

**THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG ĐÀM LẤN SỬ DỤNG  
TỔ HỢP PHỤ GIA SIÊU DÈO CHẬM ĐÔNG KẾT THỂ HỆ MỚI  
(S) + TRO BAY (T) + POLYME (P): (S+T+P)**

**Nguyễn Quang Phú<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Nghiên cứu sử dụng tổ hợp phụ gia Siêu dẻo chậm đông kết thể hệ mới (S) + Tro bay (T) + Polyme (P): (S+T+P) thiết kế cấp phối bê tông đầm lăn đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật của BTĐL thi công đập trong điều kiện Việt Nam: Tính công tác, thời gian đông kết, cường độ nén, khả năng chống thấm và nhiệt độ đoạn nhiệt. BTĐL thiết kế đạt cường độ nén ở tuổi 90 ngày từ (30 ÷ 47) MPa; mác chống thấm tuổi 90 ngày có thể đạt từ W12 ÷ W14, tương đương với hệ số thấm  $K_{th}$  khoảng từ (12,8 ÷ 4,6)  $\times 10^{-10}$  cm/s; nhiệt độ đoạn nhiệt của BTĐL giảm khoảng 12°C. Trong thiết kế, cần phải kết hợp giữa phụ gia P và S (để đạt được tỉ lệ N/CKD hợp lý) để tăng hiệu quả chống thấm cho BTĐL.

**Từ khóa:** Bê tông đầm lăn (BTĐL); Tro bay; Phụ gia siêu dẻo; Cường độ nén.

**1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

BTĐL có các vật liệu thành phần như BT thường, nhưng dùng nước và xi măng ít hơn nhiều so với bê tông (BT) thường, hỗn hợp BTĐL khô phải nên đầm chặt bằng đầm rung. Công nghệ BTĐL thích hợp và hiệu quả cho các công trình khối lớn, có diện tích thi công rộng như đập, đường, sân bãi.

Ở Việt Nam việc nghiên cứu ứng dụng BTĐL từ năm 1990, công trình BTĐL đầu tiên là đập thủy điện Pleikrong xây dựng năm 2003, đến nay Việt Nam đã và đang xây dựng hàng chục đập BTĐL, nhiều đập đang chuẩn bị thi công.

Hiện nay (Nguyễn Ngọc Bách, 2005), tại Việt Nam quá trình xây dựng đập BTĐL đã chuyển dần từ hướng kết cấu “vàng bạc” ban đầu (đập Pleikrong, Sê San 4, Định Bình) sang kết cấu toàn BTĐL và BTĐL chống thấm cao phía thượng lưu. Từ đây các nghiên cứu về BTĐL chống thấm cao bắt đầu được nghiên cứu và ứng dụng (đập Nước Trong, Tân Mỹ).

Đến nay, đã có khoảng gần 20 công trình BTĐL lớn thi công xong và đã tích nước sử dụng. Ở hầu hết các công trình sau khi tích nước đã xảy ra hiện tượng thấm (Lê Minh và Nguyễn Quang Bình, 2009).

Từ kết quả khảo sát thì có thể đánh giá nguyên nhân thấm như sau:

- Thấm ướt bề mặt kèm theo tiết vôi qua bản thân khối BTĐL (phổ biến tại tất cả các công

trình đã khảo sát). Nguyên nhân là do áp lực nước lớn, tính đồng nhất về cấu trúc và khả năng chống thấm của khối BTĐL kém hơn nhiều so với BT thường, nên nhiều chỗ BTĐL chưa đạt yêu cầu chống thấm (các vị trí xuất hiện rò rỉ, ướt mặt và tiết vôi, mạch ngừng giữa các lớp đổ BTĐL).

- Thấm qua khe nhiệt, xảy ra ở tất cả các công trình đã khảo sát và hầu hết tại các công trình đã đưa vào sử dụng với mức độ mạnh yếu khác nhau. Nguyên nhân chủ yếu liên quan đến thiết kế và thi công lắp đặt gioăng cách nước tại khe nhiệt kém. Cũng có thể do chống thấm của BTĐL tại vùng lân cận gioăng cách nước chưa đạt yêu cầu.

Vì vậy cần có biện pháp đảm bảo khả năng chống thấm cho đập BTĐL. Đảm bảo chống thấm toàn bộ khối BTĐL hoặc lớp BTĐL thượng lưu, cụ thể: Phải nâng cao khả năng chống thấm của toàn khối BTĐL lên tối thiểu 1 ÷ 2 cấp (2 atm ÷ 4 atm) so với yêu cầu thiết kế. Biện pháp này có thể đạt được bằng cách sử dụng tổ hợp phụ gia có khả năng chống thấm cao cho BTĐL. Đây cũng chính là hướng nghiên cứu của đề tài và cơ sở khoa học của việc sử dụng tổ hợp phụ gia.

Sử dụng phụ gia Polyme trong BTĐL làm biến đổi cấu trúc đá xi măng (V.R. Riley and I. Razl, 1974), nâng cao tính chống thấm cho BTĐL theo cơ chế vật lý (Lấp đầy hoặc tạo màng bịt kín lỗ rỗng mao quản, cải thiện cấu trúc đá xi

---

<sup>1</sup> Khoa Công trình - Đại học Thủy lợi, Việt Nam.

mãng theo hướng giảm lỗ rỗng thông nhau, nhờ đó nâng cao khả năng chống thấm của BTĐL) và cơ chế hóa học (Nhóm chức  $-\text{COOH}$ ,  $\text{SO}_3^{-2}$ ,  $\text{OH}^-$ , tương tác với thành phần khoáng và sản phẩm thủy hóa của xi măng:  $\text{Ca}(\text{OH})_2\dots$ ).

Trên cơ sở việc sử dụng tổ hợp phụ gia (S+T+P) (Nguyễn Quang Bình, 2014) có thể cải thiện một số tính chất kỹ thuật của BTĐL dùng cho đập trong điều kiện Việt Nam theo hướng: Nâng cao khả năng chống thấm; Nâng cao cường độ nén; Giảm  $T_{\text{max}}$ ; Cải thiện cấu trúc và nâng cao tính đồng nhất của bê tông.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đề tài sử dụng xi măng PC40 Bút Sơn, Tro bay Phả Lại, đá dăm bazan Sơn La, cát nghiền từ đá bazan Sơn La, phụ gia siêu dẻo thể hệ mới S được phối trộn từ phụ gia CDK(GP101-Great: Mỹ) với phụ gia siêu dẻo giảm nước cao (ADVA 181 - Great: Mỹ), phụ gia Polyme DM

200 hãng Schooll - Đức. Các loại vật liệu này đạt yêu cầu dùng cho BTĐL theo các tiêu chuẩn hiện hành.

Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm bậc hai tâm xoay ba biến. Sử dụng phần mềm Design Expert 7.0 để giải bài toán quy hoạch thực nghiệm.

## 3. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TỔ HỢP PHỤ GIA ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG ĐÀM LẤN

### 3.1. Khoảng biến thiên các biến trong nghiên cứu

Các loại phụ gia trong tổ hợp phụ gia được ký hiệu như sau:

S - biểu thị lượng dùng Phụ gia siêu dẻo trong  $1 \text{ m}^3$  BTĐL (lít), biến mã  $X_1$ ;

T - biểu thị lượng dùng Tro bay trong  $1 \text{ m}^3$  BTĐL (kg), biến mã  $X_2$ ;

P - biểu thị lượng dùng phụ gia Polyme trong  $1 \text{ m}^3$  BTĐL (kg), biến mã  $X_3$ .

**Bảng 3.1. Vùng biến đổi của các biến**

Biến mã	Biến thực	Giá trị của biến thực ứng với biến mã					
		-1,732	-1	0	+1	+1,732	$\Delta$
$X_1$	S	1,49	2,0	2,7	3,4	3,91	0,7
$X_2$	T	105	120	140	160	175	20
$X_3$	P	0,00	0,93	2,2	3,47	4,4	1,27

**Bảng 3.2. Kế hoạch thực nghiệm tâm xoay bậc hai ba biến**

STT	Biến mã			Biến thực		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	S, lít	T, kg	P, kg
1	+1	+1	+1	3,4	160	3,47
2	-1	+1	+1	2,0	160	3,47
3	+1	-1	+1	3,4	120	3,47
4	-1	-1	+1	2,0	120	3,47
5	+1	+1	-1	3,4	160	0,93
6	-1	+1	-1	2,0	160	0,93
7	+1	-1	-1	3,4	120	0,93
8	-1	-1	-1	2,0	120	0,93
9	+1,732	0	0	3,91	140	2,2
10	-1,732	0	0	1,49	140	2,2
11	0	+1,732	0	2,7	175	2,2
12	0	-1,732	0	2,7	105	2,2
13	0	0	+1,732	2,7	140	4,4
14	0	0	-1,732	2,7	140	0,0
15	0	0	0	2,7	140	2,2
16	0	0	0	2,7	140	2,2
17	0	0	0	2,7	140	2,2
18	0	0	0	2,7	140	2,2
19	0	0	0	2,7	140	2,2
20	0	0	0	2,7	140	2,2

**3.2. Kết quả nghiên cứu thành phần cấp phối và các tính chất BTĐL**      phối tại 20 điểm của ma trận quy hoạch thực nghiệm và trị số  $V_c$  như trong bảng 3.3.

Kết quả thiết kế hiệu chỉnh thành phần cấp

**Bảng 3.3. Thành phần cấp phối cho 1 m<sup>3</sup> BTĐL**

Cấp phối	X, kg	S, lít	T, kg	P, kg	C, Kg	Đ, kg	N, lít	N/CKD	$V_h/V_v$
1	60	3,4	160	3,47	891	1443	85	0,39	0,47
2	60	2,0	160	3,47	865	1408	108	0,49	0,50
3	100	3,4	120	3,47	895	1448	85	0,39	0,47
4	100	2,0	120	3,47	870	1413	108	0,49	0,50
5	60	3,4	160	0,93	893	1447	85	0,39	0,47
6	60	2,0	160	0,93	867	1413	108	0,49	0,50
7	100	3,4	120	0,93	897	1451	85	0,39	0,47
8	100	2,0	120	0,93	872	1417	108	0,49	0,49
9	80	3,91	140	2,2	903	1460	77	0,35	0,46
10	80	1,49	140	2,2	860	1399	116	0,53	0,51
11	45	2,7	175	2,2	877	1425	97	0,44	0,49
12	115	2,7	105	2,2	885	1434	96	0,44	0,48
13	80	2,7	140	4,4	879	1426	97	0,44	0,49
14	80	2,7	140	0,00	883	1433	97	0,44	0,48
15	80	2,7	140	2,2	881	1430	97	0,44	0,48
16	80	2,7	140	2,2	881	1430	97	0,44	0,48
17	80	2,7	140	2,2	881	1430	97	0,44	0,48
18	80	2,7	140	2,2	881	1430	97	0,44	0,48
19	80	2,7	140	2,2	881	1430	97	0,44	0,48
20	80	2,7	140	2,2	881	1430	97	0,44	0,48

**Nhận xét:**

- Tỷ lệ C/CL = 0,38, nằm trong khoảng quy định từ 0,36 ÷ 0,41; Tỷ lệ  $V_h/V_v$  = 0,46 ÷ 0,51 nằm trong khoảng quy định từ 0,41 ÷ 0,56; Lượng X có thể giảm tới 45 kg/m<sup>3</sup>, mà  $R_{90}$  vẫn đạt M20 (21,6 MPa), độ chống thấm đạt W6 và

hệ số thấm đạt  $0,364 \times 10^{-8}$  cm/s.

- Với sự có mặt của phụ gia S làm giảm mạnh N/CKD tới N/CKD = 0,35, tỷ lệ này thấp hơn nhiều so với tỷ lệ N/CKD nhỏ nhất của BTĐL đã dùng cho thi công các đập trọng lực ở Việt Nam (N/CKD=0,48).

**Bảng 3.4. Tính chất cơ lý BTĐL tại các điểm quy hoạch**

Cấp phối	$V_c$ , giây	Thời gian đông kết, giờ, phút		Khối lượng thể tích, kg/m <sup>3</sup>		Cường độ nén tuổi 90 ngày, MPa	Hệ số thấm, K ( $\times 10^{-10}$ cm/s)	Độ chống thấm W, atm
		Bắt đầu	Kết thúc	Hỗn hợp (thí nghiệm)	Tuổi 90 ngày (khô gió)			
1	18	17,00	71,25	2649	2645	30,8	7,8	12
2	20	16,50	71,15	2603	2597	24,1	61,2	4
3	22	17,10	70,00	2651	2648	47,3	5,9	14
4	20	18,00	71,35	2614	2608	36,9	45,3	6
5	20	18,10	71,15	2641	2639	30,1	10,4	12
6	19	17,50	70,55	2616	2610	24,3	102,9	4
7	20	17,40	71,05	2653	2650	47,2	4,6	14
8	20	17,00	72,15	2623	2618	36,9	45,7	6

9	17	16,55	7105	2663	2661	43,7	10,8	12
10	20	18,25	71,55	2608	2600	28,1	120,0	4
11	23	18,05	72,35	2627	2623	21,7	36,4	6
12	20	17,00	70,45	2646	2643	46,7	10,2	12
13	20	17,25	71,00	2622	2619	34,3	10,7	12
14	21	18,00	71,30	2637	2632	33,6	20,1	8
15	20	17,40	71,55	2632	2628	33,9	11,7	12
16	23	17,20	72,00	2635	2631	34,0	9,1	12
17	20	18,20	71,45	2632	2618	34,2	12,8	12
18	20	17,00	72,35	2636	2633	34,1	10,8	12
19	20	17,15	70,55	2637	2634	34,3	10,2	12
20	21	18,10	71,40	2631	2618	34,2	12,8	12

Như vậy, tính chất cơ lý của BTĐL nghiên cứu trong phòng thí nghiệm theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm đạt được như sau: Tính công tác  $V_c$  khoảng (17÷ 23) giây;  $T_{bđđk}$  khoảng 16h50' ÷ 18h25',  $T_{kđđk}$  khoảng 70h00' ÷ 72h35', đáp ứng yêu cầu thi công;  $R_{90}$  của nhiều cấp phối có thể đạt từ 30 MPa ÷ 47 MPa, tức là vượt yêu cầu thiết kế tối thiểu 1 cấp (10 MPa); Khả năng chống thấm ở tuổi 90 ngày ( $T_{90}$ ) ngày của nhiều cấp phối có  $N/CKD \leq 0,44$  và

$R_{90} \geq 30$  MPa đạt tới W12 ÷ W14, tức là vượt yêu cầu mức chống thấm nước tối thiểu từ 1÷2 cấp trở lên.

### 3.3. Ảnh hưởng của tổ hợp phụ gia S+T+P đến cấu trúc và tính đồng nhất của BTĐL

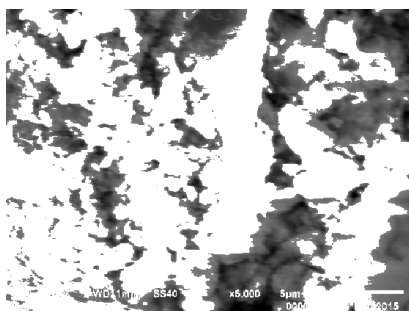
Các kết quả đo cấu trúc được thực hiện trên mẫu đối chứng  $M_0$  là vữa BTĐL chỉ sử dụng phụ gia (S+T): cấp phối số 14 - bảng 3.3 và 3.4; mẫu  $M_1$  là vữa BTĐL sử dụng tổ hợp phụ gia (S+T+P): cấp phối số 1 - bảng 3.3 và 3.4.

**Bảng 3.5. Kết quả đo đặc trưng cấu trúc xốp và tỷ trọng vữa BTĐL**

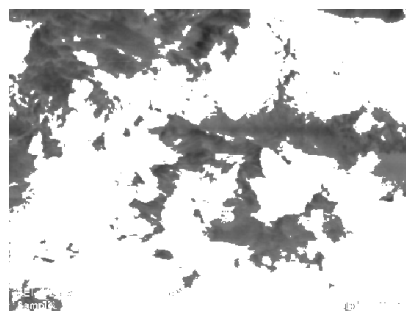
STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	( $M_1$ )	( $M_0$ )
1	Đường kính lỗ xốp trung bình (khối)	Nm	11376	113149,5
2	Đường kính lỗ xốp trung bình (diện tích)	Nm	9343,5	11368,5
3	Đường kính lỗ xốp trung bình (4V/A)	Nm	10382,8	35337,7
4	Độ xốp tổng	mL/g	0,0008	0,0086
5	Tỷ trọng khối	g/cm <sup>3</sup>	2,6123	2,5694

Từ số liệu bảng 3.5 cho thấy: Mẫu  $M_1$  so với mẫu  $M_0$  có đường kính lỗ xốp trung bình (khối) giảm khoảng 10 lần, đường kính lỗ xốp trung

bình (diện tích) giảm khoảng 1,2 lần, đường kính lỗ xốp trung bình (4V/A) giảm khoảng 3,4 lần, độ xốp tổng giảm khoảng 10,8 lần.



Hình 3.1. Ảnh cấu trúc BTĐL sử dụng phụ gia (S+T)



Hình 3.2. Ảnh cấu trúc BTĐL sử dụng tổ hợp phụ gia (S+T+P)

Từ hình ảnh chụp cấu trúc thấy rằng, mẫu M<sub>0</sub> có nhiều lỗ rỗng, xốp và kém đặc chắc so với mẫu M<sub>1</sub>.

Như vậy, vữa BTĐL so với M<sub>0</sub> đã giảm được thể tích xốp, đường kính lỗ rỗng mao quản, lỗ rỗng thông nhau, tức là cải thiện cấu trúc rỗng xốp và nâng cao tính đồng nhất về khả năng chống thấm của BTĐL. Nhờ hiệu quả tích cực này của tổ hợp phụ gia (S+T+P) giúp cải thiện đáng kể tính chống thấm của BTĐL.

### 3.4. Ảnh hưởng của tổ hợp phụ gia (S+T+P) đến nhiệt độ đoạn nhiệt của BTĐL

- Nhiệt độ tăng tối đa của BTĐL do CKD thủy hóa ( $\Delta_t$ ), có thể xác định:

$$\Delta_t = \frac{BQ_0}{C_c}$$

- Nhiệt độ đoạn nhiệt của BTĐL:  $T_{\max} =$  nhiệt độ hỗn hợp BTĐL +  $\Delta_t$

**Bảng 3.6. Nhiệt độ tối đa của BTĐL do xi măng thủy hóa**

TT	Lượng dùng S, lít/m <sup>3</sup>	Lượng dùng T, kg/m <sup>3</sup>	Lượng dùng P, kg/m <sup>3</sup>	Nhiệt dung riêng, C <sub>nc</sub> (kJ/m <sup>3</sup> độ)	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$
1	3,4	160	3,47	2479	10,5
2	2,0	160	3,47	2436	10,3
3	3,4	120	3,47	2470	17,5
4	2,0	120	3,47	2427	17,2
5	3,4	160	0,93	2482	10,5
6	2,0	160	0,93	2438	10,3
7	3,4	120	0,93	2473	17,5
8	2,0	120	0,93	2430	17,2
9	3,91	140	2,2	2491	14,1
10	1,49	140	2,2	2418	13,7
11	2,7	175	2,2	2462	7,8
12	2,7	105	2,2	2445	19,9
13	2,7	140	4,4	2451	13,9
14	2,7	140	0,0	2456	13,9
15	2,7	140	2,2	2448	13,9
17	2,7	140	2,2	2448	13,9
18	2,7	140	2,2	2448	13,9
19	2,7	140	2,2	2448	13,9
20	2,7	140	2,2	2448	13,9

Từ kết quả bảng 3.6 cho thấy:  $\Delta_t$  của BTĐL ít chịu ảnh hưởng bởi S và P;  $\Delta_t$  của BTĐL phụ thuộc chủ yếu vào lượng dùng tro bay, đây là cơ sở để giảm  $\Delta_t$  trong BTĐL. Với sự có mặt của tổ hợp phụ gia (S+T+P), khi giảm lượng dùng xi măng cường độ nén bê tông vẫn đảm bảo đồng thời tăng tính chống thấm, đây là cơ sở để giảm nhiệt độ đoạn nhiệt cho BTĐL.

#### 4. KẾT LUẬN

1. Đề tài đã lựa chọn được tổ hợp phụ gia (S+T+P) có khả năng cải thiện một số tính chất của BTĐL, đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật của BTĐL để thi công đập trong điều kiện Việt Nam: Tính công tác, thời gian đông kết, cường độ nén, khả năng chống thấm và nhiệt độ đoạn nhiệt, cụ thể như sau:

- Tính công tác  $V_c = (17 \div 23)$  giây,  $T_{\text{bđdk}} = 18 \pm 2$  giờ và  $T_{\text{ktdk}} = 70 \pm 3$  giờ phù hợp với điều kiện thi công đập hiện nay ở Việt Nam.

+ Cường độ nén BTĐL tuổi 90 ngày có thể đạt từ  $(30 \div 47)$  MPa.

+ Khả năng chống thấm BTĐL tuổi 90 ngày có thể đạt từ W12 ÷ W14, tương đương với hệ số thấm  $K_{\text{th}}$  khoảng từ  $(12,8 \div 4,6) \times 10^{-10}$  cm/s.

- Nhiệt độ đoạn nhiệt của BTĐL giảm khoảng 12°C.

2. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định phụ gia P trong tổ hợp phụ gia (S+T+P) có hiệu quả nâng cao được khả năng chống thấm của BTĐL có cường độ từ 30 MPa trở lên và tỉ lệ N/CKD  $\leq 0,44$ , nhưng ít hiệu quả với BTĐL có cường độ dưới 30 MPa hoặc N/CKD  $> 0,44$ .

3. Kết quả nghiên cứu về cấu trúc của BTĐL đã chứng tỏ rằng BTĐL sử dụng tổ hợp phụ gia (S+T+P) có khả năng cải thiện cấu trúc rỗng xốp, độ đồng nhất về khả năng chống thấm của BTĐL, nhờ đó có thể nâng cao cường độ nén trên 1 cấp ( $\geq 10$  MPa) và độ chống thấm trên 2 cấp ( $\geq 4$  atm) so với BTĐL chỉ sử dụng phụ gia S+T.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- BhushanL., Karihaloo (1995), "*Fracture mechanics structural concrete*". Longman S&T, 1995, 330p.  
Các tiêu chuẩn TCVN, ASTM, AASHTO.  
Hoàng Phó Uyên, Nguyễn Quang Bình (2009), "*Phương thức kiểm tra, đánh giá chất lượng bê tông đầm lăn trong các công trình thủy lợi, thủy điện*", 50 năm - Tuyển tập khoa học công nghệ - xây dựng và phát triển 1959 - 2009, tập II - Nhà xuất bản Nông nghiệp, số tháng 10/2014, p.384-390.  
Lê Minh, Nguyễn Quang Bình (2009), "*Giải pháp vật liệu nâng cao chống thấm cho bê tông đầm lăn công trình thủy lợi*", 50 năm - Tuyển tập khoa học công nghệ - xây dựng và phát triển 1959 - 2009, tập II - Nhà xuất bản Nông Nghiệp, số tháng 10/2014, p.400-406.  
Nguyễn Ngọc Bách (2005), "*Quy phạm thiết kế đập bê tông đầm lăn - tiêu chuẩn SL 314- 2004 của Trung Quốc*", Công ty tư vấn xây dựng thủy lợi, 1/2005.  
Nguyễn Quang Bình (2014), "*Vấn đề thấm đập bê tông đầm lăn ở Việt Nam - Nguyên nhân và giải pháp khắc phục*", Tạp chí xây dựng - Nhà xuất bản Xây dựng, số tháng 10/2014, p.159-162.  
Nguyễn Quang Bình, (2014), "*Nghiên cứu tổ hợp phụ gia siêu dẻo đa tính năng - khoáng hoạt tính - polymer để nâng cao chống thấm cho bê tông đầm lăn đập trọng lực*", Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 23, p.50-57.  
S. Chandra and P. Flodin (1987), "*Interactions of polymeers and organic admixture on Portland cement hydration*", Cem. Concr, res., 1987, V.17, p.875-890.  
V.R. Riley, I. Razl (1974), "*Polymer additive for cement composites, Composites*" 1974, V.5(1), p.27-33.

### Abstract:

#### MIX DESIGN ROLLER COMPACTED CONCRETE USING COMBINED OF THE NEW GENERATION SUPER-PLASTICIZER RETARDING ADDITIVES (S) + FLY ASH (T) + POLYMERS (P): (S + T + P)

The studying used a combination of the new generation Super-plasticizer retarding additives (S) + Fly ash (T) + Polymers (P): (S + T + P) to mix design Roller Compacted Concrete to guarantee the technical requirements of the RCC dams in Vietnam conditions: As the workability, setting time, compressive strength, water resistant and adiabatic temperature. The RCC design has achieved the compressive strength at 90 days of age from 30 to 47 MPa; Waterproof level from W12 to W14 at 90 days of age, equivalent permeability coefficient ( $K_{th}$ ) about from  $(12,8 \div 4,6) \times 10^{-10}$  cm/s; corresponding to the adiabatic temperature decrease about  $12^{\circ}\text{C}$  to compare with the original. In the design, it is necessary to combine P and S additive (to achieve the reasonable ratio of W/B) to increase the efficiency waterproofing of RCC.

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

---

BBT nhận bài: 12/10/2015

Phản biện xong: 09/12/2015