

REZUMAT

Teza de doctorat își propune să studieze comportamentul articulațiilor plastice din grinzile compuse. Acuratețea modelelor pentru articulațiile plastice din zonele disipative ale grinzilor compuse oțel-beton (mai precis o grindă din oțel care conlucrează cu placa din beton prin intermediul unor conectori) care fac parte din configurația cadrelor necontravântuite MRF (Moment Resisting Frames) sau contravântuite excentric, cu link scurt, EBF (Eccentrically Braced Frame) este un subiect controversat. Pentru a simplifica problema, în practica curentă nu se dispun conectori în zonele potențial plastice și se mizează pe un comportament simetric de încovoiere sau forfecare. Totuși, datorită prezenței armăturilor din placă și datorită forțelor de frecare care apar la interfața dintre cele două materiale, ipoteza în care se consideră dezvoltarea unei articulații plastice simetrice în secțiunea din oțel s-ar putea dovedi a fi falsă.

În vederea evaluării acestor probleme, în cadrul centrului de cercetare CEMSIG (<http://cemsig.ct.upt.ro>) din Universitatea „Politehnica” Timișoara s-au efectuat teste experimentale pe noduri grindă-stâlp și cadre contravântuite excentric. S-au încercat atât specimene din oțel, care au servit ca referință, cât și specimene compuse, cu sau fără conectori, în regim monoton și ciclic.

Pe baza rezultatelor experimentale și a calibrărilor numerice, modele multiliniare pentru articulațiile plastice sunt propuse și analizate. Teza prezintă rezultatele experimentale și numerice obținute, precum și concluziile principale ale cercetării.

Capitolul I: Introducere

Se încadrează subiectul tezei în tematica actuală, este descris scopul tezei și obiectivele tezei (justificate). Se prezintă cadrul în care s-a desfășurat teza – participarea doctorandului la contracte de cercetare și încadrarea în contextul programelor de cercetare naționale.

Capitolul II: Comportamentul grinzilor compuse în zonele plastice

Se tratează stadiul actual de cunoaștere a problematicii din teză. Se descriu (structurat, sub formă de review) rezultatele obținute cu privire la probleme similare, conexe, în lume (publicații, rapoarte de cercetare). Sunt amintite studiile lui James Ricles, Michael Engelhardt, Andre Plumier & Catherine Doneaux, ș.a.

Sunt comentate rezultatele obținute în studiile existente și se subliniază eventualele aspecte din norme, în special EC4 și EC8 care tratează subiectul zonelor disipative din grinzile compuse.

În cadrul concluziilor se exprimă aspectele ce nu sunt rezolvate sau lasă loc pentru alte abordări, respectiv sunt tratate necorespunzător.

Capitolul III: Program experimental

Se prezintă programul propriu-zis de încercări experimentale, pe două ramuri principale: cadre EBF cu link scurt și noduri grindă-stâlp cu dog-bone.

Proiectarea programului experimental are la bază proiectarea cadrului structurii de bază duală (împreună cu toate analizele efectuate), inclusiv simularea comportării specimenelor în condiții experimentale, cu modelarea în programe de calcul (SAP2000, Abaqus).

Este prezentat în detaliu standul experimental, instrumentarea și parametrii monitorizați, precum și protocoalele de încărcare utilizate. Testele cuprind atât specimene cu grinzi din oțel (profile europene) cât și specimene cu grinzi compuse (profil plus placa din beton de 12 cm). Au fost încercate un număr de 8 cadre EBF și 6 noduri grindă-stâlp în diverse configurații.

Încercările experimentale sunt descrise în ordinea efectuării lor. Se prezintă rezultatele primare așa cum au rezultat din înregistrarea încercărilor, inclusiv observațiile privind comportarea specimenelor în timpul testelor. Se evidențiază interpretarea rezultatelor experimentale pe curbe forță tăietoare-rotire și moment-rotire și curbe înfășurătoare. Se arată gradul de participare a componentelor și energia disipată/ciclu și energiile cumulate. Concluzii.

Capitolul IV: Program de simulări numerice

Sunt evidențiate modelele existente pentru articulațiile plastice, modul lor de definire și implementarea lor în programele de calcul mai uzuale. Se prezintă calibrarea unui model experimental pentru bara disipativă scurtă și pentru zona adiacentă îmbinării grindă-stâlp în următoarele tipologii:

- element din oțel
- element compus

Scopul capitolului este de a se arăta influența conexiunii oțel-beton asupra performanțelor cadrelor analizate.

Este prezentată proiectarea cadrelor – 8 tipuri de cadre (fiecare cu câte 3 deschideri): cadru dual P+4, cadru dual P+12, cadru necontravântuit P+5, cu 3 deschideri de 8m, cadru necontravântuit P+5, cu 3 deschideri de 6m, cadru contravântuit excentric P+6, cadru contravântuit excentric P+8, cadru dual P+8.

Cadrela folosită în analizele numerice au fost simulate în 2 variante de grinzi: oțel și compuse. Se consideră pentru analizele incremental dinamice, cutremurele Vrancea din '77, '86 și '90. (7 accelerograme). Se enumeră apoi rezultatele analizelor de tip push-over și TH.

În concluzie se prezintă importanța modelării elementelor mixte în zonele plastice în funcție de interacțiune și modelele propuse. Se arată dacă se confirmă sau nu ipotezele inițiale și metodologia care se propune în acest scop.

Capitolul V: Metodologie și prescripții de proiectare

Se prezintă o metodologie de proiectare propusă de autor, împreună cu câteva prescripții care asigură un comportament corespunzător al structurilor cu grinzi compuse sub acțiunea cutremurelor. Metodologia este mai apoi demonstrată pe un studiu de caz.

Capitolul VI: Concluziile și contribuțiile tezei

Capitolul sintetizează concluziile tezei și prezintă principalele contribuții ale tezei cu privire la tematica subiectului.

SUMMARY

The accuracy of concentrated plasticity model to be applied in dissipative zones in composite steel concrete beams (e.g. steel beam cooperating with reinforced concrete slab) in case of Moment Resisting joints, in MR Frames (MRF), and in case of links, from Eccentric Braced Frames (EBF) still is matter of discussion. To simplify the problem, a quite current practice, is to not install connectors in the expected plastic zones, and to consider having symmetric moment or shearing plastic hinges, which occurs in the steel beam or link only. However, since the reinforced bars still remain active, even the connectors have been suppressed, and also due to some friction contact between concrete slab and beam or link flange the assumption of the "nominal "symmetric" plastic hinge could be far enough from reality.

Intensive experimental research on composite beam-to-column MR joints and portal EBF, accompanied by advanced numerical simulations were carried out in the CEMSIG Research Centre (<http://cemsig.ct.upt.ro>) of PU Timisoara in order to check the validity of this assumption. Reference single steel specimens and then composite ones, with and without headed connectors, have been tested under monotonic and cyclic loading.

Based on test results and accompanied by numerical simulation, potential multi-linear models for time-history analyses are suggested and discussed. The thesis summarizes the experimental and numerical investigation and presents the main conclusions of the research.

Chapter I: Introduction

The thesis is considering the subject in the framework of current research, worldwide. The scope and main points of the thesis are explained and justified. The thesis was part of a larger research grant, through which its author was involved in a number of research programs.

Chapter II: Behaviour of composite sections in plastic zones

Second chapter presents worldwide similar studies, their conclusions and main ideas. The chapter contains a review of the most important existing data regarding the research of composite beams under cyclic loads. The research of James Ricles, Michael Engelhardt, Andre Plumier & Catherine Doneaux are mentioned here.

The obtained results of the previous studies are commented upon, while the problems which still have issues are pointed out. The current European norms and provisions related to the subject are discussed.

Chapter III: Experimental program

The experimental program designed and conducted by the author is presented, on its two main directions: EBF frames and beam-to-column joints with RBS.

The design of the experimental program started with a full size dual frame, on which nonlinear analyses were also performed. The test specimens' behaviour was simulated in advanced numerical programs (such as SAP2000, Abaqus).

The experimental setup is presented in detail, together with all of the monitored parameters and loading protocols. The tests comprise of single steel specimens (European hot rolled profiles) and composite beam specimens (steel

profile plus a 12 cm concrete slab). A number of 8 EBFs and 6 beam-to-column joints were tested in various configurations.

The specimens are described in the order they were tested. The primary results are shown, including the observations regarding specimens' behaviour during the tests. The main differences are pointed out through shear force vs. rotation curves in the case of EBFs and moment-rotation curves in case of the tested joints. The dissipated energies are also compared together with close consideration of the degree of interaction between components. Conclusions are stated.

Chapter IV: Numerical study

Existing models are discussed, considering both their theoretical approach and implementation in design software. The calibration of an experimental model is presented for the short link and also for the reduced section of the beam, adjacent to the column. The subject is considered by two approaches:

- Steel element
- Composite element

Conclusions of the modelling are presented.

The main target of this chapter is to underline the influence of steel-concrete interaction towards the performance of analyzed frames.

The design of the frames is presented (each is a facade frame from a full-size building) and their configurations: dual 4 story frame, dual 8 story frame, dual 12 story frame, 5 story moment resisting frame (one with 3 spans of 8m and one with 3 spans of 6m), eccentrically braced frame with 6 and 8 stories.

These structures were used in numerical analyses and were modelled using two approaches: with steel beams and with composite beams. A number of 7 earthquake recordings were used for the IDA (incremental dynamic analyses). In the later part of this chapter, the results of push-over and time-history analyses are presented and discussed.

The conclusions reveal the importance of the correct modelling of the composite elements in the plastic zones of frames and the proposed models. The initial hypotheses are shown to be true or false, and a design methodology is proposed.

Chapter V: Design approach and proposed provisions

The chapter presents a design methodology proposed by the author, together with some prescriptions that are meant to ensure a correct behaviour of structures with composite beams subjected to earthquakes. The methodology is then exemplified on a case study.

Chapter VI: Conclusions and contributions of the thesis

The chapter shows the main conclusions of the study and presents the main contributions of the thesis towards the subject.