KHẢO SÁT, PHÂN LOẠI VÀ ĐỊNH HƯỚNG SỬ DỤNG CÁT NHIỄM MẶN LÀM CỐT LIỆU CHO KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

SURVEY, CLASSIFICATION AND ORGANIZATION OF USE SALT-CONTAMINATED SAND AS AGGREGATES FOR REINFORCED CONCRETE

Nguyễn Nam Thắng[1], Phan Văn Chương[2], Nguyễn Tiến Bình[3] , Phạm Trung Thành[4]

[1, 2, 3, 4] Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: [1] namthangibst@yahoo.com.vn, [2] chuongibst@gmail.com

[3] binhntibst@gmail.com, [4] phamthanh.ibst@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses2-3

TÓM TẮT: Kết quả khảo sát một số loại cát nhiễm mặn cho thấy tính chất cơ lý của loại cát này tương tự như cát vàng nhưng đa số các mẫu cát nhiễm mặn khảo sát được có hàm lượng clorua cao hơn mức cho phép, do đó khi sử dụng cho kết cấu BTCT phải có biện pháp bảo vệ, chống ăn mòn cho cốt thép từ ban đầu. Trong bài báo này, trên cơ sở thí nghiệm tính chất cơ lý và hóa học của 19 loại cát nhiễm mặn vùng biển Việt Nam, bước đầu đã tổng hợp phân loại tính chất cơ bản của cát theo hàm lượng clorua, đề xuất yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn cho cốt thép trong bê tông sử dụng cốt liệu cát nhiễm mặn dựa trên các kết quả nghiên cứu sử dụng cát nhiễm mặn làm cốt liệu cho kết cấu BTCT dùng trong công trình dân dụng, phù hợp với phân vùng môi trường biển Việt Nam.

TỪ KHÓA: Cát nhiễm mặn, Ăn mòn cốt thép, bảo vệ cốt thép.

ABSTRACTS: The survey results of some types of saline-contaminated sand show that the mechanical and physical properties of this sand are similar to that of yellow sand, but most of the surveyed salt-contaminated sand samples have a higher chloride content than the allowable level, so when using For reinforced concrete structures, measures must be taken to protect against corrosion from the beginning. In this paper, on the basis of testing the physical and chemical properties of 19 types of saline-contaminated sands in Vietnam's sea, initially synthesized and classified the basic properties of sand according to chloride content, proposing requirements Corrosion protection for reinforcement in concrete using saline-contaminated sand aggregates based on research results on using saline sand as aggregate for reinforced concrete structures used in civil works, suitable for environmental zoning Vietnamese marine.

KEYWORDS: salt-contaminated sand, Corrosion reinforcement, Corrosion protection for reinforcement.

1. MỞ ĐẦU

Cát là nguồn tài nguyên thiên nhiên có hạn, việc tái tạo phải trải qua rất nhiều năm, với đà khai thác cát như hiện nay ở nước ta thì nguồn tài nguyên này sẽ sớm cạn kiệt. Đồng thời gây ra tình trạng sói mòn, sạt lở bờ sông, thu hẹp đất liền; làm thay đổi dòng chảy tự nhiên, thất thoát tài nguyên, ảnh hưởng đến các công trình ven sông, ven đê, tác động xấu đến môi trường, gây nguy hiểm cho tính mạng, tài sản của người dân sinh sống ở khu vực xung quanh và các phương tiện giao thông đường thủy gây mất an ninh, trật tự và bức xúc trong xã hội.

Theo báo cáo của Bộ Tài nguyên và Môi trường, hiện nay tổng tài nguyên cát chỉ khoảng hơn 2 tỉ mét khối nhưng chỉ tính riêng năm 2016, nhu cầu cát cho xây dựng đã lên tới 131 - 140 triệu mét khối, đến năm 2020 con số này lên 182 - 197 triệu mét khối, nếu không tìm loại vật liệu khác thay thế thì Việt Nam có nguy cơ hết cát và phải nhập khẩu trong vòng 10 năm nữa. Nước ta có bờ biển kéo dài và nguồn cát nhiễm mặn rất phong phú, nếu tận dụng được nguồn cát này sử dụng làm cốt liệu cho kết cấu BTCT thì giải quyết được một phần tình trạng khan hiếm cát sạch

hiện nay, nhất là tại những vùng khan hiếm cát sạch như ven biển, đảo,.....

Một số công trình nghiên cứu, khảo sát cát nhiễm mặn ở nước ta [1, 2, 3, 4] cho thấy một số tính chất cơ lý đáp ứng yêu cầu kỹ thuật TCVN 7570:2006 nhưng hàm lượng clorua thì tùy thuộc vào thời điểm, khai thác theo mùa, năm có khác nhau và đa số có hàm lượng clorua lớn hơn 0,05%. Sử dụng cát nhiễm mặn cho kết cấu BTCT có hàm lượng clorua lớn hơn giá trị cho phép là vấn đề phức tạp, vì vậy cần phải phân loại cát nhiễm mặn theo mức nhiễm clorua, từ đó định hướng lựa chọn biện pháp bảo vệ cốt thép phù hợp để đảm bảo an toàn, kéo dài tuổi thọ kết cấu BTCT.

2. KẾT QUẢ KHẢO SÁT CÁC TÍNH CHẤT CỦA CÁT NHIỄM MẶN TẠI VÙNG BIỂN VIỆT NAM

2.1. Tính chất cơ lý và hàm lượng clorua của cát nhiễm mặn

Đề tài đã khảo sát sơ bộ một số vùng biển có trữ lượng cát có thể sử dụng làm VLXD, sau đó phân loại và lựa chọn được 19 loại cát nhiễm mặn thích hợp khai thác sử dụng. Các mẫu cát được lấy và thí nghiệm tính chất cơ lý cơ bản tại LAS- XD 03 và thí nghiệm thành phần hóa tại LAS- XD 05. Quá trình lấy mẫu cát được thể hiện trong Hình 1. Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý của cát được thể hiện trong Hình 2.

Hình 1. Lấy mẫu cát nhiễm mặn

Các kết quả thí nghiệm trên Hình 2 có thể có kết luận chung như sau:

- Các chỉ tiêu cơ bản như khối lượng riêng, khối lượng thể tích bão hòa, khối lượng thể tích khô, độ hút nước khối lượng thể tích xốp, độ hổng, lượng hạt > 5mm của cát nhiễm mặn tương tự như cát vàng và các giá trị này tương đối ổn định ở các loại cát đã khảo sát;

- Mô đun độ lớn của cát nhiễm mặn dao động từ 0,1 (cát nhiễm mặn Bạc Liêu) đến 2,6 (cát nhiễm mặn Trà Khúc- Quảng Ngãi);

- Hàm lượng tạp chất hữu cơ sáng hơn màu chuẩn;

- Hàm lượng bụi, bùn sét phần lớn ≤1%, duy chỉ có cát nhiễm mặn Duyên Hải - Trà Vinh là 1,2%.

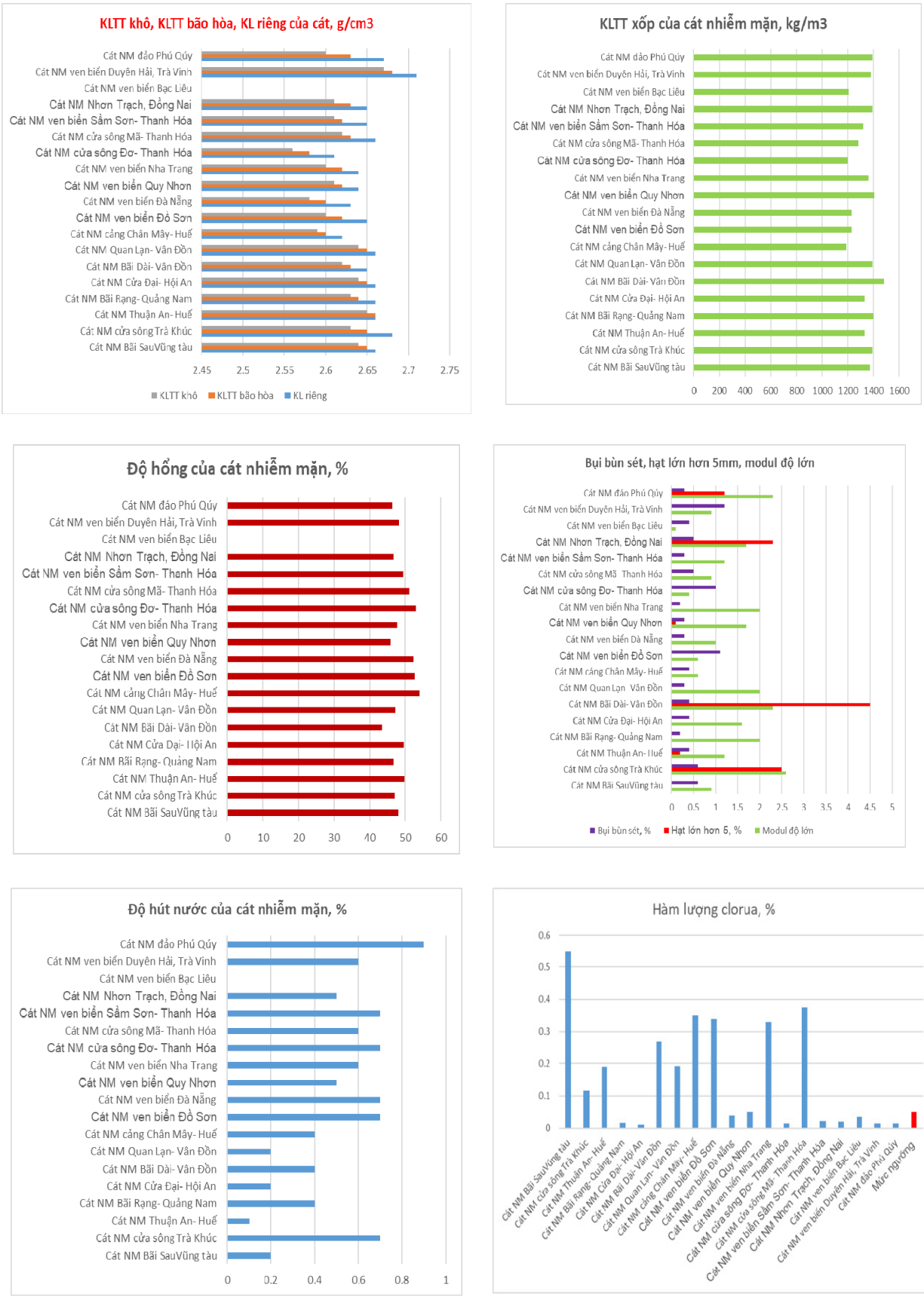
- Hàm lượng clorua trong cát dao động từ 0,012% đến 0,547% và phân bố lớn nhất ở khu vực miền Trung, miền Nam, càng xa mép nước thì hàm lượng clorua càng nhỏ. Điều này có nghĩa rằng, trong số các loại cát được khảo sát, sẽ có loại thỏa mãn theo TCVN 7570:2006 và có loại cát không thỏa mãn theo tiêu chuẩn này.

- Mô đun độ lớn của cát nhiễm mặn dao động từ 0,1 (cát nhiễm mặn Bạc Liêu) đến 2,6 (cát nhiễm mặn Trà Khúc - Quảng Ngãi);

- Hàm lượng tạp chất hữu cơ sáng hơn màu chuẩn;

- Hàm lượng bụi, bùn sét phần lớn ≤1%, duy chỉ có cát nhiễm mặn Duyên Hải - Trà Vinh là 1,2%.

- Hàm lượng clorua trong cát dao động từ 0,012% đến 0,547% và phân bố lớn nhất ở khu vực miền Trung, miền Nam, càng xa mép nước thì hàm lượng clorua càng nhỏ. Điều này có nghĩa rằng, trong số các loại cát được khảo sát, sẽ có loại thỏa mãn theo TCVN 7570:2006 và có loại cát không thỏa mãn theo tiêu chuẩn này.



Hình 2. Một số tính chất cơ lý của cát nhiễm mặt vùng biển Việt Nam

2.2. Phân loại cát nhiễm mặn

Căn cứ mô đun độ lớn của cát, đề xuất sử dụng cát nhiễm mặn Thuận An cho bê tông B20, cát nhiễm mặn Trà Khúc cho bê tông B30, cát nhiễm mặn Vân Đồn cho bê tông B45 để khảo sát tính gần đúng hàm lượng clorua trong bê tông. Vật liệu sử dụng và cấp phối trong nghiên cứu đã được đề cập trong tài liệu [5]. Theo cấp phối này thì hàm lượng cát thay đổi là 690 kg, 810 kg, 739 kg với cấp cường độ bê tông B20, B30, B45, do đó hàm lượng clorua tương ứng như Bảng 1:

Bảng 1. Hàm lượng clorua trong BT nhiễm mặn

STT	Cát nhiễm mặn	Hàm lượng clorua, %	Hàm lượng clorua, kg/m^3		
			B20	B30	B45
1	Cát NM Bãi Sau Vũng tàu	0,547	4,431	3,774	4,042
2	Cát NM cửa sông Trà Khúc	0,116	0,939	0,800	0,857
3	Cát NM Thuận An - Huế	0,190	1,539	1,311	1,404
4	Cát NM Bãi Rạng - Quảng Nam	0,017	0,138	0,117	0,126
5	Cát NM Cửa Đại - Hội An	0,012	0,097	0,083	0,089
6	Cát NM Bãi Dài- Vân Đồn	0,270	2,187	1,863	1,995
7	Cát NM Quan Lạn- Vân Đồn	0,192	1,555	1,325	1,419
8	Cát NM cảng Chân Mây- Huế	0,350	2,835	2,415	2,587
9	Cát NM ven biển Đồ Sơn	0,340	2,346	2,754	2,513
10	Cát NM ven biển Đà Nẵng	0,040	0,276	0,324	0,296
11	Cát NM ven biển Quy Nhơn	0,050	0,345	0,405	0,369
12	Cát NM ven biển Nha Trang	0,330	2,277	2,673	2,439
13	Cát NM cửa sông Đơ - Thanh Hóa	0,0140	0,097	0,113	0,104
14	Cát NM cửa sông Mã - Thanh Hóa	0,374	2,581	3,029	2,764
15	Cát NM ven biển Sầm Sơn - Thanh Hóa	0,022	0,152	0,178	0,163
16	Cát NM Nhơn Trạch, Đồng Nai	0,020	0,138	0,162	0,1478
17	Cát NM ven biển Bạc Liêu	0,035	0,242	0,284	0,259
18	Cát NM ven biển Duyên Hải, Trà Vinh	0,014	0,097	0,113	0,103
19	Cát NM đảo Phú Qúy	0,015	0,104	0,122	0,111

Trên cơ sở các kết quả hàm lượng clorua trong cát, bê tông thể hiện Hình 3 và các kết quả nghiên cứu, đề xuất phân loại clorua trong cát thành các mức như dưới đây để phù hợp với các biện pháp bảo vệ, chống ăn mòn cho cốt thép như Bảng 6:

- Mức thấp: từ 0,05% đến dưới 0,15%;
- Mức trung bình: từ 0,15% đến dưới 0,2%;
- Mức cao: từ 0,2% đến dưới 0,3%.

Tương ứng với phân loại hàm lượng clorua trong cát thì hàm lượng clorua trong 1m^3 bê tông như Bảng 2.

Bảng 2. Phân mức clorua trong BT cát nhiễm mặn

Hàm lượng clorua, %	Hàm lượng clorua, kg/m^3		
	B20	B30	B45
0,05	0,345	0,405	0,369
0,15	1,035	1,215	1,109
0,20	1,38	1,62	1,478
0,30	2,07	2,43	2,217

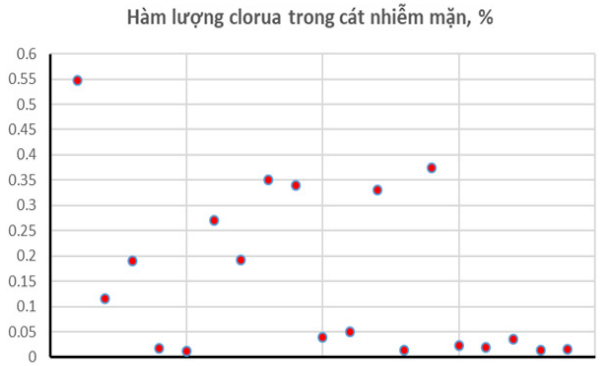
Các mức clorua trong bê tông thể hiện trong Bảng 2 và Hình 4 tương đương với clorua trong cát có thể phân ra gần đúng như sau:

- Mức thấp: từ 0,05% đến dưới 0,15% tương đương clorua trong bê tông từ 0,6 đến dưới 1,2 kg/m^3;

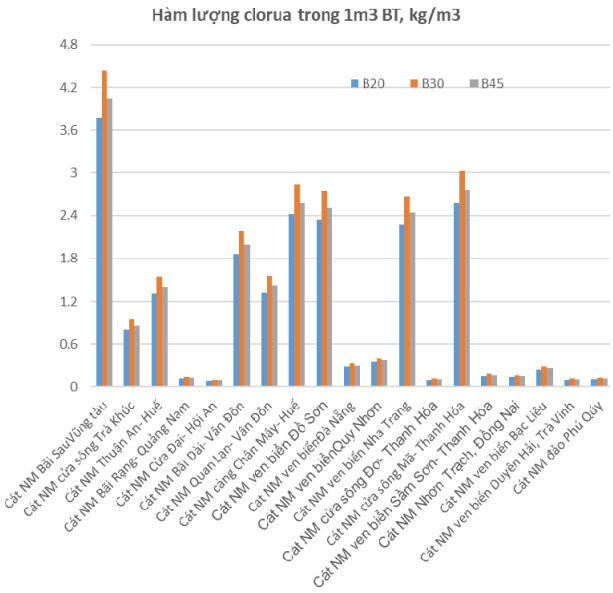
- Mức trung bình: từ 0,15% đến dưới 0,2% tương đương clorua trong bê tông từ 1,2 đến dưới 1,8 kg/m^3;

- Mức cao: từ 0,2% đến dưới 0,3% tương đương clorua trong bê tông từ 1,8 đến dưới 2,4 kg/m^3;

Như vậy hàm lượng Clorua trong cát Thuận An là 0,19% tương đương 1,31kg/m^3 BT đại diện cho nhóm clorua từ 1,2 đến dưới 1,8 kg/m^3; Hàm lượng Clorua trong cát Trà Khúc là 0,116% tương đương 0,94kg/m^3 đại diện cho nhóm clorua từ 0,6 đến dưới 1,2kg/m^3; Hàm lượng Clorua trong cát Vân Đồn là 0,27% tương đương 1,9kg/m^3 đại diện cho nhóm clorua từ 1,8 đến dưới 2,4 kg/m^3.



Hình 3. Phân bố giá trị hàm lượng clorua trong cát nhiễm mặn



Hình 4. Phân bố giá trị hàm lượng clorua trong 1m^3 bê tông

3. ĐỀ XUẤT SỬ DỤNG CÁT NHIỄM MẶN LÀM CỐT LIỆU CHO KẾT CẤU BTCT

3.1. Phạm vi sử dụng

Cát nhiễm mặn dùng trực tiếp làm cốt liệu cho kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) dùng trong công trình dân dụng làm việc trong môi trường khí quyển biển có thời hạn sử dụng không nhỏ hơn 25 năm (Mức 2) tại những nơi thiếu cát sạch và không dùng cho kết cấu BTCT dự ứng lực do hàm lượng clorua

3.2. Thành phần hạt

Thành phần hạt của cát nhiễm mặn theo Bảng 3

Bảng 3. Yêu cầu về thành phần hạt

Kích thước lỗ sàng	Lượng sót tích lũy trên sàng [1], % theo khối lượng	
	Cát thô [2]	Cát mịn [2]
2,5 mm	Từ 0 đến 20	0
1,25 mm	Từ 15 đến 45	Từ 0 đến 15
630 µm	Từ 35 đến 70	Từ 0 đến 35
315 µm	Từ 65 đến 90	Từ 5 đến 65
140 µm	Từ 90 đến 100	Từ 65 đến 90
Lượng qua sàng 140 µm, không lớn hơn	10	35
CHÚ THÍCH: 1) Cát thô và cát mịn còn được phân loại theo mô đun độ lớn tương ứng trong khoảng 2,0 đến 2,6 và 0,1 đến 2,0.		

Theo mô đun độ lớn, cát nhiễm mặn được sử dụng như sau: Nhỏ hơn 2,0 có thể chế tạo bê tông cấp cường độ thấp hơn B20; Từ 2,0 đến 2,6 có thể chế tạo bê tông cấp cường độ từ B20 -B45.

3.3. Tạp chất có hại

Thành phần tạp chất có hại của cát nhiễm mặn phải phù hợp với các quy định trong Bảng 4.

Bảng 4. Giới hạn tạp chất có hại

Tên chỉ tiêu	Mức
1. Hàm lượng của ion clo hòa tan trong axit, % theo khối lượng	Theo mức độ nhiễm mặn [(1)]
2. Sét cục và tạp chất dạng cục, % theo khối lượng	Không đáng kể
3. Hàm lượng bùn, bụi và sét, % theo khối lượng	≤ 1,0
4. Tạp chất hữu cơ	Sáng hơn mẫu chuẩn
CHÚ THÍCH: 1) Cát nhiễm mặn sử dụng trong bê tông cốt thép được phân mức như Mục 2.2.	

3.4. Vỏ sò

Vỏ sò trong cát nhiễm mặn làm cốt liệu cho kết cấu BTCT có kích thước không được lớn hơn 5,0 mm và hàm lượng phải đáp ứng quy định Bảng 5.

Bảng 5. Hàm lượng vỏ sò

Cấp cường độ của bê tông	≥ B60	B40-B55	B35-B30	B25-B15
Hàm lượng vỏ sò (% tínhtheo khối lượng)	≤ 3	≤ 5	≤ 8	≤ 10

Xác định hàm lượng vỏ sò bằng phương pháp hòa tan trong dung dịch axit clohydric theo TCVN 13754:2023.

3.5. Yêu cầu sử dụng cát nhiễm mặn làm cốt liệu

Cát nhiễm mặn thường có hàm lượng clorua lớn hơn quy định trong tiêu chuẩn nên khi sử dụng cho kết cấu BTCT chỉ khuyến khích áp dụng cho môi trường có mức độ xâm thực trung bình trở xuống, vì nếu kết cấu làm việc trong môi trường xâm thực mạnh thì ngoài hàm lượng clorua cao có sẵn trong bê tông, kết hợp với hàm lượng clorua cao trong môi trường dẫn đến làm cho cốt thép bị ăn mòn nhanh. Chính vì vậy, căn cứ vào các nghiên cứu trước đó [5], [6] đề xuất phạm vi cát nhiễm mặn làm cốt liệu cho BTCT làm việc trong môi trường khí quyển biển và chỉ trong tiểu vùng trên bờ cách mép nước 0-1km và gần bờ cách mép nước 1-30km. Các biện pháp bảo vệ tương ứng với từng tiểu vùng như sau:

Bảng 6. Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn kết cấu BTCT cốt liệu cát nhiễm mặn

Yêu cầu bảo vệ, chống ăn mòn theo mức độ nhiễm mặn của cát	Kết cấu làm việc trong vùng khí quyển biển	
	Trên bờ, cách mép nước từ 0 km ÷ 1 km	Gần bờ, cách mép nước từ 1 km ÷ 30 km.
Mức thấp		
- Kết cấu ngoài trời	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng cường độ bê tông thêm 10 MPa, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 20 mm.	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 10 mm, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp chất ức chế ăn mòn.
- Kết cấu trong nhà	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 10 mm, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp chất ức chế ăn mòn.	Sơn epoxy cốt thép.
Mức trung bình		
- Kết cấu ngoài trời	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng cường độ bê tông thêm 20 MPa, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp chất ức chế ăn mòn kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 20 mm.	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng cường độ bê tông thêm 10 MPa, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 20 mm.
- Kết cấu trong nhà	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng cường độ bê tông thêm 10 MPa, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 20 mm.	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 10 mm, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp chất ức chế ăn mòn.
Mức cao		
- Kết cấu ngoài trời	Không nên sử dụng	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng cường độ bê tông thêm 20 MPa, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp chất ức chế ăn mòn kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 20 mm.
- Kết cấu trong nhà	Có thể sử dụng như kết cấu ngoài trời mức nhiễm mặn của cát trung bình	+ Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng cường độ bê tông thêm 10 MPa, hoặc: + Sơn epoxy cốt thép kết hợp tăng chiều dày bê tông bảo vệ thêm 20 mm.

CHÚ THÍCH:

1. Cường độ bê tông, mác chống thấm nước, chiều dày bê tông bảo vệ được lấy trong Bảng 1, theo các tiểu vùng trong TCVN 9346:2012 trước khi tăng.
2. Trong trường hợp không tăng cường độ bê tông, mác chống thấm nước, chiều dày bê tông bảo vệ thì lấy giá trị tối thiểu như Bảng 1 tiêu chuẩn TCVN 9346:2012.
3. Mác chống thấm nước tương ứng với cấp độ bền của bê tông không được nhỏ hơn so với yêu cầu Bảng 1 của TCVN 9346:2012.
4. Chiều dày sơn epoxy tối thiểu 175±18µm.
5. Hàm lượng hiệu quả của chất ức chế $[Cl^-] / [NO_2^-] \leq 2,0$.

- Hàm lượng ion clo trong cát mức thấp từ 0,05% đến dưới 0,15% (0,6 đến dưới 1,2kg/m^3 BT) và mức trung bình từ 0,15% đến dưới 0,2% (1,2 đến dưới 1,8 kg/m^3 BT): dùng cho kết cấu BTCT làm việc tiểu vùng trên bờ cách mép nước 0-1km.

- Hàm lượng ion clo trong cát mức cao từ 0,2% đến dưới 0,3% (1,8 đến dưới 2,4 kg/m^3 BT): Chỉ dùng cho kết cấu BTCT làm việc trong tiểu vùng gần bờ cách mép nước từ 1-30km.

Phương án bảo vệ, chống ăn mòn kết cấu BTCT cốt liệu cát nhiễm mặn đề xuất như sau

Khi sử dụng các loại cát nhiễm mặn như Phân loại ở Bảng 1 làm cốt liệu cho kết cấu BTCT làm việc trong môi trường khí quyển biển Việt Nam, ngoài việc đáp ứng yêu cầu kỹ thuật trong TCVN 9346:2012, đồng thời phải sử dụng biện pháp bảo vệ bổ sung phù hợp cho từng tiểu vùng quy định trong Bảng 6 và cần phải thử nghiệm, đánh giá khả năng bảo vệ chống ăn mòn cho cốt thép trong bê tông trước khi áp dụng.

4. KẾT LUẬN

Cát nhiễm mặn được phân bố từ Bắc vào Nam có các tính chất cơ bản như cơ lý, hóa học và một số tính chất khác về cơ bản đáp ứng yêu cầu làm cốt liệu cho bê tông ngoại trừ hàm lượng ion clorua trong cát dao động từ 0,012% đến 0,547%, đã phân rõ 3 mức nhiễm mặn của cát để đề xuất lựa chọn bảo vệ chống ăn mòn cho cốt thép trong môi trường khí quyển biển Việt Nam.

Từ các kết quả thí nghiệm đã đề xuất một số yêu cầu của cát nhiễm mặn như phạm vi sử dụng, thành phần hạt, tạp chất có hại, hàm lượng vỏ sò làm cơ sở để có thể ứng dụng cát nhiễm mặn trong kết cấu BTCT trong thực tế.

Khi sử dụng cát nhiễm mặn có hàm lượng clorua vượt ngưỡng giới hạn có thể dẫn đến ăn mòn cốt thép nhanh, mạnh và sớm nếu không có biện pháp bảo vệ, chống ăn mòn cho cốt thép. Vì vậy, cần thử nghiệm khả năng ăn mòn cốt thép theo các tiêu chuẩn hiện hành trước khi áp dụng biện pháp bảo vệ cốt thép như Bảng 6.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Mạnh Kiểm (5/1992), "*Nghiên cứu sử dụng cát biển làm cốt liệu trong bê tông*", Tuyển chọn các công trình nghiên cứu khoa học 1960-1975, Hà Nội.

[2] Đặng Văn Phú (8/1997), "*Nghiên cứu xử lý cát, sỏi biển để chế tạo vữa và bê tông - Phương pháp rửa cát biển*, mã số RD 9433", tr. 63.

[3] Lê Việt Hùng và ctv, (2017), "*Nghiên cứu lựa chọn chất kết dính và phụ gia cho chế tạo bê tông cốt gia cường sử dụng cát biển, nước biển",* Báo cáo tổng kết đề tài R 82-15, Viện Vật liệu Xây dựng, 92 trang, Hà Nội.

[4] Lê Việt Hùng và ctv, (2020), "*Nghiên cứu chế tạo cấu kiện bê tông sử dụng tro xỉ nhiệt điện và vật liệu tại chỗ (cát biển, cát nhân tạo)"* Báo cáo tổng kết đề tài R 79-18, Viện Vật liệu Xây dựng, 200 trang, Hà Nội.

[5] Nguyễn Nam Thắng, Phan Văn Chương (2022), "*Nghiên cứu giải pháp sơn phủ bảo vệ cốt thép trong bê tông cát nhiễm mặn"*, Tạp chí KHCN Xây dựng số 3/2022, ISSN 1859-1566.

[6] Nguyễn Nam Thắng, Phan Văn Chương, Phạm Trung Thành (2022), "*Nghiên cứu thực nghiệm sự làm việc của dầm bê tông cát nhiễm mặn cốt thép phủ sơn epoxy"*, Tạp chí KHCN Xây dựng số 4/2022, ISSN 1859-1566.