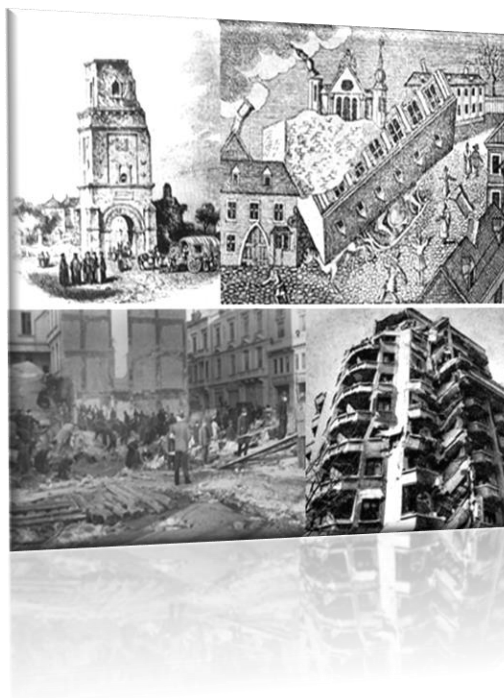


RAPORT DE CERCETARE 2

CUTREMURE ISTORICE MAJORE ÎN ROMÂNIA ȘI EFECTELE LOR ASUPRA MEDIULUI CONSTRUIT



Doctorand

ing. Daniel-Ioan DIMA

Coordonator științific

Prof. univ. dr. ing. Radu Văcăreanu

BUCUREȘTI
IUNIE 2014

Capitol

1.

SEISMICITATEA TERITORIULUI ROMÂNIEI

1.1. Generalități

Cutremurele de pământ reprezintă fenomene geologice naturale, cu caracter distructiv, de natură și origine variată, dintre care o importantă deosebită o au cutremurele de origine tectonică. [1]. Aceste fenomene se caracterizează prin complexitate, atât din punct de vedere al mecanismului de producere și al caracterului imprevizibil, cât și prin consecințele sale devastatoare asupra oamenilor și a mediului (modificări topologice superficiale, ca urmare a rupturilor scoarței terestre și alunecărilor de teren, etc.). Modul de manifestare al cutremurelor, precum și consecințele provocate, au încă un efect nefast asupra psihologiei oamenilor, indiferent de vârstă și gradul de cultură, aspect accentuat și de caracterul imprevizibil al unor astfel de fenomene [2].

O manifestare de referință în direcția evaluării hazardului seismic la nivel internațional, a reprezentat-o a VIII-a Conferință Mondială de Inginerie Seismică (1984 - „*The role of Science and Engineering in Natural Hazards*”), în cadrul căreia se defineau fenomenele seismice, astfel: „*Cutremurele constituie un tip foarte special de hazard natural, în sensul că se petrec foarte rar, cu o probabilitate redusă, dar a căror consecințe, atunci când se produc, exprimate în distrugerii și suferințe umane, sunt foarte importante*” [3].

De asemenea, cercetătorul Vitelmo V. Bertero (profesor emerit al Departamentului de Inginerie Civilă și a Mediului, Universitatea Berkeley din California), definea cutremurele în raportul sau cu titlul „*Codification, design and application*”, prezentat în cadrul celei de a II-a Conferințe Internaționale asupra Comportării Structurilor Metalice Amplasate în Zone Seismice – STESA '97 (Kyoto, august 3-8, 1977) astfel: „*Cutremurele reprezintă dezastre naturale caracterizate prin aceea că, cele mai multe pierderi de natură umană și economică nu se datorează mișcărilor seismice în sine, ci, în principal, prăbușirii construcțiilor și facilităților create de către om (clădiri, baraje, poduri, sisteme de transport, etc.) în vederea asigurării confortului existenței sale...[...].cutremurele constituie forme de hazard cărora ne stă în putere să le răspundem în mod efectiv. Putem învăța unde nu trebuie să construim și cum să contruim pentru a evita prăbușirea construcțiilor noastre*” [3].

1.2 Originea și cauza cutremurelor de pământ

Pământul se află într-o permanentă mișcare și posedă o structura internă destul de complicată, care poate fi redusă schematic la modelul din Fig. 1. În baza teoriei tectonicii plăcilor, preluând ideea mai veche a meteorologului german Alfred Wegener, și anume, faptul că scoarța terestră este alcătuită dintr-un număr de plăci și subplaci (blocuri) rigide, care reazemă pe

mantaua groasă aflată în fuziune la presiuni și temperaturi colosale, care determina mișcarea continuă a plăcilor, unele în raport cu celelate. În acest context, continentele se deplasează continuu și lent, producând modificări ale scoarței terestre în urmă acumulărilor energetice în roci și a erupțiilor vulcanice, generatoare de rupturi și prăbușiri de amploare în interiorul litosferei.

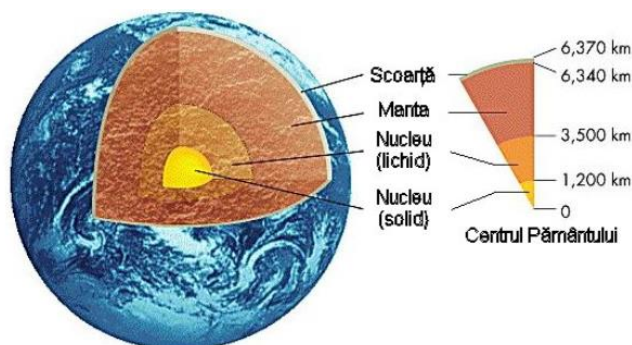


Fig. 1: Structura schematică a Pământului

Cutremurele care se produc pe terra provin din două surse principale: *i) erupțiile vulcanice – cutremure vulcanice; ii) modificările structurale permanente ale scoarței terestre – cutremure tectonice*. Cele mai frecvente cutremure sunt de origine tectonică, iar energia pe care o eliberează se extinde pe zone întinse la suprafața scoarței [5]. Șocul seismic se produce ca urmare a fracturării rocilor care vin în contact într-un plan mai slab în care s-au acumulat, în decursul timpului, deformații elastice extrem de mari.

Fenomenul de eliberare bruscă a acestei energii, transformată instantaneu în energie cinetică, generează asanumitele unde elastic, care se propagă radial, iar prin procesul de refracție, acestea ajung la suprafață. Punctul teoretic în care se produce ruptura inițială, care în realitate reprezintă o zonă de fracturare din structura tectonică, se numește focar (hipocentru), iar punctul de la suprafața scoarței terestre, pe verticală focarului, se numește epicentru, Fig.2 [5].

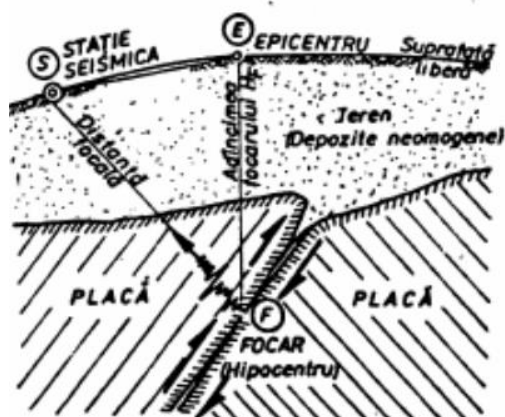


Fig. 2: Alcătuirea schematică a unui mecanism de producere a cutremurelor tectonice [5]

În funcție de poziția focarului, cutremurele se clasifică, astfel:

- **cutremure crustale** (normale), având focarul situat la o adâncime de până la cca. 70 km, acest tip de cutremure sunt cele mai frecvente, cca. 90% din cutremurele care se produc în toată lumea și sunt caracterizate printr-o durată semnificativă relativ redusă, iar perioadele predominante, specifice mecanismului de focar, sunt în general scurte [2]; din această categorie fac parte și cutremurele superficiale cu adâncimea focarului în intervalul $30 \div 40$ km, în imediată apropiere a scoarței terestre (deasupra discontinuității Mohorovicic - „Moho”);
- **cutremure subcrustale** (intermediare) au focarul situate în intervalul $70 \div 300$ km, caracterizându-se printr-o durată semnificativă moderată, cu perioadele predominante mai lungi, iar aria de manifestare este mai mare în raport cu a celor crustale; astfel de cutremure sunt mai rare, regăsindu-se în Afganistan, Columbia, Mexic și România [2];
- **cutremure de adâncime** (de profunzime) au focarul situat în intervalul $300 \div 700$ km, astfel de cutremure fiind mai rare și au o durată semnificativă mare [2].

Fenomenele care se produc în profunzimea scoarței terestre, la nivelul plăcilor tectonice, și care stau la originea producerii cutremurelor sunt:

- **faliere** – fracturări ale rocilor din litosferă, cauzate de mișcările produse de alunecările în lungul unui plan de rupere, însoțit de eliberarea bruscă a unei energii cinemateice colosale transformate în unde seismice (de adâncime primare P și secundare S, și de suprafață Love – L și Rayleigh – R), care se propagă prin straturile de roci tectonice; aceste planuri de rupere se numesc falii, astfel de cutremure sunt extrem de violente (distructive) [2];
- **subducție** – teoria plăcilor tectonice susține că prin comprimarea puternică, care se manifestă la contactul dintre plăcile continentale, se produc deplasări mari fie din cauza cedărilor, în urmă strivirii rocilor, fie din cauza fenomenului de subducție (alunecare relativă a unei plăci sub cealaltă) [2].

1.3 Caracteristicile seismotectonice ale cutremurelor din România

România reprezintă una din țările lumii supusă unui regim seismic persistent, periodic și sever, provenind din surse cu caracter tectonic de mare diversitate. Istoria scrisă, din ultima jumătate de mileniu, atestă o activitate seismică susținută pe teritoriul țării noastre. În acest sens, vechile cronică, care constituie prima sursă de informație, în sens cronologic și de valoare incontestabilă, asupra activității seismice din țările române, reflectă cu multe amănunte producerea multor cutremure de pământ în aceste regiuni, efectele dezastruoase ale acestora, precum și preocuparea populației, pe parcursul istoriei, față de pericolul seismic [1].

Pe teritoriul țării noastre se manifestă activități seismice cu caracter complex și particular datorită diversității categoriilor de cutremure: i) *superficiale*; ii) *crustale cu focar ascendent*; iii) *subcrustale (intermediare)*. Activitatea seismică a teritoriului țării noastre este dominată de cutremurele *subcrustale* din zona arcului carpatic, cunoscute și sub denumirea de marile cutremure vranceane sau „*cutremure moldave*”. Zona Vrancea (cu suprafață epicentrală de cca. $40 \times 80 \text{ km}^2$, Fig. 3, [3]) reprezintă o sursă seismică activă și persistentă, cunoscută de cca. 500 ani și având caracteristici specifice, aproape unice în lume.

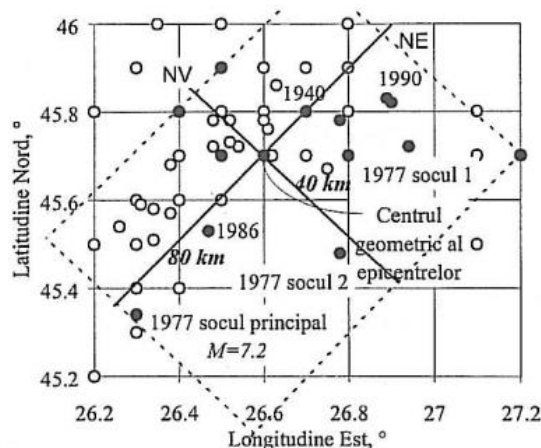


Fig. 3: Modelul suprafeței epicentrale Vrancea – distribuția epicentrelor Vranceane conform catalog Radu pentru secolul 20 (pentru cutremure cu $M_w \geq 6.3$ [3])

După B. Gutenberg și Ch. F. Richter, cutremurele care se produc în Vrancea, sunt similare, din punct de vedere ale mecanismelor de focar, cu cele care se produc în Munții Hindu Kush (Afganistan) și Bucaramanga (Columbia). Focarele cutremurelor vranceane sunt situate în general la adâncimi de cca. $70 \div 170 \text{ km}$, însă cele mai frecvente și violente sunt cele a căror focar se localizează la adâncimile de cca. $130 \div 150 \text{ km}$. [2].

Din punct de vedere tectonic, teritoriul României este constituit dintr-un conglomerat de plăci și subplaci convergente în zona Vrancea, la cotitură Munților Carpați. Centură alpină – carpato – caucaziană, cu structura geologică extrem de complexă, situată la extremitatea vestică a plăcii Euroasiatice, cuprinde subplacile din Mediterana de Vest, din aria panonică și transilvană, precum și din Marea Egee, fiind delimitat prin Munții Carpato – Balcanici. Subplacile situate în Sudul Munților Carpați, conectate cu cele balcanice, definesc global subplaca Moesica, Fig.4, [2].

Aceste conglomerate de subplaci caracterizează zone tectonice cu seismicitate ridicată și active, în care se produc cutremure generate de focare superficiale, crustale și subcrustale, prin procese de faliere sau subducție a plăcilor. La confluența extremității estice a plăcii Euroasiatice, subplacile intră-alpină și Moesica este situat teritoriul României, caracterizat printr-o tectonică neomogenă și o activitate seismică pronunțată în curbură Carpaților Orientali (definită de zona

Vrancea), prin cutremure de frecvență și intensitate variabile. În afară acestei zone, pe teritoriul țării noastre se mai produc și cutremure superficiale și crustale de energii moderate [2].

Localizarea cutremurelor în zona Vrancea, în lungul depresiunii Focșani – Odobești, a permis identificarea genezei seismice puternice care se manifestă la intervale de timp destul de mari, caracterizate prin energii eliberate în focar imense și distribuite radial neuniform. Cutremurele superficiale (cu focarul situat până în 5 km) și crustale, generate prin mecanisme de falieri au fost localizate în Banat, Crișana, Maramureș, Bucovina, zonele Făgărașului și Tarnavelor, precum și în Câmpia Română și Dobrogea. Exemple de cutremure superficiale semnificative (cu magnitudini de 6.5 o dată pe secol, cu intensități de maxim VIII – MSK) s-au produs în lungul faliilor: Videle – Roșiorii de Vede pe 20 aprilie 1977 și Ploiești – Fierbinți – Călărași pe 28 iunie 1977 [2].

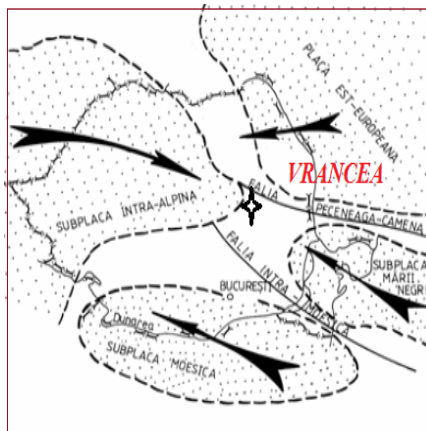


Fig. 4: Configurația seismic - tectonică schematică a teritoriului României [www.google.com]

Un aspect specific al sursei Vrancea îl reprezintă și faptul că energia eliberată în focar se propagă preponderant pe direcția NE – SV și foarte slab pe direcția NV – SE. Această propagare, pe direcția menționată, a avut, pe parcursul istoriei, fie efecte distribuite simetrice în raport cu zona epicentrului, ieșind în evidență unele zone locale de mare sensibilitate seismică la distanțe relativ mari de epicentru (spre sud-vest până la Dunăre și chiar dincolo, iar spre nord-vest, până dincolo de Prut), așa cum a fost în cazul cutremurului din 10 noiembrie 1940, fie efecte distribuite asimetric, afectând frecvent zonele din Moldova (unde și denumirea de cutremure moldave) [1].

Mișcările seismice puternice generate de focarele din Vrancea, pe lângă intensitatea ridicată (până la gradul IX - MSK), prezintă o particularitate, în raport cu mișcările seismice puternice care apar curent în alte țări și care sunt datorate cutremurelor de suprafață. Această particularitate se manifestă prin prezența unor perioade predominante lungi ale mișcării terenului în anumite zone între care și București, fapt de care trebuie să se țină seama în stabilirea seismicității diferitelor zone [1].

Experiență cutremurelor din 1977 și 1986 au confirmat faptul că această particularitatea a perioadelor predominante lungi, în București, este dată de condițiile locale de teren (prezența în zona de suprafață a unui pachet de straturi groase de teren preponderant argilos de cca. $50 \div 60$ m, în zonele de Est, Sud și centru a Bucureștiului), caracterizate prin perioade lungi de $1.4 \div 1.6$ s ale vibrației terenului în cazul cutremurelor de intensitate moderată și mare. Acest aspect favorizează, în cazul cutremurelor puternice vrance, apariția fenomenelor de cvasirezonață pentru clădirile înalte și flexibile, clădiri care au fost afectate la cutremurul din 4 martie 1977 [3]. La întocmirea generațiilor noi a condurilor specifice de proiectare seismică, aspectul condițiilor locale de teren a fost însușit prin elaborarea spectrelor accelerațiilor de proiectare β asociate perioadelor specifice (0.7, 1.0 și 1.6 s).

1.4 Seismicitatea teritoriului Romaniei înainte și după 4 martie 1977

În mod firesc, din punct de vedere al proiectării seismice, s-a considerat necesară o reprezentare simplificată și practică a seismicității teritoriului României, care să permită adoptarea în calcule de proiectare a unor încărcări seismice cât mai realiste, întrucât seismicitatea este variabilă de la zona geografică la zona geografică și, în consecință, încărcarea seismică diferă de la una la alta.

Pe plan internațional, preocupările de specialitate în domeniul ingineriei seismice și implicit abordarea evaluării hazardului seismic și considerarea unei practici de proiectare seismică a construcțiilor, au apărut în țările dezvoltate supuse constant și periodic unor cutremure violente, precum Japonia, S.U.A., Italia, etc. [1].

Astfel, problemele principale ale preocupărilor, vizau aspecte legate de condițiile seismice în care sunt amplasate construcțiile, concretizate de regulă, în hărțile de zonare seismică și stabilirea modalităților de stabilire a încărcărilor seismice efective asupra construcțiilor la manieră realistă și practică, dar și a regulilor de calcul și alcătuire constructivă specifice. Toate acestea au devenit obiectul conținutului primelor norme tehnice apărute în unele țări dezvoltate sau în curs de dezvoltare, precum Japonia, S.U.A., U.R.S.S., Italia, etc. [1].

Pe plan național, preocupările inginerilor, privind asigurarea seismică a construcțiilor, printr-o practică specifică, s-a remarcat mai târziu, deși preocupările pentru seismologie existau cu mult înainte. Evenimentul seismic nefast din 10 noiembrie 1940, a suscitat realmente, pentru inginerii români, preocupări privind asigurarea seismică a construcțiilor. Una din publicațiile de referință ale vremii, a fost articolul Prof. Aurel A. Beles: „Cutremurul și construcțiile”, publicat la sfârșitul anului 1941, în care făcea referire la prăbușirea blocului Carlton, construcție de referință a acelei vremi, afirmând faptul că:

„Acest dezastru, precum și deteriorarea gravă a unora din clădirile mari, asanumitele blocuri din capitală, au ridicat prima oară problema siguranței construcțiilor și în special aceea a apărării contra cutremurului” [1].

În acest context, sub impulsul consecințelor dezastruoase ale cutremurului din 1940, unii ingineri români, printre care poți fi amintiți inginerii Alexandru Cișmigi, Emilian Titaru și alții, au inițiat primele preocupări în domeniul ingineriei seismice din țară noastră, a căror rezultate au rezonat în afară granițelor țării și au devenit conținutul primelor prescripții de proiectare seismică românești.

Astfel, la 30.12.1941, Ministerul Lucrărilor Publice din acea vreme, emite „Instrucțiuni provizorii pentru prevenirea deteriorării construcțiilor din cauza cutremurelor și pentru refacerea celor degradate”, publicată în Monitorul Oficial Nr. 15 (partea I) din 19 ianuarie 1942, acestea cuprinzând primele indicații din țară noastră cu privire la zona seismică a teritoriului, la calculul și alcătuirea structurilor rezistente la cutremur [1]. În lipsa unei baze de date (înregistrări seismice), comparativ cu zona seismică existentă în codul actual, la acea vreme a rezultat o zonare seismică grosieră și neacoperitoare, fapt confirmat de experiență cutremurului din 1977. Zona seismică, din acea vreme, a fost valabilă până în 1950, și era constituită din două regiuni [1]:

- A – regiunea de sud și est de Carpați, la care se adaugă și județul Brașov, zona considerată cea mai expusă cutremurelor, corespunzându-i o intensitate seismică VIII – MSK;
- B – restul țării, considerat că mai puțin expus cutremurelor, corespunzându-i o intensitate seismică VII – MSK.

Cercetările ulterioare primei zonari, în care au fost luate în considerare structura seismotectonica a crustei teritoriului României, datele geologice și hidrologice ale diferitelor zone, cât și analiza mai atentă și detaliată a efectelor cutremurului din 1940, au condus la elaborarea unei noi zonari seismice, înscrisă în standardul de stat STAS 2923-52, această constituindu-se din trei zone seismice corespunzătoare a trei grade de intensitate seismică VI, VII și VIII, Fig. 5. Mai târziu, în 1963, s-a realizat o revizuire a zonarii din 1952, obținându-se o zonare seismică cu grade de la VI la IX, conform STAS 2923-63, care a fost valabilă până în 4 martie 1977.

Obținerea, în premieră națională, a primelor date seismologice înregistrate instrumental, în timpul cutremurului din 4 martie 1977 (cea mai semnificativă înregistrare a fost furnizată de accelerograful tip SMAC-B de construcție japoneză, în stația ÎNCERC – București), a făcut posibilă realizarea primei zonări seismice reale, specifică teritoriul țării noastre.

De asemenea, prelucrarea datelor înregistrate atunci, au evidențiat caracterul particular și complex unic al focarului Vrancea și a mecanismului de generare, acesta fiind definit că „eveniment seismic multiplu cu caracter de multisoc” [2].

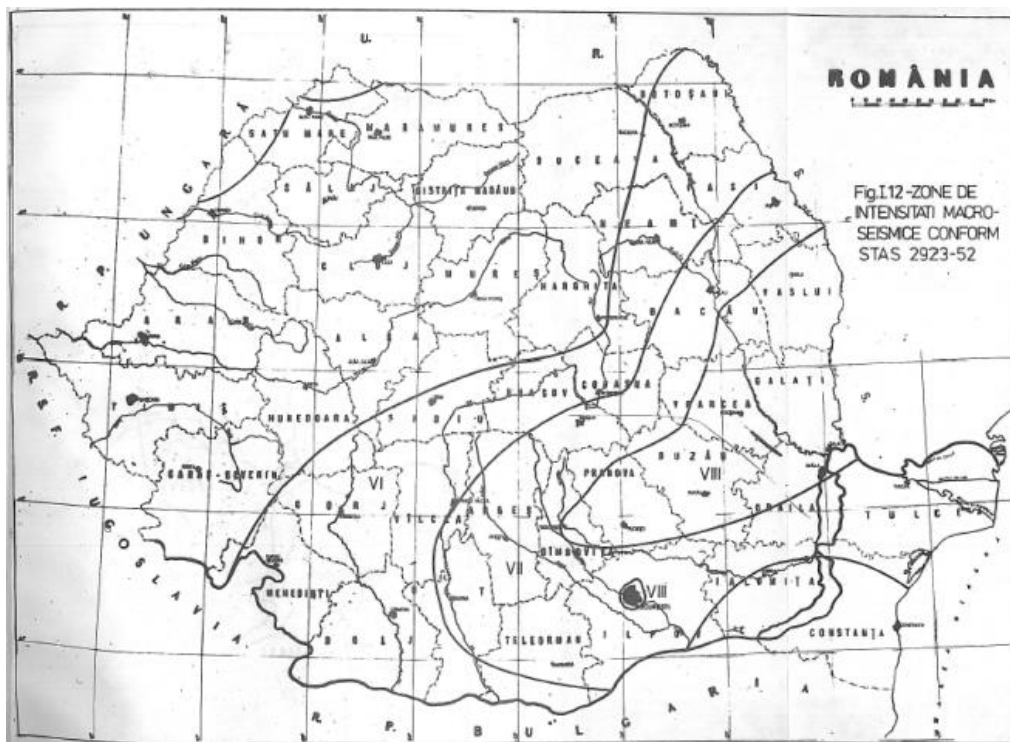


Fig. 5: Harta de zonare macroseismică a teritoriului României conform STAS 2923-52 [1]

Mișcarea seismică a terenului, care în timpul cutremurului diferă de la un punct la altul al suprafeței pământului, conduce la diferențe atât în ceea ce privește intensitatea mișcării, cât și a distribuției spectrale a acesteia, cauzate de diferențele naturii drumului de propagare a undelor și a condițiilor geologice locale. Pentru realizarea unei imagini cât mai realiste a distribuției geografice a caracteristicilor mișcării seismice a teritoriului României la cutremurul din 1977, s-au utilizat puținele date înregistrate și mijloace de estimare prin conjugarea efectelor observate asupra construcțiilor și a oamenilor.

În acest scop, Centrul de Cercetări pentru Fizică Pământului și Seismologie (C.F.P.S) au distribuit, la acea vreme, prin intermediul autorităților județene, cca. 10000 de chestionare (din care 2000 în București), în special în zona din exteriorul lanțului carpat.

În paralel, se realizase o comisie de specialist, care a elaborat un raport al avariilor identificate la cca. 18000 de clădiri, în scopul fundamentării unei noi microzonari a Bucureștiului.

Observațiile făcute, asupra comportării construcțiilor, au pus în evidență variabilitatea intensității seismice de la un punct geografic la altul și a permis totodată constatarea diferențelor semnificative între efectele produse de cutremurul din 4 martie 1977 asupra unor localități apropiate de București și diferențe chiar în interiorul acestor localități.

Astfel, s-a obținut harta de intensități macroseismice, întocmită în baza scării de intensități MSK – 64 (STAS 3684 – 71), Fig. 6, racordată cu harta de izoseiste întocmită de institutul de geofizică din Sofia – Bulgaria [1].

Asupra acestei hărți, de intensități seismice, au existat la acea vreme, o serie de rezerve din partea unor specialiști în inginerie seismică, în sensul că această prezență o tendință evidentă de subevaluare a efectelor cutremurului din 1977. Acea rezervă era fundamentată pe faptul că regiunile prezentate în STAS 3687 – 71, pentru evaluarea intensității seismice conform scării MSK – 64, se referea la avariile suferite de construcțiile rigide, conducând la intensități VI...VIII pentru București, iar pentru cele flexibile, intensitățile creșteau la VIII – IX și pe faptul că nu s-a ținut cont de nivelul de asigurare antiseismică realizat la multe construcții ce au intrat în anchetă, că urmare a aplicării normelor de proiectare în vigoare în perioada anterioară cutremurului.

De asemenea, această rezervă a fost susținută și de seismologul sovietic S.V. Medvedev prin harta cu izoseistele cutremurului din 1977 propusă de acesta, Fig. 7 [1].

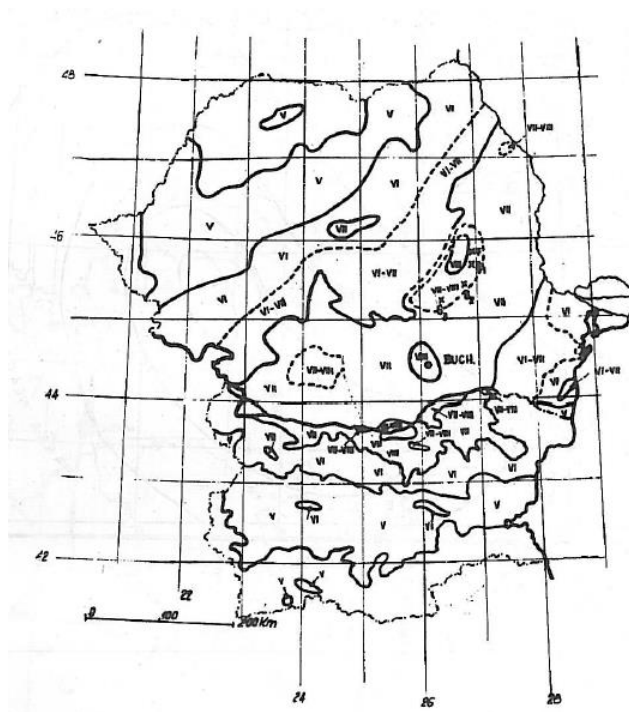


Fig. 7: Harta izoseismică a cutremurului din 1977, România – Bulgaria [1]

Se mai pot reține observațiile și constatările particularizate (bazate pe discuții sau observații directe, făcute în câteva localități) efectuate, la acea vreme, pe marginea hărții întocmite de C.F.P.S. și anume [1]:

- s-au identificat zone de mare sensibilitate seismică situate în București, Craiova, Zimnicea, Rosiorii de Vede, Iași, etc., alternând cu zone în care efectele observate au fost moderate (Târgoviște, Slatina, etc.), deși au fost situate pe aceleași direcții în raport cu epicentrul;

- s-au observat efecte deosebit de puternice în zona subcarpatică din județul Prahova (Văleni, Plopeni, Cimpina) și au fost afectate de intensități ridicate, zone situate la distanță mare de focar (Sudul Oltenie, Caracal și pe cursul inferior al Jiului, județele Vaslui și Iași), în timp ce regiunea din imediată apropiere a epicentrului (județele Buzău, Vrancea și Galați), au fost afectate de intensități mai reduse decât s-ar fi așteptat în cazul magnitudinii cutremurului din 1977;
- s-a mai observat tendința sistematică de accentuare a efectelor seismice în zona marilor concentrări urbane, pusă în evidență prin așa numitul „efect de oraș mare”, în primul rând București, apoi Craiova, Iași, etc.;
- s-a constatat o compoziție spectrală a mișcării seismice, determinată în principal de caracteristicile mecanismului de focar și de adâncimea mare a acestuia, care au condus la observarea unor perioade predominante lungi, mai ales în zonele de câmpie din sudul țării, dar și de condițiile locale și a altor factori (zone de deal caracterizate prin terenuri mai țări unde componentele de frecvență ridicată au fost mai importante precum în Bacău, Iași, Cîmpulung Muscel) sau în cazul orașului Ploiești, perioadele predominante au fost mai mici decât cele din București, iar construcțiile înalte au fost mai puțin afectate;
- condițiile seismice au făcut că tipurile de construcții cele mai afectate să difere de la un centru construit la altul, astfel, în București construcțiile joase și rigide au fost, în medie, mai puțin afectate, în timp ce construcțiile înalte și flexibile, au fost semnificativ afectate (Zimnicea, Craiova, Iași, etc.).

Capitol

2.

CUTREMURELE DIN 1802, 1829, 1838 SI 1940

2.1. Cutremurele din 1802, 1829 si 1838

Resursele și consemnările istorice legate de producerea unor evenimente seismice semnificative, prin efectele lor, în secol XIX sunt puțin. Acestea se regăsesc adesea în cronicile ale unor învățați ai vremii sau în scrierile bisericești. Cele mai semnificative cutremure vranceane produse în secolul XIX au fost:

Cutremurul din 14 octombrie 1802, a cărui magnitudine Gutenberg-Richter, a fost apreciată la 7.7, cu o intensitate epicentrală de peste 9. Acesta a fost un cutremur de mare adâncime și s-a produs în regiunea Turcești (Vâlcea) [5]., fiind apreciat că cel mai puternic

cutremur istoric din sursă Vrancea, producând o seama de avarii și chiar prăbușiri, cel mai relevant caz fiind prăbușirea unei părți din turnul Colțea din București, dar și efecte asupra mediul / reliefului (crăpături în sol și emisii de gaze care puteau să ardă).



Fig. 8: Pomelnicul Mănăstirii Valeni [7]

Acest înspăimântător cutremur avea să fie consemnat în diverse scrieri precum:

- Pomelnicul Mănăstirii Văleni, Fig.8, în care aveau să fie consemnate: „În 1802, 14 octombrie la 7 ceasuri și jumătate ziua fost-au mare și năpraznic cutremur care a prăbușit multe sfinte mănăstiri, prăbușindu-se și sfânta Mănăstire Cotroceni...Căzut-au și Sfânta Mănăstire Vălenii de Munte...Și atunci îndemnându-se de râvna dumnezeiască au zidit mai întâi sfânta Mănăstire Cotroceni adică biserica, clopotniță și casele mari. Asemenea au zidit pe sfânta Mănăstire Vălenii de Munte...” [7];
- „Se întâmpla în ziua de 14/26 octombrie, într-o marți, de Sfânta Parascheva. Această zi era, de altfel, și începutul unei noi domnii a lui Constantin Ipsilante, când acesta ajungea în București, pe la 13:30, capitală era zguduită de „cutremurul cel mare”, distrugând și demolând multe vestigii și edificii ale orașului de până atunci. Martorii oculari spun că ar fi durat zece minute – lucru incredibil dacă stăm să ne gândim”[8];
- Ionescu-Gion spunea în monumentală sa opera Istoria Bucureștilor „cocoșii, câinii, caii, boii dau de mai nainte semne de o groază nepricepută și când au început sguduielele, ceva asurzitor și ne mai auzit, nesce strigăte, sbierete, mugete, urlete s’au ridicat către ceruri, amestecându-se cu sgomotul duditurilor cari se rotocoliau pe sub pământ, că’n faimosul tum <<cardine tellus subsedit>>, al lui Lucaniu. Fiă-care se aștepta că pământul să-i crape sub picioare și să-l înghită în adâncurile sale”. [8];

- O altă mărturie contemporană, de dată această a lui Dionisie Eclesiarhul, spune: „S-au cutremurat pământul foarte tare, de au căzut toate turele bisericilor din București și clopotnița cea vestită – adică Turnul Colței – care era podoabă orașului, cu ceasornic, au căzut și s-au sfărâmat, și era atunci mare frică”[8];
- O altă mărturie, de dată această a unui cronicar grec, Dionisie Fotino, ne spune că tocmai când Constantin Ipsilante se mută în Curtea Domnească, zidurile acesteia crapasera, iar domnitorul, de frică să nu se dărâme zidurile pe el, se mută cu toată familia în Mănăstirea Văcăreștilor [9]. Printre bisericile și mănăstirile care au avut de suferit, de pe urmă cutremurului, merită menționate: Colțea, Stavropoleos, Sărindar, Sf. Apostoli, Sf. Gheorghe Nou, Mihai Vodă, Sf. Atanasie-Bucur, mănăstirea Cotroceni și mănăstirea Văcărești [9]. S-a dărâmat și hanul Șerban Vodă[15], adică hanul în locul căruia se află astăzi Banca Națională. Toate au culminat cu efecte asupra mediul „...deschiderea pământului, din pământ ieșind apă și pe alocuri...catran...”[8];



Fig. 9: Prabusirea unei parti din turnul Coltea [12]

- Cutremurul a adus mari pagube orașului, consolidarea clădirilor făcându-se anevoios și defectuos. Deoarece, orașul arăta desfigurat, iar multe dintre biserici și clădiri arătau foarte urat, domnitorul Constantin Ypsilante a căutat repede să refacă orașul, dar majoritatea meseriașilor, mai ales zidarii și lemnării, cereau prețuri foarte mari, profitând de situația în care se aflau oamenii. Astfel, domnitorul a fost nevoit să pună prețuri maxime și să ceară pedepse dintre cele mai grele pentru ce-i ce vor încalca legea.

Tocmai pentru acest lucru, a reorganizat și breaslă zidarilor și lemnarilor[8]. Orașul s-a refscut relativ repede, în câțiva ani, însă unele construcții și edificii nu au mai căpătat niciodată formă lor de dinainte de cutemur – a se vedea Turnul Colței. Oamenii puneau, după cum am spus, această calamitate pe seama lui Dumnezeu, care îi pedepsea pentru păcatele lor, iar această credință este foarte bine reflectată de spusele domnitorului Ypsilante, care intră în biserica satului Radovan (în drumul său spre București), în timp ce orașul era în agonie: *Doamne! Doamne! Nu pierde pe poporul tau pentru păcatele mele, ci pe mine numai!*[8]

Cutremurul din 1829 și 1838. La aproape trei, respectiv patru decade de primul cutremur semnificativ din secolul XIX, (cel din 1802), aveau să se producă încă două mari cutremure, cele din 1829 și 1838, cu intensitate epicentrală de peste 8. Acestea au produs victime, panică, avarii însemnate (fisuri, crăpături ale pereților, etc.) și chiar prăbușiri ale construcțiilor acelor vremuri.

Astfel, spre exemplu, la marele cutremur din 24 ianuarie din 1838, de amploarea celui din 1802, produs în zona Vrancea și Râmnicu Sărat, s-au înregistrat prăbușiri ale caselor și multe dintre ele au fost grav avariate, printre care și unele clădiri din zidărie de piatră, care au rămas nelocuibile. De asemenea, casele țăranilor, construite din lemn, au suferit avarii (ușoare spre moderat), iar în București, acest cutremur a produs avarii însemnate la multe dintre clădirile din acea vreme, puține trecând cu bine (fără avarii semnificative).

Tot în acea vreme, s-au prăbușit Palatul Domnitorului, zidul Sf. Gheorghe Nou, case și prăvălii; în concluzie, s-au prăbușit atunci în total 36 de clădiri, în afară celor avariate și s-au înregistrat 8 morți și 14 răniți; s-au produs și crăpături în sol pe o lungime de 700-1700 m (ex. la Lamotesti, pe malul Nordic al râului Milcov, se crease o crăpătura în zig-zag pe o lungime de cca. 800 m, aceste crăpături inchizanduse ulterior, după cutremur) [6];

Efectele acestor evenimente seismice, precum și cel din 1802, aveau să fie consemnate în într-o publicație franceză *Voyage dans la Russie Meridionale et la Crimée par la Hongrie, la Valachie et la Moldavie par M.A. De Demidoff, illustre par Raffet; E. Bourdine, editeur Paris, 1841 & 1854, pag. 144, Fig.10: „ On conserve ecore le souvenir du tremblement de terre de la 1802, qui renversa la tour du monastere de Koltza; de celui de 1829, qui ebranla fortement la plupart des edifices de Bukharest. Depuis que ces lignes sont ecrites, une secouse plus violente que toute celles don’t le souvenir attriste encore le pays, a pense engloutir Bukharest. Toute a coup, le 11-23 janvier 1838, c’etait le soir, la ville s’enbranle; les plus solides monuments chancellent; plusieurs maisons s’encroulent; toutes son endommagees, et, dans tout ces ravages, plusieurs homes perdent la vie”* [7].

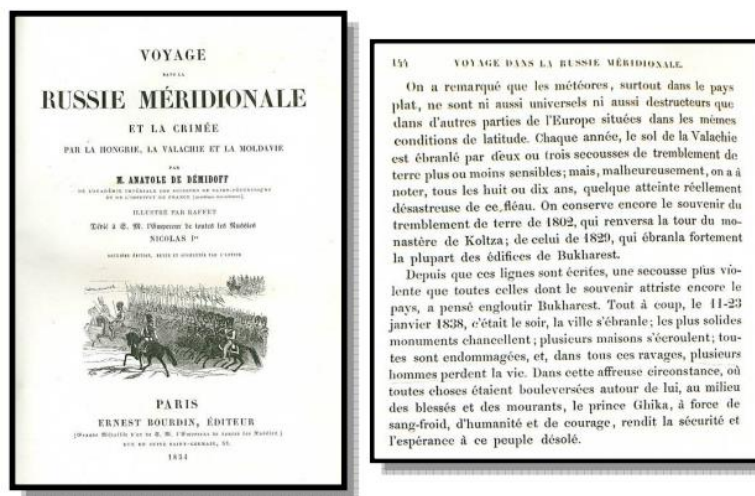


Fig. 10: Publicația franceză Voyage dans la Russie Meridionale et la Crimee par la Hongrie, la Valachie et la Moldavie par M.A. De Demidoff, illustre par Raffet; E. Bourdine, editeur Paris, 1841 & 1854 [7]

2.2 Cutremurul din 10 noiembrie 1940

În 10 noiembrie 1940, se produce primul cutremur de amploare în România modernă de secol XX, o Românie deja consumată în primul război mondial și în pragul celui de al II-lea. Acest eveniment seismic s-a caracterizat printr-o magnitudine Gutenberg-Richter de 7.4, produs la o adâncime de cca. 140 km, epicentru Vrancea. Cutremurul s-a caracterizat prin consecințe grave atât din punct de vedere al pierderilor de vieți omenești, înregistrându-se peste 350 de victime, cât și din punct de vedere al pagubelor materiale semnificative. În București cea mai semnificativă distrugere a fost prăbușirea completă a Blocului Carlton, cea mai înaltă construcție din beton armat din România la acel moment (47 m înălțime, 12 etaje). Până la 24 Noiembrie din dărâmăturile acestui bloc, au fost scoși 136 de morți, Fig. 11 [7]&[10].



Fig. 11: Blocul Carlton, înainte de cutremurul din 1940 [7]

A fost primul mare cutremur din România contemporană, având o durată de 45 de secunde. Efectele sale au fost devastatoare în centrul și sudul Moldovei, dar și în Muntenia. Numărul victimelor a fost estimat la 1.000 de morți și 4.000 de răniți, majoritatea în Moldova. Din cauza contextului în care s-a produs, cifra exactă a victimelor nu a fost cunoscută, informațiile fiind cenzurate în timpul războiului.

Conform unor surse [10], cutremurul s-a resimțit pe mai mult de 2 milioane de kilometri pătrați. Mișcarea terenului s-a simțit spre est la Odessa, Krakovia, Poltava, Kiev și până la Moscova, unde a și provocat unele distrugerii (intensitatea estimată V-VI). Spre Nord aria macroseismica s-a întins până la Leningrad; spre Vest până peste fluviul Tissa, iar spre SW și Sud, în Iugoslavia, în toată Bulgaria și mai departe până la Istanbul.

În România au fost identificate două zone de intensitate maximă: o regiune care se întinde între Panciu și Focșani, spre Tecuci și Corod, până la Beresti și o a doua regiune se întinde de la Câmpina la București, în Câmpia Română. Se consideră că în cele două regiuni intensitatea seismului a depășit peste tot gradul VIII pe scară Mercalli-Sieberg, apropiindu-se mai mult de gradul IX pe care se pare că l-a depășit la Câmpina, Focșani, Tecuci, Beresti și într-un mare număr de sate din aceste regiuni, maximul găsindu-se la Panciu, unde intensitatea estimată a fost X. În Vrancea totuși, intensitatea a fost mai mică, între gradul VI și VII-VIII [10].

Anul 1940 s-a caracterizat printr-o activitate seismică foarte ridicată în Vrancea, nu doar din cauza cutremurului din 10 noiembrie și a replicilor sale, ci, în realitate, pe tot parcursul acelui an s-au produs multe cutremure de magnitudini și intensități mici. Astfel, încă din primele luni ale anului 1940, s-au produs cutremure vranceane care, conform cataloagelor, au avut magnitudini de $4.5 \div 5$ și au avut loc la adâncimi mari, de 130-160 km [11]. Pe la mijlocul anului, mai exact în ziua de 24 iunie 1940 s-a produs un cutremur vrancean de magnitudine 5.5 la 115 km adâncime, resimțit ușor în Muntenia și Moldova. A urmat o perioadă de liniște relativă până la începutul lui octombrie, mai exact pe 3 octombrie 1940, când s-a produs un seism de $4.7 \div 5.0$ la 150 km adâncime.

În seară zilei de 21 octombrie 1940, s-au produs mai multe cutremure vranceane, dintre care cel mai important a avut loc pe la miezul nopții la adâncimea de 100 km ($M=4.5$). În dimineața zilei de 22 octombrie 1940, la ora 8 ore 37min, în zona Vrancea s-a produs un cutremur mai puternic, de magnitudine $M_w=6.5$ și intensitate maximă VII spre VII^{1/2} pe scară Mercalli, la o adâncime de $122 \div 125$ km; acest seism a fost destul de puternic resimțit în special în Muntenia și Moldova (cu intensități care pe o arie destul de largă au fost de VII grade pe scară Mercalli). S-au semnalat doar avarii ușoare, crăpături în pereți, geamuri sparte, dar fără victime. Interesant este că acest cutremur din 22 octombrie nu a avut imediat replici notabile [11].

La începutul lunii noiembrie s-au produs, însă, mai multe cutremure de peste 4 la cca. 140-150 km adâncime. În ziua de 8 noiembrie 1940, la ora 14 și 00min, cu mai puțin de 2 zile înainte de cutremurul devastator, s-a produs un alt cutremur vrâncean de 5.5 grade la 145 km adâncime, seism care a fost resimțit și la București. O zi mai târziu, în după-amiază de 9 noiembrie 1940 s-au înregistrat câteva cutremure slabe, locale, în zona orașului Panciu, mișcări care au trecut aproape neobservate de populație (II-III grade pe scară Mercalli).

În cele din urmă, în dimineața zilei de 10 noiembrie 1940, la ora 3 și 39min timp local, s-a declanșat marele cutremur la adâncimea de cca.140 km, având o magnitudine $M_w=7.4 \div 7.6$ și intensitate maximă $X^{1/2}$. Urmările cele mai grave s-au semnalat în sudul și centrul Moldovei, dar și în nord - estul Munteniei. Orașul Panciu a fost distrus în proporție de 90%, deși majoritatea clădirilor erau din lemn. De asemenea, orașele Focșani, Galați, Mărăsești, Tecuci și Iași au suferit distrugerii mari. Așadar, aceste seisme anterioare șocului puternic din 10 noiembrie 1940, au anticipat izbucnirea acestuia.



Fig. 12: Ruinele după prăbușirea blocului Carlton [11]



Fig. 13: Imaginea după cutremurul din 1940, Piața Munteni – Focșani [12]

Academicianul Aurel A. Beles a publicat în numerele 10 și 11 din 1941 în „*Buletinul Societății Politehnice*”, precum și într-o broșură separată, lucrare intitulată „Cutremurul și construcțiile”, dar și în lucrarea în limba franceză „*Le tremblement de terre du 10 Novembre 1940 et les batiment*”, prin acestea lucrări, avea să pună în discuție probleme fundamentale legate de seismicitatea specifică a țării noastre, proiectarea antisismică și formulă, pentru prima dată, diagnosticul vulnerabilității seismice a tuturor clădirilor înalte din beton armat construite în București, între cele două războaie mondiale.

S-au constatat situații în care clădiri din București, cu schelet din metal sau din beton armat, proiectate după codurile oficiale germane de proiectare, la cutremurul din 1940, s-au comportat favorabil, acestea nu au suferit nici o avarie. În schimb, au fost situații în care, clădiri din beton armat au suferit avarii grave și chiar prăbușiri, printre care și celebrul Bloc Carlton, așa cum s-a menționat mai sus. În mod deosebit, s-a constatat că, au fost afectate semnificativ, clădirile înalte din beton armat, similar blocului Carlton, printre care și blocurile: Belvedere de pe Str. Brezoianu, Lengyel, Pherekide, Broșteni, Galasescu, având 9 – 12 etaje [4]. Câteva din cauzele avariilor produse la construcții de acest gen (clădiri înalte din beton armat în principal), au fost [4]:

- rezistență redusă a stâlpilor, între 60 și 80 kgf / cm²;
- procentul de armare în stâlpi redus, în general sub 0.5 – 0.8%;
- diametre de armătură longitudinală, în stâlpi, prea mici și etrieri cu diametre reduse și mult prea rari dispuși;
- o calitate a betonului inferioară (defectuoasă);
- o execuție defectuoasă.

Structurile clădirilor prezentau avarii la nivelul stâlpilor, atât la extremități, cât și pe deschiderea acestora. Avarii importante s-au localizat la nivelul stâlpilor prin expulzarea betonului și flambajul armăturilor longitudinale, acestea limitându-se la etajele I și II, ale clădirilor înalte. S-au remarcat avarii și la nivelul grinzilor (fisuri, beton dislocate, armături flambate, etc.). Zidăria de umplutură a suferit și această dislocări și crăpături, din cauza unei rezistențe reduse la întindere și o deficitară legătură între această și elementele din beton armat. Clădirile, la care zidăria a fost executată în același timp cu betonul armat, s-au comportat foarte bine. Prăbușirea blocului Carlton a reprezentat cel mai nefericit eveniment.

Cutremurul din 9-10 nov 1940 a adus din nou în atenție preocuparea științifică și tehnică românească a problemelor legate de sensibilitatea (seismicitatea) țării și de normele ce trebuia elaborate, pentru a preveni / reduce în viitor producerea unor astfel de pagube, care s-au produs în timpul cutremurului din 10 noiembrie 1940. Din inițiativa Institutului Geologic al României, s-au studiat atunci, pe teren, efectele cutremurului pe o suprafață cuprinsă între Craiova și Bârlad, obținând o bogată și variată documentație, și, de asemenea, s-au trimis în țară aproape 5000 de chestionare, în care autoritățile locale au fost invitate să consemneze anumite informații asupra cutremurului.

În baza acestui material de observație și informație, s-a putut construi o hartă seismică a cutremurului, harta care a fost publicată în anul 1941, în analele științifice ale Academiei Române. La Ministerul Lucrărilor publice a lucrat atunci, o comisie care a studiat și a discutat urmările cutremurului asupra construcțiilor și a propus norme care să confere, clădirilor și lucrărilor tehnice de utilitate publică, mai multă rezistență la cutremur.

Capitol 3.

CUTREMURUL DIN 4 MARTIE 1977

3.1. Descrierea evenimentului seismic

Cel de al 2-lea eveniment seismic semnificativ, produs în secolul XX, în țară noastră, a fost cel din 4 martie 1977, ora 21 și 22 minute, având epicentrul în Vrancea. Acesta s-a caracterizat printr-o magnitudine 7.2, având o importantă deosebită, atât pe plan național, prin caracteristicile sale seismologice (magnitudine, mecanism de focar, arie afectată cu intensități ridicate) și a efectelor social – economice (pierderi de vieți omenești, pagube materiale, efecte asupra construcțiilor), cât și pe plan mondial, acesta resimțindu-se din Sicilia până la Moscova și Leningrad, iar în Sud, până în Grecia (conform hărții de distribuție a intensitatilor macroseismice elaborată de N. V. Shebalin) [2].

Primele trenuri de unde seismice au fost înregistrate la diferite stații din țară, precum: Vrancioaia, Focșani, Cheia, Bacău, Câmpulung Muscel, Iași, București, Deva și Timișoara. Mai jos sunt redate înregistrările stațiilor ÎNCERC, astfel:

- **înregistrarea 1** (Fig. 14): ÎNCERC – București, Sos. Pantelimon 266, efectuată cu un accelerograf SMAC-B, în subsolul unei clădiri parter, ușoare, această reprezentând înregistrarea cea mai importantă, putând fi considerată, practic, că o înregistrare a mișcării neperturbate a terenului și caracterizată prin oscilații slabe, predominant verticale, cu o durată de cca. 18 s, oscilații puternice, predominant orizontale, cu durată de cca. 15 ÷ 20 s, cu efecte distrugătoare și oscilații în curs de atenuare, cu o durată de cca. 40 ÷ 50 s; accelerația maximă orizontală, pe direcția ce mai defavorabilă, a depășit 2.5 m/s^2 , corespunzător gradului de intensitate seismică IX – MSK-64 (STAS 3684-71); de asemenea, s-au evidențiat, pentru accelerațiile orizontale, perioade lungi de cca. 1 s pe direcția E-V, iar pe direcția N-S, 1.5 s;
- **înregistrarea 2** (Fig. 15): Bloc E.5 – Baltă Albă din București (o construcție înaltă și relativ rigidă), furnizată de accelerograful MO -2 montat la etajul 9 și caracterizată prin valori de accelerație orizontală de cca. $3 \div 3.5 \text{ m/s}^2$ și perioade de cca. $0.8 \div 1 \text{ s}$, valori cu mult mai mari decât cele convenționale pentru calculul structural;

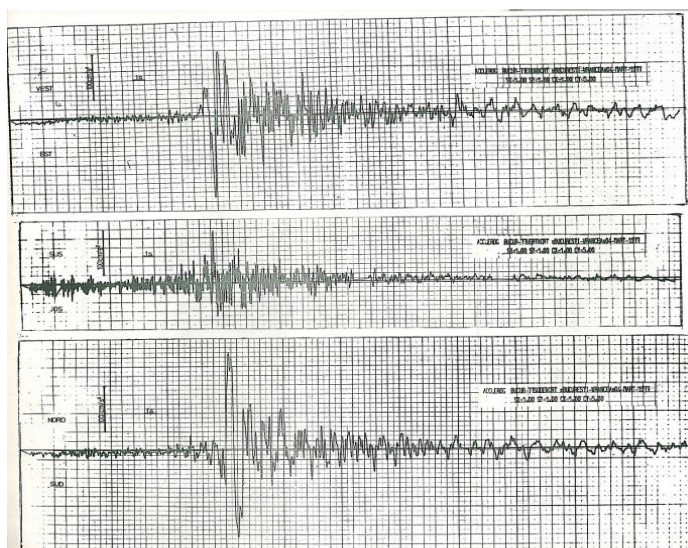


Fig. 14: Accelerograma înregistrării Nr.1 – INCERC – București, Sos. Pantelimon 266 [1]

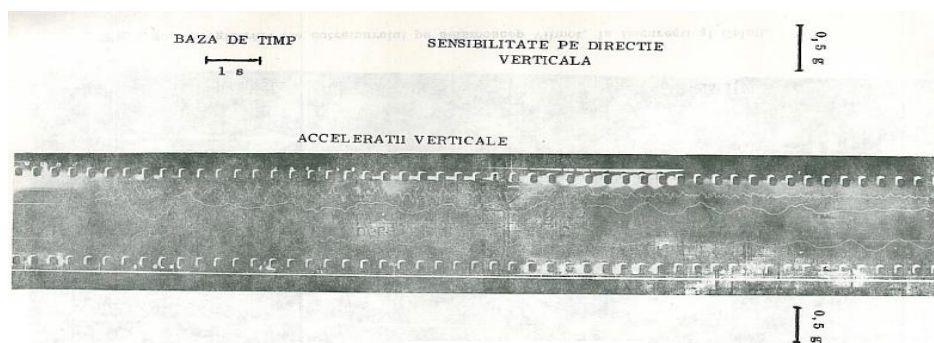


Fig. 15: Accelerograma înregistrării Nr. 2, Bl. E5 – Balta Albă, București [1]

➤ **înregistrări 3 și 4** (Fig. 16): ÎNCERC – București, Sos. Pantelimon și Galați, obținute la nivelul terenului, cu ajutorul a două seismoscoape Wilmot, acestea punând în evidență viteze extreme de oscilație de cca. 0.42 m / s la București și cca. 0.27 m / s la Galați.

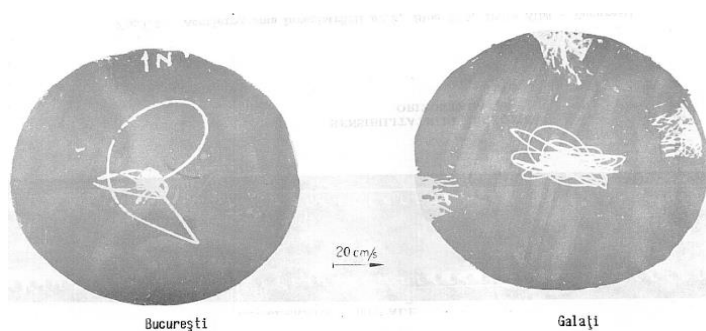


Fig. 16: Accelerogramele înregistrărilor Nr. 3 și Nr. 4, INCERC – București și Galați [1]

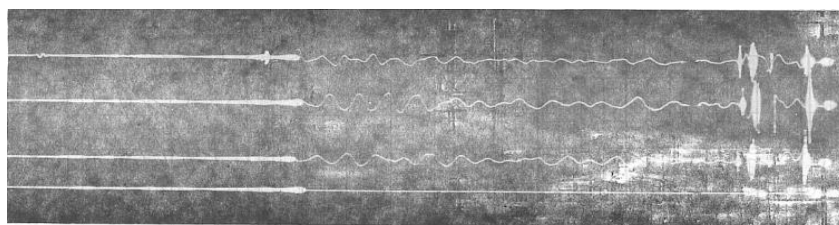
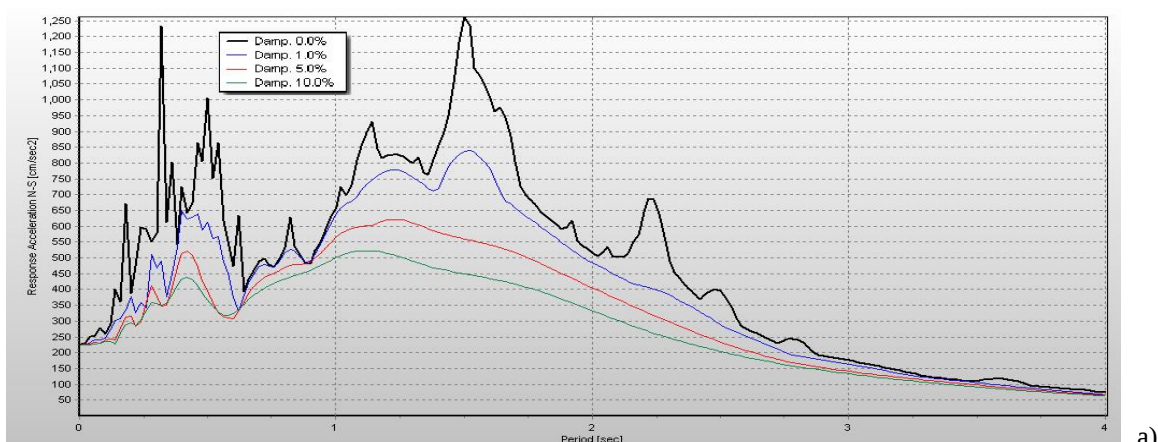


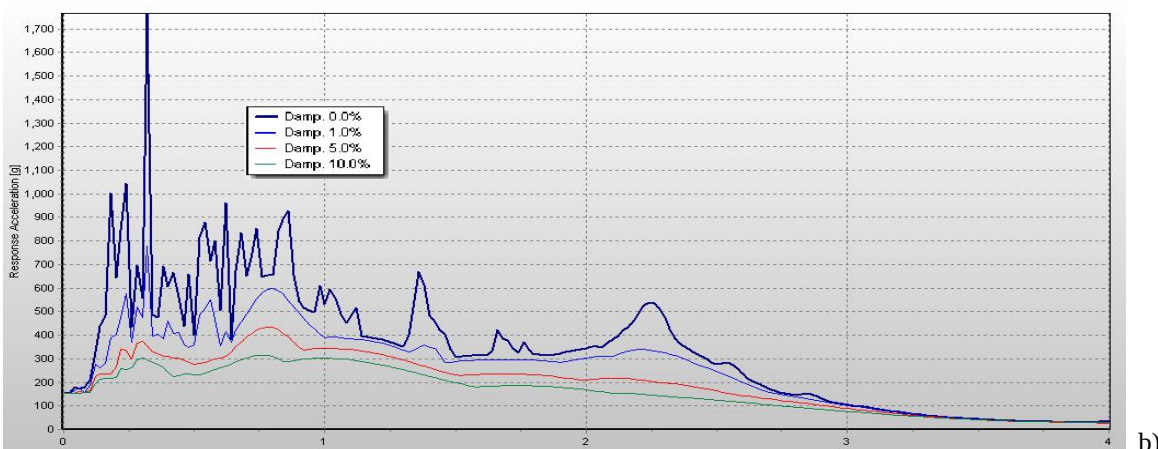
Fig. 17: Accelerograma înregistrării de la stația Vrâncioaia – Moldova [1]

Un aspect important îl reprezintă faptul că, prelucrarea preliminară a accelerogramelor din București, care a permis determinarea spectrelor de acțiune seismică în termeni și accelerații, viteze și deplasări, a evidențiat o compoziție spectrală a mișcării terenului, în punctele înregistrate, mai mari pe direcția Nord – Sud, în comparație cu direcția E – V.

Mai jos pot fi observate spectrele înregistrării Nr.1 (pe cele trei direcții ortogonale N-S, E-V și pe verticală), realizate cu ajutorul unui program modern de construire a spectrelor, SEISMOSIGNAL de la SEISMOSOFT – Earthquake Engineering Software Solutions – Pavia, Italia, utilizând patru valori ale fracțiunii din amortizarea critică (Fig. 18 ÷ Fig. 20).



a)



b)

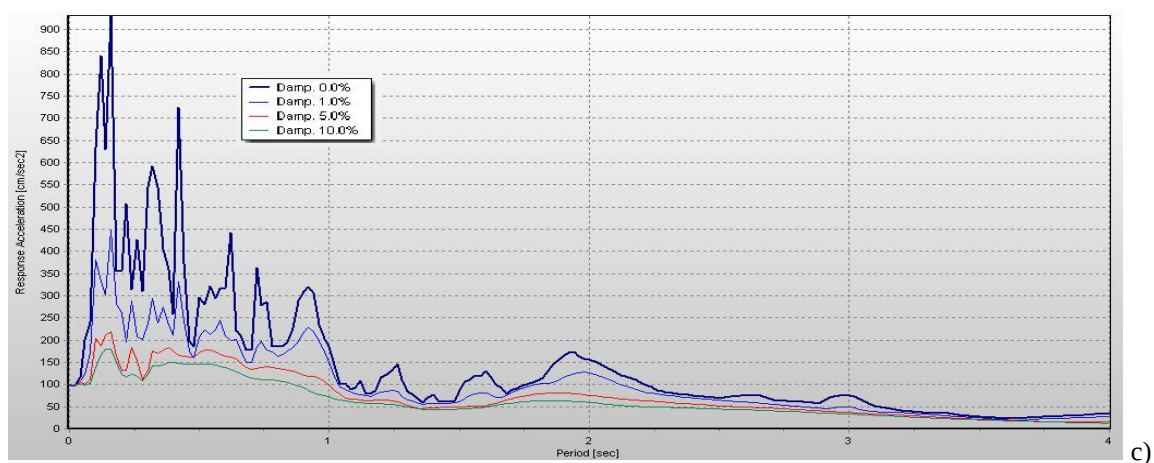
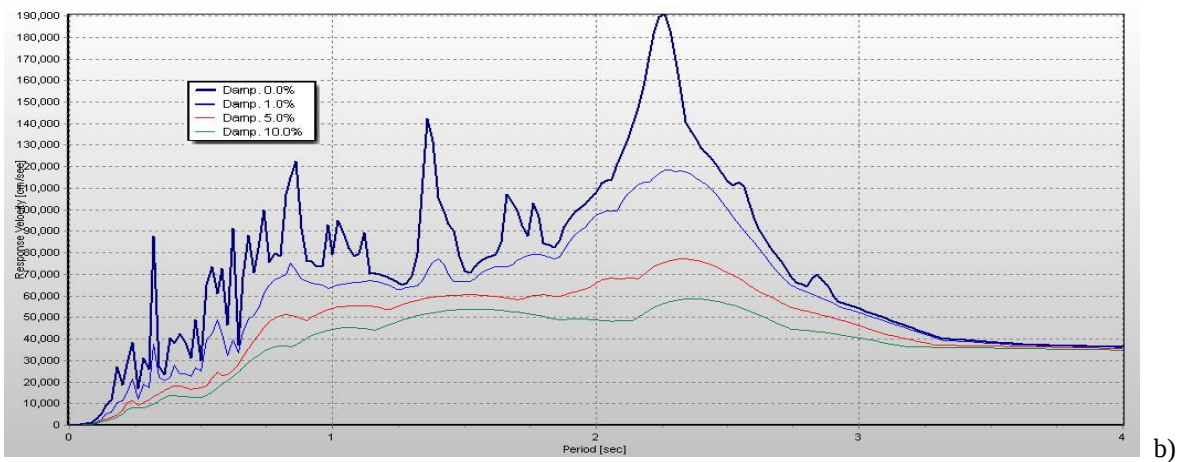
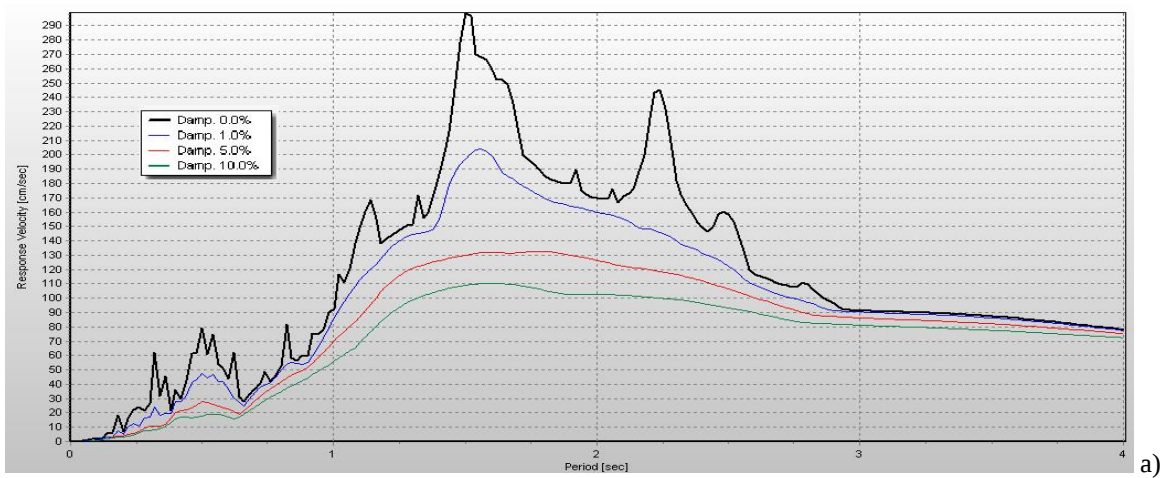


Fig. 18: Spectre de acceleratie ale inregistrarii Nr.1 a) componenta N-S; b) componenta E-V; c) pe verticala



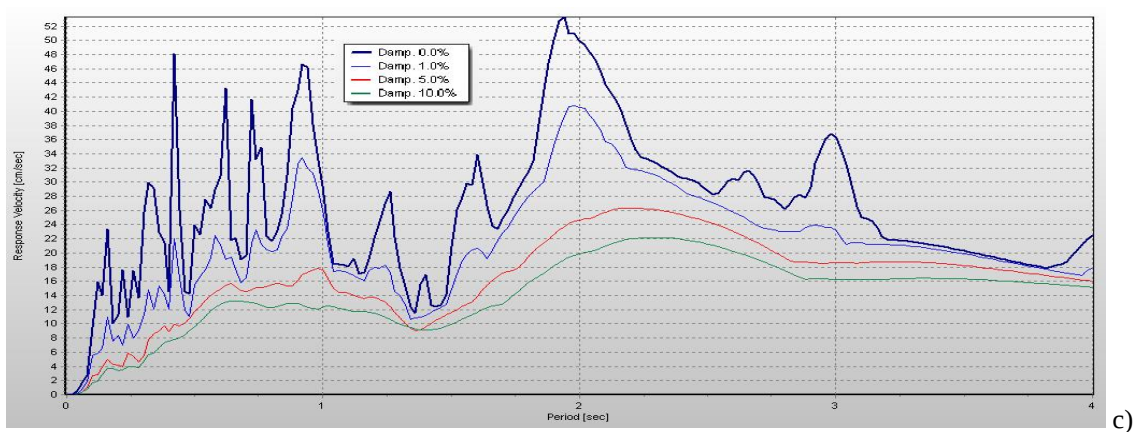
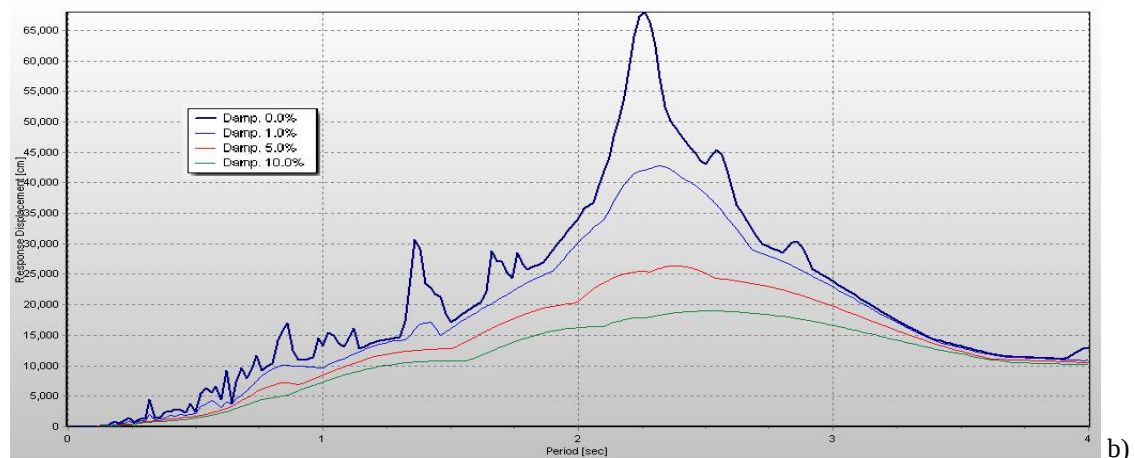
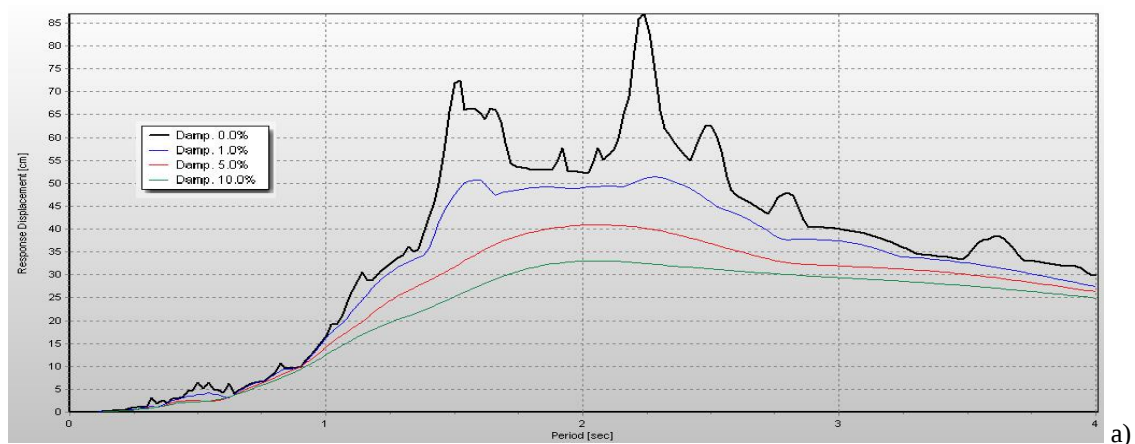


Fig. 19: Spectre de viteze ale inregistrării Nr.1 a) componenta N-S; b) componenta E-V; c) pe verticala



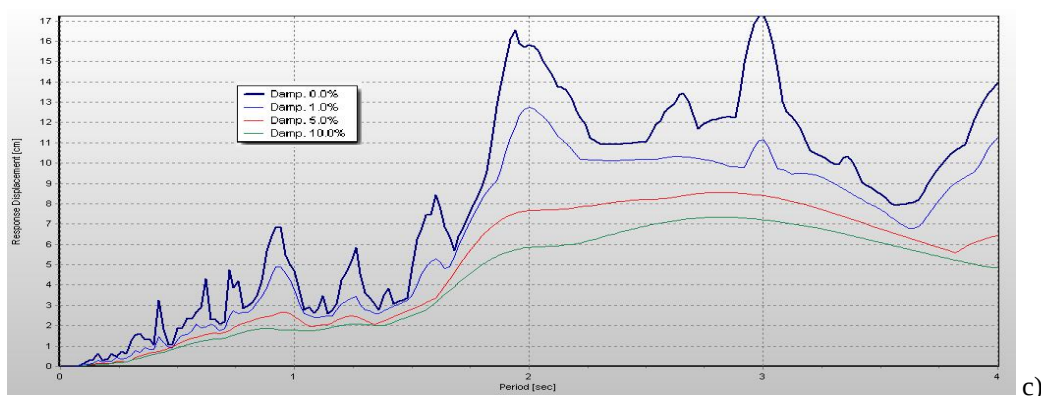


Fig. 20: Spectre de deplasare ale înregistrării Nr.1 a) componeneta N-S; b) componenta E-V; c) pe verticala

La acel moment, s-au obținut înregistrări instrumentale pe seismoscop, din orașul Nis – Yugoslavia și înregistrări furnizate de seismografe montate pe structurile unor clădiri din orașul Chișinău - Republica Moldova – U.R.S.S. (Fig. 21 ÷ Fig. 23). Acestea au evidențiat perioade predominante lungi ale mișcării similare celor din București, însă acceleratiile de vârf au avut valori de cca. 5 ori mai reduse, iar vitezele cu valori de cca. 8 ori mai reduse în comparație cu valorile înregistrate în București, iar în Chișinău, perioadele au fost de cca. 1.5 ÷ 1.6 s și deplasări maxime ale terenului de ordinul a 7 cm [13].

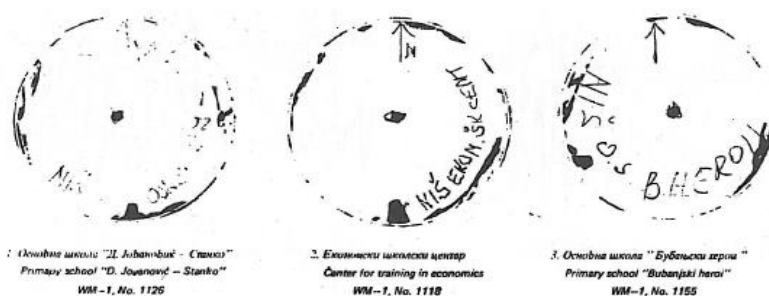


Fig. 21: Înregistrări ale cutremului pe seismoscop din orașul Niș – Yugoslavia [1]

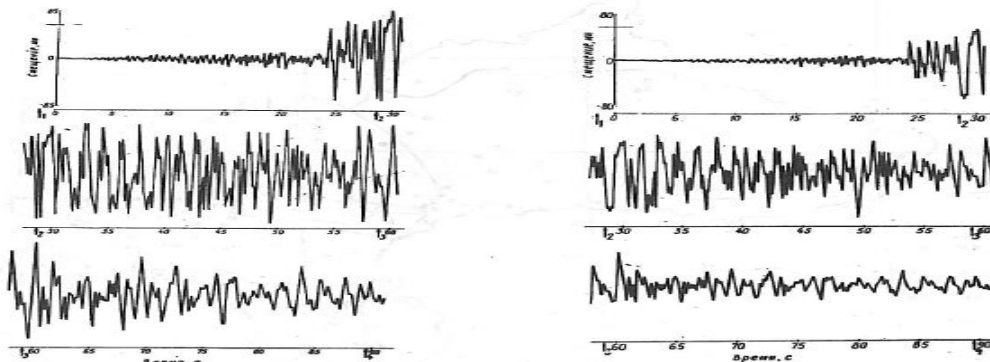


Fig. 22: Seismograme pe directia transv. la etajele unei clădiri P+4E din panouri mari, Chișinău [1]

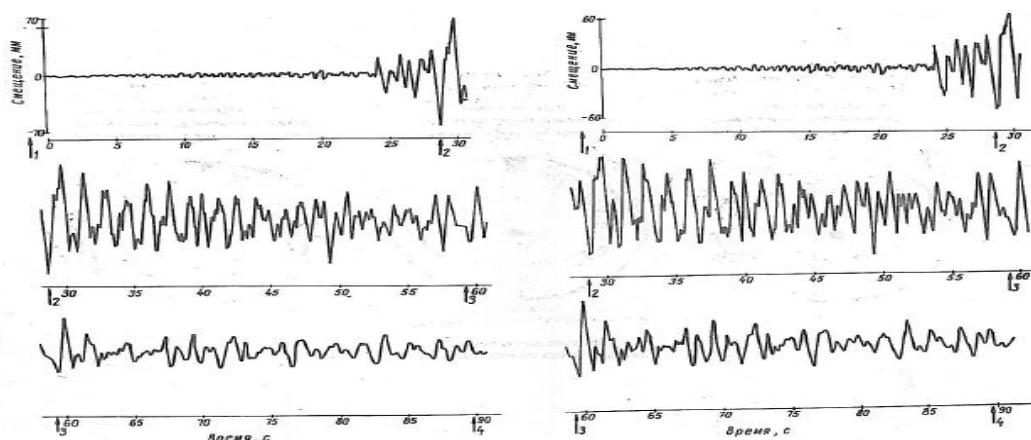


Fig. 23: Seismograme pe direcția transv. la baza unei clădiri P+4E din panouri mari, Chișinău [1]

3.2. Fenomene geologice asociate cutremurului din 4 martie 1977

În general, fenomenele seismice majore atrag după sine declanșarea unor fenomene complexe asociate precum: incendii, inundații, alunecări de teren, prăbușiri de versanți, avalanșe, etc., acestea amplificând de cele mai multe ori anvergură distrugerilor asupra mediului construit. Cutremurul din 4 martie 1977, a declasat o serie de fenomene complexe, printre care cele mai importante au fost fenomenele geologice tipice pentru cutremurele vrancene și anume:

- **fracturi și fisuri** (de ordinul a max. 2 ÷ 3 cm) – ale straturilor pe aria carpatică între văile Putna și Prahova, afectând atât complexe constituite din roci dure, de tipul panzei de Tarcău – jud. Buzău, cât și depozitele mai vechi de gresii și marno – călcare, etc., Fig. 24 [1];

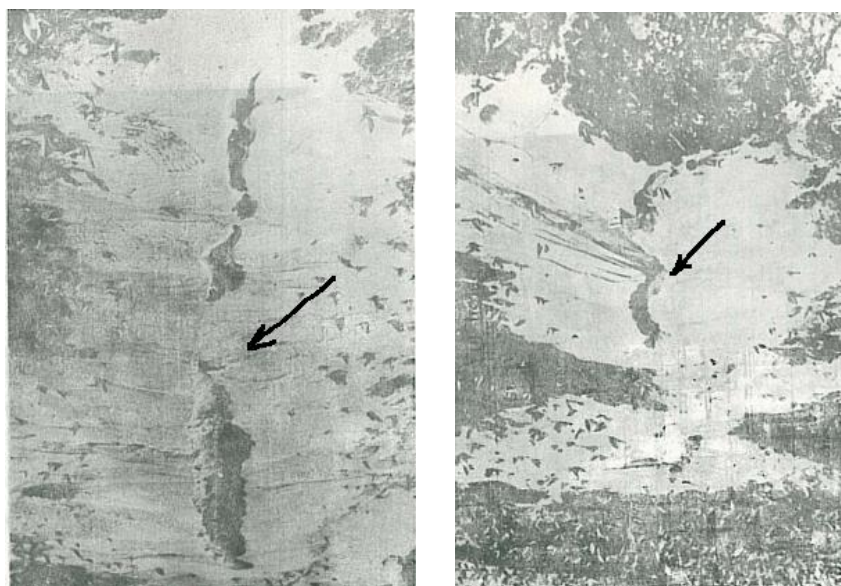


Fig. 24: Fisuri cu izvorare de nisip lichefiat [1]

- ***crăpături și fisuri*** (de ordinul a max. $2 \div 3$ cm) – mai întinse în zona molasei Miocene de la exteriorul curbei carpatice în Vrancea (în apropierea unor falii orientate Nord – Sud) și în continuare spre Sud, în depozitele Pliocene (Sărată – Monteoru), precum și în roci deosebit de plastice, cum e sarea (Slănic Prahova), etc., unele dintre acestea au afectat anumite lucrări ingineresti: terasamente de cai ferate și drumuri, diguri, etc.[1];
- ***modificările regimului apelor subterane și de la suprafață*** – au constituit o perturbare a echilibrului acestor ape, în urmă modificărilor de ordin structural, că ridicări și coborări ale unor mari compartimente, deschiderea unor falii și fisuri sau formarea unor noi, produse de seism în scoarță terestră; printre aceste fenomene se amintesc: *tulburarea apelor subterane și de suprafață* timp de $2 \div 3$ zile, sau chiar și 30 zile, acestea au cuprins malul stâng al Dunării, sectoare din bazinele mijlocii și inferioare ale râurilor Buzău, Prahova, etc.; *ridicarea sau coborârea bruscă a nivelului hidrostatic* (depresiunea carpatică, Câmpia Română, etc.); *tasniri de apă prin fisuri* sau asanumitele fântâni arteziene (Zimnicea, Târgu Măgurele, Fundata, etc.) [1];
- ***emisiuni de gaze și vulcani noroiosi***, aparute prin deschiderea temporară a unor mici rezervoare de gaze naturale sau dioxid de carbon din depozitele Pliocene și activarea vulcanilor noroiosi de la Berca – jud. Buzău [1];
- ***creșterea radioactivității naturale*** prin creșterea concentrației de radon de $10 \div 20$ ori în comparație cu limitele normale, din cauza fisurilor produse în suprafața solului care au facilitat eliberarea acestor emisii în atmosfera [1];
- ***lichefierea nisipurilor acvifere***, sunt fenomene tipice care au apărut și în cazul altor cutremure similare cu cel din 4 martie 1977, sub acțiunea condițiilor de solicitare seismică (solicitare dinamică) și anumitor factori specifici; acestea se dezvoltă în solurile slabe și mai ales în nisipurile fine saturate, supuse la eforturi de forfecare în condiții de încărcare dinamică ciclică, producând astfel scăderea capacității portante a terenului, care la noi în țară nu au afectat construcții precum în cazul cutremurului din Niigata – Japonia din 1964; la noi în țară s-au înregistrat lichefierii în zone izolate precum: lunca joasă a Dâmboviței, sector 5 București, Bragadiru – Teleorman, etc., provocând unele avarii la clădiri rurale de mai mică importanță și mai ales la unele lucrări hidrotehnice (diguri și baraje mici), Fig. 25a [1];

- alunecări de teren s-au înregistrat în special în zonele de deal și munte de-a lungul curburii Carpaților Orientali, în subcarpații getici și sporadic în lungul unor vai tăiate mai adânc în platformele alăturate; cea mai relevantă alunecare de teren a fost cea de pe versantul drept al văii Siriul Mare, la cca. 700 m amonte de confluența cu râul Buzău, dezvoltată pe un afront de cca. 400 m lungime și o adâncime de cca. 3 m (Fig. 25b) [1].

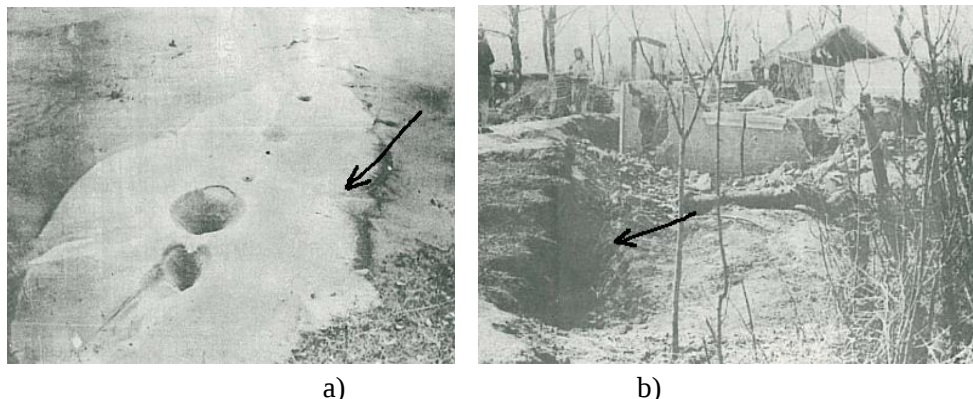


Fig. 25: a) nisip lichefiat; b) alunecări de teren [1]

Aceste fenomene, deși nu au avut o mare amploare și urmări grave, cum s-a întâmplat în cazul unor mari cutremure de pământ din alte țări (S.U.A., Japonia, etc.), totuși au afectat pe o mare întindere teritoriului țării noastre de la exteriorul Carpaților. Cele mai importante fenomene observate, sunt strâns legate de structura geologică a regiunilor afectate. În general, fenomenele asociate seismului din 4 martie 1977, a prezentat o mare similitudine cu cele legate de cel din 10 noiembrie 1940, remarcându-se o repetare a fenomenelor, însă schimbându-se amplasamentul de producere a acestora.

3.3 Efecte ale cutremurului din 4 martie 1977 asupra omului și a construcțiilor

Puternicul cutremur din 4 martie 1977, produs la ora 21 și 22 minute în regiunea seismică Vrancea, a provocat victime și importante pierderi materiale, că urmare atât a intensității ridicate a mișcărilor seismice, cât și a întinsei zone afectate, care au cuprins numeroase centre urbane, cu densitate mare de construcții, mai ales din sudul țării.

Dintre localitățile și centrele industriale din țară, afectate de cutremur, cele mai mari pierderi de vieți omenești și pagube materiale s-au produs în municipiul București. Distrugerii însemnate au avut loc, de asemenea, la Zimnicea, Rosiorii de Vede, Craiova, Ploiești și Iași. Din punct de vedere al pierderilor umane, din raportul Marii Adunări Naționale a Consiliului Suprem al Dezvoltării Economice și Sociale, au rezultat următoarele date privind pierderile de vieți omenești și economice [1]:

- au fost identificate 1570 morți și peste 11300 răniți, dintre care cca. 90% în București;
- s-au prăbușit sau avariat grav 32900 locuințe, 35000 familii au rămas fără adăpost, iar alte zeci de mii de imobile au suferit diferite avarii;
- după evaluări complete, făcute ulterior, au rezultat pagube materiale în valoare de peste 2 miliarde de dolari la acea vreme.

Până în momentul producerii evenimentului seismic major din 4 martie 1977, în țară noastră nu a fost întocmită o înregistrare ordonată de date, o analiză sistematică a acestora și o cercetare aprofundată a modului de comportare la cutremur a construcțiilor printr-o interpretare științifică și tehnică corespunzătoare, care să permită formularea unor concluzii și principii esențiale în practică de proiectare antiseismică corespunzătoare.

Primul mare cutremur din secolul XX, produs în România modernă, a fost cel din 10 noiembrie 1940, acesta rădicând, în țară noastră, la acea vreme, problema construcțiilor antiseismice și care a reprezentat prima ocazie de a inventaria date prețioase și de a formula principii de proiectare antiseismică, însă din nefericire, acest eveniment ne-a găsit absolut nepregătiți din aceste puncte de vedere. Cu privire la acest aspect, profesorul A. Beles mărturisea într-un articol al său, faptul că:

„Țară noastră, nefiind considerată o țară bântuită de cutremure, problema asigurării construcțiilor în contra cutremurelor, nu s-a pus în genere și, că în multe alte țări, chiar și acelea din regiuni unde cutremurele nu sunt fenomene prea rare, ne-am găsit complet surprinși în fața acestui dezastru și ne-au lipsit nu numai mijloacele de reparație, dar, trebuie să recunoaștem, chiar discernământul necesar spre a putea aprecia gravitatea și pericolul stricăciunilor produse și a găsi soluțiile tehnice de îndreptare”[1].

Articolul citat mai sus al profesorului A. Beles a reprezentat singurul document tehnico-ingineresc cu privire la comportarea construcțiilor din țară noastră la cutremurul din 1940. Această lipsa de date și informații concrete cu privire la caracteristicile și efectele mișcărilor seismice asupra construcțiilor din România, agravată și de lipsa unei activități de studii și cercetări susținute și consecvente în domeniul geo – fizicii și seismologiei, s-a reflectat în reglementările ulterioare apărute imediat după cutremurul din 1940, cu privire la zonarea seismică și mai ales la practică de proiectare antiseismică a construcțiilor mai corectă, care au avut la baza, în principal, surse de informare din alte țări cu regim seismic semnificativ.

Cutremurul din 4 martie 1977 a reprezentat ocazia înregistrării, în premieră în țară noastră, a caracteristicilor dinamice prin metode instrumentale, obținând astfel, primele accelerograme esențiale pentru prelucrarea și formularea unor principii de proiectare antiseismică, în concordanță cu specificul seismic real al teritoriului României. De asemenea, acest cutremur, a mai reprezentat și un mare prilej pentru colectarea, pentru prima oară, în mod sistematizat, a unui mare volum de date și informații cu privire la comportarea la acțiuni seismice puternice a numeroase și variate tipuri de construcții, situate în toate zonele afectate de cutremur.

Evaluarea comportării construcțiilor situate în zonele geografice afectate de cutremurul din 1977 a constituit o problemă complexă, din cauza varietății de cazuri întâlnite că o consecință a numeroșilor factori care au influențat această comportare, atât factorii externi precum amplasamentul, orientarea și intensitatea seismică, cât și condițiile geologice locale și natură terenului de fundare.

De asemenea, în aceeași măsură, această comportare a fost influențată și de factori intrinseci, specifici fiecărei tipologii de construcție [1]:

- parametri geometrici și funcționali;
- concepția structurii de rezistență;
- nivelul de asigurare antiseimică;
- detalii constructive ale elementelor structurale și nestructurale;
- calitatea materialelor și a execuției;
- intervenții asupra elementelor structurale și/sau nestructurale pe timpul exploatării construcțiilor, efectuate înainte de cutremur.

3.4 Aspecte dinamice ale comportării construcțiilor afectate de cutremur

Solicitățile dinamice, care acționează asupra unei construcții, pot proveni fie din deformațiile cauzate de deplasările diferențiate ale fundațiilor, fie provocate de unde seismice cauzate de deformațiile și solicitările dezvoltate prin oscilația forțată a structurii sub efectul impulsurilor primite la nivelul fundației.

În general, sub aspectul influenței naturii terenului de fundare, asupra gradului de avariere la cutremur a construcțiilor, din constatările făcute la cutremurul din 1977, a reesit o bună comportare a terenului de fundare. Nu s-au identificat cazuri de cedări sau degradări ale infrastructurii construcțiilor, fapt ce a confirmat că, soluțiile de fundare și metodele de dimensionare, adoptate la acea vreme, anterior cutremurului, au fost, în general, eficiente.

Solicitățile dinamice suplimentare, cauzate de cutremur, la nivelul teren – fundație, au produs unele tasări suplimentare, după cum s-a putut constată în municipiul București, Galați, etc., în special în zonele amplasate pe formațiunile de lunca, de consistentă relativ redusă sau cu terenuri sensibile la umezire, cu nivel mai ridicat al apelor subterane, aceste tasări au fost însă mici, de max. 20 – 25 mm, și în general uniforme, fără a avea urmări grave directe asupra construcțiilor.

Au existat cazuri izolate, când au fost înregistrate unele avarii nesemnificative ale construcțiilor, provocate de fenomenele de lichefiere a nisipurilor acvifere (clădiri rurale parter sau platforme și diguri de pământ situate pe malurile râurilor). Astfel de cazuri, au fost evidențiate în orașele situate pe terenuri de tip loess, precum Iași, Galați, Brăila, etc. la construcțiile vechi de locuințe sau în cazul construcțiilor fundate pe terenuri de lunca, constituite din prafuri argiloase contractile cum sunt cele din șesul Bahluiului din județul Iași.

Din punct de vedere dinamic, mișcarea seismică a terenului de fundare, produsă la cutremur a fost influențată, la rândul ei, de vibrațiile clădirilor supuse acțiunii seismice care au contribuit la sporirea excesivă a tasarilor elastoplastice ale terenului în timpul evenimentului

seismic, atingând valori maxime pe conturul clădirilor și mai ales la colțurile acestora (aspect prevăzut în normativele de proiectare actuale, privind proiectarea fundațiilor). Această a explicat, la acel moment, balansarea accentuată a clădirilor înalte din București și ciocnirea unor corpuri alăturate, iar după încetarea cutremurului, clădirile revenind la poziția inițială sau rămânând ușor înclinate din cauza desprinderilor de terenul de fundare [1].

Un factor important, care a influențat avarierea multor construcții, la cutremurul din 1977, a fost nivelul foarte scăzut de ductilitate și în cele mai multe situații inexistent, în special la construcțiile proiectate fără principii antiseismice, aspect manifestat prin avarii caracteristice, și anume: distrugerea capetelor stâlpilor la intersecții (noduri de cadre în care s-au produs forțe taietoare extreme de mari), atât din cauza calității necorespunzătoare a materialelor, cât și a insuficienței etrierilor necesari la preluarea forței taietoare (insuficientă ductilitate la forță taietoare), dar și avarii însemnate la pereții din beton armat, localizate în special la capetelor acestora (insuficientă armare pe înălțimea parterului, zona preponderent supusă deformațiilor plastice).

Caracterul complex din punct de vedere spațial, multidirecțional al mișcării seismice a terenului, s-a manifest în mod evident și în cadrul cutremurului din 1977. În București, atât înregistrările obținute, cât și al efectelor observate asupra construcțiilor, au arătat o predominantă sensibilă a acțiunii seismice pe o directive apropiată de N – S. Acest aspect a fost confirmat prin analiză comportării construcțiilor cu simetrie de rotație (castele de apă, pavilionul central EREN), cât și a unor hale industriale cu schemă statică simplă, ușor de analizat.

Astfel, la pavilionul central EREN, s-au constatat fisuri la extremitățile tuturor stâlpilor de la ultimul nivel, dar acestea au fost mai pronunțate la stâlpii situați pe diametrul mai apropiat de direcția N – S. Mișcarea de translație pe trei direcții a terenului a fost însoțită de apreciable rotiri în plan orizontal, care conduc la torsiuni de ansamblu ale construcțiilor. Deși prin proiectare și execuție, pavilionul central EREN a fost asigurat la torsiune prin centrarea aproape perfectă a centrelor de masă și rigiditate, în timpul cutremurului din 1977, totuși s-a produs o răsucire generală, ale cărei efecte au fost asimilate cu cele ale perturbațiilor de translație de ansamblu [1].

3.5 Evaluarea generala a efectelor cutremurului din 1977 in orasele cele mai afectate

Zonele în care construcțiile au fost afectate cel mai grav și pe zone extinse sunt situate în județele: Dolj, Teleorman, Ilfov, Prahova, Buzău, Vrancea, Bacău, Vaslui și o zona incluzând municipiul Iași. În aceste zone s-au înregistrat intensități seismice maxime, în mod deosebit în București, marcând un efect cu totul particular de oraș mare.

București. În București s-a remarcat un grad sever al distrugerilor în zona centrală, în care se situau aproape totalitatea clădirilor prăbușite și multe din cele avariate grav. Această zona centrală este amplasată în partea de sud a Câmpului Bucureștilor (interfluviu Dâmbovița – Colentina) și parțial Lunca Dâmboviței, părțile limitrofe arterelor Calea Victoriei și Bulevardul Magheru – Bălcescu – 1848, până la Dâmbovița, cu tendința de prelungire spre S – V [13].

Județul Dolj. În județul Dolj au fost afectate numeroase clădiri urbane, mai ales în municipiul Craiova și zonele rurale, în vecinătate și în alte localități din Lunca Jiului. În Craiova, unde se luase măsuri de asigurare antiseismică, deoarece orașul era amplasat în zona cu grad 6, conform STAS 2923-63, iar intensitatea reală a cutremurului a fost cu 1...2 grade mai mare, înregistrându-se prăbușiri de clădiri vechi, în general, dar și clădiri avariate din care multe foarte grav avariate, amplasate în cartierul Valea Roșie de pe terasă medie a Jiului, în partea de Sud – Est a orașului, cu teren macroporic.

Județul Teleorman. În județul Teleorman au fost afectate în special orașele Zimnicea și Rosiorii de Vede și doar în mică măsură orașul Alexandria. La Zimnicea, oraș situat pe direcția de maximă intensitate Vrancea – București – Zimnicea, au fost afectate grav, aproape în totalitatea, clădirile vechi, majoritatea executate din materiale grele și cu rezistențe reduse (zidărie de cărămidă cu mortar de var și elemente de zidărie din argilă și paie, numite chirpici), multe dintre astfel de construcții aflându-se în pragul prăbușiri, au fost demolate ulterior. La acea vreme se consideră faptul că o cauză importantă care a generat aceste distrugeri severe în zona această, a fost de natură geologică.

Întrucât orașul Zimnicea fiind situat pe prima terasă a Dunării, alcătuită la suprafață din loess argilos sensibil la umezire (structura macroporica), iar malul bulgăresc al Dunării fiind caracterizat prin roci mai dure, după unele păreri din acea vreme, acestea au reflectat undele seismice, amplificând efectul lor. De altfel, și în orașul bulgăresc Sviscirov, situat pe malul Dunării, s-au înregistrat multe efecte grave ale cutremurului din 4 martie 1977.

Județul Prahova. În județul Prahova, localitățile cele mai afectate, cu clădiri prăbușite și multe avariate grav, au fost situate în zona centrală a județului și la sud de linia ce ar uni Breaza cu Mineciu și în special municipiul Ploiești (mai ales zona centrală și de nord), orașele Cîmpina și Vălenii de Munte, precum și localitățile Valea Călugărească și Drajna.

Județul Buzău. În județul Buzău, efectele seismului s-au resimțit, în mod deosebit, în lungul văii râului Buzău, afectând în special municipiul Buzău (unde s-au produs avarii grave în

zona centrală) și localitățile Pâtlăgele, Cislău, Calvin, Chiojd și în mică măsură în lungul văii Râmnicului.

Județul Iași. În Iași, construcțiile cu degradările cele mai importante, au fost amplasate în lunca aluvionară a Bahluiului, din cartierele Socola – Nicoliță, Mircea cel Bătrân, Alexandru cel Bun și Păcurari, unde terenul de fundare era constituit din argilă constructivă, iar nivelul apelor subterane era mai ridicat. Totuși, a existat o situație inedită, și anume faptul că în unele zone cu teren sensibil la umezire din cartierele Tatarasti – Copou și în zona centrală, s-au comportat mai bine.

3.6. Comportarea construcțiilor la cutremurul din 1977

Dintre multitudinea de factori care au influențat comportarea construcțiilor din zonele cele mai afectate la cutremurul din 4 martie 1977, o importantă deosebită în evaluarea judicioasă a acestora a avut-o factorul: *perioada de realizare a construcției*. Acest factor implică, pe de o parte nivelul de asigurare antiseismic (nivelul de cunoaștere a acestei probleme și modul de reflectare a acestei cunoașteri în cadrul reglementărilor tehnice specifice practicii de proiectare și de execuție al construcțiilor), iar pe de altă parte vechimea construcției și diferitele influențe exterioare suferite de construcție în timpul exploatării până la momentul evenimentului seismic din 1977.

Din acest punct de vedere, după cutremurul din 1977, construcțiile din țară, în special cele afectate de cutremur, au fost grupate în două importante categorii:

- **construcții vechi**, în această categorie au fost încadrate construcțiile realizate în două subperioade: înainte de cutremurul din 10 noiembrie 1940 și cele realizate în intervalul 1941 – 1950; acestea se caracterizau prin lipsa unor conformări antiseismice specifice, absența unor calcule la forțe orizontale și utilizarea materiale cu caracteristici mecanice reduse;
- **construcții noi**, au fost încadrate construcțiile realizate, de asemenea, în două subperioade: cele realizate în intervalul 1951-1963, până la apariția primelor prescripții românești de proiectare antiseismică (P13-63) și cele realizate în perioada 1963 – 1977; acestea se caracterizau prin existența la baza proiectării și execuției, a unor măsuri de asigurare antiseismică.

Un aspect fundamental identificat, în mod surprinzător, a fost faptul că, sub aspectul gradului de asigurare antiseismică și efectul negativ al unor influențe exterioare a construcțiilor

vechi și noi, define mai sus, au existat cazuri de comportare satisfăcătoare ale unor construcții realizate înainte de 1940 - vechi (având la baza o concepție structurală și rațională, implicit o oarecare asigurare întâmplătoare la forțe laterale, deși au fost calculate exclusiv gravitațional), dar și cazuri de construcții noi (proiectate în baza prescripțiilor de proiectare antiseismica) care au suferit avarii neașteptat de grave.

Diversitatea comportării construcțiilor, în general, sub acțiunea cutremurului din 4 martie 1977, datorită dependenței de o mulțime de factori, a fost pusă în evidență în special, în cazul clădirilor de locuit, social-culturale și administrative, că urmare a faptului că acestea, constituind ponderea cea mai mare de clădiri situate în diferite zone și centre afectate grav de seism, au avut cel mai mult de suferit. În această categorie intră întreagă gama de varietăți că forme, destinație, alcătuire constructivă, grad de rezistență la cutremur, calitatea execuției, vârstă construcțiilor, influențele perioadelor de exploatare, etc. Astfel, în categoria clădirilor de locuit, social-culturale și administrative pot fi deosebite următoarele grupe principale, sub aspectul unor particularități constructive și de comportare la cutremurul din 4 martie 1977 [1]:

- **clădiri de locuit cu structura din:** zidărie portantă, schelet din b. a. monolit, cadre de b. a. monolit, pereți din b.a. monolit, prefabricate (panouri mari sau elemente spațiale), alte sisteme constructive;
- **clădiri social-culturale și administrative cu structura din:** zidărie portantă, beton armat de înălțime mare, diverse structuri cu deschideri mari, înalte cu structura metalică, alte tipuri etc.

3.6.1 Comportarea clădirilor de locuit vechi

Din punct de vedere al alcătuirii constructive, clădirile de locuit vechi, afectate de cutremurul din 4 martie 1977, comportau tipologiile structurale specifice de mai jos [13]:

- **clădiri foarte vechi**, aveau de obicei regim de înălțime parter (uneori cu subsol parțial și / sau etaj parțial), erau realizate în soluții structura din zidărie portantă și de multe ori paianță sau chirpici, aveau planșee din lemn; astfel de construcții se aflau și încă se află, în zone rurale și în cartierele vechi (periferice) ale orașelor;
- **clădiri cu structura din zidărie portantă** cu regim de înălțime redus, fie P+1...2E pentru locuințe unifamiliale, de tip vila, fie P+3...5E pentru locuințele colective; acestea aveau de multe ori forme neregulate atât în plan, cât și în elevație, dezvoltate de multe ori pe o direcție, alipite la calcan în grup de câte două clădiri; planșeele erau realizate parțial din beton armat sau cărămidă și parțial din lemn, în special la ultimul nivel;

- **clădiri cu structuri mixte**, cu regim de înălțime P+3...6E, adesea mansardate, realizate parțial din zidărie portantă (în general perimetral) și parțial cu stâlpi interior și grinzi de beton armat sau metalice, cu planșee în diverse soluții (bolțișoare de cărămidă pe grinzi metalice, plăci și grinzi de beton armat, grinzi din lemn); aceste clădiri nu aveau o schemă constructivă clară, în cele mai multe cazuri, suferisera diverse transformări în timpul exploatarei;
- **clădiri cu schelet din beton armat**, cu regim de înălțime P+6...12E, tip bloc (realizate în special în București), având stâlpii și grinzele dispuse neregulat, funcție de partiul apartamentelor (fără a formă cadre), adesea cu discontinuități de la etaj la etaj, precum și stâlpi cu excentricități mari și cu forme, de multe ori, neregulate; prezența unor etaje ieșite în consola (bovindouri) sau etaje suplimentare, retrase în gabarit, stâlpi rezemați pe grinzi și cu mare excentricitate în raport cu ansamblul clădirii; la toate aceste clădiri se utilizau betoane de mărci inferioare (în general B120).

Nici unul din tipurile de clădiri cu tipologiile structurale, expuse mai sus, nu au fost proiectate la încărcări seismice, iar majoritate dintre ele nu au respectat regulile de proiectare și execuție minimale necesare.

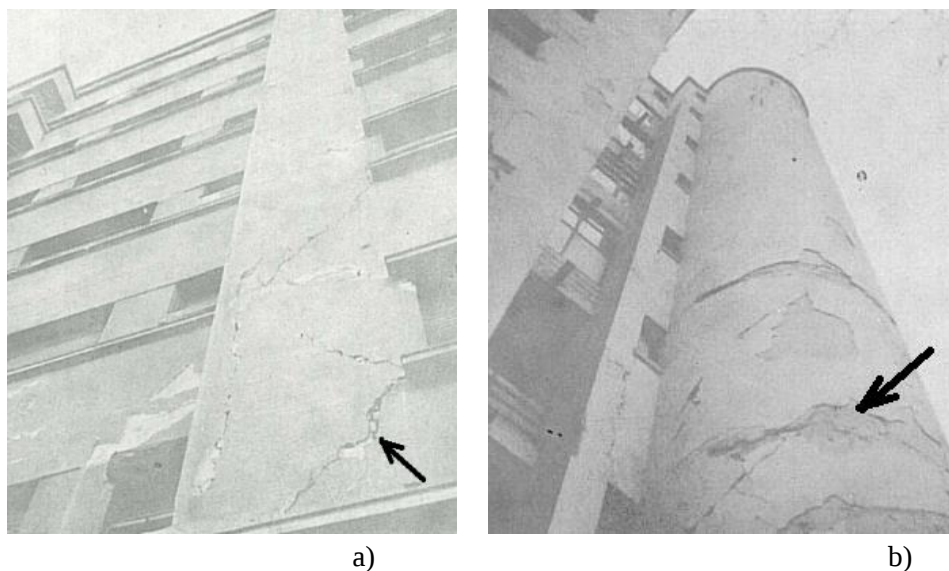


Fig. 26: a) Fisuri pereti fatada; b) Zidarie dislocata casa scara [1]

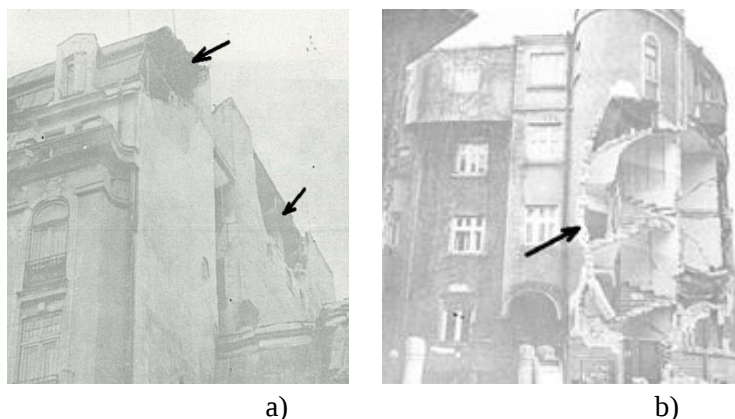


Fig. 27: a) Calcane zidărie prabușite; b) Pereți zidărie de fațadă / casa scării prabușiți [13]

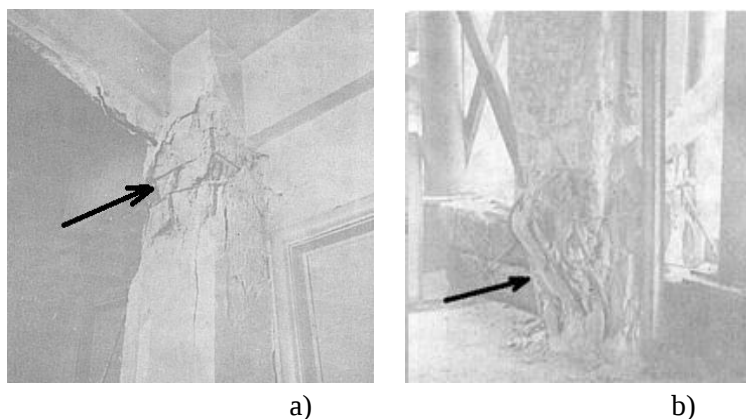


Fig. 28: a) Distrugerii ale nodului stalp-grinda b) Distrugerii ale stâlpilor la baza – parter [1]

Majoritatea acestora au suferit avarii încă de la cutremurul din 10 noiembrie 1940, avarii care fie au fost remediate superficial, fie au fost neglijate, iar alturi de alte cauze (deficiențe de proiectare, execuție, materiale de calitate necorespunzătoare, etc.) au condus la avariarea severă sau chiar prăbușire acestora la cutremurul din 4 martie 1977.

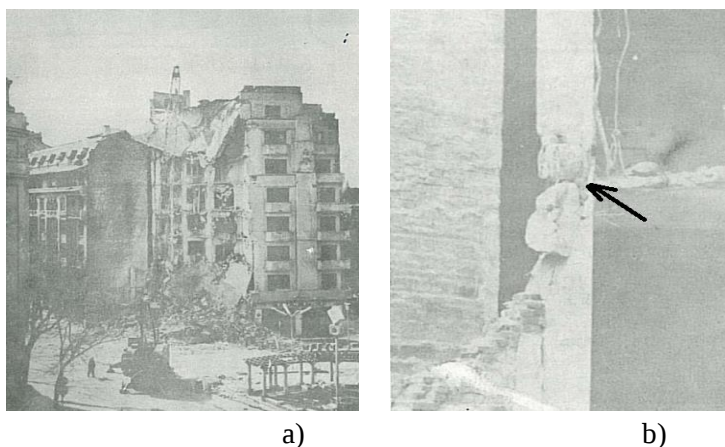


Fig. 29: a) Bloc de locuințe „Lido”– București, clădire cu schelet de beton armat;
b) Stâlp complet rupt – bloc „Lodo” [1]

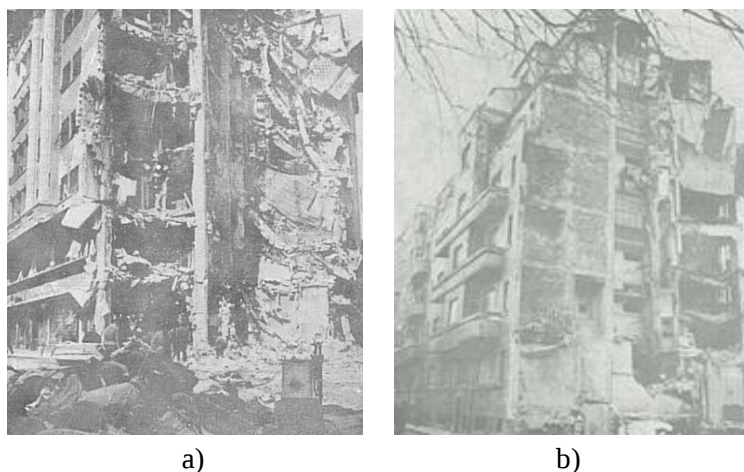


Fig. 30: a) Bloc de locuințe „Dunărea” – București, clădire cu schelet din beton armat;
b) Bloc de locuințe – București, Str. Poenaru Bordea nr. 18 clădire cu schelet din beton armat [1]

Din punct de vedere al comportării la cutremur, clădirile de locuit vechi afectate de cutremurul din 4 martie 1977, au suferit o serie de avarii specifice fiecărei tipologii structurale:

➤ **Clădirile vechi de locuit cu structura din zidărie portantă** și regim de înălțime P+max. 5E, s-au constatat avarii precum:

- crăpături deschise și dislocări ale zidăriei portante, cu planuri de cca. 45° sau în formă de „X”, în unele situații reducându-se rigiditatea până la limita prăbușirii acestora;
- fisuri verticale la intersecția pereților portanți insuficient țesute sau deasupra golurilor de uși;
- avarii grave la nivelul casei scărilor;
- prăbușiri ale calcanelor de pod realizate din zidărie de ½ cărămidă, provocând astfel avarii construcțiilor învecinate;
- prăbușirea coșurilor de fum din zidărie;
- situații în care acestea s-au prăbușit sau la limita prăbușirilor, necesitând demolări ulterioare.

➤ **Clădirile vechi cu structuri mixte**, executate din zidărie și stâlpi interiori din beton armat (un tip de zidărie confinată), s-au comportat, în general, defavorabil, chiar și în cazul celor cu planșee din beton armat, din cauza lipsei pereților interior de rezistență, care ar fi asigurat rigiditate și capacitate de preluare a forțelor orizontale seismice.

➤ **Clădirile vechi înalte cu schelet de beton armat**, de tip bloc, au avut o comportare determinată în principal de doi factori esențiali, și anume: pe de o parte lipsa generală de conformare și de asigurare seismică (secțiuni reduse de elemente stâlpi și/sau grinzi, lipsa acestora, armari insuficiente, etc.), iar pe de altă parte efectele distructive și avariile

vizibile sau ascunse, survenite în urmă evenimentului seismic din 10 noiembrie 1940, care nu au fost remediate corespunzător. În aceste cazuri, s-au constatat:

- din cauza forțelor seismice foarte mari, au apărut distrugerii grave la nivelul pereților din zidărie de umplutură, aceștia fiind incompatibili cu deformațiile mari ale structurii;
- avarierea gravă a stâlpilor la parter și de la primele niveluri (în general la stâlpii de colț și marginari s-au identificat fisuri sau crăpături deschise la 45° sau aproximativ verticale); striviri ale betonului, în general, la unul din capetele acestora, cu flambare a armaturilor longitudinale și expulzare a betonului pe una sau ambele fețe de pe direcția acțiunii seismice, sau chiar ruperea completă a acestora prin acțiunea compresiunii excentrice a forfecării sau prin acțiunea combinată a acestora;
- avarierea grinzilor a constat în fisurarea acestora în zonele de reazem (fisuri aproximativ verticale, la 45° și orizontale în lungul acestora spre mijlocul deschiderii); striviri ale betonului spre reazeme sau chiar spre mijlocul deschiderii, uneori cu flambarea armaturilor longitudinale;
- la nivelul planșeelor s-au identificat avarii sub formă fisurilor fine către deschise, crăpături transversale în podestele sau rampele scărilor, în special la schimbările de directive ale rampelor;
- avarii la elemente nestructurale (pereți de umplutură, de compartimentare, etc.) sub formă fisurilor accentuate sau crăpături deschise, uneori dislocări și prăbușiri parțiale sau totale, în special la nivelurile inferioare ale clădirilor;
- avarii la pereții de fațada sub formă fisurilor sau crăpăturilor în formă de „X” în spațiile dintre ferestre, precum și deteriorări ale bovindourilor;
- situații de prăbușiri sau necesitatea unor demolări ulterioare din cauza gradului de avariere la limita prăbușirii.

3.6.2 Comportarea clădirilor social-culturale și administrative vechi

La această categorie de clădiri s-au înregistrat, în general, degradări specifice similare celor apărute la clădirile de locuit vechi, cu structura asemănătoare. Sub aspectul prăbușirilor, s-au produs în cazuri restrânse, cele mai importante s-au înregistrat în București, astfel, s-au prăbușit patru clădiri importante:

- Clădirea administrativă a Ministerului Industriei Metalurgice (blocul „Carpați”) din Str. Academiei nr.7 (clădire înaltă cu structura cadru din beton armat), a suferit o prăbușire parțială a unui colț al acesteia dintre Str. Academiei și Edgar Quinet, Fig.31;

- Clădirea administrativă – birouri și magazine (blocul „Mică” – Cofetăria Nestor - clădire înaltă cu structura cadre din beton armat) din Calea Victoriei nr. 63-69, a suferit prăbușirea totală a corpului A dinspre Calea Victoriei, Fig.32;
- Hotelul Victoria din Calea Victoriei nr. 15 (clădiri cu regim mic de înălțime și structura din zidărie portantă), a suferit prăbușire parțial;
- Facultatea de Chimie din Splaiul Independenței nr. 87 (clădiri cu regim mic de înălțime și structura din zidărie portantă), a suferit prăbușire parțială.

În ce privește avariile suferit, acestea au fost similare celor apărute la clădirile de locuit vechi, cuprinzând în mare măsură categoriile de clădiri social-culturale din zidărie portantă sau cu structura din beton.

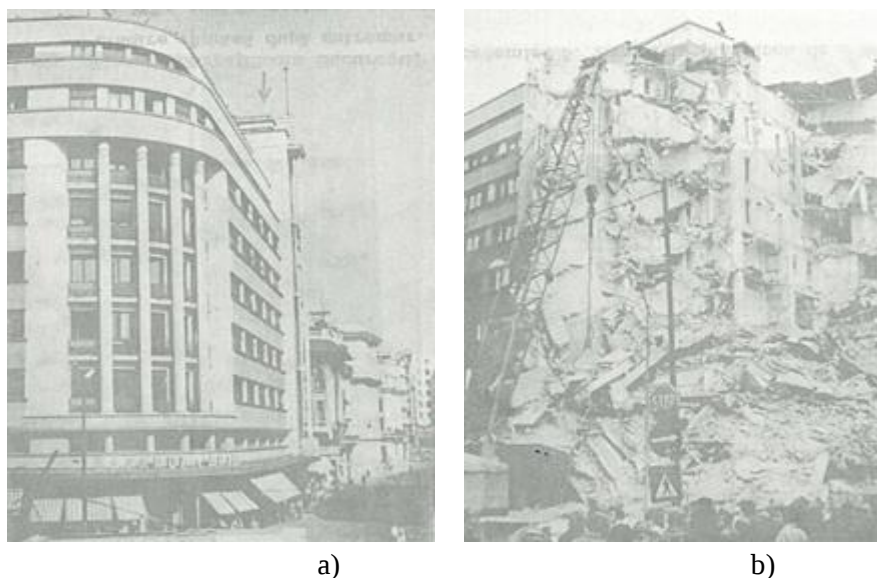


Fig. 31: Ministerul Industriei Metalurgice (Blocul „Carpati”) – Bucuresti: a) înainte de cutremur; b) după cutremur [1]



Fig. 32: Blocul de birouri „Cofetaria Republica” (fost Nestor) – București [1]

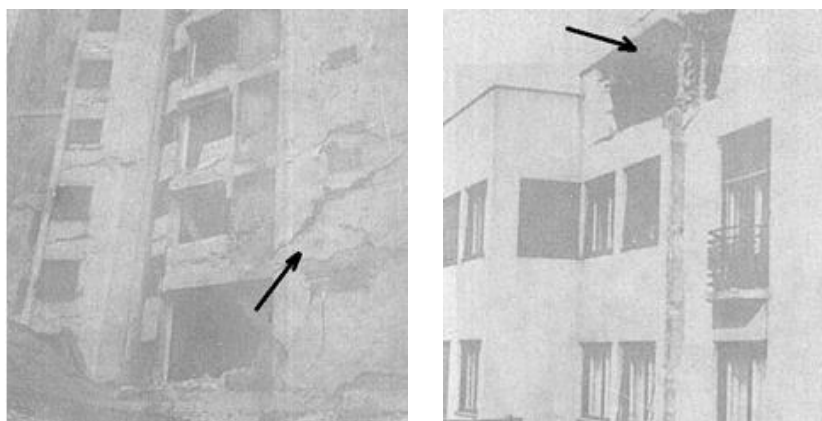


Fig. 33: Hotel „Ambasador” – București, avarii la fațada [1]

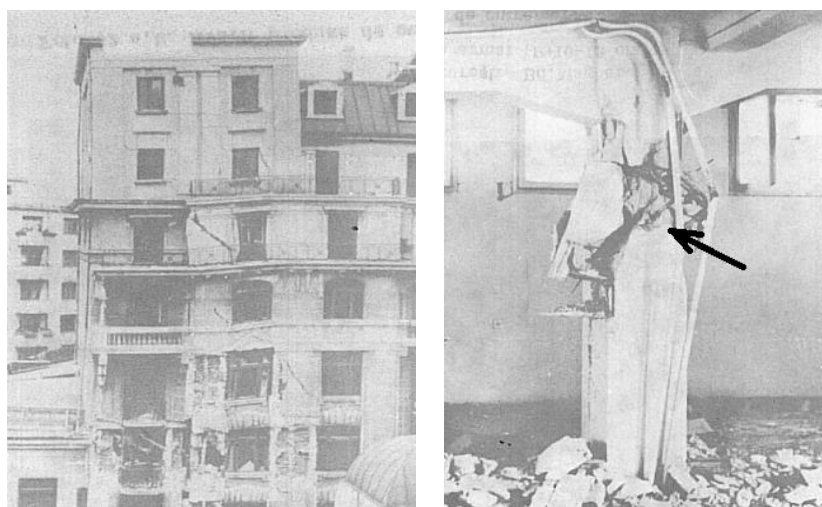


Fig. 34: Cladire de birouri – Institutul ISPIF – București, avarii la zidăria din fatada, bovindouri și stalpii din beton armat [1]

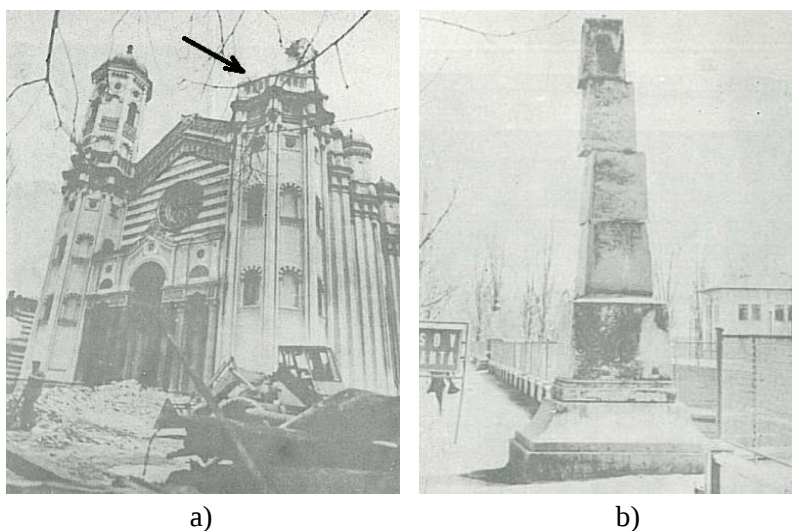


Fig. 35: a) Biserica Sf. Spiridon – București, prabusire turn drept;
b) Obelisc din București dislocat [1]

3.6.3 Comportarea clădirilor de locuit noi

Din punct de vedere al alcătuirii constructive, clădirile de locuit noi, afectate de cutremurul din 4 martie 1977, comportau tipologiile structurale specifice de mai jos [1]:

- Pentru clădiri cu regim mic de înălțime (maxim 4 etaje):
 - structura din zidărie portantă, în general întărită cu samburi din beron armat, cu regim de înălțime P+1...4E, și planșee din beton armat monolit și mai ales prefabricat;
 - structura din panouri mari, cu regim de înălțime P+4E;
 - structura din diafragme de beton armat monolit și regim de înălțime P+4E (în sistem figure – parter rigid sau elastic, și sistem celular și planșee din beton armat monolit sau prefabricate;
 - structura din cadre de beton armat P+4E, cu stâlpi monoliți, grinzi monolite sau prefabricate și planșee din panouri/semipanouri prefabricate sau predale suprabetonate;
 - structura din elemente spațiale.
- Pentru clădiri cu regim mare de înălțime (maxim 16 etaje)
 - structura din panouri mari cu regim de înălțime P+7...8E;
 - structura din diafragme din beton armat monolit cu regim de înălțime P+10E, în sistem fagure sau celular, idem pentru P+4E;
 - structura din cadre de beton armat cu regim de înălțime P+6...14E, cu stâlpi monoliți;
 - structura cu nucleu central și stâlpi din beton armat monolit cu regim de înălțime P+10E cu grinzi și planșee monolite sau prefabricate.

Clădirile de locuit noi cu structura din zidărie portantă și niveluri puține, au avut o comportare variată la cutremurul din 4 martie 1977, în principal, în funcție de nivelul în care au fost asigurate o conformare și alcătuire corespunzătoare preluării încărcărilor seismice și potrivit gradului de intensitate seismică asociat amplasamentului. În general, astfel de clădiri nu au suferit avarii semnificative, atât timp cât s-au respectat regulile și principiile de conformare și calcul la seism. În situațiile în care nu s-au respectat aceste măsuri de asigurare antiseismică, acestea au suferit avarii de gravitate variată, în special la parter și etajul I, dintre care se menționează:

- fisuri oblice, mai ales în pereții longitudinali, localizate, de obicei, la colțurile golurilor de ferestre și uși, dar și crăpături deschise înclinate, de obicei la 45° pe o direcție sau în formă de „X”, pe două direcții, denotând ruperea zidăriei la acțiunea eforturilor principale (la întindere), iar uneori s-a înregistrat chiar distrugerea unor elemente de zidărie;
- fisuri orizontale în pereți situate mai ales sub planșeul peste parter sau la parte inferioară și superioară a spațiilor de zidărie dintre ferestre;

- fisuri verticale de lungime mare în pereți, uneori pe toată înălțimea peretelui, de obicei în continuarea fisurilor apărute în rosturile dintre elementele prefabricate ale planseelor (fâșii, semipanouri), dar și în parapetele ferestrelor sau la intersecția diafragmelor transversale cu cele longitudinale, apărute în special la clădiri fără centuri sau alte legături orizontale și, de asemenea, din cauza unor defecte locale ale zidăriei;
- deplasarea pereților de la verticală;
- dislocări și expulzări de zidărie la colțurile clădirii;

Cazuri atipice de avarii la clădirile cu structura din zidărie portantă:

- fisuri la intersecțiile dintre pereții exteriori și interior din cauza faptului că zidăria utilizată la pereții exteriori avea alt format spre deosebire de zidăria pentru pereții interiori, rezultând o țesere defectuoasă la 3-4 rânduri care a favorizat inițierea fisurilor;
- fisuri produse în pereți de împingerile provocate de planșeul de terasă, care, nefiind suficient izolate termic, erau deja deformate și fisurate din variațiile de temperatura (nu mai îndeplineau rolul de șaibă rigidă), iar la momentul cutremurului, fisurile s-au accentuat și în același timp, inițiindu-se aletele noi, rigiditatea de ansamblu scăzuse suficient, încât să își piardă capacitate de șaibă rigidă; această situație s-a întâlnit la clădiri din București – cartierele Pajura, Giulești, Drumul Taberei, etc.

Clădirile de locuit noi cu structura din panouri mari s-au comportat, în general bine, nesemnalandu-se avarii semnificative la elementele structurale, care să afecteze stabilitatea și rezistență clădirilor. În cazurile izolate, s-au înregistrat avarii de tipul: fisuri în zonele de monolitizare dintre panouri, la intersecțiile pereților, la rosturile de rezemare a panourilor de planșeu pe cele de pereți, fisuri la 45° în buiandrugi și de asemenea în unii pereți. În general, fisurile nu au depășit deschideri de cca. 1 mm.

Clădirile de locuit noi cu structura din diafragme de beton armat monolit, au avut o comportare diferită în funcție atât de numărul de niveluri, calitatea execuției, cât și de intensitatea mișcării seismice din amplasament. Clădirile cu regim mic de înălțime (mai rigide) cu P+4E, au avut o comportare în general bună, însă cele cu regim mare de înălțime, mai mult de 4 etaje, au avut o comportare mai puțin bună, constatându-se degradări puternice, inclusiv cazuri de prăbușiri parțiale în București (o porțiune de capăt a blocului din Sos. Ștefan cel Mare, colț cu Str. Lizeanu și un tronson de capăt al blocului OD16 din Bd. Păcii). Degradările, în general s-au localizat în zone precum: buiandrugi și baza diafragmelor, incluzând și bulbii de capăt.

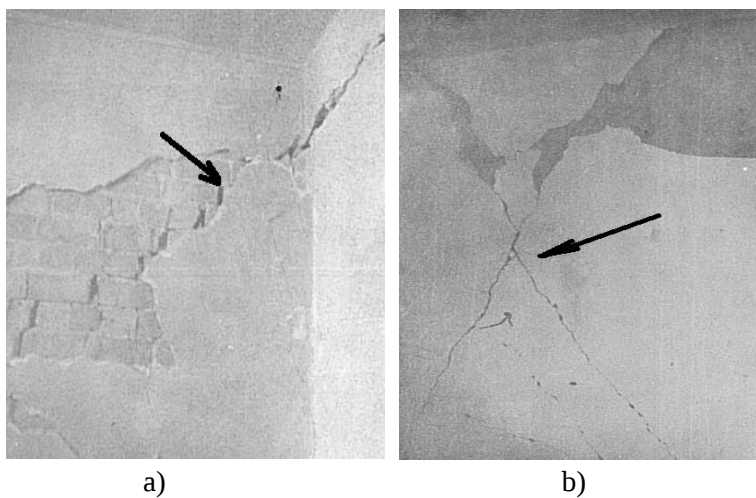


Fig. 36: a) Avarii la pereții din zidărie portantă; b) Fisuri în formă de „X” la diafragmele din beton armat [1]

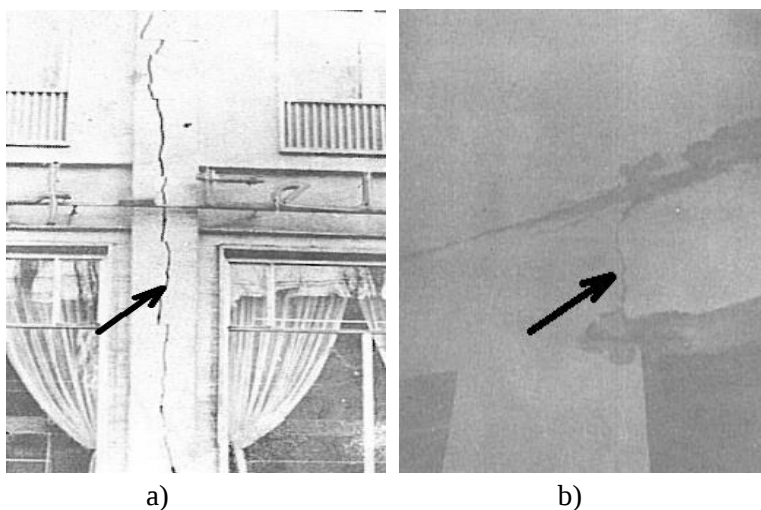


Fig. 37: a) Desfacerea unui rost în fațadă; b) Ruperea unei grinzi în zona casei liftului [1]

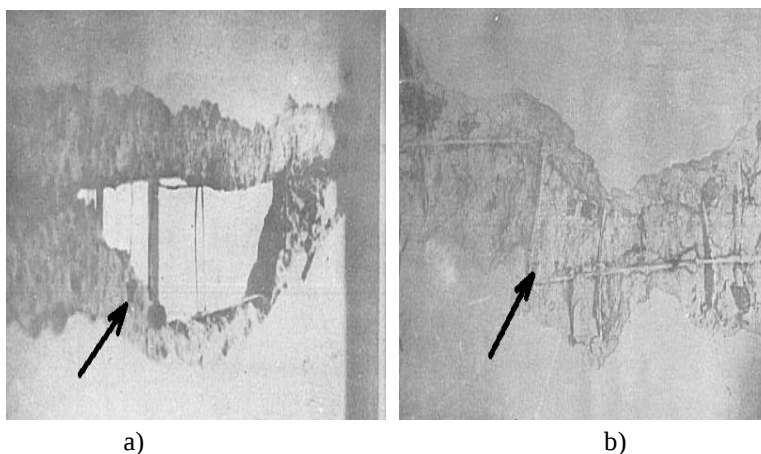


Fig. 38: a) Distrugerea unei diafragme din beton; b) Fisuri și crăpături orizontale cu expulzarea stratului de acoperire cu beton la diafragme din beton [1]

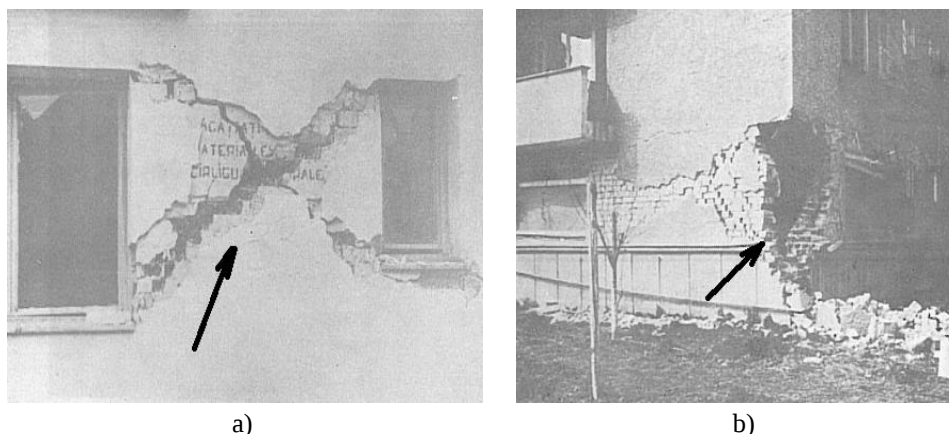


Fig. 39: a) Fusuri la spațiile de zidărie; b) Avarii la peretii exterior, se observa lipsa stălpisorilor de colt din beton [1]

3.6.4 Comportarea clădirilor noi social-culturale și administrative

Clădirile noi social – culturale și administrative sunt de o diversitate funcțională variată: clădiri pentru cazare colectivă (hoteluri, cămine studențești), clădiri din domeniul medical (spitale), cantine, clădiri comerciale, clădiri din administrația centrală și locală, cultural – religioase, clădiri din domeniul sportului, etc. Pentru acestea, s-au utilizat în general, aproape toate sistemele constructive adoptate la clădirile de locuit (zidărie portantă, diafragme din beton armat monolit, cadre din beton armat, etc.), precum și combinarea acestora (structuri mixte).

În general, se poate menționa faptul că s-a constatat o comportare mai bună în comparație cu cele vechi, un caz izolat, a fost cel al prăbușirii Centrului de Calcul MTTC din București (clădire veche). În ceea ce privește avariile, acestea au fost specifice tipologiilor structurale, incluzând situațiile izolate de prăbușiri.

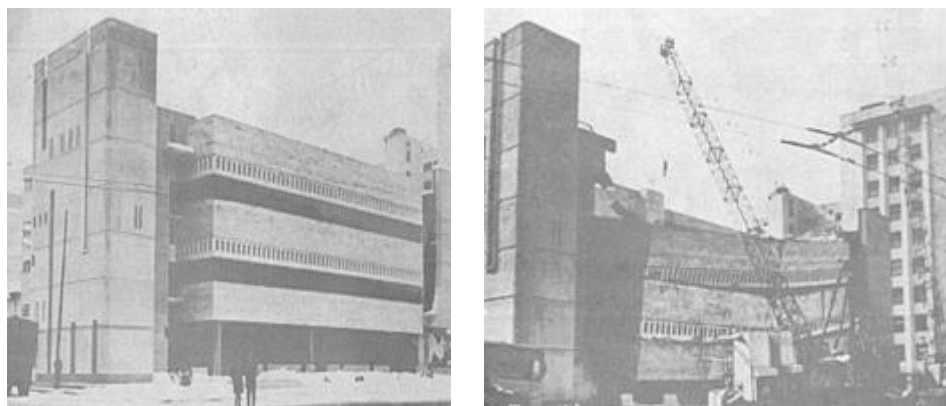


Fig. 40: Prăbușirea clădirii Centrului de Calcul electronic MTTC, Str. Gării de Nord – București; stăp parter puternic avariat la partea superioară (sub capitel) [1]

3.6.5 Comportarea construcțiilor industriale, agrozootehnice, hidrotehnice, transporturi și telecomunicații

Construcțiile industriale, din punct de vedere al alcătuirii constructive, se pot grupa în trei mari categorii: hale parter, clădiri etajate și construcții speciale. Pentru hale s-au adoptat ca sisteme structurale din: beton armat monolit, prefabricate, mixte și metalice. În general, aceste construcții au avut o comportare bună, în special cele cu structura metalică, însă au existat cazuri izolate de structuri care au suferit avarii specifice (fisuri, crăpături, ruperi stâlpi, etc.), și chiar prăbușiri parțiale (ex. Întreprinderea de utilaj chimic Grivița Roșie – București).

Clădirile industriale etajate (vechi și noi), au fost realizate din structuri de beton armat monolit / prefabricate și mixte. Comportarea acestora a fost, de asemenea, în general, bună, înregistrându-se cazuri izolate de avarieri specifice, însă nu s-au înregistrat cazuri de prăbușiri.

Construcțiile speciale (silozuri, buncăre, rezervoare, castele de apă, turnuri de răcire, coșuri de fum, estacade exterioare pentru poduri rulante și păsărele pentru benzi transportoare), în general s-au comportat bine, înregistrându-se local situații de avarieri semnificative la coșurile de fum vechi din zidărie portanță și chiar prăbușiri complete, iar la castele de apă, reprezentad o categorie specială de construcții, înregistrându-se și în cazul acestora, situații de avarieri semnificative și chiar prăbușiri complete (5 cazuri, 4 în jurul Bucureștiului și un caz în Pleașă – Ploiești).

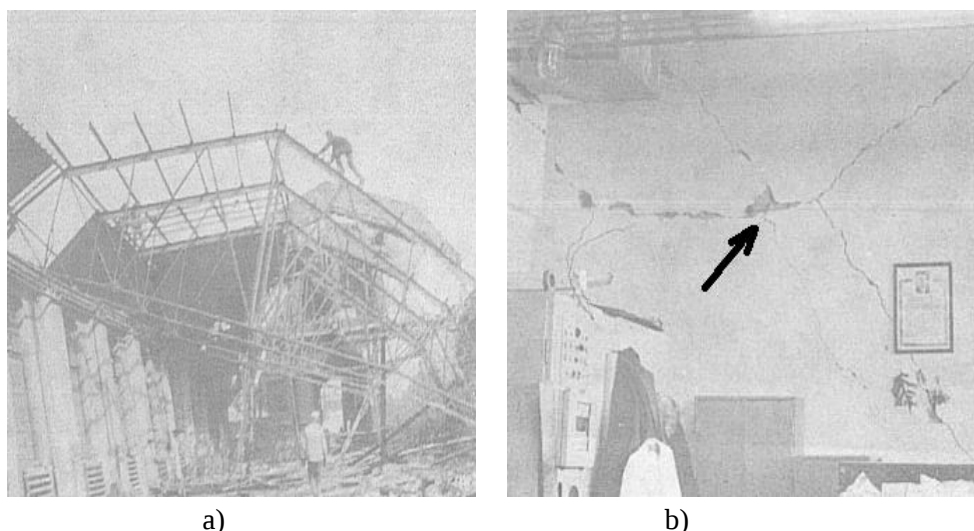
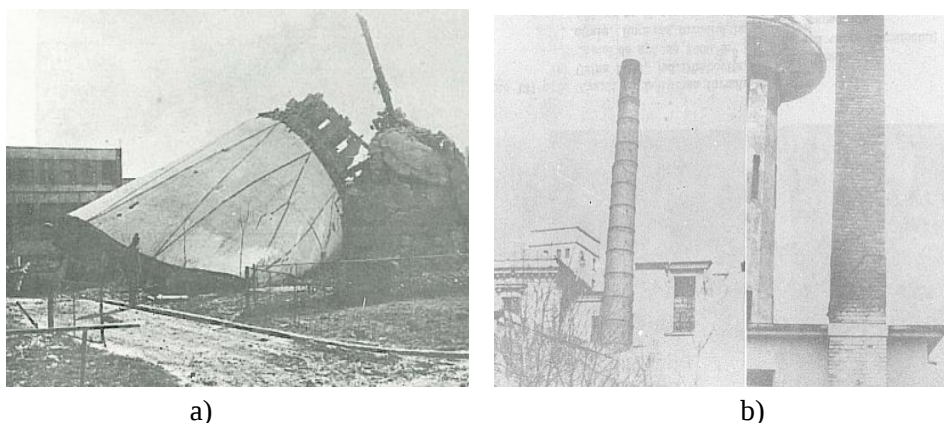


Fig. 41: a) Prăbușire șarpantă metalică – Întreprindere de utilaj petrolier, hala montaj – jud. Prahova; b) Fisuri în pereți interior de zidărie, clădire etajată din cadre b.a. – ICCE București [1]



a) b)
Fig. 42: a) Castel de apă prăbușit; b) Avarii în treimea superioară a coșurilor de fum din zidărie, București - Ilfov [1]

Bibliografie

- [1] Sinteza Monografiei *Cutremurul din România din 4 martie 1977 și efectele asupra construcțiilor*, Părțile I, II, III și IV, Institutul Central de Cercetare Proiectare și Directivare în Construcții, 1978
- [2]. Ifrim, M., *Dinamica structurilor și inginerie seismică*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1984
- [3]. Dubina, D., Lungu, D., et. al., *Construcții amplasate în zone cu mișcări seismice puternice*, Ed. Orizonturi universitare, Timișoara, 2003.
- [4]. Beles, A., *Le tremblement de terre du 10 Novembre 1940 et les batiment*, Tiparul „Cartea Românească”, Bucuresti, Extrait des comptes rendus des séances de l’academie des sciences de Roumaine, Tome V, No.3, 1941.
- [5]. Atanasiu, I., *Cutremurele de pamant si sensibilitatea seismica in Romania*, Ed. Academiei Republicii Populare Romane, *Analele Academiei Republicii Populare Romane*, Sectia de stiinte geologice, geografice si biologice, Seria A, Tomul I, Memoriul 5, 1949.
- [6]. Zaharescu, V., *Cutremurele de pamanat*, Tipografia DIM. M. Ionescu, Karagheorghevici, No.27, 1923.
- [7]. Lungu, D., *Riscuri naturale si antropice pentru patrimoniul construit al Bucurestiului*, Institutul National al Monumentelor Istorice & Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti.
- [8]. Gheorghe Ionnesu-Gion, *Istoria Bucurescilor*, București, 1899, p. 350.
- [9]. George Potra, *Din Bucureștii de altădată*, București, 1981, p. 188.
- [10]. http://ro.wikipedia.org/wiki/Cutremurul_din_1940_%28Rom%C3%A2nia%29, 29.05.2014
- [11]. <http://www.worldwideromania.com/2013/10/06/cutremurul-vrancean-din-1940/>
- [12]. www.google.com