

THÍ NGHIỆM MỐI NỐI NHÀ CÔNG NGHIỆP HÓA CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT (PHẦN 1)

**PGS.TS. TRẦN CHỪNG, PGS.TS. VÕ VĂN THẢO, TS. LÊ MINH LONG, TS.
ĐỖ TIẾN THỊNH, KS. TRẦN NGỌC CƯỜNG, KS. NGÔ MẠNH TOÀN**
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 số 1 trình bày nội dung lựa chọn thiết kế đối tượng thí nghiệm và hệ thống tác dụng tải trọng, các số tiếp theo sẽ trình bày các công tác chế tạo, lắp dựng đối tượng thí nghiệm, hệ thống đo đạc và quy trình tác dụng tải và kết quả thí nghiệm.

1. Mở đầu

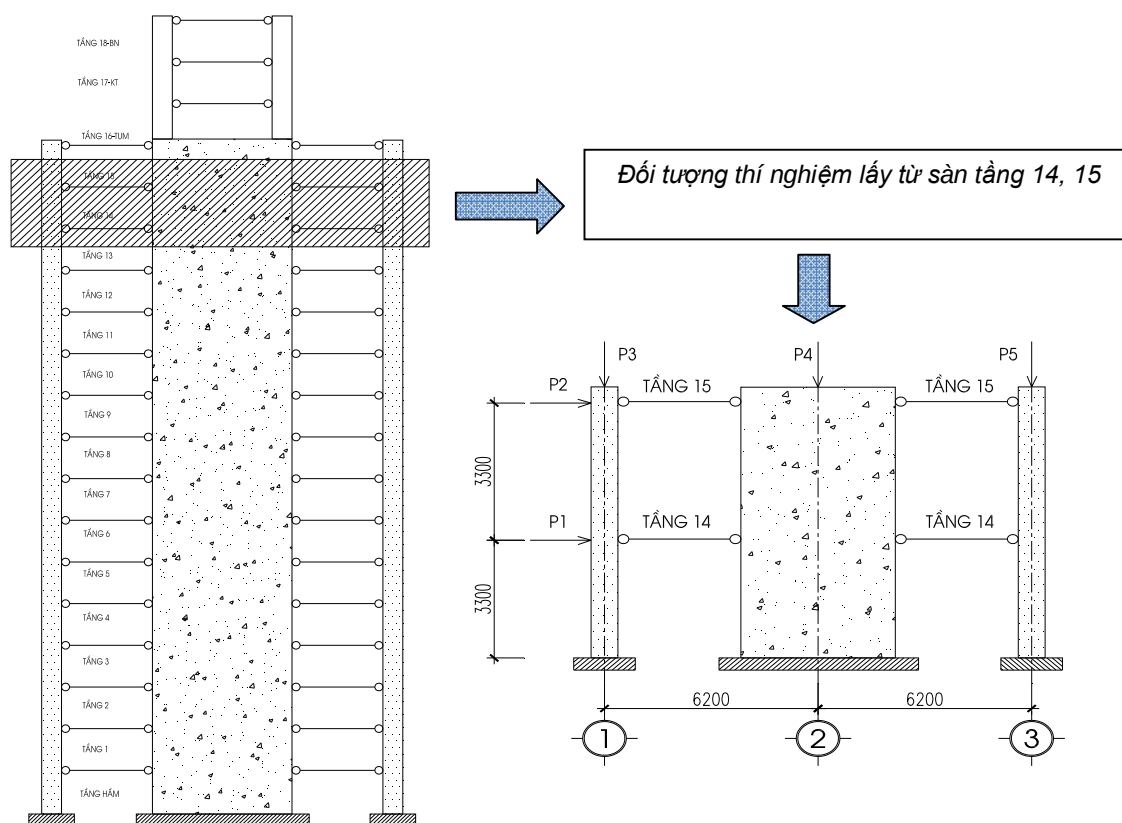
Ở Việt Nam đang phát triển công nghệ xây dựng nhà dạng bán lắp ghép, một giải pháp công nghiệp hóa xây dựng nhà ở xã hội có lõi bằng bê tông cốt thép toàn khối, dầm, cột, sàn lắp ghép do Tổng Công ty Cổ phần XNK và Xây dựng Việt Nam (VINACONEX) triển khai và được Chính phủ khuyến khích. Một trong những vấn đề kỹ thuật cốt lõi trong giải pháp công nghiệp hóa xây dựng này là sự hiểu biết đầy đủ về quá trình làm việc của mối nối liên kết giữa các cấu kiện tiền chế với nhau và giữa cấu kiện tiền chế với cấu kiện toàn khối ở dạng riêng lẻ cũng như khi chúng làm việc trên tổng thể công trình dưới các dạng tải trọng và tác động. Hiện nay, vấn đề quan tâm của các nhà quản lý và của xã hội là liệu loại công trình xây dựng theo giải pháp này có thích hợp khi làm việc trong vùng có động đất. Để từng bước làm sáng tỏ vấn đề trên, nhóm nghiên cứu thuộc Viện KHCN Xây dựng tham gia đề tài “*Xây dựng đề án công nghiệp hóa xây dựng nhà ở Việt Nam*” đã tiến hành khảo sát thực nghiệm sự làm việc của mối nối loại nhà này.

Đây là một vấn đề nghiên cứu thực nghiệm với quy mô lớn, lần đầu được thực hiện tại Việt Nam. Do vậy, trong quá trình thực hiện phải giải quyết một số vấn đề kỹ thuật thí nghiệm có liên quan, mà trước tiên là việc lựa chọn hình dạng và kích thước hình học của đối tượng thí nghiệm sao cho vừa đáp ứng được yêu cầu khảo sát các thông số cần quan tâm, vừa phù hợp với điều kiện triển khai thí nghiệm, cụ thể ở đây là Phòng thí nghiệm Động đất của Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng.

2. Phân tích kết cấu và lựa chọn đối tượng thí nghiệm

2.1 Kết cấu thực

Vấn đề lựa chọn đối tượng thí nghiệm trước tiên cần dựa vào việc phân tích sơ đồ cấu tạo và điều kiện làm việc của kết cấu thực. Ở đây, kết cấu thực là kết cấu của công trình “*Nhà thu nhập thấp CT2 thuộc dự án Xây dựng nhà ở thí điểm phục vụ công nhân*”, địa điểm xây dựng tại xã Kim Chung, huyện Đông Anh, thành phố Hà Nội: Công trình cao 16 tầng, nhịp điển hình 7,2 m x 7,2 m (hình 1).



Hình 1. Kết cấu thực và đối tượng thí nghiệm

Hệ kết cấu chịu lực chính bao gồm:

- Lõi bê tông cốt thép toàn khối ở chính giữa công trình;
- Hệ dầm, cột và tấm sàn lắp ghép xung quanh.

Hệ lõi vách cứng bằng bê tông cốt thép, được thiết kế để chịu toàn bộ tải trọng ngang và một phần tải trọng đứng tác động lên công trình, đổ tại công trường bằng bê tông B 25 (M 350).

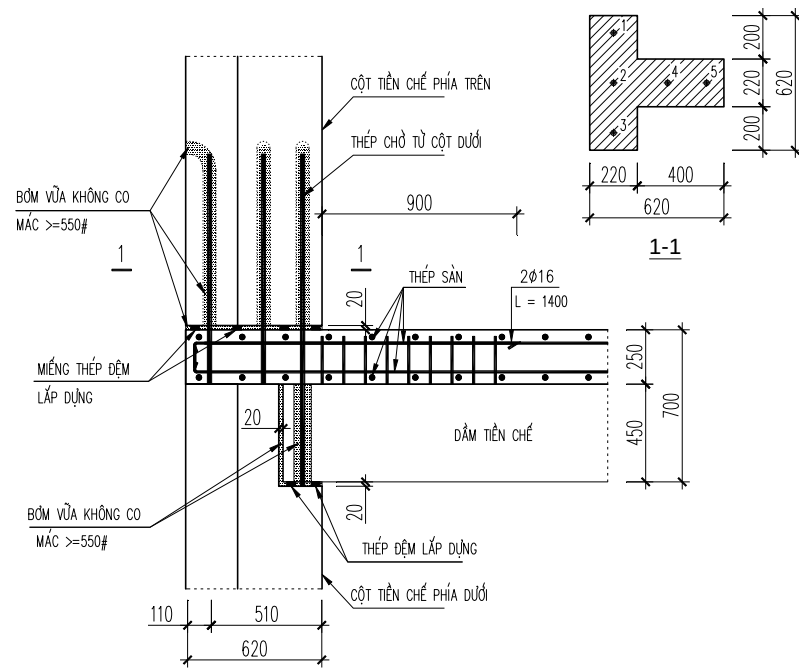
Hệ cột chịu tải trọng đứng là cấu kiện bê tông cốt thép tiền chế trong nhà máy với bê tông B35 (M450). Hệ kết cấu dầm và sàn là những cấu kiện dự ứng lực bán tiền chế cũng từ loại vật liệu bê tông B 35 (M 450).

Liên kết cột với cột giữa các tầng nhà được cấu tạo bởi 5 thanh thép chờ dài 80 cm phân bố trên tiết diện đầu cột tầng dưới xò ghép vào lỗ dọc chờ sẵn ở đầu cột tầng trên, sau đó bơm đầy bằng vữa không co mác ≥ 550 ; kiểu liên kết này giữa các cột trong tính toán thiết kế được xem là liên kết cứng (ngàm).

Liên kết giữa dầm, sàn và cột được cấu tạo gồm 2 phần:

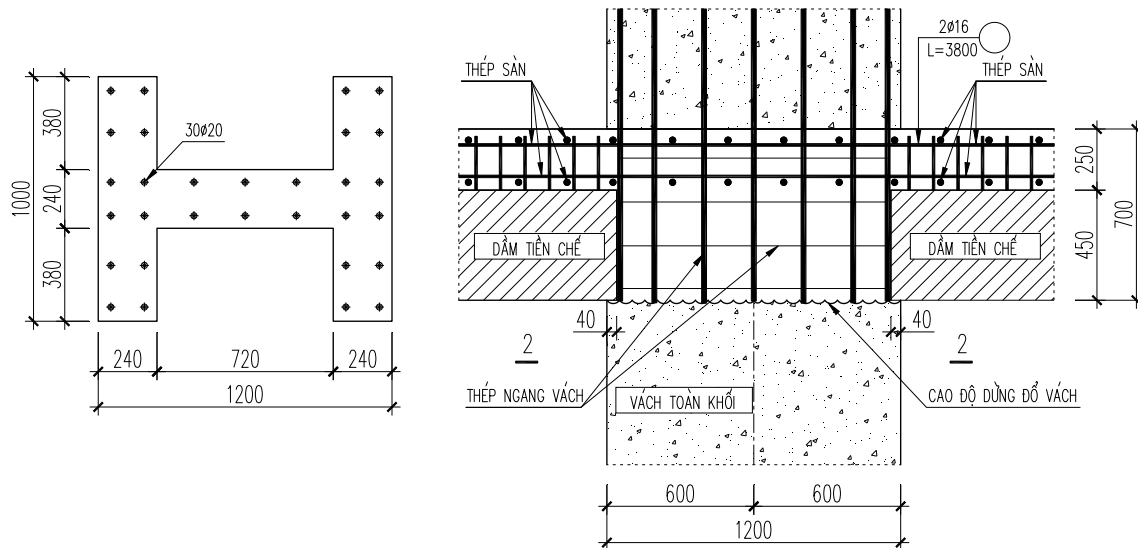
- Phần liên kết giữa dầm với đầu cột: phần đầu dầm được ghép đặt lên cột bằng việc xò thanh thép chờ (số 5) trên đầu cột qua lỗ chừa sẵn ở cấu kiện dầm, sau đó bơm vữa mác ≥ 550 vào đầy lỗ chờ và các mạch ghép giữa dầm và cột; với cấu tạo đơn giản này chỉ được tính toán là liên kết khớp;
- Phần liên kết tiếp theo giữa dầm, tấm sàn với đầu cột: sau khi lắp các tấm sàn, bố trí bổ sung các cốt thép âm cấu tạo với mục đích tạo cho liên kết có thể chịu được 25 % giá trị mô men tại giữa nhịp truyền vào do tính tải và hoạt tải gây ra.

Cấu tạo liên kết cột – cột và dầm - cột thể hiện như trong hình 2.



Hình 2. Liên kết cột – cột và dầm - cột

Liên kết giữa dầm và lõi cứng (hình 3) cũng tương tự như liên kết với cột, nhưng ở đây phần kê đầu dầm vào vách khoảng 3 cm đến 4 cm, có cốt thép neo liên kết với vách và các thanh thép âm để có thể chịu được 25 % giá trị mô men giữa nhịp do tĩnh tải và hoạt tải gây ra truyền đến gối. Liên kết dầm – vách được xem là liên kết khớp.



Hình 3. Liên kết dầm - vách

2.2. Phân tích và xác định đối tượng thí nghiệm

Nghiên cứu thực nghiệm đối với kết cấu xây dựng có thể tiến hành trên 3 loại đối tượng:

- *Nghiên cứu trên đối tượng thực*: Các thông tin và số liệu nhận được ở đây chỉ đáp ứng với yêu cầu sử dụng an toàn trong giai đoạn đầu của kết cấu thực tế. Cho nên, việc nghiên cứu trên đối tượng thực rõ ràng không thể thực hiện trong trường hợp này do nhiều yếu tố kỹ thuật và kinh tế. Đặc biệt, việc thí nghiệm đến trạng thái phá hủy công trình thực (tòa nhà 16 tầng) là hoàn toàn không thể thực hiện được;

- *Nghiên cứu trên đối tượng mô hình tương tự*: Loại đối tượng thí nghiệm này thường dùng để khảo sát quy luật biến động của các tham số trong quá trình làm việc; các số liệu và thông tin nhận được chỉ dưới dạng tương tự, muốn suy ra số liệu thực phải thông qua quá trình tính toán chuyển đổi mô hình hóa phụ thuộc nhiều yếu tố tương tự: kích thước hình học, các đặc trưng vật liệu, tải trọng tác dụng và các yếu tố vật lý khác;

- *Nghiên cứu trên đối tượng nguyên hình*: Đây là kết cấu được chế tạo để thí nghiệm có kích thước bằng thực, vật liệu thực và các chi tiết cấu tạo giống thực. Vì thế, các thông tin, số liệu nhận được hoàn toàn thực và đáp ứng các đòi hỏi của việc khảo sát kết cấu từ giai đoạn làm việc đàn hồi, đàn - dẻo đến phá hủy kết cấu. Loại đối tượng nguyên hình có thể sẽ làm thỏa mãn được các yêu cầu của nội dung nghiên cứu này.

Cấu tạo cụ thể của đối tượng thí nghiệm được trình bày trên hình 4 và bảng 1.

Đây là một kết cấu khung phẳng 2 tầng 2 nhịp, được tách từ kết cấu khung nhà thực tế. Sơ đồ kết cấu khung kiểu này tỏ ra ưu việt, đã được nhiều nước khai thác khi chọn đối tượng khảo sát tác động của lực động đất. Tuy nhiên, ở đây việc lựa chọn đối tượng thí nghiệm là kết cấu nguyên hình còn phải tính đến các điều kiện triển khai của thực tế và của Phòng thí nghiệm.

Những điều lựa chọn cụ thể trong đối tượng thí nghiệm:

- Sử dụng phần khung nhà trên các tầng cao (tầng 14 và 15) của công trình, vì ở cao trình này giá trị tải trọng thẳng đứng tác dụng lên các cột và vách lõi là phù hợp với khả năng gây tải thí nghiệm (khoảng 500 - 1000 kN);

- Tương ứng với độ cao của các tường phản lực và số lượng kích tác dụng ngang có công suất lớn của phòng thí nghiệm, nên khung thí nghiệm được chọn số tầng bằng 2;

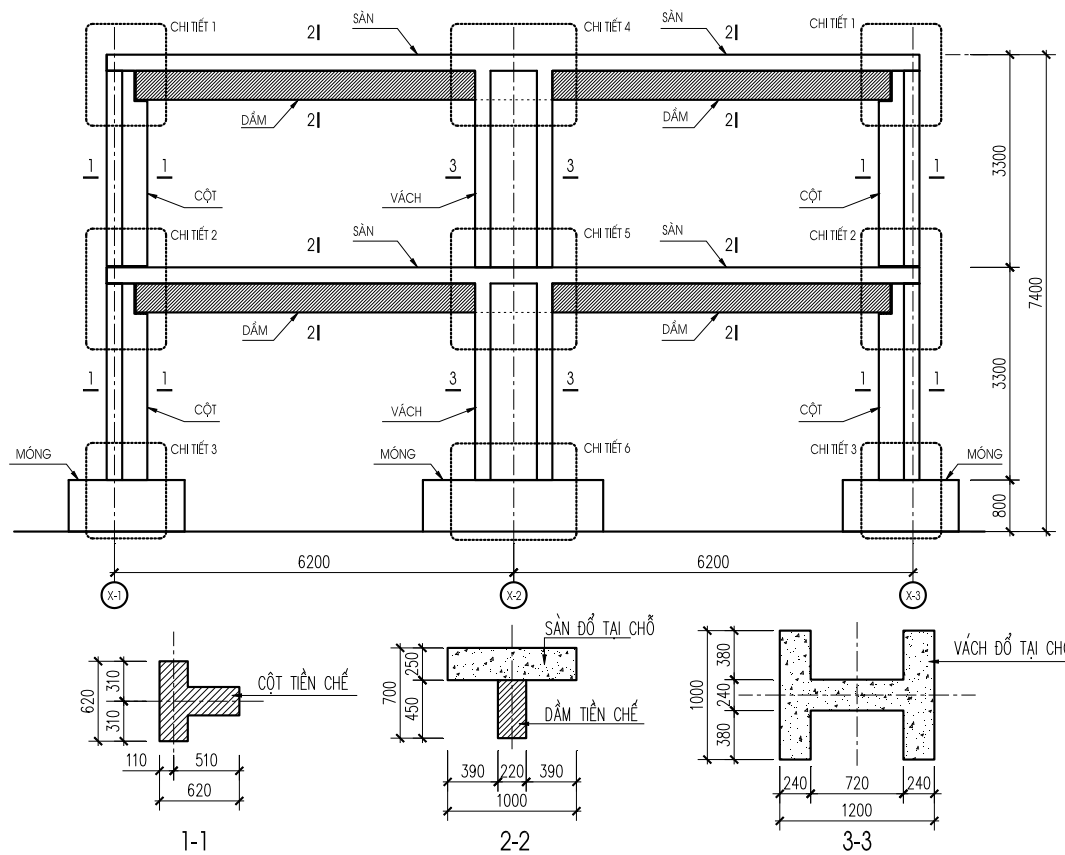
- Do chiều dài của sàn phản lực không triển khai được với 2 nhịp khung thực tế 14,40 m nên nhịp khung của đối tượng thí nghiệm phải rút xuống 12,40 m.

Ngoài ra những cấu tạo cơ bản của đối tượng thí nghiệm được bảo tồn như kết cấu thực:

- Được chế tạo tổ hợp từ công nghệ xây lắp công trình thực, trong đó gồm: những cấu kiện lắp ghép cột, dầm đúc sẵn của nhà máy; những cấu kiện vách cứng và phần sàn tham gia trong khung được đổ tại chỗ; các mối nối liên kết có cấu tạo và chất lượng như trên công trình thực;

- Phản ánh khá đầy đủ sự có mặt của các phần tử kết cấu, các loại liên kết cũng như các đặc trưng chịu lực tham gia trong kết cấu công trình. Cụ thể với cấu tạo khung 2 tầng, 2 nhịp cho phép khảo sát được sự làm việc các cấu kiện (cột, dầm, vách cứng) cũng như các loại mối liên kết trong công trình (cột - móng, vách - móng, cột - cột, cột - dầm - sàn, cột - dầm - vách,...).

Với những phân tích và lựa chọn trên đây cho khả năng đối tượng để tiến hành khảo sát thực nghiệm là thích hợp và đáp ứng được mục đích yêu cầu nghiên cứu. Thật vậy, vì đây là một đối tượng thí nghiệm nguyên hình:



Hình 4. Sơ đồ và cấu tạo của đối tượng thí nghiệm

Bảng 1. Các thông số cơ bản của đối tượng thí nghiệm

Các thông số	Cấu kiện				
	Cột	Vách	Dầm	Sàn	Móng
Chiều dài (m)	3,3	3,3	6,2	6,2	
Tiết diện B x H x T (cm)	Chữ T 62x62x22	Chữ H 100x120x24	22x45	100x25	180x330x80; 180x230x80
Mác bê tông thiết kế	450	350	450	350	350
Cốt dọc	3 ϕ 25, CIII	30 ϕ 22, CIII	2 ϕ 22 (dưới), CIII	ϕ 10@200, CII	ϕ 25@200, CIII
Cốt đai	ϕ 8@100, CI	ϕ 10@200, CII	ϕ 10@100, CI	ϕ 10@200, CII	ϕ 10@200, CII
Biện pháp thi công	Lắp ghép	Đổ tại chỗ	Lắp ghép	Đổ tại chỗ	Đổ tại chỗ

- Có sơ đồ cấu tạo tương ứng với kết cấu khung ngang của công trình;
- Với các số liệu, thông tin nhận được trực tiếp không thông qua tính toán chuyển đổi;
- Có cấu tạo kết cấu đối xứng, khi tác dụng tải trọng với chu kỳ đối xứng sẽ nhận được các cặp số liệu đối xứng, rất thuận tiện cho việc xử lý và so sánh;
- Có đầy đủ các loại mối nối liên kết và nằm đúng vị trí yêu cầu sẽ cho điều kiện khảo sát sự làm việc và tác dụng tương hỗ giữa chúng khi chịu các loại tải trọng tác dụng;
- Sẽ phản ánh được sự làm việc của công trình: sơ đồ biến dạng, sự hình thành và phát triển vết nứt, sự xuất hiện vùng nguy hiểm và khớp dẻo, và cuối cùng là hình ảnh phá hủy kết cấu.

3. Tải trọng tác dụng

Tải trọng thí nghiệm là yếu tố cơ bản trực tiếp tác dụng lên đối tượng thí nghiệm. Vì thế, để theo dõi quá trình biến động các tham số khảo sát của đối tượng cần thiết phải tìm hiểu tính chất, quy luật và đại lượng của các loại tải trọng tác dụng lên kết cấu công trình. Ở đây, tương ứng với mục đích nghiên cứu, tải trọng tác dụng lên đối tượng thí nghiệm có 2 loại chủ yếu: tải trọng theo phương thẳng đứng và tải trọng theo phương nằm ngang lặp đảo chiều theo chu kỳ.

3.1 Tải trọng đứng

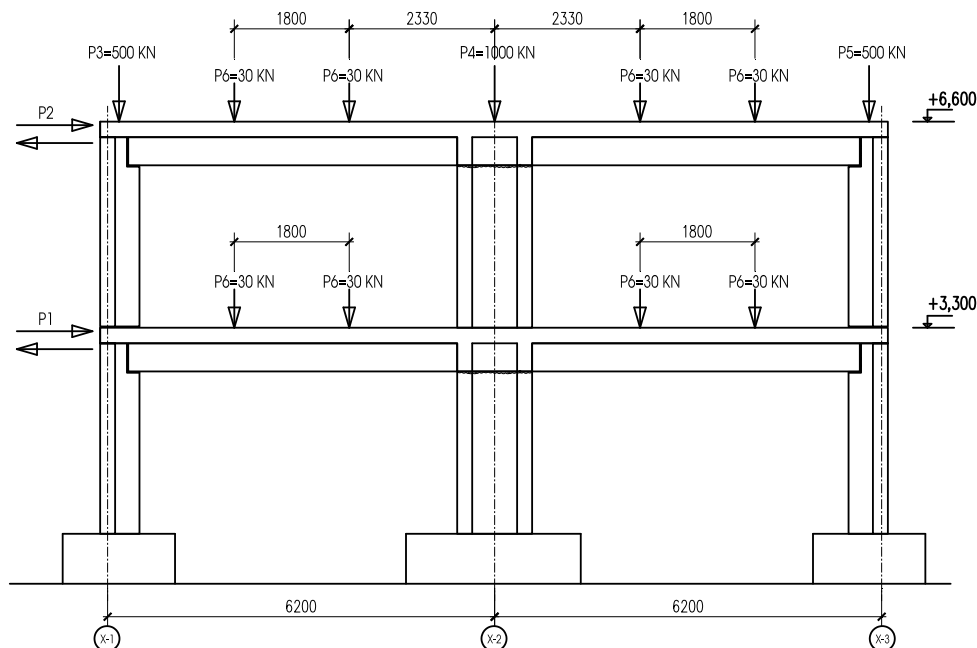
Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên mô hình thí nghiệm gồm các bộ phận (hình 5):

- *Tải trọng đứng tác dụng lên đầu vách lõi, cột:* do phần trọng lượng bản thân của cấu kiện và hoạt tải sàn các tầng trên truyền xuống sau khi đã được tính toán quy đổi thành các tải trọng tập trung. Tải trọng đứng này tác dụng cố định vào trọng tâm tiết diện ngang của vách và cột. Theo thiết kế, giá trị tải trọng tác dụng lên mỗi cột của mô hình là 500 kN, lên vách là 1000 kN;

- *Tải trọng đứng tác dụng lên dầm:* do phần tĩnh tải và hoạt tải của các sàn mỗi tầng truyền vào dầm đã được quy đổi thành hai tải trọng tập trung tác dụng tại hai điểm trên cơ sở tương đương về mô men uốn trong dầm. Giá trị tải trọng tác dụng lên mỗi dầm của mô hình là 60 kN truyền qua 2 điểm tải.

3.2 Tải trọng ngang lặp đảo chiều theo chu kỳ

Tải trọng ngang tác dụng lên kết cấu thí nghiệm là tải trọng động đất được quy đổi và phân phối lên các mức sàn của mỗi tầng khung. Tải trọng ngang được đặt tại hai nút khung ở cao độ hai mức sàn của đối tượng thí nghiệm. Tải trọng này tác dụng đảo chiều (đẩy và kéo) và thay đổi liên tục trong quá trình thí nghiệm.



Hình 5. Tải trọng thí nghiệm (đứng và ngang)

4. Hệ thống gia tải

4.1 Cấu tạo hệ thống gia tải đứng

Thiết bị tạo tải trọng đứng lên cột và vách, bao gồm:

- *Các kích thủy lực tĩnh:* 02 kích loại 1000 kN dùng để tạo tải trọng đứng tác dụng vào vách, 04 kích loại 1500 kN dùng để tạo tải trọng đứng cho hai cột (2 kích/cột). Các kích thủy lực này là loại kích thông tâm, được gắn phía mặt dưới của sàn phản lực. Lực tạo ra từ kích truyền qua các thanh vít-me cường độ cao lên dầm thép và truyền vào mô hình thí nghiệm;

- *Dầm truyền lực bằng thép:* có tác dụng truyền và phân phối tải trọng vào mô hình thí nghiệm thông qua các thanh vít-me cường độ cao $\phi 50$;

- *Các thanh vít-me cường độ cao*: có tác dụng kết hợp với dầm truyền lực và sàn phản lực tạo thành khung tác dụng tải trọng đứng;

- *Máy bơm dầu*: có tác dụng tạo áp lực dầu cho kích.

Thiết bị tạo tải trọng đứng lên các dầm ngang, bao gồm:

- *Các kích thủy lực*: sử dụng 4 kích loại 120 kN đặt tại điểm giữa của mỗi dầm. Mỗi kích này thông qua hệ dầm truyền lực bằng thép sẽ tác dụng lên dầm tại hai điểm, tương đương với hai tải trọng tập trung. Phản lực từ kích được truyền xuống sàn phản lực thông qua các dầm thép và vít - me ϕ 50;

- *Dầm truyền lực bằng thép*: có tác dụng truyền và phân phối tải trọng vào mô hình thí nghiệm thông qua các thanh vít-me cường độ cao ϕ 50;

- *Các thanh vít - me cường độ cao*: có tác dụng kết hợp với dầm truyền lực và sàn phản lực tạo thành khung tác dụng tải trọng đứng, một đầu vít-me liên kết với dầm truyền lực, một đầu liên kết với sàn phản lực;

- *Máy bơm dầu*: tạo áp lực dầu cho kích. Sử dụng máy bơm dầu loại nhỏ để thuận tiện cho việc di chuyển trên các sàn công tác.

Nguyên tắc và quy trình hoạt động của tải trọng đứng như sau:

- Thí nghiệm được bắt đầu bởi việc tác dụng theo từng cấp thành phần tải trọng đứng. Phân chia giá trị tải và trình tự tác dụng các cấp tải như sau:

+ Cấp 1: 0 - 20 % - 0: kiểm tra sự làm việc của hệ thống gây tải, hệ kết cấu và thiết bị đo lường các đại lượng khảo sát;

+ Cấp 2: 0 - 50 % - 75 % - 90 % - 100 % giá trị tải yêu cầu: sẽ giữ ổn định giá trị lớn nhất yêu cầu trong suốt quá trình thí nghiệm với tải trọng ngang.

- Điều khiển và kiểm soát tải trọng của kích bằng cách tăng hoặc giảm áp lực dầu từ máy bơm dầu;

- Kích gia tải được gắn với một lực kế điện tử (load cell). Load cell truyền tín hiệu và giá trị lực trong kích về máy tính thông qua bộ thu nhận và chuyển đổi tín hiệu;

- Sau khi đã đạt giá trị tải trọng yêu cầu, khóa van dầu và giữ áp lực dầu trong kích không thay đổi trong suốt quá trình thí nghiệm;

- Trong quá trình thí nghiệm, qua tín hiệu trên màn hình điều khiển cho thấy, nếu giá trị tải trọng đứng có sự biến động vượt quá trị số sai số cho phép thì cần thiết phải có sự điều chỉnh kịp thời cho phù hợp.

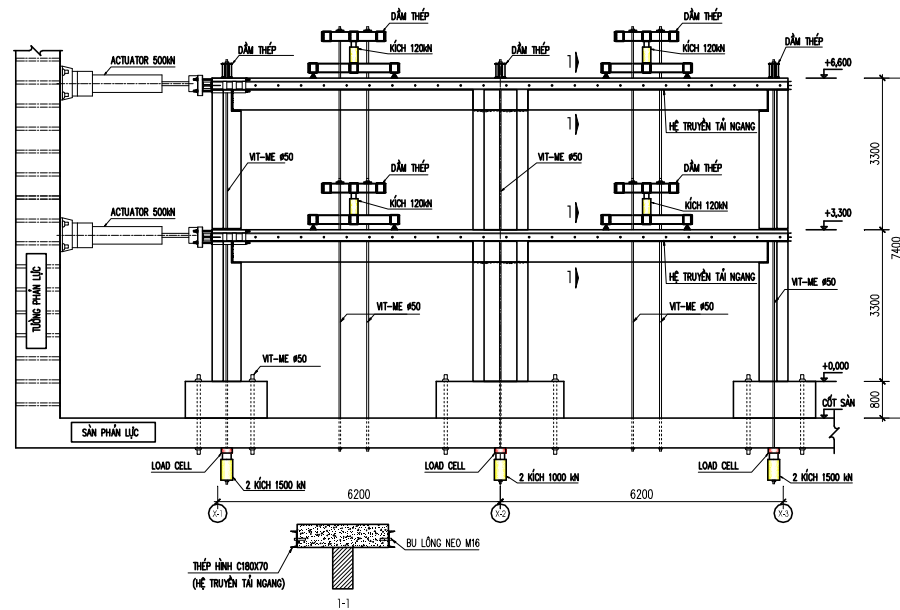
4.2 Cấu tạo hệ thống gia tải trọng ngang đảo chiều chu kỳ thấp

Hệ thống thiết bị tạo tải trọng ngang gồm :

- *Hai kích thủy lực động* (actuator): có năng lực tác dụng tải đảo chiều tối đa 500 kN/kích. Hai kích này được neo chặt tại cốt cao độ của sàn tầng 1 và sàn tầng 2, một đầu kích được liên kết vào tường phản lực, đầu kia được gắn vào hệ khung truyền tải trọng ngang. Áp lực dầu cho các kích động được cung cấp từ trạm bơm chuyên dụng;

- *Hệ thống điều khiển áp lực dầu và ghi nhận tín hiệu*: bao gồm các thiết bị như trạm bơm dầu (dùng để tạo ra áp lực dầu cho kích), bộ chia (có tác dụng nhận tín hiệu từ máy tính qua thiết bị thu nhận và điều khiển áp lực dầu từ máy bơm vào kích), thiết bị điều khiển và thu nhận tín hiệu (nhận tín hiệu từ máy tính và điều khiển kích thông qua bộ chia, nhận tín hiệu từ kích truyền về cho máy tính), máy tính điều khiển (điều khiển toàn bộ hệ thống);

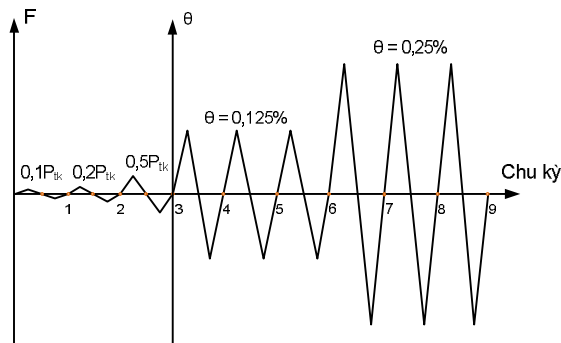
- *Hai hệ khung truyền tải bằng thép*: Mỗi hệ khung truyền tải gồm dầm thép ngang liên kết với hai thanh thép hình C180 x 70 chạy dọc suốt chiều dài mô hình. Hai thanh thép hình này được liên kết vào kết cấu sàn của kết cấu thí nghiệm bằng các bu lông nở thép, có tác dụng truyền tải của kích vào đối tượng thí nghiệm. Sơ đồ hệ thống gia tải đứng và ngang được cho trong hình 6.



Hình 6. Hệ thống gia tải đứng và ngang

Nguyên tắc và quy trình tác dụng của tải trọng ngang lặp đảo chiều như sau:

- Với mục đích kiểm tra đánh giá khả năng làm việc dưới tác dụng của tải trọng ngang đảo chiều theo chu kỳ đối với hệ kết cấu công trình đã được sử dụng trong thực tế, ở đây thí nghiệm sẽ được thực hiện theo cách tác dụng tải trọng ngang đảo chiều với lịch sử tải trọng tác dụng lên mô hình thí nghiệm như trên hình 7;



Hình 7. Lịch sử gia tải trọng ngang

- Nhập các thông tin cần thiết yêu cầu về hoạt động của kích (tải trọng hoặc chuyển vị) vào hệ thống thiết bị điều khiển thông qua máy tính điện tử với phần mềm chuyên dụng;

- Bộ điều khiển gửi tín hiệu dưới dạng điện (analog) đến bộ chia (manifold). Bộ chia có tác dụng xử lý số liệu và kiểm soát hoạt động của kích bằng cách thay đổi tự động lưu lượng và áp lực dầu từ máy bơm dầu vào kích;

- Tín hiệu về sự làm việc thực tế của kích (tải trọng, chuyển vị) sẽ được gửi ngược lại từ kích về máy tính và hiển thị trên màn hình.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu thực nghiệm kết cấu công trình cho thấy, việc lựa chọn hợp lý đối tượng thí nghiệm đóng một vai trò quan trọng tới sự thành công của nghiên cứu. Trong trường hợp này, việc triển khai thí nghiệm trên đối tượng nguyên hình sẽ mang lại những kết quả và cảm thụ với hệ kết cấu thực thông qua đối tượng thí nghiệm. Tuy nhiên, thí nghiệm nguyên hình luôn tiềm ẩn những khó khăn về kinh tế và kỹ thuật mà người làm thí nghiệm phải vượt qua để có kết quả thí nghiệm chính xác nhất.

Việc thiết kế mô hình và hệ thống tác dụng tải trọng thí nghiệm này được thực hiện tỉ mỉ, chi tiết nhằm mang lại một kết quả thí nghiệm gần với thực tế nhất, đáp ứng được các yêu cầu đặt ra.

Việc lựa chọn mô hình thí nghiệm đã tham vấn ý kiến đóng góp của các chuyên gia và đã được thảo luận kỹ trong các hội đồng của Viện KHCN Xây dựng.

Các nội dung tiếp theo của công trình nghiên cứu sẽ được trình bày trong các số báo tiếp theo của Tạp chí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. VÕ VĂN THẢO, "Nghiên cứu thực nghiệm kết cấu xây dựng – Phương pháp mô hình hóa", 2010.
2. M.J.NIGEL PRIESTLEY, S. (SRI) SRITHARAN, JAMES R. CONLEY, "Preliminary results and conclusions from the PRESSS 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.
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).