

# ẢNH HƯỞNG CỦA HẠT CỐT LIỆU NHẹ TÁI CHẾ TỪ PHÉ THẢI PHÁ DỠ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA BÊ TÔNG NHẹ

Nguyễn Công Thắng<sup>a,\*</sup>, Nguyễn Hùng Phong<sup>b</sup>, Nguyễn Văn Tuấn<sup>a</sup>, Phan Huy Tùng<sup>c</sup>, Lê Ngọc Lan<sup>d</sup>

<sup>a</sup>*Khoa Vật liệu Xây dựng, Đại học Xây dựng, số 55 đường Giải Phóng, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>b</sup>*Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Đại học Xây dựng, số 55 đường Giải Phóng, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>c</sup>*Cục Quản lý Xây dựng và Doanh trại, Bộ Công An, 47 đường Phạm Văn Đồng, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>d</sup>*Học viện Cán bộ quản lý xây dựng và đô thị, Km 10, đường Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

*Nhận ngày 20/08/2019, Sửa xong 20/09/2019, Chấp nhận đăng 20/09/2019*

## Tóm tắt

Trong những năm gần đây ô nhiễm môi trường đang ngày càng nghiêm trọng, một trong những nguyên nhân đó là do phế thải xây dựng từ các công trình. Việc tái sử dụng phế thải phá dỡ công trình xây dựng là một xu hướng tất yếu, xu hướng phát triển bền vững mà các quốc gia đang hướng đến. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về việc chế tạo bê tông nhẹ sử dụng hạt cốt liệu nhẹ chế tạo từ phế thải phá dỡ công trình xây dựng với thành phần gạch và vữa xây, sau đó đánh giá đặc trưng cơ lý quan trọng của loại bê tông này là cường độ chịu nén. Kết quả thực nghiệm cho thấy từ các hạt cốt liệu nhẹ chế tạo từ phế thải khối vữa xây (gồm gạch và vữa) có thể tạo ra được loại bê tông nhẹ có khối lượng thể tích nhỏ hơn 1800 kg/m<sup>3</sup> với cường độ chịu nén có thể đạt tới 20 MPa ở tuổi 28 ngày và đạt trên 25 MPa ở tuổi 90 ngày. Loại bê tông này có thể sử dụng làm bê tông nhẹ chịu lực cho công trình xây dựng, đem lại lợi ích cho công trình đồng thời giúp giải quyết những vấn đề do PTXD sinh ra, lại giúp giảm bớt việc sử dụng quá tải các nguồn tài nguyên thiên nhiên.

*Từ khoá:* bê tông nhẹ; phế thải phá dỡ công trình xây dựng; hạt cốt liệu nhẹ; khối lượng thể tích; cường độ chịu nén; hệ số phẩm chất.

THE EFFECT OF LIGHTWEIGHT AGGREGATES RECYCLED FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES TO SOME PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE

## Abstract

In recent years, environmental pollution is getting more and more serious and one of the reasons for that is the construction and demolition waste (CDW) discharged from construction work. The recycling of CDW has been being become an inevitable trend in the sustainable development in many countries. The paper presents the results of empirical research on the production of lightweight concrete using lightweight aggregate made from construction demolition waste and assesses the important physical characteristics of this type of compressive strength. Experimental results show that lightweight aggregate particles can be used to make lightweight concrete with a density of less than 1800 kg/m<sup>3</sup> and compressive strength of concrete up to 20 MPa at 28 days and reaches over 25 MPa at the age of 90 days. This concrete can be used as structural lightweight concrete with many benefits for the structure at the same time reducing the problem of CDW and prevent the over-exploitation of natural resources.

*Keywords:* lightweight concrete; construction and demolition waste; lightweight aggregate; density; compressive strength; performance index.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13\(4V\)-09](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(4V)-09) © 2019 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

\*Tác giả chính. Địa chỉ e-mail: [thangnc@nuce.edu.vn](mailto:thangnc@nuce.edu.vn) (Thắng, N. C.)

## 1. Giới thiệu

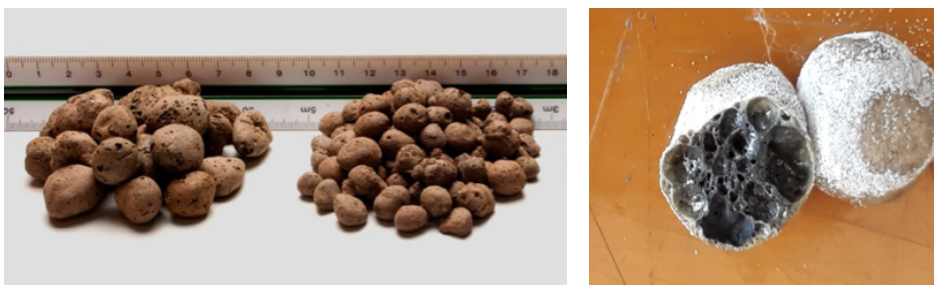
Bê tông nhẹ (BTN) là một vật liệu xây dựng hiện đang được sử dụng phổ biến trong xây dựng cơ bản ở nhiều nước tiên tiến trên thế giới [1–3]. Chúng được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: làm khung, sàn, tường cho các nhà cao tầng, dùng trong các cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn,... Sử dụng bê tông nhẹ trong công trình xây dựng mang lại nhiều lợi ích kinh tế - kỹ thuật to lớn như giảm tải cho công trình, dẫn tới giảm kinh phí xử lý nền móng và hệ thống kết cấu của công trình [1]. Bên cạnh đó, tốc độ công nghiệp hoá nước ta đang diễn ra nhanh chóng. Trung bình hàng năm, mỗi đô thị lại có hàng ngàn nhà ở của các hộ dân và hàng trăm công trình công cộng được xây dựng. Tương ứng với đó, mỗi năm có hàng vạn mét khối phế thải xây dựng (PTXD) được thải ra, không được xử lý, gây ô nhiễm môi trường [4, 5]. Do đó, việc nghiên cứu khả năng tái chế loại chất thải này đang được các nhà khoa học và chuyên gia tại rất nhiều nước quan tâm. Sản phẩm thu được từ quá trình xử lý PTXD, chẳng hạn từ (phế thải tường xây gồm vữa và gạch đất sét nung), tạo ra các hạt cốt liệu rỗng, nhẹ có thể được dùng với vai trò là cốt liệu để chế tạo BTN. Mặt khác, công nghệ này cũng góp phần làm giảm việc sử dụng các nguyên liệu tự nhiên – nguồn tài nguyên thiên nhiên đang ngày càng cạn kiệt để chế tạo nguyên vật liệu cho ngành xây dựng. Trên thế giới, việc nghiên cứu sử dụng phế thải phá dỡ công trình xây dựng trong chế tạo hạt cốt liệu nhẹ đang được quan tâm nghiên cứu và đã đạt được rất nhiều thành công [6–8]. Ở Việt Nam, việc chế tạo hạt cốt liệu nhẹ từ tro bay và PTXD đã được thực hiện [9, 10]. Tuy nhiên, các nghiên cứu chế tạo cốt liệu nhẹ từ phế thải phá dỡ công trình xây dựng cũng như ứng dụng của nó trong chế tạo BTN là công nghệ mới và hiện chưa có nhiều công trình nghiên cứu.

Như vậy, vấn đề đặt ra là cần thiết phải nghiên cứu một loại vật liệu mới vừa thay thế được vật liệu xây dựng truyền thống, vừa mang lại lợi ích về kinh tế - kỹ thuật, vừa có thể giải quyết được vấn đề ô nhiễm PTXD hiện nay. Bài báo này trình bày những kết quả nghiên cứu ban đầu về khả năng sử dụng hạt cốt liệu nhẹ (CLN) chế tạo từ PTXD để chế tạo BTN trong đó đưa ra ảnh hưởng của hàm lượng CLN và kích thước của hạt cốt liệu đến một số tính chất của bê tông như tính công tác, khối lượng thể tích, cường độ chịu nén và hệ số phẩm chất của bê tông.

## 2. Vật liệu sử dụng và phương pháp thí nghiệm

### 2.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu là Xi măng Bút Sơn PCB40, các tính chất cơ lý được thể hiện ở Bảng 1. Hạt cốt liệu nhẹ sử dụng trong nghiên cứu là sản phẩm của đề tài nghiên cứu NĐT.21.GER/16 trong khuôn khổ Nhiệm vụ Nghị định thư giữa Bộ Khoa học và Công nghệ và trường Đại học Xây dựng với Cộng hòa Liên bang Đức. Hạt nhẹ được sử dụng với hai cấp hạt có kích cỡ từ (8 - 20)mm



Hình 1. Hạt cốt liệu nhẹ sử dụng trong nghiên cứu

(gọi là hạt S3); loại cốt liệu thứ 2 có kích cỡ nhỏ hơn, kích thước hạt từ (5 - 8)mm (gọi là hạt S2). Một số hình ảnh của hạt cốt liệu nhẹ sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện ở Hình 1, tính chất cơ lý của hạt cốt liệu nhẹ được thể hiện ở Bảng 2.

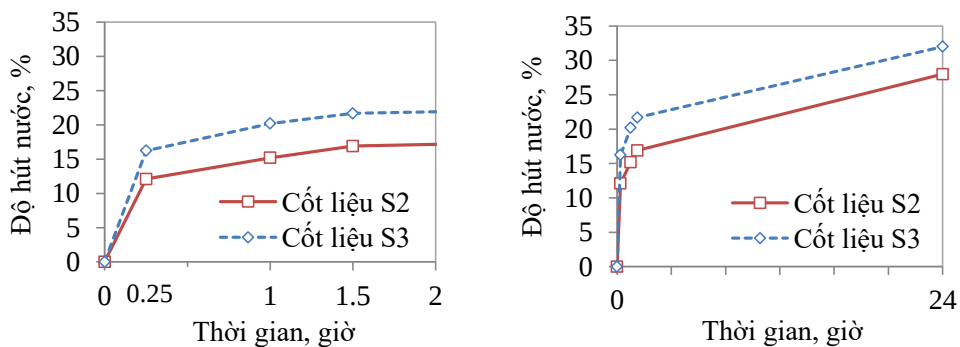
Bảng 1. Tính chất cơ lý của xi măng PC40 Bút Sơn

| Tính chất                | Đơn vị             | Kết quả | Yêu cầu | Phương pháp thử |
|--------------------------|--------------------|---------|---------|-----------------|
| Khối lượng riêng         | g/cm <sup>3</sup>  | 3,1     | -       | TCVN 4030:2003  |
| Độ mịn                   |                    |         |         |                 |
| - Lượng sót sàng 0,09 mm | %                  | 2,1     | ≤ 10    | TCVN 4030:2003  |
| - Độ mịn Blaine          | cm <sup>2</sup> /g | 3380    | ≥ 2800  |                 |
| Độ dẻo tiêu chuẩn        | %                  | 28      | -       | TCVN 6017:2015  |
| Độ ổn định thể tích      | mm                 | 1,5     | ≤ 10    | TCVN 6017:2015  |
| Thời gian đông kết       |                    |         |         |                 |
| - Bắt đầu                | Phút               | 115     | ≥ 45    | TCVN 6017:2015  |
| - Kết thúc               | Phút               | 225     | ≤ 375   |                 |
| Cường độ nén             |                    |         |         |                 |
| - Sau 3 ngày             | MPa                | 23,7    | ≥ 21    | TCVN 6016:2011  |
| - Sau 28 ngày            | MPa                | 43,5    | ≥ 40    |                 |

Bảng 2. Tính chất cơ lý của hạt cốt liệu nhẹ chế tạo từ PTXD

| Tính chất           | Đơn vị            | Kết quả |        | Ghi chú |
|---------------------|-------------------|---------|--------|---------|
|                     |                   | Hạt S2  | Hạt S3 |         |
| Khối lượng thể tích | Kg/m <sup>3</sup> | 430     | 369    |         |
| Độ hút nước         | %                 | 28      | 32     |         |

Kết quả nghiên cứu về độ hút nước của hạt cốt liệu nhẹ theo thời gian được thể hiện ở Hình 2. Kết quả thí nghiệm cho thấy, trong khoảng thời gian 15 phút sau khi tiến hành ngâm mẫu cốt liệu vào



Hình 2. Độ hút nước của cốt liệu theo thời gian

trong nước, thì mức độ tăng độ hút nước là rất lớn, từ 0% tăng đến 12,1% với mẫu S2 và tăng từ 0% đến 16,2% với mẫu S3. Tiếp tục tăng thời gian ngâm đến 1 giờ thì độ hút nước tiếp tục tăng là 15,2% và 20,1% tương ứng với mẫu S2 và S3. Tiếp tục tăng thời gian ngâm mẫu, độ hút nước của hạt cốt liệu tăng nhưng tốc độ tăng giảm dần. Độ hút nước lớn nhất ở 24 giờ ngâm mẫu đạt được là 28,3% và 32,0% tương ứng với mẫu S2 và S3.

**Cát (cốt liệu mịn):** Cốt liệu mịn sử dụng trong nghiên cứu là cát vàng Sông Lô với các tính chất cơ lý thể hiện tại Bảng 3.

Bảng 3. Tính chất cơ lý của cát vàng Sông Lô

| Tên chỉ tiêu              | Đơn vị            | Kết quả            | Ghi chú |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------|
| Khối lượng riêng          | kg/m <sup>3</sup> | 2630               |         |
| Khối lượng thể tích xốp   | kg/m <sup>3</sup> | 1480               |         |
| Độ hút nước               | %                 | -                  |         |
| Độ ẩm tự nhiên            | %                 | 0,5                |         |
| Độ rỗng xốp               | %                 | 43,7               |         |
| Hàm lượng bụi, bùn, sét   | %                 | 1,1                |         |
| Mô đun độ lớn             | -                 | 3,0                |         |
| Hàm lượng tạp chất hữu cơ | So màu            | Sáng hơn màu chuẩn |         |
| Thành phần hạt            |                   | Phù hợp            |         |

**Tro bay:** trong nghiên cứu đề tài sử dụng tro bay của Nhà máy nhiệt điện Phả Lại. Thành phần hóa và một số tính chất cơ lý của tro bay thể hiện ở Bảng 4 và Bảng 5.

Bảng 4. Thành phần hoá học của tro bay nhiệt điện Phả Lại

| Thành phần | MKN  | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | R <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> |
|------------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|------------------|-----------------|
| Tỷ lệ %    | 1,45 | 57,3             | 25,17                          | 6,06                           | 1,09 | 1,68 | 5,29             | 0,16             | 0,09            |

Bảng 5. Thành phần hạt của tro bay nhiệt điện Phả Lại

| % cỡ hạt có kích thước hạt < D               | 10    | 25    | 50    | 75    | 90    |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Đường kính hạt (µm)                          | 3,261 | 10,53 | 28,47 | 60,69 | 105,9 |
| Kích thước trung bình (µm)                   |       |       | 28,47 |       |       |
| Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )        |       |       | 2,45  |       |       |
| Khối lượng thể tích (kg/m <sup>3</sup> )     |       |       | 950   |       |       |
| Diện tích bề mặt riêng (cm <sup>2</sup> /ml) |       |       | 8619  |       |       |

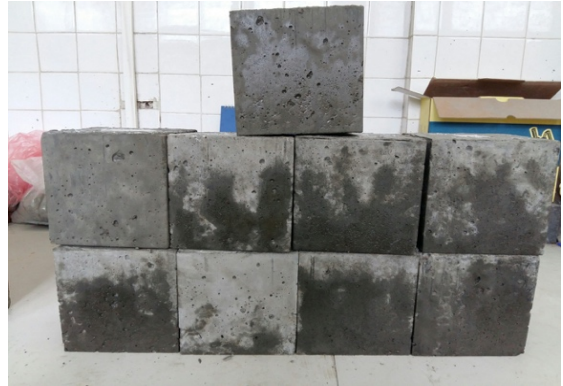
**Phụ gia hoá học:** Trong bê tông sử dụng hạt CLN khi sử dụng phụ gia hóa dẻo để tăng tính công tác, thường gây ra hiện tượng phân tầng cho hỗn hợp bê tông. Theo ACI 211.2-98, trong BTN khi sử dụng phụ gia hóa dẻo kết hợp cuốn khí sẽ hạn chế sự phân tầng, tăng độ đồng nhất cho hỗn hợp bê tông. Do vậy, phạm vi đề tài nghiên cứu, nhóm tác giả sử dụng phụ gia hóa dẻo kết hợp cuốn khí Placc-air. Đặc tính kỹ thuật của phụ gia cụ thể, khối lượng riêng của phụ gia là  $1,05 \pm 0,002 \text{ g/cm}^3$ , phụ gia được sử dụng với hàm lượng 0,7 – 1,4 lít cho 100 kg xi măng.

## 2.2. Phương pháp thí nghiệm

Tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3106-1993. Tính công tác của hỗn hợp bê tông được thể hiện ở Hình 3. Khối lượng thể tích của bê tông được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3115-1993. Mẫu bê tông được chuẩn bị tiến hành thí nghiệm khối lượng thể tích được thể hiện ở Hình 4.



Hình 3. Thí nghiệm tính công tác của hỗn hợp bê tông

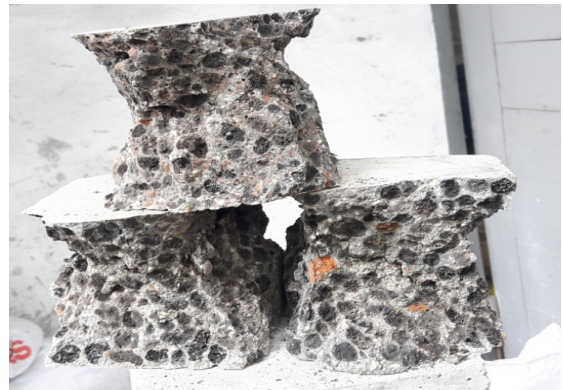


Hình 4. Mẫu bê tông xác định khối lượng thể tích

Cường độ chịu nén được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118-1995. Bê tông, được thí nghiệm cường độ chịu nén trên các mẫu hình lập phương kích thước  $150 \times 150 \times 150$  mm. Xác định cường độ các tổ mẫu bê tông: Các tổ mẫu bê tông sau khi đúc được tháo khuôn và bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn. Cường độ nén của bê tông được xác định ở tuổi 7 ngày và 28 ngày. Quá trình nén mẫu và mẫu bị phá hoại sau khi nén được thể hiện ở Hình 5 và Hình 6.



Hình 5. Thí nghiệm nén mẫu bê tông



Hình 6. Mẫu bê tông bị phá hoại sau khi nén

## 3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

### 3.1. Cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu

Căn cứ vào bài toán thiết kế thành phần bê tông cũng như kết quả đạt được trong nghiên cứu về tài chế tạo và ứng dụng hạt cốt liệu nhẹ từ phế thải phá dỡ công trình xây dựng dân dụng ở Việt Nam

với mã số NĐT.21.GER/16. Đề tài đã nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng hạt CLN ( $V_{CLN}$ ) và ảnh hưởng của kích thước hạt CLN đến một số tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông với các tỷ lệ thành phần vật liệu, cụ thể: thể tích của hạt cốt liệu nhẹ so với thể tích của bê tông ( $V_{CLN}/V_b$ ) nghiên cứu chiếm: 24%-28%-32%, trong đó hạt cốt liệu nhẹ với 3 tỷ lệ khác nhau: hạt S2 chiếm 100% (tương ứng hạt S3 chiếm 0%), hạt S2 chiếm 0% và hạt S2 chiếm 40% (hạt S3 chiếm 60%). Bên cạnh đó, trong BTN sử dụng một lượng rất lớn xi măng, việc nghiên cứu sử dụng tro bay (FA) với hàm lượng đến 20% vừa giảm lượng dùng xi măng đồng thời vẫn đảm bảo các tính chất kỹ thuật của bê tông. Xét trên cơ sở các kết quả đạt được đề tài lựa chọn hàm lượng FA chiếm 20% theo khối lượng CKD. Hàm lượng nước, và hàm lượng phụ gia siêu dẻo (SD) được lấy theo khối lượng của chất kết dính (CKD). Tỷ lệ thành phần cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện ở Bảng 6.

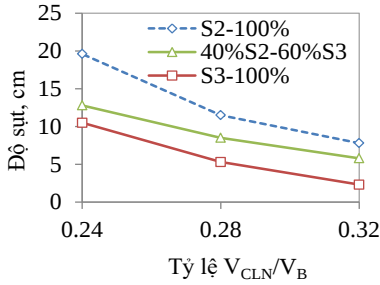
Bảng 6. Tỷ lệ thành phần CP bê tông sử dụng trong nghiên cứu

| TT | N/CKD | $V_{CLN}/V_b$ | $V_c/V_{CL}$ | FA, % | SD, % | S2, % | S3, % |
|----|-------|---------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | 0,35  | 0,32          | 0,42         | 0,2   | 1,0   | 100   |       |
| 2  | 0,35  | 0,28          | 0,42         | 0,2   | 1,0   | 100   |       |
| 3  | 0,35  | 0,24          | 0,42         | 0,2   | 1,0   | 100   |       |
| 4  | 0,35  | 0,32          | 0,42         | 0,2   | 1,0   |       | 100   |
| 5  | 0,35  | 0,28          | 0,42         | 0,2   | 1,0   |       | 100   |
| 6  | 0,35  | 0,24          | 0,42         | 0,2   | 1,0   |       | 100   |
| 7  | 0,35  | 0,32          | 0,42         | 0,2   | 1,0   | 40    | 60    |
| 8  | 0,35  | 0,28          | 0,42         | 0,2   | 1,0   | 40    | 60    |
| 9  | 0,35  | 0,24          | 0,42         | 0,2   | 1,0   | 40    | 60    |

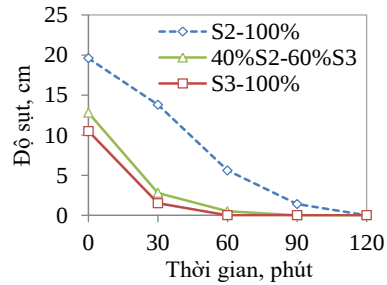
### 3.2. Tính công tác của hỗn hợp bê tông

Ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu nhẹ đến tính công tác của hỗn hợp bê tông được thể hiện ở Hình 7, Kết quả thí nghiệm cho thấy, trong cùng một loại hạt cốt liệu khi tăng hàm lượng cốt liệu nhẹ thì tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm. Bên cạnh đó, khi tăng kích thước hạt cốt liệu với cùng hàm lượng sử dụng thì tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm. Việc sử dụng kết hợp giữa hai loại cốt liệu S2 và S3 thì tính công tác của hỗn hợp bê tông tăng so với hỗn hợp chỉ sử dụng hạt S2. Việc tăng hàm lượng và tăng kích thước hạt cốt liệu nhẹ sẽ làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông có thể giải thích là khi hàm lượng cốt liệu tăng lên, thể tích của vữa xi măng trong hỗn hợp bê tông giảm do vậy tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm. Mặt khác, khi hàm lượng cốt liệu tăng thì mức độ hút nước vào cốt liệu tăng, điều này thể hiện rõ với mức độ hút nước của hạt cốt liệu nhẹ S2 và S3 hút nước rất nhanh trong 15 phút đầu (Hình 6), do vậy sẽ làm giảm lượng nước trong hỗn hợp bê tông từ đó làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông. Mặt khác, với hạt cốt liệu S3 có kích thước lớn hơn, lỗ rỗng trong cốt liệu sẽ tăng, bề mặt hạt cốt liệu có nhiều lỗ rỗng hở do vậy mức độ hút nước sẽ tăng, từ đó làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông.

Bên cạnh đó đề tài nghiên cứu về ảnh hưởng của cốt liệu nhẹ đến tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông. Đề tài lựa chọn 03 cấp phối trong nghiên cứu này, cụ thể cấp phối với tỷ lệ  $V_{CLN}/V_{BT}$  là 0,24 sử dụng 100%S2 (CP3), cấp phối sử dụng 100%S3 (CP6) và cấp phối 40%S2 + 60%S3. Kết quả nghiên cứu thể hiện ở Hình 8. Kết quả thí nghiệm cho thấy với hỗn hợp sử dụng hạt S3-100% và 40%S2 + 60%S3, mức độ tổn thất tính công tác rất lớn, sau 30 phút tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm rất lớn. Với mẫu sử dụng hạt S2 thì tính công tác của hỗn hợp bê tông ban đầu lớn hơn, tuy nhiên mức độ



Hình 7. Ảnh hưởng của tỷ lệ  $V_{CLN}/V_{BT}$  đến độ sụt của hỗn hợp bê tông



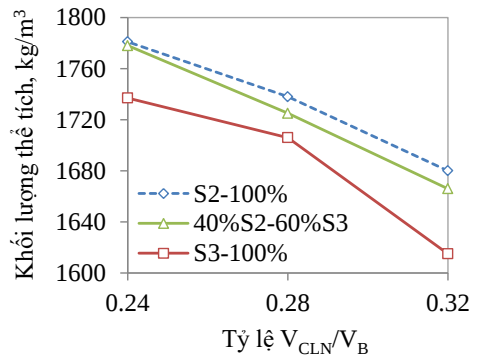
Hình 8. Sự suy giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông theo thời gian

giảm cũng chậm hơn so với cấp phối sử dụng hạt S3. Sau thời gian 60 phút độ sụt của hỗn hợp bê tông vẫn đạt trên 5 cm, đến 120 phút thì hỗn hợp bê tông giảm độ sụt là 0 cm.

Trong bê tông sử dụng cốt liệu nhẹ, tính chất bề mặt của hạt, hàm lượng hạt và kích thước hạt có ảnh hưởng rất lớn đến tính công tác của hỗn hợp bê tông, điều này là do hạt CLN có cấu trúc rỗng xốp lớn đồng thời bề mặt không hoàn toàn đặc chắc nên sẽ hút nước vào trong hạt CLN và mức độ hút nước vào trong hạt CLN tăng khi kích thước hạt tăng (Hình 2), từ đó sẽ làm tăng sự suy giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông theo thời gian.

### 3.3. Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông

Ảnh hưởng của cốt liệu nhẹ đến khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông được thể hiện ở Hình 9. Kết quả thí nghiệm cho thấy, với cùng loại cốt liệu khi tăng hàm lượng cốt liệu nhẹ trong hỗn hợp bê tông thì khối lượng thể tích của bê tông giảm. Với cùng tỷ lệ sử dụng thì khi tăng kích thước hạt cốt liệu với  $D_{max}$  là 10 mm (hạt S2) lên kích thước hạt với  $D_{max}$  là 20 mm (hạt S3), khối lượng thể tích của bê tông giảm. Khi có sự phối hợp giữa hai loại hạt cốt liệu với 40% hạt S2 và 60% hạt S3 thì khối lượng thể tích của bê tông tăng so với mẫu chỉ sử dụng hạt cốt liệu S3. Việc tăng hàm lượng cốt liệu sẽ làm giảm khối lượng thể tích trong bê tông là do khi tăng hàm lượng cốt liệu, thể tích vữa trong bê tông giảm, mặt khác khối lượng thể tích của vữa khi đó lớn hơn so với khối lượng thể tích của hạt cốt liệu, do vậy việc thay thế này sẽ làm giảm khối lượng thể tích cho bê tông. Bên cạnh đó, với cùng một tỷ lệ cốt liệu khi tăng kích thước hạt cốt liệu khối lượng thể tích giảm là do khi thay thế cùng một thể tích lượng cốt liệu, nhưng loại cốt liệu S3 có khối lượng thể tích hạt nhỏ hơn do vậy lượng hạt cốt liệu sử dụng giảm, dẫn đến khối lượng thể tích của bê tông giảm.

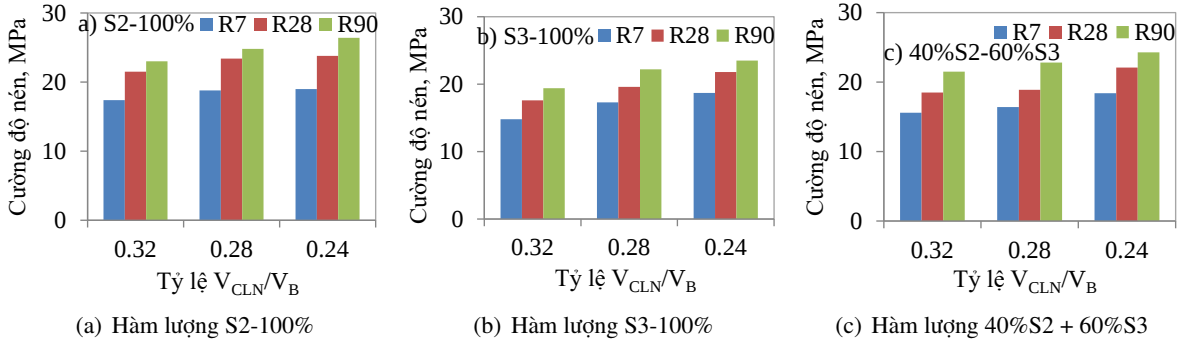


Hình 9. Ảnh hưởng của tỷ lệ  $V_{CLN}/V_{BT}$  đến khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông

### 3.4. Cường độ chịu nén

Kết quả thí nghiệm về ảnh hưởng của cốt liệu nhẹ đến cường độ nén của bê tông được thể hiện ở Hình 10. Kết quả thí nghiệm cho thấy, với cùng một cỡ hạt khi hàm lượng cốt liệu tăng thì cường độ nén của bê tông giảm. Với mẫu bê tông sử dụng 100% hạt S3, cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt cường

độ nén trên 20 MPa với hàm lượng cốt liệu nhẹ chiếm 24% theo thể tích của hỗn hợp bê tông, khi tăng hàm lượng cốt liệu đến 28% và 32% thì cường độ nén của bê tông đạt cường độ nén trên 15 MPa. Kết quả tương tự với mẫu sử dụng 40%S2 + 60%S3, với hàm lượng cốt liệu chiếm 24% thì cường độ nén ở tuổi 90 ngày đạt 24 MPa.



Hình 10. Ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu đến cường độ nén của bê tông

Với mẫu bê tông sử dụng 100% hạt S2, cường độ nén của bê tông ở tuổi 28 ngày với các hàm lượng cốt liệu sử dụng đều đạt trên 20 MPa, với hàm lượng cốt liệu chiếm 24% ở tuổi 90 ngày, cường độ nén của bê tông đạt 26,4 MPa. Ở tuổi 90 ngày thì với mẫu sử dụng cốt liệu S3 với hàm lượng 32% có cường độ nén đạt 19 MPa, còn lại các mẫu bê tông thí nghiệm có cường độ nén ở tuổi 90 ngày đạt 22 MPa và 23,5 MPa tương ứng với hàm lượng S3 là 28% và 24%.

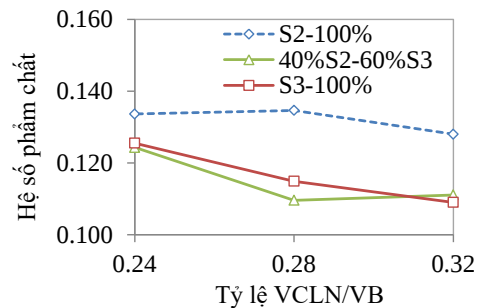
### 3.5. Hệ số phẩm chất

Bên cạnh các chỉ tiêu về tính công tác, cường độ nén của bê tông thì hệ số phẩm chất ( $K_{pc}$ ) hay còn gọi là hệ số chất lượng được sử dụng trong nghiên cứu. Thông qua giá trị này có thể đánh giá được với hàm lượng cốt liệu nhẹ nào thì sẽ cho bê tông vừa có cường độ nén của bê tông cao đồng thời bê tông vừa nhẹ, hệ số phẩm chất được đánh giá qua công thức (1):

$$K_{pc} = \frac{R_{tc}}{\rho_v^{tc}} \quad (1)$$

trong đó  $R_{tc}$  là cường độ nén tiêu chuẩn của mẫu bê tông, ( $\text{kG}/\text{cm}^2$ );  $\rho_v^{tc}$  là khối lượng thể tích tiêu chuẩn, ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

Kết quả thí nghiệm về ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu đến hệ số phẩm chất của bê tông được thể hiện ở Hình 11. Kết quả thí nghiệm cho thấy, với mẫu sử dụng cốt liệu S2 với hàm lượng 100% thì hệ số phẩm chất lớn nhất tại với hàm lượng cốt liệu là 28% theo thể tích của hỗn hợp bê tông sẽ cho hệ số phẩm chất đạt cao nhất ( $K_{pc} = 0,135$ ). Mẫu S2 với hàm lượng cốt liệu chiếm 24% có cường độ nén lớn hơn so với mẫu với hàm lượng 28%, tuy nhiên hệ số phẩm chất tại hai tỷ lệ này không có sự khác biệt đáng kể. Với cấp phối sử dụng 40%S2 + 60%S3 có cường độ nén cao hơn so với mẫu sử dụng 100%S3 nhưng cho hệ số phẩm chất thấp hơn tại các hàm lượng cốt liệu ở tỷ lệ 24% và 28%. Như vậy, qua kết quả đánh giá về hệ số phẩm chất ta có thể lựa chọn được tỷ lệ cấp phối đảm bảo được cường độ nén cao nhưng cho khối lượng thể tích thấp.



Hình 11. Ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu đến hệ số phẩm chất của bê tông

#### 4. Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu thực nghiệm đạt được, một số kết luận được rút ra như sau:

Việc sử dụng cốt liệu nhẹ tái chế từ phế thải phá dỡ công trình xây dựng hoàn toàn có thể chế tạo bê tông nhẹ với khối lượng thể tích của bê tông nhỏ hơn  $1800 \text{ kg/m}^3$ , cường độ chịu nén của bê tông ở tuổi 28 ngày đạt trên 20 MPa và ở tuổi 90 ngày có thể đạt đến 26,4 MPa khi sử dụng 24% hạt S2.

Khi tăng hàm lượng cốt liệu nhẹ đã làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông, đồng thời khi tăng kích thước hạt của hạt cốt liệu nhẹ sẽ làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông. Với hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu có  $D_{\max}$  cao hơn sẽ làm tăng mức độ tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông.

Với cùng hàm lượng cốt liệu nhẹ sử dụng, mẫu sử dụng cốt liệu có  $D_{\max}$  nhỏ hơn sẽ cho cường độ nén cao hơn, cường độ nén cao nhất đạt được ở tuổi 28 ngày là 23,8 MPa với tỷ lệ hạt S2 chiếm 24%.

Qua kết quả đánh giá về hệ số phẩm chất cho thấy, với mẫu sử dụng cốt liệu S2 với hàm lượng 100% thì hệ số phẩm chất lớn nhất tại với hàm lượng cốt liệu là 28% theo thể tích của hỗn hợp bê tông sẽ cho hệ số phẩm chất đạt cao nhất ( $K_{pc} = 0,135$ ). Mẫu sử dụng 100%S3 sẽ cho hệ số phẩm chất cao hơn mẫu sử dụng 40%S2 + 60%S3 tại các hàm lượng cốt liệu ở tỷ lệ 24% và 28%.

#### Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã tạo điều kiện cho nhóm thực hiện đề tài nghiên cứu với mã số NĐT.21.GER/16 trong khuôn khổ Nhiệm vụ Nghị định thư với Cộng hòa Liên bang Đức. Xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Xây dựng đã hỗ trợ về cơ sở vật chất, nhân lực để nhóm nghiên cứu hoàn thành nhiệm vụ này.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Chandra, S., Bernsson, L. (2003). *Lightweight aggregate concrete - science, technology and applications*. William Andrew Publishing, Norwich, New York, USA.
- [2] Hiếu, N. D. (2016). *Công nghệ bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chất lượng cao*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [3] Wilson, H. (1953). Lightweight aggregates for the construction industry. *Journal of the Canadian Ceramic Society*, 22:44–48.
- [4] Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE) (2011). *Báo cáo môi trường quốc gia 2011 - Chất thải rắn*.
- [5] Công ty MTĐT Hà Nội (2009). *Thực trạng rác thải ở Hà Nội, Công ty TNHH một thành viên Môi trường Đô thị Hà Nội*.
- [6] Mueller, A., Schnell, A., Rübner, K. (2015). [The manufacture of lightweight aggregates from recycled masonry rubble](#). *Construction and Building Materials*, 98:376–387.
- [7] Mueller, A., Sokolova, S. N., Vereshagin, V. I. (2008). [Characteristics of lightweight aggregates from primary and recycled raw materials](#). *Construction and Building Materials*, 22(4):703–712.
- [8] Reinhold, M., Mueller, A. (2002). Lightweight aggregate produced from fine fractions of construction and demolition waste. *Design for Deconstruction and Materials Reuse*.
- [9] Đỗ, L. H., Do, N. Đ. (1987). *Chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu làm từ tro nhiệt điện*. Viện khoa học Công nghệ Xây dựng.
- [10] Phong, N. H., Tuấn, N. V., Thắng, N. C., Leydolph, B. (2019). [Nghiên cứu chế tạo hạt nhẹ từ phế thải phá dỡ công trình xây dựng ở Việt Nam](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐHXD*, 13(1V): 1–10.