

## 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)

**TS. NGUYỄN QUANG PHÚ**

Trường Đại học Thủy lợi

ThS. **NGUYỄN THÀNH LỆ**

Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn

*Tóm tắt: Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia khoáng tro bay nhiệt điện và puzolan thiên nhiên đến các tính chất cơ lý của bê tông đầm lăn cho một số đập đã xây dựng ở nước ta. Qua đó xác định loại phụ gia khoáng phù hợp cho đập bê tông đầm lăn đảm bảo tính kinh tế và kỹ thuật cho công trình.*

### 1. Đặt vấn đề

Công nghệ thi công bê tông đầm lăn (BTĐL) mới được áp dụng tại Việt Nam trong thời gian gần đây trong các công trình Thủy lợi và Thủy điện, song tốc độ phát triển rất nhanh. Hiện nay, hầu hết các đập bê tông lớn của các công trình Thủy lợi, Thủy điện đang và sẽ thi công có sử dụng công nghệ thi công BTĐL như đập Sơn La, Bản Chát, A Vương, Sông Tranh, Pleikông, Định Bình, Nước Trong..., qua đó cho thấy tốc độ ứng dụng công nghệ BTĐL trong thi công đập ở nước ta là rất nhanh và có tính phổ biến rộng rãi cho các vùng trong cả nước.

Đặc điểm của BTĐL là loại bê tông nghèo xi măng, lượng dùng xi măng chỉ bằng khoảng 25-30% so với bê tông thường. Lượng xi măng thiếu hụt đó được thay thế bằng phụ gia khoáng hoạt tính là tro bay hoặc puzolan thiên nhiên. Với phụ gia khoáng tro bay đã được sử dụng phổ biến, sản lượng nhiều và đã áp dụng cho một số công trình như đập Định Bình, Sê San 4, Pleikông,... Tuy nhiên, tại một số nơi xây dựng công trình có sẵn các mỏ puzolan thiên nhiên, việc thay thế tro bay bằng puzolan thiên nhiên liệu có mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn và đảm bảo chất lượng công trình hay không, vấn đề này chúng ta cần có những đánh giá trên công trình thực tế.

Đề tài nghiên cứu so sánh một số tính chất cơ lý của bê tông đầm lăn (RCC) được sản xuất bởi phụ gia khoáng tro bay nhiệt điện và puzolan thiên nhiên. Từ đó đề xuất lựa chọn loại phụ gia khoáng phù hợp cho các công trình đập BTĐL ở Việt Nam.

### 2. Vật liệu nghiên cứu

#### 2.1. Xi măng

Trong đề tài sử dụng xi măng PC40 - Hoàng Mai có tại Phòng Nghiên cứu Vật liệu - Viện Thủy công. Kết quả thí nghiệm xi măng được thể hiện như trong bảng 1.

**Bảng 1. Kết quả thí nghiệm xi măng**

Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Xi măng PC40 Hoàng Mai
Khối lượng riêng	TCVN: 4030-2003	g/cm <sup>3</sup>	3.07
Độ mịn (lượng sót trên sàng 0,08)	TCVN: 4030-2003	%	5.97
Thời gian bắt đầu đông kết	TCVN: 6017-1995	phút	152
Thời gian kết thúc đông kết	TCVN: 6017-1995	phút	235
Độ ổn định thể tích	TCVN: 6017-1995	mm	2.53
Giới hạn bền nén, tuổi 3 ngày	TCVN: 6016-1995	N/mm <sup>2</sup>	29.6
Giới hạn bền nén, tuổi 28 ngày	TCVN: 6016-1995	N/mm <sup>2</sup>	51.4

## 2.2. Cốt liệu mịn (cát)

Cát làm thí nghiệm là cát sông Lô, có thành phần hạt tốt; các chỉ tiêu cơ lý như trong bảng 2.

**Bảng 2.** Các chỉ tiêu cơ lý của cát

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm			
		M1	M2	M3	M*
1	Khối lượng riêng, g/cm <sup>3</sup>	2.63	2.62	2.63	2.63
2	Khối lượng thể tích xốp, t/m <sup>3</sup>	1.41	1.43	1.42	1.42
3	Độ hồng, %	50.2	49.2	49.8	49.73
4	Lượng bùn, bụi, sét, %	0.98	1.03	0.96	0.99
5	Mô đun độ lớn	2.65	2.67	2.63	2.65
6	Tạp chất hữu cơ	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt

Ghi chú: Chỉ tiêu tạp chất hữu cơ “đạt” có màu dung dịch sáng hơn màu chuẩn

Nhận xét: Cát có các chỉ tiêu cơ lý đạt yêu cầu dùng cho bê tông thủy công theo 14TCN 68-2002 “Cát dùng cho bê tông thủy công – Yêu cầu kỹ thuật”. Tuy nhiên 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.

## 2.3. Cốt liệu thô (đá)

Đá dăm được phân ra 3 cỡ hạt: 5-20mm, 20-40mm, 40-60mm; kết quả thí nghiệm các tính chất cơ lý của đá dăm như trong bảng 3.

**Bảng 3.** Các tính chất cơ lý của đá dăm

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Loại đá		
		(5-20)mm	(20-40)mm	(40-60)mm
1	Khối lượng riêng, g/cm <sup>3</sup>	2.72	2.72	2.72
2	Khối lượng thể tích, g/cm <sup>3</sup>	2.69	2.69	2.69
3	Khối lượng thể tích xốp, t/ m <sup>3</sup>	1.36	1.41	1.41
4	Khối lượng thể tích lèn chặt, t/m <sup>3</sup>	1.54	1.60	1.60
5	Hàm lượng bùn bụi bẩn, %	0.77	0.45	0.45
6	Hàm lượng thoi dẹt, %	22.00	13.57	13.57
7	Hàm lượng hạt mềm yếu, %	0.99	0.76	0.76
8	Độ hút nước, %	0.43	0.38	0.38

Sau khi phối hợp các tỷ lệ đá dăm 5-20, 20-40, 40-60 để được đá dăm hỗn hợp 5-40 và 5-60, đá dăm hỗn hợp 5-40mm được phối hợp thành từ đá dăm 5-20 và 20-40 theo tỷ lệ (5-20: 20-40) = (45:55) đạt  $\gamma_{\max}^{\text{dc}} = 1,65 \text{ tấn/m}^3$ , đá dăm hỗn hợp 5-60mm được phối hợp thành từ đá dăm 5-20, 20-40 và 40-60 theo tỷ lệ (5-20: 20-40: 40-60) = (34:21:45) đạt  $\gamma_{\max}^{\text{dc}} = 1,73 \text{ tấn/m}^3$ .

## 2.4. Phụ gia khoáng hoạt tính

Sử dụng hai loại phụ gia khoáng hoạt tính có tại phòng Thí nghiệm Vật liệu - Viện Thủy công: puzolan Gia Quy - Vũng Tàu của Công ty Cổ phần Khoáng sản Minh Tiến và tro bay Phả Lại của Công ty Cổ phần Sông Đà - Cao Cường. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của puzolan và tro bay được thể hiện trong bảng 4 và 5.

**Bảng 4. Kết quả thí nghiệm puzolan Gia Quy**

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm			
				M1	M2	M3	M*
1	Độ ẩm	14 TCN 108:1999	%	1.25	1.37	1.12	1.25
2	Lượng nước yêu cầu	14 TCN 108:1999	%	27	27.5	27.5	27.33
3	Thời gian bắt đầu đông kết	14 TCN 108:1999	ph	115	120	111	115.33
	Thời gian kết thúc đông kết	14 TCN 108:1999	ph	202	217	209	209.33
4	Chỉ số hoạt tính tuổi 7 ngày so với mẫu đối chứng	14 TCN 108:1999	%	83.5	82.6	82.1	82.73
	Chỉ số hoạt tính tuổi 28 ngày so với mẫu đối chứng	14 TCN 108:1999	%	84.3	83.5	83.8	83.87
5	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 4030: 2003	kg/m <sup>3</sup>	980	1010	995	995.00
6	Tỷ trọng	TCVN 4030: 2003	g/cm <sup>3</sup>	2.81	2.83	2.81	2.82
7	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0,08)	TCVN 4030: 2003	%	12.3	13.2	13.5	13.00
8	Hàm lượng mất khi nung	TCVN 7131: 2002	%	3.22	3.26	3.28	3.25
9	Hàm lượng SiO <sub>2</sub>	TCVN 7131: 2002	%	45.68	45.76	45.64	45.69
10	Hàm lượng Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TCVN 7131: 2002	%	17.57	17.65	17.65	17.62
11	Hàm lượng Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TCVN 7131: 2002	%	14.98	14.66	14.34	14.66
12	Hàm lượng SO <sub>3</sub>	TCVN 7131: 2002	%	0.48	0.56	0.52	0.52

**Bảng 5. Kết quả thí nghiệm tro bay Phả Lại**

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm			
				M1	M2	M3	M*
1	Độ ẩm	14 TCN 108:1999	%	0.21	0.35	0.38	0.31
2	Lượng nước yêu cầu	14 TCN 108:1999	%	29	29.5	29.5	29.33
3	Thời gian bắt đầu đông kết	14 TCN 108:1999	ph	180	175	180	178.33
	Thời gian kết thúc đông kết	14 TCN 108:1999	ph	250	245	250	248.33
4	Chỉ số hoạt tính tuổi 7 ngày so với mẫu đối chứng	14 TCN 108:1999	%	78.9	79.6	78.3	78.93
	Chỉ số hoạt tính tuổi 28 ngày so với mẫu đối chứng	14 TCN 108:1999	%	80.2	81.3	79.6	80.37
5	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 4030: 2003	kg/m <sup>3</sup>	920	925	915	920
6	Tỷ trọng	TCVN 4030: 2003	g/cm <sup>3</sup>	2.41	2.37	2.39	2.39
7	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0.08)	TCVN 4030: 2003	%	6.8	7.1	6.9	6.93
8	Hàm lượng mất khi nung	TCVN 7131:2002	%	4.12	4.16	4.36	4.21
9	Hàm lượng SiO <sub>2</sub>	TCVN 7131: 2002	%	57.4	57.4	57.6	57.45
10	Hàm lượng Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TCVN 7131: 2002	%	6.79	6.87	6.95	6.87
11	Hàm lượng Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TCVN 7131: 2002	%	27.7	26.1	27.1	26.98
12	Hàm lượng SO <sub>3</sub>	TCVN 7131: 2002	%	0.11	0.1	0.09	0.10

Nhận xét: Phụ gia khoáng hoạt tính puzolan Gia Quy và tro bay Phả Lại có các chỉ tiêu thí nghiệm đạt tiêu chuẩn dùng cho BTĐL theo TCXDVN395- 2007 - “Phụ gia khoáng cho bê tông đầm lăn”.

### 2.5. Phụ gia hoá học

Trong BTĐL phụ gia hóa học được sử dụng dưới dạng phụ gia giảm nước và kéo dài thời gian đông kết. Đề tài này sử dụng hai loại phụ gia hóa học là:

- Phụ gia kéo dài thời gian ninh kết TM 25 của hãng Sika;
- Phụ gia giảm nước Plastiment 96 của hãng Sika.

### 2.6. Nước trộn bê tông

Nước sử dụng trong trộn bê tông là nước sinh hoạt đã được kiểm tra đạt có các chỉ tiêu đạt tiêu chuẩn dùng cho bê tông.

### 3. Phương pháp và kết quả nghiên cứu

Đề tài nghiên cứu dựa trên cấp phối BTĐL của một số công trình đã thi công ở nước ta đã được đưa về cùng một lượng nước dùng cho 2 loại PGK: bảng 6 thống kê cấp phối BTĐL sử dụng tro bay, bảng 7 thống kê cấp phối BTĐL sử dụng puzolan thiên nhiên.

**Bảng 6. Thành phần cấp phối sử dụng tro bay**

TT	Tên công trình	Thành phần cấp phối					
		XM (kg)	Tro bay (kg)	Nước (lít)	PGH (lít)	Cát (kg)	Đá (kg)
1	Tân Mỹ	115	105	115	0.9 (TM25) 0.5 (P96)	692	1313
2	Nước Trong	105	125	115	0.8 (TM25) 0.6 (P96)	750	1354
3	Bản Vẽ	100	120	115	0.8 (TM25) 0.6 (P96)	813	1385

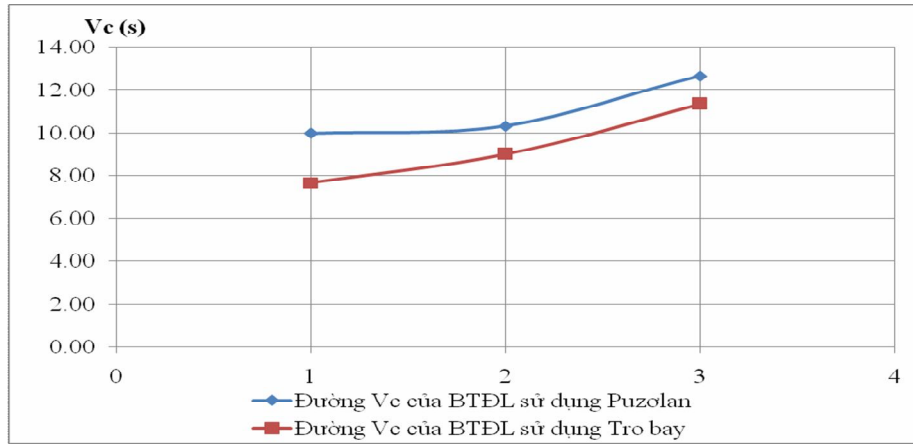
**Bảng 7. Thành phần cấp phối sử dụng puzolan**

TT	Tên công trình	Thành phần cấp phối					
		XM (kg)	Puzolan (kg)	Nước (lít)	PGH (lít)	Cát (kg)	Đá (kg)
1	Tân Mỹ	80	118	115	1.6 (TM25)	687	1402
2	Nước Trong	85	115	115	1.6 (TM25)	695	1400
3	Bản Vẽ	80	120	115	1.5 (TM25)	686	1408

Tiến hành đúc mẫu thí nghiệm cường độ nén, cường độ kéo, độ chống thấm nước và tính công tác cho các mẫu thí nghiệm. So sánh kết quả các chỉ tiêu cơ lý của BTĐL khi sử dụng phụ gia khoáng là tro bay và Puzolan thiên nhiên.

#### 3.1. Ảnh hưởng của tro bay nhiệt điện và puzolan thiên nhiên đến tính công tác của hỗn hợp BTĐL

Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia khoáng (PGK) hoạt tính đến tính công tác của bê tông đầm lăn, kết quả thí nghiệm Vc trong từng trường hợp thí nghiệm được tổng hợp trong hình 1 dưới đây:



**Hình 1.** Biểu đồ so sánh độ công tác của BTĐL khi sử dụng PGK tro bay và puzolan thiên nhiên

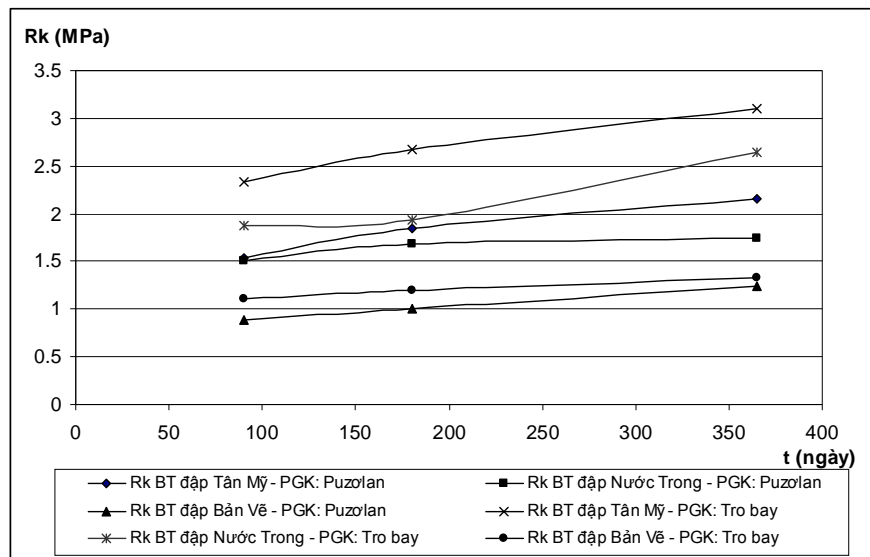
Nhận xét: Thí nghiệm thực tế với các mẫu dùng tro bay cho kết quả về trị số Vc của bê tông nhỏ hơn so với các mẫu dùng puzolan thiên nhiên. Kết quả này có thể được lý giải như sau:

Do đặc điểm cấu tạo của tro bay có nhiều hạt mịn hình cầu, ngoài khả năng lấp đầy các lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu nó còn có tác dụng bôi trơn làm tăng sự linh động của các hạt cốt liệu; tăng tính công tác của hỗn hợp bê tông. Puzolan thiên nhiên, với độ mịn kém hơn và cấu tạo hạt có nhiều góc cạnh nên khả năng lấp đầy lỗ rỗng trong bê tông kém hơn, tác dụng làm chất bôi trơn cũng kém hơn so với tro bay. Do vậy tính công tác của bê tông sử dụng puzolan thiên nhiên cũng kém hơn so với bê tông sử dụng tro bay.

Tuy nhiên, khi dùng PGK là tro bay hay puzolan thiên nhiên đều thỏa mãn độ công tác Vc yêu cầu và đảm bảo chất lượng bê tông. Thực tế nguồn puzolan thiên nhiên của nước ta có trữ lượng lớn và chất lượng đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Vì vậy khi một số công trình xây dựng mà nguồn tro bay phải vận chuyển xa thì có thể tận dụng nguồn phụ gia khoáng puzolan thiên nhiên tại chỗ sẽ giảm được giá thành xây dựng mà vẫn đảm bảo được yêu cầu kỹ thuật của công trình.

### 3.2. Ảnh hưởng của tro bay nhiệt điện và puzolan thiên nhiên đến cường độ chống kéo của BTĐL

Kết quả thí nghiệm cường độ kháng kéo của BTĐL một số công trình cụ thể sử dụng PGK hoạt tính là puzolan thiên nhiên và tro bay nhiệt điện được thể hiện trên hình 2.



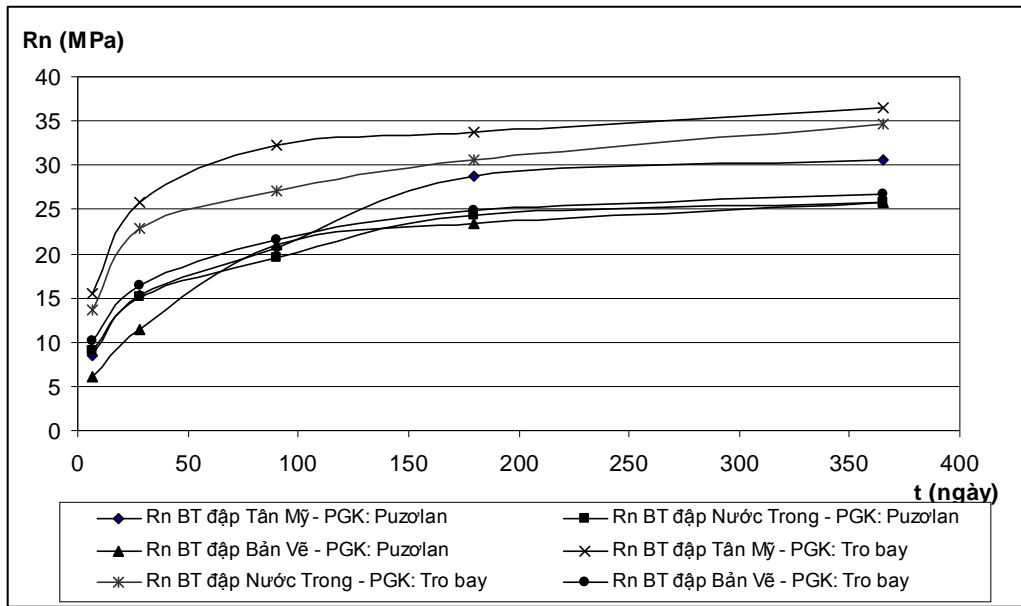
**Hình 2.** Biểu đồ so sánh cường độ kháng kéo của BTĐL khi sử dụng PGK tro bay và puzolan thiên nhiên

Từ kết quả trên nhận thấy: Cường độ kháng kéo của BTĐL sử dụng tro bay nhiệt điện cao hơn cường độ kháng kéo của BTĐL sử dụng puzolan thiên nhiên ở tất cả các độ tuổi 90 ngày, 180 ngày và 365 ngày.

**3.3. Ảnh hưởng của tro bay nhiệt điện và puzolan thiên nhiên đến cường độ kháng nén của BTĐL**

Cường độ kháng nén của BTĐL thí nghiệm trên mẫu lập phương kích thước (150x150x150)mm.

Kết quả thí nghiệm cường độ kháng nén của một số công trình sử dụng PGK puzolan thiên nhiên và tro bay nhiệt điện được thể hiện trên hình 3.



**Hình 3.** Biểu đồ so sánh cường độ kháng nén của BTĐL khi sử dụng PGK tro bay và puzolan thiên nhiên

Nhận xét: Từ kết quả tổng hợp trong biểu đồ hình 3, so sánh giữa kết quả dùng PGK là tro bay và puzolan thiên nhiên cho thấy: đối với bê tông đầm lăn sử dụng PGK là tro bay thì tốc độ đạt cường độ kháng nén của bê tông ở ngày tuổi sớm cũng như ở giai đoạn sau và đến ngày tuổi thiết kế thì tốc độ phát triển cường độ của bê tông đầm lăn sử dụng tro bay nhanh hơn và đạt cường độ cao hơn so với bê tông đầm lăn sử dụng puzolan thiên nhiên.

Khi sử dụng tro bay thì cường độ ở ngày tuổi thiết kế (90 ngày) thường vượt nhiều so với cường độ nén thiết kế từ 30 ÷ 60% với trên cùng cấp phối thí nghiệm. Khi sử dụng puzolan thiên nhiên, cường độ chỉ tăng từ 3 ÷ 10% so với cường độ thiết kế yêu cầu ( $R_{90}^{TK}$ ). Do vậy những công trình có nguồn PGK puzolan thiên nhiên gần công trình xây dựng chúng ta cần nghiên cứu đưa vào sử dụng để giảm giá thành xây dựng mà vẫn đảm bảo cường độ thiết kế theo yêu cầu đặt ra.

**3.4. Ảnh hưởng của tro bay nhiệt điện và puzolan thiên nhiên đến tính chống thấm của BTĐL**

**Bảng 8.** Kết quả thí nghiệm về độ chống thấm của BTĐL ở một số công trình

STT	Tên công trình	Độ chống thấm			
		Khi dùng tro bay		Khi dùng puzolan	
		Tuổi 28 ngày	Tuổi 90 ngày	Tuổi 28 ngày	Tuổi 90 ngày
1	Tân Mỹ	B4	B6	B2	B2
2	Nước Trong	B6	B8	B2	B2
3	Bản Vẽ	B4	B6	B2	B2

Kết quả thí nghiệm cho thấy: ở cùng độ tuổi, khả năng chống thấm của BTĐL sử dụng tro bay cao hơn so với BTĐL sử dụng puzolan thiên nhiên. Với bê tông sử dụng tro bay, khả năng chống thấm của bê tông tăng theo tuổi của nó, còn với bê tông sử dụng puzolan khả năng chống thấm của nó hầu như không thay đổi ở tuổi 90 ngày. Tuy nhiên, ở những ngày tuổi dài hơn thì thành phần hoạt tính trong puzolan ( $\text{SiO}_2$  và  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sẽ tác dụng triệt để với  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (do  $\text{C}_3\text{S}$  trong xi măng thủy phân) tạo các chất kết tinh làm tăng độ đặc chắc của bê tông, khi đó sẽ làm tăng độ chống thấm của bê tông.

#### 4. Kết luận

- Ảnh hưởng đến tính công tác của hỗn hợp bê tông: tro bay và puzolan thiên nhiên đều có tác dụng làm tăng tính công tác của hỗn hợp bê tông. Tuy nhiên, tro bay với nhiều ưu điểm hơn cả về hình thái cấu trúc hạt và thành phần hoạt tính so với puzolan thiên nhiên nên độ công tác của hỗn hợp có chứa tro bay tốt hơn độ công tác của hỗn hợp bê tông chứa puzolan thiên nhiên;

- Ảnh hưởng đến cường độ của bê tông: BTĐL sử dụng tro bay thường đạt cường độ cao hơn so với BTĐL sử dụng puzolan thiên nhiên. Ở những ngày tuổi sớm, BTĐL sử dụng puzolan thiên nhiên phát triển cường độ chậm hơn, còn với BTĐL sử dụng tro bay thì cường độ bê tông sớm phát triển cao hơn và rất nhanh, đạt giá trị cao hơn so với BTĐL sử dụng puzolan ở ngày tuổi dài tương đương;

- Ảnh hưởng đến khả năng chống thấm của bê tông: cũng như với cường độ bê tông, khả năng chống thấm của bê tông cũng được cải thiện khi sử dụng phụ gia trong thành phần hỗn hợp bê tông. Với hỗn hợp bê tông sử dụng phụ gia khoáng là tro bay thì bê tông ở ngày tuổi thiết kế đạt mức chống thấm cao hơn hẳn so với bê tông sử dụng phụ gia khoáng là puzolan thiên nhiên. Ngoài ra độ chống thấm của bê tông sử dụng tro bay còn có thể đạt được cao hơn ở những ngày tuổi sau đó, nhưng với bê tông sử dụng puzolan thiên nhiên thì khả năng chống thấm hầu như không thay đổi. Vì vậy, trong nghiên cứu, thiết kế các công trình sử dụng BTĐL có yêu cầu chống thấm cao, người ta thường ưu tiên sử dụng tro bay, còn puzolan thiên nhiên thường được sử dụng trong những trường hợp BTĐL không có yêu cầu chống thấm hoặc yêu cầu không cao; trong trường hợp đó thì sử dụng các biện pháp chống thấm khác.

Tóm lại, tro bay nhiệt điện hay puzolan thiên nhiên đều là những loại phụ gia khoáng không thể thiếu trong thiết kế, thi công BTĐL. Mặc dù mức độ ảnh hưởng của chúng tới tính chất của bê tông có khác nhau nhưng chúng đều có khả năng cải thiện tính chất của BTĐL. Trong những trường hợp yêu cầu thiết kế không cao, hoàn toàn có thể sử dụng puzolan thiên nhiên để thay thế tro bay, nhất là các công trình bê tông đầm lăn ở rất xa nơi cung cấp nguồn tro bay cần thiết cho công trình.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (tài liệu dịch). Nguyên tắc thiết kế BTĐL và tổng quan BTĐL, Hà Nội, 2006.
2. Công ty Tư vấn Xây dựng Thủy lợi (HECI). Báo cáo tóm tắt - công trình đầu mối hồ chứa Nước Trong, Hà Nội, 2006.
3. Đại học Thủy lợi (tài liệu dịch). Bê tông đầm lăn dùng cho đập, tài liệu dự án cấp quốc gia Bacara của Pháp 1988-1996, Hà Nội, 2005.
4. Đại học Thủy lợi (tài liệu dịch). Những đập lớn ở Trung Quốc - điểm lại lịch sử 50 năm phát triển, Hà Nội, 11/2005.
5. LƯƠNG VĂN ĐÀI. Báo cáo tình hình xây dựng đập BTĐL trên thế giới và Việt Nam hiện nay (Tuyển tập báo cáo Hội nghị công nghệ BTĐL trong thi công đập Thủy lợi, Thủy điện Việt Nam, EVN), Hà Nội, 2007.
6. SL 48-94. Quy trình thí nghiệm BTĐL thủy công. Tổng cục Thủy lợi - Thủy điện. Bộ Thủy lợi Thủy điện, Nước Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa.
7. LÊ MINH. Nghiên cứu các nguồn phụ gia khoáng Việt Nam để làm chất độn mịn cho BTĐL, Báo cáo đề tài cấp Bộ, Viện Khoa học Thủy lợi, Hà Nội, 1998.
8. NGUYỄN TRÍ TRINH. Những nghiên cứu về bê tông đầm lăn của HEC 1 - Tuyển tập báo cáo "Hội thảo kỹ thuật sử dụng bê tông đầm lăn trong xây dựng", Hội Đập lớn Việt Nam, Hà Nội, 12/2005.
9. Viện Nghiên cứu Bê tông Mỹ. Báo cáo Bê tông đầm lăn ACI-207.5R.99.
10. HOÀNG PHÓ UYÊN. Báo cáo kết quả thí nghiệm BTĐL cho đập Định Bình tỉnh Bình Định, Hà Nội, 3/2005.
11. ACI 207.5R.99. American Concrete Institute Manual of Concrete Practice, Part 1-2002, Roller Compacted Concrete.
12. ACI 211.3R. Standard practice for selecting proportion for normal, heavyweight and mass concrete.

13. DUNSTAN M.R.H. List of RCC Damp in the world up to 2003; Malcolm Dunstan&Associates; *United Kingdom, 2003*.
14. ISAO NAGAYAMA, SHIGEHARU JINKAN. 30 years' history of Roller - Compacted Concrete Dam in Japan.
15. USACE. Roller Compacted Concrete - Technical Engineering and Design Guides, *2004*.