

THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG ĐẦM LẤN

TS. Phạm Hữu Hanh

Khoa Vật liệu Xây dựng

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Bê tông đầm lặn (RCC) khác với bê tông truyền thống là phải đảm bảo độ cứng để chịu được tải trọng của lu rung và thành phần hạt cốt liệu, hàm lượng vữa phải hợp lý để chịu được các thiết bị thi công. Bê tông đầm lặn không có độ sụt và ở trạng thái cứng rắn nên khi vận chuyển, san đổ và đầm chặt dùng các thiết bị như thi công đất đá. Hiện nay, bê tông đầm lặn đang được phát triển rất nhanh ở Việt nam. Lựa chọn thành phần của hỗn hợp bê tông đầm lặn là bước rất quan trọng để có được loại bê tông đảm bảo độ bền vững và mang lại hiệu quả kinh tế. Trong bài viết này chúng tôi giới thiệu phương pháp thiết kế tối ưu thành phần bê tông đầm lặn với ứng dụng của phương pháp qui hoạch thực nghiệm

Summary: Roller compacted concrete (RCC) differs from conventional concrete principally in that it has consistency that will support a vibratory roller and an aggregate grading and paste content suitable for compaction by roller or other external methods. Roller compacted concrete of no-slump consistency in its hardened state that is transported, placed and compacted using earth and rock fill construction equipment. For the time being, use of RCC is growing very rapidly in Vietnam. The proper selection RCC mix proportion is an important step in obtaining an economical, durable concrete. This paper presents a optimal design method for proportioning RCC by application of experimental optimal plan.

1. MỞ ĐẦU

Gần 2 thế kỷ kể từ khi xi măng rời bê tông, bê tông cốt thép ra đời công nghệ xây dựng đã căn bản thay đổi, rất nhiều những công trình hiện đại, đẹp đẽ, hữu dụng ra đời. Tuy nhiên, trong quá trình sử dụng loại vật liệu này cũng bộc lộ những nhược điểm khó đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của con người. Một trong những nhược điểm đó là sử dụng bê tông để xây dựng các công trình khối lớn (như đập...). Vấn đề ở đây không phải là khả năng chịu lực vì loại bê tông này thường yêu cầu cường độ không cao mà quan trọng là ổn định của công trình chủ yếu là vấn đề liên quan đến nhiệt. Do khối bê tông quá lớn nên lượng nhiệt khuếch tán từ trong khối bê tông ra ngoài rất lâu (theo tính toán của Mỹ có công trình lên tới 200 năm!). Sự chênh lệch nhiệt độ tạo ra ứng suất gây nứt công trình sau này sẽ xảy ra hiện tượng thấm làm ảnh hưởng rất xấu đến tính chất của các công trình thủy công, đặc biệt là các công trình ngăn nước. Để khắc phục hiện tượng này với công nghệ thi công bê tông thông thường làm đập là rất phức tạp: Phải làm lạnh cốt liệu đến 5°C; trộn bê tông bằng nước đá; thi công về đêm... Với sự ra đời của công nghệ thi công bê tông mới - bê tông đầm lặn không những khắc phục được

nhược điểm của bê tông thông thường sử dụng trong các công trình đê, đập mà còn đẩy nhanh tiến độ thi công, hiệu quả kinh tế.

Công việc nghiên cứu và ứng dụng hỗn hợp bê tông ít xi măng và áp dụng phương pháp thi công đơn giản giống thi công đập đất đá (bê tông đầm lăn) đã thực sự tạo ra được những tính ưu việt vượt trội so với đập trọng lực sử dụng bê tông truyền thống hoặc đập đất đá ở tốc độ thi công rất nhanh, giá thành rẻ so với bê tông truyền thống và mặt cắt đập nhỏ, độ ổn định cao hơn so với đập đất đá. Do tính ưu việt của nó nên bê tông đầm lăn đã được nghiên cứu, sử dụng thành công ở nhiều nước trên thế giới. Đặc biệt ở Mỹ, Nhật, Trung Quốc, Canada.

Ở Việt Nam bê tông đầm lăn đã được sử dụng để tạo các lớp lát có diện tích lớn như sân bãi chứa gỗ xẻ lâm nghiệp, sân phân loại gỗ cây, bãi chứa container, khu công viên, bãi đỗ ô tô, đường phục vụ quân đội... Tuy nhiên, mới chỉ là sử dụng cho các công trình lẻ tẻ, không quan trọng và chưa được thống nhất hoá về chế độ công nghệ, quản lý chất lượng. Những năm gần đây, mới có những nghiên cứu đầy đủ và sát thực hơn. Từ những nghiên cứu cơ bản đầu tiên như nghiên cứu của Trường Đại học Xây dựng với Công ty Tư vấn Thủy lợi I nhằm mục đích chế tạo bê tông đầm lăn trong phòng thí nghiệm, với tổng công ty Sông Đà và Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng khi thí nghiệm trên các mô hình; cùng với các dự án nghiên cứu chế tạo bê tông đầm lăn của Viện khoa học công nghệ Xây dựng, viện khoa học Công nghệ Giao Thông, Công ty điện lực I. Hiện nay với khoảng 17 đập đang thi công ở Việt Nam có tới 10 đập áp dụng công nghệ thi công đầm lăn: trong đó có đập thủy điện Sơn La cao tới 138m.

Bê tông đầm lăn chỉ khác bê tông truyền thống ở phương pháp thi công: được vận chuyển, đổ, san, và đầm chặt bằng các thiết bị thi công đất. Khi chưa đông cứng hỗn hợp cần phải chống đỡ được thiết bị đầm lăn mặt ngoài do vậy bê tông đầm lăn thường là hỗn hợp bê tông cứng. Công nghệ bê tông đầm lăn là sự kết hợp của hai công nghệ truyền thống: công nghệ chế tạo bê tông và công nghệ thi công (rải, đầm) đất.

Như vậy, thành phần các nhóm hạt trong bê tông đầm lăn phải có những yêu cầu khác với hỗn hợp bê tông truyền thống để không chỉ thoả mãn tính dễ thi công mà còn phải chịu được tác dụng của tải trọng của các thiết bị khi thi công. Trong bài này chúng tôi giới thiệu kinh nghiệm thiết kế tối ưu thành phần bê tông đầm lăn bằng cách kết hợp giữa phương pháp thiết kế theo tiêu chuẩn ACI của Mỹ kết hợp với qui hoạch thực nghiệm.

2. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP CHÍNH THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG ĐẦM LĂN

2.1 Thiết kế thành phần theo đầm chặt

Các hỗn hợp bê tông đầm lăn đã được thiết kế thành phần theo quy trình đầm chặt đất. Phương pháp này phù hợp đối với các hỗn hợp cốt liệu nhỏ và thường lượng xi măng cao hơn. Nó liên quan đến việc xác định khối lượng thể tích khô cực đại theo quy trình đầm Proctor cải tiến và có thể xem như là sự mở rộng công nghệ với chất kết dính đất - xi măng. Lượng nước tối ưu cũng được xác định đồng thời theo khối lượng thể tích khô cực đại.

2.2 Thiết kế thành phần hỗn hợp theo tổ hợp tỷ lệ cốt liệu chất kết dính tốt nhất

Bê tông đầm lăn đã được thiết kế thành phần dựa trên kết quả thử nghiệm của các mẫu cốt liệu cố định và thay đổi lượng chất kết dính và so sánh kết quả. Dựa trên số liệu này, thử nghiệm bổ sung có thể thích hợp với lượng chất kết dính không đổi và điều chỉnh tỷ lệ cốt liệu.

2.3 Thiết kế thành phần hỗn hợp cho bê tông đầm lăn thoả mãn tính công tác

Gồm 12 bước dựa theo nguyên tắc tính thể tích hồ và vữa tối thiểu được hiệu chỉnh dựa vào tính công tác và cường độ yêu cầu.

2.4 Phương pháp thiết kế cấp phối bê tông đầm lăn của Trung Quốc

Với điều kiện thoả mãn yêu cầu thiết kế: Cường độ, tính ổn định và dễ thi công, thông qua việc chọn thông số tính toán thiết kế và điều chỉnh trộn thử cần thiết. Xác định hợp lý về kinh tế đối với lượng dùng các loại vật liệu cấu thành trong đơn vị thể tích bê tông đầm lăn.

2.5 Thiết kế thành phần bê tông theo EM 1110-2-2006

Trong phòng thí nghiệm sẽ thiết kế cấp phối bê tông với vật liệu sẽ được sử dụng thực tế tại công trình. Thiết kế bê tông đầm lăn theo phương pháp này gồm 10 bước nhìn chung gần như với bê tông thường. Điều khác nhau cơ bản là bê tông đầm lăn với lượng nước thấp và hỗn hợp không có độ sụt. Hỗn hợp bê tông đầm lăn cần đủ ổn định để chống đỡ được khối nặng của máy đầm rung, nhưng cũng phải đủ dẻo để các hạt đá sắp xếp lại. Sự sắp xếp này cho phép lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu được chứa đầy bằng vữa hay hồ.

3. THIẾT KẾ TỐI ƯU THÀNH PHẦN BÊ TÔNG ĐẦM LĂN

3.1 Khái quát

Các phương pháp thiết kế thành phần bê tông đầm lăn hiện nay đều dựa vào phương pháp tính toán kết hợp với thực nghiệm -gồm 2 bước: bước 1 thiết kế sơ bộ; bước 2 hiệu chỉnh lại cấp phối sơ bộ từ thí nghiệm thực tế. Như vậy, cấp phối tìm được thường chỉ thoả mãn các tính chất yêu cầu. Dưới đây chúng tôi giới thiệu phương pháp thiết kế thành phần bê tông tối ưu với nội dung cũng gồm 2 bước. Phần thiết kế sơ bộ tương tự như các phương pháp trên; còn bước hiệu chỉnh lại cấp phối dùng phương pháp qui hoạch thực nghiệm để giải bài toán tối ưu.

3.2 Thiết kế thành phần hỗn hợp cho bê tông theo qui hoạch thực nghiệm

Phần này ứng dụng thiết kế cấp phối tối ưu bê tông đầm lăn cho đập Sông Côn 2 tỉnh Quảng Nam.

Thiết kế định hướng

Theo phương pháp kinh nghiệm đã tiến hành thiết kế định hướng (từ cấp phối tính toán thí nghiệm sơ bộ để loại trừ các cấp phối chắc chắn không đạt yêu cầu), kết quả ở bảng 3.1.

Bảng 3.1 Kết quả thí nghiệm

STT	Cấp phối				Đá (kg)	VEBE (giây)	ρ_v (g/cm ³)
	Xi măng (kg)	Puzolan (kg)	Cát (kg)	Nước (lít)			
1	85	85	690	100	1516	27	-
2	85	85	690	130	1516	5	2370
3	85	85	700	130	1350	10	2390
4	92	92	800	120	1350	6	2410
5	92	92	850	120	1283	8	2440

Thiết kế tối ưu theo qui hoạch thực nghiệm

Từ cấp phối định hướng cấp phối 5 (vì dễ hơn yêu cầu nên tỷ lệ nước và chất kết dính chọn làm mức trên của qui hoạch) được dùng làm cấp phối cơ sở để thiết kế thành phần bê tông trong đó:

Kế hoạch thí nghiệm bậc 1 là:

$$1: \frac{N}{CKD} : \frac{CL}{CKD} : \frac{C}{CKD} = 1: 0,645: 11,59:0,40$$

Kết quả đưa ra ở bảng 3.2.

Bảng 3.2 Kết quả thí nghiệm cường độ bê tông đầm lăn

STT	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_{TB}
1	+	+	+	107. 8	99. 0	104. 5	103. 8
2	-	+	+	116. 5	115. 6	115. 0	115. 7
3	+	-	+	103. 4	104. 5	113. 3	107. 1
4	-	-	+	118. 1	120. 5	121. 5	120. 0
5	+	+	-	109,1	110. 8	114. 5	111. 5
6	-	+	-	137. 6	133. 1	133. 1	134. 6
7	+	-	-	116. 9	119. 9	114. 4	117. 1
8	-	-	-	128. 7	133. 8	132. 0	131. 5

Vậy phương trình có dạng:

$$y = 117. 66 - 7. 79X_1 - 1. 26X_2 - 6. 01X_3$$

Sau khi loại trừ các hệ số của phương trình $< 4. 411$ (loại b_2). Từ đó ta được phương trình có dạng:

$$y = 117. 66 - 7. 79X_1 - 6. 01X_3$$

Sau khi xác định được miền dừng thì ta tiến hành quy hoạch bậc 2 quan hệ giữa cường độ với các nhân tố biến đổi.

Kế hoạch thí nghiệm bậc 2.

Giá trị nhân tố ở bảng 3.3 và kết quả thí nghiệm bảng 3.4:

Bảng 3.3 Kế hoạch thí nghiệm bậc 2

Mức	X_1	X_3
Gốc 0	0. 61	0. 34
Trên +1	0. 62	0. 36
Dưới -1	0. 60	0. 32

Khoảng quy hoạch	0. 01	0. 02
$+\alpha$	0. 624	0. 368
$-\alpha$	0. 596	0. 312

Bảng 3.4 Kết quả thí nghiệm

STT	Mã hoá					Kết quả
	X_1	X_3	X_{13}	X_1^2	X_3^2	Y_{TB}
1	+	+	+	+	+	121.6
2	-	+	-	+	+	127.3
3	+	-	-	+	+	130.1
4	-	-	+	+	+	113.0
5	$+\alpha$	0	0	α^2	0	103.0
6	$-\alpha$	0	0	α^2	0	111.8
7	0	$+\alpha$	0	0	α^2	114.3
8	0	$-\alpha$	0	0	α^2	108.9
9	0	0	0	0	0	173.0
10	0	0	0	0	0	170.2
11	0	0	0	0	0	164.6
12	0	0	0	0	0	176.5
13	0	0	0	0	0	165.4

Như vậy phương trình toán học mô tả sự phụ thuộc tính chất cần nghiên cứu của bê tông đầm lăn vào các nhân tố ảnh hưởng là:

$$y = 169.94 - 0.13X_1 + 1.68X_3 - 2.85X_{13} - 27.99X_1^2 - 25.89X_3^2$$

Từ đó tìm được cấp phối tối ưu là: $\frac{N}{CKD} = 0.61$; $\frac{CL}{CKD} = 10.59$; $\frac{C}{CKD} = 0.34$

Từ cấp phối tối ưu, với cốt liệu thực tế và sử dụng phụ gia tăng dẻo TM20 và TM30 của hãng SIKA hoặc 300R của MBT đưa ra cấp phối đề xuất sử dụng như sau:

Xi măng (kg)	Puzolan (kg)	Cát (kg)	Nước (lít)	Đá (kg)		
				5-20	20-40	40-50
80	100	720	122	420	560	420

Cấp phối của mẫu đối chứng (theo bê tông thường)

270*	-	740	176	488	488	244
------	---	-----	-----	-----	-----	-----

3.3 Tính chất của bê tông

Từ cấp phối thiết kế được, tiến hành thí nghiệm để so sánh tính chất của bê tông khi so sánh với việc sử dụng các loại vật liệu khác nhau cũng như so sánh với bê tông thông thường; kết quả thí nghiệm ở bảng 3.5 và 3.6.

Bảng 3.5 Kết quả thí nghiệm thời gian đông kết của bê tông đầm lăn

STT	Xi măng	Loại phụ gia tăng dẻo			Thời gian đông kết	
		300R	TM-30	TM20	Bắt đầu	Kết thúc
1	Sao Mai	0,7l/100X			10h50	16h05
2	Sao Mai		0,7l/100X		9h45	16h30
3	Sao Mai			0,7l/100X	9h35	14h40
4	Sao Mai	0,6/CKD			12h50	19h10
5	Sao Mai		0,6/CKD		30h20	45h30
6	Sao Mai			0,6/CKD	23h30	40h50

Bảng 3.6 Một số tính chất của bê tông

TT	Loại phụ gia tăng dẻo	Tinh công tác	Mác bê tông	Cường độ KG/cm ²			Mác chống thấm
				7 ngày	28 ngày	90 ngày	
1	300R	7s	150	125	175	200	4
2	TM30	9s	150	134	192	223	4
3	-	3cm	150	136	196	-	4

4. KẾT LUẬN

- Thiết kế bê tông đầm lăn theo phương theo phương pháp qui hoạch thực nghiệm cho độ chính xác cao với khối lượng thí nghiệm ít.

- Bê tông đầm lăn có lượng dùng chất kết dính (xi măng và puzolan) bằng khoảng 3/4 chất kết dính và có lượng dùng xi măng chỉ bằng khoảng 1/3 lượng dùng xi măng trong bê tông thường khi có cường độ tương tự.

- Khi sử dụng các loại phụ gia hoá học với hàm lượng 0,7 lít/100kg xi măng (300R và TM30) cho thời gian bắt đầu đông kết của bê tông đầm lăn lớn hơn 9 giờ 30 phút có thể thi công đầm lăn theo từng lớp; loại phụ gia 300R cũng có thể dùng lớn hơn khoảng 1,5 lít/100 kg xi măng (0,6 lít trên 100 kg chất kết dính)- thời gian bắt đầu đông kết 12h20 đến 13h30.

Tài liệu tham khảo

1. *Chu Kiến Uy, Viện nghiên cứu thủy lợi Thiên Tân, Trung Quốc.* Thiết kế phối liệu bê tông và khống chế chất lượng thi công đập bê tông đầm lăn ở hồ chứa Thạch Man - Than. Người dịch Nguyễn Ngọc Bách, Hà Nội 7-1997.
2. *Tổng công ty công trình thủy lợi thủy điện Trung Quốc.* Quy trình thí nghiệm bê tông đầm lăn SL48-94. Người dịch Lê Văn Cung, Hà Nội 3-1997.
3. *Phạm Hữu Hanh.* Nghiên cứu chế tạo bê tông đầm lăn dùng cho công trình thủy lợi Tân Giang tỉnh Ninh Thuận (đề tài hợp tác nghiên cứu với Công ty Tư vấn Xây dựng Thủy lợi I - Bộ Nông nghiệp và phát triển Nông thôn), Hà Nội 1998
4. *Phạm Hữu Hanh.* Nghiên cứu chế tạo bê tông đầm lăn. Tuyển tập công trình khoa học Trường Đại học Xây dựng số 1-1999.
5. *Phùng Văn Lự, Phạm Hữu Hanh, Vũ Anh Dũng.* Nghiên cứu sử dụng vật liệu địa phương chế tạo bê tông đầm lăn cho đập trọng lực và đường giao thông (đề tài hợp tác nghiên cứu với Tổng công ty Sông Đà và Viện khoa học công nghệ xây dựng, Hà Nội- 2004
5. *ACI Manual of Concrete Practice 1997, part 1.* Materials and General Properties of Concrete "Roller compacted concrete- ACI 207,5R.89"
6. *Technical engineering and design guide as adopted from the US Army Corps of Engineers, No. 5. Roller-Compacted Concrete,*" ASCE Press, New York, 1994, pp. 6-15.
7. *Hansen, K. D. and Reinhard, W. G.* Roller Compacted Concrete Dams. McGraw-Hill, Inc., 1991, pp. 15- 64.
8. *US army Corps of engineers (15/2/2006),* Roller-Compacted Concrete, Engineering and Design.