

# Nghiên cứu thực nghiệm một số tính chất của bê tông sử dụng cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên

Nguyễn Tiến Dũng<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải

## TỪ KHOÁ

Cát nghiền  
Cát nhân tạo  
Cát tự nhiên  
Tính công tác  
Độ sụt  
Tổn thất độ sụt  
Cường độ chịu nén

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của cát nghiền từ đến một số tính chất cơ bản của bê tông, bao gồm tính công tác và cường độ chịu nén. Thực hiện thí nghiệm với ba cấp cường độ B30, B40 và B50, với tỷ lệ thay thế cát sông bằng cát nghiền từ 60% đến 100% theo khối lượng, kết quả cho thấy khi tăng tỷ lệ cát nghiền, độ sụt ban đầu giảm và tốc độ suy giảm độ sụt sau 30 phút tăng lên. Trong khoảng tỷ lệ thay thế trung bình (60–80%), bê tông sử dụng cát nghiền vẫn có thể đáp ứng yêu cầu độ sụt khi điều chỉnh hợp lý lượng nước và phụ gia, đồng thời cường độ chịu nén ở 7 và 28 ngày tuổi tương đương hoặc cao hơn mẫu đối chứng sử dụng 100% cát tự nhiên. Tuy nhiên, khi tỷ lệ cát nghiền vượt 90%, tính công tác suy giảm rõ rệt, độ sụt giảm nhanh và cường độ suy giảm. Tỷ lệ thay thế 70% cát nghiền cho thấy kết quả tối ưu, tạo ra sự cân bằng giữa tính công tác và cường độ.

## KEYWORDS

Crushed sand  
Manufactured sand  
Natural sand  
Workability  
Slump  
Slump loss  
Compressive strength

## ABSTRACT

This study evaluates the impact of crushed sand on some basic properties of concrete, including workability and compressive strength. Experiments were conducted with three strength grades: B30, B40, and B50, using river sand replaced by crushed sand at varying ratios from 60% to 100% by weight. The results show that increasing the proportion of crushed sand decreases the initial slump and increases the rate of slump loss after 30 minutes. Within the intermediate replacement range (60–80%), concrete made with crushed sand can still meet the required slump when the amount of water and additives is appropriately adjusted. Additionally, the compressive strength at 7 and 28 days is equivalent to or higher than that of the control sample using 100% natural sand. However, when the crushed sand replacement exceeds 90%, the workability significantly decreases, the slump rapidly decreases, and the strength deteriorates. The 70% crushed sand replacement ratio showed the optimal results, achieving a balance between workability and strength.

## 1. Đặt vấn đề

Trong bê tông xi măng, cốt liệu nhỏ đóng vai trò quan trọng không chỉ trong việc quyết định tính công tác của hỗn hợp bê tông mà còn ảnh hưởng đến độ đặc chắc của bộ khung cốt liệu và chất lượng vùng chuyển tiếp giữa cốt liệu và đá xi măng (ITZ). Mặc dù chiếm tỷ lệ nhỏ trong thể tích bê tông, vùng ITZ lại có ảnh hưởng sâu rộng đến các tính chất cơ học của bê tông, bao gồm cường độ, độ bền, và khả năng chống thấm [1]. Nhờ vào cấp phối ổn định và hình dạng hạt thuận lợi, cát tự nhiên, đặc biệt là cát sông, đã và đang là lựa chọn chính trong sản xuất bê tông. Tuy nhiên, với sự gia tăng không ngừng của nhu cầu xây dựng, khai thác cát tự nhiên ngày càng gây áp lực lên nguồn tài nguyên này, dẫn đến nguy cơ cạn kiệt và kéo theo các hệ lụy nghiêm trọng về môi trường như xói lở bờ sông, suy giảm đa dạng sinh học và sự biến đổi các hệ sinh thái thủy vực [2], [3].

Tại Việt Nam, các nghiên cứu đã chỉ ra rằng khai thác cát lòng sông đang góp phần gia tăng hiện tượng xói lở bờ sông và bất ổn hình thái sông ngòi, điều này không chỉ gây rủi ro môi trường mà còn ảnh

hưởng nghiêm trọng đến các công trình hạ tầng ven sông [4], [5]. Cùng với sự khan hiếm cát tự nhiên và sự biến động về chất lượng cát khai thác, việc phát triển các nguồn cốt liệu thay thế, đặc biệt là cát nghiền, có thể chủ động trong nguồn cung và giảm thiểu các vấn đề môi trường liên quan, là rất cần thiết. Tuy nhiên, cát nghiền thường có hình dạng hạt góc cạnh và bề mặt thô, với dải phân bố hạt phụ thuộc nhiều vào công nghệ nghiền và sàng lọc, do đó các tính chất của nó có thể thay đổi đáng kể theo nguồn đá và quy trình sản xuất [6], [7].

Công nghệ sản xuất bê tông yêu cầu cát nghiền phải được kiểm soát chặt chẽ về thành phần hạt, hàm lượng hạt mịn và tạp chất để đảm bảo chất lượng bê tông. Các nghiên cứu chỉ ra rằng tỷ lệ hạt mịn cao trong cát nghiền có thể làm tăng nội ma sát, giảm độ chảy và làm bê tông mất độ sụt nhanh hơn nếu không điều chỉnh lượng nước và phụ gia một cách thích hợp [8]. Tuy nhiên, khi thành phần hạt và hàm lượng hạt mịn (filler) được tối ưu, cát nghiền có thể giúp cải thiện độ đặc chắc của hỗn hợp cốt liệu, từ đó làm tăng cường độ bê tông trong một khoảng tỷ lệ thay thế nhất định. Nếu vượt ngưỡng, hàm lượng hạt mịn quá cao sẽ làm tăng nhu cầu nước/phụ gia và gây

\*Liên hệ tác giả: Nguyen.tiendung@utc.edu.vn

Nhận ngày 28/01/2026, sửa xong ngày 24/02/2026, chấp nhận đăng ngày 26/02/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2026.1238>

bất lợi cho các chỉ tiêu cơ lý như cường độ chịu nén và độ bền [9-14].

Thực tế sản xuất bê tông cho thấy cát nghiền có tính chất thay đổi đáng kể theo nguồn đá, dây chuyền nghiền và điều kiện bảo quản. Do đó, cần có các nghiên cứu định lượng ảnh hưởng của từng nguồn cát nghiền đến các tính chất chủ chốt của bê tông, từ đó xác định tỷ lệ sử dụng tối ưu và đề xuất các phương án thiết kế cấp phối phù hợp cho các ứng dụng thực tế. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này tiến hành khảo sát thực nghiệm bê tông sử dụng cát nghiền từ mỏ Quang Sơn (Lập Thạch, Vĩnh Phúc cũ) với các mục tiêu: (i) xác định ảnh hưởng của tỷ lệ thay thế cát nghiền đến tính công tác (độ sụt) của hỗn hợp bê tông; (ii) đánh giá mức suy giảm độ sụt theo thời gian nhằm phản ánh khả năng thi công và vận chuyển; và (iii) phân tích xu hướng cường độ chịu nén ở tuổi 7 và 28 ngày đối với các cấp bê tông 30-50 MPa. Thành phần cấp phối được thiết kế theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn quốc gia về bê tông sử dụng cát nghiền [15], nhằm bảo đảm tính thống nhất phương pháp và khả năng ứng dụng trong sản xuất thực tế.

**2. Vật liệu chế tạo và phương pháp nghiên cứu**

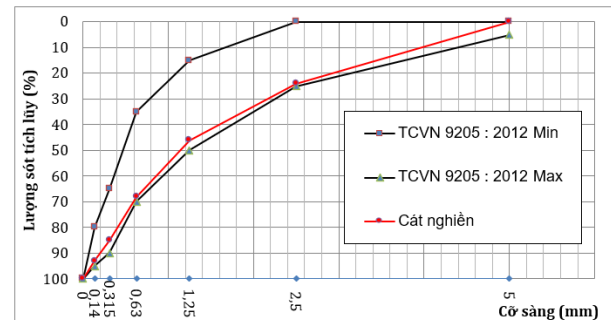
**2.1. Vật liệu sử dụng**

Vật liệu sử dụng để chế tạo bê tông trong nghiên cứu này gồm: Xi măng poóc lăng hỗn hợp, tro bay nhiệt điện, cát nghiền, cát mịn và cát thô sông Lô, đá dăm 5-10 mm và đá dăm 10-20 mm, phụ gia hóa dẻo.

- *Cát nghiền (CN)*: Cát nghiền sử dụng trong đề tài là cát nghiền từ mỏ đá Quang Sơn, huyện Lập Thạch, tỉnh Vĩnh Phúc cũ (Hình 1). Đây là loại cát thô có thành phần hạt thoả mãn TCVN 9205 : 2012 [16], mô đun độ lớn 3,2. Thành phần hạt của loại cát này được trình bày trong Hình 2. Các đặc tính kỹ thuật của cát nghiền được giới thiệu ở bảng 1.



**Hình 1.** Cát nghiền từ mỏ đá Quang Sơn.

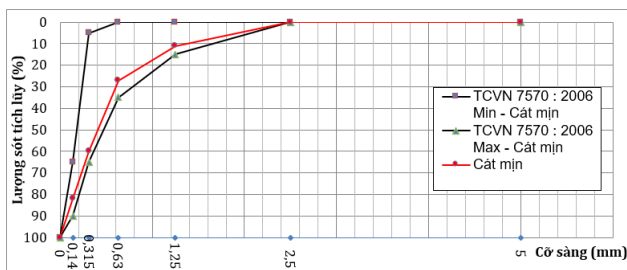


**Hình 2.** Thành phần hạt của cát nghiền.

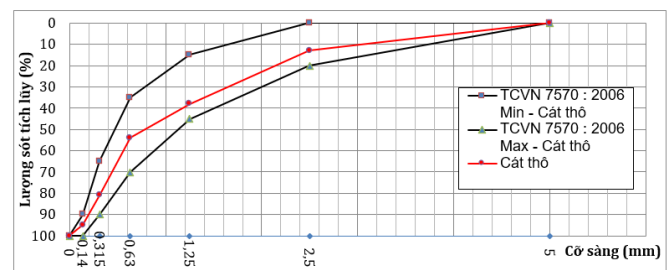
- *Cát sông (CS)*: Nghiên cứu này sử dụng 2 loại cát được khai thác từ sông Lô: cát mịn (CM) có mô đun độ lớn 1,8 và cát thô (CT) mô đun độ lớn 2,8. Các đặc tính kỹ thuật của cát sông được giới thiệu ở bảng 1. Thành phần hạt của hai loại cát này được trình bày trong hình 3 và hình 4. Thành phần hạt của 2 loại cát này thoả mãn TCVN 7570 : 2006 [17].

**Bảng 1.** Các tính chất kỹ thuật của cát nghiền và cát sông.

TT	Tên chỉ tiêu	Cát nghiền	Cát sông (cát mịn)	Cát sông (cát thô)
1	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	2,69	2,63	2,68
2	Khối lượng thể tích xốp (g/cm <sup>3</sup> )	1,56	1,54	1,6
3	Mô đun độ lớn	3,2	1,8	2,7
4	Độ hút nước sau 24h (%)	0,9	1,6	1,2



**Hình 3.** Thành phần hạt của cát mịn.



**Hình 4.** Thành phần hạt của cát thô.

- **Cốt liệu lớn:** Cốt liệu lớn sử dụng trong nghiên cứu này là đá dăm 5-10 mm và đá dăm 10-20 mm có thành phần hạt thoả mãn tiêu chuẩn TCVN 7570 : 2006 [17]. Các đặc tính kỹ thuật của cốt liệu lớn được giới thiệu ở bảng 2.

**Bảng 2.** Các tính chất kỹ thuật của cốt liệu lớn.

TT	Tên chỉ tiêu	Đá 5-10	Đá 10-20
1	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	2,71	2,71
2	Khối lượng thể xốp (g/cm <sup>3</sup> )	1,65	1,6
3	Độ hút nước sau 24h (%)	0,8	0,8

- **Xi măng:** Nghiên cứu này sử dụng loại xi măng phổ biến trên thị trường: Xi măng pooc lăng hỗn hợp PCB40 Nghi Sơn có các chỉ tiêu kỹ thuật thoả mãn tiêu chuẩn TCVN 6260-2009 [18].

- **Tro bay:** Tro bay sử dụng là tro bay tuyển nổi loại F từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại, Hải Dương có các chỉ tiêu kỹ thuật thoả mãn tiêu chuẩn TCVN 10302 : 2014 [19].

- **Nước:** Nước sử dụng trong bê tông cho việc trộn, bảo dưỡng hoặc các ứng dụng khác phải là nước uống được. Nước phải đảm bảo độ sạch hợp lý và không lẫn dầu, muối axít, chất kiềm, thực vật và bất kỳ chất nào khác gây hư hỏng đối với sản phẩm hoàn thiện. Nước dùng để trộn hỗn hợp bê tông là nước sạch lấy từ nguồn nước sinh hoạt và thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 4506:2012 [20] đối với nước trộn vữa và bê tông.

- **Phụ gia siêu dẻo:** Để cải thiện tính công tác và điều chỉnh lượng nước cho các hỗn hợp bê tông và vữa, nghiên cứu này sử dụng phụ gia giảm nước cao Sika NN, gốc Polycarboxylate cải tiến của hãng SIKA. Phụ gia Sika NN là chất siêu dẻo gốc polyme thế hệ thứ 3, phù hợp với tiêu chuẩn ASTM 494 loại G; khối lượng thể tích 1,04-1,07 g/cm<sup>3</sup>; mức độ giảm nước 30-40 %, lượng dùng điển hình 0,8-1,5 %.

**2.2. Thành phần cấp phối bê tông**

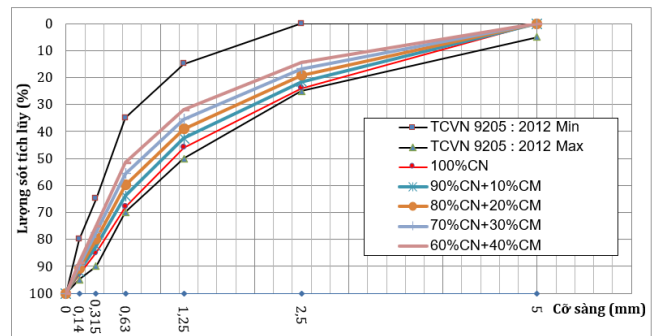
Nhằm mục đích ứng dụng cho các công trình xây dựng thông thường trên địa bàn tỉnh Phú Thọ (Vĩnh Phúc cũ), nghiên cứu này thiết kế thành phần cấp phối bê tông sử dụng cát nghiền có cường độ chịu nén từ 30-50 Mpa và độ sụt 12 ± 2 cm.

Để phân tích rõ ảnh hưởng của hàm lượng cát nghiền thay thế cát sông đến các tính chất của bê tông, tỷ lệ theo % khối lượng cát nghiền (CN) – cát sông hạt mịn (CM) được lựa chọn là 100 %-0 %, 90 %-10 %, 80 %-20 %, 70 %-30 %, 60 %-40 %. Bê tông đối chứng (BTĐC) là bê tông sử dụng 100 % cát sông hạt thô (CT).

Thành phần cấp phối bê tông được tính toán theo “Chi dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền” TCVN 9382:2012 [16]. Tiêu chuẩn này áp dụng cho bê tông xi măng với cốt liệu nhỏ là cát được nghiền từ các loại đá thiên nhiên. Hướng dẫn này sử dụng trong thiết kế bê tông với cường độ nén tới 60 MPa.

**a. Thành phần hạt của hỗn hợp cát nghiền – cát sông hạt mịn**

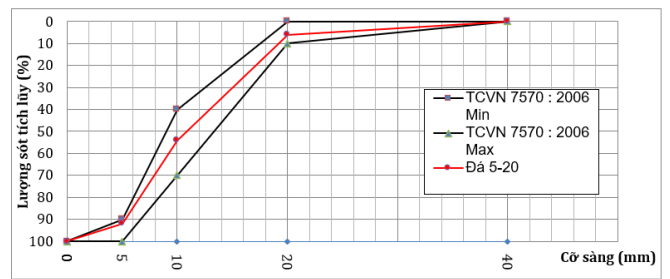
Thành phần hạt của hỗn hợp cát nghiền – cát sông hạt mịn với các tỷ lệ phối trộn 100 %-0 %, 90 %-10 %, 80 %-20 %, 70 %-30 %, 60 %-40 % được thể hiện trên hình 5.



**Hình 5.** Thành phần hạt của hỗn hợp cát nghiền (CN) – cát sông hạt mịn (CM).

**b. Thành phần hạt của hỗn hợp đá dăm 5-10 mm và đá dăm 10-20 mm**

Dựa trên thành phần hạt của đá 5-10 mm và đá 10-20 mm, tỷ lệ phối trộn lựa chọn là 60 %-40 %. Thành phần hạt của hỗn hợp đá 5-20 mm được thể hiện trên hình 6.



**Hình 6.** Thành phần hạt của hỗn hợp đá dăm 5-10 mm và đá dăm 10-20 mm.

**c. Thành phần cấp phối của bê tông**

Thành phần cấp phối của bê tông được trình bày ở bảng 3.

**Bảng 3.** Thành phần cấp phối của bê tông.

STT	Cấp phối bê tông	Xi măng (kg)	Tro bay (kg)	Đá 5-10 (kg)	Đá 10-20 (kg)	Cát Nghiền (kg)	Cát Sông (kg)	Nước (kg)	Phụ Gia (kg)
1	B30-0 %CN	370	74	630	420	0	790	160	5.6
2	B30-60 %CN	370	74	630	420	474	316	160	5.6
3	B30-70 %CN	370	74	630	420	553	237	160	5.6
4	B30-80 %CN	370	74	630	420	553	237	160	5.6
5	B30-90 %CN	370	74	630	420	711	79	160	5.6
6	B30-100 %CN	370	74	630	420	790	0	160	5.6
7	B40-0 %CN	420	84	630	420	0	735	160	6.3
8	B40-60 %CN	420	84	630	420	441	294	160	6.3
9	B40-70 %CN	420	84	630	420	515	221	160	6.3
10	B40-80 %CN	420	84	630	420	588	147	160	6.3
11	B40-90 %CN	420	84	630	420	662	74	160	6.3
12	B40-100 %CN	420	84	630	420	735	0	160	6.3
13	B50-0 %CN	475	95	630	420	0	675	160	7.1
14	B50-60 %CN	475	95	630	420	405	270	160	7.1
15	B50-70 %CN	475	95	630	420	405	270	160	7.1
16	B50-80 %CN	475	95	630	420	405	270	160	7.1
17	B50-90 %CN	475	95	630	420	405	270	160	7.1
18	B50-100 %CN	475	95	630	420	405	270	160	7.1

**2.3. Chế tạo bê tông**

- **Chuẩn bị vật liệu:** Các vật liệu được bảo quản trong phòng thí nghiệm. Độ ẩm của CL được xác định trước khi nhào trộn. Lượng nước nhào trộn được điều chỉnh dựa trên độ ẩm của CL ngay trước khi nhào trộn hỗn hợp bê tông.

- **Nhào trộn hỗn hợp bê tông:** Các hỗn hợp bê tông được nhào trộn theo quy trình sau:

Bước 1: Trộn hỗn hợp Xi măng + Tro bay + Đá + Cát: 1 phút;

Bước 2: Thêm ½ Nước và tiếp tục trộn: 1 phút;

Bước 3: Thêm ½ Nước còn lại + phụ gia siêu dẻo đã được hoà sẵn và tiếp tục trộn: 3 phút;

Bước 4: Kết thúc trộn và xả hỗn hợp bê tông ra khỏi máy trộn.

- **Đổ mẫu và đầm nén:** Các mẫu bê tông được đúc ngay sau khi kết thúc nhào trộn. Nghiên cứu sử dụng mẫu bê tông hình trụ đường kính 150 mm, chiều cao 300 mm. Trước khi đúc mẫu, khuôn được làm sạch và sơn một lớp dầu mỏng để tháo khuôn được dễ dàng. Mẫu thử được đầm nén bằng cách sử dụng một thanh đầm thép dài 600 mm, đồng thời dùng búa cao su gõ nhẹ vào thành khuôn để thoát không khí cuốn vào trong quá trình trộn.

- **Bảo dưỡng:** Các mẫu thí nghiệm được phủ bề mặt bằng khăn ẩm. Sau 1 ngày đổ khuôn, các mẫu được tháo khuôn và dưỡng hộ trong nước ở điều kiện nhiệt độ phòng đến tuổi thí nghiệm (7 và 28 ngày).

**2.4. Phương pháp thí nghiệm**



**Hình 7.** Thí nghiệm xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông.



**Hình 8.** Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông.

- Thí nghiệm xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông (Hình 7) được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 3016 : 2022 [21].

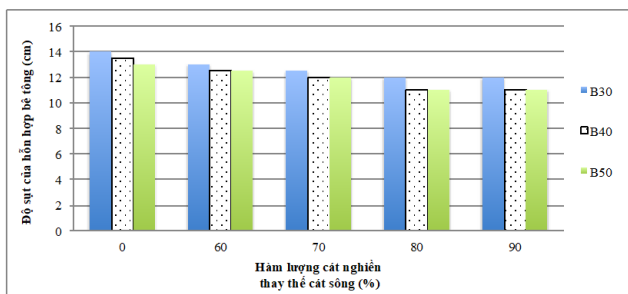
- Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C39 [22]. Mẫu thí nghiệm là mẫu hình trụ có đường kính 150 mm, chiều cao 300 mm (Hình 8). Với mỗi loại bê tông, thí nghiệm được tiến hành trên 15 mẫu thử ở 2 loại ngày tuổi: tuổi 7 ngày và 28 ngày.

### 3. Kết quả nghiên cứu

#### 3.1. Tính công tác của hỗn hợp bê tông

Kết quả thí nghiệm xác định độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát nghiền và bê tông đối chứng được trình bày trong bảng 4.

Ảnh hưởng của loại và hàm lượng cát nghiền đến độ sụt của các hỗn hợp bê tông được thể hiện ở hình 9.



Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng cát nghiền đến độ sụt của các hỗn hợp bê tông.

Các kết quả nghiên cứu cho thấy các cấp phối bê tông đều đạt yêu cầu thiết kế là độ sụt bằng  $12 \pm 2$  cm, tuy nhiên do ảnh hưởng của thành phần hạt của cốt liệu cát nghiền nên tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng 100 % cát nghiền đạt giá trị cận dưới của yêu cầu thiết kế.

Độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm khi tăng hàm lượng cát nghiền. Khi không sử dụng cát nghiền, độ sụt của hỗn hợp bê tông là 13-14 cm. Khi thay thế hoàn toàn cát sông bằng cát nghiền, độ sụt của hỗn hợp bê tông B30, B40 và B50 đạt 10,5-11 cm. Độ sụt của 3 hỗn hợp bê tông B30 sử dụng 60 %, 70 %, 80 %, 90 % và 100 % cát nghiền lần lượt là 13 cm, 12,5 cm, 12 cm, 12 cm và 11 cm. Các kết quả tương tự cũng được ghi nhận đối với các hỗn hợp bê tông B40 và B50. Điều này có thể được giải thích bởi cát nghiền có hình dạng góc cạnh, gồ ghề, qua đó làm tăng ma sát giữa các hạt cốt liệu và cần nhiều nước để thấm

ướt bề mặt hơn so với cát tự nhiên, qua đó làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông. Trên thực tế, lượng dùng nước để duy trì độ sụt của hỗn hợp bê tông phụ thuộc nhiều vào hàm lượng hạt mịn trong cát nghiền. Hàm lượng hạt mịn quá ít hoặc quá nhiều sẽ làm tăng lượng dùng nước trong bê tông. Ở hàm lượng quá ít, hỗn hợp bê tông kém dẻo và liên kết rời rạc, ở hàm lượng quá cao sẽ làm tăng lượng dùng nước của bê tông, cường độ bê tông giảm. Ở hàm lượng hợp lý, khoảng 10 – 15 %, hạt mịn có vai trò như là chất bôi trơn hỗn hợp cốt liệu, làm tăng tính dẻo của hỗn hợp bê tông; ngoài ra hạt mịn còn có vai trò lấp đầy lỗ hổng giữa các hạt cốt liệu, làm tăng độ đặc chắc và cường độ bê tông. Như vậy, hàm lượng hạt mịn là thành phần hạt không thể thiếu đối với cát nghiền dùng cho bê tông và vữa.

#### 3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng cát nghiền thay thế cát sông đến tổn thất độ sụt theo thời gian của hỗn hợp bê tông

Kết quả thí nghiệm xác định độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát nghiền và bê tông đối chứng sau 30 phút được trình bày trong bảng 5.

Khi sử dụng cát nghiền, tổn thất độ sụt của các hỗn hợp bê tông diễn ra nhanh hơn so với khi sử dụng cát sông. Sau 30 phút, độ sụt của hỗn hợp bê tông B30 sử dụng 100 % cát sông giảm từ 14 cm xuống còn 12 cm, còn độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng 100 % cát nghiền giảm từ 11 cm xuống còn 7,5 cm. Các kết quả tương tự cũng được ghi nhận đối với các hỗn hợp bê tông sử dụng 60 %-90 % cát nghiền.

Có thể thấy khả năng duy trì độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng cát nghiền kém hơn so với cát tự nhiên. Điều này gây ảnh hưởng đến thời gian thi công bê tông, đặc biệt là bê tông thương phẩm trong trường hợp phải vận chuyển đi xa. Để cải thiện tính công tác đối với bê tông thương phẩm sử dụng cát nghiền, khi thiết kế cấp phối bê tông cần tăng hàm lượng cốt liệu mịn, giảm hàm lượng cốt liệu thô. Một giải pháp khác hiện đang được áp dụng nhiều là sử dụng hỗn hợp cát nghiền và cát tự nhiên. Việc sử dụng hỗn hợp cát nghiền và cát tự nhiên sẽ đạt được các mục đích như tăng được mô đun độ lớn của hỗn hợp cát do hiện nay mô đun của cát vàng dùng cho bê tông thường rất thấp (khoảng 1,7 – 2,0). Sau khi phối trộn, mô đun độ lớn của hỗn hợp cát nghiền-cát tự nhiên có thể tăng lên đến 2,5 – 2,8. Mặt khác việc làm này cho phép cải thiện được một phần nhược điểm của cát nghiền là bề mặt hạt gồ ghề, góc cạnh.

Bảng 4. Độ sụt của các hỗn hợp bê tông.

Loại bê tông	Hàm lượng cát nghiền (%)					
	0	60	70	80	90	100
	Độ sụt của hỗn hợp bê tông (cm)					
B30	14	13	12.5	12	12	11
B40	13.5	12.5	12	11	11	10.5
B50	13	12.5	12	11	11	10.5

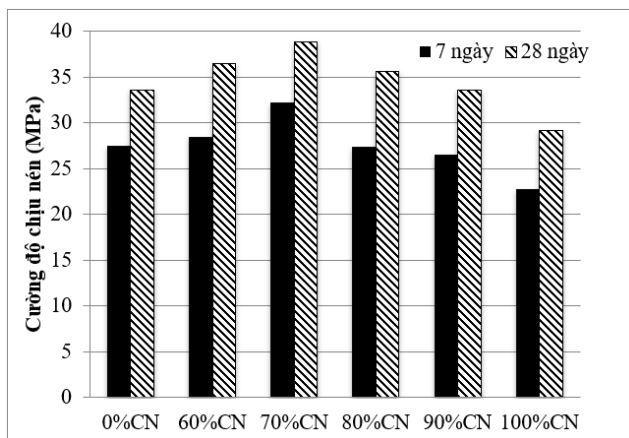
**Bảng 5.** Ảnh hưởng của hàm lượng cát nghiền đến tổn thất độ sụt của các hỗn hợp bê tông (sau 30 phút).

Loại bê tông	Hàm lượng cát nghiền (%)					
	0	60	70	80	90	100
B30	12	10	9.5	9	8	7.5
B40	12	9.5	9	8	7.5	7
B50	11.5	9	9	8	7	7

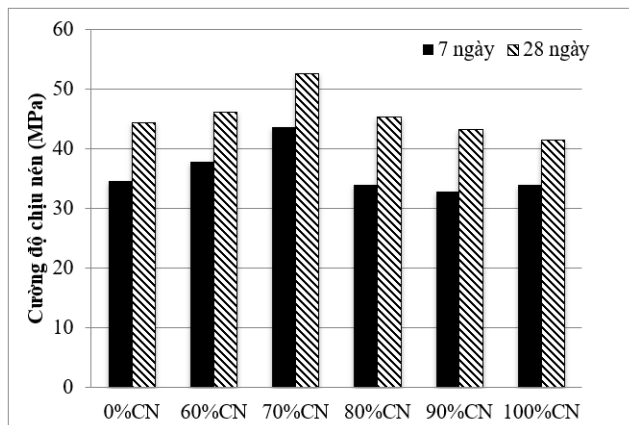
**3.3. Cường độ chịu nén của bê tông**

Kết quả thí nghiệm về ảnh hưởng của hàm lượng cát nghiền đến cường độ chịu nén của bê tông ở tuổi 7 và 28 ngày được trình bày trên hình 10 và hình 11. Các kết quả cho thấy khi sử dụng cát nghiền với hàm lượng 60-90 % thì bê tông đều đạt yêu cầu thiết kế về cường độ chịu nén là 30, 40 và 50 MPa.

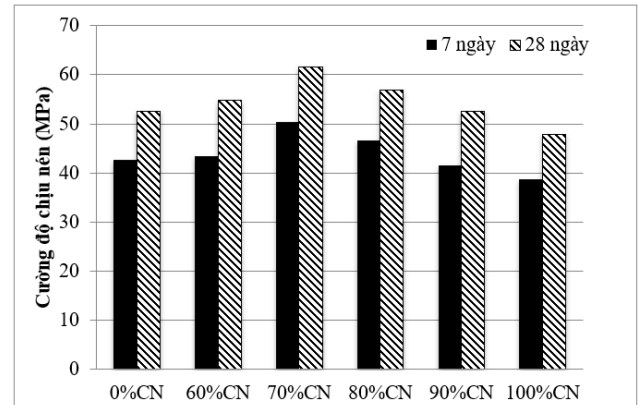
Các kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ phối trộn cát nghiền-cát sông hạt mịn có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ chịu nén của bê tông (Hình 10, Hình 11, Hình 12).



**Hình 10.** Ảnh hưởng của hàm lượng cát nghiền đến cường độ chịu nén của bê tông B30.

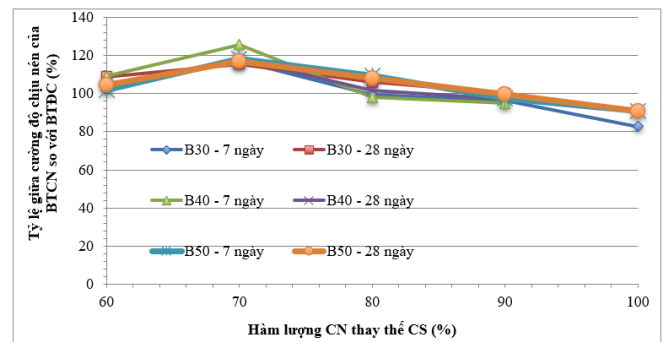


**Hình 11.** Ảnh hưởng của hàm lượng cát nghiền đến cường độ chịu nén của bê tông B40.



**Hình 12.** Ảnh hưởng của hàm lượng cát nghiền đến cường độ chịu nén của bê tông B50.

Tương quan giữa cường độ chịu nén của BTCN và BTĐC được thể hiện trên hình 13.



**Hình 13.** Tương quan giữa cường độ chịu nén của BTCN và BTĐC ở tuổi 7 và 28 ngày.

Có thể thấy tỷ lệ phối trộn CN-CM có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ chịu nén của bê tông. Với hàm lượng thay thế là 60 %, cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát nghiền đạt tương đương BTĐC. Khi hàm lượng thay thế là 70 %, cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát nghiền tăng khoảng 10-20 % so với BTĐC. Với hàm lượng thay thế là 80 %, cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát nghiền đạt tương đương BTĐC. Cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát nghiền có xu hướng giảm khi hàm lượng cát nghiền thay thế tăng lên đến 90 % và 100 %. Cường độ chịu nén của bê tông sử dụng 100% cát nghiền bằng khoảng 90 % so với BTĐC. Như vậy với loại cát nghiền sử

dụng trong nghiên cứu này, khuyến cáo dùng với tỷ lệ phối trộn cát nghiền-cát tự nhiên là 70 %-30 % để tối ưu về cường độ cũng như tính công tác.

#### 4. Kết luận

Trên cơ sở chương trình thí nghiệm với ba cấp cường độ B30, B40 và B50, nghiên cứu đã làm rõ ảnh hưởng của tỷ lệ thay thế cát tự nhiên bằng cát nghiền đến tính công tác và cường độ chịu nén của bê tông.

(1) Khi tăng tỷ lệ cát nghiền, độ sụt ban đầu có xu hướng giảm và tốc độ mất độ sụt sau 30 phút tăng lên. Hiện tượng này phản ánh đặc trưng hình dạng hạt góc cạnh và hàm lượng hạt mịn của cát nghiền, làm tăng nội ma sát và nhu cầu hồ xi măng, phụ gia siêu dẻo để bao phủ bề mặt hạt.

(2) Trong khoảng tỷ lệ thay thế trung bình (xấp xỉ 60–80 %), bê tông vẫn có thể đáp ứng yêu cầu độ sụt  $12 \pm 2$  cm khi hiệu chỉnh hợp lý lượng nước và phụ gia, đồng thời cường độ chịu nén ở 7 và 28 ngày tuổi nhìn chung tương đương hoặc cao hơn mẫu đối chứng dùng 100% cát tự nhiên. Trong các cấp phối khảo sát, tỷ lệ khoảng 70 % cho xu hướng tối ưu về cân bằng giữa tính công tác và cường độ.

(3) Khi tỷ lệ cát nghiền tăng lên mức rất cao ( $\geq 90$  %, đặc biệt 100 %), tính công tác suy giảm rõ rệt, độ sụt và cường độ giảm nhanh, cho thấy rủi ro về độ ổn định chất lượng nếu không kiểm soát chặt chẽ được tỷ lệ thành phần cấp phối.

Từ các kết quả trên, có thể khuyến nghị sử dụng cát nghiền thay thế cát tự nhiên trong khoảng 60–80 % cho bê tông thường ở điều kiện vật liệu khảo sát, đồng thời cần áp dụng kiểm soát chất lượng cốt liệu (thành phần hạt, hạt mịn, tạp chất). Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng theo hướng đánh giá các chỉ tiêu về độ bền (co ngót, thấm ion clo, chống xâm thực) và tính thi công (khả năng bơm, hoàn thiện bề mặt) để hoàn thiện cơ sở áp dụng trong thực tế.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. W. Shen, Y. Liu, Z. Wang, L. Cao, D. Wu, Y. Wang, and X. Ji, "Influence of manufactured sand's characteristics on its concrete performance," *Construction and Building Materials*, vol. 181, pp. 692–701, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.139>
- [2]. United Nations Environment Programme (UNEP), *Sand and Sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources*, 2019. <https://library.naturalsciences.be/pdfs-open-access/2019/UNEP%202019%20Sand%20and%20Sustainability.pdf>
- [3]. United Nations Environment Programme (UNEP), *Rising demand for sand calls for resource governance* (Press release), 07 May 2019. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/rising-demand-sand-calls-resource-governance>
- [4]. D. D. Tran et al., "Uncovering the lack of awareness of sand mining impacts on riverbank erosion among Mekong Delta residents," *Scientific Reports*, 2023.
- [5]. E. Park et al., "Sand mining in the Mekong Delta: Extent and compounded impacts," *Science of the Total Environment*, vol. 926, p. 171620, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171620>
- [6]. B. Aboagye, R. Gosselin, and W. Wilson, "Influence of manufactured sand on concrete properties: a review," *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 2025.
- [7]. M. Zhang, J. Xu, M. Li, and X. Yuan, "Influence of stone powder content from manufactured sand concrete on shrinkage, cracking, compressive strength, and penetration," *Buildings*, vol. 13, no. 7, p. 1833, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13071833>
- [8]. Hoàng Minh Đức & Lê Văn Thắng, "Ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn đến độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng cát nghiền," *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 1/2021.
- [9]. Huang, Peng, Xiancheng Mei, Hao Sheng, Kaichen Li, Shengjie Di, and Zhen Cui. 2025. "Prediction of Manufactured-Sand Concrete Compressive Strength Using Hybrid ML Models and Dream Optimization Algorithm" *Mathematics* 13, no. 23: 3792, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/math13233792>
- [10]. Y. Zhao et al., "Predicting compressive strength of manufactured-sand concrete using artificial neural networks," *Construction and Building Materials*, vol. 345, p. 128272, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.110993>.
- [11]. S. Liu, S. Mei, X. Wang, and X. Li, "Estimation of compressive strength of concrete with manufactured sand using interpretable machine learning," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 38, e03840, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03840>
- [12]. K. Gao, Z. Sun, H. Ma, and G. Ma, "Research on Compressive Strength of Manufactured Sand Concrete Based on Response Surface Methodology," *Materials*, vol. 17, p. 195, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma17010195>
- [13]. X. Ding, C. Li, Y. Xu, F. Li, and S. Zhao, "Dataset of long-term compressive strength of concrete with manufactured sand," *Data in Brief*, vol. 6, pp. 959–964, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2016.01.065>
- [14]. H. Xu et al., "The durability of manufactured sand with mineral admixture concrete," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 39, p. 100858, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05554>
- [15]. TCVN 9382:2012, *Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền*. Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2012.
- [16]. TCVN 9205:2012, *Cát nghiền cho bê tông và vữa*. Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2012.