

PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA BÊ TÔNG CỐT SỢI THỦY TINH POLYMER (GFRP) CHO CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG Ở VÙNG BIỂN, HẢI ĐẢO

Analysis of Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) bars reinforced seawater Sea

Nguyễn Phước Toàn¹ và Trương Tích Thiện²

¹Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An, Long An, Việt Nam

²Khoa Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG TP.HCM, Việt Nam
nguyenphuoctoan22@gmail.com

Tóm tắt — Tình trạng suy giảm tuổi thọ công trình bê tông cốt thép làm việc trong môi trường biển rất đáng để quan tâm. Kết quả nghiên cứu cho thấy có hơn 50% bộ phận kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn, hư hỏng nặng hoặc bị phá hủy chỉ sau 10 đến 30 năm sử dụng. Trong môi trường xâm thực vùng biển, hiện tượng ăn mòn cốt thép và bê tông dẫn đến làm nứt vỡ và phá hủy kết cấu bê tông cốt thép, không đảm bảo tuổi thọ công trình. Vì vậy trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ phân tích khả năng chịu tải của bê tông cốt sợi thủy tinh như là một lựa chọn với phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Ansys.

Abstract — The decline in the lifespan of reinforced concrete structures working in the marine environment is worthy of concern. Research results show that more than 50% of reinforced concrete structural parts are corroded, severely damaged or destroyed after only 10 to 30 years of use. In the aggressive environment of the sea, the phenomenon of corrosion of reinforcement and concrete leads to cracking and destruction of polymer glass fiber reinforced concrete structures, which does not guarantee the life of the works. Therefore, in this paper, the authors will analyze the load capacity of fiberglass reinforced concrete as an option with the finite element method through Ansys software.

Từ khóa — Bê tông cốt sợi thủy tinh, khả năng chịu tải, glass fiber reinforced polymer, load capacity.

1. Đặt vấn đề

Một trong những nguyên nhân chính dẫn đến hư hỏng sớm trong bê tông cốt thép (BTCT) và bê tông ứng suất trước (PC) là sự ăn mòn của cốt thép. Khi thép bị ăn mòn, tiết diện hiệu quả giảm và khả năng chịu tải của nó cũng giảm. Hơn nữa, khi các cốt thép bị ăn mòn có tác động lớn làm cho bê tông liên kết bị nứt vỡ, thúc đẩy sự xâm nhập của các hóa chất mạnh. Các thanh thép không gỉ luôn có sẵn và có tính năng chống ăn mòn tốt. Tuy nhiên, chi phí quá cao của chúng làm hạn chế trong việc tiếp cận với quy mô lớn.

Sợi thủy tinh (Glass Fiber Reinforced Polymer Bar) gọi tắt là thanh GFRP được dùng làm cốt trong các kết cấu bê tông, là sản phẩm dạng thanh được bao bọc gắn kết bởi chất kết dính khác (vật liệu cacbon, compozit gốm,...). Do có các đặc tính ưu việt: Không từ tính, không dẫn điện, khả năng chống ăn mòn môi trường xâm thực cao, cường độ chịu kéo lớn, nhẹ hơn thép nhiều lần. Vì vậy thanh GFRP rất thích hợp để làm cốt gia cường thay thế thép trong các kết cấu bê tông đòi hỏi các yêu cầu đặc trưng nêu trên.

Một số các công trình nghiên cứu về việc sử dụng bê tông cốt sợi đã được đăng trên các tài liệu trong nước (Nguyễn Trâm, 2006), (Nguyễn Thanh Tùng, 2008) và quốc tế (Lawrenc, 2006). Hiện nay tại Việt Nam chưa xây dựng được tiêu chuẩn để tính toán để thiết kế kết cấu bê tông cốt sợi thủy tinh. Vì vậy, trong bài báo này sẽ đề cập đến việc phân tích kết cấu bê tông có cốt sợi thủy tinh GFRP bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Tiêu chuẩn phá hủy của bê tông (Willam và Warnke, 1975)

Mô hình vật liệu bê tông dự đoán được sự phá hủy của vật liệu giòn. Cả hai loại phá hủy gồm nứt và phá hủy do nén đều được tính toán.

Tiêu chuẩn phá hủy của bê tông ở trạng thái ứng suất đa trục được tham khảo theo William và Warnke (1975) và được thể hiện dưới công thức sau:

$$\frac{F}{f_c} - S \geq 0 \quad (1)$$

Trong đó, F là một hàm của trạng thái ứng suất chính, S là bề mặt phá hủy được tính dựa trên ứng suất chính; f_c là ứng suất phá hủy đơn trục.

Sự phá hủy của bê tông được phân loại theo bốn trạng thái sau:

- (Nén - nén - nén)
- (Kéo - nén - nén)
- (Kéo - kéo - nén)
- (Kéo - kéo - kéo)

2.2. Mô hình bê tông có cốt (Lawrence, 2006)

Có ba kỹ thuật được sử dụng để mô hình hóa bê tông có cốt trong mô hình phần tử hữu hạn gồm: Mô hình rời rạc (discrete model), mô hình nhúng (embedded model) và mô hình vết nứt ẩn (smeared model). Trong đề tài này, kỹ thuật xây dựng mô hình rời rạc được sử dụng để mô hình bê tông và cốt bên trong. Các phần tử thanh gậy ba chiều sẽ kết nối với các phần tử bê tông ở các nút chung.

Liên kết giữa bê tông và cốt GFRP được giả định là tuyệt đối trong mô hình ANSYS. Phần tử Link180 của cốt GFRP được kết nối giữa các nút của phần tử khối bê-tông Solid65 liền kề, do đó 2 vật liệu được liên kết tại 1 nút.

3. Mô hình và kết quả

Cột chân cột cầu cảng của dự án công trình: Cầu cảng 49.000 dwt thuộc dự án cảng dầu khí quốc tế Pacific Petro.

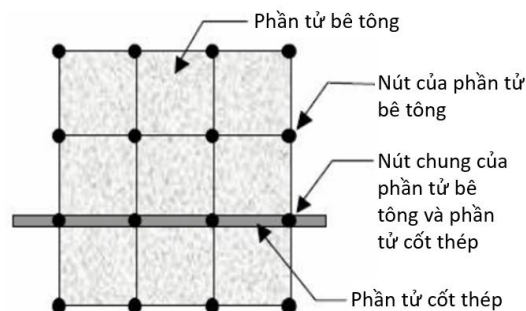
Địa điểm: Xã Tân Tập, huyện Cần Giuộc, tỉnh Long An.

Chủ đầu tư: Công ty cổ phần thương mại dầu khí Thái Bình Dương.

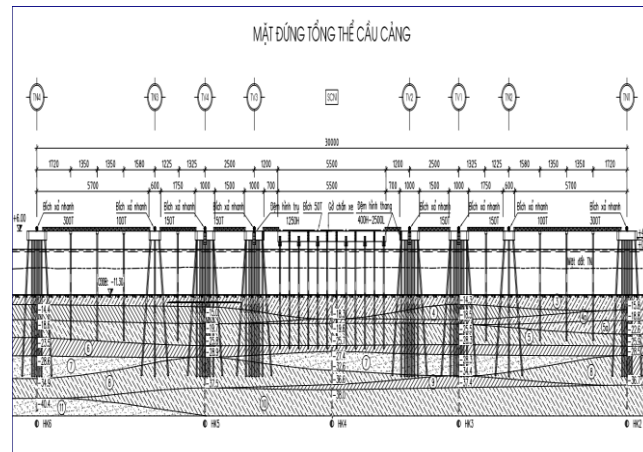
Đơn vị thực hiện: Công ty cổ phần tư vấn xây dựng công trình Hàng Hải.

Bài báo sẽ tiến hành mô phỏng, phân tích khả năng chịu tải của cọc cầu dẫn theo dự án Cảng dầu khí quốc tế Pacific Petro.

Thay đổi vật liệu cốt thép bằng cốt GFRP để so sánh khả năng chịu tải của GFRP và cốt thép. Tác giả sử dụng mô hình bê tông - cốt rời rạc khi xây dựng mô hình phần tử hữu hạn bê tông cốt thép và cốt sợi thủy tinh như được mô tả trong hình 1.

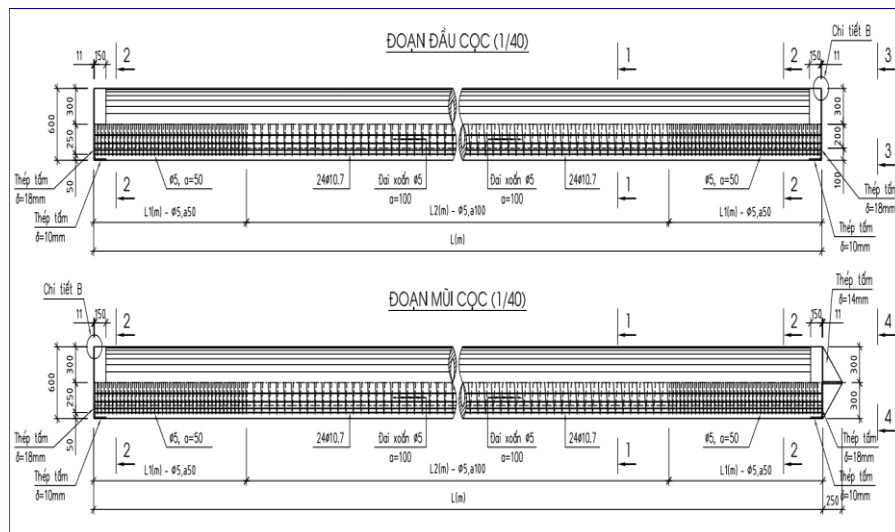


Hình 1. Mô hình bê tông - cốt rời rạc

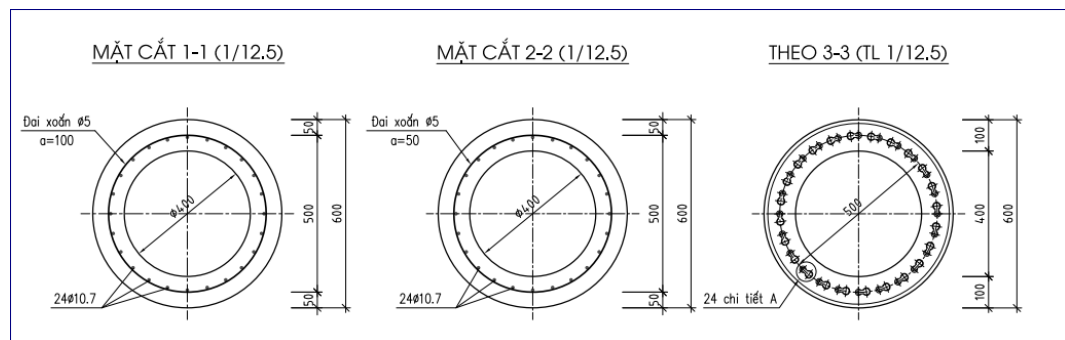


Hình 2. Tổng thể dự án cầu cảng

Với sơ đồ kết cấu tổng thể dự án cầu cảng như được mô tả trong hình 2, tác giả sẽ lấy một phần cọc ra để phân tích độ bền khi sử dụng cốt thép và cốt sợi thủy tinh. Mô hình phần tử hữu hạn sẽ được xây dựng trong phần mềm Ansys dựa trên sơ đồ bố trí cốt thép bên trong cọc được thể hiện trong hình 3 và hình 4.

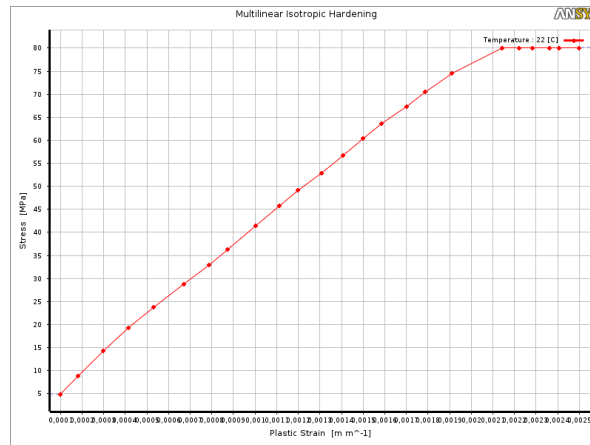


Hình 3. Bản vẽ chi tiết cọc cầu dẫn



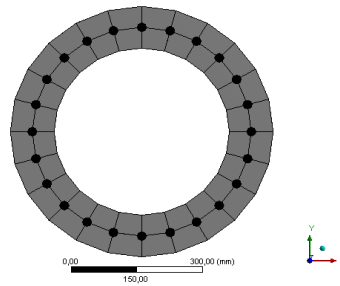
Hình 4. Mặt cắt của cọc cầu dẫn

Vật liệu bê tông được sử dụng trong mô phỏng sẽ có ứng xử phi tuyến với đường cong ứng suất – biến dạng được thể hiện trong hình 5. Để tốt nhất, độ liên kết giữa bê tông và cốt thép cần phải được xem xét. Tuy nhiên, trong bài toán này, độ liên kết giữa các vật liệu được giả định là hoàn hảo. Hình 6 cho thấy các phần tử liên kết của cốt thép được kết nối với các nodes của mỗi phần tử bê tông liền kề, do đó hai vật liệu sẽ chia sẻ các nodes giống nhau.

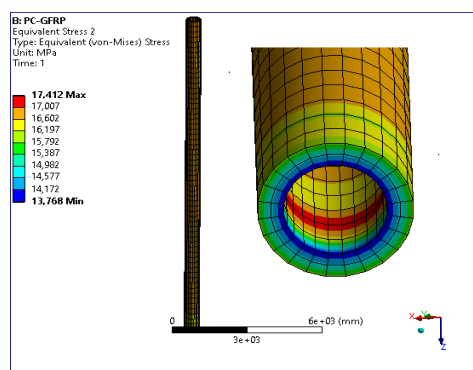


Hình 5. Đường cong ứng suất – biến dạng của bê tông

Các mô hình cọc bê tông thực tế sẽ được đóng cọc xuống đất để giữ cọc bê tông không bị xô dịch theo phương ngang. Do đó, trên mô hình Ansys sẽ ngàm cứng tại chân cọc, tác giả sẽ đặt một chuyển vị tải trọng đúng tâm nén xuống cọc, các cốt thép sẽ chịu ứng lực trước bằng cách đặt lực nén vào 2 đầu của thép một lực 1,23 KN theo tiêu chuẩn JIS G3137. Vì vẫn còn hạn chế về các tài liệu và tiêu chuẩn về tải kéo ứng suất trước của GFRP, nên trong bài báo này sẽ lấy lực kéo ứng suất trước của GFRP tương đồng với lực kéo ứng suất trước của thép.



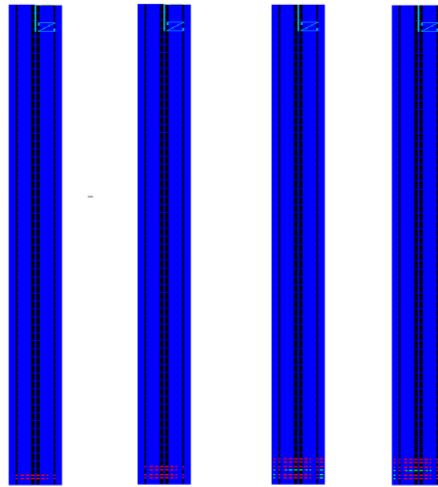
Hình 6. Liên kết nodes giữa bê tông và cốt thép



Hình 7. Trường ứng suất tương đương Von - Mises của bê tông mô hình PC S-GLASS

Trường ứng suất của cọc bê tông khi đạt tải nén giới hạn của mỗi mô hình (tải giới hạn mỗi mô hình là khác nhau) trong hai mô hình PC STEEL và PC S-GLASS là tương đồng nhau về độ lớn và phân bố ứng suất trên cọc bê tông (chênh lệch $\sim 1\%$), tuy nhiên, có sự chênh lệch lớn về ứng suất và khả năng chịu tải dọc trục của cốt ứng suất trước bên trong bê tông, với ứng suất và tải dọc trục của thép ứng suất trước mô hình PC STEEL khi mô hình chịu tải giới hạn lần lượt là 133,49 (MPa) và 48 (KN). Tương tự, ứng suất và tải dọc trục của cốt GFRP ứng suất trước khi mô hình PC S-GLASS trong hình 7 chịu tải giới hạn lần lượt là 60,066 (MPa) và 21

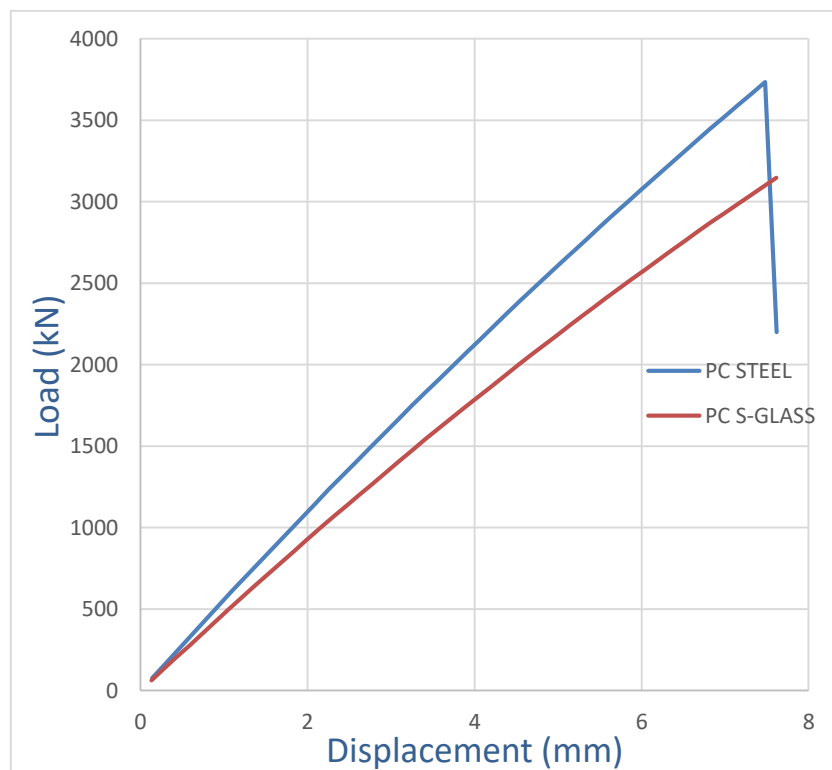
(kN) thấp hơn xấp xỉ 55% so với cốt thép ứng lực trước. Điều này cho thấy khả năng chịu tải nén của thép là lớn hơn nhiều so với GFRP.



Hình 8. Hình thái nứt, nén vỡ của cọc bê tông cho cả 2 mô hình

Kết quả mô phỏng vết nứt trong hình 8 cho thấy sự tương đồng về ứng xử nứt, nén vỡ của 2 mô hình, các vết nứt đầu tiên xuất hiện tại phần chân cọc rồi bắt đầu lan rộng ra. Thấy được vị trí vết nứt tương ứng với vị trí chịu ứng suất lớn, do đó cọc có xu thế nứt phần rộng bên trong cọc trước rồi bắt đầu lan rộng.

Từ sự chênh lệch ứng suất và khả năng chịu tải dọc trục của thép ứng suất trước và GFRP như đã phân tích ở trên, điều này làm ảnh hưởng đến khả năng chịu tải nén của kết cấu bê tông cốt thép và bê tông cốt GFRP.



Hình 9. Kết quả chuyển vị của mô hình

Hình 9 cho thấy khả năng chịu tải nén giới hạn của bê tông cốt GFRP là 3150 (kN) chỉ xấp xỉ 84,4% khả năng chịu tải nén giới hạn của bê tông cốt thép là 3733 (kN). Kết quả này là phù hợp với các điều kiện thông số vật liệu mà ta đã đưa ra.

Từ đó, ta đưa ra những giải pháp tăng cường khả năng chịu tải nén cho bê tông cốt GFRP để đạt được khả năng chịu tải như bê tông cốt thép. Sau khi có được kết quả mô phỏng từ bê tông cốt thép và bê tông cốt GFRP, có thể thấy rằng khả năng chịu tải nén của bê tông cốt GFRP thấp hơn hẳn so với khả năng chịu tải nén của bê tông cốt thép thông thường. Do đó, sẽ phải gia cường thêm sao cho khả năng chịu tải của bê tông cốt sợi GFRP có thể đạt được bằng với khả năng chịu tải nén của bê tông cốt thép, mà vẫn giữ kích thước của cọc bê tông.

4. Kết luận

Trong bài báo này, tác giả tìm hiểu và nghiên cứu mô hình một cách trực quan kết cấu bê tông cốt GFRP thông qua các phần tử đặc biệt của chương trình ANSYS. Trên cơ sở đó tiếp tục phân tích ứng xử cơ học và tính toán khả năng chịu tải của bê tông cốt GFRP.

Bài báo cũng xét đến khả năng chịu tải của bê tông cốt GFRP so với bê tông cốt thép bằng cách đưa ra giải pháp thay thế một số cốt dọc làm bằng vật liệu GFRP để chống lại sự ăn mòn của nước mặn khi có sự thấm qua lớp bê tông. Kết quả cho thấy tuy có khả năng chống ăn mòn nhưng việc chịu tải của bê tông cốt GFRP hạn chế hơn so với bê tông cốt thép.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cao Duy Tiến, Phạm Văn Khoan và Lê Quang Hùng (2003), *Báo cáo tổng kết dự án KT - KT chống ăn mòn và bảo vệ các công trình bê tông và BTCT vùng biển*, Viện KHCN Xây dựng.
- [2] Nguyễn Thanh Tùng (2008). *Sửa chữa và gia cố những cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.
- [3] Nguyễn Trâm (2006). Sử dụng vật liệu mới: Chất dẻo cốt sợi trong kết cấu bê tông. *Báo Người xây dựng*, 6(1), 12-20.
- [4] Phan Quang Minh, Đinh Chính Đạo, Nguyễn Văn Khánh (2000). *Kết cấu bê tông đặt cốt sợi Composite phi kim loại*. Nguyên lý thiết kế theo TC Nga.
- [5] Trương Hoài Chính, Huỳnh Quyền, Trần Văn Quang và Nguyễn Phan (2007). *Tổng hợp, phân tích, đánh giá và dự báo hiện trạng ăn mòn xâm thực các công trình xây dựng DD & CN vùng ven biển Đà Nẵng*. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp thành phố Đà Nẵng.
- [6] Lawrence, C. B. (2006). *Composites for Construction (Structural Design with FRP Materials)*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- [7] William, K. J. & Warnke, E. P. (1975). Constitutive models for the triaxial behavior of concrete. *Proceedings of the International Assoc. for Bridge and Structural Engineering*, 19(1), 1–30.

Ngày gửi bài: 31/5/2022

Ngày phản biện: 15/5/2023

Ngày duyệt đăng: 14/6/2023