghiên cứu này để đánh giá khả

năng chịu kéo của BT thông qua cường độ chịu nén.

Việc thí nghiệm nén mẫu nén chuẩn để so sánh với thí nghiệm nén viên nửa dầm đã chứng minh giá trị cường độ chịu nén là tương đồng nhau. Và cả cường độ chịu kéo và chịu nén đều phụ thuộc vào tính chất các thành phần BT, máy móc thiết bị và thao tác thí nghiệm.

Nhìn chung, việc xác định khả năng chịu kéo và cường độ chịu nén của BT bằng phương pháp thí nghiệm uốn nén đồng thời đơn giản, dễ dàng thực hiện ở các phòng LAS – XD ở nước ta. Do đó, nếu chất lượng BT được nghiệm thu bằng cách áp dụng kết quả nghiên cứu này sẽ giúp tiết

Hình 8: Biểu đồ tỉ số cường độ chịu nén/cường độ chịu kéo

kiệm chi phí, giúp bổ sung và hoàn thiện cách giải quyết các vấn đề về chất lượng BT trong các công trình xây dựng phù hợp với hồ sơ thiết kế hiện hành.

V. KẾT LUẬN

Phương pháp thí nghiệm uốn nén đồng thời để xác định cường độ chịu kéo và chịu nén của BT trên cùng một mẫu thí nghiệm là phù hợp cho mục tiêu đánh giá sự khác biệt giữa cường độ BT theo lí thuyết và trong thực tế.

Khả năng chịu kéo được đánh giá bằng cường độ chịu nén tạo ảnh hưởng tích cực đến việc thay đổi phương pháp mới để xác định cường độ chịu kéo và chịu nén của BT.

Áp dụng kết quả nghiên cứu này cho việc đánh giá cường độ BT công trình xây dựng sẽ gia tăng hiệu quả cả về yếu tố kinh tế và kĩ thuật.

Phương pháp xác định cường độ chịu kéo và chịu nén của BT trong nghiên cứu này dễ thực hiện mà vẫn đảm bảo chỉ tiêu kinh tế kĩ thuật tốt. Vì vậy, để kết quả thí nghiệm cường độ BT tăng độ tin cậy, kĩ sư có thể sử dụng thêm phương pháp của nghiên cứu này để chọn ra phương pháp thí nghiệm tối ưu nhất.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi chân thành cảm ơn Trường Đại học Trà Vinh đã hỗ trợ kinh phí thực hiện đề tài nghiên cứu này; cảm ơn Công ty Cổ phần Kiểm định Xây dựng miền Tây VN – Chi nhánh tỉnh

Trà Vinh đã phối hợp với chúng tôi thực hiện các thí nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Phùng Văn Lự. *Giáo trình Vật liệu xây dựng*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Giáo dục; 2012.

[2] Phạm Duy Hữu, Ngô Xuân Quảng, Mai Đình Lộc. *Vật liệu xây dựng*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Giao thông Vận tải; 2008.

[3] Mohd. Ahmed, Javed Mallick, Mohd. Abul Hasan. A study of factors affecting the flexural tensile strength of concrete. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*. 2014; 04.001:1–10.

[4] Mutiu A. Akinpelu, Samson O. Odeyemi, Oladipupo S. Olafusi, Fatimah Z. Muhammed. Evaluation of splitting tensile and compressive strength relationship of self-compacting concrete. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*. 2019; 31:19–25.

[5] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Công. *Kết cấu bê tông cốt thép (phần cấu kiện cơ bản)*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Khoa học và Kỹ thuật; 2011.

[6] Bộ Khoa học và Công nghệ. *TCVN 5574: 2018, Thiết kế Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng; 2018.

[7] Bộ Xây dựng. *TCVN 3015: 1993, Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng – Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng; 2010.

[8] Bộ Khoa học và Công nghệ. *TCVN 7570:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng; 2006.

[9] Bộ Khoa học và Công nghệ. *TCVN 6260:2009, Xi măng poóc lăng – Yêu cầu kỹ thuật*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng; 2010.

[10] Bộ Xây dựng. *TCVN 3118: 1993, Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ nén*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng; 2010.

[11] Bộ Xây dựng. *TCVN 3119: 1993, Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng; 2013.

[12] Vũ Mạnh Hùng. *Sổ tay thực hành kết cấu công trình*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng; 1999.

[13] Bộ Khoa học và Công nghệ. *TCVN 8218: 2009, Bê tông thủy công – yêu cầu kỹ thuật*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng; 2010.

[14] Indian Standards. *IS: 516 – 1959, Method of tests for strength of concrete*. New Delhi: Bureau of Indian Standards; 2009.