

NGHIÊN CỨU KẾT HỢP TRO BAY VÀ TRO ĐÁY VŨNG ÁNG THAY THẾ CỐT LIỆU CHO BÊ TÔNG HẠT NHỎ

NGUYỄN THANH SANG
LÊ THU TRANG

Trường Đại học Giao thông vận tải

Tóm tắt: Bê tông hạt nhỏ là loại bê tông có sử dụng cốt liệu có cỡ hạt nhỏ hơn 9,5mm. Bài báo trình bày sự thay thế một phần cốt liệu lớn của bê tông hạt nhỏ bằng tro đáy và cốt liệu mịn trong bê tông hạt nhỏ bằng tro bay Vũng Áng. Tro bay coi cốt liệu mịn trong bê tông hạt nhỏ được sử dụng tỷ lệ lựa chọn cố định là 20% so với tổng khối lượng cốt liệu. Tỷ lệ thay thế tro đáy cho hỗn hợp cốt liệu lớn trong bê tông hạt nhỏ là 20%, 30%, 40%, 50% còn lại là cát nghiền. Cường độ chịu nén, cường độ chịu ép chế cũng như độ thấm ion Clorua được thử nghiệm với các hỗn hợp trên. Kết quả cho thấy rằng có thể thay thế đến 50% tro đáy để làm cốt liệu trong bê tông thì cường độ chịu nén của bê tông đạt >35MPa ở tuổi 28 ngày. Bài báo đã đề xuất giải pháp bê tông hạt nhỏ sử dụng kết hợp tro bay và tro đáy Vũng Áng thay thế một phần cốt liệu khả năng đưa lại hiệu quả về kỹ thuật cũng như môi trường.

Từ khóa: Bê tông hạt nhỏ, tro đáy, tro bay, tỷ lệ thay thế, cường độ, môi trường.

Abstract: Fine-Gained Concrete using the aggregate has nominal maximum size below 9,5mm. This paper presents an experimental research on the partial replacement aggregate of fine-gained concrete by Vung Ang bottom ash and fly ash. Fly ash as filler of Fine-Gained Concrete uses a fixed ratio of 20 percent in weight of aggregate. The replacement ratio of bottom ash for aggregate in Fine-Gained Concrete were 20%, 30%, 40%, 50%, and the other was manufactured sand. Compressive strength, splitting tensile strength and chloride penetration were tested with the mixture mentioned above. The result stated that the aggregate replacement ratio up to 50% by bottom ash in fine-gained concrete had the compressive strength above 35MPa at the age of 28 days. The research recommends the combination of the usage of Vung Ang bottom ash and fly ash to partially replace the aggregate, which benefits not only financially but also environmentally.

Keywords: Fine-gained Concrete, bottom ash, fly ash, replacement ratio, strength, environmental.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, bê tông hạt nhỏ đang khá phát triển ở Việt Nam và được ứng dụng nhiều trong các công trình xây dựng cầu, đường và các phần kết cấu cần được tăng cường sức chịu. Các nhà khoa học ở nước ta đã và đang tiếp tục nghiên cứu phát triển hơn nữa về các loại bê tông hạt nhỏ, đặc biệt là tận dụng các nguồn phế thải công nghiệp như tro bay, tro đáy nhiệt điện ở nước ta như Vung Áng, Vĩnh Tân, Uông Bí... là rất lớn và cần có giải pháp xử lý để giảm ô nhiễm môi trường. Nhiều kết quả nghiên cứu từ các trường đại học như Đại học Giao thông vận tải, Đại học Thủy lợi, Đại học Bách khoa, Đại học Xây dựng, Viện vật liệu xây dựng... đã cho thấy tro đáy, tro bay nhiệt điện ở nước ta có thể đáp ứng các yêu cầu để làm vật liệu để chế tạo bê tông. Sử dụng tro bay giúp cải thiện tính chất cơ học dài hạn của bê tông, tăng cường độ đặc cho bê tông, giúp cải thiện tính chống thấm nước, thẩm ion clo khi sử dụng với một lượng thay thế xi măng phù hợp (15%- 30%). Cùng với đó, trước tình hình khai thác cát ngày càng bừa bãi, dẫn đến tình trạng lượng cát sông ngày càng giảm, đẩy giá thành cát lên cao. Mặt khác, lượng tro đáy thải ra từ các nhà máy nhiệt điện hàng năm vào khoảng 25 triệu tấn, đến năm 2030 có thể lên tới 40 triệu tấn. Lượng tro xỉ thải ra thông thường bao gồm có tro bay và tro đáy; trong đó, tro đáy có cỡ hạt tương tự cát chiếm tỷ lệ khoảng 20-25% khối lượng tro xỉ. Tính riêng nhà máy Nhiệt điện Vũng Áng hiện nay một ngày thải ra khoảng hơn 2500 tấn tro đáy và một vấn đề cấp thiết đặt ra là cần một diện tích lớn để đổ lượng chất thải này. Chính vì vậy, nhiều nhà khoa học trong nước đã thực hiện các đề tài nghiên cứu về việc sử dụng tro bay thay thế chất kết dính và tro đáy thay thế cát sông để chế tạo bê tông xi măng, mang đến những kết quả ban đầu khá tốt về chất lượng bê tông.

Trong bài báo này, để xuất một loại bê tông hạt nhỏ sử dụng kết hợp tro bay và tro đáy Vũng Áng

thay thế một phần cốt liệu. Bê tông hạt nhỏ này triển vọng giảm được giá thành và đảm bảo môi trường cho các ứng dụng trong xây dựng công trình xây dựng.

2. VẬT LIỆU SẢN XUẤT BÊ TÔNG HẠT NHỎ

2.1. Xi măng

Xi măng Bút Sơn PC40 có các thành phần khoáng vật và chỉ tiêu cơ lý được trình bày trong Bảng 1 và Bảng 2.

Xi măng này đạt theo tiêu chuẩn TCVN 6260:2009 và ASTM C150.

Bảng 1: Thành phần khoáng vật của clinke xi măng Bút Sơn PC40

C ₂ S	C ₃ S	C ₄ A	C ₄ AF
51,74	24,2	8,16	10,35

Bảng 2: Chỉ tiêu cơ lý của xi măng Bút Sơn PC40

Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
Khối lượng riêng	g/cm ³	3,10	TCVN 4030:2003
Bề mặt riêng	cm ² /g	3562	TCVN 4030:2003
Lượng sót trên sàng 0,09mm	%	1,1	TCVN 4030:2003
Lượng nước tiêu chuẩn	%	30,0	TCVN 6017:1995
Thời gian đông kết Bất đầu	Phút	105	TCVN 6017:1995
Kết thúc		160	
Độ ổn định thể tích	mm	0,5	TCVN 6017:1995
Độ bền uốn 3 ngày	Mpa	--	TCVN 6016:1995
28 ngày		7,6	
Độ bền nén 3 ngày	Mpa	29,0	TCVN 6016:1995
28 ngày		49,1	

2.2. Tro bay

Tro bay là một loại puzzolan nhân tạo, khi tác dụng với sản phẩm thủy hóa của xi măng sẽ giảm được nhiệt thủy hóa, tăng độ đặc chắc và giảm co ngót cho bê tông. Dựa trên các thành phần hóa học tro bay Vũng Áng thuộc loại F theo ASTM C618. Tro bay trong thành phần của bê tông hạt nhỏ vừa đóng vai trò là bột mịn (filler) vừa đóng vai trò là một phần chất kết dính thay thế xi măng. Tro bay Vũng Áng có thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý hóa được trình bày ở Bảng 3 và Bảng 4.

Bảng 3: Thành phần hạt của tro bay Vũng Áng

Tro bay	Lượng lọt sàng ở các kích thước hạt (µm)				
	1	10	45	100	1000
Tỷ lệ % lọt sàng	1,3%	21,90%	69,40%	96,50%	100%

Bảng 4: Các chỉ tiêu cơ lý hóa của tro bay Vũng Áng

Các chỉ tiêu	Tro bay Vũng Áng	Quy định của TCVN 10302	Quy định ASTM C618 (loại F)	Quy định BS.EN 450
Mất khi nung, %	6,27	max, 8 (12)	max, 6 (12)	7 (Loại A) 9 (Loại B) 11 (Loại C)
Tổng các oxit: SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	82,40	min, 70	min, 70	min, 65
Hàm lượng SO ₃ , %	0,20	max, 5	max, 5	max, 3
Khối lượng trên sàng 45 µm, %	30,60	max, 40	max, 34	max, 40
Chỉ số hoạt tính ở tuổi 28 ngày, %	85,3	min, 75	min, 75	min, 70
Lượng nước yêu cầu, %	97,2	max, 100	max, 105	max, 97
Độ ẩm, %	0,26	max, 3	max, 3	max, 3
Độ nở Autoclave	0,031	max; 0,8	max; 0,8	max; 0,8

2.3. Tro đáy Vũng Áng

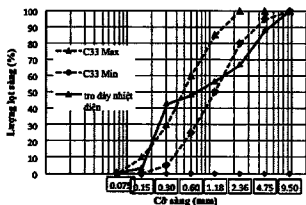
Tro đáy đóng vai trò là cốt liệu trong bê tông hạt nhỏ, thay thế một phần cốt liệu. Trong thành phần của hỗn hợp tro đáy thì tro đáy thường chiếm từ 20-40% đối với khối lượng tro đáy từ nhà máy nhiệt điện tùy thuộc vào công nghệ. Tro đáy Vũng Áng có thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý được trình bày ở Bảng 5 và Bảng 6. Thành phần hạt của tro đáy được biểu 6.

Bảng 5: Thành phần hạt của tro đáy Vũng Áng

Mất sàng	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Lượng sót riêng biệt(%)	0	12,10	21,00	10,30	8,50	5,30	39,30	3,40
Lượng sót tích lũy (%)	0	12,10	33,10	43,40	51,90	57,20	96,50	99,90
Lượng lọt sàng (%)	100	87,9	68,9	56,6	48,1	42,8	3,5	0,1
Mô đun độ lớn	2,942							

Bảng 6: Các chỉ tiêu cơ lý của tro đáy Vũng Áng

STT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Tro đáy Vũng Áng
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,13
2	Khối lượng thể tích khô	g/cm ³	1,79
3	Khối lượng thể tích bão hòa nước	g/cm ³	1,95
4	Độ hút nước	%	13,54
5	Khối lượng thể tích lên chất tự nhiên	g/cm ³	1,182
6	Khối lượng thể tích lên chất hoàn toàn khô	g/cm ³	1,109
7	Độ ẩm	%	5,44



Hình 1. Thành phần cấp phối hạt tro đáy Vũng Áng theo ASTM C33

2.4. Cát nghiền Phú Lý

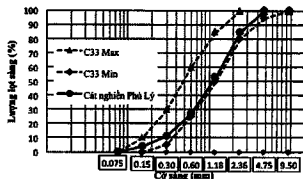
Cốt liệu chính trong bê tông hạt nhỏ là cát. Cát sử dụng trong nghiên cứu này là cát nghiền Phú Lý có thành phần hạt và các chỉ tiêu cơ lý hóa được trình bày trong Bảng 7 và Bảng 8.

Bảng 7: Các chỉ tiêu vật lý, hóa học của cát nghiền Phú Lý

STT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Cát nghiền Phú Lý
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,71
2	Khối lượng thể tích khô	g/cm ³	2,663
3	Khối lượng thể tích bão hòa nước	g/cm ³	2,674
4	Độ hút nước	%	2,459
5	Khối lượng thể tích lên chất tự nhiên	g/cm ³	1,653
6	Khối lượng thể tích lên chất hoàn toàn khô	g/cm ³	1,604
7	Độ ẩm	%	0,91

Bảng 8: Thành phần hạt của cát nghiền Phú Lý xác định theo ASTM C33

Mắt sàng	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Lượng sót riêng biệt (%)	0	0,00	15,50	31,40	26,10	15,60	7,50	3,80
Lượng sót tích lũy (%)	0	0,00	15,50	46,90	73,00	88,60	96,10	99,90
Lượng lọt sàng (%)	100	100	84,5	53,1	27,00	11,4	3,9	0,1
Mô đun độ lớn	3,201							



Hình 2. Thành phần cấp phối hạt của cát nghiền theo ASTM C33

2.5. Phụ gia siêu dẻo

Phụ gia siêu dẻo dùng trong bài báo là phụ gia Dynamon BT2 của hãng Mapei có tác dụng phát triển cường độ bê tông sớm, cải thiện được khả năng duy trì độ sụt. Để đạt hiệu quả cao nhất, phụ gia nên được cho thêm vào hỗn hợp sau khi tất cả các thành phần khác đã được cho vào máy trộn và 80% nước trộn đã được dùng. Liều lượng thông dụng của Dynamon BT2 từ 500 - 1200 ml/ 100kg chất kết dính

Phụ gia này thỏa mãn Tiêu chuẩn TCVN 8826: 2011 hoặc ASTM C494-04 thuộc loại F.

3. THÀNH PHẦN BÊ TÔNG HẠT NHỎ

3.1. Thành phần cấp phối hạt của hỗn hợp cốt liệu sử dụng chế tạo bê tông hạt nhỏ

Hỗn hợp cốt liệu sử dụng chế tạo bê tông hạt nhỏ bao gồm: Cát nghiền Phú Lý, tro đáy và tro bay Vũng Áng. Thành phần cấp phối của hỗn hợp cốt liệu được thiết kế theo lý thuyết độ đặc lớn nhất. Caquot cho thấy giá trị độ rỗng tối thiểu của hỗn hợp chỉ phụ thuộc vào kích thước hạt lớn nhất D và kích thước hạt nhỏ nhất d theo quan hệ:

$$\rho_{\min} = \rho_0 \sqrt{\frac{d}{D}} = (0,307; 0,348)$$

$\rho_0 = \{0,7 ; 0,8\}$; $d = 0,075$ mm; $D = 4,75$ mm

Fuller và Thompson đã phát triển một phương trình

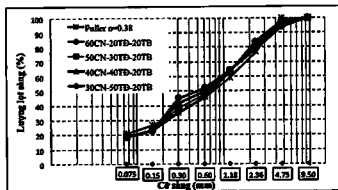
được sử dụng rộng rãi để mô tả độ đặc lớn nhất:

$$P = \left(\frac{d}{D}\right)^n \times 100$$

n: Hệ số điều chỉnh độ mịn của đường cong Fuller (0,36 – 0,52)

Bảng 9: Thành phần hạt của cấp phối hỗn hợp cốt liệu

Mắt sàng (mm)	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
60CN-20TB-20TB	100	97,58	84,08	63,18	45,82	35,4	23,04	18,61
50CN-30TB-20TB	100	96,37	82,32	63,53	47,93	38,54	23,00	18,61
40CN-40TB-20TB	100	95,16	80,56	63,88	50,04	41,68	22,96	18,61
30CN-50TB-20TB	100	93,95	78,8	64,23	52,15	44,82	22,92	18,61
Fuller n=0,38	100	100	76,66	58,91	45,56	35,01	26,90	20,67



Hình 3. Thành phần cấp phối hạt của hỗn hợp cốt liệu cho bê tông hạt nhỏ

3.2. Thành phần cấp phối hỗn hợp cốt liệu của bê tông hạt nhỏ

Dựa vào yêu cầu về cường độ ở tuổi 28 ngày từ 30 - 55 Mpa, dựa vào thực nghiệm lựa chọn tỷ lệ N/CKD = 0,34 (do sử dụng cốt liệu phế thải công nghiệp), lượng xi măng = 395kg/m³, tro bay và tro đáy được sử dụng làm cốt liệu từ 40 - 70% theo khối lượng, trong đó tro bay chiếm 20% không đổi, sử dụng phụ gia siêu dẻo với hàm lượng 1,8% theo khối lượng xi măng. Thành phần cấp phối được xác định theo nguyên tắc thể tích tuyệt đối theo phương trình sau:

$$\frac{X}{\rho_X} + \frac{N}{\rho_N} + \frac{CL}{\rho_{CL}} + V_{kk} = 1000$$

$$\Rightarrow CL = \left(1000 - \left(\frac{X}{\rho_X} + \frac{N}{\rho_N} + V_{kk} \right) \right) \times \rho_{CL}$$

Trong đó:

X, N, CL lần lượt là khối lượng xi măng, nước và cốt liệu.

$\rho_X, \rho_N, \rho_{CL}$ lần lượt là khối lượng riêng của xi măng, nước và hỗn hợp cốt liệu.

Khối lượng riêng lý thuyết của hỗn hợp cốt liệu được xác định như sau:

$$\rho_{CL} = (a \times \rho_{CN} + b \times \rho_{TB} + c \times \rho_{TK})$$

a, b, c lần lượt là phần trăm cát nghiền, tro bay và tro đáy có trong hỗn hợp cốt liệu.

Bảng 10: Thành phần cấp phối của các loại bê tông hạt nhỏ

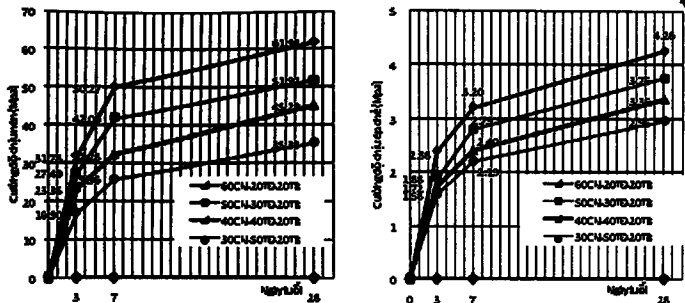
Cấp phối	Nước	Xi măng	Tro bay	Tổng cốt liệu	Cát nghiền	Tro đáy	Phụ gia	ρ_{CL}
60CN-20TB-20TB	135	395	372	1860	1116	372	7,11	2390
50CN-30TB-20TB	135	395	363	1817	909	545	7,11	2340
40CN-40TB-20TB	135	395	355	1775	710	710	7,11	2340
30CN-50TB-20TB	135	395	346	1732	520	866	7,11	2280

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm về cường độ chịu nén và cường độ chịu ép chèn của các cấp phối bê tông hạt nhỏ ở các ngày tuổi và cho kết quả được đưa ra ở Bảng 11. Hình 4 chỉ ra sự phát triển cường độ ở các tuổi khác nhau của các loại bê tông.

Bảng 11: Kết quả cường độ chịu nén và ép chèn của bê tông hạt nhỏ

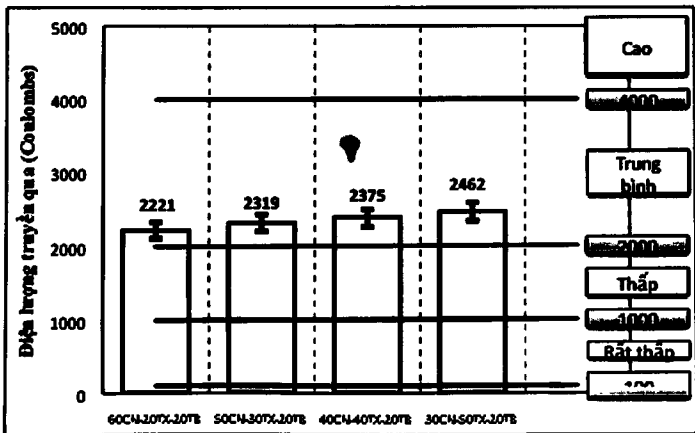
Ngày tuổi	Cường độ chịu nén, MPa				Cường độ ép chèn, MPa			
	60CN-20TB	50CN-30TB	40CN-40TB	30CN-50TB	60CN-20TB	50CN-30TB	40CN-40TB	30CN-50TB
3 ngày	31,78	27,49	23,35	16,90	2,38	1,88	1,72	1,58
7 ngày	50,27	42,06	32,28	25,96	3,20	2,79	2,40	2,19
28 ngày	61,98	51,92	45,29	35,38	4,26	3,76	3,36	2,96



Hình 4. Biểu đồ đánh giá kết quả thấm ion Cl⁻ của bê tông hạt nhỏ

Qua kết quả thí nghiệm, ta thấy cường độ bê tông của các cấp phối phát triển tăng nhanh trong 3 ngày đầu, phát triển chậm hơn sau ngày tuổi thứ 7. Khi tăng hàm lượng tro đáy sử dụng, cường độ chịu nén và ép chèn đều có xu hướng giảm. Tro đáy là loại cốt liệu phế thải công nghiệp hạt có nhiều lỗ rỗng, hút nhiều nước, không đạt yêu cầu đặc chắc như cát nghiền, do đó khi sử dụng làm cốt liệu,

hỗn hợp bê tông dễ bị phá hủy hơn. Tuy nhiên, cường độ chịu nén của bê tông hạt nhỏ đảm bảo đạt yêu cầu >35MPa. Để có thể sử dụng được đối với kết cấu bê tông dùng bê tông cốt liệu một phần là tro đáy và tro bay thì nên sử dụng ít nhất từ 7 ngày tuổi, xu hướng cường độ vẫn tiếp tục tăng ở tuổi sau 28 ngày.



Hình 5. Kết quả thí nghiệm thấm ion Cl⁻ của các bê tông hạt nhỏ

Bê tông hạt nhỏ được thiết kế để chế tạo kết cấu bê tông nền độ bền dưới các tác nhân xâm thực là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng cũng như khả năng làm việc của bê tông hạt nhỏ. Nghiên cứu này đã tiến hành thử nghiệm độ bền chống thấm ion Clo trên các cấp phối hỗn hợp bê tông hạt nhỏ để xuất ở trên. Khả năng chống thấm được thử nghiệm trên mẫu trụ có kích thước 50x100 mm. Thí nghiệm tuân theo tiêu chuẩn ASTM C1202-97. Kết quả thí nghiệm thấm ion Clo được trình bày ở Bảng 12 và Hình 5.

Bảng 12: Kết quả thí nghiệm thấm ion Clo

Cấp phối	60CN-20TB-20TB	50CN-30TB-20TB	40CN-40TB-20TB	30CN-50TB-20TB	Đơn vị
Kết quả	2221	2319	2375	2462	Coulomb

Hình 5 cho thấy, hàm lượng xi măng và tro bay không đổi, khi ta tăng khối lượng tro đáy và đồng thời giảm khối lượng cát nghiền thì độ rỗng của thành phần cấp phối bê tông cũng thay đổi và tăng theo khối lượng tro đáy. Do vậy, độ thấm ion clo của các cấp phối bê tông hạt nhỏ đều đạt mức trung bình và có xu hướng tăng lên khi tăng lượng tro đáy bởi tro đáy có cấu trúc rỗng, xếp nên khả năng chống thấm không cao.

5. KẾT LUẬN

Qua việc đánh giá về nguồn cung cấp vật liệu cho thấy rằng ở Việt Nam có đủ nguồn vật liệu có sẵn phù hợp với các tiêu chuẩn trong nước và nước ngoài để chế tạo bê tông hạt nhỏ có cường độ và khả năng chống thấm ion clo phù hợp đáp ứng cho những công trình bê tông.

Khi thay thế đến tỷ lệ tro đáy trong hỗn hợp cốt liệu của bê tông hạt nhỏ là 50%, nhưng vẫn đảm bảo cường độ chịu nén của bê tông hạt nhỏ >35MPa.

Khi sử dụng bê tông hạt nhỏ sử dụng tro đáy và tro bay cho kết cấu xây dựng thì có khả năng giảm được cốt liệu tự nhiên nên đảm bảo được tính bền vững và môi trường ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] TS. Nguyễn Thanh Sang (2011), Nghiên cứu thành phần, tính chất cơ học và khả năng ứng dụng bê tông cát để xây dựng đường ô tô ở Việt Nam.
- [2]. ThS. Ngô Văn Thắng (2012), Nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng hỗn hợp để chế tạo vữa tự chảy không co mác cao.
- [3]. [8] PGS. Nguyễn Quang Chiêu (2008), Bê tông cốt sợi và bê tông cốt sợi thép, NXB Giao Thông Vận Tải, Hà Nội.
- [4]. [12] PGS. TS. Phạm Hữu Hanh, ThS. Tống Tôn Kiên (2009), Nghiên cứu chế tạo bê tông hạt mịn sử dụng trong công trình biển, Tài liệu thạc sỹ kỹ thuật - Trường Đại học Xây dựng, Hà Nội.
- [5]. AFNOR Standard NF P 18-500 (1995), Bétons de sables, 12 p, French.
- [6]. Béton de sable (1994), caractéristiques et pratiques d'utilisation, Synthèse du Projet National de Recherche et Développement SABLOCRETE, vol. 237, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, ISBN: 2-85978-221-4, French.
- [7]. Rasmussen, R.O. and D.K. Roussen, R.O. and D.K. Rozycki, Thin Whitetopping and Ultra Thin Whitetopping, in American Associations of State Highway and Transportation Officials 2004: Transportations Research Board. p.96.
- [8]. Nguyễn Thanh Sang, Lê Thanh Hà (2010), "Bê tông cát sử dụng phụ gia tro trấu cho các vùng thiếu đá đầm", Tạp chí GTVT (08), tr. 33-36.
- [9]. GS. TS. Phạm Duy Hữu (2009), Vật liệu xây dựng mới, Nhà xuất bản GTVT.
- [10]. Quy hoạch phát triển công nghiệp xi măng Việt Nam đến năm 2010 và định hướng đến năm 2020 theo Quyết định số 108/2005/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ.