

THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH CHỊU TÁC ĐỘNG ĐỘNG ĐẤT BẰNG ETABS THEO PHƯƠNG PHÁP PHỔ PHẢN ỨNG

ThS. Nguyễn Ngọc Phúc

Ks. Nguyễn Khánh Hùng

ThS Dương Hoài Nam

Tóm tắt

Trong bối cảnh hiện nay, sự biến đổi mạnh mẽ của Mẹ tự nhiên do nhiều nguyên nhân, trong đó có sự tác động của con người, càng làm xuất hiện nhiều nguy cơ tiềm ẩn ảnh hưởng trở lại một cách mạnh mẽ đến các hoạt động của con người, trong đó có động đất. Động đất là một hiện tượng thiên nhiên gây ra rất nhiều thảm họa cho con người và các công trình xây dựng. Về mặt bản chất, theo lý thuyết sức bật đàn hồi thì đất đá bị biến dạng đàn hồi cho tới khi phá hoại giòn. Ứng suất đàn hồi tích tụ ở cả hai bên đứt gãy đột ngột được giải phóng khiến cho đất đá hai bên đứt gãy đột ngột trượt lên nhau. Năng lượng ứng suất đàn hồi được giải phóng dưới dạng sóng địa chấn từ chấn tâm, hay điểm phá hủy, bức xạ theo mọi hướng qua đất đá ra ngoài.

Việc thiết kế công trình chịu tác động động đất tại Việt Nam còn nhiều mới mẻ, quy trình thiết kế **TCXD375-2006** của chúng ta mới được ban hành dựa trên cơ sở tiêu chuẩn **Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance** có bổ sung hoặc thay thế các phần mang tính đặc thù Việt Nam. Trong nội dung bài báo này, chúng tôi xin giới thiệu cách ứng dụng tự động hoá thiết kế công trình chịu tác động động đất trên Etabs theo phương pháp phổ phản ứng.

1. BÀI TOÁN ĐIỂN HÌNH

Một công trình dân dụng gồm 5 tầng, diện tích xây dựng $B \times L = (5 \times 6) \times (3 \times 7) \text{ m}^2$, chiều cao của tầng là 3,5m, được xây dựng tại quận 1 Thành Phố Hồ Chí Minh. Giả thiết tường gạch xây trên tất cả các dầm chính, tường dày 200, khoảng cách từ mặt móng đến đà kiềng là 1.5m. Hoạt tải toàn phần $p_{tp} = 200 \text{ kg/m}^2$, $n_p = 1.2$. Chọn bề dày sàn 10cm, kích thước dầm chính $30 \times 60 \text{ cm}^2$, hệ dầm phụ trực giao $20 \times 35 \text{ cm}^2$, cột tầng 1,2 có tiết diện $30 \times 40 \text{ cm}^2$, cột tầng 3,4,5 có tiết diện $30 \times 30 \text{ cm}^2$. Bê tông cấp độ bền B20. có $E = 2.7 \times 10^4 \text{ T/m}^2$

1.1 TÍNH TẢI (DEAD):

1.1.1 Tính tải tác dụng lên bản sàn

Bảng 1: Tính tải do các lớp cấu tạo sàn:

Các Lớp Cấu Tạo Sàn	γ (kG/m ³)	g_s'' (kG/m ²)
Gạch men Ceramic (1 cm)	2000	$0.01 \times 2000 \times 1.2 = 24$
Vữa lót sàn (3 cm)	1800	$0.03 \times 1800 \times 1.2 = 64.8$
Vữa trát trần (1 cm)	1800	$0.01 \times 1800 \times 1.2 = 21.6$
Tổng cộng		110

1.1.2 Tải Trọng Do Tường Xây Trên Dầm

$$g_t = b_t \cdot h_t \cdot n_g \cdot \gamma_t = 0.2(3.5 - 0.6) \times 1.1 = \mathbf{1148} \text{ (kG/m)} \quad (01)$$

1.1.3 Tính Tải Của Trọng Lượng Bản Thân Dầm, Sàn: Chương trình tự tính toán.

1.2 HOẠT TẢI (LIVE)

1.2.1 Hoạt tải sàn: sơ bộ chọn và gán hoạt tải sàn có cùng giá trị

$$P_s^{tt} = p_{tp} \cdot n_p = 200 \times 1.2 = \mathbf{240} \text{ (kG/m}^2\text{)} \quad (02)$$

1.2.2 Hoạt tải gió (Wind)

Bảng 2: Tải trọng gió theo chiều cao công trình

Cao Trình	Phương Tác Dụng	
	Trục X (T)	Trục Y(T)
Lầu 1	14.93	10.45
Lầu 2	16.25	11.38
Lầu 3	17.42	12.20
Lầu 4	18.00	12.60
Lầu 5	18.45	12.91

1.3 TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT (QUAKE):

1.3.1 Vị trí công trình và đặc trưng nền đất dưới chân công trình:

Bảng 3: Vị trí công trình

Địa danh	Tọa độ		Gia tốc nền a_{gR}
	Kinh độ	Vĩ độ	
Quận 1 (TPHCM)	106.6985	10.7825	0.0848

Gia tốc nền trung bình thiết kế: $a_g = \gamma_1 a_{gR} = 1 \times 0.0848 \times 9.81 = \mathbf{0.8319} \text{ m/s}^2$, với độ cản nhớt $\xi = 5\%$

Bảng 4: Loại nền dưới chân công trình

Loại	Mô tả	Các Tham Số		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (Nhát/30cm)	C_u (Pa)
B	Đất cát, cuội sỏi rất chặt hoặc đất sét rất cứng có bề dày ít nhất hàng chục mét, tính chất cơ học tăng dần theo độ sâu.	360-800	>50	>250

1.3.2 Phổ phản ứng gia tốc nền :

1.3.2.1 Phổ phản ứng đàn hồi :

- Phổ phản ứng đàn hồi theo phương nằm ngang

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \quad (03)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \quad (04)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (05)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \quad (06)$$

Trong đó:

$S_e(T)$ Phổ phản ứng đàn hồi ;

T Chu kỳ dao động của hệ tuyến tính một bậc tự do;

a_g Gia tốc nền thiết kế trên nền loại A ($a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR}$);

T_B Giới hạn dưới của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc: 0,15 (s)

T_C Giới hạn trên của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc; 0,5 (s)

T_D Giá trị xác định điểm bắt đầu của phần phản ứng dịch chuyển không đổi trong phổ phản ứng; 2(s)

S Hệ số nền: 1,2

η Hệ số điều chỉnh độ cản với giá trị tham chiếu $\eta = 1$ đối với độ cản nhót 5%

Bảng 5: Xây dựng phổ phản ứng đàn hồi theo phương ngang

$0 \leq T \leq T_B \Leftrightarrow 0 \leq T \leq 0.15$		$T_B \leq T \leq T_c \Leftrightarrow 0.15 \leq T \leq 0.5$	
T	S_c	T	S_c
0	0.9983	0.2	2.4957
0.1	1.9966	0.4	2.4957
0.15	2.4957		
$T_c \leq T \leq T_D \Leftrightarrow 0.5 \leq T \leq 2$		$T_D \leq T \leq 4s \Leftrightarrow 2 \leq T \leq 4$	
T	S_c	T	S_c
0.6	2.0798	2.5	0.3993
0.8	1.5598	3	0.2773
1	1.2479	4	0.1559
1.5	0.8319		
2	0.6239		

- Phổ phản ứng đàn hồi theo phương thẳng đứng :

$$0 \leq T \leq T_B : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right] \quad (07)$$

$$T_B \leq T \leq T_c : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \quad (08)$$

$$T_c \leq T \leq T_D : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \cdot \frac{T_c}{T} \quad (09)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \cdot \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \quad (10)$$

Bảng : Các giá trị kiến nghị cho các tham số mô tả phổ phản ứng đàn hồi theo phương đứng

Phổ	a_{vg}/a_g	$T_B(s)$	$T_c(s)$	$T_D(s)$
Loại 1	0,90	0,05	0,15	1,0
Loại 2	0,45	0,05	0,15	1,0

Bảng 6: Xây dựng phổ phản ứng đàn hồi theo phương thẳng đứng

$0 \leq T \leq T_B \Leftrightarrow 0 \leq T \leq 0.05$		$T_B \leq T \leq T_c \Leftrightarrow 0.05 \leq T \leq 0.15$	
T	S_v	T	S_v
0	0.7487	0.06	2.2461
0.025	1.4974	0.08	2.2461
0.05	2.2461	0.1	0.2461
$T_c \leq T \leq T_D \Leftrightarrow 0.15 \leq T \leq 1$		$T_D \leq T \Leftrightarrow 1 \leq T$	
T	S_d	T	S_d
0.15	2.2461	2	0.0842
0.2	1.6846	3	0.0374
0.5	0.6784	4	0.0210
1	0.3369		

1.3.2.2 Phổ thiết kế dùng trong phân tích đàn hồi :

- Đối với thành phần nằm ngang :

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (11)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (12)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (13)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (14)$$

Trong ⑥:

q : Hệ số ứng xử ;

Hệ số ứng xử q ; hệ số làm việc của các nhà BTCT đối với các tác động động đất theo phương ngang được xác định như sau :

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \quad (15)$$

Chọn loại khung BTCT có cấp dẻo trung bình (DCM), ta có $q_0 = 3,0 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$

Với nhà hệ khung nhiều tầng, nhiều nhịp ta có : $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,3$

β : hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương ngang, ($\beta=0,2$)

$0 \leq T \leq T_B \Leftrightarrow 0 \leq T \leq 0.15$		$T_B \leq T \leq T_C \Leftrightarrow 0.15 \leq T \leq 0.5$	
T	S_d	T	S_d
0	0.6655	0.2	0.6399
0.1	0.6485	0.4	0.6399
0.15	0.6399	0.5	0.6399
$T_C \leq T \leq T_D \Leftrightarrow 0.5 \leq T \leq 2$		$T_D \leq T \Leftrightarrow 2 \leq T$	
T	S_d	T	S_d
0.6	0.5333	3	0.1664
0.8	0.4000	4	0.1664
1	0.3200	5	0.1664
1.5	0.2133	6	0.1664

Bảng
dựng

2	0.1664	7	0.1664
---	--------	---	--------

7: Xây
phổ

thiết kế dùng trong phân tích đàn hồi theo phương ngang:

- **Đối với thành phần thẳng đứng:**

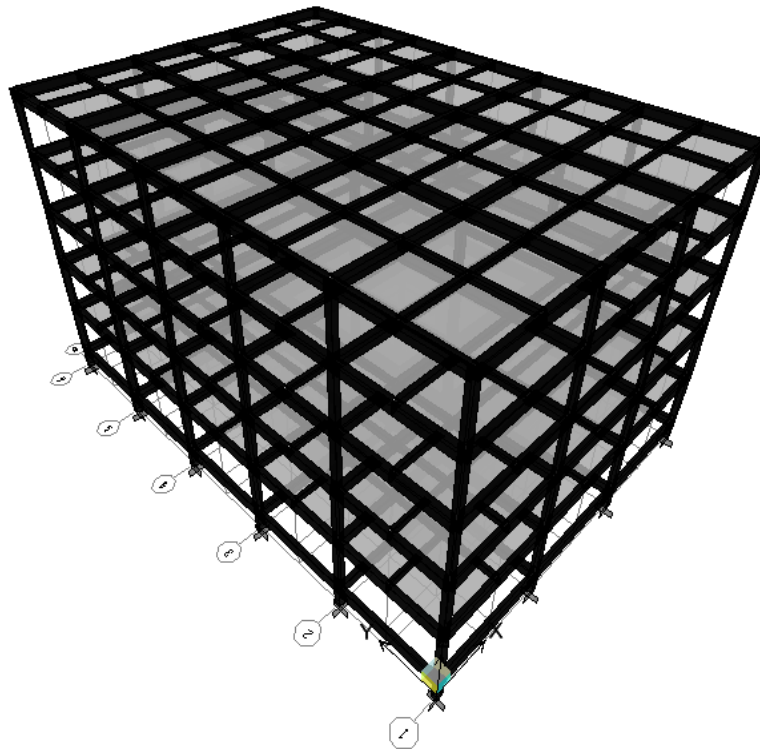
Đối với các thành phần thẳng đứng của tác động động đất, phổ thiết kế được xác định theo các biểu thức trên, trong đó gia tốc nền thiết kế theo phương ngang a_g được thay bằng gia tốc nền thiết kế a_{vg} ; S được lấy bằng 1,0.

Bảng 8: Phổ thiết kế dùng trong phân tích đàn hồi theo phương đứng

$0 \leq T \leq T_B \Leftrightarrow 0 \leq T \leq 0.05$		$T_B \leq T \leq T_c \Leftrightarrow 0.05 \leq T \leq 0.15$	
T	S_v	T	S_v
0	0.4991	0.06	0.4799
0.01	0.4953	0.08	0.4799
0.02	0.4915	0.1	0.4799
0.03	0.4876		
0.04	0.4838		
0.05	0.4799		
$T_c \leq T \leq T_D \Leftrightarrow 0.15 \leq T \leq 1$		$T_D \leq T \Leftrightarrow 1 \leq T$	
T	S_d	T	S_d
0.15	0.4799	2	0.1497
0.2	0.3600	3	0.1497
0.4	0.1800	4	0.1497
0.6	0.1497	5	0.1497
0.8	0.1497	6	0.1497
1	0.1497	7	0.1497

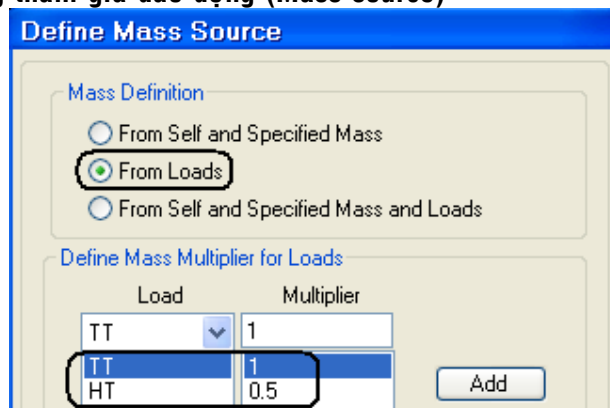
2. CÁC BƯỚC THỰC HIỆN BẰNG PHẦN MỀM ETABS:

2.1 Xây dựng mô hình



Hình 1: Mô hình khung không gian hệ kết cấu phân tích

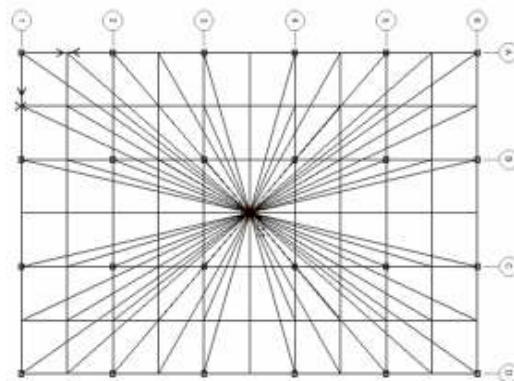
2.2. Khai báo tải trọng tham gia dao động (Mass source)



Hình 2: Khai báo tổng khối lượng xác định các dạng dao động

2.3. Khai báo sàn tuyệt đối cứng (Diaphragms):

Chọn từng sàn -> Assign -> Shell/ Area -> Diaphragms



Hình 3: Tâm khoai lồi

2.4. Khai báo tải trọng gió (Wind Load)

2.4.1 Gió đẩy theo phương x: GX

User Wind Load

Edit

User Wind Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ	X-Ord	Y-Ord
STORY6	D5	18.45	0.	0.	10.5	15.
STORY5	D4	18	0.	0.	10.5	15.
STORY4	D3	17.42	0.	0.	10.5	15.
STORY3	D2	16.25	0.	0.	10.5	15.
STORY2	D1	14.93	0.	0.	10.5	15.

Hình 4: Độ lớn tải trọng gió đẩy trên các tầng phương x

2.4.2 Gió hút theo phương x: GXX

User Wind Load

Edit

User Wind Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ	X-Ord	Y-Ord
STORY6	D5	-18.42	0.	0.	10.5	15.
STORY5	D4	-18	0.	0.	10.5	15.
STORY4	D3	-17.42	0.	0.	10.5	15.
STORY3	D2	-16.25	0.	0.	10.5	15.
STORY2	D1	-14.93	0.	0.	10.5	15.

2.4.3. Gió đẩy theo phương y và Gió hút trên các tầng theo phương x

User Wind Load

Edit

User Wind Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ	X-Ord	Y-Ord
STORY6	D5	0.	12.91	0.	10.5	15.
STORY5	D4	0.	12.6	0.	10.5	15.
STORY4	D3	0.	12.2	0.	10.5	15.
STORY3	D2	0.	11.38	0.	10.5	15.
STORY2	D1	0.	10.45	0.	10.5	15.

Hình 6: Độ lớn gió đẩy trên các tầng theo phương y

2.4.4. Gió hút theo phương y: Gió GYY

User Wind Load

Edit

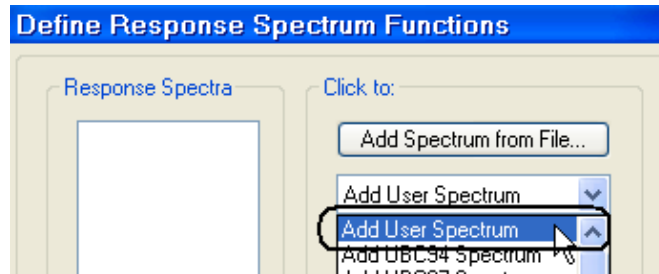
User Wind Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ	X-Ord	Y-Ord
STORY6	D5	0.	-12.91	0.	10.5	15.
STORY5	D4	0.	-12.6	0.	10.5	15.
STORY4	D3	0.	-12.2	0.	10.5	15.
STORY3	D2	0.	-11.38	0.	10.5	15.
STORY2	D1	0.	-10.45	0.	10.5	15.

Hình 7: Độ lớn gió hút trên các tầng theo phương y

2.5. Khai báo tải trọng động đất (Quake Load)

Click chọn menu **Define** ⇒ **Response Spectrum Functon...**



Hình 8: Hộp thoại Define Response Spectrum Functions

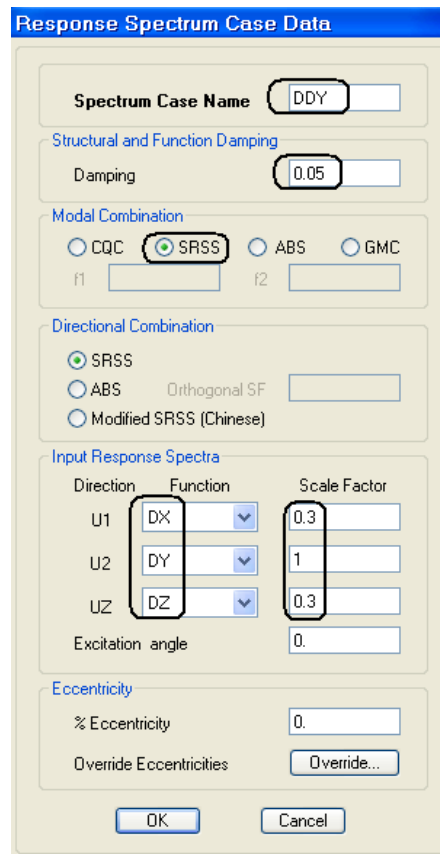
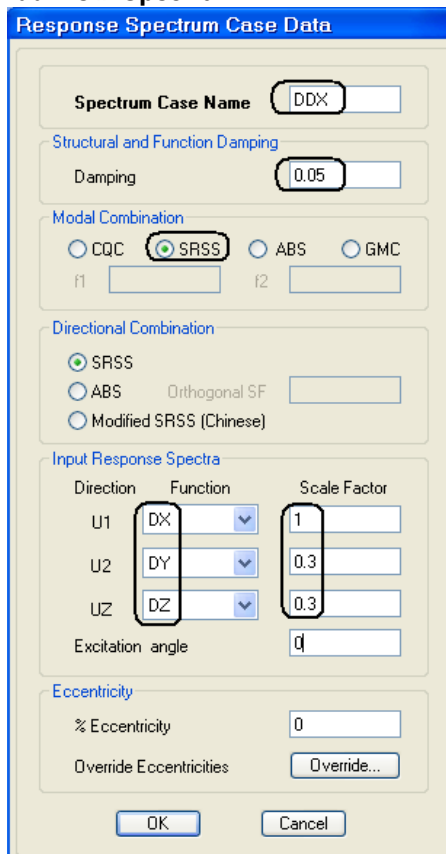
Click chọn **Add User Spectrum**

Click chọn menu **Define** ⇒ **Response Spectrum Cases...**



Hình 9: Hộp thoại Define Response Spectra

Click chọn **Add New Spectrum...**



Hình 10: Tổ hợp động đất theo phương x Hình 11: Tổ hợp động đất theo phương y

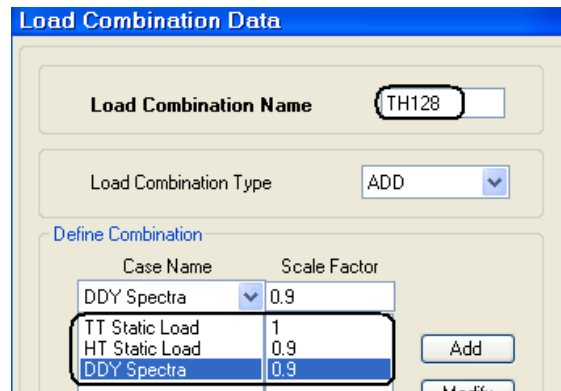
Hình 12: Toả hộp ñoảng ñoát theo phõng Z

2.6 Tải trọng và tổ tải trọng:

1. Tĩnh tải
2. Hoạt tải chất dầy
3. Thành phần tĩnh của tải gió theo phương X
4. Thành phần tĩnh của tải gió theo phương XX (ngược chiều với X)
5. Thành phần tĩnh của tải gió theo phương Y
6. Thành phần tĩnh của tải gió theo phương YY (ngược chiều với Y)
7. Động đất theo phương X (DDX Spectra)
8. Động đất theo phương Y(DDY Spectra)
9. Động đất theo phương Z(DDZ Spectra)

Tổ hợp nội lực	loại
TH12 = PA1+PA2	ADD
TH13 = PA1+PA3	ADD
TH14 = PA1+PA4	ADD
TH15 = PA1+PA5	ADD
TH16 = PA1+PA6	ADD
TH17 = PA1+PA7	ADD

TH18 = PA1+PA8 ADD
 TH19 = PA1+PA9 ADD
 TH123 = PA1+0.9(PA2+PA3) ADD
 TH124 = PA1+0.9(PA2+PA4) ADD
 TH125 = PA1+0.9(PA2+PA5) ADD
 TH126 = PA1+0.9(PA2+PA6) ADD
 TH127 = PA1+0.9(PA2+PA7) ADD
 TH128 = PA1+0.9(PA2+PA8) ADD
 TH129 = PA1+0.9(PA2+PA9) ADD
 THBA0 = ENVE (TH12.....TH129) ENVE



Hình 13: Tổ hợp tải trọng.

2.7 Chọn modes giao động

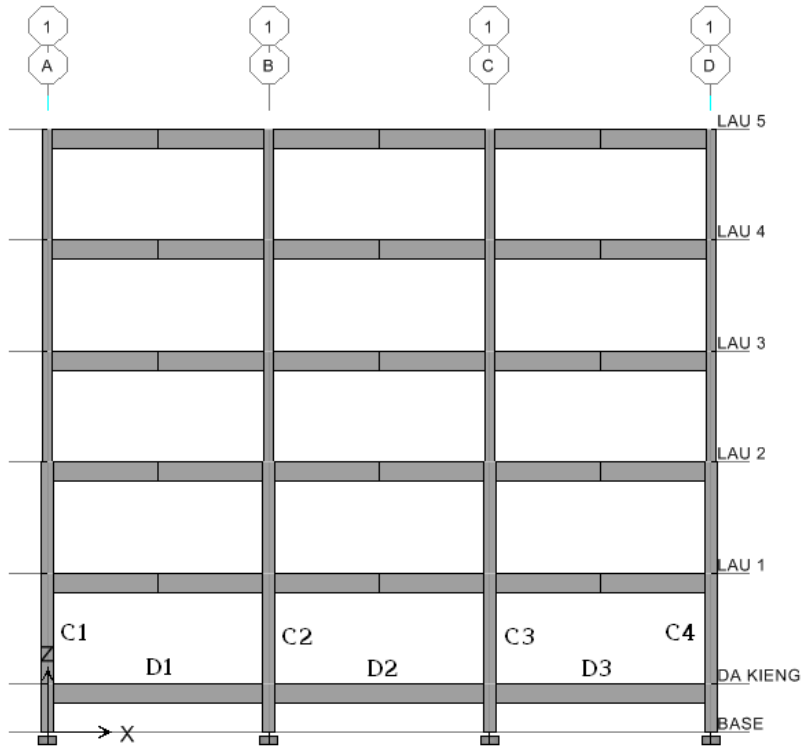
Click chọn menu **Analyze** ⇒ **Set Analysis Options..**

Click chọn **Set Dynamic Parameters...**

Tại dòng **Number of Modes** nhập giá trị **5** (Lấy 5 modes giao động đầu tiên)

2.8. Giải mô hình.

3. SO SÁNH KẾT QUẢ NỘI LỰC VÀ CHUYỂN VỊ CỦA KẾT CẤU TRONG TRƯỜNG CÓ TÍNH ĐẾN TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT:



Hình 14: Các phần tử khung trục 1

3.1. SO SÁNH KẾT QUẢ NỘI LỰC PHẦN TỬ DẦM

Bảng 9: Không tính đến tải trọng động đất

Trục	Phần Tử	M (T.m)			Q (T)	
		Gối	Nhịp	Gối	Gối	Gối
A-B	D1	-9.54	4.22	-10.58	-6.56	7.12
B-C	D2	-9.67	2.23	-9.67	-6.54	6.54
C-D	D3	-10.58	4.22	-9.54	-7.12	6.56

Bảng 10: Có tính đến tải trọng động đất theo phổ phản ứng đàn hồi

Trục	Phần Tử	M (T.m)			Q (T)	
		Gối	Nhịp	Gối	Gối	Gối
A-B	D1	-20.47	5.46	-19.93	-9.64	10.19
B-C	D2	-17.81	3.56	-17.81	-9.00	9.00
C-D	D3	-19.93	4.9	-20.47	-10.19	9.64

Bảng 11: Có tính đến tải trọng động đất theo phổ thiết kế dùng trong phân tích đàn hồi

Trục	Phần Tử	M (T.m)			Q (T)	
		Gối	Nhịp	Gối	Gối	Gối
A-B	D1	-9.54	4.22	-10.58	-6.56	7.12
B-C	D2	-9.67	2.23	-9.67	-6.54	6.54
C-D	D3	-10.58	4.22	-9.54	-7.12	6.56

3.2 SO SÁNH KẾT QUẢ NỘI LỰC PHẦN TỬ CỘT:

Bảng 12: Nội lực trong phần tử cột không tính đến tải trọng động đất

Trục	Phần Tử	M (T.m)	Q (T)
A	C1	-8.07	-4.67
B	C2	7.39	4.18
C	C3	-7.39	-4.17
D	C4	8.07	4.68

Bảng 13: Nội lực trong phần tử cột có tính đến tải trọng động đất theo phổ phản ứng đàn hồi

Trục	Phần Tử	M (T.m)	Q (T)
A	C1	-18.82	-10.48
B	C2	21.50	12.10
C	C3	-21.50	-12.10
D	C4	18.82	10.48

Bảng 14: Nội lực trong phần tử cột có tính đến tải trọng động đất theo phổ thiết kế dùng trong phân tích đàn hồi

Trục	Phần Tử	M (T.m)	Q (T)
A	C1	-8.07	-4.67
B	C2	7.39	4.18
C	C3	-7.39	-4.17
D	C4	8.07	4.68

3.3 SO SÁNH KẾT QUẢ CHUYỂN VỊ ĐỈNH KHUNG TRỤC 1:



Hình 15: Chuyển vị đỉnh khi không tính đến tải trọng động đất



Hình 16: Chuyển vị đỉnh khi tính đến tải trọng động đất theo Phổ phản ứng đàn hồi.

4. KẾT LUẬN:

- Thiết kế công trình chịu động đất theo phương pháp phổ phản ứng, *phương pháp phân tích phổ phản ứng dạng dao động*, là một trong những phương pháp động và có nhiều ưu điểm:

- + Phương pháp này phân tích động tuyến tính, cho phép áp dụng nguyên lý độc lập tác dụng;
- + Phương pháp này xét đến nhiều dạng dao động của hệ kết cấu, tạo ra mức độ chính xác hơn khi thiết kế;
- + Với khả năng đa dạng hiện nay của các bộ phần mềm thiết kế kết cấu, phương pháp này trở nên đơn giản và dễ kiểm soát.

- Tuy nhiên khi phân tích cần đặc biệt lưu tâm đến việc lựa chọn phổ phản ứng. Trong các kết quả phân tích cho thấy, nếu dùng *Phổ thiết kế dùng trong phân tích đàn hồi* (loại phổ có xét đến hệ số ứng xử q) kết quả nội lực do tác động động đất không đáng kể so với các loại tải trọng khác. Điều này cho thấy, việc đưa hệ số ứng xử q , biểu thức (15), nhằm giảm tải cho tác động động đất, biểu thức (11); (12); (13); (14), xét sự làm việc của hệ kết cấu trong miền đàn hồi là chưa chính xác. Các nhà thiết kế cần thận trọng khi đưa vào hệ số ứng xử q khi chuyển *Phổ phản ứng đàn hồi* sang *Phổ thiết kế dùng trong phân tích đàn hồi*.

Tài liệu tham khảo

- 1/ **Nguyễn Khánh Hùng, Trần Trung Kiên, Nguyễn Ngọc Phúc** – Thiết kế nhà cao tầng bằng Etabs 9.04 – NXB Thống Kê. 2007
- 2/ **Alan E. Kehew** - Địa chất học cho kĩ sư xây dựng và cán bộ kĩ thuật môi trường – Bản dịch tiếng Việt – NXB GD. 1998
- 3/ **Nguyễn Lê Ninh** – Động đất và thiết kế công trình chịu động đất – NXB XD. 2007.
- 4/ **Lê Văn Quý, Lều Thọ Trình** – Ổn định công trình – NXBĐH&THCN. 1979
- 5/ **Bùi Đức Vinh**- Phân tích và thiết kế kết cấu bằng phần mềm Sap2000 – NXB Thống kê.2006
- 6/ **Tiêu chuẩn TCVN2737.1995** - Tải trọng và tác động – NXB XD.1995
- 7/ **Tiêu chuẩn TCXDVN 375.2006** – Thiết kế công trình chịu động đất – NXB XD.2006
- 8/ **ACI318M-05**- Building code requirements for structural concrete and commentary-2004