

THÍ NGHIỆM MỐI NỐI NHÀ CÔNG NGHIỆP HÓA CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT (PHẦN 2)

PGS.TS. **TRẦN CHỦNG**, PGS.TS. **VÕ VĂN THẢO**, TS. **LÊ MINH LONG**, TS. **ĐỖ TIẾN THỊNH**,
KS. **NGÔ MẠNH TOÀN**, ThS. **TRẦN NGỌC CƯỜNG**, KS. **NGUYỄN TRUNG KIÊN**
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Từ năm 2009 đến năm 2011, nhóm nghiên cứu thuộc Viện KHCN Xây dựng đã tiến hành khảo sát thực nghiệm sự làm việc và ảnh hưởng tương hỗ của các mối nối sử dụng trong loại nhà bán lắp ghép đang được phát triển tại Việt Nam dưới tác động động đất, một vấn đề đang được các nhà quản lý và xã hội quan tâm. Do khối lượng công việc và phạm vi giới hạn của mỗi số trong Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng nên kết quả nghiên cứu sẽ được đăng trong 3 số (1/2012, 2/2012 và 3/2012) của Tạp chí. Trong tạp chí số 1 đã giới thiệu tổng quan nghiên cứu, phân tích kết cấu và lựa chọn đối tượng khảo sát, phân tích tải trọng và xây dựng hệ thống tác dụng tải trọng. Trong số này, bài báo sẽ trình bày tiếp theo các nội dung về công tác chế tạo, lắp dựng mô hình thí nghiệm, lựa chọn phương pháp và thiết bị hệ thống đo đạc và quy trình tác dụng tải.

1. Chế tạo, lắp dựng mô hình thí nghiệm

1.1 Khái quát quy trình chế tạo, lắp dựng

Quá trình chế tạo mô hình thí nghiệm được thực hiện theo trình tự thực tế thi công đối với loại kết cấu bán lắp ghép. Mô hình thí nghiệm được hình thành từ hai loại kết cấu cơ bản là các cấu kiện cột, dầm đúc sẵn và các kết cấu móng, vách lõi, sàn đổ tại chỗ.

Cấu kiện cột, dầm đúc sẵn được sản xuất tại Công ty Cổ phần Bê tông và Xây dựng Vinaconex Xuân Mai và chuyển đến Phòng Thí nghiệm Động đất (IBST) để lắp dựng.

Các kết cấu móng, vách lõi và sàn đổ tại chỗ được Công ty Cổ phần Bê tông và Xây dựng Vinaconex Xuân Mai triển khai thi công dựng lắp trực tiếp trên mặt bằng hệ thống sàn thí nghiệm của Phòng Nghiên cứu Động đất với sự phối hợp và giám sát của nhóm đề tài thuộc Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng.

1.2 Trình tự lắp dựng, gắn các thiết bị đo bên trong mô hình thí nghiệm

Việc lắp dựng mô hình thí nghiệm được thực hiện theo các bước như sau:

Bước 1: Trên cơ sở mặt bằng sản phẩm lực của Phòng Thí nghiệm, xác định vị trí đặt móng mô hình thí nghiệm.

Bước 2: - Lắp dựng cốt thép, cốppha, đặt sẵn các ống tạo lỗ chờ để phục vụ việc neo cố định bộ móng vào sàn phản lực, cũng như lắp ghép khung tạo tải trọng đứng lên mô hình;

- Đổ bê tông đế móng của mô hình thí nghiệm.

Bước 3: Dán các phiến đo biến dạng tại các vị trí xác định trên những thanh thép chịu lực chờ sẵn dùng để liên kết móng khung với cột và vách lõi.

Bước 4: - Lắp dựng cột bê tông cốt thép đúc sẵn vào đế móng, bơm vữa không co vào các lỗ chờ trên cột để liên kết nối cố định chân cột với đế móng;

- Lắp dựng cốt thép của vách lõi, ghép ván khuôn và tiến hành đổ bê tông tại chỗ cho vách lõi mô hình đến cao trình tương ứng tầng 1.

Bước 5: - Lắp ghép phần dầm đúc sẵn bê tông cốt thép ứng suất trước lên tầng 1 của mô hình (cao độ + 3,3m). Chèn vữa không co vào các khe nối liên kết giữa dầm và cột;

- Đặt các thanh cốt thép chịu lực và các thanh thép liên kết giữa dầm, cột và sàn. Gắn các phiến đo biến dạng đúng vị trí trong các thanh cốt thép cũng như trong vùng bê tông cần đo.

Bước 6: Ghép cốp pha, đổ bê tông lớp 1 tại sàn tầng 1 (cao độ 3,3 m). Lớp bê tông này có chiều dày tương đương với lớp panel sàn tại công trình thực tế, bằng 19 cm .

Bước 7: Tiếp tục bố trí thêm các thanh cốt thép âm, đổ bê tông lớp 2 tại sàn tầng 1 sau khi bê tông lớp 1 đã đạt 80 % cường độ. Lớp bê tông này dày 6 cm, tương đương với lớp bê tông đổ bù trên các sàn tại công trình thực tế.

Bước 8, 9, 10, 11, 12: Lặp lại các bước 3, 4, 5, 6,7 với tầng 2 của mô hình.

Dưới đây là một số hình ảnh quá trình thi công lắp dựng mô hình thí nghiệm.



Hình 1. Thi công móng



Hình 2. Thi công dầm, cột, vách



Hình 3. Thi công sàn tầng 1

1.3 Các đặc trưng cơ học của vật liệu sử dụng trong mô hình thí nghiệm

a. Cốt thép và thép cường độ cao

Cốt thép được sử dụng trong tất cả các cấu kiện của mô hình thí nghiệm, bao gồm:

- Thép tròn trơn ϕ 6 và ϕ 8, thép gai từ ϕ 10 đến ϕ 25;
- Thép sợi cường độ cao ϕ 5 và tao cấp T12,7 dùng trong các dầm khung ứng lực trước đúc sẵn.

Thí nghiệm cường độ vật liệu của các loại thép sử dụng trong cấu kiện được thực hiện tại Phòng Thí nghiệm của Công ty Cổ phần Bê tông và Xây dựng Vinaconex Xuân Mai. Riêng loại thép gai ϕ 20, việc xác định cường độ và mô đun đàn hồi của vật liệu được tiến hành bổ sung tại Phòng Thí nghiệm Kim loại của Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng.

Kết quả thí nghiệm đặc trưng cơ lí vật liệu của cốt thép thường được trình bày ở bảng 1 và của vật liệu cốt thép ứng lực trước được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm vật liệu cốt thép thường

Loại cốt thép	Cường độ chảy (N/mm ²)	Biến dạng chảy (%)	Cường độ bền (N/mm ²)	Mô đun đàn hồi (N/mm ²)	Độ giãn dài tương đối (%)
R8 (CB240-T)	249,7	-	422,0	-	29,5
D10 (CB300-V)	329,3	-	526,7	-	24,5
D12 (CB300-V)	340,0	-	495,0	-	23,0
D14 (CB300-V)	355,3	-	526,0	-	23,5
D16 (CB300-V)	320,0	-	512,0	-	22,5
D18 (CB400-V)	419,3	-	595,0	-	19,5
D20 (CB400-V)	412,3	0,206	608,0	241000	20,5
D22 (CB400-V)	415,3	-	592,7	-	20,0
D25 (CB400-V)	426,7	-	608,3	-	21,0

(-) không có số liệu thí nghiệm.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm vật liệu thép cường độ cao

Loại thép	Cường độ chảy tại 1% độ dãn dài (N/mm ²)	Cường độ bền (N/mm ²)	Độ dãn dài (%)
Φ5	1630,6	1895,5	5,0
T12,7	1783,7	1952,7	6,3

b. Bê tông và vữa chèn

Bê tông dùng trong các cấu kiện đúc sẵn trong nhà máy là loại bê tông mác #450 với độ sụt (10±2) cm sử dụng trong công trình thực tế. Các thành phần cấp phối vật liệu được cho trong bảng 3.

Bảng 3. Thành phần cấp phối cho 1m³ bê tông trong cấu kiện đúc sẵn

Tỷ lệ Nước/Ximăng	Thành phần cấp phối				
	Nước (kg/m ³)	Ximăng(kg/m ³)	Đá (kg/m ³)	Cát (kg/m ³)	Phụ gia(l/m ³)*
0,337 (1:3)	165	490	1110	710	4

(*) sử dụng phụ gia siêu dẻo GLENIUM 138-BASF.

Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông các cấu kiện dầm, cột đúc sẵn được tiến hành tại Phòng thí nghiệm của Công ty Cổ phần Bê tông và Xây dựng Vinaconex Xuân Mai. Kết quả được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm vật liệu bê tông

Chỉ tiêu	Cấu kiện					
	Móng	Vách lõi		Cột, Dầm	Sàn	
		Tầng 1	Tầng 2		Tầng 1	Tầng 2
Tuổi bê tông (ngày)	37	154	310	28	145	294
Mác thiết kế	350	350	350	450	350	350
Cường độ chịu nén (MPa)	38,8	37.4	37.3	50,6	34,6	41,9

Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi của bê tông các cấu kiện đổ tại chỗ gồm: đế móng, vách lõi và sàn được thực hiện tại Phòng Thí nghiệm Vật liệu của Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng.

Từ kết quả thí nghiệm mẫu cho thấy cường độ bê tông sử dụng trong chế tạo mô hình thí nghiệm bằng 1,0 đến 1,21 lần cường độ thiết kế. Mô đun đàn hồi của bê tông là 35120 MPa.

Vữa chèn chân cột là loại vữa không co mác # 550.

2. Tham số khảo sát và hệ thống đo lường các đại lượng

Như đã biết trong nghiên cứu thực nghiệm, để nhận biết được sự ứng xử của đối tượng khảo sát khi chịu tác động của yếu tố bên ngoài cần phải dựa trên sự biến động của trạng thái ứng suất-biến dạng và của các tham số khảo sát khác trong quá trình tiến hành thí nghiệm.

Vì thế trong thí nghiệm này, việc khảo sát xác định sự biến động giá trị của các tham số biến dạng và chuyển vị theo các đặc trưng của yếu tố lực tác động đứng và ngang đối với hệ khung thí nghiệm là vấn đề được đặt ra. Ở đây, để đáp ứng được đòi hỏi đó cần phải tiến hành đo đạc các giá trị và quy luật của:

- Các tham số đầu vào: đó là giá trị và quy luật tác động của tải trọng đứng và lực ngang;
- Các tham số đầu ra gồm: chuyển vị tổng thể, chuyển vị lệch tầng, góc xoay trong mặt phẳng của hệ thống khung; biến dạng tương đối của vật liệu bê tông và thép tại các vùng khảo sát (nút khung) của khung.

Cụ thể việc đo lường các đại lượng được giới thiệu sau đây.

2.1 Thiết bị đo lực đứng

Theo sơ đồ cấu tạo lực đứng trình bày trước đây, nguồn tạo tải đứng là các kích thủy lực tác động một chiều, nên để đo giá trị lực tác dụng trực tiếp đã dùng:

- Các loadcell của hãng Tokyo Sokki Kenkyujo (TML) với các giá trị đo thích ứng tối đa để đo lực tác dụng lên các cột và lõi cứng của khung, có số đo lớn nhất 500 kN (LC1), 1000 kN (LC2 và LC3) và 1500 kN (LC4);
- Các đồng hồ đo áp lực dầu gắn trực tiếp trong các kích thủy lực dùng để gây lực trên các dầm ngang của khung.

2.2 Thiết bị đo lực ngang

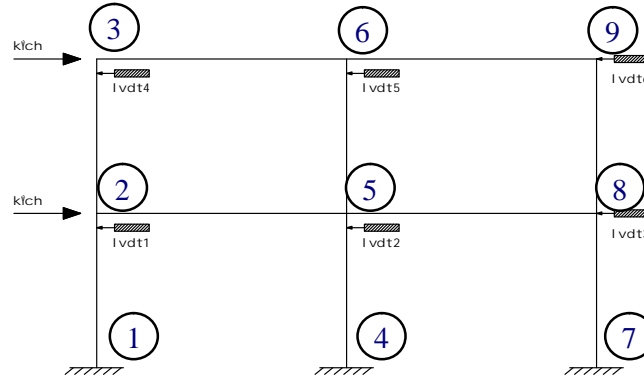
Tải trọng ngang tác dụng động đảo chiều chu kỳ thấp lên mô hình đã dùng các kích thủy lực chuyên dụng MTS – 500 kN, tác động 2 chiều thuận nghịch (\pm), giá trị tải trọng tác động được đo và ghi nhận bằng thiết bị loadcell kéo-nén gắn trên đầu kích và chỉ thị trên màn hình.

2.3 Đo dịch chuyển theo các phương nằm ngang

a. Đo chuyển vị ngang trong mặt phẳng khung

Đây là tham số quan trọng cần đo, cần theo dõi và khống chế giá trị trong quá trình tác động tải trọng ngang theo chu kỳ.

Các vị trí cần xác định chuyển vị theo phương nằm ngang trong mặt phẳng khung được phân bố trên 2 cột biên và vách lõi tại các cao trình tầng 1 và tầng 2, tức là vùng các nút liên kết của khung, được thể hiện trên hình 4.



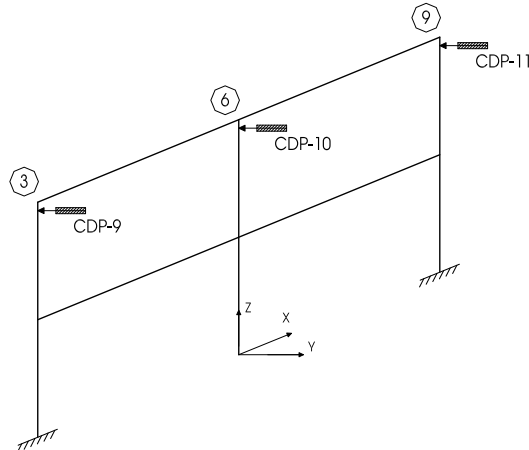
Hình 4. Sơ đồ bố trí thiết bị LVDT để đo chuyển vị ngang tại các nút khung

Để đo giá trị và khảo sát quy luật biến động sự dịch chuyển ngang của khung, đã sử dụng các thiết bị đo sau:

- 6 đầu đo chuyển vị LVDT của hãng Waycon với các dải đo 0 - 300 mm và 0 - 500 mm, đặt tại 6 nút liên kết của khung. Số liệu và quy luật chuyển vị được lưu giữ tự động trong máy;
- 2 đầu đo chuyển vị khác được gắn tại đầu các kích thủy lực động MTS-500 kN để chỉ thị độ dịch chuyển của đầu kích;
- 2 đồng hồ đo chuyển vị kiểu cơ học Maximov-0,01 V1, V2 lắp đặt tại các nút khung 3 và 6 để theo dõi và kiểm soát trực tiếp trị số của chuyển vị ngang trong mặt phẳng khung khi gia tải.

b. Đo chuyển vị ngang ngoài mặt phẳng

Để xác định và theo dõi độ lệch ngoài mặt phẳng của hệ khung trong quá trình tác dụng tải trọng ngang, tại các đầu đỉnh (tầng 2) của 2 cột (nút 4 và 5) và vách lõi (nút 6) theo phương thẳng góc với mặt phẳng khung đã bố trí 3 đầu đo chuyển vị nhỏ loại CDP-50 mm của hãng Tokyo Sokki Kenkyujo (hình 5).



Hình 5. Sơ đồ bố trí đầu đo chuyển vị ngang ngoài mặt phẳng khung

2.4 Đo biến dạng

Như đã biết, vấn đề khảo sát sự biến động của trạng thái ứng suất-biến dạng trong các phần tử kết cấu hay tại các vùng làm việc đặc biệt của kết cấu cho khả năng đưa ra những nhận xét đánh giá về trạng thái ứng xử của chúng. Vì thế trong nghiên cứu thực nghiệm này, việc đo đạc xác định đại lượng của tham số biến dạng tương đối là một nhiệm vụ cần thiết phải tiến hành.

a. Lựa chọn phương pháp và thiết bị đo biến dạng

Căn cứ trên các yếu tố thực tế:

- Cấu tạo hình học: các thanh dầm, cột chế tạo sẵn và các nút liên kết ghép các phần tử tại chỗ;
- Cấu tạo vật liệu của kết cấu: vật liệu hỗn hợp bê tông và cốt thép;
- Dạng tải trọng tác động vào kết cấu: lực tác dụng động chậm, đảo chiều, ít chu kỳ;
- Điều kiện tiến hành thí nghiệm: thí nghiệm kết cấu nguyên hình, tải trọng rung động, hệ thống điều khiển tự động.

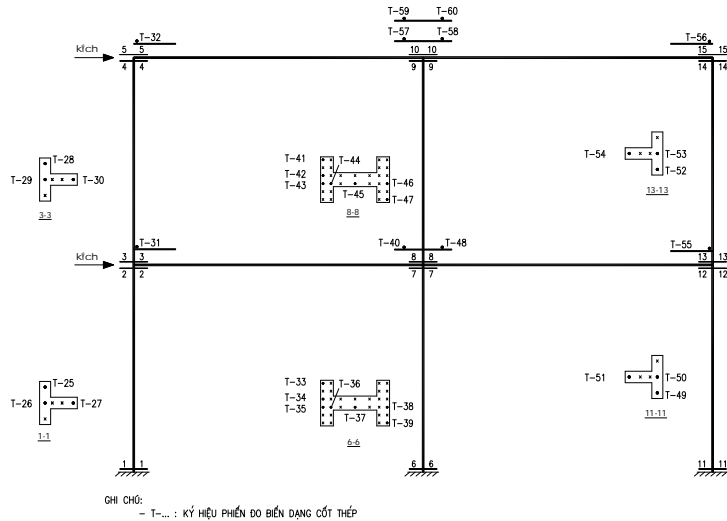
Vi vậy, phương pháp đo phù hợp được sử dụng ở trong thí nghiệm này là phương pháp tenzomet cảm biến điện trở, trong đó gồm:

- Phiến đo loại FLA-5-11 có chiều chuẩn đo $l_0 = 5 \text{ mm}$, điện trở $R = 120 \pm 0,3 \text{ Ohm}$; hệ số nhạy $n_T = 2,12 \pm 1\%$ dùng để đo trong cốt thép;
- Phiến đo loại FLA-60 có chiều chuẩn đo $l_0 = 60 \text{ mm}$, điện trở $R = 120 \pm 0,3 \text{ Ohm}$; hệ số nhạy $n_T = 2,12 \pm 1\%$ dùng để đo trong vật liệu bê tông;

Hệ thống máy thu nhận, chuyển đổi, khuếch đại và chỉ thị tín hiệu tự động.

b. Sơ đồ bố trí các phiến đo biến dạng trong cốt thép

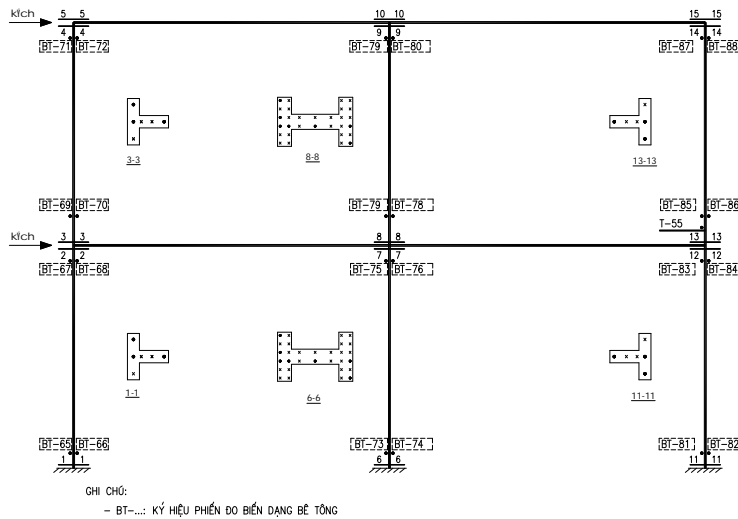
Các phiến đo biến dạng được dán vào các thanh cốt thép chịu lực chính của các cấu kiện dầm, cột, vách lõi theo sơ đồ trình bày trong hình 6.



Hình 6. Sơ đồ bố trí và ký hiệu phiến đo biến dạng cốt thép

c. Sơ đồ bố trí các phiến đo biến dạng trong bê tông

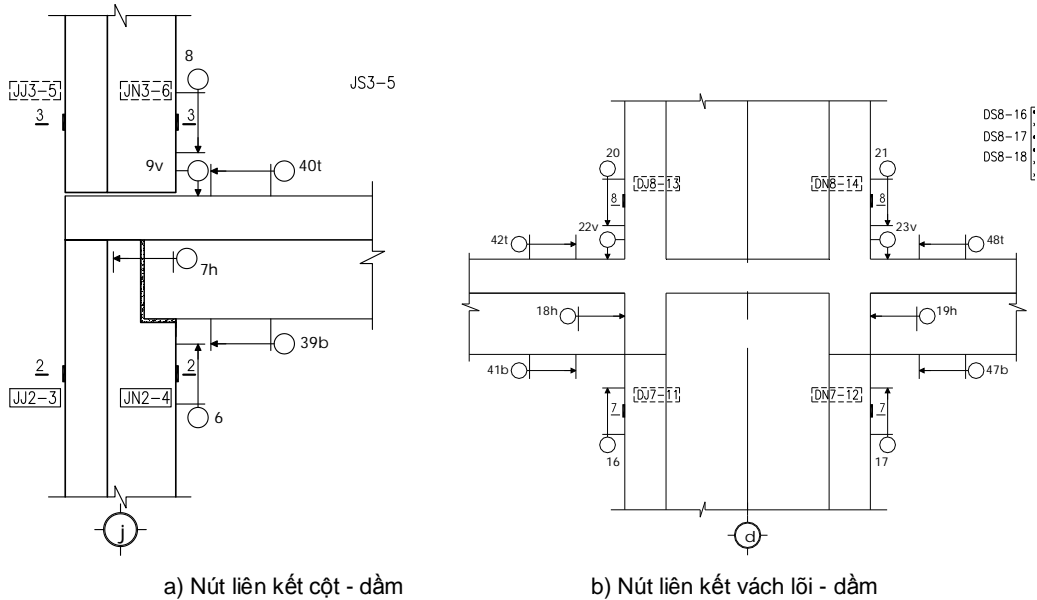
Các phiến đo biến dạng trong bê tông được dán trên bề mặt các cấu kiện chịu lực chính (dầm, cột, vách lõi) của khung thí nghiệm theo sơ đồ trình bày trong hình 7.



Hình 7. Sơ đồ bố trí và ký hiệu tem đo biến dạng trên bề mặt bê tông của các cấu kiện khung

Ngoài ra, để có thể kiểm soát trực tiếp biến dạng của vật liệu bê tông tại các liên kết, phát hiện sự xuất hiện vết nứt trong các vùng nguy hiểm của khung, vết tách trong các mạch liên kết giữa các cấu kiện: cột - đế móng, cột - dầm, trong kết cấu thí nghiệm còn bố trí thêm khoảng 60 đồng hồ đo chuyển vị kiểu cơ học với độ phân giải 0,01 mm và chiều dài chuẩn đo biến dạng $L_0 = 300$ mm tại các vùng nút và nối liên kết kết cấu.

Trên hình 8 trình bày sơ đồ bố trí các đồng hồ đo cơ học cho một vài nút liên kết cơ bản của kết cấu khung thí nghiệm.



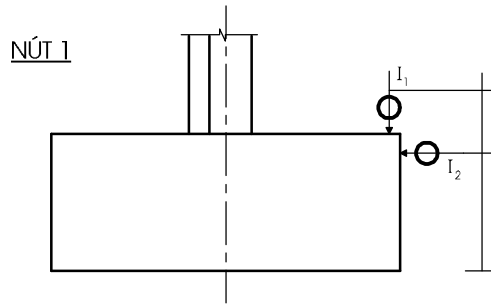
a) Nút liên kết cột - dầm

b) Nút liên kết vách lõi - dầm

Hình 8. Sơ đồ bố trí các đồng hồ đo cơ học tại một vài nút khung

2.5 Kiểm soát dịch chuyển của móng khung

Để kiểm soát sự dịch chuyển của các móng cột theo các phương đứng và ngang của khung trong quá trình thí nghiệm, trên mỗi đế móng đã sử dụng 2 đồng hồ đo chuyển vị kiểu cơ học với giá trị vạch đo 0,01 mm, được phân bố theo 2 phương thẳng đứng và nằm ngang trong mặt phẳng làm việc của khung, như trên hình 9.



Hình 9. Sơ đồ bố trí các đồng hồ đo cơ học tại một móng

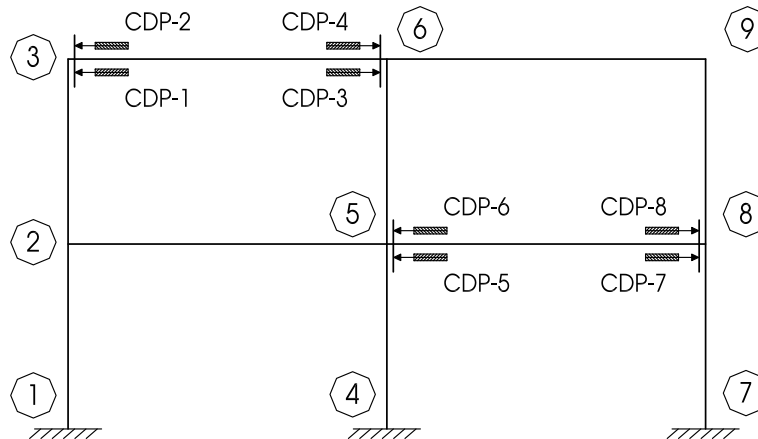
2.6 Đo góc xoay tại các nút dầm - cột, dầm - vách

Để xác định góc xoay tiết diện ngang của một cấu kiện hoặc độ xoay tổng thể đối với một nút liên kết cứng như nút dầm - cột, dầm - vách, trong thực nghiệm thường dùng một cặp dụng cụ đo chuyển vị để đo độ dịch chuyển của 2 điểm (vị trí) khác nhau trên cùng một tiết diện khảo sát. Tỷ số độ lệch dịch chuyển với khoảng cách của 2 điểm khảo sát đó chính là tang của góc xoay tiết diện cần xác định.

Theo nguyên tắc đó, trong thí nghiệm đã tiến hành xác định góc xoay của 2 tiết diện đầu dầm của hai dầm ngang trên các tầng và nhịp khác nhau của khung thí nghiệm, trên cơ sở số đo giá trị dịch chuyển của 4 cặp dụng cụ đo chuyển vị. Để đo độ dịch chuyển tại các điểm khảo sát, trong thí nghiệm đã dùng 8 thiết bị đo chuyển vị CDP loại 25 mm và 50 mm với độ chính xác 0,001 mm.

Sơ đồ và ký hiệu cụ thể được trình bày trên hình 10:

- Tiết diện đầu dầm: về phía nút liên kết (3): CDP-1 và CDP -2; về phía nút liên kết (6): CDP-3 và CDP- 4;
- Tiết diện đầu dầm: về phía nút liên kết (5): CDP-5 và CDP - 6; về phía nút liên kết (8): CDP-7 và CDP- 8.



Hình 10. Sơ đồ bố trí dụng cụ đo góc xoay đầu dầm

2.7 Thiết bị thu nhận dữ liệu

Hệ thống nhận tín hiệu tự động được cấu tạo từ 2 thành phần:

- Thiết bị thu nhận và chuyển đổi tín hiệu: có nhiệm vụ thu nhận các tín hiệu điện từ các phiên đo biến dạng hoặc các thiết bị đo chuyển vị LVDT, CDP, đo lực gắn trên mẫu thí nghiệm và chuyển đổi thành tín hiệu điện tử. Thí nghiệm này sử dụng bộ thu nhận ký hiệu WBK16 của hãng iOTech (Mỹ) và bộ thu nhận Dataloger TDS-601 với bộ chia 50 kênh của hãng TML (Nhật Bản);

- Phần mềm điều khiển: trong thí nghiệm này đã sử dụng hai phần mềm là DasyLab và Visual Log Statics. Các phần mềm này thu nhận các số liệu từ WaveBooks và Dataloger TDS-601, hiển thị các số liệu lên màn hình dưới nhiều dạng khác nhau như: số liệu, bảng biểu, biểu đồ.

3. Quy trình tác dụng tải trọng

3.1 Giai đoạn 1: Tải trọng đứng

Giai đoạn này được thực hiện qua các bước:

Bước 1: - Mục đích: Kiểm tra sự làm việc và loại bỏ độ xộc xệch (biến dạng dư) ban đầu của khung thí nghiệm, hệ gia tải tĩnh và các thiết bị đo.

- Tiến hành:

- + Kiểm tra tất cả các thiết bị đo và lấy số liệu ban đầu với cấp tải 0;
- + Bắt đầu tăng tải tĩnh đến 20 % giá trị tải trọng thiết kế và lấy số liệu trên tất cả các thiết bị đo điện tử và cơ học;
- + Hạ tải về 0, lấy số liệu đo cấp tải 0.

Bước 2: - Mục đích: Gia tải và giữ tải trọng tác dụng tĩnh thẳng đứng đến giá trị tải trọng thiết kế.

- Tiến hành:

- + Tăng tải tĩnh theo từng cấp: 0 % - 25 % - 50 % - 75 % - 90 % - 100 % giá trị tải trọng thiết kế;
- + Lấy số liệu đo trên tất cả các thiết bị đo điện tử và cơ học ứng với 4 cấp tải cần thiết là 0 %, 50 %, 90 % và 100 % giá trị tải trọng thiết kế;
- + Giữ nguyên giá trị tải trọng đứng theo thiết kế này trong suốt quá trình thí nghiệm đối với tải trọng ngang.

3.2 Giai đoạn 2: Tải trọng ngang

Thí nghiệm được thực hiện với tải trọng đảo chiều theo từng chu kỳ. Giai đoạn thí nghiệm này chỉ được tiến hành sau thời gian 24 giờ giữ nguyên tải trọng đứng trên kết cấu thí nghiệm.

Việc thí nghiệm với tải trọng ngang được thực hiện qua các bước sau:

Bước 1: Gia tải kiểm soát bằng lực tác dụng

- Mục đích: Kiểm soát thực tế quan hệ tải trọng – chuyển vị tác dụng vào khung thí nghiệm. Bước này tiến hành thử với sự khống chế giá trị lực tác dụng ngang ở các mức 10 %, 20 % và 50 % giá trị tải trọng ngang thiết kế (P_{tk}).

Bước 2: Gia tải kiểm soát bằng độ chuyển vị ngang tỷ đối (story drift ratio) θ .

Độ chuyển vị ngang tỷ đối (θ) được xác định bởi tỷ số giữa chuyển vị lệch tầng trên chiều cao tầng tương ứng (theo %). Ở đây:

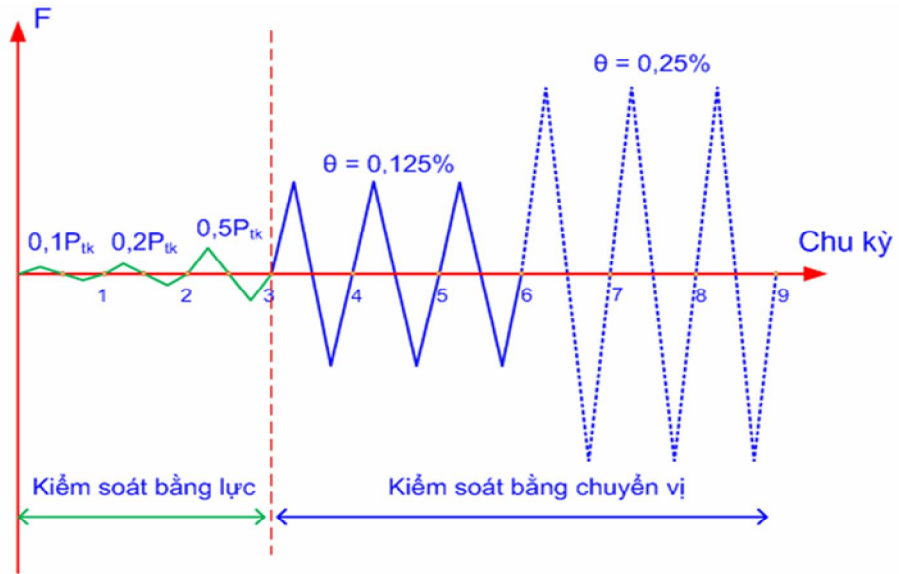
$$\theta = \frac{(\Delta_1 - \Delta_0)}{h_1} = \frac{(\Delta_2 - \Delta_1)}{h_2} = \dots = \frac{(\Delta_n - \Delta_{n-1})}{h_n}$$

trong đó: $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ – giá trị chuyển vị ngang tại các mức sàn tầng 1, 2, ..., n;

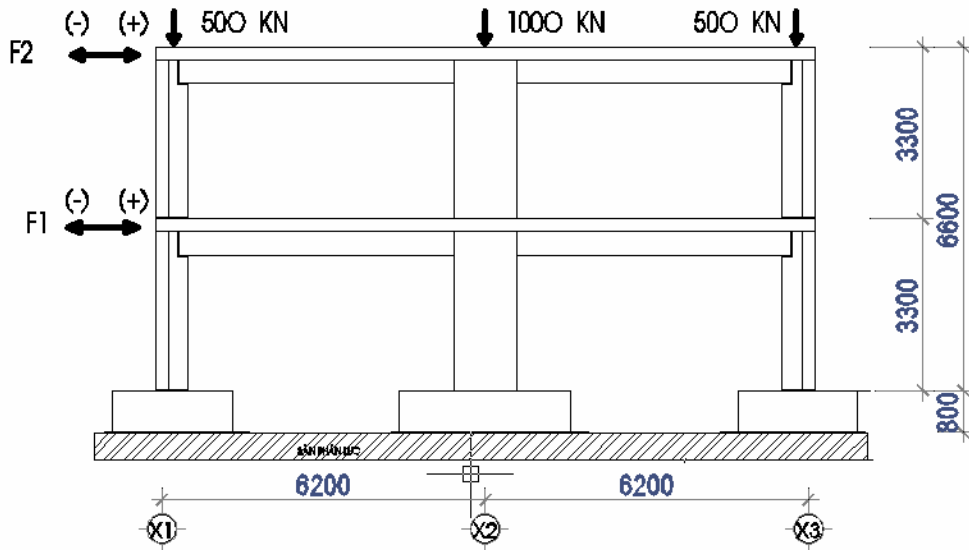
h_1, h_2, \dots, h_n - chiều cao tầng tương ứng.

Trong thí nghiệm này, quy trình gia tải ngang dự kiến sẽ gia tải đến giá trị độ chuyển vị ngang tỷ đối đến khoảng 3 %; tuy nhiên, do năng lực gia tải của kích thủy lực ngang bị hạn chế, tải trọng ngang chỉ được tiến hành đến cấp tải tương ứng với độ chuyển vị ngang tỷ đối là $\pm 0,125$ %, đạt khoảng 1,6 giá trị tải trọng ngang thiết kế. Trị số chuyển vị ngang tuyệt đối tại các mức sàn tầng 1 (Δ_1) và tầng 2 (Δ_2) của khung thí nghiệm tương ứng với $\theta = \pm 0,125$ %, được xác định trong bảng 5.

Lịch sử gia tải và quy ước chiều gia tải được thể hiện lần lượt trên hình 11 và hình 12.



Hình 11. Lịch sử gia tải trọng ngang



Hình 12. Chiều gia tải ngang quy ước khi tiến hành thí nghiệm

Bảng 5. Trị số chuyển vị ngang ở cấp tải tương ứng với $\theta = 0,125\%$

Số chu kỳ gia tải	θ (%)	Chuyển vị ngang (mm)	
		Δ_I	Δ_{II}
3	0	0	0
	+0,125	+4,125	+8,25
	0	0	0
	-0,125	-4,125	-8,25
	0	0	0

4. Kết luận

Trong nghiên cứu thực nghiệm kết cấu công trình cho thấy, việc chế tạo mô hình thí nghiệm phản ánh được đầy đủ các yếu tố làm việc của kết cấu thực tế cũng như việc lựa chọn phương pháp và chủng loại thiết bị đo phù hợp để cung cấp được đầy đủ các số liệu và đáp ứng được độ chính xác yêu cầu là những vấn đề cần thiết đối với sự thành công của thí nghiệm. Trong trường hợp này, ngoài việc triển khai chế tạo mô hình thí nghiệm hoàn toàn giống công trình thực tế, phương pháp khảo sát sự biến động của các tham số đã dựa trên các tệp số liệu đầy đủ được cung cấp từ các thiết bị đo tự động, nhanh, chính xác và hiện đại. Trên cơ sở đó đã mang lại những kết quả tin cậy và nhận biết đầy đủ hơn về sự làm việc của hệ kết cấu thực thông qua quá trình thí nghiệm. Tuy nhiên, quá trình nghiên cứu thực nghiệm luôn có thể phát sinh những vấn đề kỹ thuật mà người làm thí nghiệm phải khắc phục để có kết quả thí nghiệm chính xác nhất.

Các nội dung về kết quả thí nghiệm sẽ được trình bày trong các số tiếp theo của Tạp chí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. VÕ VĂN THẢO, "Phương pháp khảo sát - Nghiên cứu thực nghiệm kết cấu xây dựng", 2001.
2. M.J.NIGEL PRIESTLEY, S. (SRI) SRITHARAN, JAMES R. CONLEY, "Preliminary results and conclusions from the PRESS five-story precast concrete test building", *PCI Journal*, (November – December 1999), page 42-67, 1999.
3. WEICHEN XUE, XINLEI YANG, "Seismic tests of precast concrete, moment – resisting frames and connections", *PCI Journal*, (Summer 2010), page 102-121, 2010.
4. TCXDVN 375:2006: Thiết kế công trình chịu động đất.
5. TCXDVN 356:2005: Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
6. TCXDVN 338:2006: Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
7. ACI T1.1-01: Các tiêu chí đánh giá cho kết cấu khung chịu mô men dựa trên thí nghiệm kết cấu (Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing).