

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 13931:2024

Xuất bản lần 1

**BÊ TÔNG – PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH HỆ SỐ DỊCH
CHUYỂN CLORUA**

Concrete – Test method for determination of the chloride migration coefficient

HÀ NỘI – 2024

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu.....	4
1 Phạm vi áp dụng.....	5
2 Tài liệu viện dẫn.....	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	5
4 Kí hiệu	6
5 Nguyên tắc.....	6
6 Thiết bị, dụng cụ và hóa chất thử nghiệm	7
7 Chuẩn bị mẫu thử	9
8 Cách tiến hành.....	10
9 Kết quả thí nghiệm.....	13
10 Quy trình cho các trường hợp riêng.....	14
11 Báo cáo kết quả.....	15
12 Độ chụm ước tính.....	15
Phụ lục A (Tham khảo) Một số thông tin về tiêu chuẩn	17
Thư mục tài liệu tham khảo	18

Lời nói đầu

TCVN 13931:2024 được xây dựng dựa trên cơ sở tham khảo BS EN 12390-18:2021 Testing hardened concrete – Part 18: Determination of the chloride migration coefficient.

TCVN 13931:2024 do Viện Vật liệu xây dựng – Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bê tông – Phương pháp xác định hệ số dịch chuyển clorua

Concrete – Test method for determination of the chloride migration coefficient

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp xác định hệ số dịch chuyển clorua ở trạng thái không ổn định của mẫu bê tông ở độ tuổi xác định (xem Phụ lục A). Phương pháp thử này không tính đến bất kỳ sự tương tác nào của bê tông với dung dịch muối theo thời gian. Kết quả thí nghiệm cho biết khả năng chống lại sự thâm nhập clorua của bê tông khi áp điện.

Phương pháp thử này không áp dụng cho các mẫu bê tông đã được xử lý bề mặt ví dụ như dùng silan.

Nếu cốt liệu hoặc bất cứ thành phần nào khác (sợi kim loại hoặc hạt dẫn điện) có khả năng dẫn điện sẽ ảnh hưởng đến mức độ dịch chuyển clorua của bê tông. Yếu tố ảnh hưởng này được tính đến khi thiết lập các ngưỡng giá trị. Việc so sánh mức độ dịch chuyển clorua sẽ không chính xác nếu ảnh hưởng của cốt liệu làm sai lệch năm lần của độ sâu thâm nhập clorua.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết khi áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả bản sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 3105:2022 *Hỗn hợp bê tông và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.*

BS EN 14488 - 1 *Testing sprayed concrete – Sampling fresh and hardened concrete (Bê tông phun – lấy mẫu hỗn hợp bê tông và bê tông đóng rắn).*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Khoang chứa mẫu (Migration cell)

Dụng cụ dùng để giữ mẫu hình trụ với một đệm kín bằng vật liệu không dẫn điện cho phép hai bề mặt song song của mẫu thử tiếp xúc với dung dịch thí nghiệm.

3.2

Tổ hợp khoang chứa mẫu (Migration test set-up)

Thùng chứa các bộ phận thí nghiệm gồm giá đỡ khoang chứa mẫu, dung dịch thí nghiệm, khoang chứa, đai siết khoang chứa mẫu, các điện cực, các thiết bị điện.

3.3

Sự dịch chuyển (Migration)

Sự di chuyển của các ion dưới tác dụng của điện trường ngoài.

3.4

Hệ số dịch chuyển clorua (Chloride migration coefficient)

Tính chất/đặc tính di chuyển phản ánh khả năng chống lại sự thâm nhập clorua dưới tác dụng của một điện trường ngoài.

4 Ký hiệu

Kí hiệu	Đơn vị	Thông số
c_d	mol.l^{-1}	nồng độ clorua, tại đó xảy ra sự thay đổi màu sắc $c_d = 0,07$
c_0	mol.l^{-1}	nồng độ clorua của dung dịch kali hydroxit (catot)
d	m	đường kính của mẫu
h	m	chiều cao của mẫu
M_{nss}	$\times 10^{-12} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$	hệ số dịch chuyển clorua (ở trạng thái không ổn định)
E	V.m^{-1}	gradient điện áp
erf^{-1}		hàm lỗi nghịch đảo
F	J. (V.mol)^{-1}	hằng số Faraday, $F = 9,649.10^4$
M_w	kg	khối lượng mẫu thử ở trạng thái bão hòa nước
R	J.(K.mol)^{-1}	hằng số khí, $R = 8,314$
t	s	thời gian tác dụng của điện áp lên mẫu
T	K	hiệu độ trung bình của dung dịch thí nghiệm
U	V	giá trị tuyệt đối của điện áp
x_d	mm	độ sâu thâm nhập trung bình của clorua trên hai nửa phân tách của một mẫu thử
x_{dmax}	mm	độ sâu thâm nhập lớn nhất
z		điện tích ion, đối với clorua, $z=1$

5 Nguyên tắc

Mẫu bê tông hoặc mẫu vữa được đặt giữa hai dung dịch kiểm, một dung dịch có chứa clorua và dung dịch còn lại không chứa clorua. Áp một hiệu điện thế vào giữa hai điện cực ngoài để định hướng các clorua vào trong mẫu thử. Sau một thời gian nhất định, mẫu thử được ép chẻ đôi và đo độ sâu thâm nhập clorua bằng dung dịch chỉ thị màu phù hợp. Hệ số dịch chuyển clorua được tính toán từ độ sâu thâm nhập, điện áp và các thông số khác.

CHÚ THÍCH 1: Phương pháp này có thể áp dụng cho sản phẩm theo EN 1504-3 [1], EN 14487-1 [2]

6 Thiết bị, dụng cụ và hóa chất thử nghiệm

6.1 Thiết bị và dụng cụ

Phòng thí nghiệm có khả năng kiểm soát nhiệt độ $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$

6.1.1 Cân điện tử, với độ chính xác $\pm 0,05\text{g}$;

6.1.2 Thước cặp, với độ chính xác $\pm 0,05\text{mm}$;

6.1.3 Thước lá, với độ chính xác $\pm 0,05\text{mm}$;

6.1.4 Thùng nước, chứa mẫu thí nghiệm với nhiệt độ $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$;

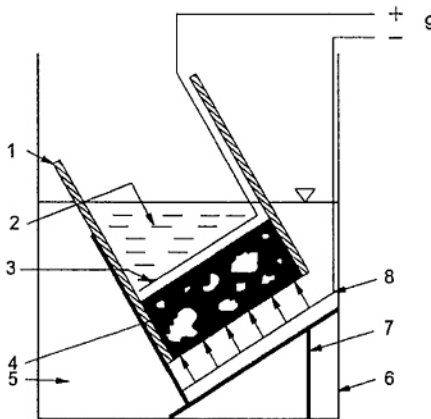
6.1.5 Nhiệt kế, đo nhiệt độ với độ chính xác $\pm 0,5^\circ\text{C}$;

6.1.6 Tủ sấy, với hệ thống thông gió và điều chỉnh nhiệt độ;

6.1.7 Bố trí thiết bị thử nghiệm, bao gồm (xem Hình 1 đến Hình 4):

6.1.7.1 Khoang chứa mẫu đường kính từ 50 đến 110 mm được làm từ ống nhựa hoặc cao su không dẫn điện. Phụ thuộc vào cấu tạo của thiết bị đo, có thể có đai siết bằng thép không gỉ hoặc không;

6.1.7.2 Giá đỡ khoang chứa mẫu bằng vật liệu không bị ăn mòn và không dẫn điện;



CHÚ DẪN:

- | | | | |
|---|-----------------|---|------------------------|
| 1 | Khoang chứa mẫu | 6 | Thùng chứa |
| 2 | Dung dịch anot | 7 | Giá đỡ khoang chứa mẫu |
| 3 | Điện cực dương | 8 | Điện cực âm |
| 4 | Mẫu thử | 9 | Nguồn điện |
| 5 | Dung dịch catot | | |

Hình 1 – Sơ đồ minh họa bố trí thiết bị thử nghiệm

6.1.7.5 Điện cực được làm bằng thép không gỉ;

6.1.7.6 Khoang chứa catot làm bằng vật liệu không bị ăn mòn và không dẫn điện;



Hình 4 – Đai siết bằng thép không gỉ (mình họa)

6.2 Hóa chất

6.2.1 Dung dịch anot: dung dịch KOH 0,2 N (11,2 g KOH pha với nước cất hoặc nước khử ion để được 1000 ml dung dịch) hoặc dung dịch NaOH 0,3 N (12 g NaOH pha với nước cất hoặc nước khử ion để được 1000 ml dung dịch);

6.2.2 Dung dịch catot: dung dịch NaCl 5% (cho 50 g NaCl vào 950 g KOH 0,2 N) (dung dịch chuẩn) hoặc (50 g NaCl vào 950 g NaOH 0,3 N);

Nồng độ NaCl có thể sử dụng từ 3% đến 10% nếu được quy định hoặc thỏa thuận. Điều này phải được chú thích rõ ràng trong tài liệu thí nghiệm, báo cáo và đánh giá, đồng thời được sử dụng để tính toán hệ số dịch chuyển.

Nếu sử dụng dung dịch KOH để pha chế dung dịch anot thì dung dịch catot cũng phải được pha chế từ dung dịch KOH.

6.2.3 Dung dịch bạc nitrat 0,1 N;

6.2.4 Dung dịch Kali dicromat 5% (nếu cần).

7 Chuẩn bị mẫu thử

7.1 Chuẩn bị mẫu ban đầu

7.1.1 Đối với mẫu khoan có đường kính từ 50 mm đến 110 mm, chuẩn bị ít nhất hai mẫu bê tông ban đầu lập phương với cạnh 150 mm, hoặc ít nhất ba mẫu bê tông ban đầu hình trụ với đường kính 100 mm và chiều cao 200 mm. Đối với mẫu khoan đường kính 50 mm, cần chuẩn bị ít nhất hai mẫu bê tông

TCVN 13931:2024

ban đầu hình lập phương. Việc chuẩn bị và đảm bảo mẫu bê tông ban đầu phải được thực hiện theo TCVN 3105:2022. Bề mặt mẫu phải được che phủ bằng vải ẩm hoặc tấm polyethane để tránh mất nước.

7.1.2 Mẫu bê tông ban đầu hình trụ và hình lập phương phải được tháo khuôn theo TCVN 3105:2022.

7.1.3 Sau khi tháo khuôn, mẫu bê tông ban đầu được bảo dưỡng trong nước theo TCVN 3105:2022 cho đến khi khoan lấy mẫu thử nghiệm.

7.2 Chuẩn bị mẫu thử

7.2.1 Mỗi thí nghiệm cần lấy ít nhất năm mẫu trụ với đường kính (50 ± 1) mm hoặc ít nhất ba mẫu trụ với đường kính (100 ± 1) mm (cho phép mẫu thử có đường kính từ 50 mm đến 110 mm). Các mẫu thử có chiều cao (50 ± 2) mm. Đường kính d và chiều cao h của mỗi mẫu thử được xác định chính xác đến 0,1 mm. Đường kính mẫu thử không được nhỏ hơn ba lần kích thước lớn nhất của cốt liệu.

7.2.2 Mẫu thử được chuẩn bị không sớm hơn 10 ngày trước khi bắt đầu thí nghiệm. Nếu không có quy định cụ thể, thí nghiệm được thực hiện ở tuổi 28 ngày.

7.2.3 Đối với các mẫu bê tông ban đầu hình lập phương, các mẫu khoan được lấy vuông góc với bề mặt hoàn thiện bằng tay. Mặt trên của mẫu thử cách bề mặt được hoàn thiện bằng tay ít nhất 50 mm. Đối với mẫu bê tông nền hình trụ, cắt bỏ lớp đầu tiên cách bề mặt hoàn thiện 50 mm.

7.2.4 Quan sát vết nứt và khuyết tật trên bề mặt mẫu tiếp xúc với dung dịch NaCl (catot) có đường kính ≤ 5 mm có thể được làm phẳng bằng vật liệu trám. Phụ thuộc vào số lượng và kích thước của khuyết tật, diện tích vật liệu trám không lớn hơn 3% diện tích bề mặt mẫu. Nếu bề mặt mẫu có khuyết tật với đường kính > 5 mm thì cắt bỏ 5 mm đến 10 mm lớp bề mặt chứa khuyết tật đó.

7.2.5 Các mẫu thử được cắt song song với bề mặt thử nghiệm với chiều cao (50 ± 2) mm. Các bề mặt thử nghiệm phải song song với nhau với độ lệch cho phép lớn nhất là 1 mm, được xác định qua bốn điểm cách đều nhau. Nếu cần các bề mặt thử nghiệm có thể được mài phẳng.

8 Cách tiến hành

8.1 Lắp mẫu vào khoang chứa mẫu

8.1.1 Các mẫu thử được chuẩn bị theo 7.2 được lấy ra từ phòng dưỡng hộ ngay lập tức tiến hành thử nghiệm và lắp mẫu vào khoang chứa mẫu như Hình 1 hoặc Hình 2.

8.1.2 Siết chặt ống bọc mẫu bằng hai đai siết bằng thép không gỉ để đảm bảo dung dịch thử nghiệm không thâm nhập qua cạnh bên của mẫu. Sau đó, lắp cực dương là tấm thép không gỉ đục lỗ vào mặt trên phía trong ống bọc mẫu sao cho song song với bề mặt mẫu.

8.2 Lắp khoang chứa mẫu thử vào thùng chứa

8.2.1 Khoang chứa mẫu được lắp cố định vào thùng chứa theo Hình 1 hoặc Hình 2. Đặt bề mặt mẫu song song với điện cực âm bằng thép không gỉ với khoảng cách từ 10 mm đến 15 mm để tạo điều kiện cho các bọt khí thoát ra ngoài.

8.2.2 Đổ dung dịch anot vào mỗi khoang chứa mẫu, khoảng 300 ml với khoang chứa mẫu thử có đường kính 100 mm và 75 ml với khoang chứa mẫu thử có đường kính 50 mm. Nếu sử dụng thiết bị như Hình 1 thì khoang chứa mẫu được đặt nghiêng khoảng 30° để đảm bảo bọt khí có thể nổi lên và thoát ra ngoài.

8.2.3 Thùng chứa được đổ đầy dung dịch catot (ví dụ như dung dịch chứa 5% NaCl trong KOH 0,2 N) sao cho xấp xỉ bề mặt của dung dịch anot trong khoang chứa mẫu. Các dung dịch không được trộn lẫn vào nhau.

8.3 Tiến hành thí nghiệm

8.3.1 Thời gian thí nghiệm phụ thuộc vào điện trở suất và kích thước mẫu. Thời gian thí nghiệm được lấy theo Bảng 1 hoặc Bảng 2 và Bảng 3, dựa trên dòng điện ban đầu đo được. Giá trị trung gian có thể được nội suy tuyến tính. Thời gian thí nghiệm phải đủ để đạt được chiều sâu thâm nhập nhất định. Kết nối các điện cực với nguồn điện một chiều (lên đến 40 V, 0,5 A) để đảm bảo diễn ra sự phân cực chính xác.

8.3.2 Nếu dự kiến được hệ số dịch chuyển M_{nss} thì điện áp và thời gian thử được chọn theo Bảng 1.

8.3.3 Đối với mẫu bê tông chưa biết M_{nss} , thì áp dụng quy trình sau:

Đặt điện áp ban đầu là $(30 \pm 0,2)$ V, ghi lại dòng điện ban đầu. Phụ thuộc vào dòng điện ban đầu đo được, điện áp có thể được để ở mức 30 V hoặc giảm xuống sao cho phù hợp với Bảng 2 và Bảng 3. Thời gian thử nghiệm được chọn dựa theo dòng điện ban đầu và điện áp thử nghiệm sao cho đạt được độ sâu thâm nhập từ 10 mm đến 30 mm.

8.3.4 Trong mọi trường hợp, khi dùng thiết bị như Hình 2 hoặc tương đương thì cần đảm bảo nhiệt độ ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm (không tăng quá 3 °C).

8.3.5 Ghi lại điện áp, dòng điện và nhiệt độ của dung dịch ngay khi bắt đầu, ít nhất 1 lần trong quá trình và 1 lần trước khi kết thúc thí nghiệm.

Bảng 1 – Điện áp và thời gian thí nghiệm khi dự đoán được khoảng giá trị M_{nss}

Giá trị dự đoán $\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	Điện áp U V	Thời gian thử nghiệm giờ
$M_{nss} < 1$	30	168
$1 \leq M_{nss} < 2$		96
$2 \leq M_{nss} < 5$		48
$5 \leq M_{nss} < 10$		24
$10 \leq M_{nss} < 20$	20	24
$20 \leq M_{nss} < 40$	15	24
$40 \leq M_{nss} < 80$	10	24
$80 \leq M_{nss}$		6

**Bảng 2 – Thời gian thí nghiệm phụ thuộc vào dòng điện ban đầu ở điện thế 30 V
đối với mẫu thử đường kính 50 mm**

Dòng điện ban đầu I_0 D = 50 mm H = 50 mm mA	Điện áp U V	Thời gian thử nghiệm h
$I_0 < 1$	30	168
$1 \leq I_0 < 2$		96
$2 \leq I_0 < 7$		48
$7 \leq I_0 < 15$		24
$15 \leq I_0 < 30$	20	24
$30 \leq I_0 < 45$	15	24
$45 \leq I_0 < 90$	10	24

**Bảng 3 – Thời gian thí nghiệm phụ thuộc vào dòng điện ban đầu ở điện thế 30 V
đối với mẫu thử đường kính 100 mm**

Dòng điện ban đầu I_0 D = 100 mm H = 50 mm mA	Điện áp U V	Thời gian thử nghiệm giờ
$I_0 < 5$	30	168
$5 \leq I_0 < 10$		96
$10 \leq I_0 < 30$		48
$30 \leq I_0 < 60$		24
$60 \leq I_0 < 90$	25	24
$90 \leq I_0 < 120$	20	24
$120 \leq I_0 < 180$	15	24
$180 \leq I_0 < 360$	10	24
$360 \leq I_0$		6

8.3.6 Sau khi kết thúc quá trình thí nghiệm, tắt nguồn và tháo dây cáp khỏi nguồn điện, tháo khoang chứa mẫu ra khỏi bể chứa dung dịch clo. Ngay lập tức tháo mẫu, rửa bằng nước máy và lau khô bề mặt bằng khăn lau. Sau đó, các mẫu được ép chế thành hai nửa (song song với chiều thâm nhập của clorua).

8.3.7 Đặt mẫu vừa tách lên bàn, phun dung dịch AgNO₃ lên bề mặt được phân tách sao cho dung dịch không bị chảy theo hướng thâm nhập clorua.

Phun dung dịch AgNO₃ lên bề mặt của cả hai nửa mẫu thử được tách đôi ở trên trong điều kiện vẫn còn độ ẩm. Sau khi để khô bề mặt (khoảng 10 min), quá trình trên được lặp lại 1 lần để nhìn thấy rõ ranh giới đổi màu trên bề mặt mẫu.

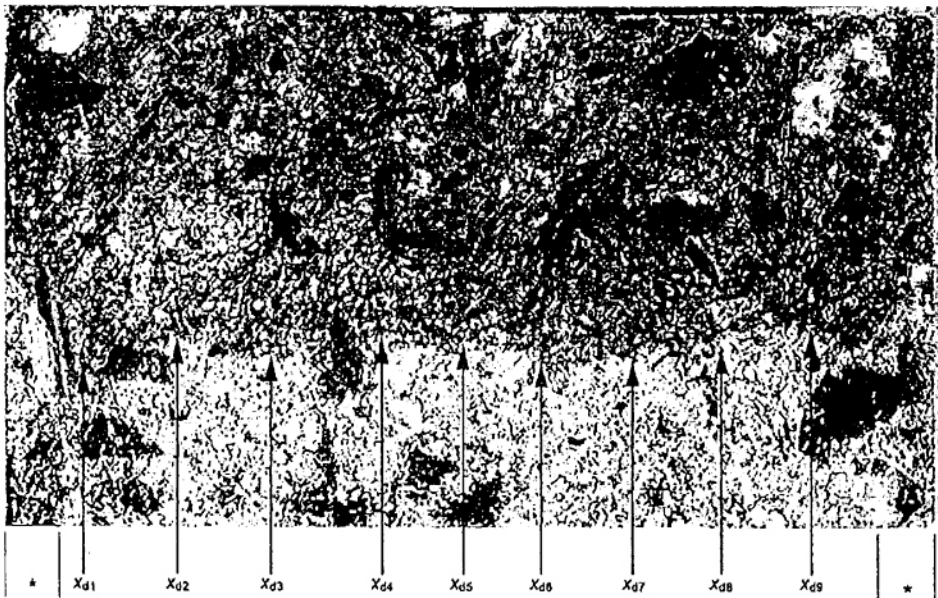
CHÚ THÍCH 2: Có thể phun dung dịch Kali đicromat để tăng khả năng đổi màu.

Trong trường hợp chỉ sử dụng chất chỉ thị là bạc nitrat, sau khi phun chất chỉ thị màu, để mẫu thử trong phòng đủ ánh sáng và tiến hành đo sau ít nhất 30 min.

Vùng bê tông bị clo thâm nhập vào được phân biệt bằng việc đổi màu sang màu sáng rõ rệt do chất chỉ thị màu.

Độ sâu xâm nhập của clorua được xác định bằng sự khác biệt màu sắc quan sát được trên mỗi nửa mẫu thử tại ít nhất 6 điểm (với $d = 50$ mm) hoặc 9 điểm (với $d = 100$ mm). Độ sâu thâm nhập clorua được đo và ghi lại chính xác đến 1 mm bằng thước kẹp. Với mẫu đường kính 100 mm, diện tích vùng mép ngoài cách mặt bên đến 10 mm sẽ không được sử dụng để xác định độ sâu thâm nhập trung bình (Hình 5).

Nếu độ sâu thâm nhập của clorua tại các điểm đo ngoài cùng (x_{d1} và x_{d9} [đường kính 100 mm]) lớn hơn 2 lần giá trị trung bình độ sâu của các điểm ở giữa thì loại bỏ kết quả thử nghiệm của mẫu này.



Hình 5 – Vị trí các điểm đo chiều sâu thâm nhập clorua trên mẫu đường kính 100 mm

9 Kết quả thí nghiệm

9.1 Xác định chiều sâu thâm nhập trung bình và lớn nhất

Từ các giá trị chiều sâu thâm nhập trên các mẫu thí nghiệm ($x_{d1}, x_{d2}, \dots, x_{dn}$), xác định được chiều sâu thâm nhập trung bình (x_d), lấy chính xác đến 0,5 mm. Nếu vùng bê tông có chiều sâu thâm nhập cao hơn đáng kể so với các giá trị còn lại (ví dụ: lỗ rỗng lớn) thì có thể loại bỏ giá trị này khi tính toán x_d nếu số điểm loại bỏ ít hơn 1/3 tổng số điểm đo. Trong các trường hợp khác, các chiều sâu thâm nhập sâu hơn này phải được đưa vào để tính toán x_d . Khi đó, các dấu hiệu quan sát được hoặc có thể có của vết xâm nhập sâu hơn đáng kể, chẳng hạn như các vết nứt và/hoặc các vùng có độ rỗng cao hơn phải được đưa vào báo cáo và phân tích.

Ghi lại chiều sâu thâm nhập lớn nhất x_{dmax} của các điểm đo được sử dụng để tính toán x_d .

TCVN 13931:2024

Nếu chiều sâu thâm nhập tại các điểm ngoài cùng (x_{d8} , x_{d9} [đường kính 100 mm] và x_{d5} , x_{d6} [đường kính 50 mm]) lớn hơn hai lần chiều sâu thâm nhập trung bình của các điểm ở giữa thì loại bỏ các giá trị tại các điểm ngoài cùng.

9.2 Xác định hệ số dịch chuyển clorua M_{nss}

Việc xác định hệ số dịch chuyển clorua dựa trên giả thiết rằng tổng lượng clorua thâm nhập qua một đơn vị diện tích lỗ rỗng chứa dung dịch trong bê tông về cơ bản liên quan đến sự di chuyển của các ion trong bê tông bão hòa nước với điện trường không đổi và không có đổi lưu trong mặt cắt ngang của mẫu.

Hệ số dịch chuyển clorua được xác định theo công thức sau:

$$M_{nss} = \frac{RT}{zFE} \cdot \frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \tag{1}$$

Trong đó:

$$E = \frac{U}{h} \tag{2}$$

$$\alpha = 2 \cdot \sqrt{\frac{RT}{zFE}} \operatorname{erf}^{-1} \left(1 - \frac{2c_d}{c_0} \right) \tag{3}$$

Để đánh giá kết quả của thí nghiệm dịch chuyển với dung dịch NaCl 5% (khoảng 0,9 N), hàm lỗi nghịch đảo được tính:

$$\operatorname{erf}^{-1} \left(1 - \frac{2 \cdot 0,07}{0,9} \right) = 1,00 \tag{4}$$

Do đó, M_{nss} được tính lại theo công thức rút gọn sau:

$$M_{nss} = \frac{0,0239 (T)h}{(U)t} \left(x_d - 0,0186 \sqrt{\frac{(T)hx_d}{U}} \right) \tag{5}$$

10. Quy trình cho các trường hợp riêng

10.1 Mẫu bê tông phun hoặc vữa phun

Chế tạo tấm phẳng theo EN 14488-1 bằng cách phun vữa hoặc bê tông theo phương thẳng đứng. Kích thước tấm phẳng không nhỏ hơn (300×300×100) mm. Bề mặt của các tấm được để nguyên khi kết thúc quá trình phun. Sau đó, tấm phẳng được để nguyên trong ván khuôn trong phòng kín với nhiệt độ (27 ± 2) °C trong vòng (24 ± 2) h. Bề mặt hồ được phủ khăn ẩm hoặc tấm polythene để tránh mất ẩm. Các tấm được tháo ra khỏi ván khuôn sau 24 giờ hoặc nếu sự phát triển cường độ của tấm không đảm bảo để tháo khuôn sau 24 h, thì thời gian bảo dưỡng trong ván khuôn có thể được kéo dài đến (48 ± 2) h.

Sau khi tháo khuôn, các tấm phẳng được bảo dưỡng trong nước ở nhiệt độ (27 ± 2) °C cho đến khi khoan lấy mẫu

Quá trình chuẩn bị mẫu thử theo 7.2

11 Báo cáo kết quả

11.1 Ghi lại các thông tin sau trong báo cáo thử nghiệm:

11.1.1 Tham khảo tài liệu này cùng với các lựa chọn thay thế đã chọn;

- a) Ngày sản xuất bê tông;
- b) Định danh, chỉ định mẫu thử;
- c) Kích thước mẫu thử;
- d) Số lượng và kích thước khuyết tật (vết nứt và lỗ rỗng) trên bề mặt mẫu thử;
- e) Hình dạng yêu cầu và kích thước mẫu bê tông ban đầu và chuẩn bị bề mặt thử nghiệm của mẫu thử;
- f) Ngày chuẩn bị mẫu;
- g) Điều kiện bảo dưỡng sau khi chuẩn bị mẫu;
- h) Ngày và giờ thí nghiệm (bắt đầu và kết thúc thử nghiệm);
- i) Thời gian thí nghiệm (tính từ khi bắt đầu đến khi kết thúc);
- k) Nồng độ NaCl của dung dịch catot;
- l) Điện thế ban đầu và khi kết thúc thí nghiệm;
- m) Dòng điện đo được ở thời điểm ban đầu và khi kết thúc thí nghiệm;
- n) Nhiệt độ của catot và anot khi bắt đầu và khi kết thúc thí nghiệm;
- o) Các giá trị chiều sâu thâm nhập x_{d1}, \dots, x_{dn} ;
- p) Chiều sâu thâm nhập trung bình và chiều sâu thâm nhập lớn nhất của mẫu thử
- q) Giá trị hệ số dịch chuyển của từng mẫu và giá trị hệ số dịch chuyển trung bình
- r) Bất kỳ sai sót nào theo phương pháp thử tiêu chuẩn

12 Độ chụm ước tính

12.1 Sự phân tán của hệ số dịch chuyển clorua thường được mô tả bằng độ chụm của độ lặp lại và độ chụm của độ tái lập. Độ phân tán thử nghiệm của phép thử dịch chuyển clorua được biểu thị bằng hệ số biến thiên (tỉ lệ của độ lệch chuẩn so với giá trị trung bình). Ước tính độ chụm từ bốn nguồn sau đây.

12.2 Theo [4], độ chụm ước tính để xác định hệ số dịch chuyển clorua là:

Hệ số biến thiên của độ lặp lại: 11%;

Hệ số biến thiên của độ tái lập: 20%.

12.3 Độ chụm ước tính đạt được trong báo cáo của một dự án nghiên cứu quốc tế [5].

12.4 Các độ chụm ước tính khác được nêu trong Bảng 4 [6]. Sự ước tính này liên quan đến giá trị trung bình của ba kết quả hệ số dịch chuyển clorua.

**Bảng 4 – Quan hệ giữa hệ số dịch chuyển clorua với hệ số lặp lại
và hệ số tái lập (trong NaCl 10%)**

Độ biến động hệ số lặp lại			Độ biến động hệ số tái lập		
$v_r = a.m_b$			$v_R = a.m_b$		
a	b	R^2	a	b	R^2
12,92	-0,234	0,73	18,83	-0,094	0,87

12.5 Dự án thử nghiệm clo [7] đưa ra độ chụm ước tính như trong Bảng 5.

Bảng 5 – Độ chụm ước tính của thí nghiệm hệ số dịch chuyển clorua

Giá trị trung bình $M_{nss} \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	15,43	14,67	7,44	5,94	2,31	1,76
Độ lệch chuẩn lặp lại	1,34	1,96	0,90	0,74	0,51	0,39
Độ lệch chuẩn tái lập	2,58	3,21	1,60	0,99	0,72	0,59
Độ biến động hệ số lặp lại	8,7%	13,4%	12,1%	12,4%	22,2%	22,3%
Độ biến động hệ số tái lập	16,7%	21,9%	21,6%	16,6%	31,2%	33,4%
Hệ số lặp lại	3,75	5,49	2,53	2,07	1,44	1,10
Hệ số tái lập	7,20	9,00	4,49	2,76	2,02	1,65

12.6 Độ chụm ước tính từ dự án [8] với bê tông có kích thước hạt cốt liệu lớn nhất 32 mm được cho trong Bảng 6.

Bảng 6 - Độ chụm ước tính của thí nghiệm hệ số dịch chuyển clorua

Hệ số dịch chuyển clorua $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	Độ lệch chuẩn lặp lại, S_r $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	Độ lệch chuẩn tái lập, S_R $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	Hệ số lặp lại r $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	Hệ số tái lập R $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
2,1	0,7	1,6	1,8	4,6
7,2	0,8	1,7	2,3	4,8
15	1,3	3,1	3,8	8,4

Phụ lục A

(Tham khảo)

Một số thông tin về tiêu chuẩn

Nói chung, hệ số khuếch tán clorua biểu kiến $D_{app}(t)$ được sử dụng để đặc trưng cho khả năng dịch chuyển của clorua trong bê tông đã được bão hòa nước trong điều kiện chân không. Hệ số dịch chuyển clorua biểu kiến chủ yếu chịu ảnh hưởng bởi cấu trúc lỗ (số lượng, phân bố kích thước lỗ) và nó sẽ ít bị ảnh hưởng bởi các tương tác ion.

$D_{app}(t)$ thường được xác định thông qua phương pháp xác định clorua được mô tả trong EN 12390-11. Các thông số để xác định nồng độ clorua có thể được lấy từ các kết cấu hiện có hoặc từ các mẫu thử được bảo quản trong các điều kiện tương tự như trong thực tế. Việc xác định $D_{app}(t)$ trên các mẫu thử nghiệm (để thiết kế các kết cấu mới) là tốn kém và rất mất thời gian. Tiêu chuẩn này cung cấp một phương pháp thí nghiệm dịch chuyển clorua ở trạng thái không ổn định. Hệ số dịch chuyển clorua $M_{nss}(t_0)$ được xác định bằng cách thúc đẩy quá trình dịch chuyển clorua thông qua việc áp một điện trường lên mẫu thử bão hòa nước, do đó ảnh hưởng của sự dịch chuyển tự nhiên là không đáng kể. Sự thâm nhập clorua vào mẫu bê tông với tốc độ cao hơn so với sự dịch chuyển bởi gradient nồng độ. Hệ số dịch chuyển clorua M_{nss} không bao gồm các tương tác lâu dài giữa bê tông và dung dịch muối vì nó được xác định trong các thử nghiệm ngắn hạn và không phụ thuộc vào liên kết clorua. Hệ số dịch chuyển clorua $M_{nss}(t_0)$ thường cao hơn so với $D_{app}(t_0)$ trong thí nghiệm hệ số dịch chuyển biểu kiến ở tuổi sớm (từ 1 đến 3 tháng) do M_{nss} đại diện cho hệ số dịch chuyển tạm thời ở một độ tuổi nhất định (do thí nghiệm trong thời gian ngắn) còn D_{app} là hệ số dịch chuyển trung bình trong một thời gian dài (giảm dần theo thời gian).

Có một số hướng dẫn có sẵn ở Châu Âu đề xuất các quy trình thí nghiệm hệ số dịch chuyển. Tiêu chuẩn này đặc biệt dựa trên quy trình thử nghiệm NT build 492 và trên BAW merckblatt của Đức.

Các thông số như cách bố trí thí nghiệm, điện áp sử dụng, hình dạng và kích thước mẫu thử, hàm lượng và loại xi măng, loại cốt liệu và phụ gia thêm vào đều ảnh hưởng đến kết quả của phép đo. Kết quả báo cáo cũng phụ thuộc vào công thức được sử dụng. Các tài liệu cho thấy ảnh hưởng không nhất quán của tuổi thử nghiệm đối với điện trở clorua đo được. Do những ảnh hưởng này, việc sử dụng quy trình thử nghiệm khác với quy trình được mô tả trong tài liệu này có thể không cho cùng hệ số dịch chuyển clorua ở trạng thái ổn định và độ chụm.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] EN 1504-3, *Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity – Part 3: Structural and non-structural repair*
- [2] EN 14487-1, *Sprayed concrete – Part 1: Definitions, specifications and conformity*
- [3] EN 12390-11, *Testing hardened concrete – Part 11: Determination of the chloride resistance of concrete, unidirectional diffusion*
- [4] L. Tang, and H. E. Sørensen, *Precision of the Nordic test methods for measuring the chloride diffusion/migration coefficients of concrete*, Materials and Structures, Vol.34, October 2001, pp479-485
- [5] Technical Report F-244, *Round robin Test on Determination of the chloride migration coefficient of Mortar and Concrete*, 22.12.2015 (in preparation)
- [6] CHLORTEST EU Funded Research Project – Resistance of concrete to chloride ingress – *From laboratory tests to in-field performance, Testing Resistance of Concrete to Chloride Ingress – A proposal to CEN for consideration an EN standard*. Deliverable 22. April 2006
- [7] CHLORTEST EU Funded Research Project – Resistance of concrete to chloride ingress – *From laboratory tests to in-field performance, WP5 Report – Final evaluation of test methods*. Deliverables D16-19, Dec. 2015
- [8] Swiss Association of Accredited Testing Laboratories of Building Materials. (Vereinigung Akkreditierter Baustoffprüflabors, VAB), *Round Robin Test «Chloride resistance according to SIA 262/1, Annex B»*, Final Report 2-1-032-01.11a, 18.01.2011, Author: Fernand Deillon
-