

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ bảo dưỡng đến cường độ của bê tông tự đầm tại Việt Nam

■ TS. LÊ VINH AN; TS. THÁI KHẮC CHIẾN - Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về đặc tính của bê tông tự đầm thi công và bảo dưỡng trong điều kiện thời tiết nóng tại Việt Nam. Bê tông tự đầm được sử dụng trong nghiên cứu dùng xi măng Poóc-lăng kết hợp với tro bay hoặc bột đá vôi để tăng hàm lượng hạt mịn. Thành phần bê tông tự đầm được chế tạo trong điều kiện nhiệt độ thường (điều kiện tiêu chuẩn) $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ đạt độ chảy lan 700mm. Trên cơ sở thành phần đã thiết kế ở nhiệt độ thường, hỗn hợp vật liệu đầu vào được nung nóng lên 50°C để mô phỏng điều kiện nhiệt độ cao, đồng thời bổ sung thêm nước nhằm giữ nguyên độ chảy lan của hỗn hợp. Mẫu bê tông tự đầm được chế tạo và bảo dưỡng theo điều kiện tiêu chuẩn Việt Nam được gọi là mẫu đối chứng, còn nhóm mẫu được nhào trộn ở 50°C được chia làm hai loại, một loại được bảo dưỡng ở nhiệt độ 50°C , loại thứ hai được bảo dưỡng theo điều kiện tiêu chuẩn đến thời điểm thí nghiệm. Cường độ nén được xác định ở 1, 7 và 28 ngày tuổi với mẫu trụ $15\times 30\text{cm}$. Kết quả cho thấy, hỗn hợp tại nhiệt độ cao sử dụng tro bay cần bổ sung thêm lượng nước thấp hơn hỗn hợp sử dụng bột đá vôi để giữ nguyên độ chảy lan ban đầu. Ngoài ra, việc tăng nhiệt độ trộn và lượng nước trộn làm giảm khả năng chịu lực của bê tông sau 28 ngày so với mẫu đối chứng, tuy nhiên bảo dưỡng ở nhiệt độ cao có xu hướng làm tăng cường độ sớm ở 1, 7 ngày.

TỪ KHÓA: Bê tông tự đầm, thời tiết nóng, nhiệt độ nhào trộn, bảo dưỡng

KEYWORDS: The paper presents the results of empirical research on the properties of self-compacting concrete (SCC) mixed and maintained in hot weather conditions in Vietnam. SCC is used in the study using Portland cement in combination with fly ash or limestone powder to increase the fine-grained content. The SCC is mixed and cured under normal temperature of $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ with a slump flow of 700mm (control sample). Base on the control sample the materials is heated to 50°C to simulate high temperature conditions, while adding water to keep the slump flow. The SCC sample is mixed at 50°C then divide in two group, one is cured

at $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ and the other is cured at 50°C until experiment. Compressive strength is determined at 1, 7 and 28 days with cylinder specimen of $15\times 30\text{cm}$. The results show that the mixture at high temperature using fly ash needs to add less water than the mixture using limestone powder to keep the initial slump flow. In addition, increasing the temperature of the mixture reduces the compressive strength of the mixture at 28 days compared to the control sample. However, curing at high temperatures tends to increase the early compressive strength at 1 and 7 days.

KEYWORDS: Self-compacting concrete, hot weather, mixing temperature, curing temperature.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông tự đầm là loại bê tông không cần đầm rung khi đổ bê tông. Nó có nhiều ưu điểm vượt trội so với bê tông truyền thống nên ngày càng được sử dụng rộng rãi trên thế giới và tại Việt Nam. Hỗn hợp bê tông tự đầm có lượng phụ gia siêu dẻo, lượng vữa cao hơn, đường kính và hàm lượng cốt liệu thô thấp hơn; hàm lượng hạt mịn lớn hơn nên có thể dẫn tới sự thay đổi tính chất khác biệt so với bê tông truyền thống, đặc biệt là trong điều kiện khí hậu nóng. Đối với công tác bê tông trong thời tiết nóng, mặc dù có những tài liệu hướng dẫn về ảnh hưởng của điều kiện thi công này tới đặc tính của bê tông truyền thống [1,2,3], tuy nhiên cho tới nay những ảnh hưởng này chưa được nghiên cứu đầy đủ đối với bê tông tự đầm, đặc biệt là với điều kiện cụ thể tại Việt Nam.

Nghiên cứu này nhằm làm rõ ảnh hưởng của nhiệt độ cao tới độ chảy lan và phương pháp điều chỉnh lượng nước, lượng phụ gia siêu dẻo (nếu cần) nhằm giữ nguyên độ chảy lan ban đầu. Sự thay đổi của cường độ bê tông trong điều kiện nhào trộn và bảo dưỡng so với mẫu đối chứng cũng sẽ được xác định. Nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành tại Phòng Thí nghiệm Vật liệu xây dựng, Trường Đại học GTVT.

2. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

2.1.1. Xi măng

Tác giả sử dụng xi măng Poóc-lăng Bút Sơn PC40,

có các chỉ tiêu kỹ thuật thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 2682:2009. Cường độ nén của các loại xi măng này được xác định theo tiêu chuẩn của TCVN 6016:2011. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của các loại xi măng trên được đưa ra trong Bảng 2.1, 2.2, 2.3.

Bảng 2.1. Thành phần hóa học của xi măng Bút Sơn PC40

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO tương đương
21,65	5,25	3,42	65,0	0,06	1,80	0,25	0,72	0,125

Bảng 2.2. Thành phần khoáng vật của xi măng Bút Sơn PC40

C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
51,74	24,20	8,16	10,35

Bảng 2.3. Các tính chất cơ lý của xi măng Bút Sơn PC40

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Tiêu chuẩn	Kết quả thí nghiệm
1	Độ bền nén			29,0
	- 3 ngày	MPa	TCVN 6016:1995	41,4
	- 7 ngày			49,1
- 28 ngày				
2	Thời gian đông kết			
	- Bắt đầu - Kết thúc	Phút	TCVN 6017:1995	105 160
3	Khối lượng riêng	g/cm ³	TCVN 4030:2003	3,1
4	Lượng nước tiêu chuẩn	%	TCVN 6017:1995	30,0

2.1.2. Bột đá vôi

Loại bột đá được sử dụng là bột đá vôi tại Hà Nam, kích thước 0/90µm. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của bột đá được thể hiện trong Bảng 2.4.

Bảng 2.4. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của bột đá vôi

Thành phần hóa học					
Oxides	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaCO ₃	MgO
% khối lượng	0,1	0,1	0,02	98	0,02
Tính chất vật lý					
D ₉₇ = 28 ± 2,0 µm	Khối lượng riêng (g/cm ³) = 2,7				
D ₅₀ (µm) = 7,0 ± 1,0 µm					

2.1.3. Phụ gia hóa học

Phụ gia hóa học được sử dụng là loại phụ gia siêu dẻo thương hiệu Sika Viscocrete 3000-20M có gốc Polycarboxylate. Các tính chất của loại phụ gia này được thể hiện trong Bảng 2.5.

Bảng 2.5. Phụ gia hóa học (SP)

Loại	Thành phần chính	Hàm lượng sử dụng (%)	Khối lượng riêng
Phụ gia siêu dẻo	Polycarboxylate	1,1 - 1,6	1,1

2.1.4. Cốt liệu

Cốt liệu thô được sử dụng trong thí nghiệm là loại đá dăm Quốc Oai có đường kính lớn nhất đạt 9,5mm. Cát sử dụng là loại cát tự nhiên Sông Đà có cấp phối thỏa mãn TCVN, độ sạch đạt yêu cầu, đường kính lớn nhất đạt 5mm. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của cốt liệu được thể hiện trong Bảng 2.6.

Bảng 2.6. Các tính chất của cốt liệu

Loại khoáng vật	Cốt liệu mịn (cát)		Cốt liệu thô (đá)	
	Siliceous	Siliceous	Siliceous	Siliceous
Cấp phối	0/5mm		5/9,5mm	
Hình dạng	Tròn		Góc cạnh	
Khối lượng riêng (kg/m ³)	2520		2650	
Độ ẩm (%)	1,60		1,20	

2.1.5. Hỗn hợp thí nghiệm

Sử dụng phương pháp tính toán thành phần bê tông tự đầm của Nhật Bản (JSCE) kết hợp với điều chỉnh bằng thực nghiệm, thành phần của các hỗn hợp bê tông thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 2.7. Sau khi tính toán sơ bộ thành phần thì lượng nước và phụ gia siêu dẻo được điều chỉnh sao cho độ chảy lan là 700mm đối với bê tông tự đầm sử dụng bột đá vôi. Thành phần bê tông tự đầm sử dụng tro bay được lấy tương tự như đối với bột đá vôi để so sánh sự khác biệt giữa hai loại phụ gia khoáng mịn. Đối với các hỗn hợp thí nghiệm được tiến hành ở nhiệt độ ban đầu là 50°C, nước sẽ được bổ sung thêm vào nhằm đảm bảo giữ được độ chảy tương tự hỗn hợp đối chứng được tiến hành ở nhiệt độ 27±2°C. Dựa vào kết quả tính toán và điều chỉnh bằng thí nghiệm ta có kết quả như sau:

Bảng 2.7. Thành phần hỗn hợp (kg/m³)

	C1	TB	BD	C	Đ	PGSD	Nước
SCC1-27	474	/	107	857	716	8,71	180
SCC1-50	474	/	107	875	716	8,71	180 + 18*
SCC2-27	474	107	0	857	716	8,71	180
SCC2-50	474	107	0	857	716	8,71	180 + 10*

*: Thêm nước để giữ ổn định độ chảy; 27, 50 là nhiệt độ nhào trộn

2.2. Phương pháp thí nghiệm

2.2.1. Phương pháp để đạt được nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, tác giả chọn một giá trị ở nhiệt độ cao và một giá trị ở nhiệt độ thường. Nhiệt độ ban đầu của các hỗn hợp thí nghiệm được lựa chọn là 27°C và 50°C. Nhiệt độ 27°C được coi như giá trị nhiệt độ tiêu chuẩn với công tác bê tông trong điều kiện thông thường tại Việt Nam. Mẫu tại nhiệt độ này được gọi là các mẫu đối chứng. Nhiệt độ 50°C được xác định như là giới hạn trên của nhiệt độ của hỗn hợp bê tông tươi khi bê tông được chế tạo từ cốt liệu phơi dưới bức xạ mặt trời (nhiệt độ bề mặt của cốt liệu có thể tới 80°C). Nhiệt độ 50°C là nhiệt độ khắc nghiệt được chọn nhằm phản ánh trường hợp những ngày hè nóng nhiệt độ môi trường lên cao có thể đạt hơn 40°C thì bê tông trong quá trình nhào trộn và bảo dưỡng sẽ bị bốc hơi và hấp thụ nhiệt nên có thể đạt tới 50°C. Để đưa nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp lên 50°C, các vật liệu (bao gồm cốt liệu, xi măng và bột đá) được sấy tới nhiệt độ 80°C.

2.2.2. Phương pháp trộn và thí nghiệm ở trạng thái tươi

Mỗi mẻ trộn được tiến hành theo ba bước. Đầu tiên, cốt liệu, xi măng và bột đá được đưa vào máy trộn trong 60 giây. Tiếp theo, nước và 1/3 lượng phụ gia siêu dẻo được hòa lẫn và đưa vào trộn cùng với các vật liệu trên trong 90 giây. Cuối cùng, lượng phụ gia siêu dẻo còn lại được đưa vào trộn trong thời gian 180 giây. Kết thúc quá trình trộn, hỗn hợp được tiến hành thí nghiệm xác định độ chảy xòe (bao gồm thời gian T₅₀), xem như tiêu chuẩn nghiệm thu hiện trường.

Đối với các hỗn hợp thí nghiệm với nhiệt độ ban đầu là 50°C, nếu như độ chảy xòe không đạt được giá trị tương đương với mẫu đối chứng, nước được trộn bổ sung vào hỗn hợp. Nếu như giá trị độ chảy xòe được

đo lại mà vẫn chưa đạt yêu cầu thì việc bổ sung nước được lặp lại (chi tiết theo Bảng 2.5). Riêng với hỗn hợp thí nghiệm SCC2, chúng tôi nhận thấy rằng giá trị độ chảy lan đạt yêu cầu khi lượng nước phải bổ sung nhỏ hơn so với thí nghiệm SCC1.

Một số thí nghiệm khác cũng được tiến hành ở trạng thái tươi để đánh giá khả năng tự đầm như thí nghiệm với phểu chữ V và thí nghiệm ổn định sàng.

2.2.3. Bảo dưỡng mẫu

Các mẫu bê tông tự đầm hình trụ tròn 15x30cm, được chuẩn bị thành 3 nhóm như sau: 1) Mẫu được nhào trộn và bảo dưỡng theo điều kiện tiêu chuẩn của Việt Nam (TCVN 3105:1993) 27±2°C, 100% RH tới thời điểm thí nghiệm; 2) mẫu được nhào trộn ở 50°C và bảo dưỡng ở 50°C; 3) mẫu được nhào trộn ở 50°C và bảo dưỡng ở 27±2°C. Với nhóm hai, chúng tôi muốn tìm hiểu ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến quá trình phát triển cường độ của bê tông. Nhóm ba sẽ mô phỏng mẫu kiểm tra tại hiện trường. Bê tông sau khi nhào trộn trong điều kiện nóng sẽ được đo tính công tác, sau đó đem đúc mẫu đối chứng. Mẫu này sẽ được bảo dưỡng tại phòng thí nghiệm hiện trường.

Kết quả khi nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ tại nhiệt độ thấp và nhiệt độ cao sẽ đưa ra thông tin cần thiết về ứng xử của bê tông trong thời tiết nóng và là cơ sở để dự đoán trong ứng xử trong trường hợp nhiệt độ môi trường thay đổi.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính công tác

Các thí nghiệm để đánh giá các đặc tính của bê tông tự đầm ở trạng thái tươi như: Khối lượng thể tích, độ chảy lan (bao gồm thời gian T₂₀₀), thời gian chảy qua phểu V và độ ổn định sàng đã được tiến hành. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Đặc tính ở trạng thái tươi

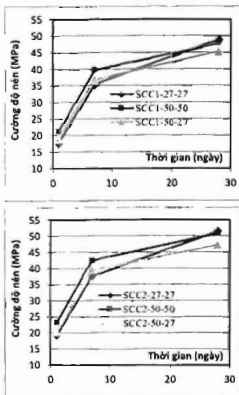
	SCC1-27	SCC2-27	SCC1-50	SCC2-50
Khối lượng thể tích (kg/m ³)	2340	2333	2335	2329
Độ chảy				
Dương kính trung bình (cm)	70	72	68	69
t50 (s)	2,0	1,8	2,0	1,8
Thời gian chảy qua phểu (V-funnel)	13	9	14	11
Đổ ổn định (V-funnel at T ₂₀₀)	+1	+0	+1	+0

Nói chung, khi đưa nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp lên 50°C, việc bổ sung thêm nước để duy trì độ chảy đều không ảnh hưởng lớn đến kết quả thí nghiệm độ chảy lan và độ chảy qua phểu V, bê tông sử dụng tro bay cùng liều lượng so với bột đá vôi sẽ có tính công tác tốt hơn. Mẫu bê tông tự đầm sử dụng tro bay (SCC2) cần bổ sung nước ít hơn so với bê tông tự đầm sử dụng bột đá vôi và vẫn đảm bảo khả năng tự đầm và sự ổn định. Độ ổn định cũng đạt yêu cầu đối với bê tông tự đầm ở nhiệt độ cao.

3.2. Cường độ

Cường độ nén (1, 7 và 28 ngày tuổi) được thể hiện trên Hình 3.1 với ký hiệu SCC1(2)-27-27 là SCC sử dụng bột đá vôi (tro bay) được nhào trộn và bảo dưỡng tại 27±2°C. SCC1-50-50 là SCC sử dụng bột đá vôi (tro bay) được nhào trộn và bảo dưỡng tại 50°C. SCC1(2)-

50-27 là SCC sử dụng bột đá vôi (tro bay) được nhào trộn tại 50°C và bảo dưỡng tại 27±2°C.



Hình 3.1: Cường độ nén ở 1, 7 và 28 ngày của các mẫu bê tông tự đầm

Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng, không phân biệt mẫu thí nghiệm (SCC1 hoặc SCC2), việc tăng nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp và nhiệt độ bảo dưỡng không làm ảnh hưởng bất lợi đến cường độ nén ở 1, 7 ngày tuổi mà còn tăng đôi với mẫu được bảo dưỡng ở nhiệt độ cao, mẫu SCC1-50-50 và SCC2-50-50 tăng 12.4% và 13.07% cường độ sau 7 ngày so với mẫu SCC1-27-27 và SCC2-27-27.

Cả hai loại bê tông SCC1-50, SCC2-50 đều phải thêm nước vào trong hỗn hợp khi trộn trong điều kiện nhiệt độ cao, tương tự với điều kiện khi thời tiết nóng, mang đến cường độ sớm so với mẫu thí nghiệm được nhào trộn và bảo dưỡng ở nhiệt độ thường 27°C. Suy giảm cường độ khi bổ sung nước được phát hiện tại thời điểm 28 ngày cho tất cả các mẫu thí nghiệm. Tuy nhiên, các mẫu được bảo dưỡng nóng tại 50°C thì cường độ sau 28 ngày thấp hơn không đáng kể so với mẫu đối chứng (ngoài ra SCC2-50-50 giảm ít hơn SCC1-50-50). Điều này, theo chúng tôi, có thể được giải thích bởi nhiệt độ cao kích thích tốc độ phản ứng và nâng cao tốc độ hình thành các sản phẩm phản ứng, từ đó nâng cao cường độ sớm. Một phần nước bay hơi ở giai đoạn nhào trộn ban đầu và khi bảo dưỡng nóng cũng góp phần nâng cao cường độ sớm. Tại thời điểm 28 ngày khi các phản ứng thủy hóa diễn ra khá triệt để thì mẫu đối chứng tại nhiệt độ thường sẽ dưới cấp tốc độ phát triển của mẫu được bảo dưỡng nóng, khi đó lượng nước thêm vào khi trộn ở nhiệt độ cao sẽ làm giảm cường độ ở tuổi muộn. Ngoài ra, kết quả thí nghiệm còn cho thấy bê tông tự đầm sử dụng thêm tro bay mà thành phần hạt mịn này có tính thủy hóa và tính pozzolan nên cường độ của bê tông sẽ cao hơn so với bê tông tự đầm sử dụng hạt mịn tro là bột đá vôi.

4. KẾT LUẬN

Ảnh hưởng của nhiệt độ tới đặc tính của bê tông tự đầm chế tạo trong điều kiện thời tiết nóng đã được tiến hành nghiên cứu. Sự tăng nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp bê tông sẽ làm giảm tính công tác và kéo theo sự cần thiết phải bổ sung thêm nước nhào trộn. Việc bổ sung nước nhằm giữ nguyên độ chảy lan không làm giảm cường độ sớm mà chỉ giảm tại tuổi muộn. Bê tông tự đầm sử dụng tro bay để tăng hàm lượng hạt mịn có tính công tác và cường độ nén tốt hơn bê tông tự đầm sử dụng bột đá vôi khi sử dụng cùng cấp phối. Tại nhiệt độ cao, việc bổ sung nước cần thiết cho bê tông dùng tro bay cũng ít hơn.

Với mẫu vừa được nhào trộn và bảo dưỡng tại 50°C thì cải thiện được cường độ sớm tại 1 và 7 ngày tuổi và giảm không đáng kể cường độ tại 28 ngày tuổi so với mẫu được nhào trộn và bảo dưỡng tại $27 \pm 2^\circ\text{C}$.

Nghiên cứu cho thấy, với bê tông tự đầm khi thi công ở điều kiện nóng, nên sử dụng các loại vật liệu đầu vào tạo ra tính công tác tốt, từ đó cần bổ sung thêm ít nước khi trộn kéo theo sẽ giảm ảnh hưởng đến cường độ tại tuổi muộn.

Tài liệu tham khảo

- [1]. ACI Committee 305 (1991), *Hot weather concreting*, Journal of the American Concrete Institute, 88, No. 4, 417-436.
- [2]. FIP Guide to Good Practice (1986), *Concrete Construction in Hot Weather*, Thomas Telford, London.
- [3]. M. Mouret, A. Bascou, G. Escadeillas (2003), *Strength impairment of concrete mixed in hot weather: relation to porosity of bulk fresh concrete paste and maturity*, Magazine of Concrete Research, 55(3), 215-223.
- [4]. TCVN 6016:2011, *Xi măng - Phương pháp thử - Xác định cường độ*.
- [5]. TCVN 3105:1993, *Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nhẹ - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*.
- [6]. JSCE, *Manual for Mixture Proportioning of Self-compacting Concrete*, <http://www.jsce.or.jp>.

Ngày nhận bài: 19/01/2019

Ngày chấp nhận đăng: 20/02/2019

Người phản biện: TS. Nguyễn Quang Tuấn
TS. Đặng Minh Tân