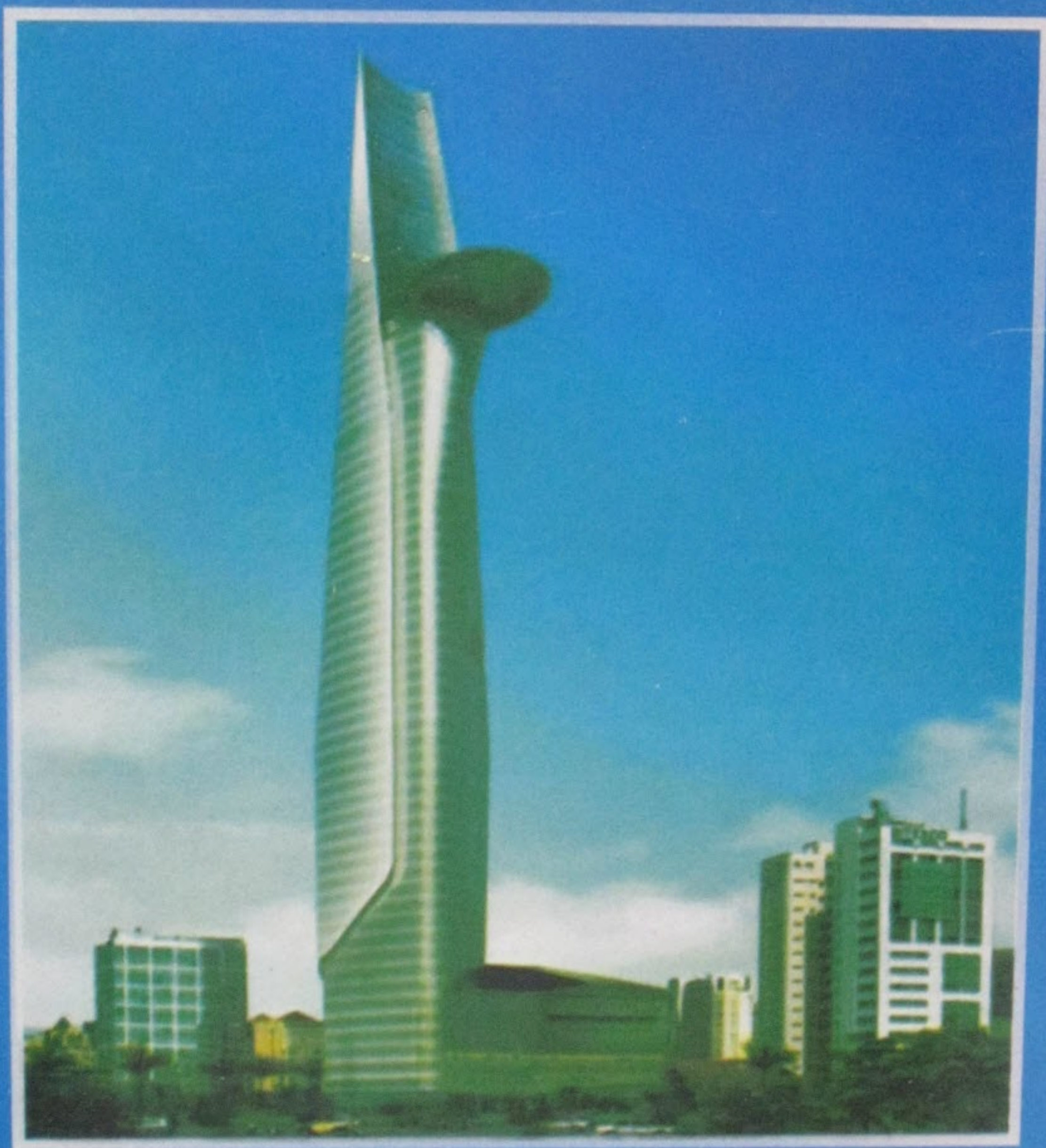


# NHÀ CAO TẦNG BÊTÔNG - CỐT THÉP




NHÀ XUẤT BẢN

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**Võ Bá Tâm**



02.01.2013

**NHÀ CAO TẦNG  
BÊTÔNG - CỐT THÉP**

*(Tái bản lần thứ nhất)*

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA  
TP HỒ CHÍ MINH - 2012**

# MỤC LỤC

## LỜI NÓI ĐẦU

<b>Chương 1</b> KHÁI NIỆM CHUNG VỀ NHÀ CAO TẦNG	7
1.1 Giới thiệu chung	7
1.2 Các yêu cầu khi thiết kế nhà cao tầng	8
1.3 Phân loại	8
<b>Chương 2</b> NGUYÊN LÝ THIẾT KẾ VÀ CẤU TẠO NHÀ CAO TẦNG	14
2.1 Giới thiệu chung	14
2.2 Những nguyên tắc cơ bản khi thiết kế nhà cao tầng	14
2.3 Khe co giãn, khe nhiệt, khe lún, khe kháng chấn	21
2.5 Sơ đồ làm việc nhà cao tầng	39
2.6 Tầng hầm	40
2.7 Cơ sở thiết kế kết cấu nhà cao tầng	40
2.8 Nguyên tắc về cấu tạo	41
<b>Chương 3</b> TẢI TRỌNG TÁC ĐỘNG LÊN NHÀ CAO TẦNG	58
3.1 Tải trọng đứng	58
3.2 Chọn chiều dày sàn nhà cao tầng	59
3.3 Chọn sơ bộ kích thước cột khi hệ chịu lực là thuần khung	59
3.4 Kích thước cột khi hệ chịu lực là khung - vách (lõi)	60
3.5 Xây dựng mô hình tính toán trong ETABS	61
3.6 Tải trọng động	64
3.7 Phương trình vi phân dao động tổng quát của dầm có một bậc tự do	64
3.8 Phương trình vi phân dao động của dầm có n bậc tự do	65
3.9 Tải trọng gió	66
3.10 Xác định các đặc trưng động lực	
3.11 Điều chỉnh mô hình tính toán	96
3.12 Xác định tần số dao động bằng các phần mềm sap, ETABS	97
3.13 Tải trọng gió	101
3.14 Giá trị tính toán thành phần động của tải trọng gió	110
3.15 Tổ hợp nội lực do tải trọng gió	111
3.16 Tính tần số dao động từ etabs	111
3.17 Tải trọng động đất	123
3.18 Phản ứng của công trình dưới tác dụng của động đất	131
3.19 Các phương pháp xác định tải trọng động đất	132
3.20 Số dạng dao động cần xét đến trong tính toán động đất	139
3.21 Tổ hợp tải trọng động đất theo hai phương	140
3.22 Tổ hợp tải trọng cho nhà cao tầng	142

<b>Chương 4 TÍNH TOÁN KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG</b>	
4.1 Khái niệm chung	147
4.2 Các giả thiết cơ bản	148
4.3 Tính toán hệ chịu lực theo sơ đồ giằng (phương pháp khandzi)	149
4.4 Phân phối mômen vào các vách cứng thứ i	153
4.5 Các đặc trưng hình học	153
4.7 Mômen quán tính	156
4.7 Mômen quán tính tính toán	159
<b>Chương 5 TÍNH TOÁN CỐT THÉP CẤU KIỆN CHỊU LỰC NHÀ CAO TẦNG</b>	189
5.1 Tính toán cốt thép cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên	189
5.2 Phương pháp tính toán cốt thép cột	190
5.3 Tính toán cốt đai cột	193
5.4 Lập biểu đồ tương tác	195
5.5 Vách cứng	202
<b>Chương 6 KIỂM TRA ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ NHÀ CAO TẦNG</b>	210
6.1 Các giả thiết tính toán	210
6.2 Trọng lượng cực hạn của ngôi nhà	210
6.3 Đặc trưng mặt bằng nhà	212
6.4 Ảnh hưởng của uốn dọc đối với tải trọng	215
6.5 Giới hạn chuyển vị ngang của kết cấu nhà cao tầng	216
6.6 Kiểm tra các đặc trưng động học	216
6.7 Kiểm tra ổn định nghiêng lật của công trình	217
<b>Phụ lục.</b>	218
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>	247

## LỜI NÓI ĐẦU

**Cuốn “Nhà cao tầng bê tông cốt thép”** được biên soạn dựa vào đề cương môn học “Nhà nhiều tầng bê tông cốt thép” [1] và dựa trên nền tảng của các “tài liệu tham khảo” trong và ngoài nước [1]-[19], tác giả cố gắng chọn lọc, sắp xếp, bổ sung, hoàn thiện và hệ thống lại những phần có liên quan trực tiếp đến môn học kể cả các hình ảnh minh họa cũng được trích từ mạng internet.

Nội dung chính là trình bày những nguyên tắc cơ bản trong việc lựa chọn giải pháp kiến trúc - kết cấu phù hợp cho nhà cao tầng, tìm hiểu về bản chất sự làm việc và phạm vi ứng dụng của từng loại kết cấu đó. Nguyên lý thiết kế và cấu tạo nhà cao tầng đặc biệt đối với công trình có xét đến động đất, đồng thời tác giả cũng đề cập đến phương pháp tính toán nhà cao tầng: từ mô hình tính toán, tải trọng tác dụng, tổ hợp nội lực, phương pháp tính cốt thép cho cấu kiện bê tông cốt thép, ... đang dùng rất phổ biến hiện nay: khi dùng các phần mềm chuyên dụng để tính toán, kể cả phương pháp tính cổ điển, nhằm trang bị cho sinh viên kiến thức cơ bản để xử lý kết quả tính toán từ các phần mềm.

Tài liệu này giúp ích cho sinh viên có thêm tài liệu tham khảo trong quá trình học tập, phục vụ cho môn học “Nhà nhiều tầng bê tông cốt thép”, đối với sinh viên ngành xây dựng trong các trường đại học, là tài liệu tham khảo, nghiên cứu làm đề án tốt nghiệp của sinh viên ngành xây dựng, đồng thời có thể làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư thiết kế công trình.

Với tâm huyết, nhiệt tình và cố gắng biên soạn tài liệu này chủ yếu là dựa vào các tài liệu tham khảo [1]-[19] để phục vụ cho môn học “Nhà nhiều tầng bê tông cốt thép”, đặc biệt nguyên lý về cấu tạo đối với công trình có xét đến kháng chấn cần bổ sung, nghiên cứu thêm, do đó khó tránh khỏi những thiếu sót, tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu, chân tình của bạn đọc để tiếp tục hoàn thiện cuốn sách này.

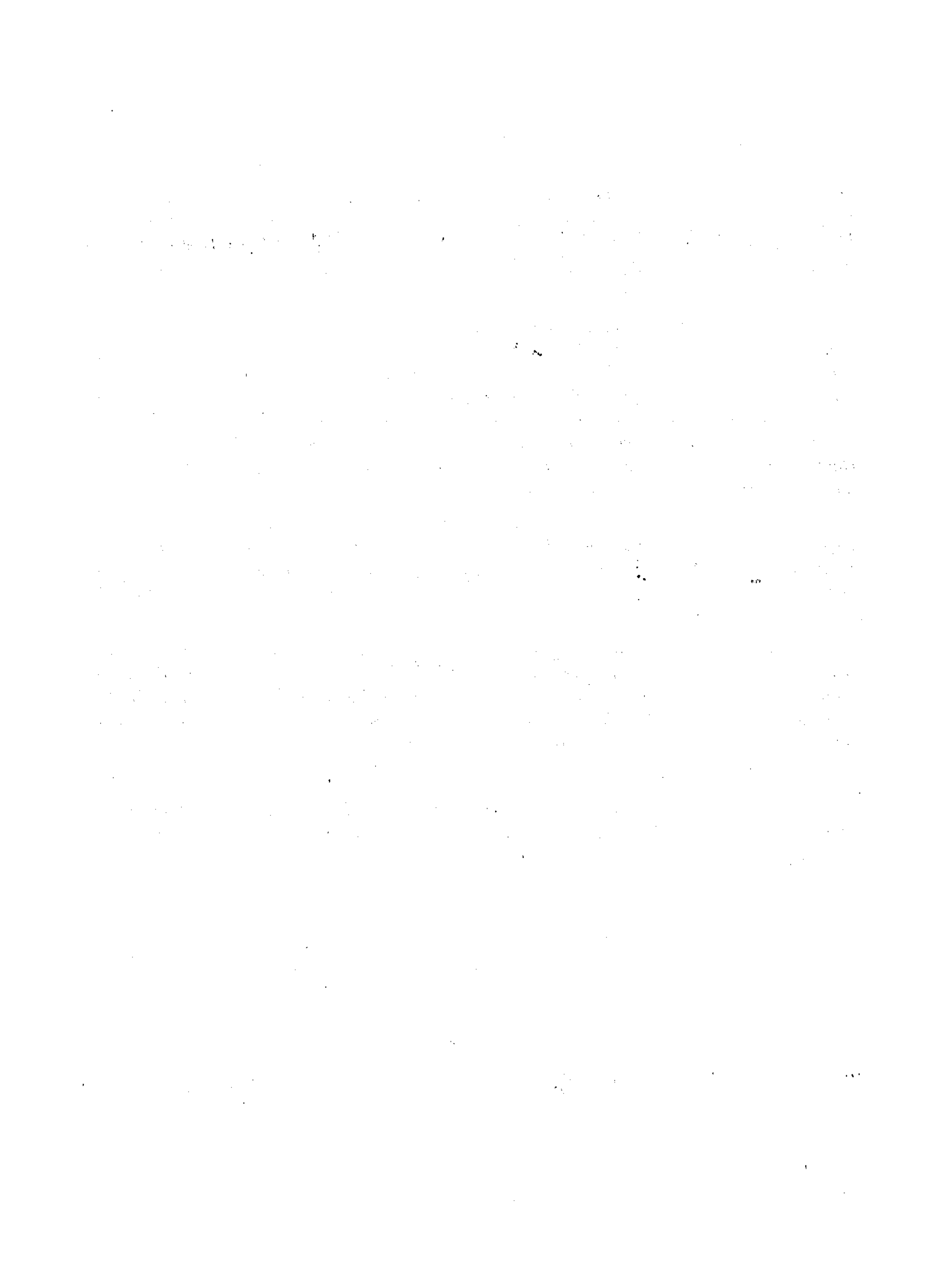
Chân thành cảm ơn các Thầy cô, các bạn đã nhiệt tình giúp đỡ và động viên để hoàn thành.

Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Công trình - Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, số 268 Lý Thường Kiệt, Q 10.

Điện thoại: (08)8 650 714.

**Tác giả**

**Võ Bá Tâm**



## KHÁI NIỆM CHUNG VỀ NHÀ CAO TẦNG

### 1.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Việt Nam trong những năm gần đây, với việc mở cửa của nền kinh tế, hội nhập với thế giới, cùng với đà phát triển khoa học kỹ thuật nước nhà, nhu cầu phát triển nhà ở, khách sạn, nhà cho thuê ... tăng cao. Các tòa nhà cao tầng phát triển mạnh trong khắp các tỉnh, thành phố trong cả nước làm cho bộ mặt đô thị ngày càng đổi mới không ngừng, việc phát triển nhà cao tầng là một tất yếu.

Nhà cao tầng trở thành một biểu tượng điển hình của nền văn minh và tiến bộ khoa học kỹ thuật.

Nguyên nhân chủ yếu quyết định sự phát triển xây dựng nhà cao tầng hiện nay do:

- Dân số các tỉnh, thành phố ... tăng nhanh: nhu cầu nhà ở rất lớn, các văn phòng làm việc cũng như khách sạn chưa đáp ứng đủ nhu cầu
- Diện tích đất xây dựng thiếu trầm trọng và giá đất xây dựng tăng nhanh chóng
- Với việc hội nhập với thế giới, áp dụng khoa học kỹ thuật xây dựng phát triển nhanh chóng, chúng ta có đủ năng lực để thiết kế và thi công nhà cao tầng ngang bằng với các nước trong khu vực.

Những công trình nào được xếp vào loại nhà cao tầng? Hiện nay vẫn chưa có câu trả lời chính xác, rõ ràng được tất cả mọi người thừa nhận. Định nghĩa về nhà cao tầng thay đổi từng nước: tùy thuộc vào sự phát triển khoa học kỹ thuật, kinh tế, xã hội và ứng dụng công nghệ của nước đó.

Có thể định nghĩa về nhà cao tầng như sau: Một công trình được xem là nhà cao tầng nếu chiều cao của nó quyết định các điều kiện thiết kế, thi công hoặc sử dụng khác với nhà thông thường.

Ủy Ban nhà cao tầng Quốc tế: phân loại nhà cao tầng theo chiều cao

- Loại I : từ 9 đến 16 tầng (chiều cao nhà  $H < 50\text{m}$ )
- Loại II : từ 17 đến 22 tầng (chiều cao nhà  $H = 50 - 70\text{m}$ )
- Loại III : từ 26 đến 40 tầng (chiều cao nhà  $H = 75 - 100\text{m}$ )
- Loại IV : siêu cao tầng  $>40$  tầng (chiều cao nhà  $H > 100\text{m}$ )

Theo TCXD 198 – 1997: nhà cao tầng khi có chiều cao > 40m.

Nhà thấp tầng thiết kế kiến trúc có vai trò quan trọng hơn thiết kế kết cấu, còn nhà cao tầng cùng với thiết kế kiến trúc, thiết kế kết cấu có vai trò rất quan trọng vì nó quyết định đến khả năng chịu lực, bền vững, ổn định cho công trình.

Tiêu chuẩn nhà cao tầng có các yêu cầu kỹ thuật cao hơn nhà thấp tầng:

1- Tiêu chuẩn phòng cháy:

- Có tiêu chuẩn báo cháy tự động, khi có cháy thang máy ngưng hoạt động.
- Hệ thống báo cháy chỉ báo cho những người ở các tầng dưới và một hoặc hai tầng cao hơn, đối với tầng xảy ra sự cố, có xe thang thoát hiểm.
- Mỗi phòng đều có hệ thống báo và chữa cháy riêng.

2- Tiêu chuẩn đậu xe: cứ bốn phòng có một xe con.

3- Tiêu chuẩn vệ sinh: nước sinh hoạt phải được xử lý trước khi thải ra hệ thống thoát nước thành phố.

## 1.2 CÁC YÊU CẦU KHI THIẾT KẾ NHÀ CAO TẦNG

- *Yếu tố hình khối nhà*: đơn giản, đều đặn, đối xứng, liên tục.
- *Tải trọng*: Tải trọng ngang (tải trọng gió tĩnh + gió động, động đất) là yếu tố quan trọng trong thiết kế kết cấu nhà cao tầng, nó quyết định nội lực và chuyển vị của công trình.
- *Hạn chế chuyển vị ngang*: Nếu chuyển vị ngang lớn sẽ làm tăng giá trị các nội lực do độ lệch tâm tăng theo, có thể làm hư các bộ phận phi kết cấu (tường), làm tăng dao động ngôi nhà, làm cho con người cảm giác khó chịu và hoảng sợ, có thể làm mất ổn định tổng thể nhà. Chuyển vị ngang nhà không vượt quá giới hạn cho phép.
- *Nhà cao tầng phải có khả năng kháng chấn cao (chống động đất)*: Tải trọng động đất là yếu tố chính trong thiết kế kết cấu: không hư hại khi động đất nhẹ, hư hại các bộ phận không quan trọng khi động đất vừa, có thể hư hại nhưng không sụp đổ khi động đất mạnh.
- *Kết cấu chịu lực phương đứng và phương ngang phải chọn và bố trí sao cho hợp lý (khung, vách, lõi cứng ...)*: cần có độ dẻo cao (kết cấu xuất hiện biến dạng dẻo) và có khả năng hấp thụ và tiêu tán năng lượng khi động đất xảy ra, kết cấu có thể duy trì sức chịu tải mà không bị sụp đổ.
- *Giảm trọng lượng bản thân có ý nghĩa quan trọng hơn đối với nhà thấp tầng*: giảm tải trọng truyền xuống móng, giảm lực động đất, giảm giá thành đồng thời tăng độ an toàn và thời gian sử dụng.
- Có khả năng chịu lửa cao, thoát hiểm an toàn. Có độ bền, tuổi thọ cao.
- Móng phải phù hợp.



### 1.3 PHÂN LOẠI

Được phân theo nhiều cách

#### 1.3.1 Theo yêu cầu sử dụng

- Nhà ở
- Nhà làm việc và các dịch vụ khác
- Khách sạn

#### 1.3.2 Theo hình dáng

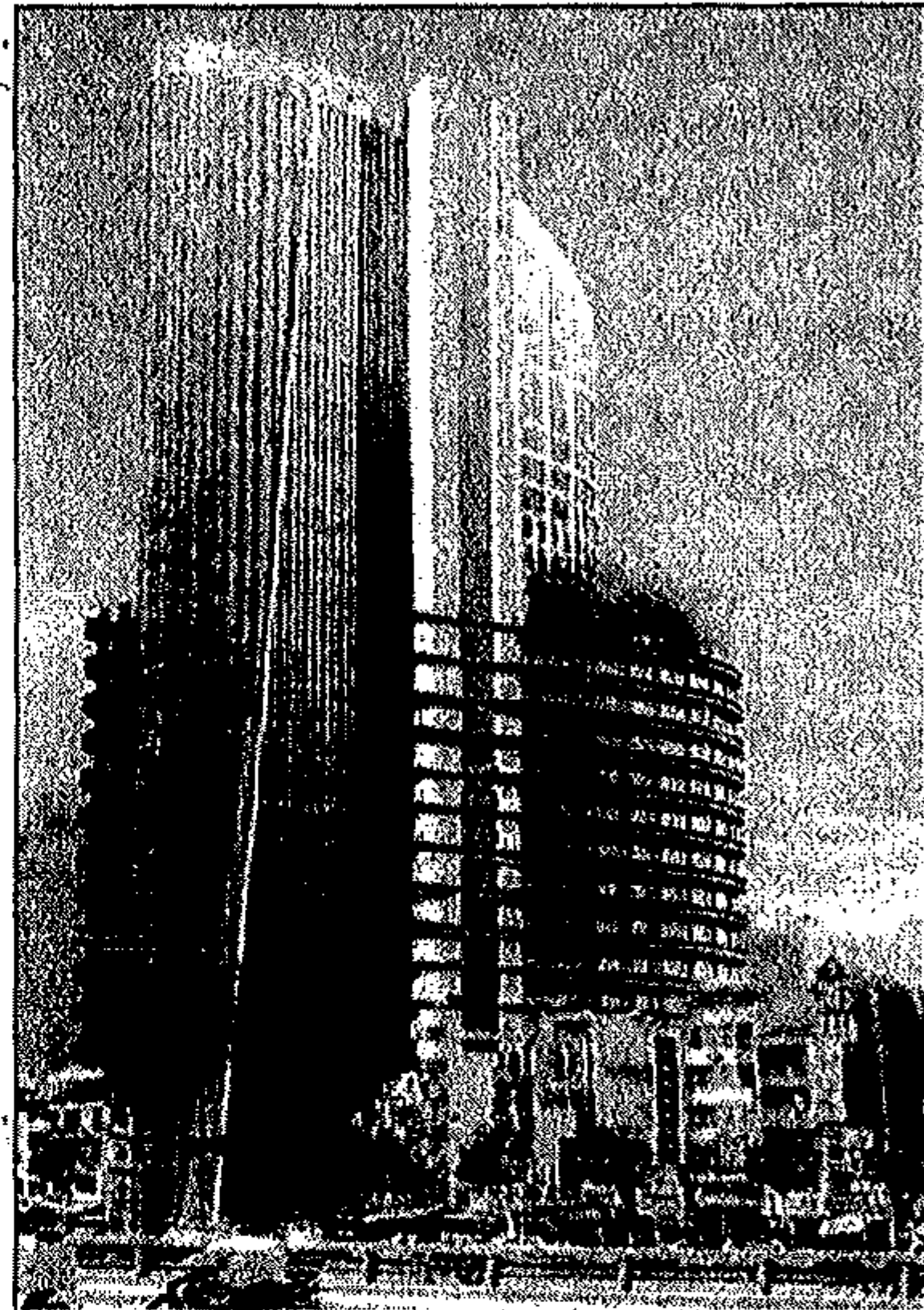
- Nhà dạng tháp
- Nhà dạng thanh

#### 1.3.3 Theo vật liệu cơ bản

- Nhà bằng bê tông cốt thép
- Nhà bằng thép
- Nhà hỗn hợp thép - bê tông cốt thép

#### 1.3.4 Theo dạng kết cấu chịu lực

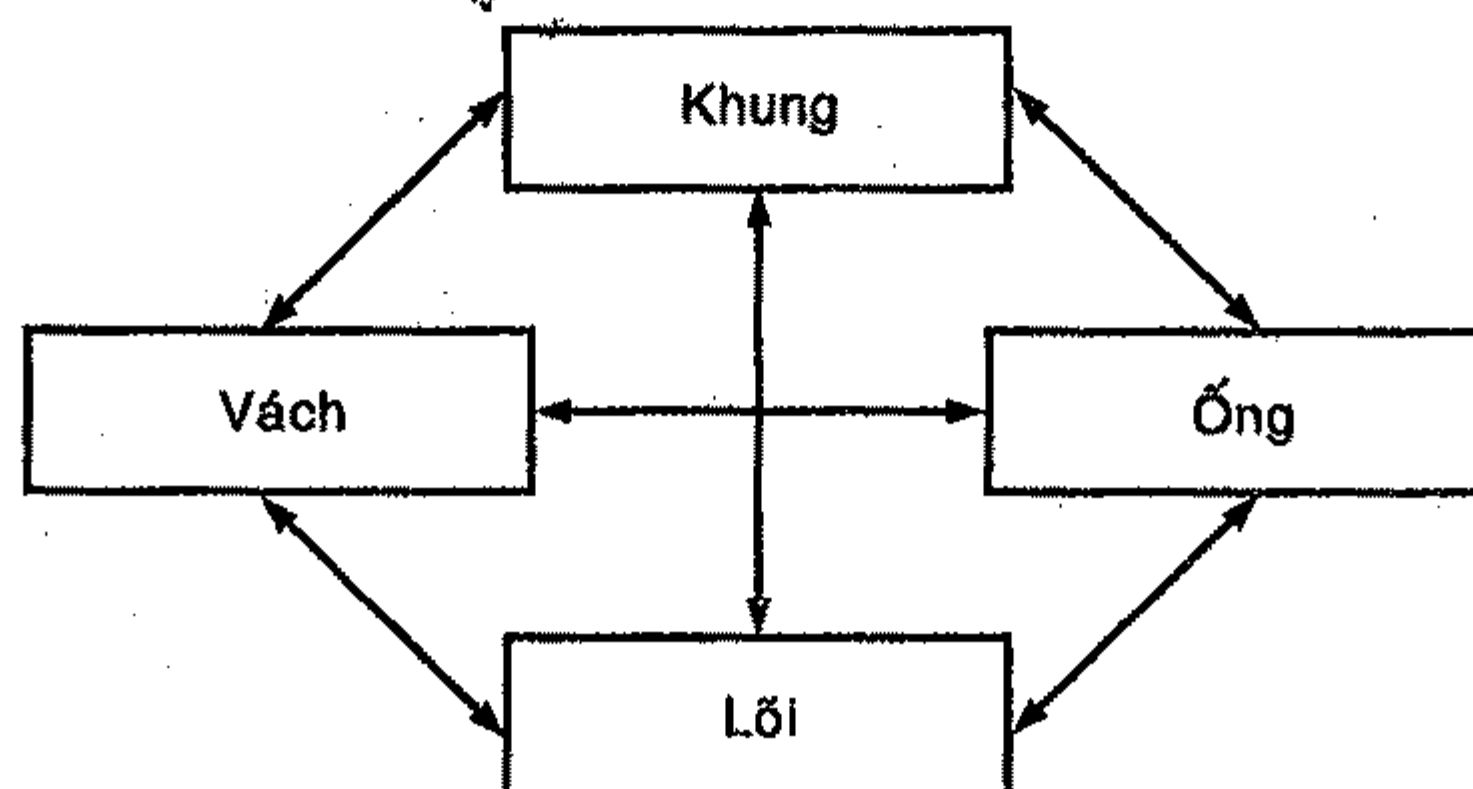
- Kết cấu thuần khung
- Kết cấu tấm (vách)
- Kết cấu hệ lõi
- Kết cấu hệ ống
- Kết cấu hỗn hợp



Về vật liệu: Nhà cao tầng thường dùng các vật liệu sau: kết cấu thép, bê tông cốt thép thường, bê tông cốt thép dự ứng lực, kết cấu tổ hợp thép - bê tông.

Về sơ đồ làm việc và cấu tạo, phân làm các loại sau: kết cấu cơ bản, kết cấu hỗn hợp và kết cấu đặc biệt

- Kết cấu cơ bản gồm: kết cấu khung, kết cấu tường (vách) chịu lực, kết cấu lõi và kết cấu ống
- Kết cấu hỗn hợp là có sự kết hợp các dạng kết cấu cơ bản lại để cùng chịu tải, bao gồm: kết cấu khung - giằng, kết cấu khung - vách, kết cấu ống - lõi, kết cấu ống tổ hợp.
- Kết cấu đặc biệt gồm: kết cấu có dầm truyền, kết cấu có các tầng cứng, kết cấu có giằng liên tầng, kết cấu có hệ khung ghép....



Hình 1.1 Sơ đồ tổ hợp các hệ chịu lực nhà cao tầng

Dựa vào tính chất chịu lực và cách cấu tạo của các hệ kết cấu khung nhà cao tầng, người ta phân biệt theo hai hệ chủ yếu: hệ kết cấu khung cứng và hệ khung giằng

Hệ khung cứng gồm cột và dầm được liên kết cứng với nhau tạo thành khung phẳng hoặc khung không gian: nó tiếp thu tải trọng ngang và tải trọng đứng tác động vào nhà.

Hệ khung giằng là một kết cấu hỗn hợp bao gồm hệ khung và kết cấu hệ tám thẳng đứng (vách, lõi) được liên kết với nhau bởi các hệ thống nằm ngang (sàn cứng): đặc điểm của hệ này là hệ khung chỉ chịu tải trọng đứng hoặc chỉ chịu một phần nhỏ tải trọng ngang, trong khi đó vách cứng (lõi) chịu toàn bộ tải trọng ngang.

Đối với nhà cao tầng nội lực trong kết cấu sinh ra chủ yếu do tải trọng ngang, nên các tám cứng (vách, lõi) có vai trò quyết định bảo đảm sự ổn định tổng thể, độ nghiêng, độ uốn của toàn bộ ngôi nhà.

Các kết cấu chịu lực phải bố trí sao cho tâm cứng gần trùng với trọng tâm của nhà: để giảm mô men xoắn do tải trọng gây ra.

Hệ tường cứng (vách, lõi) làm việc như thanh conson ngàm vào móng, được bố trí liên tục suốt chiều cao nhà.

Nếu hệ tường cứng chỉ là một tám tường bê tông cốt thép, tiết diện ngang hình chữ nhật thì gọi là tường cứng phẳng (vách cứng).

Nếu tiết diện ngang của tường cứng có dạng chữ T, L, U, E,... và không khép kín gọi là hệ tường cứng hở.

Nếu tiết diện ngang có dạng đa giác khép kín được gọi là lõi cứng.

Khác với nhà ít tầng, sàn chỉ chịu tải thẳng đứng, sàn nhà cao tầng được xem là sàn cứng: nó được cấu tạo sao cho đủ độ cứng để không bị biến dạng trong mặt phẳng nằm ngang và truyền được toàn bộ tải trọng ngang vào các hệ thống tường cứng theo phương đứng (vách, lõi)

Theo kinh nghiệm thiết kế nhà cao tầng có hệ kết cấu hỗn hợp: khung –vách (lõi) cho thấy hệ tường cứng (vách, lõi), nếu bố trí hợp lý thì hệ tường cứng sẽ tiếp thu tới 85 – 95% toàn bộ nội lực tải trọng ngang gây ra: như vậy việc bố trí hệ tường cứng trong nhà nhiều tầng nhằm chủ yếu để chịu tải trọng ngang.

Trong xây dựng nhà cao tầng, việc sử dụng vật liệu cho kết cấu chịu lực và kết cấu bao che có những đòi hỏi nhất định.

Trong nhà cao tầng, các cấu kiện đều chịu các tải trọng thẳng đứng và tải trọng ngang lớn. Để đủ khả năng chịu lực, vật liệu dùng trong kết cấu nhà cao tầng cần có cấp độ bền chịu kéo, nén, cắt cao: Bê tông có cấp độ bền từ B25 đến B60, cốt thép có giới hạn chảy từ 300Mpa trở lên.

Bê tông cốt thép thường dùng trong nhà dưới 30 tầng, khi nhà cao trên 30 tầng nhất thiết phải dùng bê tông có cấp độ bền cao, bê tông dự ứng lực hay bê tông cốt cứng hoặc dùng kết cấu thép hay kết cấu bê tông -thép liên hợp.

Kết cấu bao che nên dùng vật liệu nhẹ, có khối lượng riêng nhỏ, để giảm trọng lượng bản thân.

Một vài nhận xét về thiết kế và thi công nhà cao tầng đã xây dựng tại VN:

Kết cấu nhà nhiều tầng tại Việt Nam chủ yếu sử dụng hệ kết cấu khung, vách và lõi cứng chịu lực ngang, chỉ có công trình Hotel Nikko ở Hà Nội 17 tầng sử dụng khung chịu lực

thuần túy, một số công trình sử dụng sàn không dầm bằng bê tông cốt thép hoặc bê tông cốt thép dự ứng lực. Hầu hết các công trình đều sử dụng BTCT, chỉ có Trung tâm thương mại 14 Lê Duẩn TP HCM 23 tầng sử dụng toàn bộ là kết cấu thép.

Một số nhà cao tầng có từ 1 đến 3 tầng hầm.

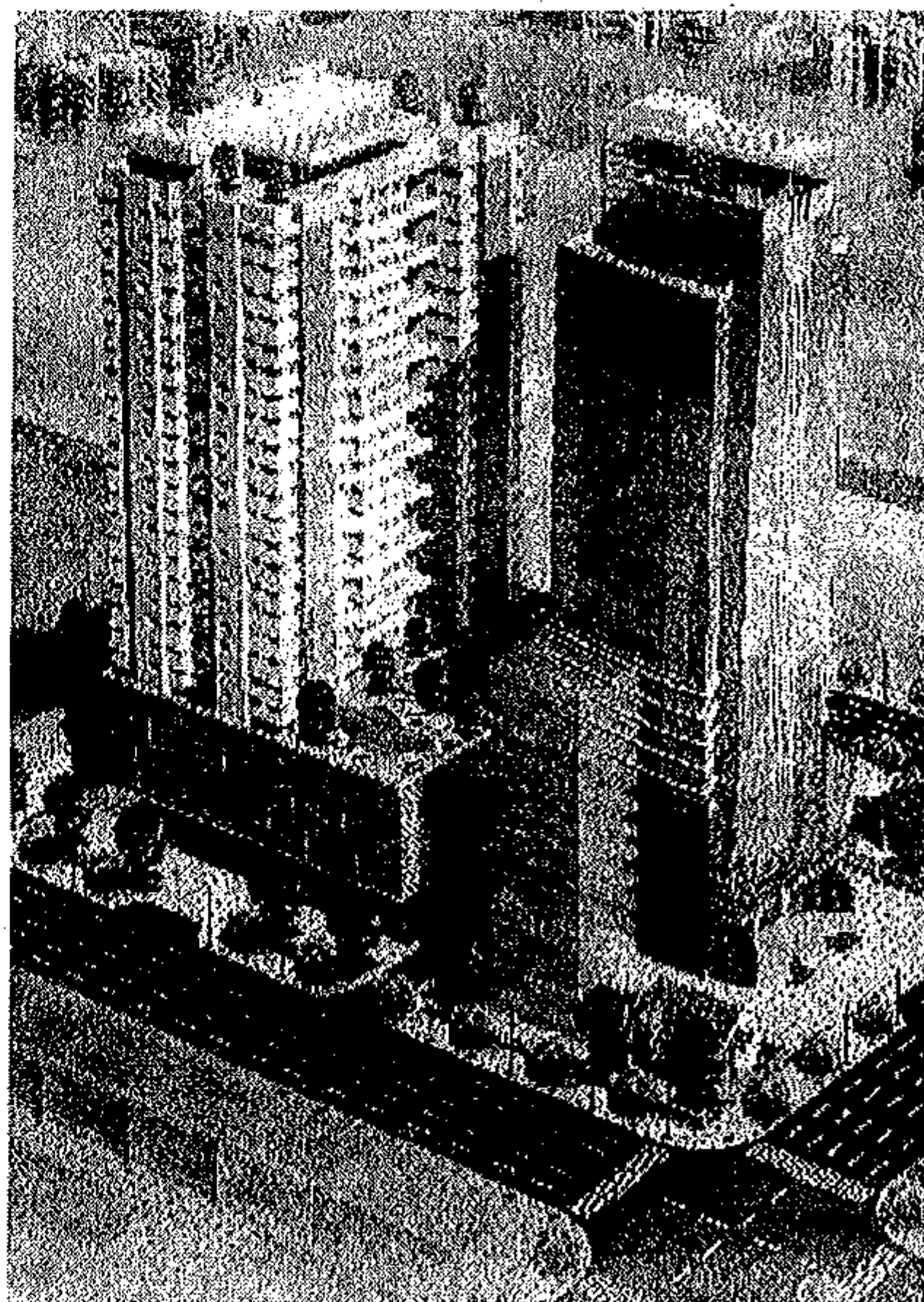
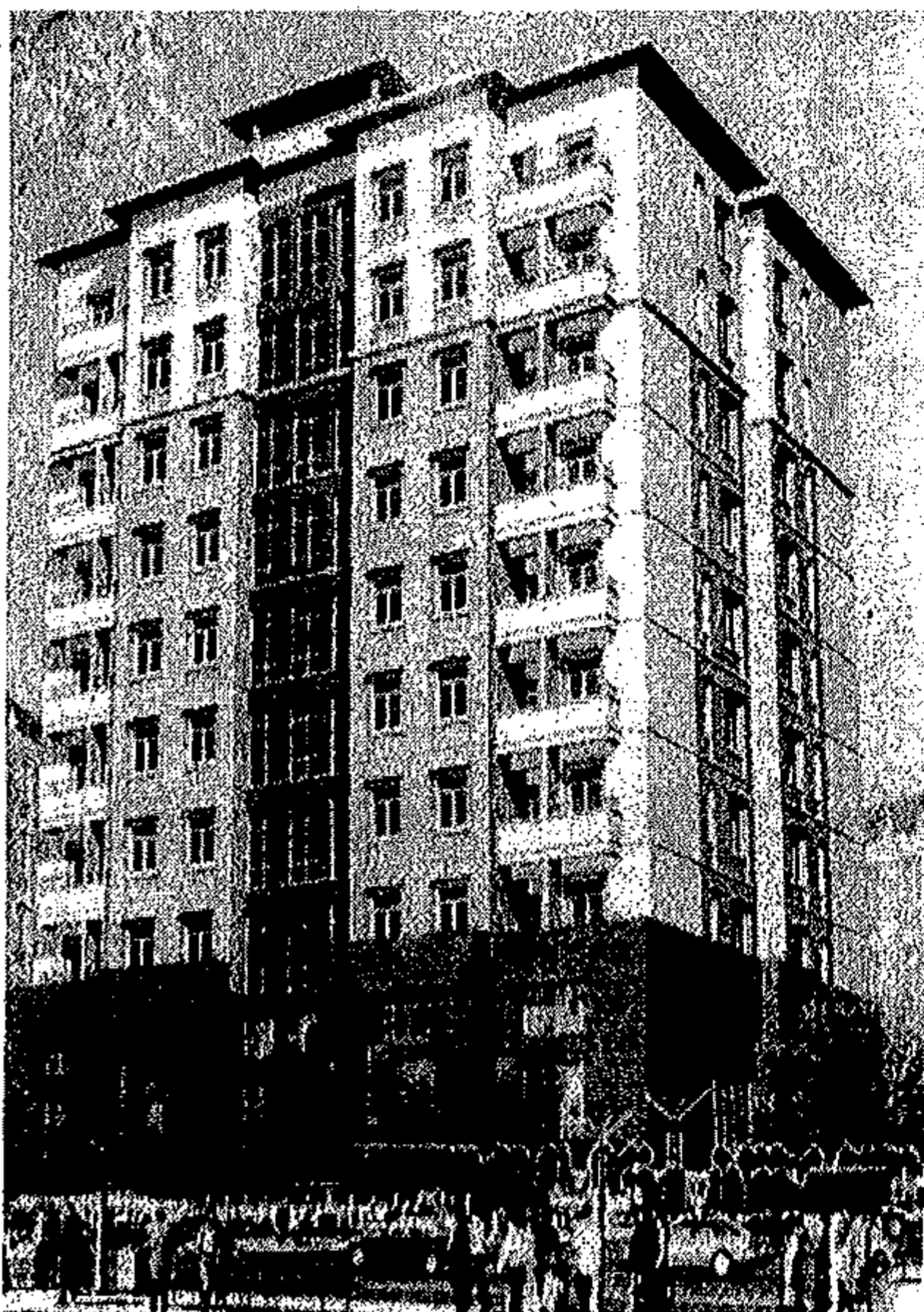
Do các nhu cầu về khách sạn, nhà ở, văn phòng làm việc nên những năm qua một loạt nhà cao tầng đã được xây dựng ở Hà Nội và TP HCM và một số thành phố khác

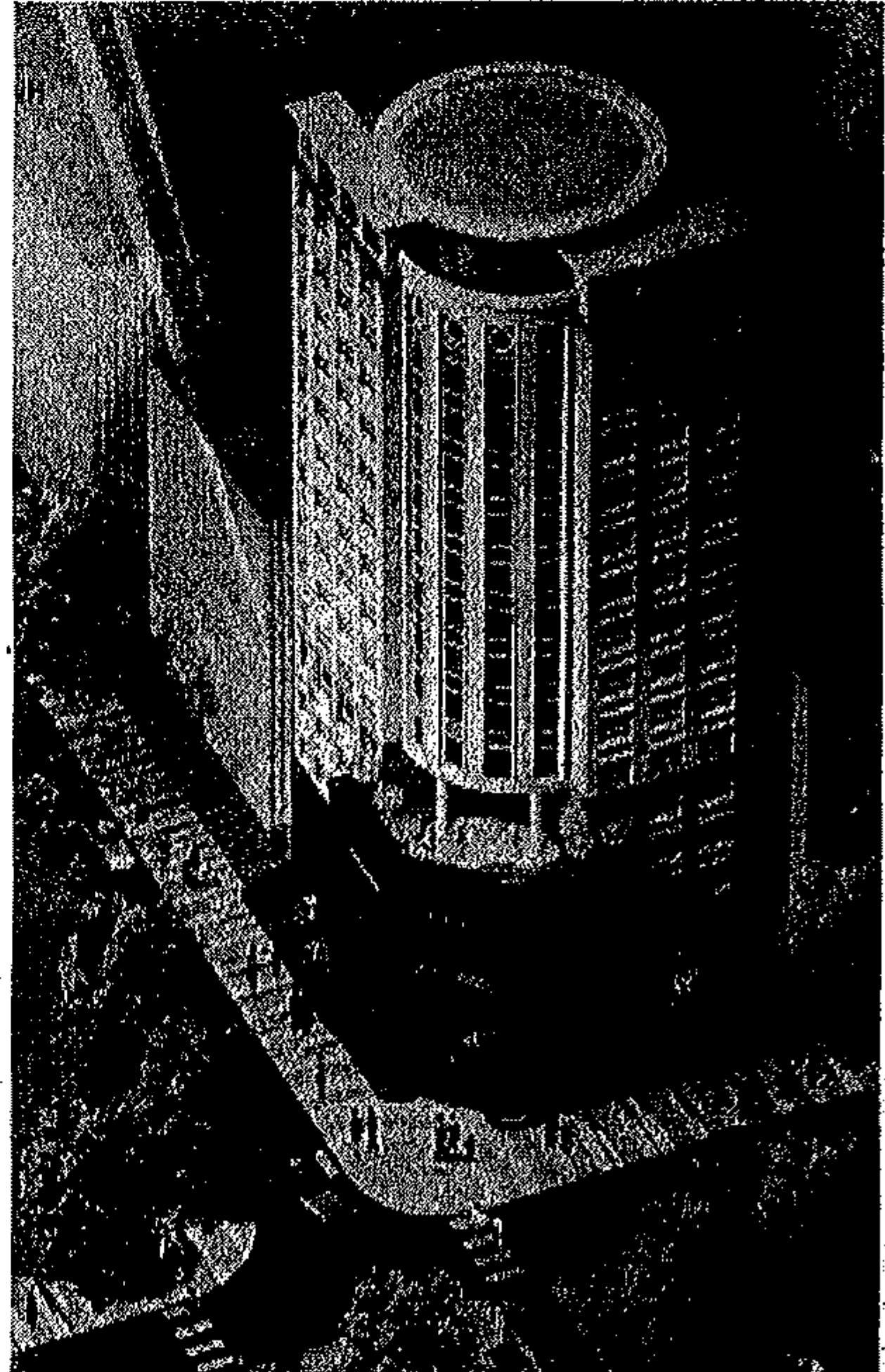
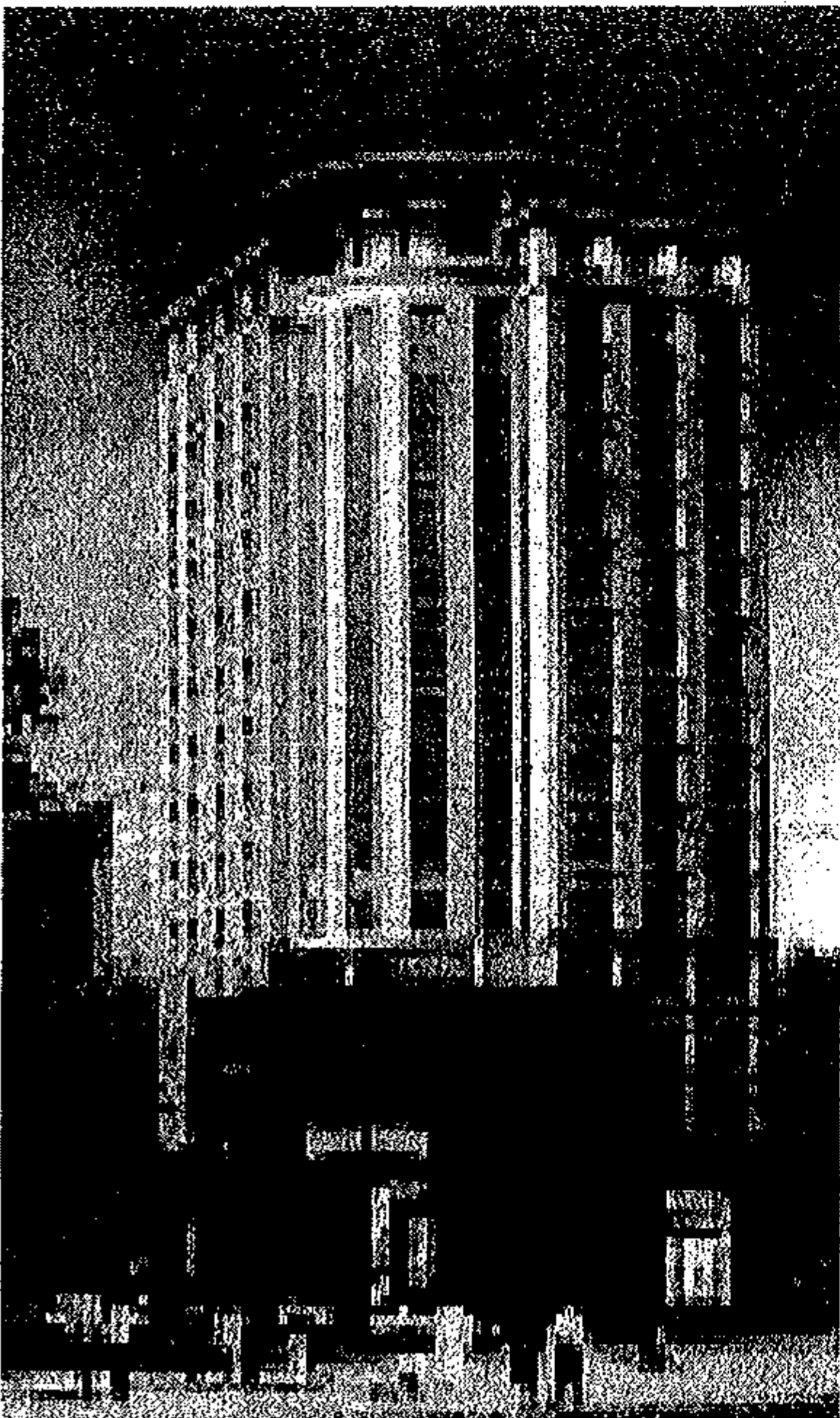
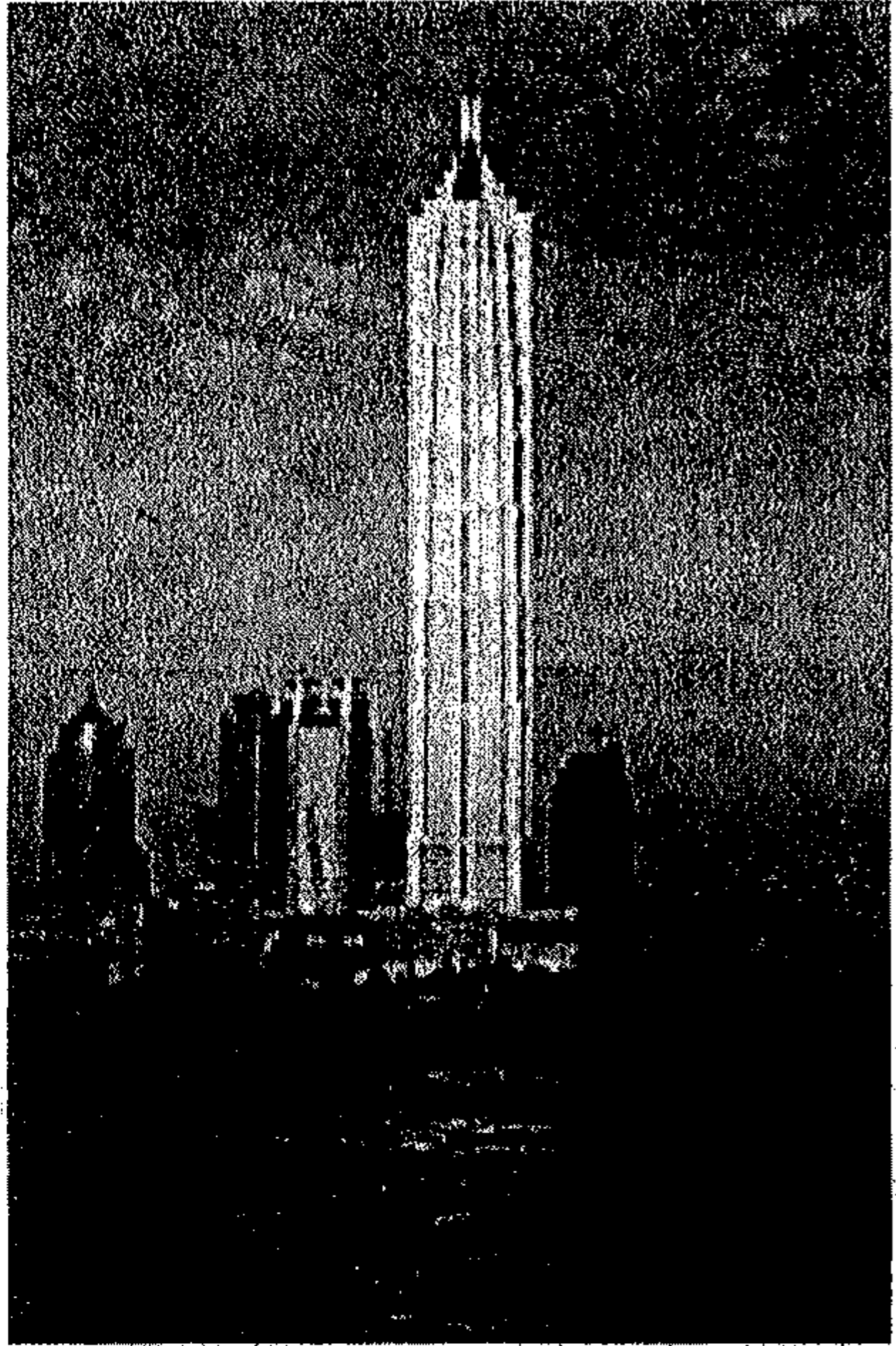
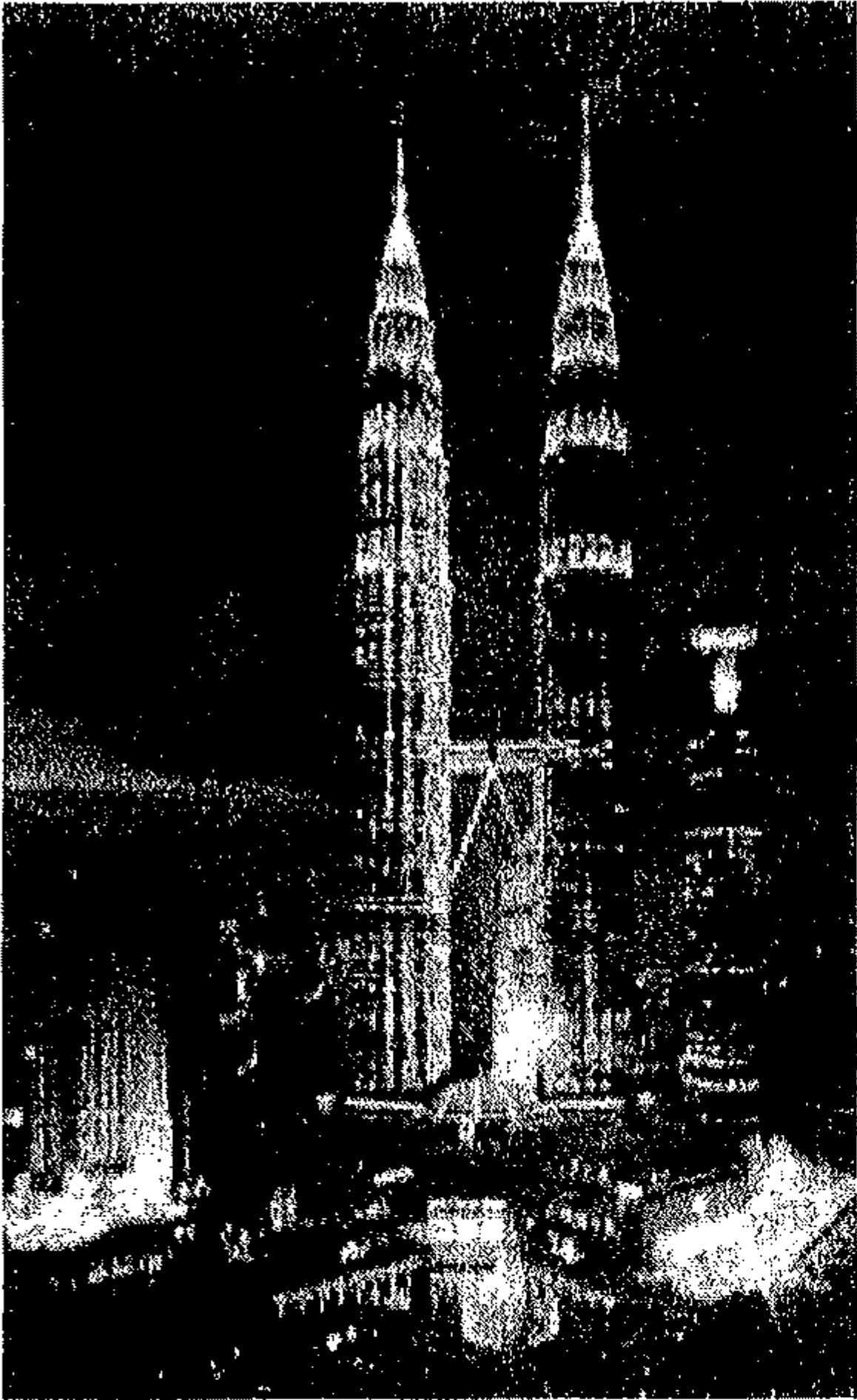
1- Ở Hà Nội:

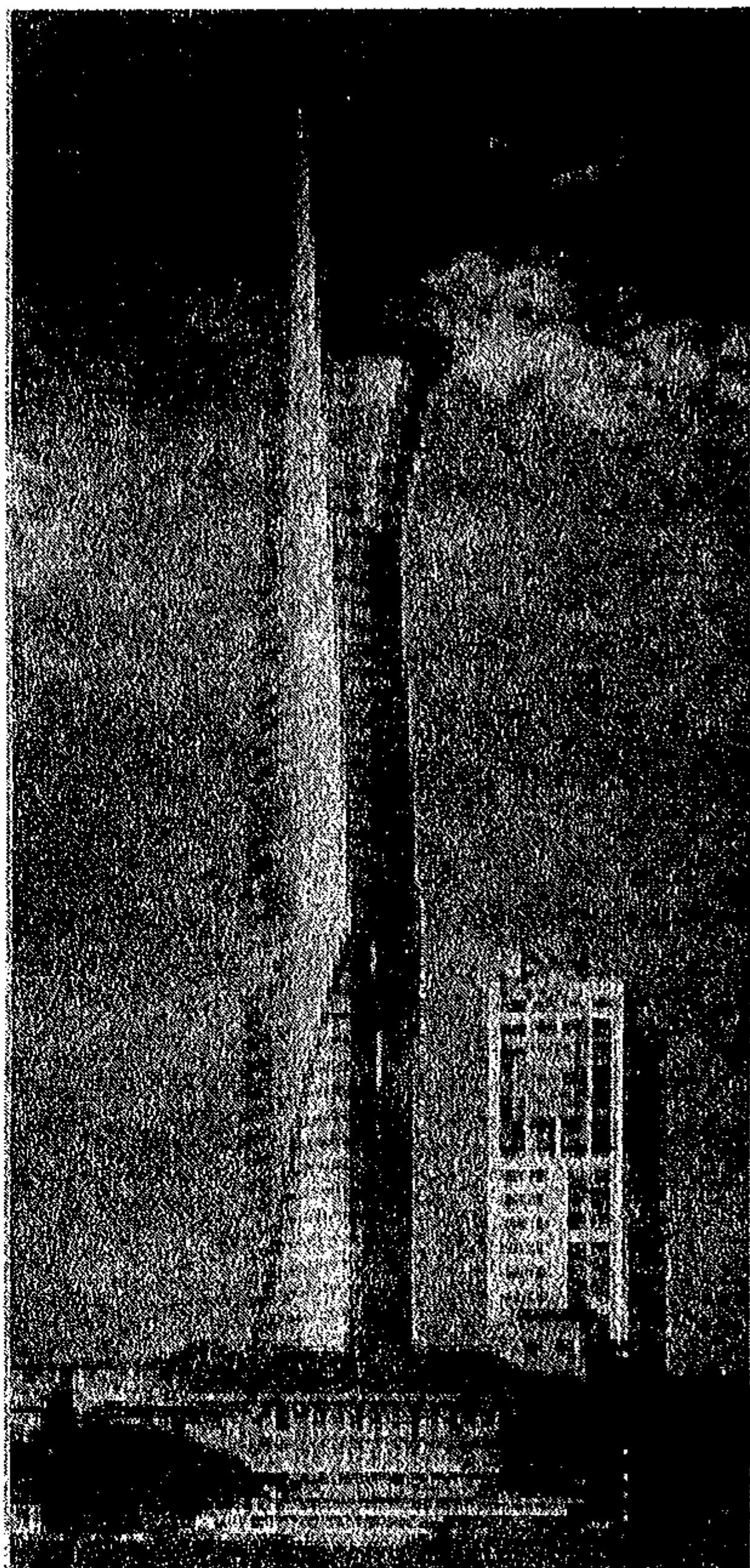
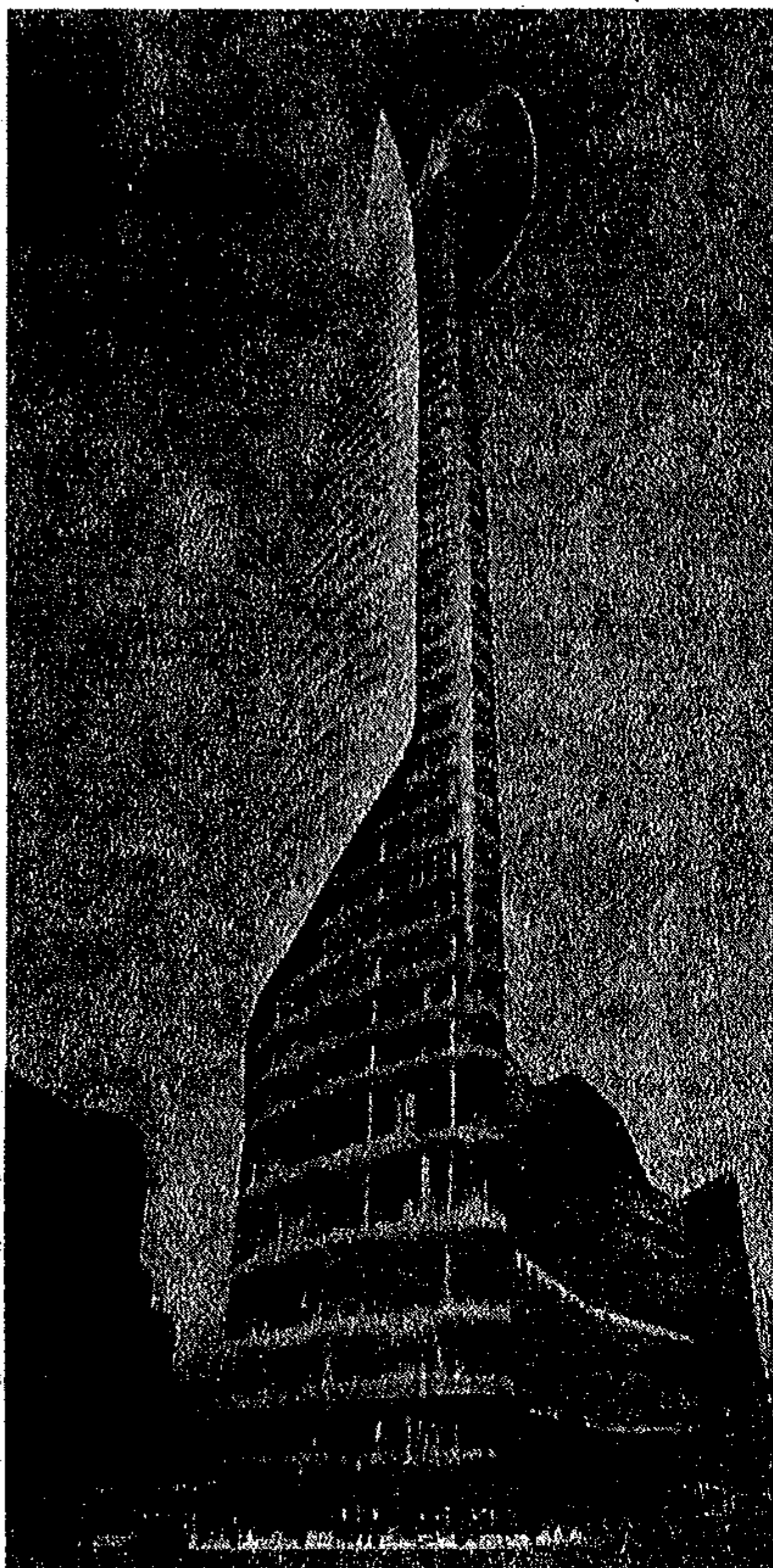
Khách sạn Thăng Long,  
Khách sạn K5 Nghi Tàm 22 tầng,  
Hà Nội Tower 24 tầng,  
Sofitel Plaza Hanoi 19 tầng,  
Vietcombank Tower 22 tầng  
Khách sạn HANOI Melia Hotel 22 tầng...

2- Ở TP HCM:

Sài Gòn Tower 18 tầng,  
Trung tâm thương mại Sài Gòn 33 tầng,  
New world 14 tầng,  
Trung tâm thương mại 14 Lê Duẩn 23 tầng  
Thuận kiều Plaza 33 tầng  
Bitexco Financial Tower 45 Ngô Đức Kế 68 tầng.







# Chương 2

## NGUYÊN LÝ THIẾT KẾ VÀ CẤU TẠO NHÀ CAO TẦNG

### 2.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Một công trình được xem là nhà cao tầng nếu chiều cao nhà quyết định các điều kiện về thiết kế, thi công hoặc sử dụng khác với nhà thấp tầng

Theo tiêu chuẩn TCXD 198 -1997 “Nhà cao tầng là nhà có chiều cao lớn hơn 40m”

Khi thiết kế nhà, hình dạng nó thường được xác định qua các kích thước, hình dạng trên chiều cao và hình dạng trên mặt bằng (giải pháp kiến trúc) và bao gồm cả vị trí và loại cấu kiện chịu tải (giải pháp kết cấu) vì nó có ảnh hưởng tới sự làm việc của toàn bộ nhà. Đặc biệt, đối với nhà cao tầng cần phải kết hợp giữa hình dáng kiến trúc, cấu kiện chịu tải ngang, đồng thời kết hợp với giải pháp thi công.

Tải trọng tác dụng lên nhà cao tầng gồm tải trọng đứng và tải trọng ngang, trong đó tải trọng ngang quan trọng nhất: gió tĩnh, gió động và động đất.

Những công trình trong vùng có khả năng xảy ra động đất mạnh khi thiết kế phải xét đến lực động đất: xét đến khả năng kháng chấn của công trình.

Khi thiết kế nhà cao tầng cần dựa theo Tiêu chuẩn thiết kế:

TCXD 198-1997; TCVN 27 37-1995; TCXD 229-1999; TCXDVN 356-2005; TCXDVN 375-2006. Trường hợp đặc biệt, nếu tiêu chuẩn VN không có, cho phép sử dụng các tiêu chuẩn nước ngoài.

### 2.2 NHỮNG NGUYÊN TẮC CƠ BẢN KHI THIẾT KẾ NHÀ CAO TẦNG

#### 2.2.1 Giải pháp kiến trúc

Kiến trúc sự sáng tạo và biến đổi hình dạng công trình, xác định qua các kích thước hình dạng mặt bằng, hình dạng trên chiều cao đồng thời đã tác động trực tiếp đến việc lựa chọn hệ kết cấu chịu tải của nó: bao gồm cả vị trí thiết kế, loại cấu kiện chịu tải và vật liệu sử dụng. Khả năng chịu lực của nhà cao tầng dưới tác động của tải trọng ngang về cơ bản được quyết định bởi giải pháp kiến trúc.

Khả năng kháng chấn của nhà phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố:

**1- Tính đơn giản của kết cấu**

Do sự hiểu biết của ta về sự làm việc của các kết cấu đơn giản tốt hơn kết cấu phức tạp, các chi tiết cấu tạo và thi công dễ hơn các kết cấu phức tạp, vì thế không nên chọn các kết cấu phức tạp.

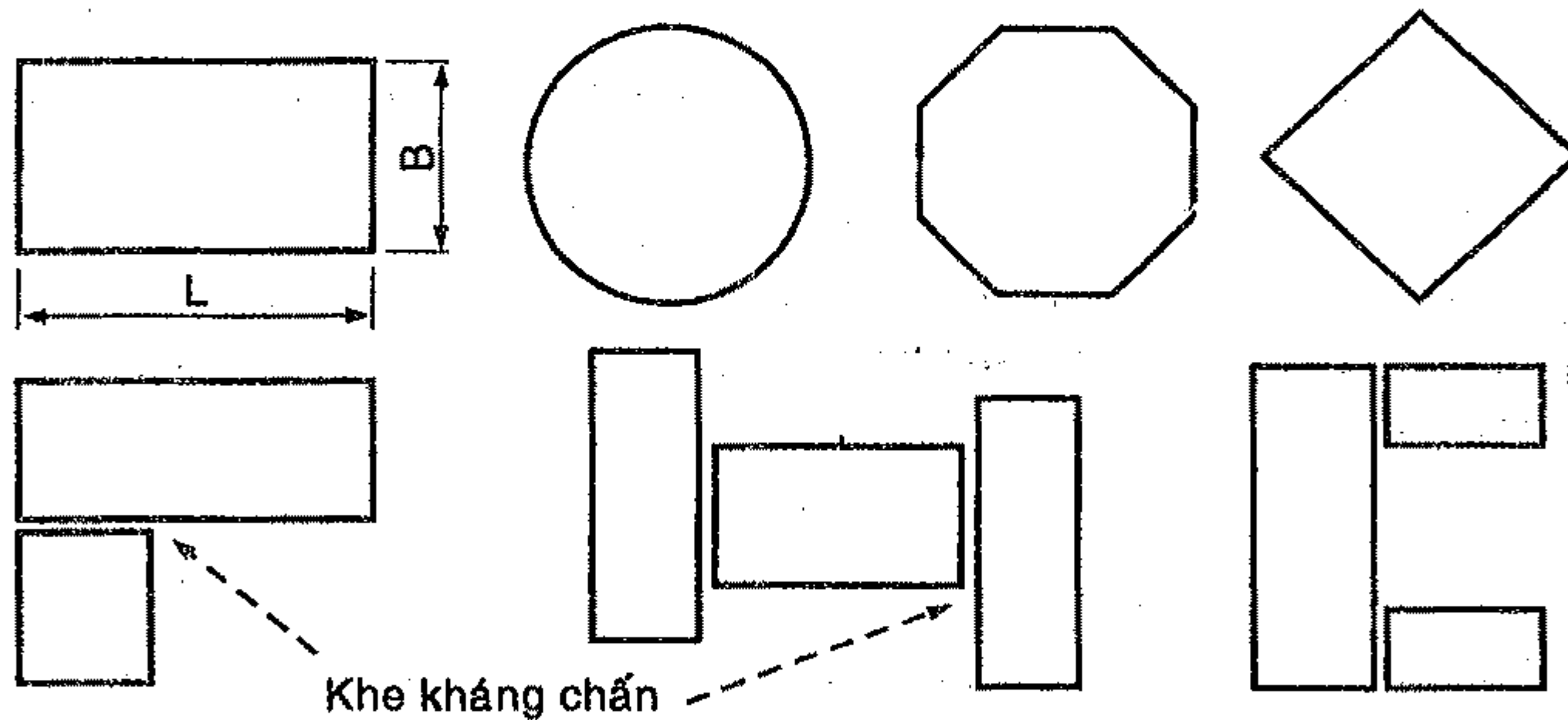
**2- Kích thước hình khối và mặt bằng nhà**

Kích thước mặt bằng nhà nên chọn dạng hình vuông, chữ nhật, hình tròn hoặc đa giác. Đối với nhà có mặt bằng phức tạp như hình H, I, L, Z, U, E ..., nên chia thành các đơn nguyên nhỏ có dạng đơn giản, thông qua việc bố trí các khe co giãn, khe lún, khe kháng chấn.

Đối với nhà có mặt bằng hình chữ nhật, cần không chế tỉ lệ giữa chiều dài nhà L và chiều rộng nhà B. Công trình được xếp vào loại đều đặn có tỉ số  $\frac{L}{B} \leq 4$  khi có xét đến tính

kháng chấn cho công trình. Khi nhà có  $\frac{L}{B} > 4$ , tính kháng chấn của chúng sẽ bị giảm, khả năng chống xoắn của nhà giảm.

Chiều dài tối đa của nhà trong các vùng địa chấn khác nhau, tùy thuộc vào giải pháp kết cấu sử dụng, tùy theo các tiêu chuẩn thiết kế.



Hình 2.1 Một số hình dạng mặt bằng nhà cao tầng

**a) Hình khối nhà**

Hình dạng theo phương đứng khi thiết kế nhà cao tầng cần đảm bảo tính đối xứng qua hai trục hoặc nhiều trục trên mặt bằng. Mặt bằng các tầng nhà không thay đổi theo chiều cao nhà hoặc có thay đổi tốt nhất nên giảm dần theo chiều cao, tránh thay đổi đột ngột hoặc mở rộng theo chiều cao nhà. Nếu thay đổi đột ngột về số tầng nên chia thành các đơn nguyên nhỏ có dạng đơn giản, thông qua việc bố trí các khe co giãn, khe lún, khe kháng chấn.

**b) Tỷ lệ giữa chiều cao H và chiều rộng nhà B cần hạn chế (theo bảng 2.1):**

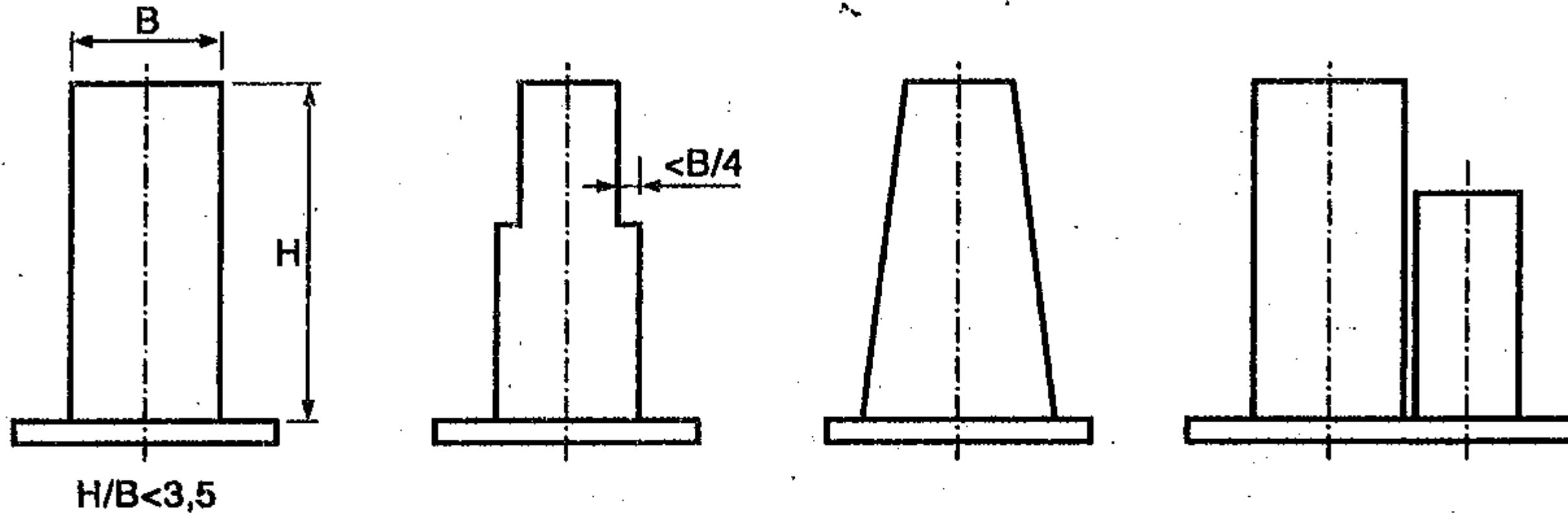
Nguyên nhân chủ yếu hạn chế tỷ lệ H/B là

- Để cho nhà cao tầng đủ độ cứng: hạn chế chuyển vị ngang của nhà
- Tránh sự mất ổn định tổng thể của công trình dưới tác dụng của tải trọng đứng
- Ngăn chặn lật của công trình dưới tác dụng của tải ngang (gió, động đất)
- Giảm giá trị tần số dao động, gia tốc dao động.

**Bảng 2.1** Chiều cao tối đa  $H$  (m) và giá trị giới hạn  $H/B$ 

Loại kết cấu	Không kháng chấn	Kháng chấn cấp $\leq 7$	Kháng chấn cấp 8	Kháng chấn cấp 9
Khung	60m ; 5	60-55m ; 5	45m ; 4	25m ; 2
Khung - vách	130m ; 5	130-120m ; 5	100m ; 4	50m ; 3
Tường BTCT	140m ; 6	140-120m ; 6	120m ; 5	60m ; 4
Kết cấu ống	180m ; 6	180-150m ; 6	120m ; 5	70m ; 4

Chiều cao nhà  $H$  tính từ mặt đất ngoài đến đỉnh mái nhà

**Hình 2.2** Một số hình dạng phù hợp của nhà trên chiều cao

### 3- Tính đối xứng (hình học, độ cứng, trọng lực)

Công trình được xem là đối xứng qua một, hai hoặc nhiều trục trên mặt bằng hoặc trên chiều cao nếu các thông số hình học của nó giống hệt nhau ở mỗi phía của trục đang xét.

Tính đối xứng của nhà có thể phân làm 2 loại:

- Đối xứng trong mặt bằng qua một hoặc nhiều trục ngang
- Đối xứng trên chiều cao qua một trục đứng, ngang hoặc cả hai.

Khi nhà đối xứng qua hai trục thì tâm cứng trùng với trọng tâm nhà, nếu tâm cứng không trùng với trọng tâm nhà thì mô men xoắn xuất hiện làm cho nhà bị xoắn, mô men xoắn cũng có thể phát sinh nếu tâm khối lượng không trùng với trọng tâm nhà ... lúc này các trị nội lực do mô men xoắn gây ra và có thể đó chính là nguyên nhân chính dẫn đến sự phá hoại công trình trong thời gian động đất. Tuy nhiên, mô men xoắn phát sinh chủ yếu do mặt bằng nhà không đối xứng.

### 2.2.2 Giải pháp kết cấu

**2.2.2.1** Tính đồng nhất và liên tục của việc phân bố độ cứng và cường độ của các cấu kiện chịu lực.

Khi thiết kế kháng chấn cần phải tạo ra một sự đồng nhất và liên tục trong việc phân bố độ cứng và cường độ của các cấu kiện chịu tải.

Độ cứng của các cấu kiện chịu tải ngang (cột, vách, lõi...) không đổi suốt chiều cao phải đồng trục, tránh lệch trục.

Tất cả các cột và vách chịu lực đều liên tục và đường truyền tải của nó không bị ngắt hoặc đứt khúc từ móng đến mái.

Tất cả các dầm không có dạng khúc khuỷu (do thay đổi tiết diện dầm), nên bố trí li cột sao cho các nhịp dầm gần bằng nhau.



Các cột và dầm phải đồng trục, bề rộng các cột và dầm phải gần bằng nhau, để dễ dàng cho việc cấu tạo các chi tiết cốt thép và thuận lợi cho việc truyền mô men, lực cắt qua chỗ liên kết giữa chúng. Hạn chế dùng dầm bẹt vì thường bị phá hoại cạnh chỗ liên kết với cột.

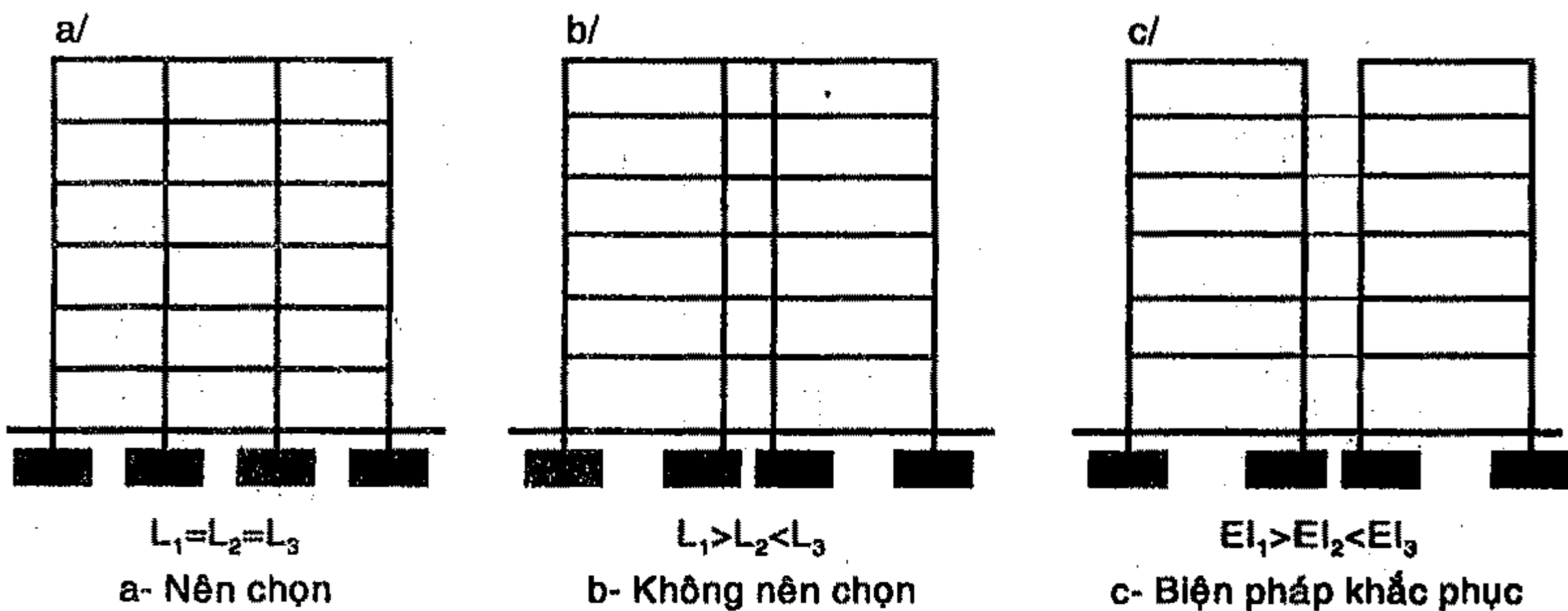
Không có cấu kiện chủ yếu nào bị thay đổi tiết diện đột ngột.

Kết cấu càng liên tục và càng liền khối càng tốt, bậc siêu tĩnh càng cao càng tốt.

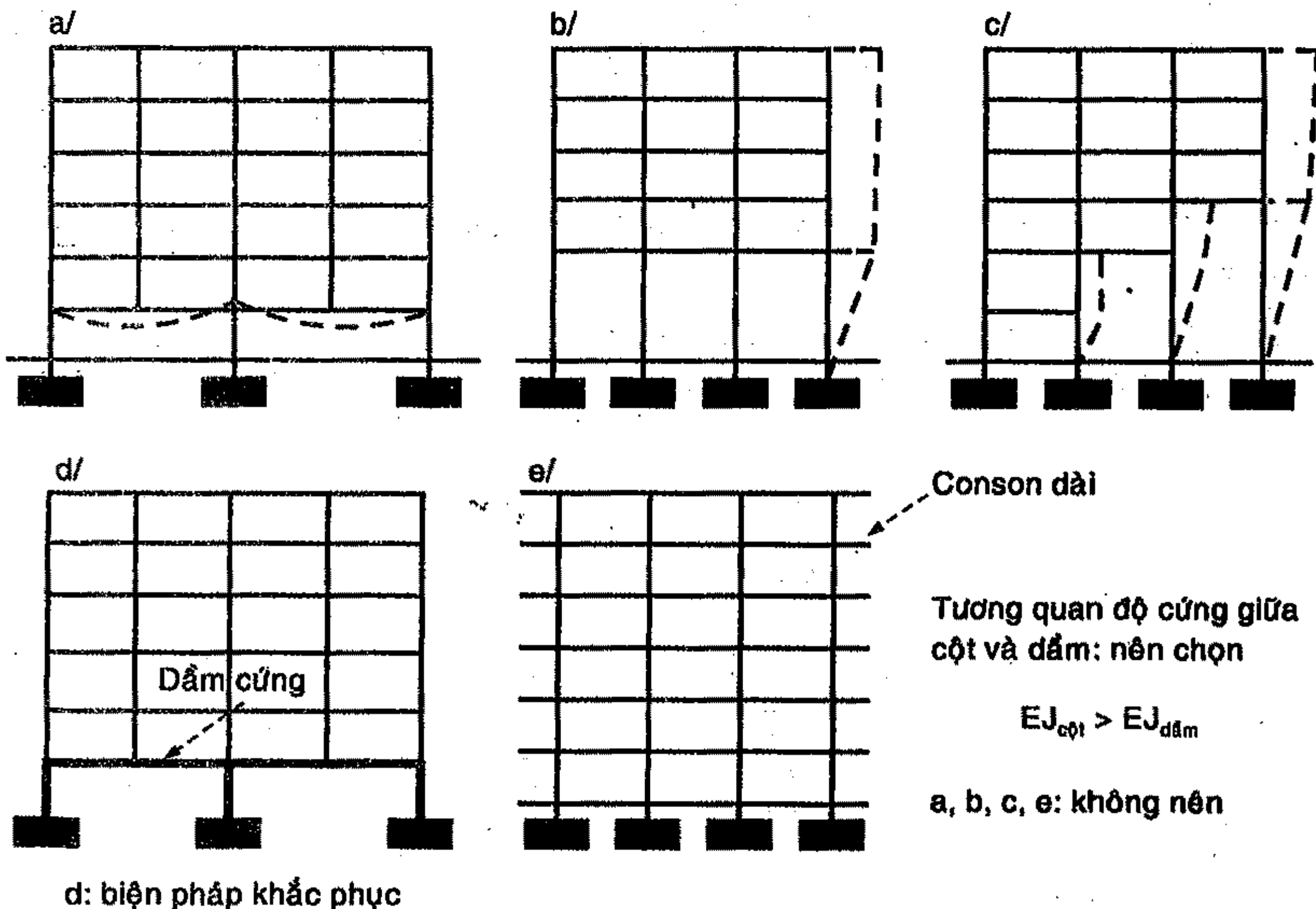
Đối với kết cấu khung BTCT, độ cứng các dầm tại các nhịp khác nhau cần được thiết kế sao cho độ cứng của nó trên các nhịp đều nhau, tránh nhịp này quá cứng so với nhịp khác, điều này gây ra tập trung ứng suất tại các dầm có nhịp ngắn làm cho nó có thể bị phá hoại sớm

Sơ đồ khung: nên tuân theo các nguyên tắc sau:

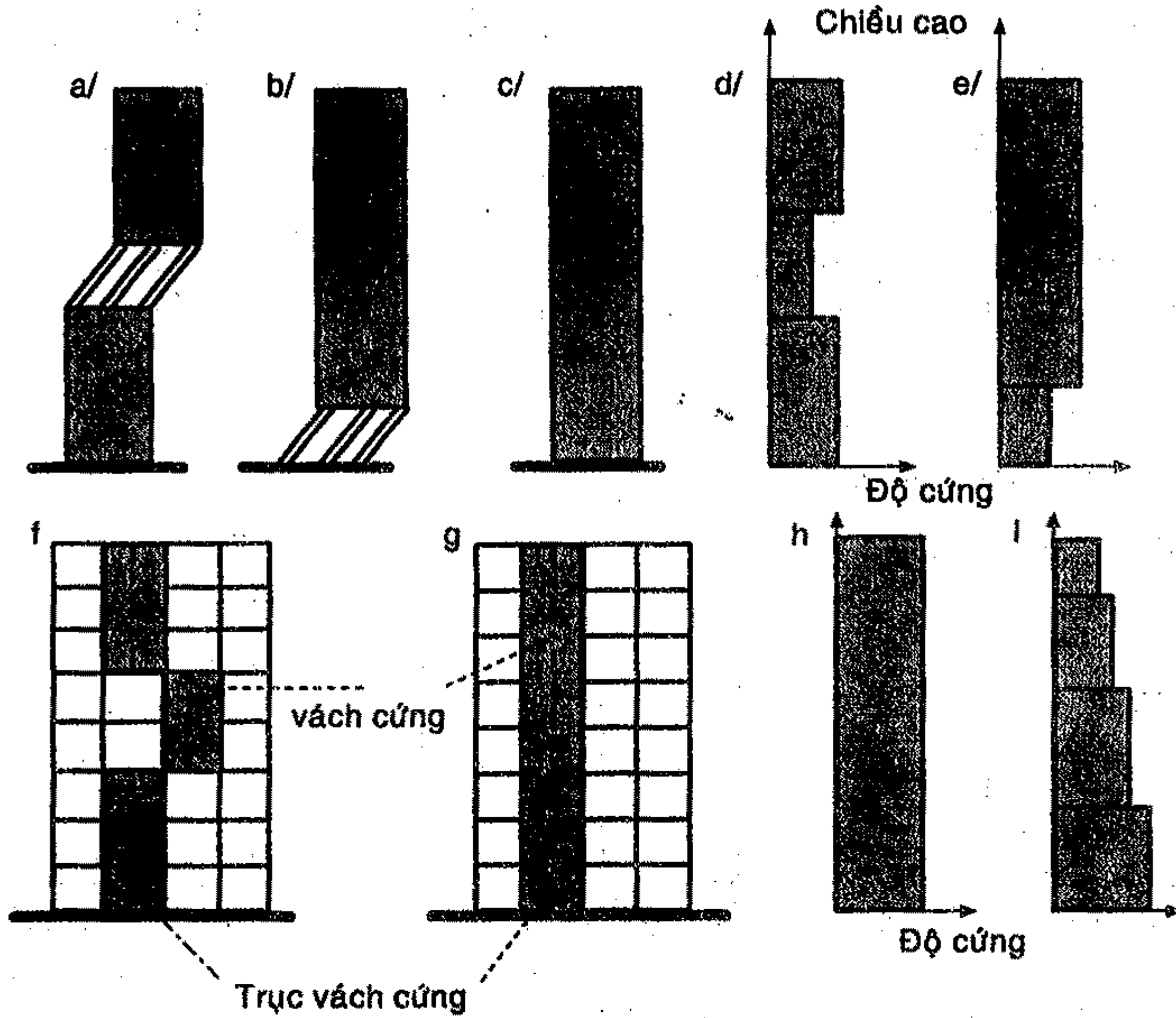
Nên chọn khung đối xứng



Hình 2.3 Khung nhiều nhịp



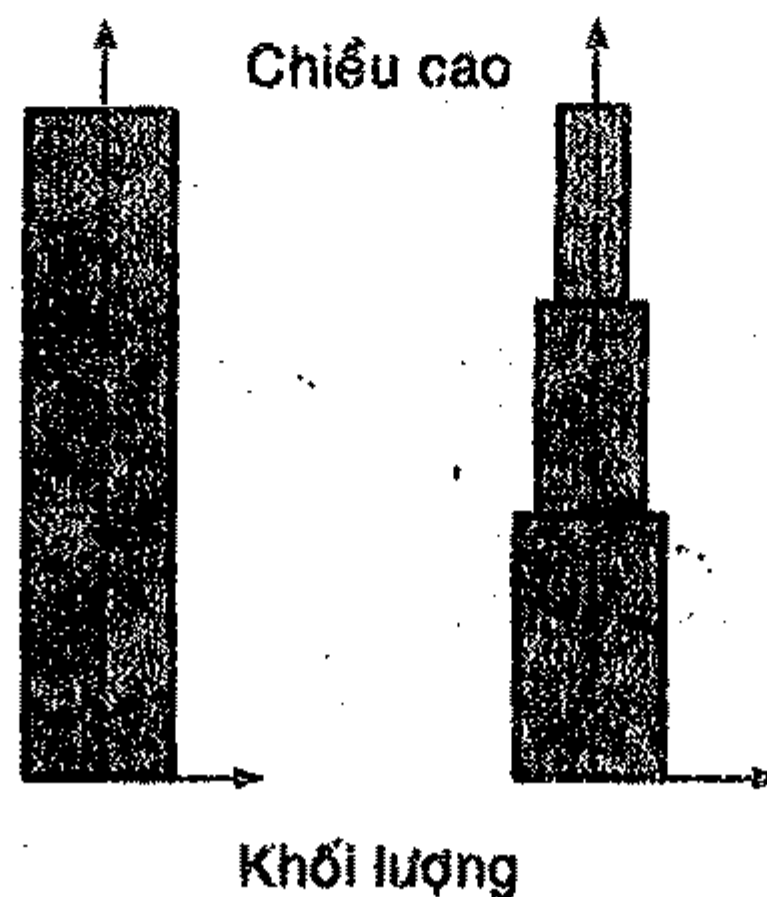
Hình 2.4 Không nên chọn khung hàng cột, thông tầng



**Hình 2.5** a, b, f - vách cứng bố trí không liên tục, lệch trục: không hợp lý  
 c, g - vách cứng bố trí liên tục, đồng trục: hợp lý  
 d, e - Độ cứng phân bố theo chiều cao nhà: không hợp lý  
 h, i - Độ cứng phân bố theo chiều cao nhà: hợp lý

Phân bố khối lượng và độ cứng của cấu kiện chịu tải trong mặt bằng và theo chiều cao công trình:

Phải bố trí sao cho khối lượng các tầng không đổi, nếu có thay đổi thì giảm dần theo chiều cao nhà và tâm khối lượng các tầng nên đồng trục, tránh lệch trục.



**Hình 2.6** Phân bố khối lượng theo chiều cao

**2.2.2.2 Bố trí vách cứng**

Trong nhà khung - vách: cần tuân theo các yêu cầu sau:

Trong mặt bằng nhà hình chữ nhật nên bố trí từ ba vách trở lên theo cả hai phương.

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 trùng với tâm trọng lực (trọng tâm hình học mặt bằng) nhà. Nếu độ lệch tâm này càng lớn công trình có thể bị phá hoại do tác động xoắn.

Các vách nên có chiều cao chạy suốt từ móng đến mái và có độ cứng không đổi trên toàn bộ chiều cao hoặc nếu có giảm thì giảm dần từ dưới lên trên.

Không nên chọn vách có khả năng chịu tải lớn nhưng số lượng ít mà nên chọn nhiều vách có khả năng chịu tải tương đương và phân bố đều trên mặt bằng.

Không nên chọn khoảng cách giữa các vách và khoảng cách từ vách đến biên quá lớn.

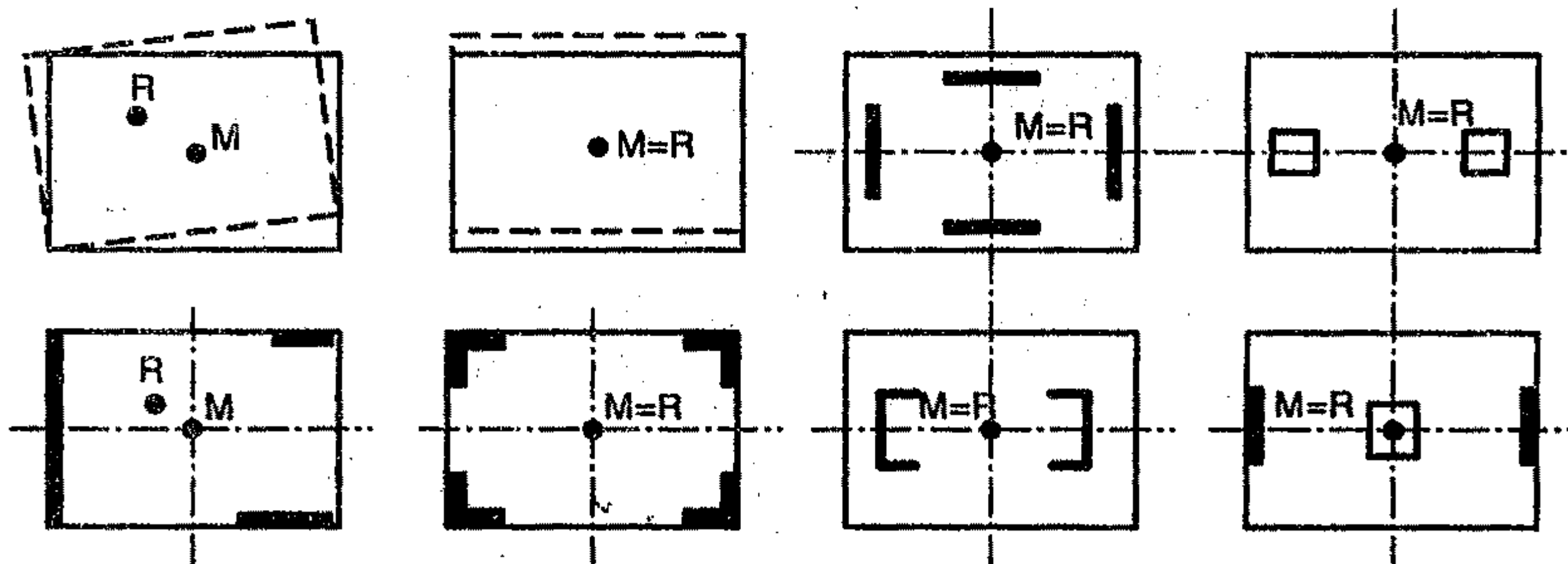
Chiều dày vách đồ toàn khối chọn không nhỏ hơn 200mm và không nhỏ hơn 1/20 chiều cao tầng.

Vách cứng trong nhà có thể bố trí từng nhóm hình L, T, I ...

Các lỗ cửa trên các vách cần bố trí đều đặn và thẳng hàng từ trên xuống dưới, không bố trí lệch nhau.

Việc bố trí số lượng và vị trí của các vách cứng, lõi cứng trong nhà cao tầng rất quan trọng vì nó ảnh hưởng đến vị trí tâm cứng, tâm uốn trên mặt bằng. Bố trí các vách cứng, lõi cứng trên mặt bằng nên bố trí đối xứng cả hai trục để tâm khối lượng (M) trùng với tâm cứng (R): (M=R). Nếu tâm khối lượng (M) không trùng tâm cứng (R) của nhà thì nhà sẽ bị xoắn. Độ lệch tâm của hai tâm này quyết định tới trị số của mô men xoắn.

Tuy nhiên, theo quan điểm kháng chấn (bố trí cách cứng, lõi cứng) đôi khi mâu thuẫn với quan điểm thiết kế chức năng sử dụng công trình, trường hợp này tất cả các yếu tố liên quan phải được xem xét và phân tích đồng thời để chọn giải pháp tối ưu, sao cho độ lệch tâm là bé nhất.



**Hình 2.7** Vị trí tâm khối lượng và tâm cứng trên mặt bằng nhà

**2.2.2.3 Phân bố độ cứng và cường độ theo phương ngang**

Độ cứng và cường độ kết cấu nên bố trí đều đặn và đối xứng trên mặt bằng công trình

Để giảm độ xoắn khi dao động, tâm cứng của công trình cần được bố trí gần trọng tâm của nó

Hệ thống chịu lực ngang chính của công trình cần được bố trí theo hai phương và khoảng cách giữa các vách cứng phải nằm trong giới hạn nhất định để có thể xem kết cấu sàn không bị biến dạng trong mặt phẳng của nó khi chịu tải trọng ngang

**Bảng 2.4** Khoảng cách giữa các vách cứng phải thỏa mãn điều kiện:

Thiết kế không kháng chấn	$L_v \leq 5B$ và $L_v \leq 60m$
Thiết kế kháng chấn cấp $\leq 7$	$L_v \leq 4B$ và $L_v \leq 50m$
Thiết kế kháng chấn cấp 8	$L_v \leq 3B$ và $L_v \leq 40m$
Thiết kế kháng chấn cấp 9	$L_v \leq 2B$ và $L_v \leq 30m$

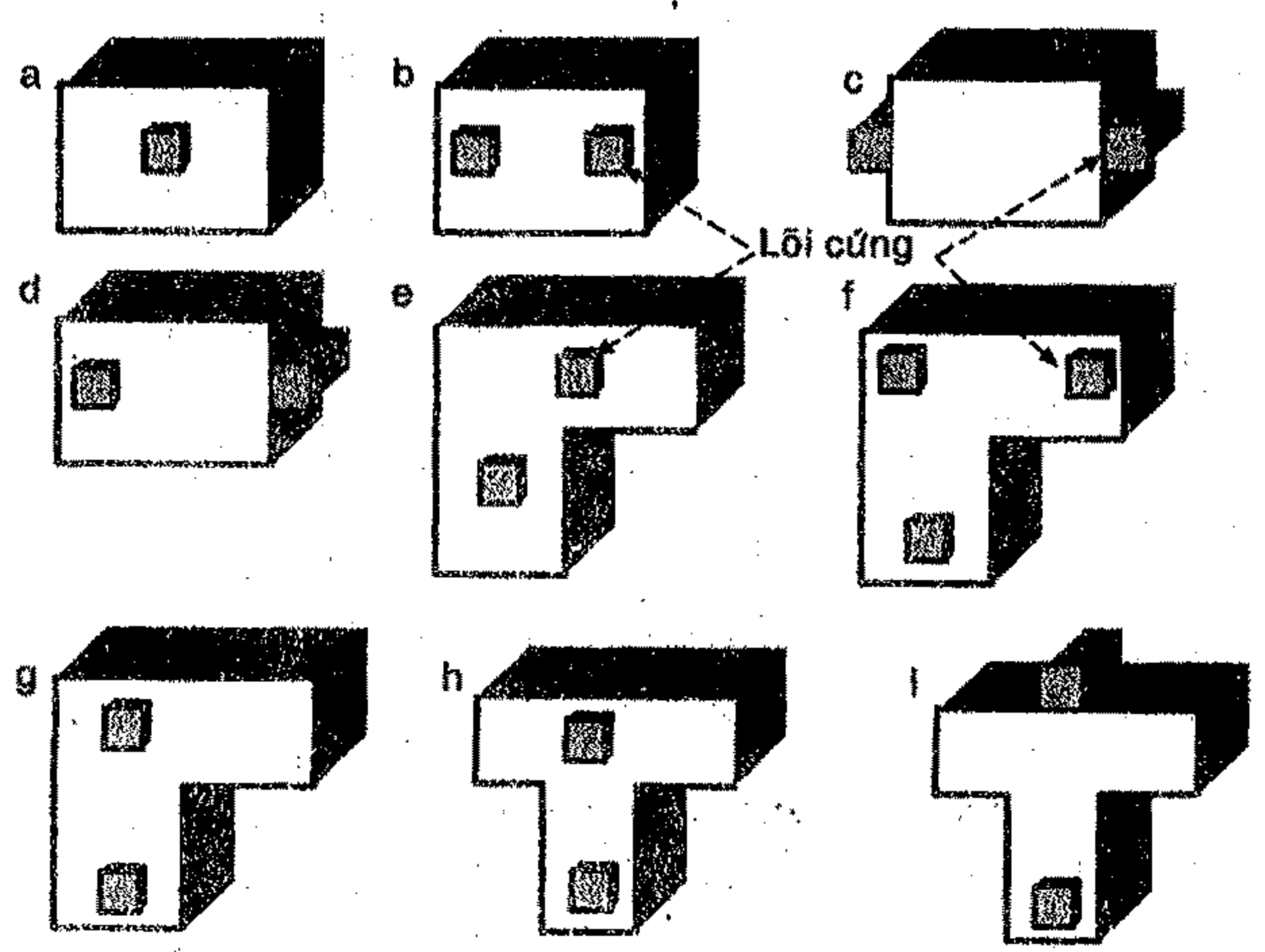
**2.2.2.4 Bố trí lõi cứng**

Đối với nhà có lõi cứng, vị trí của lõi cứng trên mặt bằng sẽ có ảnh hưởng quyết định tới trị số mômen xoắn. Nên bố trí lõi cứng gần trọng tâm nhà, nếu giải pháp mặt bằng nhà không cho phép bố trí các lõi cứng một cách đối xứng thì cần bổ sung thêm vào hệ kết cấu một vài vách cứng chịu tải khác.

Nhà có chiều cao trên 100m thường dùng hệ lõi, ống, ống trong ống. Vai trò khung cột, nếu có chỉ giảm nhịp sàn, hầu như không tham gia vào tải ngang. Khi hệ cột được bố trí dày đặc dọc theo chu vi công trình và có độ cứng lớn đáng kể so với độ cứng của lõi tạo thành một kết cấu khung không gian cùng tham gia chịu lực cùng lõi

Việc thiết kế 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.
- Khoảng cách giữa ống trong và ống ngoài khi không tính động đất không lớn hơn 12m, ngược lại không lớn hơn 10m



**Hình 2.8** Vị trí lõi cứng trong mặt bằng nhà  
 a) Một lõi trong; b, e, g, h) Hai lõi trong; c) Hai lõi ngoài;  
 f) Ba lõi trong; d, l) Kết hợp lõi trong lõi ngoài

**2.2.2.5 Phân bố độ cứng và cường độ theo phương đứng**

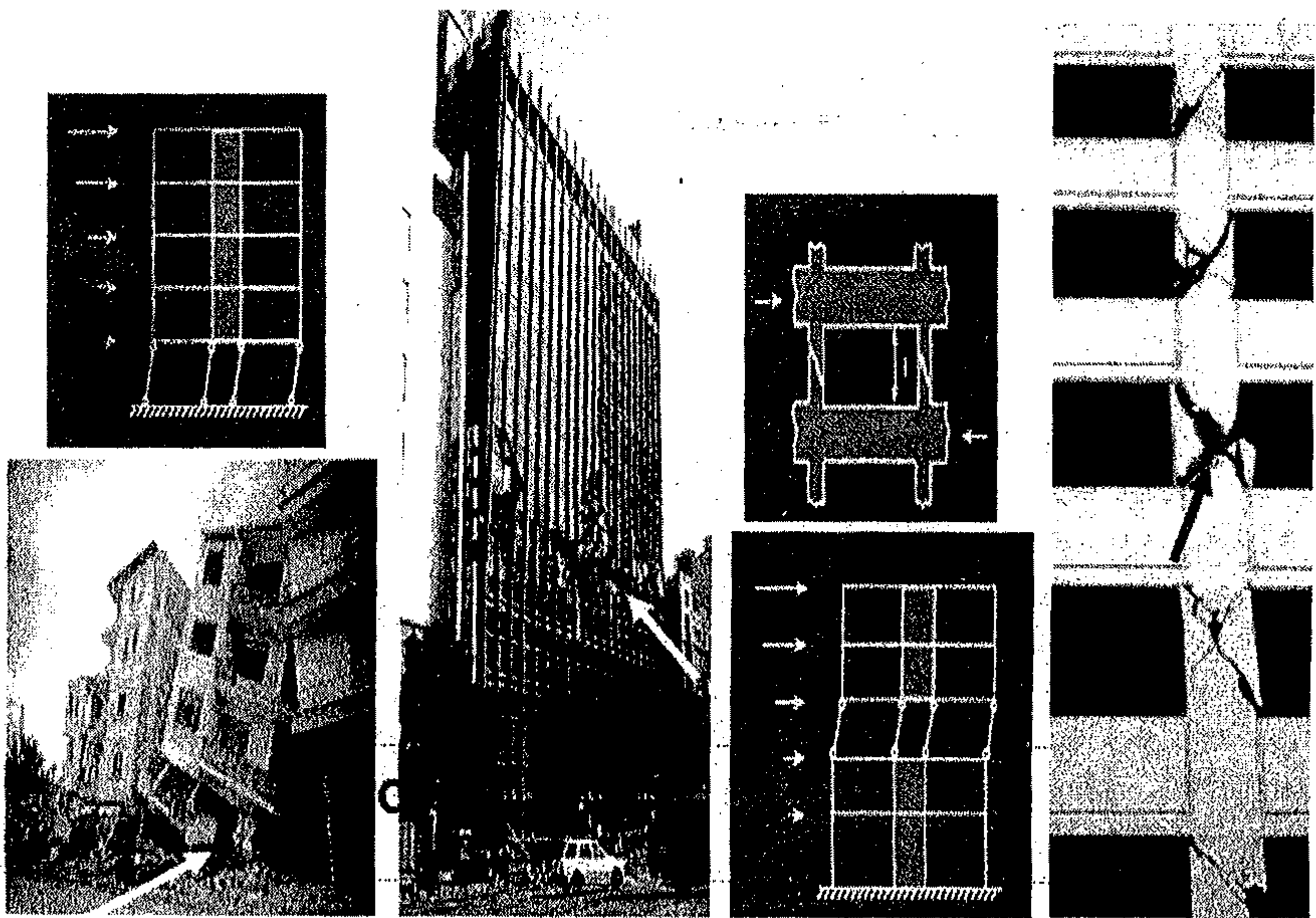
Độ cứng và cường độ của kết cấu nhà cao tầng cần được thiết kế đều hoặc giảm dần lên phía trên, tránh thay đổi đột ngột

Độ cứng của tầng trên không nhỏ hơn 70% độ cứng của kết cấu tầng dưới kê nó

Nếu ba tầng giảm độ cứng liên tục thì tổng mức giảm không vượt quá 50%

**2.2.2.6 Nguyên tắc cơ bản của việc thiết kế kháng chấn là đảm bảo cho các cột không bị phá hoại trước dầm “cột khỏe hơn dầm”.** Dưới tác động của tải địa chấn, biến dạng dẻo phải xuất hiện trước hết ở dầm, sau đó mới tới các cột: có thể một số dầm bị hư hỏng trong khi đó cột còn đủ khả năng chịu tải, công trình không bị sụp đổ. Nếu thiết kế “dầm khỏe cột yếu”, khớp dẻo xuất hiện ở cột trước, cột bị biến dạng và mất ổn định đầu tiên thì lực nén sẽ nhanh chóng làm cột bị phá hoại dẫn đến nguy cơ công trình có khả năng bị sụp đổ cao.

Khi thiết kế nhà cao tầng cần chú ý việc chọn độ cứng giữa cột và dầm sao cho tránh trường hợp cột bị phá hoại trước dầm.



*Hình 2.9 Phá hoại khi cột bị phá hoại trước dầm*

**2.3 KHE CO DẪN, KHE NHIỆT, KHE LÚN, KHE KHÁNG CHẤN**

Khi thiết kế nhà cao tầng nên điều chỉnh hình dạng mặt bằng, dùng các biện pháp cấu tạo, tính toán và thi công hợp lý để tránh đặt khe lún, khe nhiệt, khe chống động đất (khe kháng chấn).

Khi bắt buộc phải bố trí khe co dãn... đối với các trường hợp sau:

- Mặt bằng công trình có hình dạng phức tạp.
- Công trình với các khu vực có số tầng chênh lệch quá lớn.
- Độ cứng hoặc tải trọng các bộ phận kết cấu chênh lệch nhau khá nhiều mà không có biện pháp xử lý hiệu quả.

Khi mặt bằng nhà phức tạp dạng hình chữ L, T, U, H, Y... thường hay bị hư hỏng hoặc sụp đổ khi gặp động đất mạnh: trường hợp này phải bố trí khe kháng chấn, để chia mặt bằng nhà thành các khối nhà có mặt bằng đơn giản.

Nên điều chỉnh mặt bằng nhà, kết hợp với các biện pháp thi công và cấu tạo một cách hợp lý để giảm số lượng khe co dãn, khe lún, khe kháng chấn.

Khe lún thường bố trí nơi các khối nhà có sự chênh lệch số tầng lớn, do địa chất thay đổi phức tạp. Khe lún phải xuyên qua móng do đó cần có biện pháp xử lý rất phức tạp đối với công trình có nhiều tầng hầm vì thế nên hạn chế bố trí nhiều khe lún, chỉ bố trí khe lún khi thật cần thiết.

Có thể không cần bố trí khe lún nếu:

- Công trình sử dụng móng cọc chống vào lớp đá hoặc bằng các biện pháp khác chứng minh được độ lún lệch công trình không đáng kể.
- Việc tính lún có độ tin cậy cao, thể hiện độ chênh lệch lún giữa các bộ phận nằm trong giới hạn cho phép.
- Có thể dùng biện pháp thi công thích hợp như thi công phần cao tầng trước phần thấp tầng sau, có tính toán mức độ chênh lệch lún hai khối kề nhau, để khi thi công xong thì độ lún hai khối đó xấp xỉ nhau, hoặc chừa một mạch bê tông giữa hai khối để đổ sau, khi độ lún của hai khối đã ổn định.

Khe kháng chấn phải đặt theo suốt chiều cao công trình và có thể không xuyên qua móng, trừ trường hợp kết hợp với khe lún.

Bề rộng khe kháng chấn cần phải được thiết kế có bề rộng đủ lớn để khi dao động các phần của công trình đã được tách ra, sao cho các phần nhà nằm cạnh nhau không va đập vào nhau khi động đất xảy ra.

Khi thiết kế khe kháng chấn cần xác định chuyển vị ngang lớn nhất có thể xảy ra ở hai phần nhà kề cận nhau, xét trường hợp bất lợi nhất khi cả hai khối nhà cùng nghiêng đồng thời vào nhau, bề rộng khe kháng chấn được xác định như sau:

$$D_{\min} = U_1 + U_2 + 20\text{mm} \quad (2.1)$$

với  $U_1$  và  $U_2$  là chuyển vị lớn nhất theo phương nằm ngang của hai khối kết cấu kề nhau

**Bảng 2.2** Khoảng cách lớn nhất của khe co dãn khi không tính toán

Loại kết cấu	Phương pháp thi công	Khoảng cách lớn nhất
Khung	Đổ tại chỗ	50
Khung - vách	Lắp ghép	70
Vách cứng	Đổ tại chỗ	45

**Bảng 2.3** Bề rộng tối thiểu của khe kháng chấn (mm)

Loại kết cấu	Không kháng chấn (Kháng chấn cấp 6)	Kháng chấn cấp $\leq 7$	Kháng chấn cấp 8	Kháng chấn cấp 9
Khung	$4H+10$	$5H-5$	$7H-35$	$10H-80$
Khung - vách	$3,5H+9$	$4,2H-4$	$6H-30$	$8,5H-68$
Vách	$2,8H+7$	$3,5H-3$	$5H-25$	$7H-55$

H là độ cao của mái của đơn nguyên thấp hơn trong các đơn nguyên kề nhau tính bằng mét



**Hình 2.10**

## 2.4 KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG

### 2.4.1 Kết cấu theo phương đứng

Hệ kết cấu cơ bản nhà cao tầng

Các cấu kiện chịu lực cơ bản gồm:

- Cấu kiện dạng thanh: cột, dầm
- Cấu kiện phẳng: tường đặc, tấm sàn
- Cấu kiện không gian: lõi cứng, lưới hộp; dưới tác động của tải trọng, hệ không gian này làm việc như một kết cấu độc lập.

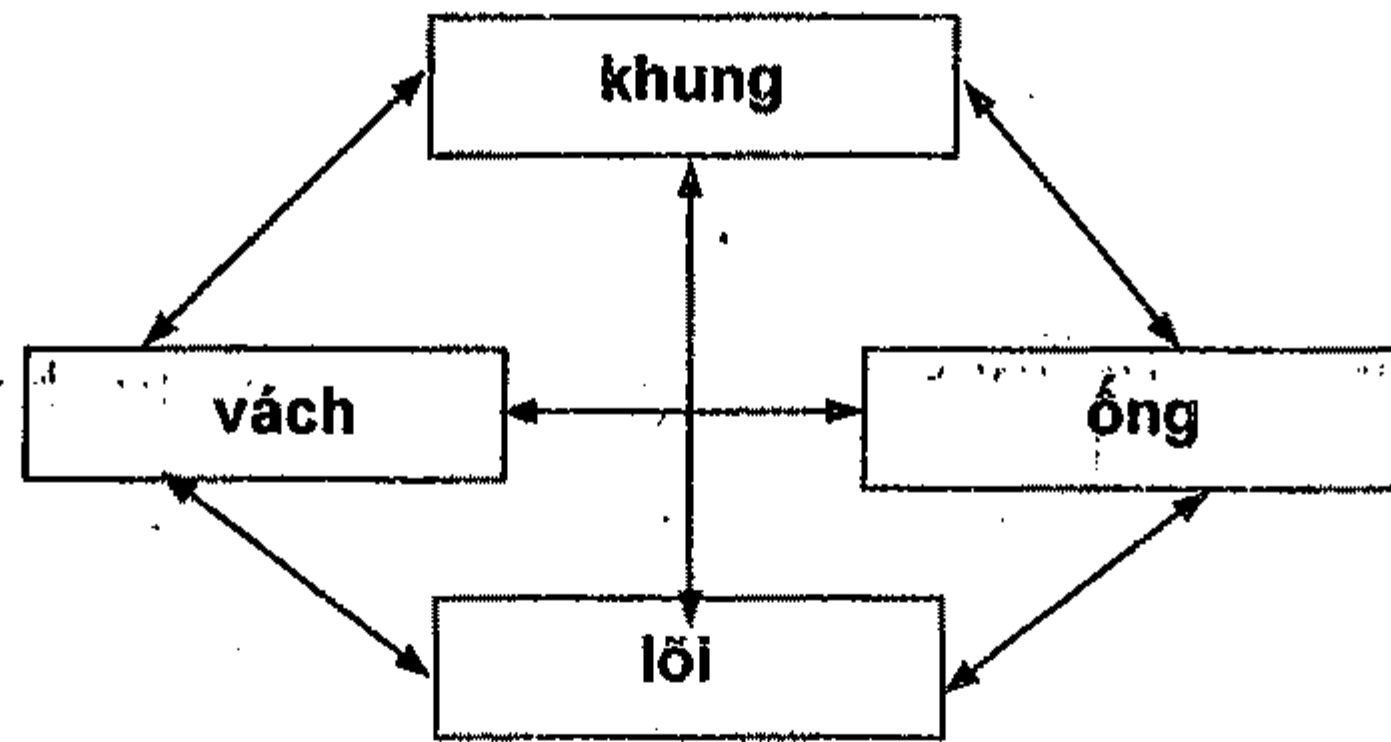
Có thể phân làm hai nhóm chính:

Nhóm 1: chỉ gồm một loại cấu kiện chịu lực độc lập như khung, vách, lõi, hộp

Nhóm 2: được tổ hợp từ hai hoặc ba loại cấu kiện cơ bản trở lên:

- Kết cấu khung + vách
- Kết cấu khung + lõi
- Kết cấu khung + hộp
- Kết cấu khung + vách + lõi...

Việc chọn hệ kết cấu dạng này hay dạng khác phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của công trình, công năng sử dụng, chiều cao nhà và độ lớn của tải trọng ngang (gió, động đất).



*Hình 2.11 Sơ đồ tổ hợp các hệ chịu lực nhà cao tầng*

### Hệ kết cấu thuần khung

Kết cấu thuần khung bao gồm hệ thống cột và dầm liên kết cứng tại các nút, nhiều khung phẳng tạo thành khung không gian vừa chịu tải trọng đứng và tải trọng ngang.

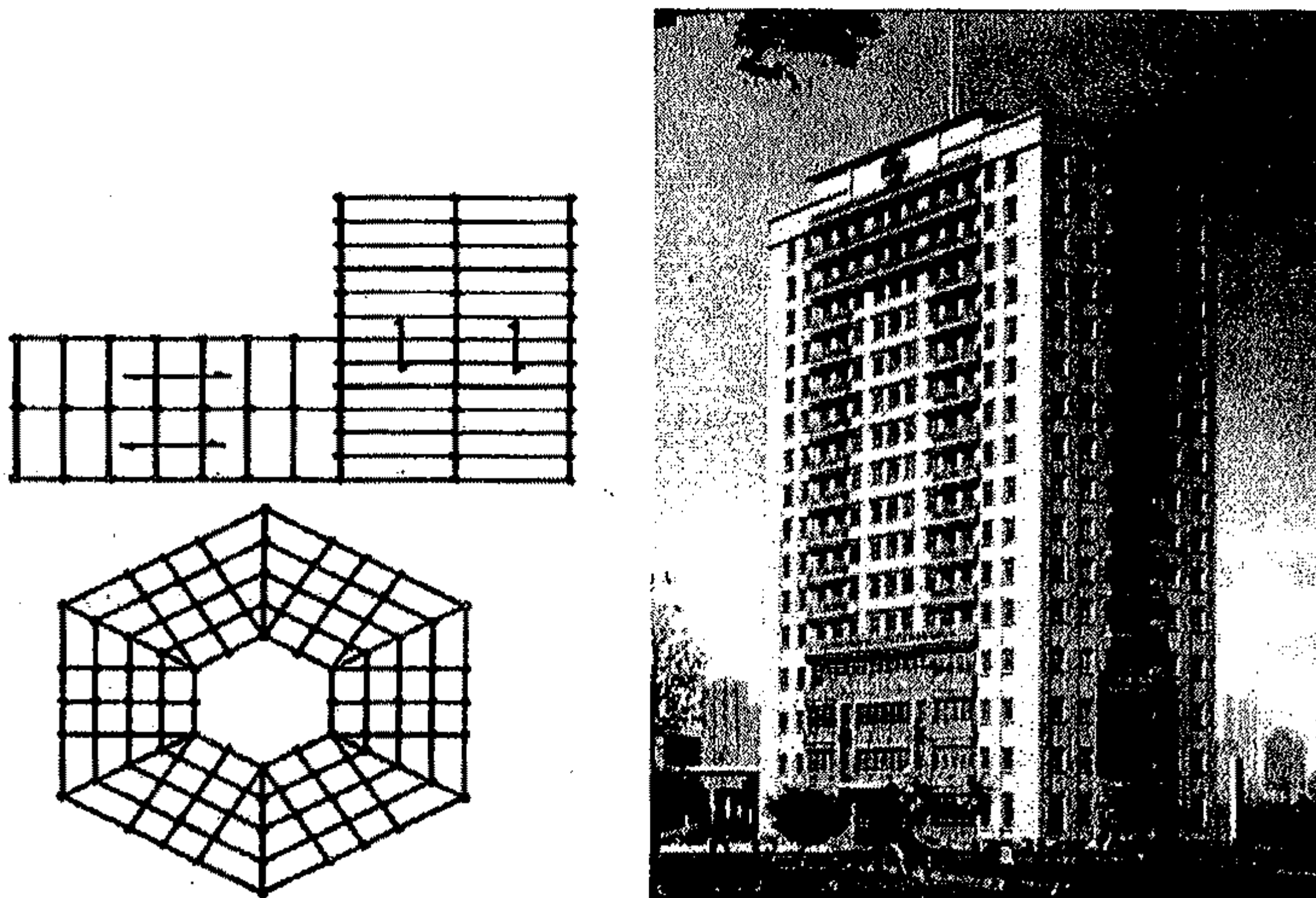
Kết cấu thuần khung có khả năng tạo ra các không gian lớn, linh hoạt có thể đáp ứng đầy đủ các yêu cầu sử dụng công trình.

Kết cấu thuần khung có sơ đồ làm việc rõ ràng, nhưng độ cứng theo phương ngang tương đối nhỏ, khả năng chịu cắt theo phương ngang kém, năng lực chống lại tác động của tải ngang kém khi chiều cao công trình lớn.

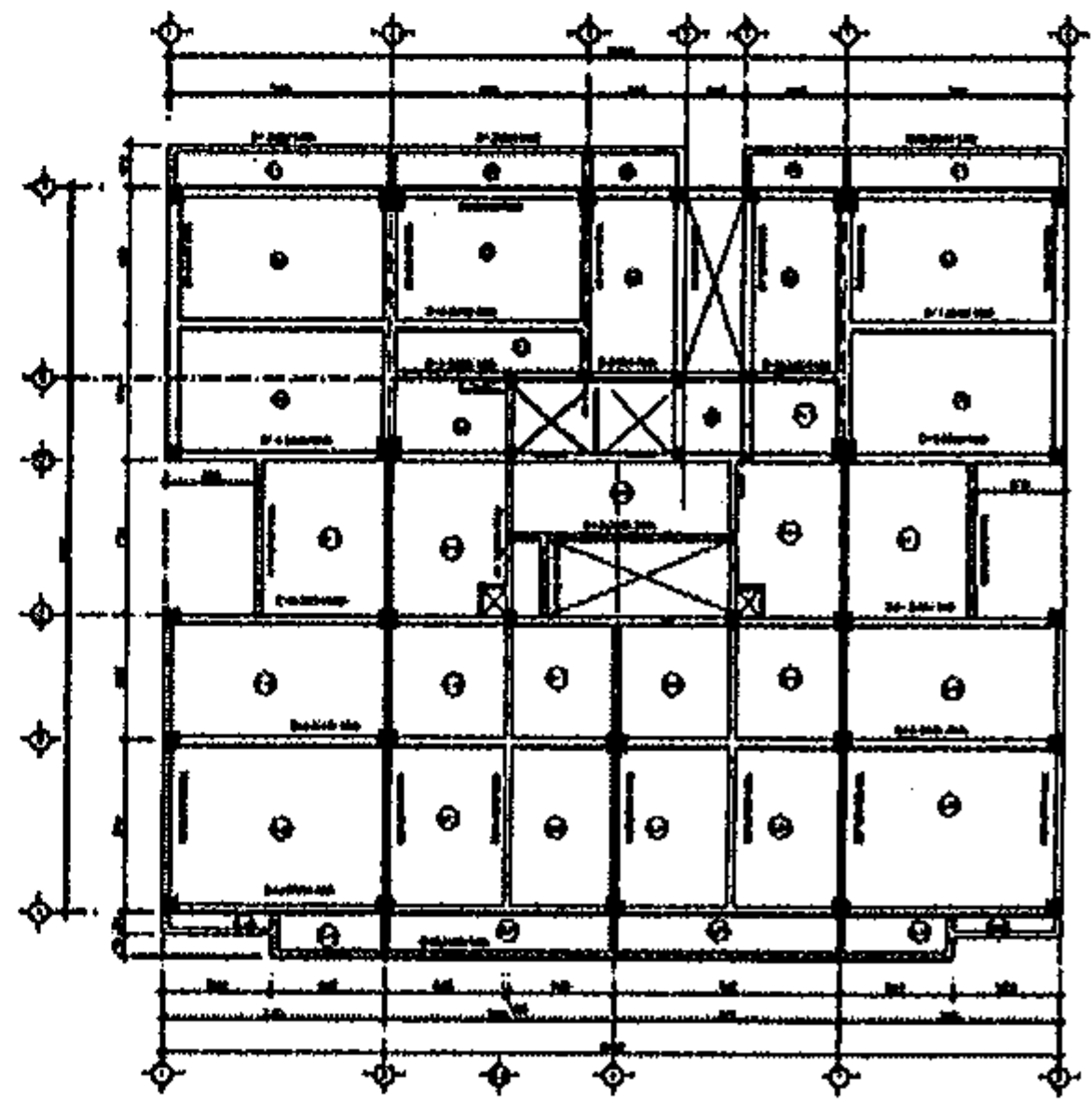
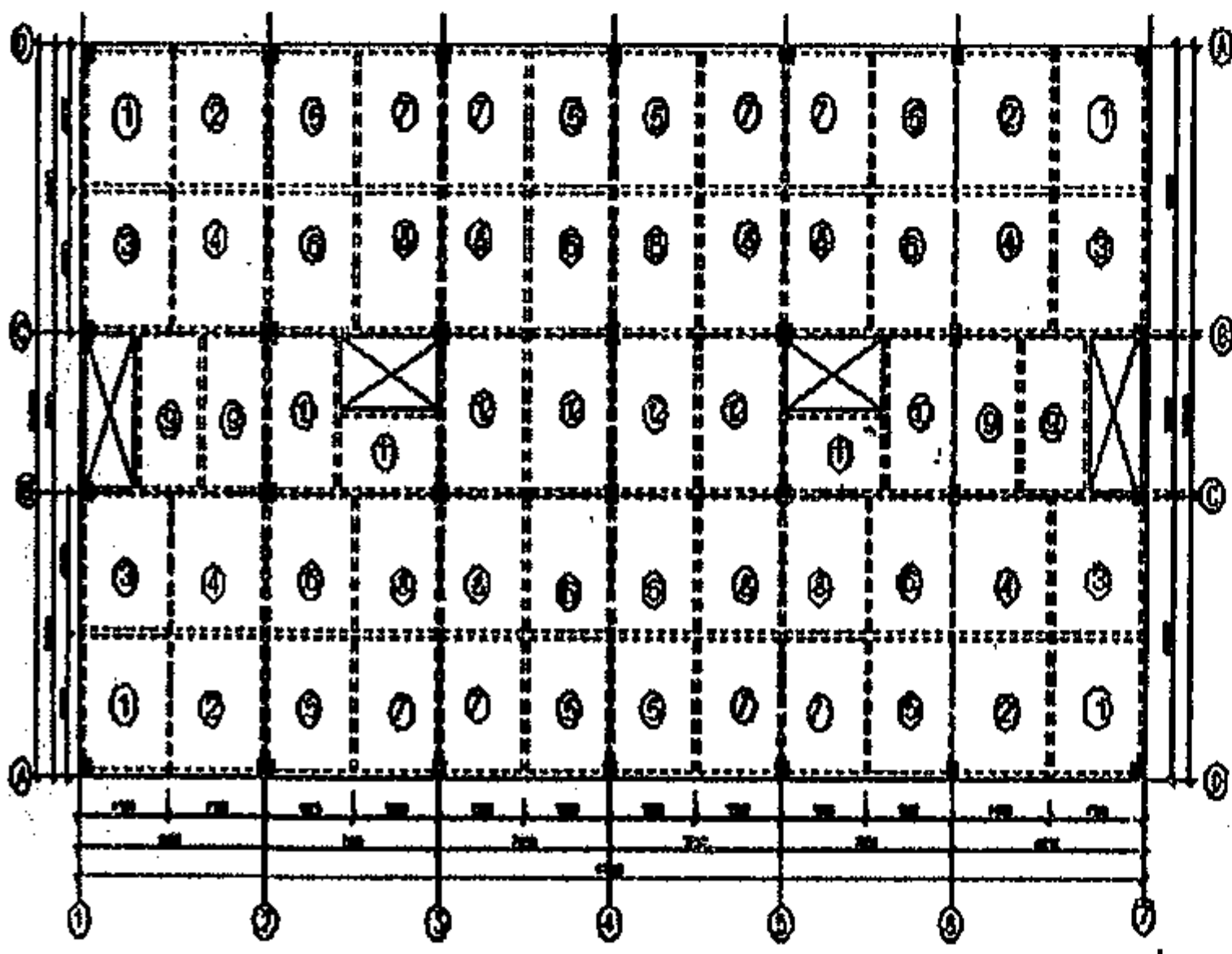
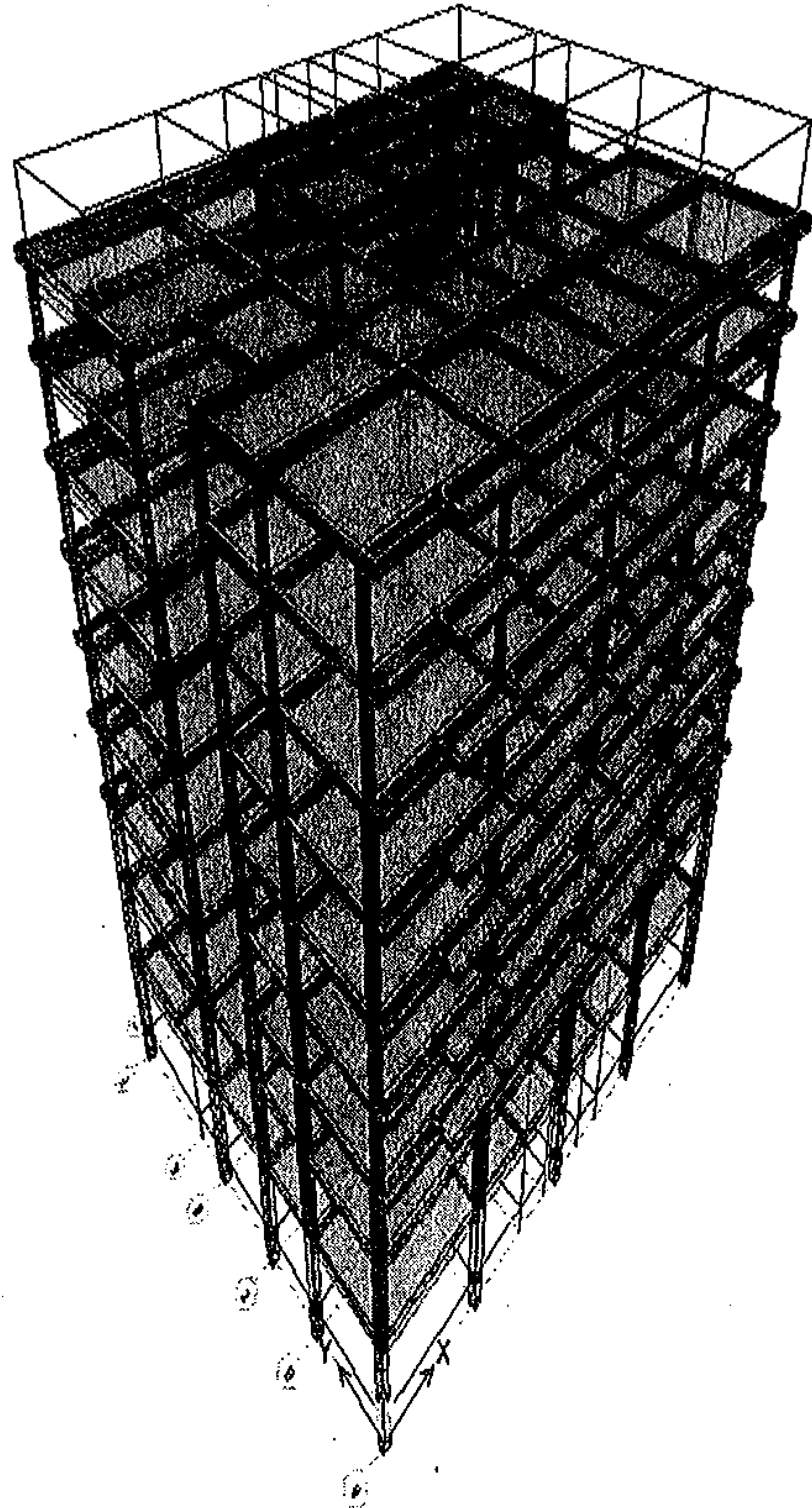
Chiều cao tối đa của nhà khi sử dụng kết cấu thuần khung phụ thuộc vào tải trọng ngang (gió: 15 tầng hay động đất: 10 tầng), còn phụ thuộc vào số nhịp, độ lớn các nhịp và tỷ lệ giữa chiều cao và chiều rộng nhà.

Khi tính toán, chọn mô hình tính toán khung-sàn kết hợp: với giả thiết bản sàn tuyệt đối cứng trong mặt phẳng của nó.

Các nội lực trong cột bao gồm: lực dọc, lực cắt, mô men uốn theo hai phương, mô men xoắn. Một số mặt bằng kết cấu khung điển hình như sau:







Mặt bằng tầng 3-8

Hình 2.12 Kết cấu thuần khung

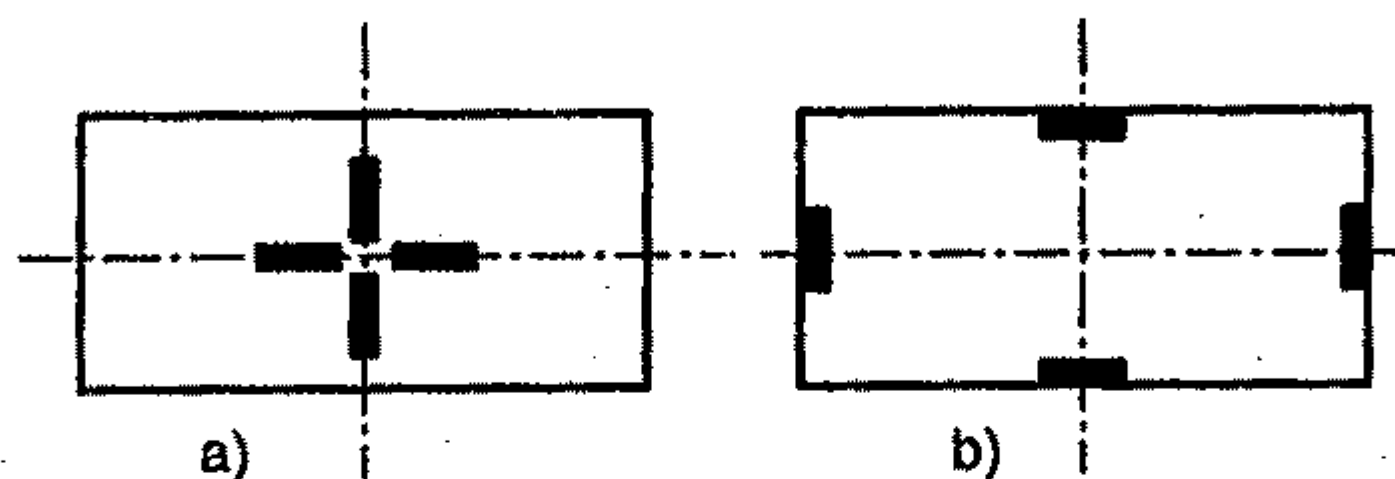
Hệ kết cấu vách cứng chịu lực:

Kết cấu vách chịu lực là một hệ thống vách vừa chịu tải đứng vừa chịu tải ngang, đồng thời làm cả nhiệm vụ vách ngăn các phòng.

Vách cứng (BTCT) trong nhà cao tầng phải bố trí suốt từ móng đến mái, phải đồng trục: vách cứng có khả năng chịu lực cắt và chịu uốn tốt

Hệ kết cấu này là tổ hợp các vách phẳng, phải được bố trí theo hai phương.

Trong mặt bằng nhà, hạn chế việc bố trí các vách cứng tập trung ở trọng tâm nhà do khả năng chống xoắn kém, tốt nhất nên bố trí các vách cứng dọc theo chu vi nhà vì nhà có khả năng chống xoắn tốt hơn và chịu tải cả hai phương.



**Hình 2.13** Bố trí vách cứng trong mặt bằng

a) Nhà không có khả năng chống xoắn

b) Nhà có khả năng chống xoắn tốt hơn

Vách cứng liên tục không khoét lỗ gọi là vách đặc. Trong nhà thường chỉ có một số ít là vách đặc, còn lại là vách bị khoét lỗ dành cho các cửa đi và cửa sổ.

Kết cấu vách cứng có những đặc điểm cơ bản sau:

Kết cấu vách cứng đổ tại chỗ có tính liên khối tốt, độ cứng theo phương ngang lớn, kết hợp với bản sàn tạo thành kết cấu hộp nhiều ngăn có khả năng chịu tải lớn, đặc biệt là khả năng chịu tải ngang (tải động đất).

Loại kết cấu này có khoảng không gian nhỏ nên chỉ phù hợp với các công trình nhà ở.

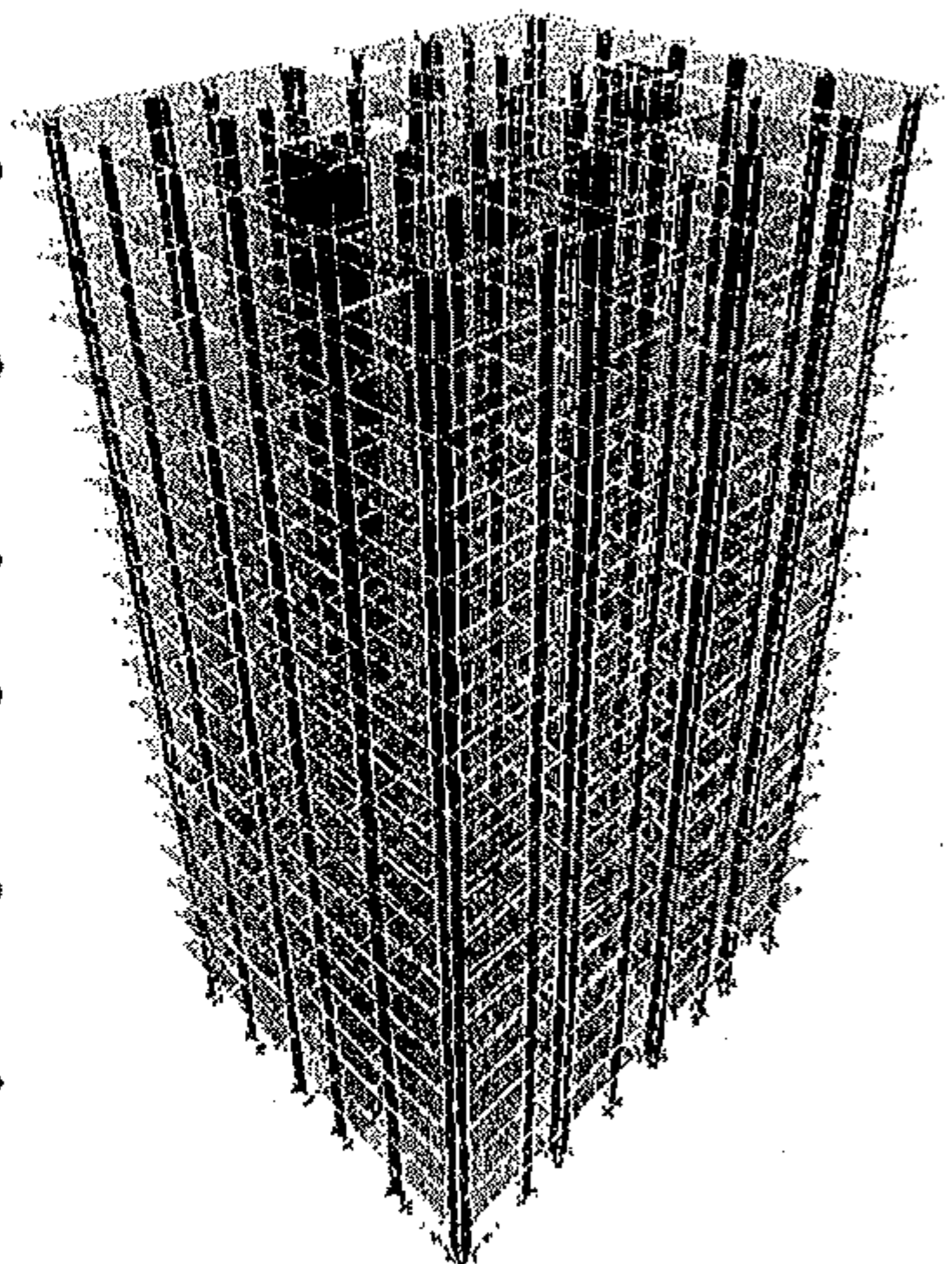
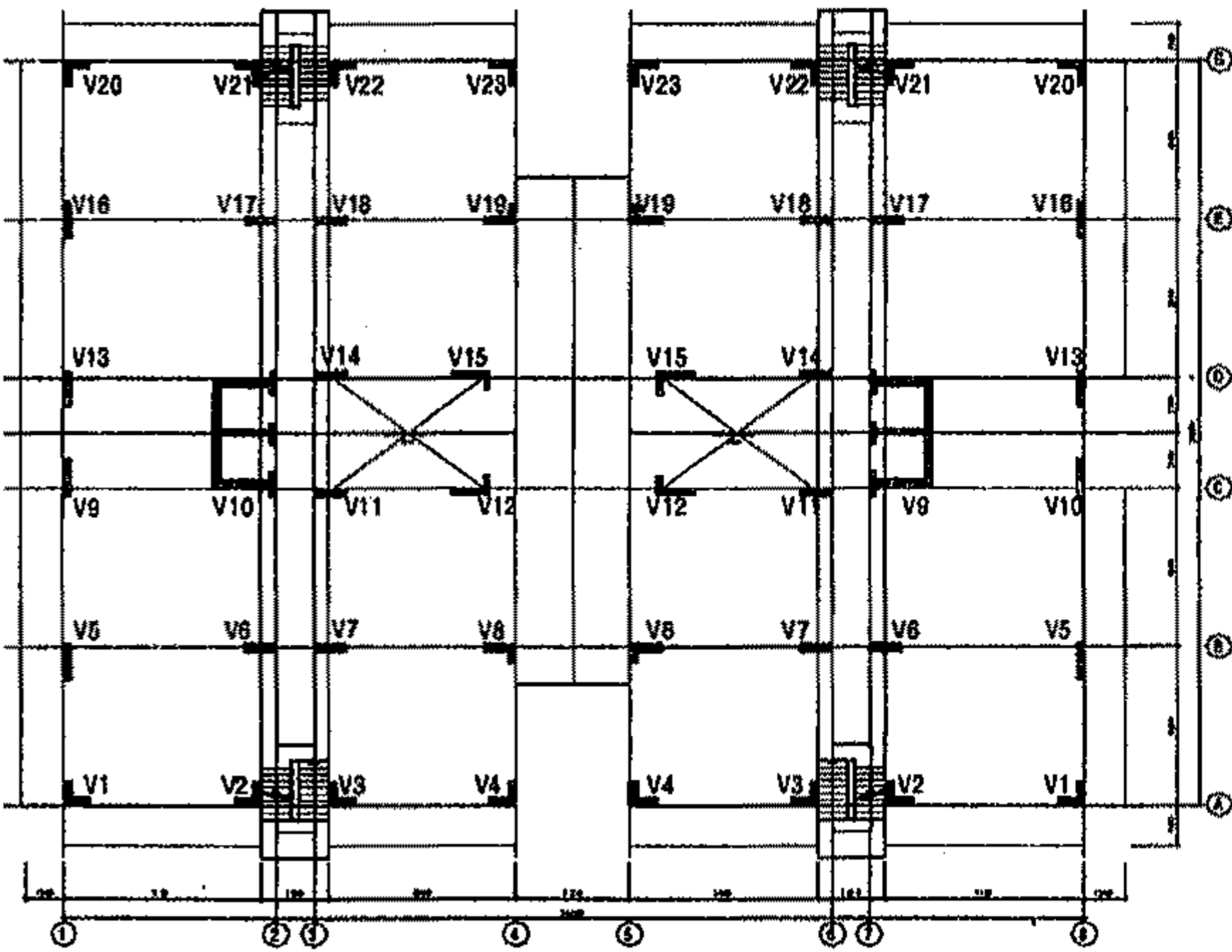
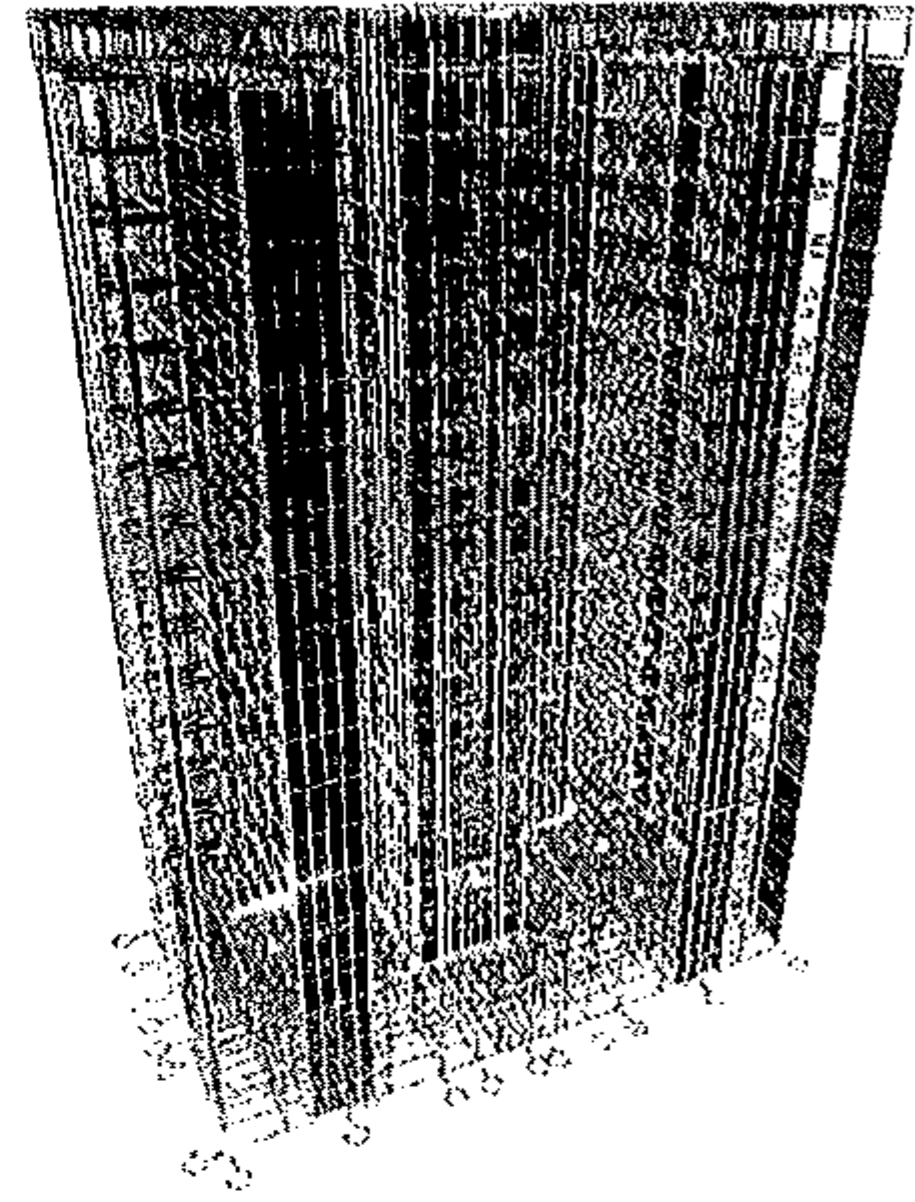
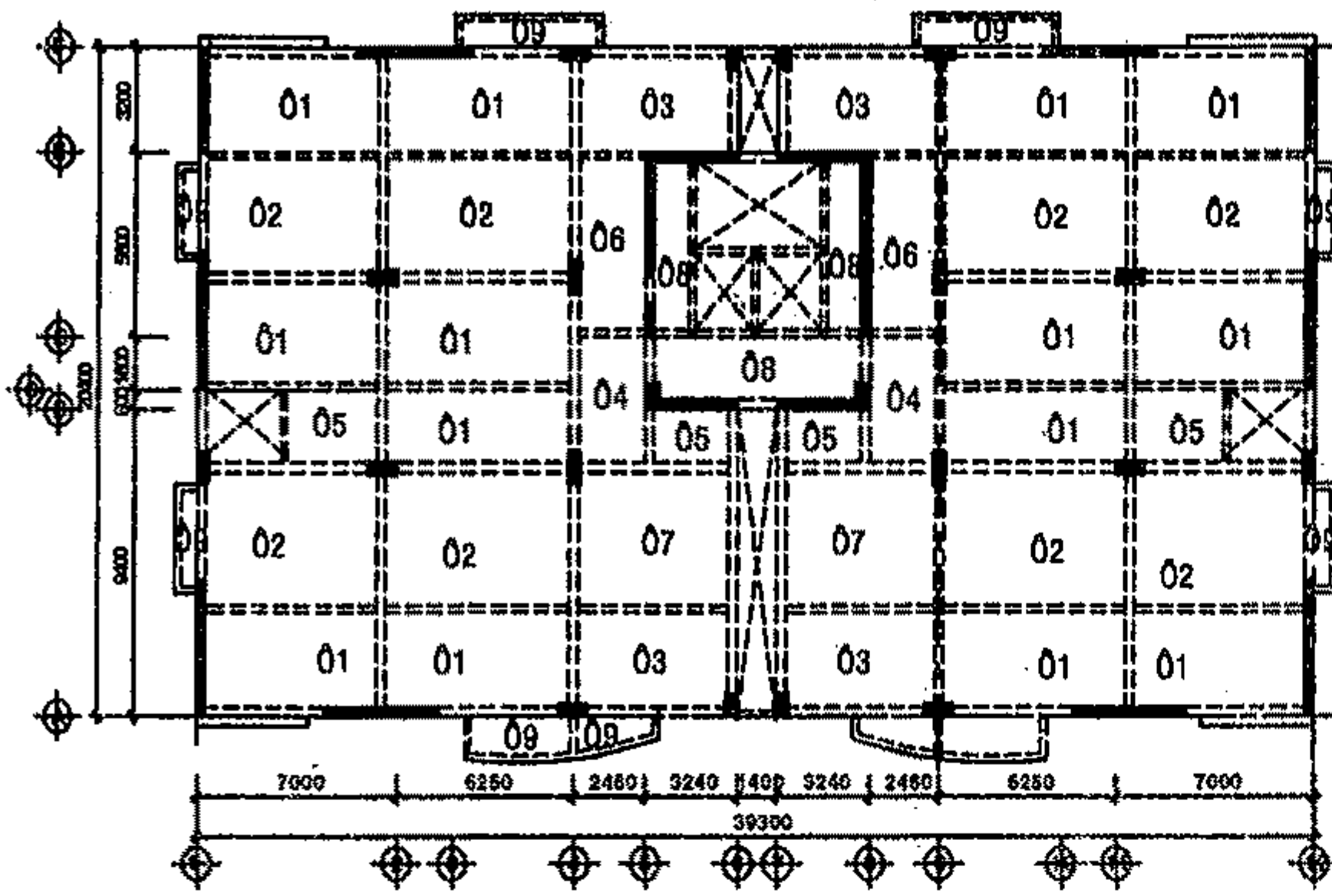
Kết cấu này có trọng lượng bản thân lớn, độ cứng lớn làm tăng tải trọng động đất

Kết cấu vách cứng được xem như là một tấm phẳng chỉ chịu lực trong mặt phẳng bản thân, không chịu lực ngoài mặt phẳng đó. Do đó cần phải bố trí vách cứng theo cả hai phương.

Cách bố trí vách cứng sao cho công trình có khả năng chống xoắn cao khi chịu tải ngang.

Vách cứng được xem như một con son ngàm với móng và chịu uốn trong mặt phẳng của nó.

Nội lực trong vách bao gồm: lực dọc, mô men uốn và lực cắt trong mặt phẳng vách.



Hình 2.14 Kết cấu vách

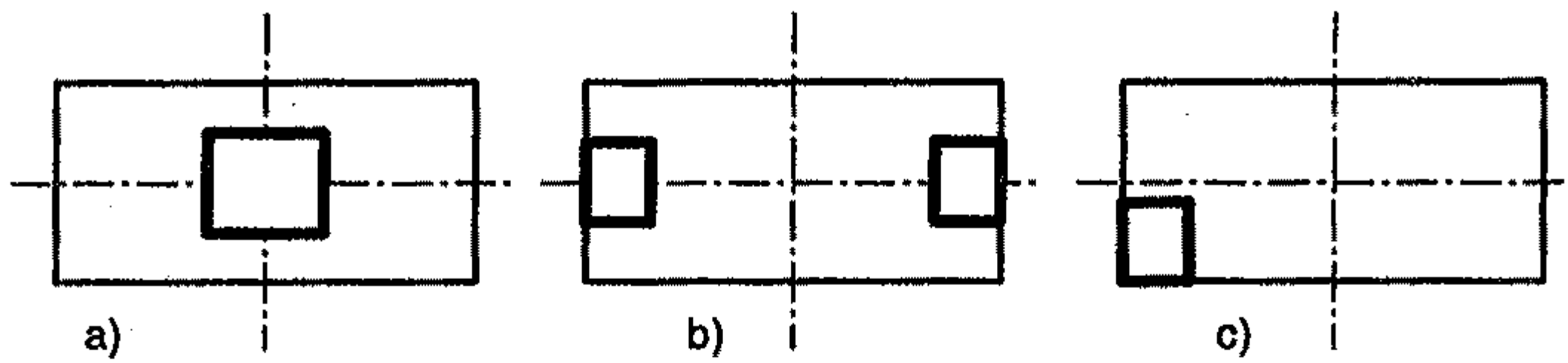
**2.4.1.3 Kết cấu lõi**

Đối với một số công trình cần có không gian rộng với việc bố trí mặt bằng đa dạng, để đáp ứng yêu cầu này cần tạo hệ chịu lực bằng các vách cứng theo các phương liên kết lại với nhau gọi là lõi cứng. Lõi cứng vừa chịu tải đứng vừa chịu tải ngang. Một ngôi nhà có thể có một hoặc nhiều lõi cứng, nếu chỉ có một lõi cứng thường được bố trí ở trung tâm, nếu có nhiều lõi cứng thì các lõi được đặt xa nhau và nên bố trí đối xứng trên mặt bằng không nên bố trí lõi cứng lệch một bên. Các lõi cứng phải bố trí sao cho tâm độ cứng của chúng trùng với trọng tâm nhà để tránh công trình bị xoắn khi dao động.

Lõi cứng có tiết diện kín hoặc hở, thường gặp là tiết diện nửa hở do có khoét lỗ cửa.

Lõi cứng làm việc như một thanh cônson ngàm với móng, nội lực bao gồm: lực dọc, mô men theo hai phương, lực cắt theo hai phương và cả mô men xoắn.

Bản sàn tựa lên các lõi cứng đó hoặc sàn tựa lên các dầm lớn liên kết với lõi cứng.



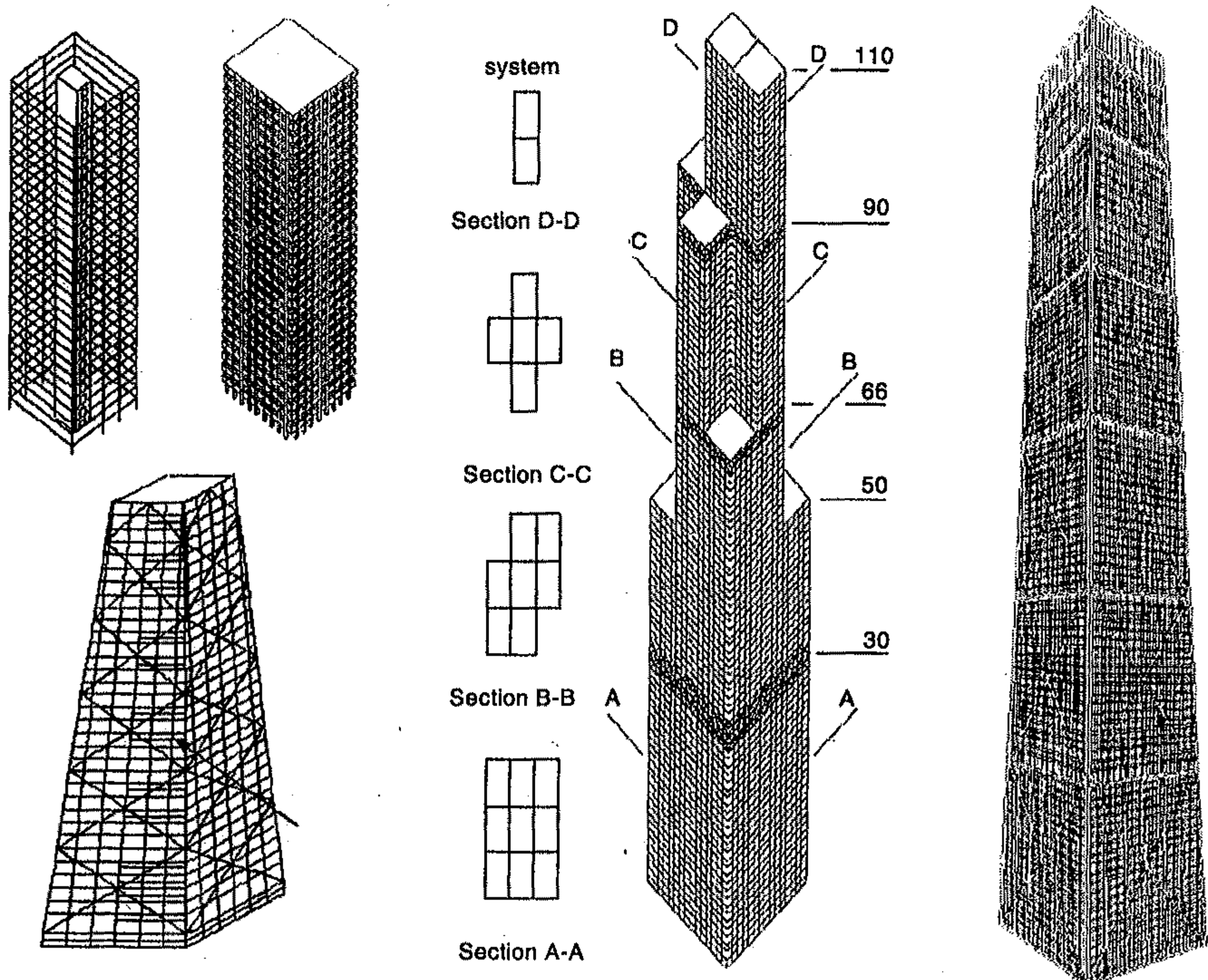
**Hình 2.15** Bố trí lõi cứng trên mặt bằng  
*a, b) Lõi cứng bố trí đối xứng*  
*c) Lõi cứng bố trí lệch một bên (không nên)*

#### 2.4.1.4 Kết cấu ống

Hệ kết cấu này gồm các cột đặt dày đặc trên toàn bộ chu vi công trình được liên kết với nhau bằng hệ dầm giao nhau.

Nếu các cột đặt xa nhau thì kết cấu làm việc theo sơ đồ khung.

Điểm hạn chế là do các cột đặt dày đặc nên gây cản trở đến mỹ quan công trình.



**Hình 2.16** Kết cấu ống

### 2.4.1.5 Hệ kết cấu khung - vách cứng

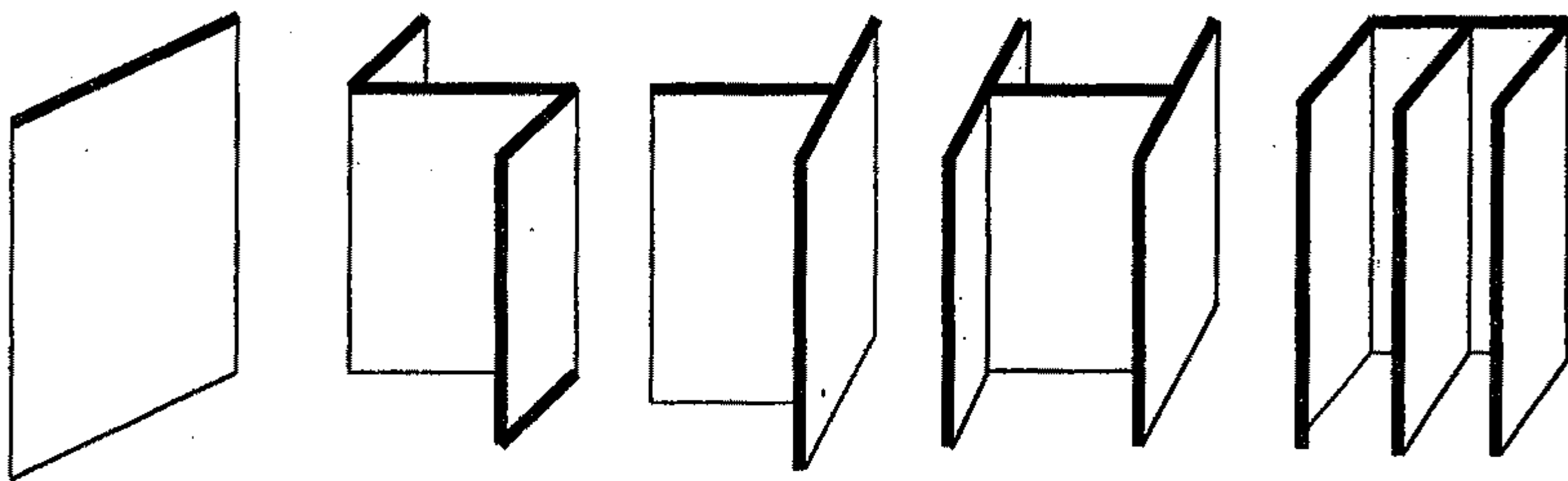
Vách cứng có thể bố trí theo một phương hoặc hai phương, hoặc liên kết nhau thành một nhóm (kín hoặc hở).

Đặc điểm của kết cấu này là khả năng chịu tải trọng ngang rất tốt, vách cứng chủ yếu để chịu tải ngang trên 85%, nên thường sử dụng trong các nhà cao tầng.

Kết cấu vách đạt hiệu quả trong nhà từ 20 đến 40 tầng.

Khả năng chịu tải của vách phụ thuộc phần lớn vào hình dạng tiết diện ngang của nó.

Nhà cao tầng nên tránh dùng kết cấu thuần khung, thường nên kết hợp vách và khung.



*Hình 2.17 Một số dạng vách cứng thường gặp*

Nguyên tắc bố trí vách cứng.

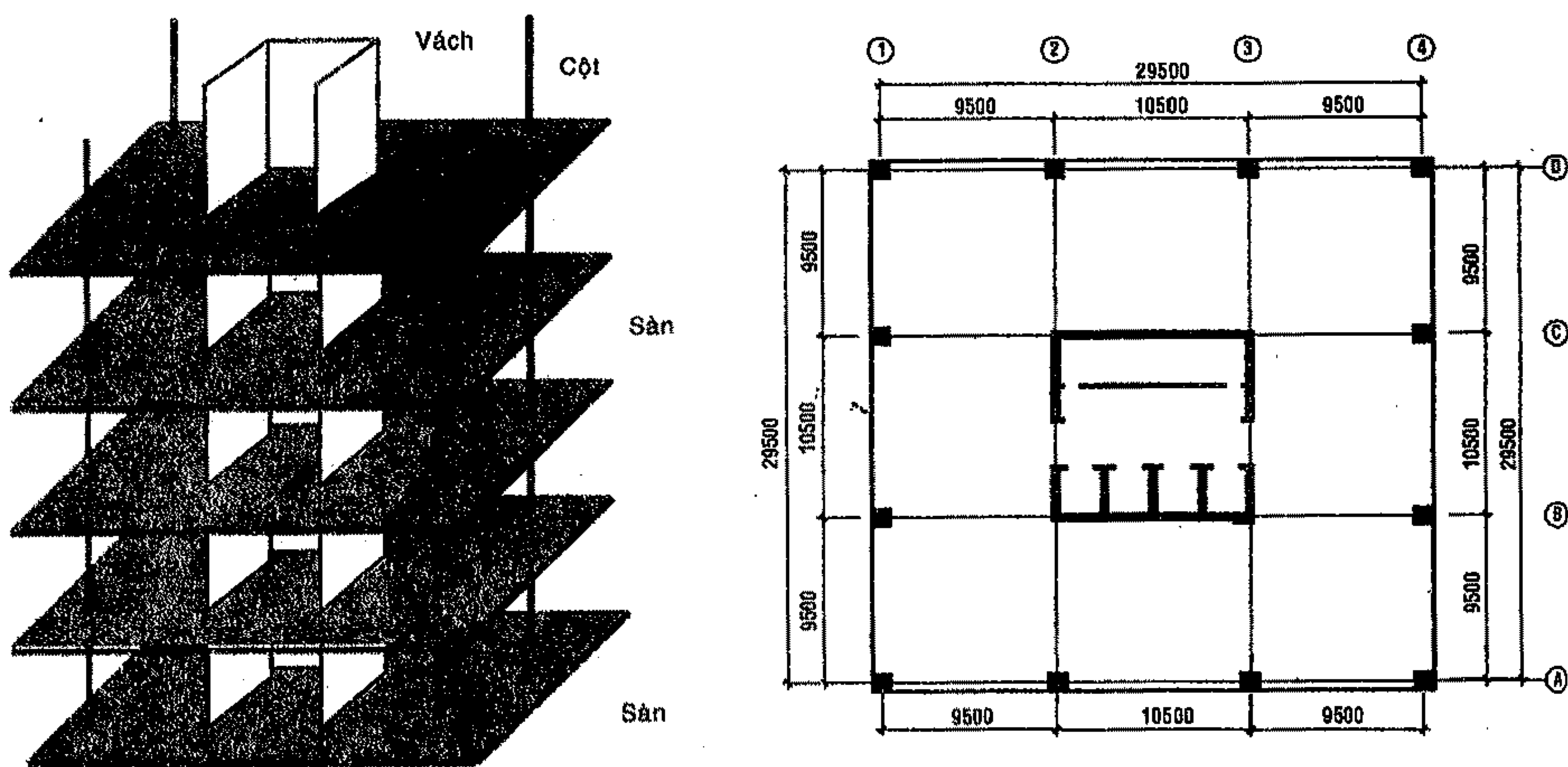
Trong thực tế thiết kế, khi bố trí vách cứng nếu hợp lý về sơ đồ chịu lực lại thường mâu thuẫn với giải pháp bố cục kiến trúc trên mặt bằng. Vì thế bố trí vách cứng cần dựa vào các nguyên tắc sau:

Đối với nhà không cao quá 40m nếu phương án kiến trúc được coi là tối ưu thì bố trí các hệ vách cứng phải tùy thuộc vào phương án kiến trúc.

Đối với nhà cao hơn 40m thì việc bố trí hệ vách cứng phải tuân theo những yêu cầu chặt chẽ sau:

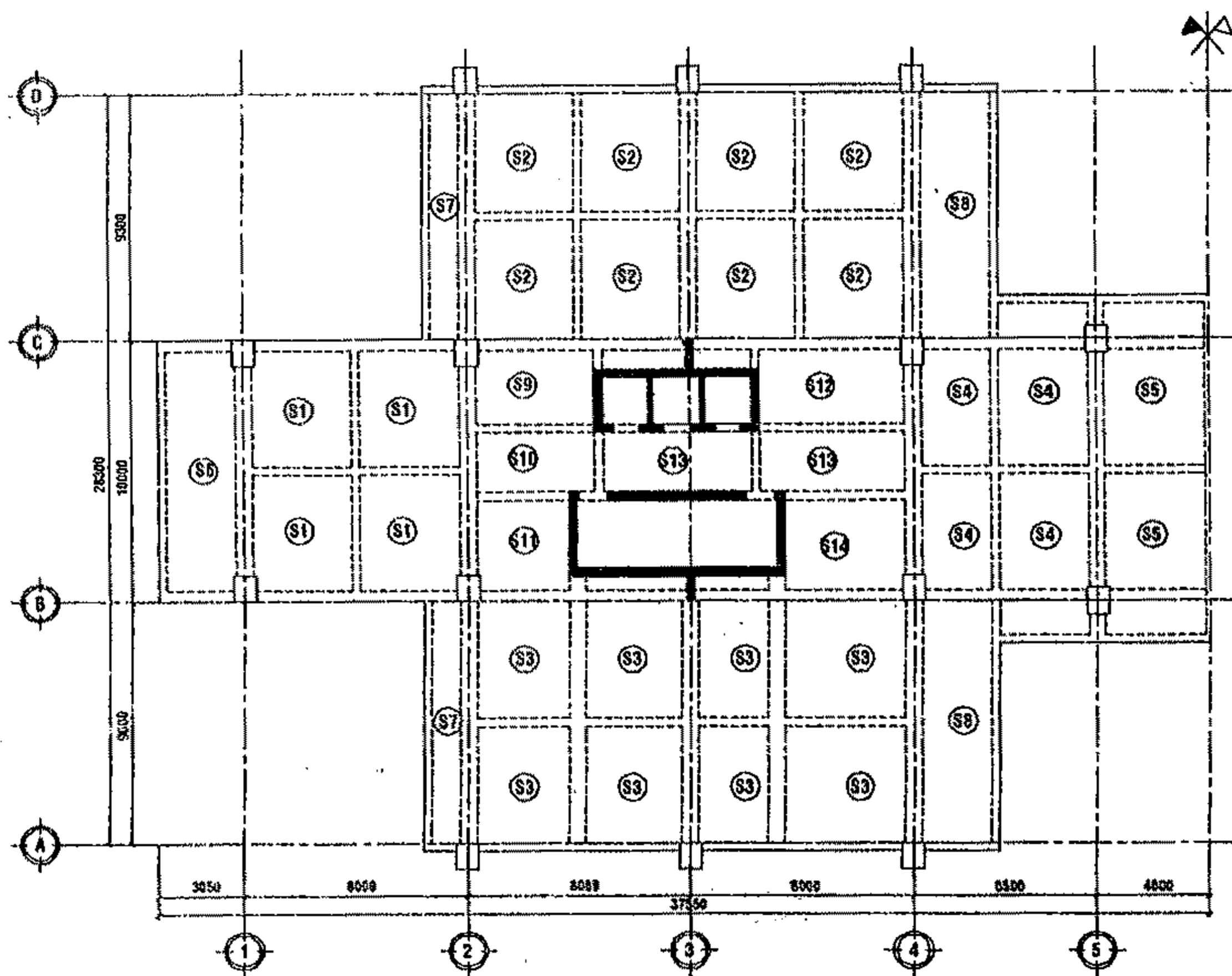
- Cần phối hợp chặt chẽ với phương án kiến trúc, cần tăng chiều dày vách cứng hơn là bố trí quá nhiều vách cứng, việc tăng số lượng vách cứng chỉ hợp lý đối với nhà có mặt bằng kéo dài.
- Điều kiện cần và đủ để đảm bảo tính bất biến hình của ngôi nhà là phải có một hệ thống vách cứng, trong đó có ít nhất 3 vách cứng không được cắt nhau trên một đường thẳng.
- Mặt bằng nhà nên bố trí đối xứng qua 2 trục và 2 trục này cũng chính là các trục đối xứng của hệ vách.

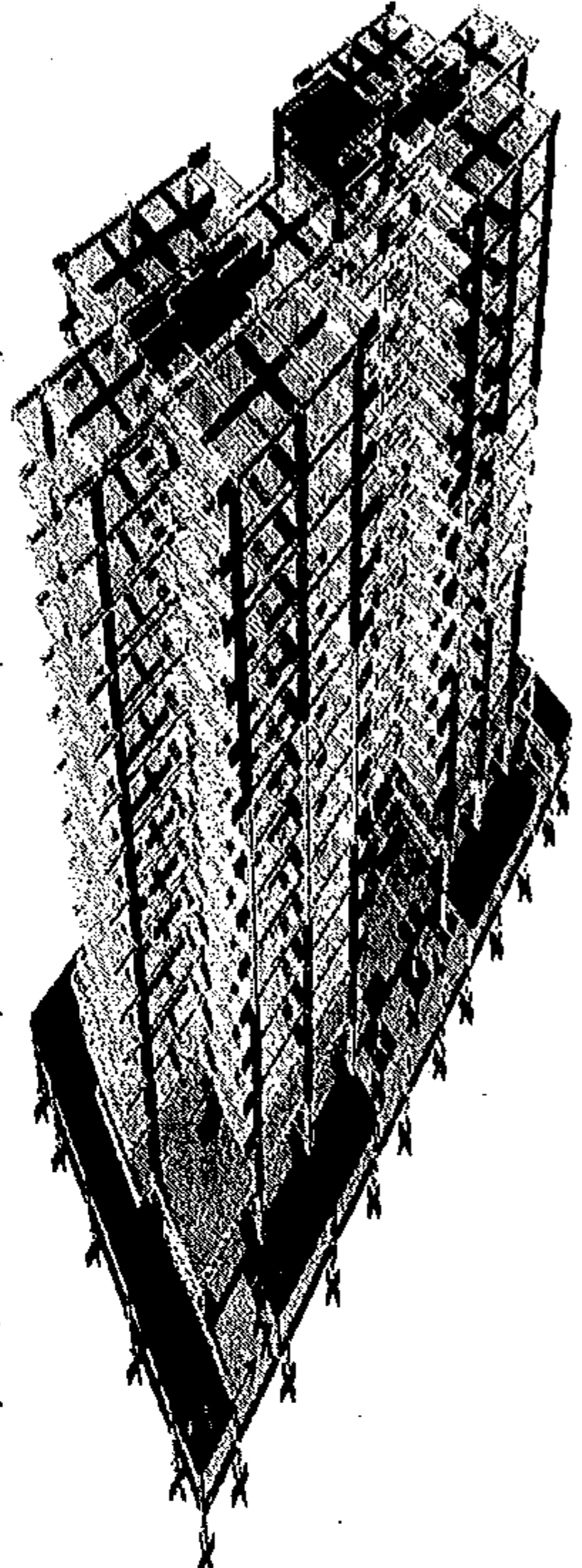
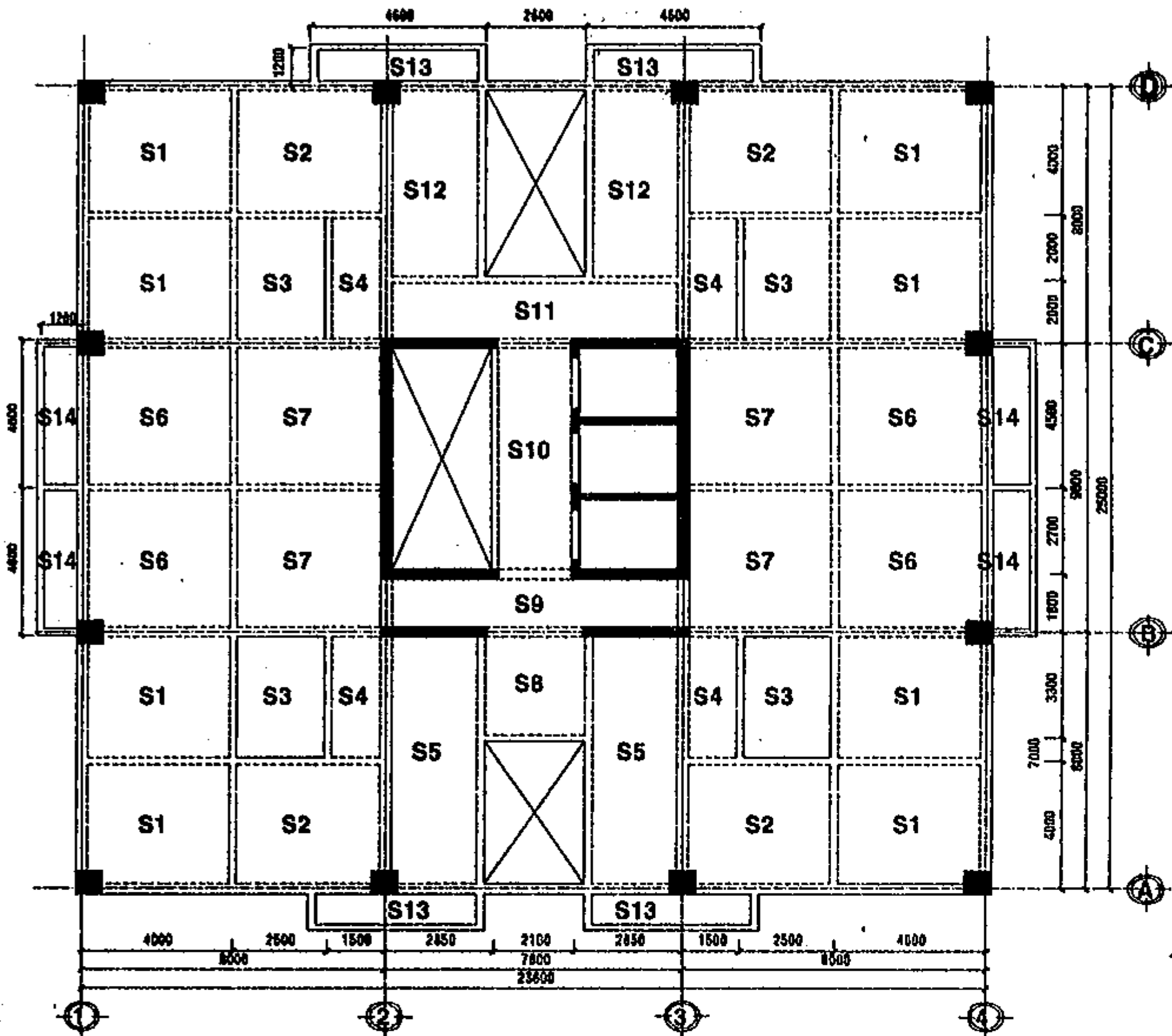
Trong thực tế, điều kiện này thường rất khó thỏa mãn, nên cần bố trí hệ vách cứng sao cho khoảng cách từ tâm cứng đến trọng tâm hình học của nhà là bé nhất.



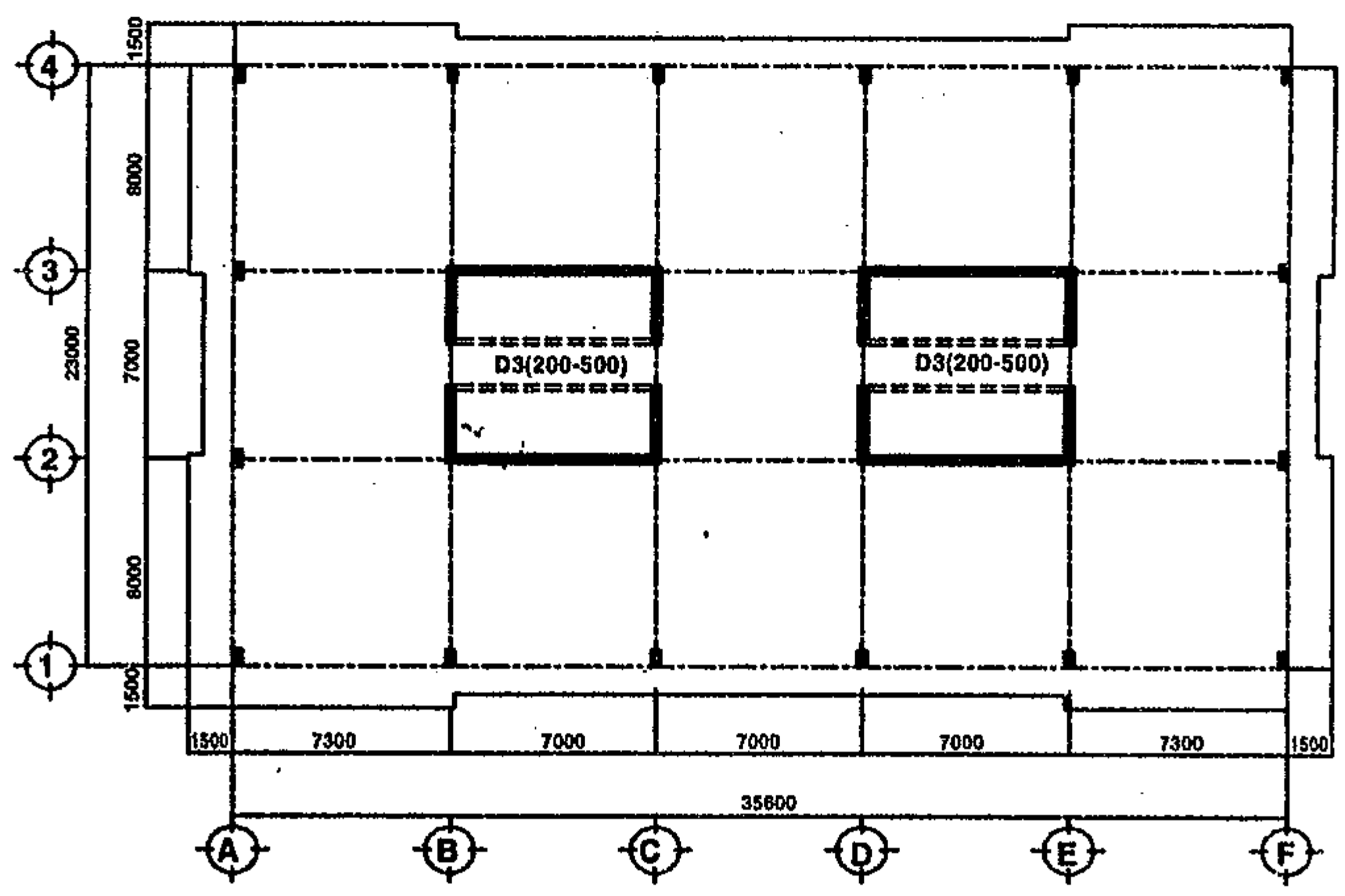
Hình 2.18 Kết cấu khung - vách

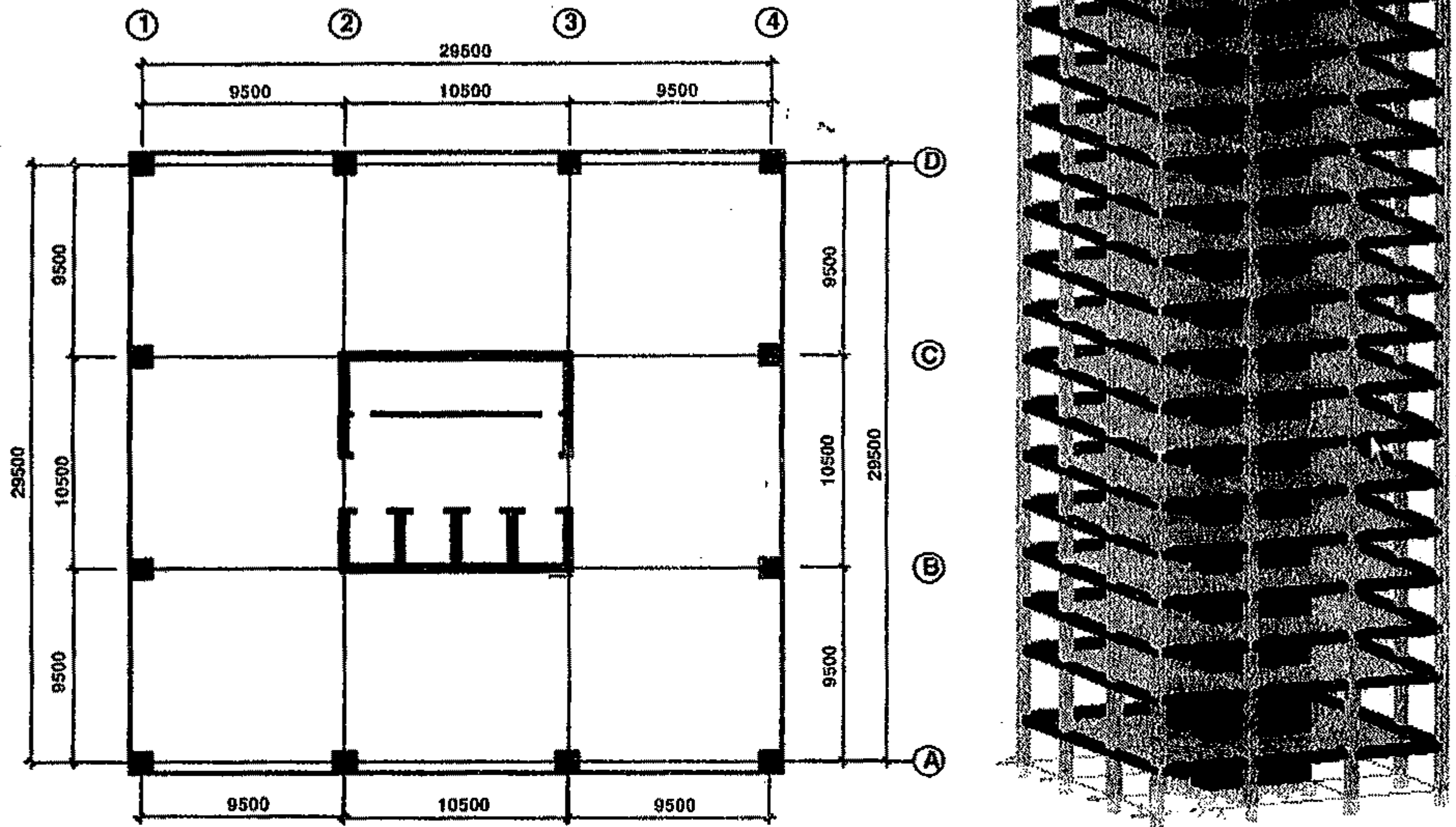
Hệ kết cấu khung - lõi cứng





MẶT BẰNG BỐ TRÍ DẦM SÀN

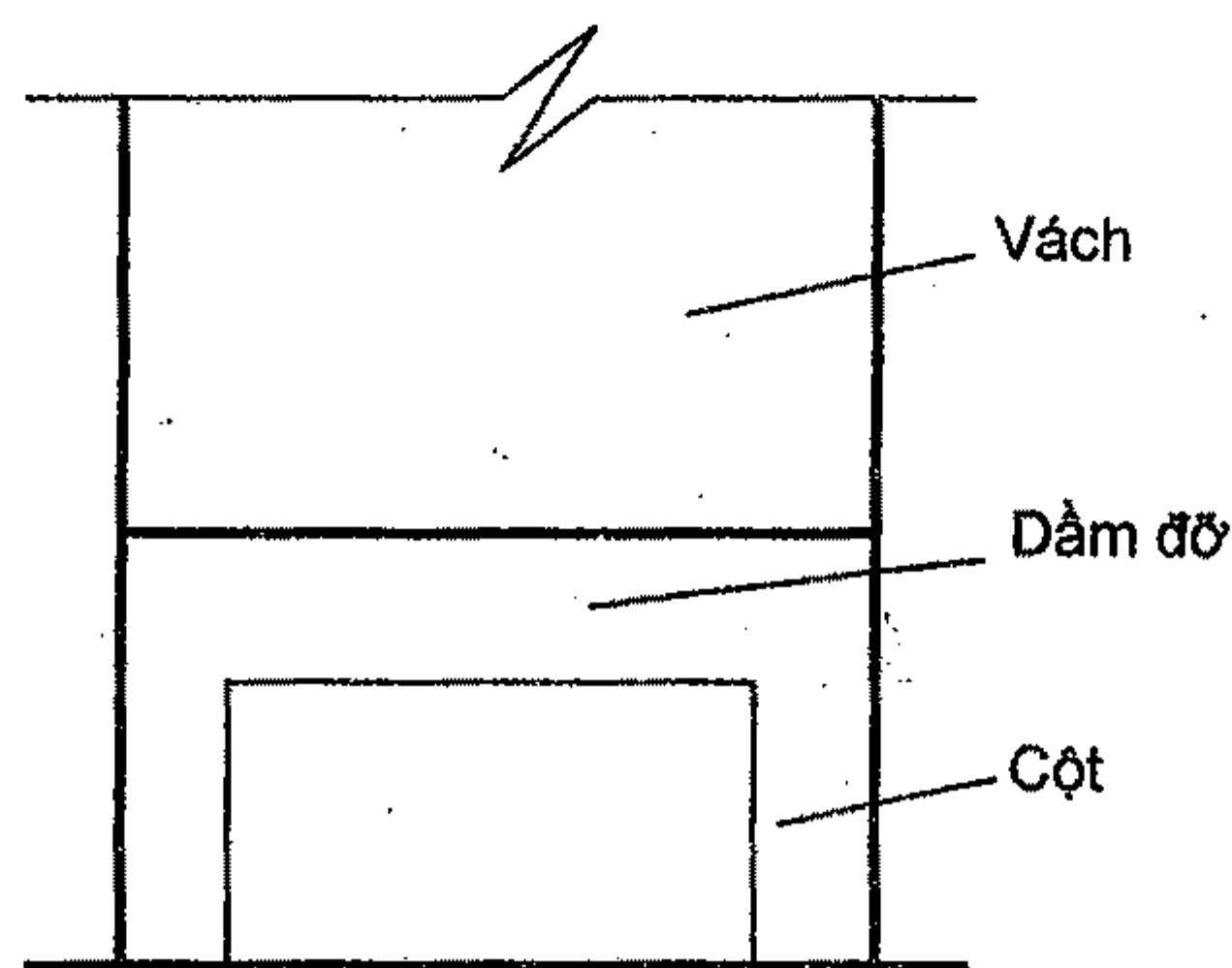




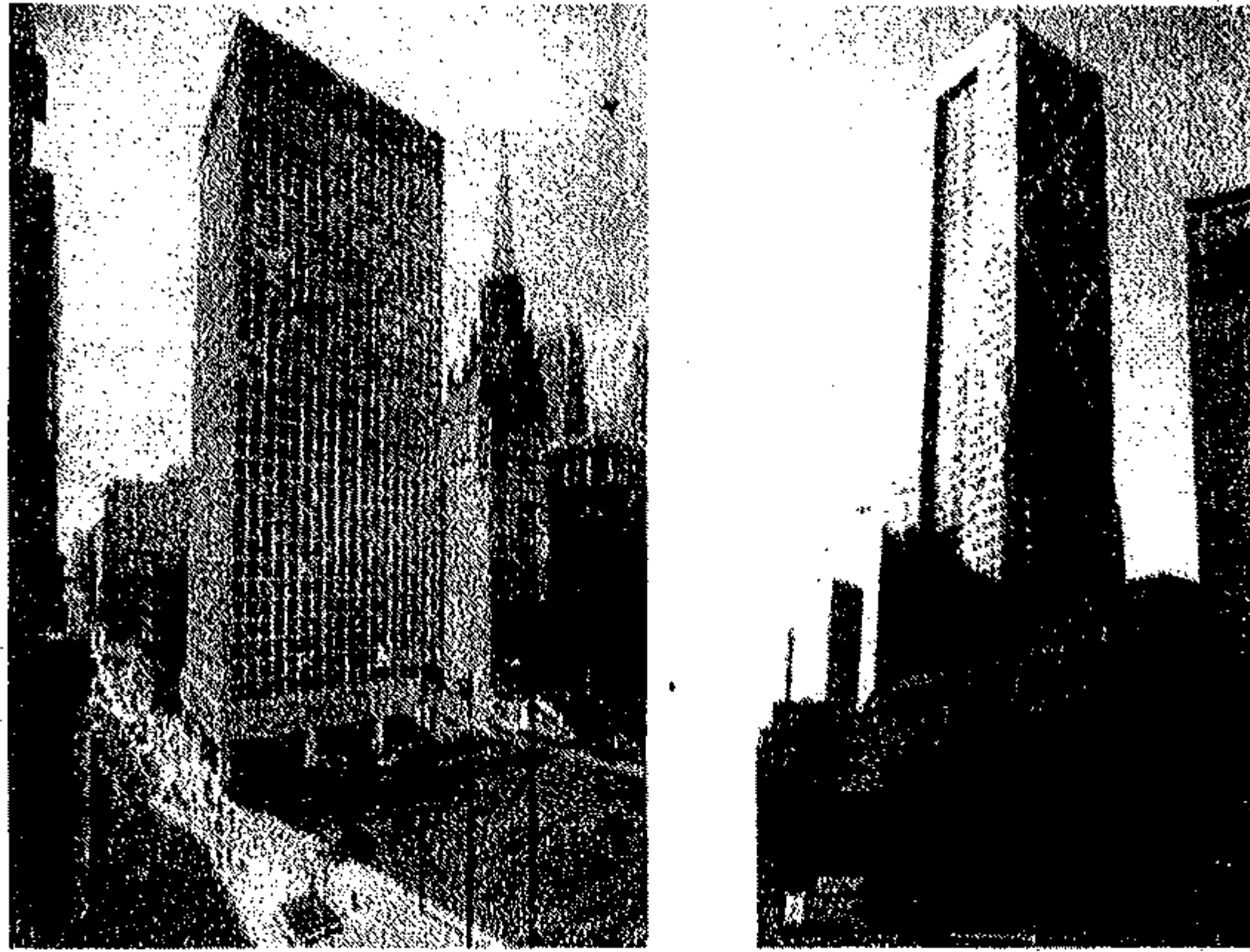
Hình 2.19 Kết cấu khung - lõi

#### 2.4.1.7 Hệ kết cấu khung không gian lớn tầng dưới đỡ vách cứng

Chân tường ngang, dọc của kết cấu không làm tới đáy ở tầng 1 hoặc một số tầng dưới cùng. Dùng dầm khung lớn đỡ vách cứng phía trên. Loại kết cấu này tạo không gian lớn, nó có khả năng chống tải ngang lớn.







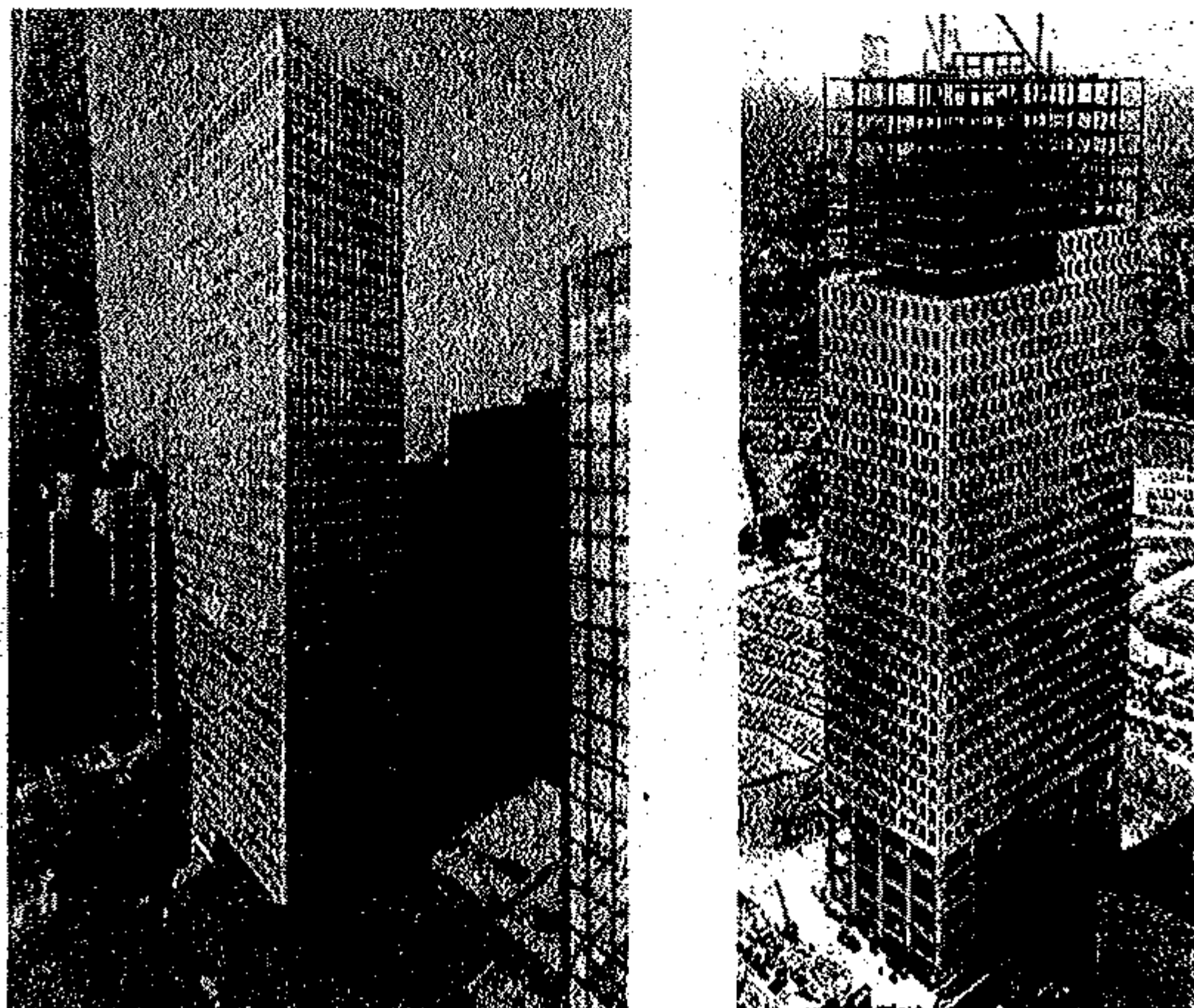
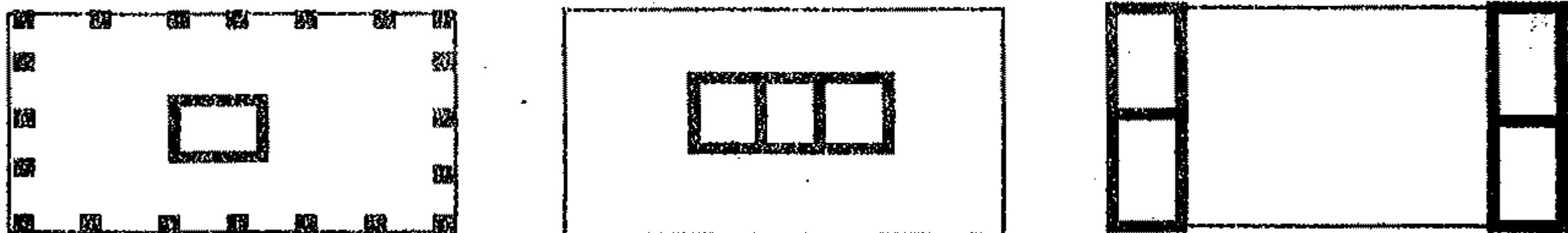
Hình 2.20 Kết cấu có dầm đỡ

**2.4.1.8 Hệ kết cấu khung – lõi (ống)**

Kết cấu dạng ống là dạng các vách cứng tạo thành ống, loại này gồm:

Loại khung - ống: phía trong dạng ống, xung quanh bên ngoài là khung thông thường hoặc khung không dầm.

Loại ống lồng: gồm nhiều ống kết hợp với nhau được bố trí phía trong hoặc phía ngoài của công trình.



Hình 2.21 Kết cấu ống

### 2.4.2 Kết cấu theo phương ngang

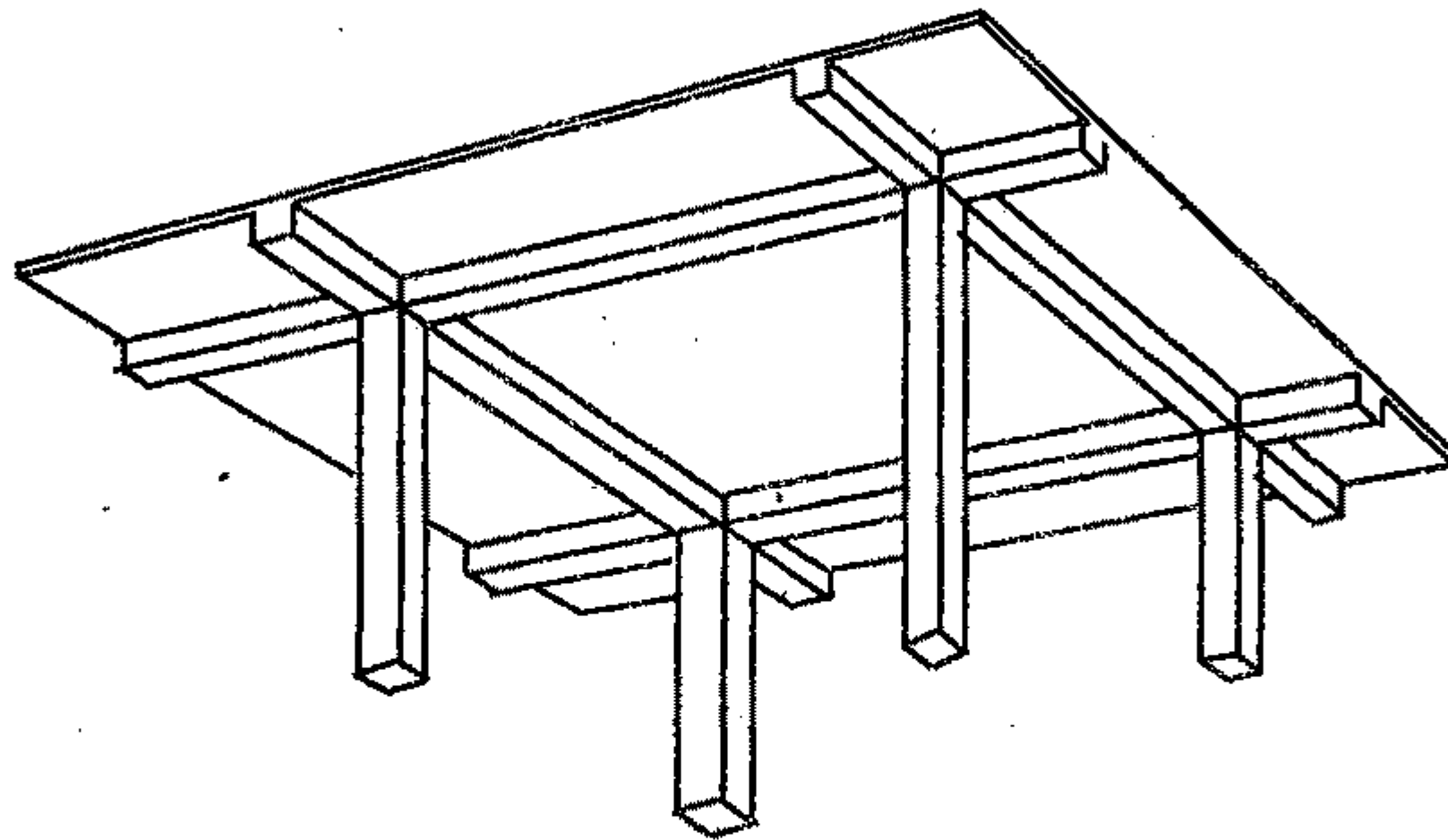
Kết hợp với kết cấu chịu lực thẳng đứng gồm: cột, vách (lõi). Kết cấu chịu lực theo phương ngang gồm sàn, các dầm.

Sàn ngoài chức năng tiếp nhận tải trọng sử dụng và truyền tải sang các dầm rồi truyền cho các kết cấu thẳng đứng (cột, vách). Sàn còn được xem là các vách cứng nằm ngang nối với các vách cứng thẳng đứng thành một hệ không gian duy nhất. Sàn có vai trò phân phối tải trọng cho các kết cấu thẳng đứng.

Khi tính nhà cao tầng dựa vào giả thiết “sàn tuyệt đối cứng trong mặt phẳng của nó” nghĩa là chuyển vị của tất cả kết cấu đứng tại mỗi tầng có chuyển vị bằng nhau nếu sàn không có chuyển vị do xoắn.

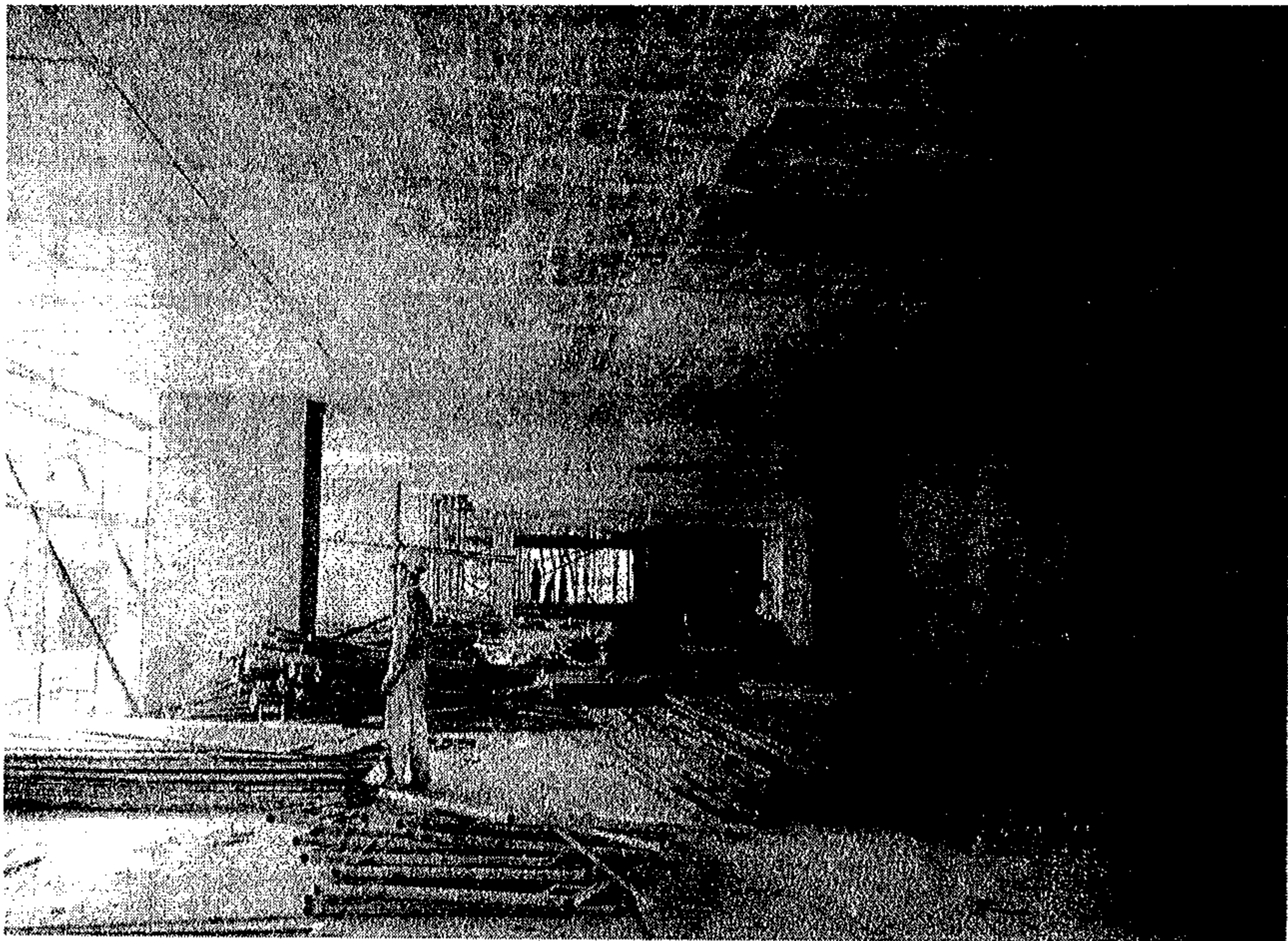
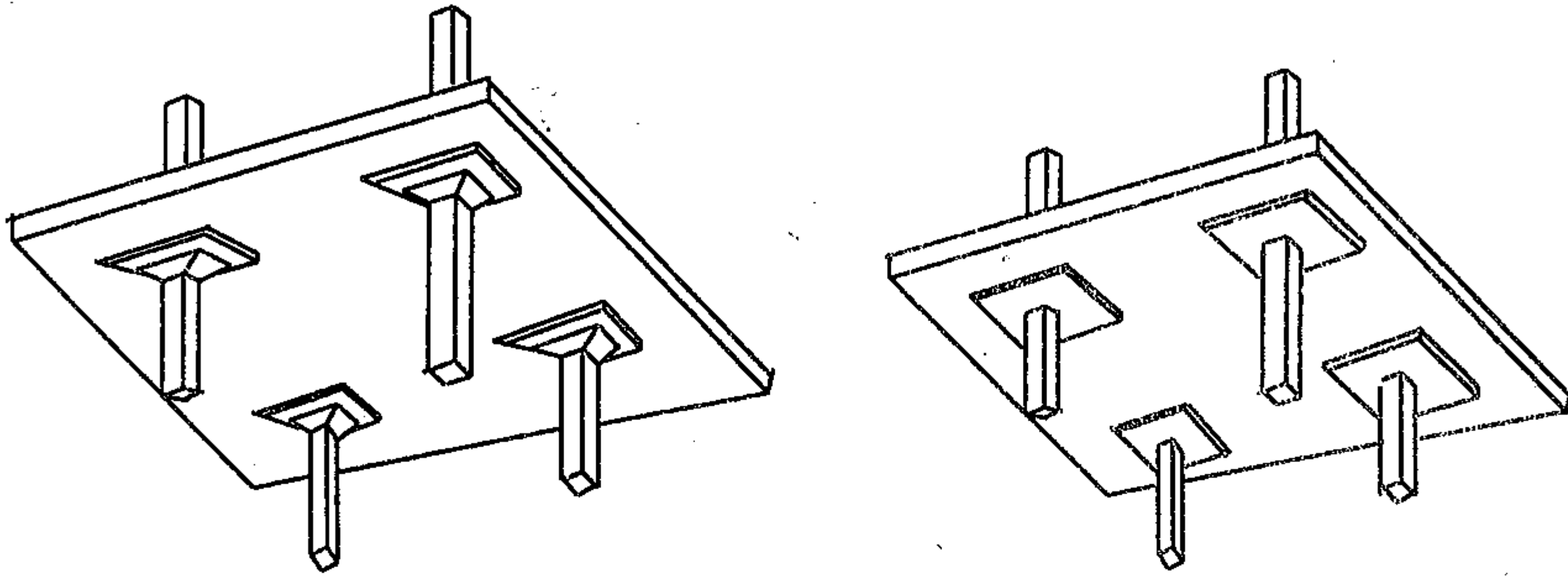
Các loại sàn thường gặp khi thiết kế nhà cao tầng:

Sàn sườn



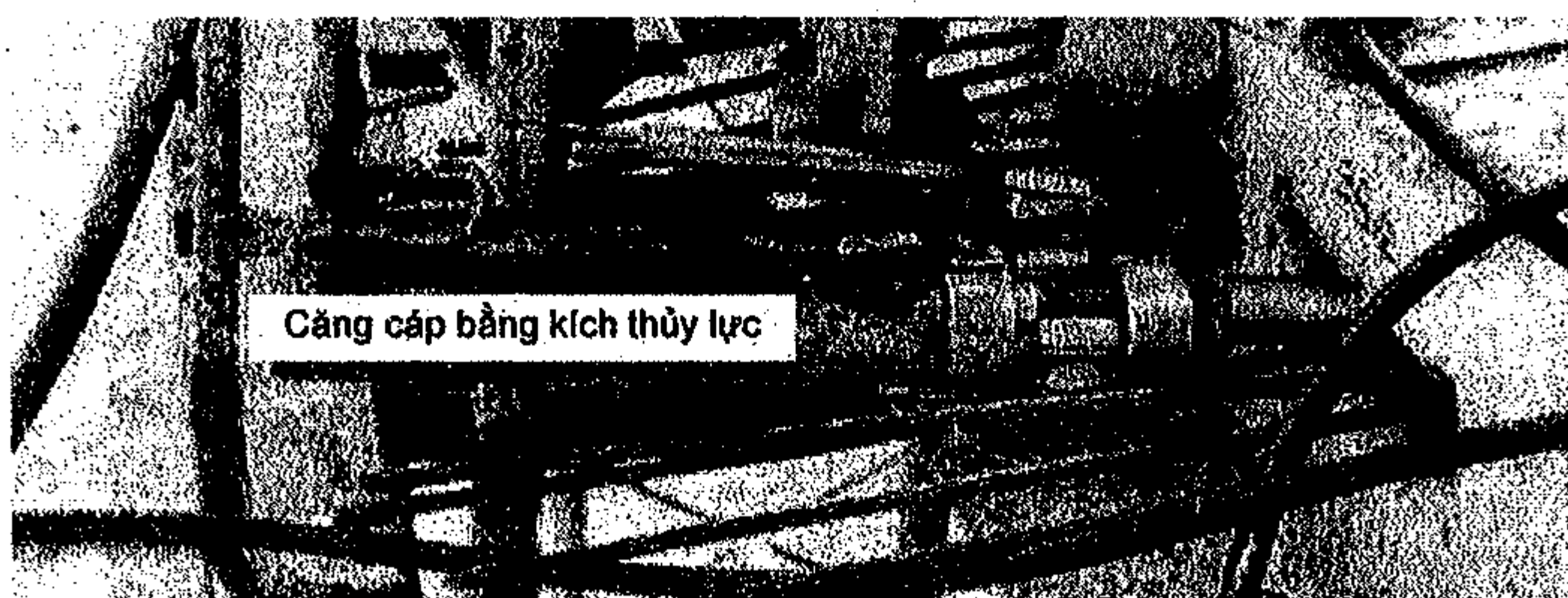
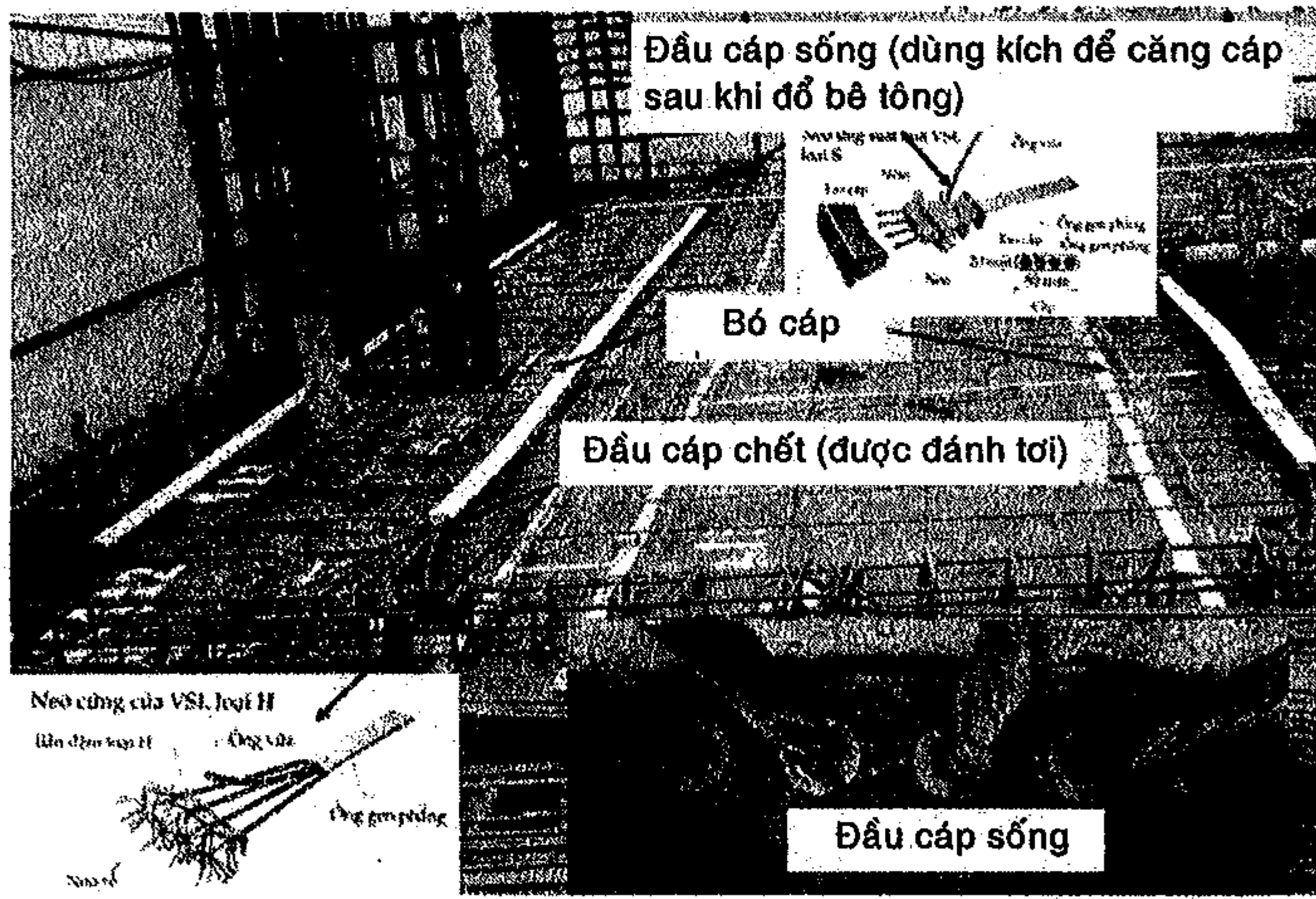
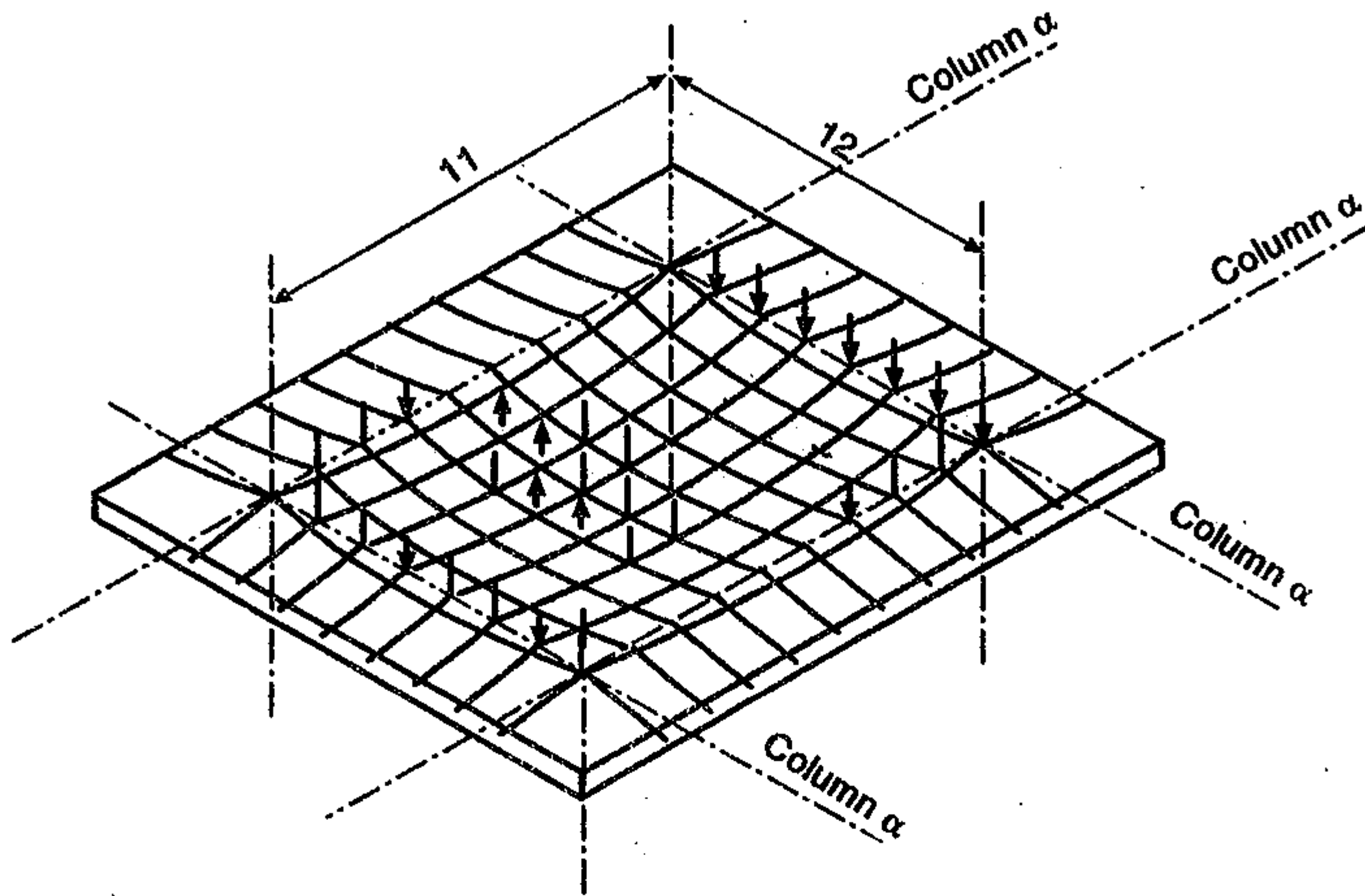
Hình 2.22

2- Sàn phẳng thường



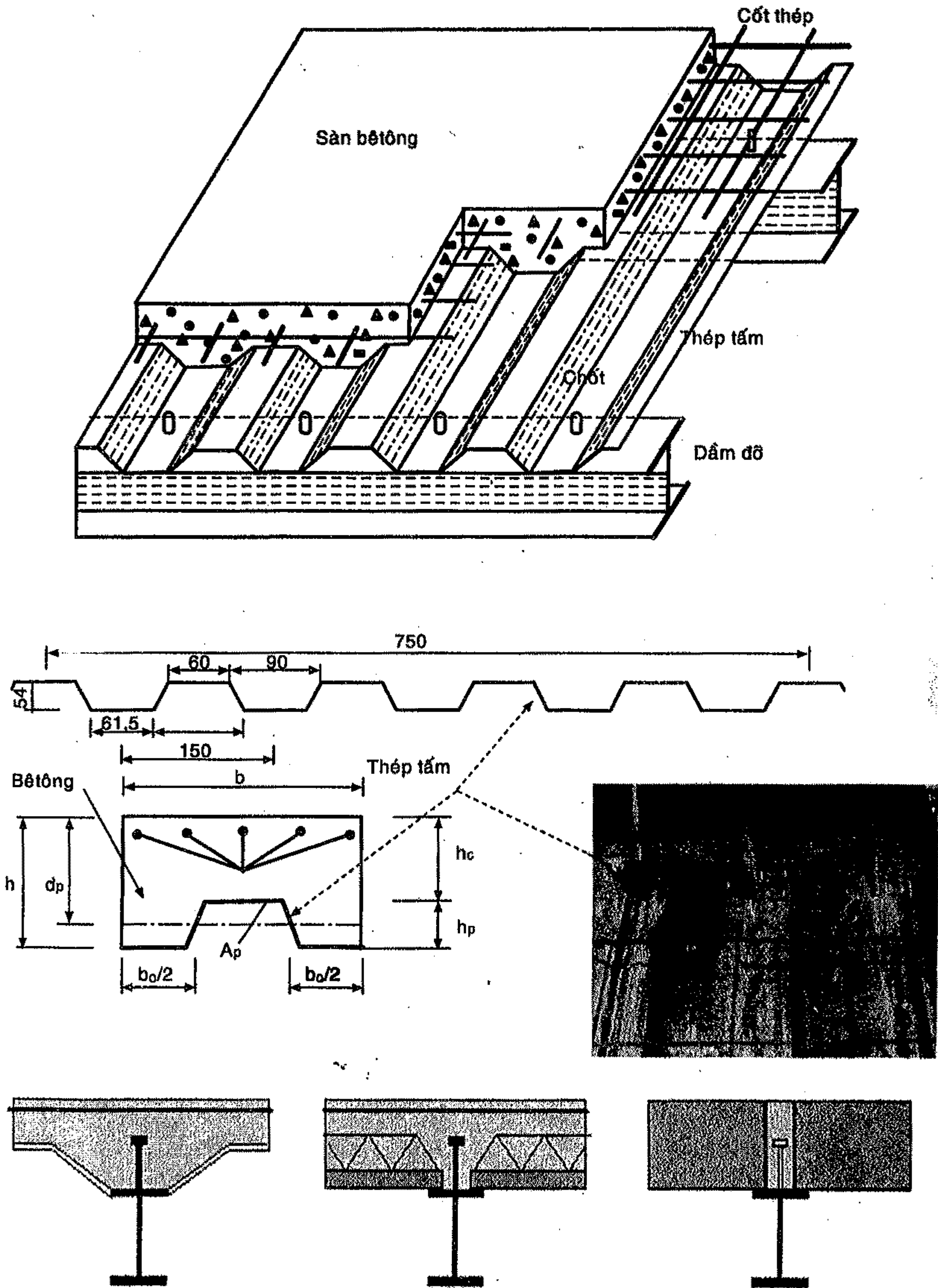
Hình 2.23

3- Sàn dự ứng lực



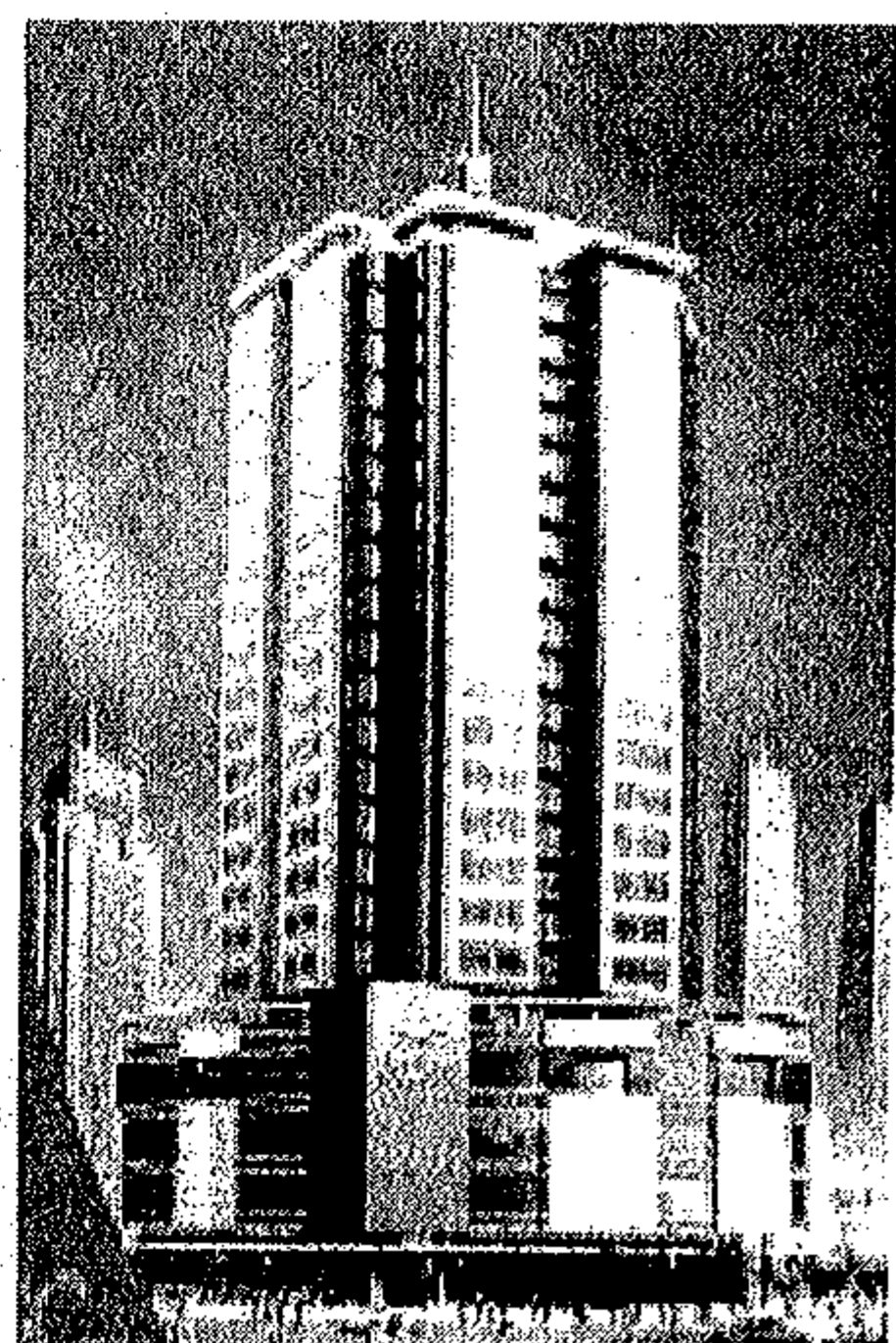
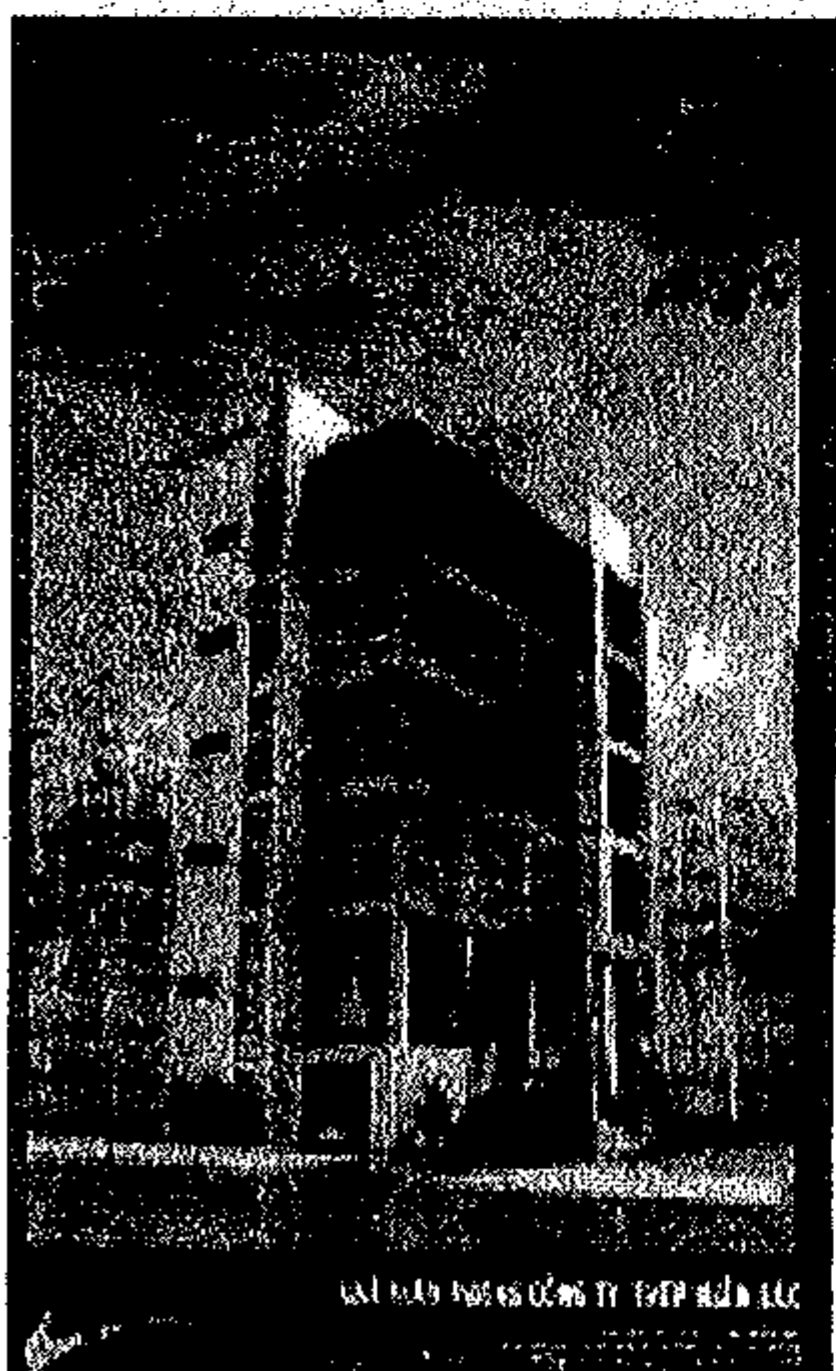
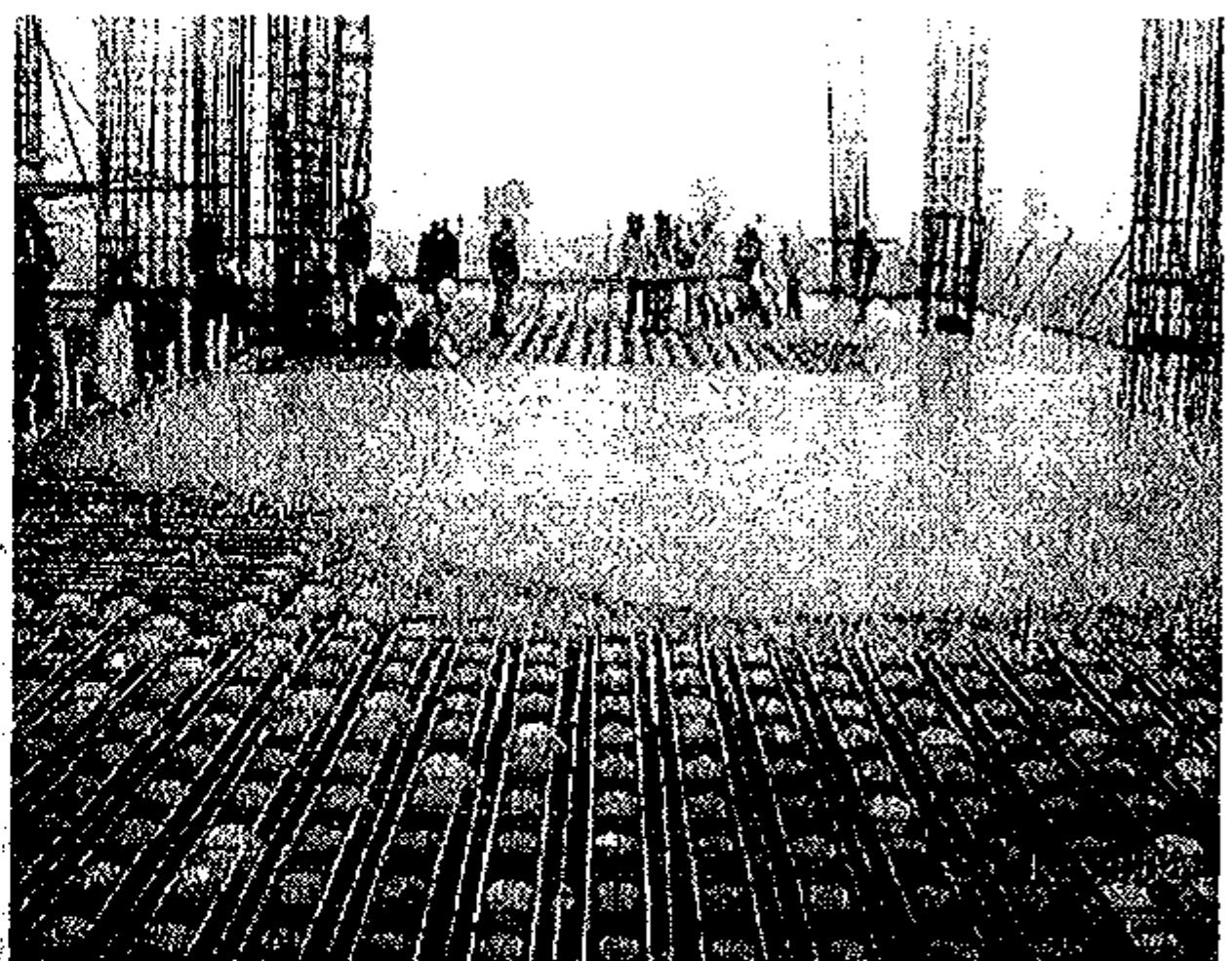
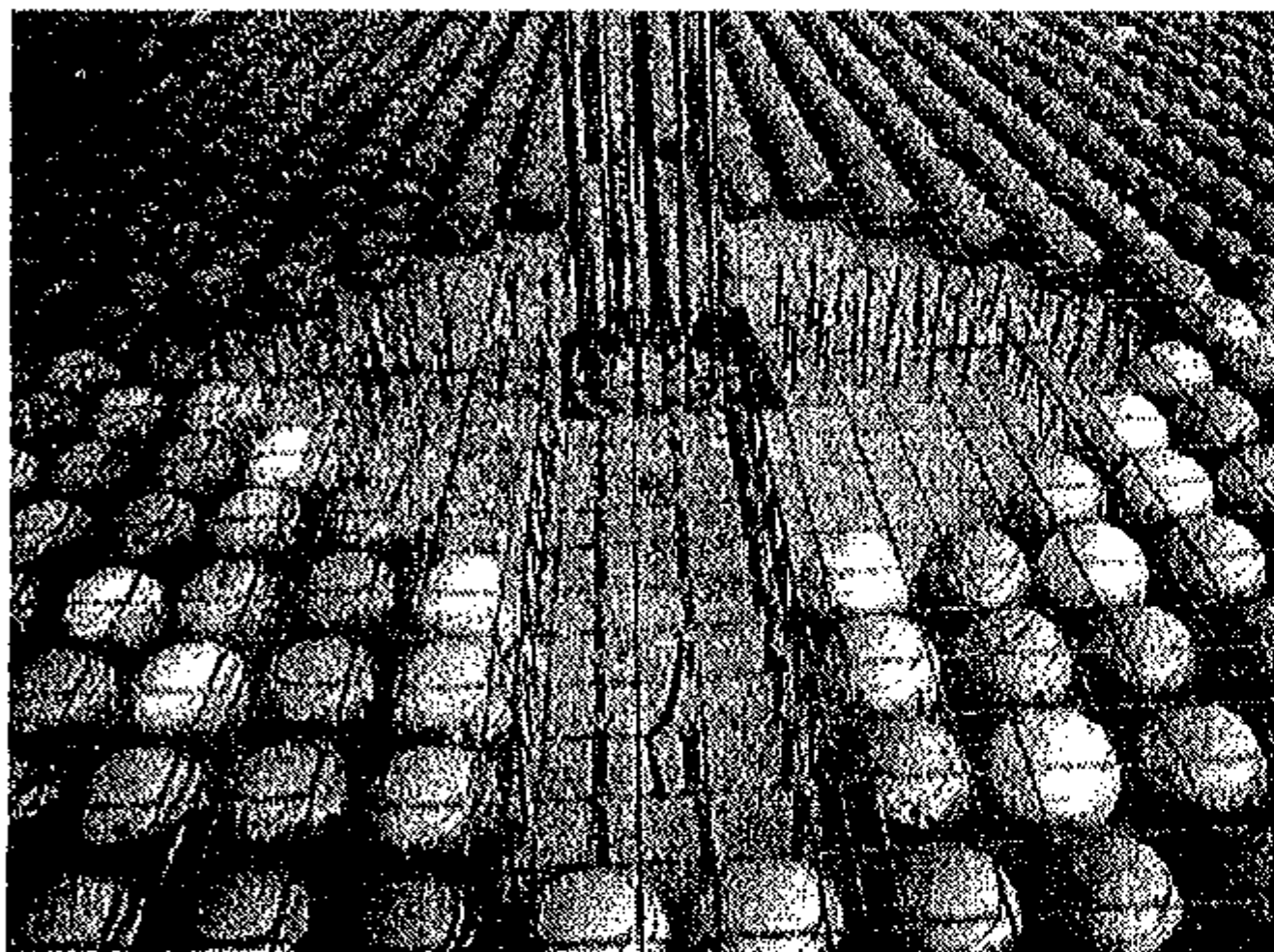
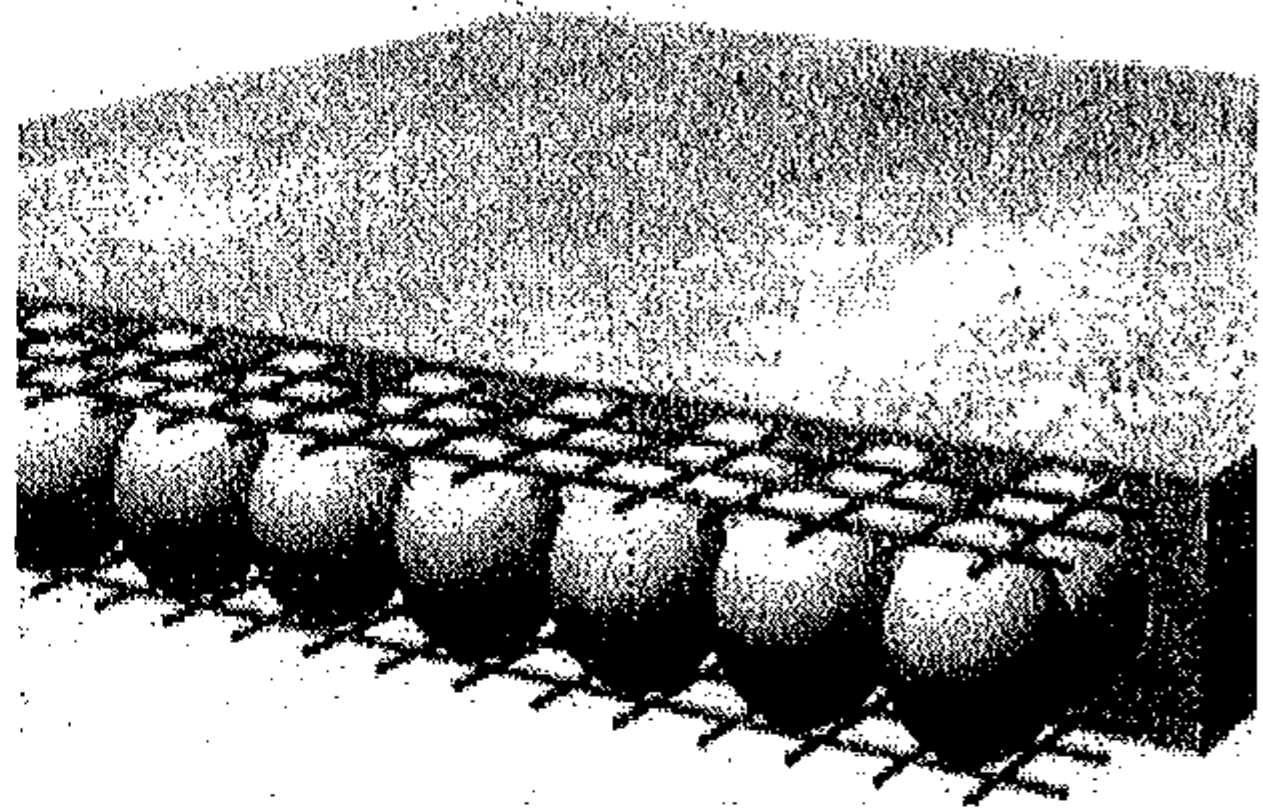
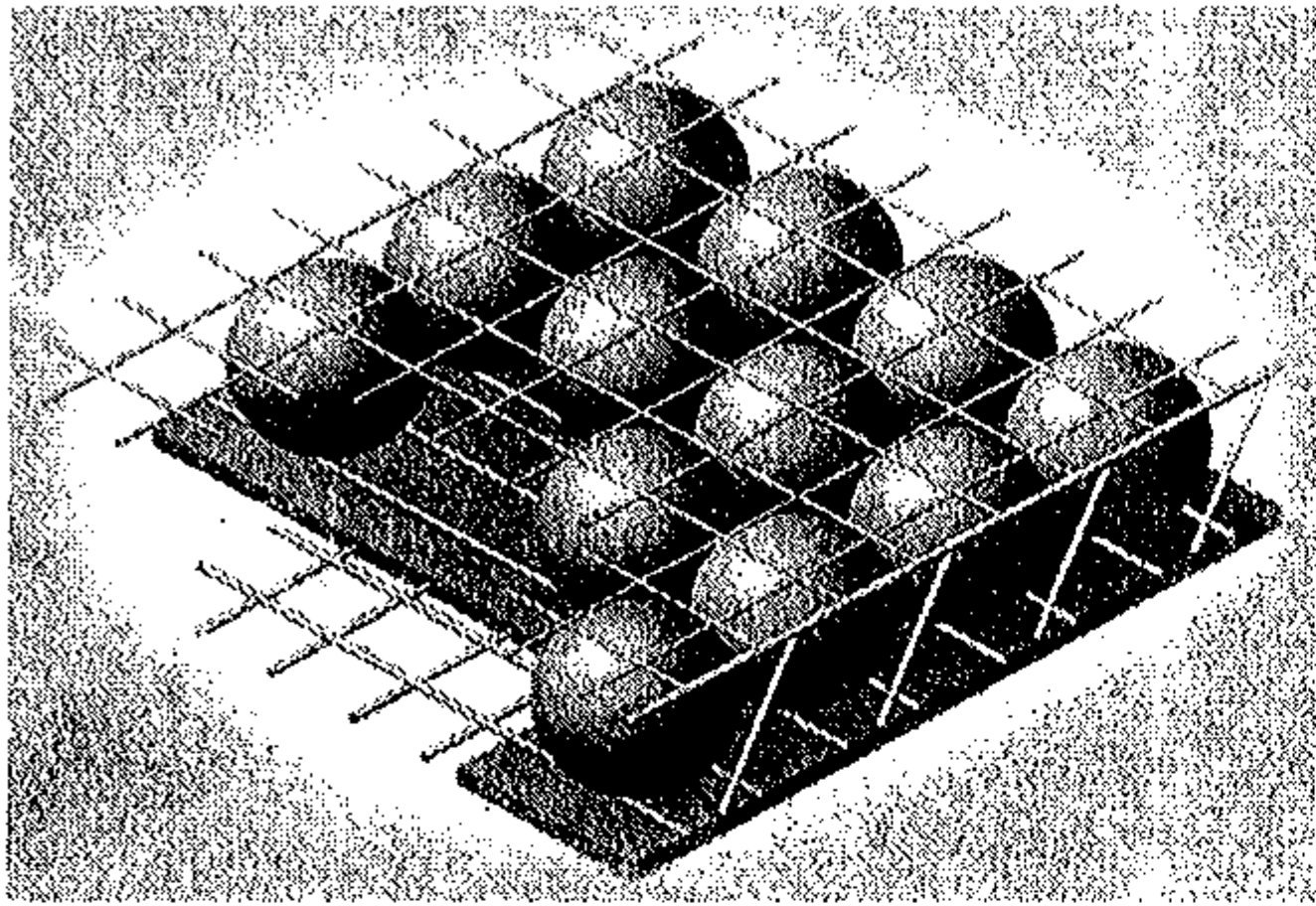
Hình 2.24

4- Sàn composit



Hình 2.25

5- Sàn dùng công nghệ mới Bubbledeck



Hình 2.26 Sàn Bubbledeck

## 2.5 SƠ ĐỒ LÀM VIỆC NHÀ CAO TẦNG

Ở các kết cấu hỗn hợp luôn có sự hiện diện của khung, tùy theo cách làm việc của khung mà phân ra làm hai sơ đồ:

**SƠ ĐỒ GIẢNG:** Khi khung chỉ chịu tải đứng tương ứng với diện truyền tải, còn toàn bộ tải ngang do vách, lõi chịu. Trong sơ đồ này, tất cả các nút khung đều có cấu tạo khớp: đối với công trình bê tông cốt thép toàn khối, việc cấu tạo các nút khung là khớp rất khó thực hiện, một cách gần đúng có thể xem tất cả các cột đều có độ cứng chống uốn vô cùng bé.

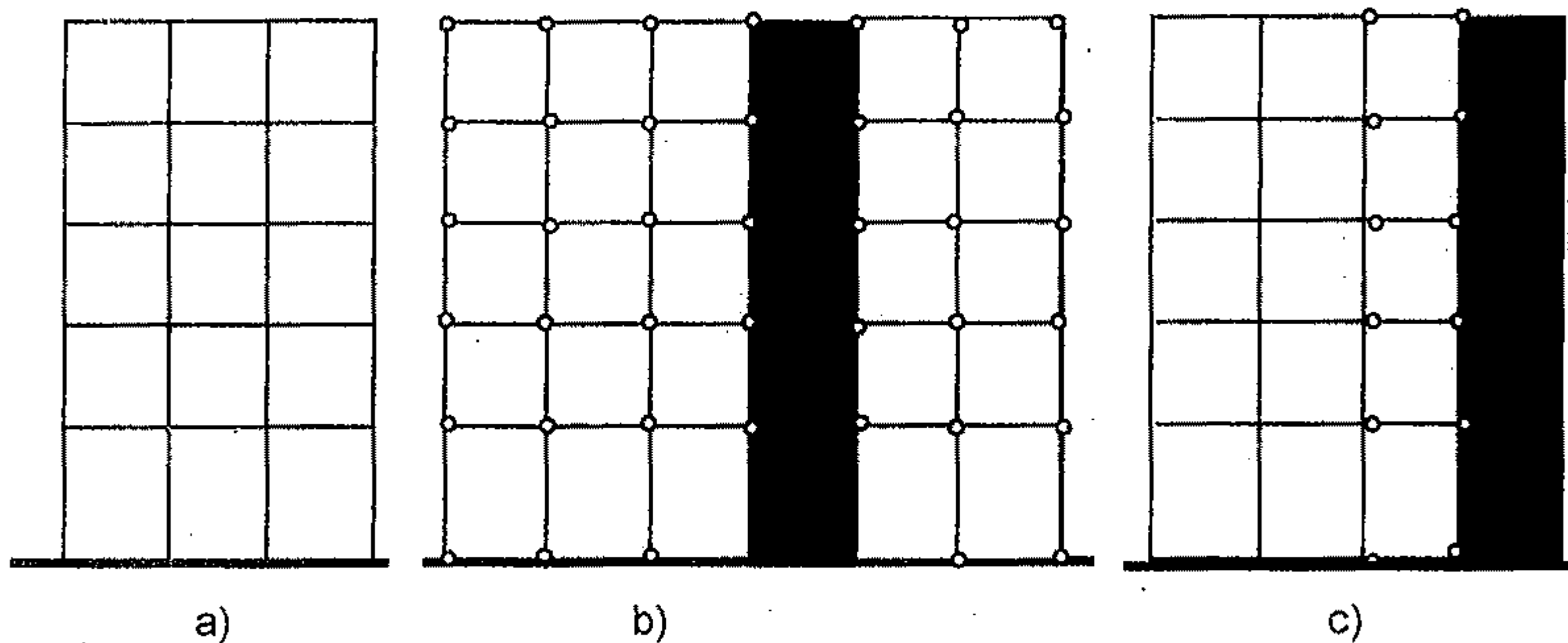
Độ cứng của nhà bằng tổng độ cứng của khung và vách:

$$B = B_v + B_k \quad (2.2)$$

trong đó  $B_v \gg B_k$  và xem  $B_k = 0$

Tính toán theo sơ đồ này tương đối đơn giản có thể thực hiện bằng các công cụ thô sơ, dùng phương pháp KHANZI để tính toán.

**SƠ ĐỒ KHUNG - GIẢNG:** Khi khung tham gia chịu tải đứng và tải ngang cùng với các kết cấu chịu lực cơ bản khác (vách, lõi). Khung có liên kết cứng tại các nút.



Hình 2.27 a) Sơ đồ khung; b) Sơ đồ giảng; c) Sơ đồ khung - giảng

Trong tính toán dựa vào quan niệm: **mômen được phân phối theo độ cứng của từng cấu kiện, tức cấu kiện có độ cứng càng lớn thì tiếp thu mômen càng lớn.** Vì thế, việc chọn độ cứng của khung và vách cứng rất quan trọng khi thiết kế nhà cao tầng.

**Sơ đồ khung - giảng:** Nếu chọn độ cứng của khung và vách cứng một cách hợp lý thì vách chịu khoảng từ 80% đến 90% nội lực do tải trọng ngang gây ra, còn khung chỉ chịu từ 20% đến 10%. Nghĩa là độ cứng của nhà bằng tổng độ cứng của khung và vách:  $B = B_v + B_k$ , trong đó  $B_v \gg B_k$ , do đó để đạt được yêu cầu này khi thiết kế phải thực hiện cách tính vòng lặp để điều chỉnh tiết diện ngang của cột - vách một cách hợp lý nhất. Tính toán theo sơ đồ này rất khó khăn, đòi hỏi phải dùng các phần mềm tính toán chuyên dụng (sap, Etabs, v.v...)

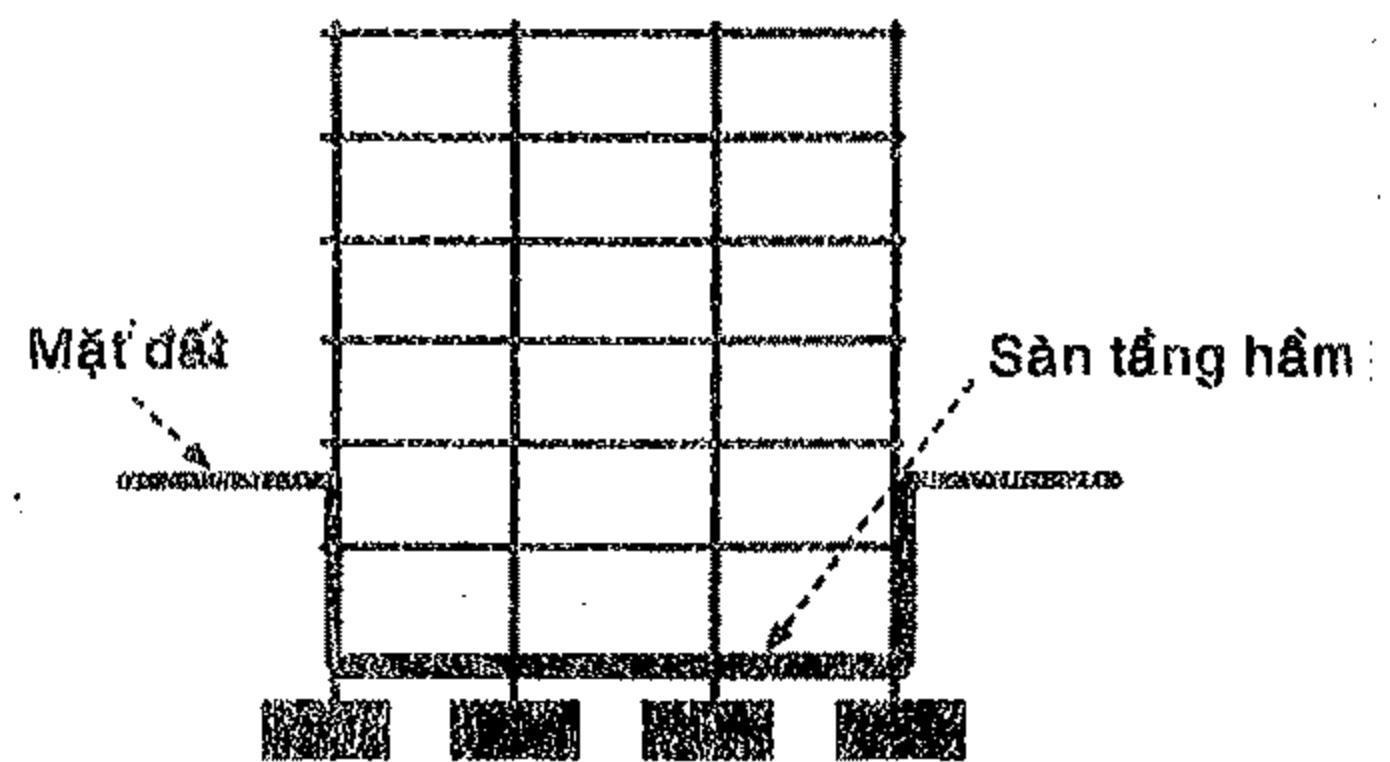
Khi thiết kế, chọn sơ đồ nào để đưa vào tính toán tùy thuộc vào phương pháp tính và công cụ để tính toán. Chú ý, khi đã dùng sơ đồ nào để tính thì phải tính toán và cấu tạo sao cho phù hợp với sơ đồ tính đó.

## 2.6 TẦNG HẦM

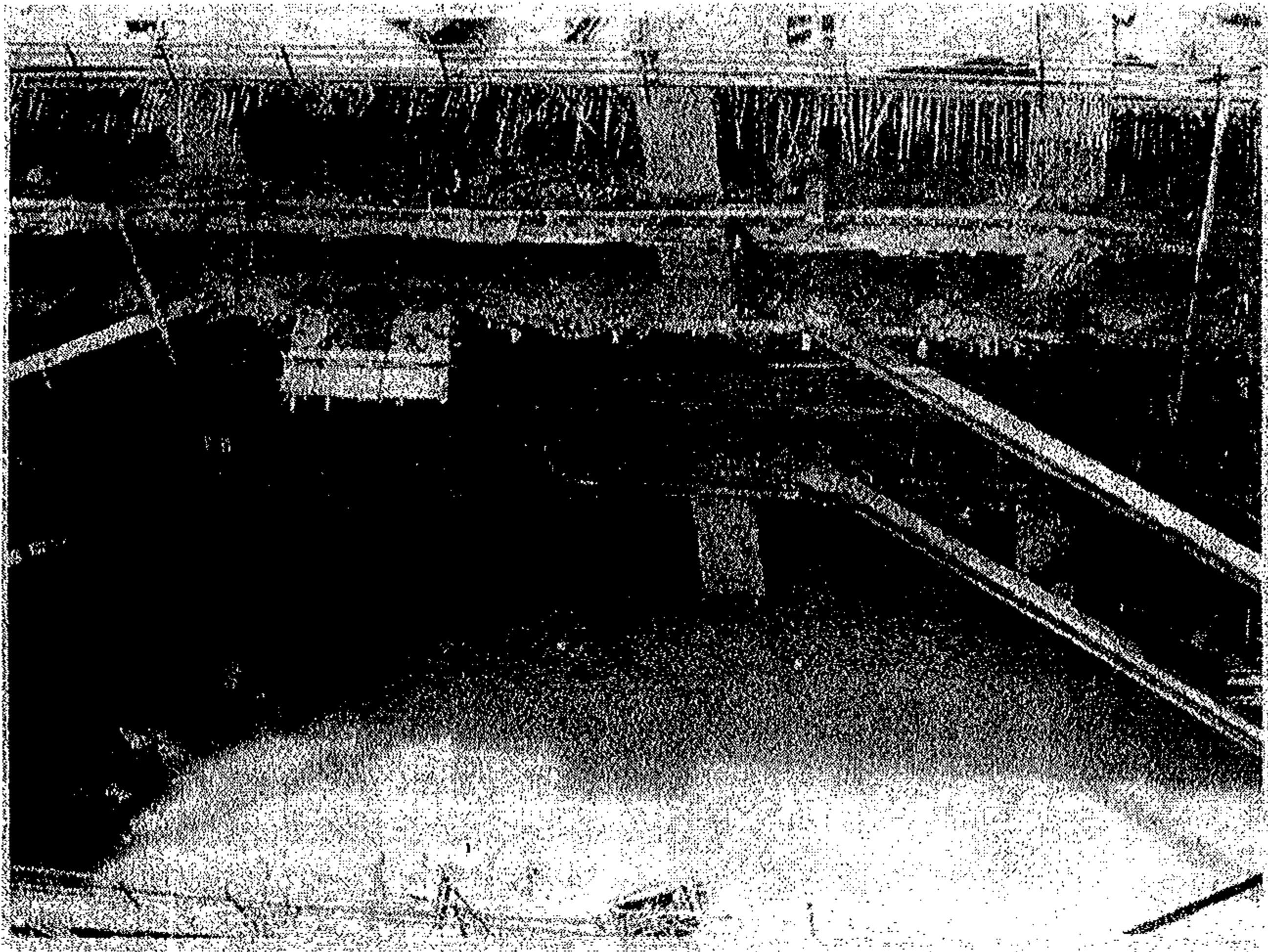
Đối với nhà cao tầng nên thiết kế tầng hầm, tầng hầm có tác dụng:

- Tăng diện tích sử dụng: làm chỗ đậu xe
- Giảm chiều cao nhà
- Giảm chuyển vị ngang của nhà
- Giảm dao động
- Tăng ổn định về lật.

Hiệu quả của việc thiết kế tầng hầm là rất cao, tuy nhiên việc thiết và thi công tầng hầm đòi hỏi phải có công nghệ cao, phải có biện pháp thi công thích hợp để tránh hậu quả có thể xảy ra khi thi công tầng hầm



Hình 2.28 Tầng hầm



Hình 2.29 Sự cố khi thi công tầng hầm

## 2.7 CƠ SỞ THIẾT KẾ KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG

Khi thiết kế nhà cao tầng cần xem xét công trình đó có nằm trong vùng có khả năng xảy ra động đất mạnh hay không để áp dụng các qui định tương ứng.

Kết cấu không có thiết kế chống động đất gọi là kết cấu thông thường.



Đặc biệt chú ý đến các yêu cầu cấu tạo khi thiết kế kết cấu chống động đất

Tải trọng: kết cấu nhà cao tầng cần tính toán thiết kế với các tổ hợp tải trọng đứng, tải ngang (gió: tĩnh và động), tải động đất: theo TCVN 2737 - 1995; TCXDVN 375 - 2006; TCXDVN 198 - 1999

Kết cấu nhà cao tầng cần phải tính toán và 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. Đối với dầm, có thể điều chỉnh lại nội lực do biến dạng dẻo

## 2.8 NGUYÊN TẮC VỀ CẤU TẠO ✧

### 2.8.1 Qui định về vật liệu

Cốt thép:

Cốt thép dọc cần dùng loại có gờ, có độ dẻo cao, hàn được. Biến dạng cực hạn của thép khi kéo đứt không dưới 0,05, tỷ số của giới hạn bền và giới hạn đàn hồi không dưới 1,25.

Cốt dọc dùng nhóm CII, CIII hoặc cao hơn

Cốt đai dùng nhóm CI có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 10mm

Cốt đai dùng nhóm CII có đường kính lớn hơn 10mm

Bê tông:

Khi thiết kế công trình cao tầng thì dùng bê tông có cấp độ bền B20 hoặc B25 hoặc cao hơn

Khi thiết kế, cần căn cứ vào tính năng sử dụng công trình, đặc điểm của kết cấu và cấp độ đất thiết kế... để xác định mức dẻo cần thiết của kết cấu. Mức dẻo này quyết định các chi tiết về tính toán và cấu tạo của kết cấu.

### 2.8.2 Phân loại việc cấu tạo kết cấu theo mức dẻo

Độ dẻo của kết cấu là tỷ số biến dạng của kết cấu khi bị phá hoại và biến dạng khi bắt đầu có biến dạng dẻo.

Kết cấu BTCT được cấu tạo theo ba mức dẻo:

Mức dẻo thấp (I): Việc cấu tạo theo cấp này chủ yếu nhằm tránh cho kết cấu không bị phá hoại dòn quá sớm và thực tế chỉ phù hợp với các công trình đơn giản, đều đặn, tương đối cứng và có chiều cao vừa phải được xây dựng trong vùng có hoạt động địa chấn thấp.

Mức dẻo trung bình và tương đối cao (II): nhằm làm cho kết cấu có thể chịu được vài chu kỳ lặp lại hoặc đổi chiều với biến dạng đàn hồi có biên độ vừa phải. Mức dẻo này thường cho các giải pháp kinh tế.

Mức dẻo cao (III - IV): nhằm làm cho kết cấu có khả năng phân tán năng lượng cao khi chịu nhiều chu kỳ biến dạng có biên độ lớn. Do giá thành cao và những khó khăn khi thi công nên chỉ dùng trong các vùng có hoạt động địa chấn cao.

Mức độ dẻo của kết cấu phụ thuộc vào vật liệu bê tông: Khi thiết kế công trình chịu động đất cấp 9 thì không dùng bê tông có độ bền cao hơn B55, động đất cấp 8 không dùng bê tông có độ bền cao hơn B60, động đất cấp 7 không dùng bê tông có độ bền cao hơn B70.

Bảng 2.5

Mức độ dẻo kết cấu		Cấp IV	Cấp III	Cấp II	Cấp I
Cấp tối thiểu của bê tông	khung	B40 (M450)	B30 (M350)	B25 (M300)	B20 (M250)
	vách	B30 (M350)	B25 (M300)	B20 (M250)	B15 (M200)

Bảng 2.6 Phân loại mức dẻo kết cấu đối với công trình có xét động đất

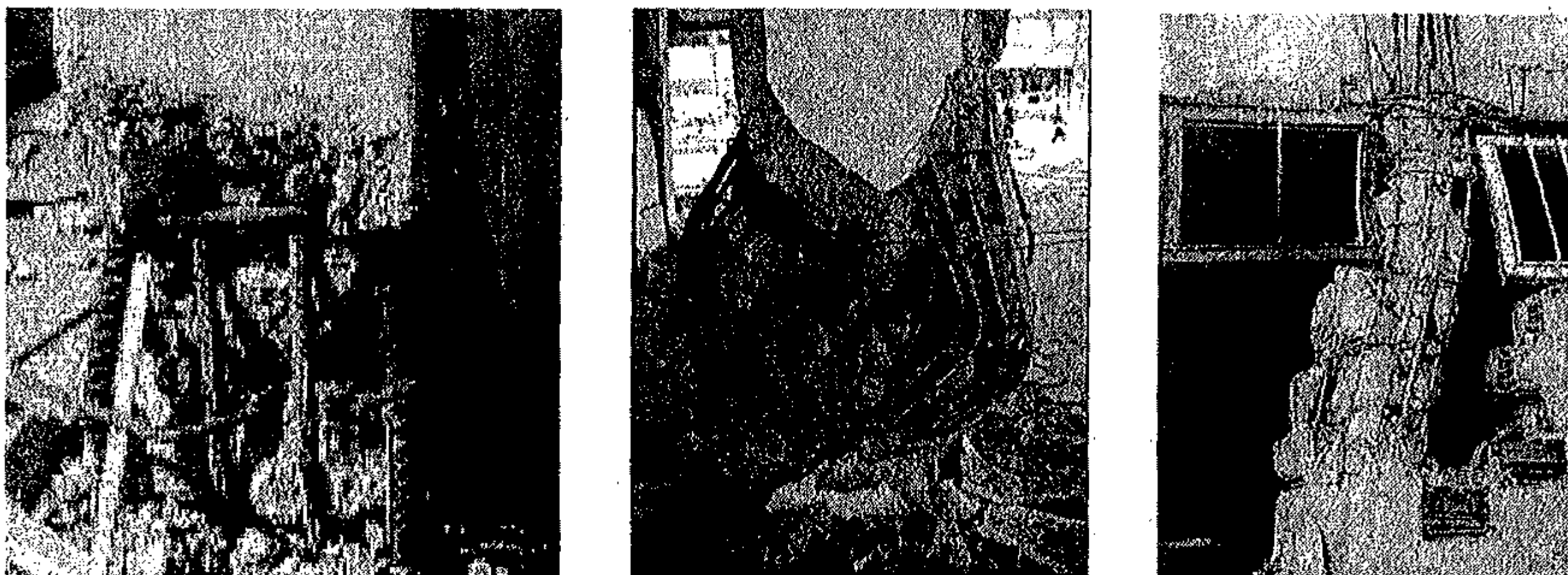
Loại hình kết cấu		Cấp động đất thiết kế						
		6		7		8		9
Nhà khung	Độ cao nhà (m)	≤ 30	> 30	≤ 30	> 30	≤ 30	> 30	≤ 25
	Mức dẻo	I	II	II	III	III	IV	IV
Nhà khung - vách	Độ cao nhà (m)	≤ 60	> 60	≥ 60	> 60	≤ 80	> 80	≤ 50
	Mức dẻo khung	I	II	II	III	III	IV	IV
	Mức dẻo vách	I	II	II	III	IV	IV	IV
Nhà khung - lõi	Độ cao nhà (m)	60 đến 180m		60 đến 150m		60 đến 100m		40 đến 80m
	Mức dẻo khung	II		III		IV		IV
	Mức dẻo lõi	III		III		IV		IV
Nhà sàn năm	Mức dẻo cột	II		III		IV		Không được dùng
	Mức dẻo vách - lõi	III		III		III		

*Chú thích:*

- Chỉ phân mức dẻo theo kết cấu chịu lực chính (khung, tường, vách, lõi), còn kết cấu sàn (bản, dầm sàn) cấu tạo như kết cấu thông thường.

### 2.8.3 Cấu tạo khung

Qua kết quả khảo sát các công trình bị sụp đổ do động đất gây ra vị trí bị phá hoại, trước tiên thường bắt đầu từ các nút khung và những phần dầm, cột tiếp giáp với nó. Tại các vị trí đó, bê tông bị nứt vụn do biến dạng ngang quá lớn khi bị nén làm cho cốt đai bị kéo đứt, cốt dọc bị mất ổn định, oằn ra ngoài. Để giảm biến dạng ngang của bê tông, tăng cường sự ổn định cốt dọc cần thiết phải tăng cường cốt đai trong vùng này (gọi là vùng tới hạn). Cốt đai là các vòng kín, ôm chặt lấy lõi bê tông, khi kết cấu chịu lực lớn và khi dao động, phần bê tông ngoài lõi có thể bị phá vỡ nhưng phần bê tông trong lõi vẫn còn phát huy được khả năng chịu lực và tạo độ dẻo cần thiết cho kết cấu.



Hình 2.30 Cột bị phá hoại

Tiết diện ngang cột, dầm nên chọn theo quy định sau:

Đối với cột:

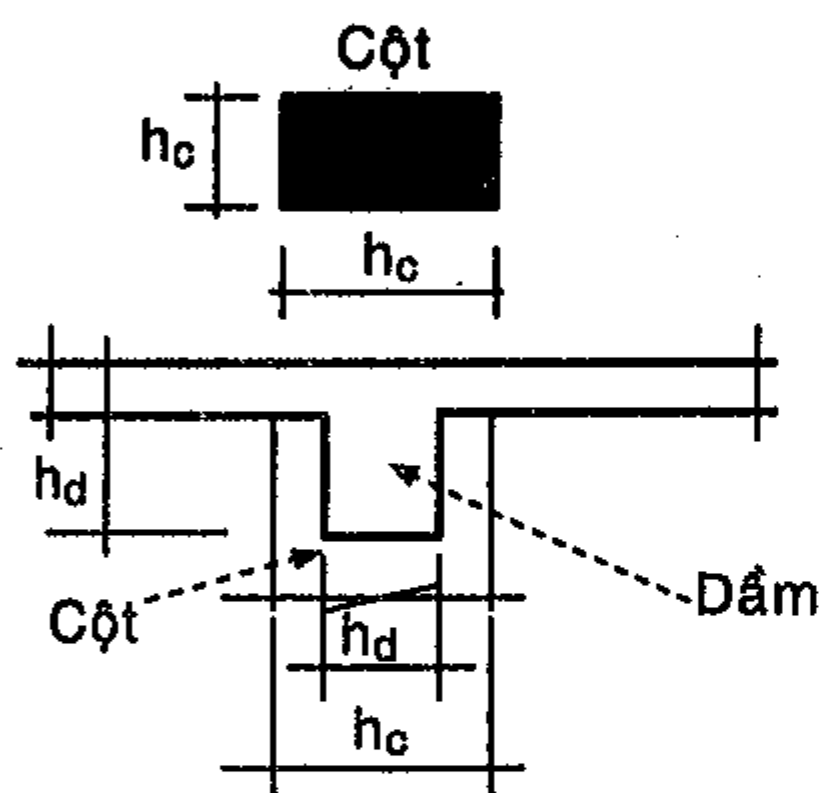
$$h_c \geq \frac{L_w}{25} \text{ và } b_c \geq 220$$

$L_w$  - chiều dài thông thủy của cột

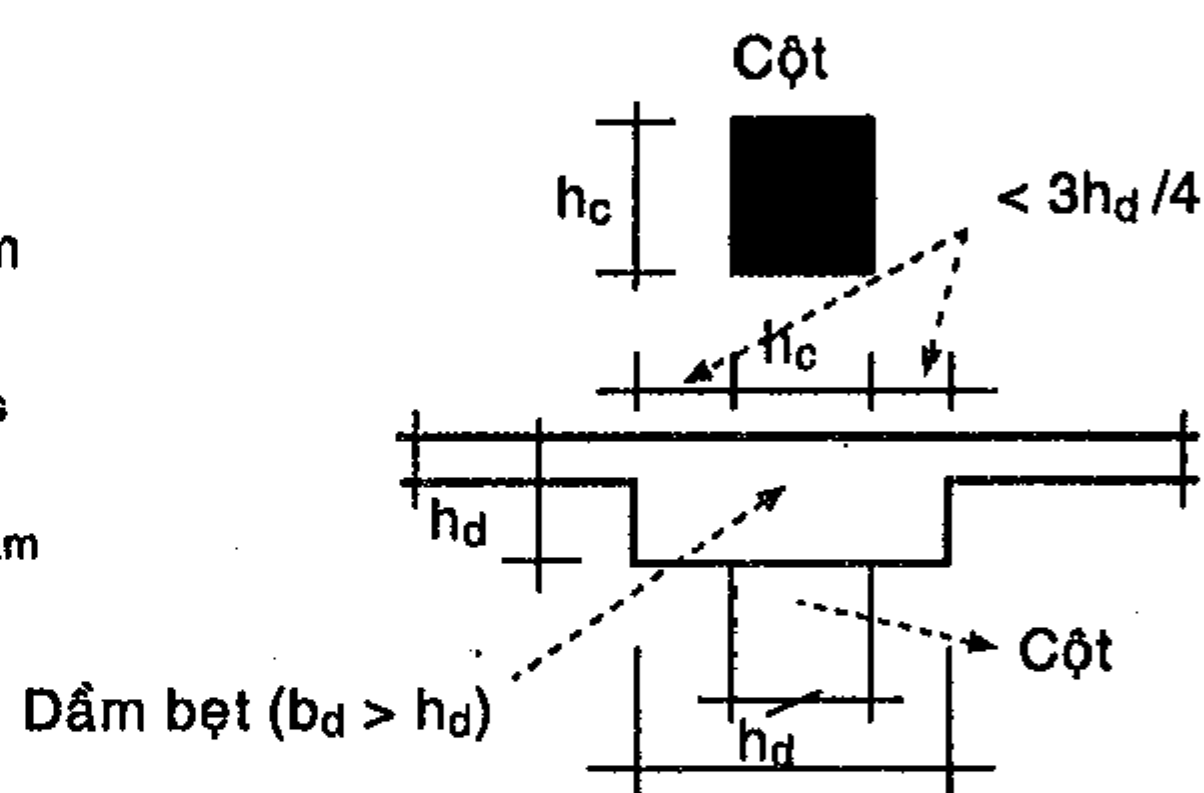
Đối với dầm:

$$h = \min \begin{cases} (\frac{1}{8} \div \frac{1}{12})L \\ \leq \frac{1}{4} L_o \text{ (nhịp thông thủy)} \end{cases}$$

$$b = \max \begin{cases} \geq \frac{1}{4} h \\ \geq \frac{1}{2} b_{cot} \\ \geq 250 \end{cases}$$



$b_{min.dam} \geq 220m$   
 $b_{max.dam} \leq 15h_s$   
 $h_{max.dam} \leq 3b_{dam}$



Hình 2.31 Tiết diện cột - dầm

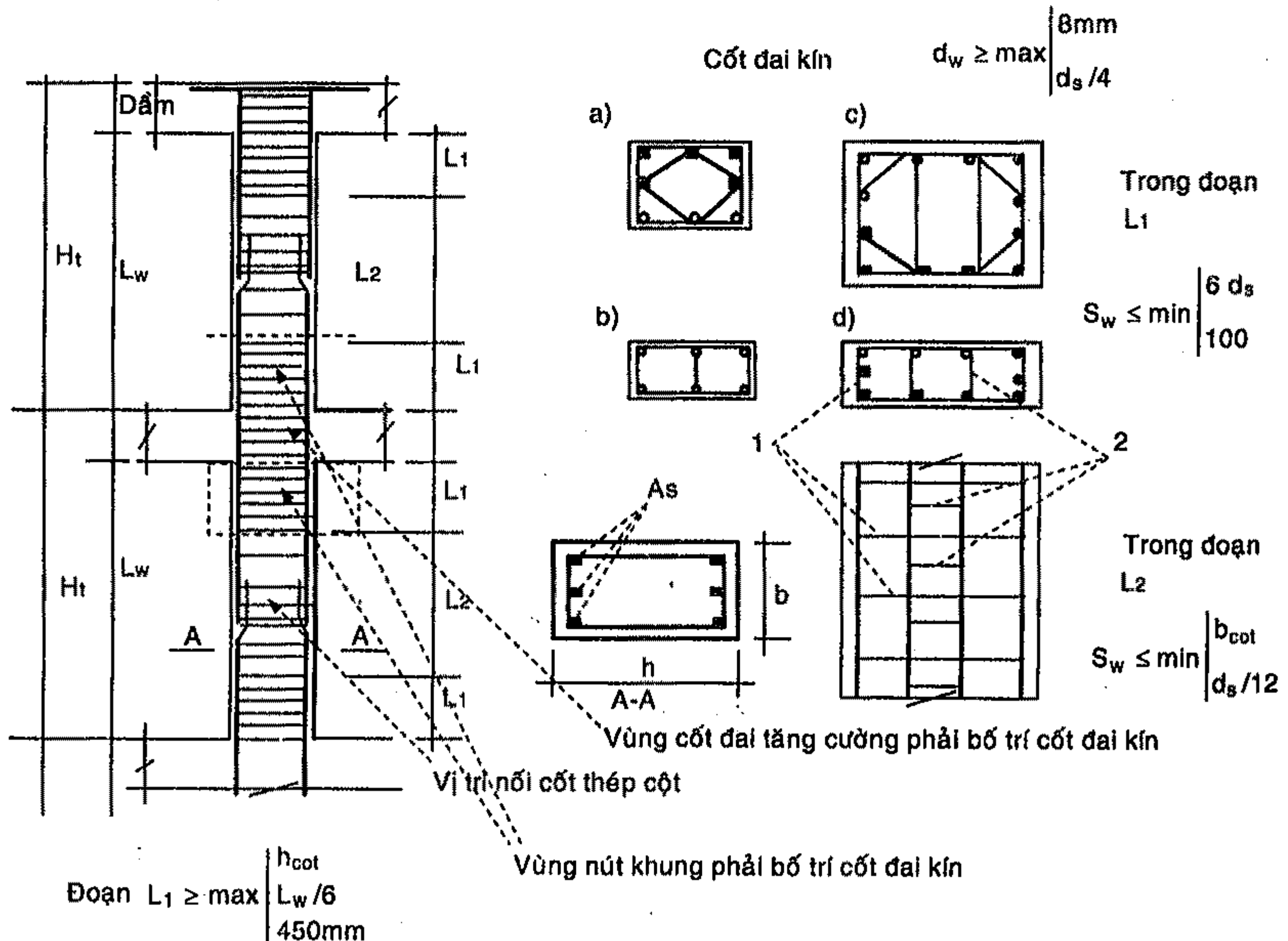
2.8.4 Cấu tạo cốt thép cột

Bảng 2.7 Qui định về cốt dọc cột

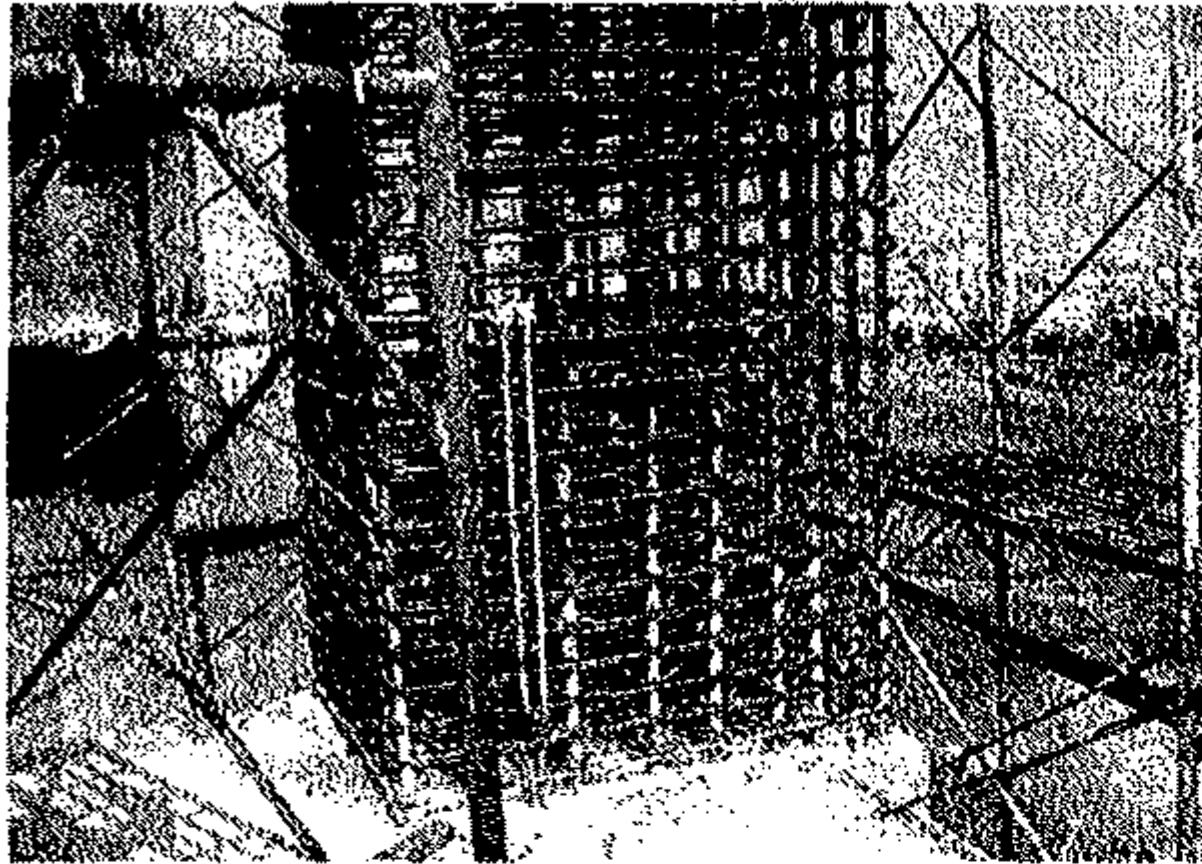
Cốt dọc trong cột	Kết cấu thông thường	Có xét tới động đất
Hàm lượng max	< 5%	< 3,5%
Hàm lượng min	> 0,5%	0,6 - 0,8%
Khoảng cách giữa các cốt dọc	$\leq 400$	$\leq 250$
Khoảng hở giữa các thanh thép	$\geq 50$	$\geq 50$
Mối nối cốt thép đổ BT tại chỗ	Khi $d > 25mm$ phải nối hàn hoặc nối buộc $l_{nối} = 1,3l_a$	Bắt buộc phải nối hàn $l_{nối} = 1,3l_a + kd$ $k = 5$ đến $10$
Cốt thép cột ở đỉnh	Phải bẻ gập và neo vào dầm $l_a \geq 10d$	Phải bẻ gập và neo vào dầm $l_a \geq 10d$

**Bảng 2.8 Qui định về cốt đai trong cột**

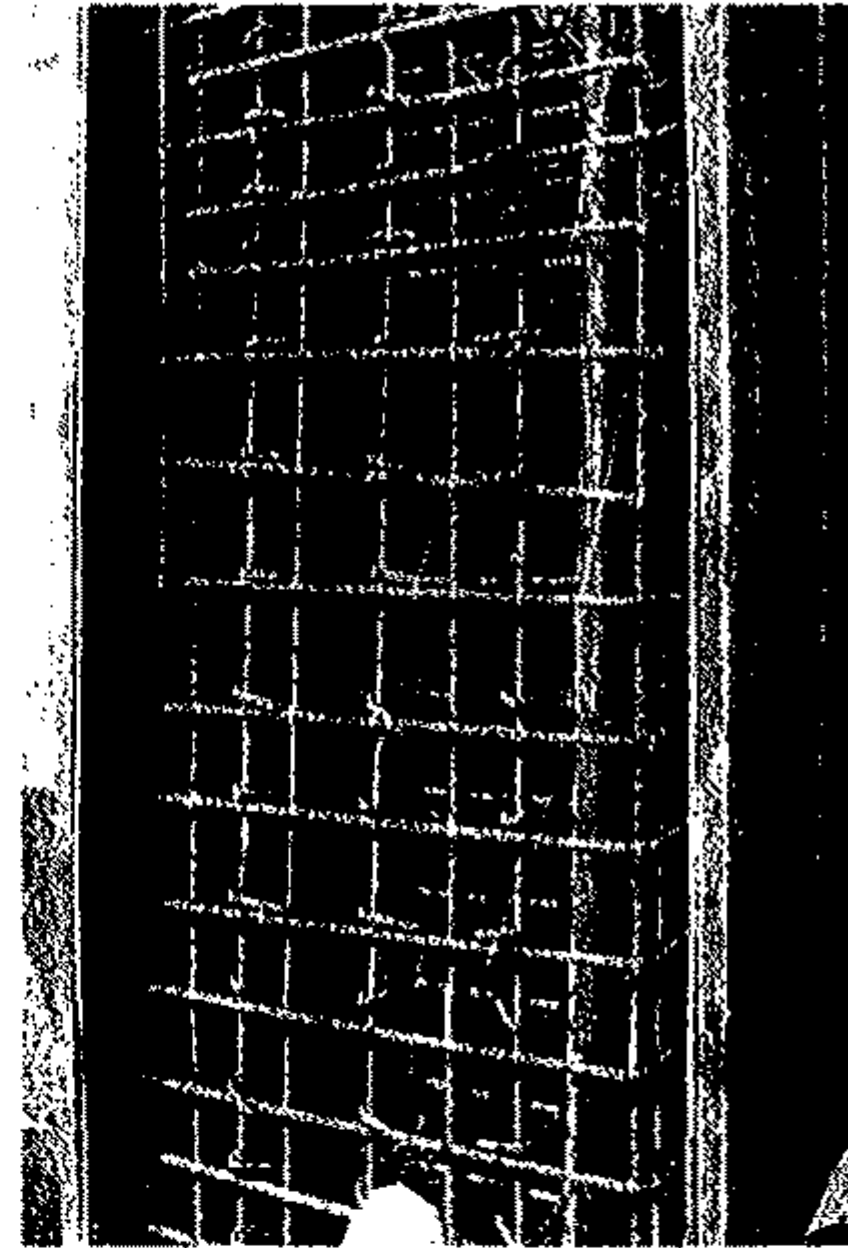
Cốt đai trong cột	Kết cấu thông thường	Có xét tới động đất
Đường kính cốt đai	$> 0,25d_{docmax}$	$> 8mm$
Vùng nút khung cốt đai phải bố trí liên tục, đai kín với khoảng cách cốt đai:	$< 6d_{docmin}$ và $\leq 100$	$< 6d_{docmin}$ và $\leq 100$
Vùng cốt đai tăng cường cốt đai phải bố trí liên tục, đai kín với khoảng cách cốt đai:	$> 6d_{docmin}$	$\geq 6d_{docmin}$ và $\geq 100$ động đất mạnh $\geq 8d_{docmin}$ và $\geq 150$ động đất trung bình
Vùng cốt đai không tăng cường cốt đai	$\geq 50\%$ cốt đai vùng tăng cường và $< 12d_{doc}$	$\geq 50\%$ cốt đai vùng tăng cường và $< 12d_{doc}$
Chỗ nối cốt thép dọc cột: khoảng cách giữa các cốt đai:	$< 5d_{doc}$ và $< 100$ khi cốt thép chịu kéo $< 10d_{doc}$ và $< 200$ khi cốt thép chịu nén	$< 5d_{doc}$ và $< 100$ khi cốt thép chịu kéo $< 10d_{doc}$ và $< 200$ khi cốt thép chịu nén



**Hình 2.32**



Hình 2.33



Hình 2.34

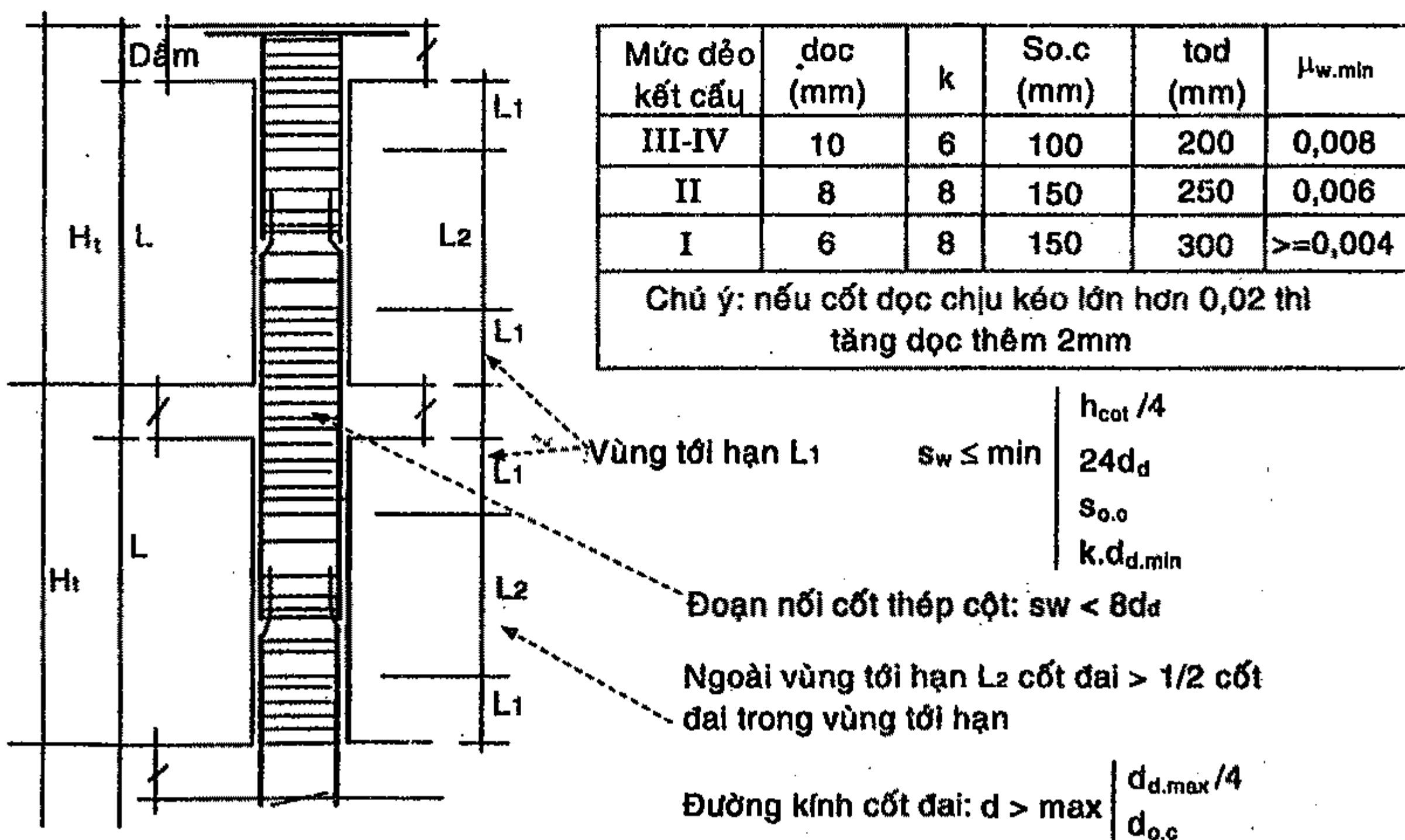
2.8.4.1 Vùng tới hạn trong cột

Vùng tới hạn là vùng có khả năng xuất hiện khớp dẻo nhất, sự phá hoại thường bắt đầu từ vùng này, trong vùng này cần có những cấu tạo đặc biệt để đảm bảo độ dẻo cần thiết và khả năng phân tán năng lượng.

Những vùng sau đây gọi là vùng tới hạn:

- Đoạn từ đầu mút cột tiếp giáp với nút khung có chiều dài bằng  $L_1$ .
- Chân cột giáp với móng có chiều dài bằng  $H_c / 4$

$$L_1 = \max \begin{cases} \alpha h_c \\ U_o \\ \gamma H_c \end{cases}$$

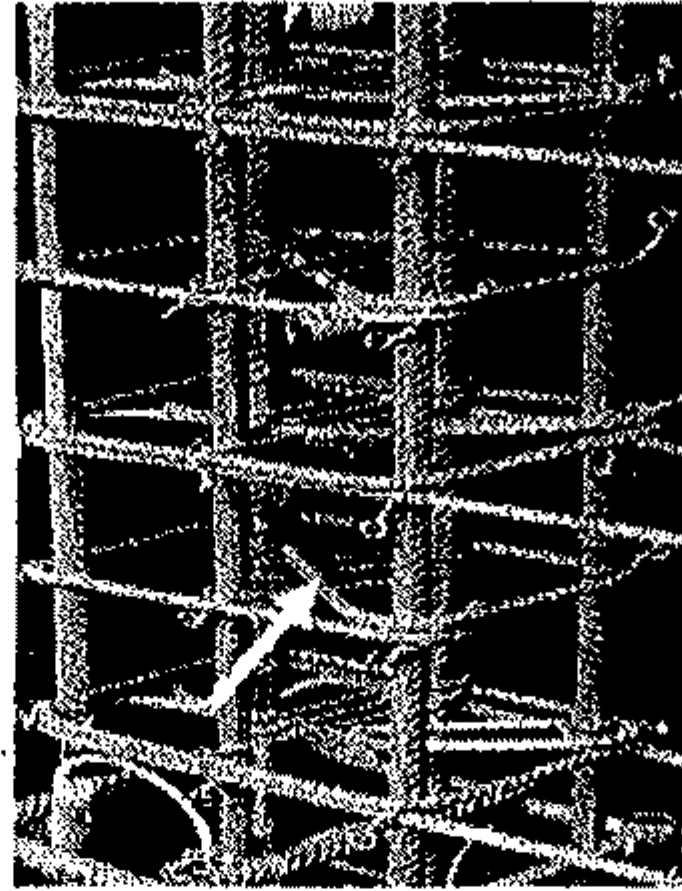


Cách 1 cốt dọc có cốt đai để giữ ổn định theo 2 phương

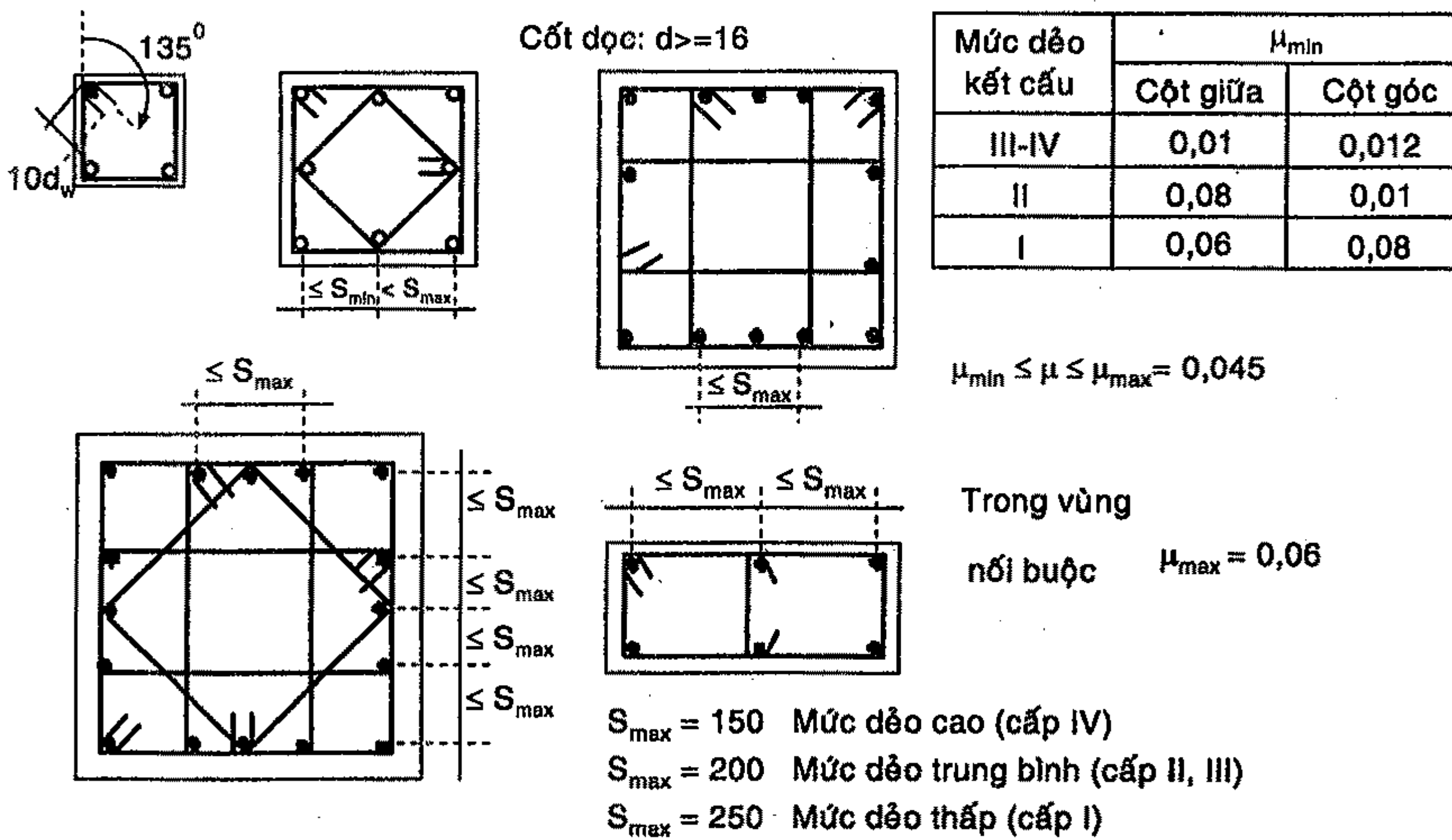
Hình 2.35 Quy định vùng tới hạn của cột

### 2.8.4.2 Cốt đai

Cốt đai trong cột dùng cốt đai rời thì hai đầu phải uốn móc neo một góc  $\geq 135^\circ$  và chiều dài đoạn thẳng neo  $\geq 10d_w$  ( $d_w$  - đường kính cốt đai), cách một cột dọc có một cốt đai.



Hình 2.36 Hình dáng cốt đai trong cột móc uốn góc 135 độ



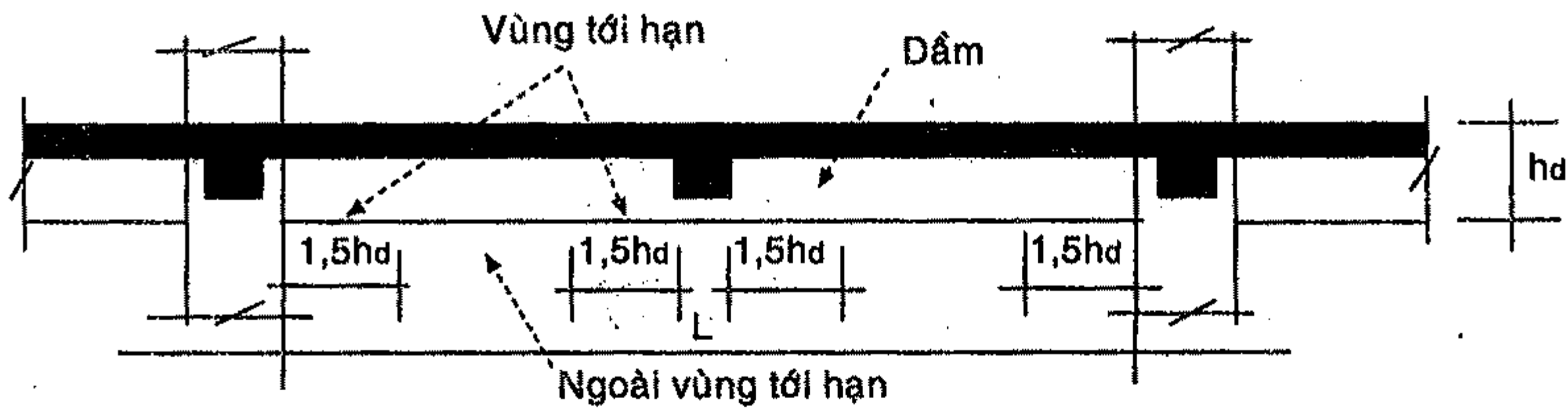
Hình 2.37 Cấu tạo cốt đai trong cột trong vùng tới hạn chịu tải động đất

### 2.8.5 Cấu tạo cốt thép dầm

#### 2.8.5.1 Vùng tới hạn trong dầm

Những vùng sau đây gọi là vùng tới hạn:

- Vùng có khả năng hình thành khớp dẻo, đó là:
  - + Các đầu dầm liên kết cứng với cột.
  - + Vùng giữa dầm nơi có đặt lực tập trung lớn (có momen lớn nhất ở giữa nhịp và có lực cắt vượt quá khả năng chịu cắt của bê tông)
- Chiều dài vùng tới hạn tính từ mép cột lấy bằng  $L_1 = 1,5 h_d$ ; tính từ điểm đặt lực trung ra hai bên, mỗi bên dài  $1,5 h_d$



$$d_w \geq \max \begin{cases} d_{dmax} / 4 \\ d_{o,d} \end{cases}$$

$$\text{Cốt đai trong vùng tới hạn: } S_w \leq \min \begin{cases} h_d / 4 \\ k \cdot d_{d,min} \\ 24d_{dd} \\ S_{o,d} \end{cases}$$

$$\text{Đoạn uốn gấp } t \geq t_{o,d}$$

$$\text{Cốt đai ngoài vùng tới hạn: } S_w \leq \min \begin{cases} h_d / 2 \\ 300 \end{cases}$$

$$\text{Hàm lượng cốt đai: } \mu_{wmin} = \beta_0 \frac{R_0}{R_s}$$

Đầu mút cốt đai phải uốn móc ôm lấy cốt dọc, góc uốn > 135 độ, đoạn thẳng > 10d<sub>w</sub>

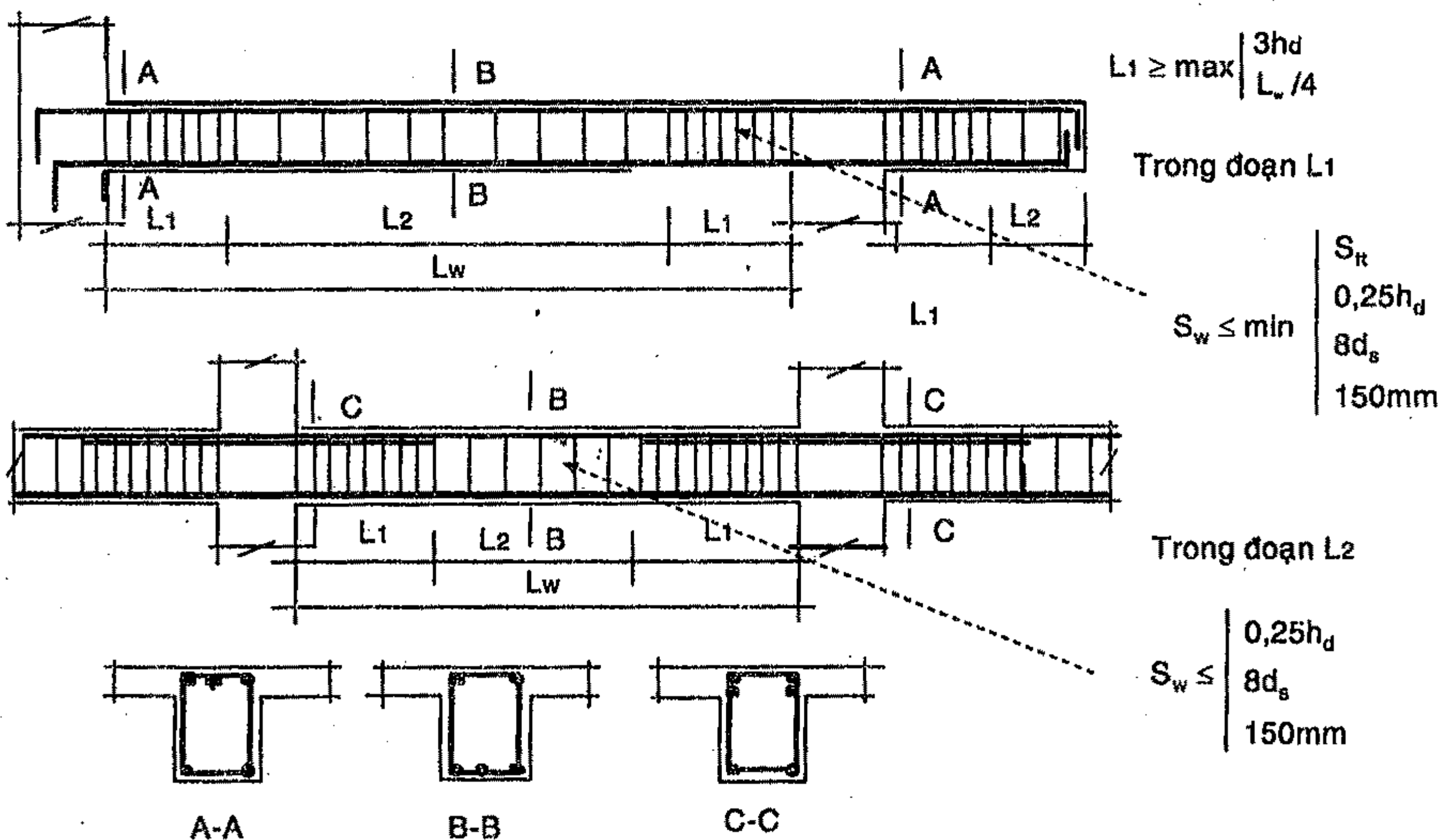
Hình 2.38 Quy định vùng tới hạn của dầm

Bảng 2.9

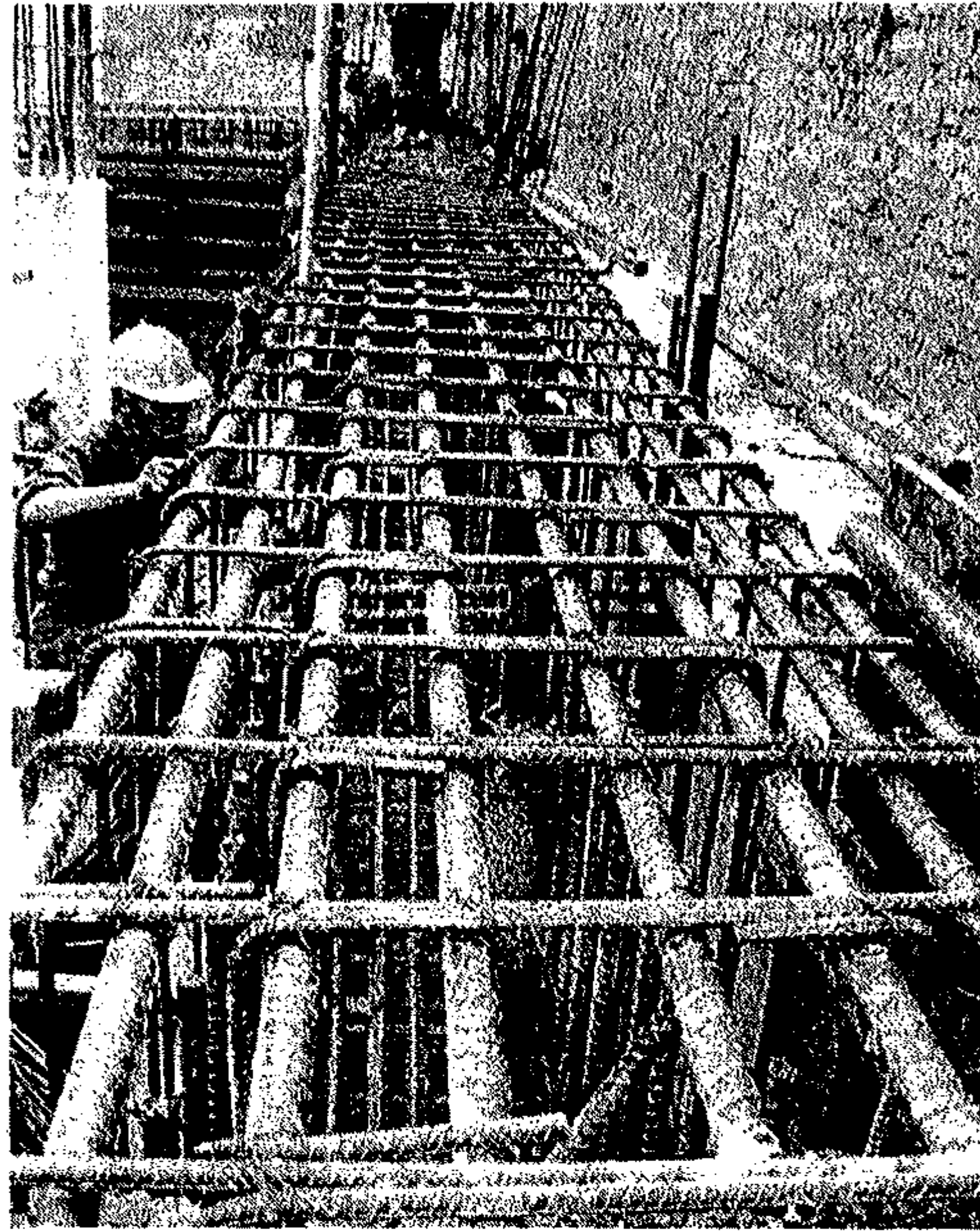
Mức dẻo kết cấu	d <sub>o,d</sub> (mm)	k	S <sub>o,d</sub> (mm)	t <sub>o,d</sub> (mm)	β <sub>o</sub>
III	10	6	100	200	0,35
II	8	8	150	250	0,30
I	6	8	150	300	0,25

Chú ý: Nếu cốt dọc chịu kéo lớn hơn 0,02 thì tăng do thêm 2mm

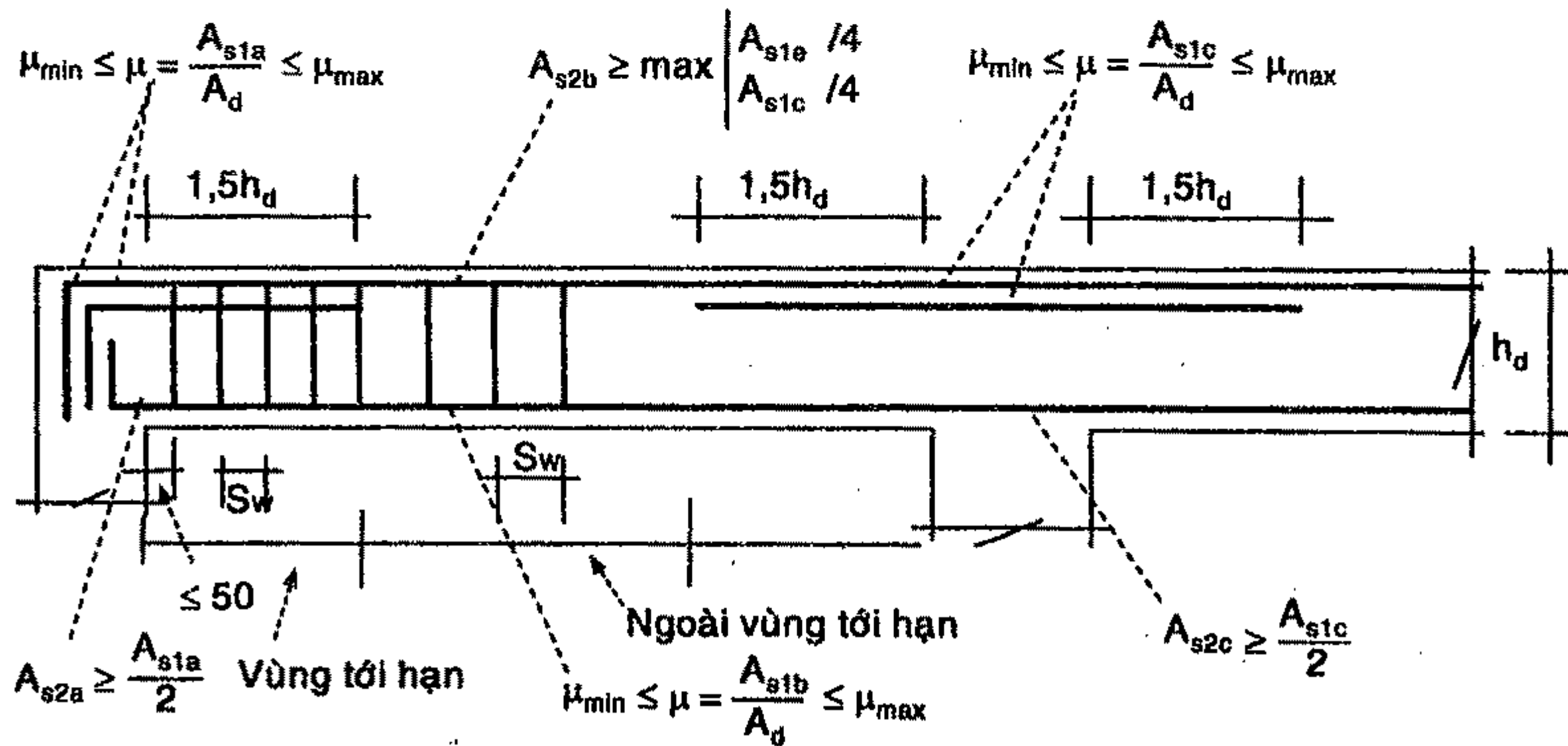
2.8.5.2 Cốt thép dầm



Hình 2.39



Hình 2.40 Cấu tạo cốt thép dầm

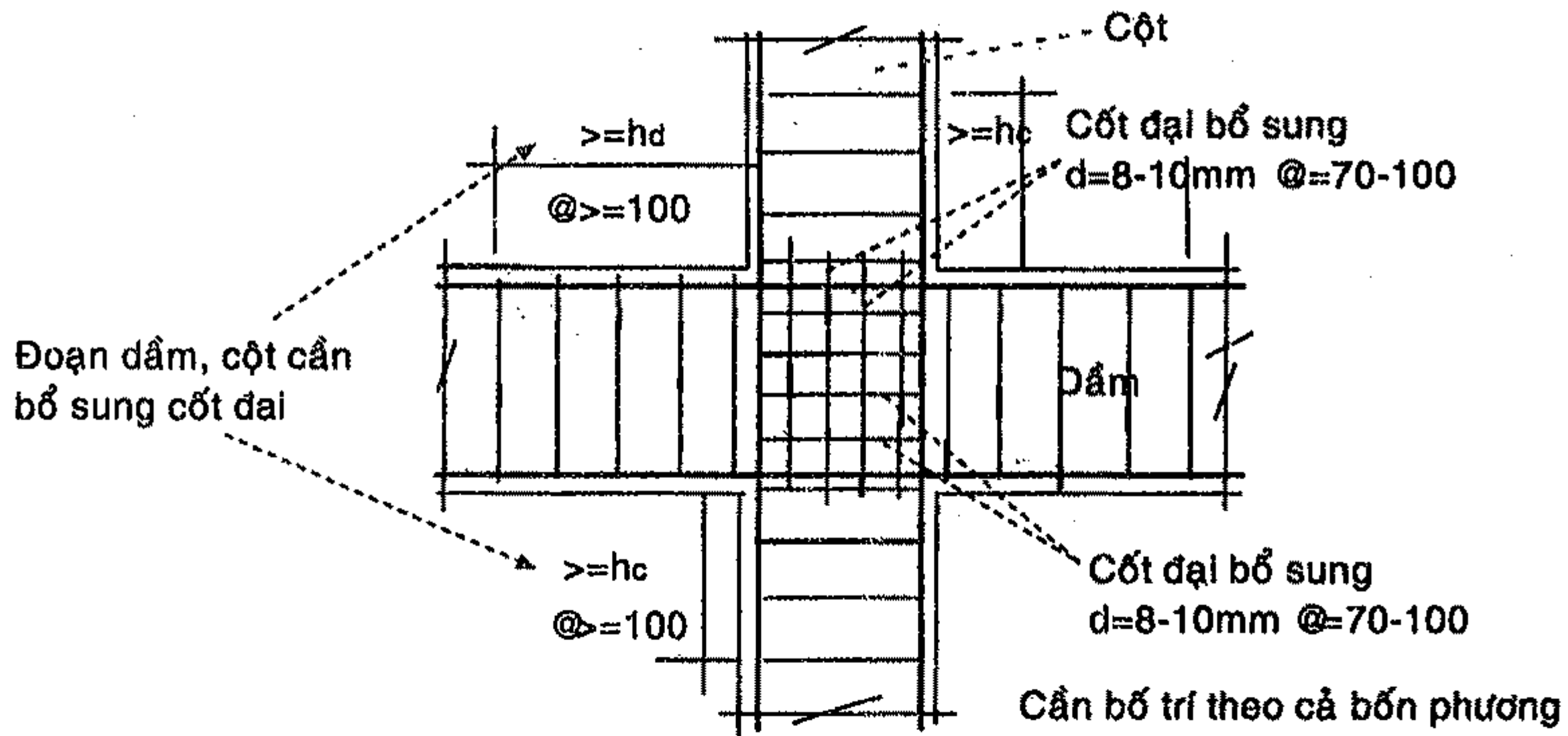


Hình 2.41 Quy định lượng cốt dọc bố trí dầm

### 2.8.5.3 Nút khung

Nút khung là nơi chịu lực phức tạp, tập trung ứng suất và biến dạng, việc tính toán nút khung thường liên quan đến đường kính, khoảng cách cốt đai, đường kính, số lượng và bố trí cốt dọc vào nút. Thông thường không tính toán mà chỉ cấu tạo theo các quy định sau.





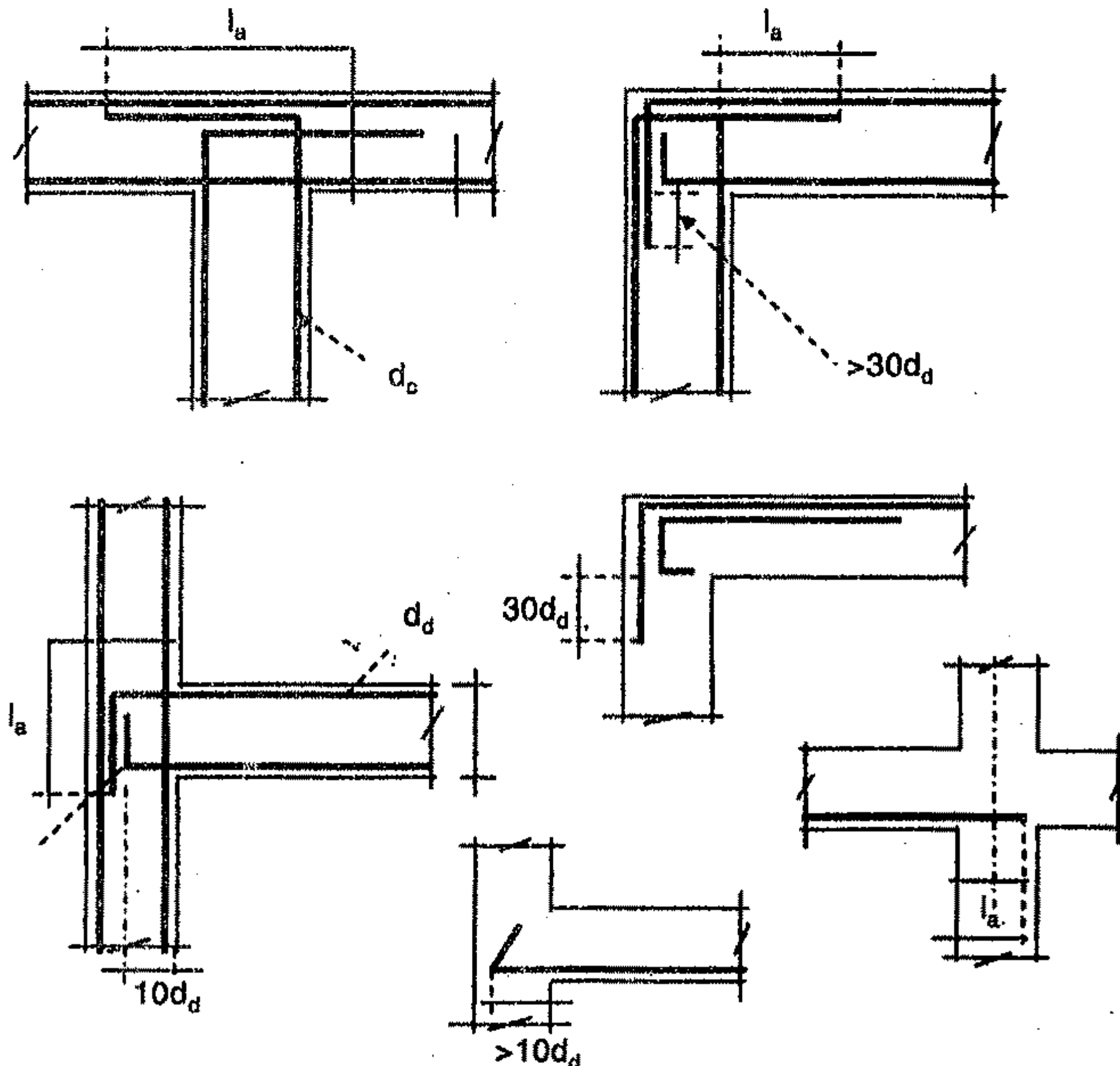
Hình 2.42 Bố trí cốt đai tại nút khung chịu tải động đất

Đoạn neo cốt thép dầm vào cột hoặc cốt thép cột vào dầm đối với công trình có tính động đất lấy như sau:

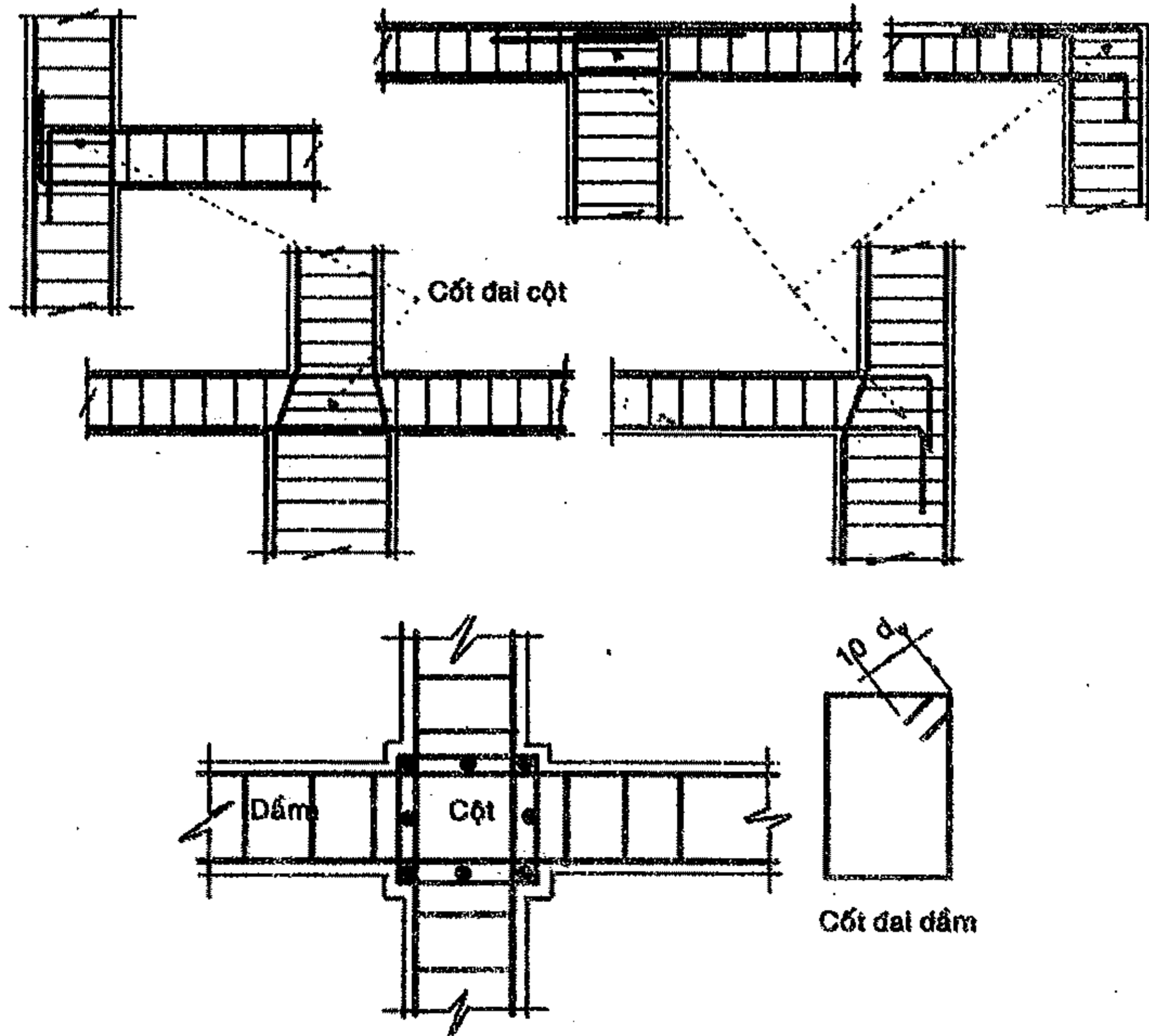
$$l_a = l_{neo} + 5d \quad (2.3)$$

(tính từ mép cột hoặc mép dầm)

trong đó:  $l_{neo}$  - đoạn neo cốt thép đối với công trình không tính động đất  
 $d$  - đường kính cốt thép



Hình 2.43 Quy định về chiều dài đoạn neo cốt thép



Hình 2.44 Cấu tạo nút khung

*Ghi chú:* Đối với công trình có tính động đất tại các nút khung, cần bổ sung thêm cốt đai gia cường như hình 2.29

**2.8.6 Vách, lõi cứng:**

Tổng diện tích mặt cắt ngang của các vách (lõi) cứng có thể xác định theo công thức gần đúng:

$$A_{vj} = 0,015A_{si} \tag{2.4}$$

$A_{si}$  - diện tích sàn từng tầng.

Cốt thép trong vách được đặt thành lưới gồm cốt thép đứng và ngang, phải đặt hai lớp, mỗi mặt một lưới. Cốt thép ngang không được nhỏ hơn một nửa cốt thép đứng.

Đường kính cốt thép đứng và ngang:  $d_d, d_{ng} \geq 10\text{mm}$

Hàm lượng cốt thép tối thiểu trong vách như sau:

- Với kết cấu có mức dẻo >II:  $\mu_{d.min} = \mu_{ng.min} = 0,003$  trong vùng tới hạn và 0,0025 ngoài vùng tới hạn.
- Với kết cấu có mức dẻo I:  $\mu_{d.min} = \mu_{ng.min} = 0,0025$  trong vùng tới hạn và 0,002 ngoài vùng tới hạn.

Hàm lượng cốt thép tối đa trong vách:  $\mu_{d.max} = \mu_{ng.max} = 0,04$

Khoảng cách giữa các thanh cốt thép đứng:

- Với kết cấu có mức dèo (cao) IV:  $s_d \leq \min \begin{cases} 20d_d \\ 200 \end{cases}$

- Với kết cấu có mức dèo II, III:  $s_d \leq \min \begin{cases} 25d_d \\ 250 \end{cases}$

- Với kết cấu có mức dèo I: cấu tạo cốt thép theo cách thông thường:  $s_d \leq \min \begin{cases} 2t \\ 300 \end{cases}$

Khoảng cách giữa các thanh cốt thép ngang:

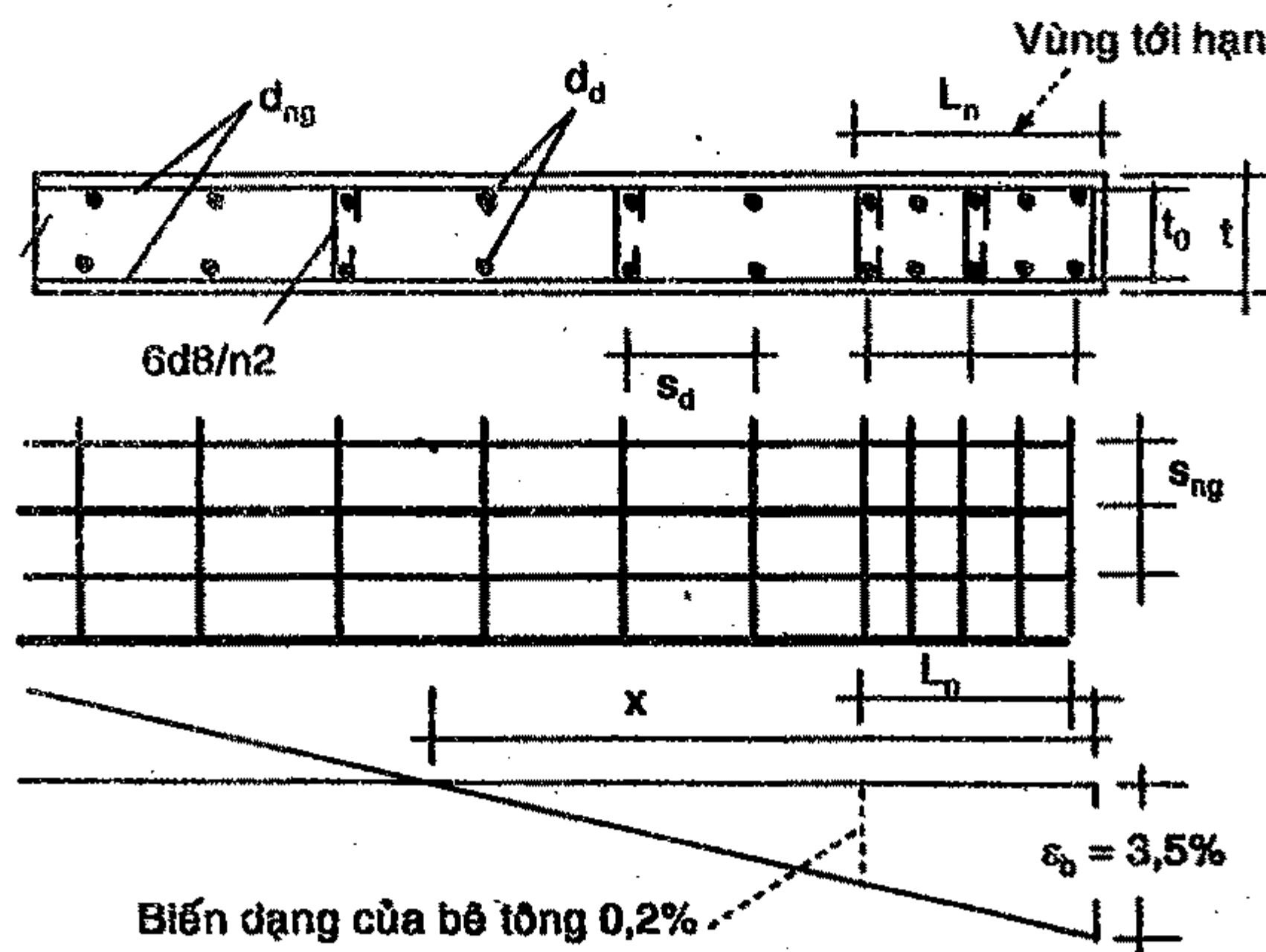
- Với kết cấu có mức dèo (cao) IV:  $s_{ng} \leq \min \begin{cases} 20d_{ng} \\ 200 \end{cases}$

- Với kết cấu có mức dèo II, III (trung bình):  $s_{ng} \leq \min \begin{cases} 25d_{ng} \\ 250 \end{cases}$

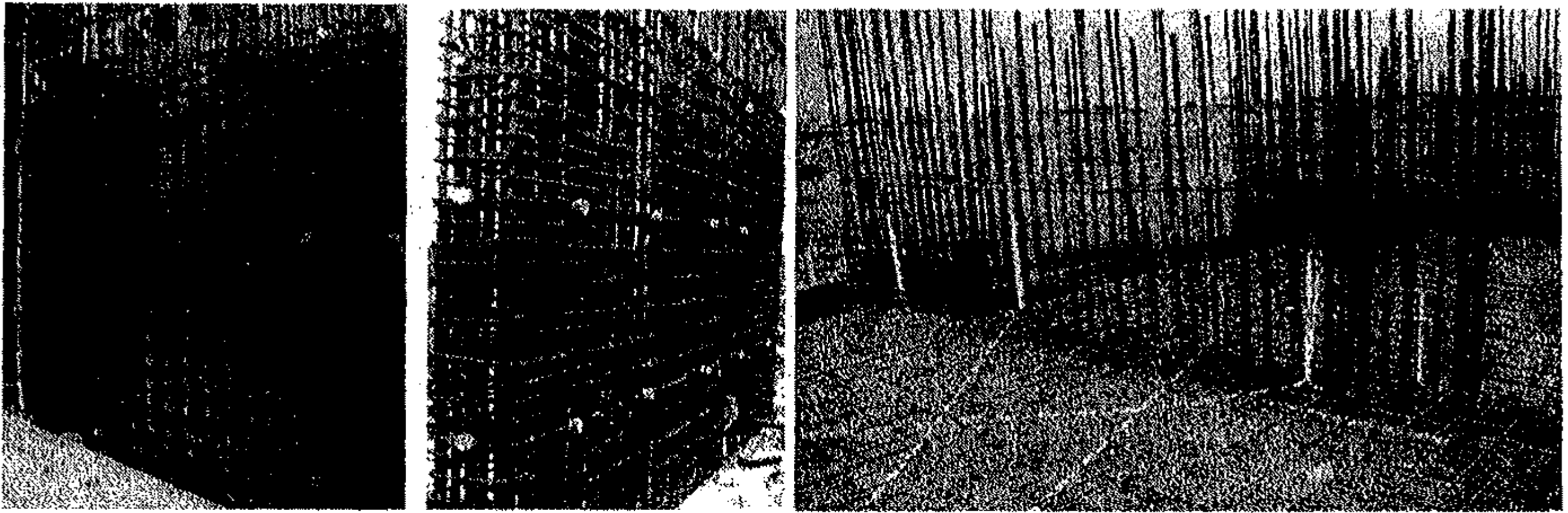
- Với kết cấu có mức dèo I (thấp): cấu tạo cốt thép theo cách thông thường:  
 $s_{ng} \leq \min \begin{cases} 2t \\ 300 \end{cases}$

Dùng cốt thép néo (chữ C hoặc S) để liên kết hai lưới thép, đường kính  $d \geq 6\text{mm}$ . Cần có 6 thanh cho mỗi mét vuông lưới, khoảng cách cốt néo không quá 400mm. Trong vùng nổi buộc khoảng cách cốt néo không quá 300mm

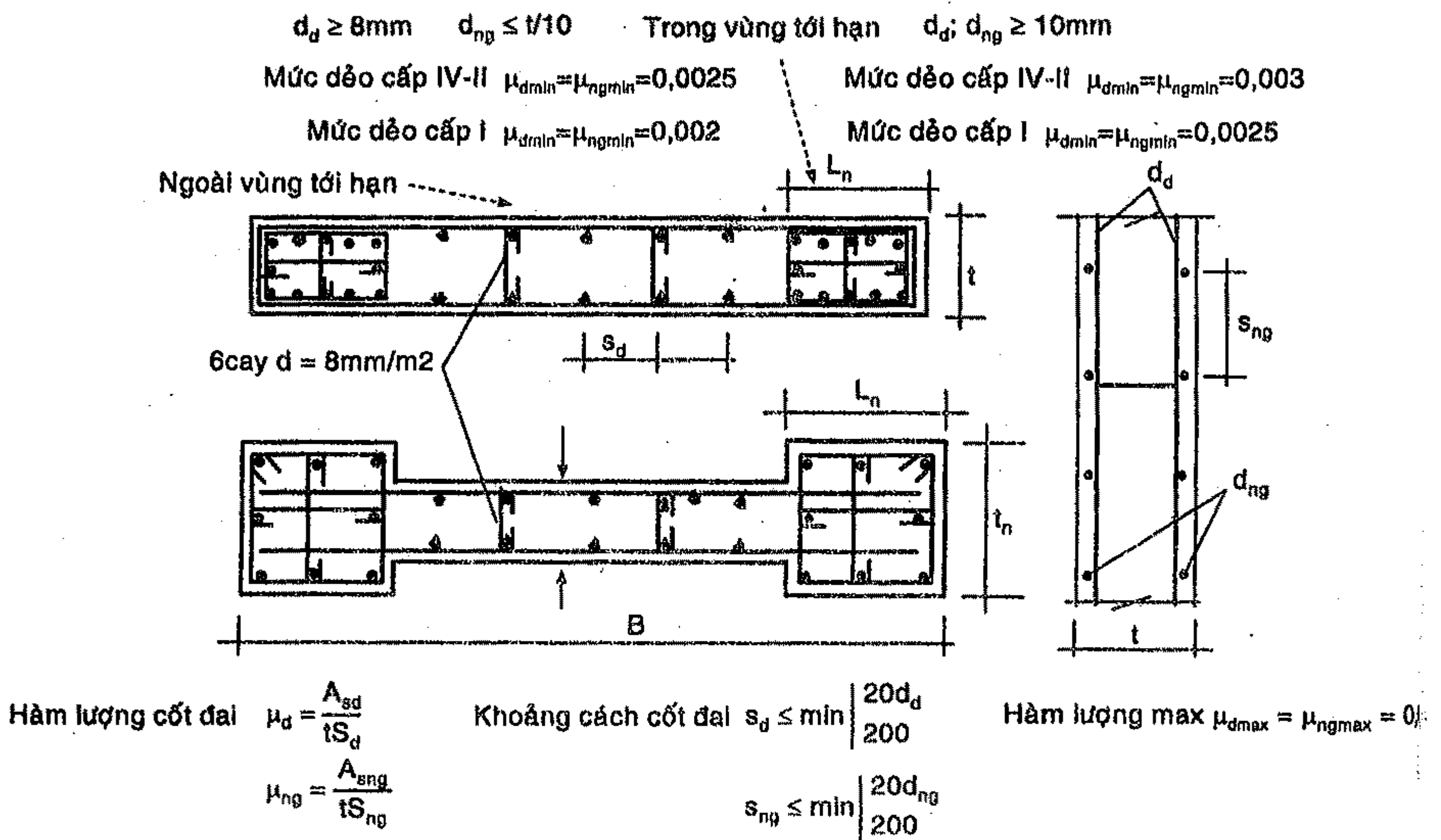
Vùng tới hạn của vách  $l_n > \begin{cases} 0,15B \\ 1,5t \end{cases}$



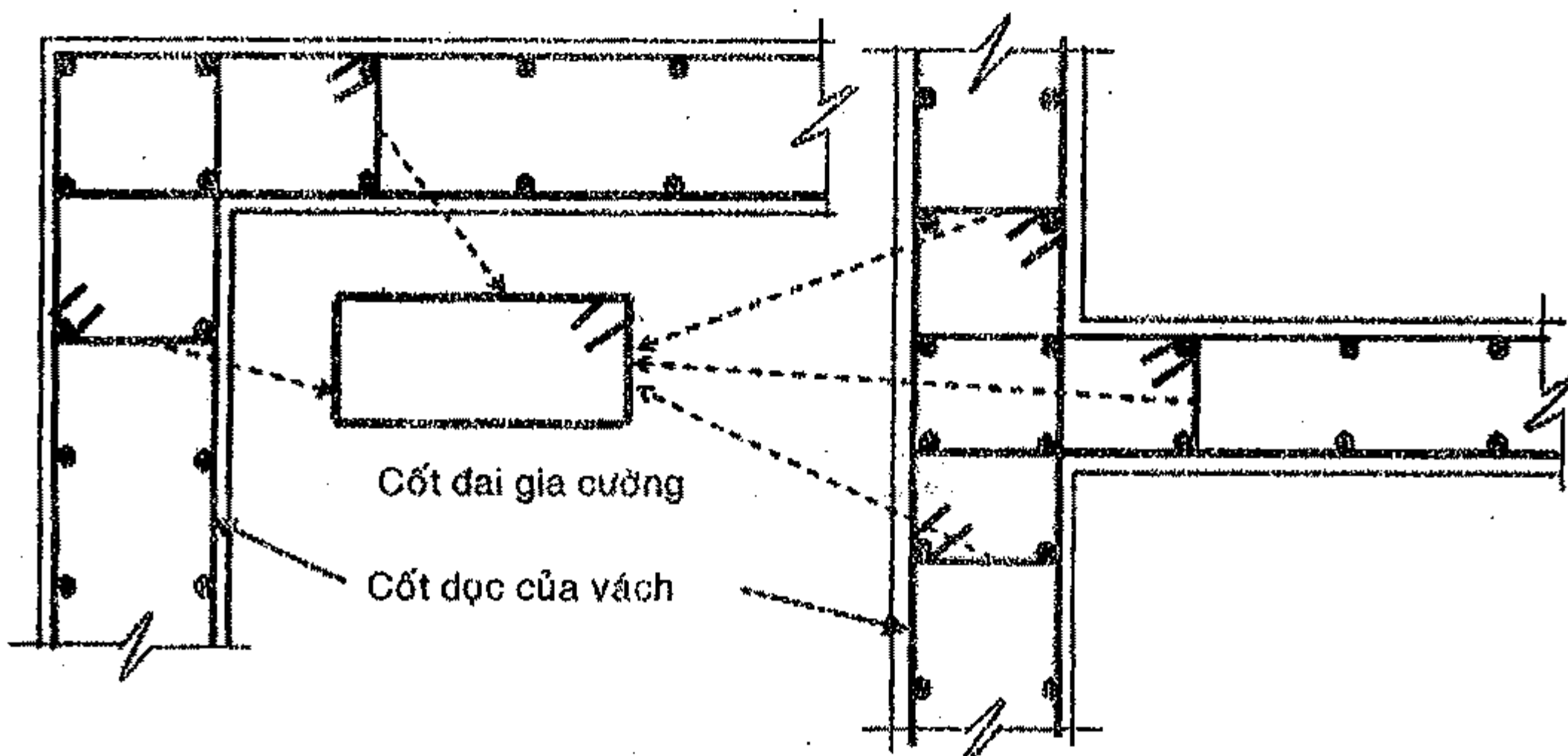
Hình 2.45 Bố trí cốt thép trong vách



Hình 2.46



Hình 2.47 Quy định về hàm lượng cốt thép trong vách

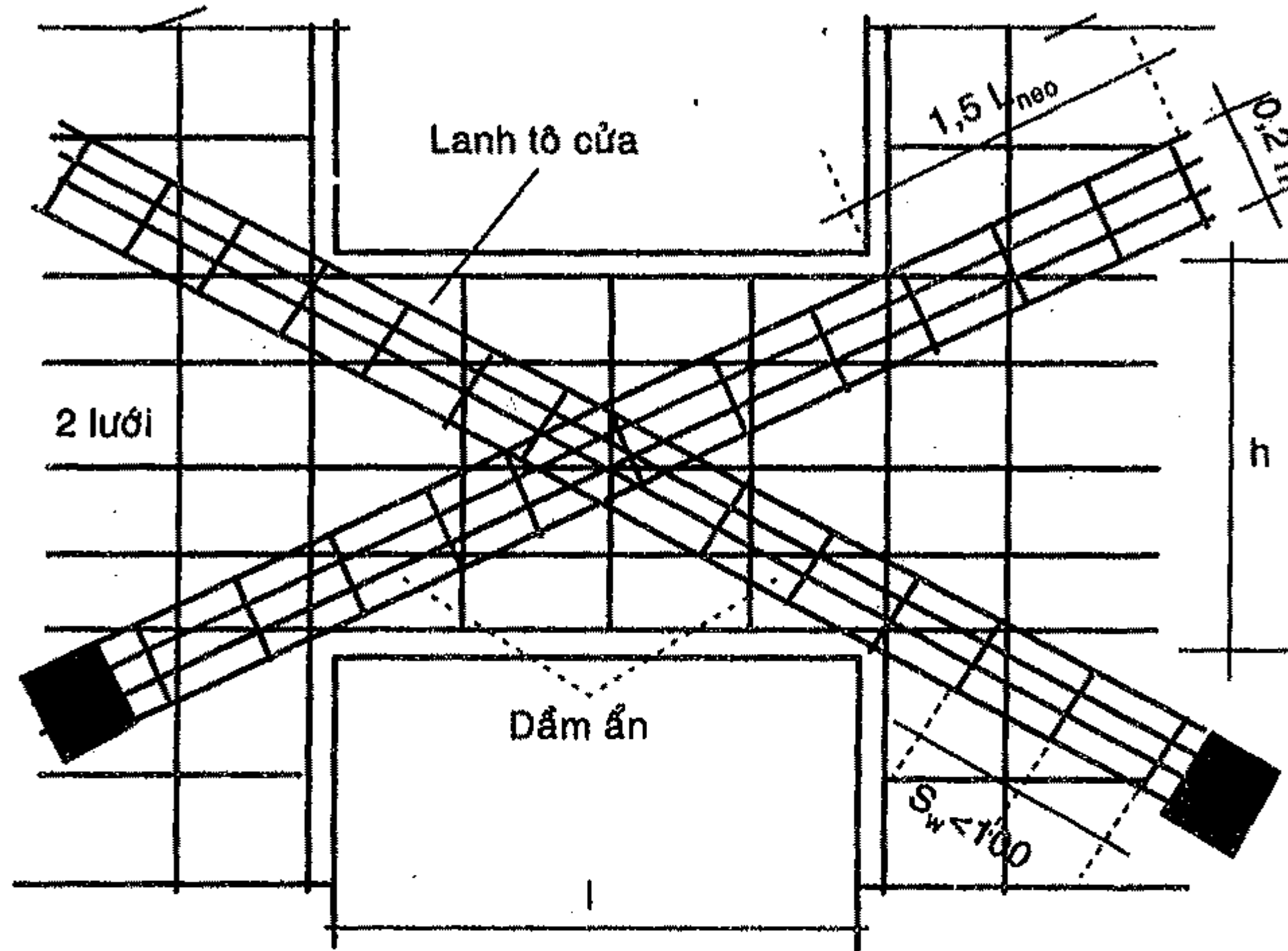


Hình 2.48 Cấu tạo cốt thép gia cường xung quanh lỗ cửa và mối nối giữa các vách

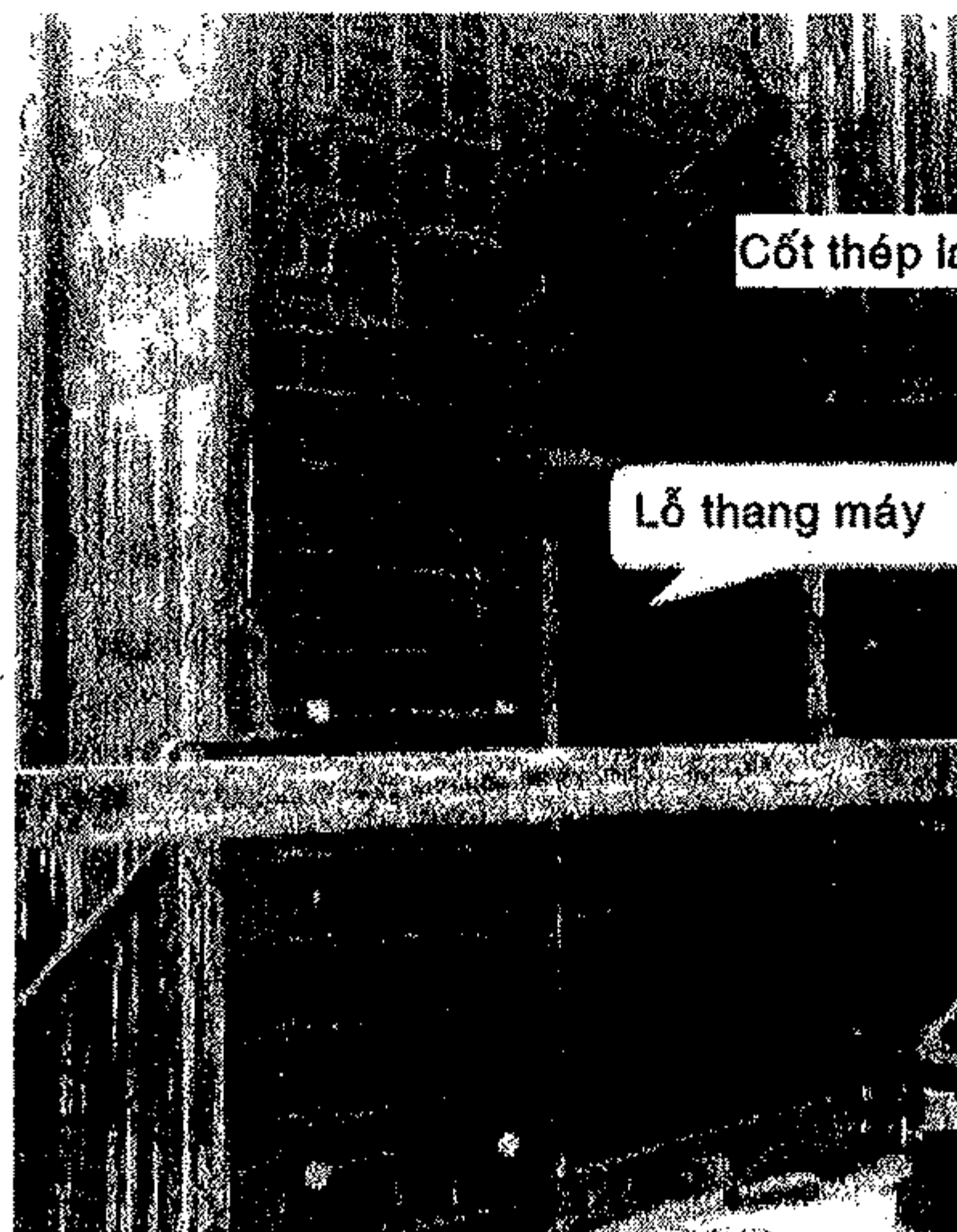
Các góc của lỗ trống có kích thước nhỏ, có các cạnh nhỏ hơn  $3t$  và  $l/6$  cần gia cường bằng cốt thép chéo, ít nhất một thanh chéo có đường kính bé nhất  $12\text{mm}$  trên mỗi mặt lỗ.

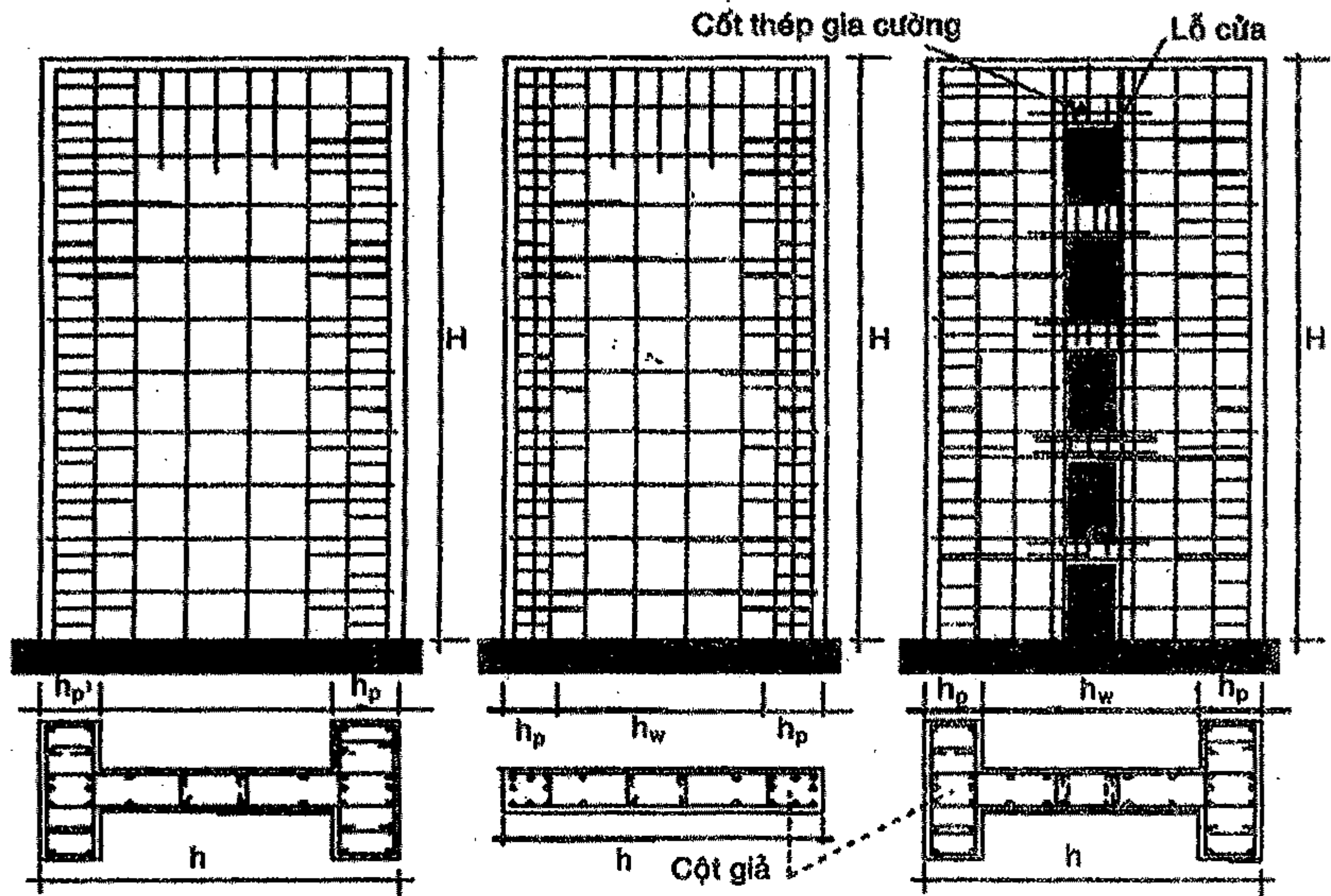
Trường hợp có lỗ trống kích thước nhỏ, khi tính toán xem là vách đặc thì cần bố trí cốt thép xung quanh lỗ tạo thành một khung kín giả.

Đối với vách có lỗ cửa lớn, phần lanh tô cửa cần bố trí cốt thép chéo. Các cốt thép chéo này nằm trong cốt đai (giống cột giả) với chiều dài neo tăng thêm  $50\%$  so với cốt thép chịu kéo của BTCT thông thường. Bước cốt đai không lớn hơn  $100\text{mm}$ .

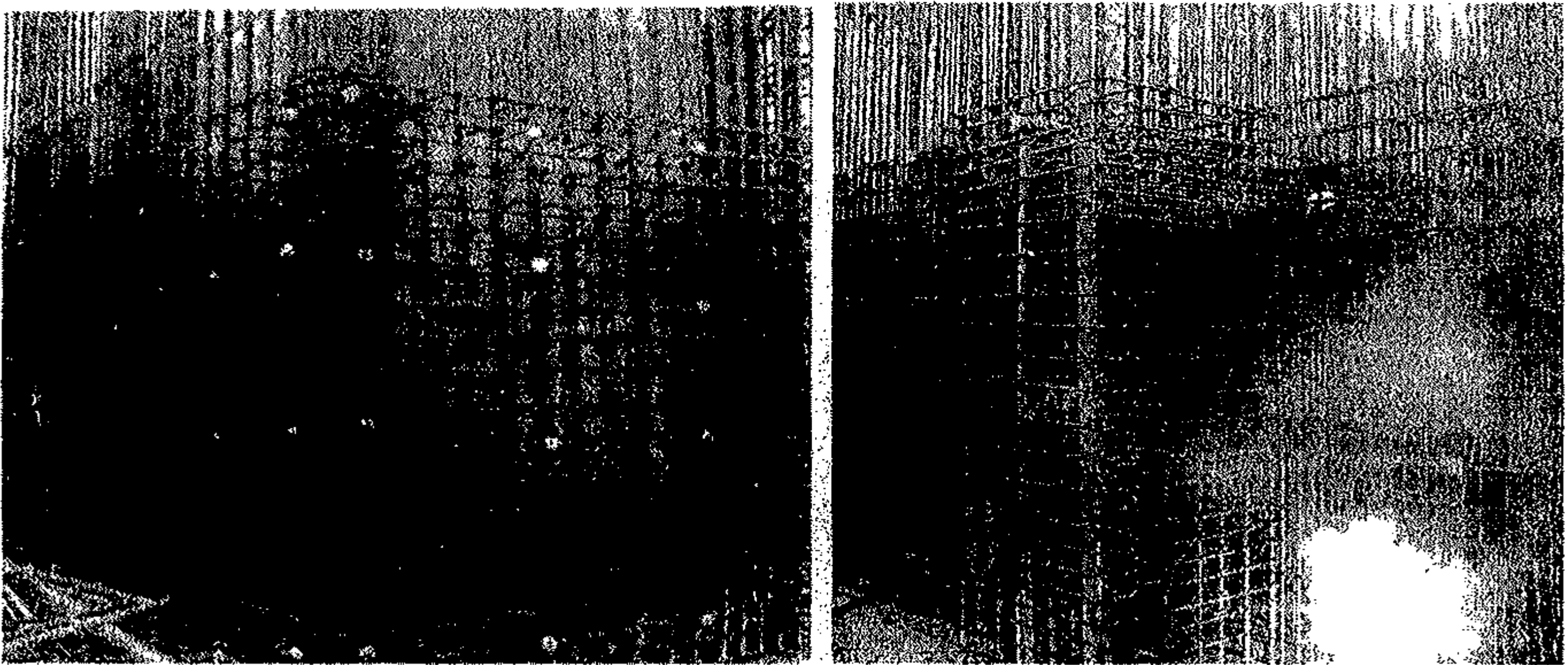


Hình 2.49 Cấu tạo cốt thép gia cường lanh tô cửa





Hình 2.50 Bố trí cốt thép trong vách



Hình 2.51

## 2.9 NỐI CỐT THÉP

Nối chồng, nối hàn, nối bằng coupler

Vị trí nối cốt thép phải nối so le.

Có thể nối hàn (phải kiểm tra mối hàn) hoặc nối chồng.

Trường hợp nối chồng, đoạn cốt thép chồng lên nhau là  $l_{ch}$  được xác định như sau:

$$l_{ch} = 1,2l_a + \gamma.d_d \quad (2.5)$$

trong đó:  $l_a$  - đoạn neo cốt thép tính theo BTCT thường

$\gamma = 10$  đối với kết cấu mức dèo IV

$\gamma = 6$  đối với kết cấu mức dèo II - III

$\gamma = 4$  đối với kết cấu mức dèo I.

Trong đoạn nối chồng, cần giảm khoảng cách giữa các cốt đai, khoảng cách giữa các cốt đai không quá  $8d_d$ .

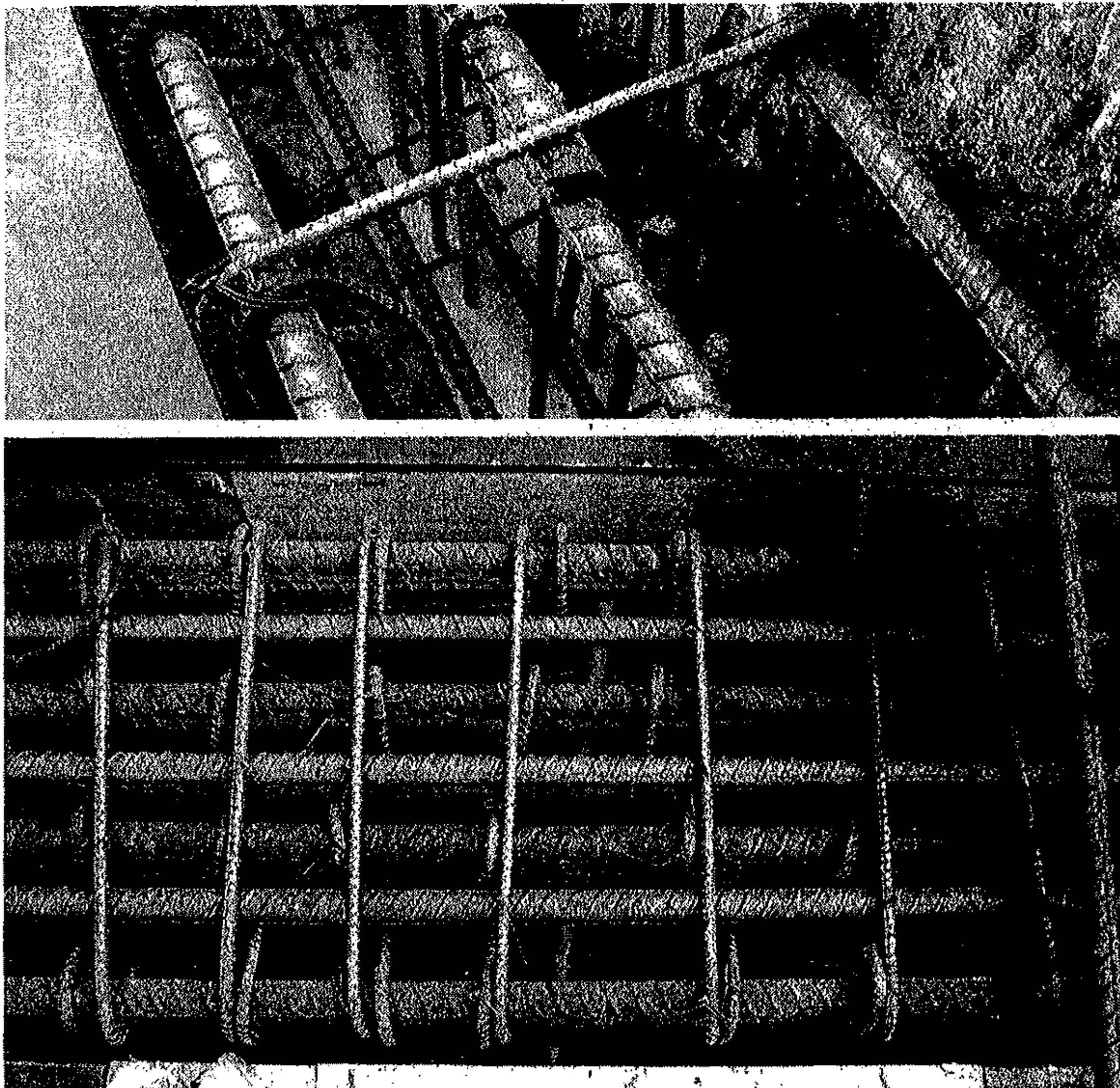
Không nối chồng trong vùng tới hạn.

Chiều dài đoạn neo thẳng của cốt thép  $l_{neo}$  xác định theo:

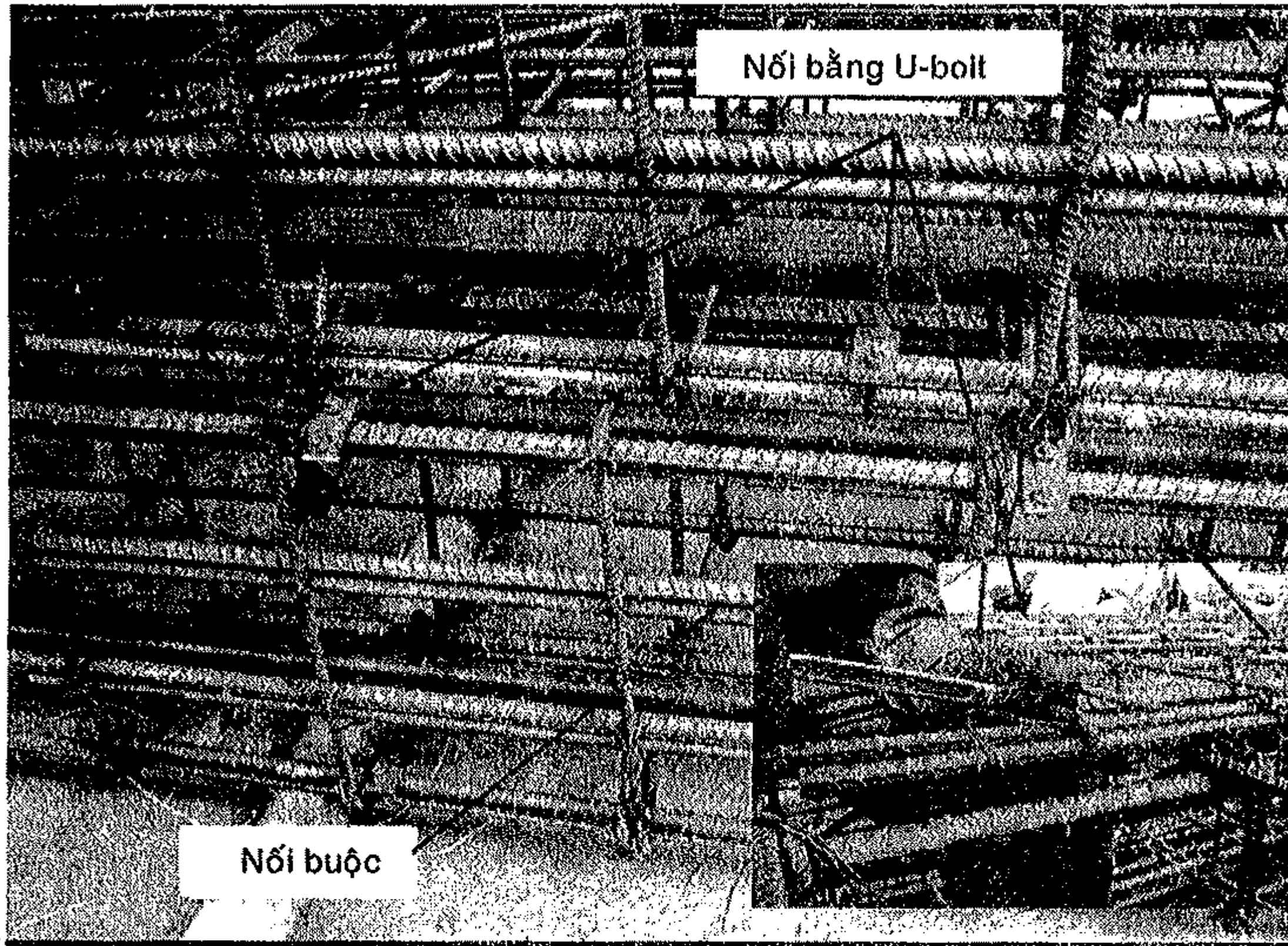
$$l_{neo} = l_a + \gamma.d_d \quad (2.6)$$

Nếu dùng neo gấp thì chiều dài đoạn neo có thể lấy nhỏ hơn  $l_{neo}$  nhưng đoạn thẳng trước khi uốn lấy không nhỏ hơn  $10d_d$

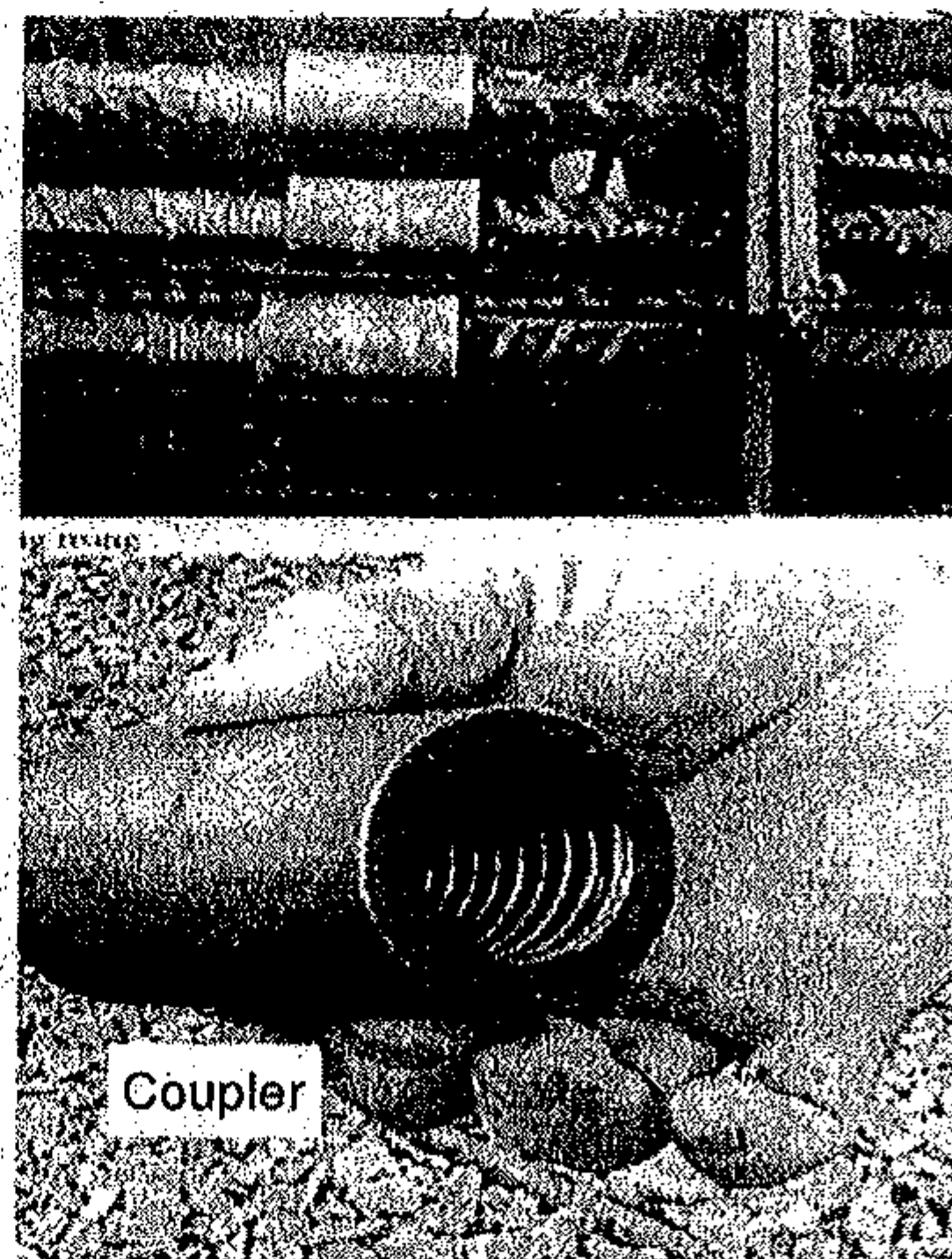
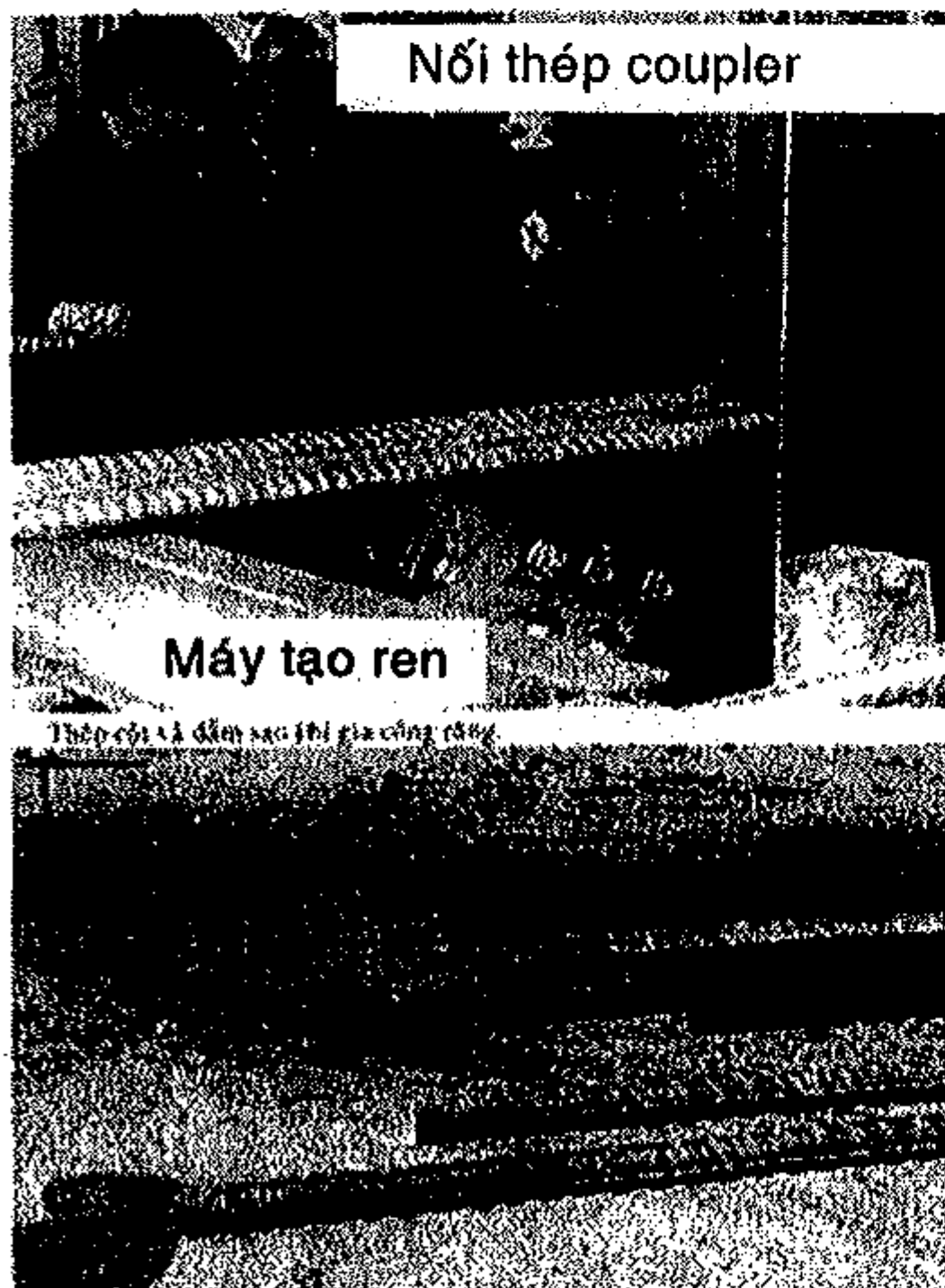
Nối cốt thép cột dầm có thể nối bằng coupler



Hình 2.52 Nối buộc



Hình 2.53 Kết hợp nối buộc - nối bằng U-bolt







*Hình 2.54 Nối bằng coupler*

## TẢI TRỌNG TÁC ĐỘNG LÊN NHÀ CAO TẦNG

### KHÁI NIỆM CHUNG

Tải trọng tác động lên nhà cao tầng bao gồm:

- Tải trọng thẳng đứng gồm:

- Tĩnh tải: gồm trọng lượng bản thân và các lớp hoàn thiện là tải trọng tác dụng thường xuyên thường có vị trí phương, chiều tác động không đổi trong quá trình sử dụng.
- Hoạt tải là tải trọng sử dụng tác động không thường xuyên.

- Tải trọng ngang gồm:

- Tải trọng gió.
- Tải trọng động đất.

### 3.1 TẢI TRỌNG ĐỨNG

Tĩnh tải do trọng lượng bản thân kết cấu chịu lực và kết cấu bao che: được xác định theo kích thước hình học, khối lượng riêng của vật liệu

Hoạt tải lấy theo tiêu chuẩn thiết kế tải trọng - tác dụng TCVN 2737-1995

Đối với các tường ngăn cố định, vách ngăn tạm thời đặt lên sàn có thể tính gần đúng như tải phân bố đều và phải lấy theo tác dụng thực tế. Nếu vách ngăn bằng vật liệu nhẹ lấy không nhỏ hơn  $75 \text{ daN/m}^2$

Mái bằng có trồng cây lấy không nhỏ hơn  $500 \text{ daN/m}^2$

Theo TCVN 2737 -1995 cho phép giảm các giá trị hoạt tải khi tác dụng đồng thời lên các sàn nhà:

Khi xác định lực dọc trong cột, vách và móng chịu tải trọng từ hai sàn trở lên được phép giảm hoạt tải bằng hệ số giảm tải như sau:

$$\text{Nếu phòng có diện tích } A > A_1 = 9\text{m}^2 \quad \text{thì} \quad \psi_{n1} = 0,4 + \frac{\psi_{A1} - 0,4}{\sqrt{n}} \quad (3.1)$$

$$\text{trong đó: } \psi_{A1} = 0,4 + 0,6 \sqrt{\frac{A}{A_1}}$$

$$\text{Nếu phòng có diện tích } A > A_2 = 36\text{m}^2 \quad \text{thì} \quad \psi_{A2} = 0,5 + \frac{\psi_{A2} - 0,5}{\sqrt{n}} \quad (3.2)$$

$$\psi_{A2} = 0,5 + 0,5 \sqrt{\frac{A}{A_2}} \quad (3.3)$$

n- số tầng

### 3.2 CHỌN CHIỀU DÀY SÀN NHÀ CAO TẦNG

Lý thuyết tính toán nhà cao tầng hiện nay đều dựa vào giả thiết xem sàn (dầm) là vách cứng trong mặt phẳng nằm ngang, nghĩa là xem sàn tuyệt đối cứng trong mặt phẳng của nó (mặt phẳng nằm ngang) và mềm ngoài mặt phẳng của nó (mặt phẳng thẳng đứng). Nếu nhà không bị xoắn (sàn không bị xoay khi chịu tải ngang) thì chuyển vị ngang mọi điểm trên cùng một sàn bằng nhau, chuyển vị ngang trên các tầng thì khác nhau.

Ngoài ra, thường bố trí các đường ống kỹ thuật trong sàn nên cần tăng chiều dày sàn so với nhà thấp tầng.

Đối với sàn không dầm, để dễ bố trí cáp, tăng hiệu quả của cốt thép dự ứng lực thì chiều dày sàn phải chọn sao cho hợp lý nhất.

Do đó có thể chọn chiều dày bản sàn của nhà cao tầng bằng chiều dày sàn chọn theo những quy định thông thường của nhà thấp tầng, nhân thêm hệ số  $\alpha$  phụ thuộc vào số tầng: có thể tham khảo theo bảng 3.1

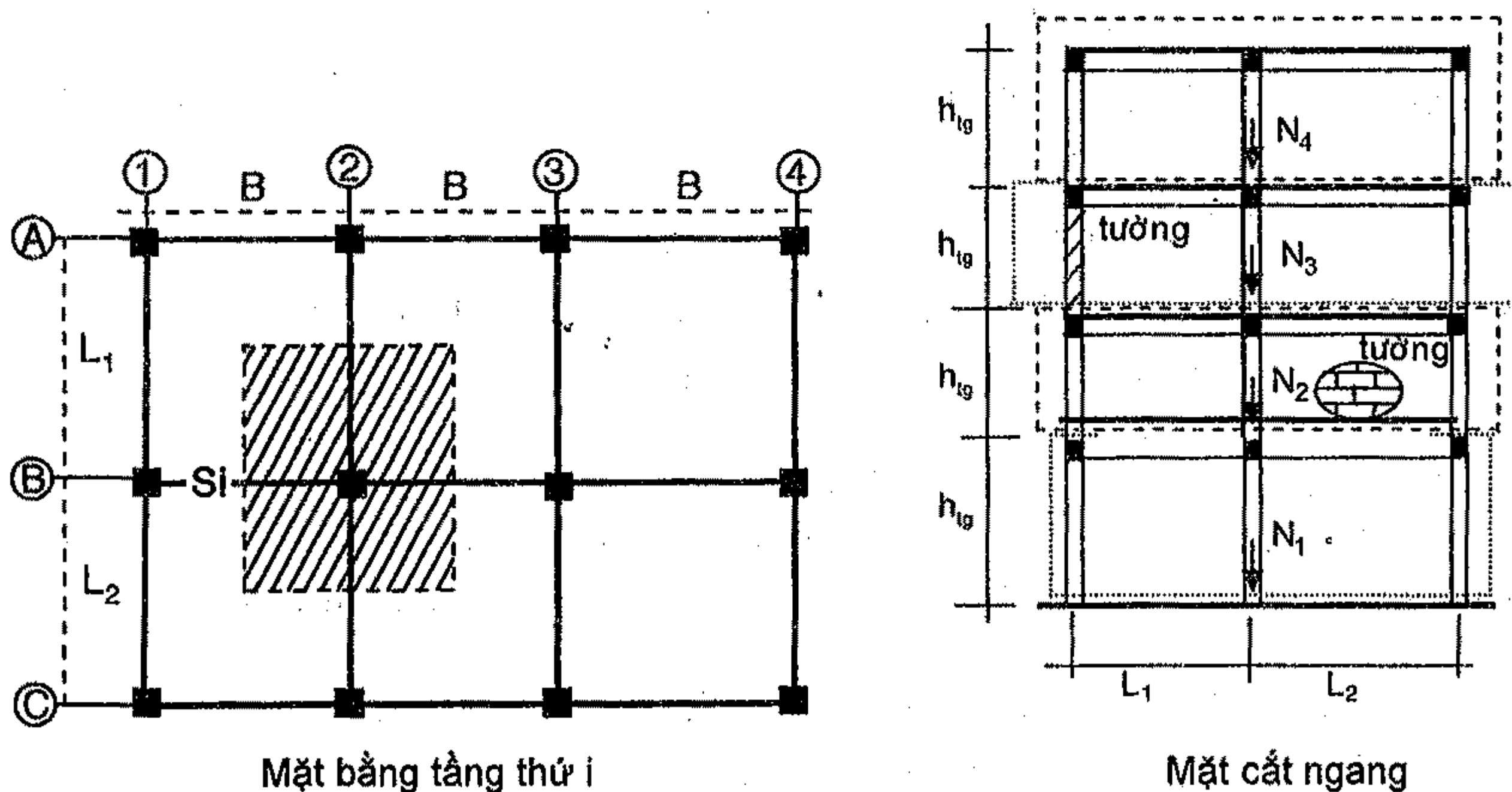
**Bảng 3.1** Hệ số  $\alpha$

Số tầng	12	15	20	25	30	40
Sàn nầm	1,04	1,06	1,10	1,14	1,18	1,26
Sàn dầm	1,04	1,06	1,08	1,11	1,15	1,22

Chọn chiều dày sàn cần chú ý về mặt cấu tạo sàn: như việc bố trí cáp ứng lực, bố trí các đường ống kỹ thuật trong sàn...

### 3.3 CHỌN SƠ BỘ KÍCH THƯỚC CỘT KHI HỆ CHỊU LỰC LÀ THUẦN KHUNG

Khung là kết cấu siêu tĩnh bậc cao, nội lực trong khung phụ thuộc không chỉ vào tải trọng tác dụng mà còn phụ thuộc vào độ cứng của các cấu kiện khung. Do đó khi tính khung cần biết trước kích thước tiết diện dầm, cột, tốt nhất nên dựa vào kinh nghiệm của người thiết kế trên cơ sở các kết cấu tương tự đã xây dựng. Tuy nhiên, một cách gần đúng có thể xác định như sau:



**Hình 3.1**

Tải trọng từ sàn truyền vào một cột bất kỳ theo diện truyền tải từ một tầng. Gọi diện tích truyền tải tầng thứ  $i$  là  $S_i = (\frac{L_1 + L_2}{2})B$ , tải trọng tính toán gồm trọng lượng bản thân các lớp cấu tạo sàn  $g_s$  và hoạt tải sàn  $p_s$  ( $\text{daN/m}^2$ ), thì tổng tải tác dụng lên sàn là  $q_s = g_s + p_s$ , trọng lượng bản thân dầm dọc và dầm ngang trong phạm vi diện tích  $S_i$  là  $g_d$ . Trọng lượng tường xây trên dầm nếu có trong phạm vi diện tích  $S_i$  là  $g_t$ , trọng lượng cột của tầng đang xét là  $g_c$

trong đó:

$$\begin{aligned} g_d &= \sum_1^n b_i \cdot h_i \cdot n_g \cdot \gamma_b \cdot L_i \\ g_t &= \sum b_i \cdot h_i \cdot n_g \cdot \gamma_t \cdot L_i \\ g_c &= b_c \cdot h_c \cdot n_g \cdot \gamma_g \cdot H_c \end{aligned} \quad (3.5)$$

Lực dọc tác dụng lên chân cột của một tầng bất kỳ đang xét là:

$$N_i = q_s \cdot S_i + g_d + g_t + g_c \quad (3.6)$$

Tổng lực dọc tác dụng lên chân cột của tầng đang xét là:

$$N = \sum_1^n N_i = \sum_1^n (q_s S_i + g_d + g_t + g_c) \quad (3.7)$$

với  $n$  là số tầng trên tầng đang xét.

Trong thực tế tính toán vì xác định kích thước sơ bộ nên có thể bỏ qua  $g_d$  và  $g_c$

Tuy nhiên, cột còn chịu mô men do gió gây ra, nên cần tăng lực dọc tính toán.

$$N_{tt} = (1,0 \div 1,5)N \quad (3.8)$$

Cột được xem như cấu kiện chịu nén đúng tâm, diện tích tiết diện ngang được xác định theo:

$$A_c = \frac{N_{tt}}{\gamma R_b + \mu R_s} \quad (3.9)$$

trong đó:  $\gamma_b$ ,  $R_b$  - hệ số điều kiện làm việc, cường độ tính toán của bê tông

$\mu \geq \mu_{\min}$  - hàm lượng cốt thép: tự chọn

$R_s$  - cường độ tính toán của cốt thép

Từ  $A_c$  tìm  $b \times h$ . Tiết diện cột sẽ thay đổi có thể từ ba đến bốn tầng thay đổi tiết diện cột một lần. Đối với nhà cao tầng nên chọn tiết diện cột là hình vuông.

### 3.4 KÍCH THƯỚC CỘT KHI HỆ CHỊU LỰC LÀ KHUNG - VÁCH (LỖI)

- Đối với khung - vách (lỗi), cột hầu như chỉ chịu tải đứng, còn tải ngang do vách (lỗi) chịu nên lực dọc lấy như sau:

$$N_{tt} = N \quad (3.10)$$

Cột được xem như cấu kiện chịu nén đúng tâm, diện tích tiết diện ngang được xác định theo:

$$A_c = \frac{N_{tt}}{\gamma R_b + \mu R_s} \quad (3.11)$$

trong đó:  $\gamma_b$ ,  $R_b$  - hệ số điều kiện làm việc, cường độ tính toán của bê tông

$\mu \geq \mu_{\min}$  - hàm lượng cốt thép: tự chọn

$R_s$  - cường độ tính toán của cốt thép

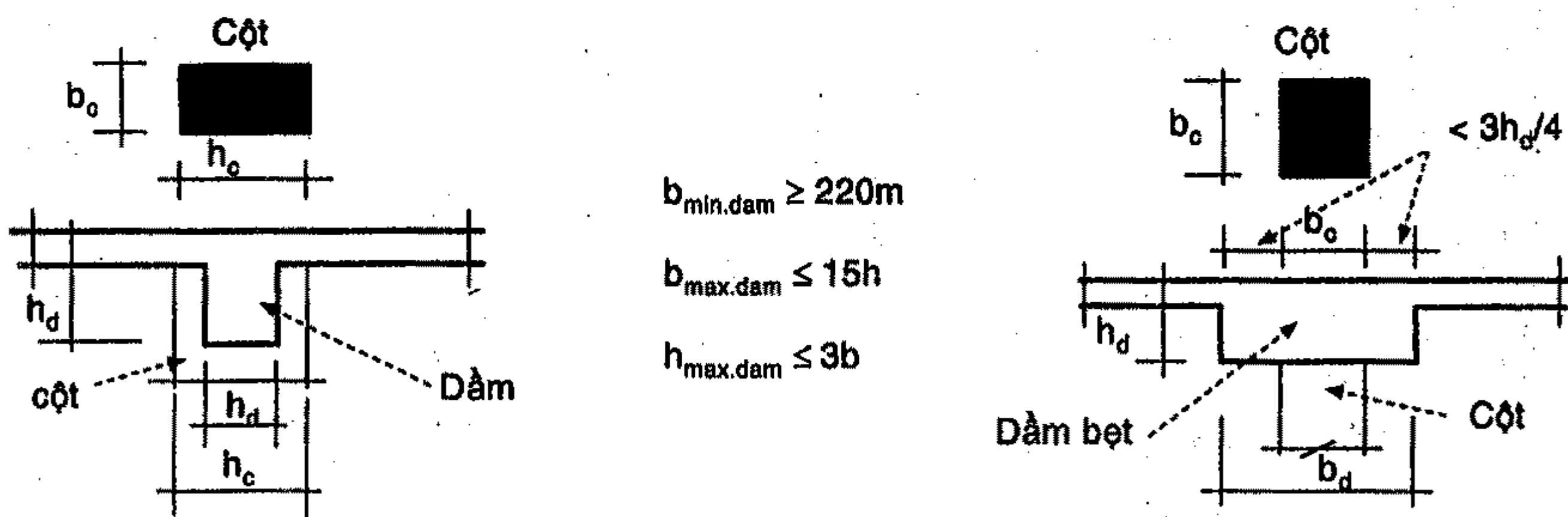
Từ  $A_c$ , tìm  $b \times h$ . Tiết diện cột sẽ thay đổi có thể từ ba đến bốn tầng thay đổi tiết diện cột một lần. Đối với nhà cao tầng nên chọn tiết diện cột là hình vuông.

- Kích thước vách cứng

Chiều dày vách đồ toàn khối chọn không nhỏ hơn 200mm và không nhỏ hơn 1/20 chiều cao tầng.

- Kích thước tiết diện dầm

Chiều cao dầm  $h_d = \left(\frac{1}{12 \div 16}\right)L$ ; bề rộng dầm  $b_d = \left(\frac{1}{2 \div 3}\right)h_d$



Hình 3.2 Chọn tiết diện dầm

L - Nhịp dầm

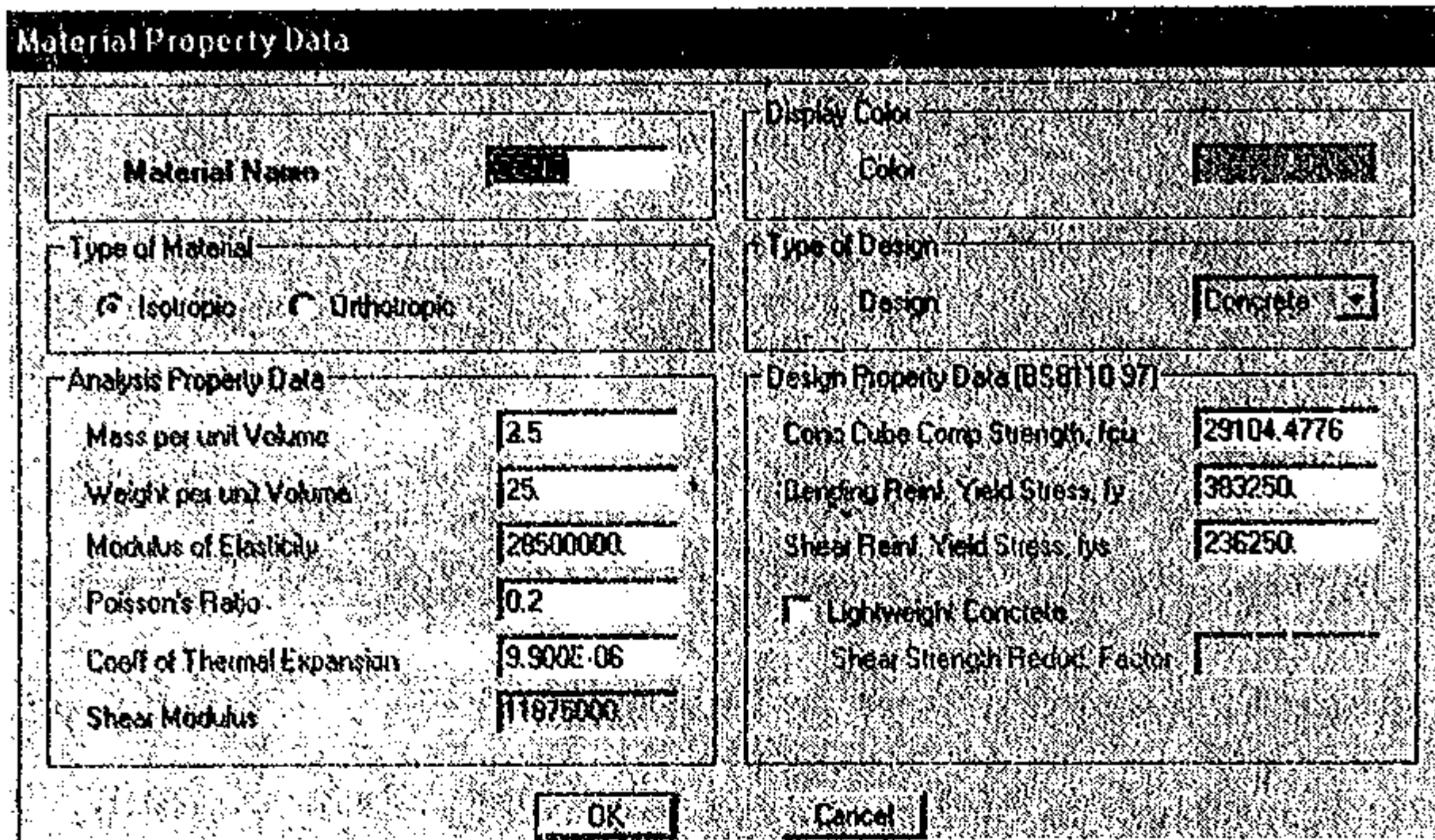
Chú ý: nên chọn  $b_d \leq b_c$ , trong trường hợp đặc biệt có thể chọn dạng dầm bẹt có  $b_d > b_c$

Tuy nhiên, cần hạn chế sử dụng dầm bẹt khi có xét đến kháng chấn cho công trình.

### 3.5 XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN TRONG ETABS

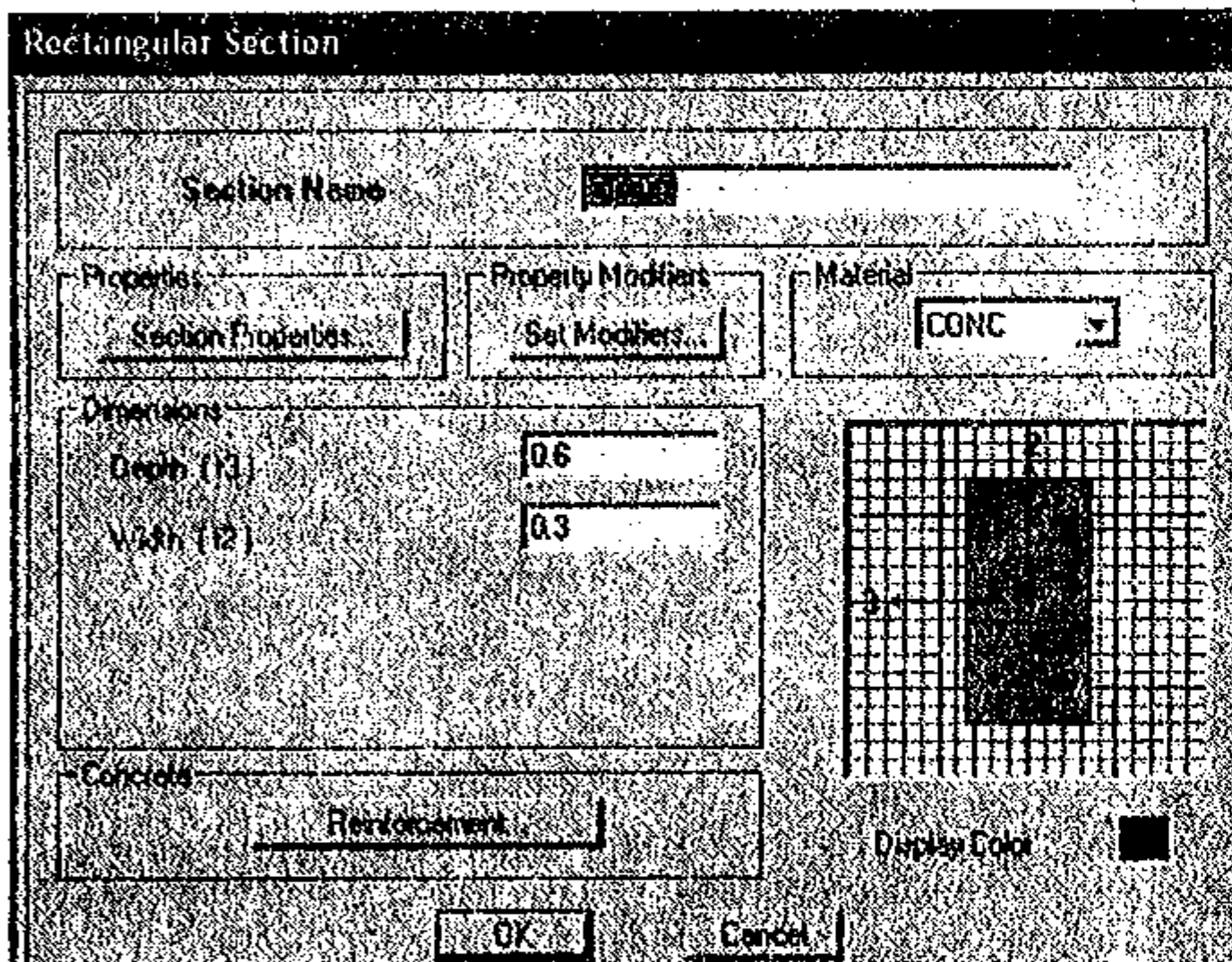
Mô hình tính toán gồm hệ khung (vách), sàn; các cột, vách xem như ngàm tại mặt móng

### 3.5.1 Khai báo đặc trưng vật liệu

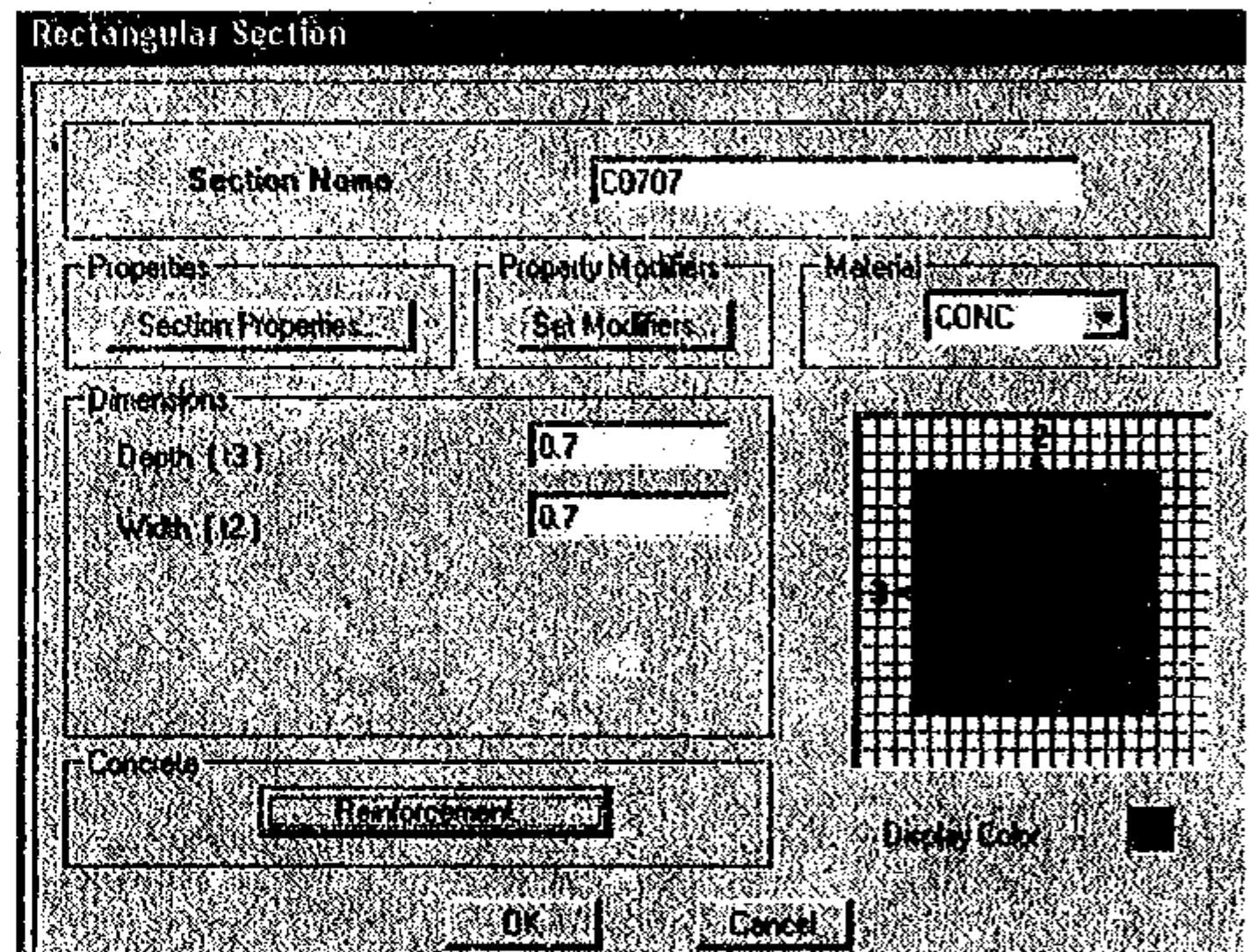


Khai báo vật liệu

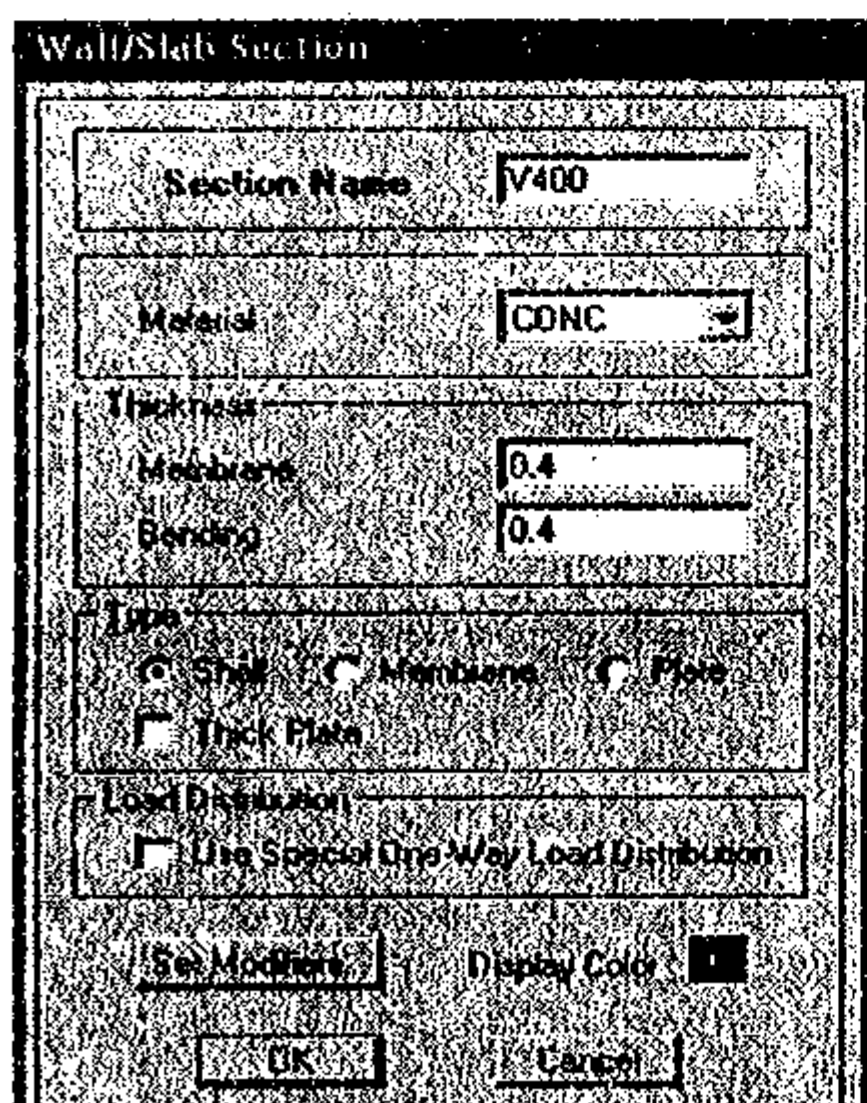
\* Dầm:



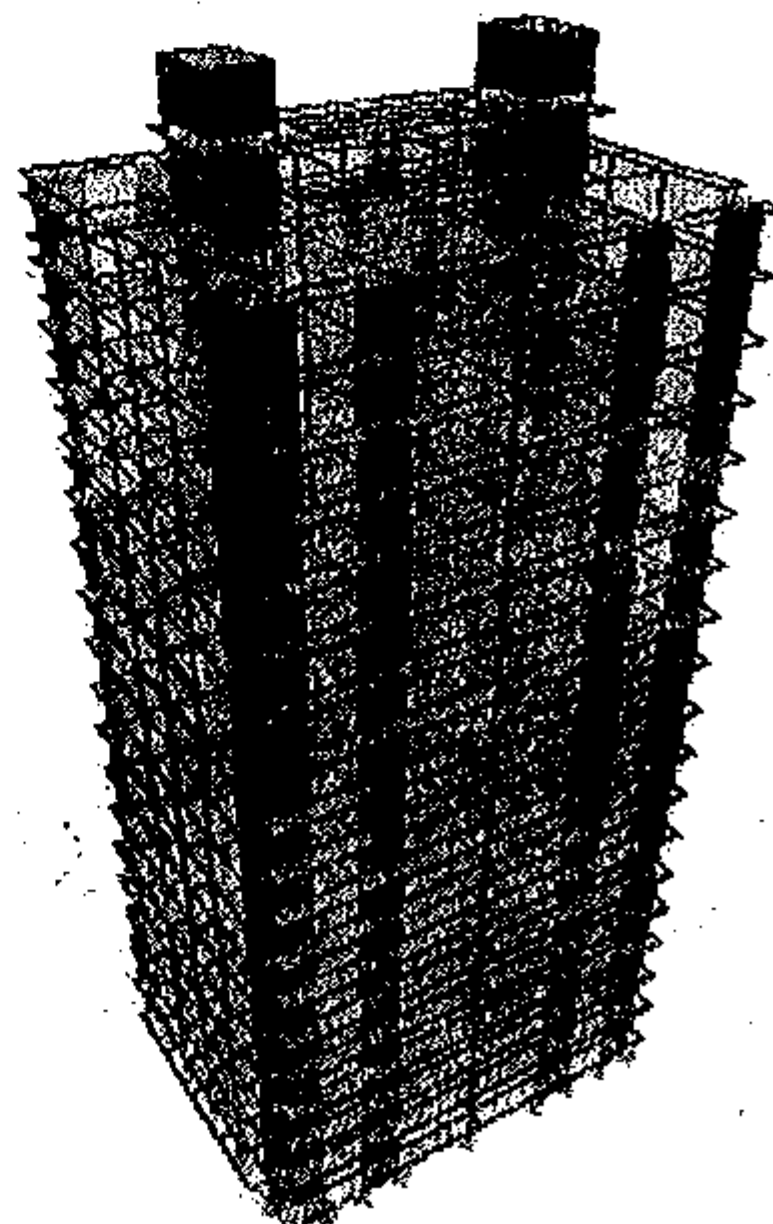
Khai báo tiết diện dầm



Khai báo tiết diện cột



Khai báo tiết diện vách



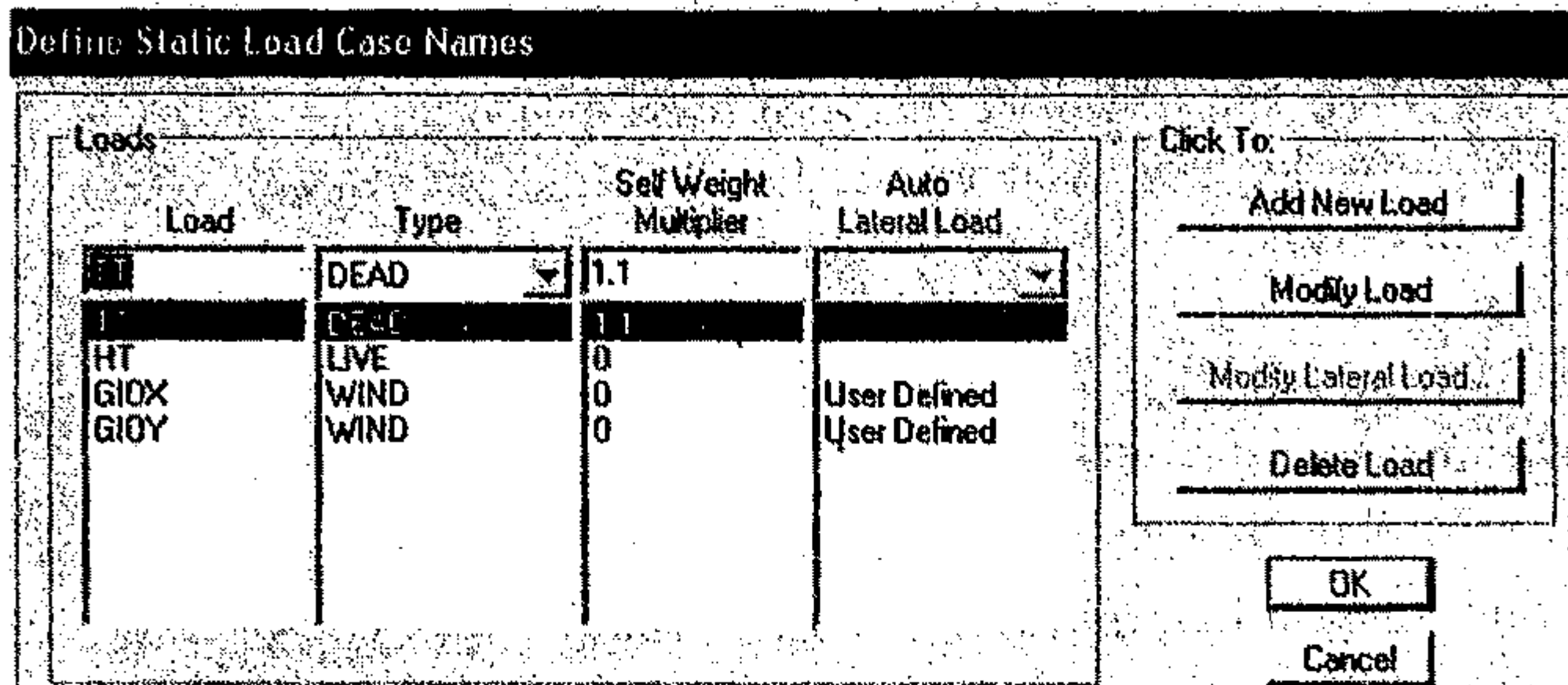
Mô hình tính toán

Hình 3.3

**3.5.2 Khai báo tải trọng:**

Tải trọng đứng: tĩnh tải, hoạt tải

- Trọng lượng bản thân: không cần tính, để cho phần mềm tự tính chỉ nhập hệ số trọng lượng bản thân bằng 1,1.



Hình 3.4

- Trọng lượng các lớp hoàn thiện: nhập trực tiếp lên từng ô sàn
- Trọng lượng bản thân tường xây trên dầm: nhập trực tiếp lên từng dầm

*Chú ý:* Nếu tường xây trực tiếp lên sàn ta có thể qui tải tường phân bố đều lên sàn rồi nhập trực tiếp vào ô sàn

**Gán tải trọng cho tường:**

Click vào menu Assign => Frame/ Line Load => Distributed.....

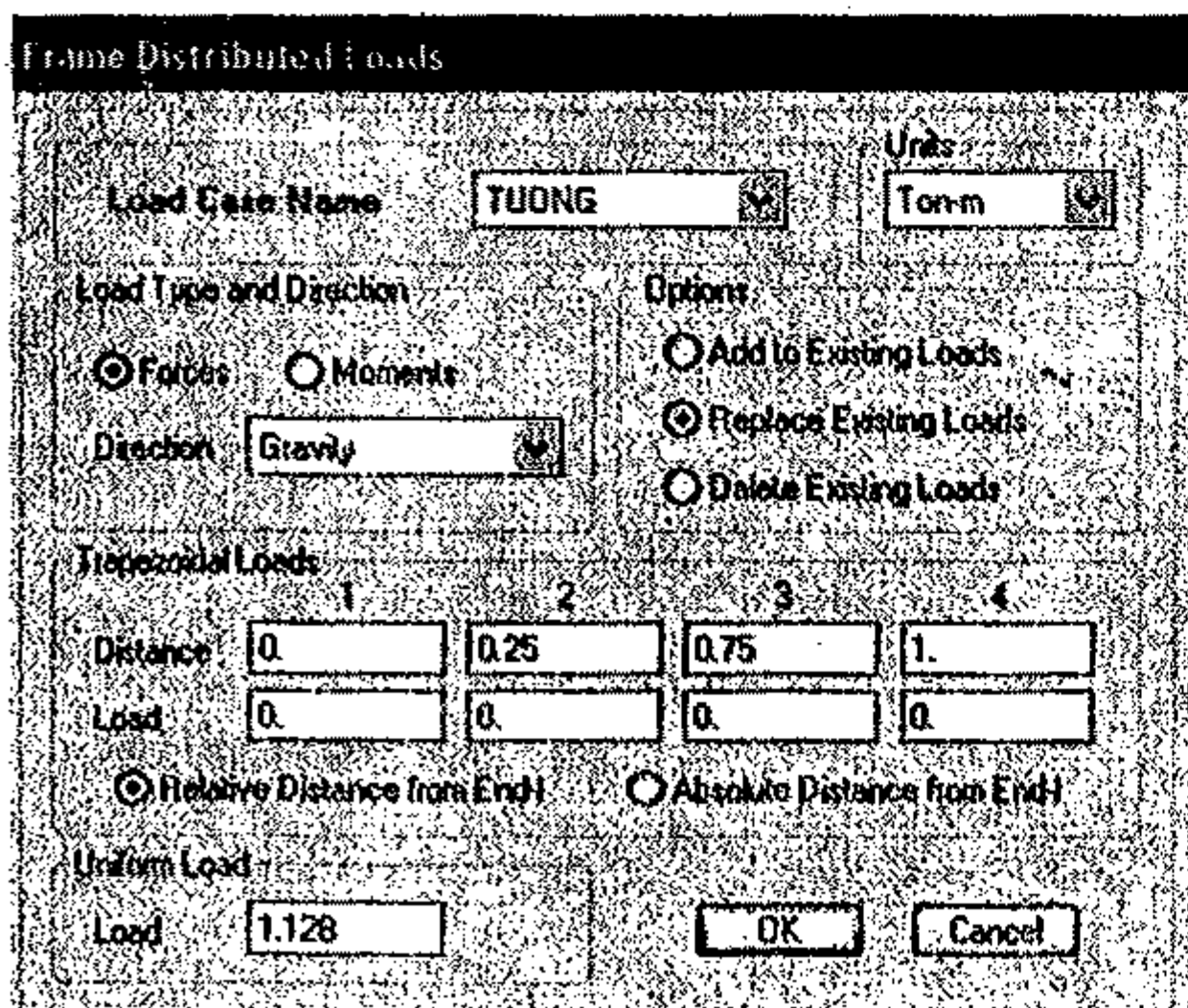
**Gán tĩnh tải lớp cấu tạo cho sàn:**

Click vào menu Assign => Shell/Area Load => Uniform....

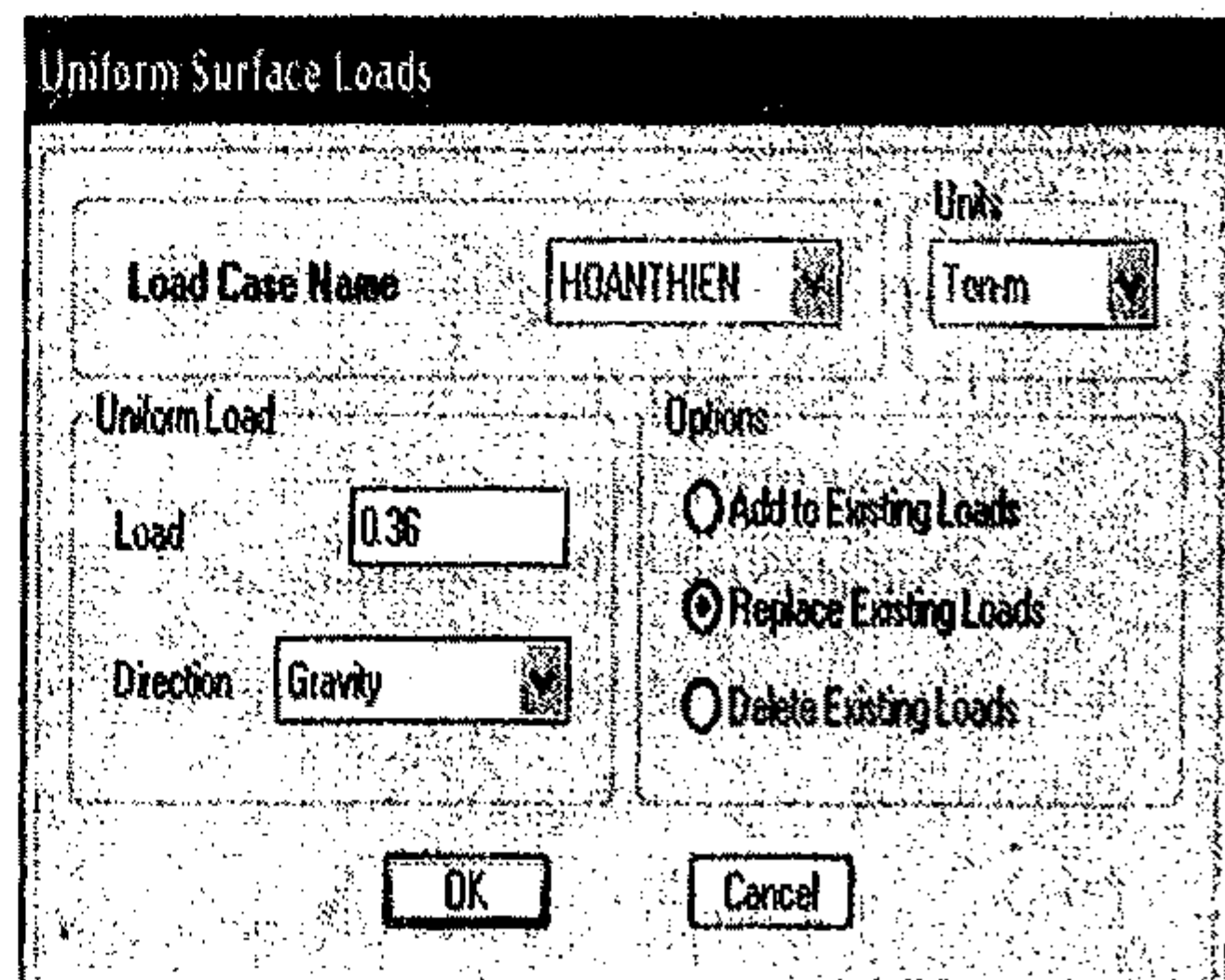
**Khai báo tải trọng: hoạt tải**

**Gán hoạt tải cho sàn:**

Click vào menu Assign=> Shell/Area Loads => Uniform....



Khai báo tải hoàn thiện



Khai báo tải tường

Hình 3.5

### 3.6 TẢI TRỌNG ĐỘNG [7]

Đối với công trình cao tầng, tải trọng tác dụng bao gồm tải trọng tĩnh (tĩnh tải, hoạt tải sàn) và tải trọng động (tải trọng gió, động đất) là loại tải trọng thay đổi theo thời gian, vì thế cần nghiên cứu công trình chịu tác dụng của tải trọng theo thời gian.

Dưới tác dụng của tải trọng thay đổi theo thời gian, hệ sẽ dao động và dao động đã được biểu thị dưới dạng chuyển vị của kết cấu, bài toán động lực học công trình sẽ xác định được sự thay đổi của chuyển vị theo thời gian tương ứng với quá trình thay đổi của tải trọng động.

Bài toán động khác bài toán tĩnh: bài toán động thì trạng thái ứng suất và biến dạng của hệ cũng biến đổi theo thời gian, chuyển động của hệ với gia tốc lớn và lực quán tính phụ thuộc vào gia tốc chuyển động nên cần phải xét đến lực quán tính cũng như lực cản.

Tải trọng động là loại tải trọng bất kỳ có độ lớn, phương, vị trí thay đổi theo thời gian. Được phân làm hai loại:

- Tải trọng ngắn hạn: là loại tải trọng tăng tức thời đến giá trị cực đại, sau đó giảm ngay như các vụ nổ.

- Tải trọng dài hạn: là loại tải trọng tồn tại sau nhiều chu kỳ dao động, là loại tải trọng thường gặp như tải trọng gió, động đất.

Dao động của hệ phân loại như sau:

- Dao động tự do: là dao động sinh ra do chuyển vị và tốc độ ban đầu của hệ hay dao động tự do là dao động không có tải trọng động duy trì trên hệ.

- Dao động cưỡng bức là dao động sinh ra do các tải trọng động tác dụng trực tiếp lên hệ (tải trọng gió, động đất).

Mô hình tính toán dao động: xem hệ mang các khối lượng tập trung, bỏ qua chiều dài của các liên kết loại một vừa đủ để sao cho tất cả các khối lượng của hệ trở thành bất động.

Phương trình chuyển động của hệ được biểu thị ở dạng các phương trình vi phân, phản ánh đặc trưng dao động của hệ. Nó dựa vào điều kiện cân bằng của phần tĩnh học, trong đó cần xét đến lực quán tính đặt vào các khối lượng.

### 3.7 PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN DAO ĐỘNG TỔNG QUÁT CỦA DẦM CÓ MỘT BẬC TỰ DO

Xét dầm đơn giản không trọng lượng mang khối lượng tập trung, khối lượng  $m$  chịu tác dụng của tải trọng động thay đổi theo thời gian  $P(t)$ , hệ có một bậc tự do là chuyển vị theo phương đứng  $y(t)$  của khối lượng  $m$ .

Các lực tác dụng lên khối lượng  $m$  gồm:

- Tải trọng động  $P(t)$

- Lực đàn hồi  $P_d$  (là lực có xu hướng đưa hệ về vị trí cân bằng ban đầu):

$$P_d = Ky \quad (3.11)$$

trong đó  $y$  là chuyển vị động của hệ,  $K$  là hệ số cứng: là lực do chuyển vị bằng đơn vị gây ra tương ứng với phương của bậc tự do.



- Lực cản  $P_c$  (lực ngược chiều với chiều chuyển động có khả năng khử dao động của hệ):

$$P_c = C\dot{y} \tag{3.13}$$

trong đó  $\dot{y}$  là vận tốc dao động của hệ,  $C$  là hệ số tắt dần

- Lực quán tính  $P_q$ :

$$P_q = -M\ddot{y}(t) \tag{3.14}$$

trong đó  $\ddot{y}$  là gia tốc dao động của hệ,  $M$  là khối lượng tập trung của hệ.

Phương trình chuyển động của hệ biểu thị sự cân bằng của tất cả các lực:

$$P_d + P_c - P_q = P(t) \tag{3.15}$$

Hay:  $M\ddot{y} + C\dot{y} + Ky = P(t) \tag{3.16}$

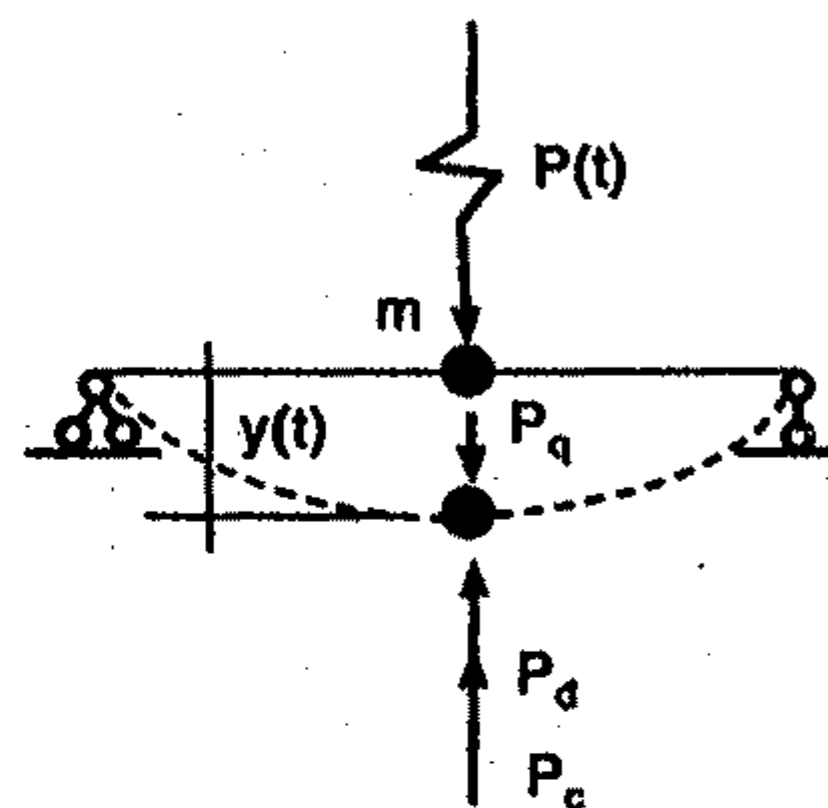
Đây chính là phương trình vi phân dao động tổng quát của hệ có một bậc tự do.

- Với dao động tự do, tải trọng không tồn tại trong quá trình dao động của hệ: do đó phương trình vi phân dao động tự do có dạng:

$$M\ddot{y} + C\dot{y} + Ky = 0 \tag{3.17}$$

- Khi không xét tới ảnh hưởng của lực cản, phương trình vi phân dao động tự do có dạng:

$$M\ddot{y} + Ky = 0 \tag{3.18}$$



Hình 3.6

### 3.8 PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN DAO ĐỘNG CỦA DẦM CÓ N BẬC TỰ DO

Xét dầm đơn giản mang  $n$  khối lượng tập trung, hệ chịu tác dụng của tải trọng động:  $P_1(t), P_2(t), \dots, P_n(t)$

Xét điều kiện cân bằng lực đối với khối lượng thứ  $k$  (bỏ qua ảnh hưởng của lực cản):

$$-P_{k,q} + P_{k,d} = P_k(t) \tag{3.19}$$

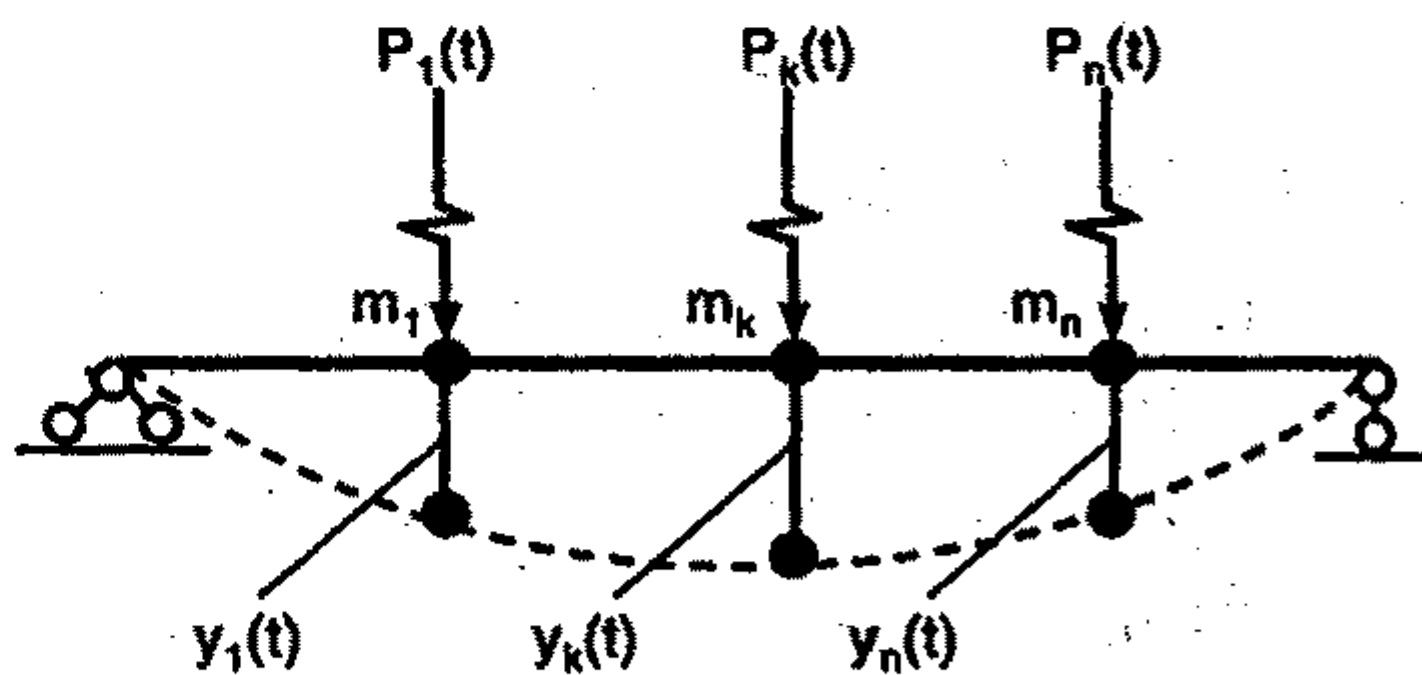
trong đó:  $P_{k,q} = -m_k \ddot{y}_k(t) \tag{3.20}$

$$P_{k,d} = k_{k1}y_1 + k_{k2}y_2 + \dots + k_{kn}y_n \tag{3.21}$$

Ta có:  $m_k \ddot{y}_k(t) + (k_{k1}y_1 + k_{k2}y_2 + \dots + k_{kn}y_n) = P_k(t) \tag{3.22}$

Viết cho tất cả các khối lượng của hệ:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{y}_1(t) + (k_{11}y_1 + k_{12}y_2 + \dots + k_{1n}y_n) &= P_1(t) \\ m_2 \ddot{y}_2(t) + (k_{21}y_1 + k_{22}y_2 + \dots + k_{2n}y_n) &= P_2(t) \\ \dots & \\ m_n \ddot{y}_n(t) + (k_{n1}y_1 + k_{n2}y_2 + \dots + k_{nn}y_n) &= P_n(t) \end{aligned} \tag{3.23}$$



Hình 3.7

Viết dưới dạng ma trận:

$$[M]\{\ddot{Y}(t)\} + [K]\{Y(t)\} = \{P(t)\} \quad (3.24)$$

Phương trình (3.24) là phương trình vi phân dao động của hệ có n bậc tự do trong đó:  $[P(t)]$  - lực động;  $[M]$  - ma trận khối lượng;  $[K]$  - ma trận độ cứng  $\{\ddot{Y}\}$  - véc tơ cột gia tốc;  $\{Y(t)\}$  - véc tơ cột chuyển vị

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & m_n \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdot & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdot & k_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ k_{n1} & k_{n2} & \cdot & k_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

$$\{Y(t)\} = \begin{Bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \\ \dots \\ y_{1-n}(t) \end{Bmatrix} \quad (3.27)$$

$$\{\ddot{Y}\} = \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1(t) \\ \ddot{y}_2(t) \\ \dots \\ \ddot{y}_n(t) \end{Bmatrix} \quad (3.28)$$

$$\{P(t)\} = \begin{Bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \\ \dots \\ P_n(t) \end{Bmatrix} \quad (3.29)$$

### 3.9 TẢI TRỌNG GIÓ

Tải trọng gió gồm hai thành phần:

- Thành phần tĩnh (gió tĩnh)
- Thành phần động (gió động).

Thành phần động của gió tác động lên công trình (áp dụng cho công trình có chiều cao hơn 40m) là do xung vận tốc gió và lực quán tính của công trình gây ra. Xác định thành phần động của tải trọng gió và phản ứng của công trình do thành phần động của tải gió gây ra ứng với từng dạng dao động.

#### Trình tự các bước tính gió động

- Tính gió động khi chiều cao công trình  $H > 40m$ .
- Thiết lập sơ đồ tính gió động
- Mô hình tính gió động là thanh conson, có n điểm tập trung khối lượng M tại các cao trình sàn tầng.
- Chia công trình thành n phần sao cho mỗi phần có cùng áp lực gió lên bề mặt công trình có thể coi như không đổi
- Vị trí tập trung các khối lượng m tại tâm khối lượng của từng sàn

- Khối lượng tiêu chuẩn của từng sàn m được tính toán từ các tải trọng bao gồm: toàn bộ tĩnh tải và 50% hoạt tải
- Độ cứng của thanh conson lấy bằng độ cứng tương đương của công trình thật

Có thể xác định độ cứng tương đương của thanh conson trên cơ sở tính toán sao cho chuyển vị ở đỉnh thanh conson và đỉnh công trình thật bằng nhau khi tác dụng ở đỉnh thanh conson và đỉnh công trình thật bằng một lực ngang bằng nhau.

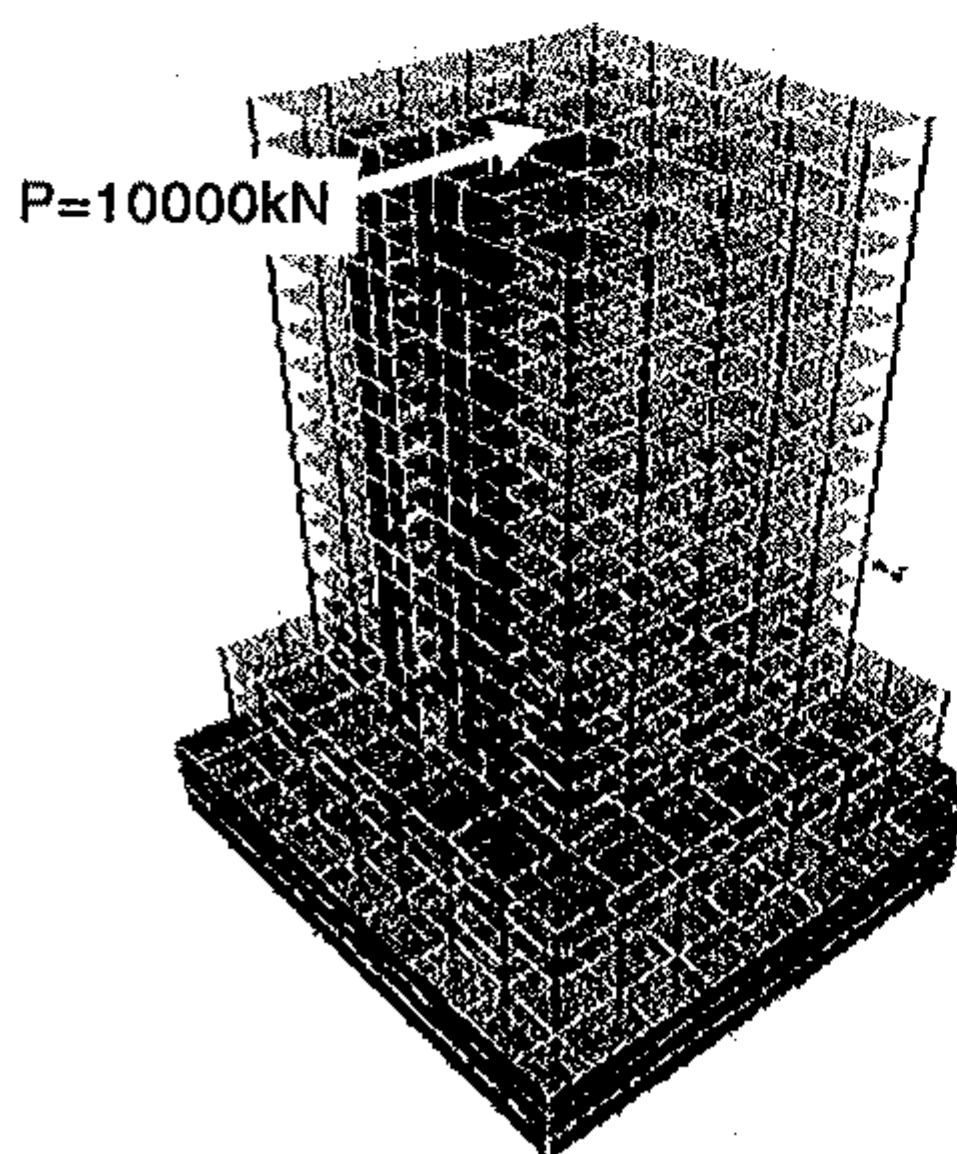
- Xác định các tần số dao động riêng của công trình, xếp theo thứ tự tăng dần và các dạng dao động riêng ứng với các tần số dao động riêng tương ứng.
- So sánh tần số dao động thứ 1 ( $f_1$ ) với tần số giới hạn  $F_L$  (theo TCXD 229 – 1999)
- Nếu  $f_1 > f_L$  thì giá trị tiêu chuẩn của thành phần động của gió lên các phần tính toán của công trình xác định theo điều 4.2 của TCXD 229-1999
- Nếu  $f_1 < f_L$  thì giá trị tiêu chuẩn của thành phần động của gió lên các phần tính toán của công trình xác định theo điều 4.3 của TCXD 229-1999. Lúc này phải kể đến ảnh hưởng của cả xung vận tốc gió và lực quán tính của công trình.
- Xác định giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của gió tác động lên công trình
- Xác định giá trị tiêu chuẩn thành phần động của gió tác động lên công trình

### 3.10 XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG ĐỘNG LỰC

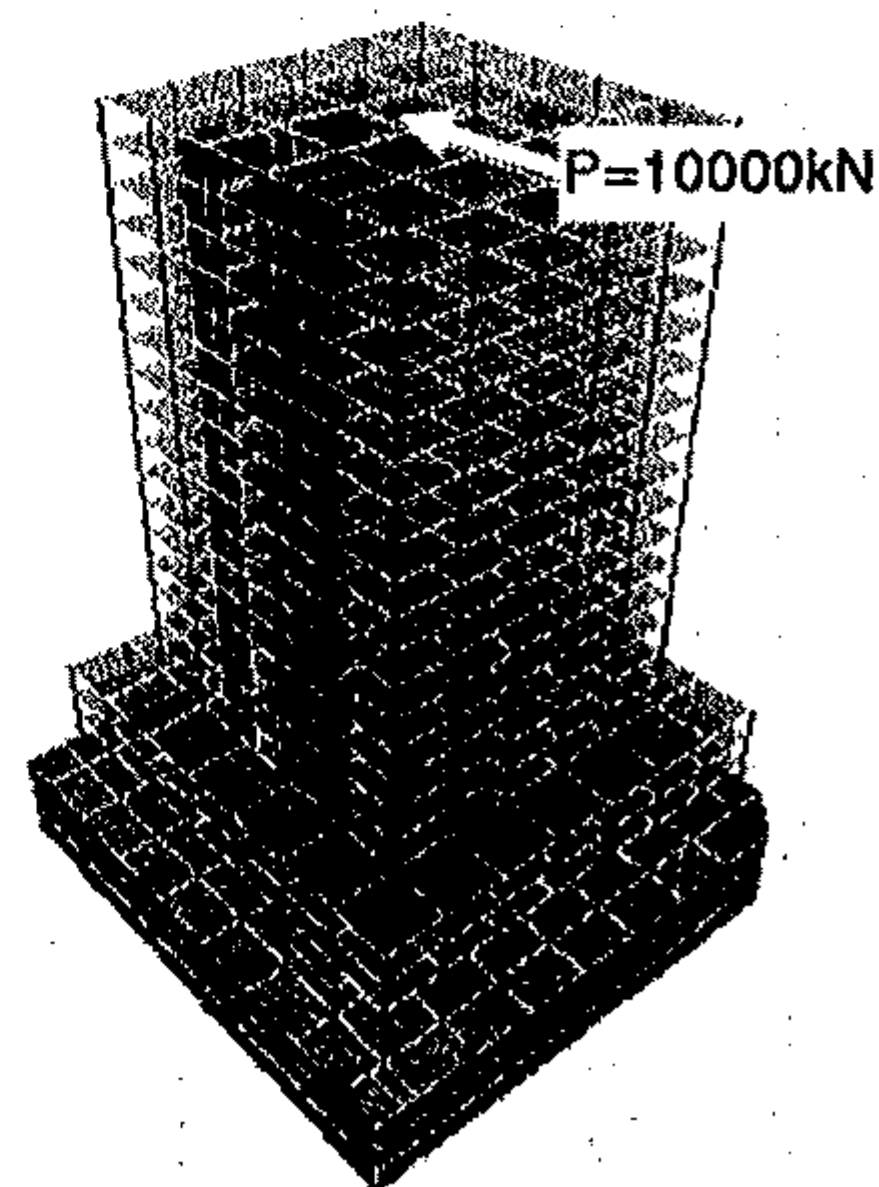
#### 3.10.1 Xác định độ cứng tương đương $EJ_{td}$

Có thể xác định độ cứng tương đương của thanh conson trên cơ sở tính toán sao cho chuyển vị ở đỉnh thanh conson và đỉnh công trình thật bằng nhau khi tác dụng ở đỉnh thanh conson và đỉnh công trình thật bằng một lực ngang  $P$ .

Ví dụ:



Lực  $P$  tác dụng theo phương X



Lực  $P$  tác dụng theo phương Y

Hình 3.8

Từ mô hình tính toán, đặt lực ngang tại tâm hình học của sàn mái, chạy chương trình ta thu được kết quả chuyển vị như sau:

- Lực P đặt theo phương X:  $f_x = 0,073\text{mm}$
- Lực P đặt theo phương Y:  $f_y = 0,181\text{mm}$

Đối với mô hình thanh conson, chuyển vị lớn nhất ở đỉnh là:

$$f_i = \frac{1}{3} \times \frac{PH^3}{EJ_{td}} \Rightarrow EJ_{td} = \frac{PH^3}{3f_i} \quad (3.30)$$

Tính được: Độ cứng theo phương X:  $EJ_{td,x} = 1,369 \times 10^{10} \text{ (kN/m}^2\text{)}$

Độ cứng theo phương Y:  $EJ_{td,y} = 3,387 \times 10^{10} \text{ (kN/m}^2\text{)}$

### 3.10.2 Xác định tần số dao động riêng [3],[7]

#### 3.10.2.1 Dao động tự do không cản của nhà cao tầng

- Đối với nhà cao tầng, mô hình tính là thanh conson, có n điểm tập trung khối lượng m tại các cao trình sàn tầng.

Phương trình dao động tự do không cản viết dưới dạng ma trận có dạng:

$$[M]\{\ddot{Y}\} + [K]\{Y_i\} = 0 \quad (3.31)$$

trong đó:  $[M]$  - ma trận khối lượng

$[K]$  - ma trận độ cứng

$\{\ddot{y}\}$  - véc tơ gia tốc

$\{y\}$  - véc tơ chuyển vị

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & m_n \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdot & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdot & k_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ k_{n1} & k_{n2} & \cdot & k_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

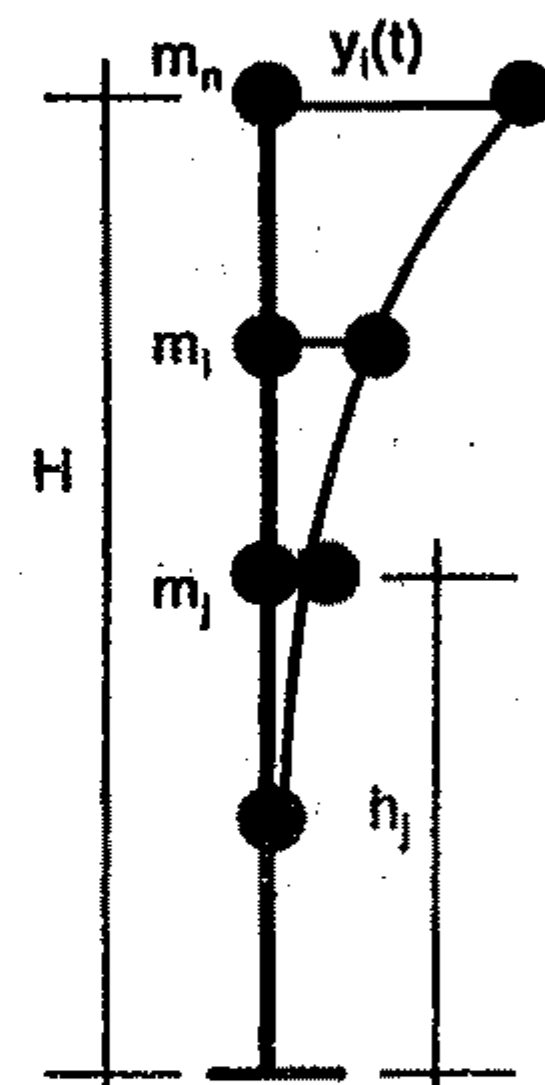
$$\{y\} = \begin{Bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \\ \cdot \\ y_n(t) \end{Bmatrix} \quad (3.27)$$

$$\{\ddot{y}\} = \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1(t) \\ \ddot{y}_2(t) \\ \cdot \\ \ddot{y}_n(t) \end{Bmatrix} \quad (3.28)$$

Nghiệm của (3.31) được cho dưới dạng:

$$\{Y(t)\} = \{A\} \sin(\omega t + \gamma) \quad (3.32)$$

$\{A\}$  - ma trận cột biên độ dao động riêng



Hình 3.9 Mô hình tính toán

$$\{A\} = \begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{Bmatrix} \quad (3.33)$$

$\omega$  - tần số dao động riêng  
 $\gamma$  - độ lệch pha

### 3.10.2.2 Xác định tần số dao động riêng từ ma trận cứng

Thay (3.32) và đạo hàm cấp hai của nó theo thời gian vào (3.31) ta có phương trình:

$$([K] - \omega^2 [M])\{A\} = \{0\} \quad (3.34)$$

Vì  $\{A\}$  biểu diễn biên độ dao động của các khối lượng  $m_k$  phải khác không, do đó:

$$|[K] - \omega^2 [M]| = 0 \quad (3.35)$$

Biểu thức (3.35) là phương trình để xác định tần số dao động riêng  $\omega_i$  của công trình.

Khai triển (3.35) sẽ được đa thức bậc  $n$  của  $\omega^2$

$$\begin{bmatrix} k_{11} - \omega_i^2 m_1 & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} - \omega_i^2 m_2 & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} - \omega_i^2 m_n \end{bmatrix} = 0 \quad (3.36)$$

Giải (3.36) sẽ tìm được  $n$  nghiệm thực dương và phân biệt biểu diễn các tần số dao động riêng  $\omega_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) (tần số dao động trong  $2\pi$  giây). Sắp xếp các tần số này theo thứ tự từ nhỏ đến lớn  $\omega_1 < \omega_2 < \dots < \omega_n$  được gọi là véc tơ tần số riêng.

Tất cả các ma trận khối lượng, ma trận độ cứng của hệ đều là các ma trận đối xứng và xác định dương, vì vậy tất cả các nghiệm của phương trình tần số đều là thực và dương

$$\{\omega\} = \begin{Bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{Bmatrix} \quad (3.37)$$

Tần số dao động (tần số dao động trong một giây):

$$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi} \quad (3.38)$$

Chu kỳ dao động (là thời gian cần thiết để thực hiện một dao động toàn phần)

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} \quad (3.39)$$

$f_i$  và  $T_i$  gọi là tần số và chu kỳ dao động cơ bản.

**3.10.2.3 Xác định tần số dao động riêng từ ma trận mềm:**

Phương trình tần số có thể viết dưới dạng ma trận mềm, nhân về trái của (3.31) với ma trận  $\frac{1}{\omega^2}[F]$  thu được:

$$\left( [F][M] - \frac{1}{\omega^2}[E] \right) \{A\} = \{0\} \tag{3.40}$$

trong đó:  $[E]$  - ma trận đơn vị cấp n.

$[F]$  - ma trận mềm

$$[F] = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \dots & \delta_{nn} \end{bmatrix} \tag{3.41}$$

Phương trình tần số ứng với (3.40) là:

$$\left| [F][M] - \frac{1}{\omega^2}[E] \right| = 0 \tag{3.42}$$

Phương trình tần số (3.42) viết dưới dạng giải tích như sau:

$$\begin{vmatrix} \left( \delta_{11}m_1 - \frac{1}{\omega_i^2} \right) & \delta_{12}m_2 & \dots & \delta_{1n}m_n \\ \delta_{21}m_1 & \left( \delta_{22}m_2 - \frac{1}{\omega_i^2} \right) & \dots & \delta_{2n}m_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1}m_1 & \delta_{n2}m_2 & \dots & \left( \delta_{nn}m_n - \frac{1}{\omega_i^2} \right) \end{vmatrix} = 0 \tag{3.43}$$

Hoặc

$$\begin{vmatrix} (\delta_{11}m_1\omega_i^2 - 1) & \delta_{12}m_2\omega_i^2 & \dots & \delta_{1n}m_n\omega_i^2 \\ \delta_{21}m_1\omega_i^2 & (\delta_{22}m_2\omega_i^2 - 1) & \dots & \delta_{2n}m_n\omega_i^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1}m_1\omega_i^2 & \delta_{n2}m_2\omega_i^2 & \dots & (\delta_{nn}m_n\omega_i^2 - 1) \end{vmatrix} = 0 \tag{3.44}$$

Ma trận độ cứng bằng nghịch đảo ma trận mềm

$$[K] = [F]^{-1} \tag{3.45}$$

Gọi  $\delta_{ij}$  là chuyển vị tại khối lượng  $i$  khi đặt lực đơn vị đặt tại khối lượng  $j$  gây ra ta có:

$$[K] = [F]^{-1} = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \dots & \delta_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \quad (3.46)$$

Giải (3.45) hoặc (3.46) sẽ tìm được  $n$  nghiệm thực dương và phân biệt biểu diễn các tần số dao động riêng  $\omega_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Sắp xếp các tần số này theo thứ tự từ nhỏ đến lớn  $\omega_1 < \omega_2 < \dots < \omega_n$  được gọi là véc tơ tần số riêng.

$$\{\omega\} = \begin{Bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{Bmatrix} \quad (3.47)$$

Tần số dao động riêng:

$$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi} \quad (3.48)$$

Chu kỳ dao động:

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} \quad (3.49)$$

$f_i$  và  $T_i$  gọi là tần số và chu kỳ dao động cơ bản.

#### 3.10.2.4 Xác định dạng dao động chính

Ứng với tần số dao động riêng  $\omega_i$  công trình sẽ thực hiện một dạng dao động chính thứ  $i$ . Để xác định dạng dao động chính thứ  $i$ , ta thay  $\omega_i$  vừa tìm được vào phương trình (3.34) hoặc (3.40) ta được:

$$([K] - \omega_i^2 [M])\{A_i\} = \{0\} \quad (3.50)$$

$$\left( [F][M] - \frac{1}{\omega_i^2} [E] \right) \{A_i\} = \{0\} \quad (3.51)$$

trong đó  $\{A_i\}$  là biên độ dao động trong dạng dao động chính thứ  $i$

$$\text{Đặt: } \varphi_{ji} = \frac{A_{ji}}{A_{1i}} \quad (i, k = 1, 2, \dots, n) \quad (3.52)$$

trong đó:  $A_{ji}$  - biên độ dao động của khối lượng thứ  $j$ , ứng với dạng dao động thứ  $i$ .  
 $A_{1i}$  - biên độ dao động của khối lượng thứ 1, ứng với dạng dao động thứ  $i$   
 $j$  - từ 1 đến  $n$   
 $i$  - từ 1 đến  $n$

Thì phương trình (3.50) hoặc (3.51) viết lại như sau:

$$([K] - \omega_i^2 [M])\{\varphi_i\} = \{0\} \quad (3.53)$$

$$\left( [F][M] - \frac{1}{\omega_i^2} [E] \right) \{\varphi_i\} = \{0\} \quad (3.54)$$

trong đó: 
$$\{\varphi_i\} = \begin{Bmatrix} \varphi_{1i} \\ \varphi_{2i} \\ \vdots \\ \varphi_{ni} \end{Bmatrix} \quad (3.55)$$

Tương ứng với các giá trị tần số dao động riêng  $\omega_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) ta xác định được các dạng dao động riêng  $\{A_i\}$  từ phương trình (3.50). Để xác định các dạng dao động riêng, ta đưa vào ma trận  $[B_i]$  tương ứng với tần số dao động riêng  $\omega_i$ . Dạng dao động riêng ứng với tần số dao động riêng  $\omega_i$  gọi là dạng dao động riêng thứ  $i$ .

$$\text{Đặt: } [B_i] = [K] - \omega_i^2 [M] \quad (3.56)$$

$$\text{Hoặc: } [B_i] = \left( [F][M] - \frac{1}{\omega_i^2} [E] \right) \quad (3.57)$$

Khi đó phương trình (3.50) hoặc (3.51) viết riêng ứng với tần số dao động riêng  $\omega_i$  có dạng:

$$[B_i]\{A_i\} = \{0\} \quad (3.58)$$

Muốn xác định các dạng dao động riêng, ta không nhất thiết phải tìm trực tiếp các giá trị biên độ của các khối lượng, mà chỉ cần tìm tỷ số biên độ của các khối lượng so với biên độ của một khối lượng nào đó, thường là so với biên độ của khối lượng thứ nhất:

$$\varphi_{ji} = \frac{A_{ji}}{A_{1i}} \quad (3.59)$$

Đương nhiên  $\varphi_{1i} = 1$

Như vậy, dạng dao động riêng thứ  $i$  chính là véc tơ có các phần tử là các tỉ số  $\varphi_{ji}$  đó:

$$\{\varphi_i\} = \begin{Bmatrix} \varphi_{1i} \\ \varphi_{2i} \\ \dots \\ \varphi_{ni} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ \varphi_{2i} \\ \dots \\ \varphi_{ni} \end{Bmatrix} \quad (3.60)$$

- Nếu dùng ma trận cứng:

Để tìm các dạng dao động riêng, chia hai vế của (3.50) cho hệ số  $A_{1i}$  ta có:



$$\frac{1}{A_{li}} \begin{bmatrix} k_{11} - \omega_i^2 m_1 & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} - \omega_i^2 m_2 & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} - \omega_i^2 m_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_{li} \\ A_{2i} \\ \dots \\ A_{ni} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.61)$$

Ta được:

$$\begin{bmatrix} k_{11} - \omega_i^2 m_1 & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} - \omega_i^2 m_2 & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} - \omega_i^2 m_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ \varphi_{2i} \\ \dots \\ \varphi_{ni} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.62)$$

- Nếu dùng ma trận mềm:

Để tìm các dạng dao động riêng, chia hai vế của (3.57) cho hệ số  $A_{li}$  ta có

$$\frac{1}{A_{li}} \begin{bmatrix} \left( \delta_{11} m_1 - \frac{1}{\omega_i^2} \right) & \delta_{12} m_2 & \dots & \delta_{1n} m_n \\ \delta_{21} m_1 & \left( \delta_{22} m_2 - \frac{1}{\omega_i^2} \right) & \dots & \delta_{2n} m_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} m_1 & \delta_{n2} m_2 & \dots & \left( \delta_{nn} m_n - \frac{1}{\omega_i^2} \right) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_{li} \\ A_{2i} \\ \dots \\ A_{ni} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.63)$$

Ta được:

$$\begin{bmatrix} \left( \delta_{11} m_1 - \frac{1}{\omega_i^2} \right) & \delta_{12} m_2 & \dots & \delta_{1n} m_n \\ \delta_{21} m_1 & \left( \delta_{22} m_2 - \frac{1}{\omega_i^2} \right) & \dots & \delta_{2n} m_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} m_1 & \delta_{n2} m_2 & \dots & \left( \delta_{nn} m_n - \frac{1}{\omega_i^2} \right) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ \varphi_{2i} \\ \dots \\ \varphi_{ni} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.64)$$

Hoặc

$$\frac{1}{A_{li}} \begin{bmatrix} (\delta_{11} m_1 \omega_i^2 - 1) & \delta_{12} m_2 \omega_i^2 & \dots & \delta_{1n} m_n \omega_i^2 \\ \delta_{21} m_1 \omega_i^2 & (\delta_{22} m_2 \omega_i^2 - 1) & \dots & \delta_{2n} m_n \omega_i^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} m_1 \omega_i^2 & \delta_{n2} m_2 \omega_i^2 & \dots & (\delta_{nn} m_n \omega_i^2 - 1) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_{li} \\ A_{2i} \\ \dots \\ A_{ni} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.65)$$

Ta được:

$$\begin{bmatrix} (\delta_{11} m_1 \omega_i^2 - 1) & \delta_{12} m_2 \omega_i^2 & \dots & \delta_{1n} m_n \omega_i^2 \\ \delta_{21} m_1 \omega_i^2 & (\delta_{22} m_2 \omega_i^2 - 1) & \dots & \delta_{2n} m_n \omega_i^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} m_1 \omega_i^2 & \delta_{n2} m_2 \omega_i^2 & \dots & (\delta_{nn} m_n \omega_i^2 - 1) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ \varphi_{2i} \\ \dots \\ \varphi_{ni} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3.66)$$

Từ phương trình (3.62) hoặc (3.64) hoặc (3.66) ta giải hệ (n-1) phương trình sẽ được dạng dao động riêng thứ i:

$$\{\varphi_i^*\} = -\{B_{11}^i\}^{-1} \{B_1^i\} \quad (3.67)$$

trong đó: 
$$\{\varphi_i^*\} = \begin{Bmatrix} \varphi_{2i} \\ \varphi_{3i} \\ \dots \\ \varphi_{ni} \end{Bmatrix} \quad (3.68)$$

$[B_{11}^{(i)}]$  - ma trận  $[B^{(i)}]$  bỏ đi hàng một, cột một.

$[B_{11}^{(i)}]^{-1}$  - ma trận nghịch đảo của ma trận  $[B_{11}^{(i)}]$

$[B_1^{(i)}]$  - cột thứ nhất của ma trận  $[B^{(i)}]$  bỏ đi phần tử đầu tiên.

với  $i = \overline{1, n}$  : n - số dạng dao động.

Từ (3.45): 
$$[B_{11}^{(i)}] = \begin{bmatrix} k_{22} - \omega_i^2 m_2 & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ k_{n2} & \dots & k_{nn} - \omega_i^2 m_n \end{bmatrix} \quad (3.69)$$

$$[B_1^{(i)}] = \begin{Bmatrix} k_{21} \\ \dots \\ k_{n1} \end{Bmatrix} \quad (3.70)$$

Từ (3.47): 
$$[B_{11}^{(i)}] = \begin{bmatrix} \left( \delta_{22} m_2 - \frac{1}{\omega_i^2} \right) & \dots & \delta_{2n} m_n \\ \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n2} m_2 & \dots & \left( \delta_{nn} m_n - \frac{1}{\omega_i^2} \right) \end{bmatrix} \quad (3.71)$$

$$[B_1^{(i)}] = \begin{Bmatrix} \delta_{21} m_1 \\ \dots \\ \delta_{n1} m_1 \end{Bmatrix} \quad (3.72)$$

Từ (3.49): 
$$[B_{11}^{(i)}] = \begin{bmatrix} (\delta_{22} m_2 \omega_i^2 - 1) & \dots & \delta_{2n} m_n \omega_i^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n2} m_2 \omega_i^2 & \dots & (\delta_{nn} m_n \omega_i^2 - 1) \end{bmatrix} \quad (3.73)$$

$$[B_i^{(i)}] = \begin{Bmatrix} \delta_{21} m_1 \omega_i^2 \\ \dots \\ \delta_{n1} m_1 \omega_i^2 \end{Bmatrix} \quad (3.74)$$

Lúc này:  $\{\varphi_i\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ \varphi_i^* \end{Bmatrix} \quad (3.75)$

Ma trận vuông biểu thị tất cả các dạng dao động riêng gọi là ma trận các dạng chính ký hiệu là  $[\varphi]$ .

$$[\varphi] = [\{\varphi_1\} \quad \{\varphi_2\} \quad \dots \quad \{\varphi_n\}] = \begin{bmatrix} \{\varphi_{11}\} & \{\varphi_{12}\} & \dots & \{\varphi_{1n}\} \\ \{\varphi_{21}\} & \{\varphi_{22}\} & \dots & \{\varphi_{2n}\} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \{\varphi_{n1}\} & \{\varphi_{n2}\} & \dots & \{\varphi_{nn}\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ \{\varphi_{21}\} & \{\varphi_{22}\} & \dots & \{\varphi_{2n}\} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \{\varphi_{n1}\} & \{\varphi_{n2}\} & \dots & \{\varphi_{nn}\} \end{bmatrix} \quad (3.76)$$

Các chỉ số của  $\varphi_{ji}$  gồm chỉ số thứ nhất  $j$ : là chỉ khối lượng thứ  $j$ , và chỉ số thứ hai  $i$ : chỉ tần số hay dạng dao động riêng thứ  $i$ .

trong đó:  $\{\varphi_{11}\} = 1, \{\varphi_{12}\} = 1, \dots, \{\varphi_{1n}\} = 1$

### 3.10.2.5 Biên độ các dạng dao động chính

Biên độ các dạng dao động chính viết dưới dạng ma trận có dạng:

$$[A] = [\{A_1\} \quad \{A_2\} \quad \dots \quad \{A_n\}] = \begin{bmatrix} \{A_{11}\} & \{A_{12}\} & \dots & \{A_{1n}\} \\ \{A_{21}\} & \{A_{22}\} & \dots & \{A_{2n}\} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \{A_{n1}\} & \{A_{n2}\} & \dots & \{A_{nn}\} \end{bmatrix} \quad (3.77)$$

Các phần tử  $\{A_{ji}\}$  của ma trận  $\{A\}$  được xác định theo:

$$\{A_{ji}\} = \frac{\varphi_{ji}}{\sqrt{\bar{M}_i}} \quad (3.78)$$

trong đó:  $\{A_{ji}\}$  - biên độ dao động của khối lượng thứ  $j$  ứng với dạng dao động thứ  $i$ .

$\bar{M}_i$  - được xác định theo:

$$\bar{M}_i = \sum_{j=1}^n \varphi_{ji}^2 m_j = \varphi_{i1}^2 m_1 + \varphi_{i2}^2 m_2 + \dots + \varphi_{in}^2 m_n \quad (3.79)$$

$$[A] = [\{A_1\} \quad \{A_2\} \quad \dots \quad \{A_n\}] = \begin{bmatrix} \left\{ \frac{\varphi_{11}}{\sqrt{M_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{12}}{\sqrt{M_2}} \right\} & \dots & \left\{ \frac{\varphi_{1n}}{\sqrt{M_n}} \right\} \\ \left\{ \frac{\varphi_{21}}{\sqrt{M_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{22}}{\sqrt{M_2}} \right\} & \dots & \left\{ \frac{\varphi_{2n}}{\sqrt{M_n}} \right\} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \left\{ \frac{\varphi_{n1}}{\sqrt{M_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{n2}}{\sqrt{M_2}} \right\} & \dots & \left\{ \frac{\varphi_{nn}}{\sqrt{M_n}} \right\} \end{bmatrix} \quad (3.80)$$

trong đó:  $m_j$  - khối lượng thứ  $j$   
 $\{\varphi_{ji}\}$  - theo (3.76)

### 3.10.2.6 Phương trình dao động

Phương trình dao động của khối lượng thứ  $j$  ứng với dạng dao động thứ  $i$ :

Thế  $\omega_i$  và  $A_{ji}$  vào (3.31) được:

$$\{Y(t)\} = \{A_{ji}\} \sin(\omega_i t + \gamma) \quad (3.81)$$

Viết dưới dạng ma trận:

$$y_{ji} = \begin{bmatrix} A_{11} \sin(\omega_1 + \gamma) & A_{12} \sin(\omega_2 + \gamma) & \dots & A_{1n} \sin(\omega_n + \gamma) \\ A_{21} \sin(\omega_1 + \gamma) & A_{22} \sin(\omega_2 + \gamma) & \dots & A_{2n} \sin(\omega_n + \gamma) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} \sin(\omega_1 + \gamma) & A_{n2} \sin(\omega_2 + \gamma) & \dots & A_{nn} \sin(\omega_n + \gamma) \end{bmatrix} \quad (3.82)$$

$y_{ji}$  - chuyển dịch ngang tỉ đối của khối lượng thứ  $j$  ứng với dạng dao động thứ  $i$ .

Chuyển dịch ngang lớn nhất  $y_{ji}(\max)$  của khối lượng thứ  $j$  ứng với dạng dao động thứ  $i$ , khi

$\sin(\omega_i t + \gamma) = 1$ , lúc này:

$$y_{ji}(\max) = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.83)$$

Gia tốc dao động:

$$\{Y''(t)\} = -\omega_i^2 \{A_{ji}\} \sin(\omega_i t + \gamma) \quad (3.84)$$

$y_{ji}''$  - gia tốc dao động của khối lượng thứ  $j$  ứng với dạng dao động thứ  $i$ .

Gia tốc lớn nhất  $y''_{ji}(\max)$  của khối lượng thứ  $j$  ứng với dạng dao động thứ  $i$ , khi

$\sin(\omega_i t + \gamma) = -1$ , lúc này:

$$y''_{ji}(\max) = \begin{bmatrix} \omega_1^2 A_{11} & \omega_2^2 A_{12} & \dots & \omega_n^2 A_{1n} \\ \omega_1^2 A_{21} & \omega_2^2 A_{22} & \dots & \omega_n^2 A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \omega_1^2 A_{n1} & \omega_2^2 A_{n2} & \dots & \omega_n^2 A_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.85)$$

**3.10.2.7 Xác định tần số dao động**

**Ví dụ 3.1 Công trình có một điểm tập trung khối lượng**

Một công trình có sơ đồ tính là một thanh conson có một khối lượng tập trung. Tính tần số dao động.

Phương trình đặt trung dao động viết dưới dạng:

$$\delta_{11} m_1 \omega^2 - 1 = 0$$

Tần số vòng

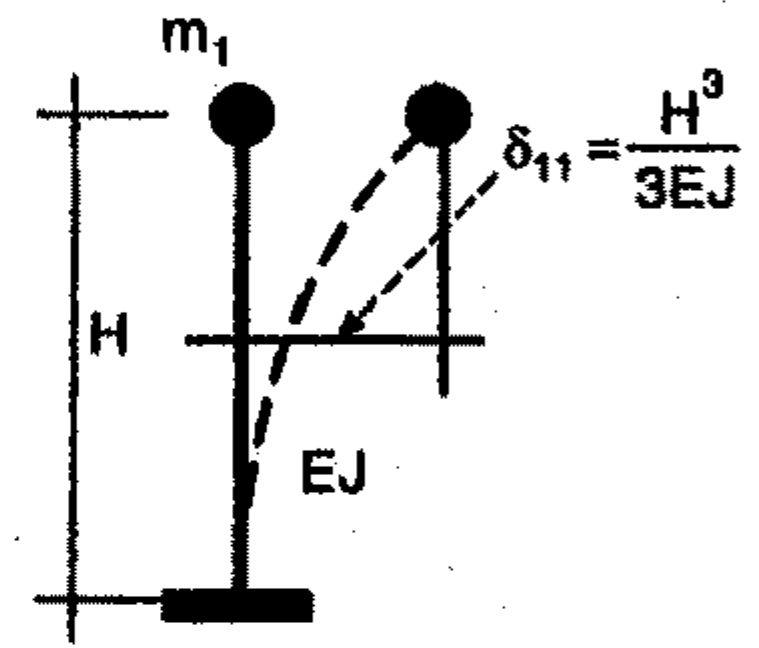
$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m_1 \delta_{11}}}$$

Tần số dao động riêng

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{m_1 \delta_{11}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EJ}{m_1 H^3}} \quad (3.86)$$

Chu kì dao động:

$$T = \frac{1}{f} \quad (3.87)$$



Hình 3.10 Mô hình tính toán

**Ví dụ 3.2 Công trình có hai điểm tập trung khối lượng**

Một công trình có sơ đồ tính là một thanh conson có hai khối lượng tập trung  $M_1, M_2$ . Tính tần số dao động

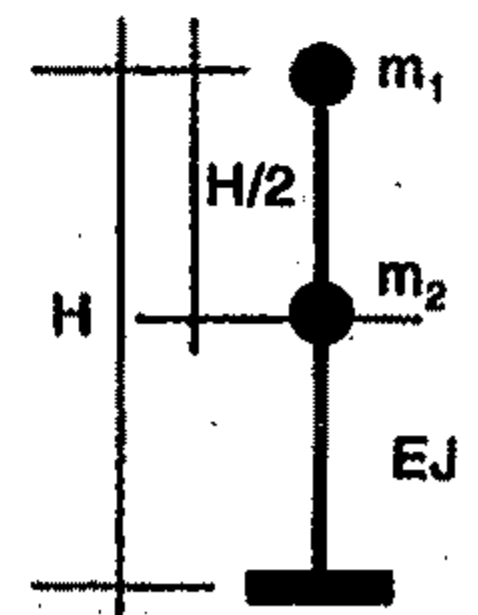
Phương trình đặc trưng dao động viết dưới dạng:

$$\begin{vmatrix} \delta_{11} m_1 \omega_i^2 - 1 & \delta_{12} m_2 \omega_i^2 \\ \delta_{21} m_1 \omega_i^2 & \delta_{22} m_2 \omega_i^2 - 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (3.88)$$

Triển khai

$$\frac{1}{\omega_i^4} - (m_1 \delta_{11} + m_2 \delta_{22}) \frac{1}{\omega_i^2} + m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2) = 0 \quad (3.89)$$

hay  $1 - (m_1 \delta_{11} + m_2 \delta_{22}) \omega_i^2 + m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2) \omega_i^4 = 0 \quad (3.90)$



Hình 3.11

$$\begin{aligned} A &= m_1 \delta_{11} + m_2 \delta_{22} \\ \text{Đặt: } B &= m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{12} - \delta_{12}^2) \end{aligned} \quad (3.91)$$

$$B\omega_i^4 - A\omega_i^2 + 1 = 0 \quad (3.92)$$

Tính các hệ số  $\delta_{ij}$  bằng phương pháp nhân biểu đồ

$$\delta_{11} = \bar{M}_1 \bar{M}_1 = \frac{1}{EJ} \left( 0,5.H^2 \cdot \frac{2}{3}H \right) = \frac{H^3}{3EJ} \quad (3.93)$$

$$\delta_{22} = \bar{M}_2 \bar{M}_2 = \frac{1}{EJ} \left( 0,5.(H/2)^2 \cdot \frac{2}{3}H/2 \right) = \frac{H^3}{24EJ} \quad (3.94)$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \bar{M}_1 \bar{M}_2 = \frac{1}{EJ} \left( 0,5(H/2)^2 \times (H/2 + \frac{2}{3}H/2) \right) = \frac{5H^3}{48EJ} \quad (3.95)$$

Ma trận mềm:

$$|F| = \frac{H^3}{EJ} \begin{vmatrix} 1 & 5 \\ 3 & 48 \\ 5 & 1 \\ 48 & 24 \end{vmatrix} \quad (3.96)$$

Nghiệm của (3.68) bằng:

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{A \mp \sqrt{A^2 - 4B}}{2B} \quad (4.97)$$

$$\text{Hay: } \omega_{1,2} = \sqrt{\frac{A \mp \sqrt{A^2 - 4B}}{2B}} \quad (3.98)$$

Tần số dao động riêng:

$$f_{1,2} = \sqrt{\frac{A \mp \sqrt{A^2 - 4B}}{8\pi^2 B}} \quad (3.99)$$

Chu kỳ dao động riêng:

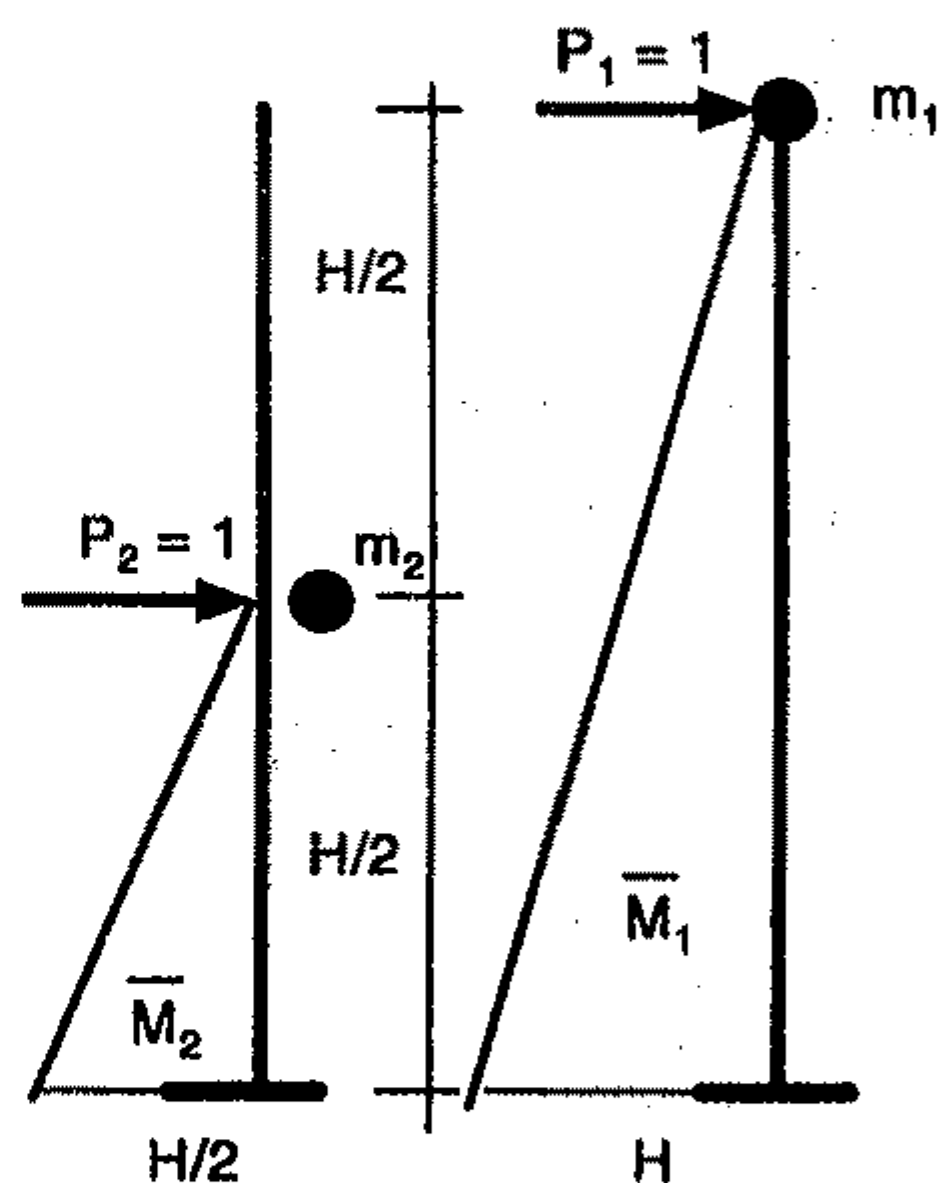
$$T_{1,2} = \frac{1}{f_{1,2}} \quad (3.100)$$

**Ví dụ 3.3** Một cao ốc văn phòng cao 20 tầng, chiều cao tòa nhà là  $H = 72\text{m}$ , bằng BTCT có  $E_b = 2,65 \cdot 10^7 (\text{kN/m}^2)$ , mômen quán tính tương đương  $J_x = 34,7834(\text{m}^4)$ , khối lượng tập trung:  $M_1 = 5000(\text{t})$ ;  $M_2 = 10000(\text{t})$ .

Tính tần số dao động riêng và dạng dao động.

**Giải:**

Ma trận khối lượng:



Hình 3.12

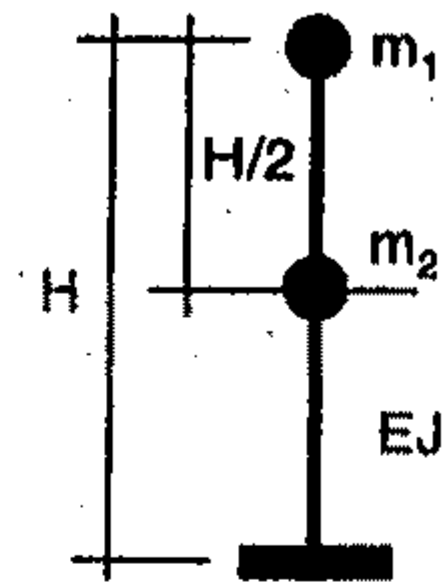
$$M = 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \text{ (t)}$$

Tính các hệ số  $\delta_{ij}$  bằng phương pháp nhân biểu đồ

$$\delta_{11} = \bar{M}_1 \bar{M}_1 = \frac{H^3}{3EJ} = 1,35 \times 10^{-4} \left( \frac{\text{m}}{\text{kN}} \right)$$

$$\delta_{22} = \bar{M}_2 \bar{M}_2 = \frac{H^3}{24EJ} = 1,687 \times 10^{-5}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \bar{M}_1 \bar{M}_2 = \frac{5H^3}{48EJ} = 4,218 \times 10^{-5}$$



Hình 3.13

Ma trận mềm:  $F = 10^{-4} \begin{bmatrix} 1,35 & 0,4218 \\ 0,4218 & 0,1687 \end{bmatrix}$

Ma trận độ cứng:  $[K] = [F]^{-1} = 10^4 \begin{bmatrix} 3,387 & -8,467 \\ -8,467 & 27,09 \end{bmatrix}$

Phương trình xác định tần số riêng:

$$B\omega_i^4 - A\omega_i^2 + 1 = 0 \quad (3.101)$$

trong đó:  $A = m_1 \delta_{11} + m_2 \delta_{22} = 0,844$

$$B = m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{12} - \delta_{12}^2) = 0,025$$

Nghiệm của (3.101) bằng:

$$\omega_1^2 = \frac{A - \sqrt{A^2 - 4B}}{2B} = 1,23 \quad \text{hay} \quad \omega_1 = 1,109 \text{ (rad/sec)}; \quad f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = 0,177 \text{ (Hz)}$$

$$\omega_2^2 = \frac{A + \sqrt{A^2 - 4B}}{2B} = 32,638 \quad \text{hay} \quad \omega_2 = 5,713 \text{ (rad/sec)}; \quad f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = 0,909 \text{ (Hz)}$$

Xác định dạng dao động:

$$[B_i] = \left( [F][M] - \frac{1}{\omega_i^2} [E] \right) \sim$$

Với  $\omega_1 = 1,109 \text{ (rad/sec)}$  ta có:

$$\begin{aligned} [B_1] &= \left( [F][M] - \frac{1}{\omega_1^2} [E] \right) = \\ &= 10^{-4} \begin{bmatrix} 1,35 & 0,4218 \\ 0,4218 & 0,1687 \end{bmatrix} \cdot 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} - \frac{1}{1,23} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,138 & 0,422 \\ 0,211 & -0,644 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\{\varphi_1^*\} = -\{B_{11}^i\}^{-1} \{B_1^i\} = -\frac{0,211}{-0,644} = 0,328$$

Dạng dao động thứ 1:

$$\{\varphi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,328 \end{Bmatrix}$$

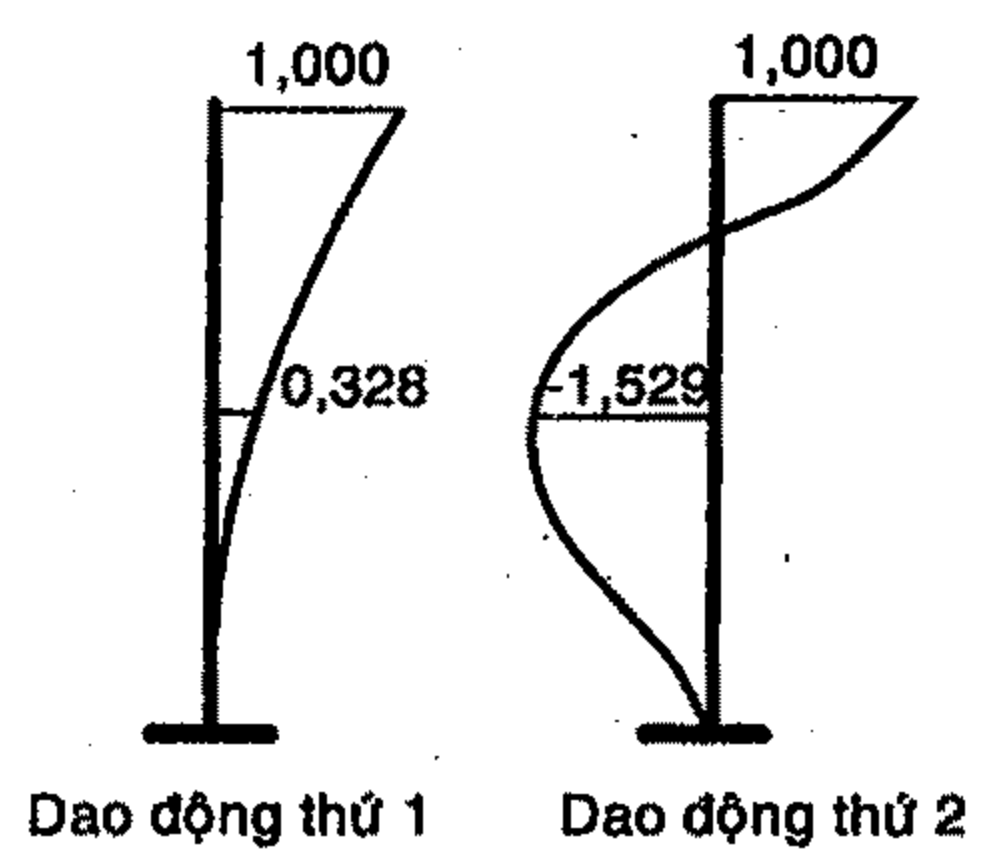
Với  $\omega_2 = 5,713$  (rad/sec) ta có:

$$\begin{aligned} [B_2] &= \left( [F][M] - \frac{1}{\omega_2^2} [E] \right) = \\ &= 10^{-4} \begin{bmatrix} 1,35 & 0,4218 \\ 0,4218 & 0,1687 \end{bmatrix} \cdot 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} - \frac{1}{32,638} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,644 & 0,422 \\ 0,211 & 0,138 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\{\varphi_2^*\} = -\{B_{22}^i\}^{-1} \{B_2^i\} = -\frac{0,211}{0,138} = -1,529$$

Dạng dao động thứ 2:

$$\{\varphi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,529 \end{Bmatrix}$$

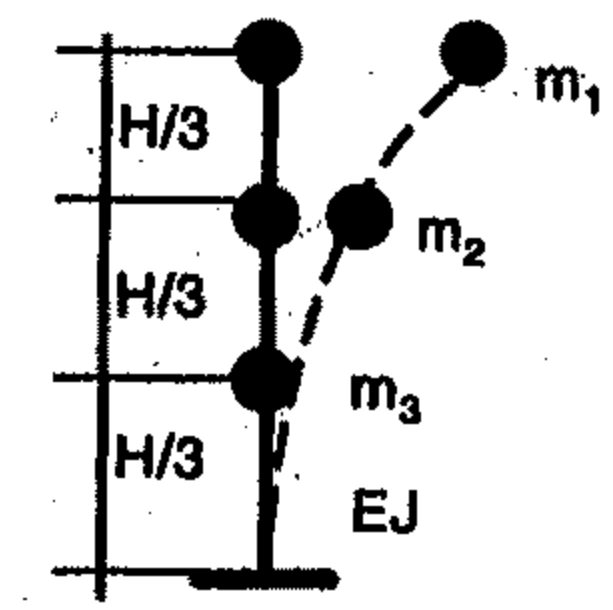


Hình 3.14

**Ví dụ 3.4** Một công trình có sơ đồ tính là một thanh conson có 3 khối lượng tập trung  $m_1, m_2, m_3$ . Tính tần số dao động.

Phương trình đặc trưng dao động có dạng:

$$\begin{vmatrix} \delta_{11}m_1(\omega_i)^2 - 1 & \delta_{12}m_2(\omega_i)^2 & \delta_{13}m_3(\omega_i)^2 \\ \delta_{21}m_1(\omega_i)^2 & \delta_{22}m_2(\omega_i)^2 - 1 & \delta_{23}m_3(\omega_i)^2 \\ \delta_{31}m_1(\omega_i)^2 & \delta_{32}m_2(\omega_i)^2 & \delta_{33}m_3(\omega_i)^2 - 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (3.102)$$



Hình 3.15

trong đó:  $\delta_{22} = \bar{M}_2 \bar{M}_2 = 8 \frac{H^3}{81EJ}$ ;  $\delta_{33} = \bar{M}_3 \bar{M}_3 = \frac{H^3}{81EJ}$ ;  $\delta_{11} = \bar{M}_1 \bar{M}_1 = \frac{H^3}{3EJ}$  (3.103)



$$\delta_{12} = \delta_{21} = \bar{M}_1 \bar{M}_2 = 14 \frac{H^3}{81EJ}; \quad \delta_{13} = \delta_{31} = \bar{M}_1 \bar{M}_3 = 4 \frac{H^3}{81EJ}; \quad \delta_{23} = \delta_{32} = \bar{M}_2 \bar{M}_3 = 5 \frac{H^3}{2 \times 81EJ}$$

$$\text{Tần số vòng: } \frac{1}{\omega_i^6} + \frac{C}{\omega_i^4} + \frac{D}{\omega_i^2} + E = 0 \quad (3.104)$$

$$\text{trong đó: } C = -(m_1 \delta_{11} + m_2 \delta_{22} + m_3 \delta_{33})$$

$$D = m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2) + m_1 m_3 (\delta_{11} \delta_{33} - \delta_{13}^2) + m_2 m_3 (\delta_{22} \delta_{33} - \delta_{23}^2) \quad (3.105)$$

$$E = m_1 m_2 m_3 (\delta_{11} \delta_{23}^2 + \delta_{22} \delta_{13}^2 + \delta_{33} \delta_{12}^2 - \delta_{11} \delta_{22} \delta_{33} - 2 \delta_{12} \delta_{13} \delta_{23})$$

$$\text{Đặt } X = \frac{1}{\omega^2}, \text{ (3.83) có dạng:}$$

$$X^3 + CX^2 + DX + E = 0 \quad (3.106)$$

$$\text{Giải (3.106) tìm được 3 nghiệm } X, \text{ từ đó tính được: } \omega_i = \sqrt{\frac{1}{X_i}} \quad (3.107)$$

Chỉ lấy 3 nghiệm thực dương  $\omega_1; \omega_2; \omega_3$

$$\text{Tần số dao động: } f_i = \frac{\omega_i}{2\pi} \quad (3.108)$$

### Ví dụ 3.5

Một công trình BTCT nhà 20 tầng, chiều cao  $H = 72\text{m}$ , mô hình tính toán được đưa về dạng một thanh conson có độ cứng tương đương. Tính ma trận khối lượng, ma trận độ cứng.

Cho biết: thanh conson có:

$$E = 2,65 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$$J_{td} = 34,7834 \text{ m}^4$$

$$H = 72 \text{ m}$$

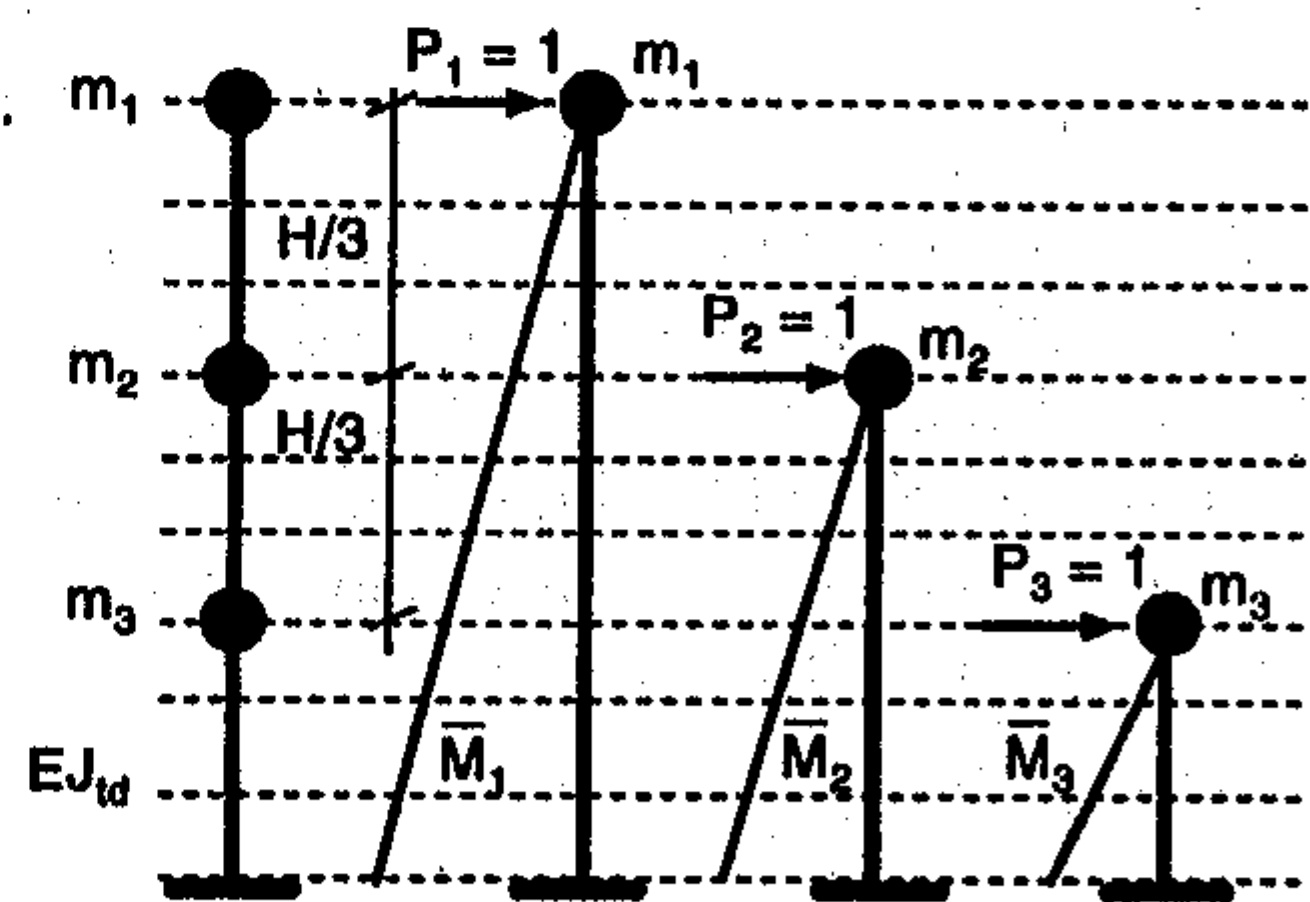
$$m_1 = m_2 = m_3 = 3333,33 \text{ t}$$

Tính các hệ số:

$$\delta_{11} = \bar{M}_1 \bar{M}_1 = \frac{1}{EJ_{td}} \frac{H^2}{2} \frac{2}{3} H = \frac{H^3}{3EJ_{td}}$$

$$\delta_{22} = \bar{M}_2 \bar{M}_2 = \frac{1}{EJ_{td}} \frac{1}{2} \left(\frac{2H}{3}\right)^2 \frac{2}{3} \frac{2H}{3} = \frac{8H^3}{81EJ_{td}}$$

$$\delta_{33} = \bar{M}_3 \bar{M}_3 = \frac{1}{EJ_{td}} \frac{1}{2} \left(\frac{H}{3}\right)^2 \frac{2}{3} \frac{H}{3} = \frac{H^3}{81EJ_{td}}$$



Hình 3.16

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \bar{M}_1 \bar{M}_2 = \frac{1}{EJ_{td}} \left(\frac{2H}{3}\right)^2 \frac{1}{2} \left(\frac{2H}{3} + \frac{1}{3} \frac{H}{3}\right) = \frac{14H^3}{81EJ_{td}}$$

$$\delta_{13} = \delta_{31} = \bar{M}_1 \bar{M}_3 = \frac{1}{EJ_{td}} \frac{1}{2} \left(\frac{H}{3}\right)^2 \left(\frac{2H}{3} + \frac{2}{3} \frac{H}{3}\right) = \frac{4H^3}{81EJ_{td}}$$

$$\delta_{23} = \delta_{32} = \bar{M}_2 \bar{M}_3 = \frac{1}{EJ_{td}} \left(\frac{H}{3}\right)^2 \frac{1}{2} \left(\frac{H}{3} + \frac{2}{3} \frac{H}{3}\right) = \frac{5H^3}{81 \times 2 EJ_{td}}$$

Ma trận mềm

$$[F] = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \delta_{13} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \delta_{23} \\ \delta_{31} & \delta_{32} & \delta_{33} \end{bmatrix} = \frac{H^3}{EJ_{td}} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{14}{81} & \frac{4}{81} \\ \frac{4}{81} & \frac{8}{81} & \frac{5}{162} \\ \frac{4}{81} & \frac{5}{162} & \frac{1}{81} \end{bmatrix} = 10^{-5} \begin{bmatrix} 13,5 & 6,999 & 2,0 \\ 6,999 & 3,999 & 1,25 \\ 2,0 & 1,25 & 0,499 \end{bmatrix}$$

Ma trận cứng

$$[K] = [F]^{-1} = 10^5 \begin{bmatrix} 1,077 & -2,462 & 1,846 \\ -2,462 & 6,770 & -7,078 \\ 1,846 & -7,078 & 12,310 \end{bmatrix}$$

Ma trận khối lượng  $M = 3333,33 \begin{vmatrix} 1 & & \\ & 1 & \\ & & 1 \end{vmatrix}$

**Ví dụ 3.6** Một công trình BTCT nhà 30 tầng, chiều cao  $H = 90\text{m}$ , mô hình tính toán được đưa về dạng một thanh conson có độ cứng tương đương. Tính ma trận khối lượng, ma trận độ mềm, ma trận độ cứng, tần số dao động, chu kỳ dao động và các dạng dao động.

Cho biết: thanh conson có:

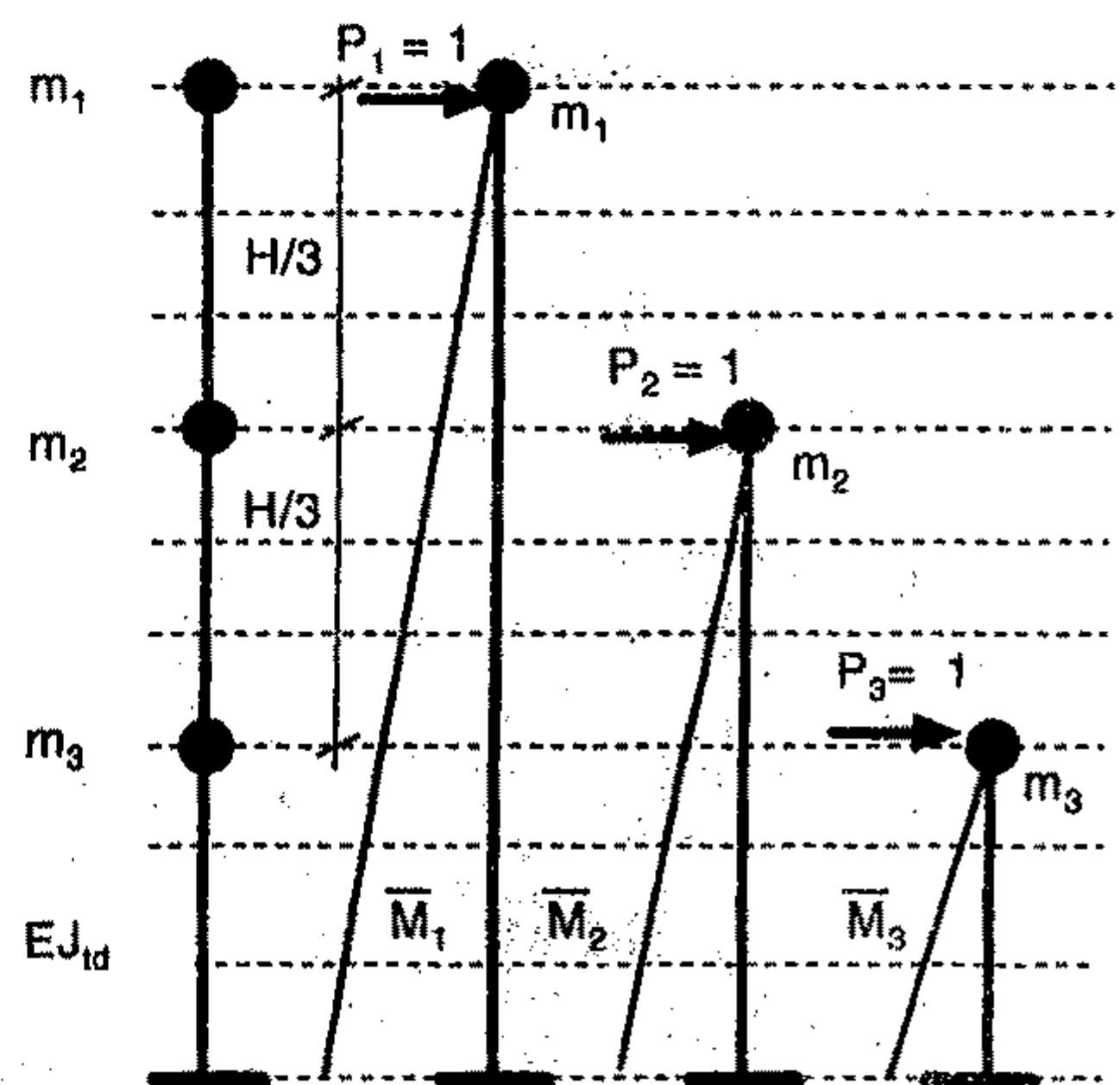
$$EJ_{td} = 7,628 \cdot 10^8 \text{ kN.m}^2$$

$$m_1 = 10000\text{t}; m_2 = 20000\text{t}; m_3 = 30000\text{t}$$

Tính các hệ số:

$$\delta_{11} = \bar{M}_1 \bar{M}_1 = \frac{1}{EJ_{td}} \frac{H^2}{2} \frac{2}{3} H = \frac{H^3}{3EJ_{td}}$$

$$\delta_{33} = \bar{M}_3 \bar{M}_3 = \frac{1}{EJ_{td}} \frac{1}{2} \left(\frac{H}{3}\right)^2 \frac{2}{3} \frac{H}{3} = \frac{H^3}{81EJ_{td}}$$



Hình 3.17

$$\delta_{22} = \bar{M}_2 \cdot \bar{M}_2 = \frac{1}{EJ_{td}} \cdot \frac{1}{2} \left( \frac{2H}{3} \right)^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2H}{3} = \frac{8H^3}{81EJ_{td}}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \bar{M}_1 \bar{M}_2 = \frac{1}{EJ_{td}} \cdot \frac{1}{2} \left( \frac{2H}{3} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} \left( \frac{2H}{3} + \frac{1}{3} \frac{H}{3} \right) = \frac{14H^3}{81EJ_{td}}$$

$$\delta_{13} = \delta_{31} = \bar{M}_1 \bar{M}_3 = \frac{1}{EJ_{td}} \left( \frac{H}{3} \right)^2 \left( \frac{2H}{3} + \frac{2}{3} \frac{H}{3} \right) = \frac{4H^3}{81EJ_{td}}$$

$$\delta_{23} = \delta_{32} = \bar{M}_2 \bar{M}_3 = \frac{1}{EJ_{td}} \left( \frac{H}{3} \right)^2 \frac{1}{2} \left( \frac{H}{3} + \frac{2}{3} \frac{H}{3} \right) = \frac{5H^3}{81 \times 2 EJ_{td}}$$

Ma trận mềm

$$[F] = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \delta_{13} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \delta_{23} \\ \delta_{31} & \delta_{32} & \delta_{33} \end{bmatrix} = \frac{H^3}{EJ_{td}} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{14}{81} & \frac{4}{81} \\ \frac{14}{81} & \frac{8}{81} & \frac{5}{162} \\ \frac{4}{81} & \frac{5}{162} & \frac{1}{81} \end{bmatrix} = 10^{-5} \begin{bmatrix} 31,86 & 16,52 & 4,719 \\ 16,52 & 9,439 & 2,95 \\ 4,719 & 2,95 & 1,18 \end{bmatrix}$$

Ma trận cứng

$$[K] = [F]^{-1} = 10^5 \begin{bmatrix} 0,4564 & -1,043 & 0,7824 \\ -1,043 & 2,869 & -2,999 \\ 0,7824 & -2,999 & 5,216 \end{bmatrix}$$

Ma trận khối lượng  $M = 10^4 \begin{vmatrix} 1 & & \\ & 2 & \\ & & 3 \end{vmatrix} t$

Phương trình đặc trưng dao động có dạng:

$$\begin{vmatrix} \delta_{11} m_1 (\omega_i)^2 - 1 & \delta_{12} m_2 (\omega_i)^2 & \delta_{13} m_3 (\omega_i)^2 \\ \delta_{21} m_1 (\omega_i)^2 & \delta_{22} m_2 (\omega_i)^2 - 1 & \delta_{23} m_3 (\omega_i)^2 \\ \delta_{31} m_1 (\omega_i)^2 & \delta_{32} m_2 (\omega_i)^2 & \delta_{33} m_3 (\omega_i)^2 - 1 \end{vmatrix} = 0$$

Tính các hệ số:

$$C = -(m_1 \delta_{11} + m_2 \delta_{22} + m_3 \delta_{33}) = -5,427$$

$$D = m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2) + m_1 m_3 (\delta_{11} \delta_{33} - \delta_{13}^2) + m_2 m_3 (\delta_{22} \delta_{33} - \delta_{23}^2) = 1,162$$

$$E = m_1 m_2 m_3 (\delta_{11} \delta_{23}^2 + \delta_{22} \delta_{13}^2 + \delta_{33} \delta_{12}^2 - \delta_{11} \delta_{22} \delta_{33} - 2\delta_{12} \delta_{13} \delta_{23}) = -0,032$$

Tần số dao động xác định theo:

$$X^3 + CX^2 + DX + E = 0$$

$$X^3 - 5,427X^2 + 1,162X - 0,032 = 0$$

Giải phương trình tìm được 3 nghiệm:  $X_1 = 5,205$ ,  $X_2 = 0,324$ ,  $X_3 = 0,189$

trong đó:  $X = \frac{1}{\omega^2}$

từ đó tính được:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{X_1}} = 0,338; \quad f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = 14,335; \quad T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 0,07s$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{X_2}} = 1,756; \quad f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = 3,577; \quad T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 0,28s$$

$$\omega_3 = \sqrt{\frac{1}{X_3}} = 2,296; \quad f_3 = \frac{\omega_3}{2\pi} = 2,736; \quad T_3 = \frac{2\pi}{\omega_3} = 0,365s$$

Xác định các dạng dao động:

Thay các trị số vào ứng với  $\omega_1$  ta được:

$$\begin{vmatrix} \delta_{11}m_1(\omega_1)^2 - 1 & \delta_{12}m_2(\omega_1)^2 & \delta_{13}m_3(\omega_1)^2 \\ \delta_{21}m_1(\omega_1)^2 & \delta_{22}m_2(\omega_1)^2 - 1 & \delta_{23}m_3(\omega_1)^2 \\ \delta_{31}m_1(\omega_1)^2 & \delta_{32}m_2(\omega_1)^2 & \delta_{33}m_3(\omega_1)^2 - 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -0,388 & 0,635 & 0,272 \\ 0,317 & -0,637 & 0,170 \\ 0,091 & 0,113 & -0,932 \end{vmatrix}$$

$$\text{Đặt: } [B_{11}^{(i)}] = \begin{vmatrix} -0,637 & 0,170 \\ 0,113 & -0,932 \end{vmatrix}; \quad [B_{11}^{(i)}]^{-1} = \begin{vmatrix} -1,622 & -0,296 \\ -0,197 & -1,109 \end{vmatrix}$$

$$[B_1^{(i)}] = \begin{vmatrix} 0,317 \\ 0,091 \end{vmatrix}$$

$$\{\varphi_1^*\} = -\{B_{11}^{(i)}\}^{-1} \{B_1^{(i)}\} = -\begin{vmatrix} -1,622 & -0,296 \\ -0,197 & -1,109 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0,317 \\ 0,091 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,541 \\ 0,163 \end{vmatrix}$$

Dạng dao động thứ 1:

$$\{\varphi_1\} = \begin{Bmatrix} \varphi_{11} \\ \varphi_{21} \\ \varphi_{31} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,541 \\ 0,163 \end{Bmatrix}$$

Thay các trị số vào ứng với  $\omega_2$  ta được:

$$\begin{vmatrix} \delta_{11}m_1(\omega_2)^2 - 1 & \delta_{12}m_2(\omega_2)^2 & \delta_{13}m_3(\omega_2)^2 \\ \delta_{21}m_1(\omega_2)^2 & \delta_{22}m_2(\omega_2)^2 - 1 & \delta_{23}m_3(\omega_2)^2 \\ \delta_{31}m_1(\omega_2)^2 & \delta_{32}m_2(\omega_2)^2 & \delta_{33}m_3(\omega_2)^2 - 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 8,827 & 10,191 & 4,368 \\ 5,095 & 4,823 & 2,730 \\ 1,456 & 1,820 & 0,092 \end{vmatrix}$$

$$\text{Đặt: } [B_{22}^{(i)}] = \begin{vmatrix} 4,823 & 2,730 \\ 1,820 & 0,092 \end{vmatrix}; [B_{22}^{(i)}]^{-1} = \begin{vmatrix} -0,020 & 0,603 \\ 0,402 & -1,066 \end{vmatrix}$$

$$[B_2^{(i)}] = \begin{vmatrix} 5,095 \\ 1,456 \end{vmatrix}$$

$$\{\varphi_2^*\} = -\{B_{22}^{(i)}\}^{-1} \{B_2^{(i)}\} = -\begin{vmatrix} -0,020 & 0,603 \\ 0,402 & -1,066 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 5,095 \\ 1,456 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -0,775 \\ -0,497 \end{vmatrix}$$

Dạng dao động thứ 2:

$$\{\varphi_2\} = \begin{Bmatrix} \varphi_{12} \\ \varphi_{22} \\ \varphi_{32} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,775 \\ -0,497 \end{Bmatrix}$$

Thay các trị số vào ứng với  $\omega_3$ , ta được:

$$\begin{vmatrix} \delta_{11}m_1(\omega_3)^2 - 1 & \delta_{12}m_2(\omega_3)^2 & \delta_{13}m_3(\omega_3)^2 \\ \delta_{21}m_1(\omega_3)^2 & \delta_{22}m_2(\omega_3)^2 - 1 & \delta_{23}m_3(\omega_3)^2 \\ \delta_{31}m_1(\omega_3)^2 & \delta_{32}m_2(\omega_3)^2 & \delta_{33}m_3(\omega_3)^2 - 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15,797 & 17,419 & 7,465 \\ 8,710 & 8,954 & 4,666 \\ 2,488 & 3,111 & 0,866 \end{vmatrix}$$

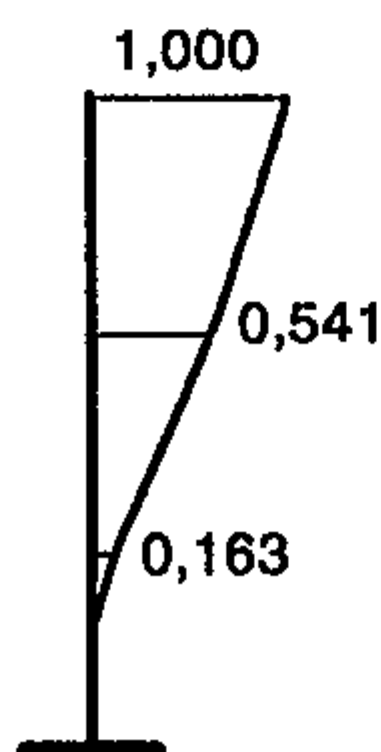
$$\text{Đặt: } [B_{33}^{(i)}] = \begin{vmatrix} 8,954 & 4,666 \\ 3,111 & 0,866 \end{vmatrix}; [B_{33}^{(i)}]^{-1} = \begin{vmatrix} -0,128 & 0,691 \\ 0,460 & -1,325 \end{vmatrix}$$

$$[B_3^{(i)}] = \begin{vmatrix} 8,710 \\ 2,488 \end{vmatrix}$$

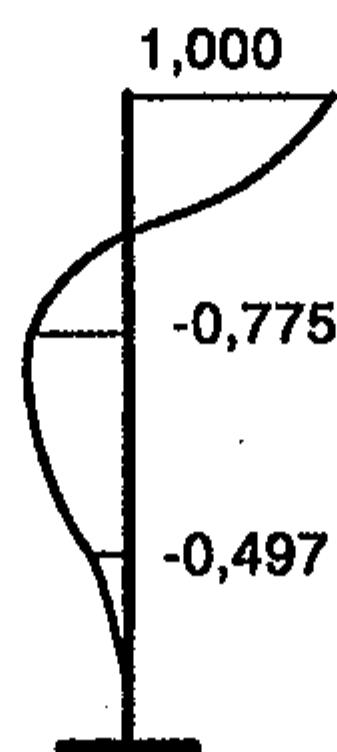
$$\{\varphi_3^*\} = -\{B_{33}^{(i)}\}^{-1} \{B_3^{(i)}\} = -\begin{vmatrix} -0,128 & 0,691 \\ 0,460 & -1,325 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 8,71 \\ 2,488 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -0,602 \\ -0,712 \end{vmatrix}$$

Dạng dao động thứ 3:

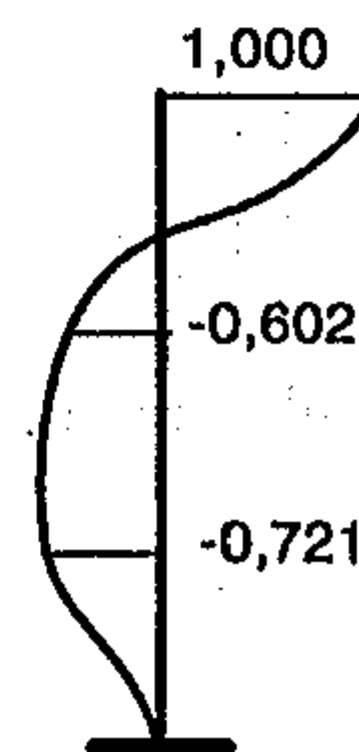
$$\{\varphi_3\} = \begin{Bmatrix} \varphi_{13} \\ \varphi_{23} \\ \varphi_{33} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -0,602 \\ -0,712 \end{Bmatrix}$$



Dạng dao động thứ 1



Dạng dao động thứ 2



Dạng dao động thứ 3

Hình 3.18

Tính các hệ số các dạng dao động:

$$\bar{M}_i = \sum_{j=1}^n \varphi_{ji}^2 m_j$$

$$\bar{M}_1 = \sum_{j=1}^3 \varphi_{j1}^2 m_j = \varphi_{11}^2 m_1 + \varphi_{21}^2 m_2 + \varphi_{31}^2 m_3$$

$$\bar{M}_1 = 1^2 \times 10^4 + 0,541^2 \times 2 \times 10^4 + 0,163^2 \times 3 \times 10^4 = 1,665 \times 10^4$$

$$\bar{M}_2 = \sum_{j=1}^3 \varphi_{j2}^2 m_j = \varphi_{12}^2 m_1 + \varphi_{22}^2 m_2 + \varphi_{32}^2 m_3$$

$$\bar{M}_2 = 1^2 \times 10^4 + (-0,775)^2 \times 2 \times 10^4 + (-0,497)^2 \times 3 \times 10^4 = 2,942 \times 10^4$$

$$\bar{M}_3 = \sum_{j=1}^3 \varphi_{j3}^2 m_j = \varphi_{13}^2 m_1 + \varphi_{23}^2 m_2 + \varphi_{33}^2 m_3$$

$$\bar{M}_3 = 1^2 \times 10^4 + (-0,602)^2 \times 2 \times 10^4 + (-0,721)^2 \times 3 \times 10^4 = 3,284 \cdot 10^4$$

Biên độ dao động của khối lượng thứ j ứng với dạng dao động thứ i xác định theo:

$$\{A_{ji}\} = \frac{\varphi_{ji}}{\sqrt{\bar{M}_i}}$$

Biên độ các dạng dao động chính viết dưới dạng ma trận:

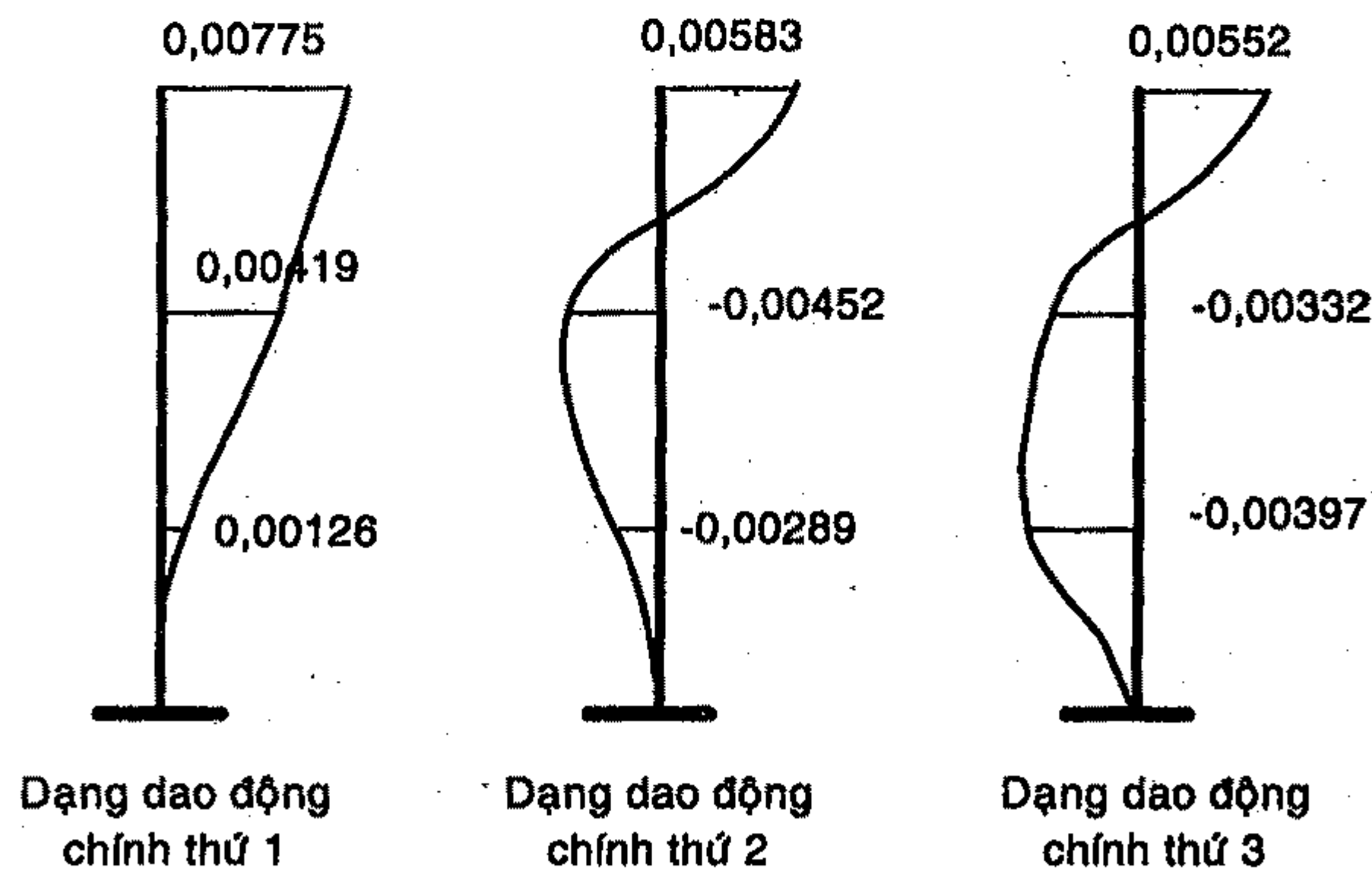
$$[A] = \begin{bmatrix} \left\{ \frac{\varphi_{11}}{\sqrt{\bar{M}_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{12}}{\sqrt{\bar{M}_2}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{13}}{\sqrt{\bar{M}_3}} \right\} \\ \left\{ \frac{\varphi_{21}}{\sqrt{\bar{M}_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{22}}{\sqrt{\bar{M}_2}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{23}}{\sqrt{\bar{M}_3}} \right\} \\ \left\{ \frac{\varphi_{31}}{\sqrt{\bar{M}_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{32}}{\sqrt{\bar{M}_2}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{33}}{\sqrt{\bar{M}_3}} \right\} \end{bmatrix} = 10^{-3} \begin{bmatrix} 7,75 & 5,83 & 5,518 \\ 4,193 & -4,518 & -3,322 \\ 1,263 & -2,897 & -3,973 \end{bmatrix}$$

Phương trình dao động:

Bảng tính:  $y_{ji}(\max)$ ;  $y''_{ji}(\max)$

Phương trình dao động của khối lượng thứ j ứng với:		Chuyển dịch lớn nhất $y_{ji}(\max)$	Phương trình gia tốc dao động	Gia tốc lớn nhất
Dao động thứ 1: $\omega_1$	$y_{11} = 0,00775 \sin(0,338t + \gamma)$	$y_{11}(\max) = 0,00775$	$y''_{11} = -(0,338)^2 y_{11}$	$y''_{11}(\max) = 0,0008854$
	$y_{21} = 0,004193 \sin(0,338t + \gamma)$	$y_{21}(\max) = 0,004195$	$y''_{21} = -(0,338)^2 y_{21}$	$y''_{21}(\max) = 0,0004787$
	$y_{31} = 0,1263 \sin(0,338t + \gamma)$	$y_{31}(\max) = 0,1263$	$y''_{31} = -(0,338)^2 y_{31}$	$y''_{31}(\max) = 0,0001439$
Dao động thứ 2: $\omega_2$	$y_{12} = 0,00583 \sin(1,756t + \gamma)$	$y_{12}(\max) = 0,00583$	$y''_{12} = (1,756)^2 y_{12}$	$y''_{12}(\max) = 0,017977$
	$y_{22} = -0,00452 \sin(1,756t + \gamma)$	$y_{22}(\max) = -0,00452$	$y''_{22} = (1,756)^2 y_{22}$	$y''_{22}(\max) = 0,0139314$
	$y_{32} = -0,00289 \sin(1,756t + \gamma)$	$y_{32}(\max) = -0,002897$	$y''_{32} = (1,756)^2 y_{32}$	$y''_{32}(\max) = 0,0089114$
Dao động thứ 3: $\omega_3$	$y_{13} = 0,00552 \sin(2,296t + \gamma)$	$y_{13}(\max) = 0,00552$	$y''_{13} = (2,296)^2 y_{13}$	$y''_{13}(\max) = 0,029099$
	$y_{23} = -0,00332 \sin(2,296t + \gamma)$	$y_{23}(\max) = -0,003322$	$y''_{23} = (2,296)^2 y_{23}$	$y''_{23}(\max) = 0,0175018$
	$y_{33} = -0,00397 \sin(2,296t + \gamma)$	$y_{33}(\max) = -0,00397$	$y''_{33} = (2,296)^2 y_{33}$	$y''_{33}(\max) = 0,0209441$

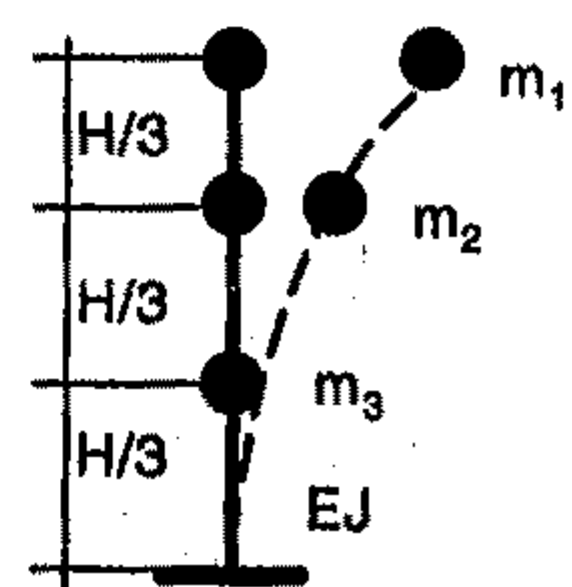
Biên độ dao động (chuyển dịch lớn nhất) của khối lượng thứ j ứng với dạng dao động thứ i:



Hình 3.19

Ví dụ 3.7 Một công trình có sơ đồ tính là một thanh conson có 3 khối lượng tập trung  $m_1, m_2, m_3$ . Cho biết ma trận khối lượng  $M$ , và ma trận độ cứng  $K$ . Tính tần số dao động và dạng dao động.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1,5 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$



Hình 3.20

$$K = 600 \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 3 & -2 \\ 0 & -2 & 5 \end{bmatrix}$$

Phương trình đặc trưng dao động:

$$K - \omega_i^2 M = \begin{vmatrix} 1 - \frac{\omega_i^2}{600} & 1 & 0 \\ -1 & 3 - 1,5 \frac{\omega_i^2}{600} & -2 \\ 0 & -2 & 5 - 2 \frac{\omega_i^2}{600} \end{vmatrix} = 0$$

Hay:  $\left(\frac{\omega_i^2}{600}\right)^3 - 5,5\left(\frac{\omega_i^2}{600}\right)^2 + 7,5\frac{\omega_i^2}{600} - 2 = 0$

Đặt:  $B_i = \frac{\omega_i^2}{600}$

Giải phương trình  $B^3 - 5,5B^2 + 7,5B - 2 = 0$  tìm được:

$$B_1 = 0,3513; B_2 = 1,6066 \text{ và } B_3 = 3,542$$

Tính tần số dao động:

Với  $B_1 = 0,3513$  thì  $\omega_1 = \sqrt{600B_1} = 14,518$  và tần số dao động:  $f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = 2,311$

Với  $B_2 = 1,6066$  thì  $\omega_2 = \sqrt{600B_2} = 31,048$  và tần số dao động:  $f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = 4,941$

Với  $B_3 = 3,542$  thì  $\omega_3 = \sqrt{600B_3} = 46,1$  và tần số dao động:  $f_3 = \frac{\omega_3}{2\pi} = 7,337$

Các dạng dao động:

Từ  $[K - \omega_i^2 M]Y = \begin{bmatrix} 1 - B_i & 1 & 0 \\ -1 & 3 - 1,5B_i & -2 \\ 0 & -2 & 5 - 2B_i \end{bmatrix} Y = 0$

Đặt:  $[B_{11}^i] = \begin{bmatrix} 3 - 1,5B_i & -2 \\ -2 & 5 - 2B_i \end{bmatrix}$

Các dạng dao động xác định theo:

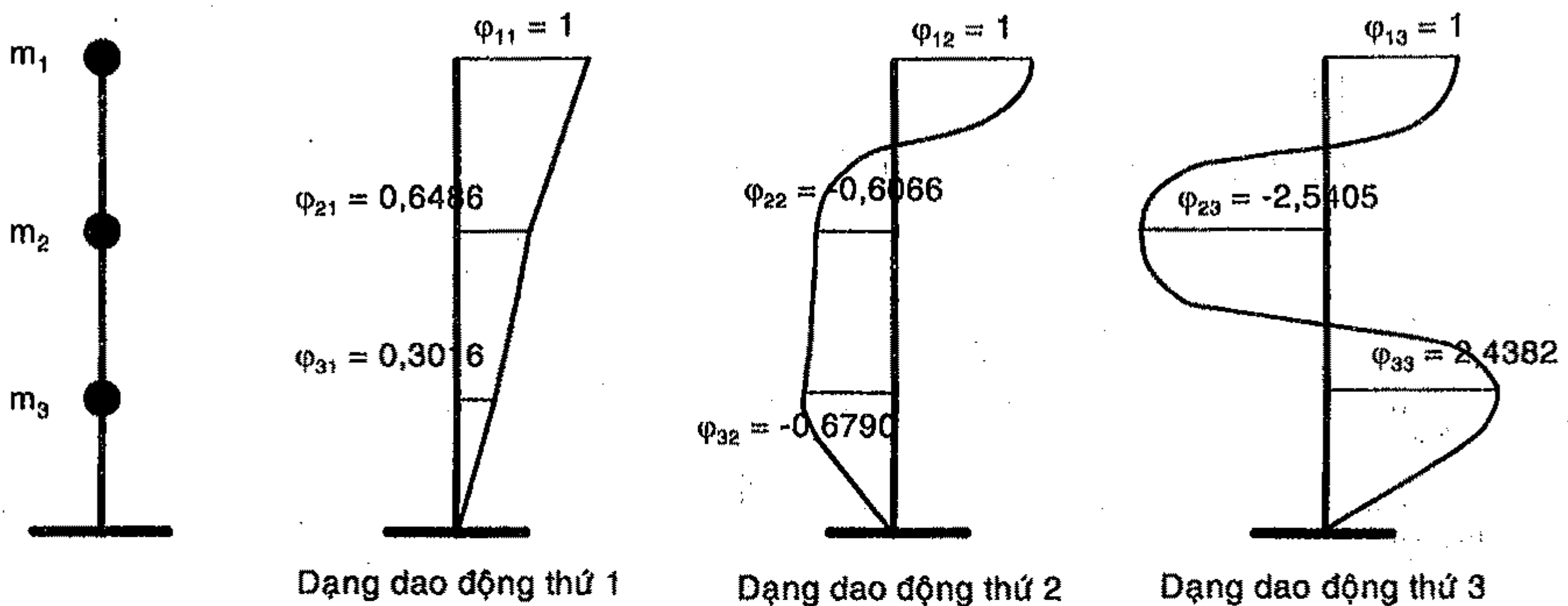
$$\begin{bmatrix} \varphi_{2i} \\ \varphi_{3i} \end{bmatrix} = -[B_{11}^i]^{-1} \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$



$$\text{Với } B_1 = 0,3513 \text{ thì } \begin{bmatrix} \varphi_{21} \\ \varphi_{31} \end{bmatrix} = -[B_{11}^1]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} 0,649 & 0,302 \\ 0,302 & 0,373 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,64853 \\ 0,30185 \end{bmatrix}$$

$$\text{Với } B_2 = 1,6066 \text{ thì } \begin{bmatrix} \varphi_{22} \\ \varphi_{32} \end{bmatrix} = -[B_{11}^2]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} -0,607 & -0,679 \\ -0,679 & -0,2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,6066 \\ -0,6790 \end{bmatrix}$$

$$\text{Với } B_3 = 3,542 \text{ thì } \begin{bmatrix} \varphi_{23} \\ \varphi_{33} \end{bmatrix} = -[B_{11}^3]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} -2,541 & 2,438 \\ 2,438 & -2,820 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2,5405 \\ -0,4382 \end{bmatrix}$$



Hình 3.21

Tính các hệ số các dạng dao động:

$$\bar{M}_i = \sum_{j=1}^n \varphi_{ji}^2 m_j$$

$$\bar{M}_1 = \sum_{j=1}^3 \varphi_{j1}^2 m_j = \varphi_{11}^2 m_1 + \varphi_{21}^2 m_2 + \varphi_{31}^2 m_3$$

$$\bar{M}_1 = 1^2 \times 1 + 0,6486^2 \times 1,5 + 0,3018^2 \times 2 = 1,8131$$

$$\bar{M}_2 = \sum_{j=1}^3 \varphi_{j2}^2 m_j = \varphi_{12}^2 m_1 + \varphi_{22}^2 m_2 + \varphi_{32}^2 m_3$$

$$\bar{M}_2 = 1^2 \times 1 + (-0,6066)^2 \times 1,5 + (-0,6790)^2 \times 2 = 2,4740$$

$$\bar{M}_3 = \sum_{j=1}^3 \varphi_{j3}^2 m_j = \varphi_{13}^2 m_1 + \varphi_{23}^2 m_2 + \varphi_{33}^2 m_3$$

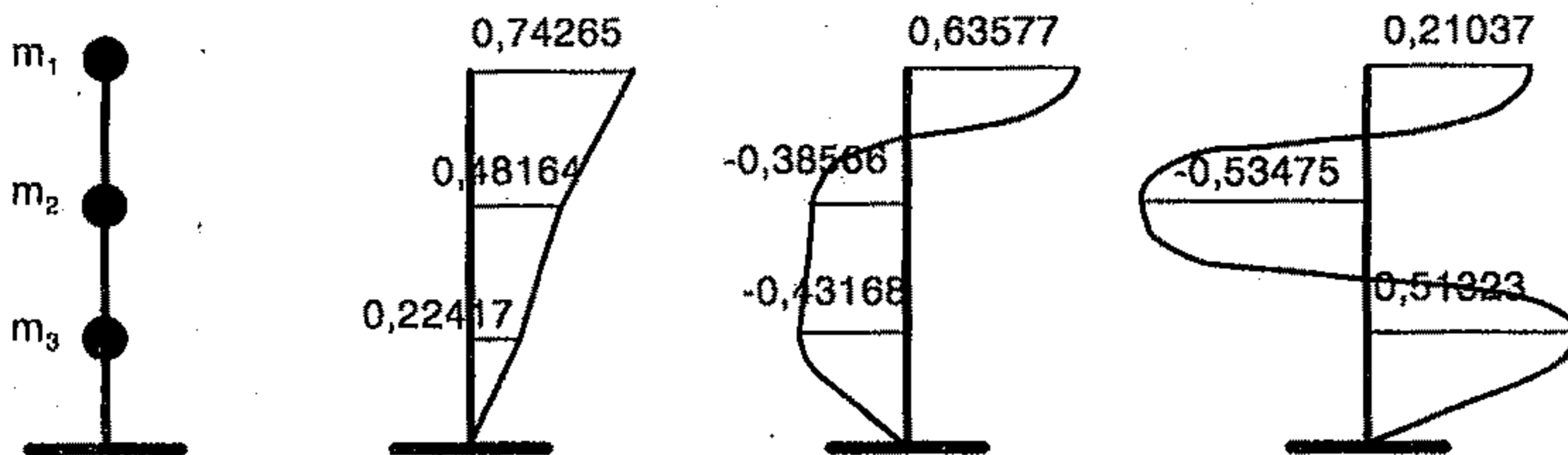
$$\bar{M}_3 = 1^2 \times 1 + (-2,5405)^2 \times 1,5 + 2,4382^2 \times 2 = 22,596$$

Biên độ dao động ứng với dạng dao động thứ  $i$  xác định theo:

$$\{A_{ji}\} = \frac{\varphi_{ji}}{\sqrt{\bar{M}_i}}$$

Ma trận các dạng dao động chính:

$$[A] = \begin{bmatrix} \left\{ \frac{\varphi_{11}}{\sqrt{M_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{12}}{\sqrt{M_2}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{13}}{\sqrt{M_3}} \right\} \\ \left\{ \frac{\varphi_{21}}{\sqrt{M_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{22}}{\sqrt{M_2}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{23}}{\sqrt{M_3}} \right\} \\ \left\{ \frac{\varphi_{31}}{\sqrt{M_1}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{32}}{\sqrt{M_2}} \right\} & \left\{ \frac{\varphi_{33}}{\sqrt{M_3}} \right\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,74265 & 0,63577 & 0,21037 \\ 0,48164 & -0,38566 & -0,53475 \\ 0,22417 & -0,43168 & 0,51323 \end{bmatrix}$$



Hình 3.22 Biên độ dao động ứng với dạng dao động thứ 1, 2, 3

### 3.10.3 Tính chất trực giao của các dạng dao động riêng

Các dạng dao động riêng của hệ hữu hạn bậc tự do có một tính chất đặc biệt đó là tính chất trực giao. Tính chất này rất quan trọng trong việc giải quyết các bài toán dao động cưỡng bức cũng như dao động tự do của hệ hữu hạn bậc tự do.

Phương trình dao động tự do không cản theo:

$$[M]\{\ddot{Y}\} + [K]\{Y_i\} = \{0\} \quad (3.31)$$

từ (3.31) viết lại dưới dạng:

$$[K]\{Y(t)\} = \omega_i^2 [M]\{Y_i(t)\} \quad (3.109)$$

Áp dụng nguyên lý Betti cho hai dạng dao động riêng thứ "i" và thứ "j"

$$\text{Ta có: } (\omega_j^2 - \omega_i^2) \{A_i\}^T [M] \{A_j\} = 0 \quad (3.110)$$

Vì  $\omega_i \neq \omega_j$  nên:

$$\{A_i\}^T [M] \{A_j\} = 0 \quad (3.111)$$

Biểu thức (3.111) biểu thị tính chất trực giao của các dạng chính dao động.

Biểu thức tính chất trực giao còn có thể viết được qua ma trận cứng  $[K]$

$$\{A_i\}^T [K] \{A_j\} = 0 \quad (3.112)$$

**3.10.4 Chuẩn hóa các dạng dao động riêng**

Phương trình (3.110) được viết lại:

$$(\omega_j^2 - \omega_i^2) \{\phi_i\}^T [M] \{\phi_j\} = 0 \quad (3.113)$$

Nếu  $\omega_j = \omega_i$  ( $i = j$ ) thì phương trình trên thỏa mãn khi:

$$\{\phi_i\}^T [M] \{\phi_j\} \neq 0 \text{ ta có thể chọn } \{\phi_i\}^T [M] \{\phi_j\} = 1 \quad (3.114)$$

Dạng dao động riêng thỏa mãn biểu thức (3.114) được gọi là dạng chuẩn, ký hiệu là  $\{\phi_{ch}\}$ . Ta viết lại:

$$\{\phi_i\}_{ch}^T [M] \{\phi_j\}_{ch} = 1 \quad (3.115)$$

Việc đưa các dạng dao động riêng về dạng chuẩn gọi là chuẩn hóa các dạng dao động riêng, để xác định các dạng chuẩn, ta đặt:

$$\{\phi_i\}_{ch} = b_i \{\phi_i\} \quad (3.116)$$

Đưa (3.114) vào (3.113) được  $b_i^2 \{\phi_i\}^T [M] \{\phi_i\} = 1$ , ta được:

$$b_i^2 = \frac{1}{\{\phi_i\}^T [M] \{\phi_i\}} \quad (3.117)$$

Nếu đặt:  $a_i^2 = \{\phi_i\}^T [M] \{\phi_i\}$

Thì:  $b_i = \frac{1}{a_i}$  do đó (3.115)

$$\{\phi_i\}_{ch} = \frac{1}{a_i} \{\phi_i\} \quad (3.118)$$

Khi tất cả các dạng dao động riêng đã được chuẩn hóa thì từ (3.84) ta viết được điều kiện trực chuẩn ở dạng tổng quát sau:

$$[\phi_{ch}^T] [M] [\phi_{ch}] = [E] \quad (3.119)$$

Điều kiện trực chuẩn tổng quát còn viết được với ma trận cứng như sau:

$$\{\phi_i\}^T [K] \{\phi_i\} = \omega_i^2 \{\phi_i\}^T [M] \{\phi_i\} \quad (3.120)$$

Khi dạng dao động riêng đã được chuẩn hóa thì biểu thức trên có dạng:

$$\{\phi_i\}_{ch}^T [K] \{\phi_i\}_{ch} = \omega_i^2 \quad (3.121)$$

Biểu thức (3.121) viết đối với tất cả các dạng chuẩn:

$$\{\phi_{ch}\}^T [K] \{\phi_{ch}\} = [\Omega] \quad (3.122)$$

trong đó:  $[\Omega] = \text{diag}(\omega_i^2) = \begin{bmatrix} \omega_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \omega_2^2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \omega_n^2 \end{bmatrix} \quad (3.123)$

**Ví dụ 3.8** Một cao ốc văn phòng cao tầng bằng BTCT có:

Cho biết:  $m_1 = 62500t$ ,  $m_2 = 2 \times 62500t$ ,  $E_b = 2,9 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$ ,  $J = 76,2552 \text{ m}^4$ ,  $H = 50 \text{ m}$ .

Tính tần số dao động riêng, chu kỳ dao động riêng

- Xác định các dạng dao động riêng, ma trận các dạng dao động chính
- Kiểm tra điều kiện trực giao của các dạng dao động riêng

**Giải**

Tính tần số dao động riêng và dạng dao động.

Ma trận khối lượng:

$$[M] = 62500 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Tính các hệ số  $\delta_{ij}$  bằng phương pháp nhân biểu đồ

$$\delta_{11} = \bar{M}_1 \bar{M}_1 = \frac{H^3}{3EJ} = 18,84 \cdot 10^{-6}$$

$$\delta_{22} = \bar{M}_2 \bar{M}_2 = \frac{H^3}{24EJ} = 2,355 \cdot 10^{-6}$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \bar{M}_1 \bar{M}_2 = \frac{5H^3}{48EJ} = 5,888 \cdot 10^{-6}$$

Ma trận mềm:  $[F] = 10^{-6} \begin{bmatrix} 18,84 & 5,888 \\ 5,888 & 2,355 \end{bmatrix}$

Phương trình xác định tần số riêng:

$$B\omega_i^4 - A\omega_i^2 + 1 = 0 \tag{3.101}$$

trong đó:  $A = m_1\delta_{11} + m_2\delta_{22} = 1,472$

$$B = m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2) = 0,076$$

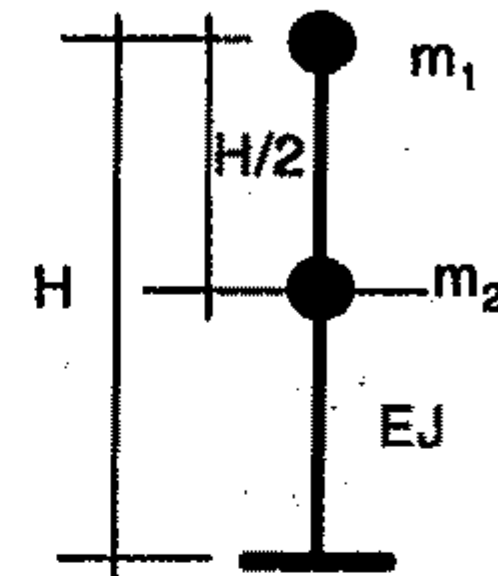
Nghiệm của (3.101) bằng:

$$\omega_1 = 0,84 \text{ (rad/sec)} \quad \text{hay } f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = 0,134 \text{ (Hz)}$$

$$\omega_2 = 4,325 \text{ (rad/sec)} \quad \text{hay } f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = 0,688 \text{ (Hz)}$$

Xác định dạng dao động:

$$[B_i] = \left( [F][M] - \frac{1}{\omega_i^2} [E] \right)$$



Hình 3.23

Với  $\omega_1 = 0,84$  (rad/sec) ta có:

$$[B_1] = [F][M] - \frac{1}{\omega_1^2}[E]$$

$$\{\phi_1^*\} = -\{B_{11}^i\}^{-1}\{B_1^i\} = -(\delta_{22}m_2\omega_1^2 - 1) \times (\delta_{12}m_1\omega_1^2) = 0,328$$

Dạng dao động thứ 1:

$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,328 \end{Bmatrix}$$

Với  $\omega_2 = 4,325$ (rad/sec) ta có:

$$[B_2] = [F][M] - \frac{1}{\omega_2^2}[E]$$

$$\{\phi_2^*\} = -\{B_{22}^i\}^{-1}\{B_2^i\} = -(\delta_{22}m_2\omega_2^2 - 1) \times (\delta_{11}m_1\omega_2^2) = -1,529$$

Dạng dao động thứ 2:

$$\{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,529 \end{Bmatrix}$$

Ma trận các dạng dao động:

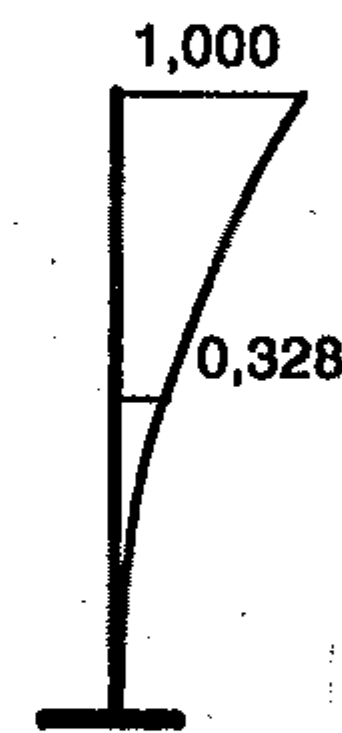
$$\{\phi_i\} = \begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ 0,327 & -1,527 \end{Bmatrix}$$

Kiểm tra điều kiện trực giao các dạng dao động:

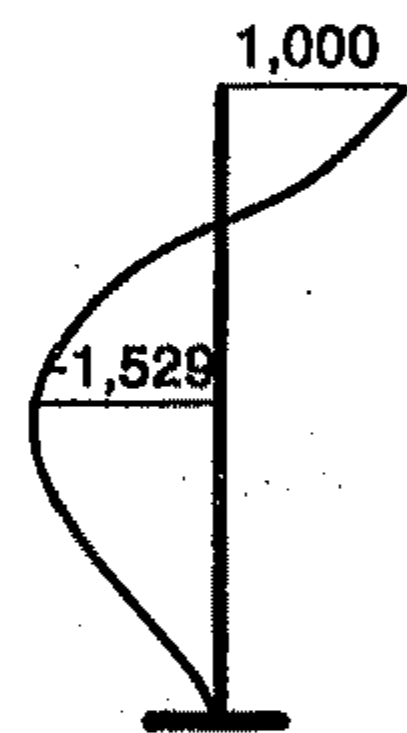
$$\{\phi_1\}^T [M] \{\phi_2\} = 0$$

$$\{1 \quad 0,327\} 62500 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,527 \end{Bmatrix} \approx 0$$

Vậy điều kiện trực giao thỏa.



Dao động thứ 1



Dao động thứ 2

**Ví dụ 3.9** Từ kết quả của ví dụ 3.3 ta có:

$$[M] = 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}; [\phi] = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0,328 & -1,529 \end{bmatrix}$$

Hãy chuẩn hóa các dạng dao động.

**Giải** Tính các hệ số:

$$a_1^2 = \{\phi_1\}^T [M] \{\phi_1\} = \{1 \quad 0,328\} 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,328 \end{Bmatrix} = 6076$$

$$a_1 = 77,948$$

$$a_2^2 = \{\varphi_2\}^T [M] \{\varphi_2\} = \{1 \quad -1,529\} 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,529 \end{Bmatrix} = 28838$$

$$a_2 = 168,459$$

Chuẩn hóa các dạng dao động:

$$\{\varphi_1\}_{\text{ch}} = \frac{1}{a_1} \{\varphi_1\} = \frac{1}{77,948} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0,328 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0,013 \\ 0,004208 \end{Bmatrix}$$

$$\{\varphi_2\}_{\text{ch}} = \frac{1}{a_2} \{\varphi_2\} = \frac{1}{168,459} \begin{Bmatrix} 1 \\ -1,529 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0,005936 \\ -0,009076 \end{Bmatrix}$$

Các dạng dao động riêng đã được chuẩn hóa:

$$[\varphi_{\text{ch}}] = \begin{bmatrix} 0,013 & 0,005936 \\ 0,004208 & -0,009076 \end{bmatrix}$$

Ta có:

$$[\varphi_{\text{ch}}]^T = \begin{bmatrix} 0,013 & 0,004208 \\ 0,005936 & -0,009076 \end{bmatrix}$$

Kiểm tra:

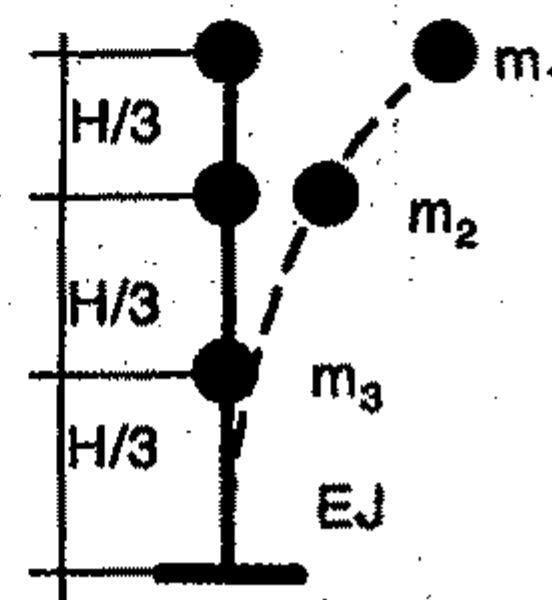
$$\begin{aligned} [\varphi_{\text{ch}}^T] [M] [\varphi_{\text{ch}}] &= \begin{bmatrix} 0,013 & 0,005936 \\ 0,004208 & -0,009076 \end{bmatrix} 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,013 & 0,004208 \\ 0,005936 & -0,009076 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1,022 & 0,0039 \\ 0,0039 & 1 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = [E] \end{aligned}$$

$$[\varphi_{\text{ch}}^T] [M] [\varphi_{\text{ch}}] = 1 \text{ đã được chuẩn hóa.}$$

**Ví dụ 3.10** Một công trình nhà cao tầng có mô hình tính là một thanh conson có 3 khối lượng tập trung  $m_1, m_2, m_3$ . Cho biết ma trận khối lượng  $M$  và biên độ dao động (véc tơ riêng)  $A$ . Hãy kiểm tra véc tơ riêng đã được chuẩn hóa chưa.

$$M = 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ t}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0,012354 & -0,006417 & 0,002489 \\ 0,006605 & 0,009613 & -0,007998 \\ 0,001937 & 0,008149 & 0,011397 \end{bmatrix}$$



Hình 3.24

**Giải**

Ta có: 
$$A^T = \begin{bmatrix} 0,012354 & 0,006605 & 0,001937 \\ -0,006417 & 0,009613 & 0,008149 \\ 0,002489 & -0,007998 & 0,011397 \end{bmatrix}$$

Kiểm tra theo:

$$\begin{aligned} [A^T] \cdot [M] \cdot [A] &= \\ \begin{bmatrix} 0,012354 & 0,006605 & 0,001937 \\ -0,006417 & 0,009613 & 0,008149 \\ 0,002489 & -0,007998 & 0,011397 \end{bmatrix} 5000 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0,012354 & -0,006417 & 0,002489 \\ 0,006605 & 0,009613 & -0,007998 \\ 0,001937 & 0,008149 & 0,011397 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0,0000143 & -0,0000278 \\ 0,0000143 & 1 & 0,00000584 \\ -0,0000278 & 0,00000584 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$[A^T] \cdot [M] \cdot [A] = 1$  đã được chuẩn hóa.

### 3.10.5 Xác định tần số dao động riêng đối với công trình có n khối lượng tập trung

Việc tính các tần số dao động riêng sẽ gặp nhiều khó khăn, do đó có thể tính gần đúng các tần số dao động riêng bằng cách chọn mô hình tính toán là một thanh conson có khối lượng phân bố đều m, độ cứng EJ không đổi.

Các tần số dao động riêng được xác định theo:

$$f_i = \frac{\alpha_i^2}{2\pi H^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} \quad (3.124)$$

Các tung độ của ba dạng đầu tiên xác định theo:

$$y_{ji} = \sin \alpha_i \xi_j^* - \text{sh} \alpha_i \xi_j^* - B_i (\cos \alpha_i \xi_j^* - \text{ch} \alpha_i \xi_j^*) \quad (3.125)$$

$$\alpha_1 = 1,875; B_1 = 1,635$$

$$\alpha_2 = 4,694; B_2 = 0,980 \quad (3.126)$$

$$\alpha_3 = 7,860; B_3 = 1,000$$

$$\xi_j^* = \frac{h_j}{H} \quad (3.127)$$

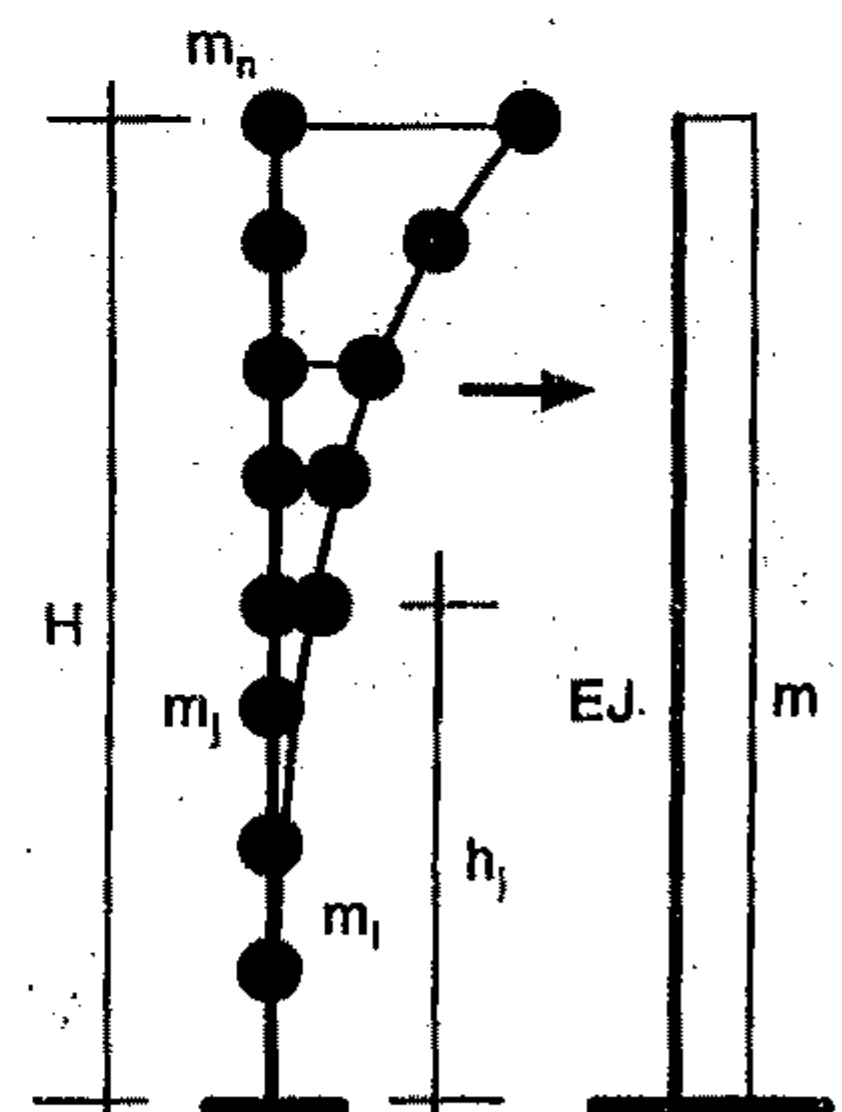
trong đó:  $f_i$  - tần số dao động riêng thứ i ( $H_2$ )

$m = \frac{q}{g}$  - khối lượng phân bố theo chiều cao công trình (t)

EJ - độ cứng chống uốn ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$h_j$  - chiều cao của điểm khối lượng thứ j (m)

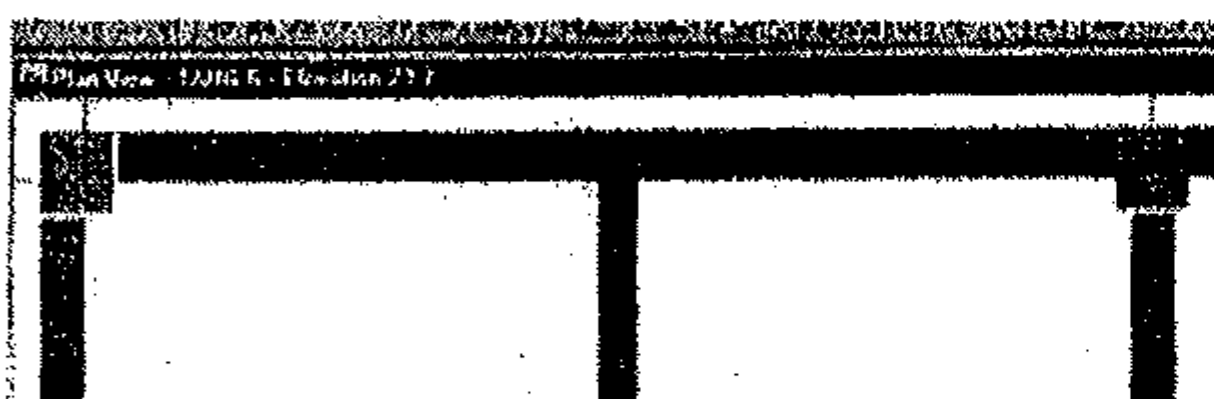
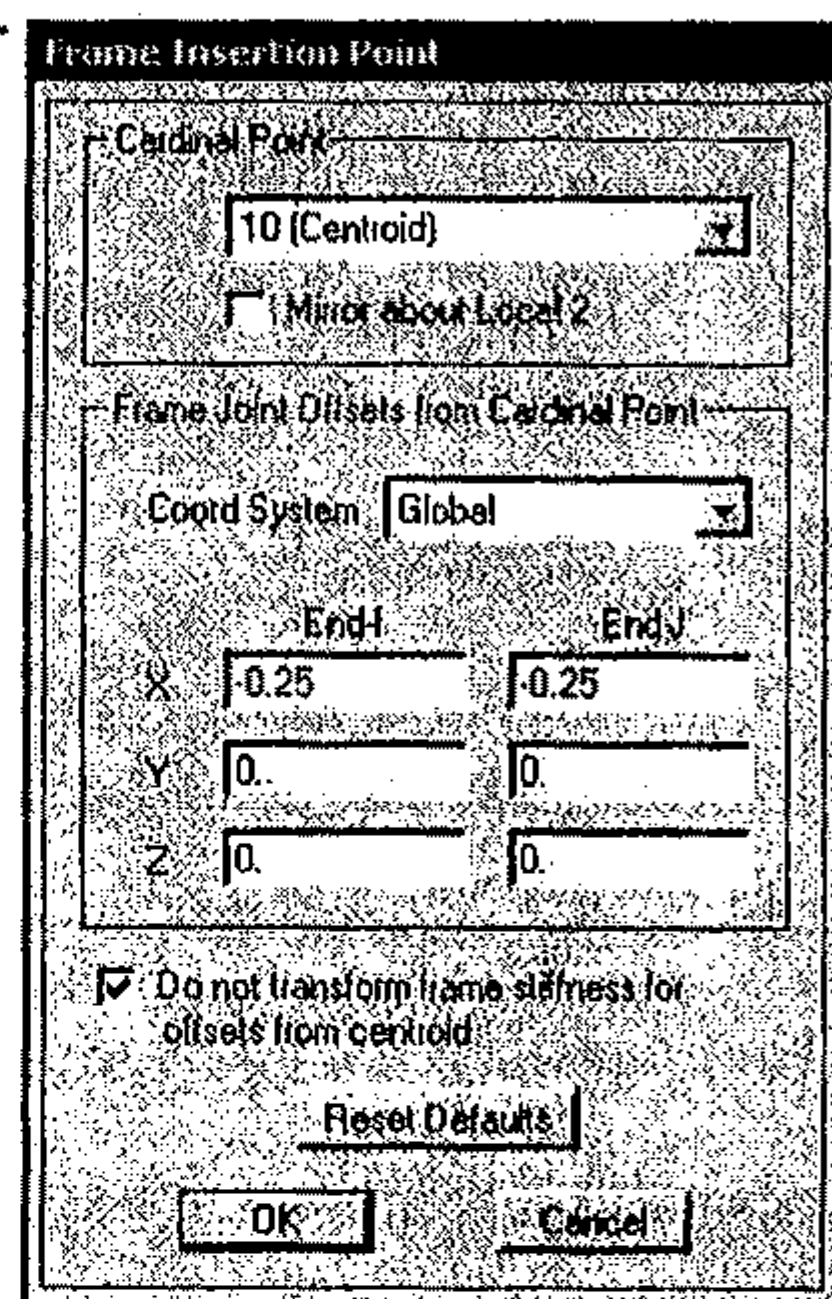
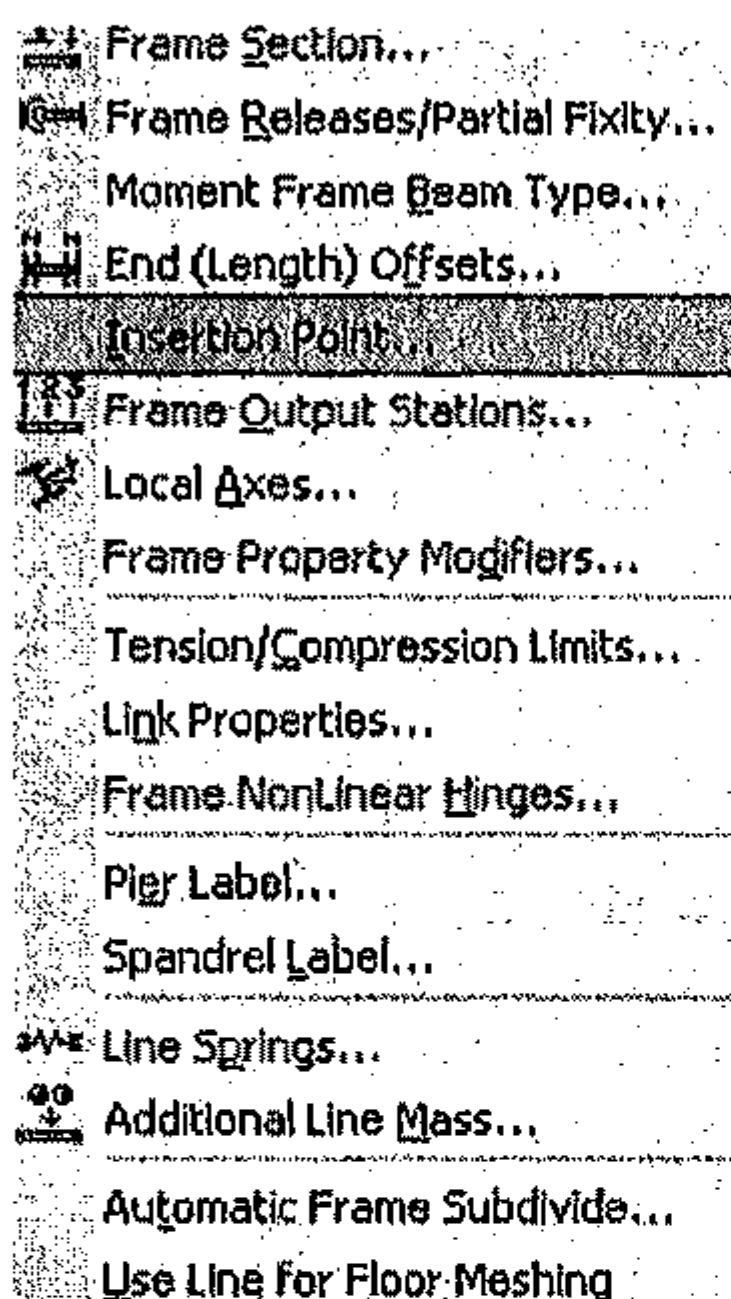
H - chiều cao toàn bộ ngôi nhà (m)



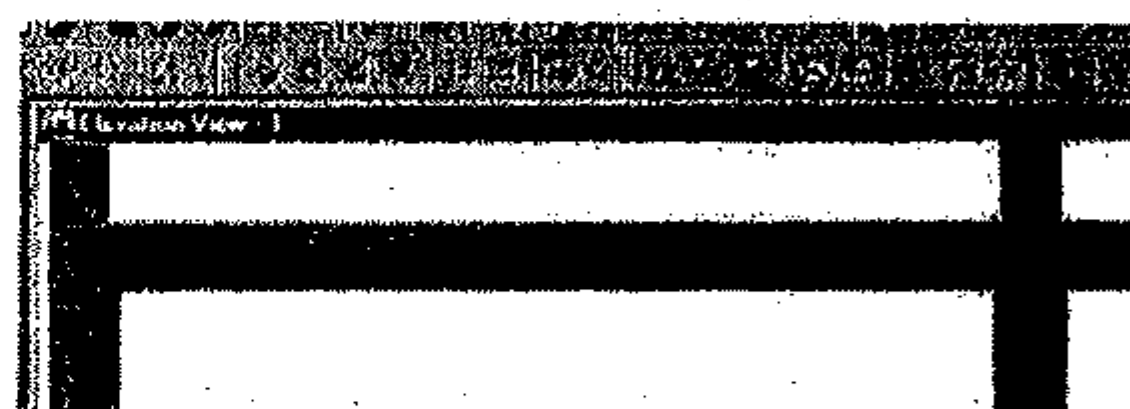
Hình 3.25 Mô hình tính toán thanh conson mang khối lượng phân bố đều

### 3.11 ĐIỀU CHỈNH MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

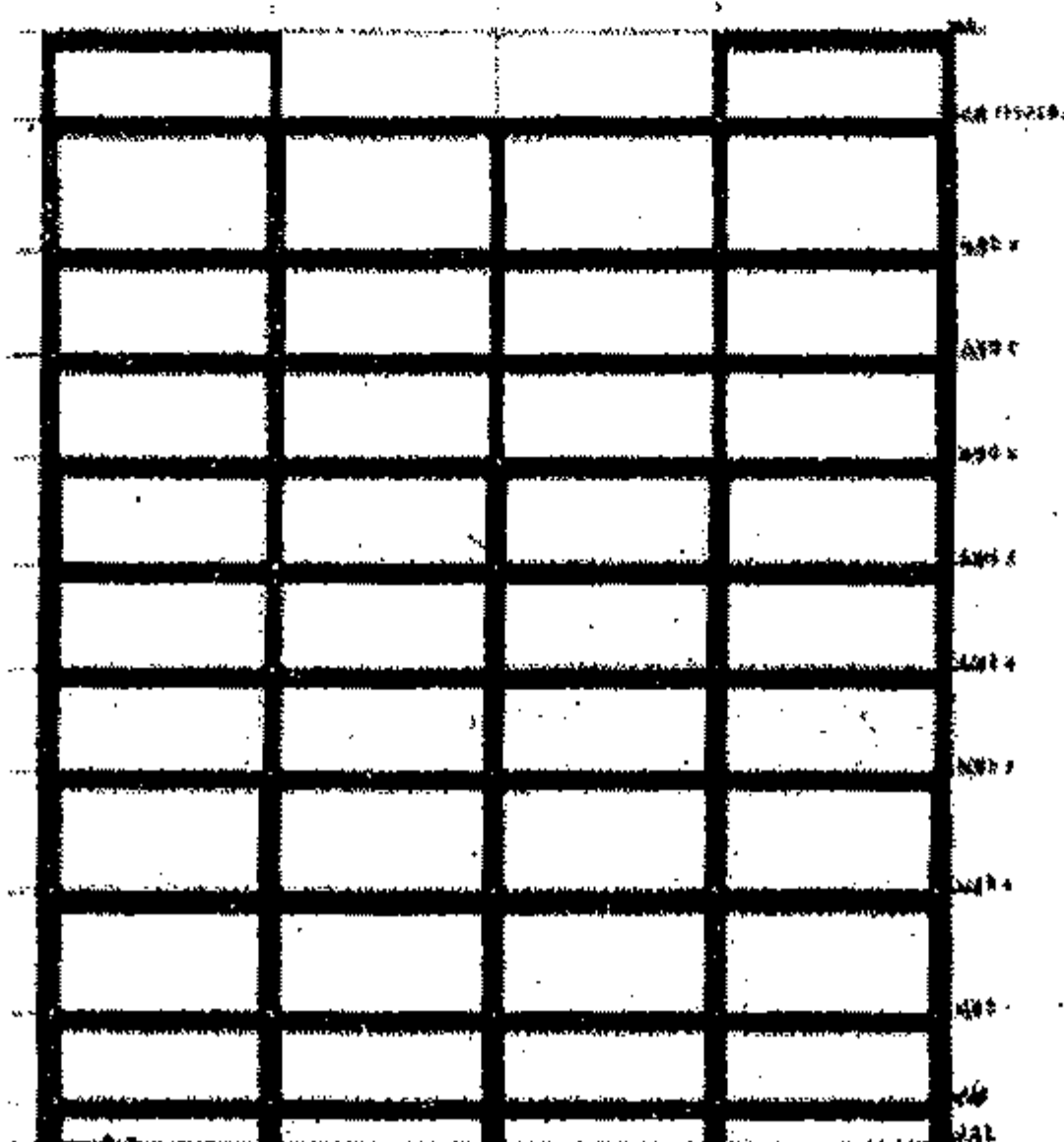
Khi lập mô hình, mặc định các trục cột đều đồng trục, trục dầm trùng với trục cột. Trong thực tế, trục các cột có thể không trùng nhau: cột lệch trục, trục dầm không trùng với trục cột. Để mô hình tính toán phù hợp với mô hình thật do đó ta phải điều chỉnh trục cột và trục dầm lại cho đúng. Trong Etabs có công cụ để phục vụ cho yêu cầu này: **Assign** → **Frame/Line** → **Insertion Points** → chọn các thông số Cardinal Point từ 1 → 11, chú ý là không đánh dấu vào ô: *Do not transform frame stiffness for offsets from centroid*



Hình 2.26 Điều chỉnh các dầm biên



Hình 2.27 Điều chỉnh các cột biên



Hình 3.28 Điều chỉnh các cột biên của khung



### 3.12 XÁC ĐỊNH TẦN SỐ DAO ĐỘNG BẰNG CÁC PHẦN MỀM SAP, ETABS

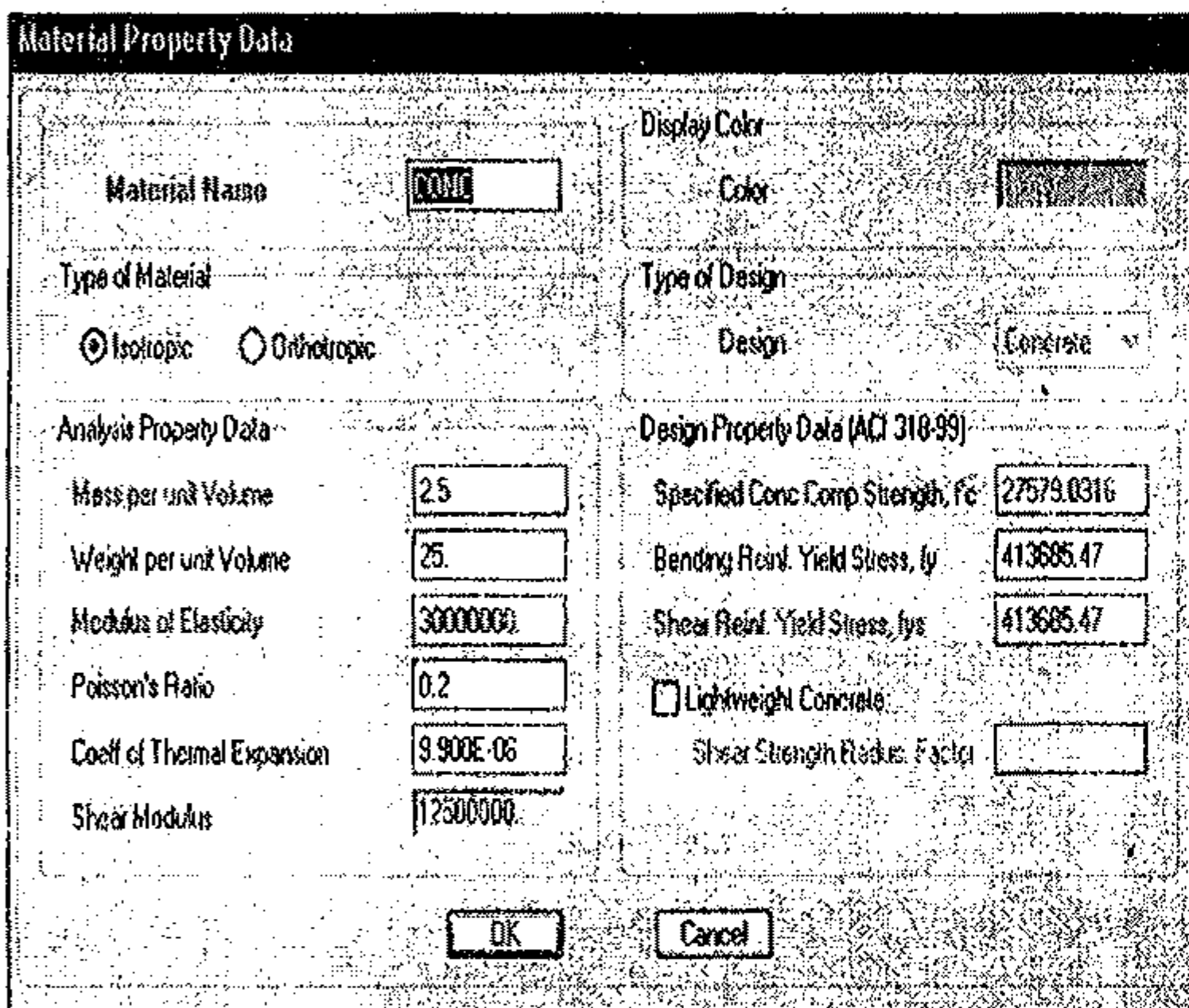
Đối với nhà nhiều tầng, việc xác định tần số dao động riêng đối với công trình có n khối lượng tập trung rất khó khăn, chỉ có thể tính nhờ vào các phần mềm với hỗ trợ của máy tính.

**Trình tự khai báo trong ETABS để tính tần số dao động:**

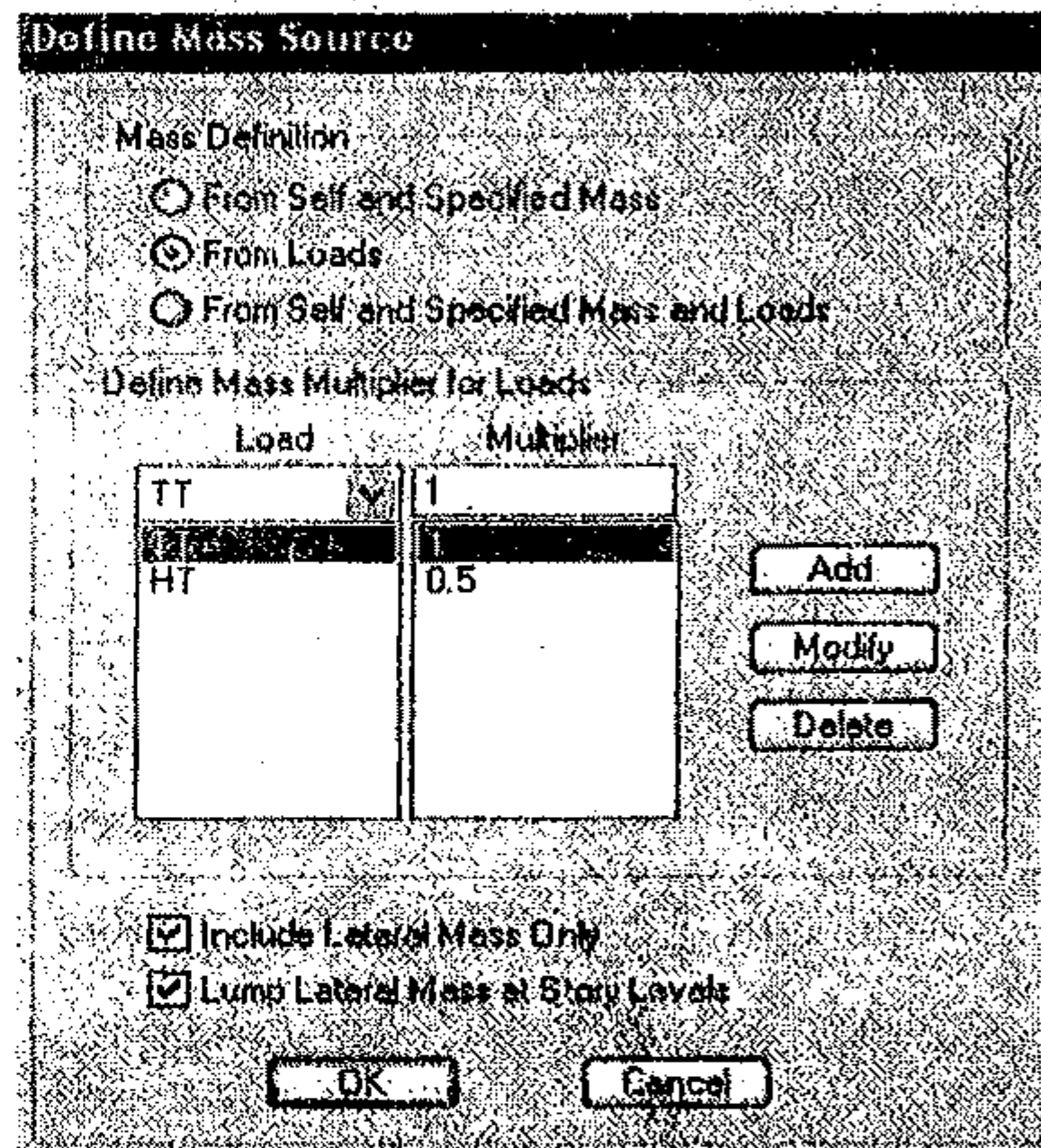
Trình tự thực hiện:

Hộp thoại **Define**→**Material Properties**: Giá trị khối lượng riêng của bê tông (Mass per unit Volume) = 2,5 (tấn/m<sup>3</sup>).

Hộp thoại **Define**→ **Mass source**: Ngoài giá trị tĩnh tải - trọng lượng bản thân kết cấu chịu lực và tải trọng các lớp cấu tạo, trong bài toán động, ta xét thêm ảnh hưởng của 50% giá trị hoạt tải.



Hộp thoại Material Property

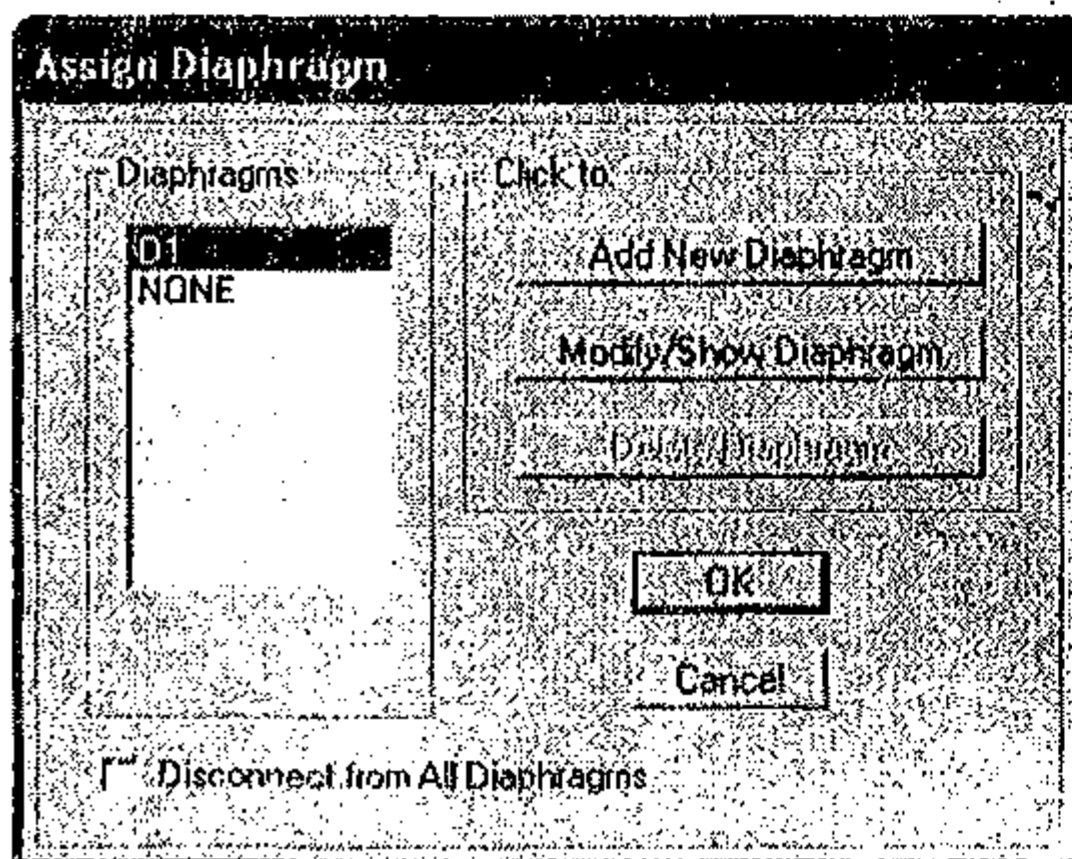


Hộp thoại Mass Source

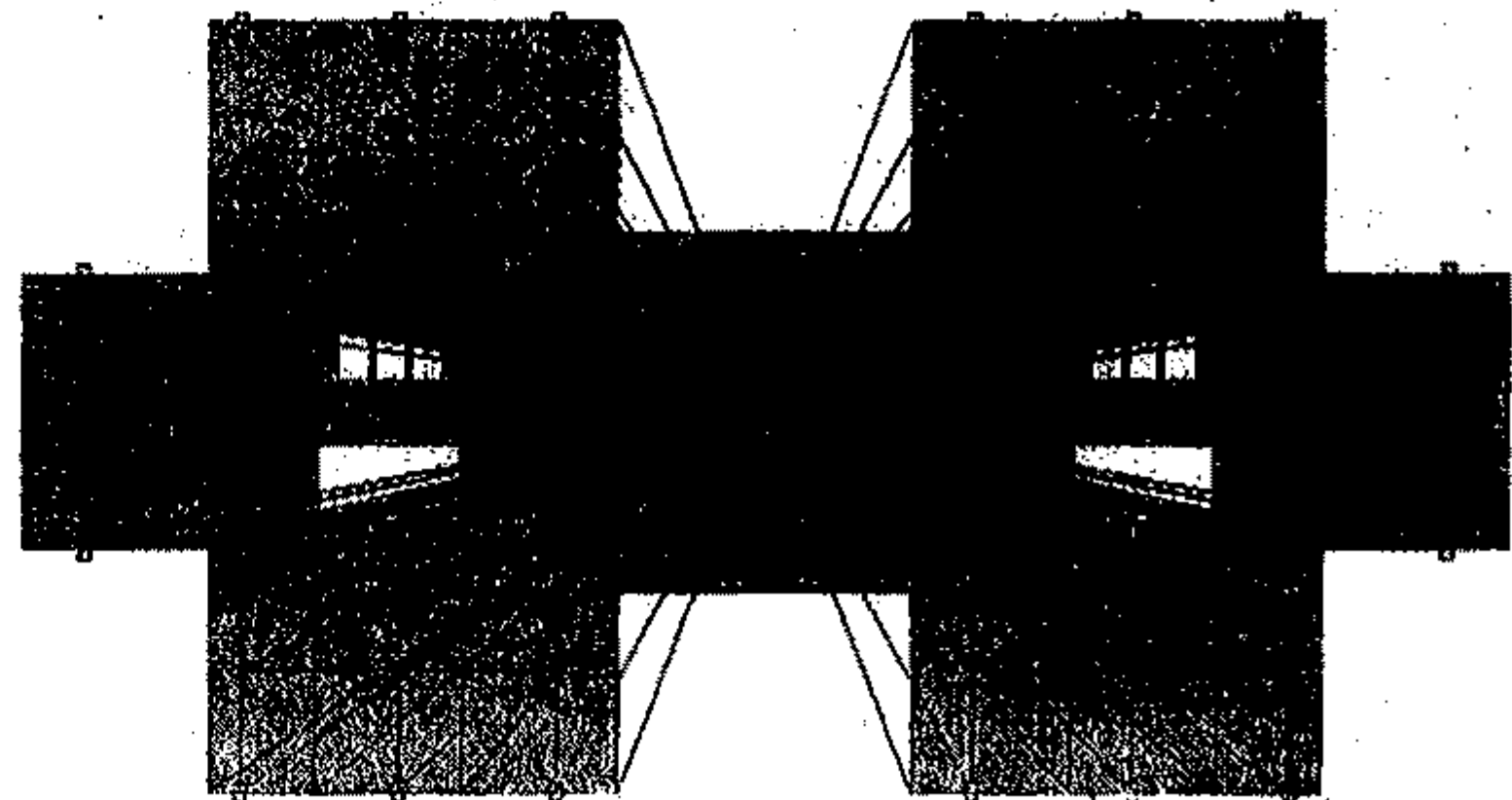
Hình 3.29

Khai báo sàn tuyệt đối cứng: Chọn tất cả các sàn

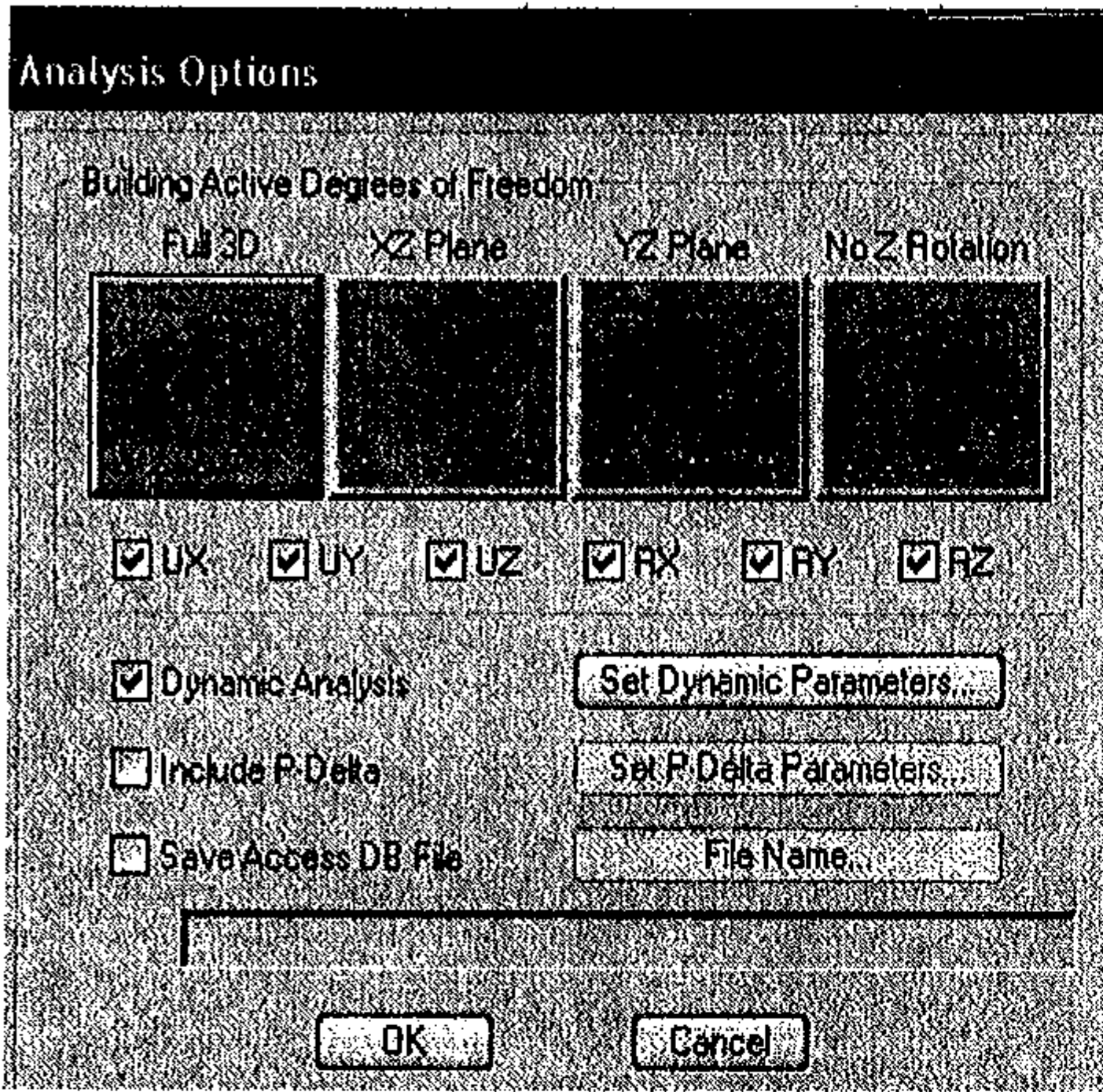
Hộp thoại **Assign** → **Shell/ Area** → **Rigid Diaphragm**



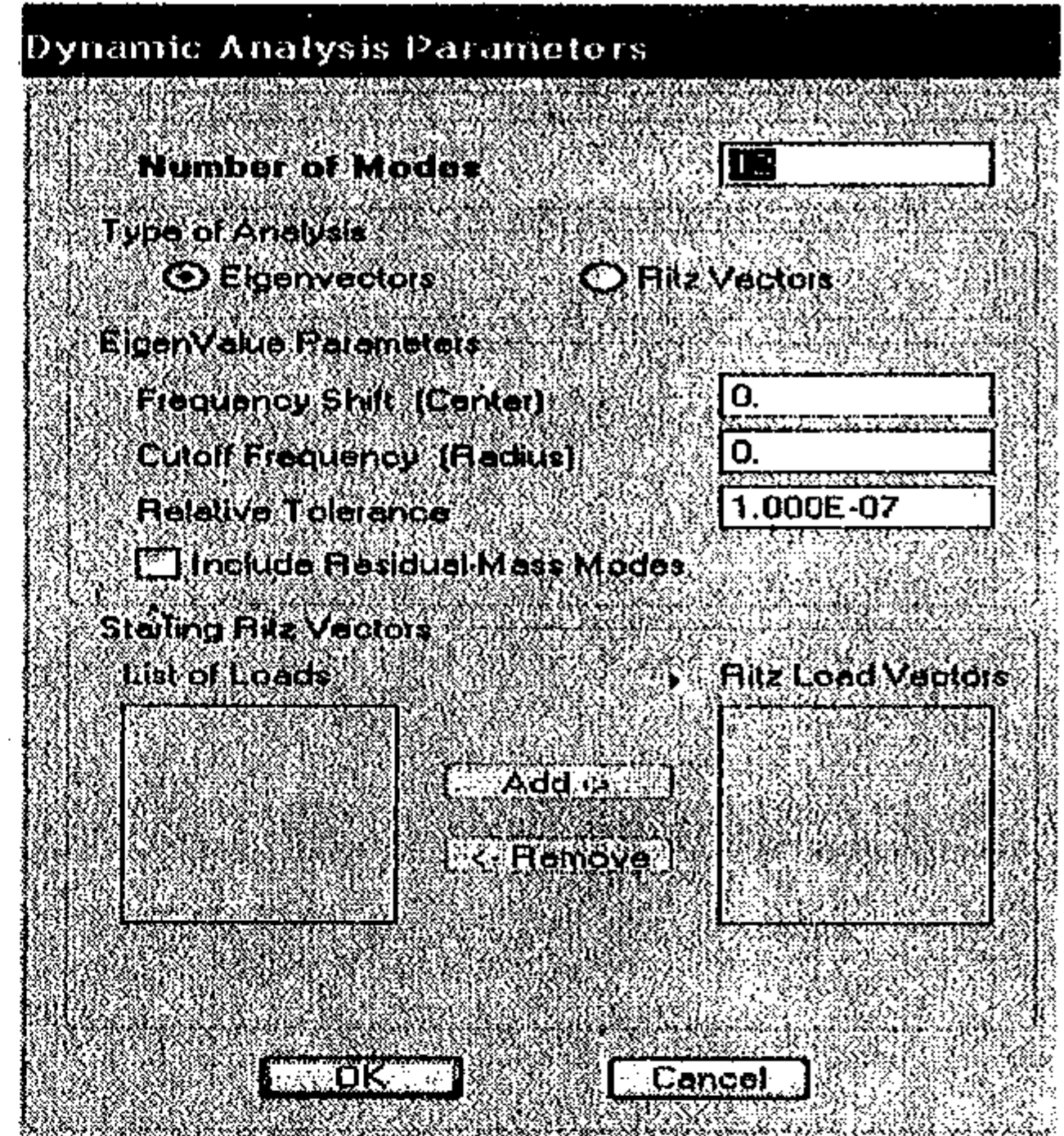
Hộp thoại Assign Diaphragm



Hình 3.30



Hộp thoại Dynamic Analysis



Hộp thoại Dynamic Analysis

Hình 3.31

Tra tần số dao động riêng và phần trăm dao động theo các phương trong Modal Information, Modal participating Mass ratio.

- Trong đó: Period là chu kỳ dao động riêng (T)

UX,UY,UZ là giá trị vector riêng dao động theo các phương.

Modal Participating Mass Ratios

Edit View

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	2.704183	46.9592	0.0001	0.0000	46.9592	0.0001	0.0000	0.0001
2	2.482488	12.6426	0.0076	0.0000	59.6018	0.0077	0.0000	0.0123
3	2.331555	0.0011	61.3197	0.0000	59.6029	61.3214	0.0000	98.0059
4	0.696155	16.3086	0.0000	0.0000	76.9114	61.3214	0.0000	0.0000
5	0.678830	0.2139	0.0003	0.0000	76.1253	61.3217	0.0000	0.0000
6	0.636245	0.0000	15.7826	0.0000	76.1253	77.1049	0.0000	1.1878
7	0.321182	0.0447	0.0000	0.0000	76.1700	77.1049	0.0000	0.0000
8	0.303927	5.9038	0.0000	0.0000	82.0740	77.1043	0.0000	0.0000
9	0.293157	0.0000	5.3129	0.0000	82.0740	82.4172	0.0000	0.4258
10	0.198449	0.0030	0.0000	0.0000	82.0770	82.4172	0.0000	0.0000
11	0.193581	0.0000	0.0802	0.0000	82.0770	82.4974	0.0000	0.0014
12	0.186550	2.8211	0.0000	0.0000	84.8981	82.4974	0.0000	0.0000

Hình 3.32

- Tra Mass X, Mass Y (khối lượng để tính toán gió động cho mỗi tầng) trong Building Output, Center mass Rigidity

Center Mass Rigidity

Edit View

Center Mass Rigidity

	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
▶	44.382	26.833	3207.9795	3207.9795	44.382	26.833	44.328	29.306
	44.386	26.826	7320.3939	7320.3939	44.384	26.829	44.331	29.420
	44.386	26.826	11349.1162	11349.1162	44.385	26.828	44.333	29.510
	44.386	26.826	15377.8384	15377.8384	44.385	26.828	44.336	29.595
	44.386	26.826	19406.5607	19406.5607	44.385	26.827	44.339	29.679
	44.386	26.826	23435.2829	23435.2829	44.385	26.827	44.342	29.761
	44.386	26.826	27464.0052	27464.0052	44.385	26.827	44.345	29.840
	44.386	26.826	31492.7274	31492.7274	44.386	26.827	44.348	29.914
	44.386	26.826	35521.4497	35521.4497	44.386	26.827	44.351	29.980
	44.386	26.826	39550.1719	39550.1719	44.386	26.827	44.355	30.035
	44.388	29.105	44546.8676	44546.8676	44.386	27.082	44.358	30.074
	44.390	29.552	49795.2943	49795.2943	44.386	27.343	44.361	30.118
	44.390	29.552	55043.7209	55043.7209	44.387	27.553	44.364	30.168
	44.390	29.552	60292.1476	60292.1476	44.387	27.727	44.368	30.213
	44.390	29.552	65540.5743	65540.5743	44.387	27.873	44.371	30.247

Hình 3.33

Chú thích: XCM, YCM: Tọa độ tâm khối lượng  
 XCCM, YCCM: Tọa độ tâm hình học  
 XCR, YCR: Tọa độ tâm cứng  
 MassX, MassY: Khối lượng

- Tra các giá trị vector riêng trong Modal Information, Building Mode ứng với từng dạng dao động:

Building Modes

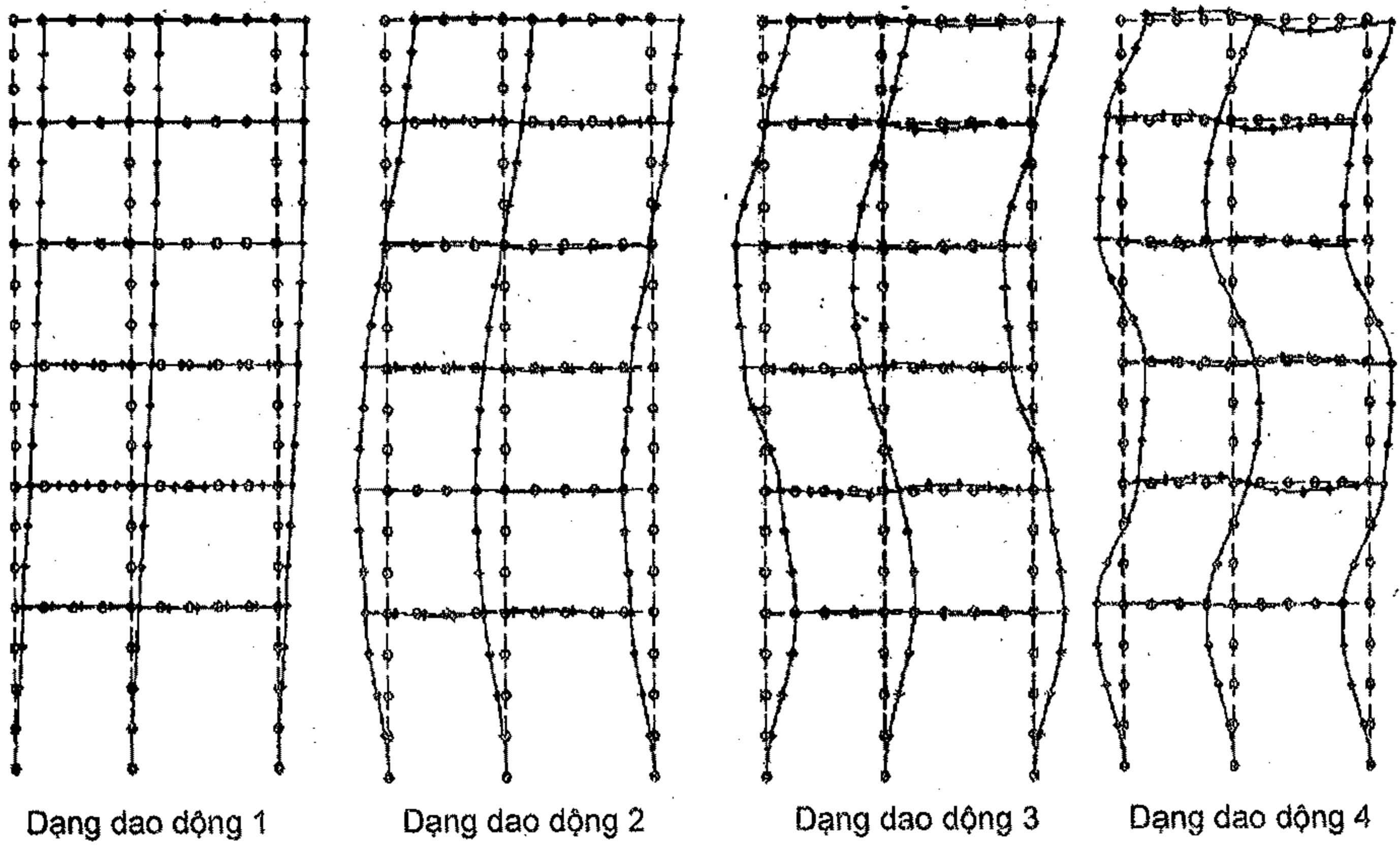
Edit View

Building Modes

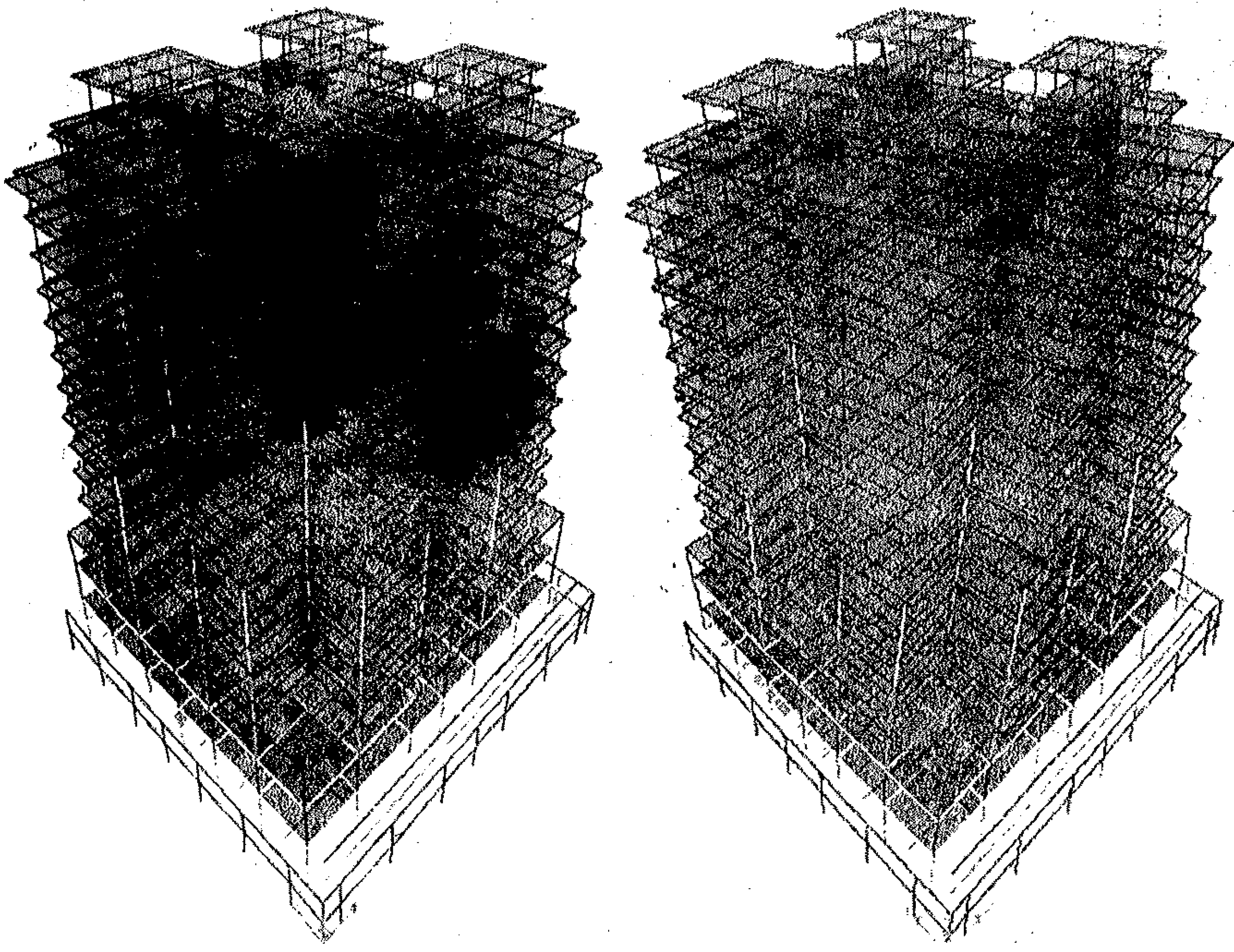
	Story	Diaphragm	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
▶	STORY24	D1	1	0.0053	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007
	STORY23	D1	1	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007
	STORY22	D1	1	0.0047	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
	STORY21	D1	1	0.0045	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
	STORY20	D1	1	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
	STORY19	D1	1	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
	STORY18	D1	1	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
	STORY17	D1	1	0.0034	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	STORY16	D1	1	0.0031	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	STORY15	D1	1	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	STORY14	D1	1	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	STORY13	D1	1	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	STORY12	D1	1	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	STORY11	D1	1	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	STORY10	D1	1	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	STORY9	D1	1	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005

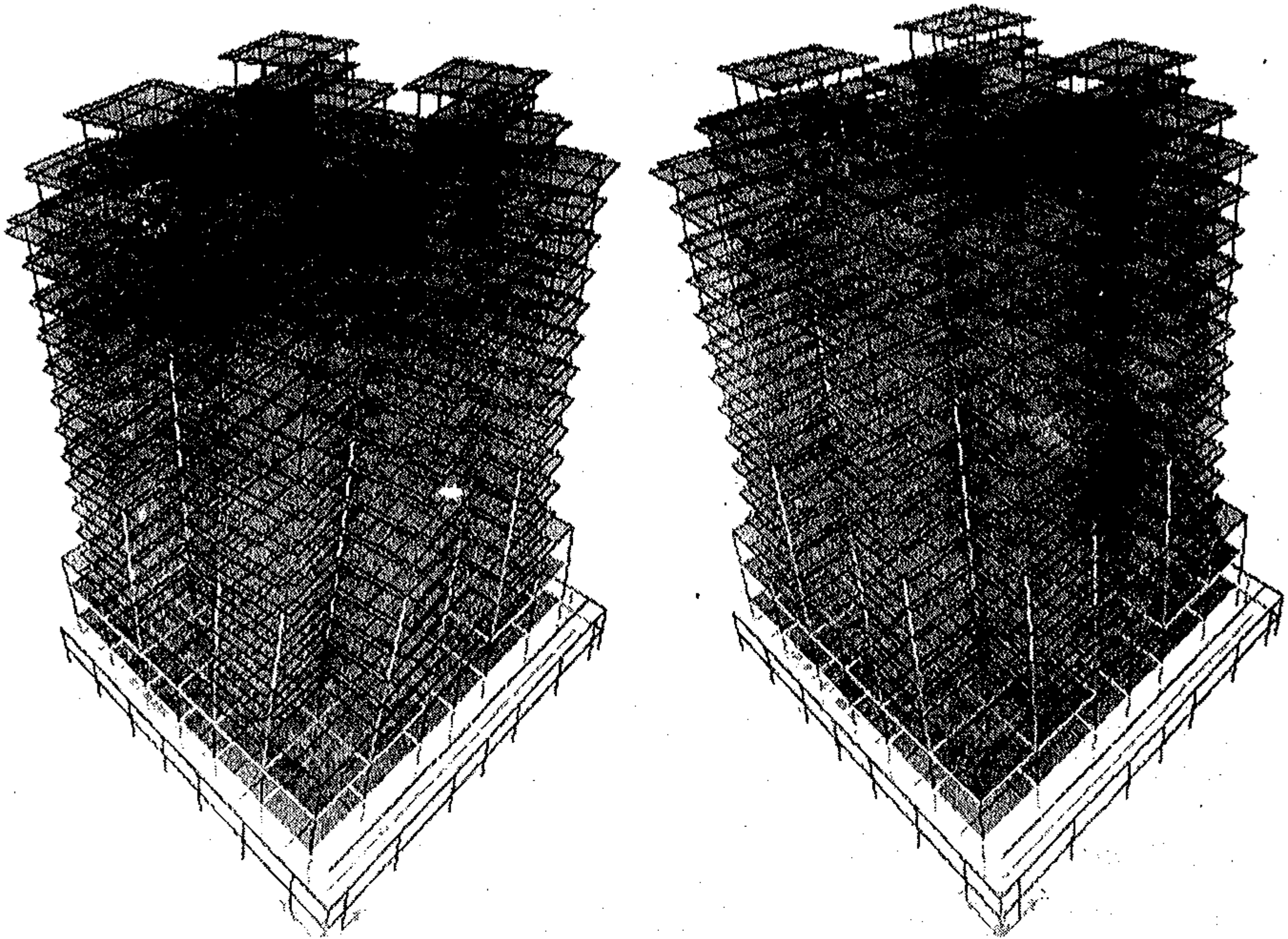
Hình 3.34

Một số dạng dao động



Hình 3.35 Các dạng dao động của khung phẳng





Hình 3.36 Các dạng dao động của khung không gian

### 3.13 TẢI TRỌNG GIÓ [2],[3]



Hình 3.37

Tải trọng gió tác dụng lên công trình gồm hai thành phần tĩnh và thành phần động.

Giá trị và phương tính toán của tải gió được xác định theo tiêu chuẩn tải trọng và tác động TCVN 2737-1995.

Thành phần động chỉ xét đến khi công trình có chiều cao lớn hơn 40m.

### 3.13.1 Gió tĩnh: đối với công trình có chiều cao nhỏ hơn 40m.

Giá trị thành phần tĩnh của gió phải xác định cho phù hợp với mô hình tính toán và vị trí đặt tải gió, có các trường hợp sau:

#### a) Mô hình tính toán là khung không gian (không có sàn):

Tải trọng gió tác dụng lên cột khung:

+ Gió đẩy: cường độ tính toán gió đẩy:

$$W_1 = W_0 \cdot k \cdot c \cdot n \cdot B \quad (\text{daN/m}) \quad (3.128)$$

trong đó:  $W_0$  - giá trị áp lực gió tiêu chuẩn lấy theo bản đồ phân vùng theo địa danh hành chính (TCVN 2737-2995).

**Bảng 3.2** Giá trị áp lực gió tiêu chuẩn lấy theo bản đồ phân vùng trên lãnh thổ VN

Vùng áp lực gió	I	II	III	IV	V
$w_0$ (daN/m <sup>2</sup> )	65	95	125	155	185

trong đó: k- hệ số xét đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao

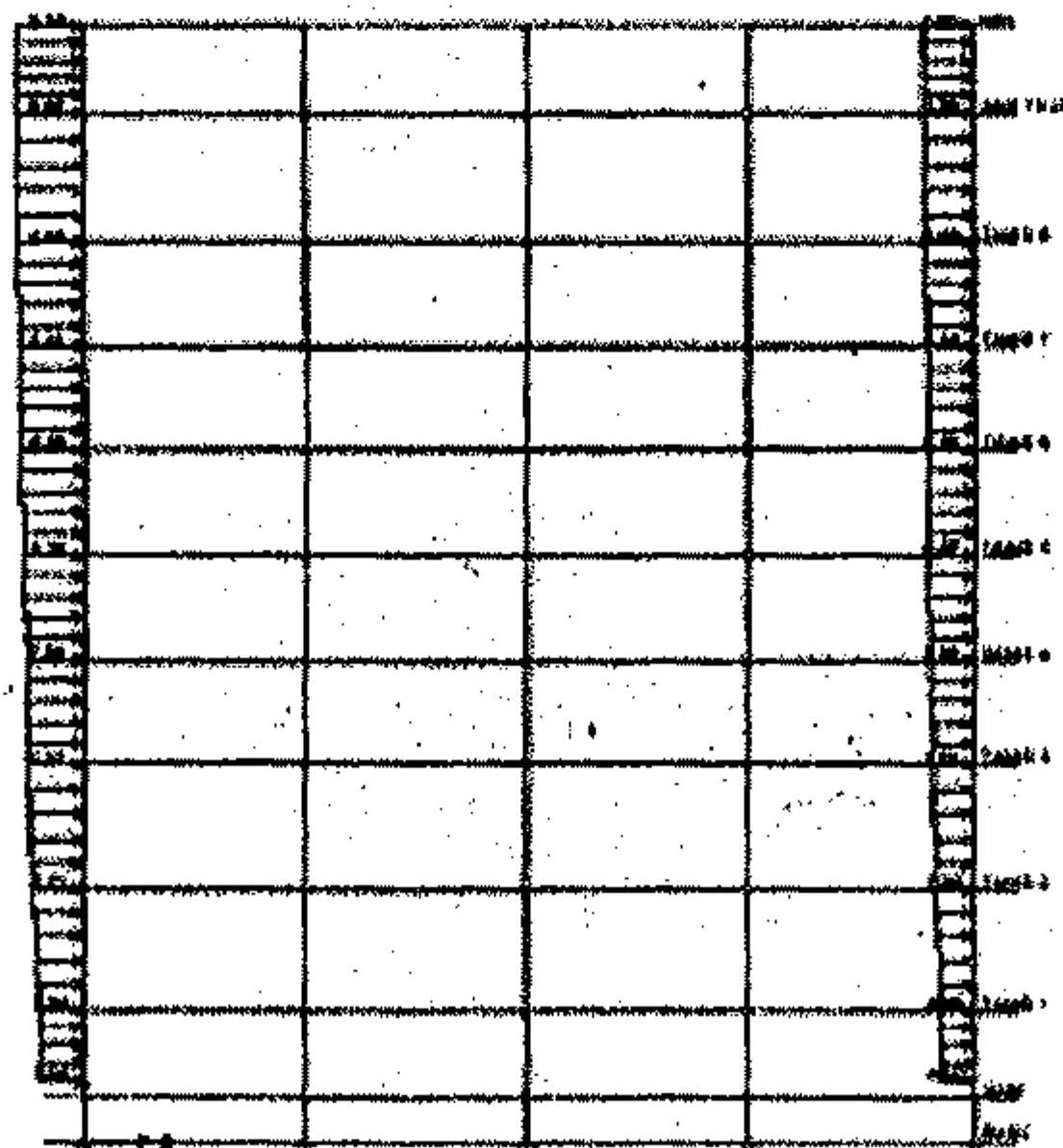
n - hệ số tin cậy

c - hệ số khí động phụ thuộc vào hình dáng công trình

B - bề rộng đón gió của cột khung đang xét.

+ Gió hút: cường độ tính toán gió hút:

$$W_2 = W_0 \cdot k \cdot c' \cdot n \cdot B \quad (\text{daN/m}) \quad (3.129)$$



**Hình 3.38** Tải trọng gió tác dụng lên cột khung

b) Mô hình tính toán là khung không gian có sàn (khung sàn kết hợp)

Tải trọng gió tác dụng lên dầm sàn mỗi tầng:

+ Gió đẩy: cường độ tính toán gió đẩy:

$$W_1 = W_0 \cdot k \cdot c \cdot n \cdot h \quad (\text{daN/m}) \quad (3.130)$$

+ Gió hút: cường độ tính toán gió hút:

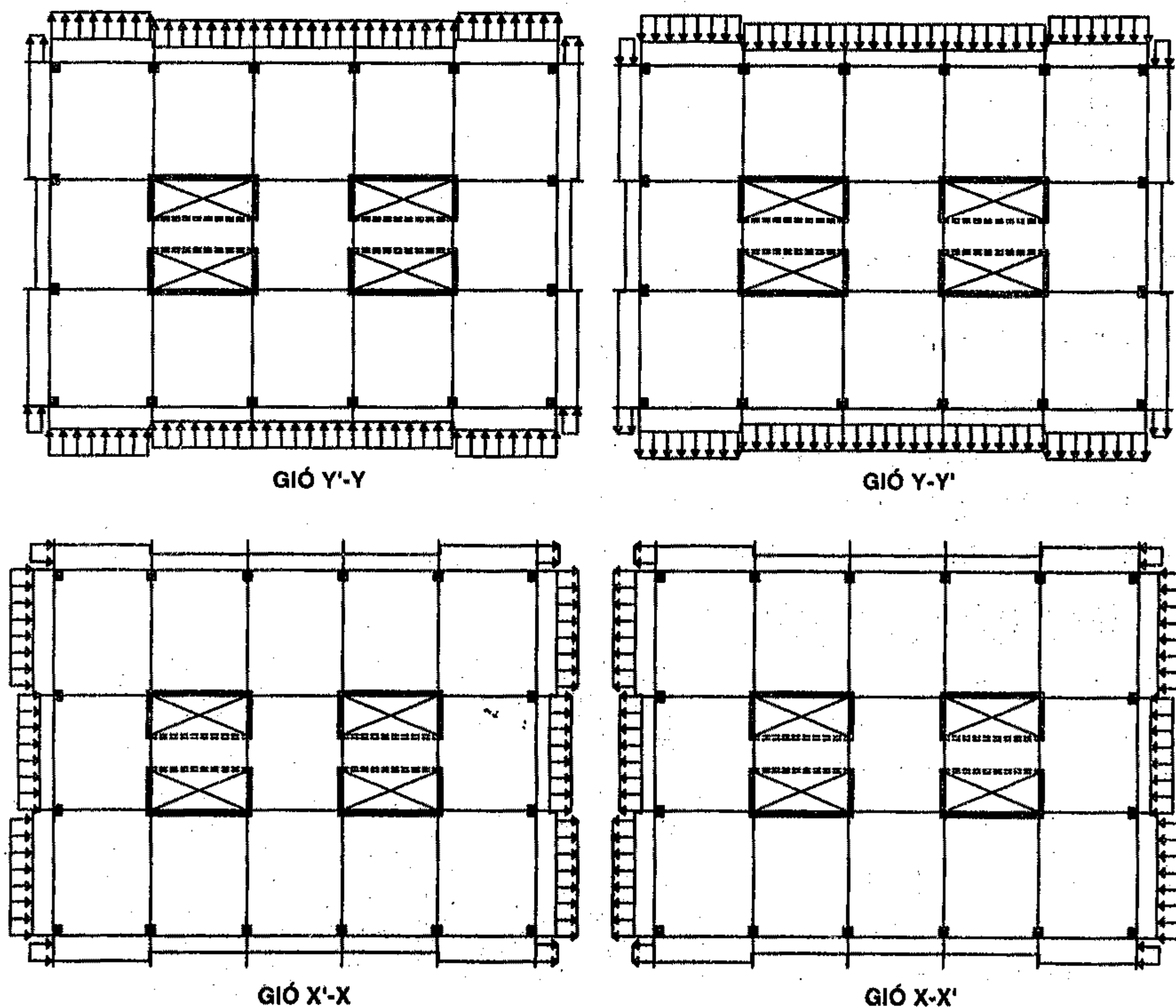
$$W_2 = W_0 \cdot k \cdot c' \cdot n \cdot h \quad (\text{daN/m}) \quad (3.131)$$

Do ta giả thiết sàn tuyệt đối cứng trong mặt phẳng của nó, nên để tiện nhập vào mô hình cho phép tính tổng gió đẩy và gió hút.

Cường độ tính toán tải trọng gió:

$$W = W_0 \cdot k \cdot (c + c') \cdot n \cdot h \quad (\text{daN/m}) \quad (3.132)$$

trong đó:  $h = \frac{h_{tg}^{n+1} + h_{tg}^n}{2}$  (3.133) - bề rộng đón gió của tầng đang xét.



Hình 3.39 Tải trọng gió tác dụng lên dầm sàn mỗi tầng

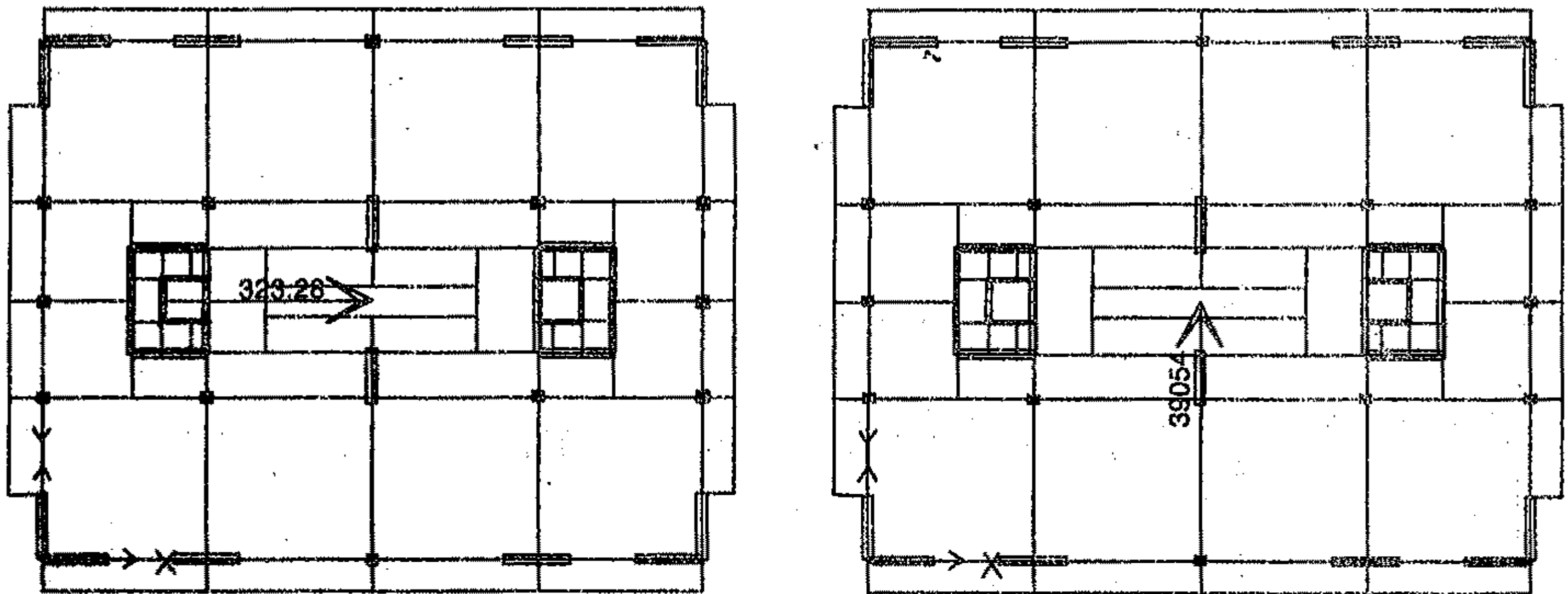
c) Mô hình tính toán là khung không gian có sàn (khung - sàn kết hợp)

- Tải trọng gió là lực tập trung tác dụng lên trọng tâm sàn mỗi tầng:

Tổng gió đẩy và gió hút: cường độ tính toán tải trọng gió:

$$W = W_0 \cdot k \cdot (c + c') \cdot n \cdot h \cdot B \quad (\text{daN}) \quad (3.134)$$

trong đó:  $h, B$  - bề rộng đón gió của tầng đang xét (lấy như phần trên)



Tải trọng gió theo phương X

Tải trọng gió theo phương Y

**Hình 3.40** Tải trọng gió là lực tập trung tác dụng lên trọng tâm sàn mỗi tầng

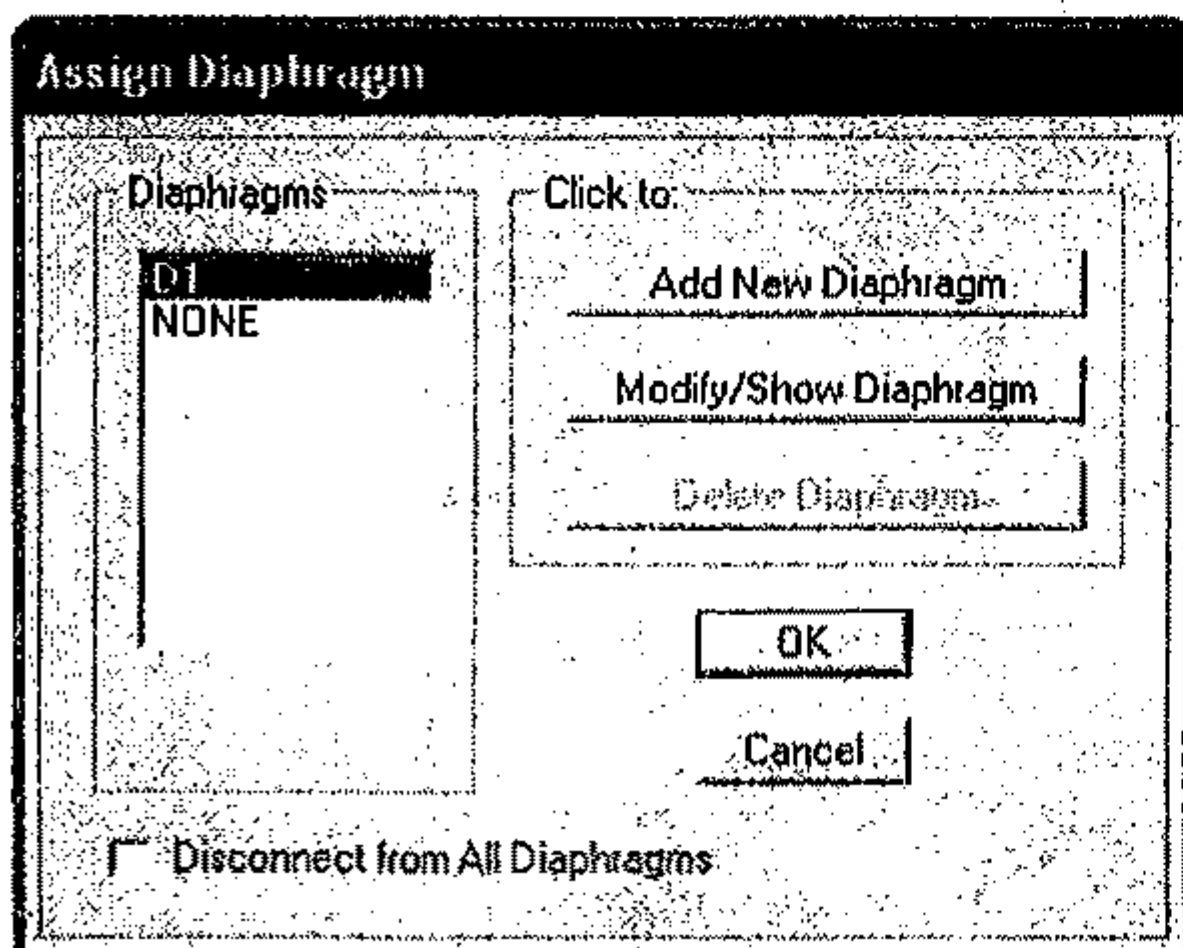
*Chú ý:* khi tính tải trọng gió ta phải tính tải gió tác dụng lên công trình theo hai phương X và Y.

**Khai báo tải trọng gió tĩnh trong Etabs:**

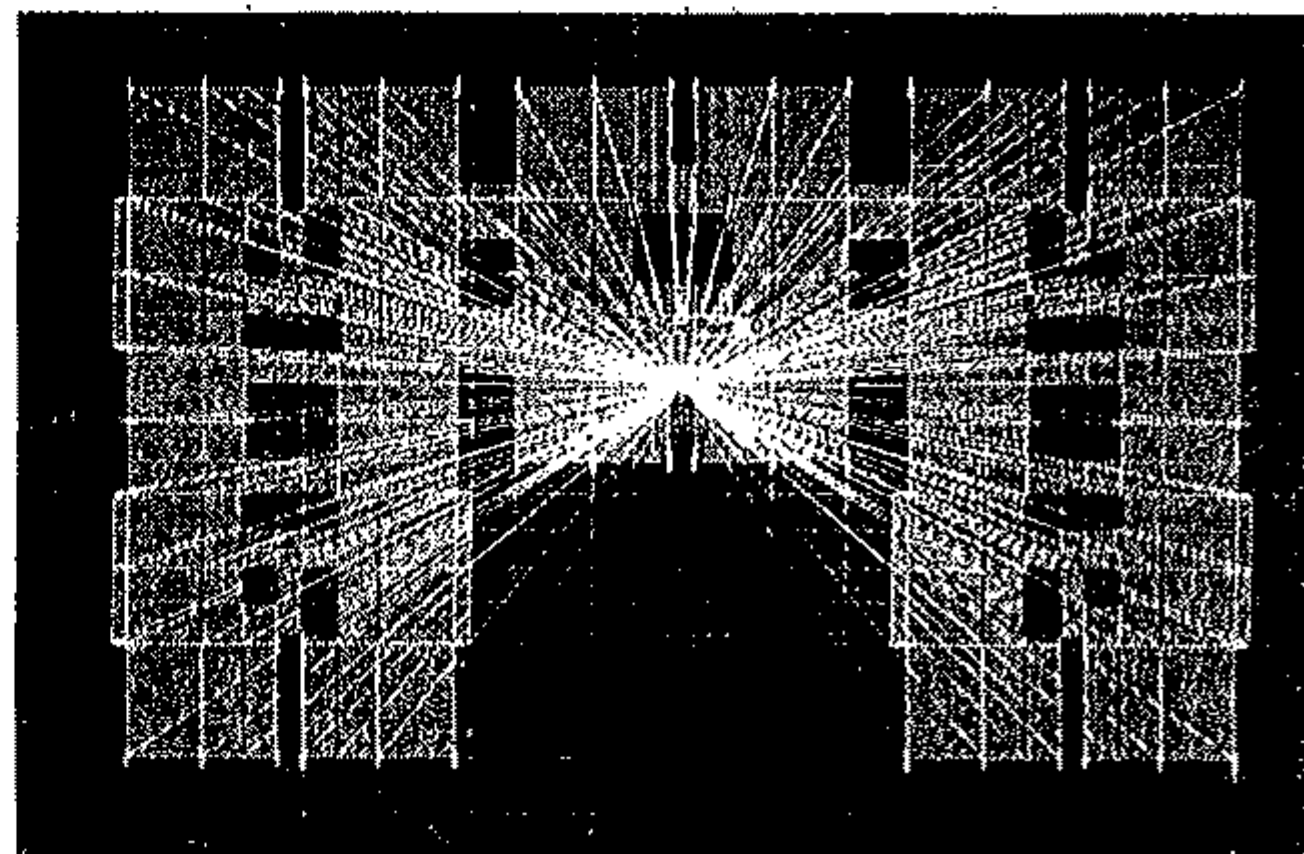
\*Khai báo Mass Source trong phần mềm Etabs:

Khai báo sàn tuyệt đối cứng: Chọn tất cả các sàn

Hộp thoại Assign → Shell/ Area → Rigid Diaphragm



Hộp thoại Assign Diaphragm



**Hình 3.41**



\* Điểm đặt lực gió tĩnh tại trọng tâm (tâm hình học) của sàn từng tầng (tọa độ XCM, YCM) trong Building Output.

Center Mass Rigidity

Edit View

Center Mass Rigidity

Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM
STORY24	D1	3207.9795	3207.9795	44.382	26.833	3207.9795	3207.9795	44.382
STORY23	D1	4112.4144	4112.4144	44.386	26.826	7320.3939	7320.3939	44.384
STORY22	D1	4028.7222	4028.7222	44.386	26.826	11349.1162	11349.1162	44.385
STORY21	D1	4028.7222	4028.7222	44.386	26.826	15377.8384	15377.8384	44.385
STORY20	D1	4028.7222	4028.7222	44.386	26.826	19406.5607	19406.5607	44.385
STORY19	D1	4028.7222	4028.7222	44.386	26.826	23435.2829	23435.2829	44.385
STORY18	D1	4028.7222	4028.7222	44.386	26.826	27464.0052	27464.0052	44.385
STORY17	D1	4028.7222	4028.7222	44.386	26.826	31492.7274	31492.7274	44.386
STORY16	D1	4028.7222	4028.7222	44.386	26.826	35521.4497	35521.4497	44.386
STORY15	D1	4028.7222	4028.7222	44.386	26.826	39550.1719	39550.1719	44.386
STORY14	D1	4996.6957	4996.6957	44.388	29.105	44546.8676	44546.8676	44.386
STORY13	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	49795.2943	49795.2943	44.386
STORY12	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	55043.7209	55043.7209	44.387
STORY11	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	60292.1476	60292.1476	44.387
STORY10	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	65540.5743	65540.5743	44.387
STORY9	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	70789.0009	70789.0009	44.387
STORY8	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	76037.4276	76037.4276	44.387
STORY7	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	81285.8543	81285.8543	44.388
STORY6	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	86534.2809	86534.2809	44.388
STORY5	D1	5248.4267	5248.4267	44.390	29.552	91782.7076	91782.7076	44.388

OK

Hình 3.42

Khai báo lực gió tĩnh ứng với mỗi tầng (Story) trong Modify Lateral load.

Nhập trị số tải trọng gió

User Wind Load

Edit

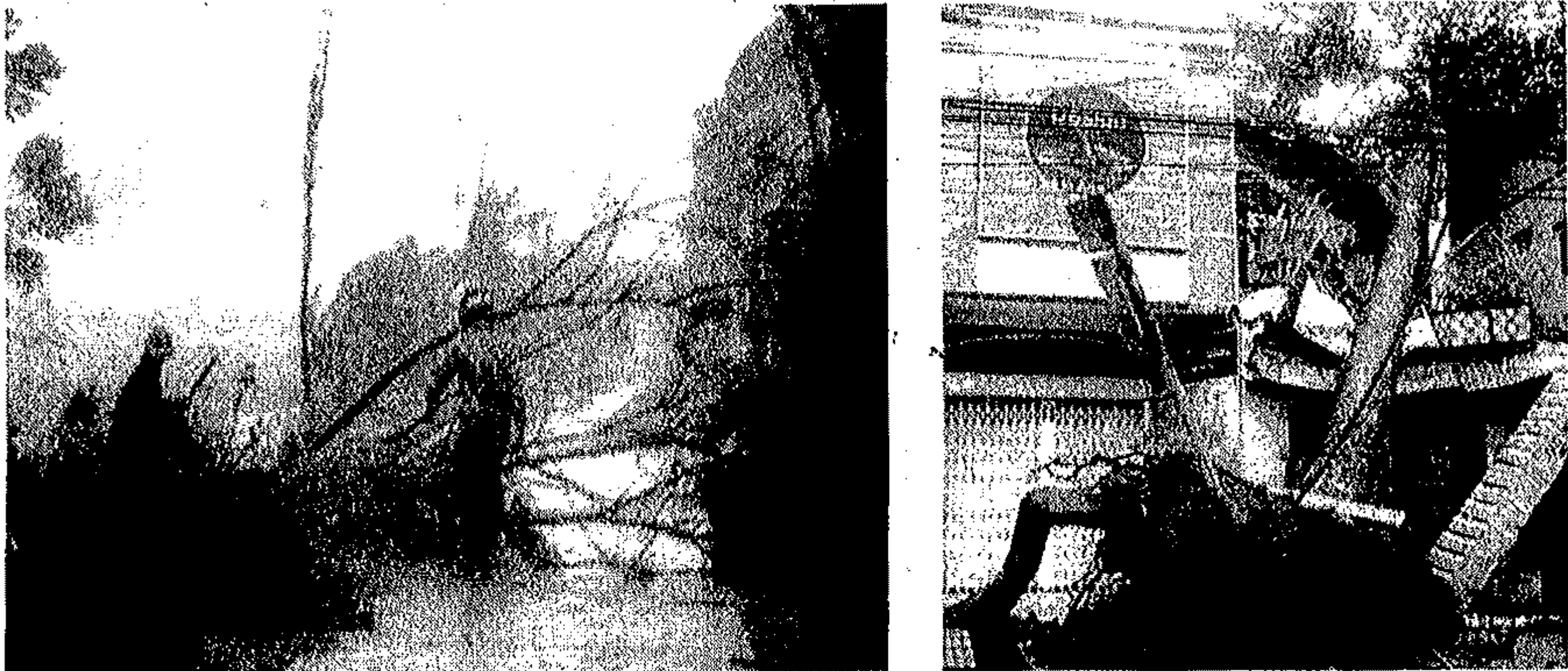
User Wind Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ	X-Ord	Y-Ord
T21	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T20	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T19	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T18	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T17	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T16	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T15	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T14	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T13	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T12	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T11	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T10	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T9	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T8	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T7	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T6	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T5	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T4	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T3	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8
T2	D1	0.	0.	0.	44.4	26.8

OK Cancel

Hình 3.43

### 3.13.2 Gió động [7]



Hình 3.44

-Xác định thành phần động của tải gió theo TCVN – 2737-1995

Tùy mức độ nhạy cảm của công trình đối với tác dụng động lực của tải trọng gió mà thành phần động của tải trọng gió chỉ cần kể tác động do thành phần xung của vận tốc gió hoặc cả với lực quán tính của công trình.

Mức độ nhạy cảm được đánh giá qua tương quan giữa giá trị các tần số dao động riêng cơ bản của công trình, đặc biệt là tần số dao động riêng thứ nhất, với tần số giới hạn  $f_L$  cho trong bảng 3.3.

Bảng 3.3 Giá trị giới hạn của tần số dao động riêng  $f_L$

Vùng áp lực gió	$f_L$ (Hz)	
	$\delta = 0,3$ (BTCT)	$\delta = 0,15$
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

3.13.2.1 Đối với công trình có  $f_1 > f_L$ : tần số dao động cơ bản  $f_1$  (Hz) lớn hơn giá trị giới hạn của tần số dao động riêng  $f_L$  (lấy theo bảng 2) thì thành phần động của tải trọng gió chỉ cần kể đến xung vận tốc gió, khi đó giá trị tiêu chuẩn thành phần động của áp lực gió  $W_{pj}$  tác dụng lên phần thứ  $j$  của công trình được xác định theo:

$$W_{pj} = W_j \zeta_j v = W_0 k_{zj} c \zeta_j v \quad (\text{daN/m}^2, \text{kN/m}^2) \quad (3.135)$$

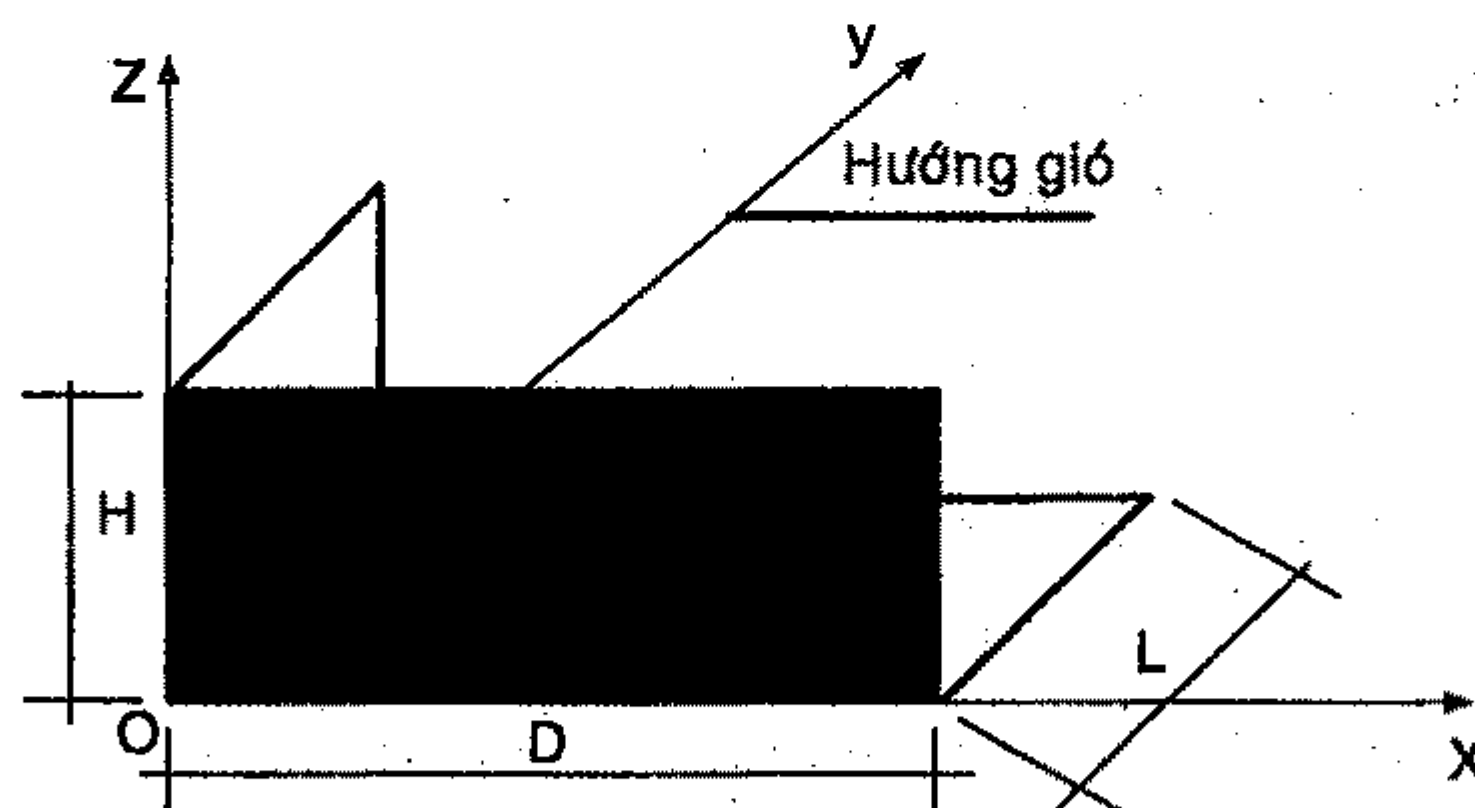
trong đó:  $W_{pj}$  - áp lực, đơn vị tính toán là ( $\text{daN/m}^2$ ) hoặc ( $\text{kN/m}^2$ ) tùy theo đơn vị tính toán của  $W_0$

$\zeta_j$  - hệ số áp lực động của tải trọng gió, ở độ cao ứng với phần thứ  $j$  của công trình, không thứ nguyên, lấy theo bảng 3.4.

**Bảng 3.4** Hệ số áp lực động  $\zeta_j$ 

Chiều cao z (m)	Hệ số áp lực động $\zeta_j$ 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 ứng với các dạng dao động khác nhau của công trình, không thứ nguyên:  $v$  được lấy bằng  $v_1$ . Nếu bề mặt đón gió công trình có dạng chữ nhật hướng song song với các trục cơ bản trong hình 3.45 thì các giá trị của  $v$  lấy theo bảng 3.5, trong đó các tham số  $\rho$  và  $\chi$  xác định theo bảng 3.6, giá trị của  $v$  ứng với dạng dao động thứ 2 và thứ 3 là  $v_2 = v_3 = 1$ .

**Hình 3.45****Bảng 3.5** Hệ số tương quan không gian  $v_1$ 

$\rho$ (m)	Hệ số $v_1$ khi $\chi$ bằng (m)						
	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

**Bảng 3.6** Các tham số  $\rho$  và  $\chi$ 

Mặt phẳng tọa độ song song với bề mặt tính toán	$\rho$	$\chi$
XOZ	D	H
YOZ	0,4L	H
XOY	D	L

Lực gió động tác động lên phần thứ  $j$  của công trình:

$$W_{pj}^* = W_{pj} S_j \quad (\text{daN hoặc kN}) \quad (3.136)$$

trong đó  $S_j$  là diện tích đón gió ở phần thứ  $j$  của công trình ( $\text{m}^2$ )

*Chú thích:* Đối với các công trình có bề mặt đón gió không phải là hình chữ nhật thì  $H$  lấy bằng chiều cao công trình, còn  $D$  và  $L$  lấy bằng kích thước tương ứng tại trọng tâm hình chiếu của bề mặt đón gió lên các mặt phẳng thẳng đứng, vuông góc với phương luồng gió.

$$c = 1,4$$

$k_{(z_j)}$  - lấy theo bảng 3.8

**3.13.2.2** Đối với công trình có tần số dao động cơ bản  $f_1$  (Hz) nhỏ hơn giá trị của tần số dao động riêng giới hạn  $f_L$  thì thành động của gió phải kể đến cả xung vận tốc gió và lực quán tính của công trình. Khi đó, số dạng dao động cần tính toán và giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió  $W_{p(ji)}$  tác dụng lên phần thứ  $j$  của công trình ứng với dạng dao động thứ  $i$  được xác định theo:

**1** - Khi có tần số dao động riêng cơ bản thứ  $s$  thỏa mãn:  $f_s < f_L < f_{s+1}$  thì cần tính toán thành phần động của tải trọng gió với  $s$  dạng dao động đầu tiên.

Giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải gió (lực gió động) tác dụng lên phần thứ  $j$  của công trình ứng với dạng dao động thứ  $i$ , được xác định theo:

$$W_{p(ji)} = M_j \xi_j \psi_i y_{ji} \quad (\text{daN hoặc (kN)}) \quad (3.137)$$

trong đó:  $M_j$  - khối lượng tập trung của phần công trình thứ  $j$ , (t)

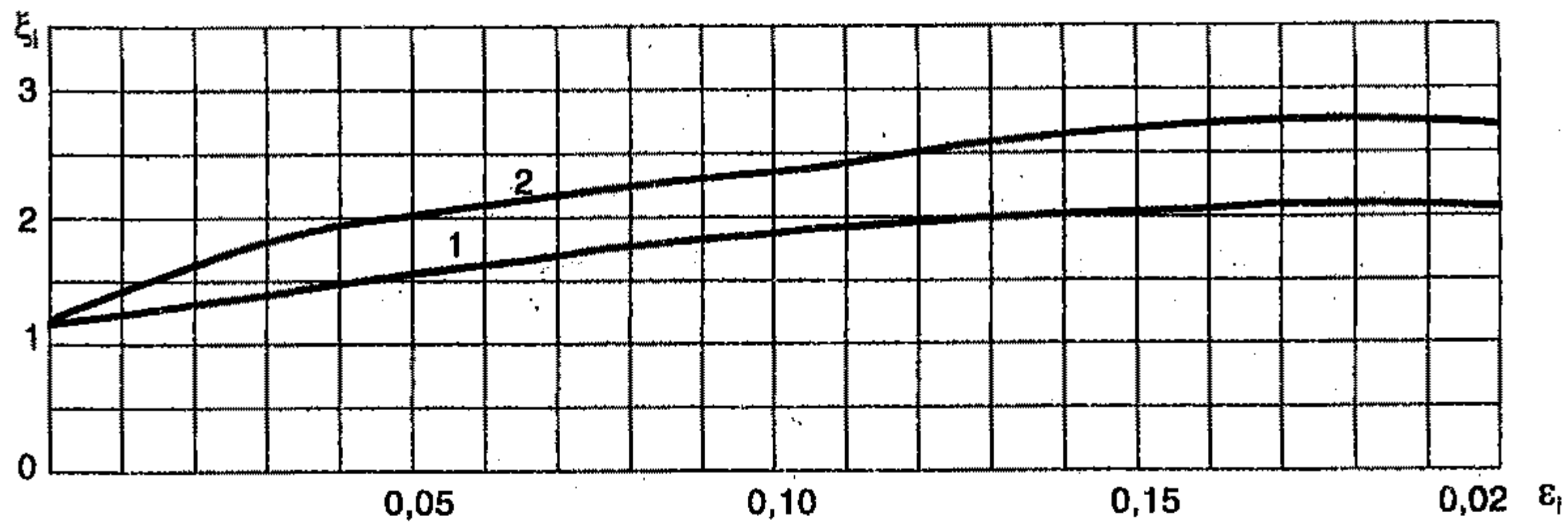
$\xi_i$  - hệ số động lực ứng với dạng dao động thứ  $i$ , không thứ nguyên, phụ thuộc vào thông số  $\varepsilon_i$  và độ giảm lô-ga của dao động:

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{\gamma W_0}}{940 f_i} \quad (3.138)$$

$\gamma$  - hệ số tin cậy,  $\gamma = 1,2$ ;

$f_i$  - tần số dao động thứ  $i$ ;

$W_0$  - giá trị áp lực gió ( $\text{N}/\text{m}^2$ )



Hình 3.46 Đồ thị xác định hệ số động lực  $\xi_i$

Chú thích:

- 1) Đường cong 1 - Sử dụng cho các công trình BTCT và gạch đá kể cả công trình bằng khung thép có kết cấu bao che ( $\delta = 0,3$ ).
- 2) Đường cong 2 - Sử dụng cho các công trình tháp, trụ tháp, ống khói, các thiết bị dạng cột BTCT ( $\delta = 0,15$ ).

$y_{ji}$  - dịch chuyển ngang tỉ đối của trọng tâm phần công trình thứ  $j$  ứng với dạng dao động riêng thứ  $i$ , không thứ nguyên.

$\psi_i$  - Hệ số được xác định bằng cách chia công trình thành  $n$  phần, trong phạm vi mỗi phần tải trọng gió có thể coi như không đổi:

$$\psi_i = \frac{\sum_{j=1}^n y_{ji} W_{Fj}}{\sum_{j=1}^n y_{ji}^2 M_j} \quad (3.139)$$

trong đó  $W_{Fj}$  là giá trị tiêu chuẩn thành phần động của gió tác dụng lên phần thứ  $j$  của công trình, ứng với các dạng dao động khác nhau khi chỉ kể đến ảnh hưởng của xung vận tốc gió, có thứ nguyên là lực, xác định theo:

$$W_{Fj} = W_j \zeta_j S_j v \quad (\text{daN hoặc kN}) \quad (3.140)$$

trong đó:  $v$  - khi tính toán đối với dạng dao động thứ 1, lấy  $v = v_1$ , còn đối với các dao động còn lại lấy  $v = 1$

$S_j$  - diện tích đón gió ở phần thứ  $j$  của công trình ( $\text{m}^2$ )

2 - Khi nhà có mặt bằng đối xứng cổ  $f_1 < f_L$  thì ảnh hưởng của dao động thứ 1 đến giá trị thành phần động của tải trọng gió là chủ yếu. Khi đó có thể xác định giá trị tiêu chuẩn của thành phần động (lực gió động) của tải gió theo:

$$W_{P(ji)} = M_1 \xi_1 \psi_i y_{ji} \quad (3.141)$$

trong đó:  $W_{P(ji)}$  - lực, có đơn vị tính toán phù hợp với đơn vị tính toán của  $W_{Fj}$  khi tính hệ số  $\psi_i$  theo (3.139) với  $i = 1$ .

$y_{ji}$  - dịch chuyển ngang tỉ đối của trọng tâm phần thứ  $j$  ứng với dạng dao động riêng thứ 1.

3- Đối với nhà nhiều tầng có mặt bằng đối xứng, độ cứng, khối lượng và bề rộng mặt đón gió không đổi theo chiều cao, có  $f_1 < f_c$  cho phép xác định giá trị tiêu chuẩn của thành phần động của tải gió ở độ cao  $z$  theo:

$$W_{fz} = 1,4 \frac{z}{H} \xi W_{pH} \quad (3.142)$$

trong đó:  $W_{fz}$  - áp lực, có đơn vị tính toán phù hợp với đơn vị tính toán của  $W_{pH}$

$W_{pH}$  - giá trị tiêu chuẩn của thành phần động của áp lực gió ở độ cao  $H$  của đỉnh công trình, xác định theo:

$$W_{pH} = W_H \zeta_H v = W_0 k_{zH} c \zeta_H v \quad (\text{daN/m}^2) \quad (3.143)$$

### 3.14 GIÁ TRỊ TÍNH TOÁN THÀNH PHẦN ĐỘNG CỦA TẢI TRỌNG GIÓ (LỰC TÍNH TOÁN GIÓ ĐỘNG) TÍNH THEO

$$W'' = W \cdot \gamma \cdot \beta \quad (3.144)$$

trong đó:  $W$  - giá trị tiêu chuẩn của thành phần động của tải gió hoặc áp lực gió được xác định theo các công thức (3.135), (3.136), (3.139), (3.141), (3.142)

$\gamma = 1, 2$  - hệ số tin cậy.

$\beta$  - hệ số điều chỉnh tải trọng gió theo thời gian sử dụng giả định của công trình, xác định theo bảng 3.7.

Điểm đặt của lực gió động tại tâm khối lượng của sàn tầng thứ  $j$ .

**Bảng 3.7** Hệ số  $\beta$

Thời gian sử dụng giả định	5	10	20	30	40	50
Hệ số $\beta$	0,61	0,72	0,83	0,91	0,96	1,00

**Bảng 3.8** Hệ số  $k(z_j)$  kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình

Độ cao $z$ (m)	Địa hình A	Địa hình B	Địa hình C
3	1,00	0,80	0,47
5	1,07	0,88	0,54
10	1,18	1,00	0,66
15	1,24	1,08	0,74
20	1,29	1,13	0,80
30	1,37	1,22	0,89
40	1,43	1,28	0,97
50	1,47	1,34	1,03
60	1,51	1,38	1,08
80	1,57	1,45	1,18
100	1,62	1,51	1,25
150	1,72	1,63	1,40
200	1,79	1,71	1,52
250	1,84	1,78	1,62
300	1,84	1,84	1,70
350	1,84	1,84	1,78
$\geq 400$	1,84	1,84	1,84

### 3.15 TỔ HỢP NỘI LỰC DO TẢI TRỌNG GIÓ

Nội lực và chuyển vị gây ra do thành phần tĩnh và động của tải trọng gió được xác định như sau:

$$X = X^t + \sqrt{\sum_{i=1}^s (X_i^d)^2} \quad (3.145)$$

trong đó:  $X$  - mô men uốn (xoắn), lực dọc, lực cắt hoặc chuyển vị

$X^t$  - mô men uốn (xoắn), lực dọc, lực cắt hoặc chuyển vị do thành phần tĩnh của tải trọng gió gây ra.

$X_i^d$  - mô men uốn (xoắn), lực dọc, lực cắt hoặc chuyển vị do thành phần động của tải trọng gió khi dao động ở dạng thứ  $i$  gây ra.

$s$  - số dao động tính toán.

*Chú thích:* trong thực tế tính toán nhà cao tầng, nếu dùng cách tổ hợp tải trọng gió như trên chúng ta gặp nhiều khó khăn cũng như khối lượng tính toán nhiều, do đó có thể tính gần đúng và đơn giản hơn bằng cách: "tổ hợp tải trọng gió". Vẫn dùng công thức (3.145) trong đó:

$X$  - tổng tải trọng gió.

$X^t$  - thành phần tĩnh (gió tĩnh) của tải trọng gió.

$X_i^d$  - thành phần động (gió động) của tải trọng gió khi dao động ở dạng thứ  $i$  gây ra.

$s$  - số dao động tính toán.

### 3.16 TÍNH TẦN SỐ DAO ĐỘNG TỪ ETABS

- Tra tần số dao động riêng và phần trăm dao động theo các phương trong Modal Information, Modal participating Mass ratio.
- Trong đó: Period là chu kỳ dao động riêng (T).

UX,UY,UZ là phần trăm dao động theo các phương.

Modal Participating Mass Ratios									
Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	
1	2.704193	46.9532	0.0001	0.0000	46.9532	0.0001	0.0000	0.0001	
2	2.482488	12.6426	0.0076	0.0000	59.6018	0.0077	0.0000	0.0123	
3	2.331555	0.0011	61.9137	0.0000	59.6029	61.9214	0.0000	59.0089	
4	0.698155	16.3088	0.0000	0.0000	76.9114	61.9214	0.0000	0.0000	
5	0.676830	0.2139	0.0003	0.0000	76.1253	61.9217	0.0000	0.0000	
6	0.636245	0.0000	15.7826	0.0000	76.1253	77.1043	0.0000	1.1878	
7	0.721182	0.0447	0.0000	0.0000	76.1700	77.1043	0.0000	0.0000	
8	0.303927	6.9038	0.0000	0.0000	82.0740	77.1043	0.0000	0.0000	
9	0.283157	0.0000	5.3128	0.0000	82.0740	82.4172	0.0000	0.4288	
10	0.198449	0.0030	0.0000	0.0000	82.0770	82.4172	0.0000	0.0000	
11	0.183681	0.0000	0.0802	0.0000	82.0770	82.4974	0.0000	0.0014	
12	0.186560	2.8211	0.0000	0.0000	84.8981	82.4974	0.0000	0.0000	

Hình 3.47

- Tra Mass X, Mass Y (khối lượng để tính toán gió động cho mỗi tầng) trong Building Output, Center mass Rigidity.

Center Mass Rigidity

Edit View

Center Mass Rigidity

	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
▶	44.382	26.833	3207.9795	3207.9795	44.382	26.833	44.328	29.306
	44.386	26.826	7320.3939	7320.3939	44.384	26.829	44.331	29.420
	44.386	26.826	11349.1162	11349.1162	44.385	26.828	44.333	29.510
	44.386	26.826	15377.8384	15377.8384	44.385	26.828	44.336	29.595
	44.386	26.826	19406.5607	19406.5607	44.385	26.827	44.339	29.679
	44.386	26.826	23435.2829	23435.2829	44.385	26.827	44.342	29.761
	44.386	26.826	27464.0052	27464.0052	44.385	26.827	44.345	29.840
	44.386	26.826	31492.7274	31492.7274	44.386	26.827	44.348	29.914
	44.386	26.826	35521.4497	35521.4497	44.386	26.827	44.351	29.980
	44.386	26.826	39550.1719	39550.1719	44.386	26.827	44.355	30.035
	44.388	29.105	44546.8676	44546.8676	44.386	27.082	44.358	30.074
	44.390	29.552	49795.2943	49795.2943	44.386	27.343	44.361	30.118
	44.390	29.552	55043.7209	55043.7209	44.387	27.553	44.364	30.168
	44.390	29.552	60292.1476	60292.1476	44.387	27.727	44.368	30.213
	44.390	29.552	65540.5743	65540.5743	44.387	27.873	44.371	30.247

Hình 3.48

- Tra các giá trị vector riêng trong Modal Information, Building Mode ứng với từng dạng dao động:

Building Modes

Edit View

Building Modes

	Story	Diaphragm	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
▶	STORY24	D1	1	-0.0053	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00007
	STORY23	D1	1	-0.0050	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00007
	STORY22	D1	1	-0.0047	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00006
	STORY21	D1	1	-0.0045	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00006
	STORY20	D1	1	-0.0042	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00006
	STORY19	D1	1	-0.0040	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00006
	STORY18	D1	1	-0.0037	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00005
	STORY17	D1	1	-0.0034	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00005
	STORY16	D1	1	-0.0031	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00005
	STORY15	D1	1	-0.0029	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00004
	STORY14	D1	1	-0.0025	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00004
	STORY13	D1	1	-0.0022	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00003
	STORY12	D1	1	-0.0020	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00003
	STORY11	D1	1	-0.0017	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00003
	STORY10	D1	1	-0.0015	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00002
	STORY9	D1	1	-0.0012	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	-0.00002

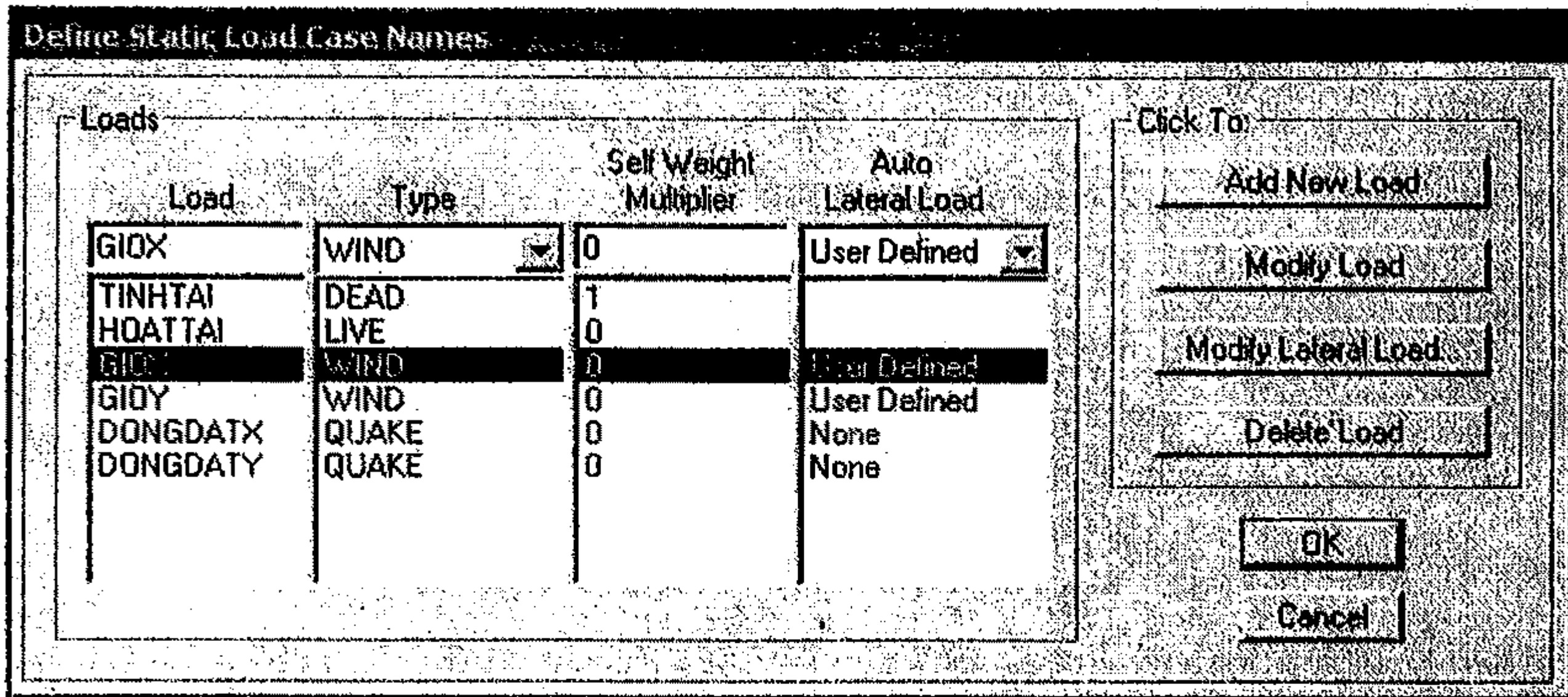
Hình 3.49

- Tính tần số dao động riêng:  $f = 1/\text{Period}$  (Hz).
- Tra hệ số  $f_L$  trong TCVN 229:1999 ứng với công trình Bê tông cốt thép.
- So sánh những giá trị tần số đã tính được với  $f_L$  để xác định nên tính toán thành phần động của tải trọng gió với bao nhiêu dạng dao động (tương ứng với các tần số dao động).
- Tính toán thành phần động của tải trọng gió theo TCVN 229:1999 để xác định lực gió động dưới dạng lực tập trung tại cao trình sàn mỗi tầng.
- Khai báo trong Etabs.



Gió động được đưa về những lực tập trung ở cao trình sàn mỗi tầng  
 Khai báo lực gió động tập trung trong Modify Lateral load (như gió tĩnh)  
 Define → Static Load Cases... Auto Lateral Load chọn User Defined

- Gán tải trọng gió theo phương X



- Chọn: Modify Lateral Load...

User Wind Load

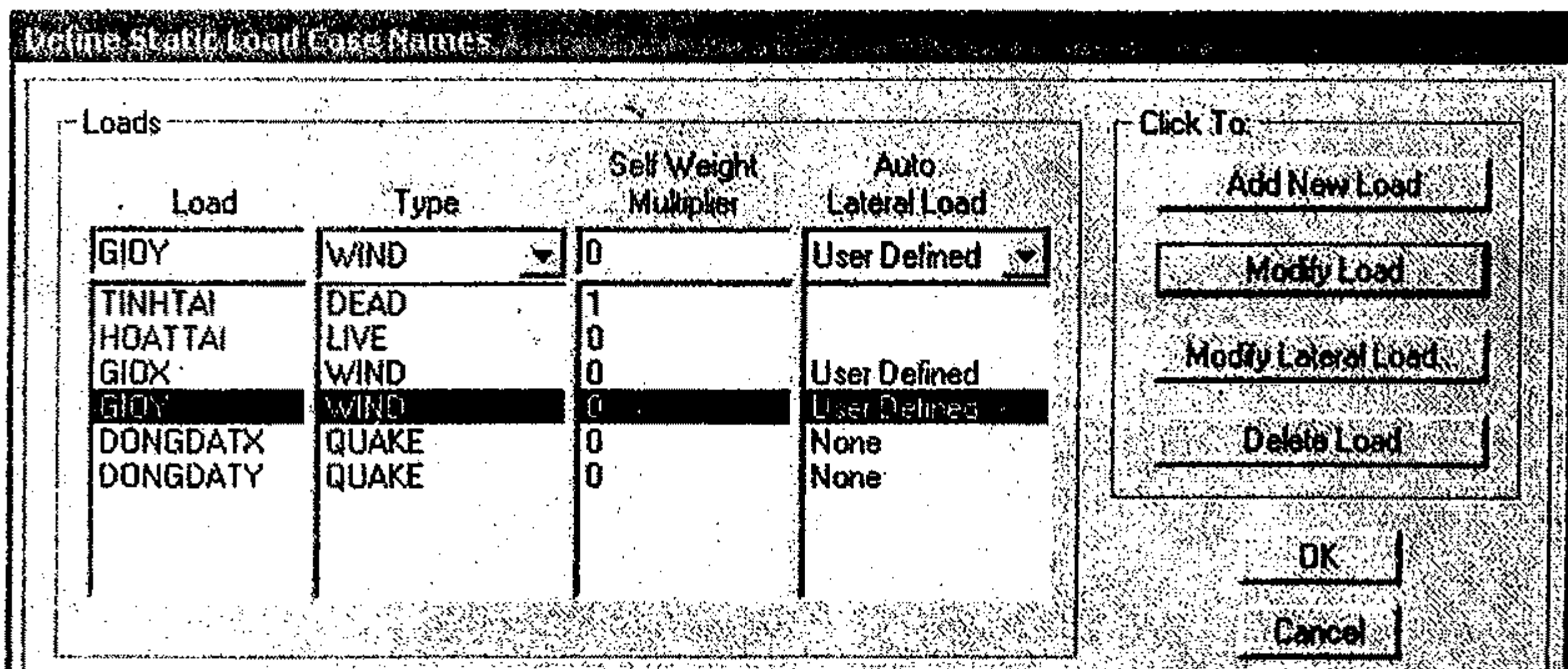
Edit:

User Wind Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ	X-Dir	Y-Dir
STORYMAI	D1	264.28	0	0	21.2	15
STORY15	D1	423.72	0	0	21.2	15
STORY14	D1	418.6	0	0	21.2	15
STORY13	D1	413.3	0	0	21.2	15
STORY12	D1	408.65	0	0	21.2	15
STORY11	D1	400.71	0	0	21.2	15
STORY10	D1	394.21	0	0	21.2	15
STORY9	D1	385.46	0	0	21.2	15
STORY8	D1	375.45	0	0	21.2	15
STORY7	D1	364.77	0	0	21.2	15

Hình 3.50

- Gán tải gió theo phương Y:



- Chọn: Modify Lateral Load...

User Wind Load						
User Wind Loads on Diaphragms						
Story	Diaphragm	FX	FY	MZ	X-Ord	Y-Ord
STORYMAI	D1	0.	180.06	0.	21.2	15.
STORY15	D1	0.	293.83	0.	21.2	15.
STORY14	D1	0.	291.32	0.	21.2	15.
STORY13	D1	0.	289.5	0.	21.2	15.
STORY12	D1	0.	286.96	0.	21.2	15.
STORY11	D1	0.	283.11	0.	21.2	15.
STORY10	D1	0.	279.67	0.	21.2	15.
STORY9	D1	0.	275.91	0.	21.2	15.
STORY8	D1	0.	269.57	0.	21.2	15.
STORY7	D1	0.	264.19	0.	21.2	15.

Hình 3.51

Khi xác định tải trọng gió lên ngôi nhà, cần xét đầy đủ các phương và chiều bất lợi của gió.

Khi mặt bằng nhà có hình chữ nhật kéo dài, tác dụng bất lợi của gió chủ yếu theo phương ngang nhà.

Khi mặt bằng nhà có hình vuông hoặc gần vuông, cần xét gió theo phương ngang nhà, phương dọc và cả phương xiên.

Khi mặt bằng nhà có hình dáng phức tạp cần phân tích độ cứng của nhà theo các phương để xét sự bất lợi của gió.

**Ví dụ 3.11** Tính tải trọng gió tác dụng lên công trình nằm trên đường Quốc lộ 13, quận Bình Thạnh.



- Chiều dài công trình  $L = 63,8$  m, chiều rộng  $B = 35,15$ , chiều cao  $H = 55,95$  m.
- Mặt bằng công trình chữ nhật đối xứng

Sử dụng phần mềm ETAB để mô hình công trình, tính toán nội lực cho các kết cấu trong khung.

### Tải trọng gió:

#### 1. Xác định thành phần tĩnh của áp lực gió:

- Giá trị tiêu chuẩn thành phần tĩnh của áp lực gió ở độ cao  $z_j$  so với mốc chuẩn được xác định theo công thức.

$$W_j = W_0 k(z_j) c$$

trong đó: +  $W_0$  - giá trị áp lực gió tiêu chuẩn.

Công trình xây dựng tại TP. HCM thuộc vùng II-A, giá trị  $W_0 = 0,83 \text{ kN/m}^2$

+  $k(z_j)$  - hệ số tính đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao.

+  $c$  - hệ số khí động.

Phía đón gió  $c_d = 0,8$ ; phía hút gió  $c_h = 0,6$

$$c = 0,8 + 0,6 = 1,4$$

- Sau đó ta quy các lực phân bố đều thành các lực đặt tại tâm sàn.

$$P_n = n W_j \frac{h_j + h_{j+1}}{2} b$$

trong đó:  $n$  - hệ số tin cậy  $n = 1,2$

$h_j$  - chiều cao tầng phía dưới sàn thứ  $j$

$h_{j+1}$  - chiều cao tầng phía trên sàn thứ  $j$

$b$  - bề rộng mặt đón gió:

Theo phương X:  $b = 63,8$  m

Theo phương Y:  $b = 31,15$  m

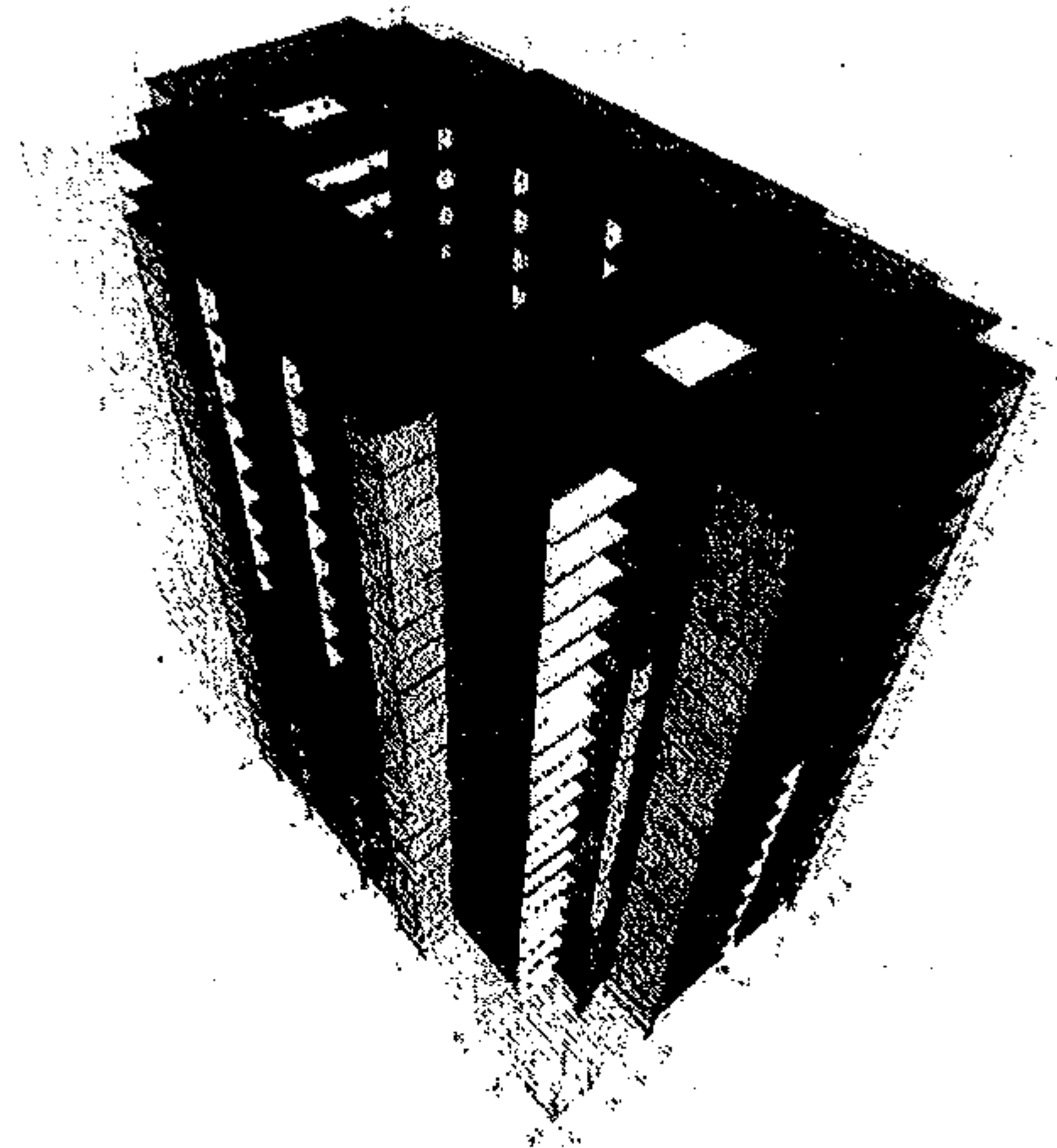
Kết quả tính toán:

Tầng	Cao độ $z$ (m)	$k$	$W_j$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$h$ (m)	Gió X (kN)	Gió Y (kN)
Tầng lửng	4	1,035	1,202	3,75	345,287	190,232
Tầng 2	7,5	1,125	1,307	3,5	350,291	192,989
Tầng kỹ thuật	11	1,192	1,385	3,75	397,663	219,089
Tầng 3	15	1,24	1,440	3,575	394,372	217,275
Tầng 4	18,15	1,2715	1,477	3,15	356,316	196,309
Tầng 5	21,3	1,3004	1,511	3,15	364,414	200,771
Tầng 6	24,45	1,3256	1,540	3,15	371,476	204,661
Tầng 7	27,6	1,3508	1,569	3,15	378,538	208,552
Tầng 8	30,75	1,3745	1,597	3,15	385,18	212,211
Tầng 9	33,9	1,3934	1,619	3,15	390,476	215,129

Tầng	Cao độ z (m)	k	$W_j$ (kN/m <sup>2</sup> )	h(m)	Gió X (kN)	Gió Y (kN)
Tầng 10	37,05	1,4123	1,641	3,15	395,772	218,047
Tầng 11	40,2	1,4308	1,662	3,15	400,957	220,903
Tầng 12	43,35	1,4434	1,677	3,15	404,488	222,849
Tầng 13	46,5	1,456	1,691	3,15	408,019	224,794
Tầng 14	49,65	1,4686	1,706	3,15	411,55	226,739
Tầng 15	52,8	1,4812	1,721	3,15	415,08	228,685
Sân thượng	55,95	1,4938	1,735	2,5	332,231	183,04

## 2. Xác định thành phần động của tải gió:

- Thành phần động của gió được xác định dựa theo tiêu chuẩn TCVN 229-1999
- Mô hình sơ đồ kết cấu của công trình trên phần mềm ETABS.



- Dựa vào kết quả tính toán của chương trình ETABS ta xác định được các tần số dao động riêng của công trình và các mode dao động riêng của nó.

Kết quả phân tích được thể hiện qua bảng sau:

Mode	Chu kỳ T(s)	Tần số f (1/s)
1 (phương X)	1,9987	0,497
2 (phương Y)	1,8063	0,5536
3 (xoắn)	1,6324	0,6126
4 (phương X)	0,5102	1,9599
5 (phương Y)	0,4438	2,2533
6 (xoắn)	0,4137	2,4174
7 (phương X)	0,23	4,3485
8 (phương Y)	0,2051	4,8766
9 (xoắn)	0,1774	5,6358
10 (phương X)	0,1404	7,1225
11 (phương Y)	0,1258	7,9501
12 (xoắn)	0,1047	9,5474

- Tra bảng 2 trang 7 TCVN 229-1999 ta được giá trị giới hạn của tần số dao động riêng  $f_L = 1,3$  (Hz).

Xác định thành phần động của tải gió tác dụng lên công trình:

- Giá trị tiêu chuẩn của thành phần động của tải gió tác dụng lên phần thứ  $j$  (có cao độ  $z$ ) ứng với dạng dao động riêng thứ  $i$ : vì  $f_1 < f_L < f_2$  nên xác định theo công thức:

$$W_{p(i)} = M_j \xi_i \psi_i y_{ji}$$

trong đó:  $M_j$  - khối lượng tập trung của phần công trình thứ  $j$

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

$y_{ji}$  - dịch chuyển ngang tỉ đối của trọng tâm phần công trình thứ  $j$  ứng với dao động thứ  $i$

$\psi_i$  - hệ số được xác định bằng cách chia công trình thành  $n$  phần, trong phạm vi mỗi phần tải trọng gió có thể coi như không đổi.

Xác định hệ số  $\psi_i$

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

Với  $W_{Fj}$  giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải gió tác dụng lên phần thứ  $j$  của công trình, ứng dụng các dạng dao động khác nhau khi chỉ kể đến ảnh hưởng của xung vận tốc gió, được xác định theo công thức:

$$W_{Fj} = W_j \zeta_i v D_j h_j$$

trong đó:  $W_j$  - thành phần gió tĩnh

$D_j, h_j$  - bề rộng và chiều cao của mặt đón gió ứng với phần thứ  $j$

$\zeta_i$  - hệ số áp lực động của tải gió ở độ cao  $z$  ứng với phần thứ  $j$

$v$  - hệ số tương quan không gian áp lực động của tải gió được xác định phụ thuộc vào tham số  $\rho, \chi$  và dạng dao động.

Xác định hệ số động lực  $\xi_i$

Hệ số động lực  $\xi_i$  xác định phụ thuộc vào thông số  $\varepsilon_i$  và độ giảm loga của dao động  $\delta$ .

Thông số  $\varepsilon_i$  được xác định theo công thức

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

trong đó:  $\gamma$  - hệ số tin cậy của tải trọng gió lấy bằng 1,2

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

$W_0$  - lấy bằng  $830 \text{ N/m}^2$ .

Xác định thành phần động của tải trọng gió:

Từ giá trị  $M_j, \xi_i, \psi_i$  và  $y_{ji}$  ta xác định được các giá trị tiêu chuẩn thành phần động của tải trọng gió  $W_{p(i)}$

Giá trị tính toán thành phần động của tải trọng gió được xác định theo công thức:

$$W_{p(j)}'' = W_{p(j)} \gamma \beta$$

trong đó:  $\gamma$  - hệ số tin cậy lấy bằng 1,2

$\beta$  - hệ số điều chỉnh tải trọng gió theo thời gian, lấy bằng 1.

**Tính gió theo phương X: tính các hệ số**

+ Ứng với dạng dao động thứ 1: Tần số dao động theo phương X:  $f_1 = 0,497$

Xác định hệ số động lực  $\xi_j$ : lấy theo bảng 3.4

Xác định hệ số  $v_1$

Ta có  $\rho = 63,8\text{m}$ ,  $\chi = H = 55,95\text{m}$ . Tra bảng 3.5 ta được giá trị  $v_1 = 0,61$

Tính  $W_{Fj}$

$$W_{Fj} = W_j \xi_j v_j D_j h_j$$

Tầng	Cao độ z (m)	$W_j$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\xi$	D (m)	H (m)	$W_F$ (kN)
Tầng lững	4	1,2027	0,3180	63,8	3,75	55,82
Tầng 2	7,5	1,3073	0,3105	63,8	3,5	55,29
Tầng kỹ thuật	11	1,3851	0,3016	63,8	3,75	60,97
Tầng 3	15	1,4409	0,2960	63,8	3,575	59,34
Tầng 4	18,15	1,4775	0,2916	63,8	3,15	52,81
Tầng 5	21,3	1,5111	0,2881	63,8	3,15	53,37
Tầng 6	24,45	1,5403	0,2859	63,8	3,15	53,98
Tầng 7	27,6	1,5696	0,2837	63,8	3,15	54,59
Tầng 8	30,75	1,5972	0,2815	63,8	3,15	55,11
Tầng 9	33,9	1,6191	0,2793	63,8	3,15	55,43
Tầng 10	37,05	1,6411	0,2771	63,8	3,15	55,74
Tầng 11	40,2	1,6626	0,2749	63,8	3,15	56,03
Tầng 12	43,35	1,6772	0,2737	63,8	3,15	56,27
Tầng 13	46,5	1,6919	0,2724	63,8	3,15	56,50
Tầng 14	49,65	1,7065	0,2711	63,8	3,15	56,72
Tầng 15	52,8	1,7212	0,2699	63,8	3,15	56,94
Sân thượng	55,95	1,7358	0,2686	63,8	2,5	45,37

Xác định  $\psi_1$ 

Tầng	Chuyển vị $y_x$	Khối lượng (t)	$W_F$ (kN)
Tầng lững	0,0006	2612	55,82
Tầng 2	0,0009	2487	55,29
Tầng kỹ thuật	0,0014	2726	60,97
Tầng 3	0,0019	2460,5	59,34
Tầng 4	0,0024	2407	52,81
Tầng 5	0,0028	2407	53,37
Tầng 6	0,0033	2407	53,98
Tầng 7	0,0038	2396,6	54,59
Tầng 8	0,0043	2386,2	55,11
Tầng 9	0,0048	2386,2	55,43
Tầng 10	0,0052	2386,2	55,74
Tầng 11	0,0057	2386,2	56,03
Tầng 12	0,0061	2378,1	56,27
Tầng 13	0,0066	2369,9	56,50
Tầng 14	0,007	2369,9	56,72
Tầng 15	0,0074	2369,9	56,94
Sân thượng	0,0078	2144	45,37

$$\psi_1 = \frac{\sum y_{ji} W_{Fj}}{\sum y_{ji}^2 m_j} = \frac{3,944}{0,92} = 4,287$$

Xác định hệ số động lực  $\varepsilon_1$ :

$$\varepsilon_1 = \frac{\sqrt{\gamma W_0}}{940 \cdot f_1} = \frac{\sqrt{1,2 \times 830}}{940 \times 0,497} = 0,068$$

từ  $\varepsilon_1$  tra biểu đồ (H.3.46) tìm được  $\xi_1 = 1,65$ Xác định gió động  $W_{p(i)}$ :

$$W_{p(i)} = m_i \xi_j \psi_i y_{ji} ; W_{p(ii)}'' = n \cdot m_i \xi_j \psi_i y_{ji} ; n = 1,2$$

Tầng	Cao độ $z$ (m)	Chuyển vị $y_x$	Khối lượng (t)	$W_{p(i)}'$ (kN)	$W_{p(i)}''$ (kN)
Tầng lững	4	0,0006	2612	11,086	13,303
Tầng 2	7,5	0,0009	2487	15,533	18,999
Tầng kỹ thuật	11	0,0014	2726	26,995	32,395
Tầng 3	15	0,0019	2460,5	33,068	39,682
Tầng 4	18,15	0,0024	2407	40,862	49,035
Tầng 5	21,3	0,0028	2407	47,673	57,207
Tầng 6	24,45	0,0033	2407	56,186	67,423
Tầng 7	27,6	0,0038	2396,6	64,419	77,303
Tầng 8	30,75	0,0043	2386,2	72,579	87,095
Tầng 9	33,9	0,0048	2386,2	81,019	97,222
Tầng 10	37,05	0,0052	2386,2	87,770	105,324
Tầng 11	40,2	0,0057	2386,2	96,210	115,452
Tầng 12	43,35	0,0061	2378,1	102,612	123,134
Tầng 13	46,5	0,0066	2369,9	110,640	132,768
Tầng 14	49,65	0,007	2369,9	117,345	140,814
Tầng 15	52,8	0,0074	2369,9	124,051	148,861
sân thượng	55,95	0,0078	2144	118,292	141,951

+ Ứng với dạng dao động thứ 2: Tần số dao động theo phương X:  $f_2 = 1,9599$

Xác định hệ số động lực  $\xi_2$ , Xét dao động thứ 2, thứ 3 ... lấy  $v_2 = v_3 = 1$

$$\varepsilon_2 = \frac{\sqrt{1,2W_0}}{940 \times f_2} = \frac{\sqrt{1,2 \times 830}}{940 \times 1,9599} = 0,017$$

(các bước tiếp theo tính tương tự như trên)

$$W_{p(i2)} = m_i \xi_j \psi_i y_{ji} ; W_{p(i2)}'' = n.m_i \xi_j \psi_i y_{ji}$$

Tầng	Cao độ z (m)	Chuyển vị $y_x$	Khối lượng (t)	$W_{p(i2)}$ kN	$W_{p(i2)}''$ kN
Tầng lửng	4				

+ Ứng với dạng dao động thứ 3 (tính tương tự như trên)

$$W_{p(i3)} = m_i \xi_j \psi_i y_{ji} ; W_{p(i3)}'' = n.m_i \xi_j \psi_i y_{ji} ; n = 1,2$$

Tầng	Cao độ z (m)	Chuyển vị $y_x$	Khối lượng (t)	$W_{p(i3)}$ kN	$W_{p(i3)}''$ kN
Tầng lửng	4				

**Tính gió theo phương Y: tính các hệ số**

+ Ứng với dạng dao động thứ 1: Tần số dao động theo phương Y:  $f_1 = 0,5536$

Xác định hệ số động lực  $\xi_1$ : lấy theo bảng 3.4

Xác định hệ số  $v_1$

Ta có  $\rho = 31,15m$ ,  $\chi = H = 55,95m$ . Tra bảng 3.5 ta được giá trị  $v_1 = 0,61$

Tính  $W_{F1}$

$$W_{F1} = W_j \zeta_i S_j v_j D_j h_j$$

Tầng	Cao độ z (m)	$W_j$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\zeta$	D (m)	H (m)	$W_F$ (kN)
Tầng lửng	4	1,2027	0,3180	31,15	3,75	44,67
Tầng 2	7,5	1,3073	0,3105	31,15	3,50	44,25
Tầng kỹ thuật	11	1,3851	0,3016	31,15	3,75	48,80
Tầng 3	15	1,4409	0,2960	31,15	3,575	47,50
Tầng 4	18,15	1,4775	0,2916	31,15	3,15	42,27
Tầng 5	21,3	1,5111	0,2881	31,15	3,15	42,71
Tầng 6	24,45	1,5403	0,2859	31,15	3,15	43,21
Tầng 7	27,6	1,5696	0,2837	31,15	3,15	43,69



Tầng	Cao độ z (m)	$W_j$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\zeta$	D (m)	H (m)	$W_F$ (kN)
Tầng 8	30,75	1,5972	0,2815	31,15	3,15	44,11
Tầng 9	33,9	1,6191	0,2793	31,15	3,15	44,37
Tầng 10	37,05	1,6411	0,2771	31,15	3,15	44,62
Tầng 11	40,2	1,6626	0,2749	31,15	3,15	44,85
Tầng 12	43,35	1,6772	0,2737	31,15	3,15	45,04
Tầng 13	46,5	1,6919	0,2724	31,15	3,15	45,22
Tầng 14	49,65	1,7065	0,2711	31,15	3,15	45,40
Tầng 15	52,8	1,7212	0,2699	31,15	3,15	45,58
sân thượng	55,95	1,7358	0,2686	31,15	2,50	36,31

Xác định  $\psi_1$ 

Tầng	Chuyển vị $y_j$	Khối lượng (t)	$W_F$ (kN)
Tầng lửng	0,0005	2612	44,67
Tầng 2	0,0008	2487	44,25
Tầng kỹ thuật	0,0012	2726	48,80
Tầng 3	0,0017	2460,5	47,50
Tầng 4	0,0022	2407	42,27
Tầng 5	0,0026	2407	42,71
Tầng 6	0,0031	2407	43,21
Tầng 7	0,0036	2396,6	43,69
Tầng 8	0,0041	2386,2	44,11
Tầng 9	0,0046	2386,2	44,37
Tầng 10	0,005	2386,2	44,62
Tầng 11	0,0055	2386,2	44,85
Tầng 12	0,006	2378,1	45,04
Tầng 13	0,0065	2369,9	45,22
Tầng 14	0,0069	2369,9	45,40
Tầng 15	0,0074	2369,9	45,58
Sân thượng	0,0078	2144	36,31

$$\psi_1 = \frac{\sum y_{ji} W_{Fj}}{\sum y_{ji}^2 m_j} = \frac{3,045}{0,877} = 3,473; \quad \varepsilon_1 = \sqrt{\frac{1,2 \times 830}{940 \times 0,5536}} = 0,061; \quad \xi_1 = 1,6$$

Xác định gió động  $W_{p(i)}$ 

$$W_{p(i)} = m_i \xi_j \psi_i y_{ji}; \quad W_{p(i)}'' = n \cdot m_i \xi_j \psi_i y_{ji}; \quad n = 1,2$$

Tầng	Cao độ z (m)	Chuyển vị $y_y$	Khối lượng (t)	$W_{p(i)}$ (kN)	$W''_{p(i)}$ (kN)
Tầng lửng	4	0,0005	2612	7,257	8,709
Tầng 2	7,5	0,0008	2487	11,056	13,267
Tầng kt	11	0,0012	2726	18,177	21,813
Tầng 3	15	0,0017	2460,5	23,234	27,892
Tầng 4	18,15	0,0022	2407	29,245	35,311
Tầng 5	21,3	0,0026	2407	34,776	41,731
Tầng 6	24,45	0,0031	2407	41,463	49,756
Tầng 7	27,6	0,0036	2396,6	47,934	57,531
Tầng 8	30,75	0,0041	2386,2	54,356	65,237
Tầng 9	33,9	0,0046	2386,2	60,994	73,193
Tầng 10	37,05	0,005	2386,2	66,298	79,558
Tầng 11	40,2	0,0055	2386,2	72,928	87,514
Tầng 12	43,35	0,006	2378,1	79,288	95,145
Tầng 13	46,5	0,0065	2369,9	85,599	102,719
Tầng 14	49,65	0,0069	2369,9	90,867	109,040
Tầng 15	52,8	0,0074	2369,9	97,451	116,941
sân thượng	55,95	0,0078	2144	92,927	111,513

Ứng với dạng dao động thứ 2: Tần số dao động theo phương Y:  $f_2 = 2,2533$

Xác định hệ số động lực  $\xi_2$ . Xét dao động thứ 2, thứ 3 ... lấy  $v_2 = v_3 = 1$

$$\xi_2 = \frac{\sqrt{\gamma W_0}}{940 \times f_2} = \frac{\sqrt{1,2 \times 830}}{940 \times 2,2533} = 0,015$$

(các bước tiếp theo tính tương tự như trên)

$$W_{p(i2)} = m_i \xi_j \psi_i y_{ji}; \quad W''_{p(i2)} = n \cdot m_i \xi_j \psi_i y_{ji}$$

Tầng	Cao độ z (m)	Chuyển vị $y_x$	Khối lượng (t)	$W_{p(i2)}$ kN	$W''_{p(i2)}$ kN
Tầng lửng	4				

+ Ứng với dạng dao động thứ 3 (tính tương tự như trên)

$$W_{p(i3)} = m_i \xi_j \psi_i y_{ji}; \quad W''_{p(i3)} = n \cdot m_i \xi_j \psi_i y_{ji}$$

Tầng	Cao độ z (m)	Chuyển vị $y_x$	Khối lượng (t)	$W_{p(i1)}$ kN	$W''_{p(i1)}$ kN
Tầng lửng	4				

*Chú thích:* Số dạng dao động được đưa vào tính toán tùy thuộc vào độ chính xác yêu cầu: thông thường chỉ cần tính cho ba dạng dao động đầu tiên.

Tổ hợp tải trọng gió:

Cách tính gần đúng: tổ hợp tải trọng gió có thể tính theo công thức sau:

$$W_{\text{tong},i} = W_{\text{tinh},i} + \sqrt{\left(\sum_1^s W_{\text{dong},i}\right)^2}$$

trong đó:  $W_{\text{tong},i}$  - tổng tải gió theo phương  $i$ . (X hoặc Y)

$W_{\text{tinh},i}$  - gió tĩnh theo phương  $i$

$W_{\text{dong},i}$  - gió động ứng với dạng dao động thứ  $i$  theo phương X hoặc Y

$s$  - số dao động tính toán.

*Chú thích:* Nếu chỉ tính cho một dạng dao động thứ 1: thì tổng tải gió được tổng kết theo bảng sau:

$$W_{\text{tong},i} = W_{\text{tinh},i} + W_{\text{dong},i}$$

Tầng	Gió X			Gió Y		
	$W_{\text{tinh}}$	$W_{\text{dong}}$	$W_{\text{tong}}$	$W_{\text{tinh}}$	$W_{\text{dong}}$	$W_{\text{tong}}$
Sân thượng	332,23	141,951	471,181	183,04	111,513	294,553
Tầng 15	415,08	148,861	563,941	228,69	116,941	345,631
Tầng 14	411,55	140,814	552,364	226,74	109,040	335,780
Tầng 13	408,02	132,768	540,788	224,79	102,719	327,509
Tầng 12	404,49	123,134	527,624	222,85	95,145	317,995
Tầng 11	400,96	115,452	516,412	220,90	87,514	308,414
Tầng 10	395,77	105,324	501,094	218,05	79,558	297,608
Tầng 9	390,48	97,222	469,702	215,13	73,193	288,323
Tầng 8	385,18	87,095	427,275	212,21	65,237	277,447
Tầng 7	378,54	77,303	455,843	208,55	57,531	266,081
Tầng 6	371,48	67,423	438,903	204,66	49,756	254,416
Tầng 5	364,41	57,207	421,617	200,77	41,731	242,501
Tầng 4	356,32	49,035	405,355	196,31	35,311	131,621
Tầng 3	394,37	39,682	434,052	217,28	27,892	245,172
Tầng kỹ thuật	397,66	32,395	403,055	219,09	21,813	240,903
Tầng 2	350,29	18,999	369,289	192,99	13,267	206,257
Tầng lửng	345,29	13,303	358,593	190,23	8,709	198,939

### 3.17 TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT

#### 3.17.1 Khái niệm chung về động đất [4], [8], [9], [10], [11],[14]

Sơ lược về động đất

Lớp vỏ Trái Đất luôn luôn chuyển động theo thuyết kiến tạo địa chất thì bề mặt Trái Đất gồm một số lớp đá gốc dày trôi nổi trong lớp phún nham lỏng.

Những thềm kiến tạo mới liên tục kéo dài ra những vùng biển trũng sâu có những dung nham nóng chảy được phun lên trên, phủ lên đáy biển và đó chính là nguyên nhân của hiện

tượng trôi lục địa gây ra sự xô đẩy thêm lục địa và đáy biển. Trong những vùng này các lớp thêm lục địa xô đẩy lẫn nhau, sự dịch chuyển tương hỗ giữa chúng bị cản do lực ma sát giữa các mặt kiến tạo. Dọc những vùng tiếp xúc này, ứng suất kéo tăng dần chừng nào xảy ra nứt nẻ đột ngột do ứng suất này đã vượt quá giới hạn đàn hồi hoặc tới khi phá hủy khối lượng lớn đá gốc. Do có chuyển động nên có giải phóng năng lượng biến dạng dẫn đến phá hủy vỏ trái đất theo một phương nào đó và tạo thành vết nứt. Một phần năng lượng này truyền đi dưới dạng sóng và chạm theo mọi hướng, chuyển động sóng này gọi là động đất.

Trong thời gian động đất, chuyển động của nền đất làm phát sinh các lực quán tính ở các bộ phận công trình. Bởi vậy, động đất không những ảnh hưởng trực tiếp tới nền móng công trình mà còn gây dao động, biến dạng kết cấu thân nhà dẫn tới nứt nẻ, hư hỏng, phá hoại cục bộ hoặc toàn bộ ngôi nhà.

Động đất là hiện tượng rung động đột ngột mạnh của vỏ Trái Đất do sự dịch chuyển các mảnh thạch quyển hoặc các đứt gãy trong vỏ Trái Đất và được truyền qua những khoảng cách lớn dưới dạng dao động đàn hồi.

Nơi phát sinh dịch chuyển của động đất gọi là chấn tiêu

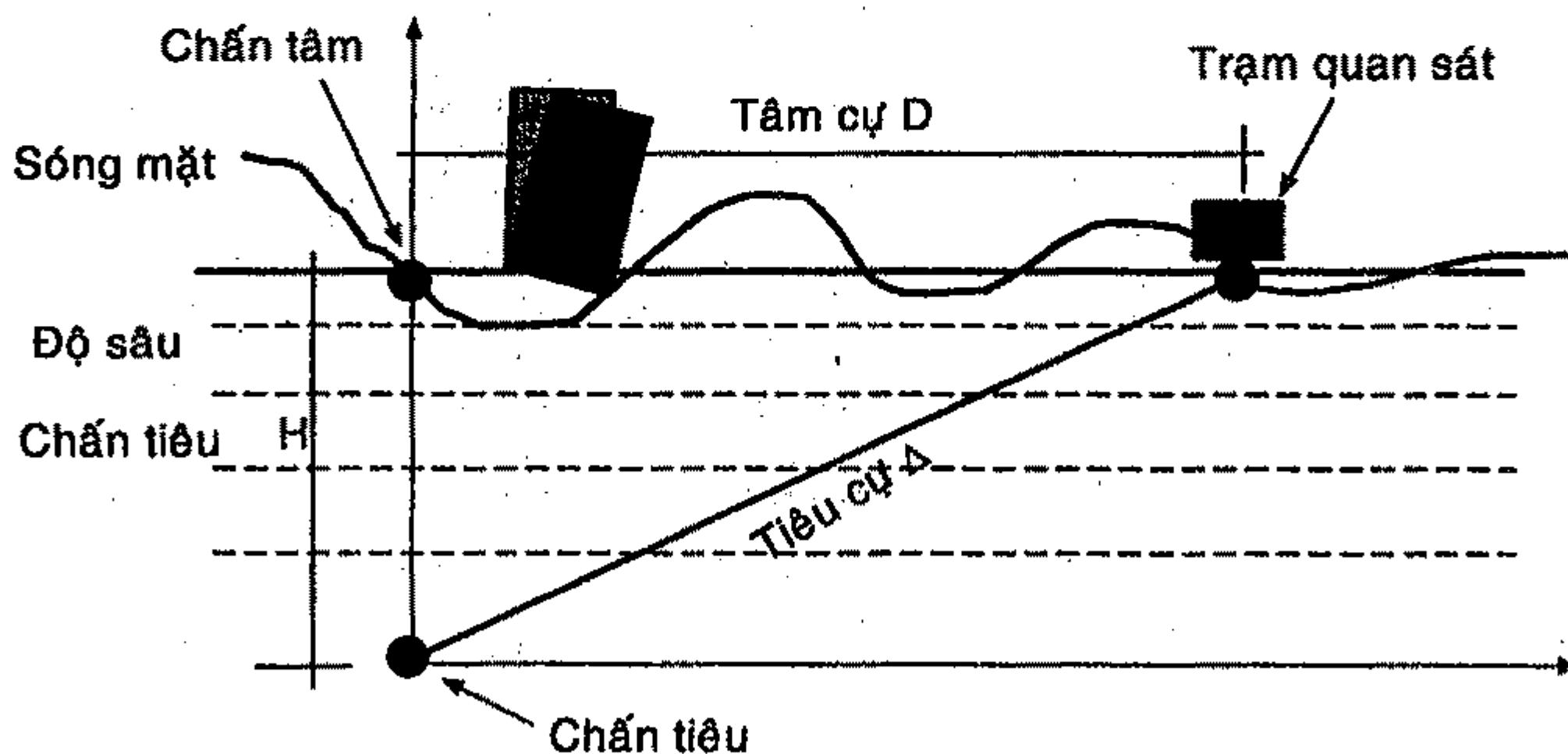
Nối tâm Trái Đất với chấn tiêu qua lên mặt đất: đường này gặp mặt đất nơi đó gọi là chấn tâm

Khoảng cách từ chấn tâm đến chấn tiêu gọi là độ sâu chấn tiêu:  $H$

Khoảng cách từ chấn tiêu đến trạm quan sát được gọi là tiêu cự:  $\Delta$

Khoảng cách từ chấn tâm đến trạm quan sát được gọi là tâm cự:  $D$

Cường độ động đất ở mặt đất xác định theo thang động đất hoặc bằng đại lượng magnitude.

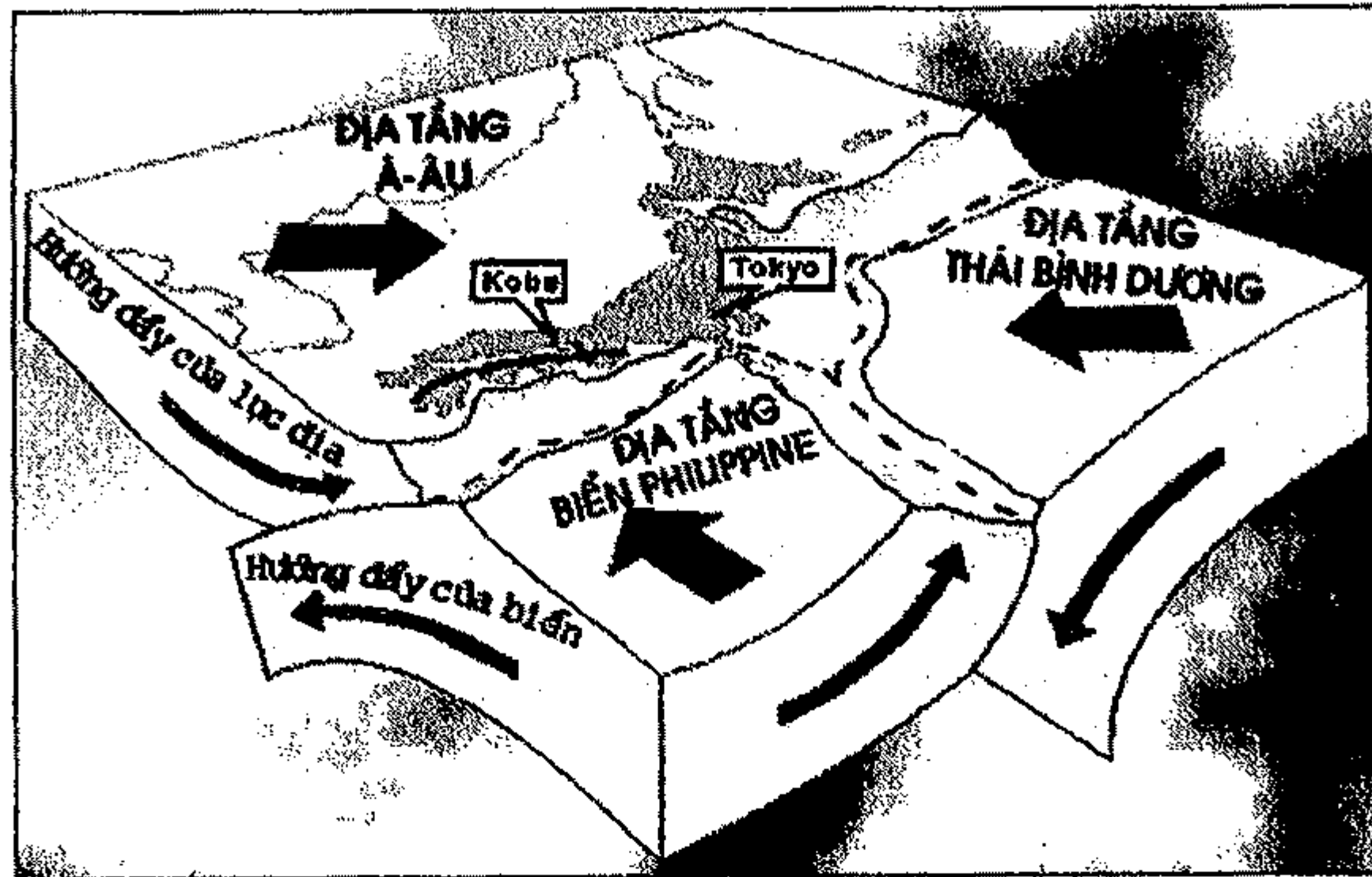


Hình 3.52 Đặc trưng dao động tại chấn tâm và chấn tiêu

Có năm dạng chuyển động cơ bản:

- Chuyển động phân ly: hai mảng gần nhau tách dần ra
- Chuyển động dũi ngâm: mảng nọ dũi xuống mảng kia
- Chuyển động trườn: mảng nọ trườn lên mảng kia
- Chuyển động va chạm đàn hồi: hai mảng kề nhau thỉnh thoảng va vào nhau rồi sau đó trở lại vị trí ban đầu
- Chuyển động rút đồng quy: hai mảng gần nhau châu đầu rút xuống lớp nhưng nham lóng phía dưới.

Trận động đất ở Kobê Nhật, tháng 1-1995 được mô tả chuyển động của các mảng theo hình sau:



Hình 3.53

**3.17.2 Đánh giá cường độ động đất**

Có thể dựa vào hậu quả của nó hoặc năng lượng gây ra trận động đất ấy. Các thang sau đây được nhiều nước sử dụng:

**Thang Mercalli cải tiến:** do Giuseppe Mercalli đề ra có 12 cấp:

Cấp từ I đến IV là động đất yếu.

Cấp V đến cấp VI đã tác động đến giác quan con người, đèn treo trên trần lay động, có chút ít thiệt hại

Cấp VII làm con người chạy ra khỏi nhà, hư hỏng nhẹ đối với nhà bình thường và làm hỏng nặng nhà khi thi công kém

Cấp VIII làm hư hỏng hàng loạt công trình ngay cả những công trình thi công tốt

Cấp IX và X làm đổ hầu hết các nhà

Cấp XI gây thiệt hại phạm vi lớn

Cấp XII mang tính hủy diệt kèm theo sự thay đổi địa hình nơi có động đất

**Thang MKS – 64**

Thang MSK -64 do Medvedev, Sponheure và Karnic đề xuất để đánh giá động đất ảnh hưởng đến công trình xây dựng, có 12 cấp:

Bảng 3.9

MSK-64	Phổ biến độ của con lắc (mm)
5	0,5~1,0
6	1,1~2,0
7	2,1~4,0
8	4,1~8,0
9	8,1~16,0
10	16,1~32,0

### Thang Richter

Thang đo cường độ động đất bằng cách đánh giá gần đúng năng lượng được giải phóng ở chấn tiêu.

Độ lớn  $M$  (magninude) của một trận động đất bằng logarit thập phân của biên độ cực đại  $A$  ghi được tại một điểm cách chấn tâm  $D = 100\text{km}$  trên máy đo địa chấn có chu kỳ dao động riêng  $T = 0,8\text{sec}$

$$M = \log A \quad (3.146)$$

Quan hệ giữa năng lượng  $E$  (ergi) được giải phóng ở chấn tiêu với magnitude được xác định theo:

$$\log E = 9,9 + 1,9M - 0,024M^2 \quad (3.147)$$

**Bảng 3.10**

M	5	6	6,5	7	7,5	8	8,6
E	$0,08 \times 10^{20}$	$2,5 \times 10^{20}$	$14,1 \times 10^{20}$	$80 \times 10^{20}$	$46 \times 10^{20}$	$2000 \times 10^{20}$	$20000 \times 10^{20}$

Thang năng lượng Richter có 7 bậc đánh số từ 2 đến 8 độ Richter

Giữa thang Mercalli cải tiến và thang Richter có mối liên hệ như sau:

**Bảng 3.11**

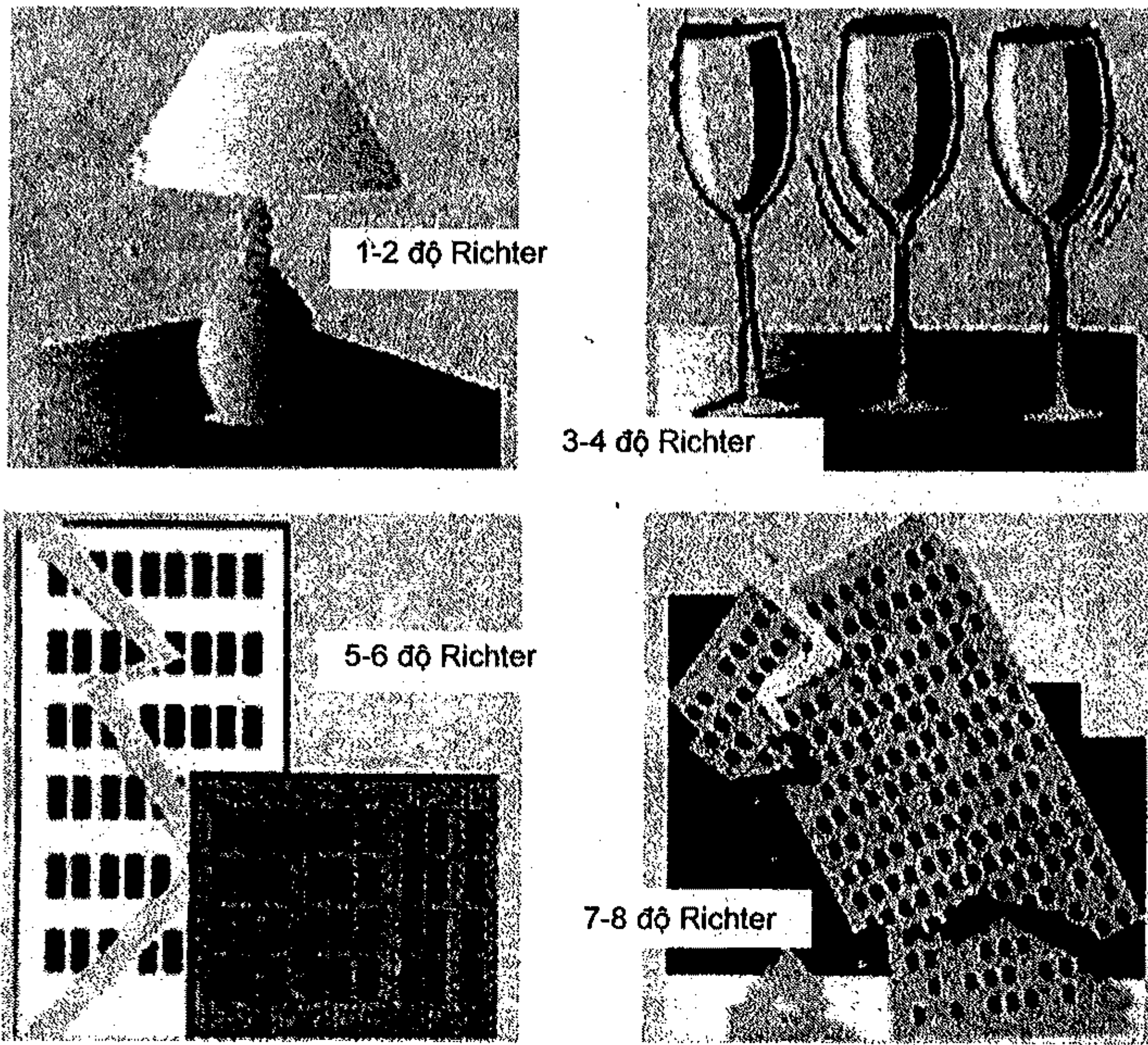
Thang Richter M	Thang Mercalli cải tiến MM
2	I~II
3	III
4	IV~V
5	VI~VII
6	VII~VIII
7	IX~X
8	XI

### Phân biệt độ lớn và chấn động

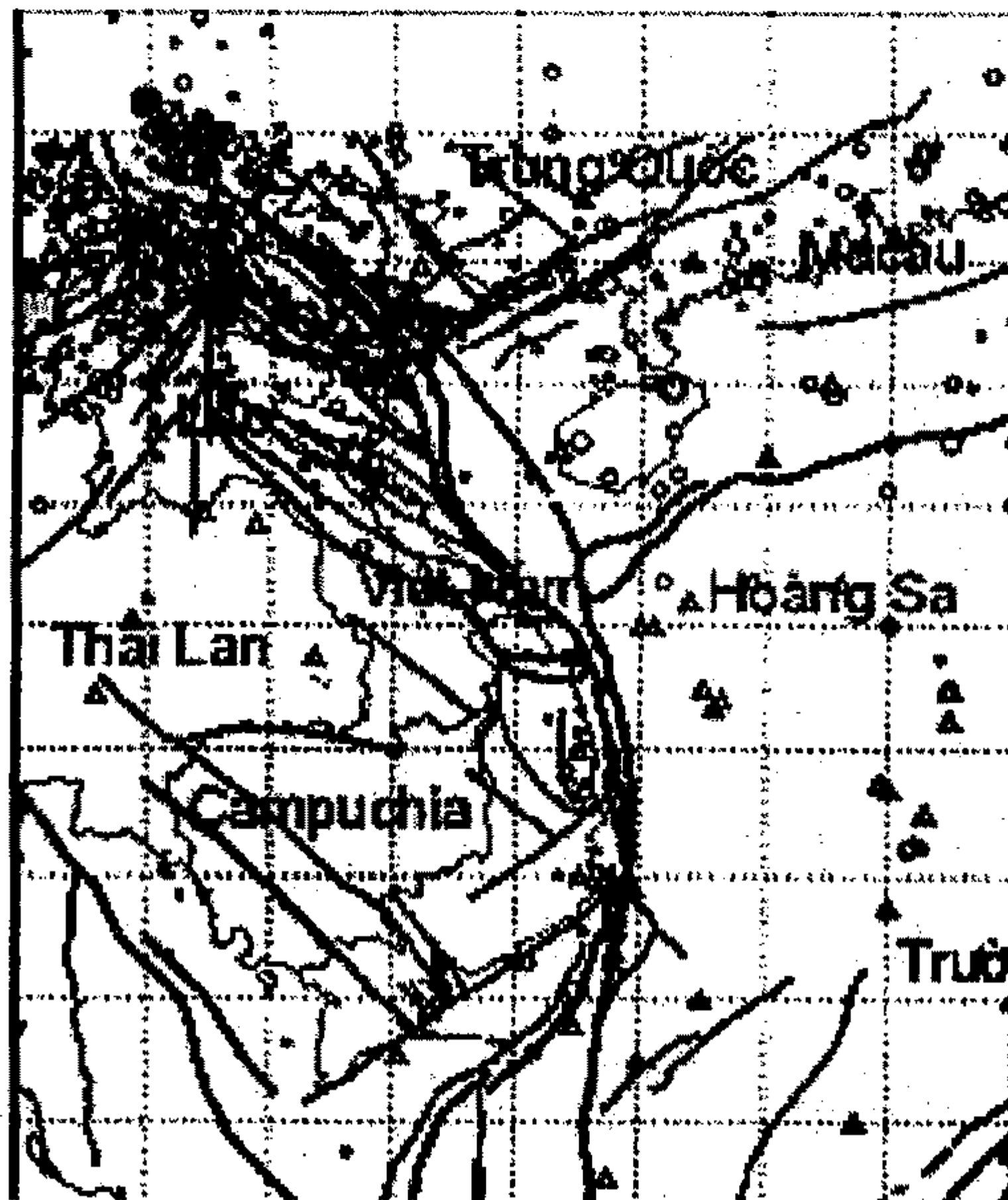
Độ lớn hay mức năng lượng mà động đất phát ra được đo bằng độ Richter.

Chấn động (hay cấp động đất) là rung động mà động đất gây ra trên mặt đất, tác động tới mọi vật trên bề mặt. Càng gần chấn tâm chấn động càng mạnh, chấn động được đo bằng thang động đất MSK-64.

Các nước thường dùng song song hai thang Mercalli cải tiến và thang Richter nên chúng ta hay thấy nói trận động đất mạnh cấp mấy và có mấy độ Richter.

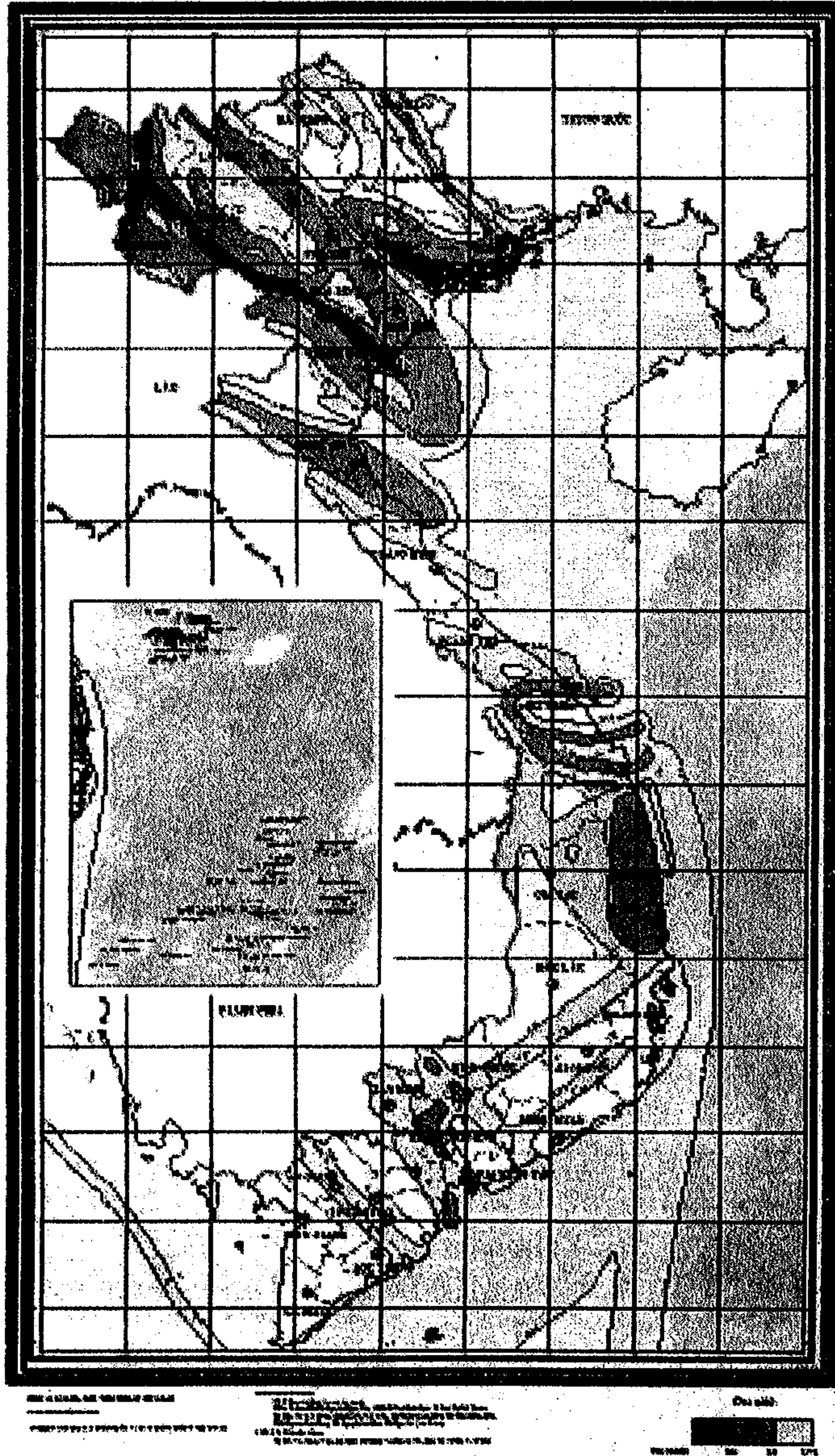


Hình 3.54



Hình 3.55 Bản đồ chấn tâm động đất Việt Nam – Biển Đông

**BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG GIA TỘC NỀN LÃNH THỔ VIỆT NAM**  
**Chu kỳ lặp lại 300 năm, nền A**



*Hình 3.56 Bản đồ phân vùng gia tộc nền lãnh thổ Việt Nam*



**Bảng 3.12** Danh sách các vùng phát sinh động đất mạnh trên lãnh thổ Việt Nam

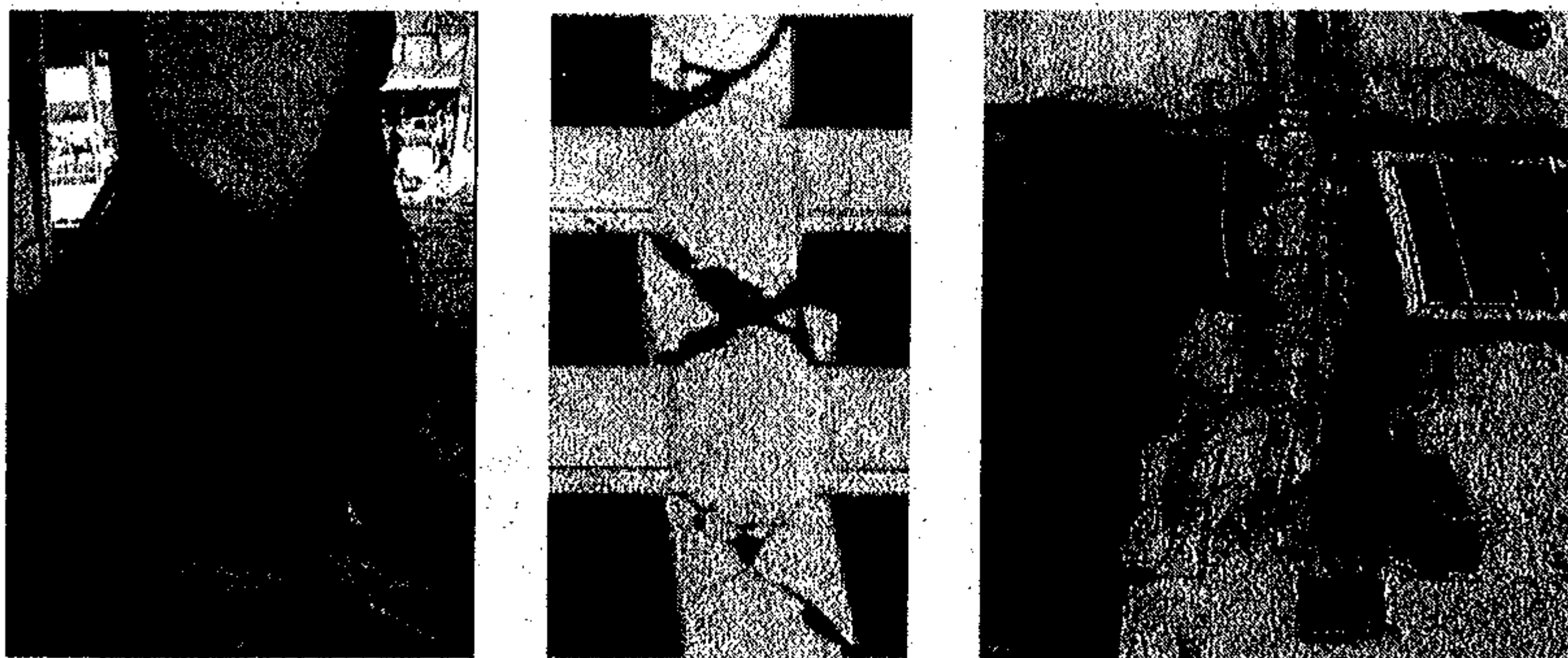
Tên vùng	Động đất cực đại (độ Richer)	Tên vùng	Động đất cực đại (độ Richter)
Sơn La	6,8	Sông Mã - Fumâyton	6,5
Đông triều	6,0	Sông Hồng-Sông Chảy	6,0
Sông Cả-Khe Bó	6,0	Rào Nạy	5,5
Cao Bằng-Tiên Yên	5,5	Đông Bắc trũng Hà Nội	5,5
Cắm Phả	5,5	Sông Lô	5,5
Phong Thổ - Than Uyên Mường La - Chợ Bờ	5,5	Sông Đà	5,5
Mường Nhé	5,5	Hạ Lưu Sông Mã	5,5
Sông Hiếu	5,5	Khe Giữa - Vĩnh Linh	5,5
Trà Bồng	5,5	Huế	5,5
Đà Nẵng	5,5	Tam Kỳ - Phước Sơn	5,5
Sông Pô Cô	5,5	Sông Ba	5,5
Ba Tơ - Củng Sơn	5,5	Kinh tuyến 109,5	5,5
Tuy Hòa - Củ Chi	5,5	Thuận Hải - Minh Hải	5,5
Vũng Tàu - Tôn Lê Sáp	5,5	Sông Hậu	5,5
Phú Quý 1	5,5	Phú Quý 2	5,5

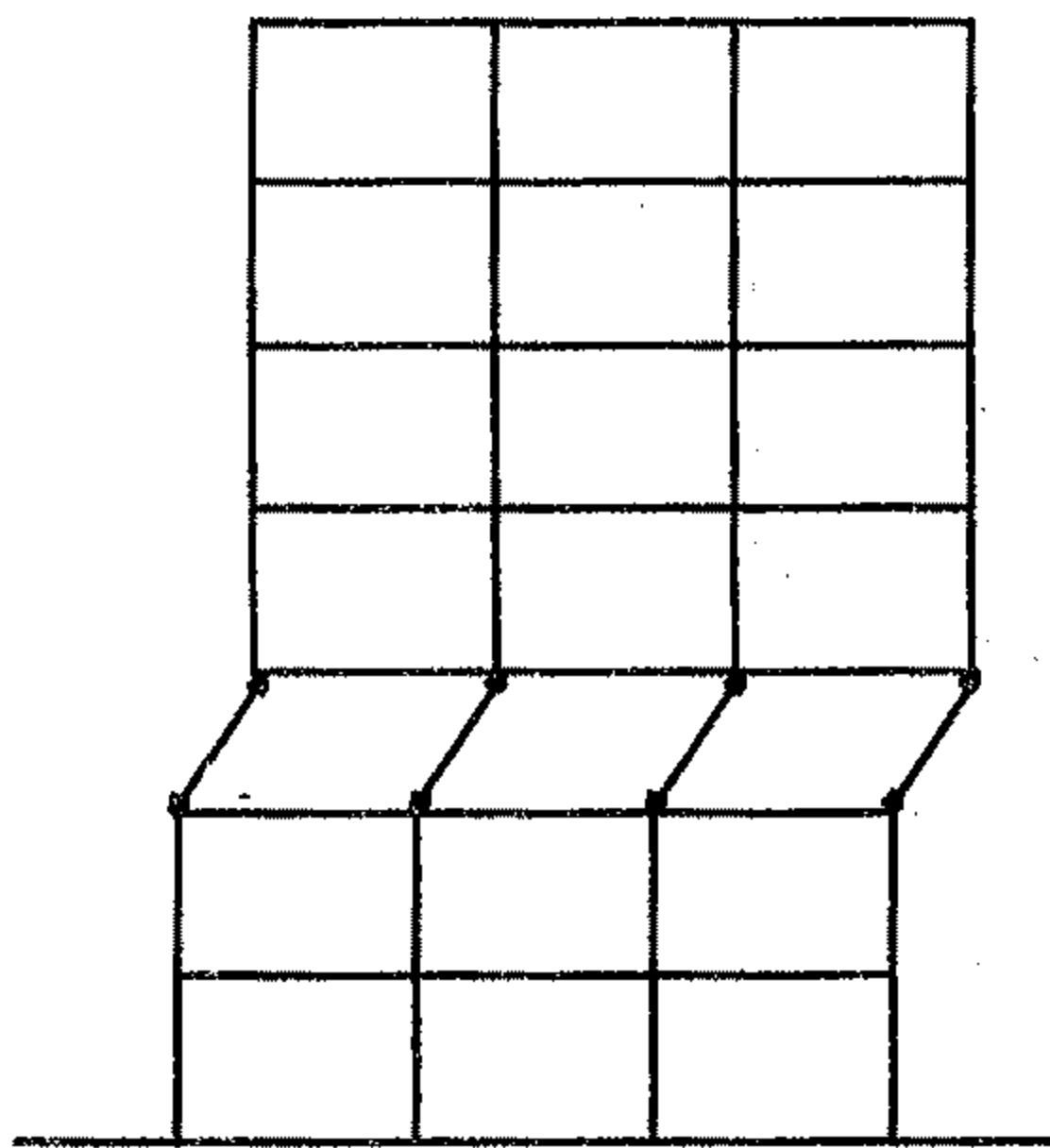
**Chú thích:**

- Động đất cực đại là động đất lớn nhất có thể xảy ra.
- Động đất mạnh 5,5 độ Richter gây chấn động cấp 7, làm hư hại nhẹ nhà cửa
- Động đất 6,0 độ Richter gây chấn động cấp 8, làm hư hại nặng nhà cửa
- Động đất 6,8 độ Richter gây chấn động cấp 8-9, làm hư hại nhà cửa nặng hơn cấp 8.

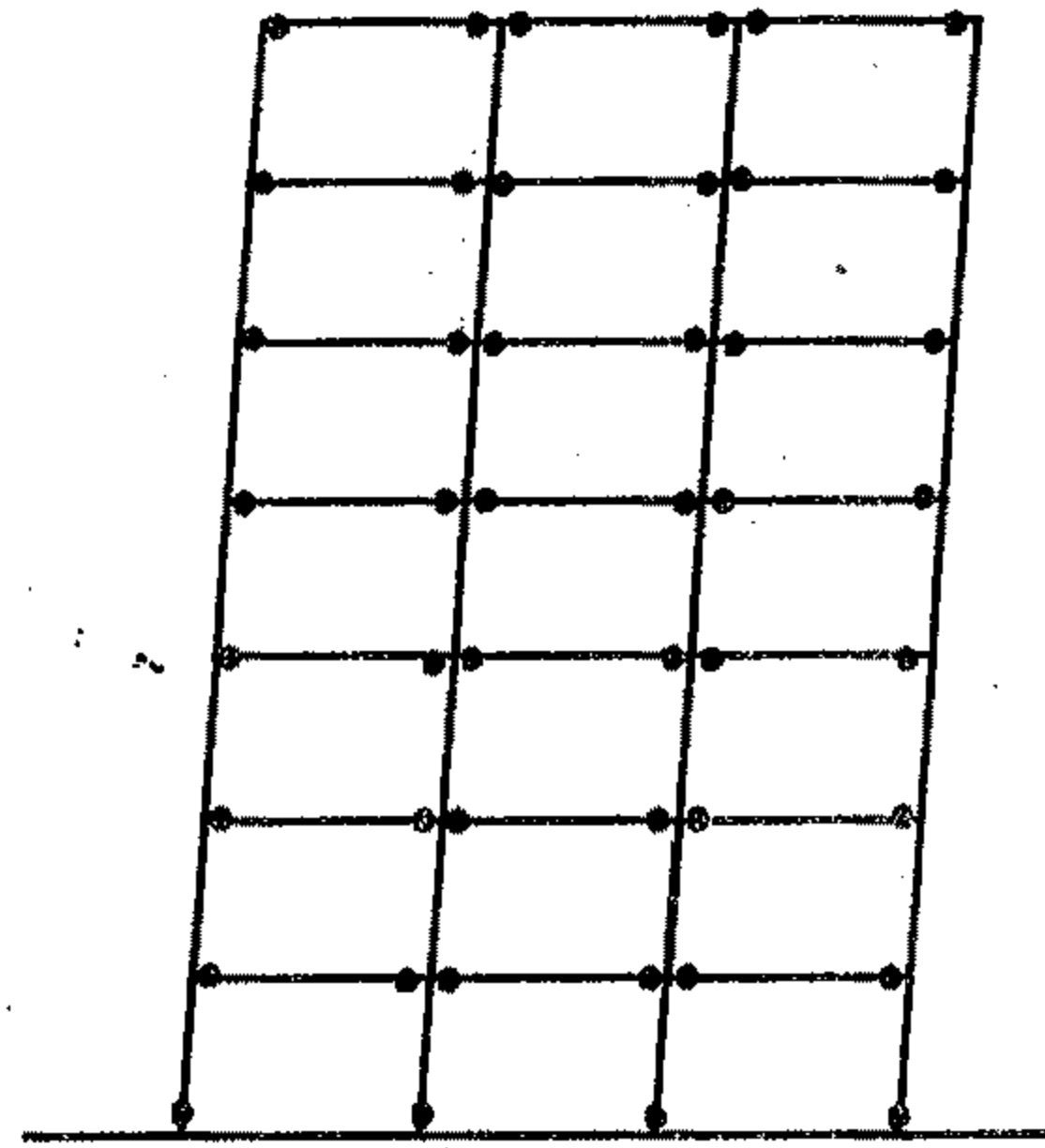
Các dạng phá hoại ở kết cấu nhà cao tầng khi chịu tác dụng của lực động đất:

- Nứt ở vùng kéo
- Nứt chéo trong lõi
- Mất lớp bảo vệ bê tông
- Cốt đai bị bật ra
- Cong vênh các cốt thép chính

**Hình 3.57** Dạng cột bị phá hoại



a) Sơ đồ phá hoại cột trước dầm



b) Sơ đồ phá hoại dầm trước cột

**Hình 3.58**

Khi thiết kế nên chọn: **“cột khỏe hơn dầm”**: khi phá hoại các khớp dẻo chỉ được hình thành trong dầm trước khi hình thành trong các cột, để tránh nguy cơ công trình sụp đổ hoàn toàn.

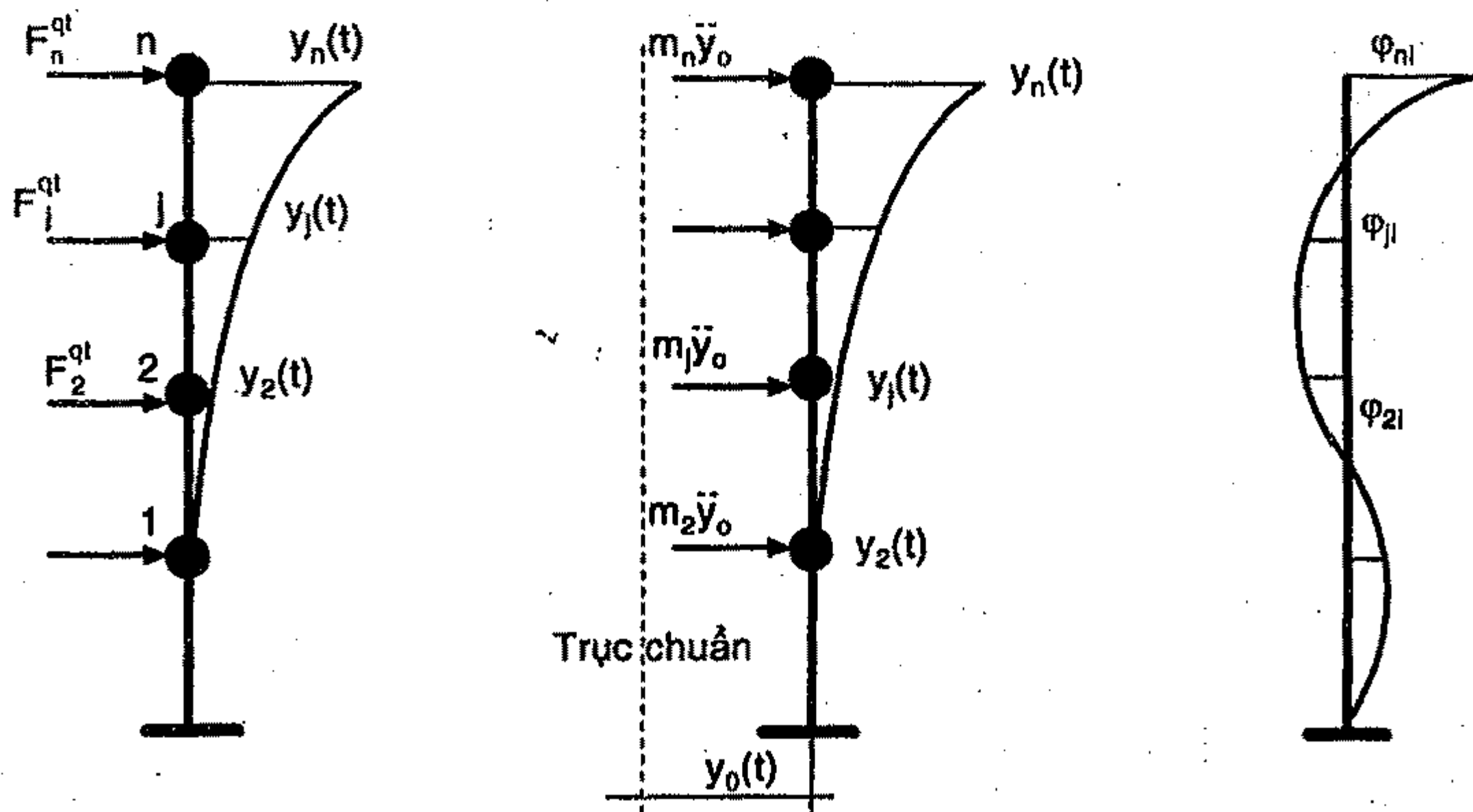
**Bảng 3.13** Phân cấp công trình để thiết kế kháng chấn (chống động đất)

Đặc biệt	Công trình không cho phép hư hỏng do động đất: lăng, tượng đài, đập thủy điện, đập chứa nước, lò phản ứng hạt nhân.
Cấp I	Công trình mà chức năng không được gián đoạn: bệnh viện, trụ sở cảnh sát, trạm cứu hỏa... Công trình phục vụ công cộng quốc gia: đài phát thanh, truyền hình, nhà máy điện, nhà máy nước, đài nước cỡ lớn ... Bảo tàng, thư viện, kho lưu trữ Trung ương, trụ sở hành chính Trung ương Nhà cao tầng có chiều cao hơn 60m.
Cấp II	Công trình thường xuyên đông người: trường học, cung văn hóa, sân vận động, siêu thị, nhà ga, trụ sở hành chính cấp tỉnh, thành phố ... Nhà cao tầng cao từ 40m đến 60m.
Cấp III	Nhà dân dụng, văn phòng, nhà ăn, rạp hát cao dưới 40m Nhà công nghiệp một tầng, kho chứa hàng hóa có giá trị.
Cấp IV	Nhà tạm, trại gia súc, kho hàng có giá trị thấp, xưởng sửa chữa, công trình công nghiệp phụ trợ.



Hình 3.59 Hậu quả sau động đất, sóng thần

3.18 PHẢN ỨNG CỦA CÔNG TRÌNH DƯỚI TÁC DỤNG CỦA ĐỘNG ĐẤT



Hình 3.60

Dưới tác dụng của động đất, móng công trình (được giả thiết là một khối tuyệt đối cứng) chịu một di chuyển tịnh tiến ngang  $y_0(t)$  cùng với nền đất. Kết quả, tại mỗi thời điểm, khối lượng  $m_j$  sẽ thực hiện chuyển vị theo  $y_0(t)$  cùng với nền đất và chuyển vị tương đối  $y_j(t)$  so với móng (H.3.60). Chuyển vị tuyệt đối của khối lượng  $m_j$  sẽ bằng  $y_0(t) + y_j(t)$ .

Lực quán tính tác dụng lên khối lượng  $m_j$  bằng

$$F_j^{qt} = -m_j [\ddot{y}_0(t) + \ddot{y}_j(t)] \quad (3.148)$$

Khi biết chuyển vị tương đối, chúng ta có thể xác định vận tốc tương đối  $\dot{y}_{ji}(t)$  và gia tốc tuyệt đối  $\ddot{y}_0(t) + \ddot{y}_{ji}(t)$  trong mỗi dạng dao động chính, đồng thời xác định được lực quán tính  $m_j [\ddot{y}_0(t) + \ddot{y}_{ji}(t)]$  tác dụng lên khối lượng  $m_j$  trong mỗi dạng dao động chính.

Lực quán tính này được gọi là lực động đất tác dụng lên công trình tại điểm tập trung khối lượng  $m_j$ .

### 3.19 CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT [8]

Theo TCXDVN 375-2006 ta có các phương pháp phân tích sau:

- Phương pháp phân tích đàn hồi tuyến tính:
  - Phương pháp “phân tích phổ phản ứng dạng dao động”.
  - Phương pháp “phân tích tĩnh lực ngang tương đương”.
- Phương pháp phi tuyến:
  - Phương pháp tĩnh phi tuyến.
  - Phương pháp phi tuyến theo thời gian.

#### 3.19.1 Phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động

Trước hết, theo cách tính thông thường, xác định chu kỳ và dao động cho mỗi dạng dao động chính của hệ kết cấu. Tiếp đó là từ phổ phản ứng động đất cho trước, xác định các phổ gia tốc cực đại ứng với chu kỳ dao động và hệ số cản tới hạn của mỗi dao động chính. Trên cơ sở này, bằng kỹ thuật phân tích dạng, xác định phản ứng lớn nhất của hệ kết cấu ở mỗi dạng dao động chính. Phản ứng toàn phần của hệ kết cấu được xác định theo phương pháp tổ hợp thống kê các phản ứng lớn nhất ở các dạng dao động chính.

Ưu điểm chính của phương pháp phổ phản ứng là tính toán nhanh, đơn giản và cho kết quả tính toán với độ chính xác có thể chấp nhận được.

#### 3.19.2 Phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương:

Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương là phương pháp trong đó lực quán tính do động đất sinh ra tác động lên công trình theo phương ngang được thay bằng các tĩnh lực ngang tương đương. Phần lớn các công trình xây dựng thông thường khi thiết kế kháng chấn đều sử dụng phương pháp này để tính toán.

Lực ngang này có tên là lực cắt đáy hoặc lực cắt ở chân công trình, được phân phối trở lại trên chiều cao công trình tại các vị trí có khối lượng tập trung, thường là cao trình bản sàn.

Phương pháp phân tích này có thể 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 tĩnh lực ngang tương đương không áp dụng cho các công trình có hình dạng không đều đặn hoặc có sự phân bố khối lượng và độ cứng không đều trong mặt bằng cũng như trên chiều cao.

### 3.19.3 Phương pháp tĩnh phi tuyến

Được thực hiện dưới điều kiện lực trọng trường không đổi và tải trọng nằm ngang tăng một cách đơn điệu. Phương pháp này có thể áp dụng để kiểm tra tính năng kết cấu của nhà hiện hữu và nhà được thiết kế với mục đích sau:

- Để kiểm tra hoặc đánh giá lại các tỉ số cường độ
- Để xác định các cơ cấu dẻo dự kiến và sự phân bố hư hỏng.
- Để đánh giá tính năng kết cấu của nhà hiện hữu hoặc được cải tạo theo các mục tiêu của tiêu chuẩn liên quan
- Sử dụng như một phương pháp thiết kế thay cho phương pháp phân tích đàn hồi-tuyến tính có sử dụng hệ số ứng xử  $q$ .

### 3.19.4 Phương pháp phi tuyến theo thời gian

Phản ứng phụ thuộc thời gian của kết cấu có thể xác định bằng cách phân tích theo lịch sử thời gian các phương trình vi phân chuyển động của nó, sử dụng các giản đồ gia tốc biểu thị các chuyển động nền cho trong mục 4.3.3.4.3 TCVN 375-2006.

### 3.19.5 Phương pháp xác định tải trọng động đất theo TCXDVN 375-2006

Để tính toán tải trọng động đất cần tiến hành xác định các thông số phục vụ cho việc tính tải trọng động đất theo TCXDVN 375-2006.

**1- Xác định loại đất nền:** có 7 loại đất nền: loại A; B; C; D; E; S<sub>1</sub>; S<sub>2</sub> (xem bảng 3.1 TCXDVN 375-2006)

**2- Xác định tỷ số  $a_{gR}/g$**

trong đó:  $a_{gR}/g$  - đỉnh gia tốc nền tham chiếu ở địa điểm xây dựng công trình (xem bảng phân vùng gia tốc nền theo địa danh hành chính; phụ lục I (TCXDVN 375-2006)

$g$  - gia tốc trọng trường  $g = 9,81m/s^2$

**3- Xác định hệ số tầm quan trọng  $\gamma_1$**

Trong thực tế, công trình xây dựng được chia thành 5 cấp tùy thuộc vào khả năng gây nguy hại cho tính mạng con người trong trường hợp công trình bị sụp đổ... hệ quả kinh tế và xã hội mà nó gây ra (tra bảng 5.3 TCXDVN 375-2006)

**4- Giá trị gia tốc đỉnh đất nền thiết kế  $a_g$**

Gia tốc đỉnh đất nền thiết kế ứng với trạng thái cực hạn được tính như sau:

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_1 \quad (3.149)$$

(Theo quy định của TCXDVN 375-2006) thì:

$a_g \geq 0,08g$  : động đất mạnh phải thiết kế kháng chấn

$0,04g \leq a_g < 0,08g$  : động đất yếu, chỉ cần áp dụng các biện pháp cấu tạo kháng chấn

$a_g < 0,04g$  : động đất rất yếu, không cần phải thiết kế kháng chấn

**5- Xác định hệ số ứng xử q của kết cấu:**

Hệ số ứng xử q là hệ số xét đến khả năng có thể tiêu tán năng lượng (tính dẻo) của kết cấu, hệ số ứng xử q của kết cấu BTCT được lấy như sau:

Hệ khung hay hệ khung - vách:

q = 3,3 đối với nhà 1 tầng

q = 3,6 đối với nhà nhiều tầng, khung 1 nhịp

q = 3,9 đối với nhà nhiều tầng, khung nhiều nhịp

q = 3,6 đối với hệ vách cứng hoặc vách cứng có lỗ cửa

**3.19.5.1 Phương pháp “phân tích phổ phản ứng dạng dao động”**

**1- Phổ phản ứng đàn hồi theo phương nằm ngang**

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”

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

$$0 \leq T \leq T_B \Rightarrow S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \tag{3.150}$$

$$T_B \leq T \leq T_C \Rightarrow S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \tag{3.151}$$

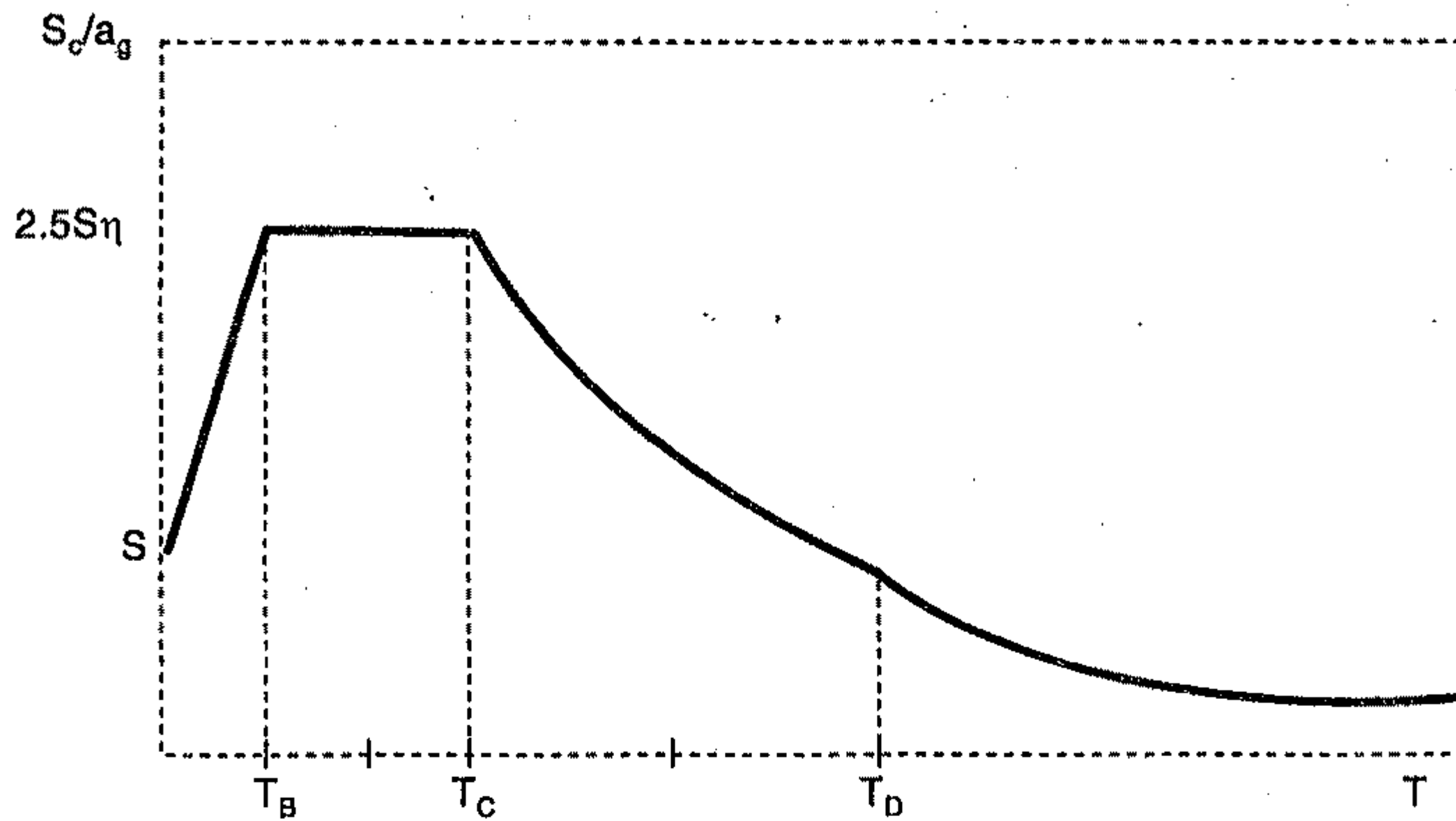
$$T_C \leq T \leq T_D \Rightarrow S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right] \tag{3.152}$$

$$T_D \leq T \leq 4s \Rightarrow S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \tag{3.153}$$

- trong đó:
- $S_c(T)$  - phổ phản ứng đàn hồi
  - T - chu kỳ dao động của hệ tuyến tính một bậc tự do
  - $a_g$  - gia tốc nền thiết kế trên nền loại A ( $a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR}$ ).
  - S - hệ số nền
  - $T_B$  - giới hạn dưới của chu kỳ ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng đàn hồi
  - $T_C$  - 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
  - $\eta$  - hệ số điều chỉnh độ cản với giá trị tham chiếu  $\eta = 1$  đối với độ cản nhớt 5%.

Gấp q	$\sigma_I$
I	1,25
II	1
III	0,75

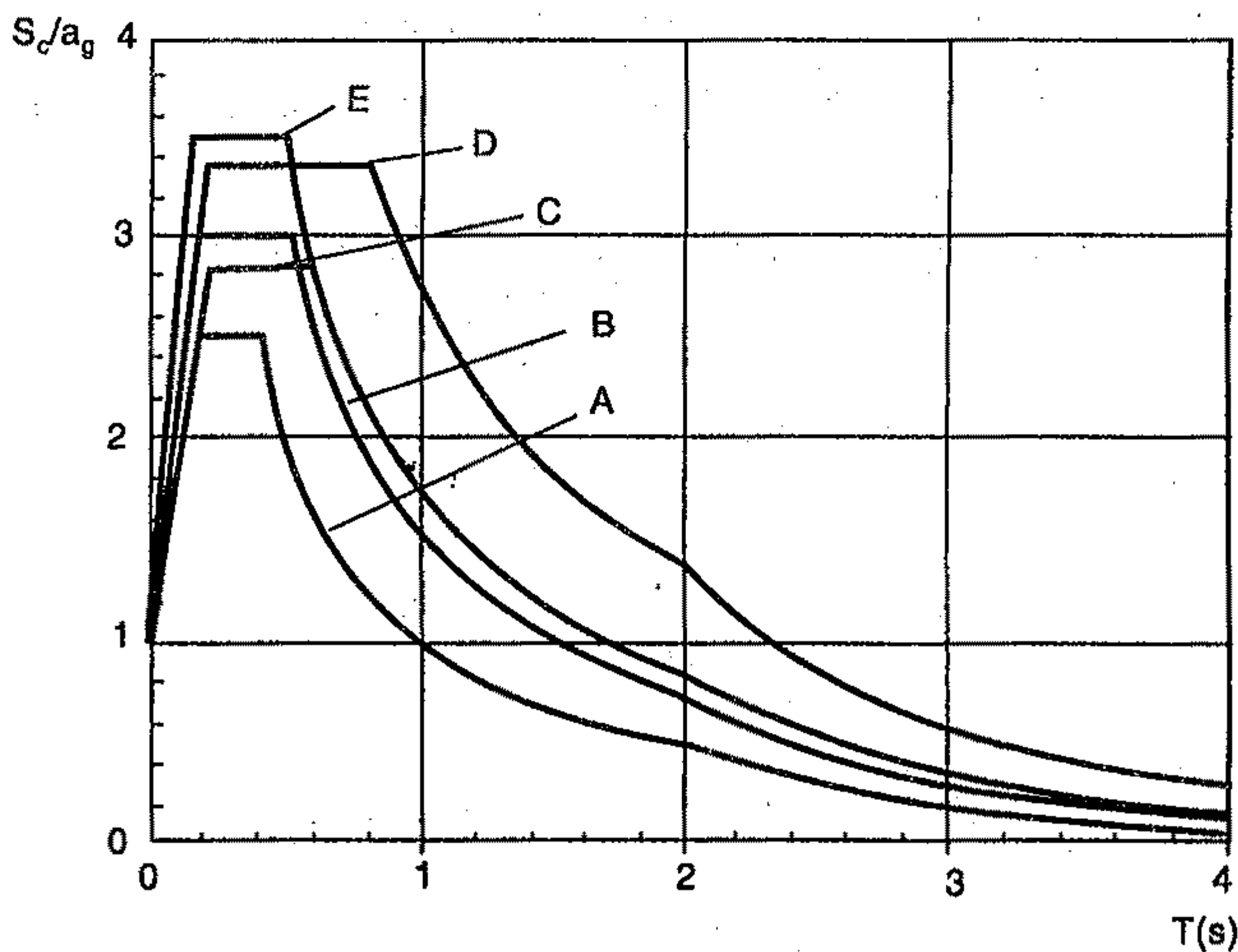
Các giá trị S,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  được lấy theo bảng 3.2 trong TCXDVN 375-2006 hoặc bảng 3.13



Hình 3.61 Dạng của phổ phản ứng đàn hồi

Bảng 3.13 Giá trị các tham số mô tả các phổ phản ứng đàn hồi

Loại nền	S	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0



Hình 3.62 Phổ phản ứng đàn hồi cho các loại đất nền từ A đến E (độ cản nhớt 5%)

## 2- Phổ phản ứng đàn hồi theo phương thẳng đứng:

Với các thành phần thẳng đứng của tác động động đất, phổ phản ứng đàn hồi  $S_{vc}(T)$  được xác định theo các công thức sau:

$$0 \leq T \leq T_B \Rightarrow S_{vc}(T) = a_{vg} \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 3 - 1) \right] \quad (3.154)$$

$$T_B \leq T \leq T_C \Rightarrow S_{vc}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3 \quad (3.155)$$

$$T_C \leq T \leq T_D \Rightarrow S_{vc}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3 \left[ \frac{T_C}{T} \right] \quad (3.156)$$

$$T_D \leq T \leq 4s \Rightarrow S_{vc}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3 \left[ \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \quad (3.157)$$

trong đó: giá trị các tham số  $T_B, T_C, T_D$  lấy theo bảng 3.3 cho năm loại nền đất A, B, C, D, E

**Bảng 3.14** (TCXDVN -375-2006). Giá trị các tham số  $T_B, T_C, T_D$

$A_{vg}/a_g$	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
0,09	0,05	0,15	01,0

## 3- Phổ thiết kế dùng cho phân tích đàn hồi

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 hoặc các cơ cấu khác bằng cách phân tích đàn hồi dựa trên phổ phản ứng được chiết giảm từ phổ phản ứng đàn hồi gọi là “phổ thiết kế”. Sự chiết giảm được thực hiện bằng cách đưa vào hệ số ứng xử  $q$ .

### a- Phổ thiết kế đàn hồi theo phương nằm ngang

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

$$0 \leq T \leq T_B \Rightarrow S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.158)$$

$$T_B \leq T \leq T_C \Rightarrow S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \quad (3.159)$$

$$T_C \leq T \leq T_D \Rightarrow S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.160)$$

$$T_D \leq T \Rightarrow S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.161)$$

trong đó:  $\beta = 0,2$  - hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương nằm ngang.  
 $q$  - hệ số ứng xử



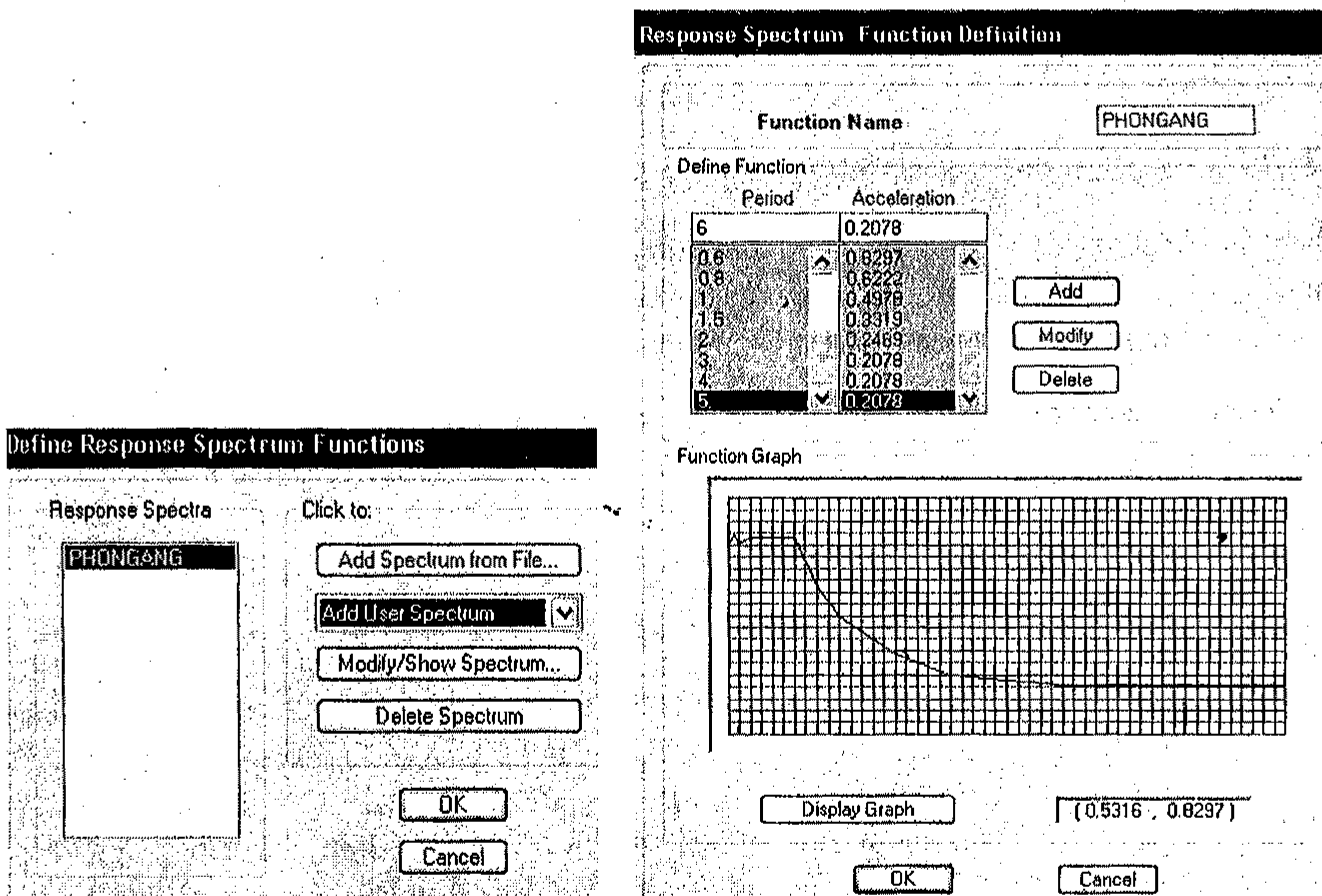
**Xây dựng hàm phổ thiết kế đàn hồi theo phương nằm ngang**

Xây dựng hàm phổ phản ứng để gán vào phần mềm Etabs tính động đất

Hàm phổ theo phương ngang được tính như sau:

**Bảng 3.15**

$0 \leq T \leq T_B \Leftrightarrow 0 \leq T \leq 0,2$		$T_B \leq T \leq T_C \Leftrightarrow 0,2 \leq T \leq 0,6$	
T	Sd	T	Sd
0	0,7965	0,2	0,8297
0,05	0,8048	0,3	0,8297
0,1	0,8131	0,4	0,8297
0,15	0,8214	0,5	0,8297
0,2	0,8297	0,6	0,8297
$T_C \leq T \leq T_D \Leftrightarrow 0,5 \leq T \leq 2$		$T_D \leq T \Leftrightarrow 2 \leq T$	
T	Sd	T	Sd
0,6	0,8297	2	0,2489
0,8	0,6222	3	0,2078
1	0,4978	4	0,2078
1,5	0,3319	5	0,2078
2	0,2489	6	0,2078



**Hình 3.63 Khai báo phổ phản ứng trong Etabs**

### b- Phổ thiết kế đàn hồi theo phương thẳng đứng

Đối với các thành phần thẳng đứng của tác động động đất, phổ thiết kế  $S_{vd}(T)$  được xác định bằng:

$$0 \leq T \leq T_B \Rightarrow S_{vd}(T) = a_{vg} \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.162)$$

$$T_B \leq T \leq T_C \Rightarrow S_{vd}(T) = a_{vg} \cdot \frac{2.5}{q} \quad (3.163)$$

$$T_C \leq T \leq T_D \Rightarrow S_{vd}(T) \begin{cases} = a_{vg} \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \cdot a_{vg} \end{cases} \quad (3.164)$$

$$T_D \leq T \Rightarrow S_{vd}(T) \begin{cases} = a_{vg} \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \\ \geq \beta \cdot a_{vg} \end{cases} \quad (3.165)$$

trong đó:  $\beta = 0,2$  - hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương nằm ngang  
 $q$  - hệ số ứng xử ( $q \leq 1,5$ ) cho mọi vật liệu và hệ kết cấu  
 $a_{vg}$  - gia tốc nền thiết kế.

#### 3.19.5.2 Phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương

Phương pháp này 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 nghĩa là nhà thỏa mãn cả hai điều kiện sau:

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

$$T_1 \leq \begin{cases} 4T_c \\ 2,0s \end{cases} \quad (3.166)$$

trong đó:  $T_c$  - giới hạn trên của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc

b - Thỏa mãn những tiêu chí về tính đều đặn theo mặt đứng tất cả các hệ kết cấu chịu tải trọng ngang như vách, lõi, khung phải liên tục từ móng đến mái. Cả độ cứng ngang lẫn khối lượng của các tầng riêng rẽ phải giữ nguyên không đổi hoặc giảm từ từ, không thay đổi đột ngột từ móng tới đỉnh nhà. Khi có giạt cấp thì các giạt cấp liên tiếp phải giữ được tính đối xứng trục, sự giạt cấp tại bất kỳ tầng nào cũng không được lớn hơn 20% kích thước mặt bằng kê dưới theo hướng giạt cấp.

- **Lực cắt đáy động đất** theo mỗi phương nằm ngang xác định theo:

$$F_b = S_d(T_1).m.\lambda \quad (3.167)$$

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 tiêu chuẩn của nhà ở trên móng (tính tải lấy toàn bộ, hoạt tải lấy 50%)

$\lambda$  - hệ số điều chỉnh lấy như sau:  $\lambda = 0,85$  nếu  $T_1 \leq 2T_c$  với nhà có trên hai tầng hoặc  $\lambda = 1$  với các trường hợp khác.

### Phân bố lực động đất nằm ngang

- Lực động đất nằm ngang được phân bố cho tầng thứ  $i$ :  $F_i$

$$F_i = F_b \frac{s_i m_i}{\sum s_i m_i} \quad (3.168)$$

trong đó:  $F_i$  - lực động đất tác dụng tại tầng thứ  $i$

$s_i$  - chuyển vị của khối lượng  $m_i$  trong dạng dao động cơ bản

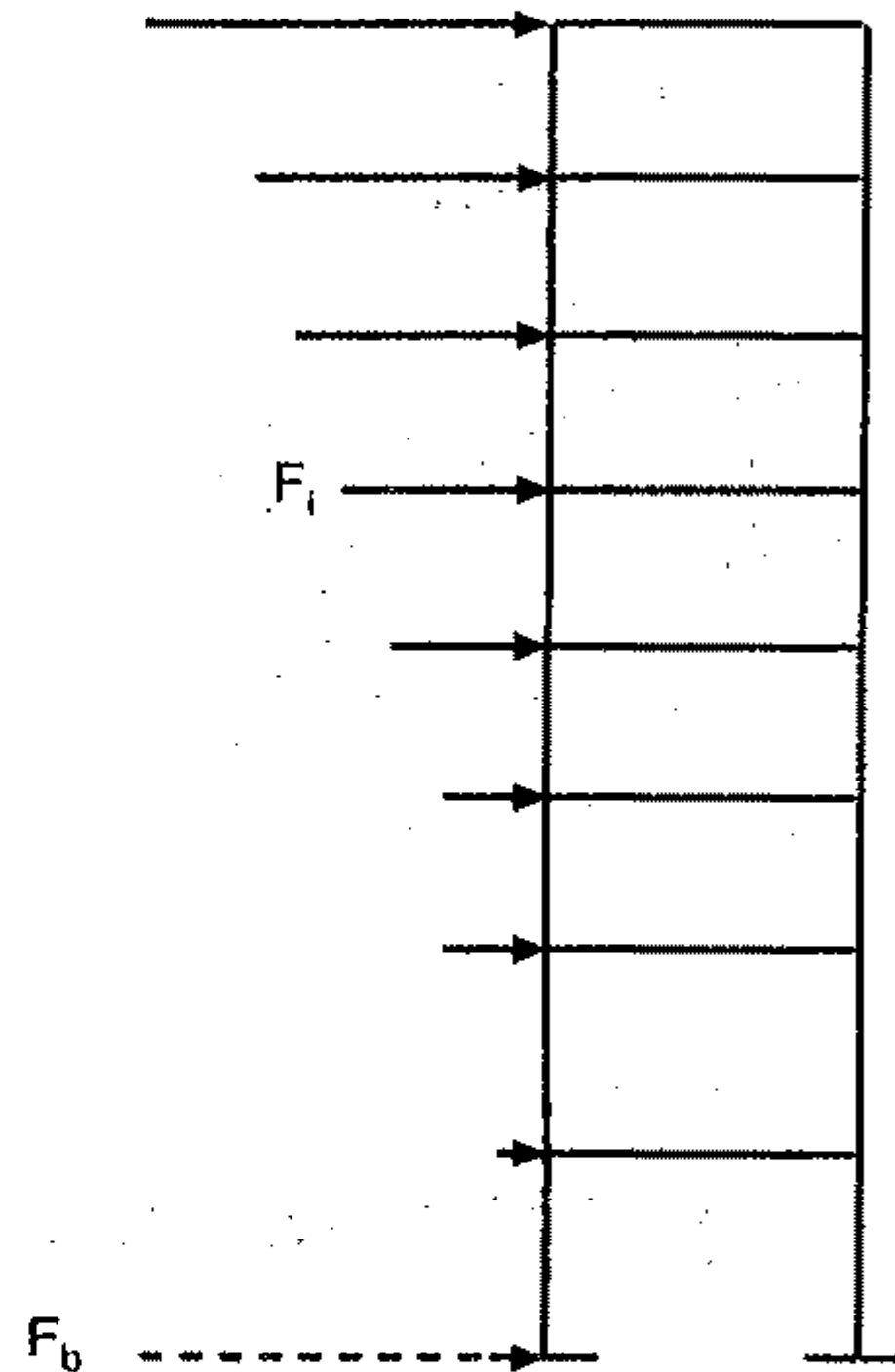
$m_i$  - khối lượng tiêu chuẩn của tầng thứ  $i$ , (tính tải lấy toàn bộ, hoạt tải lấy 50%).

Các thành phần chuyển vị  $s_i$  theo phương X, Y chính là các véc tơ riêng UX, UY trong ETABS

*Chú thích:* khi dạng dao động cơ bản lấy gần đúng bằng các chuyển vị nằm ngang tầng tuyến tính dọc theo chiều cao thì lực ngang  $F_i$  tính bằng:

$$F_i = F_b \frac{z_i m_i}{\sum z_i m_i} \quad (3.169)$$

$z_i$  - độ cao của khối lượng  $m_i$  so với mặt móng.



Hình 3.64 Phân phối lực động đất lên tầng thứ  $i$

### 3.20 SỐ DẠNG DAO ĐỘNG CẦN XÉT ĐẾN TRONG TÍNH TOÁN ĐỘNG ĐẤT

Trong tính toán, nhà cao tầng lấy bao nhiêu dạng dao động tùy thuộc mức độ tham gia của dạng dao động đó vào dao động chung của công trình, thông thường chỉ xét đến ba dạng dao động chính đầu tiên vì nó ảnh hưởng lớn nhất tới phản ứng toàn phần của hệ kết cấu, số dạng dao động xem xét sẽ tăng thêm với kết cấu có chu kỳ dao động riêng cơ bản lớn hơn 1,5s và kết cấu có tỷ số chiều cao trên chiều rộng lớn hơn 5.

Việc tổ hợp các phản ứng của các dạng dao động chính thường được thực hiện theo phương pháp căn bậc hai của tổng bình phương.

Cụ thể, đối với nhà cao tầng sau khi tính được lực động đất tác động vào sàn thứ  $k$  ứng  $n$  dạng dao động đầu tiên là  $F_{k1}, F_{k2}, \dots, F_{kn}$ , ta tổ hợp các giá trị trên để xác định lực động đất tác dụng vào sàn thứ  $k$ .

$$F_k = \sqrt{F_{k1}^2 + F_{k2}^2 + \dots + F_{kn}^2} \quad (3.170)$$

### 3.21 TỔ HỢP TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT THEO HAI PHƯƠNG

Tổ hợp tải trọng động đất được xác định theo phương pháp căn bậc hai của tổng bình phương:

$$X_{DD} = \sqrt{X_X^2 + X_Y^2} \tag{3.171}$$

trong đó:  $X_{DD}$  - mô men uốn, xoắn, lực cắt, lực dọc, chuyển vị do tải trọng động đất gây ra.

$X_X$  - mô men uốn, xoắn, lực cắt, lực dọc, chuyển vị do tải trọng động đất theo phương X gây ra.

$X_Y$  - mô men uốn, xoắn, lực cắt, lực dọc, chuyển vị do tải trọng động đất theo phương Y gây ra.

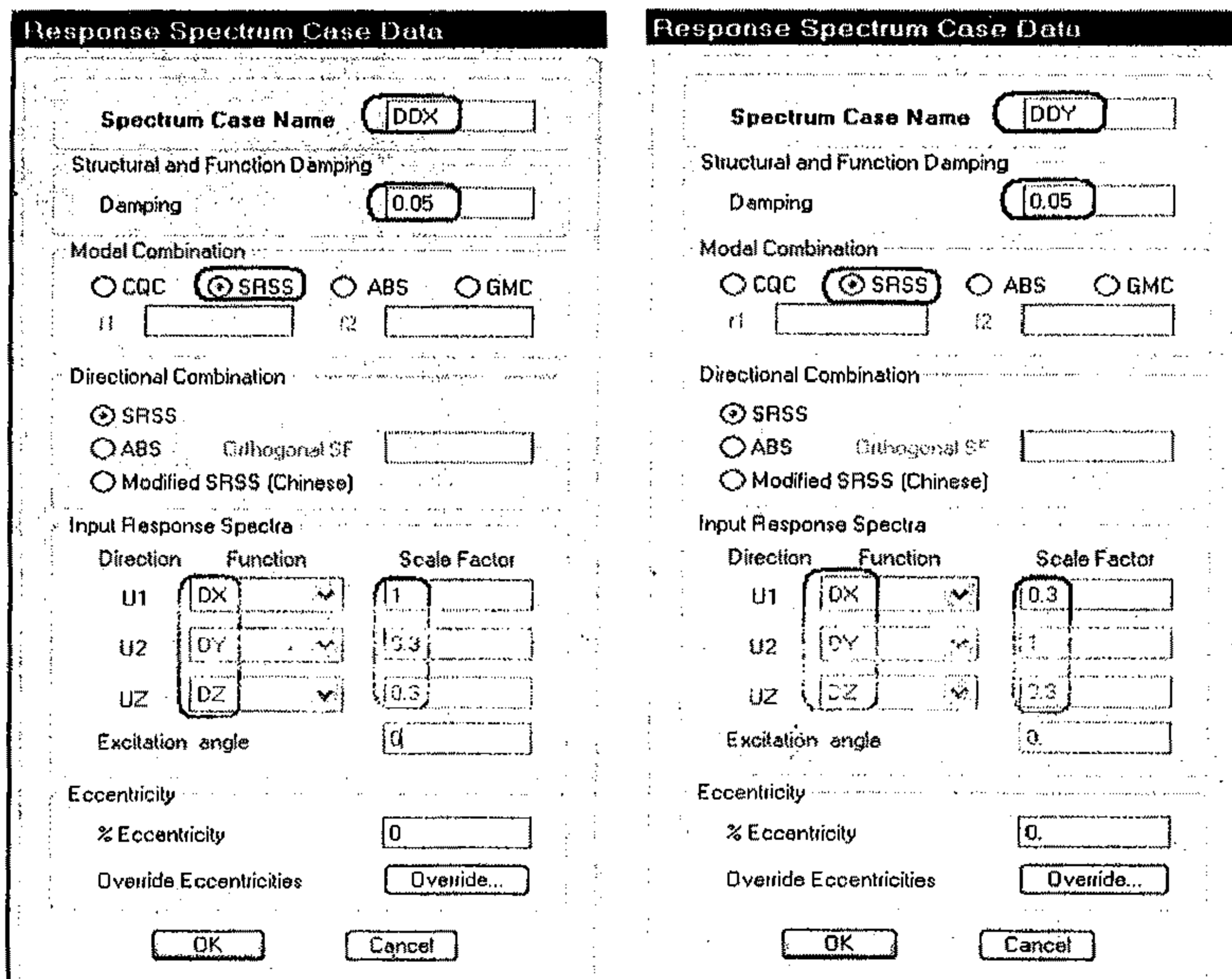
Tuy nhiên, phương pháp trên quá an toàn. Trong thực tế, lực động đất tác dụng theo hai phương ngang vuông góc nhau không lúc nào cũng cùng pha với nhau. Vì vậy, TCXDVN 375-2006 cho phép sử dụng một phương án tổ hợp khác, trong đó lấy 100% nội lực do lực động đất theo một phương gây ra cùng với 30% nội lực do lực động đất theo phương vuông góc.

$$X_{DD} = X_X + 0,3X_Y \text{ hoặc } X_{DD} = X_Y + 0,3X_X \tag{3.172}$$

Nếu xét lực động đất theo cả ba phương X, Y và Z thì tổ hợp theo:

$$X_{DD} = X_X + 0,3X_Y + 0,3X_Z \text{ hoặc } X_{DD} = X_Y + 0,3X_X + 0,3X_Z \tag{3.173}$$

Lực động đất trên mỗi tầng được gán vào tâm cứng của tầng đó.

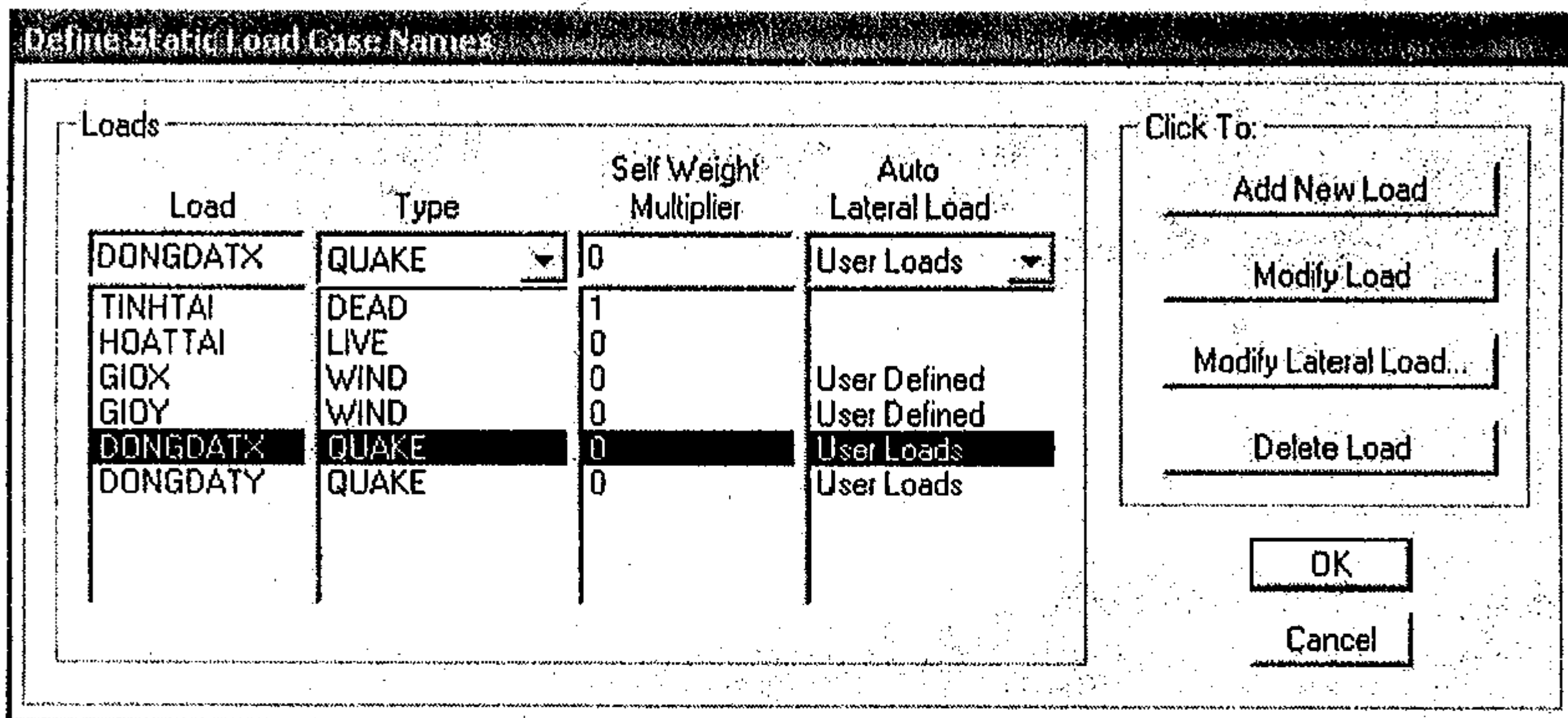


Hình 3.65 Tổ hợp tải trọng động đất theo mỗi phương trong Etabs

**Gán tải động đất**

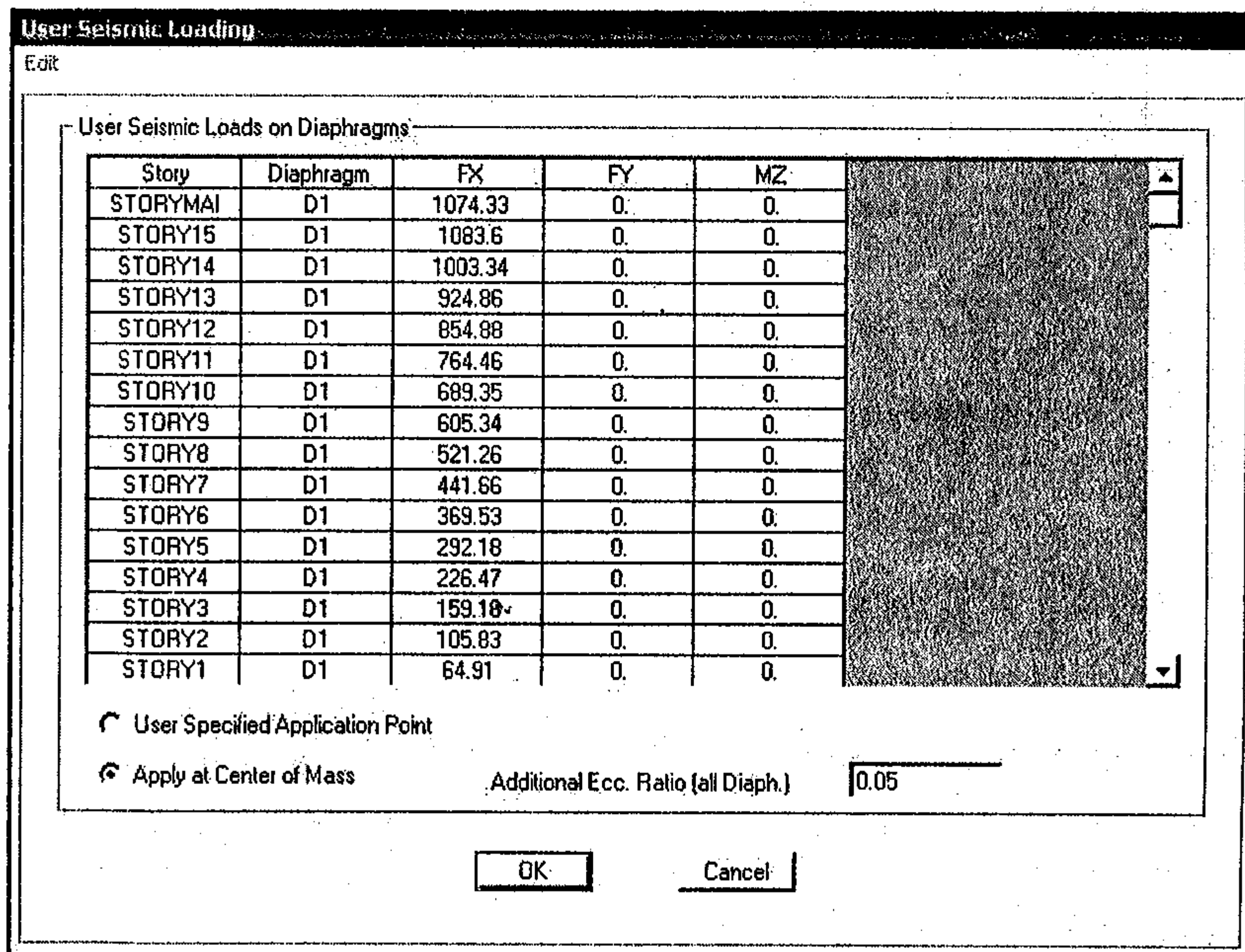
Define → Static Load Cases... Auto Lateral Load chọn User Loads.

- Gán tải động đất theo phương X:

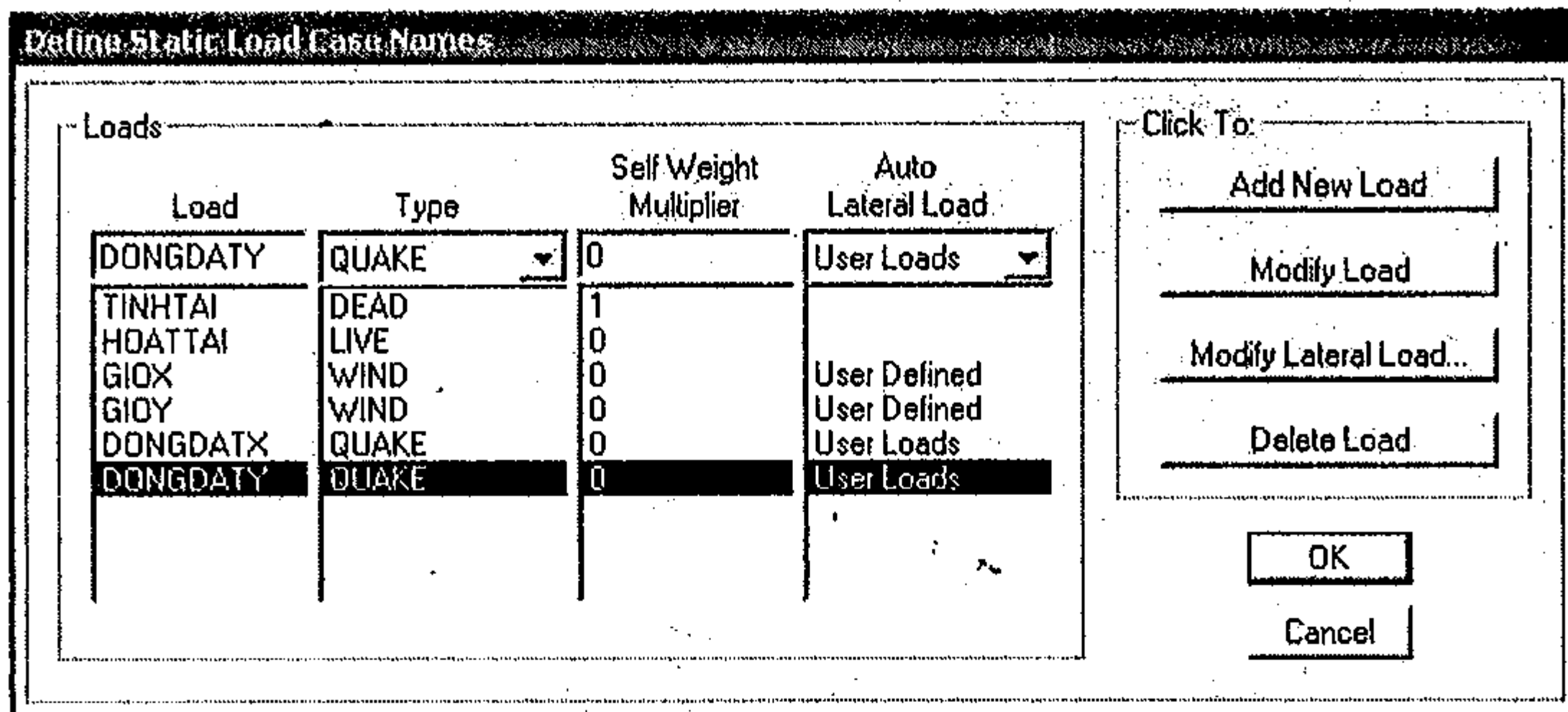


Hình 3.66

- Chọn: Modify Lateral Load...

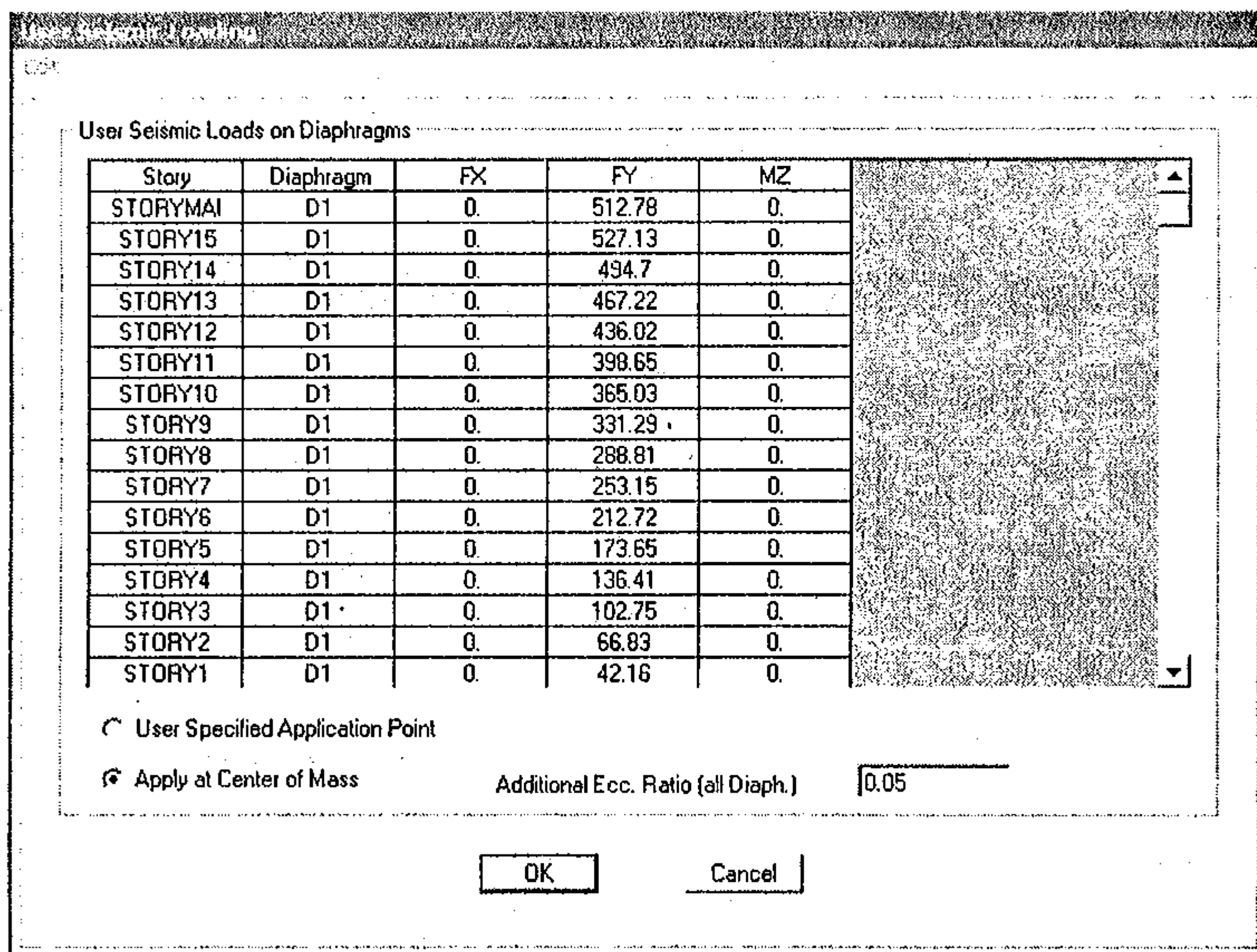


Hình 3.67 Gán tải động đất theo phương Y



Hình 3.68

- Chọn: Modify Lateral Load...



Hình 3.69

### 3.22 TỔ HỢP TẢI TRỌNG CHO NHÀ CAO TẦNG

Đối với nhà cao tầng: hoạt tải đứng có thể chỉ xét trường hợp chất đầy lên tất cả các tầng mà không phải thực hiện việc bố trí các trường hợp bất lợi của hoạt tải để tổ hợp.

Các trường hợp tải trọng:

- 1) Tĩnh tải toàn bộ (chất đầy các tầng)
- 2) Hoạt tải (chất đầy các tầng)
- 3) Gió X (cả gió tĩnh + gió động)

- 4) Gió XX (cả gió tĩnh + gió động)
- 5) Gió Y (cả gió tĩnh + gió động)
- 6) Gió YY (cả gió tĩnh + gió động)
- 7) Động đất theo phương X
- 8) Động đất theo phương XX
- 9) Động đất theo phương Y
- 10) Động đất theo phương YY.

### 1- Nếu công trình không tính động đất

$$\text{Combo1: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (3)$$

$$\text{Combo3: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (4)$$

$$\text{Combo4: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (5)$$

$$\text{Combo5: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (6)$$

$$\text{Combo6: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times \sin 45^\circ [(3) + (5)]$$

$$\text{Combo7: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times \sin 45^\circ [(3) + (6)]$$

$$\text{Combo8: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (5) \sin 45^\circ [(4) + (5)]$$

$$\text{Combo9: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (6) \sin 45^\circ [(4) + (6)]$$

$$\text{Combo10(bao): } [( \text{combo1} ), \dots, ( \text{combo9} )]$$

### 2- Nếu công trình tính động đất

$$\text{Combo1: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (7)$$

$$\text{Combo2: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (8)$$

$$\text{Combo3: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (9)$$

$$\text{Combo4: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (10)$$

$$\text{Combo5: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (7) + 0,3 \times 0,9 (9)$$

$$\text{Combo6: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (7) + 0,3 \times 0,9 (10)$$

$$\text{Combo7: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (9) + 0,3 \times 0,9 (7)$$

$$\text{Combo8: } 1 \times (1) + 0,9 \times (2) + 0,9 \times (9) + 0,3 \times 0,9 (8)$$

$$\text{Combon: } \dots\dots\dots$$

$$\text{Combo(n+1)(bao): } [( \text{combo1} ), \dots, ( \text{combon} )]$$

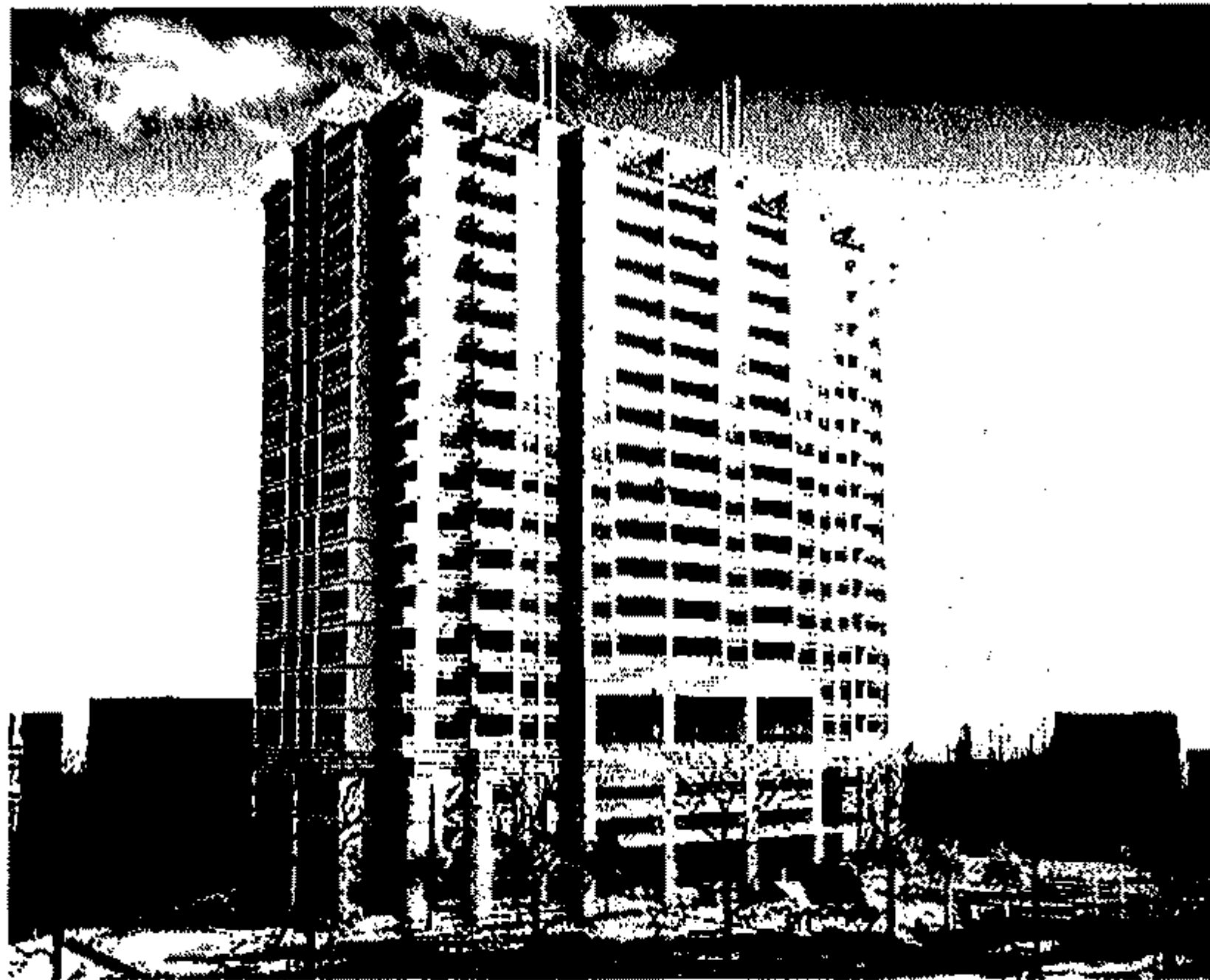
### Ví dụ 3.12

Tính tải trọng động đất: theo phương pháp tĩnh lực ngang tương đương

Công trình được xây dựng có địa chất tương đối yếu, thuộc loại nền đất D.

Có các thông số:

Loại đất nền	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
D	1,35	0,20	0,8	2,0



### 1-Tính lực ngang theo phương X

Xét chu kỳ dao động cơ bản của công trình:  $T_1 = 2s$

$$\Rightarrow T_1 \leq \begin{cases} 4T_c = 3,2s \\ 2s \end{cases}$$

Công trình có hệ kết cấu thỏa mãn tiêu chí về tính đều đặn mặt đứng theo tiêu mục 4.2.3.3 TCVN 375-2006

Sử dụng phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương để tính tải động đất cho công trình.

Theo bảng đồ phân vùng động đất, công trình xây dựng: Theo phụ lục A TCVN 375-2006 tra được gia tốc nền  $a_{gR} = 0,0853g$

$$a_g = \gamma_I a_{gR} = 0,8368 (m/s^2)$$

Xác định hệ số ứng xử  $q$

Xác định theo công thức:  $q = q_0 k_w \geq 1,5$

$q_0$  là giá trị cơ bản của hệ số ứng xử, phụ thuộc vào loại hệ kết cấu và tính đều đặn của nó.

Theo bảng 5.1:  $q_0 = 3,0 \alpha_u / \alpha_1$

Khung nhiều tầng, nhiều nhịp, kết cấu hỗn hợp tương đương:  $\alpha_u / \alpha_1 = 1,3$

$$q_0 = 3,0 \times 1,3 = 3,9$$

Hệ khung kết cấu hỗn hợp tương đương:  $k_w = 1$

$$q = 3,9$$

Tính toán phổ thiết kế  $S_d(T_1)$



Ta có:  $T_c = 0,8 < T_1 = 2 = T_D = 2$

Theo 3.2.2.5 TCVN 375-2006

$$T_c \leq T \leq T_D \Rightarrow S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_c}{T} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$\beta$  - hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương nằm ngang,  $\beta = 0,2$

$$S_d(T) = \begin{cases} a_g S \frac{2,5}{q} \frac{T_c}{T} = 0,8386 \times 1,35 \times \frac{2,5}{3,9} \times \frac{0,8}{2} = 0,2897 \\ \geq 0,2 \times 0,8386 = 0,1647 \end{cases}$$

$$S_d(T_1) = 0,2897$$

Lực cắt đáy động đất  $F_{bx}$  được xác định theo biểu thức sau:

$$F_{bx} = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

trong đó:  $m$  - tổng khối lượng nhà trên móng:  $m = 46201,76$  t

$\lambda$  - hệ số hiệu chỉnh. Vì  $T_1 > 2T_c$  do đó  $\lambda = 1$

$$F_{bx} = 0,2897 \times 46201,76 = 13383$$
 t

Phân bố lực động đất nằm ngang:

$$F_{xi} = F_{bx} \frac{s_i m_i}{\sum s_i m_i}$$

Với  $s_i$  và  $m_i$  là chuyển vị ngang tương đối theo phương X và khối lượng ở từng tầng.

Bảng giá trị  $F_{xi}$

Tầng	Chuyển vị $s_i$	Khối lượng $m_i$ (t)	$F_{xi}$ (t)
Mái	0,0078	2144,014	1306,08
Tầng 15	0,0074	2369,931	1369,66
Tầng 14	0,0070	2369,931	1295,62
Tầng 13	0,0066	2369,931	1221,59
Tầng 12	0,0061	2378,058	1132,95
Tầng 11	0,0057	2386,185	1062,26
Tầng 10	0,0052	2386,185	969,081
Tầng 9	0,0048	2386,185	894,537
Tầng 8	0,0043	2386,185	801,356
Tầng 7	0,0038	2396,608	711,261
Tầng 6	0,0033	2407,031	620,355
Tầng 5	0,0028	2407,031	526,362
Tầng 4	0,0024	2407,031	451,167
Tầng 3	0,0019	2460,529	365,113
Tầng KT	0,0014	2725,958	298,06
Tầng 2	0,0009	2487,017	174,811
Tầng lửng	0,0006	2612,024	122,398
Tầng 1	0,0002	2574,391	40,212
Hầm 1	0,0001	2547,534	19,8959

2-Tính lực ngang theo phương Y

Chu kì dao động:  $T_2 = 1,8063 \text{ s}$

Gia tốc nền:  $a_g = \gamma_1 a_{gR} = 0,8368 \text{ (m/s}^2\text{)}$

Hệ số ứng xử:  $q = 3,9$

Tính toán phổ thiết kế  $S_d(T_2)$

$$S_d(T) = \begin{cases} a_g S \frac{2,5 T_c}{q T} = 0,8386 \times 1,35 \times \frac{2,5}{3,9} \times \frac{0,8}{1,8063} = 0,3207 \\ \geq 0,2 \times 0,8386 = 0,1647 \end{cases}$$

Lực cắt đáy động đất  $F_{bY}$  được xác định theo biểu thức sau:

$$F_{bY} = S_d(T_2) \cdot m \cdot \lambda = 0,3207 \times 46201 = 14818 \text{ t}$$

Phân bố lực động đất nằm ngang:

$$F_{Yi} = F_{bY} \frac{s_i m_i}{\sum s_i m_i}$$

Với  $s_i$  và  $m_i$  là chuyển vị ngang tương đối theo phương Y và khối lượng ở từng tầng.

Bảng giá trị  $F_{Yi}$

Tầng	Chuyển vị $s_i$	Khối lượng $m_i$ (t)	$F_{Yi}$ (t)
Sân thượng	0,0078	2144	1354,22
Tầng 15	0,0074	2369,9	1420,14
Tầng 14	0,0069	2369,9	1324,19
Tầng 13	0,0065	2369,9	1247,42
Tầng 12	0,0060	2378,1	1155,45
Tầng 11	0,0055	2386,2	1062,77
Tầng 10	0,0050	2386,2	966,15
Tầng 9	0,0046	2386,2	888,86
Tầng 8	0,0041	2386,2	792,25
Tầng 7	0,0036	2396,6	698,66
Tầng 6	0,0031	2407	604,24
Tầng 5	0,0026	2407	506,78
Tầng 4	0,0022	2407	428,81
Tầng 3	0,0017	2460,5	338,72
Tầng KT	0,0012	2726	264,90
Tầng 2	0,0008	2487	161,11
Tầng lửng	0,0005	2612	105,76
Tầng 1	0,0002	2574,4	41,69
Hầm 1	0,0001	2547,5	20,63

## TÍNH TOÁN KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG

### 4.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Dựa theo tính chất chịu lực và cách cấu tạo của các hệ kết cấu khung nhiều tầng, người ta phân biệt theo hai hệ chủ yếu: hệ khung cứng và hệ khung giằng.

**Hệ khung cứng:** các cấu kiện chịu lực chủ yếu là cột và dầm được liên kết cứng với nhau tạo thành một hệ khung phẳng hoặc khung không gian. Hệ khung cứng có khả năng tiếp thu tải trọng ngang và tải trọng đứng tác dụng vào ngôi nhà... Các bản sàn cũng tham gia vào chịu tải trọng ngang và góp phần vào việc phân phối tải trọng ngang vào các khung có độ cứng khác nhau, thường dùng bê tông cốt thép đổ toàn khối.

**Hệ khung - giằng:** là một kết cấu hỗn hợp bao gồm một hoặc nhiều kết cấu hệ thành (khung cứng hoặc khung khớp) và kết cấu hệ vách, lõi... được liên kết với nhau bằng các sàn cứng.

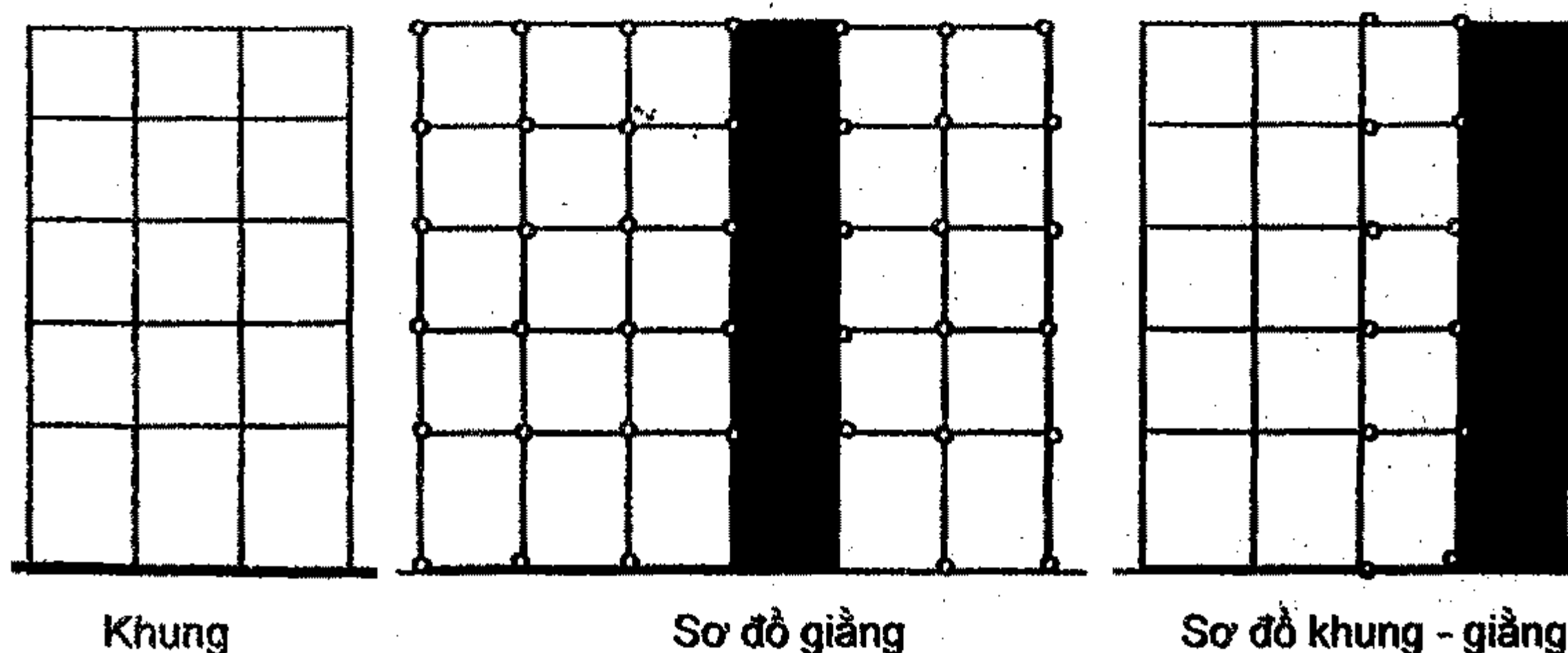
Điểm khác biệt cơ bản của hệ khung - giằng so với khung cứng là các cấu kiện khung (cột - dầm) chỉ chịu tải trọng đứng hoặc nếu có chỉ chịu một phần nhỏ tải trọng ngang.

Trong quá trình tính toán hệ khung - giằng người ta còn chia thành hai sơ đồ:

**SƠ ĐỒ GIẰNG:** khi khung chỉ chịu tải đứng tương ứng với diện truyền tải có toàn bộ tải ngang do vách, lõi chịu. Trong sơ đồ này tất cả các nút khung đều có cấu tạo khớp hoặc tất cả các cột đều có độ cứng chống uốn vô cùng bé, trong sơ đồ này các cấu kiện thẳng đứng chịu lực có biến dạng đồng điệu.

**SƠ ĐỒ KHUNG - GIẰNG:** khi khung cùng tham gia chịu tải đứng và tải ngang cùng với các kết cấu chịu lực cơ bản khác. Khung có liên kết cứng tại các nút, trong sơ đồ này các cấu kiện thẳng đứng chịu lực có biến dạng không đồng điệu.

Các cấu kiện chịu tải có biến dạng đồng điệu khi chúng có cùng một qui luật biến dạng: các cấu kiện có biến dạng là những đường cong đồng dạng.



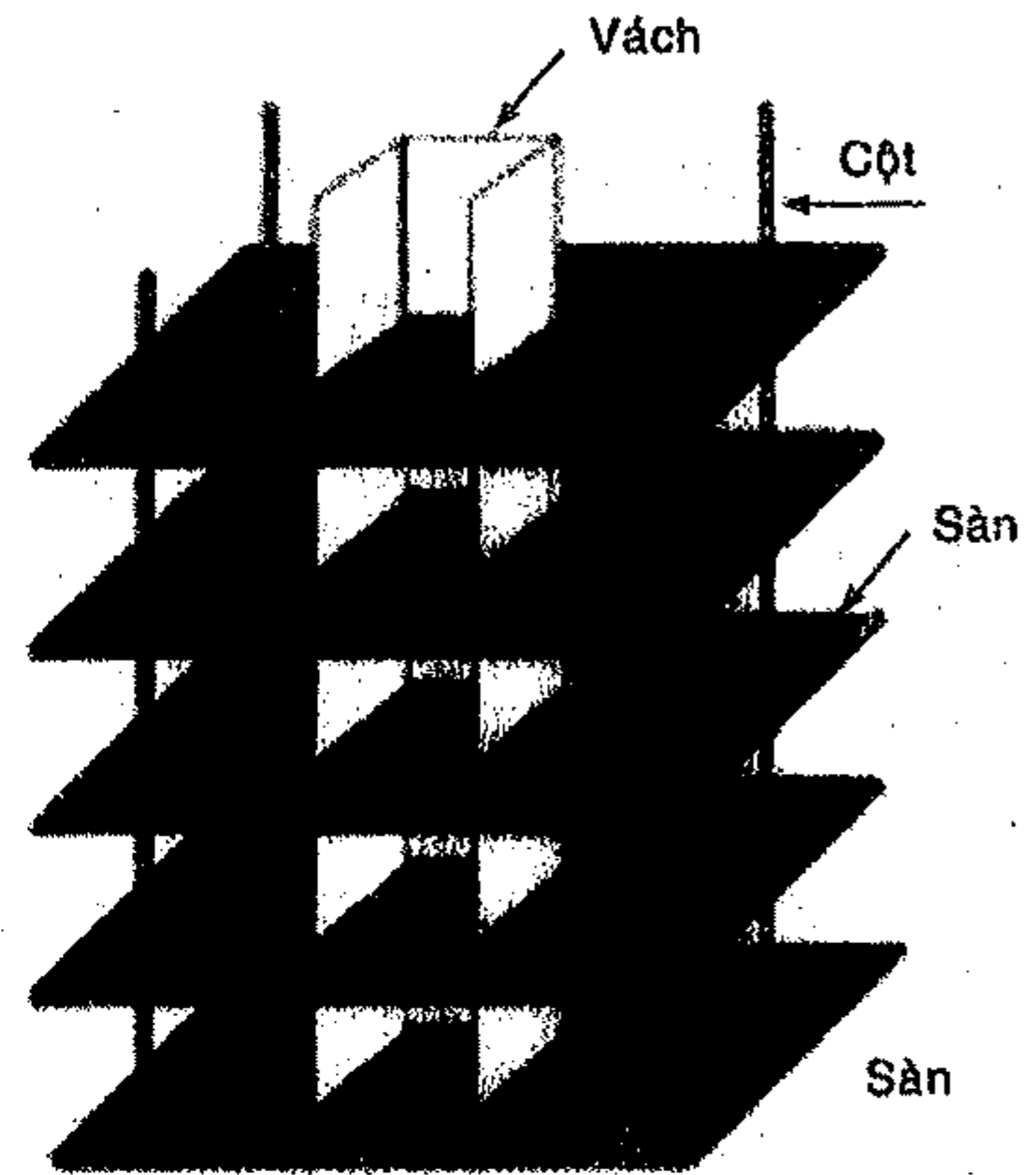
Hình 4.1

Đối với sơ đồ giằng: Độ cứng của nhà:  $B = \sum_1^n B_{vi}$

Đối với sơ đồ khung - giằng: Độ cứng của nhà:  $B = \sum B_k + \sum B_{vi}$

trong đó:  $B_{vi}$  - độ cứng của vách  
 $B_k$  - độ cứng của khung.

Tải trọng ngang chủ yếu tác động trực tiếp vào kết cấu sàn rồi truyền vào kết cấu đứng cột, vách, lõi... và xuống móng. Đối với nhà cao tầng, nội lực trong các kết cấu sinh ra chủ yếu do tải trọng ngang (gió, động đất), nên kết cấu đứng có vai trò quyết định bảo đảm ổn định tổng thể, độ nghiêng, độ uốn của toàn bộ ngôi nhà. Các kết cấu đứng làm việc như một thanh conson, ngàm vào móng và có độ cứng khá lớn và được bố trí liên tục suốt chiều cao nhà. Kết cấu sàn phải có độ cứng lớn trong mặt phẳng nằm ngang (sàn tuyệt đối cứng), phải được tính toán và cấu tạo sao cho sàn không bị biến dạng trong mặt phẳng nằm ngang (nếu sàn không có chuyển vị xoay) và truyền được toàn bộ tải trọng ngang vào các kết cấu đứng.



Hình 4.2

## 4.2 CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN

Có nhiều tác giả nghiên cứu và đề xuất các phương pháp tính toán nhà cao tầng cơ bản là:

Phương pháp SIGALOV: phương pháp này chủ yếu chuyển từ hệ không gian sang hệ phẳng từng phương để tính toán, do đó cách tính đơn giản, nhanh nhưng không tính được khi nhà có bố trí lõi.

Phương pháp KHANDZI: tính phức tạp hơn, tính được nhà có bố trí hệ chịu lực không gian (các lõi cứng kín, hờ...), tuy nhiên không xét đến hiện tượng xoắn của kết cấu.

Phương pháp DROZDOV: phương pháp này tính toán phức tạp nhất, tổng quát nhất.

Tất cả các phương pháp trên đều dựa vào các giả thiết cơ bản sau:

- Hệ chịu lực đứng phải được bố trí đơn điệu theo chiều cao nhà (vị trí, độ cứng của các vách cứng không thay đổi đột ngột theo chiều cao nhà).
- Ngôi nhà làm việc như một thanh conson có độ cứng uốn tương đương độ cứng của các hệ kết cấu hợp thành.
- Xem bản sàn là tuyệt đối cứng trong mặt phẳng của nó.
- Biến dạng dọc trục của sàn, dầm không đáng kể.
- Đường cong uốn của mọi vách cứng đều tương tự nhau về hình dạng (đồng điệu).
- Biến dạng trượt trong các vách cứng do lực cắt gây ra không lớn so với biến dạng do uốn.
- Độ cứng chống xoắn của các lõi cứng không khép kín nhỏ đến mức có thể bỏ qua.
- Đối với các lõi cứng khép kín, độ cứng chống xoắn cường bức nhỏ so với độ cứng xoắn tự do.

Các bước tính toán:

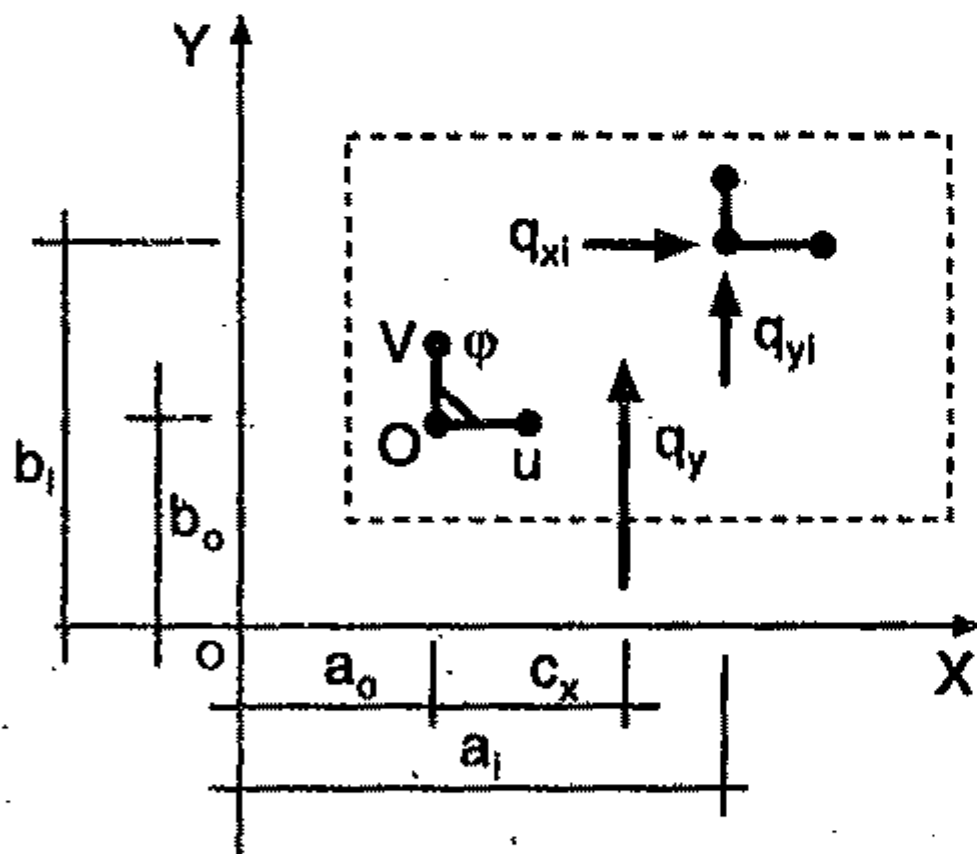
Căn cứ vào giải pháp kiến trúc và bố trí mặt bằng, các kết cấu chịu lực có thể tiến hành tính toán theo các bước sau đây:

- Chọn mô hình 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 cấu kiện.
- Kiểm tra các điều kiện; độ bền, chuyển vị và các đặc trưng động.
- Kiểm tra ổn định cục bộ, ổn định tổng thể công trình.

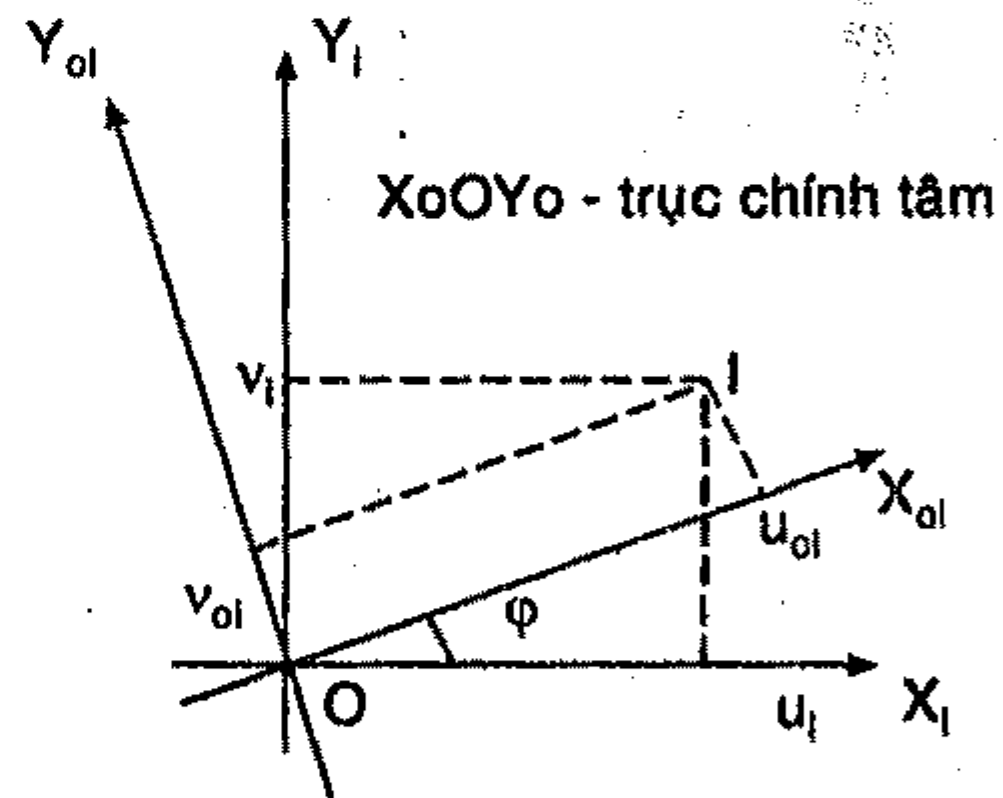
### 4.3 TÍNH TOÁN HỆ CHỊU LỰC THEO SƠ ĐỒ GIẢNG (PHƯƠNG PHÁP KHANDZI) THEO [9], [10]

Các kết cấu đứng chịu tải của công trình liên kết với nhau bằng các kết cấu sàn nằm ngang tạo thành một hệ không gian. Nhưng việc tính toán có thể đưa về dạng bài toán phẳng nếu tiến hành được việc phân phối tải trọng ngang theo độ cứng tương đối của mỗi cấu kiện chịu tải.

#### 4.3.1 Xác định chuyển vị của mỗi vách cứng trên mặt bằng nhà: [9], [10]



Hình 4.3



Hình 4.4

Đối với hệ trục XOY thì:

Tọa độ điểm O bất kỳ là  $O \begin{vmatrix} a_0 \\ b_0 \end{vmatrix}$

Tọa độ của trọng tâm vách cứng thứ i bất kỳ là  $I \begin{vmatrix} a_i \\ b_i \end{vmatrix}$

Dưới tác động của tải trọng ngang theo phương y:  $q_y$  cách điểm O một đoạn  $c_x$  (hình 4.3), tại điểm O bất kỳ trên mặt bằng, nhà sẽ bị xoay quanh trục thẳng đứng một góc  $\varphi$  và chuyển dịch một khoảng là  $u$  và  $v$  theo phương trục X và Y.

Theo giả thiết, mọi vách cứng đều được liên kết với nhau bởi các sàn cứng nên chuyển vị của chúng được xác định bởi các chuyển vị của điểm O.

Chuyển vị tại tâm uốn của một hệ vách cứng thứ  $i$  nào đó sẽ là:

$$u_i = u - (b_i - b_o) \operatorname{tg} \varphi \quad (4.1)$$

$$v_i = v - (a_i - a_o) \operatorname{tg} \varphi \quad (4.2)$$

với  $\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$

$$\varphi_i = \varphi \quad (4.3)$$

### 4.3.1 Tâm uốn

**Định nghĩa:** Tâm uốn là một điểm trên mặt bằng nhà, nếu hợp lực của tải trọng ngang đi qua tâm uốn sẽ không gây ra góc xoay trên mặt bằng nhà ( $\varphi = 0$ ), nghĩa là nhà không bị xoắn.

Đối với nhà có các hệ vách cứng có tiết diện hở hoặc kín, các trục chính không song song với các trục  $X$  và trục  $Y$ .

Công thức tổng quát xác định tọa độ tâm uốn:

$$a_o = A_y (\sum J_{xi} a_i - \sum J_{xyi} b_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} a_i - \sum J_{yi} b_i) \quad (4.4)$$

$$b_o = A_x (\sum J_{yi} b_i - \sum J_{xyi} a_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} b_i - \sum J_{xi} a_i) \quad (4.5)$$

trong đó:

$$A_x = \frac{J_x}{J_x J_y - J_{xy}^2} \quad (4.6)$$

$$A_y = \frac{J_y}{J_x J_y - J_{xy}^2} \quad (4.7)$$

$$A_{xy} = \frac{J_{xy}}{J_x J_y - J_{xy}^2} \quad (4.8)$$

Các  $J_x$ ,  $J_y$  và  $J_{xy}$  lần lượt là mô men quán tính của nhà.

Định nghĩa “mô men quán tính của ngôi nhà”: *Mô men quán tính theo trục  $J_x$ ,  $J_y$  và mô men quán tính ly tâm  $J_{xy}$  của ngôi nhà là tổng mô men quán tính của tất cả các vách cứng.*

Do đó:

$$J_x = \sum J_{xi}; J_y = \sum J_{yi}; J_{xy} = \sum J_{xyi} \quad (4.9)$$

Mô men quán tính xoắn của ngôi nhà  $J_w$  xác định theo:

$$J_w = \sum J_{xi} (a_i - a_o)^2 + \sum J_{yi} (b_i - b_o)^2 - 2 \sum J_{xyi} (a_i - a_o)(b_i - b_o) + \sum J_{oi} \quad (4.10)$$

### 4.3.2 Phân phối tải trọng vào các vách cứng thứ $i$ . [9], [10]

#### 4.3.2.1 Khi tải trọng tác dụng theo phương $Y$

Dưới tác động của tải trọng ngang theo phương  $y$ :  $q_y$  cách điểm  $O$  một đoạn  $c_x$  (H.4.3). Tải trọng truyền vào vách cứng thứ  $i$  sẽ phân phối theo tỷ lệ với độ cứng và các chuyển vị tương ứng (hoặc mô men quán tính của các vách cứng tương ứng).

Tải trọng truyền vào các vách cứng thứ  $i$  do  $q_y$  gây ra được xác định theo:

$$q_{xi} = q_y \left\{ A_y J_{xyi} - A_x J_{yi} + c_x \left[ J_{xyi} (a_i - a_0) - J_{yi} (b_i - b_0) \right] / J_\omega \right\} \quad (4.11)$$

$$q_{yi} = q_y \left\{ A_y J_{xi} - A_x J_{xyi} + c_x \left[ J_{xi} (a_i - a_0) - J_{xyi} (b_i - b_0) \right] / J_\omega \right\} \quad (4.12)$$

$$M_i = q_y c_x K_{\omega xi} \quad (4.13)$$

Để đơn giản cách ghi và tính toán theo các công thức trên ta đặt:

$$K_{xxi} = A_x J_{yi} - A_{xy} J_{xyi} \quad (4.14)$$

$$K_{yyi} = A_y J_{xi} - A_{xy} J_{xyi} \quad (4.15)$$

$$K_{xyi} = A_x J_{xyi} - A_{xy} J_{xi} \quad (4.16)$$

$$K_{yxi} = A_y J_{xyi} - A_{xy} J_{yi} \quad (4.17)$$

$$K_{\omega xi} = \frac{J_{xyi} (a_i - a_0) - J_{yi} (b_i - b_0)}{J_\omega} \quad (4.18)$$

$$K_{\omega yi} = \frac{J_{xi} (a_i - a_0) - J_{xyi} (b_i - b_0)}{J_\omega} \quad (4.19)$$

Các hệ số  $K...$  trên gọi là hệ số phân phối tải trọng vào các vách cứng thứ  $i$ .

Chỉ số thứ nhất viết dưới hệ số  $K_{xxi}$ ;  $K_{yyi}$ ;  $K_{xyi}$ ;  $K_{yxi}$  ứng với hướng ngoại lực, trong các hệ số  $K_{\omega xi}$ ;  $K_{\omega yi}$  ứng với ảnh hưởng xoắn trên mặt bằng ngôi nhà.

Chỉ số thứ hai trong các hệ số trên ứng với hướng tác động của tải trọng vào vách cứng thứ  $i$ .

Nếu tính chính xác thì:

$$\sum K_{xxi} = \sum K_{yyi} = 1 \quad (4.20)$$

$$\sum K_{xyi} = \sum K_{yxi} = \sum K_{\omega xi} = \sum K_{\omega yi} = 0 \quad (4.21)$$

#### 4.3.2.2 Phân phối tải trọng vào các vách cứng thứ $i$ có xét tới ảnh hưởng uốn dọc

Cần phải xét tới ảnh hưởng của uốn dọc và uốn ngang đồng thời, một cách gần đúng có thể dùng các hệ số  $\eta_x, \eta_y, \eta_\omega$  để hiệu chỉnh tải trọng truyền vào các vách cứng được xác định theo các công thức thuộc chương 6.

Tóm lại:

- Khi tải trọng tác dụng theo phương  $Y(q_y)$  cách điểm  $O$  một đoạn  $c_x$  (H.4.5) thì tải trọng này được phân phối cho từng vách cứng thứ  $i$  xác định theo:

$$q_{xi} = q_y (K_{yxi} \eta_y + c_x K_{\omega xi} \eta_\omega) \quad (4.22)$$

$$q_{yi} = q_y (K_{yyi} \eta_x + c_x K_{\omega yi} \eta_\omega) \quad (4.23)$$

$$M_i = q_y c_x K_{\omega xi} \eta_\omega \quad (4.24)$$

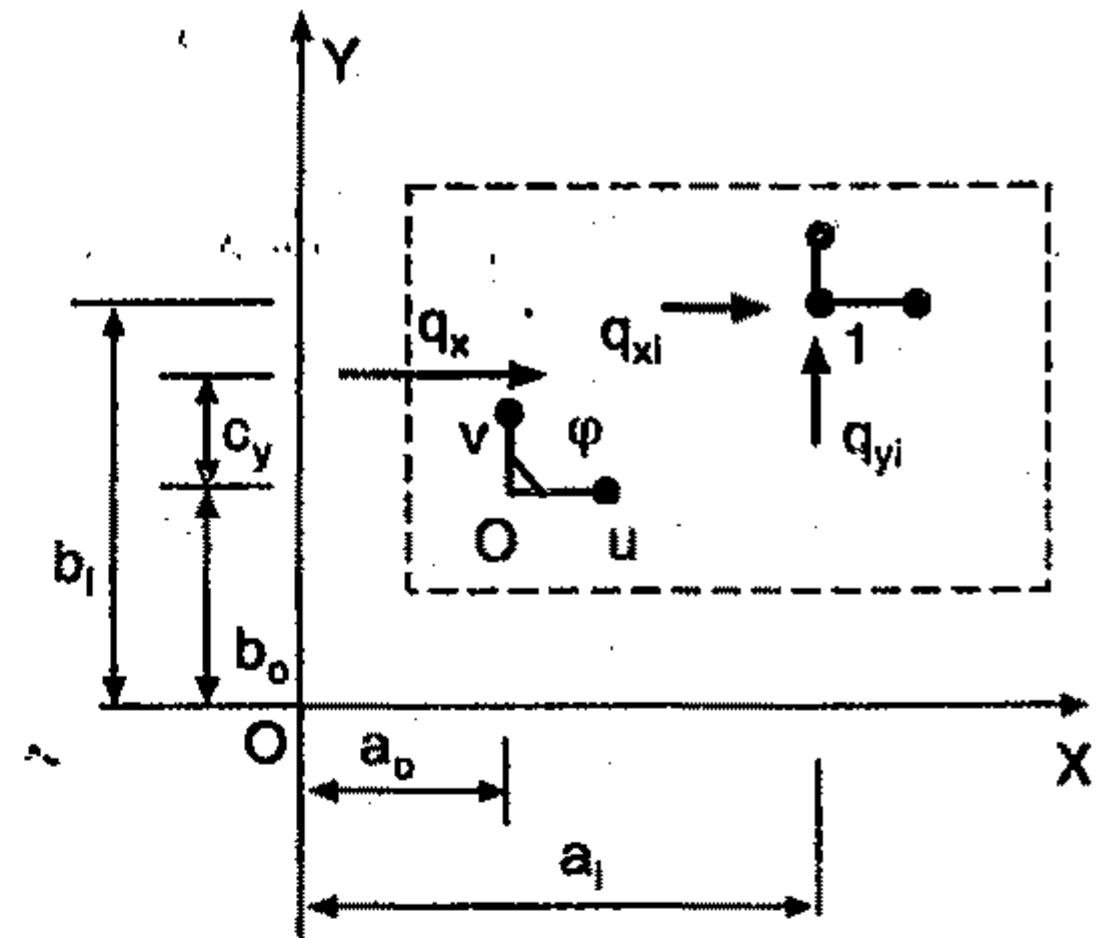
### 4.3.2.3 Khi tải trọng tác dụng theo phương X

- Khi tải trọng tác dụng theo phương x,  $q_x$  cách điểm O một đoạn  $c_y$  (H.4.5), tải trọng này được phân phối cho từng vách cứng thứ i xác định theo:

$$q_{xi} = q_x (K_{xxi} \eta_y - c_y K_{\omega xi} \eta_\omega) \quad (4.25)$$

$$q_{yi} = q_x (K_{xyi} \eta_x - c_y K_{\omega yi} \eta_\omega) \quad (4.26)$$

$$M_i = -q_x c_y K_{\omega ji} \eta_\omega \quad (4.27)$$



Hình 4.5

### 4.3.2.4 Khi xét tải trọng tác dụng theo hai phương

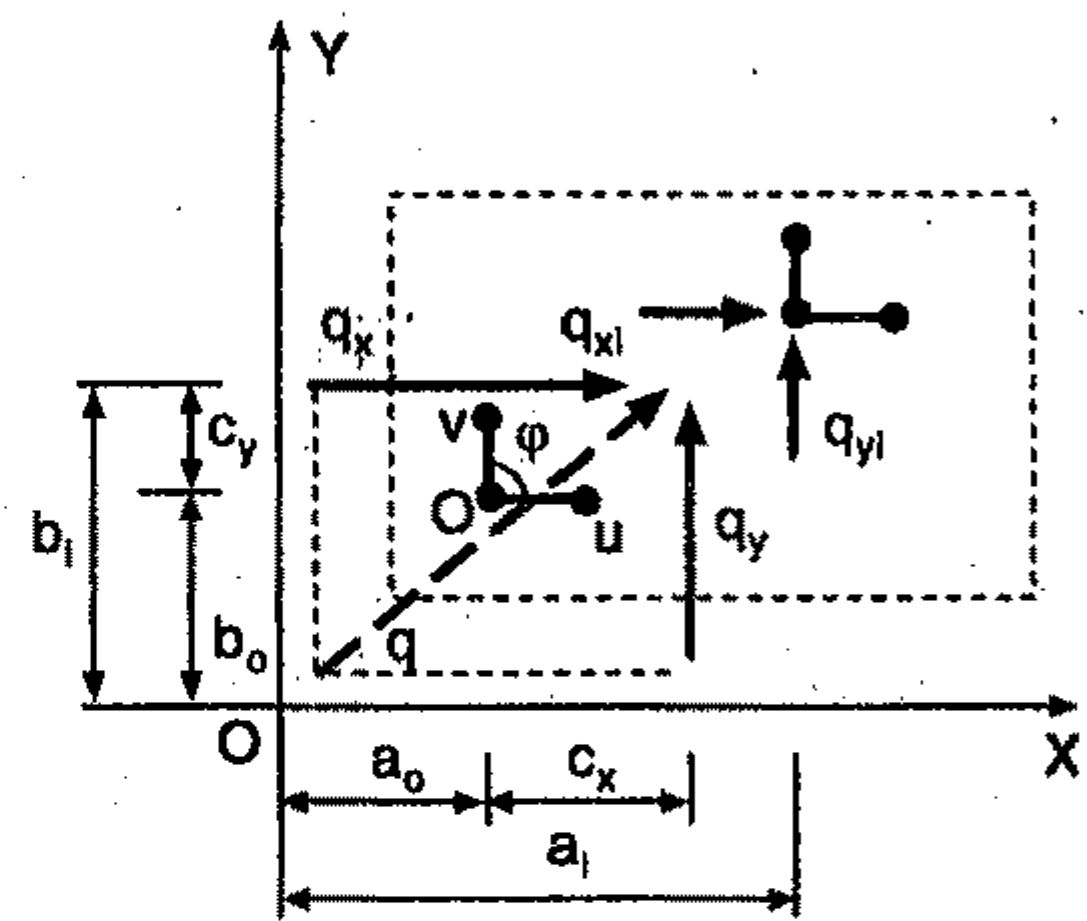
Khi xét tải trọng tác dụng theo hai phương  $q_x$  và  $q_y$  (H.4.6): ta tiến hành tính toán cho từng tải trọng  $q_x$  và  $q_y$  riêng, sau đó dùng phương pháp tổ hợp.

### 4.3.2.5 Xác định tâm uốn cho các trường hợp đặc biệt:

1) Khi các trục chính song song với trục nhà, có  $J_{xy} = \sum J_{xyi} = 0$  (4.28) thì tâm uốn xác định theo:

$$a_o = \frac{\sum J_{xi} a_i - \sum J_{xyi} b_i}{J_x} \quad (4.29)$$

$$b_o = \frac{\sum J_{yi} b_i - \sum J_{xyi} a_i}{J_y} \quad (4.30)$$



Hình 4.6

Hệ số phân phối tải trọng:

$$K_{xxi} = \frac{J_{yi}}{J_y}; \quad K_{yyi} = \frac{J_{xi}}{J_x}; \quad K_{xyi} = \frac{J_{xyi}}{J_y}; \quad K_{yxi} = \frac{J_{xyi}}{J_x} \quad (4.31)$$

$$K_{\omega xi} = \frac{J_{xyi} (a_i - a_o) - J_{yi} (b_i - b_o)}{J_\omega} \quad (4.32)$$

$$K_{\omega yi} = \frac{J_{xi} (a_i - a_o) - J_{xyi} (b_i - b_o)}{J_\omega} \quad (4.33)$$

2) Khi các trục chính của các tường cứng song song với trục nhà, có các  $J_{xyi} = 0$  (4.34) thì tâm uốn xác định theo:

$$a_o = \frac{\sum J_{xi} a_i}{J_x} \quad (4.35)$$



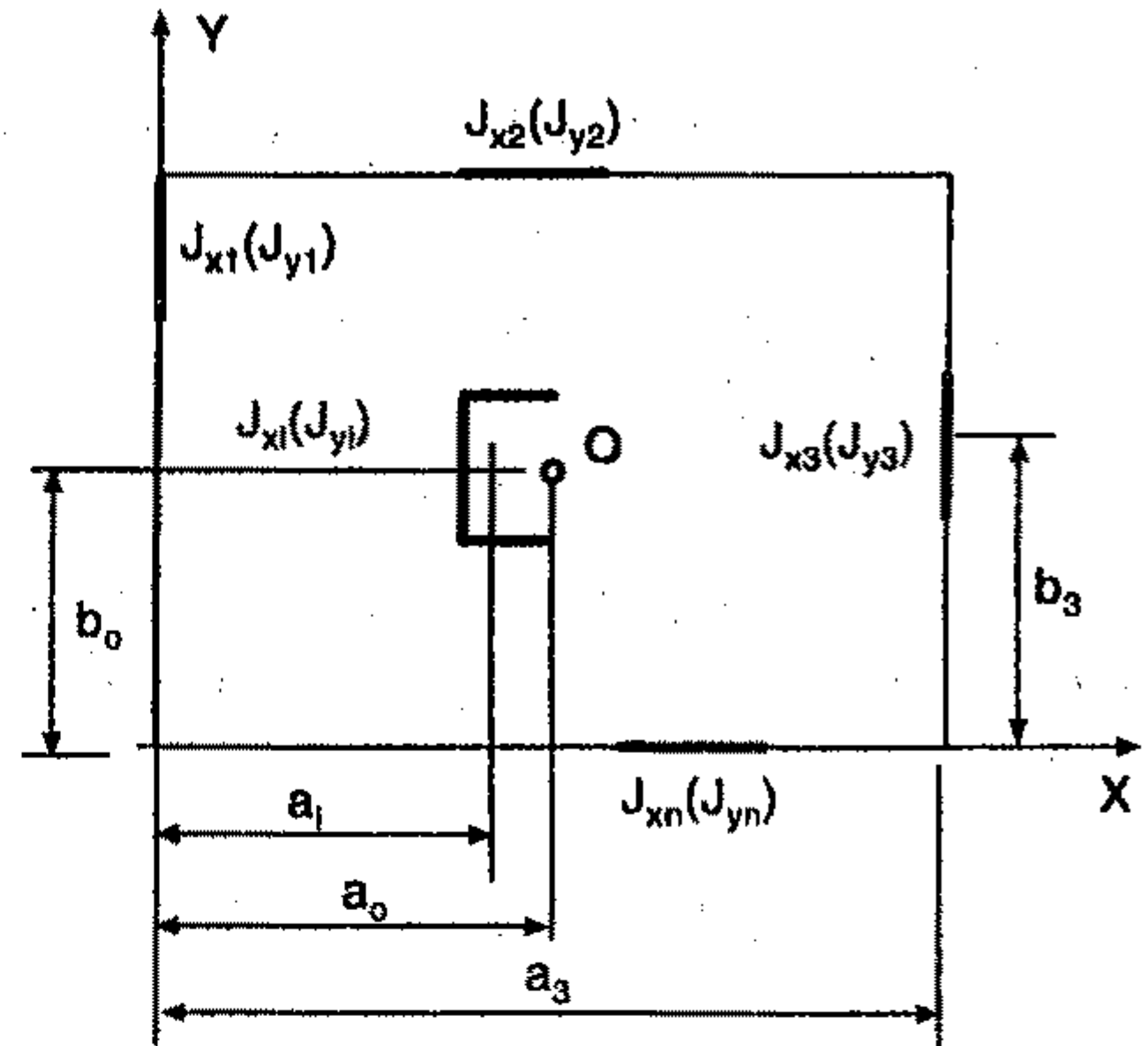
$$b_0 = \frac{\sum J_{yi} b_i}{J_y} \quad (4.36)$$

Hệ số phân phối tải trọng:

$$K_{xxi} = \frac{J_{yi}}{J_y}; K_{yyi} = \frac{J_{xi}}{J_x}; K_{xyi} = K_{yxi} = 0 \quad (4.37)$$

$$K_{\omega xi} = -\frac{(b_i - b_0) J_{yi}}{J_\omega} \quad (4.38)$$

$$K_{\omega yi} = \frac{(a_i - a_0) J_{xi}}{J_\omega} \quad (4.39)$$



Hình 4.7

3) Ngôi nhà chỉ có một hệ tường cứng thì toàn bộ tải trọng do hệ này chịu.

#### 4.4 PHÂN PHỐI MÔ MEN VÀO CÁC VÁCH CỨNG THỨ I. [9], [10]

Nếu biết được tổng mô men uốn  $M_x$ ,  $M_y$  và tổng lực cắt ngang  $Q_x$ ,  $Q_y$  do tải trọng ngang gây ra, ta có thể phân phối nội lực đó vào các vách cứng thứ  $i$  tương tự như phân phối tải trọng.

- Với tổng mô men tác dụng theo phương  $Y$  ( $M_x$ ) tại tầng bất kỳ thì mô men uốn tác dụng lên vách cứng thứ  $i$  xác định theo:

$$M_{xi} = M_x (K_{yyi} \eta_x + c_x K_{\omega yi} \eta_\omega) \quad (4.40)$$

$$M_{yi} = M_x (K_{yxi} \eta_y + c_x K_{\omega xi} \eta_\omega) \quad (4.41)$$

- Với tổng mô men tác dụng theo phương  $X$  ( $M_y$ ) tại tầng bất kỳ thì mô men uốn tác dụng lên vách cứng thứ  $i$  xác định theo:

$$M_{xi} = M_y (K_{xyi} \eta_x - c_y K_{\omega yi} \eta_\omega) \quad (4.42)$$

$$M_{yi} = M_y (K_{xxi} \eta_y - c_y K_{\omega xi} \eta_\omega) \quad (4.43)$$

#### 4.5 CÁC ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC

##### 4.5.1 Mô men tĩnh

Định nghĩa: Mô men tĩnh đối với một trục:

$$S_x = \int_F y dF; \quad S_y = \int_F x dF \quad (4.44)$$

trong đó:  $S_x$ ;  $S_y$  - mô men tĩnh của diện tích  $F$  đối với trục  $x$  và trục  $y$ .  
 $x$ ,  $y$  - khoảng cách từ trọng tâm của  $dF$  đến các trục  $y$  và trục  $x$ .

Gọi  $x_G$  và  $y_G$  là tọa độ trọng tâm của ngôi nhà thì:

$$S_x = y_G F; \quad S_y = x_G F \tag{4.45}$$

Từ đó, tọa độ trọng tâm ngôi nhà xác định theo:

$$x_G = \frac{S_y}{F}; \quad y_G = \frac{S_x}{F} \tag{4.46}$$

Nếu mặt bằng nhà có mặt bằng phức tạp ta phải chia nó thành nhiều hình đơn giản mà diện tích là  $F_i$  và tọa độ trọng tâm của nó được xác định:

Khi đó:

$$S_x = F_1 y_1 + F_2 y_2 + \dots + F_n y_n = \sum_{i=1}^n F_i y_i \tag{4.47}$$

$$S_y = F_1 x_1 + F_2 x_2 + \dots + F_n x_n = \sum_{i=1}^n F_i x_i$$

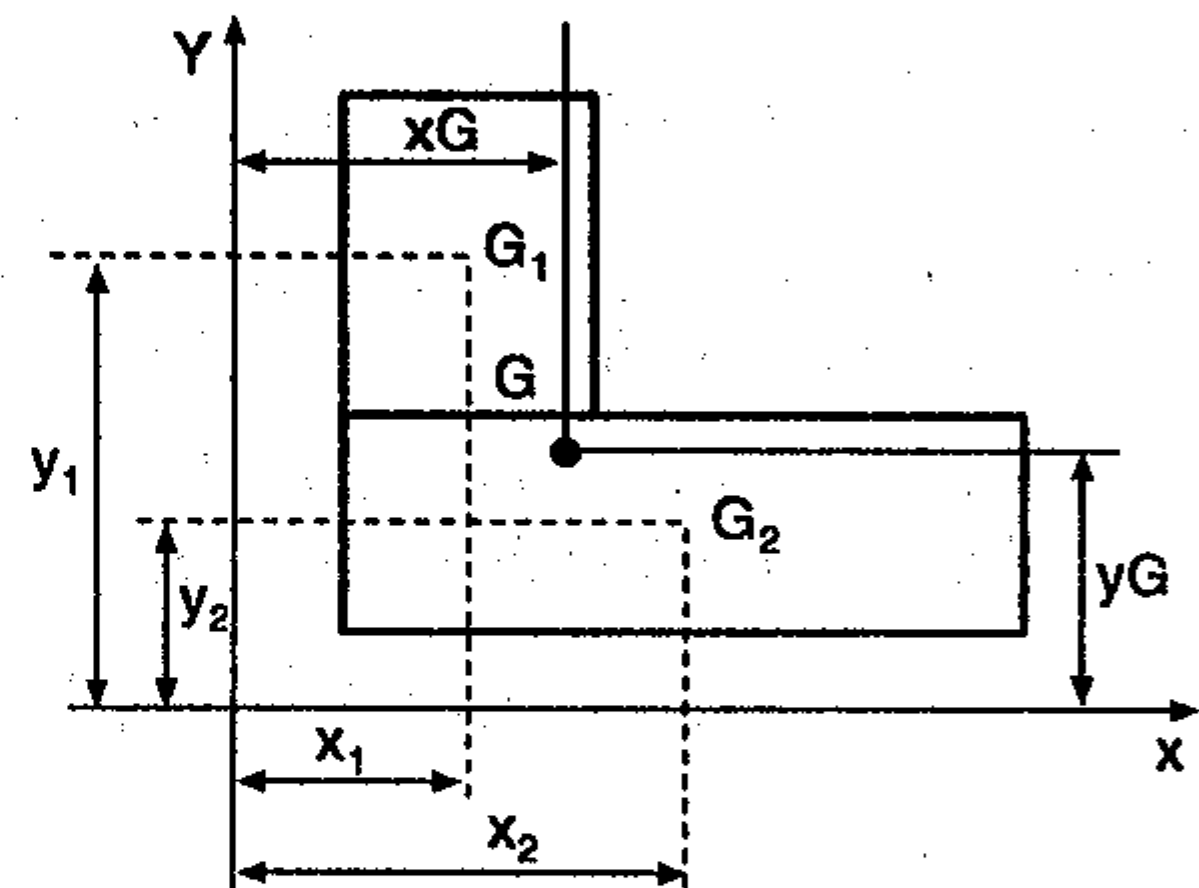
### 4.5.2 Tâm hình học sàn tầng bất kỳ của nhà

Gọi  $G$  là tâm hình học sàn tầng bất kỳ của nhà thì tọa độ của  $G$  xác định theo:

$$x_G = \frac{\sum_1^n F_i x_i}{\sum_1^n F_i}; \quad y_G = \frac{\sum_1^n F_i y_i}{\sum_1^n F_i} \tag{4.48}$$

trong đó:  $F_i$  - diện tích của phần thứ  $i$  của nhà.

$x_i, y_i$  - tọa độ của trọng tâm của phần thứ  $i$  của nhà đối với hệ trục OXY.



Hình 4.8

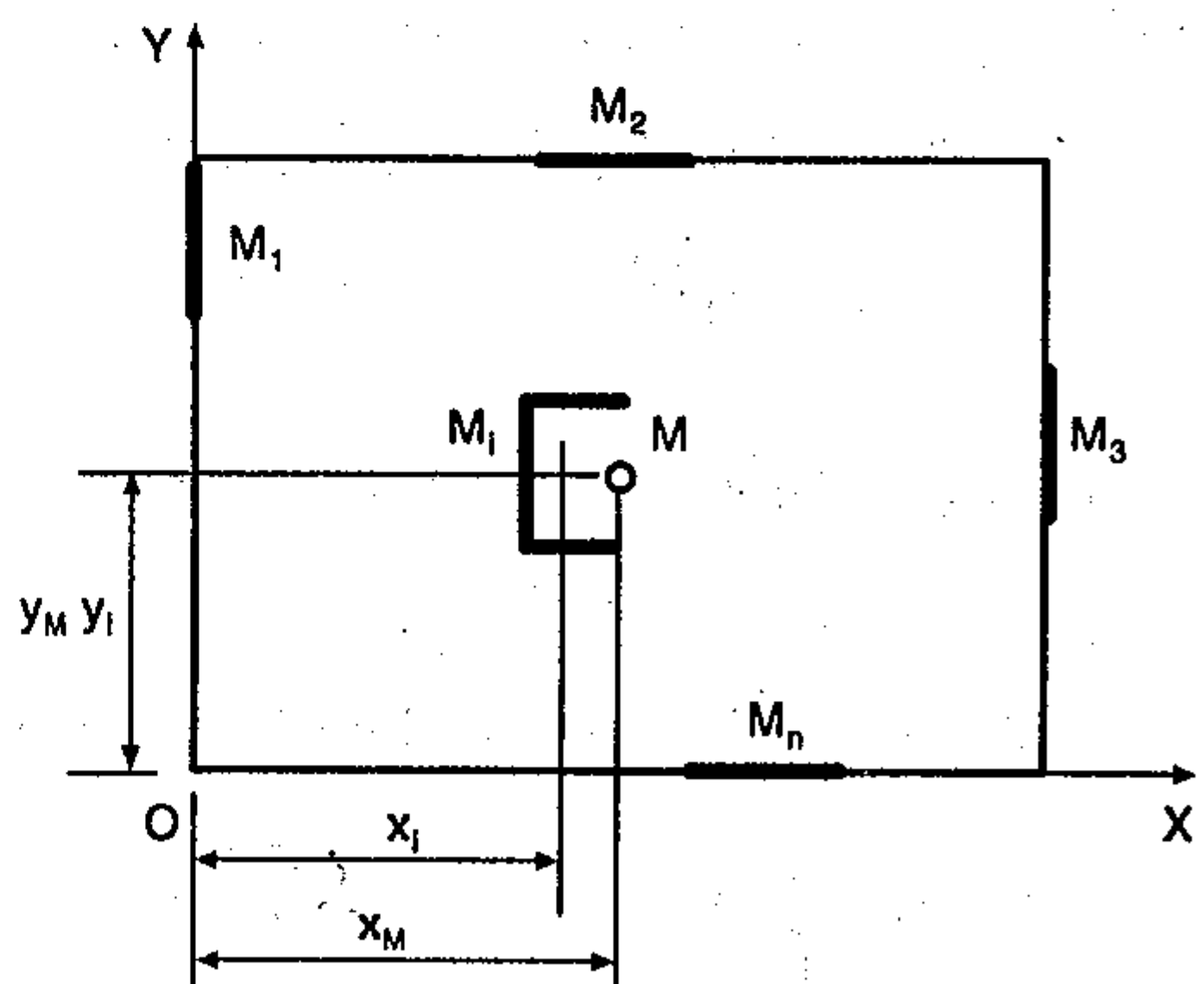
### 4.5.3 Tâm khối lượng M sàn tầng bất kỳ

Tâm khối lượng  $M$  sàn tầng bất kỳ là trọng tâm của các khối lượng  $M_i$  của sàn tầng bất kỳ.

Khối lượng  $M_i$  bao gồm: khối lượng của sàn (tĩnh tải, hoạt tải sàn), khối lượng của các hệ chịu lực (cột, vách, lõi cứng) và khối lượng của các kết cấu bao che.

Tọa độ của  $M$  xác định theo:

$$x_M = \frac{\sum_1^n M_i x_i}{\sum_1^n M_i}; \quad y_M = \frac{\sum_1^n M_i y_i}{\sum_1^n M_i} \tag{4.49}$$



Hình 4.9

trong đó:  $M_i$  - khối lượng của sàn, vách, lõi cứng thứ  $i$  đối với trục đi qua trọng tâm của nó và song song với hệ trục OXY

$x_i; y_i$  - tọa độ tâm hình học của sàn, vách, lõi của vách cứng thứ  $i$  đối với hệ trục OXY.

Khối lượng xác định như sau:

$$M_i = \frac{P_i}{g} \tag{4.50}$$

trong đó:  $P_i$  - trọng lượng;  $g$  - gia tốc trọng trường.

*Chú thích:* Khối lượng của vách, lõi cứng ảnh hưởng rất nhỏ so với khối lượng của sàn nên thường tâm khối lượng  $M$  và tâm hình học  $G$  nhà thường là trùng nhau (sai lệch không đáng kể).

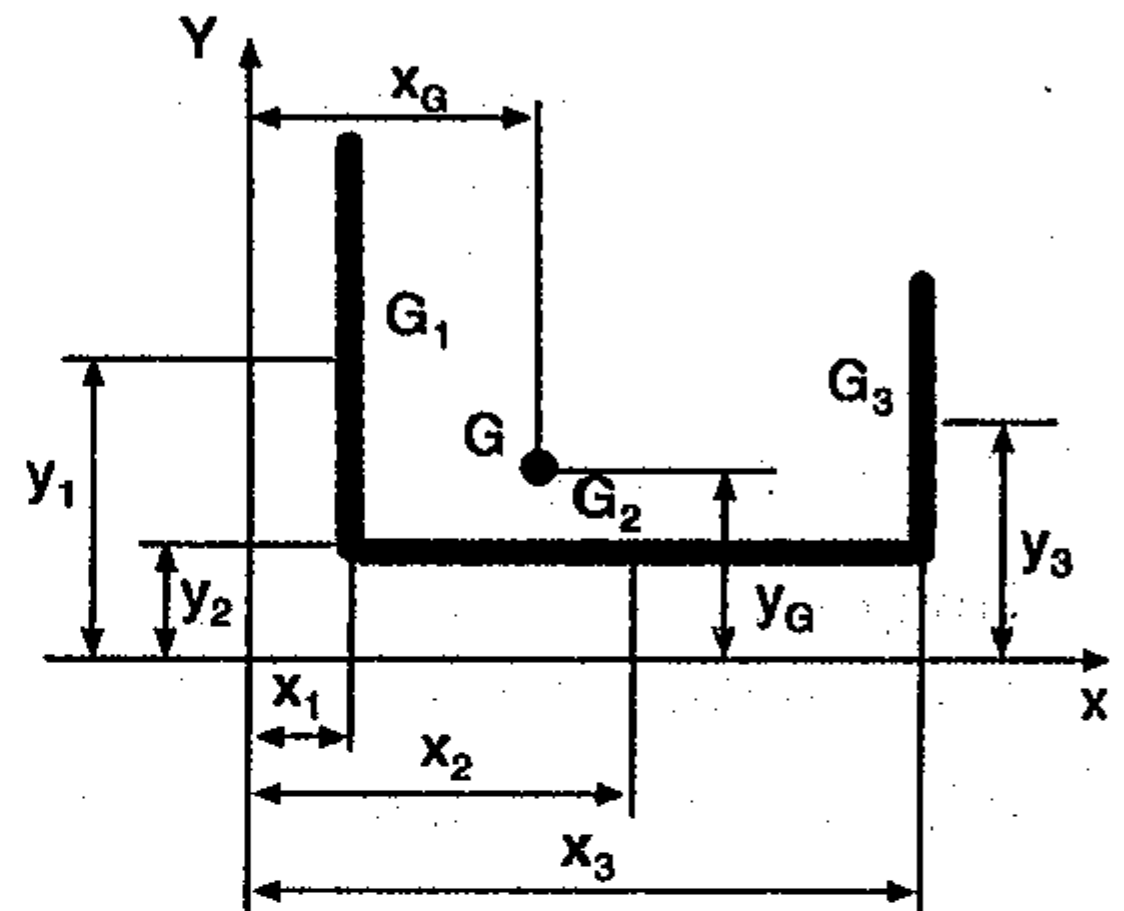
**4.5.4 Tâm hình học lõi bất kỳ của sàn tầng bất kỳ**

Tâm hình học lõi  $G$  bất kỳ của sàn tầng bất kỳ là trọng tâm hình học của các vách tạo nên lõi đó.

Tọa độ của  $G$  xác định theo:

$$x_{Gi} = \frac{\sum_1^n F_i x_i}{\sum_1^n F_i}; \quad y_{Gi} = \frac{\sum_1^n F_i y_i}{\sum_1^n F_i} \tag{4.51}$$

trong đó:  $F_i$  - diện tích của vách cứng thứ  $i$ .  
 $x_i; y_i$  - tọa độ của trọng tâm của vách cứng thứ  $i$  đối với hệ trục OXY.



Hình 4.10

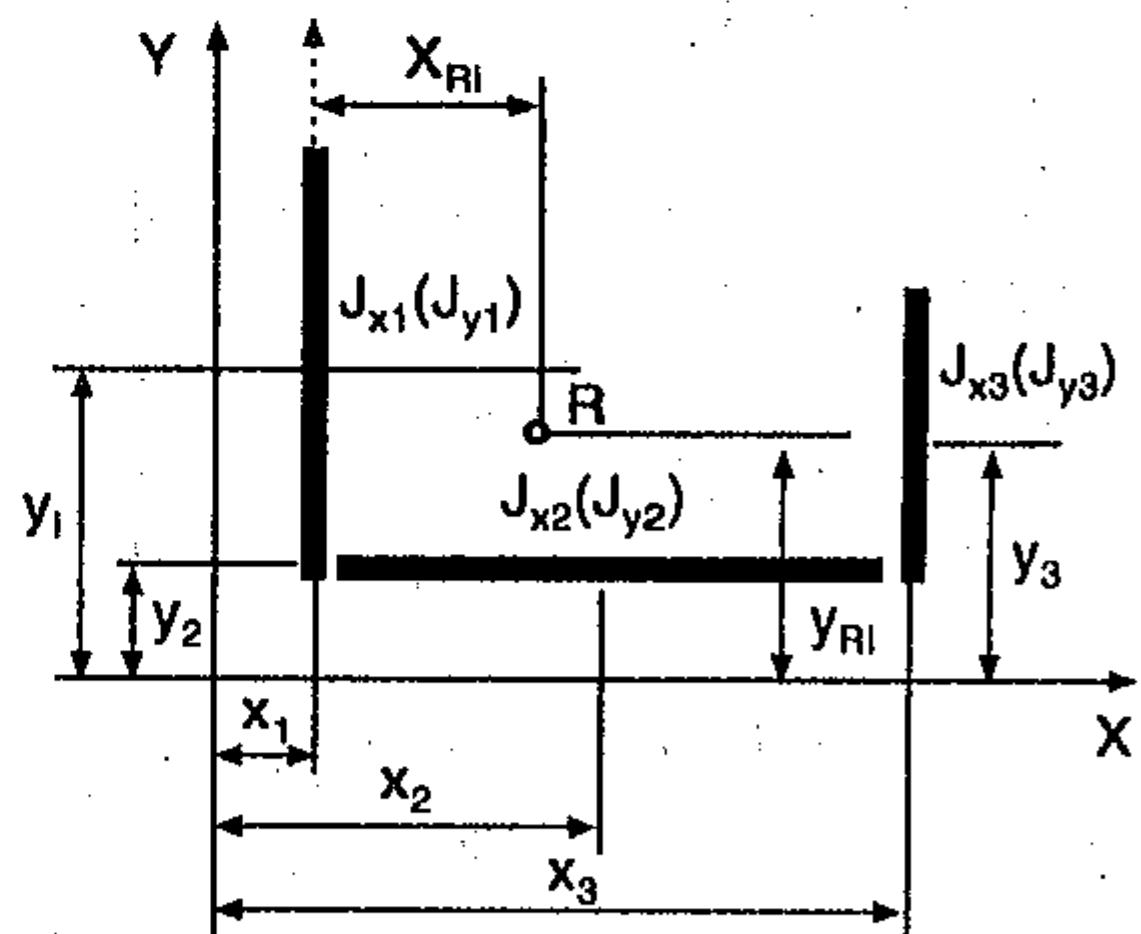
**4.5.5 Tâm cứng lõi cứng bất kỳ của sàn tầng bất kỳ**

Tâm cứng của lõi  $R_i$  là trọng tâm độ cứng của các vách tạo nên lõi. Tọa độ của  $R_i$  xác định theo:

$$x_{Ri} = \frac{\sum_1^n J_{xi} x_i}{\sum_1^n J_{xi}}; \quad y_{Ri} = \frac{\sum_1^n J_{yi} y_i}{\sum_1^n J_{yi}} \tag{4.52}$$

trong đó:  $J_{xi}; J_{yi}$  - mô men quán tính của vách cứng thứ  $i$  đối với trục đi qua trọng tâm của nó và song song với hệ trục OXY

$x_i; y_i$  - tọa độ của trọng tâm của vách cứng thứ  $i$  đối với hệ trục OXY.



Hình 4.11

**4.5.6 Tâm cứng của sàn tầng bất kỳ**

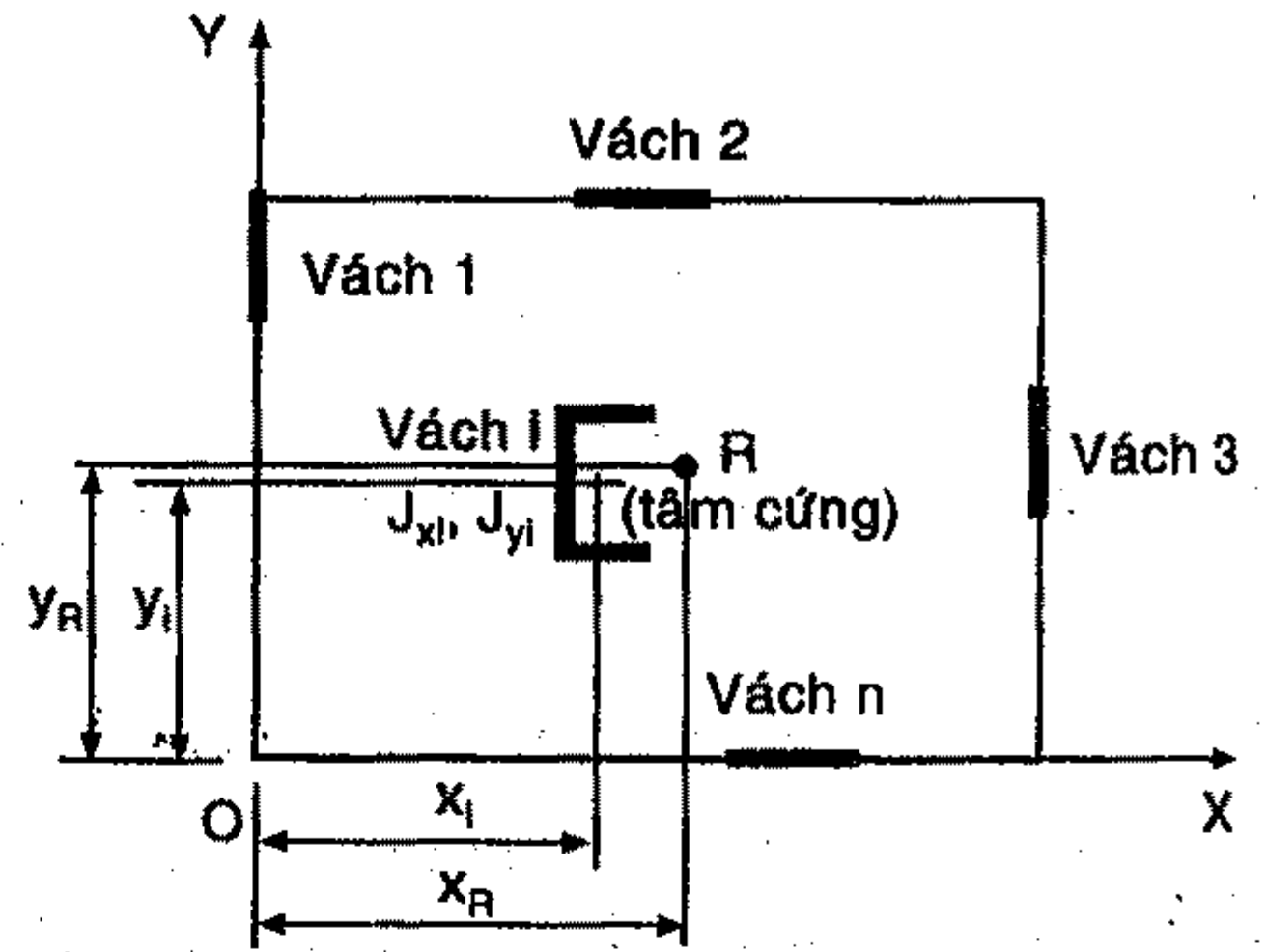
Tâm cứng  $R$  của sàn tầng bất kỳ là tọa độ trọng tâm độ cứng của tất cả các vách cứng, lõi cứng được bố trí trong sàn tầng đó.

Tọa độ của tâm cứng  $R$  của sàn tầng bất kỳ xác định theo:

$$x_R = \frac{\sum_1^n J_{xi} x_i}{\sum_1^n J_{xi}}; \quad y_R = \frac{\sum_1^n J_{yi} y_i}{\sum_1^n J_{yi}} \quad (4.53)$$

trong đó:  $J_{xi}; J_{yi}$  - mô men quán tính của vách cứng (lõi cứng) thứ  $i$  đối với trục đi qua trọng tâm của nó và song song với hệ trục OXY

$x_i; y_i$  - tọa độ của trọng tâm của vách cứng (lõi cứng) thứ  $i$  đối với hệ trục OXY.



Hình 4.12

### 4.7 MÔ MEN QUÁN TÍNH

Trong tính toán cần xác định mômen quán tính của các tiết diện trong mỗi vách cứng theo các trục quán tính trung tâm  $X_1$  và  $Y_1$  song song với các trục lưới cột của nhà.

a) Mômen quán tính theo trục:  $J_x$  và  $J_y$

$$J_x = \int_F y^2 dF \geq 0; \quad J_y = \int_F x^2 dF \geq 0 \quad (4.54)$$

b) Mômen quán tính ly tâm đối với trục Oxy là  $J_{xy}$

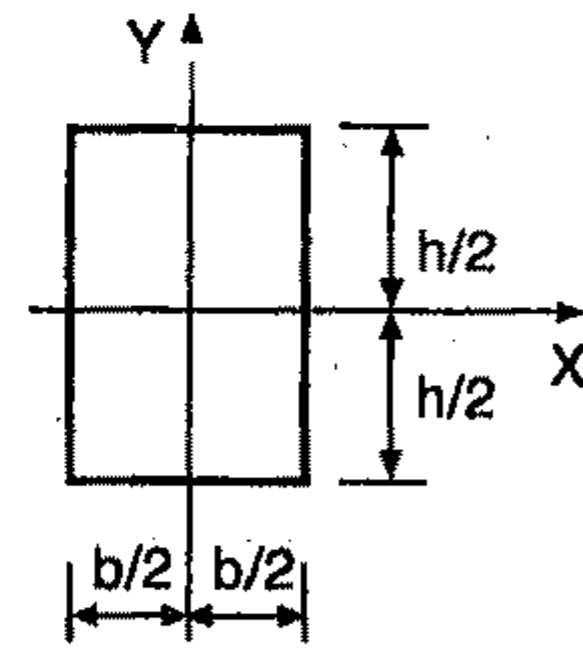
$$J_{xy} = \int_F xy dF \quad (4.55)$$

Đối với mặt bằng có hình chữ nhật  $J_x, J_y$  đối với hệ trục đi qua trọng tâm của nó là: Ta có:

$$J_x = \int_F y^2 dF = \int_{-h/2}^{h/2} y^2 dF = \frac{bh^3}{12}$$

$$J_y = \int_F x^2 dF = \int_{-b/2}^{b/2} x^2 dF = \frac{hb^3}{12} \quad (4.56)$$

$$J_{xy} = \int_F xy dF = 0$$



Hình 4.13

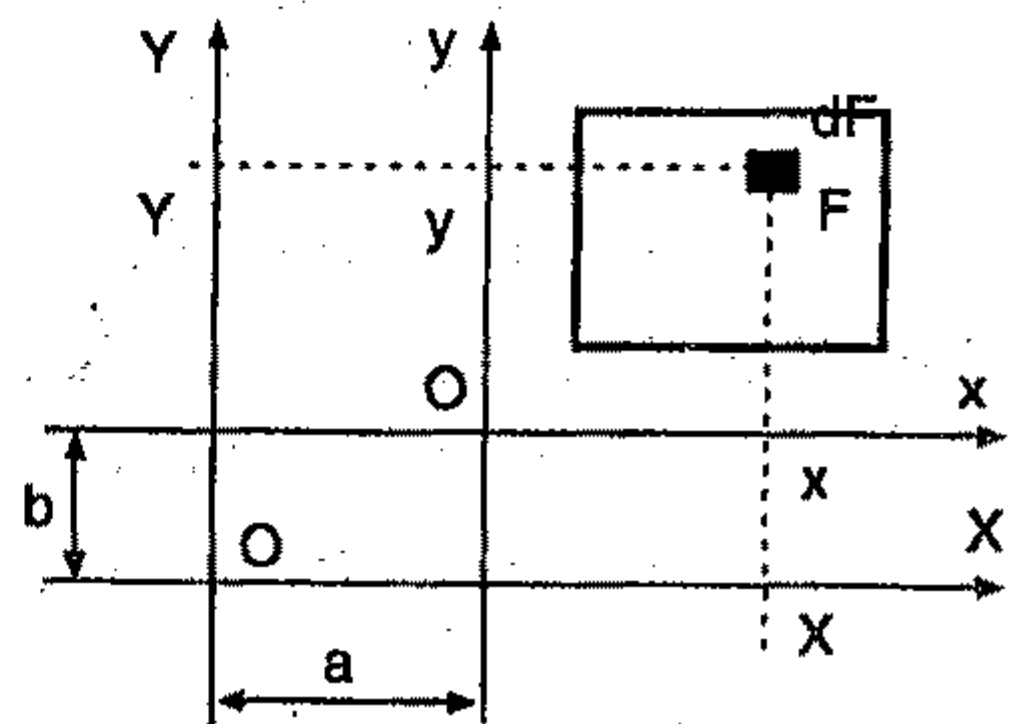
Mô men quán tính đối với hệ trục song song:

Khi biết  $J_x; J_y; J_{xy}$  đối với hệ trục Oxy, tính mô men quán tính

$J_X; J_Y; J_{XY}$  đối với hệ trục song song OXY

Công thức chuyển trục:

$$X = x + a; \quad Y = y + b \quad (4.57)$$



Hình 4.14

Do đó:

$$\begin{aligned} J_X &= \int_F Y^2 dF = \int_F (y+b)^2 dF \\ J_Y &= \int_F X^2 dF = \int_F (x+a)^2 dF \\ J_{XY} &= \int_F XY dF = \int_F (x+a)(y+b) dF \end{aligned} \quad (4.58)$$

Triển khai và rút gọn ta có:

$$\begin{aligned} J_X &= J_x + b^2 F + 2bS_x \\ J_Y &= J_y + a^2 F + 2aS_y \\ J_{XY} &= J_{xy} + abF + aS_x + bS_y \end{aligned} \quad (4.59)$$

Trường hợp đặc biệt: Nếu Oxy là hệ trục trung tâm ta có  $S_x = S_y = 0$ .

Khi đó ta có:

$$\begin{aligned} J_X &= J_x + b^2 F \\ J_Y &= J_y + a^2 F \\ J_{XY} &= J_{xy} + abF \end{aligned} \quad (4.60)$$

**Ví dụ 1** Xác định mô men quán tính chính trung tâm của mặt cắt như hình vẽ:

**Giải.** Phân mặt bằng thành ba phần 1,2,3

Xác định trọng tâm:

Vì mặt bằng có một trục đối xứng y, nên trọng tâm phải nằm trên đường này

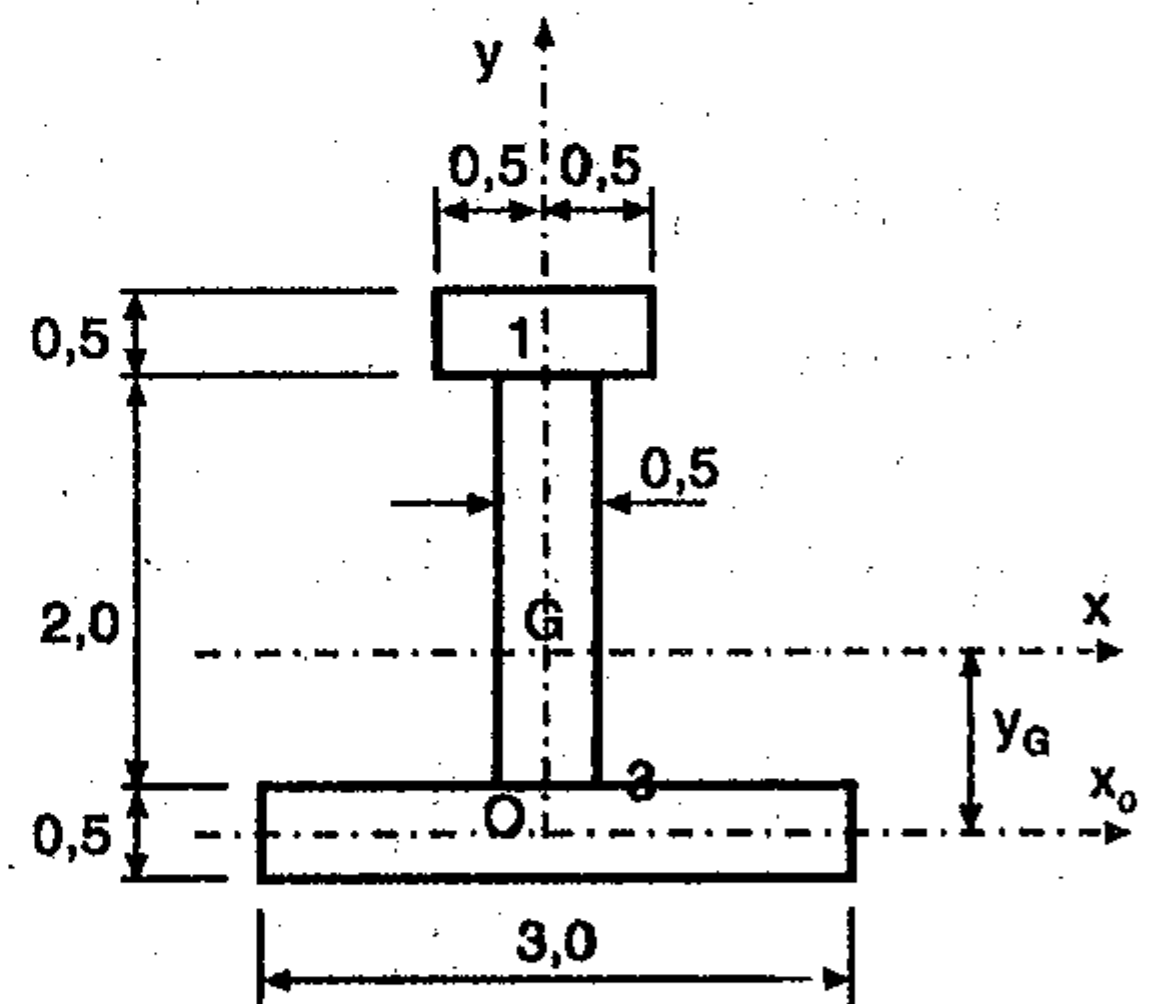
$$\begin{aligned} \text{Ta có: } S_{x_0} &= S_{x_0}^1 + S_{x_0}^2 + S_{x_0}^3 = \\ &= 0,5 \times 1 \times 5 \times 0,5 + 0,5 \times 2 \times 2,5 \times 0,5 + 0 \\ &= 2,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tung độ trọng tâm:

$$y_G = \frac{S_{x_0}}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{2,5}{(0,5 \times 1) + (0,5 \times 2) + (3 \times 0,5)} = 0,8333 \text{ m}$$

Mô men quán tính chính trung tâm:

$$\begin{aligned} J_x &= \sum_{i=1}^3 J_x^i = \left[ \left( \frac{1 \times 0,5^3}{12} + (1 \times 0,5) \left( 2,5 - \frac{2,5}{3} \right)^2 \right) \right] + \\ &\left[ \left( \frac{0,5 \times 2^3}{12} + (2 \times 0,5) \left( 2,5 \times 0,5 - \frac{2,5}{3} \right)^2 \right) \right] + \left[ \left( \frac{3 \times 0,5^3}{12} + (3 \times 0,5) \left( \frac{2,5}{3} \right)^2 \right) \right] \\ &= 2,9791667 \text{ m}^4 \end{aligned}$$



Hình 4.15

$$J_y = \frac{0,5 \times 1^3}{12} + \frac{2 \times 0,5^3}{12} + \frac{0,5 \times 3^3}{12} = 1,1875 \text{m}^4$$

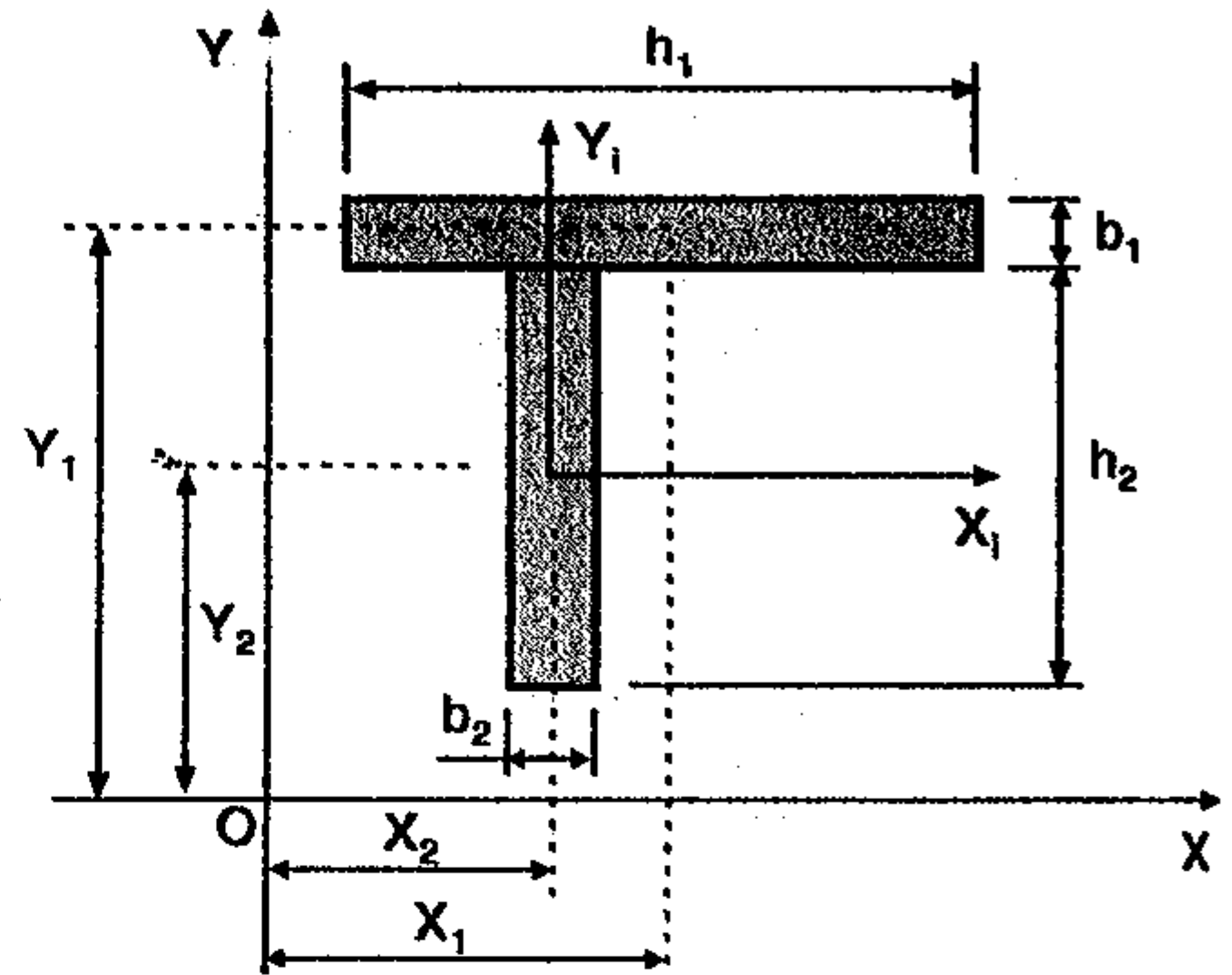
b) Mô men quán tính ly tâm  $J_{xyi}$  - đối với các vách cứng mà không một trục nào của hệ đó ( $X_i$  hay  $Y_i$ ) là trục đối xứng của các tường cứng thứ  $i$ .

Mô men quán tính ly tâm  $J_{xy}$  đối với trục XOY:

$$J_{xy} = \int_{F_1} dx.dy.F_1 + \int_{F_2} dx.dy.F_2$$

$$J_{xy} = J_{xy}^1 + J_{xy}^2 \quad (4.61)$$

$$J_{xy} = X_1 Y_1 F_1 + X_2 Y_2 F_2$$



Hình 4.16

trong đó:

- $F_1, F_2$  - diện tích của tường cứng 1 và 2
- $X_1, Y_1$  - tọa độ trọng tâm của tường cứng 1 đối với trục XOY
- $X_2, Y_2$  - tọa độ trọng tâm của tường cứng 2 đối với trục XOY.

*Chú thích:* Mô men quán tính ly tâm  $J_{xyi}$  - đối với các vách cứng mà có một trục nào của hệ đó ( $X_i$  hay  $Y_i$ ) là trục đối xứng của các tường cứng thứ  $i$ , thì  $J_{xy} = 0$ .

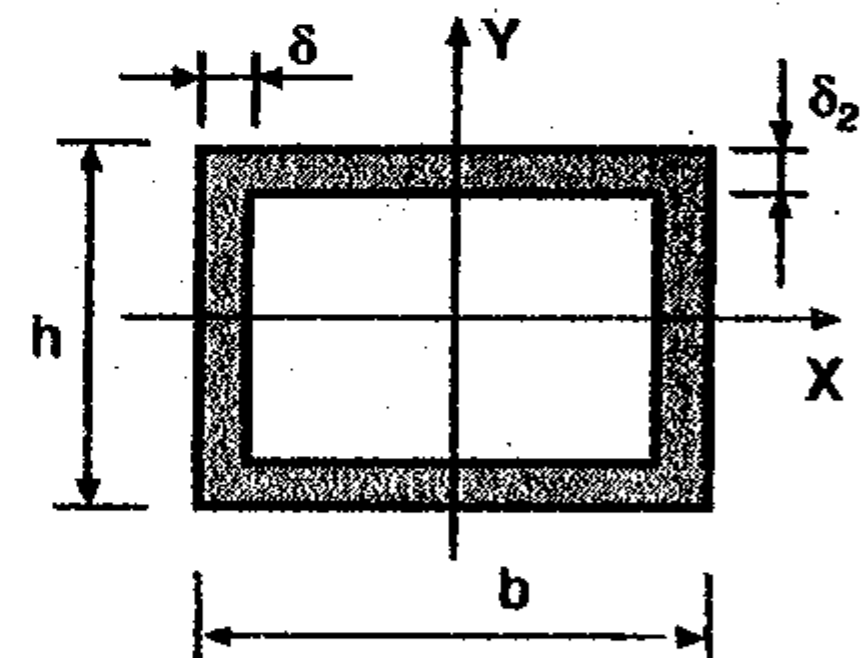
c) Mômen quán tính xoắn  $J_{xoãn}$ :

Đối với các vách cứng khép kín (lõi cứng), mô men quán tính xoắn tự do  $J_{xoãn}$  bằng:

$$J_{xoãn,i} = \frac{\Omega^2}{\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{\delta_i}} \quad (4.62)$$

trong đó:  $\Omega$  - hai lần diện tích hình giới hạn bởi các đường bao quanh tâm tiết diện, lấy theo trục của nó.

$S_i$  - chiều dài đường bao phần có tiết diện có chiều dày không đổi là  $\delta_i$ .



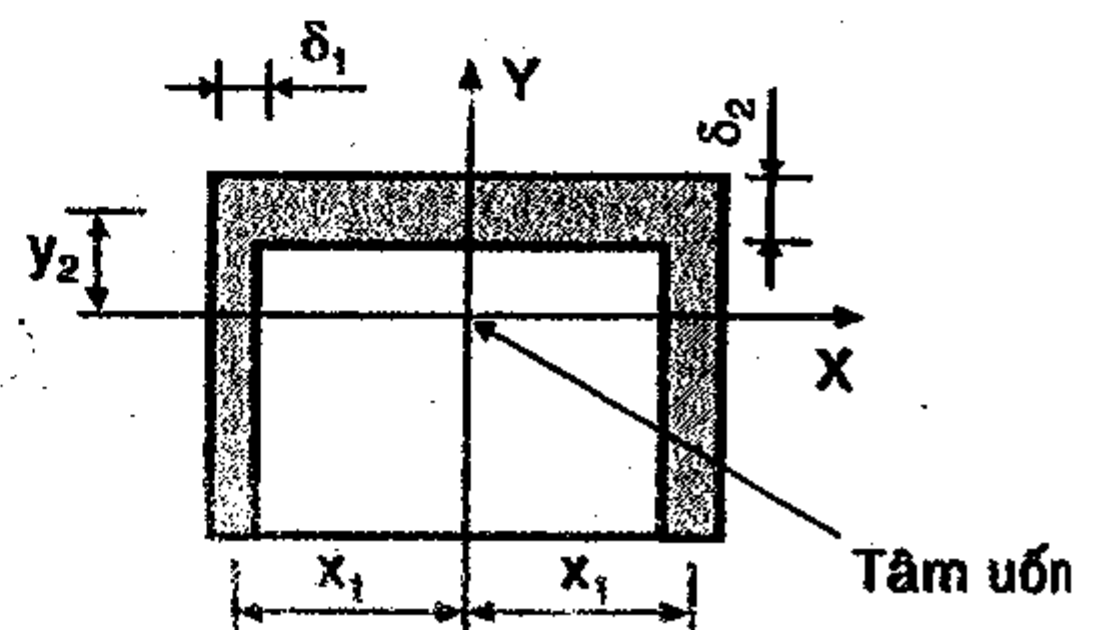
Hình 4.17

d) Trường hợp chỉ có duy nhất một vách cứng có tiết diện hở, cần xác định mômen xoắn quán tính  $J_{wi}$  gần đúng bằng cách lấy tổng các tích số giữa mômen quán tính của từng vách riêng rẽ với bình phương khoảng cách từ tường vách đó tới tâm uốn của vách đó.

$$J_{wi} = \sum_{i=1}^n J_i d_i^2 \quad (4.63)$$

trong đó:  $J_i$  - mô men quán tính của vách thứ  $i$ .

$d_i$  - khoảng cách từ vách thứ  $i$  đến tâm uốn của vách đó.



Hình 4.18

e) Nếu trong các hệ vách cứng có lõi cứng thì mômen xoắn quy ước xác định theo:

$$J_{oi} = 0,05J_{xoan.i} H^2 \quad (4.64)$$

trong đó: H - chiều cao vách cứng

$J_{xoan.i}$  - lấy theo (4.62)

#### 4.7 MÔ MEN QUÁN TÍNH TÍNH TOÁN [9], [10]

Mômen quán tính tính toán bằng mômen quán tính ban đầu  $\bar{J}_{ij}$  nhân với hệ số đồng nhất  $K_j$  của hệ (áp dụng cho trường hợp tường (vách) cứng có lỗ nhỏ):

$$J_{ij} = K_j \bar{J}_{ij} \quad (4.65)$$

trong đó:  $K_j$  - xét tới biến dạng của lanh tô

$$K_j = \frac{1}{1 + P_j} \quad (4.66)$$

$P_j$  - Hệ số xét đến biến dạng của lanh tô cửa.

Xác định  $P_j$

- Tường cứng có hai nhánh (có một lỗ cửa):

Hệ số  $P_j$  (theo phương x là  $P_x$  hay theo phương y là  $P_y$ ) có thể tính theo công thức:

$$P_j = \frac{hl^3}{3J_{lt} H^2} \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2} \left( 1 - \frac{\bar{J}_{1j} + \bar{J}_{2j}}{\bar{J}_j} \right) \quad (4.67)$$

trong đó:  $F_1, F_2$  - diện tích tiết diện của các nhánh

$\bar{J}_{1j}; \bar{J}_{2j}$  - mômen quán tính của nhánh 1 và nhánh 2

$\bar{J}_j$  - mômen quán tính của vách cứng chưa xét đến ảnh hưởng của lanh tô cửa và mạch lắp ghép

l - chiều rộng lỗ cửa

h - chiều cao tầng nhà

H - chiều cao tường cứng

$J_{lt}$  - mômen quán tính của lanh tô cửa cần giảm đi 1,5 lần để tránh xuất hiện vết nứt

- Trường hợp có nhiều dãy lỗ cửa (nhiều nhánh) trong một vách cứng tiết diện vách cứng tính gần đúng theo:

Xác định các hệ số  $P_x$  và  $P_y$  đối với các vách cứng có nhiều lỗ cửa theo:

$$P_j = \sum P_{jk} \quad (4.68)$$

$P_{jk}$  - tính theo (4.67) cho dãy cửa theo chiều đứng thứ k

Sau khi tính cho các dầm rồi tiến hành tổng cộng lại theo (4.68)

Để xác định gần đúng mô men li tâm quán tính tính toán của vách cứng có lỗ cửa, hệ số  $P_{xy}$  trong (4.66) có thể tính theo công thức sau:

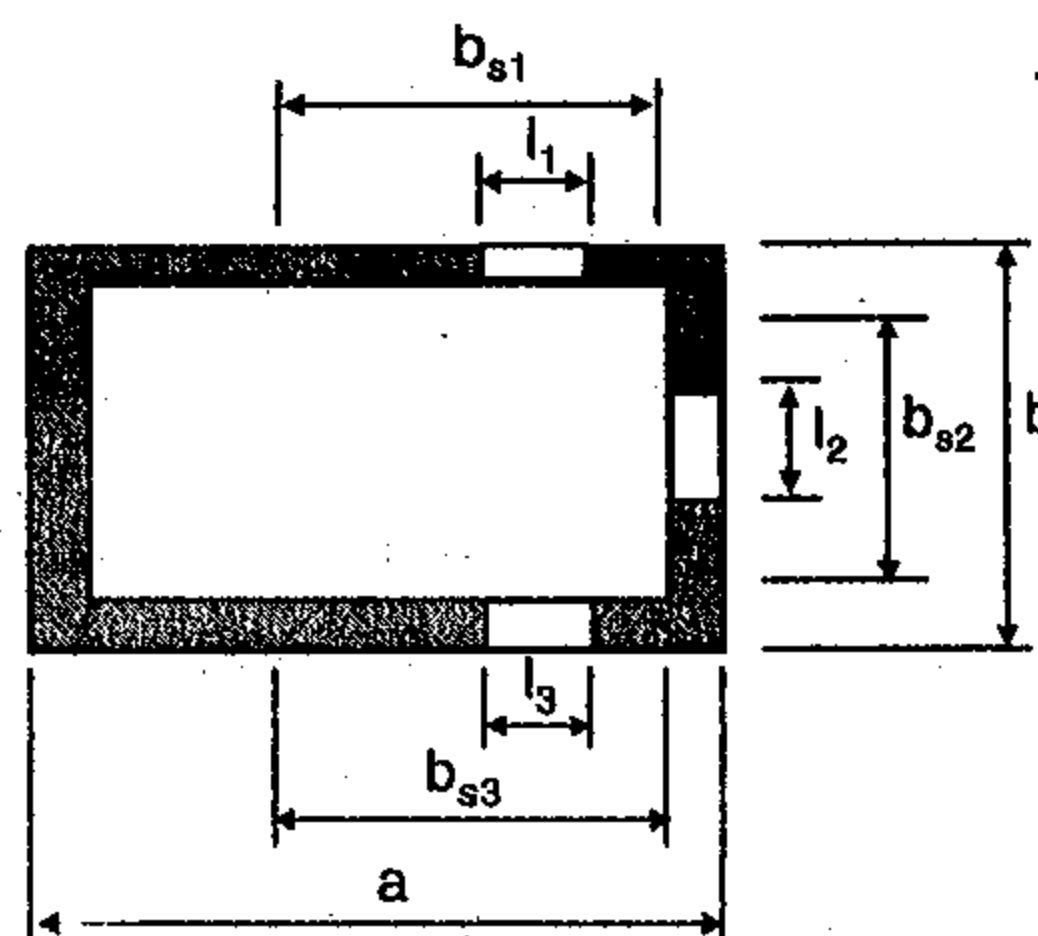
$$P_{xy} = 0,5(P_x + P_y) \quad (4.69)$$

trong đó  $P_x, P_y$  tính theo (4.67) khi tường cứng chịu uốn theo trục X và Y.

Khi lõi cứng có lỗ cửa có thể tính bằng cách thay  $P_j$  bằng  $P_{xoan}$  trong công thức (4.66) ta được:

$$P_{xoan} = \frac{8J_{xoan}}{(a+b)^2} \left( \frac{c}{F} + \frac{hv}{30 \sum_{k=1}^n J_{ltk} \frac{b_{ok}^2}{l_k^3}} \right) - c \quad (4.70)$$

- trong đó:
- $c$  - tỷ số giữa chiều cao lỗ cửa và chiều cao tầng
  - $F$  - diện tích tiết diện ngang của vách cứng bị giảm yếu bởi lỗ cửa
  - $b_{ok}$  - khoảng cách giữa các trọng tâm của các nhánh của lõi cứng kề nhau theo phương song song với vách có chứa lỗ cửa thứ  $k$  đang xét
  - $a, b$  - kích thước của vách
  - $l_k$  - bề rộng của lỗ cửa
  - $J_{ltk}$  - mômen quán tính của lanh tô cửa thứ  $k$
  - $v$  - hệ số lấy theo bảng 4.1



Hình 4.19

Bảng 4.1 Hệ số v

$h_{ll}/l$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$v$	1,03	1,11	1,26	1,46	1,73	2,05	2,43	2,87	3,37	3,93

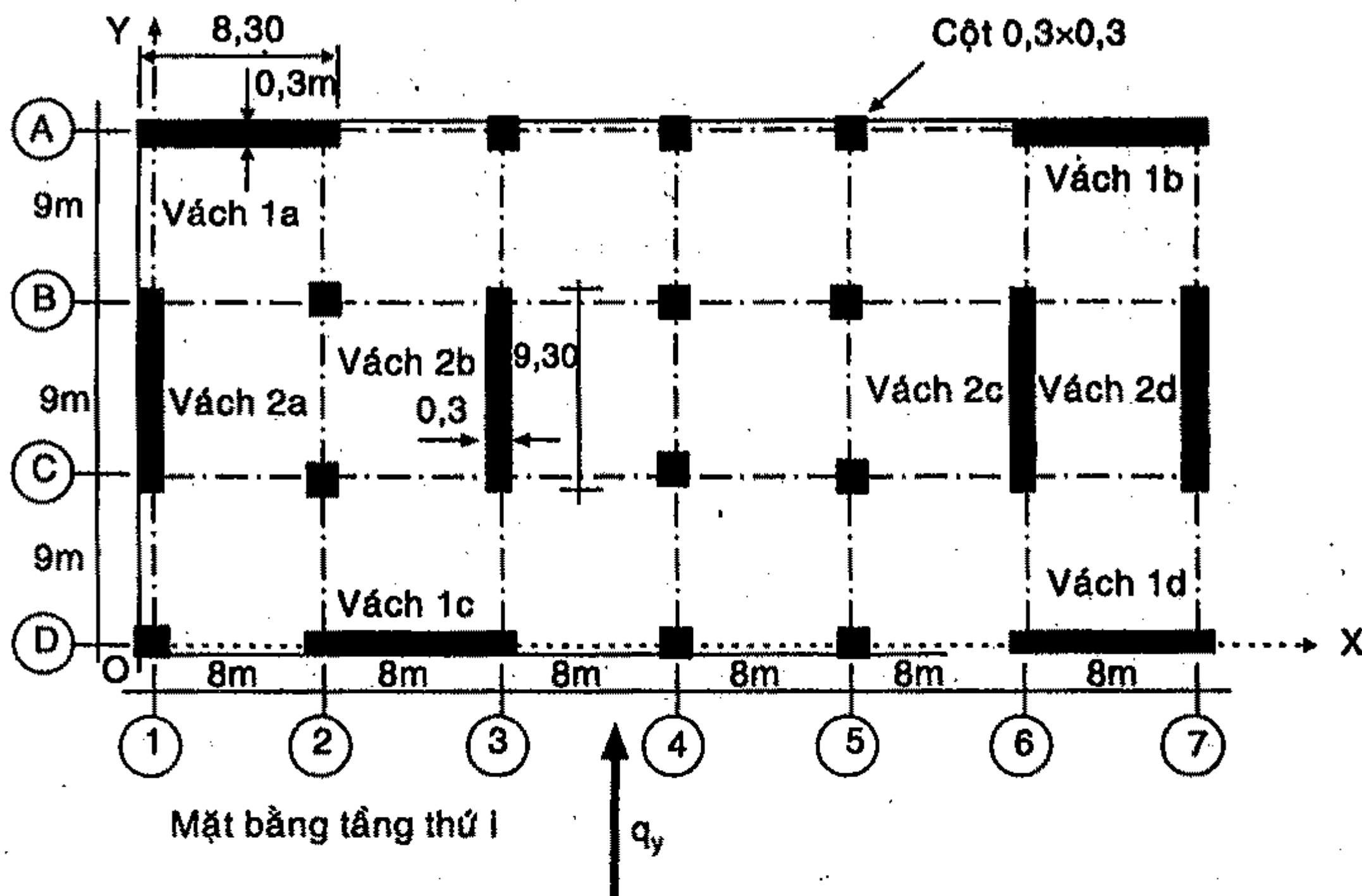
**Ví dụ 4.1** Một công trình nhà dân dụng BTCT toàn khối 20 tầng, chiều cao mỗi tầng 3m, có mặt bằng các tầng bố trí hệ chịu lực gồm các cột có kích thước 0,3x0,3m; vách cứng 1 có tiết diện ngang: 0,3x8,3m; vách cứng 2 có tiết diện ngang: 0,3x9,3 (xem hình)

Cho biết: “sơ đồ làm việc là GIẢNG”

- 1) Xác định mômen quán tính  $J_x, J_y$  của các vách cứng 1 và 2 đối với trục đi qua trọng tâm của từng vách.
- 2) Hãy xác định tọa độ của tâm cứng của tầng thứ  $i$  của ngôi nhà đối với trục OXY.
- 3) Hãy xác định tọa độ của tâm uốn của tầng thứ  $i$  của ngôi nhà đối với trục OXY.
- 4) Xét tầng 15. Kết quả tính gió theo phương Y, tác dụng tại tầng 15 có giá trị là  $q_y = 200kN$ , đặt tại tâm khối lượng (xem tâm khối lượng trùng với tâm hình học của mặt bằng nhà). Hãy phân phối tải trọng này vào các vách cứng thứ  $i$ . Giả thiết các hệ số  $\eta_x = \eta_y = 1$ .



5) Xét tầng 15. Kết quả tính gió theo phương X, tác dụng tại tầng 15 có giá trị là  $q_x = 150\text{kN}$ , đặt tại tâm khối lượng. Hãy phân phối tải trọng này vào các vách cứng thứ i. Giả thiết các hệ số  $\eta_x = \eta_y = 1$ .



**Giải** 1) Tính mô men quán tính

a) Vách cứng 1a:

Diện tích của vách cứng:  $F = 8,3 \times 0,3 = 2,49\text{m}^2$

Tọa độ trọng tâm:  $X_{G1} = 0; Y_{G1} = 0$

Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{8,3 \times 0,3^3}{12} = 0,018675\text{m}^4$$

$$J_y = \frac{0,3 \times 8,3^3}{12} = 14,294675\text{m}^4$$

$$J_{xy} = 0$$

Các vách cứng 1b, 1c, 1d tương tự như 1a

b) Vách cứng 2a:

Diện tích của vách cứng:  $F = 9,3 \times 0,3 = 2,79\text{m}^2$

Tọa độ trọng tâm:  $X_{G1} = 0; Y_{G1} = 0$

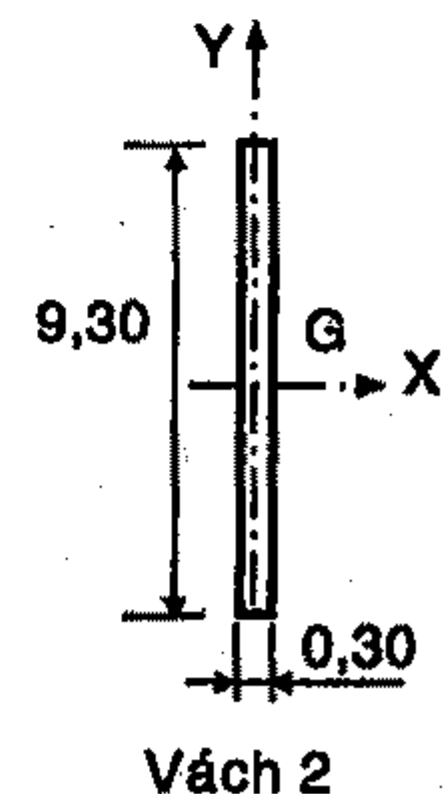
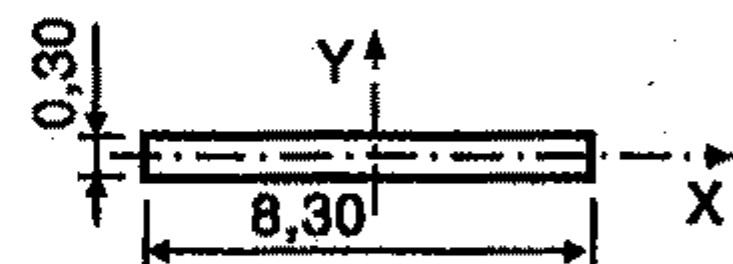
Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{0,3 \times 9,3^3}{12} = 20,108925\text{m}^4$$

$$J_y = \frac{9,3 \times 0,3^3}{12} = 0,020925\text{m}^4$$

$$J_{xy} = 0$$

Các vách cứng 2b, 2c, 2d tương tự như 2a



## 2) Xác định tọa độ tâm cứng của công trình theo hệ trục OXY.

Các đặc trưng hình học	Vách cứng thứ								Tổng
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	
$F_i(m^2)$	2,49	2,49	2,49	2,49	2,79	2,79	2,79	2,79	21,12
$J_{xi}(m^4)$	0,018675	0,018675	0,018675	0,018675	20,108925	20,108925	20,108925	20,108925	80,5104
$J_{yi}(m^4)$	14,294675	14,294675	14,294675	14,294675	0,020925	0,020925	0,020925	0,020925	57,2624
$J_{xyi}(m^4)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$a_i(m)$	4	44	12	44	0	16	40	48	
$b_i(m)$	27	27	0	0	13,5	13,5	13,5	13,5	
$J_{xi}b_i(m^5)$	0,504	0,504	0	0	271,47	271,478	271,47	271,47	1087
$J_{yi}a_i(m^5)$	57,178	628,962	171,535	628,962	0	0,334	0,836	1,033	1489
$J_{xi}a_i(m^5)$	0,0747	0,8217	0,2241	0,8217	0	321,743	804,357	965,228	2093,37
$J_{yi}b_i(m^5)$	385,956	385,956	0	0	0,1825	0,1825	0,1825	0,1825	773,042

Tọa độ tâm cứng:

$$x_R = \frac{\sum_1^n J_{xi} a_i}{\sum_1^n J_{xi}} = \frac{2093,37}{80,5104} = 26m$$

$$y_R = \frac{\sum_1^n J_{yi} b_i}{\sum_1^n J_{yi}} = \frac{773,042}{57,2624} = 13,5m$$

## 3) Xác định tọa độ tâm uốn của công trình theo hệ trục OXY.

Các hệ số:

$$A_x = \frac{J_x}{J_x J_y - J_{xy}^2} = \frac{1}{57,2624} = 0,0174635$$

$$A_y = \frac{J_y}{J_x J_y - J_{xy}^2} = \frac{1}{80,5104} = 0,0124208$$

$$A_{xy} = \frac{J_{xy}}{J_x J_y - J_{xy}^2} = 0$$

Tọa độ tâm uốn của ngôi nhà:

$$a_o = A_y (\sum J_{xi} a_i - \sum J_{xyi} b_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} a_i - \sum J_{yi} b_i)$$

$$b_o = A_x (\sum J_{yi} b_i - \sum J_{xyi} a_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} b_i - \sum J_{xi} a_i)$$

Do  $J_{xyi} = 0$ ;  $A_{xy} = 0$

Nên tọa độ tâm uốn O của ngôi nhà xác định theo:

$$a_o = \frac{\sum J_{xi} a_i}{J_x} = \frac{2093,2704}{80,5104} = 26m$$

$$b_o = \frac{\sum J_{yi} b_i}{J_y} = \frac{773,0423}{57,2624} = 13,50m$$

Nhận thấy tâm uốn trùng với tâm cứng của nhà.

Tâm hình học nhà G:  $x_G = 24$   
 $y_G = 13,5$  không trùng với tâm cứng, tâm uốn.

Khoảng cách từ tâm hình học đến tâm uốn:

$$C_x = 24 - 26 = -2m$$

$$C_y = 13,5 - 13,5 = 0m$$

Mô men quán tính xoắn của nhà:

$$J_o = \sum J_{xi} (a_i - a_o)^2 + \sum J_{yi} (b_i - b_o)^2 - 2 \sum J_{o_i} (a_i - a_o)(b_i - b_o) = 39730m^6$$

Tính các hệ số phân phối:

$$K_{xxi} = A_x J_{yi} - A_{xy} J_{xyi}$$

$$K_{yyi} = A_y J_{xi} - A_{xy} J_{xyi}$$

$$K_{xyi} = A_x J_{xyi} - A_{xy} J_{xi}$$

$$K_{yxi} = A_y J_{xyi} - A_{xy} J_{yi}$$

$$K_{oxi} = \frac{J_{xyi} (a_i - a_o) - J_{yi} (b_i - b_o)}{J_o}$$

$$K_{oyi} = \frac{J_{xi} (a_i - a_o) - J_{xyi} (b_i - b_o)}{J_o}$$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Các hệ số	Vách cứng thứ								Tổng
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	
$A_x J_{yi}$	0,24963	0,24963	0,24963	0,24963	0,00036	0,00036	0,00036	0,00036	
$A_{xy} J_{xyi}$	0	0	0	0	0	0	0	0	
$K_{xxi}$	0,24963	0,24963	0,24963	0,24963	0,00036	0,00036	0,00036	0,00036	1
$A_y J_{xi}$	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,24975	0,24975	0,24975	0,24975	
$A_{xy} J_{xyi}$	0	0	0	0	0	0	0	0	
$K_{yyi}$	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,24975	0,24975	0,24975	0,24975	1
$K_{xyi}$	0	0	0	0	0	0	0	0	
$K_{yxi}$	0	0	0	0	0	0	0	0	
$K_{oxi}$	-0,0048	-0,0048	0,0048	0,0048	0	0	0	0	0
$K_{oyi}$	0	0	0	0	-0,013	-0,005	0,007	0,011	0

4) Phân phối tải trọng  $q_y = 200\text{kN}$  vào các vách cứng thứ  $i$ . Ta có  $c_x = -2\text{m}$

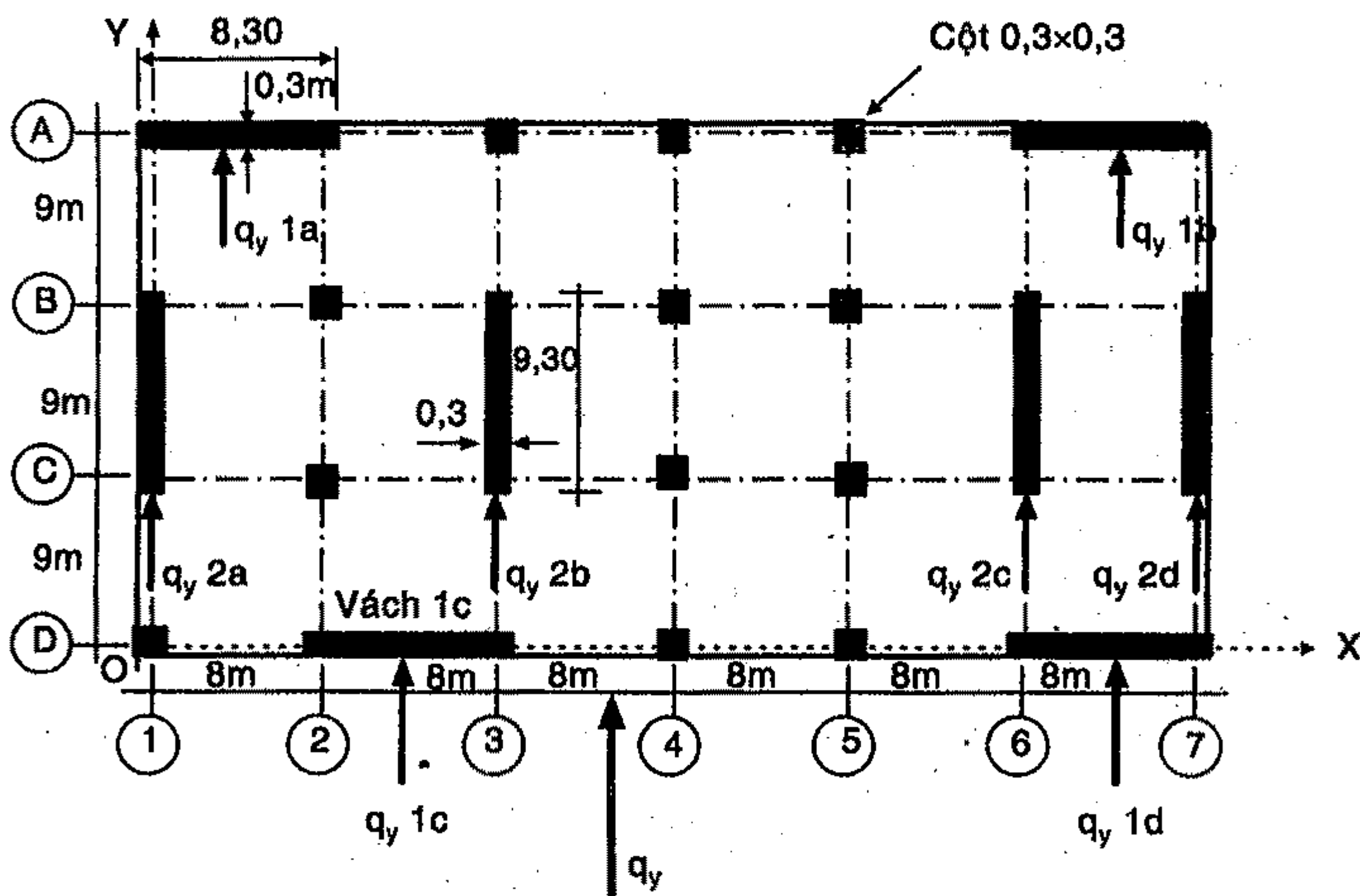
$$q_{xi} = q_y (K_{yxi} \eta_y + c_x K_{\omega xi} \eta_\omega)$$

$$q_{yi} = q_y (K_{yyi} \eta_x + c_x K_{\omega yi} \eta_\omega)$$

$$M_i = q_x c_x K_{\omega xi} \eta_\omega$$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Tải trọng	Vách cứng thứ								Tổng
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	
$q_{xi}$	1,943	1,943	-1,943	-1,943	0	0	0	0	0
$q_{yi}$	0,051	0,043	0,049	0,043	55,218	51,978	47,119	45,499	200
$M_i$	1,943	1,943	-1,943	-1,943	0	0	0	0	0



Lực tác dụng lên các vách cứng thứ  $i$

5) Phân phối tải trọng  $q_x$  vào các vách cứng thứ  $i$

Phân phối tải trọng  $q_x = 150\text{kN}$  vào các vách cứng thứ  $i$ . Ta có  $c_y = 0$

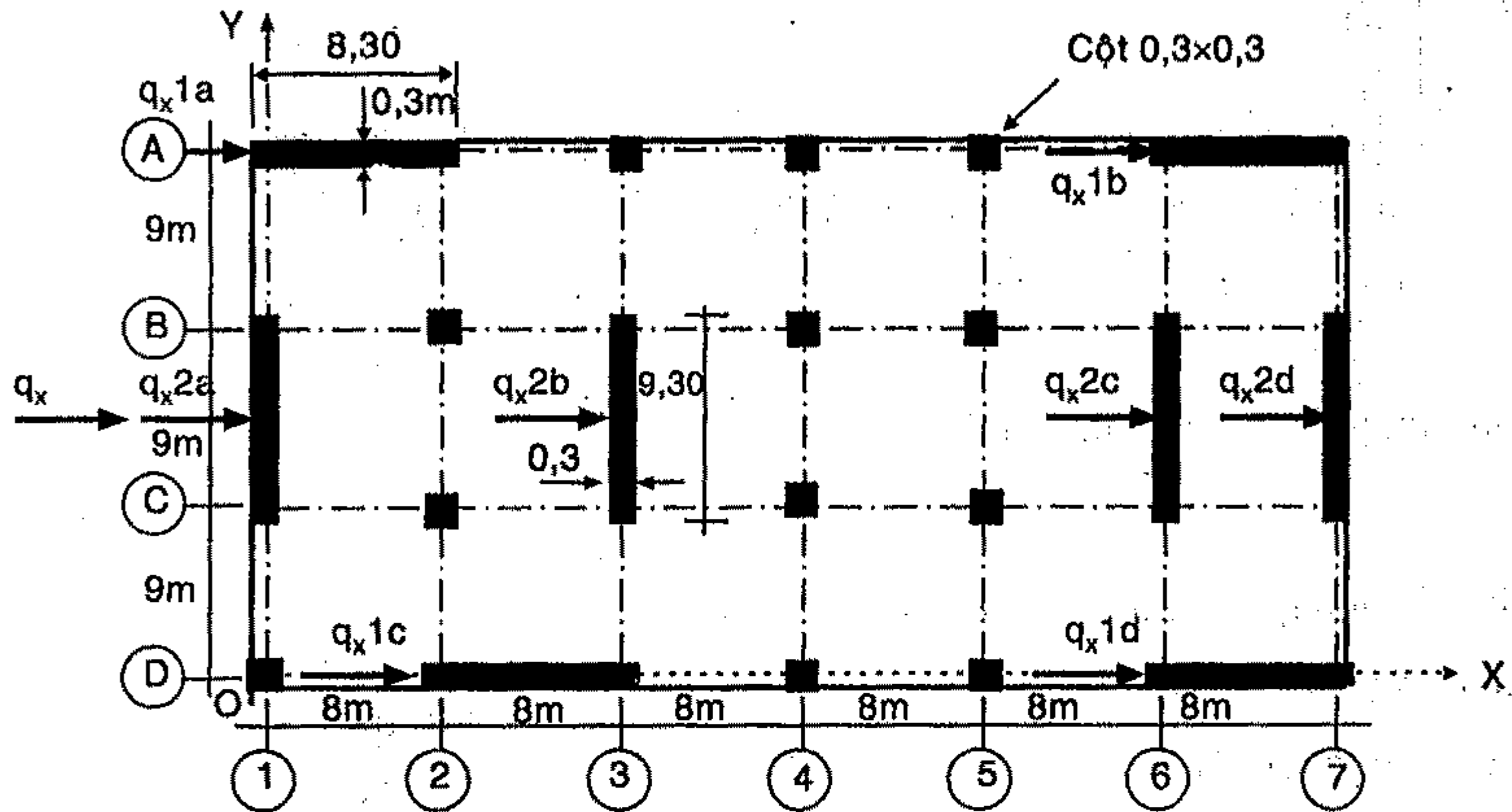
$$q_{xi} = q_x (K_{xxi} \eta_y - c_y K_{\omega xi} \eta_\omega)$$

$$q_{yi} = q_x (K_{xyi} \eta_x - c_y K_{\omega yi} \eta_\omega)$$

$$M_i = -q_x c_y K_{\omega yi} \eta_\omega$$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Tải trọng	Vách cứng thứ								Tổng
	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	
$q_{xi}$	37,445	37,445	37,445	37,445	0	0	0	0	150
$q_{yi}$	0	0	0	0	0	0	0	0	
$M_i$	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Lực tác dụng lên các vách cứng thứ i

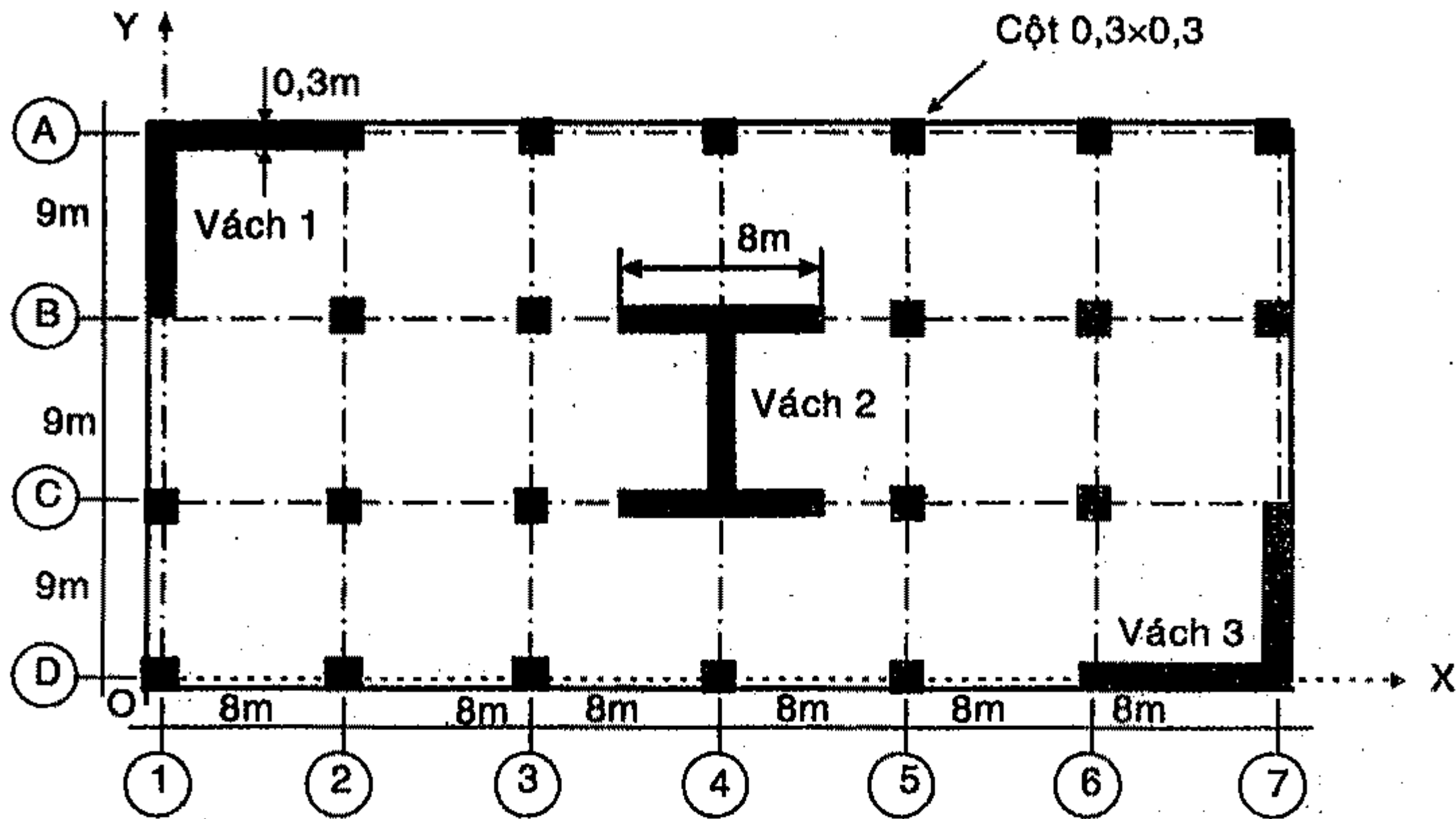
**Ví dụ 4.2** Một công trình nhà BTCT toàn khối 30 tầng với chiều cao mỗi tầng là 3,6m, có mặt bằng các tầng như hình vẽ. Cho biết tất cả các vách cứng đều có chiều dày 0,3m (không có lỗ cửa), kích thước tiết diện ngang các cột là 0,30x0,30 m.

1) Tính các mô men quán tính tính toán của các vách cứng 1,2,3 đối với hệ trục quán tính trung tâm của mỗi vách.

2) Xác định tọa độ trọng tâm hình học, tọa độ tâm cứng và tâm uốn của tầng thứ i của nhà theo hệ trục OXY, khi quan niệm công trình làm việc theo sơ đồ GIẢNG.

3) Phân phối tải trọng vào các tường cứng thứ i:

- Nếu  $q_y = 1; \eta_x = 1; \eta_y = 1$
- Nếu  $q_y = 250\text{kN}; \eta_x = 1; \eta_y = 1$
- Nếu  $q_y = 250\text{kN}; \eta_x = 1,1; \eta_y = 1,2$
- Nếu  $q_x = 1; \eta_x = 1; \eta_y = 1$
- Nếu  $q_x = 140\text{kN}; \eta_x = 1; \eta_y = 1$
- Nếu  $q_x = 140\text{kN}; \eta_x = 1,1; \eta_y = 1,2$



Mặt bằng tầng thứ  $i$  của công trình

**Giải.**

1) Tính mô men quán tính  $J_x, J_y, J_{xy}$  các vách cứng

a) Vách cứng 1:

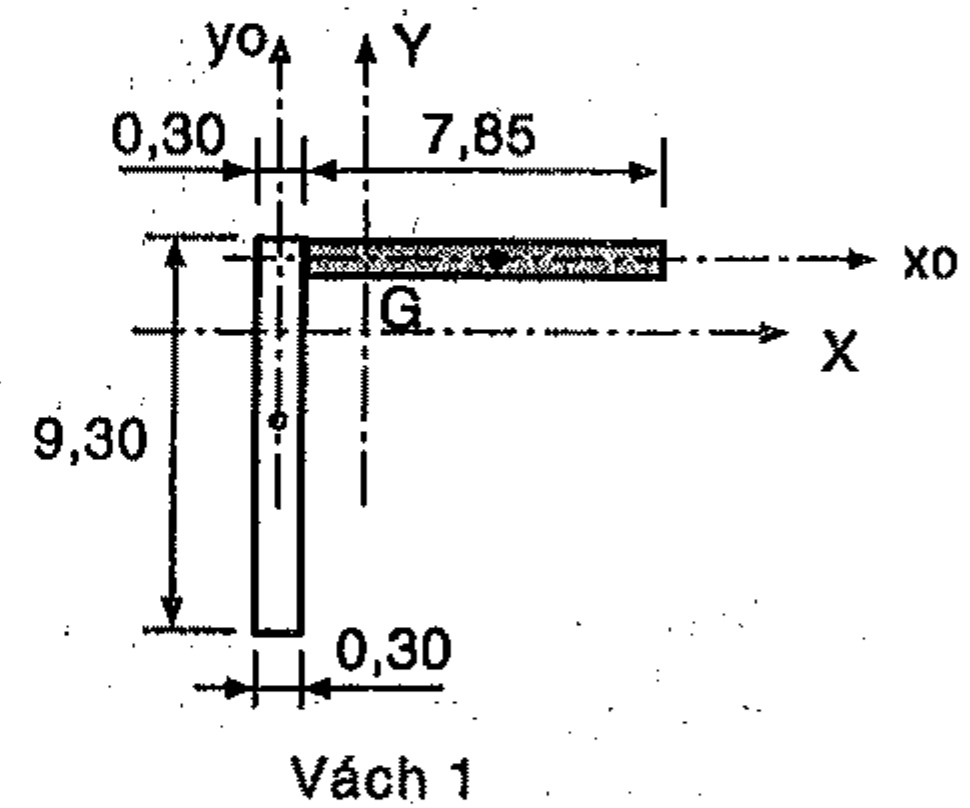
Diện tích của vách cứng:

$$F = 9,15 \times 0,3 + 7,85 \times 0,3 = 5,1 \text{m}^2$$

Mô men tĩnh:

$$S_{y_0} = \sum x_i F_i = 0,3 \times 7,85 \times 4,075 = 9,597 \text{m}^3$$

$$S_{x_0} = \sum y_i F_i = 0,3 \times 9,15 \times (-4,425) = -12,147 \text{m}^3$$



Tọa độ trọng tâm:

$$x_{G1} = \frac{S_{y_0}}{F} = \frac{9,597}{5,1} = 1,882 \text{m}$$

$$y_{G1} = \frac{S_{x_0}}{F} = \frac{-12,147}{5,1} = -2,382 \text{m}$$

Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{0,3 \times 9,15^3}{12} + 2,043^2 \times 2,745 + \frac{7,85 \times 0,3^3}{12} + 2,382^2 \times 2,355 = 43,9880 \text{m}^4$$

$$J_y = \frac{9,15 \times 0,3^3}{12} + 1,882^2 \times 2,745 + \frac{0,3(7,85)^3}{12} + 2,193^2 \times 2,355 = 33,1624 \text{m}^4$$

$$J_{xy} = 2,745 \times 1,882 \times 2,043 + 2,355 \times 2,193 \times 2,382 = 22,8562 \text{m}^4$$

Vách 3 tương tự vách 1

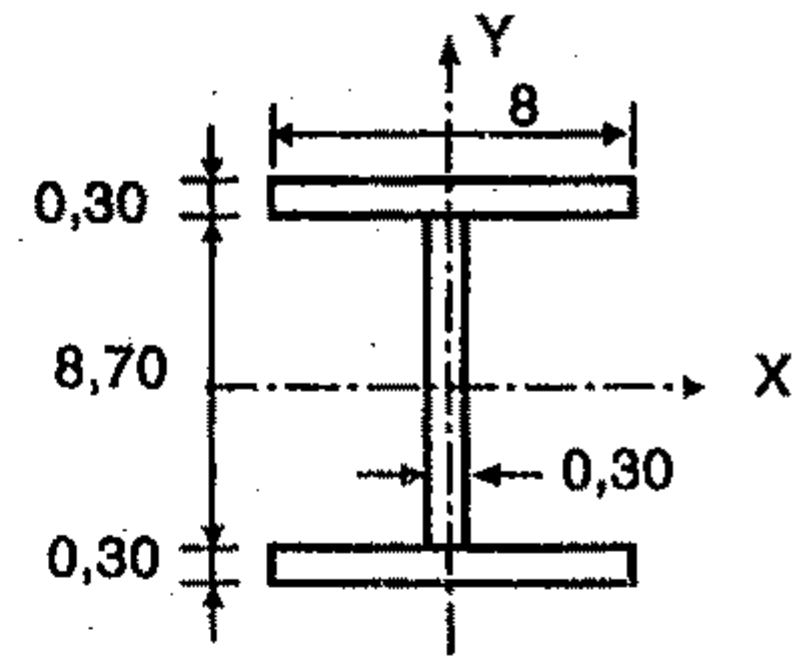
Vách 2:

$$F = 2 \times 8 \times 0,3 + 8,7 \times 0,3 = 7,41 \text{m}^2$$

$$J_{x2} = 2 \left( \frac{8 \times 0,3^3}{12} + 8 \times 0,3 \times 4,5^2 \right) + \frac{0,3 \times 8,7^3}{12} = 113,699 \text{m}^4$$

$$J_{y2} = 2 \frac{0,3 \times 8^3}{12} + \frac{8,7 \times 0,3^3}{12} = 25,62 \text{m}^4$$

$$J_{xy2} = 0$$



2) Xác định tọa độ trọng tâm hình học và tọa độ tâm cứng của công trình theo hệ trục OXY.

Các đặc trưng hình học	Vách cứng thứ			Tổng
	1	2	3	
$F_i(\text{m}^2)$	5,1	7,41	5,1	19,2
$J_{xi}(\text{m}^4)$	43,988	113,699	43,988	201,675
$J_{yi}(\text{m}^4)$	33,162	25,620	33,162	91,844
$J_{xyi}(\text{m}^4)$	22,856	0	22,856	45,712
$a_i(\text{m})$	1,882	24	46,12	
$b_i(\text{m})$	24,62	13,5	2,382	
$J_{xi}a_i(\text{m}^5)$	82,697	2728,6	2028,8	4840,1
$J_{xi}b_i(\text{m}^5)$	1083	1534,82	104,779	2723
$J_{xyi}a_i(\text{m}^5)$	42,96	0	1053,842	1096
$J_{xyi}b_i(\text{m}^5)$	562,67	0	54,383	616,953
$J_{yi}a_i(\text{m}^5)$	62,344	614,88	1529,477	2207
$J_{yi}b_i(\text{m}^5)$	816,448	345,87	78,992	1241,26

Tọa độ tâm cứng:

$$x_R = \frac{\sum_i^n J_{xi} a_i}{\sum_i^n J_{xi}} = \frac{4840,1}{201,675} = 24 \text{m}; \quad y_R = \frac{\sum_i^n J_{yi} b_i}{\sum_i^n J_{yi}} = \frac{1241,26}{91,844} = 13,5 \text{m}$$

Tọa độ tâm hình học của các vách cứng:

$$x_G = \frac{\sum F_{xi} x_i}{\sum F_{xi}} = \frac{422,650}{17,61} = 24 \text{m}; \quad y_G = \frac{\sum F_{yi} y_i}{\sum F_{yi}} = \frac{237,745}{17,61} = 13,5 \text{m}$$

Xác định tâm uốn của nhà:

Tính các hệ số:

$$J_x J_y - J_{xy}^2 = 201,675 \times 91,944 - 45,712^2 = 16453,22$$

$$A_x = \frac{J_x}{J_x J_y - J_{xy}^2} = \frac{201,675}{16453,22} = 0,012258$$

$$A_y = \frac{J_y}{J_x J_y - J_{xy}^2} = \frac{91,944}{16453,22} = 0,005588$$

$$A_{xy} = \frac{J_{xy}}{J_x J_y - J_{xy}^2} = \frac{45,7}{16453,22} = 0,002777$$

Tọa độ tâm uốn ngôi nhà xác định theo:

$$a_o = A_y (\sum J_{xi} a_i - \sum J_{xyi} b_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} a_i - \sum J_{yi} b_i)$$

$$a_o = 0,005588(4840,1 - 616,953) - 0,002777(1096 - 1244,26) = 24,0097\text{m}$$

$$b_o = A_x (\sum J_{yi} b_i - \sum J_{xyi} a_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} b_i - \sum J_{xi} a_i)$$

$$b_o = 0,012258(1241,26 - 1096) - 0,002777(616,953 - 4840,1) = 13,505\text{m}$$

$$\text{Tâm uốn của ngôi nhà: } O \begin{cases} a_o = 24 \\ b_o = 13,5 \end{cases}$$

Kết luận: Tâm hình học và tâm uốn của nhà trùng nhau nên không gây mômen xoắn

3) Hệ số phân phối tải trọng vào các tường cứng thứ i:

Các hệ số phân phối	Vách cứng số 1	Vách cứng số 2	Vách cứng số 3	Tổng cộng
$A_x J_{yi}$	0,406	0,314	0,406	
$A_{xy} J_{xyi}$	0,063	0,0	0,063	
$K_{xxi} = A_x J_{yi} - A_{xy} J_{xyi}$	0,343	0,314	0,343	1,00
$A_y J_{xyi}$	0,246	0,635	0,246	
$A_{xy} J_{xyi}$	0,063	0,0	0,063	
$K_{yyi} = A_y J_{xi} - A_{xy} J_{xyi}$	0,182	0,635	0,182	1,00
$A_x J_{xyi}$	0,280	0,0	0,280	
$A_{xy} J_{xi}$	0,122	0,315	0,122	
$K_{xyi} = A_x J_{xyi} - A_{xy} J_{xi}$	0,158	-0,315	0,158	0,0005
$A_y J_{xyi}$	0,128	0,0	0,128	
$A_{xy} J_{yi}$	0,092	0,071	0,092	
$K_{yxi} = A_y J_{xyi} - A_{xy} J_{yi}$	0,036	-0,071	0,036	0,0002



Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ i, khi  $q_y = 1; \eta_x = 1; \eta_y = 1$

$$q_{xi} = q_y K_{yxi} \eta_y$$

$$q_{yi} = q_y K_{yyi} \eta_x$$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Tổng
$K_{yxi} \eta_y$	0,036	-0,071	0,036	
$q_{xi} = q_y K_{yxi} \eta_y$	0,036	-0,071	0,036	0,00025
$K_{yyi} \eta_x$	0,182	0,635	0,182	
$q_{yi} = q_y K_{yyi} \eta_x$	0,182	0,635	0,182	1,00

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ i, khi  $q_y = 250\text{kN}; \eta_x = 1; \eta_y = 1$

$$q_{xi} = q_y K_{yxi} \eta_y$$

$$q_{yi} = q_y K_{yyi} \eta_x$$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Tổng
$K_{yxi} \eta_y$	0,036	-0,071	0,036	
$q_{xi} = q_y K_{yxi} \eta_y$	8,916 kN	-17,767 kN	8,916 kN	0,065 kN
$K_{yyi} \eta_x$	0,182	0,635	0,182	
$q_{yi} = q_y K_{yyi} \eta_x$	45,607 kN	158,835 kN	45,607 kN	250,049 kN

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ i, khi  $q_y = 250\text{kN}; \eta_x = 1,1; \eta_y = 1,2$

$$q_{xi} = q_y K_{yxi} \eta_y$$

$$q_{yi} = q_y K_{yyi} \eta_x$$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Tổng
$K_{yxi} \eta_y$	0,043	-0,085	0,043	
$q_{xi} = q_y K_{yxi} \eta_y$	10,699 kN	-21,321 kN	10,699 kN	0,078 kN
$K_{yyi} \eta_x$	0,201	0,699	0,201	
$q_{yi} = q_y K_{yyi} \eta_x$	50,168 kN	174,718 kN	50,168 kN	275,05 kN

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ  $i$ , khi  $q_x = 1$ ;  $\eta_x = 1$ ;  $\eta_y = 1$

$$q_{xi} = q_x K_{xxi} \eta_y$$

$$q_{yi} = q_y K_{xyi} \eta_x$$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Tổng
$K_{xxi} \eta_y$	0,343	0,314	0,343	
$q_{xi} = q_y K_{xxi} \eta_y$	0,343	0,314	0,343	0,00025
$K_{xyi} \eta_x$	0,158	-0,315	0,158	
$q_{yi} = q_y K_{xyi} \eta_x$	0,158	-0,315	0,158	1,00

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ  $i$ , khi  $q_x = 140\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1$ ;  $\eta_y = 1$

$$q_{xi} = q_x K_{xxi} \eta_y$$

$$q_{yi} = q_y K_{xyi} \eta_x$$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Tổng
$K_{xxi} \eta_y$	0,343	0,314	0,343	
$q_{xi} = q_y K_{xxi} \eta_y$	48,029 kN	43,960 kN	48,029 kN	140,018 kN
$K_{xyi} \eta_x$	0,158	-0,315	0,158	
$q_{yi} = q_y K_{xyi} \eta_x$	22,115 kN	-44,156 kN	22,115 kN	0,074 kN

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ  $i$ , khi  $q_x = 140\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1,1$ ;  $\eta_y = 1,2$

$$q_{xi} = q_x K_{xxi} \eta_y$$

$$q_{yi} = q_y K_{xyi} \eta_x$$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Tổng
$K_{xxi} \eta_y$	0,412	0,377	0,412	
$q_{xi} = q_y K_{xxi} \eta_y$	57,634 kN	52,752 kN	57,634 kN	168,02 kN
$K_{xyi} \eta_x$	0,174	-0,347	0,174	
$q_{yi} = q_y K_{xyi} \eta_x$	24,327 kN	-48,574 kN	24,327 kN	0,082 kN

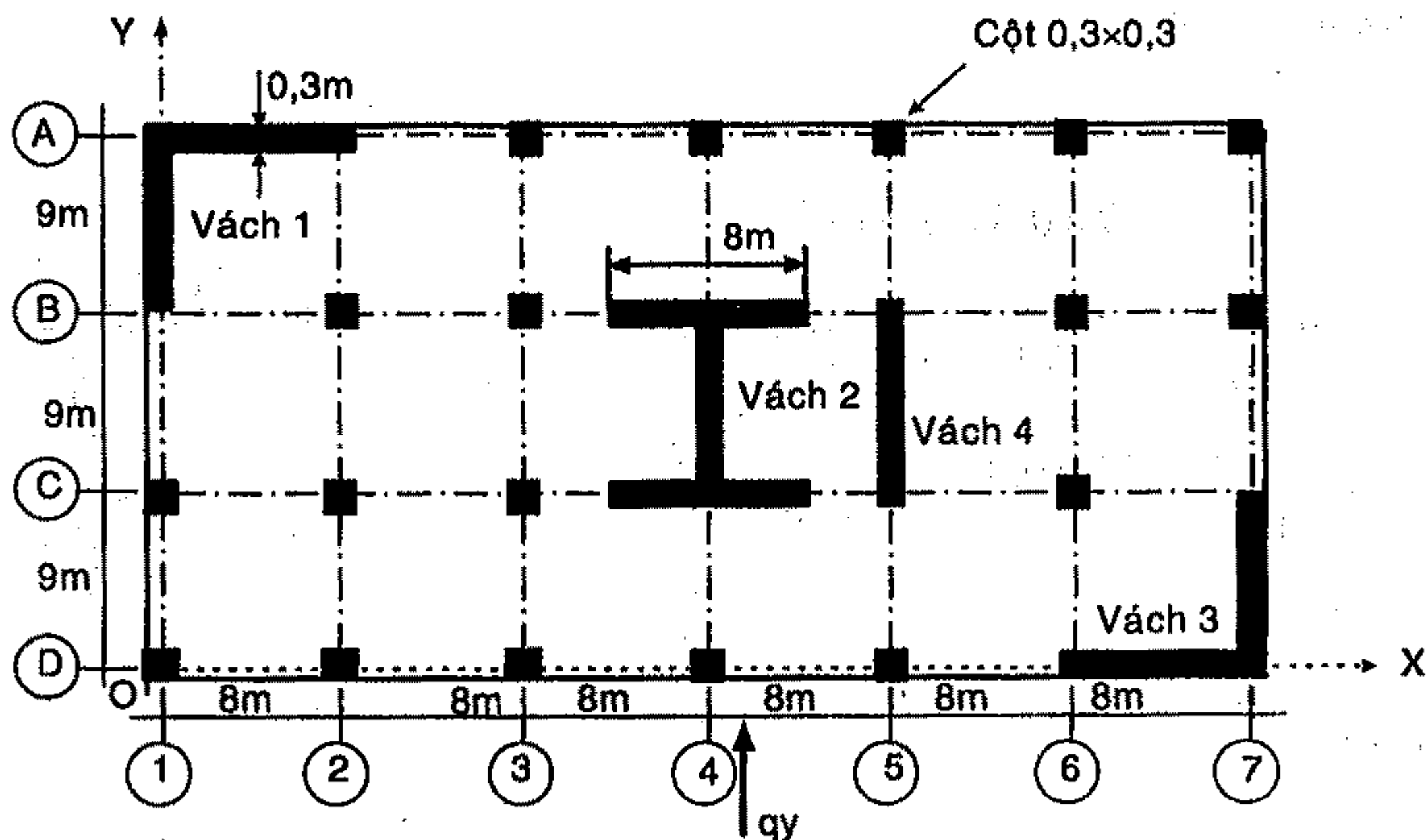
**Ví dụ 4.3** Một công trình nhà BTCT toàn khối 30 tầng với chiều cao mỗi tầng là 3,6m, có mặt bằng các tầng như hình vẽ. Cho biết tất cả các vách cứng đều có chiều dày 0,3m (không có lỗ cửa), kích thước tiết diện ngang các cột là 0,30×0,30.

1) Tính các mô men quán tính tính toán của các vách cứng 1,2,3,4 đối với hệ trục quán tính trung tâm của mỗi vách.

2) Xác định tọa độ trọng tâm uốn và tọa độ tâm cứng của tầng thứ i của công trình theo hệ trục OXY, khi quan niệm công trình làm việc theo sơ đồ GIẢNG.

3) Phân phối tải trọng vào các tường cứng thứ i:

- Nếu  $q_y = 1$ ;  $\eta_x = 1$ ;  $\eta_y = 1$ ;  $\eta_\omega = 1$
- Nếu  $q_y = 250\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1$ ;  $\eta_y = 1$ ;  $\eta_\omega = 1$
- Nếu  $q_y = 250\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1,1$ ;  $\eta_y = 1,2$ ;  $\eta_\omega = 1,3$
- Nếu  $q_x = 1$ ;  $\eta_x = 1$ ;  $\eta_y = 1$ ;  $\eta_\omega = 1$
- Nếu  $q_x = 140\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1$ ;  $\eta_y = 1$ ;  $\eta_\omega = 1$
- Nếu  $q_x = 140\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1,1$ ;  $\eta_y = 1,2$ ;  $\eta_\omega = 1,3$



Mặt bằng tầng thứ i của công trình

**Giải**

1) Tính mô men quán tính  $J_x, J_y, J_{xy}$  các vách cứng

a) Vách cứng 1:

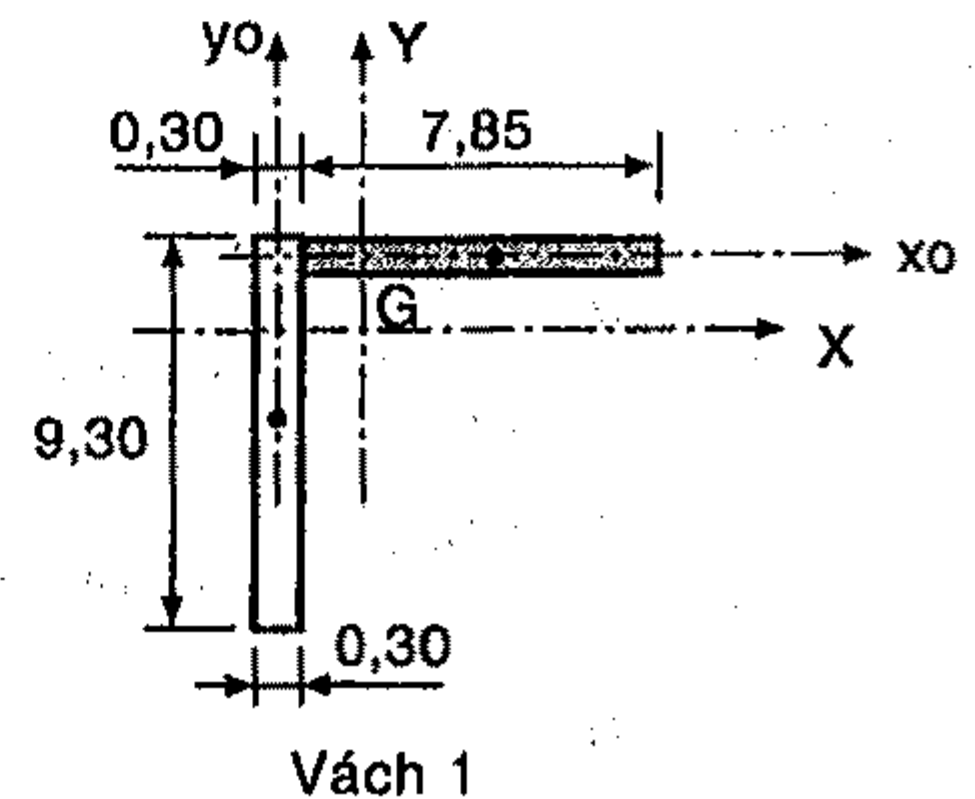
Diện tích của vách cứng:

$$F = 9,15 \times 0,3 + 7,85 \times 0,3 = 5,1\text{m}^2$$

Mô men tĩnh:

$$S_{y_0} = \sum x_i F_i = 0,3 \times 7,85 \times 4,075 = 9,597\text{m}^3$$

$$S_{x_0} = \sum y_i F_i = -0,3 \times 9,15 \times 4,425 = -12,147\text{m}^3$$



Tọa độ trọng tâm:

$$x_{G1} = \frac{S_{y0}}{F} = \frac{9,597}{5,1} = 1,882\text{m}$$

$$Y_{G1} = \frac{S_{x0}}{F} = \frac{-12,147}{5,1} = -2,382\text{m}$$

Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{0,3 \times 9,15^3}{12} + 2,043^2 \times 2,745 + \frac{7,850,3^3}{12} + 2,382^2 \times 2,355 = 43,9880\text{m}^4$$

$$J_y = \frac{9,15 \times 0,3^3}{12} + 1,882^2 \times 2,745 + \frac{0,3(7,85)^3}{12} + 2,193^2 \times 2,355 = 33,1624\text{m}^4$$

$$J_{xy} = 2,745 \times 1,882 \times 2,043 + 2,355 \times 2,193 \times 2,382 = 22,8562\text{m}^4$$

Vách 3 tương tự vách 1

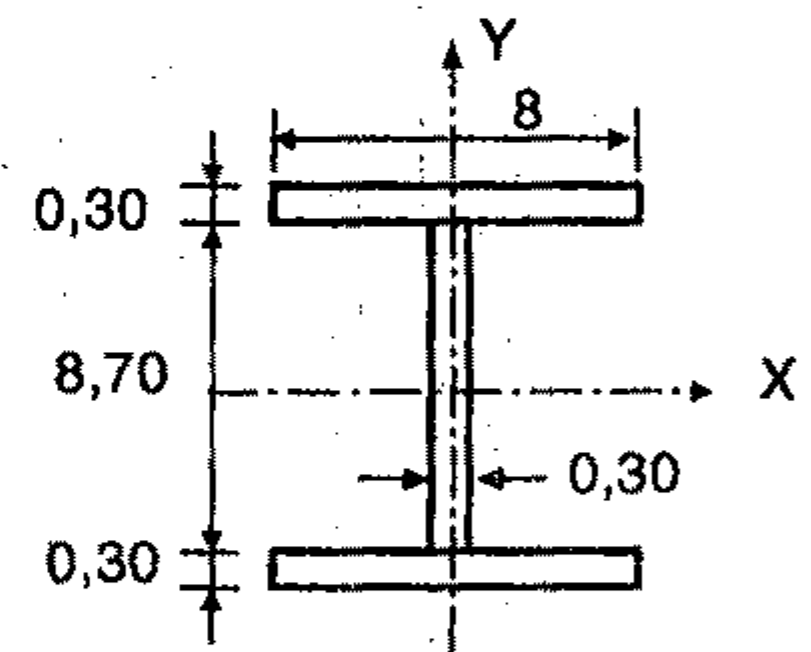
Vách 2:

$$F = 2 \times 8 \times 0,3 + 8,7 \times 0,3 = 7,41\text{m}^2$$

$$J_{x2} = 2 \left( \frac{8 \times 0,3^3}{12} + 8 \times 0,3 \times 4,5^2 \right) + \frac{0,3 \times 8,7^3}{12} = 113,699\text{m}^4$$

$$J_{y2} = 2 \frac{0,3 \times 8^3}{12} + \frac{8,7 \times 0,3^3}{12} = 25,62\text{m}^4$$

$$J_{xy2} = 0$$



Vách cứng 4:

Diện tích của vách cứng:  $F = 9,3 \times 0,3 = 2,79\text{m}^2$

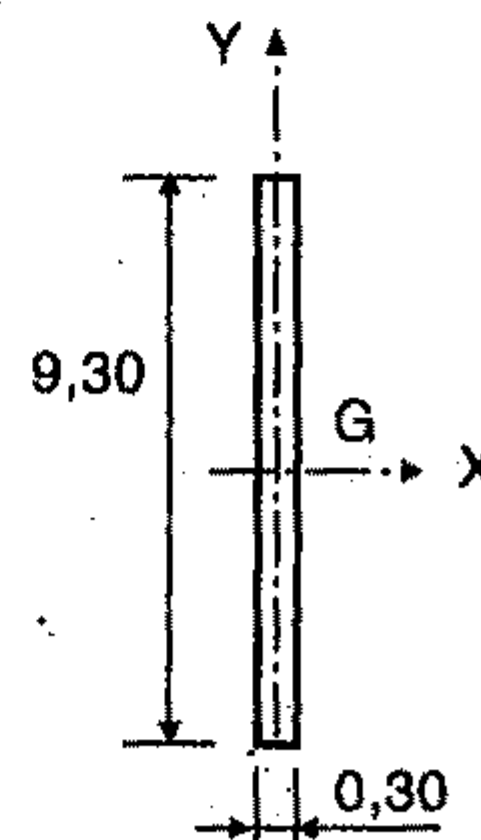
Tọa độ trọng tâm:  $x_{G3} = 0$ ;  $Y_{G3} = 0$

Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{0,3 \times 9,3^3}{12} = 20,108925\text{m}^4$$

$$J_y = \frac{9,3 \times 0,3^3}{12} = 0,020925\text{m}^4$$

$$J_{xy} = 0$$



Xác định tọa độ trọng tâm hình học của các vách cứng và tọa độ tâm uốn ngôi nhà

2) Xác định tọa độ trọng tâm hình học và tọa độ tâm cứng của công trình theo hệ trục OXY.

Các đặc trưng hình học	Vách cứng thứ				Tổng
	1	2	3	4	
$F_i(m^2)$	5,1	7,41	5,1	2,79	20,4
$J_{xi}(m^4)$	43,988	113,699	43,988	20,1089	221,784
$J_{yi}(m^4)$	33,162	25,620	33,162	0,0209	91,965
$J_{xyi}(m^4)$	22,856	0	22,856	0	45,721
$a_i(m)$	1,882	24	46,12	32	
$b_i(m)$	24,62	13,5	2,382	13,5	
$J_{xi}a_i(m^5)$	82,785	2729	2029	643,485	5484
$J_{xi}b_i(m^5)$	1083	1535	104,779	271,47	2944
$J_{xyi}a_i(m^5)$	43,105	0	1054	0	1097
$J_{xyi}b_i(m^5)$	562,67	0	54,443	0	617,158
$J_{yi}a_i(m^5)$	62,412	614,88	1529	0,6688	2207
$J_{yi}b_i(m^5)$	816,39	345,87	78,993	0,2821	1242

Tọa độ tâm cứng R:

$$x_R = \frac{\sum_1^n J_{xi} a_i}{\sum_1^n J_x} = \frac{5484}{221,784} = 24,726m$$

$$y_R = \frac{\sum_1^n J_{yi} b_i}{\sum_1^n J_y} = \frac{1242}{91,965} = 13,5m$$

Xác định tâm uốn của nhà:

Tính các hệ số:

$$J_x J_y - J_{xy}^2 = 221,784 \times 92,154 - 45,721^2 = 18347,8$$

Tính các hệ số:

$$A_x = \frac{J_x}{J_x J_y - J_{xy}^2} = \frac{221,784}{18347,87} = 0,012$$

$$A_y = \frac{J_y}{J_x J_y - J_{xy}^2} = \frac{92,154}{18347,87} = 0,005$$

$$A_{xy} = \frac{J_{xy}}{J_x J_y - J_{xy}^2} = \frac{45,721}{18347,87} = 0,0025$$

Tọa độ tâm uốn ngôi nhà O:

$$a_o = A_y (\sum J_{xi} a_i - \sum J_{xyi} b_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} a_i - \sum J_{yi} b_i) = 24,808m$$

$$b_o = A_x (\sum J_{yi} b_i - \sum J_{xyi} a_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} b_i - \sum J_{xi} a_i) = 13,901m$$

Tâm uốn của ngôi nhà O: O

$$\begin{cases} a_o = 24,808 \\ b_o = 13,901 \end{cases}$$

Tọa độ tâm hình học của nhà G:

$$G \begin{cases} x_G = 24 \\ y_G = 13,5 \end{cases}$$

Khoảng cách từ tâm hình học đến tâm uốn:

$$C_x = 24 - 24,808 = -0,808m$$

$$C_y = 13,5 - 13,901 = -0,401m$$

Mô men quán tính xoắn của nhà:

$$J_o = \sum J_{xi} (a_i - a_o)^2 + \sum J_{yi} (b_i - b_o)^2 - 2 \sum J_{xyi} (a_i - a_o)(b_i - b_o) = 74884m^6$$

3) Phân phối tải trọng  $q_y$  vào các vách cứng thứ i

Tính các hệ số phân phối:

$$K_{xxi} = A_x J_{yi} - A_{xy} J_{xyi}$$

$$K_{yyi} = A_y J_{xi} - A_{xy} J_{xyi}$$

$$K_{xyi} = A_x J_{xyi} - A_{xy} J_{xi}$$

$$K_{yxi} = A_y J_{xyi} - A_{xy} J_{yi}$$

$$K_{\omega xi} = \frac{J_{xyi} (a_i - a_o) - J_{yi} (b_i - b_o)}{J_o}$$

$$K_{\omega yi} = \frac{J_{xi} (a_i - a_o) - J_{xyi} (b_i - b_o)}{J_o}$$

Hệ số phân phối tải trọng vào các vách cứng thứ i:

Các hệ số phân phối	Vách cứng số 1	Vách cứng số 2	Vách cứng số 3	Vách cứng số 4	Tổng cộng
$A_x J_{yi}$	0,401	0,031	0,401	0,00253	
$A_{xy} J_{xyi}$	0,057	0,0	0,057	0,0	
$K_{xxi} = A_x J_{yi} - A_{xy} J_{xyi}$	0,345	0,310	0,345	0,00253	1,00

Các hệ số phân phối	Vách cứng số 1	Vách cứng số 2	Vách cứng số 3	Vách cứng số 4	Tổng cộng
$A_y J_{xi}$	0,221	0,571	0,221	0,101	
$A_{xy} J_{xyi}$	0,057	0,0	0,057	0,0	
$K_{yyi} = A_y J_{xi} - A_{xy} J_{xyi}$	0,164	0,571	0,164	0,101	1,00
$A_x J_{xyi}$	0,115	0	0,115	0	
$A_{xy} J_{xi}$	0,083	0,064	0,083	0,0005	
$K_{xyi} = A_x J_{xyi} - A_{xy} J_{xi}$	0,167	-0,284	0,167	-0,05	0
$A_y J_{xyi}$	0,115	0	0,115	0	
$A_{xy} J_{yi}$	0,083	0,064	0,083	0,005	
$K_{yxi} = A_y J_{xyi} - A_{xy} J_{yi}$	0,032	-0,064	0,032	-0,05	0
$a_i - a_o (m)$	-22,924	-0,808	21,31	7,194	
$b_i - b_o (m)$	10,717	-0,401	-11,519	-0,401	
$J_{xi} (a_i - a_o)^2 (m^6)$	23120	74,222	19980	1040	
$J_{yi} (b_i - b_o)^2 (m^6)$	3809	4,115	4400	0,034	
$J_{xyi} (a_i - a_o)(b_i - b_o) (m^6)$	-5616	0	-5616	0	
$J_{xyi} (a_i - a_o) / J_\omega$	0,007	0	0,0065	0	
$J_{yi} (b_i - b_o) / J_\omega$	0,0475	0,00014	0,0051	0	
$K_{\omega xi}$	-0,012	-0,0001	0,012	0	
$J_{xi} (a_i - a_o) / J_\omega$	-0,013	-0,0012	0,013	0,0019	
$J_{xyi} (b_i - b_o) / J_\omega$	0,0033	0	0,0035	0	
$K_{\omega yi}$	-0,017	-0,0012	0,016	0,0019	

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ i, khi  $q_y = 1; \eta_x = 1; \eta_y = 1; \eta_\omega = 1; c_x = -0,808$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Vách 4	Tổng
$q_{xi} = q_y (K_{yxi} \eta_y + c_x K_{\omega xi} \eta_\omega)$	0,042	-0,064	0,023	0,00	
$q_{yi} = q_y (K_{yyi} \eta_x + c_x K_{\omega yi} \eta_\omega)$	0,177	0,572	0,151	0,099	
$M_i = q_y c_x K_{\omega xi} \eta_\omega$	0,0095	-0,0001	-0,0094	0	

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ i, khi  $q_y = 250kN; \eta_x = 1; \eta_y = 1; \eta_\omega = 1$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Vách 4	Tổng
$q_{xi} = q_y (K_{yxi} \eta_y + c_x K_{\omega xi} \eta_\omega)$	10,377	-16,021	5,658	-0,013	
$q_{yi} = q_y (K_{yyi} \eta_x + c_x K_{\omega yi} \eta_\omega)$	44,359	143,041	37,735	24,864	
$M_i = q_y c_x K_{\omega xi} \eta_\omega$	2,373	-0,028	-2,346	-0,00002	

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ  $i$ , khi  $q_y = 250\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1,1$ ;  $\eta_y = 1,2$ ;  $\eta_\omega = 1,3$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Vách 4	Tổng
$q_{xi} = q_y(K_{yxi}\eta_y + c_x K_{\omega xi}\eta_\omega)$	12,689	-19,228	6,554	-0,016	
$q_{yi} = q_y(K_{yyi}\eta_x + c_x K_{\omega yi}\eta_\omega)$	49,472	157,395	40,861	27,273	
$M_i = q_y c_x K_{\omega xi}\eta_\omega$	3,608	-0,036	-3,049	-0,00003	0

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ  $i$ , khi  $q_x = 140\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1$ ;  $\eta_y = 1$ ;  $\eta_\omega = 1$ ;  $\eta_\omega = 1$ ;  $c_y = 0,402\text{m}$

Tải trọng tác dụng vào các vách	Vách 1	Vách 2	Vách 3	Vách 4	Tổng
$q_{xi} = q_x(K_{xxi}\eta_y - c_y K_{\omega xi}\eta_\omega)$	47,595	43,461	48,909	0,035	
$q_{yi} = q_x(K_{xyi}\eta_x - c_y K_{\omega yi}\eta_\omega)$	22,446	-39,816	22,828	-7,376	
$M_i = -q_x c_y K_{\omega yi}\eta_\omega$	-0,942	-0,069	0,903	0,109	0

Tải trọng tác dụng vào vách cứng thứ  $i$ , khi  $q_x = 140\text{kN}$ ;  $\eta_x = 1,1$ ;  $\eta_y = 1,2$ ;  $\eta_\omega = 1,3$

$q_{xi} = q_x(K_{xxi}\eta_y - c_y K_{\omega xi}\eta_\omega)$	57,047	52,154	58,756	0,043	168
$q_{yi} = q_x(K_{xyi}\eta_x - c_y K_{\omega yi}\eta_\omega)$	24,502	-43,811	24,999	-8,183	
$M_i = -q_x c_y K_{\omega yi}\eta_\omega$	-1,225	-0,09	1,73	0,141	0

**Ví dụ 4.4** Một công trình nhà BTCT toàn khối 20 tầng, có chiều cao  $H = 60\text{m}$  với chiều cao mỗi tầng là  $3\text{m}$ , có mặt bằng các tầng như hình vẽ. Hệ chịu lực được bố trí gồm các vách cứng và các cột: có kích thước tiết diện ngang các vách cứng và các cột như hình vẽ. Các vách cứng 1a, 1b, 1c, 1d có kích thước giống nhau. Cho biết: “Sơ đồ làm việc tính theo sơ đồ GIẢNG”

1) Tính các mô men quán tính tính toán  $J_x, J_y, J_{xy}$  của các vách cứng 1,2,3 đối với hệ trục quán tính trung tâm của mỗi vách theo hệ trục tọa độ OXY.

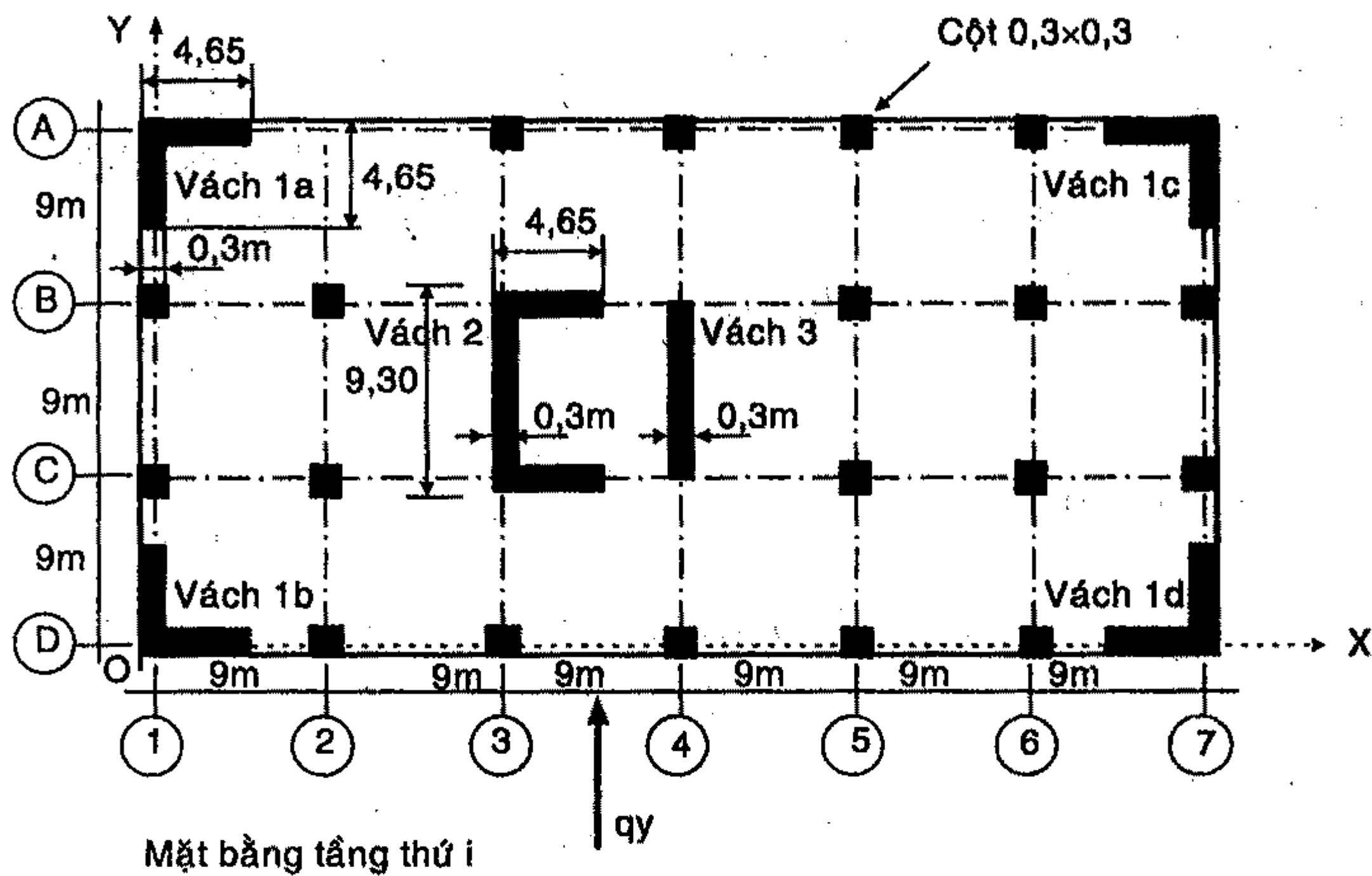
2) Xác định tọa độ trọng tâm hình học và tọa độ tâm cứng của tầng thứ  $i$  của công trình theo hệ trục OXY.

3) Xác định tọa độ tâm uốn của tầng thứ  $i$  của công trình theo hệ trục OXY.

4) Xét tầng 15. Kết quả tính gió theo phương Y, tác dụng tại tầng thứ 15 có giá trị là  $q_y = 200\text{kN}$ , đặt tại tâm khối lượng (xem tâm khối lượng trùng với tâm hình học của mặt bằng nhà). Hãy phân phối tải trọng này vào các vách cứng thứ  $i$ . Giả thiết các hệ số  $\eta_x = \eta_y = \eta_\omega = 1$ .

5) Xét tầng 15. Kết quả tính gió theo phương X, tác dụng tại tầng thứ 15 có giá trị là  $q_x = 130\text{kN}$ , đặt tại tâm khối lượng của nhà (xem tâm khối lượng trùng với tâm hình học). Hãy phân phối tải trọng này vào các vách cứng thứ  $i$ . Giả thiết các hệ số  $\eta_x = \eta_y = \eta_\omega = 1$ .





**Giải**

1) Tính mô men quán tính  $J_x, J_y, J_{xy}$  các vách cứng

a) Vách cứng 1a:

Diện tích của vách cứng:

$$F = 4,65 \times 0,3 + (4,65 - 0,3) \times 0,3 = 2,7 \text{m}^2$$

Mô men tĩnh:

$$S_{y_0} = \sum x_i F_i = 2,175 \times 4,65 \times 0,3 = 3,034125 \text{m}^3$$

$$S_{x_0} = \sum y_i F_i = -2,325 \times (4,65 - 0,3) \times 0,3 = -3,034125 \text{m}^3$$

Tọa độ trọng tâm:

$$x_{G1} = \frac{S_{y_0}}{F} = \frac{3,034125}{2,7} = 1,12375 \text{m}$$

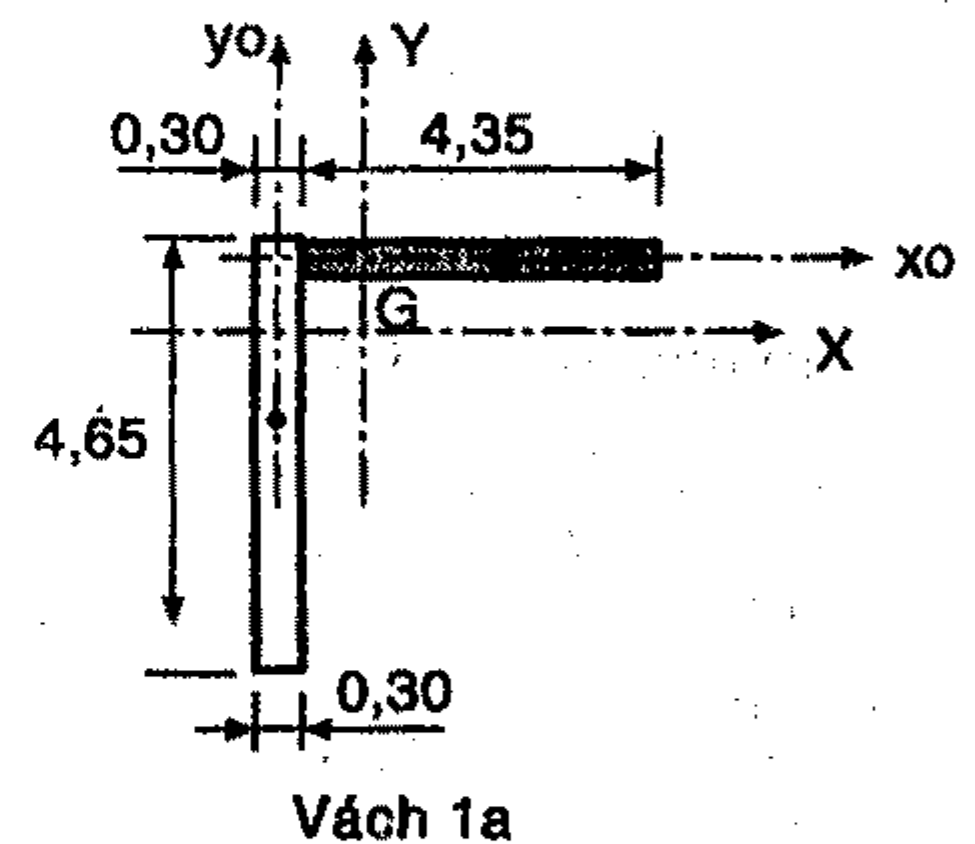
$$y_{G1} = \frac{S_{x_0}}{F} = \frac{-3,034125}{2,7} = -1,12375 \text{m}$$

Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{0,3 \times 4,65^3}{12} + 1,05125^2 \times 4,65 \times 0,3 + \frac{(4,65 - 0,3) 0,3^3}{12} + 1,12375^2 \times (4,65 - 0,3) \times 0,3 = 5,71303 \text{m}^4$$

$$J_y = \frac{4,65 \times 0,3^3}{12} + 1,12375^2 \times 4,65 \times 0,3 + \frac{0,3(4,65 - 0,3)^3}{12} + 1,20125^2 \times (4,65 - 0,3) \times 0,3 = 5,713303 \text{m}^4$$

$$J_{xy} = 1,12375 \times 1,105125 \times 4,65 \times 0,3 + 1,20125 \times 1,12375 \times (4,65 - 0,3) \times 0,3 = 3,40960 \text{m}^4$$



Các vách cứng 1b, 1c, 1d tương tự cách 1a

b) Vách cứng 2:

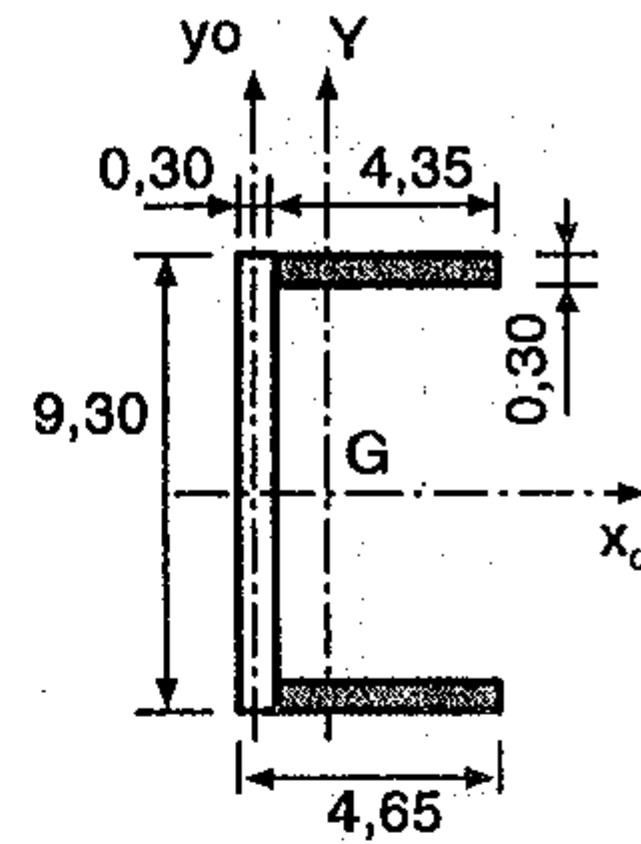
Diện tích của vách cứng:

$$F = 9,3 \times 0,3 + (4,65 - 0,3) \times 0,3 \times 2 = 5,4 \text{m}^2$$

Mô men tĩnh:

$$S_{x_0} = \sum y_i F_i = 0$$

$$S_{y_0} = \sum x_i F_i = 2,325 \times (4,65 - 0,3) \times 0,3 \times 2 = 6,06825 \text{m}^3$$



Vách 2

Tọa độ trọng tâm:

$$x_{G2} = \frac{S_{y_0}}{F} = \frac{6,06825}{5,4} = 1,12375 \text{m}$$

$$y_{G2} = \frac{S_{x_0}}{F} = 0$$

Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{0,3 \times 9,3^3}{12} + \left( \frac{4,35 \times 0,3^3}{12} + 4,5^2 \times 4,35 \times 0,3 \right) 2 = 72,981 \text{m}^4$$

$$J_y = \frac{9,3 \times 0,3^3}{12} + 1,12375^2 \times 9,3 \times 0,3 + \left( \frac{0,3(4,65 - 0,3)^3}{12} + 1,20125^2 \times (4,65 - 0,3) \times 0,3 \right) 2 = 11,42605 \text{m}^4$$

$$J_{xy} = 0$$

Vách cứng 3:

Diện tích của vách cứng:

$$F = 9,3 \times 0,3 = 2,79 \text{m}^2$$

Tọa độ trọng tâm:

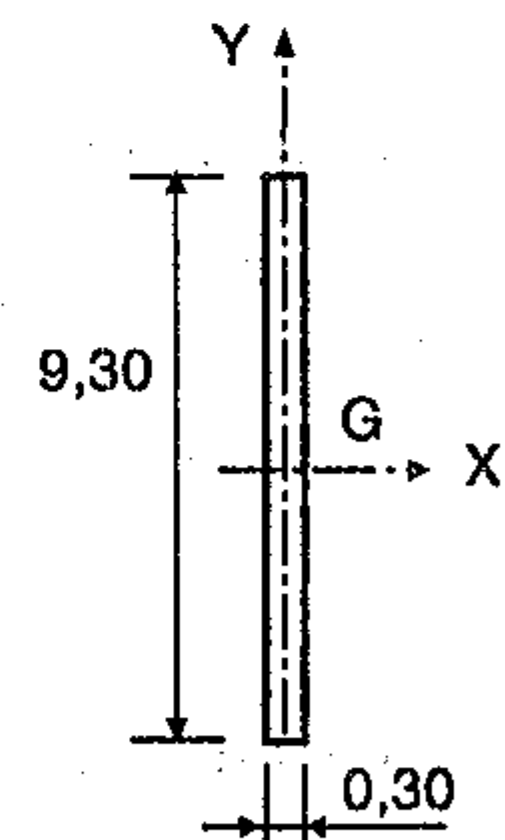
$$x_{G3} = 0; \quad y_{G3} = 0$$

Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{0,3 \times 9,3^3}{12} = 20,108925 \text{m}^4$$

$$J_y = \frac{9,3 \times 0,3^3}{12} = 0,020925 \text{m}^4$$

$$J_{xy} = 0$$



Vách 3

2) Xác định tọa độ trọng tâm hình học và tọa độ tâm cứng của công trình theo hệ trục OXY.

Các đặc trưng hình học	Vách cứng thứ						Tổng
	1a	1b	2	3	1c	1d	
$F_i(m^2)$	2,7	2,7	5,4	2,79	2,7	2,7	18,99
$J_{xi}(m^4)$	5,713	5,713	72,981	20,109	5,7130	5,7130	115,942
$J_{yi}(m^4)$	5,713	5,713	11,426	0,0209	5,713	5,713	34,299
$J_{xyi}(m^4)$	3,4096	-3,4096	0	0	-3,4096	3,4096	0
$a_i(m)$	1,12375	1,12375	19,1237	27	52,8762	52,87625	
$b_i(m)$	25,876	1,123	13,5	13,5	25,876	1,1237	
$J_{xi}a_i(m^5)$	6,420	6,420	1395,67	542,941	302,083	309,081	2555,6
$J_{yi}b_i(m^5)$	147,831	6,420	154,251	0,282	147,831	6,420	463,037
$J_{yi}a_i(m^5)$	6,42	6,42	218,507	0,564	302,082	302,082	836,075
$J_{xi}b_i(m^5)$	147,83	6,416	985,243	271,472	147,83	6,42	1565
$J_{xyi}a_i(m^5)$	3,83154	-3,83154	0	0	-180,286	180,2868	0
$J_{xyi}b_i(m^5)$	88,2276	-3,83154	0	0	-88,227	383,54	0
$a_i - a_0(m)$	-20,918	-20,918	-2,918	4,958	30,834	30,834	
$b_i - b_0(m)$	12,376	-12,376	0	0	12,376	-12,376	
$J_{xi}(a_i - a_0)^2(m^6)$	25000	25000	621,596	494,276	5432	5431	16980
$J_{yi}(b_i - b_0)^2(m^6)$	875,05	875,062	0	0	875,05	875,062	3500
$J_{xyi}(a_i - a_0)(b_i - b_0)(m^6)$	-888,27	-888,27	0	0	-0,0013	-0,0013	-4368

Tọa độ tâm cứng:

$$x_R = \frac{\sum_1^n J_{xi} a_i}{\sum_1^n J_{xi}} = \frac{2556}{115,942} = 22,042m$$

$$y_R = \frac{\sum_1^n J_{yi} b_i}{\sum_1^n J_{yi}} = \frac{463,037}{34,299} = 13,5m$$

3) Xác định tọa độ tâm uốn của công trình theo hệ trục OXY.

Các hệ số:

$$A_x = \frac{J_x}{J_x J_y - J_{xy}^2} = 0,029$$

$$A_y = \frac{J_y}{J_x J_y - J_{xy}^2} = 0,0086$$

$$A_{xy} = \frac{J_{xy}}{J_x J_y - J_{xy}^2} = 0$$

Tọa độ tâm uốn của ngôi nhà:

$$a_o = A_y (\sum J_{xi} a_i - \sum J_{xyi} b_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} a_i - \sum J_{yi} b_i) = 22,042\text{m}$$

$$b_o = A_x (\sum J_{yi} b_i - \sum J_{xyi} a_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} b_i - \sum J_{xi} a_i) = 13,5\text{m}$$

Tọa độ tâm hình học của nhà G:

$$G \begin{cases} x_G = 27 \\ y_G = 13,5 \end{cases}$$

Tâm hình học không trùng với tâm uốn

Khoảng cách từ tâm hình học đến tâm uốn:

$$C_x = 27 - 22,042 = 4,958\text{m}$$

$$C_y = 13,5 - 13,5 = 0\text{m}$$

**Mô men quán tính xoắn của nhà:**

$$J_\omega = \sum J_{xi} (a_i - a_o)^2 + \sum J_{yi} (b_i - b_o)^2 - 2 \sum J_{xyi} (a_i - a_o)(b_i - b_o) = 29214,6423\text{m}^6$$

3) Phân phối tải trọng  $q_y$  vào các vách cứng thứ  $i$

Tính các hệ số phân phối:

$$K_{xxi} = A_x J_{yi} - A_{xy} J_{xyi}$$

$$K_{yyi} = A_y J_{xi} - A_{xy} J_{xyi}$$

$$K_{xyi} = A_x J_{xyi} - A_{xy} J_{xi}$$

$$K_{yxi} = A_y J_{xyi} - A_{xy} J_{yi}$$

$$K_{\omega xi} = \frac{J_{xyi} (a_i - a_o) - J_{yi} (b_i - b_o)}{J_\omega}$$

$$K_{\omega yi} = \frac{J_{xi} (a_i - a_o) - J_{xyi} (b_i - b_o)}{J_\omega}$$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Các hệ số	Vách cứng thứ						Tổng
	1a	1b	2	3	1c	1d	
$A_x J_{yi}$	0,1666	0,1666	0,333	0,0006	0,1666	0,1666	
$A_{xy} J_{xyi}$	0	0	0	0	0	0	
$K_{xxi}$	0,1666	0,1666	0,3332	0,0006	0,1666	0,1666	1
$A_y J_{xi}$	0,0493	0,0493	0,6298	0,1735	0,0493	0,0493	
$A_{xy} J_{xyi}$	0	0	0	0	0	0	
$K_{yyi}$	0,0493	0,0493	0,6298	0,1735	0,0493	0,0493	1,0005
$A_x J_{xyi}$	0,099	-0,099	0	0	-0,099	0,099	
$A_{xy} J_{xi}$	0	0	0	0	0	0	
$K_{xyi}$	0,099	-0,099	0	0	-0,099	0,099	0
$A_y J_{xyi}$	0,0294	-0,0294	0	0	-0,0294	0,0294	
$A_{xy} J_{yi}$	0	0	0	0	0	0	
$K_{yxi}$	0,0294	-0,0294	0	0	-0,0294	0,0294	0
$J_{xyi}(a_i - a_o) / J_\omega$	-0,00244	0,00244	0	0	-0,0036	0,0036	
$J_{yi}(b_i - b_o) / J_\omega$	0,00242	-0,00242	0	0	0,00242	0,00242	
$K_{\omega xi}$	-0,00486	0,00486	0	0	-0,0060	0,0060	0
$J_{xi}(a_i - a_o) / J_\omega$	-0,0041	-0,0041	-0,0073	0,0034	0,0060	0,0060	
$J_{xyi}(b_i - b_o) / J_\omega$	0,00144	0,00144	0	0	0,00144	-0,00144	
$K_{\omega yi}$	-0,00554	-0,00554	-0,0073	0,0034	0,00744	0,00744	0

Phân phối tải trọng  $q_y = 200\text{kN}$  vào các vách cứng thứ  $i$ . Ta có  $c_x = 4,958\text{m}$

$$q_{xi} = q_y (K_{yxi} \eta_y + c_x K_{\omega xi} \eta_\omega)$$

$$q_{yi} = q_y (K_{yyi} \eta_x + c_x K_{\omega yi} \eta_\omega)$$

$$M_i = q_y c_x K_{\omega xi} \eta_\omega$$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Các hệ số	Vách cứng thứ						Tổng
	1a	1b	2	3	1c	1d	
$q_{xi}$	1,061	-1,061	0	0	-11,85	11,85	0
$q_{yi}$	4,367	4,367	118,663	38,072	17,266	17,266	200
$M_i = q_y c_x K_{\omega xi} \eta_\omega$	-4,821	4,821	0	0	-5,968	5,968	0

4) Phân phối tải trọng  $q_x$  vào các vách cứng thứ  $i$

Phân phối tải trọng  $q_x = 130\text{kN}$  vào các vách cứng thứ  $i$ . ta có  $c_y = 0$

$$q_{xi} = q_x (K_{xxi} \eta_y - c_y K_{oxy} \eta_\omega)$$

$$q_{yi} = q_x (K_{xyi} \eta_x - c_y K_{oyi} \eta_\omega)$$

$$M_i = -q_x c_y K_{oyi} \eta_\omega$$

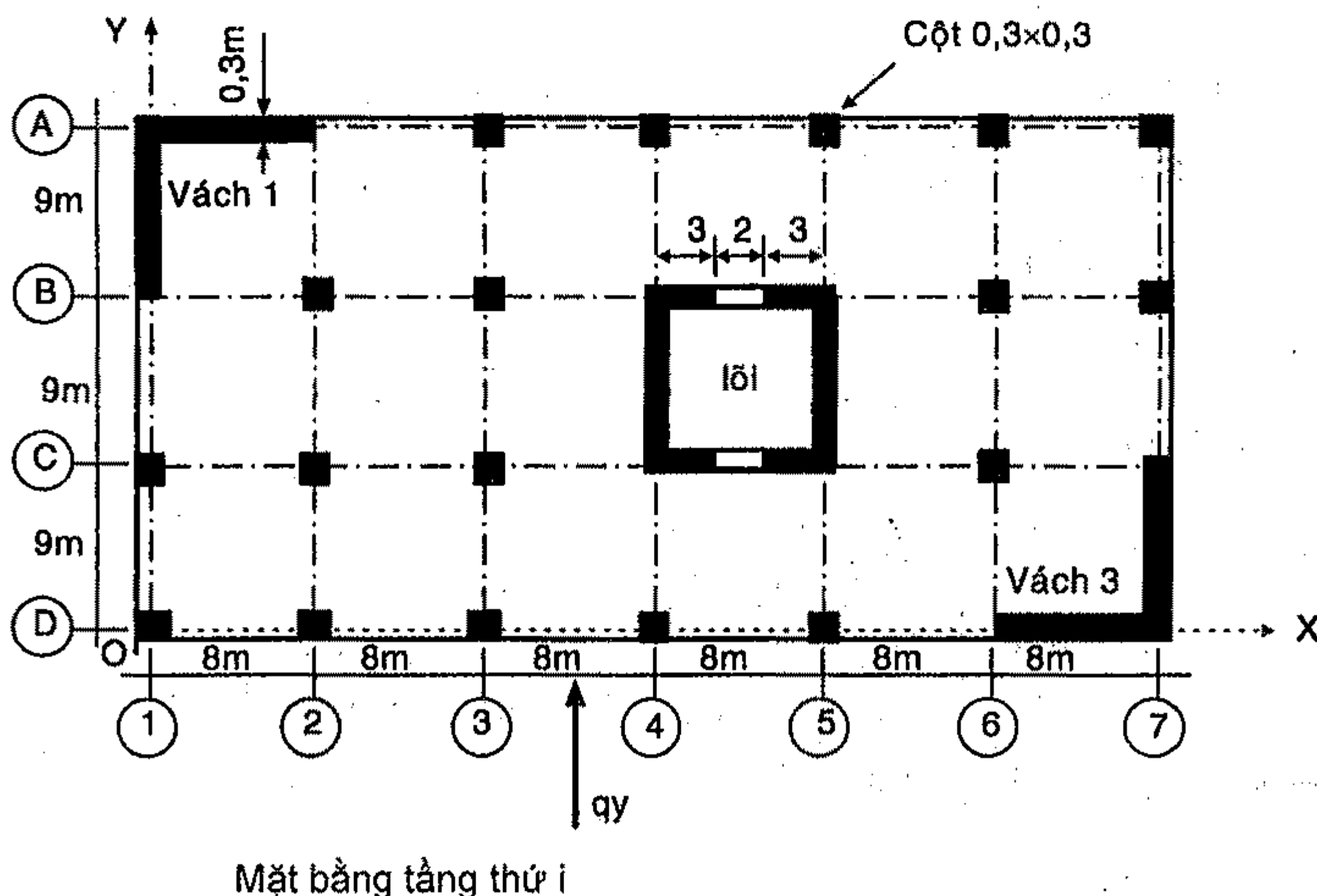
Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Các hệ số	Vách cứng thứ						Tổng
	1a	1b	2	3	1c	1d	
$q_{xi}$	21,654	21,654	43,307	0,079	-12,923	12,923	130,026
$q_{yi}$	12,923	-12,923	0,0015	0,0004	-12,923	12,923	0
$M_i = -q_x c_y K_{oyi} \eta_\omega$	0	0	0	0	0	0	0

**Ví dụ 4.5** Một công trình nhà BTCT toàn khối có chiều cao  $H = 45\text{m}$  với chiều cao mỗi tầng là  $3\text{m}$ , có mặt bằng các tầng như hình vẽ. Cho biết tất cả các vách cứng đều có chiều dày  $0,3\text{m}$ , lõi cứng 2 có bố trí lỗ cửa, kích thước lỗ cửa  $2 \times 2,25$ , cho biết mô men quán tính của lanh tô  $J_{ll} = 0,01055\text{m}^4$ , kích thước tiết diện ngang các cột là  $0,30 \times 0,30$ . cho biết nhà làm việc theo sơ đồ giằng.

- 1) Tính các mô men quán tính tính toán  $J_x, J_y, J_{xy}$  của các vách cứng 1,2,3 đối với hệ trục quán tính trung tâm của mỗi vách theo hệ trục tọa độ OXY.
- 2) Xác định tọa độ tâm cứng của công trình theo hệ trục OXY.
- 3) Xác định tọa độ tâm uốn của công trình theo hệ trục OXY.
- 4) Kết quả tính gió theo phương Y tại các tầng xem bảng sau:

Tính mô men do tải trọng gió gây ra tại chân công trình và phân phối mô men này vào các vách cứng thứ  $i$ . Giả thiết các hệ số  $\eta_x = 1,1; \eta_y = 1,2; \eta_\omega = 1,3$ .



**Giải**

1) Tính mô men quán tính  $J_x, J_y, J_{xy}$  các vách cứng

a) Vách cứng 1:

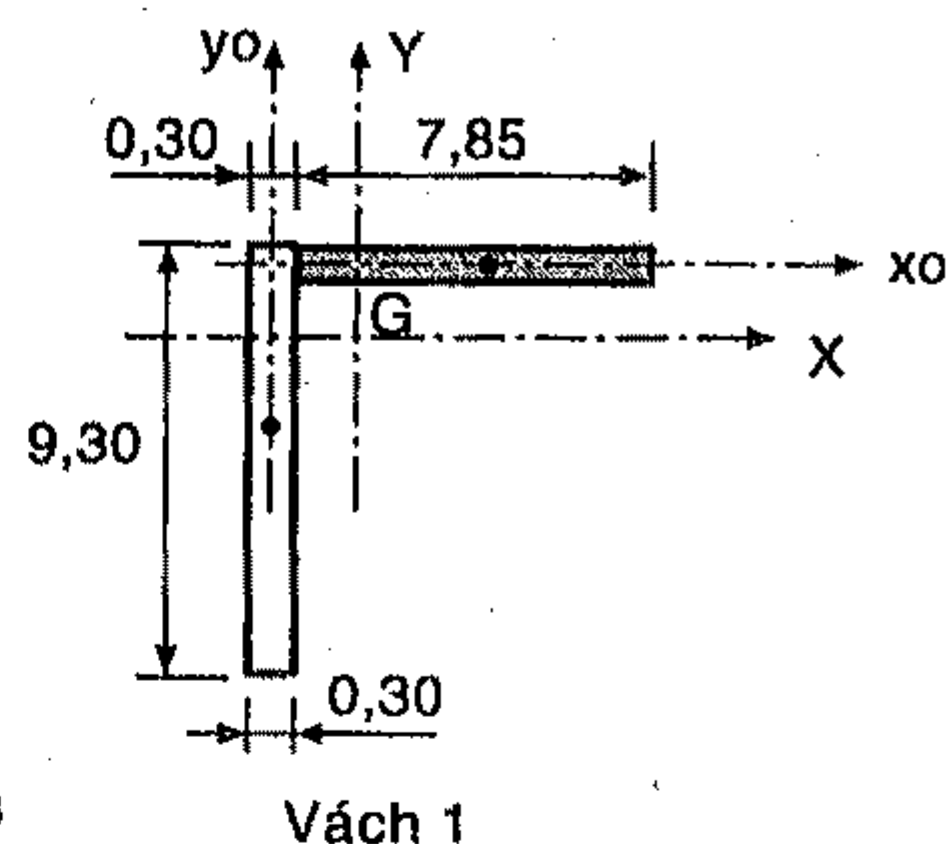
Diện tích của vách cứng:

$$F = 9,15 \times 0,3 + 7,85 \times 0,3 = 5,1 \text{m}^2$$

Mô men tĩnh:

$$S_{y_0} = \sum x_i F_i = 0,3 \times 7,85 \times 4,075 = 9,597 \text{m}^3$$

$$S_{x_0} = \sum y_i F_i = 0,3 \times 9,15 \times (-4,425) = -12,147 \text{m}^3$$



Tọa độ trọng tâm:

$$x_{G1} = \frac{S_{y_0}}{F} = \frac{9,597}{5,1} = 1,882 \text{m}$$

$$Y_{G1} = \frac{S_{x_0}}{F} = \frac{-12,147}{5,1} = -2,382 \text{m}$$

Mô men quán tính:

$$J_x = \frac{0,3 \times 9,15^3}{12} + 2,043^2 \times 2,745 + \frac{7,85 \times 0,3^3}{12} + 2,382^2 \times 2,355 = 43,9880 \text{m}^4$$

$$J_y = \frac{9,15 \times 0,3^3}{12} + 1,882^2 \times 2,745 + \frac{0,3(7,85)^3}{12} + 2,193^2 \times 2,355 = 33,1624 \text{m}^4$$

$$J_{xy} = 2,745 \times 1,882 \times 2,043 + 2,355 \times 2,193 \times 2,382 = 22,8562 \text{m}^4$$

Các vách cứng 3 tương tự vách 1

b) Vách cứng 2:

Do vách đối xứng tính nhánh bên trái

Diện tích của vách cứng:  $F = 9,3 \times 0,3 + 2 \times 2,85 \times 0,3 = 4,5 \text{m}^2$

Mô men tĩnh:

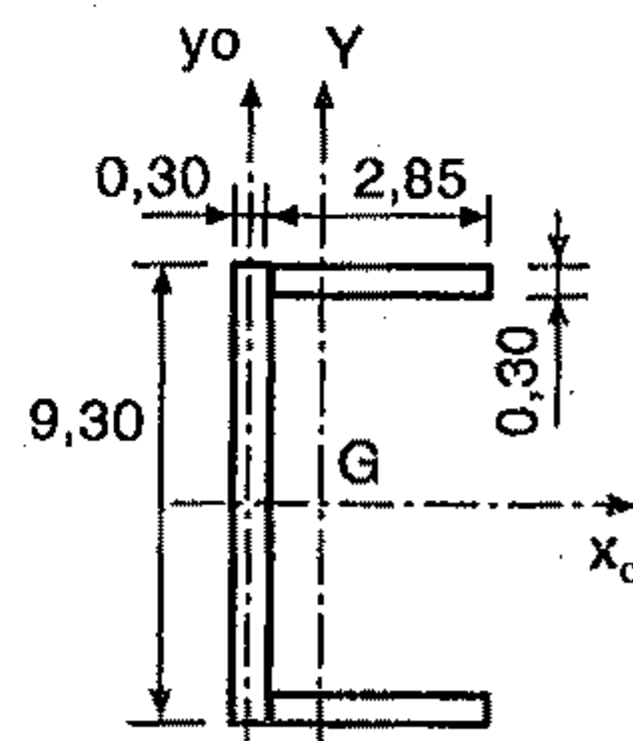
$$S_{y_0} = \sum x_i F_i = 2 \times 0,3 \times 2,85 \times 1,575 = 2,6933 \text{m}^3$$

$$S_{x_0} = \sum y_i F_i = 0$$

Tọa độ trọng tâm:

$$x_{G1} = \frac{S_{y_0}}{F} = \frac{2,6933}{4,5} = 0,5985 \text{m}$$

$$Y_{G1} = \frac{S_{x_0}}{F} = 0$$



Mô men quán tính của một nhánh:

$$J_{xn} = \frac{0,3 \times 9,3^3}{12} + 2 \left( \frac{2,85 \times 0,3^3}{12} + 4,5^2 \times 0,855 \right) = 67,5614 \text{ m}^4$$

$$J_{yn} = \frac{9,3 \times 0,3^2}{12} + 0,5985^2 \times 2,79 + 2 \left( \frac{0,3 \times (2,85)^2}{12} + 0,976^2 \times 0,855 \right) = 3,808 \text{ m}^4$$

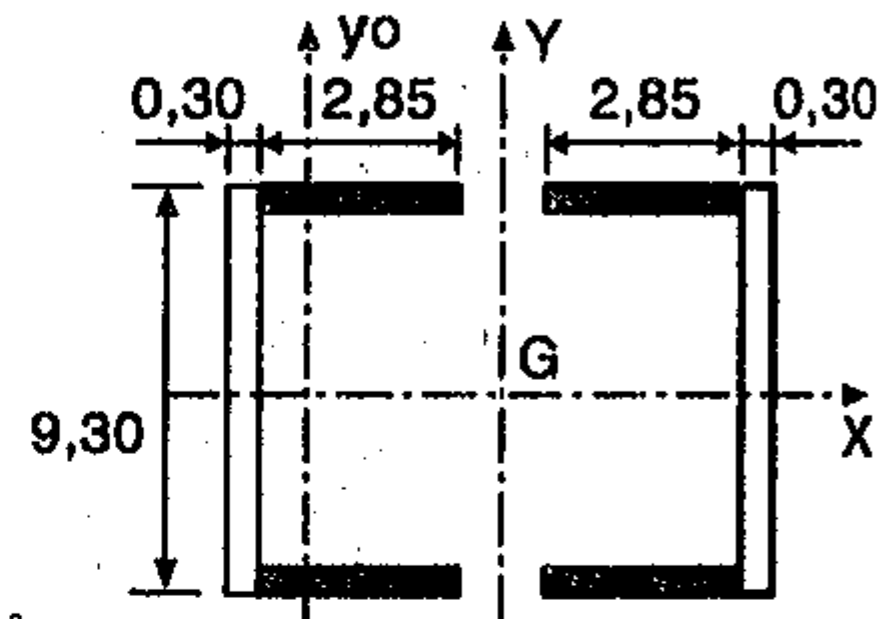
$$J_{xyn} = 0$$

Mô men quán tính của lõi đối với trục đi qua trọng tâm của lõi.

$$J_x = 2 \times 67,5614 = 135,12285 \text{ m}^4$$

$$J_y = 2 \left[ 3,8083 + 4,5 \times (4 - 0,5985)^2 \right] = 111,7478 \text{ m}^4$$

$$J_{xy} = 0$$



Mô men quán tính tính toán của lõi xét ảnh hưởng của lỗ cửa:

Kích thước lỗ cửa:  $1 \times 2,25 \text{ m}$

Mô men quán tính của lanh tô:

$$J_{lt} = \frac{0,3(3 - 2,25)^3}{12} = 0,01055 \text{ m}^4$$

Xác định:  $\Omega = 2 \times (8 \times 9) = 144$

Mô men quán tính xoắn ban đầu:

$$J_{xoan} = \frac{\Omega^2}{\sum \frac{S_j}{\delta_j}} = \frac{144^2}{\frac{3 - 0,15}{0,3} \times 4 + \frac{9,3}{0,3} \times 2} = 207,36 \text{ m}^4$$

Tính các hệ số:

Ta có:  $a = 8 \text{ m}$ ;  $b = 9 \text{ m}$ ;

$$c = \frac{h_{lc}}{h} = \frac{2,25}{3} = 0,75$$

$$F = 4,5 \times 2 = 9 \text{ m}^2$$

$$b_{ok} = 8 - 2 \times 0,5985 = 6,803 \text{ m}$$

$$v = 1,41$$

$$P_{xoan} = \frac{8J_{xoan}}{(a+b)^2} \left( \frac{c}{F} + \frac{hv}{30 \sum_{k=1}^n J_{lk} \frac{b_{ok}^2}{l_k^3}} \right) - c$$

$$= \frac{8 \times 207,36}{(8+9)^2} \left( \frac{0,75}{9} + \frac{3 \times 1,41}{30 \frac{0,01055 \times 6,803^2 \times 2}{2^3}} \right) - 0,75 = 6,3646$$



$$K_{\text{pxoan}} = \frac{1}{1 + 6,3646} = 0,13578$$

$$P_j = \frac{hl^3}{3J_k H^2} \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2} \left( 1 - \frac{\bar{J}_{1j} + \bar{J}_{2j}}{\bar{J}_j} \right)$$

$$= \frac{3 \times 2^2}{3 \times 0,01055 \times 60^2} \times \frac{4,5 \times 4,5}{4,5 + 4,5} \left( 1 - \frac{3,808 \times 2}{111,7478} \right) = 0,44163$$

$$K_{\text{py}} = \frac{1}{1 + 0,44163} = 0,69366$$

Vậy mô men quán tính tính toán của lõi là:

$$J_x = 135,12285 \text{m}^4$$

$$J_y = 111,7478 \times 0,69366 = 77,5149 \text{m}^4$$

$$J_{\text{xoan}} = 207,36 \times 0,13578 = 28,15534 \text{m}^4$$

c) Vách 3: giống vách 1

2) Xác định tọa độ tâm cứng của công trình theo hệ trục OXY.

Các đặc trưng hình học	Vách cứng thứ			Tổng
	1	2	3	
$F_i(\text{m}^2)$	5,1	9	5,1	19,2
$J_{xi}(\text{m}^4)$	43,988	135,1285	43,988	223,099
$J_{yi}(\text{m}^4)$	33,1624	77,5149	33,16124	143,84
$J_{xyi}(\text{m}^4)$	22,8562	0	22,8562	45,712
$a_i(\text{m})$	1,882	28	46,118	
$b_i(\text{m})$	24,618	13,5	2,382	
$J_{xi}a_i(\text{m}^5)$	82,785	3783	2029	5895
$J_{yi}b_i(\text{m}^5)$	816,39	1046,45	78,993	1942
$J_{xyi}a_i(\text{m}^5)$	43,015	0	1054	1097
$J_{xyi}b_i(\text{m}^5)$	562,669	0	54,443	617,112
$J_{yi}a_i(\text{m}^5)$	64,409	2170	1529	3762
$J_{xi}b_i(\text{m}^5)$	1083	1824	104,8	3012

Tâm cứng:

$$x_R = \frac{\sum_1^n J_{xi} a_i}{\sum_1^n J_{xi}} = \frac{5895}{223,099} = 26,423\text{m}$$

$$y_R = \frac{\sum_1^n J_{yi} b_i}{\sum_1^n J_{yi}} = \frac{1942}{143,84} = 13,5\text{m}$$

3) Xác định tọa độ tâm uốn của công trình theo hệ trục OXY

Các hệ số:

$$A_x = \frac{J_x}{J_x J_y - J_{xy}^2} = 0,007436$$

$$A_y = \frac{J_y}{J_x J_y - J_{xy}^2} = 0,004795$$

$$A_{xy} = \frac{J_{xy}}{J_x J_y - J_{xy}^2} = 0,001524$$

Tọa độ tâm uốn của ngôi nhà:

$$a_o = A_y (\sum J_{xi} a_i - \sum J_{xyi} b_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} a_i - \sum J_{yi} b_i)$$

$$a_o = 26,591\text{m}$$

$$b_o = A_x (\sum J_{yi} b_i - \sum J_{xyi} a_i) - A_{xy} (\sum J_{xyi} b_i - \sum J_{xi} a_i)$$

$$b_o = 14,324\text{m}$$

Nhận thấy tâm uốn không trùng với tâm cứng của nhà.

Xác định tọa độ tâm hình học G:

$$x_G = 24\text{m}$$

$$y_G = 13,5\text{m}$$

Khoảng cách từ tâm hình học đến tâm uốn của nhà:

$$c_x = x_G - a_o = 24 - 26,591 = -2,591\text{m}$$

$$c_y = y_G - b_o = 13,5 - 14,324 = -0,824\text{m}$$

Các đặc trưng hình học	Vách cứng thứ			Tổng
	1	2	3	
$a_i - a_o$	-24,71	1,409	19,527	
$b_i - b_o$	10,294	-0,824	-11,942	
$J_{x_i}(a_i - a_o)^2$	26860	268,107	16770	43900
$J_{y_i}(b_i - b_o)^2$	3514	52,572	4729	8296
$J_{x_{y_i}}(a_i - a_o)(b_i - b_o)$	-0,00581	0	-0,00533	

Tính mô men xoắn của lõi:

$$J_{\omega i} = 0,05 J_{x_{oam}} H^2 = 0,05 \times 207,36 \times 45^2 = 20995,2 m^6$$

Mô men quán tính xoắn của ngôi nhà:

$$J_{\omega} = \sum J_{x_i}(a_i - a_o)^2 + \sum J_{y_i}(b_i - b_o)^2 - 2 \sum J_{x_{y_i}}(a_i - a_o)(b_i - b_o) + \sum J_{\omega i} = 74510 m^6$$

Tính các hệ số phân phối:

$$K_{xxi} = A_x J_{y_i} - A_{xy} J_{x_{y_i}}$$

$$K_{yyi} = A_y J_{x_i} - A_{xy} J_{x_{y_i}}$$

$$K_{xyi} = A_x J_{x_{y_i}} - A_{xy} J_{x_i}$$

$$K_{yxi} = A_y J_{x_{y_i}} - A_{xy} J_{y_i}$$

$$K_{\omega xi} = \frac{J_{x_{y_i}}(a_i - a_o) - J_{y_i}(b_i - b_o)}{J_{\omega}}$$

$$K_{\omega yi} = \frac{J_{x_i}(a_i - a_o) - J_{x_{y_i}}(b_i - b_o)}{J_{\omega}}$$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Các hệ số phân phối	Vách cứng thứ			Tổng
	1	2	3	
$A_x J_{y_i}$	0,247	0,576	0,247	
$A_{xy} J_{x_{y_i}}$	0,035	0	0,035	
$K_{xxi}$	0,212	0,576	0,212	1
$A_y J_{x_i}$	0,211	0,648	0,211	
$A_{xy} J_{x_{y_i}}$	0,035	0	0,035	
$K_{yyi}$	0,176	0,648	0,176	1
$A_x J_{x_{y_i}}$	0,17	0	0,17	
$A_{xy} J_{x_i}$	0,067	0,206	0,067	
$K_{xyi}$	0,103	-0,206	0,103	0

Các hệ số phân phối	Vách cứng thứ			Tổng
	1	2	3	
$A_{xy}J_{xi}$	0,067	0,206	0,067	
$K_{xyi}$	0,103	-0,206	0,103	0
$A_yJ_{xyi}$	0,11	0	0,11	
$A_{xy}J_{yi}$	0,051	0,118	0,051	
$K_{yxi}$	0,059	-0,118	0,059	0
$J_{xyi}(a_i - a_0) / J_\omega$	-0,0075	0	0,00599	
$J_{yi}(b_i - b_0) / J_\omega$	0,00458	-0,00086	-0,0053	
$K_{\omega xi}$	-0,012	0,00086	0,011	0
$J_{xi}(a_i - a_0) / J_\omega$	-0,015	0,00255	0,012	
$J_{xyi}(b_i - b_0) / J_\omega$	0,0031	0	-0,00366	
$K_{\omega yi}$	-0,018	0,00255	0,015	

Kết quả tính tải trọng gió tác dụng tại các tầng nhà như sau:

Tầng	Tổng tải gió P(kN)	Chiều cao Z(m)	Mô men M = PZ(kN.m)
15	372	45	16740
14	363	42	15246
13	354	39	13806
12	344	36	12384
11	333	33	10989
10	320	30	9600
9	306	27	8262
8	297	24	7128
7	280	21	5880
6	270	18	4560
5	256	15	3840
4	237	12	2844
3	230	9	2070
2	209	6	1254
1	183	3	549
Tổng mô men do gió tại chân công trình			114652

Phân phối mô men  $M_x = 114652 \text{ kN.m}$  vào các vách cứng thứ i.

Ta có  $c_x = -2,591 \text{ m}$

$$M_{xi} = M_x (K_{yyi} \eta_x + c_x K_{\omega yi} \eta_\omega)$$

$$M_{yi} = M_x (K_{yxi} \eta_y + c_x K_{\omega xi} \eta_\omega)$$

Với  $\eta_x = 1,1$ ;  $\eta_y = 1,2$ ;  $\eta_\omega = 1,3$

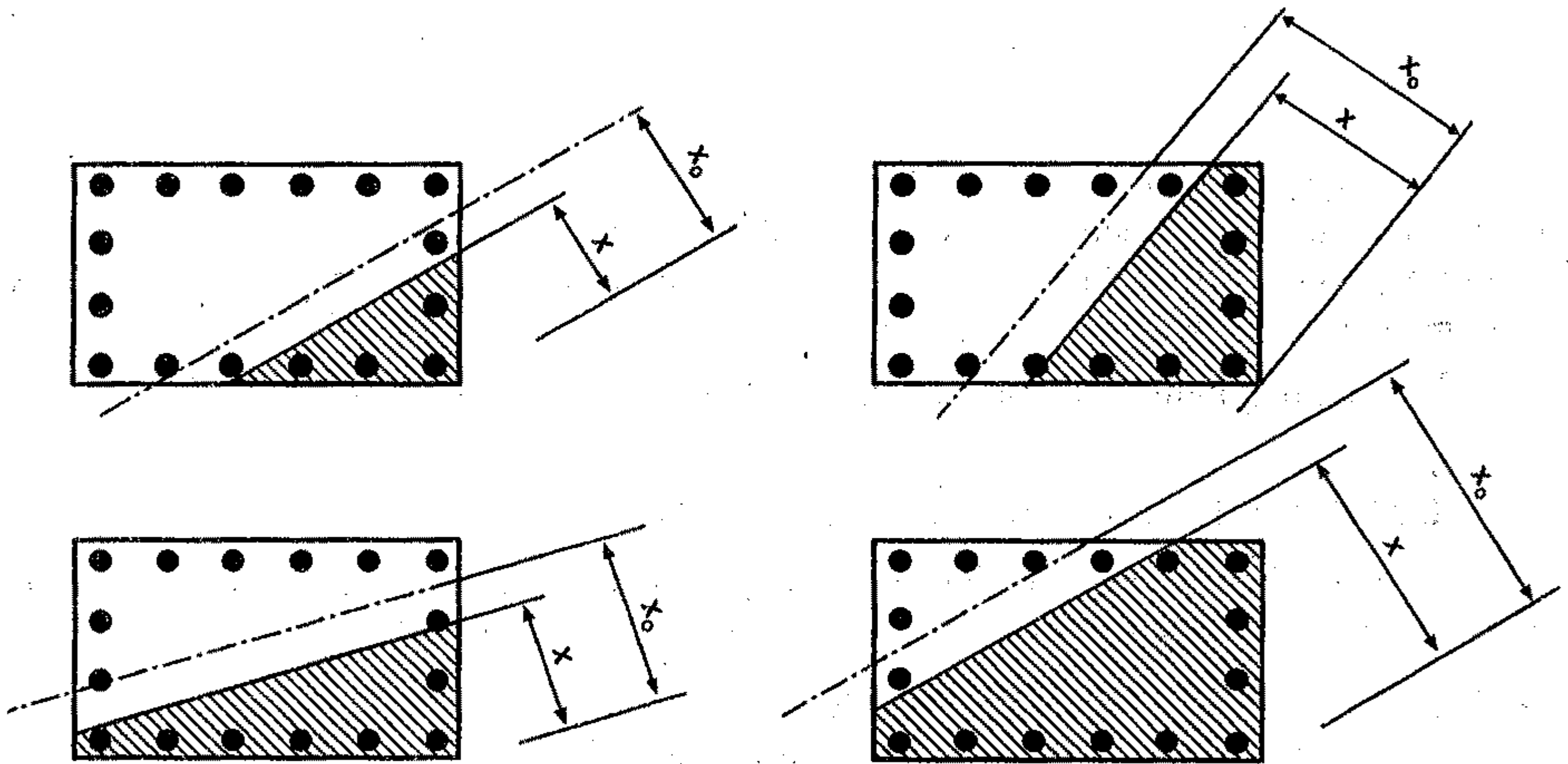
Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Phân phối mô men	Vách cứng thứ			Tổng
	1	2	3	
$M_{xi}$	29060	80720	16340	126100
$M_{yi}$	12820	-16580	3758	0

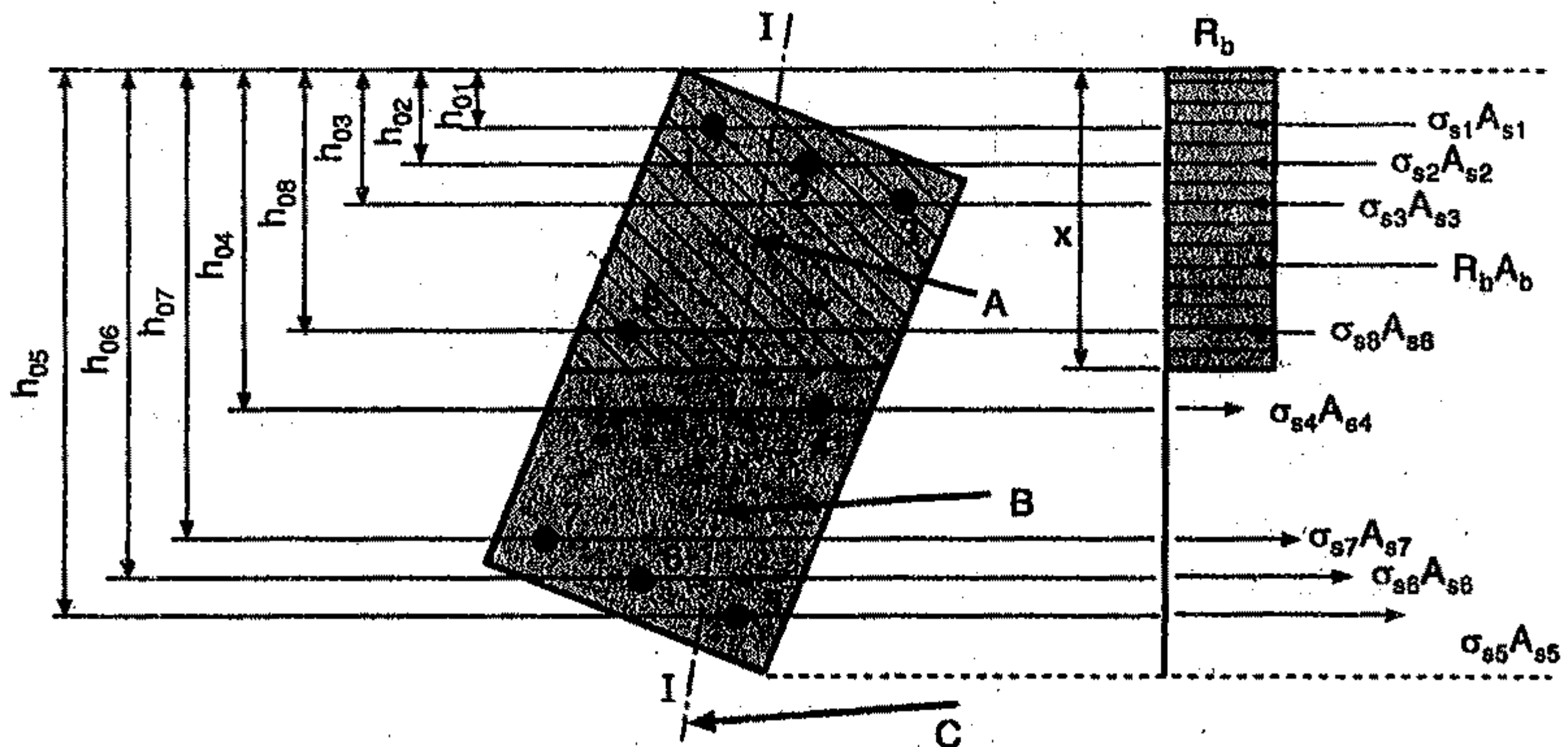
## TÍNH TOÁN CỐT THÉP CẤU KIỆN CHỊU LỰC NHÀ CAO TẦNG

### 5.1 TÍNH TOÁN CỐT THÉP CẤU KIỆN CHỊU NÉN LỆCH TÂM XIÊN [11]

Cột là cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên, tùy theo vị trí điểm đặt lực dọc cũng như tương quan giữa các  $N$ ,  $M_x$  và  $M_y$  với kích thước tiết diện và việc bố trí cốt thép mà có thể xảy ra trường hợp toàn bộ tiết diện chịu nén hay một phần chịu nén, một phần chịu kéo, có thể là một trong bốn dạng sau:



Hình 5.1 Các dạng vùng bê tông chịu nén



Hình 5.2 Sơ đồ ứng suất

Điều kiện cường độ:

$$M \leq (R_b S_b - \sum \sigma_{si} S_{si}) \quad (5.1)$$

$$R_b A_b - \sum \sigma_{si} S_{si} \pm N = 0$$

trong đó:  $M$  - mô men do lực dọc  $N$  đối với trục song song với đường thẳng giới hạn vùng chịu nén và đi qua trọng tâm tiết diện các thanh thép dọc chịu kéo nhiều nhất hoặc chịu nén ít nhất.

$S_b$  - mô men tĩnh của tiết diện vùng bê tông chịu nén lấy đối với trục lấy mô men.

$S_{si}$  - mô men tĩnh của diện tích thanh thép dọc thứ  $i$  lấy đối với trục lấy mô men.

$\sigma_{si}$  - ứng suất trong thanh thép thứ  $i$  được xác định theo:

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left( \frac{\omega}{\zeta_i} - 1 \right) + \sigma_{spi} \quad (5.2)$$

Hình dạng vùng bê tông chịu nén được xác định từ: điểm đặt của lực dọc, điểm đặt hợp lực của bê tông và cốt thép vùng nén, điểm đặt hợp lực của cốt thép chịu kéo phải nằm trên một đường thẳng. Trong thực tế, tính toán để đạt được các điểm này thẳng hàng là rất khó, phải tính làm nhiều lần.

Vì thế, trong thực hành tính toán thường dùng cách tính gần đúng.

## 5.2 PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CỐT THÉP CỘT: [11]

Sử dụng phương pháp gần đúng để tính toán cột nén lệch tâm xiên. Biến đổi trường hợp nén lệch tâm xiên thành nén lệch tâm phẳng tương đương để tính với trình tự như sau:

### 5.2.1 Tính độ lệch tâm theo từng phương

Cần xét đến độ lệch tâm ngẫu nhiên  $e_a$  theo mỗi phương.

$$e_a = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{600} l_c \\ \frac{1}{30} h \end{array} \right\} \quad (5.3)$$

Lúc này độ lệch tâm ban đầu:

$$e_{ox} = \max(e_{lx}, e_{ax})$$

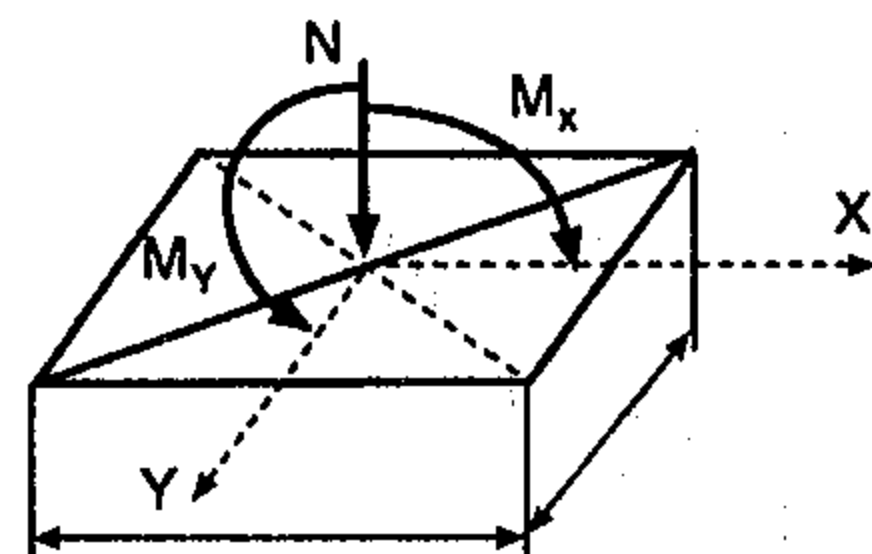
$$e_{oy} = \max(e_{ly}, e_{ay})$$

trong đó:  $l_c$  - chiều cao cột.  
 $h$  - chiều cao tiết diện cột.

$$e_{lx} = \frac{M_x}{N_x}; \quad e_{ly} = \frac{M_y}{N_y} \quad (5.4)$$

$M_x$  - mô men theo phương X

$M_y$  - mô men theo phương Y.



Hình 5.3 Cột chịu nén lệch tâm xiên

**5.2.2 Tính hệ số uốn dọc theo từng phương:**

$$\text{Tính độ mảnh từng phương } \lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_x}, \lambda_y = \frac{l_{0y}}{i_y}. \quad (5.5)$$

Xét ảnh hưởng của uốn dọc theo từng phương khi độ mảnh theo từng phương lớn hơn 28 và bỏ qua khi độ mảnh nhỏ hơn 28. Hệ số ảnh hưởng uốn dọc:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} \quad (5.6)$$

trong đó: 
$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_0^2} \left[ \frac{I_b}{\varphi_1} \left( \frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha I_s \right] \quad (5.7)$$

$\varphi_1$  - hệ số kể đến tác động dài hạn của tải trọng đến độ cong của cấu kiện.

$$\varphi_1 = 1 + \beta \frac{M_1}{M} \leq 1 + \beta \quad (5.8)$$

*Lưu ý:* Nếu mô men uốn do toàn bộ tải trọng  $M$  và do tổng tải trọng thường xuyên và dài hạn  $M_1$  có dấu khác nhau thì  $\varphi_1$  được lấy như sau:

Khi  $|e_0| > 0,1h : \varphi_1 = 1 \quad (5.9)$

Khi  $|e_0| \leq 0,1h : \varphi_1 = \varphi_{II} + 10(1 - \varphi_{II}) \frac{e_0}{h} \quad (5.10)$

trong đó:  $\varphi_{II}$  - được xác định như  $\varphi_1$  nhưng lấy  $M = Na$

$a$  - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến thớ chịu kéo - nén ít do  $M_1, N_1$  gây ra

$\delta_e$  - hệ số, lấy bằng  $e_0/h$ , nhưng nhỏ hơn  $\delta_{e,min}$

$$\delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01R_b \quad (5.11)$$

Lúc này  $M_{x1} = N_x \eta_x e_{ox} \quad (5.12)$

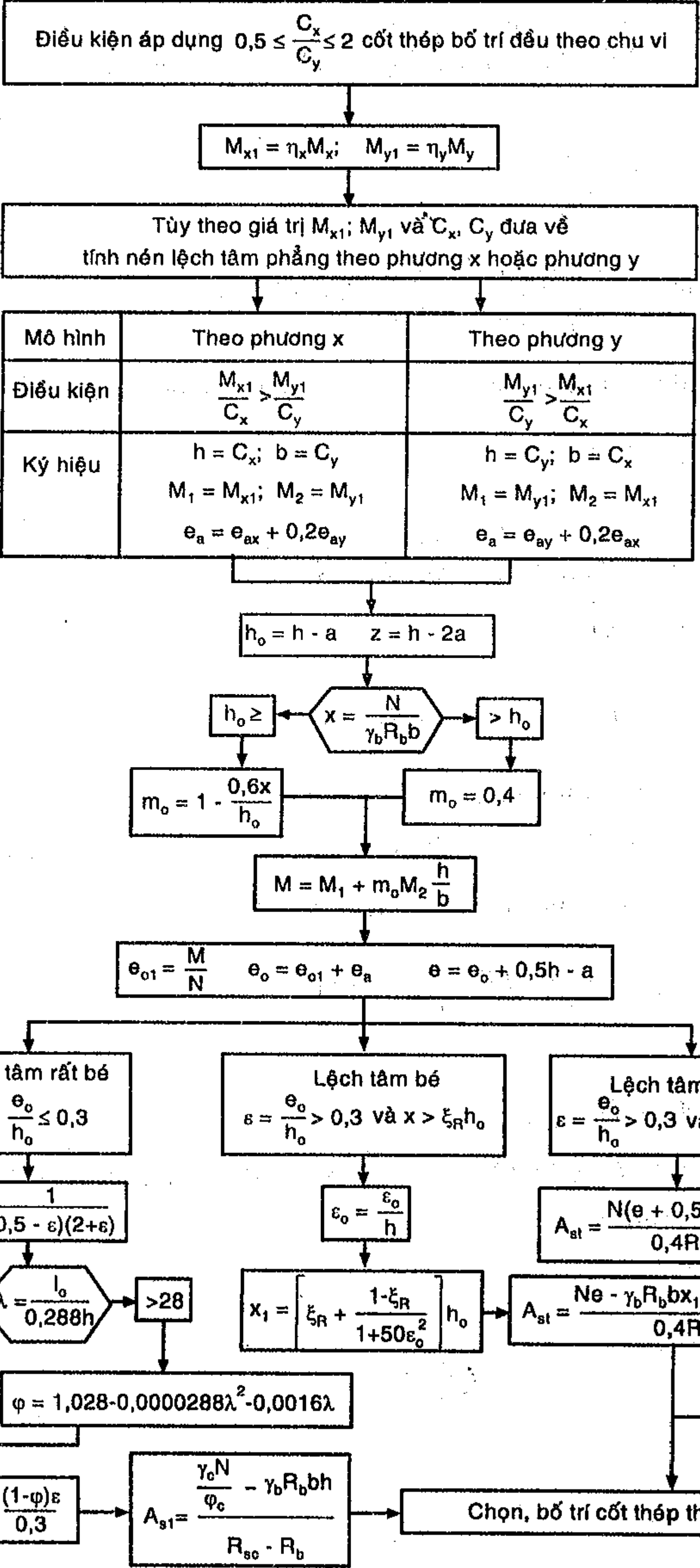
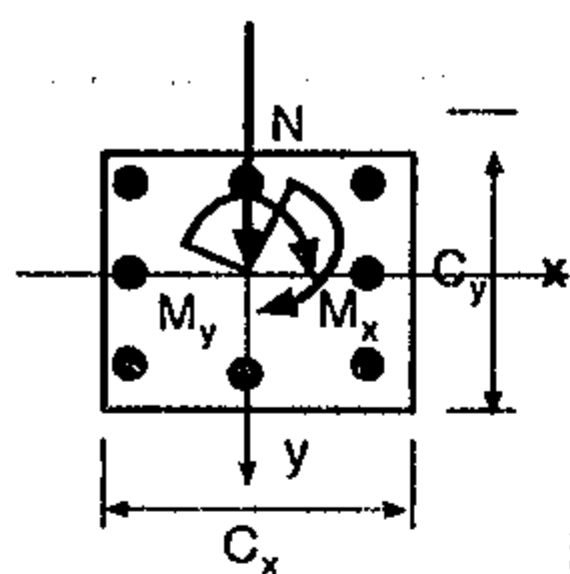
$$M_{y1} = N_y \eta_y e_{oy}. \quad (5.13)$$

**5.2.3 Tính toán cốt tiết diện chữ nhật theo phương pháp gần đúng: [11]**

Được tóm tắt như sau:

Sơ đồ 7 TÍNH CỐT THÉP CẦU KIẾN CHỊU NÉN LỆCH TÂM XIÊN

SỐ LIỆU:  $b, x, N, M_x, M_y, \gamma_b R_b, R_s, R_{sc}, \eta_x, \eta_y, C_x, C_y, l_0, a$ . Tính  $A_{st}$





Cốt thép được đặt theo chu vi, trong đó cốt thép đặt theo cạnh b có mật độ lớn hơn hoặc bằng mật độ theo cạnh h.

Sau khi đã tính được cốt thép theo phương pháp gần đúng như trên, tiến hành đánh giá tính hợp lý của lượng thép tính được bằng kiểm tra hàm lượng cốt thép hợp lý. Đối với cấu kiện cột, hàm lượng cốt thép hợp lý là:  $1\% \leq \mu \leq 3\%$

### 5.3 TÍNH TOÁN CỐT ĐAI CỘT

Cốt đai trong cấu kiện chịu nén lệch tâm trình tự tính toán giống như đối với dầm, cần thêm vào thành phần  $\varphi_n$  ở các công thức tính khoảng cách cốt đai:

$$s_{tt} = R_{sw} n \pi d_{sw}^2 \frac{(\varphi_{b2}(1 + \varphi_n) \gamma_b R_{bt} b h_0^2)}{Q^2} \quad (5.14)$$

$$s_{max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n) \gamma_b R_{bt} b h_0^2}{Q} \quad (5.15)$$

trong đó:  $\varphi_n$  - hệ số xét ảnh hưởng của lực dọc nén

$$\varphi_n = 0,1 \frac{N}{\gamma_b R_{bt} b h_0} \leq 0,5 \quad (5.16)$$

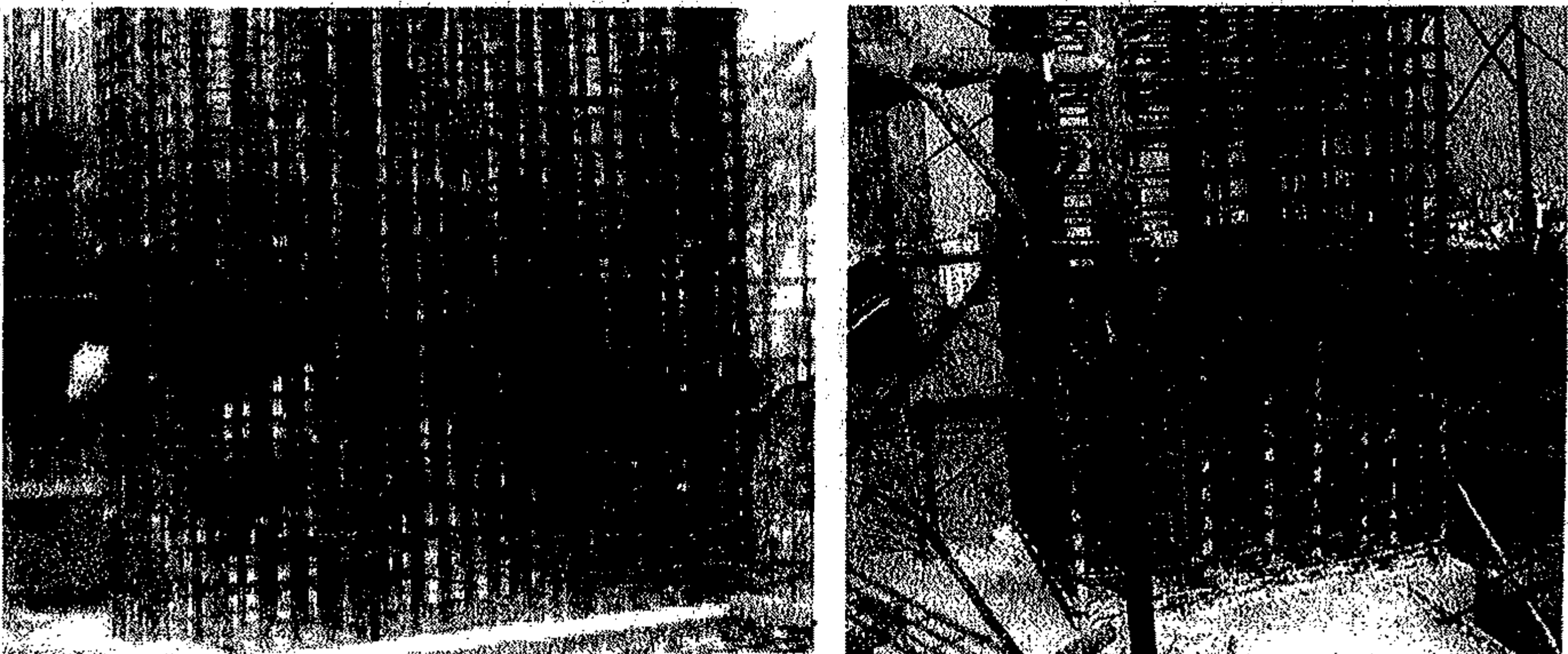
Một số yêu cầu về cấu tạo, bố trí cốt đai:

Đường kính cốt đai:

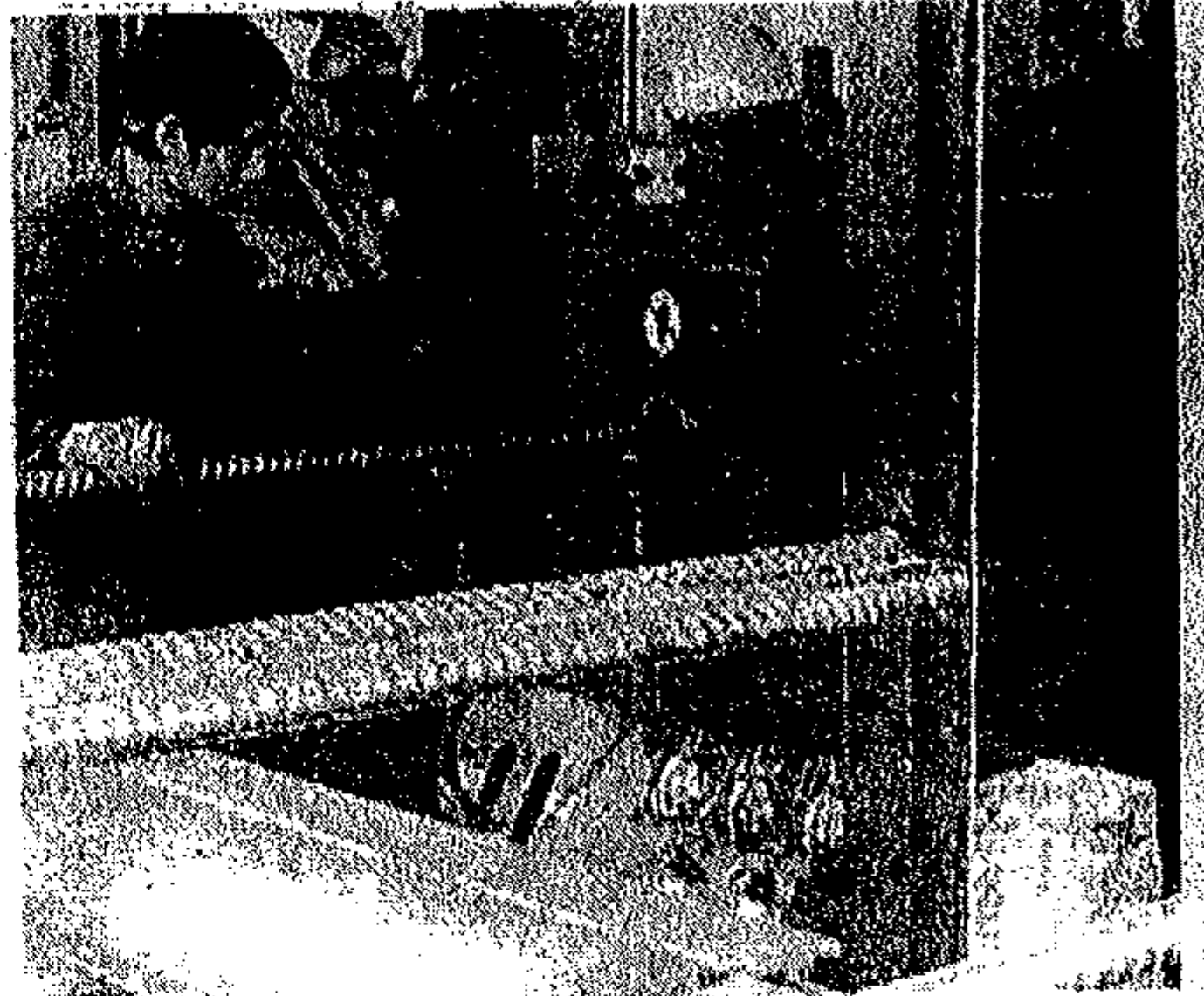
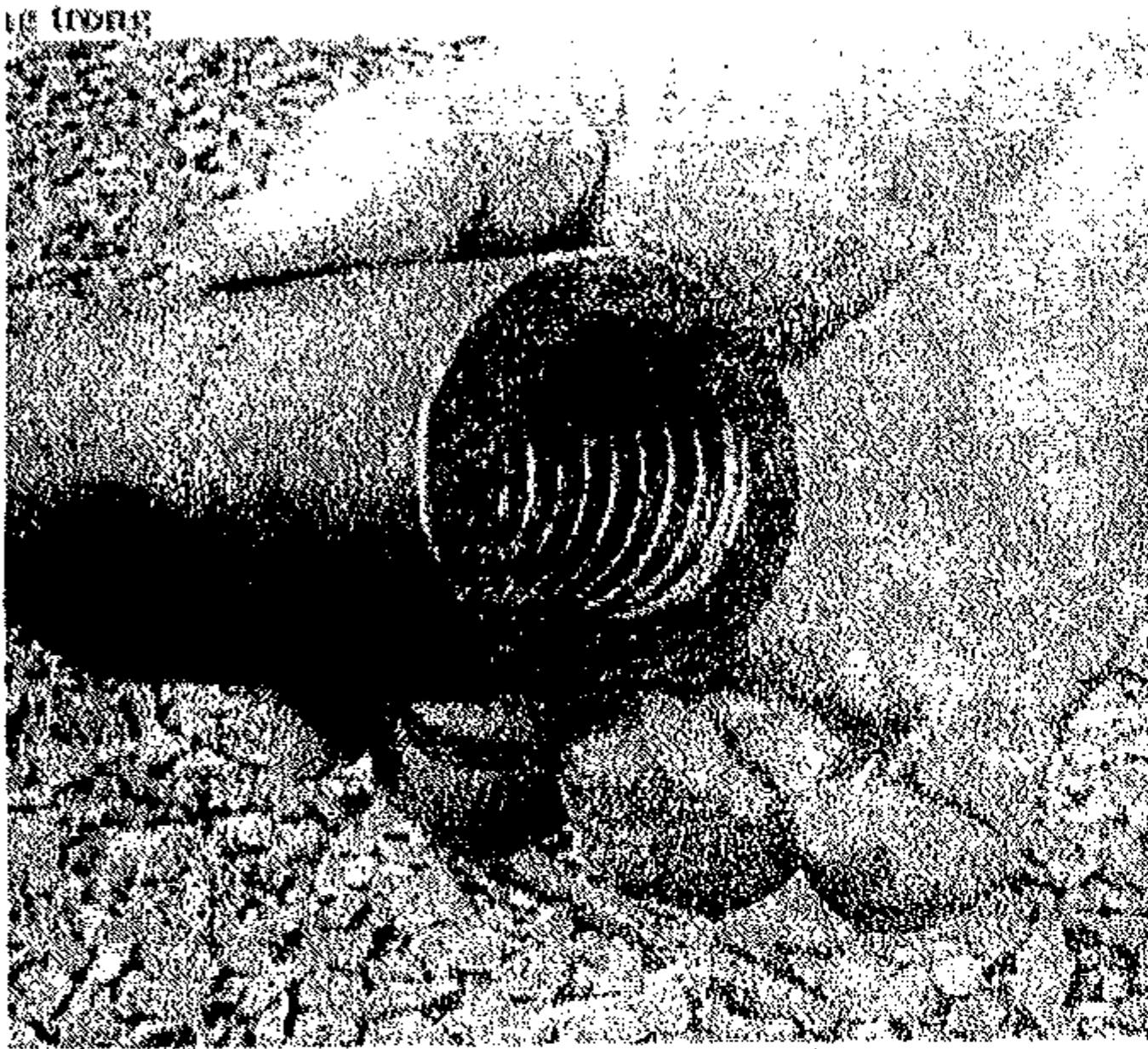
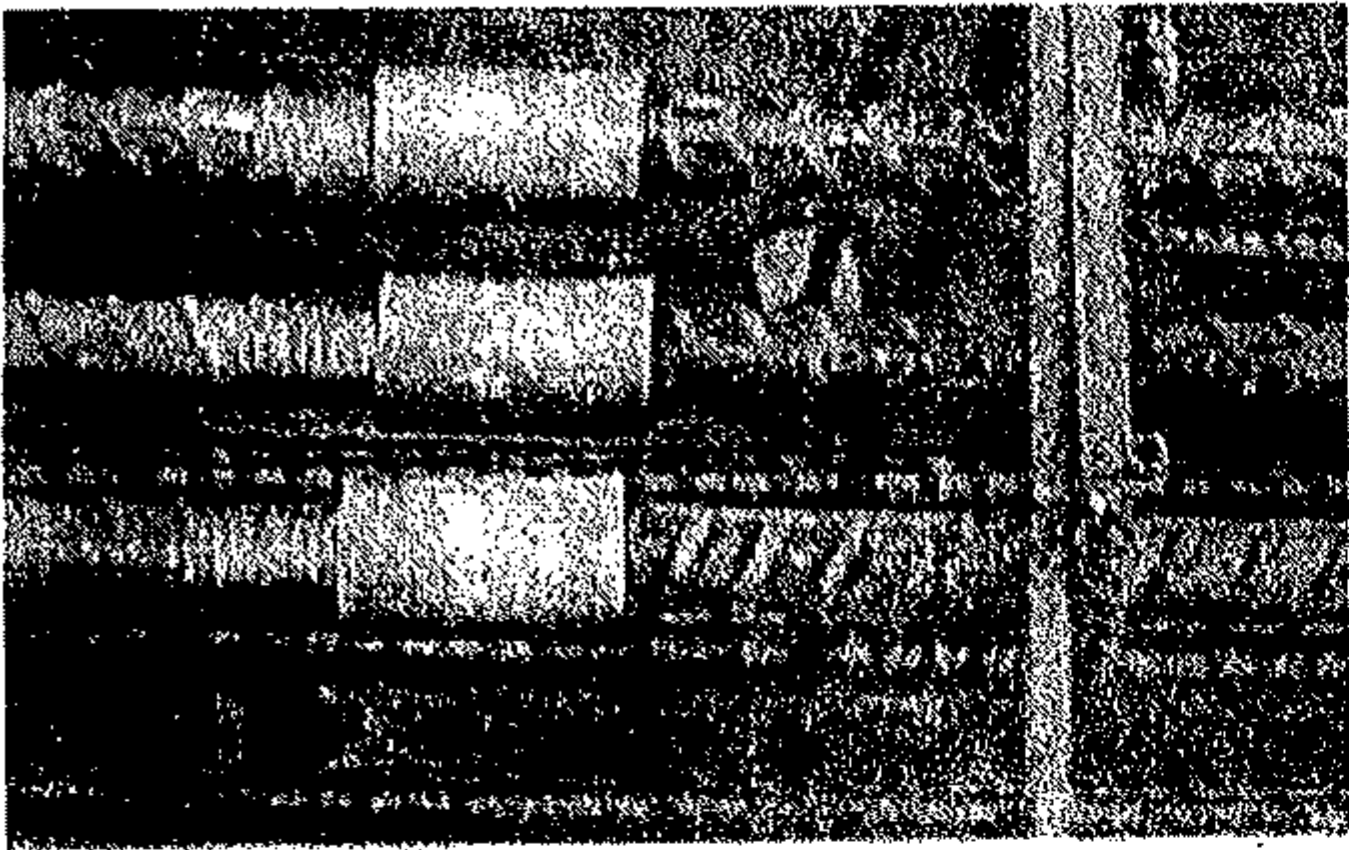
$$d_{sw} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 8\text{mm} \\ \frac{d_{s,max}}{4} \end{array} \right. \quad (5.17)$$

trong đó:  $d_{s,max}$  - đường kính lớn nhất của cốt dọc.  
 $d_{s,min}$  - đường kính nhỏ nhất của cốt dọc.

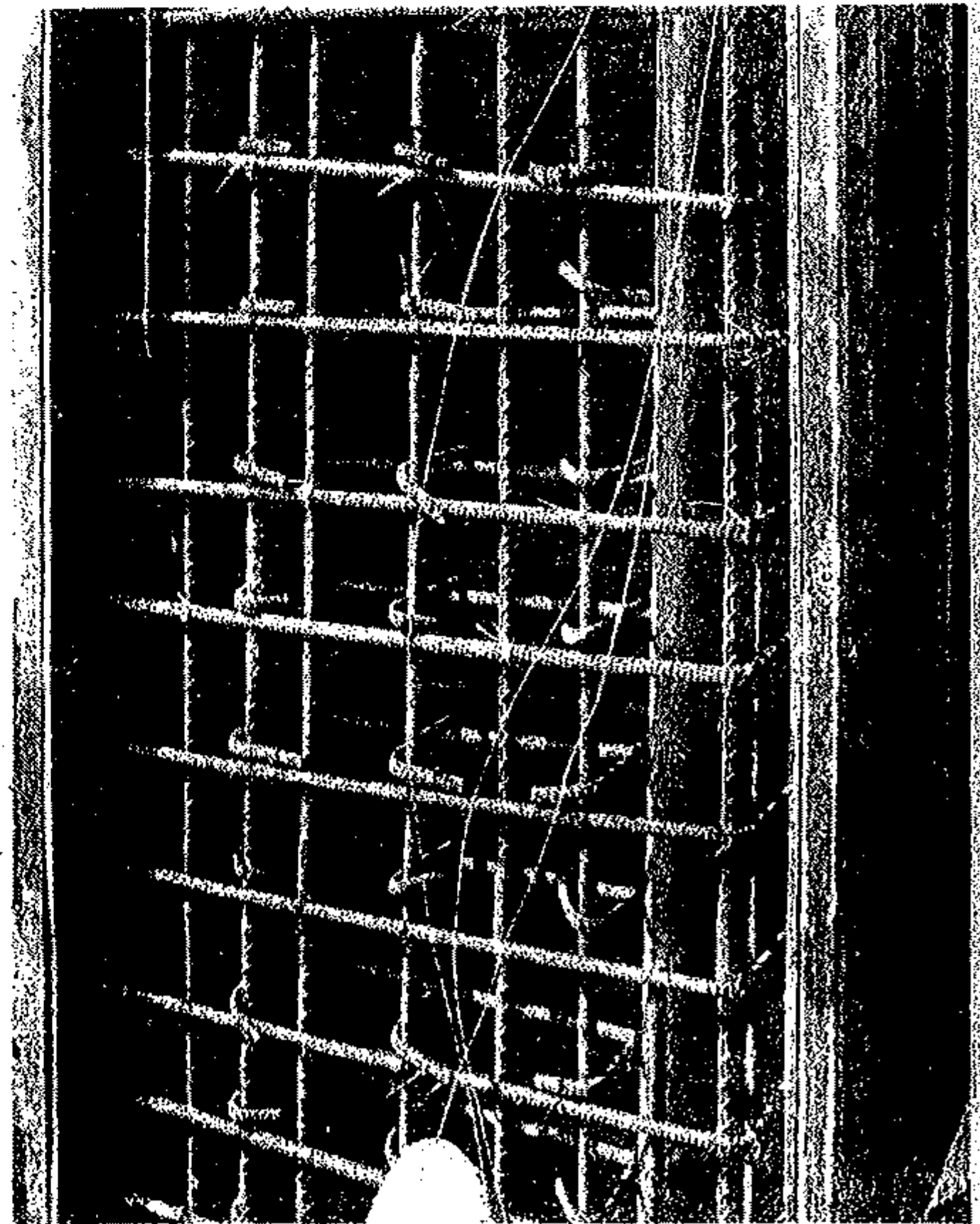
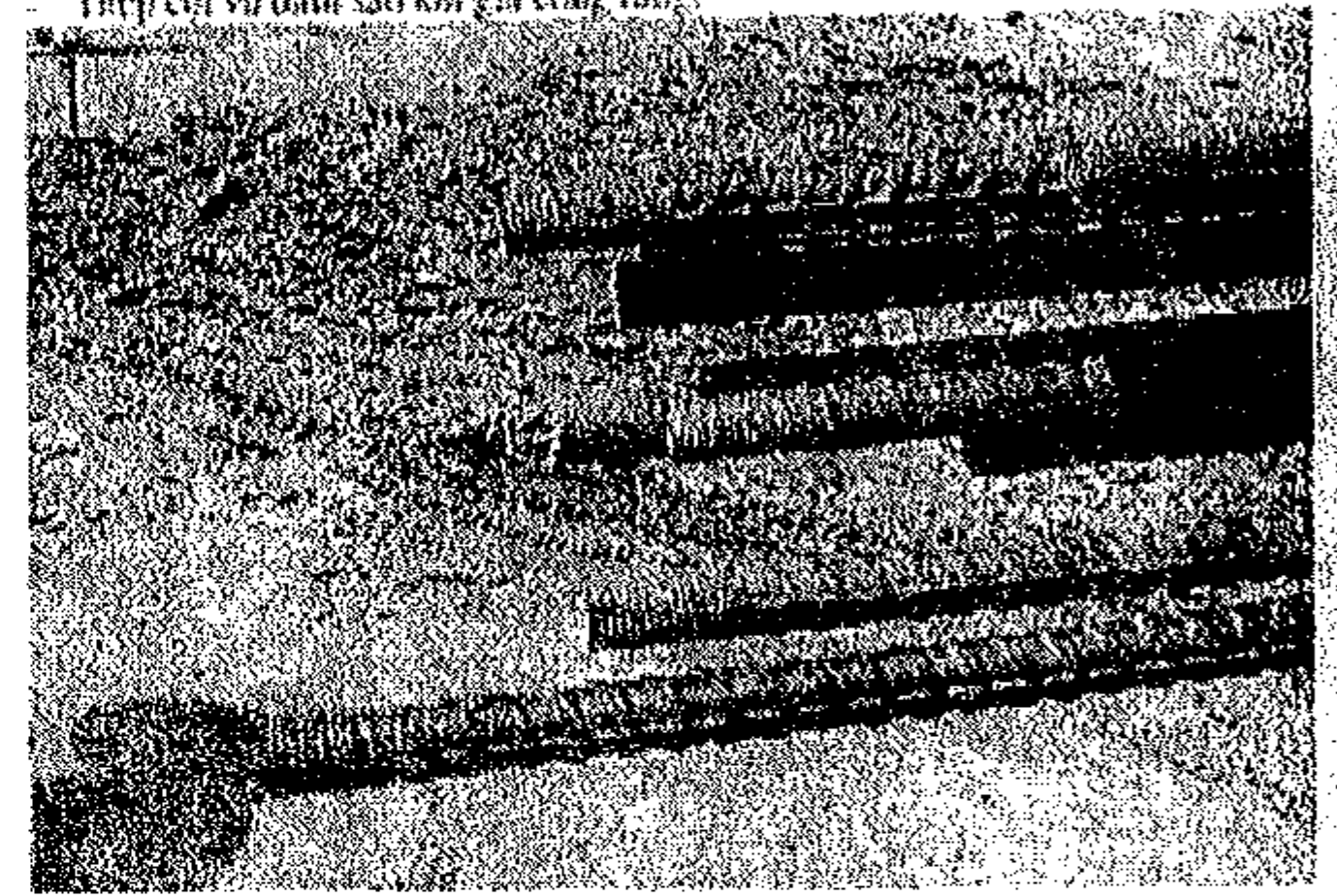
Chú ý: Cần phải bố trí cốt đai phụ trong các cột có tiết diện lớn



Hình 5.4 Cốt thép cột



Thép cốt và đầu sao khi gia công xong.



Hình 5.5 Nối cốt thép cột

### 5.4 LẬP BIỂU ĐỒ TƯƠNG TÁC [11]

Khái niệm biểu đồ tương tác: Với một tiết diện đã bố trí cốt thép, biểu đồ tương tác là một mặt cong thể hiện mối liên hệ giữa lực dọc  $N$  và mô men  $M$  tương ứng của trạng thái giới hạn.

Tương tác ở đây là tương tác giữa khả năng chịu momen uốn  $M$  và khả năng chịu lực nén  $N$ .

Với một tiết diện đã có cốt thép, biểu đồ tương tác là một mặt cong (phẳng - nén lệch tâm phẳng, không gian - nén lệch tâm xiên), thể hiện khả năng chịu lực của tiết diện với mọi giá trị của  $M$  và  $N$ .

Các giả thuyết cơ bản:

Tiết diện cột được giả thuyết như sau: tiết diện phẳng trước khi chịu lực và sau khi chịu lực. Dựa trên giả thuyết này, chúng ta có thể tính toán được biến dạng tại một điểm bất kì trên tiết diện theo biến dạng lớn nhất của bê tông vùng nén và cốt thép trong vùng kéo hoặc nén ít.

Bỏ qua sự làm việc của bê tông chịu kéo

Giả thuyết về quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của cốt thép, của bê tông.

Giả thuyết về biểu đồ ứng suất bê tông vùng nén và bê tông vùng nén quy đổi.

Giả thuyết về biến dạng cực hạn quy ước của bê tông vùng nén

- Thiết lập biểu đồ tương tác:

+ Nguyên tắc chung: dựa vào biến dạng cực hạn của bê tông vùng nén và vị trí của trục trung hòa được thể hiện qua chiều cao vùng nén  $x$ , ta có thể xác định được trạng thái ứng suất trong bê tông và cốt thép trong cột, các ứng suất này tổng hợp lại thành một lực dọc và một mô men tại trọng tâm hình học của cột.

+ Các điểm chính trên biểu đồ tương tác: vì biểu đồ tương tác là một đường cong, mỗi điểm trên đường cong này tương ứng với một vị trí của trục trung hòa trên tiết diện cột (một giá trị của  $x$ ), vì vậy việc thiết lập biểu đồ này thường dựa vào biến số trung gian là  $x$ .

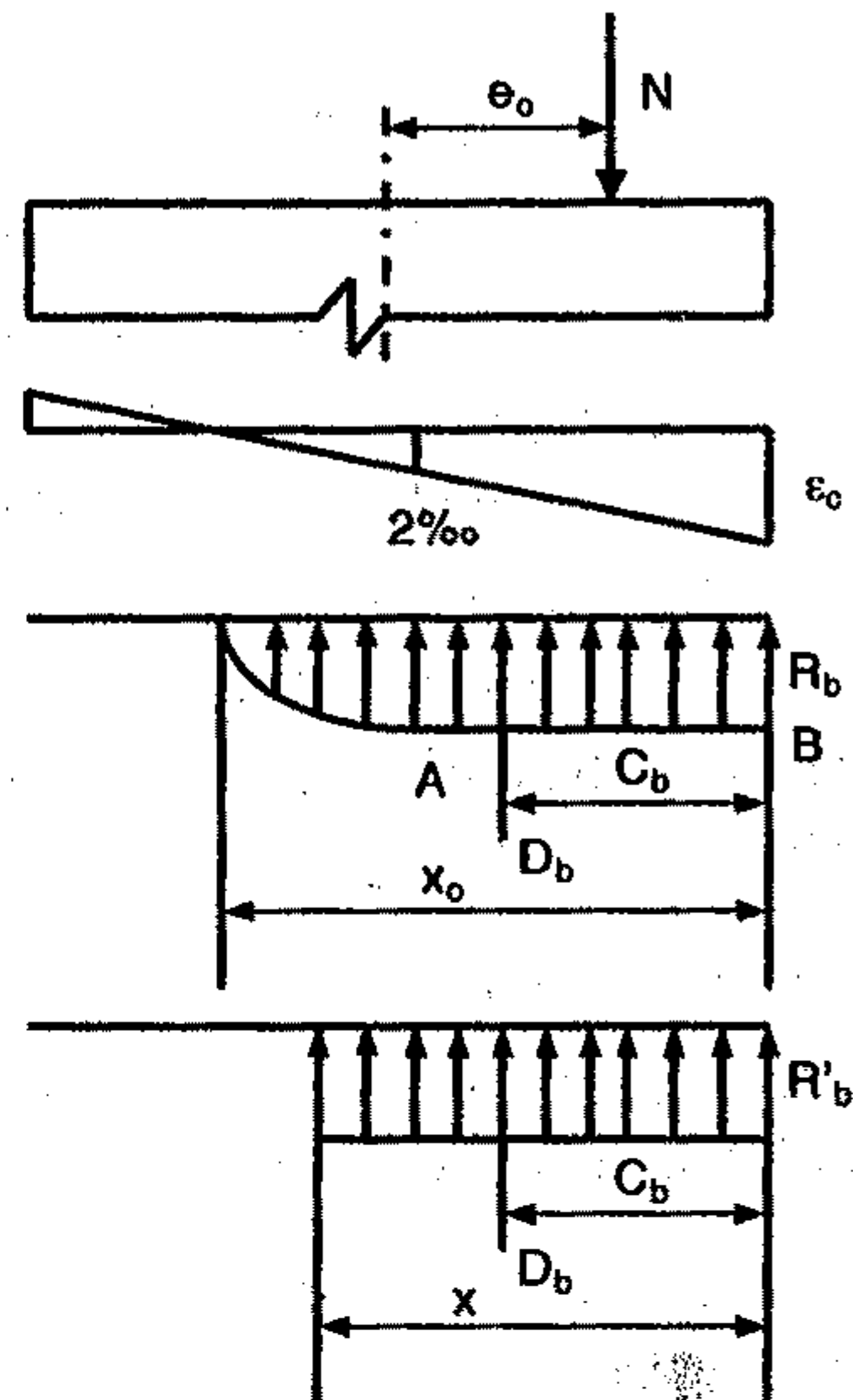
- Sau khi lập được biểu đồ tương tác, tiến hành kiểm tra theo các trường hợp sau:

+ Trường hợp 1: Lực nén được xem là khá lớn khi thỏa mãn điều kiện

$$N \geq 0,5 R_b C_x C_y \tag{5.18}$$

Có thể xem khi thỏa mãn điều kiện trên là trường hợp nén lệch tâm bé, cần kiểm tra lại khả năng chịu lực nén.

Khả năng chịu lực nén là  $N_{gh}$  được xác định từ phương trình:



Hình 5.6 Sơ đồ phân bố ứng suất trong cấu kiện nén lệch tâm

$$\frac{1}{N_{gh}} = \frac{1}{N_x} + \frac{1}{N_y} - \frac{1}{N_0} \quad (5.19)$$

trong đó:  $N_0$  - khả năng chịu nén đúng tâm, xác định như sau:

$$N_0 = \varphi (R_b A + R_s A_{st}) \quad (5.20)$$

$N_x$  - khả năng chịu nén trường hợp lệch tâm phẳng khi tính toán theo phương x.  
Tính  $N_x$  theo giá trị đã biết của  $M_{x1}$ .

$N_y$  - khả năng chịu nén trường hợp lệch tâm phẳng khi tính toán theo phương y.  
Tính  $N_y$  theo giá trị đã biết của  $M_{y1}$ .

Khi đã có biểu đồ tương tác của tiết diện theo hai phương x và y thì việc xác định  $N_x$  và  $N_y$  là dễ dàng từ mỗi giá trị  $M_{1x}$  và  $M_{1y}$ .

+ Trường hợp 2: Trường hợp mô men lớn (lực nén bé)

Với một tiết diện cho trước, kiểm tra khả năng chịu lực khi lực nén là tương đối bé ( $N < 0,5R_b A_b$ ) mô men tương đối lớn thì cần kiểm tra theo điều kiện:

$$\psi = \left( \frac{N \eta e_{ox}}{M_{ox}^*} \right)^n + \left( \frac{N \eta e_{oy}}{M_{oy}^*} \right)^n \leq 1 \quad (5.21)$$

trong đó:  $M_{ox}^*$ ,  $M_{oy}^*$  là khả năng chịu mô men uốn được xác định theo trường hợp nén lệch tâm phẳng theo hai phương x và y ứng với lực nén N.

Khi đã có biểu đồ tương tác của nén lệch tâm phẳng theo hai phương x và y thì việc xác định  $M_x^*$  và  $M_y^*$  là dễ dàng từ giá trị N.

Số mũ n trong điều kiện trên là  $1 < n \leq 2$ . Tiêu chuẩn thiết kế của một số nước lấy n theo công thức thực nghiệm sau:

$$n = \left( \frac{N_0 + 5N}{N_0 + N} \right)^{0.5} \quad (5.22)$$

### Ví dụ 5.1

Vật liệu:

Sử dụng bê tông B30 có:

Cường độ chịu nén tính toán:  $R_b = 17 \text{ Mpa}$ .

Môđun đàn hồi:  $E_b = 32,5 \cdot 10^3 \text{ Mpa}$ .

Sử dụng thép CII có:

Cường độ chịu kéo tính toán:  $R_s = 280 \text{ Mpa}$ .

Môđun đàn hồi:  $E_s = 21 \cdot 10^4 \text{ Mpa}$ .

Hệ số  $\xi_R = 0,573$ ;  $\alpha_R = 0,409$

Tính toán cốt thép cột: Các cặp nội lực:

Cột	Cấp 1			Cấp 2			Cấp 3		
	N <sub>max</sub>	M <sub>x, tur</sub>	M <sub>y, tur</sub>	N <sub>tur</sub>	M <sub>x, max</sub>	M <sub>y, tur</sub>	N <sub>tur</sub>	M <sub>x, tur</sub>	M <sub>y, max</sub>
	-11798	-220,059	136,808	-10271,8	-239,509	116,327	-10437	27,936	169,828

Cấp nội lực 1:

Tiết diện cột: 750 × 750 mm

Chiều dài tính toán của cột: theo TCXDVN 356-2005

$$l_{ox} = l_{oy} = 0,7 \times l_c = 0,7 \times 4 = 2,8 \text{ m.}$$

Độ lệch tâm ngẫu nhiên:

$$e_{ax} = e_{ay} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{600} l_c \\ \frac{1}{30} h \end{array} \right\} = 0,75 / 30 = 0,025 \text{ m.}$$

Độ mảnh:  $\lambda_x = \lambda_y = \frac{l_{ox}}{i_x} = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{2800}{0,288 \times 750} = 12,96 < 28.$

Vậy bỏ qua uốn dọc theo hai phương.  $\lambda_{max} = 12,96$

Mômen tính toán:  $M_{x1} = M_x = 220,059 \text{ kNm}$

$$M_{y1} = M_y = 136,808 \text{ kNm}$$

Xét tỉ số:  $\frac{M_{x1}}{C_x} > \frac{M_{y1}}{C_y}$  nên tính theo phương X

$$h = b = C_x = C_y = 750 \text{ mm.}$$

Giả thiết lớp bê tông bảo vệ là  $a_0 = 50 \text{ mm}$ , chọn  $a = 70 \text{ mm}$ .

Vậy  $h_0 = 750 - 70 = 680 \text{ mm.}$

$$Z = 750 - 2 \times 70 = 610 \text{ mm.}$$

Ta có:  $M_1 = M_{x1} = 220,059 \text{ kNm.}$

$$M_2 = M_{y1} = 136,808 \text{ kNm.}$$

$$N = 11798 \text{ kN.}$$

Độ lệch tâm ngẫu nhiên  $e_a = e_{ax} + 0,2e_{ay} = 25 + 0,2 \times 25 = 30 \text{ mm.}$

Tiến hành tính toán theo trường hợp đặt cốt thép đối xứng:

$$x_1 = \frac{11798 \times 1000}{17 \times 750} = 0,92533 \text{ m} = 925,33 \text{ mm} > h_0 = 680 \text{ mm.}$$

$$m_0 = 0,4$$

$$M = 220,059 + 0,4 \times 136,808 = 274,78 \text{ kNm.}$$

$$e_1 = \frac{274,78}{11798} = 0,023 \text{ m} = 23 \text{ mm.}$$

Với kết cấu siêu tĩnh thì:

$$e_o = \max ( e_1; e_a ) = 30 \text{ mm.}$$

$$\varepsilon = \frac{e_o}{h_o} = \frac{30}{680} = 0,044 < 0,3.$$

Tính toán như trường hợp nén đúng tâm.

$$\gamma_e = \frac{1}{(0,5 - 0,044)(2 + 0,044)} = 1,073$$

$$\varphi = 1,028 - 0,0000288 \times 12,96^2 - 0,0016 \times 12,96 = 1,0024$$

$$\varphi_e = \varphi + \frac{(1 - \varphi)\varepsilon}{0,3} = 1,0021$$

$$A_{st} = \frac{1,073 \times 11798 / 1,0021 - 17 \times 10^3 \times 0,75 \times 0,75}{(280 - 17) \times 10^3} = 0,01168 \text{ m}^2 = 116,8 \text{ cm}^2$$

Chọn dùng  $24\phi 25 = 24 \times 4,909 = 117,8 \text{ cm}^2$ .

Hàm lượng cốt thép:

$$\mu = \frac{117,8}{75 \times 75} \times 100 = 2,09\%$$

Hàm lượng cốt thép tối thiểu:  $\mu_{\min} = 1\%$

Hàm lượng cốt thép tối đa:  $\mu_{\max} = 3\%$

Vậy đảm bảo hàm lượng cốt thép.

Tương tự tính với cặp nội lực 2 ta được  $A_{st} = 54,66 \text{ cm}^2$ ;  $\mu = 0,97\%$ .

Tương tự tính với cặp nội lực 3 ta được  $A_{st} = 61,39 \text{ cm}^2$ ;  $\mu = 1,09\%$ .

Chọn cốt thép lớn nhất theo cặp 1:  $A_{st} = 117,8 \text{ cm}^2$ ;  $\mu = 2,09\%$ .

Kiểm tra khả năng chịu lực:

Cặp nội lực 1 có:  $N_1 = -11798 \text{ kN}$ ;  $M_{x1} = -220,059 \text{ kNm}$ ;  $M_{y1} = 136,808 \text{ kNm}$

Cặp nội lực 2 có:  $N_2 = -10271,8 \text{ kN}$ ;  $M_{x2} = -239,509 \text{ kNm}$ ;  $M_{y2} = 116,327 \text{ kNm}$

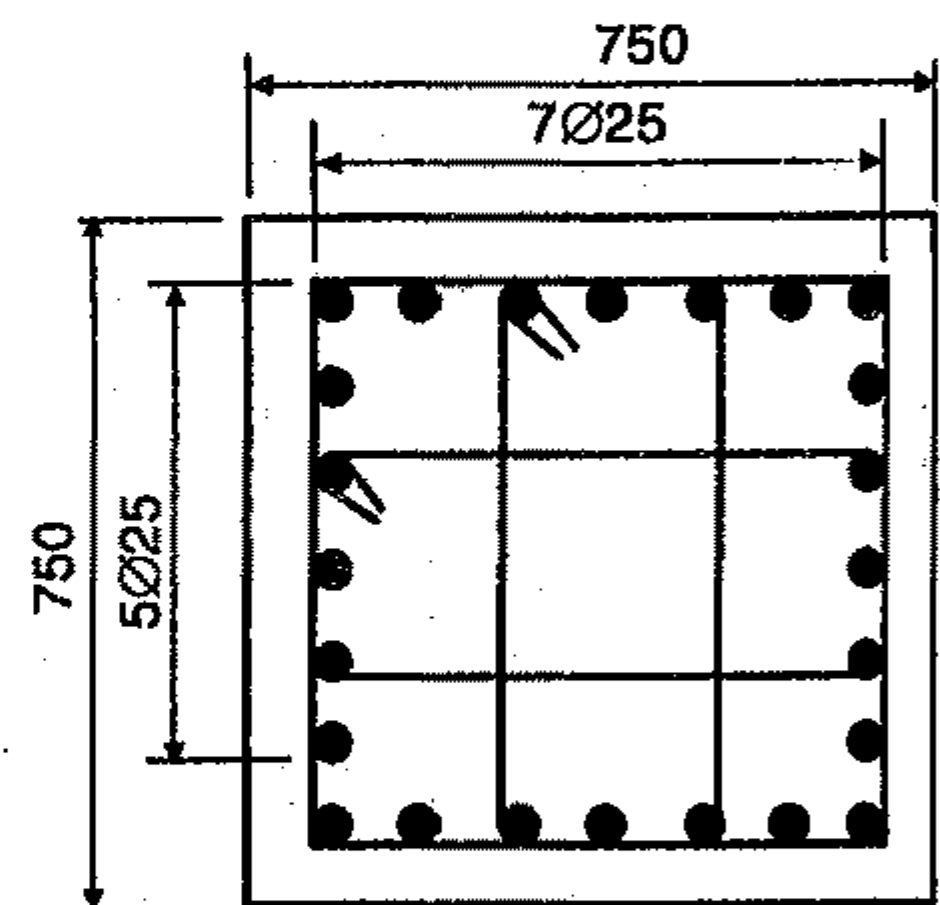
Cặp nội lực 3 có:  $N_3 = -10437 \text{ kN}$ ;  $M_{x3} = 27,936 \text{ kNm}$ ;  $M_{y3} = 169,828 \text{ kNm}$ .

Trường hợp tính toán:

$$0,5R_b C_x C_y = 0,5 \times 17 \times 750^2 = 4781,25 \text{ kN.}$$

$$\text{Min}(N_2, N_3) = 10271,8 \text{ kN} > 4781,25 \text{ kN}$$

Vậy kiểm tra theo trường hợp 1 - xem lực nén là khá lớn.



$$\frac{1}{N_{gh}} = \frac{1}{N_x} + \frac{1}{N_y} - \frac{1}{N_0}$$

Khả năng chịu nén đúng tâm:

$$N_0 = \varphi (R_b A_b + R_{sc} A_{st}) = 1,0024 \times (17 \times 750^2 + 280 \times 11780) = 12891,77 \text{ kN.}$$

Vậy khi vẽ biểu đồ tương tác, lấy giá trị N không quá 12891,77 kN, và chỉ lấy những giá trị N mang dấu dương.

- Tính giá trị  $N_x$  ứng với  $M_{x2} = -239,509 \text{ kNm}$  ( bỏ qua uốn dọc)

Lập biểu đồ tương tác theo phương X:

$$b = h = 750 \text{ mm}$$

lập bảng số liệu cốt thép:

Ký hiệu	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>
Diện tích (mm <sup>2</sup> )	3436,3	981,8	981,8	981,8	981,8	981,8	3436,3
y <sub>i</sub> (mm)	305	203	102	0	-102	-203	-305
h <sub>oi</sub> (mm)	680	578	476	374	272	170	70

Tính  $\sigma_i$  theo công thức: 
$$\sigma_i = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left( \frac{\omega}{\xi_i} - 1 \right)$$

trong đó:  $\sigma_{sc,u} = 400 \text{ Mpa}$

$$\omega = \alpha - 0,008R_b = 0,85 - 0,008 \times 17 = 0,714$$

Vậy 
$$\sigma_i = \frac{400}{1 - \frac{0,714}{1,1}} \left( \frac{0,714}{\xi_i} - 1 \right) = 1139,9 \left( \frac{0,714}{\xi_i} - 1 \right)$$

Đồng thời  $-R_{sc} \leq \sigma_i \leq R_s \rightarrow -280 \leq \sigma_i \leq 280$

Kết quả cho trong bảng sau:

x	A <sub>1</sub> h <sub>oi</sub> = 680	A <sub>2</sub> h <sub>oi</sub> = 578	A <sub>3</sub> h <sub>oi</sub> = 476	A <sub>4</sub> h <sub>oi</sub> = 374	A <sub>5</sub> h <sub>oi</sub> = 272	A <sub>6</sub> h <sub>oi</sub> = 170	A <sub>7</sub> h <sub>oi</sub> = 70
	$\xi_1$	$\xi_2$	$\xi_3$	$\xi_4$	$\xi_5$	$\xi_6$	$\xi_7$
	$\sigma_1$ (Mpa)	$\sigma_2$ (Mpa)	$\sigma_3$ (Mpa)	$\sigma_4$ (Mpa)	$\sigma_5$ (Mpa)	$\sigma_6$ (Mpa)	$\sigma_7$ (Mpa)
75	0,11	0,13	0,16	0,20	0,28	0,44	1,07
150	0,22	0,26	0,32	0,40	0,55	0,88	2,14
225	0,33	0,39	0,47	0,60	0,83	1,32	3,21
300	0,44	0,52	0,63	0,80	1,10	1,76	4,29
375	0,55	0,65	0,79	1,00	1,38	2,21	5,36
450	0,66	0,78	0,95	1,20	1,65	2,65	6,43
525	0,77	0,91	1,10	1,40	1,93	3,09	7,50
600	0,88	1,04	1,26	1,60	2,21	3,53	8,57
675	0,99	1,17	1,42	1,80	2,48	3,97	9,64
750	1,10	1,30	1,58	2,01	2,76	4,41	10,71

• Tính các cặp giá trị N, M\*, kết quả

x	$A_1 = 3436,3$ $h_{01} = 680$		$A_2 = 981,8$ $h_{02} = 578$		$A_3 = 981,8$ $h_{03} = 476$		$A_4 = 981,8$ $h_{04} = 374$		$A_5 = 981,8$ $h_{05} = 272$		$A_6 = 981,8$ $h_{06} = 170$		$A_7 = 3436,3$ $h_{07} = 70$	
	$\sigma_A$ N $10^3$	$\sigma_{Ay}$ Nmm $10^6$	$\sigma_A$ N $10^3$	$\sigma_{Ay}$ Nmm $10^6$	$\sigma_A$ N $10^3$	$\sigma_{Ay}$ Nmm $10^6$	$\sigma_A$ N $10^3$	$\sigma_{Ay}$ Nmm $10^6$	$\sigma_A$ N $10^3$	$\sigma_{Ay}$ Nmm $10^6$	$\sigma_A$ N $10^3$	$\sigma_{Ay}$ Nmm $10^6$	$\sigma_A$ N $10^3$	$\sigma_{Ay}$ Nmm $10^6$
75	962	293	275	56	275	28	275	0	275	-28	275	-56	-962	293
150	962	293	275	56	275	28	275	0	275	-28	-214	43	-962	293
225	962	293	275	56	275	28	209	0	-153	16	-275	56	-962	293
300	962	293	275	56	149	15	-123	0	-275	28	-275	56	-962	293
375	962	293	112	23	-105	-11	-275	0	-275	28	-275	56	-962	293
450	309	94	-93	-19	-274	-28	-275	0	-275	28	-275	56	-962	293
525	-295	-90	-239	-49	-275	-28	-275	0	-275	28	-275	56	-962	293
600	-747	-228	-275	-56	-275	-28	-275	0	-275	28	-275	56	-962	293
675	-1100	-335	-275	-56	-275	-28	-275	0	-275	28	-275	56	-962	293
750	-962	-293	-275	-56	-275	-28	-275	0	-275	28	-275	56	-962	293

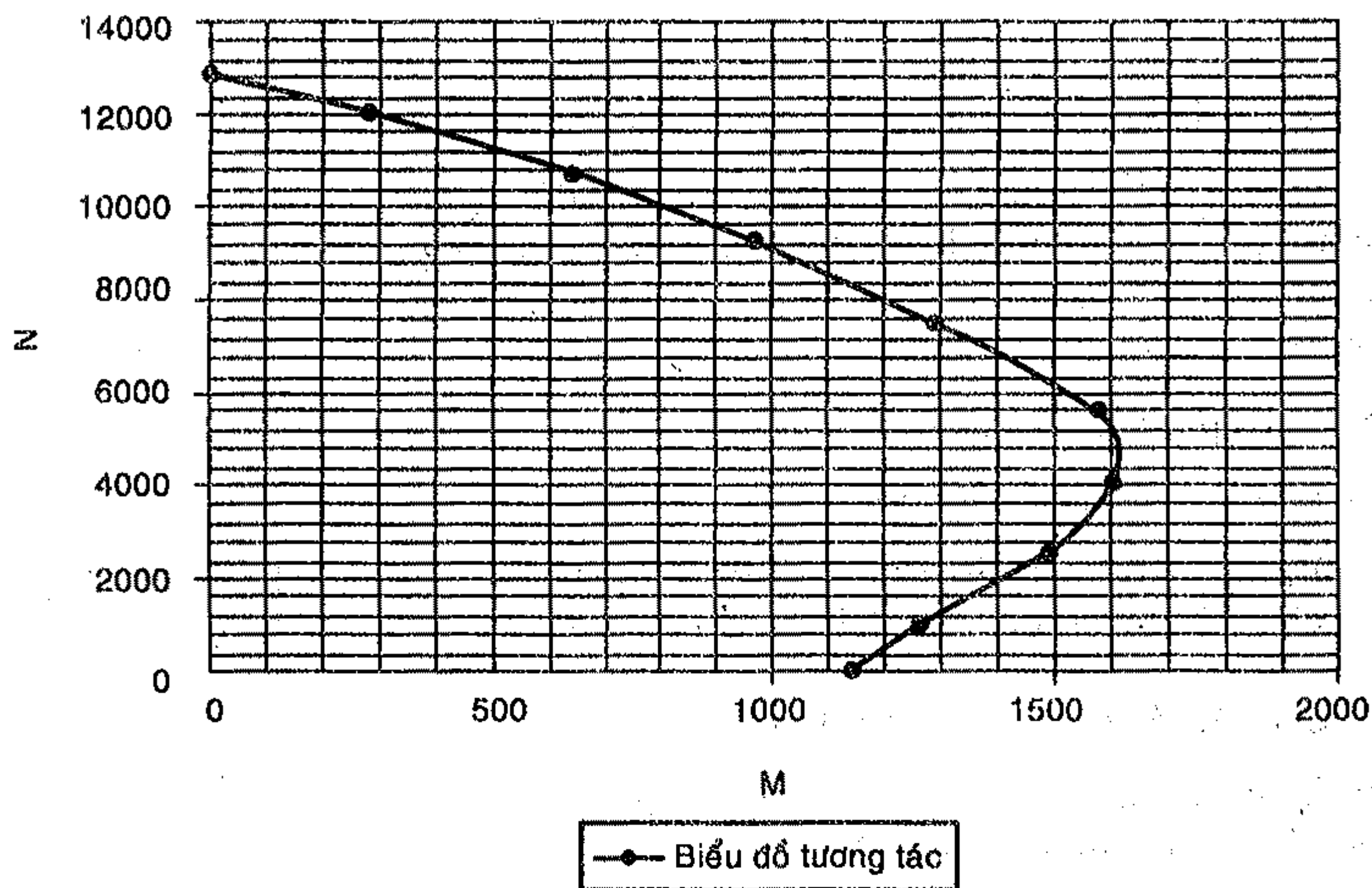
x	$R_b b x \cdot 10^3 (N)$	$\sum \sigma_A \cdot 10^3 (N)$	$N \cdot 10^3 (N)$	$0,5 R_b b x (h-x) \cdot 10^6 (Nmm)$	$\sum \sigma_{Ay} \cdot 10^6 (Nmm)$	$M^* \cdot 10^6 (Nmm)$
75	956	1374,52	-418,27	322,73	586,92	909,65
150	1913	886,08	1026,42	573,75	686,07	1259,82
225	2869	330,83	2537,92	753,05	742,19	1495,24
300	3825	-249,16	4074,16	860,63	741,74	1602,37
375	4781	-817,08	5598,33	896,48	682,91	1579,39
450	5738	-1844,39	7581,89	860,63	424,83	1285,46
525	6694	-2595,75	9289,50	753,05	210,82	963,87
600	7650	-3084,05	10734,05	573,75	65,51	639,26
675	8606	-3436,24	12042,49	322,73	-41,90	280,83
750	9563	-3298,85	12861,35	0	0	0

N(kN)	0	1026,4	2537,9	4074,2	5598,3	7581,9	9289,5	10734,05	12042,5	12861,4
M*(kNm)	1135	1259,82	1495,24	1602,37	1579,39	1285,46	963,87	639,26	280,83	0

Tiến hành vẽ biểu đồ, nội suy gần đúng theo phương trình đường thẳng ta có

$$M^* = 1135 \text{ kNm ứng với } N = 0 \text{ kN.}$$





Hình 5.7 Biểu đồ tương tác

Từ  $M^* = M_{x1} = 220,059 \text{ kNm}$ , dựa trên biểu đồ tương tác xác định:  $N_x = 12219,69 \text{ kN}$ .

Từ  $M^* = M_{x2} = 239,509 \text{ kNm}$ , dựa trên biểu đồ tương tác xác định:  $N_x = 12162,98 \text{ kN}$ .

Từ  $M^* = M_{x3} = 27,936 \text{ kNm}$ , dựa trên biểu đồ tương tác xác định:  $N_x = 12780 \text{ kN}$ .

Tính giá trị  $N_y$  ứng với  $M_{y2} = 116,327 \text{ kNm}$  (bỏ qua uốn dọc)

Tương tự ta thiết lập biểu đồ tương tác theo phương Y, các cặp giá trị giống như phương X (phân bố thép đều  $s_x = s_y, C_x = C_y$ ).

Từ  $M^* = M_{y1} = 136,808 \text{ kNm}$ , dựa vào biểu đồ tương tác có:  $N_y = 12462,44 \text{ kN}$ .

Từ  $M^* = M_{y2} = 116,327 \text{ kNm}$ , dựa vào biểu đồ tương tác có:  $N_y = 12522,16 \text{ kN}$ .

Từ  $M^* = M_{y3} = 169,828 \text{ kNm}$ , dựa vào biểu đồ tương tác có:  $N_y = 12366,16 \text{ kN}$ .

Tính  $N_{gh}$ :

Đối với cặp 1: 
$$\frac{1}{N_{gh}} = \frac{1}{12219,69} + \frac{1}{12462,44} + \frac{1}{12861,35}$$

Tính được  $N_{gh} = 11859,032 \text{ kN}$ : Vậy  $N_1 < N_{gh}$ : đảm bảo KNCL cho cặp 1.

Đối với cặp 2: 
$$\frac{1}{N_{gh}} = \frac{1}{12162,98} + \frac{1}{12522,16} + \frac{1}{12861,35}$$

Tính được  $N_{gh} = 11859,2 \text{ kN}$ : Vậy  $N_2 < N_{gh}$ : đảm bảo KNCL cho cặp 2.

Đối với cặp 3: 
$$\frac{1}{N_{gh}} = \frac{1}{12780} + \frac{1}{12366,16} + \frac{1}{12861,35}$$

Tính được  $N_{gh} = 12290 \text{ kN}$ : Vậy  $N_3 < N_{gh}$  đảm bảo KNCL cho cặp 3.

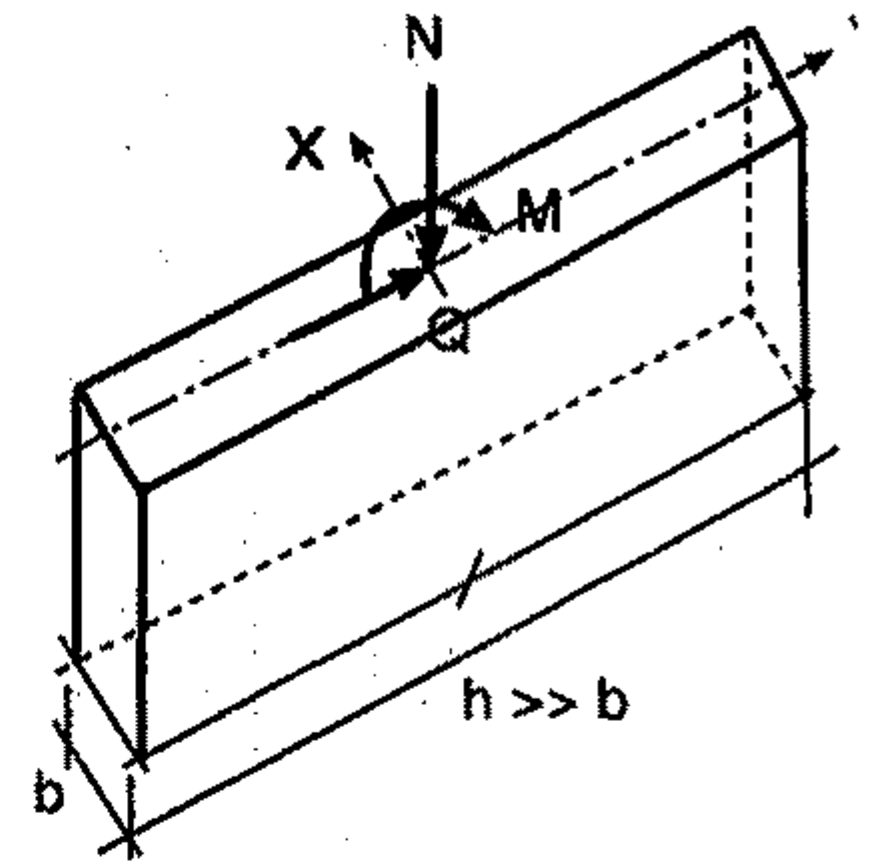
## 5.5 VÁCH CỨNG [12]

Vách cứng có tiết diện ngang  $h \gg 4b$ , do đó không dùng được các phương pháp tính cốt thép của cột  $h \leq 4b$  chịu nén lệch tâm. Hiện nay có thể tính cốt thép trong vách cứng theo các phương pháp sau:

Phương pháp ứng suất đàn hồi.

Phương pháp giả thiết vùng biên chịu mômen

Phương pháp tính cốt thép gần đúng, sơ bộ bố trí cốt thép theo Hình 5.10 sau đó kiểm tra lại khả năng chịu lực.

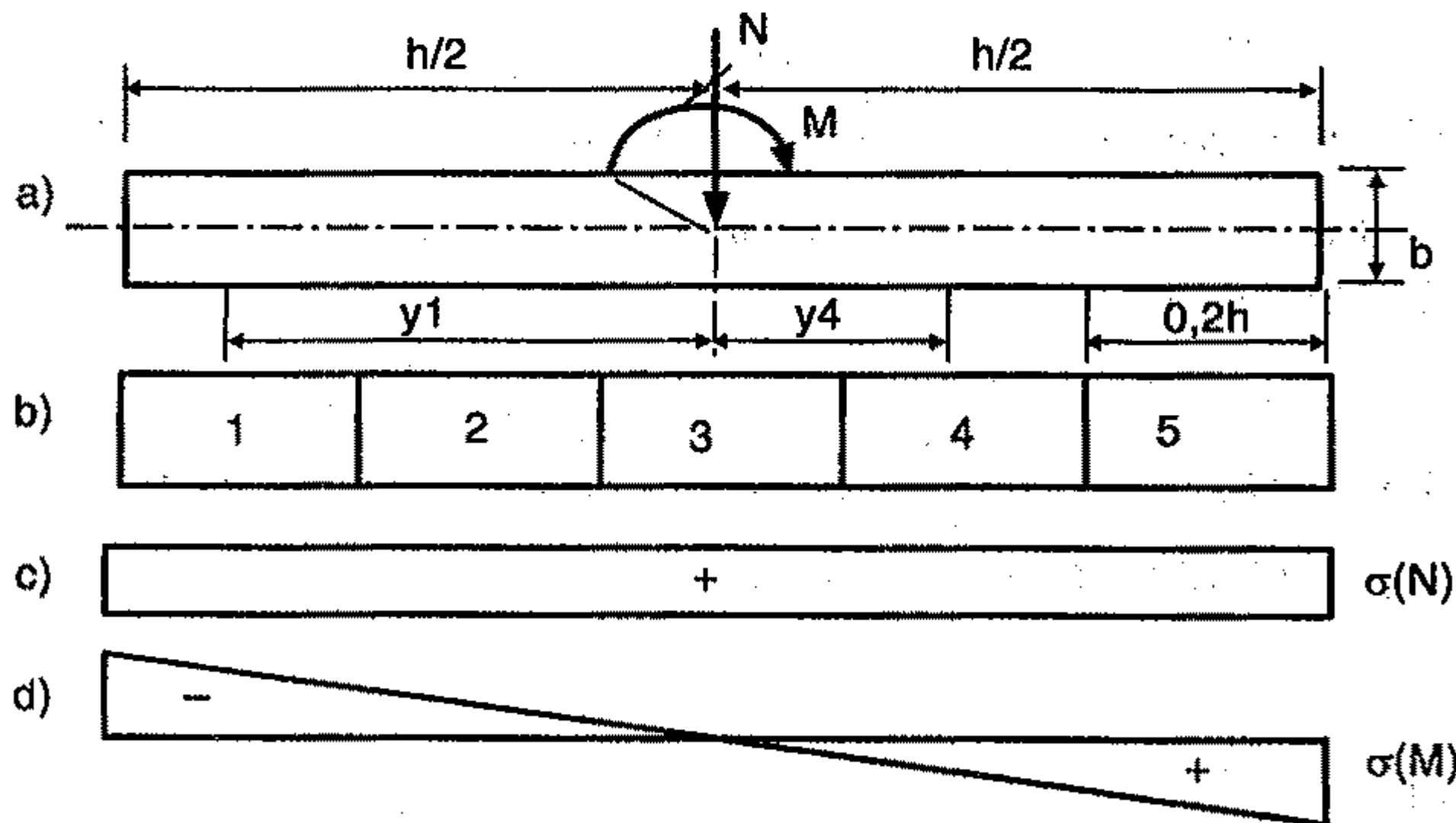


### 5.5.1 Phương pháp ứng suất đàn hồi [12]:

- Mô hình tính toán: phương pháp này chia vách thành những phần tử nhỏ, xem mỗi phần tử như cấu kiện chịu nén (kéo) đúng tâm

- Giả thiết cơ bản:

- Vật liệu làm việc ở giai đoạn đàn hồi
- Ứng lực kéo do cốt thép chịu
- Ứng lực nén do cả bê tông và cốt thép chịu.



**Hình 5.8** a) Sơ đồ lực tác dụng; b) Phân chia vùng trên tiết diện  
c) Ứng suất do lực dọc  $N$ ; d) Ứng suất do momen  $M$

Chia vách thành năm vùng bằng nhau, tiết diện mỗi vùng:  $b \times 0,2h$

Ứng suất trung bình (kéo, nén) của mỗi vùng là:

$$\sigma_i = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{I} y_i \quad (5.23)$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (5.24)$$

Lực kéo (nén) vùng thứ  $i$ :

$$N_i = 0,2bh\sigma_i \quad (5.25)$$

Cốt thép từng vùng tính như cấu kiện chịu kéo (nén) đúng tâm.

Nếu  $N_i > 0$  thì (nén), diện tích cốt thép tính theo:

$$A_{si} = (N_i / \varphi - \lambda_b R_b 0,2bh) / R_s \quad (5.26)$$

Nếu  $N_i < 0$  thì (kéo), diện tích cốt thép tính theo:

$$A_{si} = N_i / R_s \quad (5.27)$$

### 5.5.2 Phương pháp giả thiết vùng biên chịu mômen [12]

• Mô hình tính toán: phương pháp này cho rằng cốt thép đặt trong vùng biên ở hai đầu vách chịu toàn bộ mômen, lực dọc giả thiết là phân bố đều trên toàn bộ chiều dài vách

• Giả thiết cơ bản:

+ Vật liệu làm việc ở giai đoạn đàn hồi

+ Ứng lực kéo do cốt thép chịu

+ Ứng lực nén do cả BT và CT chịu

- Giả thiết chiều dài vùng biên  $B$  chịu mômen  $B = 0,2L$

- Xác định lực kéo, nén trong vùng biên

$$P_{L,R} = \frac{N}{A} A_b \pm \frac{M}{(L - B)} \quad (5.28)$$

trong đó:  $A_b$  - diện tích vùng biên,  $A_b = B.b$

$A = bL$  - diện tích mặt cắt vách

Tính cốt thép chịu kéo, nén, xem mỗi đoạn vách như cấu kiện nén hoặc kéo đúng tâm.

Kiểm tra hàm lượng cốt thép. Nếu không thỏa mãn thì tăng kích thước  $B$  lên rồi tính lại. Kiểm tra phần vách còn lại giữa hai vùng biên như cấu kiện chịu nén đúng tâm. Trường hợp bê tông đã đủ khả năng chịu lực thì cốt thép trong vùng này được đặt theo cấu tạo.

#### Ví dụ 5.2 Tính cốt thép cho vách

+ Tính toán cốt thép dọc với cặp nội lực:

Tiết diện:  $300 \times 2800$

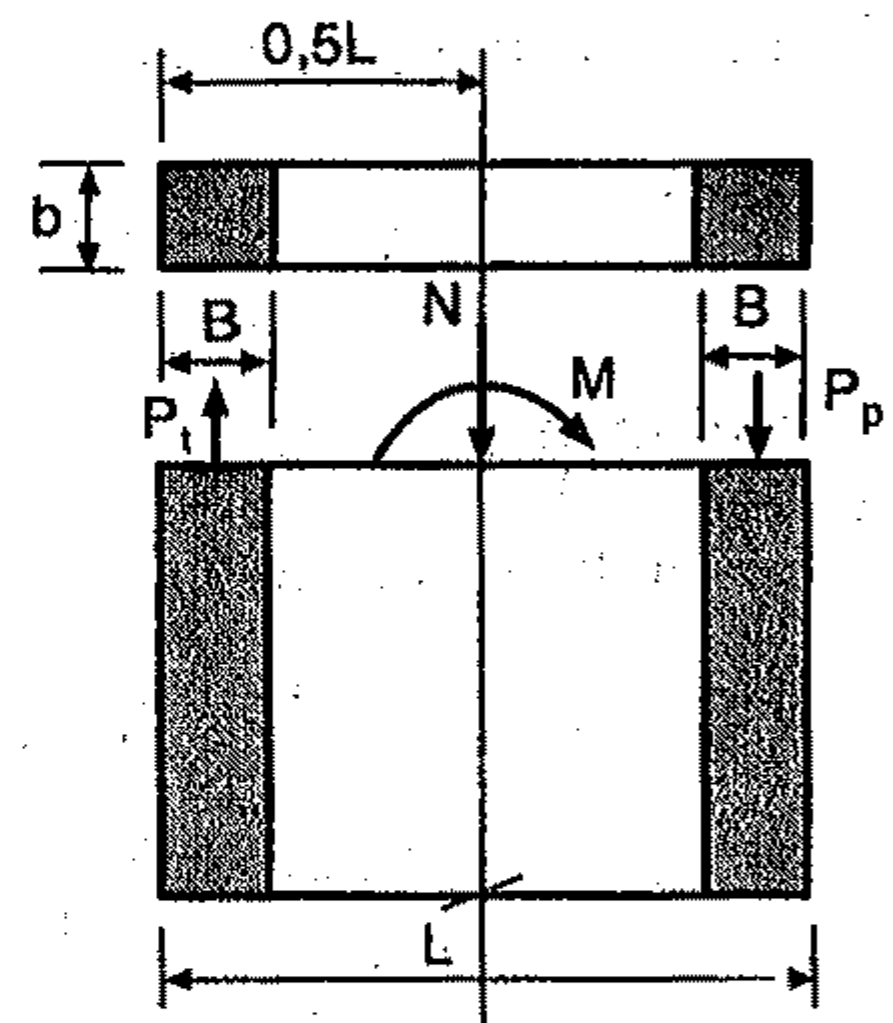
Nội lực:  $N = 1598,2\text{kN}$ ;  $M = 4217,3\text{kNm}$ .

Độ mảnh trong mặt phẳng uốn  $\lambda = \frac{L_0}{0,288h}$

trong đó:  $L_0$  - chiều dài tính toán của cấu kiện

$$L_0 = 0,7h_{tầng} = 0,7 \times 3,2 = 2,24 \text{ m}$$

$L$  - chiều dài vách;  $L = 2,8\text{m}$



Hình 5.9

Vậy  $l = \frac{2,24}{0,288 \times 2,8} = 2,78 < 28$ , bỏ qua ảnh hưởng của độ cong

lấy  $\varphi = 1$

Chọn chiều dài vùng biên  $B = 0,2L = 0,2 \times 2,8 = 0,56$  m.

Lực kéo hoặc nén ở hai đầu vùng biên:

$$P_{n,k} = \frac{N}{A} A_b \pm \frac{M}{(L-B)}$$

$$P_{n,k} = \frac{1598,2 \times 0,56 \times 0,3}{2,8 \times 0,3} \pm \frac{4217,3}{(2,8 - 0,56)} = \begin{cases} 2202,3 \text{ kN} \\ -1563,1 \text{ kN} \end{cases}$$

Lực nén đúng tâm của đoạn vách ở giữa

$$P_{\text{giua}} = \frac{N}{A} (A - 2A_b) = \frac{1563 \times (2,8 \times 0,3 - 2 \times 0,3 \times 0,56)}{2,8 \times 0,3} = 958,9 \text{ kN}$$

Cốt thép ở các vùng:

Vùng biên chịu nén:

$$A'_{s,\text{tot}} = \frac{\frac{P_n}{\varphi} - R_b A_b}{R_{sc}} = \frac{\frac{220230}{0,967} - 145 \times 0,3 \times 0,56}{3600} = 63,26 \text{ cm}^2$$

Vùng biên chịu kéo:

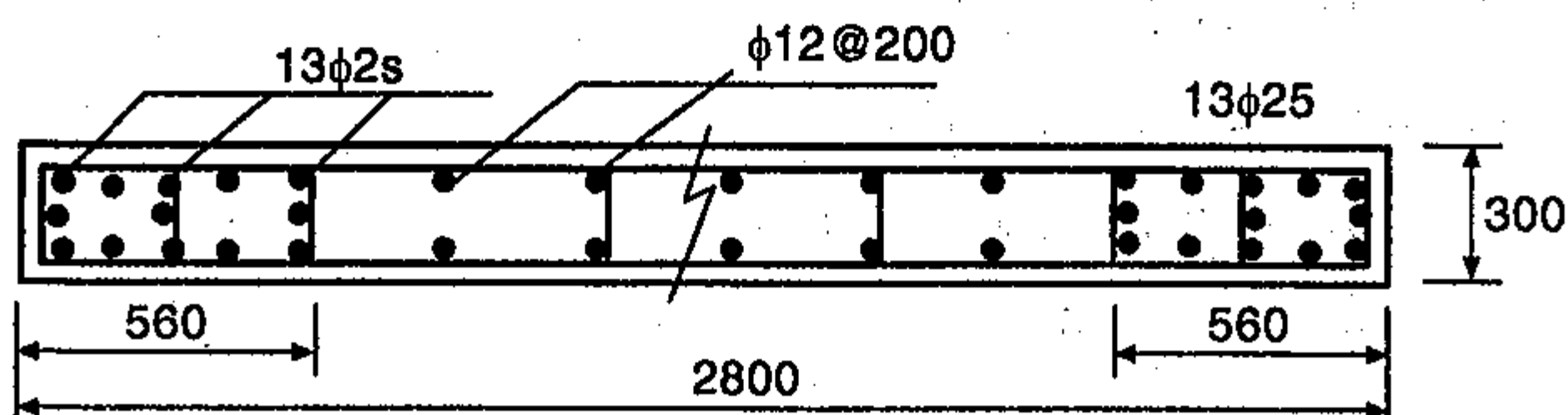
$$A_{s,\text{tot}} = \frac{P_k}{R_s} = \frac{156310}{3600} = 43,42 \text{ cm}^2$$

Chọn  $13\phi 25$  ( $63,81 \text{ cm}^2$ ) (để bố trí cho cả 2 biên vì mômen có thể đổi chiều).

Vùng giữa:

$$A'_{s,\text{tot}} = \frac{\frac{P_n}{\varphi} - R_b A_b}{R_{sc}} = \frac{\frac{95890}{1} - 145 \times 510}{3600} = 6,1 \text{ cm}^2$$

Cốt thép đặt theo cấu tạo  $d12@200$

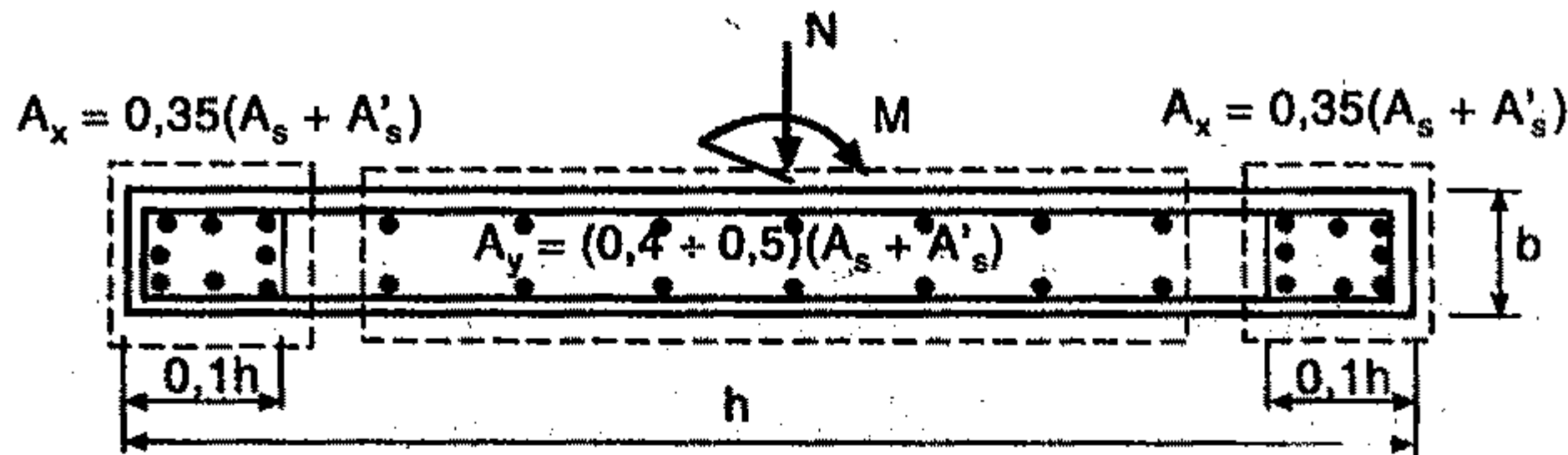


**5.5.3 Phương pháp kiểm tra khả năng chịu lực cho vách cứng**

1) Tính và bố trí cốt thép sơ bộ cho vách cứng

Tính cốt thép như cấu kiện chịu nén lệch tâm phẳng, có tiết diện  $b \times h$ , chịu tác dụng của  $N, M$ . Tính được  $A_s; A'_s$ .

2) Chọn và bố trí cốt thép trên tiết diện theo tỷ lệ sau:



**Hình 5.10** Phân bố cốt thép trong vách cứng

3) Kiểm tra khả năng chịu lực cho vách cứng.

Tính các hệ số:

$$n = \frac{N}{R_b b h} \quad (5.29); \quad \alpha_x = \frac{R_s A_x}{R_b b h_0} \quad (5.30); \quad \alpha_y = \frac{R_s A_y}{R_b b h_0} \quad (5.31)$$

$$\delta = \frac{a_1}{h} = 0,05 \quad (5.32); \quad \lambda = \frac{1}{2} - \delta \quad (5.33); \quad \alpha_1 = \frac{n\lambda + \alpha_y}{\lambda + 2\alpha_y} \quad (5.34)$$

+ Nếu  $\alpha_1 \leq 2\delta$  thì kiểm tra khả năng chịu lực theo:

$$N e_0 \eta \leq R_b b h^2 [2\lambda(\alpha_x - \alpha_y) + n\lambda] \quad (5.35)$$

+ Nếu  $\alpha_1 > 2\delta$  và  $\alpha_1 < \alpha_{gh}$  thì kiểm tra khả năng chịu lực theo:

$$N e_0 \eta \leq R_b b h^2 \left[ \frac{\alpha_1}{2} (1 - \alpha_1) + \frac{\alpha_y}{\lambda} (\alpha_1 - \delta)(1 - \alpha_1 - \delta) + 2\alpha_x \lambda \right] \quad (5.36)$$

trong đó  $\alpha_{gh}$  phụ thuộc vào  $\delta$

Bảng 5.2 Giá trị  $\alpha_{gh}$ .

$\delta$	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16
$\alpha_{gh}$	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,46

+ Nếu  $\alpha_1 > \alpha_{gh}$ , tính  $n_1 = \alpha_{gh} + \frac{\alpha_y}{\lambda} (\alpha_{gh} - \delta)$ ;  $m_1 = 0,125 + 0,5\lambda\alpha_y + \lambda\alpha_x$  (5.37)

- Khi  $\frac{e_0 \eta}{h} > \frac{m_1}{n_1}$ ; tính  $c_1 = \frac{1}{2}(\alpha_0 - \delta)$  (5.38), thì kiểm tra khả năng chịu lực theo:

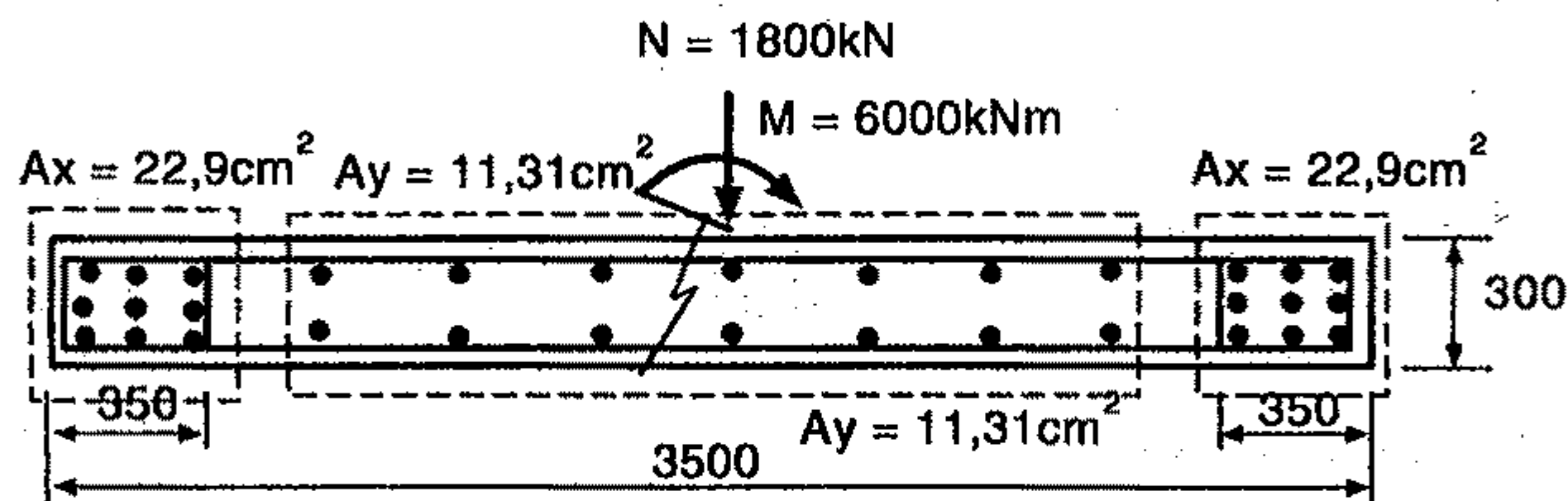
$$N e_0 \eta \leq R_b b h^2 [m_1 + c_1(n_1 - n)] \quad (5.39)$$

$$\text{- Khi } \frac{e_0 \eta}{h} \leq \frac{m_1}{n_1}; \text{ tính } n_2 = 0.8 + 2(\alpha_y + \alpha_1) \quad (5.40)$$

và  $c_2 = \frac{m_1}{n_2 - n_1}$  (5.58), thì kiểm tra khả năng chịu lực theo:

$$Ne_0 \eta \leq R_b b h^2 (n_2 - n) c_2 \quad (5.41)$$

**Ví dụ 5.3** Hãy kiểm tra khả năng chịu lực cho vách cứng có kích thước tiết diện, cốt thép sơ bộ được bố trí như hình sau, cho biết: tiết diện ngang vách  $b = 0,3\text{m}$ ,  $h = 3,5\text{m}$ , chiều cao vách  $H = 3\text{m}$ . Bê tông cấp độ bền B: 25,  $R_b = 11,5\text{Mpa}$ . Cốt thép được bố trí:  $A_x = 9\text{dl}8(22,905\text{cm}^2)$ ;  $A_y = 10\text{dl}2(11,31\text{cm}^2)$ ; có  $R_s = 365\text{Mpa}$ .



**Giải**

Tính các hệ số:

$$n = \frac{N}{R_b b h} = \frac{180000}{115 \times 30 \times 350} = 0,149; \quad \alpha_x = \frac{R_s A_x}{R_b b h} = \frac{36500 \times 22,905}{115 \times 30 \times 350} = 0,069;$$

$$\alpha_y = \frac{R_s A_y}{R_b b h} = \frac{36500 \times 11,31}{115 \times 30 \times 350} = 0,034; \quad \delta = \frac{a_1}{h} = \frac{17,5}{350} = 0,05; \quad \lambda = 0,5 - \delta = 0,45;$$

$$\alpha_1 = \frac{n\lambda + \alpha_y}{\lambda + 2\alpha_y} = \frac{0,149 \times 0,45 + 0,034}{0,45 + 2 \times 0,034} = 0,195$$

Hệ số uốn dọc:  $\lambda = \frac{0,7 \times H}{h} = \frac{0,7 \times 3,3}{3,5} = 0,66 < 8$ , bỏ qua hiện tượng uốn dọc, lấy  $\eta = 1$

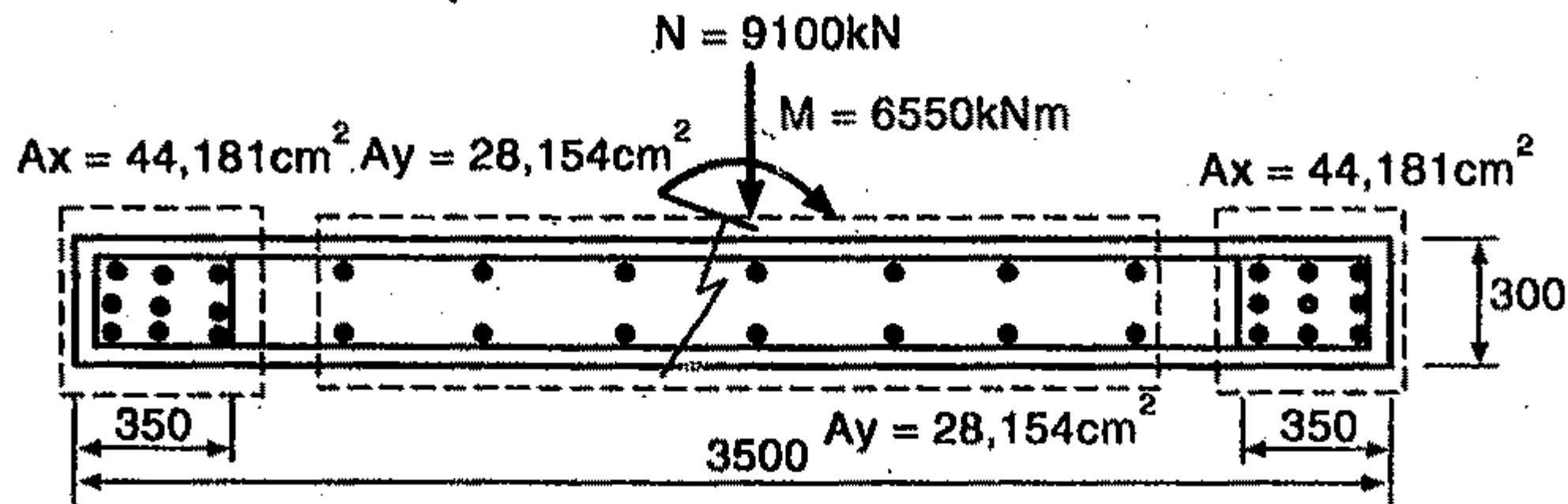
Do  $\alpha_1 \leq 2\delta$  thì kiểm tra khả năng chịu lực theo:

$$Ne_0 \eta \leq R_b b h^2 [2\lambda(\alpha_x - \alpha_y) + n\lambda]$$

$$6 \times 10^7 < 6,769 \times 10^7$$

Kết luận: bố trí cốt thép trong vách đạt yêu cầu, vách đủ khả năng chịu lực.

**Ví dụ 5.4** Hãy kiểm tra khả năng chịu lực cho vách cứng có kích thước tiết diện, cốt thép sơ bộ được bố trí như hình sau, cho biết: tiết diện ngang vách  $b = 0,3\text{m}$ ,  $h = 3,5\text{m}$ , chiều cao vách  $H = 3\text{m}$ . Bê tông cấp độ bền B: 25,  $R_b = 11,5\text{Mpa}$ . Cốt thép được bố trí:  $A_x = 9\text{d}25(44,181\text{cm}^2)$ ;  $A_y = 14\text{d}16(28,154\text{cm}^2)$ ; có  $R_s = 365\text{Mpa}$ .



**Giải**

Tính các hệ số:

$$n = \frac{N}{R_b b h} = \frac{910000}{115 \times 30 \times 350} = 0,754; \quad \alpha_x = \frac{R_s A_x}{R_b b h} = \frac{36500 \times 44,181}{115 \times 30 \times 350} = 0,134;$$

$$\alpha_y = \frac{R_s A_y}{R_b b h} = \frac{36500 \times 28,154}{115 \times 30 \times 350} = 0,084; \quad \delta = \frac{a_1}{h} = \frac{17,5}{350} = 0,05; \quad \lambda = 0,5 - \delta = 0,45;$$

$$\alpha_1 = \frac{n\lambda + \alpha_y}{\lambda + 2\alpha_y} = \frac{0,754 \times 0,45 + 0,084}{0,45 + 2 \times 0,084} = 0,684$$

Hệ số uốn dọc:  $\lambda = \frac{0,7 \times H}{h} = \frac{0,7 \times 3,3}{3,5} = 0,66 < 8$ , bỏ qua hiện tượng uốn dọc, lấy  $\eta = 1$

do  $\alpha_1 = 0,684 > \alpha_{gh} = 0,525$

$$n_1 = \alpha_{gh} + \frac{\alpha_y}{\lambda} (\alpha_{gh} - \delta) = 0,525 + \frac{0,084}{0,45} (0,525 - 0,05) = 0,615;$$

$$m_1 = 0,125 + 0,5\lambda\alpha_y + \lambda\alpha_x = 0,125 + 0,5 \times 0,45 \times 0,084 \times 0,134 = 0,204$$

Do  $\frac{e_0 \eta}{h} = 0,206 \leq \frac{m_1}{n_1} = 0,332$

tính  $n_2 = 0,8 + 2(\alpha_y + \alpha_1) = 0,8 + 2(0,084 + 0,134) = 1,237$

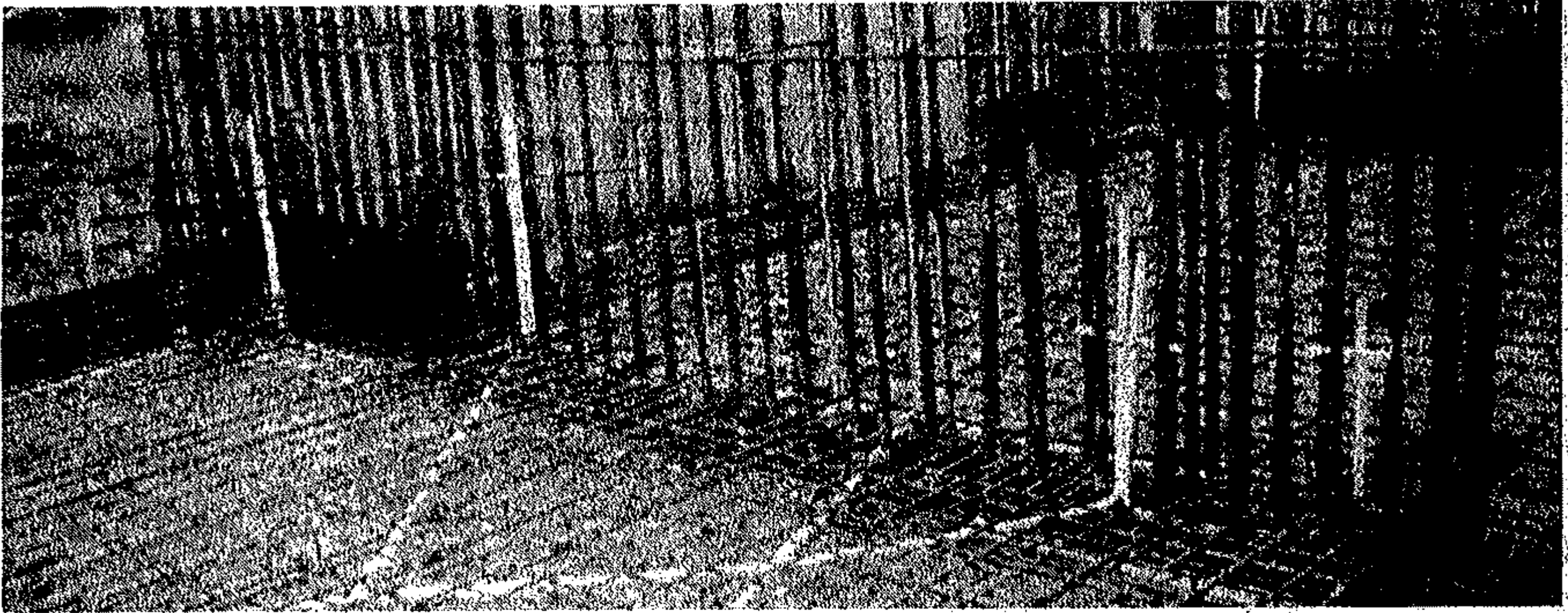
và  $c_2 = \frac{m_1}{n_2 - n_1} = \frac{0,204}{1,237 - 0,615} = 0,328$

Kiểm tra khả năng chịu lực theo:

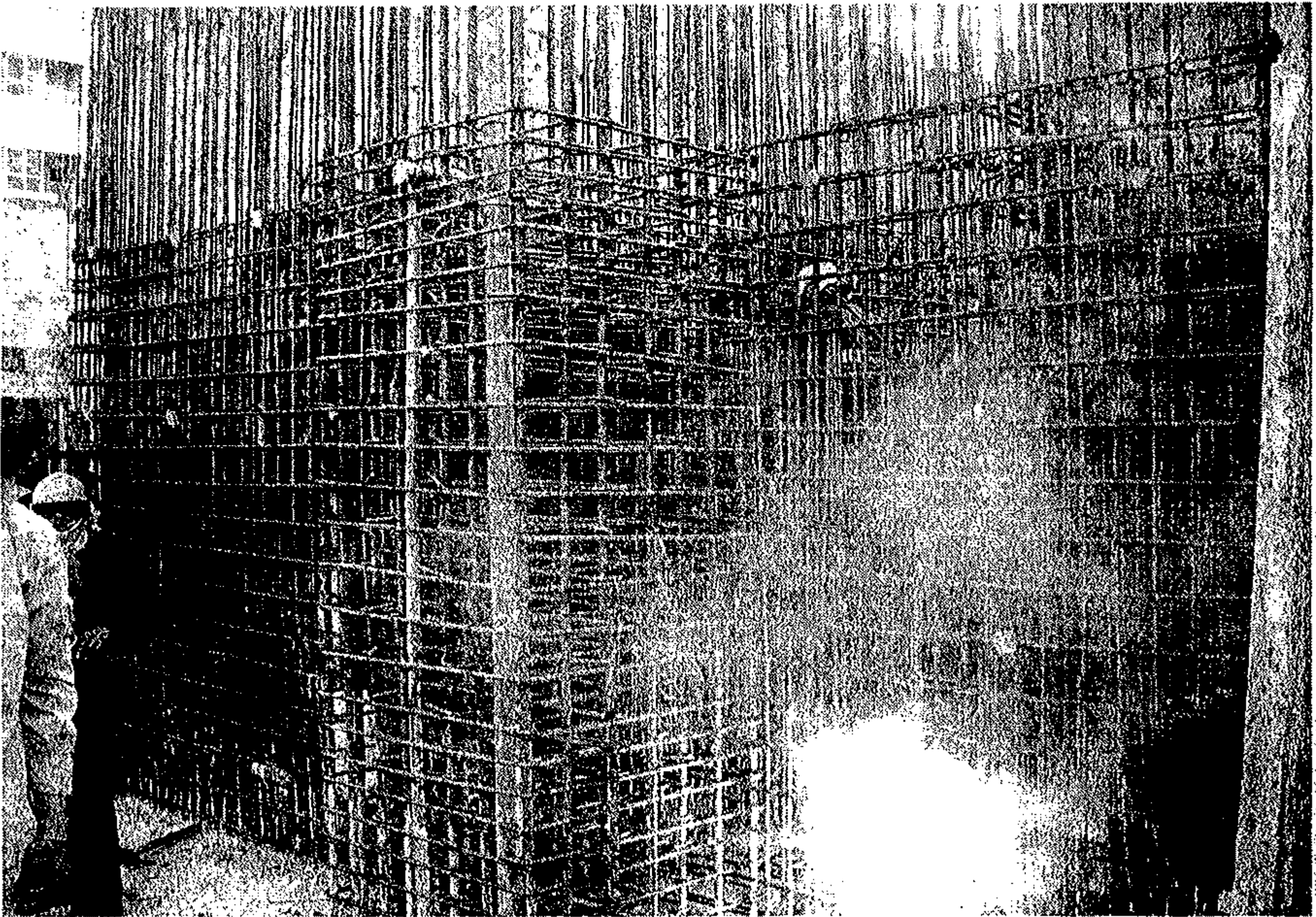
$$N e_0 \eta \leq R_b b h^2 (n_2 - n) c_2$$

$$6,55 \times 10^7 < 115 \times 30 \times 350^2 [0,328(1,237 - 0,754)] = 6,707 \times 10^7$$

**Kết luận:** bố trí cốt thép trong vách đạt yêu cầu, vách đủ khả năng chịu lực.



*Hình 5.11 Cốt thép vách cứng*



*Hình 5.12 Cốt thép lõi cứng*





*Hình 5.13 Cốt thép lõi thang máy*

## KIỂM TRA ỔN ĐỊNH TỔNG THỂ NHÀ CAO TẦNG

### 6.1 CÁC GIẢ THIẾT TÍNH TOÁN

Khi ngôi nhà bị uốn, dưới tác động của tải trọng thẳng đứng, nội lực và biến dạng sẽ tăng lên. Nếu trọng lượng nhà lớn và độ cứng của nhà không đủ thì biến dạng sẽ tăng nhanh và dẫn đến mất ổn định tổng thể. Trọng lượng có thể gây ra mất ổn định tổng thể ngôi nhà gọi là trọng lượng cực hạn ( $G_{kp}$ ).

Để xác định trọng lượng cực hạn của nhà, dựa vào các giả thiết sau:

- Mô hình tính toán nhà là một thanh conson ngàm vào móng
- Độ cứng không thay đổi theo chiều cao
- Trọng khối nhà phân bố đều theo thể tích ngôi nhà
- Biến dạng của các sàn trong mặt phẳng nằm ngang không đáng kể và có thể bỏ qua.

### 6.2 TRỌNG LƯỢNG CỰC HẠN CỦA NGÔI NHÀ [9], [10]

Đối với công trình bằng BTCT, trọng lượng cực hạn của ngôi nhà xác định theo:

$$\begin{aligned} G_x &= \frac{2,3E_b J_x}{H_0^2} \\ G_y &= \frac{2,3E_b J_y}{H_0^2} \\ G_\omega &= \frac{2,3E_b J_\omega}{\gamma H_0^2} \end{aligned} \quad (6.1)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} J_x &= \sum J_{xi}; J_y = \sum J_{yi}; J_{xy} = \sum J_{xyi} \\ J_\omega &= \sum J_{xi}(a_i - a_0)^2 + \sum J_{yi}(b_i - b_0)^2 - 2\sum J_{xyi}(a_i - a_0)(b_i - b_0) + \sum J_{oi} \end{aligned} \quad (6.2)$$

$E_b$  - mô đun biến dạng dạng ban đầu của bê tông

$H_0$  - chiều cao nhà (phần trên mặt đất).

Thông số  $\gamma$  phụ thuộc vào vị trí tâm uốn và các yếu tố mặt bằng nhà nên gọi là đặc trưng mặt bằng nhà.

Nếu nhà chỉ có một lõi cứng và cho môđun trượt:  $G = 0,4 E_b$  thì:

$$G_{\omega} = \frac{0,4 E_b J_{xoan}}{\gamma} \quad (6.3)$$

Trọng lượng cực hạn của công trình phụ thuộc nhiều vào vị trí trọng tâm nhà và vị trí tâm uốn của nhà.

- Nếu các tâm này trùng nhau thì trọng lượng cực hạn của nhà lấy bằng:

$$G_{kp} = \min \begin{cases} G_x \\ G_y \\ G_{\omega} \end{cases} \quad (6.4)$$

- Nếu các tâm này không trùng nhau thì nhà sẽ mất ổn định theo dạng uốn xoắn.

Trọng lượng cực hạn của nhà  $G_{kp}$  cho dạng mất ổn định theo uốn - xoắn: phụ thuộc vào khoảng cách từ tâm uốn đến trọng tâm nhà:

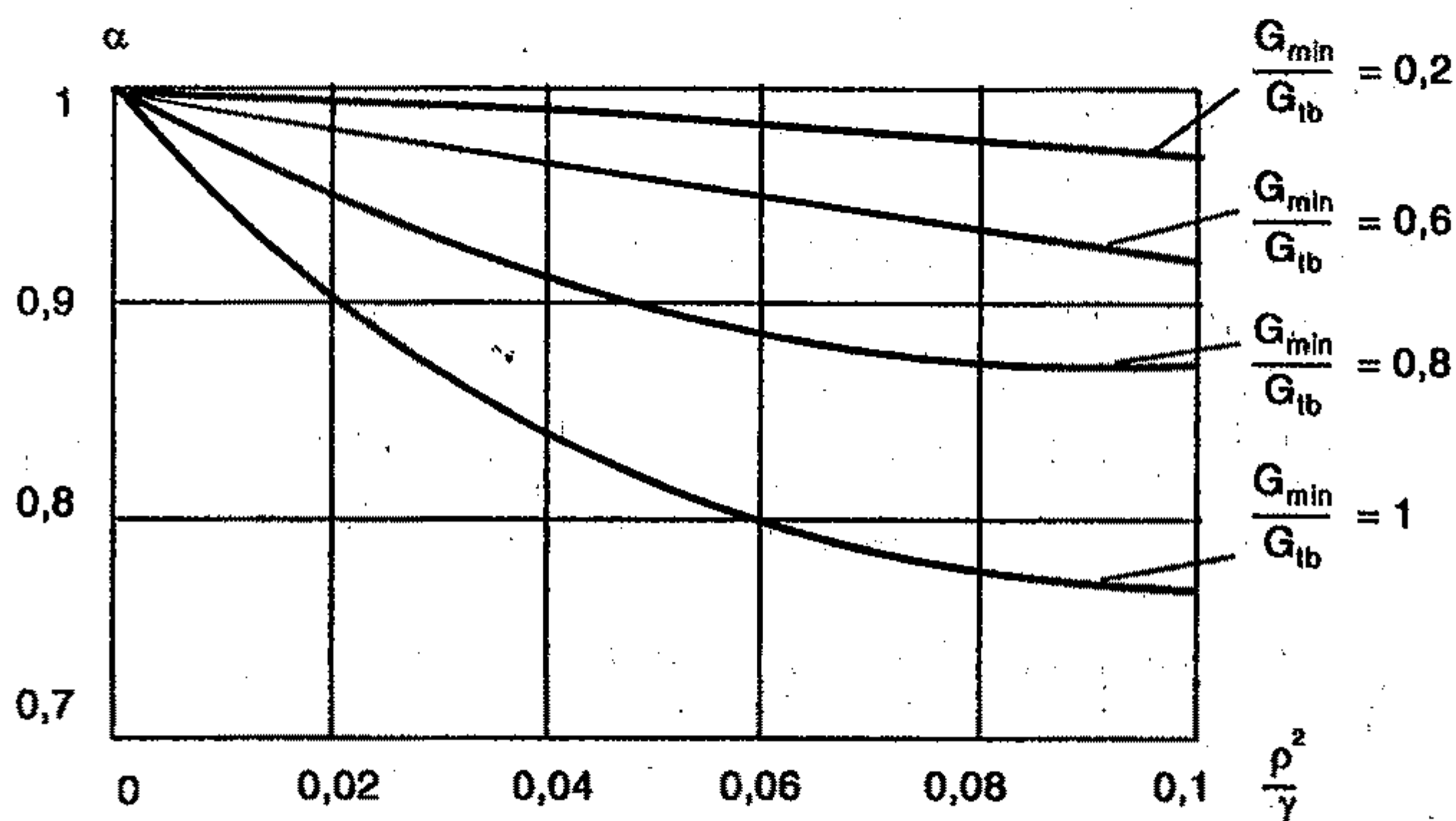
$$\rho = \sqrt{X_{oi}^2 + Y_{oi}^2} \quad (6.5)$$

Nếu  $\frac{\rho^2}{\gamma} < 0,1$  thì trọng lượng cực hạn có thể xác định gần đúng theo:

$$G_{kp} = \alpha G_{min} \quad (6.6)$$

trong đó  $\alpha$  là hệ số xác định theo đồ thị, phụ thuộc vào  $\frac{\rho^2}{\gamma}$  và trọng lượng cực hạn trung bình  $G_{tb}$ :

$$G_{tb} = \frac{1}{3}(G_x + G_y + G_{\omega}) \quad (6.7)$$



Hình 6.1

Điều kiện cần thiết để công trình không mất ổn định tổng thể đã được kiểm nghiệm qua thực tế là:

$$\frac{G_{kp}}{G^{tc}} > 1,5 \quad (6.8)$$

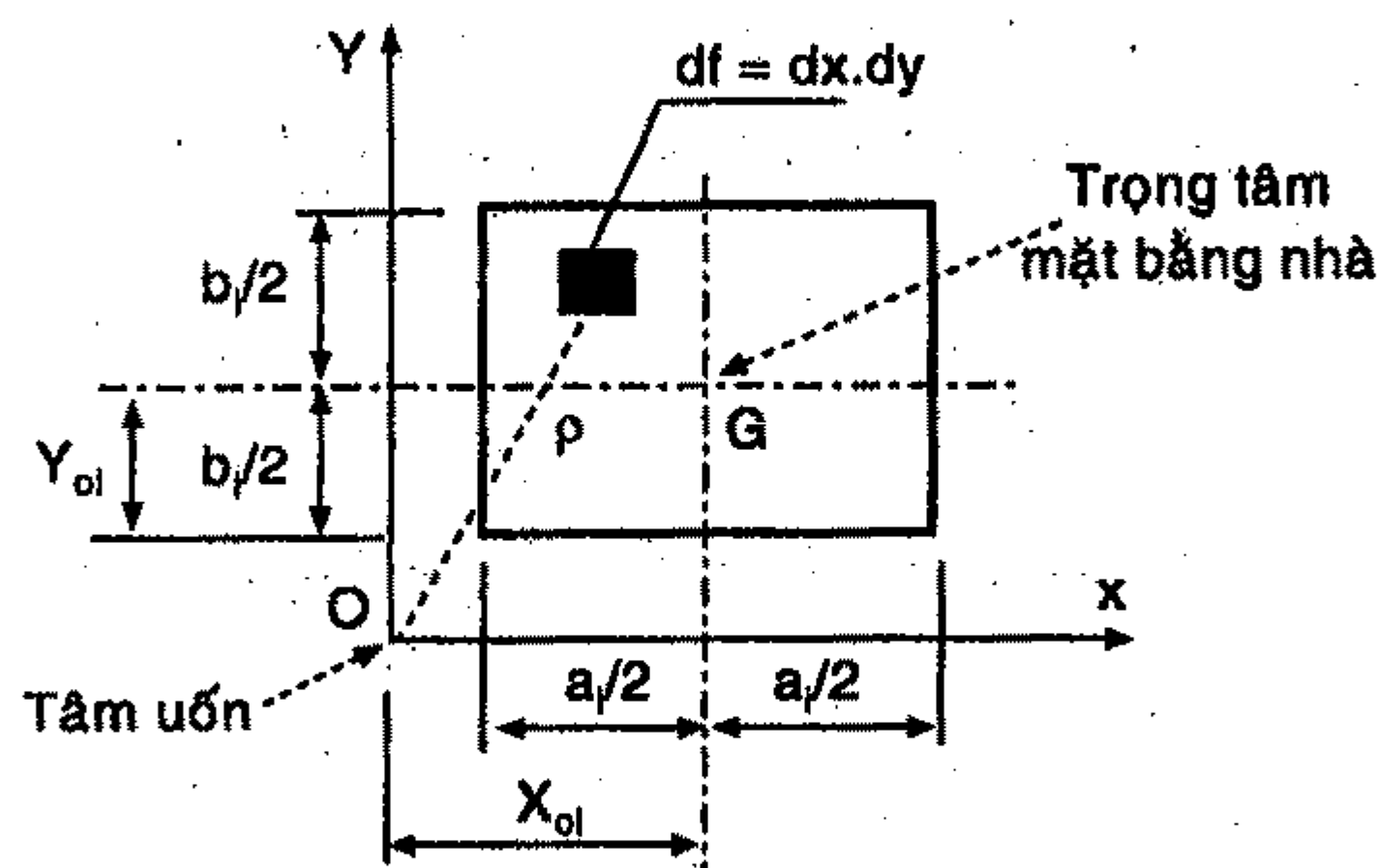
trong đó:  $G^{tc} = 1,1G \quad (6.9)$

$G$  - trọng lượng phần trên mặt đất của ngôi nhà

### 6.3 ĐẶC TRƯNG MẶT BẰNG NHÀ $\gamma$ [9], [10]

Đặc trưng mặt bằng nhà xác định theo:

$$\gamma = \frac{\int (x^2 + y^2) df}{F} = \frac{\int \rho^2 df}{F} \quad (6.10)$$



Hình 6.2

Triển khai tích phân:

$$\begin{aligned} \int_{F_i} \rho^2 df &= \int_{X_{oi}-a_i/2}^{X_{oi}+a_i/2} \int_{Y_{oi}-b_i/2}^{Y_{oi}+b_i/2} (X^2 + Y^2) dx dy \\ &= \frac{b_i}{3} \left[ \left( X_{oi} + \frac{a_i}{2} \right)^3 - \left( X_{oi} - \frac{a_i}{2} \right)^3 \right] + \frac{a_i}{3} \left[ \left( Y_{oi} + \frac{b_i}{2} \right)^3 - \left( Y_{oi} - \frac{b_i}{2} \right)^3 \right] \end{aligned} \quad (6.11)$$

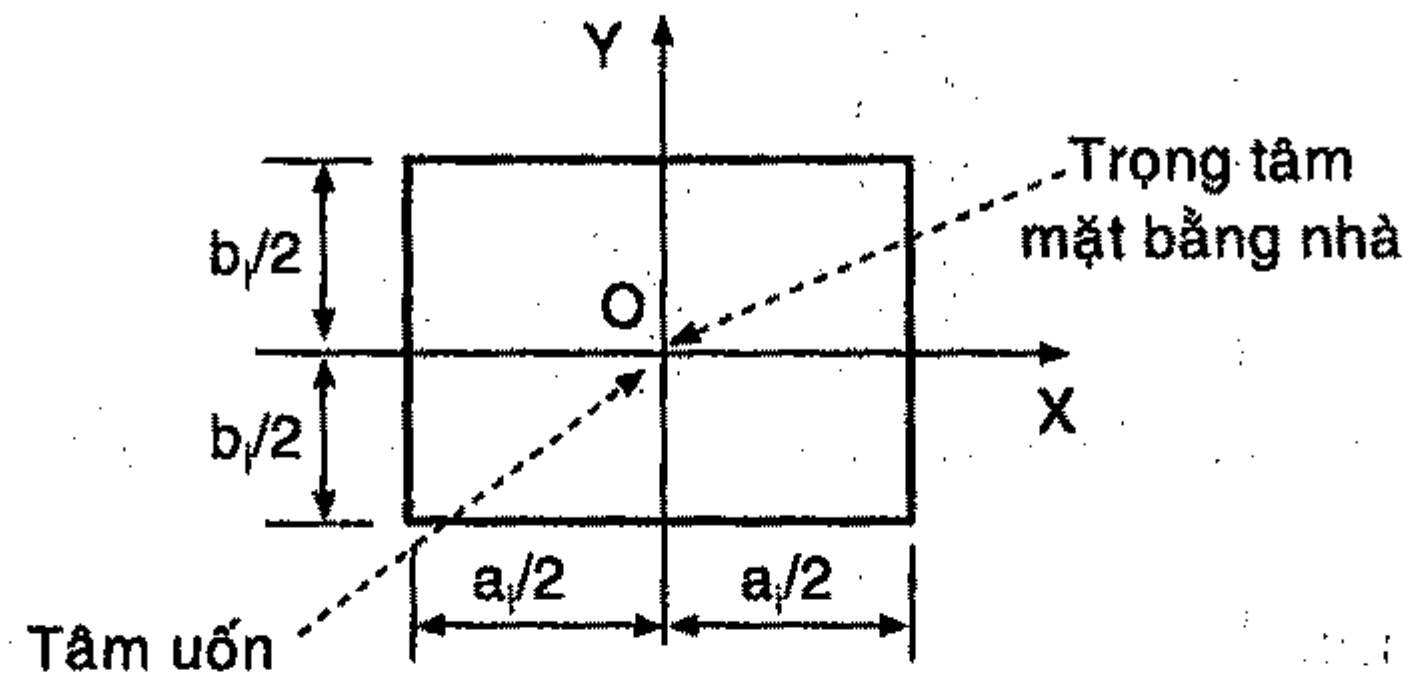
Ta có:  $\int_{F_i} \rho^2 df = a_i b_i \left[ X_{oi}^2 + Y_{oi}^2 + (a_i^2 + b_i^2) / 12 \right] \quad (6.12)$

Do đó:  $\gamma = \frac{\int (x^2 + y^2) df}{F} = \frac{\int \rho^2 df}{F} = \left[ X_{oi}^2 + Y_{oi}^2 + (a_i^2 + b_i^2) / 12 \right] \quad (6.13)$

Nếu tâm uốn trùng với trọng tâm nhà thì:

$$\gamma = [(a_i^2 + b_i^2) / 12] \quad (6.14)$$

trong đó:  $X_{oi}$ ,  $Y_{oi}$  - tọa độ của trọng tâm mặt bằng nhà đang xét đối với hệ trục có tâm trùng với tâm uốn.

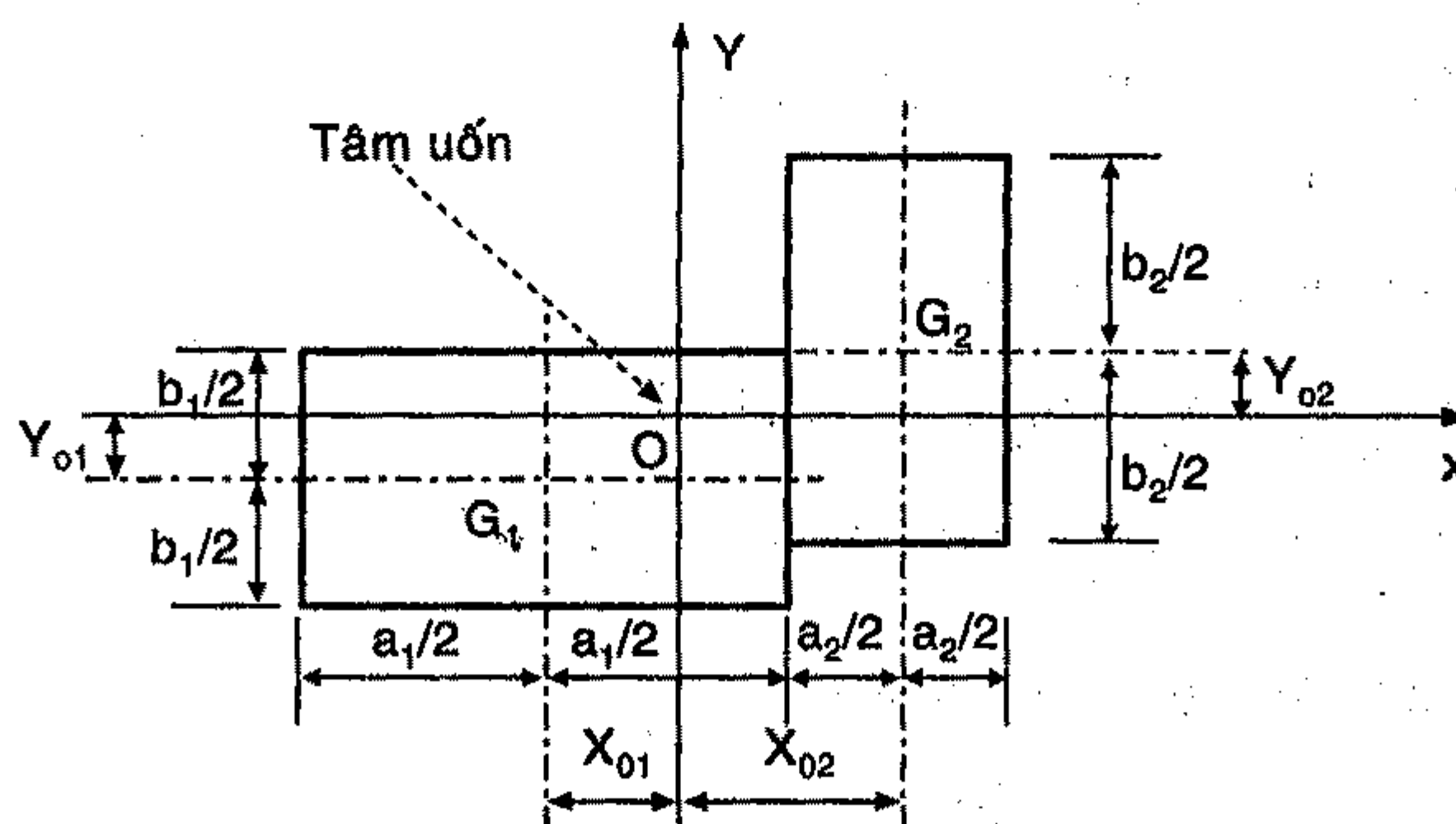


Hình 6.3

Nếu mặt nhà bao gồm nhiều phần hợp lại thì lấy tích phân tử số theo (6.12) sẽ xác định cho từng phần rồi cộng lại.

$$\int_F \rho^2 df = \sum_1^n a_i b_i [X_{oi}^2 + Y_{oi}^2 + (a_i^2 + b_i^2) / 12] \quad (6.15)$$

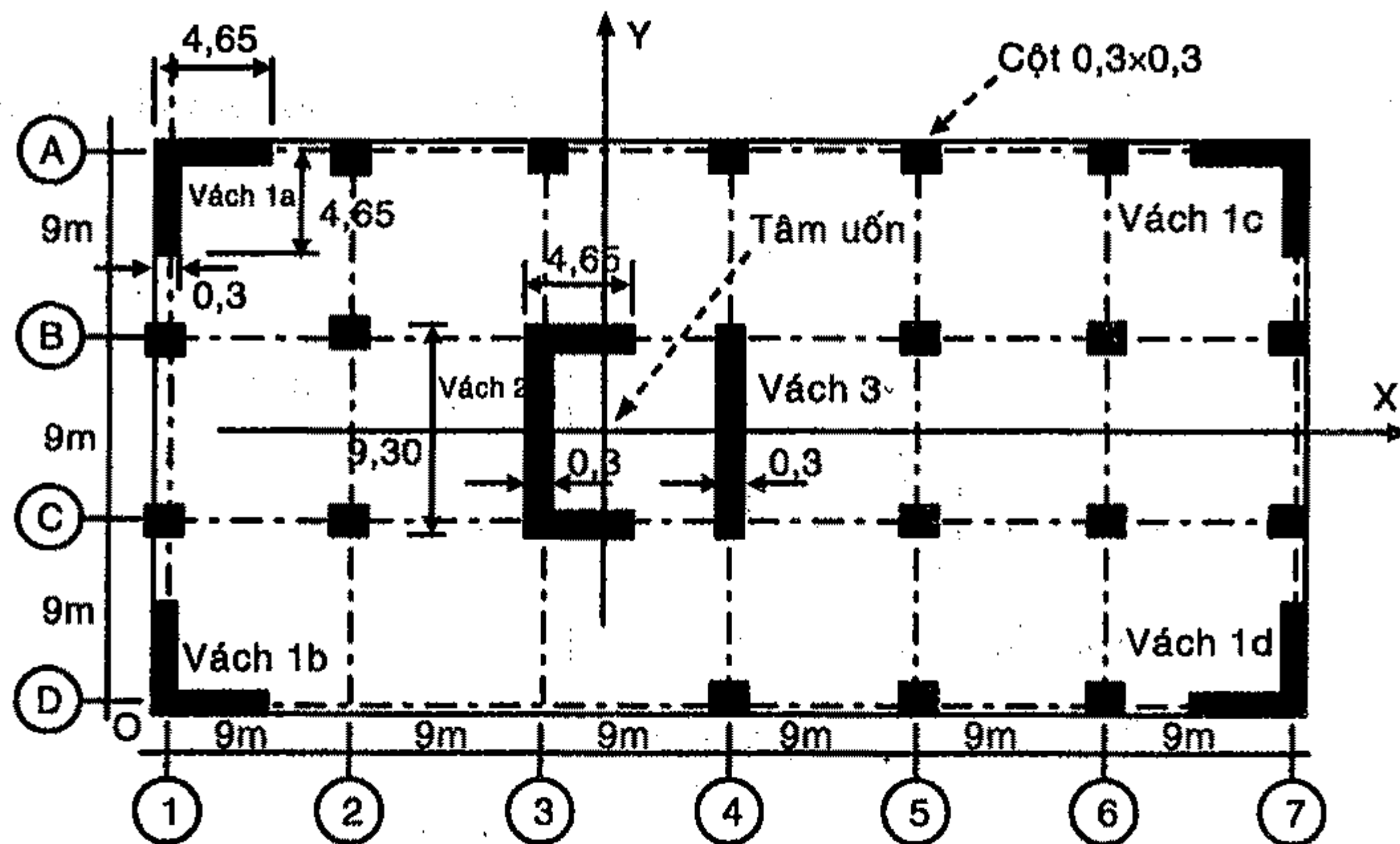
$$\gamma = \frac{1}{\sum F_i} \times \sum_1^n a_i b_i [X_{oi}^2 + Y_{oi}^2 + (a_i^2 + b_i^2) / 12] \quad (6.16)$$



Hình 6.4

*Nhận xét:* Đặc trưng mặt bằng nhà  $\gamma$  càng lớn thì trọng lượng cực hạn của ngôi nhà càng giảm nghĩa là ổn định ngôi nhà càng giảm. Do đó khi thiết kế cố gắng giảm tối đa khoảng cách từ tâm uốn đến trọng tâm nhà.

**Ví dụ 6.1** Từ kết quả ví dụ 4.4, xác định đặc trưng mặt bằng nhà và trọng lượng cực hạn của nhà.



**Giải** Tọa độ tâm uốn của ngôi nhà:

$$a_o = 22,042 \text{ m}$$

$$b_o = 13,5 \text{ m}$$

Tọa độ trọng tâm của ngôi nhà:

$$x_o = 27 \text{ m}$$

$$y_o = 13,5 \text{ m}$$

Khoảng cách từ tâm uốn đến trọng tâm nhà là:

$$X_{oi} = 27 - 22,042 = 4,958 \text{ m}$$

$$Y_{oi} = 0$$

Đặc trưng mặt bằng nhà xác định theo:

$$\gamma = \left[ X_{oi}^2 + Y_{oi}^2 + (a_i^2 + b_i^2) / 12 \right]$$

$$\gamma = \left[ 4,958^2 + 0 + (54^2 + 27^2) / 12 \right] = 328,332 \text{ m}^2$$

Xác định trọng lượng cực hạn của nhà:

$$G_x = \frac{2,3E_b J_x}{H_o^2} = \frac{2,3 \times 3,25 \times 10^7 \times 115,942}{60^2} = 2,407 \times 10^6 \text{ kN}$$

$$G_y = \frac{2,3E_b J_y}{H_o^2} = \frac{2,3 \times 3,25 \times 10^7 \times 34,296}{60^2} = 7,121 \times 10^5 \text{ kN}$$

$$G_\omega = \frac{2,3E_b J_\omega}{\gamma H_o^2} = \frac{2,3 \times 3,25 \times 10^7 \times 29214,64}{328,332 \times 60^2} = 1,848 \times 10^6 \text{ kN}$$

Ta có:

$$\frac{\rho^2}{\gamma} = \frac{4,958^2}{328,332} = 0,075 < 0,1$$

$$\text{Nên: } G_{tb} = \frac{1}{3}(G_x + G_y + G_\omega) = \frac{1}{3}(2,407 \times 10^6 + 7,121 \times 10^5 + 1,848 \times 10^6) = 1,656 \times 10^6 \text{ kN}$$

$$\frac{G_{\min}}{G_{tb}} = \frac{7,121 \times 10^5}{1,656 \times 10^6} = 0,43$$

Tra biểu đồ ta được  $\alpha = 0,96$

Trọng lượng cực hạn tính theo:

$$G_{kp} = \alpha G_{\min} = 0,96 \times 7,121 \times 10^5 = 6,836 \times 10^5 \text{ kN}$$

#### 6.4 ẢNH HƯỞNG CỦA UỐN DỌC ĐỐI VỚI TẢI TRỌNG

Các hệ số này xác định tương ứng theo từng phương chuyển vị của ngôi nhà: (chuyển vị dọc, ngang, xoắn).

- Đối với tải trọng đứng:

$$\eta_x^{dh} = \frac{1}{1 - \frac{G^{tc}}{G_x}}$$

$$\eta_y^{dh} = \frac{1}{1 - \frac{G^{tc}}{G_y}}$$

$$\eta_\omega^{dh} = \frac{1}{1 - \frac{G^{tc}}{G_\omega}}$$

(6.17)

- Đối với tải trọng ngang:

$$\eta_x^{ng} = \frac{1}{1 - \frac{G^{tc}}{1,85G_x}}$$

$$\eta_y^{ng} = \frac{1}{1 - \frac{G^{tc}}{1,85G_y}}$$

$$\eta_\omega^{ng} = \frac{1}{1 - \frac{G^{tc}}{1,85G_\omega}}$$

(6.18)

## 6.5 GIỚI HẠN CHUYỂN VỊ NGANG CỦA KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG [13]

Trong điều kiện sử dụng bình thường, kết cấu nhà cao tầng phải ở vào trạng thái đàn hồi, có đủ độ cứng tránh phát sinh ra chuyển vị ngang quá lớn ảnh hưởng đến khả năng chịu lực, tính ổn định và điều kiện sử dụng công trình. Chuyển vị ngang được tính với tải trọng gió hay tải động đất.

Chuyển vị ngang  $f$  ở đỉnh kết cấu tính theo phương pháp đàn hồi và độ cao  $H$  không được vượt quá giới hạn cho trong bảng 6.1.

*Bảng 6.1 Giới hạn  $f/H$*

Loại kết cấu	Tác động của gió	Tác động của động đất
Khung		
- Vách ngăn nhẹ	1/550	1/500
- Tường xây chen	1/650	1/550
Khung - vách / ống		
- Trang trí bình thường	1/750	1/700
- Trang trí cao cấp	1/950	1/850
Ống trong ống		
- Trang trí bình thường	1/900	1/800
- Trang trí cao cấp	1/1050	1/950
Vách cứng		
- Trang trí bình thường	1/1000	1/900
- Trang trí cao cấp	1/1200	1/1100

## 6.6 KIỂM TRA CÁC ĐẶC TRƯNG ĐỘNG HỌC

Các đặc trưng động học cũng được giới hạn nhằm đảm bảo sinh hoạt bình thường của con người sống trong nhà.

Từ phương trình động học:

$$\text{Ta có chuyển vị: } Y = y \sin(\omega t + \gamma) \quad (6.19)$$

$$\text{Vận tốc: } Y' = \omega y \cos(\omega t + \gamma) \quad (6.20)$$

$$\text{Gia tốc: } Y'' = -\omega^2 y \sin(\omega t + \gamma) \quad (6.21)$$

Gia tốc đạt giá trị lớn nhất tại đỉnh nhà:

$f$  - chuyển vị ngang lớn nhất tại đỉnh nhà

$$\sin(\omega t + \gamma) = -1$$

$$\text{Khi đó, gia tốc cực đại là: } Y'' = -\omega^2 f \quad (6.22)$$

$$\text{Theo qui phạm: gia tốc cực đại } Y'' = -\omega^2 f \leq [y'']_{\text{qh}} = 150 \text{ mm/s}^2 \quad (6.23)$$

Tính chuyển vị ngang:



Dựa vào phần mềm tính kết cấu ETABS ta tìm được chuyển vị tại đỉnh của công trình.

- Chọn nút trên tầng mái/ vào display/show tables...

-  **ANALYSIS RESULTS (1 of 17 tables selected)**

-  **Displacements**

-  Displacement Data

**Table: Point Displacements**

Table: Diaphragm CM Displacements

Table: Story Drifts

Table: Diaphragm Drifts

Story	Point	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Mái	10	TH5	0	0.0653	-0.0139	0.00089	-0.0002	0

Chuyển vị đỉnh lớn nhất của công trình ở tại nút 10. Chuyển vị đỉnh lớn nhất theo phương Y do TH5 có  $f = 0,0653(m)$ .

Chuyển vị đỉnh giới hạn đối với kết cấu khung - vách:

$$\left[ \frac{f}{H} \right] = \frac{1}{750} \quad (6.24)$$

Ta có:  $\frac{f}{H} = \frac{0,0653}{49,5} = 1,319 \cdot 10^{-3} < \left[ \frac{f}{H} \right] = \frac{1}{750}$

trong đó:  $f$  - chuyển vị theo phương ngang  
 $H$  - chiều cao của công trình

Vậy công trình đảm bảo yêu cầu về giới hạn chuyển vị đỉnh công trình.

## 6.7 KIỂM TRA ỔN ĐỊNH NGHIÊNG LẬT CỦA CÔNG TRÌNH

• Khi xét ổn định nghiêng lật của công trình, giá trị thiết kế của mômen gây lật được tính do ảnh hưởng của tải gió hay động đất. Khi tính mômen chống lật, hoạt tải sàn lấy bằng 50%, tải trọng tĩnh lấy bằng 90%.

$$\frac{M_{cl}}{M_l} > 1,5 \quad (6.25)$$

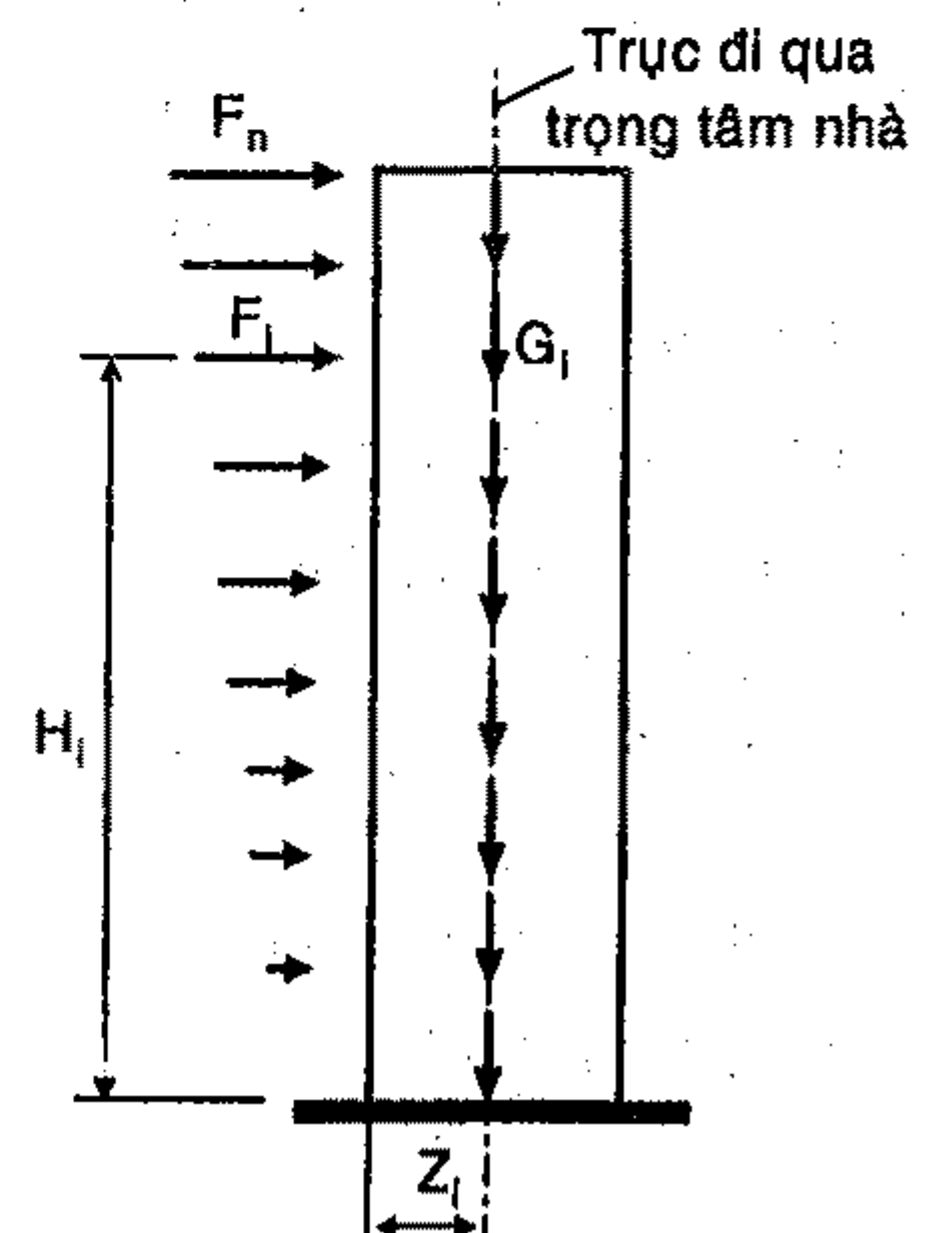
trong đó:

$$M_{cl} = \sum G_i Z_i \quad (6.26)$$

$$M_l = \sum F_i H_i$$

$M_{cl}$  - mômen chống lật

$M_l$  - mômen gây lật.



Hình 6.5

**Phụ lục****Phụ lục I**

Các cường độ tiêu chuẩn của bê tông  $R_{bn}$ ,  $R_{bt}$  và cường độ tính toán của bê tông khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 2  $R_{b.ser}$ ,  $R_{bt.ser}$ , MPa

Trạng thái	Loại bê tông	Cấp độ bền chịu nén của bê tông								
		B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	
		M100	M150	M150	M200	M250	M350	M400	M450	
Nén dọc trực $R_{bn}$ , $R_{b.ser}$	Bê tông nặng, hạt nhỏ	5,5	7,5	9,5	11,0	15,0	18,5	22,0	25,5	
	Bê tông nhẹ	3,5	7,5	9,5	11,0	15,0	18,5	22,0	25,5	
	Bê tông tổ ong	6,9	9,0	10,5	11,5					
Kéo dọc trực $R_{bt}$ , $R_{bt.ser}$	Bê tông nặng	0,70	0,85	1,00	1,15	1,40	1,60	1,80	1,95	
	Bê tông hạt nhỏ	Nhóm A	0,70	0,85	1,00	1,15	1,40	1,60	1,80	1,95
		Nhóm B	0,60	0,70	0,85	0,95	1,15	1,35	1,50	
		Nhóm C				1,15	1,40	1,60	1,80	1,95
	Bê tông nhẹ	Cốt liệu đặc	0,70	0,85	1,00	1,15	1,40	1,60	1,80	1,95
		Cốt liệu rỗng	0,70	0,85	1,00	1,10	1,20	1,35	1,50	1,65
	Bê tông tổ ong	0,63	0,89	1,00	1,05					

**Ghi chú:**

## 1- Bê tông hạt nhỏ:

- Nhóm A: Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn  $> 2,0$ .
- Nhóm B: Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn  $\leq 2,0$ .
- Nhóm C: Được chưng cất.

2- Ký hiệu M để chỉ mác bê tông theo TCVN: 5574 – 1991 trước đây.

**Phụ lục 1 (tiếp theo)**

*Các cường độ tiêu chuẩn của bê tông  $R_{bn}$ ,  $R_{bt}$  và cường độ tính toán của bê tông khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 2  $R_{b.ser}$ ,  $R_{bt.ser}$ , MPa.*

Trạng thái	Loại bê tông		Cấp độ bền chịu nén của bê tông				
			B40	B45	B50	B55	B60
			M500	M600	M650	M700	M800
Nén dọc trục $R_{bn}$ , $R_{b.ser}$	Bê tông nặng, hạt nhỏ		29,0	32,0	36,0	39,5	43,0
	Bê tông nhẹ		29,0				
	Bê tông tổ ong						
Kéo dọc trục $R_{bt}$ , $R_{bt.ser}$	Bê tông nặng		2,10	2,20	2,30	2,40	2,50
	Bê tông hạt nhỏ	Nhóm A	2,10				
		Nhóm B					
		Nhóm C	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50
	Bê tông nhẹ	Cốt liệu đặc	2,10				
		Cốt liệu rỗng	1,80				
Bê tông tổ ong							

Ghi chú:

1- Bê tông hạt nhỏ:

- Nhóm A: Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn > 2,0.
- Nhóm B: Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn ≤ 2,0.
- Nhóm C : Được chưng cất.

2- Ký hiệu M để chỉ mác bê tông theo TCVN: 5574 – 1991 trước đây.

**Phụ lục 2**

Các cường độ tính toán của bê tông  $R_b$ ,  $R_{bt}$  khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ I, MPa

Trạng thái	Loại bê tông		Cấp độ bền chịu nén của bê tông							
			B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35
			M100	M150	M150	M200	M250	M350	M400	M450
Nén dọc trục $R_b$	Bê tông nặng, hạt nhỏ		4,5	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5
	Bê tông nhẹ		4,5	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5
	Bê tông tổ ong		4,6	6,0	7,0	7,7				
Kéo dọc trục $R_{bt}$	Bê tông nặng		0,48	0,57	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30
	Bê tông hạt nhỏ	Nhóm A	0,48	0,57	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30
		Nhóm B	0,40	0,45	0,51	0,64	0,77	0,90	1,00	
		Nhóm C				0,75	0,90	1,05	1,20	1,30
	Bê tông nhẹ	Cốt liệu đặc	0,48	0,57	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30
		Cốt liệu rỗng	0,48	0,57	0,66	0,74	0,80	0,90	1,00	1,10
	Bê tông tổ ong		0,28	0,39	0,44	0,46				

Ghi chú:

1- Bê tông hạt nhỏ:

- Nhóm A: Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn > 2,0.
- Nhóm B: Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn ≤ 2,0.
- Nhóm C: Được chưng cất.

2- Ký hiệu M để chỉ mác bê tông theo TCVN: 5574 – 1991 trước đây.

**Phụ lục 2 (tiếp theo)**

*Các cường độ tính toán của bê tông  $R_b$ ,  $R_{bt}$  khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 1, MPa*

Trạng thái	Loại bê tông.		Cấp độ bền chịu nén của bê tông				
			B40	B45	B50	B55	B60
			M500	M600	M650	M700	M800
Nén dọc trục $R_b$	Bê tông nặng, hạt nhỏ		22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
	Bê tông nhẹ		22,0				
	Bê tông tổ ong						
Kéo dọc trục $R_{bt}$	Bê tông nặng		1,40	1,45	1,55	1,60	1,65
	Bê tông hạt nhỏ	Nhóm A	1,4				
		Nhóm B					
		Nhóm C	1,40	1,45	1,55	1,60	1,65
	Bê tông nhẹ	Cốt liệu đặc	1,4				
		Cốt liệu rỗng	1,2				
Bê tông tổ ong							

Ghi chú:

1- Bê tông hạt nhỏ

- Nhóm A: Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn > 2,0.

- Nhóm B: Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn  $\leq 2,0$ .

- Nhóm C : Được chứng cất.

2- Ký hiệu M để chỉ mác bê tông theo TCVN: 5574 – 1991 trước đây.

**Phụ lục 3***Môđun đàn hồi ban đầu của bê tông khi nén và kéo  $E_b \times 10^3$ , MPa*

Loại bê tông		Cấp độ bền chịu nén và mác bê tông								
		B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	
		M100	M150	M150	M200	M250	M350	M400	M450	
Bê tông nặng	Đóng rắn tự nhiên	16,0	18,0	21,0	23,0	27,0	30,0	32,5	34,5	
	Dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	14,5	16,0	19,0	20,5	24,0	27,0	29,0	31,0	
	Chung áp	12,0	13,5	16,0	17,0	20,0	22,5	24,5	26,0	
Bê tông hạt nhỏ	A	Đóng rắn tự nhiên	13,5	15,5	17,5	19,5	22,0	24,0	26,0	27,5
		Dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	12,5	14,0	15,5	17,0	20,0	21,5	23,0	24,0
	B	Đóng rắn tự nhiên	12,5	14,0	15,5	17,0	20,0	21,5	23,0	
		Dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	11,5	13,0	14,5	15,5	17,5	19,0	20,5	
	C	Chung áp				16,5	18,0	19,5	21,0	22,0

**Phụ lục 3 (tiếp theo)***Môđun đàn hồi ban đầu của bê tông khi nén và kéo  $E_b \times 10^3$ , MPa*

Loại bê tông		Cấp độ bền chịu nén và mác bê tông					
		B40	B45	B50	B55	B60	
		M500	M600	M650	M700	M800	
Bê tông nặng	Đóng rắn tự nhiên	36,0	37,5	36,0	39,5	40,0	
	Dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	32,5	34,0	35,0	35,5	36,0	
	Chung áp	27,0	28,0	29,0	29,5	30,0	
Bê tông hạt nhỏ	A	Đóng rắn tự nhiên	28,5				
		Dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	24,5				
	B	Đóng rắn tự nhiên					
		Dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển					
	C	Chung áp	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0

**Phụ lục 4**  
**Hệ số điều kiện làm việc của bê tông**

<b>Các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc của bê tông</b>	<b>Kí hiệu <math>\gamma_b</math></b>	<b>Giá trị</b>
<p>1- Tính chất tác dụng dài hạn của tải trọng:</p> <p>a- Khi kể đến tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn và tạm thời ngắn hạn:</p> <p>+ Đối với bê tông nặng, bê tông hạt nhỏ, bê tông nhẹ đóng rắn tự nhiên và bê tông được dưỡng hộ trong điều kiện môi trường:</p> <p>- Bảo đảm cho bê tông được tiếp tục tăng cường độ theo thời gian (có độ ẩm trên 75 %)</p> <p>- Không đảm bảo cho bê tông tăng cường độ theo thời gian (khô hanh)</p> <p>+ Đối với bê tông tổ ong, bê tông rỗng không phụ thuộc vào điều kiện sử dụng</p> <p>b- Khi kể đến tải trọng tạm thời ngắn hạn trong tổ hợp đang xét</p>		<p>1</p> <p>0,9</p> <p>0,85</p> <p>1,10</p>
<p>2- Đổ bê tông theo phương đứng, mỗi lớp dày trên 1,5m</p> <p>+ Đối với bê tông nặng, bê tông hạt nhỏ, bê tông nhẹ</p> <p>+ Đối với bê tông tổ ong, bê tông rỗng</p>		<p>0,85</p> <p>0,80</p>
<p>3 - Cột được đổ bê tông theo phương đứng có cạnh lớn của tiết diện dưới 30cm</p>		0,85
<p>4- Các trường hợp khác xem TCXDVN 356:2005</p>		

**Phụ lục 5**  
**Các giá trị  $\omega$ ;  $\xi_R$ ;  $\alpha_R$  đối với cấu kiện làm từ bê tông nặng**

Hệ số $\gamma_b$	Nhóm cốt thép chịu kéo	Ký hiệu	Cấp độ bền chịu nén của bê tông (cường độ chịu nén của bê tông, Mpa)										
			B12,5 (7,5)	B15 (8,5)	B20 11,5	B25 (14,5)	B30 (17,0)	B35 (19,5)	B40 (22,0)	B45 (25,0)	B50 (27,5)	B55 (30)	B60 (33)
0,9	Bất kỳ	$\omega$	0,796	0,789	0,767	0,746	0,728	0,710	0,692	0,670	0,652	0,634	0,612
	CIII, AIII d 10-40	$\xi_R$	0,662	0,654	0,628	0,604	0,583	0,564	0,544	0,521	0,503	0,484	0,463
		$\alpha_R$	0,443	0,440	0,431	0,421	0,413	0,405	0,396	0,385	0,376	0,367	0,356
	CII, A-II	$\xi_R$	0,689	0,681	0,656	0,632	0,612	0,592	0,573	0,550	0,531	0,512	0,491
$\alpha_R$		0,452	0,449	0,441	0,432	0,425	0,417	0,409	0,399	0,390	0,381	0,370	
CI, A-I	$\xi_R$	0,708	0,700	0,675	0,651	0,631	0,612	0,593	0,570	0,551	0,532	0,511	
	$\alpha_R$	0,457	0,455	0,447	0,439	0,432	0,425	0,417	0,407	0,399	0,391	0,380	
1,0	Bất kỳ	$\omega$	0,790	0,782	0,758	0,734	0,714	0,694	0,674	0,650	0,630	0,610	0,586
	CIII, AIII d 10-40	$\xi_R$	0,628	0,619	0,590	0,563	0,541	0,519	0,498	0,473	0,453	0,434	0,411
		$\alpha_R$	0,431	0,427	0,416	0,405	0,395	0,384	0,374	0,361	0,351	0,340	0,326
	CII, A-II	$\xi_R$	0,660	0,650	0,623	0,595	0,573	0,552	0,530	0,505	0,485	0,465	0,442
$\alpha_R$		0,442	0,439	0,429	0,418	0,409	0,399	0,390	0,378	0,367	0,357	0,344	
CI, A-I	$\xi_R$	0,682	0,673	0,645	0,618	0,596	0,575	0,553	0,528	0,508	0,488	0,464	
	$\alpha_R$	0,449	0,446	0,437	0,427	0,419	0,410	0,400	0,389	0,379	0,369	0,356	
1,1	Bất kỳ	$\omega$	0,784	0,775	0,749	0,722	0,700	0,680	0,660	0,630	0,608	0,586	0,560
	CIII, AIII d 10-40	$\xi_R$	0,621	0,611	0,580	0,550	0,526	0,500	0,475	0,453	0,432	0,411	0,386
		$\alpha_R$	0,428	0,424	0,412	0,399	0,388	0,439	0,440	0,351	0,339	0,326	0,312
	CII, A-II	$\xi_R$	0,653	0,642	0,612	0,582	0,558	0,681	0,683	0,485	0,463	0,442	0,416
$\alpha_R$		0,440	0,436	0,425	0,413	0,402	0,449	0,450	0,367	0,356	0,344	0,330	
CI, A-I	$\xi_R$	0,675	0,665	0,635	0,605	0,582	0,703	0,705	0,508	0,486	0,464	0,438	
	$\alpha_R$	0,447	0,444	0,433	0,422	0,412	0,456	0,456	0,379	0,368	0,356	0,342	

Chú thích :  $\omega = 0,85 - 0,008\gamma_b R_b$  ;  $\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}$  ;  $\alpha_R = \xi_R (1 - 0,5\xi_R)$

$\sigma_{sc,u} = 500$  khi  $\gamma_b < 1$  ;  $\sigma_{sc,u} = 400$  khi  $\gamma_b \geq 1$



**Phụ lục 6**  
Quan hệ giữa các hệ số  $\xi$ ,  $\zeta$  và  $\alpha_m$

$\xi$	$\zeta$	$\alpha_m$	$\xi$	$\zeta$	$\alpha_m$	$\xi$	$\zeta$	$\alpha_m$
0,01	0,995	0,010	0,26	0,870	0,226	0,51	0,745	0,380
0,02	0,99	0,020	0,27	0,865	0,234	0,52	0,740	0,385
0,03	0,985	0,030	0,28	0,860	0,241	0,53	0,735	0,390
0,04	0,980	0,039	0,29	0,855	0,243	0,54	0,730	0,394
0,05	0,975	0,049	0,30	0,850	0,255	0,55	0,725	0,399
0,06	0,970	0,058	0,31	0,845	0,262	0,56	0,720	0,403
0,07	0,965	0,068	0,32	0,840	0,269	0,57	0,715	0,407
0,08	0,960	0,077	0,33	0,835	0,276	0,58	0,710	0,412
0,09	0,955	0,086	0,34	0,830	0,282	0,59	0,705	0,416
0,10	0,950	0,095	0,35	0,825	0,289	0,60	0,700	0,420
0,11	0,945	0,104	0,36	0,820	0,295	0,62	0,690	0,428
0,12	0,940	0,113	0,37	0,815	0,302	0,64	0,680	0,435
0,13	0,935	0,122	0,38	0,810	0,308	0,66	0,670	0,442
0,14	0,930	0,130	0,39	0,805	0,314	0,68	0,660	0,449
0,15	0,925	0,139	0,40	0,800	0,320	0,70	0,650	0,455
0,16	0,920	0,147	0,41	0,795	0,326	0,72	0,640	0,461
0,17	0,915	0,156	0,42	0,790	0,332	0,74	0,630	0,466
0,18	0,910	0,164	0,43	0,785	0,338	0,76	0,620	0,471
0,19	0,905	0,172	0,44	0,780	0,343	0,78	0,610	0,475
0,20	0,900	0,180	0,45	0,775	0,349	0,8	0,600	0,480
0,21	0,895	0,188	0,46	0,770	0,354	0,85	0,575	0,489
0,22	0,890	0,196	0,47	0,765	0,360	0,90	0,550	0,495
0,23	0,885	0,204	0,48	0,760	0,365	0,95	0,525	0,499
0,24	0,880	0,211	0,49	0,755	0,370	1,00	0,500	0,500
0,25	0,875	0,219	0,50	0,750	0,375			

**Phụ lục 7**  
Bảng tra cốt thép sàn cho 1 mét chiều rộng bản

$d(mm)$ \ (cm)	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	11	12	12,5	13	14	15	16	17	18	19	20	22	25
6	4,0	3,8	3,5	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
6 / 8	5,6	5,2	4,9	4,6	4,4	4,3	3,9	3,6	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6
8	7,2	6,7	6,3	5,9	5,6	5,3	5,0	4,6	4,2	4,0	3,9	3,6	3,4	3,1	3,0	2,8	2,6	2,5	2,3	2,0
8 / 10	9,2	8,6	8,1	7,6	7,2	6,8	6,4	5,9	5,4	5,2	5,0	4,6	4,3	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	2,9	2,6
10	11,2	10,5	9,8	9,2	8,7	8,3	7,9	7,1	6,5	6,3	6,0	5,6	5,2	4,9	4,6	4,4	4,1	3,9	3,6	3,2

**Phụ lục 8**  
**Bảng tra diện tích cốt thép**

Đường kính $d$ (mm)	Diện tích tiết diện ngang (mm <sup>2</sup> ) ứng với số thanh									Trọng lượng daN/m	$d$ (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
6	28,3	56,6	84,9	113,2	141,5	169,8	198,1	226,4	254,7	0,222	6
8	50,3	100,6	150,9	201,2	251,5	301,8	352,1	402,4	452,7	0,395	8
10	78,5	157,0	235,5	314,0	392,5	471,0	549,5	628,0	706,5	0,616	10
12	113,1	226,2	339,3	452,4	565,5	678,6	791,7	904,8	1017,9	0,88,8	12
14	153,9	307,8	461,7	615,6	769,5	923,4	1077,3	1231,2	1385,1	1,20,8	14
16	201,1	402,2	603,3	804,4	1005,5	1206,6	1407,7	1608,8	1809,9	1,57,9	16
18	254,5	509,0	763,5	1018,0	1272,5	1527,0	1781,5	2036,0	2290,5	1,998	18
20	314,2	628,4	942,6	1256,8	1571,0	1885,2	2199,4	2513,6	2827,8	2,466	20
22	380,1	760,2	1140,3	1520,4	1900,5	2280,6	2660,7	3040,8	3420,9	2,984	22
25	490,9	981,8	1472,7	1963,6	2454,5	2945,4	3436,3	3927,2	4418,1	3,854	25
28	615,8	1231,6	1847,4	2463,2	3079,0	3694,8	4310,6	4926,4	5542,2	4,834	28
30	706,9	1413,8	2120,7	2827,6	3534,5	4241,4	4948,3	5655,2	6362,1	5,549	30
32	804,3	1608,6	2412,9	3217,2	4021,5	4825,8	5630,1	6434,4	7263,2	6,314	32
40	1256,6	2512,2	3768,3	5024,4	6280,5	7536,6	8792,7	10048,8	11304,9	9,860	40

**Phụ lục 9**

*Cường độ chịu kéo tiêu chuẩn  $R_{sn}$  và cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép thanh khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ hai  $R_{s,ser}$*

Nhóm thép	Giá trị $R_{sn}$ và $R_{s,ser}$ , MPa
CI, A-I	235
CII, A-II	295
CIII, A-III	390
CIV, A-IV	590
A-V	788
A-VI	980
A <sub>T</sub> -VII	1175
A-III <sub>B</sub>	540

**Phụ lục 10**  
**Hệ số tin cậy của cốt thép  $\gamma_s$**

Nhóm thép thanh		Giá trị $\gamma_s$ khi tính toán kết cấu theo các trạng thái giới hạn		
		Thứ nhất	Thứ hai	
Thép thanh	CI, A-I, CII, A-II		1,05	1,00
	CIII, A-III có đường kính, mm	6÷3	1,10	1,00
		10÷40	1,07	1,00
	CIV, A-IV, A-V		1,15	1,00
	A-VI, A <sub>T</sub> -VII		1,20	1,00
	A-III <sub>B</sub>	Có kiểm soát độ giãn dài và ứng suất	1,10	1,00
Chỉ kiểm soát độ giãn dài		1,20	1,00	

**Phụ lục 11**

**Cường độ tính toán của cốt thép thanh khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ nhất**

Nhóm thép thanh		Cường độ chịu kéo, MPa		Cường độ chịu nén $R_{sc}$
		Cốt thép dọc $R_s$	Cốt thép ngang (cốt đai, cốt xiên) $R_{sw}$	
CI, A-I		225	175	225
CII, A-II		280	225	280
A-III có đường kính, mm	6÷8	355	285*	355
CIII, A-III có đường kính, mm	10÷40	365	290*	365
CIV, A-IV		510	405	450**
A-V		680	545	500**
A-VI		815	650	500**
A <sub>T</sub> -VII		980	785	500**
A-III <sub>B</sub>	Có kiểm soát độ giãn dài và ứng suất	490	390	200
	Chỉ kiểm soát độ giãn dài	450	360	200

*Ghi chú:* Trong trường hợp vì lý do nào đó, cốt thép không cứng nhóm CIII, A-III trở lên dùng làm cốt ngang (cốt đai, cốt xiên) giá trị cường độ tính toán  $R_{sw}$  lấy như đối với thép CIII, A-III.

**Phụ lục 12**  
**Môđun đàn hồi của cốt thép**

Nhóm cốt thép	$E_s \cdot 10^4, \text{MPa}$
CI, A-I, CII, A-II	21
CIII, A-III	20
CIV, A-IV, A-V, A-VI và AT-VII	19
A-III <sub>B</sub>	18
B-II, Bp-II	20
K-7, K-19	18
Bp-I	17

**Phụ lục 13**  
**Hệ số k kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình**

Độ cao (m)	Dạng địa hình			Độ cao (m)	Dạng địa hình		
	A	B	C		A	B	C
3	1,00	0,80	0,47	30	1,37	1,22	0,89
5	1,07	0,88	0,54	40	1,43	1,28	0,97
10	1,18	1,00	0,66	50	1,47	1,34	1,03
15	1,24	1,08	0,74	60	1,51	1,38	1,08
20	1,29	1,13	0,80				

**Phụ lục 14**

**Bảng giá trị áp lực gió theo bản đồ phân vùng áp lực gió trên lãnh thổ Việt Nam**

Vùng áp lực gió trên bản đồ	I	II	III	IV	V
$W_0 (\text{daN/m}^2)$	65	95	125	155	185

Phụ lục 15 Bảng phân vùng gia tốc nền theo phạm vi hành chính

Địa danh			Gia tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
1. Thủ đô Hà Nội			
- Nội thành Hà Nội			
Quận Ba Đình	105.812850	21.039762	0.0976
Quận Cầu Giấy	105.799494	21.033276	0.1032
Quận Đống Đa	105.832932	21.018279	0.0983
Quận Hai Bà Trưng	105.845952	21.012509	0.0959
Quận Hoàn Kiếm	105.850152	21.029134	0.0892
Quận Hoàng Mai	105.838337	21.002169	0.1001
Quận Long Biên	105.890797	21.055033	0.0747
Quận Tây Hồ	105.825487	21.077883	0.0819
Quận Thanh Xuân	105.799028	20.991092	0.1097
- Huyện Đông Anh	105.849520	21.139421	0.0757
- Huyện Gia Lâm	105.936561	21.019178	0.0769
- Huyện Sóc Sơn	105.848517	21.257401	0.0962
- Huyện Thanh Trì	105.845107	20.946091	0.1047
- Huyện Từ Liêm	105.762478	21.039765	0.1081
2. Thành phố Hồ Chí Minh			
- Nội thành HCM			
Quận 1	106.698553	10.782547	0.0848
Quận 2	106.748176	10.792398	0.0856
Quận 3	106.686083	10.775854	0.0843
Quận 4	106.706266	10.767392	0.0847
Quận 5	106.669499	10.757794	0.0774
Quận 6	106.650601	10.747691	0.0700
Quận 7	106.733777	10.728369	0.0846
Quận 8	106.664228	10.749459	0.0745
Quận 9	106.769773	10.842787	0.0747
Quận 10	106.665256	10.768908	0.0777
Quận 11	106.643016	10.764740	0.0701
Quận 12	106.649830	10.862993	0.0813
Quận Bình Thạnh	106.694954	10.803764	0.0853
Quận Gò Vấp	106.664742	10.834957	0.0832
Quận Phú Nhuận	106.674641	10.795934	0.0844
Quận Tân Bình	106.657286	10.797828	0.0702
Quận Tân Phú	106.634937	10.783412	0.0702
Quận Thủ Đức	106.772730	10.851122	0.0727
- Huyện Bình Chánh	106.615376	10.739152	0.0589
- Huyện Cần Giờ	106.951166	10.416215	0.0618
- Huyện Củ Chi	106.493388	10.974854	0.0808
- Huyện Hóc Môn	106.595707	10.889009	0.0802
- Huyện Nhà Bè	106.741909	10.700667	0.0819

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
<b>3. Thành phố Hải Phòng</b>			
- Nội thành Hải Phòng			
Quận Hồng Bàng	106.681401	20.857842	0.1290
Quận Kiến An	106.624030	20.811155	0.1281
Quận Hai An	106.680030	20.840597	0.1291
Quận Lê Chân	106.678441	20.851413	0.1293
Quận Ngô Quyền	106.695243	20.862479	0.1276
- Thị xã Đồ Sơn	106.780559	20.720213	0.0870
- Huyện An Dương	106.603485	20.890999	0.1334
- Huyện An Lão	106.555255	20.823167	0.1331
- Huyện Bạch Long Vĩ	107.762946	20.390514	0.0063
- Huyện Cát Hải	107.049865	20.725127	0.0368
- Huyện Hai An	106.668778	20.752245	0.1168
- Huyện Kiến Thụy	106.668778	20.752245	0.1168
- Huyện Thuỷ Nguyên	106.674679	20.917423	0.1272
- Huyện Tiên Lãng	106.553514	20.725730	0.1019
- Huyện Vĩnh Bảo	106.478602	20.693081	0.0747
<b>4. Thành phố Đà Nẵng</b>			
- Nội thành Đà Nẵng			
Quận Hai Châu	108.223367	16.074889	0.1006
Quận Liên Chiểu	108.157764	16.062771	0.0940
Quận Ngũ Hành Sơn	108.260126	16.001666	0.0674
Quận Sơn Trà	108.236380	16.056842	0.0918
Quận Thanh Khê	108.198682	16.065479	0.0967
- Huyện Hòa Vang	108.204048	16.016750	0.0730
- Huyện Hoàng Sa	111.776585	16.242320	0.0544
<b>5. Thành phố Cần Thơ</b>			
- Nội thành Cần Thơ			
Quận Bình Thủy	105.738518	10.078776	0.0685
Quận Cái Răng	105.749594	10.004976	0.0515
Quận Ninh Kiều	105.788811	10.036111	0.0662
Quận Ô Môn	105.625441	10.119742	0.0546
- Huyện Cờ Đỏ	105.428858	10.098648	0.0236
- Huyện Phong Điền	105.330099	10.141798	0.0199
- Huyện Thốt Nốt	105.537254	10.269896	0.0698
- Huyện Vĩnh Thạnh	105.558964	10.065050	0.0331
<b>6. An Giang</b>	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Long Xuyên	105.436983	10.387999	0.0670
- Thị xã Châu Đốc	105.113001	10.717744	0.0655
- Huyện An Phú	105.094103	10.810647	0.0697
- Huyện Châu Phú	105.233459	10.580091	0.0607
- Huyện Châu Thành	105.389028	10.443974	0.0653

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Huyện Chợ Mới	105.403282	10.551041	0.0603
- Huyện Phú Tân	105.343062	10.716504	0.0450
- Huyện Tân Châu	105.242843	10.800671	0.0499
- Huyện Thoại Sơn	105.260674	10.258394	0.0220
- Huyện Tri Tôn	105.000900	10.418612	0.0162
- Huyện Tịnh Biên	105.008099	10.627416	0.0312
<b>7. Bà Rịa - Vũng Tàu</b>			
- Thành phố Vũng Tàu	107.073816	10.349389	0.0612
- Thị xã Bà Rịa	107.167113	10.496840	0.0330
- Huyện Châu Đức	107.246509	10.648073	0.0190
- Huyện Côn Đảo	106.606337	8.692020	0.0557
- Huyện Đất Đỏ	107.270686	10.490642	0.0251
- Huyện Long Điền	107.210081	10.484059	0.0295
- Huyện Tân Thành	107.054517	10.589509	0.0442
- Huyện Xuyên Mộc	107.398103	10.534875	0.0214
<b>8. Bạc Liêu</b>			
- Thị xã Bạc Liêu	105.720283	9.282918	0.0248
- Huyện Đông Hải	105.420952	9.036239	0.0273
- Huyện Giá Rai	105.456433	9.237121	0.0162
- Huyện Hồng Dân	105.451962	9.581362	0.0094
- Huyện Phước Long	105.460293	9.438268	0.0105
- Huyện Vĩnh Lợi	105.631994	9.285228	0.0205
<b>9. Bắc Giang</b>			
- Thị xã Bắc Giang	106.189508	21.276508	0.1089
- Huyện Hiệp Hoà	105.982466	21.356546	0.0941
- Huyện Lạng Giang	106.260568	21.352684	0.0980
- Huyện Lục Nam	106.383685	21.302094	0.1092
- Huyện Lục Ngạn	106.565689	21.372396	0.0636
- Huyện Sơn Động	106.851494	21.336156	0.0471
- Huyện Tân Yên	106.126214	21.386398	0.0719
- Huyện Việt Yên	106.100047	21.271988	0.1122
- Huyện Yên Dũng	106.242870	21.203603	0.1087
- Huyện Yên Thế	106.126549	21.477084	0.0791
<b>10. Bắc Kạn</b>			
- Thị xã Bắc Kạn	105.826466	22.143883	0.0596
- Huyện Ba Bể	105.718592	22.451518	0.0483
- Huyện Bạch Thông	105.878490	22.272699	0.0615
- Huyện Chợ Đồn	105.594774	22.157455	0.0217
- Huyện Chợ Mới	105.775197	21.882556	0.0585
- Huyện Na Rì	106.183731	22.237575	0.0271
- Huyện Ngân Sơn	105.997388	22.426799	0.0314
- Huyện Pắc Nặm	105.664265	22.615837	0.0561

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	vĩ tuyến	
11. Bắc Ninh	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Bắc Ninh	106.070693	21.186340	0.1192
- Huyện Gia Bình	106.194615	21.056523	0.1297
- Huyện Lương Tài	106.201190	21.017441	0.1316
- Huyện Quế Võ	106.153219	21.153498	0.1226
- Huyện Thuận Thành	106.085622	21.064200	0.1108
- Huyện Tiên Du	106.019367	21.142551	0.1109
- Huyện Từ Sơn	105.958815	21.116434	0.0919
- Huyện Yên Phong	105.954790	21.194003	0.1039
12. Bến Tre			
- Thị xã Bến Tre	106.382247	10.235580	0.0185
- Huyện Ba Tri	106.589406	10.038966	0.0275
- Huyện Bình Đại	106.692934	10.185789	0.0665
- Huyện Châu Thành	106.359692	10.310767	0.0204
- Huyện Chợ Lách	106.120530	10.258775	0.0157
- Huyện Giồng Trôm	106.507619	10.148996	0.0237
- Huyện Mỏ Cày	106.333683	10.123396	0.0157
- Huyện Thạnh Phú	106.514731	9.947394	0.0209
13. Bình Dương			
- Thị xã Thủ Dầu Một	106.672388	11.002815	0.0813
- Huyện Bến Cát	106.589993	11.154661	0.0897
- Huyện Dầu Tiếng	106.362442	11.279501	0.0639
- Huyện Dĩ An	106.769498	10.907053	0.0663
- Huyện Phú Giáo	106.795326	11.291461	0.0877
- Huyện Tân Uyên	106.803445	11.064700	0.0433
- Huyện Thuận An	106.699899	10.905335	0.0812
14. Bình Định			
- Thành phố Quy Nhơn	109.230915	13.770385	0.0941
- Huyện An Lão	108.885393	14.615599	0.1031
- Huyện An Nhơn	109.111996	13.888792	0.1061
- Huyện Hoài Ân	108.971962	14.366109	0.1057
- Huyện Hoài Nhơn	109.015397	14.434682	0.1049
- Huyện Phù Cát	109.056721	14.003400	0.1070
- Huyện Phù Mỹ	109.050990	14.174979	0.1008
- Huyện Tây Sơn	108.913822	13.910932	0.1097
- Huyện Tuy Phước	109.164480	13.828395	0.1067
- Huyện Vân Canh	108.997677	13.622525	0.1053
- Huyện Vĩnh Thạnh	108.781900	14.140664	0.0985
15. Bình Phước			
- Thị xã Đồng Xoài	106.900769	11.539561	0.0678
- Huyện Bình Long	106.607274	11.651431	0.0717
- Huyện Bù Đăng	107.247627	11.813073	0.0379



Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Huyện Bù Đốp	106.811296	12.015110	0.0202
- Huyện Chơn Thành	106.615837	11.416979	0.0567
- Huyện Đồng Phú	106.860954	11.464935	0.0742
- Huyện Lộc Ninh	106.589720	11.845727	0.0806
- Huyện Phước Long	107.000583	11.858190	0.0179
16. Bình Thuận			
- Thành phố Phan Thiết	108.102189	10.923384	0.0246
- Huyện Bắc Bình	108.503725	11.221553	0.0222
- Huyện Đức Linh	107.565896	11.189097	0.0251
- Huyện Hàm Tân	107.756924	10.686894	0.0557
- Huyện Hàm Thuận Bắc	108.130186	11.070423	0.0220
- Huyện Hàm Thuận Nam	107.877197	10.847443	0.0302
- Huyện Phú Quý	108.937697	10.542136	0.0540
- Huyện Tánh Linh	107.680291	11.085559	0.0422
- Huyện Tuy Phong	108.733351	11.228536	0.0373
17. Cà Mau			
- Thành phố Cà Mau	105.150215	9.175907	0.0113
- Huyện Cái Nước	105.013159	8.938304	0.0154
- Huyện Đầm Dơi	105.196036	8.990659	0.0191
- Huyện Năm Căn	104.993246	8.760980	0.0256
- Huyện Ngọc Hiển	104.757384	8.601188	0.0133
- Huyện Phú Tân	104.846986	8.871445	0.0131
- Huyện Thới Bình	105.094641	9.351728	0.0084
- Huyện Trần Văn Thời	104.977396	9.078921	0.0108
- Huyện U Minh	104.969472	9.410501	0.0068
18. Cao Bằng			
- Thị xã Cao Bằng	106.260605	22.666537	0.0814
- Huyện Bảo Lâm	105.491865	22.832251	0.0466
- Huyện Bảo Lạc	105.679233	22.949915	0.0384
- Huyện Hà Quảng	106.077602	22.900958	0.0635
- Huyện Hạ Lang	106.679902	22.695655	0.0155
- Huyện Hòa An	106.146356	22.742542	0.0765
- Huyện Nguyên Bình	105.962744	22.651403	0.0315
- Huyện Phục Hòa	106.564343	22.498114	0.0370
- Huyện Quang Uyên	106.441003	22.696994	0.0388
- Huyện Thạch An	106.433008	22.428560	0.0785
- Huyện Thông Nông	105.981710	22.785336	0.0473
- Huyện Trà Lĩnh	106.322514	22.827711	0.0362
- Huyện Trùng Khánh	106.522182	22.834142	0.0181
19. Đắk Lắk			
- Thành phố Buôn Ma Thuột	108.042720	12.673605	0.0127
- Huyện Buôn Đôn	107.895426	12.811224	0.0084

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Huyện Cư M'gar	108.077674	12.817459	0.0101
- Huyện Ea H'leo	108.207807	13.207851	0.0146
- Huyện Ea Kar	108.452763	12.816827	0.0189
- Huyện Ea Súp	107.885258	13.075303	0.0075
- Huyện Krông Ana	108.032173	12.485398	0.0215
- Huyện Krông Bông	108.340386	12.511934	0.0455
- Huyện Krông Búk	108.264932	12.911638	0.0114
- Huyện Krông Năng	108.351355	12.953415	0.0129
- Huyện Krông Păk	108.308347	12.711197	0.0188
- Huyện Lắk	108.171017	12.407708	0.0450
- Huyện M'Đrăk	108.743399	12.749497	0.0567
20. Đắk Nông			
- Huyện Cư Jút	107.893017	12.588209	0.0123
- Huyện Đắk Mil	107.619526	12.449204	0.0110
- Huyện Đắk Nông	107.688063	12.003146	0.0584
- Huyện Đắk RLấp	107.509330	11.997520	0.0339
- Huyện Đắk Song	107.602725	12.269189	0.0164
- Huyện Krông Nô	107.878034	12.454466	0.0172
21. Điện Biên			
- Thành phố Điện Biên Phủ	103.032615	21.406105	0.1281
- Thị xã Lai Châu	103.148444	22.034188	0.1486
- Huyện Điện Biên	103.008835	21.364106	0.1281
- Huyện Điện Biên Đông	103.248272	21.255300	0.1183
- Huyện Mường Lay	103.091263	21.758804	0.1516
- Huyện Mường Nhé	102.500648	22.158747	0.1141
- Huyện Tủa Chùa	103.332936	21.855887	0.1404
- Huyện Tuần Giáo	103.420470	21.593645	0.1124
22. Đồng Nai	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Biên Hoà	106.817189	10.946678	0.0454
- Thị xã Long Khánh	107.246701	10.933625	0.0301
- Huyện Cẩm Mỹ	107.231449	10.824899	0.0207
- Huyện Định Quán	107.351449	11.197483	0.0441
- Huyện Long Thành	106.949985	10.779912	0.0374
- Huyện Nhơn Trạch	106.928142	10.736255	0.0472
- Huyện Tân Phú	107.435226	11.270965	0.0236
- Huyện Thống Nhất	107.167950	11.060467	0.0383
- Huyện Trảng Bom	107.003624	10.955345	0.0217
- Huyện Vĩnh Cửu	107.038462	11.098241	0.0284
- Huyện Xuân Lộc	107.403706	10.927688	0.0509
23. Đồng Tháp	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Cao Lãnh	105.633243	10.455979	0.0366
- Thị xã Sa Đéc	105.762854	10.298121	0.0400

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	vĩ tuyến	
- Huyện Cao Lãnh	105.701790	10.442039	0.0291
- Huyện Châu Thành	105.873348	10.260056	0.0298
- Huyện Hồng Ngự	105.340032	10.811857	0.0321
- Huyện Lai Vung	105.659366	10.287555	0.0607
- Huyện Lấp Vò	105.522840	10.363814	0.0734
- Huyện Tam Nông	105.560892	10.674848	0.0225
- Huyện Tân Hồng	105.457101	10.871163	0.0182
- Huyện Thanh Bình	105.486201	10.561593	0.0436
- Huyện Tháp Mười	105.843459	10.524121	0.0155
24. Gia Lai	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Plei Ku	107.991214	13.974191	0.0511
- Thị xã An Khê	108.664139	13.951680	0.0773
- Huyện Ayun Pa	108.439786	13.410280	0.0508
- Huyện Chư Păh	107.969942	14.107336	0.0594
- Huyện Chư Prông	107.889673	13.759704	0.0210
- Huyện Chư Sê	108.073222	13.700705	0.0345
- Huyện Đăk Đoa	108.120462	13.994536	0.0577
- Huyện Đăk Pơ	108.671174	14.082535	0.0731
- Huyện Đức Cơ	107.694886	13.801141	0.0202
- Huyện Ia Grai	107.835090	13.961232	0.0275
- Huyện Ia Pa	108.457231	13.540817	0.0622
- Huyện K'Bang	108.598412	14.145268	0.0697
- Huyện Kông Chro	108.521393	13.801335	0.0717
- Huyện Krông Pa	108.695845	13.198394	0.0604
- Huyện Mang Yang	108.252462	14.042736	0.0405
25. Hà Giang	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Hà Giang	104.983779	22.832837	0.0682
- Huyện Bắc Mê	105.305308	22.741219	0.0356
- Huyện Bắc Quang	104.806047	22.415004	0.0320
- Huyện Đồng Văn	105.356464	23.280899	0.0221
- Huyện Hoàng Su Phì	104.685098	22.738830	0.0176
- Huyện Mèo Vạc	105.410379	23.160532	0.0369
- Huyện Quang Bình	104.586634	22.413311	0.0520
- Huyện Quan Bạ	104.989724	23.066191	0.0386
- Huyện Vị Xuyên	104.979884	22.667222	0.0385
- Huyện Xin Mần	104.454605	22.694674	0.0216
- Huyện Yên Minh	105.146342	23.118414	0.0568
26. Hà Nam	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Phủ Lý	105.915505	20.544784	0.1189
- Huyện Bình Lục	106.003137	20.493094	0.1143
- Huyện Duy Tiên	105.990766	20.642315	0.1118
- Huyện Kim Bang	105.872779	20.577196	0.1134

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	vĩ tuyến	
- Huyện Lý Nhân	106.029229	20.559972	0.1131
- Huyện Thanh Liêm	105.949050	20.472582	0.1149
27. Hà Tây	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Hà Đông	105.778885	20.971194	0.1131
- Thị xã Sơn Tây	105.510271	21.131353	0.1145
- Huyện Ba Vì	105.425093	21.195834	0.1167
- Huyện Chương Mỹ	105.700983	20.916434	0.1141
- Huyện Đan Phượng	105.657816	21.089507	0.1155
- Huyện Hoài Đức	105.709830	21.067659	0.1123
- Huyện Mỹ Đức	105.735597	20.683680	0.0912
- Huyện Phú Xuyên	105.915206	20.743375	0.1146
- Huyện Phúc Thọ	105.539688	21.107071	0.1141
- Huyện Quốc Oai	105.643078	20.992301	0.1161
- Huyện Thạch Thất	105.576895	21.054378	0.1140
- Huyện Thanh Oai	105.764824	20.855014	0.1128
- Huyện Thường Tín	105.861191	20.870852	0.1104
- Huyện Ứng Hoà	105.770106	20.738536	0.1117
28. Hà Tĩnh	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Hà Tĩnh	105.896650	18.346182	0.1168
- Thị xã Hồng Lĩnh	105.707588	18.527026	0.1110
- Huyện Can Lộc	105.775279	18.454758	0.1172
- Huyện Cẩm Xuyên	105.994261	18.256549	0.1133
- Huyện Đức Thọ	105.583482	18.532761	0.1141
- Huyện Hương Khê	105.705578	18.173409	0.0498
- Huyện Hương Sơn	105.423086	18.512012	0.0873
- Huyện Kỳ Anh	106.300351	18.069636	0.1013
- Huyện Nghi Xuân	105.754595	18.662394	0.1083
- Huyện Thạch Hà	105.864690	18.364955	0.1163
- Huyện Vũ Quang	105.498918	18.379812	0.0597
29. Hai Dương	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Hai Dương	106.326396	20.940634	0.1303
- Huyện Bình Giang	106.144674	20.908789	0.0752
- Huyện Cẩm Giàng	106.274558	20.945733	0.1223
- Huyện Chí Linh	106.391943	21.112089	0.1189
- Huyện Gia Lộc	106.295121	20.869196	0.1001
- Huyện Kim Thành	106.512926	20.967817	0.1265
- Huyện Kinh Môn	106.553197	20.988620	0.1212
- Huyện Nam Sách	106.334022	20.992673	0.1335
- Huyện Ninh Giang	106.395884	20.731422	0.0701
- Huyện Thanh Hà	106.469742	20.845559	0.1360
- Huyện Thanh Miện	106.245083	20.788727	0.0636
- Huyện Tứ Kỳ	106.401196	20.821568	0.1136

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	vĩ tuyến	
30. Hậu Giang	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Vị Thanh	105.471824	9.786227	0.0120
- Huyện Châu Thành	105.808079	9.921832	0.0456
- Huyện Châu Thành A	105.629302	9.923401	0.0247
- Huyện Long Mỹ	105.571492	9.679520	0.0118
- Huyện Phụng Hiệp	105.824371	9.810234	0.0308
- Huyện Vị Thủy	105.535384	9.751986	0.0126
31. Hoà Bình	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Hoà Bình	105.339860	20.820866	0.0885
- Huyện Cao Phong	105.324690	20.707882	0.0671
- Huyện Đà Bắc	105.254171	20.877769	0.0905
- Huyện Kim Bôi	105.536247	20.671825	0.0406
- Huyện Kỳ Sơn	105.356125	20.887864	0.0917
- Huyện Lạc Sơn	105.442768	20.464394	0.1177
- Huyện Lạc Thủy	105.777529	20.490389	0.0642
- Huyện Lương Sơn	105.538912	20.876626	0.0698
- Huyện Mai Châu	105.092421	20.664140	0.1269
- Huyện Tân Lạc	105.276721	20.621114	0.0848
- Huyện Yên Thủy	105.622756	20.394950	0.0964
32. Hưng Yên	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Hưng Yên	106.051270	20.646953	0.1127
- Huyện Ân Thi	106.088970	20.818810	0.0811
- Huyện Khoái Châu	105.977582	20.839329	0.1046
- Huyện Kim Động	106.059764	20.739740	0.1081
- Huyện Mỹ Hào	106.058124	20.934550	0.0725
- Huyện Phù Cừ	106.178201	20.733723	0.0795
- Huyện Tiên Lữ	106.117416	20.700827	0.1047
- Huyện Văn Giang	105.927165	20.935896	0.0885
- Huyện Văn Lâm	105.988208	20.977832	0.0748
- Huyện Yên Mỹ	106.034133	20.882932	0.0808
33. Khánh Hoà	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Nha Trang	109.191551	12.244791	0.0332
- Thị xã Cam Ranh	109.133261	11.913030	0.0215
- Huyện Diên Khánh	109.098422	12.257695	0.0299
- Huyện Khánh Sơn	108.951225	12.002801	0.0450
- Huyện Khánh Vĩnh	108.904622	12.279859	0.0201
- Huyện Ninh Hòa	109.125720	12.490493	0.0343
- Huyện Trường Sa	114.418039	7.817655	0.0169
- Huyện Vạn Ninh	109.227068	12.698377	0.0197
34. Kiên Giang	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Hà Tiên	104.490182	10.385716	0.0057
- Thị xã Rạch Giá	105.086564	10.010594	0.0094

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Huyện An Biên	105.061727	9.811132	0.0074
- Huyện An Minh	104.946359	9.612347	0.0059
- Huyện Châu Thành	105.158699	9.903343	0.0092
- Huyện Giồng Riềng	105.312519	9.908547	0.0117
- Huyện Gò Quao	105.272082	9.731211	0.0087
- Huyện Hòn Đất	104.925836	10.186862	0.0094
- Huyện Kiên Hải	104.301973	9.720517	0.0040
- Huyện Kiên Lương	104.642986	10.285780	0.0069
- Huyện Phú Quốc	103.958416	10.212509	0.0040
- Huyện Tân Hiệp	105.299920	10.130866	0.0179
- Huyện Vĩnh Thuận	105.258874	9.512571	0.0082
35. Kon Tum	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Kon Tum	108.007267	14.354658	0.0758
- Huyện Đắk Glei	107.736358	15.091423	0.0717
- Huyện Đắk Hà	107.919373	14.526413	0.0505
- Huyện Đắk Tô	107.838568	14.661530	0.0550
- Huyện Kon Plong	108.345897	14.613445	0.0762
- Huyện Kon Rẫy	108.250823	14.519737	0.0796
- Huyện Ngọc Hồi	107.696224	14.706999	0.0738
- Huyện Sa Thầy	107.793349	14.420232	0.0542
36. Lai Châu	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Lai Châu	103.472917	22.391567	0.0700
- Huyện Mường Tè	102.820064	22.387133	0.1195
- Huyện Phong Thổ	103.462915	22.385888	0.0701
- Huyện Sìn Hồ	103.251315	22.351086	0.1297
- Huyện Tam Đường	103.472917	22.391567	0.0701
- Huyện Than Uyên	103.889727	21.962819	0.1152
37. Lạng Sơn	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Lạng Sơn	106.759992	21.853513	0.0805
- Huyện Bắc Sơn	106.317169	21.901923	0.0176
- Huyện Bình Gia	106.371625	21.948446	0.0205
- Huyện Cao Lộc	106.768449	21.866315	0.0802
- Huyện Chi Lăng	106.576355	21.660959	0.0213
- Huyện Đình Lập	107.096207	21.546155	0.0802
- Huyện Hữu Lũng	106.344899	21.509724	0.0820
- Huyện Lộc Bình	106.926516	21.757322	0.0806
- Huyện Tràng Định	106.473043	22.253088	0.0801
- Huyện Văn Lãng	106.616053	22.054548	0.0802
- Huyện Văn Quan	106.547299	21.865732	0.0301
38. Lào Cai	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Lào Cai	103.968527	22.507091	0.1116
- Thị xã Cam Đường	104.015955	22.418044	0.0972

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	vĩ tuyến	
- Huyện Bắc Hà	104.291493	22.539511	0.0593
- Huyện Bảo Thắng	104.186728	22.318476	0.1094
- Huyện Bảo Yên	104.476475	22.237354	0.1132
- Huyện Bát Xát	103.893608	22.537018	0.1042
- Huyện Mường Khương	104.102986	22.771342	0.0384
- Huyện Sa Pa	103.845575	22.335158	0.0427
- Huyện Văn Bàn	104.250796	22.091811	0.0567
- Huyện Si Ma Cai	104.294585	22.697517	0.0291
39. Lâm Đồng	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Đà Lạt	108.434020	11.936000	0.0219
- Thị xã Bảo Lộc	107.807439	11.542405	0.0154
- Huyện Bảo Lâm	107.825884	11.642316	0.0174
- Huyện Cát Tiên	107.360512	11.584006	0.0455
- Huyện Di Linh	108.074617	11.577721	0.0245
- Huyện Đa Hươai	107.534561	11.387661	0.0154
- Huyện Đa Tẻh	107.484525	11.512878	0.0228
- Huyện Đơn Dương	108.492358	11.762639	0.0457
- Huyện Đức Trọng	108.375235	11.733866	0.0356
- Huyện Lâm Hà	108.254247	11.788215	0.0215
- Huyện Lạc Dương	108.408529	12.009099	0.0187
40. Long An	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Tân An	106.411743	10.541802	0.0516
- Huyện Bến Lức	106.486563	10.638107	0.0647
- Huyện Cần Giuộc	106.670982	10.605332	0.0622
- Huyện Cần Đước	106.604835	10.503635	0.0650
- Huyện Châu Thành	106.468131	10.444803	0.0485
- Huyện Đức Hoà	106.387177	10.907938	0.0540
- Huyện Đức Huệ	106.296351	10.898560	0.0654
- Huyện Mộc Hoá	105.937627	10.777547	0.0158
- Huyện Tân Hưng	105.661632	10.835658	0.0130
- Huyện Tân Thạnh	106.047671	10.608057	0.0156
- Huyện Tân Trụ	106.507903	10.514757	0.0640
- Huyện Thạnh Hoá	106.166714	10.653776	0.0246
- Huyện Thủ Thừa	106.405058	10.605279	0.0603
- Huyện Vĩnh Hưng	105.789574	10.886246	0.0137
41. Nam Định	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Nam Định	106.171334	20.427704	0.1180
- Huyện Giao Thủy	106.440718	20.282900	0.1145
- Huyện Hai Hậu	106.295842	20.199767	0.1139
- Huyện Mỹ Lộc	106.088086	20.441218	0.1167
- Huyện Nam Trực	106.176079	20.335498	0.1142
- Huyện Nghĩa Hưng	106.180941	20.220080	0.1157

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	vĩ tuyến	
- Huyện Trục Ninh	106.264193	20.323263	0.1155
- Huyện Vụ Bản	106.072681	20.331566	0.1163
- Huyện Xuân Trường	106.330964	20.297169	0.1176
- Huyện ý Yên	106.007399	20.329228	0.1123
42. Nghệ An	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Vinh	105.681387	18.671165	0.1041
- Thị xã Cửa Lò	105.716337	18.819934	0.1071
- Huyện Anh Sơn	105.083191	18.930485	0.1073
- Huyện Con Cuông	104.880086	19.049554	0.1102
- Huyện Diễn Châu	105.599147	18.977107	0.0788
- Huyện Đô Lương	105.306150	18.903916	0.1092
- Huyện Hưng Nguyên	105.628472	18.671200	0.1037
- Huyện Kỳ Sơn	104.154466	19.394728	0.0888
- Huyện Nam Đàn	105.492222	18.702136	0.1082
- Huyện Nghi Lộc	105.645664	18.783319	0.1086
- Huyện Nghĩa Đàn	105.435930	19.325734	0.0427
- Huyện Quế Phong	104.924229	19.614350	0.0277
- Huyện Quỳnh Châu	105.095481	19.548518	0.0350
- Huyện Quỳnh Hợp	105.183709	19.325404	0.0374
- Huyện Quỳnh Lưu	105.630600	19.147450	0.0390
- Huyện Tân Kỳ	105.269480	19.049002	0.0886
- Huyện Thanh Chương	105.336276	18.785598	0.1071
- Huyện Tương Dương	104.477319	19.259857	0.0954
- Huyện Yên Thành	105.464452	18.997171	0.0924
43. Ninh Bình	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Ninh Bình	105.981830	20.256335	0.0984
- Thị xã Tam Điệp	105.919076	20.157066	0.0920
- Huyện Gia Viễn	105.834555	20.347562	0.0724
- Huyện Hoa Lư	105.954345	20.299293	0.0983
- Huyện Kim Sơn	106.084602	20.091934	0.1053
- Huyện Nho Quan	105.752260	20.323427	0.0825
- Huyện Yên Khánh	106.062016	20.185691	0.1067
- Huyện Yên Mô	106.005661	20.162567	0.0923
44. Ninh Thuận	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Phan Rang - Tháp Chàm	108.989288	11.567571	0.0231
- Huyện Bác ái	108.887729	11.830150	0.0325
- Huyện Ninh Hải	109.036483	11.590360	0.0245
- Huyện Ninh Phước	108.923438	11.522553	0.0222
- Huyện Ninh Sơn	108.784360	11.773564	0.0369
45. Phú Thọ	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Việt Trì	105.410522	21.305913	0.1128
- Thị xã Phú Thọ	105.221368	21.401265	0.1160



Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Huyện Đoan Hùng	105.178989	21.632806	0.1089
- Huyện Hạ Hoà	105.006482	21.562738	0.1111
- Huyện Lâm Thao	105.281875	21.329406	0.1098
- Huyện Phù Ninh	105.305197	21.410059	0.1132
- Huyện Sông Thao	105.132613	21.422193	0.1088
- Huyện Tam Nông	105.292099	21.251362	0.1097
- Huyện Thanh Ba	105.140678	21.499073	0.1136
- Huyện Thanh Sơn	105.179711	21.202368	0.0689
- Huyện Thanh Thủy	105.280681	21.170235	0.0997
- Huyện Yên Lập	105.048096	21.354024	0.0617
46. Phú Yên	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Tuy Hoà	109.324421	13.092430	0.0690
- Huyện Đồng Xuân	109.106491	13.378728	0.1095
- Huyện Phú Hòa	109.226917	12.952653	0.0523
- Huyện Sông Cầu	109.221112	13.458987	0.1033
- Huyện Sông Hinh	108.903189	12.986454	0.0511
- Huyện Sơn Hoà	108.959763	13.057795	0.0719
- Huyện Tuy An	109.215079	13.308043	0.1061
- Huyện Tuy Hoà	109.312054	13.066575	0.0656
47. Quang Bình	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Đồng Hới	106.622424	17.465480	0.0950
- Huyện Bố Trạch	106.533327	17.587024	0.0407
- Huyện Lệ Thủy	106.785575	17.226093	0.0319
- Huyện Minh Hoá	105.969561	17.815071	0.0315
- Huyện Quang Ninh	106.637813	17.407999	0.0266
- Huyện Quang Trạch	106.424727	17.752391	0.0440
- Huyện Tuyên Hoá	106.019341	17.883872	0.0426
48. Quang Nam	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Tam Kỳ	108.492214	15.565588	0.0802
- Thị xã Hội An	108.331745	15.878151	0.0324
- Huyện Bắc Trà My	108.222856	15.343547	0.0693
- Huyện Duy Xuyên	108.251812	15.825662	0.0263
- Huyện Đại Lộc	108.113664	15.882262	0.0300
- Huyện Điện Bàn	108.246684	15.893582	0.0341
- Huyện Đông Giang	107.653069	15.928123	0.0547
- Huyện Hiệp Đức	108.117915	15.582305	0.0860
- Huyện Nam Giang	107.831939	15.750486	0.0417
- Huyện Nam Trà My	108.112737	15.157413	0.0627
- Huyện Núi Thành	108.658112	15.432075	0.0580
- Huyện Phước Sơn	107.799060	15.459941	0.1017
- Huyện Quế Sơn	108.219236	15.673568	0.0493
- Huyện Tây Giang	107.475819	15.858329	0.0924

Địa danh			Già tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Huyện Thăng Bình	108.355574	15.742649	0.0301
- Huyện Tiên Phước	108.306709	15.489836	0.0919
49. Quang Ngãi			
- Thị xã Quang Ngãi	108.800936	15.122537	0.0824
- Huyện Ba Tơ	108.737593	14.768115	0.1068
- Huyện Bình Sơn	108.757199	15.300061	0.0519
- Huyện Đức Phổ	108.956277	14.812032	0.1060
- Huyện Lý Sơn	109.115841	15.375097	0.0802
- Huyện Minh Long	108.700492	14.931858	0.0350
- Huyện Mộ Đức	108.887505	14.957452	0.0493
- Huyện Nghĩa Hành	108.778313	15.048485	0.0542
- Huyện Sơn Hà	108.468837	15.041504	0.0457
- Huyện Sơn Tây	108.337523	14.994259	0.0306
- Huyện Sơn Tịnh	108.797343	15.156215	0.0912
- Huyện Tây Trà	108.356390	15.167678	0.0887
- Huyện Trà Bồng	108.523132	15.255853	0.0804
- Huyện Tư Nghĩa	108.825801	15.089916	0.0707
50. Quang Ninh			
- Thành phố Hạ Long	107.074243	20.948629	0.0882
- Thị xã Cẩm Pha	107.278208	21.012186	0.0721
- Thị xã Móng Cái	107.970443	21.530378	0.0577
- Thị xã Uông Bí	106.791821	21.032751	0.1142
- Huyện Ba Chẽ	107.279583	21.272950	0.1034
- Huyện Bình Liêu	107.395971	21.524648	0.0455
- Huyện Cô Tô	107.764840	20.971747	0.0165
- Huyện Đầm Hà	107.595267	21.353367	0.0687
- Huyện Đông Triều	106.513540	21.082132	0.1118
- Huyện Hai Hà	107.753631	21.450392	0.0558
- Huyện Hoành Bồ	106.990510	21.028425	0.1082
- Huyện Tiên Yên	107.403884	21.332414	0.0782
- Huyện Vân Đồn	107.419432	21.073020	0.0689
- Huyện Yên Hưng	106.798620	20.939553	0.1220
51. Quang Trị			
- Thị xã Đông Hà	107.098572	16.823541	0.0275
- Thị xã Quang Trị	107.187234	16.742130	0.0301
- Huyện Cam Lộ	107.004268	16.809160	0.0281
- Huyện Đa Krông	106.815813	16.659978	0.0612
- Huyện Gio Linh	107.076008	16.933810	0.0317
- Huyện Hai Lăng	107.246103	16.692543	0.0349
- Huyện Hướng Hoá	106.729258	16.624655	0.0539
- Huyện Triệu Phong	107.160477	16.775643	0.0286
- Huyện Vĩnh Linh	107.014103	17.060399	0.0373

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
52. Sóc Trăng			
- Thị xã Sóc Trăng	105.972247	9.605256	0.0258
- Huyện Cù Lao Dung	106.162888	9.627605	0.0554
- Huyện Kế Sách	105.983829	9.769237	0.0464
- Huyện Long Phú	106.124848	9.607922	0.0446
- Huyện Mỹ Tú	105.809689	9.636811	0.0173
- Huyện Mỹ Xuyên	105.986776	9.558628	0.0250
- Huyện Ngã Năm	105.596275	9.566195	0.0111
- Huyện Thạnh Trị	105.743041	9.429983	0.0163
- Huyện Vĩnh Châu	105.979968	9.327988	0.0396
53. Sơn La	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Sơn La	103.910582	21.332297	0.1893
- Huyện Bắc Yên	104.420908	21.247708	0.0871
- Huyện Mai Sơn	104.106526	21.195342	0.1111
- Huyện Mộc Châu	104.623700	20.851692	0.1197
- Huyện Mường La	104.027270	21.517065	0.1005
- Huyện Phù Yên	104.645334	21.259092	0.0826
- Huyện Quỳnh Nhai	103.570129	21.850123	0.0832
- Huyện Sông Mã	103.747788	21.051554	0.1193
- Huyện Sốp Cộp	103.599504	20.939023	0.1183
- Huyện Thuận Châu	103.688492	21.437194	0.1318
- Huyện Yên Châu	104.299358	21.047671	0.1077
54. Tây Ninh	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Tây Ninh	106.085951	11.311484	0.0575
- Huyện Bến Cầu	106.178575	11.111378	0.0631
- Huyện Châu Thành	106.029823	11.313305	0.0650
- Huyện Dương Minh Châu	106.220049	11.377176	0.0647
- Huyện Gò Dầu	106.264426	11.083993	0.0578
- Huyện Hoà Thành	106.127286	11.288293	0.0551
- Huyện Tân Biên	106.004801	11.543580	0.0570
- Huyện Tân Châu	106.161433	11.554078	0.0647
- Huyện Trang Bàng	106.358571	11.030987	0.0634
55. Thái Bình	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Thái Bình	106.342015	20.446666	0.1074
- Huyện Đông Hưng	106.353272	20.557551	0.0766
- Huyện Hưng Hà	106.224110	20.590765	0.1032
- Huyện Kiến Xương	106.436840	20.389371	0.1012
- Huyện Quỳnh Phụ	106.327377	20.661477	0.0617
- Huyện Thái Thụy	106.566321	20.561343	0.0523
- Huyện Tiền Hải	106.502930	20.405450	0.0777
- Huyện Vũ Thư	106.296237	20.436117	0.1126
56. Thái Nguyên	0.000000	0.000000	0.0000

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Thành phố Thái Nguyên	105.843674	21.596704	0.0928
- Thị xã Sông Công	105.850600	21.482478	0.0856
- Huyện Đại Từ	105.641588	21.630288	0.1185
- Huyện Định Hoá	105.645948	21.909531	0.0468
- Huyện Đồng Hỷ	105.839291	21.627437	0.0953
- Huyện Phổ Yên	105.877824	21.414122	0.0945
- Huyện Phú Bình	105.977524	21.459705	0.0646
- Huyện Phú Lương	105.703666	21.731275	0.1032
- Huyện Võ Nhai	106.076177	21.750977	0.0451
57. Thanh Hóa	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Thanh Hoá	105.777997	19.812634	0.0918
- Thị xã Bỉm Sơn	105.857165	20.099832	0.1205
- Thị xã Sầm Sơn	105.897468	19.737447	0.0798
- Huyện Bá Thước	105.233384	20.345956	0.1184
- Huyện Cẩm Thủy	105.475186	20.216261	0.1172
- Huyện Đông Sơn	105.733188	19.816115	0.0929
- Huyện Hà Trung	105.851902	20.011608	0.1439
- Huyện Hậu Lộc	105.890345	19.916804	0.1261
- Huyện Hoằng Hoá	105.853757	19.861982	0.1054
- Huyện Lang Chánh	105.242915	20.155001	0.1051
- Huyện Mường Lát	104.608331	20.538586	0.1053
- Huyện Nga Sơn	105.970786	20.008426	0.1257
- Huyện Ngọc Lặc	105.372238	20.091934	0.1002
- Huyện Như Thanh	105.575911	19.632547	0.0853
- Huyện Như Xuân	105.430577	19.663219	0.0540
- Huyện Nông Cống	105.686447	19.705461	0.1049
- Huyện Quang Xương	105.829966	19.727482	0.0859
- Huyện Quan Hoá	105.103108	20.381078	0.1121
- Huyện Quan Sơn	104.898163	20.265935	0.0806
- Huyện Thạch Thành	105.670291	20.128940	0.1421
- Huyện Thọ Xuân	105.519467	19.935256	0.0997
- Huyện Thường Xuân	105.350110	19.904063	0.0953
- Huyện Thiệu Hoá	105.678657	19.882446	0.0928
- Huyện Tĩnh Gia	105.776541	19.449496	0.0986
- Huyện Triệu Sơn	105.595675	19.819138	0.1017
- Huyện Vĩnh Lộc	105.614134	20.062668	0.1066
- Huyện Yên Định	105.653484	19.970766	0.0874
58. Thừa Thiên - Huế	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Huế	107.593495	16.462799	0.0538
- Huyện A Lưới	107.230915	16.276708	0.0573
- Huyện Hương Thủy	107.687393	16.399311	0.0492
- Huyện Hương Trà	107.467543	16.532178	0.0539

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Huyện Nam Đông	107.723552	16.168526	0.0804
- Huyện Phú Lộc	107.860479	16.280188	0.0434
- Huyện Phú Vang	107.614496	16.526909	0.0535
- Huyện Phong Điền	107.362825	16.581553	0.0496
- Huyện Quang Điền	107.507752	16.576283	0.0453
59. Tiền Giang	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Mỹ Tho	106.366702	10.358815	0.0237
- Thị xã Gò Công	106.678400	10.366289	0.0817
- Huyện Cái Bè	106.032342	10.338579	0.0156
- Huyện Cai Lậy	106.117888	10.407743	0.0142
- Huyện Châu Thành	106.341325	10.449356	0.0280
- Huyện Chợ Gạo	106.463932	10.352172	0.0342
- Huyện Gò Công Đông	106.712035	10.320039	0.0785
- Huyện Gò Công Tây	106.579754	10.345226	0.0574
- Huyện Tân Phước	106.193071	10.477254	0.0180
60. Trà Vinh	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Trà Vinh	106.341455	9.938170	0.0219
- Huyện Càng Long	106.203383	9.989331	0.0277
- Huyện Cầu Kè	106.054643	9.870448	0.0660
- Huyện Cầu Ngang	106.452095	9.804802	0.0286
- Huyện Châu Thành	106.346637	9.869448	0.0272
- Huyện Duyên Hải	106.490906	9.634284	0.0491
- Huyện Tiểu Cần	106.188956	9.812608	0.0591
- Huyện Trà Cú	106.262310	9.680716	0.0673
61. Tuyên Quang	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Tuyên Quang	105.212592	21.814380	0.0595
- Huyện Chiêm Hoá	105.259989	22.148471	0.0200
- Huyện Hàm Yên	105.029818	22.073003	0.0486
- Huyện Na Hang	105.395347	22.350264	0.0438
- Huyện Sơn Dương	105.390787	21.701718	0.0627
- Huyện Yên Sơn	105.220081	21.796005	0.0620
62. Vĩnh Long	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Vĩnh Long	105.976463	10.253015	0.0220
- Huyện Bình Minh	105.823863	10.070005	0.0720
- Huyện Long Hồ	106.012632	10.192599	0.0245
- Huyện Mang Thít	106.110902	10.177833	0.0197
- Huyện Tam Bình	105.994227	10.043792	0.0468
- Huyện Trà Ôn	105.921902	9.965789	0.0642
- Huyện Vũng Liêm	106.184740	10.095803	0.0204
63. Vĩnh Phúc	0.000000	0.000000	0.0000
- Thị xã Phúc Yên	105.704866	21.237239	0.0793
- Thị xã Vĩnh Yên	105.596511	21.312293	0.0837

Địa danh			Giá tốc nền (agR/g)
	Kinh tuyến	Vĩ tuyến	
- Huyện Bình Xuyên	105.648005	21.277529	0.0808
- Huyện Lập Thạch	105.460311	21.415886	0.0969
- Huyện Mê Linh	105.704866	21.237239	0.0793
- Huyện Tam Dương	105.539313	21.381687	0.0849
- Huyện Vĩnh Tường	105.515329	21.219750	0.1144
- Huyện Yên Lạc	105.577221	21.233960	0.1088
64. Yên Bái	0.000000	0.000000	0.0000
- Thành phố Yên Bái	104.878837	21.711140	0.1130
- Thị xã Nghĩa Lộ	104.511940	21.603030	0.0680
- Huyện Lục Yên	104.766688	22.097433	0.1086
- Huyện Mù Cang Chải	104.086195	21.851122	0.0561
- Huyện Trạm Tấu	104.388593	21.466639	0.0448
- Huyện Trấn Yên	104.823185	21.758578	0.1102
- Huyện Văn Chấn	104.492506	21.652069	0.0694
- Huyện Văn Yên	104.685533	21.874889	0.1083
- Huyện Yên Bình	104.964057	21.726827	0.1128

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] *Đề cương môn học – Nhà nhiều tầng*, Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP HCM 2008.
- [2] TCVN 2737:1995, *Tải trọng và tác động*.
- [3] TCXD 229:1999, *Hướng dẫn tính toán thành phần động của tải trọng gió theo TCVN, 2737 – 1995*.
- [4] TCXDVN 375:2006, *Thiết kế công trình chịu động đất*.
- [5] TCXD 198:1997, *Nhà cao tầng – Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép toàn khối*.
- [6] TCXDVN 356:2005, *Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép toàn khối*.
- [7] Phạm Đình Ba, Nguyễn Tài Trung, *Động lực học công trình*, NXB Xây dựng, 2005.
- [8] Nguyễn Lê Ninh, *Động đất và thiết kế công trình chịu động đất*, NXB Xây dựng, 2007.
- [9] Khandzi, *Tính toán và thiết kế khung BTCT nhà nhiều tầng*, NXB Xây dựng, 1985.
- [10] Lê Thanh Huân, *Kết cấu nhà cao tầng Bê tông cốt thép*, NXB Xây dựng, 2007.
- [11] Nguyễn Đình Công, *Tính toán tiết diện cột bê tông cốt thép*, NXB Xây dựng, 2006.
- [12] Nguyễn Tấn Trung, Võ Mạnh Tùng, *Một số phương pháp tính cốt thép cho vách phẳng bê tông cốt thép*.
- [13] Nguyễn Tiên Chương, *Bài giảng Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép nhà cao tầng, tập huấn KHCN sau đại học 12/2004*.
- [14] Phan Văn Cúc, Nguyễn Lê Ninh, *Tính toán và cấu tạo kháng chấn các công trình nhà nhiều tầng*, NXB Khoa học Kỹ thuật 1994.
- [15] SAP & ETABS
- [16] *Structural Systems for Tall Buildings*, Council on tall buildings and urban habitat, McGraw Hill, 1995.
- [17] *Steel, Concrete and Composite Design for Tall Buildings*, Taranath, McGraw Hill, 1997.
- [18] *Tall Building Structures - Analysis and Design*, Bryan Stafford Smith & Alex Coull, John Wiley & Sons- Inc, 1991.
- [19] Một số tài liệu , hình ảnh khác trích từ mạng Internet .

# NHÀ CAO TẦNG BÊTÔNG – CỐT THÉP

Võ Bá Tâm

---

**NHÀ XUẤT BẢN**  
**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH**  
KP 6, P. Linh Trung, Q. Thủ Đức, TPHCM  
Số 3 Công trường Quốc tế, Q.3, TPHCM  
**ĐT: 38239172, 38239170**  
**Fax: 38239172; Email: vnuhp@vnuhcm.edu.vn**

☆☆☆

*Chịu trách nhiệm xuất bản*

**TS HUỖNH BÁ LÂN**

*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền*  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA – ĐHQG TP HCM**

*Biên tập*

**THÂN THỊ HỒNG**

*Sửa bản in*

**NGUYỄN ĐỨC MAI LÂM**

*Trình bày bìa*

**VÕ THỊ HỒNG**

---

In tái bản 1.000 cuốn, khổ 19 x 27 cm  
Số đăng ký KHXB: 886-2012/CXB/03-36/ĐHQG-TPHCM  
Quyết định xuất bản số: 404/QĐ-ĐHQG-TPHCM/TB  
ngày 02/11/2012 của Nhà xuất bản ĐHQG TPHCM  
In tại Xưởng in Đại học Bách khoa - ĐHQG TP.HCM  
Nộp lưu chiểu tháng 12 năm 2012.