

# Nghiên cứu khả năng sử dụng cốt liệu bê tông phế thải trong hỗn hợp bê tông xi măng làm mặt đường

ThS. PHẠM QUANG THÔNG

Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: phamthongdsb@utc.edu.vn

**TÓM TẮT:** Nghiên cứu tái sử dụng bê tông phế thải làm móng và mặt đường ô tô và sân bay là một xu hướng mới trên thế giới nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực môi trường, bảo tồn nguồn nguyên vật liệu tự nhiên, đồng thời cũng giảm gánh nặng cho các bãi chứa phế thải xây dựng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá tính năng của cốt liệu tái chế từ bê tông thải trong hỗn hợp bê tông. Các thử nghiệm thực nghiệm đã được tiến hành để khảo sát cường độ kéo uốn của hỗn hợp bê tông và trên cơ sở đó, phạm vi tỷ lệ cốt liệu tái chế tối ưu được đề xuất bằng cách áp dụng phân tích Taguchi.

**TỪ KHÓA:** Phế thải xây dựng, phế thải bê tông, cốt liệu bê tông tái chế, bê tông cốt liệu tái chế, mặt đường bê tông xi măng, mặt đường cứng, phương pháp Taguchi.

**ABSTRACT:** Reuse of waste concrete for substitution of traditional material in pavement construction is a new trend in the real world. This approach can minimize negative environmental impacts, conserve natural raw materials, and at the same time reduce the burden on construction waste dumps. The paper presents the research results of evaluating the performance of recycled aggregate from waste concrete in concrete mixtures. Experimental tests were conducted to investigate the flexural strength of concrete mixtures, and based on that, the optimal range of recycled aggregate ratio is proposed by applying Taguchi analysis.

**KEYWORDS:** Construction waste, concrete waste, recycled concrete aggregate, recycled aggregate concrete, cement concrete pavement, rigid pavement, taguchi method.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông phế thải phát sinh từ trong quá trình phá dỡ mặt đường bê tông xi măng (BTXM) nói riêng và công trình xây dựng nói chung là một nguồn vật liệu có giá trị và có

thể tái sử dụng. Để đánh giá sơ bộ khả năng tái sử dụng các loại phế thải BTXM làm cốt liệu trong xây dựng mặt đường ô tô trong điều kiện Việt Nam, nhóm nghiên cứu tiến hành thí nghiệm chỉ tiêu cường độ kéo khi uốn của BTXM sử dụng cốt liệu bê tông phế thải (Recycled Aggregate Concrete, RAC). Thành phần bê tông RAC bao gồm cốt liệu bê tông phế thải (RCA) và đá dăm nghiền có nguồn gốc tự nhiên (Natural Aggregate, NA), kết hợp với các loại nguyên vật liệu thành phần truyền thống (cát vàng, xi măng, nước) được phối trộn theo các tỉ lệ khác nhau [1, 2].

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm chỉ tiêu cường độ kéo khi uốn của bê tông RAC với các tỉ lệ cấp phối khác nhau, qua đó phân tích xác định miền tối ưu thành phần cấp phối cốt liệu tái chế của BTXM định hướng ứng dụng trong xây dựng mặt đường ô tô trong điều kiện tại Việt Nam.

## 2. THÍ NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu

#### a. Cốt liệu thô

Thành phần cốt liệu của RAC thí nghiệm được thiết kế sử dụng trong thí nghiệm bao gồm 2 loại là: (1) cốt liệu gia công từ bê tông phế thải (RCA) và (2) cốt liệu đá nghiền tự nhiên (NA), được phối trộn với nhau theo các tỉ lệ khác nhau để khảo sát đánh giá các chỉ tiêu làm việc của bê tông thành phẩm.

Cốt liệu bê tông phế thải (RCA) sử dụng trong nghiên cứu được phân loại, gia công từ phế thải xây dựng thu gom từ các bãi phế thải tại Hà Nội. Cốt liệu đá dăm nghiền tự nhiên (NA), được lấy từ mỏ đá Hà Nam. Đá dăm sử dụng có nguồn gốc là mác ma, cường độ đá gốc từ 110 - 120 MPa. Các đặc trưng vật lý của RCA và NA sử dụng trong thí nghiệm đều đảm bảo các yêu cầu đối với cốt liệu thô sử dụng trong hỗn hợp BTXM mặt đường của Việt Nam [3, 4, 6, 12].

Công tác gia công chuẩn bị cấp phối hạt RCA và NA được tiến hành thủ công. Cấp phối cốt liệu thô danh định được lựa chọn sử dụng trong thí nghiệm có đường kính 4,75 - 25 mm, đảm bảo nằm trong giới hạn cấp phối quy định đối với cấp phối cốt liệu thô cho BTXM làm mặt đường như được quy định trong quy trình thi công của Bộ GTVT [4] và Bộ Xây dựng [6].

#### b. Các thành phần vật liệu khác

Các thành phần vật liệu khác sử dụng trong hỗn hợp bê tông RAC thí nghiệm có các đặc trưng cơ lý như nhau,

đảm bảo sự thống nhất trong quá trình đánh giá kết quả thí nghiệm.

(1) Cát: Cát đóng vai trò cốt liệu nhỏ trong thành phần bê tông thử nghiệm. Loại cát sử dụng trong thí nghiệm là cát vàng tự nhiên khai thác từ sông Lô, Phú Thọ và cát xay có nguồn gốc từ RCA. Các thông số của loại cát sử dụng trong thí nghiệm được xác định theo tiêu chuẩn hiện hành [4], đồng thời đảm bảo yêu cầu quy định đối với cát sử dụng trong thiết kế BTXM [7, 8, 9, 12]. Thành phần hạt của cát vàng có mô-đun độ lớn  $M = 2,55$  và cát xay từ RCA có mô-đun độ lớn  $M = 2,91$ .

(2) Xi măng: Loại xi măng dùng thí nghiệm là loại PCB40 VICEM đáp ứng theo tiêu chuẩn Việt Nam [10].

(3) Nước: Nước sử dụng trộn bê tông là nước máy sinh hoạt Hà Nội, có các chỉ tiêu kỹ thuật đảm bảo các quy định kỹ thuật đối với nước sử dụng trong BTXM [11].

### 2.2. Quy hoạch mẫu thí nghiệm theo phương pháp Taguchi

Mục đích chính của nghiên cứu này là sử dụng RCA làm cốt liệu cho sản xuất bê tông trong các cấu trúc mới. Điều cần thiết là phải biết việc thay thế đá, cát tự nhiên thông thường với RCA trong bê tông làm mặt đường có đạt được cường độ kéo uốn 28 ngày tuổi trên 4,5 MPa được quy định trong quy trình thi công của Bộ GTVT [4] hay không?

Tỉ lệ thành phần của các loại vật liệu trong hỗn hợp của bê tông được thiết kế theo định mức vật liệu của bê tông mác M300 đá 1x2 và độ sụt thiết kế là 2 cm, tỉ lệ N/X là 0,44 [3, 4, 8].

Trong này, nỗ lực để tối ưu hóa cường độ kéo khi uốn của bê tông sử dụng RCA theo phương pháp Taguchi. Các thí nghiệm được thiết kế sử dụng công nghệ trực giao trong đây L9 với 2 yếu tố đầu vào của hỗn hợp thiết kế, bao

gồm: Tỉ lệ cốt liệu thô từ RCA thay thế đá tự nhiên NA là 0%, 50% và 100%; tỉ lệ cát xay (CX) từ RCA thay thế cát tự nhiên là 0%, 50% và 100% và 3 loại hình phát triển theo thời gian là 14, 28, 56 ngày tuổi.

Từ các tổ hợp tỉ lệ thành phần bê tông, danh mục các chỉ tiêu thí nghiệm cần tiến hành và các tiêu chí thống kê nhằm đảm bảo độ tin cậy của các kết quả nghiên cứu, khối lượng mẫu cần được chế bị được tổng hợp trong *Bảng 3.1*.

Các mẫu được chế bị theo tổ 3 mẫu dầm có kích thước (150x150x600)mm. Các dầm này được dỡ khuôn sau 24h và bảo dưỡng trong nước ở  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  tới khi kiểm tra sau 14, 28 và 56 ngày. Cường độ kéo khi uốn của mỗi dầm được xác định dựa trên TCVN 3119:2022 [13].

### 2.3. Phương pháp phân tích Taguchi

Trong quá trình thiết kế hỗn hợp BTXM, khi số lượng các biến đầu vào tăng lên, số lượng các tổ hợp mẫu và thí nghiệm cần tiến hành cũng tăng theo. Điều đó có nghĩa cần nhiều vật liệu, nhân công, thời gian và tiền bạc hơn đối với thí nghiệm thiết kế để xác định các chỉ tiêu cơ bản. Theo phương pháp Taguchi, có thể giảm bớt số lượng thí nghiệm [5]. Một trong những lợi thế của phương pháp này so với phương pháp thiết kế truyền thống, đó là ngoài việc giảm giá thành thí nghiệm tới mức tối thiểu, nó có thể giảm biến thiên kết quả thí nghiệm ở mức cho phép khi đem so sánh giữa giá trị đạt được và giá trị mong muốn. Một lợi thế khác nữa là những điều kiện làm việc tối ưu sẽ được xác định dựa trên công tác thí nghiệm trong phòng.

### 3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi uốn theo các tổ mẫu được tổng hợp giá trị trong *Bảng 3.1*.

*Bảng 3.1. Tổng hợp giá trị cường độ kéo uốn  $R_k$  (Mpa)*

STT	Tỉ lệ NA(%)	Tỉ lệ CX(%)	Tuổi (ngày)	Ma trận quy hoạch L9 theo Taguchi			Cường độ kéo uốn (Mpa)			Tỉ số S/N
				x1	x2	x3	Rk-1	Rk-2	Rk-3	
1	0	0	14	1	1	1	3,54	3,47	3,22	10,63
2	0	50	28	1	2	2	3,34	3,72	3,21	10,64
3	0	100	56	1	3	3	2,98	3,20	3,17	9,87
4	50	0	28	2	1	2	4,27	3,96	3,84	12,07
5	50	50	56	2	2	3	4,08	3,83	4,24	12,13
6	50	100	14	2	3	1	3,11	3,56	3,01	10,11
7	100	0	56	3	1	3	5,71	5,96	5,32	15,04
8	100	50	14	3	2	1	4,07	3,65	3,81	11,67
9	100	100	28	3	3	2	4,08	4,34	3,91	12,25

Kết quả thí nghiệm cho thấy các giá trị trung bình trong *Bảng 3.1* đều đảm bảo độ tin cậy về mặt thống kê. Các dạng phá hoại của mẫu ở dạng thông thường.

Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi uốn được đánh giá độ chụm theo yêu cầu về độ biến động trong ASTM D6927-15 và hệ số biến sai ứng với số mẫu quy định trong ASTM C670.

Sử dụng phần mềm Minitab19 thiết kế thí nghiệm tổng quát (General full factorial design). Số lần lặp thí nghiệm 3. Phân tích theo Taguchi ta chọn ma trận quy hoạch trực giao L9 với  $N = 9$  thí nghiệm. Mỗi thí nghiệm được lặp lại  $n=3$  lần đo cường độ chịu kéo khi uốn.

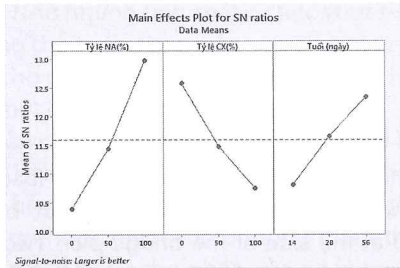
Tỉ lệ S/N tương ứng với mỗi giá trị cường độ kéo khi uốn được nêu trong *Bảng 3.1*. Từ giá trị thông số “càng lớn càng tốt” được lựa chọn theo xác suất đặc trưng [5].

Kết quả tính toán trên Minitab như sau:



**Response Table for Signal to Noise Ratios**  
Larger is better

Level	Tỉ lệ NA(%)	Tỉ lệ CX(%)	Tuổi (ngày)
1	10,38	12,58	10,8
2	11,44	11,48	11,65
3	12,99	10,74	12,34
Delta	2,61	1,84	1,54
Rank	1	2	3



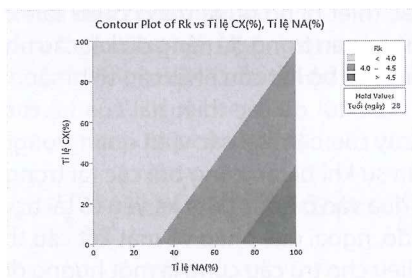
Hình 3.1: Phân tích S/N (Rk) trên phần mềm Minitab

Các kết quả và phân tích phương sai DOE đưa vào Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ kéo khi uốn

STT	Mức giá trị nhân tố	Công thức tính	Tỉ lệ NA(%)	Tỉ lệ CX(%)	Tuổi (ngày)
1	1		10,38	12,58	10,80
2	2		11,44	11,48	11,65
3	3		12,99	10,74	12,34
4	Mean (m)	(1+2+3)/3	11,60	11,60	11,60
5	Max	Max(1,2,3)	12,99	12,58	12,34
6	Max-m	5-4	1,39	0,98	0,74
7	% ảnh hưởng		0,44	0,32	0,24
8	Delta	max-min	2,61	1,84	1,54
	Rank		1	2	3

Theo phân tích tỉ lệ S/N bằng phần mềm Minitab với kết quả phân tích cho trên Hình 3.1 và Bảng 3.2 ta có mức độ ảnh hưởng của từng nhân số (tỉ lệ đá tự nhiên, tỉ lệ cát xay từ RCA, tuổi thí nghiệm) đến cường độ kéo khi uốn của bê tông. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng tỉ lệ đá tự nhiên thí nghiệm có ảnh hưởng lớn nhất đến cường độ kéo khi uốn của bê tông (Rank 1, mức ảnh hưởng 44%), sau đó là tỉ lệ cát xay từ RCA (Rank 2, có mức ảnh hưởng 32%) và thấp nhất là độ tuổi thí nghiệm (Rank 3, có mức ảnh hưởng 24%).



Hình 3.2: Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ kéo uốn ở 28 ngày tuổi (Rk) với tỉ lệ NA và tỉ lệ CX

Xét về xu hướng, kết quả phân tích từ Hình 3.1 và Hình 3.2 cho thấy ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến cường độ chịu kéo khi uốn của RAC như sau:

- Ảnh hưởng của độ tuổi tỉ lệ thuận với cường độ kéo khi uốn của bê tông;

- Hàm lượng tỉ lệ cát xay từ RCA lên cường độ kéo khi uốn 28 ngày tuổi đạt được trên 4,5 MPa trong phạm vi từ 0% đến 38%;

- Hàm lượng tỉ lệ cốt liệu thô RCA thay thế cốt liệu đá tự nhiên (NA) lên cường độ kéo khi uốn 28 ngày tuổi đạt được trên 4,5 MPa trong phạm vi từ 0% đến 30%.

**4. KẾT LUẬN**

Các kết quả nghiên cứu thí nghiệm cho thấy cốt liệu RCA hoàn toàn có thể sử dụng làm cốt liệu trong BTXM sử dụng làm kết cấu áo đường ô tô với hàm lượng thay thế đá, cát tự nhiên lên đến 30% và kết quả này cũng phù hợp với một số nghiên cứu ở nước ngoài.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CT-023.

**Tài liệu tham khảo**

- [1]. Nguyễn Trọng Hiệp, Phạm Quang Thông, Bùi Xuân Cây (2021), *Bê tông phế thải và khả năng sử dụng trong xây dựng mặt đường ô tô ở Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số tháng 9.
- [2]. Nguyễn Trọng Hiệp, Phạm Quang Thông, Đoàn Việt Trung, Phan Thị Khánh Hằng, Nguyễn Tiến Thành, Bùi Đức Thắng (2021), *Nghiên cứu một số tính chất cơ lý của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải trong xây dựng mặt đường cứng*, Tạp chí GTVT, số tháng 10.
- [3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 39: 2022/TCĐBVN, Thiết kế mặt đường BTXM thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông*.
- [4]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 40: 2022/TCĐBVN, Thi công và nghiệm thu mặt đường BTXM trong xây dựng công trình giao thông*.
- [5]. Nguyễn Hữu Lộc (2021), *Giáo trình quy hoạch và phân tích thực nghiệm*, NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [6]. Bộ Xây dựng (2018), *TCVN 11969 : 2018, Cốt liệu lớn tái chế cho bê tông*.
- [7]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2006), *TCVN 7570 : 2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [8]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), *TCVN 9382:2012, Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền*.
- [9]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), *TCVN 9205:2012, Cát nghiền cho bê tông và vữa*.
- [10]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2020), *TCVN 6260:2020, Xi măng pooc lăng hỗn hợp (PCB)*.
- [11]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), *TCVN 4506:2012, Nước cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật*.
- [12]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2006), *TCVN 7572:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử*.
- [13]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2022), *TCVN 3119:2022, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn*.

Ngày nhận bài: 15/3/2024

Ngày nhận bài sửa: 09/4/2024

Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024