

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI**

## **REZUMAT TEZĂ DE ABILITARE**

### **STUDIUL COMPORTĂRII PODURILOR ȘI AL PLATFORMELOR MARINE FIXE LA ACȚIUNI EXTERIOARE**

**Departamentul “REZISTENȚA MATERIALELOR, PODURI ȘI TUNELURI”**

**Facultatea de CĂI FERATE, DRUMURI ȘI PODURI**

**Conf.dr.ing. Ionuț-Radu RĂCĂNEL**

**Aprilie, 2024**

## REZUMAT

Teza de abilitare STUDIUL COMPORTĂRII PODURILOR ȘI A PLATFORMELOR MARINE FIXE LA ACȚIUNI EXTERIOARE prezintă principalele realizări științifice, profesionale și academice ale candidatului Ionuț-Radu Răcănel după susținerea publică a tezei de doctorat în 11 Mai 2001 cu titlul *“Contribuții la studiul stabilității locale și generale a podurilor metalice cu considerarea imperfecțiunilor de execuție”*, sub conducerea științifică a domnului Prof. univ. dr. ing. Nicolai ȚOPA, la Universitatea Tehnică de Construcții București, precum și direcțiile principale de dezvoltare a carierei.

Candidatul și-a început activitatea didactică la Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Căi Ferate, Drumuri și Poduri, Catedra Poduri și Tuneluri imediat după absolvirea facultății, în anul 1993, parcurgând pe rând toate funcțiile didactice începând cu preparator suplitor, preparator, asistent, șef de lucrări și din anul 2008 conferențiar. În prezent candidatul este conferențiar la Departmentul de Rezistența Materialelor, Poduri și Tuneluri, fiind titularul disciplinelor “Poduri metalice I, II și III”, “Modelarea structurilor”. Prima carte tipărită în edituri centrale a fost în anul 2007, la ora actuală candidatul fiind autor a 3 publicații de specialitate (cărți, cursuri, îndrumătoare) și editor a 9 cărți.

De-a lungul activității didactice, după anul 2001, candidatul a îndrumat 55 studenți pentru lucrările de diplomă/licență și 41 de studenți la lucrările de disertație pentru studii aprofundate și master precum și 10 doctoranzi în stagiul. A fost referent oficial pentru 8 teze de doctorat, este membru în comisiile de examen de diplomă/licență și de disertație din Facultatea de Căi Ferate, Drumuri și Poduri.

Activitatea de cercetare a început odată cu participarea, în cadrul echipei de cercetare a catedrei, la primele contracte de cercetare cu terți din anii 1991-1993 și a continuat până în prezent cu participarea ca membru în echipă la 35 de contracte de cercetare și prestări servicii din care 6 granturi și 4 normative. După susținerea tezei de doctorat, candidatul a fost responsabil de contract la 36 contracte de cercetare și prestări servicii dintre care 2 granturi.

Principalele domenii de cercetare în care autorul are contribuții sunt: studiul stabilității locale și generale la poduri metalice, studii privind comportarea și reducerea efectelor acțiunii seismice asupra podurilor, cercetări în domeniul interacțiunii cale ferată-pod și pod-teren de fundare, modelarea și analiza cu elemente finite a structurilor, cercetări privind determinarea cauzelor degradărilor apărute la poduri în procesul de execuție și în exploatare, studii privind comportarea în exploatare a platformelor marine fixe din platforma continentală a Mării Negre. Totodată, sporirea nivelului de siguranță în exploatare a podurilor prin reducerea riscului apariției degradărilor, atât în faza de execuție, cât și în exploatare reprezintă o altă orientare în cariera profesională a candidatului.

Toate aceste studii s-au realizat în contextul construirii unei infrastructuri de transport și exploatare a resurselor naturale durabile, care să aibă în vedere reducerea consumului de materiale și de combustibil, a emisiilor de gaze și a costurilor, refolosirea materialelor rezultate de demolări și dezafectări de construcții, recuperarea deșeurilor și reciclarea materialelor, cu accent deosebit pe conservarea resurselor naturale, reducerea spațiului de depozitare și pe protejarea mediului.

Fenomenele de instabilitate generală și locală ce pot apărea în cazul podurilor metalice realizate în prezent cu elemente componente din ce în ce mai zvelte pentru a acoperi deschideri din ce în ce

mai mari, constituie factori de risc pentru siguranța structurală. Aceste fenomene trebuie luate în considerare în faza de proiectare, pentru evaluarea valorilor încărcărilor la care se pot produce, aceste valori fiind, de regulă, mult sub cele considerate în cazul criteriilor de rezistență ale secțiunilor transversale. Fenomenele de instabilitate generală și locală se produc fără avertizare prealabilă și pot conduce, în situații extreme, la scoaterea din funcțiune sau la chiar la cedarea structurală. Chiar dacă există prevederi clare în normele de proiectare privind verificările ce trebuie efectuate, atât pentru flambaj, cât și pentru voalare, totuși în cazul structurilor complexe cum sunt marea majoritate a podurilor, aceste prevederi sunt greu sau chiar imposibil de aplicat ca atare. Din această cauză se apelează la analize complexe, geometric neliniare care permit trasarea curbei încărcare-deplasare care oferă informații atât despre valoarea încărcării critice, cât și despre modul în care structura își pierde stabilitatea (prin traversare, prin deformare continuă etc.).

O categorie aparte de fenomene de instabilitate structurală o reprezintă cele produse de acțiunea vântului, foarte sensibile la acest tip de fenomen fiind podurile cu cabluri, cu hobane sau suspendate. În faza de proiectare a unor astfel de structuri cu deschideri foarte mari sunt obligatorii analizele dinamice considerând acțiunea vântului, însă pentru a le efectua trebuie să se dispună de înregistrări ale acțiunii vântului în amplasament. Această condiționare poate fi suplinită prin realizarea testelor în tunele de vânt, astfel obținându-se date indispensabile cu privire la răspunsul structurii la acțiunea vântului.

Aceste două tipuri de fenomene sunt tratate în al doilea capitol al lucrării și cuprind studii ale autorului materializate într-o serie de lucrări apărute în reviste de specialitate sau la manifestări științifice.

Efectele acțiunii seismice asupra structurilor sunt greu de intuit, dar de foarte multe ori, se produc pagube materiale și pierderi de vieți omenești. Podurile sunt structuri vulnerabile la acțiunea seismică din cauza modului lor de alcătuire, cu dezvoltare preponderentă într-o singură direcție, lungimea lor fiind mult mai mare decât lățimea. Gradul de redundanță al podurilor la acțiunea seismică este mai redus decât în cazul clădirilor având în vedere conformarea structurală, comportarea podurilor fiind adesea asimilată cu cea a unui sistem cu un singur grad de libertate dinamică. Cedarea unui element de infrastructură, pilă sau culee, poate atrage după sine avarii ireversibile și chiar scoaterea temporară sau chiar permanentă din uz.

În ultima perioadă de timp s-au dezvoltat metode avansate de analiză la acțiunea seismică, cea bazată pe performanța în deplasări fiind utilizată în prezent pe scară largă. Determinarea punctului de performanță al unei structuri la acțiunea seismică sau determinarea curbelor de fragilitate reprezintă în prezent procedee standard de analiză în țările cu un nivel ridicat al hazardului seismic. În plus dezvoltarea tehnologică a permis crearea unor dispozitive de atenuare a efectelor acțiunii seismice fie prin controlul deplasărilor structurii, fie prin controlul nivelului de amortizare introdus în structură. Ambele abordări de protecție antiseismică au rezultate benefice asupra siguranței structurale și vieții oamenilor.

Aceste metode cu aplicabilitate la structurile de poduri sunt prezentate în teza de abilitare în capitolul 3.

Deși programele de analiză structurală existente în prezent permit simularea unei mari varietăți de acțiuni și situații de încărcare ce pot apărea în exploatare pe durata de viață a unui pod, cea mai bună metodă de verificare a unei structuri după execuție rămâne testarea ei în amplasament sau a unor elemente prototip în laborator. Deși absolut necesară, în special pentru poduri noi cu dimensiuni mari sau pentru poduri realizate în soluții particulare complexe, de cele mai multe ori

testarea în amplasament nu se realizează din cauza costurilor mari de logistică și personal, precum și din motive de durată. Din acest motiv, analizele numerice și testarea unor modele la scară redusă în laborator împreună cu aplicarea teoriei similitudinii pot oferi o alternativă viabilă pentru stabilirea comportării reale a unui prototip. Mai mult, abordarea din punct de vedere probabilistic a posibilității de cedare a structurii sau a unui element structural oferă o imagine completă a răspunsului structurii și poate conduce la evitarea riscului apariției unor degradări majore și la optimizarea costurilor.

În ultima parte a lucrării sunt prezentate câteva studii ale autorului în alte domenii de cercetare, conexe cu podurile. În cadrul unor programe naționale de cercetare și a unor contracte cu autorități contractante din domeniu au fost abordate teme ce au implicat analiza structurilor de rezistență ale platformelor marine fixe cu structură metalică din platforma continentală a Mării Negre sau determinarea stării de eforturi și deformații în elemente ale căii ferate sub acțiunea vehiculelor feroviare. Acestea sunt prezentate în ultimul capitol al lucrării.

Pe lângă aceste subiecte prezentate în cadrul acestei lucrări, autorul a fost implicat și în alte cercetări cum ar fi: analiza interacțiunii teren-structură în cazul podurilor, determinarea prin calcule avansate a cauzelor degradărilor apărute la poduri în exploatare sau în diverse faze de execuție (viaductul Aciliu de pe autostrada A1, podul cu hobane Ciurel) analiza fenomenelor vibratorii produse de acțiunea oamenilor și a vântului la structuri de poduri cu cabluri, analiza dinamică a vehiculelor asupra podurilor rutiere și feroviare și altele. Din motive de spațiu, aceste studii nu au fost prezentate în cadrul lucrării de abilitare, însă rezultatele au fost publicate în jurnale sau în volumele unor manifestări științifice la care candidatul a participat.

Toate cercetările prezentate sub formă de realizări științifice au avut la bază mai multe granturi și contracte de cercetare cu subiect în zona încercărilor de laborator care au fost finalizate prin publicații sub formă de articole ISI (24 articole) și BDI (17 articole).

Rezultatele obținute dovedesc o experiență bună a managementului de proiect și al echipei obținută în cadrul proiectelor de cercetare derulate.

În prezent candidatul este membru al Departmentului de Rezistența Materialelor, Poduri și Tuneluri și al Centrului de Cercetare “CAREM – Cercetare Avansată în Rezistența Materialelor”, al colectivului editorial și recenzor al revistei on-line Romanian Journal of Transport Infrastructure - RJTI.

Candidatul a obținut în anul 2019, premiul „Ion Ionescu” pentru activitate deosebită în domeniile învățământului și cercetării științifice, acordat de A.P.D.P. România și în anul 2019 titlul de “Profesorul anului” conferit de Universitatea Tehnică de Construcții București.

Candidatul este recenzor pentru unele reviste și conferințe, este membru al mai multor asociații profesionale și face parte din mai multe comisii și consilii. De asemenea are certificat de atestare profesională de verficator proiecte și de expert tehnic atestat M.L.P.A.T. în domeniile: Construcții poduri (A4 - Rezistență mecanică și stabilitate, B2 - Siguranță în exploatare) și toate domeniile D.

Direcțiile principale de dezvoltare ale carierei prezintă planurile de evoluție și dezvoltare a carierei împreună cu direcțiile de cercetare, predare, aplicații practice, pe plan profesional, academic și științific precum: continuarea activității de scriere și editare a cărților de specialitate, îmbunătățirea metodelor de predare, înființarea unui nou centru de cercetare “Poduri și Tuneluri – cercetări avansate”, extinderea domeniului de competențe precum și dobândirea de competențe noi, continuarea și extinderea cercetărilor în domeniul rezistenței, stabilității și siguranței podurilor,

realizarea unui nou cadru legislativ pentru testarea și monitorizarea pe termen lung a podurilor noi și a celor aflate în exploatare. Toate acestea sunt posibile prin aplicarea și participarea la proiecte de cercetare de tip grant câștigate prin competiție precum și la elaborarea de normative în domeniu, continuarea diseminării rezultatelor cercetării, colaborarea în continuarea cu universitățile de profil din țară precum și cu cele din străinătate și nu în ultimul rând prin atragerea de noi tineri în vederea susținerii activității didactice și de cercetare în domeniul podurilor.

Referințele bibliografice sunt incluse în partea finală a tezei de abilitare și cuprind publicațiile în domeniu la care se face referire în text și articolele pe baza cărora s-a întocmit această teză de abilitare.

## ABSTRACT

The Habilitation Thesis entitled "STUDY OF THE BEHAVIOR OF BRIDGES AND FIXED MARINE PLATFORMS UNDER EXTERNAL ACTIONS" presents the main scientific, professional, and academic achievements of the candidate Ionuț-Radu Răcănel following the public defense of the doctoral thesis on May 11, 2001, entitled "contributions to the study of local and general stability of steel bridges considering execution imperfections," under the scientific supervision of Professor Dr. Eng. Nicolai ȚOPA, at the Technical University of Civil Engineering Bucharest, as well as the main career development directions.

The candidate began his teaching activity at the Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Railways, Roads, and Bridges, Department of Bridges and Tunnels immediately after graduating in 1993, progressing through all teaching positions starting with stand-in assistant, assistant, lecturer and since 2008, associate professor. At present, the candidate is associate professor at the Department of Strength of Materials, Bridges and Tunnels, being in charge of the courses "Steel Bridges I, II, and III" and "Structural Modeling". The first book published by central publishing houses was in 2007, and to date, the candidate has authored 3 specialized publications (books, courses, guidelines) and has edited 9 books.

Throughout his teaching career, after 2001, the candidate has supervised over 55 students for their diploma/bachelor's theses and over 40 students for their master's theses and advanced studies, as well as 10 doctoral candidates during their internships. He has served as an official referee for 9 doctoral theses and is a member of the examination committees for diploma/bachelor's theses and master's theses at the Faculty of Railways, Roads, and Bridges.

The main research areas in which the author has made contributions are: the study of local and general stability of steel bridges, studies on the behavior and reduction of the effects of seismic action on bridges, research in the field of railway-bridge and bridge-foundation soil interaction, finite element modeling and analysis of structures, research on determining the causes of

degradation in bridges during construction and operation, studies on the operational behavior of fixed marine platforms in the Black Sea continental shelf. Additionally, enhancing the level of safety in the operation of bridges by reducing the risk of degradation, both in the construction phase and in operation, represents another career orientation for the candidate.

All these studies have been conducted in the context of building sustainable transportation and natural resource exploitation infrastructure, which considers reducing material and fuel consumption, gas emissions, and costs, reusing materials resulting from demolitions and construction dismantling, waste recovery, and material recycling, with particular emphasis on conserving natural resources, reducing storage space, and protecting the environment.

The phenomena of general and local instability that may occur in the case of steel bridges currently constructed with increasingly slender components to cover ever larger spans represent risk factors for structural safety. These phenomena must be taken into account in the design stage, for the evaluation of the load values at which they may occur, these values being generally much lower than those considered in the case of cross-sectional strength criteria. General and local instability phenomena occur without prior warning and can lead, in extreme situations, to functional failure or even structural collapse. Although there are clear provisions in the design standards regarding the checks that must be performed, both for buckling of beams and plates, however, in the case of complex structures such as the vast majority of bridges, these provisions are difficult or even impossible to apply as they are. For this reason, complex, geometrically nonlinear analyses are used, which allow the plotting of the load-displacement curve that provides information both about the critical load value and about how the structure loses stability (through snap-through or snap-back through continuous deformation, etc.).

One category of structural instability phenomena is represented by those produced by the action of wind on bridges cables-stays or suspension bridges being very sensitive to this type of phenomenon. In the design phase of such structures with very large spans, dynamic analyses considering the action of wind are mandatory, but in order to perform them, records of wind action at the site are required. This requirement can be supplemented by conducting tests in wind tunnels, thus obtaining indispensable data regarding the structure's response to wind action.

These two types of phenomena are addressed in the second chapter of the work and include studies by the author materialized in a series of papers published in specialized journals or presented at scientific events.

The effects of seismic action on structures are difficult to predict, but very often they result in material damage and loss of human lives. Bridges are vulnerable structures to seismic action due to their predominantly unidirectional development, with their length much greater than their width. The degree of redundancy of bridges under seismic action is lower than that of buildings considering their structural conformation, with bridge behavior often being assimilated to that of a single-degree-of-freedom dynamic system. The failure of an infrastructure element, such as a pier or abutment, can lead to irreversible damage and even temporary or permanent removal from service.

In recent times, advanced methods of analysis under seismic action have been developed, with performance-based analysis being widely used at present. Determining the performance point of a structure under seismic action or determining fragility curves are currently standard analysis procedures in countries with a high level of seismic hazard. Furthermore, technological development has enabled the creation of devices to mitigate the effects of seismic action either by

controlling the structure's displacements or by controlling the level of damping introduced into the structure. Both approaches to seismic protection have benefits on structural safety and human life.

These methods applicable to bridge structures are presented in the habilitation thesis in Chapter 3.

Although current structural analysis programs allow for the simulation of a wide variety of actions and loading situations that may occur during the lifespan of a bridge, the best method for verifying a structure after its construction remains testing it on-site or testing prototype elements in the laboratory. Eventough absolutely necessary, especially for new bridges with large dimensions or for bridges built using complex particular solutions, on-site testing is often not carried out due to the high logistical and personnel costs involved, as well as time constraints. For this reason, numerical analyses and testing of small-scale models in the laboratory together with the application of similitude theory can provide a real alternative for establishing the actual behavior of a prototype. Furthermore, a probabilistic approach to the possibility of structural failure or failure of a structural element provides a comprehensive picture of the structure's response and can lead to avoiding the risk of major degradation and optimizing costs.

All the research presented as scientific achievements have been based on several grants and research contracts focusing on laboratory experiments, which have been concluded with publications in the form of ISI articles (24 articles) and BDI articles (17 articles).

The obtained results prove the vast experience in project management of both the candidate and her team in all performed research projects.

Currently, the candidate is a member of the Department of Strength of Materials, Bridges, and Tunnels and of the Research Center "CAREM - Advanced Research in Strength of Materials", as well as a member of the editorial board and reviewer for the online journal Romanian Journal of Transport Infrastructure - RJTI.

The candidate was awarded the "Ion Ionescu" Prize in 2019 for outstanding activity in the fields of education and scientific research, awarded by A.P.D.P. Romania, and in 2019 received the title of "Professor of the Year" conferred by the Technical University of Civil Engineering of Bucharest.

The candidate serves as a reviewer for various journals and conferences, is a member of several professional associations, and participates in multiple committees and councils. Additionally, he holds a professional certification as a project verifier and technical expert accredited by MLPAT in the fields of Bridge Construction (A4 - Mechanical Strength and Stability, B2 - Operational Safety) and all fields within category D.

The main career development directions outline the plans for career progression and development, encompassing research, teaching, practical applications, professional, academic, and scientific aspects, such as: continuing the writing and editing of specialized books, improving teaching methods, creating a new research center "Bridges and Tunnels - Advanced Research", expanding the field of expertise and acquiring new competencies in the field of bridges construction, continuing and expanding research in the field of bridge strength, stability, and safety, contributing to the developing a new legislative framework for the testing and long-term monitoring of both new and existing bridges.

All these endeavors are achievable through participation in competitive research grant projects, development of standards and regulations, continued dissemination of research results, collaboration with domestic and international universities specialized in the field, and last but not

least, attracting new talented young graduated students to support teaching and research activities in bridge engineering.

The references are included at the end of the Habilitation Thesis and comprises publications referenced in the text as well as articles forming the basis for this thesis.