

SỬ DỤNG TỔ HỢP PHỤ GIA KHOÁNG TRO TRÁU VÀ XI LÒ CAO KẾT HỢP PHỤ GIA SIÊU DẸO THỂ HỆ MỚI ĐỂ CHẾ TẠO BÊ TÔNG TỰ LÈN ỨNG DỤNG TRONG CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

Nguyễn Quang Phú¹

Tóm tắt: Sử dụng tro trấu, xi lò cao hoạt tính và phụ gia siêu dẻo chế tạo bê tông tự lèn có tính công tác tốt, cường độ nén cao, phù hợp cho thi công các công trình Thủy lợi. Khi thay thế chất kết dính bằng 15% tro trấu và 30% xi lò cao hoạt tính, kết hợp lượng dùng phụ gia siêu dẻo hợp lý sẽ chế tạo được bê tông tự lèn có cường độ nén đạt mức 30 đến 60MPa. Bê tông tự lèn chế tạo đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cho thi công các công trình Thủy lợi.

Từ khóa: Bê tông tự lèn; Xi lò cao hoạt tính; Tro trấu; Phụ gia siêu dẻo.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc sử dụng bê tông tự lèn (BTTL) sẽ làm tăng độ bền của các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép dùng trong xây dựng, giúp giải quyết được các giải pháp thi công khi bê tông thường không thể ứng dụng được. Tuy nhiên, BTTL vẫn chưa được chế tạo phổ biến và sử dụng một cách đa dạng các loại vật liệu khác nhau trong chế tạo, cần phải phát triển loại bê tông này để đáp ứng yêu cầu cho các công trình nói chung và các công trình thủy lợi có kết cấu phức tạp, mỏng, dày cốt thép là điều cần thiết.

Với thực trạng hàng triệu tấn trấu thải ra mỗi năm trên cả nước, cần những diện tích lớn để chứa đựng và chi phí để xử lý tốn kém; kèm theo hàng nghìn tấn xi lò cao được thải ra từ các

nhà máy luyện gang thép thì việc nghiên cứu và đưa vào sử dụng các sản phẩm sau khi xử lý của các thải phẩm trên để làm phụ gia khoáng cho bê tông sẽ góp phần làm giảm chi phí xử lý, chôn lấp, giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Từ đó, đưa ra các đề xuất sao cho việc sử dụng các loại phụ gia khoáng này trong sản xuất bê tông xây dựng công trình tại Việt Nam, đặc biệt là ứng dụng cho các công trình Thủy lợi một cách hiệu quả nhất.

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU

2.1. Xi măng

Đề tài sử dụng xi măng PC40 Hà Tiên để thiết kế bê tông tự lèn; kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi măng như trong bảng 1 đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 2682:2009.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi măng

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	3.15
2	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0,09 mm)	%	3.5
3	Lượng nước tiêu chuẩn	%	29.4
4	Thời gian bắt đầu đông kết	phút	118
	Thời gian kết thúc đông kết	phút	315
5	Độ ổn định thể tích	mm	1.6
6	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	N/mm ²	23.8
	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	N/mm ²	49.6

¹ Bộ môn Vật liệu xây dựng, Khoa Công trình - ĐH Thủy lợi

2.2. Phụ gia khoáng hoạt tính

Viện Vật liệu xây dựng, kết quả thí nghiệm một số tính chất cơ lý của tro trấu được trình bày tại bảng 2.

2.2.1. Tro trấu

Tro trấu được phân tích và thí nghiệm tại

Bảng 2. Tính chất cơ lý của tro trấu

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2.24
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	0.48
3	Lượng mất khi nung	%	1.95
4	Kính thước hạt trung bình	µm	7.89
5	Chỉ số hoạt tính với xi măng	%	115

2.2.2. Silica fume

Phụ gia khoáng siêu mịn là Silica fume của hãng ELKEM thay thế một phần xi măng trong thiết kế cấp phối bê tông tự lèn để so sánh các tính chất với bê tông sử dụng Tro trấu. Các tính chất

kỹ thuật của Silica fume được phân tích tại Viện Khoa học Công nghệ xây dựng (IBST), kết quả như bảng 3. Kết quả cho thấy Silica fume đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo ASTM C 1240-00.

Bảng 3. Tính chất kỹ thuật của Silica fume

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Yêu cầu kỹ thuật ASTM C 1240-00
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2.38	-
2	Độ ẩm	%	1.76	-
3	Hàm lượng mất khi nung	%	2.82	≤ 6,0
4	Hàm lượng SiO ₂	%	90.15	SiO ₂ ≥ 85,0
5	Hàm lượng SO ₃	%	0.05	< 2,0
6	Hàm lượng CaO	%	0.66	< 1,0
7	Hàm lượng Cl ⁻	%	0.01	< 0,3

2.2.3. Xi lò cao hạt hóa

Xi lò cao được lấy từ nhà máy gang thép Hòa Phát và được đưa về phòng nghiên cứu vật liệu để

thí nghiệm. Tính chất cơ lý của xi lò cao được trình bày tại bảng 4.

Bảng 4. Tính chất cơ lý của xi lò cao

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2.88
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	0.82
3	Chỉ số hoạt tính cường độ: + Sau 7 ngày	%	86
	+ Sau 28 ngày		109
4	Hàm lượng mất khi nung	%	1.52

2.3. Cốt liệu

2.3.1. Cát

Cát (cốt liệu mịn) cũng là một phần rất quan

trọng của hỗn hợp bê tông, nó ảnh hưởng đến độ chảy xèo và khả năng điền đầy của hỗn hợp BTTL trong quá trình thi công. Trong thí nghiệm sử

dụng cát tự nhiên, cát lấy từ công trình và đưa về phòng thí nghiệm; kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý của cát được trình bày trong bảng 5. Cát sử

dụng có thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý phù hợp TCVN 7570:2006.

Bảng 5. Tính chất cơ lý của cát

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2.67
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1.66
3	Độ hồng	%	37.8
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0.65
5	Mô đun độ lớn	-	2.66
6	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt
7	Thành phần hạt	-	Đạt

2.3.2. Đá dăm

Đá dăm lấy ở công trình xây dựng và được đưa về phòng để thí nghiệm, đá dăm cỡ

hạt (5-20) mm có thành phần hạt và tính chất cơ lý đạt tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 được trình bày tại bảng 6.

Bảng 6. Tính chất cơ lý của đá dăm

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2.76
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1.68
3	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0.08
4	Hàm lượng thoi dẹt	%	5.5
5	Độ hút nước	%	0.52
6	Thành phần hạt	-	Đạt

2.4. Nước

Nước sử dụng để trộn và bảo dưỡng bê tông là nước sinh hoạt phù hợp tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

2.5. Phụ gia hoá học

Để hỗn hợp bê tông có tính công tác và khả năng lên chặt tốt thì hỗn hợp bê tông thiết kế không được phép xảy ra hiện tượng phân tầng và tách nước. Thông thường, khi chế tạo BTTL phải sử dụng phụ gia tăng tính lưu biến, tuy nhiên đề tài nghiên cứu đã sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao AM-S50 gốc Polycarboxylate (PC) để thay thế, thông qua thí nghiệm để xác định tỷ lệ pha trộn hợp lý, đảm bảo tính công tác yêu cầu

của hỗn hợp bê tông và mác bê tông thiết kế.

3. THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG TỰ LÊN VÀ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1. Thiết kế cấp phối bê tông tự lên

* Đánh giá hiệu quả của PGK Tro trấu so với Silica fume:

Để so sánh hiệu quả của hai loại phụ gia khoáng siêu mịn là Silica fume và Tro trấu, đề tài thiết kế thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông đối chứng mác M30 với cấp phối: **CP1:** 100% xi măng Poóc-lăng. Sau đó, thay thế một phần SF và RHA được **CP2:** 10% silica fume (SF) và 90% xi măng Poóc-lăng và **CP3:** 10% tro trấu (RHA) và 90% xi măng Poóc-lăng.

Bảng 7. Thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông

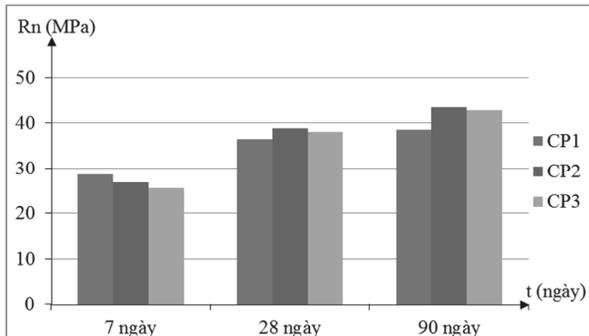
STT	Cấp phối	Xi măng	SF	RHA	Cát	Đá	Nước	Phụ gia siêu dẻo
1	CP1	380	-	-	795	956	175	4.8
2	CP2	342	38	-	779	950	175	4.8
3	CP3	342	-	38	779	950	175	4.8

Tiến hành thí nghiệm kiểm tra độ chảy xòe của các hỗn hợp bê tông, sau đó đúc mẫu theo kích thước tiêu chuẩn, bảo dưỡng và thí nghiệm kiểm tra

cường độ nén của bê tông ở 7, 28 và 90 ngày tuổi. Kết quả một số tính chất kỹ thuật của bê tông sử dụng PGK Tro trấu và Silica fume như trong bảng 8.

Bảng 8. Kết quả thí nghiệm các tính chất kỹ thuật của bê tông

STT	Cấp phối	Độ chảy xòe (cm)	Cường độ nén, MPa		
			7 ngày	28 ngày	90 ngày
1	CP1	84.0	28.6	36.5	38.6
2	CP2	81.0	26.8	38.8	43.5
3	CP3	79.5	25.5	38.1	42.9



Hình 1. Biểu đồ so sánh cường độ nén của 3 cấp phối bê tông

Nhận xét:

Hỗn hợp bê tông tự lèn có sử dụng PGK là Silica fume hoặc Tro trấu, kết hợp phụ gia siêu dẻo giảm nước hợp lý có độ chảy xòe thỏa mãn yêu cầu thiết kế ($D_x = 65 \div 85$ cm, theo TCVN 12209:2018).

Cường độ 7 ngày tuổi của bê tông mẫu đối chứng không có phụ gia khoáng cao hơn, nhưng cường độ 28 ngày và 90 ngày thấp hơn cường độ

bê tông có PGK Tro trấu và Silica fume. Nguyên nhân vì ở giai đoạn đầu thủy hoá phản ứng puzolan của Tro trấu và Silica fume chậm hơn phản ứng thủy hóa của xi măng, nhưng về sau phản ứng puzolan phát triển mạnh, làm tăng cường độ của bê tông.

Kết quả thí nghiệm cường độ nén của bê tông sử dụng PGK Tro trấu và Silica fume ở các ngày tuổi có giá trị tương đương nhau. Do đó, chúng ta hoàn toàn có thể thay thế PGK siêu mịn Silica fume phải nhập khẩu bằng PGK siêu mịn Tro trấu trong sản xuất bê tông tự lèn.

** Sử dụng tổ hợp PGK Tro trấu và xi lò cao để thiết kế cấp phối BTTL:*

Sử dụng tổ hợp phụ gia khoáng gồm: Tro trấu + Xi lò cao, để tài tiến hành thiết kế cho các mác bê tông M30, M40, M50 và M60. Trong thiết kế đã sử dụng thay thế xi măng Pooclang bằng 30% GBFS và 15% RHA trong thành phần bê tông, thành phần các loại vật liệu cho $1m^3$ bê tông thiết kế như trong bảng 9.

Bảng 9. Thành phần vật liệu cho $1m^3$ bê tông thiết kế

Mác bê tông	Xi măng (kg)	Phụ gia khoáng		Nước (lít)	Cát (kg)	Đá dăm (kg)	Phụ gia hóa học (lít)
		Tro trấu (kg)	Xi lò cao (kg)				
M30	280.5	76.5	153	183	780	956	6.2
M40	319.0	87.0	174	180	800	874	7.0
M50	346.5	94.5	189	177	814	819	7.6
M60	357.5	97.5	195	163	885	765	8.0

Sau khi thiết kế thành phần vật liệu cho $1m^3$ bê tông, tiến hành phối trộn vật liệu đúng tiêu chuẩn và thí nghiệm xác định một số tính chất kỹ thuật của các hỗn hợp bê tông tự lèn như độ

chảy xòe và khả năng tự lèn của hỗn hợp bê tông. Sau đó, đúc mẫu thí nghiệm cường độ nén của tất cả các mác bê tông thiết kế theo các tiêu chuẩn hiện hành.

3.2. Kết quả thí nghiệm

3.2.1. Kết quả thí nghiệm độ chảy xòe của HHT

Tiến hành trộn vật liệu các cấp phối bê tông

thiết kế như bảng 9, thí nghiệm xác định độ chảy xòe của các hỗn hợp bê tông theo tiêu chuẩn. Kết quả thí nghiệm độ chảy xòe của các hỗn hợp bê tông thể hiện như trong bảng 10.

Bảng 10. Kết quả thí nghiệm độ chảy xòe các hỗn hợp bê tông

Mác bê tông	M30	M40	M50	M60
Độ chảy xòe (cm)	81	79	73	70

Nhận xét: Từ kết quả thí nghiệm độ chảy xòe ở bảng 10 của các hỗn hợp bê tông thiết kế nhận thấy, các cấp phối bê tông thiết kế đều thỏa mãn yêu cầu tính công tác của bê tông tự lèn theo TCVN 12209:2018, độ chảy xòe của các hỗn hợp bê tông đều nằm trong phạm vi cho phép từ 65 đến 85 cm. Độ đồng nhất của hỗn hợp bê tông rất tốt, không

phân tầng, tách nước tại mép rìa ngoài của hỗn hợp.

3.2.2. Kết quả thí nghiệm khả năng tự lèn của HHT

Sử dụng khuôn hình L-box để thí nghiệm khả năng tự lèn (khả năng chảy qua cốt thép) của các hỗn hợp bê tông tự lèn thiết kế; kết quả thể hiện như trong bảng 11.

Bảng 11. Kết quả thí nghiệm khả năng tự lèn của các hỗn hợp bê tông

Mác bê tông	M30	M40	M50	M60
H_2/H_1	0.98	0.96	0.91	0.88

Nhận xét: Theo TCVN 12209:2018 thì tất cả các cấp phối bê tông tự lèn thiết kế đều đạt yêu cầu về khả năng tự lèn chặt ($H_2/H_1 \geq 0.8$), bê tông thỏa mãn về tính công tác. Qua kết quả ở bảng 11 nhận thấy, với các mác bê tông thấp như M30 và M40 thì việc sử dụng phụ gia khoáng siêu mịn là Tro trấu kết hợp xi lò cao sẽ cho độ lèn chặt rất tốt, H_2/H_1 gần bằng 1, khả năng chảy của hỗn hợp bê tông tốt nhất.

3.3.3. Kết quả thí nghiệm cường độ nén

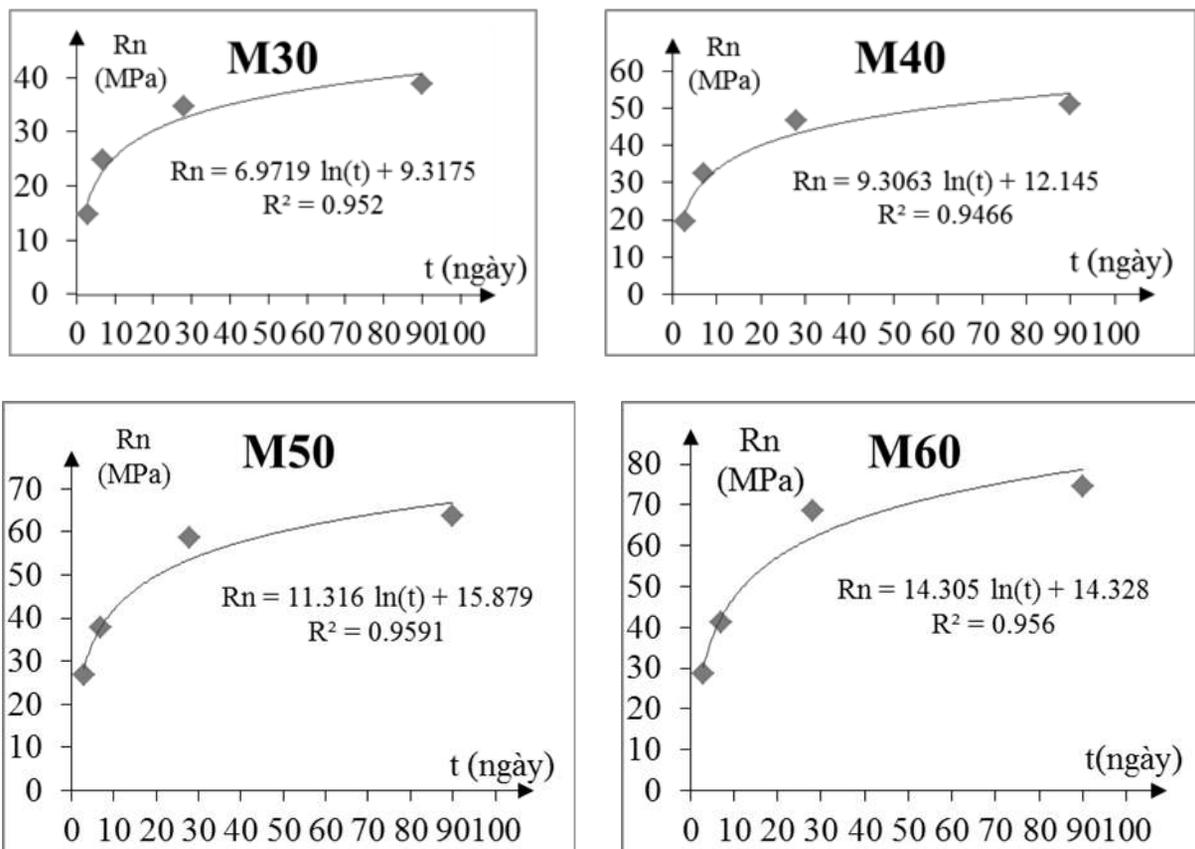
Để thí nghiệm cường độ nén, đúc các tổ mẫu thí nghiệm hình lập phương có kích thước (15 x 15 x 15) cm, mẫu đúc thí nghiệm được chế tạo và bảo dưỡng theo TCVN 3105:1993.

Kết quả thí nghiệm cường độ nén ở 3, 7, 28 và 90 ngày tuổi đối với các mác bê tông thiết kế như trong đồ thị hình 2.

Nhận xét: Từ kết quả thí nghiệm cường độ nén của các cấp phối bê tông tự lèn thiết kế nhận thấy: tất cả các cấp phối bê tông đều có cường độ nén vượt mức thiết kế ở tuổi 28 ngày. Tuy nhiên, khi bê

tông pha phụ gia khoáng Tro trấu và xi lò cao làm giảm thành phần khoáng vật của xi măng Poolăng thì cường độ nén ở 28 ngày tuổi của tất cả các cấp phối tăng chậm so với mác thiết kế từ 14.3% đến 17.0%; còn ở tuổi 90 ngày thì cường độ tăng cao hơn, tăng từ 24.3% đến 29.3% của tất cả các mác thiết kế. Điều này được lý giải là sau 28 ngày tuổi thì phản ứng thủy phân thủy hóa của các thành phần khoáng vật xi măng Poolăng được triệt để, thành phần $Ca(OH)_2$ được tạo ra nhiều hơn, làm cho phản ứng puzolanic của PGK tốt hơn, tạo ra các tinh thể rắn chắc và tăng độ đặc chắc của cấu trúc bê tông, làm tăng cường độ bê tông.

Từ kết quả thí nghiệm cường độ nén theo thời gian của các cấp phối bê tông, ta lập được các công thức thực nghiệm biểu thị sự phát triển cường độ nén của bê tông theo thời gian như trong bảng 12, từ đó có thể dự đoán cường độ nén của các mác bê tông ở các ngày tuổi khác nhau với các hệ số độ tin cậy lớn hơn 0.95



Hình 2. Biểu đồ sự phát triển cường độ nén của các mác bê tông theo thời gian

Bảng 12. Các công thức thực nghiệm dự đoán cường độ nén của bê tông

STT	Mác bê tông	Công thức dự đoán	Hệ số độ tin cậy
1	M30	$R_n = 6.9719 \ln(t) + 9.3175$	$R^2 = 0.9520$
2	M40	$R_n = 9.3063 \ln(t) + 12.145$	$R^2 = 0.9466$
3	M50	$R_n = 11.316 \ln(t) + 15.879$	$R^2 = 0.9591$
4	M60	$R_n = 14.305 \ln(t) + 14.328$	$R^2 = 0.9560$

4. KẾT LUẬN

Bê tông sử dụng hỗn hợp phụ gia khoáng Tro trấu và xỉ lò cao cho cường độ nén và tính công tác tốt. Bê tông tự lèn thiết kế đạt các yêu cầu kỹ thuật để thi công các hạng mục công trình có hình dạng phức tạp hay kết cấu có cốt thép dày đặc. Đặc biệt, bê tông sử dụng phụ gia khoáng tro trấu và xỉ lò cao giúp tăng cường độ của bê tông, bê tông có mác chống thấm cao, qua đó tăng khả năng chống mài mòn và chống xâm thực cho bê tông, rất hiệu quả với các công trình Thủy lợi.

Đốt trấu sản xuất phụ gia khoáng tro trấu sẽ tận dụng được phụ phẩm nông nghiệp, tận dụng và xử lý xỉ lò cao làm phụ gia khoáng trong sản xuất bê tông đều mang lại hiệu quả về mặt kinh tế và bảo vệ môi trường.

Khi thiết kế thành phần bê tông tự lèn sử dụng PGK hoạt tính, nhất thiết phải sử dụng các loại phụ gia siêu dẻo một cách hợp lý để tăng tính công tác của hỗn hợp bê tông, qua đó giảm lượng nước trộn, tăng độ đặc chắc của bê tông, tăng cường độ và tính bền cho bê tông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hoàng Phó Uyên, Nguyễn Quang Bình (2007). “*Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu ứng dụng công nghệ bê tông tự lèn vào công trình Thủy lợi*”, Hà Nội năm 2007.
- TCVN 11586:2016. *Xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho bê tông và vữa.*
- TCVN 12209:2018. *Bê tông tự lèn - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.*
- TCVN 2682:2009. *Xi măng Poóc lăng - Yêu cầu kỹ thuật.*
- TCVN 3105:1993. *Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.*
- TCVN 3118:2012. *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén.*
- TCVN 4506:2012. *Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.*
- TCVN 6016:2015. *Xi măng - phương pháp thử xác định độ bền.*
- TCVN 6017:2015. *Xi măng - phương pháp thử - xác định thời gian đông kết và độ ổn định.*
- TCVN 7570:2006. *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.*
- TCVN 7572:2006. *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử.*
- TCVN 8826:2011. *Phụ gia hóa học cho bê tông.*
- TCVN 8827:2011. *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silic fume và Tro trấu nghiền mịn.*
- Trường ĐHTL (1980), *Giáo trình VLXD*, Nhà xuất bản Nông Nghiệp.
- ASTM C494-86. *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.*

Abstract:

USING OF MINERAL ADDITIVES OF GRANULATED BLAST FURNACE SLAG AND RICE HUSK ASH COMBINED WITH SUPERPLASTICIZER TO DESIGN THE SELF COMPACTED CONCRETE APPLICATIONS IN IRRIGATION WORKS

Using the Rice Husk Ash, Granulated Blast Furnace Slag, and Superplasticizer to design the self compacted concrete component with good workability, high compressive strength, suitable for the irrigation constructions. When replacing the binder with 15% Rice Husk Ash and 30% Granulated Blast Furnace Slag, combined using of reasonable superplasticizer, the self compacted concrete will be manufactured with compressive strength from 30 to 60MPa. The designed self compacted concrete to meet the technical requirements for irrigation constructions.

Keywords: Self Compacted Concrete - SCC; Granulated Blast Furnace Slag - GBFS; Rice Husk Ash - RHA; Superplasticizer.

Ngày nhận bài: 04/10/2019

Ngày chấp nhận đăng: 19/11/2019