

# Sử dụng mô hình thiết kế thực nghiệm yếu tố toàn phần $2^k$ phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ nén và cường độ kéo uốn của bê tông xi măng cốt sợi thép làm mặt đường ô tô

■ TS. TRẦN THỊ THU HÀ

Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: thuhatranutc@gmail.com

**TÓM TẮT:** Bài báo sử dụng mô hình thực nghiệm yếu tố toàn phần 2 mức sử dụng phần mềm Minitab để phân tích phương sai ANOVA nhằm xác định ảnh hưởng của cốt sợi thép đến cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của bê tông dùng trong thi công mặt đường. Thí nghiệm được tiến hành trên nền bê tông xi măng (BTXM) M300 và M350, hàm lượng sợi sử dụng là 1,5% theo khối lượng bê tông.

**TỪ KHÓA:** Bê tông cốt sợi thép, bê tông xi măng, sợi thép - sợi, cường độ, mô hình hồi quy.

**ABSTRACT:** The article uses a 2-level full factorial empirical model using Minitab software to analyze variance (ANOVA) to determine the influence of steel fiber reinforcement on compressive strength and flexural strength of concrete used in road construction. The experiment was conducted with cement concrete of grades 300 and 350 and the fiber content used was 1.5% by concrete volume.

**KEYWORDS:** Steel fiber concrete, cement concrete, steel fiber - fiber, strength, regression model.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông cốt sợi thép (BTCST) là một trong những dạng vật liệu công trình tiên tiến nhất hiện nay. Thành phần bao gồm cát, xi măng, phụ gia như thông thường, bên trong có rất nhiều những sợi thép nhỏ đan xen vào nhau. Sự phân bố đồng đều của các sợi thép bên trong bê tông làm tăng tính liên kết của vật liệu, bê tông trở nên dẻo hơn và có khả năng chịu lực tốt hơn bê tông thông thường [1, 2, 3]. Trên thế giới, BTCST được phân bố rộng rãi trong xây dựng và sửa chữa mặt đường ô tô [9,10]. Tại Việt Nam, BTCST được sử dụng trong gia cố bản mặt cầu, gia cố vị trí sụt của hầm đường bộ, sửa chữa cục bộ vết nứt đường bằng sân bay... Bài báo nghiên cứu khả năng ứng dụng BTCST làm mặt đường ô tô, đặc biệt là những tuyến đường nhiều xe tải trọng nặng, lưu lượng lớn. Bài báo sử dụng mô hình

thực nghiệm toàn phần  $2^k$  nhằm xác định sự ảnh hưởng của cốt sợi thép đến đặc tính cường độ của BTXM (cường độ nén  $R_n$  và cường độ kéo uốn  $R_{ku}$ ). Phân tích phương sai ANOVA bằng phần mềm Minitab, trên cơ sở xác định mức độ tin cậy và khả năng ứng dụng BTCST trong xây dựng mặt đường ô tô trong thực tế.

## 2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu sử dụng

- Đá vôi Kiên Khê, cường độ  $R = 98,067$  MPa, kích cỡ hạt lớn nhất  $d_{max} = 20$  mm, khối lượng riêng  $2.788$  g/cm<sup>3</sup>. Các tính chất của đá đạt yêu cầu TCVN 7570:2006.

- Xi măng PC40 của Nhà máy Xi măng Bút Sơn có tỷ diện bề mặt riêng là  $3.200$  cm<sup>2</sup>/g, cường độ nén ở tuổi 28 ngày  $R_n^{28} = 46,7$  MPa.

- Cát vàng có mô-đun độ lớn  $M_k = 2,56$ , các tính chất khác đạt Tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 của cốt liệu dùng cho bê tông và vữa xây dựng.

- Cốt sợi thép Dramix 3D, chiều dài: 35 mm; đường kính: 0,55 mm; đặc trưng hình học (L/D): 65; cường độ: 1.200 MPa. Tỷ lệ cốt sợi thép đưa vào là 1,5% theo thể tích.

- Phụ gia siêu dẻo giảm nước: Viscocrete 3000 - 10 do hãng Sika sản xuất.

### 2.2. Thành phần cấp phối bê tông

Bảng 2.1. Bảng thiết kế cấp phối bê tông M300 và M350

STT	Loại mẫu	Nước (l)	XM (kg)	Đá (kg)	Cát (kg)	Phụ gia (l)	Cốt sợi thép (% theo thể tích)	
1	M300	Mẫu đối chứng	156	345	1118	872	3,8	0
2		Mẫu BTCS	156	345	1118	872	3,8	1,5
3	M350	Mẫu đối chứng	160	384	1119	837	4,22	0
4		Mẫu BTCS	160	384	1119	837	4,22	1,5

### 2.3. Phương pháp thí nghiệm

- Thí nghiệm xác định cường độ nén và cường độ kéo uốn của bê tông tiến hành theo Tiêu chuẩn TCVN 3119:2022 và TCVN TCVN 3118:2022. Mẫu thí nghiệm: Mẫu hình lập phương kích thước (150x150x150)mm và mẫu dầm kích thước kích thước (150x150x600)mm.

- Bảo dưỡng mẫu: 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 theo TCVN 3105:2022.

- Độ chụm của kết quả thí nghiệm được xác định theo TCVN 6910-6:2002 (ISO 5725-6:1994);
- Số mẫu thử trong 1 tổ hợp mẫu:
- + Cường độ nén: Mỗi loại bê tông được tiến hành trên 6 mẫu thử ở 2 loại ngày tuổi (7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi).
- + Cường độ kéo uốn: Mỗi loại bê tông được tiến hành trên 3 mẫu thử ở 2 loại ngày tuổi (7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi).

**2.4. Kết quả thí nghiệm**

**Bảng 2.2. Kết quả thí nghiệm cường độ  $R_n$  (MPa)**

STT	Ký hiệu mẫu	M300+0% CST		M300 + 1,5% CST		M350+0% CST		M350+1,5% CST	
		7 ngày	28 ngày	7 ngày	28 ngày	7 ngày	28 ngày	7 ngày	28 ngày
1	ĐC - 01	27,570	34,020	30,010	35,080	33,230	40,280	33,940	41,400
2	ĐC - 02	29,130	32,900	30,330	34,650	31,540	39,390	33,400	41,650
3	ĐC - 03	29,570	33,350	29,490	34,680	33,630	40,460	33,610	41,190
4	ĐC - 04	29,030	33,800	29,790	35,130	31,790	39,080	33,300	41,130
5	ĐC - 05	28,020	33,310	28,900	34,020	32,730	40,450	34,060	40,910
6	ĐC - 06	29,080	33,000	29,460	33,390	33,390	40,040	33,890	41,360
7	Trung bình	28,733	33,397	29,663	34,492	32,718	39,950	33,700	41,273
8	Khoảng chênh lệch R: max-min (kN)	2,00	1,12	1,43	1,74	2,09	1,38	0,76	0,74
9	Hệ số biến sai cho phép Cv (%)	6	6	6	6	6	6	6	6
10	Khoảng chấp nhận cho phép so với giá trị trung bình: 3.6xCv (%)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
11	Giá trị độ lệch cho phép (kN)	6,21	7,21	6,41	7,45	7,07	8,63	7,28	8,92
12	Đánh giá: So sánh (2) và (5)	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt

**Bảng 2.3. Kết quả thí nghiệm cường độ  $R_{ku}$  (MPa)**

STT	Ký hiệu mẫu/Các chi tiêu	M300+0% CST		M300 + 1,5% CST		M350+0% CST		M350+1,5% CST	
		7 ngày	28 ngày	7 ngày	28 ngày	7 ngày	28 ngày	7 ngày	28 ngày
1	ĐC - 01	3,360	4,380	3,760	4,880	4,200	5,880	4,900	7,010
2	ĐC - 02	3,250	4,470	3,670	4,940	3,900	5,500	4,700	6,670
3	ĐC - 03	2,980	4,560	3,730	5,150	4,000	5,770	5,000	6,800
7	Trung bình	3,197	4,470	3,720	4,990	4,033	5,717	4,867	6,827
8	Khoảng chênh lệch R: max-min (kN)	0,38	0,18	0,09	0,27	0,30	0,38	0,30	0,34
9	Hệ số biến sai cho phép Cv (%)	6	6	6	6	6	6	6	6
10	Khoảng chấp nhận cho phép so với giá trị trung bình: 3.6xCv (%)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
11	Giá trị độ lệch cho phép (kN)	0,69	0,97	0,80	1,08	0,87	1,23	1,05	1,47
12	Đánh giá: So sánh (2) và (5)	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt

**3. PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊ TÔNG BẰNG MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM TOÀN PHẦN 2<sup>k</sup>**

Bài báo sử dụng mô hình thực nghiệm toàn phần 2<sup>k</sup> kết hợp sự hỗ trợ của phần mềm Minitab phân tích phương sai ANOVA phân tích sự ảnh hưởng của cốt sợi thép đến đặc tính cường độ của BTXM.

**3.1. Xác định các biến trong phân tích**

Sử dụng phương pháp thí nghiệm trực giao cấp I phân tích với 3 biến, mỗi biến nhận 2 giá trị. Tổng số lần phân tích là 2<sup>3</sup> = 8.

- Hàm lượng cốt sợi thép (HL sợi): 2 mức 0% và 1,5%;
- Mác bê tông (Mác BT): 2 mức 300 (MPa) và 350 (MPa);
- Độ tuổi BTXM (Tuổi): 2 mức 7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi.

**3.2. Các kết quả giới hạn cường độ**

- Cường độ nén BTXMCST (ngày);
- Cường độ kéo uốn của BTXMCST (ngày).

**3.3. Phân tích kết quả**

Trên cơ sở các số liệu thiết kế thực nghiệm, sử dụng phần mềm Minitab để phân tích các dữ liệu đã tính toán. Kết quả phân tích được thể hiện như sau:

\* Phân tích hồi quy - phương sai các kết quả phân tích:

**Bảng 3.1. Coded Coefficients - Hệ số biến mã**

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
<b>Cường độ nén Rn</b>						
Constant		34,2408	0,0822	416,48	0,000	
Mác BT	5,3392	2,6696	0,0822	32,47	0,000	1,00
HL sợi	1,0825	0,5412	0,0822	6,58	0,000	1,00
Tuổi	6,0742	3,0371	0,0822	36,94	0,000	1,00
Mác BT*Tuổi	1,3283	0,6642	0,0822	8,08	0,000	1,00
<b>Cường độ kéo uốn Rku</b>						
Constant		4,7275	0,0205	230,74	0,000	
Mác BT	1,2667	0,6333	0,0205	30,91	0,000	1,00
HL sợi	0,7467	0,3733	0,0205	18,22	0,000	1,00
Tuổi	1,5467	0,7733	0,0205	37,74	0,000	1,00
Mác BT*HL sợi	0,2250	0,1125	0,0205	5,49	0,000	1,00
Mác BT*Tuổi	0,2750	0,1375	0,0205	6,71	0,000	1,00

Kết quả phân tích hồi quy (Bảng 3.1) cho thấy, giá trị VIF (hệ số phóng đại phương sai) của các biến bằng 1 nên ít có khả năng xảy ra đa cộng tuyến, do đó không gây sai lệch các ước lượng hồi quy.

**Model Summary (Rn)**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,569595	98,33%	98,17%	97,92%

**Model Summary (Rku)**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,141951	98,52%	98,34%	98,06%

Từ Model summary ta thấy: Giá trị R - sq có giá trị lần lượt là 98,33% và 98,52% cho thấy mức độ phù hợp của mô hình nghiên cứu. Biến độc lập đưa vào chạy hồi quy ảnh hưởng hơn 98% sự thay đổi của biến phụ thuộc, phần trăm còn lại là do các biến ngoài mô hình và sai số ngẫu nhiên.

**Bảng 3.2. Bảng kết quả phân tích phương sai**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
<b>Cường độ nén Rn</b>					
Model	4	820,062	205,015	631,91	0,000
Linear	3	798,888	266,296	820,79	0,000
Mác BT	1	342,080	342,080	1054,38	0,000
HL sợi	1	14,062	14,062	43,34	0,000
Tuổi	1	442,746	442,746	1364,65	0,000
2-Way Interactions	1	21,174	21,174	65,26	0,000
Mác BT*Tuổi	1	21,174	21,174	65,26	0,000
Error	43	13,951	0,324		
Lack-of-Fit	3	0,275	0,092	0,27	0,848
<b>Cường độ kéo uốn Rku</b>					
Model	5	561,646	112,329	557,47	0,000
Linear	3	546,496	182,165	904,05	0,000
Mác BT	1	192,533	192,533	955,50	0,000
HL sợi	1	66,901	66,901	332,02	0,000
Tuổi	1	287,061	287,061	1424,62	0,000

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
2-Way Interactions	2	15,150	0,7575	37,59	0,000
Mác BT*HL sợi	1	0,6075	0,6075	30,15	0,000
Mác BT*Tuổi	1	0,9075	0,9075	45,04	0,000
Error	42	0,8463	0,0202		
Lack-of-Fit	2	0,1148	0,0574	3,14	0,054

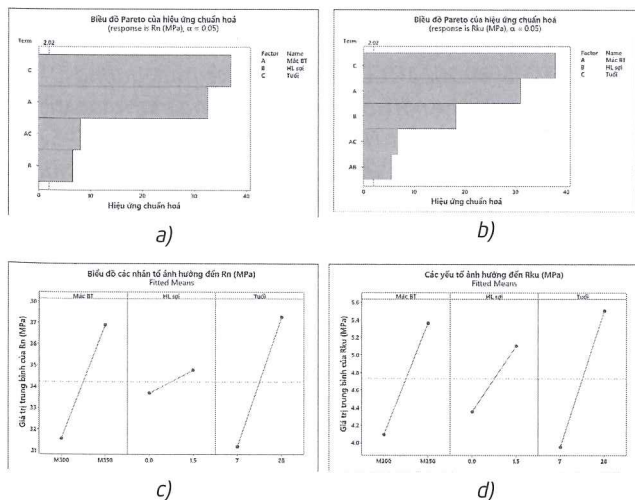
Phương trình hồi quy cường độ nén và cường độ kéo uốn của bê tông:

$$R_n = 34,2408 + 2,6696 \text{Mác BT} + 0,5412 \text{HL sợi} + 3,0371 \text{Tuổi} + 0,6642 \text{Mác BT} * \text{Tuổi} \text{ (MPa)}$$

$$R_{ku} = 4,7275 + 0,6333 \text{Mác BT} + 0,3733 \text{HL sợi} + 0,7733 \text{Tuổi} + 0,1125 \text{Mác BT} * \text{HL sợi} + 0,1375 \text{Mác BT} * \text{Tuổi} \text{ (MPa)}$$

Từ phân bảng kết quả tích phương sai (Bảng 3.2) ta thấy: Các biến mác BT, HL sợi, tuổi đều có giá trị  $P < 0,05$ , điều đó cho thấy các biến này có ý nghĩa thống kê, đều tác động lên biến phụ thuộc  $R_n$  và  $R_{ku}$  của bê tông. Hệ số hồi quy các biến độc lập này đều mang dấu dương, như vậy các biến độc lập có tác động thuận chiều lên biến phụ thuộc. Hệ số Lack - of Fit  $> 0,05$ . Do đó, mô hình hồi quy tuyến tính của  $R_n$  và  $R_{ku}$  nhận được hoàn toàn phù hợp với tập dữ liệu kết quả thí nghiệm đã thu được.

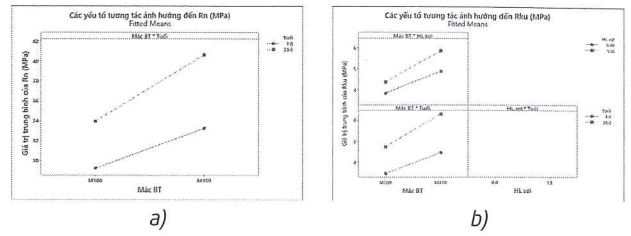
Đồ thị đánh giá các yếu tố ảnh hưởng chính đến kết quả phân tích (Hình 3.1) cho thấy: Cả 3 yếu tố (mác BT, hàm lượng cốt sợi, độ tuổi) đều ảnh hưởng đến kết quả phân tích. Tuy nhiên, độ tuổi và mác bê tông là hai yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến cường độ, tiếp theo là yếu tố tương tác (độ tuổi - mác bê tông) và cuối cùng là yếu tố hàm lượng cốt sợi thép. Tất cả các yếu tố trên đều cắt qua đường chỉ thị màu đỏ, nên chúng đều có ý nghĩa về mặt thống kê (Hình 3.1a,b). Ở biểu đồ (Hình 3.1c,d) cho thấy, mác của bê tông và độ tuổi của bê tông ảnh hưởng mạnh mẽ nhất đến kết quả phân tích. Khi mác bê tông và độ tuổi của bê tông tăng, dẫn đến cường độ  $R_n$  và  $R_{ku}$  của bê tông tăng (độ dốc lớn), hàm lượng cốt sợi thép ảnh hưởng không nhiều đến cường độ nén (độ dốc nhỏ) nhưng lại ảnh hưởng tương đối lớn đến cường độ kéo uốn của bê tông.



Hình 3.1: Biểu đồ xác định sự ảnh hưởng của mác BT, độ tuổi và hàm lượng cốt sợi thép đến  $R_n$  và  $R_{ku}$  của bê tông

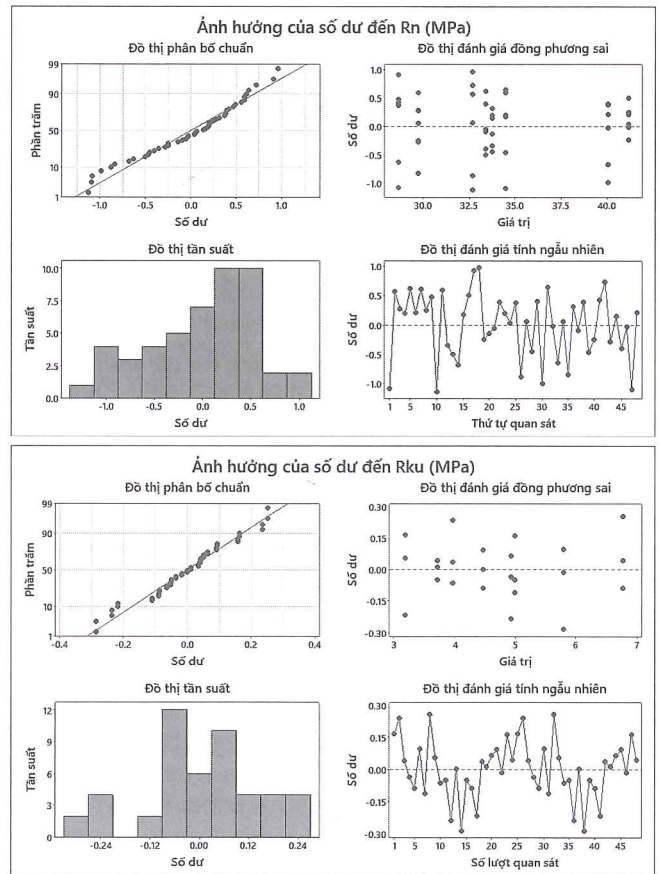
Từ đồ thị đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tương tác đến cường độ của bê tông (Hình 3.2) cho thấy: Ảnh hưởng tương

tác giữa yếu tố Mác BT\*Tuổi có ảnh hưởng tương đối lớn đến cường độ ( $R_n, R_{ku}$ ) của bê tông. Riêng yếu tố tương tác Mác BT\*HL sợi chỉ ảnh hưởng nhiều đến  $R_{ku}$  của bê tông mà không ảnh hưởng đến  $R_n$  của BT (các biểu đồ quan hệ không song song với nhau).



Hình 3.2: Đồ thị ảnh hưởng tương tác các yếu tố đến cường độ của bê tông

Từ đồ thị đánh giá số dư các kết quả phân tích cường độ (Hình 3.3) cho thấy: Các số dư tập trung rất gần đường phân phối chuẩn, các điểm phân bố ngẫu nhiên tập trung xung quanh đường tung độ 0 tạo thành dạng đường thẳng. Điều đó chứng tỏ mức độ phù hợp cao của mô hình nghiên cứu.



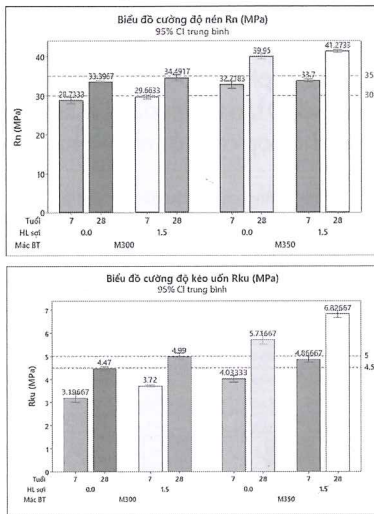
Hình 3.3: Biểu đồ phân tích số dư kết quả phân tích cường độ nén và cường độ kéo uốn

Kết quả phân tích dự báo cường độ của bê tông ( $R_n, R_{ku}$ ) bằng Anova Tukey khi thay đổi hàm lượng cốt sợi (1,0% theo khối lượng thể tích) và độ tuổi nghiên cứu là 20 ngày, độ tin cậy 95% (Bảng 3.3). Giá trị 95% CI nhận được cho thấy kết quả phân tích tương đối chụm và phù hợp với quy luật phát triển cường độ của bê tông trong thí nghiệm, hoàn toàn có ý nghĩa về mặt thống kê.

Bảng 3.3. Bảng kết quả dự báo sự ảnh hưởng của các biến đến cường độ của bê tông

Mác bê tông	Cường độ (MPa)	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
M300	Rn	32,3166	0,122620	32,0694 - 32,5639	31,1416 - 33,4917
	Rku	4,64428	0,0382567	4,56707 - 4,72148	4,34759 - 4,94097
M350	Rn	37,9721	0,122620	37,7248 - 38,2194	36,7971 - 39,1471
	Rku	6,0855	0,0395410	6,00570 - 6,16530	5,78813 - 6,38287

Ngoài ra, kết quả phân tích sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt sợi, mác bê tông, độ tuổi đến cường độ của bê tông ( $R_n$ ,  $R_{ku}$ ) với độ tin cậy 95% CI (Hình 3.4) cho thấy, mật độ dữ liệu phân bố đều và đối xứng quanh đường trung vị chuẩn, không có điểm ngoại lệ. Giá trị cường độ của bê tông tăng khi có sự gia tăng về hàm lượng cốt sợi thép, độ tuổi và mác của bê tông.



Hình 3.4: Kết quả dự báo sự ảnh hưởng của các nhân tố đến cường độ của bê tông

Cụ thể như sau:

- BTXM M300 + 1,5% CST có  $R_{ku}^7$  và  $R_{ku}^{28}$  tăng hơn 11% so với mẫu đối chứng.  $R_n^7$  ở độ tuổi  $R_n^{28}$  không đáng kể so với mẫu đối chứng (khoảng 3%).

-  $R_{ku}^{28}$

- BTXM M350 + 1,5% CST, có  $R_n^7$  và  $R_{ku}^{28}$  tăng hơn 13% so với mẫu đối chứng.  $R_n^7$  tăng không đáng kể so với mẫu đối chứng, tuy nhiên  $R_n^{28}$  tăng khoảng 22%.

- Theo TCCS 39:2022/TCĐBVN: Thiết kế mặt đường BTXM thông thường có khe nối, đối với BTXM mặt đường cao tốc, đường cấp I, cấp II và các đường có cấp quy mô giao thông nặng, rất nặng, cực nặng,  $f_r \geq 5,0$  MPa. Đối chiếu với tiêu chuẩn này thì BTXM M350 và M350 + 1,5% CST đáp ứng được yêu cầu về cường độ nêu trên.

#### 4. KẾT LUẬN

Việc sử dụng mô hình thiết kế thực nghiệm  $2^k$  phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ nén và cường độ kéo uốn của BTXM cốt sợi thép làm mặt đường ô tô cho thấy:

- Trong các yếu tố ảnh hưởng chính đến kết quả phân tích thì độ tuổi và mác bê tông là hai yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến cường độ, tiếp theo là yếu tố tương tác (độ tuổi - mác bê tông) và cuối cùng là yếu tố hàm lượng cốt sợi thép.

- Hàm lượng cốt sợi thép ảnh hưởng không nhiều đến cường độ nén, nhưng lại ảnh hưởng tương đối lớn đến cường độ kéo uốn của bê tông.

- Yếu tố tương tác Mác BT\*Tuổi có ảnh hưởng tương đối lớn đến cường độ nén và chịu kéo của bê tông. Riêng yếu tố tương tác Mác BT\*HL sợi chỉ ảnh hưởng nhiều đến cường độ kéo uốn của bê tông mà không ảnh hưởng đến cường độ nén của bê tông.

- Giá trị  $P < 0,05$ , hệ số Lack - of - Fit  $> 0,05$  cho thấy mô hình hồi quy tuyến tính của  $R_n$  và  $R_{ku}$  hoàn toàn phù hợp với tập dữ liệu kết quả thí nghiệm thu được.

- Kết quả nghiên cứu cho thấy, BTXM M350 và BTXM M350 + 1,5% CST đáp ứng yêu cầu chịu lực và thi công các kết cấu mặt đường bê tông xi măng, đặc biệt là những tuyến đường nhiều xe tải trọng nặng, lưu lượng lớn.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Th.S. Phạm Duy Anh (2003), *Phân tích một số tính chất cơ bản của BTCST*, Tạp chí Khoa học GTVT, Trường Đại học GTVT, số 5, tr.124-131.
- [2]. Nguyễn Quang Chiêu (2008), *Bê tông cốt sợi và bê tông sợi thép*, NXB. GTVT.
- [3]. Nguyễn Cao Sơn (2019), *Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng cốt sợi đến tính công tác và cường độ chịu kéo uốn của BTCST*, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học GTVT.
- [4]. TCVN 3105:2022: *Hỗn hợp bê tông và bê tông - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*.
- [5]. TCVN 3118:2022: *Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén*.
- [6]. TCVN 3119: *Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn*.
- [7]. TCCS 39:2022/TCĐBVN: *Thiết kế mặt đường BTXM thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông*.
- [8]. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6910-6:2002 (ISO 5725-6:1994) về Độ chính xác (độ đúng và độ chụm) của phương pháp đo và kết quả đo - Phần 6: Sử dụng các giá trị độ chính xác trong thực tế*.
- [9]. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Федин Н.А. (2019), *Применение фибробетонной меси при строительстве оснований и покрытий автомобильных дорог*// Интернет-журнал «Транспортные сооружения», №3.
- [10]. Талантова К.В. (2020), *Сталефибробетон, Конструкции, Терминология* // Вестник Евразийской науки, №4.

Ngày nhận bài: 02/3/2024

Ngày nhận bài sửa: 29/3/2024

Ngày chấp nhận đăng: 19/4/2024