

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

---

**NGUYỄN THẾ SƠN**

**THIẾT KẾ KHÁNG CHẤN DỰA TRÊN  
PHÂN TÍCH PHI ĐÀN HỒI  
CỦA KHUNG BÊ TÔNG CỐT THÉP**

**Chuyên ngành: Xây dựng  
công trình dân dụng và công nghiệp**

**Mã số: 60.58.20**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng - Năm 2014**

Công trình được hoàn thành tại

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

Người hướng dẫn khoa học: **PGS.TS. NGÔ HỮU CƯỜNG**

Phản biện 1: PGS.TS. NGUYỄN XUÂN TOÀN

Phản biện 2: GS.TS. PHẠM VĂN HỘI

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 27 tháng 06 năm 2014.

*Có thể tìm hiểu luận văn tại:*

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng.

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Mục đích của PBSD trong báo cáo FEMA445 là phát triển một phương pháp luận thiết kế để có thể thiết kế hệ kết cấu với ứng xử dự kiến ứng với các cấp độ quy định của hiểm họa động đất. Cách tiếp cận của tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn EC8 tương tự như phương pháp PBSD. Phương pháp phân tích đàn hồi được sử dụng trong thực tiễn thiết kế theo các tiêu chuẩn trên thế giới và kể cả EC8 để xác định yêu cầu về độ bền và chuyển vị. Sau đó, cường độ và chi tiết cấu tạo thiết kế thích hợp được cung cấp để đảm bảo ứng xử phi đàn hồi phù hợp với dự định. Như vậy, ứng xử phi đàn hồi mong đợi được tính toán một cách gián tiếp trong thiết kế. Tuy nhiên, tác động phi đàn hồi có thể bao gồm sự chảy dẻo và sự mất ổn định trầm trọng của các bộ phận kết cấu cũng như liên kết và có thể phân bố không đều và không rộng như trong hệ kết cấu được thiết kế theo phương pháp đàn hồi. Điều này có thể gây ra ứng xử không như mong muốn và không thể dự đoán được, hoặc xảy ra sự sụp đổ hoàn toàn, hoặc gây khó khăn và tốn kém trong công tác sửa chữa. Do đó, cần có các phương pháp thiết kế trực tiếp phù hợp với khuôn khổ của PBSD và thiết kế hệ kết cấu làm việc ở cấp độ như mong đợi.

Phương pháp đẩy dần SPA (pushover) được nghiên cứu để xác định phản ứng động đất lên hệ kết cấu trong vài thập kỷ qua. Tác giả Lê Xuân Quang và Trịnh Quang Thịnh (2010) đã sử dụng phương pháp này để kiểm tra sự làm việc của hệ kết cấu khi chịu tải trọng ngang và đánh giá sự hợp lý của thiết kế. Tiêu chuẩn EC8 Phần 1 cũng đã gợi ý rằng: phương pháp này có thể sử dụng như là một phương pháp thiết kế trực tiếp thay cho phương pháp phân tích đàn

hồi tuyến tính có sử dụng hệ số ứng xử  $q$  nhưng hướng dẫn để áp dụng trong thực hành rất hạn chế, chỉ gồm cách điều chỉnh các trận động đất phù hợp với trận động đất thiết kế và cách xác định chuyển vị mục tiêu.

Kappos và Manafpour (2001) đã phát triển một phương pháp luận thiết kế sử dụng phân tích động phi đàn hồi trực tiếp vào trong quá trình thiết kế và phát triển một định dạng thích hợp để đưa vào tiêu chuẩn thiết kế EC8, và đưa ra các gợi ý cho phân tích tĩnh phi đàn hồi. Tất cả các nghiên cứu này đều được thực hiện bằng phần mềm IDARC 4.0. Trong đó, các cấp độ làm việc và thuộc tính khớp dẻo được xác định theo FEMA273.

Trong luận văn này, tác giả sử dụng một phương pháp thiết kế kháng chấn trực tiếp đơn giản hơn dựa vào phân tích tĩnh phi đàn hồi đẩy dần như đã đề cập đến trong EC8. Để minh họa chi tiết cho ưu và nhược điểm của phương pháp nghiên cứu, một khung BTCT 10 tầng được thiết kế theo EC8 và phương pháp nghiên cứu. Các cấp độ làm việc và chuyển vị mục tiêu của hệ kết cấu theo EC8 được nghiên cứu để so sánh với FEMA273 bằng phần mềm ETABS Nonlinear V9.7.0.

## **2. Mục tiêu nghiên cứu**

- Thực hành thiết kế kháng chấn theo EC8.
- Thiết kế kháng chấn theo phương pháp dựa trên phân tích phi đàn hồi nghiên cứu.
- Sử dụng phương pháp đẩy dần SPA để đánh giá các khung nghiên cứu, với các thuộc tính khớp dẻo "user define" theo EC8 Phần 3 và "default" theo FEMA273 trong ETABS.

### **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài là kết cấu khung phẳng BTCT, phương pháp phân tích phi đàn hồi sử dụng trong luận văn là phương pháp phân tích tĩnh phi đàn hồi. Tiêu chuẩn áp dụng thiết kế là Eurocode. Các thuộc tính khớp dẻo và các cấp độ làm việc kháng chấn xác định theo FEMA273 và EC8.

### **4. Phương pháp nghiên cứu**

Để giải quyết các mục tiêu nêu trên, luận văn đưa ra các phương pháp nghiên cứu sau:

- Nghiên cứu và xây dựng quy trình thiết kế kháng chấn theo EC8.
- Tìm hiểu phương pháp đẩy dãn SPA và PBSĐ.
- Mô hình hóa, phân tích kết cấu bằng phần mềm ETABS V9.7.0 và XTRACT.
- Nghiên cứu và xây dựng quy trình thiết kế kháng chấn dựa trên phân tích phi đàn hồi.

### **5. Cấu trúc luận văn**

Ngoài phần mở đầu và kết luận, luận văn bao gồm ba chương như sau:

**Chương 1:** Thiết kế kháng chấn truyền thống theo EC8.

**Chương 2:** Thiết kế kháng chấn dựa trên phân tích phi đàn hồi của khung BTCT.

**Chương 3:** Ví dụ thiết kế.

## CHƯƠNG 1

### THIẾT KẾ KHÁNG CHẤN TRUYỀN THỐNG THEO EC8

#### 1.1 GIỚI THIỆU

#### 1.2 ĐỘ DẸO VÀ HỆ SỐ ỨNG XỬ

Xác định độ dẻo theo chuyển vị:

$$\mu = x_{\max} / x_y \quad (1.1)$$

Trong EC8, việc giảm lực quán tính được xác định bởi hệ số ứng xử  $q$ .

$$q = F_{el} / F_y \quad (1.2)$$

#### 1.3 PHỔ ĐÀN HỒI VÀ PHỔ THIẾT KẾ THEO PHƯƠNG NẴM NGANG

##### 1.3.1 Phổ phản ứng đàn hồi theo phương nằm ngang

##### 1.3.2 Phổ thiết kế theo phương nằm ngang

#### 1.4 CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ĐÀN HỒI

##### 1.4.1 Phương pháp tĩnh lực ngang tương đương

##### 1.4.2 Phương pháp phổ phản ứng

#### 1.5 CÁC TIÊU CHÍ PHÂN TÍCH, THIẾT KẾ

Chuyển vị gây ra bởi các tác động động đất thiết kế được xác định như sau:

$$d_s = q_d \cdot d_{er} \quad (1.9)$$

EC8 cho phép xác định độ cứng hiệu quả bằng một nửa độ cứng cấu kiện để tính toán sự mềm kết cấu tại mức độ biến dạng phù hợp với sự chảy dẻo cốt thép.

### 1.5.1 Kiểm tra hạn chế hư hỏng

Kiểm tra hạn chế hư hỏng nhằm duy trì giá trị lớn nhất chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng bé hơn giá trị giới hạn:

$$d_r / h \leq \alpha / v \quad (1.10)$$

### 1.5.2 Kiểm tra ảnh hưởng bậc hai

$$\theta = P_{\text{tot}} \cdot d_r / (V_{\text{tot}} \cdot h) \leq 0,1 \quad (1.11)$$

Không xét ảnh hưởng bậc hai khi  $\theta \leq 0,1$

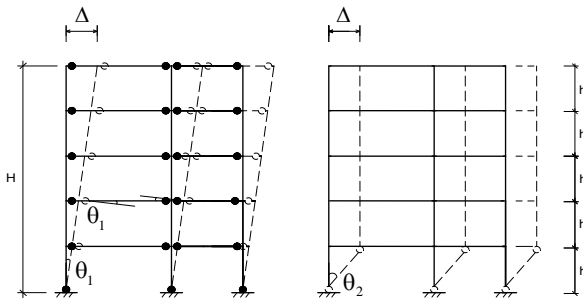
## 1.6 QUY ĐỊNH ĐỘ DẸO CỤC BỘ

## 1.7 THIẾT KẾ THEO KHẢ NĂNG

### 1.7.1 Quy trình thiết kế

- Lựa chọn một cơ cấu phá hoại dẻo có thể xảy ra với kết cấu.
- Thiết kế và cấu tạo chi tiết cho các vùng khớp dẻo.
- Thiết kế sao cho không có khớp dẻo xuất hiện trong các phần kết cấu được dự định đàn hồi.

### 1.7.2 Cơ chế chảy dẻo mong muốn của khung khi chịu động đất



Hình 1.2a: Cột khỏe – dầm yếu Hình 1.2b: Cột yếu– dầm khỏe

Cơ cấu phá hoại dẻo ở cột là nguyên nhân gây ra nhiều vụ sụp

đồ nhà khi động đất. Do vậy, mục tiêu thiết kế theo khả năng trong trường hợp này là ngăn không cho tạo tầng mềm (cột khỏe/dầm yếu), nghĩa là đảm bảo cơ chế chảy dẻo mong muốn ở Hình 1.2a.

## 1.8 TÍNH TOÁN CÁC HỆ QUẢ TÁC ĐỘNG ĐỘNG ĐẤT

### 1.8.1 Dầm

#### a. Momen uốn

Momen dùng để tính toán cốt thép chịu uốn của dầm là momen lớn nhất của tất cả tổ hợp từ phân tích đàn hồi tuyến tính.

#### b. Lực cắt

Lực cắt thiết kế dầm không phải là lực cắt từ phân tích mà lực cắt được xác định theo quy trình thiết kế theo khả năng.

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \min \left( 1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right) \cdot \{M_{Rb,1} + M_{Rb,2}\} / I_{cl} + V_g \quad (1.14)$$

### 1.8.2 Cột

#### a. Momen uốn

Để giảm xác suất hình thành khớp dẻo trong các cột, các khung phải được thiết kế với cơ chế cột khỏe/dầm yếu:

$$\sum M_{Rc} \geq 1,3 \sum M_{Rb} \quad (1.15)$$

Tỷ lệ momen cột cho phân cột trên và dưới nút phải được phân phối theo quy tắc độ cứng tương đối. Fardis cùng cộng sự (2005) gợi ý rằng, đối với các cột đối xứng và có nhịp bằng nhau, 45 phần trăm của tổng momen cột tại nút được phân phối cho cột trên nút và 55 phần trăm cho cột dưới nút.

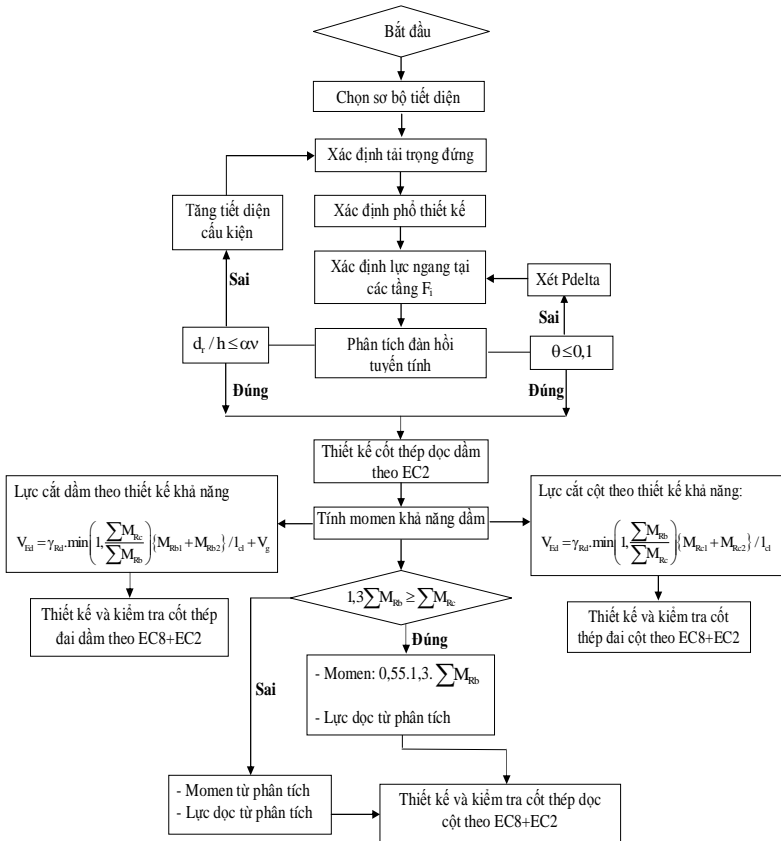
#### b. Lực cắt

Lực cắt cột được xác định theo quy trình thiết kế theo khả năng:



$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \min \left( 1, \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}} \right) \cdot \{ M_{Rc,1} + M_{Rc,2} \} / l_{cl} \quad (1.16)$$

## 1.9 NỘI DUNG PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ THEO EC8



Hình 1.6: Quy trình thiết kế kháng chấn theo EC8

## CHƯƠNG 2

### THIẾT KẾ KHÁNG CHẤN DỰA TRÊN PHÂN TÍCH PHI ĐÀN HỒI CỦA KHUNG BTCT

#### 2.1 GIỚI THIỆU

#### 2.2 CÁC PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ KHÁNG CHẤN HIỆN TẠI VÀ NHƯỢC ĐIỂM

##### 2.2.1 Phương pháp thiết kế dựa trên lực FBD

##### 2.2.2 Phương pháp thiết kế kháng chấn dựa trên sự làm việc PBSĐ

##### 2.2.3 Phương pháp thiết kế trực tiếp dựa trên chuyển vị DDBD

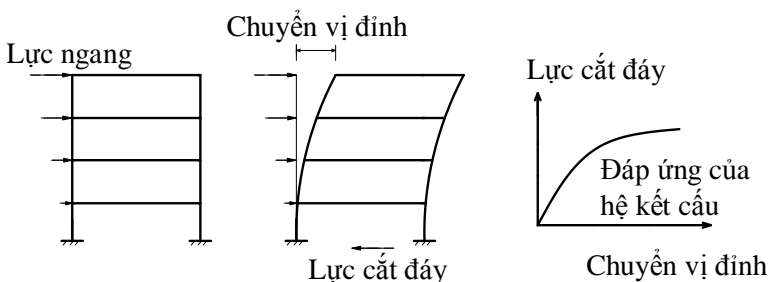
#### 2.3 PHƯƠNG PHÁP ĐẨY DÀN SPA

##### 2.3.1 Nội dung và mục đích của phương pháp

Phương pháp đẩy dàn SPA được thực hiện bằng cách cho lực ngang tăng lên đều đặn, đẩy dàn dạng dao động cơ bản đến một giá trị chuyển vị mục tiêu trong khi tải trọng đứng không thay đổi.

##### 2.3.2 Mô hình hóa và kết quả

Tải được áp dụng tại các nút, tăng một cách đều đặn. Điểm kiểm soát thường là cao trình đỉnh mái của hệ kết cấu. Kết quả quan trọng của phương pháp này là "đường cong khả năng".



Hình 2.4: Phương pháp đẩy dàn SPA

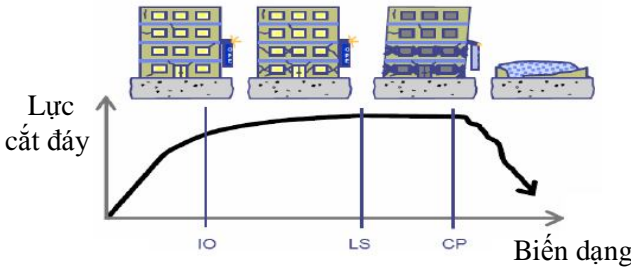
## 2.4 XÁC ĐỊNH CHUYỂN VỊ MỤC TIÊU

### 2.4.1 Tiêu chuẩn EC8 Phần 1

### 2.4.2 Hướng dẫn của FEMA273

## 2.5 CÁC CẤP ĐỘ LÀM VIỆC CỦA HỆ KẾT CẤU

Các hướng dẫn của Vision2000, FEMA273 và EC8 đều gợi ý rằng: các cấp độ làm việc của hệ kết cấu cần được xác định để xét đến ba yếu tố: sự phá hoại kết cấu, sự thiệt hại về người và về kinh tế. Các cấp độ làm việc khác nhau tác động đến công trình được thể hiện trong Hình 2.7.



Hình 2.7: Các cấp độ làm việc của kết cấu (FEMA 273)

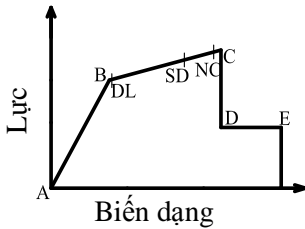
## 2.6 CÁC CẤP ĐỘ LÀM VIỆC CỦA THUỘC TÍNH KHỚP DẸO

### 2.6.1 Tiêu chuẩn EC8 Phần 3.

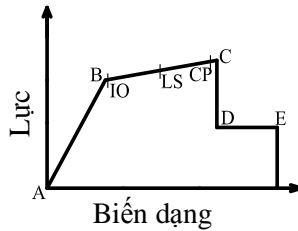
Ba cấp độ làm việc này của khớp dẻo theo EC8 Phần 3 được thể hiện bởi quan hệ lực – biến dạng ở Hình 2.8a.

### 2.6.2 Hướng dẫn của FEMA273

FEMA273 trình bày ba cấp độ làm việc của khớp dẻo được thể hiện bởi quan hệ lực – biến dạng ở Hình 2.8b.



Hình 2.8a: Các cấp độ làm việc của khớp dẻo EC8 Phần 3



Hình 2.8b: Các cấp độ làm việc của khớp dẻo FEMA273

## 2.7 TÍNH TOÁN CỐT THÉP THEO QUY ĐỊNH CỦA EC8 VÀ EC2

### 2.7.1 Dầm

a. Cốt thép dọc

b. Cốt thép đai

c. Kiểm tra thiết kế và cấu tạo dầm

### 2.7.2 Cột

a. Cốt thép dọc

b. Cốt thép đai

c. Kiểm tra thiết kế và cấu tạo cột

## 2.8 PHẦN MỀM TÍNH TOÁN

### 2.8.1 ETABS

### 2.8.2 XTRACT

## 2.9 NỘI DUNG PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.9.1 Tổng quan

### 2.9.2 Thiết kế cốt thép dọc tại khớp dẻo dầm theo tiêu chí hạn chế hư hỏng

Mục đích của bước này là thiết lập một độ bền cơ bản của kết cấu dựa vào cốt thép tại khớp dẻo.

Momen thiết kế tại khớp dẻo nên được tính toán từ một phân tích đàn hồi với một hệ số điều chỉnh  $v_0$  ( $2/3 \div 3/4$ ) lần phổ của trận

động đất hạn chế hư hỏng ( $1/2,5 \div 1/2$  phổ phản ứng đàn hồi EC8). Độ cứng của các cấu kiện BTCT được giả thiết xem xét đến nút.

### **2.9.3 Lựa chọn mô hình tải để phân tích**

#### **2.9.4 Mô hình phi đàn hồi một phần PIM**

Xây dựng mô hình tính toán PIM của kết cấu, trong đó dầm được mô hình như cấu kiện chảy dẻo với độ bền khớp dẻo tại đầu mút dầm dựa trên cốt thép hiện tại (bao gồm cốt thép sàn), cột được dự định đàn hồi nên được mô hình như cấu kiện đàn hồi.

#### **2.9.5 Kiểm tra các tiêu chí hạn chế hư hỏng**

Phân tích đẩy dần mô hình PIM đến chuyển vị mục tiêu của trận động đất hạn chế hư hỏng.

Kiểm tra các tiêu chí làm việc của cấu kiện "phi kết cấu" ( $d_r / h \leq \alpha / v$ ) và "kết cấu" ( $\theta \leq 0,005$  rad). Nếu một trong hai điều kiện này không thỏa mãn tại bất kỳ tầng nào, cần tăng độ cứng công trình bằng cách tăng kích thước cấu kiện hoặc tăng diện tích cốt thép dọc dầm.

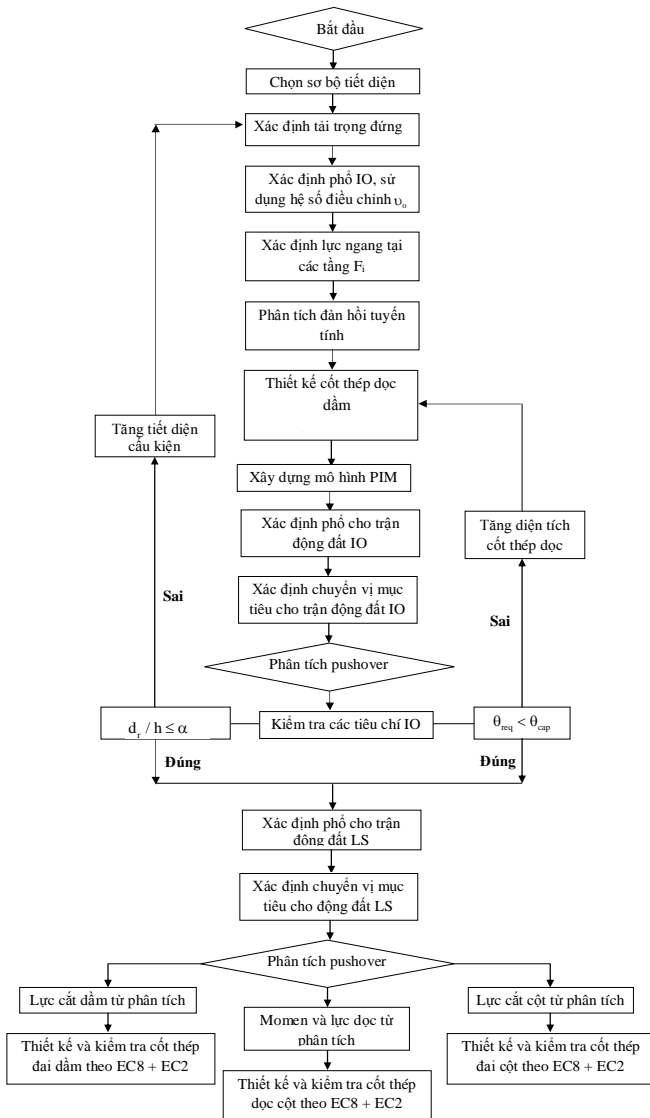
#### **2.9.6 Thiết kế cột theo tiêu chí hư hỏng đáng kể**

Phân tích đẩy dần của cùng mô hình (sửa đổi cốt thép dầm ở Bước 4, nếu cần) đến chuyển vị mục tiêu của phổ trận động đất "hư hỏng đáng kể" (phổ phản ứng đàn hồi EC8 không giảm). Bước này cung cấp tổ hợp momen (M) và lực dọc (N) thiết kế cho mỗi cột.

#### **2.9.7 Thiết kế cốt đai cho các cấu kiện**

Thiết kế cốt đai cho các cấu kiện được thực hiện bằng cách sử dụng lực cắt tính toán ở Bước 5 nhân với một hệ số khuếch đại  $\gamma_v = 1,1$ . Hệ số này tính toán cho một trận động đất có xác suất xảy ra là 2% trong 50 năm (CP).

#### **2.9.8 Chi tiết cốt đai, neo và nối chồng**



Hình 2.14: Quy trình thiết kế theo phương pháp nghiên cứu

## CHƯƠNG 3

### VÍ DỤ THIẾT KẾ

#### 3.1 MÔ HÌNH KHUNG VÀ SỐ LIỆU THIẾT KẾ

Một khung BTCT 10 tầng đã được thiết kế bởi Manafpour (2004) được lựa chọn cho luận văn này. Đây là một khung giữa trong một loạt các khung cách đều 3m, chiều cao tầng bằng 3m.

*Bảng 3.1: Các số liệu thiết kế*

Thông số	Số liệu
<b>Hệ thống kết cấu và dữ liệu động đất</b>	
Gia tốc nền đất	0,25g
Tầm quan trọng công trình	I
Nền đất loại	A
Cấp dẻo thiết kế	DCM
<b>Vật liệu</b>	
Bê tông	C20/25 ( $f_{ck} = 20$ Mpa)
Thép	S400 ( $f_{yk} = 400$ Mpa)
<b>Tải trọng</b>	
Tĩnh tải sàn	4 kN/m <sup>2</sup>
Hoạt tải sàn	2 kN/m <sup>2</sup>
Tường	2 kN/m <sup>2</sup>

#### 3.2 THIẾT KẾ KHUNG THEO EC8

##### 3.2.1 Xác định tải trọng ngang tại các tầng

Phân phối tải trọng ngang tại các tầng được xác định theo yêu cầu của EC8 với giá trị lực cắt đáy  $F_b = 406,9$  kN.

### 3.2.2 Kiểm tra các điều kiện theo EC8

*a. Kiểm tra điều kiện hạn chế hư hỏng*

*b. Kiểm tra ảnh hưởng bậc hai*

### 3.2.3 Thiết kế dầm

*a. Tổ hợp tải trọng*

Xem xét 5 trường hợp tổ hợp tải trọng theo yêu cầu của Phần 3.2.4.1(P) trong EC8.

*b. Thiết kế cốt thép dọc*

Thiết kế cốt thép dọc dầm dựa vào momen lớn nhất trong tất cả các tổ hợp từ phân tích. Để phù hợp với thực tế, cốt thép dầm theo hai tầng và tại các gối bên trong được tính toán giống nhau.

*Bảng 3.6: Kết quả cốt thép dọc dầm*

Tầng		1 & 2	3 & 4	5 & 6	7 & 8	9 & 10
b (mm)		250	250	250	200	200
h (mm)		850	850	800	700	700
Gối trái (cm <sup>2</sup> )	Trên	4 $\phi$ 16 (8,04)	4 $\phi$ 16 (8,04)	2 $\phi$ 16+ 2 $\phi$ 14 (7,04)	2 $\phi$ 16+ 2 $\phi$ 14 (7,04)	4 $\phi$ 12 (4,52)
	Dưới	3 $\phi$ 16 (6,03)	3 $\phi$ 16 (6,03)	3 $\phi$ 16 (6,03)	2 $\phi$ 14+ 1 $\phi$ 12 (4,15)	4 $\phi$ 12 (4,52)
Gối phải (cm <sup>2</sup> )	Trên	5 $\phi$ 16 (10,05)	4 $\phi$ 16+ 1 $\phi$ 14 (9,55)	4 $\phi$ 16 (8,04)	4 $\phi$ 14+ 1 $\phi$ 12 (7,17)	5 $\phi$ 12 (5,65)
	Dưới	2 $\phi$ 16+ 2 $\phi$ 14 (7,04)	2 $\phi$ 16+ 2 $\phi$ 14 (7,04)	3 $\phi$ 16 (6,03)	2 $\phi$ 14+ 1 $\phi$ 12 (4,15)	4 $\phi$ 12 (4,52)



**c. Tính toán momen khả năng của dầm**

**d. Thiết kế cốt thép đai**

Cốt thép đai dầm được thiết kế và kiểm tra theo yêu cầu của EC8 kết hợp EC2.

*Bảng 3.7: Giá trị lực cắt thiết kế và cốt thép đai dầm*

Tầng	Dầm B3 & B1		Dầm B2	
	V <sub>ed</sub> (kN)	Cốt đai	V <sub>ed</sub> (kN)	Cốt đai
1&2	157,60	6 @ 110	206,00	6 @ 90
3&4	157,60	6 @ 110	202,00	6 @ 90
5&6	146,70	6 @ 110	168,80	6 @ 110
7&8	128,30	6 @ 110	123,60	6 @ 110
9&10	119,70	6 @ 90	118,60	6 @ 90

**3.2.4 Thiết kế cột**

**a. Xác định momen cột theo quy tắc thiết kế theo khả năng**

*Bảng 3.8: Tổng momen cột từ phân tích và tổng momen khả năng dầm*

Tầng	Nút	Chiều động đất	$1,3 \sum M_{Rb}$ (kN.m)	$\sum M_{Rc}$ (kN.m)
1&2	1,4,5,8	1	258,15	162,96
		2	293,38	162,96
	2,3,6,7	1	699,99	336,00
		2	699,99	336,00
3&4	9,12,13,16	1	258,71	157,56
		2	292,66	157,56
	10,11,14,15	1	683,56	318,06
		2	683,56	318,06

Tầng	Nút	Chiều động đất	$1,3\sum M_{Rb}$ (kN.m)	$\sum M_{Rc}$ (kN.m)
5&6	17,20,21,24	1	243,97	140,76
		2	239,07	140,76
	18,19,22,23	1	556,40	295,59
		2	556,40	295,59
7&8	25,28,29,32	1	157,53	105,61
		2	208,19	105,61
	26,27,30,31	1	403,01	240,57
		2	403,01	240,57
9&10	33,36,37,40	1	172,74	80,76
		2	134,28	80,76
	34,35,38,39	1	380,18	154,39
		2	380,18	154,39

Từ Bảng 3.8 ta thấy rằng:  $\sum M_{Rc} < 1,3\sum M_{Rb}$  tại tất cả các nút. Nên momen dùng để thiết kế cột tại các tầng bằng  $0,55.1,3\sum M_{Rb}$  kết hợp với lực dọc thu được từ phân tích.

### ***b. Thiết kế cốt thép dọc***

Thiết kế cốt thép dọc cột theo quy trình thiết kế EC8 kết hợp EC2. Kết quả được trình bày ở Bảng 3.10.

### ***c. Thiết kế cốt thép đai***

*Bảng 3.10: Kết quả cốt thép cột*

Tầng	Cột C3 & C4				Cột C1 & C2			
	$\frac{b}{h}$	Cốt dọc	$A_s$ = $A'_s$ ( $cm^2$ )	Cốt đai	$\frac{b}{h}$	Cốt dọc	$A_s$ = $A'_s$ ( $cm^2$ )	Cốt đai
1 & 2	$\frac{400}{400}$	3 $\phi$ 20	9,42	$\phi$ 10 @100	$\frac{500}{500}$	2 $\phi$ 25+ 2 $\phi$ 22	17,5	$\phi$ 10 @140

Tầng	Cột C3 & C4				Cột C1 & C2			
	$\frac{b}{h}$	Cốt dọc	$A_s = A'_s$ (cm <sup>2</sup> )	Cốt đai	$\frac{b}{h}$	Cốt dọc	$A_s = A'_s$ (cm <sup>2</sup> )	Cốt đai
3 & 4	$\frac{400}{400}$	2 $\phi$ 20+ 1 $\phi$ 16	8,29	$\phi$ 8 @110	$\frac{500}{500}$	4 $\phi$ 20	12,6	$\phi$ 8 @140
5 & 6	$\frac{350}{350}$	2 $\phi$ 20+ 1 $\phi$ 16	8,29	$\phi$ 8 @110	$\frac{450}{450}$	4 $\phi$ 20	12,6	$\phi$ 8 @140
7 & 8	$\frac{350}{350}$	2 $\phi$ 18+ 1 $\phi$ 16	7,1	$\phi$ 6 @100	$\frac{450}{450}$	3 $\phi$ 20	9,42	$\phi$ 8 @120
9 & 10	$\frac{350}{350}$	3 $\phi$ 16	6,03	$\phi$ 6 @100	$\frac{450}{450}$	3 $\phi$ 20	9,42	$\phi$ 8 @120

### 3.3 THIẾT KẾ LẠI KHUNG THEO PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 3.3.1 Thiết kế cốt thép dọc tại khớp dẻo dầm theo tiêu chí hạn chế hư hỏng

Hệ số điều chỉnh  $v_o = 2/3$  được sử dụng và phổ trạng động đất "hạn chế hư hỏng" được xác định bằng 1/2,5 phổ đàn hồi EC8. Cường độ trạng động đất lúc này sẽ tương ứng với phổ thiết kế EC8 với hệ số ứng xử  $q = 3,75$  cho cấp dẻo "DCM" trong thiết kế khung theo EC8. Kết quả cốt thép dọc dầm tương tự như trong thiết kế theo EC8 (xem Bảng 3.6).

#### 3.3.2 Xây dựng mô hình phi đàn hồi một phần PIM

- Thuộc tính khớp dẻo "default" trong phần mềm ETABS theo quy tắc của FEMA273. Tất cả các thông tin về khớp dẻo được chương trình tính toán tự động.

- Trong luận văn này, tác giả kiến nghị sử dụng thuộc tính khớp dẻo theo yêu cầu của EC8 Phần 3 và so sánh với thuộc tính khớp dẻo "default" trong ETABS.

### **a. Xác định quan hệ momen – góc xoay dẻo theo EC8**

#### **Phần 3.**

#### **❖ Xác định quan hệ momen – độ cong bằng XTRACT**

Phân tích tiết diện được thực hiện bằng phần mềm XTRACT để xác định momen – độ cong khả năng tại các tiết diện của các dầm.

#### **❖ Tính toán góc xoay dẻo tại cấp độ làm việc**

*Bảng 3.12: Quan hệ momen - góc xoay dẻo tại các cấp độ làm việc*

Tầng	Dầm B1 & B3			Dầm B2		
	$\theta_{DI}$ (rad)	$\theta_{SD}$ (rad)	$\theta_{NC}$ (rad)	$\theta_{DI}$ (rad)	$\theta_{SD}$ (rad)	$\theta_{NC}$ (rad)
1&2	0,0047	0,0173	0,0231	0,0048	0,0109	0,0145
3&4	0,0048	0,0171	0,0228	0,0049	0,0124	0,0165
5&6	0,005	0,0172	0,023	0,005	0,018	0,024
7&8	0,0059	0,0156	0,0208	0,0051	0,0198	0,0263
9&10	0,0129	0,0388	0,0517	0,0137	0,041	0,0546

#### **b. Xây dựng mô hình PIM.**

Thiết lập mô hình PIM với khớp dẻo ở đầu mút dầm cho hai thuộc tính khớp dẻo "default" và "user define".

### **3.3.3 Kiểm tra các điều kiện hạn chế hư hỏng**

Thực hiện phân tích đẩy dần mô hình PIM đến chuyển vị mục tiêu bằng 0,0713m. Chuyển vị mục tiêu ở bước này được xác định từ

phân tích đàn hồi cho 1/2,5 phổ đàn hồi EC8.

*a. Chuyển vị ngang thiết kế tương đối giữa các tầng*

*b. Góc xoay dẻo*

### **3.3.4 Thiết kế cốt thép dọc cột theo tiêu chí hư hỏng đáng kể**

Trong luận văn này, tác giả kiến nghị xác định chuyển vị mục tiêu theo EC8 Phần 1. Kết quả cho thấy, chuyển vị mục tiêu theo EC8 bằng 0,12 m lớn hơn 13,2% so với chuyển vị mục tiêu mà Manafpour đã dùng theo FEMA273 là 0,106 m.

*a. Xác định chuyển vị mục tiêu theo EC8*

*b. Thiết kế với chuyển vị mục tiêu theo FEMA273*

❖ *Kết quả phân tích*

Sau khi tính toán chuyển vị mục tiêu, khung được phân tích đầy dần đến giá trị chuyển vị mục tiêu theo FEMA273 là 0,106 m.

Momen và lực dọc cột trong cả hai trường hợp thuộc tính khớp dẻo theo FEMA273 và EC8 Phần 3 chênh lệch không đáng kể. Vì vậy, để đơn giản, ta sử dụng kết quả nội lực trong trường hợp khớp dẻo theo FEMA273 để tính thép cột (xem Bảng 3.19).

*Bảng 3.19: Momen và lực dọc trong các cột*

Tầng	Cột C3 & C4			Cột C1 & C2		
	$M_{\max}$ (kN.m)	$N_{\max}$ (kN)	$N_{\min}$ (kN)	$M_{\max}$ (kN.m)	$N_{\max}$ (kN)	$N_{\min}$ (kN)
1&2	220,31	1912,34	346,97	537,67	2498,86	1175,68
3&4	172,00	1445,71	344,37	444,30	1904,93	971,25
5&6	162,03	982,34	323,37	387,39	1319,39	773,55
7&8	126,10	563,82	255,07	287,09	782,85	540,30
9&10	68,55	223,76	134,86	142,79	327,20	280,48

❖ **Thiết kế thép dọc**

Thiết kế thép dọc sử dụng nội lực ở Bảng 3.19. Quy trình thiết kế cốt thép dọc trong tự như trường hợp thiết kế khung này theo EC8. Kết quả tính toán thể hiện ở Bảng 3.20.

❖ **Thiết kế cốt thép đai cột**

Lực cắt thiết kế cột được lấy từ phân tích ở bước này nhân với hệ số  $\gamma_v = 1,1$ . Kết quả tính toán được trình bày ở Bảng 3.20.

*Bảng 3.20: Kết quả tính toán thép cột (chuyển vị mục tiêu FEMA 273)*

Tầng	Cột C3 & C4				Cột C1 & C2			
	$\frac{b}{h}$	Cốt dọc	$A_s = A'_s$ (cm <sup>2</sup> )	Cốt đai	$\frac{b}{h}$	Cốt dọc	$A_s = A'_s$ (cm <sup>2</sup> )	Cốt đai
1 & 2	$\frac{450}{450}$	2 $\phi$ 22+ 1 $\phi$ 25	12,51	$\phi$ 8 @140	$\frac{550}{550}$	4 $\phi$ 25	19,63	$\phi$ 8 @170
3 & 4	$\frac{400}{400}$	2 $\phi$ 20+ 1 $\phi$ 22	11,4	$\phi$ 8 @150	$\frac{500}{500}$	2 $\phi$ 22+ 2 $\phi$ 25	17,42	$\phi$ 8 @170
5 & 6	$\frac{400}{400}$	2 $\phi$ 18+ 1 $\phi$ 20	8,23	$\phi$ 8 @150	$\frac{500}{500}$	4 $\phi$ 20	12,56	$\phi$ 6 @150
7 & 8	$\frac{350}{350}$	2 $\phi$ 18+ 1 $\phi$ 20	8,23	$\phi$ 6 @120	$\frac{450}{450}$	4 $\phi$ 20	12,56	$\phi$ 6 @150
9 & 10	$\frac{300}{300}$	3 $\phi$ 16	4,02	$\phi$ 6 @100	$\frac{400}{400}$	2 $\phi$ 16+ 1 $\phi$ 18	6,56	$\phi$ 6 @150

❖ **Thiết kế cốt đai dầm**

Tương tự như cốt đai cột, lực cắt thiết kế dầm cũng lấy từ phân tích ở bước cuối cùng nhân với hệ số  $\gamma_v = 1,1$

*Bảng 3.21: Kết quả tính toán cốt thép đai dầm*

Tầng	Dầm B3 & B1		Dầm B2	
	$V_{ed}$ (kN)	Cốt đai	$V_{ed}$ (kN)	Cốt đai
1&2	193,6	6 @90	280,25	6 @70
3&4	185,5	6 @90	275	6 @70
5&6	168,1	6 @90	228,49	6 @80
7&8	135,8	6 @110	166,98	6 @80
9&10	97,54	6 @90	98,47	6 @90

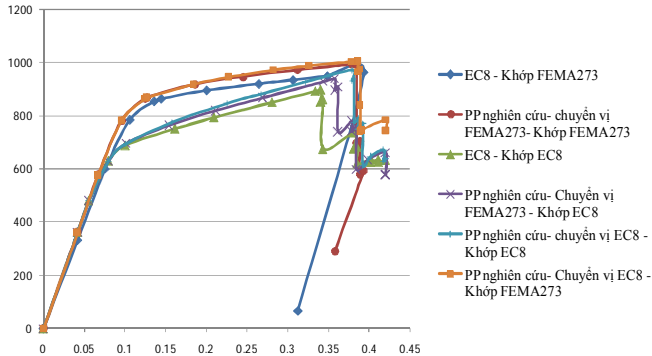
**c. Thiết kế với chuyển vị mục tiêu theo EC8**

Công trình được đẩy dần đến chuyển vị mục tiêu 0,12m. Quy trình tính toán tương tự như trường hợp chuyển vị mục tiêu theo FEMA273.

### 3.4 ĐÁNH GIÁ SỰ LÀM VIỆC KHÁNG CHÁN CỦA CÁC HỆ KHUNG

Các khung được mô hình như hệ phi đàn hồi hoàn toàn (cho phép khớp dẻo hình thành ở cột) và phân tích cho các trận động đất có cường độ khác nhau.

### 3.4.1 Đường cong khả năng



Hình 3.11: Đường cong khả năng của các hệ khung

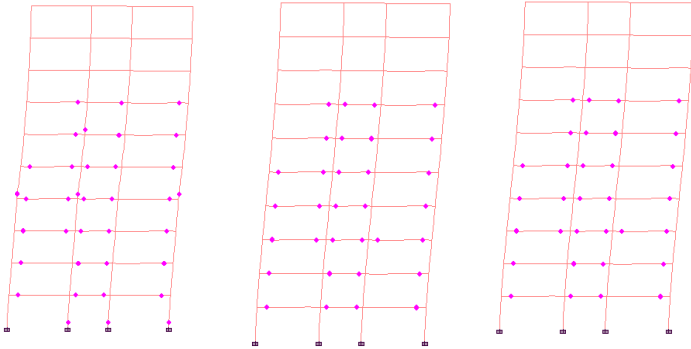
Từ Hình 3.11, tác giả có nhận xét sau:

- Các cấu kiện khung bị phá hoại khi chuyển vị vượt quá 0,36m và 0,39 m cho thuộc tính khớp dẻo EC8 và FEMA273, trong khi đó, chuyển vị mục tiêu tại trận động đất lớn nhất (2% trong 50 năm) được xác định theo EC8 chỉ bằng 0,24m (gấp đôi giá trị chuyển vị mục tiêu tại trận động đất 10% trong 50 năm là 0,12 m). Từ đó đánh giá được hàm lượng cốt thép cũng như kích thước tiết diện là tương đối hợp lý và các khung thiết kế vẫn an toàn khi chịu trận động đất lớn nhất.

### 3.4.2 Sự hình thành khớp dẻo

Như trình bày ở Chương 1, độ bền để thiết kế cột của khung EC8 đã được điều chỉnh bởi cơ chế cột khỏe/dầm yếu. Nhưng theo Hình 3.12, cơ chế tầng mềm vẫn hình thành ở các khung thiết kế theo EC8. Với phương pháp nghiên cứu sự làm việc của khung được cải thiện, không có khớp dẻo hình thành ở cột của bất kỳ tầng nào.





Hình 3.12: Trận động đất 10% trong 50 năm thuộc tính khớp dèo FEMA 273.

### 3.4.3 Góc xoay chảy dẻo yêu cầu và khả năng

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Tóm tắt công việc đạt được

### 2. Kết luận

a. Phương pháp nghiên cứu là một phương pháp thiết kế trực tiếp do ứng xử phi đàn hồi và các tiêu chí làm việc quan trọng được xây dựng trực tiếp trong quá trình thiết kế. Điều này làm cho phương pháp nghiên cứu có thể định lượng được mức độ hư hỏng của hệ kết cấu dưới tác động của động đất thông qua việc hạn chế biến dạng của cấu kiện và hệ kết cấu mà phương pháp thiết kế truyền thống theo EC8 dựa vào phân tích đàn hồi không làm được. Đây cũng là điều quan trọng trong việc đánh giá và sửa chữa hư hỏng của hệ kết cấu đã trải qua động đất.

b. Phương pháp nghiên cứu có thể phản ánh các độ tin cậy liên quan đến các cấp độ bền tại nút dầm - cột như độ bền thực của vật liệu, ứng xử tái bền và ảnh hưởng của cốt thép sàn và từ đó cho phép

áp dụng hiệu quả khái niệm thiết kế theo khả năng. Những độ tin cậy này thường được xem xét trong phương pháp thiết kế truyền thống EC8 bằng cách dùng các hệ số vượt độ bền thực nghiệm và sử dụng quy tắc kết hợp khá phức tạp.

c. Với phương pháp nghiên cứu, sự phân bố hư hỏng, sự chảy dẻo không đều của dầm và sự thay đổi của lực dọc được thể hiện trực quan trong quá trình phân tích. Do đó, người thiết kế có thể kiểm soát và hình dung rõ hơn sự làm việc của kết cấu như những gì sẽ diễn ra trong thực tế.

d. Momen và lực dọc thiết kế trong các cột được kết hợp thực tế từ phân tích cho tiêu chí LS, do đó không cần sử dụng các quy tắc kết hợp trong EC8.

e. Kết quả từ đánh giá sự làm việc kháng chấn của mô hình phi đàn hồi hoàn toàn cho thấy, thiết kế theo cơ chế cột khỏe/dầm yếu trong EC8 không thể ngăn chặn được sự hình thành cơ chế tầng mềm. Trong khi đó, tình trạng này được cải thiện bởi phương pháp nghiên cứu và đảm bảo sự làm việc kháng chấn tốt hơn so với phương pháp truyền thống theo EC8, ít nhất là cho trường hợp khung BTCT nhiều tầng đều đặn đã áp dụng.

f. Các mô hình khớp dẻo "default" trong chương trình tính toán có thể được sử dụng do tính đơn giản của nó. Tuy nhiên, người sử dụng cần phải nhận thức rõ những gì được cung cấp trong chương trình, tránh việc lạm dụng các thuộc tính khớp dẻo này, vì nó có thể dẫn đến sự bất hợp lý về khả năng làm việc của kết cấu.

g. Để so sánh với thiết kế theo EC8, thuộc tính khớp dẻo và chuyển vị mục tiêu xác định theo EC8 nên được sử dụng sẽ cho kết quả hợp lý hơn, thay vì theo hướng dẫn của FEMA273 mà Manafpour đã thực hiện.

### **3. Kiến nghị**

Dựa trên những kết quả thu được trong việc áp dụng phương pháp nghiên cứu và phương pháp theo EC8, tác giả kiến nghị hướng phát triển tiếp theo của đề tài:

a. Mở rộng phương pháp thiết kế nghiên cứu cho các hệ khung BTCT khác như hệ khung - tường, hệ hỗn hợp tương đương tường...

b. Phương pháp nên xét các dạng dao động cao hơn bằng cách sử dụng phân tích đẩy dần dạng dao động MPA.

c. Mở rộng nghiên cứu cho các hệ khung có các mô hình khác nhau như: hệ khung bất đối xứng, hệ khung không đều đặn...

d. Mở rộng nghiên cứu cho hệ khung không gian.