

Rozbor řešení grantového projektu a celkové shrnutí

Jméno řešitele: doc. Ing. Jana Marková, Ph.D.

Registrační číslo projektu: 103/06/1521

Název projektu: Spolehlivost a hodnocení rizik konstrukcí v extrémních podmínkách

Projekt se zabývá hodnocením spolehlivosti stavebních konstrukcí v podmínkách extrémních zatížení a nepříznivých vlivů prostředí. Při řešení se použily pravděpodobnostní metody teorie spolehlivosti a metody hodnocení rizik, které umožňují výstižný popis mimořádných zatížení a odolnosti konstrukce.

Cílem projektu je zpracování metodických postupů pro navrhování a ověřování spolehlivosti konstrukcí v mimořádných návrhových situacích způsobených zejména nárazy různých typů dopravních prostředků, výbuchy plynu a účinky extrémních zatížení, jako jsou vítr, sníh, přírodní a technická seismická. Dílčím cílem projektu je příprava podkladových materiálů pro možnost uplatnění výsledků navrhovaného projektu v praxi. Řešení projektu probíhalo v několika dílčích etapách let 2006 až 2008.

V roce 2006 se provedla rešerše národních a mezinárodních dokumentů, podkladů a doporučení vědeckovýzkumných organizací JCSS, CIB, IABSE, JRC, fib i podkladů mezinárodních technických normalizačních komisí CEN/TC 250 a ISO/TC 98. Prováděl se sběr dat o vybraných extrémních zatíženích v ČR i ve světě a o četnosti výskytu nepříznivých situací. Záměrem bylo získat informace o mimořádných zatíženích dopravou, která zahrnovala nárazy těžkých silničních vozidel, jejich četnost a intenzitu na různých kategoriích pozemních komunikací. Řešitelský tým spolupracoval s organizací World Road Association PIARC pro bezpečnost silničního provozu i s národní databankou nehod provozovanou Ředitelstvím silnic a dálnic ČR. Analyzovaly se a hodnotily modely mimořádných zatížení podle doporučení různých národních a mezinárodních dokumentů. Spolupráce probíhala také s Českým hydrometeorologickým ústavem na analýzách a hodnocení dat o zatížení sněhem na zemi, o zatíženích teplotou a větrem. V zimě 2005/2006 docházelo k četným poruchám střešních konstrukcí nebo celých staveb vlivem mimořádné kumulace sněhu v některých oblastech ČR. Informace o měřeních zatížení sněhem na zemi na různých místech ČR se statisticky vyhodnocovaly. Stanovily se charakteristické a návrhové hodnoty zatížení sněhem a také pravděpodobnostní modely zatížení sněhem, které se použily pro analýzy a hodnocení spolehlivosti konstrukcí v mimořádných situacích v navazujících letech výzkumu.

V roce 2007 se řešení projektu zaměřilo na sestavení pravděpodobnostních modelů mimořádných zatížení způsobených extrémními klimatickými vlivy, nárazy vozidel, výbuchy plynu a seismickými zatíženími (technická a přírodní seismická). Využily se přitom výsledky rešerše získané v prvním roce řešení. Sestavené modely mimořádných zatížení se použily pro pravděpodobnostní analýzy spolehlivosti nosných prvků i celých konstrukcí, které byly předtím navrženy podle národních nebo evropských norem. Určily se ukazatele spolehlivosti (pravděpodobnost poruchy P_F , index spolehlivosti β) na základě spolehlivostních metod (FORM, SORM, simulační metody). Pro pravděpodobnostní analýzy nosných prvků se připravily softwarové pomůcky v programu Mathcad. Dílčím cílem projektu bylo určení směrých hodnot ukazatelů spolehlivosti, které nejsou dosud pro mimořádné návrhové situace

v národních ani mezinárodních předpisech doporučeny. Při určování směrných hodnot ukazatelů spolehlivosti se vycházelo z možných následků poruchy podle příslušného typu mimořádného zatížení, druhu konstrukce a jejího využití. Doporučení pro postupy stanovení směrných hodnot spolehlivosti byly prezentovány na mezinárodních konferencích.

V roce 2008 se řešení projektu zaměřilo na analýzy a hodnocení spolehlivosti konstrukcí s ohledem na extrémní klimatická zatížení a na výbuchy plynu a prachu v uzavřených prostorech. Dílčím cílem řešení bylo uplatnit vybrané výsledky výzkumu při navrhování a ověřování spolehlivosti konstrukcí v mimořádných návrhových situacích. Připravily se metodické postupy hodnocení spolehlivosti konstrukcí v mimořádných návrhových situacích. Zpracovaly se podkladové materiály, které se použily pro přípravu národní přílohy k Eurokódu EN 1991-1-7 pro mimořádná zatížení a také pro návrh úrovní zadržení svodidel do technických podmínek TP 114 MD ČR.

Výsledky projektu se průběžně publikovaly v odborných a vědeckých časopisech a uveřejnily na mnoha národních a mezinárodních konferencích. Dílčí výsledky řešení projektu se využily pro přípravu výukových materiálů, sborníků přednášek a příkladů. Pro odbornou stavební veřejnost se připravily tři příručky, ve kterých se uplatnily vybrané výsledky řešení projektu. Příručka o zásadách navrhování uvádí postupy navrhování konstrukcí v různých návrhových situacích včetně mimořádných a seizmických situací. Příručka o zatíženích se zabývá různými typy zatížení včetně zatížení mimořádných (nárazy, výbuchy, požáry, mimořádná zatížení z předem nespécifikované příčiny). Příručka zabývající se výbuchy je zaměřena na ochranu konstrukcí před výbuchy, rozšiřuje možnost uplatnění doporučených vztahů pro výpočet tlaků plynu na uzavřené prostory. V příručkách jsou vysvětleny zásady navrhování konstrukcí na mimořádná zatížení včetně možností stanovit návrhové hodnoty mimořádných zatížení podle požadované úrovně spolehlivosti konstrukce, s přihlédnutím k následkům poruchy včetně ekonomických a sociálních aspektů.

Vybrané výsledky projektu se uplatnily při přípravě zprávy podporované prostředky Ministerstva průmyslu a obchodu ČR č. 06/06600/36 Využití Eurokódů při navrhování lehkých střešních konstrukcí zatížených sněhem. Použily se také při přípravě Změny národní přílohy k Eurokódům ČSN P ENV 1991-2-3 a ČSN EN 1991-1-3 Zatížení sněhem a ke zrušení ustanovení o zatížení sněhem uvedených v původní ČSN 73 0035 Zatížení konstrukcí.

Dílčí výsledky řešení projektu se využijí v navazující spolupráci s mezinárodními vědeckovýzkumnými organizacemi JCSS, JRC, IABSE, CIB a také při spolupráci v rámci řešení mezinárodního projektu Akce COST TU0601 zaměřeného na výzkum robustnosti konstrukcí, do kterého se Kloknerův ústav v minulém roce aktivně zapojil.

Webové stránky s informacemi o řešení projektu jsou uvedeny na stránkách Kloknerova ústavu ČVUT v Praze na adrese <http://web.cvut.cz/ki>.

Přehled publikací vzniklých v rámci řešení projektu v letech 2005 až 2008 je uveden na konci této zprávy.

Využití technického vybavení pořízeného z grantu

Pro řešení projektu byl zakoupen software SARA sloužící pro pravděpodobnostní rozbor spolehlivosti vybraných konstrukcí v mimořádných návrhových situacích. Dále se zakoupil software SCIA pro analýzy spolehlivosti konstrukcí. Oba softwary se používaly při vlastním řešení výzkumného projektu. Tyto softwary se budou používat v navazujícím výzkumu.

Stručný přehled cest uskutečněných v posledním roce řešení 2008

3.-6.6.2008, J. Marková, Wroclaw, Polsko, mezinárodní konference Konbin 2008, přednesení příspěvku [51]

19.8. - 24.8.2008, M. Holický, mezinárodní konference IWRERM 2008, Shanghai, Vyzvaná přednáška „Optimization of tunnel safety using LQI concepts“

22.-25.9.2008, J. Marková, Valencie, Španělsko, konference ESREL 2008, přednesení příspěvku [52]

16.-19.11.2008, M. Holický, účast na workshopu ESREDA, projednání rukopisu příspěvku „Optimization of road tunnel safety“ do připravované knihy, Marseille, Francie

19.-21.11.2008, B. Novotný, 13. seminář I. Poliačka, přednesení příspěvku [53]

17.12.2008, J. Marková, databanka ŘSD Ostrava a FSv Ostrava, projednání návrhu modelů zatížení nárazem silničních vozidel jako podklad do návrhu TP 114 pro úrovně zadržení svodidel

Přehled výsledků řešení projektu v jednotlivých letech 2006 až 2008

Rok 2006

[1] Holický M., Risk Analysis and Optimization of Road Tunnels, 5th International Conference on Simulation in Risk Analysis and Hazard Mitigation, Malta, 2006, ISSN 1743-3541

[2] Holický M., Kritéria rizik silničních tunelů, Silniční obzor, str. 323-326, 2006, ISSN 0322-7154

[3] Holický M., Risk Assessment and Optimization of Road Tunnels, 3rd International Colloquium Integrating Structural Analysis, Risk & Reliability, ASRANET, Glasgow, 2006

[4] Holický M., Jung K., Hodnocení a optimalizace rizik silničních tunelů, Stavební obzor, r. 15, č. 4, str. 103-108, ISSN 1210-4027

[5] Holický M., Marková J., Safety of Concrete Structures According to Eurocodes, Proceedings of the 2nd FIB Congress, Neapol, pp. 1-8, el. sborník, ISBN 88-89972-06-8

[6] Holický M., Šajtar L., Probabilistic Risk Assessment and Optimization of Road Tunnels, ESREL 06, pp. 2065-2071, Estoril, Portugalsko, ISBN 0-415-41620-5

[7] Holický M., Šajtar L., Risk Optimisation of Road Tunnels Using Bayesian Network, 4th International Conference on Safety and Reliability Konbin 06, str. 297-304, Krakov, ISSN 1895-8281,

[8] Jung K., Application of Bayesian Network for Risk Analysis of Structures Endangered by Impact of High-Speed Train, 4th Slovak/Czech Symposium - Theoretical and Experimental Research in Structural Engineering, Bratislava, ISBN 80-969521-0-2

[9] Jung K., Risk and Reliability Assessment of Structures Exposed to the Impact, CTU Reports - Proceedings of Workshop, pp. 620-621 ISBN 200680-01-03439-9

- [10] Jung K., Risk Assessment and Optimization of the Structures and Impact Forces by Bayesian Networks, 5th International Conference on Advanced Engineering Design, 2006, 80-86059-44-8
- [11] Makovička D. a kol., KIA Žilina - železobetonové konstrukce v oblasti s vysokou seismicitou, 13. Betonářské dny 2006, Hradec Králové, str. 88-94, ISBN 80-903807-2-788-94
- [12] Makovička D., Makovička D. jr., Mezní únosnost zděných desek při zatížení účinky výbuchu, Inženýrská mechanika 2006, Svratka, 222-223, ISBN 80-86246-27-2
- [13] Makovička D., Makovička D. jr., Odezva konstrukce budovy a ohrožení jejích obyvatel výbuchem plynu, Stavební obzor, 2006, ISSN 1210-4027
- [14] Makovička D., Makovička D. jr., Response Analysis of Building Loaded by Groundborne Transient Vibration, Proceedings of 3rd European Conference on Computational Mechanics, 1-11, Lisabon, ISBN 1-4020-4994-3
- [15] Makovička D., Makovička D. jr., Response Analysis of RC Cooling Tower Under Seismic and Windstorm Effects, Advanced Engineering Design AED 2006, pp. 1-8, ISBN, 80-86059-44-8
- [16] Makovička D., Makovička D. jr., Statické problémy odezvy betonových podlah na podkladní konstrukci, Konference PODLAHY 2006, Praha, ISBN 80-213-1537-7
- [17] Marková J., Calibration of Safety Elements in Accidental Design Situation, pp. 1515-1518, ESREL 2006, Estoril, Portugalsko, ISBN 0-415-41620-5
- [18] Marková J., Alternative Procedures for Impact Forces in Eurocodes, KONBIN 2006, 4th International Conference on Safety and Reliability, Krakow, pp. 175-178, ISSN 1895-8281
- [19] Zpráva 06/06600/36 Využití Eurokódů při navrhování lehkých střešních konstrukcí zatížených sněhem, 11/2006 podporovaná Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR.

Rok 2007

- [20] Holický M., Optimization of Risk Criteria for Road Tunnels, The second International Conference on Safety and Security Engineering, pp. 3-12, Malta, 2007, ISBN 978-1-84564-068-2
- [21] Holický M., Safety Design of Lightweight Roofs Exposed to Snow Load, First International Conference on the Art of Resisting Extreme Natural Forces, The New Forest, UK, pp. 51-57, 2007, ISSN 1746-4471
- [22] Holický M., Keynote Lecture: Optimization of Road Tunnel Safety, 5th International Probabilistic Workshop, Ghent, 2007, ISBN, 978-3-00-022030-2
- [23] Holický M., Marková J., Zásady navrhování stavebních konstrukcí, příručka k EN 1990, ISBN 978-80-87093-27-6, ČKAIT, 2007
- [24] Holický M., Marková J., Národní příloha k ČSN EN 1991-1-7 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení - Mimořádná zatížení, 2007

- [25] Holický M., Marková J., Reliability Differentiation and Production Quality in Structural Design, Third International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, 1758-1763, 2007, ISBN 978-90-5966-057-1
- [26] Holický M., Marková J., Jung K., Strategies in Accidental Situations, International Atomic Energy Agency IAEA, přednáška, 2007, Vienna
- [27] Holický M., Marková J., Sýkora M., Analýza spolehlivosti konstrukcí navržených na zatížení sněhem, Beton, str. 60-64, 2007, ISSN 1212-0154
- [28] Holický M., Marková J., Sýkora M., Spolehlivost lehkých střech zatížených sněhem, str. 65-69, Stavební obzor, 2007, ISSN 1210-4027
- [29] Holický M., Smolík J., Optimisation of Road Tunnel Safety Based on Risk Analysis, 33rd World Tunnel Congress 2007 in Prague, pp. 1827-1833, ISBN 978-0-415-44263-3
- [30] Marková J., Jung K., Risk Assessment of Safety Barriers on Roads in the Czech Republic, The European Safety and Reliability Conference 2007, pp. 1615-18, Stavanger
- [31] Makovička D., Response Analysis of an RC Cooling Tower under Seismic and Windstorm Effects, Acta Polytechnica, pp.17-21, ČVUT, ISSN 210-2709
- [32] Makovička D., Úvod do problematiky zatížení a úvod do teorie výbuchu, str. 1-20, ČVUT, ISBN 978-80-01-03640-2
- [33] Makovička D., Základy mechaniky stavebních konstrukcí - základní principy stanovení odezvy stavební konstrukce, str. 1-21, ČVUT, ISBN 978-80-01-03640-2
- [34] Makovička D., Janovský B., Formování zatížení konstrukce, Praha - Stavební fakulta ČVUT, 2007, ISBN 978-80-01-03685-3
- [35] Makovička D., Janovský B., Šíření a útlum vzdušných rázových vln, ČVUT, 2007, ISBN 978-80-01-03685-3
- [36] Makovička D. a kol., Vlastnosti výbušnin a analýza charakteru výbuchového zatížení a jeho modifikací, 978-80-01-03640-2, sborník, str. 159, ČVUT, 2007
- [37] Makovička D., Makovička D. jr., Analýza odezvy budovy zatížené venkovním výbuchem, ČVUT, str. 1-14, Sborník přednášek Požární ochrana 2007, Ostrava, ISBN 978-80-7385-009-8, str. 311-321
- [38] Makovička D., Makovička D. jr., Determination of Seismic Transport Effects on Buildings, Earthquake Resistant Engineering Structures VI, Southampton, UK, pp. 353-362, 2007, ISBN 978-1-84564-078-1
- [39] Makovička D., Makovička D. jr., Seismic Effects of Above and Underground Transport on Buildings, Engineering Mechanics 2007, str. 169-170, Svratka, ISBN 978-80-87012-06-2
- [40] Makovička D., Makovička D. jr., Vlivy vibrací a způsobu provedení průmyslové drátkobetonové podlahy na její porušitelnost, konference PODLAHY 2007, str. 91-97, 978-80-254-0144-6 - 0 bodů
- [41] Makovička D. a kol., Hodnocení a stanovení rizika výbuchu, Sborník přednášek Parametry tlakových vln, zatížení konstrukcí a jejich ochrana, ISBN 978-80-01-03685-3

[42] Makovička D., Šmejkal, Hammer Crusher - Influences of Design and Execution of Vibroprotection and Machine Properties on Vibration Intensity, Applied and Computational Mechanics, Západočeská univerzita v Plzni, 149-154

[43] Marková J., Holický M, Advanced Methods for Reliability and Risk Assessment of Structures, Czech Construction Technology Platform, přednáška, Telč, 2007

[44] Šmejkal, Makovička D., Uncertainty and Reserves in Determination of Dynamic Machine Loads Acting on Supporting Structures, str. 307-312, 2007, ISSN 1802-680X

Rok 2008

[45] Holický M., Road Tunnel Safety Verified by Life Quality Index, Proceedings of the 3rd International Conference "Reliability, Safety and Diagnostics of Transport Structures and Means 2008", 104-116, ISSN 978-80-7395-096-5

[46] Holický M., Marková J., Sýkora M., Zatížení stavebních konstrukcí podle soustavy ČSN EN 1991, ČBS, ISBN 978-80-87158-06-7, 2008

[47] Holický M., Diamantidis, Optimization of Road Tunnel Safety, Beton-und Stahlbetonbau. Robustness and Safety of Concrete Structures, 10-15, 2008, ISSN 0005-9900

[48] Holický M., Jung K., Sýkora M., Assessment of Extreme Discharges of the Vltava River in Prague, Flood Recovery, Innovation and Response FRIAR 2008, London, UK, pp. 105-112, ISBN 978-1-84564-132-0

[49] Jung K., Marková J., Assessment of Retention Level for Road Safety Barriers, Proceedings of the 3rd International Conference "Reliability, Safety and Diagnostics of Transport Structures and Means 2008", 125-130, ISSN 978-80-7395-096-5

[50] Makovička D., Makovička D., Princip dynamického filtru pro snížení přenosu vibrací z podloží do konstrukce, Stavební obzor, 129-133, 2008, ISSN 1210-4027

[51] Marková J., Reliability Assessment of Existing Structures, Journal of Konbin No. 1(4)2008. Safety and Reliability Systems, 149-157, 2008, ISSN 1895-8281

[52] Marková J., Jung K., Design of Structures for Accidental Design Situations, ESREL 08, Valencie, ISBN 978-0-415-48515-9

[53] Novotný B., Uplatnění rázových zařízení při hodnocení únosnosti podloží, Stavební fakulta STU Bratislava, 2008

[54] Makovička, D., Makovička, D.: Princip dynamického filtru pro snížení přenosu vibrací z podloží do konstrukce, Stavební obzor 2008, č.5, roč.17 (2008), s. 129-133, ISSN 1210-4027

[55] Šmejkal, J., Makovička, D., Pospíšil, J.: Únosnost spřažených desek v montážním stadiu zmonolitnění, Stavební obzor 2008, č.9, roč.17 (2008), s. 266-271, ISSN 1210-4027

[56] Makovička, D., Janovský, B.: Příručka protivýbuchové ochrany staveb, ČVUT, 2008, ISBN 978-80-01-04090-4

[57] Novotný B., Výpočet simulace vlivu nekontrolovaného smršťování na provozní výkonnost desek betonových průmyslových podlah, str. 1-8, 2008

[58] Novotný B., Pavement subgrade mechanical characterisation and potential use of FDW diagnostics