



## NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO ĐỘ CHẢY CAO TRONG ĐIỀU KIỆN THỰC TẾ

Nguyễn Như Quý<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Bê tông cường độ cao độ chảy cao (BTCĐCĐCC) ngày càng được sử dụng rộng rãi trong xây dựng nhà siêu cao tầng trên thế giới. Ở Việt Nam loại bê tông này mới được sử dụng tại một vài công trình như dự án Keangnam Hanoi Landmark Tower do Hàn Quốc chế tạo. Một số công trình nghiên cứu đã công bố liên quan đến BTCĐCĐCC của các tác giả trong nước mới chỉ dừng lại trong phòng thí nghiệm. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao đạt được trong điều kiện sử dụng nguyên vật liệu và thiết bị công nghệ thực tế tại nhà máy bê tông thương phẩm của Công Ty TRANSMECO (Bộ Giao thông Vận tải) với chỉ tiêu chất lượng độ chảy loang > 600 mm, cường độ tuổi 28 ngày đạt > 70 MPa, cường độ tuổi 56 ngày đạt > 75 MPa không phân tầng tách nước.

**Từ khóa:** Bê tông cường độ cao độ chảy cao.

**Summary:** High strength - high fluidity concrete becomes more and more widely used in construction of high rise buildings in the World. In Vietnam, this type of concrete has just been used in some projects like Hanoi Keangnam and Hanoi Landmark Tower by the South Korean firm. There are some research works related to the high strength -high fluidity concrete by Vietnamese researchers which have been published with the results achieved in laboratory. This paper reports the production of high strength - high fluidity concrete in the real condition of on ready-mixed concrete batching plant of the TRANSMECO Company under The Ministry of Transport and Communication with the slump flow above 600 mm, 28-day compressive strength > 65 MPa and 56-day compressive strength > 75 MPa without segregation and bleeding.

**Keywords:** High strenght - high fluidity concrete.

Nhận ngày 25/3/2013, chỉnh sửa ngày 10/4/2013, chấp nhận đăng 30/6/2013



### 1. Giới thiệu chung

BTCĐCĐCC trước hết phải là bê tông cường độ cao và có tính công tác tốt. Theo ACI bê tông có cấp B55 trở lên được gọi là bê tông cường độ cao (BTCĐC). Thường cường độ bê tông được xác định ở tuổi 28 ngày, tuy nhiên hiện nay tuổi thiết kế được chọn là 56 hay 90 ngày do kết cấu nhà siêu cao tầng chỉ chịu tải đầy đủ sau 2-3 tháng kể từ khi bắt đầu lên tầng hoặc lâu hơn [1]. Trong nhà khung bê tông 30 tầng trở lên, cột nằm ở vị trí 1/3 chiều cao từ trên xuống thường có cường độ nén từ 30 - 35 MPa, 2/3 chiều cao từ dưới lên cột được làm từ BTCĐC [1]. Tính công tác của hỗn hợp bê tông cần đạt độ chảy loang SF > 550 mm cho phép sử dụng bơm nhiều cấp, có khả năng điền đầy khuôn tốt khi sử dụng đầm dùi. Tuy chưa có tiêu chuẩn yêu cầu kỹ thuật cho BTCĐCĐCC song chất lượng của loại bê tông này nằm giữa bê tông lỏng và bê tông tự lèn. Tại Việt Nam BTCĐCĐCC mới được sử dụng tại công trình Keangnam Hanoi Landmark Tower có cấp B70 cho cột chịu lực và trên thực tế mới chỉ dừng lại ở mức M75 và do Hàn Quốc chế tạo [1].

<sup>1</sup>PGS.TS, Khoa Vật liệu Xây dựng. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: quy\_nguyennhu@yahoo.com

Trong khuôn khổ đề tài 105-2012/KHXD-TĐ, sau khi kết thúc giai đoạn chế tạo BTCĐCĐCC trong phòng thí nghiệm tác giả đã triển khai chế tạo loại vật liệu này tại Công ty TRANSMECO, Bộ Giao thông Vận tải (Hình 1) với độ chảy loang > 600 mm, cường độ tuổi 28 ngày > 65 MPa, tuổi 56 ngày > 75 MPa, không phân tầng tách nước. Đây là bước nghiên cứu cần thiết do chất lượng BTCĐCĐCC chế tạo trong phòng thí nghiệm và trong thực tế có khác biệt. Việc khống chế chất lượng vật liệu đầu vào và các thông số công nghệ khác trong điều kiện thực tế để bảo đảm tính ổn định chất lượng của BTCĐCĐCC hết sức khó khăn. Do đó, kết quả nghiên cứu này khẳng định tính khả thi của BTCĐCĐCC nhằm giúp cho các kỹ sư Việt Nam làm chủ được công nghệ mới chế tạo BTCĐCĐCC trong xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam.



Hình 1. Nhà máy bê tông thương phẩm Transmesco



## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1 Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

Xi măng: Xi măng PC40 do Công ty Xi măng Bút Sơn sản xuất đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN 2680 : 2009 đã được sử dụng. Một số tính chất chính của xi măng được nêu trong bảng 1.

Cốt liệu: Cát vàng Sông Lô và đá dăm  $D_{max} = 12,5$  mm đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN 7570 : 2006 đã được sử dụng. Một số tính chất chính của cốt liệu được nêu trong bảng 2.

Phụ gia khoáng siêu mịn do hãng Elkem Vietnam Ltd. cung cấp đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN : 8827 : 2011 và ASTM C1240-05 [2].

Phụ gia giảm nước tầm cao BASF G 113 do Cộng hòa liên bang Đức sản xuất đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN 8828 : 2011 và ASTM C494-99.

Bảng 1. Một số tính chất của xi măng

Độ mịn sót sàng, %	Độ dẻo tiêu chuẩn, %	Khối lượng riêng, Kg/m <sup>3</sup>	Thời gian đông kết, phút		Cường độ, MPa	
			Bắt đầu	Kết thúc	Tuổi 3 ngày	Tuổi 28 ngày
2,0	29,4	3,16	160	240	38,1	51,1

Bảng 2. Một số tính chất chính của cốt liệu

Loại cốt liệu	Khối lượng thể tích lèn chặt, kg/m <sup>3</sup>	Khối lượng riêng, Kg/m <sup>3</sup>	Mô đun độ lớn	Độ rỗng trạng thái lèn chặt, %	Độ ẩm bão hòa hấp phụ, %
Cát	1650	2,66	2,53	37,97	0,76
Đá dăm	1614	2,82	-	42,77	0,40

### 2.2 Phương pháp sử dụng trong nghiên cứu

Trong nghiên cứu bài báo đã sử dụng các phương pháp sau:

- Kiểm tra độ chảy loang của hỗn hợp bê tông, SF (ASTM C1611);
- Xác định khối lượng thể tích thực tế của hỗn hợp bê tông (TCVN 3108 : 1993);
- Đúc mẫu bê tông (TCVN 3105 : 1993);
- Bảo dưỡng mẫu bê tông (TCVN 3105 : 1993);
- Xác định cường độ nén của bê tông (TCVN 3118 : 1993);
- Xác định mô đun đàn hồi tức thời của bê tông (TCVN 5726 : 1993, ASTM C469).

### 3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

Trước khi triển khai chế tạo BTCĐCĐCC trong điều kiện thực tế bài báo đã thực hiện nghiên cứu chế tạo loại bê tông này trong điều kiện phòng thí nghiệm từ loại vật liệu có tính chất tương đương nhằm mục đích làm rõ tính khả thi của bài báo [1]. Trong quá trình nghiên cứu ở giai đoạn này phương pháp toán quy hoạch thực nghiệm đa nhân tố đã được sử dụng. Hàm hồi quy là cường độ nén của BTCĐCĐCC ở các tuổi khác nhau và các tính chất cơ lý khác, hai biến hồi quy là Hệ số dư vữa  $\beta$  (giá trị độ rỗng của cốt liệu lớn ở trạng thái lèn chặt) và tỷ lệ N/CKD [3]. Kết quả cường độ nén tuổi 28 và 56 ngày được nêu trong bảng 3 [2].

Sau khi xử lý kết quả đã đưa ra được phương trình hồi quy cường độ BTCĐCĐCC tuổi 28 và 56 ngày phụ thuộc vào hệ số dư vữa và tỷ lệ N/CKD như sau:

$$R_{28} = 72,00 + 1,66X_1 - 3,59X_2 - 1,25X_2^2$$

$$R_{56} = 77,10 + 1,43X_1 - 3,22X_2 - 1,16X_2^2$$

**Bảng 3.** Kết quả cường độ nén tuổi 28 ngày của BTCĐCĐCC chế tạo trong điều kiện phòng thí nghiệm

STT	Biến mã		Biến thực		R <sub>28</sub> , MPa	R <sub>56</sub> , MPa
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	$\beta$	N/CKD		
1	-1	-1	2,25	0,29	72,4	75,9
2	-1	1	2,25	0,31	63,1	69,0
3	1	1	3,25	0,31	67,1	70,9
4	1	-1	3,25	0,29	73,5	77,3
5	-1,414	0	2,40	0,30	68,2	72,4
6	0	1,414	2,90	0,314	65,7	69,8
7	1,414	0	3,40	0,30	74,0	78,0
8	0	-1,414	2,90	0,286	74,9	78,2
9	0	0	2,90	0,30	70,5	74,6
10	0	0	2,90	0,30	72,4	76,3
11	0	0	2,90	0,30	73,6	76,8
12	0	0	2,90	0,30	72,2	75,1
13	0	0	2,90	0,30	71,1	72,2

#### 3.1 Chế tạo hỗn hợp bê tông CĐCĐCC

Bài báo đã tiến hành chế tạo bê tông CĐCĐCC với thành phần cấp phối tương tự cấp phối số 7 là cấp phối có lượng dùng vữa lớn nhất có khả năng có độ chảy loang cao nhất (xem bảng 3). Mỗi mẻ trộn có dung tích 1000 lít. Lượng dùng vật liệu được nêu trong bảng 4.

**Bảng 4.** Lượng dùng vật liệu cho 1m<sup>3</sup> BTCĐCĐCC sử dụng CKD xi măng poóclăng-Silicafume

C(Kg)	Đ(Kg)	X(Kg)	Tro (Kg)	SF (Kg)	N(l)	SD (l)	CKD(Kg)
882	826	588	0	20,9	183	7,3	609



Hình 2. Phòng điều khiển từ xa



Hình 3. Máy trộn 4500/3000BHS- CS. 180m<sup>3</sup>/h

Tại trạm trộn, việc nạp vật liệu vào máy trộn được thực hiện bằng thiết bị điều khiển từ xa trên máy tính tại phòng điều khiển.

Sau khi nhập số liệu cho mẻ trộn  $1\text{ m}^3$ , cát, đá, xi măng, nước và phụ gia siêu dẻo BASF được cân và nạp vào máy trộn. Khi quá trình trộn bắt đầu, silicafume được cho vào máy trộn từ nắp phía trên của máy trộn. Tổng thời gian nạp silicafume không quá 20 giây. Tổng thời gian trộn vật liệu trong máy trộn là 60 giây.

Kết thúc quá trình trộn, hỗn hợp bê tông CĐCĐCC được xả từ nôi trộn xuống xe bồn. Sau đó, xe bồn vận chuyển hỗn hợp bê tông CĐCĐCC đến khu vực phòng thí nghiệm bê tông của nhà máy bê tông. Tại đây, xe bồn xả hỗn hợp bê tông vào xe rửa đưa đi xác định tính công tác, đo khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông và đúc mẫu bê tông.



**Hình 4.** Độ chảy loãng SF của bê tông sau 0h0p và 0h45p sau khi trộn



**Hình 5.** Đúc mẫu bê tông tại nhà máy

### 3.2 Xác định một số tính chất của bê tông CĐCĐCC

#### 3.2.1 Tính công tác

Sau khi trộn độ chảy loãng của bê tông xác định theo ASTM C1611 ngay sau khi trộn đạt 700 mm và 45 phút sau khi trộn đạt 630 mm. Tổn thất tính công tác không đáng kể cho phép hỗn hợp bê tông vẫn có tính công tác tốt sau khi vận chuyển đến chân công trình để có thể bơm đổ khuôn.

#### 3.2.2 Khối lượng thể tích

Sau khi trộn độ chảy loãng của hỗn hợp bê tông được xác định theo quy trình được quy định bởi tiêu chuẩn TCVN 3108 : 1993. Kết quả khối lượng thể tích của hỗn hợp BTCĐCĐCC  $\gamma = 2500\text{ Kg/m}^3$ .

#### 3.2.3 Cường độ nén

Mẫu bê tông có kích thước là 150x150x150 mm và kích thước D150xH300 mm được đúc tại hiện trường được bảo dưỡng ẩm sau một ngày thì tháo khuôn và mang đến phòng thí nghiệm của Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam để bảo dưỡng tiếp trong điều kiện tiêu chuẩn.

Cường độ của bê tông xác định theo TCVN 3118 - 1993, kết quả được nêu trong bảng 5 và 6.



**Hình 6.** Ép mẫu trên máy nén Mates 300 tấn - Italy



**Hình 7.** Xác định mô đun đàn hồi của bê tông



**Bảng 5.** Kết quả xác định cường độ nén của BTCĐCĐCC, tuổi 28 và 56 ngày mẫu lập phương

Mẫu TN	Diện tích mặt nén, (mm <sup>2</sup> )	Lực phá hoại (KN)	Cường độ tuổi 28 ngày, (MPa)	Lực phá hoại (KN)	Cường độ tuổi 56 ngày, (MPa)
1	22500	1590,8	70,7	1676,3	74,5
2	22500	1617,8	71,9	1707,7	75,9
3	22500	1638,0	72,8	1719,0	76,4
TB	22500	1606,5	71,8	1701,0	75,6

**Bảng 6.** Kết quả xác định cường độ nén của BTCĐCĐCC tuổi 28 và 56 ngày mẫu trụ

Mẫu TN	Diện tích mặt nén, (mm <sup>2</sup> )	Lực phá hoại (KN)	Cường độ tuổi 28 ngày, (MPa)	Lực phá hoại (KN)	Cường độ tuổi 56 ngày, (MPa)
1	17662,5	1200	67,9	1259,4	71,3
2	17662,5	1201	68,0	1243,4	70,4
3	17662,5	1202	68,1	1270,0	71,9
TB	17662,5	1201	68,0	1257,6	71,2

Tác giả đã so sánh kết quả cường độ nén của bê tông CĐCĐCC thu được trên mẫu lập phương và mẫu trụ kích thước tiêu chuẩn và đã đưa ra được hệ số chuyển đổi. Giá trị hệ số chuyển đổi này khác so với quy định của TCVN 3118 : 1993 và quy định trong tiêu chuẩn của một số quốc gia khác [4].

**Nhận xét:** Kết quả xác định cường độ nén BTCĐCĐCC chế tạo trong điều kiện thực tế chênh lệch không đáng kể so với khi chế tạo trong điều kiện phòng thí nghiệm (xem bảng 3). Cụ thể trên mẫu lập phương  $R^{28} = 72$ ,  $R^{56} = 76$  MPa; trên mẫu trụ  $R^{28} = 68$ ,  $R^{56} = 71$  MPa. Tương quan cường độ nén giữa mẫu lập phương và mẫu trụ xấp xỉ  $k=1,06$  không cách biệt lớn so với trị số  $k=1,04$  thu được trên BTCĐCĐCC chế tạo trong điều kiện phòng thí nghiệm.

3.2.4 Xác định mô đun đàn hồi tức thời

Xác định mô đun đàn hồi của bê tông theo TCVN 5726-1993, kết quả được nêu trong bảng 7 và 8.

Mô đun đàn hồi của bê tông CĐCĐCC ở tuổi 28 ngày là  $E_b^{28} = 40,4$  GPa.

Mô đun đàn hồi của bê tông CĐCĐCC ở tuổi 56 ngày là  $E_b^{56} = 43,6$  GPa.

**Bảng 7.** Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi BTCĐCĐCC tuổi 28 ngày

TT Mẫu thử	Ứng suất thử, (MPa)	Biến dạng tuyệt đối, $\Delta L \cdot 10^{-3}(m)$	Biến dạng tương đối, $\epsilon \cdot 10^{-6}$	Mô đun đàn hồi tức thời, (GPa)
1	22,68	87,2	581,3	39,0
2	22,67	81,0	540,0	42,0
3	22,65	84,8	565,3	40,1
TB	22,66	84,3	562,2	40,4

**Bảng 8.** Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi BTCĐCĐCC tuổi 56 ngày

TT Mẫu thử	Ứng suất thử, (MPa)	Biến dạng tuyệt đối, $\Delta L \cdot 10^{-3}(m)$	Biến dạng tương đối, $\epsilon \cdot 10^{-6}$	Mô đun đàn hồi tức thời, (GPa)
1	23,73	82,60	550,6	43,1
2	23,73	83,96	559,7	42,4
3	23,73	78,57	523,8	45,3
TB	23,73	81,71	544,7	43,6

Bài báo đã sử dụng công thức thực nghiệm của Viện Bê tông Mỹ [5] để xác định mô đun đàn hồi tức thời của bê tông cường độ cao độ chảy cao. Kết quả tính toán thu được như sau:

$$E_b^{28} = 43 \times \rho^{1.5} \times f_c^{0.5} \times 10^{-6} = 43 \times 2500^{1.5} \times 68.0^{0.5} \times 10^{-6} = 44.32 \text{ (GPa)}$$

$$E_b^{56} = 43 \times \rho^{1.5} \times f_c^{0.5} \times 10^{-6} = 43 \times 2500^{1.5} \times 71.2^{0.5} \times 10^{-6} = 45.3 \text{ (GPa)}$$

**Nhận xét:** Kết quả xác định mô đun đàn hồi của BTCĐCĐCC chế tạo trong điều kiện thực tế chênh lệch không đáng kể so với khi chế tạo trong điều kiện phòng thí nghiệm. Cụ thể mô đun đàn hồi tức thời của bê tông chế tạo trong điều kiện thực tế và trong điều kiện phòng thí nghiệm tương ứng là:  $E_c^{28} = 40,4 \text{ GPa}$ ;  $E_c^{56} = 43,6 \text{ GPa}$  và  $E_c^{28} = 43,4 \text{ GPa}$ ;  $E_c^{56} = 46,4 \text{ GPa}$ . Mặt khác, kết quả tính toán mô đun đàn hồi tức thời dựa trên khối lượng thể tích và cường độ nén của BTCĐCĐCC sử dụng công thức thực nghiệm của Viện Bê tông Mỹ chênh lệch không đáng kể so với giá trị thực nghiệm.



#### 4. Kết luận và kiến nghị

##### 4.1 Kết luận

Trên cơ sở nguyên vật liệu và phương pháp sử dụng trong nghiên cứu có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Kết quả nghiên cứu minh chứng khả năng chế tạo bê tông cường độ cao độ chảy cao sử dụng trong kết cấu chịu lực nhà siêu cao tầng ở Việt Nam trong điều kiện thực tế.

- Bê tông cường độ cao độ chảy cao chế tạo được có cường độ tuổi 28 và 56 ngày đạt tương ứng trên 65 và 75 MPa với độ chảy loang SF  $\geq 600 \text{ mm}$  từ chất kết dính hai thành phần xi măng poóclăng và Silicafume.

- Mô đun đàn hồi tức thời của bê tông cường độ cao độ chảy cao tăng tỷ lệ với cường độ nén, ở tuổi 28 và 56 ngày đạt tương ứng 40,4 GPa và 43,6 GPa chênh lệch không lớn so với giá trị tính toán theo công thức thực nghiệm.

- Kết quả nghiên cứu của bài báo trên BTCĐCĐCC cho thấy tương quan giữa cường độ nén mẫu lập phương kích thước 150x150x150mm và mẫu trụ kích thước D150xH300mm xấp xỉ 1,06 thấp hơn giá trị 1,20 theo TCVN 3118 : 1993.

##### 4.2 Kiến nghị

- Tiếp tục nghiên cứu các tính chất khác của bê tông cường độ cao độ chảy cao chế tạo được như độ đặc, biến dạng, co khô nhằm mục đích khẳng định loại bê tông nghiên cứu đáp ứng yêu cầu của bê tông chất lượng cao.

- Tiếp tục nghiên cứu so sánh tương quan cường độ giữa mẫu trụ và mẫu lập phương nhằm thiết lập trị số chuyển đổi cho BTCĐCĐCC.

#### Tài liệu tham khảo

1. Công Ty Keangnam - Vina chủ đầu tư Dự án Keangnam Hanoi Landmark Tower, (2011). "*Báo cáo hoàn thành giai đoạn thi công*".
2. Nguyễn Như Quý, (2013). "*Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao độ chảy cao sử dụng trong kết cấu chịu lực nhà siêu cao tầng ở Việt Nam*", Đề tài NCKH cấp Trường trọng điểm, 2012, MS. 105 – 2012/KHXD - TĐ.
3. Nguyễn Như Quý, (2007). Phụ gia khoáng Silicafume trong vật liệu xây dựng hiện đại. *Hội thảo khoa học Hội Công nghiệp Bê tông Việt Nam, VCA, Hà Nội*.
4. Nguyễn Như Quý, (2012). "*Công nghệ bê tông xi măng nâng cao*", Bài giảng cho lớp cao học ngành Vật liệu Xây dựng, ĐHXD.
5. Nguyen Nhu Quy, (2012). "*Advanced Concrete Theory*", Lecture Note for Master Students of NUCE-NTU Joint Master Program in Structural Engineering and Construction, and Construction Engineering and Management
6. T.Kawai, (2005) "*State-of-the-Art Report on High Strength Concrete in Japan – Recent Development and application*", Proc. of JSCE-VIFCEA Joint Seminar on Concrete Engineering in Vietnam. Hochiminh City, Vietnam.