

Một số tính chất của bê tông dùng xi măng siêu sunfat

Some properties of concrete using super sunfated cement

Lê Xuân Hậu⁽¹⁾, Trịnh Thị Châm⁽²⁾

Tóm tắt

Bê tông dùng xi măng siêu sunfat được nghiên cứu và ứng dụng trong thời gian gần đây do nhiều đặc tính tốt của xi măng siêu sunfat như giảm lượng phát thải CO₂, giảm khai thác tài nguyên, khoáng sản, giảm tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch rất nhiều so với xi măng thông thường, tận dụng tốt phế phẩm của ngành luyện thép. Với nhiều đặc tính tốt và thân thiện với môi trường như vậy, rất cần thiết phải nghiên cứu và chế tạo bê tông dùng xi măng siêu sunfat có các tính chất kỹ thuật phù hợp. Bài báo này trình bày tính chất của bê tông dùng xi măng siêu sunfat thay cho xi măng Pooclang hỗn hợp đạt cường độ trên 30 MPa và độ sụt 15 – 16cm.

Từ khóa: bê tông, xi măng siêu sunfat, cường độ, tính công tác

Abstract

Concrete using super sunfated cement has been researched and applied in recent times due to many good properties of super sunfated cement such as reducing CO₂ emissions, reducing resource and mineral exploitation, and reducing chemical fuel consumption more than ordinary cement, making good use of waste products of the steel industry. With such many good and environmentally friendly properties, it is very necessary to research and manufacture concrete using super sunfated cement with suitable technical properties. This paper presents the properties of concrete using super sunfated cement with a strength above 30 MPa and a slump of 15 - 16cm.

Key words: concrete, super sunfated cement, compressive strength, workability

1. Giới thiệu

Bê tông (BT) xi măng (XM) siêu sunfat là loại BT sử dụng XM siêu sunfat (SSC) thay cho xi măng Pooclang hỗn hợp (PCB) thông thường. Sản xuất XM truyền thống đòi hỏi rất lớn tài nguyên khoáng sản làm nguyên liệu thô và năng lượng hóa thạch làm nhiên liệu, kéo theo đó là sự phát thải lớn khí nhà kính [1]. Do đó trong ngành công nghiệp XM đã thực hiện phương án để giảm phát thải CO₂ và giảm tiêu thụ năng lượng như việc sử dụng phụ gia khoáng trong sản xuất XM, sử dụng xi măng đặc biệt (như XM canxi sulfoaluminat, XM geopolimer, XM siêu sunfat,...) trong bê tông, phát triển nhiên liệu thay thế... [2]

Xi măng siêu sunfat là một loại xi măng được chế tạo với xỉ hạt lò cao (GBFS) làm nguyên liệu chính, thạch cao làm chất hoạt hóa sunfat và clanhke hoặc vôi làm chất hoạt hóa kiềm [3, 4]. Thông thường, thành phần của SSC chứa 75% - 85% GBFS, 5% - 20% của canxi sunfat (thạch cao CaSO₄.2H₂O, thạch cao CaSO₄.0.5 H₂O, photphogypsum, ...) và 1% - 5% chất hoạt hóa kiềm (clanhke xi măng, canxi hydroxit, vôi, ...) [5]. Vì GBFS là thành phần chính, SSC cũng được gọi là xi măng xi hoạt tính sunfat. Điều quan trọng là GBFS là một loại phế phẩm từ ngành sản xuất thép, là chất thải rắn công nghiệp [6]. Vì thế SSC có lợi thế đáng kể so với XM thông thường bởi vì các nguyên liệu thô đều không cần nung, chỉ cần nghiền mịn và trộn đều để tạo ra SSC. Do đó việc chuẩn bị SSC rất đơn giản, xanh, tiêu thụ năng lượng thấp và ít phát thải CO₂. Như vậy, việc áp dụng SSC không chỉ có thể tái chế chất thải công nghiệp, mà còn cũng tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường.

Tại Việt Nam hiện cũng đã có một số nghiên cứu về SSC. Tuy nhiên việc sử dụng XM siêu sunfat thay thế cho XM truyền thống (PC, PCB) trong chế tạo BT vẫn còn khá hạn chế. Vì thế bài báo này đưa ra kết quả nghiên cứu chế tạo BT dùng XM siêu sunfat thay cho XM Pooclang hỗn hợp (PCB) đạt cường độ trên 30MPa và độ sụt 15-16cm.

2. Vật liệu - phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu chế tạo

XM sử dụng trong đề tài được là XM PCB 30 Hoàng Long và XM SSC. Trong đó XM SSC được nghiền từ 5% XM Hoàng Long, 75% xỉ lò cao Fumosa và 20% thạch cao khan. Các tính chất của XM cho trong Bảng 1. Xỉ lò cao khoảng 67% là pha thủy tinh, thành phần hóa có SiO₂ chiếm 39.8%, Al₂O₃ 17.53%, CaO 47.7%, MgO 10.6%, còn lại là các oxit khác. Thạch cao khan chứa nhiều CaSO₄, quy về oxit tương ứng là CaO chiếm 39.25%, SO₃ chiếm 55.81%.

Bảng 1. Tính chất cơ lý của các loại xi măng sử dụng trong thí nghiệm

Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	PCB	SSC
Độ mịn, theo phương pháp Blaine	cm ² /g	3900	3950
Lượng nước tiêu chuẩn	%	28	32
Thời gian Bắt đầu đông kết	phút	135	175
Thời gian Kết thúc đông kết	phút	176	400
Cường độ nén 3 ngày	MPa	18.97	11.08
Cường độ nén 28 ngày	MPa	34	33.3

Cát được sử dụng là cát vàng sông Lô và đá dăm Phủ Lý với một số tính chất được nêu ở Bảng 2, 3, 4, 5 (phù hợp với TCVN 7570:2006). Các tính chất của cát được xác định theo TCVN 7572:2006.

Phụ gia được sử dụng là phụ gia siêu dẻo Viscocrete 3000-20 của hãng Sika, có thành phần chính là polycarboxylate etc. Nước dùng để trộn bê tông là nước máy được lấy từ viện Vật liệu xây dựng, thỏa mãn yêu cầu TCVN 4506:2012.

⁽¹⁾ThS, Giảng viên, khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Email: <lexuanhau1989@gmail.com>

⁽²⁾ThS, Viện Vật liệu Xây dựng, Email: <chamtt87@gmail.com>

Bảng 2: Tính chất cơ lý của cốt liệu nhỏ

STT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2.67
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1450
3	Độ hồng	%	45.69
4	Độ hút nước	%	0.80
5	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1.00
6	Hàm lượng tạp chất hữu cơ	So màu	Không sẫm hơn màu chuẩn
7	Mô đun độ lớn		2.71

Bảng 3. Thành phần hạt của cát

Sét sàng (mm)	Tỷ lệ % sét sàng tích lũy	Yêu cầu kỹ thuật %
2.5	8.3	0-20
1.25	21.9	15-45
0.63	42.9	35-70
0.315	81.9	65-90
0.14	96.4	90-100
< 0.14	3.6	10
Moduls	2.51	

Bảng 4. Các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm

TT	Tính chất vật lý	Ký hiệu	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp xác định
1	Khối lượng riêng	ρ_d	g/cm ³	2.71	TCVN 7570:2006
2	Khối lượng thể tích	ρ_{vd}	kg/m ³	1540	TCVN 7570:2006
3	Độ rỗng giữa các hạt	V_r	%	45	TCVN 7570:2006
4	Đường kính hạt	D_{max}	mm	20	
5	Thành phần hạt				TCVN 7570 – 2006
6	Hàm lượng hạt thoi rẹp		%	≤15	
7	Độ hút nước		%	≤2	
8	Độ ẩm		%	≤1	
9	Hàm lượng bùn sét		%	≤1	

Bảng 5. Thành phần hạt của cốt liệu lớn

Cỡ sàng, mm	40	20	10	5
A_i (%)	0	8,76	60,84	97,31
A_i (%) (TCVN 7570:2006)	0	0 -10	40 -70	90 -100

Cấp phối bê tông thiết kế có yêu cầu cường độ tối thiểu là 30 MPa và độ sụt 15 - 16 cm. Tính toán cấp phối BT với XM PCB. Do cường độ 28 ngày của PCB và SSC tương đương nhau nên BT dùng SSC cũng sử dụng cấp phối tương tự. Cụ thể, cấp phối cho 1m³ BT, lượng dùng XM là 350 kg, đá dăm là 1133 kg, cát là 814 kg, nước 158 lít, phụ gia 3,5 lít.

2.2. Quy trình thí nghiệm và phương pháp nghiên cứu

Sau khi có cấp phối tính toán sơ bộ, đề tài tiến hành chế tạo các mẫu để thực nghiệm kiểm chứng xem các tính chất có đạt với mục tiêu đề ra không, bao gồm:

Các tính chất hỗn hợp bê tông (HHBT) như: độ sụt (TCVN 3106:1993), thời gian đông kết (TCVN 9338:2012), khối lượng thể tích (TCVN 3108:1993), hàm lượng bọt khí (TCVN 3111:1993), độ tách nước (TCVN 3109:1993).

Các tính chất của BT: cường độ nén (TCVN 3118:1993), độ hút nước (TCVN 3113:1993), moduls đàn hồi của

BT (TCVN 5726:1993), tính chống thấm của BT (TCVN 3116:1993).

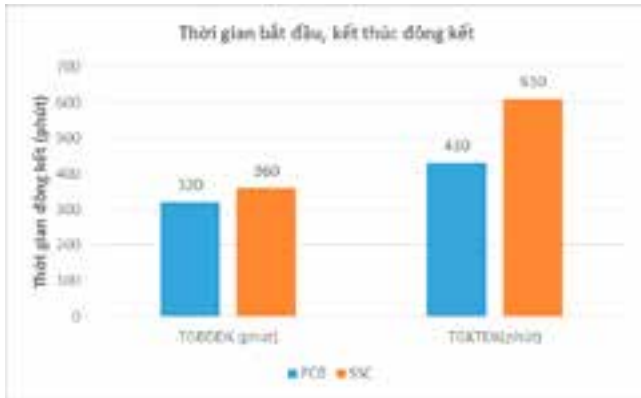
3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Lượng dùng phụ gia siêu dẻo thực tế

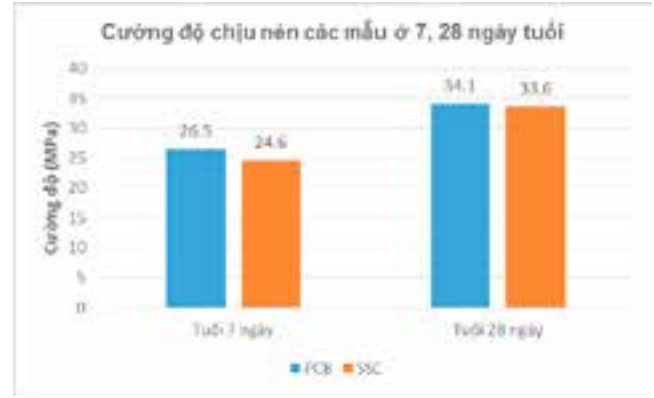
Có thể thấy rằng HHBT dùng SSC có độ linh động kém hơn so với mẫu đối chứng PCB30, vì để đạt được cùng độ sụt như yêu cầu (15-16 cm), cấp phối này phải sử dụng lượng PGSD là lớn hơn khoảng 0,1% (0,45% so với 0,35%). Trong thực tế thí nghiệm, độ sụt của cả 2 loại HHBT đều là 15cm.

3.2. Thời gian đông kết của các HHBT

Thời gian bắt đầu đông kết và kết thúc đông kết của HHBT dùng SSC đều lớn hơn so với PCB. Hiện tượng này có thể do 2 yếu tố: đó là hàm lượng PGSD sử dụng lớn hơn và đặc tính cơ bản của nhóm xi măng này có thời gian kết



Hình 1. Thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết của các HHTB



Hình 2. Cường độ chịu nén các mẫu ở 7, 28 ngày tuổi

thúc đông kết chậm hơn so với xi măng đối chứng.

3.3. Hàm lượng bọt khí và độ tách nước

Khi thay thế HHTB sử dụng PCB bằng SSC thì hàm lượng bọt khí có xu hướng giảm từ 1% chỉ còn 0.6%, mặc dù độ sụt của HHTB cơ bản không chế cùng một mức.

HHTB sử dụng xi măng SSC không tách nước, trong khi tỷ lệ tách nước của HHTB sử dụng xi măng PCB30 cao tới 0.4%. Tuy nhiên, độ tách nước đáp ứng yêu cầu không được vượt quá 0,8% của TCVN 3109: 1993.

Bảng 6. Hàm lượng bọt khí của các mẫu bê tông

Mẫu CP	Hàm lượng bọt khí (%)	Tách nước sau 1.5h (%)
PCB	1	0.4
SSC	0.6	0

3.4. Khối lượng thể tích của HHTB

Khối lượng thể tích của HHTB dùng PCB (2400 kg/m³) cao hơn khoảng 80 kg/m³ so với dùng SSC (2320 kg/m³). Nguyên nhân chủ yếu do khối lượng riêng của xi măng PCB30 là 3.1 g/cm³, cao hơn nhiều so với các mẫu xi măng SSC chỉ có khối lượng riêng khoảng 2.8 g/cm³.

3.5. Cường độ nén của bê tông

Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng, cường độ nén của bê tông dùng SSC thấp hơn so với dùng PCB (ở tuổi 7 ngày thấp hơn 7,17%, còn ở tuổi 28 ngày thấp hơn 1,46%). Như vậy ở tuổi dài ngày thì cường độ BT dùng SSC đã gần bằng

BT dùng PCB, tức là xu hướng phát triển ở tuổi muộn rất tốt của nhóm xi măng SSC.

3.6. Độ hút nước của bê tông

Bảng 7. Cường độ chịu nén các mẫu ở 7, 28 ngày tuổi

Mẫu	Tuổi 7 ngày		Tuổi 28 ngày	
	Cường độ (MPa)	Δ_7 (%)	Cường độ (MPa)	Δ_{28} (%)
PCB	26.5		34.1	
SSC	24.6	-7.17	33.6	-1.46

Qua thực nghiệm, thấy rằng độ hút nước ở tuổi 28 ngày của bê tông sử dụng xi măng SSC cao hơn tương đối nhiều khi so với mẫu sử dụng xi măng PCB đối chứng (3.2% so với 2.4%).

3.7. Moduls đàn hồi của bê tông

Bảng 8. Moduls đàn hồi của các mẫu ở 7 và 28 ngày tuổi

Mẫu	Moduls đàn hồi (GPa)			
	7 Ngày tuổi	28 ngày tuổi	Δ_7 (%)	Δ_{28} (%)
PCB	22.3	25.4	0	0
SSC	20.6	24.6	-7.6	-3.15



Hình 3. Thử nghiệm khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông



Nhận thấy tương tự như cường độ nén của BT, giá trị moduls đàn hồi của BT dùng SSC thấp hơn BT dùng PCB, nhưng càng ở tuổi dài ngày thì moduls đàn hồi của 2 loại BT càng gần nhau. Cường độ nén ở tuổi 28 ngày của các mẫu BT đều đạt yêu cầu trên 30 MPa.

3.8. Tính chống thấm và khả năng bảo vệ cốt thép khỏi ăn mòn của bê tông

Từ kết quả thí nghiệm cho thấy rằng, khi thay thế PCB bằng SSC thì độ thấm nước BT được cải thiện, B12 cho SSC (tương đương với áp suất 12 atm) so với B10 cho PCB.

Kết quả thử nghiệm khả năng bảo vệ cốt thép của bê tông được thể hiện trong bảng 10. Môi trường thử nghiệm là trong dung dịch NaCl 3% có dòng điện cường bức 5V chạy qua. Kết quả cho thấy thời gian xuất hiện rỉ sét của SSC là 134 ngày, trong khi của bê tông sử dụng PCB là 24 ngày. Đồng thời, với bê tông sử dụng PCB, 35 ngày đã xuất hiện vết nứt trong khi với bê tông sử dụng SSC thì trên 150 ngày vẫn chưa có xuất hiện vết nứt trên bề mặt bê tông. Điều này cho thấy rằng, bê tông sử dụng SSC có khả năng bảo vệ cốt thép tốt hơn rất nhiều so với bê tông sử dụng PCB thông thường. Do đó, bê tông cốt thép sử dụng SSC có thể làm việc trong môi trường xâm thực, nước biển.

Bảng 9. Khả năng bảo vệ cốt thép và thời gian xuất hiện vết nứt của BT

Mẫu	Số ngày xuất hiện rỉ sét	Số ngày xuất hiện vết nứt
PCB	24	35
SSC	134	> 150

4. Kết luận

Qua quá trình nghiên cứu, đề tài đã chế tạo được BT dùng SSC với cường độ trên 30 MPa và độ sụt 15-16cm

tương tự BT dùng PCB. Giá trị moduls đàn hồi của BT dùng SSC thấp hơn BT dùng PCB, nhưng càng ở tuổi dài ngày thì moduls đàn hồi của 2 loại BT càng gần nhau.

Thời gian đông kết và sự phát triển cường độ có BT dùng SSC có chậm hơn so với BT dùng PCB. Tuy nhiên có nhiều tính chất mà BT dùng SSC tốt hơn như: hàm lượng bọt khí, độ tách nước, khối lượng thể tích đều nhỏ hơn.

Độ chống thấm của BT dùng SSC tốt hơn B12 so với B10 của BT dùng PCB. Hơn nữa khả năng bảo vệ cốt thép, thời gian xuất hiện vết nứt của BT dùng SSC vượt trội so với BT dùng PCB.

Như vậy có thể thấy BT dùng SSC có rất nhiều ưu điểm về kỹ thuật cũng như bảo vệ môi trường. Do đó có thể tiếp tục nghiên cứu nhiều hơn nữa về BT dùng SSC để tiến tới ứng dụng vào sản xuất bê tông./.

Tài liệu tham khảo

1. (Cement Sustainability Initiative) CSI, 2005. CO2 Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry.
2. Cui, S.P., Liu, W., 2008. Analysis of CO2 emission reduction potential in cement production process. China Cement (4), 57e59 (in Chinese).
3. Erdem, E.Olmez, H., 1993. The mechanical properties of super sunfateddd cement containing phosphogypsum. Cement Concr. Res. 23 (1), 115e121.
4. Gao, Y.X., Yu, B.Y., Wang, J., 2014. Characteristics of hydration products and pore structure of super sulfate cement. J. Civil, Archi. Environ. Eng. 36 (3), 118e122 (in Chinese).
5. EN 15743:2010 - Supersulfated cement - Composition, specifications and conformity criteria.
6. Matschei T, Bellmann F and Stark J 2005 Hydration Behaviour of Sunfated - Activated Slag Cements Advances in Cement Research 17 (4).

Tính toán bu lông neo trong bê tông...

(tiếp theo trang 24)

Khả năng chịu kéo thiết kế của của 4 bu lông neo xác định như sau:

$$\phi N_{sa} = \phi n A_{se,N} f_{uta} = 0.7 \times 4 \times 2.45 \times 1.9 \times 3000 \\ = 391.02 KN$$

Khả năng chịu cắt thiết kế của của 4 bu lông neo xác định như sau:

$$\phi V_{sa} = \phi 0.6 n A_{se,N} f_{uta} = 0.7 \times 0.6 \times 4 \times 2.45 \times 1.9 \times 3000 \\ = 234.61 KN$$

Qua ví dụ trên ta có giá trị độ bền thiết kế kéo vỡ côn bê tông $\phi N_{cbg} = 27.58 KN$ và độ bền thiết kế vỡ côn bê tông

do lực cắt $\phi V_{cbg} = 21.20 KN$ cho trường hợp cụm bu lông sát mép bê tông. Các giá trị này rất nhỏ so với khả năng chịu kéo và cắt của bản thân bu lông neo $\phi N_{sa} = 391.02 KN$ và $\phi V_{sa} = 234.61 KN$. Nhận xét rằng khi làm việc mà bu lông bu lông sát mép bê tông khả năng chịu lực rất nhỏ so với khi tính độ bền của bu lông.

6. Kết luận

Bài báo đã trình bày cách tính toán khả năng chịu lực của lỏng neo trong bê tông theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 318-08.

Sự phá hoại bu lông neo rất phức tạp và xảy ra theo nhiều trường hợp khác nhau. Khả năng chịu lực của côn bê tông quanh bu lông neo suy giảm rất nhiều trong các trường hợp dùng bu lông neo đặt sau ở các vùng mà khoảng cách từ tâm bu lông đến mép và chiều sâu neo bu lông trong bê tông nhỏ./.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 5575:2012 Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế
2. TCVN 5574:2018 Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép
3. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary ACI 318-08
4. Phạm Văn Hội - Nguyễn Quang Viên - Phạm Văn Tư - Lưu Văn Tường, Kết cấu thép phần Cấu kiện cơ bản, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2006.