

Nghiên cứu ảnh hưởng của xỉ lò cao nghiền mịn đến tính chất của hỗn hợp bê tông tự lèn chất lượng cao

Trần Như Hợp¹, Bùi Thị Mai Hương¹, Lê Thanh Hà^{1*}

¹ Trường Đại học Giao thông vận tải

TỪ KHOẢ

Xi lò cao nghiền mịn
Bê tông tự lèn chất lượng cao
Lượng bảo hòa phụ gia siêu dẻo
Độ nhớt
Khả năng điền đầy
Khả năng chảy qua cốt thép
Khả năng chống phân tầng

TÓM TẮT

Bài báo trình bày ảnh hưởng của xỉ lò cao nghiền mịn (XLCNM) đến tính chất của hỗn hợp bê tông tự lèn chất lượng cao (BTTLCLC). Hàm lượng xỉ lò cao được sử dụng từ 10- 50 % thay thế lượng dùng xi măng trong BTTLCLC có sử dụng 7 % silica fume. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng sử dụng XLCNM kết hợp với silica fume có thể chế tạo hỗn hợp BTTLCLC có khả năng tự lèn tốt. Tăng hàm lượng XLCNM làm giảm lượng bảo hòa phụ gia siêu dẻo của hỗn hợp bê tông trong khi vẫn đảm bảo tính tự lèn tốt theo yêu cầu. Ở tỷ lệ N/CKD=0,26; 30-40 % XLCNM cho hỗn hợp BTTLCLC có độ nhớt thấp nhất, khả năng điền đầy, khả năng chảy qua cốt thép và khả năng chống phân tầng tốt nhất.

KEYWORDS

Ground-granulated blast-furnace slag
Self-compacting high performance concrete
Superplasticizer saturation dosage
Plastic viscosity
Filling ability
Passing ability
Segregation resistance

ABSTRACT

This article presents the influence Ground-granulated blast-furnace slag (GGBFS) on properties of self-compacting high performance concrete (SCHPC). The cement contents were replaced by GGBFS in the range of 10-50 % in SCHPC using 7 % silica fume. The results of experimental research show that using GGBFS combined with silica fume can produce SCHPC with good self-compactability. Increasing GGBFS contents could reduce the superplasticizer saturation dosage of the fresh SCHPC while still ensuring the required high self-compactability. At W/B ratio = 0.26; using 30-40 % GGBFS could produce SCHPC with the lowest plastic viscosity, and the greatest filling ability, passing ability and segregation resistance.

1. Đặt vấn đề

Bê tông tự lèn là loại bê tông có thể chảy và lèn chặt dưới trọng lượng bản thân, đi qua các khoảng trống giữa các thanh cốt thép để lấp đầy cốt pha, đồng thời duy trì thành phần ổn định [1-3]. Bê tông tự lèn chất lượng cao (BTTLCLC) được định nghĩa là thể hệ bê tông mới trên cơ sở bê tông tự lèn (BTTL) và bê tông tính năng cao (BTTCN). Do đó, BTTLCLC có đủ khả năng tự lèn (khả năng lấp đầy, khả năng chảy qua, khả năng chống phân tầng) của SCC và cường độ cao, độ bền tốt của BTTCN [4]. Để đáp ứng các yêu cầu này, cần phải sử dụng một khối lượng lớn xi măng Portland, lượng phụ gia hóa học rất cao, tức là phụ gia siêu dẻo (SD) và phụ gia điều chỉnh độ nhớt, cũng như phụ gia khoáng hoạt tính, ví dụ: silica fume (SF), được sử dụng [3-5]. Điều này dẫn đến những nhược điểm chính của BTCLC về chi phí cao và tác động đến môi trường.

Về thành phần hỗn hợp, BTTLCLC khác biệt với bê tông thông thường chủ yếu do hàm lượng chất kết dính (xi măng và phụ gia khoáng) cao hơn. Việc thay thế một phần bằng phụ gia khoáng có thể làm giảm hàm lượng xi măng và giúp giảm chi phí của BTTLCLC. Nó cũng hạn chế những tác động tiêu cực của nhiệt trong quá trình thủy hóa xi măng, đặc biệt là giảm nguy cơ nứt do biến dạng nhiệt. Hơn nữa, phụ gia khoáng góp phần tạo ra khối lượng hồ lớn hơn trong bê tông, đây là một yếu tố quan trọng để đạt được khả năng thi công tốt.

Hồ xi măng bao phủ và tách các hạt cốt liệu, tạo thành lớp "bôi trơn". Lớp này làm giảm ma sát giữa chúng và tạo điều kiện cho sự di chuyển và sắp xếp của chúng [6]. Ít nhất một hoặc nhiều phụ gia khoáng thường được kết hợp với xi măng Portland để sản xuất BTTLCLC. Hơn 25 % chất kết dính bậc ba (xi măng và hai phụ gia khoáng) và khoáng 5 % chất kết dính bậc bốn (xi măng và ba phụ gia khoáng) đã được sử dụng [7]. Tất cả các loại phụ gia khoáng, tức là thủy lực gần như trơ, pozzolanic và tiềm ẩn, đã được áp dụng. Mỗi loại phụ gia khoáng có tác dụng khác nhau lên tính chất của cả bê tông tươi và bê tông đã cứng. Mỗi phụ gia khoáng đều có ưu điểm và nhược điểm riêng. Sự kết hợp của nhiều loại phụ gia khoáng khác nhau có thể khai thác lợi thế của chúng và tăng mức độ thay thế xi măng.

Xi lò cao nghiền mịn (XLCNM) từ các nhà máy thép được chứng minh là một loại chất kết dính phụ thêm rất hiệu quả cho xi măng và vật liệu gốc xi măng, nếu được sử dụng đúng cách. Việc sử dụng hiệu quả và phổ biến XLCNM trong bê tông thay thế xi măng ở Việt Nam là cần thiết bởi chúng giúp tăng tính công tác trong hỗn hợp bê tông, giảm nhiệt thủy hoá, tăng bền nhiệt, chống thấm cho bê tông, đáp ứng nhu cầu tăng độ bền và tuổi thọ cho các công trình, tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên và đảm bảo yêu cầu phát triển bền vững cho ngành sản xuất bê tông ở Việt Nam. Trong nghiên cứu này, XLCNM được sử dụng thay thế cho xi măng với hàm lượng 10-50 % để chế tạo BTTLCLC sử dụng 7 % silica fume. Ảnh hưởng của hàm

*Liên hệ tác giả: halethanh@utc.edu.vn

Nhận ngày 30/09/2023, sửa xong ngày 26/02/2024, chấp nhận đăng ngày 01/03/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2024.576>

lượng XLCNM đến lượng bão hòa phụ gia siêu dẻo, độ nhớt, khả năng điền đầy, khả năng chảy qua cốt thép và khả năng chống phân tầng của hỗn hợp BTTCLC được nghiên cứu.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu chế tạo

Các vật liệu trong đề tài nghiên cứu này là: Xi măng, cốt liệu nhỏ (cát vàng), cốt liệu lớn (đá dăm), nước, phụ gia siêu dẻo, xi lò cao nghiền mịn và silica fume. Từng vật liệu đều được kiểm tra các chỉ tiêu thí nghiệm và thoả mãn các theo tiêu chuẩn khảo sát.

a) *Xi măng*: Đề tài đã sử dụng loại xi măng Cẩm Phả PC50 – Tổng Công ty Cổ phần xuất nhập khẩu và Xây dựng Việt Nam (Vinaconex) đầu tư. Kiểm tra các chỉ tiêu thí nghiệm đáp ứng theo TCVN 2682:2009 có cường độ chịu nén 28 ngày đạt 58 MPa. Thành phần hoá của xi măng được thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2;

Bảng 1. Thành phần hoá (%) của xi măng PC50 Cẩm Phả và XLCNM.

Oxit	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MKN
Xi măng	20,4	3,2	4,94	65,77	1,21	1,83	0,69	0,15	3,19
XLCNM	35,88	-	12,99	38,13	7,5	-	0,78	0,23	1,5

Bảng 2. Thành phần khoáng (%) trong Clinker của xi măng PC50 Cẩm Phả.

Khoáng	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
%	68,36	6,92	7,68	9,73

b) *Phụ gia hoá học*: Đề tài dùng phụ gia siêu dẻo thế hệ thứ 3 (PGSD) polycarboxylic ether (PCE) cải tiến, của hãng BASF (cũ), nay thuộc Công ty Sika AG.

c) *Xi lò cao nghiền mịn*: XLCNM sử dụng trong đề tài là xi của KLH sản xuất gang thép Hòa Phát tại Kinh Môn – Hải Dương. Vật liệu thoả mãn theo TCVN 11586:2016. Thành phần hoá của XLCNM được thể hiện trong Bảng 3;

Bảng 3. Chỉ tiêu cơ lý của XLCNM.

Chỉ tiêu thử	Đơn vị	Kết quả	Yêu cầu kĩ thuật TCVN 8827:2011	Phương pháp thử
1. Khối lượng riêng	%	2,83	-	TCVN 4030:2003
2. Độ ẩm	%	1,0	≤ 3,0	TCVN 7572-7:2006
3. Hàm lượng mất khi nung	%	1,5	≤ 6,0	TCVN 141:2008

d) *Silica Fume*: Silica Fume dùng trong đề tài là Sikacrete PP1 dạng nén 20kg, do Công ty Sika hữu hạn Việt Nam – Chi nhánh Bắc Ninh cung cấp, nguyên liệu thoả mãn TCVN 8827:2011. Một số chỉ tiêu kỹ thuật của Silica Fume được thể hiện trong Bảng 4;

Bảng 4. Chỉ tiêu cơ lý của Silica Fume.

Chỉ tiêu thử	Đơn vị	Kết quả	Yêu cầu kĩ thuật TCVN 8827:2011	Phương pháp thử
1. Khối lượng riêng	%	2,24	-	TCVN 4030:2003
2. Độ ẩm	%	0,55	≤ 3,0	TCVN 7572-7:2006
3. Hàm lượng mất khi nung	%	2,78	≤ 6,0	TCVN 141:2008
4. Hàm lượng SiO ₂	%	92,8	≥ 85,0	TCVN 7131:2002

e) *Cốt liệu nhỏ*: Cát có nguồn gốc từ Cát Sông Lô, tỉnh Phú Thọ. Đề tài dùng Cát vàng hạt thô, kiểm tra một số chỉ tiêu theo TCVN 7572:2006 và đảm bảo yêu cầu kĩ thuật theo TCVN 7570:2006, được thể hiện trong Bảng 5;

Bảng 5. Chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu nhỏ.

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Kết quả	Đơn vị	Phương pháp thử
1	Khối lượng thể tích	2,628	g/cm ³	TCVN 7572-4:06
2	Khối lượng thể tích xốp	1,495	g/cm ³	TCVN 7572-6:06
3	Mô đun độ lớn	2,83		TCVN 7572-2:06
4	Hàm lượng chung bụi, bùn, sét	0,54	%	TCVN 7572-8:06

f) *Cốt liệu lớn*: Đá dăm Dmax = 12,5mm được dùng trong đề tài có nguồn gốc ở mỏ đá thuộc tỉnh Hà Nam. Một số chỉ tiêu được thể hiện trong Bảng 6;

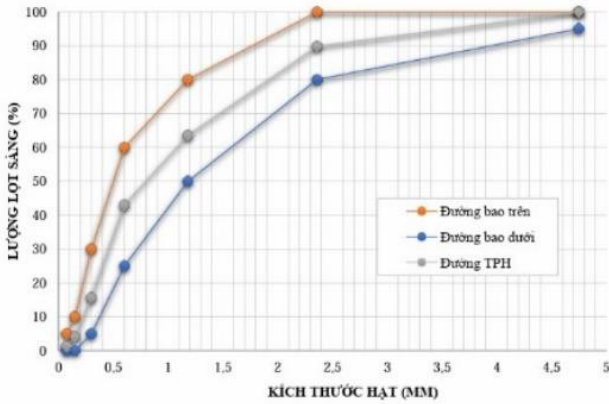
Bảng 6. Chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu lớn.

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Kết quả	Đơn vị	Phương pháp thử
1	Hàm lượng hạt thô dẹt	6,7	%	TCVN 7572-13:06
2	Cường độ nén đập bão hoà nước trong Xi lạnh	8,26	%	TCVN 7572-11:06
3	Khối lượng thể tích	2,67	g/cm ³	TCVN 7572-4:06
4	Khối lượng thể tích xốp	1,425	g/cm ³	TCVN 7572-6:06
5	Hàm lượng chung bụi, bùn, sét	0,68	%	TCVN 7572-8:06

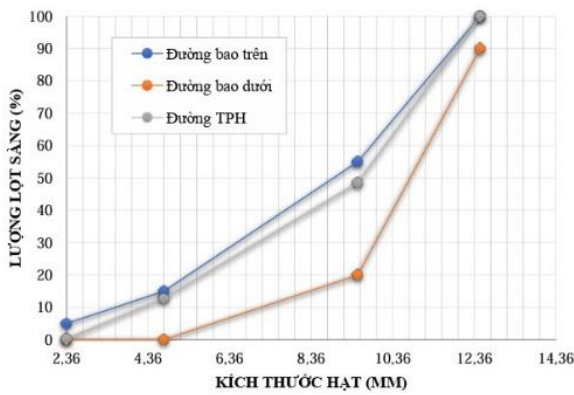
g) *Nước*: Nước được dùng từ nước sinh hoạt, đảm bảo theo TCVN 4506:2012.

2.2. Thành phần cấp phối của bê tông tự lèn chất lượng cao

Tỷ lệ phối hợp giữa các loại cốt liệu sẽ cho phân bố kích thước hạt của hỗn hợp cốt liệu rất hợp lý. Trong nghiên cứu này thành phần hạt của cốt liệu chạy từ: Dmax = 12,5 mm đến Dmin = 0,075 mm. Trên cơ sở vật liệu lựa chọn như trên, cùng chỉ tiêu kĩ thuật yêu cầu của bê tông tự lèn chất lượng cao, thành phần cấp phối BTTCLC được thiết kế với độ chảy loang (600 - 800) mm và cường độ nén (80 - 100) MPa.



Hình 1. Thành phần hạt của cốt liệu nhỏ.



Hình 2. Thành phần hạt cốt liệu lớn.



Hình 3. Quy trình trộn hỗn hợp BTTLCLC.

Thành phần cấp phối của bê tông tự lên chất lượng cao được xác định theo lý thuyết thể tích tuyệt đối. Tỷ lệ nước trên tổng chất kết dính được thiết kế cố định theo tỷ lệ $N/CKD = 0,26$; Xi lò cao nghiền mịn được thay thế cho xi măng với hàm lượng tăng dần là: 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % và 50 % theo khối lượng, như được trình bày trong Bảng 7.

Bảng 7. Thành phần cấp phối BTTLCLC.

Cấp phối	N/C KD	XM	XLCNM	Silica Fume	Nước	Cát	Đá dăm
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
0% XLCNM	0,26	586	0	44	168	850	800
10% XLCNM	0,26	523	63	44	168	850	800
20% XLCNM	0,26	460	126	44	168	850	800
30% XLCNM	0,26	397	189	44	168	850	800
40% XLCNM	0,26	334	252	44	168	850	800
50% XLCNM	0,26	271	315	44	168	850	800

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình trộn: Vật liệu sau khi được cân đúng đủ khối lượng cho 1 mẻ trộn thì tiến hành trộn bằng máy trộn bê tông trục đứng cưỡng bức. Thời gian trộn hỗn hợp BTTLCLC thường là 8–10 phút, dài hơn so với bê tông và vữa thông thường. Sau khi được trộn sơ bộ hỗn hợp hạt rắn trước (Đá dăm, cát vàng, xi măng, Silica Fume, XLC nghiền mịn), sau đó mới nhào trộn hỗn hợp trên với nước và phụ gia siêu dẻo theo quy trình dưới đây.

Các phương pháp thí nghiệm: Các phương pháp thí nghiệm phải tuân thủ theo tiêu chuẩn được áp dụng để xác định các tính chất cơ lý của vật liệu chế tạo và các tính chất của hỗn hợp bê tông tự lên chất lượng cao, gồm: TCVN 141:2008, Xi măng - Phương pháp phân tích hóa học; TCVN 11568:20116, Xi lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa; TCVN 8827:2011, Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa – Silica Fume; ASTM C136 Phương pháp phân tích thành phần hạt của cốt liệu; ASTM C33, Tiêu chuẩn kỹ thuật cốt liệu cho bê tông; 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 7572-1 ÷ 20:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa – Phương pháp thử. Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông tự lên chất lượng cao được xác định ở các tuổi 3, 7, 28 và 56 ngày theo TCVN 3118-1993.

Các chỉ tiêu độ chảy loãng t500 kiểm tra trên bộ côn chuẩn; kiểm tra độ nhớt thông qua phễu V; Kiểm tra khả năng chảy qua khe hở của hỗn hợp BTTLCLC thông qua hộp L và vòng J; khả năng chống phân

tầng của hỗn hợp BTTLCLC thông qua sàng 5mm (4,75mm) được sử dụng để đánh giá tính công tác của hỗn hợp BTTLCLC theo TCVN 12209:2018, Bê tông tự lên – Yêu cầu kĩ thuật và phương pháp thử.

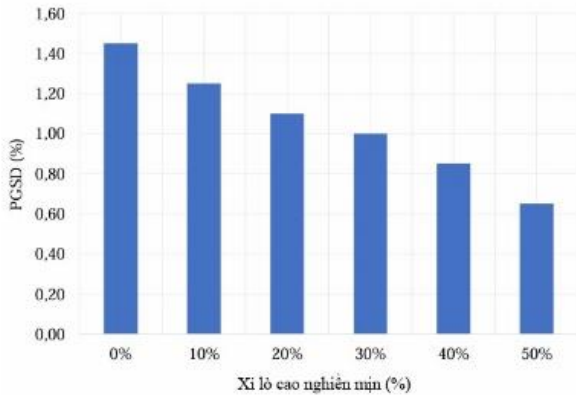
3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của lượng XLCNM đến lượng bảo hòa phụ gia siêu dẻo

Lượng bảo hòa phụ gia siêu dẻo (BHPGSD) của hỗn hợp BTTLCLC được xác định bằng phương pháp độ chảy loãng lớn nhất. BHPGSD là lượng dùng phụ gia mà cho hỗn hợp BTTLCLC có độ chảy loãng lớn nhất. Khi tăng lượng phụ gia lớn hơn BHPGSD thì độ chảy loãng không tăng và có thể xảy ra hiện tượng tách nước-quá bão hòa phụ gia.

Trong nghiên cứu này, hỗn hợp BTTLCLC được chế tạo với lượng dùng PGSD tăng dần từ: 0,60 - 1,45 % theo khối lượng, với bước nhảy là 0,05 %. Độ chảy loãng của hỗn hợp BTTLCLC đạt từ 60-80 cm. Lượng bảo hòa phụ gia siêu dẻo của các cấp phối hỗn hợp

BTTLCCLC với hàm lượng XLCNM 0 %; 10 %; 20 %; 30 %; 40 % và 50 % được thể hiện qua biểu đồ dưới đây.

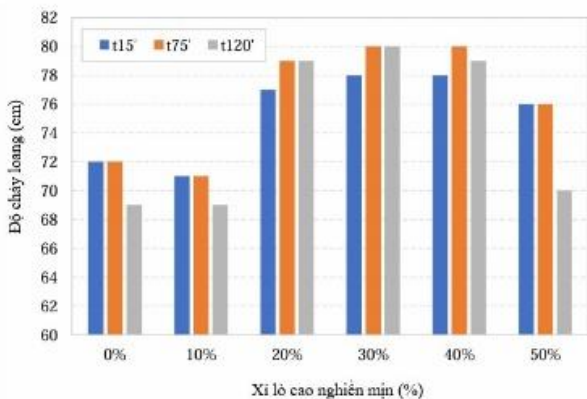


Hình 4. Ảnh hưởng XLCNM đến lượng BHPGSD của hỗn hợp BTTLCCLC.

Dựa vào kết quả thí nghiệm ta thấy lượng BHPGSD ở cấp phối dùng 0 % XLCNM là cao nhất và lượng BHPGSD ở cấp phối dùng 50% XLCNM là thấp nhất. Tăng lượng dùng XLCNM làm giảm lượng BHPGSD của hỗn hợp bê tông trong khi vẫn đảm bảo độ chảy loãng tốt. So với xi măng, XLCNM có lượng cần nước thấp hơn, do vậy khi thay thế xi măng bằng XLCNM có thể làm giảm lượng dùng PGSD để đạt được tính công tác xác định [8].

3.2. Ảnh hưởng của XLCNM đến khả năng điền đầy

Khả năng điền đầy của hỗn hợp BTTLCCLC được đánh giá thông qua độ chảy loãng, thử theo côn đo sụt tiêu chuẩn. Độ chảy loãng của hỗn hợp BTTLCCLC với hàm lượng 0 %; 10 %; 20 %; 30 %; 40 % và 50 % XLCNM ở 15, 75 và 120 phút được thể hiện qua biểu đồ dưới đây.



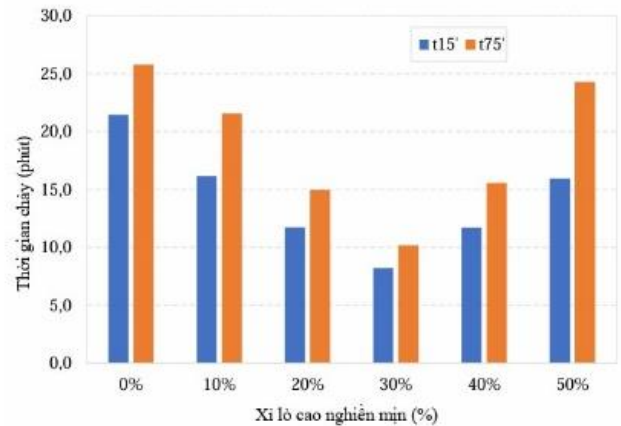
Hình 5. Ảnh hưởng của XLCNM đến độ chảy loãng theo thời gian.

Nhìn vào biểu đồ có thể thấy, khi dùng 0 %, 10 % XLCNM thì độ chảy loãng tại thời điểm 15 phút (t15') rất thấp (70-72)cm, nhưng sau 120 phút (t120') độ chảy loãng giảm còn 69 cm. Khi dùng 20 %, 30

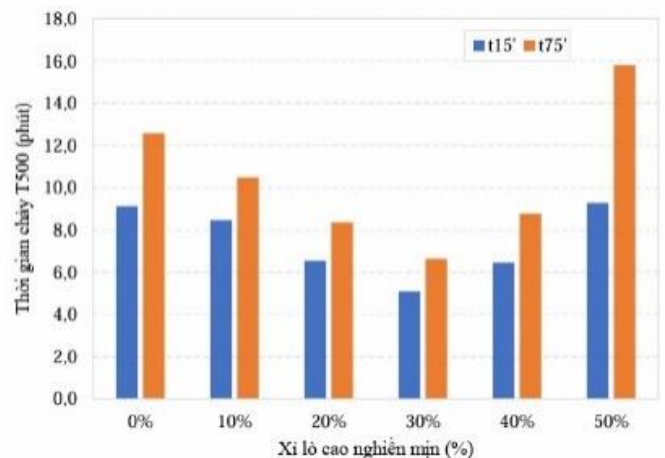
% và 40 % XLCNM, độ chảy loãng của hỗn hợp bê tông lớn hơn (77-80)cm, và gần như không suy giảm sau 120 phút (t120'). Qua đó, có thể thấy khi dùng 20 %, 30 % và 40 % XLCNM thì hỗn hợp BTTLCCLC đạt được tính chất tốt nhất như: Đạt được độ chảy loãng cao nhất, duy trì độ chảy loãng lâu dài hơn khi giữ nguyên tỷ lệ N/CKD. Chú ý, khi dùng 50 % XLCNM thì độ chảy loãng giảm rất nhanh ở thời điểm t120'. Qua đó, có thể thấy khi dùng 50% XLCNM thì tính chất của hỗn hợp BTTLCCLC thay đổi rất lớn. Vậy, khi dùng lớn hơn 50 % XLCNM thì cần phải tiến hành trộn thí nghiệm trong phòng trước.

3.3. Ảnh hưởng của XLCNM đến độ nhớt

Độ nhớt của hỗn hợp BTTLCCLC được đánh giá thông qua thời gian chảy phễu V và thời gian chảy T500 theo côn đo sụt tiêu chuẩn. Thời gian chảy qua phễu V và thời gian chảy T500 của hỗn hợp BTTLCCLC với hàm lượng 0 %; 10 %; 20 %; 30 %; 40 % và 50 % XLCNM ở 15, 75 phút được thể hiện trong biểu đồ dưới đây.



Hình 6. Ảnh hưởng của XLCNM đến độ nhớt thông qua thời gian chảy phễu V.

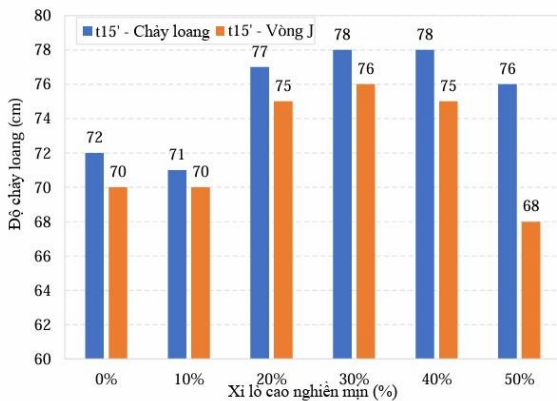


Hình 7. Biểu đồ ảnh hưởng của XLCNM đến độ nhớt thông qua thời gian T500.

Có thể thấy, tăng hàm lượng XLCNM từ 0-30 % làm giảm đáng kể thời gian chảy phổ V và T500. Tuy nhiên khi tăng hàm lượng XLCNM từ 40-50 % thì làm tăng đáng kể thời gian chảy phổ V và T500, kể cả ở thời gian 15 và 75 phút sau khi bắt đầu nhào trộn. Do vậy, với $N/CKD = 0,26$, hỗn hợp BTTLCLC có thời gian chảy phổ V và T500 nhỏ nhất, tức là độ nhớt thấp nhất ở 30 % XLCNM. Kết quả này cũng tương thích với kết quả độ chảy loang phía trên của hỗn hợp BTTLCLC với 30 % XLCNM.

3.4. Ảnh hưởng của XLCNM đến khả năng chảy qua

Khả năng chảy qua của hỗn hợp BTTLCLC được đánh giá thông qua hiệu số độ chảy loang có và không có vòng J (J-ring). Độ chảy loang (không và có vòng J) của hỗn hợp bê tông BTTLCLC với hàm lượng 0 %; 10 %; 20 %; 30 %; 40 % và 50 % XLCNM được trình bày trong hình dưới đây.

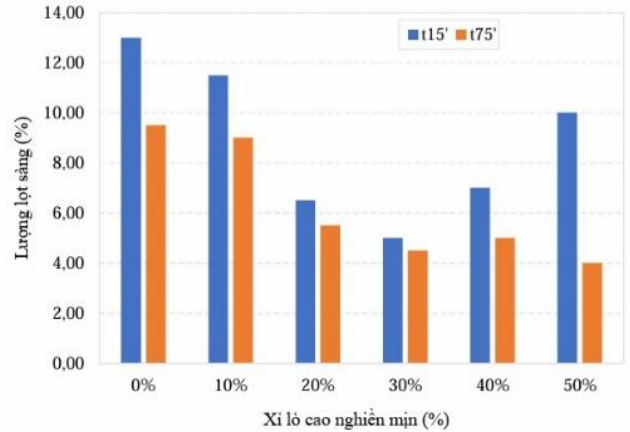


Hình 8. Ảnh hưởng của XLCNM đến độ chảy loang qua vòng J.

Từ hình trên, có thể thấy khả năng chảy vượt qua cốt thép của hỗn hợp BTTLCLC sử dụng 0-40 % XLCNM rất tốt với hiệu số độ chảy loang (có và không có vòng J) từ 10-30mm. Với 30 % XLCNM hỗn hợp bê tông không chỉ có độ chảy loang rất cao (76-78) cm mà còn có khả năng chảy qua cốt thép rất cao. Tuy nhiên, khi sử dụng 50 % XLCNM thì độ chảy loang có vòng J giảm xuống nhiều từ 76 cm xuống 68 cm. Điều này thể hiện khả năng chảy qua cốt thép của hỗn hợp bị giảm khi tăng hàm lượng XLCNM.

3.5. Ảnh hưởng của XLCNM đến khả năng chống phân tầng

Khả năng chống phân của hỗn hợp BTTLCLC được đánh giá thông qua phương pháp sàng, bằng cách xác định lượng hỗn hợp BTTL chảy lọt sàng 5 mm (4,75mm). Nếu hỗn hợp BTTL có độ chống phân tầng kém, thì hồ hoặc vữa dễ dàng chảy qua sàng. Vì thế, lượng lọt sàng được dùng để đánh giá khả năng chống phân tầng của hỗn hợp BTTL. Lượng lọt sàng của hỗn hợp bê tông BTTLCLC với hàm lượng 0 %; 10 %; 20 %; 30 %; 40 % và 50 % XLCNM sau 15 và 75 phút được trình bày trong hình dưới đây.



Hình 9. Ảnh hưởng của XLCNM đến khả năng chống phân tầng của hỗn hợp bê tông.

Từ hình trên, có thể thấy khi tăng hàm lượng XLCNM từ 0-30 % làm giảm đáng lượng lọt sàng, tức là tăng khả năng chống phân tầng của hỗn hợp bê tông, kể cả ở thời gian 15 và 75 phút sau khi bắt đầu nhào trộn. Tuy nhiên, khi tăng hàm lượng XLCNM từ 40-50 % làm tăng đáng kể lượng lọt sàng đặc biệt sau 15 phút nhào trộn. Do vậy, có thể nói với $N/CKD = 0,26$, hỗn hợp BTTLCLC có lượng lọt sàng nhỏ nhất, tức là khả năng chống phân tầng tốt nhất ở 30 % XLCNM. Kết quả này cũng tương thích với kết quả độ chảy loang, độ nhớt và khả năng chảy qua cốt thép ở phía trên của hỗn hợp BTTLCLC với 30 % XLCNM.

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:

- Tăng lượng dùng XLCNM (0-50 %) làm giảm lượng BHPGSD (1,45 - 0,65) % của hỗn hợp BTTLCLC trong khi vẫn đảm bảo độ chảy loang tốt.
- Tăng lượng dùng XLCNM từ 0-30 % làm tăng độ chảy loang, tuy nhiên, khi tăng lượng dùng XLCNM từ 40-50 % làm giảm độ chảy loang của hỗn hợp bê tông sau 15, 75 và 120 phút nhào trộn. Hỗn hợp bê tông với 30 % XLCNM có độ chảy loang lớn nhất (80 cm) sau 120 phút.
- Tăng lượng dùng XLCNM từ 0-30 % làm giảm độ nhớt, tăng khả năng chảy qua và khả năng chống phân tầng, tuy nhiên, khi tăng lượng dùng XLCNM từ 40-50 % làm tăng độ nhớt, giảm khả năng chảy qua và khả năng chống phân tầng. Hỗn hợp bê tông với 30 % XLCNM có độ nhớt nhỏ nhất và khả năng chảy qua và khả năng chống phân tầng tốt nhất.
- Có thể sử dụng XLCNM với hàm lượng 0-50 % như phụ gia khoáng dùng trong hỗn hợp BTTLCLC có tính công tác tốt. Với tỷ lệ $N/CKD = 0,26$ thì 30 % XLCNM tính công tác của hỗn hợp BTTLCLC tốt nhất.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Okamura, H. and M. Ouchi, *Self-compacting high performance concrete*. Progress in Structural Engineering and Materials, 1998. **1**(4): p. 378-383.
- [2]. *The European guidelines for self-compacting concrete, specification, production and use*. 2005, The Self-Compacting Concrete European Project Group: Norfolk. p. 63.
- [3]. *Guidelines for viscosity modifying admixtures for concrete*. 2006, The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (EFNARC): Norfolk. p. 12.
- [4]. Safiuddin, M., *Development of self-consolidating high performance concrete incorporating rice husk ash*. 2008, University of Waterloo, Canada. p. 326.
- [5]. Gesoğlu, M., E. Güneyisi, and E. Özbay, *Properties of self-compacting concretes made with binary, ternary, and quaternary cementitious blends of fly ash, blast furnace slag, and silica fume*. Construction and Building Materials, 2009. **23**(5): p. 1847-1854.
- [6]. De Schutter, G., Bartos, P., Domone, P., Gibbs J., *Self-compacting concrete*. 2008, Caithness, Scotland, UK: Whittles Publishing. 296.
- [7]. Domone, P.L., *Self-compacting concrete: An analysis of 11 years of case studies*. Cement and Concrete composites, 2006. **28**(2): p. 197-208.
- [8]. Boukendakdji, O., E.-H. Kadri, and S. Kenai, *Effects of granulated blast furnace slag and superplasticizer type on the fresh properties and compressive strength of self-compacting concrete*. Cement and Concrete Composites, 2012. **34**(4): p. 583-590.