

Răspunsul structurilor cu un nivel dotate cu amortizori cu masă acordată în condițiile seismice din România

One Story Buildings Endowed With Tuned Mass Dampers Seismic Response for Romanian Earthquake Condition

Cristian Ghindea, asist. univ. ing., Universitatea Tehnica de Construcții București (Technical University of Civil Engineering of Bucharest), Catedra de Rezistența Materialelor (Strength of Materials Department), e-mail: ghindea@utcb.ro

1. Introducere

Pentru obținerea unui nivel acceptabil de performanță al clădirilor, în cazul unei mișcări seismice, în proiectarea convențională se utilizează capacitatea structurii de rezistență de a absorbi și disipa energie. Aceasta disipare de energie nu se poate produce fără admiterea unui anumit grad de degradare a structurii. Un exemplu ar fi apariția articulațiilor plastice la capetele grinzilor și la bazele stâlpilor, elemente care au un rol important însă și în sistemul pentru preluarea încărcărilor gravitaționale.

La nivel mondial, tot mai multe clădiri sunt proiectate să reziste la acțiunea seismică utilizându-se un concept relativ nou, și anume acela de a introduce în structură dispozitive speciale cu rolul de a absorbi și/sau disipa energia indusă în structură de mișcarea seismică.

Dispozitivele de amortizare cu masă acordată (TMD - Tuned Mass Damper) se încadrează în această categorie de dispozitive speciale. În alte țări, au fost folosite cu succes aceste dispozitive pentru reducerea vibrațiilor structurilor cu răspuns dinamic caracterizat de contribuția unui anumit mod de vibrație [1].

Studiul are în vedere urmărirea răspunsului structurilor dotate cu sisteme de amortizare cu masa acordată în condițiile speciale date de seismicitatea teritoriului României. Datorită necesității acordării dispozitivului de amortizare cu un mod de vibrație predominant al structurii [2] s-au analizat trei structuri cu un singur nivel, acestea fiind echivalente cu trei sisteme cu 1 GLD. Caracteristicile dinamice ale sistemelor cu 1 GLD au fost determinate în funcție de caracteristicile dinamice ale mișcărilor

1. Introduction

To obtain a reasonable performance level, for conventional seismic design are used the damping and dissipation capacities of the lateral resistant structure. This admits a certain degree of deterioration of the structure. Such an example is the appearance of plastic hinges in beams and at the base of the columns, elements with an important role in supporting the gravitational loads.

Globally, more buildings are designed to resist to seismic loads using a relatively new concept which presupposes to include in the structure some special devices to damp or/and dissipate the earthquake induced energy.

The Tuned Mass Damper (TMD) devices can be included in this special category of devices. In other countries this devices were successfully used for vibration reduction in structures with dynamic response characterized by one vibration period [1].

This paper pursues to obtain the dynamic response of buildings endowed with tuned mass dampers for the special earthquake conditions of Romania's countryside. Because of the necessity of the device to be tuned with the predominant vibration period of the structures [2] three one story buildings were analysed. All the buildings were modeled as a SDOF system. The dynamic characteristics of the SDOF systems were chosen in accordance with the dynamic characteristics of the considered earthquake records.

To characterize the response we took the following cases:

- the structure without the dampening system was equated with a SDOF system (fig. 1.1), and

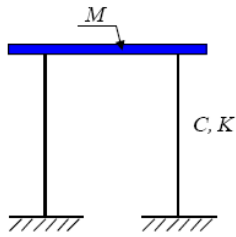


Fig. 1.1 Sistem cu 1 GLD
SDOF system

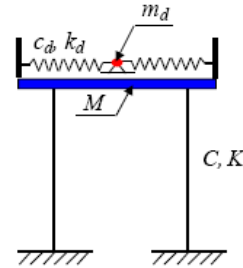


Fig. 1.2 Sistem cu 2 GLD (sistem cu 1 GLD +
amortizor cu masa acordata)
Two-DOF system (SDOF system + TMD)

seismice considerate.

Pentru caracterizarea răspunsului s-au considerat:
- structura fără sistemul de amortizare, echivalată cu un sistem cu 1 grad de libertate dinamica (figura 1.1), și

- structura cu TMD, echivalată cu un sistem cu doua grade de libertate (figura 1.2). Un grad de libertate corespunzând sistemului inițial și cel de al doilea grad de libertate corespunzând sistemului de amortizare.

Rezolvarea acestei probleme a pornit de la ecuația de echilibru dinamic caracteristică unui sistem cu 1 GLD și, respectiv, de la ecuațiile de mișcare ale sistemului cu masa acordată [3].

Ecuația de echilibru dinamic pentru 1 GLD:

$$M\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + Kx(t) = -M\ddot{u}_g(t) \quad (1.1)$$

Sistemul de ecuații de echilibru dinamic pentru 2 GLD:

- pentru sistemul secundar:

$$m_d[\ddot{y}(t) + \ddot{x}(t)] + c_d\dot{y}(t) + k_d y(t) = -m_d\ddot{u}_g(t) \quad (1.2)$$

- pentru sistemul principal:

$$M\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + Kx(t) - c_d\dot{y}(t) - k_d y(t) = -M\ddot{u}_g(t) \quad (1.3)$$

unde:

M, m_d - masa sistemului de bază și, respectiv, masa sistemului de amortizare;

C, c_d - coeficientul de amortizare al sistemului de bază și, respectiv, al sistemului de amortizare;

K, k_d - rigiditatea sistemului de bază și, respectiv, rigiditatea sistemului de amortizare;

$\ddot{x}(t), \dot{x}(t), x(t)$ - accelerația, viteza și deplasarea relativă corespunzătoare sistemului de bază;

$\ddot{y}(t), \dot{y}(t), y(t)$ - accelerația, viteza și deplasarea relativă corespunzătoare sistemului de amortizare;

- the structure with TMD was equated with a Two-DOF. One degree – of – freedom substitutes the initial system and the second DOF substitutes the dampening system.

The response was obtained by starting from the equation of motion of the SDOF and, from the equations of motion system for the Two-DOF system [3] respectively

The equation of motion for SDOF system:

$$M\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + Kx(t) = -M\ddot{u}_g(t) \quad (1.1)$$

The equations of motion system for Two-DOF system:

- for the secondary system:

$$m_d[\ddot{y}(t) + \ddot{x}(t)] + c_d\dot{y}(t) + k_d y(t) = -m_d\ddot{u}_g(t) \quad (1.2)$$

- for the principal system:

$$M\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + Kx(t) - c_d\dot{y}(t) - k_d y(t) = -M\ddot{u}_g(t) \quad (1.3)$$

where:

M, m_d - the mass of the principal system and, the mass of the damping system, respectively;

C, c_d - the damping coefficient of the principal system and, the damping coefficient of the damping system, respectively;

K, k_d - stiffness of the principal system and, the stiffness of the damping system, respectively;

$\ddot{x}(t), \dot{x}(t), x(t)$ - relative acceleration, velocity and displacement of the main system;

$\ddot{y}(t), \dot{y}(t), y(t)$ - relative acceleration, velocity and displacement of the damping system;

$\ddot{u}_g(t)$ - accelerația terenului.

$\ddot{u}_g(t)$ - ground acceleration;

Rezolvarea ecuațiilor dinamice de echilibru s-a realizat cu ajutorul metodei Newmark de integrare a ecuațiilor diferențiale pas cu pas [4]. Pentru integrare s-a considerat accelerația liniară, iar parametrii corespunzători, specifici metodei de integrare Newmark, au fost aleși astfel: $\gamma = 0.5$ și $\beta = 1/6$.

The time-stepping solution was reached using the Newmark's method of integration for the differential equation system [4]. In this case the linear acceleration method is considered, for which the Newmark integration parameters were $\gamma = 0.5$ and $\beta = 1/6$.

2. Descrierea mișcării seismice și alegerea cazurilor de studiu

S-au analizat șase înregistrări corespunzătoare a trei mișcări seismice importante din sursa Vrancea. Caracteristicile înregistrărilor precum și locațiile unde s-au efectuat acestea se regăsesc în tabelul 2.1.

În scopul determinării perioadelor critice s-au realizat spectre Fourier pentru fiecare înregistrare în parte (figura 2.1÷2.6).

2. Earthquake Motion Characterization and Studies

For three important earthquake motions from Vrancea source six corresponding records were analyzed. Table 2.1 shows the characteristics of the records and the recording sites.

To show the critical vibration period, for each record, the Fourier Spectra were made (figure 2.1÷2.6)

Tab. 2.1 Înregistrări mișcări seismice
Earthquakes acceleration records

Înregistrare Record	Locație Recording Site	Sursa, componenta Source, component	Data Date	Δt	Durăta Duration
Acc. 1	INCERC București	Vrancea, NS	04.03.1977	0.005 s	65.37 s
Acc. 2	INCERC București	Vrancea, NS	30.08.1986	0.01 s	25.94 s
Acc. 3	IMGB București	Vrancea, NS	30.08.1986	0.005 s	42.92 s
Acc. 4	Focșani	Vrancea, NS	30.08.1986	0.01 s	21.68 s
Acc. 5	Măgurele	Vrancea, NS	30.05.1990	0.01 s	57.56 s
Acc. 6	INCERC București	Vrancea, NS	30.05.1990	0.005 s	52.485 s

În tabelul 2.2 sunt redate caracteristicile importante pentru fiecare din înregistrările luate în discuție.

Urmărind rezultatele obținute în urma analizării spectrelor Fourier pentru cele șase înregistrări, s-au considerat trei sisteme cu un grad de libertate dinamic ale căror perioade proprii de vibrație să se găsească în vecinătatea perioadelor de răspuns maxim ale mișcărilor seismice analizate. Pentru acestea s-a considerat ca masa (M) și coeficientul de amortizare critică (ξ) sunt constante, singurele variabile fiind perioada proprie de vibrație (T) și, implicit,

Table 2.2 shows the important dynamic characteristics for every record.

After the analyses of the Fourier Spectra three SDOF systems resulted.

Those systems have the fundamental vibration period in the neighborhood of the peak response period of the accounted earthquake records.

For those systems, the mass (M) and the critical damping coefficient (ξ) were considered as constant, the only variables being the vibration period (T) and, the stiffness of the system (K), respectively.

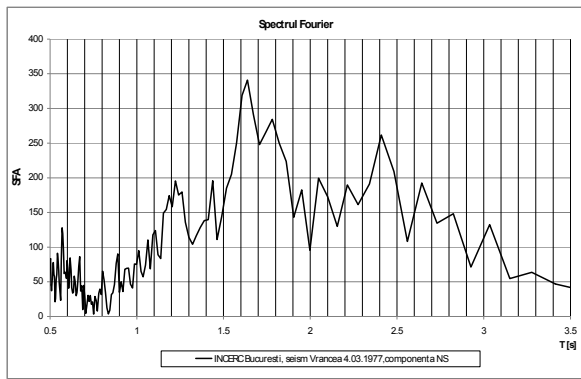


Fig. 2.1 Spectrul Fourier pentru Acc. 1
Fourier Spectra for Acc. 1

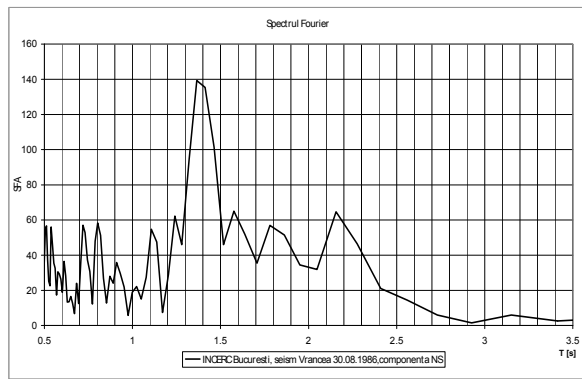


Fig. 2.2 Spectrul Fourier pentru Acc. 2
Fourier Spectra for Acc. 2

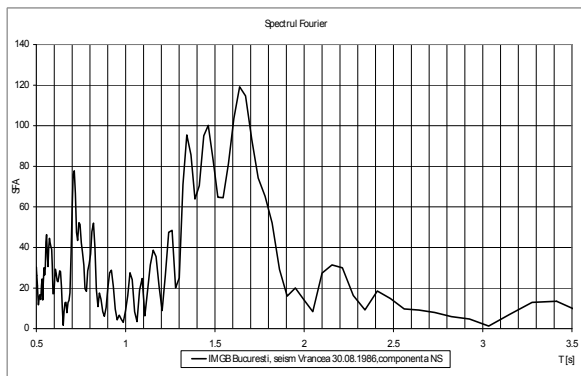


Fig. 2.3 Spectrul Fourier pentru Acc. 3
Fourier Spectra for Acc. 3

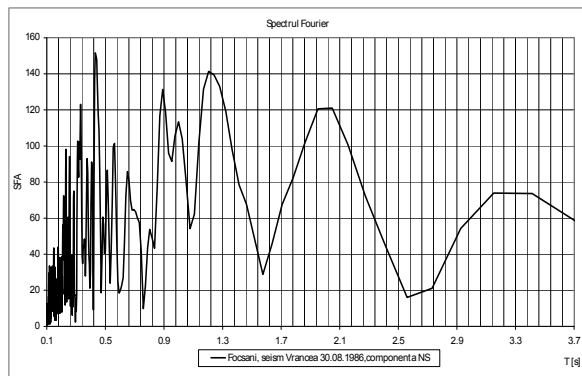


Fig. 2.4 Spectrul Fourier pentru Acc. 4
Fourier Spectra for Acc. 4

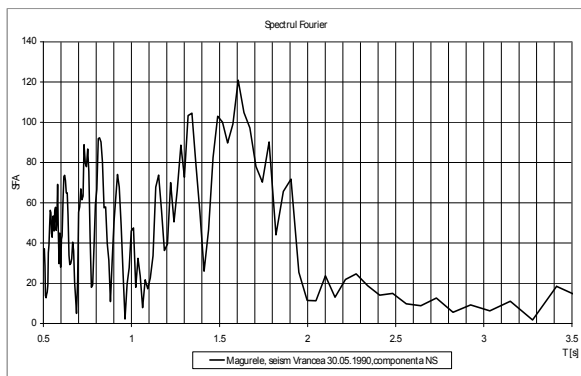


Fig. 2.5 Spectrul Fourier pentru Acc. 5
Fourier Spectra for Acc. 5

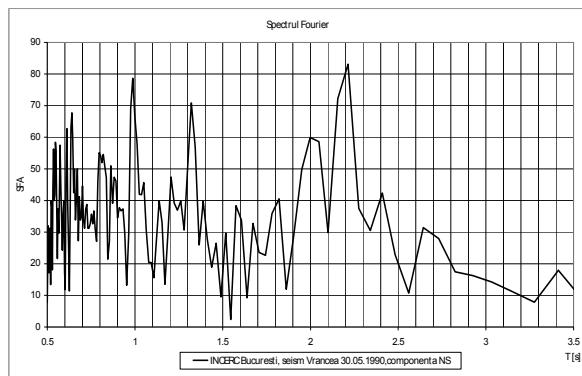


Fig. 2.6 Spectrul Fourier pentru Acc. 6
Fourier Spectra for Acc. 6

rigiditatea sistemului (K). Aceste sisteme sunt descrise în tabelul 2.3.

3. Studiu parametric

Prima etapa a studiului parametric a vizat determinarea influenței diverselor caracteristici ale sistemului de amortizare asupra comportării de ansamblu a structurii cu TMD. S-a analizat structura de *tip A* sub

Table 2.3 shows the properties of analyzed systems.

3. Parametric Study

The purpose of the first stage of the study was to determine the influence of different characteristics of the damping system on the general behavior of the system with TMD. *Type A* structure have been analyzed under a

Tab. 2.2. Caracteristici importante ale mișcărilor seismice
Important earthquake record characteristics

Înregistrare Record	Caracteristici principale Principal characteristics		Alte perioade importante Other important vibration periods
	T [s]	ASF	
Acc. 1	1.64	340.70	T=2.41s, ASF=261.8
Acc. 2	1.36	139.39	
Acc. 3	1.64	119.21	T=1.46 s, ASF=100.2
Acc. 4	0.43	151.57	T=1.21 s (ASF=141.32); T=0.89 s, (ASF=131.26)
Acc. 5	1.61	120.90	T=1.34 s, ASF=103.32
Acc. 6	2.21	83.09	T=0.99 s (ASF=78.66); T=1.32 s (ASF= 70.83)

Tab. 2.3 Sisteme cu un GLD
SDOF Systems

Sistem System	T [s]	M [t]	ξ
Cazul A Case A	1.60 s	50 t	0.05
Cazul B Case B	1.35 s	50 t	0.05
Cazul C Case C	1.00 s	50 t	0.05

acțiunea mișcării seismice descrise de accelerograma 1 (înregistrare INCERC București, seism Vrancea 4.03.1977, componenta NS), parametrii sistemului de amortizare care au fost variați, fiind masa (m_d) și coeficientului de amortizare critică (ξ_d) al TMD-ului.

În tabelul 3.1 sunt prezentate denumirile cazurilor analizate în această etapă, precum și caracteristicile detaliate.

Comparația răspunsurilor sistemului fără TMD și a sistemului cu TMD s-a realizat prin reprezentarea variației în timp a deplasărilor relative la nivelul sistemului cu 1 GLD cu sau fără TMD.

load described by accelerograma 1 (recorded at INCERC Bucharest, Vrancea Source, 4.03.1977, N-S component). The variables of the TMD system were the mass (m_d) and the critical damping coefficient (ξ_d).

Table 3.1 shows the titles of the analyzed cases and the detailed description of the characteristics.

The comparison between the structure without TMD and the structure with TMD was carried out by showing the time-history of the relative displacement of the first DOF with or without TMD.

Tab 3.1. Cazuri analizate pentru sistemul cu TMD
Analysis cases for TMD system

Caz	Sistem 1GLD			TMD			
	M_s (t)	T_s (s)	ξ_s (%)	m_d (% M_s)	T_d (s)	ξ_d (%)	
Înregistrare INCERC București, seism Vrancea 4.03.1977, componenta NS (Acc.1) INCERC Bucharest Record, source Vrancea, 4.03.1977, NS component (Acc. 1)							
1.	A.I.1	50	1.60	5%	1%	1.60	5%
2.	A.I.2	50	1.60	5%	2%	1.60	5%
3.	A.I.3	50	1.60	5%	5%	1.60	5%
4.	A.II.1	50	1.60	5%	1%	1.60	10%
5.	A.II.2	50	1.60	5%	2%	1.60	10%
6.	A.II.3	50	1.60	5%	5%	1.60	10%
7.	A.III.1	50	1.60	5%	1%	1.60	15%
8.	A.III.2	50	1.60	5%	2%	1.60	15%

Urmărind variația deplasărilor la nivelul structurii pentru cele nouă cazuri analizate, concluziile preliminare nu sunt diferite de cele întâlnite în literatură [1] ca fiind caracteristice și altor tipuri de mișcări seismice:

- O mai bună comportare o au sistemele având masa adițională de 2% și, respectiv, de 5%, din masa sistemului de bază. Mărirea masei adiționale de la 2% la 5%, aduce un aport benefic la reducerea amplitudinilor sistemului de bază, dar acest lucru presupune o creștere semnificativă a încărcărilor verticale care acționează asupra structurii (figurile 3.1÷3.3);
- Creșterea amortizării sistemului TMD nu ajută la micșorarea amplitudinilor maxime, ci doar la o atenuare a mișcării mai rapidă, în anumite limite ale amortizării (figurile 3.4÷3.6).

From the representation of the structure displacements in all nine analyzed cases, the conclusions were no different from the ones met in the literature [1] for other types of earthquake motions:

- The systems with 2%, respectively, 5% TMD mass are more suitable than the others. Increasing the mass from 2% to 5% brings a favorable contribution to the reduction of the amplitudes of the main system displacement, but also presumes a significant increase of the vertical loads acting on the structure (figures 3.1÷3.3);
- TMD damping rise does not help to reduce the peak amplitudes, it only attenuates faster the motion at certain levels of the damping (figures 3.4÷3.6).

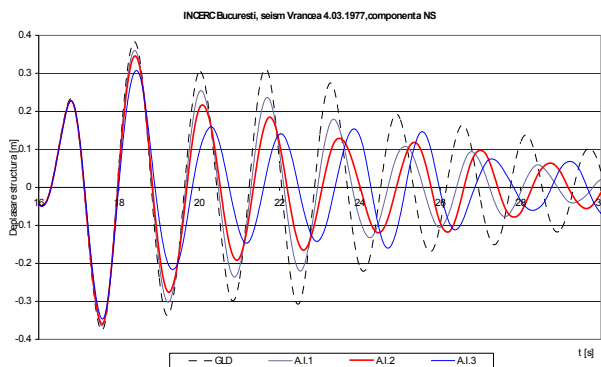


Fig. 3.1 Sistem fără TMD și sistemele cu $\xi_d = 5\%$
System without TMD and systems with $\xi_d = 5\%$
[A.I.1 ($m_d = 1\%M$), A.I.2 ($m_d = 2\%M$),
A.I.3 ($m_d = 5\%M$)]

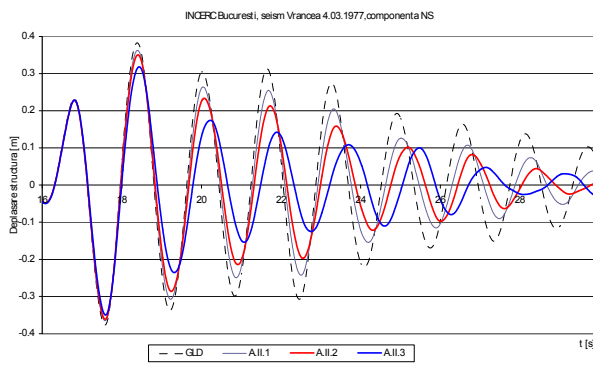


Fig. 3.2 Sistem fără TMD și sistemele cu $\xi_d = 10\%$
System without TMD and systems with $\xi_d = 10\%$
[A.II.1 ($m_d = 1\%M$), A.II.2 ($m_d = 2\%M$),
A.II.3 ($m_d = 5\%M$)]

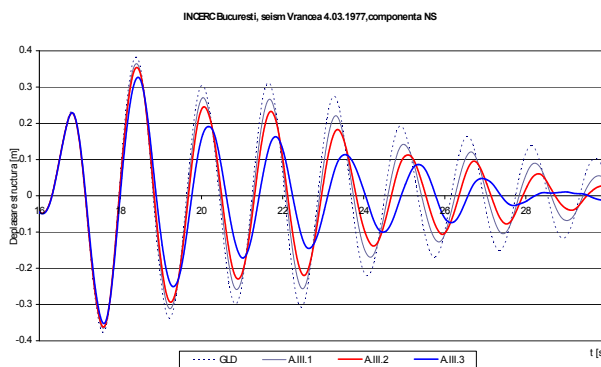


Fig. 3.3 Sistem fără TMD și sistemele cu $\xi_d = 15\%$
System without TMD and systems with $\xi_d = 15\%$
[A.III.1 ($m_d = 1\%M$), A.III.2 ($m_d = 2\%M$),
A.III.3 ($m_d = 5\%M$)]

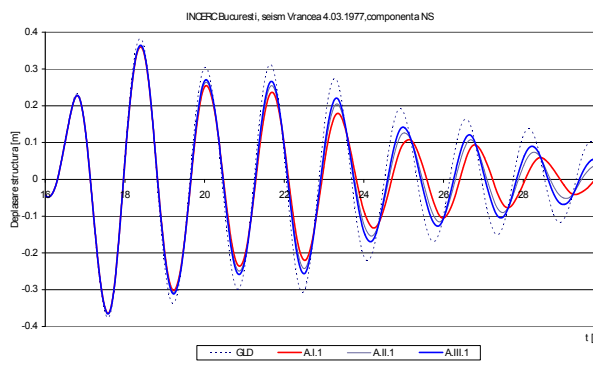


Fig. 3.4 Sistem fără TMD și sistemele cu $m_d = 1\%M$
System without TMD and systems with $m_d = 1\%M$
[A.I.1 ($\xi_d = 5\%$), A.II.1 ($\xi_d = 10\%$),
A.III.1 ($\xi_d = 15\%$)]

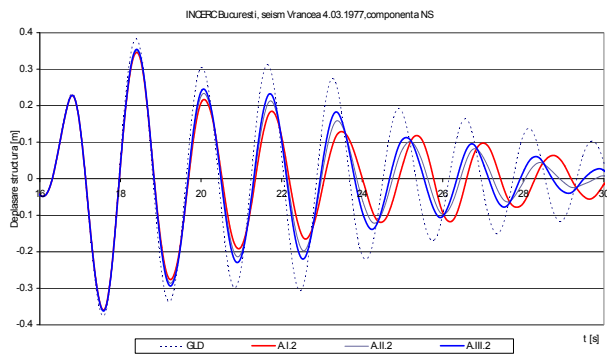


Fig. 3.5 Sistem fără TMD și sistemele cu $m_d = 2\%M$
System without TMD and systems with $m_d = 2\%M$
[A.I.2 ($\xi_d = 5\%$), A.II.2 ($\xi_d = 10\%$),
A.III.2 ($\xi_d = 15\%$)]

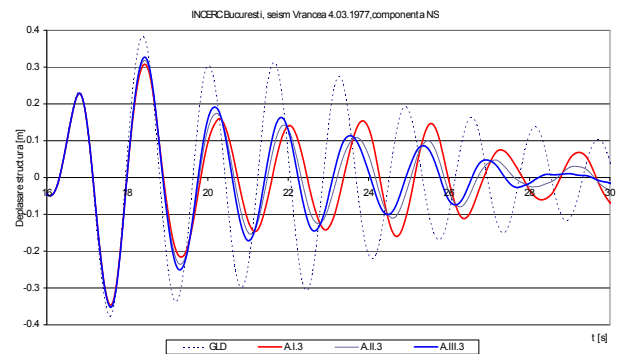


Fig. 3.6 Sistem fără TMD și sistemele cu $m_d = 5\%M$
System without TMD and systems with $m_d = 5\%M$
[A.I.3 ($\xi_d = 5\%$), A.II.3 ($\xi_d = 10\%$),
A.III.3 ($\xi_d = 15\%$)]

Pentru grade de amortizare mai ridicate efectul sesizat anterior se diminuează (figura 3.4 și 3.5).

Datorita observațiilor de mai sus, numărul de cazuri prevăzute pentru analiza a fost restrâns. S-a considerat ca sistemul de amortizare cu cea mai rațională comportare este sistemul cu masa adițională de 2% din masa sistemului principal, având coeficientul din amortizarea critică de 5%.

For a bigger damping the attenuation is weaker (figures 3.4 and 3.5)

As a result of the earlier observations, the number of cases in the parametric study has decreased. The favorable damping system considered has 2% mass, reported to the main system mass, and 5% critical damping coefficient.

Tabelul 3.2. Cazuri analizate pentru sistemul cu TMD
Analysis cases for TMD system

Caz Case	Sistem 1GLD SDOF System			TMD			
	M_s (t)	T_s (s)	ξ_s (%)	m_d ($\%M_s$)	T_d (s)	ξ_d (%)	
Înregistrare INCERC București, seism Vrancea 4.03.1977,componenta NS (1) INCERC Bucharest Record, source Vrancea, 4.03.1977, NS component (1)							
1.	A.I.2	50	1.60	0.05	2	1.60	0.05
2.	B.I.2	50	1.35	0.05	2	1.35	0.05
3.	C.I.2	50	1.00	0.05	2	1.00	0.05
Înregistrare INCERC București, seism Vrancea 30.08.1986,componenta NS (2) INCERC Bucharest Record, source Vrancea, 30.08.1986, NS component (2)							
4.	A.I.2	50	1.60	0.05	2	1.60	0.05
5.	B.I.2	50	1.35	0.05	2	1.35	0.05
6.	C.I.2	50	1.00	0.05	2	1.00	0.05
Înregistrare IMGB București, seism Vrancea 30.08.1986,componenta NS (3) IMGB Bucharest Record, source Vrancea, 30.08.1986, NS component (3)							
7.	A.I.2	50	1.60	0.05	2	1.60	0.05
8.	B.I.2	50	1.35	0.05	2	1.35	0.05
9.	C.I.2	50	1.00	0.05	2	1.00	0.05
Înregistrare Focșani, seism Vrancea 30.08.1986,componenta NS (4) Focșani Record, source Vrancea, 30.08.1986, NS component (4)							
10.	A.I.2	50	1.60	0.05	2	1.60	0.05
11.	B.I.2	50	1.35	0.05	2	1.35	0.05
12.	C.I.2	50	1.00	0.05	2	1.00	0.05
Înregistrare Măgurele, seism Vrancea 30.05.1990,componenta NS (5)							

Măgurele Record, source Vrancea, 30.05.1990, NS component (5)							
13.	A.I.2	50	1.60	0.05	2	1.60	0.05
14.	B.I.2	50	1.35	0.05	2	1.35	0.05
15.	C.I.2	50	1.00	0.05	2	1.00	0.05
Înregistrare INCERC București, seism Vrancea 30.05.1990, componenta NS (6)							
INCERC Bucharest Record, source Vrancea, 30.05.1990, NS component (6)							
16.	A.I.2	50	1.60	0.05	2	1.60	0.05
17.	B.I.2	50	1.35	0.05	2	1.35	0.05
18.	C.I.2	50	1.00	0.05	2	1.00	0.05

În tabelul 3.2 sunt prezentate cazurile studiate în etapa a II-a a studiului parametric. Cele mai importante rezultate sunt prezentate în figurile 3.7 ÷ 3.12.

Table 3.2 shows the cases analyzed in the second stage of the study. Figures 3.7 ÷ 3.12 shows the representative results of the analysis.

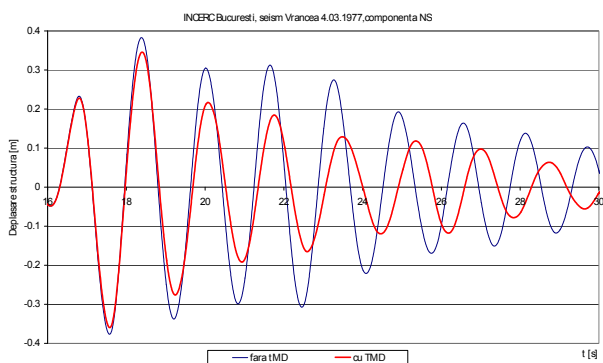


Fig. 3.7 Sistem fără /cu TMD [$T_s = T_d = 1.60s$];
System without/with TMD [$T_s = T_d = 1.60s$]
INCERC București, Vrancea 4.03.1977, NS (1.64s)

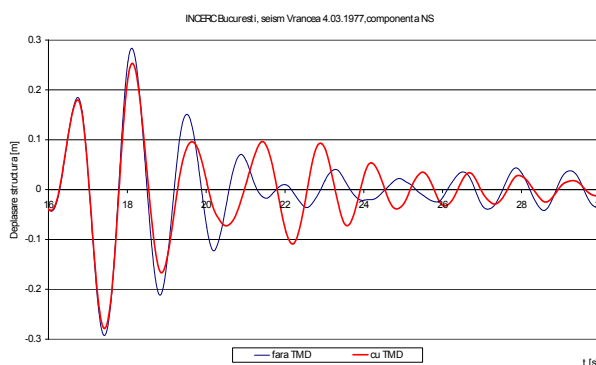


Fig. 3.8 Sistem fără /cu TMD [$T_s = T_d = 1.30s$];
System without/with TMD [$T_s = T_d = 1.30s$]
INCERC București, Vrancea 4.03.1977, NS (1.64s)

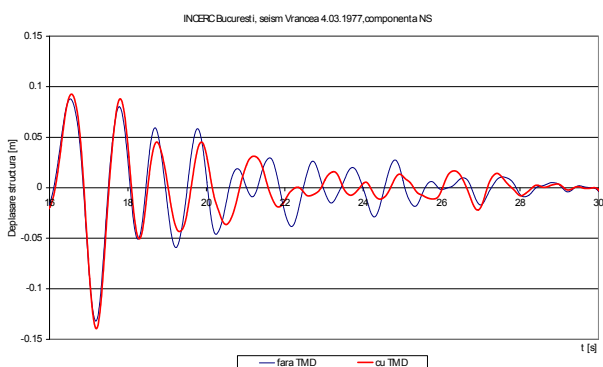


Fig. 3.9 Sistem fără /cu TMD [$T_s = T_d = 1.00s$];
System without/with TMD [$T_s = T_d = 1.00s$]
INCERC București, Vrancea 4.03.1977, NS (1.64s)

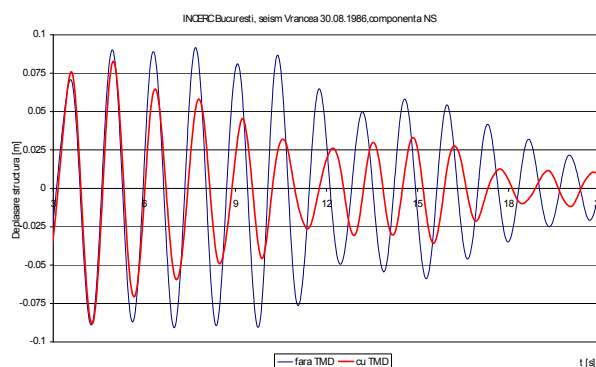


Fig. 3.10 Sistem fără /cu TMD [$T_s = T_d = 1.30s$];
System without/with TMD [$T_s = T_d = 1.30s$]
INCERC București, Vrancea 30.08.1986, NS (1.36s)

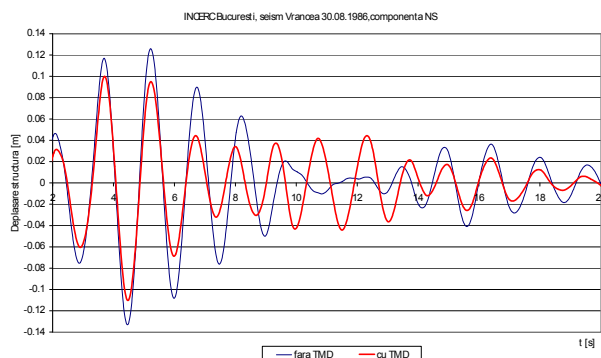


Fig. 3.11 Sistem fără /cu TMD [$T_s = T_d = 1.00s$];
System without/with TMD [$T_s = T_d = 1.00s$]
INCERC București, Vrancea 30.08.1986, NS (1.36s)

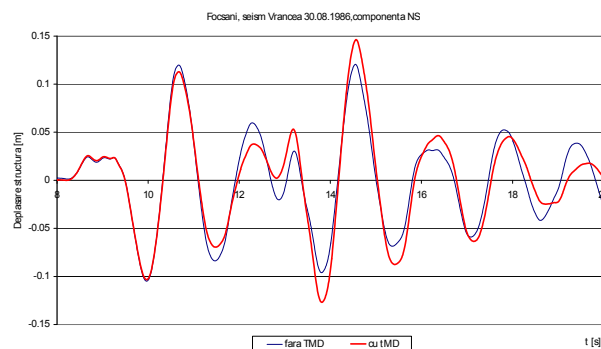


Fig. 3.12 Sistem fără /cu TMD [$T_s = T_d = 1.60s$];
System without/with TMD [$T_s = T_d = 1.60s$]
Focșani, Vrancea 30.08.86, NS (0.43s; 1.21s; 0.89s)

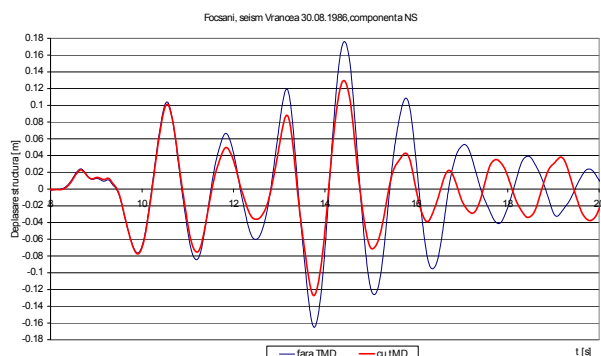


Fig. 3.13 Sistem fără /cu TMD [$T_s = T_d = 1.30s$];
System without/with TMD [$T_s = T_d = 1.30s$]
Focșani, Vrancea 30.08.86, NS (0.43s; 1.21s; 0.89s)

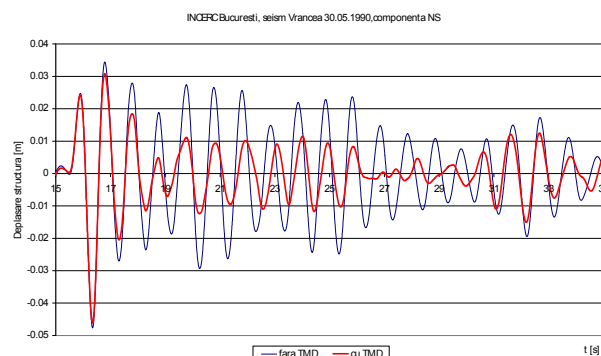


Fig. 3.14 Sistem fără /cu TMD [$T_s = T_d = 1.00s$];
System without/with TMD [$T_s = T_d = 1.00s$]
INCERC București, Vrancea 30.05.90, NS (2.21s; 0.99;
1.32s)

4. Concluzii și direcții de studiu

După analiza comparativa a răspunsului structurilor analizate în cazurile expuse anterior se pot trage următoarele concluzii:

- Raportat la răspunsul sistemului fără TMD se observă că sistemul de amortizare nu intră în lucru, în mod semnificativ, decât după șocul maxim al seismului. Reducerea de amplitudine a deplasării în momentul șocului maxim este neglijabilă (maxim 5%). Există însă anumite cazuri în care șocurile maxime apar cu o scurta întârziere, acestea fiind precedate de o mișcare importantă care activează TMD-ul (figura 3.13). În acest caz reducerea răspunsului dinamic este de aproximativ 25%;
- După șocul principal, care în majoritatea mișcărilor studiate se produce încă de la început, reducerea amplitudinilor oscilațiilor depinde de conținutul de frecvențe al mișcării seismice. Dacă mișcarea seismică

4. Conclusion and Future Studies

After the analysis of the structural response for the studied cases, the conclusions are:

- Referring to the response of the system without TMD, we may observe that the damping device runs significantly only after the peak impulse of the earthquake. Displacement amplitude reduction at the peak earthquake impulse can be neglected (maximum 5%). There are some cases in which the peak impulses are delayed being preceded by an important oscillation which acts on the TMD (figure 3.13). In this case the peak reduction is about 25%;
- After the first impact, which in almost all cases occurs at the beginning of motion, amplitude reduction depends on the frequency content of the earthquake motion. If the earthquake has the important response near the tuned period of the system with

are un răspuns important în apropierea perioadei de acordare a sistemului cu TMD atunci reducerea deplasărilor după șocul inițial este considerabilă între (20-50%) (de exemplu: figurile 3.7, 3.10, 3.13, 3.14);

- În cazul în care mișcarea seismică nu se acordează la rândul său cu sistemul și cu TMD-ul, răspunsul sistemului cu TMD poate să fie aproximativ același sau mai mare în comparație cu sistemul fără TMD (de exemplu: figurile 3.8, 3.9, 3.12). Un caz deosebit este prezentat în figura 3.12 unde aproape pe toată durata excitației seismice, structura cu TMD are un răspuns mai mare decât cel al structurii fără TMD.

- Comparând cazurile analizate mai sus, se mai poate observa banda îngustă de frecvențe în care sistemul cu TMD se poate acorda cu mișcarea seismică (pentru o diferență de aproximativ 0,20 s ÷ 0,30 s răspunsul se denaturează drastic) (de exemplu așa cum se poate observa în figurile 3.8, 3.11, 3.12)

Structurile reale au mai mult de un grad de libertate dinamic. Pentru obținerea unor concluzii mai acoperitoare trebuie studiat efectul sistemelor de amortizare cu masă acordată asupra unor sisteme cu mai multe grade de libertate. Astfel rezultă necesitatea dezvoltării unui studiu în această direcție. Însă datorită gradului de incertitudine din punctul de vedere al mișcării seismice trebuie avut în vedere ca la o evaluare mai amănunțită a modului de comportare a sistemelor de amortizare cu masă acordată, pe lângă mișcările înregistrate care ne stau la dispoziție să se folosească și o serie de mișcări generate artificial, compatibile cu spectrul de proiectare descris în normativele în vigoare.

Studiul a fost realizat cu finanțare UEFISCU-CNCSIS în cadrul programului PNII, contract nr. 67/2007

TMD then the reduction can be taken into account (20-50%) (for example: figures 3.7, 3.10, 3.13, 3.14);

- For the case in which the earthquake motion is not tuned with the main system and with the TMD the response can be similar or greater than the response of the structure without TMD (for example: figures 3.8, 3.9, 3.12). In figure 3.12 a special case is showed for which the response of the structure with TMD is greater than the response of the structure without TMD almost from the start to the end of motion.

- By comparing the presented cases one can notice the thin frequency domain in which the TMD system can be tuned with the earthquake motion (for about 0.20 s ÷ 0.30 s the response can be drastically tainted) (for example: figures 3.8, 3.11, 3.12).

Real structures have more than one degree – of – freedom. For a more general conclusion it is necessary to study the effect of the tuned mass damper on some MDOF systems. So the necessity to develop the study results also in this direction. Regarding the uncertainty of the earthquake motion, for the TMD system studies it is necessary to take into account, besides the recorded accelerograms, some artificial generated accelerograms also, that are compatible with the design spectra available.

This study was made with resources from UEFISCU-CNCSIS, as a part of a PNII Program, contract no. 67/2007.

La réponse des structures à un étage dotées d'amortisseurs avec masse accordée dans les conditions séismiques de Roumanie

Résumé

Les dispositifs d'amortissement avec masse accordée font partie de la catégorie des dispositifs spéciaux d'atténuation des effets du mouvement séismique ou des structures. Ils sont constitués, en principe, d'un poids, d'un ressort ainsi que d'un amortisseur, reliés à une structure, et dont le rôle est la réduction de la réponse dynamique. La fréquence de l'amortisseur est accordée à une fréquence de la structure ; par conséquent, quand celle-ci est stimulée

une résonance se produira, en contretemps avec le mouvement séismique. L'énergie est dissipée par la force d'inertie de l'amortisseur, qui actionne sur la structure.

La mise en place de ce dispositif en fonction des conditions séismiques de Roumanie ne saurait être accomplie sans une étude détaillée afin d'établir la réponse des structures avec masse accordée [Tuned Mass Damper] sur une action séismique caractéristique de notre pays.

L'étude souhaite procéder à l'observation du comportement de quelques structures à un étage dotées d'amortisseurs à masse accordée par rapport à divers mouvements séismiques importants, enregistrés suite au tremblement de terre ayant eu lieu dans la source de Vrancea.

La détermination de la réponse pour une structure à un étage se fait selon l'équivalence avec un système à un degré de liberté. Les caractéristiques dynamiques du système sont déterminées en fonction du mouvement séismique.

Bibliografie

References

- [1] MOUTINHO, C., CUNHA, A., CAETANO, E., *Análise Experimental de TMDs para a Atenuação da Resposta Sísmica de Estruturas de Edifícios*. Portugalia : SÍSMICA 2004: 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica, **2004**.
- [2] L. CALADO, J.M. PROENÇA, A. PANÃO. *Innovative materials and techniques for seismic protection*. s.l: PROHITECH, **2004**. Vol. Earthquake Protection of Historical Buildings by Reversible Mixed Technologies. WP5_proj.no.INCO-CT-509119.
- [3] J. CONNOR, *Introduction to Structural motion control*. s.l. : Prentice Hall, **1999**. ISBN 0130091383.
- [4] ANIL K. CHOPRA, *Dynamics of Structures. Third Edition*, Prentice Hall, **2007**. ISBN 013156174x.

Dispozitivele de amortizare cu masă acordată fac parte din categoria dispozitivelor speciale de atenuare a efectelor mișcării seismice asupra structurilor, fiind constituite, în principiu, dintr-o greutate, un resort și un amortizor atașate unei structuri cu rolul de a-i reduce răspunsul dinamic. Frecvența amortizorului este acordată la o anumită frecvență a structurii în așa fel încât atunci când este excitat, amortizorul va oscila defazat cu mișcarea structurii. Energia este disipată de forța de inerție a amortizorului care acționează asupra structurii.

Implementarea acestor dispozitive în condițiile seismice ale României nu se poate face fără un studiu amănunțit privind răspunsul structurilor cu TMD la acțiunea seismică caracteristică țării noastre.

Studiul își propune să urmărească comportarea unor structuri cu un nivel dotate cu amortizori cu masă acordată la diverse mișcări seismice importante, înregistrate, ca urmare a cutremurelor produse în sursa Vrancea.

Determinarea răspunsului structurii cu un nivel se face prin echivalarea acesteia cu un sistem cu 1 GLD ale cărui caracteristici dinamice sunt determinate în funcție de acțiunea seismică.