NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG PHỤ PHẨM CÔNG NGHIỆP (XỈ THÉP) THAY THẾ CỐT LIỆU ĐÁ DĂM ĐỂ SẢN XUẤT BÊ TÔNG ỨNG DỤNG CHO CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

Nguyễn Quang Phú, Ngô Thị Ngọc Vân, Bùi Mạnh Cường
Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: *Trong nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng là Tro bay và Xỉ lò cao hoạt tính, cốt liệu thô là đá dăm và xỉ thép để thiết kế thành phần bê tông đạt mác thiết kế từ M30 đến M40. Khi sử dụng cốt liệu xỉ thép kết hợp với phụ gia khoáng là xỉ lò cao hoạt tính thì cường độ bê tông ở tuổi 28 ngày đạt Rn^{28} = 47,5 MPa, mác chống thấm của bê tông thiết kế đạt từ W8 đến W12, độ mài mòn thấp, phù hợp thi công các công trình Thủy lợi.*
Từ khóa: *Tro bay, xỉ lò cao hoạt tính, xỉ thép.*

Summary: *In the study, used mineral additives such as Fly Ash (FA) and Granulated Blast Furnace Slag (GBFS), coarse aggregates such as crushed stone and steel slag to design concrete components with design grades from M30 to M40. When using steel slag aggregate combined with mineral additives such as Granulated blast furnace slag, the concrete strength at the age of 28 days reaches Rn28 = 47.5 MPa, the waterproofing grade of the designed concrete ranges from W8 to W12, low abrasion, it's suitable for irrigation works.*
Keywords: *Fly ash, Granulated blast furnace slag, steel slag.*

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 m^3, tuy nhiên sản lượng bê tông này chủ yếu sản xuất từ các 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. Sản lượng thép đã và đang tăng trưởng rất nhanh, bên cạnh đó thì lượng xỉ thép cũng tạo ra ngày càng nhiều. Xỉ thép là chất thải 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 oxy hóa tạo thành các oxit, tường lò bị ăn mòn trong điều kiện nhiệt độ cao và tro của nhiên liệu đốt lò.

Trên thế giới, xỉ thép tái chế đã được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực giao thông, đã mang lại lợi ích về kinh tế, môi trường và phát triển bền vững. Hiện nay, tại châu Âu, Hoa Kỳ, Nhật Bản và nhiều nước tiên tiến trên thế giới, xỉ thép không được xem là chất thải nếu đã qua xử lý, tái chế, đồng thời quy định bắt buộc các công ty luyện thép phải tái chế xỉ thép, hạn chế chôn lấp. Các sản phẩm xỉ đã qua xử lý gồm: Xỉ đã được nghiền thành hạt, xỉ đã được hóa rắn thành dạng viên hoặc tấm, xỉ được nghiền, đập, sàng, xay đến

Ngày nhận bài: 05/3/2024
Ngày thông qua phản biện: 28/3/2024
Ngày duyệt đăng: 01/4/2024

kích thước nhất định sẽ được sử dụng vào nhiều mục đích xây dựng, giao thông, nông nghiệp và công nghiệp xử lý chất thải.

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, 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 chúng làm cốt liệu để sản xuất bê tông thay thế cho cốt liệu tự nhiên thông 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 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 tốn 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 *Xỉ 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.

Chính vì vậy, việc nghiên cứu và đưa vào sử dụng các phụ phẩm công nghiệp (*xỉ quặng thải ra từ các nhà máy luyện gang thép*) làm cốt liệu sản xuất bê tông cốt liệu xỉ 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 Xỉ lò cao hoạt tính*, góp phần giảm giá thành sản xuất bê tông và 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 Poocläng sẽ làm cho bê tông đặc chắc hơn, bê tông có tính bền và mác chống thấm rất cao, phù hợp thi công các công trình Thủy lợi.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Xi măng

Đề tài sử dụng xi măng PC40 Chinfon Hải Phòng thiết kế bê tông; kết quả thí nghiệm một số tính chất của xi măng như trong bảng 1 đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 2682:2009.

Bảng 1. 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

2.2. Phụ gia khoáng

2.2.1. 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 2 đạt yêu cầu theo TCVN 10302:2014.

Bảng 2: 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_2O_3	%	12,5
8	Hàm lượng Al_2O_3	%	33,8
9	Hàm lượng SO_3	%	0,18

2.2.2. Xỉ lò cao hoạt tính:

Xỉ lò cao hoạt hóa nghiền mịn được mua từ công ty Hòa Phát (*khu công nghiệp luyện gang thép Hòa Phát - Kinh Môn - Hải Dương*), xỉ lò cao hoạt tính có các chỉ tiêu cơ lý như bảng 3, thỏa mãn theo TCVN 11586:2016.

Bảng 3: Tính chất của xỉ 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. Cốt liệu xỉ thép

Xỉ thép từ khu công nghiệp luyện gang thép Hòa Phát - Kinh Môn - Hải Dương và đưa về để thí nghiệm phân loại thành phần hạt sao cho đạt cỡ hạt (5-20) mm theo TCVN 7570:2006. Các tính chất của cốt liệu xỉ thép như trong bảng 4.

Bảng 4: Tính chất cơ lý của xỉ 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

2.4. Cốt liệu thô (Đá dăm)

Để đánh giá và so sánh một số tính chất của bê tông sử dụng cốt liệu xỉ thép, trong nghiên cứu đã thiết kế mẫu bê tông đối chứng sử dụng cốt liệu thô tự nhiên là đá dăm. Đá dăm lấy ở công trình xây dựng và 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 5 đạt TCVN 7570-2006.

Bảng 5: Tính chất cơ lý của đá dăm

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
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

2.5. Cốt liệu mịn (Cát)

Cát tự nhiên: Trong thí nghiệm sử dụng là cát sông Hồng, 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 tính chất cơ lý phù hợp TCVN 7570-2006 trình bày trong bảng 6.

Bảng 6: 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 hổng	%	38,1
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

2.6. 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 4506:2012.

2.7. 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 xỉ thép đã sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao gốc Polycacboxylate (PC) phù hợp với tiêu chuẩn ASTM C494 (*phụ gia thuộc thế hệ 3*) 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

**** 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}.

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

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

Bước 5: Xác định lượng cốt liệu lớn.

+ Xác định thể tích hồ xi măng: $V_h = (X/\rho_{ax}) + N^{lt}$ (lít)

+ Xác định hệ số dư vữa hợp lý: K_d

+ Xác định lượng cốt liệu lớn:

$$Đ_k = \frac{1000}{\frac{r_đ.K_đ}{\rho^đ_{ok}} + \frac{1}{\rho^đ_a}} \quad (kg)$$

Bước 6: Xác định lượng cát.

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

Trong nghiên cứu với bê tông ứng dụng cho các công trình Thủy lợi chịu lực được thi công bằng phương pháp thủ công, chọn độ sụt yêu cầu SN = 10±2cm, mác bê tông thiết kế ở tuổi 28 ngày của mẫu đối chứng (cốt liệu thô là **đá dăm** và phụ gia khoáng là **Tro bay**) đạt **M30** (MPa).

Sau khi tính toán được khối lượng các loại vật liệu cho 1m³ bê tông với cốt liệu thô tự nhiên là **đá dăm** (**CP1**), đề tài lần lượt thay **đá dăm** bằng **xỉ thép** (**CP2**). Hàm lượng phụ gia khoáng **Tro bay** thay thế xi măng là 25%. Hàm lượng phụ gia siêu dẻo (**PGSD**) là 1,2 lít/100 kg chất kết dính (CKD). Thành phần vật liệu cho các cấp phối bê tông thiết kế như trong bảng 7.

Bảng 7: Thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông thiết kế

Cấp phối	XM *(kg)*	FA *(kg)*	Nước *(lít)*	Cát *(kg)*	Cốt liệu thô		PGSD *(lít)*
					Đá dăm *(kg)*	**Xỉ thép** *(kg)*	
CP1	270	90	162	790	**1125**	-	4,32
CP2	270	90	162	886	-	**1290**	4,32

Để so sánh ảnh hưởng của các loại phụ gia khoáng (**PGK**) đến tính chất của bê tông cốt liệu xỉ thép, đề tài sử dụng **CP2** (PGK là **Tro bay**), thay thế PGK bằng **Xỉ lò cao hoạt tính** (**CP3**). Thành phần vật liệu cho các cấp phối bê tông thiết kế như trong bảng 8.

Bảng 8: Thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông thiết kế

Cấp phối	XM *(kg)*	FA *(kg)*	GBFS *(kg)*	Cát *(kg)*	Nước *(lít)*	PGSD *(lít)*	Xỉ thép *(kg)*
CP2	270	**90**	-	886	162	4,32	1290
CP3	270	-	**90**	886	162	4,32	1290

Sau khi thiết kế thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông như bảng 7 và 8 , tiến hành phối trộn vật liệu đúng tiêu chuẩn và thí nghiệm xác định độ sụt của các hỗn hợp bê tông. Sau đó

đúc mẫu thí nghiệm cường độ nén, mác chống thấm và độ mài mòn của tất cả các cấp phối bê tông thiết kế để đánh giá ảnh hưởng của các loại cốt liệu thô (**đá dăm** và **xỉ thép**) đến tính chất kỹ thuật của bê tông (**CP1, CP2**) và đánh giá ảnh hưởng của hai loại phụ gia khoáng (**FA** và **GBFS**) đến cường độ, mác chống thấm và độ mài mòn của bê tông sử dụng cốt liệu xỉ thép (**CP2, CP3**).

3.2. Kết quả thí nghiệm độ sụt

Tiến hành trộn vật liệu các cấp phối bê tông đã thiết kế như bảng 7 và 8, 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 9.

Bảng 9: Kết quả thí nghiệm độ sụt các hỗn hợp bê tông

STT	Cấp phối	Độ sụt (cm)		
		Không PGSD	*Có PGSD*	*Có PGSD, sau 30 phút*
1	**CP1**	**10,5**	**15,5**	**14,5**
2	**CP2**	7,5	12,5	11,5
3	**CP3**	7,5	10,5	9,0

Nhận xét: Từ kết quả thí nghiệm độ sụt ở bảng 9, có thể thấy các hỗn hợp bê tông (HHBT) thiết kế khi chưa có PGSD thì chỉ có HHBT sử dụng đá dăm (*cấp phối bê tông đối chứng*: **CP1**) thỏa mãn yêu cầu thiết kế. Khi các hỗn hợp bê tông 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 theo **TCVN 8218:2009 và TCVN 9139:2012**.

HHBT sử dụng cốt liệu **xỉ thép**, PGK tro bay (**CP2**) có độ sụt thấp hơn HHBT sử dụng cốt liệu **đá dăm**, PGK tro bay (**CP1**) vì xỉ thép có độ hút nước cao hơn rất nhiều đá dăm. Còn khi HHBT giữ nguyên cốt liệu xỉ thép, chỉ thay đổi loại PGK thì HHBT tro bay (FA) có độ sụt cao hơn HHBT xỉ lò cao hoạt tính (GBFS) 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.

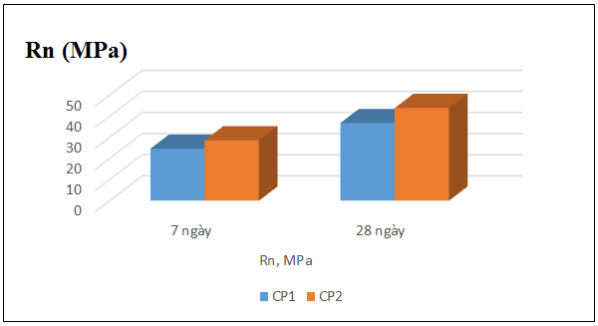
Bên cạnh đó, thì sự giảm độ sụt của các HHBT theo thời gian (sau 30 phút) vẫn đảm bảo về tính công tác của HHBT thiết kế. Điều này được lý giải là do trong thành phần của bê tông có sử dụng phụ gia siêu dẻo thế hệ mới sẽ duy trì được độ lưu động của các HHBT trong quá trình thi công.

Trong quá trình làm thí nghiệm, quan sát HHBT thí nghiệm sau khi trộn cũng thấy được độ đồng nhất của các hỗn hợp bê tông tươi 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

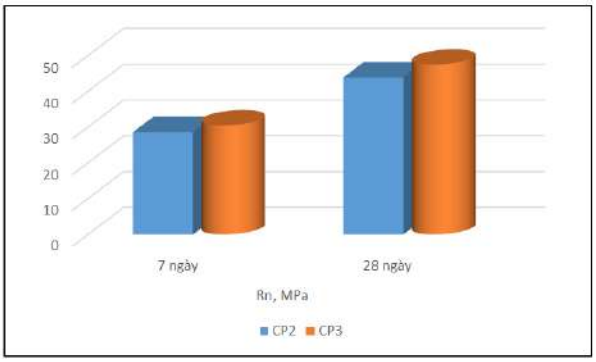
Để thí nghiệm cường độ nén, đúc các tổ mẫu thí nghiệm hình lập phương có kích thước (15x15x15)cm, mẫu đúc thí nghiệm được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:2020.

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 (CP1, CP2)

Nhận xét: So với bê tông sử dụng cốt liệu **đá dăm** (**CP1**), thì bê tông sử dụng cốt liệu **xỉ thép** (**CP2**) có cường độ nén cao hơn 16,26% ở tuổi 7 ngày và 19,29% ở tuổi 28 ngày. Điều này có thể giải thích như sau: xỉ thép có tính chất cơ học tốt hơn đá tự nhiên, vì xỉ 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; xỉ thép nặng hơn, ma sát tốt hơn nên khả năng gắn kết giữa cốt liệu xỉ thép và đá xi măng tốt hơn, độ bền của xỉ thép cao hơn đá dăm tự nhiên, do vậy bê tông sử dụng cốt liệu xỉ thép sẽ cho cường độ cao hơn.



Hình 2: Biểu đồ so sánh Rn của các cấp phối bê tông (CP2, CP3)

Từ các kết quả thí nghiệm về cường độ nén của CP2, CP3 ở đồ thị hình 3.3, cho thấy bê tông **CP3** sử dụng **cốt liệu thô là xỉ thép** kết hợp với **Xỉ lò cao hoạt tính** (**GBFS**) cho cường độ nén ở tuổi thiết kế rất cao (Rn^{28} = 47,5 MPa), cao hơn bê tông **cốt liệu xỉ thép** kết hợp với PGK **Tro bay** (**CP2**) tương ứng 6,64% ở 7 ngày tuổi và 10,48% ở 28 ngày tuổi. Qua đó cho thấy, khi sử dụng cốt liệu xỉ thép để sản xuất bê tông, cần thiết phải sử dụng PGK là Xỉ lò cao hoạt tính để một số thành phần khoáng vật trong Xỉ lò cao hoạt tính có thể sẽ tác dụng với các thành phần hóa học có hại trong xỉ thép để hạn chế việc phát thải ra môi trường sau này, từ đó làm tăng cường độ của bê tông (**CP3**).

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. Kết quả thí nghiệm mác chống thấm của bê tông sau 28 và 90 ngày thể hiện trong bảng 10.

Bảng 10: Kết quả thí nghiệm mác chống thấm

STT	Cấp phối	Mác chống thấm W, at	
		28 ngày	90 ngày
1	**CP1**	W8	W10
2	**CP2**	W8	W10
3	**CP3**	W10	W12

Nhận xét: Tất cả các mẫu bê tông đều đạt mác chống thấm yêu cầu của bê tông dùng cho các công trình Thủy lợi có yêu cầu mác chống thấm từ W8 đến W12. Đặc biệt, bê tông chế tạo sử dụng xỉ thép kết hợp với phụ gia khoáng Xỉ lò cao hoạt tính (**CP3**) thì mác chống thấm của bê tông đạt W10 ở tuổi 28 ngày và W12 ở tuổi 90 ngày, tăng từ 1 đến 2 cấp so với bê tông đối chứng (**CP1**) và (**CP2**). Như vậy bê tông chế tạo sử dụng **xỉ thép** kết hợp **Xỉ 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 các công trình Thủy lợi.

Trong thiết kế, để tăng mác chống thấm cho bê tông thiết kế, 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.

3.5. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn

Để đánh giá ảnh hưởng của hai loại cốt liệu thô là **đá dăm** và **xỉ thép** đến độ mài mòn của bê tông, so sánh độ mài mòn của mẫu bê tông đối chứng sử dụng **đá dăm và Tro bay** (**CP1**) với mẫu bê tông sử dụng **xỉ thép và Tro bay** (**CP2**).

Để đánh giá ảnh hưởng của hai loại phụ gia khoáng **Tro bay** và **Xỉ lò cao hoạt tính** đến độ mài mòn của bê tông sử dụng cốt liệu xỉ thép, so sánh độ mài mòn của các mẫu bê tông (**CP2**) và (**CP3**).

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 11.

Bảng 11: Kết quả thí nghiệm độ mài mòn của bê tông

STT	Cấp phối	Độ mài mòn (%)
1	**CP1**	5,50
2	**CP2**	3,15
3	**CP3**	2,02

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 **CP1** và **CP2** cho thấy khi thay thế **cốt liệu thô từ đá dăm (CP1)** sang sử dụng **cốt liệu xỉ thép (CP2)** thì độ mài mòn giảm 42,73% so với mẫu đối chứng. Điều này phù hợp với cấu trúc, thành phần khoáng và độ đặc chắc của xỉ thép. Ngoài ra, nếu phụ gia khoáng được thay thế Tro bay **(CP2)** bằng phụ gia khoáng Xỉ lò cao hoạt tính (**CP3**), thì độ mài mòn giảm 35,87%. Vì vậy, đối với các công trình Thủy lợi thường xuyên làm việc trong môi trường nước, 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 mài mòn của bê tông.

4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

+ Trong nghiên cứu sử dụng 2 phụ gia khoáng là Tro bay và Xỉ lò cao hoạt tính, 2 loại cốt liệu thô là đá dăm và xỉ thép để thiết kế thành phần bê tông. Với các vật liệu đã sử dụng trong nghiên cứu đều thỏa mãn các tiêu chuẩn hiện hành, qua đó chế tạo được bê tông có cường độ nén, mác chống thấm và độ mài mòn đạt yêu cầu thiết kế dùng cho các công trình Thủy lợi theo TCVN 9139:2012 và TCVN 8218:2009.

+ Cốt liệu xỉ thép có độ hút nước mạnh hơn đá dăm, vì vậy khi sản xuất bê tông sử dụng cốt liệu xỉ thép cần thiết phải kết hợp với các loại phụ gia khoáng và phụ gia siêu dẻo với hàm lượng hợp lý, để duy trì tính công tác của hỗn hợp bê tông trong quá trình thi công bê tông, giảm lượng nước trộn bê tông, đảm bảo cho bê tông chế tạo có tính bền cao và độ mài mòn thấp, đáp ứng đầy đủ yêu cầu thi công các công trình Thủy lợi.

+ 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 xỉ thép* cho bê tông.

+ *Cốt liệu xỉ 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. Bên cạnh đó, cũng cần ban hành các quy định, tiêu chuẩn về việc sử dụng cốt liệu xỉ thép trong sản xuất bê tông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Trịnh Hồng Tùng (2010), *Sử dụng phế thải phế liệu để sản xuất Vật liệu Xây dựng*, Bài giảng dành cho Cao học ngành Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây Dựng, Hà Nội.

[2] Báo cáo Môi trường Quốc gia (2011), *Chất thải rắn của Bộ Tài nguyên và Môi trường.*

[3] JBIC (2003), *Environment improvement and Polution Prevention by Effective Recycling of Industrial and Domestic Waste in Vietnam*, Draft Final Report.

[4] 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.

[5] Trần Văn Miền, 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 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.

[9] Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC71 (2016): "*TCVN 11586:2016. Xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa*" Bộ Khoa học và Công nghệ công nghệ.

[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] TCVN 11586:2016, "*Xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa*".

[12] Chí Quốc, *13,6 triệu tấn tro xỉ của 9 nhà máy nhiệt điện than ĐBSCL sẽ đi đâu?,* Báo tuổi trẻ.

[13] European Commission Report (1999), *Construction and demolition waste management practices and their economic impacts*.

[14] TCVN 3106:2007: *Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt*.

[15] TCVN 3118:2020: *Bê tông nặng - Phương pháp xác định định cường độ nén.*

[16] TCVN 3105:2020: *Hỗn hợp bê tông và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.*

[17] ASTM C1138:05, *Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete* (Underwater Method).

[18] **TCVN 8218:2009**, *Bê tông thủy công - Yêu cầu kỹ thuật*. *Hydraulic concrete - Technical requirements.*

[19] **TCVN 9139:2012**, *Công trình Thủy lợi - Kết cấu bê tông, bê tông cốt thép vùng ven biển - Yêu cầu kỹ thuật*.

[20] M.N. Hisyamudin, A.K.A. R, S. Yokoyama (2012), *Dissolution behavior of hazardous materials from EAF slag in water with wet grinding method*, The International Conference on Civil and Environmental Engineering Sustainability, Johor Bahru, Malaysia.

[21] H. Yi, G. Xu, H. Cheng, J. Wang, Y. Wan, H. Chen (2012), *An overview of utilization of steel slag*, Procedia Environmental Sciences 16 791-801.

[22] B. Das, S. Prakash, P. Reddy, V. Misra (2007), *An overview of utilization of slag and sludge from steel industries*, Resources, conservation and recycling 50(1) 40-57.

[23] J.M. Manso, J.J. Gonzalez, J.A. Polanco (2004), *Electric arc furnace slag in concrete*, Journal of materials in civil engineering 16(6) 639-645.

[24] J.P. Patel (2008), *Broader use of steel slag aggregates in concrete*, Master Thesis, Cleveland State University.

[25] H. Qasrawi (2014), *The use of steel slag aggregate to enhance the mechanical properties of recycled aggregate concrete and retain the environment*, Construction and Building Materials 54 298-304.

[26] L. Rohde, W. P. Nunez and J. A. P. Ceratti (2003), *Electric Arc Furnace Steel Slag*, Transportation Research Record 1819, Transportation Research Board, Washington, D.C. pp. 201-207.