

# ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CỨNG LIÊN KẾT ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA KẾT CẤU KHUNG THÉP CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG

Nguyễn Tiến Chương<sup>1</sup>, Nguyễn Hải Quang<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Đại học Thủy lợi, email: chuongnt@tlu.edu.vn  
<sup>2</sup>Đại học Điện lực, email: quangnh@epu.edu.vn

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

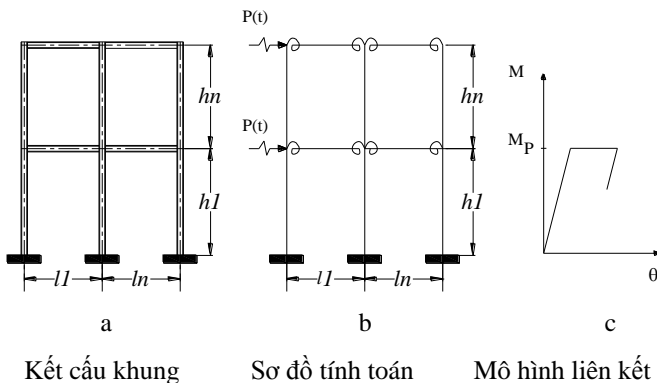
Khi tính toán kết cấu khung thép, liên kết dầm – cột thường được xem là liên kết ngàm (cứng lý tưởng), nghĩa là không có sự xoay tương đối giữa trục dầm và trục cột.

Thực tế, liên kết này thường không cứng tuyệt đối mà là liên kết nửa cứng, nghĩa là khi biến dạng có sự xoay tương đối giữa trục dầm và trục cột.

Vấn đề được đặt ra là khi liên kết dầm – cột không cứng tuyệt đối thì việc tính toán kết cấu theo mô hình liên kết cứng lý tưởng có bị sai khác nhiều không so thực tế? Trong bài báo này sẽ xem xét vấn đề này cho trường hợp kết cấu khung thép chịu tải trọng động.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Xét khung thép phẳng bao gồm các cột và dầm như trên hình 1a.



**Hình 1:** Khung thép có liên kết nửa cứng chịu tải trọng động

Kết cấu khung thép có liên kết nửa cứng chịu tải trọng động được mô hình hóa thành

sơ đồ tính như trên hình 1b. Các phần tử dầm, cột làm việc trong trạng thái đàn hồi. Liên kết giữa các đoạn cột, cột với móng là liên kết cứng, còn liên kết giữa cột với dầm là liên kết nửa cứng theo mô hình đàn - dẻo như trên hình 1c.

Hệ phương trình dao động của kết cấu có dạng như sau [1 - 7]:

$$M_u \ddot{u} + C_u \dot{u} + K_u u = \Delta P_u \quad (1)$$

trong đó:

$M_u, C_u, K_u, \Delta P_u$ : lần lượt là các ma trận khối lượng; cản; độ cứng và véc tơ tải trọng nút quy đổi đều phụ thuộc vào quan hệ giữa mô men và góc xoay của liên kết;

$\ddot{u}, \dot{u}, u$ : lần lượt là số gia của véc tơ gia tốc, vận tốc, chuyển vị của nút.

Hệ phương trình vi phân (1) được tích phân trực tiếp theo phương pháp Newmark với bước thời gian thay đổi [1 - 7]. Các bước tính toán được thể hiện như sau:

Bước 1: Lựa chọn  $\gamma = 0,5$ ;  $\beta = 1/3$

Bước 2: Tính toán các số liệu ban đầu

2.1. Xác định  $k_i, K, M, C, P_0$

$$2.2. \ddot{u}_0 = \frac{P_0 - C\dot{u}_0 - K u_0}{M}$$

$$2.3. \Delta t_{max} = \frac{1}{4\pi\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{\gamma - 2\beta}} T_n$$

Bước 3: Tính toán cho mỗi bước thời gian

$$3.1. a = \frac{1}{\beta \Delta t} M + \frac{\gamma}{\beta} C, b = \frac{1}{2\beta} M + \Delta t \left( \frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) C$$

3.2. Tính toán  $\Delta u_{\Delta t - \epsilon t}, \Delta u_{\Delta t}$  theo Newmark

3.3. Tính toán mô men và góc xoay của các liên kết dầm – cột.

3.4. Kiểm tra sự phù hợp về điều kiện ràng buộc ở mô men, góc xoay và độ cứng của liên kết.

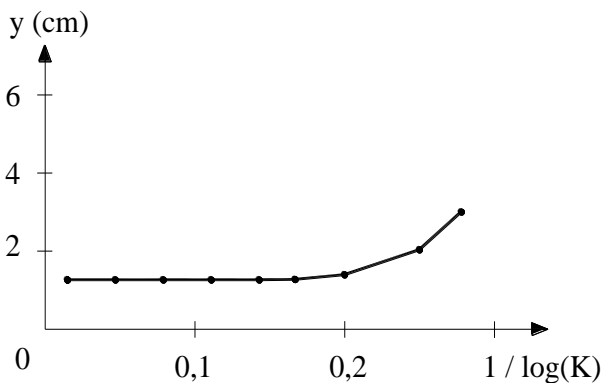
- Nếu phù hợp thì lưu kết quả để tính cho bước thời gian tiếp, trường hợp thay đổi độ cứng của liên kết thì phải cập nhật lại  $k_i$ , K, M, C.

- Nếu không phù hợp thì chia đôi bước thời gian để tính lại các bước 3.1, 3.2, 3.3 và 3.4.

### 3. KHẢO SÁT KHUNG THÉP CÓ LIÊN KẾT NỬA CỨNG

#### 3.1. Trường hợp liên kết làm việc trong trạng thái đàn hồi

Khung thép với dầm và cột có tiết diện chữ I. Tiết diện cột có kích thước bản cánh (200×8) mm, bản bụng (450×6) mm. Tiết diện dầm có kích thước bản cánh (200×8) mm, bản bụng (300×6) mm. Vật liệu thép có mô đun đàn hồi  $E = 2,1.10^4 \text{ kN} / \text{cm}^2$ . Khối lượng tập trung tại các nút  $M = 2.10^3 \text{ kg}$ . Liên kết cột với dầm là liên kết nửa cứng theo mô hình đàn hồi tuyến (không xét đến biến dạng dẻo). Tải trọng tác dụng ngang theo thời gian là  $P(t) = 15 \sin(\pi t)$  (lực tính bằng KN, thời gian tính bằng giây).



**Hình 2:** Chuyển vị ngang lớn nhất tại đỉnh khung ứng với các giá trị K khác nhau

Khảo sát khung với các độ cứng khác nhau  $k = [0, \infty)$  thì được kết quả về chuyển vị lớn nhất ở đỉnh khung được thể hiện trên hình 2, còn giá trị mô men lớn nhất tại chân cột được thể hiện trên hình 3. Trên các hình 2 và 3, trục

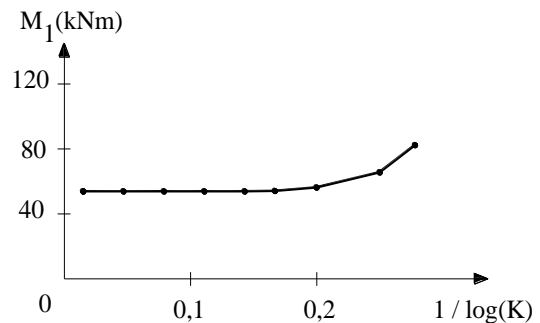
hoành là đại lượng  $1/\log(k)$  thể hiện độ mềm của liên kết. Độ cứng càng giảm thì độ mềm càng tăng.

Kết quả tính toán cho thấy:

+ Khi độ cứng của liên kết dầm – cột giảm (liên kết càng mềm) thì chuyển vị của khung tăng lên. Sở dĩ như vậy là do khi độ cứng liên kết giảm thì độ cứng của khung cũng giảm.

+ Khi độ cứng của liên kết giảm tương đối ít thì độ tăng của chuyển vị khung tăng lên tương đối ít.

+ Quy luật thay đổi của chuyển vị khung trong mối quan hệ với độ cứng liên kết đồng điều với quy luật thay đổi mô men chân cột.

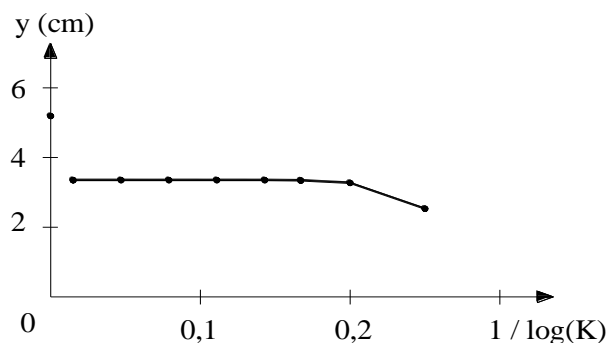


**Hình 3:** Mô men lớn nhất tại chân cột ứng với các giá trị K khác nhau

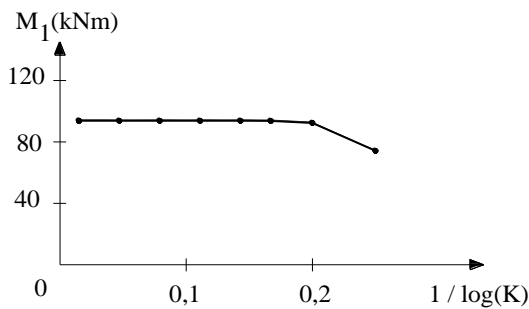
#### 3.2. Trường hợp liên kết đàn – dẻo

Xét trường hợp liên kết dầm – cột là liên kết nửa cứng đàn – dẻo (hình 1.c).

Khảo sát khung với các độ cứng ban đầu khác nhau  $k = [0, \infty)$  ta nhận được giá chuyển vị lớn nhất ở đỉnh khung như trên hình 4, còn giá trị mô men lớn nhất tại chân cột được thể hiện trên hình 5. Trong trường hợp này liên kết làm việc trong trạng thái đàn – dẻo (xuất hiện biến dạng dẻo tại các liên kết).



**Hình 4:** Chuyển vị ngang lớn nhất của khung ứng với các giá trị K khác nhau



**Hình 5:** Mô men lớn nhất tại chân cột ứng với các giá trị  $K$  khác nhau

Kết quả tính toán cho thấy:

+ Khi độ cứng ban đầu của liên kết dầm – cột giảm (liên kết càng mềm) thì chuyển vị của khung giảm xuống. Sở dĩ như vậy là do độ cản khi xuất hiện biến dạng dẻo tại liên kết ảnh hưởng nhiều đến chuyển động của kết cấu, làm cho chuyển vị của kết cấu giảm xuống, mặc dù khi đó độ cứng của kết cấu bị giảm xuống.

+ Khi độ cứng của liên kết giảm tương đối ít thì độ giảm của chuyển vị khung tăng lên tương đối ít.

+ Quy luật thay đổi của chuyển vị khung trong mối quan hệ với độ cứng liên kết đồng đều với quy luật thay đổi mô men chân cột.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả khảo sát bằng số kết cấu khung thép có độ cứng liên kết khác nhau chịu tải trọng động cho thấy:

+ Khi độ cứng của liên kết tương đối lớn thì sự sai khác giữa kết quả tính toán theo mô hình khung có liên kết nửa cứng và theo mô hình khung có liên kết cứng là tương đối nhỏ. Trong trường hợp này có thể tính toán theo mô hình khung có liên kết cứng. Giá trị mômen dẻo đầu dầm lấy bằng giá trị nhỏ nhất trong các giá trị mômen dẻo của liên kết và của dầm.

+ Khi độ cứng liên kết giảm đến giá trị nhất định thì sự sai khác giữa kết quả tính toán theo mô hình khung có liên kết nửa cứng và theo mô hình khung có liên kết cứng tăng lên nhanh chóng. Trong trường hợp này cần tính toán theo mô hình khung có liên kết nửa cứng.

+ Kết quả tính toán chuyển vị của khung thép theo mô hình liên kết nửa cứng đàn hồi lớn hơn so với tính toán theo mô hình liên kết cứng, còn kết quả tính toán theo mô hình liên kết nửa cứng đàn – dẻo lại nhỏ hơn so với tính toán theo mô hình liên kết cứng.

+ Quy luật thay đổi của mômen chân cột trong mối quan hệ với độ cứng liên kết đồng đều với quy luật thay đổi chuyển vị định khung.

#### 5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Tiên Chương, Nguyễn Hải Quang (2011). Tích phân trực tiếp phương trình vi phân dao động của kết cấu theo mô hình đàn hồi – dẻo lý tưởng. *Xây dựng - Tạp chí của Bộ Xây dựng* 5/2011, tr 37-38.
- [2] Nguyễn Tiên Chương, Nguyễn Hải Quang (2012). Tính toán khung thép có liên kết nửa cứng theo mô hình đàn – dẻo chịu tải trọng động ngắn hạn. *Tạp chí Xây dựng*, 8/2012, tr 57-60.
- [3] Nguyễn Tiên Chương, Nguyễn Hải Quang (2012), Một số kết quả nghiên cứu tính toán khung thép có liên kết nửa cứng theo mô hình đàn – dẻo chịu tải trọng động. *Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ IX - Hà Nội*, 8-9/12/2012, tr, 163 - 171.
- [4] Nguyễn Tiên Chương, Nguyễn Hải Quang (2013). Tính toán khung thép có liên kết nửa cứng theo mô hình đàn – dẻo chịu đồng thời tải trọng động và tải trọng tĩnh. *Tạp chí Xây dựng* 2/2013, tr 75 - 78.
- [5] Nguyễn Tiên Chương, Nguyễn Hải Quang (2013). Phương pháp Newmark với bước thời gian thay đổi áp dụng cho bài toán khung có liên kết nửa cứng đàn – dẻo chịu tải trọng động. *Tuyển tập Hội nghị khoa học toàn quốc Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ XI, thành phố Hồ Chí Minh* 7-9/11/2013, tập 1, tr. 264 – 271.
- [6] Nguyễn Tiên Chương, Nguyễn Hải Quang (2015). Ảnh hưởng của biến dạng dẻo đến phản ứng động lực của kết cấu khung thép có liên kết nửa cứng. *Tạp chí Kết cấu và Công nghệ Xây dựng*, số 17II - 2015, tr, 55 – 61.
- [7] Nguyễn Hải Quang (2012). Tính toán khung thép có liên kết nửa cứng theo mô hình đàn – dẻo chịu tải trọng động. *Luận án tiến sĩ Đại học Kiến trúc Hà Nội*.