

Nghiên cứu sử dụng cát biển kết hợp với tro bay cho chế tạo bê tông làm việc trong môi trường biển tại Việt Nam

Experimental study on using sea sand and fly ash for production of marine concrete in Vietnam

> TS. KTS LÊ KIM THƯ

Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu nhằm đánh giá một số tính chất của bê tông sử dụng cát biển và tro bay. Nghiên cứu đã thực hiện đánh giá trên bê tông sử dụng cát biển nguyên khai, qua rửa (khử muối) với vai trò làm cốt liệu nhỏ và tro bay thay thế một phần xi măng với vai trò làm phụ gia khoáng. Các tính chất của bê tông được đánh giá bao gồm tính chất của hỗn hợp bê tông, tính chất cơ học và độ bền lâu của bê tông như cường độ, mô đun đàn hồi, khả năng chống thấm, độ bền sun phát, co ngót của bê tông. Các kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, so với bê tông sử dụng cát sông và cát biển qua rửa, bê tông sử dụng cát biển chưa qua rửa cho cường độ tuổi sớm tăng hơn so nhưng một số tính chất về độ bền lâu như khả năng chống thấm thì kém hơn. Các cấp phối bê tông sử dụng cát biển qua rửa thí nghiệm đều đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật để đưa vào ứng dụng trong thực tế. Sử dụng cát biển kết hợp với tro bay hiệu quả trong việc tăng tính công tác và tăng độ bền lâu như khả năng chống thấm, độ bền sun phát.

Từ khóa: Bê tông cát biển; cát biển; cốt liệu nhỏ; tính chất cơ học, độ bền lâu.

ABSTRACT

This paper presents the experimental results on the properties and durability of concrete using sea sand and fly ash. The study performed an evaluation on concrete using as-recieved sea sand, washed (desalted) seasand as fine aggregate and partially replaced cement with fly ash as a mineral additive. The properties of concrete are evaluated including assessment of concrete mix properties, mechanical properties and durability of concrete such as compressive strength, elastic modulus, impermeability, sulphate resistance, and shrinkage of concrete. Research results show that concrete using washed sea sand has the same or better quality than that of conventional river sand concrete. The tested concrete mixes using washed sea sand meet the technical requirements for practical application. Using sea sand in combination with fly ash is effective in increasing workability and durability such as impermeability and sulphate resistance of the concrete.

Keywords: Seasand concrete; seasand; fine aggregate; mechanical properties; durability.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là một quốc gia có bờ biển trải dài từ Bắc tới Nam với hơn 3.260 km đường biển, hơn 3000 các hòn đảo lớn nhỏ. Với việc phát triển bền vững kinh tế biển đảm bảo an ninh quốc phòng đang đòi hỏi sự phát triển xây dựng các công trình ven biển và hải đảo. Hiện nay các công trình ven biển và hải đảo sử dụng bê tông và một số loại vật liệu xây dựng khác thường được vận chuyển từ đất liền làm tăng giá thành sản xuất cũng như tiến độ xây dựng công trình. Chính vì vậy, đặt ra vấn đề nghiên cứu sử dụng cát nguồn vật liệu thay thế cát sông cho xây dựng. Nguồn vật liệu có tiềm năng thay thế cát sông có thể khai thác nguồn cát mịn, nguồn cát nhiễm mặn

(ven biển), nguồn cát biển và nguồn cát nhân tạo (cát nghiền, tro xỉ công nghiệp,...).

Về nguồn cát biển và cát nhiễm mặn có thể khai thác làm cát xây dựng ở nước ta, mặc dù chưa có dự án khảo sát, điều tra tổng thể, nhưng qua nhiều tài liệu thăm dò địa chất và các tập bản đồ địa chất ở nhiều vùng miền Việt Nam và một số đề tài nghiên cứu sử dụng nguồn cát biển, cát nhiễm mặn làm vật liệu xây dựng [1] cho thấy, nhiều vùng biển nước ta có nguồn cát biển đủ tiêu chuẩn làm cốt liệu cho bê tông (cát loại hạt trung đến hạt thô, mô đun độ lớn như khu vực biển Quảng Ninh, Quảng Bình, Quảng Ngãi, Bình Thuận, Bà Rịa - Vũng Tàu, Phú Quốc, v.v... Nếu sử dụng được các nguồn cát tại chỗ như cát nhiễm mặn, cát biển

cho bê tông sẽ mang lại nhiều lợi ích như đã nêu ở trên. Tuy vậy, cát nhiễm mặn thường chứa hàm lượng đáng kể ion clo và các thành phần tạp chất khác làm ảnh hưởng đến tính chất của bê tông, đặc biệt là tính ăn mòn cốt thép trong bê tông. Tuy vậy, trong thực tế, cát cho xây dựng được chế biến từ cát biển sử dụng cho chế tạo bê tông đã có lịch sử sử dụng nhiều thập kỷ ở nhiều nước trên thế giới trong đó các nước sử dụng nhiều như Nhật Bản, Anh, Đài Loan, Trung Quốc [2].

Hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam chưa có tiêu chuẩn và chỉ dẫn kỹ thuật đối với sử dụng cát nguồn gốc cát biển, cát nhiễm mặn cho bê tông. Tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 [3] áp dụng chung đối với cát tự nhiên quy định hàm lượng ion Cl^- hòa tan trong axit không lớn hơn 0,01% với bê tông dự ứng lực và 0,05% với các loại bê tông và vữa khác. Tuy nhiên, tiêu chuẩn này cũng quy định: cát có hàm lượng ion Cl^- lớn hơn các giá trị quy định vừa nêu, có thể được sử dụng nếu tổng hàm lượng ion Cl^- trong 1m^3 bê tông từ tất cả các nguồn vật liệu chế tạo, không vượt quá $0,6\text{ kg/m}^3$.

Đối với bê tông sử dụng cát biển, cát nhiễm mặn, nhìn chung một số vấn đề ảnh hưởng của cát biển đối với tính chất bê tông được nhiều nghiên cứu chỉ ra.

Thứ nhất là ảnh hưởng của muối trong cát đến khả năng ăn mòn cốt thép. Hàm lượng ion clo trong cát biển phụ thuộc vào hàm lượng ion clo trong nước biển và độ ẩm của cát. Nước biển thông thường có hàm lượng ion clo là 1,98%, hàm lượng này thay đổi tùy từng vùng biển. Thông thường độ hút nước của cát biển là 4-12%. Nếu giả định hàm lượng ion clo trong nước biển là 2% thì hàm lượng ion clo cát biển trong khoảng 0,16-0,24%. Giá trị lượng lọt sàng 50% (D50) của cát biển ảnh hưởng nhiều đến hàm lượng muối được giữ lại trong cát. Nếu giá trị D50 tăng lên từ 0,15 đến 0,37 mm thì độ ẩm giảm xuống do đó hàm lượng ion clo giảm hơn một nửa [4]. Nếu độ ẩm của cát biển mất đi do bay hơi tự nhiên mà không phải do lượng nước ngậm trong cát được tách ra thì hàm lượng muối trong cát biển sẽ xấp xỉ lượng muối có trong độ ẩm ban đầu của cát biển. Hiện tượng này thường xảy ra trong điều kiện thời tiết nóng, môi trường khô.

Thứ hai là ảnh hưởng của hàm lượng vỏ sò trong cát biển. Thành phần vỏ sò có trong cát có thể ảnh hưởng xấu đến tính chất của bê tông, trong đó tổng quan các nghiên cứu ảnh hưởng thành phần vỏ sò đến tính chất bê tông thường ghi nhận là làm giảm độ linh động của bê tông do hình dạng của mảnh vỏ sò, việc ảnh hưởng xấu đến cường độ hầu như không có [5-8]. Nghiên cứu của Alan Elliott

Richardson and Thomas Fuller [9] và Yang[10] sử dụng vỏ sò thay thế một phần cốt liệu cho bê tông và kết luận rằng các hạt vật liệu vỏ sò và vỏ ốc không vỡ là sự khác biệt chính giữa cát biển và cát sông; cát biển có tỷ trọng cao hơn do thành phần có chứa các mảnh vỏ sò (thành phần chủ yếu là CaCO_3); mảnh vỏ sò cứng và bền nên có thể làm giảm độ xốp, khối lượng riêng cao hơn hạt cát, nhưng không ảnh hưởng nhiều đến cường độ bê tông khi thay thế đến 10% cốt liệu, nhưng sẽ ảnh hưởng đáng kể khi tăng hàm lượng thay thế. Nghiên cứu của Chapman và Roeder[5] đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng vỏ sò rỗng trong cát biển với hồ và vữa xi măng. Độ rỗng của vỏ sò không ảnh hưởng đến cường độ và tính chống thấm của bê tông, ngược lại hình dạng của vỏ sò ảnh hưởng đến tính công tác của bê tông.

Thứ ba là hiện tượng tiết muối trắng. Bê tông, vữa có nếu chứa lượng muối đáng kể khi gặp môi trường ẩm thường gây hiệu tượng tiết muối trắng trên bề mặt bê tông. Bê tông sử dụng cát biển chứa lượng muối đáng kể (khi không qua rửa) thường gây ra hiện tượng này, nhất là các kết cấu ở tiếp xúc với môi trường ẩm ướt[11]. Tuy nhiên, theo nghiên cứu của Higgins[12], trong mọi trường hợp đều nhỏ hơn so với hiện tượng tương tự gây ra bởi vôi tự do trong bê tông và vữa. Chandrasekhar [13] không phát hiện ra hiện tượng này trong bê tông chứa hàm lượng ion clo lớn, tương đương 4,44 % so với xi măng.

Các vấn đề trên sử dụng cát biển làm cốt liệu cho bê tông gặp khó khăn, nghiên cứu này nhằm đánh giá các tính chất của bê tông sử dụng cát biển qua xử lý và chưa qua xử lý sử dụng với vai trò làm cốt liệu nhỏ và tro bay thay thế một phần xi măng. Các tính chất của bê tông nghiên cứu gồm một số tính chất của hỗn hợp bê tông, bê tông đóng rắn và độ bền lâu của bê tông. Nghiên cứu thực hiện trên bê tông thông thường với mác thiết kế 30 MPa (mác 300), độ sụt hỗn hợp bê tông $15 \pm 1\text{ cm}$.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1. Xi măng

Để tài sử dụng xi măng PC40 Nghi Sơn, đây là loại xi măng poóc lăng phù hợp theo TCVN 2682:2009. Các chỉ tiêu cơ lý và hóa của xi măng PC40 Nghi Sơn sử dụng trong nghiên cứu được trình bày trong Bảng 1, Bảng 2 tương ứng.

Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý của xi măng và tro bay sử dụng cho nghiên cứu

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	Xi măng	Tro bay
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	3,1	2,21
2	Độ mịn, theo phương pháp Blaine	cm^2/g	3.800	1870
3	Lượng nước tiêu chuẩn	%	29,0	-
4	Lượng nước yêu cầu	%		94,5
5	Thời gian đông kết	phút		
	Bắt đầu		120	-
	Kết thúc		180	-
6	Cường độ nén	MPa		
	3 ngày		31,9	-
	28 ngày		52,3	-
7	Chỉ số hoạt tính cường độ	%		
	7 ngày			80,9
	28 ngày			88,1
8	Độ ổn định thể tích Le Chaterlier	mm	0,0	-

Bảng 2. Thành phần hóa của xi măng và tro bay sử dụng cho nghiên cứu

Loại vật liệu	MKN	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	Caof
Xi măng	1,23	19,4	3,4	5,2	63,5	1,6	2,3	0,91	0,00	0,45	0,20
Tro bay	10,23	52,56	5,11	22,94	1,4	1,51	0,47	4,14	0,33	0,43	<0,001

Bảng 3. Tính chất cơ lý của các loại cát sử dụng cho nghiên cứu

Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả		
		Cát sông (RS)	Cát biển qua rữa (SS2.5)	Cát biển nguyên khai (SS)
Khối lượng riêng	g/cm ³	2,62	2,63	2,63
Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1450	1480	1430
Độ hong	%	45,7	43,6	45,8
Độ hút nước	%	1,2	1,1	1,2
Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1,0	0,6	1,1
Tạp chất hữu cơ	so màu	Không sẫm hơn màu chuẩn		
Hàm lượng vỏ sò	%	0	8,2	8,6
Hàm lượng ion clo	%	< 0,001	0,008	0,08
Hàm lượng SO ₃	%	0,006	0,005	0,0062

Bảng 4. Thành phần hạt của cát sử dụng cho nghiên cứu

Sốt sàng	ĐVT	Tỷ lệ % sót sàng tích lũy		
		Cát sông (RS)	Cát biển qua rữa (SS2.5)	Cát biển nguyên khai (SS)
2,5 mm	%	8,3	3,6	2,82
1,25 mm	%	21,9	18,7	12,74
630 mm	%	42,9	52,1	46,20
315 mm	%	81,9	82,6	80,10
140 mm	%	96,4	94,8	91,20
< 140 mm	%	3,6	5,2	8,80
Mô đun		2,51	2,52	2,33

2.1.2. Tro bay

Tro bay sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh. Thành phần hóa và vật lý của các loại tro bay được nêu trong Bảng 1, Bảng 2 tương ứng.

2.1.3. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ sử dụng cho nghiên cứu bao gồm cát biển qua rữa lấy được khai thác tầng cát đáy biển tại khu vực biển Quan Lạn, Vân Đồn (Quảng Ninh) (ký hiệu SS2.5), cát biển nguyên khai (ký hiệu là SS); cát sông Lô (ký hiệu là RS) làm mẫu đối chứng. Các tính chất cơ lý và thành phần hạt của các loại cát được trình bày trong Bảng 3 và Bảng 4.

2.1.4. Cốt liệu lớn

Cốt liệu lớn sử dụng cho chế tạo bê tông là loại đá dăm 5-20mm, từ đá vôi. Các tính chất cơ lý của đá dăm sử dụng trong nghiên cứu đáp ứng yêu cầu theo TCVN 7570:2006.

2.1.5. Phụ gia hóa học

Phụ gia hóa học sử dụng cho nghiên cứu là loại phụ gia siêu dẻo MG 8735 của hãng BASF. Đây là loại phụ gia dẻo gốc polycarboxylate ether (PCE), với khả năng giảm nước khoảng 25%.

2.1.6. Nước trộn

Nước sử dụng cho trộn mẫu trong nghiên cứu này là nước sinh hoạt của thành phố Hà Nội. Tính chất của nước phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 4506:2012 nước trộn cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Tính chất của xi măng, tro bay, cát tự nhiên, đá dăm, phụ gia hóa học, nước được xác định theo phương pháp thử theo TCVN qui định trong các tiêu chuẩn TCVN 2682:2009, TCVN 10302:2014, TCVN 7570:2006, TCVN 8826:2012, TCVN 4506:2012 tương ứng. Tính chất của hỗn hợp bê tông bao gồm: độ sụt, khả năng duy trì độ sụt được thí nghiệm theo các tiêu chuẩn TCVN 3105:1993, TCVN 3106:1993. Tính chất cơ lý của bê tông: cường độ nén, mô đun đàn hồi được thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 3118:1993 và tiêu chuẩn ASTM C469 tương ứng. Độ bền lâu của bê tông: độ thấm nước, co ngót khô, bền sun phát được xác định theo các tiêu chuẩn TCVN 3116:1993, BS ISO 1920-8:2000, TCVN 7713:2013 tương ứng.

2.3. Cấp phối nghiên cứu

Để nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của cát biển đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông, đề tài đã thực hiện nghiên cứu tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng CKD chứa tro bay ở các tỷ lệ khác nhau 0%, 20% và 40% theo khối lượng với các loại bê tông với cường độ nén đang được sử dụng phổ biến hiện nay là mác 300. Tất cả các cấp phối bê tông nhóm mác 300 cố định hàm lượng chất kết dính (CKD) là 350 kg/m³, sử dụng 0,7% phụ gia hóa học theo khối lượng CKD tương ứng và được điều chỉnh lượng nước trộn để đạt độ sụt 15±1 cm. Trong mỗi nhóm cấp phối mác 300 được chia thành 3 nhóm theo loại cát sử dụng bao gồm cát sông (đối chứng), cát biển nguyên khai (hàm lượng ion clo xấp xỉ 0,08 %), cát biển qua rữa có mô đun độ lớn 2,5. Chi tiết cấp phối bê tông thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5. Cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu

Nhóm mẫu	Mã hóa cấp phối	Hàm lượng tro bay (%)	Tỷ lệ nước/chất kết dính	Tỷ lệ cát/cốt liệu	Cấp phối vật liệu cho một m ³ bê tông						
					PC40 (kg)	Tro bay (kg)	Cát sông (kg)	Cát biển (kg)	Đá dăm (kg)	PGHH (lít)	Nước (lít)
Cát sông (RS)	30RSFA0	0	0,54	0,42	355	0	799	0	1091	2,48	191
	30RSFA20	20	0,50	0,42	282	70	782	0	1083	2,46	177
	30RSFA40	40	0,47	0,42	208	139	760	0	1068	2,43	164
Cát biển nguyên khai (SS)	30SSFA0	0	0,54	0,42	354	0	0	801	1090	2,48	190
	30SSFA20	20	0,51	0,42	281	70	0	783	1081	2,46	178
	30SSFA40	40	0,48	0,42	208	139	0	763	1068	2,43	166
Cát biển qua rửa (SS2.5)	30SS2.5FA0	0	0,53	0,42	355	0	0	802	1091	2,48	188
	30SS2.5FA20	20	0,50	0,42	282	70	0	786	1084	2,47	174
	30SS2.5FA40	40	0,46	0,42	208	139	0	763	1068	2,43	161

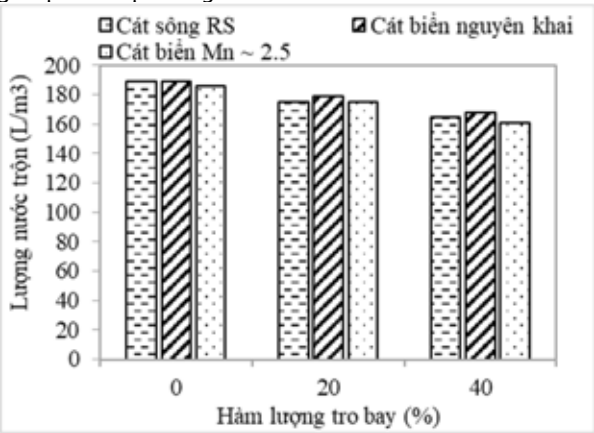
Bảng 6. Tính chất của hỗn hợp bê tông

Nhóm mẫu	Mã hóa cấp phối	Hàm lượng tro bay (%)	Tỷ lệ N/CKD	Độ sụt (cm)		
				sau trộn	sau 60 phút	mất sụt sau 60 phút
Cát sông (RS)	30RSFA0	0	0,54	15,5	9	6,5
	30RSFA20	20	0,50	15,5	9	6,5
	30RSFA40	40	0,47	15	9	6
Cát biển nguyên khai (SS)	30SSFA0	0	0,54	15	8,5	6,5
	30SSFA20	20	0,51	15	8,5	6,5
	30SSFA40	40	0,48	16	9	7
Cát biển qua rửa (SS2.5)	30SS2.5FA0	0	0,53	15,5	8,5	7
	30SS2.5FA20	20	0,50	15	8	7
	30SS2.5FA40	40	0,46	15	9	6

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của loại cát sử dụng đến lượng nước trộn của hỗn hợp bê tông

Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của loại cát sử dụng đến tính chất của hỗn hợp bê tông (HHBT) được thể hiện trong Bảng 6. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của cát biển đến lượng nước trộn của hỗn hợp bê tông được thể hiện trong Hình 1.



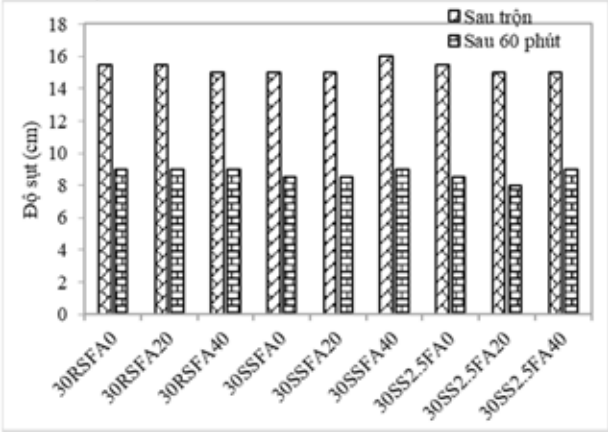
Hình 1. Quan hệ giữa lượng nước trộn và tỷ lệ tro bay của HHBT

Kết quả thí nghiệm xác định hàm lượng nước trộn để hỗn hợp bê tông sử dụng các loại cát khác nhau đạt độ sụt trong khoảng 14-16 cm như thể hiện trong Hình 1 cho thấy, đối với các cấp phối sử dụng cát biển, bê tông sử dụng cát biển nguyên khai và cát biển qua

rửa có cùng mô đun độ lớn với cát sông (mô đun 2,5) có lượng nước trộn cơ bản tương đương nhau, dao động trong khoảng từ 185 -189 lít/m³. Khi sử dụng các loại cát kết hợp với tro bay ở hàm lượng 20% và 40%, lượng nước trộn của các cấp phối bê tông đều giảm tỷ lệ thuận với hàm lượng tro bay, lượng nước giảm từ 10-14 lít/m³, điều đó cho thấy rằng lượng cần nước của tro bay ít hơn so với xi măng.

3.2. Tính công tác và khả năng duy trì độ sụt của hỗn hợp bê tông

Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của cát biển đến tính công tác và khả năng duy trì độ sụt bê tông được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Khả năng duy trì độ sụt của hỗn hợp bê tông theo thời gian

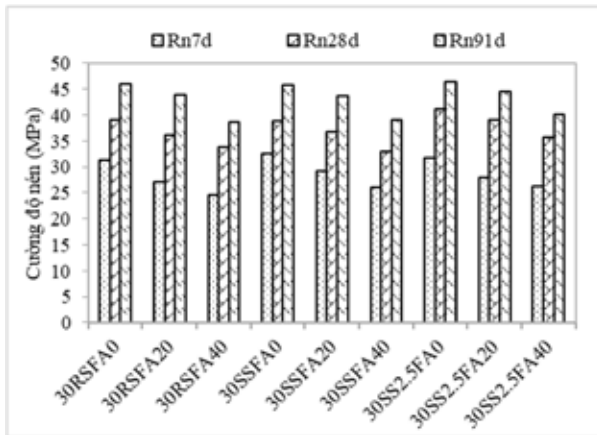
Kết quả thí nghiệm cho thấy, nhìn chung các hỗn hợp bê tông (HHBT) với các loại cát biển đều đáp ứng được yêu cầu về tính công

tác để đảm bảo đầm chặt của hỗn hợp bê tông. Các hỗn hợp bê tông khi điều chỉnh lượng nước trộn và sử dụng cùng loại, tỷ lệ phụ gia siêu dẻo đều không chế được độ sụt trong khoảng 14-16 cm theo yêu cầu đặt ra. Quan sát trực quan cho thấy, các hỗn hợp bê tông sử dụng cát biển có độ dẻo tương đương so với các mẫu sử dụng cát sông và không có hiện tượng phân tầng, tách nước. Về khả năng duy trì tính công tác của HHBT, kết quả xác định độ sụt HHBT sau trộn 60 phút cho thấy, về cơ bản không có sự khác biệt đáng kể về khả năng duy trì độ sụt của HHBT với các loại cát sử dụng. Các mẫu sử dụng cát sông và cát biển có mức tổn thất độ sụt trong khoảng 6-7 cm sau 60 phút.

Khi sử dụng tro bay, khả năng duy trì độ sụt của HHBT về cơ bản được cải thiện hơn so với mẫu đối chứng, mức cải thiện khoảng 0,5 đến 1 cm sau 60 phút khi sử dụng 20 đến 40 % hàm lượng tro bay trong chất kết dính (CKD).

3.3. Cường độ nén

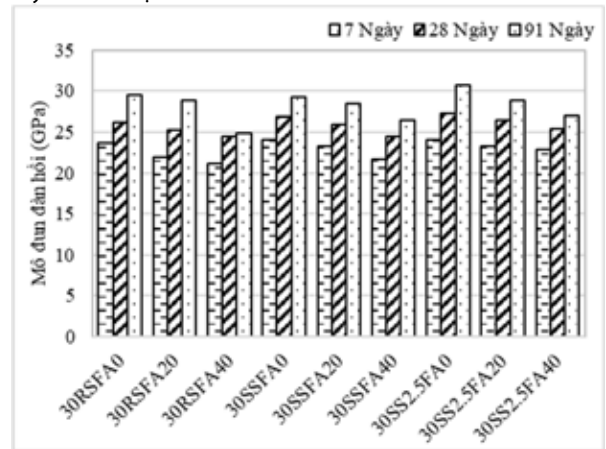
Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của loại cát sử dụng đến cường độ của bê tông được thể hiện trong Bảng 7. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của cát biển đến cường độ của bê tông được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Cường độ của bê tông ở các tuổi khác nhau

Các cấp phối bê tông mác 300 (CKD 350 kg/m³, tỷ lệ N/CKD 0,53 đến 0,54) với các loại cát khác nhau (cát sông, cát biển nguyên khai, cát biển qua rửa) sử dụng CKD là xi măng và xi măng kết hợp tro bay được bảo dưỡng ở điều kiện tiêu chuẩn được xác định cường độ nén ở tuổi 7, 28 và 91 ngày. Kết quả thí nghiệm cho thấy bê tông sử dụng cát biển cho cường độ tương đương hoặc cao hơn một chút so với cát sông có cùng mô đun độ lớn.

Với các cấp phối bê tông sử dụng tro bay, cường độ nén của bê tông với các loại cát khác nhau đều có xu hướng giảm khi tăng hàm lượng tro bay trong CKD. Không có sự chênh lệch đáng kể về mức độ giảm cũng như tốc độ phát triển cường độ của bê tông sử dụng tro bay với các loại cát khác nhau.



Hình 4. Mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng các loại cát và tỷ lệ tro bay khác nhau

Với các cấp phối bê tông sử dụng tro bay thì mô đun đàn hồi của bê tông giảm khi tăng tỷ lệ tro bay trong CKD ở tất cả các cấp phối sử dụng loại cát khác nhau, tương tự như quy luật với cường độ bê tông. Điều này chủ yếu là do cường độ nén của bê tông giảm khi tăng tỷ lệ tro bay trong CKD đồng thời tăng tỷ lệ tro bay trong CKD cũng dẫn đến tăng hàm lượng vữa trong bê tông so với bê tông chỉ sử dụng xi măng.

Bảng 7. Tính chất cơ lý của bê tông sử dụng các loại cát khác nhau kết hợp tro bay

Nhóm mẫu	Mã hóa cấp phối	Hàm lượng TB (%)	N/CKD	Cường độ nén (MPa)						Mô đun đàn hồi (GPa)		
				Rn7	Δ%	Rn28	Δ%	Rn91	Δ%	E7d	E28d	E91d
				ngày	Rn7	ngày	Rn28	ngày	Rn91			
Cát sông (RS)	30RSFA0	0	0,54	31,4	0,0	39,0	0,0	46,0	0,0	23,7	26,2	29,5
	30RSFA20	20	0,50	27,2	-13,4	36,2	-7,2	43,9	-4,6	21,9	25,3	28,8
	30RSFA40	40	0,47	24,5	-22,1	33,9	-13,0	38,6	-16,1	21,1	24,4	24,8
Cát biển nguyên khai (SS)	30SSFA0	0	0,54	32,5	3,4	38,9	-0,2	45,9	-0,2	24,0	26,8	29,3
	30SSFA20	20	0,51	29,2	-7,2	36,7	-5,9	43,7	-5,1	23,3	25,9	28,5
	30SSFA40	40	0,48	26,1	-17,2	32,9	-15,6	39,0	-15,2	21,6	24,4	26,4
Cát biển (SS2.5)	30SS2.5FA0	0	0,53	31,7	0,9	41,1	5,4	46,4	0,9	24,1	27,3	30,7
	30SS2.5FA20	20	0,50	28,0	-11,0	39,1	0,4	44,6	-3,0	23,2	26,5	28,8
	30SS2.5FA40	40	0,46	26,2	-16,6	35,8	-8,1	40,1	-12,8	22,9	25,4	27,0

3.4. Mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng các loại cát và tỷ lệ tro bay khác nhau

Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi của các cấp phối bê tông sử dụng các loại cát khác nhau ở tuổi 7, 28 và 91 ngày thể hiện trong Hình 4. Kết quả cho thấy, quy luật tăng giảm mô đun đàn hồi do sử dụng loại cát khác nhau của các cấp phối bê tông được khống chế cùng độ sụt tương tự như quy luật tăng giảm cường độ nén của bê tông. Mô đun đàn hồi của các cấp phối bê tông sử dụng cát sông và cát biển có cùng mô đun độ lớn cơ bản là tương đương nhau, mô đun đàn hồi chủ yếu phụ thuộc vào tuổi và cường độ nén của bê tông.

3.5. Khả năng chống thấm

Từ kết quả thí nghiệm thể hiện trong Bảng 8 và biểu diễn trong Hình 5 cho thấy, khả năng chống thấm nước chủ yếu phụ thuộc vào tỷ lệ N/CKD, hàm lượng CKD và hàm lượng tro bay trong CKD. Ảnh hưởng của loại cát sử dụng đến mức chống thấm của bê tông là không quá lớn. Tuy nhiên, có thể thấy bê tông sử dụng cát biển nguyên khai có khả năng chống thấm kém hơn so với các loại cát qua rửa. Điều này có thể là do trong cát biển nguyên khai có chứa lượng muối và hàm lượng bụi bùn sét nhất định nên ảnh hưởng xấu đến khả năng chống thấm của bê tông.

Các cấp phối sử dụng tro bay cho thấy rõ ràng sự cải thiện khả năng chống thấm cả với thử nghiệm áp lực nước (mức chống thấm B. Mức chống thấm tính trung bình tăng 2 cấp khi hàm lượng tro bay trong CKD tăng 20% (từ 0 đến 20% và 20 lên 40%).

Bảng 8. Chống thấm nước của bê tông sử dụng các loại cát và tro bay khác nhau

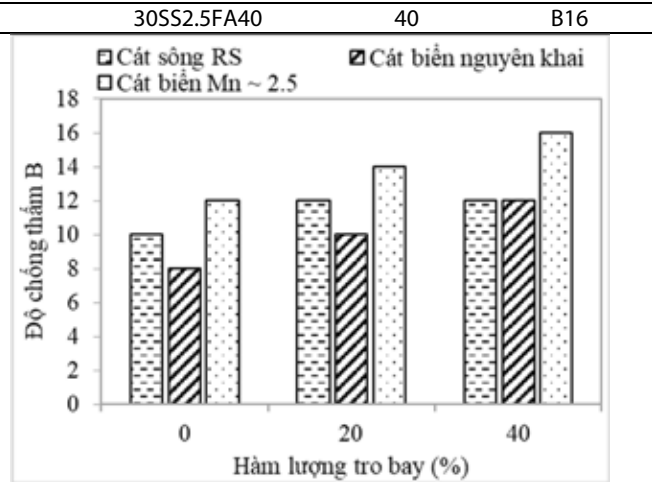
Nhóm mẫu	Mã hóa cấp phối	Hàm lượng tro bay (%)	Độ chống thấm
Cát sông (RS)	30RSFA0	0	B10
	30RSFA20	20	B12
	30RSFA40	40	B12
Cát biển (SS)	30SSFA0	0	B8
	30SSFA20	20	B10
	30SSFA40	40	B12
Cát biển (SS2.5)	30SS2.5FA0	0	B12
	30SS2.5FA20	20	B14

3.6. Độ bền sun phát

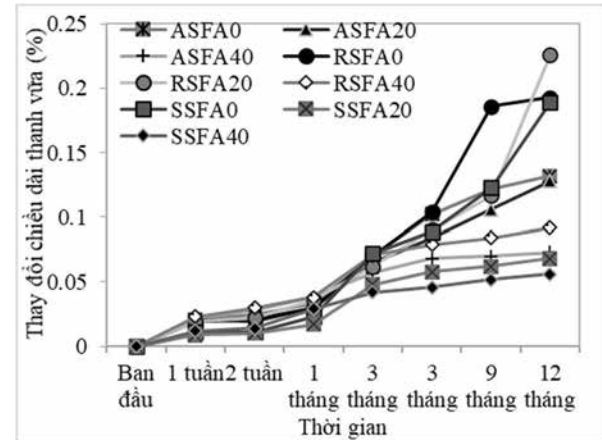
Kết quả xác định độ nở của thanh vữa sử dụng các loại cốt liệu khác nhau bao gồm cát sông, cát biển với các tỷ lệ sử dụng tro bay thay thế chất kết dính khác nhau (0%, 20% và 40%) ngâm trong dung dịch sun phát được thể hiện trong Bảng 9. Các mẫu cát được sàng để đảm bảo có thành phần hạt phù hợp với quy định của cát sử dụng cho đúc thanh vữa độ độ nở theo TCVN 7713:2013. Ngoài ra còn thí nghiệm xác định độ nở thanh vữa trong dung dịch sun phát các mẫu sử dụng cát Mỹ (theo ASTM C778) để so sánh đối chứng.

Bảng 9. Kết quả thí nghiệm độ nở thanh vữa ngâm trong môi trường sun phát

Nhóm mẫu	Ký hiệu mẫu	Tỷ lệ tro bay (%)	Thay đổi chiều dài thanh vữa %, theo thời gian							
			Ban đầu	1 tuần	2 tuần	1 tháng	3 tháng	6 tháng	9 tháng	12 tháng
Cát tiêu chuẩn ASTM	ASFA0	0	0,000	0,021	0,025	0,033	0,070	0,102	0,122	0,132
	ASFA20	20	0,000	0,020	0,019	0,030	0,065	0,084	0,106	0,128
	ASFA40	40	0,000	0,022	0,028	0,038	0,057	0,068	0,070	0,073
	RSFA0	0	0,000	0,019	0,021	0,030	0,070	0,104	0,186	0,193
Cát sông	RSFA20	20	0,000	0,019	0,022	0,036	0,062	0,090	0,117	0,226
	RSFA40	40	0,000	0,023	0,030	0,038	0,071	0,079	0,084	0,092
	SS2.5FA0	0	0,000	0,011	0,011	0,023	0,072	0,089	0,123	0,189
Cát biển	SS2.5FA20	20	0,000	0,009	0,010	0,017	0,048	0,058	0,062	0,068
	SS2.5FA40	40	0,000	0,012	0,014	0,029	0,042	0,046	0,052	0,056



Hình 5. Mức chống thấm nước của bê tông sử dụng các loại cát và tỷ lệ tro bay khác nhau



Hình 6. Độ nở của thanh vữa với loại cát và tỷ lệ tro bay khác nhau

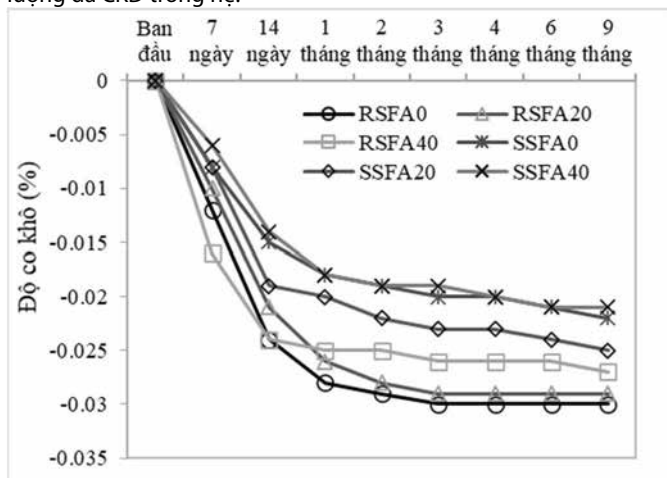
Từ các kết quả thí nghiệm như biểu diễn trên Hình 6 cho thấy, độ nở thanh vữa 6 tháng trong dung dịch sun phát của các mẫu vữa sử dụng cát sông gần tương tự như mẫu cát tiêu chuẩn ASTM, trong khi mẫu vữa sử dụng cát biển cho độ nở thanh vữa thấp hơn độ nở thanh vữa các mẫu sử dụng cát sông và cát tiêu chuẩn. Các mẫu thanh vữa sử dụng cát ASTM và cát sông, độ nở sun phát của thanh ở sau 6 tháng lớn hơn giới hạn quy định 0,1% đối với giới hạn độ nở sun phát trung bình, với trường hợp không sử dụng 20% và 40% tro bay trong CKD thì độ nở từ 0,05 - 0,1% phù hợp với quy định độ nở sun phát ở mức trung bình. Các mẫu thanh vữa sử dụng cát biển với tỷ lệ tro bay 0 và 20%, độ nở thanh vữa nằm trong khoảng 0,05 đến 0,1%, trong khi với tỷ lệ tro bay 40% độ nở thanh vữa nhỏ hơn 0,05% ở tuổi 6 tháng nhỏ hơn quy định giới hạn độ nở sun phát cao.

Bảng 10. Kết quả thí nghiệm độ co khô của bê tông

Nhóm mẫu	Ký hiệu mẫu	Độ co khô, %								
		Ban đầu	7 ngày	14 ngày	1 tháng	2 tháng	3 tháng	6 tháng	9 tháng	12 tháng
Cát sông	30RSFA0	0,000	-0,012	-0,024	-0,028	-0,029	-0,030	-0,030	-0,030	-0,030
	30RSFA20	0,000	-0,010	-0,021	-0,026	-0,028	-0,029	-0,029	-0,029	-0,029
	30RSFA40	0,000	-0,016	-0,024	-0,025	-0,025	-0,026	-0,026	-0,026	-0,027
Cát biển	30SS2.5FA0	0,000	-0,008	-0,015	-0,018	-0,019	-0,020	-0,020	-0,021	-0,022
	30SS2.5FA20	0,000	-0,008	-0,019	-0,020	-0,022	-0,023	-0,023	-0,024	-0,025
	30SS2.5FA40	0,000	-0,006	-0,014	-0,018	-0,019	-0,019	-0,020	-0,021	-0,021

3.7. Độ co khô

Độ co khô của các mẫu bê tông sử dụng tro bay, cát biển ở tuổi từ 7 ngày đến 9 tháng được thể hiện trong Bảng 10. Từ kết quả thí nghiệm cho thấy, độ co khô của bê tông sử dụng cát sông độ co khô tuổi 3 tháng trong khoảng 0,026%, trong khi bê tông sử dụng cát biển cho độ co khô nhỏ hơn so với cát sông, độ co khô tuổi 3 tháng trong khoảng 0,019 đến 0,022%. Thay đổi hàm lượng tro bay trong CKD làm giảm độ co khô của bê tông nhưng mức độ không lớn. Điều này cho thấy, mặc dù khi sử dụng tro bay, tỷ lệ N/CKD của bê tông giảm xuống, làm bê tông đặc chắc hơn, bê tông ít lổ xổp hơn, nhưng độ co khô của bê tông giảm không lớn có thể do lượng hồ CKD trong các mẫu bê tông sử dụng tro bay lớn hơn so với các mẫu bê tông chỉ sử dụng xi măng là nguyên nhân làm giảm mức độ co của bê tông sử dụng tro bay do độ co khô phụ thuộc nhiều vào hàm lượng đá CKD trong hệ.



Hình 7. Độ co khô của bê tông sử dụng các loại cát và tro bay ở tỷ lệ khác nhau

Các cấp phối bê tông thử nghiệm đều có độ co khô nhỏ hơn mức 0,075 %, mức giới hạn quy định co khô của bê tông quy định với cốt liệu theo tiêu chuẩn châu Âu EN 206-1:2013. Điều này sẽ làm giảm nguy cơ kết cấu bê tông bị nứt trong môi trường khô ẩm do thay đổi độ co của bê tông. Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy, độ co khô của các mẫu bê tông cơ bản ổn định sau thời gian thí nghiệm khoảng 3 tháng, thời gian sau đó các mẫu bê tông hầu như không co. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm mất khối lượng của mẫu theo thời gian cho thấy, sau thời gian thí nghiệm đến 9 tháng các mẫu bê tông vẫn giảm khối lượng so với khối lượng ban đầu tuy mức độ khối lượng giảm dần theo thời gian. Khối lượng bê tông giảm chủ yếu do mất nước vật lý chứa trong các lỗ mao quản trong bê tông, điều này làm cho bê tông bị co.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của cát biển, tro bay đến một số tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông có thể đưa ra một số kết luận sau:

1. Các cấp phối bê tông sử dụng cát biển qua rửa nghiên cứu đáp ứng được các yêu cầu về tính công tác của hỗn hợp bê tông và tính chất cơ học của bê tông đóng rắn tương đương hoặc tốt hơn so với bê tông cát sông. Bê tông sử dụng cát biển qua rửa có tính công tác, cường độ, mô đun đàn hồi tương tự như cát sông và độ bền lâu tốt hơn so với cát sông.

2. Về cơ bản sử dụng tro bay ở tỷ lệ 0 đến 40% giúp cải thiện tính công tác, giảm lượng nước trộn của hỗn hợp bê tông để đạt cùng độ sụt. Tro bay làm giảm cường độ của bê tông (tuổi đến 91 ngày) khi thay thế ở tỷ lệ 20 đến 40% trong CKD. Mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng tro bay cơ bản có mối tương quan tốt với cường độ nén, tương tự như mối quan hệ ở bê tông sử dụng xi măng poóc lăng.

3. Sử dụng kết hợp tro bay kết hợp với cát biển nâng cao độ bền lâu của bê tông. Độ bền lâu của bê tông sử dụng cát biển qua rửa (với mô đun độ lớn 2,5) cho kết quả tốt nhất trong 3 loại cát nghiên cứu là cát sông, cát biển nguyên khai và cát biển qua rửa. Mức độ chống thấm, bền sun phát của bê tông tăng lên khi tăng hàm lượng tro bay từ 0 đến 40%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. V. H. Nguyễn Biểu, Lê Văn Học., *Cát sạn đáy biển nông Việt Nam: triển vọng và khả năng khai thác sử dụng*. Tạp chí Địa chất số 277 năm 2003.
- [2] "Thuyết minh tiêu chuẩn Trung Quốc JGJ 206:2010 "Quy phạm kỹ thuật sử dụng bê tông cát biển".
- [3] TCVN 7570:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa xây dựng - Yêu cầu kỹ thuật, 2006.
- [4] R. J. C. Gutt, *Sea-dredged aggregates in concrete*, Build. Res. Establish Watford, UK (7) (1987).
- [5] A. R. R. G.P. Chapman, *The effect of sea shells in concrete aggregates*. Concrete 4 (2) (1970) 71-79.
- [6] E.I. Yang, S.T. Yi, and Y.M. Leem, *Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties*, . Cem. Concr. Res. 35 (11) (2005) 2175-2182.
- [7] E.I. Yang, M.Y. Kim, H.G. Park, and S.T. Yi, *Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete*. Constr. Build. Mater. 24 (5) (2010) 758-765.
- [8] M. S. B. Safi, A. Daoui, A. Bellal, A. Mechekak, K. Toumi., *The use of seashells as a fine aggregate (by sand substitution) in self-compacting mortar (SCM)*, . Constr. Build. Mater. 78 (2015) 430-438.
- [9] A. E. R. a. T. Fuller, *Sea shells used as partial aggregate replacement in concrete*, Structural Survey Vol. 31 No. 5, 2013 pp. 347-354.
- [10] E.-I. Y. e. al., *Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term*, Construction and Building Materials 24 (2010) 758-765.
- [11] Katano et al., *Properties and Application of Concrete Made with unwashed sand and sea water*. Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies set for Kyoto, Japan, 2013.
- [12] H. DD, *Appearance matters: efflorescence in concrete*. Slough: Cement & Concrete Association, 1982.
- [13] C. S. d. S., *Suitability of sea sand as a fine aggregate for concrete production*. Transactions, Institution of Engineers, Sri Lanka, 1994, p. 93-114.