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

ThS. Nguyễn Quang Bình
Viện Thủy công

Tóm tắt: *Nâng cao chống thấm cho bê tông đầm lăn (BTĐL) là một yêu cầu cấp thiết đối với công trình đập hoàn toàn BTĐL. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu tổ hợp phụ gia siêu dẻo cao chậm đông kết, khoáng hoạt tính và polymer để giảm tỉ lệ nước/chất kết dính, thay đổi cấu trúc bê tông để nâng cao chống thấm cho BTĐL.*

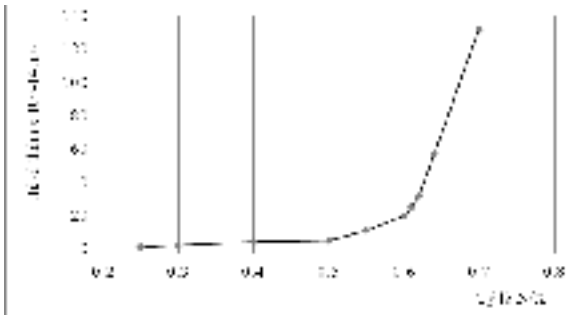
Summary: *The improvement of waterproofing for roller compacted concrete (RCC) is a critical requirement for the completely RCC dam. This paper presents the results of studies combining high superplasticizer and slow settings, active mineral and polymer materials to reduce a ratio of water/binder, concrete structural changes to improve waterproofing RCC.*

1. MỞ ĐẦU

Cơ sở nâng cao chống thấm cho BTĐL là tăng độ đặc chắc bằng sử dụng tổ hợp phụ gia, trong đó phụ gia siêu dẻo cao giảm thiểu lượng nước trộn, phụ gia khoáng hoạt tính giảm vôi trong quá trình thủy hóa xi măng và giảm lượng dùng xi măng, phụ gia polymer làm nhỏ đường kính và cắt đứt liên thông các lỗ mao quản trong đá xi măng.

Theo [3], việc giảm tỷ lê N/CKD làm tăng cường độ nén độ bền chống thấm) của bê tông trình bày ở hình 1, sự có mặt của phụ gia siêu dẻo cao chậm đông kết giảm tối đa N/CKD vẫn đảm bảo tính công tác (Vc) và thời gian đông kết T_{dk} của BTĐL.

Khi sử dụng polymer trong BTĐL, các tiểu phân nhũ polymer phân tán trong nước có kích thước 500 - 5000A° [6]. Cơ chế biến tính xi măng của polymer tan trong nước[7, 8] được giải thích do các phân tử polymer hấp phụ trên bề mặt hạt xi măng, trong quá trình thuỷ hoá mạch polymer đóng rắn phân bố trên bề măt các pha mới hình thành của đá xi măng và có khả năng xuyên sâu vào vùng tiếp xúc giữa các tinh thể. Phân bố trong cấu trúc đá xi măng ở dạng vi màng làm giảm đường kính các lỗ rỗng lớn và giảm lượng rỗng thông nhau, ngăn cản nước di chuyển, tăng khả năng chống thấm cho BTĐL.



Hình 1: Độ chống thấm và N/CKD

Phụ gia khoáng tro bay có tác dụng bổ sung thành phần hạt mịn, tác dụng hoạt tính đối với $Ca(OH)_2$ trong xi măng thủy hóa, giảm lượng dùng nước trong BTĐL.

- Trong BTĐL lượng dùng xi măng thường ít hoặc rất ít, lượng dùng nước cũng ít, nên không đủ để nhét đầy các khe kẽ giữa các hạt cốt liệu. Vì vậy, phải dùng thêm tro bay để tăng lượng chất bột mịn đảm bảo đủ để nhét kẽ trong bê tông. Theo tài liệu [4], việc nhét kẽ

Người phản biện: **PGS.TS Lê Minh**
Ngày nhận bài: 22/9/2014
Ngày thông qua phản biện: 10/10/2014
Ngày duyệt đăng 13/10/2014

được thể hiện bằng hai hệ số dư hồ α và dư vữa β, theo nhiều kết quả nghiên cứu trên thế giới thì hệ số α=1,1 - 1,3 còn hệ số β=1,3-1,5 là phù hợp cho sản xuất BTĐL.

- Trong thành phần của tro bay có các thành phần SiO_2 vô định hình, Al_2O_3 và Fe_2O_3 hoạt tính. Các chất này sẽ phản ứng với thành phần có hại $Ca(OH)_2$ tạo ra trong qúa trình thủy hóa của xi măng tạo thành các khoáng có cường độ, làm tăng cường độ, độ đặc chắc và chống thấm của BTĐL.

Tro bay còn làm giảm lượng dùng nước nhờ hiệu ứng ổ bi. Khi thay thế xi măng bằng tro bay, do các hạt tro bay có dạng hình cầu nên chúng có tác dụng bôi trơn làm tăng tính công tác cho hỗn hợp bê tông hoặc để đạt được cùng tính công tác thì hỗn hợp bê tông sử dụng tro bay sẽ cần lượng nước trộn ít hơn so với hỗn hợp không sử dụng tro bay. Điều này đồng nghĩa với việc giảm lượng nước dư trong BTĐL, tăng độ đặc chắc, tăng cường độ BTĐL và khả năng chống thấm.

Như vậy, việc sử dụng tổ hợp phụ gia siêu dẻo đa tính năng, phụ gia khoáng tro bay, phụ gia polymer sẽ đạt hiệu quả chống thấm cao cho BTĐL.

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

Các loại vật liệu sử dụng như sau: Xi măng Bút Sơn PC40 có chất lượng đạt các tiêu chuẩn TCVN 4030-2003 và TCVN 6017-1995; phụ gia khoáng hoạt tính tro bay Phả Lại đạt loại F theo ASTM C618; Cát nghiền Sơn La đạt chất lượng theo TCVN 9205:2012; đá dăm Sơn La đạt chất lượng theo TCVN 7570:2006, phụ gia chậm đông kết complast R hãng Fosroc loại B theo TCVN 8816:2011; phụ gia chậm đông kết GP101 hãng Grace loại B theo TCVN 8816:2011, phụ gia ADVA 181 siêu dẻo thế hệ mới loại F theo TCVN 8816, phụ gia polymer DM200 hãng Schooll - Đức.

Trong đề tài này tiến hành nghiên cứu chế tạo BTĐL có cường độ nén đạt 20MPa và độ chống thấm đến W12 bằng tổ hợp phụ gia siêu dẻo đa chức năng S (pha trộn giữa ADVA-181 và GP 101), tro bay Phả Lại và polymer DM200 của Đức. Trong nghiên cứu có sử dụng quy hoạch thực nghiệm.

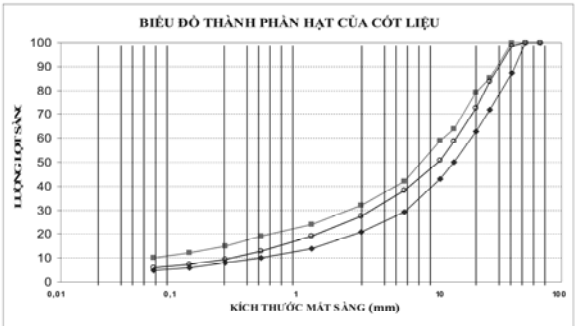
3. Bố trí quy hoạch thực nghiệm

3.1. Chọn thành phần hạt cốt liệu

Trong nghiên cứu sử dụng cốt liệu có thành phần hạt theo Yêu cầu kỹ thuật của công trình thủy điện Son La [2], như trong bảng 1 và hình 2.

Bảng 1. Thành phần hạt của cốt liệu

Cỡ hạt, mm		63	50	38	25	20	12.5	10	5	2.4	1.2	0.6	0.3	0.15	0.075
% lọt sàng theo	Yêu cầu	100	100	87-100	72-85	63-79	50-64	43-59	29-42	21-32	14-24	10-19	8-15	6-12	5-10
trong lượng	Kết quả	100	100	98.6	83.8	72.6	58.7	50.6	38.2	27.3	19	12.9	9.5	7.4	6.0



Hình 2. Đường thành phần hạt của cốt liệu

3.2. Tính thành phần cấp phối cho quy hoạch thực nghiệm

Để xây dựng mô hình toán học biểu thị ảnh hưởng của lượng dùng phụ gia siêu dẻo chậm đông kết thế hệ mới (S), hàm lượng tro bay phả Lại (T) và hàm lượng phụ gia polymer (P) đến cường độ và độ chống thấm, sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm bậc II, 3 biến tâm xoay.

- S: lượng dùng phụ gia siêu dẻo trong $1m^3$ BTĐL, lít.

- T: lượng dùng tro bay trong $1m^3$ BTĐL, kg.

- P: lượng dùng phụ gia polymer trong $1m^3$ BTĐL, kg.

Tương ứng với các biến thực nói trên là các biến mã X_1, X_2, X_3. Vùng biến thiên của các biến là:

$S = 2.0 \div 3.4$, $T = 120 \div 160$, $P = 0.93 \div 3.47$.

Lựa chọn cấp phối BTĐL đã dùng cho thủy điện Sơn La làm cấp phối cơ sở (CPCS) như trong bảng 2 để tính toán các cấp phối tại các điểm trong ma trận quy hoạch thực nghiệm. Việc tính toán các cấp phối BTĐL trong quy hoạch theo nguyên tắc:

- Cố định tổng lượng chất kết dính như CPCS (220kg);

- Giữ nguyên thành phần cấp phối hạt của hỗn hợp cốt liệu (Cố định tỷ lệ C/(C+Đ) theo khối lượng như của CPCS);

- Thay đổi lượng nước để BTĐL đạt tính công tác.

Bảng 2. Thành phần CPCS

STT	Trạng thái VL	XM (kg)	TB (kg)	Cát (kg)	Đá dăm (kg)	CĐK, lít	Nước, lít	Tổng	N/CKD
1	Khô	60	160	850	1396		140	2589	0,64

Ghi chú: cấp phối cơ sở có cường độ nén 20Mpa, độ chống thấm đạt W6.

Kết quả tính toán thành phần cấp phối tại 19 điểm của ma trận quy hoạch thực nghiệm như trong bảng 3.

Bảng 3. Thành phần cấp phối BTĐL trong quy hoạch

STT	X, kg	T, kg	P, kg	S, lít	C, Kg	Đ, kg			N, lít	N/CKD
						5-12,5	12,5-25	25-50		
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
1	60	160	3.47	3.4	891	418	560	465	85.4	0.39
2	60	160	3.47	2.0	865	408	546	454	108.4	0.49
3	100	120	3.47	3.4	895	420	562	466	85.1	0.39
4	100	120	3.47	2.0	870	410	548	455	108.0	0.49
5	60	160	0.93	3.4	893	420	561	466	85.4	0.39
6	60	160	0.93	2.0	867	410	548	455	108.4	0.49
7	100	120	0.93	3.4	897	421	563	467	85.1	0.39
8	100	120	0.93	2.0	872	411	550	456	108.0	0.49
9	80	140	2.2	3.91	903	423	567	470	77.0	0.35
10	80	140	2.2	1.49	860	406	543	450	116.3	0.53
11	45	175	2.2	2.7	877	413	553	459	97.0	0.44
12	115	105	2.2	2.7	885	416	556	462	96.4	0.44
13	80	140	4.4	2.7	879	414	553	459	96.7	0.44
14	80	140	0.00	2.7	883	416	556	461	96.7	0.44
15	80	140	2.2	2.7	881	415	555	460	96.7	0.44

4. KẾT QUẢ VÀ BÌNH LUẬN

Kết quả thí nghiệm các tính chất cơ lý BTĐL của 19 điểm trong ma trận kế hoạch thực nghiệm được trình bày trong bảng 4.

Bảng 4. Tính chất cơ lý BTĐL tại các điểm quy hoạch

Điểm TN	Vc, s	Thời gian đông kết, giờ. phút		Khối lượng thể tích, kg/m^3		Cường độ nén tuổi 90 ngày, daN/cm^2	Hệ số thấm, K/10^{-10}, cm/s	Độ chống thấm B, atm
		Bắt đầu	Kết thúc	Hỗn hợp	Tuổi 90 ngày (khô gió)			
1	18	17.00	71.25	2649	2645	308.4	7.82	B12
2	20	16.50	71.15	2603	2597	241.4	61.22	B4
3	22	17.10	70.00	2651	2648	472.9	5.95	B14
4	20	18.00	71.35	2614	2608	368.9	45.3	B6
5	20	18.10	71.15	2641	2639	309.9	10.42	B12
6	19	17.50	70.55	2616	2610	242.6	102.86	B4
7	20	17.40	71.05	2653	2650	471.6	4.60	B14
8	20	17.00	72.15	2623	2618	369.2	45.71	B6
9	17	16.55	7105	2663	2661	437.5	10.76	B12
10	20	18.25	71.55	2608	2600	281.5	120.0	B4
11	23	18.05	72.35	2627	2623	216.6	36.42	B6
12	20	17.00	70.45	2646	2643	466.9	10.15	B12
13	20	17.25	71.00	2622	2619	343.4	10.66	B12
14	21	18.00	71.30	2637	2632	336.8	20.14	B10
15	20	17.40	71.55	2632	2628	339.1	11.71	B12
16	23	17.20	72.00	2635	2631	340.1	9.14	B12
17	20	18.20	71.45	2632	2618	342.2	12.81	B12
18	20	17.00	72.35	2636	2633	341.6	10.820	B12
19	20	17.15	70.55	2637	2634	343.1	10.180	B12

- Từ kết quả thành phần các cấp phối BTĐL bảng 3, tỉ lệ N/CKD = 0,35÷0,53. Như vậy với sự có mặt của phụ gia S thế hệ mới thì tỉ lệ N/CKD nhỏ nhất của BTĐL nghiên cứu thấp hơn tỉ lệ N/CKD nhỏ nhất của BTĐL Trung Quốc sử dụng cho đập trong lực (N/CKD=0,43) [1], tỉ lệ này cũng nhỏ hơn tỉ lệ N/CKD nhỏ nhất của BTĐL đã thi công các đập trong lực ở Việt Nam (N/CKD=0,48) [2].

Tính công tác của BTĐL trong quy hoạch, Vc = 17÷23 s, nằm trong khoảng phù hợp để thi công; thời gian BTĐK xấp xỉ 18 giờ, KTĐK xấp xỉ 72 giờ; khối lượng thể tích hỗn hợp BTĐL, 2579÷2685 kg/m^3; khối lượng thể tích BTĐL (khô gió) tuổi 90 ngày, 2566÷2676 kg/m^3; cường độ nén tuổi 90 ngày đạt từ 216.6÷472.9 daN/cm^2; hệ số thấm tuổi 90 ngày đạt từ 120 x10^{-10} ÷ 4.61 x10^{-10}cm/s, cấp

chống thấm đạt từ B4÷B14.

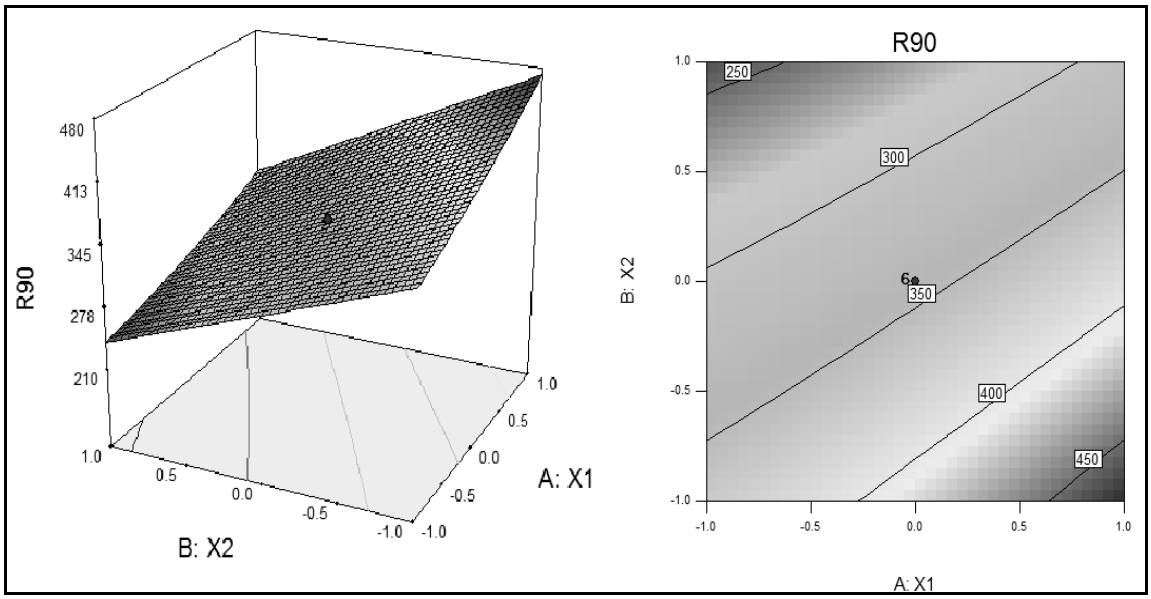
4.1. Ảnh hưởng của tổ hợp phụ gia S-T-P đến cường độ nén BTĐL

Phương trình hồi quy của cường độ nén tuổi 90 ngày theo biến mã:

$$R_{90} = 341.4 + 43.6\ X_1 - 72.4X_2 - 9.0\ X_1X_2 + 6.2\ X_1^2 \quad (4)$$

Như vậy, cường độ nén BTĐL tuổi 90 ngày không chịu sự ảnh hưởng của hàm lượng polymer sử dụng trong bê tông (không có biến X_3 trong phương trình). Điều này có thể được giải thích do polymer khi tan trong nước không phản ứng với các thành phần khác trong bê tông để tạo chất mới và cũng không có tác dụng giảm nước hoặc làm hiệu suất phản ứng của CKD.

Bề mặt biểu diễn của phương trình cường độ nén BTĐL tuổi 90 ngày như hình 3.



Hình 3. Bề mặt biểu hiện và đường đồng mức của hàm mục tiêu R_{90} theo X_1 và X_2

- Từ hình 3. ta có thể dễ dàng nhận thấy sự ảnh hưởng đến cường độ nén BTĐL tuổi 90 ngày khá rõ của cả 2 yếu tố là lượng dùng phụ gia S (X_1) và lượng dùng tro bay T (X_2): Cường độ nén BTĐL tuổi 90 ngày tỷ lệ thuận với S và T.

+ Khi phụ gia S tăng thì tỉ lệ N/CKD giảm để tính công tác Vc không thay đổi, làm giảm lượng nước tự do trong BTĐL ảnh hưởng đến cấu trúc BTĐL tăng độ đặc chắc và cường độ nén và ngược lại.

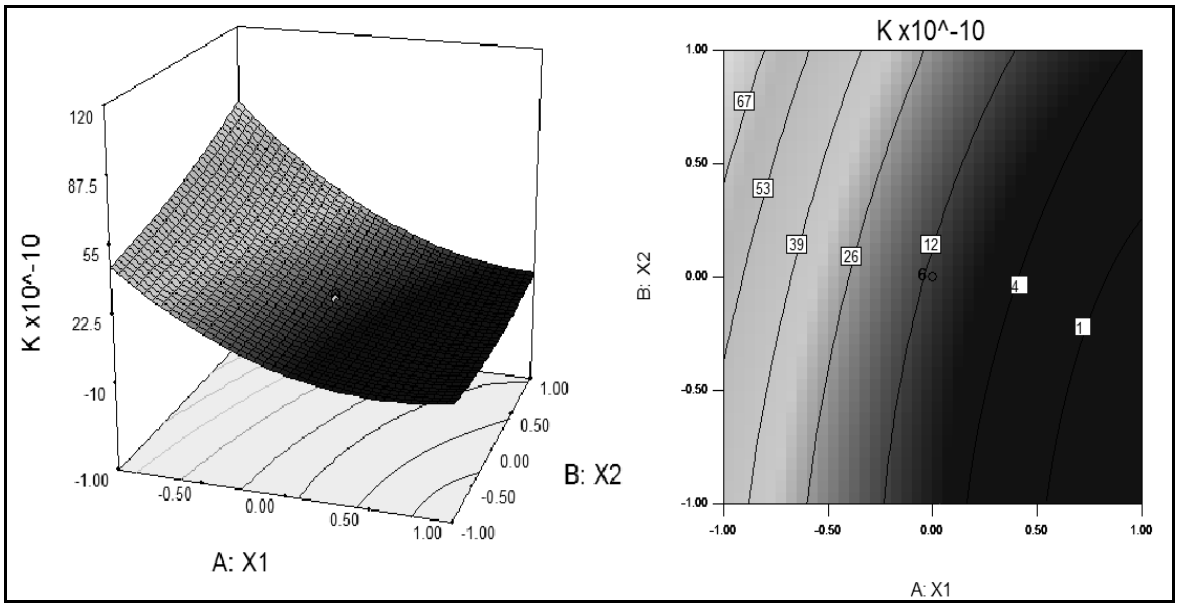
+ Khi lượng dùng T tăng ảnh hưởng rõ rệt đến cấu trúc của BTĐL, tăng độ rỗng do lượng nước dư không tham gia vào phản ứng thủy hóa xi măng bay hơi và phản ứng puzzolanic của xi măng với tro bay củng giảm làm giảm độ đặc chắc và cường độ nén và ngược lại .

4.2. Ảnh hưởng của tổ hợp phụ gia S-T-P đến đặc tính thấm của BTĐL

Phương trình hồi quy của hệ số thấm tuổi 90 ngày theo biến mã:

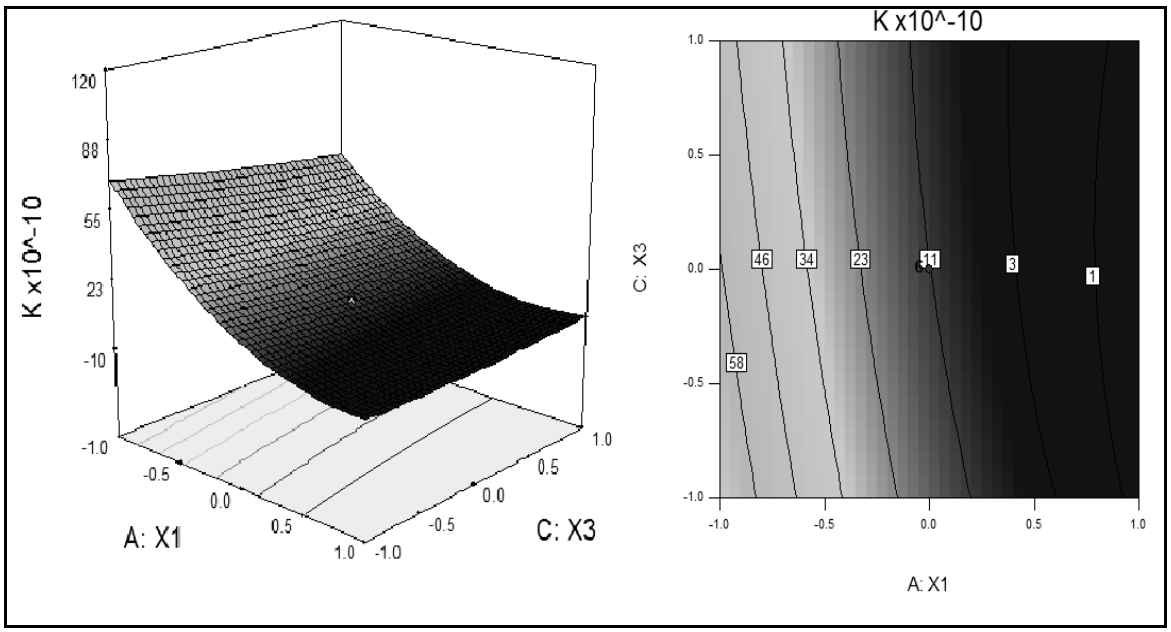
$$K_{90} = (10.8 - 29.7X_1 + 9.0X_2 - 4.3X_3 - 8.2\ X_1X_2 + 5.1X_1X_3 - 5.7X_2X_3 + 18.3X_1^2 + 4.3X_2^2 + 1.6X_3^2)10^{-10} cm/s. \quad (5)$$

- Bề mặt biểu thị phương trình hồi quy hệ số thấm của BTĐL khi cố định biến X_3 như trong hình 4.



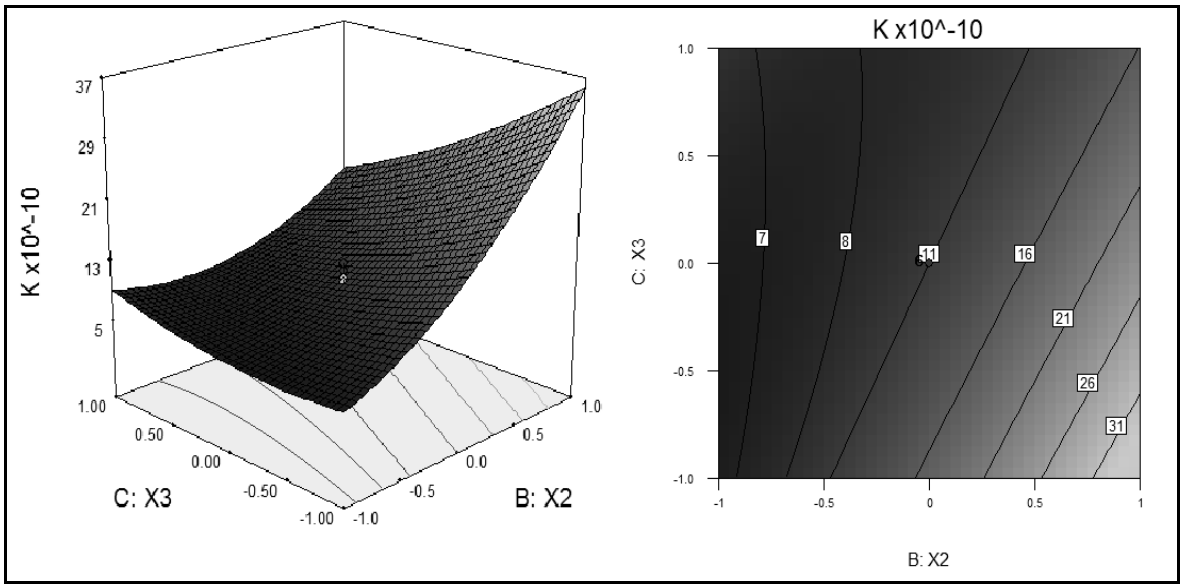
Hình 4. Bề mặt biểu diễn và đường đồng mức của hàm mục tiêu K_{90} theo X_1 và X_2

- Bề mặt biểu thị phương trình hồi quy hệ số thấm của BTĐL khi cố định biến X_2 như trong hình 5.



Hình 5: Bề mặt biểu hiện và đường đồng mức của hàm mục tiêu K_{90} theo X_1 và X_3

- Bề mặt biểu thị phương trình hồi quy hệ số thấm của BTĐL khi cố định biến X_1 như trong hình 6.



Hình 6. Bề mặt biểu hiện và đường đồng mức của hàm mục tiêu K_{90} theo X_2 và X_3

Nhận xét: Từ hình 4, 5, 6 ta có thể nhận thấy lượng dùng phụ gia S (X_1) và lượng P (X_3) tỉ lệ nghịch với hệ số thấm BTĐL tuổi 90 ngày, lượng dùng T (X_2) tỉ lệ thuận với hệ số thấm BTĐL tuổi 90 ngày.

- Khi lượng phụ gia S tăng thì hệ số thấm BTĐL tuổi 90 ngày giảm mạnh. Điều này có thể được giải thích như sau: Khi phụ gia S tăng (N/CKD giảm) thì lượng nước tự do trong BTĐL giảm nên hàm lượng xốp rỗng giảm làm cho hệ số thấm của BTĐL giảm mạnh.

- Khi lượng dùng P tăng thì hệ số thấm của BTĐL tuổi 90 ngày nhìn chung giảm, tuy nhiên với cấp phối có lượng dùng S cao (tỷ lệ N/CKD thấp) thì khi tăng hàm lượng P hệ số thấm của BTĐL gần như không thay đổi. Nguyên nhân của hiện tượng này là do P tạo ra vi màng trên ranh giới cấu trúc đá xi măng và trong bề mặt các lỗ xốp dẫn đến giảm đường kính lỗ xốp và cấu trúc không liên tục làm tăng độ bền chống thấm BTĐL. Với cấp phối bê tông có tỷ lệ N/CKD nhỏ thì bản thân bê tông đã có cấu trúc đặc chắc (thể tích xốp và đường kính lổ xốp nhỏ) nên độ chống thấm tốt. Trong trường hợp này tác dụng nâng cao độ bền thấm bê tông của P không đáng kể.

- Khi lượng dùng T tăng thì hệ số thấm của BTĐL tuổi 90 ngày tăng, điều này được giải thích: Khi lượng tro bay tăng không chỉ ảnh hưởng đến độ bền cơ, đồng thời còn ảnh hưởng rõ rệt đến cấu trúc của bê tông, tăng độ rỗng do lượng nước dư không tham gia vào phản ứng thủy hóa xi măng bay hơi và phản ứng puzzolanic của xi măng với tro bay củng giảm làm tăng hệ số thấm BTĐL.

5. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy sử dụng tổ hợp phụ gia hóa-khoáng-polymer có thể nâng cao rõ rệt khả năng chống thấm BTĐL, cụ thể là:

1. Các tính chất của hỗn hợp BTĐL phù hợp với điều kiện thi công hiện nay ở Việt Nam: Tính công tác BTĐL Vc=17÷23 giây; thời gian bắt đầu đông kết đạt 16h50÷18h; thời gian kết thúc đông kết đạt 70h00÷72h35.

2. Giảm mạnh lượng nước trộn yêu cầu trong BTĐL, tỉ lệ N/CKD trong BTĐL có thể giảm tới N/CKD = 0,35

3. Cường độ nén BTĐL tuổi 90 ngày đạt M20÷M40.

4. BTĐL có thể đạt được độ chống thấm cao

tới 14 atm (cấp phối số 3, 7 bảng 3).

5. Để đạt cường độ và độ chống thấm CPCS có thể giảm lượng dùng xi măng 15kg/m^3 (cấp phối 11 bảng 3).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Công ty tư vấn xây dựng thủy lợi, Quy phạm thiết kế đập bê tông đầm lăn. (Dịch từ tiếng Trung tiêu chuẩn SL 314-2004 của Trung Quốc. Người dịch Nguyễn Ngọc Bách, 1/2005.

[2] Lương Văn Đài, Báo cáo tóm tắt tình hình xây dựng đập bê tông đầm lăn trên thế giới và ở Việt Nam hiện nay. (Trong tuyển tập báo cáo Hội nghị Công nghệ bê tông đầm lăn trong thi công đập thủy điện của Việt Nam, EVN, Hà Nội,4/ 2004.

[3] B. Sharp, Concrete V.30 (4), p12-15, (1996).

[4] CIRIA-Report 135. Concreting deep lifts and large volume pours. London, 1995, 84p.

[5] BhushanL., Karihaloo. Fracture mechanics structural concrete. Longman S&T, 1995, 330p.;

[6] V.R. Riley, I. Razl. Polymer additive for cement composites, Composites, 1974, V5 (1), p.27-33.

[7] Y. Malier, Les Béton à hautes performances; Press. de I'ecold national de ponts et chausses 1992, p. 3-416.

[8] S. Chandra and P. Flodin. Interactions of polymenrs and organic admixture on Portland cement hydration, Cem. Concr, res., 1987, V.17, p. 875-890.