

Teză de abilitare

Contribuții la protecția seismică a structurilor din beton armat prin
elaborarea și actualizarea reglementărilor tehnice în România

Domeniul de doctorat: Inginerie civilă și instalații

Conf. univ. dr. ing. Viorel Popa

- Rezumat -

Septembrie 2026

Habilitation thesis

Contributions to the Seismic Protection of Reinforced Concrete Structures through the Development and Updating of Technical Regulations in Romania

- Abstract -

Doctoral field: Civil Engineering and Building Services Engineering

Assoc. Prof. PhD Eng. Viorel Popa

September 2026

Această teză de abilitare prezintă principalele rezultate ale activității mele științifice, profesionale și academice desfășurate în domeniul ingineriei seismice, cu accent asupra protecției seismice a structurilor din beton armat și asupra contribuțiilor la dezvoltarea și actualizarea reglementărilor tehnice din România. Activitatea prezentată este rezultatul unei abordări integrate, în care am realizat în strânsă legătură cercetare experimentală și analitică, activitate didactică, activitate de proiectare și evaluare structurală și de elaborare de reglementări tehnice în construcții.

Contribuțiile personale raportate în această teză de abilitare nu ar fi fost posibile fără munca colegilor din Universitatea Tehnică de Construcții București, aportul partenerilor din industria construcțiilor, administrația publică, universități și institute de cercetare, și contribuțiile anterioare istorice ale comunității profesionale a inginerilor constructori pentru protecția seismică a fondului construit din România. Toate acestea sunt rezultatul unui efort de echipă în care am avut onoarea să fiu implicat de-a lungul timpului.

În contextul particular al României, unde peste 60% din teritoriu este expus mișcării seismice dintr-o singură sursă, creșterea siguranței seismice a clădirilor reprezintă o problemă inginerească de importanță majoră. Activitatea mea profesională s-a concentrat asupra unor probleme concrete ale comportării seismice a structurilor din beton armat, asupra metodelor de evaluare și proiectare și, ulterior, asupra transpunerii rezultatelor cercetării și experienței inginerești în prevederi ale reglementărilor tehnice.

Teza de abilitare cuprinde următoarele capitole principale:

1. Introducere

1.1. Parcurs profesional și dezvoltare academică

1.2. Dezvoltare academică

1.3. Activitate de inginerie

2. Contribuții la evaluarea seismică și proiectarea structurilor din beton armat

2.1. Îmbinări emulative pentru stâlpi prefabricați utilizând manșoane din oțel ondulat umplute cu mortar

2.2. Comportarea grinzilor prefabricate cu îmbinări emulative utilizând manșoane umplute cu mortar și cuple mecanice la încărcări ciclice

2.3. Rigiditatea efectivă și capacitatea de deplasare a stâlpilor scurți din beton armat cu beton de calitate redusă

2.4. Bucharest One – soluția structurală pentru o clădire de birouri cu înălțimea de 120 m

2.5. Adecvarea metodelor actuale de evaluare pentru reproducerea retrospectivă a degradărilor seismice ale clădirilor. Studiu de caz în Van, Turcia

3. Contribuții la dezvoltarea reglementărilor tehnice în România

3.1. Analiza sistemului de reglementare tehnică

3.2. Cadrul de reglementare pentru protecția seismică a clădirilor

4. Direcții viitoare de cercetare și dezvoltare profesională

4.1. Indicatori simplificați pentru evaluarea performanței seismice a clădirilor

4.2. Integrarea digitalizării și a inteligenței artificiale în evaluarea seismică a fondului construit

4.3. Prezervarea rolului inginerului proiectant de structuri

Prima direcție de studiu prezentată în teză se referă la comportarea la acțiuni ciclice a nodurilor emulative pentru structuri prefabricate din beton armat. Studiile prezentate sunt bazate în principal pe cercetare experimentală prin care s-a urmărit validarea unor soluții de realizare a conexiunilor dintre elemente prefabricate prin utilizarea unor teci metalice injectate cu mortar, soluție potrivită pentru realizarea unor noduri cu comportare similar cu cele din structurile monolite. Programele experimentale au inclus încercarea unor epruvete reprezentative, supuse la încărcări ciclice alternante în domeniul plastic de răspuns, în condiții care să permită evaluarea comportării la solicitări seismice. Rezultatele au arătat că elementele prefabricate realizate utilizând aceste soluții de îmbinare prezintă o comportare histeretică și o capacitate de disipare a energiei comparabile cu cele ale elementelor monolite. Programele experimentale prezentate au fost realizat în cooperare cu parteneri comerciali din industria prefabricatelor de beton.

O a doua direcție de cercetare prezentată în teză se referă la modelarea comportării stâlpilor scurți din beton armat, realizați din beton de calitate joasă, pentru calcul la acțiuni seismice. Studiul prezintă interpretarea datelor obținute prin programe de cercetare experimentală pentru stabilirea a doi parametri esențiali în modelarea structurilor pentru calcul: rigiditatea efectivă și capacitatea de deformare. Rezultatele obținute arată că modelele de calcul disponibile pentru determinarea capacității de deformare, în condiții de solicitare ciclic alternantă, produc rezultate variate și nu întotdeauna în linie cu rezultatele experimentale. Mai mult, datele înregistrate arată că rigiditatea efectivă a elementelor de beton fisurate este considerabil mai mică decât cea corespunzătoare secțiunilor brute, cu factori de reducere mai mici de 0,2. Aceste informații sugerează necesitatea prudenței în evaluarea rigidității la acțiuni orizontale a structurilor de beton conform prevederilor documentelor normative naționale și internaționale mai ales în ceea ce privește

tendința de a neglija reducerile de rigiditate, față de valorile brute, prevăzute de aceste documente normative.

O direcție distinctă a activității a fost reprezentată de evaluarea și proiectarea unor structuri din beton armat cu caracteristici speciale. Un exemplu relevant este reprezentat de clădirea Bucharest One, cu o înălțime de aproximativ 120 m, pentru care au fost analizate probleme legate de înălțimea mare a construcției, hazardul seismic și prezența infrastructurii de metrou în imediata vecinătate a amplasamentului. Proiectarea structurii a impus desfășurarea unui proces de analiză și decizie inginerească în cadrul unui colectiv numeros specializat în proiectarea structurilor, analiză bazată pe aplicarea unor metode avansate de calcul și transpunerea rezultatelor modelărilor analitice în prevederile unui proiect tehnic și, în final, în componente structurale efectiv executate. Experiența acumulată prin participarea la proiectarea și verificarea unor astfel de structuri a constituit o componentă importantă a activității mele profesionale și a contribuit la fundamentarea abordărilor utilizate ulterior în cercetare și în activitatea de elaborare a reglementărilor.

O altă componentă a activității științifice a fost reprezentată de evaluarea comportării seismice a clădirilor existente și de analiza metodelor de evaluare a vulnerabilității seismice. Studiul prezentat în teză, prilejuit de colectarea de informații prin inspecția post-cutremur a unor clădiri din orașul Van, Turcia, a urmărit, să stabilească dacă metodele de evaluare seismică disponibile pot reproduce comportarea observată a clădirilor afectate de cutremure și limitele care apar atunci când modelele de calcul sunt aplicate unor clădiri pentru care informațiile disponibile sunt incomplete sau prezintă incertitudini. Aceste preocupări au condus în mod natural către problemele mai largi ale evaluării riscului seismic al fondului construit și ale necesității unor metode de evaluare adaptate atât caracteristicilor clădirilor, cât și informațiilor disponibile în practica inginerească.

Experiența dobândită prin activitatea de cercetare, proiectare și evaluare structurală, inclusiv prin componenta didactică, a fost ulterior valorificată în elaborarea și actualizarea reglementărilor tehnice din România. Această direcție reprezintă componenta centrală a activității prezentate în teză. Contribuțiile au vizat atât reglementări referitoare la proiectarea structurilor noi, cât și reglementări privind evaluarea și intervenția asupra construcțiilor existente și investigarea post-cutremur. Lucrarea prezintă succint rezultatele proiectului privind auditul și reorganizarea sistemului de reglementări tehnice derulat de către Universitatea Tehnică de Construcții București în anul 2022, pe care l-am coordonat. Prezint, de asemenea, la nivel conceptual cadrul normativ privind protecția seismică a clădirilor, parte a Strategiei naționale de reducere a riscului seismic, la a cărei elaborare universitatea a participat în calitate de consultant. În lucrare prezint succint principalele valențe ale

reglementărilor tehnice din domeniul protecției seismice la a căror elaborare am participat, fie în calitate de elaborator fie în calitate de coordonator al colectivului de elaborare.

Experiența acumulată prin participarea la elaborarea acestor reglementări a evidențiat faptul că dezvoltarea cadrului normativ nu poate fi separată de evoluția practicii ingineresti. Reglementările tehnice trebuie să permită aplicarea unor metode moderne de analiză și proiectare, dar, în același timp, trebuie să ofere inginerului criterii suficient de clare pentru verificarea soluțiilor și pentru asumarea responsabilității profesionale. În acest sens, consider că una dintre problemele importante pentru evoluția viitoare a ingineriei structurilor de beton este menținerea posibilității de verificare independentă a unor aspecte esențiale ale soluției structurale.

Această preocupare constituie una dintre direcțiile de cercetare viitoare prezentate în teză. Dezvoltarea continuă a programelor de calcul structural a condus la utilizarea unor modele din ce în ce mai complexe, iar verificarea independentă a rezultatelor poate deveni dificilă în cazul clădirilor obișnuite. În acest context, este propusă dezvoltarea unor indicatori și proceduri simplificate pentru verificarea performanței seismice, fără intenția de a înlocui metodele avansate de analiză. Scopul este de a completa aceste metode prin proceduri simple, acoperitoare, care să permită verificarea unor caracteristici esențiale ale structurilor și ale detaliilor de execuție.

O direcție importantă pentru dezvoltarea viitoare este reprezentată de digitalizarea evaluării riscului seismic și utilizarea tehnologiilor bazate pe inteligență artificială. Integrarea informațiilor provenite din inspecții vizuale, documentații tehnice, fotografii, date geospațiale, informații privind hazardul seismic și evaluări anterioare poate permite dezvoltarea unei reprezentări digitale mai complete a fondului construit. În cazul unui cutremur major, informațiile satelitare și alte date obținute prin teledetecție ar putea contribui la identificarea zonelor în care inspecțiile trebuie prioritizate. Utilizarea inteligenței artificiale poate facilita integrarea și actualizarea acestor informații și identificarea unor clădiri cu caracteristici și vulnerabilități similare. În același timp, tehnologia trebuie privită ca un instrument pentru creșterea eficienței și a capacității de procesare, decizia inginerască finală rămânând bazată pe reglementările tehnice aplicabile și pe judecata profesională a specialistului calificat.

O preocupare complementară este legată de rolul inginerului proiectant de structuri și de formarea viitoarelor generații de ingineri constructori. În condițiile dezvoltării rapide a inteligenței artificiale și a programelor de calcul, rolul educației universitare nu poate fi redus la transmiterea de informații. Este necesară dezvoltarea capacității absolventului de a înțelege, verifica și utiliza critic informația, rezultatele

programelor de calcul și soluțiile generate cu ajutorul inteligenței artificiale. În domeniul ingineriei structurale, această capacitate este esențială deoarece decizia finală trebuie să rămână fundamentată pe principiile ingineresti, pe reglementările tehnice și pe responsabilitatea profesională a inginerului.

În ansamblu, activitatea prezentată în teza de abilitare urmărește o direcție unitară, de la cercetarea comportării structurilor din beton armat la acțiuni seismice la aplicarea rezultatelor în proiectarea și evaluarea structurilor și, ulterior, la transpunerea experienței acumulate în reglementările tehnice și educație. Această abordare a permis corelarea cercetării cu probleme concrete întâlnite în practica inginerască și cu necesitățile de dezvoltare ale cadrului normativ din România.

22/09/2026