

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP TĂNG CƯỜNG ĐỘ BỀN VỮNG CỦA BÊ TÔNG TRONG MÔI TRƯỜNG NGẬP MẶN CẦN GIỜ

STUDY SOLUTION TO IMPROVE DURABILITY OF CONCRETE FOR CONSTRUCTIONS SALT-MARSH IN CAN GIO PROVINCE

Huỳnh Thị Hạnh, Võ Đình Lương, Nguyễn Ngọc Thành,
Đặng Thanh kim Mai, Nguyễn Hùng Thắng, Nguyễn Thị Ngọc Gương,
Trần Hồng Minh, Trịnh Thị Thanh Vân.

Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa Tp. HCM.

BẢN TÓM TẮT

Cần Giờ là huyện ven biển, nằm về phía Đông Nam Thành Phố Hồ Chí Minh, có tiềm năng về kinh tế và phát triển du lịch. Tuy nhiên, địa hình ở Cần Giờ trũng thấp, được bao bọc và phân cắt bởi mạng lưới chằng chịt các sông và kênh rạch. Phần lớn diện tích bị ngập mặn, nhiều tác nhân xâm thực nên nhiều công trình xây dựng sau một thời gian sử dụng bị phá hủy trầm trọng. Mục đích của đề tài là nghiên cứu giải pháp tăng độ bền vững của bê tông trên cơ sở tăng độ ổn định của chất kết dính dùng chế tạo bê tông bằng các loại phụ gia khoáng vô cơ và các nguyên liệu dễ tìm.

ABSTRACT

Can Gio is a province the edge of sea that located on the South-East HCM city with natural, economical potentiality and tourist developments. However, Can Gio terrain is sunken and circle by rivers, canals... Almost this area is salt-marsh so constructions were influenced by some corrosion agent, thus long-term service life will be serious ruined.

Purpose of this paper studies solution to improve durability of concrete base on cementitious stable which was used for concrete. The cementitious was made by some mineral admixtures and some popular materials.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Khái quát

Bê tông là vật liệu được sử dụng rộng rãi trong xây dựng với khối lượng rất lớn (mỗi năm trên thế giới tiêu thụ khoảng 2 tỷ m³ bê tông các loại). Tuy nhiên vấn đề ăn mòn bê tông gây phá hủy cốt thép đã làm suy giảm chất lượng công trình, nhất là công trình được xây dựng trong vùng có xâm thực của nước biển. Chi phí sửa chữa do ăn mòn gây ra có thể chiếm (30 – 70)% mức đầu tư xây dựng công trình. Trên thế giới hàng năm đã phải bỏ ra hàng chục tỷ dollard để bảo trì, duy tu và sửa chữa công trình bị xâm thực. Có rất nhiều công trình nghiên cứu về vấn đề xâm thực với nhiều giải pháp khác nhau với

cùng mục đích là tăng sự ổn định và bền vững cho công trình.

1.2. Một vài giải pháp đã thực hiện

1993, Hiệp hội xi măng Indonesia đã sản xuất loại xi măng potland pouzoland (GPPC) để chế tạo xi măng bền sulfat. Qua thực tế đã kết luận là xi măng này có độ hoạt hoá cao, đặc biệt là với dung dịch sulfat, thích hợp để xây dựng các công trình ven biển.[1]

Tại Pháp, hãng CLFI sản xuất loại xi măng LFC (Lafarge Fordu Ciment) để xây dựng đường hầm xuyên biển Mandre [2]. Xi măng LFC được chế tạo từ nguyên liệu có thành phần chủ yếu là aluminat, các khoáng chính CA, C₁₂A₇, C₂S, ...

Ở Việt Nam, 1960 đã có sử dụng xi măng portland trộn pouzoland Sơn Tây để chế tạo bê tông cho công trình tiếp xúc nước biển, hoặc Viện nghiên cứu thuộc Bộ thủy lợi dùng xi lò cao đưa vào xi măng để chống ăn mòn. Nhiều nơi trên thế giới và ở Việt Nam sử dụng nguồn phụ gia khoáng đưa vào thay thế một phần xi măng portland để tăng độ đặc chắc của cấu trúc bê tông, tăng khả năng chống xâm thực cho móng nhà dân dụng, móng cầu, kênh dẫn nước, van xả nước, Các phụ gia khoáng được sử dụng: silica fume, fly ash, tro trấu, xi lò cao, bentonit, metacacao lạnh, diatomite, ...

1.3. Giới thiệu Cần Giờ [3]

Cần Giờ là huyện ven biển thuộc ngoại thành TpHCM. Tổng diện tích tự nhiên của huyện là 17,642 ha [3] có đến 25% diện tích nằm trong môi trường sulfat (pH = 4,1). Cần Giờ được bao bọc trong vùng các cửa sông: Lòng Tàu, Cái Mép, Gổ Gia, sông Soài Rạp, sông Đồng Tranh, có đường bờ biển dài sát đất liền 14km, nền đất chưa ổn định, địa hình thấp trũng được bao bọc và phân cắt bởi mạng lưới sông rạch chằng chịt. Gần 2/3 diện tích bị nhiễm mặn, nhiễm phèn hơn 8 tháng trong năm. Quá trình ferolit quá trình oxy hoá xảy ra mạnh vào mùa khô tạo phèn và mặn thứ sinh.

Cần Giờ thường xuyên chịu tác động nước biển thông qua thủy triều. Qua khảo sát thực tế các công trình xây dựng ở Cần Giờ làm việc trực tiếp với môi trường ăn mòn dưới nhiều dạng:

- Ngập trong môi trường nước biển,
- Chịu tác động của gió biển mang một lượng lớn muối biển,
- Chịu tác động của các chất gây xâm thực có trong đất bị ngập mặn,
- Thủy triều lên xuống thường xuyên: chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều không đều, mỗi ngày 24h xuất hiện 2 lần nước lên xuống, chân triều chênh lệch nhau rất xa.
- Ngày nắng nhiều, gió mạnh, tăng khả năng dòn nước mặn xâm nhập sâu vào đất liền.

Qua thu thập tài liệu cho thấy thực trạng xâm thực của môi trường làm hư hỏng các công trình bê tông và bê tông cốt thép ở huyện Cần Giờ có thể tóm tắt các nguyên nhân như sau:

- Công trình trực tiếp tiếp xúc với nước biển, gió biển, độ ẩm không khí cao từ 74 – 83%, độ mặn 20 – 22 g/l .
- Đất ngập chua mặn: trên 8 tháng/năm, ở:
 - + Tầng mặt pH = 5
 - + Tầng đáy pH = 4
- Tầng đất dưới cùng là trầm tích, đầm lầy biển, đất chua vừa pH = 5, tầng đáy là tầng sinh phèn pH = 2,5.
- Thủy triều lên xuống thường xuyên.
- Nắng nhiều, gió mạnh làm tăng khả năng dòn nước mặn xâm nhập sâu vào đất liền.

2. HƯỚNG NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI

Nhóm nghiên cứu đề xuất phương án:

1. Nghiên cứu chế tạo loại chất kết dính mới (CKDNC) có tính năng chống ăn mòn cao trên cơ sở nguồn nguyên liệu phổ biến, công nghệ sản xuất đơn giản, giá thành hợp lý.
2. Chế tạo bê tông với CKDNC có khả năng bền vững trong môi trường xâm thực ở Cần Giờ
3. Quá trình nghiên cứu phải tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn hiện hành có liên quan: TCVN, ASTM, AFNOR
4. Các kết quả thí nghiệm được tính toán theo phương pháp xác suất thống kê với độ tin cậy 95% (TCVN-1988) [4].

Nguyên liệu chính được lựa chọn để sản xuất CKDNC:

- Clinker xi măng portland do nhà máy xi măng Hà Tiên II sản xuất.
- Đá Thạch Cao.
- Hợp chất phụ gia khoáng gốc sulfat
- Tro trấu.

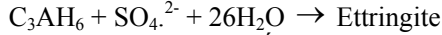
Bê tông được chế tạo trên cơ sở nguyên vật liệu phổ biến (đá, cát, nước, CKDNC).

3. CƠ SỞ KHOA HỌC CỦA HƯỚNG NGHIÊN CỨU

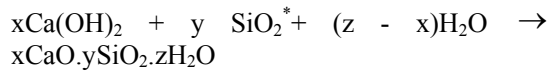
Vai trò của nguyên vật liệu:

- Clinker xi măng portland: là thành phần chính tạo cường độ cho chất kết dính.
- Đá Thạch Cao: điều chỉnh thời gian ninh kết xi măng,
- Phụ gia gốc sulfat: được đưa vào với tỷ lệ hợp lý nhằm cân bằng với sản phẩm của quá trình hydrat hóa clinker xi măng portland

C₃AH₆ làm cho toàn bộ C₃AH₆ nhanh chóng chuyển sang Ettringite trong giai đoạn đầu có tác dụng tăng độ sít đặc cấu trúc bê tông và ổn định chất kết dính trong môi trường xâm thực về sau.



- Phụ gia khoáng tro trấu: có độ hoạt tính rất mạnh (161,4 gCaO/1g phụ gia), được thu hồi trong điều kiện oxy hoá hoàn toàn, độ mịn cao $\phi < 75\mu\text{m}$, được sử dụng thay thế một phần xi măng, làm giảm Ca(OH)₂ và tăng độ sít đặc cấu trúc bê tông, tăng tính bền vững của đá xi măng và bê tông trong môi trường xâm thực.



Như vậy, nhờ có phụ gia gốc sulfate và tro trấu, nên 2 thành phần dễ bị phá huỷ trong môi trường xâm thực là C₃AH₆ và Ca(OH)₂ của clinker xi măng portland hoàn toàn được ổn định.

4. CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Xác định tỷ lệ các nguyên liệu

- Hàm lượng đá thạch cao sẽ được sử dụng theo tỷ lệ xác định trong sản xuất xi măng: 4%
- Hàm lượng phụ gia gốc sulfat sẽ xác định tương ứng với thành phần hoá của clinker nhằm

đảm bảo sự ổn định của chất kết dính trong môi trường xâm thực.

- Vấn đề còn lại là xác định hàm lượng tro trấu hợp lý. Trong quá trình thí nghiệm xác định hàm lượng tro hợp lý, các mẫu thử đá xi măng chế tạo theo TCVN, được dưỡng hộ trong các môi trường ăn mòn đặc trưng [5]: môi trường nước ngọt, nước biển Cần Giờ, dung dịch Na₂SO₄ 5%, Na₂SO₄.10H₂O 10%, MgSO₄ 0,64%. Hàm lượng tro được thay thế thay đổi từ 5 – 25%. Theo dõi sự phát triển cường độ của các mẫu thí nghiệm (Bảng 1) và sự mất khối lượng theo thời gian (Bảng 2), kết quả được ghi nhận như sau:

Với các kết quả thu nhận được thì cấp phối có tỷ lệ tro 20% có cường độ, khối lượng ổn định nhất trong các môi trường dưỡng hộ, với R_n (43 ÷ 52,6)MPa 28 ngày, R_n (60,9 ÷ 84,3) MPa tuổi 210 ngày. Đây là cấp phối được chọn để nghiên cứu sâu hơn.

Bảng 1 Sự phát triển cường độ của mẫu thử theo thời gian với các hàm lượng tro khác nhau.

Môi trường dưỡng hộ	Hàm lượng tro (%)																			
	5				10				15				20				25			
	Thời gian (Ngày)																			
	7	28	90	180	7	28	90	180	7	28	90	180	7	28	90	180	7	28	90	180
Nước sinh hoạt	47	59	65	74	45	54	58	76	38	51	62	71	39	50	55	73	37	47	64	71
Nước biển Cần Giờ	40	46	53	55	37	50	51	60	35	43	46	58	33	43	44	53	32	39	43	57
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	43	51	61	81	44	55	59	64	35	63	72	72	35	48	52	67	35	52	52	70
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	46	60	69	73	43	61	60	76	28	52	58	60	37	44	54	62	35	45	50	64
Mg ₂ SO ₄ .0.64%	44	50	64	82	46	63	73	72	32	47	64	77	36	53	62	66	33	45	59	80

Bảng 2 : Sự thay đổi về khối lượng của các mẫu thử theo thời gian ứng với các hàm lượng tro khác nhau

Môi trường dưỡng hộ	Hàm lượng tro (%)																			
	5				10				15				20				25			
	Sự thay đổi về khối lượng mẫu (%)																			
	7	28	90	180	7	28	90	180	7	28	90	180	7	28	90	180	7	28	90	180
Nước sinh hoạt	1.3	1.8	2.9	2.6	3.1	2.9	5.2	5.2	2.4	2.3	5.6	3.5	4.5	9.3	8.5	8.5	3.4	5.1	5.6	7
Nước biển Cần Giờ	2.7	3.4	3.5	8.7	3.4	4.5	6	8.2	5.8	3.1	6.2	6.7	3	9.3	11	17	3.8	4.7	5.1	7.4
Na2SO4. 10H2O	4	6.7	4.4	7.4	3.7	6.5	6.3	5.6	3.2	7.9	4.6	5.3	4.2	8.8	11	8.7	5.2	6.8	5.7	7
Na2SO4. 10H2O	2.6	6.7	5.2	5.8	4	5.6	5.7	6.9	4.1	4.1	3.9	4.8	3.9	5.9	5.8	10	4.8	3.3	4.9	11
Mg2SO4. 0.64%	2.6	3.9	2.3	6	3.4	4.7	3.8	10	5.8	2.4	2.4	8.7	3.4	5	6.6	11	3.2	2.5	3.5	5.7

4.2. Nghiên cứu các tính chất của CKDNC (Bảng 3)

Bảng 3 : Chỉ tiêu cơ lý của CKDNC

Cường độ vữa 1:3 (MPa)		LNT C (%)	Thời gian ninh kết		γ_a (g/cm ³)	γ_0 (g/cm ³)
R ₇	R ₂₈		Bắt đầu	Kết thúc		
19	31,4	32,5	1h55'	2h20'	2,78	0,831

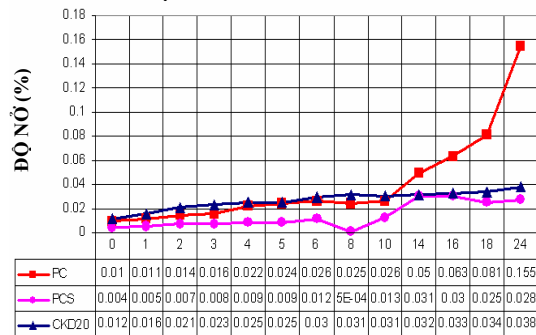
+ Nghiên cứu sự ổn định CKDNC trong điều kiện thực tế tại Cần Giờ. Mẫu thử được dưỡng hộ tại Cần Giờ ở những vị trí khác nhau: ngập mặn, nước biển tĩnh và vùng nước có dòng chảy mạnh. Kết quả thí nghiệm cho thấy, CKDNC có cường độ ổn định trong môi trường thực tế ở 28 ngày tuổi và ở 60 ngày cường độ vẫn phát triển, (Bảng 4).

Bảng 4 : Cường độ đá xi măng được chế tạo từ CKDNC tại các vị trí thí nghiệm mẫu ở cần giờ (MPa)

Thời gian	Trong đất ngập mặn	Trong nước biển nơi ít chịu ảnh hưởng sóng	Nước biển nơi chịu tác dụng dòng xoáy
28 ngày	39.5	41	45.9
60 ngày	54	51	52.5

4.3. Nghiên cứu sự ổn định CKDNC trong môi trường sulfate (TC-ASTM C1012) [6]

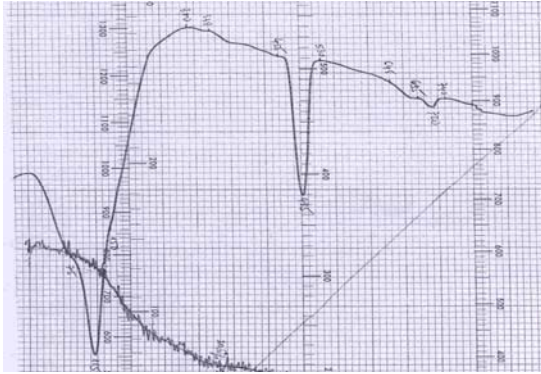
ĐỘ NỠ SULFATE CỦA CÁC MẪU VỮA DÙNG CÁC LOẠI CHẤT KẾT DÍNH KHÁC NHAU



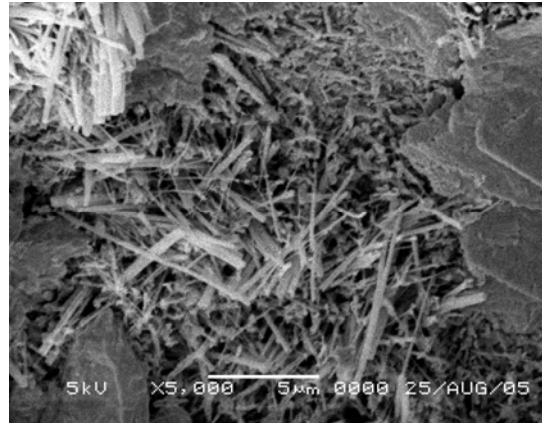
Kết quả cho thấy CKDNC có độ nở sulfate sau 24 tuần đo là 0,038%; xi măng PCS (0,028%); xi măng PC (0,158%). Theo tiêu chuẩn ASTM độ giãn nở cho phép < 0,05%. Như vậy, CKDNC hoàn toàn ổn định trong môi trường sulfate.

4.4. Nghiên cứu cấu trúc CKDNC.

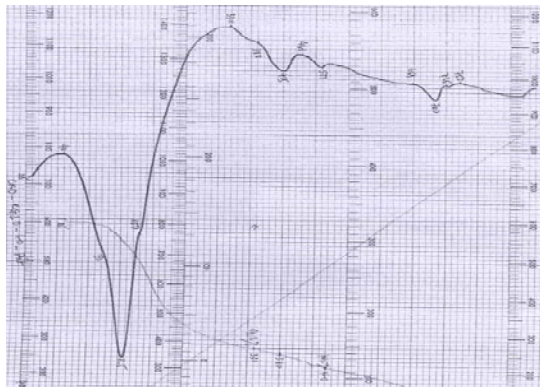
Kết quả mẫu thử DTA: ở nhiệt độ đặc trưng cho sự phân hủy của khoáng Ca(OH)₂ > 485°C cho thấy trên mẫu đá xi măng với CKDNC hàm lượng Ca(OH)₂ giảm từ 10.6% (xi măng PC – Hình 1) xuống còn 3.2% (Hình 2).



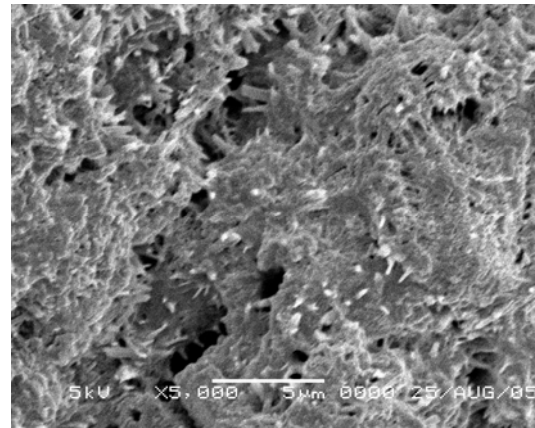
Hình 1 : Mẫu đá xi măng với chất kết dính PC sau 60 ngày



Hình 5 : Mẫu SEM ở 60 ngày



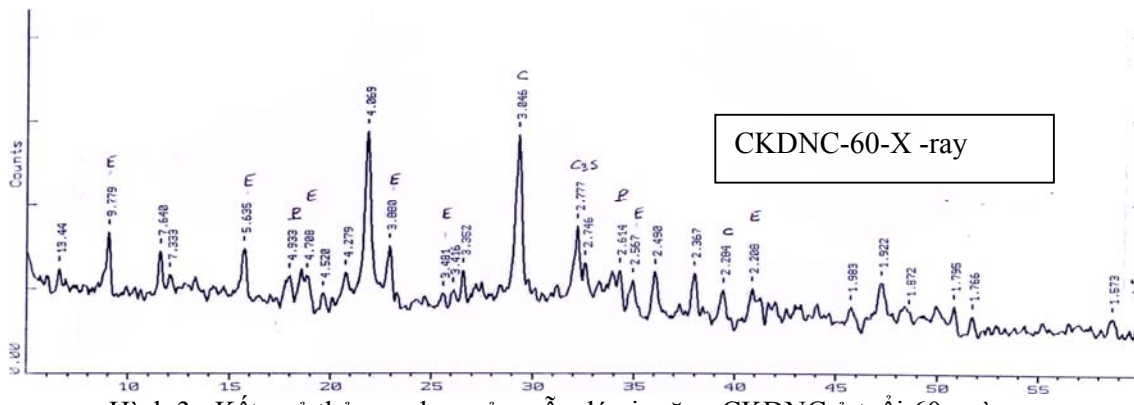
Hình 2 : Mẫu đá xi măng với CKDNC sau 60 ngày



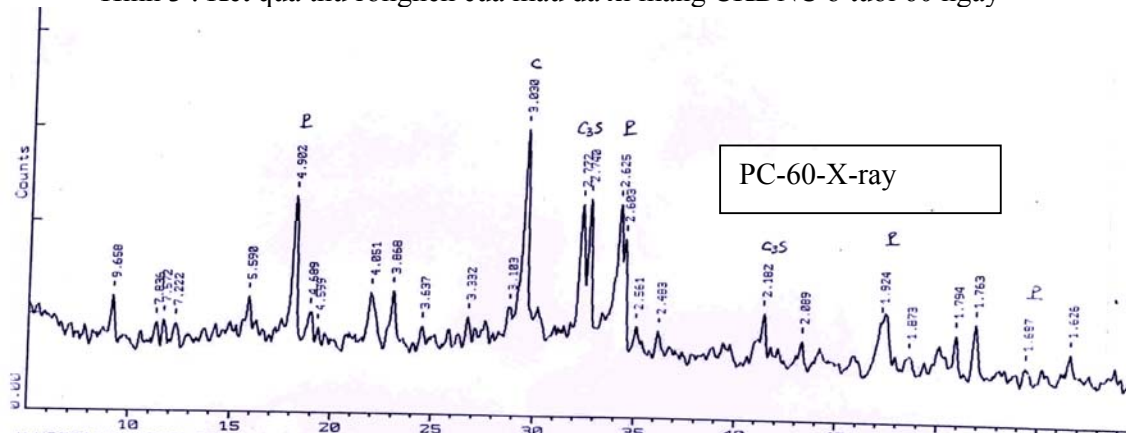
Hình 6 : Mẫu SEM ở 210 ngày

Kết quả mẫu thử ronghen ở tuổi 60 ngày trên mẫu đá xi măng với CKDNC xuất hiện nhiều khoáng ettringite ở các peak 9.73, 5.61, 2.56... (Hình 3) trong khi đó mẫu đá xi măng PC xuất hiện nhiều peak đặc trưng cho khoáng $\text{Ca}(\text{OH})_2$: 2.62, 4.9, 1.927 (Hình 4).

Trên hình ảnh SEM độ phóng đại 5000 lần ở tuổi 60 ngày của đá xi măng CKDNC xuất hiện dày đặc các khoáng ettringite trong các lỗ rỗng của các cấu trúc (Hình 5) và ở tuổi 210 ngày thì cấu trúc đá xi măng hoàn toàn sít đặc (Hình 6).



Hình 3 : Kết quả thử ronghen của mẫu đá xi măng CKDNC ở tuổi 60 ngày



Hình 4 : Kết quả thử ronghen của mẫu đá xi măng PC ở tuổi 60 ngày

4.4. Thử độ pH của CKDNC

Thí nghiệm độ pH ở 60 ngày tuổi của mẫu đá xi măng là 11.46. Dựa trên các kết quả thực nghiệm, nghiên cứu so sánh đối chứng với các loại xi măng: XM PC, XM PCB (đang sử dụng phổ biến), XM PCS (XM dùng cho công trình biển), cho thấy rằng các CKDNC có độ ổn định cao trong môi trường thực tế Cần Giờ, cũng như trong môi trường xâm thực mạnh do nhân tạo được tạo ra ở phòng thí nghiệm. Công nghệ sản xuất giống như qui trình nghiền sản xuất xi măng Poocăng. Các nguyên liệu sử dụng hoàn toàn phổ biến, hàm lượng phù hợp, CKDNC có cường độ đạt yêu cầu có khả năng chế tạo ra bê tông và bê tông cốt thép bền vững trong môi trường xâm thực.

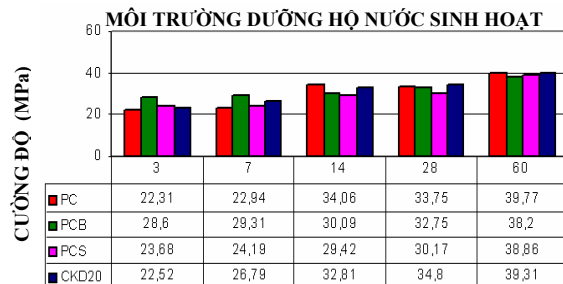
5. NGHIÊN CỨU VỀ BÊ TÔNG

5.1. Thiết kế cấp phối bê tông

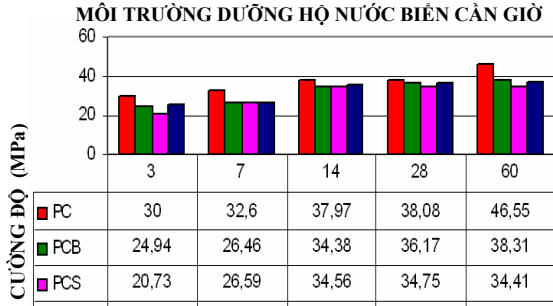
Chọn mác bê tông nghiên cứu là $R_b = 30$ MPa đây là mác bê tông tối thiểu cho công trình bê tông cốt thép vùng biển.

Cốt liệu lựa chọn là loại thông thường, phổ biến, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông tiếp xúc nước biển, chú trọng hàm lượng Cl⁻ cho phép (ximăng < 0,05%; cát, đá < 0,03%).

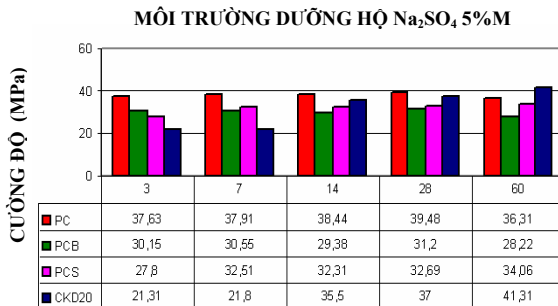
Mẫu vữa bê tông được chế tạo từ CKDNC được dưỡng hộ trong môi trường nhân tạo gần giống như điều kiện thực tế tại Cần Giờ (Hình 7 và hình 8) và đồng thời dưỡng hộ trong môi trường có điều kiện xâm thực mạnh (Hình 9, 10, Hình 11).



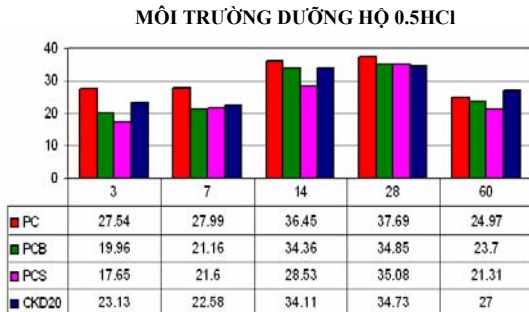
Hình 7 : Cường độ mẫu thử trong nước biển cần giờ



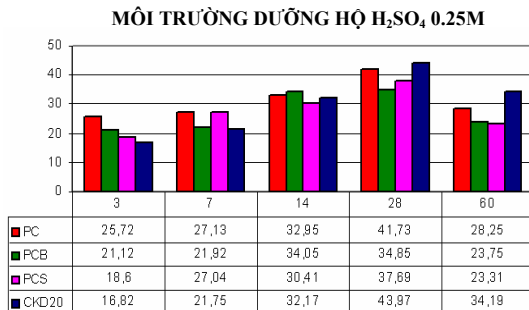
Hình 8 : Cường độ mẫu thử trong môi trường nước sinh hoạt



Hình 9 : Cường độ mẫu thử trong môi trường Na₂SO₄ 5%M



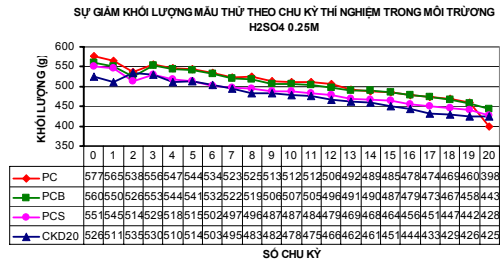
Hình 10 : Cường độ mẫu thử trong môi trường 0.5HCl.



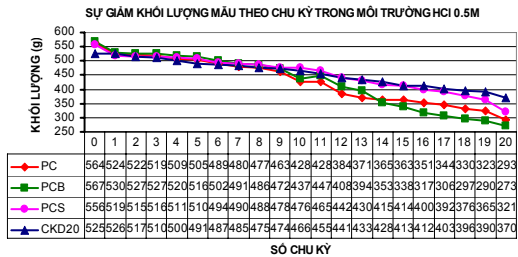
Hình 11 : Cường độ mẫu thử trong môi trường H₂SO₄ 0.25M

Theo dõi sự phát triển cường độ, sự thay đổi khối lượng của các mẫu thử, sự thay đổi pH của môi trường dưỡng hộ theo thời gian, cùng với các mẫu vữa của 3 loại xi măng khác được nghiên cứu đồng thời để so sánh đối chứng (PC, PCS, PCB)

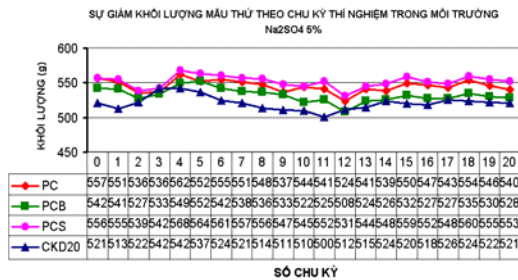
Mẫu vữa được dưỡng hộ trong môi trường xâm thực mạnh có sự thay đổi môi trường khô ẩm liên tục, sau 20 chu kỳ (Hình 12, 13 và Hình 14).



Hình 12 : Sự giảm khối lượng mẫu vữa theo chu kỳ thí nghiệm trong môi trường dưỡng hộ H₂SO₄



Hình 13 : Sự giảm khối lượng mẫu vữa theo chu kỳ thí nghiệm trong môi trường dưỡng hộ HCl



Hình 14 : Sự giảm khối lượng mẫu vữa theo chu kỳ thí nghiệm trong môi trường dưỡng hộ Na₂SO₄ 5%

Có thể rút ra nhận xét: Cường độ của tất cả các mẫu vữa tăng dần theo thời gian. Mẫu vữa với CKDNC có cường độ thấp trong ngày đầu (3 ngày) càng về sau

cường độ phát triển nhanh và ổn định hơn so với các mẫu vữa với các loại xi măng khác.

Trong môi trường axit mạnh, cường độ các mẫu vữa bê tông tăng dần đến 28 ngày và ở 60 ngày, cường độ bắt đầu giảm mức độ giảm cường độ được so sánh Bảng 1-5.

Riêng môi trường Na_2SO_4 mẫu vữa với xi măng PCS và chất kết dính có sự tăng về khối lượng liên tục đến 60 ngày.

Bảng 5 : Tốc độ giảm cường độ của mẫu vữa trong môi trường acide

Vữa với	Tốc độ giảm cường độ ở tuổi 60 ngày so với 28 ngày		
	HCl	H_2SO_4	Na_2SO_4
PC	33.7	32.2	8%
PCB	32	31.8	9.6%
PCS	39.1	38.2	4%
CKDNC	22.2	22.3	11.6%

Nhận xét:

Khối lượng của tất cả mẫu vữa đều giảm dần theo sự tăng số chu kỳ thí nghiệm nhất là vữa với xi măng (PC, PCB), mẫu vữa với xi măng PCS và CKDNC có sự giảm khối lượng chậm hơn.

Bảng 6 : Sự giảm khối lượng ở chu kỳ 20

Vữa với	Môi trường		
	HCl	H_2SO_4	Na_2SO_4
PC	48	31	3.0
PCB	51.8	20.1	2.6
PCS	42	22.3	0.7
CKDNC	22.4	19.2	0.13

6. KẾT LUẬN

Quá trình ăn mòn bê tông trong môi trường nước biển nói chung và môi trường đất ngập mặn Cần Giờ nói riêng xảy ra trong thời gian dài, nên đòi hỏi phải có thời gian mới có thể đánh giá hết tác động ảnh hưởng đến công trình bê tông. Do vậy đề tài được thực hiện môi trường thử nghiệm với mác bê tông tối thiểu cho công trình vùng biển ($R_b=30\text{MPa}$). Nếu thực tế công trình dùng mác cao hơn, thì tuổi thọ công trình sẽ tăng lên đáng kể. Đồng thời đề tài chọn môi trường dưỡng hộ mẫu thử ngay tại thực tế Cần Giờ tại những vị trí có khả năng gây ăn mòn cao (nước biển có dòng xoáy mạnh) và tạo ra các môi trường ăn mòn rất mạnh, điều kiện khắc nghiệt nhất đối với công

trình bê tông để nghiên cứu (môi trường acide mạnh, dưỡng hộ trong môi trường khô âm liên tiếp). Trong quá trình nghiên cứu, đề tài nghiên cứu đồng thời chất kết dính nghiên cứu với các loại chất kết dính khác nhau hay sử dụng như xi măng PC, PCB, PCS để dễ dàng so sánh đối chứng.

Quá trình nghiên cứu, để các thí nghiệm tuân thủ nghiêm ngặt tiêu chuẩn hiện hành (TCVN, TC ASTM...)

Với kết quả đạt được và quy trình sản xuất đơn giản như xi măng PCB có thể kết luận chất kết dính tạo ra bê tông bền vững trong môi trường nước biển ở Cần Giờ.

Với các kết quả thu được về cơ học, vật lý, hoá học và cấu trúc, khả năng ổn định cao trong môi trường xâm thực Cần Giờ và kết hợp với công nghệ sản xuất đơn giản, nguyên liệu dễ tìm có khả năng chế tạo bê tông mác lớn hơn 25MPa, chất kết dính hoàn toàn bền vững và sử dụng hiệu quả cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Thị Thanh Nga : Luận văn cao học
2. Phạm Thị Thanh Lan - Chất kết dính đặc biệt để xây dựng đường hầm xuyên biển Manche.
3. Phòng Xây dựng huyện Cần Giờ - Tài liệu địa chất thủy văn huyện Cần Giờ.
4. George Dreux, Jean Festa - Nouveau Guide du béton et de ses constitution
5. Huỳnh Thị Hạnh - Luận văn cao học.
6. Tiêu chuẩn ASTM - C1012-02C.
7. Jean-Pierre Eberhart - Analyse Structure et chimique des material.
8. TCVN - Chống ăn mòn và bảo vệ các công trình bê tông ở Việt Nam.
9. Laboratoire d'INSA de Rennes - Altération du mortier du béton.