

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**

-----

**ĐÀO HUY TÂN**

**NGHIÊN CỨU VÀ TÍNH TOÁN NHÀ CAO TẦNG CÓ  
XÉT ĐẾN TẢI TRỌNG ĐỘNG TẠI HẢI PHÒNG**

Chuyên ngành: **Kỹ thuật Xây dựng Công trình Dân dụng & Công nghiệp**

Mã số: **60.58.02.08**

**LUẬN VĂN THẠC SỸ KỸ THUẬT  
NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**PGS.TS. PHẠM VĂN THỨ**

*Hải Phòng, 2015*

# MỞ ĐẦU

## 1. Tính cần thiết của đề tài

Với sự tiến bộ không ngừng của khoa học công nghệ, các công trình xây dựng trên Thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng đang phát triển với cấp tiến về chiều cao cũng như độ phức tạp. Đặc trưng chủ yếu của nhà cao tầng là số tầng nhiều, độ cao lớn, trọng lượng nặng, chịu tác động của tải trọng ngang. Khi chiều cao của công trình càng tăng thì mức độ phức tạp khi tính toán thiết kế cũng gia tăng theo. Đặc biệt là việc xác định phản ứng của công trình trước các yếu tố tác động của điều kiện bên ngoài như tải trọng do gió, động đất, .... Tại Hải Phòng, do số lượng nhà cao tầng còn ít, mặt khác do chiều cao của các ngôi nhà cao tầng còn tương đối nhỏ nên việc nghiên cứu tính toán còn hạn chế. Là một người đang công tác trong ngành xây dựng của Hải Phòng, tôi chọn nghiên cứu đề tài “Nghiên cứu và tính toán nhà cao tầng có xét đến tải trọng động tại Hải Phòng” để làm rõ ảnh hưởng của tải trọng động tác dụng lên công trình. Từ đó sẽ có biện pháp phù hợp để công trình đảm bảo khả năng chịu lực dưới tác dụng của tải trọng động.

## 2. Mục đích của đề tài

- Nghiên cứu sự làm việc và thiết kế khung chịu tải trọng ngang.
- Các phương pháp xác định tải trọng gió và động đất tác dụng lên công trình.

## 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: các công trình nhà cao tầng bê tông cốt thép được xây dựng tại Hải Phòng
- Phạm vi nghiên cứu: các công trình nhà cao tầng, kết cấu khung bê tông cốt thép chịu tải trọng gió và động đất.

## 4. Phương pháp nghiên cứu

- Tìm hiểu lý thuyết tính toán tác động của tải trọng gió và động đất theo các phương pháp khác nhau.
- Phân tích, tính toán các dạng dao động riêng, chu kỳ, biên độ và tải trọng động tác dụng lên nhà cao tầng bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

## 5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Nghiên cứu và tính toán nhà cao tầng chịu tải trọng động có ý nghĩa khoa

học và thực tiễn. Kết quả nghiên cứu luận văn có thể sử dụng:

- Tài liệu tham khảo cho sinh viên chuyên ngành xây dựng tại các trường Đại học, Cao đẳng.

- Tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật xây dựng.

## **6. Bố cục luận văn**

Luận văn gồm những nội dung chính sau:

**Chương 1.** Tổng quan về kết cấu nhà cao tầng và nguyên lý tính toán.

**Chương 2.** Cơ sở lý thuyết tính toán nhà cao tầng dưới tác dụng của tải trọng động.

**Chương 3.** Tính toán nhà cao tầng dưới tác dụng của tải trọng động.

**Kết luận và kiến nghị.**

**Tài liệu tham khảo.**

# CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG VÀ NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN.

## 1.1. Khái niệm về nhà cao tầng

### 1.1.1. Nguyên nhân xuất hiện nhà cao tầng

Hải Phòng là thành phố Cảng quan trọng, trung tâm công nghiệp lớn nhất phía Bắc Việt Nam, đồng thời cũng là trung tâm kinh tế, văn hóa, giáo dục, khoa học, thương mại và công nghệ của vùng duyên hải Bắc bộ. Hải Phòng là thành phố lớn thứ 3 và cũng có dân số đông thứ 3 của Việt Nam. Do sự phát triển mạnh mẽ về kinh tế và xã hội dẫn đến tại một số khu vực nội đô dân số tập trung ngày càng đông đúc, nhu cầu về nhà ở, văn phòng làm việc, trung tâm thương mại, khách sạn, ... tăng lên đáng kể, trong khi đó quỹ đất xây dựng lại thiếu trầm trọng. Ngoài ra, để thuận lợi cho quan hệ công tác, việc bố trí nhiều văn phòng công ty gần nhau cũng là yếu tố thúc đẩy phát triển kinh tế, giảm chi phí vận hành ... Điều này đã thúc đẩy sự hình thành và phát triển nhà cao tầng.

### 1.1.2. Định nghĩa và phân loại nhà cao tầng

#### a. Định nghĩa

Theo Ủy ban Nhà cao tầng Quốc tế: “Ngôi nhà mà chiều cao của nó là yếu tố quyết định các điều kiện thiết kế, thi công hoặc sử dụng khác với ngôi nhà thông thường được gọi là nhà cao tầng”.

#### b. Phân loại

- Phân loại theo mục đích sử dụng: nhà ở, nhà làm việc và các dịch vụ khác.

- Phân loại theo hình dạng:

+ Nhà tháp: mặt bằng vuông, tròn, tam giác hay đa giác đều. Việc giao thông theo phương đứng, tập trung ở một khu vực duy nhất (khách sạn, phòng làm việc).

+ Nhà dạng thanh: mặt bằng hình chữ nhật, có nhiều đơn vị giao thông theo phương đứng (nhà ở).

- Phân loại theo chiều cao nhà:

+ Nhà cao tầng loại I: từ 9 đến 16 tầng (từ 40 đến 50m).

+ Nhà cao tầng loại II: từ 17 đến 25 tầng (dưới 80m).

+ Nhà cao tầng loại III: từ 26 đến 40 tầng (dưới 100m).

+ Nhà rất cao: trên 40 tầng (trên 100m).

- Phân loại theo vật liệu cơ bản dùng để thi công kết cấu chịu lực:

+ Nhà cao tầng bằng bê tông cốt thép.

+ Nhà cao tầng bằng thép.

+ Nhà cao tầng có kết cấu hỗn hợp bê tông cốt thép và thép.

Về mặt kết cấu, một công trình được định nghĩa là cao tầng khi độ bền vững và chuyển vị của nó do tải trọng ngang quyết định. Tải trọng ngang bao gồm tải trọng gió, động đất, ...

## **1.2. Tải trọng tác động**

### **a. Tải trọng thẳng đứng**

- Tải trọng thường xuyên: là tải trọng có vị trí, phương, chiều tác động và giá trị không đổi trong quá trình sử dụng.

- Tải trọng tạm thời: là tải trọng tác động không thường xuyên như: người, vật dụng trong nhà ... có phương, chiều, điểm đặt và giá trị có thể thay đổi.

### **b. Tải trọng ngang**

- Tải trọng gió do tác động của khí hậu và thời tiết thay đổi theo thời gian, độ cao, địa điểm dưới dạng áp lực trên các mặt hứng gió hoặc hút gió của ngôi nhà.

- Tải trọng động đất là một trong những tải trọng đặc biệt, là các lực quán tính phát sinh trong công trình khi nền đất chuyển động. Tải trọng động đất có thể tác dụng đồng thời theo phương thẳng đứng và phương ngang. Trong tính toán kết cấu nhà cao tầng thường chỉ xét đến tác động ngang của tải trọng động đất.

### **c. Các loại tải trọng khác**

- Tác động do co ngót, từ biến của bê tông.

- Tác động do ảnh hưởng của sự lún không đều.

- Tác động do ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ, độ ẩm môi trường.

- Tác động do các sai lệch khi thi công, do thi công các công trình lân cận...

Ngoài ra còn có các tải trọng đặc biệt khác phát sinh do hoạt động của con người như hỏa hoạn, cháy nổ, máy móc, xe cộ, thiết bị va đập vào công trình ...

### **1.3. Các vấn đề trong thiết kế nhà cao tầng**

Khi thiết kế nhà cao tầng cần đảm bảo các vấn đề sau:

- Thỏa mãn yêu cầu về kiến trúc, thẩm mỹ, sử dụng.
- Đảm bảo độ bền và ổn định.
- Đảm bảo độ cứng, chuyển vị ngang.
- Nhà cao tầng phải có khả năng kháng chấn cao.
- Kết cấu chịu lực phương đứng và phương ngang (khung, vách, lõi cứng) chọn, bố trí hợp lý.
- Giảm trọng lượng bản thân.
- Có khả năng chịu lửa cao, thoát hiểm an toàn.

### **1.4. Sự làm việc của hệ kết cấu nhà cao tầng**

#### **1.4.1. Các hệ kết cấu chịu lực cơ bản của nhà cao tầng**

##### **a. Các cấu kiện chịu lực cơ bản**

- Cấu kiện dạng thanh: cột, dầm, thanh chống, thanh giằng.
- Cấu kiện dạng tấm: tường (vách đặc hoặc có lỗ cửa), sàn (sàn phẳng, sàn sườn, các loại panen đúc sẵn có lỗ hoặc nhiều lớp ...).
- Cấu kiện không gian: là các vách nhiều cạnh hở hoặc khép kín, tạo thành các hộp bố trí bên trong nhà, được gọi là lõi cứng. Ngoài lõi cứng bên trong, còn có các dãy cột bố trí theo chu vi nhà với khoảng cách nhỏ tạo thành một hệ khung biên dạng tường vây. Tiết diện cột ngoài biên có thể đặc hoặc rỗng. Khi là những cột rỗng hình hộp vuông hoặc hình tròn sẽ tạo nên hệ kết cấu được gọi là ống trong ống.

##### **b. Các hệ kết cấu chịu lực cơ bản**

- Các hệ kết cấu cơ bản: kết cấu khung, kết cấu tường chịu lực, kết cấu lõi cứng và kết cấu ống.

- Các hệ kết cấu hỗn hợp: kết cấu khung – giằng, kết cấu khung – vách, kết cấu ống – lõi và kết cấu ống tổ hợp.

- Các hệ kết cấu đặc biệt: kết cấu có tầng cứng, kết cấu có hệ dầm truyền, kết cấu có hệ giằng liên tầng và kết cấu có khung ghép.

#### 1.4.2. Phương pháp lựa chọn hệ kết cấu nhà cao tầng

##### a. Lựa chọn theo chiều cao, số tầng

Để đảm bảo độ cứng, hạn chế chuyển vị ngang, tránh mất ổn định tổng thể cần hạn chế chiều cao và độ mảnh (tỷ lệ chiều cao trên chiều rộng công trình) lấy theo bảng sau:

**Bảng 1.1: Bảng chiều cao tối đa (m) và tỷ số giới hạn giữa chiều cao và chiều rộng H/B**

(Nguồn bảng 1.2 – Kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép – PGS. TS Lê Thanh Huân)

Hệ kết cấu		Trường hợp không có động đất	Trường hợp có động đất cấp		
			6 và 7	8	9
Nhà khung	MaxH = H/B	60m 5	60-55m 5-5	45m 4	25m 2
Nhà khung vách và khung ống	MaxH = H/B	130m 5	130-120m 5-5	100m 4	50m 3
Nhà vách	MaxH = H/B	140m 5	140-120m 6-6	120m 4	60m 4
Nhà ống và ống trong ống	MaxH = H/B	180m 6	180-150m 6-6	120m 5	70m 4

##### b. Bố trí mặt bằng kết cấu

Để tránh được những bất lợi do biến dạng xoắn, mặt bằng nhà cần chọn hình đơn giản, có trục đối xứng ít nhất là một phương, đặc biệt là đối xứng trong cách bố trí kết cấu chịu lực.

Khi bố trí kết cấu chịu lực nhà cao tầng chịu tải trọng động đất còn cần chú ý:

- Mặt bằng nên đối xứng cả hai phương trục nhà.
- Mối quan hệ giữa chiều dài (L), chiều rộng công trình (B), độ nhô ra của các bộ phận công trình (l), vị trí các góc lõm trên mặt bằng cần thỏa mãn các yêu cầu trong bảng sau:

**Bảng 1.2: Bảng giới hạn của L, B, l**

(Nguồn bảng 1.3 – Kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép – PGS. TS Lê Thanh Huân)

Cấp động đất	L/B	L/B <sub>max</sub>	l/b
7	≤ 6	≤ 5	≤ 2
8 và 9	≤ 5	≤ 4	≤ 1.5

**c. Bố trí khe co giãn nhiệt, khe lún, khe kháng chấn**

Khe kháng chấn phải đặt theo suốt chiều cao công trình, và có thể không phải kéo tới móng. Khe biến dạng còn được xác định trên cơ sở xác định chuyển vị lớn nhất thường ở các tầng mái công trình do các tổ hợp tải trọng bất lợi nhất gây ra theo công thức:

$$D_{\min} = u_1 + u_2 + 20\text{mm}$$

Trong đó:  $u_1$  và  $u_2$  là chuyển vị lớn nhất theo phương nằm ngang của hai khối kết cấu kề nhau.

Khi công trình nằm trong vùng có động đất thì chiều rộng khe lún, khe co giãn phải lấy bằng hoặc lớn hơn bề rộng tối thiểu của khe kháng chấn theo bảng sau:



### **Bảng 1.3: Bảng bề rộng tối thiểu của khe kháng chấn (mm)**

(Nguồn bảng 1.5 – Kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép – PGS. TS Lê Thanh Huân)

Hệ kết cấu	Cấp động đất thiết kế (MSK-64)			
	6	7	8	9
Khung	$4H + 10$	$5H - 5$	$7H - 35$	$10H - 80$
Khung – vách cứng	$3.5H + 9$	$4.2H - 4$	$6H - 30$	$8.5H - 68$
Vách – lõi	$2.8H + 7$	$3.5H - 3$	$5H - 25$	$7H - 55$

Ghi chú:  $H$  – Độ cao mái của đơn nguyên thấp hơn trong các đơn nguyên kế nhau tính bằng mm.

#### **d. Bố trí kết cấu theo phương thẳng đứng**

Trong nhà cao tầng cần thiết kế các kết cấu chịu lực có độ cứng đồng đều, tránh sự thay đổi đột theo chiều cao. Trên mặt cắt thẳng đứng, kết cấu cũng cần đạt đến độ đối xứng về hình học cũng như về khối lượng (chất tải).

Sự thay đổi đột ngột độ cứng của hệ kết cấu (như việc thông tầng, giảm cột hoặc dạng cột hẫng, dạng sàn dật cấp) cũng như việc dùng các sơ đồ kết cấu có các cánh mỏng và kết cấu dạng công xon dài theo phương ngang nhà đều gây ra sự bất lợi dưới tác động của các tải trọng động.

##### **d.1. Bố trí khung chịu lực**

Nên chọn sơ đồ khung sao cho tải trọng tác động theo phương ngang và thẳng đứng được truyền trực tiếp và ngắn nhất xuống móng. Tránh sử dụng sơ đồ khung hẫng cột tầng dưới. Nếu bắt buộc phải hẫng cột như vậy, phải có giải pháp tăng cường các dầm đỡ có đủ độ cứng chống uốn và cắt dưới tác động của các tải trọng tập trung lớn. Không nên thiết kế dạng khung thông tầng.

Khi thiết kế khung cần chọn độ cứng tương đối của dầm nhỏ hơn của cột nhằm tránh khả năng cột bị phá hoại trước dầm

##### **d.2. Bố trí vách cứng**

Trong các mặt bằng nhà hình chữ nhật nên bố trí từ 3 vách trở lên theo cả 2 phương. Vách theo phương ngang cần bố trí đều đặn, đối xứng tại các vị trí

gần đầu hồi công trình, gian thang máy, tại các vị trí có biến đổi hình dạng trên mặt bằng và những vị trí có tải trọng lớn (sàn đặt bể nước hoặc các thiết bị kỹ thuật khác).

Nên thiết kế các vách giống nhau (về độ cứng cũng như kích thước hình học) và bố trí sao cho tâm cứng của hệ kết cấu trùng với tâm trọng lực (trọng tâm hình học mặt bằng) ngôi nhà.

Độ cứng của các vách thường chiếm tỷ lệ lớn trong tổng độ cứng của toàn hệ. Vì vậy, các vách nên có chiều cao chạy suốt từ móng lên mái và có độ cứng không đổi trên toàn bộ chiều cao hoặc nếu phải giảm thì giảm dần từ dưới lên trên.

### **d.3. Bố trí lõi ống**

Nên bố trí các lõi, hộp đối xứng trên mặt bằng

Việc thiết kế ống trong ống cần thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Tỷ số giữa chiều cao và chiều rộng của ống cần lớn hơn 3.

- Khoảng cách giữa các trụ - ống ngoài chu vi không nên lớn hơn chiều cao tầng và nên nhỏ hơn 3m. Mặt cắt trụ - ống ngoài cần dùng dạng chữ nhật hoặc chữ T. Diện tích của cột góc có thể dùng vách góc hình chữ L hoặc ống góc.

- Khoảng cách giữa ống trong và ống ngoài không nên lớn hơn 10m.

## **1.5. Nguyên lý tính toán kết cấu nhà cao tầng**

### **1.5.1. Tải trọng**

Kết cấu nhà cao tầng cần tính toán thiết kế với các tổ hợp tải trọng thẳng đứng, tải trọng gió và tải trọng động đất. Ngoài ra phải kiểm tra ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ, ảnh hưởng của từ biến, tác động của nước ngầm, của đất và các tải trọng phát sinh trong quá trình thi công.

### **1.5.2. Nội dung và phương pháp tính toán**

Kết cấu nhà cao tầng cần phải được tính toán kiểm tra về độ bền, biến dạng, độ cứng, ổn định và dao động.

Nội lực và biến dạng của kết cấu nhà cao tầng được tính toán theo phương pháp đàn hồi. Các cấu kiện dầm có thể được điều chỉnh lại theo quy luật liên quan đến sự phân bố lại nội lực do biến dạng dẻo.

### 1.5.3. Các chỉ tiêu kiểm tra kết cấu

Kiểm tra độ bền, biến dạng, ổn định tổng thể và ổn định cục bộ của kết cấu được tiến hành theo các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành. Ngoài ra kết cấu nhà cao tầng còn phải thỏa mãn các điều kiện sau đây:

+ Kiểm tra ổn định chống lật: tỷ lệ giữa mô men lật do tải trọng ngang gây ra phải thỏa mãn điều kiện:

$$M_{CL} / M_L \geq 1.5$$

Trong đó:  $M_{CL}$ ,  $M_L$  là mô men chống lật và mô men lật.

+ Kiểm tra độ cứng

Chuyển vị theo phương ngang tại đỉnh kết cấu của nhà cao tầng tính theo phương pháp đàn hồi phải thỏa mãn điều kiện:

. Kết cấu khung BTCT:  $f/H \leq 1/500$

. Kết cấu khung – vách:  $f/H \leq 1/750$

. Kết cấu tường BTCT:  $f/H \leq 1/1000$

Trong đó  $f$  và  $H$  là chuyển vị theo phương ngang của kết cấu và chiều cao của công trình.

+ Kiểm tra dao động

Theo yêu cầu sử dụng, gia tốc cực đại của chuyển động tại đỉnh công trình dưới tác động của gió có giá trị nằm trong giới hạn cho phép:

$$|y| \leq [Y]$$

Trong đó:

$|y|$ : Giá trị tính toán của gia tốc cực đại

$[Y]$ : Giá trị cho phép của gia tốc, lấy bằng  $150\text{mm/s}^2$ .

## **CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN NHÀ CAO TẦNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG**

### **2.1. Giả thiết tính toán**

Tính toán kết cấu nhà cao tầng là việc xác định trạng thái ứng suất – biến dạng trong từng hệ, từng bộ phận cho đến từng cấu kiện chịu lực dưới tác động của mọi loại tải trọng. Ở đây chúng ta chủ yếu xét đến phản ứng của hệ kết cấu thẳng đứng khung, vách, lõi dưới tác động của tải trọng ngang.

Một số giả thiết thường được sử dụng trong tính toán nhà cao tầng:

- Giả thiết ngôi nhà làm việc như một thanh công xon có độ cứng uốn tương đương độ cứng của các hệ kết cấu hợp thành.
- Giả thiết mỗi hệ kết cấu chỉ có thể tiếp thu một phần tải trọng ngang tỷ lệ với độ cứng uốn (xoắn) của chúng, nhưng được liên kết chặt chẽ với các hệ khác qua các thanh giằng liên kết khớp hai đầu.
- Giả thiết về các hệ chịu lực cùng có một dạng đường cong uốn.

### **2.2. Sơ đồ tính toán**

Căn cứ vào các giả thiết tính toán có thể phân chia thành các sơ đồ tính theo nhiều cách khác nhau

#### **2.2.1. Sơ đồ phẳng tính toán theo hai chiều**

Công trình được mô hình hóa dưới dạng những kết cấu phẳng theo hai phương mặt bằng chịu tác động của tải trọng trong mặt phẳng của chúng. Giữa các hệ được giằng với nhau bởi các dầm liên kết khớp hai đầu và ở ngang mức sàn các tầng.

#### **2.2.2. Sơ đồ tính toán không gian**

Công trình được mô hình như một hệ khung và tâm không gian chịu tác động đồng thời của ngoại lực theo phương bất kỳ

### **2.3. Các bước tính toán**

- Chọn sơ đồ tính toán.
- Xác định các loại tải trọng.
- Xác định các đặc trưng hình học và độ cứng của kết cấu.
- Phân phối tải trọng ngang vào các hệ chịu lực.

- Xác định nội lực, chuyển vị trong từng hệ, từng cấu kiện.
- Kiểm tra các điều kiện bền, chuyển vị và các đặc trưng động.
- Kiểm tra ổn định cục bộ và ổn định tổng thể công trình.

## 2.4. Xác định tải trọng

### 2.4.1. Tải trọng thẳng đứng

Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên nhà cao tầng thường gồm hai loại: trọng lượng của công trình (tĩnh tải) và tải trọng sử dụng (hoạt tải)

Do khi số tầng nhà càng tăng lên, xác suất xuất hiện đồng thời tải trọng sử dụng ở tất cả các tầng càng giảm, nên khi thiết kế các kết cấu thẳng đứng của nhà cao tầng người ta sử dụng hệ số giảm tải. Trong TCVN 2737:1995 hệ số giảm tải được quy định như sau:

- Khi tính dầm chính, dầm phụ, bản sàn: tải trọng toàn phần được phép giảm như sau:

$$+ \text{ Khi diện tích sàn } A \leq A_1 = 9\text{m}^2, \psi_{A1} = 0.4 + \frac{0.6}{\sqrt{A/A_1}}$$

$$+ \text{ Khi diện tích sàn } A \geq A_2 = 36\text{m}^2, \psi_{A2} = 0.5 + \frac{0.5}{\sqrt{A/A_2}}$$

- Khi xác định lực dọc để tính cột, tường, móng: tải trọng toàn phần được phép giảm như sau:

+ Đối với các phòng nêu ở mục 1, 2, 3, 4, 5 (bảng 3, theo TCVN 2737:1995),  $\psi_{n1} = 0.4 + \frac{\psi_{A1} - 0.4}{\sqrt{n}}$

+ Đối với các phòng nêu ở mục 6, 7, 8, 10, 12, 14 (bảng 3, theo TCVN 2737:1995),  $\psi_{n2} = 0.5 + \frac{\psi_{A2} - 0.5}{\sqrt{n}}$

*Trong đó n: số sàn ở phía trên tiết diện đang xét*

Tuy nhiên hoạt tải thường không lớn so với tải trọng bản thân (bằng 15 đến 20%) nên khi thiên về an toàn có thể không xét tới các hệ số giảm tải. Trong tính toán khung nhiều tầng nhiều nhịp, nhất là hệ khung không gian còn cho phép không xét tới các phương án chất tải bất lợi (hoạt tải) trên các sàn.

### 2.4.2. Tải trọng gió

Tác dụng của gió lên công trình là tác dụng động, nó phụ thuộc vào các yếu tố của môi trường xung quanh như địa hình và hình dạng của mảnh đất xây dựng, độ mềm và đặc điểm mặt đứng của công trình, sự bố trí các công trình lân cận.

Tải trọng gió gồm 2 thành phần: thành phần tĩnh và thành phần động. Theo TCVN 2737:1995, khi tính toán nhà cao dưới 40m và nhà công nghiệp một tầng cao dưới 36m với tỷ số độ cao trên nhịp nhỏ hơn 1.5, xây dựng ở khu vực có dạng địa hình A và B, thành phần động của tải trọng gió không cần tính đến.

#### \*. Thành phần tĩnh

Giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió được tính theo công thức:

$$W = W_0 * k * c$$

Trong đó:  $W_0$  – giá trị áp lực gió lấy theo bản đồ phân vùng

$k$  – hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo thời gian

$c$  – hệ số khí động

**Bảng 2.1: Bảng áp lực gió theo bản đồ phân vùng áp lực gió lãnh thổ Việt Nam**

(Nguồn bảng 4 – TCVN 2737:1995)

Vùng áp lực gió	I	II	III	IV	V
$W_0$ (daN/m <sup>2</sup> )	65	95	125	155	185

Đối với nhà và các công trình được xây dựng tại các vùng có địa hình phức tạp (hẻm núi, giữa các núi song song, các cửa đèo ...), giá trị áp lực gió  $W_0$  được xác định theo công thức:

$$W_0 = 0.0613 * v_0^2$$

Trong đó  $v_0^2$  – vận tốc gió ở độ cao 10m so với mốc chuẩn (vận tốc trung bình trong khoảng thời gian 3 giây bị vượt trung bình một lần trong 20 năm) tương ứng với địa hình dạng B, tính theo đơn vị m/s.

### \*. Thành phần động

Thành phần động của tải trọng gió được xác định theo các phương tương ứng với phương tính toán thành phần tĩnh của tải trọng gió. Thành phần động của tải trọng gió tác dụng lên công trình là do lực xung của vận tốc gió và quán tính công trình gây ra. Giá trị của lực này được xác định trên cơ sở thành phần tĩnh của tải trọng gió nhân với các hệ số có kể đến ảnh hưởng lực do xung của vận tốc gió và quán tính công trình.

Giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió lên nhà cao tầng  $W_p$  ở độ cao  $z$  được xác định như sau:

\*. Trường hợp  $f_1 > f_L$ ,  $W_p$  được tính theo công thức:

$$W_p = W * \zeta * v$$

*Trong đó:  $f_1$  – tần số dao động riêng thứ nhất của công trình*

*$f_L$  – tần số giới hạn*

**Bảng 2.2: Bảng giá trị giới hạn của tần số dao động riêng  $f_L$**

*(Nguồn bảng 9 – TCVN 2737:1995)*

Vùng áp lực gió	$f_L$ (Hz)	
	$\delta = 0.3$	$\delta = 0.15$
I	1.1	3.4
II	1.3	4.1
III	1.6	5.0
IV	1.7	5.6
V	1.9	5.9

*$\delta = 0.3$  – đối với công trình bê tông cốt thép và gạch đá, công trình khung thép có kết cấu bao che*

*$\delta = 0.15$  – đối với các tháp, trụ, ống khói bằng thép, các thiết bị dạng cột thép có bệ bằng bê tông cốt thép*

$W$  - giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của tải trọng gió tại độ cao tính toán

$\zeta$  - hệ số áp lực động của tải trọng gió ở độ cao  $z$

**Bảng 2.3: Bảng hệ số áp lực động của tải trọng gió  $\zeta$**

(Nguồn bảng 8 – TCVN 2737:1995)

Chiều cao $z$ (m)	Hệ số áp lực động $\zeta$ đối với các dạng địa hình		
	A	B	C
$\leq 5$	0.318	0.517	0.754
10	0.303	0.486	0.684
20	0.289	0.457	0.621
40	0.275	0.429	0.563
60	0.267	0.414	0.532
80	0.262	0.403	0.511
100	0.258	0.395	0.496
150	0.251	0.381	0.468
200	0.246	0.371	0.450
250	0.242	0.364	0.436
300	0.239	0.358	0.425
350	0.236	0.353	0.416
$\geq 480$	0.231	0.343	0.398

$v$  - hệ số tương quan không gian áp lực động của tải trọng gió (xác định theo điều 6.15 của TCVN 2737:1995)



**Bảng 2.4: Bảng hệ số tương quan không gian áp lực động của tải trọng gió**

(Nguồn bảng 10 – TCVN 2737:1995)

ρ (m)	Hệ số v khi χ (m) bằng						
	5	10	20	40	80	160	350
0.1	0.95	0.92	0.88	0.83	0.76	0.67	0.56
5	0.89	0.87	0.84	0.80	0.73	0.65	0.54
10	0.85	0.84	0.81	0.77	0.71	0.64	0.53
20	0.80	0.78	0.76	0.73	0.68	0.61	0.51
40	0.72	0.72	0.70	0.67	0.63	0.57	0.48
80	0.63	0.63	0.61	0.59	0.56	0.51	0.44
160	0.53	0.53	0.52	0.50	0.47	0.44	0.38

\*. Trường hợp công trình (và các bộ phận kết cấu của nó) có sơ đồ tính toán là hệ một bậc tự do, có  $f_1 < f_L$ ,  $W_p$  được xác định theo công thức:

$$W_p = W * \zeta * \xi * v$$

Trong đó:  $\xi$  - hệ số động lực (xác định theo mục 6.13.2 trong TCVN 2737:1995), phụ thuộc vào thông số  $\varepsilon$  và độ giảm lô-ga  $\delta$  của dao động

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{\gamma * W_0}}{940 * f_1}$$

$\gamma$  - hệ số độ tin cậy của tải trọng gió ( $\gamma = 1.2$ )

$f_1$  - tần số dao động riêng thứ 1

$W_0$  - giá trị áp lực gió tiêu chuẩn

\*. Trường hợp  $f_1 \leq f_L < f_2$ ,  $W_p$  được tính theo công thức:

$$W_p = m * \xi * \psi * y$$

Trong đó:  $f_1, f_2$  - tần số dao động riêng thứ nhất và thứ hai của công trình  
 $f_L$  - tần số giới hạn (theo bảng 9 của TCVN 2737:1995)

$m$  – khối lượng của phần công trình mà trọng tâm ở độ cao  $z$

$\xi$  - hệ số động lực (xác định theo mục 6.13.2 trong TCVN 2737:1995), phụ thuộc vào thông số  $\varepsilon$  và độ giảm lô-ga  $\delta$  của dao động

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{\gamma * W_0}}{940 * f_i}$$

$\gamma$  - hệ số độ tin cậy của tải trọng gió ( $\gamma = 1.2$ )

$f_i$  – tần số dao động riêng thứ  $i$

$W_0$  – giá trị áp lực gió tiêu chuẩn

$y$  – chuyển vị ngang của công trình ở độ cao  $z$  ứng với dạng dao động riêng thứ nhất

$\psi$  - hệ số được xác định bằng cách chia công trình thành từng phần, trong phạm vi mỗi phần tải trọng gió không đổi

$$\psi = \frac{\sum y_k * W_{pk}}{\sum y_k^2 * M_k}$$

$M_k$  – khối lượng phần thứ  $k$  của công trình

$y_k$  – chuyển vị ngang của trọng tâm phần thứ  $k$  ứng với dạng dao động riêng thứ nhất

$W_{pk}$  – thành phần động phân bố đều của tải trọng gió ở phần thứ  $k$  của công trình được xác định theo công thức:  $W_{pk} = W * \zeta * v$

\*. Trường hợp nhà nhiều tầng có độ cứng, khối lượng và bề rộng mặt đón gió không đổi theo chiều cao, có  $f_1 < f_L$ ,  $W_p$  được xác định theo công thức:

$$W_p = 1.4 * \frac{z}{h} * \xi * W_{ph}$$

Trong đó:  $W_{ph}$  – giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió ở độ cao  $h$  của đỉnh công trình, xác định theo công thức:  $W_{ph} = W * \zeta * v$

#### \*. Các bước tính toán xác định tải trọng gió

- Xác định xem công trình có thuộc phạm vi phải tính thành phần động hay không

- Thiết lập sơ đồ tính động lực

+ Sơ đồ tính toán được chọn là hệ thanh công xon có hữu hạn điểm tập trung khối lượng. Chia công trình thành  $n$  phần sao cho mỗi phần có độ cứng và áp lực gió lên bề mặt công trình có thể coi như không đổi.

+ Vị trí các điểm tập trung khối lượng được đặt tại cao trình trọng tâm của các kết cấu truyền tải trọng ngang của công trình. Giá trị khối lượng tập trung tại các cao trình bằng tổng các giá trị khối lượng của kết cấu chịu lực, bao che.

+ Độ cứng của công xon lấy bằng độ cứng tương đương của công trình, sao cho chuyển vị của đỉnh công trình và công xon là như nhau khi cùng chịu một tải trọng ngang ở đỉnh.

- Xác định giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió, khi chỉ kể đến ảnh hưởng lực xung của vận tốc gió. Xác định hệ số áp lực động và hệ số tương quan không gian

- Xác định giá trị tiêu chuẩn và tính toán thành phần động của tải trọng gió lên các phần tính toán của công trình. Bao gồm:

+ Xác định tần số và dạng dao động. Xác định tần số dao động thứ nhất  $f_1$  của công trình. Khi  $f_1 > f_L$  thành phần động của tải trọng gió chỉ cần kể đến tác dụng của lực xung vận tốc gió. Khi  $f_1 < f_L$  thành phần động của tải trọng gió phải kể đến tác dụng của lực xung vận tốc gió và lực quán tính của công trình.

+ Xác định giá trị tính toán thành phần động của tải trọng gió.

- Tổ hợp nội lực và chuyển vị của công trình do thành phần tĩnh và động của tải trọng gió gây ra.

### **2.4.3. Tải trọng động đất**

Động đất là những rung động tự nhiên của vỏ trái đất có phương hướng và cường độ thay đổi theo thời gian. Trong thời gian động đất, chuyển động của nền đất làm phát sinh ra các lực quán tính ở các bộ phận công trình.

Một số khái niệm cơ bản về động đất:

- Sóng địa chấn là sóng đàn hồi vật lý hình thành do việc giải phóng năng lượng từ điểm (chấn tiêu) phát ra năng lượng do động đất

- Cường độ động đất: để đánh giá cường độ động đất ta dựa vào hậu quả của nó đối với công trình hoặc năng lượng gây ra trận động đất.

Hiện nay có rất nhiều thang đo cường độ động đất, trong số đó có thang MSK-64 và thang Richter là 2 thang được sử dụng phổ biến nhất

- Thang MSK-64 là do Medveded cùng Sponhuer và Karnic đề ra năm 1964, là thang đo cường độ địa chấn diện rộng được sử dụng để đánh giá mức độ khốc liệt của sự rung động mặt đất trên cơ sở các tác động đã quan sát và ghi nhận trong khu vực xảy ra động đất. Để xây dựng thang MSK-64 các tác giả trước hết phân loại tác dụng phá hoại của động đất đến các công trình xây dựng, sau đó đánh giá cường độ động đất qua hàm dịch chuyển cực đại của con lắc tiêu chuẩn có chu kỳ dao động riêng  $T = 0.25s$ . Thang động đất MSK-64 có 12 cấp

**Bảng 2.5: Bảng thang động đất MSK-64**

Cấp động đất	Hậu quả tác động động đất	Cường độ động đất
Cấp 1	Động đất không cảm thấy, chỉ có máy mới ghi nhận được	Cấp động đất nhẹ, không gây ảnh hưởng lớn đến nhà và công trình
Cấp 2	Động đất ít cảm thấy (rất nhẹ). Trong những trường hợp riêng lẻ, chỉ có người nào đang ở trạng thái yên tĩnh mới cảm thấy được	
Cấp 3	Động đất yếu. Ít người nhận biết được động đất. Chấn động được tạo ra như bởi một xe ô tô vận tải nhẹ chạy qua	
Cấp 4	Động đất nhận thấy rõ. Nhiều người nhận biết được động đất, cửa kính có thể kêu lạch cạch	
Cấp 5	Nhiều người ngủ bị thức tỉnh, đồ vật treo đu đưa	
Cấp 6	Đa số người cảm thấy động đất, nhà cửa bị rung nhẹ, lớp vữa bị rạn	
Cấp 7	Hư hại nhà cửa. Đa số người sợ hãi, nhiều người khó	Cấp động

	đứng vững, nứt lớp vữa, tường bị rạn nứt	đất mạnh cần được xét đến trong thiết kế công trình
Cấp 8	Phá hoại nhà cửa. Tường nhà bị nứt lớn, mái hiên và ống khói bị rơi	
Cấp 9	Hư hoại hoàn toàn nhà cửa, nền đất có thể bị nứt rộng 10cm	
Cấp 10	Phá hoại hoàn toàn nhà cửa. Nhiều nhà bị sụp đổ, nền đất có thể nứt rộng đến 1m	Cấp động đất có mức độ hủy diệt
Cấp 11	Động đất gây thảm họa. Nhà, cầu, đập nước và đường sắt bị hư hại nặng, mặt đất bị biến dạng, vết nứt rộng, sụp đổ lớn ở núi	
Cấp 12	Thay đổi địa hình. Phá hủy mọi công trình ở trên và dưới mặt đất, thay đổi địa hình trên diện tích lớn, thay đổi cả dòng sông, nhìn thấy mặt đất nổi sóng	

- Thang Richter là do Ch. Richter đề ra năm 1953 để thay cho việc đánh giá cường độ động đất thông qua việc đánh giá hậu quả của nó bằng cách đánh giá gần đúng năng lượng được giải phóng ở chấn tiêu. Theo định nghĩa, độ lớn M (Magnitud) của một trận động đất bằng logarit thập phân của biên độ cực đại A ( $\mu\text{m}$ ) ghi được tại một điểm cách chấn tâm  $D = 100\text{km}$  trên máy đo địa chấn có chu kỳ dao động riêng  $T = 0.8\text{s}$ :  $M = \log A$

**Bảng 2.6: Bảng thang động đất Richter**

Độ Richter	Tác hại	Mô tả	Tần số xảy ra
< 2.0	Động đất thật nhỏ, không cảm nhận được	Không đáng kể	Khoảng 8000 lần mỗi ngày
2.0 – 2.9	Thường không cảm nhận nhưng đo được	Thật nhỏ	Khoảng 1000 lần mỗi ngày
3.0 – 3.9	Cảm nhận được nhưng ít khi gây thiệt hại	Nhỏ	Khoảng 49000 lần mỗi năm

4.0 – 4.9	Rung chuyển đồ vật trong nhà. Thiệt hại khá nghiêm trọng	Nhẹ	Khoảng 6200 mỗi năm
5.0 – 5.9	Có thể gây thiệt hại nặng cho những công trình không theo tiêu chuẩn kháng chấn. Thiệt hại nhẹ cho những công trình tuân theo tiêu chuẩn kháng chấn	Trung bình	Khoảng 800 lần mỗi năm
6.0 – 6.9	Có sức tiêu hủy mạnh trong những vùng đông dân trong chu vi 180km bán kính	Mạnh	Khoảng 120 lần mỗi năm
7.0 – 7.9	Có sức tàn phá nghiêm trọng trên diện tích lớn	Rất mạnh	Khoảng 18 lần mỗi năm
8.0 – 8.9	Có sức tàn phá vô cùng nghiêm trọng trên diện tích lớn trong chu vi hàng trăm km bán kính	Cực mạnh	Khoảng 1 lần mỗi năm
9.0 – 9.9	Sức tàn phá vô cùng lớn	Cực kỳ mạnh	Khoảng 20 năm 1 lần
> 10	Gây ra hậu quả khủng khiếp cho Trái Đất	Kinh hoàng	Cực hiếm

- Bản đồ phân vùng động đất theo thang MSK-64 trên toàn lãnh thổ Việt Nam đã được đưa vào bộ Quy chuẩn xây dựng Việt Nam từ năm 1997. Theo TCVN 9386-2012: Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất đã đưa vào bản đồ phân vùng động đất mới theo gia tốc nền lãnh thổ Việt Nam với chu kỳ lặp 500 năm, nền loại A (đá gốc).

#### **2.4.4. Các phương pháp xác định tải trọng động đất**

Việc xác định tải trọng động đất (lực quán tính) tác dụng lên công trình một cách chính xác là một việc làm rất khó khăn vì phụ thuộc nhiều vào tính chất chuyển động địa chấn, các tính chất động học công trình và đặc trưng cơ lý nền đất. Hiện nay trong nhiều tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn của các nước đều sử dụng một trong hai phương pháp xác định tải trọng động đất sau đây:

- Phương pháp động lực: xác định trực tiếp trạng thái ứng suất – biến dạng các kết cấu chịu tải từ các gia tốc do ghi được chuyển động của nền đất khi động đất xảy ra. Bao gồm các phương pháp: phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động, phương pháp phân tích dạng chính.

- Phương pháp tĩnh lực: thay thế các lực động đất thực tác dụng lên công trình bằng các lực tĩnh ảo có hiệu ứng tương đương. Bao gồm các phương pháp: phương pháp tĩnh lực ngang tương đương, phương pháp tĩnh phi tuyến.

Tùy thuộc vào các đặc trưng kết cấu của nhà, có thể sử dụng một trong hai phương pháp phân tích đàn hồi – tuyến tính:

+ Phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương: áp dụng cho các nhà mà phản ứng của nó không chịu ảnh hưởng đáng kể bởi các dạng dao động bậc cao hơn dạng dao động cơ bản trong mỗi phương chính

+ Phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động: áp dụng cho tất cả các loại nhà

Phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến cũng có thể được sử dụng thay thế cho các phương pháp phân tích đàn hồi – tuyến tính.

#### **2.4.4.1. Cơ sở lý thuyết**

Chuyển động động đất tại một điểm cho trước trên bề mặt được biểu diễn bằng phổ phản ứng gia tốc đàn hồi, được gọi tắt là phổ phản ứng đàn hồi.

Dạng của phổ phản ứng đàn hồi được lấy như nhau đối với hai mức tác động động đất với yêu cầu không sụp đổ (trạng thái cực hạn – tác động động đất thiết kế) và đối với yêu cầu hạn chế hư hỏng.

Tác động động đất nằm theo phương ngang được mô tả bằng hai thành phần vuông góc được xem là độc lập và biểu diễn bằng cùng một phổ phản ứng.

Đối với ba thành phần của tác động động đất, có thể chấp nhận một hoặc nhiều dạng khác nhau của phổ phản ứng, phụ thuộc vào các vùng nguồn và độ lớn động đất phát sinh từ chúng.

Ở những nơi chịu ảnh hưởng động đất phát sinh từ các nguồn rất khác nhau, khả năng sử dụng nhiều hơn một dạng phổ phản ứng phải được xem xét để có thể thể hiện đúng tác động động đất thiết kế. Trong những trường hợp như vậy, thông thường giá trị của  $a_g$  cho từng loại phổ phản ứng và từng trận động đất sẽ khác nhau.

Đối với các công trình quan trọng ( $\gamma_I > 1$ ) cần xét các hiệu ứng khuyếch đại địa hình.

Có thể biểu diễn chuyển động động đất theo hàm của thời gian.

Đối với một số loại công trình, có thể xét sự biến thiên của chuyển động nền đất trong không gian cũng như theo thời gian.

### \*. Phổ phản ứng đàn hồi theo phương ngang

Với các thành phần nằm ngang của tác động động đất, phổ phản ứng đàn hồi  $S_e(T)$  được xác định bằng các công thức

$$0 \leq T \leq T_B: \quad S_e(T) = a_g * S * \left[ 1 + \frac{T}{T_B} * (\eta * 2.5 - 1) \right]$$

$$T_B < T \leq T_C: \quad S_e(T) = a_g * S * \eta * 2.5$$

$$T_C < T \leq T_D: \quad S_e(T) = a_g * S * \eta * 2.5 * \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s: \quad S_e(T) = a_g * S * \eta * 2.5 * \left[ \frac{T_C * T_D}{T^2} \right]$$

*Trong đó: T – Chu kỳ dao động của hệ tuyến tính 1 bậc tự do*

*$a_g$  – gia tốc nền thiết kế trên nền loại A ( $a_g = \gamma_I * a_{gR}$ )*

*$T_B$  – giới hạn dưới của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc*

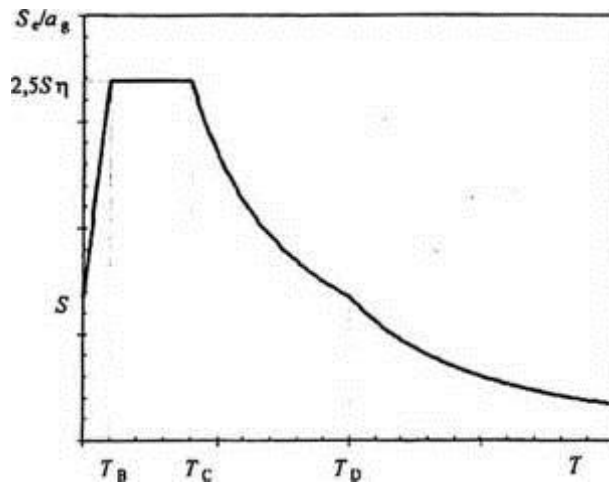
*$T_C$  – giới hạn trên của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc*

*$T_D$  – giá trị xác định điểm bắt đầu của phần phản ứng dịch chuyển không đổi trong phổ phản ứng*

*S – hệ số nền*

*$\eta$  - hệ số điều chỉnh độ cản nhớt với giá trị tham chiếu  $\eta = 1$  đối với độ cản nhớt 5%*





**Hình 2.1: Dạng của phổ phản ứng đàn hồi**

(Nguồn hình 3.1 – TCVN 9386:2012)

Giá trị của chu kỳ  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ , hệ số nền  $S$  mô tả dạng phổ phản ứng đàn hồi phụ thuộc vào loại đất nền, nếu không xét đến địa chất tầng sâu.

**Bảng 2.7: Bảng giá trị các tham số  $S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$**

(Nguồn bảng 3.2 – TCVN 9386:2012)

Loại đất nền	S	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B	1.20	0.15	0.50	2.00
C	1.15	0.20	0.60	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00
E	1.40	0.15	0.50	2.00

Hệ số điều chỉnh độ cản  $\eta$  có thể xác định bằng biểu thức:

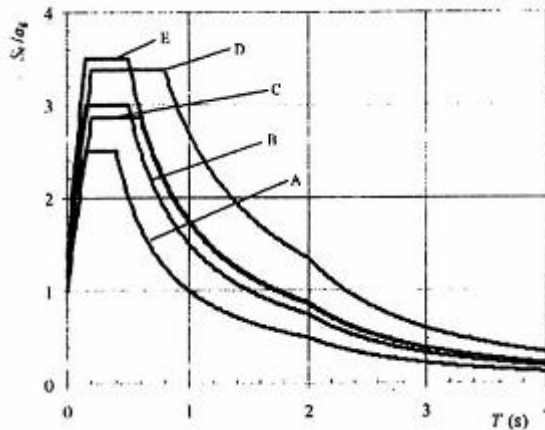
$$\eta = \frac{10}{(5 + \xi)} \geq 0.55$$

Trong đó:  $\xi$  - tỷ số cản nhớt của kết cấu, tính bằng %

Trường hợp đặc biệt, khi tỉ số cản nhớt khác 5% tra theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012

Phổ phản ứng chuyển vị đàn hồi  $S_{De}(T)$ , nhận được bằng cách biến đổi trực tiếp phổ phản ứng đàn hồi  $S_e(T)$  theo biểu thức:

$$S_{De}(T) = S_e(T) * \left[ \frac{T}{2\pi} \right]^2$$



**Hình 2.2: Phổ phản ứng đàn hồi cho các loại đất nền từ A đến E (độ cản 5%)**

(Nguồn hình 3.2 – TCVN 9386:2012)

Thông thường, cần áp dụng biểu thức trên cho các chu kỳ dao động không vượt quá 4.0s. Đối với các kết cấu có chu kỳ lớn hơn 4.0s có thể dùng một định nghĩa phổ chuyển vị đàn hồi hoàn chỉnh hơn.

#### **\*. Phổ thiết kế dùng cho phân tích đàn hồi**

Khả năng kháng chấn của hệ kết cấu trong miền ứng xử phi tuyến thường cho phép thiết kế kết cấu với các lực động đất bé hơn so với các lực phản ứng đàn hồi tuyến tính.

Để tránh phải phân tích trực tiếp các kết cấu không đàn hồi, người ta kể đến khả năng tiêu tán năng lượng chủ yếu thông qua ứng xử dẻo của các cấu kiện của nó và các cơ cấu khác bằng phân tích đàn hồi dựa trên phổ phản ứng được chiết giảm từ phổ phản ứng đàn hồi, vì thế phổ này được gọi là phổ thiết kế. Sự chiết giảm được thực hiện bằng cách đưa vào hệ số ứng xử  $q$ .

Hệ số ứng xử  $q$  biểu thị một cách gần đúng tỉ số giữa lực động đất mà kết cấu sẽ phải chịu nếu phản ứng của nó là hoàn toàn đàn hồi với tỉ số cản nhất 5% và lực động đất có thể sử dụng khi thiết kế theo mô hình phân tích đàn hồi thông thường mà vẫn tiếp tục đảm bảo cho kết cấu một phản ứng thỏa mãn các yêu cầu

đặt ra. Giá trị của hệ số ứng xử  $q$  có thể khác nhau theo các hướng nằm ngang khác nhau của kết cấu, mặc dù sự phân loại cấp dẻo kết cấu phải như nhau trong mọi hướng.

Đối với các thành phần nằm ngang của tác động động đất, phổ thiết kế  $S_D(T)$  được xác định bằng các biểu thức:

$$0 \leq T \leq T_B: \quad S_D(T) = a_g * S * \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} * \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B < T \leq T_C: \quad S_D(T) = a_g * S * \frac{2.5}{q}$$

$$T_C < T \leq T_D: \quad S_D(T) \begin{cases} = a_g * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta * a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T: \quad S_D(T) \begin{cases} = a_g * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C * T_D}{T^2} \\ \geq \beta * a_g \end{cases}$$

*Trong đó:  $T$  – Chu kỳ dao động của hệ tuyến tính 1 bậc tự do*

*$S_D(T)$  – phổ thiết kế*

*$a_g$  – gia tốc nền thiết kế trên nền loại A ( $a_g = \gamma_I * a_{gR}$ )*

*$T_B$  – giới hạn dưới của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc*

*$T_C$  – giới hạn trên của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc*

*$T_D$  – giá trị xác định điểm bắt đầu của phần phản ứng dịch chuyển không đổi trong phổ phản ứng*

*$S$  – hệ số nền*

*$q$  – hệ số ứng xử*

*$\beta$  – hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương nằm ngang,  $\beta =$*

0.2

## 2.4.4.2. Phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương

### a. Điều kiện áp dụng

Phương pháp phân tích này có thể áp dụng cho các công trình mà phản ứng của nó không chịu ảnh hưởng đáng kể bởi các dạng dao động bậc cao hơn dạng dao động cơ bản trong mỗi phương chính. Yêu cầu này được xem là thỏa mãn nếu kết cấu nhà đáp ứng được hai điều kiện sau:

+ Có các chu kỳ dao động cơ bản  $T_1$  theo hai hướng chính nhỏ hơn các giá trị sau:

$$T_1 \leq \begin{cases} 4 * T_C \\ 2.0s \end{cases}$$

Trong đó:  $T_C$  – giới hạn trên của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc (xác định theo mục 3.2.2.2 – TCVN 9386:2012)

+ Thỏa mãn những tiêu chí về tính đều đặn theo mặt đứng

### b. Xác định lực cắt đáy

Theo mỗi phương nằm ngang được phân tích, lực cắt đáy động đất  $F_b$  phải được xác định theo biểu thức:

$$F_b = S_d(T_1) * m * \lambda$$

Trong đó:  $S_d(T_1)$  – tung độ của phổ thiết kế tại chu kỳ  $T_1$

$T_1$  – chu kỳ dao động cơ bản của nhà do chuyển động ngang theo phương đang xét

$m$  – tổng khối lượng của nhà ở trên móng hoặc ở trên đỉnh của phần cứng phía dưới

$\lambda$  - hệ số hiệu chỉnh;

$$\lambda = 0.85 \text{ nếu } T_1 \leq 2 * T_C \text{ với nhà có trên 2 tầng}$$

$$\lambda = 1.0 \text{ với các trường hợp khác}$$

### c. Phân bố lực động đất theo phương ngang

Khi dạng dao động cơ bản được lấy gần đúng bằng các chuyển vị ngang tầng tuyến tính dọc theo chiều cao, lực ngang  $F_i$  (được đặt tại tất cả các tầng ở hai mô hình phẳng) được xác định:

$$F_i = F_b * \frac{s_i * m_i}{\sum s_j * m_j}$$

*Trong đó:  $F_i$  – lực ngang tác dụng tại tầng thứ  $i$*

*$F_b$  – lực cắt đáy do động đất*

*$m_i, m_j$  – khối lượng của các tầng*

*$s_i, s_j$  – chuyển vị của các khối lượng  $m_i, m_j$  trong dạng dao động cơ bản*

### **2.4.4.3. Phương pháp phân tích phổ phản ứng**

#### **a. Điều kiện áp dụng**

Phương pháp phân tích phổ phản ứng áp dụng cho nhà không thỏa mãn điều kiện để áp dụng phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương và có thể áp dụng cho tất cả các loại nhà.

#### **b. Số dạng dao động cần xét đến trong phương pháp phổ phản ứng**

- Phải xét đến phản ứng của tất cả các dạng dao động góp phần đáng kể vào phản ứng tổng thể của công trình. Điều này có thể được thỏa mãn nếu đạt được một trong hai điều kiện sau:

+ Tổng các khối lượng hữu hiệu của các dạng dao động được xét chiếm ít nhất 90% tổng khối lượng của kết cấu

+ Tất cả các dạng dao động có khối lượng hữu hiệu lớn hơn 5% của tổng khối lượng đều được xét đến

- Nếu điều kiện nêu trên không được thỏa mãn (như trong nhà và các công trình mà các dạng dao động xoắn góp phần đáng kể) thì số lượng tối thiểu các dạng dao động  $k$  được xét đến trong tính toán khi phân tích không gian cần thỏa mãn cả 2 điều kiện sau:

$$k \geq 3\sqrt{n}$$

$$\text{và } T_k \leq 0.2s$$

*Trong đó:  $k$  – số dạng dao động được xét tới trong tính toán*

*$n$  – số tầng ở trên móng hoặc đỉnh của phần cứng phía dưới*

*$T_k$  – chu kỳ dao động của dạng thứ  $k$*

### c. Quy trình tính toán

- Xác định các chu kỳ và dạng dao động riêng của nhà: sử dụng các phần mềm phân tích kết cấu thông dụng hiện nay như: SAP2000, ETABS .v.v.v. tính toán các chu kỳ dao động riêng và dạng dao động riêng cần thiết của công trình (số chu kỳ và dạng dao động riêng cần thiết là  $k$ )

- Xác định phổ thiết kế không thứ nguyên  $\overline{S_d}(T_i)$  của nhà và công trình ứng với từng dạng dao động theo các công thức:

$$0 \leq T_i \leq T_B: \quad \overline{S_d}(T_i) = \frac{a_g}{g} * S * \left[ \frac{2}{3} + \frac{T_i}{T_B} * \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B < T_i \leq T_C: \quad \overline{S_d}(T_i) = \frac{a_g}{g} * S * \frac{2.5}{q}$$

$$T_C < T_i \leq T_D: \quad \overline{S_d}(T_i) = \begin{cases} = \frac{a_g}{g} * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C}{T_i} \\ \geq \beta * \frac{a_g}{g} \end{cases}$$

$$T_D \leq T_i: \quad \overline{S_d}(T_i) = \begin{cases} = \frac{a_g}{g} * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C * T_D}{T_i^2} \\ \geq \beta * \frac{a_g}{g} \end{cases}$$

Trong đó:  $i$  – dạng dao động riêng thứ  $i$  tương ứng theo phương  $X$  trên mặt bằng nhà

$a_g$  – gia tốc đỉnh đất nền thiết kế

$g$  – gia tốc trọng trường

$q$  – hệ số ứng xử

$\beta = 0.2$  (hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương ngang)

$S, T_B, T_C, T_D$  – tham số xác định theo bảng

**Bảng 2.7: Bảng giá trị các tham số  $S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$**

(Nguồn bảng 3.2 – TCVN 9386:2012)

Loại đất nền	S	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B	1.20	0.15	0.50	2.00
C	1.15	0.20	0.60	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00
E	1.40	0.15	0.50	2.00

- Tổng lực cắt tại chân công trình tương ứng với dạng dao động thứ  $i$  theo phương  $X$  được xác định theo công thức:

$$F_{X,i} = \overline{S_d}(T_i) * W_{X,i}$$

Trong đó:  $W_{X,i}$  – khối lượng hữu hiệu (theo phương  $X$  trên mặt bằng) tương ứng với dạng dao động thứ  $i$

$$W_{X,i} = \frac{\left( \sum_{j=1}^n X_{i,j} * W_j \right)^2}{\sum_{j=1}^n X_{i,j}^2 * W_j}$$

$n$  – tổng bậc tự do (số tầng) xét đến theo phương  $X$

$X_{i,j}$  – giá trị chuyển vị theo phương  $X$  trên mặt bằng tại điểm đặt trọng lượng thứ  $j$  của dao động thứ  $i$

$W_j$  – khối lượng tập trung tại tầng thứ  $j$  của công trình

- Phân phối tải trọng ngang lên các cao trình tầng của tổng lực cắt tại chân công trình tương ứng với dạng dao động thứ  $i$  theo phương  $X$  như sau:

$$F_{X,i}^j = F_{X,i} * \frac{X_{i,j} * W_j}{\sum_{l=1}^n X_{i,l} * W_l}$$

Trong đó:  $F_{X,i}^j$  - lực ngang tác dụng lên tầng thứ  $j$  theo phương  $X$  ứng với dạng dao động riêng thứ  $i$

$W_j, W_l$  – khối lượng tập trung tại tầng thứ  $j$  và  $l$  của công trình

$X_{i,j}, X_{i,l}$  – giá trị chuyển vị theo phương  $X$  tại điểm đặt khối lượng thứ  $j$  và  $l$  của dạng dao động thứ  $i$

- Tổ hợp các dạng dao động cần xét

## 2.5. Tóm lược phương pháp phần tử hữu hạn

Phương pháp phần tử hữu hạn (PPPTH) là một phương pháp đặc biệt có hiệu quả để tìm dạng gần đúng của một hàm chưa biết trong miền xác định của nó. Phương pháp phần tử hữu hạn ra đời từ thực tiễn phân tích kết cấu, sau đó được phát triển một cách chặt chẽ và tổng quát như phương pháp biến phân hay số dư có trọng số để giải quyết các bài toán vật lý khác nhau. Tuy nhiên khác với phương pháp biến phân số dư có trọng số cổ điển, phương pháp phần tử hữu hạn không tìm dạng xấp xỉ của hàm trong toàn miền xác định mà chỉ trong từng miền con (phần tử) thuộc miền xác định đó. Do vậy phương pháp phần tử hữu hạn rất thích hợp với các bài toán vật lý và kỹ thuật nhất là đối với bài toán kết cấu, trong đó hàm cần tìm được xác định trên những miền phức tạp bao gồm nhiều miền nhỏ có tính chất khác nhau. Trong phương pháp phần tử hữu hạn miền tính toán được thay thế bởi một số hữu hạn các miền con gọi là phần tử, và các phần tử xem như chỉ được kết nối với nhau qua một số điểm xác định trên biên của nó gọi là điểm nút. Trong phạm vi mỗi phần tử đại lượng cần tìm được lấy xấp xỉ theo dạng phân bố xác định nào đó, chẳng hạn đối với bài toán kết cấu đại lượng cần tìm là chuyển vị hay ứng suất nhưng nó cũng có thể được xấp xỉ hóa bằng một dạng phân bố xác định nào đó. Các hệ số của hàm xấp xỉ được gọi là các thông số hay các tọa độ tổng quát. Tuy nhiên các thông số này lại được biểu diễn qua trị số của hàm và có thể cả trị số đạo hàm của nó tại các điểm nút của phần tử. Như vậy các hệ số của hàm xấp xỉ có ý nghĩa vật lý xác định, do vậy nó rất dễ thỏa mãn điều kiện biên của bài toán, đây cũng là ưu điểm nổi bật của phương pháp phần tử hữu hạn so với các phương pháp xấp xỉ khác.

Tùy theo ý nghĩa của hàm xấp xỉ trong bài toán kết cấu người ta chia làm ba mô hình sau:

- Mô hình tương thích: biểu diễn dạng phân bố của chuyển vị trong phần tử, ẩn số là các chuyển vị và đạo hàm của nó được xác định từ hệ phương trình thành lập trên cơ sở nguyên lý biến phân Lagrange hoặc định dừng của thế năng toàn phần.



- Mô hình cân bằng: biểu diễn một cách gần đúng dạng gần đúng của ứng suất hoặc nội lực trong phần tử. Ẩn số là các lực tại nút và được xác định từ hệ phương trình thiết lập trên cơ sở nguyên lý biến phân Castigliano hoặc định lý dừng của năng lượng bù toàn phần.

- Mô hình hỗn hợp: biểu diễn gần đúng dạng phân bố của cả chuyển vị và ứng suất trong phần tử. Chuyển vị và ứng suất là hai yếu tố độc lập riêng biệt, các ẩn số được xác định từ hệ phương trình thành lập trên cơ sở nguyên lý biến phân Reisner – He linge.

Trong ba mô hình trên thì mô hình tương thích được sử dụng rộng rãi hơn cả, hai mô hình còn lại chỉ sử dụng có hiệu quả trong một số bài toán. Mô hình tương thích được sử dụng để phân tích và thành lập phương trình tính toán hệ thanh theo phương pháp phần tử hữu hạn.

## **CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN NHÀ CAO TẦNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG**

### **3.1. Giới thiệu công trình tính toán**

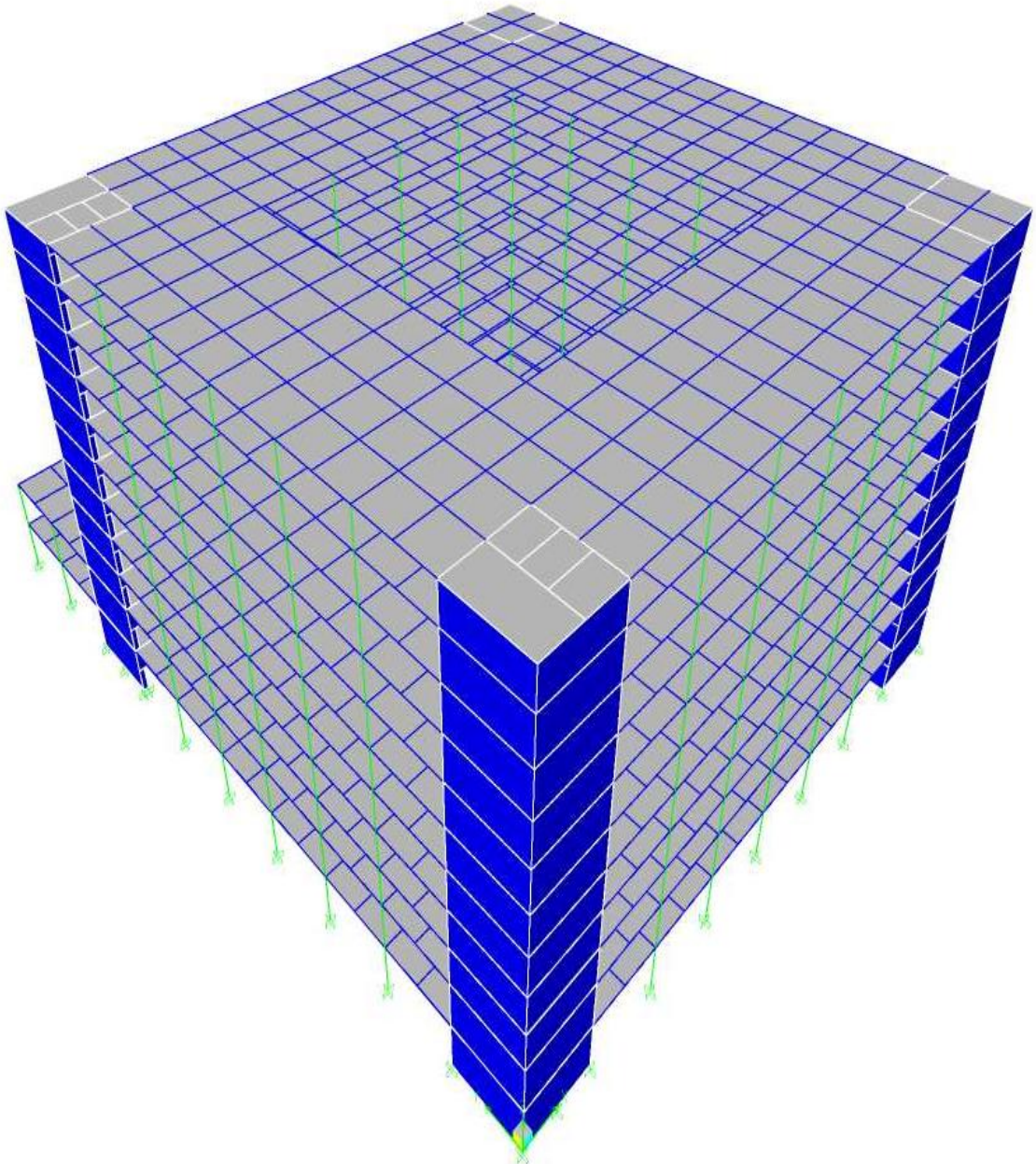
Dự án đầu tư xây dựng Bệnh viện Việt Tiệp cơ sở 2 tại xã An Đồng, huyện An Dương là dự án trọng điểm của thành phố Hải Phòng. Mục tiêu chính của dự án là đầu tư xây dựng cơ sở vật chất, trang thiết bị y tế thông thường và thiết bị văn phòng cơ sở 2. Bệnh viện Hữu nghị Việt Tiệp với quy mô hơn 1.000 giường trở thành bệnh viện đa khoa khu vực hiện đại với khoa chuyên sâu, chất lượng cao, đáp ứng nhu cầu khám chữa bệnh, chăm sóc sức khỏe của nhân dân thành phố trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa và hội nhập quốc tế, góp phần giảm tải cho các Bệnh viện trung ương tại thủ đô Hà Nội. Bệnh viện bao gồm các hạng mục hành chính hậu cần, khám, chữa bệnh .v.v. trong đó có khu nhà hành chính 11 tầng có chiều cao 40.8m, kích thước 65.4m x 72.0m. Công trình sử dụng hệ kết cấu khung vách, cột BTCT có tiết diện 70x70, 60x60, 50x50 thay đổi theo chiều cao, dầm BTCT có tiết diện 35x60, 22x45, vách BTCT dày 35 bố trí tại 4 góc của công trình.

### **3.2. Giới thiệu phần mềm áp dụng tính toán ETABS**

ETABS là phần mềm kết cấu chuyên dụng trong tính toán và thiết kế nhà cao tầng. Đây là hệ chương trình phân tích và thiết kế kết cấu chuyên dụng trên máy tính cho các công trình dân dụng. ETABS được phát triển bởi CSI (Computers and Structure, Inc. Berkeley, California, USA). Phần mềm ETABS được xây dựng dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, là phương pháp phân tích kết cấu gần đúng bằng cách chia tách hệ kết cấu thành các phần tử đơn giản được định nghĩa trước. Trong ETABS có hai đối tượng cơ bản là phần tử Frame (thanh) và phần tử Shell (tấm). Tùy thuộc vào phương của cấu kiện và đặc trưng chịu lực mà phần tử Shell còn được chia ra thành Slab (bản) và Wall (tường). Phần mềm ETABS tự động tính toán tải trọng cho các kiểu tải sau: tải trọng bản thân, tải trọng gió, tải trọng động đất theo tiêu chuẩn UBC, BS8110, BOCA96, hàm tải trọng phổ (Response Spectrum Function), hàm tải trọng đáp ứng theo thời gian (Time History Function) ... Tự động xác định khối lượng và trọng lượng các tầng, xác định tâm hình học, tâm cứng và tâm khối lượng công trình. Tự động xác định chu kỳ và tần số dao động riêng theo hai phương pháp Eigen Vectors và Ritz Vectors theo mô hình kết cấu không gian thực tế của công trình. Phần mềm ETABS có thể can thiệp và áp dụng các tiêu chuẩn tải trọng khác

như: tải trọng gió động theo TCVN 2737-1995, tải trọng động đất. Việc phân tích kết cấu cuối cùng nhằm mục đích tìm ra được nội lực (dùng để thiết kế cốt thép), phản lực (dùng để thiết kế móng), và các giá trị chuyển vị (dùng để kiểm tra kết cấu ở trạng thái giới hạn về điều kiện sử dụng).

### 3.3. Lập mô hình tính toán



*Hình 3.1: Mô hình tính toán*

### 3.4. Tính toán tải trọng tĩnh tác dụng lên công trình

#### \*. Tiêu chuẩn áp dụng

- TCVN 2737:1995 – Tải trọng tác động – Tiêu chuẩn thiết kế

#### 3.4.1. Tĩnh tải

##### \*. Ký hiệu:

- h: chiều cao
- t: chiều dày cấu kiện
- g: trọng lượng riêng
- $g_f$ : hệ số vượt tải
- $q_{tc}$ : tải trọng tiêu chuẩn
- $q_{tt}$ : tải trọng tính toán

##### a. Tải trọng bản thân

Được tính toán tự động bằng phần mềm phân tích kết cấu ETABS

##### b. Các loại sàn

\*. Sàn phòng, hành lang

Các lớp hoàn thiện	t	g	$q_{tc}$	$g_f$	$q_{tt}$
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- Lớp gạch lát	0.02	2.0	0.04	1.1	0.04
- Lớp vữa lót, trát	0.03	1.8	0.05	1.3	0.07
- Hệ trần treo			0.03	1.3	0.04
<b>- Tổng trọng lượng các lớp hoàn thiện</b>			<b>0.12</b>		<b>0.15</b>

\*. Cầu thang

Các lớp hoàn thiện	t	g	$q_{tc}$	$g_f$	$q_{tt}$
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )

- Mặt bậc	0.02	2.0	0.04	1.1	0.04
- Bậc xây gạch	0.15	1.8	0.27	1.3	0.35
- Lớp vữa lót, trát	0.03	1.8	0.05	1.3	0.07
<b>- Tổng trọng lượng các lớp hoàn thiện</b>			<b>0.36</b>		<b>0.47</b>

\*. Mái bê tông cốt thép

Các lớp hoàn thiện	t	g	q <sub>tc</sub>	g <sub>f</sub>	q <sub>tt</sub>
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- Lớp gạch lát	0.02	2.0	0.04	1.1	0.04
- Lớp vữa lót, trát	0.03	1.8	0.05	1.3	0.07
- Lớp gạch thông tâm	0.30	0.8	0.24	1.3	0.31
- Bê tông chống thấm	0.04	2.5	0.1	1.1	0.11
- Bê tông xốp tạo dốc	0.20	1.2	0.24	1.3	0.31
<b>- Tổng trọng lượng các lớp hoàn thiện</b>			<b>0.34</b>		<b>0.88</b>

### c. Tường xây

\*. Tường xây gạch đặc t = 220 h = 3900

Các lớp hoàn thiện	t	g	q <sub>tc</sub>	g <sub>f</sub>	q <sub>tt</sub>
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.21	1.3	0.27
- Gạch xây	0.22	1.5	1.29	1.1	1.42
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>1.50</b>		<b>1.69</b>
<b>- Tải tường có tính đến hệ số cửa: 0.7</b>			<b>1.05</b>		<b>1.18</b>

\*. Tường xây gạch đặc t = 220 h = 4100

Các lớp hoàn thiện	t	g	q <sub>tc</sub>	g <sub>f</sub>	q <sub>tt</sub>
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.22	1.3	0.29
- Gạch xây	0.22	1.5	1.35	1.1	1.49
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>1.57</b>		<b>1.78</b>
<b>- Tải tường có tính đến hệ số cửa: 0.7</b>			<b>1.10</b>		<b>1.24</b>

\*. Tường xây gạch đặc t = 110 h = 3900

Các lớp hoàn thiện	t	g	q <sub>tc</sub>	g <sub>f</sub>	q <sub>tt</sub>
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.21	1.3	0.27
- Gạch xây	0.11	1.5	0.64	1.1	0.71
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>0.85</b>		<b>0.98</b>
<b>- Tải tường có tính đến hệ số cửa: 0.7</b>			<b>0.60</b>		<b>0.69</b>

\*. Tường xây gạch đặc t = 110 h = 4100

Các lớp hoàn thiện	t	g	q <sub>tc</sub>	g <sub>f</sub>	q <sub>tt</sub>
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.22	1.3	0.29
- Gạch xây	0.11	1.5	0.68	1.1	0.74
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>0.90</b>		<b>1.03</b>
<b>- Tải tường có tính đến hệ số cửa: 0.7</b>			<b>0.63</b>		<b>0.72</b>

\*. Tường xây gạch đặc  $t = 220$   $h = 3000$

Các lớp hoàn thiện	t	g	$q_{tc}$	$g_f$	$q_{tt}$
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.16	1.3	0.21
- Gạch xây	0.22	1.5	0.99	1.1	1.09
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>1.15</b>		<b>1.30</b>
<b>- Tải tường có tính đến hệ số cửa: 0.7</b>			<b>0.81</b>		<b>0.91</b>

\*. Tường xây gạch đặc  $t = 220$   $h = 3200$

Các lớp hoàn thiện	t	g	$q_{tc}$	$g_f$	$q_{tt}$
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.17	1.3	0.22
- Gạch xây	0.22	1.5	1.06	1.1	1.16
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>1.23</b>		<b>1.39</b>
<b>- Tải tường có tính đến hệ số cửa: 0.7</b>			<b>0.86</b>		<b>0.97</b>

\*. Tường xây gạch đặc  $t = 110$   $h = 3000$

Các lớp hoàn thiện	t	g	$q_{tc}$	$g_f$	$q_{tt}$
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.16	1.3	0.21
- Gạch xây	0.11	1.5	0.50	1.1	0.54
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>0.66</b>		<b>0.76</b>
<b>- Tải tường có tính đến hệ số cửa: 0.7</b>			<b>0.46</b>		<b>0.53</b>

\*. Tường xây gạch đặc  $t = 110$   $h = 3200$

Các lớp hoàn thiện	t	g	$q_{tc}$	$g_f$	$q_{tt}$
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.17	1.3	0.22
- Gạch xây	0.11	1.5	0.53	1.1	0.58
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>0.70</b>		<b>0.81</b>
<b>- Tải trường có tính đến hệ số cửa: 0.7</b>			<b>0.49</b>		<b>0.56</b>

\*. Tường xây gạch đặc  $t = 220$   $h = 900$

Các lớp hoàn thiện	t	g	$q_{tc}$	$g_f$	$q_{tt}$
	(m)	(T/m <sup>3</sup> )	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- 2 lớp trát	0.03	1.8	0.05	1.3	0.06
- Gạch xây	0.22	1.5	0.30	1.1	0.33
<b>- Tải trường phân bố trên 1m dài</b>			<b>0.35</b>		<b>0.39</b>

### 3.4.2. Hoạt tải

\*. Ký hiệu:

- $g_f$ : hệ số vượt tải
- $q_{tc}$ : tải trọng tiêu chuẩn
- $q_{tt}$ : tải trọng tính toán

Các phòng chức năng	$q_{tc}$	$g_f$	$q_{tt}$
	(T/m <sup>2</sup> )		(T/m <sup>2</sup> )
- Phòng khám, điều trị	0.20	1.2	0.24
- Phòng khách, WC	0.20	1.2	0.24



- Phòng mổ, Xquang, CT (kể cả khối lượng máy)	0.75	1.2	0.90
- Sảnh, phòng giải lao, cầu thang	0.30	1.2	0.36
- Kho	0.50	1.2	0.60
- Phòng họp không gắn ghế cố định	0.50	1.2	0.60
- Mái bằng có sử dụng	0.15	1.2	0.18
- Mái bê tông không có người sử dụng	0.08	1.2	0.10

### 3.5. Tính toán tải trọng gió tác động lên công trình

#### 3.5.1. Tính toán thành phần tĩnh của tải trọng gió

##### \*. Đặc điểm công trình

- Địa điểm xây dựng	Thành phố	Hải Phòng
	Quận	An Dương
	Vùng gió	IV-B
	Dạng địa hình	C
- Cao độ của mặt đất so với mặt móng (m)		0.00

##### \*. Các thông số dẫn xuất

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
- Giá trị áp lực gió	$W_0$	1.55	$\text{kN/m}^2$
- Hệ số độ tin cậy	$g$	1.20	

\*. Giá trị tính toán thành phần tĩnh của tải trọng gió  $W_j$  tác động lên tầng thứ  $j$  được xác định theo công thức:

$$W_j = g \cdot W_0 \cdot k_j \cdot c \cdot H_j \cdot L_j$$

Trong đó:  $k_j$ : hệ số tính đến sự thay đổi của áp lực gió theo độ cao

$c$ : hệ số khí động, lấy tổng cho mặt đón gió và hút gió bằng 1.4

$H_j$ : chiều cao đón gió của tầng thứ  $j$

$L_j$ : bề rộng đón gió của tầng thứ  $j$

**\*. Bảng giá trị tải trọng gió theo phương X**

STT	Tầng	H (m)	Z <sub>j</sub> (m)	k <sub>j</sub>	L <sub>Yj</sub> (m)	W <sub>Xj</sub>
1	STORY11	3.0	40.8	0.975	57.6	219.3
2	STORY10	3.6	37.8	0.952	57.6	471.4
3	STORY9	3.6	34.2	0.924	57.6	498.7
4	STORY8	3.6	30.6	0.895	57.6	483.2
5	STORY7	3.6	27.0	0.863	57.6	466.0
6	STORY6	3.6	23.4	0.831	57.6	448.5
7	STORY5	3.6	19.8	0.798	57.6	430.7
8	STORY4	3.6	16.2	0.754	57.6	407.3
9	STORY3	3.6	12.6	0.702	57.6	378.8
10	STORY2	4.5	9.0	0.636	72.0	482.9
11	STORY1	4.5	4.5	0.523	72.0	440.8
<b>SUM</b>						<b>4727.7</b>

**\*. Bảng giá trị tải trọng gió theo phương Y**

STT	Tầng	H (m)	Z <sub>j</sub> (m)	k <sub>j</sub>	L <sub>Yj</sub> (m)	W <sub>Xj</sub>
1	STORY11	3.0	40.8	0.975	57.6	219.3
2	STORY10	3.6	37.8	0.952	57.6	471.4
3	STORY9	3.6	34.2	0.924	57.6	498.7
4	STORY8	3.6	30.6	0.895	57.6	483.2
5	STORY7	3.6	27.0	0.863	57.6	466.0

6	STORY6	3.6	23.4	0.831	57.6	448.5
7	STORY5	3.6	19.8	0.798	57.6	430.7
8	STORY4	3.6	16.2	0.754	57.6	407.3
9	STORY3	3.6	12.6	0.702	57.6	378.8
10	STORY2	4.5	9.0	0.636	65.4	438.7
11	STORY1	4.5	4.5	0.523	65.4	400.4
<b>SUM</b>						<b>4643.0</b>

### 3.5.2. Tính toán thành phần động của tải trọng gió

#### \*. Đặc điểm công trình

- |  |               |           |
|--|---------------|-----------|
| - Địa điểm xây dựng                                      | Thành phố     | Hải Phòng |
|  | Quận          | An Dương  |
|  | Vùng gió      | IV-B      |
|  | Dạng địa hình | C         |
| - Cao độ của mặt đất so với mặt móng (m):                |               | 0.00      |
| - Kích thước mặt bằng trung bình theo cạnh X, $L_X$ (m): |               | 59.0      |
| - Kích thước mặt bằng trung bình theo cạnh Y, $L_Y$ (m): |               | 60.2      |
| - Cao độ của đỉnh công trình so với mặt đất (m):         |               | 40.8      |

#### \*. Các thông số dẫn xuất

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
- Giá trị áp lực gió	$W_0$	1.55	$\text{kN/m}^2$
- Hệ số độ tin cậy	$\gamma$	1.20	
- Giá trị giới hạn của tần số	$f_L$	1.7	Hz
- Tham số xác định hệ số $v_1$	$\chi$	40.8	m

- Tham số xác định hệ số $v_{1X}$	$r_{1X}$	60.2	m
- Tham số xác định hệ số $v_{1Y}$	$r_{1Y}$	59.0	m
- Hệ số tương quan không gian	$n_{1X}$	0.629	
- Hệ số tương quan không gian	$n_{1Y}$	0.631	

**\*. Giá trị tính toán thành phần động của tải trọng gió  $W_{pji}$  tác động lên tầng thứ j ứng với dạng dao động thứ i được xác định theo công thức:**

$$W_{pji} = M_j * \xi_i * \psi_i * y_{ji}$$

Trong đó  $M_j$ : khối lượng của tầng thứ j

$\xi_i$ : hệ số động lực ứng với dạng dao động thứ i

$\psi_i$ : hệ số ứng với dạng dao động thứ i

$y_{ji}$ : dịch chuyển ngang tỉ đối của trọng tâm tầng thứ j ứng với dạng dao động thứ i

**\*. Cách xác định hệ số động lực**

- Hệ số động lực được xác định bằng cách tra trong biểu đồ hình 2 (tiêu chuẩn TCXD 229:1999)

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{\gamma * W_0}}{940 * f_i}$$

**\*. Cách xác định hệ số**

- Hệ số được xác định bằng công thức sau

$$\psi_i = \frac{\sum y_{ji} * W_{Fj}}{\sum y_{ji}^2 * M_j}$$

- Với  $W_{Fj}$  là giá trị tính toán thành phần động của tải trọng gió tác dụng lên tầng thứ j ứng với các dạng dao động khác nhau khi chỉ kể đến ảnh hưởng của xung vận tốc gió

$$W_{Fj} = W_j * \zeta_j * v_i$$

Trong đó  $W_j$ : giá trị tính toán thành phần tĩnh của tải trọng gió tác dụng lên tầng thứ j

$\zeta_j$ : hệ số áp lực động của tải trọng gió, thay đổi theo độ cao, (bảng 3 tiêu chuẩn TCXD 229:1999)

$v_i$ : hệ số tương quan không gian ứng với dạng dao động thứ  $i$  (bảng 4, bảng 5 tiêu chuẩn TCXD 229:1999),  $v_k = 1$  khi  $k > 1$

**\*. Bảng thống kê các dạng dao động theo 2 phương X và Y**

Dạng	Phương X		Phương Y	
	T (s)	f (Hz)	T (s)	f (Hz)
1	1.23	0.81	1.25	0.80
2	0.25	3.94	0.26	3.81
3	0.11	8.71	0.12	8.23

- Số dạng dao động cần tính toán theo phương X: 1

- Số dạng dao động cần tính toán theo phương Y: 1

**\*. Bảng giá trị tải trọng gió theo phương X ứng với dạng dao động 1**

STT	Tầng	$M_j$ (T.s <sup>2</sup> /m)	$z_j$	$W_{Fj}$ (kN)	$y_{ji}$	$y_{ji} * W_{Fj}$	$y_{ji}^2 * M_j$	$W_{pjiX}$ (kN)
1	STORY11	98.8	0.562	77.5	1.0000	7.75	98.8	209.0
2	STORY10	198.0	0.569	168.8	0.9137	15.42	165.3	382.8
3	STORY9	199.2	0.580	181.8	0.8071	14.68	129.7	340.1
4	STORY8	199.2	0.590	179.3	0.6995	12.55	97.5	294.8
5	STORY7	199.2	0.601	176.0	0.5920	10.42	69.8	249.5
6	STORY6	199.2	0.611	172.4	0.4861	8.38	47.1	204.9
7	STORY5	201.7	0.622	168.5	0.3836	6.46	29.7	163.7
8	STORY4	204.8	0.645	165.2	0.2874	4.75	16.9	124.5

9	STORY3	204.8	0.668	159.1	0.1990	3.17	8.1	86.3
10	STORY2	236.2	0.698	212.0	0.1194	2.53	3.4	59.7
11	STORY1	305.0	0.754	209.0	0.0429	0.90	0.6	27.7
<b>SUM</b>						<b>87.00</b>	<b>666.8</b>	<b>2143.0</b>

- Các thông số khác

Thông số	$e_i$	$x_i$	$y_i$
Giá trị	0.056	1.622	0.130

**\*. Bảng giá trị tải trọng gió theo phương X ứng với dạng dao động 1**

STT	Tầng	$M_j$ (T.s <sup>2</sup> /m)	$z_j$	$W_{Fj}$ (kN)	$y_{ji}$	$y_{ji} * W_{Fj}$	$y_{ji}^2 * M_j$	$W_{pjiX}$ (kN)
1	STORY11	98.8	0.562	77.8	1.0000	7.78	98.8	209.8
2	STORY10	198.0	0.569	169.4	0.9143	15.49	165.5	384.5
3	STORY9	199.2	0.580	182.5	0.8094	14.78	130.5	342.4
4	STORY8	199.2	0.590	180.0	0.7033	12.66	98.5	297.5
5	STORY7	199.2	0.601	176.7	0.5969	10.55	71.0	252.5
6	STORY6	199.2	0.611	173.0	0.4919	8.51	48.2	208.1
7	STORY5	201.7	0.622	169.2	0.3897	6.59	30.6	167.0
8	STORY4	204.8	0.645	165.8	0.2936	4.87	17.7	127.7
9	STORY3	204.8	0.668	159.7	0.2047	3.27	8.6	89.1
10	STORY2	236.2	0.698	193.3	0.1265	2.44	3.8	63.5
11	STORY1	305.0	0.754	190.6	0.0475	0.90	0.7	30.7

<b>SUM</b>						<b>87.84</b>	<b>673.8</b>	<b>2172.8</b>
------------	--	--	--	--	--	--------------	--------------	---------------

- Các thông số khác

Thông số	$e_i$	$x_i$	$y_i$
Giá trị	0.057	1.629	0.130

### 3.6. Tính toán tải trọng động đất tác động lên công trình

#### 3.6.1. Phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương

##### \*. Đặc điểm công trình

- Địa điểm xây dựng	Thành phố	Hải Phòng
	Quận	An Dương
	Loại đất nền	C
- Hệ số tầm quan trọng	$\gamma_1$	1.25
- Đặc điểm kết cấu	Cấp dèo	DCM
	Loại kết cấu	Hệ khung
	Theo mặt đứng	Đều đặn
	$k_w$	1.00

##### \*. Các thông số dẫn xuất

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
- Gia tốc nền quy đổi	$a_{gRo}$	0.1334	
- Gia tốc nền	$a_{gR}$	1.3087	$m/s^2$
- Gia tốc nền thiết kế	$a_g$	1.6358	$m/s^2$
- Thông số xác định phổ	S	1.15	
	$T_B$	0.2	s
	$T_C$	0.6	s

	$T_D$	2	s
- Hệ số ứng xử	q	3.9	
- Hệ số xác định cận dưới	$\beta$	0.2	
- Hệ số điều chỉnh	$\lambda$	1	

\*. **Giá trị phổ phản ứng thiết kế  $S_d$  được xác định bằng các biểu thức sau**

$$0 \leq T \leq T_B: \quad S_D(T) = a_g * S * \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} * \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B < T \leq T_C: \quad S_D(T) = a_g * S * \frac{2.5}{q}$$

$$T_C < T \leq T_D: \quad S_D(T) \begin{cases} = a_g * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta * a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T: \quad S_D(T) \begin{cases} = a_g * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C * T_D}{T^2} \\ \geq \beta * a_g \end{cases}$$

\*. **Lực cắt đáy  $F_b$  được xác định theo công thức**

$$F_b = S_d(T_1) * m * \lambda$$

Trong đó  $S_d(T_1)$ : tung độ của phổ thiết kế tại chu kỳ  $T_1$

$T_1$ : chu kỳ dao động cơ bản của nhà theo phương đang xét

m: tổng khối lượng của nhà

$\lambda$ : hệ số điều chỉnh

\*. **Tải trọng động đất tác dụng lên các tầng  $F_i$  được xác định theo công thức**

$$F_i = F_b * \frac{s_i * m_i}{\sum s_j * m_j}$$

Trong đó  $s_i, s_j$ : chuyển vị của các khối lượng  $m_i, m_j$  trong dạng dao động cơ bản

$m_i, m_j$ : khối lượng của các tầng



**\*. Bảng giá trị lực động đất tác dụng lên các tầng theo phương X**

Chu kỳ dao động $T_{1X}$ (s):	1.23
Giá trị phổ thiết kế $S_d$ ( $m/s^2$ ):	0.5878
Tổng khối lượng $m$ ( $kN.s^2/m$ ):	22459.6
Lực cắt đáy $F_b$ (kN):	13202.7

STT	Tầng	$m_i$ ( $kN.s^2/m$ )	$s_i$	$m_i*s_i$ ( $kN.s^2/m$ )	$F_{Xi}$ (kN)
1	STORY11	987.9	1.0000	987.9	1287.8
2	STORY10	1980.1	0.9137	1809.3	2358.6
3	STORY9	1991.6	0.8071	1607.4	2095.5
4	STORY8	1991.6	0.6995	1393.2	1816.2
5	STORY7	1991.6	0.5920	1179.0	1537.0
6	STORY6	1991.6	0.4861	968.1	1262.1
7	STORY5	2017.0	0.3836	773.7	1008.6
8	STORY4	2048.1	0.2874	588.6	767.3
9	STORY3	2048.1	0.1990	407.6	531.4
10	STORY2	2362.3	0.1194	282.0	367.6
11	STORY1	3049.7	0.0429	130.9	170.6
<b>SUM</b>		<b>22459.6</b>		<b>10127.7</b>	<b>13202.7</b>

**\*. Bảng giá trị lực động đất tác dụng lên các tầng theo phương Y**

Chu kỳ dao động $T_{1Y}$ (s):	1.25
Giá trị phổ thiết kế $S_d$ ( $m/s^2$ ):	0.5783
Tổng khối lượng $m$ ( $kN.s^2/m$ ):	22459.6
Lực cắt đáy $F_b$ (kN):	12988.9

STT	Tầng	$m_i$ (kN.s <sup>2</sup> /m)	$s_i$	$m_i*s_i$ (kN.s <sup>2</sup> /m)	$F_{Xi}$ (kN)
1	STORY11	987.9	1.0000	987.9	1254.3
2	STORY10	1980.1	0.9143	1810.5	2298.8
3	STORY9	1991.6	0.8094	1612.1	2046.9
4	STORY8	1991.6	0.7033	1400.7	1778.5
5	STORY7	1991.6	0.5969	1188.9	1509.5
6	STORY6	1991.6	0.4919	979.6	1243.8
7	STORY5	2017.0	0.3897	786.1	998.2
8	STORY4	2048.1	0.2936	601.3	763.5
9	STORY3	2048.1	0.2047	419.3	532.4
10	STORY2	2362.3	0.1265	298.8	379.4
11	STORY1	3049.7	0.0475	144.8	183.8
<b>SUM</b>		<b>22459.6</b>		<b>10229.8</b>	<b>12988.9</b>

### 3.6.2. Phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động

#### \*. Đặc điểm công trình

- Địa điểm xây dựng	Thành phố	Hải Phòng
	Quận	An Dương
	Loại đất nền	C
- Hệ số tầm quan trọng	$\gamma_1$	1.25
- Đặc điểm kết cấu	Cấp dèo	DCM
	Loại kết cấu	Hệ khung
	Theo mặt đứng	Đều đặn
	$k_w$	1.00

**\*. Các thông số dẫn xuất**

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
- Gia tốc nền quy đổi	$a_{gRo}$	0.1334	
- Gia tốc nền	$a_{gR}$	1.3087	$m/s^2$
- Gia tốc nền thiết kế	$a_g$	1.6358	$m/s^2$
- Thông số xác định phổ	S	1.15	
	$T_B$	0.2	s
	$T_C$	0.6	s
	$T_D$	2	s
- Hệ số ứng xử	q	3.9	
- Hệ số xác định cận dưới	$\beta$	0.2	
- Hệ số điều chỉnh	$\lambda$	1	

**\*. Giá trị phổ phản ứng thiết kế  $S_d$  được xác định bằng các biểu thức sau**

$$0 \leq T \leq T_B: \quad S_d(T) = a_g * S * \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} * \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B < T \leq T_C: \quad S_d(T) = a_g * S * \frac{2.5}{q}$$

$$T_C < T \leq T_D: \quad S_d(T) \begin{cases} = a_g * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta * a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T: \quad S_d(T) \begin{cases} = a_g * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C * T_D}{T^2} \\ \geq \beta * a_g \end{cases}$$

**\*. Bảng thống kê các dạng dao động theo 2 phương X và Y**

Theo phương X				Theo phương Y			
Dạng	Chu kỳ	% KL hữu hiệu	Tổng % KL hữu hiệu	Dạng	Chu kỳ	% KL hữu hiệu	Tổng % KL hữu hiệu
Mode 1	1.23	68.5	68.5	Mode 1	1.25	69.2	69.2
Mode 2	0.25	32.2	100.7	Mode 2	0.26	31.5	100.7
Mode 3	0.11	4.4	105.1	Mode 3	0.12	4.1	104.8

- Số dạng dao động được xét đến theo phương X: 2

- Số dạng dao động được xét đến theo phương Y: 2

\*. Tải trọng động đất tác dụng lên các tầng  $F_{kj}$  được xác định theo công thức

$$F_{kj} = m_k * \frac{\sum m_k * \Phi_{kj}}{\sum m_k * \Phi_{kj}^2} * \Phi_{kj} * S_d(T_i)$$

Trong đó  $F_{kj}$ : lực động đất tác dụng lên khối lượng thứ k trong dạng dao động thứ j

$\Phi_{kj}$ : chuyển vị của các khối lượng  $m_k$  trong dạng dao động thứ j

$m_k$ : khối lượng của các tầng

**\*. Bảng giá trị lực động đất theo phương X, dạng dao động thứ 1**

- Chu kỳ dao động T (s): 1.23

- Giá trị phổ thiết kế  $S_d$  ( $m/s^2$ ) 0.5878

STT	Tầng	$m_k$ ( $kN.s^2/m$ )	$\Phi_{kj}$	$m_k * \Phi_{kj}$ ( $kN.s^2/m$ )	$m_k * \Phi_{kj}^2$ ( $kN.s^2/m$ )	$F_{Xi}$ ( $kN$ )
1	STORY11	987.9	1.0000	987.9	987.9	882.0
2	STORY10	1980.1	0.9137	1809.3	1653.1	1615.4
3	STORY9	1991.6	0.8071	1607.4	1297.4	1435.2

4	STORY8	1991.6	0.6995	1393.2	974.6	1243.9
5	STORY7	1991.6	0.5920	1179.0	698.0	1052.7
6	STORY6	1991.6	0.4861	968.1	470.6	864.4
7	STORY5	2017.0	0.3836	773.7	296.8	690.8
8	STORY4	2048.1	0.2874	588.6	169.2	525.5
9	STORY3	2048.1	0.1990	407.6	81.1	364.0
10	STORY2	2362.3	0.1194	282.0	33.7	251.8
11	STORY1	3049.7	0.0429	130.9	5.6	116.9
<b>SUM</b>		<b>22459.6</b>		<b>10127.7</b>	<b>6667.9</b>	<b>9042.7</b>

**\*. Bảng giá trị lực động đất theo phương X, dạng dao động thứ 2**

- Chu kỳ dao động T (s): 0.25

- Giá trị phổ thiết kế  $S_d$  ( $m/s^2$ ) 1.2059

STT	Tầng	$m_k$ ( $kN.s^2/m$ )	$\Phi_{kj}$	$m_k * \Phi_{kj}$ ( $kN.s^2/m$ )	$m_k * \Phi_{kj}^2$ ( $kN.s^2/m$ )	$F_{Xi}$ (kN)
1	STORY11	987.9	1.0000	987.9	987.9	-980.8
2	STORY10	1980.1	0.6461	1279.4	826.6	-1270.3
3	STORY9	1991.6	0.2077	413.8	86.0	-410.8
4	STORY8	1991.6	-0.2080	-414.3	86.2	411.4
5	STORY7	1991.6	-0.5629	-1121.0	631.0	1113.0
6	STORY6	1991.6	-0.8220	-1637.2	1345.9	1625.5
7	STORY5	2017.0	-0.9615	-1939.4	1864.7	1925.6
8	STORY4	2048.1	-0.9716	-1989.9	1933.4	1975.8

9	STORY3	2048.1	-0.8617	-1764.9	1520.8	1752.3
10	STORY2	2362.3	-0.6629	-1566.0	1038.2	1554.9
11	STORY1	3049.7	-0.3393	-1034.7	351.1	1027.3
<b>SUM</b>		<b>22459.6</b>		<b>-8786.5</b>	<b>10671.6</b>	<b>8723.9</b>

**\*. Bảng giá trị lực động đất theo phương Y, dạng dao động thứ 1**

- Chu kỳ dao động T (s): 1.25

- Giá trị phổ thiết kế  $S_d$  (m/s<sup>2</sup>) 0.5783

STT	Tầng	$m_k$ (kN.s <sup>2</sup> /m)	$\Phi_{kj}$	$m_k * \Phi_{kj}$ (kN.s <sup>2</sup> /m)	$m_k * \Phi_{kj}^2$ (kN.s <sup>2</sup> /m)	$F_{xi}$ (kN)
1	STORY11	987.9	1.0000	987.9	987.9	867.3
2	STORY10	1980.1	0.9143	1810.5	1655.3	1589.6
3	STORY9	1991.6	0.8094	1612.1	1304.9	1415.4
4	STORY8	1991.6	0.7033	1400.7	985.2	1229.9
5	STORY7	1991.6	0.5969	1188.9	709.7	1043.8
6	STORY6	1991.6	0.4919	979.6	481.8	860.1
7	STORY5	2017.0	0.3897	786.1	306.4	690.2
8	STORY4	2048.1	0.2936	601.3	176.5	527.9
9	STORY3	2048.1	0.2047	419.3	85.8	368.1
10	STORY2	2362.3	0.1265	298.8	37.8	262.3
11	STORY1	3049.7	0.0475	144.8	6.9	127.1
<b>SUM</b>		<b>22459.6</b>		<b>10229.8</b>	<b>6738.1</b>	<b>8981.9</b>

**\*. Bảng giá trị lực động đất theo phương Y, dạng dao động thứ 2**

- Chu kỳ dao động T (s): 0.26

- Giá trị phổ thiết kế  $S_d$  ( $m/s^2$ ) 1.2059

STT	Tầng	$m_k$ ( $kN.s^2/m$ )	$\Phi_{kj}$	$m_k * \Phi_{kj}$ ( $kN.s^2/m$ )	$m_k * \Phi_{kj}^2$ ( $kN.s^2/m$ )	$F_{Xi}$ ( $kN$ )
1	STORY11	987.9	1.0000	987.9	987.9	-974.0
2	STORY10	1980.1	0.6504	1287.9	837.7	-1269.9
3	STORY9	1991.6	0.2197	437.5	96.1	-431.4
4	STORY8	1991.6	-0.1929	-384.1	74.1	378.8
5	STORY7	1991.6	-0.5485	-1092.3	599.1	1077.0
6	STORY6	1991.6	-0.8112	-1615.7	1310.7	1593.0
7	STORY5	2017.0	-0.9557	-1927.7	1842.3	1900.7
8	STORY4	2048.1	-0.9705	-1987.8	1929.3	1960.0
9	STORY3	2048.1	-0.8639	-1769.4	1528.5	1744.6
10	STORY2	2362.3	-0.6648	-1570.4	1044.0	1548.4
11	STORY1	3049.7	-0.3385	-1032.2	349.4	1017.8
<b>SUM</b>		<b>22459.6</b>		<b>-8666.3</b>	<b>10599.1</b>	<b>8544.9</b>

**3.6.3. Phương pháp giá trị phổ phản ứng**

Hiện nay, việc tính toán tải trọng động đất cho kết cấu công trình được tiến hành theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, được biên soạn trên cơ sở chấp nhận Eurocode 8, qua đó thay vì khái niệm cấp động đất như trước đây, nguy cơ và sức mạnh của động đất được đánh giá thông qua giá trị đỉnh gia tốc nền. Trước tiên ta phải tính toán các giá trị của phổ phản ứng gia tốc.

**\*. Đặc điểm công trình**

- Địa điểm xây dựng

Thành phố

Hải Phòng

	Quận	An Dương
	Loại đất nền	C
- Hệ số tầm quan trọng	$\gamma_1$	1.25
- Đặc điểm kết cấu	Cấp dỏ	DCM
	Loại kết cấu	Hệ khung
	Theo mặt đứng	Đều đặn
	$k_w$	1.00

**\*. Các thông số dẫn xuất**

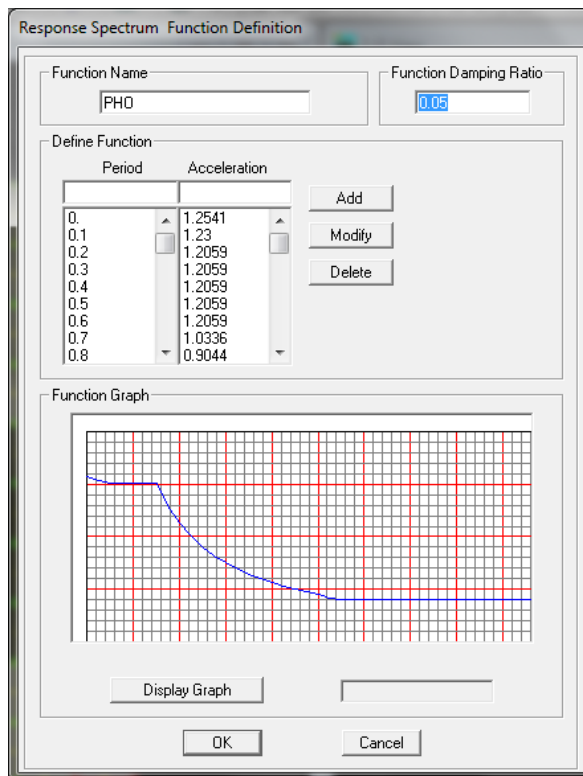
Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
- Gia tốc nền quy đổi	$a_{gRo}$	0.1334	
- Gia tốc nền	$a_{gR}$	1.3087	$m/s^2$
- Gia tốc nền thiết kế	$a_g$	1.6358	$m/s^2$
- Thông số xác định phổ	S	1.15	
	$T_B$	0.2	s
	$T_C$	0.6	s
	$T_D$	2	s
- Hệ số ứng xử	q	3.9	
- Hệ số xác định cận dưới	$\beta$	0.2	
- Hệ số điều chỉnh	$\lambda$	1	

**\*Giá trị của phổ phản ứng gia tốc**

Chu kỳ (s)	$S_d (m/s^2)$	Chu kỳ (s)	$S_d (m/s^2)$	Chu kỳ (s)	$S_d (m/s^2)$
0	1.2541	1.4	0.5168	2.8	0.3272
0.1	1.23	1.5	0.4824	2.9	0.3272



0.2	1.2059	1.6	0.4522	3	0.3272
0.3	1.2059	1.7	0.4256	3.1	0.3272
0.4	1.2059	1.8	0.402	3.2	0.3272
0.5	1.2059	1.9	0.3808	3.3	0.3272
0.6	1.2059	2	0.3618	3.4	0.3272
0.7	1.0336	2.1	0.3281	3.5	0.3272
0.8	0.9044	2.2	0.3272	3.6	0.3272
0.9	0.8039	2.3	0.3272	3.7	0.3272
1	0.7235	2.4	0.3272	3.8	0.3272
1.1	0.6578	2.5	0.3272	3.9	0.3272
1.2	0.6029	2.6	0.3272	4	0.3272
1.3	0.5566	2.7	0.3272		



### 3.7. Kết quả tính toán

**Bảng 3.1: Kết quả tính toán nội lực theo phương X**

Tầng	Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương		Phương pháp phân tích phổ phản ứng		Phương pháp giá trị phổ phản ứng	
	V2	M3	V2	M3	V2	M3
STORY11	659.17	866.151	593.2	775.821	780.53	1034.353
STORY10	340.53	631.28	295.06	557.562	413.49	772.348
STORY9	361.02	642.695	317.91	565.558	441.38	787.951
STORY8	347.8	623.481	304.81	546.048	426.78	767.412
STORY7	343.78	621.023	300.8	542.855	421.04	763.288
STORY6	290.72	493.654	253.32	428.143	357.74	612.759
STORY5	402.43	692.538	349.5	596.938	496.97	863.404
STORY4	333.76	622.784	292.01	540.913	409.05	772.103
STORY3	288.45	520.603	252.92	446.14	356.07	654.342
STORY2	334.15	791.616	297.75	700.108	394.4	952.51
STORY1	253.83	703.689	228.22	599.807	334.33	967.909

**Bảng 3.2: Kết quả tính toán nội lực theo phương Y**

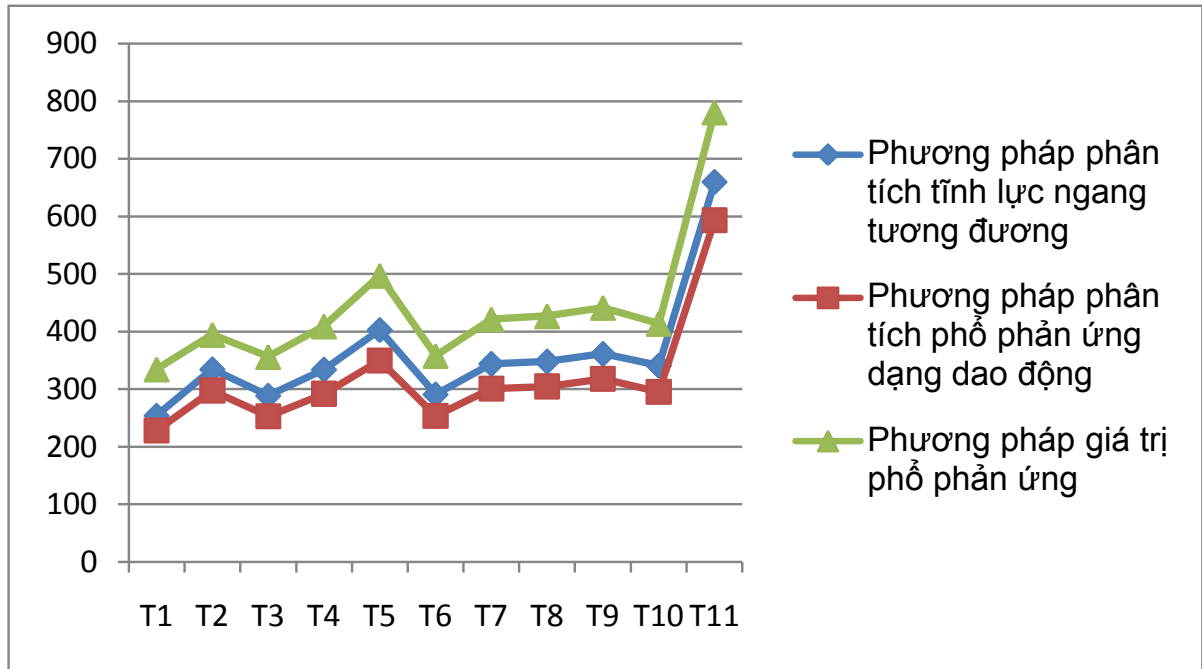
Tầng	Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương		Phương pháp phân tích phổ phản ứng		Phương pháp giá trị phổ phản ứng	
	V2	M3	V2	M3	V2	M3
STORY11	668.64	882.71	603.89	792.073	791.22	1055.677

STORY10	354.62	665.478	315.02	592.257	432.43	809.363
STORY9	406.07	737.533	364.66	663.382	486.08	881.764
STORY8	382.33	691.912	340.72	617.14	461.66	834.772
STORY7	363.76	656.734	322.04	580.99	440.19	797.355
STORY6	308.23	522.076	271.8	458.753	374.97	641.084
STORY5	426.71	730.683	375.03	639.007	521.8	903.698
STORY4	358.22	667.716	317.1	588.038	434.15	817.692
STORY3	307.86	550.503	271.51	475.43	379.06	692.465
STORY2	353.99	827.657	317.39	738.501	422.74	999.738
STORY1	276.96	766.666	249.31	659.519	367.5	1059.382

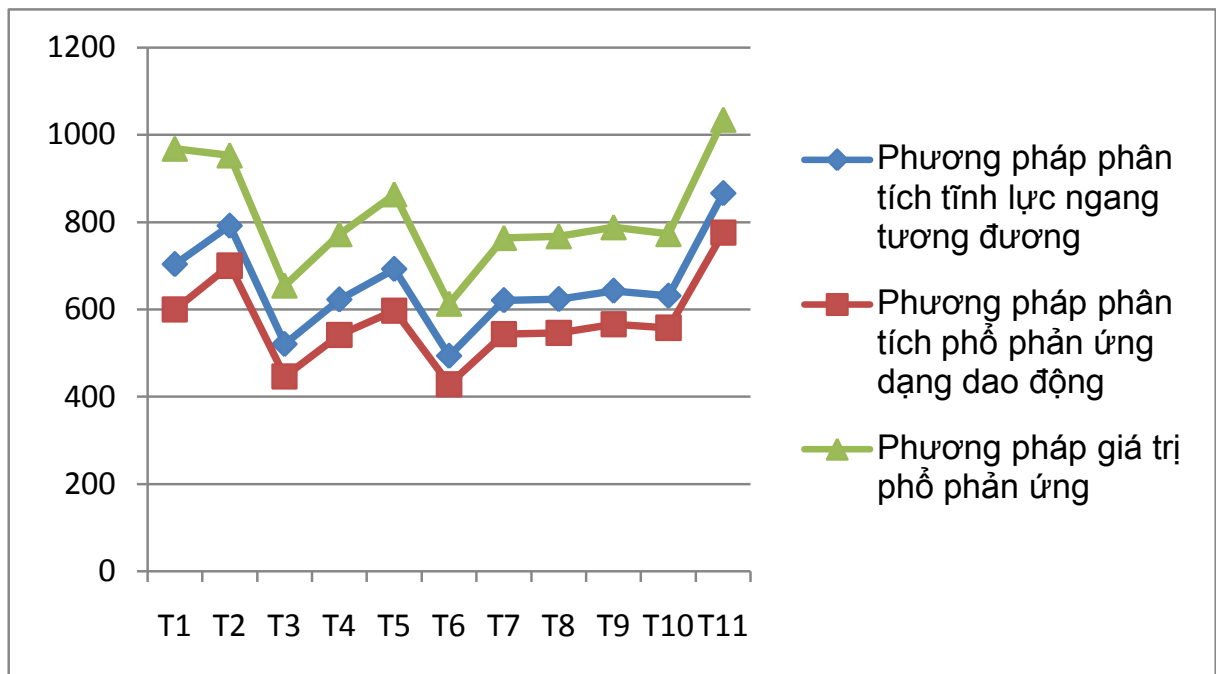
**Bảng 3.3: Kết quả tính toán chuyển vị**

Tầng	Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương		Phương pháp phân tích phổ phản ứng		Phương pháp giá trị phổ phản ứng	
	UX	UY	UX	UY	UX	UY
STORY11	0.0219	0.0235	0.015	0.0167	0.0328	0.0346
STORY10	0.0201	0.0215	0.0138	0.0153	0.03	0.0316
STORY9	0.0178	0.0191	0.0123	0.0136	0.0265	0.028
STORY8	0.0155	0.0167	0.0107	0.012	0.023	0.0243
STORY7	0.0131	0.0142	0.0092	0.0103	0.0195	0.0207
STORY6	0.0108	0.0118	0.0076	0.0086	0.016	0.0171
STORY5	0.0086	0.0094	0.0061	0.0069	0.0127	0.0136

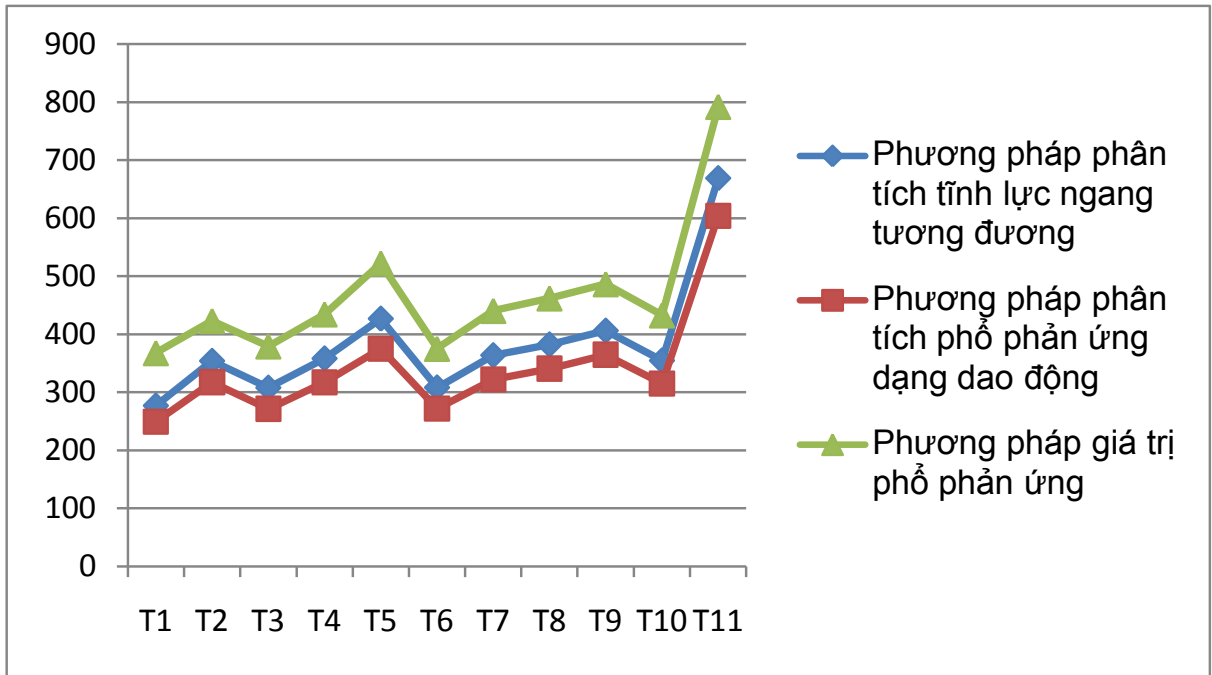
STORY4	0.0065	0.0071	0.0047	0.0053	0.0095	0.0103
STORY3	0.0045	0.005	0.0033	0.0038	0.0067	0.0072
STORY2	0.0028	0.0031	0.0021	0.0024	0.0041	0.0045
STORY1	0.0011	0.0012	0.0008	0.0009	0.0015	0.0017



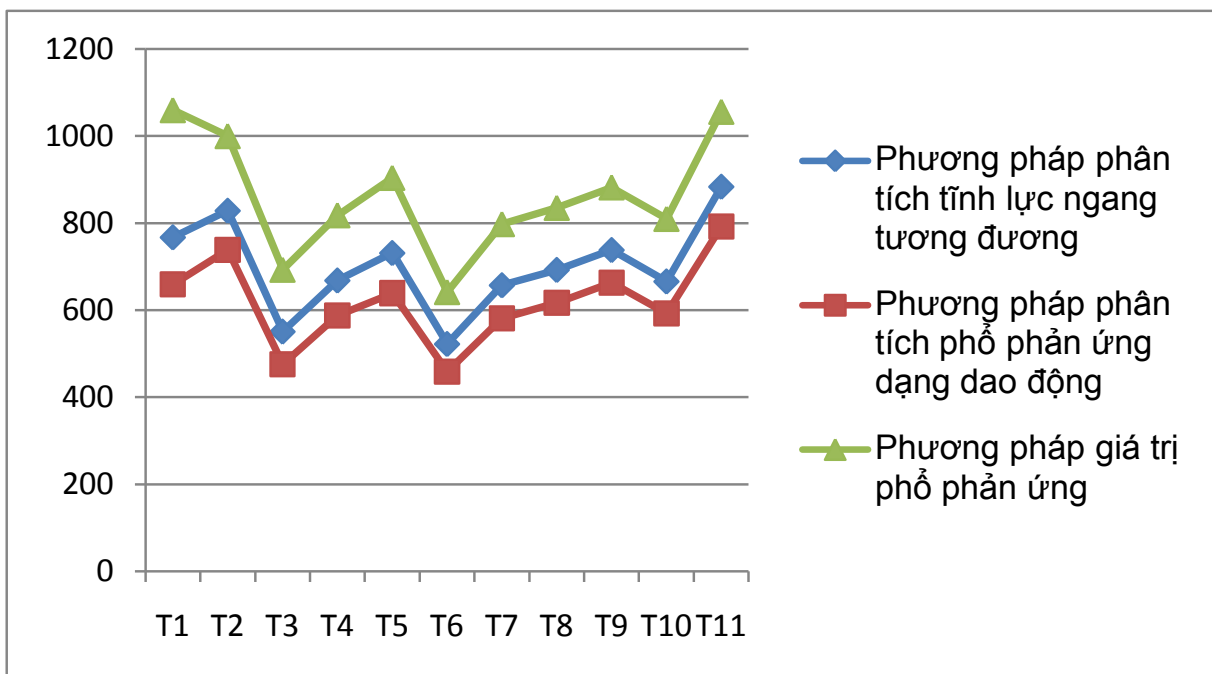
Hình 3.2: Biểu đồ so sánh lực cắt phương X



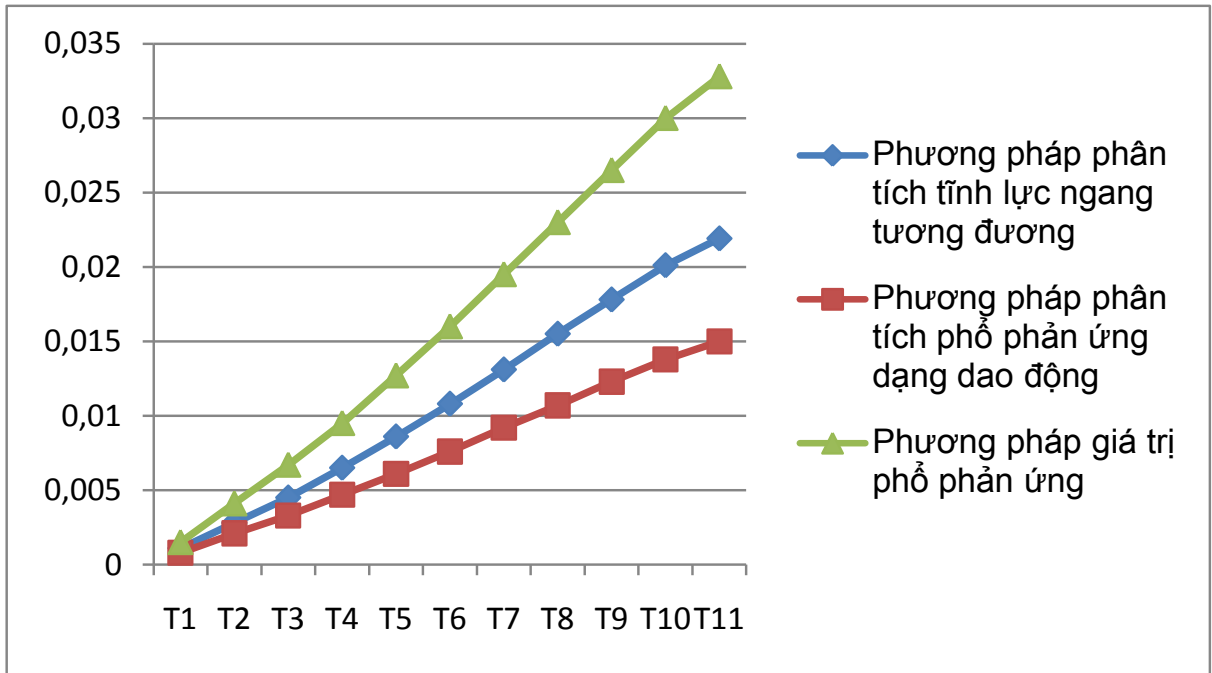
Hình 3.3: Biểu đồ so sánh mô men phương X



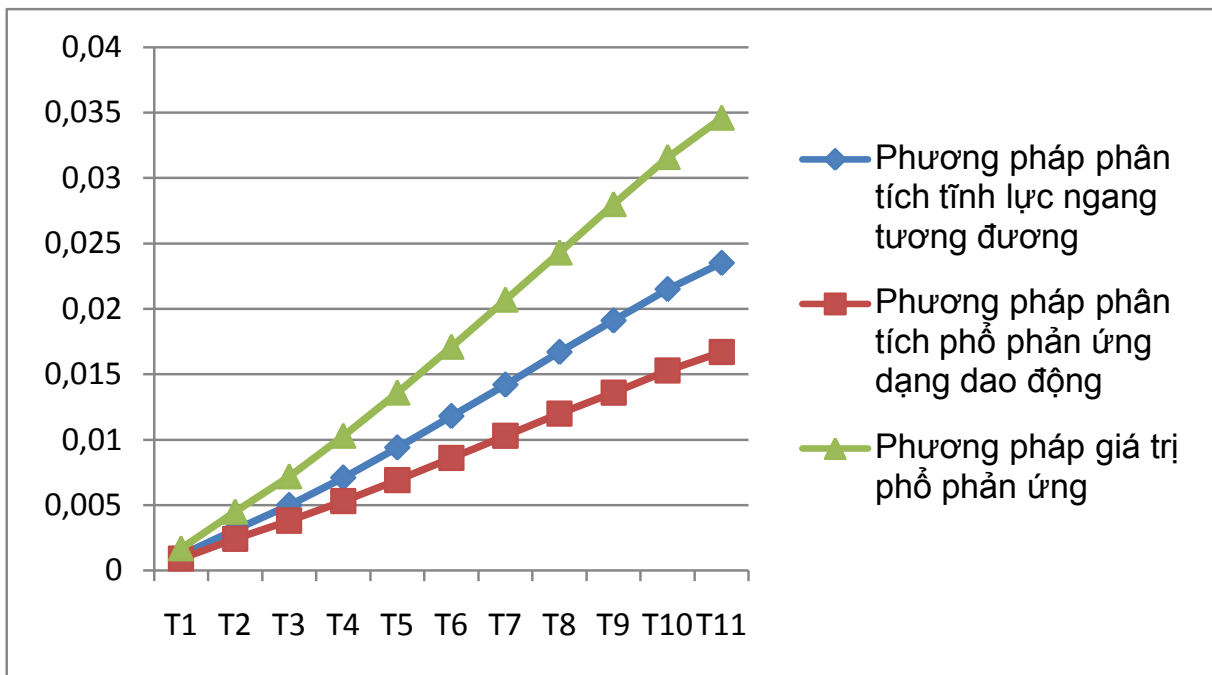
**Hình 3.4: Biểu đồ so sánh lực cắt phương Y**



**Hình 3.5: Biểu đồ so sánh mô men phương Y**



**Hình 3.6: Biểu đồ so sánh chuyển vị phương X**



**Hình 3.7: Biểu đồ so sánh chuyển vị phương Y**

### **3.8. Nhận xét và đánh giá**

Sau khi tính toán, kết quả tính toán cho ta thấy với cùng một loại gia tốc nền, lực động đất xác định theo phương pháp giá trị phổ phản ứng lớn hơn lực động đất xác định theo phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương và phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động. Nội lực gây ra cho công trình tính theo phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương lớn hơn nội lực gây ra cho công trình tính theo phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động 15%. Nội lực gây ra cho công trình tính theo phương pháp giá trị phổ phản ứng lớn hơn nội lực gây ra cho công trình tính theo phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương 25%. Chuyển vị của công trình tính theo phương pháp giá trị phổ phản ứng lớn hơn chuyển vị của công trình tính theo phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương và phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động. Như vậy tính toán theo phương pháp giá trị phổ phản ứng an toàn hơn so với phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương và phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động.



## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Như vậy, trong phạm vi của đề tài, ta đã nghiên cứu, tính toán được tác động của tải trọng gió động và động đất lên công trình. Trong 3 phương pháp tính toán tải trọng động đất tác dụng lên công trình ta thấy phương pháp giá trị phổ phản ứng có nhiều ưu điểm hơn so với phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương và phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động. Phương pháp này có thể áp dụng cho các công trình có kết cấu phức tạp, độ cao lớn, phương pháp tính toán đơn giản, không phức tạp như 2 phương pháp còn lại.

Nghiên cứu trên đây mới chỉ đề cập đến sự tác động của tải trọng động lên công trình có độ cao dưới 20 tầng. Với những công trình có độ cao lớn trên 20 tầng cần phải tiếp tục nghiên cứu và xem xét thêm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 2737:1995: Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế.
2. TCXD 229:1999: Chỉ dẫn tính toán thành phần động của tải trọng gió.
3. TCVN 9386:2012: Thiết kế công trình chịu động đất
4. TCXDVN 323:2004: Nhà cao tầng - Tiêu chuẩn thiết kế.
5. TCVN 5574:2012: Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế.
6. Kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép – PGS.TS Lê Thanh Huân. Nhà xuất bản xây dựng 2007.
7. Kết cấu nhà cao tầng (Bản dịch) – W.SULLO. Nhà xuất bản xây dựng 2008.
8. Hướng dẫn thiết kế kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép chịu động đất theo TCXDVN 375:2006.
9. Phân tích và thiết kế kết cấu bằng phần mềm SAP2000 – Bùi Đức Vinh. Nhà xuất bản thống kê.
10. Tập huấn KHCN sau đại học: Thiết kế nhà cao tầng – Bộ xây dựng – Viện khoa học công nghệ xây dựng.
11. Động đất và thiết kế công trình chịu động đất - Nguyễn Lê Ninh. Nhà xuất bản xây dựng 2006.
12. Nhà cao tầng chịu tác động của tải trọng ngang gió bão và động đất – Mai Hà San. Nhà xuất bản xây dựng 1991.