

Shrnutí řešení projektu

1. Popis průběhu realizace

Projekt realizovaný v období 2006-2007 byl založen na spolupráci výzkumného pracoviště – Kloknerova ústavu ČVUT - a podnikatelských subjektů SATRY a Diagnostiky staveb. Zaměřil se na zpracování, zavádění a zpřístupnění metodických zásad hodnocení spolehlivosti existujících konstrukcí se zřetelem na betonové a zděné stavby (např. panelové a historické objekty). Součástí metodiky je i posouzení stavu stavby a její zbytkové životnosti pro optimalizaci návrhu obnovy. Metodika zahrnuje určení modelů odolnosti a účinků zatížení pomocí statistických metod, vyhodnocení spolehlivosti metodou dílčích součinitelů a rozbor ekonomických a sociálních rizik. Analyzovaly se obecné zásady nového mezinárodního dokumentu ISO 13822 „Hodnocení existujících konstrukcí“ a dosud používaných národních předpisů ČSN.

Projekt byl zaměřen na zvyšování kvalifikace studentů, doktorandů a v rámci celoživotního vzdělávání zaměstnanců a řídících pracovníků především malých a středních podniků (projekčních a konzultačních kanceláří a realizačních stavebních firem). Klíčové aktivity zahrnovaly:

- pořádání seminářů s účastí pozvaných lektorů ze zahraničí sloužících k zavádění výsledků výzkumu do praxe a k přenosu znalostí do podnikatelské sféry (uspořádány celkem 4 semináře),
- zpřístupnění výsledků cílové skupině prostřednictvím publikací – vydána příručka pro hodnocení existujících konstrukcí a 4 sborníky k seminářům,
- uspořádání 2 přednášek pro širokou veřejnost za účelem rozšířit znalosti o problematice mimo odbornou veřejnost a zvýšit zájem o existující stavby, o jejich údržbu a optimalizaci využití,
- vzdělávání studentů bakalářského, magisterského a doktorského studia na ČVUT,
- prezentace výsledků na www stránkách včetně softwarových pomůcek usnadňujících praktické využití výsledků projektu,
- podpora stáží (1 člen týmu/doktorand byl na dvouměsíční stáži na University of Applied Sciences Regensburg).

2. Specifika hodnocení existujících konstrukcí

Přestože jsou funkční požadavky na bezpečnost a použitelnost při hodnocení existujících konstrukcí většinou podobné jako pro navrhování nových konstrukcí, existují mezi nimi některé zásadní rozdíly, mezi které patří:

- ekonomická hlediska zahrnující rozdíl nákladů na dosažení přijatelnosti stavu nové konstrukce a nákladů na zlepšení stavu existující konstrukce, který může být velmi podstatný (zatímco v návrhu je obecně přírůstek nákladů vedoucí ke zvýšení bezpečnosti malý, např. při zesilování existujících konstrukcí je obvykle přírůstek nákladů významný),
- sociální hlediska včetně omezení nebo přemístění uživatelů a činností a zachování historických hodnot (tato hlediska nemají dopad na návrh nových konstrukcí),
- hlediska udržitelného rozvoje, jako např. snížení odpadů a využití recyklace (tato hlediska mohou mít větší důležitost při hodnocení existujících konstrukcí než při

navrhování nových konstrukcí).

V důsledku toho platí pro většinu běžných existujících konstrukcí snaha o „minimální stavební zásah“, při kterém se v konstrukci používají původní materiály. Zároveň však rostou nároky na hodnocení konstrukce, které má vycházet ze skutečných vlastností materiálů a skutečných zatížení ovlivňujících spolehlivost konstrukce. Podklady pro ověřování se tedy často získávají vyhodnocením zkoušek, při kterých je potřebné uplatnit nástroje matematické statistiky.

3. Zpracovaná metodika

Obecné zásady hodnocení existujících konstrukcí

Obecné zásady hodnocení existujících konstrukcí se opírají o nový dokument ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, který nahrazuje původní českou normu ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách. Jádrem nové ČSN je překlad dokumentu ISO. Doplňuje Eurokódy EN, které nepokrývají oblast ověřování existujících konstrukcí. Poskytuje pokyny pro ověřování existujících konstrukcí, které jsou v souladu se zásadami Eurokódů a jsou založeny na pravděpodobnostních základech a teorii spolehlivosti stejně jako Eurokódy. Ve výstupech projektu se popisují podstatné části ČSN ISO 13822 a dále materiálově zaměřené národní přílohy, které aktualizují obdobné části ČSN 73 0038. Aplikace obecných zásad nové ČSN v projekční praxi ilustrují numerické příklady zachycující nejdůležitější postupy ověřování existujících konstrukcí. Ukazuje se, že nová ČSN poskytuje projektantům široké možnosti uplatnění experimentálně získaných dat i předchozích zkušeností.

Metoda dílčích součinitelů

Nové předpisy pro ověřování spolehlivosti stavebních konstrukcí se systematicky opírají o základní poznatky pravděpodobnostní teorie spolehlivosti. Ukazuje se, že koncepce součinitelů citlivosti a návrhových hodnot metody FORM lze účinně aplikovat při stanovení dílčích součinitelů a redukčních součinitelů pro návrh nových i hodnocení existujících konstrukcí. Pravděpodobnostní metody teorie spolehlivosti tak umožňují využít zásady diferenciací spolehlivosti, které se mohou významně uplatnit zejména při ověřování spolehlivosti existujících konstrukcí. Přímé aplikace se však střetávají s nutností stanovit požadovanou úroveň spolehlivosti a vhodné teoretické modely základních veličin.

Hodnocení vlastností materiálů

Příloha D normy ČSN EN 1990 uvádí postupy hodnocení a navrhování konstrukcí pomocí zkoušek. Popisuje různé druhy zkoušek, pokyny pro plánování zkoušek, obecné zásady pro stanovení návrhových hodnot odolnosti, základní statistické postupy, stanovení charakteristických a návrhových hodnot u jedné náhodné veličiny a stanovení modelu odolnosti konstrukčních prvků. Při hodnocení existujících konstrukcí se zejména uplatní statistické metody zpracování výsledků zkoušek základních vlastností materiálů.

Stanovení zatížení

Při stanovení proměnných zatížení a kombinací zatížení na existujících konstrukcích lze využít platné normy, zvláště pak ČSN EN 1990, příslušné Části ČSN EN 1991 pro zatížení konstrukcí a ISO 2394. Je však třeba zohlednit změny zatížení v důsledku změn způsobu využívání nebo změn ověřované konstrukce. Nově zavedený mezinárodní dokument ČSN ISO 13822 poskytuje pro stanovení zatížení obecnou metodiku zaměřenou především na

určení stálých zatížení na základě zkoušek s využitím statistických metod. Ukazuje se, že při ověřování spolehlivosti existujících konstrukcí se mají uvážít odpovídající návrhové situace a mezní stavy a stanovit slučitelná uspořádání zatížení a kritické zatěžovací stavy. Dále je nutné určit návrhové hodnoty účinků zatížení pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti a ověřit odolnosti konstrukce pro zvolené podmínky spolehlivosti.

Mezní stavy použitelnosti a funkční způsobilost konstrukcí

V platných evropských normách jsou požadavky na funkčnost a způsobilost konstrukcí uváděny velmi omezeně a jejich kvantitativní upřesnění zejména v mezních stavech použitelnosti se ponechává na investorovi, který je často nedovede stanovit. Projektant si často neuvědomuje jejich dopad, nebo si neví rady s jejich kvantifikací. Poškození, která pak vznikají nesprávným oceněním těchto požadavků, bývají často velmi závažná a opravy bývají nákladné. V rámci řešení projektu se shrnuly příklady týkající se nesprávného ocenění těchto požadavků (u pozemních staveb, nádrží apod.), možnosti oprav (popř. úprav při projektování) a možnosti upřesnění těchto požadavků.

Návrh obnovy z hlediska zbytkové životnosti

Základním ukazatelem spolehlivosti stavebních konstrukcí je pravděpodobnost poruchy P_f , příp. index spolehlivosti β , odpovídající určitému časovému intervalu t_{ref} působení konstrukce za stanovených podmínek. Praktické uplatnění veličin P_f a t_{ref} při hodnocení existujících konstrukcí se však střetává s otázkou stanovení návrhové (požadované) pravděpodobnosti poruchy P_d a zbytkové životnosti t_d . Byly objasněny některé souvislosti uvedených veličin včetně návodu na praktické stanovení dílčích součinitelů materiálu pro libovolné hodnoty P_f a t_{ref} na základě návrhových hodnot P_d a t_d .

Praktické aspekty hodnocení existujících konstrukcí

Vzhledem k současným společenským a ekonomickým potřebám na využití existujících konstrukcí představuje hodnocení spolehlivosti existujících konstrukcí důležitou problematiku každodenní inženýrské praxe. Při řešení projektu byla snaha zodpovědět zásadní otázky:

- Jaká data jsou pro hodnocení nezbytná a jakými způsoby je lze vyhodnotit?
- Jaká jsou kritéria přijatelnosti pro existující konstrukce?

Odpovědi na tyto otázky byly vysvětleny na praktických příkladech hodnocení železobetonové konstrukce a rozboru spolehlivosti silničního tunelu.

Stavebně-technické průzkumy a sledování poruch

Při rekonstrukcích, nástavbách nebo přístavbách existujících konstrukcí je potřeba získat co nejspolehlivější informace o technickém stavu, provedení a vlastnostech objektu, aby návrh jeho úprav byl racionální a hospodárný. Zásadní rozdíl oproti návrhu nové budovy je v tom, že při projektování nové stavby projektant přizpůsobuje stavbu prostředí, kde bude realizována, volí druhy a rozměry konstrukcí, navrhuje použité materiály a předepisuje jejich vlastnosti. Za dodržení navržených parametrů pak odpovídá dodavatel stavby a výrobce stavebních hmot. Při změně stavby je situace složitější. Existuje zde reálný objekt, jehož technické řešení, druhy a skladby konstrukcí, ani vlastnosti použitých materiálů nejsou obvykle známy. Rovněž odpovídající dokumentace skutečného provedení je k dispozici rovněž velmi zřídka. Stavba navíc existuje v určitých podmínkách, které se stavebními zásahy rovněž změní. Proto je důležité chybějící informace v přiměřeném rozsahu získat. Mělo by se vycházet ze stavu a stáří objektu, z množství známých informací o něm a z náročnosti uvažovaných stavebních zásahů. Doplnění informací o objektu pak zjišťují nebo upřesňují

stavební průzkumy. Jejich význam se uplatňuje především u změn staveb, tj. u rekonstrukcí, adaptací, nástaveb, přístaveb, půdních vestaveb apod.

4. Hodnocení aktivit cílovou skupinou

Získání a vyhodnocení odezvy od cílové skupiny byla při řešení projektu věnována mimořádná pozornost. Ze shrnutí odevzdaných hodnocení seminářů vyplývá, že:

- semináře splnily očekávání týkající se tematického zaměření: 30 % - plně, 55 % - většinou, 15 % - zhruba, 0 % - jen málo a vůbec ne
- přístup lektorů a poskytnuté materiály (sborníky, příručka apod.) vyhovovaly: 50 % - plně, 45 % - většinou, 5 % - zhruba, 0 % - jen málo a vůbec ne
- semináře organizačně vyhovovaly: 50 % - plně, 45 % - většinou, 5 % - zhruba, 0 % - jen málo a vůbec ne
- přínos pro praxi byl: 10 % - maximální, 45 % - značný, 45 % - slušný, 0 % - malý a žádný
- celková úroveň seminářů byla: 25 % - výborná, 60 % - velmi dobrá, 10 % - dobrá, 5 % - dostatečná a 0 % - nedostatečná.

Dále byla v hodnocena odezva studentů ČVUT na přednášky partnerů a exkurze:

- přístup lektorů vyhovovaly: 90 % - plně, 10 % - většinou, 0 % - zhruba, jen málo a vůbec ne
- přednáška a exkurze organizačně vyhovovaly: 40 % - plně, 60 % - většinou, 0 % - zhruba, jen málo a vůbec ne
- očekávaný přínos pro praxi byl: 35 % - maximální, 50 % - značný, 15 % - slušný, 0 % - malý a žádný
- celková úroveň byla: 35 % - výborná, 55 % - velmi dobrá, 10 % - dobrá, 0 % - dostatečná a nedostatečná.

Ve spolupráci s dodavatelem webových stránek byla vyhodnocena on-line anketa na webových stránkách projektu:

- hodnotili: 45 % - projektanti, 20 % - státní zaměstnanci, 20 % - řídící pracovníci a manažeři, 15 % - studenti
- aktivity, kterých se hodnotící zúčastnili (především semináře - 80 %, dále hodnotící využívali podkladů na webových stránkách - 55 %), splnily očekávání: 15 % - plně, 85 % - většinou, 0 % - málo a vůbec
- poskytnuté materiály: 40 % - výborné, 60 % - velmi dobré, 0 % - dobré a špatné
- uplatnění získaných informací v zaměstnání: 70 % - většinou, 30 % - některé, 0 % - plně a vůbec
- úroveň aktivit a výstupů: 60 % - výborná, 40 % - velmi dobrá, 0 % - dobrá a špatná.

Hodnotící zaujali např. pozvaní lektorů a zapojení studentů do diskuse. V rámci dalšího vzdělávání v oboru hodnocení existujících konstrukcí se zajímají např. o pokročilé statistické metody, sanace historických staveb, hodnocení betonových, ocelových a dřevěných konstrukcí a moderní metody hodnocení. V poznámkách dále hodnotící ocenili příklady problémů - poruchy z praxe a jejich řešení, požadovali však ještě více praktických příkladů a postrádali větší množství zahraničních expertů.

5. Úspěšnost projektu

Celkový počet podpořených osob (osob, které jakýmkoliv způsobem využily výstupů projektu) je 10 978. Počet podpořených organizací je 189 (z toho velké podniky 9, malé a střední podniky 159 a vzdělávací a poradenské instituce 19). Počet nově vytvořených produktů je 18 (sborníky a příručka, softwarové pomůcky – všechny produkty jsou k dispozici

na www.konstrukce.cvut.cz, stránka Ke stažení).

6. Navazující aktivity

Vypracovaná metodika hodnocení existujících konstrukcí má dlouhodobé využití. Po ukončení projektu se předpokládá pořádání navazujících seminářů na téma hodnocení existujících konstrukcí na komerční bázi (např. ve spolupráci s ČBS nebo ČKAIT). Dále se výstupy projektu využijí a budou dále rozvíjet při aktivitách v rámci mezinárodní normalizační organizace ISO, ve které působí členové Kloknerova ústavu.

Další vývoj normativních dokumentů ISO a EN zaměřených na hodnocení existujících konstrukcí se očekává především v oblastech:

- hodnocení historických konstrukcí (příloha ISO 13822),
- diferenciací spolehlivosti (směrné úrovně spolehlivosti pro existující konstrukce, které by měly zohledňovat vyšší náklady na zajištění spolehlivosti u existujících konstrukcí v porovnání s novými konstrukcemi),
- metodika hodnocení rizik,
- hodnocení robustnosti existujících konstrukcí (zamezení nepřiměřeným následkům extrémních jevů jako výbuch nebo náraz),
- hodnocení trvanlivosti (modely pro karbonataci betonu, korozi výztuže apod.).