

PERFORMANȚA SEISMICĂ A PEREȚILOR COMPOZIȚI OȚEL-BETON CU GOLURI CENTRALE

Teza de doctorat - rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat INGINERIE CIVILĂ ȘI INSTALAȚII

autor **ing. Viorel Constantin TODER**

conducător științific **Prof.univ.dr.ing. Valeriu Augustin STOIAN**

luna 07 anul 2021

1. Rezumat

Teza de doctorat prezintă o serie de rezultate experimentale și aspecte teoretice ce descriu performanțele seismice a pereților structurali compoziți oțel-beton cu profile metalice parțial înglobate la extremități și cu goluri centrale, solicitați ciclic alternant sub efectul forțelor orizontale și verticale, simulând acțiunea unui cutremur. Acest sistem structural este des întâlnit în cazul structurilor clădirilor multietajate fiind utilizat pentru contravântuirea acestora, pentru limitarea deformațiilor laterale ale clădirii și pentru disiparea energiei seismice în cazul unui cutremur de intensitate ridicată. După cunoștințele autorului, astfel de studii concentrate asupra comportării seismice ale pereților compoziți oțel-beton cu goluri centrale și rigle de cuplare din beton armat, sunt regăsite într-o formă restrânsă în literatura de specialitate și necesită a fi extinse pentru a pune în evidență avantajele și deficiențele ale acestui sistem structural.

Pereții compoziți oțel-beton sunt de regulă alcătuiți dintr-un panou din beton armat, care înglobează la extremități profile metalice de diferite secțiuni, conlucrarea dintre cele două materiale fiind asigurată prin aderență sau mecanic de o serie de conectori metalici, fiind concepuți în principal pentru a combate o serie de deficiențe tehnologice ale pereților structurali din beton armat convențional. Motivația programului de cercetare științifică este identificarea unor soluții structurale inovatoare pentru pereții compoziți oțel-beton, pentru a obține performanțe seismice superioare, față de cele a pereților structurali din beton armat tradițional.

Luând în considerare anumite aspecte tehnologice, rezultate în procesul de execuție a pereților structurali din beton armat, la nivelul programului experimental au fost incluse în studiu diferite moduri de asigurare a conexiunii dintre profilele metalice și betonul armat, respectiv betonul armat dispers cu fibre metalice ca material compozit. Studiul teoretic și experimental al cercetării a fost concentrat pe mai multe capitole după cum urmează:

2. Capitolele tezei de doctorat - descriere

Capitolul I: Introducere

În cadrul acestui capitol, sunt descrise pe scurt, motivația, scopul și aplicațiile practice ale temei de cercetare. Tema de cercetare este dedicată în principal specialiștilor din domeniul construcțiilor, proiectanți, executanți sau cercetători fiind aplicabilă în special în cadrul clădirilor înalte, însă totodată poate avea o aplicabilitate practică și în cazul construcțiilor de tip curent, cu regim mic de înălțime. Motivația tezei constă în fost identificarea unor soluții structurale inovatoare pentru pereții compoziți oțel-beton, pentru a obține performanțe seismice

superioare, față de cele a pereților structurali din beton armat tradițional, având ca obiectiv principal studiul comportării seismice ale pereților compoziți oțel-beton cu profile metalice parțial înglobate la extremități și goluri centrale.

Capitolul II: Stadiul actual al cercetărilor

În capitolul doi, sunt evidențiate practic aspecte ce descriu comportarea seismică a pereților cuplați din beton armat tradițional, performanța seismică a riglelor de cuplare din beton armat influențată de o serie de factori ce țin de aspectul geometric al acestora sau modul de armare, precum și aspecte legate de modul de comportare seismic al pereților compoziți oțel-beton cu secțiunea plină sau cu goluri centrale, care au fost rezumate pe scurt în baza cercetărilor experimentale și teoretice raportate în literatura de specialitate [1-17]. De asemenea, la sfârșitul capitolului sunt prezentate o serie de clădiri impresionante care utilizează acest sistem structural format din pereți compoziți oțel-beton pentru preluarea forțelor orizontale rezultate din acțiunea vântului sau a cutremurelor.

Capitolul III: Dimensionarea și proiectarea pereților compoziți

În capitolul trei, sunt precizate sumar, aspecte legate de dimensionarea și proiectarea pereților compoziți oțel-beton conform normativelor în vigoare. În cadrul acestui capitol sunt precizate detalii legate de modul de alcătuire secțional al pereților, de asigurare a conlucrării dintre cele două materiale componente oțel-beton, precum și o serie de detalii de conformare seismică care asigură cedarea ductilă a acestora. Suplimentar, la sfârșitul capitolului, sunt precizate și câteva aspecte legate de proiectarea seismică a grinzilor de cuplare [18-21].

Capitolul IV: Încercări experimentale

În cadrul capitolului patru, sunt prezentate caracteristicile programului experimental de cercetare științifică. Cinci pereți structurali realizați la scară redusă 1:3 au fost încercați ciclic până la cedare în scopul identificării răspunsului seismic al acestora, rezultatele preliminare înregistrate în urma măsurărilor efectuate fiind prezentate în mod comparativ la sfârșitul capitolului. De asemenea, în această secțiune a tezei sunt prezentate detalii ale modului de alcătuire al pereților structurali concepuți, caracteristicile mecanice ale materialelor componente din care au fost executați, precum și detalii ale standului experimental sau a strategiei de încercare ale acestora [22-26].

Capitolul V: Interpretarea rezultatelor experimentale

În capitolul cinci al tezei, performanța seismică în termeni de capacitate, rigiditate, ductilitate a fost analizată între elementele experimentale, pentru a pune în evidență o serie de avantaje și deficiențe ale acestor sisteme structurale. Au fost prezentate detalii ale modurilor de cedare precum și starea de fisurarea înregistrată pe toată durata încercărilor. S-a constatat faptul că, pereții compoziți cuplați prin rigle de cuplare din beton armat armate ortogonal prezintă o capacitate redusă de deformare și de disipare a energiei seismice în mod comparativ cu a pereților compoziți cu secțiunea plină.

Capitolul VI: Modelări și analize numerice

O serie de modelări și analize numerice au fost efectuate pentru a surprinde din punct de vedere numeric comportarea seismică a elementelor experimentale, rezultatele fiind prezentate de-a lungul capitolului șase. În mod asemănător, în cadrul capitolului au fost descrise legile de material, modul de alcătuire precum și o serie de simplificări utilizate la definirea

contactelor, interfețelor și a condițiilor de margine. În cele din urmă, rezultatele obținute numeric reflectă cu suficientă exactitate răspunsul seismic al elementelor înregistrat experimental.

Capitolul VII: Concluzii și contribuții personale

La nivelul capitolului șapte sunt enumerate principalele concluzii ale programului de cercetare științifică precum și contribuțiile principale ale autorului înregistrate pe parcursul studiilor de doctorat. Rezultatele înregistrate au fost concentrate și diseminate prin intermediul unui număr de peste cincisprezece lucrări științifice și prin participarea la numeroase manifestări științifice.

Bibliografia

Bibliografia cuprinde o serie de teze de doctorat, articole științifice regăsite în jurnale sau conferințe naționale sau internaționale, rapoarte de cercetare precum și informații tehnice regăsite în standarde, normative europene sau denumiri de software utilizate în cadrul cercetării științifice.

Anexa A

Cuprinde o serie de figuri și tabele prin care sunt prezentate schematizat instrumentele și dispozitivele utilizate la înregistrarea deformațiilor și deplasărilor pereților structurali în timpul încercărilor experimentale.

3. Bibliografie

- [1] A. R. Santhakumar, The ductility of coupled shear walls, Ph.D. Thesis, 1974
- [2] A. E. Aktan and V. V. Bertero, "Evaluation of Seismic Response of RC Buildings Loaded to Failure," *Journal of Structural Engineering*, vol. 113, no. 5, pp. 1092–1108, May 1987, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1987)113:5(1092)
- [3] K. Sugaya, M. Teshigawara, M. Kato, and Y. Matsushima, "EXPERIMENTAL STUDY ON CARRYING SHEAR FORCE RATIO OF 12 - STOREY COUPLED SHEAR WALL," 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2000
- [4] J. D. Aristizabal-Ochoa, "Seismic Behavior of Slender Coupled Wall Systems," *Journal of Structural Engineering*, vol. 113, no. 10, pp. 2221–2234, Oct. 1987, doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(1987)113:10(2221)
- [5] N. K. Subedi, "RC Coupled Shear Wall Structures. II: Ultimate Strength Calculations," *Journal of Structural Engineering*, vol. 117, no. 3, pp. 681–698, Mar. 1991, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1991)117:3(681)
- [6] Lequesne D. Rémy, "Behavior and design of High-performance fiber-reinforced concrete coupling beams and coupled wall systems.," Ph.D. Thesis, The University of Michigan, 2011
- [7] D. E. Lehman et al., "Seismic Behavior of a Modern Concrete Coupled Wall," *J. Struct. Eng.*, vol. 139, no. 8, Art. no. 8, Aug. 2013, doi: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000853
- [8] T. Paulay, "The Coupling of Shear Walls," Ph.D. Thesis, University of Canterbury, New Zealand, 1969
- [9] B.C. Barney, Shiu K. N., Rabbat B. G., and A. E. Fiorato, "Earthquake resistant structural walls - Tests of coupling beams." Portland cement association, Report no. NSF/RA-760844, Oct. 29, 1976
- [10] D. Dan, A. Fabian, and V. Stoian, "Nonlinear behavior of composite shear walls with

- vertical steel encased profiles,” *Engineering Structures*, vol. 33, no. 10, pp. 2794–2804, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.engstruct.2011.06.004
- [11] D. Dan, A. Fabian, and V. Stoian, “Theoretical and experimental study on composite steel–concrete shear walls with vertical steel encased profiles,” *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 67, no. 5, pp. 800–813, May 2011, doi: 10.1016/j.jcsr.2010.12.013
- [12] Y. Zhou, X. Lu, and Y. Dong, “Seismic behaviour of composite shear walls with multi-embedded steel sections. Part I: experiment,” *Struct. Design Tall Spec. Build.*, vol. 19, no. 6, pp. 618–636, Oct. 2010, doi: 10.1002/tal.597
- [13] K.-Z. Ma, Y.-D. Ma, and X.-W. Liang, “Seismic Behavior of Steel Reinforced High-Strength Concrete Composite Walls,” *Journal of Earthquake Engineering*, vol. 24, no. 8, pp. 1290–1310, Aug. 2020, doi: 10.1080/13632469.2018.1458665
- [14] M. H. Kisa, S. B. Yuksel, and N. Caglar, “Experimental study on hysteric behavior of composite shear walls with steel sheets,” *Journal of Building Engineering*, vol. 33, p. 101570, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2020.101570
- [15] J. Zhang, X. Li, W. Cao, and C. Yu, “Seismic behavior of composite shear walls incorporating high-strength materials and CFST boundary elements,” *Engineering Structures*, vol. 220, p. 110994, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.engstruct.2020.110994
- [16] M. H. Kisa, S. B. Yuksel, and N. Caglar, “Experimental study on hysteric behavior of composite shear walls with steel sheets,” *Journal of Building Engineering*, vol. 33, p. 101570, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2020.101570
- [17] G. Li, M. Pang, Y. Li, L. Li, F. Sun, and J. Sun, “Experimental comparative study of coupled shear wall systems with steel and reinforced concrete link beams,” *Struct Design Tall Spec Build*, vol. 28, no. 18, Art. no. 18, Dec. 2019, doi: 10.1002/tal.1678
- [18] U.T.C.B., M.L.P.A.T., “NP033/1999 - Cod de proiectare pentru structuri din beton armat cu armatura rigida.” 1999
- [19] Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures: Part 1-1: General rules and rules for buildings, Chapter 6, 2004
- [20] P100/2013-1, Romanian Seismic Code for the Assessment of New Buildings, Chapter 7, 2013
- [21] Eurocode 8, Design of structures for earthquake resistance, Chapter 7, 2005
- [22] F. Alexandru Adrian, “Study on the performances of composite steel concrete structural shear walls under lateral loads,” Ph.D. Thesis, University Politehnica of Timisoara, 2012
- [23] EN 14651: Test method for metallic fibered concrete - Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual).” EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPÄISCHE NORM, Jun. 2005
- [24] EN 1998-1-1: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.” Dec. 2004
- [25] EN 1994-1-1, Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.” Dec. 2004
- [26] I. Demeter, T. Nagy-György, V. Stoian, and D. Dan, “Quasi-Static Loading Strategy for Earthquake Simulation on Precast RC Shear Walls,” 12th WSEAS International Conference on SYSTEMS, Heraklion, Greece, July 22-24, 2008