

## PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CHU KỲ DAO ĐỘNG RIÊNG CỦA NHÀ NHIỀU TẦNG

Nguyễn Anh Dũng\*  
Đại học Thủy lợi

\* Liên hệ email: [dung.kcct@tlu.edu.vn](mailto:dung.kcct@tlu.edu.vn)

### TÓM TẮT

Động đất là một thảm họa thiên nhiên nguy hiểm. Việc xác định tác động của động đất lên công trình là vấn đề phức tạp, trong đó việc xác định được chu kỳ dao động riêng của công trình đóng vai trò quyết định trong các bài toán thiết kế kháng chấn cho công trình xây dựng. Trong bài báo này chu kỳ dao động riêng của nhà nhiều tầng được xác định dựa trên các công thức thực nghiệm trong các tiêu chuẩn thiết kế và bằng phần mềm phân tích kết cấu Sap2000. Bài báo cũng chỉ sự phù hợp và tính chính xác của các phương pháp tính toán chu kỳ dao động của nhà nhiều tầng. Chu kỳ dao động phụ thuộc vào khối lượng và độ cứng của công trình. Với những công trình có chiều cao nhỏ hơn 14 tầng (khoảng 50m) thì có thể dùng công thức thực nghiệm theo TCVN 9386-2012 để xác định chu kỳ, lúc này ảnh hưởng của dạng dao động đầu tiên chiếm chủ đạo. Với những công trình có chiều cao lớn hơn nên dùng phần mềm phân tích kết cấu để xác định và khi tính dao động theo phần mềm cần kể tới hệ số ảnh hưởng của tường chèn.

**Từ khóa:** Chu kỳ dao động, động đất, nhà nhiều tầng, kháng chấn.

*Nhận bài:* 18/3/2019

*Hoàn thành phân biện:* 26/3/2019

*Chấp nhận bài:* 31/3/2019

### 1. MỞ ĐẦU

Động đất là một thảm họa thiên nhiên gây tác động rất nguy hiểm đến công trình xây dựng. Ảnh hưởng của nó không chỉ dừng lại ở sự rung động của mặt đất mà nó còn gây ra sóng thần, bão làm sụp đổ nhà cửa và các công trình gây ra cái chết cho hàng triệu người. Thống kê cho thấy năm 1556 tại Thiểm Tây, Trung Quốc đã xảy ra trận động đất có cường độ khoảng 8 cướp đi sinh mạng của 830.000 người và làm sụp gần như toàn bộ cơ sở hạ tầng, quét sạch một vùng rộng lớn 800km (Nghiên cứu thế giới, 22/1/2019). Trưa ngày 1/9/1923 tại khu vực Kanto xảy ra một trận động đất mạnh với cường độ 7,9 khiến cho 90% toàn nhà của Yokohama bị hư hỏng nặng, 2/5 thành phố Tokyo bị phá hủy (Thanh Niên 11/3/2011).

Chúng ta thường cho rằng các tòa nhà sụp đổ là do chính động đất làm rung lắc dữ dội hay tách đôi mặt đất tại vị trí đó. Nhưng sự thật thì phức tạp hơn nhiều, các mảng kiến tạo dịch chuyển lên nhau ở rất sâu dưới lòng đất cách xa nền tảng của các công trình còn đứt gãy thì hầu như không xảy ra ngay tại vị trí công trình sụp đổ. Khi động đất xảy ra chúng có thể làm hỏng lớp đất nền ở dưới công trình, nhưng ở một mức độ thấp hơn động đất tạo ra các sóng xung kích truyền vào các kết cấu làm công trình bị rung lắc qua lại. Sự rung lắc này phụ thuộc vào hai yếu tố đó là khối lượng và độ cứng của công trình. Với cùng loại vật liệu và hình dạng nhất định của cột thì độ cứng phụ thuộc phần lớn vào chiều cao. Thực tế thì các tòa nhà thấp có xu hướng cứng hơn và ít thay đổi hơn còn những tòa nhà cao thường có xu hướng mềm hơn thay đổi nhiều hơn. Giải pháp đưa ra là thay vì xây những tòa nhà cao thì người ta lại xây những tòa nhà ở mức trung bình để chúng cứng hơn, thay đổi ít nhất có thể và cho rằng sẽ ít chịu tác động của động đất hơn. Tuy nhiên đến năm 1985 người ta đã phải

thay đổi lại suy nghĩ ấy, một trận động đất lớn ở Mexico city có cường độ 8,1 làm cho hầu hết những tòa nhà có chiều cao trung bình với số tầng từ 6 đến 20 tầng bị sụp đổ còn những tòa nhà thấp hơn 6 tầng hoặc cao hơn 20 tầng thì hầu hết ít bị ảnh hưởng (theo The New York Times 5/11/1985, Soha 20/9/2017, Vicki V. May. 26/01/2015). Hiện tượng các nhà cao hơn ít bị ảnh hưởng trong khi các nhà có số tầng trung bình lại bị phá hủy được giải thích bởi hiện tượng cộng hưởng. Khi tần số của các làn sóng xung kích của động đất trùng với tần số dao động riêng của các toà nhà tầm trung, mỗi làn sóng xung kích lại khuếch đại thêm sự rung lắc của tòa nhà, giống như sự thúc đẩy cùng nhịp với chiếc xích đu làm cho nó dao động dữ dội hơn và cuối cùng là sụp đổ.

Như vậy chu kỳ dao động riêng của công trình là một yếu tố quan trọng trong việc đánh giá tác động của động đất lên công trình. Việc xác định chính xác chu kỳ dao động riêng của công trình đóng vai trò quyết định đến việc xác định tác động của động đất trong thiết kế kháng chấn công trình xây dựng. Ngày nay, các kỹ sư kết hợp cùng với các nhà địa chất, địa chấn học dự đoán được tần số của các trận động đất có thể xảy ra tại vị trí xây dựng. Vấn đề còn lại là xác định tần số dao động riêng của công trình như thế nào cho chính xác để không xảy ra hiện tượng cộng hưởng. Những bài toán về nhà cao tầng luôn là những bài toán phức tạp, đặc biệt là khi nó chịu ảnh hưởng của các tác động đặc biệt như là động đất. Để giải quyết tốt các bài toán về nhà cao tầng chịu ảnh hưởng từ tác động động đất cũng như gió động ta cần xác định được chu kỳ dao động riêng để đưa ra các biện pháp cũng như cảnh báo các vấn đề nguy hiểm tác động đến công trình.

Hiện nay, trong thực hành thiết kế ở Việt Nam có hai phương pháp chính để xác định chu kỳ dao động riêng của nhà cao tầng. Đó là áp dụng các công thức thực nghiệm và sử dụng các phần mềm máy tính như Sap 2000, Etab, StaDDIII. Việc tính toán theo các phương pháp khác nhau cho ra các kết quả rất khác nhau với cùng một công trình. Vì vậy, việc lựa chọn phương pháp tính toán phù hợp với đặc điểm công trình như số tầng nhà là một vấn đề cần được làm rõ, để giúp cho việc dự toán tính toán phản ứng động của công trình chính xác hơn. Nhận rõ sự nguy hiểm của hiện tượng cộng hưởng cũng như tầm quan trọng của chu kỳ dao động riêng của nhà cao tầng. Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá các phương pháp xác định chu kỳ dao động thông qua công thức thực nghiệm trong các chỉ dẫn thiết kế cũng như phương pháp sử dụng phần mềm máy tính. Thông qua việc tính toán chu kỳ dao động riêng của một số công trình nhà cao tầng bằng công thức thực nghiệm theo tiêu chuẩn của một số quốc gia và so sánh với kết quả từ phần mềm phân tích kết cấu Sap2000, một số nhận xét và kiến nghị quan trọng liên quan đến các yếu tố ảnh hưởng đến dao động của công trình cũng như mức độ chính xác của các công thức tính được rút ra.

## **2. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CHU KỲ DAO ĐỘNG CỦA NHÀ NHIỀU TẦNG**

### **2.1. Xác định chu kỳ dao động riêng cơ bản ( $T_1$ ) của nhà cao tầng theo công thức thực nghiệm**

#### *2.1.1. Theo tiêu chuẩn Việt Nam*

a) Theo tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất TCVN 9386:2012 (Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9386:2012).

Đối với công trình có chiều cao không lớn hơn 40m, giá trị  $T_1$  (tính bằng giây) có thể tính gần đúng theo biểu thức sau:

$$T_1 = C_t \times H^{3/4} \quad (1)$$

Trong đó:

$C_t = 0,085$  đối với khung thép không gian chịu mômen;  $C_t = 0,075$  đối với khung bê tông không gian chịu mômen và khung thép có giằng lệch tâm;  $C_t = 0,050$  đối với các kết cấu khác;  $H$  là chiều cao nhà, tính bằng m, từ mặt móng hay đỉnh của phần cứng phía dưới.

b) Theo Chỉ dẫn tính toán thành phần động của tải trọng gió TCXD 229:1999.

$$\text{Công thức 1:} \quad T_1 = \alpha \times n \quad (2)$$

Trong đó:

$n$  là số tầng nhà;

$\alpha$  là hệ số phụ thuộc vào kết cấu của nhà và dạng nền;

Đối với nền móng có dạng trung bình thì: Nhà tấm lớn  $\alpha = 0,047$ ; Nhà ở tường chịu lực bằng gạch và block lớn  $\alpha = 0,056$ ; Nhà trường học và các công trình công cộng khác với tường chịu lực bằng gạch đá và block lớn  $\alpha = 0,065$ ; Khung bê tông cốt thép toàn khối tường bằng gạch hoặc bằng bê tông nhẹ  $\alpha = 0,064$ ;

Khung thép chèn gạch hoặc bê tông nhẹ  $\alpha = 0,08$ .

$$\text{Công thức 2:} \quad T_1 = \mu \times \frac{H}{\sqrt{D}} \quad (3)$$

Trong đó:

$H$  là chiều cao nhà tính bằng (m);

$D$  là kích thước bề rộng mặt đón gió tính bằng (m);

$\mu$  là hệ số phụ thuộc vào dạng kết cấu;

Nhà có hệ thống chống gió bằng khung bê tông cốt thép  $\mu = 0,09$ ;

Nhà có hệ thống chống gió bằng tường xây gạch, đá hoặc bê tông thường;

Nhà có hệ thống chống gió bằng tấm tường bê tông cốt thép.

### 2.1.2. Theo tiêu chuẩn của một số nước

Một số công thức thực nghiệm xác định chu kỳ dao động nhà nhiều tầng của các nước được liệt kê trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Công thức thực nghiệm chu kỳ dao động riêng  $T_1$

Nước	Tác giả	$T_1$	Nhận xét
Nhật Bản	T. Taniguchi	$T_1 = (0,07 \dots 0,09)n$ $T_1 = (0,06 \dots 0,1)(n+0,5)$	Trên cơ sở thực nghiệm số lớn nhà ở Tokyo và Yokohama
		$T_1 = (0,12 \dots 0,4) \times \sqrt{\frac{2n+1}{3}}$	Có giá trị cho tất cả các loại nhà

Tiêu chuẩn kháng chấn (1968)		$T_1 = 0,06 \times \frac{H}{L} \times \frac{H}{2L+h}$	Công trình có tường gạch hay tấm lớn bê tông cốt thép chịu lực. ( <i>h</i> là độ cao tầng)
		$T_1 = 0,09 \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	Công trình bê tông cốt thép
		$T_1 = 0,10 \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	Công trình thép
Mỹ	F. P. Ulrich	$T_1 = (0,01...0,035)H$	Qua khảo sát 400 ngôi nhà có các dạng kết cấu khác nhau.
	D. S. Carder	$T_1 \approx 0,02H$	
	K. Nakagava	$T_1 = (0,128..0,264)n$ $T_1 = (0,07...0,13) \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	Trên cơ sở thực nghiệm 53 ngôi nhà
Liên xô (cũ)	Số tay tính toán động lực học công trình	Nhà sơ đồ cứng $T_1 = 0,075 \times \mu \times \sqrt{L}$ $T_1 = \alpha \times n$	$\mu = \frac{H}{L}$ ; Nhà lắp ghép $\alpha = 0,047$ Nhà đá $\alpha = 0,056$ ; Trường học và nhà công cộng xây bằng gạch, đá khối $\alpha = 0,064$ ; Nhà khung chèn gạch hoặc bê tông nhẹ $\alpha = 0,08$

(Với *H* là độ cao công trình; *L* là bề rộng và *n* là số tầng của công trình.)

## 2.2. Xác định chu kỳ dao động riêng của nhà cao tầng theo chương trình phần mềm máy tính

Khi khai báo trong phần mềm phân tích kết cấu, ta bỏ qua ảnh hưởng của tường xây gạch chèn tới công trình. Nhưng thực tế thì chúng vẫn có ảnh hưởng tới công trình, khi hệ kết cấu được bổ sung thêm các tấm tường gạch chèn, rõ ràng chúng làm tăng độ cứng của công trình lên và từ đó làm giảm chu kỳ dao động của công trình. Chính vì vậy mà kết quả xác định chu kỳ dao động riêng của công trình khi sử dụng các chương trình máy tính thường lớn hơn khi tính theo công thức thực nghiệm, đây là một vấn đề các kỹ sư hay gặp phải khi xác định phản ứng động của nhà cao tầng. Theo kết quả nghiên cứu của Kocak và cs. (2013), các tác giả đã làm thí nghiệm với các công trình có tường gạch chèn và không có tường gạch chèn. Kết quả của bài nghiên cứu kết luận khi có thêm tường gạch chèn thì chu kỳ của công trình bị giảm đi còn khoảng từ 68%-76% so với khi không có tường gạch chèn. Do đó, phân tích dao động bằng các phần mềm kết cấu ta lấy chu kỳ tính ra từ phần mềm máy tính nhân với hệ số giảm chu kỳ do ảnh hưởng của tường gạch chèn trung bình là 0,7. Trong nghiên cứu này tác giả cũng kiến nghị sử dụng hệ số điều chỉnh là 0,7 như công trình khoa học đã được công bố phía trên.

### 2.2.1. Cách xác định khối lượng công trình tham gia dao động

Chu kỳ dao động phụ thuộc vào khối lượng công trình, vì vậy việc xác định chính xác khối lượng của công trình trong khai báo phần mềm sẽ ảnh hưởng lớn tới kết quả chu kỳ dao động tính được theo các phần mềm máy tính. Theo TCVN 9386-2012 cần phải xét tới các khối lượng liên quan tới tất cả các lực trọng trường xuất hiện trong tổ hợp:

$$\sum G_{k,i} \text{ “+” } \sum \psi_{E,i} \times Q_{k,i} \tag{4}$$

Trong đó:

$G_{k,i}$  là tĩnh tải của tầng thứ *i*;

$Q_{k,i}$  là hoạt tải của tầng thứ *i*;

$\psi_{E,i}$  là hệ số tổ hợp có xét đến khả năng là hoạt tải  $Q_{k,i}$  không xuất hiện trên toàn bộ công trình trong thời gian xảy ra động đất. Hệ số này còn xét đến sự tham gia hạn chế của khối lượng vào chuyển động của kết cấu do mối liên kết không cứng giữa chúng:  $\psi_{E,i} = \varphi \times \psi_{2,i}$ . Trong đó:  $\varphi$  và  $\psi_{2,i}$  được xác định theo Bảng 2 và 3.

**Bảng 2.** Giá trị  $\psi_{2,i}$  đối với nhà

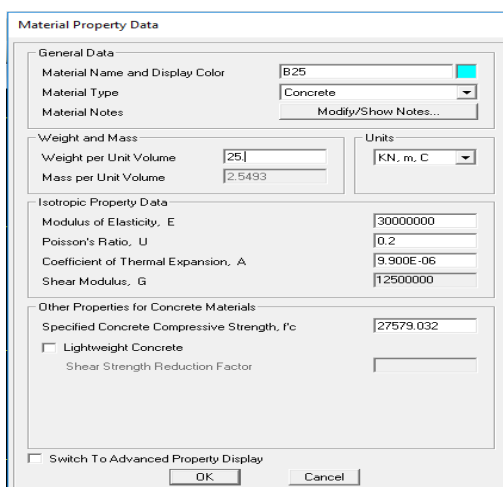
Tác động tải trọng đặt lên nhà, loại	$\psi_{2,i}$
Loại A: Khu vực nhà ở, gia đình	0,3
Loại B: Khu vực văn phòng	0,3
Loại C: Khu vực hội họp	0,6
Loại D: Khu vực mua bán	0,6
Loại E: Khu vực kho lưu trữ	0,8
Loại F: Khu vực giao thông, trọng lượng xe $\leq 30$ kN	0,6
Loại G: Khu vực giao thông, $30$ kN $\leq$ trọng lượng xe $\leq 160$ kN	0,3
Loại H: Mái	0

**Bảng 3.** Giá trị của  $\varphi$  để tính toán  $\psi_{Ei}$

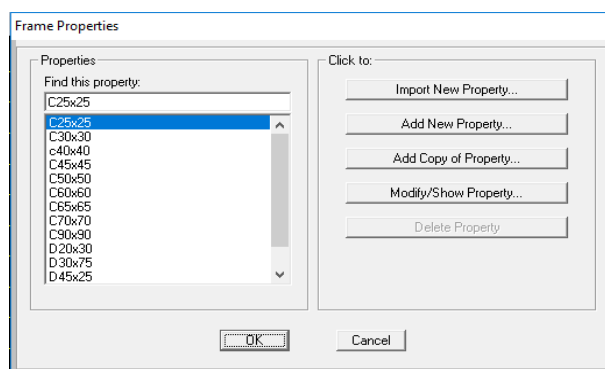
Loại tác động thay đổi	Tầng	$\varphi$
Các loại từ A - C*	Mái	1,0
	Các tầng được sử dụng đồng thời	0,8
	Các tầng được sử dụng độc lập	0,5
Các loại từ D-F* và kho lưu trữ		1,0

### 2.2.2. Các bước khai báo, xây dựng công trình theo quy định trong Sap2000

Khai báo đặc trưng vật liệu (Define -> Materials... -> Add new material) như hình 1a; khai báo tiết diện dầm, cột (Define -> Section properties -> Frame sections) như hình 1b; khai báo tiết diện sàn, vách (Define -> Section properties -> Area sections) như hình 2a và khai báo hệ số khối lượng tham gia dao động khi tính chu kỳ dao động riêng (Define -> Mass source) như Hình 1b.



(a)



(b)

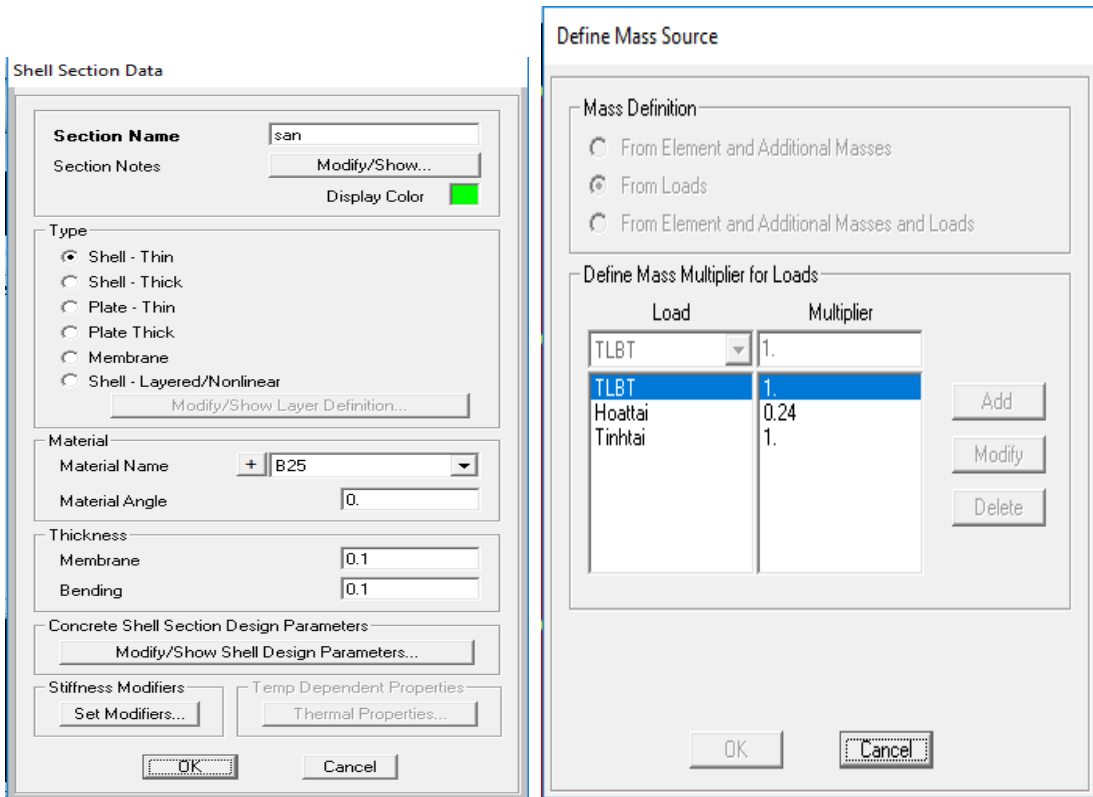
**Hình 1.** (1a) Khai báo đặc trưng vật liệu.  
(1b) khai báo tiết diện dầm, cột.

### 3. TÍNH TOÁN CHU KỲ DAO ĐỘNG CỦA NHÀ NHIỀU TẦNG

#### 3.1. Công trình nhà 14 tầng có chiều cao 49,8 m và mặt bằng tầng điển hình là 24,8 x 26,6 m

Kết quả tính theo công thức thực nghiệm được trình bày trong bảng 4 và kết quả tính theo phần mềm Sap2000 trong hình 3.

Phạm vi nghiên cứu của đề tài là các công trình có dạng dao động đầu tiên chiếm chủ đạo nên sau khi phân tích mô hình bằng phần mềm Sap2000, chỉ có 3 chu kỳ đầu tiên được xuất ra để so sánh phân tích. Lấy 3 chu kỳ dao động đầu tiên do máy chạy xuất ra:  $T_1 = 1,976$  (s) dạng dao động riêng thứ nhất theo phương 24,8 (m);  $T_2 = 1,486$  (s) dạng dao động riêng thứ nhất theo phương 26,6 (m);  $T_3 = 1,002$  (s). Kiểm tra trên mô hình Sap2000 thì thấy đây là dạng dao động xoắn nên không xét trong nghiên cứu này.



(a)

(b)

**Hình 2.** (a) Khai báo tiết diện sàn, vách (b) khai báo hệ số khối lượng tham gia dao động.

**Bảng 4.** Chu kỳ dao động công trình 14 tầng tính theo thực nghiệm

Nước	Tác giả	T <sub>1</sub>	Chu kỳ (s)
Nhật Bản	T. Taniguchi	$T_1 = (0,07 \dots 0,09)n$	$T_1 = (0,98 \dots 1,26)$
		$T_1 = (0,06 \dots 0,1)(n+0,5)$	$T_1 = (0,87 \dots 1,45)$
		$T_1 = (0,12 \dots 0,4) \times \sqrt{\frac{2n+1}{3}}$	$T_1 = (0,37 \dots 1,24)$
	Tiêu chuẩn kháng chấn (1968)	$T_1 = 0,09 \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	$T_1 = 0,9$
Mỹ	F. P. Ulrich	$T_1 = (0,01 \dots 0,035)H$	$T_1 = (0,498 \dots 1,743)$
	D. S. Carder	$T_1 \approx 0,02H$	$T_1 = 0,996$
	K. Nakagava	$T_1 = (0,128 \dots 0,264)n$	$T_1 = 1,792 \dots 3,696$
		$T_1 = (0,07 \dots 0,13) \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	$T_1 = 0,7 \dots 1,3$
Liên xô (cũ)	Sổ tay tính toán động lực học công trình	Nhà sơ đồ cứng	
		$T_1 = 0,075 \times \mu \times \sqrt{L}; \mu = \frac{H}{L}$	$T_1 = 0,75$
		$T_1 = C_t \times H^{3/4}$	$T_1 = 1,406$
Việt Nam	TCVN 9386-2012 TCXD 229-1999	$T_1 = \alpha \times n$	$T_1 = 0,896$
		$T_1 = \mu \times \frac{H}{D}$	$T_1 = 0,628$

Xét đến ảnh hưởng của tường chèn, các chu kỳ tính ra này cần nhân với hệ số điều chỉnh là 0,7:  $\Rightarrow T_1 = 0,7 \times 1,976 = 1,383$  (s) và  $T_2 = 0,7 \times 1,486 = 1,040$  (s).

Modal Participation Factors

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Modal Participation Factors									
	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX KN-s2	UY KN-s2	UZ KN-s2	RX KN-m-s2	RY KN-m-s2
▶	MODAL	Mode	1	1.975735	0.00000001103	84.697892	-7.472651	-3005.98023	99.386257
	MODAL	Mode	2	1.485808	-84.969042	0.00000002867	0.00000005151	0.00000002477	-2890.51324
	MODAL	Mode	3	1.001777	13.185413	0.0000002492	0.000000232	0.0000006004	369.440685
	MODAL	Mode	4	0.429659	37.399673	0.00000007125	0.0000002495	0.0000009026	-85.217853
	MODAL	Mode	5	0.322382	-1.237905	-0.000000363	0.0000001791	0.000018	27.870457
	MODAL	Mode	6	0.242955	0.000001904	-35.281648	18.888028	105.323492	-251.210802
	MODAL	Mode	7	0.195491	-0.0000003762	3.367375	58.958666	767.506406	-784.150037
	MODAL	Mode	8	0.194603	6.034872	-0.0000009615	0.0000006257	0.000169	487.415337
	MODAL	Mode	9	0.193622	0.000001659	-0.854271	-9.217638	4.625399	122.594585
	MODAL	Mode	10	0.193527	0.000003171	-3.643168	-5.964075	308.567016	79.32209
	MODAL	Mode	11	0.19242	10.843293	-0.000004013	0.0000009968	0.000069	-203.324595
	MODAL	Mode	12	0.178608	0.251146	0.000004413	0.0000004929	0.00004	0.119173

**Hình 3.** Kết quả phân tích chu kỳ dao động riêng công trình 14 tầng theo Sap2000.

**3.2. Công trình 19 tầng, cao 68,4 m và mặt bằng tầng điển hình là 40 x 24 m**

Kết quả tính theo công thức thực nghiệm được trình bày trong bảng 5 và kết quả tính theo phần mềm Sap 2000 đã xét đến hệ số ảnh hưởng của tường chèn 0,7 là:

$$T_1 = 0,7 \times 2,961 = 2,073 \text{ (s)} \text{ và } T_3 = 0,7 \times 2,276 = 1,593 \text{ (s)}$$

**Bảng 5.** Chu kỳ dao động công trình 19 tầng tính theo thực nghiệm

Nước	Tác giả	$T_1$	Chu kỳ (s)
Nhật Bản	T. Taniguchi	$T_1 = (0,07 \dots 0,09)n$	$T_1 = (1,330 \dots 1,710)$
		$T_1 = (0,06 \dots 0,1)(n+0,5)$	$T_1 = (1,170 \dots 1,950)$
		$T_1 = (0,12 \dots 0,4) \times \sqrt{\frac{2n+1}{3}}$	$T_1 = (0,433 \dots 1,442)$
	TC kháng chấn (1968)	$T_1 = 0,09 \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	$T_1 = 1,32$
Mỹ	F. P. Ulrich D. S. Carder K. Nakagava	$T_1 = (0,01 \dots 0,035)H$	$T_1 = (0,684 \dots 2,394)$
		$T_1 \approx 0,02H$	$T_1 = 1,368$
		$T_1 = (0,128 \dots 0,264)n$ $T_1 = (0,07 \dots 0,13) \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	$T_1 = 2,432 \dots 5,016$ $T_1 = 1,030 \dots 1,910$
Liên xô (cũ)	Sổ tay tính toán động lực học công trình	Nhà sơ đồ cứng $T_1 = 0,075 \times \mu \times \sqrt{L}; \mu = \frac{H}{L}$	$T_1 = 1,100$
Việt Nam	TCVN 9386-2012 TCXD 229-1999	$T_1 = C_t \times H^{3/4}$	$T_1 = 1,784$
		$T_1 = \alpha \times n$	$T_1 = 1,280$
		$T_1 = \mu \times \frac{H}{D}$	$T_1 = 1,322$

**3.3. Công trình 11 tầng, cao 40,8 m và mặt bằng tầng điển hình là 48 x 26 m**

Kết quả tính theo công thức thực nghiệm được trình bày trong bảng 6 và kết quả tính theo phần mềm Sap 2000 đã xét đến hệ số ảnh hưởng của tường chèn 0,7 là:

$$T_1 = 0,7 \times 1,869 = 1,308 \text{ (s)} \text{ và } T_3 = 0,7 \times 1,292 = 0,904 \text{ (s)}$$

**Bảng 6.** Chu kỳ dao động công trình 11 tầng tính theo thực nghiệm

Nước	Tác giả	$T_1$	Chu kỳ (s)
Nhật Bản	T. Taniguchi	$T_1 = (0,07 \dots 0,09)n$	$T_1 = (0,770 \dots 0,990)$
		$T_1 = (0,06 \dots 0,1)(n+0,5)$	$T_1 = (0,690 \dots 1,150)$
		$T_1 = (0,12 \dots 0,4) \times \sqrt{\frac{2n+1}{3}}$	$T_1 = (0,332 \dots 1,108)$
	TC kháng chấn (1968)	$T_1 = 0,09 \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	$T_1 = 0,560$
Mỹ	F. P. Ulrich D. S. Carder K. Nakagava	$T_1 = (0,01 \dots 0,035)H$	$T_1 = (0,408 \dots 1,428)$
		$T_1 \approx 0,02H$	$T_1 = 0,816$
		$T_1 = (0,128 \dots 0,264)n$ $T_1 = (0,07 \dots 0,13) \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	$T_1 = 1,410 \dots 2,910$ $T_1 = 0,436 \dots 0,810$



Liên xô (cũ)	Số tay tính toán động lực học công trình	Nhà sơ đồ cứng $T_1 = 0,075 \times \mu \times \sqrt{L}$ ; $\mu = \frac{H}{L}$	$T_1 = 0,467$
Việt Nam	TCVN 9386-2012 TCXD 229-1999	$T_1 = C_1 \times H^{3/4}$	$T_1 = 1,211$
		$T_1 = \alpha \times n$	$T_1 = 0,704$
		$T_1 = \mu \times \frac{H}{D}$	$T_1 = 0,560$

### 3.4. Công trình 9 tầng, cao 33 m và mặt bằng tầng điển hình là 48 x 26 m

**Bảng 7.** Chu kỳ dao động công trình 9 tầng tính theo thực nghiệm

Nước	Tác giả	$T_1$	Chu kỳ (s)
Nhật Bản	T. Taniguchi	$T_1 = (0,07 \dots 0,09)n$	$T_1 = (0,630 \dots 0,720)$
		$T_1 = (0,06 \dots 0,1)(n+0,5)$	$T_1 = (0,570 \dots 0,950)$
		$T_1 = (0,12 \dots 0,4) \times \sqrt{\frac{2n+1}{3}}$	$T_1 = (0,302 \dots 1,007)$
Mỹ	F. P. Ulrich D. S. Carder K. Nakagava	$T_1 = 0,09 \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	$T_1 = 0,580$
		$T_1 = (0,01 \dots 0,035)H$	$T_1 = (0,330 \dots 1,155)$
		$T_1 \approx 0,02H$	$T_1 = 0,660$
Liên xô (cũ)	Việt Nam	$T_1 = (0,128 \dots 0,264)n$	$T_1 = 1,152 \dots 2,376$
		$T_1 = (0,07 \dots 0,13) \times \frac{H}{\sqrt{L}}$	$T_1 = 0,448 \dots 0,832$
		Nhà sơ đồ cứng $T_1 = 0,075 \times \mu \times \sqrt{L}$ ; $\mu = \frac{H}{L}$	$T_1 = 0,480$
Việt Nam	TCVN 9386-2012 TCXD 229-1999	$T_1 = C_1 \times H^{3/4}$	$T_1 = 1,033$
		$T_1 = \alpha \times n$	$T_1 = 0,576$
		$T_1 = \mu \times \frac{H}{D}$	$T_1 = 0,473$

Kết quả tính theo công thức thực nghiệm được trình bày trong bảng 7 và kết quả tính theo phần mềm Sap 2000 đã xét đến hệ số ảnh hưởng của tường chèn 0,7 là:

$$T_1 = 0,7 \times 1,328 = 0,930 \text{ (s)} \quad \text{và} \quad T_3 = 0,7 \times 1,043 = 0,730 \text{ (s)}.$$

Dựa trên kết quả tính toán chu kỳ công trình số tầng thay đổi từ 9 đến 19 tầng, một số kết luận cơ bản có thể rút ra được như sau:

Thứ nhất: Công trình có chiều cao lớn hơn thì chu kỳ dao động riêng của công trình đó lớn hơn. Ta có thể hiểu khi công trình càng cao, nó càng mềm và thời gian để nó thực hiện hết 1 dao động toàn phần càng lâu dẫn đến chu kỳ càng lớn. Chu kỳ phụ thuộc vào chiều cao của công trình.

Thứ hai: trong cùng một công trình, ta thấy rằng công trình dao động theo phương có chiều dài lớn hơn thì có chu kỳ nhỏ hơn. Chu kỳ phụ thuộc vào kích thước các phương của mặt bằng công trình.

Những phân tích ở phần trên đã đưa ra một mối quan hệ tổng quan giữa chu kỳ với chiều cao và kích thước mặt bằng trong phạm vi nghiên cứu. Có thể thấy chiều cao và kích thước mặt bằng là các yếu tố ảnh hưởng tới độ cứng của công trình sẽ có tác động lớn tới giá

trị của chu kỳ dao động riêng của công trình nhà cao tầng. Ngoài ra khối lượng là một tham số cũng rất nhạy với chu kỳ dao động của nhà cao tầng.

Các công thức thực nghiệm chỉ xác định được chu kỳ của dạng dao động đầu tiên, cách tính này phù hợp với các công trình có dạng dao động đầu tiên chiếm chủ yếu. Để xác định sự chính xác của phương pháp tính này, các giá trị của chu kỳ đầu tiên tính theo các phương pháp được trình bày trong Bảng 8.

**Bảng 8.** Chu kỳ dao động đầu tiên xác định theo các phương pháp (đơn vị là giây)

PP/Tầng	9 tầng	11 tầng	14 tầng	19 tầng
Sap2000	0,93	1,308	1,383	2,073
TCVN 9386-2012	1,033	1,211	1,406	1,784
TCXD 229-1999	0,576 (0,473*)	0,704 (0,56*)	0,896 (0,628*)	1,28 (1,322*)
Liên Xô cũ	0,48	0,467	0,75	1,10
Nhật Bản	0,448...2,376	0,436...2,919	0,7...3,696	1,03...5,016
Mỹ	0,302...1,007	0,332...1,108	0,37...1,24	0,433...1,95

(\*TCXD 229-1999 có hai công thức thực nghiệm, giá trị trong ngoặc đơn là của công thức thứ 2).

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả tính toán bằng phần mềm Sap2000 rất gần với các giá trị tính từ công thức thực nghiệm trong tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất TCVN 9386:2012, đặc biệt là các công trình nhỏ hơn 14 tầng có chiều cao khoảng 50 m. Trong phân tích có một công trình cao nhất là 19 tầng có kết quả tính toán theo TCVN 9386:2012 khác nhiều nhất với kết quả tính ra từ Sap2000. Điều này có thể giải thích phạm vi áp dụng của công thức thực nghiệm trong tiêu chuẩn thiết kế này chỉ áp dụng cho các công trình có dạng dao động đầu tiên chiếm chủ đạo, trong tiêu chuẩn này có đưa ra con số chiều cao 40 m thì phù hợp với giả thiết trên nên khi ta tính cho công trình cao hơn với 19 tầng thì có sự khác biệt rõ rệt hơn trong kết quả tính toán. Ngoài ra, kết quả phân tích cũng chỉ ra kết quả tính theo công thức thực nghiệm trong tiêu chuẩn TCXDVN 229:1999 và Liên Xô (cũ) khá bé so với các cách tính còn lại, điều này có thể giải thích là do các công thức thực nghiệm này được xây dựng dựa trên giả thiết nhà có sơ đồ cứng. Giả thiết này phù hợp với các nhà thấp tầng là các công trình được xây dựng trong những năm 90 của nước ta, hiện này không còn phù hợp với các công trình cao tầng. Có nhiều công thức thực nghiệm tính chu kỳ được đề xuất tại Nhật Bản và Mỹ, trong đó các công thức thực nghiệm cho dưới dạng khoảng giá trị là được xây dựng từ thực nghiệm rất nhiều công trình ở Tokyo, Yokohama và Mỹ. Kết quả phân tích cho thấy rằng mọi giá trị tính theo phần mềm Sap2000 và TCVN 9386:2012 đều nằm trong phạm vi của các công thức thực nghiệm này, vì vậy các công thức này có thể sử dụng để kiểm chứng các kết quả phân tích động từ các phần mềm máy tính.

Kiến nghị: Với các công trình nhà cao tầng có chiều cao khoảng 50 m trở xuống (khoảng 14 tầng), các kỹ sư thiết kế sử dụng công thức thực nghiệm trong tiêu chuẩn Thiết kế công trình chịu động đất TCVN 9386: 2012 để xác định chu kỳ dao động riêng của nhà cao tầng nhằm tiết kiệm thời gian và kết quả có độ tin cậy cao trong phạm vi xem xét. Với các công trình trên 14 tầng, dạng dao động bậc cao ảnh hưởng tới phản ứng của công trình thì các kỹ sư thiết kế nên sử dụng các phần mềm máy tính để phân tích động tìm chu kỳ dao động riêng của nhiều dạng dao động lên phản ứng của công trình. Trong trường hợp này chúng tôi kiến nghị sử dụng các công thức thực nghiệm tính chu kỳ của Nhật Bản và Mỹ có các khoảng giá

trị làm con số kiểm chứng, nếu các giá trị tính từ máy tính ra nằm ngoài khoảng giá trị xác định từ tiêu chuẩn Nhật Bản và Mỹ thì cần phải xem xét việc tính toán phần mềm máy tính.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### 1. Tài liệu tiếng Việt

Nghiên cứu thế giới. (23/01/2019). *Động đất kinh hoàng nhất lịch sử tại Trung Quốc*. Khai thác từ <http://nghiencuuquocte.org/2019/01/23/dong-dat-kinh-hoang-nhat-lich-su-trung-quoc/>

SOHA. (20/09/2017). *Đúng ngày này 32 năm trước, ở Mexico cũng xảy ra động đất lịch sử, chôn vùi 10 nghìn người*. Khai thác từ <http://soha.vn/dung-ngay-nay-32-nam-truoc-o-mexico-cung-xay-ra-dong-dat-lich-su-chon-vui-10-nghin-nguoi-2017092010290709.htm>.

Thanh Niên. (11/03/2011). *Những trận động đất kinh hoàng nhất tại Nhật*. Khai thác từ <https://thanhnien.vn/the-gioi/nhung-tran-dong-dat-kinh-hoang-nhat-tai-nhat-389037.html>

The New York Times. (05/11/1985), Lessons emerge from Mexican quake. Khai thác từ <https://www.nytimes.com/1985/11/05/science/lessons-emerge-from-mexican-quake.html>

Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9386:2012 (2012). *Thiết kế công trình chịu động đất – Tiêu chuẩn thiết kế*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng

Tiêu chuẩn xây dựng TCXD 229:1999 (1999). *Chỉ dẫn tính toán thành phần động của tải trọng gió theo TCVN 2737:1995*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.

### 2. Tài liệu tiếng nước ngoài

Vicki V. May. (Jan 26, 2015). *Why do buildings fall in earthquakes?* Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=H4VQulSmCg>

Kocal A., Kalyoncuoglu A., and Zengin B. (2013). Effect of infill wall and wall openings on the fundamental period of RC buildings. *Earthquake Resistant Engineering Structures, IX*(132), 121-131.

## METHODS OF DETERMINING THE FUNDAMENTAL PERIOD OF HIGH BUILDINGS

**Nguyen Anh Dung\***  
Thuy loi University

\*Contact email: [dung.kcct@tlu.edu.vn](mailto:dung.kcct@tlu.edu.vn)

### ABSTRACT

Earthquakes are a dangerous natural disaster. The determining of the impact of earthquakes on buildings is a complicated issue, in which the determination of the fundamental periods of the building plays a decisive role in the problem of seismic resistance design for construction works. In this paper, the fundamental periods of high buildings are determined based on the empirical formulas in design standards and by Sap2000 structural analysis software. Based on the calculated results, the paper shows the appropriateness and accuracy of the methods of calculating the fundamental periods of high buildings. This is an important conclusion in the design of seismic resistance for high buildings.

**Key words:** Fundamental period, earthquakes, high buildings, seismic resistance.

*Received:* 18<sup>th</sup> March 2019

*Reviewed:* 26<sup>th</sup> March 2019

*Accepted:* 31<sup>st</sup> March 2019