



EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF RELIABILITY OF CIVIL ENGINEERING STRUCTURES

EXPERIMENTÁLNÍ HODNOCENÍ SPOLEHLIVOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Drdácký M., Pirner M.

Paper presents examples of structural reliability assessment by means of proof load testing. Tests on completed structures as well as on structural elements before assembly are mentioned. First case discusses testing of defective laminated wood frames and second deals with an old and cracked reinforced concrete frame of an industrial building. It further covers testing of wooden structural elements for a large dome roofing of a sports hall.

Keywords: reliability assessment, proof loading test, laminated wood, reinforced concrete

Úvod

Experimentální metody jsou nezastupitelné při hodnocení únosnosti a spolehlivosti stavebních konstrukcí všude tam, kde je vytvoření odpovídajícího matematického modelu nemožné nebo nepřiměřeně nákladné při nízké spolehlivosti výsledku. Jedná se především o konstrukce se silně heterogenními mechanickými charakteristikami, o náročné stavby, které jsou výsledkem složitého výrobního procesu, o konstrukce poškozené, konstrukce vystavené působení náhodného zatížení nebo zatížení s neznámou historií.

Spolehlivost konstrukce nebo konstrukčního prvku se zjišťuje zatěžovacími zkouškami. Jejich provádění je pro konstrukce navrhované podle zásad ČSN 73 0031 upraveno technickými normami, zvláště ČSN 73 2030 "Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí" a soustavou přidružených norem pro stavební konstrukce určitého druhu nebo pro

jednotlivé do konstrukce nezabudované dílce. V některých případech lze spolehlivost konstrukce posuzovat dynamickou odezvou podle zásad ČSN 73 2044.

Příspěvek uvádí příklady použití zatěžovacích zkoušek pro některé praktické úlohy.

Zkoušení konstrukcí porušených trhlinami

Podrobným průzkumem nosné konstrukce sportovní haly z dřevěných trojkloubových obloukových ráků na rozpětí 43,12 m byl zjištěn velký rozsah trhlin a imperfekcí v lepených spárách mezi lamelami hlavních nosných prvků. Nosné vazby nevyhovovaly z hlediska jakosti požadavkům ČSN 73 2052 "Výroba dřevěných lepených prvků". Většina defektů - neslepených míst, nadměrných tlouštěk lepených spar nebo trhlin - byla soustředěna v blízkosti podpory. V části 300 cm dlouhé se podíl defektů na celkové délce lepených spar pohyboval v rozmezí 2% až 13% a průřez lepeného prvku byl silně nehomogenní. Neslepená místa byla zjištěna i ve střešní části polorámů, ale vzhledem k obtížné přístupnosti nebyla detailně zkoumána v celém rozsahu konstrukce. Velký rozptýl hodnot byl zjištěn i u skutečných rozměrů příčného průřezu a 90% polovazeb nevyhovovalo přípustným tolerancím. Konstrukce vykazovala ještě další imperfekce. Rozebrání haly a výměna vadných prvků představovaly milionové náklady a proto bylo rozhodnuto experimentálně stanovit spolehlivost defektních ráků, na místě určit sanační zásah a způsobilost opravené konstrukce vzdorovat požadovanému zatížení prokázat zatěžovací zkouškou nahrazující statický výpočet.

Každá vazba byla zatěžována zvlášť po předchozím zjištění míry spolupůsobení okolních vazeb. Rovnoměrné zatížení sněhem bylo nahrazeno bodovým zatížením soustavou osamělých sil vyvozovaných kusovou zátěží železobetonovými panely. Uspořádání zkušební zátěže na zkoušené konstrukci bylo navrženo tak, aby vyvodilo v rozhodujících průřezích podobné mechanické účinky jako skutečné zatížení.

Pro hodnocení spolehlivosti zkoušené konstrukce z hlediska mezního stavu únosnosti byl sledován poměr trvalých deformací po odlehčení k celkovému přetvoření při zkušebním zatížení. Dále byl sledován stav poruch, jejich stabilita, popř. vznik poruch nových.

Ocenění spolehlivosti konstrukce podle mezního stavu přetvoření vyžaduje porovnání s teoretickými hodnotami průhybů. Tato metodika předpokládá znalost materiálových charakteristik a přesných rozměrů konstrukce i sestavení výstižného matematického modelu pro výpočet přetvoření. Pro diskutovaný problém bylo nutné provést výpočty při různých předpokladech integrity a rozměrů průřezu. Zhodnocení konstrukce podle mezního stavu přetvoření tak vyžaduje značné zkušenosti s chováním konstrukcí stejného typu.

Podobným příkladem je experimentální hodnocení železobetonového monolitického průmyslového objektu navrženého k rekonstrukci pro nový provoz. Budova byla postavena v roce 1909 a během života vystavena působení těžkého dynamického zatížení. Stropy byly poškozeny trhlinami a různými neodbornými zásahy při změnách provozních podmínek, instalaci technických zařízení apod. Projektant rekonstrukce navrhoval odstranění podlahových betonových vrstev, zesílení stropní konstrukce nadbetonováním a vytvoření náslapné plastbetonové vrstvy. Tato oprava byla nesmírně pracná, nákladná a časově náročná. Přitom předběžné zkoušky prokázaly, že budova je postavena z betonu výborné kvality.

Pro zjednodušení rekonstrukce byla provedena zatěžovací zkouška stropu a ověřena jeho způsobilost přenášet požadovaná zatížení. Zkušební zátěž byla určena tak, aby vyhověla normovým podmínkám a zároveň prověřila individuální možné nepříznivé kombinace. Strop byl zatěžován čtyřmi způsoby: i) soustředěným zatížením koly dopravního vozíku v nejnebezpečnějším průřezu trámu, ii) soustředěným zatížením koly vozíku uprostřed stropní desky, iii) rovnoměrným zatížením 4 kN/m^2 odpovídajícím normovým podmínkám, iv) zatížením plánovaným strojním zařízením v kombinaci s dopravním vozíkem ve výši 22 kN.

Metodika hodnocení spolehlivosti konstrukce byla stejná jako v předchozím případě. Výsledek se lišil v chování konstrukce při zatížení, neboť přetvoření betonového stropu nedosahovala vypočtených hodnot. Konstrukci nebylo třeba zesilovat.

V obou případech byly zatěžovací zkouškou výrazně ušetřeny náklady, materiál a zkrácena doba výstavby nebo opravy.

Zkoušení prvků před zabudováním do konstrukce

Sportovní hala kruhového půdorysu o průměru 105 m je tvořena 22 dřevěnými lepenými dvoukloubovými oblouky proměnné výšky (0,9 až 1,9 m), konstantní šířky (0,23 m). Spolehlivost těchto oblouků byla ověřována statickým zatěžováním dvojic polovin oblouků, vzájemně sprážených. Alternativně bylo použito statické zatěžování samostatné poloviny oblouku, vsunuté do ocelového přípravku zabraňujícího vybočení z roviny. Zatěžovací zkouškou byly vyřazeny nedostatečně únosné prvky, kterých bylo asi 20% a vyhovující byly montovány do konstrukce kopule.

Celá nosná konstrukce, t.j. zmíněné oblouky, vzájemně spojené pěti soustřednými prstenci a ztužené bedněním ve tvaru kulového vrchlíku byla podrobována periodickým dynamickým zkouškám. Sledovanou veličinou byla největší vlastní frekvence, jejíž změna byla vyvolávána okolním neklidem. Ke sledování bylo zhotoveno monitorovací zařízení, jehož čidlo bylo umístěno na jednom z oblouků. Bylo stanoveno kritérium vyjadřující změnu únosnosti pomocí měřené vlastní frekvence.

Podobnou úlohou bylo určení dynamické odolnosti lepených skel pro použití v expozicích pražské ZOO. V laboratoři byly modelovány podmínky uložení bezpečnostních skel do projektované stavební konstrukce a zkoušeny při statickém a dynamickém zatížení. Podle výsledků zkoušek byly určeny maximální přípustné hodnoty zatížení skel oddělujících návštěvníky ZOO od zvířat a pomůcka pro navrhování vrstvených lepených skel.

Miloš Drdáký, Ing.,CSc., Miroš Pirner, Prof.,Ing.,DrSc.

Ústav teoretické a aplikované mechaniky ČSAV, 128 49 Praha 2, Vyšehradská 49

Telefon: (02) 293347, 297291 Fax: (02) 295903