

IMPACTUL CUTREMURELOR BĂNĂȚENE ASUPRA CONSTRUCȚIILOR DIN TIMIȘOARA

M. MARIN, LUIZA ROMAN, O. ROMAN

Universitatea Tehnică „Politehnica” din Timișoara; Facultatea de Construcții,
Departamentul de Căi de Comunicații Terestre, Fundații și Cadastru

REZUMAT. Lucrarea prezintă unele aspecte privind zona seismică Banat, caracteristicile și efectele cutremurelor bănățene asupra construcțiilor din Timișoara. Principali factori care influențează mișcarea seismică într-un amplasament pot fi grupați în patru categorii: factori de sursă, propagarea undelor seismice, factori locali de amplasament, interacțiunea teren-structură. Diferențele dintre caracteristicile cutremurelor de pământ și fenomenele complexe de interacțiune dintre factorii care influențează caracteristicile finale ale unei înregistrări seismice duc la o variabilitate importantă a înregistrărilor. Una dintre cele mai importante probleme privind proiectarea construcțiilor amplasate în zone seismice o reprezintă selectarea tipului de cutremur. Diversitatea condițiilor de fundare în orașul Timișoara măresc gradul de incertitudine privind răspunsul construcțiilor existente.

Cuvinte cheie: cutremure; interacțiune teren-construcție; caracteristici dinamice ale terenului.

ABSTRACT. This paper presents some aspects regarding the seismic area Banat, its characteristics and earthquake effects on buildings in Timișoara. The main factors that are influencing the seismic movement on a site can be clustered into four categories: source factors, seismic wave propagation, local site factors, and ground-structure interaction. Differences between the characteristics of earthquakes and complex phenomena of interaction between factors that influence the final characteristics of a seismic record lead to considerable variability of records. One of the most important problems regarding building design located in seismic areas represents the selection of earthquake type. The variety of foundation conditions in Timișoara increase the degree of uncertainty regarding the building response.

Keywords: earthquakes; ground-structure interaction; dynamic characteristics of the land.

1. CONDIȚII LOCALE DE AMPLASAMENT

Analiza condițiilor geotehnice dintr-un teritoriu reprezintă o direcție esențială pentru perfecționarea normativelor de calcul și de confirmare a construcțiilor amplasate în zone seismice.

Municipiul Timișoara este amplasat în Câmpia Banatului și este străbătut de Canalul Bega. În general, partea din sudul Canalului Bega până în apropierea de râul Timiș este alcătuit din pământuri nisipoase, în multe zone cu grad redus de îndesare și nivelul ridicat al apei subterane. Partea cea mai înaltă, spre nord, este caracterizată de condiții de teren mai tare, predominant argilos.

Partea superioară a cuaternarului-holocenul acoperă zona Municipiului Timișoara pe o grosime de 10... 20 m, reprezentând acumulările aluvionare constituite din pietriș, nisipuri și argile în general nisipoase și prăfoase.

Grosimea straturilor de teren care trebuie considerate la evaluarea caracteristicilor dinamice ale pământului în diferite amplasamente din oraș de circa 120...150 m până la stratul de microgresie cenușie cu ciment argilos.

Condițiile de fundare pe amplasamentul Timișoarei sunt corecte ilustrate de harta geotehnică (Figura 1) în care se disting următoarele zone caracteristice:

1. *Zona de sud a orașului* este dominată de nisipuri fine-prăfoase, nisipuri fine și mijlocii de grosime minimă 6,0 m, la care se adaugă o serie de „insule”, amplasate atât în estul cât și în sud-vestul localității. Nivelul apei subterane este ridicat, ajungând până la 1...2 m față de nivelul terenului.

Existența pe zone întinse a nisipurilor fine (uniforme) și nivelul ridicat al apei subterane, în cazul unor cutremure puternice, sunt posibile fenomene de „lichefiere”, cu efecte deosebit de grave asupra construcțiilor din amplasament.

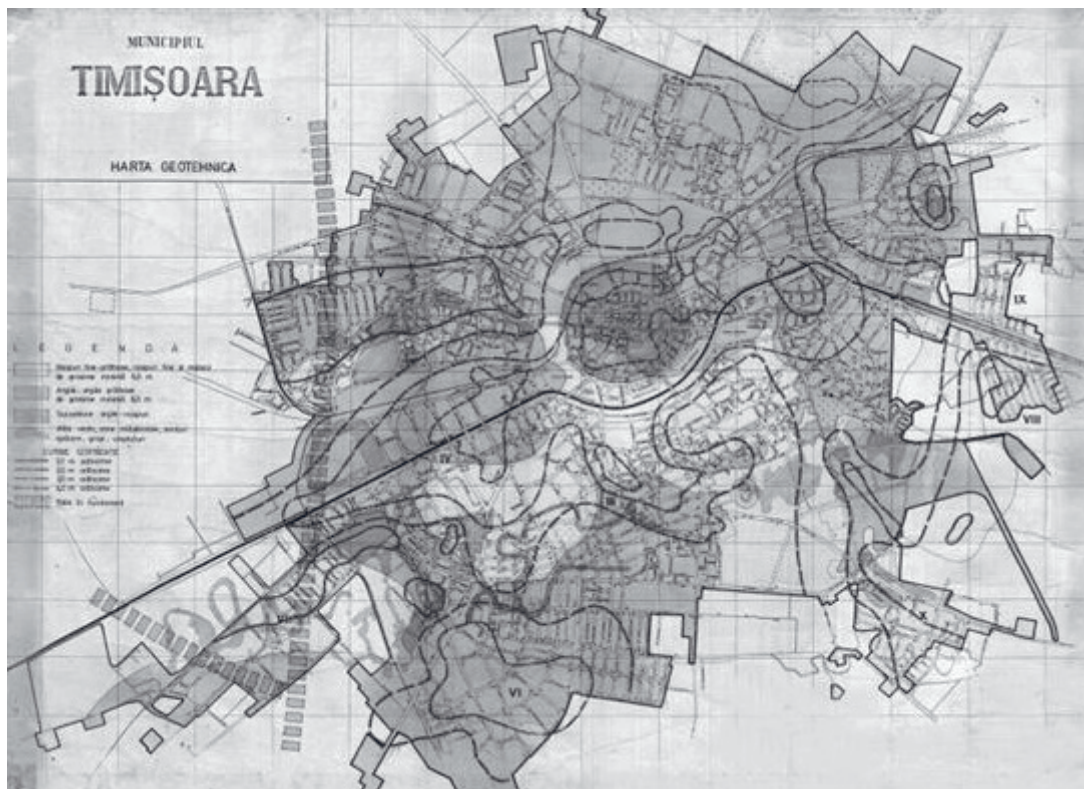


Fig. 1. Harta geotehnică a Timișoarei (Marin și Boldurean, 2004).

De asemenea, în cazul nisipurilor afânate sunt posibile tasări instantanee diferențiate cu efecte negative asupra rezistenței și stabilității construcțiilor.

2. *Zona din nordul și parțial vestul orașului* este dominată de argile prăfoase pe grosimi ce depășesc 10,0 m, caracterizată printr-o omogenitate relativ bună. Nivelul apei subterane este coborât.

3. Pe amplasamentul Timișoarei sunt mai multe *zone cu succesiuni de argile și nisipuri*, sub forma unor lentile de nisip în straturi de nisip. Caracteristica acestor terenuri este neomogenitatea accentuată și nivelul ridicat al apei subterane, reprezentând un risc mărit pentru construcții în cazul acțiunilor seismice.

4. *Zone cu umpluturi de grosime mare*, cuprinse între 3... 6 m, situate în interior și în jurul zidurilor cetății, executate pe fundul unor bălți și vechi albii (brațe) ale Begheiului, înainte de asanarea și construcția canalului Bega. Gradul de compactare și neomogenitate a umpluturilor conduc la un risc seismic ridicat.

5. *Zona centrală corespunzătoare perimetrului vechii cetăți*. Această zonă se distinge net de restul orașului, caracterizată din punct de vedere al condițiilor de fundare, printr-o neomogenitate foarte pronunțată și având riscul cel mai mare pentru acțiunea seismică. Un număr mare de construcții din

această zonă sunt fondate pe piloți de lemn, în majoritate degradați, ca urmare a asanării întregii zone și scădere nivelului apei freatice. Tot în această zonă se găsesc clădirile cele mai vechi ale orașului. Întregul fond construit este afectat de tasări și degradări în timp, unele construcții sunt avariate până la limita de precolaps. De altfel, chiar fără acțiune seismică, unele imobile sunt în stare gravă de avarie, fenomen nestaționar, care avansează în timp. Astfel, clădirile cuprinse în perimetrul: str. Mărăști – Piața Libertății; str. Eminescu – str. Eugeniu de Savoya; Piața Unirii – str. Oituz au un grad foarte ridicat de avarii. Imobilele mai mari, precum Castelul Huniazilor, Palatul Baroc, Spitalul Militar și Catedrala Ortodoxă Sârbească prezintă avarii majore, creând premisele ipotezei unor prăbușiri, cel puțin parțial, la un cutremur puternic, conform normativelor actuale.

2. FACTORI CARE INFLUENȚEAZĂ MIȘCAREA SEISMICĂ

Principalii factori care influențează mișcarea seismică într-un amplasament pot fi grupați în patru categorii: (1) factori de sursă, (2) propagarea undelor seismice, (3) factori locali de amplasament, (4)

interacțiunea teren-structură (vezi Figura 2). Diferențele dintre caracteristicile cutremurelor de pământ și fenomenele complexe de interacțiune dintre factorii care influențează caracteristicile finale ale unei înregistrări seismice duc la o variabilitate importantă a înregistrărilor.

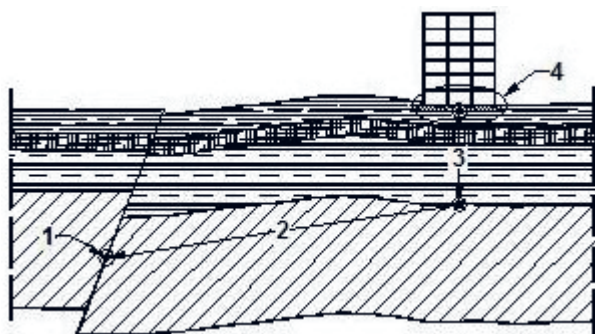


Fig. 2. Principali factorii ce caracterizează mișcarea seismică într-un amplasament:
 1 – factori de sursă; 2 – efectul propagării undelor seismice;
 3 – factorii de amplasament; 4 – interacțiunea teren-structură.

vâscos acționând după fiecare grad de libertate al fundației, presupusă perfect rigidă (Figura 4). Pentru a se ține seama de faptul că fundațiile antrenează în mișcare și o masă de teren învecinat, la masa fundației se adaugă o masă corespunzătoare de teren, precizată prin înălțimea echivalentă H_{ech} (Figura 5).

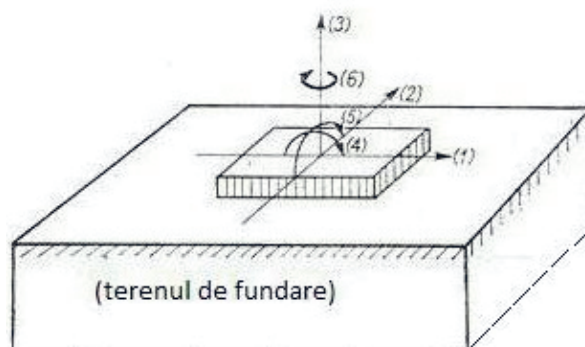


Fig. 3

3. RĂSPUNSUL DINAMIC AL FUNDAȚIILOR LA MIȘCAREA TERENULUI DE FUNDARE

Dacă fundația construcției poate fi privită ca o placă rigidă rezemată pe un mediu elastic (terenul de fundație), aceasta are șase grade de libertate dinamică (trei translații, două rotații în plan vertical și o rotire de torsiune) (Figura 3). În prezent există soluții analitice care dau răspunsul pentru plăci circulare sau dreptunghiulare, supuse unei excitații armonice sau unui impuls instantaneu după fiecare grad de libertate, în ipoteza că tensiunile de contact cu terenul sunt aceleași ca pentru încărcările statice, independent de frecvența oscilației (Newmark și Rosenblueth, 1971). Proprietățile neelastice ale terenului, neomogenitatea diferitelor straturi, precum și ipoteze mai generale privind forma și rigiditatea fundațiilor pot fi prinse în calcul discretizând continuum-ul (terenul de fundație) prin metoda elementului finit.

Din punct de vedere practic, calculele de acest tip sunt utile în primul rând pentru determinarea caracteristicilor dinamice (echivalente) ale resoartelor și amortizorilor cu ajutorul cărora se poate modela global comportarea terenului de fundare. Este de subliniat de asemenea că, metodele de acest fel permit o evaluare directă a amortizării prin radiație.

Metodele simplificate admit înlocuirea terenului de fundare prin câte un resort și câte un amortizor

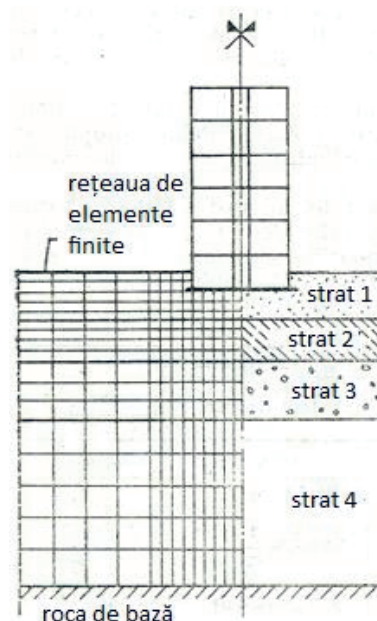


Fig. 4

Având în vedere că după direcția fiecărui grad de libertate al fundației se dispune de trei constante (rigiditatea elastică a resortului, fracțiunea din amortizarea critică și masa echivalentă de pământ), se poate îmbunătăți modelul de calcul simplificat prin confruntarea rezultatelor cu măsurători „in situ” sau cu cele ale unor calcule bazate pe modele mai complexe, în special pentru terenul de fundare.

În mod indicativ, principiile de alegere a celor trei constante ale modelului sunt următoarele:

– Constanta elastică a resortului, k (rigiditatea fundației), este determinată pentru plăci circulare și

dreptunghiulare considerate ca reazeme pe un semispațiu elastic infinit.

– Constantele elastice ale terenului, E_t , G_t , ν_t , sunt presupuse cunoscute. Distribuțiile presiunilor sub talpa de fundație sunt presupuse a fi cele corespunzătoare încărcări statice.

– Coeficientul de amortizare vâscoasă, c , se alege astfel încât răspunsul calculat să difere cât mai puțin de cel rezultat prin metodele „exacte”.

O corespondență directă cu coeficienții de amortizare ai terenului este dificil de făcut întrucât modelul de calcul presupune o amortizare vâscoasă atât la nivelul maselor structurii, cât și a terenului, pe când fenomenele de amortizare în teren sunt de natura frecării uscate (Coulomb). De asemenea, coeficienții de amortizare trebuie să conțină și amortizarea prin radiație a fundațiilor pe care modelul simplificat nu o poate prinde direct.

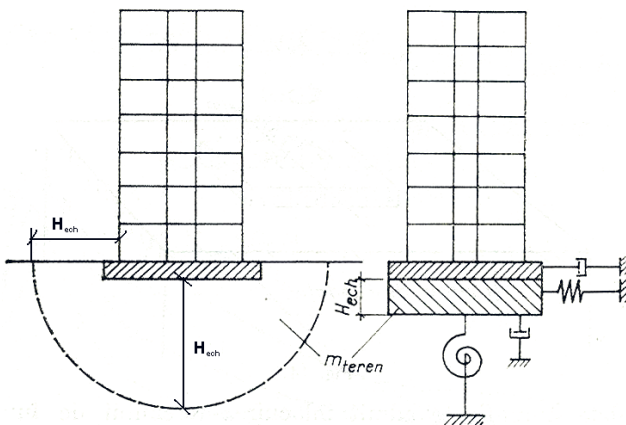


Fig. 5

Masa adițională de pământ este mai degrabă un parametru suplimentar de corectare a rezultatelor obținute pe baza modelului simplificat. Aceasta se exprimă prin înălțimea H_{ech} a cilindrului (prismei) de pământ care are ca bază talpa de fundație.

Pe baza unor considerente de acest fel au fost stabilite relațiile pentru calculul înălțimii prismei de pământ echivalent H_{ech} , a factorului de amortizare c și a constantei elastice k a fundațiilor circulare și dreptunghiulare în plan, redată în tabelul 1 (Newmark și Rosenblueth, 1971). Fundația circulară este considerată de rază R , iar cea dreptunghiulară de laturi B, L . Aria tălpii de fundație este notată cu A_f . Constantele elastice ale terenului de fundare sunt notate E_t , G_t , ν_t , - coeficientul lui Poisson, iar densitatea acestuia este notată ρ_t .

4. CONCLUZII

Una dintre cele mai importante probleme privind proiectarea construcțiilor amplasate în zone seismice o reprezintă selectarea tipului de cutremur. Parcurgerea acestei etape deosebite presupune o cooperare multidisciplinară și corelarea datelor geotehnice, geologice, tectonice și seismotectonice, geofizice, seismologie inginerescă etc., precum și evaluarea factorilor de risc.

În regiunea Banat accelerația componentei orizontale a_H și accelerația maximă reprezintă valori pentru mișcări seismice cu bandă lată și intermediară de frecvențe, având valori relative mici, sau cel mult medii, pentru perioadele de control T_c (de exemplu, $T_c \leq 0,6$ s).

Pentru studiile de perspectivă privind microzonarea seismică trebuie ținut cont că pe teritoriul municipiului Timișoara sunt cel puțin două structuri geotehnice: una în partea de sud, în care predomină nisipurile fine-prăfoase, nisipurile fine și mijlocii de grosime maximă 6,0 m, saturate și pe alocuri cu potențial de lichefiere (zona CET Timișoara) și a doua zonă în partea de nord unde predomină argilele prăfoase, cu grosimea minimă de 6-8 m.

Tabelul 1

Gradul de libertate	H_{ech} [cm]	c [kgf·s/cm]	Rigiditatea k [kgs/cm]	
			Fundații circulare	Fundații dreptunghiulare
1. Translație verticale	$0,27\sqrt{A_f}$	$5,42\sqrt{k\rho_t H_{ech}^3}$	$\frac{4G_t R}{1-\nu_t}$	$\frac{E_t\sqrt{A_f}C_s}{1-\nu_t^2}$
2. Translație în plan orizontal	$0,05\sqrt{A_f}$	$41,1\sqrt{k\rho_t H_{ech}^3}$	$5,8\pi G_t R \frac{1-\nu_t^2}{(2-\nu_t)^2}$	$\frac{E_t\sqrt{A_f}K_T}{1-\nu_t^2}$
3. Rotire în plan vertical	$0,35\sqrt{A_f}$	$0,97\sqrt{k\rho_t H_{ech}^3}$	$2,7G_t R[v=0]$	$E_t K_\phi \frac{1}{\sqrt{A_f}(1-\nu_t^2)}$
4. Torsiune	$0,25\sqrt{A_f}$	$3,76\sqrt{k\rho_t H_{ech}^3}$	$\frac{16G_t R^3}{3}$	$1,5E_t J_{K_T} \frac{1}{\sqrt{A_f}(1-\nu_t^2)}$

Conform analizelor seismologice ale datelor culese din cele mai vechi timpuri și până în prezent rezultă faptul că seismicitatea din zona Timișoarei este determinată în principal de cutremurile bănățene, și nu de cele vrâncene.

Studiul condițiilor tectonice și seismotectonice locale evidențiază faptul că în amplasamentul Timișoarei sau în imediata apropiere nu există o falie activă, care să periclitaze rezistența și stabilitatea construcțiilor existente sau viitoare, în mod excepțional.

Diversitatea condițiilor de fundare în orașul Timișoara măresc gradul de incertitudine privind răspunsul construcțiilor existente.

În contextul celor de mai sus se pot exprima unele concluzii și idei privind efectele seismelor bănățene și efectele lor pe amplasamentul Timișoarei:

1. Intensitatea seismului și particularitățile sale vor determina efecte semnificative pe toată aria a orașului;

2. Avariile și caracterul distructiv sunt foarte diverse și gradate, cu tendința clară de concentrare în zona centrală a orașului și în cartierele periferice, în special în zonele unde se află clădiri joase, vechi, construite înainte de 1940;

3. În zona centrală, a vechii cetăți, din cauza gradului avansat de degradare a mai multor clădiri, este posibilă o concentrare a cazurilor de colaps general sau parțial, atât datorită neomogenității terenului de fundare (umpluturi) cât și a structurii clădirilor (zidărie de cărămidă, planșee din lemn);

4. Zone mai restrânse, cu posibile avarii grave pot apărea și în alte cartiere: Piața Traian, pentru unele clădiri mai vechi, str. Ștefan cel Mare, zona Calea Buziașului, Iosefin, Piața Badea Cârțan, Splaiul Tudor Vladimirescu etc.;

5. Locuințele parter sau P + 1E, în stare avansată de degradare, pot constitui zone de colaps general sau parțial în multe zone ale Timișoarei;

6. În clădirile cu P + 2E, edificate între 1860 și 1920, sunt posibile avarii importante la interiorul acestora, prin cedarea pereților despărțitori (ne-structurali);

7. Cartierele de blocuri P + 4E din zona de nord a Timișoarei vor fi puțin afectate la structura de

rezistență, dar sunt probabile avarii interioare de mică importanță;

8. Cartierele cu blocuri P + 4E din zona de sud a Timișoarei pot suferi unele avarii structurale, dar de mică importanță;

9. Blocurile de locuințe P + 8 – P + 10, cu fundații corect concepute și executate, pe terenuri normale, pot avea numai avarii minore la interior. Pentru cele fondate pe terenuri dificile sunt posibile avarii majore la interior și rare avarii la structură.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Ardeleanu, L., Leydecker, G., Bonjer, K.P., Busche, H., Kaiser, D., Schmitt, T., *Probabilistic seismic hazard map for Romania as a basis for a new building code*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2005.
- [2] Day, R.W., *Geotechnical Earthquake Engineering Handbook*, The McGraw-Hill Companies Inc., 2002.
- [3] Diaconu, D., Diaconu, A., *Unele opinii cu privire la normele de proiectare antiseismică din România*, Aniversare INCERC - filiala Timișoara 50 de ani de activitate. Editura Marineasa, 2005.
- [4] Diaconescu M., Ioane D., Malița Z., Biter M., Rădulescu F., *Tectonics and seismicity in Banat, Romania*, 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, 14-20 April 2004.
- [5] Dubină, D., Lungu, D., *Construcții amplasate în zone cu mișcări seismice puternice*, Ed. Orizonturi Universitare 2003.
- [6] Gruia, A., Haida, V., *Geotehnică și fundații*, Institutul Politehnic „Traian Vuia”, Timișoara, 1990.
- [7] Marin, M., *Regiunea seismică Banat – Timișoara și aspecte privind calculul construcțiilor*, Buletinul AGIR, octombrie - decembrie 2000.
- [8] Marin, M., Roman, O., Rasool, H.H., *Studiu geodinamic pentru evaluarea impactului clădirilor înalte asupra zonelor învecinate, în caz de seism*, A XI-a conferință națională de geotehnică și fundații, Timișoara, 2008.
- [9] Oros, E., *Review of the historical seismicity in the western and southwestern territory of Romania (Banat seismic Region)*, Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, Ed. Akadémiai Kiadó, 2008.
- [10] Oros, E., Popa, M., Popescu, E., Moldovan, I., A., *Seismological database for Banat seismic Region (România) – Part 2: The catalogue of the focal mechanism solutions*, Romanian Journal of Physics, Vol.53, București, 2008.
- [11] Oros, E., *Surse de hazard seismic pentru zona de vest a României*, Analaele Univ. Eftimie Murgu Reșița, Fascicula Inginerie, VII, 2000.