

NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ CỦA NÚT LIÊN KẾT LỖI - DẦM CỨNG CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT THÔNG QUA THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH

ThS. NGUYỄN HỒNG HẢI, TS. NGUYỄN HỒNG HÀ, TS. ĐỖ TIẾN THỊNH

Viện KHCN Xây dựng

ThS. VŨ XUÂN THƯƠNG

Công ty Cổ phần Giải pháp và Công nghệ xây dựng SF

Tóm tắt: *Thí nghiệm mô hình là phương pháp phổ biến và quan trọng trong nghiên cứu kết cấu chịu tải trọng động đất trên thế giới, nhưng hiện tại vẫn còn hiếm tại Việt Nam. Bài báo trình bày các vấn đề liên quan đến thí nghiệm nghiên cứu ứng xử của nút liên kết lỗi - dầm cứng chịu tải trọng ngang lập đổi chiều được thực hiện tại phòng thí nghiệm động đất của Viện Khoa học công nghệ xây dựng. Một số nhận xét và kiến nghị rút ra từ kết quả thí nghiệm cũng được trình bày trong bài báo.*

1. Đặt vấn đề

Hệ kết cấu có tầng cứng được sử dụng rất phổ biến cho nhà cao tầng. Theo thống kê của Hiệp hội nhà cao tầng thế giới, từ năm 2000 đến nay, có đến trên 73% tòa nhà cao tầng trên thế giới sử dụng hệ kết cấu này. Tại Việt Nam, nhiều công trình cao tầng cũng đã sử dụng hệ kết cấu có tầng cứng, như tòa tháp Bitexco (68 tầng, cao 262m), Hanoi Keangnam Landmark Tower (70 tầng, cao 330m) và Hanoi Lotte Center (65 tầng, cao 268m). Các công trình này sử dụng hệ kết cấu khung lõi kết hợp với tầng cứng và đều được thiết kế bởi các công ty tư vấn nước ngoài.

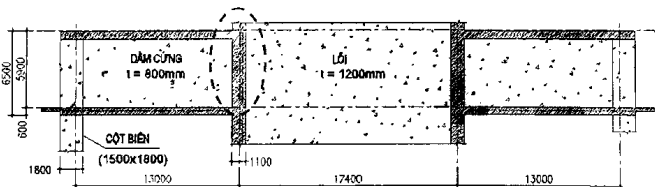
Tuy nguyên lý chung về sự làm việc của kết cấu nhà cao tầng có tầng cứng đã được quan tâm nhiều, song việc thiết kế hệ kết cấu này không dễ dàng. Đến thời điểm hiện tại, mới có một số tài liệu [1, 2] đề cập tới nguyên lý và các vấn đề cần quan tâm trong thiết kế, chưa có tài liệu hướng dẫn chi tiết. Điểm chung của các tài liệu này đều chú trọng vào việc thiết kế các cấu kiện ở khu vực tầng cứng.

Thực hiện đề tài nghiên cứu sự làm việc của kết cấu nhà siêu cao bằng bê tông cốt thép có tầng cứng chịu tải trọng gió và động đất ở Việt Nam, thông qua việc tra cứu tài liệu, nhóm đề tài nhận thấy hiện tại chưa có các nghiên cứu thực nghiệm thí nghiệm liên quan đến ứng xử của nút liên kết giữa dầm cứng với cột và lõi. Tại các vị trí này, nội lực của cấu kiện có sự thay đổi đột ngột khi chịu tác động của tải trọng động đất. Trong bài báo trước nhóm đề tài đã trình bày các kết quả liên quan đến thí nghiệm liên kết giữa cột và dầm cứng [3]. Trong khuôn khổ của bài báo, chúng tôi trình bày các vấn đề liên quan đến thí nghiệm liên kết giữa dầm cứng và lõi dưới tác dụng của tải trọng ngang lập đổi chiều. Mục đích của thí nghiệm là nghiên cứu ứng xử (cường độ, độ cứng và độ dẻo) của liên kết lỗi - dầm cứng khi chịu tác động của tải trọng động đất, xem xét dạng phá hoại của nút liên kết này, qua đó có thể đánh giá sự phù hợp của tiêu chuẩn thiết kế áp dụng cho dạng kết cấu có tầng cứng bê tông cốt thép chịu tải trọng động đất theo các tiêu chí về cường độ, độ dẻo và cấu tạo chi tiết giữa dầm cứng và lõi.

2. Thí nghiệm nút liên kết lỗi - dầm cứng

2.1 Thiết kế mẫu thí nghiệm

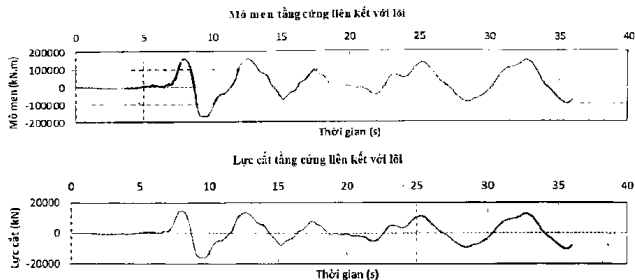
Đối tượng thí nghiệm là nút liên kết lỗi - dầm cứng của một mô hình kết cấu nguyên mẫu cao 55 tầng, có một tầng cứng bố trí tại tầng 34. Mô hình khảo sát này được xây dựng dựa trên tham khảo kết cấu một số công trình cao tầng tại Việt Nam và có điều chỉnh để phù hợp với năng lực phòng thí nghiệm động đất của IBST. Hình 1 thể hiện kích thước hình học của kết cấu khung ở vị trí tầng cứng.



Hình 1. Kích thước hình học của kết cấu khung tại vị trí tầng cứng

Kết cấu được thiết kế theo tiêu chuẩn Mỹ ACI 318, dưới tác động của tải trọng động đất, kết cấu có đảm cứng làm việc thông qua cặp ngẫu lực, chuyển mô-men lật thành lực dọc tác

dụng lên cột biên. Phân tích lý thuyết (phân tích động phi tuyến) cho thấy, trong quá trình chịu tác động động đất, đảm cứng chịu mô men và lực cắt đối chiều (hình 2).

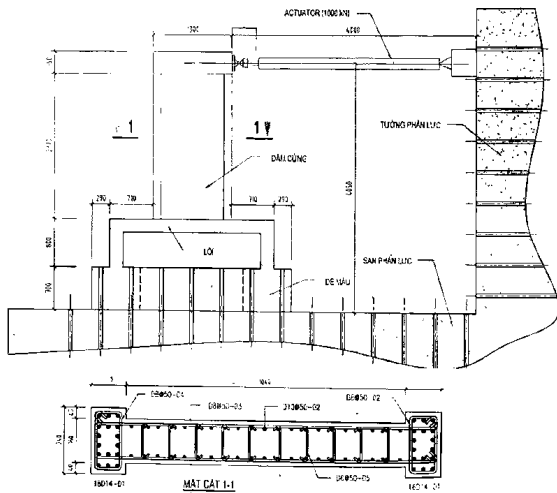


Hình 2. Nội lực của đảm cứng khi chịu động đất

Xem xét năng lực phòng thí nghiệm IBST, mẫu thí nghiệm được thiết kế với tỷ lệ mô hình 1/5, sử dụng phương pháp gia tải ngang lập đối chiều. Vật liệu mẫu thí nghiệm giống với nguyên mẫu, sử dụng

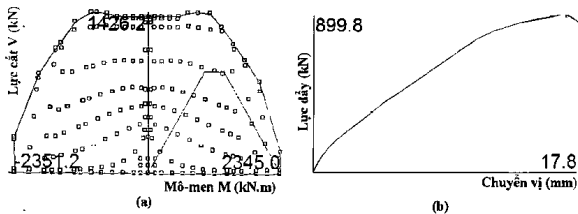
bê tông có cường độ $f'_c = 28MPa$ và cốt thép có cường độ chảy dẻo $f_y = 490MPa$.

Sơ đồ và cấu tạo của mẫu thí nghiệm xem hình 3.



Hình 3. Sơ đồ và cấu tạo của mẫu thí nghiệm

Cường độ mẫu thí nghiệm tính toán dự kiến theo lý thuyết là 2345 kNm, ứng với lực đẩy đều dầm cứng 900 kN (hình 4) Dạng phá hoại dự báo là phá hoại do uốn.



Hình 4. Cường độ mẫu thí nghiệm: (a) đường bao tương tác M-V, (b) đường cong quan hệ lực - chuyển vị

Ngoài ra, một số điều kiện biên liên quan tới phạm vi chế tạo mẫu cũng được đánh giá xem xét trong quá trình thiết kế mẫu. Chi tiết công việc này được trình bày trong báo cáo của đề tài.

2.2 Hệ thống gia tải và quy trình gia tải ngang

Mẫu thí nghiệm được gia tải (ngang) trên đỉnh thông qua kích thủy lực loại 1000kN. Quy trình gia tải (hình 4) được tham khảo quy trình của giáo sư Park (1989) [4]. Quy trình gia tải gồm một số chu kỳ dần hồi (kiểm soát bằng lực) ứng với 75% cường độ chảy, các chu kỳ sau (kiểm soát bằng chuyển vị) gia tải ứng với 2, 4, 6, 8 lần chuyển vị chảy.

Giai đoạn 1: Lập 2 chu kỳ với mức tải F_y . Giá trị F_y được xác định là min của các giá trị sau:

$$+ 0.75F_{max} = 0.75 \cdot 900kN = 675 kN;$$

+ Thép bắt đầu chảy dẻo, xác định dựa vào số đọc của phiến đo biến dạng cốt thép ở mức $\epsilon = 0.0025$.

Giai đoạn 2: Lập 2 chu kỳ cho các mức chuyển vị 2, 4, 6, 8 Δ_y . Giá trị Δ_y được xác định bằng:

$$\Delta_y = \frac{\Delta_{y1} + \Delta_{y2}}{2}$$

trong đó: Δ_{y1} , Δ_{y2} - chuyển vị tại mức tải F_y và $-F_y$ của giai đoạn 1.

$$\text{Giá trị dự kiến } \Delta_y = 16.0mm;$$

Các bước thực hiện gia tải thí nghiệm:

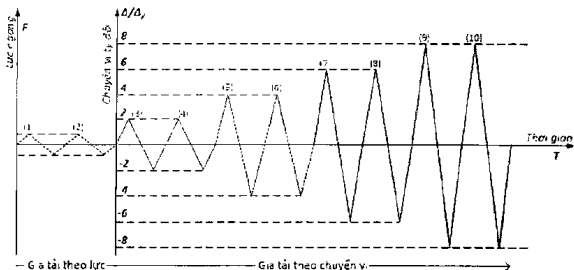
Bước 1: Kiểm tra thiết bị

+ Gia tải 2 chu kỳ ở mức tải 150 kN ($\sim 0.2F_y$);

+ Kiểm tra sự làm việc của các đầu đo, màn hình hiển thị số liệu đo;

Bước 2: Gia tải chính thức giai đoạn 1 (kiểm soát lực);

Bước 3: Gia tải chính thức giai đoạn 2 (kiểm soát chuyển vị). Tốc độ gia chuyển vị khoảng 1mm/phút.



Hình 5. Quy trình gia tải mẫu thí nghiệm



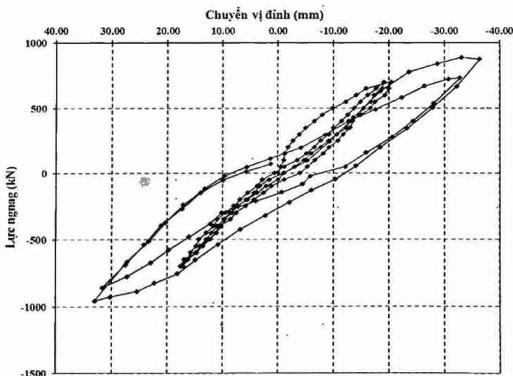
Hình 7. Hình ảnh vết nứt mẫu thí nghiệm

Theo tính toán lý thuyết, cường độ của mẫu ứng với lực đẩy tại đỉnh mẫu là 900kN. Thực tế khi mức gia tải đạt tới 957kN (gần bằng mức cao nhất của năng lực kích 1000kN), đường cong $p-\Delta$ của mẫu bắt đầu có xu hướng nằm ngang nhưng vẫn có thể tăng thêm một chút. Do không có bố trí chống ngang và để đảm bảo an toàn, nhóm đề tài đã quyết định dừng thí nghiệm tại đây. Tại thời điểm dừng thí nghiệm mẫu vẫn chưa bị phá hoại hoàn toàn, tỉ số chuyển vị đỉnh và chiều cao mẫu đạt 1.74%. Cường độ mẫu vẫn có thể lớn hơn 957kN, đường cong trở chưa đi sâu vào giai đoạn suy giảm cường độ, do vậy chưa đánh giá được đầy đủ khả năng biến dạng dẻo và hấp thụ năng lượng của mẫu.

3.2 Ứng xử trễ

Đường cong trễ của mẫu thí nghiệm liên kết lõi - dầm cứng thể hiện đặc trưng hấp thụ phân tán năng lượng có xu hướng ổn định. Về cơ bản ứng xử hai phía kéo và đẩy có xu hướng tương đồng (hình 8), nhưng chi tiết có một chút khác biệt. Giá trị lớn nhất của chuyển vị và lực kích của đường cong trễ tại phía đẩy là 37 mm và 890 kN, trong khi các giá trị này phía kéo là 33 mm và 957 kN. Sai số nhỏ trong thí công có ảnh hưởng một chút tới cường độ mẫu trong thực tế.

Liên kết ứng xử cơ bản là đàn hồi khi chuyển vị ở mức khoảng 20 mm (phía đẩy) và 18 mm (phía kéo). Khi tăng mức tải, sự giảm độ cứng được biểu hiện ở các chu kỳ hồi tải. Tuy vậy, do dừng thí nghiệm sớm, nên không khảo sát được giai đoạn suy giảm mạnh về cường độ và độ cứng của mẫu.



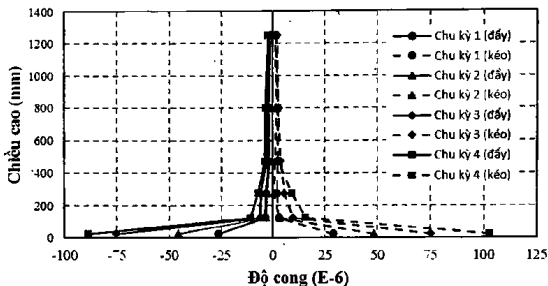
Hình 8. Đường cong ứng xử trễ của mẫu thí nghiệm lõi - dầm cứng

3.3 Độ dẻo

Độ dẻo của cấu kiện được xác định bằng tỉ số giữa chuyển vị lớn nhất tại thời điểm phá hoại và chuyển vị ứng với lúc cốt thép đạt giới hạn chảy. Như đã giới thiệu ở phần trước, giai đoạn suy giảm cường độ của mẫu không khảo sát được bởi vì thí nghiệm bị

dừng do giới hạn năng lực kích. Do đó, độ dẻo của mẫu sẽ không được đánh giá đầy đủ. Độ dẻo của mẫu tại thời điểm dừng thí nghiệm mới đạt khoảng 1.7. Giá trị này có khả năng sẽ lớn hơn nếu năng lực thiết bị cho phép tiếp tục thí nghiệm.

3.4 Đánh giá kết cấu dựa trên tính năng



Hình 9. Biểu đồ biến thiên độ cong theo chiều cao mẫu thí nghiệm

Biểu đồ biến thiên độ cong theo chiều cao mẫu thí nghiệm thể hiện trên hình 8. Biểu đồ phía đẩy và kéo đối xứng nhau, giá trị tăng dần từ đỉnh xuống chân mẫu. Thí nghiệm không thực hiện được tới giai đoạn làm việc xa miền đàn hồi. Tại thời điểm dừng thí nghiệm, chiều cao đoạn hình thành khớp dẻo của dầm cứng khoảng 300mm tính từ chân mẫu, bằng 0.12H, với H là chiều cao mẫu dầm cứng.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày các nội dung liên quan đến thí nghiệm mô hình kết cấu nút liên kết lõi – dầm cứng, thực hiện tại phòng thí nghiệm động đất Viện Khoa học công nghệ xây dựng. Qua kết quả thí nghiệm có thể rút ra một số nhận xét đánh giá sau:

- Kết cấu làm việc ổn định cho tới lúc dừng thí nghiệm, các vết nứt do uốn và cắt phân bố đều ở mép và bề mặt mẫu thí nghiệm;
- Mẫu bị phá hoại do uốn. Bê tông vùng nén bị nén vỡ, cốt thép dọc đạt tới giới hạn chảy, cốt thép đai thì chưa chảy dẻo;
- Mẫu thí nghiệm đã vào giai đoạn làm việc ngoài miền đàn hồi. Tuy nhiên vì điều kiện không cho phép nên không thể tiếp tục gia tải để có thể đánh giá đầy đủ khả năng làm việc của mẫu ở xa ngoài giai đoạn đàn hồi;

Tại thời điểm dừng thí nghiệm, độ dẻo của mẫu khoảng 1.7;

Cường độ (chịu uốn) của mẫu dự báo bằng tính toán lý thuyết khá sát so với kết quả thí nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Outrigger Design for High-Rise Buildings, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 2012.
2. JGJ 3-2010. Technical specification for concrete structures of tall building. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China.
3. NGUYỄN HỒNG HẢI, ĐỖ TIÊN THỊNH, NGUYỄN HỒNG HÀ, VŨ XUÂN THƯƠNG. Nghiên cứu ứng xử của nút liên kết cột – dầm cứng chịu tải trọng động đất thông qua thí nghiệm mô hình. Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật số 159 (2-2015) – Học Viện kỹ thuật quân sự (Đã được chấp thuận).
4. PARK R. (1988). Ductility evaluation from laboratory and analytical testing. Proceedings of the 9th world conference on earthquake engineering Vol. III.
5. RAI, D.C. (2001). Slow Cyclic Testing for Evaluation of Seismic Performance of Structural Components. Journal of Earthquake Technology.

Ngày nhận bài: 22/5/2015.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 27/5/2015.