

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA PHỤ GIA HÓA ĐÈO,
CHẬM ĐÔNG KẾT ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG ĐẦM LẤN**

Nguyễn Quang Phú¹, Nguyễn Thành Lê²

Tóm tắt: Nghiên cứu sử dụng phụ gia phụ gia hóa dẻo, chậm đông kết TM25 của Sika cho bê tông đầm lặn công trình đập Nước Trong đã đạt được cường độ chịu nén ở tuổi 90 ngày $R_{90} = 33,1 \text{MPa}$, hệ số thấm $K_t = 50 \times 10^{-9} \text{ cm/s}$, tính công tác $V_c = 14$ giây, bê tông đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật về cường độ, tính công tác, thời gian đông kết, tính chống thấm cho công trình. Việc sử dụng phụ gia phụ gia hóa dẻo, chậm đông kết cho BTĐL sẽ cải thiện một số tính chất kỹ thuật của BTĐL dùng cho đập, đảm bảo thời gian thi công hợp lý trong điều kiện Việt Nam, nhằm mang lại hiệu quả cao và khả thi.

Từ khóa: Bê tông đầm lặn; Tro bay; Phụ gia siêu dẻo; Phụ gia chậm đông kết; Cường độ nén.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên thế giới (Bộ NN và PTNT, 2006), bê tông đầm lặn (BTĐL) được nghiên cứu và ứng dụng từ năm 1960. Tại Việt Nam, việc nghiên cứu BTĐL được bắt đầu vào những năm 1990. Đến nay BTĐL đã được thi công hàng chục đập tại Việt Nam, kết quả đã khẳng định được ưu điểm vượt trội so với các công nghệ thi công khác là thi công nhanh, tiêu tốn ít xi măng (X), áp dụng cơ giới hóa cao, giá thành giảm.

Thành tựu về đập BTĐL ở Việt Nam là không thể phủ nhận (Lê Minh, 1998), tính đến nay hàng chục đập bê tông trọng lực được thi công bằng BTĐL đã và đang được đưa vào khai thác. Nhưng còn một số vấn đề lớn đang tồn tại đó là hiện tượng thấm nước qua thân đập và nứt do nhiệt, nguyên nhân là do việc lựa chọn vật liệu, phương pháp thiết kế thành phần và thi công bê tông chưa hợp lý. Vì vậy cần thiết phải được nghiên cứu và đưa ra hướng giải quyết một cách hợp lý nhất.

Trong nghiên cứu trình bày việc lựa chọn vật liệu, phương pháp thiết kế (Quy phạm thiết kế đập bê tông đầm lặn, 2005) và kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia hóa dẻo, chậm đông kết đến các tính chất của BTĐL: Tính công tác, thời gian đông kết, cường độ nén, độ chống thấm, để nâng cao chất lượng BTĐL cho đập trong điều kiện Việt Nam.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

+ Đề tài sử dụng xi măng PC40 Kim Đình có giới hạn bền nén ở tuổi 28 ngày đạt 49,2 MPa, các chỉ tiêu kỹ thuật khác đạt tiêu chuẩn xi măng Pooclăng PC40 theo TCVN 2682-2009.

+ Tro bay Phả Lại được sử dụng có các chỉ tiêu thí nghiệm đạt tiêu chuẩn TCVN 395-2007 “Phụ gia khoáng cho bê tông đầm lặn”.

+ Cát vàng Sông Nước Trong đưa về Phòng nghiên cứu vật liệu - Viện Thủy công - Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam thí nghiệm có các chỉ tiêu cơ lý đạt tiêu chuẩn TCVN 7570-2006.

Cát dùng chế tạo BTĐL có hàm lượng hạt dưới sàng 0,14mm là rất ít, nhỏ hơn 1%. Theo các tài liệu thiết kế thành phần BTĐL của Trung Quốc và một số tài liệu thiết kế thành phần cấp phối BTĐL khác ở Việt Nam thì hàm lượng hạt dưới sàng 0,14mm trong cát để chế tạo BTĐL hợp lý vào khoảng (14÷18)%, nên đối với thành phần hạt của cát như trên cần phải bổ sung khoảng (14÷18)% hạt lọt sàng 0,14mm. Lượng hạt mịn bổ sung vào cát tự nhiên có thể là bột đá có độ mịn thích hợp hoặc phụ gia khoáng mịn (PGM) có hoạt tính thấp.

+ Đá dăm granit dùng thi công công trình Nước Trong - Quảng Ngãi, đá dăm được phân ra 2 cỡ hạt: 5-20mm và 20-40mm. Sau khi phối hợp các tỷ lệ đá dăm (5-20) và (20-40) theo tỷ lệ (45:55) được đá dăm hỗn hợp 5-40mm có $\gamma_{\text{max}}^{\text{dc}}$

¹ Khoa Công trình, Đại học Thủy lợi, Việt Nam.

² Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

= 1,65 tấn/m³; các chỉ tiêu cơ lý đạt tiêu chuẩn TCVN 7570-2006.

+ *Phụ gia hóa: đề tài tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia TM25 của Hãng Sika (phụ gia hóa dẻo, chậm đông kết) đến tính chất của BTĐL. Phụ gia TM25 dạng lỏng, có màu nâu, khối lượng thể tích từ 1,18 ÷ 1,21 kg/lít; đóng gói: 25/200 lít (thùng).*

2.2. Các tiêu chuẩn và phương pháp nghiên cứu

Kết hợp phương pháp toán quy hoạch thực nghiệm để thiết kế thành phần bê tông tối ưu, tiến hành thí nghiệm trong phòng kết hợp với ứng dụng thi công thực tế tại công trình sử dụng các tiêu chuẩn, thiết bị thí nghiệm của các nước trên thế giới và Việt Nam.

2.2.1. Các tiêu chuẩn thí nghiệm vật liệu:

Xi măng: Thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết: TCVN 6017:1999; Khối lượng riêng: TCVN 4030:2003; Độ ổn định thể tích (PP Losatolie): TCVN 6017:1999; Cường độ nén: TCVN 6016:2011.

Tro bay: Tổng hàm lượng (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃): TCVN 7131:2002; Mất khi nung: TCVN 7131 : 2002; Độ ẩm: TCVN 7572 : 2006; Khối lượng riêng, độ mịn theo phương pháp Blaine: TCVN 4030:2003; Lượng sót trên sàng 45 µm: TCVN 8827:2011; Hàm lượng SO₃: TCVN 7131:2002; Hoạt tính đối với XM: TCVN 6882:2001.

Đá dăm: Thành phần hạt: AASHTO T 27; Khối lượng thể tích xốp, độ hút nước bão hoà, hàm lượng sét cục và hạt mềm yếu, khối lượng riêng, độ ẩm: TCVN 7572:2006; Yêu cầu đối với cốt liệu bê tông: TCVN 7570:2006.

Cát: Thành phần hạt: AASHTO T 27; Khối lượng thể tích xốp, khối lượng riêng, độ hút nước bão hoà, tạp chất hữu cơ, độ ẩm, hàm lượng bụi, bùn sét: TCVN 7572:2006.

2.2.2. Các tiêu chuẩn thí nghiệm BTĐL:

Hỗn hợp BTĐL và BTĐL: SL48÷94; Cường độ nén: TCVN 3118:1993; Khối lượng thể tích: TCVN 3108:1993; Mác chống thấm: TCVN 3116:1993; Độ xốp vữa BTĐL: ASTM D 4404-84.

2.2.3. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Để nghiên cứu sự ảnh hưởng của thành phần vật liệu đến các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông đầm lăn, đề tài đã dùng phương pháp toán quy hoạch thực nghiệm bậc 2 tâm xoay trong nghiên cứu. Với hàm mục tiêu nghiên cứu là trị số V_c của hỗn hợp bê tông đầm lăn; thời gian đông kết của hỗn hợp bê tông; cường độ kháng nén của bê tông các tuổi 90 ngày; hệ số thấm của bê tông ở tuổi 90 ngày.

Các nhân tố chính ảnh hưởng đến các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông đầm lăn là tỷ lệ sử dụng phụ gia khoáng trên tổng chất kết dính (PGK/CKD) được mã hóa là biến X₁; tỷ lệ nước trên tổng chất kết dính (N/CKD) được mã hóa là biến X₂; tỷ lệ phụ gia hóa trên tổng chất kết dính (PGH/CKD) được mã hóa là biến X₃. Chất kết dính gồm xi măng và phụ gia khoáng (CKD = XM + PGK).

3. NỘI DUNG VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Thiết kế cấp phối BTĐL sử dụng phụ gia hóa dẻo, chậm đông kết TM25 của Sika

Từ các cấp phối sử dụng thực tế ở công trình, đề tài tiến hành khảo sát và lựa chọn cấp phối đã sử dụng cho Đập Định Bình làm cấp phối cơ sở để khảo sát (bảng 1).

Bảng 1. Cấp phối cơ sở sử dụng phụ gia hóa học TM25

Tỷ lệ		Lượng dùng vật liệu cho 1 m ³ BTĐL, (kg)					
PGK/CKD	N/CKD	XM	TB	Đ	C	N	PGHD, CĐK
0,57	0,57	99	131	1288	806	130	1,15

Sau khi điều chỉnh cấp phối cho phù hợp và đạt được các chỉ tiêu cần thiết, đề tài đưa ra cấp phối để làm tâm cho kế hoạch thực nghiệm như trong bảng 2.

Bảng 2. Cấp phối làm tâm kế hoạch sử dụng phụ gia hóa học TM25

Tỷ lệ		Lượng dùng vật liệu cho 1 m ³ BTĐL, (kg)						
PGK/CKD	N/CKD	XM	TB	PGM	Đ	C	N	PGHD, CĐK
0,55	0,55	99	121	98	1287	786	121	2,64

Tiến hành lựa chọn được khoảng khảo sát mới như sau:

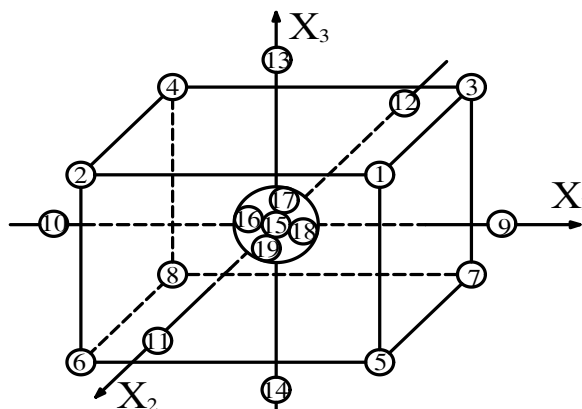
Tỷ lệ PGK/CKD: Theo ACERTM-08 USA - Một số công trình đã sử dụng thay thế xi măng 75% tro bay có thể đạt cường độ 35MPa tuổi 1 năm và 49MPa trong 5 năm. Đề tài đã tiến hành khảo sát và điều chỉnh cho phù hợp với vật liệu tại Việt Nam nên chọn giá trị tại tâm là 0,55 và hai giá trị biên là 0,45 và 0,65.

Tỷ lệ N/CKD: Theo phụ lục A SL48-94 - Để thỏa mãn chất lượng công trình, tỷ lệ N/CKD phải nhỏ hơn 0,7. Qua khảo sát chọn giá trị tại tâm 0,55 và hai giá trị biên là 0,5 và 0,6.

Tỷ lệ PGH/CKD: Phụ gia hóa dẻo chậm đông kết TM25 của hãng Sika có khoảng sử dụng khuyến cáo (0,5÷5 lít/100kg Xi măng). Đề tài khảo sát và lựa chọn lượng dùng phù hợp với mục tiêu đề tài và yêu cầu về thời gian đông kết, với giá trị PGH/XM tại tâm 0,012 và hai giá trị tại biên là 0,008 và 0,016.

X_1, X_2, X_3 : là biến mã tương ứng của các

nhân tố ảnh hưởng là: tỷ lệ PGK/CKD, tỷ lệ N/CKD và PGH/CKD.



Hình 1. Sơ đồ kế hoạch thực nghiệm trực giao tâm xoay bậc hai ba nhân tố

Số điểm thí nghiệm: $N = 2^n + 2n + N_0 = 2^3 + 2 \times 3 + 6 = 20$

Tiến hành lập kế hoạch thực nghiệm và xác định thành phần vật liệu cho các điểm thực nghiệm như trong bảng 3 và 4 dưới đây.

Bảng 3. Kế hoạch thực nghiệm sử dụng phụ gia hóa học TM25

STT	Biến mã			Biến Thực		
	X1	X2	X3	TB/CKD	N/CKD	PGH/CKD
CP1	-1	-1	-1	0,45	0,5	0,016
CP2	1	-1	-1	0,65	0,5	0,016
CP3	-1	1	-1	0,45	0,6	0,016
CP4	1	1	-1	0,65	0,6	0,016
CP5	-1	-1	1	0,45	0,5	0,008
CP6	1	-1	1	0,65	0,5	0,008
CP7	-1	1	1	0,45	0,6	0,008
CP8	1	1	1	0,65	0,6	0,008
CP9	-1,682	0	0	0,425	0,55	0,012
CP10	1,682	0	0	0,689	0,55	0,012
CP11	0	-1,682	0	0,55	0,472	0,012
CP12	0	1,682	0	0,55	0,636	0,012
CP13	0	0	-1,682	0,55	0,55	0,017
CP14	0	0	1,682	0,55	0,55	0,0075
CP15	0	0	0	0,55	0,55	0,012

CP16	0	0	0	0,55	0,55	0,012
CP17	0	0	0	0,55	0,55	0,012
CP18	0	0	0	0,55	0,55	0,012
CP19	0	0	0	0,55	0,55	0,012
CP20	0	0	0	0,55	0,55	0,012

Bảng 4. Bảng cấp phối quy hoạch sử dụng phụ gia hóa học TM25

STT	Lượng dùng vật liệu cho 1 m ³ (kg)								
	X	TB	PGM	Đ	Đ (0.5x2)	Đ (2x4)	C	N	PGH
CP1	121	99	99	1301	585	716	795	110	3,52
CP2	77	143	100	1308	588	719	799	110	3,52
CP3	121	99	97	1266	570	696	773	132	3,52
CP4	77	143	97	1273	573	700	777	132	3,52
CP5	121	99	99	1301	585	716	795	110	1,76
CP6	77	143	100	1308	588	719	799	110	1,76
CP7	121	99	97	1266	570	696	773	132	1,76
CP8	77	143	97	1273	573	700	778	132	1,76
CP9	127	93	98	1283	577	705	784	121	2,64
CP10	68	152	99	1292	581	710	789	121	2,64
CP11	99	121	100	1314	591	723	803	104	2,64
CP12	99	121	96	1257	566	691	768	140	2,64
CP13	99	121	98	1287	579	708	786	121	3,73
CP14	99	121	98	1287	579	708	786	121	1,66
CP15	99	121	98	1287	579	708	786	121	2,64
CP16	99	121	98	1287	579	708	786	121	2,64
CP17	99	121	98	1287	579	708	786	121	2,64
CP18	99	121	98	1287	579	708	786	121	2,64
CP19	99	121	98	1287	579	708	786	121	2,64
CP20	99	121	98	1287	579	708	786	121	2,64

3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia hóa dẻo, chậm đông kết TM25 đến tính chất của BTĐL

Tiến hành trộn mẫu thí nghiệm: xác định chỉ

số Vebe (V_c), thời gian bắt đầu đông kết (T_{BDDK}), cường độ nén ở tuổi 90 ngày (R_{90}) và hệ số thấm (K_t) của các cấp phối bê tông, kết quả cho ở bảng 5.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm của hỗn hợp BTĐL và BTĐL sử dụng TM25

STT	V_c , giây	T_{BDDK} , giờ	R_{90} , MPa	K_t , cm/s
CP1	14	32,5	33,1	50×10^{-9}
CP2	10	34,5	24	100×10^{-9}
CP3	9	30,5	25,5	90×10^{-9}
CP4	5	35,5	16,8	143×10^{-9}
CP5	16	15,5	30,1	55×10^{-9}
CP6	11	23	23,6	100×10^{-9}
CP7	12	16	24,4	99×10^{-9}
CP8	7	17,5	15,8	150×10^{-9}
CP9	15	20,5	28,4	70×10^{-9}
CP10	8	34	17	160×10^{-9}

CP11	14	19,5	28,5	70×10^{-9}
CP12	5	23,5	19	130×10^{-9}
CP13	8	37	23	100×10^{-9}
CP14	11	18	22,8	99×10^{-9}
CP15	10	25	23,4	100×10^{-9}
CP16	9	25,5	23,1	99×10^{-9}
CP17	10	24,5	22,8	99×10^{-9}
CP18	9	25,5	22,9	90×10^{-9}
CP19	10	24,5	22,5	100×10^{-9}
CP20	9	25	20,1	90×10^{-9}

Nhận xét:

+ Tính công tác của BTĐL (V_c): tỉ lệ nghịch với TB/CKD, N/CKD và tỉ lệ thuận với PGH/CKD. Khi TB/CKD giảm thì V_c của hỗn hợp tăng lên và ngược lại, điều này được lý giải do tro bay có dạng hạt hình cầu sẽ có hiệu ứng ổ bi nên làm tăng tính trơn trượt giữa các thành phần trong hỗn hợp bê tông khi hàm lượng TB/CKD tăng lên.

Khi N/CKD giảm thì V_c của hỗn hợp tăng lên và ngược lại, điều này được lý giải do nước tăng làm tăng màng nước hấp phụ giữa các hạt xi măng tăng tính trơn trượt làm cho bê tông linh động hơn.

Khi PGH/CKD tăng (hàm lượng dùng TM25) làm tăng tính linh động của hỗn hợp BTĐL làm tăng tính công tác, giảm V_c .

+ Khi tro bay tăng cường độ phát triển chậm làm kéo dài thời gian đông kết, hơn nữa thêm tác dụng của phụ gia chậm đông kết càng làm bê tông đóng rắn chậm hơn.

+ Cường độ nén BTĐL (R_n) tỉ lệ nghịch với TB/CKD, N/CKD và tỉ lệ thuận với PGH/CKD. Khi TB/CKD giảm thì R_n của BTĐL tăng và ngược lại, điều này được lý giải do tăng giảm tro làm giảm, tăng lượng xi măng trong BTĐL làm tăng giảm cường độ BTĐL. Khi lượng dùng TM25 tăng (PGH/CKD tăng) làm giảm N/CKD làm tăng cường độ BTĐL.

+ Hệ số thấm bị ảnh hưởng lớn bởi tỷ lệ N/CKD và TB/CKD và khả năng thấm tăng khi nước và tro bay tăng, cường độ giảm, khả năng chống thấm kém. Hệ số thấm ít bị ảnh hưởng bởi PGH TM25, vì TM25 chủ yếu làm chậm đông kết, đặc tính giảm nước ít, do đó ảnh hưởng ít đến cường độ và khả năng chống thấm của BTĐL.

4. KẾT LUẬN

Khi thiết kế thành phần BTĐL thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật đặt ra thì các vật liệu chế tạo BTĐL (cốt liệu, xi măng, phụ gia khoáng và phụ gia hóa học) phải đạt các yêu cầu kỹ thuật theo các tiêu chuẩn hiện hành để chế tạo BTĐL.

Khảo sát, đánh giá cường độ nén BTĐL bằng quy hoạch thực nghiệm là phương pháp sắc xuất thống kê có ưu điểm giảm đáng kể số lượng thí nghiệm, tiết kiệm được thời gian và kinh phí, cho phép đánh giá được bức tranh thực nghiệm theo các tiêu chuẩn thống kê, cho phép xét ảnh hưởng của các thông số với mức độ tin cậy cần thiết.

Cường độ nén BTĐL (R_n) tỉ lệ nghịch với TB/CKD, N/CKD và tỉ lệ thuận với PGH/CKD.

Trên cơ sở nghiên cứu lựa chọn phụ gia hóa dẻo, chậm đông kết để cải thiện chất lượng BTĐL bằng quy hoạch thực nghiệm có thể đưa ra một số kết luận sau:

+ Đề tài đã lựa chọn được phụ gia TM25 cho BTĐL đập BTĐL đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật về tính công tác, thời gian đông kết, tính chống thấm, v.v..., cụ thể như sau:

Với phụ gia dẻo hóa chậm đông kết TM 25: Tính công tác: $V_c = 5 \div 14$ giây; Thời gian bắt đầu đông kết: $T_{bdk} = 15,5 \div 35,5$ giờ; Cường độ nén: $R_{90} = 15,8 \div 33,1$ MPa; Hệ số thấm: $50 \times 10^{-9} \div 143 \times 10^{-9}$ cm/s

+ Phụ gia dẻo hóa chậm đông kết TM 25 phù hợp cho BTĐL có cường độ nén trong phạm vi các công trình đã thi công tại Việt Nam.

Như vậy đối với BTĐL cho đập, cần căn cứ vào yêu cầu cụ thể để lựa chọn loại phụ gia hóa học cho phù hợp, trong đó tính công tác và thời gian đông kết là hai yếu tố quyết định đến chất lượng thi công BTĐL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- ACI 207.5R.99. *American Concrete Institute Manual of Concrete Practice*, Part 1-2002, Roller Compacted Concrete
- ACI 211.3R. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass concrete*.
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (1998), *Quy trình thí nghiệm bê tông đầm lăn*, Dịch từ tiếng Trung Quốc.
- Bộ Nông Nghiệp và Phát triển nông thôn (2006), *Bê tông đầm lăn dùng cho đập*, dịch từ tiếng Anh tài liệu Dự án cấp quốc gia của Pháp 1988-1996.
- Bộ Nông Nghiệp và Phát triển nông thôn (2006), *Chỉ dẫn cho kỹ sư thiết kế và thi công bê tông đầm lăn EM 1110-2-2006*, Dịch từ tiếng Anh tài liệu của Hiệp hội kỹ sư quân đội Mỹ năm 2000.
- Cannon, R. W. (1991), *Quality Control for RCC Dams*, International Symposium on Roller-Compacted Concrete for Dams, Beijing, Nov. 1991, pp. 440-447.
- Lê Minh (1998), *Nghiên cứu các nguồn phụ gia khoáng Việt Nam để làm chất độn mịn cho bê tông đầm lăn* - Báo cáo đề tài cấp Bộ, Viện Khoa học thủy lợi, 1998.
- Nguyễn Quang Phú, Nguyễn Thành Lê (2011), *Ảnh hưởng của phụ gia khoáng tro bay nhiệt điện và puzolan thiên nhiên đến một số tính chất cơ lý của bê tông đầm lăn (RCC)*, Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng, Vol.2, No.155, p.40-46, 2011.
- Phương pháp thi công đập Bê tông đầm lăn (1997)*, Tài liệu từ tiếng Trung Quốc. Tác giả Hoàng Tự Cần, Vương Cảnh Hải, Dương Tú Lan. Người dịch Võ Công Quang, 1997.
- Quy phạm thi công bê tông đầm lăn thủy công DL/T5112 (2005)*, Tài liệu dịch từ tiếng Trung Quốc tiêu chuẩn ngành của Trung Quốc. Người dịch Giả Kim Hùng, Công ty tư vấn xây dựng thủy lợi 1, 2005.
- Quy phạm thiết kế đập bê tông đầm lăn (2005)*, Dịch từ tiếng Trung tiêu chuẩn SL 314- 2004 của Trung Quốc. Người dịch Nguyễn Ngọc Bách, Công ty tư vấn xây dựng thủy lợi 1, 2005.

Abstract:

RESEARCH THE EFFECTS OF SUPER-PLASTICIZER, RETARDING ADMIXTURE ON PROPERTIES OF ROLLER COMPACTED CONCRETE

The studying used Super-plasticizer, retarding additives TM25 of Sika Company for the Roller Compacted Concrete of Nuoc Trong dam has achieved the compressive strength at 90 days of age 33,1MPa, permeability coefficient $K_t = 50 \times 10^{-9}$ cm/s, workability $V_c = 14$ sec, the RCC ensure the technical requirements of strength, workability, setting time, impermeability for constructions. Using the Super-plasticizer, retarding admixture for RCC will improve some technical properties of RCC dam, ensure reasonable construction period, its highly effective and feasible in Vietnam condition.

Keywords: Roller Compacted Concrete; Fly Ash; Super-plasticizer admixture; Retarding admixture; Compressive strength.

BBT nhận bài: 16/11/2015

Phản biện xong: 08/12/2015