

PHÂN TÍCH CÁC GIẢI PHÁP KẾT CẤU TRONG NHÀ NHIỀU TẦNG CHỊU ĐỘNG ĐẤT

ThS. Lê Văn Bình¹

TÓM TẮT

Bài viết này phân tích một số giải pháp kết cấu cho nhà cao tầng chịu tải trọng động đất như: giải pháp tăng cường độ cứng ngang, cô lập móng và giảm chấn ma sát. Dựa trên kết quả mô phỏng tính toán số trên máy tính bằng phần mềm ETABS, các giải pháp kết cấu này sẽ được phân tích và nhận xét về tính hiệu quả và phạm vi áp dụng.

ABSTRACT

Some of structural solutions for multi-story buildings under earthquake are analyzed in this paper such as horizontal rigidity strengthening, base isolation and friction damper. Based on numerical results caculated by ETABS software, these solution will be considered about the effectiveness and scope of application.

1. Giới thiệu.

Từ năm 1900 trở lại đây, Việt Nam đã ghi nhận những trận động đất lớn vào các năm 1935, 1942 tại Điện Biên; 1964 tại Yên Thế, tỉnh Bắc Giang; 1983 tại Tuần Giáo, tỉnh Lai Châu; 2001 tại Điện Biên. Gần đây là hai trận động đất liên tiếp vào ngày 17/2 và 19/2/2006 tại huyện Đô Lương, tỉnh Nghệ An, mạnh 4,9 độ richter. Chiều 16/5/2007, tại Hà Nội đã xảy ra chấn động mạnh cấp 3- 4 do ảnh hưởng của động đất 6,1 độ richter tại khu vực phía Bắc Lào. Việc thiết kế kháng chấn đã được đặt ra đối với công trình xây dựng, đặc biệt là công trình nhà cao tầng tại các đô thị lớn như Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh. Bộ Xây dựng đã ban hành Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất (TCVN 375-2006) dựa chủ yếu trên tiêu chuẩn Eurocode 8 của Châu Âu. Trong tiêu chuẩn này, định gia tốc nền được quy định theo từng vùng miền lãnh thổ của

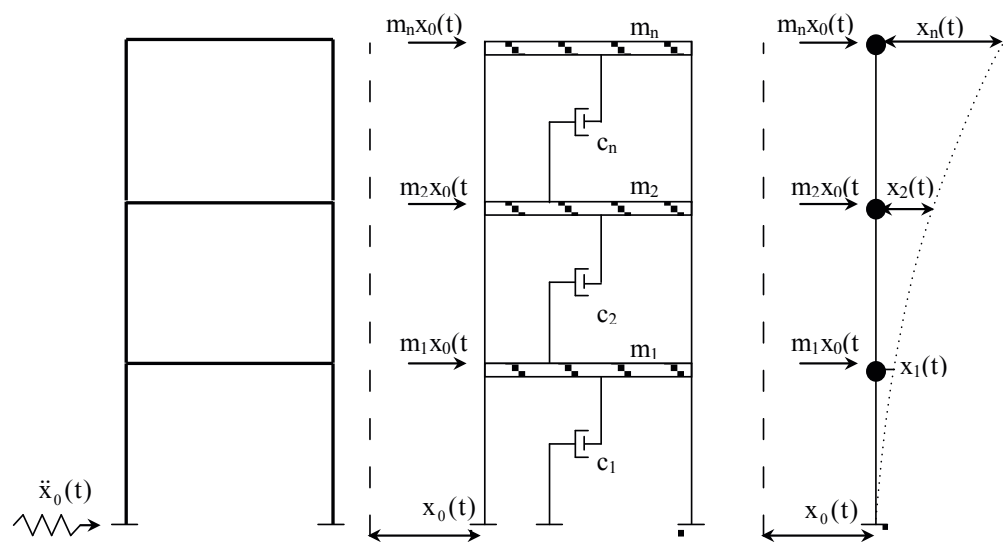
Việt Nam, có chuyển đổi theo thang cường độ của thế giới.

Việc phân tích phản ứng của công trình dưới tác dụng của tải trọng động đất là rất cần thiết nhằm lựa chọn giải pháp kết cấu hợp lý và đáp ứng các yêu cầu của TCVN 375-2006. Bài viết này phân tích và cụ thể hóa một số giải pháp kết cấu chống động đất đã được đề xuất như giải pháp cô lập móng (base isolation, Kelly – 1986), tăng cường hệ thống cản (Mo & Cheng – 1993), hoặc gia tăng độ cứng ngang của các tầng... Bài viết này phân tích các giải pháp kết cấu nêu trên, được mô phỏng số trên máy tính để phân tích, so sánh và đánh giá.

2. Mô hình tính toán nhà nhiều tầng chịu động đất.

Kết cấu nhà nhiều tầng chịu động đất được mô hình thành một thanh console có hữu hạn khối lượng tập trung tại các tầng.

¹Giảng viên Khoa Xây dựng và Điện Trường Đại học Mở TP.HCM



Lực quán tính xuất hiện tại khối lượng m_k khi hệ chịu động đất sẽ là:

$$F_{Q,k}(t) = -m_k[\ddot{x}_0(t) + \ddot{x}_k(t)] \tag{1}$$

Trong đó $\ddot{x}_0(t)$ là gia tốc nền, do chuyển vị nền $x_0(t)$ gây ra. Chuyển vị nền không ảnh hưởng đến lực đàn hồi và lực cản tại m_k . Phương trình cân bằng động theo nguyên lý d’Alambert trong trường hợp này sẽ là:

$$m_k \ddot{x}_k(t) + \sum_{j=1}^n c_{k,j} \dot{x}_j(t) + \sum_{j=1}^n r_{k,j} x_j(t) = -m_k \ddot{x}_0(t) \tag{2}$$

Để giải phương trình động lực học trong trường hợp hệ nhiều bậc tự do, người ta thường sử dụng phương pháp kỹ thuật phân tích dạng chính (phương pháp tọa độ tổng quát), phương pháp phân tích theo lịch sử thời gian, hoặc tích phân trực tiếp phương trình chuyển động (2). Tùy theo tính chất của công trình, mức độ chính xác cần thiết và các công cụ tính toán hiện có chúng ta lựa chọn phương pháp phù hợp.

3. Các giải pháp kết cấu trong nhà nhiều tầng chịu động đất.

3.1. Giải pháp gia tăng độ cứng ngang.

Với tải trọng động đất, lực cắt và mômen tập trung ở tầng trệt là rất lớn, trong khi độ cứng ngang của tầng này bị giảm yếu nhiều (do cần không gian để bố trí sảnh, siêu thị...). Do vậy khi động đất xảy ra, tầng trệt bị phá hoại đầu tiên trong khi các tầng trên

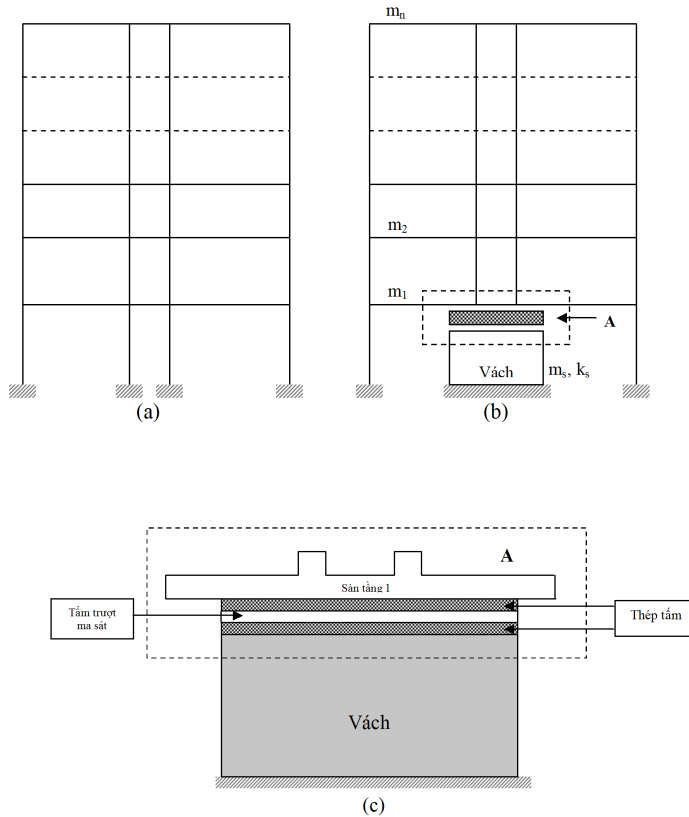
vẫn còn nguyên vẹn. Một số hình ảnh công trình bị phá hoại tầng trệt khi động đất xảy ra:



Căn cứ trên sơ đồ phá hoại của công trình, tầng trệt (hoặc các tầng giảm yếu) cần phải gia cường. Các giải pháp kết cấu tăng cường độ cứng ngang được khảo sát là hệ giằng cục bộ, vách cứng cục bộ bố trí tại tầng trệt.

3.2. Giải pháp sử dụng hệ thống giảm chấn ma sát.

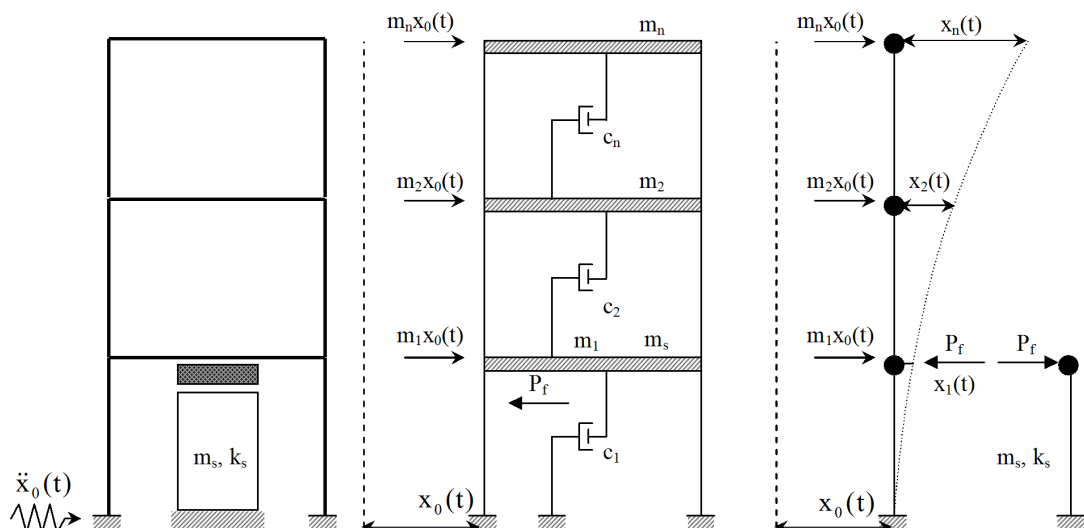
Hệ kết cấu đề nghị là bố trí một hệ thống vách cứng tại tầng trệt với một tấm trượt đặt tại vị trí tiếp giáp giữa vách và sàn tầng 1 (hình 1)

Hình 1 – (a) Kết cấu khung phẳng; (b) Khung có hệ cản ma sát; (c) Chi tiết tấm trượt ma sát

Khi bố trí hệ thống này, vách cứng chịu phần lớn tải trọng đứng của công trình. Tải trọng ngang sẽ được phân chia qua cột và vách (phản ứng với tải động đất rất khác biệt cho mỗi phần). Chuyển vị tại vách –

khung tầng trệt rất nhỏ nên hiệu ứng P- Δ không đáng kể.

3.2.1. Thiết lập mô hình tính toán kết cấu có hệ thống cản ma sát.

Hình 2 – Mô hình động lực học kết cấu có hệ thống cản ma sát

Quan hệ giữa độ cứng K_{IDC} , chuyển vị Y_{IDC} khi có hệ cản ma sát so với độ cứng K_1 và chuyển vị Y_1 của các cột tầng trệt được cho bởi biểu thức:

$$K_{IDC} = K_1(1-n) \dots (3) \quad Y_{IDC} = Y_1 R \dots (4)$$

Trong đó: n là hệ số phân chia tải trọng được chịu bởi vách cứng với toàn bộ tải trọng đứng của kết cấu; R là hệ số giảm chuyển vị của các cột tầng trệt khi bố trí hệ giảm chấn so với khung thông thường. Bộ

số (n, R) là đặc trưng của hệ thống giảm chấn ma sát nêu trên, được lựa chọn phù hợp để điều khiển dao động của hệ kết cấu.

Hệ thống vách cứng, dầm sàn tầng trệt (nếu có) và tấm trượt ma sát được khảo sát như hệ một bậc tự do không đàn hồi có độ cứng k_s với khối lượng m_s được xác định thông qua khối lượng tầng m_1 như sau (Chen & Constantinou – 1990):

$$m_s = \frac{1}{3} nm_1 \tag{5}$$

Phương trình chuyển động của hệ kết cấu và của vách được viết theo dạng quen thuộc trong bài toán động lực học công trình, có bổ sung lực ma sát P_f sinh ra tại vị trí tấm trượt.

Đối với hệ khung (hệ nhiều bậc tự do - MDOF, dạng ma trận):

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX + P_f = - M\ddot{X}_g \tag{6}$$

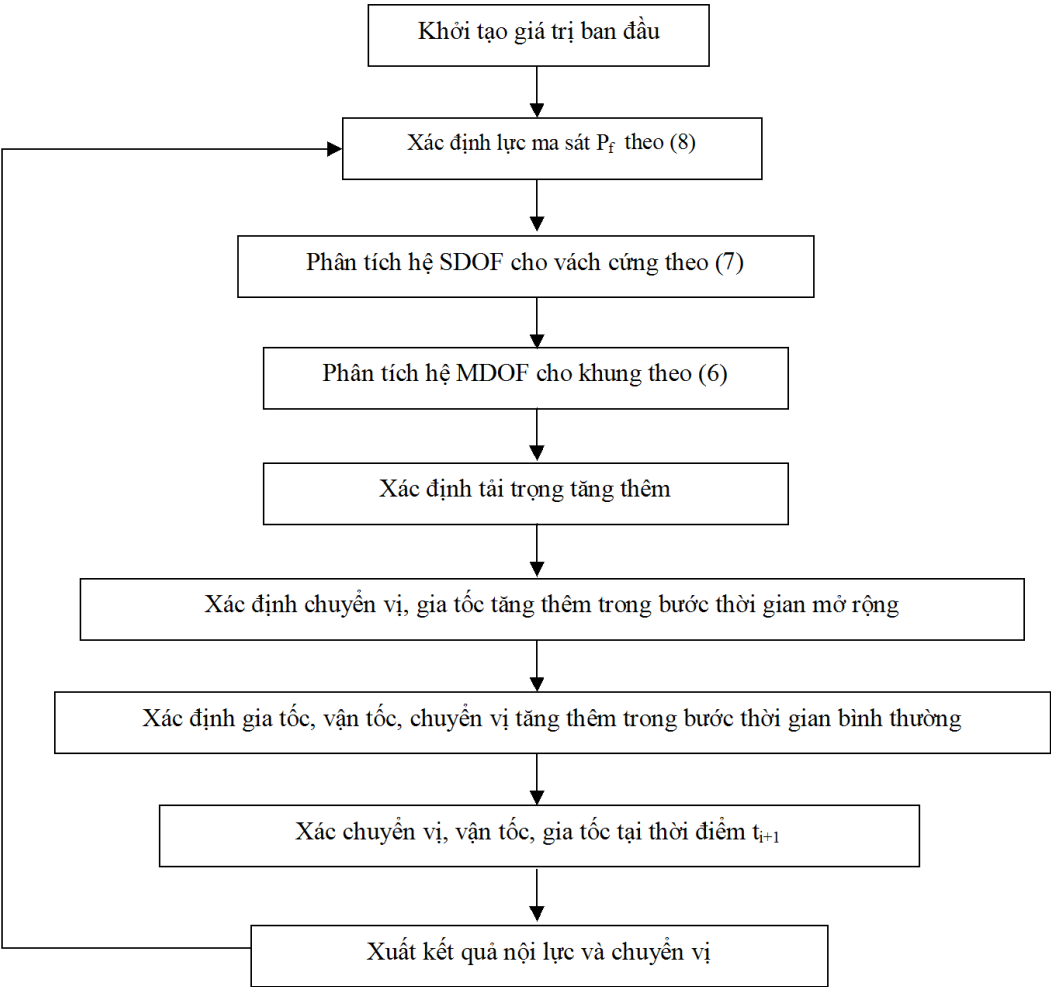
Đối với vách (hệ một bậc tự do - SDOF):

$$m_s \ddot{x}_s + c_s \dot{x}_s + k_s x_s - P_f = - m_s \ddot{x}_g \tag{7}$$

Lực ma sát: $P_f = \mu(\dot{x}_l - \dot{x}_s)nWZ$, với μ là hệ số ma sát trượt, $(\dot{x}_l - \dot{x}_s)$ là vận tốc tương đối của sàn tầng 1 và vách, nW là phần trọng lượng vách chịu, $Z = (-1,1)$ xác định chiều tác động của lực ma sát P_f đối với từng phần. (8)

3.2.2. Giải thuật tính toán.

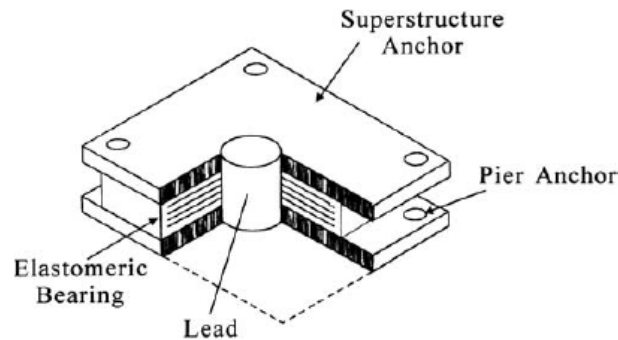
Giải phương trình (6) và (7) theo lịch sử thời gian để tìm đáp ứng của kết cấu dựa trên phương pháp Time – Newmark. Trước khi tính toán ở bước thời gian t_i , ta cần xác định lực trượt ma sát P_f . Các hệ MDOF và SDOF được phân tích với gia tốc đồ động đất, các bước còn lại được phân tích như hệ khung thuần túy. Khi tìm được đáp ứng tại thời điểm t_{i+1} , các bước tính toán được lặp lại cho đến hết lịch sử thời gian phản ứng của kết cấu với tải động đất.



3.3. Giải pháp cô lập móng.

Hệ thống cô lập móng bố trí tại vị trí liên kết giữa cột và móng, thường được làm bằng cao su kết hợp với lõi chì để tăng cường độ cứng. Hệ thống cô lập phải đảm bảo tính

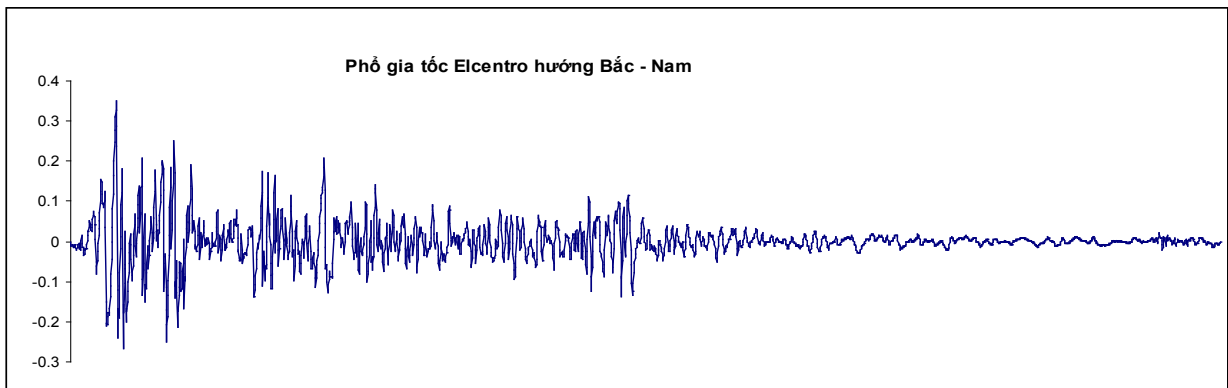
mềm dẻo, tiêu tán năng lượng và độ cứng chịu tải trọng đứng của công trình (Kelly – 1986). Gối tựa được mô tả trong phần mềm ETABS với phần tử Nlink Isolator.



4. Áp dụng.

Phân tích một công trình 12 tầng, chọn phương pháp phân tích theo lịch sử thời gian.

dưới tác động của trận động đất Elcentro (ngày 18/5/1940, bang California Mỹ).

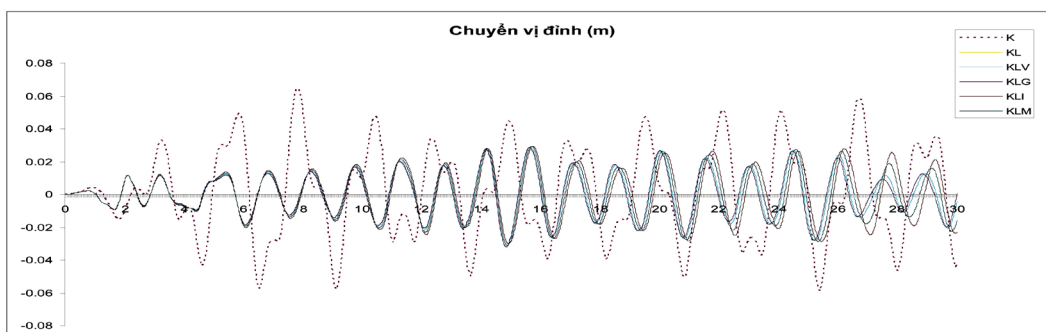


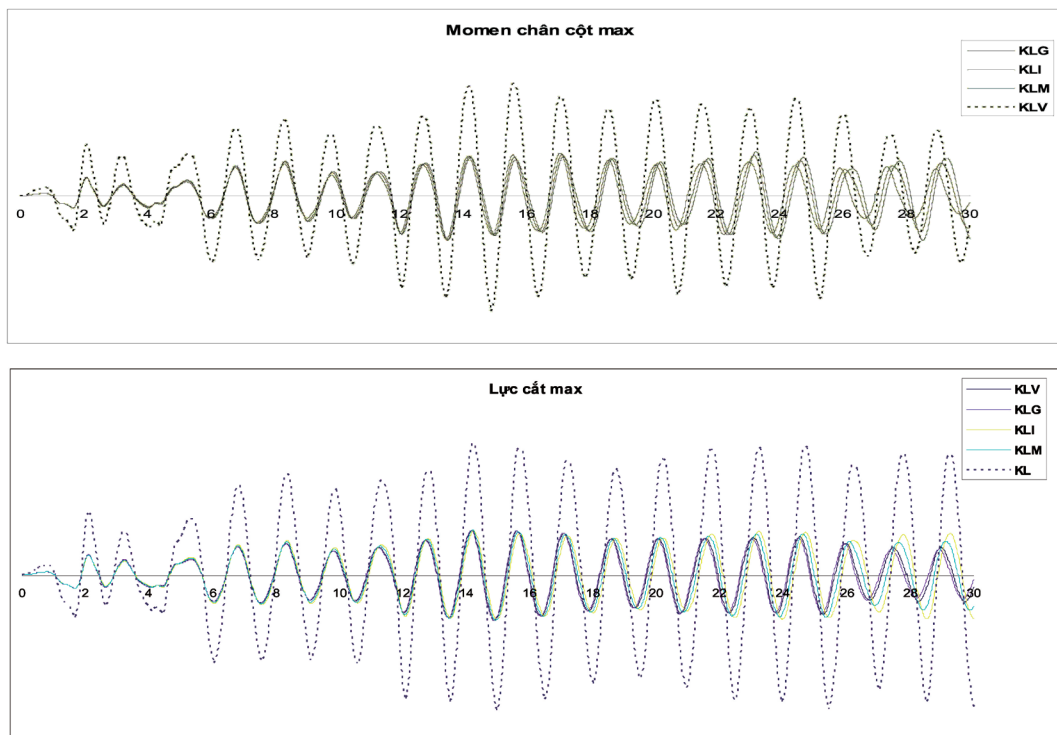
Kết quả tính toán cho các trường hợp giải pháp kết cấu:

Giải pháp tăng cường độ cứng ngang: Khung (K), Khung-lõi (KL), Khung-lõi-vách (KLV), Khung-lõi-giằng (KLG).

Giải pháp giảm chấn ma sát: KLM

Giải pháp cô lập móng: KLI





5. Kết luận.

Kết quả tính toán cho thấy, các giải pháp gia tăng độ cứng ngang (như KL, KLV, KLG) và giải pháp bố trí hệ giảm chấn ma sát (KLM) và giải pháp cô lập móng (KLI) đều giảm chuyển vị đỉnh nhà gần tương đương như sau. Tuy nhiên giải pháp KLG, KLM và KLI giảm đáng kể nội lực tại chân cột hơn so với phương án K, KL, KLV.

Giải pháp gia tăng độ cứng ngang tại tầng trệt có hiệu quả nhưng chỉ phù hợp với các trận động đất nhỏ. Nội lực trong hệ khung chuyển sang phần gia cường (vách cục bộ, giằng) về bản chất cũng chỉ là giải pháp phân tán nội lực, nhưng không làm tiêu tán được năng lượng động đất. Do đó với những trận động đất mạnh, giải pháp này không hiệu quả.

Giải pháp cô lập móng giảm bớt ảnh hưởng của động đất với kết cấu phần trên nên tỏ ra khá hiệu quả với các trận động đất cường độ mạnh. Tuy nhiên, do sử dụng gối cao su có lõi chì nên chỉ chịu tải trọng thẳng đứng của công trình rất giới hạn, chỉ sử dụng được với công trình có số tầng vừa phải.

Giải pháp giảm chấn bằng ma sát (hay có thể là các giải pháp giảm chấn khác đang

được tiếp tục nghiên cứu) chính là tiêu tán năng lượng động đất ở dạng bị động, rất phù hợp để thiết kế công trình cao tầng, chịu các trận động đất có cường độ mạnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Lê Ninh**, *Động đất và thiết kế công trình chịu động đất*, NXB Khoa học & kỹ thuật, 2007
- Chen W.F, Scawthorn C**, *Earthquake Engineering Handbook*, CRC Press, 2003
- Lê Văn Bình**, *Phương pháp phần tử hữu hạn trong tính toán kết cấu*, NXB Thống kê, 2009.
- Lê Văn Bình**, *Phân tích nội lực nhà cao tầng chịu động đất tại TP.HCM*, Đề tài NCKH cấp Trường, 2010.