

# Đề xuất mô hình mối nối dầm cột bê tông cốt thép dạng chữ T dựa trên lý thuyết mới về phá hoại cắt

■ TS. TRẦN XUÂN HÒA

Trường Đại học Giao thông vận tải - Phần hiệu tại TP. Hồ Chí Minh

**TÓM TẮT:** Một mô hình mới được đề xuất cho mối nối dầm cột bê tông cốt thép (BTCT) hai chiều dạng chữ T. Mô hình này được phát triển trực tiếp từ lý thuyết phá hoại cắt bản lề. Các phần tử lò xo thanh và lò xo liên kết dính trượt thể hiện các thanh cốt thép và liên kết giữa thép với bê tông xung quanh. Khác với những mô hình đa lò xo trước đó, các phần tử thanh chống được sử dụng để mô phỏng lõi bê tông. Trong phạm vi nghiên cứu, ứng xử đơn điệu của mối nối chữ T được tính toán để dự đoán đường bao ứng xử trong trường hợp tải trọng tuần hoàn. Mô hình mới cho mối nối chữ T được xác thực độ tin cậy thông qua kết quả ứng xử của một vài mẫu thí nghiệm.

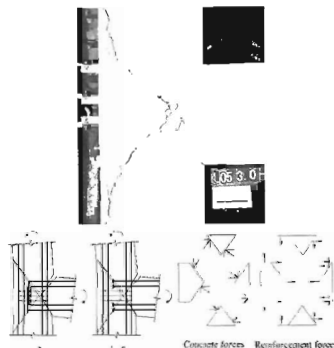
**TỪ KHÓA:** Lý thuyết phá hoại cắt, mối nối dầm cột chữ T, thanh chống, tải trọng đơn điệu.

**ABSTRACT:** A new model is proposed for the two dimensional reinforced concrete exterior beam-to-column joints. The model was derived directly from the theory of joint shear hinging failure. Bar springs and bond-slip springs represented reinforcements and the bond between reinforcing bars and surrounding concrete respectively. Different from previous multi-spring joint models which were also based on the joint hinging theory, the study used concrete struts instead of concrete springs to simulate concrete in the joint core. Within the simple scope of the study, the monotonic behaviors of the exterior joints were established to capture the monotonic backbone of the joint cyclic behaviors. The new exterior joint element was verified by the experimental results of several exterior joint subassemblages.

**KEYWORDS:** Exterior beam-column joint, shear failure mechanism, springs, concrete strut

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mô hình mối nối chữ T trong bài báo này kế thừa mô hình mối nối chữ thập trước đó của tác giả [1]. Về cơ bản, ma trận độ cứng của phần tử mối nối được xây dựng dựa trên cơ sở lý thuyết phá hoại cắt bản lề của Shiohara [2,3], cải tiến những hạn chế lý thuyết thanh chống và gài của Paulay [4].

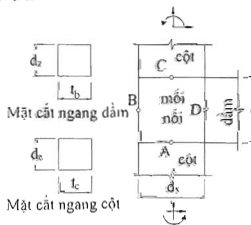


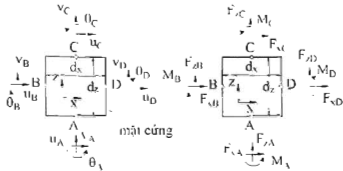
Hình 1.1: Cơ chế phá hoại cắt bản lề của mối nối dầm cột chữ T

## 2. ĐẶC ĐIỂM HÌNH HỌC CỦA PHẦN TỬ MỐI NỐI

Đặc điểm hình học của phần tử mối nối do tác giả đề xuất được thể hiện trong Hình 2.1.

Một mối nối có 3 mặt nối với các dầm và cột tại tâm của các mặt tiếp xúc. Trong hệ tọa độ hai chiều OXZ, mối nối được xem như một phần tử hình chữ nhật 4 nút (A, B, C, và D) với 12 bậc tự do. Các nút đặt tại tâm của các mặt cứng, tương trưng cho các miếng cứng trong mô hình của Shiohara.





Hình 2.1: Đặc điểm hình học của phần tử mỗi nối

Phần tử mỗi nối có 12 bậc tự do bao gồm \$u\_A, v\_A, \theta\_A, u\_B, v\_B, \theta\_B, u\_C, v\_C, \theta\_C, u\_D, v\_D, \theta\_D\$ tương ứng với 12 lực nút \$F\_{x,c}, F\_{z,c}, M\_c, F\_{x,d}, F\_{z,d}, M\_d, F\_{x,c}, F\_{z,c}, M\_c, F\_{x,d}, F\_{z,d}, M\_d\$ và \$M\_o\$.

Với định nghĩa này, một mỗi nối có 9 thành phần biến dạng độc lập bao gồm các biến dạng kéo nén dọc trục (\$\Delta\_{x1}, \Delta\_{x2}, \Delta\_{z1}, \text{ và } \Delta\_{z2}\$), biến dạng uốn (\$\varphi\_{x1}, \varphi\_{x2}, \varphi\_{z1}, \text{ và } \varphi\_{z2}\$) và biến dạng cắt \$\varphi\_o\$. Tương ứng với các biến dạng này, có 9 thành phần nội lực bao gồm lực kéo nén dọc trục (\$N\_{x1}, N\_{x2}, N\_{z1}, \text{ và } N\_{z2}\$), mô-men uốn (\$M\_{x1}, M\_{x2}, M\_{z1}, \text{ và } M\_{z2}\$) và mô-men xoắn bất đối xứng \$M\_o\$. Các quan hệ tương thích biến dạng được mô tả bằng các phương trình dưới đây:

$$\bar{a} = B_0 e \quad (1)$$

$$p = B_1^T f \quad (2)$$

Trong đó: \$B\_0\$ - Ma trận tương thích biến dạng giữa \$\delta\$ và \$e\$. Các vector \$\delta, f, e\$, và \$p\$ được định nghĩa lần lượt là vector biến dạng và nội lực mỗi nối (9 thành phần), vector chuyển vị và lực nút (12 thành phần).

Ma trận độ cứng tổng thể của phần tử mỗi nối \$K\$ đặc trưng cho quan hệ giữa vector lực nút \$p\$ và vector chuyển vị nút \$e\$:

$$p = K e \quad (3)$$

$$K = B_1^T k_0 B_0 \quad (4)$$

\$k\_0\$ - Ma trận độ cứng tương ứng với 9 thành phần biến dạng độc lập kể trên.

### 3. MA TRẬN ĐỘ CỨNG TỔNG THỂ CỦA MỖI NỐI

Vector biến dạng \$\Delta\$ bao gồm biến dạng trung bình của các thanh chống và biến dạng tích hợp của lò xo thanh và lò xo liên kết đỉnh trượt có thể được tính toán từ vector \$\delta\$ thành phần biến dạng độc lập của phần tử mỗi nối \$\delta\$ thông qua ma trận tương thích biến dạng \$B\_1\$ như sau:

$$\bar{\Delta} = B_1 \delta \quad (5)$$

Vector nội lực của mỗi nối \$f\$ cũng có thể xác định từ vector \$q\$ bao gồm nội lực bên trong các thanh chống và lò xo như sau:

$$f = B_1^T q \quad (6)$$

Gọi \$k\_1\$ là ma trận độ cứng kết hợp của thanh chống bê tông và các lò xo:

$$k_1 = \begin{bmatrix} k_c & 0 \\ 0 & k_{xs} \end{bmatrix} \quad (7)$$

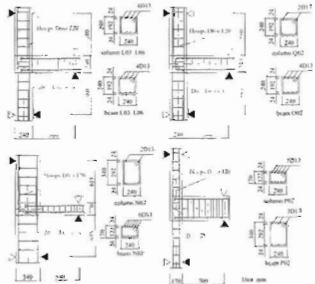
Ma trận độ cứng tổng thể của phần tử mỗi nối có thể viết lại thành:

$$K = B_0^T B_1^T k_1 B_1 B_0 \quad (8)$$

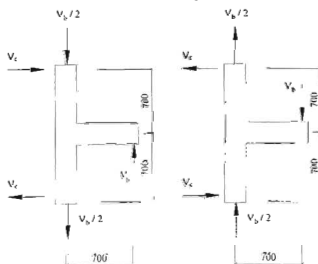
Định nghĩa về các phần tử lò xo thanh, lò xo liên kết đỉnh trượt và thanh chống bê tông cùng với quy luật ứng xử của vật liệu tương ứng hoàn toàn giống với mỗi nối đang chữ thàn [5,6]. Bài báo này tập trung vào phân tích kết quả tính toán kiểm chứng.

### 4. KẾT QUẢ

Hai mẫu khung dầm cột BTCT dạng chữ T (L03, L06) chịu tác dụng của tải trọng lặp theo phương ngang tiến hành bởi Kusuhara và Shiohara được sử dụng cho việc xác thực độ tin cậy của mô hình mỗi nối trong bài báo này. Mô tả về mẫu thí nghiệm và tải trọng thể hiện ở Hình 4.1 và Hình 4.2. Quá trình phân tích được tính toán trên chương trình mã nguồn mở Object-Based Structural Analysis.



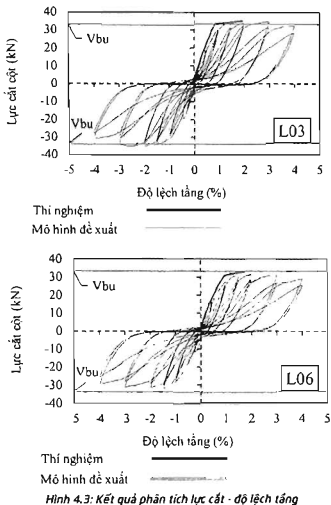
Hình 4.1: Mẫu thí nghiệm



Hình 4.2: Mô tả tải trọng lặp tác dụng lên mẫu và phân lực gối tương ứng

Hình 4.3 thể hiện quan hệ giữa lực cắt cột và độ lệch tầng ứng với hai trường hợp mẫu thí nghiệm. So với sức kháng cắt danh định, lực cắt cột lớn nhất từ mô hình để xuất lớn hơn 4,4% ứng với mẫu L03 và nhỏ hơn 1,1% với mẫu L06. Với việc sử dụng thuật giải Newton - Raphson cho quá trình tính toán, chương trình sẽ tự động dừng khi lực cắt cột đạt giá trị lớn nhất và bắt đầu có xu hướng

đi xuống. Thời điểm này gọi là điểm đi xuống, với L03 là tải 1,9% độ lệch tầng và L06 là 1,7% độ lệch tầng. Quan sát trên Hình 4.3 có thể thấy điểm đi xuống của hai mẫu dự đoán tương đối gần với thí nghiệm.



Hình 4.3: Kết quả phân tích lực cắt - độ lệch tầng

### 5. KẾT LUẬN

Từ những phân tích ở trên rút ra một số kết luận:

- Bài báo giới thiệu một mô hình phần tử mới nối dầm cột hai chiều bê tông cốt thép áp dụng cho trường hợp dầm chữ T - thường nằm ở phía biên của kết cấu khung nhà. Trong phạm vi nghiên cứu, ứng xử đơn điều dưới tác dụng của tải trọng ngang - ở đây là đường cong quan hệ giữa lực cắt cột và độ lệch tầng - được tính toán để dự đoán đường bao của đường cong tương ứng dưới tác dụng của tải trọng lặp.

- Hai mẫu khung dầm cột bê tông cốt thép có mối nối dạng chữ T được phân tích bằng mô hình mới để kiểm chứng với thí nghiệm. Kết quả cho thấy mô hình mới dự đoán tốt điểm đi xuống của đường cong quan hệ giữa lực cắt cột và độ lệch tầng.

**Lời cảm ơn:** Tác giả chân thành cảm ơn Trường Đại học GTVT đã tài trợ cho nghiên cứu này trong đề tài mã số T2020-PHII-001.

### Tài liệu tham khảo

[1]. Trần Xuân Hòa, Lê Gia Khuyến, Nguyễn Công Thức (2019), *Mô hình mới cho mối nối dầm cột bê tông*

*cốt thép thay thế mối nối cứng trong các chương trình tính toán*, Tạp chí GTVT, số tháng 05, tr.70-73.

[2]. Shiohara H (2001), *New model for shear failure of RC interior beam-column connections*, Journal of Structural Engineering, vol.127, no.2, pp.152-160.

[3]. Kusahara F, Kim S, Shiohara H (2013), *Seismic Response of Reinforced Concrete Moment Resisting Frames of Beam-column Joint Yielding*, Journal of Construction and Structural Engineering, Architectural Institute of Japan, vol.78, no.686, pp.847-855.

[4]. Shiohara H, Kusahara F (2010), *An overlooked failure mechanism of reinforced concrete beam-column joints*, Proceedings of the 9th US National & 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, Canada.

[5]. Paulay T, Park R, Priestley MJ (1978), *Reinforced concrete beam-column joints under seismic actions*, ACI Journal, InProceedings, vol.75, no.11, pp.585-593.

[6]. CEB-FIP CE (1991), *Model Code 1990*, Comite Euro-International Du Beton, Paris, pp.87-109.

[7]. Scott BD, Park R, Priestley MJ (1982), *Stress-strain behavior of concrete confined by overlapping hoops at low and high strain rates*, ACI Journal, Proceedings, vol.79, no.1, pp.13-27.

**Ngày nhận bài:** 05/3/2020

**Ngày chấp nhận đăng:** 27/3/2020

**Người phản biện:** TS. Trần Anh Đạt

TS. Nguyễn Thạc Quang