

# CƯỜNG ĐỘ BÁM DÍNH GIỮA CỐT THÉP VÀ BÊ TÔNG SỬ DỤNG CÁT BIỂN

Trần Ngọc Thanh<sup>a,\*</sup>, Lê Thanh Điền<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh,  
số 2 đường Võ Oanh, quận Bình Thạnh, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>b</sup>Phòng nghiên cứu vật liệu xây dựng & kết cấu công trình, Viện khoa học thủy lợi Miền Nam,  
số 658 đường Võ Văn Kiệt, Quận 5, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận ngày 16/03/2020, Sửa xong 07/06/2020, Chấp nhận đăng 12/06/2020

## Tóm tắt

Nghiên cứu này thí nghiệm cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông sử dụng cát biển ở Phú Quốc, Kiên Giang trong các điều kiện bảo dưỡng khác nhau. Tổng cộng 120 mẫu lăng trụ tròn với cốt thép chôn sâu đã được đúc và thí nghiệm kéo tuột. Các thông số khảo sát là cấp phối bê tông (mác 200 và mác 300), loại cát (cát sông và cát biển), thời gian bảo dưỡng (7, 14, 28, 90 và 180 ngày) và điều kiện bảo dưỡng (nước ngọt và nước mặn). Kết quả thí nghiệm cho thấy không có sự khác biệt đáng kể giữa cường độ bám dính của bê tông sử dụng cát sông và cát biển cho đến 180 ngày. Cường độ bám dính tăng nhanh khi bảo dưỡng từ 7 ngày đến 28 ngày nhưng tăng chậm hơn từ sau 28 ngày đến 180 ngày. Cường độ bám dính của các mẫu ngâm trong nước ngọt lớn hơn một chút so với các mẫu ngâm trong nước mặn. Sự ăn mòn của cốt thép chôn trong bê tông sử dụng cát biển tiến triển không đáng kể sau khi bảo dưỡng 180 ngày trong nước mặn.

*Từ khoá:* cát biển; cường độ bám dính; cốt thép; điều kiện bảo dưỡng.

## INTERFACIAL BOND STRENGTH BETWEEN STEEL BAR AND CONCRETE USING SEA SAND

### Abstract

This study aimed to examine interfacial bond strength between steel bar and concrete using sea sand at Phu Quoc, Kiên Giang province under various curing environment. Total 120 cylinder specimens with embedded steel bar were experienced under pullout test. The testing parameters included concrete grade (M200 and M350), sand type (river sand and sea sand), curing time (7, 14, 28, 90 and 180 days), and curing environment (normal water and sea water). The results showed that there was no significant different in interfacial bond strength between normal sand and sea sand until 180 days testing. The interfacial bond strength enhanced rapidly from 7 days to 28 days but increased slowly from 28 days to 180 days. The interfacial bond strength of specimens cured in normal water was slightly higher than those cured in sea water. The corrosion of steel bar embedded in concrete using sea sand has not progressed significantly after 180 days cured in sea water.

*Keywords:* sea sand; interfacial bond strength; steel bar; curing environment.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14\(3V\)-12](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14(3V)-12) © 2020 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

## 1. Giới thiệu

Bê tông là vật liệu quan trọng nhất trong các kết cấu công trình dân dụng và hạ tầng. Khoảng 25 tỉ tấn bê tông đã được sử dụng trong năm 2016 và tiếp tục tăng với tốc độ rất nhanh ở các năm tiếp theo, đặc biệt ở có thể lên tới 20%/năm ở các nước đang phát triển [1]. Để đáp ứng nhu cầu sử dụng bê tông

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [ngocthanh.tran@ut.edu.vn](mailto:ngocthanh.tran@ut.edu.vn) (Thanh, T. N.)

hàng năm thì số lượng lớn các nguyên liệu được gia tăng sản xuất và tiêu thụ như sản lượng tiêu thụ xi măng lên tới 4,2 tỉ tấn, cốt liệu lớn bao gồm đá và cát sông lên tới 40 tỉ tấn [1]. Tuy nhiên, sự gia tăng sản xuất của các nguyên liệu trong đó có cát sông đã gây ra các hậu quả rất nghiêm trọng về môi trường, tài nguyên và ảnh hưởng đến cuộc sống của con người [1]. Vì vậy mà nhu cầu về nguyên liệu thay thế cát sông để chế tạo bê tông đã trở nên cấp bách trong những năm trở lại đây.

Một trong những giải pháp tiềm năng có thể được sử dụng để thay thế cát sông trong bê tông là cát biển bởi vì loại cát này có trữ lượng rất lớn và dễ khai thác, đặc biệt ở Việt Nam với bờ biển dài [2]. Tuy nhiên trong cát biển tồn tại nhiều thành phần hóa học khác trong cát sông, phổ biến nhất là NaCl có thể làm ảnh hưởng đến quá trình thủy hóa, khả năng chịu lực của bê tông và đặc biệt có thể gây ăn mòn cốt thép, dẫn đến sự mất an toàn của kết cấu bê tông cốt thép [3]. Vì vậy mà trước khi được sử dụng thay thế cát sông thì cần có các nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của cát biển đến khả năng làm việc của bê tông và cốt thép trong các kết cấu bê tông cốt thép.

Hầu hết các nghiên cứu trong và ngoài nước đã tập trung đánh giá tính chất cơ học của bê tông sử dụng cát biển, rất ít các nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của cát biển đến sự ăn mòn và làm việc của cốt thép [4–9]. Các nhóm nghiên cứu trong nước tiến hành khảo sát ảnh hưởng của cát biển ở các tỉnh ven biển đến khả năng chịu nén của bê tông và kết quả cho thấy các xu hướng ảnh hưởng khác nhau tùy theo loại cát. Bê tông sử dụng cát biển ở Bình Thuận và Vũng Tàu có cường độ chịu nén tương đương bê tông sử dụng cát sông, ngược lại bê tông sử dụng cát biển ở Khánh Hòa và Quảng Ninh thì có cường độ thấp hơn từ 5% tới 33% [4–6]. Các nhóm nghiên cứu quốc tế cũng công bố các kết quả trái ngược nhau về ảnh hưởng của cát biển đến khả năng chịu nén, uốn và mô đun đàn hồi của bê tông [7–9]. Mặt khác, theo tìm hiểu của tác giả thì đa phần các nghiên cứu chỉ đề cập đến khả năng bám dính giữa cốt thép và bê tông thông thường thay vì bê tông sử dụng cát biển. Nhóm nghiên cứu Tân và cs. [3] đã thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của ăn mòn đến khả năng bám dính giữa bê tông và cốt thép. Kết quả cho thấy ứng suất bám dính tăng khi độ ăn mòn từ 0 đến 2% nhưng sau đó giảm khi độ ăn mòn tăng từ 6,5% trở lên. Nhóm nghiên cứu Diab và các cs. [10] đã nghiên cứu ảnh hưởng của tiêu chuẩn thí nghiệm, loại cốt liệu và cường độ nén đến ứng xử bám dính giữa bê tông và cốt thép. Nghiên cứu kết luận rằng cường độ bám dính của thí nghiệm kéo đơn nhỏ hơn thí nghiệm kéo đôi, các loại đá khác nhau thì cường độ bám dính khác nhau và bê tông cường độ cao hơn thì phá hoại giòn hơn và xuất hiện nhiều các vết nứt tách dọc.

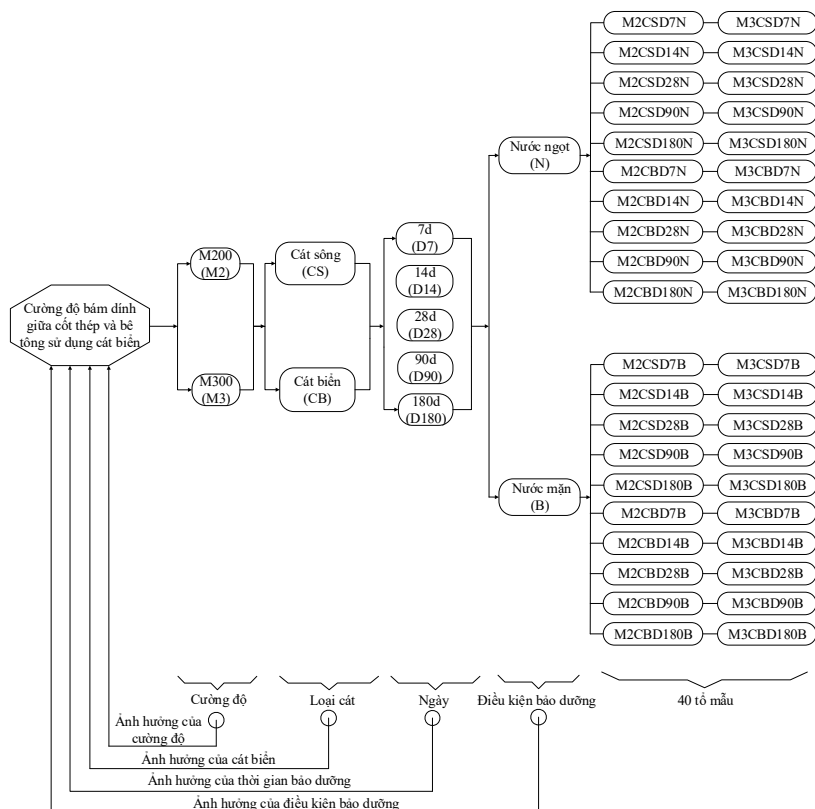
Gần đây nhóm nghiên cứu Thanh và cs. [2] đã đánh giá khả năng chịu nén của bê tông sử dụng cát biển Phú Quốc, Kiên Giang trong các điều kiện bảo dưỡng khác nhau. Kết quả cho thấy việc sử dụng cát biển thay thế cát sông là có thể khả thi vì bê tông sử dụng cát biển có cường độ chịu nén lớn hơn từ 8% - 17% so với bê tông sử dụng cát sông. Nghiên cứu cũng chú ý rằng khả năng chịu nén của bê tông bảo dưỡng trong nước mặn được phát hiện nhỏ hơn trong bê tông bảo dưỡng trong nước ngọt. Tuy nhiên nghiên cứu cũng chỉ dừng lại ở việc đánh giá tính chất cơ học của bê tông mà chưa xem xét ảnh hưởng của cát biển đến sự ăn mòn và làm việc của cốt thép.

Vì vậy để đánh giá toàn diện hơn hiệu quả của việc sử dụng cát biển Phú Quốc, Kiên Giang thay thế cho cát sông trong bê tông, nghiên cứu này tiến hành thực nghiệm ảnh hưởng của cát biển đến cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông. Nội dung chi tiết bao gồm: (i) Đánh giá ảnh hưởng của thời gian bảo dưỡng đến cường độ bám dính của bê tông sử dụng cát biển; (ii) Đánh giá ảnh hưởng của cát biển thay thế cát sông trong bê tông đến cường độ bám dính của bê tông; (iii) Đánh giá ảnh hưởng của điều kiện bảo dưỡng đến cường độ bám dính của bê tông sử dụng cát biển.

## 2. Chương trình thực nghiệm

### 2.1. Sơ đồ thí nghiệm

Để đánh giá cường độ bám dính của bê tông sử dụng cát biển trong các điều kiện bảo dưỡng khác nhau, một chương trình thực nghiệm được thiết kế như trên Hình 1. Tổng cộng 120 mẫu lăng trụ với cốt thép chôn sâu, chia làm 40 tổ mẫu đã được đúc và thí nghiệm. Hai loại cấp phối bê tông được khảo sát là M200 và M300, hai loại cát sử dụng là cát sông và cát biển, thời gian bảo dưỡng bao gồm 7, 14, 28, 90 và 180 ngày, các tổ mẫu được ngâm trong nước ngọt và nước mặn.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm

### 2.2. Vật liệu và chế tạo

#### a. Vật liệu

Thành phần cấp phối của 2 loại bê tông (M200 và M300) được lấy theo nghiên cứu của Thanh và cs. [2]. Bảng 1 tổng hợp cường độ nén của các mẫu bê tông bảo dưỡng trong nước ngọt đến 84 ngày theo [2]. Thành phần của bê tông bao gồm: xi măng PCB40 do công ty xi măng Hà Tiên sản xuất, cát sông được khai thác tại Tân Châu, tỉnh An Giang, đá  $1 \times 2$  được khai thác tại Hòn Sốc, huyện Hòn Đất, nước ngọt được lấy từ nhà máy nước thành phố Rạch Giá. Cát biển được lấy tại bãi biển Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang đem phơi khô trong vòng 20 ngày trước khi đem đi trộn bê tông. Chi tiết kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý và thành phần hạt của cát sông và cát biển có thể tham khảo [2]. Cốt thép sử dụng loại Pomina, đường kính thép là 14 mm, các thông số và cường độ của cốt thép được thí

nghiệm và cung cấp trong Bảng 2. Chiều dài đoạn thép chôn trong bê tông được chọn là 200 mm căn cứ vào các nguyên nhân sau:

(i) Trước khi chọn chiều dài neo 200 mm tác giả có đúc thử và kéo một số mẫu có chiều dài neo 70 mm (5d) và 140 mm (10d). Tuy nhiên giá trị lực kéo thí nghiệm thu được ở cấp tải rất nhỏ đối với các mẫu bê tông M200 ở 7 ngày (lực rất nhỏ). Do đó việc khảo sát ảnh hưởng của thời gian bảo dưỡng đến sự phát triển cường độ bám dính theo thời gian không rõ ràng. Ngoài ra việc chọn chiều dài neo lớn có nghĩa là diện tích bám dính giữa bê tông cốt thép càng lớn và do đó ảnh hưởng của cát biển càng được kỳ vọng sẽ đáng kể hơn.

(ii) Mặc dù chọn chiều dài neo lớn nhưng tác giả cũng dự trù kiểu phá hoại là kéo tuột chứ không phải là kéo đứt thép thông qua việc chọn cường độ thép cao. Ngoài ra cường độ bám dính dự đoán lớn nhất theo tiêu chuẩn BS 8110 [11] và EN 1992-1-1 [12] là 2,5 MPa, trong khi cường độ bám dính lớn nhất ứng với cốt thép bị kéo đứt lên tới 13 MPa (lớn hơn 5 lần).

Bảng 1. Cường độ nén của các loại bê tông [2]

| Mác bê tông     | Cường độ chịu nén trung bình của bê tông theo các ngày tuổi (MPa) |         |         |         |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|                 | 7 ngày                                                            | 14 ngày | 28 ngày | 84 ngày |
| M200 – Cát sông | 11,07                                                             | 17,41   | 20,15   | 22,86   |
| M200 – Cát biển | 13,82                                                             | 19,07   | 22,09   | 26,35   |
| M300 – Cát sông | 24,02                                                             | 26,86   | 30,69   | 33,96   |
| M300 – Cát biển | 25,74                                                             | 29,63   | 33,91   | 35,26   |

Bảng 2. Thông số và cường độ của cốt thép

| Đường kính (mm) | Giới hạn chảy (MPa) | Giới hạn bền (MPa) | Độ giãn dài (%) | Hình dạng                          |
|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------|------------------------------------|
| 14              | 640                 | 740                | 20              | Thép gân, dạng thẳng không uốn móc |

#### b. Quá trình đúc mẫu và thí nghiệm

Trước khi đúc mẫu, cốt thép được chuẩn bị và cắt thành từng đoạn với chiều dài 400 mm. Sau đó phần chiều dài thép chôn sâu trong bê tông 200 mm được đánh dấu, phần chiều dài thép còn lại không chôn vào bê tông được sơn epoxy và sau đó được quấn lớp băng keo để chống ăn mòn. Tiếp theo các đoạn thép được đặt vào trọng tâm của khuôn có đường kính trong là 150 mm và chiều cao là 300 mm, đặt đúng vị trí đánh dấu và cố định chặt vào khuôn bằng thanh thép trước khi đổ bê tông. Quy trình trộn bê tông hoàn toàn giống với [2]. Bê tông được trộn bằng máy trộn dung tích thùng 450 lít. Đầu tiên cát với đá được đổ vào trộn khô trong 5 phút, sau đó xi măng được thêm vào và trộn thêm 3 phút. Cuối cùng nước được bỏ vào từ từ và chia đều làm 2 lần trộn cho đến khi bê tông đảm bảo độ đồng nhất và độ sụt. Sau khi trộn xong bê tông được đổ vào khuôn có sẵn cốt thép và được tiến hành đầm chặt bằng tay. Sau 24h các mẫu được tháo khuôn và đem đi bảo dưỡng trong nước ngọt và nước mặn như trên Hình 2. Nước mặn được chế tạo bằng cách pha bột NaCl (99%) với nước ngọt với tỉ lệ 3,5%. Đến ngày thí nghiệm các mẫu lăng trụ với cốt thép chôn sâu được đem ra phơi khô 24h để tránh ảnh

hưởng của độ ẩm trong các mẫu đến cường độ bê tông, các mẫu được gắn vào bộ gá trước khi thí nghiệm kéo bằng máy UTM 1000 kN như trên Hình 3. Quá trình thí nghiệm kéo tham khảo theo tiêu chuẩn TCVN 197-1:2014 [13].

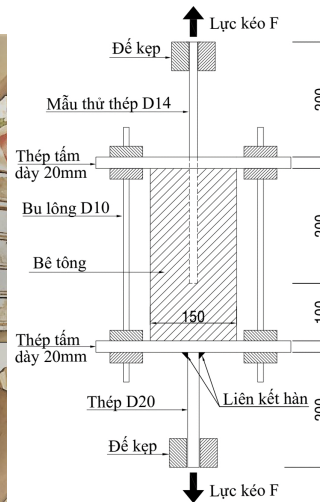


(a) Ngâm trong nước ngọt



(b) Ngâm trong nước mặn

Hình 2. Phương pháp bảo dưỡng mẫu



Hình 3. Lắp đặt mẫu thí nghiệm

### 2.3. Kết quả và thảo luận

#### a. Cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông sử dụng cát biển

Cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông được xác định theo công thức (1):

$$\tau = \frac{P}{\pi \phi L} \quad (1)$$

trong đó  $\tau$  là cường độ bám dính (MPa);  $P$  là lực kéo lớn nhất;  $\phi$  là đường kính danh nghĩa thép (14 mm) và  $L$  là chiều dài đoạn thép chôn trong bê tông (200 mm).

Kết quả thí nghiệm cường độ bám dính được thể hiện trên Bảng 3 và 4. Hình ảnh phá hoại của các mẫu điển hình sau khi thí nghiệm được thể hiện trên Hình 4. Có thể thấy tất cả các kiểu phá hoại của các mẫu là cốt thép bị kéo tuột ra ngoài, lực lớn nhất khi thí nghiệm kéo các mẫu là 75 kN nhỏ

hơn lực chảy của cốt thép là 98 kN, như vậy là cốt thép của tất cả các mẫu chưa đạt đến giới hạn chảy trong quá trình thí nghiệm. Quan sát trên đoạn chôn sâu của cốt thép trong bê tông chưa thấy có dấu hiệu ăn mòn kể cả các mẫu bảo dưỡng trong nước mặn sau 180 ngày. Mặt khác, dựa trên kết quả thí nghiệm có thể thấy cường độ bám dính phụ thuộc vào thời gian bảo dưỡng và điều kiện bảo dưỡng.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm cường độ bám dính các mẫu bê tông M200

| Nhóm mẫu  | Mẫu           | Cường độ bám dính (MPa) | Nhóm mẫu  | Mẫu           | Cường độ bám dính (MPa) |
|-----------|---------------|-------------------------|-----------|---------------|-------------------------|
| M2CSD7N   | SP1           | 5,19                    | M2CSD7B   | SP1           | 4,81                    |
|           | SP2           | 5,01                    |           | SP2           | 5,01                    |
|           | SP3           | 5,38                    |           | SP3           | 4,56                    |
|           | Trung bình    | 5,19                    |           | Trung bình    | 4,79                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,19                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,23                    |
| M2CBD7N   | SP1           | 4,46                    | M2CBD7B   | SP1           | 5,02                    |
|           | SP2           | 5,17                    |           | SP2           | 4,48                    |
|           | SP3           | 5,41                    |           | SP3           | 4,91                    |
|           | Trung bình    | 5,01                    |           | Trung bình    | 4,80                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,49                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,29                    |
| M2CSD14N  | SP1           | 5,78                    | M2CSD14B  | SP1           | 5,82                    |
|           | SP2           | 5,12                    |           | SP2           | 6,18                    |
|           | SP3           | 5,81                    |           | SP3           | 6,02                    |
|           | Trung bình    | 5,57                    |           | Trung bình    | 6,01                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,39                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,18                    |
| M2CBD14N  | SP1           | 5,82                    | M2CBD14B  | SP1           | 6,30                    |
|           | SP2           | 5,84                    |           | SP2           | 6,19                    |
|           | SP3           | 6,17                    |           | SP3           | 6,37                    |
|           | Trung bình    | 5,94                    |           | Trung bình    | 6,29                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,20                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,09                    |
| M2CSD28N  | SP1           | 6,39                    | M2CSD28B  | SP1           | 6,46                    |
|           | SP2           | 6,50                    |           | SP2           | 6,53                    |
|           | SP3           | 6,28                    |           | SP3           | 6,63                    |
|           | Trung bình    | 6,39                    |           | Trung bình    | 6,54                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,11                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,09                    |
| M2CBD28N  | SP1           | 6,68                    | M2CBD28B  | SP1           | 6,12                    |
|           | SP2           | 6,38                    |           | SP2           | 6,70                    |
|           | SP3           | 6,50                    |           | SP3           | 6,01                    |
|           | Trung bình    | 6,52                    |           | Trung bình    | 6,30                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,15                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,37                    |
| M2CSD90N  | SP1           | 6,67                    | M2CSD90B  | SP1           | 6,83                    |
|           | SP2           | 6,84                    |           | SP2           | 6,78                    |
|           | SP3           | 6,73                    |           | SP3           | 6,63                    |
|           | Trung bình    | 6,75                    |           | Trung bình    | 6,75                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,09                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,10                    |
| M2CBD90N  | SP1           | 6,66                    | M2CBD90B  | SP1           | 6,63                    |
|           | SP2           | 6,80                    |           | SP2           | 6,40                    |
|           | SP3           | 6,95                    |           | SP3           | 6,50                    |
|           | Trung bình    | 6,80                    |           | Trung bình    | 6,51                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,15                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,12                    |
| M2CSD180N | SP1           | 7,05                    | M2CSD180B | SP1           | 7,05                    |
|           | SP2           | 7,28                    |           | SP2           | 7,16                    |
|           | SP3           | 6,82                    |           | SP3           | 6,82                    |
|           | Trung bình    | 7,05                    |           | Trung bình    | 7,01                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,23                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,17                    |
| M2CBD180N | SP1           | 6,94                    | M2CBD180B | SP1           | 6,82                    |
|           | SP2           | 7,05                    |           | SP2           | 7,05                    |
|           | SP3           | 7,16                    |           | SP3           | 6,94                    |
|           | Trung bình    | 7,05                    |           | Trung bình    | 6,94                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,11                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,12                    |

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm cường độ bám dính các mẫu bê tông M300

| Nhóm mẫu  | Mẫu           | Cường độ bám dính (MPa) | Nhóm mẫu  | Mẫu           | Cường độ bám dính (MPa) |
|-----------|---------------|-------------------------|-----------|---------------|-------------------------|
| M3CSD7N   | SP1           | 5,97                    | M3CSD7B   | SP1           | 5,83                    |
|           | SP2           | 6,03                    |           | SP2           | 6,02                    |
|           | SP3           | 6,25                    |           | SP3           | 5,96                    |
|           | Trung bình    | 6,08                    |           | Trung bình    | 5,94                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,15                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,10                    |
| M3CBD7N   | SP1           | 5,82                    | M3CBD7B   | SP1           | 6,14                    |
|           | SP2           | 5,94                    |           | SP2           | 6,08                    |
|           | SP3           | 6,04                    |           | SP3           | 5,97                    |
|           | Trung bình    | 5,93                    |           | Trung bình    | 6,06                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,11                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,09                    |
| M3CSD14N  | SP1           | 7,14                    | M3CSD14B  | SP1           | 7,07                    |
|           | SP2           | 7,23                    |           | SP2           | 7,22                    |
|           | SP3           | 6,98                    |           | SP3           | 7,02                    |
|           | Trung bình    | 7,12                    |           | Trung bình    | 7,10                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,13                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,10                    |
| M3CBD14N  | SP1           | 6,73                    | M3CBD14B  | SP1           | 7,08                    |
|           | SP2           | 6,85                    |           | SP2           | 7,21                    |
|           | SP3           | 6,63                    |           | SP3           | 6,90                    |
|           | Trung bình    | 6,74                    |           | Trung bình    | 7,06                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,11                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,16                    |
| M3CSD28N  | SP1           | 8,23                    | M3CSD28B  | SP1           | 7,76                    |
|           | SP2           | 8,35                    |           | SP2           | 7,99                    |
|           | SP3           | 8,11                    |           | SP3           | 7,88                    |
|           | Trung bình    | 8,23                    |           | Trung bình    | 7,88                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,12                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,12                    |
| M3CBD28N  | SP1           | 7,93                    | M3CBD28B  | SP1           | 7,90                    |
|           | SP2           | 7,69                    |           | SP2           | 7,97                    |
|           | SP3           | 7,85                    |           | SP3           | 7,79                    |
|           | Trung bình    | 7,82                    |           | Trung bình    | 7,89                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,12                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,09                    |
| M3CSD90N  | SP1           | 7,96                    | M3CSD90B  | SP1           | 8,05                    |
|           | SP2           | 8,08                    |           | SP2           | 8,21                    |
|           | SP3           | 8,30                    |           | SP3           | 8,14                    |
|           | Trung bình    | 8,11                    |           | Trung bình    | 8,13                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,17                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,08                    |
| M3CBD90N  | SP1           | 7,96                    | M3CBD90B  | SP1           | 8,19                    |
|           | SP2           | 8,30                    |           | SP2           | 8,08                    |
|           | SP3           | 8,07                    |           | SP3           | 8,02                    |
|           | Trung bình    | 8,11                    |           | Trung bình    | 8,10                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,17                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,09                    |
| M3CSD180N | SP1           | 8,19                    | M3CSD180B | SP1           | 8,07                    |
|           | SP2           | 8,30                    |           | SP2           | 8,30                    |
|           | SP3           | 8,33                    |           | SP3           | 7,96                    |
|           | Trung bình    | 8,27                    |           | Trung bình    | 8,11                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,07                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,17                    |
| M3CBD180N | SP1           | 8,19                    | M3CBD180B | SP1           | 8,19                    |
|           | SP2           | 8,41                    |           | SP2           | 8,30                    |
|           | SP3           | 8,53                    |           | SP3           | 8,07                    |
|           | Trung bình    | 8,38                    |           | Trung bình    | 8,19                    |
|           | Độ lệch chuẩn | 0,17                    |           | Độ lệch chuẩn | 0,12                    |

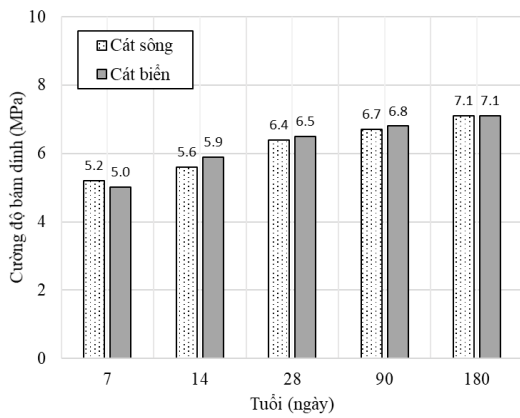




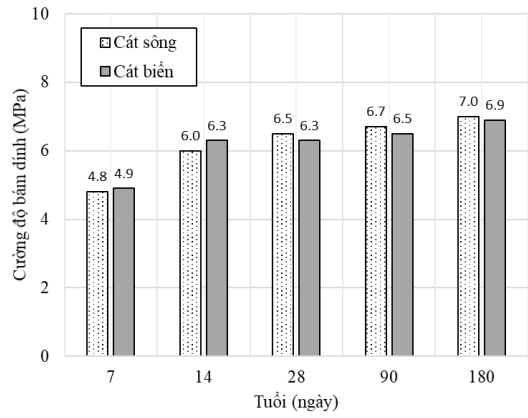
Hình 4. Hình ảnh các mẫu sau khi thí nghiệm

b. Sự phát triển cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông theo thời gian

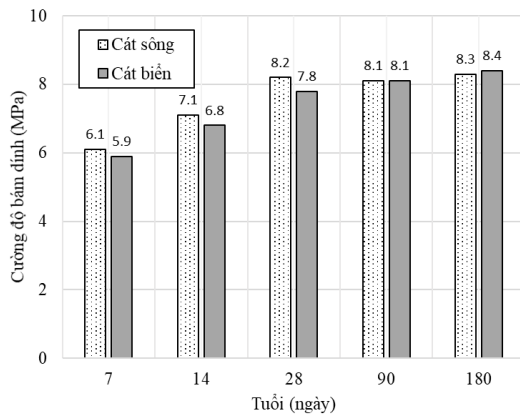
Hình 5 thể hiện ảnh hưởng của thời gian bảo dưỡng đến cường độ bám dính giữa thép và bê tông của tất cả các mẫu. Có thể thấy thời gian bảo dưỡng càng dài thì cường độ bám dính càng cao. Cường



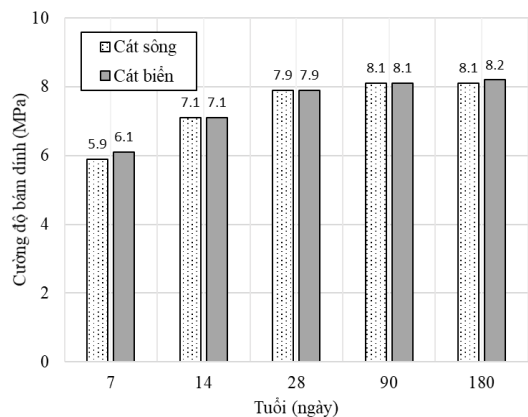
(a) M200 – Nước ngọt



(b) M200 – Nước mặn



(c) M300 – Nước ngọt

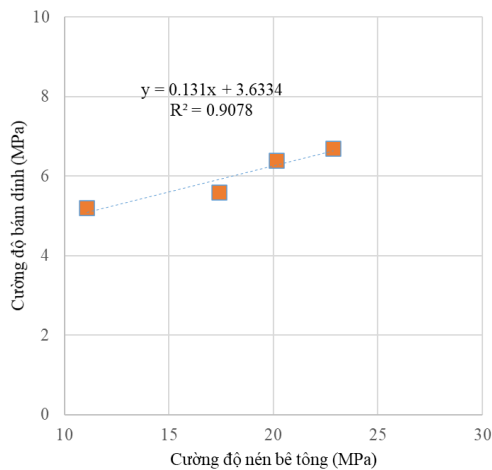


(d) M300 – Nước mặn

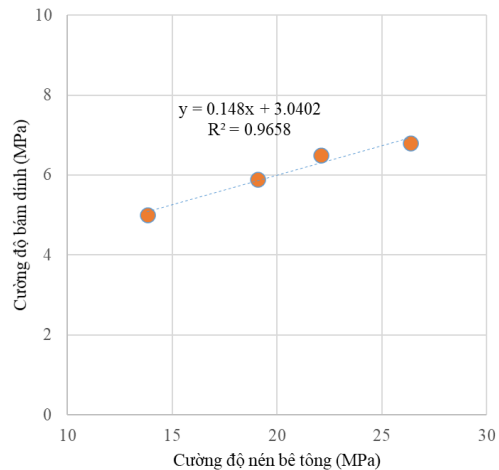
Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian bảo dưỡng đến cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông



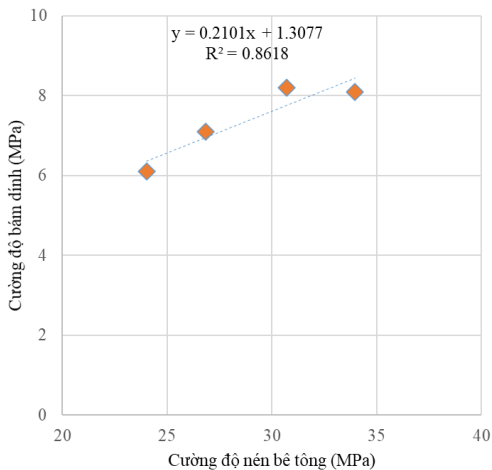
độ bám dính tăng nhanh từ 7 ngày đến 28 ngày nhưng tăng chậm hơn từ sau 28 ngày đến 180 ngày. Cụ thể cường độ bám dính tăng từ 23% đến 35% khi thời gian bảo dưỡng tăng từ 7 ngày đến 28 ngày và từ 1% đến 13% khi thời gian bảo dưỡng tăng từ 28 ngày đến 180 ngày. Nguyên nhân là vì thời gian bảo dưỡng càng dài thì cường độ bê tông càng cao và do đó cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông càng lớn. Hình 6 thể hiện mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và cường độ bám dính của các mẫu bê tông bảo dưỡng trong nước ngọt, rõ ràng là cường độ bám dính tăng khi mà cường độ chịu nén bê tông tăng. Đặc biệt là mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và cường độ bám dính của đa số mẫu có thể xấp xỉ tuyến tính. Tuy nhiên, kết quả quan hệ cường độ chịu nén và cường độ bám dính của các mẫu bê tông ở thời gian bảo dưỡng 90 ngày có hạn chế là dữ liệu cường độ chịu nén của bê tông chỉ có được ở thời gian bảo dưỡng 84 ngày.



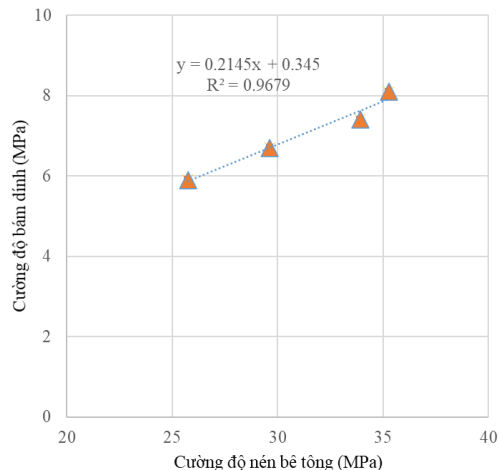
(a) M200 – Cát sông



(b) M200 – Cát biển



(c) M300 – Cát sông

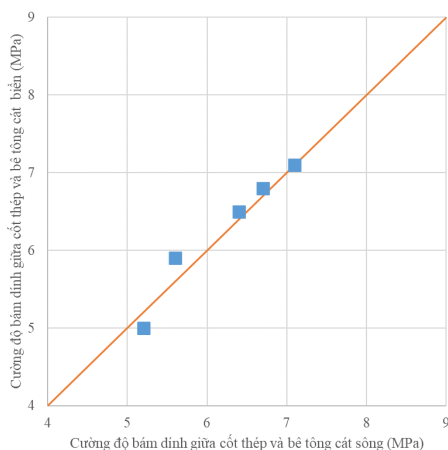


(d) M300 – Cát biển

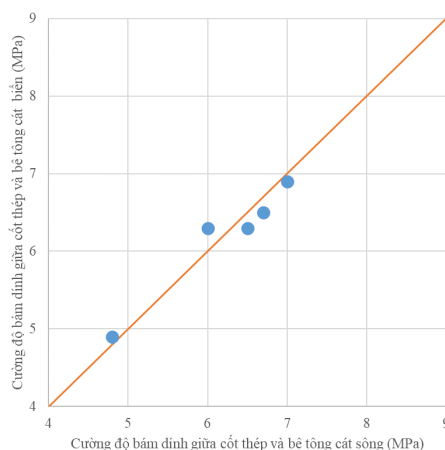
Hình 6. Quan hệ giữa cường độ chịu nén và cường độ bám dính của các mẫu bê tông

c. Ảnh hưởng của cát biển đến cường độ bám dính giữa bê tông và cốt thép

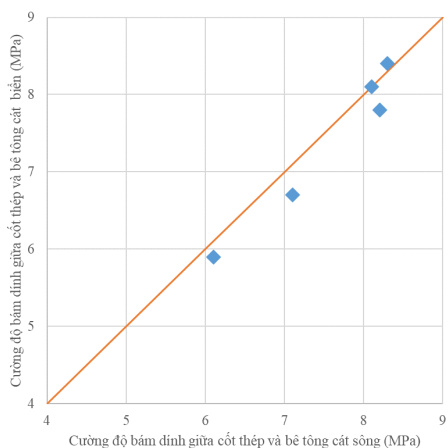
Ảnh hưởng của cát biển so với cát sông đến cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông được thể hiện trên Hình 7. Có thể thấy cường độ bám dính không khác biệt nhiều đối với bê tông sử dụng cát sông và cát biển. Cụ thể cường độ bám dính của mẫu có cát sông và cát biển chỉ chênh lệch từ 1% đến 5%. Như vậy việc sử dụng cát biển thay thế cát sông không làm ảnh hưởng đến cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông.



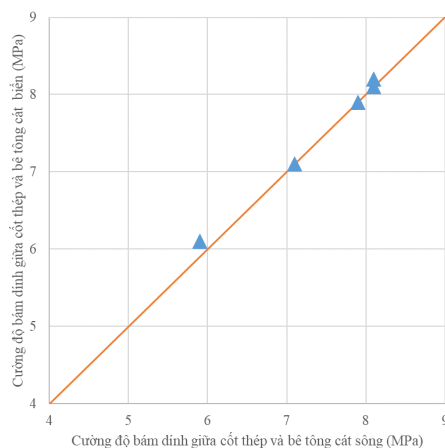
(a) M200 – Nước ngọt



(b) M200 – Nước mặn



(c) M300 – Nước ngọt

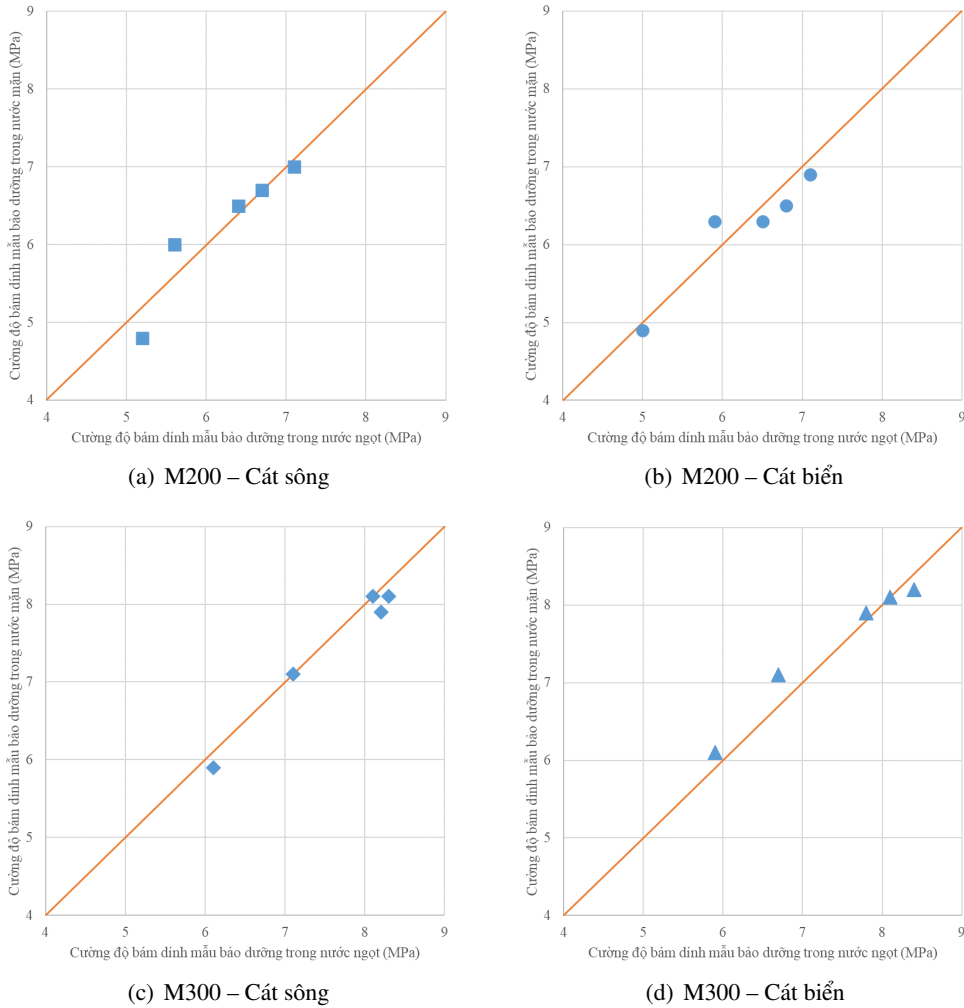


(d) M300 – Nước mặn

Hình 7. Quan hệ giữa cường độ bám dính của bê tông cát sông và cát biển

d. Ảnh hưởng của điều kiện bảo dưỡng đến cường độ bám dính giữa bê tông và cốt thép

Hình 8 thể hiện ảnh hưởng của điều kiện bảo dưỡng đến cường độ bám dính giữa cốt thép và bê tông. Đa phần các mẫu bảo dưỡng trong nước ngọt có cường độ bám dính lớn hơn một ít so với các mẫu bảo dưỡng trong nước mặn trừ các mẫu có thời gian bảo dưỡng 14 ngày. Tuy nhiên chênh lệch này cũng không đáng kể chỉ từ 2 đến 8%. Mặc dù vậy xu hướng này cũng khá phù hợp với kết quả nghiên cứu lần trước [2] đã chỉ ra quá trình thủy hóa và khả năng chịu nén của bê tông gặp bất lợi hơn khi bảo dưỡng trong nước mặn so với trong nước ngọt.



Hình 8. Quan hệ giữa cường độ bám dính của bê tông bảo dưỡng trong nước ngọt và nước mặn

### 3. Kết luận

Dựa trên kết quả thí nghiệm cường độ bám dính của các mẫu bê tông sử dụng cát biển với thời gian bảo dưỡng và điều kiện bảo dưỡng khác nhau, các kết luận có thể rút ra như sau:

- Kiểu phá hoại của tất cả các mẫu là cốt thép bị kéo tuột, lực lớn nhất khi thí nghiệm đều nhỏ hơn lực chảy của cốt thép. Chưa quan sát thấy có dấu hiệu ăn mòn của cốt thép chôn trong bê tông sử dụng cát biển dù các mẫu được bảo dưỡng trong nước mặn tới 180 ngày.
- Cường độ bám dính tăng nhanh từ 7 ngày đến 28 ngày nhưng tăng chậm hơn từ sau 28 ngày đến 180 ngày. Cường độ bám dính tăng khi cường độ chịu nén của bê tông tăng. Đặc biệt là mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và cường độ bám dính của đa số mẫu có thể xấp xỉ tuyến tính.
- Cường độ bám dính khác biệt không đáng kể (1% - 5%) giữa bê tông sử dụng cát sông và bê tông sử dụng cát biển.
- Đa phần các mẫu bảo dưỡng trong nước ngọt có cường độ bám dính lớn hơn một ít từ 2% đến 8% so với các mẫu bảo dưỡng trong nước mặn.

## Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) cho đề tài mã số 107.01-2019.34.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Xiao, J., Qiang, C., Nanni, A., Zhang, K. (2017). [Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities](#). *Construction and Building Materials*, 155:1101–1111.
- [2] Thanh, T. N., Huy, N. N., Triều, D. M., Điền, L. T. (2020). [Đánh giá khả năng chịu nén của bê tông sử dụng cát biển trong các điều kiện bảo dưỡng khác nhau](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐH XD*, 14(1V):60–72.
- [3] Tân, N. N., Dũng, T. A., Thế, N. C., Tuấn, T. B., Anh, L. T. (2018). [Nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của mức độ ăn mòn cốt thép đến ứng suất bám dính giữa bê tông và cốt thép](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐH XD*, 12(6):29–38.
- [4] Bách, L. V. (2005). Bước đầu nghiên cứu sử dụng cát biển Nam Bộ làm bê tông xi măng. *Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải*, 11:1–5.
- [5] Trần, V. C., Trương, H. C. (2018). Nghiên cứu sản xuất bê tông từ cát biển, nước biển khu vực Nha Trang-Khánh Hòa. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 3:1–4.
- [6] Hiệp, T. T., Toàn, T. N. (2008). Nghiên cứu sử dụng cát biển Quảng Ninh chế tạo bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô. *Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải*, 11:1–6.
- [7] Girish, C. G., Tensing, D., Priya, K. L. (2015). Dredged offshore sand as a replacement for fine aggregate in concrete. *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, 8(3):88–95.
- [8] Limeir, J., Agulló, L., Etxeberria, M. (2012). [Dredged marine sand as construction material](#). *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 16(8):906–918.
- [9] de Chandrasekhar, S. R. (1994). Suitability of sea sand as a fine aggregate for concrete production. *Trans. Inst. Eng.*, 93–114.
- [10] Diab, A. M., Elyamany, H. E., Hussein, M. A., Al Ashy, H. M. (2014). [Bond behavior and assessment of design ultimate bond stress of normal and high strength concrete](#). *Alexandria Engineering Journal*, 53(2):355–371.
- [11] BS 8110-1:1997 (2002). *Part 1: Code of Practice for Design and Construction*. 89–90.
- [12] EN 1992-1-1 (2004). *Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings*.
- [13] TCVN 197-1:2014. *Vật liệu kim loại - thử kéo - phần 1: phương pháp thử ở nhiệt độ phòng*. Nhà xuất bản Xây dựng.