

Trosky jako laboratoř

25.10.2024 - | Univerzita Pardubice

Vyrábějí dvoutunové betonové sloupy. V laboratoři testují, co vydrží, poškozené části spravují a znovu testují. Odborníci z Dopravní fakulty Jana Pernera s jejich pomocí zjišťují, jak vylepšit, dodatečně zesílit nebo kvalitně vyspravit stavební konstrukce, aby byly odolnější. A to dokonce vůči zemětřesení.

Bylo pondělí 6. února roku 2023. V Turecku odbilo čtvrt na pět ráno a země se probouzela do nového dne. Měl to být další obyčejný den. Jenže ranní rozjímání narušilo zemětřesení, a ne zrovna slabé... Trvalo asi 70 vteřin, ale otřesy dosahovaly až 8. stupně Richterovy škály, což jsou hodnoty nejvyšší. Dootřesy o síle až 6,7 trvaly dokonce dalších 6 hodin. Stovky tisíc obyvatel zůstaly uvězněny ve zničených budovách. V místě styku zemských desek není zemětřesení nic neobvyklého, v takové síle ale udeřilo po více než 80 letech.

Obdobné namáhání jako při zemětřesení zažívají stavební konstrukce také v Pardubicích. Místní obyvatelé si toho ale ani nevšimnou, jde totiž o řízené experimenty. Provádí se ve speciální laboratoři Výukového a výzkumného centra v dopravě, kde pracuje Ladislav Řoutil a jeho turecký kolega Özgür Yurdakul. Je to 10 let, co se na univerzitě potkali. Z původně mentorského vztahu, na jehož počátku byla Özgürova doktorská práce, se přehoupili do toho kolegiálního. Vznikl tak základ výzkumného týmu, na jehož činnosti se dnes podílí i řada dalších kolegů.

Laboratoř ukrytá za obrovskými vraty

Laboratoř výzkumného týmu najdeme v technologickém areálu v Doubravicích. Od vrátnice míříme k zadní části areálu a vyhlížíme velká šedá vrata. Právě za nimi dochází k experimentům. Cestou do laboratoře míjíme po levé straně mohutné betonové sloupy. Jde o aktuálně testované konstrukční prvky, které dle návrhu místních odborníků vyrobila specializovaná firma. Svůj výzkum totiž dvojice vědců zasvětila kolapsům stavebních konstrukcí. Dávají si proto záležet, aby studované části budov či dopravní infrastruktury podrobili rozličným typům zatížení. Hledají jejich slabá místa a způsoby, jak je zesílit. Zlepšují tím mechanickou odezvu železobetonových konstrukcí, ale třeba i památkově chráněných staveb.

„Tady zkoumáme, jak se železobetonová konstrukce chová v reakci nejen na běžné, ale i extrémní zatížení způsobené různými vlivy. Snažíme se vystihnout, kde dochází k poškození konstrukcí, kdy a kde v nich vznikají trhliny a jak se materiálem šíří. Současně potřebujeme popsat faktory, které toto ovlivňují. Proces sledujeme jak z experimentálního, tak výpočetního hlediska, a to pomocí pokročilých numerických modelů,“ zahajuje povídání spojené s exkurzí po laboratoři Ladislav Řoutil a přibližuje, čeho chtějí svým bádáním dosáhnout. „Naším výzkumem pomáháme navrhovat spolehlivé stavební konstrukce, které splňují požadavky na bezpečnost, hospodárnost, i dlouhodobou udržitelnost,“ dodává. Vedle toho se snaží i o to, aby se spotřebovalo co nejméně prvotních materiálů.

Základem výzkumu je experiment

Pro účely testování používají vědci části betonových konstrukcí zhotovené na míru. „Tyto aktuální jsou železobetonové, váží dvě tuny a manipulace s nimi je poměrně náročná. Používáme k tomu třeba i jeřáb, proto musíme mít jeřábnické zkoušky,“ vysvětluje Özgür Yurdakul, když stojíme v laboratoři s vysokým stropem. Vypadá to tam spíš jako na stavbě. V testovacím zařízení čeká zrovna jeden železobetonový sloup na svou zkoušku. O kousek dál stojí další, který obdobným testem už prošel. Je

viditelně poničený, na některých místech je beton vydrolený, jinde trhliny odhalují ocelové výztuže nebo trčící drátky. Obzvlášť ty jsou pro testování důležité. Patří k tenzometrům, které se do kvádrů instalují už při jejich vylévání a které vědcům dávají potřebná data. „Tenzometry slouží jako senzory k nepřímému měření mechanického napětí. Jejich rozmístění máme pečlivě naplánované. Během betonáže se tenzometry nesmí poškodit a musí zůstat na svých místech,” popisuje výzkumník s tím, že části konstrukcí určené k testování si ještě donedávna vyráběli sami. Jejich spotřeba ale průběžně rostla, až nebylo v silách týmu zajistit vše svépomocí, proto na jejich výrobu najali partnerskou firmu.

Takto připravené konstrukce můžou výzkumníci začít testovat. Jeden test zabere i s přípravou a následným odklizením zhruba pět dnů. Dílčí zatěžování probíhá celý den. „Byť provádíme zatěžovací zkoušku, musíme předejít tomu, aby došlo k úplné destrukci. To by se poničilo i experimentální zařízení, což nechceme. V případě potřeby se test musí včas zastavit a na to bedlivě dohlíží společně s Özgürem Yurdakulem kolega z týmu docent Bohumil Culek, který analyzuje data zde na monitoru,” upozorňuje Ladislav Řoutil. K poškození testované konstrukce ale dojít musí. Vzniklé poškození spolu s trhlinami odborníci vysprávi a konstrukce se následně testuje znovu.

Testují konstrukce (nejen) z Turecka

Zesílení či sanace betonových konstrukcí vědci dosahují tím, že na vybraná místa aplikují speciálním postupem uhlíkové lamely. „Tento postup se ukazuje jako velmi efektivní právě pro dodatečné zesílení různých typů stavebních konstrukcí. Aktuálním testováním ověřujeme, zda jsou naše postupy aplikovatelné i v oblastech, kde hrozí zemětřesení,” dodává Özgür Yurdakul. Nejen v Turecku mají totiž železobetonové budovy nejružnější konstrukční nedostatky. „Vyplývají například z nevhodného technického návrhu nebo špatné kvality materiálu, kam se řadí třeba použití betonu s nízkou pevností,” vysvětluje Yurdakul. Problémy podle něho způsobují také nevhodné provedení i nedostatečné kontrolní mechanismy. A také použití ocelové výztuže ve stavebních konstrukcích. „Povrchová úprava výztuže bývá typicky žebírková, čímž se zlepšuje soudržnost mezi výztuží a betonem. Ale v konstrukcích z Turecka jsou mnohdy výztuže hladké, což tuto soudržnost negativně ovlivňuje,” doplňuje Ladislav Řoutil ke složení železobetonu.

Společně proto vyvíjejí takové postupy, díky nimž případné další zemětřesení v Turecku nenapáchá tolik škod. Turecké části budov si ale vědci jako suvenýry z Turecka do Pardubic nedovážejí. K testování jim slouží právě na míru vyrobené části konstrukcí, které mají stejné složení jako turecké zdivo. Občas se stane, že se dodavatel konstrukcí ujistí, že někdo neudělal ve složení chybu, a podivuje se nad tím, že se velmi liší od českých standardů. Jediné, co si výzkumníci z Turecka vozí, jsou data přímo z terénu. Özgür Yurdakul se vypravil do poničené oblasti v Turecku nejen po posledním zemětřesení. Takové scénáře totiž slouží jako laboratoř pro stavební inženýry, a tak s tureckými kolegy sbíral důležitá data z poškozených konstrukcí, která skupině otevírají nové obzory a posouvají testování stále dál.

Další výzkumy na obzoru

Pro tyto účely chystají pardubičtí vědci i výzkum o využití slitin s tvarovou pamětí. Nedávno zahájili vývoj a testování systémů k tlumení vibrací konstrukcí, ve kterých využijí speciálně vyvinuté newtonovské kapaliny. Na tento výzkum obdrželi společně se zahraničními partnery prestižní evropský grant. Aktuálně je jejich výzkumný tým nominován také v soutěži TOP inovace v Pardubickém kraji 2024 a jejich vědecké výsledky jsou platné v mezinárodním měřítku. Díky členství v mezinárodních komisích se podílejí například na přenosu výsledků výzkumu do norem pro navrhování konstrukcí napříč Evropou. Velmi aktivní je v tomto směru právě Özgür Yurdakul. Nejenže působí v mezinárodní komisi pro betonové konstrukce FIB (The International Federation for Structural Concrete), ale svým nadšením a elánem žene výzkum neustále dopředu.

Doc. Ing. Ladislav Řoutil, Ph.D., působí na Dopravní fakultě Jana Pernera od roku 2012. Zabývá se konstrukcemi a dopravními stavbami, mechanikou a statikou stavebních konstrukcí a modelováním jejich porušení. V soutěži České betonářské společnosti získal v minulosti titul „Vynikající disertační práce v oboru beton“. Publikuje články v odborných časopisech, je zapojen do řady výzkumných projektů a vloni byl jako zástupce Česka jmenován do vědeckého výboru Europe´s Rail.

Ing. Özgür Yurdakul, Ph.D., pochází z turecké Ankary. Vystudoval stavební inženýrství a tématu se věnuje od své disertační práce. V Pardubicích bádá a žije asi 10 let. Hned po svém příchodu se stal součástí výzkumného týmu docenta Řoutila. Do týmu přináší zajímavé mezinárodní kontakty. Jako postdok působil např. v italské Neapoli. Je členem prestižní mezinárodní komise pro betonové konstrukce FIB (The International Federation for Structural Concrete).

<https://www.upce.cz/trosky-jako-laborator>