

# THEO DÕI VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG

**Đình Văn Thuật  
Vũ Khắc Kiên**

## ABSTRACT

Reliability and safety requirements of multi-story buildings are critical to detection and identification of locations and magnitudes of local damages of building structures in both construction and in-use phases, particularly when subject to earthquake excitation. This paper is to present technological solutions and basic theory for structural health monitoring and performance evaluation of multi-story building structures, which are featured by high degrees of freedom and complex behaviors. Also the paper will provide relevant comments and suggestions on the practical application of the monitoring and evaluation method for existing multi-story buildings in Vietnam.

**TS Đình Văn Thuật**

**Khoa Xây dựng**

**Trường Đại học Xây dựng**

**Di động: 0904 570 215**

**E-mail: [thuattvandingh@gmail.com](mailto:thuattvandingh@gmail.com)**

**TS Vũ Khắc Kiên**

**Trường Đại học Quốc gia Singapore**

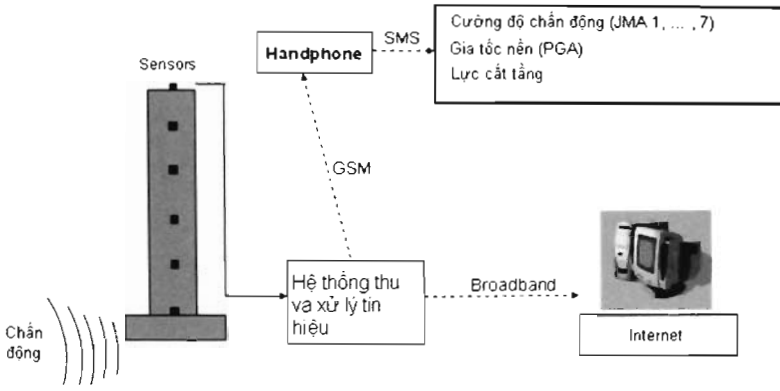
## 1. Giới thiệu

Cùng với sự tăng trưởng nhanh về kinh tế, quá trình đô thị hoá ở nước ta đang diễn ra mạnh mẽ kéo theo nhu cầu xây dựng các công trình nhà cao tầng ngày càng gia tăng cả về số lượng và qui mô kết cấu. Yêu cầu đặt ra cho công trình nhà cao tầng là các cấu kiện kết cấu của công trình đều phải được thiết kế đảm bảo có đủ khả năng chịu lực, có cường độ và độ cứng được phân bố hợp lý trong toàn bộ công trình để tránh gây ra cơ chế phá hoại cục bộ, đặc biệt khi có tác động của động đất.

Tuy nhiên, việc thiết kế các công trình nhà hiện nay ở Việt Nam vẫn được tiến hành dựa trên kết quả phân tích tính toán kết cấu theo mô hình vật liệu làm việc đàn hồi tuyến tính. Với qui trình thiết kế như vậy thì rất khó có thể đảm bảo được cơ chế phá hoại cục bộ là không hình thành, biến dạng dẻo chỉ xuất hiện ở vị trí cho phép và độ tin cậy, độ an toàn của hệ kết cấu công trình được thiết kế là thoả mãn khi có tác động của động đất. Ngoài hạn chế về mô hình tính toán kết cấu nêu trên thì việc cường độ vật liệu thực tế biến đổi khác so với tính toán ban đầu, tải trọng tác dụng thay đổi theo thời gian, các cấu kiện kết cấu được thiết kế giống nhau ở một số tầng liền kề, những sai sót trong quá trình thi công,... đều có thể làm tăng thêm mức độ tập trung biến dạng dẻo, tăng thêm khả năng làm việc

không đồng đều giữa các cấu kiện kết cấu và khả năng hình thành cơ chế phá hoại cục bộ cho kết cấu nhà cao tầng.

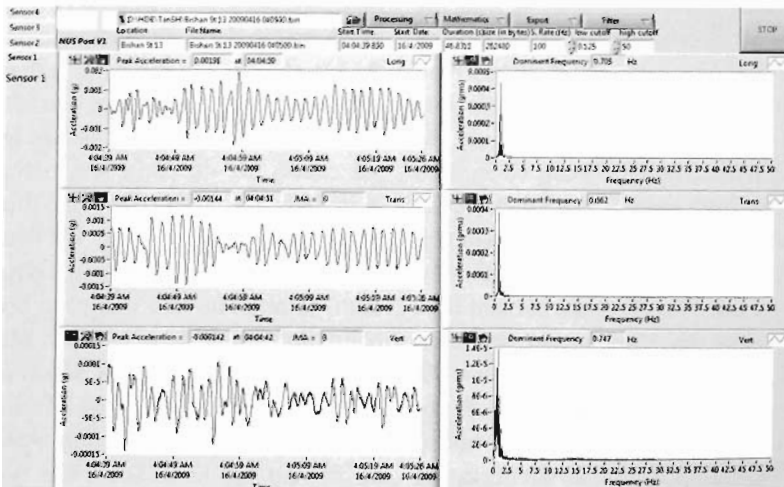
Kết quả khảo sát nguyên nhân gây sụp đổ các công trình nhà cao tầng trong các trận động đất ở Nhật Bản và Mỹ cho thấy phần lớn hiện tượng bắt đầu từ sự phá hoại cục bộ ở một vài cấu kiện kết cấu và sau đó dẫn đến sự phá hoại toàn bộ [1]. Nguyên nhân công trình bị phá hoại cục bộ càng thấy rõ đối với các công trình xây dựng cách đây hàng chục năm; hoặc những công trình được thiết kế kết cấu dựa trên giả thuyết coi vật liệu làm việc đàn hồi tuyến tính như thực tế vẫn áp dụng ở Việt Nam. Đối với công trình khi chịu động đất, vật liệu kết cấu (ví dụ bê tông cốt thép) sẽ làm việc ở điều kiện phi tuyến, và nếu tải trọng tác dụng lớn đến một giá trị nào đó thì kết cấu chuyển sang trạng thái chảy dẻo. Trong trường hợp nếu kết cấu công trình được thiết kế hợp lý (về cường độ, độ cứng, khả năng biến dạng dẻo và khả năng hấp thụ năng lượng) thì các vùng vật liệu kết cấu cho phép chảy dẻo (ở 2 đầu dầm) sẽ phân bố đều trên toàn bộ công trình, nghĩa là các cấu kiện kết cấu đó cùng đồng đều đạt đến khả năng chịu lực theo như thiết kế ban đầu của chúng trước khi công trình có thể hư hại hoàn toàn. Khi đó khả năng chịu lực của toàn hệ kết cấu được xem là đạt hiệu quả cao nhất với độ tin cậy và độ an toàn



Hình 1. Sơ đồ minh họa quy trình theo dõi và đánh giá kết cấu



Hình 2. Vị trí lắp đặt thiết bị đo cảm biến cho công trình nhà cao 40 tầng ở Singapore.



Hình 3. Kết quả xử lý số liệu sau khi thu nhận thông tin từ máy phân tích số.

đồng đều cho mọi cấu kiện kết cấu. Ngược lại, nếu kết cấu được thiết kế không hợp lý thì các vùng chảy dẻo sẽ chỉ tập trung ở một số vị trí nào đó và có thể xuất hiện ngay cả ở những vị trí không cho phép hình thành khớp dẻo (ở cột). Hiện tượng này dẫn đến ban đầu chỉ có một số cấu kiện kết cấu phá hoại cục bộ và kéo theo toàn bộ công trình sụp đổ. Trong khi đó, các cấu kiện kết cấu còn lại vẫn đảm bảo khả năng chịu lực hoặc chỉ chịu lực khá nhỏ so với khả năng chịu lực thiết kế của chúng. Nói cách khác, độ tin cậy và độ an toàn của các cấu kiện kết cấu là không đồng đều dẫn đến độ tin cậy và độ an toàn của toàn hệ kết cấu là không đảm bảo theo yêu cầu thiết kế chung gây ra hiệu quả kinh tế của công trình thấp và có thể nguy hại đến tính mạng người sử dụng.

Như vậy, giải pháp công nghệ nào cần phải sử dụng để phát hiện và đánh giá những sai sót hoặc những điểm xung yếu cục bộ để có thể đưa ra biện pháp khắc phục hợp lý nhằm đảm bảo công trình không bị phá hoại cục bộ dẫn đến sự phá hủy hoàn toàn của công trình? Bài viết này sẽ giới thiệu phương pháp theo dõi và đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu được ứng dụng hiệu quả cho công trình nhà cao tầng nhằm hạn chế những rủi ro gây ra sự phá hoại của công trình, đặc biệt khi có xem xét đến tác động của động đất. Quá trình theo dõi và đánh giá gồm những bước chính sau (Hình 1): i) Bố trí và định vị hệ thống thiết bị đo cảm biến; ii) Thu nhận và xử lý tín hiệu dữ liệu; iii) Tiến hành phân tích nhận dạng kết cấu và phát hiện những hư hỏng có thể xảy ra; và iv) Đánh giá độ tin cậy và an toàn của công trình. Công nghệ theo dõi này cho phép việc ứng dụng rất linh hoạt do thiết bị đo cảm biến có thể được lắp đặt ở mọi vị trí cần đo, đồng thời có thể thực hiện việc thu nhận và xử lý thông tin một lần hoặc liên tục trong suốt thời gian theo dõi tùy theo từng mục đích khác nhau.

## 2. Hệ thống thiết bị đo cảm biến

Thiết bị đo cảm biến sensor đã được nghiên cứu và phát triển mạnh từ những năm 1960 tại Silicon Valley - Mỹ. Những loại thiết bị đo cảm biến được sử dụng phổ biến hiện nay là fiber sensor, elasto-magnetic sensor, Fiber Bragg Grating (FBG) sensor, Polivinylidene Fluoride (PVDF), lead zirconate tsensor (PZT), shape memory alloy (SMA) sensor, carbon fiber reinforced polymer (CFRP) sensor, và cement-based sensor. Một số loại thiết bị đo cảm biến như PZT và PVDF cho phép không cần sử dụng năng lượng khi đo do chúng có tính năng áp điện học (piezoelectric). Với đặc tính này thì chúng được sử dụng phù hợp đối với hệ thống mạng đo không dây và yêu cầu hiệu quả năng lượng cao.

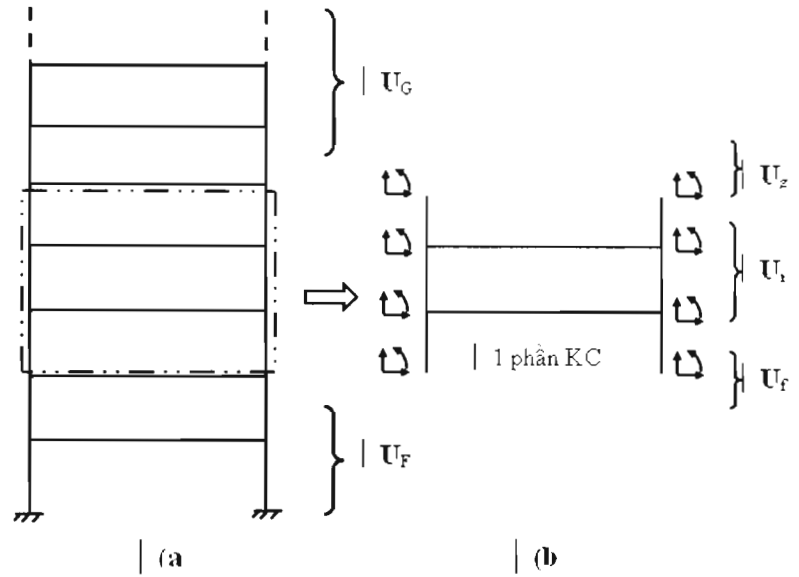
Ngoài ra còn có những loại thiết bị đo cảm biến gồm cả thiết bị xử lý tín hiệu, tính toán và thiết bị truyền dữ liệu không dây có kích thước khá nhỏ; được gọi là thiết bị đo cảm biến thông minh hoặc là Mote. Loại thiết bị này được chế tạo ở một số nhà máy như Shinkawa Sensor Technologies, Dust Networks, Moteiv, Crossbow, Microsense,...

Các thiết bị đo cảm biến cần được bố trí lắp đặt ở một số vị trí theo mặt bằng và chiều cao của công trình nhà (Hình 2). Việc lựa chọn và bố trí vị trí lắp đặt các thiết bị đo số liệu cần phải đảm bảo những yêu cầu sau:

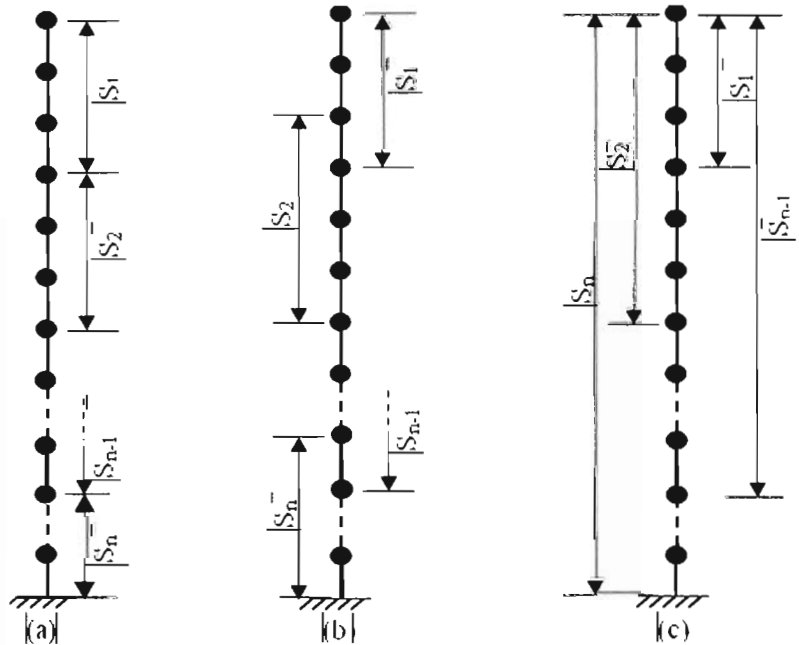
- Làm việc ổn định trong phạm vi tần số rung động;
- Có độ nhạy cao trong phạm vi tần số tuyến tính;
- Có khối lượng hạn chế;
- Đảm bảo cố định ở vị trí chắc chắn khi gia tốc đạt cực đại (ở vị trí vật liệu kết cấu vẫn làm việc trong giới hạn đàn hồi tuyến tính khi rung động);
- Đảm bảo độ chính xác của gia tốc ở điểm cần đo.

## 3. Thu nhận và xử lý tín hiệu

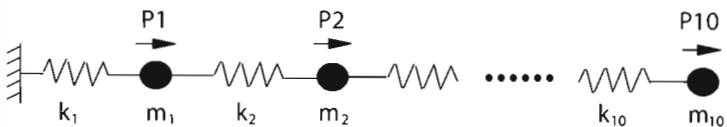
Quá trình thu nhận và xử lý tín hiệu bao gồm công việc thu nhận các tín hiệu tương tự và chuyển



Hình 4. Phương pháp nhận dạng từng phần kết cấu



Hình 5. Các phương pháp nhận dạng từng phần kết cấu (a) Không chống lên nhau; (b) Có chống lên nhau; (c) Tầng dẫn



Hình 6. Mô hình hệ kết cấu 10 bậc tự do được khảo sát

đổi chúng sang dạng số để xử lý kết quả theo từng mục đích khác nhau, chẳng hạn thông qua việc sử dụng máy phân tích số National Instruments (NI) data logger cùng với phần mềm LabView ([www.ni.com](http://www.ni.com)).

Hệ thống thiết bị đo cảm biến

cung cấp những kết quả dữ liệu đo đạc từ thực tế về dao động (gia tốc, vận tốc và chuyển vị) của hệ kết cấu khảo sát khi chịu các ngoại lực tác động. Tiếp theo các dữ liệu đo đạc đó cần được xử lý để đánh giá các đặc trưng cơ bản của bản thân hệ

kết cấu công trình, chẳng hạn độ cứng, tần số dao động riêng,... Như vậy, quá trình nhận dạng kết cấu và phát hiện hư hỏng là một quá trình thực hiện phân tích ngược.

Ví dụ xét phương trình cơ bản về cân bằng động lực của hệ kết cấu một bậc tự do:  $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F$ . Đối với quá trình phân tích kết cấu (quá trình phân tích thuận) thì mục tiêu là đánh giá chuyển vị  $x$ , vận tốc và gia tốc của hệ kết cấu với giả thiết đã biết các thông số về khối lượng  $m$ , hệ số cản nhớt  $c$ , độ cứng  $k$  và ngoại lực tác dụng  $F$ . Còn đối với quá trình nhận dạng kết cấu (quá trình phân tích ngược) thì mục tiêu là tìm ra được những thông số  $m$ ,  $k$  và  $c$  của hệ kết cấu từ những số liệu thực tế đo đạc là gia tốc, vận tốc và chuyển vị  $x$  của hệ kết cấu và ngoại lực tác dụng  $F$ . Như vậy quá trình phân tích ngược để nhận dạng kết cấu thực chất liên quan đến công nghệ đo cảm biến và kỹ thuật xử lý phép tính đối với các số liệu thực tế đo được bao gồm các dữ liệu đầu vào và đầu ra, đặc biệt đối với những hệ kết cấu nhà nhiều tầng có số bậc tự do rất lớn và có nhiều thông số chưa biết.

Dữ liệu đo (gia tốc, vận tốc, chuyển vị) có thể được xử lý và biểu diễn theo trục tần số hoặc trục thời gian sử dụng kỹ thuật biến đổi chuỗi Fu-ri-ê (Fast Fourier Transform) (Hình 3). Vấn đề cần lưu ý trong quá trình thu nhận dữ liệu là phải loại bỏ hoặc lọc được nhiễu ngay cả khi dữ liệu được truyền từ máy phân tích số (data logger) đến bộ phận phần mềm xử lý số liệu (processing platform).

#### 4. Nhận dạng kết cấu và phát hiện những hư hỏng

Trong những năm gần đây, vấn đề nhận dạng kết cấu và phát hiện những hư hỏng đã được các nhà nghiên cứu quan tâm và phát triển đáng kể cả về nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Một số phương pháp nhận dạng kết cấu đã được xây dựng dựa trên cơ sở phân tích ngược. Tuy nhiên, hầu hết các

phương pháp đều có chung hạn chế là chỉ có thể áp dụng hiệu quả cho những trường hợp hệ kết cấu có qui mô nhỏ, ít bậc tự do. Trong trường hợp, hệ kết cấu có qui mô lớn với nhiều bậc tự do như kết cấu nhà cao tầng thì việc áp dụng chúng sẽ gặp phải khó khăn về vấn đề xử lý số liệu, vì số lượng các thông số chưa biết là rất lớn và thiếu thông số đã biết trong bài toán phân tích ngược. Đây là một thách thức lớn đối với các nhà nghiên cứu hiện nay.

Để giảm bớt khối lượng tính toán, gần đây phương pháp nhận dạng kết cấu dựa trên cơ sở hệ kết cấu có nhiều bậc tự do được phân chia thành một số phần nhỏ có số bậc tự do ít hơn đã được phát triển đối với nhà nhiều tầng và được gọi là nhận dạng từng phần kết cấu (sub-structural identification) [2]. Phương pháp này cho kết quả tổng thời gian tính toán lập yêu cầu khi tính riêng cho từng phần kết cấu nhỏ sẽ ít hơn nhiều so với khi giải chung cho toàn hệ kết cấu.

Hình 4 mô tả việc phân chia hệ kết cấu theo phương pháp nhận dạng từng phần kết cấu. Các phương trình cân bằng dao động cho toàn bộ hệ kết cấu được viết như sau:

$$\begin{bmatrix} M_{FF} & M_{Ff} & M_{Fr} & M_{Fg} & M_{FG} \\ M_{fF} & M_{ff} & M_{fr} & M_{fg} & M_{fG} \\ M_{rF} & M_{rf} & M_{rr} & M_{rg} & M_{rG} \\ M_{gF} & M_{gf} & M_{gr} & M_{gg} & M_{gG} \\ M_{GF} & M_{Gf} & M_{Gr} & M_{Gg} & M_{GG} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_F \\ \ddot{u}_f \\ \ddot{u}_r \\ \ddot{u}_g \\ \ddot{u}_G \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{FF} & C_{Ff} & C_{Fr} & C_{Fg} & C_{FG} \\ C_{ff} & C_{ff} & C_{fr} & C_{fg} & C_{fG} \\ C_{rr} & C_{rf} & C_{rr} & C_{rg} & C_{rG} \\ C_{gr} & C_{gr} & C_{gr} & C_{gg} & C_{gG} \\ C_{Gg} & C_{Gg} & C_{Gg} & C_{Gg} & C_{GG} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_F \\ \dot{u}_f \\ \dot{u}_r \\ \dot{u}_g \\ \dot{u}_G \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{FF} & K_{Ff} & K_{Fr} & K_{Fg} & K_{FG} \\ K_{fF} & K_{ff} & K_{fr} & K_{fg} & K_{fG} \\ K_{rF} & K_{rf} & K_{rr} & K_{rg} & K_{rG} \\ K_{gF} & K_{gf} & K_{gr} & K_{gg} & K_{gG} \\ K_{GF} & K_{Gf} & K_{Gr} & K_{Gg} & K_{GG} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_F \\ u_f \\ u_r \\ u_g \\ u_G \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_F \\ P_f \\ P_r \\ P_g \\ P_G \end{Bmatrix} \quad (1)$$

trong đó  $M$ ,  $C$ ,  $K$ ,  $P$ ,  $u$  tương ứng là các phần tử ma trận khối lượng, cản nhớt, độ cứng, ngoại lực và chuyển vị của hệ kết cấu khảo sát; phụ chú  $r$  chỉ số lượng bậc tự do bên trong của phần kết cấu như ở Hình 4(b); phụ chú  $f$  và  $g$  chỉ số lượng bậc tự do ở vùng tiếp giáp giữa các phần kết cấu về 2 phía có ký hiệu là  $F$  và  $G$ . Để thuận tiện trong tính toán, phụ chú  $j$  được sử dụng chung cho tất cả các bậc tự do ở bên trong (bao gồm cả  $f$  và  $g$ ). Đối với phần kết cấu được xem xét thì phương trình cân bằng dao động có thể được tách từ hệ các phương trình trên như sau:

$$\begin{bmatrix} M_{Lw} & M_{Lr} \\ M_{Lr} & M_{Lr} \\ M_{Lr} & M_{Lr} \\ M_{Lr} & M_{Lr} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_r \\ \ddot{u}_r \\ \ddot{u}_r \\ \ddot{u}_r \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{Lw} & C_{Lr} \\ C_{Lr} & C_{Lr} \\ C_{Lr} & C_{Lr} \\ C_{Lr} & C_{Lr} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_r \\ \dot{u}_r \\ \dot{u}_r \\ \dot{u}_r \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{Lw} & K_{Lr} \\ K_{Lr} & K_{Lr} \\ K_{Lr} & K_{Lr} \\ K_{Lr} & K_{Lr} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_r \\ u_r \\ u_r \\ u_r \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_r \\ P_r \\ P_r \\ P_r \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} M_{rr} & M_{rr} \\ M_{rr} & M_{rr} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_j(t) \\ \ddot{u}_r(t) \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{rr} & C_{rr} \\ C_{rr} & C_{rr} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_j(t) \\ \dot{u}_r(t) \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{rr} & K_{rr} \\ K_{rr} & K_{rr} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_j(t) \\ u_r(t) \end{Bmatrix} = P_r(t) \quad (3)$$

Nếu ta coi các lực tác dụng ở các vùng tiếp giáp là thông số đầu vào (input) thì phương trình cân bằng ở trên trở thành:

Phương pháp nhận dạng từng phần kết cấu được chia thành 2 loại tùy theo việc phân chia hệ kết cấu: phương pháp phân chia không chồng lên nhau (Hình 5a) và phương pháp phân chia có chồng lên nhau (Hình 5b),

Bảng 1. Kết quả sai số (%)

Độ cứng	Phương pháp nhận dạng trực tiếp toàn hệ kết cấu	Phương pháp nhận dạng từng phần kết cấu
$K_1$	+28.6	+7.1
$K_2$	-21.4	-7.1
$K_3$	+7.1	-2.4
$K_4$	+25.3	+4.8
$K_5$	-21.4	-4.8
$K_6$	+7.1	+2.4
$k_7$	+21.4	+2.4
$k_8$	-23.8	+4.8
$k_9$	0.0	-2.4
$k_{10}$	0.0	-2.4
Mean	15.6	4.1
Max.	28.6	7.1

trong đó  $S_1$  chỉ ra phần kết cấu thứ i. Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm riêng. Phương pháp phân chia không chồng lên nhau cho kết quả tính toán có độ chính xác cao hơn, trong khi phương pháp phân chia có chồng lên nhau cho phép giảm bớt số lượng điểm cần phải đo.

Khi số lượng điểm đặt các thiết bị đo cảm biến bị hạn chế, có thể tiến hành bố trí ở các vị trí đo cho phù hợp với đặc điểm của từng phần kết cấu được khảo sát. Ngoài ra, có thể sử dụng giải pháp tăng dần kích cỡ của phần kết cấu khảo sát đến khi bao gồm các điểm có số liệu đo. Các thông số kết cấu được xác định ở giai đoạn trước ở phần kết cấu nhỏ hơn trước đó đều được coi là thông số đã biết khi phân tích đối với phần kết cấu tiếp theo. Phương pháp xác định như vậy được gọi là phương pháp nhận dạng từng phần kết cấu tăng dần (progressive identification method) như mô tả ở Hình 5c. Trong phương pháp phân tích này, phần kết cấu ở trên đỉnh mái được lựa chọn là phần kết cấu thứ nhất, ký hiệu là  $S_1$  và được sử dụng cho toàn bộ quá trình nhận dạng hệ kết cấu. Sau khi những thông số kết cấu của phần  $S_1$  được xác định thì tiếp tục tính toán cho phần kết cấu tiếp theo ở phía dưới, ký hiệu là  $S_2$ , bao gồm cả phần kết cấu  $S_1$  được xem xét trước đó. Các thông số đã được xác định cho phần  $S_1$  được coi là đã biết khi

xác định các thông số của phần  $S_2$ . Quá trình tính toán như vậy cứ tiếp diễn đến khi toàn bộ các thông số cần thiết của toàn hệ kết cấu được xác định.

Hình 6 là ví dụ một hệ kết cấu gồm 10 bậc tự do được khảo sát, trong đó khối lượng  $m_1 = 600$  kg,  $m_2 = \dots = m_5 = 400$  kg,  $m_6 = \dots = m_{10} = 300$  kg; độ cứng  $k_1 = 700$  kN/m,  $k_2 = k_3 = 650$  kN/m,  $k_4 = k_5 = 600$  kN/m,  $k_6 = k_7 = k_8 = 400$  kN/m,  $k_9 = k_{10} = 300$  kN/m. Ảnh hưởng của cản nhớt được giả thiết là 5% cho 2 dạng dao động đầu tiên, và hệ số cản nhớt được coi là 2 thông số chưa biết và cần phải tìm. Giá trị khởi đầu của 2 thông số này được coi bằng 0. Giả sử các thiết bị đo cảm biến được gắn ở phần thứ 3, 6 và 9 của hệ kết cấu khảo sát và cho biết kết quả dao động ngẫu nhiên zero-mean Gaussian white noise tác dụng ở các phần đó. Ứng xử dao động của hệ kết cấu được xác định theo phương pháp số Newmark với khoảng thời gian là 2 giây và bước thời gian là 0,002 giây. Phương pháp Genetic Algorithm được sử dụng để tìm kiếm và giới hạn trong phạm vi từ 1/2 đến hai lần giá trị chính xác đến 6-bit cho từng thông số; do vậy mức độ chính xác đạt đến  $1/26^6 \times 1,5 \approx 2\%$ . Bảng 1 là kết quả sai số (%) về độ cứng khi nhận dạng đối với hệ kết cấu có 10 bậc tự do được khảo sát và kết quả đã chỉ ra mức độ chính xác khá cao

của phương pháp nhận dạng từng phần kết cấu.

Bước quan trọng tiếp theo trong quá trình nhận dạng kết cấu là đánh giá và phát hiện ra những đặc trưng liên quan đến mức độ phá hoại của kết cấu công trình dưới các tác động. Có thể xảy ra 2 trường hợp sau:

(i) Hư hỏng được phát hiện và đánh giá khi không có kết quả đo của hệ kết cấu ban đầu chưa bị hư hỏng; chẳng hạn khi công trình bị hư hại sau các trận động đất xảy ra, nhưng trước đó lại chưa tiến hành theo dõi và đo dữ liệu. Trong trường hợp này kết quả nhận dạng cần được so sánh với kết quả phân tích lý thuyết mô phỏng đối với mô hình kết cấu chưa hư hỏng. Kết quả nhận dạng sẽ có sai số khá lớn do mô hình hoá kết cấu có độ sai lệch lớn so với thực tế làm việc của kết cấu, đặc biệt khi mô phỏng cho các kết cấu công trình cũ sau nhiều năm sử dụng.

(ii) Hư hỏng được phát hiện bằng cách sử dụng các kết quả đo ngay trước đó khi hệ kết cấu chưa bị hư hỏng. Trong trường hợp này cần tiến hành theo dõi và đo liên tục các đặc trưng của kết cấu; từ đó có thể nhận biết và phát hiện ra những sai sót và những vị trí xung yếu cục bộ dẫn đến hư hại công trình. Chẳng hạn khi độ cứng của kết cấu công trình bị giảm đột ngột sẽ xuất hiện tín hiệu thông báo để nhận biết vị trí và mức độ cấu kiện bị hư hỏng. Kết quả

nhận dạng nên được biểu diễn theo trục thời gian là tốt hơn theo trục tần số, vì có thể cho thấy rõ sự thay đổi các đặc trưng của kết cấu công trình trong quá trình làm việc.

### 5. Kết luận

Bài viết đã giới thiệu tổng quan về công nghệ theo dõi và phương pháp đánh giá khả năng chịu lực theo cách không phá hủy cho kết cấu nhà cao tầng. Công nghệ này được sử dụng rất hiệu quả để phát hiện những vị trí kết cấu xung yếu cục bộ và đánh giá khả năng chịu lực tổng thể cho các công trình nhà cao tầng, đặc biệt khi chịu tác động của động đất. Đồng thời công nghệ này còn được ứng dụng để theo dõi và đánh giá mức độ suy giảm chất lượng công trình trong suốt thời gian sử dụng do chịu các tác động lâu dài và các tác động tăng theo thời gian. Đối với quá trình thi công xây dựng, công việc theo dõi và đánh giá bằng công nghệ này sẽ giúp cho việc phát hiện kịp thời các sai sót để đảm bảo tốt chất lượng công trình. Do vậy, việc áp dụng công nghệ theo dõi và đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu sẽ trợ giúp cho việc đưa ra các giải pháp khắc phục hữu hiệu nhằm tăng độ tin cậy và độ an toàn chịu lực cho toàn hệ kết cấu công trình, tránh được những tổn thất về kinh tế và tính mạng con người. ■

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- Paulay, T., and Priestley, MJN. Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings, Wiley, New York, 1992.
- 2- Koh CG., Hong B., and Liaw CY., "Substructural and progressive structural identification methods". Eng. Structures. 25(12): p. 1551-1563, 2003.

## VỎ TRẤU LÀM NGUYÊN LIỆU XÂY DỰNG SẠCH

Sử dụng vỏ trấu làm nguyên liệu phát điện không những không gây ô nhiễm, mà lượng tro thu được sau khi đốt lại có giá trị không nhỏ. Tập đoàn Torftech của Anh cho biết, sau khi đốt mỗi tấn vỏ trấu sẽ tạo ra 180kg tro, có giá trị là 100 USD, có thể sử dụng làm phụ gia cho xi măng và có thể thay thế trực tiếp  $\text{SiO}_2$  trong xi măng.

Đương nhiên, các nhà khoa học từ lâu đã phát hiện ra vỏ trấu có giá trị khi sử dụng làm nguyên liệu xây dựng. Trong trấu có chứa hàm lượng  $\text{SiO}_2$  rất nhiều, mà đây lại là thành phần chính trong xi măng, nhưng con người muốn tận dụng tro thu được sau khi đốt vỏ trấu làm nguyên liệu thay thế xi măng, thì phương pháp này sẽ tạo ra hàm lượng Carbon trong tro vỏ trấu rất cao, không thể thay thế thành phần xi măng.

Mới đây, theo tin từ Discovery, dưới sự hỗ trợ của các quỹ khoa học xã hội, các nhà khoa học Mỹ đã phát hiện một phương pháp gia công vỏ trấu mới, có thể đồng thời sử dụng tro vỏ trấu làm thành phần trong xi măng, thúc đẩy sự phát triển nguyên liệu xây dựng sạch.

Rajan Vempati - Tổng giám đốc tập đoàn CHK bang Texas Mỹ cho biết, hiện tại họ đã hợp tác với một nhóm nghiên cứu và tìm ra một phương pháp gần như không còn Carbon trong thành phần tro vỏ trấu. Phương pháp mới này là cho vỏ trấu vào lò đốt, đốt ở nhiệt độ  $800^\circ\text{C}$ , cuối cùng chỉ còn lại những hạt  $\text{SiO}_2$  có độ tinh khiết cao. Tại hội nghị hóa chất sạch và công trình được tổ chức tại phân hiệu trường Đại học Maryland Park, Vempati cùng với nhóm nghiên cứu của ông đã giới thiệu về kết quả nghiên cứu của họ.

Vempati cho biết: "Cho dù trong quá trình đốt cũng sẽ tạo ra  $\text{CO}_2$ , nhưng nhìn chung vẫn là Carbon trung hòa, bởi lượng Carbon sẽ bị triệt tiêu bởi sản phẩm lúa mới hàng năm sẽ hấp thụ chúng."

Trên thực tế, việc sử dụng bê tông và tiêu hao đặt ra vấn đề khó khăn khi gây ra sự biến đổi khí hậu. Mỗi tấn xi măng dùng để sản xuất bê tông, thì phải xả ra không trung một tấn  $\text{CO}_2$ . Mà trong phạm vi toàn thế giới, việc sản xuất xi măng chiếm 5% lượng thải khí Carbon trong tất cả những hoạt động của con người.

Ông Jan Olek thuộc trường Đại học Purdue Mỹ cho biết: "Sở dĩ tro vỏ trấu chưa thể làm thành phần chính trong xi măng là bởi vì hàm lượng Carbon quá cao. Nếu có thể giải quyết vấn đề này, thì tro vỏ trấu sẽ trở thành nguyên liệu tốt của bê tông, từ đó có thể giảm bớt đi lượng Carbon thải ra từ ngành bê tông."

Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong bê tông nếu thêm tro vỏ trấu sẽ cứng chắc hơn và có khả năng chống xâm thực cao hơn. Nhóm nghiên cứu dự đoán, việc sửa chữa các ngôi nhà cao tầng, trụ cầu hay bất kỳ công trình nào gần biển hay trên nước, nếu như sử dụng tro vỏ trấu thay thế 20% xi măng, thì sẽ mang lại hiệu quả rất cao cho bê tông.

Nhóm nghiên cứu của Vempati hiện đang tiến hành một thí nghiệm, nếu như có thể chứng minh phương pháp đốt vỏ trấu ở nhiệt độ cao có hiệu quả, họ sẽ huy động nguồn vốn bắt đầu xây dựng lò cỡ lớn, và dự kiến sẽ sản xuất tro vỏ trấu với sản lượng 15.000 tấn/năm.

Nhóm nghiên cứu còn cho biết thêm, nếu việc sản xuất tro vỏ trấu đi vào ổn định, tận dụng tất cả nguồn vỏ trấu ở Mỹ thì có thể thu được lượng tro vỏ trấu là 2.1 triệu tấn/năm. Trên thực tế, đối với những quốc gia đang phát triển tiêu thụ lúa gạo và bê tông rất lớn như Trung Quốc, Ấn Độ... tiềm năng phát triển của tro vỏ trấu là rất lớn.