

PLAN DE CERCETARE AL DEPARTAMENTULUI MECANICA CONSTRUCȚIILOR

1. Cadru general și misiunea cercetării

Prezentul plan definește cadrul, obiectivele și direcțiile prioritare ale activității de cercetare din cadrul Departamentului Mecanica Construcțiilor (MECON). Activitatea se înscrie în strategia de cercetare a Universității Tehnice din Cluj-Napoca și a Facultății de Construcții și răspunde provocărilor actuale privind siguranța, performanța, reziliența și sustenabilitatea mediului construit, precum și digitalizarea proceselor de analiză și proiectare inginerescă.

Misiunea cercetării departamentului constă în dezvoltarea și aplicarea unor modele teoretice, numerice și experimentale pentru descrierea comportării complexe a structurilor și terenurilor, de la regimul curent până la stări-limită și acțiuni extreme. Abordarea interdisciplinară integrează mecanica solidului și a fluidelor, geotehnica, metoda elementelor finite, analiza neliniară, experimentarea, monitorizarea structurală, inteligența artificială și dezvoltarea de aplicații software.

Legătura directă cu programul de master Inginerie Structurală permite integrarea masteranzilor în activități de modelare, simulare, experimentare și validare, iar temele de disertație abordează probleme actuale relevante pentru cercetare și practica inginerescă.

2. Obiectivele planului de cercetare

În concordanță cu misiunea departamentului, sunt stabilite următoarele obiective de cercetare:

- dezvoltarea cercetării fundamentale și aplicative în mecanica structurilor și a terenurilor, prin metode numerice avansate, analiză neliniară și validare experimentală;
- evaluarea siguranței, stabilității și robusteții structurilor supuse acțiunilor seismice, vântului, incendiului, impactului, exploziei și scenariilor de colaps progresiv;
- dezvoltarea monitorizării stării structurilor și identificarea degradărilor prin integrarea datelor experimentale, a modelelor numerice și a inteligenței artificiale;
- extinderea modelării multifizice și a metodelor bazate pe date în probleme structurale, geotehnice și de mediu construit;
- dezvoltarea procedurilor experimentale, a aplicațiilor software specializate și a transferului acestora către mediul profesional;
- consolidarea colaborărilor naționale și internaționale cu universități, institute, organizații profesionale și parteneri economici;
- implicarea progresivă a masteranzilor și doctoranzilor în colective, proiecte și activități de cercetare;
- corelarea direcțiilor de cercetare cu disciplinele programului, rezultatele așteptate ale învățării și evoluția practicii ingineresti.

3. Cadrul organizațional al cercetării

Activitățile de cercetare ale departamentului sunt organizate cu precădere în cadrul structurii de cercetare Computational Modeling and Advanced Simulation in Structural and Geotechnical Engineering (CMASSGE) – „Modelare și simulare computațională avansată în ingineria structurală și geotehnică”, structură acreditată la nivelul UTCN, coordonată de prof. univ. dr. ing. habil. Cosmin G. Chiorean în cadrul MECON. CMASSGE reunește cadre didactice și cercetători ai departamentului și asigură cadrul interdisciplinar pentru cercetare, consultanță, servicii ingineresti aplicate și formare avansată.

Activitatea CMASSGE este structurată în cinci grupuri de cercetare, care fundamentează direcțiile prioritare ale prezentului plan:

- Modelarea și analiza neliniară avansată a structurilor și solurilor (responsabil: conf. dr. ing. Marius Ștefan Buru);
- Stabilitatea și monitorizarea structurală (responsabil: prof. univ. dr. ing. habil. Mihai Nedelcu);
- Modelarea FEM multifizică avansată și inteligența artificială (responsabil: ș. I. dr. ing. Marius Botoș);
- Proceduri și tehnici experimentale aplicate studiului comportării structurilor la diferite tipuri de acțiuni și solicitări (responsabil: ș. I. dr. ing. Ovidiu Prodan);
- Modelarea avansată FEM a structurilor (responsabil: ș. I. dr. ing. Mircea Botez).

4. Direcții prioritare și teme de cercetare

4.1. Modelarea și analiza neliniară avansată a structurilor și solurilor

Direcția dezvoltă formulări, algoritmi și instrumente pentru răspunsul neliniar al structurilor și solurilor, incluzând efectele de ordinul al doilea, neliniaritatea materială și geometrică și mecanismele de cedare.

- analiza neliniară statică și dinamică a structurilor plane și spațiale din oțel, beton armat și a structurilor mixte oțel–beton;
- modelarea inelastică a elementelor, secțiunilor și îmbinărilor semirigide, inclusiv conlucrarea parțială și solicitarea multiaxială;
- evaluarea performanței seismice prin analize pushover și dinamice și dezvoltarea sistemelor de protecție seismică pasivă;
- modelarea stabilității masivelor de pământ, a răspunsului seismic local și a interacțiunii teren–structură;
- dezvoltarea și verificarea algoritmilor și aplicațiilor software pentru analiza structurală și geotehnică.

4.2. Stabilitatea și monitorizarea stării structurală

Direcția integrează studiul stabilității elementelor și sistemelor structurale cu monitorizarea, identificarea degradărilor și evaluarea construcțiilor existente.

- analiza de ordin superior și studiul flambajului local, distorsional și global al elementelor și structurilor cu pereți subțiri;
- aplicarea teoriei generalizate a grinzilor (GBT) la elemente cu secțiune variabilă sau perforată și evaluarea sensibilității la imperfecțiuni;

- monitorizarea structurilor și infrastructurilor prin senzori, încercări, modele numerice și analiza datelor;
- identificarea avariilor în poduri și clădiri prin Machine Learning, utilizând date experimentale și rezultate FEM;
- evaluarea construcțiilor existente și fundamentarea intervențiilor de consolidare și reabilitare.

4.3. Modelarea FEM multifizică avansată și inteligența artificială

Direcția abordează probleme multifizice și interdisciplinare care implică fenomene structurale, termice, de curgere și de transport al substanțelor, precum și utilizarea inteligenței artificiale pentru analiza și interpretarea datelor numerice și experimentale. Simularea problemelor multifizice și modelarea CFD a acumulării, transportului și reducerii radonului, în legătură cu performanța energetică și calitatea mediului interior;

- modelarea materialelor compozite și a sistemelor stratificate supuse acțiunilor extreme, inclusiv impactului balistic și exploziei;
- utilizarea inteligenței artificiale, a învățării automate și a metodelor statistice pentru predicție, identificarea parametrilor și detectarea anomaliilor;
- dezvoltarea modelelor hibride care combină simularea numerică, datele experimentale și algoritmi de inteligență artificială.

4.4. Proceduri și tehnici experimentale avansate aplicate studiului comportării structurilor la diferite tipuri de acțiuni și solicitări

Direcția investighează experimental comportarea materialelor, elementelor și sistemelor structurale și furnizează date pentru validarea modelelor analitice și numerice.

- încercări statice, ciclice și dinamice pentru elemente și subansambluri structurale;
- studiul pereților din beton armat, al elementelor prefabricate și al îmbinărilor dintre acestea;
- evaluarea rigidității, capacității de deformare și mecanismelor de cedare ale nodurilor și conexiunilor;
- testarea consolidărilor cu materiale compozite și optimizarea protocoalelor și raporturilor de scară;
- calibrarea, validarea și actualizarea modelelor numerice pe baza rezultatelor experimentale.

4.5. Modelarea avansată FEM a structurilor

Direcția aplică și dezvoltă modelarea FEM pentru evaluarea sistemelor structurale complexe în regim normal și în situații accidentale și pentru optimizarea soluțiilor de proiectare.

- modelarea structurilor din oțel și beton armat, a structurilor mixte oțel–beton și a sistemelor din materiale compozite;
- analiza la acțiuni seismice, vânt, incendiu, impact și explozie, inclusiv evaluarea robusteții și a colapsului progresiv;
- modelarea elementelor și conexiunilor prefabricate, a planșelor și pereților structurali;
- studii parametrice, analize de sensibilitate și optimizare bazată pe performanță, siguranță, consum de materiale și impact asupra mediului;
- integrarea modelării numerice în proiectare, verificare, expertizare și luarea deciziilor ingineresti.

5. Modalități de implementare

Implementarea planului de cercetare se realizează prin:

- participarea la competiții naționale și internaționale de cercetare, inovare și transfer tehnologic;
- dezvoltarea parteneriatelor cu universități, institute, organizații profesionale și mediul economic;
- corelarea activităților grupurilor CMASSGE și utilizarea complementară a competențelor de analiză, simulare, experimentare și prelucrare a datelor;
- dezvoltarea infrastructurii și utilizarea platformelor Abaqus, Ansys, GFAS, TrueGrid, MATLAB, OpenSees, Extreme Loadings for Structures, NEFCAD și ASEP, în funcție de specificul temei;
- integrarea cercetării în discipline, proiecte și lucrări de disertație și implicarea progresivă a masteranzilor și doctoranzilor;
- diseminarea rezultatelor prin publicații, conferințe, workshop-uri și manifestări profesionale;
- valorificarea rezultatelor prin metode, proceduri, aplicații software, consultanță, servicii ingineresti și transfer de cunoaștere.

6. Rezultate și efecte urmărite

Prin aplicarea prezentului plan sunt urmărite:

- creșterea calității, relevanței și vizibilității activității științifice a departamentului;
- consolidarea competențelor colectivelor și dezvoltarea unor modele, proceduri și instrumente validate, transferabile către practica inginerescă;
- dezvoltarea capacității de investigare experimentală și monitorizare a structurilor;
- extinderea colaborărilor interdisciplinare și atragerea de resurse prin proiecte competitive și contracte cu mediul economic;
- formarea masteranzilor și doctoranzilor pentru cercetare avansată, inovare și exercitarea responsabilă a profesiei;
- integrarea rezultatelor cercetării în discipline și actualizarea continuă a temelor de disertație;
- susținerea siguranței, rezilienței, durabilității și digitalizării mediului construit.

Concluzie. Planul valorifică profilul științific al CMASSGE și asigură legătura dintre cercetarea desfășurată în departament, activitățile didactice și formarea masteranzilor. Corelarea modelării computaționale cu investigațiile experimentale, monitorizarea structurală și analiza datelor contribuie la fundamentarea și dezvoltarea unor soluții ingineresti pentru evaluarea și îmbunătățirea siguranței și performanței construcțiilor.

Director Departament Mecanica Construcțiilor

Conf. dr. ing. Anca Gabriela POPA