

Nghiên cứu khảo sát khả năng tận dụng cát tái chế từ phế thải bê tông, để chế tạo vữa xây dựng không sử dụng xi măng

Tóm tắt: Ngày nay, việc sử dụng các loại vật liệu bền vững, vật liệu xanh trong các công trình ngày càng được quan tâm. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm khảo sát khả năng tận dụng cát tái chế từ phế thải bê tông xi măng (cát BTN), cùng với xi lò cao nghiền mịn (XLCNM) hoặc tro bay nhiệt điện (TBND), để chế tạo vữa xây dựng không sử dụng xi măng. Loại vữa này đóng thời tận dụng cả hai loại vật liệu tái chế từ phế thải xây dựng và phế thải công nghiệp mà không cần thêm xi măng. Bên cạnh hoạt tính thủy lực của xi và tro bay, các phản ứng puzolan của chúng còn được kích hoạt bằng kiềm và $\text{Ca}(\text{OH})_2$ có sẵn trong cát BTN cũng được nghiên cứu để cập. Kết quả thí nghiệm sơ bộ cho thấy, các hỗn hợp vữa chứa xi có cường độ 28 ngày cao hơn 2-3 lần, so với vữa sử dụng tro bay. Việc sử dụng các loại vữa này có thể phù hợp cho nhiều dạng ứng dụng khác nhau trong công trình xây dựng.

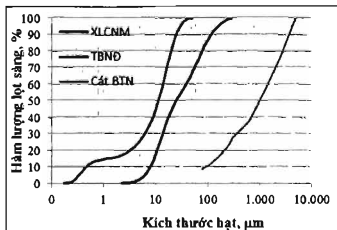
Từ khóa: Cốt liệu bê tông tái chế, vữa không xi măng, xi lò cao hạt hóa nghiền mịn, tro bay

◆ NCS. THS. TÓNG TÓN KIẾN; KHOA VẬT LIỆU XÂY DỰNG, TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG

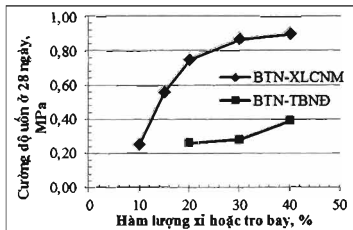


BẢNG 1. THÀNH PHẦN HÓA CỦA XÍ LÒ CAO NGHIÊN MỊN VÀ TRO BAY NHIỆT ĐIỆN

Mẫu vật liệu	Hàm lượng các oxit, %										
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MnO	SO ₃	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	MKN
XLCNM	35,3	32,9	14,5	10,5	2,44	1,35	1,29	0,812	0,428	0,241	-
TBND	0,90	55,7	28,8	1,67	0,048	0,11	5,01	0,84	5,56	0,084	4,61



Hình 1. Biểu đồ thành phần hạt của XLCNM, TBND và cát BTN



Hình 2. Thời gian bắt đầu đông kết của các loại hỗn hợp vữa

1. Giới thiệu

Hiện nay, việc giảm thiểu các tác động môi trường của vữa và bê tông khi sử dụng trong công trình xây dựng đang ngày càng trở nên quan trọng, do sự cần thiết tài nguyên thiên nhiên, cũng như các tác động của hiệu ứng nhà kính ngày càng trở nên rõ ràng [7, 14]. Vì vậy, việc tái sử dụng các loại vật liệu này cần được tính đến ngay từ khi thiết kế, chế tạo vật liệu. Điều này đòi hỏi phải thực hiện đồng thời hai biện pháp: thứ nhất là tối đa tính bền vững của vữa và bê tông, thứ hai là tiết kiệm và bảo tồn các nguồn nguyên liệu tự nhiên bằng cách tái chế các loại phế thải xây dựng (PTXD), tận dụng các vật liệu thay thế xi măng như: tro bay, xỉ lò cao nghiên mịn, silicafume, tro trấu, ... [1].

Nói chung, vữa và bê tông có thể chiếm xấp xỉ 75% tổng lượng các vật liệu sử dụng trong công trình xây dựng. Theo báo cáo môi trường quốc gia, tổng lượng PTXD trên cả nước năm 2009 xấp xỉ 2 triệu tấn, chiếm khoảng 10-15% tổng lượng chất thải rắn hàng năm [4]. Bên cạnh đó, theo Nghị quyết của Chính phủ đến năm 2015 sẽ cơ bản hoàn thành việc phá dỡ, cải tạo các khu

chung cư cũ tại các đô thị lớn trên cả nước, cho nên lượng PTXD sẽ còn tiếp tục tăng mạnh trong những năm tới. Năm 2012, Bộ xây dựng đã giao Viện vật liệu xây dựng và công ty có phần Cơ điện xây dựng công trình thực hiện đề tài hoàn thiện đầy chuyển tái chế phế thải phá dỡ công trình làm cốt liệu xây dựng có công suất 40 tấn/giờ [10]. Tuy nhiên từ đó đến nay, việc nghiên cứu sử dụng các loại cốt liệu tái chế ở nước ta vẫn chưa được phổ biến và quan tâm nghiên cứu. Vì vậy, việc nghiên cứu, tìm kiếm dạng ứng dụng mới cho các loại cốt liệu tái chế là rất cần thiết. Điều này vừa làm giảm bớt việc khai thác và sử dụng cốt liệu tự nhiên (CLTN), bảo tồn được nguồn tài nguyên thiên nhiên, vừa giảm thiểu diện tích các bãi chôn lấp PTXD, gây ô nhiễm môi trường [15, 8].

Trên thế giới, cốt liệu bê tông tái chế đã được nhiều tác giả nghiên cứu sử dụng cho lớp nền, móng đường giao thông hoặc cùng với CLTN sử dụng trong bê tông [1, 2, 12, 8]. Đối với bê tông sử dụng cho các kết cấu chịu lực, nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng khi sử dụng 30% cốt liệu lớn BTN và 70% CLTN có thể chế

tao được bê tông có cường độ tương đương như bê tông chỉ sử dụng CLTN [6]. Tuy nhiên, với các loại bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông nghiền ở phòng thí nghiệm sẽ cho cường độ nền giảm khoảng 10% so với bê tông thường [5], nhưng khi sử dụng cốt liệu BTN được gia công tại các trạm tái chế PTXD thì cường độ bê tông có thể thấp hơn nhiều [12], độ co khô và tính biến của bê tông sử dụng cốt liệu BTN cao hơn từ 10-30% so với bê tông sử dụng cốt liệu tự nhiên [17]. Lở rỗng của cốt liệu BTN càng cao thì độ co khô và tính biến càng tăng, đặc biệt khi bê tông sử dụng cả cát BTN [9, 8]. Hơn thế nữa, do cốt liệu BTN có mô đun đàn hồi thấp hơn nhiều so với CLTN cho nên cũng làm tăng độ co khô và tính biến. Vì thế, có thể nên hạn chế sử dụng cát BTN trong kết cấu bê tông chịu lực, do chúng thường góc cạnh và thô hơn cát tự nhiên, nên sẽ làm giảm mạnh tính công tác cũng như khả năng hoàn thiện bề mặt của hỗn hợp vữa và hỗn hợp bê tông [2, 8], cát BTN còn làm giảm khả năng bền bằng giá cũng như khả năng chống ăn mòn của vữa và bê tông [2]. Theo quan điểm bền vững và các phân tích ở trên, việc nghiên cứu

BẢNG 2. ĐỘ LƯU ĐỘNG CỦA HỖN HỢP VỮA BTN-XLCNM VÀ BTN-TBND

Kí hiệu vữa	XLCNM hoặc TBND (%)	Tỷ lệ Nước/Bột	D (mm)	ρ_0 (kg/m ³)	h _{max} (phút)
VBTN	0		112	1781	1515
BTN-XLCNM	5	2,92	20	1865	1440
	10	1,63	149	1983	1320
	15	1,08	162	2036	1260
	20	0,75	152	2062	1170
	30	0,58	158	2054	1140
	40	0,5	153	1993	1125
BTN-TBND	5	2,75	140	1859	1485
	10	1,35	165	1988	1350
	15	0,93	162	2015	1305
	20	0,73	158	2026	1290
	30	0,66	171	1998	1245
	40	0,47	166	1986	1215



các loại vật liệu xây dựng bền vững hơn, có sử dụng cốt liệu BTN là rất quan trọng. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các loại cốt liệu nhỏ BTN và cốt liệu lớn BTN có chất lượng thấp, hiện đang còn bị hạn chế sử dụng trong kết cấu bê tông. Một trong các loại vật liệu xây dựng có thể tận dụng lượng lớn cát BTN chính là vữa xây dựng.

Vữa xây dựng là vật liệu đá nhân tạo, được chế tạo từ hỗn hợp của một hoặc nhiều chất kết dính vữa, cốt liệu nhỏ và nước, có thể có hoặc không có phụ gia. Vữa thường được dùng để xây và hoàn thiện các công trình xây dựng [13]. Chất kết dính thường sử dụng trong vữa là các loại xi măng poóc lăng. Ngoài ra có thể sử dụng các loại chất kết dính khác như: vôi can xi, hỗn hợp xi măng và vôi, hỗn hợp đất sét và xi măng. Vữa xây dựng cũng có thể sử dụng xi măng kết hợp với các loại vật liệu thay thế xi măng như tro bay [16], tro bay và xi thép [3]. Như chúng ta đã biết, trong quá trình sản xuất 1 tấn clanhke xi măng, sẽ thải ra xấp xỉ 1 tấn khí CO₂ [14], chiếm khoảng 5-10% tổng lượng khí CO₂ do con người tạo ra trên toàn cầu [11], là nguyên nhân chính gây hiệu ứng nhà kính và sự nóng lên của trái đất. Trong khi đó ở Việt Nam, các loại vật liệu có thể thay

thế xi măng từ phế thải công nghiệp như tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao đang tạo ra ngày càng, chưa được tận dụng một cách hiệu quả

Mục đích bài báo này là tận dụng cát BTN và các vật liệu thay thế xi măng, cụ thể là xỉ lò cao nghiền mịn và tro bay nhiệt điện, nhằm chế tạo các loại vữa xây dựng bền vững không sử dụng xi măng. Tính bền vững của vật liệu này có được không chỉ nhờ vào việc sử dụng cốt liệu tái chế, mà còn tận dụng cả các loại phế thải công nghiệp. Ý tưởng sử dụng các chất kiềm và Ca(OH)₂ có sẵn trong đất xi măng của cát BTN làm nguyên liệu cho phản ứng puzolan kết hợp với hoạt tính thủy lực của xỉ và tro bay sẽ thúc đẩy quá trình đông rắn và phát triển cường độ của vữa.

2. Vật liệu sử dụng và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu và thành phần vữa

Xỉ lò cao sử dụng trong nghiên cứu là xỉ lò cao hạt hóa của nhà máy luyện gang thép Hòa Phát, xi hạt được lấy về, sấy khô và sau đó được nghiền mịn bằng máy nghiền bi ở phòng thí nghiệm đến độ mịn tương đương xi măng poóc lăng thường. Loại tro bay sử dụng trong nghiên cứu là tro bay thường của nhà

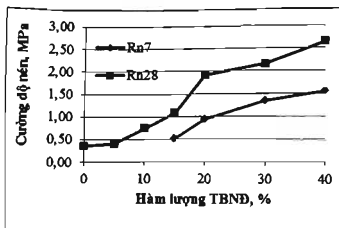
máy nhiệt điện Phá Lại. Khối lượng riêng của xỉ lò cao nghiền mịn (XLCNM) và tro bay nhiệt điện (TBND) lần lượt là 2,89g/cm³ và 2,14 g/cm³. Kết quả phân tích thành phần hạt bằng phương pháp laser cho thấy: đường kính hạt trung bình của XLCNM và TBND lần lượt là 11,325 μ m và 24,996 μ m (Hình 1). Độ mịn blaine của XLCNM và TBND là 3200 và 2150 cm²/g. Thành phần hóa của xỉ và tro bay sử dụng được nêu ở bảng 1

Theo kết quả phân tích thành phần hóa thì hệ số kiểm tính của xỉ là

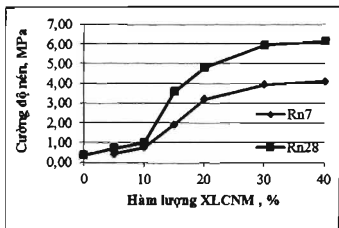
$$K_b = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3} = 1,01$$

nên loại xỉ sử dụng thuộc loại xỉ trung tính. TBND có: SiO₂+ Al₂O₃+ Fe₂O₃= 90,06 >70% nên TBND thuộc loại F theo tiêu chuẩn ASTM C618. Chỉ số độ hoạt tính cường độ với xi măng poóc lăng của XLCNM và TBND lần lượt sau 28 ngày là 82,6% và 66,5%.

Cát bê tông tái chế (cát BTN) được gia công bằng dây chuyền tái chế PTXD của công ty cổ phần Cơ điện xây dựng công trình. Cát BTN trước khi sử dụng trong nghiên cứu được sàng loại bỏ các hạt có kích thước >5mm. Các tính chất



Hình 3. Cường độ nén của vữa VB-TN-TBND



Hình 4. Cường độ nén của vữa VB-TN-XLCNM

cơ bản của cát BTN được xác định dựa theo TCVN 7572: 2006. Khối lượng riêng và độ hút nước của cát BTN là 2,61 g/cm³ và 8,45%. Biểu đồ thành phần hạt của cát BTN đạt yêu cầu của cát nghiền sử dụng cho vữa và bê tông theo TCVN 9205: 2012 (Hình 1); mô đun độ lớn của cát BTN là 2,43.

Để khảo sát khả năng chế tạo vữa không sử dụng xi măng, tần dung cát BTN và các vật liệu thay thế xi măng. Các hỗn hợp vữa được tạo từ hỗn hợp cát BTN trộn với XLCNM (vữa BTN-XLCNM) hoặc TBND (vữa BTN-TBND) ở các hàm lượng khác nhau (5, 10, 15, 20, 30 và 40%) theo khối lượng cát BTN. Bên cạnh đó, các mẫu vữa không có vật liệu thay thế xi măng (chỉ có cát BTN và nước- vữa BTN) cũng được chế tạo và thí nghiệm, nhằm đánh giá cường độ vữa có được từ sự thủy hóa của xi măng còn lại chưa thủy hóa trong cát BTN. Lượng nước trộn được điều chỉnh bằng mắt thường để hỗn hợp vữa có tính công tác tương tự nhau, độ lưu động trong khoảng 145-175mm và không bị phân tầng, tách nước [13].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các tính chất cơ lý của cát BTN được xác định theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7572: 2006. Để đánh giá lượng kiềm có trong cát BTN do xi măng đã thủy hóa và phần clanhke còn lại tiếp tục thủy hóa, 1 mẫu cát BTN đã được nhúng vào nước cất với tỷ lệ Rán/ Nước=1:10 [1]. Sau 28 ngày, nước được phân tích và xác định ion (Na⁺, K⁺, Ca²⁺) bằng

phương pháp quang phổ Plasma cảm ứng ICP - MS. Lượng kiềm được giải phóng từ cát BTN vào nước sau đó được tính quy đổi về NaOH hoặc Ca(OH)₂, so với khối lượng khô của cát BTN.

Chỉ số hoạt tính cường độ với xi măng của XLCNM và TBND được xác định theo TCVN 6882: 2001.

Đồ lưu động của hỗn hợp vữa được xác định bằng phương pháp bàn dẫn theo TCVN 3121-2: 2003. Cường độ uốn và cường độ nén của vữa ở tuổi 7 và 28 ngày được xác định trên các mẫu lăng trụ 40x40x160mm theo TCVN 3121-11: 2003.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tính chất của hỗn hợp vữa không xi măng

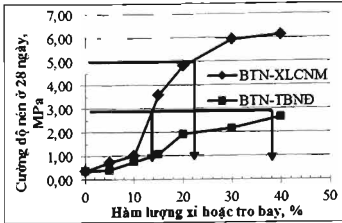
Kết quả đo lưu động (D, mm), khối lượng thể tích (γ_v , kg/m³) và thời gian bắt đầu đông kết ($t_{\text{đông}}$, phút) của các loại hỗn hợp vữa được nêu ở Bảng 2 và Hình 2.

Từ kết quả ở Bảng 2, ta thấy để đảm bảo độ lưu động của hỗn hợp vữa thì tỷ lệ Nước/TBND luôn cao hơn so với tỷ lệ Nước/XLCNM luôn cao hơn so với tỷ lệ Nước/TBND ứng với mỗi hàm lượng vật liệu thay thế xi măng (XLCNM hoặc TBND). Điều này có thể do XLCNM có cấu trúc thủy tinh nên hạt có hình dạng góc cạnh, bề mặt nhám ráp hơn so với các hạt TBND có dạng hình cầu đã làm giảm nội ma sát trong hỗn hợp vữa, cho nên hỗn hợp vữa sử dụng TBND có lượng cần nước để đảm bảo độ lưu

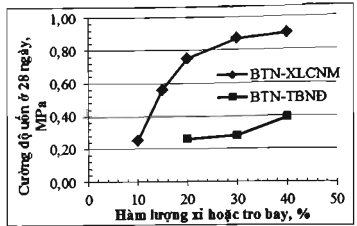
động ít hơn so với hỗn hợp vữa sử dụng XLCNM. Khi hàm lượng vật liệu bột thay thế xi măng trong vữa ít (từ 5-15%), sự chênh lệch tỷ lệ N/bột trong hai loại hỗn hợp vữa càng rõ rệt. Nhưng khi hàm lượng bột tăng lớn hơn 20% thì sự chênh lệch tỷ lệ N/ bột ít hơn Bảng 2.

Khối lượng thể tích của hỗn hợp vữa BTN-XLCNM luôn cao hơn so với vữa BTN-TBND và vữa BTN ở tất cả các hàm lượng vật liệu thay thế xi măng, khoảng từ 4,7-15,8% với vữa BTN-XLCNM và 4,3-13,8% với vữa BTN-TBND. Điều này có thể giải thích do các hạt XLCNM, TBND có kích thước nhỏ đã chui vào các khe nứt trong hạt cốt liệu và các lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu, kết quả làm tăng độ đặc cấu tạo và vì cấu trúc, tăng khối lượng thể tích của hỗn hợp vữa.

Từ Hình 2 cho thấy, thời gian bắt đầu đông kết của các loại hỗn hợp vữa không sử dụng xi măng đều lớn hơn 150 phút, thỏa mãn yêu cầu của TCVN 4314: 2003. Khi hàm lượng các vật liệu thay thế xi măng tăng từ 0-20% thì tốc độ giảm thời bắt đầu đông kết giảm mạnh, nhưng khi hàm lượng XLCNM hoặc TBND lớn hơn 20% thì tốc độ giảm giá trị này lại chậm rõ rệt. Thời gian bắt đầu đông kết nhỏ nhất của hỗn hợp vữa BTN-XLCNM là 1125 phút (18,8 giờ), của vữa BTN-TBND là 1215 phút (20,3 giờ), trong khi đó t_{đông} của hỗn hợp vữa BTN là 1515 phút (25,3 giờ). Điều này chứng tỏ việc sử dụng các loại vật liệu thay thế xi măng (XLCNM và TBND) đã thúc đẩy quá trình đông kết của hỗn hợp vữa không sử dụng xi măng.



Hình 7. So sánh cường độ nén ở 28 ngày của vữa BTN-XLCNM và BTN-TBND



Hình 8. So sánh cường độ uốn ở 28 ngày của vữa BTN-XLCNM và BTN-TBND

Hơn thế nữa, với cùng một giá trị hàm lượng vật liệu thay thế xi măng, tốc độ rắn chắc của hỗn hợp vữa BTN-XLCNM luôn nhanh hơn so với hỗn hợp vữa BTN-TBND

3.2 Tính chất cơ học của vữa không xi măng

Kết quả cường độ nén của các loại vữa không sử dụng xi măng được thể hiện ở Hình 3 và Hình 4.

Cường độ nén của vữa không xi măng chủ yếu phụ thuộc vào lượng dùng vật liệu thay thế xi măng, hàm lượng XLCNM hoặc TBND tăng thì cường độ nén của vữa tăng (Hình 3 và Hình 4). Đối với mẫu vữa BTN không sử dụng vật liệu thay thế xi măng, cường độ nén ở 28 ngày là 0,36 MPa. Trong khi đó, mẫu vữa BTN-XLCNM, BTN-TBND có thể đạt cường độ nén lần lượt tới 6,0 MPa và 2,5MPa. Cường độ mẫu vữa BTN chủ yếu có được do sự thủy hóa của phân xi măng chưa thủy hóa trong cát BTN. Rõ ràng, việc sử dụng XLCNM hoặc TBND đã góp phần làm tăng đáng kể sự phát triển cường độ nén. Sự phát triển cường độ này xuất phát từ hoạt tính thủy lực của XLCNM và TBND. Ngoài ra, hoạt tính puzolan cũng có thể đã được kích hoạt bằng các chất kiềm (như Ca(OH)₂) có sẵn trong cát BTN. Điều này được minh chứng bằng kết quả thí nghiệm lượng kiềm giải phóng khi nhúng cát BTN vào trong nước. Lượng NaOH và Ca(OH)₂ quy đổi do cát BTN tách ra khi

ngâm nước 28 ngày lần lượt là 6,08% và 0,011% so với khối lượng cát BTN. Như chúng ta đã biết, trung bình 1m³ hỗn hợp vữa sử dụng khoảng 1600kg cát BTN, thì lượng kiềm sinh ra trong vữa ở 28 ngày đầu sẽ là 9,73kg/m³, lượng kiềm này cao hơn nhiều so với lượng kiểm đo xi măng poóc lăng trong các loại vữa xi măng cát tự nhiên. Vì thế, lượng kiềm cao trong vữa sử dụng cát BTN sẽ tạo môi trường thúc đẩy sự phát triển phản ứng puzolan cũng như nâng cao cường độ của vữa BTN.

Cường độ nén của vữa tăng rõ rệt nhất khi hàm lượng XLCNM hoặc TBND sử dụng từ 10-30%. Đối với vữa BTN-XLCNM, cường độ nén lại gần như không tăng, khi lượng dùng xi lớn hơn 30%, còn cường độ của vữa BTN-TBND vẫn tăng khi lượng dùng tro bay lớn hơn 30%. Điều này có thể do khối lượng thể tích của hỗn hợp vữa sử dụng 40% XLCNM thấp hơn hẳn so với hỗn hợp vữa sử dụng 30% XLCNM.

Cường độ nén và cường độ uốn của vữa BTN-XLCNM luôn cao hơn so với vữa BTN-TBND (Hình 5, Hình 6). Điều này thể hiện rõ khi lượng dùng xỉ hoặc tro bay lớn hơn 10%, cường độ nén của vữa BTN-XLCNM cao hơn khoảng 3 lần so với cường độ nén của vữa BTN-TBND. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả của Achtemichuk Sasha, et al. [1], điều này có thể do hàm lượng CaO trong xi cao hơn nhiều so với trong tro bay đã làm tăng hoạt tính thủy lực của

xi (Bảng 1). Từ Hình 5 ta thấy, cường độ nén của vữa BTN-XLCNM đạt mức cao nhất là M5,0 khi lượng dùng xỉ khoảng 22%, còn vữa BTN-TBND chỉ đạt được mức cao nhất là M2,5 khi lượng dùng tro bay đến 38%

Trên Hình 6, ở các hàm lượng xỉ= 5% và tro bay=5, 10, 15% không có giá trị cường độ uốn ở 28 ngày, do mẫu bị gãy trong quá trình tháo khuôn. Cũng tương tự như cường độ nén, cường độ uốn của mẫu vữa sử dụng xỉ lò cao, cao hơn khoảng 4 lần so với mẫu vữa sử dụng tro bay. Với hàm lượng vật liệu thay thế xi măng bằng 30%, tỷ lệ cường độ uốn so với cường độ nén của các mẫu vữa BTN-XLCNM là 6,9; còn của vữa BTN-TBND chỉ đạt 7,7.

4. Kết luận

- Trên cơ sở các kết quả khảo sát cho thấy: hoàn toàn có thể chế tạo được các loại vữa từ hỗn hợp cát bê tông tái chế và các loại vật liệu thay thế xi măng từ phế thải công nghiệp mà không cần sử dụng thêm xi măng poóc lăng. Việc nghiên cứu sử dụng các loại vữa này sẽ góp phần nâng cao khả năng phát triển bền vững trong ngành công nghiệp xây dựng.

+ Đối với hỗn hợp vữa sử dụng 10%, 13% và 22% xỉ lò cao nghiền mịn, có thể chế tạo vữa đạt các mức tương ứng là M1,0; M2,5 và M5,0.

+ Đối với hỗn hợp vữa sử dụng 16%,

38% tro bay nhiệt điện chỉ có thể chế tạo được vữa đạt mức tương ứng là M1,0 và M2,5

- Cả xi lô cao nghiền mịn và tro bay nhiệt điện đều có thể tạo ra cường độ nhờ hoạt tính thủy lực và các phản ứng pozzolan của chúng. Sự phát triển cường độ của các mẫu vữa sử dụng xi lô cao nghiền mịn luôn cao hơn so với mẫu vữa sử dụng tro bay.

- Do có hàm lượng các chất kiềm có sẵn trong phần vữa xi măng của cát bê tông tái chế, cho nên, lượng kiềm cao trong hỗn hợp vữa sử dụng cát BTN sẽ tạo môi trường thúc đẩy các phản ứng pozzolan, đồng thời làm cao cường độ của vữa BTN không sử dụng xi măng.

5. Lời cảm ơn

Các tác giả xin chân thành cảm ơn Công ty Cổ phần Cơ điện và Xây dựng công trình đã gia công tái chế cốt liệu cát BTN cho đề tài.

6. Tài liệu tham khảo

1. Achtemichuk Sasha, et al. (2009) "The utilization of recycled concrete aggregate to produce controlled low-strength materials without using Portland cement". *Cement & Concrete Composites*, 31 (2009):564–569.

2. ACI Committee 555 (2001) *Removal and Reuse of Hardened Concrete- ACI-555R-01* (American Concrete Institute, Farmington Hills, MI)

3. Anastasiou E., Filikas K Georgiadis & Stefanidou M. (2014) "Utilization of fine recycled aggregates in concrete with fly ash and steel slag". *Construction and Building Materials*, Vol. 50:Pp. 154–161.

4. Bộ Tài Nguyên Và Môi Trường (2011). Báo cáo môi trường quốc gia năm 2011- Chất thải rắn. (Bồ tài nguyên và môi trường)

5. Dhir (2007) "Performance Related Approach to Use of Recycled Aggregates in Concrete".

6. Dhir Rk, Leelawat T & Limbacharya Mc (2000) "Use of recycled concrete

aggregate in high-strength concrete". *Materials structural*, Vol 33:Pp.574–580.

7. Goodier Chris Ian (2013) *The Future(s) of construction: a Sustainable Built Environment for Now and the Future*. in *The International Conference on Sustainable Built Environment for Now and the Future*, eds Manos Soutsos, Chris Goodier, Thanh Le Trung, & Tuan Nguyen Van (Construction publishing house, Hanoi, Vietnam), pp 27-34.

8. Hansen T.C (1992), *Demolition and Reuse of Concrete and Masonry*, recycling of demolished concrete, recycling of masonry rubble, and localized cutting by blasting of concrete. (RILEM report 6, E & EN Spon, London). Pp 316 (in English).

9. Khatib J.M (2005) "Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate" *Cement and Concrete Research*, 35(4):763-769.

10. Lê Việt Hùng (2012), Hoàn thiện công nghệ tái chế phế thải phá dỡ công trình làm cốt liệu xây dựng. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Xây dựng (Viện Vật liệu Xây dựng), (Hà Nội).

11. Mehta P. K. (2002) "Greening of the concrete industry for sustainable development". *ACI Concrete International*, 24 (7):23–28.

12. Sagoe-Crentsil Kk, Brown T & Taylor Ah (2001) "Performance of concrete made with commercially produced coarse recycled concrete aggregate". *Journal of cement concrete research*, 31(5):707-712.

13. TCVN 4314 (2003) *Vữa xây dựng- Yêu cầu kỹ thuật*

14. Tong Kiên, Le Thành & Phạm Lan (2013) *Sustainability in the concrete industry for construction of mega cities*. in *New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia-USMCA2013* (Construction publishing house, Hilton, Hanoi, Vietnam), pp 230-239.

15. Tống Tôn Kiên (2011), Nghiên cứu

khả năng sử dụng phế thải phá dỡ công trình để sản xuất vật liệu xây dựng. (Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Trường Đại học Xây dựng)

16. Turkel S. (2006) "Long-term compressive strength and some other properties of controlled low strength materials made with pozzolanic cement and Class C fly ash". *Journal of Hazardous Materials*, Vol B137 Pp 261–266

17. Xiao Jianzhuang, et al. (2012) "An overview of study on recycled aggregate concrete in China (1996–2011)". *Construction and Building Materials*, Vol. 31:P 364-383.

Utilisation of fine recycled concrete aggregate to produce mortars without using portland cement

Abstract: Now a days, using greener and more "sustainable" materials have been paid attention to construction applications. This paper reports the results of an experimental study that investigated the feasibility of using fine recycled concrete aggregate (FRCA) with ground granulated blast-furnace slag (GGBS) or fly ash (FA) to produce cement-less mortar. This mortar can utilise both fine recycled concrete aggregate from construction demolition waste and industry wastes without the need to add Portland cement. In addition to the hydraulic activity of GGBS and fly ash (FA), their pozzolanic reaction was activated by the alkalis and calcium hydroxide present in the residual paste of the RCA was investigated. Preliminary tests showed the mortar with slag to have 28-day compressive strengths 2-3 times higher than that with fly ash. The results also showed that the developed these mortar are very suitable for a wide range of construction applications

Keywords: Fine Recycled Concrete Aggregate (FRCA); cement-less mortar; Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBS); Alkali-Activated Slag (AAS); Fly Ash (FA), ✪