

# NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG CÁT NGHIÊN NGUỒN GỐC ĐÁ VÔI CHO CỘT BTCT CHỊU NÉN

Lê Việt Dũng<sup>a,\*</sup>, Tống Tôn Kiên<sup>b</sup>, Đỗ Trọng Thành<sup>c</sup>, Nguyễn Bá Lâm<sup>d</sup>

<sup>a</sup>*Khoa Xây dựng Dân dụng & Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>b</sup>*Khoa Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>c</sup>*Sở xây dựng Hải Phòng, 32 đường Lý Tự Trọng, quận Hồng Bàng, Hải Phòng, Việt Nam*

<sup>d</sup>*Công ty CP Kiến trúc và Đầu tư Xây dựng BNB Việt Nam, Khu Đô Thị Mới Văn Quán,  
A14-TT10, phường Văn Quán, quận Hà Đông, Hà Nội, Việt Nam*

*Nhận ngày 06/05/2021, Sửa xong 31/05/2021, Chấp nhận đăng 03/06/2021*

## Tóm tắt

Trong bài báo này, việc sử dụng cát nghiền nhân tạo nguồn gốc đá vôi được nghiên cứu thay thế cát tự nhiên trong sản xuất bê tông cấp độ bền chịu nén B20. Với mục đích đánh giá khả năng thích ứng của bê tông sử dụng cát nghiền nhân tạo với hệ thống tiêu chuẩn thiết kế kết cấu BTCT của Việt Nam, nghiên cứu thực nghiệm được phân tích dựa trên các thí nghiệm bao gồm: (i) nén mẫu lập phương xác định cường độ chịu nén, (ii) nén mẫu trụ xác định mô đun đàn hồi, (iii) kéo tuột (Pull-out test) xác định lực dính cốt thép-bê tông, (iv) nén mẫu cột kích thước 20 × 20 × 100 cm đến phá hoại. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy sự mất ổn định về cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát nghiền nhân tạo ở hai mức độ: (i) mức độ đạt cường độ nén mẫu và (ii) mức độ giảm mạnh cường độ nén của bê tông khi chuyển từ mẫu nén lập phương 15 × 15 × 15 cm sang mẫu cấu kiện cột BTCT chịu nén kích thước 20 × 20 × 100 cm.

*Từ khoá:* cát nghiền nhân tạo; đá vôi; thí nghiệm pull-out; cột BTCT; nén dọc trục.

## EXPERIMENTAL RESEARCH TO ESTIMATE THE APPLICATION OF CRUSHED LIMESTONE SAND FOR CONCRETE OF AXIAL LOADING R-C COLUMN

### Abstract

In this paper, the artificial sand obtained by crushing limestone was investigated to replace the natural sand for producing concrete of class B20. This research aimed to evaluate the adaptability of concrete using crushed sand to the Vietnamese reinforced concrete structural design standards. Four series of experiments were conducted: (i) compressive test of cube specimen to determine the compressive strength, (ii) compressive test of cylinder specimen to determine the elasticity modulus, (iii) pull-out test to determine the bond strength between concrete-reinforcement and, (iv) axial compressive test of reinforced concrete column with dimension of 20 × 20 × 100 cm. The obtained results show the instability of compressive strength of the crushed sand concrete. This instability was observed on two scales: (i) first related to the compressive strength determination and (ii) second related to the significant reduction of concrete compressive strength in comparison between 15 × 15 × 15 cm cube specimen and 20 × 20 × 100 cm reinforced concrete column sample.

*Keywords:* crushed sand; limestone; pull-out test; reinforced concrete column; axial loading.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(3V\)-08](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(3V)-08) © 2021 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [dunglv@nuce.edu.vn](mailto:dunglv@nuce.edu.vn) (Dũng, L. V.)

## 1. Đặt vấn đề

Số liệu thống kê từ các tỉnh, thành phố cho thấy nhu cầu sử dụng cát xây dựng tại Việt Nam khoảng 120-130 triệu m<sup>3</sup>/năm, nhu cầu cát san lấp giai đoạn 2016 - 2020 là 2,1 đến 2,3 tỷ m<sup>3</sup>, trong khi đó dự trữ cát xây dựng và cát san lấp được dự báo 2,1 tỷ m<sup>3</sup>. Dự báo nguồn cung cát tự nhiên từ các khu vực khai thác hợp pháp chỉ đáp ứng được khoảng 40 – 50% nhu cầu [1]. Như vậy, đến năm 2020, nước ta không đủ nguồn cung cát xây dựng tự nhiên phục vụ nhu cầu của các địa phương. Một số tỉnh đã xảy ra tình trạng khan hiếm cát tự nhiên và giá cát tăng cao đã tác động không nhỏ đến hoạt động xây dựng. Do đó, việc nghiên cứu sử dụng thay thế cát tự nhiên bằng cát nghiền nhân tạo là một trong những giải pháp hiệu quả không những về kinh tế mà còn cả về môi trường sinh thái [2, 3].

Trên thế giới, nhiều tiêu chuẩn đã được ban hành hướng dẫn cho việc sử dụng cát nghiền cho sản xuất bê tông, như các tiêu chuẩn BS:882-1992 của Anh [4], P18-540 của Pháp [5], ASTM C33-90 của Mỹ [6]. Ở một số nước, nơi mà có nhu cầu lớn về sử dụng cát nghiền nhân tạo thay thế dần cát tự nhiên khai thác từ các lòng sông, nhiều nghiên cứu đã được tiến hành so sánh để đánh giá đặc tính cơ học của bê tông sử dụng cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên. Nghiên cứu thực nghiệm của Sahu [7], Ilanogana [8] đánh giá cường độ chịu kéo, nén và mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng cát nghiền có khả năng đạt tới giá trị tương đương với bê tông sử dụng cát tự nhiên. Khi quan sát vi cấu trúc của cát nhân tạo bằng phương pháp chụp ảnh bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM- Scanning electron microscopy), Vijaya [9] chỉ rõ bề mặt gồ ghề với nhiều góc nhọn của cát nghiền, với hình dáng hạt dài hơn so với bề mặt mịn và hình dáng cầu của cát tự nhiên. Trạng thái bề mặt này của cát nghiền cho phép tạo ra sự liên kết tốt giữa bề mặt hạt cát với lớp đá xi măng và sự sắp xếp giữa các hạt với nhau chặt khít hơn, do đó có thể làm giảm độ rỗng trong bê tông. Tuy nhiên, hình dáng dài góc cạnh của hạt cát nghiền lại cho độ bền hạt thấp và khả năng nứt vỡ cao hơn so với cát tự nhiên. Do đó, việc kiểm soát chất lượng của bê tông sử dụng cát nghiền thay thế cát tự nhiên phụ thuộc nhiều vào dây chuyền nghiền sàng, tuyển cát nghiền và chất lượng đá gốc khai thác theo các khu vực khác nhau trên thế giới và trong từng vùng lãnh thổ.

Hiện nay ở nước ta, xu thế sử dụng cát nghiền nhân tạo thay thế cát tự nhiên trong sản xuất bê tông đang nhận được sự quan tâm lớn của nhà nước và các địa phương. TCVN 9205:2012 [10], TCVN 9382:2012 [11] đã ban hành các yêu cầu kỹ thuật, hướng dẫn việc sử dụng cát nhân tạo trong sản xuất bê tông và vữa. Chất lượng nguồn gốc đá nguyên khối hay sỏi nghiền dọc theo lãnh thổ Việt Nam thay đổi đa dạng, do đó ảnh hưởng đến chất lượng của cát nhân tạo ở mỗi vùng. Nhiều nghiên cứu trong nước đã được tiến hành đánh giá đặc tính cơ học của bê tông sử dụng cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên trong sản xuất vữa và bê tông, nhằm đánh giá khả năng ứng dụng bê tông đầm lăn cho các công trình hạ tầng đường giao thông và đập thủy điện [12–17]. Tuy nhiên, khả năng thay thế bê tông thường của bê tông sử dụng cát nhân tạo trong thiết kế thi công cấu kiện chịu lực nhà cao tầng BTCT hiện chưa được làm sáng tỏ, kiểm chứng sự phù hợp theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép TCVN 5574:2018 [18]. Vì vậy, việc nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng bê tông dùng cát nghiền nhân tạo từ đá vôi trong lĩnh vực thiết kế thi công nhà cao tầng BTCT sẽ là cơ sở hỗ trợ cho các kỹ sư, cán bộ đang nghiên cứu và làm việc trong lĩnh vực tư vấn thiết kế, quản lý dự án cũng như thi công công trình là rất cần thiết. Trong nội dung bài báo này, cát nhân tạo nghiền từ đá vôi khai thác tại Hà Nam được sử dụng phân tích nghiên cứu.

## 2. Nghiên cứu thực nghiệm

### 2.1. Cấp phối bê tông

Với mục đích nghiên cứu khả năng ứng dụng cát nghiền nguồn gốc đá vôi thay thế cát tự nhiên (cát vàng) cho cấu kiện chịu lực BTCT thông thường, hai cấp phối bê tông được thiết kế cho hai chủng loại cát đảm bảo cấp độ bền B20, với độ sụt yêu cầu  $SN = 4 \pm 2$  cm. Thành phần cấp phối được xác định theo nguyên tắc thể tích tuyệt đối theo phương trình sau [11, 19]:

$$\frac{X}{\rho_X} + \frac{N}{\rho_N} + \frac{C}{\rho_C} + \frac{D}{\rho_D} + A = 1000 \quad (1)$$

trong đó,  $X, N, C, D$  là khối lượng (kg) dùng của Xi măng, Nước, Cát và Đá;  $\rho_X, \rho_N, \rho_C, \rho_D$  lần lượt là khối lượng riêng của Xi măng, Nước, Cát và Đá;  $A$  là hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp bê tông (nghiên cứu chọn sơ bộ  $A = 1\%$  - tương ứng 10 lít/m<sup>3</sup> bê tông).

Tỷ lệ đá và hai loại cát tự nhiên (CTN) và cát nghiền nhân tạo (CN) được xác định trên cơ sở thí nghiệm xác định thành phần hỗn hợp hạt cốt liệu hợp lý đảm bảo có sự sắp xếp chặt chẽ nhất, theo phương pháp khối lượng thể lèn chặt lớn nhất. Hai cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu được xác định bước đầu tại Viện Nghiên cứu và ứng dụng Vật liệu Xây dựng nhiệt đới – trường Đại học Xây dựng (Bảng 1). Hai loại cấp phối này sau đó được sử dụng triển khai nghiên cứu mở rộng sang mô hình cấu kiện: (i) lực bám dính thép-bê tông và (ii) cấu kiện cột BTCT chịu nén đúng tâm.

Bảng 1. Thành phần cấp phối hỗn hợp bê tông sử dụng CTN và CN

STT	Loại Bê tông	Cấp độ bền chịu nén B	Khối lượng VL cho 1 m <sup>3</sup> bê tông (kg)				
			Xi măng	CTN	CN	Đá 1×2	Nước
1	CTN	20	330	800	0	1050	185
2	CN	20	330	0	800	1050	220

### 2.2. Thí nghiệm xác định tính chất cơ lý của bê tông

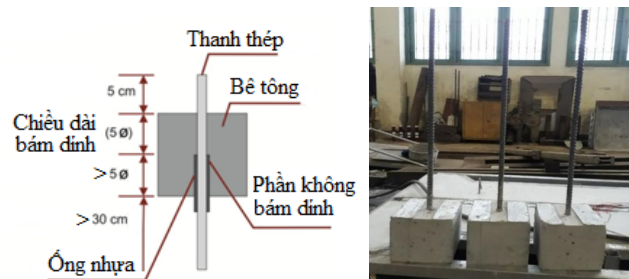
Tổng cộng 30 mẫu thí nghiệm xác định cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi ở các thời điểm 7, 14 và 28 ngày tuổi của bê tông sử dụng hai loại cát CTN và CN, trong đó: 24 mẫu lập phương  $15 \times 15 \times 15$  cm xác định cường độ chịu nén cho hai loại bê tông (Hình 1), 6 mẫu trụ  $15 \times 30$  cm xác định mô đun đàn hồi cho hai loại bê tông. Các mẫu sau khi đúc xong được ngâm nước bảo dưỡng trong phòng thí nghiệm đến tuổi thí nghiệm.

### 2.3. Thí nghiệm xác định lực bám dính giữa bê tông và cốt thép

Mẫu thí nghiệm xác định lực dính được thiết kế theo chỉ dẫn của Rilem 7-II-128 [20]. Theo đó mẫu thí nghiệm được thiết kế gồm thanh thép  $\Phi 14$  được neo một đoạn dài  $5\Phi = 7$  cm trong mẫu bê tông khối lập phương  $15 \times 15 \times 15$  cm (Hình 2). Một đầu thanh thép để thừa ra khỏi mẫu bê tông khoảng 5 cm để đo chuyển vị thanh thép khi thí nghiệm. Phần đầu kia của thanh thép được lồng trong ống nhựa để không bám dính với bê tông. Thí nghiệm lực dính giữa bê tông và cốt thép được xác định ở 28 ngày sau khi đúc mẫu. Tổng cộng có 6 mẫu cho thí nghiệm cho hai loại bê tông.



Hình 1. Thí nghiệm thử tính chất hỗn hợp bê tông và đúc mẫu khối lập phương  $15 \times 15 \times 15$  cm xác định cường độ chịu nén



Hình 2. Mẫu thí nghiệm lực dính cốt thép với khối lập phương  $15 \times 15 \times 15$  cm

#### 2.4. Thí nghiệm cột BTCT chịu nén đúng tâm

Thí nghiệm nén đúng tâm được thực hiện trên 4 mẫu cột BTCT, kích thước tiết diện  $200 \times 200$  mm, dài 1000 mm (2 mẫu sử dụng CTN, 2 mẫu sử dụng CN). Cột BTCT thí nghiệm được thiết kế như sau: cốt dọc 4 $\Phi$ 14 dùng thép CB300-V, cốt đai  $\Phi$ 6a200 kết hợp a100 gia cường đầu cột sử dụng thép CB240T (Hình 3). Mỗi cột được gắn 4 sensor đo biến dạng: 2 sensor gắn đo biến dạng cốt thép, được



Hình 3. Mẫu cột BTCT thí nghiệm kích thước  $200 \times 200$  mm, dài 1000 mm



bố trí cho 2 thanh cốt đối diện; 2 sensor được dán trên bề mặt bê tông, nằm ở giữa cột và ở hai mặt đối diện nhau. Các mẫu cột đúc xong được bảo dưỡng tưới nước trong khuôn đến ba ngày, sau đó tháo khuôn để trong không khí phòng thí nghiệm LAS - XD125 cho gần giống với điều kiện thi công thực tế tại công trường.



Hình 4. Lắp đặt thí nghiệm nén đúng tâm cột 200 x 200 mm, dài 1000 mm

Hệ thống thiết bị lắp đặt cho thí nghiệm nén cột được thể hiện như trong Hình 4: (i) tải trọng được kiểm soát qua LoadCell, với tốc độ gia tải trung bình  $28 \pm 2$  kN/s. Thí nghiệm gia tải dừng lại khi quan sát thấy bê tông bụng cột bị phá hoại tách ra kèm hiện tượng mất ổn định của cốt thép dọc; (ii) 4 đầu đọc biến dạng được nối trực tiếp với máy đọc tự động với độ đo 10-6 mm; (iii) giữa 2 đầu cột được bố trí tấm đệm cao su dày 1,5 cm để đảm bảo sự truyền lực tốt của lực ép vào 2 mặt phẳng đầu cột.

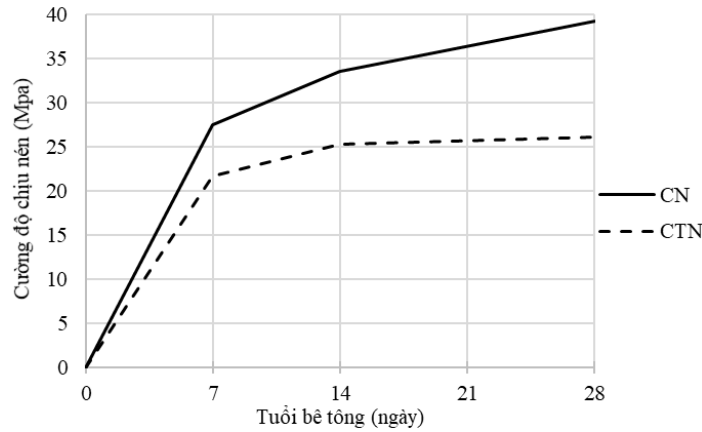
### 3. Kết quả và Thảo luận

#### 3.1. Cường độ chịu nén và Mô đun đàn hồi của bê tông

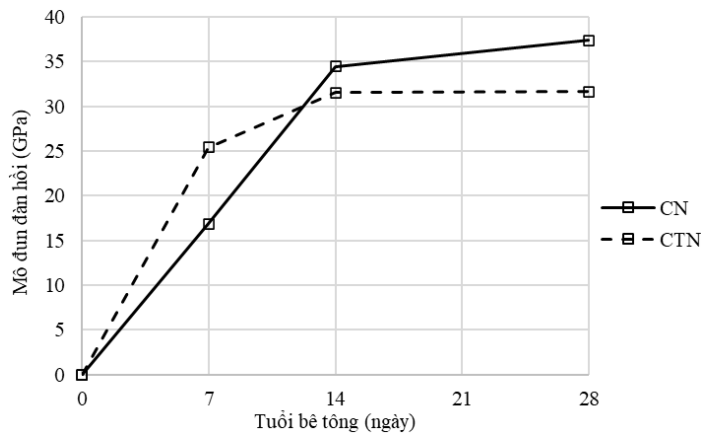
Sau khi đúc, các mẫu được bảo quản trong điều kiện khí hậu trong phòng thí nghiệm và mẫu được ngâm nước bảo dưỡng sau khi tháo khuôn. Tại các ngày tuổi 7, 14 và 28 ngày, các tổ mẫu lập phương và mẫu trụ được nén xác định cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi theo TCVN 3118:1993 và ASTM C469/ C469M - 14e1. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong các Hình 5 và 6.

Từ Hình 5 cho thấy, kết quả thí nghiệm của bê tông thường sử dụng cát tự nhiên CTN đạt cấp độ bền B20 ở tuổi 28 ngày theo như cấp phối thiết kế ( $R_{28}^{tb} = 26,2$  MPa so với giá trị thiết kế 25 MPa). Tuy nhiên với bê tông sử dụng cát nghiền nhân tạo (CN), cường độ chịu nén trung bình ở tuổi 28 ngày đạt được lớn hơn 157% so với dự kiến ( $R_{28}^{tb} = 39,3$  MPa so với giá trị thiết kế 25 MPa).

Sự ảnh hưởng của loại cát đến cường độ nén và mô đun đàn hồi của bê tông còn được quan sát rõ khi đối chiếu hai hình Hình 5 và 6. Về chỉ tiêu cường độ, Hình 5 cho thấy cường độ bê tông phát triển nhanh trong 7 ngày đầu, sau đó giảm dần sau 14 và 28 ngày. Tuy nhiên trong Hình 6, nhận thấy về chỉ tiêu độ cứng (mô đun đàn hồi) của bê tông sử dụng cát nghiền cho tốc độ phát triển đều trong 14 ngày đầu, sau đó giảm dần đạt ổn định tương đối ở 28 ngày tuổi. Điều này có thể do cường độ nén và mô đun đàn hồi ở tuổi sớm phụ thuộc chủ yếu vào cường độ bám dính giữa bề mặt hạt cốt liệu và lớp đá chất kết dính xi măng trong bê tông, còn ở tuổi muộn các tính chất này lại phụ thuộc chủ yếu vào cường độ lớp đá xi măng, cường độ bám dính cốt liệu - xi măng và cường độ cốt liệu [21]. Trong bê tông sử dụng cát nghiền, cường độ bám dính giữa hạt cát và đá xi măng cao hơn và phát triển nhanh hơn so với trong bê tông sử dụng cát tự nhiên.



Hình 5. Biểu đồ phát triển cường độ chịu nén trung bình theo thời gian của bê tông sử dụng cát tự nhiên (CTN) và cát nghiền nhân tạo (CN)



Hình 6. Biểu đồ phát triển mô đun đàn hồi theo thời gian của bê tông sử dụng cát tự nhiên (CTN) và cát nghiền nhân tạo (CN)

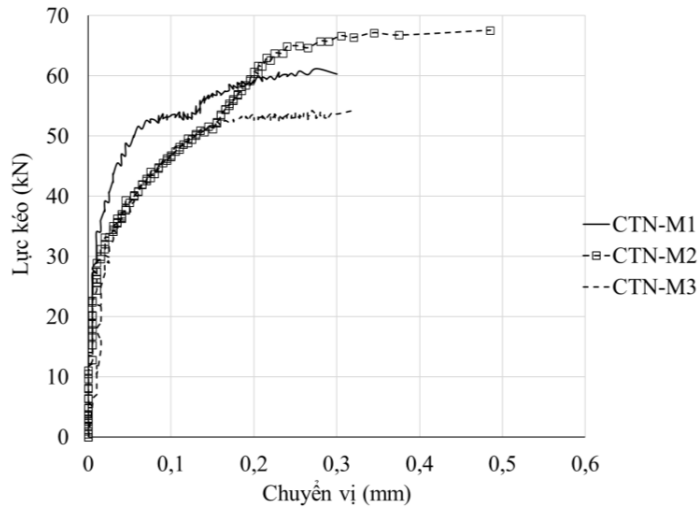
### 3.2. Lực bám dính giữa bê tông và cốt thép

Lực bám dính trung bình giữa bê tông và cốt thép được xác định theo công thức (2):

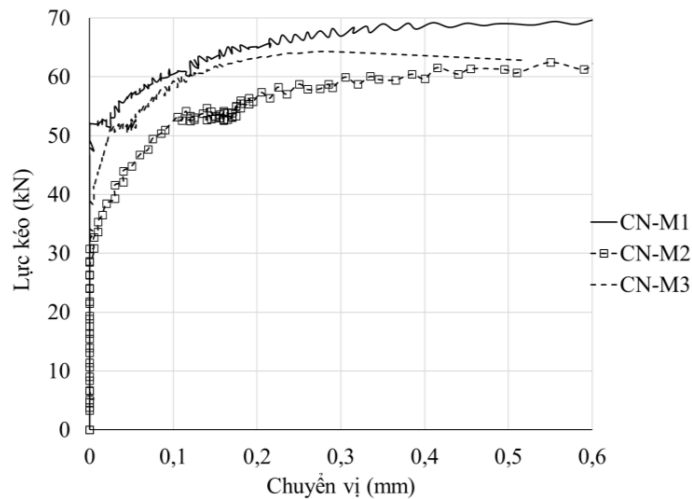
$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot \Phi \cdot l} \quad (2)$$

trong đó  $P$  là lực kéo (hoặc nén) làm cốt thép tụt ra khỏi bê tông;  $\Phi$  là đường kính thanh thép,  $\Phi = 14$  mm;  $l$  là chiều dài đoạn cốt thép neo trong bê tông,  $l = 70$  mm.

Quan hệ giữa lực kéo  $P$  tại trạng thái gây tuột thanh thép ra khỏi mẫu bê tông được thể hiện trong Hình 7 và 8 cho hai loại bê tông nghiên cứu. Kết quả phân tích cho thấy lực bám dính giữa cốt thép và hai loại bê tông là khá tương đồng: với bê tông sử dụng cát nghiền CN cho lực dính cao hơn so với bê tông cát tự nhiên CTN khoảng 6% (Bảng 2). Điều này chứng tỏ đặc tính bề mặt nhám ráp của CN đã làm tăng khả năng liên kết bám dính giữa lớp bê tông và bề mặt thanh cốt thép.



Hình 7. Biểu đồ quan hệ giữa lực kéo và chuyển vị trượt thanh thép – bê tông sử dụng CTN



Hình 8. Biểu đồ quan hệ giữa lực kéo và chuyển vị trượt thanh thép – bê tông sử dụng CN

Bảng 2. Kết quả đo lực dính giữa cốt thép – bê tông sử dụng CTN và CN

Loại bê tông	Kết quả	Tên mẫu		
		M1	M2	M3
CTN	Lực kéo tụt cốt thép, $P$ (KN)	60,28	67,58	54,28
	Lực bám dính, $\tau_i$ (MPa)	19,60	22,00	17,60
	Lực bám dính, $\tau_{tb}$ (MPa)		19,80	
CN	Lực kéo tụt cốt thép, $P$ (KN)	67,88	63,98	62,78
	Lực bám dính, $\tau_i$ (MPa)	22,10	20,80	20,40
	Lực bám dính, $\tau_{tb}$ (MPa)		21,10	

### 3.3. Thí nghiệm cột BTCT chịu nén đúng tâm

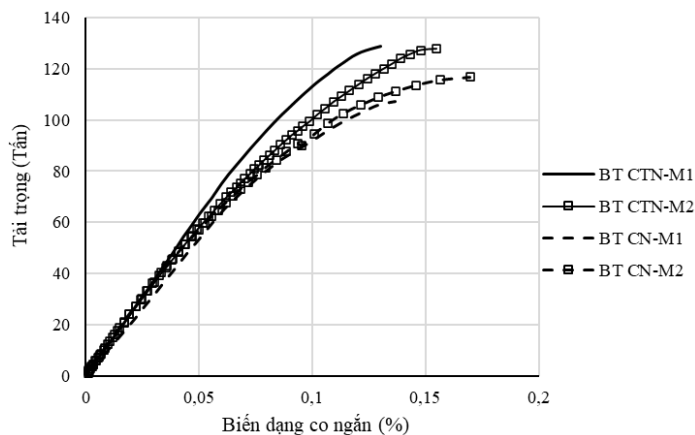
Kết quả thí nghiệm cho thấy, ở trạng thái giới hạn về cường độ, bê tông cột bị phá vỡ ở giữa cột. Đồng thời sự phá hoại cho quan sát thấy trạng thái mất ổn định uốn dọc của cốt thép dọc ở giữa hai cốt đai a200 (Hình 9). Đây là trạng thái phá hoại nén đúng tâm đúng theo lý thuyết thực nghiệm [22]. Kết quả thí nghiệm đo ở trạng thái giới hạn phá hoại được tổng hợp thống kê trong Bảng 3.



Hình 9. Trạng thái phá hoại của cột khi chịu nén đúng tâm – Mẫu được bó đai thép đỉnh cột

Bảng 3. Kết quả lực nén phá hoại cột BTCT sử dụng cát CTN và CN

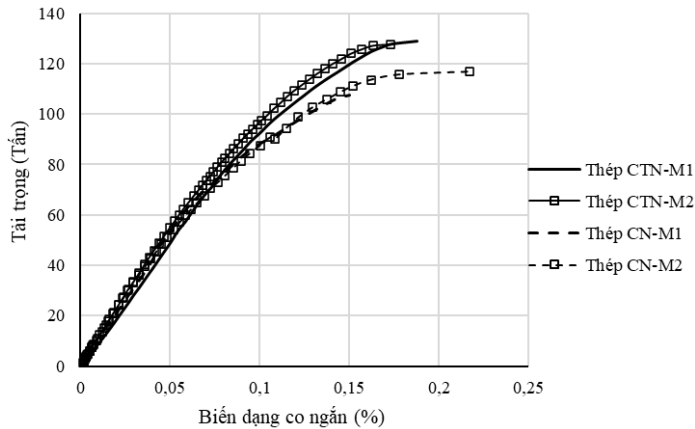
Loại bê tông	Lực nén phá hoại mẫu cột ở tuổi 28 ngày (T)		
	Mẫu 1	Mẫu 2	Trung bình
CTN	128,90	127,60	128,250
CN	107,36	116,75	112,055



Hình 10. Biểu đồ so sánh quan hệ giữa tải trọng và biến dạng bê tông cột



Quan sát đường cong tải trọng-biến dạng trong hai Hình 10 và 11 nhận thấy: (i) biến dạng của bê tông và cốt thép cho mỗi mẫu cột là tương đồng nhau, thể hiện sự làm việc đồng thời giữa hai vật liệu và lực bám dính được phát huy tốt trong quá trình truyền lực giữa cốt thép và bê tông sử dụng hai loại cát CTN và cát CN; (ii) Tại trạng thái phá hoại, biến dạng nén của bê tông cột đạt giá trị tương đồng (Hình 10). Cụ thể bê tông biến dạng co ngắn  $0,14 \pm 0,02\%$  cho cột sử dụng cát CTN, và biến co ngắn  $0,15 \pm 0,02\%$  cho cột sử dụng cát CN.



Hình 11. Biểu đồ so sánh quan hệ giữa tải trọng và biến dạng cốt thép cột

Quan sát giá trị tải trọng giới hạn đo tại trạng thái cột bị phá hoại cho hai loại bê tông, so sánh với giá trị tải thí nghiệm giới hạn xác định theo TCVN 5574:2018 [18] như nêu trong Bảng 4 nhận thấy:

- So với giá trị giới hạn xác định theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [18] khi sử dụng cường độ vật liệu xác định trực tiếp trên mẫu (bê tông, cốt thép), kết quả thí nghiệm xác định lực nén giới hạn với trên mẫu cột sử dụng bê tông cát nghiền nhân tạo cho giá trị nhỏ hơn, thiên về thiếu an toàn.

- So sánh giá trị lực nén giới hạn xác định theo thực nghiệm giữa hai loại bê tông sử dụng CTN (128.3 T) và CN (112.1 T), đối chiếu kết quả nén mẫu theo xu hướng ngược lại khi cường độ nén trung bình của bê tông sử dụng CN lớn gấp  $39,3/26,2 = 1,5$  lần so với BT sử dụng CTN, nhận thấy sự suy giảm mạnh về cường độ chịu nén của bê tông CN khi chuyển đổi từ kích thước mẫu thí nghiệm ( $15 \times 15 \times 15$  cm) sang kích thước cấu kiện. Sự suy giảm này có thể liên quan đến độ đồng nhất của mẫu cột và quá trình bảo dưỡng [15], do đó làm giảm mức độ thủy hóa xi măng dính kết trong bê tông.

Bảng 4. So sánh kết quả tải trọng phá hoại thí nghiệm nén cột BTCT sử dụng hai loại cát CTN và CN

Mẫu cột BTCT sử dụng	Giới hạn chảy đo được của cốt thép dọc $\Phi 14$	Lực nén giới hạn xác định theo TCVN 5574:2018 [18]	Lực nén giới hạn xác định theo thí nghiệm	Độ sai lệch giữa thí nghiệm so với tiêu chuẩn
Bê tông CTN	353 (MPa)	115 (T)*	128,3 (T)	+12%
Bê tông CN	353 (MPa)	163 (T)*	112,1 (T)	-30%

\*Lực nén giới hạn xác định theo TCVN 5574:2018 [18] được xác định theo công thức:  $N_u = \varphi (R_b A_b + R_{sc} A_{s,t})$ , trong đó: (i)  $\varphi = 0,925$  cho cột có  $L/h = 5$  chịu tải trọng tức thời; (ii) nhằm đánh giá trực tiếp sự thay đổi cường độ nén mẫu khi chuyển sang kích thước cấu kiện, giá trị  $R_b$  cho hai loại bê tông CTN và CN được lấy theo giá trị cường độ chịu nén trung bình ở 28 ngày tuổi được xác định ở mục 3.1.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng thay thế cát tự nhiên của cát nhân tạo nghiền từ đá vôi đã đạt được một số kết quả như sau:

- Kết quả thí nghiệm về cường độ nén ở 28 ngày tuổi của bê tông sử dụng cát nghiền vượt 157% so với giá trị thiết kế khi thiết kế cấp phối cho bê tông B20 theo TCVN 9382:2012 [11]. Kết quả đo cho thấy sự biến động lớn về kết quả thí nghiệm trên mẫu thử lập phương.

- Nghiên cứu thí nghiệm trên cấu kiện chịu nén, kích thước mẫu  $20 \times 20 \times 100$  cm khi so sánh với mẫu bê tông cát tự nhiên, nhận thấy có hiện tượng suy giảm mạnh về cường độ chịu nén của bê tông cát nghiền khi chuyển từ mẫu thí nghiệm  $15 \times 15 \times 15$  cm sang mẫu cột kích thước  $20 \times 20 \times 100$  cm. Kết quả thí nghiệm cho lực nén giới hạn thiếu an toàn, giảm 30% so với giá trị xác định theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 [18]. Sự suy giảm này có thể được giải thích bởi sự hút nước mạnh của cát nghiền trong bê tông cột, làm ảnh hưởng đến quá trình thủy hóa xi măng đóng rắn bê tông.

Kết quả quan sát cần được phân tích chuyên sâu hơn để kiểm chứng, làm rõ mức độ ảnh hưởng của tính chất của cát nghiền, điều kiện chế tạo, chế độ bảo dưỡng mẫu kích thước cấu kiện đến sự ổn định đặc tính cơ lý của bê tông khi sử dụng cát nhân tạo nghiền từ nguồn gốc đá vôi thay thế cho cát tự nhiên.

#### Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Xây dựng cho đề tài “Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng chịu lực theo TTGH-I của cấu kiện BTCT sử dụng cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên”, mã số 29-2020/KHXD-TĐ. Nhóm nghiên cứu chân thành gửi lời cảm ơn Phòng thí nghiệm LAS - XD125 và Viện Nghiên cứu và Ứng dụng Vật liệu Xây dựng Nhiệt đới – trường Đại học Xây dựng đã hỗ trợ tạo điều kiện thí nghiệm thuận lợi cho nghiên cứu.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Kiên, T. T., Thiên, B. Đ. (2018). *Tuyển tập Báo cáo hội thảo Khoa học công nghệ toàn quốc Cát nghiền thay thế cát tự nhiên, Vật liệu thân thiện với môi trường*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [2] Wigum, B. J., Danielsen, S. W. (2009). *Production and Utilisation of Manufactured sand*. State-of-the-art report, COIN project report 12 - 2009, Norway.
- [3] Mundra, S., Sindhi, P. R., Chandwani, V., Nagar, R., Agrawal, V. (2016). [Crushed rock sand – An economical and ecological alternative to natural sand to optimize concrete mix](#). *Perspectives in Science*, 8: 345–347.
- [4] BS 882:1992. *Specification for aggregates from natural sources for concrete*. UK.
- [5] XP P18-540. *Granulats: Définition, conformité, spécification, Normalisation française*. France.
- [6] ASTM 33:1990 (1990). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. USA.
- [7] Sahu, A. K., Sunil, K. S. (2003). Quarry stone waste as fine aggregate for concrete. *Indian Concrete Journal*, 845–848.
- [8] Ilangoana, R., Mahendrana, N., Nagamanib, K. (2008). Strength and durability properties of concrete containing quarry rock dust as fine aggregate. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(5): 20–26.
- [9] Vijaya, B. (2020). Microstructural study on the concrete containing manufactured sand. *Journal of Critical Reviews*, 7(4):1560–1564.
- [10] TCVN 9205:2012. *Cát nghiền cho bê tông và vữa*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [11] TCVN 9382:2012. *Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.

- [12] Chương, N. H. (2008). *Nghiên cứu khả năng sử dụng đá mặt - phế thải của công nghiệp gia công đá để chế tạo vữa và bê tông xi măng*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Xây dựng.
- [13] Chương, N. H., Lự, P. V., Phát, N. M. (2009). Nghiên cứu sử dụng đá mặt trong sản xuất bê tông nghèo xi măng. *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng*, 3(1):11–19.
- [14] Cung, N. Q. (2004). *Nghiên cứu cát nhân tạo sử dụng cho bê tông và vữa nhân tạo*. Tuyển tập các công trình NCKH công nghệ VLXD, NXB Xây dựng.
- [15] Đoàn, N. V. (2018). Sử dụng cát nghiền để chế tạo bê tông và vữa xây dựng. *Tuyển tập Báo cáo Hội thảo KHCN toàn quốc - Cát nghiền thay thế cát tự nhiên - Vật liệu thân thiện môi trường*, NXB Xây dựng, 116–129.
- [16] Hiếu, N. D., Xuân, T. T. K., Toàn, Đ. T., Văn, H. H. (2018). Kết hợp cát nghiền và cát mịn trong chế tạo bê tông. *Tuyển tập Báo cáo Hội thảo KHCN toàn quốc - Cát nghiền thay thế cát tự nhiên - Vật liệu thân thiện môi trường*, NXB Xây dựng, 130–139.
- [17] Kiên, T. T., Hàn, T. H., Hương, C. T. (2018). Nghiên cứu khả năng sử dụng các sản phẩm từ đá cát kết thay thế cát tự nhiên trong xây dựng các công trình. *Tuyển tập Báo cáo Hội thảo KHCN toàn quốc - Cát nghiền thay thế cát tự nhiên - Vật liệu thân thiện môi trường*, NXB Xây dựng, 83–91.
- [18] TCVN 5574:2018. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [19] TCVN 3108:1993. *Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp xác định khối lượng thể tích*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [20] RILEM 7-II-128 (1994). *RC6 : Bond test for reinforcing steel. 1. Pull-Out Test*. RILEM technical recommendations for the testing and use of construction materials (pp. 102-105). London : E & FN Spon.
- [21] Neville, A. M. (1996). *Properties of concrete*. New York: Wiley.
- [22] Minh, P. Q., Phong, N. T., Công, N. Đ. (2008). *Kết cấu bê tông cốt thép. Phần 1: Cấu kiện cơ bản*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.