

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG CÁT BIỂN VÀ TRO BAY CHẾ TẠO BÊ TÔNG GEOPOLYMER

Ngô Thị Ngọc Vân¹, Nguyễn Quang Phú¹

Tóm tắt: Sử dụng cát biển thay thế cát tự nhiên, kết hợp Tro bay với dung dịch kiềm hoạt hóa và phụ gia siêu dẻo giảm nước để chế tạo bê tông Geopolymer. Bê tông Geopolymer thiết kế với các tỷ lệ dung dịch kiềm hoạt hóa và phụ gia khoáng từ 0,35 đến 0,65. Kết quả cho thấy, khi sử dụng cát biển thay thế cát tự nhiên chế tạo bê tông Geopolymer thì cường độ nén giảm từ 5 đến 14% cho các mẫu bê tông tương ứng, bê tông có mức chống thấm từ W12 đến W14.

Từ khóa: Bê tông Geopolymer, Dung dịch kiềm hoạt hóa, Tro bay, Cát biển, Phụ gia siêu dẻo.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, các công trình xây dựng nói chung và công trình Thủy lợi nói riêng đã được xây dựng và phát triển ngày càng nhiều nhằm đáp ứng yêu cầu công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước. Đa số các công trình xây dựng đều theo xu hướng sử dụng bê tông thông thường với chất kết dính xi măng Poocăng truyền thống, đây là chất kết dính truyền thống có ưu điểm về tính dễ thi công và đảm bảo độ tin cậy. Tuy nhiên, các công trình Thủy lợi và các công trình ven biển chịu tác động rất mạnh của việc xâm thực bê tông xi măng, cần thiết phải nghiên cứu một loại vật liệu mới thay thế và khắc phục hiện tượng xâm thực này.

Để từng bước hạn chế việc sử dụng xi măng Poocăng làm chất kết dính bê tông trong xây dựng và hạn chế xâm thực bê tông xi măng cho các công trình bê tông thường xuyên làm việc trong môi trường nước, thì một loại chất kết dính kiềm hoạt hóa mới đã và đang được nghiên cứu, dần dần từng bước ứng dụng vào thực tế xây dựng, đó là vật liệu Geopolymer. Vật liệu Geopolymer được hình thành do quá trình hoạt hóa giữa vật liệu Alumino-silicate trong môi trường dung dịch chứa kiềm. Trong đó vật liệu Alumino-silicate chứa các thành phần hoạt tính

($\text{SiO}_2^{\text{VDH}}$) và (Al_2O_3) có trong phụ gia khoáng (tro bay, xỉ lò cao nghiền mịn, tro trấu.....). Quá trình phản ứng trong môi trường hoạt hóa sẽ tạo các chuỗi -Si-O-Al làm cho vật liệu có cường độ và bền vững theo thời gian. Chất kết dính kiềm hoạt hóa đó sử dụng dung dịch kiềm hoạt hóa gồm dung dịch xút và dung dịch thủy tinh lỏng, kết hợp sử dụng phụ gia khoáng vật hoạt tính với một số hoá chất thông thường khác (Davidovits, J, 2011).

Do trữ lượng cát tự nhiên để sản xuất bê tông của nước ta dần dần sẽ ít đi, phân bố không đồng đều ở các vùng miền nên nhiều nơi phải nhập khẩu cát hoặc vận chuyển xa, giá thành tăng lên, thiếu sự chủ động về nguồn cát để chế tạo bê tông. Trong khi đó, các tỉnh ven biển của Việt Nam có trữ lượng cát biển khá lớn, giá thành hạ, có tại vị trí xây dựng công trình. Vì vậy, nếu sử dụng được loại cát này sản xuất bê tông sẽ có thêm nguồn cốt liệu mịn, mở rộng được việc sử dụng tài nguyên thiên nhiên sẵn có, giải quyết được một phần khan hiếm về cát dùng cho bê tông hiện nay và về lâu dài. Ở một số vùng khan hiếm cát đạt tiêu chuẩn để sản xuất cho bê tông, nhưng sẵn nguồn cát biển với giá thành rẻ, khai thác tại chỗ, thì việc sử dụng cát biển thay thế cát tự nhiên sẽ góp phần làm giảm giá thành bê tông, giảm giá thành xây dựng công trình.

Để chế tạo bê tông Geopolymer, người ta

¹Bộ môn Vật liệu xây dựng, Khoa Công trình

thường sử dụng cốt liệu mịn (cát) có chất lượng cao, cụ thể là cát có cấp phối hạt hợp lý, ít tạp chất bụi, bùn, sét...; cát có mô đun độ lớn $M_{dl} \geq 2$ (cát thô) thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 7570: 2006. Tuy nhiên, ở nước ta có trữ lượng cát biển khá lớn, nhưng cát biển khá mịn và có mô đun độ lớn dưới 2. Vì vậy, cần phải nghiên cứu đưa loại cát biển này vào sản xuất bê tông Geopolymer cho các công trình xây dựng một cách hợp lý.

Trong đề tài sử dụng cát biển và cát tự nhiên (cát sử dụng để sản xuất bê tông thông thường), dung dịch kiềm hoạt hóa gồm NaOH và Na_2SiO_3 , phụ gia khoáng Tro bay và các vật liệu khác để thiết kế thành phần bê tông Geopolymer (BT GPM). Thông qua kết quả thí nghiệm, đánh giá ảnh hưởng của cát biển và cát tự nhiên đến một số tính chất của bê tông Geopolymer.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phụ gia khoáng

Tro bay (FA): dùng loại tro bay nhiệt điện lấy trực tiếp chưa tuyển có độ ẩm 1,05%; khối lượng riêng $2,42 \text{ g/cm}^3$; khối lượng thể tích xấp $1,18 \text{ g/cm}^3$ và thành phần hóa học của tro bay như sau: $\text{SiO}_2 = 51,3\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 31,65\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3,61\%$; $\text{SO}_3 = 0,29\%$; $\text{MgO} = 0,82\%$; $\text{CaO} = 0,81\%$ và MKN = 5,24%. Chỉ số hoạt tính sau 7 ngày đạt 72,6% và sau 28 ngày đạt 89,8%. Diện tích bề mặt riêng $8600 \text{ cm}^2/\text{g}$. Kích thước hạt trung bình $7,85 \mu\text{m}$.

Tro bay được phân tích và kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý cho thấy loại tro bay nghiên cứu thuộc loại F, phù hợp TCVN 10302:2014 và ASTM C618-03.

2.2. Cốt liệu

2.2.1. Cốt liệu mịn

Trong nghiên cứu sẽ sử dụng 2 loại cát để chế tạo bê tông Geopolymer: Cát biển và cát tự nhiên (cát sử dụng để sản xuất bê tông thông thường).

Cát tự nhiên: cát được lấy từ công trình và đưa về kiểm tra các chỉ tiêu cơ lý tại phòng thí nghiệm. Cát có khối lượng riêng $2,68 \text{ g/cm}^3$; khối lượng thể tích xấp $1,62 \text{ g/cm}^3$; độ rỗng 39,6%; mô đun độ lớn 2,58; hàm lượng ion $\text{ClO}^- \text{Cl}^- =$

0,0016%; tạp chất nằm trong phạm vi cho phép. Cát tự nhiên dùng chế tạo bê tông Geopolymer có thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý phù hợp TCVN 7570:2006.

Cát biển: lấy từ Quảng Ninh về phòng thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý được khối lượng riêng $2,56 \text{ g/cm}^3$; khối lượng thể tích xấp $1,53 \text{ g/cm}^3$; độ rỗng 40,2%; mô đun độ lớn 1,85; hàm lượng hạt nhỏ hơn $0,14\text{mm}$ là 4,8%; hàm lượng ion $\text{ClO}^- \text{Cl}^- = 0,22\%$; tạp chất nằm trong phạm vi cho phép.

Một số chỉ tiêu cơ lý của cát biển (khối lượng riêng, khối lượng thể tích, tạp chất....) thỏa mãn yêu cầu TCVN 7570:2006. Tuy nhiên, về thành phần hạt và mô đun độ lớn của cát biển không thỏa mãn TCVN 7570:2006 ($M_{dl} = 1,85 < 2$) là do cát biển mịn hơn rất nhiều cát tự nhiên. Trong thiết kế thành phần BT GPM sẽ điều chỉnh hàm lượng PGK và phụ gia siêu dẻo hợp lý để đạt được các yêu cầu kỹ thuật của bê tông thiết kế.

2.2.2. Cốt liệu thô

Cốt liệu thô (đá dăm) lấy ở công trình xây dựng và được đưa về phòng để thí nghiệm phối trộn thành cấp phối liên tục có $D_{\max} = 20\text{mm}$, đá dăm cỡ (5-20) mm có khối lượng riêng $2,75 \text{ g/cm}^3$; khối lượng thể tích xấp $1,67 \text{ g/cm}^3$; Độ hút nước 1,85%; tạp chất nằm trong phạm vi cho phép. Đá có thành phần hạt và tính chất cơ lý đạt tiêu chuẩn TCVN 7570-2006.

2.3. Dung dịch hoạt hóa

Dung dịch hoạt hóa là hỗn hợp của dung dịch Natri hydroxyt (NaOH) và thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3).

Natri hydroxyt dạng vảy khô có độ tinh khiết trên 98%. Dung dịch Natri hydroxyt có nồng độ mol theo yêu cầu là 12M.

Dung dịch Natri silicat được đặt mua có tỷ lệ $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,5$.

2.4. Phụ gia siêu dẻo

Để hỗn hợp BT GPM có tính công tác tốt thì hỗn hợp bê tông thiết kế không được phép xảy ra hiện tượng phân tầng và tách nước. Khi chế tạo BT GPM đề tài nghiên cứu đã sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao gốc Polycarboxylate, giảm nước khoảng 40%; thông qua thí nghiệm để

xác định tỷ lệ pha trộn hợp lý, đảm bảo tính công tác yêu cầu của hỗn hợp bê tông, cũng như điều kiện thi công của bê tông Geopolymer thiết kế.

3. THIẾT KẾ BÊ TÔNG GEOPOLYMER VÀ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1. Thiết kế thành phần bê tông Geopolymer

Thiết kế và lựa chọn thành phần các loại vật liệu của BT GPM như sau:

+ Phụ gia khoáng (PGK) là Tro bay (FA).

+ Dung dịch kiềm hoạt hóa (DD) được sử dụng trong thí nghiệm để kích hoạt quá trình geopolymer hóa của bê tông. Dung dịch này là sự kết hợp giữa NaOH và Na_2SiO_3 , tỷ lệ khối lượng dung dịch $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ là 2.

+ Tỷ lệ DD/PGK = 0,35; 0,45; 0,55 và 0,65

Dựa vào các tỷ lệ lựa chọn như trên, tiến hành tính toán thành phần vật liệu cho các cấp phối bê tông khác nhau như ở trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần vật liệu của các cấp phối bê tông GPM thiết kế

Cấp phối	DD/PGK	FA	DD		Cốt liệu		PGSD
			Na_2SiO_3	NaOH	Cát biển	Đá	
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(lít)
CP1	0,35	497,8	116,15	58,07	605	1123	6,2
CP2	0,45	463,5	139,03	69,52	605	1123	5,8
CP3	0,55	433,6	158,97	79,48	605	1123	5,4
CP4	0,65	407,3	176,48	88,24	605	1123	5,1

Tiến hành trộn các mẫu bê tông Geopolymer thiết kế theo cấp phối ở bảng 1, thí nghiệm kiểm tra tính công tác của các hỗn hợp bê tông (độ sụt, Sn). Khi các hỗn hợp bê tông đạt yêu cầu về tính công tác, tiếp tục đúc mẫu kiểm tra cường độ nén (R_n) và mức chống thấm cho các cấp phối bê tông GPM sử dụng cát biển và cát tự nhiên.

3.2. Kết quả thí nghiệm độ sụt của hỗn hợp bê tông GPM

Trộn các hỗn hợp bê tông GPM với cấp phối đã thiết kế như trong bảng 1, sử dụng nón cụt tiêu chuẩn thí nghiệm xác định độ sụt của các hỗn hợp bê tông (HHBT) theo tiêu chuẩn TCVN 3106:2007. Kết quả thí nghiệm độ sụt (Sn, cm) của các hỗn hợp bê tông thể hiện như trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm độ sụt các hỗn hợp bê tông GPM

DD/PGK	Độ sụt, Sn (cm)	
	BT GPM cát biển	BT GPM cát tự nhiên
0,35	16,5	18,8
0,45	18,3	20,6
0,55	20,5	22,7
0,65	20,9	23,3

Nhận xét: Từ kết quả về độ sụt của các HHBT ở bảng 2 nhận thấy, khi tỷ lệ dung dịch kiềm hoạt hóa và phụ gia khoáng (DD/PGK) tăng lên thì độ sụt của HHBT GPM sử dụng cát biển tăng lên, tăng từ 16,5 cm lên 20,9 cm tương ứng với tỷ lệ DD/CKD = 0,35 đến 0,65. Khi sử dụng cát tự nhiên, thì độ sụt tăng lên từ 18,8 cm đến 23,3 cm tương ứng. Độ sụt của HHBT GPM sử dụng cát biển giảm từ 2,2 cm đến 2,4 cm so với HHBT GPM sử dụng cát tự nhiên; tuy nhiên vẫn đảm bảo yêu cầu thi công bê tông GPM theo TCVN 8218:2009 và TCVN 9139:2012. Điều này cho thấy cát biển mịn hơn, hút nước mạnh hơn cát tự nhiên rất nhiều (Mô đun độ lớn của cát biển $M_{dl} = 1,85$; còn cát tự nhiên $M_{dl} = 2,58$) sẽ làm cho độ sụt giảm mạnh. Sự có mặt của phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao gốc Polycarboxylate trong BT GPM sử dụng cát biển là rất cần thiết để duy trì độ sụt của HHBT trong quá trình thi công.

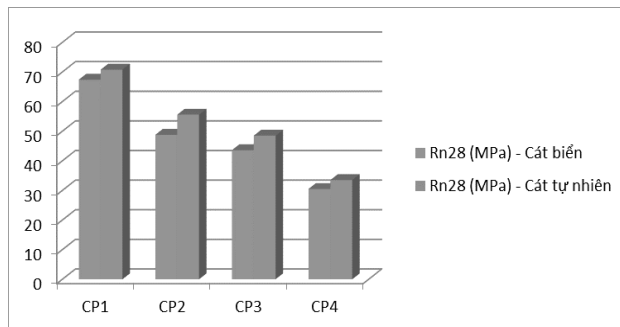
Trong quá trình làm thí nghiệm quan sát hỗn hợp BT GPM sau khi trộn cũng thấy được độ đồng nhất của các hỗn hợp bê tông tươi rất tốt, không có hiện tượng phân tầng và không xuất hiện

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 và mác chống thấm của bê tông GPM

Để kiểm tra cường độ nén và mác chống thấm của các cấp phối bê tông GPM, tiến hành đúc các tổ mẫu thí nghiệm được chế tạo theo TCVN 3105:1993, các mẫu bê tông sau khi đúc sẽ được tháo khuôn, bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn cho đến khi mẫu đủ ngày tuổi thí nghiệm; thí nghiệm kiểm tra cường độ nén và mác chống thấm của các cấp phối bê tông GPM ở 28 ngày tuổi.

Kết quả thí nghiệm cường độ nén ở 28 ngày tuổi của các cấp phối bê tông GPM thiết kế như trong hình 1.



Hình 1. Biểu đồ so sánh cường độ nén của các cấp phối BT GPM

Nhận xét: Từ kết quả thí nghiệm cường độ nén của các cấp phối BT GPM thiết kế nhận thấy: tất cả các cấp phối BT GPM thiết kế có cường độ nén ở tuổi 28 ngày đều đạt mác trên $30 \div 60$ MPa tương ứng với các tỷ lệ Dung dịch kiềm hoạt hóa (DD)/Phụ gia khoáng (PGK): DD/PGK = $0,65 \div 0,35$; mác BT GPM thiết kế phù hợp với một số mác bê tông thi công cho các công trình Thủy lợi.

Cường độ nén của các mẫu BT GPM chế tạo bằng cát biển giảm từ 5% đến 14% so với các mẫu BT GPM chế tạo bằng cát tự nhiên, sự giảm cường độ nén như vậy cũng không phải là chênh lệch quá nhiều khi thay thế cát biển bằng cát tự nhiên. Như vậy, việc thay thế cát biển bằng cát tự

nhiên để chế tạo BT GPM là khả thi. Bên cạnh đó, BT GPM có tính bền axit, bền sunfat nên sử dụng cát biển để chế tạo BT GPM sẽ rất phù hợp cho thi công các công trình ven biển và các công trình có các tác nhân gây xâm thực bê tông.

Về mác chống thấm thì cả 2 loại BT GPM chế tạo bằng cát biển và cát tự nhiên đều đạt mác chống thấm rất cao, mác chống thấm đều đạt từ W12 (tương ứng với CP3 và CP4) đến W14 (tương ứng với CP1 và CP2). Khi thiết kế thành phần bê tông GPM với hàm lượng pha trộn phụ gia khoáng (FA) và dung dịch hoạt hóa, kết hợp phụ gia siêu dẻo giảm nước hợp lý sẽ được một loại bê tông GPM có mác chống thấm rất cao, sử dụng cho tất cả các công trình Thủy lợi có yêu cầu cao về chống thấm, chống xâm thực.

4. KẾT LUẬN

Khi sử dụng cát biển thay thế cát tự nhiên chế tạo BT GPM thì cường độ nén của BT GPM cát biển giảm từ 5 đến 14% so với BT GPM sử dụng cát tự nhiên. Mác chống thấm thì tương đương nhau, đều đạt từ W12 đến W14.

Từ các kết quả thí nghiệm của BT GPM sử dụng cát biển đều đạt mác trên $30 \div 60$ MPa tương ứng với các tỷ lệ Dung dịch kiềm hoạt hóa/tro bay = $0,65 \div 0,35$, bê tông thiết kế phù hợp với một số mác bê tông thi công các công trình Thủy lợi và công trình ven biển. Qua đó cho thấy, việc nghiên cứu và đưa vào sử dụng cát biển thay thế cát tự nhiên để sản xuất BT GPM là rất cần thiết ở vùng ven biển có nguồn cát biển dồi dào. Khi sử dụng loại cát biển này trong chế tạo BT GPM sẽ có thêm nguồn cốt liệu mịn dồi dào, tận dụng được tài nguyên thiên nhiên sẵn có tại chỗ, giải quyết một phần khan hiếm về cát dùng cho bê tông hiện nay và về lâu dài.

Khi sử dụng cát biển chế tạo BT GPM muốn đạt được các loại bê tông có mác chống thấm cao, phù hợp thi công các công trình Thủy lợi và công trình biển, cần thiết phải điều chỉnh hàm lượng PGK, dung dịch hoạt hóa và phụ gia siêu dẻo hợp lý trong thiết kế BT GPM. Việc sử dụng cát biển

thay thế cát tự nhiên để sản xuất BT GPM ứng dụng cho các công trình Thủy lợi và công trình ven biển là rất triển vọng, cần được nghiên cứu và đưa vào thử nghiệm với các công trình thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Davidovits. J (2011), *Geopolymer Chemistry and Application*, 3rd edition, Geopolymer Institute.
- Feng Rao, Qi Liu, (2015), *Geopolymerization and Its Potential Application in Mine Tailings Consolidation: A Review*, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review* 36.
- Palomoa, P. Krivenkob, I. Garcia-Lodeiroa, E. Kavaleroab (2014), *A review on alkaline activation: New analytical perspectives* *Materiales de construcción*, vol 64, No 315.
- S.V. Joshi and M.S. Kadu (2012), “*Role of alkaline activator in development of Eco-friendly fly ash based Geopolymer Concrete*”, *International Journal of Environmental Science and Development*, vol.3 (5), pp. 417- 421.
- Sarker. P., A (2008), *Constitutive model for fly ash based Geopolymer concrete*. Architecture Civil Engineering Environment.
- Turner. L. K và Collins. F. G (2013), *Carbon dioxide equivalent (CO₂-e) emissions: A comparison between geopolymer and OPC cement concrete*, *Construction and Building Materials*, vol.43, pp. 125-130
- XU. H, Van Deventer. J.S.J (2000), *the geopolymerisation of alumino-silicate minerals*, *International Journal of Mineral Processing*, vol.59, pp. 247-266.

Abstract:

RESEARCH ON USING OF SEA SAND AND FLY ASH TO MANUFACTURE THE GEOPOLYMER CONCRETE

Using sea sand to replace natural sand, combining Fly ash mineral additive with alkaline-activated solution and water-reducing superplasticizer to manufacture the Geopolymer concrete. Geopolymer concrete designed with alkaline-activated solution and mineral additive ratios from 0.35 to 0.65. The results showed that, when using sea sand is considered for making Geopolymer concrete by completely replacing natural sand, the compressive strength decreased from 5 to 14% for the corresponding grades of concrete, concrete with waterproof grade reach from W12 to W14.

Keywords: Geopolymer concrete, Alkaline-activated solution, Fly ash, Sea sand, Superplasticizer.

Ngày nhận bài: 06/5/2021

Ngày chấp nhận đăng: 24/5/2021