

**Z PROGRAMU CELOŽIVOTNÍHO UČENÍ LEONARDO DA VINCI,
FINANCOVANÉHO EVROPSKOU KOMISÍ**



NÁZEV PROJEKTU:

**Innovation Transfer in Risk Assessment and Management of Aging Infrastructures
(Přenos inovací v oblasti hodnocení a údržby stárnoucích infrastruktur)**

ČÍSLO PROJEKTU: CZ/13/LLP-LdV/TOI/134014

OBDOBÍ REALIZACE: 27. 9. 2013–26. 9. 2015

Obsah

- 4 Kniha „Methods for the Risk Assessment and Risk-Based Management of Aging Infrastructure“
- 7 Kniha „Operational Methods for the Assessment and Management of Aging Infrastructure“
- 10 Skripta pro střední průmyslové školy stavební „Úvod do hodnocení rizik stárnutí infrastruktury“
 - 12 Softwarové pomůcky pro hodnocení stárnoucích infrastruktur
 - 16 Projektové semináře
 - 17 E-learningové testy
 - 17 Podklady pro tvorbu norem
- 18 Přednášky pro praktikující inženýry, techniky a odbornou veřejnost
- 19 Přednášky a semináře v rámci vysokoškolského a středoškolského studia
- 20 Příspěvky na národních i mezinárodních konferencích a workshopech
- 22 Články v odborných časopisech

Z Programu celoživotního učení Leonardo da Vinci, financovaného Evropskou komisí

Název projektu:

**INNOVATION TRANSFER IN RISK ASSESSMENT
AND MANAGEMENT OF AGING INFRASTRUCTURES
(Přenos inovací v oblasti hodnocení a údržby stárnoucích infrastruktur)**

Číslo projektu: **CZ/13/LLP-LdV/TOI/134014**

Období realizace: **27. 9. 2013–26. 9. 2015**

Projektový team:

České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav
Fakultät Bauingenieurwesen, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas ,
Instituto de Ciencias de la Construcción E. Torroja, Madrid
Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale
Pamukkale University, Faculty of Civil Engineering, Turkey
Střední průmyslová škola stavební v Českých Budějovicích

Výstupy projektu (k dispozici na webových stránkách projektu www.llp-infra.cvut.cz):

Kniha „Methods for the Risk Assessment and Risk-Based Management of Aging Infrastructure“
Kniha „Operational Methods for the Assessment and Management of Aging Infrastructure“
Skripta pro střední průmyslové školy stavební „Úvod do hodnocení rizik stárnutí infrastruktury“
Softwarové pomůcky pro hodnocení stárnoucích infrastruktur
Projektové semináře
E-learningové testy
Podklady pro tvorbu norem
Přednášky pro praktikující inženýry, techniky a odbornou veřejnost
Přednášky / semináře v rámci vysokoškolského a středoškolského studia
Příspěvky na národních i mezinárodních konferencích
Články v odborných časopisech

Kniha „Methods for the Risk Assessment and Risk-Based Management of Aging Infrastructure“

Abstrakty jednotlivých kapitol

KAPITOLA 1 ZÁKLADNÍ KONCEPCE

Kapitola uvádí základní koncepce hodnocení rizik pro existující infrastrukturu. Rozhodování o různých typech infrastruktury je vždy spojeno s mnoha riziky. Hodnocení rizik je klíčovou součástí managementu rizik, poskytuje postupy pro vhodná řešení. Tyto postupy umožňují racionálním způsobem porovnat jednotlivé varianty řešení nebo naznačují optimální způsob omezení rizik. Při hodnocení rizik se uvažují v kombinaci možné následky a s nimi spojené pravděpodobnosti. Stanovená rizika jsou vyhodnocena s použitím přijatelných kritérií. Metody analýzy a hodnocení rizik mohou významně přispět k současně uplatňovaným postupům navrhování a hodnocení infrastruktury. Předpokládá se, že v brzké budoucnosti pravděpodobnostní metody uplatňované ve specifických případech ve stavebnictví budou doplněny kritérii pro přijatelná rizika.

KAPITOLA 2 ZATÍŽENÍ A VLIVY PROSTŘEDÍ

Zatížení jsou klasifikována jako stálá, proměnná a mimořádná v souladu se zásadami Eurokódů. Kapitola 2 popisuje jejich možné účinky na existující infrastrukturu. Uvádí postupy stanovení charakteristických a návrhových hodnot zatížení, zejména vlastní tíhy a stálých zatížení, zatížení uživatelských, zatížení větrem, sněhem, teplotou, zatížení mostů silniční dopravou, zatížení nárazem vozidel, zatížení požárem a zatížení seizmických. Upozorňuje na některé příčiny poruch nebo zřícení existujících konstrukcí, které dále ilustruje na vybraných případech.

KAPITOLA 3 MODELOVÁNÍ DEGRADAČNÍCH PROCESŮ

Kapitola uvádí způsoby modelování degradačních procesů na ocelových, betonových a zděných konstrukcích. Uvažují se zde také doporučení podle ČSN ISO 13823. Degradace obvykle značně nepříznivě ovlivňuje pevnost i vzhled infrastruktury. Popisují se zde některé vybrané významné fyzikální a chemické degradační mechanismy. Pro zmírnění nejistot souvisejících s predikcí degradačních procesů a se stanovením zbytkové životnosti lze zavést systém pravidelných prohlídek infrastruktury. V textu jsou prezentovány zásady nastavení systému prohlídek založených na hodnocení rizik. Plánování prohlídek může přinést značné ekonomické úspory, umožnit včasné rozhodování o údržbě nebo opravách existující infrastruktury.

KAPITOLA 4 ÚNAVA

Únava bývá jednou z častých příčin porušení infrastruktury nebo jejích částí, zejména u mostů, ocelových konstrukcí nebo ropných plošin. Mnoho existujících konstrukcí, zejména těch realizovaných před rokem 1980, bylo navrženo s nesprávným zatříděním detailů a s podceněním významnosti působení skutečných spekter zatížení. Konstrukce jsou tak vystaveny vysokému nebezpečí porušení únavou, jak lze doložit na případech únavových trhlin zjištěných v několika konstrukcích. Hodnocení únavy a odhad zbytkové životnosti jsou proto klíčové při ověřování existující infrastruktury a také při navrhování konstrukčních opatření s ohledem na konstrukční detaily a na plánování budoucí údržby a prohlídek.

KAPITOLA 5 PRAVDĚPODOBNOSTNÍ TEORIE SPOLEHLIVOSTI

Pro hodnocení existující infrastruktury je možné účinně použít základní koncepty a postupy pravděpodobnostních metod teorie spolehlivosti, ze kterých se vycházelo při zpracování metody dílčích součinitelů v nových ISO a CEN dokumentech. Základní postupy uvedené pro jednu nebo dvě náhodné veličiny jsou rozšířeny na obecné případy. Pravděpodobnost poruchy lze stanovit s využitím různých technik včetně metody FORM, SORM a simulačních metod. Postupy stanovení pravděpodobnosti poruchy jsou ilustrovány na vybraných příkladech.

KAPITOLA 6 ANALÝZA RIZIK

Hodnocení rizik představuje důležitou úlohu v managementu rizik u systémů infrastruktur. Rizika se vyjadřují v závislosti na dvou parametrech, kterými jsou pravděpodobnost výskytu nebezpečí a související následky. Konstrukce a systémy infrastruktur jsou vystaveny mnohočetnému nebezpečí. V případě inženýrských konstrukcí tato nebezpečí zahrnují prostředí (vítr, teploty, sníh, laviny, skalní sesuvy, povrchovou a podzemní vodu, chemický nebo fyzikální atak, atd.) a také vlivy vyvolané lidskými činnostmi (používání, chemický nebo fyzikální atak, požár, exploze atd.). Kapitola uvádí metody a nástroje pro výpočet rizik, které jsou ilustrovány na příkladech.

KAPITOLA 7 KRITÉRIA PŘIJATELNOSTI

V této kapitole je uvedena metodika stanovení kritérií přijatelnosti. Obecně je potřebné rozlišit mezi různými typy následků poruchy, které souvisejí se ztrátami na lidských životech, škodami na životním prostředí a ekonomickými ztrátami. Text uvádí zásady pro stanovení kritérií přijatelnosti a vysvětluje odlišnosti mezi individuálními a společenskými riziky. Postup optimalizace je založený na zásadách LQI (Life Quality Index). Analyzují se zde pokyny pro směrné hodnoty prvků spolehlivosti pro nové a také existující nosné prvky a konstrukce a uvádějí doporučené hodnoty indexů spolehlivosti podle EN 1990. Stanovují se kritéria přijatelnosti pro existující konstrukce.

KAPITOLA 8 ROZHODOVÁNÍ S OHLEDEM NA NEJISTOTY

Směrné úrovně spolehlivosti jsou v národních a mezinárodních dokumentech doporučovány v širokém rozmezí. Jejich souvislost s relativními náklady a následky poruchy je vcelku vágní. V některých dokumentech je směrný index spolehlivosti doporučen pro jednu nebo dvě referenční doby (1 rok a 50 let), aniž by byla uvedena návaznost na návrhovou životnost konstrukce. Tato kapitola objasňuje vztah mezi směrnou úrovní spolehlivosti, stavebními náklady, následky poruchy, referenční dobou, návrhovou životností a diskontní sazbou, což jsou faktory, které je třeba uvážit při hodnocení existující infrastruktury.

KAPITOLA 9 ZJEDNODUŠENÉ HODNOCENÍ RIZIK U EXISTUJÍCÍCH TUNELŮ

Tunely představují komplexní technické systémy, které mohou být vystaveny nebezpečným situacím vedoucím k nepříznivým jevům se závažnými následky. Velikost rizik souvisí s uvažovaným typem nebezpečí a také s konstrukčním typem tunelu. V této kapitole jsou analyzována rizika a robustnost existujících silničních tunelů, při využití zkušeností z různých projektů řešených ve spolupráci s průmyslovými podniky. Analýza rizik je popsána a ilustrována na konkrétním příkladu tunelu o délce 1400 m a roční intenzitě provozu 5 miliónů vozidel, situovaném v jižní Evropě.

KAPITOLA 10 PRAVDĚPODOBNOSTNÍ OPTIMALIZACE RIZIK PRO SILNIČNÍ TUNELY

Pravděpodobnostní metody optimalizace rizik jsou použity pro stanovení nejúčinnějších opatření při návrhu nebo hodnocení silničních tunelů. Celkové následky alternativního uspořádání tunelu jsou analyzovány s použitím Bayesovských sítí. Obecný postup je ilustrován na studii, ve které se optimalizuje řada únikových cest na základě koncepce LQI. Diskontní sazba a stanovená životnost tunelu mají významnější vliv na celkové následky a optimální uspořádání tunelu než volba počtu únikových cest. Zvolený postup optimalizace rizik lze použít pro optimalizaci bezpečnostních opatření v existujících tunelech.

PŘÍLOHA A HODNOCENÍ DAT

Příloha A uvádí postupy hodnocení statistických dat, která jsou náhodnými výběry ze základního souboru. Znalost těchto postupů je základem pro možnost hodnocení existujících konstrukcí.

V bibliografii jsou k jednotlivým kapitolám a Příloze A uvedeny normativní předpisy a výchozí odborné publikace.

Kniha „Operational Methods for the Assessment and Management of Aging Infrastructure“

Abstrakty jednotlivých kapitol

KAPITOLA 1 ÚČEL A CÍLE KNIHY

Představuje knihu jako publikaci vzniklou v rámci vzájemné spolupráce při řešení projektu EU „Innovation Transfer in Risk Assessment and Management of Aging Infrastructures“ (Přenos inovací v oblasti hodnocení a údržby stárnoucích infrastruktur), uvádí stručnou charakteristiku koncepce knihy a její možné využití.

KAPITOLA 2 NORMY A PŘEDPISY

Uvádí stručný vývoj normativních předpisů, dříve používaných metod navrhování a ověřování existujících konstrukcí, současných metod uvedených v Eurokódech a v mezinárodních předpisech ISO. Pro hodnocení existujících konstrukcí je k dispozici ISO 13822, která je důležitým, avšak dosti obecným dokumentem. V současnosti je plánována příprava nového Eurokódu, který by měl vycházet z ISO 13822 a technické zprávy JRC.

Důležitou zásadou je, že pro hodnocení existujících konstrukcí se používají současně platné normy. Původní normy, které byly použity při návrhu existujících konstrukcí, mají pouze informativní charakter a slouží jako podkladové materiály. Hodnocení existujících konstrukcí se v mnoha hlediscích liší od postupů uplatňovaných při návrhu nových konstrukcí. Při hodnocení se musí uvažovat skutečné vlastnosti materiálů, geometrie a působící zatížení (zejména vlastní tíha a stálá zatížení). Základní je metoda dílčích součinitelů, v některých případech lze také použít pravděpodobnostní metody. Někdy lze při hodnocení spolehlivosti existující konstrukce zohlednit její předchozí dobré chování.

KAPITOLA 3 METODY PRŮZKUMU

Na stavbu působí během její životnosti různé nepříznivé vlivy, které mohou vést k degradaci materiálů. Pro účinné hodnocení existujících konstrukcí jsou v této kapitole popsány metody, které lze použít pro stanovení parametrů degračních procesů, jako například koroze, účinky sulfidů nebo alkalicko-silikátová reakce. A dále metody, které slouží pro zjištění a hodnocení únavového poškození. Dlouhodobé monitorování existujících konstrukcí může poskytnout údaje usnadňující porozumění chování konstrukcí a predikci jejich degradace a zbytkové životnosti. V textu je popsáno použití technologie vážení těžkých vozidel za provozu, které umožňuje po vyhodnocení dat stanovit únavové parametry pro monitorované silniční mosty.

KAPITOLA 4 PORUŠENÍ KONSTRUKCE OBCHODNÍHO CENTRA A NÁSLEDNÉ HODNOCENÍ

Kapitola uvádí příklad hodnocení spolehlivosti obchodního centra v Praze. Porušení některých konstrukcí obchodního centra bylo vyvoláno nesplněním požadavků na mezní stav použitelnosti. Nadměrným průhybem stropních desek došlo

k porušení nenosných příček. Zjistily se konstrukční chyby, přetížení stálými zatíženími v rozporu s projektem a nedostatečné kotvení. Ověřování konstrukcí na mezní stav použitelnosti a specifikaci kritérií přijatelnosti je potřebné věnovat náležitou pozornost. Přispěje se tím k zabránění vzniku poruch, jako v tomto případě, kdy nastalo porušení nenosných příček nadměrným průhybem stropních desek.

Ukazuje se, že v mezním stavu použitelnosti neexistuje ostrá hranice pro rozlišení, co jsou ještě přijatelné nebo již nepřijatelné podmínky pro konstrukci (přetvoření, šířka trhliny). Doporučení pro kritéria použitelnosti zůstávají zatím v Eurokódech na obecné úrovni.

KAPITOLA 5 HODNOCENÍ KONSTRUKCE PORUŠENÉ KOROZÍ

Dvacet let opuštěná industriální budova v severozápadní části Španělska je vystavena vlivům přímořského prostředí. Pro nové využití byla provedena částečná demolice stavby, která se pak sestávala převážně ze systému sloupů a nosníků. Porušené části nosníků byly odstraněny. Podkladem pro hodnocení konstrukcí byly materiálové zkoušky a ověřená geometrie nosných prvků budovy. Železobetonové desky nesplňovaly podmínku spolehlivosti, a proto bylo rozhodnuto existující stropní desky odstranit a vybetonovat nové. Pro spřažení stropních desek a zajištění spolupůsobení s existujícími nosníky byly použity spřahovací prvky. Existující industriální stavba byla přestavěna na kulturní centrum.

KAPITOLA 6 ZÁSObNÍKY A NÁDRŽE – PŘÍPADOVÁ STUDIE

Zásobníky, nádrže a komíny se dříve realizovaly ze zdiva, v současnosti se používá ocel a železobeton. Některé z těchto existujících industriálních staveb v současnosti utváří charakter krajiny, takže může být žádoucí jejich zachování. Kapitola 6 uvádí podrobné ověření železobetonového zásobníku situovaného v Toskánsku z roku 1933 podle zásad EN 1991-4. Protože se jednalo o jednu z prvních železobetonových průmyslových konstrukcí v Itálii, bylo snahou co nejšetrnější provedení rehabilitace a využití zásobníku k novým účelům. Původní projektová dokumentace nebyla k dispozici, takže bylo třeba provést podrobný stavebně-technický průzkum. Na základě výsledků průzkumu se provedlo ověření konstrukce a návrh zesílení pro nový účel využití.

KAPITOLA 7 VODOVODNÍ POTRUBÍ – PŘÍPADOVÁ STUDIE

Problematika zásobování velkého města pitnou vodou je ilustrován na příkladu existující vodovodní sítě v Denizli (Turecko). Docházelo k častým poruchám některých úseků existujících sítí vodovodního potrubí. Bylo proto rozhodnuto, že je vhodnější některé úseky dosluhujícího potrubí vyměnit za potrubí nová. Ve studijním případě jsou uvedena rizika, která mohou vést k nedisponibilitě vody pro část města, a přijatá opatření pro zmírnění následků. Nové potrubí je zhotoveno z odolné oceli, spoje jsou navrženy s ohledem na zemětřesení.

KAPITOLA 8 ZÁSObNÍKY NA VODU – PŘÍPADOVÁ STUDIE

Správná provozuschopnost vodovodních potrubí a systémů zásobujících vodou je ze společenského a ekonomického hlediska zásadní, a proto musí být udržovány v optimálním stavu. Každé opatření se má proto pečlivě plánovat a návrh optimalizovat. Musí být podloženo pečlivým průzkumem.

Metodický postup hodnocení statických i dynamických charakteristik existujících konstrukcí je ukázán na příkladu železobetonového zásobníku na vodu z 60. let minulého století.

KAPITOLA 9 AKVADUKTY – PŘÍPADOVÁ STUDIE

Zdvo představovalo jeden z nejdůležitějších materiálů pro existující stavební konstrukce. Studijní případ uvádí postup hodnocení středověkého akvaduktu v Pise, který tvoří oblouková zděná konstrukce postavená na konci 16. století. Mnohé zděné oblouky jsou silně degradované, což vedlo ke změně statického systému a ke zřícení některých částí. Dochází k postupnému rozpadu celého akvaduktu, je nutné navrhnout vhodná konstrukční opatření. Zásady ověření spolehlivosti pro existující konstrukce z různých materiálů jsou uvedeny v EN 1990, ISO 2394 a ISO 13822.

Konstrukce akvaduktu jsou popsány včetně stavebně-technického průzkumu a postupu hodnocení. Byla provedena pasportizace trhlin a dalších defektů, zjištěno sedání a naklonění základů. Stanovila se charakteristická pevnost zdících prvků v tlaku a ve smyku, změřily se geometrické charakteristiky oblouků a základové poměry. Ověření bylo provedeno na trvalou a seismickou návrhovou situaci metodou konečných prvků softwarem SAP2000.

KAPITOLA 10 ZŘÍCENÍ PODPĚRNÉHO SYSTÉMU VIADUKTU PŘES ŘEKU VERDE

Zvláštní pozornost při hodnocení existujících staveb si zasluhují mosty, zejména monumentální mosty. Obnova historických staveb často naráží na nedostatek potřebných finančních zdrojů. Zesilování mostů je velmi citlivým hlediskem jejich obnovy, protože se může dostat do střetu s kulturně-historickou hodnotou existujícího mostu jako památky. Tři základní mezinárodní normy lze použít pro hodnocení existujících mostů – ISO 2394, ISO 13822 a ISO 12491. ISO 13822 obsahuje novou přílohu I, která je zaměřena na hodnocení konstrukcí památek. Podle této přílohy má být hodnocení památky prováděno týmem expertů různých profesí. Upozorňuje se zde na hodnotu původní konstrukce jako památky.

Příklady postupu hodnocení jsou ilustrovány na pětipolovém obloukovém mostě Vara v Carraře (původně železniční most z 18. století byl v roce 1960 přestavěn na silniční), u kterého došlo k porušení jednoho z pilířů, a dále na mostě ve Studénce, který se zřítíl během přestavby na železniční trať. Analýza porušení mostu ve Studénce je provedena s využitím Bayesovských sítí a inverzní analýzy různých nedostatků a chyb, které mohly vést k iniciaci pádu rekonstruovaného mostu na železniční trať.

KAPITOLA 11 PREDIKCE POVODNÍ A ŠKODY NA INFRASTRUKTUŘE

Pravděpodobnostní metody a hodnocení rizik se používají pro existující infrastrukturu v záplavových oblastech. Vhodným modelem pro pravděpodobnostní modelování vodního průtoku při povodni se ukazuje být lognormální rozdělení. Z analýz a hodnocení porušení konstrukcí vyplývá, že hlavními příčinami poruch nebo i zřícení celé stavby jsou geotechnická a konstrukční hlediska. Nedostatek robustnosti vede v řadě případů k porušení stavby v rozsahu nepřiměřeném původní příčině.

Pro hodnocení bezpečnosti konstrukce z hlediska povodní je potřebné analyzovat skutečná data o průtocích v oblasti lokality stavby, která mohou být odlišná od údajů, které jsou uvedeny v normativních dokumentech. Hodnocení průtoků během povodně je uvedeno na příkladu povodně na Vltavě v roce 2002.

V bibliografii jsou k jednotlivým kapitolám a přílohám uvedeny normativní předpisy a výchozí odborné publikace.

Skripta pro střední průmyslové školy stavební „Úvod do hodnocení rizik stárnutí infrastruktury“

Abstrakty jednotlivých kapitol

KAPITOLA 1 ZÁKLADNÍ KONCEPCE

Rozhodnutí týkající se různých druhů infrastruktury vždy zohledňují různé druhy rizik, přičemž tato rizika jsou definována jako očekávané důsledky (nebo také očekávaná četnost výskytu) nežádoucích událostí. K určení postupů, zda a jakým způsobem je vhodné rizika omezit, je rozhodující hodnocení rizik. Kapitola uvádí základní postup, jak na racionálním základě srovnávat různá řešení pro snížení rizik, nebo indikovat optimální způsoby snížení rizik. Vyhodnocené riziko je porovnáváno s kritérii pro přijatelnost rizika v souladu přijatým rozhodnutím. Kapitola uvádí základní pojmy a terminologii pro hodnocení rizik stárnutí infrastruktury.

KAPITOLA 2 ZATÍŽENÍ

Kapitola obsahuje úvodní informace o zatíženích a jejich vlivech na infrastrukturu a její části, klasifikaci jednotlivých zatížení a základní způsoby, jakými tato zatížení při hodnocení infrastruktury použít.

Hodnocení infrastruktury musí zvážit všechna dostupná data o možných zatíženích a jejich vlivu na stárnutí infrastruktury.

KAPITOLA 3 DEGRADACE MATERIÁLU

Během životnosti jsou konstrukce infrastruktury vystavovány vlivům životního prostředí. Tyto vlivy mohou být v průběhu času příčinou zhoršení vlastností materiálu. Kapitola uvádí modely degradace pro materiály jako železobeton, konstrukční ocel a zdvo, postupy pro hodnocení rizik stávajících konstrukcí infrastruktury a jejich údržby, podmínek inspekce, jež může být použita jako nástroj k redukci následků procesu degradace.

KAPITOLA 4 ANALÝZA RIZIK A KRITÉRIA POSOUZENÍ

Analýza rizik hraje zásadní úlohu při řízení rizik systémů infrastruktury. Tato kapitola uvádí obecnou formulaci rizika v závislosti na dvou parametrech: pravděpodobnosti nebezpečí a souvisejících možných důsledků. Konstrukce a systémy infrastruktury jsou vystaveny mnoha možným nebezpečím. V případě inženýrských staveb tato rizika zahrnují jak vlivy prostředí (vítr, teplota, sníh, laviny, půdní sesuvy, zřícení skal, povrchová a podzemní voda, chemické nebo fyzikální činitele atd.), tak vlivy lidské činnosti (užívání, požár, výbuch). Metody a nástroje pro výpočet rizika jsou popsány a znázorněny.

KAPITOLA 5 POSTUP HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ

V této kapitole jsou uvedeny obecné požadavky a postupy hodnocení existujících konstrukcí, které vycházejí ze zásad spolehlivosti konstrukcí a z následků jejich poruch.

KAPITOLA 6 PŘÍKLADY INŽENÝRSKÝCH STAVEB – MOSTY

V kapitole jsou na dvou praktických příkladech ukázány konkrétní principy konstrukčního posouzení existujících mostních staveb. V úvodu jsou vysvětleny základní principy hodnocení konstrukcí, dále pak postupy vyšetřování a jejich analýza. Případová studie historického kamenného mostu z konce 19. století – Vara viaduktu Carrara v Toskánsku – popisuje postup, při kterém byl most zkoumán pomocí numerických modelů. Byly provedeny dvě dynamické zkoušky. První před zesílením mostu v lednu 2002, druhá po jeho zesílení v říjnu 2006. Výsledky obou zkoušek byly následně porovnány.

Druhou studií je analýza selhání mostní konstrukce pomocí Bayesovských sítí, použitých při posouzení technických příčin zřícení železobetonového silničního mostu ve Studénce v roce 2008. Kolaps opravované mostní konstrukce je stručně popsán, následuje předběžná analýza příčin jejího zřícení a na závěr jsou uvedeny výsledky analýzy pomocí Bayesovských sítí.

Softwarové pomůcky pro hodnocení stárnoucích infrastruktur

Bay Bridge.xdsl

Bay Bridge.xdsl je softwarová pomůcka vytvořená v programu GENIE. Kauzální příčinou síť je ukazuje použití Bayesovských sítí pro rizikovou analýzu mostu Bay Bridge, ale lze použít obecně i na jiné mosty. V programu se rozlišují 3 druhy vozidel (HGV – těžká nákladní, DGV – nákladní vozidla s nebezpečným nákladem a Cars osobní automobily).

Cílem analýzy je optimalizace celkových následků a nákladů na bezpečnostní opatření.

Prob-beta.xls

Pomůcka je určena pro stanovení směrné hodnoty indexu spolehlivosti β . Pomůcka uvádí před doporučených hodnot β v různých mezinárodních předpisech a pro mezní stav únosnosti a použitelnosti. Pomůcka dále umožňuje převod indexů spolehlivosti pro různé referenční doby.

SampleFract.xls

Pomůcka je určena pro výpočet a porovnání charakteristických na základě postupů uvedených v příloze D EN 1990 zásady navrhování a porovnání charakteristických a návrhových hodnot. Ukazuje se vliv počtu vzorků na odhad charakteristické a návrhové hodnoty.

Fire.xls

Pomůcka slouží k výpočtu pravděpodobnosti poruchy konstrukce vystaveného účinkům stálého zatížení a požáru. Výsledkem je pravděpodobnost poruchy p_F .

Popis výpočtu a Bayesovské postupy jsou uvedeny v Příručce 1, kapitole 6 – Hodnocení rizik, části 3.4 Bayesian network <http://petek.pau.edu.tr/moodle/mod/lesson/view.php?id=249&pageid=2362>

Fire.xdsl

Pomůcka slouží k výpočtu pravděpodobnosti poruchy konstrukce vystaveného účinkům stálého zatížení a požáru. Softwarová pomůcka obsahuje 4 uzly. (Design situation, Sprinklers, Fire, Structure failure).

Výsledkem je pravděpodobnost poruchy p_F .

Risk.xdsl

Pomůcka Risk.xdsl slouží k optimalizaci doplňkových únikových východů v silničních tunelech, náklady na únikové cesty jsou stanoveny na základě Society Value of Statistical Life (SVSL), která se stanoví na základě LQI.

Uzel „Escape routes“ popisuje náklady na zvýšení bezpečnosti zvýšením počtu únikových cesty, rozlišují se 4. úrovně bezpečnosti (Basic, Low, Good, Excelent)

Rozhodovací uzel popisuje celkové náklady (následky + náklady) na 1 km.

Tunel 2 – LQI

Pomůcka je určena pro optimalizaci počtu únikových cest na základě celkových nákladů a následků založených na parametru LQI. Hodnota LQI se stanoví na základě sociálně-ekonomických parametrů ze vztahu: g – podíl HDP pro snížení rizik, l – očekávaná délka života, q – podíl mezi prostředky vynaloženými na spotřebu a cenou zdravého života.

Optimální hodnota je minimální hodnota na vodorovné ose, která určuje minimální náklady.

Risk-Assessment-Template.xls

Pomůcka je určena pro tzv. kvalitativní analýzu rizik. Kvalitativní analýza používá slov k popisu rozsahu možných následků a pravděpodobností, že k těmto následkům dojde. Užité škály mohou být přizpůsobeny nebo upraveny tak, aby vyhovovaly okolnostem, a různá rizika mohou být popsána různým způsobem. Tabulka obsahuje pole (Problematická oblast nebo činnost, Rozpoznané riziko, Popis, Pravděpodobnost, Míra dopadu, Současná opatření, Strategie pro zmírnění, Doplňková opatření, Nepředvídatelná událost).

Function of R_V.xlsx

Pomůcka slouží pro výpočet součinu a součtu dvou veličin X a Y nebo mocniny elementární funkce jedné proměnné X . Tyto vztahy lze použít pro efektivní zjednodušení řady běžných vztahů pro výslednou náhodnou veličinu Z . Rozdělení výsledné veličiny Z lze často aproximovat na základě parametrů, zejména momentových parametrů (průměru μ_Z , směrodatné odchytky σ_Z a šikmosti α_Z).

GEV_wind.xmcd

Pomůcka slouží pro stanovení extrémních hodnot tlaku větru, pomocí GEV rozdělení (General extreme value). Příklad je stanoven pro 65 měření na stanici u letiště Schiphol v Holandsku, ale změnou parametrů lze stanovit zatížení obecně.

FORM-Manual.xlsx

Pomůcka složí pro výpočet pravděpodobnosti poruchy p_f a indexu spolehlivosti β . R popisuje odolnost a funkce E účinky zatížení. Metoda FORM je teoretickým základem pro odvození prvků spolehlivosti uplatňujících se v metodě dílčích součinitelů. Postup výpočtu indexu spolehlivosti b a pravděpodobnosti poruchy p_f se podle metody FORM opírá o tři základní myšlenky, které zobecňují postup výpočtu indexu spolehlivosti v případě dvou základních veličin. Jedná se o iterační metodu.

FORM-interactive.xls

Pomůcka slouží pro výpočet pravděpodobnosti poruchy p_f a indexu spolehlivosti β pomocí dvou veličin, kde R popisuje odolnost a funkce E účinky zatížení. Jedná se o iterační metodu, pro iteraci je vytvořena makro, které se spustí tlačítkem ITER. Požadovanou přesnost indexu β je možné zadat.

NORM_LOGN.xls

Pomůcka je určena pro porovnání vybraných kvantilů (0,0001; 0,001; 0,05; 0,95; 0,999; 0,9999) tříparametrického lognormálního a normálního rozdělení. Charakteristická hodnota materiálových vlastností je definována jako 0,05 kvantil. Cílem je ukázat vliv šikmosti na charakteristickou hodnotu.

Partial Factors.xls

Pomůcka je určena pro stanovení dílčích součinitelů spolehlivosti γ , které lze dále využít při ověřování existujících konstrukcí a stanovení návrhových materiálových vlastností a účinků zatížení.

DistUpdate.xls

Pomůcka slouží k aktualizaci parametrů rozdělení náhodné veličiny X . Původní (apriorní) hustota pravděpodobnosti $\varphi_x(x)$ může být aktualizována na základě funkce věrohodnosti $L(I|x)$, která je výsledkem dodatečně získané informace (vyšetřování) I . Aktualizovaná (aposteriorní) hustota pravděpodobnosti $\varphi_x(x|I)$ může být stanovena na základě Bayesova teorému. Funkce věrohodnosti $L(I|x)$ popisuje možnost (věrohodnost, nemusí to být pravděpodobnost), že výsledek dodatečného šetření (informace I) nastal právě při výskytu určité hodnoty x náhodné veličiny X .

DisFract.xmcd

Pomůcka umožňuje stanovit jakýkoli kvantil (0,0001; 0,001; 0,05; 0,95; 0,999; 0,9999) vybraných typů rozdělení (normální, lognormální, tříparametrické lognormální, Gama a Gumbelovo rozdělení). Pomůcka dále uvádí bezrozměrný součinitel ξ_p vyjadřující podíl kvantilu p a průměru x_p / μ .

Gumbelmax.xmcd

Pomůcka vytvořená pro stanovení charakteristické hodnoty zatížení větrem na základě Gumbelova rozdělení maximálních hodnot. Tabulka umožňuje stanovení a porovnání N -letých maxim a závislosti dílčích součinitelů na šikmosti.

Snow_factor.xmcd

Pomůcka slouží pro stanovení charakteristické hodnoty zatížení sněhem a dílčích součinitelů na základě tříparametrického lognormálního rozdělení. Pomůcka umožňuje porovnání N -letých maxim a závislosti dílčích součinitelů na šikmosti zatížení.

Weibull_wind.xmcd

Pomůcka je určena pro stanovení charakteristické a návrhové hodnoty a porovnání součinitelů γ pro zatížení větrem na základě Weibulova rozdělení.

Beta50.xmcd

Pomůcka umožňuje stanovení indexu spolehlivosti β pro různé referenční doby a nezávislé intervaly k . Pravděpodobnost poruchy $p_1(\beta_1)$ je vztažena k základní referenční době 1 rok, pravděpodobnost $p_{nk}(\beta_1, n, k)$ označuje pravděpodobnost poruchy pro n -leté období. Grafy ukazují příklad závislosti indexu spolehlivosti β pro referenční dobu 1 rok na indexu spolehlivosti β pro referenční dobu n let.

Projektové semináře

pro odbornou veřejnost a studenty, pořádané

- > na **Univerzitě v Granadě (květen 2014)**
- > na **Univerzitě Pamukkale (září 2014)**
- > na **Univerzitě v Pise (únor 2015)**
- > na **Východobavorské technické univerzitě v Regensburgu (červen 2015)**
- > a na **ČVUT v Praze (září 2015)**

prezentace dostupné na www.llp-infra.cvut.cz/seminare.htm

PROGRAM:

Zásady hodnocení, teorie spolehlivosti (Prof. Milan Holický, ČVUT, Kloknerův ústav)

Postupy hodnocení rizik a kritéria přijatelnosti / Approaches for risk assessment and acceptance criteria (Prof. Dimitris Diamantidis, Ostbayerische Technische Hochschule, Regensburg)

Případová studie – hodnocení spolehlivosti kovového mostu a optimalizace prohlídek / Reliability assessment of a wrought iron bridge and optimization of inspection (Dr. Peter Tanner, E. Torroja Institute for Construction Science, CSIC, Madrid)

Případové studie – zřícení systému lešení na viaduktu Rio Verde / Collapse of the Rio Verde viaduct scaffolding systém (Dr. Peter Tanner, E. Torroja Institute for Construction Science, CSIC, Madrid)

Případová studie – Medicejský akvadukt v Pise / Medicean aqueduct in Pisa (Prof. Pietro Croce, University of Pisa)

Případová studie – hodnocení degradujících potrubních systémů / Assessment of aging lifelines (Prof. Selçuk Toprak, Pamukkale University, Turkey)

Hodnocení rizik, spolehlivosti železobetonových konstrukcí při zatížení seismickou v Turecku / Seismic reliability in reinforced-concrete buildings in Turkey (Prof. Mehmet Inel, Prof. Sevet Senel, Pamukkale University)

- > *Projektový seminář pro studenty střední průmyslové školy stavební v Českých Budějovicích (září 2015)*

E-learningové testy

Jsou sestaveny z otázek tří tematických okruhů, a sice hodnocení existujících konstrukcí dopravní infrastruktury, mimořádné zatížení konstrukcí existujících infrastruktur, analýza rizik technických systémů.

Podklady pro tvorbu norem

„*Expertní skupina k EN 1990: doporučení pro rozvoj EN 1990/EN 1990 Expert Group: Recommendations for the evolution of EN 1990 I*“ – výchozí materiál pro doplnění této evropské normy technickými komisemi CEN TC250 (European Committee for Standardization)

„*WG2 Assessment and retrofitting of existing structures*“, „*Scientific and Policy Report N 2032, Document N2033*“, „*Scientific and Policy Report N 2032, Document N2050*“ – španělské komentáře k přípravě evropské normy pro hodnocení existujících konstrukcí – národní pokyny pro hodnocení existujících konstrukcí, komentáře ke zprávě JRC (Joint Research Centre)

„*Přehled mimořádných větrných bouří (Evropa 1975–2014)/Extreme Windstorm Catalogue*“ – pomůcka pro orientační stanovení následků větrných bouří při hodnocení rizik existujících infrastruktur

„*Scientific and Policy Report EUR 27128 EN*“ – španělské komentáře k přípravě evropské normy pro hodnocení existujících konstrukcí – národní připomínky k vědecké zprávě JRC. Dokument obsahuje detailní popis zásad stanovení směrných úrovní spolehlivosti – klíčového národně stanovitelného parametru – s využitím pravděpodobnostních metod a hodnocení rizik.

Přednášky pro praktikující inženýry, techniky a odbornou veřejnost

„O čem se nemluví. Slabé stránky, pravomoce a odpovědnost za stavební práce na mostech / De lo que no se habla. Vulnerabilidad, competencias y responsabilidades en los procesos constructivos de los puentes“ na Institutu Eduardo Torroja v Madridu (2/2014)

„Hra s ohněm. Rozhodnutí týkající se spolehlivosti existujících konstrukcí / Jugando con fuego. Decisiones relativas a la fiabilidad de las estructuras existentes“ na národním semináři „Koroze výtzuže: Modelování a životnost“ „na Institutu Eduardo Torroja v Madridu (4/2014)

„Hodnocení konstrukční spolehlivosti budov / Evaluación de la fiabilidad estructural de los edificios“ na národním semináři „Bezpečnostní požadavky na stávající stavby: Kritéria a aplikace“ pořádaném Institutem Eduardo Torroja v Madridu (5/2014)

„Nejistoty v hodnocení existujících konstrukcí / Un guiso de incertidumbres: la evaluación de las estructuras existentes“, „Za očekávanou životností mostu: pravdivý příběh / Más allá de la esperanza de vida de un puente: una historia real“ na semináři „Hodnocení a řízení rizik u stárnuících konstrukcí“ pořádaném Institutem Eduardo Torroja v Madridu (12/2014)

„Získávání dat: data snadno dostupná versus nezbytná / A adquisición de datos: lo fácil versus lo necesario“ na národním semináři „Diagnostika a techniky odhalení patologických procesů ve stavebnictví“ pořádaném Institutem Eduardo Torroja v Madridu (4/2015)

Přednášky a semináře v rámci vysokoškolského a středoškolského studia

Přednáškový cyklus „Nosné konstrukce I a II“ (v zimním a letním semestru 2013–2015) na Fakultě architektury ČVUT v Praze ve 2. a 3. ročníku bakalářského studia

Přednáškový cyklus „Bezpečnost nových a existujících konstrukcí“ (2013–2015) / *M1-12 Safety of New and Existing Structures*“ na Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg v rámci magisterského studia

Přednáška "*Principy hodnocení a ověřování existujících konstrukcí podle ČSN ISO 13822 a ČSN 73 0038*" v rámci magisterského studia na Fakultě stavební ČVUT v Praze

Přednáška „Rozbor a hodnocení rizik“ v cyklu přednášek 2. ročníku bakalářského studia „Spolehlivost a bezpečnost staveb“ na Katedře mechaniky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni

Seminář „*Hodnocení a management rizik stárnoucích infrastruktur – podklady k jednotlivým kazuistikám / Risk Assessment and Management of Aging Infrastructures – Background and Cases*“ pro studenty OTH Regensburg (12/2014)

Seminář „*Medicejský akvadukt: Současná situace, možnosti oprav / L'acquedotto Mediceo: la situazione attuale, le possibilità di recupero*“ seminář pro studenty stavebního inženýrství a architektury na Univerzitě v Pise (4/2015)

Seminář „*Medicejský akvadukt: hodnocení spolehlivosti a kritéria oprav / L'acquedotto Mediceo / valutazione dell'affidabilità e criteri d'intervento*“ seminář pro studenty stavebního inženýrství a architektury na Univerzitě v Pise (6/2015)

Seminář pro středoškolské studenty „*Úvod do hodnocení rizik infrastruktury*“ na Střední průmyslové škole stavební v Českých Budějovicích (9/2015)

Příspěvky na národních a mezinárodních konferencích a workshopech

Přednášky „Směrné úrovně spolehlivosti v současných normách“ a „Stanovení dílčích součinitelů pro hodnocení zatížitelnosti existujících mostů“ na mezinárodní konferenci Modelování v mechanice v Ostravě (2/2014)

„Podzemní potrubní systémy a zemětřesení / Seismic Response of Underground Lifeline Systems“ na 2. evropské konferenci o seizmickém inženýrství a seizmologii (2ECEES) na ICEC v Istanbulu (8/2014)

„Navrhování pozemních solárních systémů / Optimal Design of Ground-Mounted Solar Systems“ na mezinárodní konferenci ESREL ve Wroclawi (9/2014)

„Analýza současného stavu a narušení hlavního dómu katedrály La Lagunal/Analysis of the Present Condition and Deterioration in the Main Dome over La Laguna Cathedral“ na mezinárodním sympóziu IABSE „Inženýrství pro pokrok, přírodu a lidstvo“ v Madridu (9/2014)

Přednášky:

- > „Ověřování existujících železobetonových konstrukcí pomocí polopravděpodobnostních metod / Verification of Existing Reinforced Concrete Structures Using a Semi-Probabilistic Method“
- > „Směrné úrovně spolehlivosti pro existující konstrukce / Target Reliability Levels for Existing Structures“
- > Metoda dílčích součinitelů pro hodnocení „zdravých“ i narušených konstrukcí / Partial Factor Method for the Assessment of Sound and Deteriorated Structures“
- > „Přijatelná rizika z hlediska bezpečnosti osob na stavbě / Acceptable Risks to Persons Associated with Building Structures“
- > „Nejistoty u modelů namáhaných polí použitých při hodnocení zkorodovaných betonových konstrukcí / Uncertainties Associated with Stress Field Models for the Assessment of Corrosion-Damaged Concrete Structures“ na mezinárodním workshopu JCSS (Joint Committee for Structural Safety) „Hodnocení spolehlivosti a rizik existujících konstrukcí v Eurokódech“ v Ghentu (10/2014)

- > „Směrné úrovně spolehlivosti pro existující konstrukce ekonomickou a společenskou perspektivou / Target Reliability Levels for Assessment of Existing Structures Considering Economic and Societal Aspect“ na mezinárodní konferenci IALCCE v Tokyu (11/2014)
- > „Inovace pro ochranu a vylepšení existujících konstrukcí / Innovative Methods for the Preservation and Retrofitting of Existing Structures“ na mezinárodním workshopu TNO „Prodloužení životnosti stavebních konstrukcí – Program sdílení inovací“ v Amsterdamu (12/2014)
- > „Zvýšení spolehlivosti Bayesovské analýzy / Increasing the Robustness of the Bayesian Analysis“ na mezinárodním workshopu IABSE v Helsinkách (2/2015)
- > „Dopady zemětřesení v Christchurch, New Zealand na podzemní potrubí oblasti Avonside / Christchurch, New Zealand Earthquake Effects on Buried Pipelines in Avonside Area“ na 8. národní konferenci o zemětřesení v Istanbulu (5/2015)
- > „Prevence poškození podzemních potrubních systémů vystavených zemětřesení / Seismic Damages in Pipelines in the Light of Preventive Maintenance“ na 9. mezinárodním kongresu EWRA „Management vodních zdrojů v dnešním světě: Výzvy a možnosti“ (6/2015)
- > „Stanovení směrné spolehlivosti konstrukcí / Determination of Target Safety for Structures“ na 12. mezinárodní konferenci „Aplikace statistiky a pravděpodobnosti ve stavebnictví“ ICASP12 ve Vancouveru (7/2015)
- > „Bayesovské výpočty při hodnocení spolehlivosti historických památek / Bayesian Strategies in Reliability Assessment of Heritage Structures“ na 14. mezinárodní konferenci STREMAH 2015 v A Coruna (7/2015)
- > „Hodnocení spolehlivosti věží a stožárů / Reliability Assessment of Towers and Masts“ na mezinárodní konferenci ESREL v Zurichu (9/2015)

Články v odborných časopisech

„Medicejský akvadukt: stav poškození / L'acquedotto Mediceo: diagnosi dei dissesti (11/2014)“

„Medicejský akvadukt: statika / L'acquedotto Mediceo diagnosi: l'analisi strutturale (4/2015)“

„Medicejský akvadukt: místní šetření / L'acquedotto Mediceo: l'analisi locali (7/2015)“ v odborném časopise Galileo komory inženýrů v Pise

„Přijatelná individuální a společenská rizika ve stavebnictví / Acceptable Risks to Persons with Building Structures“, článek v impaktovaném časopisu Structural Concrete, ročník 16, číslo 3, 9/2015 „Směrné úrovně spolehlivosti pro existující konstrukce ekonomickou a společenskou perspektivou / Target Reliability Levels for Assessment of Existing Structures Considering Economic and Societal Aspect“, příspěvek prezentovaný na mezinárodní konferenci IALCCE 2014 v Tokyu bude uveden ve speciálním vydání impaktovaného časopisu Structure and Infrastructure Engineering

„Ekonomická a bezpečnostní kritéria pro stanovení směrných úrovní spolehlivosti při hodnocení existujících konstrukcí / Target Reliability Levels for Assessment of Existing Structures Based on Economic Optimisation and Human Safety Criteria“, článek přijatý do impaktovaného časopisu Structural Concrete

„Nejistoty v modelech odolnosti pro nepoškozené a korodující železobetonové konstrukce podle EN 1992-1-1 / Uncertainties in Resistance Models for Sound and Corrosion-Damaged RC Structures According to EN 1992-1-1“, článek přijatý do impaktovaného časopisu Materials and Structures

„Pravděpodobnostní hodnocení historických budov s vodorovným zatížením / Probabilistic Reliability Assessment of a Heritage Structure under Horizontal Loads“, článek přijatý do impaktovaného časopisu Probabilistic Engineering Mechanics

www.klok.cvut.cz