



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

# **PROIECTAREA SEISMICĂ A STRUCTURILOR SENSIBILE LA TORSIUNE GENERALĂ**

**Masterand: gr. IS – 1801M  
Mihaela GALAJU**

**Conducător: conf. univ. dr.  
Viorica ȚIBICHI**

**Chișinău – 2020**

## **REZUMAT**

În momentul de față pentru sfera construcțiilor o importanță majoră are perceperea comportării structurilor solicitate la torsiune și determinarea corectă a răspunsului dinamic. Aceasta constituie una din prioritățile proiectării actuale, dar acesta este un subiect sensibil și, în același timp, controversat. Efectele de torsiune apar în clădiri fie ca urmare a disimetriilor structurale (atunci când centrul de masă și centrul de rigiditate nu coincid, situație întâlnită pentru majoritatea clădirilor actuale) - fenomen numit torsiune naturală, fie din alte cauze (incertitudini privind distribuția masei sau a rigidității, componentele de rotație ale mișcării terenului) - fenomen numit torsiune accidentală. De aceea se poate spune că calculul la torsiune este necear atunci când echilibrul static al unei structuri depinde de rezistența la torsiune a unor elemente componente, iar verificarea cuprinde atât stările limită ultime cât și stările limită de serviciu. Studiul de caz prezintă o structură multietajată din beton armat și comportarea acestei structuri la acțiuni seismice.

Teza este alcătuită din 2 capitole expuse pe 87 de pagini, sunt folosite 4 tabele, 15 imagini și 8 surse bibliografice.

## **RÉSUMÉ**

Actuellement, pour la sphère des constructions, une importance majeure est la perception du comportement des structures requis à la torsion et la détermination correcte de la réponse dynamique. C'est l'une des priorités de la conception actuelle, mais c'est un sujet sensible et en même temps controversé. Les effets de torsion se produisent dans les bâtiments soit en raison de dissymétries structurelles (lorsque le centre de masse et le centre de rigidité ne coïncident pas, une situation rencontrée pour la plupart des bâtiments actuels) - un phénomène appelé torsion naturelle, ou pour d'autres raisons (incertitudes concernant la répartition de la masse ou de la rigidité, les composantes rotationnelles du mouvement du sol) - phénomène appelé torsion accidentelle. Par conséquent, on peut dire que le calcul de la torsion n'est pas nécessaire lorsque l'équilibre statique d'une structure dépend de la résistance à la torsion de certains éléments constitutifs, et la vérification inclut à la fois les états limites ultimes et les états limites de service. L'étude de cas présente une structure à plusieurs étages en béton armé et le comportement de cette structure dans les actions sismiques.

La thèse se compose dans de 2 chapitres, expose sur 87 pages, 4 tableaux, 15 images et sont utilisés 8 sources bibliographiques.

## CUPRINS

INTRODUCERE.....	2
1. SPECIFICUL CONSTRUCȚIILOR SENSIBILE LA TORIUNE GENERALĂ.....	5
1.1.Prezentarea acțiunii seismice pentru proiectare.....	6
1.2.Aspecte privind evoluția normelor și principalele metode de calcul în proiectarea antiseismică.....	15
1.2.1.Aspecte privind modelarea recurenței acțiunii seismice.....	15
1.2.2.Aspecte privind problematica asigurării structurale.....	16
1.2.3.Impunerea unui mecanism favorabil de disipare a energiei.....	17
1.2.4.Metode de calcul la acțiuni seismice.....	18
1.3. Torsiunea de ansamblu a clădirilor. Descrierea fenomenului.....	19
1.4. Torsiunea de ansamblu a clădirilor. Prevederi.....	21
1.5.Răspunsul seismic în plan orizontal. Torsiunea generală.....	25
1.5.1. Torsiunea generală inerentă.....	25
1.5.2. Torsiunea generală accidentală.....	26
2. STUDIU DE CAZ.....	27
2.1. Determinarea torsiunii modelând structura (ROBOT).....	28
2.2.Tipuri și variante de intervenție pentru ridicarea nivelului de asigurare paraseismică a unei construcții .....	31
2.3.Concepția constructivă de ansamblu.....	32
2.4.Verificarea de rezistență.....	34
2.5. Determinarea forțelor seismice de cod.....	34
2.6.Semnificația variației valorilor forțelor de cod în funcție de clasă de importanță a construcției.....	36
2.7.Forțele seismice reale.....	36
2.8. Aspecte specifice ale verificării de rezistență în cazul clădirilor .....	38

2.9. Verificarea de rigiditate.....	39
2.10. Variante de intervenție pentru ridicarea nivelului de asigurare paraseismică a unei construcții .....	39
CONCLUZII.....	42
BIBLIOGRAFIE.....	43
ANEXE.....	44

## INTRODUCERE

Scopul acestei lucrări a fost de a percepe modul de comportare a construcțiilor multietajate solicitate la torsiune generală. Studiul la torsiune generală prezintă cu sine una din prioritățile de bază ale domeniului proiectării. În această lucrare s-a pus ca scop studierea procesului de torsiune și a efectelor produse în urma torsiunii unei structuri.

Au fost analizate diferite metode de calcul a structurilor solicitate la torsiune. În urma analizei s-a adoptat metoda de calcul a structurii la torsiune, structura analizată, elementele componente, sarcina încărcată. Luând în considerare că construcțiile de beton armat sunt dimensionate de acțiunea seismică. În această secțiune sunt prezentate succint principalele aspecte privind proiectarea structurilor din beton armat amplasate în zone seismice.

Proiectarea seismică a structurilor presupune tehnici speciale de calcul și detaliere comparativ cu proiectarea pentru alte tipuri de încărcări cum sunt cele gravitaționale sau cele cauzate de vânt. Aceste particularități sunt legate atât de evaluarea cerinței seismice cât și de determinarea capacității elementelor structurale solicitate ciclic în domeniul inelastic.

În cazul proiectării seismice se acceptă în mod obișnuit riscuri de avariere mai mari pentru construcții comparativ cu avariile acceptate pentru alte tipuri de încărcări. Riscul suplimentar este acceptat îndeosebi din cauza dificultăților de asigurare a clădirilor la acțiuni seismice severe în condițiile unor exigențe ridicate privind limitarea avariilor structurale și nestructurale.

La proiectarea seismică a structurilor de beton armat se consideră forțe laterale egale cu 15..30% din forțele laterale asociate răspunsului elastic sub acțiunea seismică de proiectare. Supraviețuirea structurii depinde îndeosebi de capacitatea sa de deformare postelastice și de cantitatea de energie ce poate fi disipată prin deformațiile neliniare ale materialelor de construcție. Chiar și la cutremure cu intensitate mai mică decât cea de a cutremurului de proiectare se poate mobiliza întreaga capacitate de rezistență a structurilor.

În condițiile răspunsului neliniar la acțiunea seismică, controlul modului de deformare neliniară a structurii în ansamblu și asigurarea unei capacități suficiente de deformare plastică este esențial. La structurile care nu sunt proiectate seismic având rezistență laterală limitată energia seismică se consumă prin deformațiile plastice necontrolate ale elementelor structurale sau nestructurale până la colaps.

Necesitatea proiectării seismice a structurilor a început să fie conștientizată la începutul anilor 1920. La acel moment nu existau metode de cuantificare a încărcărilor laterale cauzate de cutremur în principal din cauza lipsei înregistrărilor seismice. Forțele laterale de proiectare se luau

egale cu 5..10% din greutatea totală a construcției. Incursiunile în domeniul plastic nu erau luate în considerare astfel că nu se luau măsuri speciale pentru asigurarea ductilității structurale.

În anii 1950-1960, avea loc apariția primelor înregistrări ale accelerațiilor seismice, ceea ce a permis introducerea în codurile de proiectare a spectrelor de accelerații pentru proiectare. Spectrele de accelerații serveau pentru determinarea la proiectare a unor forțe laterale echivalente.

S-a putut observa atunci că asigurarea răspunsului elastic al structurilor sub acțiunile seismice de proiectare nu este posibilă datorită nivelului ridicat al accelerațiilor orizontale ale terenului. Din alt punct de vedere, construcțiile existente care au supraviețuit mișcărilor seismice cu avarii reduse sau moderate au arătat că nivelul forțelor de proiectare poate fi redus comparativ cu cele asociate răspunsului elastic dacă se acceptă încursiuni în domeniul plastic de comportare. Deformațiile inelastice ale elementelor structurale se permit dacă asigură un nivel rezonabil de rezistență cu degradări reduse în urma ciclurilor repetate de încărcare descărcare în domeniul plastic. Totuși, existând aceste observații, codurile de proiectare nu prevedeau măsuri speciale de detaliere a elementelor de beton armat pentru asigurarea ductilității și nici reguli privind ierarhizarea capacităților de rezistență ale acestora.

Luând în considerare că periodic în această arie s-au produs cutremure de pământ importante, pe alocuri devastatoare, în decursul timpului s-au stabilit procedee și norme care să asigure protecția antiseismică a construcțiilor în zone susceptibile de producere a cutremurelor.

Observațiile făcute în cursul cutremurelor ulterioare au arătat că reducerea forțelor seismice de proiectare pe baza capacitătea structurilor de a disipa energia seismică prin deformații inelastice trebuie însoțită de măsuri speciale de calcul și detaliere a elementelor structurale în măsura să asigure mobilizarea zonelor de deformare plastică în acele elemente care pot suferi deformații plastice mari fără degradări severe de rezistență sau rigiditate.

În anii '70 a fost formulată unitar în Noua Zeelandă de către prof. Paulay „Metoda proiectării capacității de rezistență” . Metoda oferea reguli de calcul clare în măsură să asigure dirijarea zonelor de deformare plastică către elementele cu ductilitate ridicată și formarea astfel a unor mecanisme de plastificare ale structurii cu capacitate mare de disipare a energiei seismice. La fel, metoda propunea reguli pentru determinarea eforturilor de proiectare pentru împiedicarea modurilor de cedare fragilă, neductilă, în toate elementele structurale. Așa apare noțiunea de efort de proiectare diferit de cel rezultat direct din calculul structural în combinația seismică de proiectare.

Metoda proiectării capacității de rezistență a fost rând pe rând preluată în majoritatea codurilor de proiectare seismică pe plan internațional. Metoda dată stă și la baza a normei de proiectare europene EN1998-1.

Scopul principal al majorității codurilor de proiectare seismică a fost de a evita pierderea vieții oamenilor din clădiri și din jurul lor, precum și răniile grave, în cursul unui cutremur major. Limitarea pagubelor economice cauzate de cutremure reprezenta numai un scop secundar. Întreaga metodologie de proiectare fiind bazată pe verificarea structurii la acțiunea asociată unui singur nivel al cutremurului de proiectare. Cutremurele majore apărute la mijlocul anilor '90 în țări cu experiență avansată în ingineria seismică (cum sunt cel de la Northridge, SUA, 1994, sau Kobe, Japonia, 1995) au provocat pagube economice directe sau indirecte mari arătând astfel slăbiciunile metodelor de proiectare curente. Tot atunci s-a observat că proiectarea seismică care are ca unic scop siguranța vieții utilizatorilor pentru un cutremur de o anumită intensitate nu poate preveni și pagubele economice ce pot surveni în urma unui seism de intensitate mai redusă. Se poate concluziona că, în ultimii ani activitatea de cercetare s-a axat pe revizuirea filozofiei de proiectare seismică pentru îmbunătățirea controlului răspunsului structural la acțiuni seismice.

Ingineria seismică bazată pe performanță este un proces de durată ce începe odată cu proiectarea și continuă pe parcursul întregii vieți a construcției prin verificări și lucrări de întreținere.