
THỰC HÀNH THIẾT KẾ KẾT CẤU KHUNG BÊTÔNG CỐT THÉP

I. Lý thuyết tính toán

1.1. Tính toán và tổ hợp nội lực

1.1.1. Tính toán nội lực

a. Sơ đồ tính toán nội lực

- Sơ đồ không biến dạng (tính toán bậc I)
- Sơ đồ biến dạng (tính toán bậc II)

b. Phương pháp tính toán nội lực

- Các phương pháp tính trong giới hạn đàn hồi (dùng các phương pháp tính của Cơ học kết cấu hoặc các phần mềm tính toán kết cấu như SAP, ETAB,... để tính nội lực).

- Phương pháp cân bằng giới hạn có kể đến sự hình thành các khớp dẻo trong các cấu kiện.

Ở đây, nội lực trong khung đều được xác định theo sơ đồ không biến dạng (tính toán bậc I), theo các phương pháp tính trong giới hạn đàn hồi.

Dùng các phần mềm tính toán kết cấu (SAP, ETAB,...) để tính nội lực cho từng trường hợp tải trọng (tĩnh tải, hoạt tải đứng 1, hoạt tải đứng 2, gió trái, gió phải).

1.1.2. Tổ hợp nội lực

a. Nguyên tắc chung

- *Mục đích của việc tổ hợp nội lực:* là tìm ra nội lực bất lợi tại tất cả các tiết diện trong kết cấu. Thực ra, chỉ cần quan tâm đến các tiết diện quan trọng. Các tiết diện đó là:

+ Đối với cột: tiết diện dưới chân và trên đỉnh cột. Có thể thêm các tiết diện khác nếu nội lực lớn.

+ Đối với xà ngang thẳng: tiết diện giữa nhịp và tiết diện ở hai đầu tiếp giáp với cột. Có thể thêm các tiết diện khác nếu có nội lực lớn như tiết diện dưới tải trọng tập trung.

- Tùy thành phần các tải trọng được tính đến, có hai loại tổ hợp: tổ hợp cơ bản và tổ hợp đặc biệt.

+ Tổ hợp cơ bản gồm: tĩnh tải, hoạt tải dài hạn, hoạt tải ngắn hạn.

+ Tổ hợp đặc biệt gồm: tĩnh tải, hoạt tải dài hạn, hoạt tải ngắn hạn và một trong các tải trọng đặc biệt (động đất, nổ, va chạm, ...).

- Tổ hợp cơ bản có một hoạt tải thì giá trị của hoạt tải được lấy toàn bộ.

- Tổ hợp cơ bản có từ hai hoạt tải trở lên thì giá trị tính toán của hoạt tải hoặc các nội lực tương ứng của chúng phải được nhân với hệ số tổ hợp là 0,9.

- Những hoạt tải loại trừ nhau thì không được xuất hiện trong cùng một tổ hợp (ví dụ: gió trái và gió phải).

- Đối với kết cấu quan trọng, có nhịp và tải trọng lớn, cần thiết phải vẽ biểu đồ bao nội lực để có cơ sở chắc chắn cho việc bố trí (cắt, uốn) cốt thép theo biểu đồ bao vật liệu.

- Ở mỗi tiết diện quan trọng, phải tìm được các cặp nội lực nguy hiểm nhất, cụ thể như sau:

+ Đối với các phần tử dầm: M_{\max} , M_{\min} , Q_{\max}

+ Đối với các phần tử cột: M_{\max} và N_{tr}

M_{\min} và N_{tr}

N_{\max} và M_{tr}

Riêng đối với tiết diện chân cột tầng 1, ngoài N_{tr} còn phải tính thêm Q_{tr} để phục vụ cho việc tính móng.

b. Nội dung chi tiết:

Với nhà khung BTCT ít tầng, đã thiết lập 5 trường hợp tác dụng của tải trọng:

+ Tĩnh tải (TT)

+ Hoạt tải đứng 1 (HT1)

+ Hoạt tải đứng 2 (HT2)

+ Gió trái (GT)

+ Gió phải (GP)

Thì ta có thể lập các tổ hợp như sau:

TH1: TT + HT1 (hệ số tổ hợp tương ứng: 1/1)

TH2: TT + HT2 (1/1)

TH3: TT + GT (1/1)

TH4: TT + GP (1/1)

TH5: TT + HT1 + HT2 (1/0,9/0,9)

TH6: TT + HT1 + GT (1/0,9/0,9)

TH7: TT + HT1 + GP (1/0,9/0,9)

TH8: TT + HT2 + GT (1/0,9/0,9)

TH9: TT + HT2 + GP (1/0,9/0,9)

TH10: TT + HT1 + HT2 + GT (1/0,9/0,9/0,9)

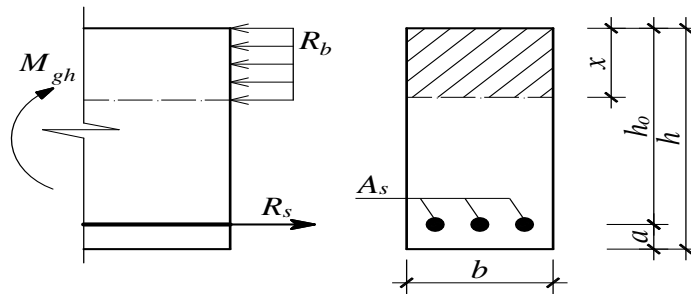
TH11: TT + HT1 + HT2 + GP (1/0,9/0,9/0,9)

1.2. Tính toán tiết diện

1.2.1 Tính toán dầm

a. Tính cốt thép dọc(trường hợp đặt cốt thép đơn)

- Cơ sở tính toán: trường hợp phá hoại dẻo.



Sơ đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn

Sơ đồ ứng suất để tính toán tiết diện theo trạng thái giới hạn lấy như sau:

Ứng suất trong cốt thép chịu kéo A_s đạt tới cường độ chịu kéo tính toán R_s .

Ứng suất trong vùng bê tông chịu nén đạt tới cường độ chịu nén tính toán R_b và sơ đồ ứng suất gần đúng có dạng phân bố đều. Vùng bê tông chịu kéo không được tính cho chịu lực vì đã nứt.

Bài toán tính toán cốt thép tiết diện chữ nhật: Cho biết: (b, h, M, R_b, R_s) ; Tính diện tích cốt thép A_s .

Giải:

- Giả thiết: $a = 3 \div 6 \text{ cm}$; $h_o = h - a$

- Tính $\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_o^2}$

- Các trường hợp xảy ra như sau:

Trường hợp 1:

Nếu $\alpha_m \leq \alpha_R$ điều kiện hạn chế thỏa mãn, suy ra $\zeta = 0,5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m})$

Tính $A_s = \frac{M}{R_s \zeta h_o}$; Tính $\mu = \frac{A_s}{b h_o} 100\%$ và kiểm tra $\mu \geq \mu_{\min}$

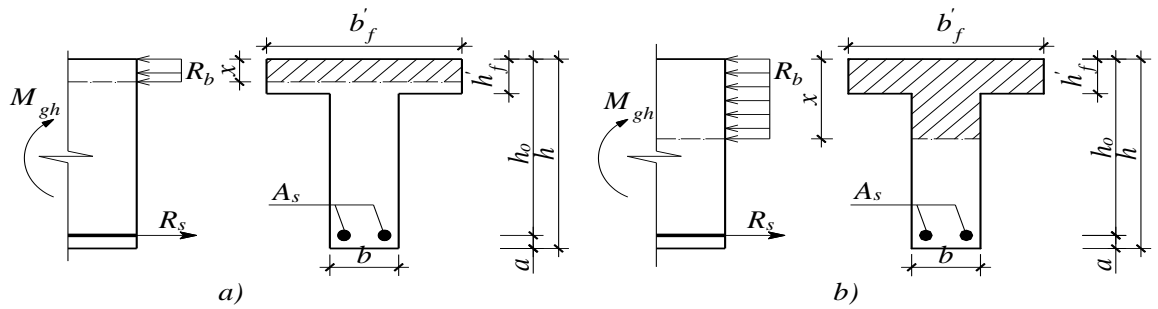
Trường hợp 2:

Nếu $\alpha_m > \alpha_R$: điều kiện hạn chế không thỏa mãn thì phải xử lý:

- + Tăng cấp độ bền chịu nén của bê tông B .
- + Tăng kích thước tiết diện b, h (thường tăng h).
- + Đặt cốt kép

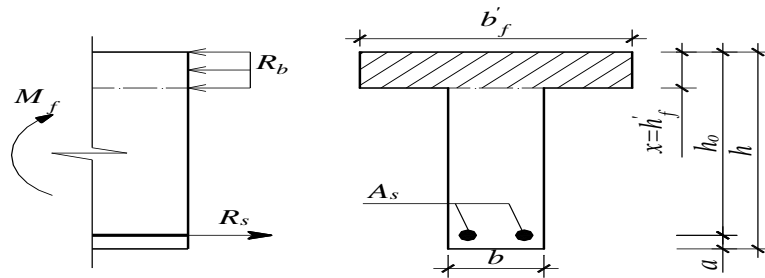
Bài toán tính toán cốt thép tiết diện chữ T:

- Cơ sở tính toán: trường hợp phá hoại dẻo.



Sơ đồ ứng suất dùng để tính tiết diện chữ T

Gọi M_f là mômen giới hạn ứng với trường hợp trục trung hòa đi qua mép dưới của cánh. $M_f = R_b b'_f h'_f (h_0 - 0,5h'_f)$



Sơ đồ ứng suất khi trục trung hòa qua mép dưới của cánh

Gọi M là mômen uốn tính toán do ngoại lực gây ra

- So sánh mômen ngoại lực M với M_f :

+ Nếu $M \leq M_f$: thì trục trung hòa đi qua cánh, tính toán theo tiết diện chữ nhật có kích thước $b'_f \times h$ (Xem trong phần cấu kiện chữ nhật đặt cốt đơn).

+ Nếu $M > M_f$: thì trục trung hòa đi qua sườn, tính toán theo tiết diện chữ T.

Sau đây ta xét trường hợp này (thường không xảy ra).

Ghi chú:

Tại mỗi tiết diện tính toán có 2 giá trị nội lực tổ hợp là: M_{max} & M_{min} :

Nếu M_{max} & $M_{min} \geq 0 \Rightarrow$ cốt thép phía dưới tính theo M_{max} , cốt thép phía trên đặt theo cấu tạo ($A_s \geq \mu_{min} b h_0$)

Nếu M_{max} & $M_{min} < 0 \Rightarrow$ cốt thép phía trên tính theo M_{min} , cốt thép phía dưới đặt theo cấu tạo ($A_s \geq \mu_{min} b h_0$)

Nếu $M_{max} \geq 0$ & $M_{min} \leq 0 \Rightarrow$ cốt thép phía dưới tính theo M_{max} , cốt thép phía trên tính theo M_{min}

b. Tính toán cốt đai

Kiểm tra điều kiện khả năng chịu cắt của bê tông:

$$Q_{b\min} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_o$$

+ Nếu $Q_{b\min} > Q$ không cần tính toán cốt thép đai, chỉ cần đặt cốt ngang theo cấu tạo.

+ Nếu $Q_{b\min} < Q$ cần tính toán cốt thép đai

Đối với bê tông nặng lấy $\varphi_{b3} = 0,6$, tính toán với tiết diện chữ nhật bỏ qua ảnh hưởng của cánh lấy $\varphi_f = 0$, bỏ qua ảnh hưởng lực dọc lấy $\varphi_n = 0$.

Chọn đai ϕ , n nhánh.

Khoảng cách giữa hai cốt đai theo tính toán:

$$s_{tt} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw} \cdot 4 \varphi_{b2} \cdot (1 + \varphi_f + \varphi_n) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_o^2}{Q^2}$$

Đối với bê tông nặng lấy $\varphi_{b2} = 2$

Khoảng cách lớn nhất giữa hai cốt đai là:

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4} \cdot (1 + \varphi_f) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_o^2}{Q}$$

Đối với bê tông nặng lấy $\varphi_{b4} = 1,5$

Khoảng cách cấu tạo giữa các cốt đai:

$$\text{Khu vực gần gối tựa: } s_{ct} \leq \begin{cases} \frac{h}{2} & \text{khi } h \leq 45\text{cm;} \\ 15\text{cm} & \end{cases} \quad s_{ct} \leq \begin{cases} \frac{h}{3} & \text{khi } h > 45\text{cm;} \\ 30\text{cm} & \end{cases}$$

$$\text{Khu vực giữa dầm: } s_{ct} \leq \begin{cases} \frac{3h}{4} \\ 30\text{cm} \end{cases}$$

$$\text{Khoảng cách đai thiết kế: } s_{tk} \leq \begin{cases} s_{tt} \\ s_{\max} \\ s_{ct} \end{cases}$$

Kiểm tra khả năng chịu ứng suất nén chính trên bụng dầm:

$$Q \leq 0,3 \cdot \varphi_{b1} \cdot \varphi_{w1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_o$$

$$\text{Hệ số: } \varphi_{b1} = 1 - \beta \cdot R_b$$

Hệ số xét đến ảnh hưởng của cốt đai:

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha \cdot \mu_w < 1,3$$

$$\text{Trong đó: } \alpha = \frac{E_s}{E_b}; \mu_w = \frac{A_{sw}}{b \cdot s}$$

⇒ Điều kiện được thỏa mãn hay không .

Kết luận: Đoạn dầm gần gối lấy bằng 1/4 nhịp khi dầm chịu tải trọng phân bố đều, lấy bằng khoảng cách từ gối đến lực tập trung dầm đầu tiên (nhưng không bé hơn 1/4 nhịp) khi dầm chịu lực tập trung. Chọn đai ϕ , số nhánh với khoảng cách s_{tk} trên đoạn gần gối tựa. Phần còn lại trong đoạn giữa dầm dùng đai ϕ , số nhánh với khoảng cách s_{ct} .

1.2.2. Tính toán cột, xà nghiêng với độ dốc lớn

Cho biết: ($b, h, l, \Psi, M, N, R_b, R_s, R_{sc}, E_b, E_s, \xi_R$)

Yêu cầu: tính toán cốt thép đối xứng $A_s = A'_s$ và chọn đai theo cấu tạo

a. Tính cốt thép dọc

a1. Tính độ lệch tâm ban đầu e_0 :

Ta có: $e_0 = \max(e_1; e_a)$

Độ lệch tâm do tĩnh học: $e_1 = \frac{M}{N}$

Độ lệch tâm ngẫu nhiên: $e_a \geq \begin{cases} \frac{l}{600} \\ \frac{h}{30} \end{cases}$

a2. Tính hệ số uốn dọc η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{th}}}$$

Trong đó: N_{th} : lực nén tới hạn

$$N_{th} = \frac{6,4E_b}{l_o^2} \left(\frac{SI}{\varphi_l} + \alpha \cdot I_s \right)$$

l_o : chiều dài tính toán của cấu kiện

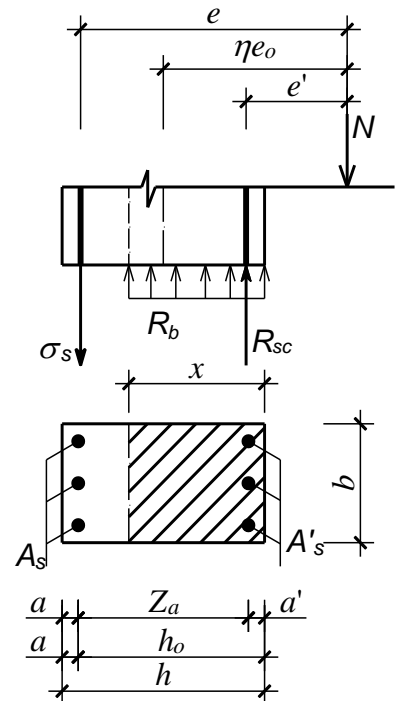
$l_o = 0,7l$: khung nhiều nhịp.

S : hệ số kể đến ảnh hưởng của độ lệch tâm e_0

$$S = \frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta_e}{\varphi_p}} + 0,1$$

$$\delta_e = \max\left(\frac{e_0}{h}; \delta_{\min}\right)$$

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_o}{h} - 0,01 R_b; (R_b \text{ tính bằng MPa})$$



φ_p : hệ số xét đến ảnh hưởng của cốt thép căng ứng lực trước, với bê tông cốt thép thường: $\varphi_p = 1$.

φ_l : hệ số kể đến tính chất dài hạn của tải trọng:

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{dh} + N_{dh}.h/2}{M + N.h/2}$$

M_{dh}, N_{dh} : momen và lực dọc do tải trọng dài hạn gây ra.

M, N : nội lực tính toán tiết diện (lấy giá trị tuyệt đối).

Nếu M_{dh} & M ngược dấu thì M_{dh} thêm dấu “ - ”

Nếu tính ra $\varphi_l < 1$ thì lấy $\varphi_l = 1$.

E_b : môđun đàn hồi của bê tông

E_s : môđun đàn hồi của cốt thép

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b}$$

I : momen quán tính của tiết diện bê tông.

I_s : momen quán tính của cốt thép.

Do ban đầu chưa biết A_s nên giả thiết trước hàm lượng cốt thép μ_t .

$$\Rightarrow I_s = \mu_t b h_0 (0,5h - a)^2$$

Nếu μ_t tính ra chênh lệch nhiều so với giả thiết thì giả thiết lại và tính toán lại.

a3. Tính độ lệch tâm tính toán:

$$e = \eta e_0 + \frac{h}{2} - a; e' = \eta e_0 - \frac{h}{2} + a'$$

a4. Xác định trường hợp lệch tâm: $x = \frac{N}{R_b b}$.

TH1: Nếu $2a' \leq x \leq \xi_R h_0$ thì lệch tâm lớn

TH2: Nếu $x < 2a'$ thì lệch tâm rất lớn

TH3: Nếu $x > \xi_R h_0$ thì lệch tâm bé

a5. Tính cốt thép dọc:

Trường hợp lệch tâm lớn: ($2a' \leq x \leq \xi_R h_0$)

$$\Rightarrow A_s = A_s' = \frac{N.(e - h_0 + 0,5x)}{R_{sc}.(h_0 - a')}$$
 với $e = \eta e_0 + 0,5h - a$

Trường hợp lệch tâm rất lớn: ($x < 2a'$)

$$\Rightarrow A_s = A'_s = \frac{N \cdot e'}{R_s \cdot (h_o - a')} \text{ với } e' = e - h_o + a' = \eta e_o - 0,5h + a'$$

Trường hợp lệch tâm bé: ($x > \xi_R h_o$)

$$\text{Tính lại } x: x = \frac{[(1 - \xi_R) \gamma_a n + 2 \xi_R (n \varepsilon - 0,48)] h_o}{(1 - \xi_R) \gamma_a + 2(n \varepsilon - 0,48)}$$

$$\text{với } n = \frac{N}{R_b b h_o}, \quad \varepsilon = \frac{e}{h_o}, \quad \gamma_a = \frac{Z_a}{h_o}$$

Nếu $x > h_o$ thì lấy $x = h_o$, nếu $x < \xi_R h_o$ thì lấy $x = \xi_R h_o$. Sau đó tính cốt

$$\text{thép theo công thức: } A_s = A'_s = \frac{N e - R_b b x (h_o - 0,5x)}{R_{sc} Z_a}$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép μ_t :

$$\mu_t = \frac{A_s + A'_s}{b \cdot h_o} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot A_s}{b \cdot h_o} \cdot 100\%$$

μ_t phải đảm bảo điều kiện: $2\mu_{\min} \leq \mu_t \leq 6\%$.

$$\begin{aligned} \text{Với } \mu_{\min} &= 0,05\% \text{ khi } l_o/b \leq 5 \\ &= 0,1\% \text{ khi } l_o/b \leq 10 \\ &= 0,2\% \text{ khi } l_o/b \leq 24 \\ &= 0,25\% \text{ khi } l_o/b \leq 31 \end{aligned}$$

- Khi $l_o/b > 31$ thì cốt mất ổn định.

b. Chọn cốt đai theo cấu tạo

$$\text{- Đường kính của cốt đai: } \phi \geq \begin{cases} d_1 \\ 4 \\ 5mm \end{cases} \quad (d_1 \text{ đường kính lớn nhất của cốt dọc}).$$

- Khoảng cách của cốt đai $s \leq 15d_2$ và $\leq 50cm$ (d_2 đường kính cốt dọc bé nhất).

- Khi $\mu\% > 3\%$ thì $s \leq 10d_2$ và $s \leq 30cm$.

- Khi $h \geq 50cm$ thì cần có cốt dọc phụ. Đường kính cốt dọc phụ $\geq \phi 12$.

II. Ví dụ tính toán khung phẳng

1. Sơ đồ tính

- Cho khung phẳng như hình vẽ, tên các nút được kí hiệu từ 1 đến 53, tên các phần tử cột được kí hiệu từ 1 đến 40, tên các phần tử dầm được kí hiệu từ 41 đến 79.

- Kích thước hệ cho trên hình vẽ:

2. Sơ đồ tải trọng

Tải trọng tác dụng vào khung được phân tích thành 5 trường hợp tải trọng bao gồm: tĩnh tải (TT), hoạt tải đứng 1 (HT1), hoạt tải đứng 2 (HT2), gió trái (GT), gió phải (GP). Giá trị tải trọng đã được xác định trong bước xác định tải trọng và được thể hiện như sau:

3. Xác định nội lực bằng sap2000

3.1. Lập sơ đồ tính

- Chọn đơn vị **Tonf, m, C**
- Tạo hệ kết cấu và lưới trục **File**→**New model**→**Grid Only**: Khai báo đường lưới theo phương $X = 8$, $Y = 1$, $Z = 9$; Khoảng cách lưới $X = 3.6$, $Z = 3.6$ →**OK**.

- Đê lại một cửa sổ XZ trên màn hình và chọn biểu tượng XZ trên thanh công cụ

- Điều chỉnh kích thước các ô lưới: kích chuột phải vào màn hình→ **Edit Grid Data**→**Modify/Show**

system→ Chọn mục **Spacing** và sử dụng khoảng cách theo trục đúng kích thước yêu cầu của hệ→**OK**→**OK**

Cartesian | Cylindrical

Coordinate System Name
GLOBAL

Number of Grid Lines
X direction: 8
Y direction: 1
Z direction: 9

Grid Spacing
X direction: 3.6
Y direction: 3.6
Z direction: 3

First Grid Line Location
X direction: 0
Y direction: 0
Z direction: 0

OK Cancel

System Name: GLOBAL Units: Tonf, m, C

Quick Start...

Display Grids as:
 Ordinates Spacing

Hide All Grid Lines
 Glue to Grid Lines

Bubble Size: 0.8125


Reset to Default Color
Reorder Ordinates

OK Cancel

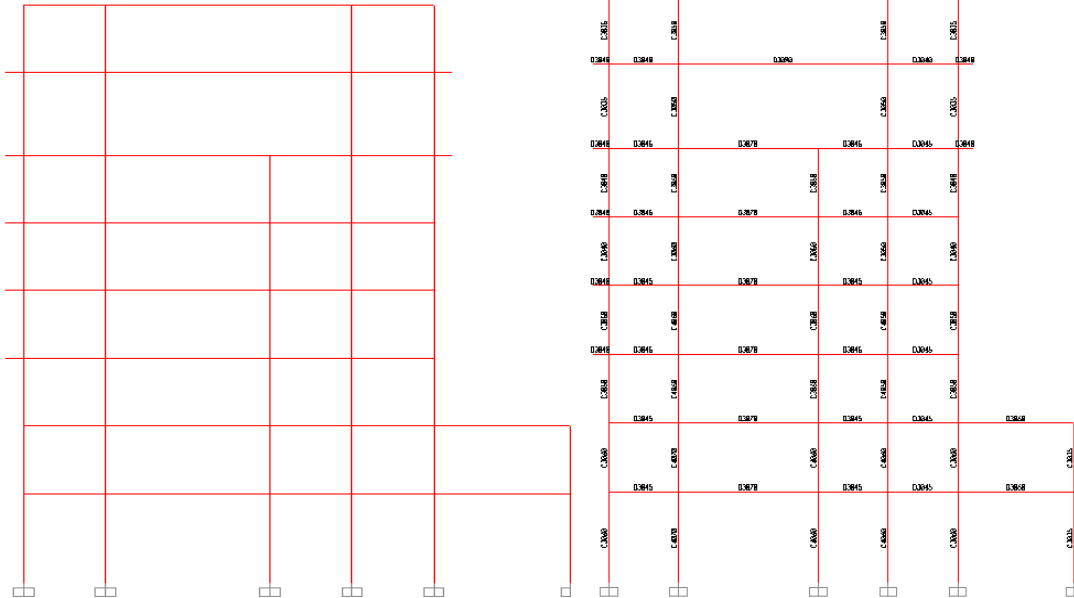
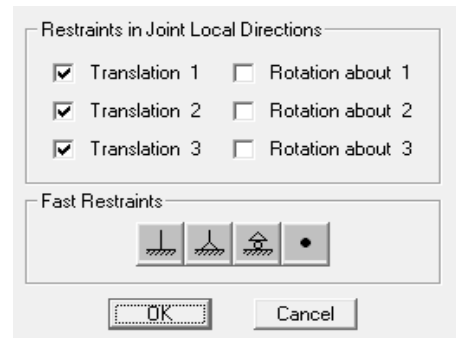
X Grid Data	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	A	0.8	Primary	Show	End	
2	B	3.6	Primary	Show	End	
3	C	7.2	Primary	Show	End	
4	D	3.6	Primary	Show	End	
5	E	3.6	Primary	Show	End	
6	F	0.8	Primary	Show	End	
7	G	6	Primary	Show	End	
8	H	0	Primary	Show	End	


Y Grid Data	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	1	0	Primary	Show	Start	
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

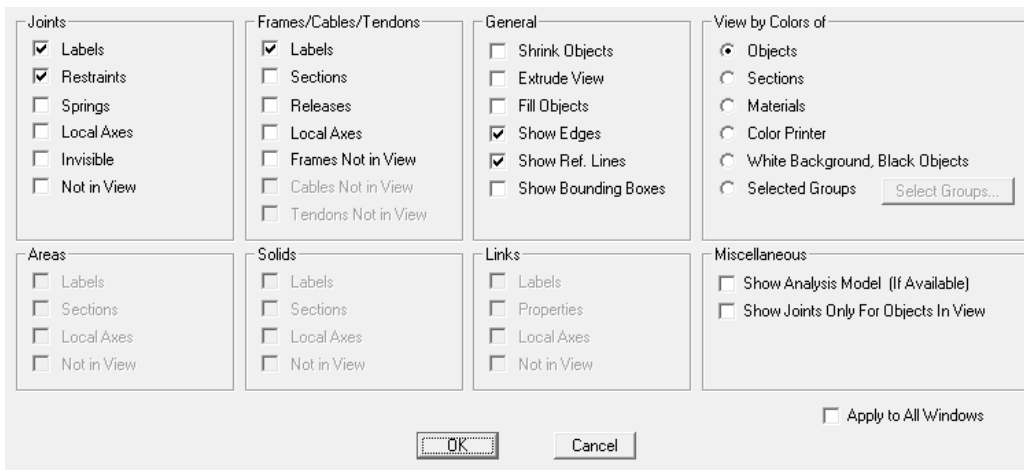
Z Grid Data	Grid ID	Spacing	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	Z1	4.8	Primary	Show	End	
2	Z2	3.6	Primary	Show	End	
3	Z3	3.6	Primary	Show	End	
4	Z4	3.6	Primary	Show	End	
5	Z5	3.6	Primary	Show	End	
6	Z6	3.6	Primary	Show	End	
7	Z7	4	Primary	Show	End	
8	Z8	3.6	Primary	Show	End	

Vẽ các phần tử thanh dùng biểu tượng  vẽ cột trước sau đó vẽ dầm. Nhấn F7 để bỏ trục định vị và vào menu **view**→**show axes** để bỏ hệ trục tọa độ.

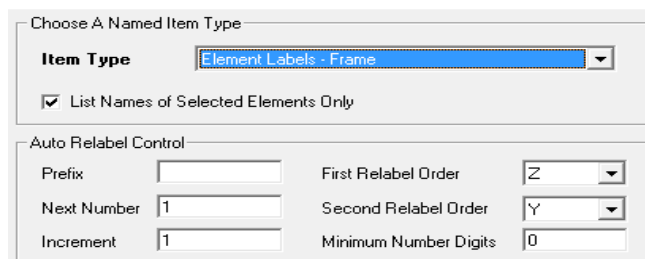
Gán liên kết ngàm cho các nút chân cột: chọn các nút chân cột, vào **Assign**→**joint**→**Restraint**, chọn liên kết ngàm. Màn hình sẽ thể hiện sơ đồ Khung như sau:



Muốn thể hiện nút và tên phần tử thanh trong sơ đồ vào  chọn **Label** tại vị trí **joint** và **frame**



Chú ý nếu muốn đổi tên phần tử ta chọn các phần tử cột trước vào menu **View**→**Change Labels**, làm tương tự cho phần tử dầm



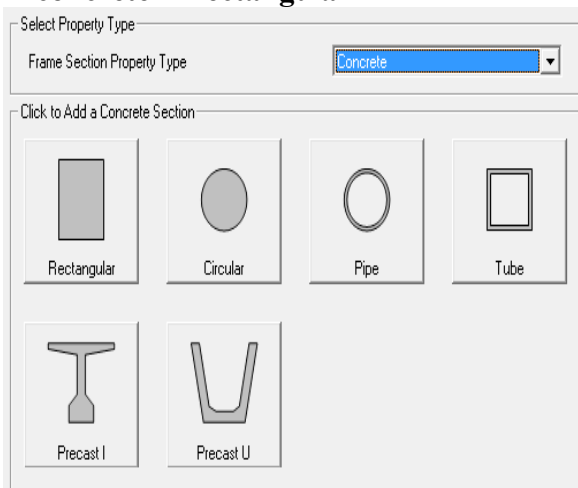
3.2. Khai báo tiết diện, vật liệu, các trường hợp tải trọng

3.2.1. Vật liệu

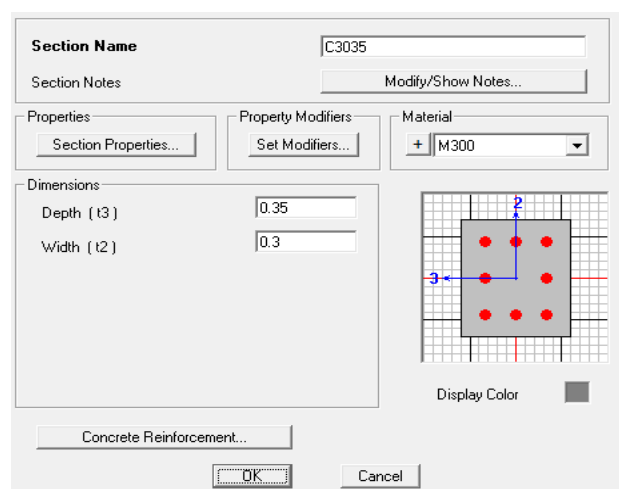
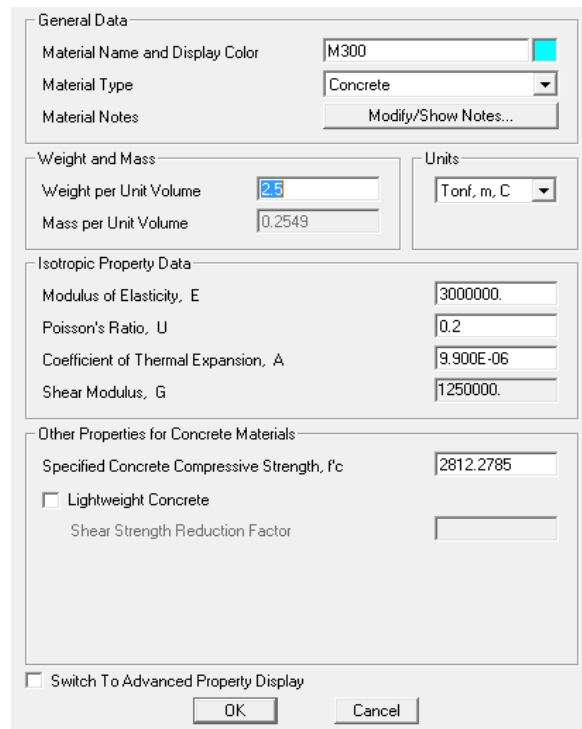
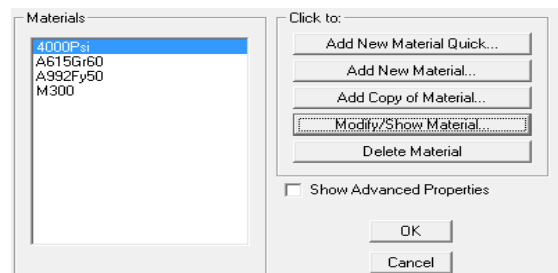
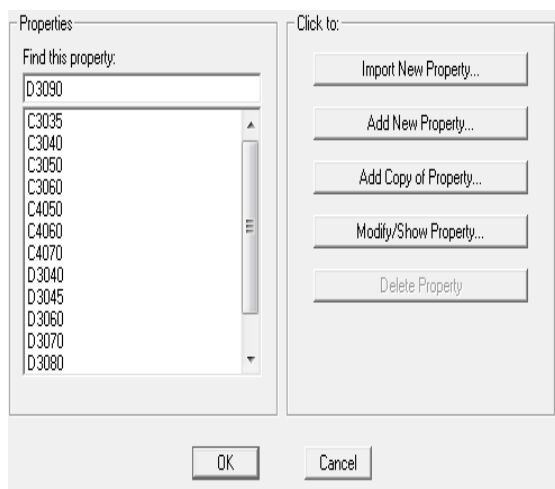
Define→**Materials**→chọn **400Psi**→**Modify/ show Material**: nhập các thông số vật liệu: tên vật liệu, trọng lượng riêng, modul đàn hồi→**OK**→**OK**

3.2.2. Tiết diện

Define→**Section properties**→**Frame sections**→**Add new property**→**concrete**→**Rectangular**



Nhập các thông số của tiết diện: tên, chiều cao, chiều rộng, vật liệu→**OK** thoát ra lại màn hình **Frame property**. Làm tương tự cho các tiết diện còn lại trong sơ đồ tính.



3.2.3. Các trường hợp tải trọng:

Trong hệ khung có 5 trường hợp tác dụng của tải trọng, trong phần xác định tải trọng hệ khung thì tính tải đã xét đến trọng lượng bản thân nên ở bước này cần phải khai báo hệ số trọng lượng bản thân của trường hợp tĩnh tải bằng 0.

Define→**Load Patterns**→ nhập tên trường hợp tĩnh tải (**TT**), sửa hệ số trọng lượng bản thân **1** thành **0**→ chọn **Modify Load Pattern**

Nhập tên các trường hợp tải trọng khác (HT1, HT2, GT, GP) chọn **Add New Load Pattern**. Kết quả như sau:



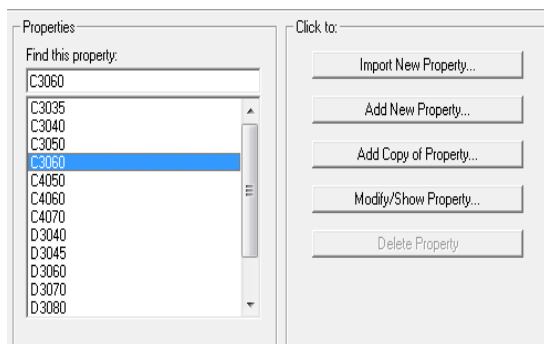
Chọn **OK** thoát về màn hình chính. Tiếp theo ta thay đổi tên trong **Load Case** vì máy tính hiểu tên các trường hợp tải trọng lấy theo **Load Case** chứ không phải **Load Pattern** nên thay đổi cho phù hợp. **Define**→**Load Case**→ chọn **Dead**→ **Modify/ Show Load Case**→ sửa tên **Dead**→ **TT**.

3.3. Gán tiết diện và tải trọng

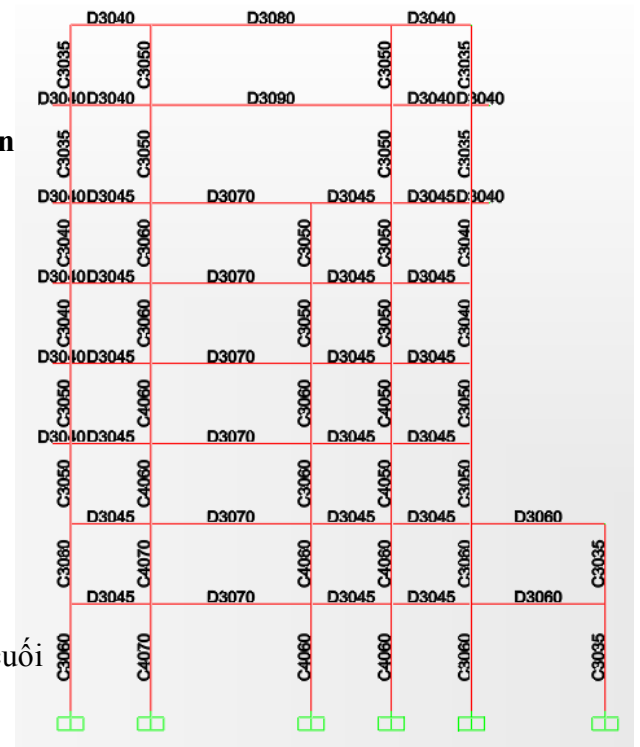
Chọn tiết diện trước sau đó gán

3.3.1. Gán tiết diện cho các thanh

Chọn phần tử 1, 2 **Assign**→**Frame**→**Section**
→**Frame**→**Section**→ chọn tiết diện C30x60 gán cho các thanh đó→**OK**



Tương tự như vậy gán cho các tiết diện còn lại tương ứng với tiết diện trên sơ đồ tính. Kết quả cuối cùng như hình bên.



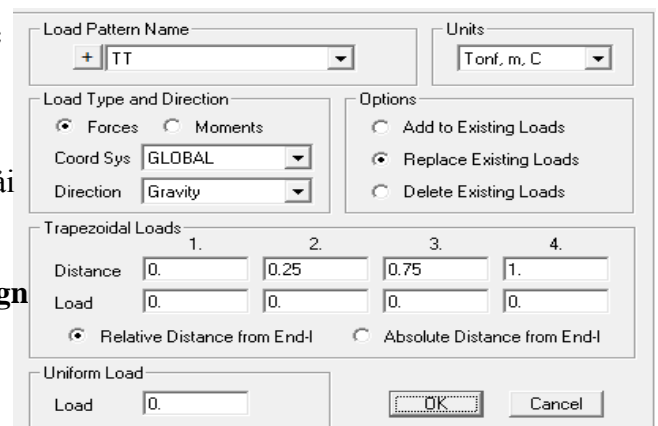
3.3.2. Gán tải trọng vào hệ khung

3.3.2.1. Tĩnh tải

- Đặt tải trọng phân bố đều: chọn các phần tử thanh →**Assign**→**Frame Loads**→ **Distributed**. Sau đó xuất hiện hộp thoại bên:

- Đặt tải trọng tập trung: chọn nút **Assign**→**Joints Load**→**Forces** → nhập giá trị tải trọng thẳng đứng vào mục **Force Global Z**.

- Sau khi xác định xong tải trọng thì kiểm tra lại bằng cách vào **Show Loads**→**Assign**→**Frame**



3.3.2.2. Hoạt tải 1 và 2

- Cách đặt tải trọng tương tự trường hợp tính tải nhưng có chú ý cần thay đổi mục

Load Pattern Name

Load Pattern Name: TT
Units: Tonf, m, C
Coordinate System: GLOBAL
Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads, Delete Existing Loads

Load Pattern Name: HT1
Units: Tonf, m, C
Coordinate System: GLOBAL
Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads, Delete Existing Loads

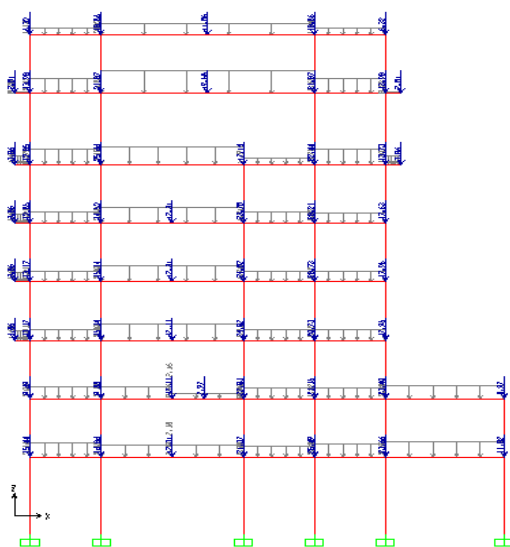
3.3.2.3. Gió trái, Gió phải

Ngoài việc thay đổi mục **Load Pattern Name** từ HT2→GT(GP), thì phương tải trọng phân bố cũng phải thay đổi và đối với các tải trọng không là phân bố đều thì khai báo trong **Trapezoidal Loads**:

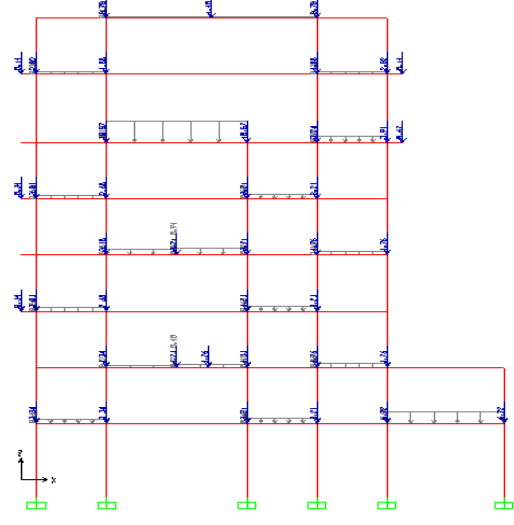
Load Pattern Name: HT2
Units: Tonf, m, C
Load Type and Direction: Forces, Moments
Coord Sys: GLOBAL
Direction: Gravity
Trapezoidal Loads:
1. Distance: 0, Load: 0
2. Distance: 0.25, Load: 0
3. Distance: 0.75, Load: 0
4. Distance: 1, Load: 0
Options: Relative Distance from End-I, Absolute Distance from End-I

Load Pattern Name: GT
Units: Tonf, m, C
Load Type and Direction: Forces, Moments
Coord Sys: GLOBAL
Direction: X
Trapezoidal Loads:
1. Distance: 0, Load: 0
2. Distance: 1.2, Load: 0
3. Distance: 1.2, Load: 0.69
4. Distance: 4.8, Load: 0.69
Options: Relative Distance from End-I, Absolute Distance from End-I

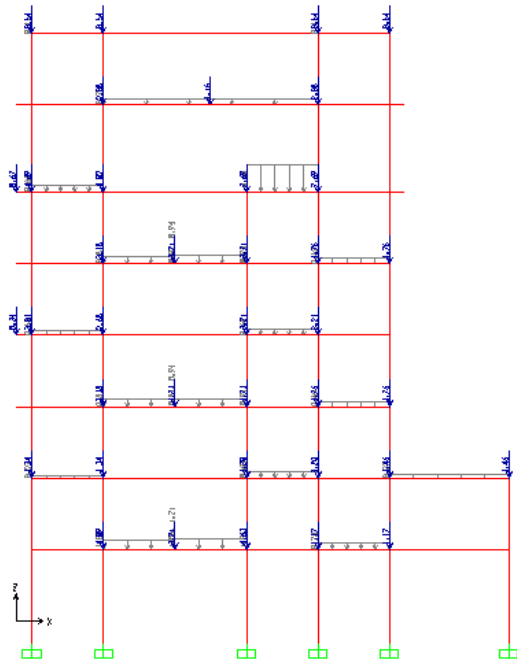
Kết quả các trường hợp tải trọng như sau:



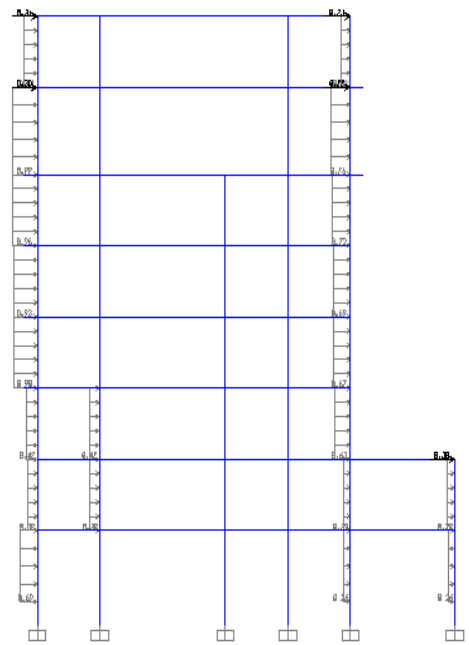
Tĩnh tải



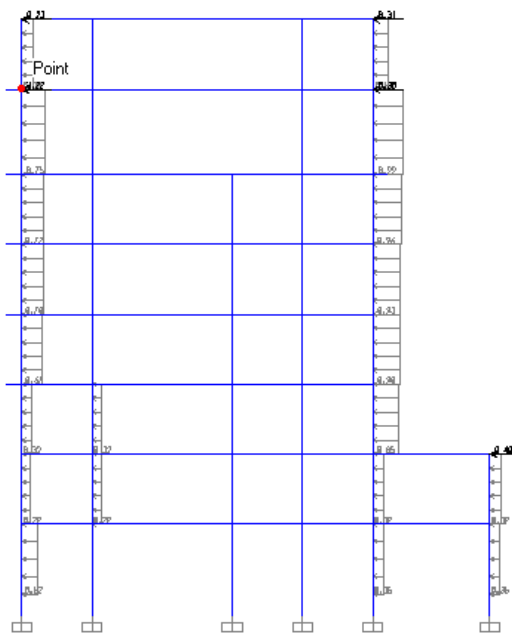
Hoạt tải 1



Hoạt tải 2



Gió trái



Gió phải

3.4. Tính toán và xuất nội lực

3.4.1. Thực hiện tính toán

- Khai báo kết cấu thuộc dạng khung phẳng: → **Analyze** → **Set Analysis**

options → Chọn **XZ Plane** → **OK**

Case Name	Type	Status	Action
TT	Linear Static	Not Run	Run
HT1	Linear Static	Not Run	Run
HT2	Linear Static	Not Run	Run
GT	Linear Static	Not Run	Run
GP	Linear Static	Not Run	Run

- Tính toán: → **Analyze** → **Run Analysis** hoặc bấm **F5** → **Run Now**

3.4.2. Xem kết quả trên màn hình

Xem kết quả nội lực hoặc phản lực: → **Display** →

Show Forces/Stresses → **Joints (Frame/Cables)**.

Axial Force (lực dọc), **Shear 2-2** (lực cắt), **Moment 3-3** (mômen).

Trên hình bên là trường hợp tính tải để xem các trường hợp khác thay đổi **Case/Combo Name**.

Lưu ý: Do quy ước dấu **Shear 2-2** trong **Sap2000** khác với quy định dấu lực cắt **Q** tiêu chuẩn Việt Nam, do vậy để xem biểu đồ lực cắt ta nhập **Scale Factor** là giá trị **âm**.

Case/Combo
Case/Combo Name: TT

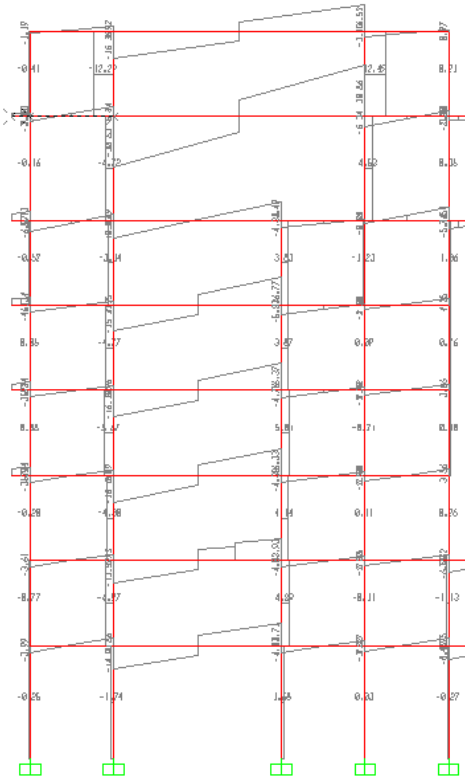
Multivalued Options
Envelope (Range) [1] Step

Component
Axial Force [] Torsion []
Shear 2-2 [] Moment 2-2 []
Shear 3-3 [] Moment 3-3 [x]

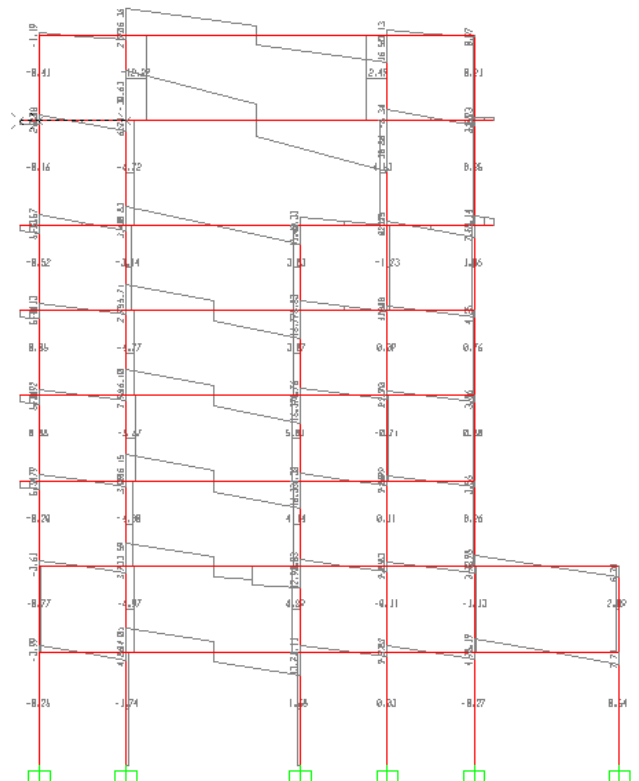
Scaling
Auto [x] Scale Factor []

Options
Fill Diagram [] Show Values on Diagram [x]

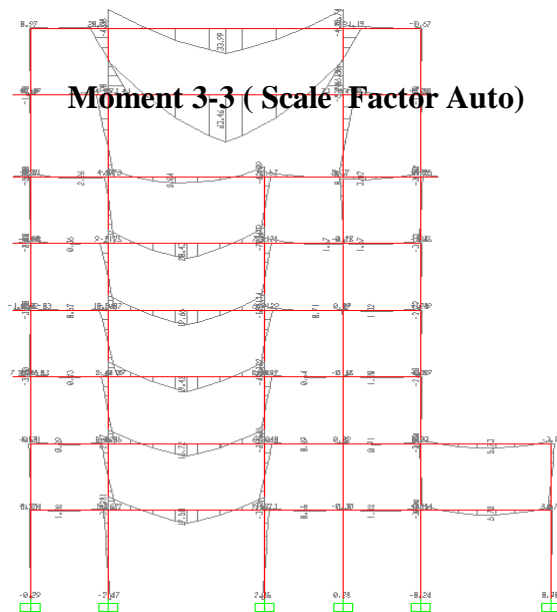
OK Cancel



Shear 2-2 (Scale Factor Auto)



Shear 2-2 (Scale Factor Âm)



Moment 3-3 (Scale Factor Auto)

3.4.3. Xuất file tính toán sang Excel

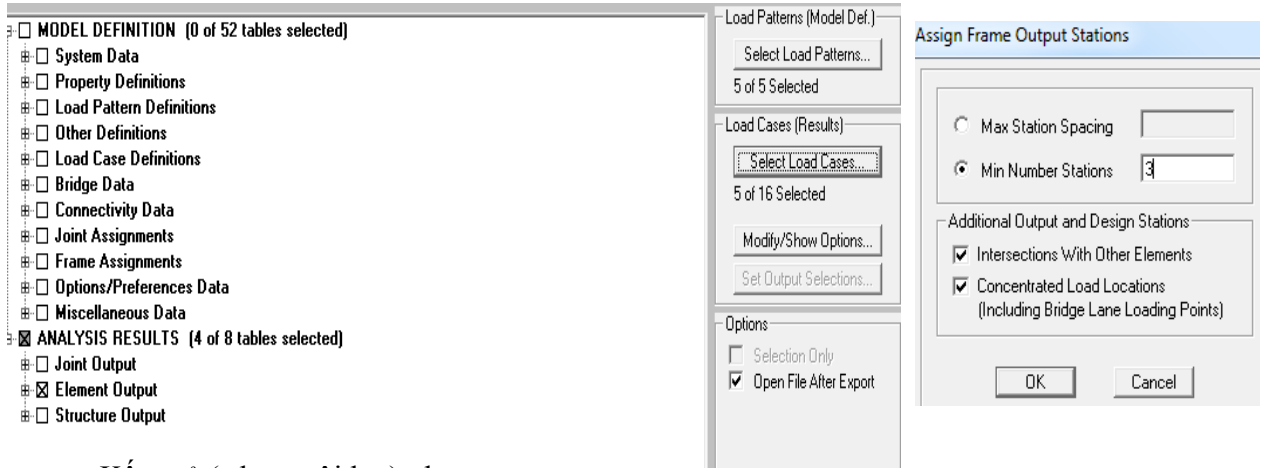
- Để thuận lợi việc tổ hợp nội lực và tính toán cốt thép ta chỉ cần lấy nội lực của dầm tại 3 tiết diện (2 gối và giữa dầm) còn phần tử cột chỉ cần 2 tiết diện (chân và đầu cột).

Cách thực hiện như sau: Chọn các phần tử dầm → **Assign** → **Frame**

→ **Output Stations** → **Min Number Stations** nhập **3**, làm tương tự cho phần tử cột nhập **2**.

Tiến hành tính toán **run** lại cho kết cấu

- Xuất thành file **Excel**: → **File** → **Export** → **Sap2000 MS Excel....** → **OK**, chọn địa chỉ save



Kết quả (sheet nội lực) như sau:

Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text	ElemStation m
1	0	TT	LinStatic	-1476.333127	-2.45291895	0	0	0	-2.866888489	1-Jan	0
1	4.8	TT	LinStatic	-1476.333127	-2.45291895	0	0	0	8.907122471	1-Jan	4.8
1	0	HT1	LinStatic	-174.8221766	-1.13368986	0	0	0	-1.300650385	1-Jan	0
1	4.8	HT1	LinStatic	-174.8221766	-1.13368986	0	0	0	4.141060941	1-Jan	4.8
1	0	HT2	LinStatic	-146.0180896	0.410907094	0	0	0	0.82697293	1-Jan	0
1	4.8	HT2	LinStatic	-146.0180896	0.410907094	0	0	0	-1.14538112	1-Jan	4.8
1	0	GT	LinStatic	300.4547749	61.31471136	0	0	0	179.3534449	1-Jan	0
1	4.8	GT	LinStatic	300.4547749	36.95499226	0	0	0	-71.10967521	1-Jan	4.8
1	0	GP	LinStatic	-301.4569201	-59.07898979	0	0	0	-177.057948	1-Jan	0
1	4.8	GP	LinStatic	-301.4569201	-40.72094062	0	0	0	73.47671454	1-Jan	4.8
2	0	TT	LinStatic	-1285.717251	-7.575440043	0	0	0	-12.1987981	1-Feb	0
2	3.6	TT	LinStatic	-1285.717251	-7.575440043	0	0	0	15.07278605	1-Feb	3.6
2	0	HT1	LinStatic	-128.957931	-1.260240062	0	0	0	-4.070487594	1-Feb	0
2	3.6	HT1	LinStatic	-128.957931	-1.260240062	0	0	0	0.466376629	1-Feb	3.6
2	0	HT2	LinStatic	-147.5185931	-1.431579811	0	0	0	-0.839948379	1-Feb	0
2	3.6	HT2	LinStatic	-147.5185931	-1.431579811	0	0	0	4.313738942	1-Feb	3.6
2	0	GT	LinStatic	230.2715473	38.147688	0	0	0	56.97170004	1-Feb	0
2	3.6	GT	LinStatic	230.2715473	24.37915112	0	0	0	-55.57661037	1-Feb	3.6
2	0	GP	LinStatic	-230.8523256	-36.31916118	0	0	0	-55.50363473	1-Feb	0
2	3.6	GP	LinStatic	-230.8523256	-26.08101838	0	0	0	56.81668848	1-Feb	3.6
3	0	TT	LinStatic	-1155.290813	-1.965666565	0	0	0	-6.998779315	1-Mar	0
3	3.6	TT	LinStatic	-1155.290813	-1.965666565	0	0	0	7.76E-02	1-Mar	3.6
3	0	HT1	LinStatic	-128.2484474	-2.211485184	0	0	0	-2.618908838	1-Mar	0
3	3.6	HT1	LinStatic	-128.2484474	-2.211485184	0	0	0	5.342437824	1-Mar	3.6
3	0	HT2	LinStatic	-126.5366312	-0.847065641	0	0	0	-2.646197088	1-Mar	0

3.4.4. Sử dụng file tính toán Excel

Để thuận lợi trong quản lý tính toán ta chỉ xét sheet **Element Forces Frames**, các cột không cần thiết ta xóa đi và đặt tên lại là **NL Sap** ta được sheet như sau:

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P Tonf	V2 Tonf	M3 Tonf-m
1	0	TT	-150.5440794	-0.250128117	-0.292341261
1	4.8	TT	-150.5440794	-0.250128117	0.908273701
1	0	HT1	-17.82690042	-0.115604191	-0.132629426
1	4.8	HT1	-17.82690042	-0.115604191	0.422270689
1	0	HT2	-14.88970103	0.041900862	0.084327769
1	4.8	HT2	-14.88970103	0.041900862	-0.116796367
1	0	GT	30.6378599	6.252360399	18.28896119
1	4.8	GT	30.6378599	3.768360399	-7.251168724
1	0	GP	-30.74005026	-6.024380251	-18.05488565
1	4.8	GP	-30.74005026	-4.152380251	7.492539557
2	0	TT	-131.10667	-0.772479887	-1.243931195
2	3.6	TT	-131.10667	-0.772479887	1.5369964
2	0	HT1	-13.15004903	-0.12850872	-0.415074211
2	3.6	HT1	-13.15004903	-0.12850872	0.04755718
2	0	HT2	-15.0427098	-0.145980511	-0.085650896
2	3.6	HT2	-15.0427098	-0.145980511	0.439878945
2	0	GT	23.48116254	3.889981515	5.809496503
2	3.6	GT	23.48116254	2.485981515	-5.667236951
2	0	GP	-23.54038544	-3.703523675	-5.659795506
2	3.6	GP	-23.54038544	-2.659523675	5.793689723

Để dễ dàng dò tìm nội lực trong bảng tính ta dùng hàm “**And**” để lọc ra tên phần tử, tiết diện và trường hợp tải trọng. Ta được bảng như sau:

TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	Case Type	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
10TT	1	0.0 TT	LinStatic	-1476.33	-2.45	-2.87
14.8TT	1	4.8 TT	LinStatic	-1476.33	-2.45	8.91
10HT1	1	0.0 HT1	LinStatic	-174.82	-1.13	-1.30
14.8HT1	1	4.8 HT1	LinStatic	-174.82	-1.13	4.14
10HT2	1	0.0 HT2	LinStatic	-146.02	0.41	0.83
14.8HT2	1	4.8 HT2	LinStatic	-146.02	0.41	-1.15
10GT	1	0.0 GT	LinStatic	300.45	61.31	179.35
14.8GT	1	4.8 GT	LinStatic	300.45	36.95	-71.11
10GP	1	0.0 GP	LinStatic	-301.46	-59.08	-177.06
14.8GP	1	4.8 GP	LinStatic	-301.46	-40.72	73.48
20TT	2	0.0 TT	LinStatic	-1285.72	-7.58	-12.20
23.6TT	2	3.6 TT	LinStatic	-1285.72	-7.58	15.07
20HT1	2	0.0 HT1	LinStatic	-128.96	-1.26	-4.07
23.6HT1	2	3.6 HT1	LinStatic	-128.96	-1.26	0.47
20HT2	2	0.0 HT2	LinStatic	-147.52	-1.43	-0.84
23.6HT2	2	3.6 HT2	LinStatic	-147.52	-1.43	4.31
20GT	2	0.0 GT	LinStatic	230.27	38.15	56.97
23.6GT	2	3.6 GT	LinStatic	230.27	24.38	-55.58
20GP	2	0.0 GP	LinStatic	-230.85	-36.32	-55.50
23.6GP	2	3.6 GP	LinStatic	-230.85	-26.08	56.82
30TT	3	0.0 TT	LinStatic	-1155.29	-1.97	-7.00
33.6TT	3	3.6 TT	LinStatic	-1155.29	-1.97	0.08
30HT1	3	0.0 HT1	LinStatic	-128.25	-2.21	-2.62

a. Tính toán cốt thép dọc cho dầm:

B1: Dùng hàm “**Vlookup**” để lọc nội lực ứng với các trường hợp tải trọng, thực hiện tính toán **11** tổ hợp lấy ra các giá trị M_{min} , M_{max} ứng với các tiết diện tương ứng của các phần tử dầm (từ phần tử **41** đến phần tử **79**). Bảng tính nội lực tính toán dầm:

BẢNG TỔ HỢP MOMENT DẦM KHUNG

Phần tử	Tiết diện	Trường hợp tải trọng (đơn vị KN.m)					Giá trị mô men của các tổ hợp (đơn vị KN.m)										Tổ hợp			
		TT	HT1	HT2	GT	GP	COMB 1	COMB 2	COMB 3	COMB 4	COMB 5	COMB 6	COMB 7	COMB 8	COMB 9	COMB 10	COMB 11	M_{min}	M_{max}	M_{total}
41	0	-21.11	-8.21	0.31	128.08	-128.98	-29.32	-20.80	106.98	-150.09	-29.01	86.78	-144.58	94.44	-136.91	87.05	-144.30	-150.09	106.98	-150.09/-106.98
41	1.8	10.30	4.66	-2.40	1.75	-1.89	14.97	7.91	12.06	8.41	12.57	16.08	12.80	9.72	6.45	13.92	10.64	6.45	16.08	16.08
41	3.6	-36.45	-3.91	-5.10	-124.58	125.20	-40.36	-41.55	-161.03	88.75	-45.45	-152.09	72.71	-153.16	71.64	-156.67	68.12	-161.03	88.75	-161.03/+88.75
42	0	-184.42	-0.53	-71.28	232.45	-233.30	-184.95	-255.70	48.03	-417.72	-256.23	24.31	-394.87	-39.37	-458.55	-39.84	-459.02	-459.02	48.03	-459.02/+48.03
42	3.6	171.57	-2.01	62.36	7.92	-7.87	169.56	233.93	179.49	163.70	231.92	176.89	162.67	234.83	220.61	233.02	218.80	162.67	234.83	234.83
42	7.2	-179.15	-3.50	-62.91	-216.60	217.56	-182.66	-242.07	-395.76	38.41	-245.57	-377.25	13.50	-430.72	-39.97	-433.87	-43.12	-433.87	38.41	-433.87/+38.41
43	0	-37.77	-1.53	-7.63	111.67	-112.28	-39.31	-45.41	73.89	-150.05	-46.94	61.35	-140.20	55.86	-145.69	54.48	-147.07	-150.05	73.89	-150.05/+73.89
43	1.8	4.36	4.88	-3.40	-3.74	3.77	9.24	0.96	0.62	8.12	5.84	5.39	12.14	-2.06	4.69	2.33	9.08	-2.06	12.14	-2.06/+12.14
43	3.6	-14.19	-10.31	0.83	-119.14	119.81	-24.50	-13.37	-133.33	105.61	-23.67	-130.70	84.35	-120.67	94.38	-129.95	85.10	-133.33	105.61	-133.33/+105.61
44	0	-18.46	2.53	-3.60	114.65	-115.29	-15.93	-22.06	96.19	-133.75	-19.53	87.01	-119.95	81.49	-125.46	83.77	-123.18	-133.75	96.19	-133.75/+96.19
44	1.8	11.21	-3.56	5.03	3.36	-3.41	7.65	16.24	14.57	7.80	12.68	11.03	4.94	18.76	12.67	15.56	9.47	4.94	18.76	18.76
44	3.6	-34.75	-9.64	-9.53	-107.92	108.48	-44.39	-44.28	-142.67	73.73	-53.92	-140.56	54.21	-140.46	54.31	-149.14	45.63	-149.14	73.73	-149.14/+73.73
45	0	-66.10	-49.22	-0.80	127.99	-128.50	-115.32	-66.90	61.89	-194.60	-116.13	4.79	-226.05	48.37	-182.48	4.07	-226.78	-226.78	61.89	-226.78/+61.89
45	3	58.01	38.78	-1.20	15.45	-15.56	96.78	56.81	73.46	42.45	95.59	106.82	78.90	70.84	42.93	105.74	77.83	42.45	106.82	106.82
45	6	-51.77	-22.12	-1.59	-97.08	97.38	-73.89	-53.36	-148.85	45.61	-75.48	-159.05	15.97	-140.58	34.44	-160.48	14.54	-160.48	45.61	-160.48/+45.61
46	0	-22.07	-3.09	-6.96	115.12	-115.55	-25.16	-29.03	93.05	-137.62	-32.12	78.76	-128.84	75.27	-132.33	72.49	-135.11	-137.62	93.05	-137.62/+93.05
46	1.8	9.24	-1.81	2.86	1.83	-1.83	7.43	12.10	11.07	7.41	10.30	9.26	5.97	13.46	10.17	11.83	8.55	5.97	13.46	13.46
46	3.6	-24.27	-0.53	4.11	-111.47	111.89	-24.80	-20.16	-135.73	87.63	-20.69	-125.07	75.96	-120.89	80.14	-121.37	79.66	-135.73	87.63	-135.73/+87.63
47	0	-178.36	-43.34	-4.36	220.74	-221.59	-221.70	-182.72	42.37	-399.95	-226.06	-18.70	-416.80	16.38	-381.72	-22.63	-420.72	-420.72	42.37	-420.72/+42.37
47	3.6	164.01	46.68	-3.97	5.26	-5.29	210.69	160.04	169.27	158.72	206.72	210.76	201.26	165.18	155.68	207.19	197.69	155.68	210.76	210.76
47	7.2	-184.83	-44.10	-3.58	-210.21	211.01	-228.93	-188.40	-395.04	26.19	-232.50	-413.71	-34.61	-377.24	1.87	-416.93	-37.83	-416.93	26.19	-416.93/+26.19
48	0	-34.80	-1.43	-0.47	107.97	-108.36	-36.22	-35.27	73.17	-143.16	-36.69	61.09	-133.60	61.95	-132.74	60.67	-134.03	-143.16	73.17	-143.16/+73.17

B2: Nhập các thông số về tiết diện, tên phần tử và vị trí vào bảng tính cốt thép dầm (ô màu đỏ), nội lực được liên kết từ sheet **TH M Dầm**. Ta được bảng tính thép dọc dầm như sau:

BẢNG TÍNH THÉP DỌC DẦM KHUNG

Cấp bền BT: B20 $R_b = 11.5$ C.thép: CII, A-II $R_s = R_{sc} = 280$ $\xi_{R_s} = 0.623$ $\alpha_R = 0.429$ $\mu_{min} = 0.10\%$

Tên p.từ	Tiết diện	Cốt thép	$M_{hoàn}$ (kN.m)	b (cm)	h (cm)	a (cm)	h_0 (cm)	α_m	ζ	A_s^{TT} (cm ²)	μ^{TT} (%)	Chọn thép	A_s^{ch} (cm ²)	μ^{BT} (%)	Bảng chọn thép							
															$\Phi =$	14	16	18	20	22	25	
41	GT	Trên	-150.09	30	45	4	41	0.26	0.85	15.43	1.25%	2022 + 2025	17.42	1.42%						2	2	
		Dưới	106.98	150	4	41	0.04	0.98	9.50	0.77%	2025	9.82	0.80%								2	
	N	Trên	0.00	30	45	4	41	0.00	c.tạo	1.23	0.10%	2025	9.82	0.80%								2
		Dưới	16.08	150	4	41	0.01	1.00	1.40	0.11%	2025	9.82	0.80%								2	
	GP	Trên	-161.03	30	45	4	41	0.28	0.83	16.83	1.37%	6025	29.45	2.39%								6
		Dưới	88.75	150	4	41	0.03	0.98	7.85	0.64%	2025	9.82	0.80%								2	
42	GT	Trên	-459.02	30	70	4	66	0.31	0.81	30.59	1.55%	6025	29.45	Fa < TT							6	
		Dưới	48.03	210	4	66	0.00	1.00	2.61	0.13%	2025	9.82	0.50%								2	
	N	Trên	0.00	30	70	4	66	0.00	c.tạo	1.98	0.10%	2025	9.82	0.50%								2
		Dưới	234.83	210	4	66	0.02	0.99	12.85	0.65%	1022 + 2025	13.62	0.69%						1	2		
	GP	Trên	-433.87	30	70	4	66	0.29	0.83	28.46	1.44%	6025	29.45	1.49%								6
		Dưới	38.41	210	4	66	0.00	1.00	2.08	0.11%	2025	9.82	0.50%								2	
43	GT	Trên	-150.05	30	45	4	41	0.26	0.85	15.43	1.25%	6025	29.45	2.39%								6
		Dưới	73.89	150	4	41	0.03	0.99	6.52	0.53%	2025	9.82	0.80%								2	
	N	Trên	-2.06	30	45	4	41	0.00	1.00	1.23	0.10%	2025	9.82	0.80%								2
		Dưới	12.14	150	4	41	0.00	1.00	1.23	0.10%	2025	9.82	0.80%								2	

b. Tính toán cốt thép đai cho dầm: thực hiện tương tự như tính cốt thép dọc cho dầm, ta được kết quả như sau:

BẢNG TỔ HỢP LỰC CẮT DẦM KHUNG

Phần tử	Tiết diện	Trường hợp tải trọng (đơn vị kN)						Giá trị lực cắt của các tổ hợp (đơn vị kN)											Tổ hợp		
		TT	HT1	HT2	GT	GP	COMB 1	COMB 2	COMB 3	COMB 4	COMB 5	COMB 6	COMB 7	COMB 8	COMB 9	COMB 10	COMB 11	Q _{max}	Q _{min}	Q _{max}	
41	0	-39.16	-13.11	1.50	70.18	-70.60	-52.27	-11.61	31.02	-109.77	-50.77	12.20	-114.51	25.35	-101.36	13.55	-113.15	-114.51	31.02	114.51	
41	1.8	4.26	-1.19	1.50	70.18	-70.60	3.07	0.31	74.45	-66.34	4.57	66.35	-60.36	68.78	-37.93	67.70	-39.01	-66.34	74.45	74.45	
41	3.6	47.69	10.72	1.50	70.18	-70.60	58.41	12.22	117.87	-22.92	59.91	120.50	-6.21	112.20	-14.51	121.85	-4.86	-22.92	121.85	121.85	
42	0	-137.37	0.41	-56.16	62.37	-62.62	-136.95	-55.75	-75.00	-199.99	-193.12	-80.86	-193.35	-131.78	-244.27	-131.41	-243.90	-244.27	-75.00	244.27	
42	3.6	-60.40	0.41	-18.09	62.37	-62.62	-59.99	-17.68	1.96	-123.02	-78.08	-3.90	-116.39	-20.55	-133.04	-20.18	-132.67	-133.04	1.96	133.04	
42	7.2	134.49	0.41	56.23	62.37	-62.62	134.91	56.64	196.86	71.87	191.13	191.00	78.51	241.23	128.74	241.60	129.11	71.87	241.60	241.60	
43	0	-40.26	-9.57	-2.35	64.11	-64.47	-49.83	-11.92	23.85	-104.73	-52.18	8.83	-106.90	15.32	-100.40	6.71	-109.01	-109.01	23.85	109.01	
43	1.8	-6.55	2.44	-2.35	64.11	-64.47	-4.11	0.09	57.56	-71.02	-6.46	53.35	-62.38	49.04	-66.69	51.23	-64.49	-71.02	57.56	71.02	
43	3.6	27.17	14.44	-2.35	64.11	-64.47	41.61	12.09	91.28	-37.30	39.26	97.86	-17.86	82.75	-32.97	95.75	-19.97	-37.30	97.86	97.86	
44	0	-37.49	3.38	-11.24	61.83	-62.16	-34.11	-7.86	24.34	-99.65	-45.34	21.20	-90.39	8.04	-103.55	11.09	-100.50	-103.55	24.34	103.55	
44	1.8	4.52	3.38	1.65	61.83	-62.16	7.91	5.03	66.35	-57.64	9.55	63.21	-48.38	61.65	-49.94	64.70	-46.89	-57.64	66.35	66.35	
44	3.6	46.54	3.38	14.53	61.83	-62.16	49.92	17.92	108.36	-15.62	64.45	105.22	-6.36	115.26	3.67	118.30	6.72	-15.62	118.30	118.30	
45	0	-80.35	-54.15	0.13	37.51	-37.65	-134.50	-54.02	-42.84	-118.00	-134.37	-95.32	-162.97	-46.47	-114.12	-95.21	-162.85	-162.97	-42.84	162.97	
45	3	-2.39	-4.52	0.13	37.51	-37.65	-6.91	-4.39	35.12	-40.04	-6.77	27.31	-40.34	31.49	-36.15	27.42	-40.22	-40.34	35.12	40.34	
45	6	75.57	45.11	0.13	37.51	-37.65	120.69	45.25	113.09	37.93	120.82	149.94	82.29	109.45	41.81	150.06	82.41	37.93	150.06	150.06	
46	0	-35.40	-0.71	-7.84	62.94	-63.18	-36.11	-8.55	27.54	-98.58	-43.95	20.61	-92.90	14.19	-99.32	13.55	-99.96	-99.96	27.54	99.96	
46	1.8	0.61	-0.71	-3.08	62.94	-63.18	-0.10	-3.78	63.55	-62.57	-3.17	56.62	-56.89	54.49	-59.02	53.85	-59.66	-62.57	63.55	63.55	
46	3.6	36.62	-0.71	1.69	62.94	-63.18	35.91	0.98	99.56	-26.56	37.60	92.63	-20.88	94.79	-18.72	94.15	-19.36	-26.56	99.56	99.56	
47	0	-133.23	-29.77	-0.11	59.85	-60.08	-163.00	-29.88	-73.38	-193.32	-163.11	-106.16	-214.10	-79.46	-187.41	-106.26	-214.20	-214.20	-73.38	214.20	
47	3.6	-56.98	-20.24	-0.11	59.85	-60.08	-77.21	-20.35	2.88	-117.06	-77.32	-21.32	-129.27	-3.21	-111.15	-21.42	-129.36	-129.36	2.88	129.36	
47	7.2	126.78	37.84	-0.11	59.85	-60.08	164.62	37.73	186.64	66.70	164.51	214.71	106.76	180.55	72.61	214.61	106.66	66.70	214.71	214.71	
48	0	-39.48	0.83	-9.48	61.23	-61.45	-38.65	-8.64	21.75	-100.93	-48.13	16.38	-94.04	7.10	-103.31	7.85	-102.57	-103.31	21.75	103.31	

BẢNG TÍNH THÉP ĐAI DẦM KHUNG

Phần tử	Tiết diện	Loại t.d (gối-nhíp)	Q _{lmax} (kG)	b (cm)	h (cm)	a (cm)	h ₀ (cm)	K.trả	Số nhánh	Φ (mm)	s _{tt} (cm)	s _{max} (cm)	s _{ct} (cm)	s _{tk} (mm)	Chọn thép
41	1.8	N	7,445	30	45	4.0	41	T.T	2	8	115.3	91.4	33.8	330	Φ 8 200
41	3.6	G	12,185	30	45	4.0	41	T.T	2	8	43.1	55.9	15.0	150	Φ 8 150
42	0	G	24,427	30	70	4.0	66	T.T	2	8	27.8	72.2	23.3	230	Φ 8 150
42	3.6	N	13,304	30	70	4.0	66	T.T	2	8	93.6	132.6	50.0	500	Φ 8 200
42	7.2	G	24,160	30	70	4.0	66	T.T	2	8	28.4	73.0	23.3	230	Φ 8 150
43	0	G	10,901	30	45	4.0	41	T.T	2	8	53.8	62.5	15.0	150	Φ 8 150
43	1.8	N	7,102	30	45	4.0	41	T.T	2	8	126.7	95.9	33.8	330	Φ 8 200
43	3.6	G	9,786	30	45	4.0	41	T.T	2	8	66.7	69.6	15.0	150	Φ 8 150
44	0	G	10,355	30	45	4.0	41	T.T	2	8	59.6	65.7	15.0	150	Φ 8 150
44	1.8	N	6,635	30	45	4.0	41	C.T	2	8	145.2	C.T	33.8	330	Φ 8 200
44	3.6	G	11,830	30	45	4.0	41	T.T	2	8	45.7	57.5	15.0	150	Φ 8 150

c. Tính cốt thép dọc cho cột

B1: Dùng hàm dò tìm “Vlookup” để chuyển nội lực từ sheet NL-Sap sang sheet TH M,N Cột (chia mômen và lực dọc thành các cột tương ứng như bảng sau):

Phần tử	Tiết diện	Moment (đơn vị KN.m)					Lực dọc (đơn vị KN)				
		TT	HT1	HT2	GT	GP	TT	HT1	HT2	GT	GP
1	0	-2.87	-1.30	0.83	179.35	-177.06	-1,476.33	-174.82	-146.02	300.45	-301.46
1	4.8	8.91	4.14	-1.15	-71.11	73.48	-1,476.33	-174.82	-146.02	300.45	-301.46
2	0	-12.20	-4.07	-0.84	56.97	-55.50	-1,285.72	-128.96	-147.52	230.27	-230.85
2	3.6	15.07	0.47	4.31	-55.58	56.82	-1,285.72	-128.96	-147.52	230.27	-230.85
3	0	-7.00	-2.62	-2.65	59.54	-58.73	-1,155.29	-128.25	-126.54	167.33	-167.67
3	3.6	0.08	5.34	0.40	-52.80	54.55	-1,155.29	-128.25	-126.54	167.33	-167.67
4	0	2.73	-4.61	-2.05	52.11	-50.15	-938.63	-81.06	-126.82	110.61	-110.99
4	3.6	-0.01	2.45	5.49	-43.04	45.64	-938.63	-81.06	-126.82	110.61	-110.99
5	0	0.93	-3.29	-2.86	41.70	-39.21	-720.68	-79.65	-80.35	64.15	-64.48
5	3.6	-0.85	6.74	1.01	-28.15	30.56	-720.68	-79.65	-80.35	64.15	-64.48
6	0	-5.70	-4.77	-2.66	31.89	-29.50	-503.82	-30.35	-80.46	30.78	-31.11
6	3.6	12.61	1.96	5.58	-13.95	16.95	-503.82	-30.35	-80.46	30.78	-31.11
7	0	-5.03	1.29	-4.25	34.26	-30.47	-263.03	-34.78	-7.86	4.38	-5.03
7	4.4	1.82	1.10	1.73	-6.83	10.15	-263.03	-34.78	-7.86	4.38	-5.03
8	0	-4.84	-7.22	-0.32	5.20	-2.92	-73.67	-2.03	-10.33	-1.53	1.29
8	3.6	9.55	5.19	4.09	2.03	-1.40	-73.67	-2.03	-10.33	-1.53	1.29
9	0	-24.22	4.83	-14.62	367.16	-368.73	-2,868.70	-480.77	-438.79	3.02	-2.76

B2: Tiến hành thực hiện 11 tổ hợp nội lực được bảng tính sau:

Phần tử	Moment											Lực dọc										
	COMB 1	COMB 2	COMB 3	COMB 4	COMB 5	COMB 6	COMB 7	COMB 8	COMB 9	COMB 10	COMB 11	COMB 0	COMB 1	COMB 2	COMB 3	COMB 4	COMB 5	COMB 6	COMB 7	COMB 8	COMB 9	COMB 10
1	-4.17	-2.04	-3.34	176.49	-179.92	157.38	-163.39	159.30	-161.47	158.12	-162.65	-1,476.33	-1,651.16	-1,622.35	-1,797.17	-1,175.88	-1,777.79	-1,363.26	-1,904.98	-1,337.34	-1,879.06	-1,494.68
1	13.05	7.76	11.90	-62.20	82.38	-51.36	78.76	-56.12	74.01	-52.40	77.73	-1,476.33	-1,651.16	-1,622.35	-1,797.17	-1,175.88	-1,777.79	-1,363.26	-1,904.98	-1,337.34	-1,879.06	-1,494.68
2	-16.27	-13.04	-17.11	44.77	-67.70	35.41	-65.82	38.32	-62.91	34.66	-66.57	-1,285.72	-1,414.68	-1,433.24	-1,562.19	-1,055.45	-1,516.57	-1,194.53	-1,609.55	-1,211.24	-1,626.25	-1,327.30
2	15.54	19.39	19.85	-40.50	71.89	-34.53	66.63	-31.06	70.09	-30.64	70.51	-1,285.72	-1,414.68	-1,433.24	-1,562.19	-1,055.45	-1,516.57	-1,194.53	-1,609.55	-1,211.24	-1,626.25	-1,327.30
3	-9.62	-9.64	-12.26	52.54	-65.73	44.23	-62.22	44.21	-62.24	41.85	-64.60	-1,155.29	-1,283.54	-1,281.83	-1,410.08	-987.96	-1,322.96	-1,120.12	-1,421.62	-1,118.58	-1,420.08	-1,234.00
3	5.42	0.48	3.82	-52.72	54.63	-42.64	53.98	-47.08	49.53	-42.27	54.34	-1,155.29	-1,283.54	-1,281.83	-1,410.08	-987.96	-1,322.96	-1,120.12	-1,421.62	-1,118.58	-1,420.08	-1,234.00
4	-1.89	0.68	-3.93	54.83	-47.42	45.47	-46.56	47.78	-44.25	43.63	-48.40	-938.63	-1,019.69	-1,065.44	-1,146.51	-828.01	-1,049.62	-912.03	-1,111.47	-953.21	-1,152.65	-1,026.17
4	2.44	5.47	7.92	-43.06	45.62	-36.55	43.26	-33.81	46.00	-31.61	48.20	-938.63	-1,019.69	-1,065.44	-1,146.51	-828.01	-1,049.62	-912.03	-1,111.47	-953.21	-1,152.65	-1,026.17
5	-2.36	-1.93	-5.22	42.63	-38.28	35.49	-37.32	35.88	-36.93	32.92	-39.90	-720.68	-800.32	-801.03	-880.67	-656.53	-785.16	-734.63	-850.39	-735.26	-851.03	-806.94
5	5.89	0.16	6.91	-29.00	29.71	-20.12	32.72	-25.27	27.56	-19.21	33.63	-720.68	-800.32	-801.03	-880.67	-656.53	-785.16	-734.63	-850.39	-735.26	-851.03	-806.94
6	-10.47	-8.35	-13.13	26.19	-35.20	18.71	-36.54	20.61	-34.64	16.32	-38.93	-503.82	-534.17	-584.28	-614.63	-473.04	-534.93	-503.44	-559.14	-548.53	-604.23	-575.85
6	14.57	18.19	20.15	-1.34	29.56	1.82	29.63	5.08	32.88	6.84	34.65	-503.82	-534.17	-584.28	-614.63	-473.04	-534.93	-503.44	-559.14	-548.53	-604.23	-575.85
7	-3.75	-9.28	-7.99	29.22	-35.50	26.96	-31.30	21.98	-36.28	23.14	-35.12	-263.03	-297.81	-270.89	-305.67	-258.65	-268.06	-290.39	-298.86	-266.17	-274.64	-297.47
7	2.92	3.56	4.66	-3.00	11.98	-3.33	11.95	-2.76	12.52	-1.77	13.51	-263.03	-297.81	-270.89	-305.67	-258.65	-268.06	-290.39	-298.86	-266.17	-274.64	-297.47
8	-12.06	-5.16	-12.38	0.35	-7.77	-6.66	-13.97	-0.45	-7.76	-6.95	-14.26	-73.67	-75.70	-84.00	-86.04	-75.20	-72.38	-76.87	-74.34	-84.34	-81.81	-86.17
8	14.74	13.64	18.83	11.58	8.15	16.05	12.96	15.06	11.97	19.73	16.64	-73.67	-75.70	-84.00	-86.04	-75.20	-72.38	-76.87	-74.34	-84.34	-81.81	-86.17
9	-19.39	-38.84	-34.01	342.94	-392.95	310.57	-351.73	293.07	-369.23	297.42	-364.89	-2,868.70	-3,349.47	-3,307.49	-3,788.26	-2,865.68	-2,871.46	-3,298.68	-3,303.88	-3,260.89	-3,266.09	-3,693.59
9	50.50	89.48	82.47	-140.08	256.15	-126.62	229.98	-91.54	265.07	-97.85	258.76	-2,868.70	-3,349.47	-3,307.49	-3,788.26	-2,865.68	-2,871.46	-3,298.68	-3,303.88	-3,260.89	-3,266.09	-3,693.59
10	-94.09	-124.68	-128.30	68.98	-250.32	49.78	-237.59	22.25	-265.12	18.99	-268.38	-2,518.31	-2,956.02	-2,859.32	-3,297.03	-2,507.47	-2,529.05	-2,902.50	-2,921.92	-2,815.47	-2,834.89	-3,209.41
10	109.98	88.03	113.10	-81.56	253.76	-42.35	259.44	-62.10	239.69	-39.54	262.25	-2,518.31	-2,956.02	-2,859.32	-3,297.03	-2,507.47	-2,529.05	-2,902.50	-2,921.92	-2,815.47	-2,834.89	-3,209.41
11	-86.92	-74.53	-92.27	96.55	-233.82	64.01	-233.32	75.16	-222.17	59.20	-238.13	-2,251.57	-2,647.07	-2,577.64	-2,973.15	-2,237.65	-2,265.41	-2,595.00	-2,619.98	-2,532.50	-2,557.49	-2,888.46
11	84.11	110.46	112.04	-85.55	251.66	-67.31	236.17	-43.60	259.89	-42.17	261.32	-2,251.57	-2,647.07	-2,577.64	-2,973.15	-2,237.65	-2,265.41	-2,595.00	-2,619.98	-2,532.50	-2,557.49	-2,888.46
12	-106.49	-127.41	-134.96	35.96	-233.48	15.67	-226.83	-3.16	-245.65	-9.96	-252.45	-1,914.48	-2,278.70	-2,162.10	-2,526.32	-1,899.34	-1,929.35	-2,228.65	-2,255.66	-2,123.72	-2,150.72	-2,451.52
12	135.14	106.09	139.88	-45.74	248.50	-0.63	264.19	-26.77	238.05	3.64	268.46	-1,914.48	-2,278.70	-2,162.10	-2,526.32	-1,899.34	-1,929.35	-2,228.65	-2,255.66	-2,123.72	-2,150.72	-2,451.52

B3: Vì tính toán cột cần tính tại mỗi tiết diện ứng với 3 cặp nội lực tương ứng: (M_{max}, N_{tur}) ; (M_{min}, N_{tur}) ; (M_{tur}, N_{max}) . Dùng hàm “Index” kết hợp với hàm “Match” sẽ tìm được các cặp nội lực tương ứng với mỗi tiết diện như sau:

B4: Sau khi xác định các cặp nội lực thì ta dùng sheet **thép cột** để tính toán cốt thép cột. Trong sheet **thép cột** chúng cần nhập thông số kích thước tiết diện **bxh**, giả thiết **a**, giả thiết hàm lượng cốt thép μ_{gt} .

Bảng xác định các giá trị chuẩn bị số liệu tính toán:

Cấp BT		B20	R _b = 11.5	E _s = 27,000	Cốt thép: CII, A-II																
Phần tử	Tiết diện	Chiều dài	M (kN.m)	N (kN)	M _{dn} (kN.m)	N _{dn} (kN)	l ₀ (m)	b (cm)	h (cm)	a (cm)	h ₀ (cm)	e ₀ (cm)	μ _{gt} (%)	δ _s	S	φ ₁	I (m ⁴)	I _s (m ⁴)	N _{th} (kN)	η	e (cm)
1	C	4.8	176.5	-1175.9	-2.87	-1476.3	3.36	30	60	4	57	15.01	0.93%	0.329	0.356	1.83	5.40E-03	1.11E-04	29,313	1.04	42.14
			-179.9	-1777.8								10.12	1.10%	0.329	0.36	1.62		1.31E-04	33,720	1.06	37.18
			-162.6	-2036.4								7.99	0.83%	0.329	0.36	1.58		9.86E-05	30,432	1.07	35.06
	Đ	4.8	82.4	-1777.8	8.91	-1476.3	3.36	30	60	4	57	4.63	0.78%	0.329	0.36	1.73	5.40E-03	9.34E-05	28,111	1.07	31.45
			-62.2	-1175.9								5.29	1.29%	0.329	0.36	2.00		1.53E-04	32,972	1.04	31.99
			77.7	-2036.4								3.82	0.55%	0.329	0.36	1.66		6.55E-05	25,588	1.09	30.65
2	C	3.6	44.8	-1055.4	-12.20	-1285.7	2.52	30	60	4	56	4.24	0.40%	0.343	0.348	2.00	5.40E-03	4.54E-05	35,204	1.03	30.37
			-67.7	-1516.6								4.46	0.40%	0.343	0.35	1.76		4.54E-05	38,672	1.04	30.65
			-66.6	-1742.3								3.82	0.40%	0.343	0.35	1.68		4.54E-05	40,164	1.05	29.99
	Đ	3.6	71.9	-1516.6	15.07	-1285.7	2.52	30	60	4	56	4.74	0.40%	0.343	0.35	1.76	5.40E-03	4.54E-05	38,682	1.04	30.93
			-40.5	-1055.4								3.84	0.40%	0.343	0.35	2.00		4.54E-05	35,204	1.03	29.96
			70.5	-1742.3								4.05	0.40%	0.343	0.35	1.68		4.54E-05	40,158	1.05	30.23
3	C	3.6	52.5	-988.0	-7.00	-1155.3	2.52	30	50	4	46	5.32	0.40%	0.335	0.353	1.94	3.13E-03	2.43E-05	20,622	1.05	26.59
			-65.7	-1323.0								4.97	0.70%	0.335	0.35	1.75		4.26E-05	26,216	1.05	26.23
			-64.6	-1535.5								4.21	0.70%	0.335	0.35	1.66		4.26E-05	27,112	1.06	25.46
	Đ	3.6	54.6	-1323.0	0.08	-1155.3	2.52	30	50	4	46	4.13	0.88%	0.335	0.35	1.75	3.13E-03	5.36E-05	28,497	1.05	25.33
			-52.7	-988.0								5.34	0.40%	0.335	0.35	1.96		2.43E-05	20,445	1.05	26.61
			54.3	-1535.5								3.54	0.88%	0.335	0.35	1.66		5.36E-05	29,432	1.06	24.73

Phần tử	Tổ hợp cơ bản tính toán				
	N _{av}	M _{max}	N _{av}	M _{av}	N _{max}
1	-1,175.88	-179.92	-1,777.79	-162.65	-2,036.40
1	-1,777.79	-62.20	-1,175.88	77.73	-2,036.40
2	-1,055.45	-67.70	-1,516.57	-66.57	-1,742.31
2	-1,516.57	-40.50	-1,055.45	70.51	-1,742.31
3	-987.96	-65.73	-1,322.96	-64.60	-1,535.50
3	-1,322.96	-52.72	-987.96	54.34	-1,535.50
4	-828.01	-48.40	-1,225.61	-48.40	-1,225.61
4	-1,225.61	-43.06	-828.01	48.20	-1,225.61
5	-656.53	-39.90	-922.71	-39.90	-922.71
5	-922.71	-29.00	-656.53	33.63	-922.71
6	-473.04	-38.93	-631.55	-38.93	-631.55
6	-631.55	-1.34	-473.04	34.65	-631.55
7	-258.65	-36.28	-274.64	-35.12	-305.94
7	-305.94	-5.00	-258.65	13.51	-305.94
8	-75.20	-14.26	-83.64	-6.95	-86.17
8	-86.17	8.15	-72.38	19.73	-86.17
9	-2,865.68	-392.95	-2,871.46	-34.01	-3,788.26
9	-3,266.09	-140.08	-2,865.68	82.47	-3,788.26
10	-2,507.47	-268.38	-3,228.83	-128.30	-3,297.03
10	-3,228.83	-81.56	-2,507.47	113.10	-3,297.03
11	-2,237.65	-238.13	-2,913.45	-92.27	-2,973.15
11	-2,913.45	-85.55	-2,237.65	112.04	-2,973.15
12	-1,899.34	-252.45	-2,478.52	-134.96	-2,526.32
12	-2,478.52	-45.74	-1,899.34	139.88	-2,526.32

Bảng tính chiều cao sơ bộ vùng nén, các trường hợp tính toán và chọn cốt thép:

Cấp BT		B20	R _b = 11.5	E _s = 27,000	CII, A-II				280											E _s = 210,000				f _{yk} = 0.623				σ _{sk} = 0.429				Bảng chọn thép				
Phần tử	Tiết diện	Chiều dài	M (kN.m)	N (kN)	M _{dn} (kN.m)	N _{dn} (kN)	N/R _{0b} (cm)	Trg	n	ε	γ _a	x (cm)	μ _{min} (%)	1	2	3	A _s ^{tr} (cm ²)	μ _s ^{tr} (%)	A _s ^{tt} (cm ²)	Chọn thép bố trí mỗi bên	A _s ^{ch} (cm ²)	μ _s ^{ch} (%)	F _s ^{tr} (t bên)	φ = f _a	14	16	18	20								
1	C	4.8	176.5	-1175.9	-2.87	-1476.3	34.08	1	0.60	0.75	0.94	34.08	0.20%	2.12	-8.61	2.12	3.39	0.40%	11.97	4022	15.21	1.79%	11.97	F _s ^{tr} (t bên)	1.54	2.01	2.54	3.14								
			-179.9	-1777.8			51.53	3	0.91	0.66	0.94	44.91	3.76	-18.95	9.00	9.00	1.06%																			
			-162.6	-2036.4			59.03	3	1.04	0.62	0.94	47.40	3.10	-24.62	11.97	11.97	1.41%																			
	Đ	4.8	82.4	-1777.8	8.91	-1476.3	34.08	1	0.60	0.57	0.94	34.08	0.20%	-0.47	-25.82	1.16	3.39	0.40%	11.97	4022	15.21	1.79%	11.97	F _s ^{tr} (t bên)	1.54	2.01	2.54	3.14								
			-62.2	-1175.9			59.03	3	1.04	0.54	0.94	51.19	-5.92	-16.65	-5.92	3.39	0.40%																			
			77.7	-2036.4			59.03	3	1.04	0.54	0.94	51.19	-0.36	-30.67	5.28	5.28	0.62%																			
2	C	3.6	44.8	-1055.4	-12.20	-1285.7	30.59	1	0.55	0.54	0.93	30.59	0.10%	-7.49	-15.68	-7.49	1.68	0.20%	1.68	2020	6.28	0.75%	1.68	F _s ^{tr} (t bên)	1.54	2.01	2.54	3.14								
			-67.7	-1516.6			43.96	3	0.78	0.55	0.93	47.63	-1.60	-22.24	-4.40	1.68	0.20%																			
			-66.6	-1742.3			50.50	3	0.90	0.54	0.93	50.24	-1.06	-26.33	-0.87	1.68	0.20%																			
	Đ	3.6	71.9	-1516.6	15.07	-1285.7	30.59	1	0.55	0.53	0.93	30.59	0.10%	-1.51	-21.94	-4.02	1.68	0.20%	1.68	2020	6.28	0.75%	1.68	F _s ^{tr} (t bên)	1.54	2.01	2.54	3.14								
			-40.5	-1055.4			30.59	1	0.55	0.53	0.93	30.59	-7.79	-15.98	-7.79	1.68	0.20%																			
			70.5	-1742.3			50.50	3	0.90	0.54	0.93	49.92	-0.97	-26.05	-0.54	1.68	0.20%																			
3	C	3.6	52.5	-988.0	-7.00	-1155.3	28.64	3	0.62	0.58	0.91	28.64	0.10%	-4.28	-12.95	-4.28	1.38	0.20%	2.63	2018	5.09	0.74%	2.63	F _s ^{tr} (t bên)	1.54	2.01	2.54	3.14								
			-65.7	-1323.0			38.35	3	0.83	0.57	0.91	38.61	-0.52	-17.74	-0.73	1.38	0.20%																			
			-64.6	-1535.5			44.51	3	0.97	0.55	0.91	40.64	-0.29	-21.60	2.63	2.63	0.38%																			
	Đ	3.6	54.6	-1323.0	0.08	-1155.3	28.64	3	0.62	0.58	0.91	28.64	0.10%	-0.93	-18.75	-1.96	1.38	0.20%	2.63	2018	5.09	0.74%	2.63	F _s ^{tr} (t bên)	1.54	2.01	2.54	3.14								
			-52.7	-988.0			28.64	3	0.62	0.58	0.91	28.64	-4.26	-12.93	-4.26	1.38	0.20%																			
			54.3	-1535.5			44.51	3	0.97	0.54	0.91	41.50	-0.67	-22.54	1.55	1.55	0.23%																			