

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



TRẦN VŨ

**LUẬN VĂN THẠC SĨ
NGÀNH KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH
DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP**

HẢI PHÒNG - 2017

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

TRẦN VŨ

**TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG ĐỘNG DO GIÓ VÀ
ĐỘNG ĐẤT TÁC DỤNG LÊN NHÀ CAO TẦNG
TẠI HẢI PHÒNG**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG & CÔNG NGHIỆP

MÃ SỐ: 60.58.02.08

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

PGS.TS. PHẠM VĂN THỨ

LỜI CẢM ƠN

Tác giả luận văn xin trân trọng bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc nhất đối với PGS.TS Phạm Văn Thứ vì những ý tưởng khoa học độc đáo, những chỉ bảo sâu sắc về phương pháp mới để phân tích nội lực, chuyển vị bài toán dầm chịu uốn có xét đến biến dạng trượt ngang và những chia sẻ về kiến thức cơ học, toán học uyên bác của Giáo sư. Giáo sư đã tận tình giúp đỡ và cho nhiều chỉ dẫn khoa học có giá trị cũng như thường xuyên động viên, tạo mọi điều kiện thuận lợi, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu hoàn thành luận văn.

Tác giả xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học, các chuyên gia trong và ngoài trường Đại học Dân lập Hải Phòng đã tạo điều kiện giúp đỡ, quan tâm góp ý cho bản luận văn được hoàn thiện hơn.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn các cán bộ, giáo viên của Khoa xây dựng, Phòng đào tạo Đại học và Sau đại học - trường Đại học Dân lập Hải Phòng, và các đồng nghiệp đã tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ tác giả trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận văn.

Hải Phòng, ngày, tháng 11, năm 2017

Tác giả luận văn

Trần Vũ

LỜI CAM ĐOAN

Tôi Trần Vũ, tác giả luận văn này xin cam đoan rằng công trình này là do tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của thầy giáo PGS.TS Phạm Văn Thứ, công trình này chưa được công bố lần nào. Tôi xin chịu trách nhiệm về nội dung và lời cam đoan này.

Hải Phòng, ngày tháng năm 2017

Tác giả luận văn

Trần Vũ

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	i
LỜI CAM ĐOAN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC BẢNG	vi
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cần thiết của đề tài	1
2. Mục đích của đề tài	1
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	1
4. Phương pháp nghiên cứu	1
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	2
6. Bố cục luận văn	2
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG VÀ NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN.	3
1.1. Khái niệm về nhà cao tầng	3
1.1.1. Nguyên nhân xuất hiện nhà cao tầng	3
1.1.2. Định nghĩa và phân loại nhà cao tầng	3
1.2. Tải trọng tác động	5
1.3. Các vấn đề trong thiết kế nhà cao tầng	6
1.4. Sự làm việc của hệ kết cấu nhà cao tầng	6
1.4.1. Các hệ kết cấu chịu lực cơ bản của nhà cao tầng	6
1.4.2. Phương pháp lựa chọn hệ kết cấu nhà cao tầng	7
1.5. Nguyên lý tính toán kết cấu nhà cao tầng	10
1.5.1. Tải trọng	10
1.5.2. Nội dung và phương pháp tính toán	10
1.5.3. Các chỉ tiêu kiểm tra kết cấu	10

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN NHÀ CAO TẦNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG	12
2.1. Giả thiết tính toán	12
2.2. Sơ đồ tính toán	12
2.2.1. Sơ đồ phẳng tính toán theo hai chiều	12
2.2.2. Sơ đồ tính toán không gian	12
2.3. Các bước tính toán	12
2.4. Xác định tải trọng	13
2.4.1. Tải trọng thẳng đứng	13
2.4.2. Tải trọng động đất	14
2.4.3. Các phương pháp xác định tải trọng động đất	17
2.4.3.1. Cơ sở lý thuyết	18
2.4.3.2. Phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương	22
2.4.3.3. Phương pháp phân tích phổ phản ứng	23
2.4.4. Tải trọng gió	26
2.5. Tóm lược phương pháp phần tử hữu hạn	31
CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN NHÀ CAO TẦNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG	33
3.1. Giới thiệu công trình tính toán	33
3.2. Giới thiệu phần mềm áp dụng tính toán ETABS	33
3.3. Lập mô hình tính toán:	35
3.4. Tính toán tải trọng tĩnh tác dụng lên công trình	36
3.4.1. Tĩnh tải	36
3.4.2. Hoạt tải	39
3.5. Tính toán tải trọng gió tác động lên công trình	39
3.5.1. Tính toán thành phần tĩnh của tải trọng gió	39
3.5.2. Tính toán thành phần động của tải trọng gió	42
3.6. Tính toán tải trọng động đất tác động lên công trình	46
3.6.1. Phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương	46

3.6.2. Phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động	50
3.6.3. Phương pháp giá trị phổ phản ứng	58
3.7. Kết quả tính toán	60
3.8. Nhận xét và đánh giá.....	67
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	68
TÀI LIỆU THAM KHẢO	69
PHỤ LỤC TÍNH TOÁN	70

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1: Bảng chiều cao tối đa (m) và tỷ số giới hạn giữa chiều cao và chiều rộng H/B	7
Bảng 1.2: Bảng giới hạn của L, B, l.....	8
Bảng 1.3: Bảng bề rộng tối thiểu của khe kháng chấn (mm).....	8
Bảng 2.1: Bảng thang động đất MSK-64	14
Bảng 2.2: Bảng thang động đất Richter	16
Bảng 2.3: Bảng giá trị các tham số S, T_B, T_C, T_D	20
Bảng 2.4: Bảng giá trị các tham số S, T_B, T_C, T_D	25
Bảng 2.5: Bảng áp lực gió theo bản đồ phân vùng áp lực gió lãnh thổ Việt Nam..	27
Bảng 2.6: Bảng giá trị giới hạn của tần số dao động riêng f_L	28
Bảng 2.7: Bảng hệ số áp lực động của tải trọng gió ζ	28
Bảng 2.8: Bảng hệ số tương quan không gian áp lực động của tải trọng gió	29
Bảng 3.1: Kết quả tính toán nội lực theo phương X	60
Bảng 3.2: Kết quả tính toán nội lực theo phương Y	62
Bảng 3.3: Kết quả tính toán chuyển vị.....	63

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 về 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 “Tính toán tải trọng động do gió và động đất tác dụng lên nhà cao tầng 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 lớn, góp phần phát triển ứng dụng các công trình nhà cao tầng ở Việt Nam nói chung, ở Hải Phòng nói riêng, đây cũng là xu thế phát triển trong xây dựng và phát triển đô thị. 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

Không có một định nghĩa cố định và chính xác cho nhà cao tầng. Một nhà có được xem là cao tầng hay không phụ thuộc vào bối cảnh thời gian và không gian cụ thể. Thí dụ một nhà cao bảy tầng được xây dựng vào những năm ba mươi của thế kỷ trước thì được xem như là cao tầng, nhưng nếu được xây dựng vào những năm ba mươi của thế kỷ này thì có lẽ không được xem là cao tầng. Tương tự như vậy, một ngôi nhà cao mười tầng ở Myanmar có thể được xem là cao tầng nhưng ở Mỹ lại không được xem là cao tầng...

Tương quan giữa chiều cao của nhà với các công trình lân cận cũng là một yếu tố quan trọng để xem xét nó có phải là nhà cao tầng hay không. Một nhà cao mười tầng được xem là cao chót vót ở một miền quê yên bình của một tỉnh miền trung nước ta, nhưng lại lọt thỏm vào không gian của những công trình cao chót vót ở Hongkong.

Ngoài ra, tỉ lệ giữa chiều cao và chiều rộng của nhà cũng là một yếu tố quan trọng để xem xét một nhà có thuộc loại nhà cao tầng hay không. Đôi khi ta phải áp dụng tư duy thiết kế nhà cao tầng để thiết kế một nhà chỉ có chiều cao 30 mét, nhưng lại thiết kế một nhà cao 50 mét như một nhà thấp tầng, nếu chiều rộng của nhà cao 30 mét là 5 mét và chiều rộng của nhà cao 50 mét là 100 mét. Các công trình càng thanh mảnh thì ảnh hưởng của chiều cao đến việc thiết kế, thi công và vận hành công trình càng lớn.

Như vậy không có một định nghĩa hay tiêu chí nào cố định cho nhà cao tầng. Tuy nhiên, Ủy Ban Về Nhà Cao Tầng và Nhà Ở Đô Thị đưa ra khái niệm về nhà cao tầng như sau: “Một nhà được gọi là cao tầng nếu việc thiết kế, thi công và vận hành nó chịu ảnh hưởng của các đặc điểm liên quan đến chiều cao”.

Đứng trên quan điểm thiết kế kết cấu, một nhà được xem là cao tầng nếu tải trọng ngang, do ảnh hưởng của chiều cao của nó, quyết định đến việc thiết kế. Đối với công trình cao, ảnh hưởng của tải trọng ngang do gió gây ra là rất lớn. Công trình càng cao thì tải trọng này càng lớn. Nếu tải trọng này tác dụng lên nhà lớn đến mức nó quyết định đến ý đồ và phương pháp thiết kế kết cấu thì nhà đó được gọi là cao tầng. Trong thực tế, hầu hết các thiết kế về nhà cao tầng đều bị chi phối bởi chuyển vị ngang và sự dao động do gió gây ra.

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.

1.2. Tải trọng tác động

a. Tải trọng thẳng đứng

- Tải trọng thường xuyên: là các tải trọng tác dụng không biến đổi trong quá trình xây dựng và sử dụng công trình. Tải trọng thường xuyên gồm có Khối lượng các thành phần và công trình, gồm khối lượng các kết cấu chịu lực và các kết cấu bao che

- Tải trọng tạm thời: là các tải trọng có thể không có trong một giai đoạn nào đó của quá trình xây dựng và sử dụng.

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 dầm cột bố trí theo chu vi nhà với khoảng cách nhỏ tạo thành một hệ khung biến 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 lồi 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 độ đất	L/B	L/B _{max}	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 độ 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 hằng, 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 hằng cột tầng dưới. Nếu bắt buộc phải hằng 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 150mm/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 (bảng 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 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 2.1: 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
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	đến nhà và công trình
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 đứng vững, nứt lớp vữa, tường bị rạn nứt	Cấp động 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 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 động đất có mức độ hủy diệt
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 1935 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 (μm) 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 2.2: 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).

2.4.3. 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 đo 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.

2.4.3.1. 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 khuếch 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 ($a_g = \gamma_I * a_{gR}$)

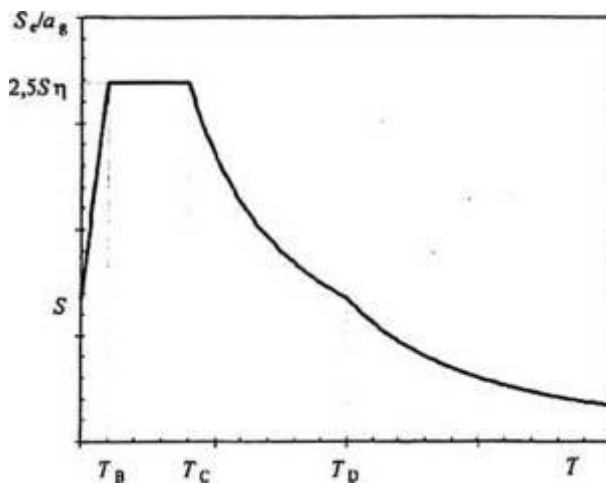
T_B – giới hạn dưới của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc

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

η - 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 2.3: 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 η có thể xác định bằng biểu thức:

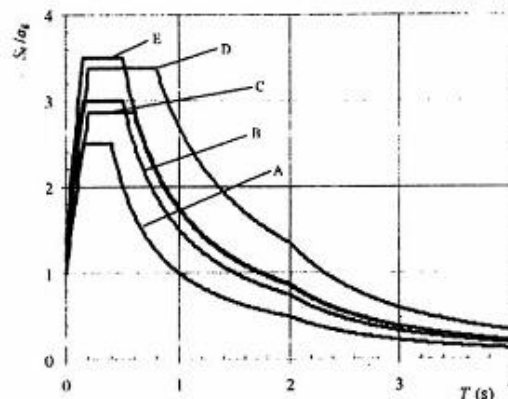
$$\eta = \frac{10}{(5 + \xi)} \geq 0.55$$

Trong đó: ξ - tỷ số cản nhót của kết cấu, tính bằng %

Trường hợp đặc biệt, khi tỉ số cản nhót 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 chuyên 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 nhớt 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:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T \leq T_B: & \quad S_D(T) = a_g * S * \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} * \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \\
 T_B < T \leq T_C: & \quad S_D(T) = a_g * S * \frac{2.5}{q} \\
 T_C < T \leq T_D: & \quad S_D(T) \begin{cases} = a_g * S * \frac{2.5}{q} * \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta * a_g \end{cases}
 \end{aligned}$$

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

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 = γ₁*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

β - hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương nằm ngang, β = 0.2

2.4.3.2. 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 T₁ 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

λ - 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

2.4.3.3. 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 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 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:

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

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

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

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

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 2.4: 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:

$$F_{X,i} = \bar{S}_d(T_i) * W_{X,i}$$

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

2.4.4. 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 2.5: 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 ²)	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 2.6: 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

ζ - hệ số áp lực động của tải trọng gió ở độ cao z

Bảng 2.7: Bảng hệ số áp lực động của tải trọng gió ζ

(Nguồn bảng 8 – TCVN 2737:1995)

Chiều cao z (m)	Hệ số áp lực động ζ đối với các dạng địa hình		
	A	B	C
≤ 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
≥ 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 2.8: 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: ξ - hệ số động lực (xác định theo mục 6.13.2 trong TCVN 2737:1995), phụ thuộc vào thông số ε và độ giảm lô-ga δ của dao động

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

γ - 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

ξ - hệ số động lực (xác định theo mục 6.13.2 trong TCVN 2737:1995), phụ thuộc vào thông số ε và độ giảm lô-ga δ của dao động

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

γ - 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

ψ - 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.

2.5. 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. Coi 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 trung tâm thương mại kết hợp khu chung cư tại Đường Thiên lôi, phường Kênh Dương, quận Lê Chân, thành phố Hải Phòng. Mục tiêu chính của dự án là cung cấp các căn hộ từ trung cấp đến cao cấp và khu trung tâm thương mại kết hợp giải trí đáp ứng nhu cầu của người dân thành phố Hải Phòng. Khu trung tâm thương mại kết hợp chung cư được xây dựng với 23 tầng có chiều cao 77m, kích thước 54m x 22.5m. Công trình sử dụng hệ kết cấu khung vách, cột BTCT có tiết diện 40x120, dầm BTCT có tiết diện 22x40, 40x60, Vách BTCT dày 35 bố trí tại giữa 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). Những điểm nổi trội của ETABS so với các chương trình khác trong phân tích kết cấu cho hệ thống công trình sử dụng ETABS có thể đưa đến việc giảm rõ rệt thời gian yêu cầu trong việc xây dựng mô hình tính, giảm thời gian xử lý và tăng độ chính xác. Sở dĩ như vậy bởi vì ETABS thực hiện đưa vào các tính năng điển hình cho bài toán hệ các công trình dân dụng (công trình) trong xây dựng mà các hệ chương trình khác có thể không nhận ra. ETABS còn có các ưu điểm mà một số phần mềm khác không có như Giao diện đồ họa thân thiện, Vào số liệu, chỉnh sửa và sao chép dễ dàng bởi hệ thống thực đơn, thanh công cụ, Tăng tốc nhập liệu nhà cao tầng bằng khái niệm tầng tương tự, Có thể mô hình các dạng kết cấu nhà cao tầng: Hệ kết cấu dầm, sàn, cột, vách toàn khối; Hệ kết cấu dầm, cột, sàn lắp ghép, lõi toàn khối... - Các thư viện kết cấu sẵn có hoặc xây dựng sơ đồ kết cấu: dầm, sàn, cột, vách trên mặt bằng hoặc mặt đứng công trình bằng các công cụ

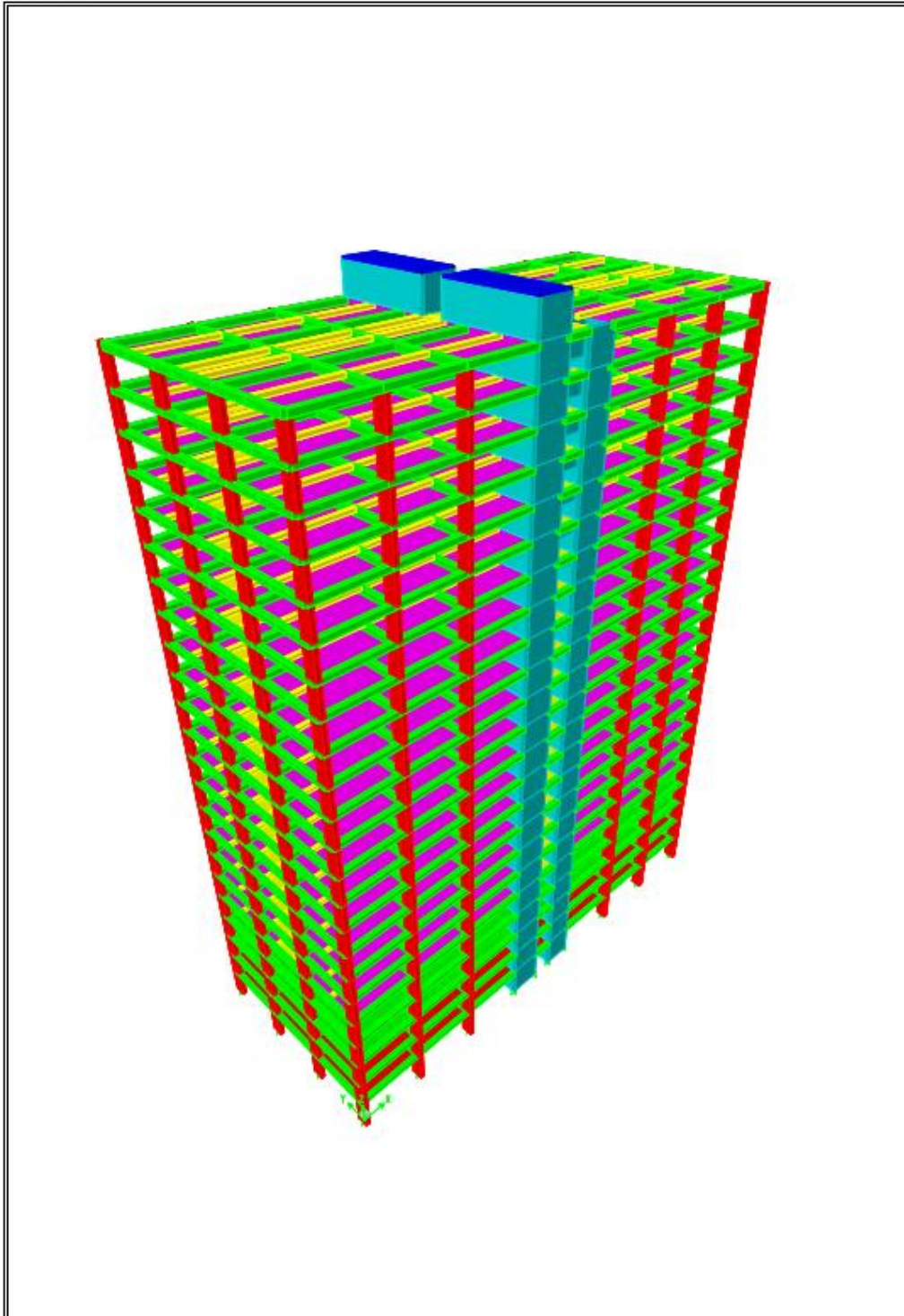
mô hình đặc biệt. Phần mềm ETABS được xây dựng dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, là phương pháp phân tích kết cấu gần đúng bằng cách chia tách hệ kết cấu thành các phần tử đơn giản được định nghĩa trước. Trong ETABS có hai đối tượng cơ bản là phần tử Frame (thanh) và phần tử Shell (tấm). Tùy thuộc 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 có các dạng phân tích như: Phân tích phản ứng dưới tác dụng của tải trọng tĩnh và vật liệu đàn hồi tuyến tính, Phân tích phi tuyến bậc hai P-Delta có kể đến ảnh hưởng của hiện tượng uốn dọc và là cơ sở của việc giải quyết bài toán ổn định của hệ kết cấu, Phân tích động lực học cho phép xác định tần số và dạng dao động riêng với các dạng tải trọng động khác nhau như các tải trọng theo hàm điều hoà, tải trọng động đất, gió động..., Phân tích tác động và phản ứng của công trình theo thời gian (time history), Phân tích theo phổ phản ứng (Response Spectrum) xét tác động của động đất theo gia tốc nền, Các dạng tổ hợp tải trọng tác động: Tổ hợp đại số, tổ hợp bậc hai toàn phần CQC, tổ hợp căn bậc hai của tổng bình phương SRSS, tổ hợp hỗn hợp, và tính chất bao nội lực ENVELOPE. 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, Ngoài ra, ETABS có thể tính toán và thiết kế cho cấu kiện dầm tổ hợp (Composite Beam), thực hiện thiết kế chi tiết liên kết tại các nút đối với kết cấu thép (Joint Steel Design) theo các tiêu chuẩn thông dụng trên thế giới. 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 chuyên vị (dùng để kiểm tra kết cấu ở trạng thái giới hạn về điều kiện sử dụng).

3.3. Lập mô hình tính toán:

ETABS

KCS



ETABS v9.7.4 - File: Ket cau nha 77m - April 14,2017 15:10
3-D View - Ton-m Units

Hình 3.1: Mô hình tính toán

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

* Tiêu chuẩn áp dụng

- Tiêu chuẩn TCVN 2737 : 1995 - Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế
- Tiêu chuẩn TCXD 229 : 1999 - Hướng dẫn tính toán thành phần động của tải trọng Gió - Tiêu chuẩn thiết kế
- Tiêu chuẩn TCVN 9386 : 2012 - Thiết kế công trình chịu tải trọng Động đất - Tiêu chuẩn thiết kế

3.4.1. Tĩnh tải

*Đơn vị sử dụng

- Chiều dày cấu kiện: mm
- Trọng lượng riêng (g): kG/m³
- Tải trọng phân bố: kG/m² ; kG/m
- Tải trọng tập trung: T
- Chiều cao tầng: m

a. Tải trọng bản thân

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

b. Các loại sàn

* Sàn tầng hầm

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- Lớp chống thấm	15	1800	27	1.1	30
- Lớp bê tông tạo dốc	20	2500	50	1.1	55
- Tổng trọng lượng các lớp hoàn thiện:			77		85

* Sàn khu vực thương mại, văn phòng, căn hộ, hành lang

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- Lớp gạch lát	10	2000	20	1.1	22
- Lớp vữa lót	40	1800	72	1.3	94
- Lớp trần giả			50	1.2	60
- Tổng trọng lượng các lớp hoàn thiện:			142		176

* Sàn mái

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- Tấm đan bê tông cách nhiệt	40	1800	72	1.1	79
- Gạch chỉ kê tấm đan			126	1.1	139
- Vữa xi măng cát chống thấm	20	2500	50	1.2	60
- Lớp chống thấm tương đương Sika	30	1800	54	1.3	70
- Trần giả			50	1.2	60
- Tổng trọng lượng các lớp hoàn thiện:			352		408

* Cầu thang

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- Mặt bậc	20	2000	40	1.3	52
- Bậc xây gạch	160	1800	288	1.1	317
- Bản bê tông chịu lực	150	2500	375	1.1	413
- Lớp vữa lót, trát trần	40	1800	72	1.3	94
- Tổng trọng lượng các lớp hoàn thiện:			775		875

c. Tường xây, vách kính.

* Tường xây gạch đặc dày 220.

Cao: **2.6** (m)

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- 2 lớp trát	30	1800	140	1.3	183
- Gạch xây	220	1800	1030	1.1	1133
- Tải tường phân bố trên 1m dài:			1170		1315
- Tải tường có cửa có tính đến hệ số cửa:		0.75	878		986

* Tường xây gạch rỗng dày 220.

Cao: **2.6** (m)

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- 2 lớp trát	30	1800	140	1.3	183
- Gạch xây	220	1500	858	1.1	944
- Tải tường phân bố trên 1m dài:			998		1126
- Tải tường có cửa có tính đến hệ số cửa:		0.75	749		845

* Tường xây gạch rỗng dày 110.

Cao: **2.8** (m)

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- 2 lớp trát	30	1800	151	1.3	197
- Gạch xây	110	1500	462	1.1	508
- Tải tường phân bố trên 1m dài:			613		705
- Tải tường có cửa có tính đến hệ số cửa:		0.75	460		529

* Vách kính.

Cao: **2.8** (m)

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- Vách kính		50	140	1.3	182
- Tải tường phân bố trên 1m dài:			140		182

* Vách kính.

Cao: **4** (m)

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	g	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
- Vách kính		50	200	1.3	260
- Tải tường phân bố trên 1m dài:			200		260

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} (kg/m ²)	g_f	q_{tt} (kg/m ²)
- Phòng ngủ	150	1.3	195
- Phòng khách, phòng ăn, vệ sinh	150	1.3	195
- Triển lãm, trưng bày, cửa hàng	400	1.2	480
- Sảnh, phòng giải lao, cầu thang	300	1.2	360
- Mái bê tông không có người sử dụng	75	1.3	98
- Gara để xe	500	1.2	600
- Phòng ngủ	150	1.3	195
- Phòng khách, phòng ăn, vệ sinh	150	1.3	195

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: Tỉnh, thành:
Quận, huyện:
Vùng gió:
Dạng địa hình:
- Cao độ của mặt đất so với mặt móng (m):

Thành phố Hải Phòng

Quận Lê Chân

IV-B

C

0.0

* Các thông số dẫn xuất:

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
- Giá trị áp lực gió	W_o	1.55	kN/m ²	Bảng 4
- 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:**

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

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 mặt 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_j (m)	Z_j (m)	k_j	L_{Yj} (m)	W_{Xj} (T)
1	TUM	3.2	77.2	1.440	22.5	27.0
2	STORY23	3.2	74.0	1.429	22.5	26.8
3	STORY22	3.2	70.8	1.418	22.5	26.6
4	STORY21	3.2	67.6	1.407	22.5	26.4
5	STORY20	3.2	64.4	1.395	22.5	26.2
6	STORY19	3.2	61.2	1.384	22.5	26.0
7	STORY18	3.2	58.0	1.372	22.5	25.7
8	STORY17	3.2	54.8	1.359	22.5	25.5
9	STORY16	3.2	51.6	1.346	22.5	25.2
10	STORY15	3.2	48.4	1.330	22.5	24.9
11	STORY14	3.2	45.2	1.311	22.5	24.6
12	STORY13	3.2	42.0	1.292	22.5	24.2
13	STORY12	3.2	38.8	1.273	22.5	23.9
14	STORY11	3.2	35.6	1.254	22.5	23.5
15	STORY10	3.2	32.4	1.234	22.5	23.1
16	STORY9	3.2	29.2	1.213	22.5	22.7
17	STORY8	3.2	26.0	1.184	22.5	22.2
18	STORY7	3.2	22.8	1.155	22.5	21.7
19	STORY6	3.2	19.6	1.126	22.5	21.1
20	STORY5	3.2	16.4	1.094	22.5	20.5
21	STORY4	3.2	13.2	1.051	22.5	19.7
22	STORY3	3.2	10.0	1.000	22.5	18.8
23	STORY2	3.2	6.8	0.923	22.5	17.3
24	STORY1	3.6	3.6	0.824	22.5	17.4
SUM						560.9

Ghi chú: Z_j là cao độ của tầng thứ j so với mặt đất

*** Bảng giá trị tải trọng gió theo phương Y:**

STT	Tầng	H (m)	Z _j (m)	k _j	L _{xj} (m)	W _{Yj} (T)
1	TUM	3.2	77.2	1.440	54.0	64.8
2	STORY23	3.2	74.0	1.429	54.0	64.3
3	STORY22	3.2	70.8	1.418	54.0	63.8
4	STORY21	3.2	67.6	1.407	54.0	63.3
5	STORY20	3.2	64.4	1.395	54.0	62.8
6	STORY19	3.2	61.2	1.384	54.0	62.3
7	STORY18	3.2	58.0	1.372	54.0	61.7
8	STORY17	3.2	54.8	1.359	54.0	61.2
9	STORY16	3.2	51.6	1.346	54.0	60.6
10	STORY15	3.2	48.4	1.330	54.0	59.9
11	STORY14	3.2	45.2	1.311	54.0	59.0
12	STORY13	3.2	42.0	1.292	54.0	58.1
13	STORY12	3.2	38.8	1.273	54.0	57.3
14	STORY11	3.2	35.6	1.254	54.0	56.4
15	STORY10	3.2	32.4	1.234	54.0	55.5
16	STORY9	3.2	29.2	1.213	54.0	54.6
17	STORY8	3.2	26.0	1.184	54.0	53.3
18	STORY7	3.2	22.8	1.155	54.0	52.0
19	STORY6	3.2	19.6	1.126	54.0	50.7
20	STORY5	3.2	16.4	1.094	54.0	49.2
21	STORY4	3.2	13.2	1.051	54.0	47.3
22	STORY3	3.2	10.0	1.000	54.0	45.0
23	STORY2	3.2	6.8	0.923	54.0	41.5
24	STORY1	3.6	3.6	0.824	54.0	41.7
SUM						1346.3

Ghi chú: Z_j là cao độ của tầng thứ j so với mặt đất

3.5.2. Tính toán thành phần động của tải trọng gió

*** Đặc điểm công trình:**

- Địa điểm xây dựng:	Tỉnh, thành:	Thành phố Hải Phòng
	Quận, huyện:	Quận Lê Chân
	Vùng gió:	IV-B
	Dạng địa hình:	B
- Cao độ của mặt đất so với mặt móng (m):		0.0
- Kích thước mặt bằng trung bình theo cạnh X, Lx (m):		54.0
- Kích thước mặt bằng trung bình theo cạnh Y, Ly (m):		22.5
- Cao độ của đỉnh công trình so với mặt đất (m):		77.2

*** Các thông số dẫn xuất:**

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
- Giá trị áp lực gió	W_o	1.55	kN/m ²	Bảng 4 (TCVN 2737:1995)
- Hệ số độ tin cậy của tải trọng gió	g	1.20		
- Giá trị giới hạn của tần số	f_L	1.7	H _z	Bảng 9 (TCVN 2737:1995)
- Tham số xác định hệ số v ₁	c	77.2	m	Bảng 11 (TCVN 2737:1995)
- Tham số xác định hệ số v _{1X}	r_{1X}	22.5	m	Bảng 11 (TCVN 2737:1995)
- Tham số xác định hệ số v _{1Y}	r_{1Y}	54.0	m	Bảng 11 (TCVN 2737:1995)
- Hệ số tương quan không gian	n_{1X}	0.677		Bảng 10 (TCVN 2737:1995)
- Hệ số tương quan không gian	n_{1Y}	0.608		Bảng 10 (TCVN 2737:1995)

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

$$W_{pij} = M_j * x_i * y_i * y_{ji}$$

Trong đó:

- M_j : khối lượng của tầng thứ j
- x_i : hệ số động lực ứng với dạng dao động thứ i
- y_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):

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{\gamma \times W_o}}{940 \times f_i}$$

Trong đó:

- W_o : tính với đơn vị là N/m^2
- f_i : tần số của giao động riêng thứ 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:

$$W_{Fj} = W_j * z_j * n_i$$

Trong đó:

- W_j : giá trị tính toán thành phần tĩnh của tải trọng gió tác dụng lên tầng thứ j
- z_j : hệ số áp lực động của tải trọng gió, thay đổi theo độ cao, (bảng 3 tiêu chuẩn TCXD 229:1999)
- n_i : hệ số tương quan không gian ứng với dạng dao động thứ i (table 4, and 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	2.12	0.47	1.36	0.73
2	0.55	1.83	0.30	3.34
3	0.24	4.08	0.13	7.81
4	0.14	7.00	0.08	13.12
5	0.10	10.42	0.05	18.88

- 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 thứ 1:**

STT	Tầng	M_j (T.s ² /m)	z_j	W_{Fj} (kN)	y_{ji}	$y_{ji}W_{Fj}$	$y_{ji}^2M_j$	W_{pjiX} (T)
1	TUM	11.4	0.406	74.2	1.0000	7.42	11.4	1.5
2	STORY23	156.4	0.409	74.3	0.9603	7.13	144.2	19.5
3	STORY22	171.6	0.413	74.3	0.9208	6.84	145.5	20.6
4	STORY21	171.6	0.416	74.3	0.8803	6.54	133.0	19.7
5	STORY20	171.6	0.419	74.3	0.8386	6.23	120.7	18.7
6	STORY19	171.6	0.423	74.3	0.7954	5.91	108.5	17.8
7	STORY18	171.6	0.425	73.9	0.7506	5.55	96.7	16.8
8	STORY17	171.6	0.425	73.4	0.7042	5.17	85.1	15.7
9	STORY16	171.6	0.426	72.8	0.6564	4.78	73.9	14.7
10	STORY15	171.6	0.427	72.1	0.6071	4.38	63.2	13.6
11	STORY14	171.6	0.428	71.2	0.5567	3.96	53.2	12.4
12	STORY13	171.6	0.429	70.3	0.5053	3.55	43.8	11.3
13	STORY12	171.6	0.431	69.6	0.4535	3.16	35.3	10.1
14	STORY11	171.6	0.435	69.3	0.4015	2.78	27.7	9.0
15	STORY10	171.6	0.440	68.9	0.3498	2.41	21.0	7.8
16	STORY9	171.6	0.444	68.4	0.2990	2.04	15.3	6.7
17	STORY8	171.6	0.449	67.4	0.2497	1.68	10.7	5.6
18	STORY7	171.6	0.453	66.5	0.2024	1.35	7.0	4.5
19	STORY6	171.6	0.458	65.5	0.1580	1.03	4.3	3.5
20	STORY5	171.6	0.467	64.9	0.1172	0.76	2.4	2.6
21	STORY4	179.6	0.477	63.6	0.0811	0.52	1.2	1.9
22	STORY3	179.6	0.486	61.7	0.0504	0.31	0.5	1.2
23	STORY2	195.4	0.506	59.3	0.0260	0.15	0.1	0.7
24	STORY1	198.4	0.517	60.8	0.0088	0.05	0.0	0.2
SUM						83.72	1204.5	236.0

- Các thông số khác:

Thông số	e_i	x_i	y_i
Giá trị	0.097	1.873	0.070

* Bảng giá trị tải trọng gió theo phương Y ứng với dạng dao động thứ 1:

STT	Tầng	M_j (T.s ² /m)	z_j	W_{Fj} (kN)	y_{ji}	$y_{ji}W_{Fj}$	$y_{ji}^2M_j$	W_{pji} x (T)
1	TUM	11.4	0.406	160.0	1.0000	16.00	11.4	3.0
2	STORY23	156.4	0.409	160.0	0.9510	15.22	141.4	39.3
3	STORY22	171.6	0.413	160.1	0.9019	14.44	139.6	40.9
4	STORY21	171.6	0.416	160.1	0.8523	13.65	124.6	38.7
5	STORY20	171.6	0.419	160.1	0.8021	12.84	110.4	36.4
6	STORY19	171.6	0.423	160.1	0.7513	12.03	96.8	34.1
7	STORY18	171.6	0.425	159.4	0.7000	11.16	84.1	31.8
8	STORY17	171.6	0.425	158.2	0.6484	10.25	72.1	29.4
9	STORY16	171.6	0.426	157.0	0.5965	9.36	61.0	27.1
10	STORY15	171.6	0.427	155.4	0.5445	8.46	50.9	24.7
11	STORY14	171.6	0.428	153.4	0.4928	7.56	41.7	22.4
12	STORY13	171.6	0.429	151.5	0.4415	6.69	33.4	20.0
13	STORY12	171.6	0.431	150.0	0.3910	5.86	26.2	17.7
14	STORY11	171.6	0.435	149.3	0.3417	5.10	20.0	15.5
15	STORY10	171.6	0.440	148.5	0.2938	4.36	14.8	13.3
16	STORY9	171.6	0.444	147.4	0.2479	3.65	10.5	11.3
17	STORY8	171.6	0.449	145.3	0.2044	2.97	7.2	9.3
18	STORY7	171.6	0.453	143.2	0.1637	2.34	4.6	7.4
19	STORY6	171.6	0.458	141.2	0.1263	1.78	2.7	5.7
20	STORY5	171.6	0.467	139.9	0.0927	1.30	1.5	4.2
21	STORY4	179.6	0.477	137.1	0.0636	0.87	0.7	3.0
22	STORY3	179.6	0.486	133.0	0.0394	0.52	0.3	1.9
23	STORY2	195.4	0.506	127.8	0.0205	0.26	0.1	1.1
24	STORY1	198.4	0.517	131.1	0.0072	0.09	0.0	0.4
SUM						166.78	1056.1	438.5

- Các thông số khác:

Thông số	e_i	x_i	y_i
Giá trị	0.062	1.674	0.158

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:	Tỉnh, thành:	Hải Phòng
	Quận, huyện:	Quận Lê Chân
	Loại nền đất:	C
- Hệ số tầm quan trọng:	$g_1 =$	1.25
- Đặc điểm kết cấu:	Cấp dèo	DCM
	Loại kết cấu:	Hệ khung, hoặc tương đương khung
	Theo mặt đứng:	Đều đặn theo mặt đứng
	$k_w =$	1.00

* Các thông số dẫn xuất:

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
- Gia tốc nền quy đổi	a_{gRo}	0.1293		Bảng tra Phụ lục I
- Gia tốc nền	a_{gR}	1.2684	m/s^2	$a_{gR} = a_{gRo} \cdot g$
- Gia tốc nền thiết kế	a_g	1.5855	m/s^2	$a_g = a_{gR} \cdot g_1$
- Thông số xác định phổ	S	1.15		Bảng 3.2
	T_B	0.2	s	Bảng 3.2
	T_C	0.6	s	Bảng 3.2
	T_D	2	s	Bảng 3.2
- Hệ số ứng xử	q	3.9		Theo mục 5.2.2.2
- Hệ số xác định cận dưới	b	0.2		Theo mục 3.2.2.5
- Hệ số điều chỉnh	l	1		Theo mục 4.3.3.2.2

* **Giá trị phổ phản ứng thiết kế, S_d , được xác định bằng các biểu thức sau:**

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

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

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = \max \left(a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C}{T}; \beta \cdot a_g \right)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) = \max \left(a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}; \beta \cdot a_g \right)$$

* **Lực cắt đáy, F_b , được xác định theo công thức:**

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot l$$

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
- l : Hệ số điều chỉnh

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

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

Trong đó:

- s_i, s_j lần lượt là 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)	2.12
Giá trị phổ phiết kế, S_d (m/s ²)	0.3171
Tổng khối lượng, m (kN.s ² /m)	40090.8
Lực cắt đáy, F_{bx} (kN)	12713.1

STT	Tầng	m_i	S_i	$m_i.S_i$	F_{xi}
		(kN.s ² /m)		(kN.s ² /m)	(kN)
1	TUM	114.2	1.0000	114.2	80.1
2	STORY23	1563.5	0.9603	1501.4	1053.0
3	STORY22	1715.7	0.9208	1579.8	1108.0
4	STORY21	1715.7	0.8803	1510.4	1059.2
5	STORY20	1715.7	0.8386	1438.8	1009.0
6	STORY19	1715.7	0.7954	1364.6	957.0
7	STORY18	1715.7	0.7506	1287.8	903.2
8	STORY17	1715.7	0.7042	1208.3	847.4
9	STORY16	1715.7	0.6564	1126.1	789.8
10	STORY15	1715.7	0.6071	1041.6	730.5
11	STORY14	1715.7	0.5567	955.0	669.8
12	STORY13	1715.7	0.5053	867.0	608.0
13	STORY12	1715.7	0.4535	778.0	545.7
14	STORY11	1715.7	0.4015	688.8	483.1
15	STORY10	1715.7	0.3498	600.2	420.9
16	STORY9	1715.7	0.2990	513.0	359.8
17	STORY8	1715.7	0.2497	428.4	300.4
18	STORY7	1715.7	0.2024	347.3	243.6
19	STORY6	1715.7	0.1580	271.1	190.1
20	STORY5	1715.7	0.1172	201.1	141.1
21	STORY4	1796.4	0.0811	145.7	102.2
22	STORY3	1796.4	0.0504	90.5	63.5
23	STORY2	1954.1	0.0260	50.8	35.6
24	STORY1	1983.7	0.0088	17.5	12.3
SUM		40090.8		18127.6	12713.1

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

Chu kỳ dao động, T_{1y} (s)	1.36
Giá trị phổ phiết kế, S_d (m/s^2)	0.5153
Tổng khối lượng, m ($kN.s^2/m$)	40090.8
Lực cắt đáy, F_{bx} (kN)	20657.7

STT	Tầng	m_i	s_i	$m_i.s_i$	F_{yi}
		($kN.s^2/m$)		($kN.s^2/m$)	(kN)
1	TUM	114.2	1.0000	114.2	142.3
2	STORY23	1563.5	0.9510	1486.9	1852.2
3	STORY22	1715.7	0.9019	1547.4	1927.6
4	STORY21	1715.7	0.8523	1462.2	1821.5
5	STORY20	1715.7	0.8021	1376.1	1714.2
6	STORY19	1715.7	0.7513	1289.0	1605.7
7	STORY18	1715.7	0.7000	1201.0	1496.2
8	STORY17	1715.7	0.6484	1112.4	1385.8
9	STORY16	1715.7	0.5965	1023.4	1274.8
10	STORY15	1715.7	0.5445	934.2	1163.8
11	STORY14	1715.7	0.4928	845.5	1053.2
12	STORY13	1715.7	0.4415	757.5	943.6
13	STORY12	1715.7	0.3910	670.8	835.7
14	STORY11	1715.7	0.3417	586.2	730.2
15	STORY10	1715.7	0.2938	504.1	628.0
16	STORY9	1715.7	0.2479	425.3	529.8
17	STORY8	1715.7	0.2044	350.6	436.8
18	STORY7	1715.7	0.1637	280.8	349.8
19	STORY6	1715.7	0.1263	216.7	269.9
20	STORY5	1715.7	0.0927	159.1	198.2
21	STORY4	1796.4	0.0636	114.3	142.4
22	STORY3	1796.4	0.0394	70.9	88.3
23	STORY2	1954.1	0.0205	40.0	49.9
24	STORY1	1983.7	0.0072	14.3	17.9
SUM		40090.8		16582.9	20657.7

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

* Đặc điểm công trình

- Địa điểm xây dựng:	Tỉnh, thành:	Hải Phòng
	Quận, huyện:	Quận Lê Chân
	Loại nền đất:	C
- Hệ số tầm quan trọng:	$g_1 =$	1.25
- Đặc điểm kết cấu:	Cấp dèo	DCM
	Loại kết cấu:	Hệ khung, hoặc tương đương khung
	Theo mặt đứng	Đều đặn theo mặt đứng
	$k_w =$	1.00

* Các thông số dẫn xuất:

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
- Gia tốc nền quy đổi	a_{gRo}	0.1293		Bảng tra Phụ lục I
- Gia tốc nền	a_{gR}	1.2684	m/s ²	$a_{gR} = a_{gRo} \cdot g$
- Gia tốc nền thiết kế	a_g	1.5855	m/s ²	$a_g = a_{gR} \cdot g_1$
- Thông số xác định phổ	S	1.15		Bảng 3.2
	T_B	0.2	s	Bảng 3.2
	T_C	0.6	s	Bảng 3.2
	T_D	2	s	Bảng 3.2
- Hệ số ứng xử	q	3.9		Theo mục 5.2.2.2
- Hệ số xác định cận dưới	b	0.2		Theo mục 3.2.2.5

* Giá trị phổ phản ứng thiết kế, S_d , được xác định bằng các biểu thức sau:

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

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

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = \max \left(a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C}{T}; \beta \cdot a_g \right)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) = \max \left(a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}; \beta \cdot a_g \right)$$

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

Theo phương X				Theo phương Y			
Dạng	Chu kỳ	Phần trăm khối lượng hữu hiệu	Tổng phần trăm khối lượng hữu hiệu	Dạng	Chu kỳ	Phần trăm khối lượng hữu hiệu	Tổng phần trăm khối lượng hữu hiệu
Mode 1	2.12	68.0	68.0	Mode 1	1.36	64.9	64.9
Mode 2	0.55	15.3	83.4	Mode 2	0.30	18.7	83.7
Mode 3	0.24	6.5	89.8	Mode 3	0.13	7.2	90.9
Mode 4	0.14	3.6	93.4	Mode 4	0.08	3.7	94.6
Mode 5	0.10	2.2	95.6	Mode 5	0.05	2.0	96.6

Số dạng dao động được xét đến theo phương X:

3

Số dạng dao động được xét đến theo phương Y:

3

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

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

Trong đó:

- F_{kj} : Lực động đất tác dụng lên khối lượng thứ k trong dạng dao động thứ j
- Φ_{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)

2.12

Giá trị phổ phiến kế, S_d (m/s²)

0.3171

STT	Tầng	m_k	F_j	$m_k \cdot F_{kj}$	$m_k \cdot F_{kj}^2$	F_{xi}
		(kN.s ² /m)		(kN.s ² /m)	(kN.s ² /m)	(kN)
1	TUM	114.2	1.0000	114.2	114.2	54.5
2	STORY23	1563.5	0.9603	1501.4	1441.8	716.5
3	STORY22	1715.7	0.9208	1579.8	1454.7	753.9
4	STORY21	1715.7	0.8803	1510.4	1329.6	720.8
5	STORY20	1715.7	0.8386	1438.8	1206.5	686.6
6	STORY19	1715.7	0.7954	1364.6	1085.4	651.2
7	STORY18	1715.7	0.7506	1287.8	966.6	614.6
8	STORY17	1715.7	0.7042	1208.3	850.9	576.6
9	STORY16	1715.7	0.6564	1126.1	739.1	537.4
10	STORY15	1715.7	0.6071	1041.6	632.3	497.1
11	STORY14	1715.7	0.5567	955.0	531.6	455.8
12	STORY13	1715.7	0.5053	867.0	438.1	413.8
13	STORY12	1715.7	0.4535	778.0	352.8	371.3
14	STORY11	1715.7	0.4015	688.8	276.6	328.7
15	STORY10	1715.7	0.3498	600.2	210.0	286.4
16	STORY9	1715.7	0.2990	513.0	153.4	244.8
17	STORY8	1715.7	0.2497	428.4	106.9	204.4
18	STORY7	1715.7	0.2024	347.3	70.3	165.7
19	STORY6	1715.7	0.1580	271.1	42.8	129.4
20	STORY5	1715.7	0.1172	201.1	23.6	96.0
21	STORY4	1796.4	0.0811	145.7	11.8	69.5
22	STORY3	1796.4	0.0504	90.5	4.6	43.2
23	STORY2	1954.1	0.0260	50.8	1.3	24.2
24	STORY1	1983.7	0.0088	17.5	0.2	8.4
SUM		40090.8		18127.6	12045.4	8651.0

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

Chu kỳ dao động, T (s)

0.55

Giá trị phổ phiệt kế, S_d (m/s²)

1.1688

STT	Tầng	m_k	F_j	$m_k \cdot F_{kj}$	$m_k \cdot F_{kj}^2$	F_{xi}
		(kN.s ² /m)		(kN.s ² /m)	(kN.s ² /m)	(kN)
1	TUM	114.2	1.0000	114.2	114.2	-109.6
2	STORY23	1563.5	0.8471	1324.4	1121.8	-1270.6
3	STORY22	1715.7	0.6925	1188.1	822.8	-1139.8
4	STORY21	1715.7	0.5330	914.5	487.5	-877.4
5	STORY20	1715.7	0.3704	635.4	235.3	-609.6
6	STORY19	1715.7	0.2070	355.1	73.5	-340.7
7	STORY18	1715.7	0.0464	79.6	3.7	-76.3
8	STORY17	1715.7	-0.1074	-184.2	19.8	176.7
9	STORY16	1715.7	-0.2499	-428.8	107.2	411.4
10	STORY15	1715.7	-0.3771	-647.0	244.0	620.7
11	STORY14	1715.7	-0.4849	-832.0	403.5	798.2
12	STORY13	1715.7	-0.5702	-978.3	557.8	938.5
13	STORY12	1715.7	-0.6304	-1081.6	681.9	1037.6
14	STORY11	1715.7	-0.6641	-1139.4	756.7	1093.1
15	STORY10	1715.7	-0.6709	-1151.1	772.3	1104.3
16	STORY9	1715.7	-0.6517	-1118.1	728.6	1072.6
17	STORY8	1715.7	-0.6084	-1043.8	635.1	1001.4
18	STORY7	1715.7	-0.5444	-934.0	508.5	896.1
19	STORY6	1715.7	-0.4641	-796.2	369.5	763.9
20	STORY5	1715.7	-0.3730	-640.0	238.8	614.0
21	STORY4	1796.4	-0.2780	-499.4	138.8	479.1
22	STORY3	1796.4	-0.1857	-333.6	62.0	320.1
23	STORY2	1954.1	-0.1033	-201.9	20.9	193.7
24	STORY1	1983.7	-0.0387	-76.8	3.0	73.7
SUM		40090.8		-7474.9	9107.0	7171.1

*** Bảng giá trị lực động đất theo phương X, dạng dao động thứ 3**

Chu kỳ dao động, T (s)

0.24

Giá trị phổ phiết kế, S_d (m/s²)

1.1688

STT	Tầng	m_k	F_j	$m_k \cdot F_{kj}$	$m_k \cdot F_{kj}^2$	F_{xi}
		(kN.s ² /m)		(kN.s ² /m)	(kN.s ² /m)	(kN)
1	TUM	114.2	1.0000	114.2	114.2	73.8
2	STORY23	1563.5	0.7566	1183.0	895.1	764.2
3	STORY22	1715.7	0.5016	860.5	431.6	555.9
4	STORY21	1715.7	0.2396	411.2	98.5	265.6
5	STORY20	1715.7	-0.0138	-23.7	0.3	-15.3
6	STORY19	1715.7	-0.2410	-413.5	99.7	-267.1
7	STORY18	1715.7	-0.4239	-727.3	308.3	-469.8
8	STORY17	1715.7	-0.5473	-939.1	514.0	-606.7
9	STORY16	1715.7	-0.6012	-1031.5	620.1	-666.4
10	STORY15	1715.7	-0.5820	-998.5	581.1	-645.1
11	STORY14	1715.7	-0.4935	-846.7	417.8	-547.0
12	STORY13	1715.7	-0.3465	-594.5	206.0	-384.1
13	STORY12	1715.7	-0.1579	-270.9	42.8	-175.0
14	STORY11	1715.7	0.0513	88.1	4.5	56.9
15	STORY10	1715.7	0.2583	443.1	114.4	286.3
16	STORY9	1715.7	0.4405	755.8	333.0	488.3
17	STORY8	1715.7	0.5790	993.3	575.1	641.7
18	STORY7	1715.7	0.6597	1131.8	746.7	731.2
19	STORY6	1715.7	0.6759	1159.7	783.8	749.2
20	STORY5	1715.7	0.6288	1078.9	678.5	697.0
21	STORY4	1796.4	0.5281	948.8	501.1	612.9
22	STORY3	1796.4	0.3901	700.7	273.3	452.7
23	STORY2	1954.1	0.2374	463.8	110.1	299.7
24	STORY1	1983.7	0.0976	193.6	18.9	125.1
SUM		40090.8		4680.9	8469.1	3024.0

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

Chu kỳ dao động, T (s)

1.36

Giá trị phổ phiến kế, S_d (m/s²)

0.5153

STT	Tầng	m_k	F_j	$m_k \cdot F_{kj}$	$m_k \cdot F_{kj}^2$	F_{yi}
		(kN.s ² /m)		(kN.s ² /m)	(kN.s ² /m)	(kN)
1	TUM	114.2	1.0000	114.2	114.2	92.4
2	STORY23	1563.5	0.9510	1486.9	1414.0	1203.0
3	STORY22	1715.7	0.9019	1547.4	1395.6	1252.0
4	STORY21	1715.7	0.8523	1462.2	1246.2	1183.0
5	STORY20	1715.7	0.8021	1376.1	1103.7	1113.3
6	STORY19	1715.7	0.7513	1289.0	968.4	1042.9
7	STORY18	1715.7	0.7000	1201.0	840.8	971.7
8	STORY17	1715.7	0.6484	1112.4	721.3	900.0
9	STORY16	1715.7	0.5965	1023.4	610.4	828.0
10	STORY15	1715.7	0.5445	934.2	508.7	755.9
11	STORY14	1715.7	0.4928	845.5	416.6	684.0
12	STORY13	1715.7	0.4415	757.5	334.4	612.8
13	STORY12	1715.7	0.3910	670.8	262.3	542.8
14	STORY11	1715.7	0.3417	586.2	200.3	474.3
15	STORY10	1715.7	0.2938	504.1	148.1	407.9
16	STORY9	1715.7	0.2479	425.3	105.4	344.1
17	STORY8	1715.7	0.2044	350.6	71.7	283.7
18	STORY7	1715.7	0.1637	280.8	46.0	227.2
19	STORY6	1715.7	0.1263	216.7	27.4	175.3
20	STORY5	1715.7	0.0927	159.1	14.8	128.7
21	STORY4	1796.4	0.0636	114.3	7.3	92.5
22	STORY3	1796.4	0.0394	70.9	2.8	57.3
23	STORY2	1954.1	0.0205	40.0	0.8	32.4
24	STORY1	1983.7	0.0072	14.3	0.1	11.6
SUM		40090.8		16582.9	10561.2	13416.8

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

Chu kỳ dao động, T (s)

0.30

Giá trị phổ phiệt kế, S_d (m/s²)

1.1688

STT	Tầng	m_k	F_j	$m_k \cdot F_{kj}$	$m_k \cdot F_{kj}^2$	F_{yi}
		(kN.s ² /m)		(kN.s ² /m)	(kN.s ² /m)	(kN)
1	TUM	114.2	1.0000	114.2	114.2	-119.5
2	STORY23	1563.5	0.8379	1310.1	1097.8	-1370.7
3	STORY22	1715.7	0.6726	1154.0	776.2	-1207.4
4	STORY21	1715.7	0.5032	863.3	434.4	-903.3
5	STORY20	1715.7	0.3324	570.3	189.6	-596.7
6	STORY19	1715.7	0.1634	280.4	45.8	-293.4
7	STORY18	1715.7	0.0000	0.0	0.0	0.0
8	STORY17	1715.7	-0.1538	-263.9	40.6	276.2
9	STORY16	1715.7	-0.2942	-504.7	148.5	528.1
10	STORY15	1715.7	-0.4172	-715.8	298.6	748.9
11	STORY14	1715.7	-0.5196	-891.5	463.3	932.8
12	STORY13	1715.7	-0.5988	-1027.4	615.3	1075.0
13	STORY12	1715.7	-0.6530	-1120.3	731.5	1172.1
14	STORY11	1715.7	-0.6811	-1168.6	795.9	1222.6
15	STORY10	1715.7	-0.6834	-1172.5	801.2	1226.7
16	STORY9	1715.7	-0.6609	-1133.9	749.4	1186.4
17	STORY8	1715.7	-0.6160	-1056.9	651.0	1105.8
18	STORY7	1715.7	-0.5518	-946.8	522.5	990.6
19	STORY6	1715.7	-0.4727	-811.0	383.3	848.5
20	STORY5	1715.7	-0.3836	-658.1	252.4	688.6
21	STORY4	1796.4	-0.2906	-522.0	151.7	546.2
22	STORY3	1796.4	-0.1997	-358.7	71.6	375.3
23	STORY2	1954.1	-0.1169	-228.4	26.7	239.0
24	STORY1	1983.7	-0.0485	-96.1	4.7	100.6
SUM		40090.8		-8384.2	9366.3	8772.1

*** Bảng giá trị lực động đất theo phương Y, dạng dao động thứ 3**

Chu kỳ dao động, T (s)

0.13

Giá trị phổ phiết kế, S_d (m/s²)

1.1856

STT	Tầng	m_k	F_j	$m_k \cdot F_{kj}$	$m_k \cdot F_{kj}^2$	F_{yi}
		(kN.s ² /m)		(kN.s ² /m)	(kN.s ² /m)	(kN)
1	TUM	114.2	1.0000	114.2	114.2	74.6
2	STORY23	1563.5	0.7637	1194.0	911.8	780.0
3	STORY22	1715.7	0.5097	874.5	445.7	571.2
4	STORY21	1715.7	0.2442	418.9	102.3	273.6
5	STORY20	1715.7	-0.0151	-25.9	0.4	-16.9
6	STORY19	1715.7	-0.2484	-426.2	105.9	-278.4
7	STORY18	1715.7	-0.4369	-749.6	327.5	-489.7
8	STORY17	1715.7	-0.5651	-969.5	547.8	-633.3
9	STORY16	1715.7	-0.6224	-1067.9	664.7	-697.6
10	STORY15	1715.7	-0.6053	-1038.6	628.7	-678.4
11	STORY14	1715.7	-0.5173	-887.5	459.1	-579.7
12	STORY13	1715.7	-0.3688	-632.7	233.3	-413.3
13	STORY12	1715.7	-0.1762	-302.3	53.3	-197.5
14	STORY11	1715.7	0.0397	68.1	2.7	44.5
15	STORY10	1715.7	0.2561	439.4	112.5	287.0
16	STORY9	1715.7	0.4505	772.9	348.1	504.8
17	STORY8	1715.7	0.6030	1034.6	623.9	675.8
18	STORY7	1715.7	0.6989	1199.2	838.1	783.3
19	STORY6	1715.7	0.7299	1252.3	914.0	818.0
20	STORY5	1715.7	0.6952	1192.7	829.1	779.1
21	STORY4	1796.4	0.6022	1081.8	651.5	706.7
22	STORY3	1796.4	0.4644	834.3	387.5	545.0
23	STORY2	1954.1	0.3026	591.3	178.9	386.3
24	STORY1	1983.7	0.1396	277.0	38.7	180.9
SUM		40090.8		5244.9	9519.8	3426.1

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:	Tỉnh, thành:	Hải Phòng
	Quận, huyện:	Quận Lê Chân
	Loại nền đất:	C
- Hệ số tầm quan trọng:	$g_1 =$	1.25
- Đặc điểm kết cấu:	Cấp dèo	DCM
	Loại kết cấu:	Hệ khung, hoặc tương đương khung
	Theo mặt đứng	Đều đặn theo mặt đứng
	$k_w =$	1.00

* Các thông số dẫn xuất:

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
- Gia tốc nền quy đổi	a_{gRo}	0.1293		Bảng tra Phụ lục I
- Gia tốc nền	a_{gR}	1.2684	m/s ²	$a_{gR} = a_{gRo} \cdot g$
- Gia tốc nền thiết kế	a_g	1.5855	m/s ²	$a_g = a_{gR} \cdot g_1$
- Thông số xác định phổ	S	1.15		Bảng 3.2
	T_B	0.2	s	
	T_C	0.6	s	
	T_D	2	s	
- Hệ số ứng xử	q	3.9		Theo mục 5.2.2.2
- Hệ số xác định cận dưới	b	0.2		Theo mục 3.2.2.5

* Giá trị phổ phản ứng thiết kế, S_d , được xác định bằng các biểu thức sau:

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

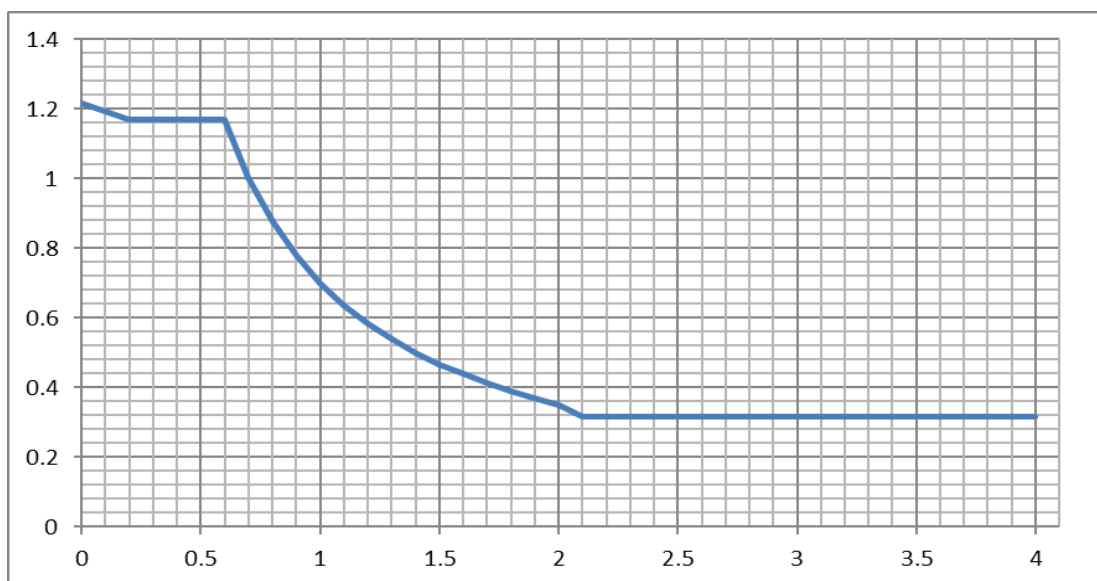
$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = \max \left(a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C}{T}; \beta \cdot a_g \right)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) = \max \left(a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}; \beta \cdot a_g \right)$$

*** Bảng giá trị của phổ phản ứng thiết kế**

STT	T (s)	S _d (m/s ²)	STT	T (s)	S _d (m/s ²)
1	0.0000	1.2156	21	2.1000	0.3180
2	0.1000	1.1922	22	2.2000	0.3171
3	0.2000	1.1688	23	2.3000	0.3171
4	0.3000	1.1688	24	2.4000	0.3171
5	0.4000	1.1688	25	2.5000	0.3171
6	0.5000	1.1688	26	2.6000	0.3171
7	0.6000	1.1688	27	2.7000	0.3171
8	0.7000	1.0019	28	2.8000	0.3171
9	0.8000	0.8766	29	2.9000	0.3171
10	0.9000	0.7792	30	3.0000	0.3171
11	1.0000	0.7013	31	3.1000	0.3171
12	1.1000	0.6375	32	3.2000	0.3171
13	1.2000	0.5844	33	3.3000	0.3171
14	1.3000	0.5395	34	3.4000	0.3171
15	1.4000	0.5009	35	3.5000	0.3171
16	1.5000	0.4675	36	3.6000	0.3171
17	1.6000	0.4383	37	3.7000	0.3171
18	1.7000	0.4125	38	3.8000	0.3171
19	1.8000	0.3896	39	3.9000	0.3171
20	1.9000	0.3691	40	4.0000	0.3171
21	2.0000	0.3506			



S_d (m/s²) - T (s)

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	
	V3	M2	V3	M2	V3	M2
TUM	129.81	79.359	110.68	57.243	221.52	-160.89
STORY23	102.74	58.862	87.98	44.35	150.95	-77.065
STORY22	109.03	64.6	93.2	48.361	163.97	-91.034
STORY21	111.59	68.046	94.86	50.73	161.45	-85.911
STORY20	114.76	71.966	96.59	53.017	161.71	-84.471
STORY19	117.85	75.869	97.9	55.019	161.24	-82.353
STORY18	120.7	79.623	98.78	56.749	160.67	-80.392
STORY17	123.18	83.074	99.23	58.228	159.81	-78.39
STORY16	125.11	86.085	99.29	59.487	158.65	-76.338
STORY15	126.37	88.528	98.96	60.544	157.15	-74.191
STORY14	126.82	90.281	98.25	61.395	155.25	-71.934
STORY13	126.33	91.224	97.12	62.012	152.93	-69.576
STORY12	124.76	91.238	95.54	62.334	150.12	-67.166
STORY11	122	90.204	93.4	62.271	146.77	-64.788

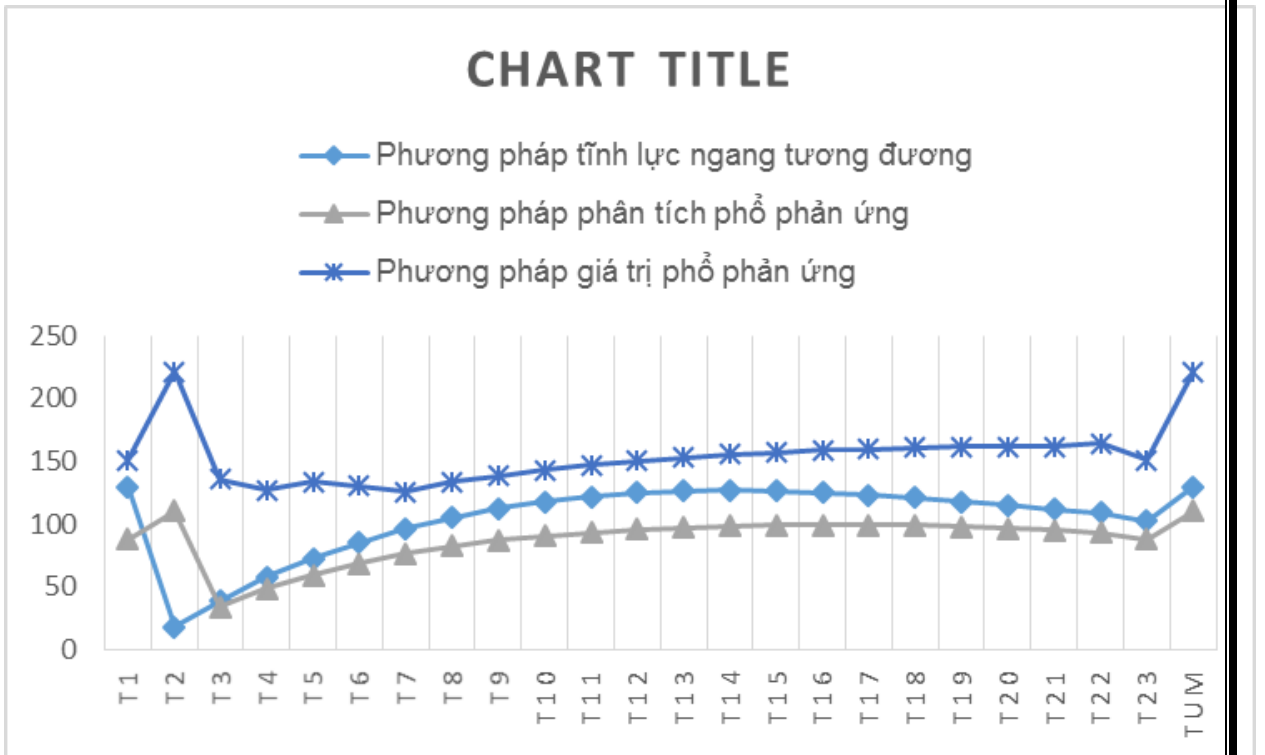
STORY10	117.89	87.994	90.57	61.693	142.85	-62.561
STORY9	112.31	84.472	86.94	60.432	138.18	-60.61
STORY8	105.01	79.478	82.17	58.262	133.39	-59.179
STORY7	96.1	72.848	76.32	54.923	125.74	-58.003
STORY6	85.33	64.17	68.83	49.923	130.3	-59.585
STORY5	72.36	57.307	59.45	46.451	133.73	-74.321
STORY4	57.68	44.901	48.56	37.973	127.13	-73.293
STORY3	38.91	32.619	33.68	29.4	135.49	-85.747
STORY2	18.1	14.747	110.68	57.243	221.52	-160.89
STORY1	129.81	79.359	87.98	44.35	150.95	-77.065

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

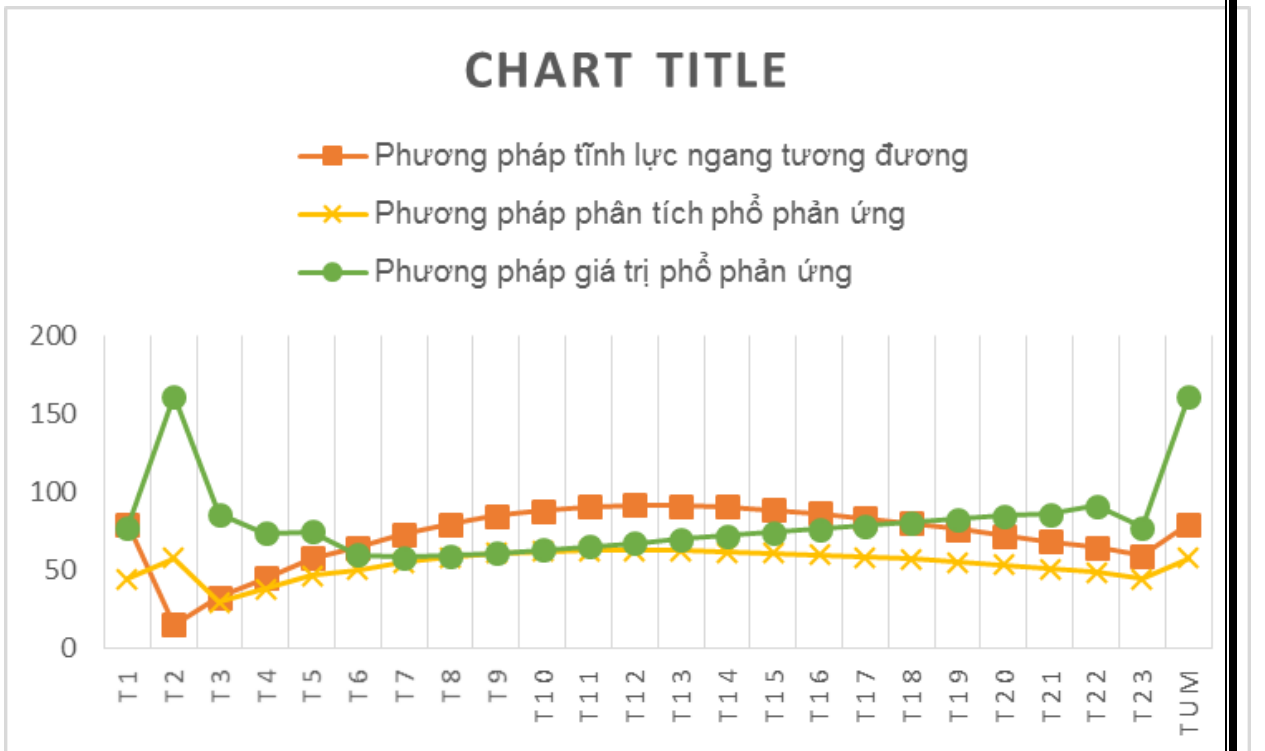
Tầng	Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương		Phương pháp phân tích phổ phản ứng		Phương pháp giá trị phổ phản ứng	
	V2	M3	V2	M3	V2	M3
TUM	-157.2	413.72	-179.7	413.72	-4.5	254.366
STORY23	-88.8	153.16	-102.2	149.53	2.63	113.759
STORY22	-101.5	194.78	-116	192.87	3.93	139.963
STORY21	-98.26	186.3	-112.5	182.64	7.04	137.778
STORY20	-97.79	185.88	-112	181.62	9.84	139.342
STORY19	-96.62	183.39	-110.9	181.07	12.69	139.416
STORY18	-95.46	180.69	-109.7	180.69	15.43	138.875
STORY17	-94.22	179.89	-108.5	179.89	18.04	137.555
STORY16	-92.96	178.73	-107.1	178.73	20.44	135.439
STORY15	-91.72	177.19	-105.7	177.19	22.58	132.474
STORY14	-90.52	175.27	-104.2	175.27	24.41	128.609
STORY13	-89.4	172.94	-102.7	172.94	25.88	123.793
STORY12	-88.39	170.14	-101.1	170.14	26.94	117.97
STORY11	-87.5	166.83	-99.46	166.83	27.52	111.077
STORY10	-86.77	162.85	-97.82	162.85	27.62	103.04
STORY9	-86.14	157.89	-96.13	157.89	27.05	97.223
STORY8	-85.99	154.55	-94.73	154.55	26.28	92.685
STORY7	-84.43	153.83	-91.75	153.83	22.61	86.322
STORY6	-90.08	150.22	-96.14	150.22	32.38	77.54
STORY5	-94.95	165.87	-99.4	165.87	41.3	44.903
STORY4	-97.39	154.79	-100.4	154.79	36.58	44.095
STORY3	-119.8	164.49	-118.8	164.49	34.38	33.48
STORY2	-23.95	168.7	-179.7	413.72	-4.5	254.366
STORY1	-157.2	413.72	-102.2	149.53	2.63	113.759

Bảng 3.3: Kết quả tính toán chuyển vị

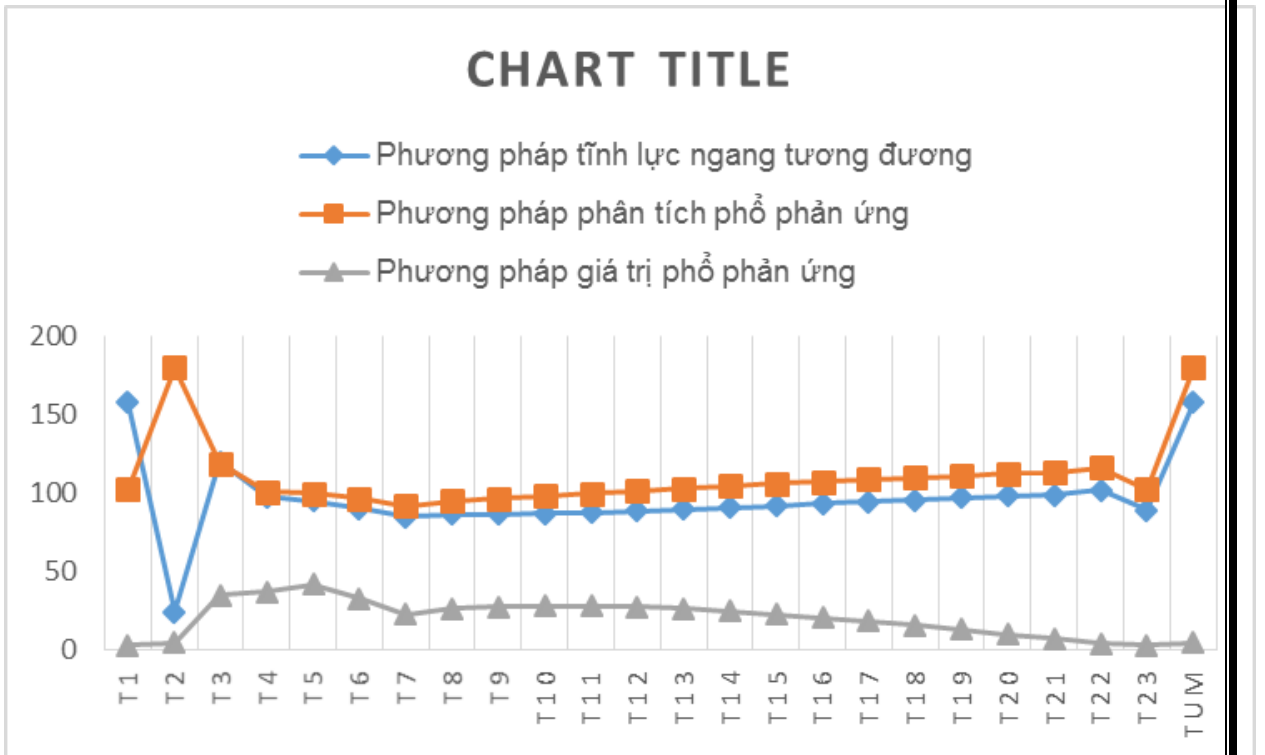
Tầng	Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương		Phương pháp phân tích phổ phản ứng		Phương pháp giá trị phổ phản ứng	
	UX	UY	UX	UY	UX	UY
TUM	0.083	0.0645	0.0564	0.0422	0.0564	0.0413
STORY23	0.0799	0.0627	0.0542	0.0408	0.0542	0.0395
STORY22	0.0766	0.0594	0.0519	0.0386	0.0519	0.0375
STORY21	0.0733	0.0561	0.0496	0.0365	0.0496	0.0354
STORY20	0.0699	0.0527	0.0472	0.0343	0.0473	0.0333
STORY19	0.0664	0.0493	0.0448	0.0321	0.0448	0.0312
STORY18	0.0627	0.0459	0.0423	0.0298	0.0423	0.0291
STORY17	0.0589	0.0425	0.0397	0.0276	0.0398	0.027
STORY16	0.0549	0.0391	0.0371	0.0254	0.0372	0.0249
STORY15	0.0508	0.0356	0.0345	0.0232	0.0345	0.0227
STORY14	0.0467	0.0322	0.0317	0.021	0.0318	0.0206
STORY13	0.0424	0.0288	0.029	0.0188	0.029	0.0185
STORY12	0.0381	0.0255	0.0262	0.0166	0.0263	0.0164
STORY11	0.0338	0.0223	0.0234	0.0146	0.0235	0.0144
STORY10	0.0295	0.0191	0.0206	0.0125	0.0206	0.0124
STORY9	0.0252	0.0161	0.0178	0.0106	0.0179	0.0105
STORY8	0.0211	0.0133	0.0151	0.0088	0.0151	0.0087
STORY7	0.0172	0.0106	0.0124	0.007	0.0124	0.007
STORY6	0.0134	0.0082	0.0098	0.0054	0.0098	0.0054
STORY5	0.01	0.006	0.0074	0.004	0.0074	0.004
STORY4	0.0069	0.0041	0.0052	0.0028	0.0052	0.0028
STORY3	0.0043	0.0025	0.0033	0.0017	0.0033	0.0017
STORY2	0.0023	0.0013	0.0018	0.0009	0.0018	0.0009
STORY1	0.0008	0.0005	0.0006	0.0003	0.0006	0.0003



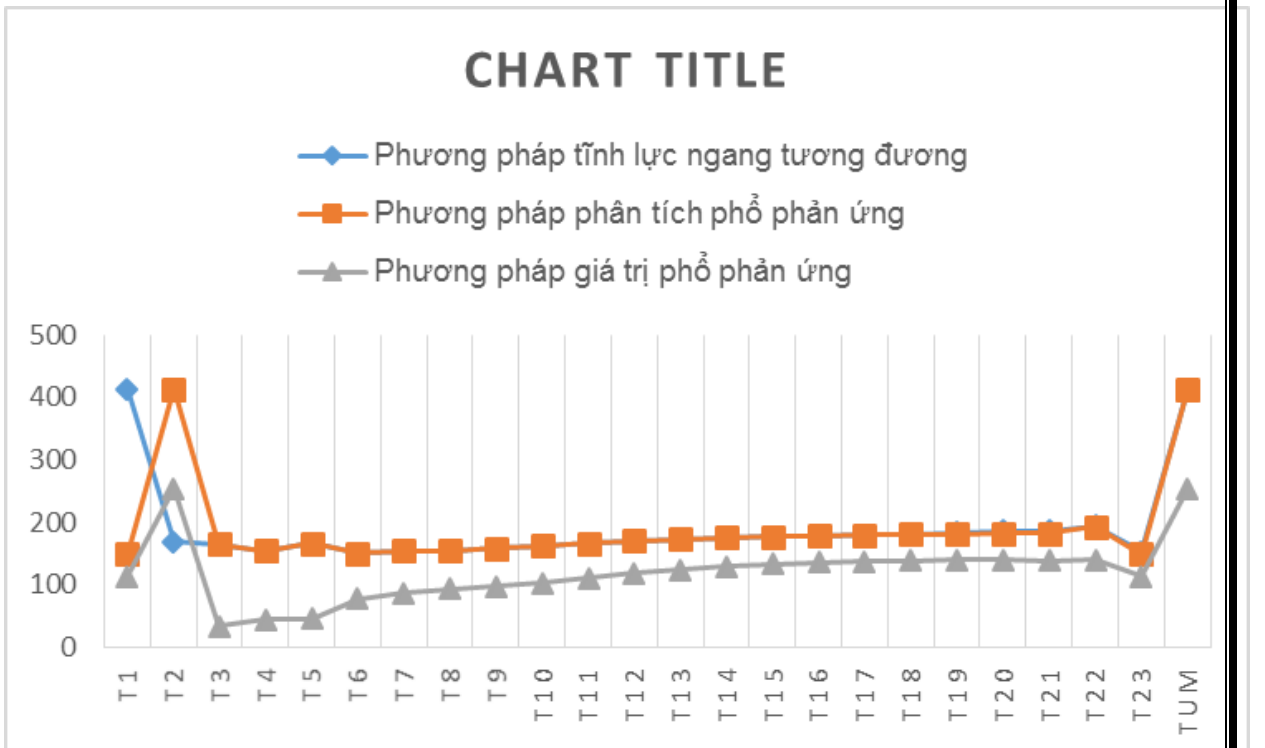
Hình 3.2: Biểu đồ so sánh lực cắt phương X



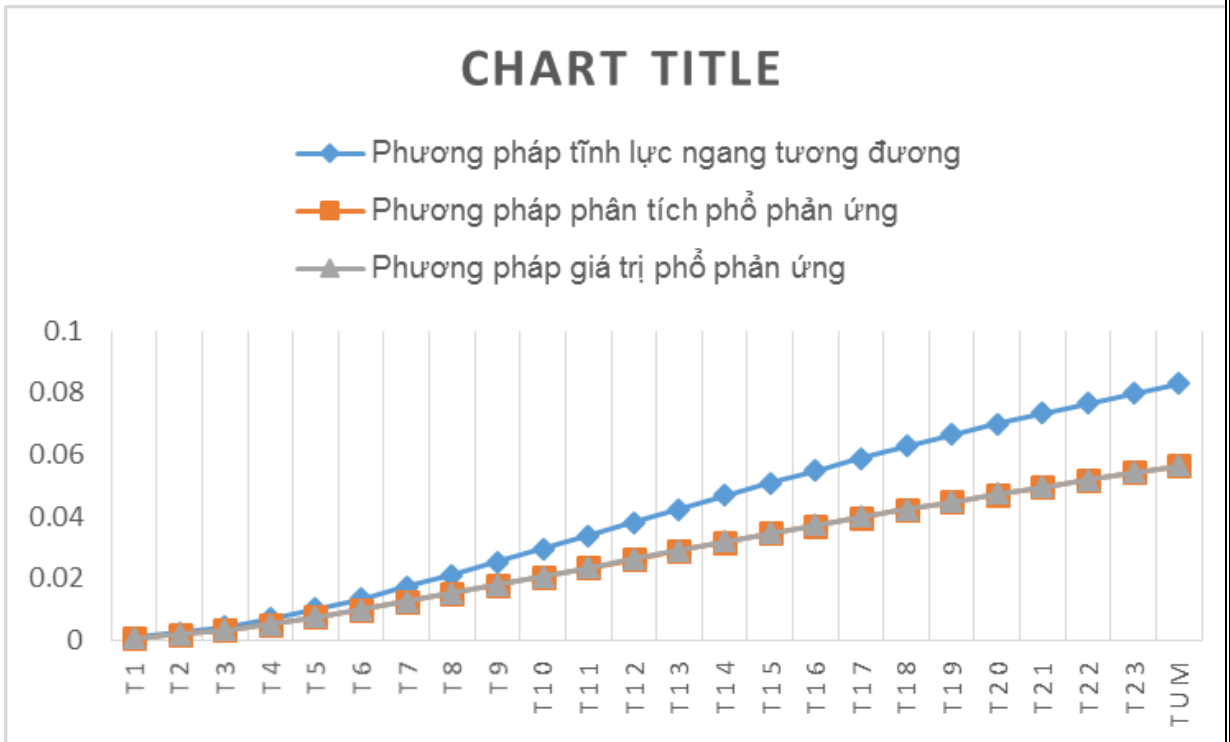
Hình 3.3: Biểu đồ so sánh mô men phương X



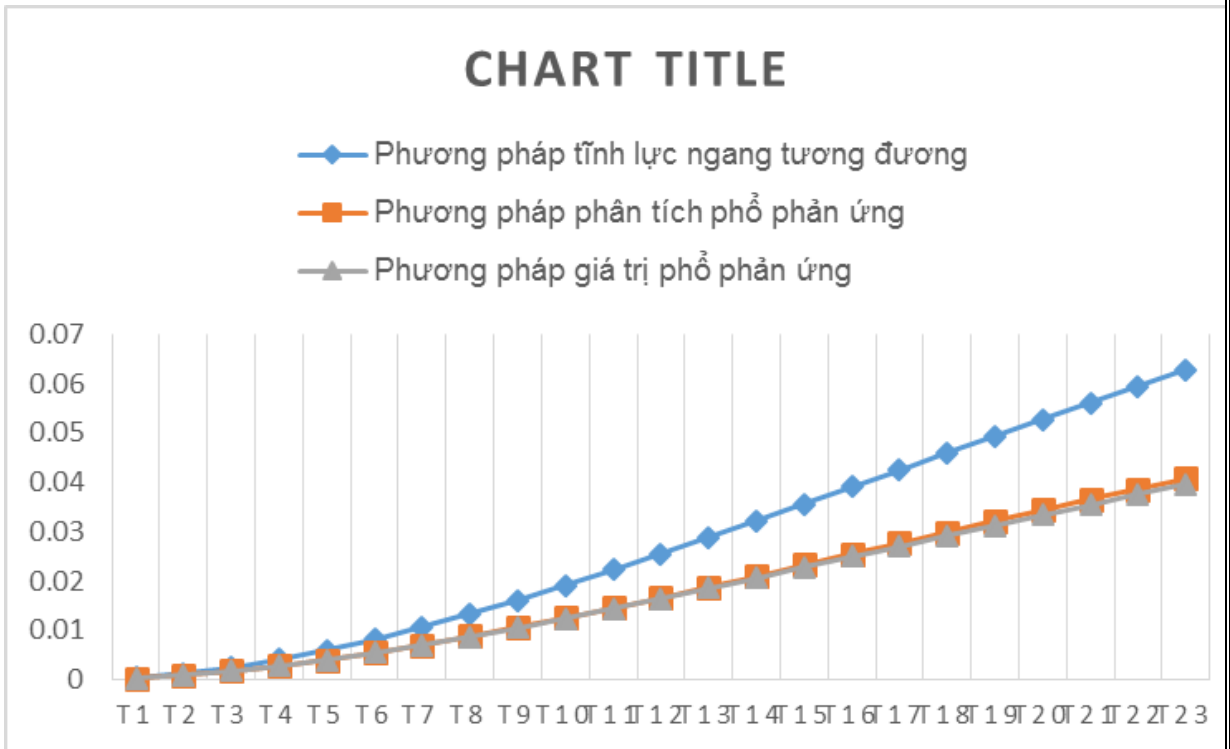
Hình 3.4: Biểu đồ so sánh lực cắt phương Y



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 24%. 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 32%. 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 25 tầng. Với những công trình có độ cao lớn trên 25 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.

PHỤ LỤC TÍNH TOÁN

BẢNG KHỐI LƯỢNG TẦNG VÀ TÂM KHỐI LƯỢNG

Center Mass Rigidity

Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM
TUM	D1	11,42	11,42	24,25	11,25
STORY23	D1	156,35	156,35	26,90	11,25
STORY22	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY21	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY20	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY19	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY18	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY17	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY16	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY15	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY14	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY13	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY12	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY11	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY10	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY9	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY8	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY7	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY6	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY5	D1	171,57	171,57	27,09	11,25
STORY4	D1	179,64	179,64	27,08	11,25
STORY3	D1	179,64	179,64	27,08	11,25
STORY2	D1	195,41	195,41	27,08	11,25
STORY1	D1	198,37	198,37	27,08	11,25

BẢNG CHU KỲ DAO ĐỘNG THEO PHƯƠNG Y

Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	UZ
1	1.3610	0.0000	64.9481	0.0000
2	0.2993	0.0000	18.7201	0.0000
3	0.1281	0.0000	7.2079	0.0000
4	0.0762	0.0000	3.6847	0.0000
5	0.0530	0.0000	2.0065	0.0000

BẢNG CHU KỲ DAO ĐỘNG THEO PHƯƠNG X

Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	UZ
1	2.1202	68.0479	0.0000	0.0000
2	0.5463	15.3035	0.0000	0.0000
3	0.2450	6.4533	0.0000	0.0000
4	0.1428	3.6357	0.0000	0.0000
5	0.0960	2.1875	0.0000	0.0000

BẢNG DẠNG CỦA DAO ĐỘNG THEO PHƯƠNG Y
BUILDING MODES

Story	Diaphragm	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
TUM	D1	1	0	-0.0308	0	0	0	0
STORY23	D1	1	0	-0.0293	0	0	0	0
STORY22	D1	1	0	-0.0278	0	0	0	0
STORY21	D1	1	0	-0.0262	0	0	0	0
STORY20	D1	1	0	-0.0247	0	0	0	0
STORY19	D1	1	0	-0.0231	0	0	0	0
STORY18	D1	1	0	-0.0215	0	0	0	0
STORY17	D1	1	0	-0.02	0	0	0	0
STORY16	D1	1	0	-0.0184	0	0	0	0
STORY15	D1	1	0	-0.0168	0	0	0	0
STORY14	D1	1	0	-0.0152	0	0	0	0
STORY13	D1	1	0	-0.0136	0	0	0	0
STORY12	D1	1	0	-0.012	0	0	0	0
STORY11	D1	1	0	-0.0105	0	0	0	0
STORY10	D1	1	0	-0.009	0	0	0	0
STORY9	D1	1	0	-0.0076	0	0	0	0
STORY8	D1	1	0	-0.0063	0	0	0	0
STORY7	D1	1	0	-0.005	0	0	0	0
STORY6	D1	1	0	-0.0039	0	0	0	0
STORY5	D1	1	0	-0.0029	0	0	0	0
STORY4	D1	1	0	-0.002	0	0	0	0
STORY3	D1	1	0	-0.0012	0	0	0	0
STORY2	D1	1	0	-0.0006	0	0	0	0
STORY1	D1	1	0	-0.0002	0	0	0	0
TUM	D1	2	0	0.0327	0	0	0	0
STORY23	D1	2	0	0.0274	0	0	0	0
STORY22	D1	2	0	0.022	0	0	0	0
STORY21	D1	2	0	0.0164	0	0	0	0
STORY20	D1	2	0	0.0109	0	0	0	0

STORY19	D1	2	0	0.0053	0	0	0	0
STORY18	D1	2	0	0	0	0	0	0
STORY17	D1	2	0	-0.005	0	0	0	0
STORY16	D1	2	0	-0.0096	0	0	0	0
STORY15	D1	2	0	-0.0136	0	0	0	0
STORY14	D1	2	0	-0.017	0	0	0	0
STORY13	D1	2	0	-0.0196	0	0	0	0
STORY12	D1	2	0	-0.0213	0	0	0	0
STORY11	D1	2	0	-0.0223	0	0	0	0
STORY10	D1	2	0	-0.0223	0	0	0	0
STORY9	D1	2	0	-0.0216	0	0	0	0
STORY8	D1	2	0	-0.0201	0	0	0	0
STORY7	D1	2	0	-0.018	0	0	0	0
STORY6	D1	2	0	-0.0154	0	0	0	0
STORY5	D1	2	0	-0.0125	0	0	0	0
STORY4	D1	2	0	-0.0095	0	0	0	0
STORY3	D1	2	0	-0.0065	0	0	0	0
STORY2	D1	2	0	-0.0038	0	0	0	0
STORY1	D1	2	0	-0.0016	0	0	0	0
TUM	D1	3	0	0.0324	0	0	0	0
STORY23	D1	3	0	0.0248	0	0	0	0
STORY22	D1	3	0	0.0165	0	0	0	0
STORY21	D1	3	0	0.0079	0	0	0	0
STORY20	D1	3	0	-0.0005	0	0	0	0
STORY19	D1	3	0	-0.0081	0	0	0	0
STORY18	D1	3	0	-0.0142	0	0	0	0
STORY17	D1	3	0	-0.0183	0	0	0	0
STORY16	D1	3	0	-0.0202	0	0	0	0
STORY15	D1	3	0	-0.0196	0	0	0	0
STORY14	D1	3	0	-0.0168	0	0	0	0
STORY13	D1	3	0	-0.012	0	0	0	0
STORY12	D1	3	0	-0.0057	0	0	0	0
STORY11	D1	3	0	0.0013	0	0	0	0

STORY10	D1	3	0	0.0083	0	0	0	0
STORY9	D1	3	0	0.0146	0	0	0	0
STORY8	D1	3	0	0.0195	0	0	0	0
STORY7	D1	3	0	0.0227	0	0	0	0
STORY6	D1	3	0	0.0237	0	0	0	0
STORY5	D1	3	0	0.0225	0	0	0	0
STORY4	D1	3	0	0.0195	0	0	0	0
STORY3	D1	3	0	0.0151	0	0	0	0
STORY2	D1	3	0	0.0098	0	0	0	0
STORY1	D1	3	0	0.0045	0	0	0	0
TUM	D1	4	0	0.032	0	0	0	0
STORY23	D1	4	0	0.0226	0	0	0	0
STORY22	D1	4	0	0.0117	0	0	0	0
STORY21	D1	4	0	0.0002	0	0	0	0
STORY20	D1	4	0	-0.01	0	0	0	0
STORY19	D1	4	0	-0.0172	0	0	0	0
STORY18	D1	4	0	-0.0204	0	0	0	0
STORY17	D1	4	0	-0.0189	0	0	0	0
STORY16	D1	4	0	-0.0133	0	0	0	0
STORY15	D1	4	0	-0.0048	0	0	0	0
STORY14	D1	4	0	0.0049	0	0	0	0
STORY13	D1	4	0	0.0136	0	0	0	0
STORY12	D1	4	0	0.0197	0	0	0	0
STORY11	D1	4	0	0.0218	0	0	0	0
STORY10	D1	4	0	0.0194	0	0	0	0
STORY9	D1	4	0	0.0131	0	0	0	0
STORY8	D1	4	0	0.004	0	0	0	0
STORY7	D1	4	0	-0.006	0	0	0	0
STORY6	D1	4	0	-0.015	0	0	0	0
STORY5	D1	4	0	-0.0212	0	0	0	0
STORY4	D1	4	0	-0.0236	0	0	0	0
STORY3	D1	4	0	-0.0216	0	0	0	0
STORY2	D1	4	0	-0.0161	0	0	0	0

STORY1	D1	4	0	-0.0083	0	0	0	0
TUM	D1	5	0	0.0317	0	0	0	0
STORY23	D1	5	0	0.0209	0	0	0	0
STORY22	D1	5	0	0.0073	0	0	0	0
STORY21	D1	5	0	-0.0066	0	0	0	0
STORY20	D1	5	0	-0.0168	0	0	0	0
STORY19	D1	5	0	-0.0206	0	0	0	0
STORY18	D1	5	0	-0.0168	0	0	0	0
STORY17	D1	5	0	-0.0071	0	0	0	0
STORY16	D1	5	0	0.0053	0	0	0	0
STORY15	D1	5	0	0.0161	0	0	0	0
STORY14	D1	5	0	0.0218	0	0	0	0
STORY13	D1	5	0	0.0204	0	0	0	0
STORY12	D1	5	0	0.0123	0	0	0	0
STORY11	D1	5	0	0.0002	0	0	0	0
STORY10	D1	5	0	-0.0118	0	0	0	0
STORY9	D1	5	0	-0.02	0	0	0	0
STORY8	D1	5	0	-0.0214	0	0	0	0
STORY7	D1	5	0	-0.0156	0	0	0	0
STORY6	D1	5	0	-0.0046	0	0	0	0
STORY5	D1	5	0	0.0082	0	0	0	0
STORY4	D1	5	0	0.0186	0	0	0	0
STORY3	D1	5	0	0.0231	0	0	0	0
STORY2	D1	5	0	0.0206	0	0	0	0
STORY1	D1	5	0	0.0118	0	0	0	0

BẢNG DẠNG CỦA DAO ĐỘNG THEO PHƯƠNG X
BUILDING MODES

Story	Diaphragm	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
TUM	D1	1	0.0288	0	0	0	0	0
STORY23	D1	1	0.0277	0	0	0	0	0
STORY22	D1	1	0.0265	0	0	0	0	0
STORY21	D1	1	0.0254	0	0	0	0	0
STORY20	D1	1	0.0242	0	0	0	0	0
STORY19	D1	1	0.0229	0	0	0	0	0
STORY18	D1	1	0.0216	0	0	0	0	0
STORY17	D1	1	0.0203	0	0	0	0	0
STORY16	D1	1	0.0189	0	0	0	0	0
STORY15	D1	1	0.0175	0	0	0	0	0
STORY14	D1	1	0.016	0	0	0	0	0
STORY13	D1	1	0.0146	0	0	0	0	0
STORY12	D1	1	0.0131	0	0	0	0	0
STORY11	D1	1	0.0116	0	0	0	0	0
STORY10	D1	1	0.0101	0	0	0	0	0
STORY9	D1	1	0.0086	0	0	0	0	0
STORY8	D1	1	0.0072	0	0	0	0	0
STORY7	D1	1	0.0058	0	0	0	0	0
STORY6	D1	1	0.0046	0	0	0	0	0
STORY5	D1	1	0.0034	0	0	0	0	0
STORY4	D1	1	0.0023	0	0	0	0	0
STORY3	D1	1	0.0015	0	0	0	0	0
STORY2	D1	1	0.0007	0	0	0	0	0
STORY1	D1	1	0.0003	0	0	0	0	0
TUM	D1	2	-0.0331	0	0	0	0	0
STORY23	D1	2	-0.0281	0	0	0	0	0
STORY22	D1	2	-0.0229	0	0	0	0	0
STORY21	D1	2	-0.0177	0	0	0	0	0
STORY20	D1	2	-0.0123	0	0	0	0	0

STORY19	D1	2	-0.0069	0	0	0	0	0
STORY18	D1	2	-0.0015	0	0	0	0	0
STORY17	D1	2	0.0036	0	0	0	0	0
STORY16	D1	2	0.0083	0	0	0	0	0
STORY15	D1	2	0.0125	0	0	0	0	0
STORY14	D1	2	0.0161	0	0	0	0	0
STORY13	D1	2	0.0189	0	0	0	0	0
STORY12	D1	2	0.0209	0	0	0	0	0
STORY11	D1	2	0.022	0	0	0	0	0
STORY10	D1	2	0.0222	0	0	0	0	0
STORY9	D1	2	0.0216	0	0	0	0	0
STORY8	D1	2	0.0202	0	0	0	0	0
STORY7	D1	2	0.018	0	0	0	0	0
STORY6	D1	2	0.0154	0	0	0	0	0
STORY5	D1	2	0.0124	0	0	0	0	0
STORY4	D1	2	0.0092	0	0	0	0	0
STORY3	D1	2	0.0062	0	0	0	0	0
STORY2	D1	2	0.0034	0	0	0	0	0
STORY1	D1	2	0.0013	0	0	0	0	0
TUM	D1	3	0.0344	0	0	0	0	0
STORY23	D1	3	0.026	0	0	0	0	0
STORY22	D1	3	0.0172	0	0	0	0	0
STORY21	D1	3	0.0082	0	0	0	0	0
STORY20	D1	3	-0.0005	0	0	0	0	0
STORY19	D1	3	-0.0083	0	0	0	0	0
STORY18	D1	3	-0.0146	0	0	0	0	0
STORY17	D1	3	-0.0188	0	0	0	0	0
STORY16	D1	3	-0.0207	0	0	0	0	0
STORY15	D1	3	-0.02	0	0	0	0	0
STORY14	D1	3	-0.017	0	0	0	0	0
STORY13	D1	3	-0.0119	0	0	0	0	0
STORY12	D1	3	-0.0054	0	0	0	0	0
STORY11	D1	3	0.0018	0	0	0	0	0

STORY10	D1	3	0.0089	0	0	0	0	0
STORY9	D1	3	0.0151	0	0	0	0	0
STORY8	D1	3	0.0199	0	0	0	0	0
STORY7	D1	3	0.0227	0	0	0	0	0
STORY6	D1	3	0.0232	0	0	0	0	0
STORY5	D1	3	0.0216	0	0	0	0	0
STORY4	D1	3	0.0181	0	0	0	0	0
STORY3	D1	3	0.0134	0	0	0	0	0
STORY2	D1	3	0.0082	0	0	0	0	0
STORY1	D1	3	0.0034	0	0	0	0	0
TUM	D1	4	-0.0347	0	0	0	0	0
STORY23	D1	4	-0.0237	0	0	0	0	0
STORY22	D1	4	-0.0116	0	0	0	0	0
STORY21	D1	4	0.0005	0	0	0	0	0
STORY20	D1	4	0.0109	0	0	0	0	0
STORY19	D1	4	0.018	0	0	0	0	0
STORY18	D1	4	0.0206	0	0	0	0	0
STORY17	D1	4	0.0185	0	0	0	0	0
STORY16	D1	4	0.0123	0	0	0	0	0
STORY15	D1	4	0.0032	0	0	0	0	0
STORY14	D1	4	-0.0066	0	0	0	0	0
STORY13	D1	4	-0.0151	0	0	0	0	0
STORY12	D1	4	-0.0205	0	0	0	0	0
STORY11	D1	4	-0.0217	0	0	0	0	0
STORY10	D1	4	-0.0183	0	0	0	0	0
STORY9	D1	4	-0.011	0	0	0	0	0
STORY8	D1	4	-0.0014	0	0	0	0	0
STORY7	D1	4	0.0087	0	0	0	0	0
STORY6	D1	4	0.0171	0	0	0	0	0
STORY5	D1	4	0.0222	0	0	0	0	0
STORY4	D1	4	0.0232	0	0	0	0	0
STORY3	D1	4	0.0201	0	0	0	0	0
STORY2	D1	4	0.0138	0	0	0	0	0

STORY1	D1	4	0.0063	0	0	0	0	0
TUM	D1	5	-0.0348	0	0	0	0	0
STORY23	D1	5	-0.0217	0	0	0	0	0
STORY22	D1	5	-0.0064	0	0	0	0	0
STORY21	D1	5	0.0079	0	0	0	0	0
STORY20	D1	5	0.0178	0	0	0	0	0
STORY19	D1	5	0.0205	0	0	0	0	0
STORY18	D1	5	0.0157	0	0	0	0	0
STORY17	D1	5	0.0051	0	0	0	0	0
STORY16	D1	5	-0.0075	0	0	0	0	0
STORY15	D1	5	-0.0176	0	0	0	0	0
STORY14	D1	5	-0.022	0	0	0	0	0
STORY13	D1	5	-0.0189	0	0	0	0	0
STORY12	D1	5	-0.0096	0	0	0	0	0
STORY11	D1	5	0.003	0	0	0	0	0
STORY10	D1	5	0.0145	0	0	0	0	0
STORY9	D1	5	0.0211	0	0	0	0	0
STORY8	D1	5	0.0205	0	0	0	0	0
STORY7	D1	5	0.0129	0	0	0	0	0
STORY6	D1	5	0.0008	0	0	0	0	0
STORY5	D1	5	-0.0118	0	0	0	0	0
STORY4	D1	5	-0.0207	0	0	0	0	0
STORY3	D1	5	-0.0232	0	0	0	0	0
STORY2	D1	5	-0.0187	0	0	0	0	0
STORY1	D1	5	-0.0096	0	0	0	0	0