

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG CỐT LIỆU XỈ THÉP VÀ PHỤ GIA KHOÁNG ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG

Nguyễn Quang Phú

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Trong nghiên cứu đã thay thế 25%, 50%, 75% và 100% cốt liệu thô tự nhiên đá dăm bằng cốt liệu xỉ thép, kết hợp với phụ gia khoáng là Tro bay và Xỉ lò cao hoạt tính để sản xuất được bê tông cốt liệu xỉ thép có cường độ, tính chống thấm, chống xâm thực cao, đáp ứng yêu cầu thi công các công trình xây dựng. Bê tông sử dụng cốt liệu xỉ thép kết hợp với Xỉ lò cao hoạt tính cho cường độ nén ở tuổi thiết kế rất cao, cao hơn bê tông cốt liệu xỉ thép kết hợp với Tro bay tương ứng 4,55% ở 7 ngày tuổi và 9,46% ở 28 ngày tuổi, mức chống thấm của bê tông đạt W12 ở tuổi 28 ngày và W14 ở tuổi 90 ngày, tăng từ 1 đến 2 cấp so với bê tông đối chứng. Bê tông sử dụng cốt liệu xỉ thép và phụ gia khoáng là xỉ lò cao hoạt tính có độ mài mòn thấp hơn bê tông sử dụng phụ gia khoáng tro bay 24,25%.

Từ khóa: Xỉ thép, tro bay, xỉ lò cao hoạt tính, phụ gia siêu dẻo.

Summary: In the study, 25%, 50%, 75% and 100% of natural coarse aggregates were replaced with steel slag aggregates, combined with mineral additives such as Fly Ash and **Granulated Blast Furnace Slag** to produce the steel slag aggregate concrete with high strength, water resistance and anti-erosion properties, meeting the construction requirements of construction works. Concrete using steel slag aggregate combined with **Granulated Blast Furnace Slag** has very high compressive strength at design age, higher than concrete using steel slag aggregate combined with Fly ash by 4.55% at 7 days and 9.46% at 28 days, respectively. The waterproof grade of the concrete reaches W12 at 28 days and W14 at 90 days, an increase of 1 to 2 levels compared to the control concrete. Concrete using steel slag aggregate and mineral admixture as activated Granulated blast furnace slag has 24.25% lower abrasion than concrete using fly ash mineral admixture.

Keywords: Steel slag, Fly ash, Granulated Blast Furnace Slag, Superplasticizer.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nguồn cốt liệu tự nhiên để sản xuất bê tông (cát, đá dăm, sỏi) ngày càng cạn kiệt nguồn khai thác bởi tốc độ xây dựng (các công trình xây dựng Giao thông, Thủy lợi và Xây dựng dân dụng) và quá trình đô thị hóa diễn ra rất mạnh như hiện nay. Ở Việt Nam, mỗi năm lượng bê tông cần sản xuất và xây dựng khoảng gần 200 triệu m³, tuy nhiên sản lượng bê tông này chủ yếu sản xuất từ các loại cốt liệu cát sông và đá dăm khai thác tự nhiên. Trong nước, trữ lượng cốt liệu cát, đá tự nhiên dùng trong sản xuất bê tông ngày càng khan hiếm, đẩy giá thành xây dựng lên cao vì tốc độ khai thác và sử dụng chưa hiệu quả.

Ngành công nghiệp luyện gang thép giữ một vai trò rất quan trọng trong sự phát triển của mỗi quốc gia. Thép được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp, xây dựng, sản xuất chế tạo

máy móc thiết bị, hàng gia dụng, y học, an ninh quốc phòng... Sản lượng thép đã và đang tăng trưởng rất nhanh, bên cạnh đó thì lượng **xỉ thép** cũng thải ra ngày càng nhiều. **Xỉ thép** là chất thải rắn được sinh ra trong quá trình luyện thép từ các tạp chất khi đưa vào lò như: các chất lẫn trong nguyên, nhiên vật liệu của quặng sắt, nguyên liệu kim loại bị oxi hóa tạo thành các oxit, tường lò bị ăn mòn trong điều kiện nhiệt độ cao và tro của nhiên liệu đốt lò.

Ở nước ta trong thời gian gần đây, **phụ phẩm công nghiệp như xỉ gang, xỉ thép** là vấn đề nhức nhối và gây nên dư luận không tốt ở nước ta, điển hình là “*khu công nghiệp Formosa Hà Tĩnh*” cũng như các khu công nghiệp gang thép khác như Nhà máy Thép Phú Mỹ tại Bà Rịa - Vũng Tàu, Khu liên hợp gang thép Hòa Phát tại Kinh Môn - Hải Dương, khu gang thép Thái Nguyên, Ponima.... Lượng xỉ thải ra hàng trăm tấn mỗi ngày sẽ làm gây ô nhiễm môi trường, thay vì chúng ta phải tổ chức các bãi chứa và vận chuyển xỉ đi, thì có thể **tận dụng xỉ thép làm cốt liệu để sản xuất bê tông** thay thế cho cốt liệu tự nhiên thông

Ngày nhận bài: 08/8/2025

Ngày thông qua phản biện: 25/9/2025

Ngày duyệt đăng: 30/10/2025

thường (*đá dăm, sỏi*) là rất thiết thực, vừa mang lại hiệu quả kinh tế, vừa góp phần bảo vệ môi trường.

Do lượng phụ phẩm công nghiệp từ ngành đốt than phát điện và các lò luyện gang thép nhiều, nên chúng ảnh hưởng rất nghiêm trọng tới nền kinh tế, xã hội và môi trường sống của chúng ta, như: Tổ chức thải tồn kém, bãi thải chiếm nhiều diện tích, ô nhiễm môi trường nước ngầm và môi trường không khí. Ngoài ra, tận dụng nguồn **Tro bay** (*phụ phẩm của các nhà máy nhiệt điện đốt than*) và **Xi lò cao hoạt tính** (*phụ phẩm của các nhà máy sản xuất gang thép*) làm phụ gia khoáng trong sản xuất bê tông cũng góp phần giảm giá thành xây dựng, giảm ô nhiễm môi trường đất và nước ngầm.

Chính vì vậy, việc nghiên cứu và đưa vào sử dụng các phụ phẩm công nghiệp (*xi quặng thải ra từ các nhà máy luyện gang thép*) làm **cốt liệu sản xuất bê tông cốt liệu xi thép** là vô cùng cần thiết và hữu ích, giải quyết kịp thời vấn đề khan hiếm về cốt liệu tự nhiên sản xuất bê tông, nhằm mang lại hiệu quả kinh tế và góp phần bảo vệ môi trường. Bên cạnh đó, tận dụng nguồn phụ gia khoáng như *Tro bay và Xi lò cao hoạt tính*, góp phần giảm giá thành sản xuất bê tông, từ đó có thể chủ động được nguồn vật liệu trong xây dựng. Hơn nữa, bê tông có sử dụng phụ gia khoáng thay thế một phần xi măng Pooclang sẽ làm cho bê tông đặc chắc hơn, bê tông có tính bền và mặc chống thấm rất cao, phù hợp thi công cho tất cả các công trình xây dựng khác nhau, đặc biệt là các công trình ven biển, cầu cảng, cầu vượt biển.....

Vì vậy, cần định hướng nghiên cứu để tận dụng và sử dụng hiệu quả về công nghệ sản xuất cốt liệu tái chế cho bê tông từ việc tái sử dụng các phụ phẩm công nghiệp, đánh giá đặc tính kỹ thuật của bê tông, từ đó có những đề xuất cần thiết để có thể áp dụng các loại vật liệu này trong xây dựng Giao thông nói riêng và cho hầu hết các công trình ở Việt Nam nói chung.

Trong thành phần của bê tông có cốt liệu xi thép sẽ cải thiện được đặc tính cơ học, vì xi thép có nhiều góc cạnh nên khả năng gắn kết với đá xi măng rất tốt, bên cạnh đó trong thành phần của cốt liệu xi thép có nhiều thành phần khoáng được hình thành ở nhiệt độ cao trong lò luyện gang thép, nên bê tông sản xuất từ cốt liệu xi thép có khả năng chống mài mòn rất tốt khi ứng dụng cho bê tông tất cả các công trình xây dựng.

Trong nghiên cứu đã thay thế 25%, 50%, 75% và 100% cốt liệu thô tự nhiên đá dăm bằng xi thép, kết hợp với phụ gia khoáng là Tro bay và Xi lò cao hoạt tính để sản xuất được bê tông cốt liệu xi thép có cường độ, tính chống thấm, chống xâm thực và chống mài mòn cao. Thông qua đó đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu xi thép thay thế đá dăm và ảnh hưởng của 2 loại phụ gia khoáng Tro bay và Xi lò cao hoạt tính đến một số tính chất của bê tông.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tiêu chuẩn về vật liệu xây dựng

Trong thực hiện đánh giá các loại vật liệu dùng để chế tạo bê tông đã sử dụng một số tiêu chuẩn về vật liệu xây dựng như trong Bảng 1.

Bảng 1: Tiêu chuẩn về vật liệu xây dựng

Loại vật liệu xây dựng	Tiêu chuẩn áp dụng
Xi măng	TCVN 2682:2009, TCVN 6260:2009
Nước	TCVN 4506:2022
Cốt liệu	TCVN 7570:2006
Phụ gia hóa học	ASTM C494-86, TCVN 8826:2011
Phụ gia khoáng	ASTM C1240-00, ASTM C618, TCVN 10302:2014; TCVN 11586:2016

2.2. Tiêu chuẩn thí nghiệm

Trong nghiên cứu sử dụng các tiêu chuẩn để thí

nghiệm một số tính chất kỹ thuật của bê tông và các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu như trong Bảng 2.

Bảng 2: Các tiêu chuẩn thí nghiệm

Chỉ tiêu thí nghiệm	Tiêu chuẩn thí nghiệm
Thí nghiệm kiểm tra độ sụt	TCVN 3106:2007
Thí nghiệm chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu	TCVN 7572:2006
Thí nghiệm xác định cường độ nén	TCVN 3118:2022
Thí nghiệm xác định cường độ kéo khi uốn	TCVN 3119:2022
Thí nghiệm mặc chống thấm	TCVN 3116:2007

2.3. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

2.3.1. Xi măng

Đề tài sử dụng xi măng PC40 Chinfon Hải

Phòng thiết kế bê tông; kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi măng như trong Bảng 3 đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 2682:2009.

Bảng 3: Kết quả thí nghiệm một số tính chất của xi măng

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	3,15
2	Độ mịn (Lượng sót trên sàng 0,09)	%	5,5
3	Lượng nước tiêu chuẩn	%	29,6
4	Thời gian bắt đầu đông kết	phút	118,5
	Thời gian kết thúc đông kết	phút	315,5
5	Độ ổn định thể tích	mm	2,60
6	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	N/mm ²	25,5
	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	N/mm ²	49,6

2.3.2. Phụ gia khoáng

2.3.2.1. Tro bay:

Tro bay Phả Lại (nguồn cung ứng từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại - Hải Dương) được sử dụng

thay thế một phần xi măng trong các cấp phối bê tông thiết kế. Các tính chất cơ lý và thành phần hóa học của Tro bay được phân tích, kết quả như Bảng 4 đạt yêu cầu theo TCVN 10302:2014.

Bảng 4: Tính chất cơ lý và thành phần hóa học của tro bay Phả Lại

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Độ ẩm	%	0,26
2	Lượng nước yêu cầu	%	28,2
3	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	948
4	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,25
5	Hàm lượng mất khi nung	%	3,15
6	Hàm lượng SiO ₂	%	53,6
7	Hàm lượng Fe ₂ O ₃	%	12,5
8	Hàm lượng Al ₂ O ₃	%	33,8
9	Hàm lượng SO ₃	%	0,18

2.3.2.2. Xi lò cao hoạt tính:

Xi lò cao hoạt hóa nghiền mịn được mua từ công ty Hòa Phát (khu công nghiệp luyện gang thép

Hòa Phát), xi lò cao hoạt tính có các chỉ tiêu cơ lý như Bảng 5, thỏa mãn theo TCVN 11586:2016.

Bảng 5: Tính chất của xi lò cao hoạt hóa

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,95
2	Chỉ số hoạt tính với xi măng	%	110,5
3	Hàm lượng mất khi nung	%	2,65
4	Độ mịn	cm ² /g	3600

2.3.3. Cốt liệu thô (xi thép)

Xi thép được lấy ở khu công nghiệp luyện gang thép Hòa Phát và đưa về để thí nghiệm phân

loại thành phần hạt sao cho đạt cỡ hạt (5-20) mm theo TCVN 7570:2006. Các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu xi thép như trong Bảng 6.

Bảng 6: Tính chất cơ lý của xi thép

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	3,55
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	2,06
3	Độ hút nước	%	2,55
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,22
5	Thành phần hạt	-	Đạt

2.3.4. Cốt liệu thô (Đá dăm)

Để đánh giá và so sánh một số tính chất của bê tông sử dụng cốt liệu xi thép, trong đề tài thiết kế mẫu bê tông đòi chứng sử dụng cốt liệu thô tự nhiên là đá

dăm. Đá dăm lấy ở công trình xây dựng và được đưa về để thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý và thành phần hạt của đá dăm cỡ hạt (5-20) mm ở Bảng 7 đạt TCVN 7570-2006.

Bảng 7: Tính chất cơ lý của đá dăm

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả TNo
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,72
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,68
3	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,05
4	Hàm lượng thoi dẹt	%	2,5
5	Hàm lượng hạt mềm yếu	%	1,10
6	Độ hút nước	%	0,55
7	Thành phần hạt	-	Đạt

2.3.5. Cốt liệu mịn (Cát)

Cát tự nhiên: Trong thí nghiệm sử dụng cát được lấy từ công trình về thí nghiệm. Kết quả

thí nghiệm cát dùng chế tạo bê tông có thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý phù hợp TCVN 7570-2006 trình bày trong Bảng 8 và 9.

Bảng 8: Tính chất cơ lý của cát

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,68
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,66
3	Độ hồng	%	38,10
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1,05
5	Mô đun độ lớn	-	2,86
6	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt
7	Thành phần hạt	-	Đạt

Bảng 9: Thành phần hạt của cát tự nhiên

Kích thước mắt sàng, mm	5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Lượng sót tích lũy, %	0	19,5	28,4	65,2	76,6	96,3

2.3.6. Nước

Nước sử dụng để trộn và bảo dưỡng bê tông là nước sinh hoạt lấy tại phòng thí nghiệm, nước sử dụng trong thí nghiệm phù hợp tiêu chuẩn TCVN 4506: 2022.

2.3.7. Phụ gia hóa học

Để hỗn hợp bê tông có tính công tác và khả năng đầm chặt tốt thì hỗn hợp bê tông thiết kế không

được phép xảy ra hiện tượng phân tầng và tách nước. Trong nghiên cứu chế tạo bê tông sử dụng cốt liệu xi thép đã sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao gốc Polycarboxylate (PC) phù hợp với tiêu chuẩn ASTM C494 với lượng dùng theo hướng dẫn của nhà cung cấp. Tuy nhiên, cần phải thí nghiệm để xác định tỷ lệ pha trộn hợp lý, đảm bảo tính công tác yêu cầu của hỗn hợp bê tông và mác bê tông thiết kế.

3. THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG VÀ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1. Thiết kế cấp phối bê tông

3.1.1. Các yêu cầu cơ bản trước khi thiết kế

Để thiết kế cấp phối BT, cần xác định rõ các yêu cầu cần biết trước khi thiết kế như:

- Yêu cầu về bê tông: Mác bê tông (cường độ nén theo ngày tuổi), yêu cầu mác chống thấm, chống mài mòn ...

- Yêu cầu về điều kiện thi công: Hình dạng kết cấu, kích thước, mật độ cốt thép; Thời gian cần để thi công, nhiệt độ môi trường, phương tiện vận chuyển hỗn hợp bê tông, phương tiện để đổ BT ...

- Yêu cầu về vật liệu chế tạo bê tông:

+ Xi măng: Loại, cường độ thực tế, khối lượng riêng...

+ Phụ gia khoáng hoạt tính: Loại, độ mịn, hoạt tính, khối lượng riêng...

+ Cốt liệu mịn: Loại (Cát tự nhiên), mô đun độ lớn, khối lượng riêng...

+ Cốt liệu thô: Loại (Đá dăm, xỉ thép), D_{max}, các chỉ tiêu cơ lý...

+ Phụ gia siêu dẻo giảm nước: Loại phụ gia, lượng dùng, khả năng giảm nước...

3.1.2. Các bước thiết kế

Bước 1: Chọn độ sụt của hỗn hợp bê tông.

Bước 2: Xác định lượng nước lý thuyết ban đầu cho 1m³ bê tông.

Bước 3: Tính tỷ lệ X/N^{lt}.

$$R_n = A.R_x.(X/N^{lt} - 0,5) \quad (\text{MPa})$$

Trong đó: R_x - Cường độ thực tế của xi măng, MPa.

R_n - Cường độ nén của bê tông, MPa.

A - Hệ số chất lượng vật liệu.

X, N^{lt} - Là khối lượng xi măng và nước lý thuyết của 1m³ bê tông.

Bước 4: Tính lượng xi măng.

$$X = N^{lt}.(X/N^{lt}) \quad (\text{kg})$$

Bước 5: Xác định lượng cốt liệu lớn.

+ Xác định thể tích hồ xi măng:

$$V_h = (X/\rho_{ax}) + N^{lt} \quad (\text{lít})$$

+ Xác định hệ số dư vữa hợp lý: K_d

+ Xác định lượng cốt liệu lớn:

$$Đ_k = \frac{1000}{\frac{r_d.K_d + 1}{\rho_{ok}^d} + \frac{1}{\rho_a^d}} \quad (\text{kg})$$

Bước 6: Xác định lượng cát.

$$C_k = [1000 - (\frac{X}{\rho_{ax}} + \frac{Đ}{\rho_{ad}} + \frac{N}{\rho_{an}})].\rho_{ac} \quad (\text{kg})$$

Nghiên cứu với mẫu bê tông đối chứng sử dụng cốt liệu đá dăm, ứng dụng thi công cho các công trình Giao thông theo TCCS 39:2022/TCĐBVN, chọn độ sụt yêu cầu SN = 10±2cm, mác bê tông thiết kế ở tuổi 28 ngày của mẫu đối chứng đạt 40MPa. Tính toán khối lượng các loại vật liệu cho 1m³ bê tông và ký hiệu mẫu thí nghiệm như sau: (CP10 - CP14) PGK tro bay, thay thế 0%, 25%, 50%, 75% và 100% đá dăm bằng xỉ thép; (CP14 - CP15) với 100% cốt liệu lớn xỉ thép nhưng PGK tro bay thay thế xỉ lò cao hoạt tính. Thành phần vật liệu cho các cấp phối bê tông thiết kế như trong Bảng 10.

Bảng 10: Thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông thiết kế

Cấp phối	XM (kg)	FA (kg)	GBFS (kg)	Nước (lít)	Cát (kg)	Cốt liệu thô		PGSD (lít)
						Đá dăm (kg)	Xỉ thép (kg)	
CP10	315	105	-	168	747	1120	0	5,04
CP11	315	105	-	168	747	840	342,5	5,04
CP12	315	105	-	168	747	560	685,0	5,04
CP13	315	105	-	168	747	280	1027,5	5,04
CP14	315	105	-	168	747	0	1370,0	5,04
CP15	315	-	105	168	747	-	1370,0	5,04

Sau khi thiết kế thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông như Bảng 10, tiến hành phối trộn vật liệu đúng tiêu chuẩn và thí nghiệm xác định độ sụt

của các hỗn hợp bê tông (HHTB). Sau đó đúc mẫu thí nghiệm cường độ nén, cường độ kéo khi uốn và mác chống thấm của các cấp phối bê tông

thiết kế để đánh giá ảnh hưởng của các loại cốt liệu thô (**đá dăm** và **xi thép**) đến tính chất kỹ thuật của bê tông (**CP10 ÷ CP14**) và đánh giá ảnh hưởng của hai loại phụ gia khoáng (**FA** và **GBFS**) đến tính chất kỹ thuật của bê tông (**CP14** và **CP15**).

3.2. Kết quả thí nghiệm độ sụt

Bảng 11: Kết quả thí nghiệm độ sụt các hỗn hợp bê tông

TT	Cấp phối	Độ sụt, SN (cm)		
		Không PGSD	Có PGSD	Có PGSD, sau 30 phút
1	CP10	11,5	15,0	14,5
2	CP11	9,5	13,5	12,0
3	CP12	8,0	11,5	10,0
4	CP13	7,5	10,5	9,5
5	CP14	7,0	10,0	8,5
6	CP15	7,0	9,5	8,0

Nhận xét: Từ kết quả thí nghiệm độ sụt ở Bảng 11, có thể thấy các hỗn hợp bê tông (HHBT) thiết kế khi chưa có PGSD thì chỉ có HHBT sử dụng 100% đá dăm (CP10), 75% đá dăm (CP11) và 50% đá dăm (CP12) thỏa mãn yêu cầu thiết kế. Khi các HHBT có pha PGSD với hàm lượng hợp lý thì tất cả các cấp phối bê tông đều có độ sụt thỏa mãn yêu cầu thiết kế, đảm bảo yêu cầu thi công bê tông cho các công trình Giao thông theo TCCS 39:2022/TCĐBVN.

HHBT sử dụng 100% cốt liệu xi thép, PGK tro bay (CP14) có độ sụt thấp hơn rất nhiều HHBT sử dụng 100% cốt liệu đá dăm, PGK tro bay (CP10) vì xi thép có độ hút nước cao hơn rất nhiều đá dăm. Còn khi HHBT giữ nguyên cốt liệu xi thép, chỉ thay đổi loại PGK thì HHBT tro bay (**FA: CP14**) có độ sụt cao hơn HHBT xi lò cao hoạt tính (**GBFS: CP15**) vì chính trong thành phần của GBFS có những thành phần khoáng vật có khả năng kết hợp với nước và hút nước mạnh hơn FA, sẽ làm giảm độ sụt của HHBT.

Việc làm giảm độ sụt của các HHBT là một trong các nhược điểm cần xét đến của loại bê tông này. Tỷ lệ thay thế cốt liệu xi thép bằng đá dăm càng nhiều thì độ sụt càng giảm. Từ kết quả về sự giảm độ sụt của các HHBT theo thời gian (*sau 30 phút*) nhận thấy: các HHBT vẫn đảm bảo về tính công tác của bê tông thiết

tiến hành trộn vật liệu các cấp phối bê tông đã thiết kế như Bảng 10, thí nghiệm xác định độ sụt của các hỗn hợp bê tông (HHBT) cho các cấp phối khác nhau theo tiêu chuẩn, sau đó giữ HHBT sau 30 phút để kiểm tra lại độ sụt. Kết quả kiểm tra độ sụt của các HHBT thể hiện như trong Bảng 11.

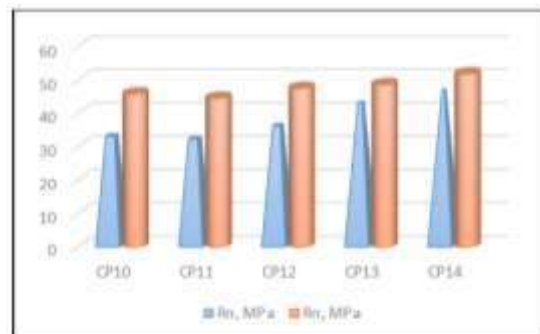
kế. Điều này là do trong thành phần của bê tông có sử dụng phụ gia siêu dẻo sẽ duy trì được độ lưu động của các HHBT trong quá trình thi công.

Trong quá trình làm thí nghiệm, quan sát các HHBT thí nghiệm sau khi trộn cũng thấy được độ đồng nhất của các HHBT rất tốt, không có hiện tượng phân tầng và không xuất hiện tách nước tại mép rìa ngoài của HHBT sau khi trộn và sau khi làm thí nghiệm kiểm tra độ sụt.

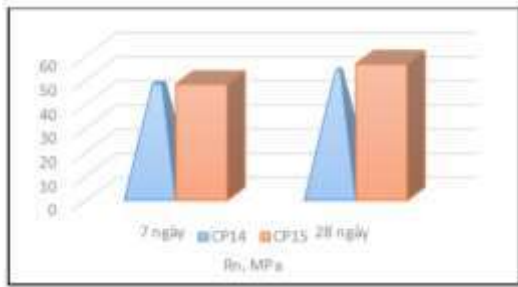
3.3. Kết quả thí nghiệm cường độ nén

Để thí nghiệm cường độ nén, đúc các tổ mẫu thí nghiệm hình lập phương có kích thước (15x15x15)cm, mẫu đúc thí nghiệm được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:2022.

Kết quả thí nghiệm cường độ nén ở 7 và 28 ngày tuổi của các cấp phối bê tông thiết kế như biểu đồ Hình 1 và 2.



Hình 1: Biểu đồ so sánh Rn của các cấp phối bê tông (CP10 - CP14)



Hình 2: Biểu đồ so sánh R_n của các cấp phối bê tông (CP14 và CP15)

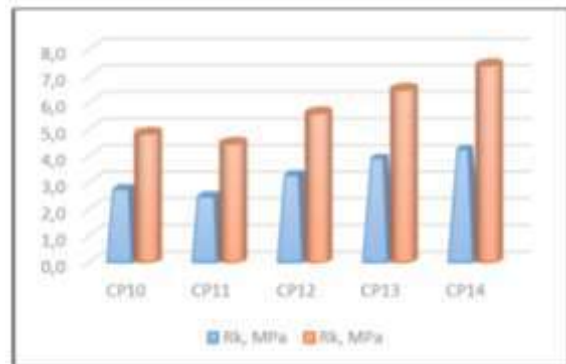
Nhận xét: Về cường độ nén, so với mẫu bê tông đối chứng sử dụng 100% cốt liệu đá dăm (CP10) thì bê tông sử dụng cốt liệu xi thép thay thế đá dăm dưới 50% (CP11 và CP12) có cường độ nén chưa được cải thiện nhiều, chỉ tăng khoảng 9,5% ở 7 ngày tuổi và 3,7% ở 28 ngày tuổi khi xi thép thay thế 50% đá dăm. Khi hàm lượng cốt liệu xi thép thay thế cốt liệu đá dăm từ 75% đến 100% thì cường độ nén của bê tông tăng lên rất cao, tăng từ 30,37% đến 41,72% ở 7 ngày tuổi và 6,11% đến 13,10% ở 28 ngày tuổi. Điều này có thể giải thích như sau: xi thép có tính chất cơ học tốt hơn đá tự nhiên, vì xi thép có thành phần cấu trúc tinh thể đặc biệt mà thành phần chủ yếu là các khoáng chất tương tự thành phần của đá xi măng; xi thép nặng hơn, ma sát tốt hơn nên khả năng gắn kết giữa cốt liệu xi thép và đá xi măng tốt hơn, độ bền của xi thép cao hơn đá dăm tự nhiên, do vậy bê tông sử dụng cốt liệu xi thép sẽ cho cường độ nén cao hơn.

Từ các kết quả thí nghiệm về cường độ nén của CP14 và CP15 ở đồ thị Hình 2, cho thấy bê tông CP15 sử dụng **cốt liệu xi thép** kết hợp với **Xi lò cao hoạt tính (GBFS)** cho cường độ nén ở tuổi thiết kế rất cao ($R_n^{28} = 56,7$ MPa), cao hơn bê tông **cốt liệu xi thép** kết hợp với PGK **Tro bay (CP14)** tương ứng 4,55% ở 7 ngày tuổi và 9,46% ở 28 ngày tuổi. Qua đó cho thấy, khi sử dụng cốt liệu xi thép để sản xuất bê tông, cần thiết phải sử dụng kết hợp thêm với PGK là Xi lò cao hoạt tính để một số thành phần khoáng vật trong Xi lò cao hoạt tính có thể sẽ tác dụng với các thành phần hóa học có hại trong xi thép để hạn chế việc phát thải ra môi trường sau này, từ đó làm tăng cường độ của bê tông (CP15).

3.4. Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi uốn

Thí nghiệm cường độ kéo khi uốn theo TCVN 3119:2022, đúc các tổ mẫu thí nghiệm hình lập phương có kích thước (10x10x40)cm, mẫu đúc thí nghiệm được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:2022.

Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi uốn ở 7 và 28 ngày tuổi của các cấp phối bê tông thiết kế như biểu đồ Hình 3.



Hình 3: Biểu đồ so sánh R_k của các cấp phối bê tông

Nhận xét: Bê tông sử dụng cốt liệu xi thép từ 50% đến 100% (CP12, CP13 và CP14) có cường độ kéo uốn cao hơn bê tông cốt liệu đá dăm (CP10) tương ứng tăng 19,46%, 42,22%, 54,60% ở 7 ngày tuổi và 15,91%, 34,41%, 53,49% ở 28 ngày tuổi (tương ứng thay thế 50%, 75% và 100% cốt liệu xi thép), vì cốt liệu xi thép có độ bền rắn chắc và cường độ cao hơn đá dăm. Mặt khác cốt liệu xi thép gắn kết tốt hơn với đá xi măng, nên vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu đặc chắc làm cho cường độ kéo uốn tăng lên.

3.4. Kết quả thí nghiệm mác chống thấm

Các mẫu bê tông thử mác chống thấm được chuẩn bị và thí nghiệm theo TCVN 3116:2007. Mẫu được bảo dưỡng 28 và 90 ngày trong điều kiện tiêu chuẩn, sau đó tiến hành kiểm tra mác chống thấm. Kết quả thí nghiệm mác chống thấm của bê tông sau 28 và 90 ngày thể hiện trong Bảng 12.

Kết quả thí nghiệm xác định mác chống thấm của bê tông sau 28 và 90 ngày thể hiện trong Bảng 12.

Bảng 12: Kết quả thí nghiệm mác chống thấm

STT	Cấp phối	Mác chống thấm W, at	
		28 ngày	90 ngày
1	CP10	W8	W10
2	CP11	W8	W10
3	CP12	W8	W10
4	CP13	W10	W12
5	CP14	W12	W14
6	CP15	W12	W14

Nhận xét: Tất cả các mẫu bê tông đều đạt mác chống thấm yêu cầu của bê tông dùng cho các công trình xây dựng có yêu cầu mác chống thấm từ W8 đến W14. Khi hàm lượng cốt liệu xi thép thay thế cốt liệu đá dăm từ 25% đến 50% thì mác chống thấm của bê tông chưa có sự thay đổi so với mẫu bê tông đối chứng (đều đạt từ W8 đến W10). Đặc biệt, bê tông chế tạo sử dụng 100% xi thép kết hợp với phụ gia khoáng Xi lò cao hoạt tính (CP15) thì mác chống thấm của bê tông đạt W12 ở tuổi 28 ngày và W14 ở tuổi 90 ngày, tăng từ 1 đến 2 cấp so với bê tông đối chứng (CP10). Như vậy bê tông chế tạo sử dụng 100% cốt liệu xi thép kết hợp PGK Tro bay hay Xi lò cao hoạt tính, với lượng dùng PGSD hợp lý sẽ có độ đặc chắc rất cao, hạn chế hiện tượng xâm thực cho bê tông, tăng tính bền cho bê tông, phù hợp cho thi công cho tất cả các công trình xây dựng, đặc biệt là các cầu vượt biển, các công trình biển và hải đảo.

Trong thiết kế cấp phối bê tông, để tăng mác chống thấm cho bê tông thiết kế, cần kết hợp các loại PGK khác nhau để tối ưu hóa điều kiện chống thấm cho bê tông các công trình. Bên cạnh đó, cần thiết phải điều chỉnh lượng phụ gia siêu dẻo một cách hợp lý nhất, nhằm giảm lượng nước trộn bê tông, tăng độ đặc chắc của bê tông và làm tăng mác chống thấm cho bê tông. Vì vậy, đối với các công trình bê tông thường xuyên làm việc trong môi trường nước (như các mỏ trụ cầu, cầu vượt biển, các công trình biển và hải đảo...), bê tông và bê tông cốt thép chịu tác động rất lớn từ các tác nhân gây nên xâm thực (xâm thực hóa học, xâm thực cơ học...) cần thiết phải có biện pháp tăng khả năng chống thấm của bê tông.

3.5. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn

Để đánh giá ảnh hưởng của hai loại cốt liệu thô là đá dăm và xi thép đến độ mài mòn của bê tông, thí nghiệm so sánh độ mài mòn của mẫu bê tông đối chứng sử dụng đá dăm và Tro bay (CP10) với mẫu bê tông sử dụng xi thép thay thế đá dăm và Tro bay (CP11 ÷ CP14).

Để đánh giá ảnh hưởng của hai loại phụ gia khoáng Tro bay (CP14) và Xi lò cao hoạt tính (CP15) đến độ mài mòn của bê tông sử dụng cốt liệu xi thép, đề tài so sánh độ mài mòn của các mẫu bê tông (CP14) và (CP15).

Các mẫu bê tông thí nghiệm độ mài mòn được chế tạo và thí nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C1138:05. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn của các mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày như trong Bảng 13.

Bảng 13: Kết quả thí nghiệm độ mài mòn của bê tông

TT	Cấp phối	Độ mài mòn, Mm (%)
1	CP10	4,86
2	CP11	4,04
3	CP12	3,88
4	CP13	3,25
5	CP14	2,68
6	CP15	2,03

Nhận xét: Tất cả các mẫu bê tông chế tạo có độ mài mòn rất thấp khi trong thành phần bê tông thiết kế có phụ gia khoáng. So sánh giữa độ mài mòn của CP10 và CP11 ÷ CP14 cho thấy khi thay thế cốt liệu thô từ đá dăm (CP1) sang sử dụng cốt liệu xi thép (CP2) thì độ mài mòn giảm 16,87% đến 44,86% tương ứng với tỷ lệ xi thép thay thế đá dăm tương ứng 25%, 50%, 75% và 100% so với mẫu đối chứng (mẫu 100% cốt liệu thô đá dăm). Điều này phù hợp với cấu trúc, thành phần khoáng và độ đặc chắc của xi thép có trong thành phần của bê tông. Ngoài ra, nếu phụ gia khoáng được thay thế Tro bay (CP14) bằng phụ gia khoáng Xi lò cao hoạt tính (CP15) và sử dụng 100% là cốt liệu xi thép, thì độ mài mòn của bê tông cốt liệu xi thép và PGK xi lò cao hoạt tính giảm 58,23% so với mẫu đối chứng và giảm 24,25% so với mẫu bê tông sử dụng cốt liệu xi thép và PGK tro bay.

Qua đó nhận thấy rằng, khi thiết kế bê tông sử dụng cốt liệu xi thép thay thế đá dăm, nên kết hợp với PGK Xi lò cao hoạt tính và hàm lượng PGSD hợp lý sẽ đạt được các yêu cầu kỹ thuật của bê tông chất lượng cao, bê tông có cường độ và mác chống thấm rất cao, độ mài mòn thấp, phù hợp thi công các công trình Giao thông nói riêng và đáp ứng đầy đủ yêu cầu thi công các công trình xây dựng khác.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trong nghiên cứu đã sử dụng **xi thép** thay thế **đá dăm** để sản xuất **bê tông cốt liệu xi thép** có cường độ thỏa mãn các yêu cầu thiết kế đặt ra. Bê tông cốt liệu xi thép có mác chống thấm cao, bê tông đặc chắc, phù hợp cho thi công các công trình xây dựng bê tông thường xuyên làm việc trong môi trường nước, đặc biệt là các công trình biển, các mô trụ cầu giao thông. Bên cạnh đó, đề tài đã nghiên cứu tận dụng nguồn phụ gia khoáng sẵn có trong nước như *Tro bay* và *Xi lò cao hoạt tính*, sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cao, góp phần làm phong phú nguồn nguyên vật liệu sản xuất bê tông xanh và góp phần bảo vệ môi trường.

Bê tông khi sử dụng cốt liệu xi thép kết hợp với PGK là Tro bay và Xi lò cao hoạt tính sẽ loại bỏ được hàm lượng lớn ion kim loại nặng có hại trong xi thép có thể sẽ phát thải ra ngoài môi trường đất và nước. Bê tông chế tạo có pha PGK sẽ có độ đặc chắc cao hơn, làm tăng cường độ nén, tăng mác chống thấm, giảm độ mài mòn so với bê tông sử dụng cốt liệu đá dăm tự nhiên. Tận dụng nguồn phụ phẩm công nghiệp làm *phụ gia khoáng* cho bê tông thi

công các công trình giao thông, cần được nghiên cứu và đưa vào áp dụng thực tế nhiều hơn, nhằm tận dụng vật liệu tại chỗ để giảm giá thành công trình, làm phong phú thêm nguồn vật liệu xây dựng trong tương lai.

Pha phụ gia siêu dẻo thế hệ mới (*phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao gốc PC*) để giảm tỷ lệ **N/CKD** đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đặt ra của bê tông thiết kế. Việc sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao là vô cùng cần thiết, nó giúp bê tông đạt cường độ sớm, tính công tác cao, dễ thi công. Ngoài ra, giúp giảm lượng nước trộn bê tông, tăng độ đặc chắc cho bê tông, tăng mác chống thấm và tăng độ bền của bê tông ứng dụng cho các công trình.

Hàng năm lượng xỉ quặng thải ra hàng triệu tấn, cần phải nghiên cứu sử dụng nguồn nguyên liệu này làm cốt liệu để sản xuất bê tông là tiết kiệm nguồn tài nguyên thiên nhiên, biến vật liệu thải thành nguồn nguyên liệu có giá trị, tiết kiệm chi phí xử lý chất thải và bảo vệ môi trường. Bên cạnh đó, cần thiết phải chủ động và sử dụng hiệu quả về công nghệ sản xuất **cốt liệu xi thép** cho bê tông. Cốt liệu xi thép còn chưa được nghiên cứu nhiều trong sản xuất bê tông vì những lo ngại về vấn đề môi trường, vì vậy cần thí nghiệm và kiểm soát nghiêm ngặt tỷ lệ các thành phần vật liệu, tiếp theo nên sử dụng một hoặc kết hợp cả hai loại PGK để thiết kế thành phần bê tông **cốt liệu xi thép** thay thế cốt liệu **đá dăm**. Bên cạnh đó, cũng cần ban hành các quy định, tiêu chuẩn về việc sử dụng cốt liệu xi thép trong sản xuất bê tông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASTM C1138:05, *Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete (Underwater Method)*.
- [2] ASTM C494-86: *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*.
- [3] ASTM C494-86: *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*.
- [4] Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC71 (2016): “*TCVN 11586:2016. Xi hạt lò cao nghiên cứu dùng cho bê tông và vữa*” Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [5] Báo cáo Môi trường Quốc gia (2011), *Chất thải rắn của Bộ Tài nguyên và Môi trường*.
- [6] Chí Quốc, *13,6 triệu tấn tro xỉ của 9 nhà máy nhiệt điện than ĐBSCL sẽ đi đâu?*, Báo Tuổi Trẻ.
- [7] Công ty TNHH Vật Liệu Xanh (2012), *Dự án đầu tư nhà máy sản xuất vật liệu xây dựng từ xỉ lò điện Hồ Quang tại Khu công nghiệp Phú Mỹ I, huyện Tân Thành, tỉnh Bà Rịa -*

Vũng Tàu.

- [8] Lê Việt Hùng và nnk, (2016). “*Báo cáo dự án điều tra chất lượng tro xỉ các nhà máy nhiệt điện than tại Việt Nam*”. Viện Vật liệu Xây dựng.
- [9] Nguyễn Văn Du (2013), *Nghiên cứu việc sử dụng xỉ thép trong sản xuất bê tông nhựa nóng để làm đường ô tô trên thế giới và khả năng áp dụng làm mặt đường ô tô ở khu vực phía Nam*, Đề tài NCKH cấp trường, Trường Đại học GTVT.
- [10] Quyết định số 430/QĐ-BXD ngày 16/05/2017. Chỉ dẫn kỹ thuật “*Xỉ gang và xỉ thép sử dụng làm vật liệu xây dựng*” của Bộ Xây dựng.
- [11] TCCS 39:2022/TCĐBVN, Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.
- [12] TCCS 40:2022/TCĐBVN, Thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông.
- [13] TCVN 10302:2014: *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng*.
- [14] TCVN 11586:2016, “*Xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa*”.
- [15] TCVN 2682:2009: *Xi măng Poóc lăng - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [16] TCVN 3105:2022: *Hỗn hợp bê tông và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*.
- [17] TCVN 3106:2007: *Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt*.
- [18] TCVN 3118:2022: *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén*.
- [19] TCVN 3119:2022: *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ kéo khi uốn*.
- [20] TCVN 4506:2012: *Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [21] TCVN 6016:1995: *Xi măng - phương pháp thử - xác định độ bền*.
- [22] TCVN 6260:2009: *Xi măng Poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [23] TCVN 7570:2006: *Cốt liệu cho bê tông và vữa. Yêu cầu kỹ thuật*.
- [24] TCVN 7572:2006: *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử*.
- [25] TCVN 8218:2009, *Bê tông thủy công - Yêu cầu kỹ thuật. Hydraulic concrete - Technical requirements*.
- [26] TCVN 8826:2011: *Phụ gia hóa học cho bê tông*.
- [27] TCVN 8827:2011: *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silicafume và tro trấu nghiền mịn*.
- [28] TCVN 9139:2012, *Công trình Thủy lợi - Kết cấu bê tông, bê tông cốt thép vùng ven biển - Yêu cầu kỹ thuật*.
- [29] Trần Văn Miên, Công ty TNHH Lê Phan (2011), *Sử dụng xỉ thép làm cốt liệu thay thế đá dăm làm bê tông asphalt ứng dụng làm lớp áo đường trong công trình giao thông*, Đề tài khoa học công nghệ cấp TP. Hồ Chí Minh.
- [30] Vụ Vật liệu Xây dựng - Bộ Xây dựng (2017). “*Kỷ yếu Hội thảo sử dụng tro xỉ nhà máy nhiệt điện tại Đồng bằng sông Cửu Long*”. TP.Cần Thơ.