

Dự đoán khả năng chịu nén đúng tâm của cột ngắn ống thép nhồi bê tông mặt cắt hình vuông có khuyết tật khoảng hở hình tam giác ở góc cột

Nguyễn Quang Sĩ¹, Trần Xuân Ba^{1*}, Hà Văn Anh Khoa¹

¹ Phân Hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải.

TỪ KHÓA

Hồi quy kí tự
Mô hình AI
Cột ngắn ống thép nhồi bê tông
Nén đúng tâm

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu về xây dựng công thức xác định khả năng chịu nén đúng tâm của cột ngắn ống thép nhồi bê tông (CFST) có mặt cắt ngang hình vuông có khuyết tật là khoảng hở hình tam giác trong lõi bê tông ở góc cột bằng mô hình trí tuệ nhân tạo. 120 mẫu thí nghiệm thu thập từ các nghiên cứu thực nghiệm trên thế giới được làm cơ sở dữ liệu của nghiên cứu này. Để đánh giá ảnh hưởng khả năng chịu nén của loại cột này, các tham số được phân tích dựa trên phương pháp hồi quy kí tự QLatice. So sánh với dữ liệu từ kết quả thực nghiệm cho thấy, mô hình trí tuệ nhân tạo đưa ra dự báo tin cậy khi so sánh với kết quả từ thực nghiệm.

KEYWORDS

Symbolic regression
AI model
Short concrete-filled steel tubular
Axial compressive

ABSTRACT

This article presents research on developing a formula to determine the axial compression of square concrete – filled steel tubular (CFST) column considering the triangular – conner gap deffect by an artificial intelligence (AI) model. 120 experimental samples collected from experimental studies worldwide are the database of this study. To evaluate the impact of the compression resistance of this type of column, the parameters are analyzed based on the Qlatice regression method. Compared to experimental data, the AI model illustrated the reliability tool when compared with experimental results.

1. Giới thiệu

Trong thời gian gần đây, kết cấu ống thép nhồi bê tông (Concrete – Filled Steel Tubular_CFST) ngày càng trở nên phổ biến trong ngành xây dựng do dạng kết cấu này có khả năng chịu lực rất lớn, tính dẻo cao, độ cứng lớn, khả năng kháng chấn cao, dễ thi công và phát huy được hết các ưu điểm của các vật liệu thành phần. Ống thép bên ngoài phần lõi bê tông ngoài tác dụng chịu lực còn có tác dụng kiểm chế hiện tượng nở ngang của bê tông bên trong ống, giúp cho cường độ chịu nén của bê tông tăng lên đáng kể [1]. Ngoài ra, phần lõi bê tông trong ống có vai trò hạn chế hoặc thậm chí triệt tiêu hiện tượng mất ổn định cục bộ của ống thép. Từ đó, khả năng chịu lực của cột CFST này cũng tăng lên nhiều so với cột bê tông cốt thép thông thường. Do đó, cột CFST đang được sử dụng rộng rãi trong kết cấu xây dựng.

Hiện nay, cột CFST có mặt cắt hình tròn đang được sử dụng rộng rãi. Ngoài ra, mặt cắt hình vuông cũng đang được nghiên cứu và áp dụng. So với cột CFST tròn, bốn góc của cột CFST vuông được bo tròn để tránh hiện tượng tập trung ứng suất tại các góc. Thiết kế này có thể tối ưu hóa khả năng chịu lực và giảm trọng lượng tổng thể của cột. Tuy nhiên, trong quá trình thi công, các khu vực ở góc dễ hình thành các khoảng trống do bê tông không lấp đầy các góc và loại bỏ các bọt khí do khó khăn trong việc đầm bê tông. Hoặc do sự thay đổi của nhiệt độ và điều kiện môi trường làm gây ra sự co ngót hoặc giãn nở khác nhau giữa bê tông và thép ống, đặc biệt là ở các góc, nơi mà sự co ngót hoặc

giãn nở vì nhiệt không diễn ra đồng đều. Bên cạnh đó, cột CFST vuông có sự thay đổi độ cong ở bốn góc dẫn đến khả năng liên kết thấp hơn so với cột CFST tròn. Kết quả là khuyết tật khoảng hở hình tam giác ở góc cột có khả năng cao xảy ở cột CFST có mặt cắt hình vuông. Điều này dẫn đến, nếu bê tông bên trong cột CFST không được lấp đầy sẽ làm giảm đáng kể khả năng chịu lực của cột, dẫn đến nguy cơ mất an toàn cho công trình [2,3].

Trong những thập kỉ gần đây, nhiều thí nghiệm và phân tích đã được tiến hành để nghiên cứu tính chất cơ học của cột CFST [4-8]. Ở Việt Nam, loại cột này cũng đang thu hút nhiều nhà khoa học tham gia tìm hiểu và nghiên cứu [9,10]. Tuy nhiên, hiện nay, kết quả nghiên cứu chủ yếu tập trung vào các khuyết tật và khe hở trong cột CFST có mặt cắt hình tròn [11-14], việc nghiên cứu về cột CFST mặt cắt hình vuông có các khiếm khuyết này còn hạn chế. Gần đây, mô hình máy học (Machine Learning_ML) được sử dụng trong lĩnh vực kỹ thuật đã đạt được những thành tựu đáng kể [15]. So với phương pháp phân tích truyền thống, mô hình ML có khả năng cung cấp dự đoán chính xác các thuộc tính mong muốn tốt hơn [16]. Do các phương pháp phân tích truyền thống thường mất thời gian và hạn chế về mô hình hóa. Ngược lại, nhờ khả năng xử lý hiệu quả các bộ dữ liệu, mô hình ML có tiềm năng cung cấp kết quả nhanh chóng và chính xác hơn. Do đó, việc sử dụng mô hình ML giúp giảm thời gian phân tích, đánh giá cột CFST mặt cắt hình vuông có khuyết tật khoảng hở hình tam giác bên trong lõi bê

*Liên hệ tác giả: batx_ph@utc.edu.vn

Nhận ngày 14/07/2024, sửa xong ngày 09/10/2024, chấp nhận đăng ngày 14/10/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.05.2024.751>

tông ở góc cột, có thể giúp hỗ trợ tìm ra công thức xác định khả năng chịu lực lớn nhất của loại cột này.

Trong nghiên cứu này, mô hình hồi quy ký tự QLatice [17], là mô hình học máy được lấy cảm hứng từ lý thuyết lượng tử được sử dụng với mục đích xây dựng phương trình tường minh dự đoán khả năng chịu lực lớn nhất của cột CFST có mặt cắt hình vuông với khoảng hở hình tam giác bên trong phần bê tông cột ở góc cột. Việc thu thập dữ liệu và xây dựng mô hình dự báo được trình bày ở phần tiếp theo. Mô hình hồi quy ký tự QLatice sử dụng để tìm kiếm công thức phù hợp nhất được thể hiện trong phần 3. Phần cuối cùng sẽ trình bày kết quả và thảo luận.

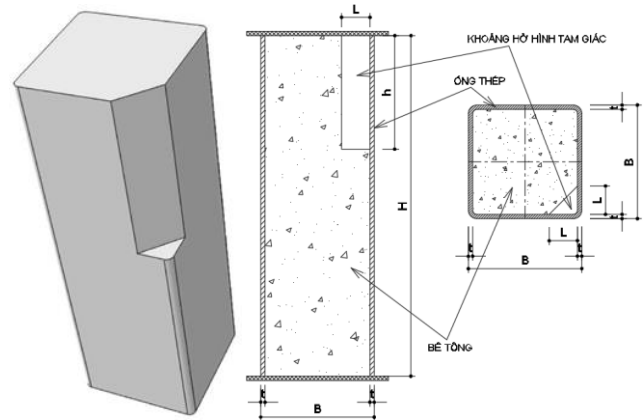
2. Mô hình dự báo

2.1 Dữ liệu thu thập

120 mẫu cột thu được từ nghiên cứu của Wanpeng Zhang và cộng sự [18] được dùng làm cơ sở dữ liệu cho nghiên cứu này. Tất cả các cột đều có tiết diện 120x120x350 (mm). Hình 1 thể hiện cấu tạo mẫu cột thí nghiệm.

Trong thí nghiệm này, 4 thông số được xem xét đến để xác định khả năng chịu lực lớn nhất của cột CFST mặt cắt hình vuông, có khuyết tật khoảng hở ở trong lõi bê tông ở góc cột là chiều dày ống thép (t), cường độ chịu nén của bê tông (f_{cu}), chiều rộng đoạn khoảng hở ở góc (L) và chiều cao đoạn khoảng hở ở góc (h). Cụ thể:

- Chiều dày ống thép t : 2,5 (mm), 3 (mm) và 4 (mm). Tỷ lệ bề rộng mặt cắt cột/chiều dày ống thép B/t : 48, 40 và 30.
- Cường độ chịu nén của bê tông (f_{cu}) : 30 (MPa), 40 (MPa) và 50 (MPa).
- Chiều rộng đoạn khoảng hở ở góc (L) : 30 (mm), 45 (mm) và 60 (mm). Diện tích khoảng hở ở góc A : 450 (mm²), 1012,5 (mm²), 1800 (mm²). Tỷ lệ diện tích khoảng hở ở góc/ diện tích cột $R_A = A/B^2$: 3,13 (%), 7,03 (%) và 12,5 (%).
- Chiều cao đoạn khoảng hở ở góc (h) : 50 (mm), 150 (mm), 250 (mm) và 350 (mm). Tỷ lệ chiều cao đoạn khoảng hở/chiều cao cột $R_h = h/H$: 11,49 (%), 42,86 (%), 71,43 (%) và 100 (%). Tỷ lệ khoảng hở ở góc được xác định theo công thức $\alpha = R_A \times R_h$.

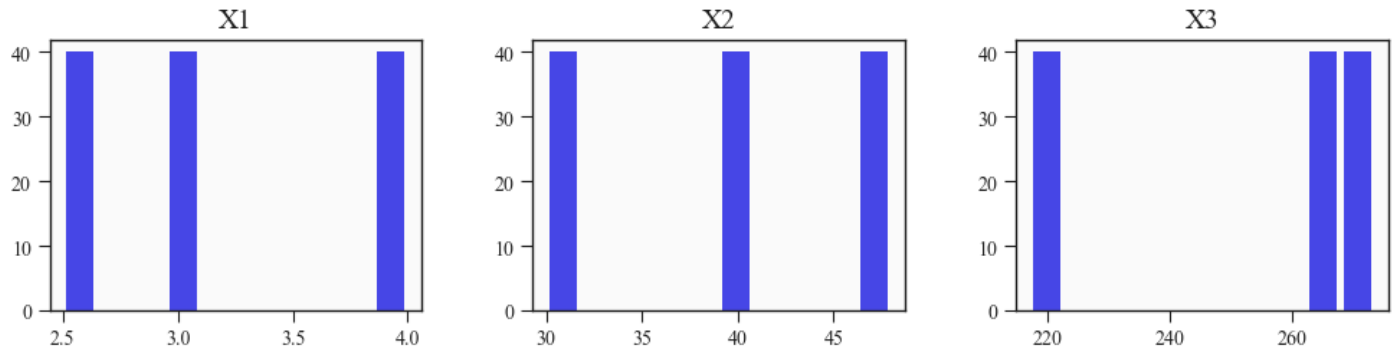


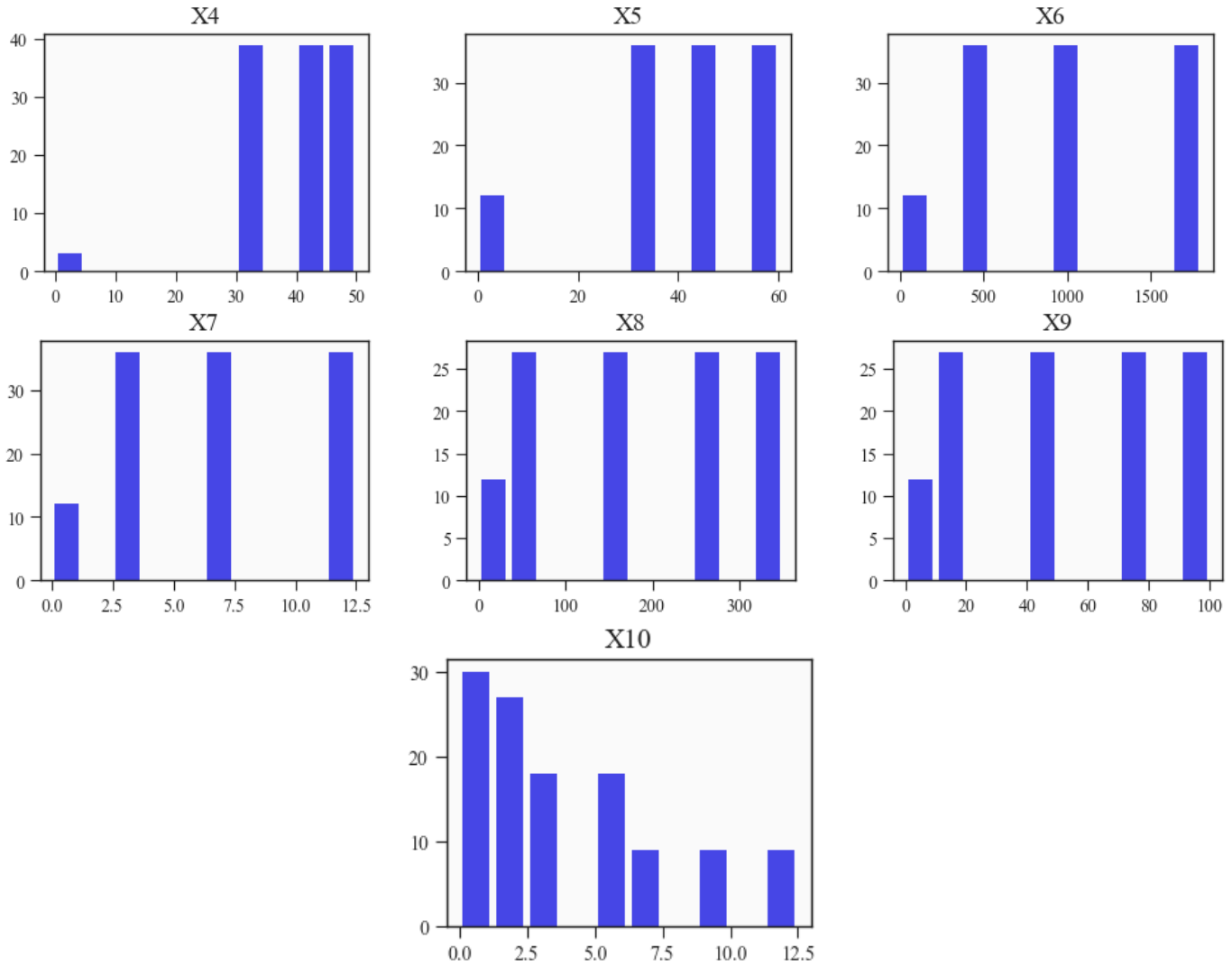
Hình 1. Cấu tạo mẫu cột thí nghiệm [18].

Các thông số trên được sử dụng để huấn luyện cho mô hình máy học. Thông tin chi tiết về chỉ số thống kê của các tham số trong mô hình được trình bày trong Bảng 1. Biểu đồ phân phối các tham số sử dụng trong mô hình học máy được thể hiện trong Hình 2.

Bảng 1. Các chỉ số thống kê của tập dữ liệu.

Dữ liệu	Kí hiệu	Số lượng mẫu	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Min	Max
t	X1	120	3,167	0,626	2,5	4
B/t	X2	120	39,33	7,394	30	48
f_y	X3	120	252,7	25,465	217	273,5
f_{cu}	X4	120	39	10,241	30	50
L	X5	120	40,5	17,886	30	60
A	X6	120	978,75	620,933	0	1800
R_A	X7	120	6,798	4,311	0	12,5
h	X8	120	180	122,372	0	350
R_h	X9	120	51,431	34,962	0	100
α	X10	120	3,885	3,566	0	12,5





Hình 2. Biểu đồ phân phối các tham số.

Trong nghiên cứu này, tập dữ liệu thu thập được được chia làm hai phần là tập huấn luyện và tập kiểm chứng, tỷ lệ của tập huấn luyện và tập kiểm chứng là 50 % - 50 %. Các giá trị trong tập kiểm chứng là độc lập, dùng để đánh giá độ chính xác cũng như khả năng tổng quát của kết quả. Quan sát trong Bảng 1, các giá trị đầu vào của kết quả thí nghiệm cho thấy sự biến động tương đối lớn, vì vậy, việc thiết lập một mô hình dự báo khả năng chịu nén đúng tâm của cột CFST mặt cắt hình vuông có khuyết tật khoảng hở bên trong lõi bê tông ở góc cột là cần thiết.

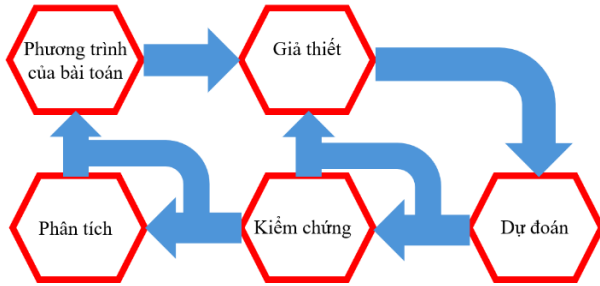
2.2 Mô hình dự báo

Mô hình hồi quy ký tự (Symbolic Regression_SR) là một phương pháp trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo và học máy, liên quan đến việc khám phá mô hình của dữ liệu để tìm kiếm các công thức toán học hoặc biểu thức đại số tối ưu từ tập dữ liệu. Không giống như các phương pháp hồi quy truyền thống là dựa vào điều chỉnh các trọng số trong cấu

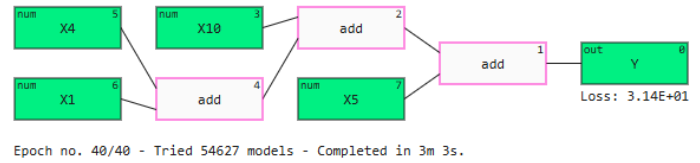
trúc mô hình được xác định trước, hồi quy ký tự không giả định trước dạng của mô hình mà sẽ tìm kiếm và khám phá dạng công thức toán học từ dữ liệu bằng cách kết hợp các đặc điểm, toán tử toán học và hằng số thành một hàm duy nhất.

QLattice [17] là một cách tiếp cận SR lấy cảm hứng từ phương pháp tích phân đường của Richard Feynman, được phát triển bởi Abzu. QLattice mô phỏng một đường dẫn bắt nguồn từ đầu vào, đi theo một đường ngắn xuyên qua không gian mạng trước khi xuất hiện ở đầu ra. Việc này được thực hiện hàng nghìn lần, cho đến khi tìm được một liên kết vững chắc được hình thành. Các liên kết này hội tụ đến con đường có khả năng xảy ra nhất và phù hợp nhất. Cụ thể ở đây là mô hình tốt nhất cho vấn đề đang tiến hành nghiên cứu. Hình 3 thể hiện quá trình mô phỏng QLattice.

Trong bài báo này, mô hình QLattice được sử dụng để xây dựng phương trình dự báo khả năng chịu lực của cột CFST mặt cắt hình vuông có khuyết tật là khoảng hở bên trong lõi bê tông ở góc cột dựa trên cơ sở dữ liệu thực nghiệm và mô phỏng.



Hình 3. Sơ đồ của mô hình QLatice.



Hình 4. Mô hình tối ưu tìm được.

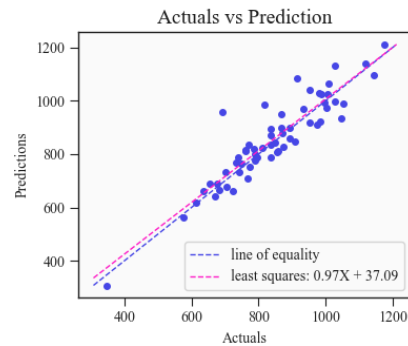
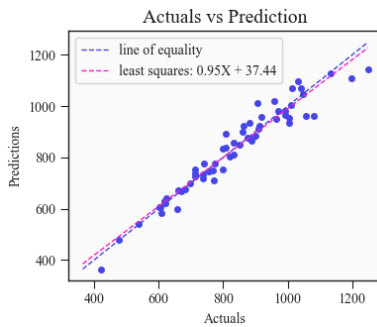
Các giá trị dự báo và giá trị thực tế của hai tập dữ liệu huấn luyện và kiểm chứng được hiển thị trong Hình 5. Có thể nhận thấy rằng, các điểm trong đồ thị nằm khá gần với đường chính giữa, điều này chứng tỏ mô hình có độ chính xác khá tốt.

Các giá trị thu được từ kết quả thực nghiệm (N_{eu}) và kết quả từ phương trình (N_{ml}) tìm được nhờ mô hình QLatice được thể hiện và so sánh trong Bảng 2. Trong bảng này cũng so sánh tỷ số giữa kết quả thu được từ mô hình học máy và kết quả thí nghiệm N_{ml}/N_{eu} . Kết quả thu được cho thấy, giá trị trung bình của N_{ml}/N_{eu} là 1,006. Giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tỷ số này tương ứng là 1,379 và 0,862. Ngoài ra, giá trị phương sai là nhỏ (0,004). Tất cả các giá trị thu được cho thấy các giá trị dữ liệu tập trung gần giá trị trung bình, mức độ biến động của dữ liệu là thấp.

3. Kết quả dự báo và thảo luận

Với mô hình QLatice được xây dựng và đề xuất, nhóm nghiên cứu đã tiến hành huấn luyện với bộ dữ liệu cột CFST có khoảng hở trong lõi bê tông ở góc cột. Trong quá trình huấn luyện, các phép toán được sử dụng bao gồm: cộng, trừ, nhân, chia, lũy thừa. Mô hình kết quả được xây dựng sau khi hơn 54.000 mô hình được tính toán được thể hiện trong Hình 4 và được viết lại theo dạng phương trình như sau:

$$Y = 113,8 * X_1 - 5,93472 * X_{10} + 14,6585 * X_4 - 2,19525 * X_5 + 23,3953$$



Hình 5. So sánh kết quả chính xác và kết quả dự báo của phương trình đề xuất.

Bảng 2. So sánh kết quả thu được từ mô hình và thực nghiệm.

STT	Tên mẫu	Dữ liệu										N_{ML}	N_{eu}	N_{ML}/N_{eu}
		t (mm)	B/t	f_y (MPa)	f_{cu} (MPa)	L (mm)	A (mm ²)	R_A (%)	h (mm)	R_h (%)	a (%)			
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X19	Y		
1	t2.5-C0-L0-h0	2,5	48	217	0	0	0	0	0	0	0	307,90	345,71	0,891
2	t3.0-C0-L0-h0	3	40	273,5	0	0	0	0	0	0	0	364,80	422,96	0,862
3	t4.0-C0-L0-h0	4	30	267,6	0	0	0	0	0	0	0	478,60	476,22	1,005
4	t2.5-C30-L0-h0	2,5	48	217	30	0	0	0	0	0	0	747,65	767,26	0,974
5	t2.5-C40-L0-h0	2,5	48	217	40	0	0	0	0	0	0	894,24	835,69	1,070
6	t2.5-C50-L0-h0	2,5	48	217	50	0	0	0	0	0	0	1040,82	950,87	1,095
7	t3.0-C30-L0-h0	3	40	273,5	30	0	0	0	0	0	0	804,55	819,07	0,982
8	t3.0-C40-L0-h0	3	40	273,5	40	0	0	0	0	0	0	951,14	867,28	1,097
9	t3.0-C50-L0-h0	3	40	273,5	50	0	0	0	0	0	0	1097,72	1032,9	1,063
10	t4.0-C30-L0-h0	4	30	267,6	30	0	0	0	0	0	0	918,35	952,87	0,964

STT	Dữ liệu Tên mẫu	t (mm)	B/t	f _y (MPa)	f _{cu} (MPa)	L (mm)	A (mm ²)	R _A (%)	h (mm)	R _h (%)	a (%)	N _{ML}	N _{eu}	N _{ML} /N _{eu}
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X19	Y		
11	t4.0-C40-L0-h0	4	30	267,6	40	0	0	0	0	0	0	1064,94	1008,83	1,056
12	t4.0-C50-L0-h0	4	30	267,6	50	0	0	0	0	0	0	1211,52	1174,22	1,032
13	t2.5-C30-L30-h50	2,5	48	217	30	30	450	3,13	50	14,29	0,45	679,12	704,12	0,964
14	t2.5-C30-L30-h150	2,5	48	217	30	30	450	3,13	150	42,86	1,34	673,84	660,87	1,020
15	t2.5-C30-L30-h250	2,5	48	217	30	30	450	3,13	250	71,43	2,24	668,50	668,54	1,000
16	t2.5-C30-L30-h350	2,5	48	217	30	30	450	3,13	350	100	3,13	663,22	636,51	1,042
17	t2.5-C30-L45-h50	2,5	48	217	30	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	642,93	671,67	0,957
18	t2.5-C30-L45-h150	2,5	48	217	30	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	631,00	617,23	1,022
19	t2.5-C30-L45-h250	2,5	48	217	30	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	619,07	614,28	1,008
20	t2.5-C30-L45-h350	2,5	48	217	30	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	607,14	604,02	1,005
21	t2.5-C30-L60-h50	2,5	48	217	30	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	605,31	604,73	1,001
22	t2.5-C30-L60-h150	2,5	48	217	30	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	584,13	608,36	0,960
23	t2.5-C30-L60-h250	2,5	48	217	30	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	562,94	575,1	0,979
24	t2.5-C30-L60-h350	2,5	48	217	30	60	1800	12,5	350	100	12,5	541,75	537,96	1,007
25	t2.5-C40-L30-h50	2,5	48	217	40	30	450	3,13	50	14,29	0,45	825,71	873,69	0,945
26	t2.5-C40-L30-h150	2,5	48	217	40	30	450	3,13	150	42,86	1,34	820,43	787,35	1,042
27	t2.5-C40-L30-h250	2,5	48	217	40	30	450	3,13	250	71,43	2,24	815,08	759,58	1,073
28	t2.5-C40-L30-h350	2,5	48	217	40	30	450	3,13	350	100	3,13	809,80	833,81	0,971
29	t2.5-C40-L45-h50	2,5	48	217	40	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	789,51	836,58	0,944
30	t2.5-C40-L45-h150	2,5	48	217	40	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	777,59	740,48	1,050
31	t2.5-C40-L45-h250	2,5	48	217	40	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	765,66	747,58	1,024
32	t2.5-C40-L45-h350	2,5	48	217	40	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	753,73	773,09	0,975
33	t2.5-C40-L60-h50	2,5	48	217	40	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	751,90	799,49	0,940
34	t2.5-C40-L60-h150	2,5	48	217	40	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	730,71	700,32	1,043
35	t2.5-C40-L60-h250	2,5	48	217	40	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	709,52	767,71	0,924
36	t2.5-C40-L60-h350	2,5	48	217	40	60	1800	12,5	350	100	12,5	688,34	677,39	1,016
37	t2.5-C50-L30-h50	2,5	48	217	50	30	450	3,13	50	14,29	0,45	972,29	1002,02	0,970
38	t2.5-C50-L30-h150	2,5	48	217	50	30	450	3,13	150	42,86	1,34	967,01	990,69	0,976
39	t2.5-C50-L30-h250	2,5	48	217	50	30	450	3,13	250	71,43	2,24	961,67	1056,05	0,911
40	t2.5-C50-L30-h350	2,5	48	217	50	30	450	3,13	350	100	3,13	956,39	693,61	1,379
41	t2.5-C50-L45-h50	2,5	48	217	50	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	936,10	1047,72	0,893
42	t2.5-C50-L45-h150	2,5	48	217	50	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	924,17	864,15	1,069
43	t2.5-C50-L45-h250	2,5	48	217	50	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	912,24	975,84	0,935
44	t2.5-C50-L45-h350	2,5	48	217	50	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	900,31	868,78	1,036
45	t2.5-C50-L60-h50	2,5	48	217	50	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	898,48	893,43	1,006
46	t2.5-C50-L60-h150	2,5	48	217	50	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	877,30	872,25	1,006
47	t2.5-C50-L60-h250	2,5	48	217	50	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	856,11	833,11	1,028
48	t2.5-C50-L60-h350	2,5	48	217	50	60	1800	12,5	350	100	12,5	834,92	837,65	0,997

STT	Dữ liệu Tên mẫu	t (mm)	B/t	f _y (MPa)	f _{cu} (MPa)	L (mm)	A (mm ²)	R _A (%)	h (mm)	R _h (%)	a (%)	N _{ML}	N _{eu}	N _{ML} /N _{eu}
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X19	Y		
49	t3-C30-L30-h50	3	40	273,5	30	30	450	3,13	50	14,29	0,45	736,02	714,4	1,030
50	t3-C30-L30-h150	3	40	273,5	30	30	450	3,13	150	42,86	1,34	730,74	741,88	0,985
51	t3-C30-L30-h250	3	40	273,5	30	30	450	3,13	250	71,43	2,24	725,40	712,07	1,019
52	t3-C30-L30-h350	3	40	273,5	30	30	450	3,13	350	100	3,13	720,12	737,87	0,976
53	t3-C30-L45-h50	3	40	273,5	30	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	699,83	696,83	1,004
54	t3-C30-L45-h150	3	40	273,5	30	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	687,90	654,17	1,052
55	t3-C30-L45-h250	3	40	273,5	30	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	675,97	682,68	0,990
56	t3-C30-L45-h350	3	40	273,5	30	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	664,04	682,41	0,973
57	t3-C30-L60-h50	3	40	273,5	30	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	662,21	722,79	0,916
58	t3-C30-L60-h150	3	40	273,5	30	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	641,03	623,13	1,029
59	t3-C30-L60-h250	3	40	273,5	30	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	619,84	621,64	0,997
60	t3-C30-L60-h350	3	40	273,5	30	60	1800	12,5	350	100	12,5	598,65	656,47	0,912
61	t3-C40-L30-h50	3	40	273,5	40	30	450	3,13	50	14,29	0,45	882,61	899,55	0,981
62	t3-C40-L30-h150	3	40	273,5	40	30	450	3,13	150	42,86	1,34	877,33	874,64	1,003
63	t3-C40-L30-h250	3	40	273,5	40	30	450	3,13	250	71,43	2,24	871,98	835,13	1,044
64	t3-C40-L30-h350	3	40	273,5	40	30	450	3,13	350	100	3,13	866,70	887,27	0,977
65	t3-C40-L45-h50	3	40	273,5	40	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	846,41	907,75	0,932
66	t3-C40-L45-h150	3	40	273,5	40	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	834,49	770,13	1,084
67	t3-C40-L45-h250	3	40	273,5	40	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	822,56	810,96	1,014
68	t3-C40-L45-h350	3	40	273,5	40	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	810,63	762,62	1,063
69	t3-C40-L60-h50	3	40	273,5	40	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	808,80	853,6	0,948
70	t3-C40-L60-h150	3	40	273,5	40	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	787,61	740,25	1,064
71	t3-C40-L60-h250	3	40	273,5	40	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	766,42	733,9	1,044
72	t3-C40-L60-h350	3	40	273,5	40	60	1800	12,5	350	100	12,5	745,24	757,33	0,984
73	t3-C50-L30-h50	3	40	273,5	50	30	450	3,13	50	14,29	0,45	1029,19	982,1	1,048
74	t3-C50-L30-h150	3	40	273,5	50	30	450	3,13	150	42,86	1,34	1023,91	1006,99	1,017
75	t3-C50-L30-h250	3	40	273,5	50	30	450	3,13	250	71,43	2,24	1018,57	957,67	1,064
76	t3-C50-L30-h350	3	40	273,5	50	30	450	3,13	350	100	3,13	1013,29	907,48	1,117
77	t3-C50-L45-h50	3	40	273,5	50	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	993,00	994,9	0,998
78	t3-C50-L45-h150	3	40	273,5	50	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	981,07	990,82	0,990
79	t3-C50-L45-h250	3	40	273,5	50	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	969,14	933,12	1,039
80	t3-C50-L45-h350	3	40	273,5	50	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	957,21	918,91	1,042
81	t3-C50-L60-h50	3	40	273,5	50	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	955,38	1005,46	0,950
82	t3-C50-L60-h150	3	40	273,5	50	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	934,20	1003,84	0,931
83	t3-C50-L60-h250	3	40	273,5	50	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	913,01	909,17	1,004
84	t3-C50-L60-h350	3	40	273,5	50	60	1800	12,5	350	100	12,5	891,82	808,45	1,103
85	t4-C30-L30-h50	4	30	267,6	30	30	450	3,13	50	14,29	0,45	849,82	849,78	1,000
86	t4-C30-L30-h150	4	30	267,6	30	30	450	3,13	150	42,86	1,34	844,54	848,94	0,995

STT	Dữ liệu Tên mẫu	t (mm)	B/t	f _y (MPa)	f _{cu} (MPa)	L (mm)	A (mm ²)	R _A (%)	h (mm)	R _h (%)	a (%)	N _{ML}	N _{eu}	N _{ML} /N _{eu}
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X19	Y		
87	t4-C30-L30-h250	4	30	267,6	30	30	450	3,13	250	71,43	2,24	839,20	806,58	1,040
88	t4-C30-L30-h350	4	30	267,6	30	30	450	3,13	350	100	3,13	833,92	797,37	1,046
89	t4-C30-L45-h50	4	30	267,6	30	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	813,63	857,34	0,949
90	t4-C30-L45-h150	4	30	267,6	30	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	801,70	790,71	1,014
91	t4-C30-L45-h250	4	30	267,6	30	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	789,77	796,79	0,991
92	t4-C30-L45-h350	4	30	267,6	30	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	777,84	790,3	0,984
93	t4-C30-L60-h50	4	30	267,6	30	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	776,01	775,74	1,000
94	t4-C30-L60-h150	4	30	267,6	30	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	754,83	711,66	1,061
95	t4-C30-L60-h250	4	30	267,6	30	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	733,64	738,22	0,994
96	t4-C30-L60-h350	4	30	267,6	30	60	1800	12,5	350	100	12,5	712,45	770,5	0,925
97	t4-C40-L30-h50	4	30	267,6	40	30	450	3,13	50	14,29	0,45	996,41	1027,08	0,970
98	t4-C40-L30-h150	4	30	267,6	40	30	450	3,13	150	42,86	1,34	991,13	1053,74	0,941
99	t4-C40-L30-h250	4	30	267,6	40	30	450	3,13	250	71,43	2,24	985,78	817,5	1,206
100	t4-C40-L30-h350	4	30	267,6	40	30	450	3,13	350	100	3,13	980,50	971,29	1,009
101	t4-C40-L45-h50	4	30	267,6	40	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	960,21	1081,12	0,888
102	t4-C40-L45-h150	4	30	267,6	40	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	948,29	965,05	0,983
103	t4-C40-L45-h250	4	30	267,6	40	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	936,36	883,15	1,060
104	t4-C40-L45-h350	4	30	267,6	40	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	924,43	913,65	1,012
105	t4-C40-L60-h50	4	30	267,6	40	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	922,60	983,58	0,938
106	t4-C40-L60-h150	4	30	267,6	40	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	901,41	859,4	1,049
107	t4-C40-L60-h250	4	30	267,6	40	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	880,22	893,62	0,985
108	t4-C40-L60-h350	4	30	267,6	40	60	1800	12,5	350	100	12,5	859,04	893,27	0,962
109	t4-C50-L30-h50	4	30	267,6	50	30	450	3,13	50	14,29	0,45	1142,99	1248,6	0,915
110	t4-C50-L30-h150	4	30	267,6	50	30	450	3,13	150	42,86	1,34	1137,71	1117,3	1,018
111	t4-C50-L30-h250	4	30	267,6	50	30	450	3,13	250	71,43	2,24	1132,37	1026,52	1,103
112	t4-C50-L30-h350	4	30	267,6	50	30	450	3,13	350	100	3,13	1127,09	1132,47	0,995
113	t4-C50-L45-h50	4	30	267,6	50	45	1012,5	7,03	50	14,29	1	1106,80	1198,9	0,923
114	t4-C50-L45-h150	4	30	267,6	50	45	1012,5	7,03	150	42,86	3,01	1094,87	1142,32	0,958
115	t4-C50-L45-h250	4	30	267,6	50	45	1012,5	7,03	250	71,43	5,02	1082,94	913,94	1,185
116	t4-C50-L45-h350	4	30	267,6	50	45	1012,5	7,03	350	100	7,03	1071,01	1012,15	1,058
117	t4-C50-L60-h50	4	30	267,6	50	60	1800	12,5	50	14,29	1,79	1069,18	1040,52	1,028
118	t4-C50-L60-h150	4	30	267,6	50	60	1800	12,5	150	42,86	5,36	1048,00	1048,09	1,000
119	t4-C50-L60-h250	4	30	267,6	50	60	1800	12,5	250	71,43	8,93	1026,81	986,43	1,041
120	t4-C50-L60-h350	4	30	267,6	50	60	1800	12,5	350	100	12,5	1005,62	1010,8	0,995
Trung bình														1,006
Giá trị nhỏ nhất														0,862
Giá trị lớn nhất														1,379
Phương sai														0,004

4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã trình bày nghiên cứu xây dựng một mô hình học máy để dự đoán khả năng chịu lực lớn nhất của cột CFST mặt cắt hình vuông có khuyết tật là khoảng hở bên trong lõi bê tông ở góc cột. Phương pháp hồi quy ký tự QLatice được sử dụng để xây dựng mô hình giúp đề xuất công thức dự báo khả năng chịu lực của loại cột này. Kết quả của công thức dự đoán có độ chính xác khá tốt khi so sánh với kết quả thu được từ thực nghiệm, với giá trị trung bình của tỷ số giá trị mô hình và giá trị thực nghiệm (N_{ML}/N_{eu}) là 1,006 và giá trị phương sai là 0,004. Điều này cho thấy khả năng ứng dụng của học máy, đặc biệt là phương pháp hồi quy ký tự QLatice trong lĩnh vực xây dựng, để tìm ra được kết quả tốt nhất dựa vào mối quan hệ của các tham số. Từ đó vấn đề về số lượng mẫu thí nghiệm hạn chế có thể khắc phục trong tương lai. Số liệu trong nghiên cứu này chỉ tập trung vào cột có kích thước không đổi, vì vậy, hướng nghiên cứu tiếp theo của nhóm tác giả là nghiên cứu cột CFST mặt cắt hình vuông có khoảng hở trong lõi bê tông ở góc cột với nhiều kích thước khác nhau.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Phạm Văn Nam, Nguyễn Hoàng Quân, Trần Hùng, Đỗ Văn Linh (2019), “Mô phỏng ứng xử chịu nén đúng tâm của cột liên hợp ống thép hình e líp nhồi bê tông”. Hội thảo khoa học cán bộ trẻ lần thứ XV. Phần 2: Kết cấu – công nghệ xây dựng, trang 191-199.
- [2]. L. H. Han (2000), “The influence of concrete compaction on the strength of concrete filled steel tubes”. Adv. Struct. Eng. An. Int. J. 3 (2), page 131-137.
- [3]. L.H. Han, W. Li, R. Bjorhovde (2014), “Developments and advanced applications of concrete-filled steel tubular (CFST) structures: members”. J. Constructional Steel Res. 100 (sep), page 211–228.
- [4]. J. Liew, D.X. Xiong (2009), “Effect of preload on the axial capacity of concrete-filled composite columns”. J. Constructional Steel Res. 65 (3), page 709–722.
- [5]. Y. Yan, Z.Q. Xing, X.L. Chen, Z. Xie, J.W. Zhang, Y. Chen (2023), “Axial compression performance of CFST columns reinforced by ultra-high-performance nano-concrete under long-term loading”, Nanotechnol. Rev. 12, 20220537.
- [6]. L.H. Han, S.H. He, F.Y. Liao (2011), “Performance and calculations of concrete filled steel tubes (CFST) under axial tension”. J. Constructional Steel Res. 67 (11), page 1699–1709.
- [7]. M. Elchalakani, A. Karrech, M.F. Hassanein, et al. (2016), “Plastic and yield slenderness limits for circular concrete filled tubes subjected to static pure bending”, Thin Walled Struct. 109, page 50–64.
- [8]. Z.B. Wang, Q. Yu, Z. Tao (2015), “Behaviour of CFRP externally-reinforced circular CFST members under combined tension and bending”. J. Constructional Steel Res. 106 (mar), page 122–137.
- [9]. Chu Thị Bình (2012), “Nghiên cứu thực nghiệm cột ống thép nhồi bê tông trong điều kiện cháy”. Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, số 2/2012.
- [10]. Nguyễn Quang Sĩ, Nguyễn Hoàng Quân, Lê Đăng Dũng, Lê Thanh Quý, Phan Cảnh Tiên (2023), “Nghiên cứu ứng xử chịu nén đúng tâm của cột ống thép nhồi bê tông”. Tạp chí Vật liệu và xây dựng, T. 13, S. 02, trang 31 -36.
- [11]. F.Y. Liao, L.H. Han, S.H. He (2011), “Behavior of CFST short column and beam with initial concrete imperfection: experiments”. J. Constructional Steel Res. 67 (12), page 1922–1935.
- [12]. F.Y. Liao, L.H. Han, T. Zhong (2013), “Behaviour of CFST stub columns with initial concrete imperfection: analysis and calculations”. Thin-Walled Struct. 70 (sep), page 57–69.
- [13]. L.H. Han, Y. Ye, F.Y. Liao (2016), “Effects of core concrete initial imperfection on performance of eccentrically loaded CFST columns”. J. Struct. Eng. 142 (12), 04016132.
- [14]. J.Q. Xue, B. Briseghella, B.C. Chen (2012), “Effects of debonding on circular CFST stub columns”. J. Constructional Steel Res. 69 (1), page 64–76. [1]
- [15]. M. M. Moein et al. (2023), “Predictive models for concrete properties using machine learning and deep learning approaches: A review”. J. Build. Eng, vol. 63, part A, Jan, Art. No 105444. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.105444>.
- [16]. K. L. Nguyen, H. T. Trinh, T. T. Nguyen, and H. D. Nguyen, (2023), “Comparative study on the performance of different machine learning techniques to predict the shear strength of RC deep beams: Model selection and industry implications”. Expert Syst Appl, vol. 230. Nov, Art. No 120649. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120649>.
- [17]. K. R. Broløs et al. (2021), “An Approach to Symbolic Regression Using Feyn.” arXiv, Apr. 12. Accessed: Jul. 14, 2024. Available: <http://arxiv.org/abs/2104.05417>.
- [18]. Wanpeng Zhang, Yiyang Mao, Zhiqian Xing, Yuanyuan Xu, Yu Chen, Wei Chen, Xiaofeng Jiang, (2023), “Axial compression behavior of square CFST short column with triangular-corner gap”, J. Struct. Eng. 80 (12), <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.108046>.