

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TRO XỈ NHIỆT ĐIỆN ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG HẠT NHỎ TÍNH NĂNG CAO

LÊ THANH HÀ

Khoa Kỹ thuật xây dựng

VŨ TỐ HỒNG ANGA

Khoa Khoa học cơ bản,

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT:

Bài báo trình bày ảnh hưởng tro xỉ (tro bay và xỉ đáy lò nghiền mịn) đến một số tính chất của bê tông hạt nhỏ (BTHN) tính năng cao. Trong thành phần cấp phối, xi măng được thay thế bởi tro xỉ với hàm lượng 0, 10, 20 và 30% theo khối lượng. Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng, hàm lượng tro bay tăng dần làm tăng tính công tác của hỗn hợp bê tông. Tuy nhiên, khi hàm lượng xỉ đáy lò tăng làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông. Tro bay làm giảm cường độ của bê tông ở các ngày tuổi 3, 7, 28 ngày. Tuy nhiên xỉ đáy lò làm tăng cường độ của bê tông ở tuổi 28 ngày, và cường độ bê tông tăng với hàm lượng xỉ đáy lò tăng dần. Xỉ đáy lò nghiền mịn có thể sử dụng như phụ gia khoáng cho bê tông xi măng. So với tro bay, xỉ đáy lò có hiệu quả cao hơn đối với cường độ của bê tông.

Từ khóa: Tro bay, xỉ đáy lò, bê tông hạt nhỏ tính năng cao, cường độ chịu nén.

ABSTRACT:

This paper presents effect of coal ash (fly ash - FA and ground coal bottom ash -CBA) on properties of high performance fine-grained concrete. Cement replaced by FA and CBA with 0, 10, 20, 30 % by weight. The experimental results show that, increasing FA contents increased slump flow, however increasing CBA contents decreased the slump flow of fresh concrete. At 3, 7, and 28 days, increasing FA contents decreased the compressive strength, however increasing CBA contents increased compressive strength of concrete at 28 days. CBA could be used as a mineral admixture for concrete. CBA had a higher cementitious efficiency factor than FA.

Keywords: Fly ash, Coal bottom ash, High performance fine-grained concrete, high compressive strength.

1. DẶT VẤN ĐỀ

Cốt liệu thô như đá dăm, sỏi vốn được coi là thành phần chính trong bê tông xi măng truyền thống. Tuy nhiên, nguồn cung cấp cốt liệu thô đang dần cạn kiệt và ở một số vùng miền ven biển đá thiên nhiên dùng để sản xuất cốt liệu thô rất hiếm. Trong khi đó, nguồn cát đụn (thường có mô đun độ lớn < 1,7) lại rất nhiều và dễ khai thác. Từ những kết quả nghiên cứu thực

nghiệm và lý thuyết đã chỉ ra rằng, hoàn toàn có thể "nhỏ hóa" cốt liệu thô bằng việc sử dụng cát đụn để chế tạo bê tông xi măng dạng hạt nhỏ đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật thiết kế của công trình. Ngoài ra, việc chế tạo bê tông xi măng hạt nhỏ còn cần đến một lượng lớn vi cốt liệu. Các thải phẩm công nghiệp, như tro bay, xỉ nghiền, tro trấu,... có thể được sử dụng như vi cốt liệu để chế tạo bê tông xi măng hạt nhỏ.

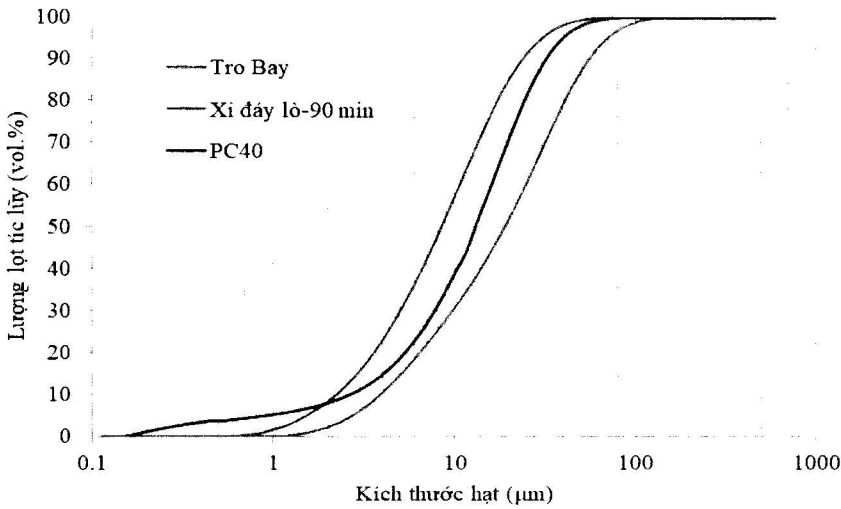
Trong thời gian gần đây, tro xỉ nhiệt điện (tro bay và xỉ đáy lò) là loại phế thải công nghiệp phát sinh nhiều nhất ở nước ta. Tuy nhiên, việc thu hồi, chế biến và sử dụng tro xỉ cho sản xuất vật liệu xây dựng chưa đáng kể so với lượng phế thải phát sinh từ các nhà máy nhiệt điện. Việc tận dụng phế thải tro xỉ làm vật liệu chế tạo bê tông không những làm giảm thiểu ô nhiễm môi trường, mà còn mang lại hiệu quả kinh tế và môi trường [1, 2, 3].

Trong nghiên cứu này, tro bay và xỉ đáy lò nghiền mịn được thay thế xi măng với hàm lượng 0, 10, 20, và 30% theo khối lượng để chế tạo bê tông hạt nhỏ tính năng cao. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và xỉ đáy lò nghiền mịn đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông được nghiên cứu.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu chế tạo

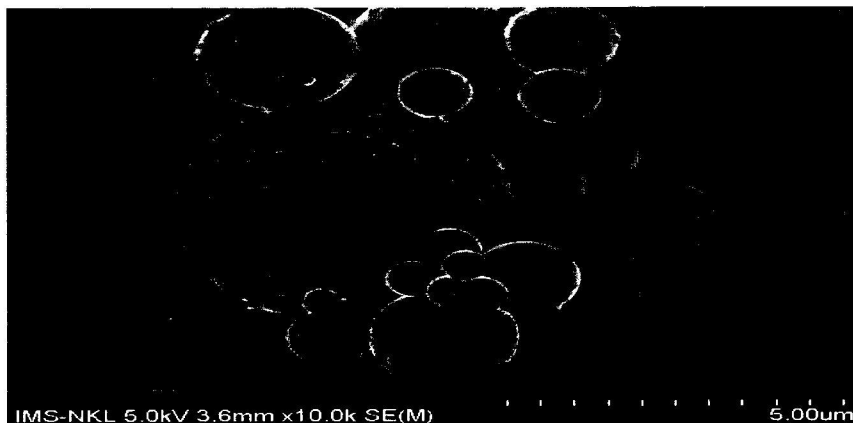
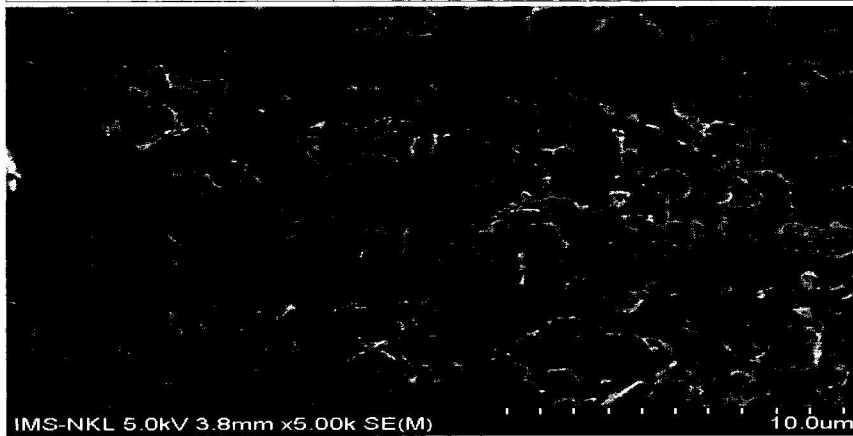
Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: xi măng PC40 Bút Sơn, tro xỉ nhiệt điện (tro bay -TB và xỉ đáy lò-TX) Uông Bí, cát mịn Quảng Bình có kích thước hạt < 2,5 mm, cát thô sông Lô có kích thước hạt < 5,0 mm, và phụ gia siêu dẻo (PGSD) polycarboxylic ether (PCE) MasterGlenium ACE của hãng BASF. Xỉ đáy lò trong nghiên cứu này được nghiền mịn trong thời gian 90 phút trong máy nghiền bi. Hình 1 trình bày thành phần hạt phân tích laser của tro bay, xỉ đáy lò nghiền mịn và xi măng. Cấu trúc hạt của tro bay, xỉ đáy lò nghiền mịn được trình bày trong Hình 2. Bảng 1 trình bày thành phần hóa của xi măng, tro bay và xỉ đáy lò.



Hình 1. Phân bố kích thước hạt của tro bay, xi đáy lò nghiền và xi măng PC40

Bảng 1. Thành phần hóa (%) của xi măng, tro bay và xi đáy lò nhiệt điện Uông Bí

Oxit	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MKN
Xi măng	21,29	3,30	5,72	63,18	1,10	1,50	0,30	0,12	0,20
Tro bay	53,88	6,70	21,82	4,27	1,45	0,20	3,40	0,67	6,27
Xi đáy	57,02	2,73	22,33	1,47	1,11	0,20	3,42	0,27	1,55



Hình 2. Cấu trúc hạt xi đáy lò nghiền mịn (trái) và tro bay (phải) dưới kính hiển vi điện tử SEM

2.2. Thành phần cấp phối BTHN

Thành phần cấp phối của bê tông hạt nhỏ độ chảy cao được tính toán theo lý thuyết thể tích đặc tuyệt đối. Hỗn hợp vật liệu hạt được tối ưu thành phần trên cơ sở lý thuyết độ đặc của Funk & Dinger theo công thức (1). Tỷ lệ N/CKD được xác định theo cường độ, tro bay/xi đáy lò nghiền mịn thay thế xi măng với hàm lượng 0-30 % theo khối lượng. Lượng nước được xác định theo tỷ lệ N/CKD để đạt được cường độ yêu cầu. Thành phần cấp phối bê tông hạt nhỏ được trình bày trong Bảng 2.

$$P(D) = \frac{D^q - D_{\min}^q}{D_{\max}^q - D_{\min}^q} \quad (1)$$

Trong đó:

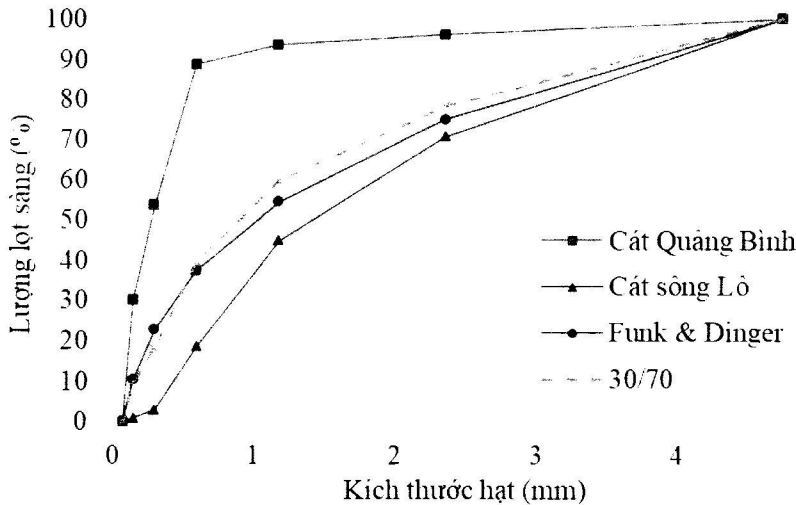
P(D) - Lượng lọt sàng của cốt liệu tại cỡ sàng kích thước D, mm

D_{min} và D_{max} - Kích thước hạt nhỏ nhất và lớn nhất, mm

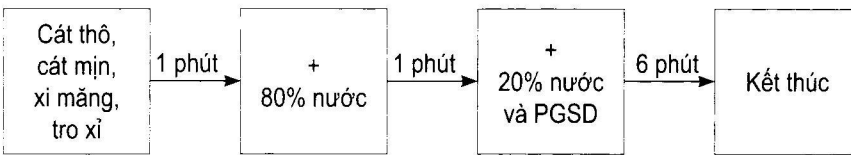
Trong nghiên cứu này, lý thuyết Funk & Dinger đề xuất với q = 0,25, D_{max} = 4,75mm và D_{min} = 0,075mm. Có thể thấy rằng, tỷ lệ cát mịn Quảng Bình/cát thô sông Lô = 30/70 cho hỗn hợp phù hợp với đường cong lý thuyết nhất. Do vậy tỷ lệ cát mịn /cát thô = 30/70 được lựa chọn để tính toán thành phần cấp phối BTHN. Thành phần hạt của cấp phối hạt của hỗn hợp vật liệu đề xuất được trình bày ở Hình 3.

Bảng 2. Thành phần cấp phối BTHN

Cấp phối	N/CKD	TX/TB (%)	SPSD (%)	XM (kg)	N (kg)	Cát mịn (kg)	Cát thô (kg)
100% XM	0,34	0	1,50	622	212	471	1099
10% TX/TB	0,34	10	1,50	552	210	471	1099
20% TX/TB	0,34	20	1,75	483	206	471	1099
30% TX/TB	0,34	30	2,00	417	203	471	1099



Hình 3. Thành phần cấp phối hạt của cốt liệu



Hình 4. Quy trình trộn hỗn hợp BTHN độ chảy cao

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, các phương pháp thí nghiệm tiêu chuẩn được sử dụng để xác định các tính chất cơ lý của vật liệu chế tạo và các tính chất của bê tông hạt nhỏ. Các phương pháp thí nghiệm tiêu chuẩn gồm: TCVN 141 : 2008, Xi măng - Phương pháp phân tích hóa học; TCVN 8262 : 2009, Tro bay - Phương pháp phân tích hóa học; ASTM C136 Phương pháp phân tích thành phần hạt của cốt liệu; ASTM C33 Kiểm tra thành phần hạt của cốt liệu; ASTM C29 Xác định khối lượng thể tích và độ rỗng giữa các hạt cốt liệu; ASTM C128 Xác định khối lượng riêng và độ hút nước của cốt liệu; TCVN 3121-11:2003 Vữa xây dựng - Phương pháp thử, phần 11: Xác

định cường độ uốn và nén của vữa đã đóng rắn.

Quy trình trộn: Vật liệu sau khi được cân đong đủ khối lượng cho 1 mẻ trộn thì tiến hành trộn. Máy trộn được sử dụng là máy trộn vữa cưỡng bức. Đối với phương pháp trộn hỗn hợp BTHN độ chảy cao cường độ cao, thời gian trộn thường dài hơn so với bê tông và vữa thường. Sau khi được trộn sơ bộ, hỗn hợp hạt rắn (cát thô, cát mịn, xi măng, xi đáy lò nghiền mịn) được nhào trộn theo quy trình dưới đây.

Thí nghiệm tính công tác của hỗn hợp bê tông: Tính công tác của hỗn hợp bê tông (HHBT) được đánh giá thông qua độ chảy lan và thời gian chảy T250. Độ chảy lan và thời gian chảy T250 của hỗn

hợp bê tông hạt nhỏ được xác định bằng phương pháp mini côn, có kích thước đường kính đáy lớn 100 mm ± 0,5 mm, đáy nhỏ 70 mm ± 0,5 mm, chiều cao 60 mm ± 0,5 mm. Thời gian T250 được xác định khi hỗn hợp BTHN đạt đến đường kính 250 mm. Độ chảy lan của hỗn hợp BTHN được xác định thông qua giá trị đo trung bình hai đường kính vuông góc với nhau.

Các mẫu thử xác định cường độ chịu nén có kích thước 40x40x160 mm theo tiêu chuẩn. Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông hạt nhỏ được xác định ở các tuổi 3,7 và 28 ngày.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

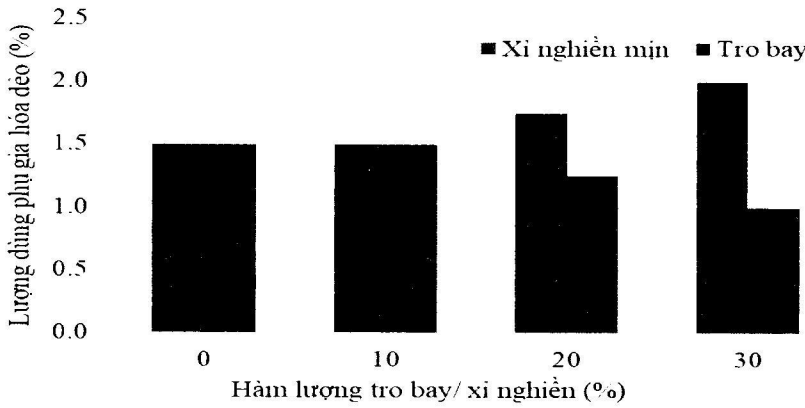
3.1. Ảnh hưởng của tro bay/ xi nghiên đến lượng phụ gia hóa dẻo của HHBT

Trong nghiên cứu này, hỗn hợp bê tông được chế tạo có độ chảy cao. Lượng phụ gia hóa dẻo được điều chỉnh để duy trì độ chảy lan của hỗn hợp bê tông đạt 280-300 mm. Có thể thấy rằng, để đạt được độ chảy lan xác định, lượng dùng phụ gia hóa dẻo tăng với lượng xi nghiên thay thế xi măng tăng, và giảm dần với lượng tro bay tăng (Hình 5).

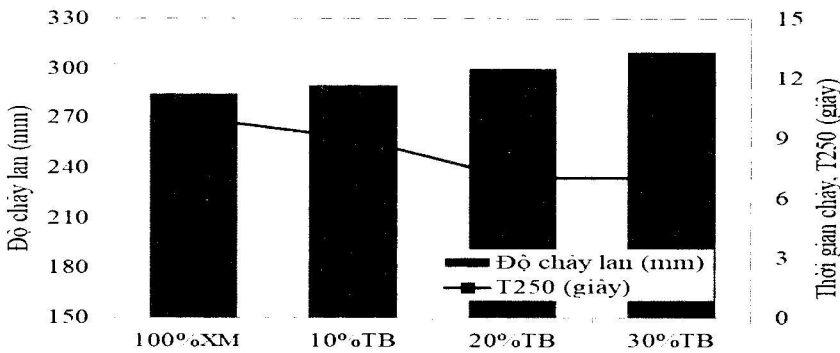
Xi nghiên với hình dạng hạt góc cạnh bề mặt xù xì và có độ rỗng, sẽ có độ hút nước cao hơn với xi măng, làm cho lượng nước nhào trộn giảm, dẫn đến độ dẻo của hỗn hợp bê tông giảm. Để duy trì được tính công tác cao, lượng dùng phụ gia siêu dẻo sẽ tăng. Trong khi đó, tro bay có dạng hình cầu tạo ra hiệu ứng ổ bi "ball bearing", bề mặt trơn nhẵn có độ hút nước nhỏ hơn. Do vậy, để đảm bảo tính công tác thì lượng dùng phụ gia siêu dẻo cần sẽ thấp hơn so với hỗn hợp bê tông đối chứng và hỗn hợp bê tông xi nghiên.

3.2. Ảnh hưởng của tro bay/ xi nghiên đến tính công tác của HHBT

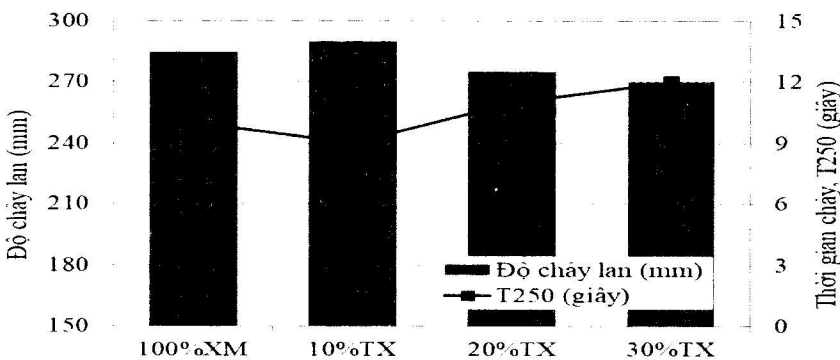
Tính công tác của hỗn hợp bê tông tro bay được trình bày trong Hình 6.



Hình 5. Ảnh hưởng của tro bay/ xi nghiền đến lượng dùng phụ gia hóa dẻo của HHT



Hình 6. Ảnh hưởng của tro bay đến tính công tác của BTHN



Hình 7. Ảnh hưởng của xi nghiền đến tính công tác của HHT

Tính công tác của hỗn hợp bê tông được đánh giá thông qua độ chảy lan và thời gian chảy T250. Hỗn hợp bê tông được đánh giá tính công tác có N/CKD = 0,34.

Kết quả trình bày cho thấy khi tăng hàm lượng tro bay, tính công tác của hỗn hợp bê tông tăng, cụ thể ứng với các hỗn hợp sử dụng 0%, 10%, 20%, 30% tro bay, độ chảy lan của hỗn hợp bê tông lần lượt là 285, 290, 300 và 310 mm. Kết quả này phù hợp với những nghiên cứu trước đây. Tro bay có dạng hạt hình cầu, tạo nên hiệu ứng ổ bi

“ball bearing effect” giúp giảm ma sát giữa các hạt cốt liệu, làm tăng tính công tác. Với hiệu ứng này, sự có mặt của tro bay còn làm giảm thời gian chảy để đạt được đường kính 250 mm, tức là làm giảm độ nhớt của hỗn hợp bê tông.

Ảnh hưởng của hàm lượng xi nghiền đến tính công tác (độ chảy lan và thời gian chảy) được đánh giá. Độ chảy lan và thời gian chảy đạt đến 250 mm của hỗn hợp bê tông với hàm lượng xi nghiền khác nhau được trình bày trong Hình 7.

Có thể thấy sự có mặt của xi nghiền làm giảm độ chảy lan và tăng thời gian chảy T250 của hỗn hợp BTHN. Đối với hỗn hợp bê tông có tỷ lệ N/CKD = 0,34 lần lượt thay thế 0, 10, 20, 30% xi nghiền, độ chảy lan đo được tương ứng lần lượt là 285, 295, 275, 270 mm và thời gian để đạt được độ chảy lan T250 lần lượt là 10, 9, 11, và 12s. Như vậy, khi hàm lượng xi nghiền thay thế xi măng tăng sẽ làm giảm độ chảy lan và tăng thời gian chảy. Hiện tượng này có thể được giải thích do cấu trúc lỗ rỗng của hạt xi nghiền, dẫn đến độ hút nước lớn.

3.3. Ảnh hưởng của tro bay/ xi nghiền đến cường độ của bê tông

Cường độ chịu nén của bê tông tro bay được trình bày trong Bảng 3, Hình 8, Hình 9. Có thể thấy cường độ chịu nén của bê tông giảm dần khi tăng lượng tro bay sử dụng. Hỗn hợp sử dụng 100% xi măng đạt cường độ cao nhất là 78,2 MPa ở tuổi 28 ngày, khi thay thế tro bay với tỷ lệ 10, 20, và 30% theo khối lượng, cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày của BTHN lần lượt là 74,6MPa, 73,3MPa và 68,8MPa.

Bảng 3. Kết quả cường độ chịu nén của bê tông tro bay

Cấp phối	3 ngày	7 ngày	28 ngày
100%XM	64,6	74,2	78,2
10%TB	56,8	66,1	74,6
20%TB	54,2	59,9	73,3
30%TB	50,7	55,8	68,8

Cường độ chịu nén giảm do khả năng hoạt tính của tro bay thấp hơn xi măng và tro bay thường có xu hướng phát triển cường độ ở những ngày tuổi muộn hơn (90, 180, 360 ngày). Kết quả này hoàn toàn phù hợp với những nghiên cứu trước đây về ảnh hưởng của tro bay đến sự phát triển cường độ của bê tông [4,5,6].

Ảnh hưởng của xi nghiền mịn đến cường độ chịu nén của bê tông hạt nhỏ được nghiên cứu với tỷ lệ N/CKD = 0,34 cũng được trình bày ở Bảng 4, Hình 10, Hình 11. Kết

quả chỉ ra rằng, cường độ chịu nén của bê tông tro xỉ với hàm lượng từ 10-30%TX có xu hướng cao hơn cường độ của bê tông đối chứng không xỉ nghiền (100%XM) ở tuổi 28 ngày. Điều này chứng tỏ vai trò phụ gia khoáng hoạt tính của xỉ nghiền mịn làm tăng cường độ của bê tông.

Bảng 4. Kết quả cường độ chịu nén của bê tông xỉ nghiền

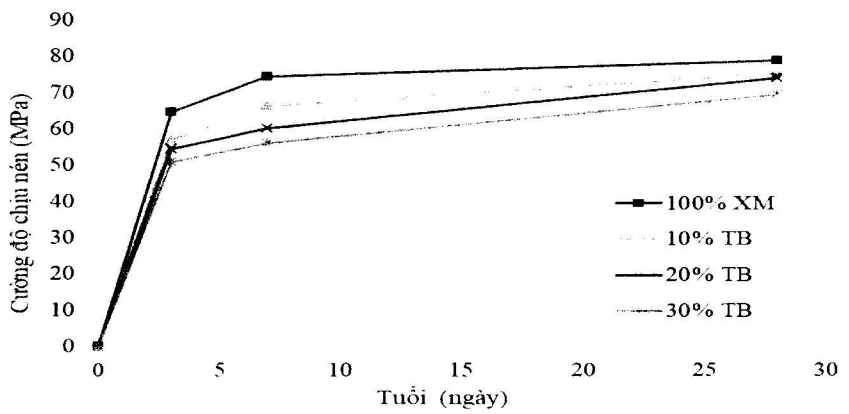
Cấp phối	3 ngày	7 ngày	28 ngày
100%XM	64,6	74,2	78,2
10%TX	59,1	67,7	84,6
20%TX	54,7	64,5	85,8
30%TX	51,6	61,0	87,9

Với tỷ lệ N/CKD = 0,34 ở tuổi sớm 3, 7 ngày, trong điều kiện bảo dưỡng tiêu chuẩn, sự có mặt của xỉ nghiền làm giảm cường độ của bê tông, và mức giảm tùy thuộc vào hàm lượng xỉ nghiền thay thế. Cường độ chịu nén ở tuổi 3 ngày giảm từ 64,6 MPa đến 51,6 MPa khi hàm lượng xỉ nghiền thay thế từ 0 đến 30%. Trong khi ở tuổi 28 ngày, cường độ chịu nén tăng từ 78,2 MPa đến 87,9 MPa.

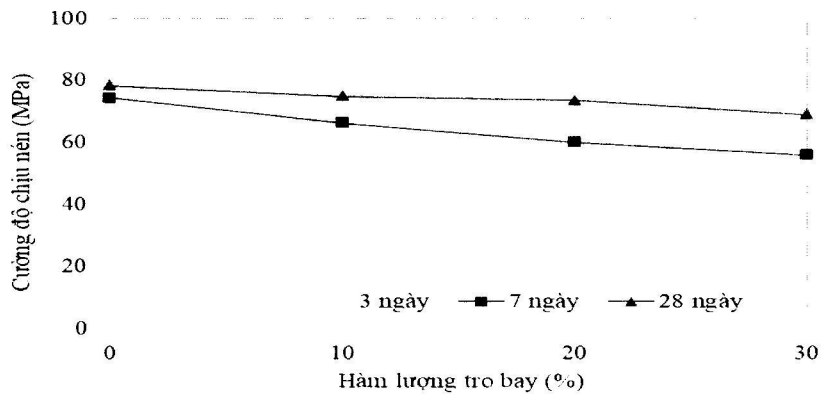
3.4. Hệ số hiệu quả dính kết của tro bay và xỉ nghiền

Hệ số hiệu quả dính kết của một loại phụ gia khoáng được dùng để chuyển đổi phụ gia khoáng sang lượng dùng xi măng tương đương. Hệ số này bằng 1,0 chỉ ra rằng phụ gia khoáng tương đương với xi măng, khi nhỏ hơn 1,0 thì phụ gia khoáng kém hiệu quả hơn xi măng đến cường độ của bê tông. Lượng dùng phụ gia khoáng nhân với hệ số hiệu quả sẽ cho ra lượng dùng xi măng tương đương [7]. Hệ số hiệu quả dính kết được tính dựa trên tỷ số giữa cường độ của hỗn hợp có chứa phụ gia khoáng và hỗn hợp đối chứng (0% phụ gia khoáng-100% xi măng) có tính đến lượng dùng phụ gia khoáng thay thế xi măng [8,9]. Hệ số hiệu quả được xác định theo công thức sau:

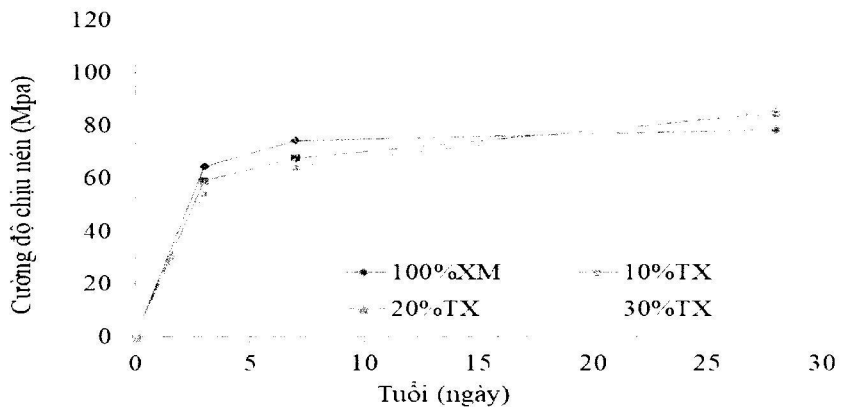
$$k = 1 + \frac{(f'_{MA}/f'_c) - 1}{p} \quad (2)$$



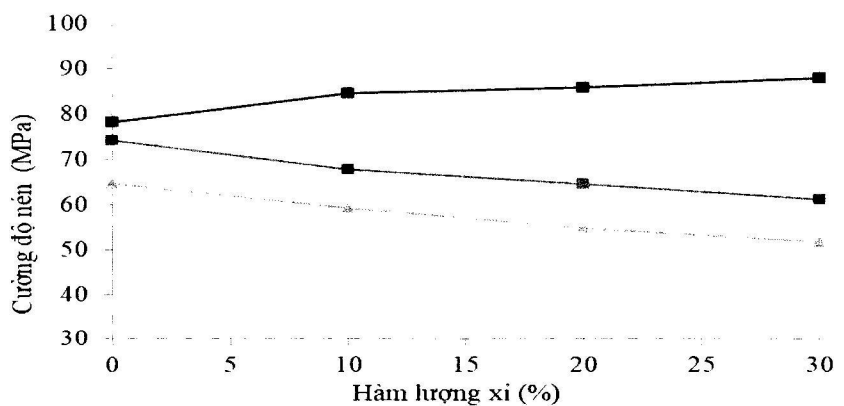
Hình 8. Sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông tro bay



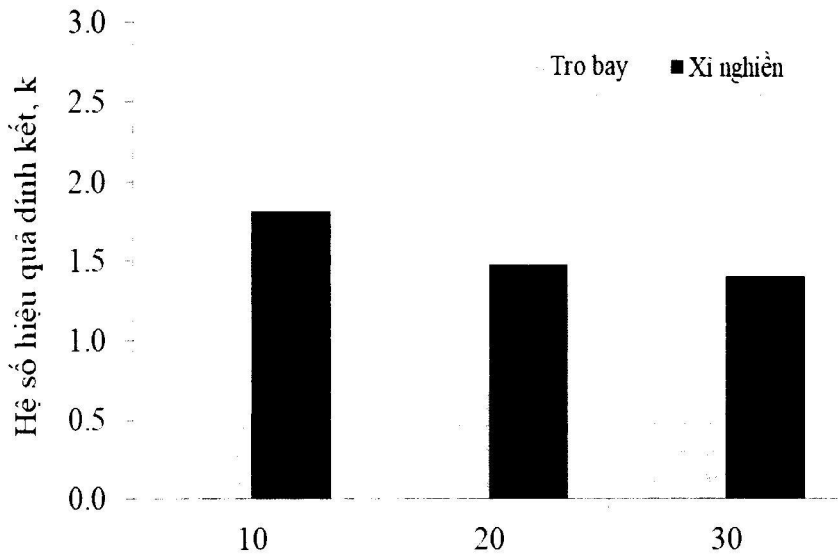
Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến cường độ của bê tông



Hình 10. Sự phát triển cường độ của bê tông xỉ nghiền



Hình 11. Ảnh hưởng của hàm lượng xỉ nghiền đến cường độ chịu nén của bê tông



Hình 12. Hệ số hiệu quả dính kết của tro bay và xỉ nghiền trong bê tông

Trong đó, k - hệ số hiệu quả dính kết,

f'_{MA} - cường độ của hỗn hợp có chứa phụ gia khoáng (MPa),

f'_c - cường độ của hỗn hợp không chứa phụ gia khoáng (MPa),

p - hàm lượng phụ gia khoáng (%).

Hình 12 trình bày hệ số hiệu quả dính kết của tro bay và xỉ nghiền trong bê tông bảo dưỡng trong điều kiện chuẩn (trong nước). Có

thể thấy rằng, hệ số hiệu quả dính kết (tăng cường độ) của xỉ nghiền cao hơn so với tro bay, điều này chứng tỏ xỉ nghiền hiệu quả hơn tro bay trong việc tăng cường độ bê tông.

Hệ số hiệu quả dính kết của tro bay là tương đương nhau khi hàm lượng tro bay thay đổi từ 10-30%, tuy nhiên hệ số hiệu quả dính kết có xu thế giảm khi lượng xỉ nghiền tăng từ 10-30%.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở phân tích đánh giá các kết quả thực nghiệm trong nghiên cứu này, một số kết luận có thể đưa ra như sau:

- Để đạt được độ chảy lan từ 280-300 mm như yêu cầu thiết kế ban đầu, lượng dùng phụ gia hóa dẻo tăng khi tăng hàm lượng xỉ nghiền, tuy nhiên giảm khi tăng hàm lượng tro bay.

- Sự có mặt của xỉ nghiền mịn làm giảm độ chảy lan và tăng thời gian chảy T250 của hỗn hợp bê tông hạt nhỏ. So với xỉ nghiền, sự có mặt của tro bay làm tăng tính công tác và giảm thời gian chảy của hỗn hợp bê tông. Hàm lượng tro bay tăng tính công tác của HHBT.

- Bê tông hạt nhỏ sử dụng xỉ nghiền mịn có cường độ chịu nén cao hơn so với bê tông đối chứng (100%XM), đặc biệt ở tuổi 28 ngày. So với xỉ nghiền, sự có mặt của tro bay làm giảm cường độ chịu nén của bê tông ở tuổi 3, 7, 28 ngày.

- Hệ số hiệu quả dính kết (tăng cường độ) của xỉ nghiền cao hơn so với tro bay. Hệ số hiệu quả của xỉ nghiền có giá trị 1,4-1,8 trong khi hệ số hiệu quả của tro bay có giá trị: 0,5-0,7. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Thái Duy Sâm, et al., *Nghiên cứu bê tông chất lượng cao, cường độ cao từ tro bay Phả Lại*. 2004, Viện Vật liệu Xây dựng.
- [2]. Nguyễn Thị Thu Hương, et al., *Nghiên cứu sử dụng phụ gia để nâng cao độ bền cho bê tông các công trình bảo vệ bờ biển Việt Nam*, Hội đập lớn và phát triển nguồn nước Việt Nam., 2015.
- [3]. Nguyễn Thị Tâm, et al., *Điều tra, khảo sát đánh giá và đề xuất giải pháp sử dụng triệt để nguồn tro xỉ nhiệt điện trong sản xuất vật liệu xây dựng*, 2012, Viện Vật Liệu Xây Dựng.
- [4]. Siddique, R., *Performance characteristics of high-volume Class F fly ash concrete*. Cement and Concrete Research, 2004. 34(3): p. 487-493.
- [5]. N. Bouzoubaa, et al., *Mechanical Properties and Durability Characteristics of High-Volume Fly Ash Concrete Made with Ordinary Portland Cement*

and Blended Portland Fly Ash Cement. Special Publication. 242.

- [6]. Nguyễn Công Thắng, et al., *Nghiên cứu chế tạo bê tông chất lượng siêu cao sử dụng hỗn hợp phụ gia khoáng silica fume và tro bay sẵn có ở Việt Nam*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 2013. 02: p. 24-31.
- [7]. Papadakis, et al., *Supplementary cementing materials in concrete Part II: A fundamental estimation of the efficiency factor*. Cement Concrete Research, 2002. 32: p. 1533-1538.
- [8]. Wong, H.S. and H. Abdul Razak, *Efficiency of calcined kaolin and silica fume as cement replacement material for strength performance*. Cement and Concrete Research, 2005. 35(4): p. 696-702.
- [9]. Le, H.T., et al., *The mix design for self-compacting high performance concrete containing various mineral admixtures*. Materials & Design, 2015. 72(0): p. 51-62.