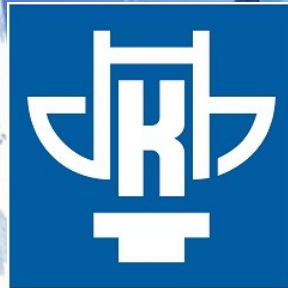


# THIẾT KẾ KẾT CẤU LỖI-VÁCH BTCT

TS. CAO DUY KHÔI  
VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG



TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI  
HAU – WEBSITE: [HAU.EDU.VN](http://HAU.EDU.VN)



VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG  
IBST – WEBSITE: [IBST.VN](http://IBST.VN)

# NỘI DUNG

1

Công năng của lõi-vách

2

Bố trí lõi-vách trên mặt bằng

3

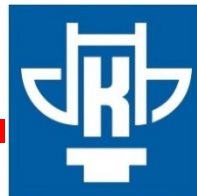
Ứng xử của kết cấu vách

4

Thiết kế kết cấu lõi-vách

5

Cấu tạo



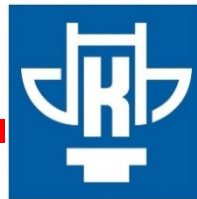
# 1. Công năng của lõi-vách

- ❖ Vách là cấu kiện chịu lực theo phương ngang và phương thẳng đứng, làm tăng độ cứng theo phương ngang của công trình. Vách thường có dạng tâm phẳng mỏng.
- ❖ Lõi là kết cấu chịu lực được tổ hợp theo các dạng khác nhau từ các vách.
- ❖ Kết cấu lõi-vách có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong nhà cao tầng, vì nó gánh chịu phần lớn các tải trọng nguy hiểm như Gió và Động đất. Do đó, cần thiết kê lõi-vách (bố trí, tính toán và cấu tạo) một cách hợp lý.
- ❖ Không gian bên trong lõi cứng thường được bố trí hệ thống giao thông theo phương đứng như thang máy, thang bộ.



## 2. Bố trí lõi-vách trên mặt bằng

- ❖ Trọng khi tải trọng thẳng đứng của nhà cao tầng có thể coi là tăng đều theo chiều cao, tải trọng ngang (gió và động đất) tăng nhanh theo chiều cao.
- ❖ Khi chiều cao nhà tăng, để đảm bảo độ bền, độ cứng và độ ổn định, có hai biện pháp cơ bản như sau:
  - Tầng tiết diện các cấu kiện chịu lực để thỏa mãn các điều kiện trên. Cách tiếp cận này có thể dẫn đến việc hao phí vật liệu, ảnh hưởng lớn đến kiến trúc và đôi khi phi thực tế.
  - Chọn lựa hình dáng của kết cấu sao cho nó cứng hơn, ổn định hơn mà không hao phí thêm nhiều vật liệu. Lựa chọn vị trí lõi-vách là một yếu tố cấu thành hết sức quan trọng của cách tiếp cận này. Thông thường, trong thiết kế nhà cao tầng, việc lựa chọn hình dáng kết cấu có ý nghĩa chủ đạo. Lựa chọn hợp lý là đảm bảo cho việc thiết kế chuẩn xác và giảm thiểu chi phí xây lắp.



# Bố trí lõi-vách trên mặt bằng

## Bố trí hợp lý

1

Giảm thiểu độ xoắn của kết cấu

2

Tăng cường độ cứng ngang và độ ổn định của kết cấu

3

Giảm mô men uốn và lực cắt trong mặt phẳng sàn

4

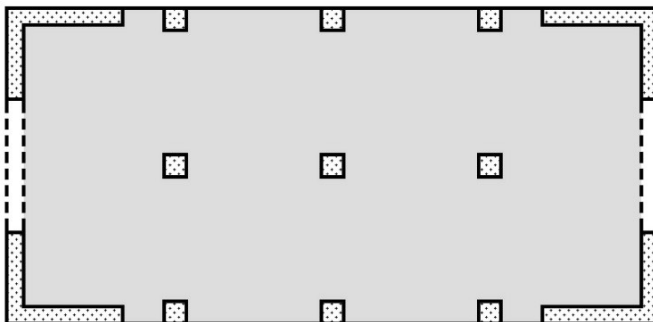
Tận dụng khả năng làm việc của vách

5

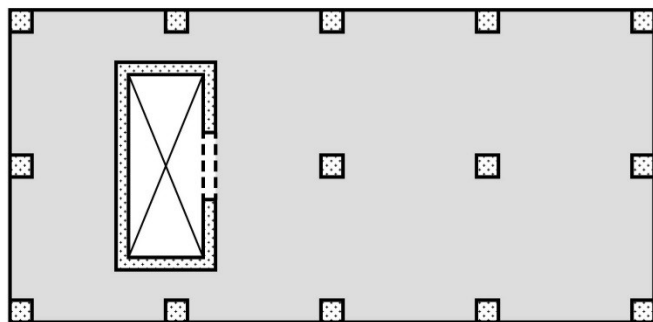
Đối xứng



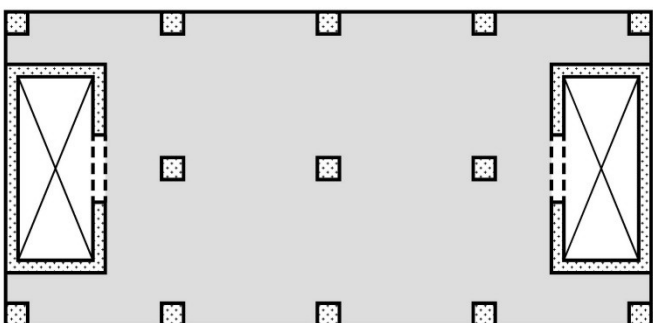
# Bố trí lõi-vách trên mặt bằng



Độ cứng chống xoắn tốt do vách bố trí đối xứng, không lệch tâm. Độ cứng theo phương ngang được đảm bảo bởi vách và hệ khung.



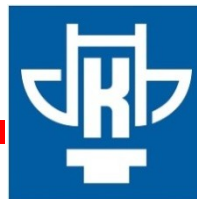
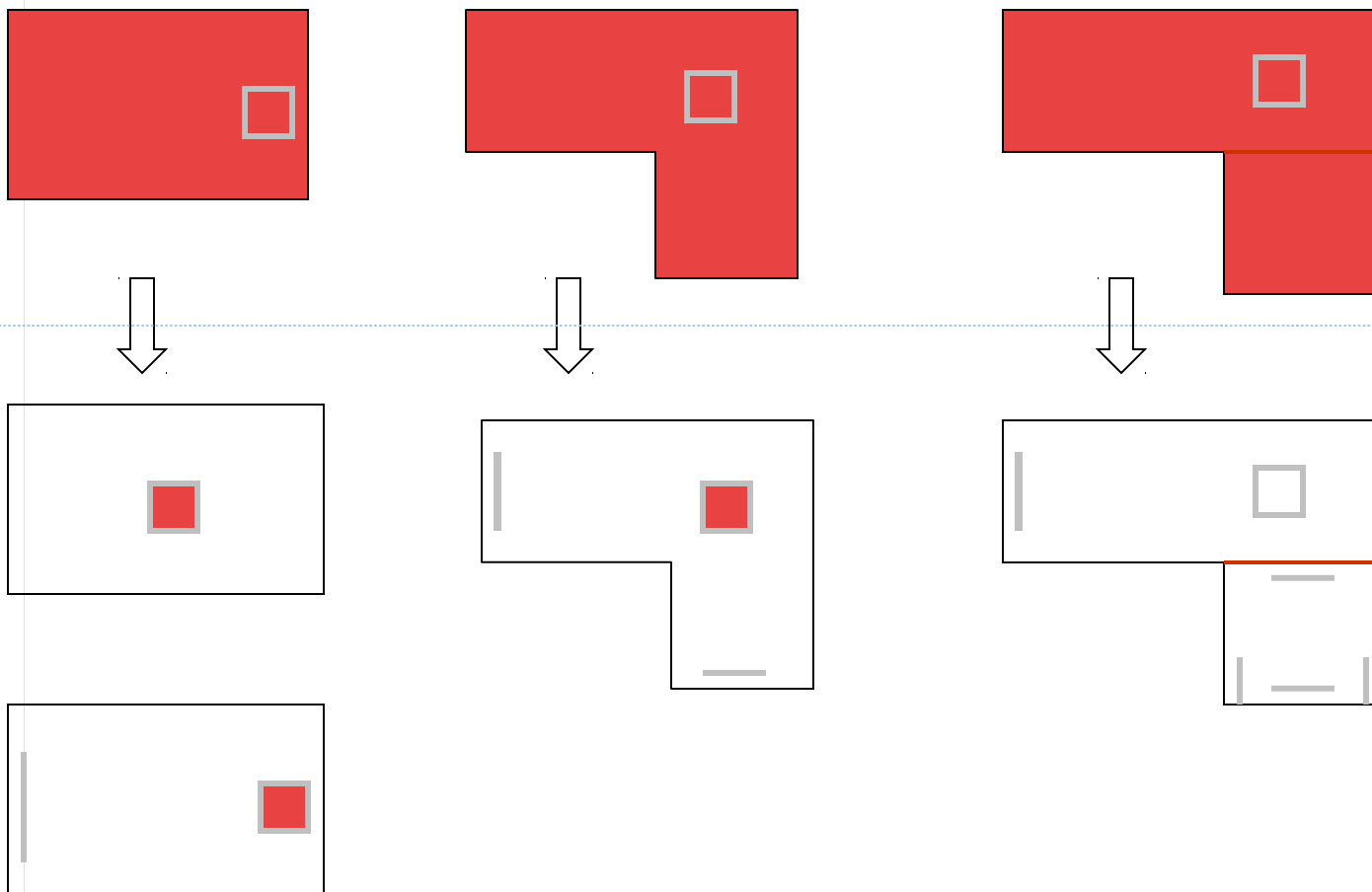
Lõi được bố trí chịu uốn theo cả hai phương. Độ cứng chống xoắn thấp do độ lệch tâm lớn.



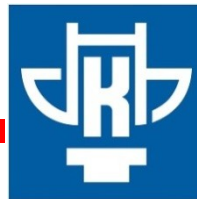
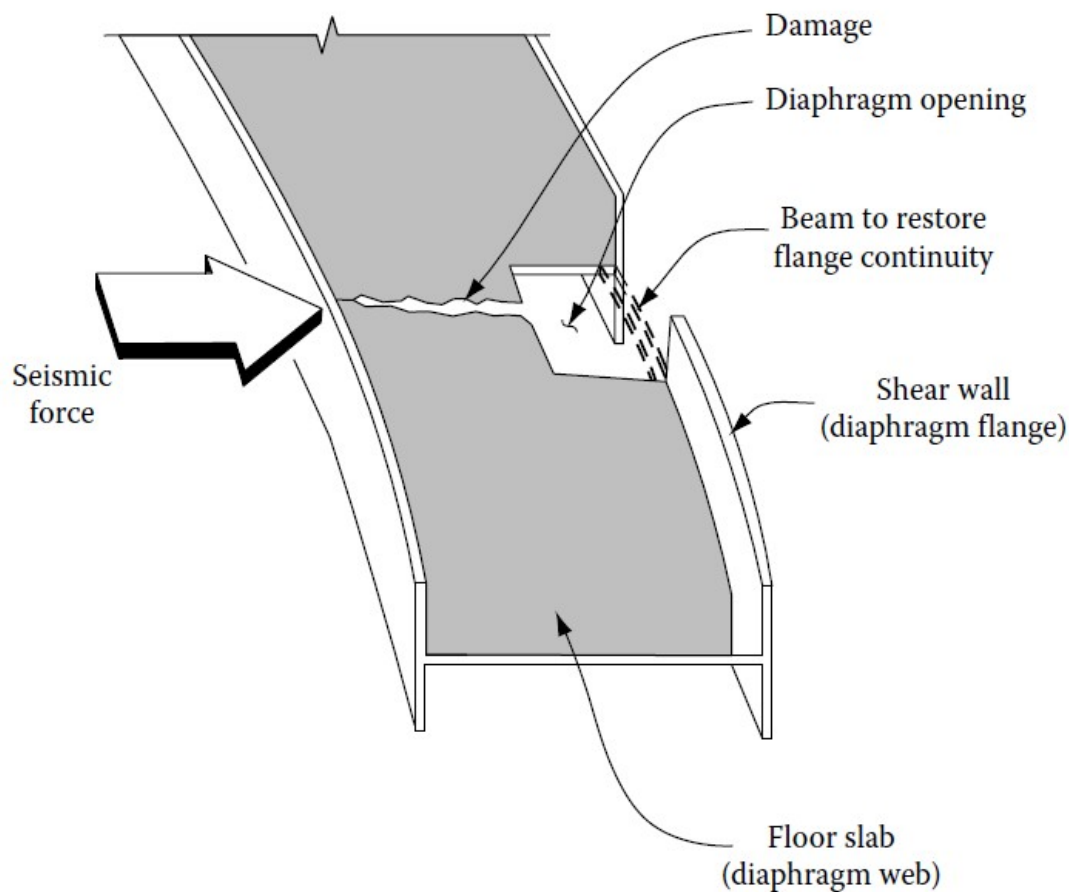
Lõi được bố trí chịu uốn theo cả hai phương. Độ cứng chống xoắn cao do lõi bố trí đối xứng, không lệch tâm.



# Giảm thiểu độ lệch tâm trên mặt bằng

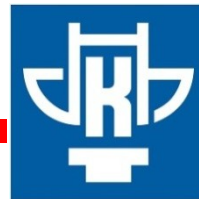
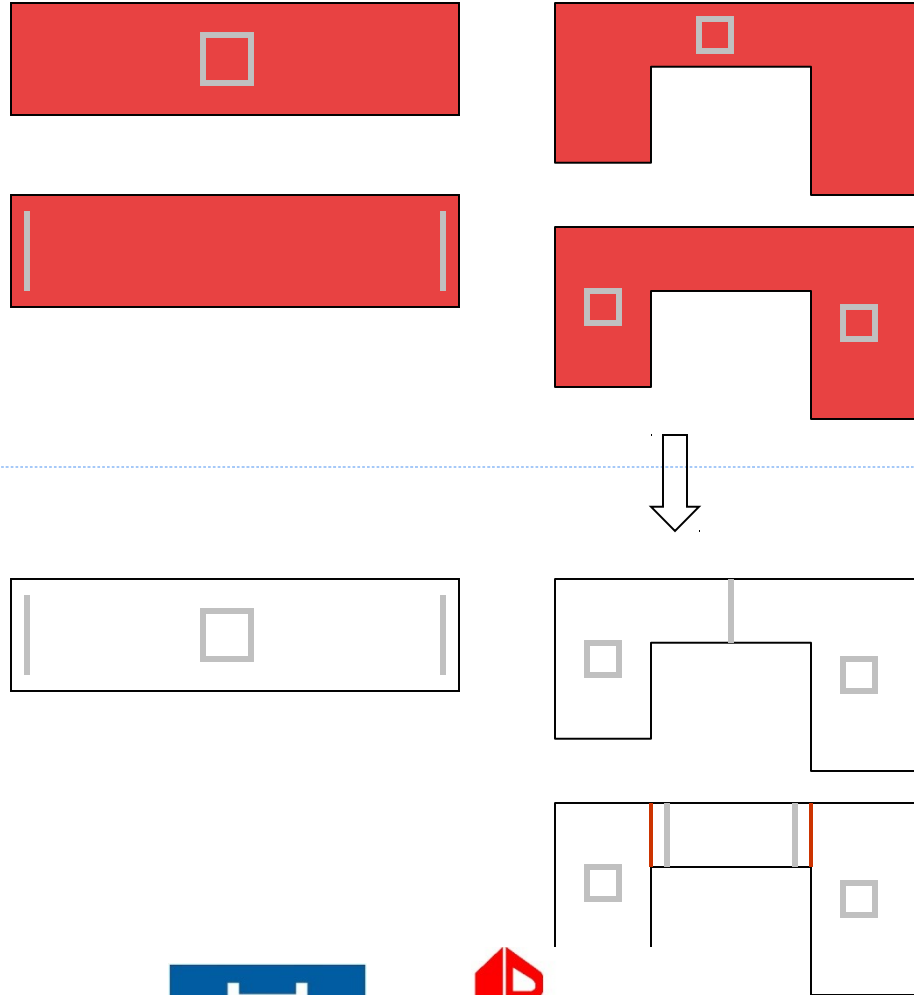


# Giảm mô men uốn và lực cắt trong mặt phẳng sàn





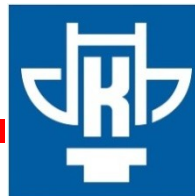
# Giảm mô men uốn và lực cắt trong mặt phẳng sàn



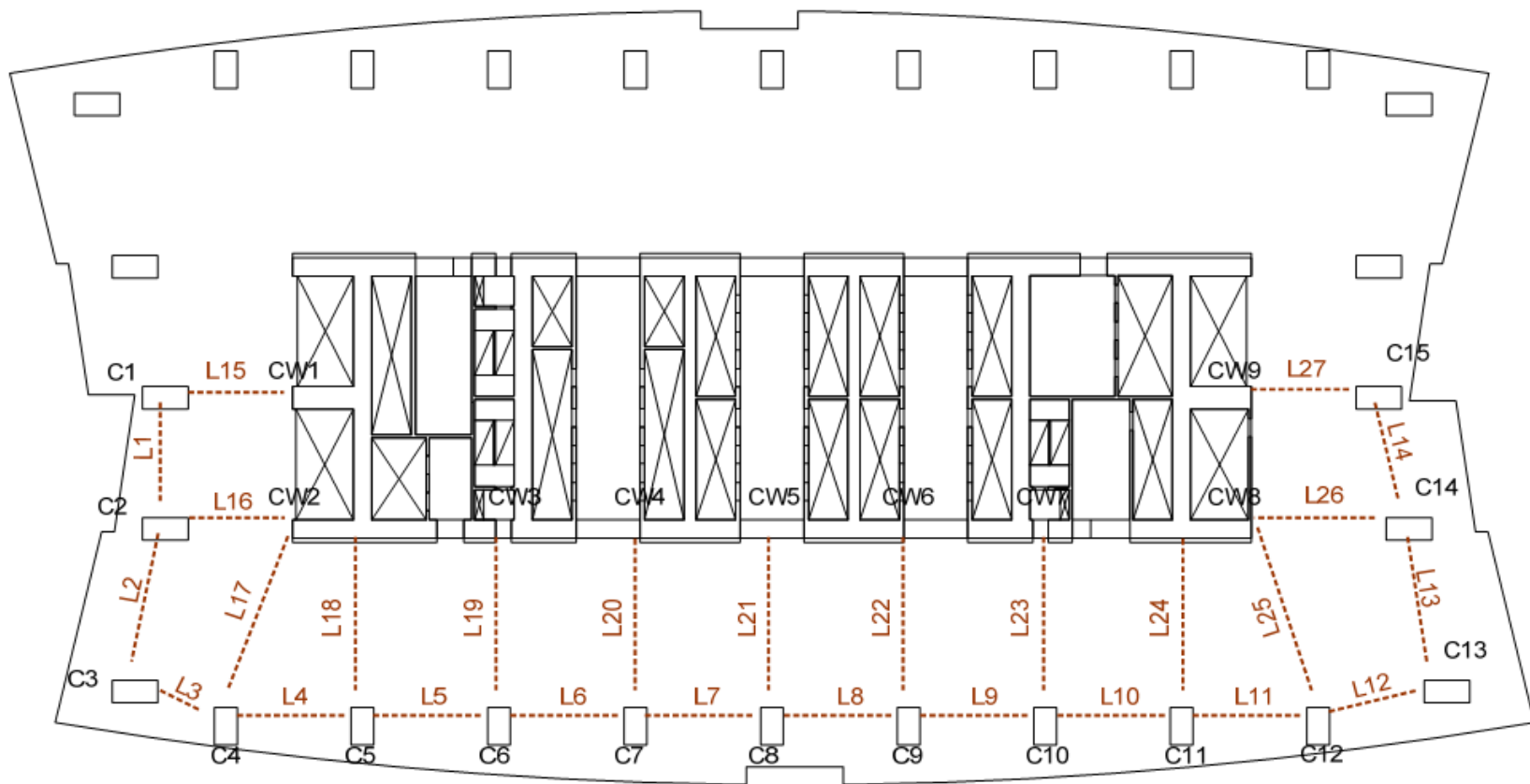
# Ví dụ 1: Keangnam Landmark Tower



- ❖ Hotel tower: 76 tầng, cao khoảng 300m
- ❖ Residential tower: 48 tầng, cao khoảng 200m



# Hotel Tower



Mặt bằng tầng điển hình



# Hotel Tower



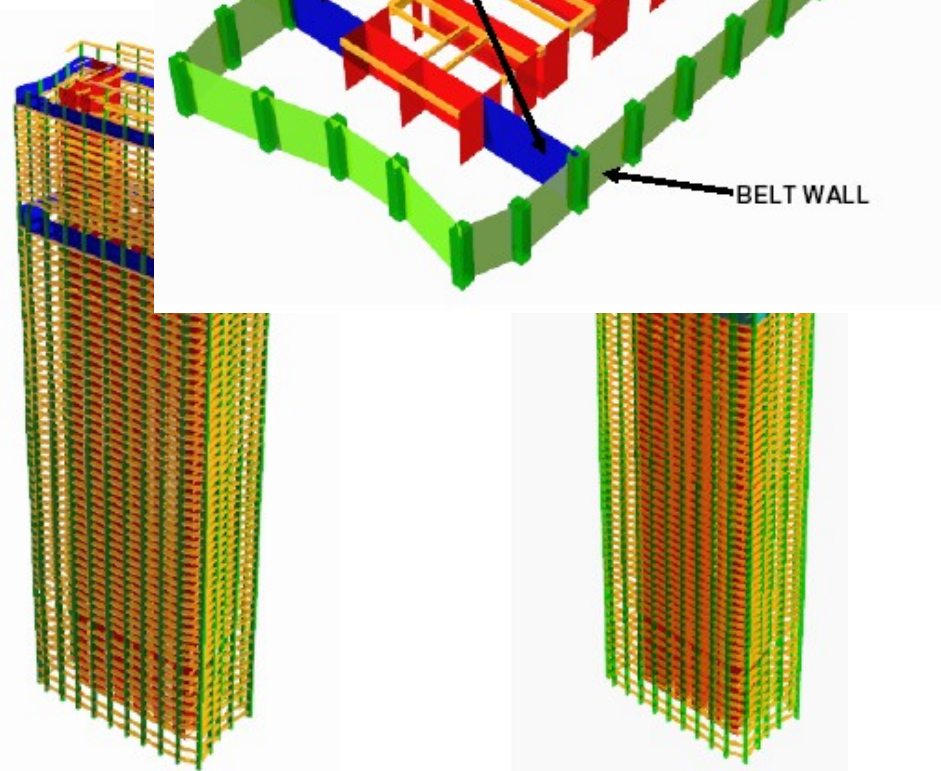
H/442



Core + P  
Frame

CORE + PERIMETER FRAME  
+ OUTRIGGER WALLS

H/31



CORE + PERIMETER FRAME  
+ BELT WALL

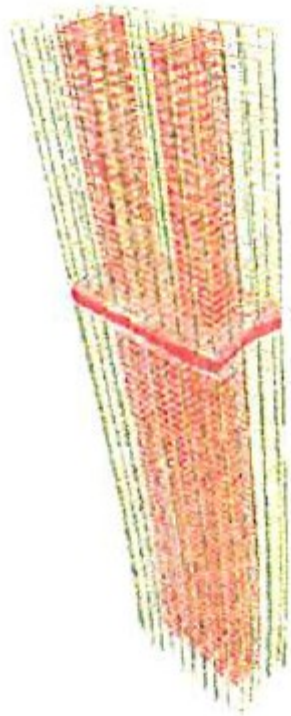
BASE SCHEME  
(OPTION 4)



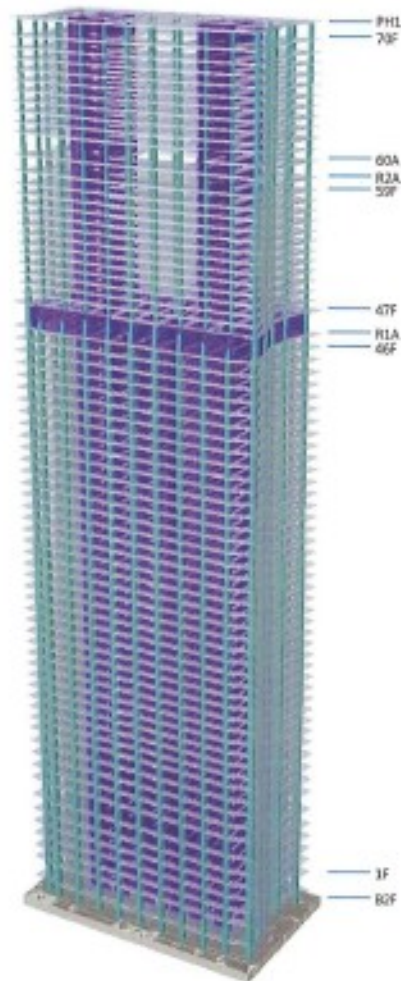
VIỆN KHCN XÂY DỰNG

# Hotel Tower

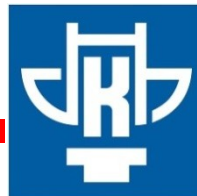
3D MODELING of LANDMARK TOWER  
(ETABS V960)



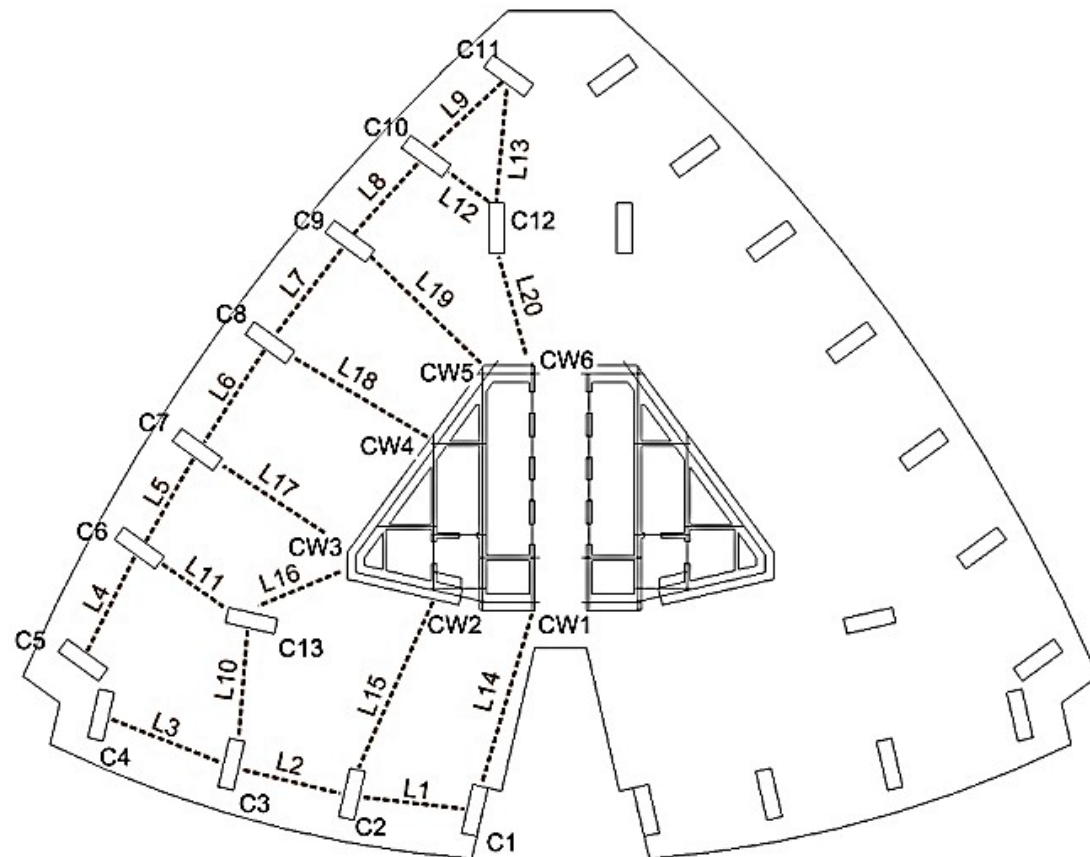
Mode 1st (Y-dix)  
T1=8.8 sec



Mode 3rd (Z-dix)  
T3=3.37 sec



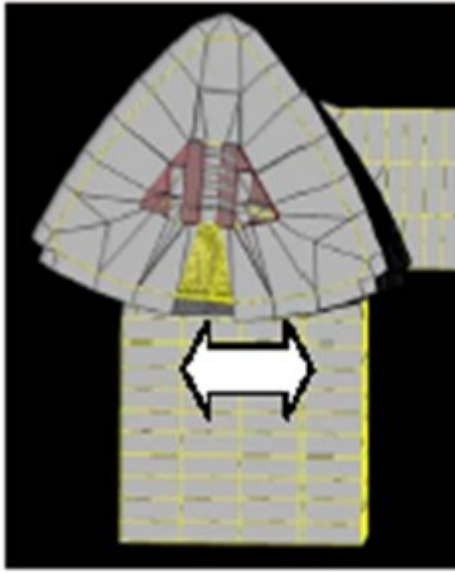
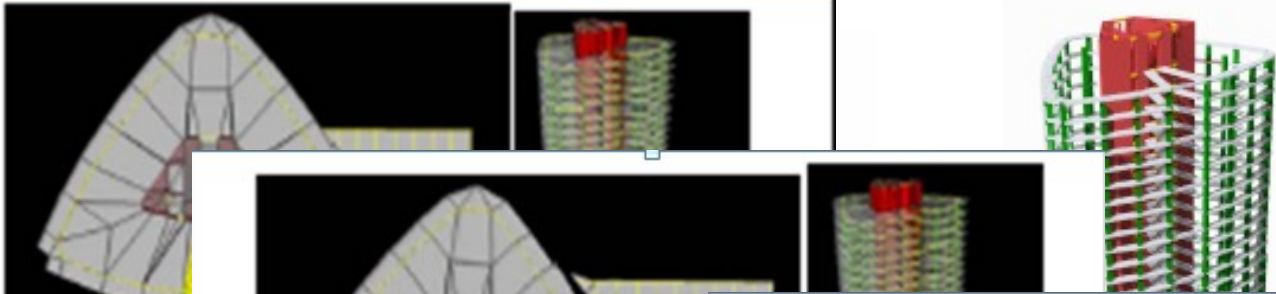
# Keangnam Residential tower



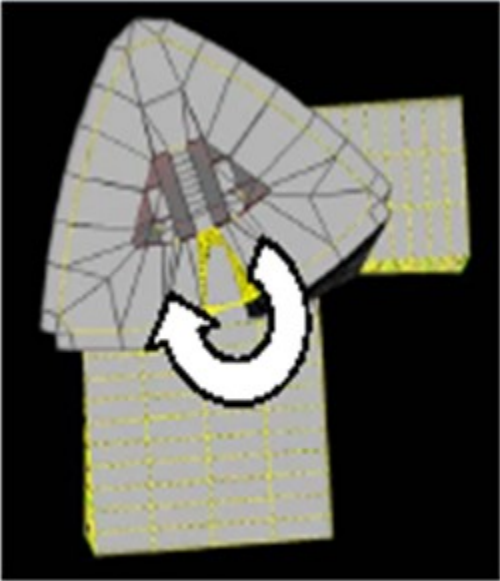
Residential A và B – Mặt bằng tầng điển hình



# Keangnam Residential tower



Mode 2 (T = 5.0)



Mode 3 (T = 3.83 sec.)



# Burj Khalifa - Dubai



Chiều cao Height 818m  
Số tầng 162 (sử dụng chính thức) –  
206 (bao gồm các tầng kỹ  
thuật)  
Chiều rộng chân đế 150 m

## A TALL STORY

■ It is the first time the Arab world has boasted the tallest building on the planet since Lincoln Cathedral topped the Great Pyramid of Giza in 1311

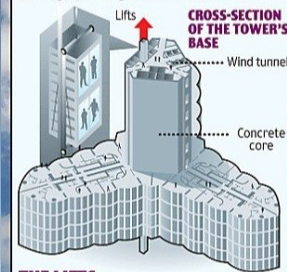
### HOW THEY COMPARE



### THE CONSTRUCTION

■ The tower has been built using eight million cubic feet of concrete, 31,000 tons of reinforcing steel, 167,000 sq.ft of stainless steel cladding, and 1.1m sq.ft of double-glazing

■ The hexagonal concrete core of the tower houses all of its 57 lifts. It is mounted on three wings, arranged in a 'Y' shape to distribute its weight, making it more stable.



### THE LIFTS

■ A set of double-deck lifts carry visitors to the tower's observation deck, on the 124th floor

■ If all the lifts break down, there are 3,000 stairs from bottom to top

### THE STRUCTURE

■ The tower is so big it has already sunk 2.4 inches into the ground. Its foundations are 150ft deep

■ It has been designed to sway up to 6ft in high winds. The sun's heat makes it lean as much as 3ft as the metal expands and contract

■ The rods that reinforce the structure weigh 31,400 tons. Laid end to end they would stretch more than a quarter of the way around the world

■ The external surface is the size of 17 football fields

### THE HEIGHT

■ The tower's spire is visible from 60 miles away and you can see Iran (50 miles away) from the 124th-floor observation deck which is open to the public

■ Burj Dubai is so tall that the temperature at the top is 10C cooler than at the bottom

### THE INTERIOR

■ The restaurant is on the 122nd floor, the gym on the 123rd and a nightclub on the 143rd. Offices soar up to the 160th storey. There are plans for a mosque on the 158th

■ The air-conditioning is the equivalent of melting 12,500 tons of ice a day. The water system will supply 250,000 gallons of desalinated water per day





# Burj Khalifa - Dubai

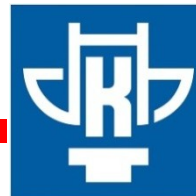


# Burj Khalifa - Dubai

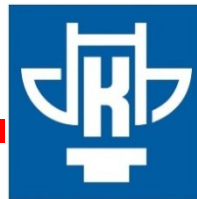
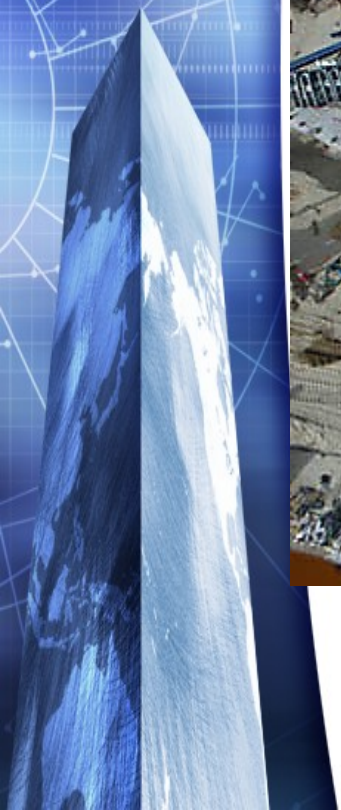


Kết cấu dạng “Kiềng ba chân”:

Một lõi 6 cạnh ở giữa, “chống” 3 chân sang 3 hướng đối xứng nhau. 3 chân này được đảm bảo độ cứng ngoài mặt phẳng bằng các sườn ngang. Lõi 6 cạnh kết hợp với 3 chân kiềng và 5 tầng outriggers tạo ra độ cứng ngang và độ chống xoắn lớn.



# Burj Khalifa - Dubai

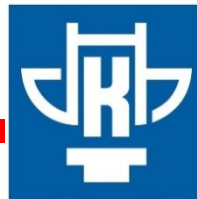


# Burj Khalifa - Dubai

02-2006



08-2006



# Burj Khalifa - Dubai

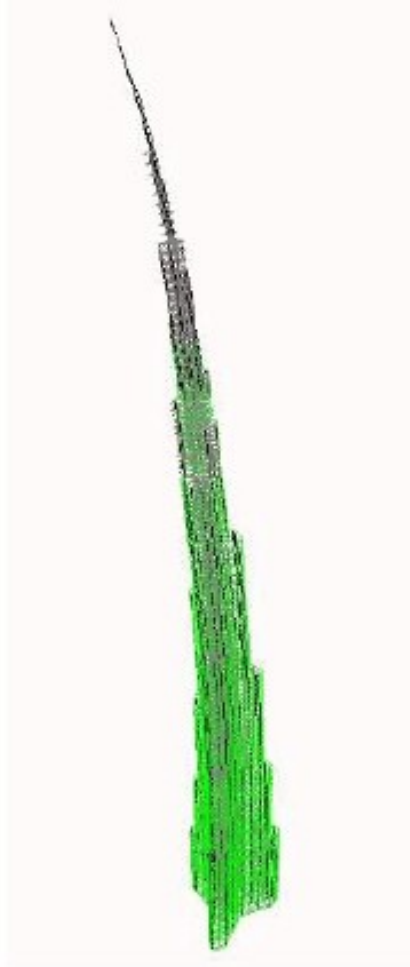
01-2007



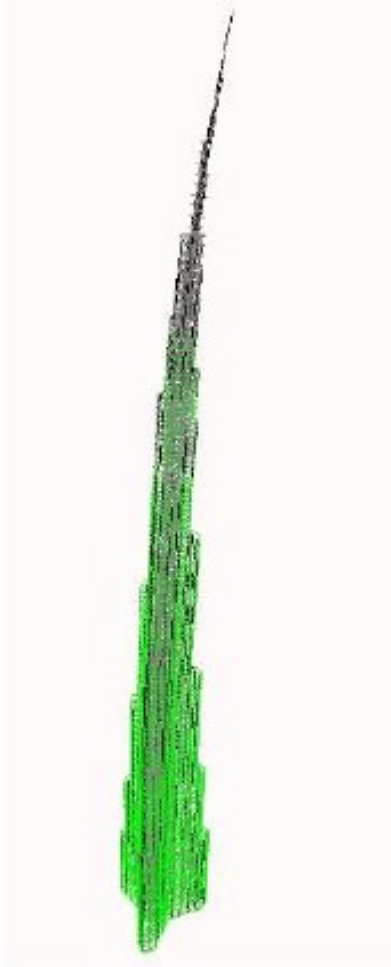
01-2010



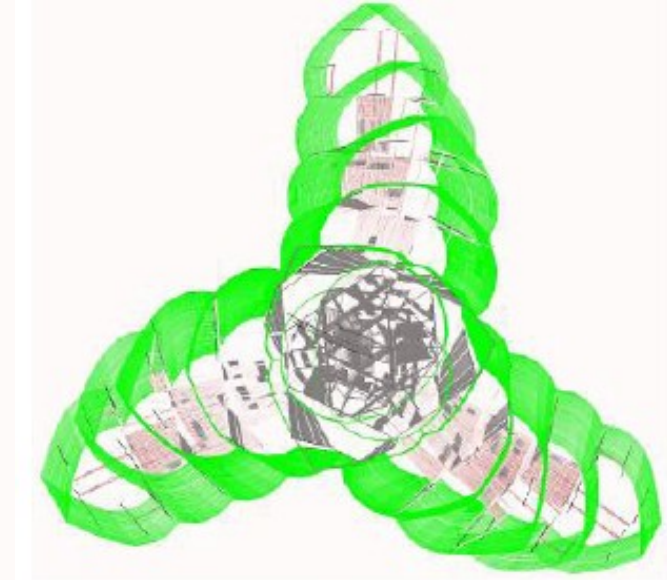
# Burj Khalifa - Dubai



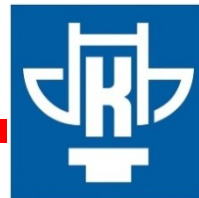
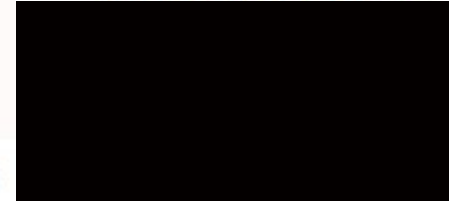
a) Mode 1;  $T = 11.3s$



b) Mode 2;  $T = 10.2s$



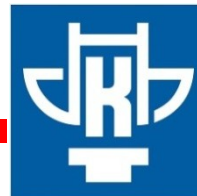
c) Mode 5 (torsion);  $T = 4.3s$



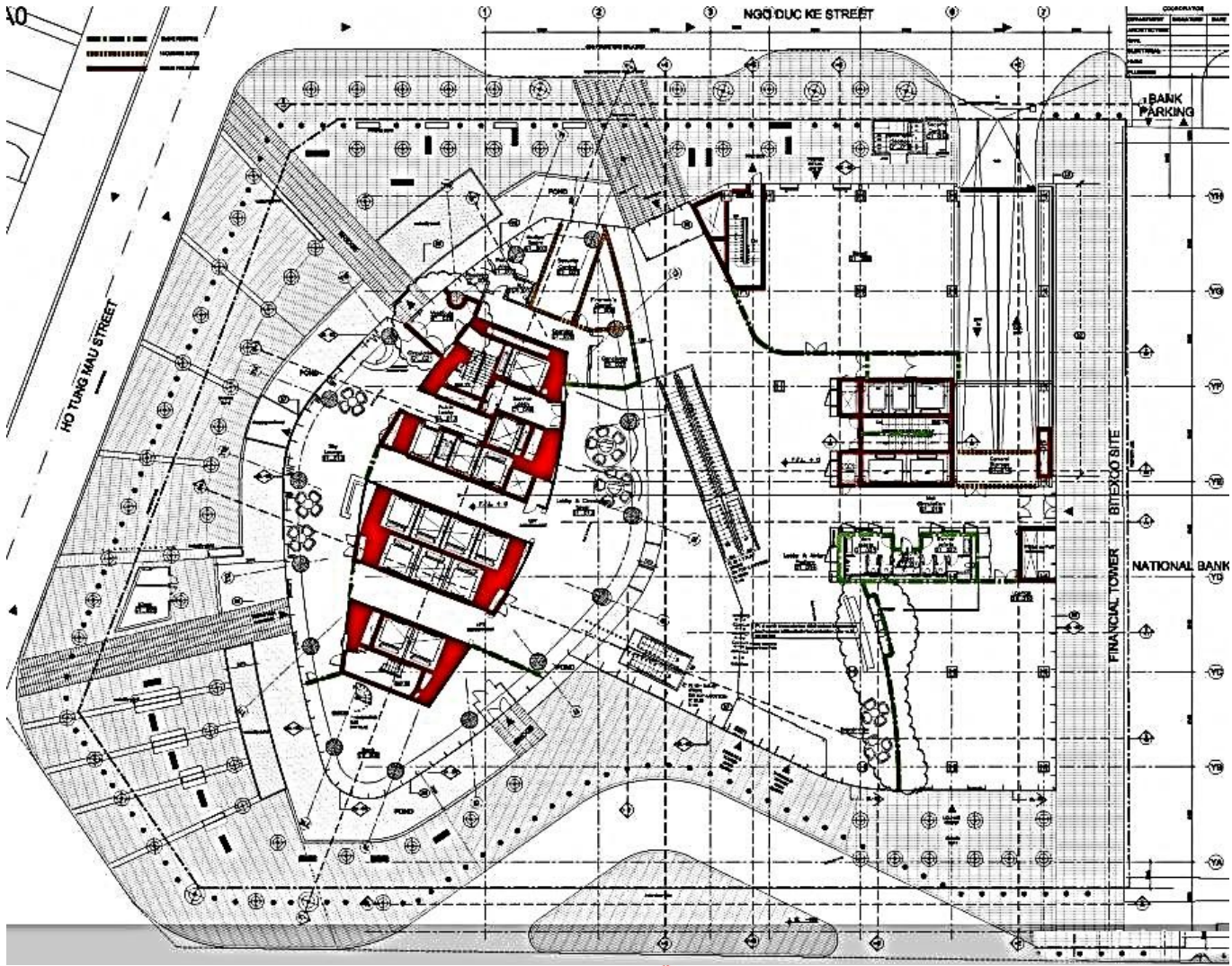
# Bitexco Financial Tower (BFT) – TP HCM



- ❖ Khánh thành ngày 31/10/2010 tại quận 1, TP HCM
- ❖ Tòa tháp cao thứ nhì Việt Nam
- ❖ 68 tầng, cao 262 m; Khối đế cao 6 tầng; 3 tầng hầm;
- ❖ Sân đỗ trực thăng trên tầng 52;
- ❖ Kết cấu không đối xứng; mặt bằng các tầng thay đổi không giống nhau;

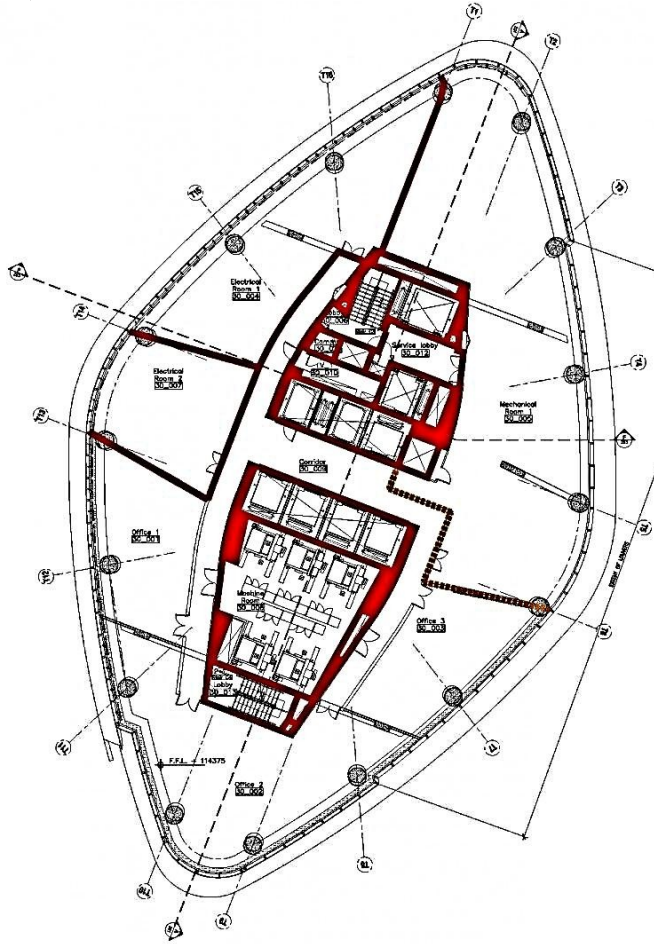


# Bitexco Financial Tower – Tầng trệt

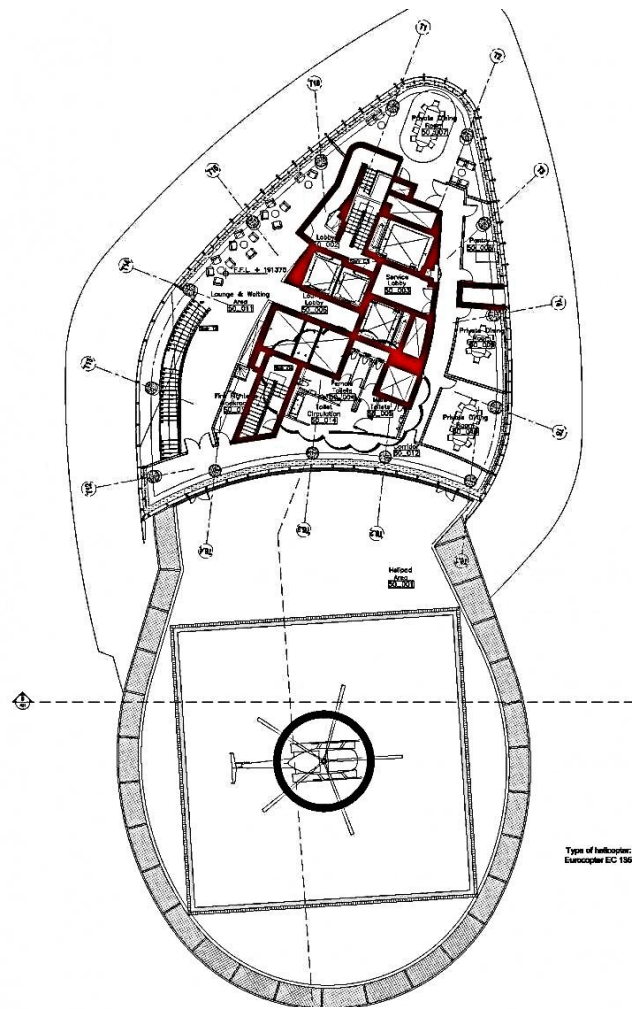




# BFT – Mặt bằng tầng 30 và 50



Tầng 30



Tầng 50



# Bố trí lõi-vách trên mặt bằng

## Bố trí hợp lý

1

Giảm thiểu độ xoắn của kết cấu

2

Tăng cường độ cứng ngang và độ ổn định của kết cấu

3

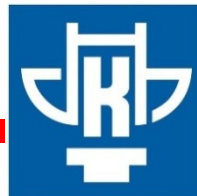
Giảm mô men uốn và lực cắt trong mặt phẳng sàn

4

Tận dụng khả năng làm việc của vách

5

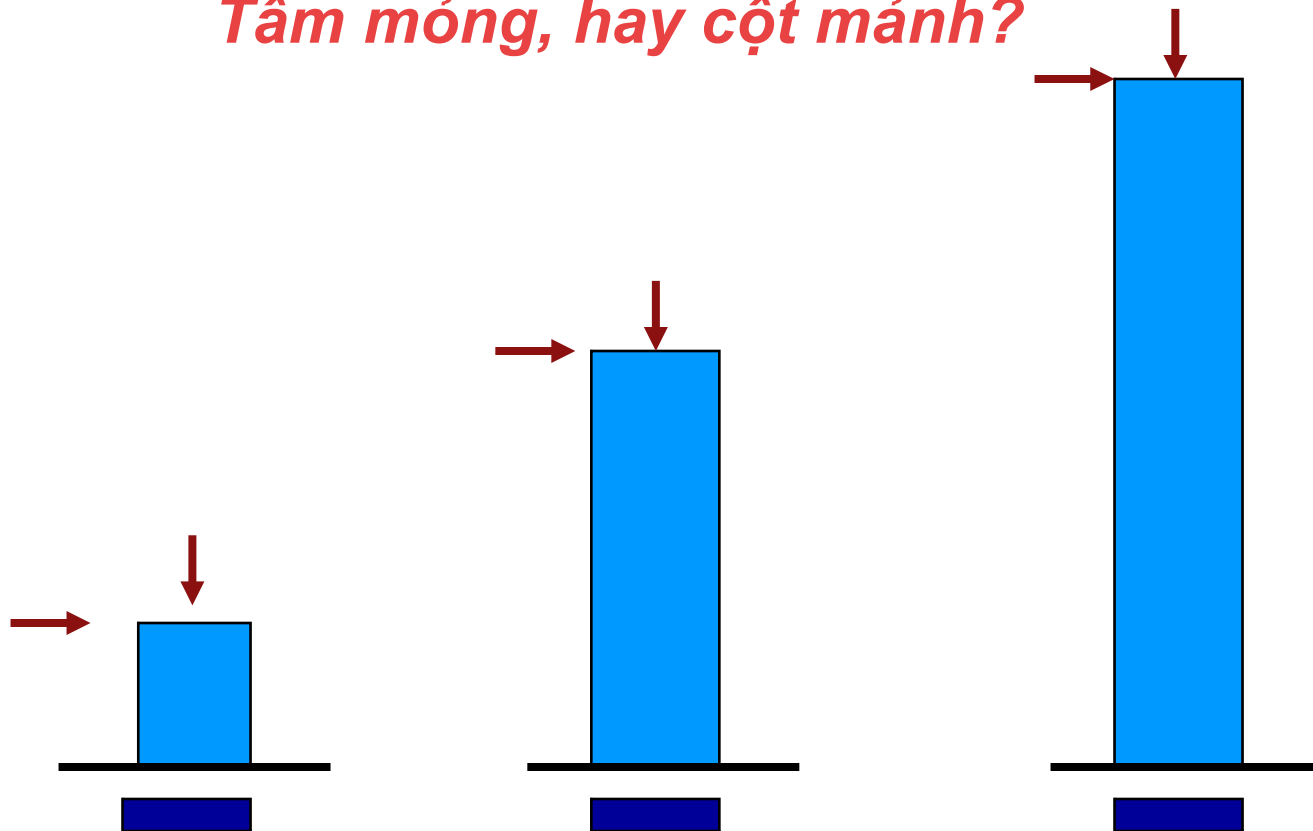
Đối xứng



# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

## 3.1. Vách có thể quan niệm là dạng kết cấu gì?

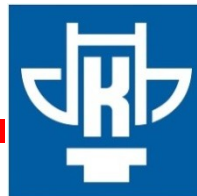
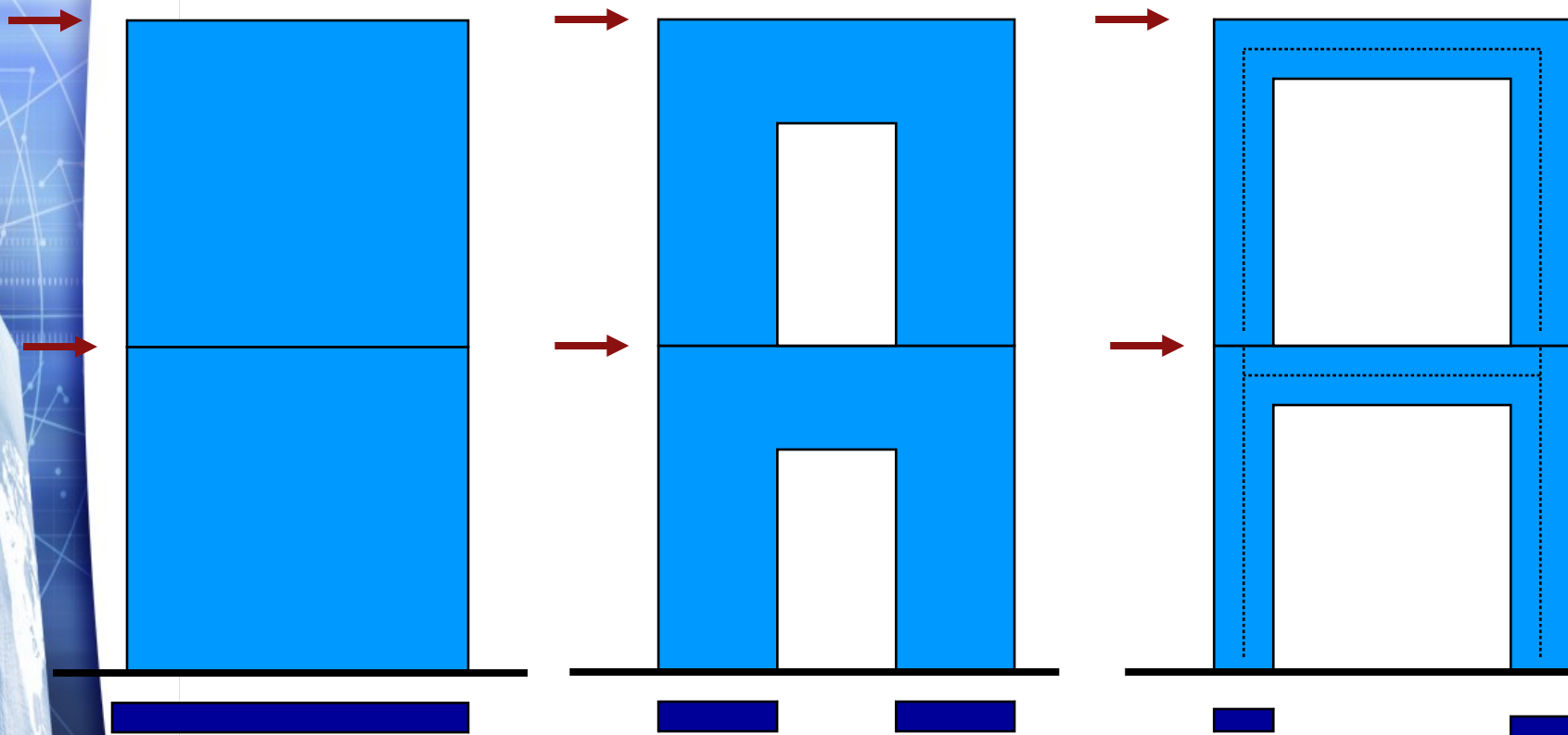
*Tấm mỏng, hay cột mảnh?*



# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

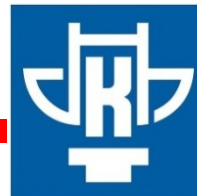
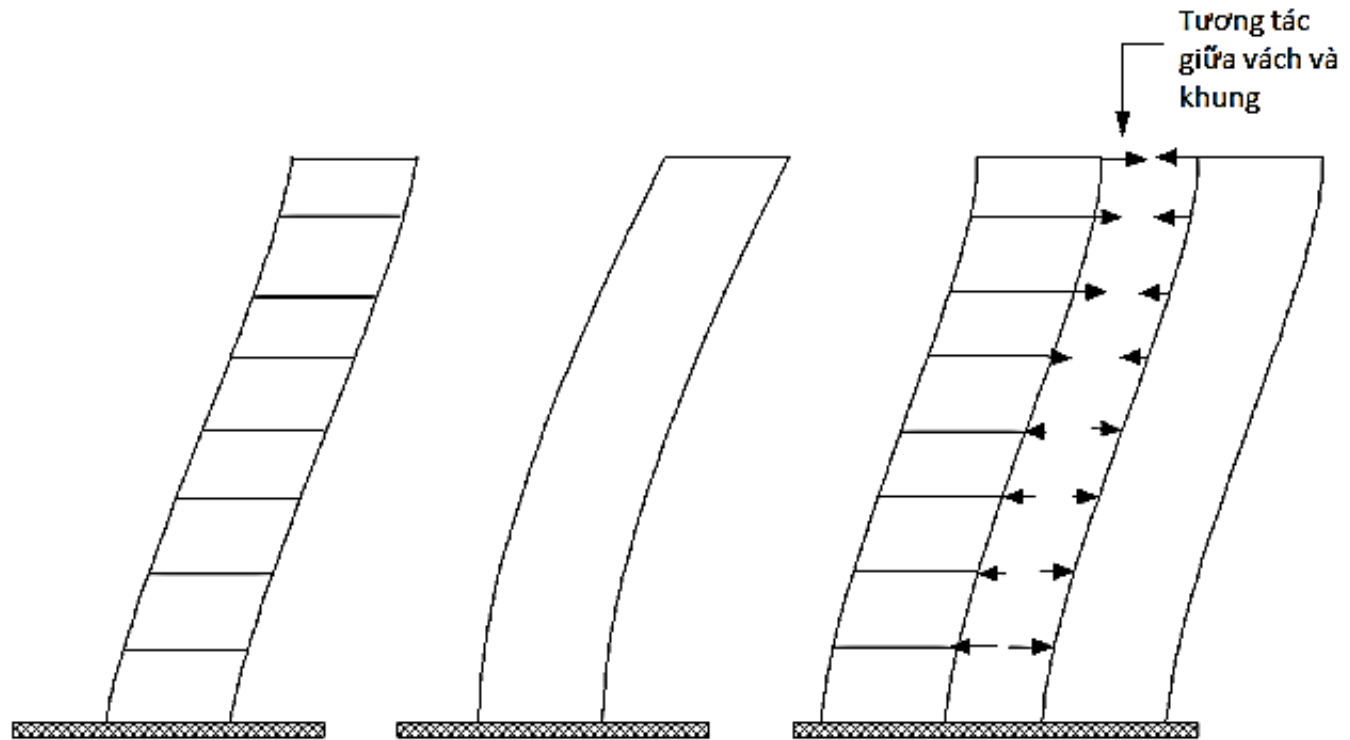
## 3.1. Vách có thể quan niệm là dạng kết cấu gì?

*Tấm mỏng, hay khung?*



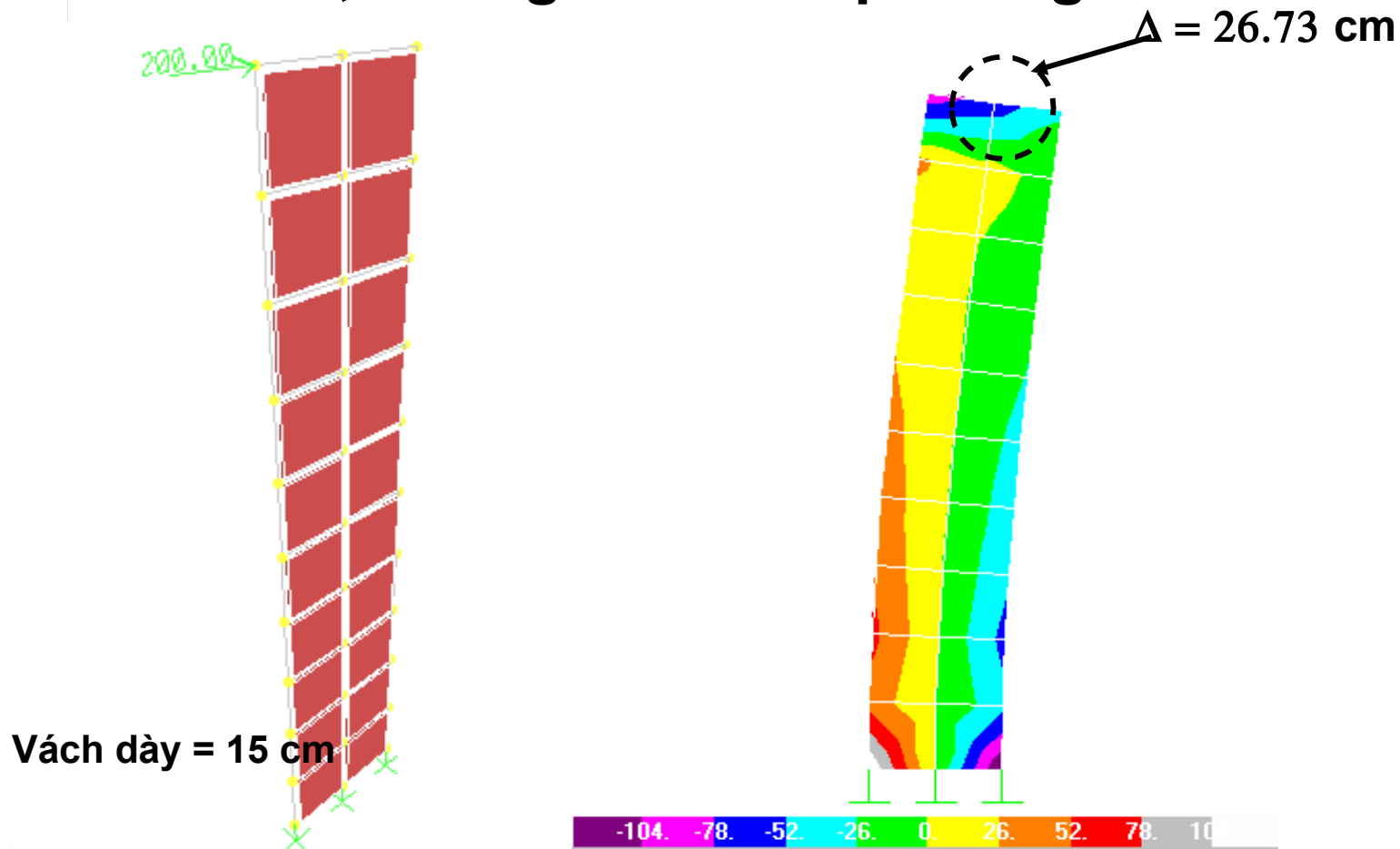
# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

## 3.2. Vách đơn, khung đơn và hệ khung-vách



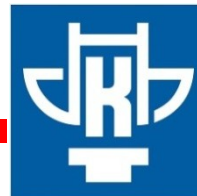
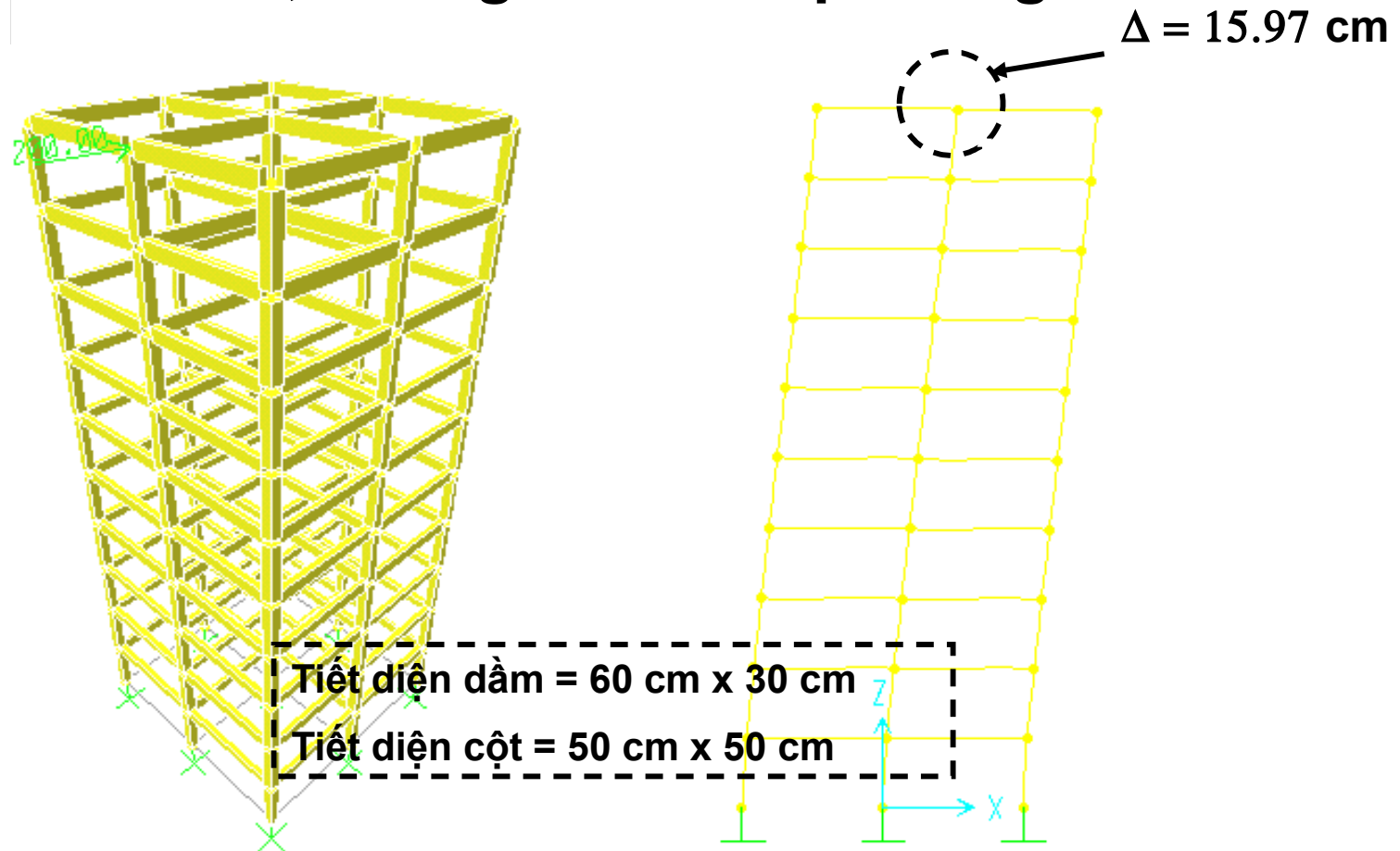
# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

## 3.2. Vách đơn, khung đơn và hệ khung-vách



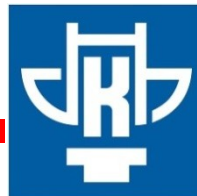
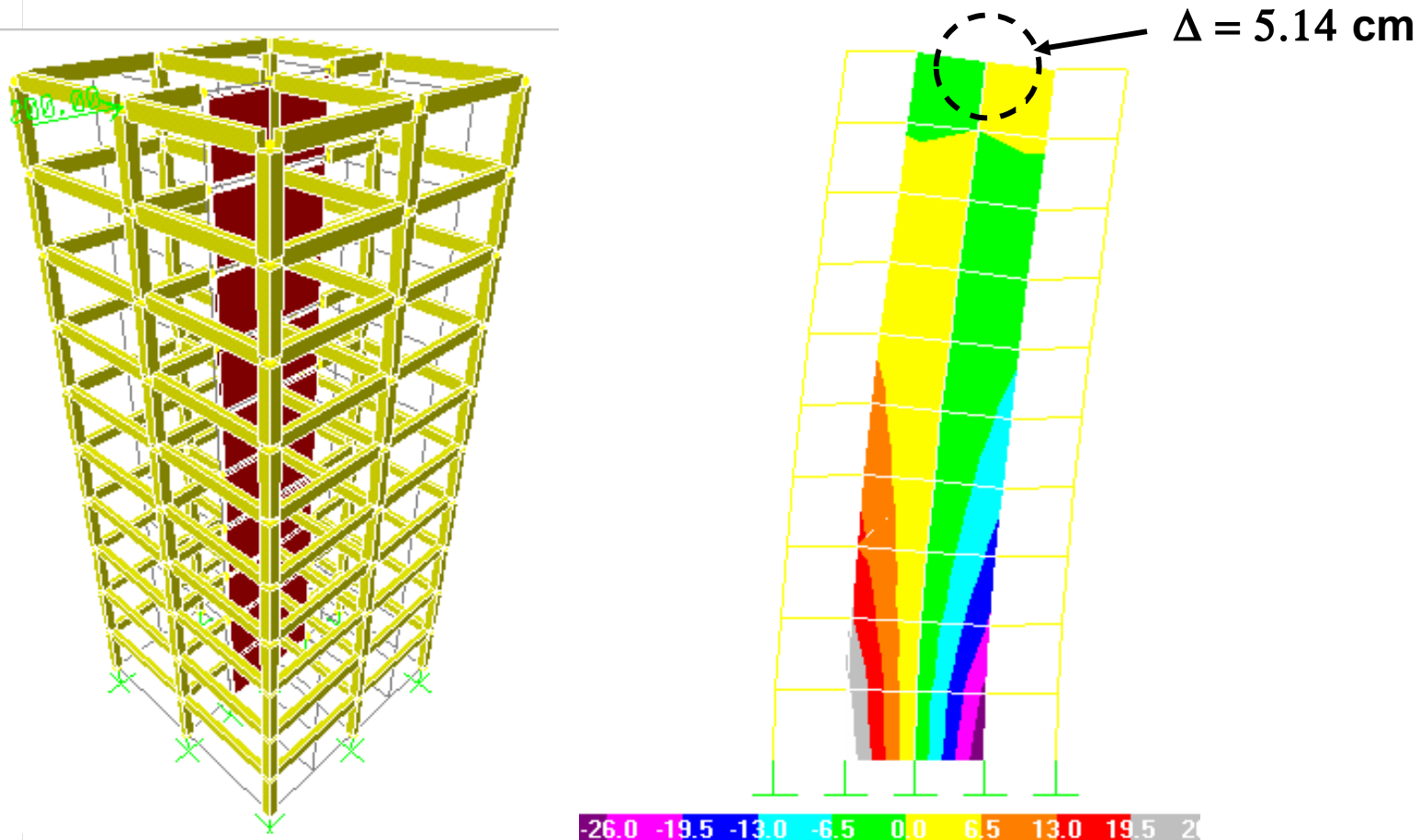
# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

## 3.2. Vách đơn, khung đơn và hệ khung-vách



# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

## 3.2. Vách đơn, khung đơn và hệ khung-vách





# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

## 3.2. Vách đơn, khung đơn và hệ khung-vách

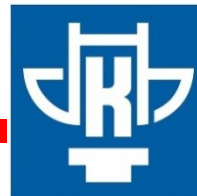
Tạm coi độ cứng theo phương ngang (Stiff) của kết cấu bằng Lực/chuyển vị, ta có:

$$\text{Stiffvách} = 200/26.73 = 7.5$$

$$\text{Stiffkhung} = 200/15.97 = 12.5$$

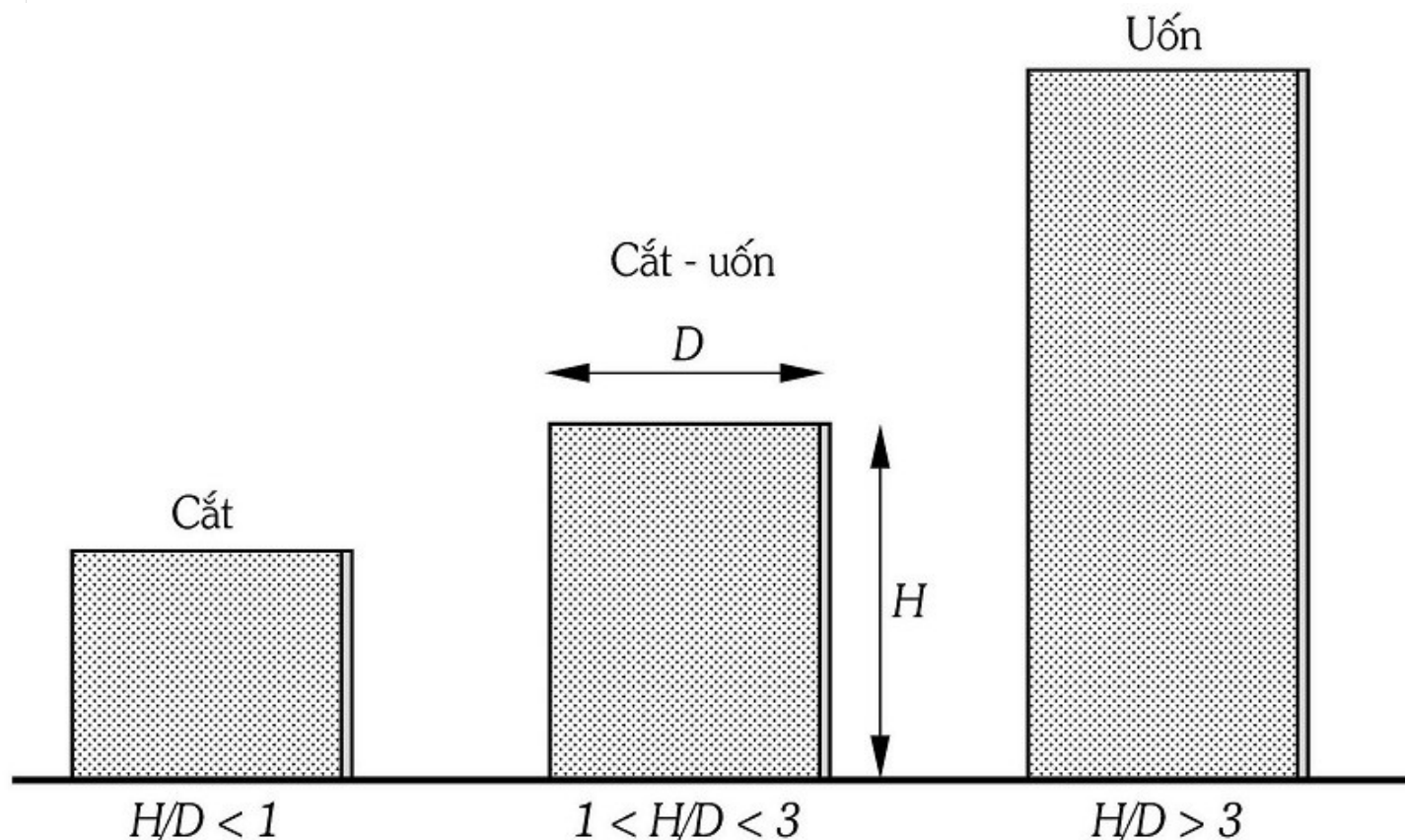
$$\text{Stiffkhung-vách} = 200/5.14 = 38.9$$

**Stiffkhung + Stiffvách  $\neq$  Stiffkhung-vách**



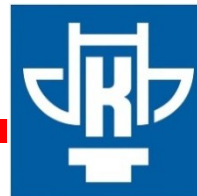
# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

## 3.3. Nội lực nào là nguy hiểm?



# 3. Ứng xử của vách chịu tải trọng ngang

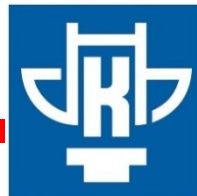
- ✓ Kích thước hình học và các lỗ cửa ảnh hưởng lớn đến ứng xử của vách khi chịu tải trọng ngang. Trong nhiều trường hợp có thể đưa vách về dạng kết cấu đơn giản như cột (dầm consol) hoặc khung.
- ✓ Ứng xử của vách đơn khác ứng xử của hệ khung-vách. Quan niệm "Độ cứng vách đơn + độ cứng khung = độ cứng hệ khung-vách" không đủ độ tin cậy.
- ✓ Cần xem xét sự làm việc của vách trong cả hệ kết cấu mà nó là một bộ phận cấu thành. Việc tách riêng hệ thống vách để tính toán (quan niệm vách chịu toàn bộ tải trọng ngang) có thể dẫn tới sai số lớn và hao phí vật liệu.



## 4. Thiết kế kết cấu lõi-vách

Về cơ bản, thiết kế kết cấu lõi-vách bao gồm 4 bước:

1. Bố trí lõi-vách trên mặt bằng, chọn lựa kích thước sơ bộ (thường do quyết định ở khâu kiến trúc).
2. Tính toán giá trị nội lực (hoặc ứng suất) thiết kế trong kết cấu lõi-vách bằng các biện pháp mô hình hóa kết cấu khác nhau trên chương trình máy tính.
3. Tính toán khả năng chịu lực của kết cấu lõi-vách theo kết quả nội lực (hoặc ứng suất) nhận được từ bước 1.
4. Đặt cốt thép theo tính toán, có kể đến các yêu cầu cấu tạo riêng.



# 4. Thiết kế kết cấu lõi-vách

## Mô hình hóa kết cấu lõi-vách

**Mục tiêu:** Tính toán giá trị nội lực (hoặc ứng suất) trong kết cấu lõi-vách phục vụ thiết kế.

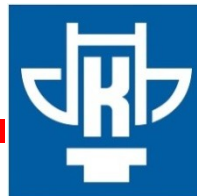
### **Cách thức:**

#### **I. Mô hình hóa vách cứng về dạng khung:**

I. 1. Đưa vách về cấu kiện cột với độ cứng tương đương (quy đổi theo đặc trưng tiết diện, hoặc dựa trên chuyển vị). Cần có cách mô phỏng điểm nối giữa dầm và vách.

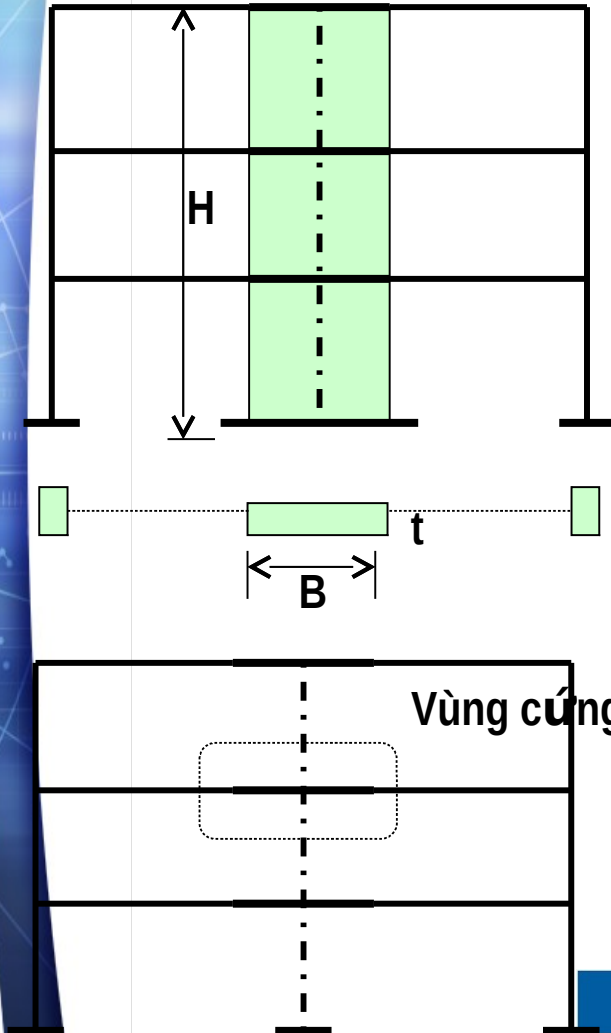
I. 2. Sử dụng mô hình giàn ảo

#### **II. Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính kết cấu lõi-vách cứng như các phần tử dạng tấm (shell hoặc membrane).**

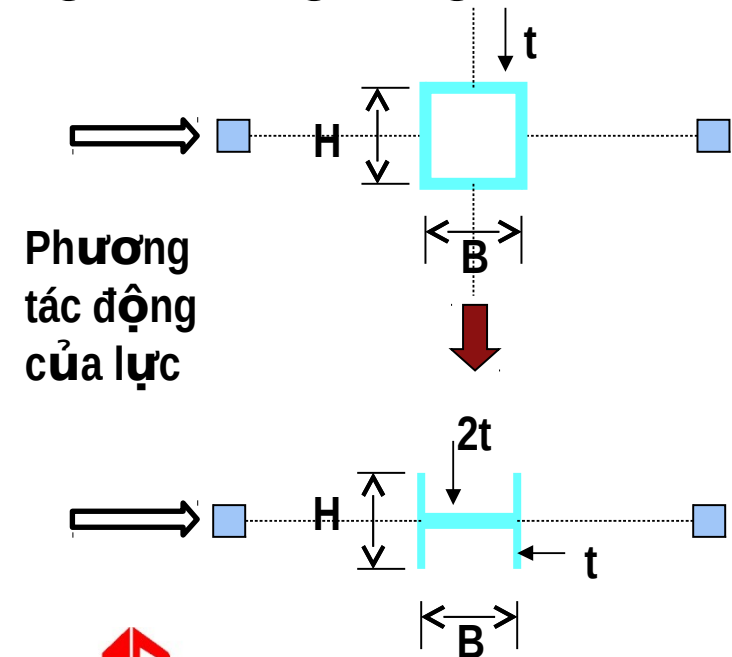


# Mô hình hóa kết cấu lõi-vách

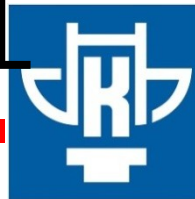
## I. 1. Đưa vách về cấu kiện cột với độ cứng tương đương



- Tường được mô phỏng bằng “cột” có tiết diện “ $B \times t$ ”
- “Cột” liên kết với các dầm ngang bằng các vùng cứng.

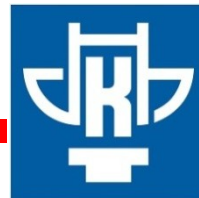
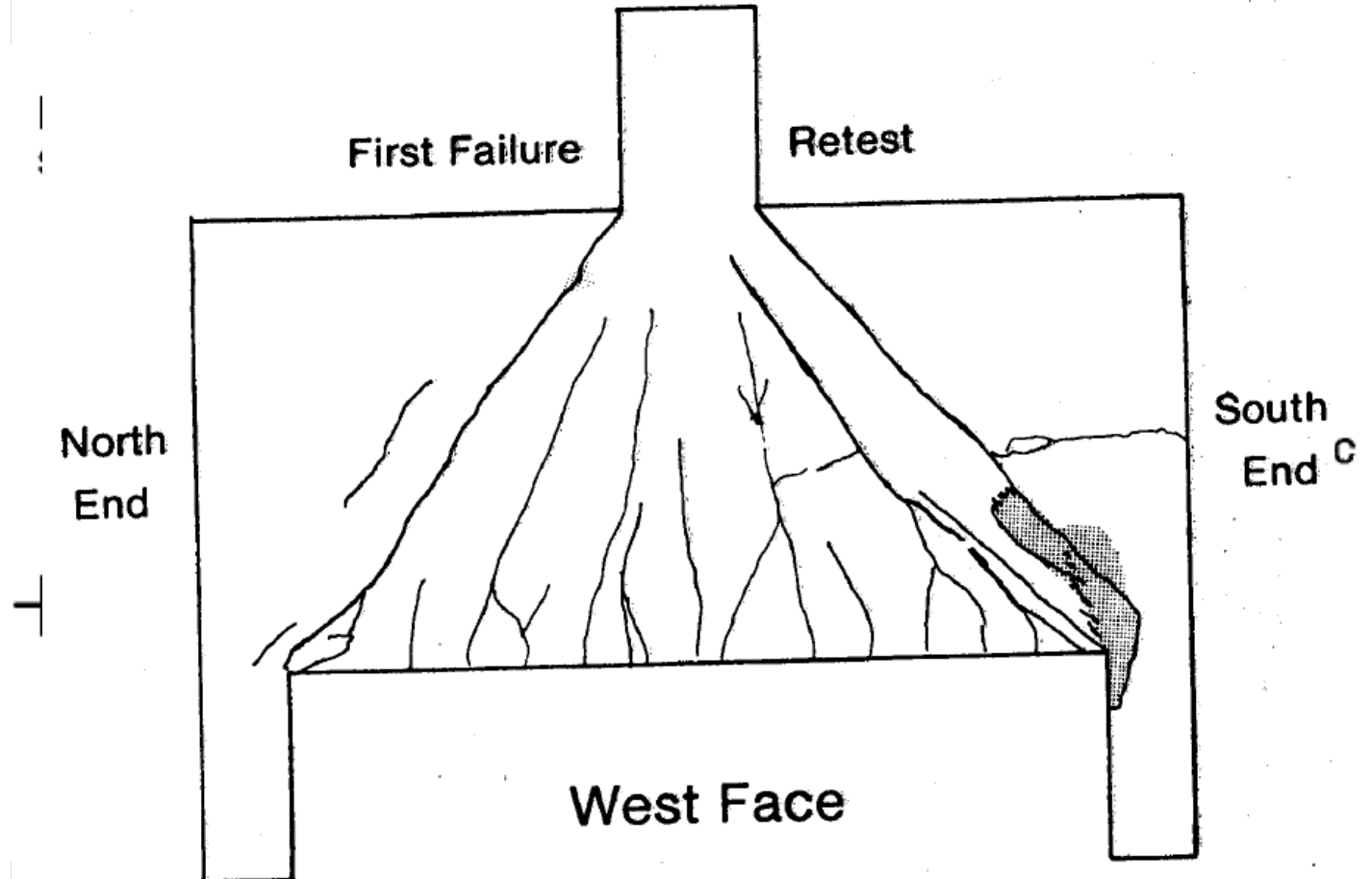


Phương  
tác động  
của lực



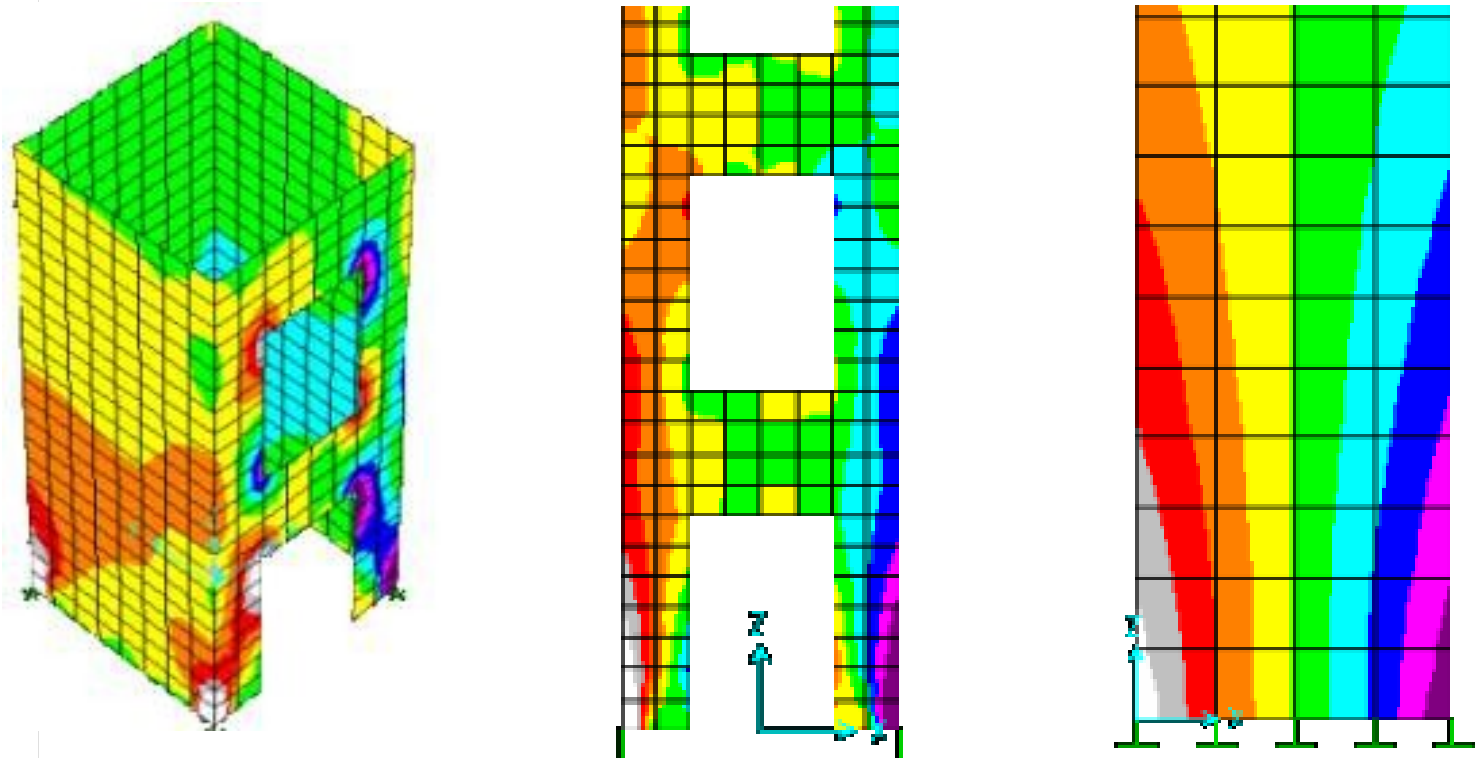
# Mô hình hóa kết cấu lõi-vách

## I. 2. Sử dụng mô hình giàn ảo (Strut and Tie model)



# Mô hình hóa kết cấu lõi-vách

II. Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính nội lực (hoặc ứng suất) trong lõi-vách cứng

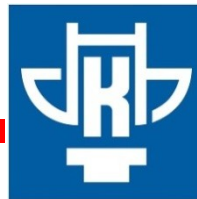




# Mô hình hóa kết cấu lõi-vách

## Thực tế thiết kế:

- ✓ Việc sử dụng các chương trình tính toán chuyên nghiệp (ETABS, SAP 2000, MIDAS, ...) là rất phổ biến và có thể coi là bắt buộc.
- ✓ Các chương trình này cho phép kể đến sự làm việc đồng thời của vách và các kết cấu khác như cột, sàn, dầm. Vách được mô tả như các phần tử dạng tấm (shell hoặc membrane). Lõi được mô tả bằng tổ hợp của các đơn nguyên vách.
- ✓ Đa số các chương trình tính toán phổ biến cho phép xuất nội lực (N, M, V) cho đơn nguyên vách. Việc tính toán ứng suất trong vách là có thể, tuy nhiên khá phức tạp và ít thấy trên thực tế.



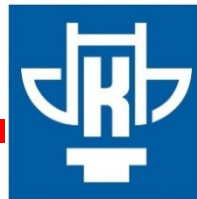
# Tính toán cốt thép vách theo ACI 318-08

**Vách được thiết kế chịu các tác động sau:**

1. Nén + Uốn (axial load + flexure) trong và ngoài mặt phẳng vách
2. Cắt (shear)

Việc tính toán chịu cắt cho vách theo ACI 318 khá đơn giản. Về cơ bản, việc tính toán chịu cắt bằng tay và sử dụng chương trình tính toán cho kết quả tương tự nhau.

Tính toán vách chịu Nén + uốn phức tạp hơn. Bên cạnh các phương pháp do ACI 318 đề nghị, có những phương pháp khác được sử dụng trong các chương trình tính toán như ETABS, chẳng hạn phương pháp Vùng biên chịu mô men.



# Sơ lược về ACI 318-08

## 1. Các tổ hợp tính toán (ACI 318-08, 9.2):

$$U = 1.4(D + F) \quad (9-1)$$

$$U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) \quad (9-2)$$

$$+ 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.8W) \quad (9-3)$$

$$U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (9-4)$$

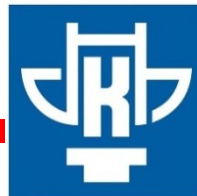
$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S \quad (9-5)$$

$$U = 0.9D + 1.6W + 1.6H \quad (9-6)$$

$$U = 0.9D + 1.0E + 1.6H \quad (9-7)$$

<sup>a</sup> Where the following represent the loads or related internal moments or forces resulting from the listed factors:  $D$  = dead load;  $E$  = earthquake;  $F$  = fluids;  $H$  = weight or pressure from soil;  $L$  = live load;  $L_r$  = roof live load;  $R$  = rain;  $S$  = snow;  $T$  = cumulative effects of temperature, creep, shrinkage, and differential settlement;  $W$  = wind.

<sup>b</sup> The ACI Code includes  $F$  or  $H$  loads in the load combinations. The "Basic" load condition of  $1.2D + 1.6L$  reflects the fact that most buildings have neither  $F$  nor  $H$  loads present and that  $1.4D$  rarely governs design.



# Sơ lược về ACI 318-08

**Design strength > required strength:**

$M_u, V_u, P_u$  – Nội lực tính toán

$M_n, V_n, P_n$  – Khả năng chịu tải của cấu kiện

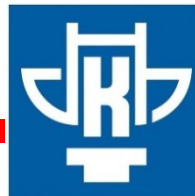
$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$\phi \cdot P_n \geq P_u$$

## **Strength reduction factors in the ACI Code**

<b>Strength Condition</b>	<b>Strength Reduction Factor</b>
Tension-controlled sections	0.90
Compression-controlled sections <sup>a</sup>	
Members with spiral reinforcement	0.70
Other reinforced members	0.65
Shear and torsion	0.75
Bearing on concrete	0.65
Post-tensioned anchorage zones	0.85
Strut-and-tie models <sup>b</sup>	0.75



# Tính toán cốt thép vách theo ACI 318-08

## Ký hiệu sử dụng:

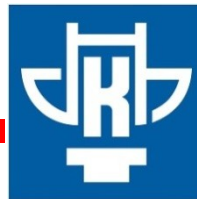
- ❖  $f'_c$  - cường độ chịu nén đặc trưng của mẫu trụ 150x300 mm.  $f'_{c,min} = 17$  MPa.
- ❖  $f_y$  - Cường độ chảy dẻo của cốt thép theo TC Mỹ.
- ❖  $A_g$  – Diện tích tiết diện vách theo phương ngang.
- ❖  $\rho_l$  = Hệ số cốt thép đứng =  $A_{s,v}/A_g$
- ❖  $\rho_t$  = Hệ số cốt thép ngang =  $A_{s,h}/A_g$
- ❖  $l_c$  = Chiều cao vách đo từ tâm tới tâm hai đầu gối đỡ.
- ❖  $h$  = Bề dày vách
- ❖  $h_w$  = Chiều cao vách
- ❖  $l_w$  = Chiều dài vách
- ❖  $M_{cr}$  = Mô men gây nứt



# Thiết kế vách chịu nén-uốn

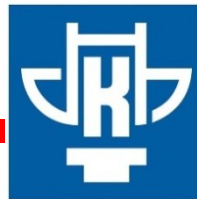
ACI 318-08, chương 14 giới thiệu 03 phương pháp:

- 1. Thiết kế vách như cấu kiện chịu nén (compression members). Thường sử dụng biểu đồ tương tác, giống thiết kế cột.
- 2. Phương pháp thực nghiệm (có một số giới hạn để sử dụng) – Empirical design method
- 3. Phương pháp thiết kế vách mảnh (có một số giới hạn để sử dụng) – alternative design of slender walls

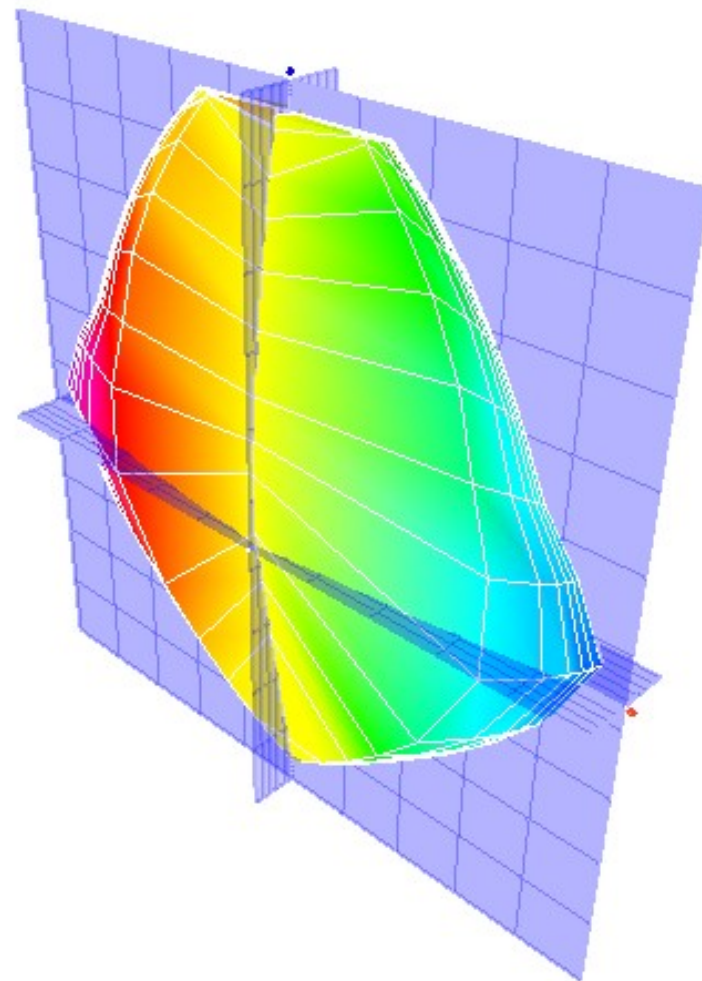
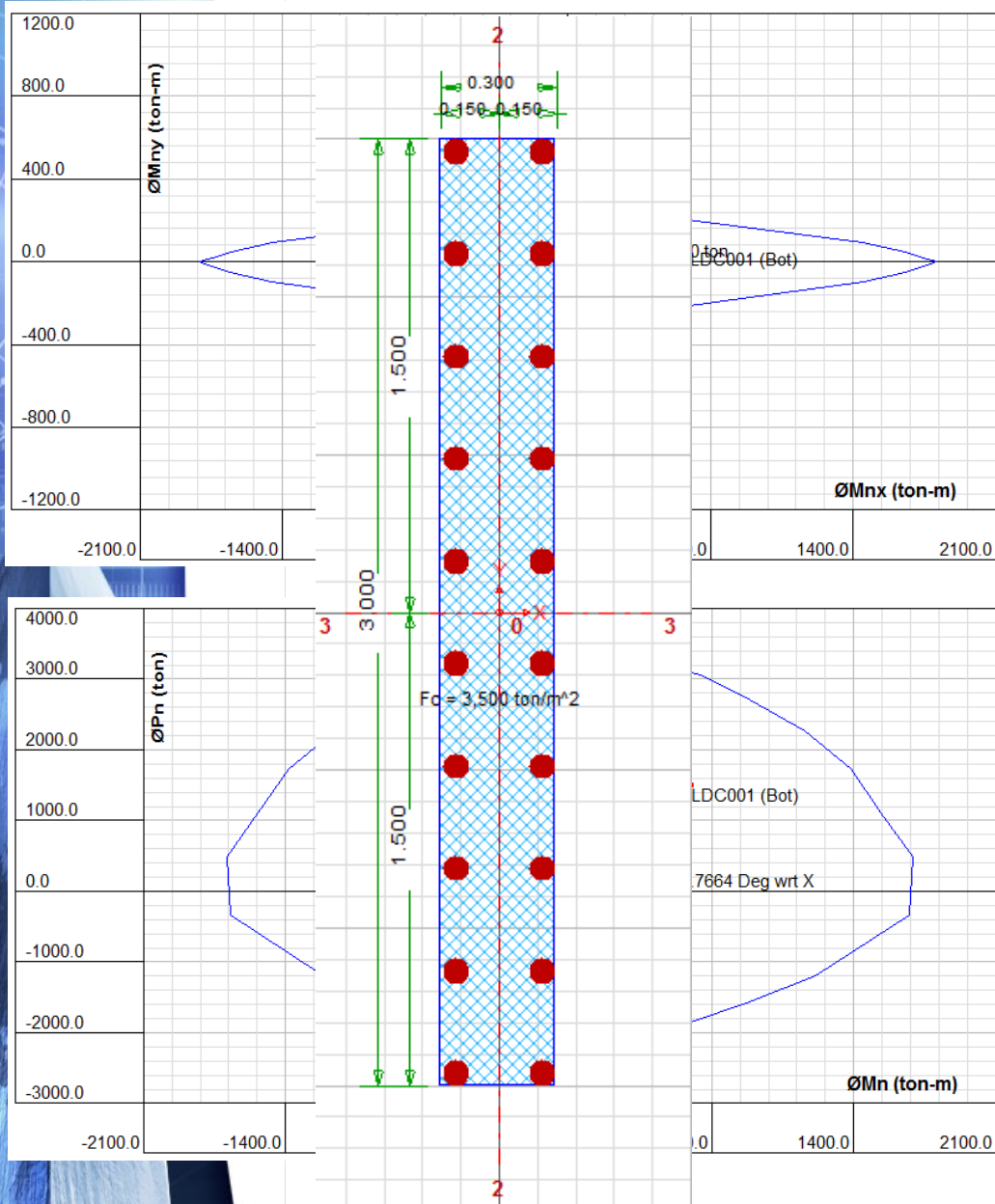


# Thiết kế vách như cấu kiện chịu nén

- ❖ Vách được thiết kế như cấu kiện chịu nén (compression members) thông thường (giống thiết kế cột), có kể đến ảnh hưởng của độ mảnh (ACI 318, chương 10).
- ❖ Cần tính toán vách như cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên: Nén + uốn trong mặt phẳng vách + uốn ngoài mặt phẳng vách.
- ❖ Có thể sử dụng biểu đồ tương tác hoặc sử dụng chương trình tính toán.
- ❖ Việc tính toán vách như cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên là phức tạp. Tuy nhiên có nhiều chương trình tính toán hỗ trợ tốt yêu cầu này, ví dụ ETABS, CSI COLUMN...)
- ❖ Ngoài các yêu cầu cấu tạo đối với cấu kiện chịu nén thông thường, cần đảm bảo các yêu cầu về cấu tạo đối với vách theo ACI 318, chương 14 và yêu cầu kháng chấn, chương 21.

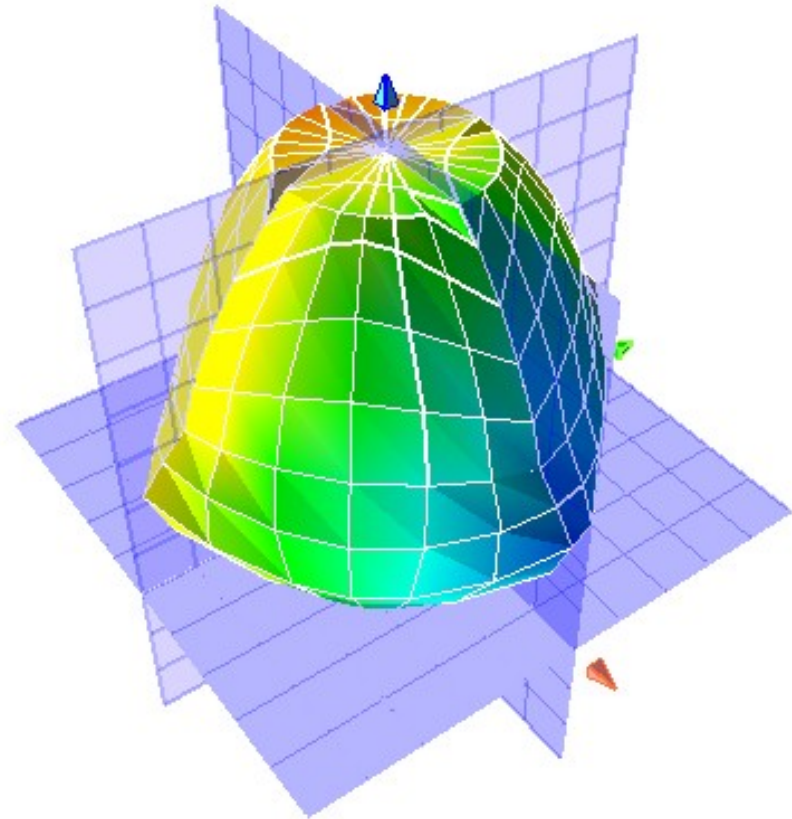
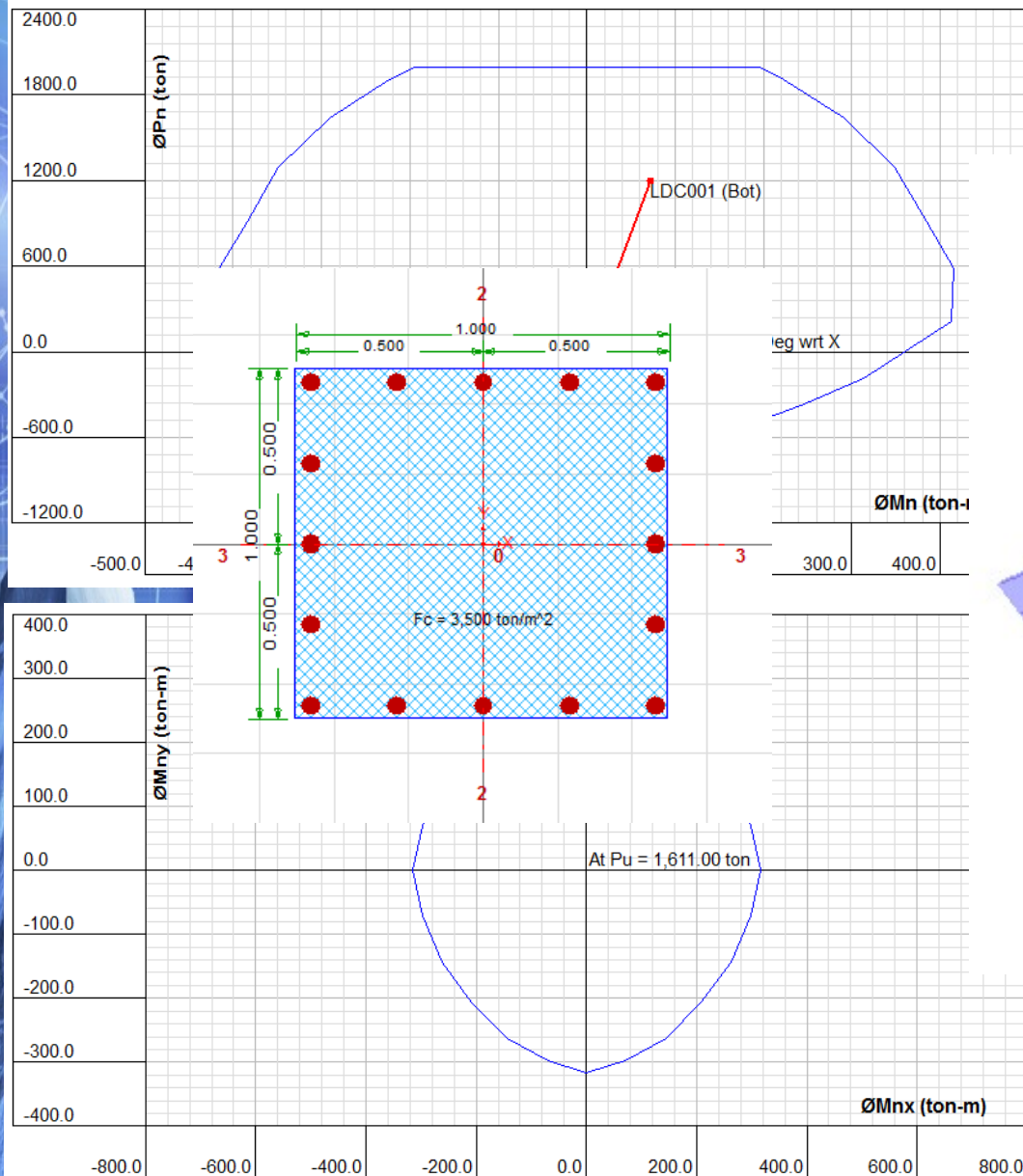


# Thiết kế vách như cầu kiện chịu nén





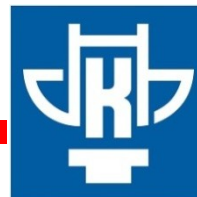
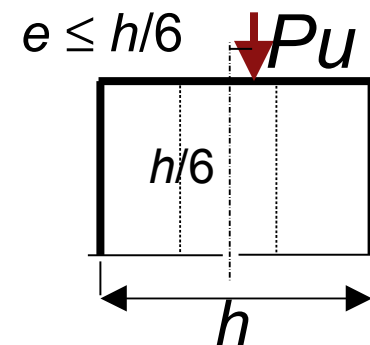
# Thiết kế cột



# Phương pháp thực nghiệm - Empirical Design Method – ACI 318-08, 14.5

Các giới hạn cho việc áp dụng:

- ✓ Chỉ áp dụng cho vách có tiết diện chữ nhật đặc ;
- ✓ Độ dày của vách thỏa mãn các điều kiện sau:
  - $h \geq (lc \text{ hoặc } lw \text{ giữa các gối đỡ})/25$
  - $\geq 100 \text{ mm}$  cho tường chịu lực
  - $\geq 190 \text{ mm}$  đối với tường tầng hầm ngoài hay tường móng
- ✓ Độ lệch tâm của hợp lực các tải trọng tính toán  $\leq h/6$



# Phương pháp thực nghiệm - Empirical Design Method – ACI 318-08, 14.5

Sức chịu tải thiết kế:

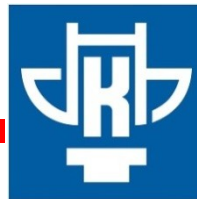
$$\phi P_n = 0.55\phi f'_c A_g \left[ 1 - \left( \frac{kl_c}{32h} \right)^2 \right] \geq P_u$$

$$\phi = 0.65$$

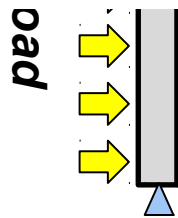
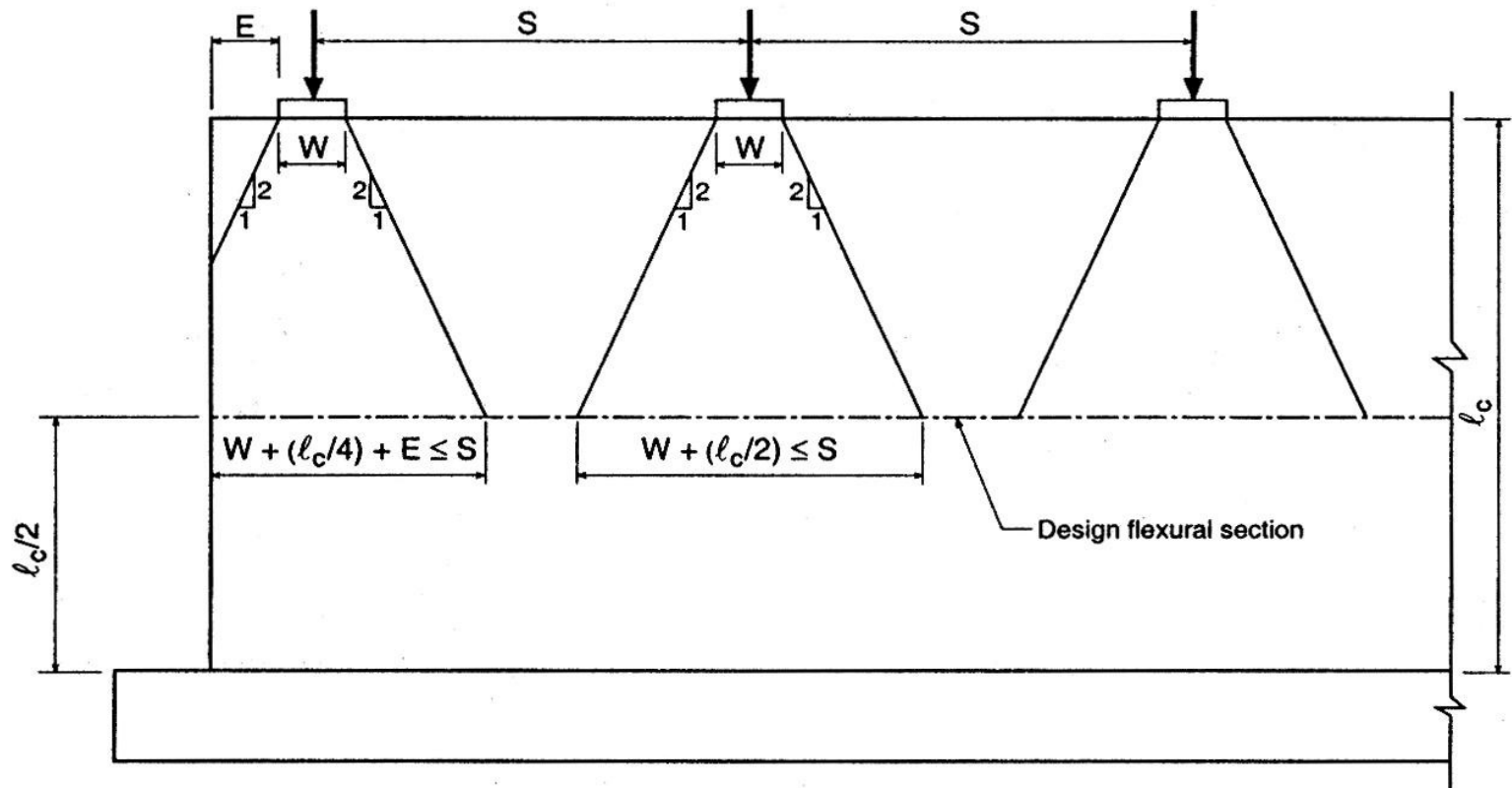
k - hệ số độ dài hữu hiệu (effective length factor)

- Vách ngàm tại hai đầu ...  $k = 0.8$
- Vách khóa khớp tại hai đầu ...  $k = 1.0$
- Vách không giằng (tự do một đầu) ...  $k = 2.0$

❖ Phương pháp này chủ yếu áp dụng cho những tường ngăn chịu tải thẳng đứng.



# Phương pháp thiết kế vách mỏng



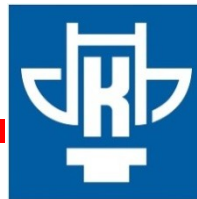
✓ Các vị trí đặt lực P thỏa mãn điều kiện như trên hình



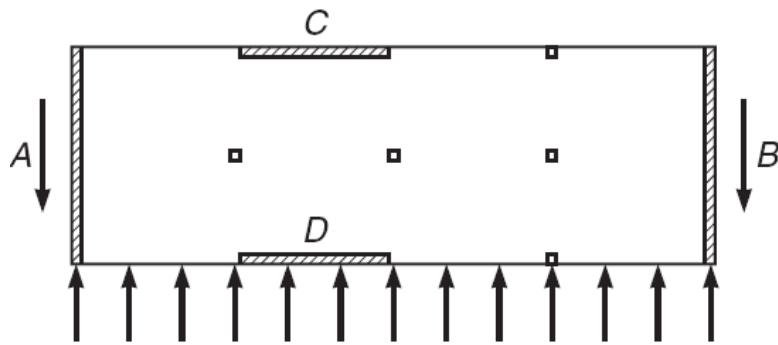
# Nhận xét về thiết kế vách chịu nén uốn theo ACI 318

---

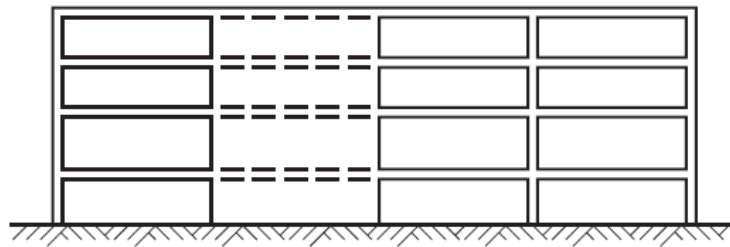
- ✓ Trong 3 phương pháp được ACI 318 giới thiệu, thiết kế vách như cấu kiện chịu nén (compression members) là phổ biến và được áp dụng rộng rãi trong các chương trình tính toán quen thuộc như ETABS, MIDAS, STAAD PRO ... Hai phương pháp còn lại khá đơn giản, mang tính chất thay thế, tuy nhiên phạm vi áp dụng tương đối hạn hẹp.



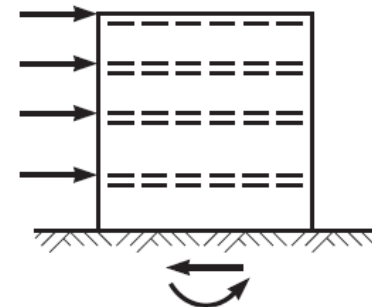
# Thiết kế vách chịu cắt



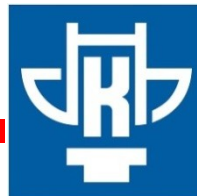
(a)



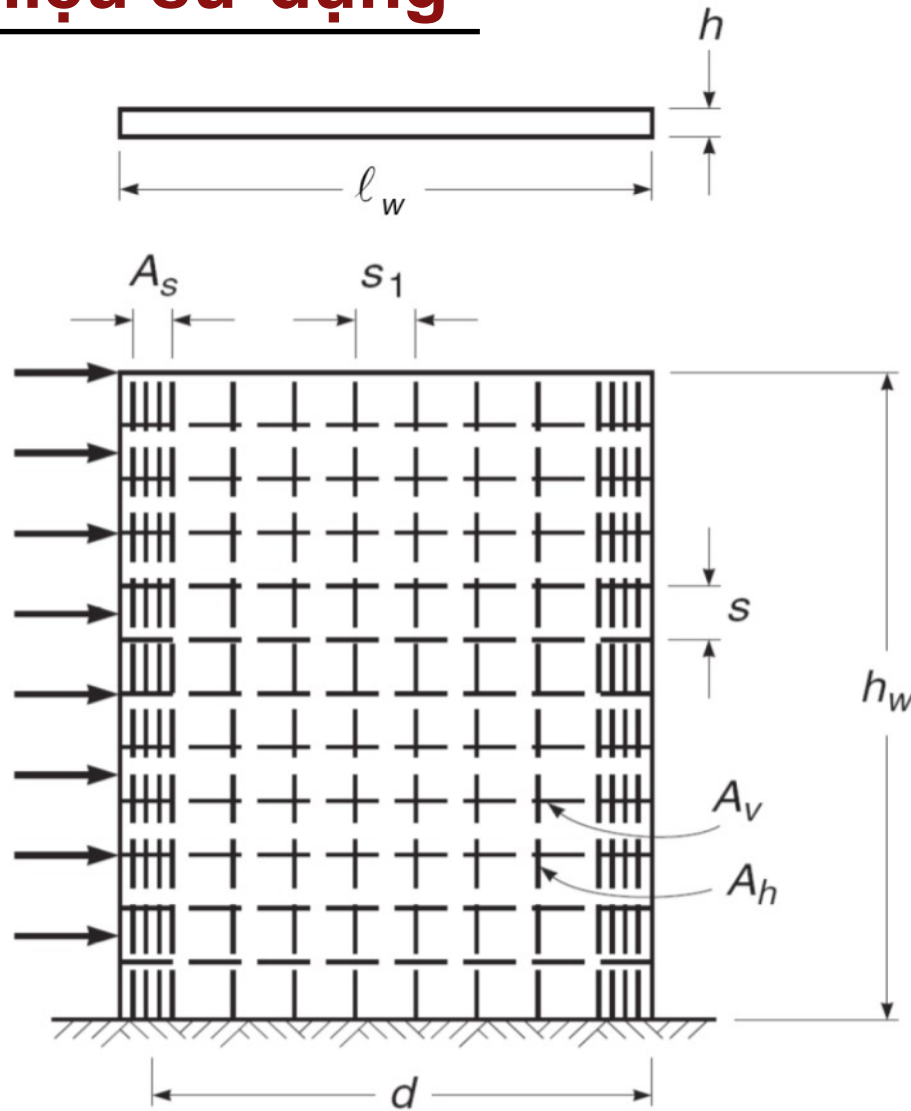
(b)



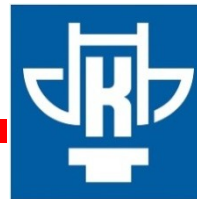
(c)



# Các ký hiệu sử dụng



Nếu  $hw \leq 2lw$ , ngoài cách tính chịu cắt như sẽ trình bày ở dưới, ACI 318 cho phép dùng mô hình giàn ảo (strut-and-tie model, ACI 318, Appendix A). Trong trường hợp này cốt thép chịu cắt ngang và đứng vẫn phải thỏa mãn các điều kiện cấu tạo trình bày dưới đây.



# Thiết kế chịu cắt theo ACI 318-08

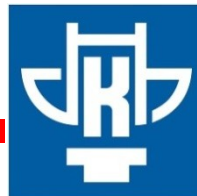
$$V_u \leq \phi V_n \quad \phi = 0.75$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n \leq 0.83 \sqrt{f'_c} h d$$

$d = 0.8hw$  – khoảng cách từ thớ ngoài cùng chịu nén đến tâm cốt thép chịu kéo

Cho phép lấy giá trị lớn hơn theo biến dạng tương thích (strain compatibility)





# Khả năng chịu cắt của bê tông

**Đối với vách chịu nén dọc trục:**

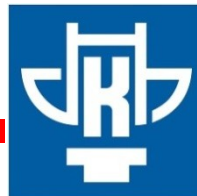
$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} h d$$

**Đối với vách chịu kéo dọc trục:**

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{0.29 N_u}{A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} h d$$

Trong đó  $N_u$  âm đối với lực kéo; Giá trị  $N_u/A_g$  biểu diễn theo MPa;

$\lambda$  – Hệ số bê tông nhẹ, lấy bằng 1 đối với bê tông nặng.

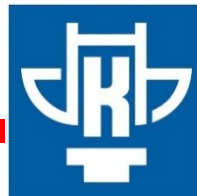


**Hoặc, có thể sử dụng giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị sau:**

$$V_c = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w}$$

$$V_c = \left[ 0.05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w (0.1\lambda\sqrt{f'_c}) + 0.2N_u/l_w h}{M_u/V_u - l_w/2} \right] hd$$

Khi  $M_u/V_u - l_w/2$  âm, không được sử dụng phương trình 2.



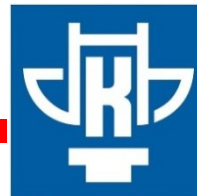
# Tính toán cốt thép ngang chịu cắt

- ✓ Khi  $V_u \leq \phi V_c/2$ , cốt thép ngang chịu cắt đặt theo cấu tạo.
- ✓ Khi  $V_u \geq \phi V_c/2$ , cốt thép ngang chịu cắt cần thỏa mãn những điều kiện sau:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \rightarrow A_v = \frac{(V_u - \phi V_c) s}{\phi f_y d}$$

$$\rho_t = \frac{A_v}{hs} \geq 0.0025$$

$$s \leq l_w/5, 3h, 450 \text{ mm}$$

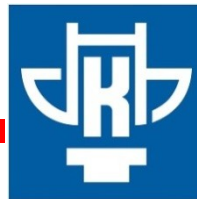


# Cốt thép đứng chịu cắt

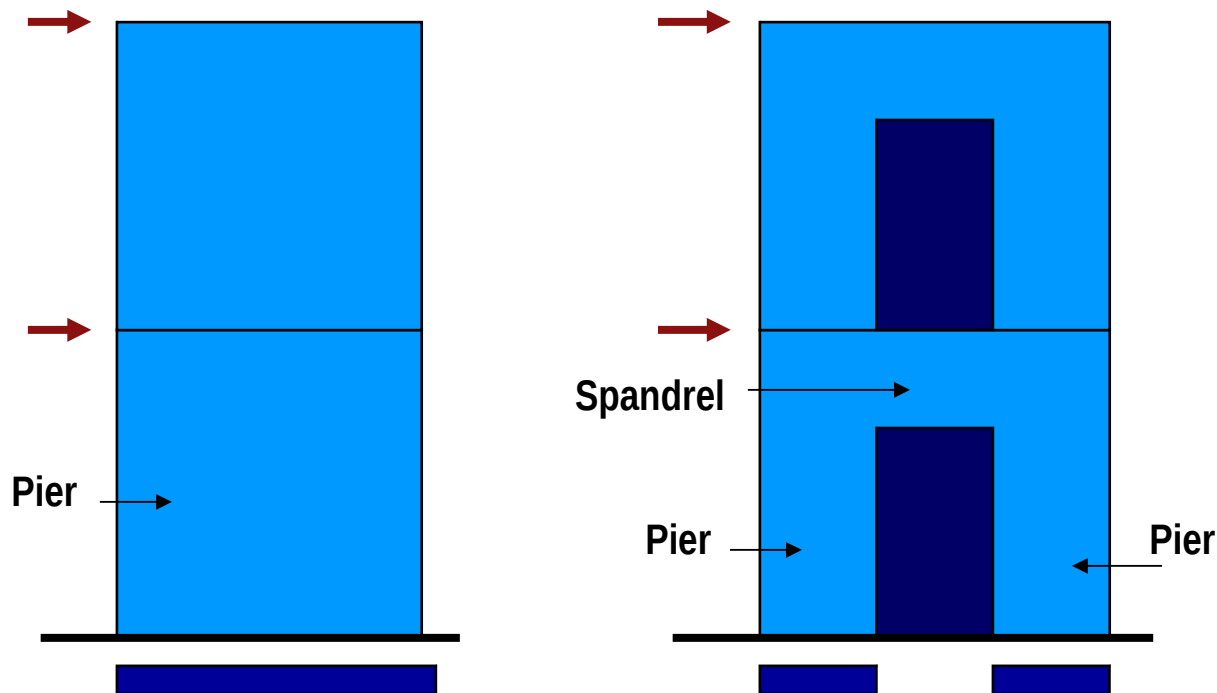
- ✓ Các kết quả thí nghiệm cho thấy, đối với vách thấp, cốt thép đứng phân bố đều cũng cần thiết như cốt thép ngang.

$$\rho_1 = \frac{A_h}{hs_1} \geq 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_t - 0.0025)$$
$$\geq 0.0025$$

$$s_1 \leq l_w / 3, 3h, 450 \text{ mm}$$



# Thiết kế vách cứng chịu nén uốn trong ETABS



- Phương pháp đơn giản (simplified pier section);
- Phương pháp xây dựng biểu đồ tương tác;

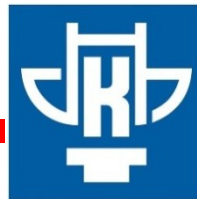


# Thiết kế vách cứng chịu nén-uốn trong ETABS

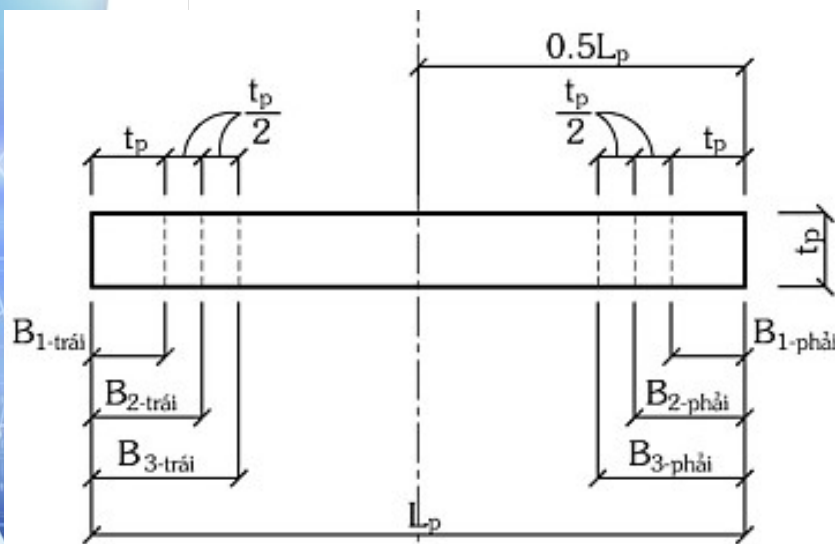
## Phương pháp đơn giản

Phương pháp này giả thiết mô men uốn tác dụng lên vách tương đương với cặp ngẫu lực ngược chiều nhau (kéo và nén) tác dụng lên hai vùng biên của vách. Như vậy hai vùng biên của vách sẽ chịu hợp lực của ngẫu lực do mô men gây ra cộng với phần tải trọng thẳng đứng tác dụng lên hai vùng biên này.

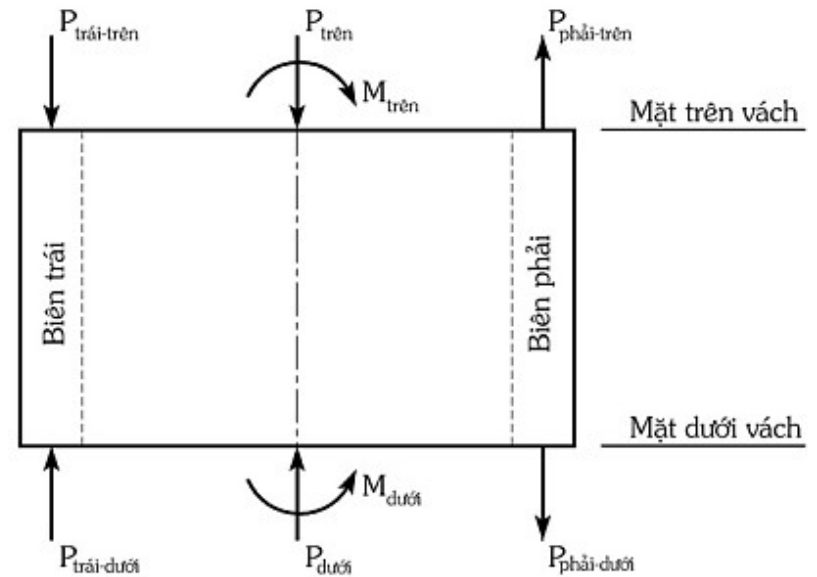
Phần bụng tường giữa hai biên chỉ tính toán mang phần tải trọng đứng còn lại (gồm tải trọng bản thân phần bụng tường và tải trọng ngoài) và thông thường cốt thép vùng này được bố trí theo cấu tạo.



# ETABS - Phương pháp đơn giản



**a. Mặt bằng vách**



**b. Mặt đứng vách**

$$P_{\text{trái-dỗ̀u}} = \frac{P_{\text{dỗ̀u}}}{A} A_{b\text{-trái}} + \frac{M_{\text{dỗ̀u}}}{\left( L_p - 0.5B_{1\text{-trái}} - 0.5B_{1\text{-phái}} \right)}$$

$$P_{\text{phái-dỗ̀u}} = \frac{P_{\text{dỗ̀u}}}{A} A_{b\text{-phái}} - \frac{M_{\text{dỗ̀u}}}{\left( L_p - 0.5B_{1\text{-trái}} - 0.5B_{1\text{-phái}} \right)}$$

$$P_{\text{buồng}} = \frac{P_{\text{dỗ̀u}}}{A} \left( A_{b\text{-trái}} - A_{b\text{-phái}} \right)$$

# ETABS - Phương pháp đơn giản

Quy trình tính toán trong ETABS:

1. Chọn kích thước vùng biên: Vùng biên là hình chữ nhật có một cạnh bằng bề dày của vách tp. Cạnh còn lại thay đổi, tại vòng lặp đầu tiên lấy bằng tp. Mỗi vòng lặp tiếp theo tăng dần  $0.5tp$  cho đến khi vượt quá  $0.5L_p$  thì dừng lại. Khi đó cần tăng kích thước vách.
2. Quy đổi giá trị mô men về cặp ngẫu lực tác dụng lên hai vùng biên bằng cách chia cho cánh tay đòn của lực.
3. Tính toán khả năng chịu lực của hai vùng biên và vùng bụng vách như trình bày dưới đây.





# ETABS - Phương pháp đơn giản

Lực kéo tại vùng biên (nếu có) do cốt thép chịu:

$$A_{st} = \frac{P}{\phi_b f_y} \quad \phi_b = 0.9$$

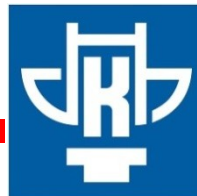
Lực nén tại vùng biên do bê tông + thép chịu. Vùng biên được tính như cột chịu nén thông thường:

$$\phi P_{n(\max)} = 0.80\phi [0.85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

$\phi = 0.65$  – cho cột đai ngang

Hàm lượng cốt thép giới hạn mặc định trong ETABS:

- $\mu_{max} = 4\%$  đối với tiết diện chịu nén.  
=  $6\%$  đối với tiết diện chịu kéo
- $\mu_{min} = 0.5\%$ .



# 5. Cấu tạo vách BTCT

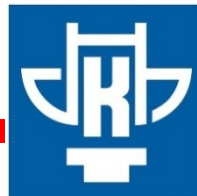
## Hàm lượng cốt thép tối thiểu

- ❖ Hàm lượng cốt thép đứng  $\rho_l \geq 0.0015$ 
  - Giảm xuống 0.0012 đối với cốt thép  $D \leq 16$  và
  - $f_y \geq 420$  MPa
- ❖ Hàm lượng cốt thép ngang  $\rho_t \geq 0.0025$ 
  - Giảm xuống 0.0020 đối với cốt thép  $D \leq 16$  và
  - $f_y \geq 420$  MPa
- ❖ Vách dày hơn 250 mm (trừ tường tầng hầm) phải có tối thiểu 2 lớp thép đặt song song mặt vách.



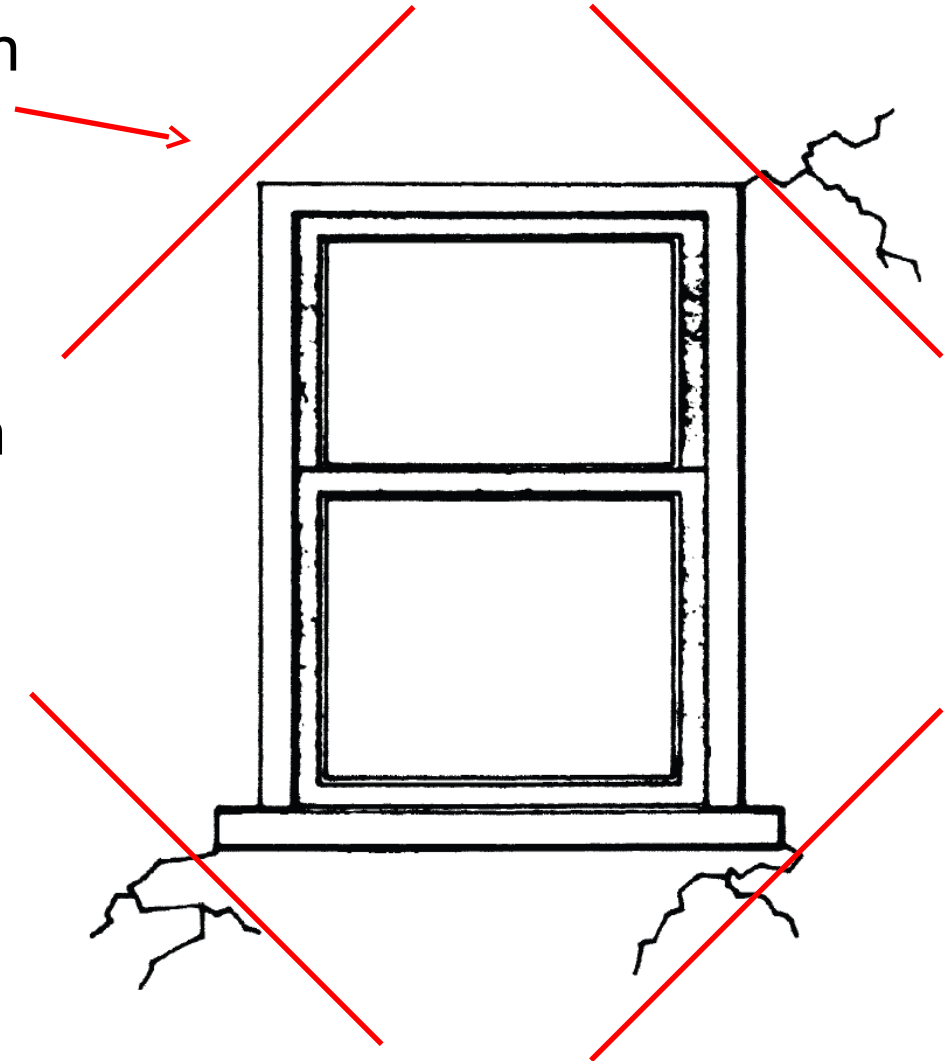
# 5. Cấu tạo vách BTCT

- ❖ Bước cốt thép đứng và cốt thép ngang
- ❖  $\leq 3h$
- ❖  $\leq 450 \text{ mm}$
- ❖ Không cần cốt đai bó quanh các thanh cốt đứng nếu  $\rho_l \leq 0.01$



# Gia cường quanh lỗ mở

- ❖ At least 2 No. 16 bars in walls with 2 layers of reinforcement in both directions
- ❖ At least 1 No. 16 bar in walls with 1 layer of reinforcement in both directions
- ❖ Anchored to develop  $f_y$



# Cấu tạo vách theo yêu cầu kháng chấn

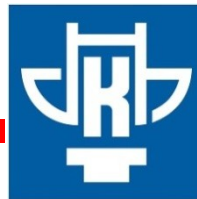
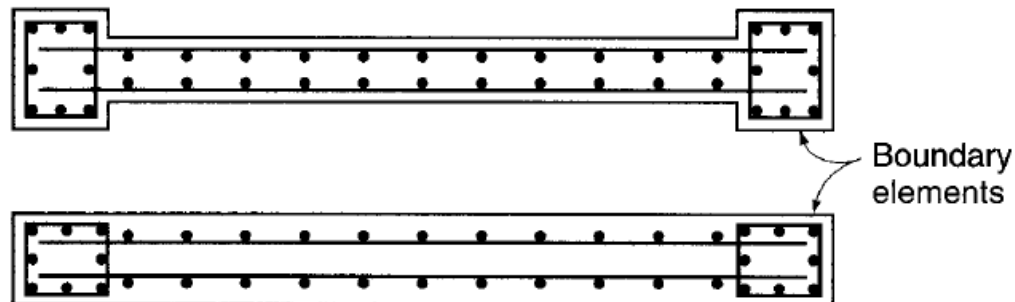
Đối với vách liên tục từ móng đến đỉnh nhà, hai vùng biên của vách (boundary elements) cần được tăng cường thép nếu:

$$c \geq \frac{l_w}{600(\delta_u/h_w)}$$

Trong đó  $c$  – khoảng cách từ thớ chịu nén ngoài cùng đến trục trung hòa;

$\delta_u/h_w \leq 0.007$ , trong đó  $\delta_u$  – chuyển vị thiết kế.

Cốt thép của vùng biên cần kéo dài theo phương thẳng đứng từ tiết diện nguy hiểm một khoảng cách bằng giá trị lớn hơn giữa  $l_w$  và  $M_u/4V_u$ .



# Cấu tạo vách theo yêu cầu kháng chấn

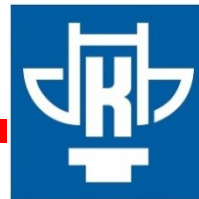
Hai vùng biên của vách (boundary elements) cũng cần được tăng cường thép nếu ứng suất nén lớn nhất vượt quá  $0.2f'_c$ :

$$[\sigma = (P/A) \pm (My/I)] \geq 0.2f'_c$$

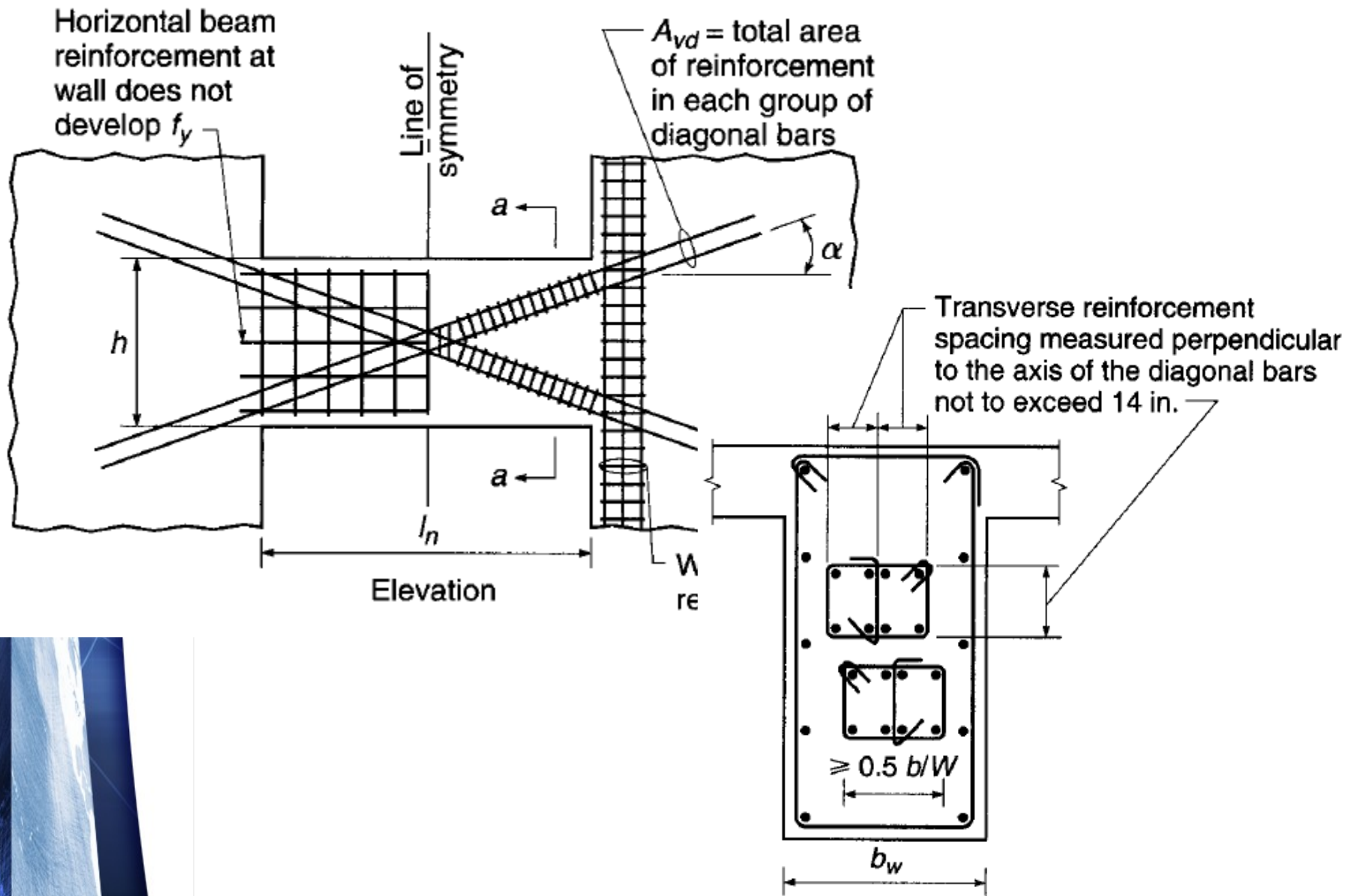
Hai vùng biên của vách (boundary elements) có thể không cần nếu ứng suất nén lớn nhất nhỏ hơn  $0.15f'_c$ .

Hai vùng biên của vách (boundary elements) cần mở rộng tối thiểu vào phía trong một khoảng cách  $c - 0.1lw$  hoặc  $c/2$ .

Cốt đai của vùng biên tuân thủ các yêu cầu cấu tạo đối với cột BTCT theo ACI 318-08, mục 21.6.4.2 đến 21.6.4.4



# Coupling beam (spandrel)



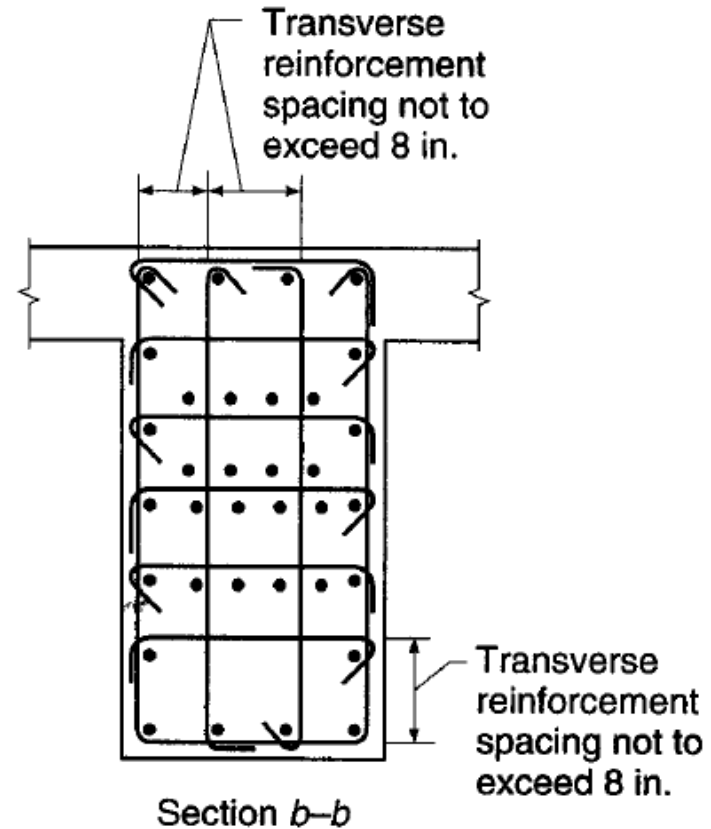
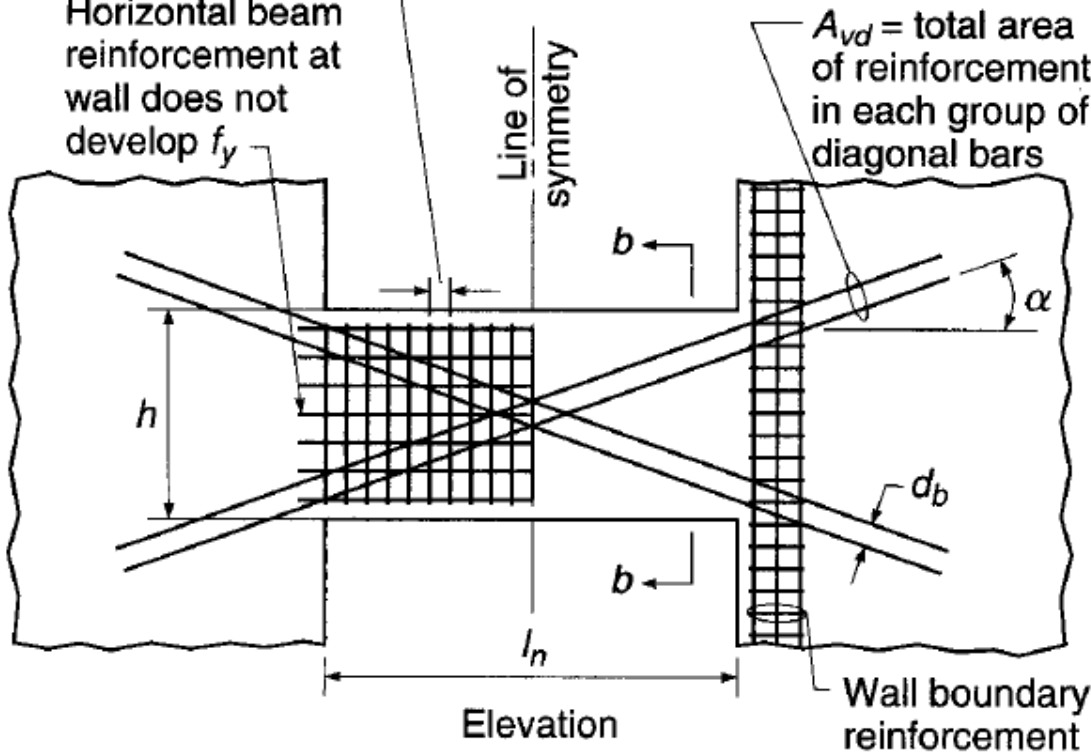
Coupling beam with confinement of individual diagonals

# Coupling beam (spandrel)

Spacing not exceeding smaller of 6 in. and  $6d_b$

Horizontal beam reinforcement at wall does not develop  $f_y$

Note: For clarity, only part of the reinforcement is shown on each side of the line of symmetry.

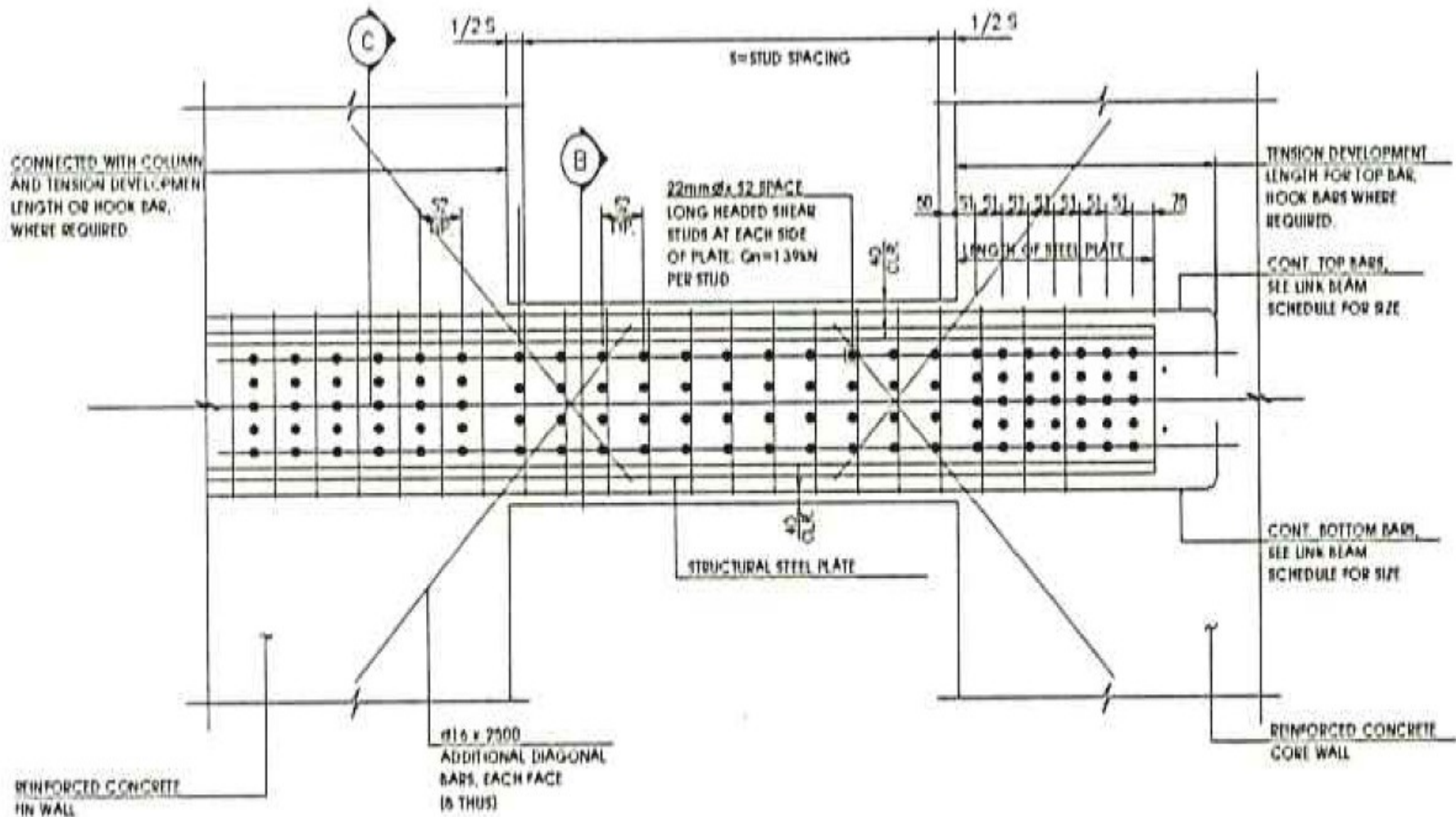


Note: Consecutive cross-ties engaging the same longitudinal bar have their 90-degree hooks on opposite sides of beam.

Coupling beam with full confinement of diagonally reinforced concrete beam section



# Lintel beam (Spandrel) - Keangnam



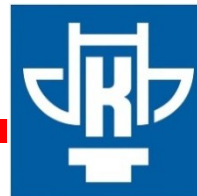
**A** ELEVATION

- NOTES: 1. STRUCTURAL STEEL PLATE OR BUILT-UP BEAM WEB TO DEVELOP 100% OF LINK BEAM SHEAR CAPACITY  
 2. CORE WALL REINFORCEMENT NOT SHOWN FOR CLARITY



# Tài liệu tham khảo

1. ACI 318m-08.
2. BS 8110-97
3. EC 1992-1
4. Arthur H. Nilson., David Darwin, Charles W. Dolan. Design of concrete structures. 14th edition. Mc Graw Hill, 2011.
5. Bungale S. Taranath. Reinforced concrete design of tall buildings. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010.
6. David Darwin. Bài giảng khóa tập huấn ACI-318 tại IBST, 12/2011.
7. Design of shear wall buildings. CIRIA Report, 1984.
8. ETABS 9.7 – Shear wall design manual.
9. Naveed Anwar. Behavior, modeling and design of shear wall frame systems. ACECOMS, AIT, Thailand.
10. Nguyễn Đại Minh. Bài giảng về ACI 318, 2011.
11. Nguyễn Hoàng Diệp. Tính toán vách cứng và nghiên cứu sự ổn định của vách cứng trung gian trong lõi cứng nhà cao tầng. Luận văn Thạc sĩ.
12. МГСН 4.19-05. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ И КОМПЛЕКСЫ. Правительство Москвы, 2005.



# Thank You !



TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI  
HAU – WEBSITE: [HAU.EDU.VN](http://HAU.EDU.VN)



VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG  
IBST – WEBSITE: [IBST.VN](http://IBST.VN)