

Đánh giá cường độ chịu nén của bê tông trong dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn bằng thực nghiệm

Evaluation of compressive strength of concrete in corroded reinforced concrete beams by experiment

> NGUYỄN SỸ HÙNG¹, VƯƠNG HOÀNG THẠCH^{1,2}, NGUYỄN THANH HƯNG¹, CAO NỮ KIM ANH³

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

²Sở Xây dựng, tỉnh An Giang

³Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu sự suy giảm cường độ chịu nén của bê tông trong dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn bằng thực nghiệm. Các dầm bê tông cốt thép được thúc đẩy ăn mòn nhanh bằng phương pháp gia tốc ăn mòn cốt thép trong phòng thí nghiệm với dung dịch 3% NaCl và dòng điện $900\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Các dầm bị ăn mòn với ba mức độ tương ứng với thời gian ăn mòn là 1 tháng, 2 tháng và 3 tháng. Kết thúc quá trình ăn mòn, cốt thép trong các dầm bị ăn mòn 11.3%, 14.35%, 24.78% tương ứng với thời gian 1 tháng, 2 tháng và 3 tháng. Cường độ chịu nén của bê tông trong các dầm cũng bị suy giảm tương ứng 22.4%, 31.2%, 33.6%. Qua đó, cho thấy việc thực nghiệm ăn mòn nhanh cốt thép trong dầm bằng phương pháp điện phân đã làm ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của bê tông là rất đáng kể. Điều này dẫn đến suy giảm độ cứng của dầm bê tông cốt thép khi bị ăn mòn và khả năng chịu uốn của dầm khi chịu tải trọng.

Từ khóa: Bê tông; ăn mòn; cường độ của bê tông; bê tông cốt thép.

ABSTRACT

The article studies the decrease in compressive strength of concrete in corroded reinforced concrete beams by experiment. Reinforced concrete beams are accelerated corrosion of reinforcement in the laboratory with 3% NaCl solution and $900\mu\text{A}/\text{cm}^2$ current. The beams were corroded with three degrees of corrosion acceleration time of one month, two months, and three months, respectively. At the end of the corrosion process, the reinforcement in the beams was corroded 11.3%, 14.35%, and 24.78%, respectively, for one month, two months, and three months. As a result, the compressive strength of concrete in the beams is also reduced by 22.4%, 31.2%, and 33.6%, respectively. Thereby, the acceleration of corrosion of reinforcement in beams by electrolysis has significantly affected the compressive strength of concrete. This reduction of concrete strength leads to a decrease in the stiffness of the reinforced concrete beam and the flexural capacity of the beam under load.

Keywords: Concrete; corrosion; strengthening of concrete; concrete reinforcement.

1. MỞ ĐẦU

Các công trình dân dụng hiện nay chủ yếu sử dụng kết cấu bê tông cốt thép vì tính vượt trội về ưu điểm của loại kết cấu này. Tuy nhiên, nhược điểm của kết cấu bê tông cốt thép là khả năng giảm tuổi thọ do ăn mòn bởi quá trình xâm nhập clorua và hiện tượng cacbonat hóa, dẫn đến bong tróc lớp bê tông bảo vệ, giảm đường kính cốt thép, giảm cường độ liên kết giữa bê tông và cốt thép [1, 2, 3]. Do vậy, việc đánh giá khả năng chịu tải của kết cấu bê tông cốt thép sau một quá trình dài sử dụng bị ăn mòn là rất cần thiết. Hiện nay, đã có nhiều nghiên cứu về khả năng chịu tải trọng của dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn chủ yếu dựa trên mô hình thí nghiệm bằng phương pháp gia tốc ăn mòn cốt thép trong bê tông [4, 5, 6].

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn như giảm đường kính cốt thép, giảm tính dẻo của cốt thép, giảm lớp bê tông bảo vệ vùng nén và vùng kéo, suy giảm lực bám dính giữa bê tông và cốt thép là do vết nứt dọc [7, 8].

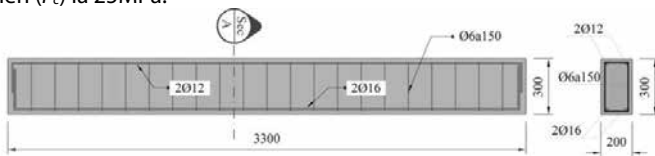
Theo tiêu chuẩn TCVN 9381-2012 [9] đánh giá mức độ nguy hiểm kết cấu chịu lực của công trình đối với kết cấu bê tông cốt thép thì việc khảo sát số liệu về cường độ chịu nén của bê tông trên cấu kiện là một trong các tham số quan trọng. Do vậy, kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn, ngoài sự ảnh hưởng bởi các yếu tố đã được xác định như trên làm giảm khả năng chịu tải trọng của kết cấu, thì cần phải kể đến sự suy giảm về cường độ chịu nén của bê

tông. Khi cường độ chịu nén của bê tông bị suy giảm do kết cấu bị ăn mòn sẽ làm ảnh hưởng đáng kể đến ứng xử của kết cấu bê tông cốt thép nhất là độ cứng của kết cấu. Trong nghiên cứu này, các tác giả sẽ nghiên cứu đánh giá sự suy giảm cường độ chịu nén của bê tông trong dầm bê tông cốt thép khi bị ăn mòn bằng thực nghiệm.

2. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1 Mẫu dầm thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, các dầm được thiết kế như trong Hình 1. Chiều dài của dầm 3300mm, chiều cao là 300mm và chiều rộng là 200mm. Cốt thép đặt trong vùng chịu nén là 2 Ø12, trong vùng chịu kéo là 2 Ø16, cốt đai Ø6 a150. Các thông số của cốt thép và bê tông được xác định trong phòng thí nghiệm như Bảng 1 và Bảng 2 [4]. Bê tông được thiết kế sử dụng loại đá 1x2 và có cường độ chịu nén (f_c) là 25MPa.



Hình 1. Kích thước mẫu dầm bê tông cốt thép

Bảng 1. Thông số của cốt thép

Đường kính thép	Giới hạn chảy (MPa)	Giới hạn bền (MPa)	Modul đàn hồi E_s (GPa)	Diện tích (mm^2)
Ø6	378.5	543	200	28.27
Ø12	364.1	508.7	200	78.54
Ø16	353.4	499.4	200	314.2

Bảng 2. Cấp phối các mẫu dầm

Xi						Cường độ, f_c
Nước	măng	Cát	Đá	Độ sụt	Mpa	
W(lít)	C(kg)	W/C	(kg)	(mm)	(28 ngày)	
188	328	0.573	594	1123	60	26.3

Các dầm sau khi đúc xong được bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn trong 28 ngày. Sau đó các dầm này được chia thành ba nhóm với thời gian ăn mòn tương ứng là 1 tháng, 2 tháng và 3 tháng. Sau khi đủ thời gian ăn mòn với mức ăn mòn khác nhau các dầm được thí nghiệm kiểm tra cường độ bê tông và cường độ cốt thép. Một dầm đối chứng không bị ăn mòn (dầm C0) để so sánh đánh giá với các mẫu dầm bị ăn mòn.

2.2 Thí nghiệm ăn mòn

Trong nghiên cứu này để tăng tốc độ ăn mòn, các dầm được ngâm trong dung dịch NaCl 3% và các thanh cốt thép được nối với dòng điện một chiều 900 μ A/cm². Ba nhóm dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn lần lượt là 1 tháng (dầm C1), 2 tháng (dầm C2) và 3 tháng (dầm C3). Theo thiết kế mức độ ăn mòn, cốt thép được nối với cực dương, cực âm của dòng điện được nối với thanh đồng. Kết thúc quá trình ăn mòn, cốt thép trong các dầm bị ăn mòn với dầm C1 là 11.3%, với dầm C2 là 14.35%, với dầm C3 là 24.78%. Trong hình 2 thể hiện các mẫu dầm trước và sau khi bị ăn mòn bằng phương pháp điện phân. Sự xuống cấp của kết cấu bê tông cốt thép có thể chia thành ba giai đoạn:

- Giai đoạn 1 là thời gian kể từ khi bắt đầu ăn mòn cốt thép cho đến khi ăn mòn cốt thép gây ra các vết nứt ban đầu trong bê tông;
- Giai đoạn 2 là giai đoạn tăng tốc được xác định khi vết nứt lan truyền và liên kết với nhau, lượng ăn mòn cốt thép tăng nhanh;

- Giai đoạn 3 được xác định khi các vết nứt bắt đầu lớn gây bong tróc hoặc nứt vỡ lớp bê tông bảo vệ, giai đoạn này, ăn mòn gây ra các vết nứt làm suy giảm đáng kể khả năng chịu lực của kết cấu bê tông.



Hình 2. Mẫu dầm trước và sau khi bị ăn mòn

2.3 Lấy mẫu bê tông đánh giá cường độ



Hình 3. Lấy mẫu bê tông trên các mẫu dầm

Việc lấy mẫu bê tông thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông thực hiện theo TCXDVN 239:2006 [10]. Trong hình 3 thể hiện công tác dùng máy khoan lấy lõi để khoan lấy mẫu bê tông, mỗi dầm lấy một tổ hợp bao gồm ba mẫu. Kích thước của lõi khoan có đường kính là 67mm, chiều cao mẫu là 132mm. Sau khi đã làm phẳng hai đầu mẫu khoan, phân loại mẫu khoan theo từng cấu kiện.

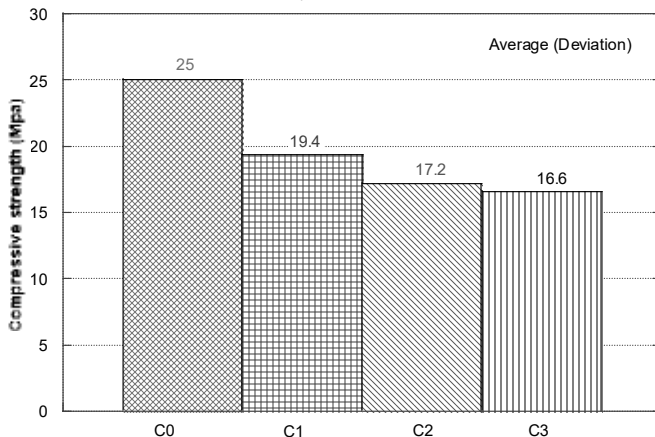
2.4 Thí nghiệm kiểm tra cường độ bê tông

Sau khi các mẫu khoan đã được gia công và phân loại như trong Hình 3, các mẫu được đưa vào máy nén để kiểm tra cường độ của bê tông như trong Hình 4.



Hình 4. Thí nghiệm các mẫu bê tông

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 5. Cường độ chịu nén của bê tông của các mẫu dầm

Trong Hình 5 cho thấy sự suy giảm cường độ chịu nén của bê tông đối với mức độ ăn mòn. Kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ chịu nén bê tông của dầm C0 (dầm đối chứng) là 25 MPa, cường độ chịu nén bê tông của dầm C1 là 19.4 MPa giảm 22.4%, cường độ chịu nén bê tông của dầm C2 là 17.2 MPa giảm 31.2%, cường độ chịu nén bê tông của dầm C3 là 16.6 MPa giảm 33.6% so với dầm C0. Mức giảm cường độ chịu nén của bê tông lớn nhất là giữa dầm C0 và dầm C1. Kết quả thí nghiệm này xác nhận rằng quá trình ăn mòn đã làm suy giảm đáng kể đến cường độ chịu nén của bê tông. Qua các nghiên cứu về kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn đã cho thấy khi kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn sẽ làm: giảm đường kính cốt thép, giảm tính dẻo của cốt thép, giảm lớp bê tông bảo vệ vùng nén và vùng kéo, giảm lực bám dính giữa bê tông và cốt thép là do vết nứt dọc [7, 8]. Trong nghiên cứu này cho thấy khi kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn thì cường độ chịu nén của bê tông suy giảm rất đáng kể, dẫn đến suy giảm độ cứng của dầm bê tông cốt thép khi bị ăn mòn và khả năng chịu uốn của dầm khi chịu tải trọng.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo tác giả nghiên cứu về cường độ chịu nén của bê tông đối của 03 dầm bị ăn mòn với các mức độ khác nhau C1, C2, C3. Kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ chịu nén bê tông của dầm C0 (dầm đối chứng) là 25 MPa, cường độ chịu nén bê tông của dầm C1 là 19.4 MPa giảm 22.4%, cường độ chịu nén bê tông của dầm C2 là 17.2 MPa giảm 31.2%, cường độ chịu nén bê tông của dầm C3 là 16.6 MPa giảm 33.6% so với dầm C0.

Các nghiên cứu trước cho thấy khi kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn sẽ làm: giảm đường kính cốt thép, giảm tính dẻo của cốt thép, giảm lớp bê tông bảo vệ vùng nén và vùng kéo, giảm lực bám dính giữa bê tông và cốt thép là do vết nứt dọc [7, 8]. Trong nghiên cứu này cho thấy kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn sẽ làm cường độ chịu nén của bê tông suy giảm rất đáng kể. Điều này sẽ dẫn đến sự suy giảm độ cứng của dầm bê tông cốt thép và khả năng chịu uốn của dầm khi chịu tải trọng.

Lời cảm ơn

Bài báo nghiên cứu thuộc đề tài mã số: T2022-160TĐ được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ma Y, Peng A, Su X, Wang L, Zhang J. Modeling Constitutive Relationship of Steel Bar Removed from Corroded PC Beams after Fatigue Considering Spatial Location Effect. *J Mater Civ Eng* 2021 ; 33(4):04021019.
- [2]. Song L, Fan Z, Hou J. Experimental and Analytical Investigation of the Fatigue Flexural Behavior of Corroded Reinforced Concrete Beams. *Int J Concr Struct Mater* 2019 ; 13(1).
- [3]. Ma Y, Guo Z, Wang L, Zhang J. Experimental investigation of corrosion effect on bond behavior between reinforcing bar and concrete. *Constr Build Mater* 2017; 152:240–9.
- [4]. Thanh Hung Nguyen, Dinh Hung Nguyen, Duy Duan Nguyen, Experimental Study on Strengthening of Corroded RC Beams with High-Performance Steel Fiber Mortar and Normal Reinforcements, *International Journal of Civil Engineering* (2022) 20:587–600.
- [5]. Du, Y., Clark, L. A., Chan, A. H. C. (2007). Impact of reinforcement corrosion on ductile behavior of reinforced concrete beams. *ACI Structural Journal*, 104(3):285-293.
- [6]. El Maaddawy, T., Soudki, K., Topper, T. (2005). Long-term performance of corrosion damaged reinforced concrete beams. *ACI Structural Journal*, 102(5):649-656.
- [7]. Okada K., Kobayashi K., and Miyagawa T, Influence of Longitudinal Cracking Due to Reinforcement Corrosion on Characteristics of Reinforced Concrete Members, *ACI Structural Journal*, 1988, 134-140.
- [8]. Rodriguez J, Ortega LM, Casal J. Load carrying capacity of concrete structures with corroded reinforcement. *Construction and Building Materials*, 11(4), 1997, 239–248.
- [9]. TCVN 9381:2012 Guidelines for the evaluation of dangerous levels of building structures
- [10]. TCXDVN 239:2006 Heavyweight concrete - Guide to assessment of concrete strength in existing structures.