

Thiết kế công trình chịu tác động của tải trọng động đất bằng ETABS version 9

1. Các khái niệm cần lưu ý:

1.1. Khối lượng, m:

Theo định luật Newton, lực $F = m \times a$. Khối lượng $m \equiv F \Leftrightarrow$ gia tốc $a = 1 \text{ m/s}^2$.

1.2. Bậc tự do, DOF:

Có hai loại sau: MDOF, hệ nhiều bậc tự do; SDOF, hệ một bậc tự do.

1.3. Tần số dao động tự nhiên và mode dao động tự nhiên (Natural Frequency, dao động mà công trình có được do trọng lượng bản thân của nó, không có sự tác động của tải trọng ngoài)

2. Các bước thực hiện:

2.1. Khai báo nguyên vật liệu, Material properties:

Bê tông: Khối lượng riêng, Mass per Unit volume : $\rho = \gamma / g = 2,5 / 10 = 0,25$.

Lý do phải khai báo mục này vì ta có chu kỳ dao động T được tính bằng $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$, do đó nếu công

trình **không** có khối lượng riêng m, hoặc giá trị m rất nhỏ dẫn tới giá trị k rất lớn \Rightarrow giá trị T mà ta có được rất bé. Như vậy, người thiết kế để nhằm lẫn công trình của mình đã đạt đủ độ cứng, và chu kỳ T có được đã nằm trong phạm vi giới hạn. Do vậy, mục Mass per Unit volume bắt buộc phải khai báo khi tính toán phân tích động lực.

2.2. Khối lượng tham gia tính dao động:

Khối lượng đà, dầm, cột, sàn, vách \rightarrow ETABS tự tính toán;

Khối lượng hoàn thiện, khối lượng tường, một phần hoạt tải \rightarrow người thiết kế tính toán.

Theo tiêu chuẩn Mỹ, phần khối lượng tham gia tính dao động là TT + 0,5 HT toàn phần. Theo tiêu chuẩn VN, giá trị tương ứng là TT + 0,8 HT dài hạn. Cả hai cách tính này đều cho giá trị tương đương. Ví dụ: Theo TCVN 2737:1995, tải trọng toàn phần tác dụng lên sàn theo bảng tra là 200 daN/m^2 , trong đó phần dài hạn là 130 daN/m^2 phần ngắn hạn là 70 daN/m^2 . Theo TCVN, $\text{HTDH} \times 0,8 = 130 \times 0,8 = 104 \text{ daN/m}^2$; theo TC Mỹ, $\text{HTTP} \times 0,5 = 200 \times 0,5 = 100 \text{ daN/m}^2$. Như vậy, để thống nhất, ta áp dụng hệ số giảm tải cho hoạt tải được nêu trong TC 229:1999 là 50% cho công trình có kể đến người và trang thiết bị.

2.3. Khối lượng tập trung M:

Phân tích phẳng: $M = m \times S$

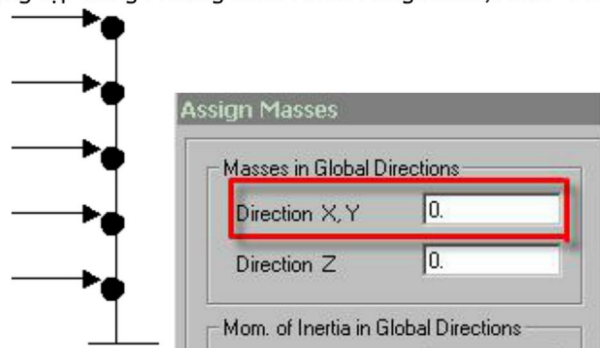
trong đó: m – khối lượng phân bố, $m = \frac{q}{g} = \frac{g + 0,5p}{9,81}$;

S – diện tích sàn.

Thông thường, giá trị q = 9 ~ 14 kN/m² (1 T = 10 kN), thường chọn q = 10 ~ 11 kN/m²

$$\rightarrow m = \frac{q}{g} = \frac{10 \sim 11}{9,81}$$

Sau đó gán khối lượng tập trung M bằng Joint Mass: Assign Joint/Point \rightarrow Additional Point Mass...



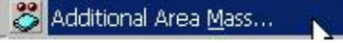
Nhập tham số M vào ô Direction X,Y.

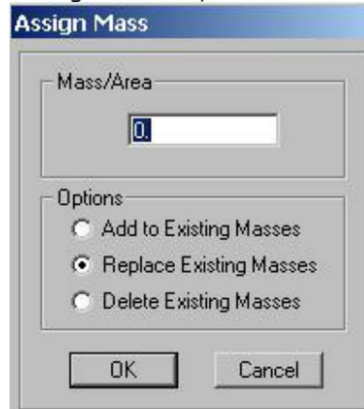
+ Cách khác cho phương pháp tính toán khung phẳng: Chỉ cần tính khối lượng của sàn chia cho gia tốc trọng trường thì được giá trị M, sau đó gán tương tự như trên.

Phân tích 3 chiều:

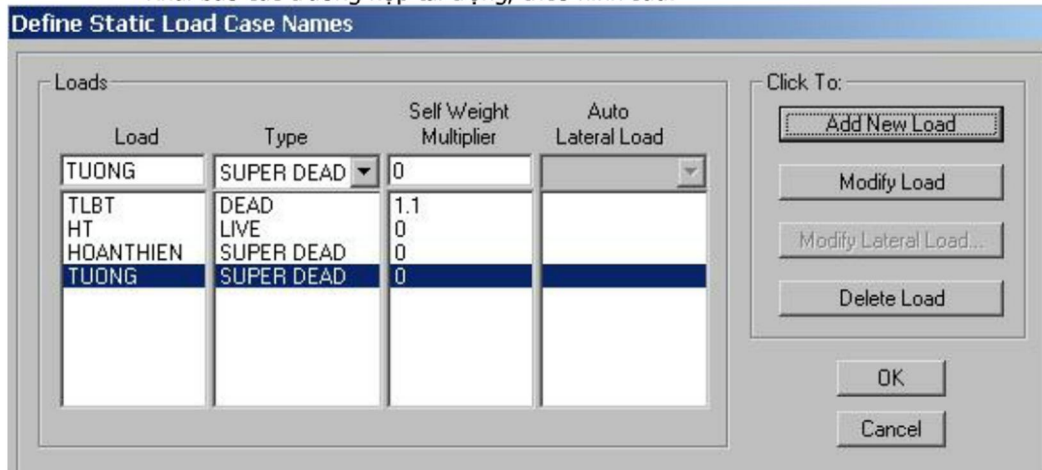
Chú ý: không cần phải chia nhỏ phần tử shell bằng Edit → Mesh Areas hay Assign → Shell/Area → Area Object Mesh Options... khi giải bài toán dao động vì sai số chỉ là 1% với khi có chia nhỏ các phần tử shell.

Khai báo khối lượng: Có các cách sau:

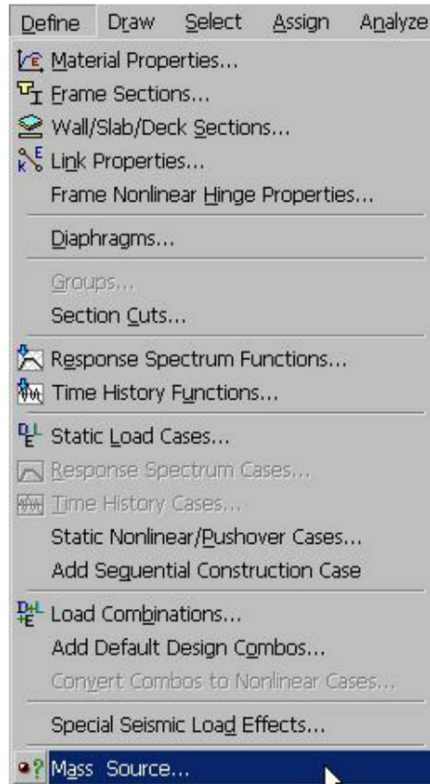
- o Cách 1:
 - Tính các lớp hoàn thiện, vd: 1,2 kN/m²
 - Tính các lớp tường, vd: 2,5 kN/m²
 - Xác định hoạt tải, vd: 2 kN/m²
 - $M = [q = 1,2 + 2,5 + 2 = 5,7 \text{ kN/m}^2] / g = 9,81$
 - Sau đó gán lên shell bằng Area Mass, 



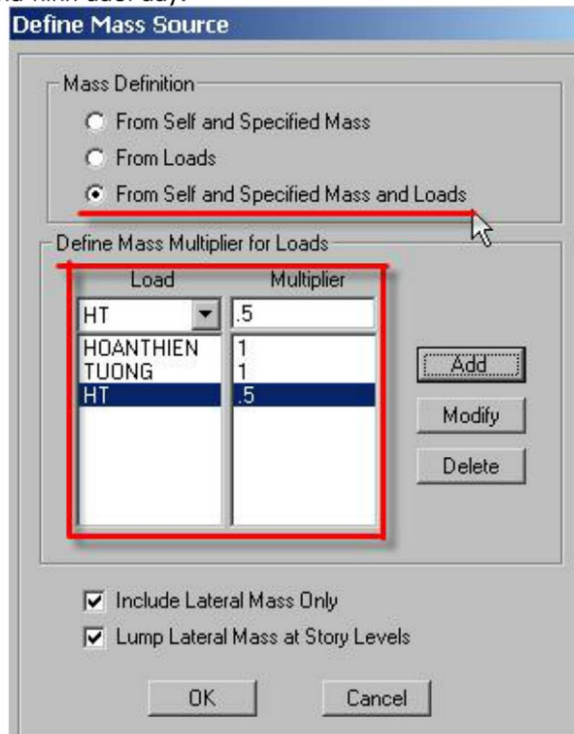
- o Cách 2: Không cần nhập sàn, chỉ cần nhập khung sau đó tính toán toàn bộ khối lượng sàn là bao nhiêu, sau đó chọn hết các nút giao giữa dầm – cột, rồi gán $M = \frac{G_{sàn}}{g \cdot N}$ (với N = số nút trên sàn) bằng Joint Mass.
- o Cách 3:
 - Nhập mô hình.
 - Khai báo các trường hợp tải trọng, theo hình sau:



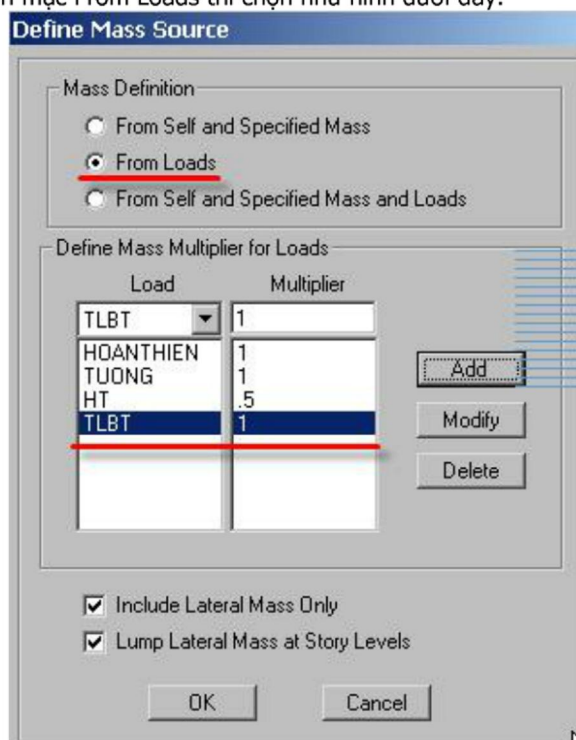
- Gán tải trọng thật sự, chưa cần nhập gió hay tải động đất trong giai đoạn này.
- Phần TLBT, cần chú ý: Khi khai báo nguồn khối lượng Mass Source



- Nếu chọn mục From Self and Specified Mass and Loads thì mục Define Mass Multiplier for Loads như hình dưới đây:



- Nếu chọn mục From Loads thì chọn như hình dưới đây:



2.4. Công trình cần bao nhiêu mode là đủ?

Theo VN, số mode cần tính là S_{mode} sao cho $f_s < f_{gh} < f_{s+1}$. Theo TCVN 229:1999 thì với kết cấu BTCT: $f_{gh} = 1,3 \text{ Hz} \Rightarrow T_{s+1} < T_{gh} = 0,8 \text{ s} < T_s$.

Ví dụ: Phân tích mode dao động của 1 công trình ta được bảng sau:

3. Mode	4. T (s)
5. 1	6. 1,6
7. 2	8. 1,0
9. 3	10. 0,9
11. 4	12. 0,82
13. 5	14. 0,75

Ta thấy mode 4 có $T = 0,82 \text{ s} > T_{gh} = 0,8 \text{ s}$, mode 5 thì $T < T_{gh}$ nên số mode cần phân tích là **4 mode**.

Theo Mỹ, số mode cần tính là S sao cho $y = m_1 + m_2 + \dots + m_s \# 90\% y_{gd}$ (xác định bằng cách xem file *.OUT)

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS							
MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.716509	12.1592	61.6461	0.0000	12.1592	61.6461	0.0000
2	0.676937	62.9422	17.3368	0.0000	75.1014	78.9829	0.0000
3	0.562664	8.4033	3.7223	0.0000	83.5047	82.7052	0.0000
4	0.219831	0.0443	11.2119	0.0000	83.5490	93.9171	0.0000
5	0.219422	10.6936	0.0419	0.0000	94.2426	93.9589	0.0000
6	0.190194	0.0072	0.0032	0.0000	94.2498	93.9621	0.0000
7	0.109230	0.2315	4.1287	0.0000	94.4813	98.0908	0.0000
8	0.106660	0.0244	0.2662	0.0000	98.8854	98.0568	0.0000
9	0.088297	0.0717	0.0357	0.0000	98.3771	98.3926	0.0000
10	0.074487	0.0701	1.5368	0.0000	98.4473	99.9294	0.0000
11	0.074477	1.5527	0.0706	0.0000	100.0000	100.0000	0.0000

Như hình trên, phần gạch dưới màu đỏ là vị trí mà $y \# 90\% y_{gd}$ nên số mode cần tính là **5 mode**.

(Tham khảo bài viết của GS Edward L. Wilson trong file E-MAN08.pdf ở phần Manuals của phần mềm Etabs).

2.6. Phương trình dao động xác định như thế nào?

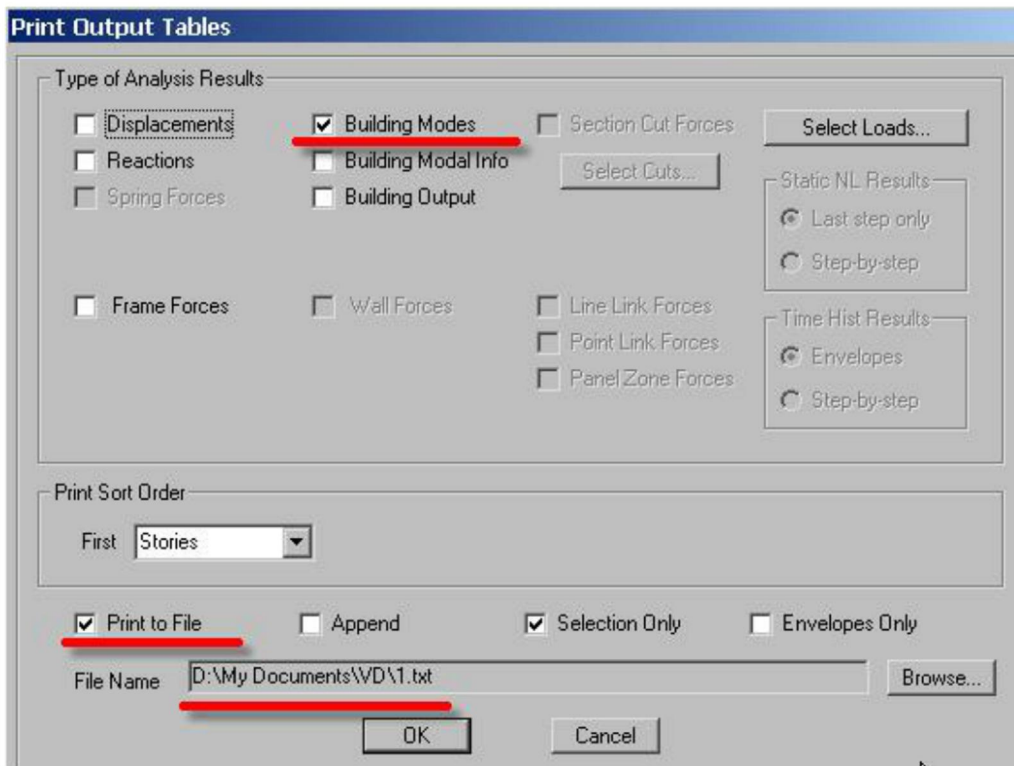
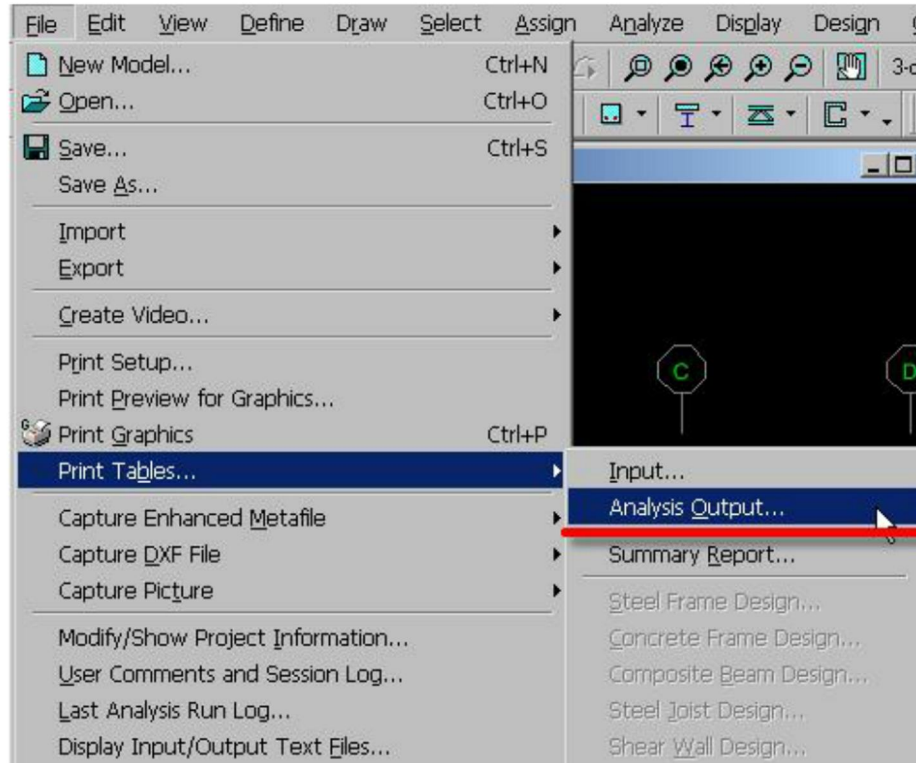
Phương trình dao động của 3 dạng dao động $y = \sin v\xi - B(\cos v\xi - \cosh v\xi) - D \sinh v\xi$ tính toán nhưng không kể đến sự tham gia của các lớp hoàn thiện, trang thiết bị,... trên công trình nên cho kết quả không được chính xác, nên từ 1986, phương pháp tính này đã ít được sử dụng. Hiện nay, trên thế giới sử dụng phương pháp Ritz để tính toán phương trình dao động. Phương pháp này có kể đến sự tham gia của các tải trọng kể trên khi tính toán và phân tích dao động cho công trình.

- Cách xác định phương trình dao động trên ETABS: Ta chọn nút, nằm trên đỉnh và giữa công trình, xuất bằng Display → Show table → Xem hình bên dưới

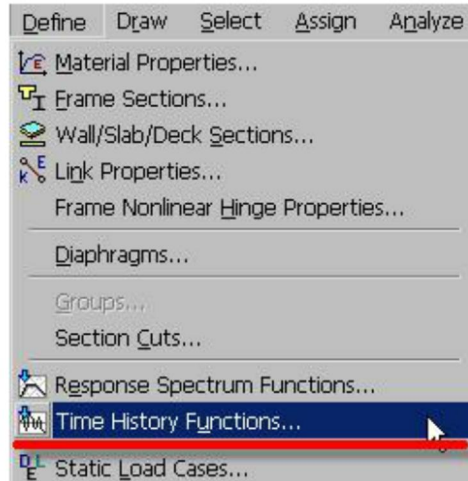
The image shows two screenshots from the ETABS software interface. The top screenshot is the 'Choose Tables for Display' dialog box, where the 'ANALYSIS RESULTS' section is expanded, and 'Modal Information' is checked and highlighted with a red box. The bottom screenshot is the 'Building Modes' table, which displays the results of the modal analysis. The 'UX' and 'UY' columns are highlighted with a red box.

Story	Diaphragm	Mode	UX	UY
STORY4	D1	1	-0.0541	-0.1216
STORY3	D1	1	-0.0440	-0.0988
STORY2	D1	1	-0.0289	-0.0653
STORY1	D1	1	-0.0115	-0.0259
STORY4	D1	2	-0.1221	0.0640
STORY3	D1	2	-0.0981	0.0514
STORY2	D1	2	-0.0665	0.0350
STORY1	D1	2	-0.0281	0.0148
STORY4	D1	3	-0.0430	-0.0287
STORY3	D1	3	-0.0329	-0.0219
STORY2	D1	3	-0.0257	-0.0170

hoặc

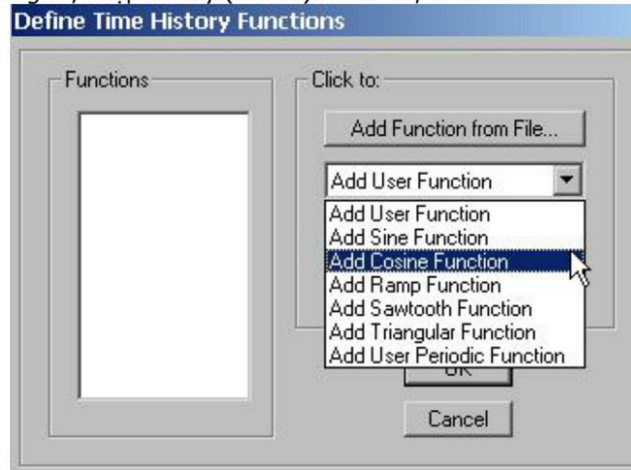


2.7. Nhập tải trọng động đất bằng TIME HISTORY ANALYSIS

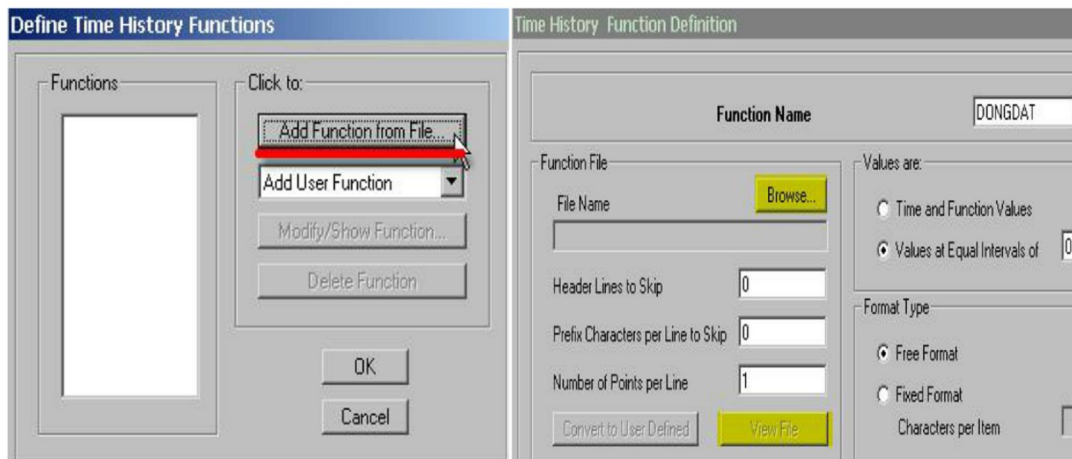


Phương trình: $M\ddot{u} + c\dot{u} + ku = P(t)$

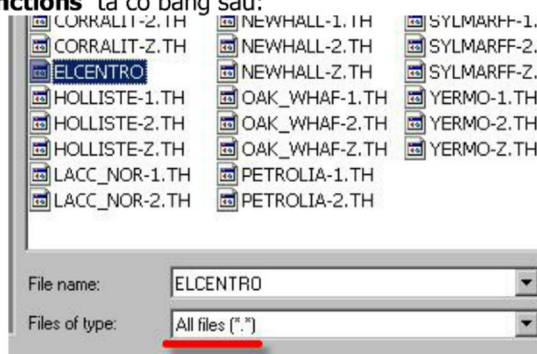
- Các bước giải như sau:
 - Hàm thời gian, nhập chu kỳ (sẵn có). Theo đó, ta có các **hàm đơn giản** như sin, cos...:



- Hoặc **hàm ngẫu nhiên** (các hàm do các máy đo các trận động đất ghi lại, trong ETABS có sẵn một số hàm có đuôi .TH trong thư mục \ETABS\Time History Functions. Có 2 dạng file hàm: dạng file chỉ có gia tốc, phải cho biết Time step ΔT ; dạng file hàm thứ 2 cho biết T, giây (s).



- o Click chọn **Browse** ở mục **Function File**, dẫn đường dẫn tới thư mục **\ETABS\Time History Functions** ta có bảng sau:



- o Click **view file** để biết được dạng format file hàm.

```

24402-80758-91179.01      ALTADENA - EATON CANYON PARK  AT  0 DEG
2000 POINTS OF ACCEL DATA EQUALLY SPACED AT .020 SEC.  (UNITS: CM/SEC/SEC)
-3.035   -1.032   -1.224   -3.023   -5.213   1.536   7.311   5.159
.633    -2.967    1.503    4.451    4.875   -4.440   -4.622   3.770
2.357    6.897    4.506    4.057    3.296   -4.530  -25.395  -8.102
6.669    3.584   10.629    1.284   -5.357  -12.719  28.410  26.854
-15.361  -8.254   19.363   -5.215  -27.125  5.048   2.821   -5.591
-13.301  -14.433  -8.746  -14.579  12.576  -10.467  -4.110  11.164
    
```

Hình trên là dạng file hàm chỉ cho biết gia tốc và $\Delta T = 0,020 \text{ sec}$. (chú ý đơn vị gia tốc là cm/s^2 , cần nhân hệ số 0,01 để thành m/s^2 trong ETABS, sẽ nói phần sau)

```

0.00000   .01080   .04200   .00100   .09700   .01590
.16100   -.00010   .22100   .01890   .26300   .00010
.29100   .00590   .33200   -.00120   .37400   .02000
.42900   -.02370   .47100   .00760   .58100   .04250
.62300   .00940   .66500   .01380   .72000   -.00880
.72010   -.02560   .78900   -.03870   .78910   -.05680
.87200   -.02320   .87210   -.03430   .94100   -.04020
    
```

Hình trên là dạng file hàm cho biết chu kỳ và giây.

- o **Ví dụ** sử dụng file hàm ALTADENA-1.TH để phân tích.

Function Name: DONGDAT

Function File:

File Name: c:\program files\computers and structures\etabs 9

Header Lines to Skip: 2

Prefix Characters per Line to Skip: 0

Number of Points per Line: 8

Values are:

Time and Function Values

Values at Equal Intervals of: 0.02

Format Type:

Free Format

Fixed Format

Characters per Item: []

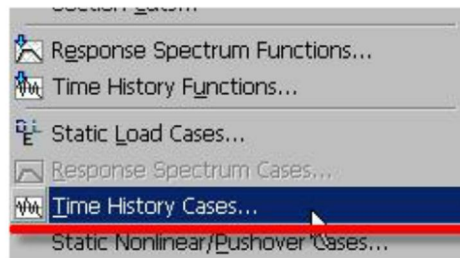
aladena-1.th - WordPad

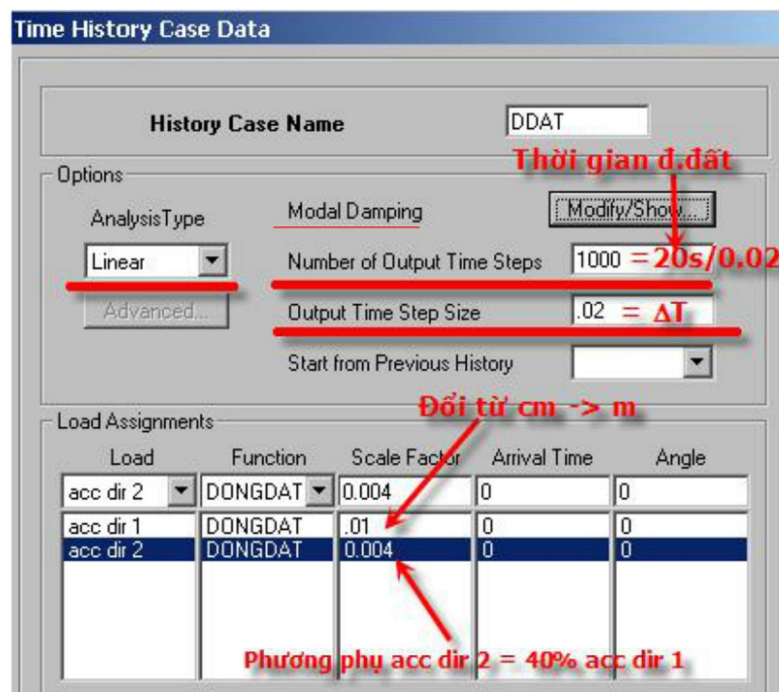
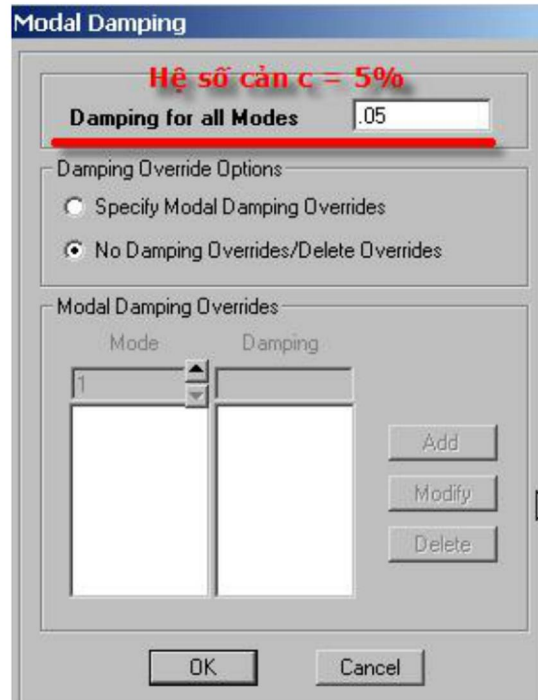
24402-S0758-91179.01 ALTADENA - EATON CANYON PARK AT 0 DEG

2000 POINTS OF ACCEL DATA EQUALLY SPACED AT .020 SEC. (UNITS: CM/SEC/SEC)

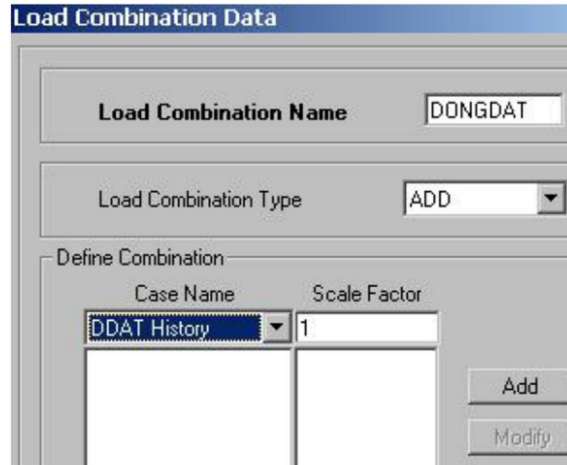
-3.035	-1.032	-1.224	-3.023	-5.213	1.536	7.311	5.159
.633	-2.967	1.503	4.451	4.875	-4.440	-4.622	3.770
2.357	6.897	4.506	4.057	3.296	-4.530	-25.395	-8.102
6.669	3.584	10.329	1.484	-5.357	-12.819	28.410	26.854
-15.361	-8.254	19.363	-5.215	-27.125	5.048	2.821	-9.991
-13.301	-14.433	-8.746	-14.579	12.576	-10.467	-4.110	11.164
-3.752	20.732	9.316	1.457	-11.265	-17.571	-6.691	5.676
10.472	-4.210	7.080	23.193	5.719	-59.833	-24.416	20.104

- Khai báo trường hợp động đất
Define → Time History Cases...

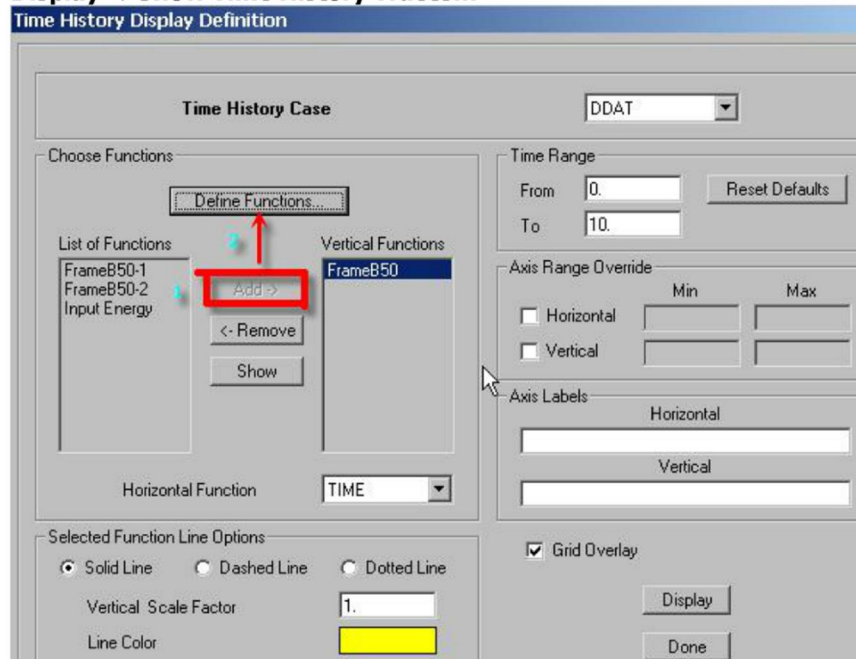




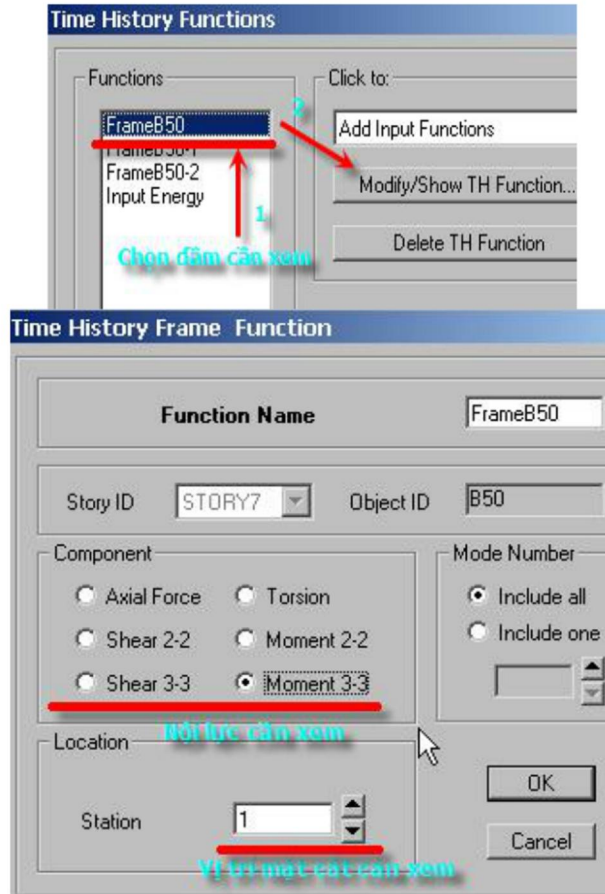
- o Tạo một COMBO có DONGDAT để xác định Max Min nội lực cho phần tử trong thời điểm xảy ra động đất



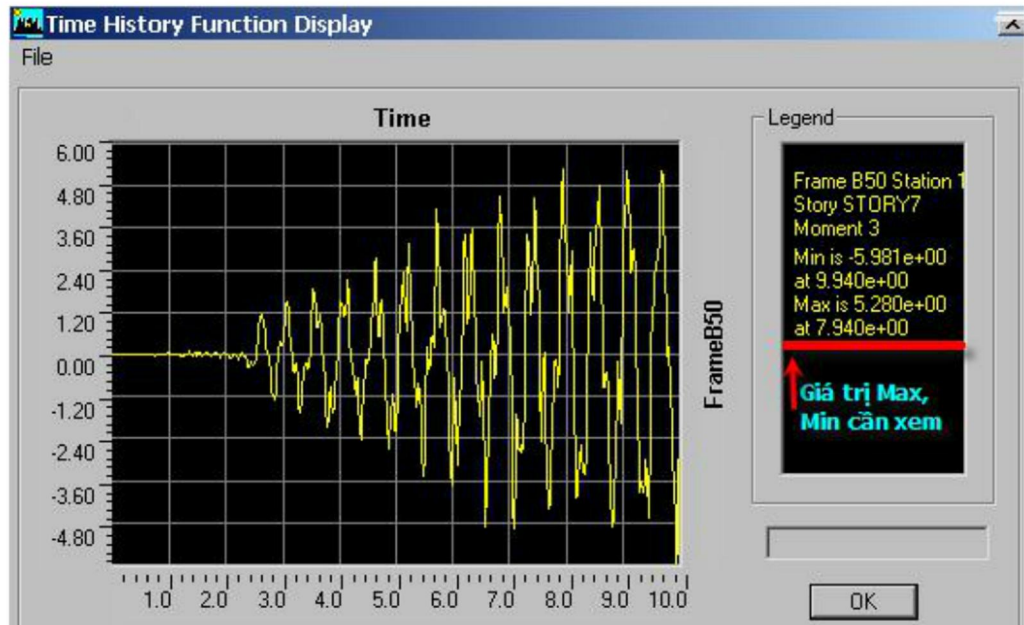
- COMBO này có thể tác dụng với các TH tải \neq (vd gió) để tính toán nội lực cho công trình.
- Tỷ số cản $\xi = \frac{C}{C_{cr}}$
 - BTCT $\xi = 5\%$, Thép $\xi = 3\%$
- **Xem nội lực cho phần tử trong khi diễn ra động đất:**
Display → Show Time History Traces...



Sau khi click **Define Functions...** ta có bảng dưới đây:



Click **display** ở bảng **Time History Display Definition** ta được bảng sau



2.9. Xác định gia tốc đỉnh như thế nào?

Theo phương trình $M\ddot{u} + c\dot{u} + ku = P(t)$ ta thấy được rằng trong cách tính sử dụng phương pháp tĩnh chỉ có độ cứng k nhân với chuyển vị u nên không thể xác định được gia tốc. Do đó có thể sử dụng phương pháp quy đổi như sau: **Giả sử** chuyển vị có dạng $u = u_0 \sin \omega t \Rightarrow u' = (u_0 \omega) \cos \omega t \Rightarrow u'' = -(u_0 \omega^2) \sin \omega t$.

Ta xác định được y_{\max} (u_{\max}) trong ETABS, sau đó $\Rightarrow a_{\max} = \omega^2 \times u_{\max}$

Với chu kỳ riêng $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] **ETABS MANUALS.**

[2] Ths. Nguyễn Hữu Anh Tuấn, *Giáo trình Thực hành phân tích và thiết kế kết cấu một số ví dụ cơ bản bằng ETABS*, 2006, Tp. Hồ Chí Minh.