

Passive Structural Control HW4

R04521202

魏星池

1. 數值積分方法採用 Newmark beta method，已之前作業為基礎修改，來計算能量，kinetic energy 用 $\frac{mv^2}{2}$ 計算，須注意絕對能量計算時，須將 Newmark 中速度(相對)再加上地表速度(從地表加速度計算而得)，得到絕對速度帶入，potential energy 使用 $\frac{ku^2}{2}$ 計算，modal damping energy 以加總 cv^2 的積分而得，input energy 則是上述三種能量的加總。使用的 code 附在後面。

結構分析程式使用 SAP2000，以下介紹建模分析過程及後處理(使用的 Matlab code 附在後面)

SAP2000 建模：

1. 建立合適格線
2. 定義 link (Define-Section Properties-link)，並設定題目要求勁度

Link/Support Property Data

Link/Support Type: Linear

Property Name: LIN1

Property Notes:

Total Mass and Weight:

Mass: 0.0, Weight: 0.0, Rotational Inertia 1: 0.0, Rotational Inertia 2: 0.0, Rotational Inertia 3: 0.0

Factors For Line, Area and Solid Springs:

Property is Defined for This Length In a Line Spring: 1.0

Property is Defined for This Area In Area and Solid Springs: 1.0

Directional Properties:

Direction	Fixed
U1	<input checked="" type="checkbox"/>
U2	<input type="checkbox"/>
U3	<input checked="" type="checkbox"/>
R1	<input checked="" type="checkbox"/>
R2	<input checked="" type="checkbox"/>
R3	<input checked="" type="checkbox"/>

Properties: Modify/Show for All...

P-Delta Parameters: Advanced...

OK, Cancel, Fix All, Clear All

Linear Link/Support Directional Properties

Link/Support Name: LIN1

Directional Control:

Direction	Fixed
U1	<input checked="" type="checkbox"/>
U2	<input type="checkbox"/>
U3	<input checked="" type="checkbox"/>
R1	<input checked="" type="checkbox"/>
R2	<input checked="" type="checkbox"/>
R3	<input checked="" type="checkbox"/>

Shear Distance from End J:

U2: 0.0, U3: 0.0

Units: N, m, C

Stiffness Values Used For All Load Cases:

Stiffness Is Uncoupled (selected)

U1	U2	U3	R1	R2	R3
Fixed	362520.0	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed

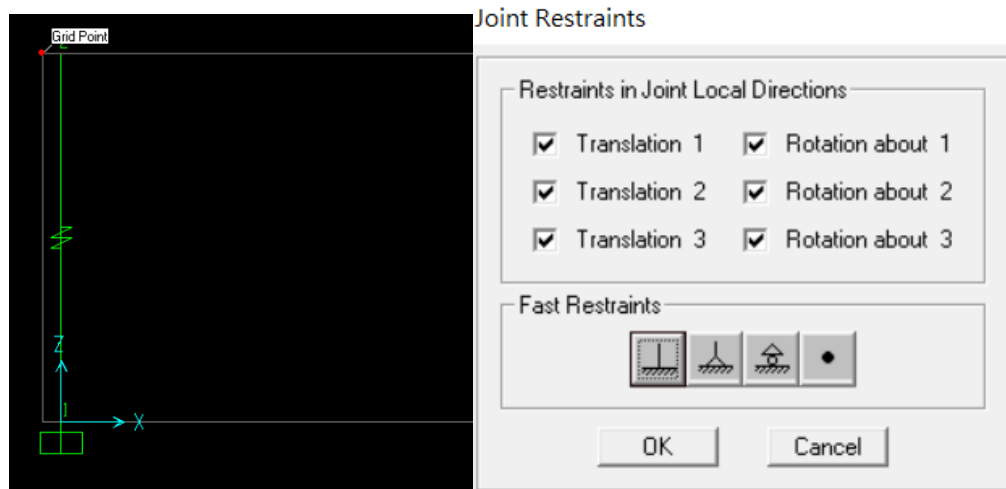
Damping Values Used For All Load Cases:

Damping Is Uncoupled (selected)

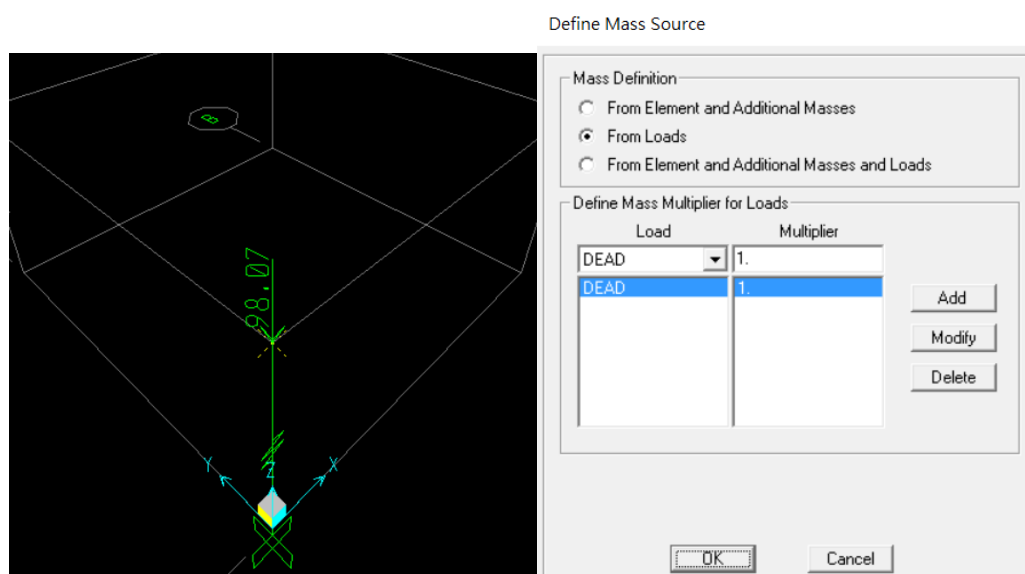
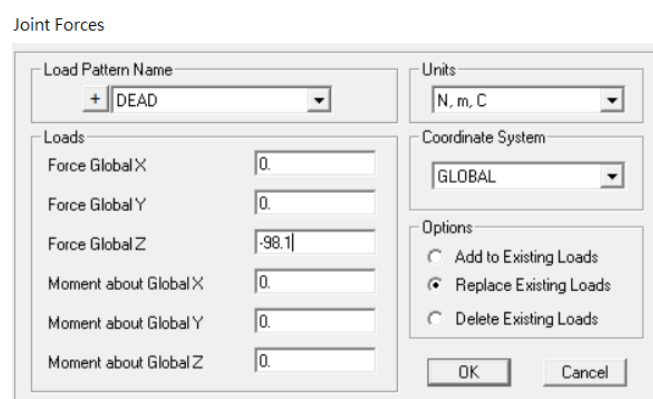
U1	U2	U3	R1	R2	R3
Fixed	0.0	Fixed	Fixed	Fixed	Fixed

OK, Cancel

- 繪製 link (Draw-Quick draw link)，並設定 fixed base (Assign-joint-restraints)

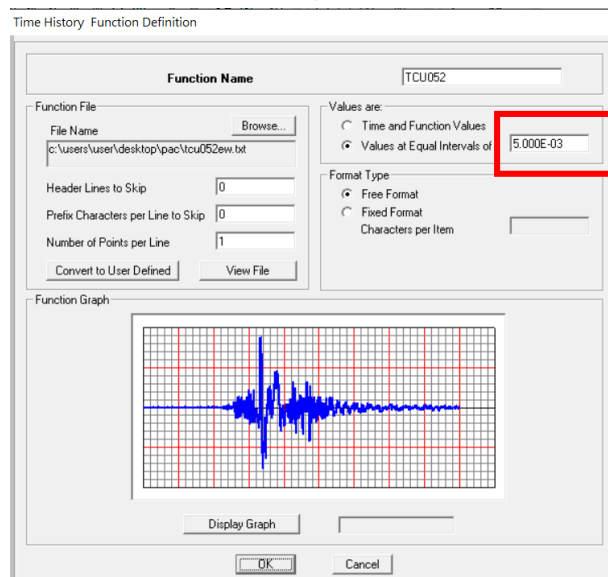


- 利用外力轉成質量來設定題目要求質量
施加 10kg 外力(Assign-joint loads-Forces)，接著在設定質量來源地方選擇 from load



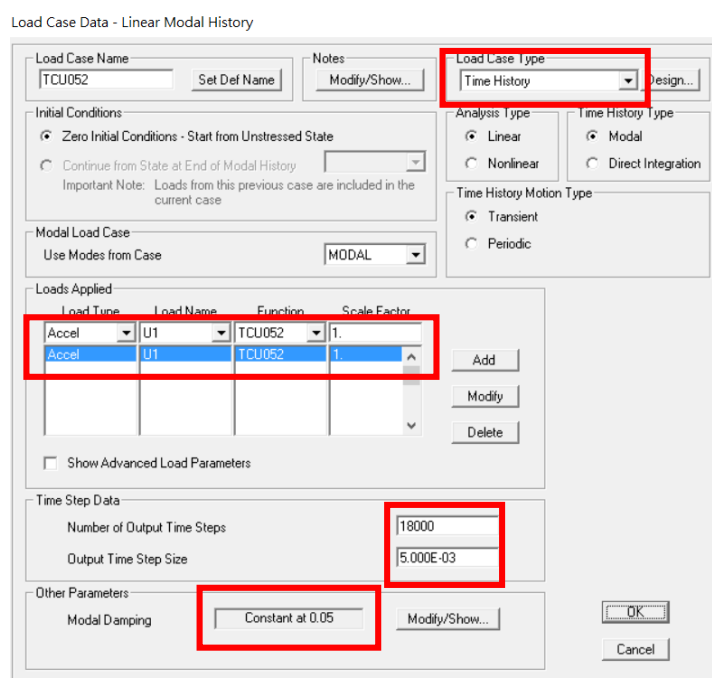
- 加入歷時

利用(Define-Functions-Time History)，加入處理好的 EW 向歷時資料



6. 設定分析 case

利用(Define-Load Cases)設定分析



7. Run analysis，並確認週期正確

8. 資料輸出

利用(Display-Show plot functions)輸出所需資料，題目要求的能量及絕對速度

Plot Function Trace Display Definition

Load Case (Multi-stepped Cases) TCU052

Choose Plot Functions

Define Plot Functions...

List of Functions: Joint2

Vertical Functions: Modal Damping E, Potential Energy, Kinetic Energy, Input Energy

Horizontal Plot Function: TIME

Time Range: From 0, To 0, Reset Defaults

Axis Range Override: Horizontal, Vertical

Axis Labels: Horizontal, Vertical

Selected Plot Function Line Options: Solid Line, Dashed Line, Dotted Line

Vertical Scale Factor: 1

Line Color: Cyan

Grid Overlay: ☒

Save Named Set..., Display..., Show Named Set..., Done

Joint Plot Function

Plot Function Name: Joint2

Joint ID: 2

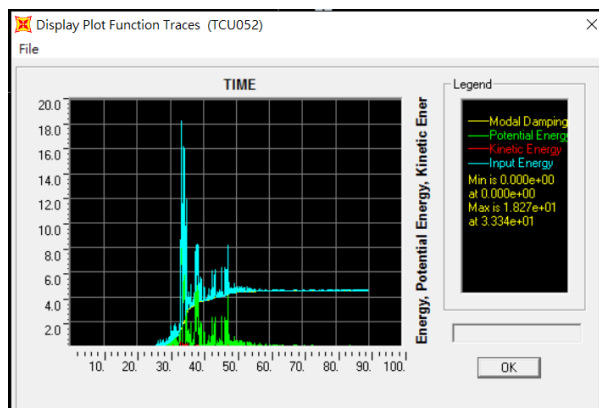
Vector Type: Displ, Vel, Accel, Reaction, Abs Displ, Abs Vel, Abs Accel

Mode Number: Include all, Include one

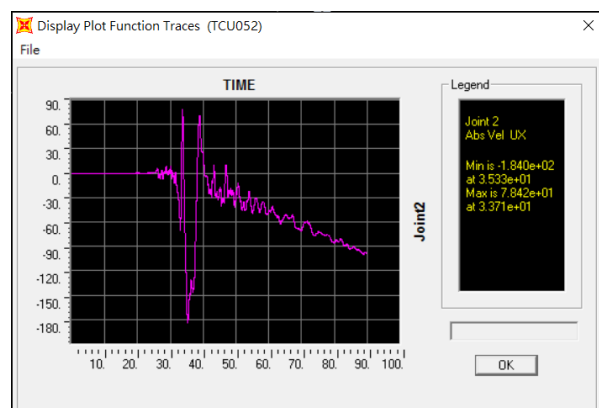
Component: UX, UY, UZ, RX, RY, RZ

OK, Cancel

絕對速度輸出設定



相對能量輸出



絕對速度輸出

9. 後處理

將 SAP 匯出資料利用 Matlab 畫圖，而絕對能量計算方法為相對 input energy 減去相對 kinetic energy 再加上絕對 kinetic energy，而絕對 kinetic energy 用 $\frac{mv^2}{2}$ 計算，v 已匯出的絕對速度計算。

結果：

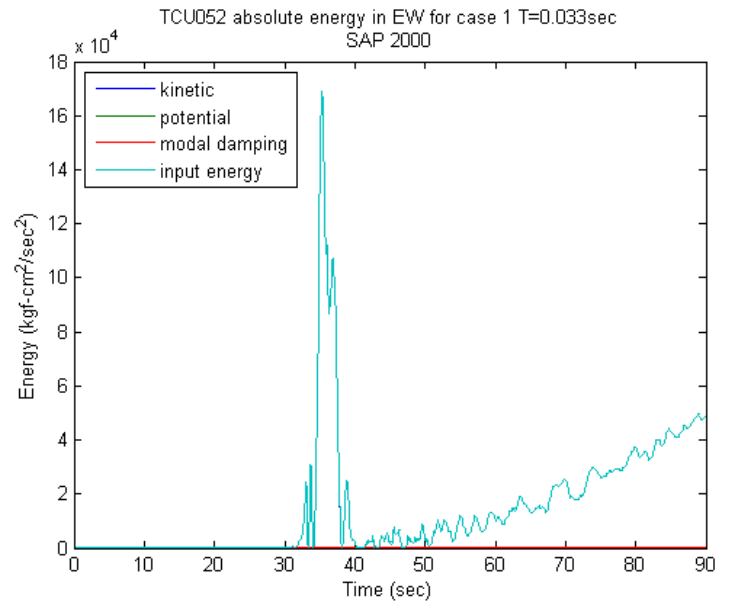
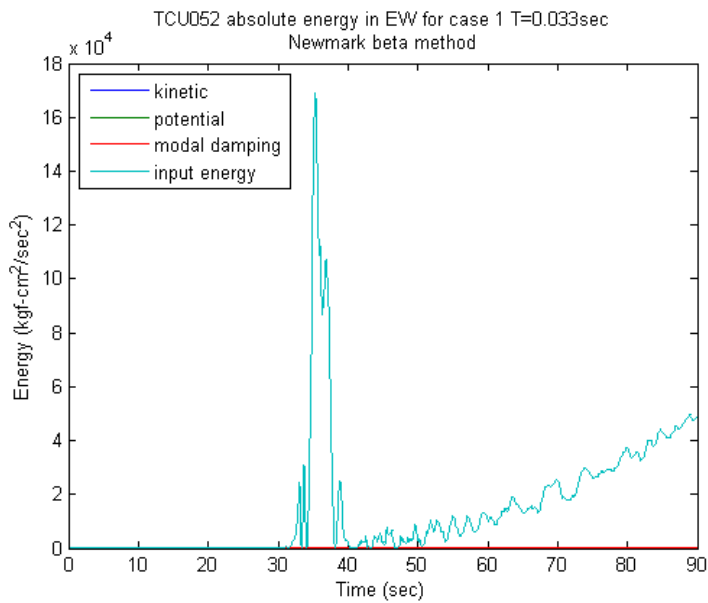
Near-fault earthquake record:TCU052-EW dir.

Absolute energy：

Case1 M1=10kgf K1=362520 N/m T1=0.033sec

Newmark beta method

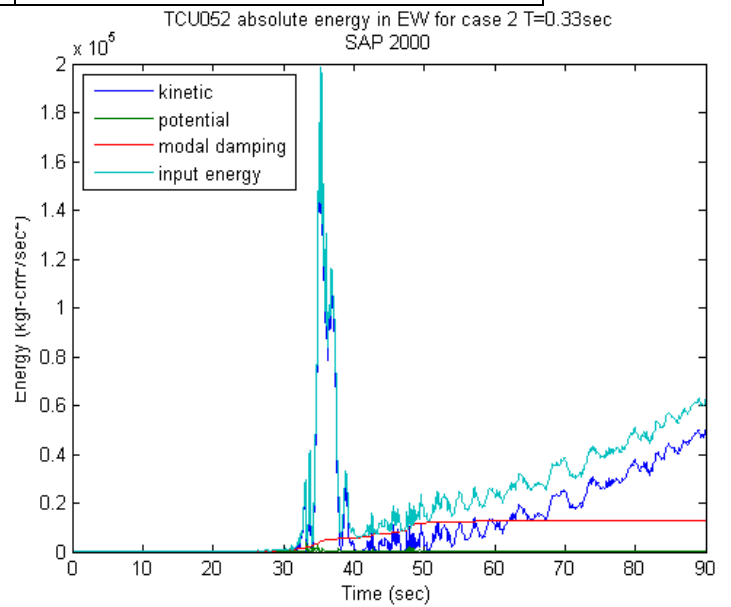
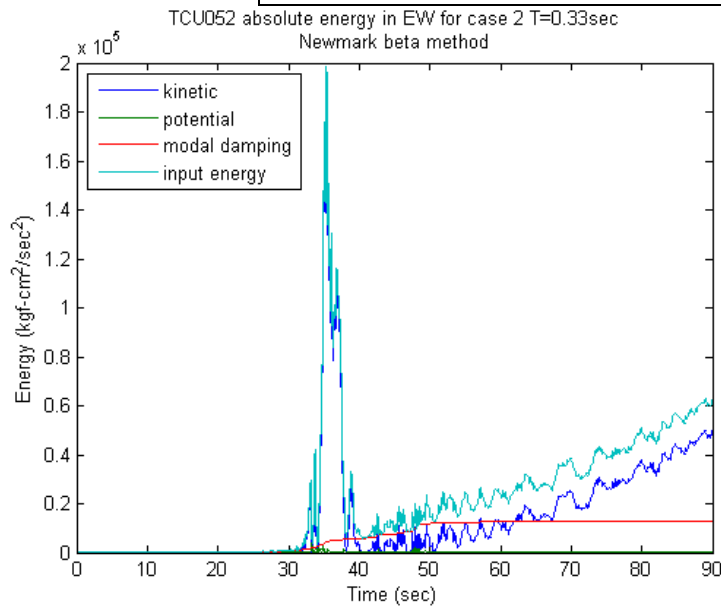
SAP 2000



Case2 M2=10kgf K2=3625.20 N/m T2=0.33sec

Newmark beta method

SAP 2000

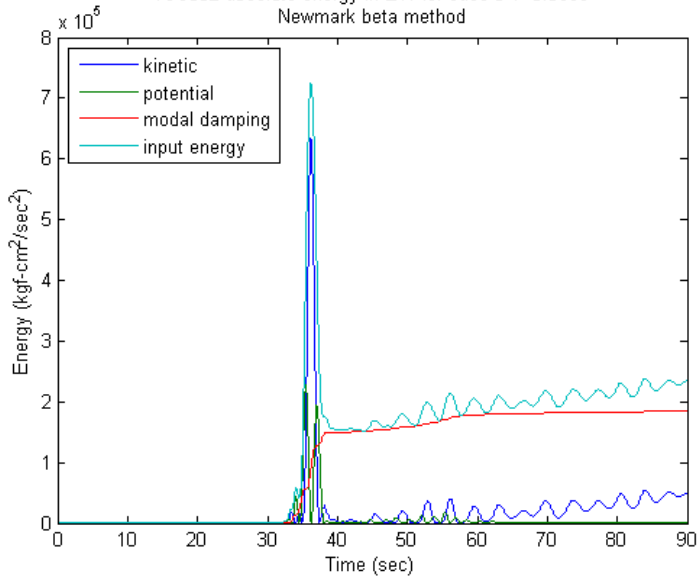


Case3 M3=10kgf K3=36.25 N/m T3=3.3sec

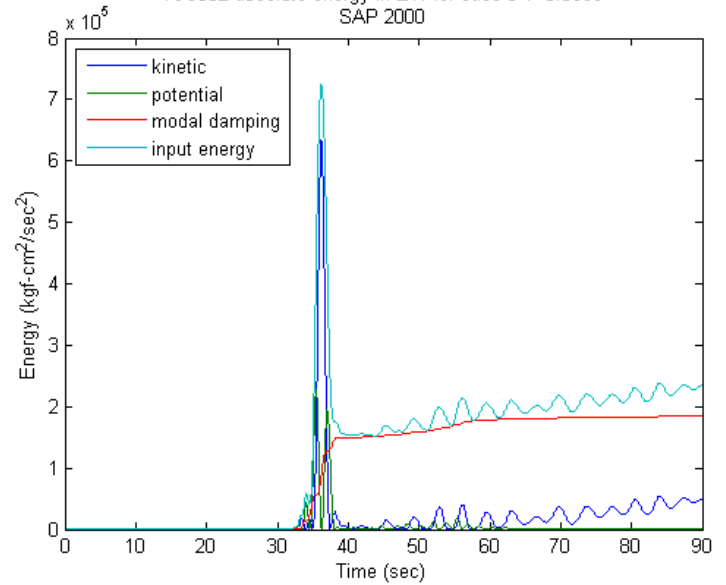
Newmark beta method

SAP 2000

TCU052 absolute energy in EW for case 3 T=3.3sec
Newmark beta method



TCU052 absolute energy in EW for case 3 T=3.3sec
SAP 2000



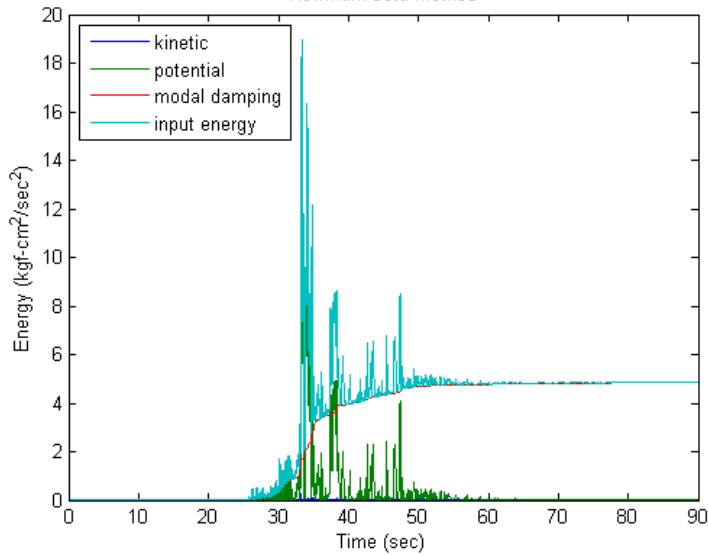
Relative energy :

Case1 M1=10kgf K1=362520 N/m T1=0.033sec

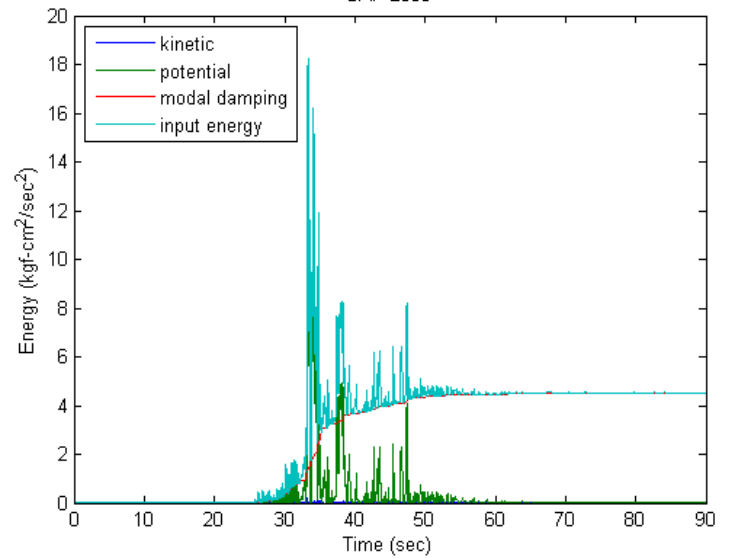
Newmark beta method

SAP 2000

TCU052 relative energy in EW for case 1 T=0.033sec
Newmark beta method



TCU052 relative energy in EW for case 1 T=0.033sec
SAP 2000

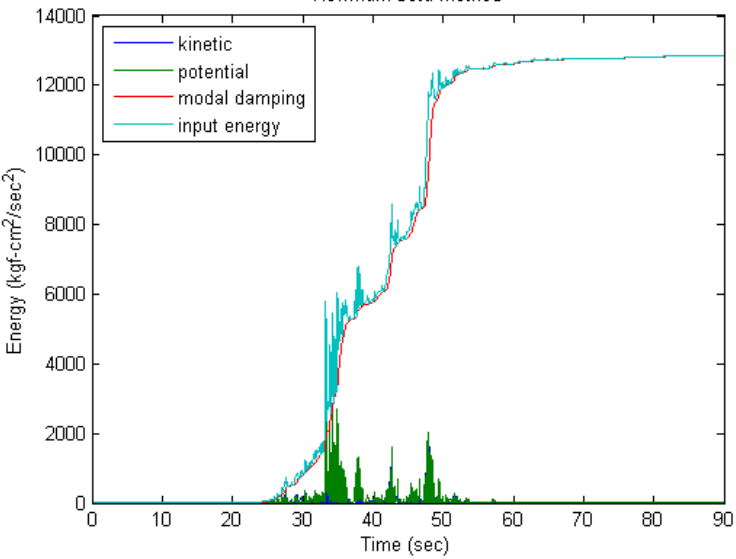


Case2 M2=10kgf K2=3625.20 N/m T2=0.33sec

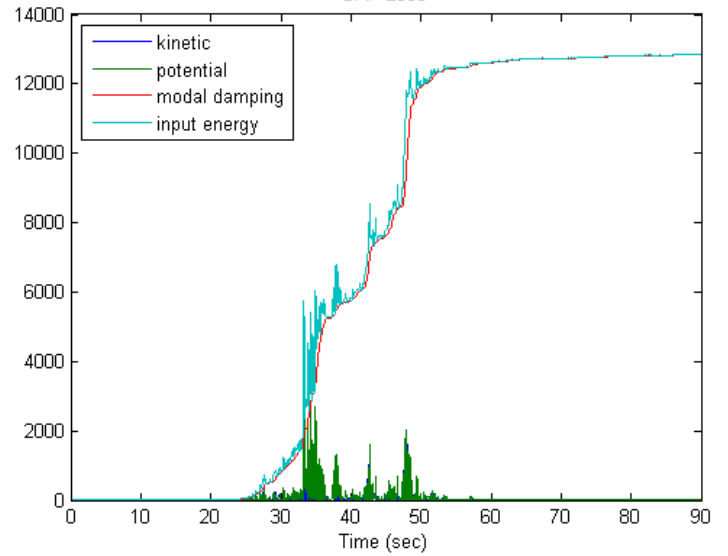
Newmark beta method

SAP 2000

TCU052 relative energy in EW for case 2 T=0.33sec
Newmark beta method



TCU052 relative energy in EW for case 2 T=0.33sec
SAP 2000

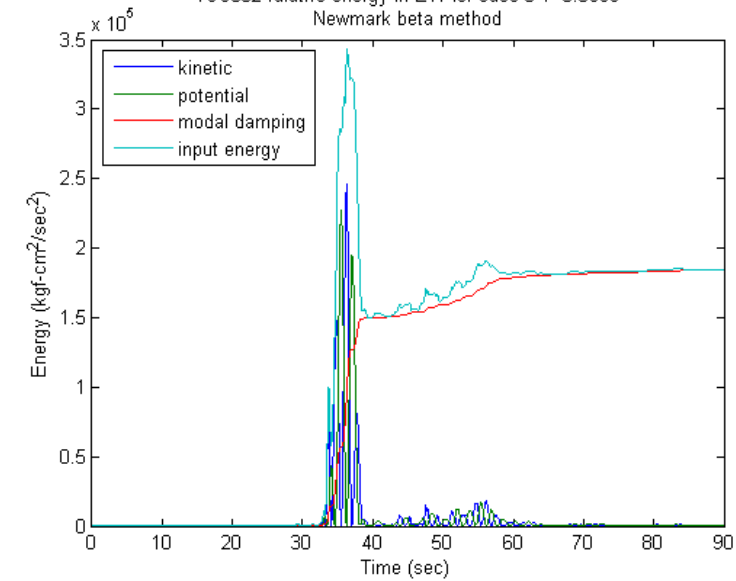


Case3 M3=10kgf K3=36.25 N/m T3=3.3sec

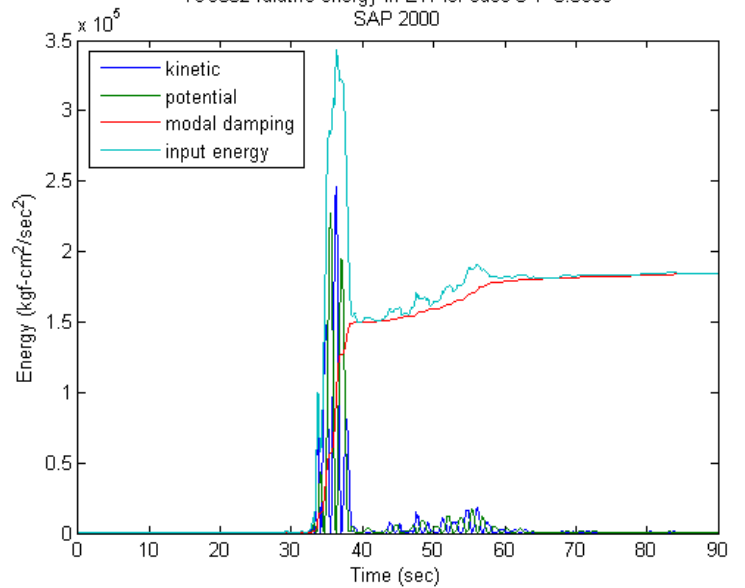
Newmark beta method

SAP 2000

TCU052 relative energy in EW for case 3 T=3.3sec
Newmark beta method



TCU052 relative energy in EW for case 3 T=3.3sec
SAP 2000



Far-fault earthquake record:TCU072-EW dir.

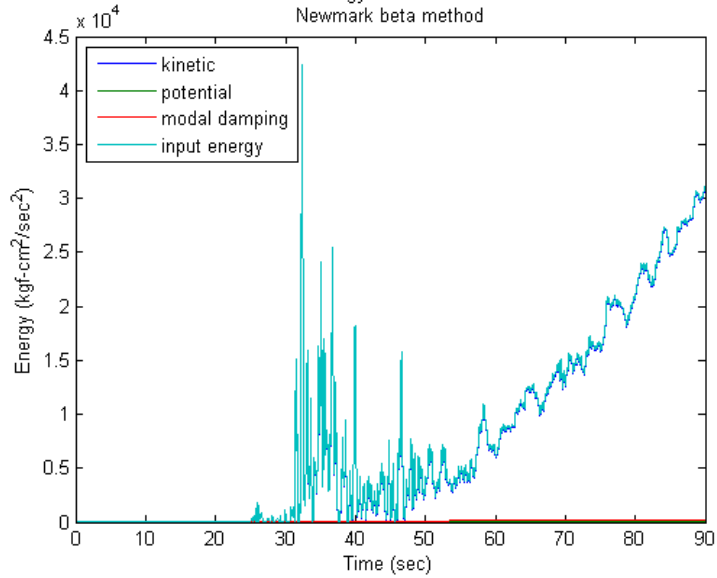
Absolute energy :

Case1 M1=10kgf K1=362520 N/m T1=0.033sec

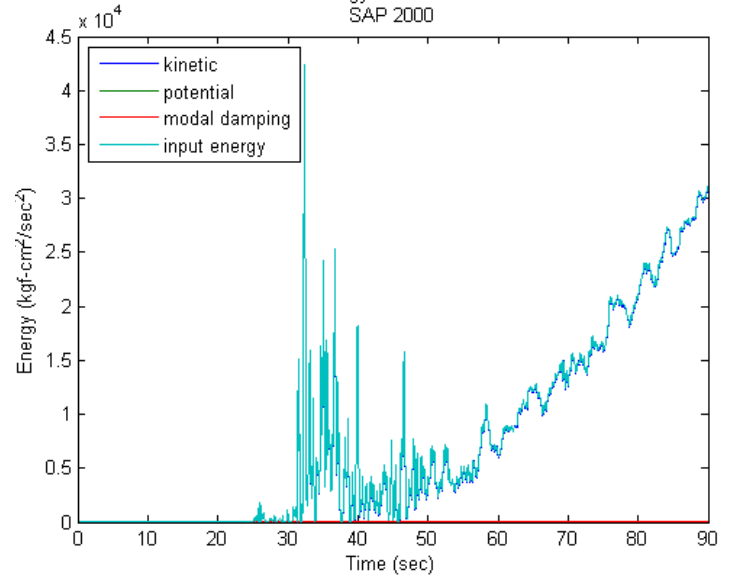
Newmark beta method

SAP 2000

TCU072 absolute energy in EW for case 1 T=0.033sec
Newmark beta method



TCU072 absolute energy in EW for case 1 T=0.033sec
SAP 2000

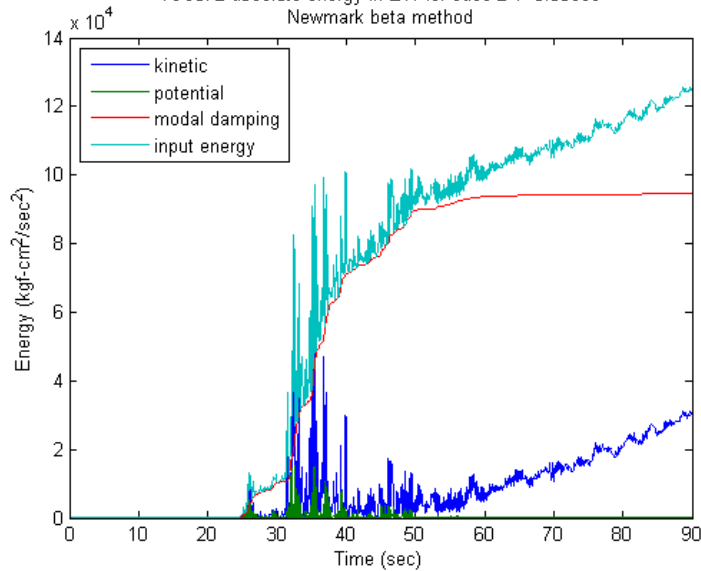


Case2 M2=10kgf K2=3625.20 N/m T2=0.33sec

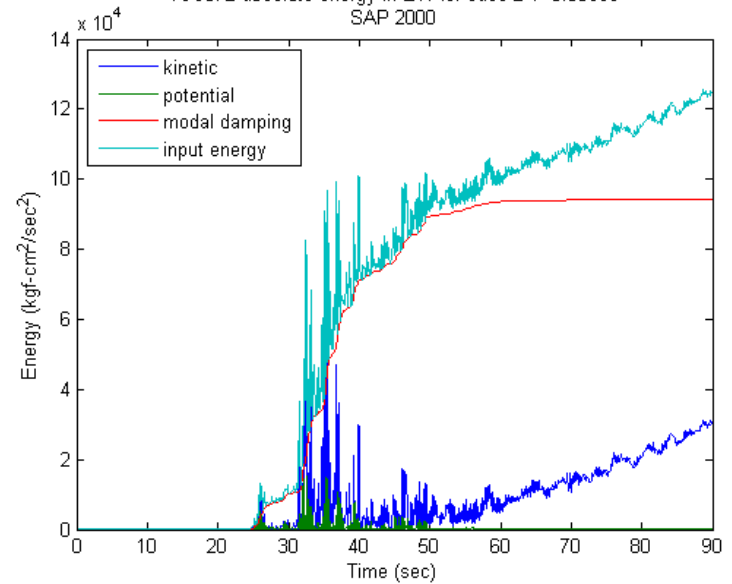
Newmark beta method

SAP 2000

TCU072 absolute energy in EW for case 2 T=0.33sec
Newmark beta method



TCU072 absolute energy in EW for case 2 T=0.33sec
SAP 2000

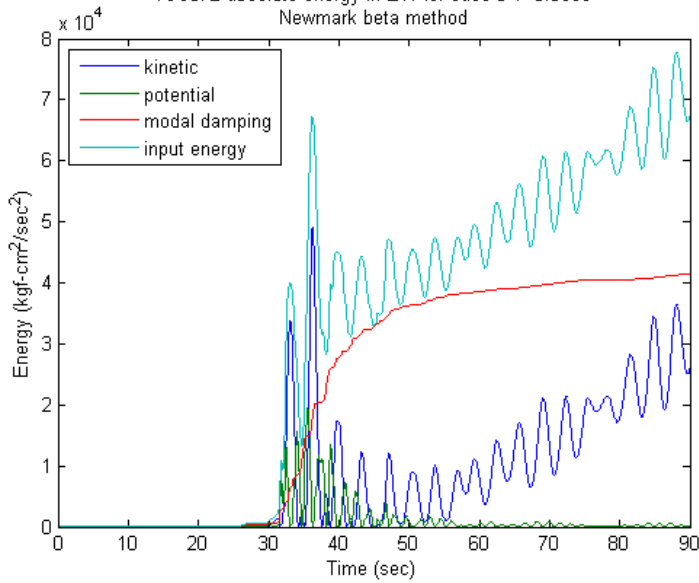


Case3 M3=10kgf K3=36.25 N/m T3=3.3sec

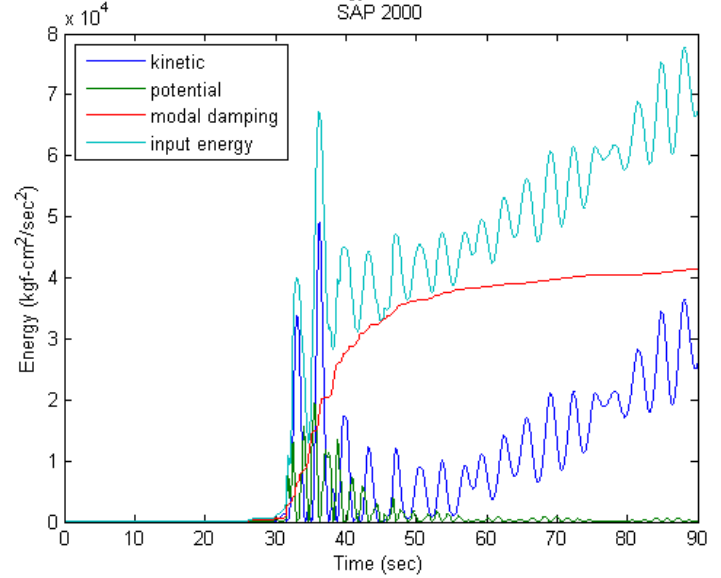
Newmark beta method

SAP 2000

TCU072 absolute energy in EW for case 3 T=3.3sec
Newmark beta method



TCU072 absolute energy in EW for case 3 T=3.3sec
SAP 2000



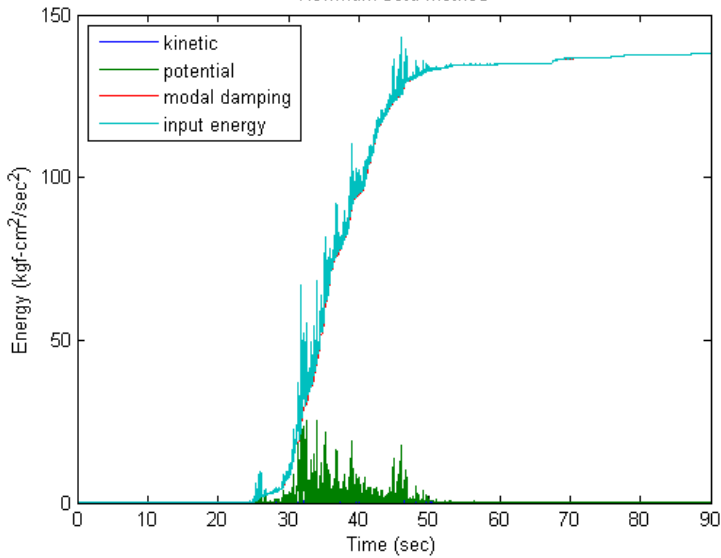
Relative energy :

Case1 M1=10kgf K1=362520 N/m T1=0.033sec

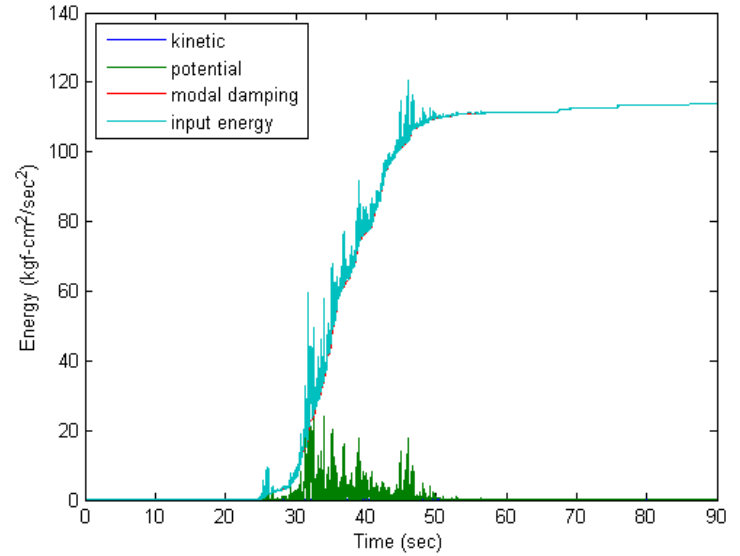
Newmark beta method

SAP 2000

TCU072 relative energy in EW for case 1 T=0.033sec
Newmark beta method



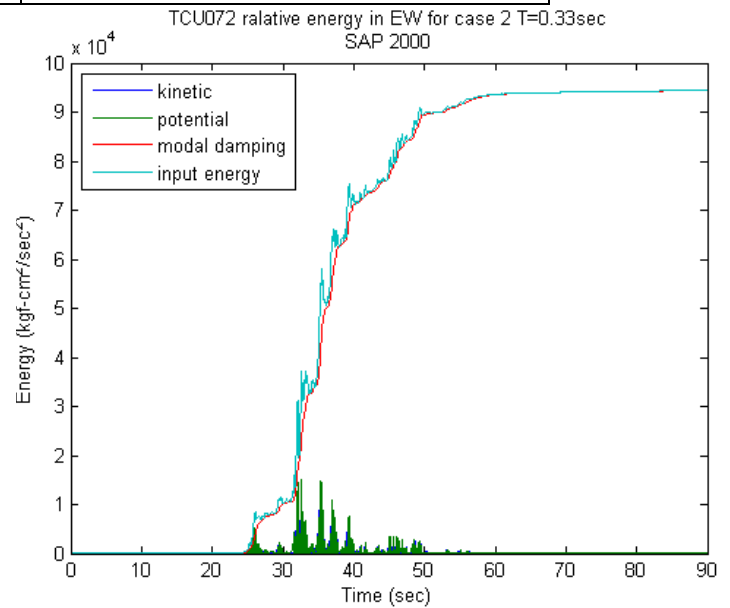
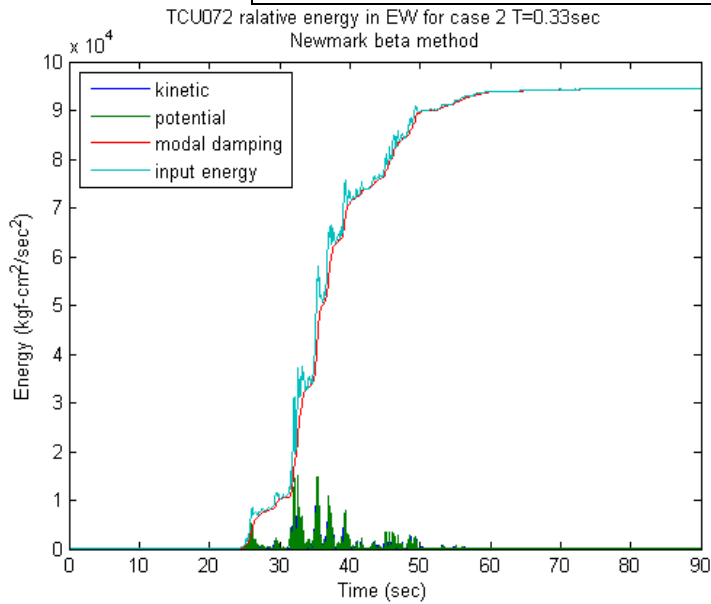
TCU072 relative energy in EW for case 1 T=0.033sec
SAP 2000



Case2 M2=10kgf K2=3625.20 N/m T2=0.33sec

Newmark beta method

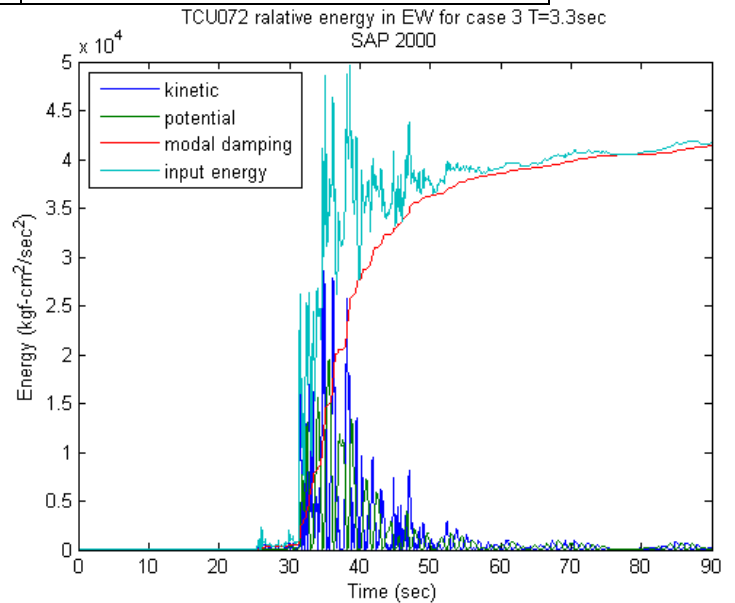
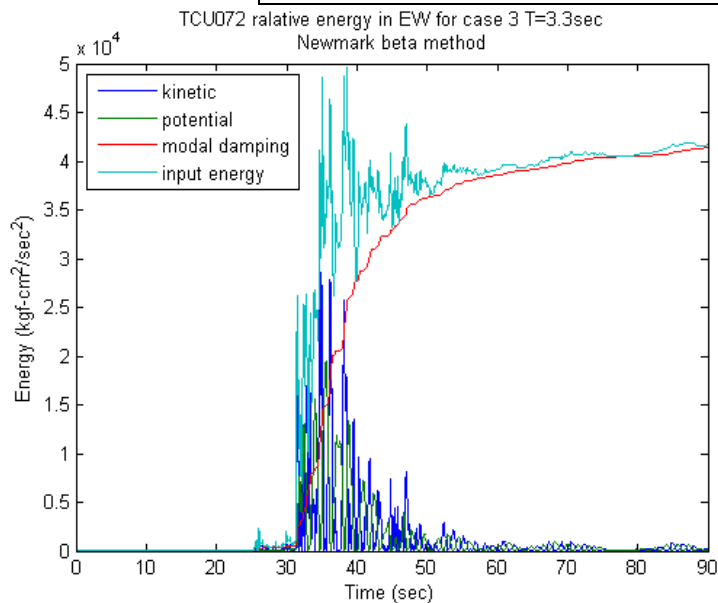
SAP 2000



Case3 M3=10kgf K3=36.25 N/m T3=3.3sec

Newmark beta method

SAP 2000



討論：

1. Newmark beta 與 SAP2000 的結果由圖上看幾乎是差不多的，肉眼很難看出差異，但由計算的數字來看 SAP2000 的結果會小一點點，大約有效數字 3 為以後，但在相對能量的 case1 時可以很明顯看出 SAP2000 結果明顯小很多，像 TCU052 差了約 1kgf-cm²/sec²，而 TCU072 更是差了約 20 kgf-cm²/sec²

2. 由 1 的觀察歸納兩者會在相對能量有差異，遠斷層差異較近斷層大，且在短周期更為明顯。
3. 進一步觀察 TCU072 相對能量 case1 發現，動能和位能變化不大，達肉眼難以看出的程度，而 model damping energy 則非常明顯的在 SAP2000 中變的小很多，進而導致 input 能量小很多，所以由這觀察知道 SAP2000 在相對能量的短周期對於 model damping energy 比採用 Newmark beta 的結果小很多。
4. SAP2000 與 Newmark beta 皆須對絕對動能做另外求出絕對速度的處理，而 SAP 在對於相對能量是直接可以輸出結果，是較為方便的。
5. 在絕對能量下長時間後動能會持續增加對於總能量具很大影響，而 model damping energy 趨近定值，而從相對能量來看 model damping energy 對於總能量影響較大。

(reading assignment 在下頁)

2. reading assignment

這篇 paper 是在探討模態應變能法在應用於黏彈性阻尼上的問題，因為模態應變能法用來估計加了黏彈性阻尼的結構的振態耗損因子與振態阻尼比，但模態應變能法在推導中用了兩個假設，其一為振態耗損因子直接用特徵值的虛部與實部，其二為忽略的結構物的虛部振形的影響。因此這篇 paper 針對了這兩個假設進行探討，是否因為這兩個假設會讓我們在黏彈性阻尼結構計算會出現很大影響。因為這些假設很可能導致在添加很大的阻尼時，出現過度預估家黏彈性阻尼氣的結構物的模態阻尼比。

首先介紹 MSE1，也就是模態應變能法，將其轉成實部與虛部來應用，接著 MSE2 針對特徵值進行近一步推導，與 α 及 β 有關，這兩個參數可以阻尼比與無阻尼頻率來表示，從 MSE1 與 MSE2 相比的圖表中除了發現阻尼比小於 20% 實差異不大外，勁度比的增加亦會影響 VE damper 對於阻尼比的影響。而在多自由度系統中，是一個非比例的阻尼，因此虛部的模態形狀是必須被了解的，因此在推導過程中將完整複數形式代入推導，而虛部模態形狀貢獻是與虛部模態形狀比實部模態形狀有關的，將 MSE3 與 MSE1 比較會發現在阻尼比大於 20% 時，第一模態的阻尼比差距變得顯著，MSE1 增加的很快，但模態二中的 η 即使最大時，兩者差異也不大，因此與 MSE1 的差別是在於阻尼比與模態形狀的值有關，越大則差異越顯著。而在與複數勁度模型比較時，發現對於黏彈性阻尼系統，阻尼比與耗損因子若很小則位於與絕對加速度，線性黏性阻尼模型與複數勁度模型的預測結果是相近的。在進一步探討地震反應，MSE1 只能 step by step 的在時間域利用積分技巧，或在頻率域利用離散傅立葉轉換，而複數勁度系統則可直接計算結構反應在時間域或頻率域中。而在比例阻尼的案例下因為 MSE1 的阻尼預測比 MSE2 大，所以線性黏性阻尼系統的位移反應會比複數勁度系統的來得小，因此勁度阻尼系統的效益會在阻尼比越大時顯著於線性黏性阻尼系統，因此用 MSE1 的線性黏性阻尼系統會高估加速度反應，低估位移反應。而在非比例阻尼案例中，兩者的差異在位移反應，而尤其以頂樓的反應差異較低樓層的反應差異更為顯著，使用 MSE1 的線性黏性阻尼會高估較低樓層的加速度反應，但卻會低估頂樓的位移反應。

那從這篇 paper 最後了解到在比例或非比例阻尼系統的地震反應與未修正模態應變能法相比在阻尼比小於 20% 時，彼此間的差異並不顯著，虛部振形對模態應變能法的影響可以忽略不計，而阻尼比小於 20% 的情形也是工程的應用範圍，若阻尼比大於 20% 時則差異就顯現出來了。而在與複數勁度模型相比，在阻尼比小於 20% 時結果與利用線性黏性阻尼使用未修正模態應變能法相近，倘若阻尼比在增加，則可用線性黏性阻尼使用修正後模態應變能法來估計位移，但加速度則不行，因此在一般工程上阻尼比常見小於 20% 黏彈性阻尼的結構系統採用模態應變能法與較嚴謹的複數勁度模型分析結果是相近的。所以透過這篇 paper 我們了解了 MSE 對於我們在黏彈性阻尼系統中是如何去影響我們預估結構的位移或加速度反應，也了解 20% 阻尼比對於系統反應的分水嶺，這

也應證我們前幾次作業所得的結論。

Matlab code:

Newmark 絕對能量

```
clc
clear all
TXT={'TCU052.txt','TCU072.txt'}
TXTT={'TCU052','TCU072'}%for plot
for TCU=1:2
    filename=TXT{TCU};
    ff=TXTT{TCU};
    [t,E,N,U]=textread(filename,'%f%f%f%f','headerlines',0);
    dt=0.005;
    %choose linear acce.
    beta=1/2;
    gama=1/6;
    m=10;

    for num=1
        if num==1
            ina=E;
        else
            ina=N;
        end
        p=-m*ina;
    for i=2
        %% damping ratio decide
        switch i
            case 1
                dampingratio=2/100;
            case 2
                dampingratio=5/100;
            case 3
                dampingratio=10/100;
            case 4
                dampingratio=20/100;
            case 5
                dampingratio=30/100;
```

```

        case 6
            dampingratio=40/100;
        case 7
            dampingratio=50/100;
    end

%%    ?p???U???M?W?v????
n=0;
for T=[0.033 0.33 3.3]
    n=n+1;
    k=m*( (2*pi/T)^2 );
    c=2*m*dampingratio*2*pi/T;
    a(:,1)=0;v(:,1)=0;u(:,1)=0;
    a(1,1)=1/m*(p(1,1)-c*v(1,1)-k*u(1,1));
    vg(1,1)=0;
    mde(1,1)=0;
    for j=1:length(ina)-1
        dbp=p(j+1,1)-
p(j,1)+m*(6/dt*v(j,1)+3*a(j,1))+c*(3*v(j,1)+dt/2*a(j,1));
        kb=k+3*c/dt+6*m/dt/dt;

        %disp
        du(j,1)=dbp/kb;
        u(j+1,1)=u(j,1)+du(j,1);

        %velocity
        dv(j,1)=3*du(j,1)/dt-3*v(j,1)-a(j,1)*dt/2;
        v(j+1,1)=v(j,1)+dv(j,1);

        %acce
        da(j,1)=6*du(j,1)/dt/dt-6*v(j,1)/dt-3*a(j,1);
        a(j+1,1)=a(j,1)+da(j,1);

        %ground velocity
        vg(j+1,1)=vg(j,1)+(ina(j)+ina(j+1))/2*dt;
    end

    Sa(n)=max(abs(a+ina));
    PSa(n)=max(abs(u))*(2*pi/T)^2;

    %absolute energy
    %absolute velocity
    abv=v+vg;

    %kinetic
    ke=m.*(abv).^2/2;

```

```

%potential
pe=k.*u.^2/2;
%modal damping ratio
for j=1:length(ina)-1
    mde(j+1,1)=mde(j,1)+c*(v(j+1,1)).^2*dt;
end
%input eng
ie=ke+pe+mde;

%%
figure(n+TCU*10)
plot(t,ke,t,pe,t,mde,t,ie)
title([ff , ' absolute energy in EW for case ' ,int2str(n) , '
T=' ,num2str(T) , 'sec'];['Newmark beta method']));
xlabel('Time (sec)');
ylabel('Energy (kgf-cm^2/sec^2)');
legend('kinetic','potential','modal damping','input
energy','Location','NorthWest')
end

end
end
end

```

Newmark 相對能量

```

clc
clear all
TXT={'TCU052.txt','TCU072.txt'}
TXTT={'TCU052','TCU072'}%for plot
for TCU=1:2
    filename=TXT{TCU};
    ff=TXTT{TCU};
    [t,E,N,U]=textread(filename,'%f%f%f%f','headerlines',0);
    dt=0.005;
    %choose linear acce.
    beta=1/2;

```



```

gama=1/6;
m=10;

for num=1
    if num==1
        ina=E;
    else
        ina=N;
    end
    p=-m*ina;
for i=2
    %% damping ratio decide
    switch i
        case 1
            dampingratio=2/100;
        case 2
            dampingratio=5/100;
        case 3
            dampingratio=10/100;
        case 4
            dampingratio=20/100;
        case 5
            dampingratio=30/100;
        case 6
            dampingratio=40/100;
        case 7
            dampingratio=50/100;
    end
    %%  ?p???U???M?W?v????
    n=0;
    for T=[0.033 0.33 3.3]
        n=n+1;
        k=m*((2*pi/T)^2);
        c=2*m*dampingratio*2*pi/T;
        a(:,1)=0;v(:,1)=0;u(:,1)=0;
        a(1,1)=1/m*(p(1,1)-c*v(1,1)-k*u(1,1));
        vg(1,1)=0;
        mde(1,1)=0;
    end
end

```

```

for j=1:length(ina)-1
    dbp=p(j+1,1)-
p(j,1)+m*(6/dt*v(j,1)+3*a(j,1))+c*(3*v(j,1)+dt/2*a(j,1));
    kb=k+3*c/dt+6*m/dt/dt;

    %disp
    du(j,1)=dbp/kb;
    u(j+1,1)=u(j,1)+du(j,1);

    %velocity
    dv(j,1)=3*du(j,1)/dt-3*v(j,1)-a(j,1)*dt/2;
    v(j+1,1)=v(j,1)+dv(j,1);

    %acce
    da(j,1)=6*du(j,1)/dt/dt-6*v(j,1)/dt-3*a(j,1);
    a(j+1,1)=a(j,1)+da(j,1);

end

Sa(n)=max(abs(a+ina));
PSa(n)=max(abs(u))*(2*pi/T)^2;

%absolute energy

%kinetic
ke=m.*(v).^2/2;

%potential
pe=k.*u.^2/2;

%modal damping ratio
for j=1:length(ina)-1
    mde(j+1,1)=mde(j,1)+c*(v(j+1,1)).^2*dt;
end

%input eng
ie=ke+pe+mde;

%%
figure(n+TCU*10)
plot(t,ke,t,pe,t,mde,t,ie)
title([ff,' relative energy in EW for case ',int2str(n),'
T=' ,num2str(T),'sec'];['Newmark beta method']));
xlabel('Time (sec)');
ylabel('Energy (kgf-cm^2/sec^2)');
legend('kinetic','potential','modal damping','input

```

```

energy','Location','NorthWest')
end
end
end
end

```

SAP2000後處理

```

clc
clear

TXT={'052-1.txt','052-2.txt','052-3.txt'};
TXTV={'052-1V.txt','052-2V.txt','052-3V.txt'};
for n=1:3
    switch n
        case 1
            T=0.033;
        case 2
            T=0.33;
        case 3
            T=3.3;
    end

    filename=TXT{n};
    fileV=TXTV{n};
    mde=0;pe=0;ke=0;ie=0;
    [t,mde,pe,ke,ie]=textread(filename,'%f%f%f%f%f','headerlines',14);
    [tt,abv]=textread(fileV,'%f%f','headerlines',11);

    figure(n+50)
    plot(t,ke,t,pe,t,mde,t,ie);
    title({'TCU052 ralative energy in EW for case ',int2str(n) ,'
T=' ,num2str(T) ,'sec'];['SAP 2000']});
    xlabel('Time (sec)');
    ylabel('Energy (kgf-cm^2/sec^2)');
    legend('kinetic','potential','modal damping','input
energy','Location','NorthWest')

%abs

```

```

nke=10.*(abv).^2/2;
nie=ie-ke+nke;

figure(n+50+3)
plot(t,nke,t,pe,t,mde,t,nie);
title(['TCU052 absolute energy in EW for case ' ,int2str(n) , '
T=' ,num2str(T) , 'sec'];['SAP 2000']));
xlabel('Time (sec)');
ylabel('Energy (kgf-cm^2/sec^2)');
legend('kinetic','potential','modal damping','input
energy','Location','NorthWest')
end

clc
clear

TXT={'072-1.txt','072-2.txt','072-3.txt'};
TXTV={'072-1V.txt','072-2V.txt','072-3V.txt'};
for n=1:3
    switch n
        case 1
            T=0.033;
        case 2
            T=0.33;
        case 3
            T=3.3;
    end

    filename=TXT{n};
    fileV=TXTV{n}
    mde=0;pe=0;ke=0;ie=0;
    [t,mde,pe,ke,ie]=textread(filename,'%f%f%f%f%f','headerlines',14);
    [tt,abv]=textread(fileV,'%f%f','headerlines',11);

    figure(n+70)
    plot(t,ke,t,pe,t,mde,t,ie);
    title(['TCU072 ralative energy in EW for case ' ,int2str(n) , '
T=' ,num2str(T) , 'sec'];['SAP 2000']));

```

```

xlabel('Time (sec)');
ylabel('Energy (kgf-cm^2/sec^2)');
legend('kinetic','potential','modal damping','input
energy','Location','NorthWest')

%abs
nke=10.*(abv).^2/2;
nie=ie-ke+nke;

figure(n+70+3)
plot(t,nke,t,pe,t,mde,t,nie);
title(['TCU072 absolute energy in EW for case ',int2str(n) ,'
T=' ,num2str(T) ,'sec'];['SAP 2000']));
xlabel('Time (sec)');
ylabel('Energy (kgf-cm^2/sec^2)');
legend('kinetic','potential','modal damping','input
energy','Location','NorthWest')
end

```