

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN HỌC MÁY DỰ ĐOÁN ỨNG SUẤT CẮT VÀ ỨNG SUẤT KÉO CHÍNH TRONG NÚT DÀM - CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP

Nguyễn Thị Thanh Thúy¹, Chu Tuấn Long¹
Trường Đại học Thủy lợi, email: thuynt@thu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Khảo sát các công trình xây dựng bị hư hại sau động đất cho thấy các kết cấu khung bê tông cốt thép (BTCT) không được thiết kế và cấu tạo kháng chấn bị hư hỏng, thậm chí dẫn đến sụp đổ chủ yếu là do hiệu năng kém của các nút dầm - cột. Các nút dầm - cột trong kết cấu khung BTCT chỉ được thiết kế chịu tải trọng trọng lực này có một số các đặc điểm như: cốt thép chịu cắt không được bố trí đủ trong vùng nút, các chi tiết cấu tạo kháng chấn không phù hợp như chiều dài neo không đủ, đoạn nối chồng ngắn và thanh thép dọc không liên tục. Vì thế các nút này có khả năng bị phá hoại do cắt hoặc phá hoại do trượt bám dính của cốt thép, đặc biệt là khi được xây dựng ở vùng có nguy cơ động đất. Như vậy việc xác định ứng xử chịu động đất của nút dầm - cột BTCT về dạng phá hoại, cường độ và độ dẻo là rất quan trọng trong bài toán đánh giá hoặc thiết kế kết cấu.

Nhiều khảo sát đã được tiến hành để đánh giá phản ứng ngoài đàn hồi của nút BTCT và được phân loại thành ba nhóm ([1] - [6]) gồm: nghiên cứu thực nghiệm của Genesio và Sharma (2010), Melo et al. (2012); Sharma (2013), Shafaei et al. (2014); Kaung và Wong (2013); nhóm nghiên cứu số của Niroomandi et al. (2014) Vecchio et al. (2016) Genesio (2012) và nhóm nghiên cứu phân tích của Lowes và Altoontash 2003; Wong 2005; Sharma et al. 2011; Unal M và Burak 2013; Jeon et al. 2015; Shayanfar et al. 2016, 2017, 2018; De Risi et al. 2016; Trong số đó Shayanfar và cộng sự [1] đã phát triển một

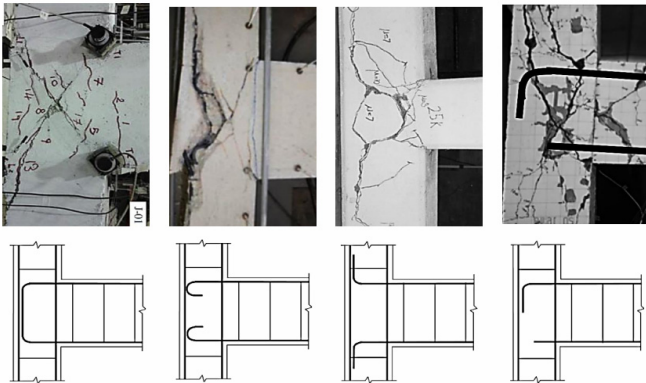
mô hình số cho nút khung trong đó ứng suất kéo chính của nút khung được xác định theo một công thức phân tích kết hợp thực nghiệm, công thức này được xây dựng theo thuật toán hồi quy từ bộ 390 dữ liệu tập hợp từ 62 nghiên cứu đã được công bố. Kết quả cho thấy mô hình này có thể đánh giá được ứng xử phi tuyến của nút khung BTCT với độ chính xác phù hợp.

Mặc dù nhiều mô hình nút dầm cột đã được khuyến nghị, được ghi nhận kết quả và độ chính xác nhưng cần thiết có một cách thức đơn giản và tổng quát, để phù hợp trong các ứng dụng trong thực hành phân tích đánh giá kết cấu của nút khung BTCT ở Việt Nam. Những khó khăn trong xác định đặc trưng của mô hình nút dầm cột là do có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến ứng xử cơ học cần được xem xét như các kiểu neo của thanh thép dọc dầm, hàm lượng cốt thép chịu cắt trong nút, mức tải trọng dọc trục của cột, cốt thép trung gian cột, thép dọc dầm, cường độ chịu nén bê tông, tỷ lệ hình học nút, tỷ lệ chiều cao dầm / chiều rộng dầm, cơ chế phá hoại nút, v.v. Với nhiều yếu tố ảnh hưởng như trên, việc xây dựng công thức để dự đoán ứng suất kéo chính trong lõi nút phức tạp và tốn nhiều công sức.

Gần đây, nhờ vào số lượng lớn các nghiên cứu thực nghiệm đã được công bố, phương pháp đánh giá khả năng chịu lực của nút khung theo hướng sử dụng dữ liệu có sẵn (data-driven) được sử dụng ngày càng nhiều. Việc dự đoán trên có thể thực hiện được bằng cách sử dụng các phương pháp học máy trên

bộ số liệu sẵn có để “học” huấn luyện và kiểm tra, sử dụng một cơ sở dữ liệu lớn về kết quả thí nghiệm đã thực hiện trên nút dầm - cột có xem xét đến nhiều yếu tố ảnh hưởng.

Từ kết quả dự đoán tìm được sẽ xây dựng quan hệ ứng suất kéo chính - góc xoay của nút là đặc trưng của lò xo vùng nút, kết hợp với các kết quả nghiên cứu về ứng xử uốn và cắt trong dầm/ cột để tiến hành đánh giá ở mức độ kết cấu.



Hình 1. Cấu tạo neo khác nhau của vùng nút dầm – cột BTCT trong dữ liệu

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng phương pháp thống kê để được bộ số liệu thí nghiệm các nút dầm cột đã được thực hiện trên thế giới. Các yếu tố ảnh hưởng được xem xét và liệt kê ở trên thành tập dữ liệu đầu vào của phương pháp học máy. Bài báo lựa chọn bộ dữ liệu của 390 dữ liệu của phụ lục của [1] với 9 chiều dữ liệu của tập các đặc điểm lần lượt bao gồm: loại neo của cốt thép dọc của dầm, hệ số kể đến thiết lập thí nghiệm, hệ số kể đến cốt thép trung gian cột, cường độ chịu nén của bê tông, tỷ lệ chiều cao/ bề rộng, tỷ lệ hình học nút, hệ số kể đến ảnh hưởng của số lượng và cấu tạo của thép dọc dầm, hệ số kể đến ảnh hưởng của tải trọng dọc trục trong cột và hàm lượng thép ngang trong nút. Tập nhận là giá trị của ứng suất cắt và ứng suất kéo chính của nút thí nghiệm.

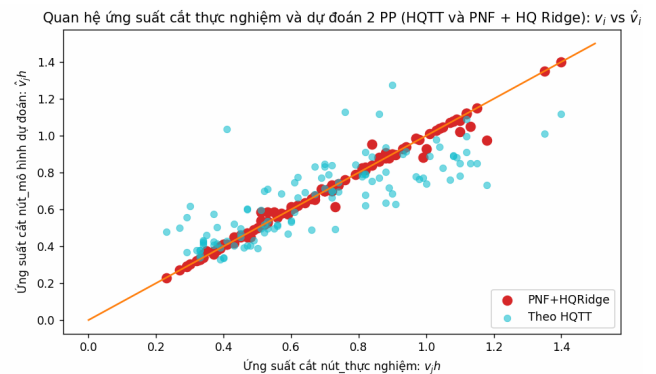
Lựa chọn các phương pháp học máy gồm: Hồi quy tuyến tính, Hồi quy Ridge, Polynomial features kết hợp chuẩn hóa dữ liệu [7], [8]. Mã nguồn chương trình được viết bằng ngôn ngữ python để huấn luyện và kiểm

tra bộ số liệu trên, xem xét độ chính xác khi so sánh giữa kết quả thí nghiệm và kết quả dự đoán, hiệu chỉnh các tham số của phương pháp học máy để đạt được độ chính xác tốt nhất.

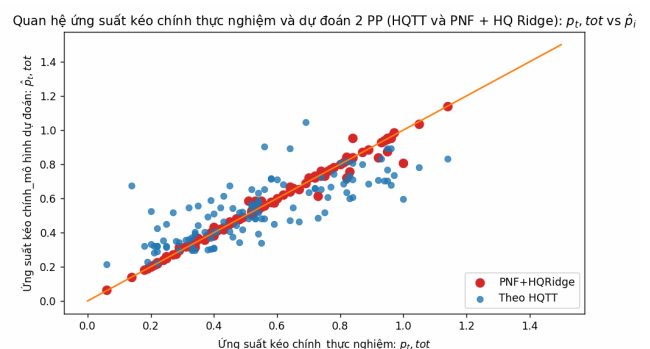
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Sử dụng thuật toán hồi quy tuyến tính cho kết quả độ chính xác dự đoán của ứng suất cắt và ứng suất kéo chính là 63,36% và 60,68% tương ứng chưa đạt được như mong muốn vì thế cần phải sử dụng thuật toán có khả năng dự đoán tốt hơn.

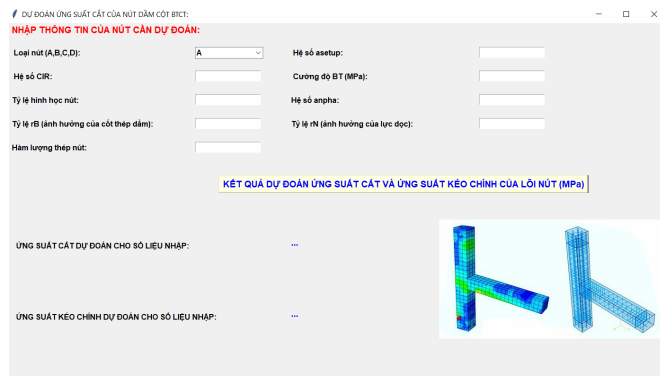
Với việc sử dụng phương pháp học máy do tác giả đề xuất: xử lý dữ liệu qua polynomial features và dùng hồi quy Ridge đã đạt được độ chính xác dự đoán là 98,67% và 98,57% cho giá trị ứng suất cắt và ứng suất kéo chính trong lõi nút. Với giá trị trung bình của tỷ lệ (thực nghiệm/ dự đoán = 0,999306 của ứng suất cắt và 0,999018 của ứng suất kéo chính tương ứng tốt hơn 0.975 và 0.988 của bài báo [1] cho thấy phương pháp đề xuất có khả năng dự đoán tốt với chương trình học máy được viết đơn giản và ngắn gọn.



Hình 2. Kết quả dự đoán ứng suất cắt bằng các thuật toán học máy



Hình 3. Kết quả dự đoán ứng suất kéo chính bằng các thuật toán học máy



Hình 4. Giao diện chương trình dự đoán

Từ mô hình tìm được, ứng dụng để dự đoán ứng suất chính và cường độ chịu cắt cho các nút dầm - cột BTCT có kể đến nhiều yếu tố ảnh hưởng như trên. Từ đó xây dựng các đặc trưng quan hệ của lò xo vùng nút và thực hiện bài toán phân tích đánh giá kết cấu BTCT chịu động đất tiếp theo.

4. KẾT LUẬN

Khi kết hợp dùng phương pháp hồi quy Ridge và xử lý dữ liệu thông qua thuật toán Polynorminal Features mô hình đã cho đạt được độ chính xác tốt hơn phương pháp phân tích kết hợp thực nghiệm trong nghiên cứu của Javad Shayanfar [1]. Chương trình thuật toán viết đơn giản, dễ sử dụng bằng ngôn ngữ python.

Với độ chính xác tốt cùng với chương trình dự đoán do tác giả viết có thể phát triển để xác định được quan hệ ứng suất chính - biến dạng của vùng nút để thực hiện bài toán phân tích đánh giá kết cấu khung BTCT chịu động đất.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Javad Shayanfar¹, Ali Hemmati¹ and Habib Akbarzadeh Bengar¹.2018. A simplified numerical model to simulate RC beam-column joints collapse. Bulletin of Earthquake Engineering.
- [2] Shafaei J, Zareian MS, Hosseini, Marefat MS .2014. Effects of joint flexibility on lateral response of reinforced concrete frames. Eng Struct 81: 412-31.
- [3] Niroomandi A, Najafgholipour MA, Ronagh HR. 2014. Numerical investigation of the affecting parameters on the shear failure of nonductile RC exterior joints. Eng Failure Anal 46: 62-7.
- [4] Genesio G. 2012. Seismic assessment of RC exterior beam-column joints and retrofit with haunches using post-installed anchors. Ph.D. Dissertation. University of Stuttgart, Stuttgart.
- [5] Lowes LN, Altoontash A. 2003. Modelling reinforced-concrete beam-column joints subjected to cyclic loading. J Struct Eng 1686–97.
- [6] De Risi MT, Ricci P, Verderame GM. 2016. Modelling exterior unreinforced beam - column joints in seismic analysis of non - ductile RC frames. J Earthq Eng Struct Dyn 46(6): 899-923.
- [7] Vũ Hữu Tiệp. Machine Learning cơ bản. 2018. ebookMLCB/book_ML_color.pdf at master · tiepvupsu/ebookMLCB · GitHub.
- [8] Stuart J. Russell, Peter Norvig. 2020 (4th Ed). Artificial Intelligence: A Modern Approach (AIMA).