

REŠERŠE ZE ZAHRANIČNÍCH ČASOPISŮ

PRŮZKUM OSTĚNÍ PO POŽÁRU V TUNELU MONT BLANC

Obousměrný tunel Mont Blanc (11,6 km) spojuje od roku 1965 Itálii s Francií. Po požáru v tunelu v březnu 1999, který trval 53 h (zemřelo 39 lidí, uhořelo 34 vozidel včetně 23 kamionů), byl proveden odhad škod betonového tunelového ostění zasaženého v délce 1200 m a určen rozsah oprav. Při místním šetření byly vyzkoušeny dvě nové metody – měření barev ostění betonu a modální analýza seismických vln (MASW), běžně užívaná při průzkumu terénu.

V krystalové struktuře betonu při vystavení žáru probíhají následující změny:

- 80 – 100 °C: volná voda se začíná odpařovat
- 80 – 300 °C: první dehydratace C-S-H (silikátových hydrátů)
- 450 – 550 °C: rozpad $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 600 – 700 °C: druhá transformace C-S-H
- nad 800 °C: rozpad všech C-S-H

Proces doprovází změny barvy betonu. Transformace krystalů jsou nezvratné, a proto barva betonového povrchu souvisí s nejvyšší teplotou, které byl beton vystaven. Barva povrchu betonu byla měřena na více než tisíce místech klenby tunelu.

Článek popisuje princip metody, postup



Faure R. M., Karray M.: Investigation of the Concrete Lining after the Mont Blanc Tunnel Fire Structural Engineering International 2/2007, str. 123–132

Obr. 1 Vzorky betonu po zahřátí s viditelnými změnami barev. Vzorky zahřáté na vysokou teplotu jsou ovázány gumou.

VÝSLEDKY VYŠETŘOVÁNÍ PŘÍPADŮ BUDOV ZHROUCENÝCH PŮSOBENÍM VLASTNÍ TÍHY V TURECKU

V Turecku je více než 90 % budov postaveno ze železobetonu. Během nedávných zemětřesení se mnohé z nich zhroutily. Kromě případů budov zřícených vlivem zemětřesení zde často dochází k zhroutilí budov působením vlastní tíhy.

Nejdramatičtější je případ totálního zřícení devítipodlažní železobetonové budovy Zumrut Apartment ve městě Konya. Budova se 2. února 2004 náhle celá zhroutilila a pod troskami zahynulo 92 lidí. Dalším příkladem je částečné poškození objektu Altinbasak Apartment (500 m od budovy Zumrut), kde došlo k výrazným deformacím sloupů v suterénu.

V článku jsou popsána vyšetřování obou poškozených budov a posouzení chyb z jejich projektu a výstavby. Jsou diskutovány výsledky počítačové simulace chování konstrukcí MKP a srovnávány se skutečným poškozením objektů, zejména svislých nosných prvků.

Šetření v troskách budovy Zumrut Apartment prokázalo, že použité kamenivo nebylo tříděné, propané (obsahovalo nahromaděný jemný písek, jíl a zeminu) a nevhodný byl i poměr zrn kameniva (největší zrno měřilo 150 mm). Pevnost beto-



nu byla na základě statistického vyhodnocení (z trosek bylo odebráno 20 výtvtů) určena na 7,6 MPa. Během výstavby budovy nebyla řádně rozmístěna navržená příčná ani podélná výtvtuž v nosných prvcích. Rovněž projekt nesplňoval turecké normy.

Popraskání a vybočení sloupů v budově Altinbasak Apartment bylo způsobeno špatnou kvalitou betonu a chybou v provádění. Byly postaveny sloupky o rozměrech 200 x 900 mm namísto 300 x 950 mm, jak bylo uvedeno v projektu. Kvalita betonu byla snížena použitím nepraného kameniva a špatnými postupy při ošetřování materiálu. Redistribuce zatížení a výrazné dotvarování některých nosných prvků způsobilo podrcení betonu a deformaci sloupů.

Hlavními důvody poškození a zhroutilí budov byly chyby ve výpočtu zatížení, nevhodné rozměry nosných prvků, nedostatečné výtvtužení a špatná kvalita materiálu.



Kaltakci M. Y., Arslan M. H., Ozturk M.: Results and lessons learned from the buildings which failed under their own weight in Turkey, Structural Engineering International 2/2007, str. 159–165

*Obr. 2 Měření rozmístění třímínků výtvtuže sloupu v troskách budovy
Obr. 3 Rozdrcený beton deformovaných sloupů budovy Altinbasak Apartment*

ZHRUCENÍ BUDOVY GIOTTO AVENUE V ITALSKÉ FOGGII

Budova Giotto Avenue v italské provincii Foggia se v noci 11. listopadu 1999, třicet let po svém postavení, bez předchozích varovných signálů zřítla, aniž jejímu pádu předcházelo zemětřesení či výbuch.

Na vypracování komplexní studie spolupracovali vedle odborných konzultantů i tři italské univerzity: Politecnico di Bari, Politecnico di Milano a Università di Basilicata. K ověření hypotéz bylo nezbytné určit stav budovy před zhrucením.

V článku jsou uvedeny výsledky deterministických a pravděpodobnostních výpočtů nejvíce namáhaných nosných prvků, např. sloupů v 1. NP. Z ohledání trosk budovy a z laboratorních testů mnoha odebraných vzorků bylo zjištěno, že kvalita betonu, který byl použit v konstrukci budovy, byla tak špatná, že by mohla být považována za hlavní příčinu zhrucení.

Beton byl extrémně různorodý, pórovitý, obsahoval značné množství písku a v konstrukčních prvcích byly nalezeny nepatřičné objekty, např. kusy dřeva, plechovka, gumová loutka... Fyzikální a chemické zkoušky betonu prokázaly jeho velmi nízkou pevnost, nízkou odolnost vůči chemickému napadení (karbonatace pronikla do hloubky 15 až 137 mm)



a poměr vody k cementu $v/c \geq 1,2$, což je dvakrát vyšší hodnota než běžně užívaná.

Kvalita výztuže byla na základě testů zhodnocena jako dobrá, přestože výztuž byla výrazně deformovaná, zůstala bez porušení. Bylo zřejmé, že problematická byla kvalita betonu a konstrukční chyby.

V konstrukci budovy chyběly nebo byly chybně navrženy některé prvky, např. v základech, ztužující stěny a vazníky pod stropními deskami, schodiště, nedostatečné těmínky ve sloupech, nedostatečná výztuž styku sloupu a nosníku, špatný návrh a realizace stropních desek, nepravidelnosti v krytí, ukotvení a rozmístění výztuže v deskách, nosnicích a sloupech a geometrické nepřesnosti u nosných prvků.

Nedostatky, zjištěné v případě Giotto Avenue, např. nízká odolnost betonu, špatný návrh rozmístění výztuže a chybějící vodorovné i svislé nosné konstrukce, lze opakovaně nalézt i u jiných železobetonových budov postavených v Itálii během 70. a 80. let minulého století.

Palmisano F., Vitone A., Vitone C., Vitone V.: Collapse of the Giotto Avenue

Building in Foggia, Structural Engineering International 2/2007, str. 166–171



*Obr. 4 CAD model budovy Giotto Avenue
Obr. 5 Pohled na ruiny budovy*

SANACE FASÁDY VÝŠKOVÉ BUDOVY XEROX SQUARE TOWER V NEW YORKU

Třicetitřipodlažní výšková budova Xerox Square Tower v newyorské čtvrti Rochester má dekorativní betonovou fasádu.

V září 1998 byl objekt zasažen slabým zemětřesením. Otřesy způsobily, že se část betonové fasády ve třetím podlaží zřítla. V roce 1999 byl proveden průzkum a vypracován detailní přehled poškození fasády budovy, jenž odhalil odlupování a trhliny v betonu v důsledku koroze a rozsáhlou tvorbu vnitřních dutin (vlivem kavitačních účinků). Dutiny přispívaly k šíření vlhkosti až k ocelové výztuži, která postupně korodovala. Voda pronikala i těsnicemi spárami na různých místech budovy včetně těsnění po obvodu oken. Poškozenou betonovou konstrukci, opláštění a těsnění bylo nutné opravit od druhého podlaží až po střeche.

Projekt renovace probíhal od června 2002 do října 2005. Intenzivní práce zahrnovaly výměnu poškozených betonových sloupů a prefabrikovaných prvků, otlučení betonu s pevností v tlaku 80 až 100 MPa, zbroušení rohů, vyčištění a pokrytí zreza-



vělé výztuže antikoročním nátěrem nebo její nahrazení antikorozní výztuží atd.

Výzvou byla ochrana před padající sutí a prachem v městské zástavbě. Stavební odpad byl zachytáván do velkých sítí. Plocha ohrožená padající sutí byla oplocena a dláždění chodníků bylo pokryto speciálními deskami. Pro práci ve výškách byly využity šplhavé vysokozdvizné plošiny s 12 m vysokými přístupovými věžemi.

Zvláštní péče byla věnována povrchovým úpravám betonu. Byla provedena řada experimentů než bylo dosaženo shody s původní povrchovou úpravou s vymývaným granitovým kamenivem. Zásadní krok v zachování integrity betonové směsi byl speciální postup při mytí a sušení kameniva.

Wallace P.: Restoration project showcases importance of safety and scheduling for high-rise repair, Concrete for building industry, February 2007, str. 18–20



*Obr. 6 Typická nejvíce poškozená místa fasády po odstranění narušeného betonu
Obr. 7 Sanovaný betonový prvek*