

ŽIVOTNOST A SPOLEHLIVOST STAVEB SERVICE LIFE AND RELIABILITY OF BUILDING STRUCTURES

BŘETISLAV TEPLÝ

V příspěvku se pojednává o životnosti a spolehlivosti stavebních konstrukcí a jejich vzájemné vazbě i s ekonomickými důsledky. Zdůrazňuje se ekonomický dopad pro klienta a účelnost jeho spoluúčasti při rozhodování o těchto vlastnostech již při projektové činnosti. Uvádí se definice životnosti, jednotlivé fáze životního cyklu a definice spolehlivosti.

The paper deals with service life and reliability of building structures mutual effects with the economical implications as well as with the usefulness of client's collaboration in this respect during the design period. The durability is defined, the different periods in the whole life of structure are mentioned; also the reliability measures are explained.

„Životnost“ a „spolehlivost“ jsou dvěma důležitými vlastnostmi staveb/konstrukcí, navzájem propojenými. Nejprve se pokusíme o vysvětlení těchto pojmů:

V souvislosti s životností se často hovoří o *trvanlivosti* stavebních materiálů, výrobků, konstrukcí či stavebních objektů jako celku. Trvanlivost je vztažena ke schopnosti zachovat specifické užité i jiné vlastnosti na požadované úrovni, během daného časového rozpětí a za daných *podmínek provozu a působení prostředí*, tj. za běžné, nebo projektem předpokládané (lépe: předepsané) údržby. Jinak řečeno, trvanlivost je obecný výraz pro schopnost odolávat degradaci vnějšími vlivy a opotřebení provozem. Výslednicí trvanlivosti všech komponentů je pak **životnost** stavebního prvku, konstrukce, objektu, která je vlastně *kvantifikací trvanlivosti* (vyjádřenou obvykle v rocích).

Nepochybně každý „účastník“ stavební činnosti a užívání stavby má zájem na tom, aby byla dostatečně bezpečná, a to po dobu celého jejího životního cyklu. To se týká zejména nosných konstrukcí. Samozřejmě to nemůže být dáno jen nějakým verbálním ujištěním, odhadem či zkušeností, je nutno to doložit a *kvantifikovat* – a to lze provést právě pomocí hodnoty příslušné míry **spolehlivosti**.

SPOLEHLIVOST

Spolehlivost patří k základním požadavkům při navrhování či posuzování nosných stavebních konstrukcí (a na ty se v dalším omezíme), ale je nutno přiznat, že v současných předpisech a normách je kvantifikace spolehlivosti konstrukcí jaksi skryta – při postupu dle základní metody, tj. metody dílčích součinitelů spolehlivosti se míra spolehlivosti explicitně nestanovuje (viz ČSN [1], příslušné Eurokody i ISO). Projektant nemůže tedy v tomto ohledu vyhodnocovat alternativy konstrukčních řešení, srovnávat, optimalizovat, případně navrhnout konstrukci s nějakou specifickou, předem zadanou hodnotou míry spolehlivosti. Připomeňme, že míra spolehlivosti je popsána teoretickou *pravděpodobností poruchy* p_r , resp. *indexem spolehlivosti* β a odpovídá některému z mezních stavů; o mezních stavech podrobněji viz např. [2].

Bylo by jistě účelné, kdyby inženýr měl dostatečné znalosti o pravděpodobnostní problematice a mohl se sám lépe orientovat v různých návrhových situacích a jim odpovídající spo-

lehlivosti. Normy sice připouštějí možnost navrhovat konstrukce pomocí *plně pravděpodobnostních metod*, kterými lze spolehlivost kvantifikovat, použití takových metod však vyžaduje znalost statistických a pravděpodobnostních postupů a také statistická hodnocení nejistot obsažených ve vstupních veličinách; pravděpodobnostní metody proto nejsou zatím běžně aplikovány.

Vyšetřovat je nutno mezní stavy únosnosti a použitelnosti (vč. hledisek trvanlivosti). Pro únosnost vždy, a pro použitelnost často (např. u limitů deformací), jsou mezní stavy a relevantní hodnoty míry spolehlivosti předepsány (ČSN, Eurokody) a projektant nemá důvod v tomto ohledu nijak zasahovat. Poznamenejme, že se obvykle pro mezní stavy únosnosti indikuje návrhová (cílová) hodnota indexu spolehlivosti $\beta_d = 3,8$ a pro mezní stav použitelnosti $\beta_f = 1,5$ pro referenční dobu 50 let. Jak bylo uvedeno výše, při navrhování konstrukce se zpravidla postupuje metodou dílčích součinitelů spolehlivosti, tzn. aktuální spolehlivost návrhu je dána dosti složitou kombinací charakteristických hodnot vstupujících veličin a dílčích součinitelů spolehlivosti. Inženýr proto i z těchto důvodů nemůže hodnotit/optimalizovat celkové náklady, protože některé jejich součásti jsou ovlivněny hodnotami pravděpodobnosti dosažení mezních stavů, které reflektují uvažovanou situaci v rámci životního cyklu stavby – bližze viz [3]. Připomeňme, že pro jevy související s životností, které obvykle neohrožují přímo bezpečnost lidí a základní funkce objektu, ale mají výrazný *ekonomický dopad* pro klienta (investora, uživatele), je nutno rozhodnutí o definici životnosti a tomu přidružené hodnotě pravděpodobnosti (nebo indexu spolehlivosti) ponechat jemu!

Investor by tedy měl zodpovědně rozhodnout také

- o volbě/definici mezního stavu/stavů životnosti (použitelnosti) a relevantní návrhové hodnotě indexu spolehlivosti pro nosné konstrukce;
- o limitech dalších užitečných vlastností (a případně jim odpovídajících mezních stavech).

Například u betonových konstrukcí: dle rozhodnutí investora je možno omezit životnost okamžikem depasivace výztuže (výztuž ještě nekoroduje, přitom jistě lze uvažovat $\beta_f < 1,5$), nebo až jistým stádiem, kdy by díky korozi nosné výztuže došlo buďto ke korozním „výkvětům“, ke vzniku trhlin či odpadávání krycí vrstvy betonu, nebo ke snížené únosnosti díky úbytku výztuže korozi a pod. Při rozhodování o tomu odpovídajících hodnotách indexu spolehlivosti pak je možno uvážit i vyměnitelnost prvku, či jeho přístupnost pro údržbu. To vše jistě vyžaduje též brát ohled nejenom na působení prostředí (exposiční podmínky), ale též na předpokládanou degradaci materiálů, konstrukčních prvků i celku v čase. Přitom musí být uvažován důsledek údržby, oprav, resp. výměny některých částí ve vztahu k *cenovým relacím*. To pak umožní objektivněji hodnotit a srovnávat alternativní řešení, příp. omezit riziko neplánovaných a neekonomických důsledků, tj. náklady i provoz *optimalizovat*.

Je vidět, že současné hodnocení životnosti a spolehlivosti je pro tyto účely nezbytné; Eurokody, resp. příslušné ČSN k tomu ale nedávají jasné návody. Správná prognóza životnosti i hodnocení spolehlivosti mohou být relativně složité úlohy, při jejichž řešení se uplatní množství faktorů. Některé z nich nemusí být

Předinvestiční fáze	Investiční fáze		Provozní fáze			Likvidace
	Projektové práce	Realizace	Údržba	Plánované opravy, výměny	Rekonstrukce	
			Návrhová životnost			
			Upravená životnost			
			Životní cyklus stavby			
Životní cyklus projektu						

Tab. 1 Fáze životního cyklu
Fig 1 Phases of construction

Literatura:

- [1] ČSN EN 1990 Zásady navrhování. Česká technická norma, ČNI, 2003
- [2] Teplý B.: Mezní stavy včera, dnes a zítra. Stavební obzor, 7/2005, str. 193–6
- [3] Teplý B.: Trvanlivost – náklady – spolehlivost konstrukcí. Beton TKS 3/2005, str. 3–5.

předem dostatečně známy a řada z nich má *náhodný charakter*. Vzhledem k těmto nejistotám (náhodnostem) souvisejících veličin a jevů je potřebné dát přednost **pravděpodobnostním metodám** před postupy deterministickými.

ŽIVOTNOST

V úvodu byla životnost definována jako kvantifikace trvanlivosti. Doplňme ještě, že při projektování nové konstrukce hovoříme o *návrhové životnosti*, u konstrukce již provozované pak o *životnosti zbytkové*; jejich ukončení nastává v okamžiku, kdy sledovaný prvek, konstrukce nebo objekt již nemohou dále plnit některou svoji funkci (resp. více funkcí či dokonce všechny funkce) buďto vůbec, nebo jen s nedostatečnou spolehlivostí. Kromě těchto důvodů může být také životnost ukončena z důvodů zastarání či zásadní změny požadovaných funkcí, příp. jako důsledek jiného rozhodnutí majitele. Rekonstrukce, resp. neplánované opravy vedou obvykle k upravené životnosti (vesměš k jejímu prodloužení). Dalším pojmem je *životní cyklus stavby*, příp. *životní cyklus projektu* (záměru); které fáze, resp. které úkony mohou zahrnovat, vysvítá z následujícího schématu – tabulky (které ovšem neznázorňuje všechny varianty a možné návaznosti).

Zabývejme se dále jen základními případy životnosti, tj. návrhovou či zbytkovou životností. Ukončení takové životnosti je možno definovat okamžikem, kdy by již byla dosažena jistá nepřijatelná mez některého z mezních stavů použitelnosti, únosnosti, resp. mezních stavů trvanlivosti. Rozhodnutí o tom, která situace/mezní stav bude pro daný případ použita jako mezní, závisí nejenom na konstrukčních a technologických okolnostech, ale zejména na výše zmíněných ekonomických důsledcích. Jinými slovy, zda úvahy o optimalizaci nákladů a provozu povedou např. k minimalizaci údržby a oprav a tedy ke zkrácení doby do zahájení nákladnějších oprav, rekonstrukcí, příp. k zahájení likvidační fáze, či zda bude přínosnější zvolit vyšší životnost zvýšením investičních nákladů a důslednou údržbou. Znovu připomínáme, že různým mezním stavům přísluší různá hodnota indexu spolehlivosti a tedy i různá ekonomická náročnost. V řadě případů, tj. kromě mezních stavů únosnosti, rozhodnutí závisí zejména na klientovi.

ZÁVĚR

Z uvedeného vyplývá, že životnost i spolehlivost jsou vzájemně provázané hodnoty; ekonomicky přiměřené životnosti stavby lze dosáhnout právě jen ve vazbě na spolehlivost.

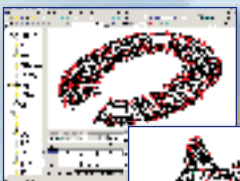
Tento příspěvek byl vypracován v rámci činnosti centra CIDEAS – projekt 1M0579 (MŠMT ČR). Uvedené výsledky též souvisejí s řešením projektu 103/06/1562 uděleného Grantovou agenturou ČR.

Text článku byl pospouzen odborným lektorem.

Prof. Ing. Břetislav Teplý, CSc.
Stavební fakulta TU v Brně
Veveří 331/95. 602 00 Brno
tel.: 541 147 642
e-mail: teply@fce.vutbr.cz

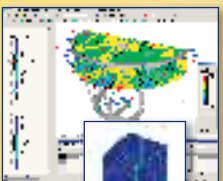
RSTAB


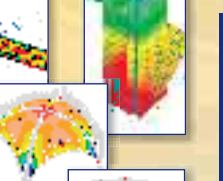
Program pro výpočet rovinných i prostorových prutových konstrukcí



RFEM


Program pro výpočet konstrukcí metodou konečných prvků



Demoverze zdarma ke stažení
www.dlupal.cz

- Řada přídatných modulů
- Rozsáhlá knihovna profilů
- Snadné intuitivní ovládání
- 6 500 zákazníků ve světě
- Nová verze v českém jazyce
- Zákaznické služby v Praze



Ing. Software Dlubal s.r.o.
Anglická 28, 120 00 Praha 2
Tel.: +420 222 518 568
Fax: +420 222 519 218
E-mail: info@dlupal.cz

Statika, která Vás bude bavit ...