



## THE INFLUENCE OF COARSE PARTICLE CONTENTS ON THE COMPRESSIVE AND SPLITTING TENSILE STRENGTH OF CTACS

Ho Van Quan<sup>1\*</sup>, Pham Thai Uyet<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The University of Danang, University of Technology and Education, 48 Cao Thang Street, Danang, Vietnam

<sup>2</sup>Road Technical Centre No.3 (RTC3), Road Administration No. III, 59B Le Loi Street, Danang, Vietnam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 6/1/2020

Revised: 22/3/2020

Accepted: 23/3/2020

Published online: 24/4/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.3.6>

\* Corresponding author

Email: Vanquan0877@gmail.com, hvquan@ute.udn.vn; Tel: 0905.548169

**Abstract.** This paper presents the influence of coarse particle contents on compressive and splitting tensile strength of cement treated aggregate crushed stone (CTACS) mixtures with 4% cement content. Three sets of samples of CTACS mixtures containing 18%, 25% and 32% of coarse particle (18HL, 25HL and 32HL), respectively, were constructed in the field and cured for 14 days. The samples of CTACS mixtures without coarse particle (0HL) are molded in the laboratory and cured under two conditions: (1) the first 7 days in moisture, the next 7 days soaked in water (7A7N); and (2) 14 days in moisture (14A0N). The test results indicated that the coarse particle content significantly impacts on strength of these mixtures, the compressive and splitting tensile strength of CTACS mixtures increases proportionally with the amount of coarse particle in the mixtures. The 14-day splitting tensile strength of 18HL, 25HL and 32HL mixtures increases by about 1.13; 1.36; 1.48 times and 1.20; 1.43; 1.56 times as compared with 0HL mixture, respectively, corresponding to 14A0N and 7A7N curing methods. The 14-day compressive strength of 18HL, 25HL and 32HL mixtures increases by about 1.12; 1.30; 1.42 times and 1.19; 1.37; 1.50 times as compared with 0HL mixture corresponding to 14A0N and 7A7N curing methods.

**Keywords:** aggregate crushed stone, cement treated aggregate crushed stone, coarse particle contents, compressive strength, splitting tensile strength.



## ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG HẠT LỚN ĐẾN CƯỜNG ĐỘ NÉN VÀ ÉP CHÈ CỦA CẤP PHỐI ĐÁ DĂM GIA CỐ XI MĂNG

Hồ Văn Quân<sup>1\*</sup>, Phạm Thái Uyết<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng, 48 Cao Thắng, Đà Nẵng, Việt Nam

<sup>2</sup>TT Kỹ thuật Đường bộ 3, Cục Quản lý Đường bộ III, 59B Lê Lợi, Đà Nẵng, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 6/1/2020

Ngày nhận bài sửa: 22/3/2020

Ngày chấp nhận đăng: 23/3/2020

Ngày xuất bản Online: 24/4/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.3.6>

\* Tác giả liên hệ

Email: Vanquan0877@gmail.com; hvquan@ute.udn.vn; Tel: 0905.548169

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày ảnh hưởng của hàm lượng hạt lớn đến cường độ nén và ép chẻ của các hỗn hợp CPĐD GCXM với 4% xi măng. Ba nhóm mẫu của các hỗn hợp CPĐD GCXM chứa 18%, 25% và 32% hàm lượng hạt lớn (18HL, 25HL và 32HL), được thi công ngoài hiện trường và bảo dưỡng ẩm 14 ngày. Các mẫu CPĐD GCXM không có hạt lớn (OHL) được đúc trong phòng thí nghiệm và bảo dưỡng trong 2 điều kiện: (1) 7 ngày đầu trong ẩm và 7 ngày tiếp theo ngâm trong nước (7A7N); và (2) 14 ngày trong ẩm (14A0N). Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng hàm lượng hạt lớn ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của CPĐD GCXM, cường độ nén và ép chẻ của CPĐD GCXM tăng tỉ lệ thuận với hàm lượng hạt lớn trong các hỗn hợp. Cường độ ép chẻ của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL ở 14 ngày tuổi tăng khoảng 1,13; 1,36; 1,48 lần và 1,20; 1,43; 1,56 lần so với hỗn hợp OHL tương ứng với phương pháp bảo dưỡng 14A0N và 7A7N. Cường độ nén của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL ở 14 ngày tuổi tăng khoảng 1,12; 1,30; 1,42 lần và 1,19; 1,37; 1,50 lần so với hỗn hợp OHL tương ứng với phương pháp bảo dưỡng 14A0N và 7A7N.

**Từ khóa:** cấp phối đá dăm, cấp phối đá dăm gia cố xi măng, hàm lượng hạt lớn, cường độ nén, cường độ ép chẻ.

© 2020 Trường Đại học Giao thông Vận tải

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấp phối đá dăm (CPĐD) là loại vật liệu có thành phần hạt tuân theo nguyên lý cấp phối liên tục, phần lớn cốt liệu được nghiền từ đá gốc có cường độ cao (đối với CPĐD loại I, 100%

cốt liệu được nghiền từ đá gốc) và được kiểm soát rất chặt chẽ tại các mỏ đá, do đó CPĐĐ được sử dụng rất phổ biến ở nước ta hiện nay trong xây dựng các lớp móng của mặt đường ô tô. Tuy nhiên, đối với các tuyến đường cấp cao có lưu lượng giao thông lớn như đường ô tô cao tốc hoặc trong các điều kiện bất lợi về chế độ thủy nhiệt như nền, mặt đường bị ẩm ướt kéo dài thì cường độ và độ ổn định của lớp móng CPĐĐ thường bị suy giảm dẫn đến hư hỏng các lớp tầng mặt như vết hằn bánh xe, nứt, ổ gà, ... Trong khi đó, lớp móng cấp phối đá dăm gia cố xi măng (CPĐĐ GCXM) có cường độ cao và rất ổn định trong các điều kiện bất lợi như các tuyến đường có lưu lượng giao thông lớn hoặc nền, mặt đường bị ẩm ướt kéo dài, nó sẽ làm giảm độ lún và ứng suất trong các lớp tầng mặt góp phần làm tăng chất lượng và tuổi thọ của kết cấu mặt đường [1]. Hiện nay, lớp móng CPĐĐ GCXM được khuyến khích sử dụng để xây dựng các tuyến đường cấp cao có qui mô giao thông lớn như đường ô tô cao tốc, hàm lượng xi măng (XM) thông thường sử dụng từ (3-6)% theo khối lượng CPĐĐ khô [2].

Cường độ nén và ép chẻ của CPĐĐ GCXM khi thiết kế được xác định dựa trên cường độ nén và ép chẻ của các mẫu trụ đã loại bỏ lượng hạt lớn (là các cỡ hạt trên sàng 19 mm trong thành phần của CPĐĐ) [3, 4], trong khi thi công CPĐĐ GCXM ngoài hiện trường lại bao gồm các hạt lớn (HL) này [3, 5]. Sự khác biệt trong thành phần hạt làm cho cường độ thiết kế của CPĐĐ GCXM trong phòng thí nghiệm không thể đại diện cho cường độ của CPĐĐ GCXM thi công ngoài hiện trường, do đó cần phải thi công thử nghiệm CPĐĐ GCXM ở hiện trường nhiều lần nhằm điều chỉnh hàm lượng xi măng phù hợp với loại cấp phối đá dăm (có tỉ lệ hạt lớn nhất định) để đạt cường độ mong muốn, điều này có thể dẫn đến mất nhiều thời gian và không kinh tế.

Bài báo trình bày ảnh hưởng của các hàm lượng hạt lớn trong các hỗn hợp CPĐĐ GCXM 4% khi thi công ngoài hiện trường đến cường độ nén và cường độ ép chẻ so với hỗn hợp không có hạt lớn được đúc trong phòng thí nghiệm. Ba hàm lượng hạt lớn trên sàng 19 mm được sử dụng trong các hỗn hợp là 18%, 25% và 32% theo khối lượng.

## 2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Cấp phối đá dăm

Sử dụng CPĐĐ loại I  $D_{max} = 25$  mm ở mỏ đá Phú Mỹ Hòa – Đà Nẵng. Thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ, lý của CPĐĐ được trình bày trong Bảng 1 và phù hợp với QĐ 2218 [2] và TCVN 8859:2011 [5].

Bảng 1. Thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ, lý của CPĐĐ loại I  $D_{max} = 25$  mm mỏ đá Phú Mỹ Hòa.

		Thành phần hạt							
Kích thước lỗ sàng (mm)		37,5	25,0	19,0	9,50	4,75	2,36	0,425	0,075
Kết quả thí nghiệm, lượng lọt sàng (%)		100	88,83	74,97	54,65	39,01	28,16	15,69	6,10
Lượng lọt sàng theo [2, 5]		100	79-90	67-83	49-64	34-54	25-40	12-24	2-12
TT	Các chỉ tiêu cơ, lý	Kết quả thí nghiệm			Theo [5]				
1	Độ hao mòn Losangeles của cốt liệu (LA), %	26,70			$\leq 35$				
2	CBR tại độ chặt K98, ngâm nước 96 giờ, %	132,0			$\geq 100$				
3	Giới hạn chảy, (%)	22,12			$\leq 25$				
4	Chỉ số dẻo, (%)	4,87			$\leq 6$				
5	Hàm lượng hạt trôi dạt, (%)	10,54			$\leq 15$				

### 2.2. Xi măng

Sử dụng xi măng (XM) Sông Gianh PCB40, cường độ nén của XM là 42,40 MPa. Các chỉ tiêu cơ, lý khác của xi măng Sông Gianh PCB40 phù hợp với [3] và TCVN 6260:2009 [6].

### 3. THÍ NGHIỆM ĐÀM NÉN, ĐÚC MẪU, BẢO DƯỠNG VÀ XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ CÁC MẪU CPĐD GCXM TRONG PHÒNG THÍ NGHIỆM

#### 3.1. Thí nghiệm đầm nén xác định dung trọng khô lớn nhất và độ ẩm tối ưu

Thí nghiệm đầm nén CPĐD GCXM được tiến hành theo 22 TCN 333:2006 [4]. Kết quả thí nghiệm xác định độ ẩm tối ưu và dung trọng khô lớn nhất tương ứng là  $W_0 = 5,38\%$  và  $\gamma_{kmax} = 2,264 \text{ g/cm}^3$ . Kết quả trên đây là chưa kể đến hàm lượng hạt lớn trong các hỗn hợp.

#### 3.2. Đúc mẫu, bảo dưỡng và xác định cường độ của các mẫu CPĐD GCXM trong phòng

Tỉ lệ hỗn hợp của CPĐD GCXM 4% không chứa hạt lớn (OHL) như trong Bảng 2. Các mẫu CPĐD GCXM được đúc ở độ ẩm tối ưu  $W_0 = 5,38\%$ . Việc đúc các mẫu thực hiện tương tự như thí nghiệm đầm nén. Các mẫu được bảo dưỡng theo 2 điều kiện: (1) Bảo dưỡng 7 ngày trong ẩm và 7 ngày ngâm trong nước (7A7N) theo [3] (các mẫu được phủ kín bằng 2 lớp vải bao tải ẩm và tưới nước để đảm bảo mẫu luôn ẩm ướt trong 7 ngày đầu, trong 7 ngày sau các mẫu được ngâm trong nước), (2) Bảo dưỡng 14 ngày trong ẩm (14A0N) theo [7]. Thí nghiệm cường độ nén và cường độ ép chẻ của các mẫu CPĐD GCXM thực hiện theo TCVN 8858:2011 [3] và TCVN 8862:2011 [8], được tính theo các công thức sau:

$$R_n = k \frac{P_n}{F} \text{ (MPa) (a); } R_{ec} = \frac{P_{ec}}{\pi HD} \text{ (MPa) (b)} \quad (1)$$

Trong đó:  $R_n$  là cường độ nén của mẫu (MPa);  $P_n$  là lực nén phá hoại mẫu (N);  $F$  là diện tích chịu lực của viên mẫu ( $\text{mm}^2$ );  $k$  là hệ số tính đổi cường độ nén từ các mẫu trụ đường kính 15,2 cm, cao 11,7 cm về mẫu lập phương  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ ;  $k = 0,96$ .  $R_{ec}$  là cường độ ép chẻ của mẫu (MPa);  $P_{ec}$  là lực ép chẻ phá hủy mẫu (N);  $H$  là chiều cao của mẫu hình trụ (mm);  $D$  là đường kính mẫu hình trụ (mm); và  $\pi$  lấy bằng 3,1416.

Kết quả thí nghiệm cường độ nén  $R_n$  và cường độ ép chẻ  $R_{ec}$  của các mẫu CPĐD GCXM là giá trị trung bình của 6 viên mẫu và được ghi trong Bảng 3.

Bảng 2. Tỉ lệ hỗn hợp cho 100 kg CPĐD khô không chứa hạt lớn trên sàng 19 mm.

Kí hiệu hỗn hợp	Hạt tiêu chuẩn khô (kg)	Hạt lớn khô trên sàng 19 mm (kg)	CPĐD khô (kg)	XM (kg)	N (lít)	Tỉ lệ N/XM	$W_0$ (%)	$\gamma_{max}$ ( $\text{g/cm}^3$ )
OHL	100	0	100	4,0	5,6	1,4	5,38	2,264

Bảng 3. Cường độ nén và ép chẻ CPĐD GCXM tương ứng với các phương pháp bảo dưỡng.

Kí hiệu hỗn hợp	Phương pháp bảo dưỡng	Cường độ ép chẻ $R_{ec}$ (MPa)		Cường độ nén $R_n$ (MPa)	
		7 ngày	14 ngày	7 ngày	14 ngày
OHL	7A7N	0,49	0,61	6,76	8,22
	14A0N	0,49	0,64	6,76	8,70

### 4. CÔNG TÁC CHUẨN BỊ, THI CÔNG VÀ KHOAN CÁC MẪU CPĐD GCXM NGOÀI HIỆN TRƯỜNG

#### 4.1. Công tác chuẩn bị mặt bằng và vật liệu thi công ngoài hiện trường

Mặt bằng hiện trường thi công được chuẩn bị với chiều dài 3,6 m và rộng 1,5 m. Kết cấu phân móng gồm: Nền đường đầm chặt  $k \geq 0,98$ ; cấp phối thiên nhiên (CPTN) loại A, dày 18 cm, độ chặt  $k \geq 0,98$  phù hợp với TCVN 8857:2011 [9]; và CPĐD GCXM 4%,  $D_{max} = 25 \text{ mm}$ , dày 16 cm, độ chặt  $k \geq 1,0$ . Riêng phần móng CPĐD GCXM 4% được chia làm 3 phần bằng nhau tương ứng với 3 loại hỗn hợp có hàm lượng HL tương ứng là 18% (18HL), 25%

(25HL) và 32% (32HL), phù hợp với hàm lượng HL trên sàng 19,0 mm là 17-33% (Bảng 1) theo qui định [2, 5]. Sau khi thay đổi hàm lượng HL trong hỗn hợp, tỉ lệ phần trăm của các cỡ hạt trong các hỗn hợp cũng bị thay đổi và được xác định lại như Bảng 4.

Bảng 4. Thành phần hạt của các hỗn hợp CPĐĐ GCXM chứa các hàm lượng hạt lớn.

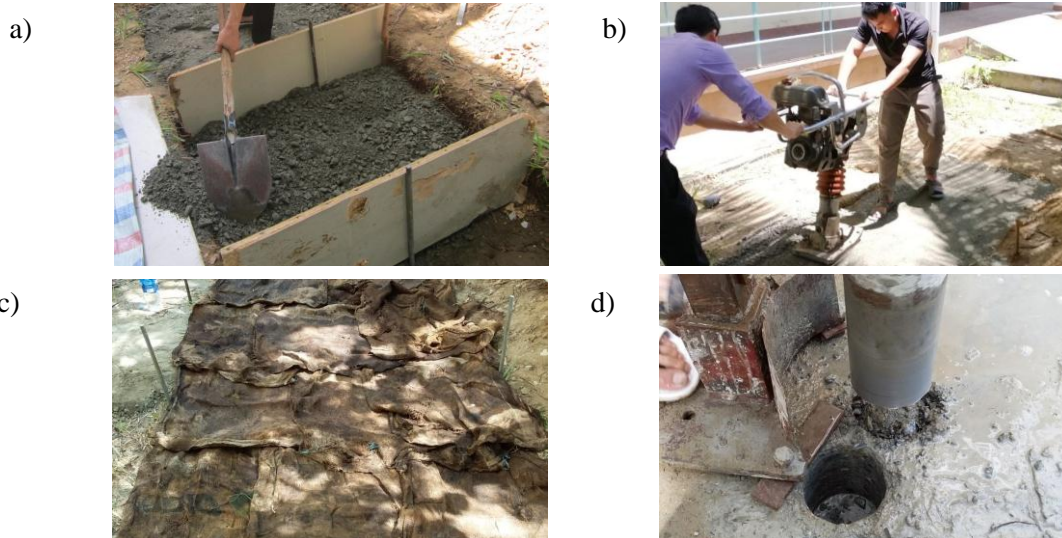
Kí hiệu hỗn hợp	Thành phần hạt								
	Kích thước lỗ sàng (mm)	37,5	25,0	19,0	9,50	4,75	2,36	0,425	0,075
18HL	Lượng lọt sàng (%)	100	90,00	82,00	59,77	42,67	30,80	17,16	6,67
25HL	Lượng lọt sàng (%)	100	88,84	75,00	54,67	39,03	28,17	15,70	6,10
32HL	Lượng lọt sàng (%)	100	85,72	68,00	49,57	35,38	25,54	14,23	5,53
Lượng lọt sàng theo [2, 5]		100	79-90	67-83	49-64	34-54	25-40	12-24	2-12

Ba hỗn hợp chứa hạt lớn 18HL, 25HL và 32HL được chuẩn bị. Lượng xi măng trong mỗi hỗn hợp là 4% khối lượng của CPĐĐ khô. Độ ẩm của các hỗn hợp  $W_0 = 5,38\%$ . Trình tự để phối hợp các hỗn hợp như sau: (1) sàng loại bỏ các HL trên sàng 19 mm, xác định độ ẩm của hạt tiêu chuẩn, HL và độ ẩm của xi măng; (2) phối hợp các hỗn hợp theo tỉ lệ của hạt tiêu chuẩn và HL theo khối lượng khô; (3) tính toán lượng xi măng bằng 4% khối lượng hỗn hợp CPĐĐ khô; (4) tính toán độ ẩm thực tế của các hỗn hợp sau khi phối hợp; (5) tính toán lượng nước bổ sung thêm vào các hỗn hợp để đạt được độ ẩm tối ưu  $W_0$ ; và (6) trộn các hỗn hợp CPĐĐ GCXM. Tỉ lệ các hỗn hợp cho 100 kg CPĐĐ khô và dung trọng khô lớn nhất của các hỗn hợp chứa các cỡ HL được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5. Tỉ lệ hỗn hợp cho 100 kg CPĐĐ khô chứa các hàm lượng hạt lớn.

Kí hiệu hỗn hợp	Hạt tiêu chuẩn khô (kg)	Hạt lớn khô trên sàng 19 mm (kg)	CPĐĐ khô (kg)	XM (kg)	N (lít)	Tỉ lệ N/XM	$W_0$ (%)	$\gamma_{max}$ ( $g/cm^3$ )
18HL	82	18	100	4,0	5,6	1,4	5,38	2,335
25HL	75	25	100	4,0	5,6	1,4	5,38	2,363
32HL	68	32	100	4,0	5,6	1,4	5,38	2,392

#### 4.2. Thi công lớp CPĐĐ GCXM ngoài hiện trường và khoan mẫu



a. San rải; b. Đầm lèn; c. Bảo dưỡng ẩm; d. Khoan mẫu

Hình 1. Thi công và khoan các mẫu CPĐĐ GCXM ở hiện trường.

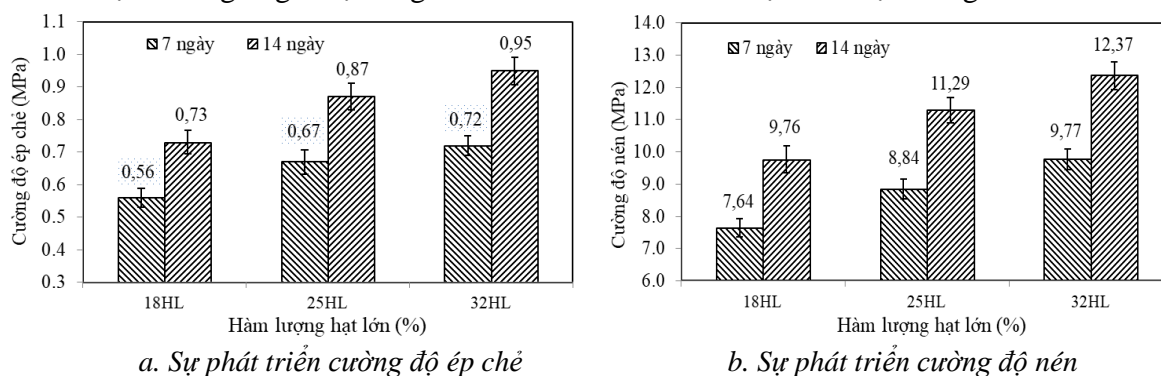
Sử dụng máy đầm cóc công suất lớn để đầm chặt các lớp móng. Sau khi lớp CPTN loại A đảm bảo độ chặt  $K \geq 0,98$ , tiến hành tưới ẩm tạo dính bám và thi công lớp móng CPĐĐ



GCXM 4%. Sử dụng máy trộn dung tích 250 lít để trộn các hỗn hợp, các hỗn hợp được vận chuyển và đổ vào khuôn đường tạo sẵn, san tạo phẳng đảm bảo đồng đều, không bị phân tầng và đầm nén đạt độ chặt  $K \geq 1,0$ . Sau khi thi công xong lớp móng CPĐD GCXM 4% khoảng 2 h, tiến hành bảo dưỡng ẩm như sau: Phủ lớp cát dày 5 cm trên mặt, sau đó phủ 2 lớp bao tải trên mặt lớp cát đảm bảo che kín mặt lớp CPĐD GCXM và tiến hành bảo dưỡng ẩm, việc tưới ẩm thực hiện cả ban ngày và lẫn ban đêm để đảm bảo bề mặt lớp móng CPĐD GCXM luôn được ẩm ướt. Để chống bay hơi trong quá trình bảo dưỡng, phía trên mặt lớp bao tải được phủ bằng một tấm bạt. Công tác khoan các mẫu được tiến hành ở các thời điểm 7 và 14 ngày, sử dụng máy khoan có đường kính mũi khoan trong 100 mm. Mỗi loại CPĐD GCXM được khoan làm 2 tổ mẫu, mỗi tổ gồm 6 viên mẫu để thí nghiệm xác định cường độ nén và ép chẻ.

## 5. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Trước khi thí nghiệm, các mẫu khoan ngoài hiện trường được gia công cắt phẳng hai đầu đảm bảo chiều cao của mẫu tối thiểu là 100 mm. Đối với các mẫu thí nghiệm cường độ nén, cả hai đáy của mẫu trụ được làm phẳng (capping) để hạn chế sai số trong quá trình thí nghiệm. Thí nghiệm cường độ nén của các mẫu khoan thực hiện theo [3] và tính theo công thức (1a), trong đó k là hệ số điều chỉnh tùy theo tỷ số h/d của mẫu khoan. Thí nghiệm cường độ ép chẻ của các mẫu khoan tiến hành theo [8] và tính theo công thức (1b). Trong quá trình gia công mẫu, có một số mẫu bị nứt, vỡ không đạt chuẩn được loại bỏ, số mẫu còn lại cho mỗi tổ từ 4-5 mẫu. Kết quả thí nghiệm cường độ nén  $R_n$  và cường độ ép chẻ  $R_{ec}$  của các mẫu khoan ở hiện trường là giá trị trung bình của 4-5 viên mẫu được thể hiện trong các Hình 2.



Hình 2. Ảnh hưởng của hàm lượng hạt quá cỡ đến cường độ ép chẻ và cường độ nén của CPĐD GCXM 4% thi công ngoài hiện trường.

Kết quả trên Hình 2 cho thấy hàm lượng HL ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của CPĐD GCXM, sự gia tăng hàm lượng HL dẫn đến sự gia tăng cường độ. Cường độ ép chẻ của CPĐD GCXM ở 7 ngày tuổi tăng khoảng 19,64 và 28,57%, ở 14 ngày tuổi tăng khoảng 19,18% và 30,14% (Hình 2.a); cường độ nén của CPĐD GCXM ở 7 ngày tuổi tăng khoảng 15,71% và 27,88%, ở 14 ngày tuổi tăng khoảng 15,68 và 26,74% tương ứng với hàm lượng HL từ 18% tăng lên 25% và 32% (Hình 2.b).

Các kết quả trên có thể được giải thích như sau: (1) các hỗn hợp chứa HL sẽ làm tăng khả năng chống biến dạng và tăng độ chặt (Bảng 5) của các hỗn hợp; (2) khi hàm lượng HL tăng lên làm cho tổng diện tích bề mặt được làm ướt của hỗn hợp giảm xuống, vì tỉ lệ N/XM trong các hỗn hợp là như nhau nên dẫn đến lượng nước và hồ XM bao bọc xung quanh các hạt cốt liệu nhiều hơn. Đối với bê tông XM, lượng nước và hồ XM nhiều trên bề mặt cốt liệu sẽ làm giảm ma sát giữa các hạt dẫn đến tăng độ sụt của hỗn hợp, đồng thời chúng cũng làm giảm lực liên kết sau này giữa cốt liệu và vữa xi măng và có thể dẫn đến suy giảm cường độ

của bê tông, một số nghiên cứu về ảnh hưởng của kích cỡ cốt liệu thô đến cường độ của bê tông đã chứng minh điều đó [10, 11, 12, 13]. Tuy nhiên đối với CPĐD GCXM, lượng hồ XM bao bọc nhiều trên bề mặt cốt liệu trong các hỗn hợp chứa HL lại là một lợi thế, vì lượng nước và đặc biệt là lượng XM trong hỗn hợp quá ít nên lượng hồ XM gần như chỉ đủ để bao bọc các hạt cốt liệu mà không có lượng hồ XM dư thừa trong hỗn hợp (hỗn hợp rất khô sau khi trộn và đầm lèn), điều này dẫn đến sự gia tăng cường độ của các hỗn hợp chứa HL. Ngoài ra, các hỗn hợp chứa HL sẽ đạt độ chặt nhanh hơn khi đầm lèn so với hỗn hợp không chứa HL do giảm ma sát giữa các hạt. Nghiên cứu của E.O. Ekwulo et al cho thấy rằng cường độ chịu nén của vật liệu GCXM (bê tông nghèo) tăng tỉ lệ với kích cỡ hạt của cốt liệu thô [14], một nghiên cứu khác của E.O. Ekwulo et al cũng kết luận rằng sự vắng mặt của các hạt cốt liệu kích cỡ lớn trên sàng 19 mm làm giảm cường độ nén và mô đun đàn hồi của vật liệu GCXM [15].

Sự gia tăng cường độ nén và ép chẻ của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL so với hỗn hợp 0HL được thể hiện bằng các tỉ số  $R_{ech(HL)}/R_{ech(0HL)}$  và  $R_{n(HL)}/R_{n(0HL)}$  được thể hiện ở trong Bảng 6 tùy theo phương pháp bảo dưỡng.

Bảng 6. Sự gia tăng cường độ của CPĐD GCXM thi công ngoài hiện trường chứa hạt lớn so với các mẫu không có hạt lớn trong phòng thí nghiệm.

So với phương pháp bảo dưỡng 14A0N				So với phương pháp bảo dưỡng 7A7N			
$R_{ec7(18HL)}/R_{ec7(14A0N)}$	1,14	$R_{n7(18HL)}/R_{n7(14A0N)}$	1,13	$R_{ec7(18HL)}/R_{ec7(7A7N)}$	1,14	$R_{n7(18HL)}/R_{n7(7A7N)}$	1,13
$R_{ec7(25HL)}/R_{ec7(14A0N)}$	1,37	$R_{n7(25HL)}/R_{n7(14A0N)}$	1,31	$R_{ec7(25HL)}/R_{ec7(7A7N)}$	1,37	$R_{n7(25HL)}/R_{n7(7A7N)}$	1,31
$R_{ec7(32HL)}/R_{ec7(14A0N)}$	1,47	$R_{n7(32HL)}/R_{n7(14A0N)}$	1,45	$R_{ec7(32HL)}/R_{ec7(7A7N)}$	1,47	$R_{n7(32HL)}/R_{n7(7A7N)}$	1,45
$R_{ec14(18HL)}/R_{ec14(14A0N)}$	1,13	$R_{n14(18HL)}/R_{n14(14A0N)}$	1,12	$R_{ec14(18HL)}/R_{ec14(7A7N)}$	1,20	$R_{n14(18HL)}/R_{n14(7A7N)}$	1,19
$R_{ec14(25HL)}/R_{ec14(14A0N)}$	1,36	$R_{n14(25HL)}/R_{n14(14A0N)}$	1,30	$R_{ec14(25HL)}/R_{ec14(7A7N)}$	1,43	$R_{n14(25HL)}/R_{n14(7A7N)}$	1,37
$R_{ec14(32HL)}/R_{ec14(14A0N)}$	1,48	$R_{n14(32HL)}/R_{n14(14A0N)}$	1,42	$R_{ec14(32HL)}/R_{ec14(7A7N)}$	1,56	$R_{n14(32HL)}/R_{n14(7A7N)}$	1,50

Các kết quả trong Bảng 6 có các nhận xét sau: Ở độ tuổi 7 ngày, cường độ ép chẻ và cường độ nén của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL tăng khoảng 1,14; 1,37; 1,47 lần và 1,13; 1,31; 1,45 lần so với hỗn hợp 0HL tương ứng với cả hai phương pháp bảo dưỡng 14A0N và 7A7N. Cường độ ép chẻ ở 14 ngày tuổi của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL tăng khoảng 1,13; 1,36; 1,48 lần và 1,20; 1,43; 1,56 lần so với hỗn hợp 0HL tương ứng với phương pháp bảo dưỡng 14A0N và 7A7N. Cường độ nén ở 14 ngày tuổi của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL tăng khoảng 1,12; 1,30; 1,42 lần và 1,19; 1,37; 1,50 lần so với hỗn hợp 0HL tương ứng với phương pháp bảo dưỡng 14A0N và 7A7N. Các kết quả trên cũng cho thấy sự gia tăng cường độ ép chẻ nhỉnh hơn một chút so với sự gia tăng cường độ nén, xu hướng gia tăng cường độ ở 7 và 14 ngày tuổi là tương tự nhau. Vì cường độ của hỗn hợp 0HL bảo dưỡng theo phương pháp 14A0N cao hơn so với phương pháp 7A7N (Bảng 3), nên sự gia tăng cường độ ở 14 ngày tuổi của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL so với hỗn hợp 0HL bảo dưỡng theo phương pháp 7A7N là lớn hơn.

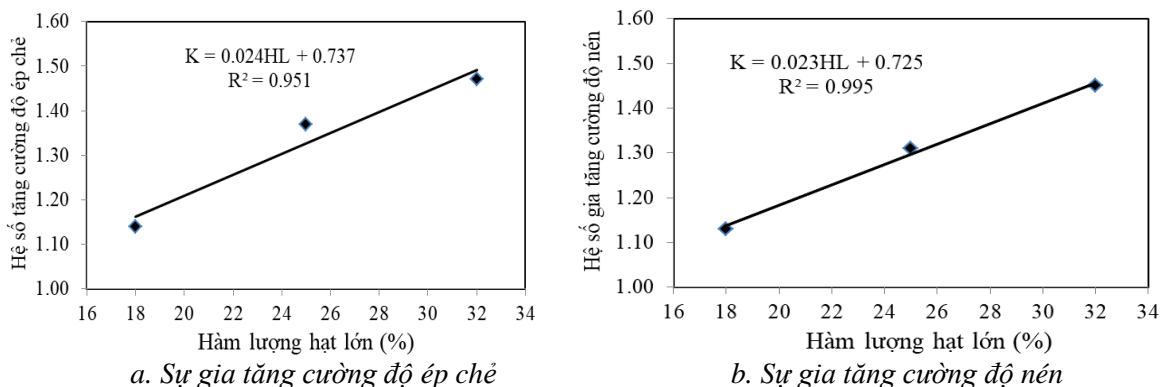
Sử dụng phương pháp hồi qui, thiết lập được quan hệ giữa sự gia tăng cường độ nén và cường độ ép chẻ của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL so với hỗn hợp 0HL ở các độ tuổi 7 và 14 ngày được thể hiện trên các Hình 3 đến Hình 5. Sự gia tăng cường độ của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL so với hỗn hợp 0HL được xác định theo các phương trình sau:

\* Sự gia tăng cường độ ép chẻ ở 7 ngày đầu tiên bảo dưỡng ẩm:

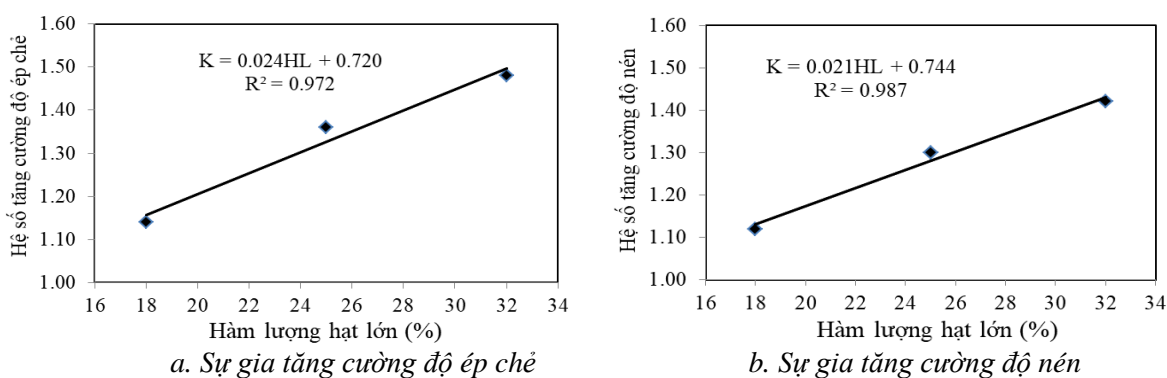
$$K_{ec7} = 0,024HL + 0,737 \quad (2)$$

\* Sự gia tăng cường độ nén ở 7 ngày đầu tiên bảo dưỡng ẩm:

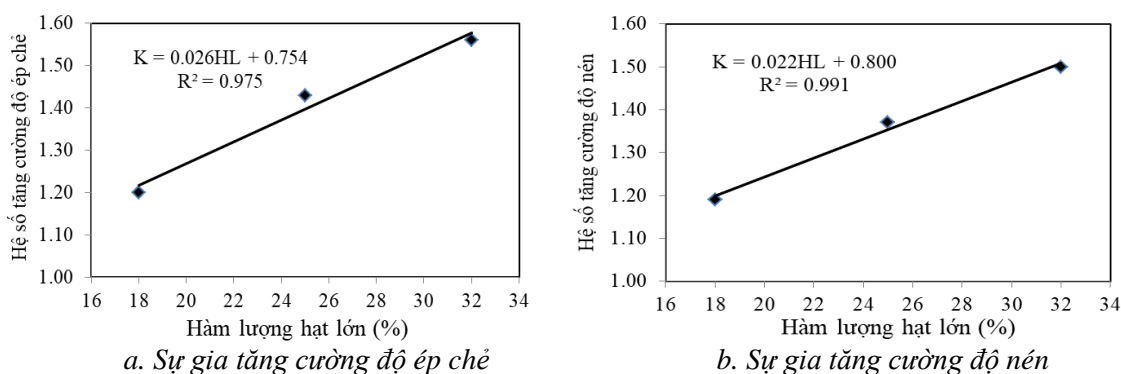
$$K_{n7} = 0,023HL + 0,725 \quad (3)$$



Hình 3. Quan hệ giữa hàm lượng hạt lớn và sự gia tăng cường độ của CPĐD GCXM ngoài hiện trường ở 7 ngày tuổi so với trong phòng (7 ngày đầu bảo dưỡng ẩm).



Hình 4. Quan hệ giữa hàm lượng hạt lớn và sự gia tăng cường độ của CPĐD GCXM ngoài hiện trường ở 14 ngày tuổi so với trong phòng theo phương pháp bảo dưỡng 14A0N.



Hình 5. Quan hệ giữa hàm lượng hạt lớn và sự gia tăng cường độ của CPĐD GCXM ngoài hiện trường ở 14 ngày tuổi so với trong phòng theo phương pháp bảo dưỡng 7A7N.

\* Hỗn hợp OHL bảo dưỡng theo phương pháp 14A0N:

- Sự gia tăng cường độ ép chẻ ở 14 ngày tuổi:

$$K_{ec14(14A0N)} = 0,024HL + 0,720 \quad (4)$$

- Sự gia tăng cường độ nén ở 14 ngày tuổi:

$$K_{n14(14A0N)} = 0,021HL + 0,744 \quad (5)$$

\* Hỗn hợp OHL bảo dưỡng theo phương pháp 7A7N:



- Sự gia tăng cường độ ép chẻ ở 14 ngày tuổi:

$$K_{ec14(7A7N)} = 0,026HL + 0,754 \quad (6)$$

- Sự gia tăng cường độ nén ở 14 ngày tuổi:

$$K_{n14(7A7N)} = 0,022HL + 0,800 \quad (7)$$

Theo [2, 3] và 22 TCN 211:2006 [16], cường độ nén và cường độ ép chẻ yêu cầu của CPĐD GCXM dùng để xây dựng móng mặt đường ô tô được qui định như trong Bảng 7.

Bảng 7. Cường độ yêu cầu của lớp móng CPĐD GCXM trong xây dựng móng mặt đường ô tô.

Vị trí lớp móng cấp phối GCXM	Cường độ yêu cầu (MPa)			
	$R_{n7}$	$R_{n14}$ [2, 3, 16]	$R_{ec7}$	$R_{ec14}$ [2, 3, 16]
Lớp móng của mặt đường bê tông xi măng.	-	$\geq 4,0$	-	$\geq 0,45$
Lớp móng trên của mặt đường bê tông nhựa cấp cao có sử dụng lớp SAMI.	-	$\geq 4,0$	-	$\geq 0,45$
Lớp móng trên của mặt đường bê tông nhựa cấp cao không sử dụng lớp SAMI.	-	$\geq 3,5$	-	$\geq 0,40$
Loại CPĐD GCXM	$R_{n7}$	$R_{n14}$	$R_{ec7}$	$R_{ec14}$
18HL	7,64	9,76	0,56	0,73
25HL	8,84	11,29	0,67	0,87
32HL	9,77	12,37	0,72	0,95

Bảng 7 cho thấy cường độ của các hỗn hợp thỏa mãn các yêu cầu để xây dựng các lớp móng trong kết cấu mặt đường ô tô. Cường độ nén và ép chẻ của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL ở 7 ngày bảo dưỡng ẩm đều lớn hơn 4,0 MPa và 0,45 MPa, thỏa mãn cường độ nén tối thiểu qui định trong [2, 3, 16]. Hơn nữa, cường độ nén và ép chẻ của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL ở 7 ngày tuổi đều đạt trên 75% cường độ thiết kế ở 14 ngày tuổi.

## 6. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Một số kết luận có thể rút ra từ nghiên cứu như sau:

Hàm lượng hạt lớn ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của hỗn hợp CPĐD  $D_{max} = 25$  mm GCXM 4%, sự gia tăng cường độ nén và ép chẻ của các hỗn hợp tỉ lệ thuận với hàm lượng hạt lớn trong các hỗn hợp.

Sự gia tăng cường độ nén và ép chẻ của các hỗn hợp CPĐD  $D_{max} = 25$  mm GCXM 4% chứa 18, 25 và 32% hàm lượng hạt lớn so với hỗn hợp 0HL ở 7 ngày tuổi được xác định theo phương trình (2) và (3); ở 14 ngày tuổi được xác định theo phương trình (4) và (5) tương ứng với hỗn hợp 0HL bảo dưỡng 14A0N; và theo phương trình (6) và (7) tương ứng với hỗn hợp 0HL bảo dưỡng 7A7N.

Cường độ nén và ép chẻ của các hỗn hợp 18HL, 25HL và 32HL ở 7 ngày bảo dưỡng ẩm đều lớn hơn cường độ tối thiểu ở 14 ngày được qui định trong các tiêu chuẩn hiện hành và đạt trên 75% cường độ thiết kế ở 14 ngày tuổi. Như vậy khi thi công lớp móng CPĐD  $D_{max} = 25$  mm GCXM 4% ngoài hiện trường, có thể chỉ cần bảo dưỡng ẩm liên tục trong 7 ngày là đảm bảo các yêu cầu qui định. Ngoài ra, khi xác định cường độ thiết kế của CPĐD GCXM trong phòng, các mẫu nên được bảo dưỡng ẩm trong 14 ngày theo [7] để phù hợp với điều kiện bảo dưỡng thực tế ngoài hiện trường nhằm thuận lợi cho việc so sánh và đánh giá cường độ.

## LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn các thí nghiệm viên Trung tâm Kỹ thuật Đường bộ 3 - Cục Quản lý Đường bộ III đã hỗ trợ trong quá trình nghiên cứu thực nghiệm. Cảm ơn Trung tâm Kỹ thuật Đường bộ 3 đã góp phần tài trợ cho nghiên cứu này trong khuôn khổ đề tài mã số T2019 - 06 - 124.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hồ Văn Quân, Phạm Thái Uyết, Các biện pháp giảm thiểu nứt phản ánh của lớp móng gia cố xi măng trong kết cấu mặt đường mềm, Tạp chí cầu đường, 1 + 2 (2018) 53-58.
- [2]. Bộ Giao thông Vận tải, QĐ 2218 ngày 16 tháng 10: Hướng dẫn điều chỉnh, bổ sung một số nội dung kỹ thuật trong công tác thiết kế, thi công và nghiệm thu lớp móng cấp phối đá dăm gia cố xi măng trong kết cấu mặt đường ô tô, 2018.
- [3]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 8858: Móng cấp phối đá dăm và cấp phối thiên nhiên gia cố xi măng trong kết cấu áo đường ô tô – Thi công và nghiệm thu, 2011.
- [4]. Bộ Giao thông vận tải, 22 TCN 333: Quy trình đầm nén đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm, 2006. <http://mt.gov.vn/khcn/Pages/hethongtieuchuannganh.aspx?tcID=302>
- [5]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 8859: Lớp móng cấp phối đá dăm trong kết cấu áo đường ô tô – Vật liệu, thi công và nghiệm thu, 2011.
- [6]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 6260: Xi măng poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật, 2009.
- [7]. ASTM D1622: Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory, 2008.
- [8]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 8862: Quy trình thí nghiệm xác định cường độ ép chèn của vật liệu hạt liên kết bằng các chất kết dính, 2011.
- [9]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 8857: Lớp kết cấu áo đường ô tô bằng cấp phối thiên nhiên - Vật liệu, thi công và nghiệm thu, 2011.
- [10]. A. Woode, D.K. Amoah, I.A. Aguba, P. Ballow, The effect of maximum coarse aggregate size on the compressive strength of concrete produced in Ghana, Civil and Environmental Research, 7 (2015) 7-12. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/CER/article/viewFile/22177/22616>
- [11]. E. Yasar, Y. Erdogan, A. Kilic, Effect of limestone aggregate type and water-cement ratio on concrete strength, Material Letters, 58 (2004) 772-777. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2003.06.004>
- [12]. R. K. L. Su, C. Bel, The effect of coarse aggregate size on the stress-strain curves of concrete under uniaxial compression, The Hong Kong Institution of Engineers Transactions, 15 (2008) 33-39. <https://hub.hku.hk/handle/10722/58565>
- [13]. W. Xie, Y. Jin, S. Li, Experimental research on the influence of grain size of coarse aggregate on pebble concrete compressive strength, Applied Mechanics and Materials, 238 (2012) 133-137. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.238.133>
- [14]. E.O. Ekwulo, D.B. Eme, Effect of aggregate size and gradation on compressive strength of normal strength concrete for rigid pavement, American Journal of Engineering Research, 6 (2017) 112-116.
- [15]. E.O. Ekwulo, D.B. Eme, Effect of aggregate gradation on compressive strength and elastic modulus of cement treated aggregate base material for highway pavement, International organization of Scientific Research, 7 (2017) 79-89.
- [16]. Bộ Giao thông Vận tải, 22 TCN 211: Áo đường mềm – Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế, 2006.