

LỰA CHỌN VẬT LIỆU ĐỂ THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG TỰ LÊN

Nguyễn Quang Phú¹

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu việc lựa chọn vật liệu để thiết kế một số cấp phối bê tông tự lên có cường độ từ M30-M60 áp dụng cho xây dựng các công trình Thủy lợi.

Từ khóa: Bê tông tự lên; Tro bay; Muội silic; Phụ gia.

I. Mở đầu

Bê tông tự lên (BTTL) là loại vật liệu khi chưa đông cứng có tính linh động rất cao, có thể tự điền đầy vào các khuôn hình có hình dạng phức tạp, khe hẹp và cốt thép dày đặc. Khi đông cứng BTTL có nhiều tính chất tốt và ổn định như: Độ đồng đều và đặc chắc cao, cường độ cao, bê tông chống thấm tốt, v.v...

Để cho hỗn hợp BTTL có độ tự chảy cao và khả năng tự điền đầy khuôn mẫu, không bị phân tầng, tách nước thì tỷ lệ giữa các vật liệu thành phần phải hợp lý. Về cơ bản BTTL có thành phần không khác nhiều so với bê tông truyền thống, khác biệt là trong BTTL có hàm lượng chất bột mịn lớn so với bê tông truyền thống, chất lượng cốt liệu đòi hỏi cao hơn, trong hỗn hợp bê tông phải sử dụng phụ gia giảm nước bậc cao và phụ gia điều chỉnh độ linh động.

Hiện nay, các ngành xây dựng dân dụng, công nghiệp, thủy lợi, cầu đường ... được mở rộng cùng với sự thiết kế đa dạng, phong phú trong đó có nhiều dạng kết cấu mà ở đó việc đầm bê tông rất khó thực hiện, mặt khác nhiều hạng mục công trình cần sức chịu tải rất cao, kết cấu phức tạp, đặc biệt là với những công trình có mật độ cốt thép lớn, cũng như các yêu cầu ngày càng cao về chất lượng của hỗn hợp bê tông và bê tông để phù hợp với các đặc thù của công trình. Nếu sử dụng bê tông thông thường thì khả năng tự đầm chặt bằng trọng lượng bản thân của các hạng mục công trình đó không thể đảm nhận được, chính vì vậy cần phải có giải pháp để nâng cao chất lượng của bê tông, hay nói cách khác là các hạng mục đó cần được sử dụng BTTL. Việc sử dụng loại bê tông với đặc tính tự lên chặt trong các trường hợp này

cho hiệu quả cao cả về kinh tế và kỹ thuật.

Ở nước ta, việc xây dựng những kết cấu mỏng dày cốt thép như công dưới đê, xi phòng dẫn nước, cửa van bê tông cốt thép mỏng, đập xả lan di động, đập vòm, đập trụ chống ... cũng đòi hỏi các mác bê tông cao từ 30÷40MPa hoặc lớn hơn, ngoài ra còn đòi hỏi tính chống thấm tốt, tính bền cao. Việc sử dụng vật liệu tại chỗ để sản xuất BTTL phục vụ cho xây dựng Thủy lợi để nâng cao chất lượng các công trình là rất cần thiết.

II. Các yêu cầu của hỗn hợp BTTL

- Độ linh động của hỗn hợp BTTL thể hiện thông qua đường kính chảy của hỗn hợp (thử bằng phương pháp rút côn): Thời gian đạt được đường kính D_{50cm} sau 3÷6 giây và $D_{max} = 65÷75$ cm;

- Khả năng tự lên của hỗn hợp BTTL khi chảy qua khe thanh cốt thép (thử bằng L_{box}):

$$\frac{H_2}{H_1} \geq 0,8;$$

- Đảm bảo thời gian duy trì độ linh động theo thời gian đủ để thi công (vận chuyển, bơm hỗn hợp vào khối đổ ...);

- Mác bê tông ở tuổi thiết kế (theo cường độ nén yêu cầu);

- Mác chống thấm và các yêu cầu về độ bền v.v...;

III. Trình tự thiết kế thành phần bê tông tự lên

Bước 1: Xác định hàm lượng cốt liệu lớn

Thể tích tuyệt đối của đá dùng cho bê tông tự lên: $V_d = 0,28 \div 0,35 \text{ m}^3/\text{m}^3$ bê tông

$$Đ = V_d \cdot \rho_d^{bh}$$

Trong đó:

Đ: khối lượng đá trong 1 m^3 bê tông, kg.

V_d : thể tích đá trong 1 m^3 bê tông, m^3

ρ_d^{bh} : khối lượng thể tích (bão hòa nước) của đá, kg/m^3 .

¹ Đại học Thủy lợi

Bước 2: Hàm lượng nước: $N = 155 \div 175$ kg/m³.

Bước 3: Tỷ lệ $N/B = 28\% \div 35\%$ theo khối lượng.

Bước 4: Hàm lượng bột B (Xi măng + Tro bay).

$$B = \frac{N}{N/B}$$

Trong đó:

B: khối lượng bột trong 1 m³ bê tông, kg.

Khối lượng bột trong 1 m³ bê tông thường: 0,16 ÷ 0,19 m³/m³ bê tông: thường trong khoảng (400 ÷ 600) kg/m³.

N/B : tỷ lệ nước/bột theo khối lượng.

Bước 5: Tỷ lệ N/X , xác định như bê tông thường, dùng công thức Bôlômay.

$$R_{bt}^{28} = A.R_x^{28} \cdot (X/N - 0,5), \text{ suy ra } N/X$$

Trong đó: R_{bt}^{28} : cường độ nén của bê tông thiết kế ở ngày tuổi 28,

R_x^{28} : cường độ nén của xi măng ở ngày tuổi 28,

A: hệ số tra bảng,

Bước 6: Hàm lượng xi măng

$$X = \frac{N}{N/X}$$

Trong đó:

X: khối lượng xi măng trong 1 m³ bê tông, kg.

N/X : tỷ lệ nước/xi măng.

Bước 7: Hàm lượng tro bay: $T = B - X$.

Trong đó:

T: khối lượng tro bay trong 1 m³ bê tông, kg.

B: khối lượng bột trong 1 m³ bê tông, kg.

X: khối lượng xi măng trong 1 m³ bê tông, kg.

Bước 8: Hàm lượng cát:

$$C = \left[1000 - \left(\frac{X}{\rho_x} + \frac{T}{\rho_T} + \frac{Đ}{\rho_d} + N + A \right) \right] \cdot \rho_c^{bh}$$

Trong đó:

X, T, C, Đ, N, A: khối lượng xi măng, tro bay (phụ gia mịn), cát, đá, nước và thể tích khí trong 1 m³ bê tông, kg.

ρ_x, ρ_M, ρ_d : khối lượng riêng của xi măng, tro bay và đá, kg/m³.

ρ_c^{bh} : khối lượng thể tích (bão hòa nước) của cát, kg/m³.

Điều chỉnh thành phần bê tông theo yêu cầu dựa trên các nguyên tắc sau: Điều chỉnh lượng nước; Lựa chọn loại phụ gia siêu dẻo phù hợp với vật liệu và điều chỉnh hàm lượng của phụ gia siêu dẻo; Điều chỉnh hàm lượng phụ gia mịn; Điều chỉnh tỷ lệ cát hoặc cốt liệu lớn.

IV. Vật liệu thí nghiệm

4.1 Xi măng

Trong thí nghiệm đã sử dụng loại xi măng PC40 Kim Định để nghiên cứu. Các chỉ tiêu cơ lý của xi măng được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm xi măng

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Xi măng PC40 Kim Định		
				M1	M2	M3
1	Khối lượng riêng	TCVN : 4030-2003	g/cm ³	3,10	3,11	3,11
2	Độ mịn (Lượng sót trên sàng 0,09)	TCVN : 4030-2003	%	3,8	4,1	3,9
3	Lượng nước tiêu chuẩn	TCVN : 6017-1995	%	27,5	28,0	28,25
3	Thời gian bắt đầu đông kết	TCVN : 6017-1995	ph	135	140	135
	Thời gian kết thúc đông kết	TCVN : 6017-1995	ph	210	215	215
4	Độ ổn định thể tích	TCVN : 6017-1995	mm	2,1	2,3	2,5
5	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	TCVN : 6016-1995	N/mm ²	32,0	32,6	32,5
	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	TCVN : 6016-1995	N/mm ²	49,3	49,6	48,9
6	Nhiệt thủy hóa	TCVN 6070-2005	Cal/g	81,55	82,14	82,28

Nhận xét: Xi măng Kim Định PC40 đạt tiêu chuẩn theo TCVN 2628-1999 và đạt tiêu chuẩn dùng cho bê tông thủy công theo 14TCN 66-2002 “Xi măng dùng cho bê tông thủy công - Yêu cầu kỹ thuật”.

4.2. Phụ gia khoáng hoạt tính

Phụ gia khoáng hoạt tính là thành phần không thể thiếu trong BTTL, nó vừa có tác dụng lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt cát, thay thế một phần xi măng, đồng thời nó còn có nhiệm vụ như một phụ gia lấp đầy làm tăng thêm độ linh động của hỗn hợp BTTL. Trong thành phần của phụ gia khoáng hoạt tính có ôxít silic hoạt tính sẽ tác dụng với canxi hydroxit tạo ra các sản

phẩm hydrôsilicatcanxi làm tăng cường độ và độ bền của bê tông. Sự có mặt của phụ gia khoáng hoạt tính có tác dụng giảm lượng nhiệt thủy hoá trong BTTL.

Trong thí nghiệm đã sử dụng phụ gia tro bay *Formusa*, tính chất của tro bay đã được kiểm nghiệm theo TCVN 6016:1995; TCVN 6017:1995; TCVN 4030:1985; 14TCN 105-1999. Kết quả như trong bảng 2

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm tro bay *Formusa* - Tây Đô

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm		
				M1	M2	M3
1	Độ ẩm	14 TCN 108:1999	%	0.54	0.42	0.36
2	Lượng nước yêu cầu	14 TCN 108:1999	%	29.75	30.0	29.5
3	Thời gian bắt đầu đông kết	14 TCN 108:1999	Phút	203	201	202
	Thời gian kết thúc đông kết	14 TCN 108:1999	Phút	260	258	260
4	Chỉ số hoạt tính tuổi 7 ngày so với mẫu đối chứng	14 TCN 108:1999	%	89.2	87.8	89.4
	Chỉ số hoạt tính tuổi 28 ngày so với mẫu đối chứng	14 TCN 108:1999	%	90.1	89.3	90.6
5	Khối lượng thể tích xốp		Kg/m ³	940	965	945
6	Tỷ trọng	TCVN 4030: 2003	g/cm ³	2.21	2.36	2.18
7	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0.08)	TCVN 4030: 2003	%	2.1	2.3	2.4
8	Hàm lượng mất khi nung	TCVN 7131:2002	%	2,18	2,14	2,13
9	Hàm lượng SiO ₂	TCVN 7131:2002	%	50,78	50,94	50,88
10	Hàm lượng Fe ₂ O ₃	TCVN 7131:2002	%	10,38	10,22	10,30
11	Hàm lượng Al ₂ O ₃	TCVN 7131:2002	%	32,18	32,50	31,54
12	Hàm lượng SO ₃	TCVN 7131:2002	%	0,16	0,12	0,14

Nhận xét: Phụ gia khoáng hoạt tính (Tro bay *Formusa*) có các chỉ tiêu thí nghiệm đạt tiêu chuẩn yêu cầu.

4.3. Cốt liệu

Đối với BTTL, cốt liệu có vai trò hết sức quan trọng, nó ảnh hưởng tới các tính chất cơ lý của hỗn hợp bê tông khi trộn, vận chuyển và tự lên chặt, cũng như chất lượng bê tông sau khi rắn chắc. Tỷ lệ giữa các loại cốt liệu ảnh hưởng trực tiếp tới tính chất của BTTL, vì vậy trong quá trình thiết kế cần tìm được tỉ lệ

hợp lý nhất giữa các hạt cốt liệu sao cho hỗn hợp BTTL có các tính chất đạt yêu cầu như mong muốn mà lượng dùng chất kết dính ít nhất.

4.2.1. Cốt liệu mịn (cát):

Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của cát thí nghiệm như ở bảng 3; thành phần hạt như trong bảng 4.

Bảng 3. Các tính chất cơ lý của cát

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm		
		M1	M2	M3
1	Khối lượng riêng, g/cm ³	2,63	2,62	2,63
2	Khối lượng thể tích xốp, g/cm ³	1,41	1,43	1,42
3	Độ hồng, %	50,2	49,2	49,8
4	Lượng bùn, bụi, sét, %	0,98	1,03	0,96
5	Mô đun độ lớn	2,65	2,67	2,63
6	Tạp chất hữu cơ	Đạt	Đạt	Đạt

Bảng 4. Thành phần hạt của cát

STT	Kích thước lỗ sàng (mm)	Lượng sót tích lũy trên từng sàng, %		
		M1	M2	M3
1	5	0,0	0,0	0,0
2	2.5	6,3	5,6	4,5
3	1.25	16,3	15,1	16,2
4	0.63	54,7	56,5	53,3
5	0.315	88,7	90,4	89,6
6	0.14	99,1	99,2	99,0

Nhận xét: Cát có các chỉ tiêu cơ lý đạt yêu cầu dùng cho bê tông thủy công theo 14TCN 68-2002 và TCVN 7570 : 2006.

4.2.2. Cốt liệu thô (đá dăm):

Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm như ở bảng 5; thành phần hạt như trong bảng 6.

Bảng 5. Các chỉ tiêu tính chất cơ lý của đá dăm

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm		
		M1	M2	M3
1	Khối lượng riêng, g/cm ³	2,71	2,72	2,72
2	Khối lượng thể tích, g/cm ³	2,68	2,70	2,69
3	Khối lượng thể tích xốp, g/cm ³	1,35	1,36	1,38
4	Khối lượng thể tích lèn chặt, g/cm ³	1,53	1,55	1,53
5	Hàm lượng bùn bụi bản, %	0,63	0,87	0,81
6	Hàm lượng thoi dẹt, %	25,0	19,2	21,8
7	Hàm lượng hạt mềm yếu, %	1,0	0,86	1,1
8	Độ hút nước, %	0,45	0,43	0,41

Bảng 6. Thành phần hạt của đá dăm

STT	Kích thước lỗ sàng (mm)	Lượng sót tích lũy đá 5-20mm, %		
		M1	M2	M3
1	70	-	-	-
2	40	0,0	0,0	0,0
3	20	8,4	7,8	9,1
4	10	72,2	73,1	70,5
5	5	97,5	98,8	96,3

Nhận xét: Đá dăm 5-20mm có các tính chất cơ lý đạt tiêu chuẩn dùng cho bê tông thủy công theo 14TCN 70-2002 và TCVN 7570:2006.

4.4. Phụ gia giảm nước

Sử dụng phụ gia giảm nước (siêu dẻo) có tác dụng tăng tính công tác của hỗn hợp BTTL, giảm lượng dùng nước và tăng độ đặc của bê tông. Trong thí nghiệm sử dụng phụ gia siêu dẻo loại Viscocrete 3000-10 của hãng Sika. Phụ gia có màu nâu nhạt, dạng lỏng, gốc Polycarboxylat.

V. Kết quả thiết kế thành phần cấp phối BTTL

Trong báo cáo đã thiết kế cấp phối BTTL cho các mác M30, M40, M50, M60. Sau khi lựa chọn vật liệu để thiết kế cấp phối cho các mác bê tông khác nhau, tiến hành thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của bê tông đạt yêu cầu đề ra. Kết quả thành phần vật liệu cho các mác BTTL được thể hiện trong bảng 7 dưới đây.

Bảng 7. Thành phần vật liệu BTTL cho các mác thiết kế

Mác bê tông	Vật liệu dùng cho 1m ³ bê tông					
	Tro bay	Xi măng	Cát	Đá	Nước	Viscocrete 3000-10
MPa	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(lít)
30	213	287	848	770	175	6,0
40	210	340	880	704	170	6.6
50	207	393	893	660	165	7.2
60	206	444	906	616	160	8.0

VI. Kết luận

Để thiết kế một cấp phối bê tông tự lèn (BTTL) đạt được các yêu cầu kỹ thuật đặt ra cho một công trình thực tế, cần phải tuân thủ theo các trình tự cần thiết như sau:

+ Xác định yêu cầu về các chỉ tiêu kỹ thuật mà hỗn hợp BTTL và sản phẩm BTTL cần đạt được theo thiết kế;

+ Thiết kế cấp phối BTTL trong phòng thí nghiệm, điều chỉnh cấp phối sao cho đạt được các yêu cầu về kỹ thuật đã đặt ra;

+ Thí nghiệm điều chỉnh cấp phối BTTL tại hiện trường: Muốn cho hỗn hợp BTTL đạt được các chỉ tiêu cơ lý yêu cầu, cần phải thí nghiệm lại tại công trường (vật liệu và thiết bị trộn tại hiện trường xây dựng) để hiệu chỉnh lại cấp phối, đảm bảo đạt được các yêu cầu đặt ra, nhất là độ linh động và thời gian duy trì độ linh động trong quá trình thi công.

Ngoài ra, để thiết kế cấp phối bê tông tự lèn cho từng công trình cụ thể, việc lựa chọn các loại vật liệu chế tạo bê tông một cách hợp lý, đạt các chỉ tiêu kỹ thuật theo tiêu chuẩn hiện hành là rất cần thiết. Việc tính toán sơ bộ như trên và chế tạo thử nghiệm trong phòng thí nghiệm theo điều kiện tiêu chuẩn, bắt buộc phải thí nghiệm lại tại từng công trình với điều kiện khí hậu, vật liệu cụ thể để điều chỉnh cấp phối cho phù hợp.

Bê tông tự lèn là loại bê tông sử dụng phụ gia siêu dẻo thế hệ mới, do vậy rất dễ bị ảnh hưởng của điều kiện môi trường, điều kiện vật liệu, nhất là độ ẩm của cát và đá. Do đó, với mỗi ca trộn đầu tiên trong ngày thi công cần phải thí nghiệm để kiểm tra lại độ ẩm của cốt liệu, độ linh động của hỗn hợp bê tông và cần được lấy mẫu thí nghiệm cường độ nén cho từng hạng mục công trình tại các vị trí quan trọng.

Tài liệu tham khảo:

1. Bui Khanh Van and Michael Khrapko. Development and Applications of Self-Compacting Concrete in New Zealand. Proceeding of The Second International Symposium on Self-Compacting Concrete, October, 2001, Tokyo, Japan (697-706).
2. Hoàng Phó Uyên, Nguyễn Quang Phú, Lê Văn Đồng và nnc. *Hội thảo một số kết quả nghiên cứu ứng dụng bê tông tự lèn trong xây dựng Thủy lợi*, 6/2012.
3. Hoàng Phó Uyên. *Một số kết quả nghiên cứu ứng dụng bê tông tự đầm trong xây dựng Thủy lợi*, Tạp chí NN&PTNT 1/2004 (81-83)
4. K.H. Kayat and R. Morin. Performance of Self-Consolidating Concrete Use to Repair Parapet Wall in Montreal. Proceeding of First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, November 2002, United State of America, (419-424).
5. Kamal Henri Khayat and Pierre Claude Aitcin. Use of Self-Consolidating Concrete in Canada Present Situation and Perspectives. Proceeding of International Workshop on Self-Compacting Concrete, August 1998, Kochi, Japan (11-22).
6. M. Vachon and J. Daczko. *U.S. Regulatory Work on SCC*. Proceeding of First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, November 2002, United State of America, (377-380).

7. Nguyen Nhu Quy, Nguyen Tan Quy and Stroeven P. *Investigation into Effects of Fine Fillers on The Properties of High-Fluidity Mortar*. Proceeding of ICCMC/IBST 2001. International Conference on Advanced Technologies in Design, Contruction and Maintenance of Concrete Structures, Mach 2001, Hanoi, Vietnam, (588 - 593).

8. Nguyễn Như Quý, Nguyễn Tấn Quý. *Thí nghiệm vữa siêu dẻo và bê tông cường độ cao, độ sụt lớn với sự có mặt của tro bay qua tuyền Phả lại*.

9. Nguyễn Như Quý. Nghiên cứu chế tạo bê tông tự lèn sử dụng vật liệu sẵn có trong điều kiện Việt nam. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ - Trường Đại học xây dựng Hà nội.

10. Nguyễn Tuấn Hiền, Đỗ Hữu Trí, *Kết quả bước đầu nghiên cứu bê tông tự đầm phục vụ xây dựng công trình giao thông*. Tạp chí khoa học Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, 2003.

11. Nguyễn Văn Chánh, Phan Xuân Hoàng, Nguyễn Ninh Thụy. *Bê tông tự lèn*. Tạp chí phát triển Khoa học công nghệ ĐH Quốc gia thành phố HCM, Vol 3, Tháng 5/6/ 2000 (72-79).

12. Paul Ramsburg, John Bareno, Ondrej Masek. *Durability of SCC in Precast Application*. http://www.Oldcastle-precast.com/Oldcastle_Admin/UploadFiles/durability.doc.

13. *Self-Compacting Congcrete Technology, Fresh Concrete: Measuring and Assessment*. Sika Company.

14. Tim Avery. *Self-Compacting Concrete powerful tool for Complicated pours*. Concrete monthly, <http://www.Concretemunthly.com/monthly/art.php/594>.

15. Wolfgang Brameshuber and Stephan Uebachs. *Practical Experience with the Application of Self-Compacting Concrete in Germany*. Proceeding of The Second International Symposium on Self-Compacting Concrete, October, 2001, Tokyo, Japan (687-696).

Abstract:

THE SELECTION OF MATERIALS TO DESIGN THE SELF COMPACTED CONCRETE

This paper presents the selection of materials to design some ratios of Self Compacted Concrete (SCC) with strength from M30 to M60 (MPa) applying for the Hydraulic construction works.

Keywords: Self Compacted Concrete; Fly Ash; Silica Fume; Admixture.

Người phản biện: **PGS.TS. Hoàng Phó Uyên**

BBT nhận bài: 18/12/2013

Phản biện xong: 7/3/2014