

TỐI ƯU THÀNH PHẦN HỖN HỢP CỦA BÊ TÔNG TỰ ĐẦM CƯỜNG ĐỘ SIÊU CAO

Kim Huy Hoàng, Bùi Đức Vinh, Trần Văn Mạnh, Hà Sơn Trí

Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 03 tháng 03 năm 2010, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 26 tháng 04 năm 2010)

TÓM TẮT: Bê tông tự đầm cường độ siêu cao với khả năng tự chảy lấp đầy, chảy vượt qua các rào cản cốt thép mật độ cao, không phân tầng và có cường độ nén cực cao đã được ứng dụng cho nhiều công trình cầu hầm, nhà cao tầng trên thế giới. Bài viết này trình bày kết quả nghiên cứu tối ưu hệ nguyên liệu thành phần của bê tông tự đầm cường độ siêu cao sử dụng cốt liệu nhỏ là cát tự nhiên kết hợp cát nhân tạo nghiền từ đá, sử dụng cốt liệu lớn là đá dăm đến 10 mm. Kết quả khảo sát cho thấy bê tông có độ chảy xòe thay đổi từ 525 mm đến 850mm và cường độ nén thay đổi từ 140 đến 170 MPa; xây dựng được các phương trình mô phỏng ảnh hưởng của các yếu tố thành phần đến tính công tác và cường độ của bê tông.

Từ khóa: bê tông cường độ cao, tính tự chảy, khả năng chảy qua, khả năng chống phân tầng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ [4][6]

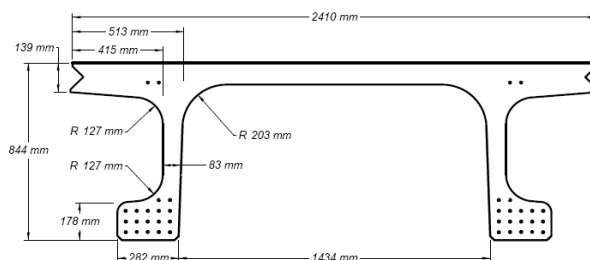
Kết cấu dầm, dàn, bản mặt cầu của công trình cầu là những kết cấu làm việc chịu tải lớn và đặc biệt là tải trọng động có tính lặp đi lặp lại; công trình nhà cao tầng có hệ kết cấu tầng dưới chịu tải trọng tĩnh rất lớn và chịu dao động lớn do tải trọng gió gây ra; và nhiều kết cấu công trình khác cũng làm việc trong điều kiện như thế; những kết cấu này yêu cầu vật liệu sử dụng phải có khả năng chịu lực nén lớn và có tính dẻo dai cao.

Vật liệu thép đáp ứng được yêu cầu đó nhưng chi phí xây dựng ban đầu cũng như chi phí bảo trì và thay thế là rất lớn.

Bê tông tự đầm có cường độ siêu cao là một loại bê tông có cường độ nén cực cao và có khả năng tự chảy lên dưới tác động của trọng lượng

bản thân, đảm bảo thời gian thi công nhanh, ít ô nhiễm tiếng ồn, đã và đang được nghiên cứu ứng dụng tại nhiều nước có công nghệ xây dựng phát triển. Bê tông tự đầm có cường độ siêu cao kết hợp với kết cấu thép cho phép tạo ra kết cấu tổ hợp bê tông – thép tối ưu về hình dáng cũng như khả năng chịu lực, các kết cấu tổ hợp bê tông – thép này ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng tại các nước phát triển.

Tại Việt Nam, trên cơ sở nguồn nguyên vật liệu có trữ lượng lớn và chất lượng tốt được sản xuất trong nước, nghiên cứu ứng dụng bê tông tự đầm có cường độ siêu cao là cần thiết, hoàn toàn khả thi, có tính kinh tế - kỹ thuật cao và có tính ứng dụng quan trọng trong kỹ thuật xây dựng cầu hầm, dân dụng, công nghiệp.



Hình 1. Dầm có nhịp 30m, sử dụng bê tông tính năng siêu cao, Buchanan County, Iowa, Mỹ.

2. NGUYÊN LÝ CHẾ TẠO BÊ TÔNG TỰ ĐÀM CỐ CƯỜNG ĐỘ SIÊU CAO [1] [2] [3] [4][6]

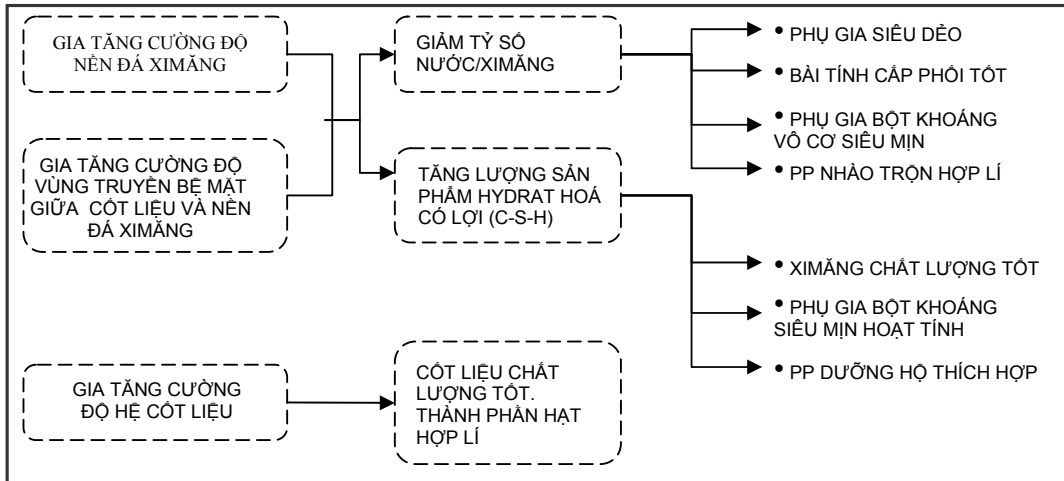
Để nâng cao khả năng chịu tải trọng của đá bê tông cần nâng cao độ đặc chắc của cốt liệu, nền đá xi măng, vùng truyền bề mặt của nền đá xi măng và cốt liệu.

Việc gia tăng cường độ nền đá xi măng và cường độ vùng truyền bề mặt giữa nền đá xi măng với cốt liệu được thực hiện trên cơ sở:

- Giảm nước nhào trộn hỗn hợp bê tông (đánh giá thông qua tỷ số Nước/Chất kết dính) để giảm tối đa lỗ rỗng do nước nhào trộn dư thừa tạo ra.

- Gia tăng lượng sản phẩm calcium silicate hydrate (C-S-H) của quá trình thủy hóa xi măng, chuyển bột khoáng portlandite thành khoáng C-S-H để làm tăng độ đặc chắc của cấu trúc.

Ngoài ra, dựa theo chỉ dẫn thiết kế bê tông cường độ cao của viện bê tông Hoa Kỳ, ACI 211, khi cường độ nén yêu cầu của mẫu trụ không nhỏ hơn 62 MPa (tức mẫu lập phương không nhỏ hơn 75 MPa) thì đường kính lớn nhất của cốt liệu lớn (tức là Dmax) tốt nhất nên là 9,5-12,7 mm, điều này cho phép tổng diện tích bề mặt cốt liệu đạt tối ưu và hạn chế sự xuất hiện vi nứt có trong hạt khi gia công đập nghiền cũng như do sự không đồng nhất trong cấu trúc hạt cốt liệu.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý chế tạo bê tông cường độ cao

Bê tông tự đầm, với nguyên lý tối ưu thành phần hạt của cả hệ nguyên liệu để tạo ra tính dẻo dính cao và sự sắp xếp chặt chẽ giữa các hạt, cho phép tạo ra bê tông có tính tự chảy và cường độ cực cao nếu kết hợp tốt với nguyên lý chế tạo bê tông cường độ cao.

Nguyên lý cơ bản hướng tới việc chế tạo bê tông tự đầm là:

- Giới hạn hàm lượng cốt liệu thô và gia tăng hàm lượng bột (bột xi măng, bột khoáng siêu mịn lấp đầy) để tăng bề dày lớp bột bao bọc các hạt cốt liệu từ đó tăng khả năng lăn trượt của các hạt cốt liệu, nghĩa là tăng tính công tác cho hỗn hợp bê tông. Bột không chỉ toàn là xi măng mà có bột khoáng siêu mịn lấp đầy giúp làm giảm nhiệt hydrate hoá; đồng thời, bột khoáng siêu mịn có tác dụng lấp chèn kín các lỗ rỗng trong nền đá bê tông làm tăng độ đặc chắc cho cấu trúc bê tông.
- Để tạo ra lớp bột bôi trơn dày với các hạt bột mịn có tỷ diện tích bề mặt lớn sẽ phải dùng một lượng nước lớn cho nhào trộn, như thế sẽ dẫn tới suy giảm cường độ. Để khắc phục điều này, phụ gia siêu dẻo được sử dụng với hàm lượng cao để giảm tối đa lượng nước nhào trộn nhưng vẫn đảm bảo tính đồng nhất và liên tục cho hỗn hợp bê tông, và từ đó gia tăng cường độ cho bê tông vì khi này tỷ số Nước/Chất kết dính được hạ thấp.

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.1. Nguyên vật liệu sử dụng [1][3][4][6]

Dựa theo nguyên lý chế tạo bê tông tự đầm cường độ siêu cao đã trình bày, hệ nguyên liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm có:

- Xi măng Portland có cường độ tuổi 28 ngày là 54.3 MPa, khối lượng riêng là 3.1 g/cm³, độ mịn blaine là 3250cm²/g. Kí hiệu C.
- Bột khoáng vô cơ siêu mịn hoạt tính là bột silica fume có khối lượng riêng là 2.2 g/cm³, cỡ hạt trung bình đến 10 micromet. Kí hiệu SF.
- Bột cát siêu mịn có khối lượng riêng 2.65 g/cm³, cỡ hạt trung bình đến 30 micromet. Kí hiệu FP.
- Phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate, tỷ trọng 1,05 ± 0.02 (g/ml). Kí hiệu SP.
- Cốt liệu nhỏ:
 - o Nhóm hạt từ 0.16mm – 2.5 mm là cát sông, khối lượng riêng là 2.63 g/cm³. Kí hiệu S1
 - o Nhóm hạt từ 2.5mm – 5 mm là đá nghiền, khối lượng riêng là 2.67 g/cm³. Kí hiệu S2
- Cốt liệu lớn: sử dụng cốt liệu lớn có Dmax = 10mm là đá nghiền, khối lượng riêng là 2.67 g/cm³. Kí hiệu CA
- Nước nhào trộn là nước sạch đúng theo tiêu chuẩn nước dùng cho bê tông, xi măng.

3.2. Bài toán cấp phối bê tông [1] [6]

Nguyên lý chung của bài toán thành phần bê tông là tổng thể tích đặc của nguyên liệu sử dụng luôn là 1 đơn vị thể tích (lý thuyết thể tích tuyệt đối):

$$V_{Aggregate} + V_{Paste} = V_a + V_p = 1000$$

$$V_p = \frac{C}{\gamma_{ac}} + \frac{SF}{\gamma_{aSF}} + \frac{FP}{\gamma_{aFP}} + \frac{W}{\gamma_{aW}} + \frac{SP}{\gamma_{aSP}}$$

$$V_a = \frac{S1}{\gamma_{aS1}} + \frac{S2}{\gamma_{aS2}} + \frac{CA}{\gamma_{aCA}}$$

Trong đó:

- $V_{Aggregate}=V_a$: thể tích đặc của cốt liệu trong hỗn hợp bê tông.

- $V_{paste}=V_p$: thể tích hồ trong hỗn hợp bê tông.

- C, γ_{ac} : khối lượng và khối lượng riêng của xi măng.

- SF, γ_{aSF} : khối lượng và khối lượng riêng của silica fume.

- FP, γ_{aFP} : khối lượng và khối lượng riêng của bột cát.

- $S1, \gamma_{aS1}$: khối lượng và khối lượng riêng của cát S1

- $S2, \gamma_{aS2}$: khối lượng và khối lượng riêng của cát S2

- CA, γ_{aCA} : khối lượng và khối lượng riêng của cốt liệu CA

- W, γ_{aW} : khối lượng và khối lượng riêng của nước.

- SP, γ_{aSP} : khối lượng và khối lượng riêng của phụ gia siêu dẻo.

Với mục tiêu là tối ưu thành phần hỗn hợp của bê tông tự đầm cường độ siêu cao thì quá trình nghiên cứu cần tìm sự phối hợp tối ưu của

các yếu tố ảnh hưởng. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm là phương pháp rất thích hợp cho quá trình nghiên cứu về vấn đề này.

- Hàm khảo sát là:

Y1 : độ chảy xoè slump flow

Y2 : cường độ chịu nén.

- Các yếu tố ảnh hưởng:

Z1 : tỷ số SF/C = (0.15 ÷ 0.2).

Z2 : tỷ số $V_{paste}/V_{aggregate} = (500/500 \div 600/400)$.

Z3 : tỷ số CA/S2 = (0.2655 ÷ 2.7345)

- Các yếu tố sau không thay đổi:

$W/(C+SF) = 0.2$;

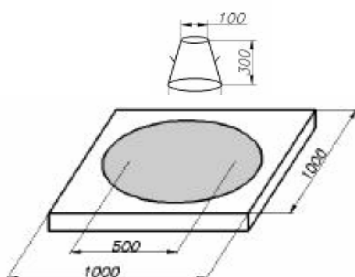
$FP = 20\%C$

3.3. Phương pháp thí nghiệm

3.3.1. Phương pháp xác định tính công tác của hỗn hợp bê tông [2][3][4][6]

Có nhiều phương pháp thí nghiệm tính tự đầm của SCC nhưng không có một phương pháp đơn lẻ nào cho phép khẳng định chính xác bê tông có tính tự đầm tốt hay xấu, vì vậy phải kết hợp nhiều phương pháp thí nghiệm để có kết luận chính xác. Để xem xét tính tự đầm của hỗn hợp bê tông thì cần xem xét kết hợp các vấn đề sau: khả năng lấp đầy, khả năng chảy qua, khả năng chống phân tầng.

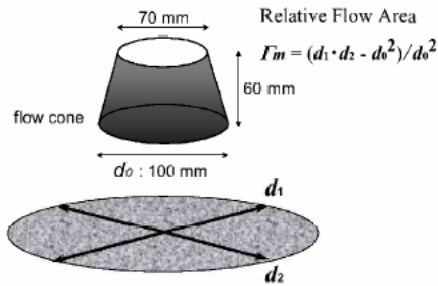
a) Thí nghiệm độ chảy xoè bằng côn Abram và xác định thời gian chảy qua đường kính 50cm (Slump flow test và T 50 cm slump flow). Slump flow được dùng đánh giá sự chảy tự do của SCC trong sự vắng mặt của vật cản trở. Đường kính của hình tròn do bê tông chảy ra sau khi rút côn là một thước đo cho khả năng chảy lấp đầy của bê tông.



Hình 3.. Dụng cụ đo slump-flow

- b) Thí nghiệm độ chảy xòe Haegermann dùng cho bê tông tự đầm chỉ có cốt liệu nhỏ, cho phép tiết kiệm vật liệu và thời gian thí nghiệm. Đường kính của hình tròn do bê

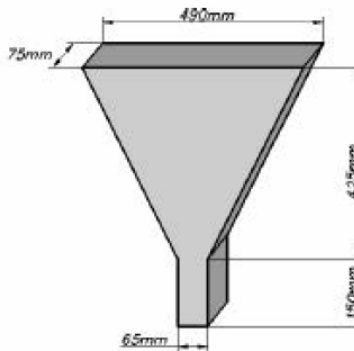
tông chảy ra sau khi rút côn là một thước đo cho khả năng chảy lấp đầy của bê tông, tốt nhất là 24.5 cm.



Hình 4. Dụng cụ đo chảy xòe Haegermann

- c) Thí nghiệm chảy trong phễu V (V-funnel và V-funnel sau 5 phút)
Thí nghiệm này được dùng để xác định khả năng lấp đầy của bê tông và đánh giá

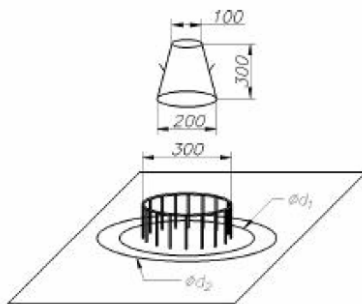
tính phân tầng của hỗn hợp bê tông khi bê tông chứa trong thùng sau 1 khoảng thời gian (tức là kể đến hiện tượng lắng chìm cốt liệu)



Hình 5. Dụng cụ V-funnel

- d) Thí nghiệm chảy vượt qua vòng rào chắn (J-Ring test)
Thí nghiệm này được dùng để xác định khả năng tự chảy vượt qua các thanh cốt

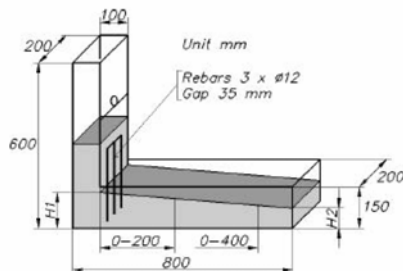
thép chắn (dưới tác dụng của trọng lượng bản thân bê tông). Tùy theo đường kính lớn nhất của cốt liệu mà khoảng hở giữa các thanh chắn sẽ thay đổi nhỏ hay lớn.



Hình 6.. Dụng cụ đo J-Ring

e) Thí nghiệm xác định khả năng chảy qua rào cản cốt thép trong L – box. Thí nghiệm này đánh giá được khả năng lấp đầy và chảy qua của SCC, đánh giá ảnh

hưởng của những thanh thép cản trở và có tính đến khả năng suy giảm năng lượng khi chảy xa của SCC.



Hình 7. Dụng cụ L-box

3.3.2. Phương pháp xác định cường độ cơ học của bê tông [1][4][6]

trong khuôn 24 giờ, sau đó tháo khỏi khuôn và dưỡng hộ ngâm trong nước 27 ngày.

Thí nghiệm cường độ bê tông ở 28 ngày tuổi. Mẫu bê tông sau khi đúc sẽ dưỡng hộ

Bảng 1. Tiêu chuẩn thí nghiệm, hình dạng mẫu, kiểu dưỡng hộ và số lượng mẫu thí nghiệm cho mỗi cấp phối bê tông

Tiêu chuẩn thí nghiệm	Loại thí nghiệm	Hình dạng (mm)	Kiểu dưỡng hộ	Số lượng thí nghiệm (mẫu)	Tuổi thí nghiệm (ngày)
ASTM – C39	Xác định cường độ chịu nén	Trụ tròn 75x150	Dưỡng hộ chuẩn – ngâm trong nước	12	28
ASTM – C1018	Xác định cường độ chịu uốn	Dầm 100x100x400	Dưỡng hộ chuẩn – ngâm trong nước	6	28

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU [5][6]

4.1. Ảnh hưởng của các thành phần hỗn hợp đến tính công tác của hỗn hợp bê tông.

Để tiết kiệm vật liệu và thời gian thí nghiệm, xét thấy kích thước của dụng cụ đo chảy xoè Heagermann và Dmax của cốt liệu lớn không ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm,

nghiên cứu này đã sử dụng kết quả đo độ chảy xòe Heagermann để xây dựng phương trình toán mô tả ảnh hưởng của các yếu tố thành

phần hỗn hợp đến tính tự chảy của hỗn hợp bê tông.

Bảng 2. Ma trận quy hoạch bậc một hai mức tối ưu đối với độ chảy xòe Haegermann, ba yếu tố ảnh hưởng

Số chu kì thí nghiệm	Giá trị các yếu tố trong tọa độ không thứ nguyên				Giá trị thực		
	x0	x1	x2	x3	SF/C	Vp/Va	CA/S2
					Z1	Z2	Z3
1	1	1	1	1	0.2	1.5	2.7345
2	1	-1	-1	1	0.15	1.0	2.7345
3	1	1	-1	1	0.2	1.0	2.7345
4	1	-1	1	1	0.15	1.5	2.7345
5	1	1	1	-1	0.2	1.5	0.2655
6	1	-1	-1	-1	0.15	1.0	0.2655
7	1	1	-1	-1	0.2	1.0	0.2655
8	1	-1	1	-1	0.15	1.5	0.2655
9		0	0	0	0.175	1.25	1.5

Sau khi kiểm tra tính đúng đắn của phương trình theo các chuẩn thống kê, ta có phương trình hồi quy tuyến tính bậc một mô tả ảnh hưởng của 3 yếu tố SF/C, Vp/Va, CA/S2 đến tính chảy của bê tông như sau:

$$\hat{y}_1 \text{ (cm)} = 25.075 - 1.65x_1 + 2.2x_2 + 0.625x_3 - 0.175x_1x_2 - 0.25x_2x_3 + 0.225x_1x_2x_3$$

4.2. Ảnh hưởng của các thành phần hỗn hợp đến cường độ cơ học của bê tông.

Bảng 3. Ma trận quy hoạch trực giao bậc hai đối với cường độ chịu nén của bê tông, ba yếu tố ảnh hưởng

Số chu kì thí nghiệm	Giá trị các yếu tố trong tọa độ không thứ nguyên			Giá trị thực		
	x1	x2	x3	SF/C	Vp/Va	CA/S2
				Z1	Z2	Z3
1	1	1	1	0.200	1.500	2.735
2	-1	1	1	0.150	1.500	2.735
3	1	-1	1	0.200	1.000	2.735
4	-1	-1	1	1.500	1.000	2.735
5	1	1	-1	0.2	1.500	0.266
6	-1	1	-1	0.1500	1.500	0.266
7	1	-1	-1	0.200	1.000	0.266
8	-1	-1	-1	0.150	1.000	0.266

9	1.215	0	0	0.2054	1.25	1.500
10	-1.215	0	0	0.1446	1.25	1.500
11	0	1.215	0	0.1750	1.554	1.500
12	0	-1.215	0	0.1750	0.946	1.500
13	0	0	1.215	0.1750	1.25	2.9999
14	0	0	-1.215	0.1750	1.25	0.0
15	0	0	0	0.1750	1.25	1.500

Sau khi kiểm tra tính đúng đắn của phương trình theo các chuẩn thống kê, ta có phương trình hồi quy trực giao bậc hai mô tả ảnh hưởng của 3 yếu tố SF/C, Vp/Va, CA/S2 đến cường độ chịu nén của bê tông như sau:

$$\hat{y}_2 \text{ (MPa)} = 138.694 - 1.965x_1 - 1.863x_2 - 4.672x_3 - 2.888 x_1x_2 + 5.836(x_2)^2 - 3.067(x_3)^2$$

4.3. Xác định thành phần hỗn hợp tối ưu.

Để xác định mức phối hợp tối ưu của các yếu tố (SF/C ; Vp/Va ; CA/S2) sao cho cấp phối bê tông có tính chảy tốt và cường độ nền cao nhất có thể, ta tiến hành giải bài toán tối ưu. Kết quả mức phối hợp tối ưu là: SF/C=0.15 ; Vp/Va =1.5 & CA/S2 =0.266.

Cấp phối tối ưu được thí nghiệm kiểm chứng, kết quả thí nghiệm và hình ảnh thí nghiệm kiểm chứng được trình bày ở bảng 4, các hình 8, 9, 10,11.

Bảng 4. Kết quả kiểm chứng tính tự đầm và cường độ của cấp phối bê tông tối ưu

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Giá trị đo	Giá trị tiêu chuẩn
1	Độ chảy xoè bằng côn Abram	mm	805	650 – 800
2	Thời gian chảy qua đường kính 50cm khi thí nghiệm độ chảy xoè bằng côn Abram (T-50cm)	giây	3	2 – 5
3	Khả năng chảy vượt qua vòng rào chặn (J-Ring)	mm	Chênh lệch độ cao của mặt bê tông ngay trong và ngoài thanh chắn là 6mm	Nhỏ hơn 10mm
4	Thời gian chảy trong phễu V lần thứ nhất	giây	11	6 – 12
5	Thời gian chảy trong phễu V tại thời điểm 5 phút	giây	15	Không lớn hơn 3 giây so với kết quả lần thứ nhất.
6	Khả năng chảy qua rào cản cốt thép trong L – box	(h2/h1)	0.95	0.8 – 1
7	Thời gian chảy trong L-box đến vị trí 200mm	giây	3.5	
8	Thời gian chảy trong L-box đến vị trí 400mm	giây	7	
9	Cường độ chịu nén, tuổi 28 ngày	MPa	148	
10	Cường độ chịu kéo khi uốn, tuổi 28 ngày	MPa	10.4	



Hình 8. Thí nghiệm Slump-flow và T50cm Slump-flow cho cấp phối tối ưu

Quan sát hình tròn bê tông tạo thành sau khi chảy ổn định, nhận thấy bê tông có tính liên tục đồng nhất, không có hiện tượng rìa hồ dư phía ngoài, cốt liệu phân bố đều trên hình tròn tạo thành. Với thời gian 3s chảy để tạo hình tròn có đường kính 50 cm ($T50\text{ cm}=3\text{s}$) và giá trị

đường kính hình tròn cuối cùng là 805 mm đã chứng tỏ khả năng tự lấp đầy khuôn dưới trọng lượng bản thân của hỗn hợp bê tông là rất tốt. Đáp ứng một chuẩn đánh giá về tính lấp đầy của bê tông.



Hình 9. Thí nghiệm L-box cho cấp phối tối ưu

Với tỷ số giữa độ cao ở miệng tháo và độ cao ở điểm dừng sau cùng của hỗn hợp bê tông là $H2/H1 = 0.95$; đồng thời vận tốc chảy tới vị trí cách miệng tháo 20cm và 40 cm là bằng nhau ($20\text{cm}/3.5\text{s} = 40\text{cm}/7.0\text{s}$), bê tông cho thấy

khả năng chảy vượt qua rào cản mà không suy giảm năng lượng chảy là rất tốt. Đáp ứng một chuẩn đánh giá về tính chảy vượt qua rào cản của bê tông.



Hình 10. Thí nghiệm chảy qua phễu V cho cấp phối tối ưu

Quan sát dòng chảy qua phễu V, nhận thấy dòng chảy liên tục, không phân tầng và thời gian chảy qua phễu V lần đầu là 11s, qua phễu

V lần 2 (tại thời điểm 5 phút) là 15s. Kết quả cho thấy bê tông có khả năng lấp đầy và chống phân tầng tốt



Hình 11. Thí nghiệm J-Ring cho cấp phối tối ưu, sử dụng vòng J-Ring có 22 thanh chắn (đặc trưng cho mật độ cốt thép cao nhất)

Giá trị trung bình chênh lệch độ cao ngay bên trong và bên ngoài ở chân thanh chắn là 6 mm chứng tỏ khả năng chảy qua các lưới cốt thép dày đặc của bê tông là rất tốt. Đáp ứng một chuẩn đánh giá về tính chảy vượt qua của bê tông.

5. KẾT LUẬN

Bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm, với hệ nguyên liệu gồm xi măng portland kết hợp bột khoáng siêu mịn hoạt tính silica fume,

bột cát siêu mịn, phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate, cát sông kết hợp đá nghiền để làm cốt liệu nhỏ, và cốt liệu lớn là đá dăm có D_{max} đến 10mm, đã xây dựng được các phương trình toán mô phỏng tác động của hệ nguyên vật liệu thành phần đến tính công tác và cường độ cơ học của bê tông. Trên cơ sở các phương trình đó, quá trình thực nghiệm đã tạo được bê tông tự đầm có cường độ nén đến 150 MPa và cường độ uốn đến 10 MPa có tính ứng dụng cao cho công nghệ xây dựng hiện đại.

OPTIMIZATION MIX PROPORTION FOR ULTRA HIGH STRENGTH SELF COMPACTING CONCRETE

Kim Huy Hoang, Bui Duc Vinh, Tran Van Manh, Ha Son Tri
University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: *Ultra high strength self compacting concrete (UHSSCC) with high filling ability, passing ability, segregation resistance and ultra high compressive strength have been used in many modern construction project. This paper represents the optimization of concrete composition for ultra high strength self compacting concrete. In this experiment, river sand and crush stone were used as fine aggregate, D_{max} of coarse aggregate is 10 mm. The study show that slump flow was 525 mm up to 850 mm and compressive strength was 140 MPa up to 170 MPa.*

Keywords: *Ultra high performance concrete, high compressive strength, filling ability, passing ability, segregation resistance.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Sidney Mindess, J.Francis Young and David Darwin, *Concrete*, Second edition.,

Pearson Education, Inc - Upper Saddle River, NJ 07548.

[2]. EFNARC, *The European Guidelines for Self – Compacting Concrete*, (2002-2005).

- [3]. Hajime Okamura and Masahiro Ouchi, *Self-Compacting Concrete*, Journal of Advanced Concrete Technology Vol 1, Japan, (2003).
- [4]. Benjamin A. Graybeal, *Material Property Characterization of Ultra-High Performance Concrete*, FHWA – HRT – 06 – 103, US Department of Transportation Federal Highway Administration, (2006).
- [5]. Nguyễn Minh Tuyên, *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, (2006).
- [6]. Trần Văn Mạnh, Lê Nguyễn Hoàng Anh Tuấn, *Tối ưu thành phần của bê tông cường độ siêu cao gia cường cốt sợi thép phân tán sử dụng cho công trình chịu tải trọng tĩnh và tải trọng động lớn*, Luận văn đại học, Đại Học Bách Khoa TP HCM, (2008).