



Projekt financovaný:	Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied
Typ a číslo projektu:	VEGA 1/0172/20
Názov projektu:	Napätová a deformačná analýza nosných prvkov z ocele, skla a kompozitných materiálov
Vedúci projektu:	prof. Ing. Vincent Kvočák, CSc.
Riešitelia projektu:	Ing. Mohamad Al Ali, PhD.; Ing. Daniel Dubecký, PhD.; Ing. Peter Platko, PhD.; Ing. Oto Roth, PhD.; Ing. Peter Orolin, PhD.; Ing. Martin Lavko; Ing. Vaňová Patrícia
Doba riešenia projektu:	1.1.2020 – 31.12.2023

ANOTÁCIA

Projekt je zameraný na napätovú a deformačnú analýzu nosných prvkov z ocele, skla a kompozitov na báze FRP a betónu. V oblasti oceľových prvkov je zameraný na experimentálny a teoretický výskum oceľových tlačných rúr s uzavretým prierezom, tvarovaných za studena z hľadiska lokálnej stability, s dôrazom na vplyv začiatočných imperfekcií. V oblasti sklenených prvkov je výskum orientovaný na teoreticko-numerickej a experimentálny výskum konštrukčných prvkov zo skla vzájomne spájaného adhéznymi prípojami skleneného nosníka k sklenenej doske. V oblasti spriahnutých konštrukčných prvkov bol realizovaný experimentálny a teoreticko-numerickej výskum vplyvu spolupôsobenia kompozitných kontinuálnych spriahovacích prvkov a ich aplikácie v nosníkoch so zabetónovanými kompozitnými profilmi na báze RFP.

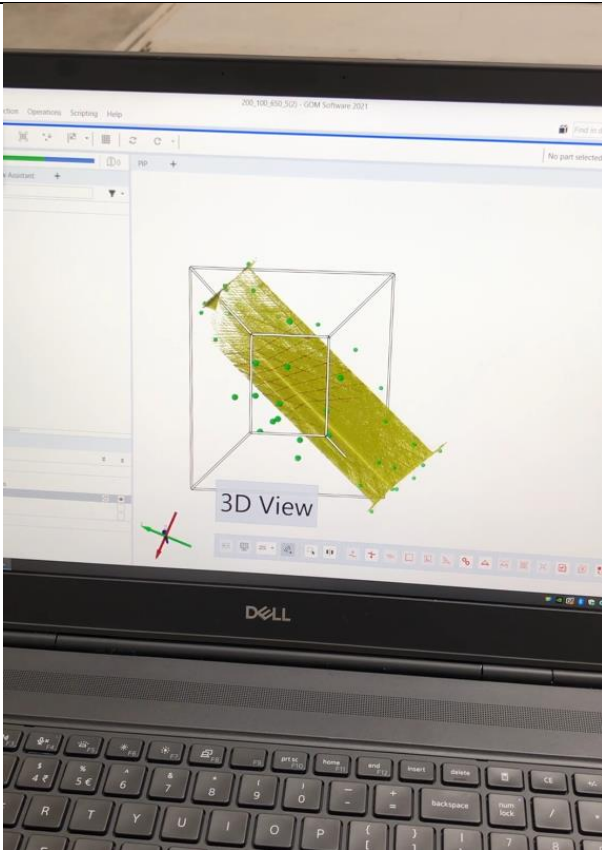
DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Cieľom projektu bolo získať nové poznatky o lokálnej stabilite oceľových tlačných rúr s uzavretým prierezom tvarovaných za studena s dôrazom na vplyv začiatočných imperfekcií. Nové poznatky v oblasti kompozitných kontinuálnych spriahovacích prvkov a ich aplikácie v nosníkoch so zabetónovanými kompozitnými profilmi na báze RFP a nové poznatky z oblasti sklenených prvkov vzájomne spájaných adhéznymi prípojami skleneného nosníka k sklenenej doske.

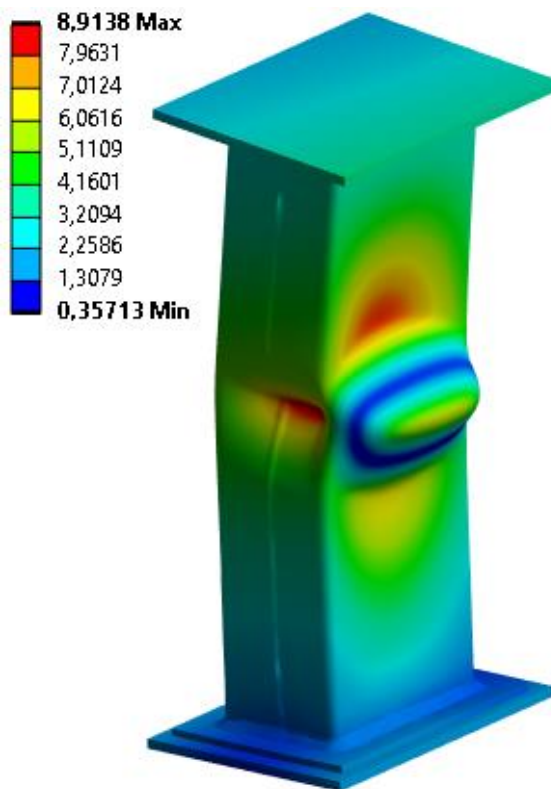
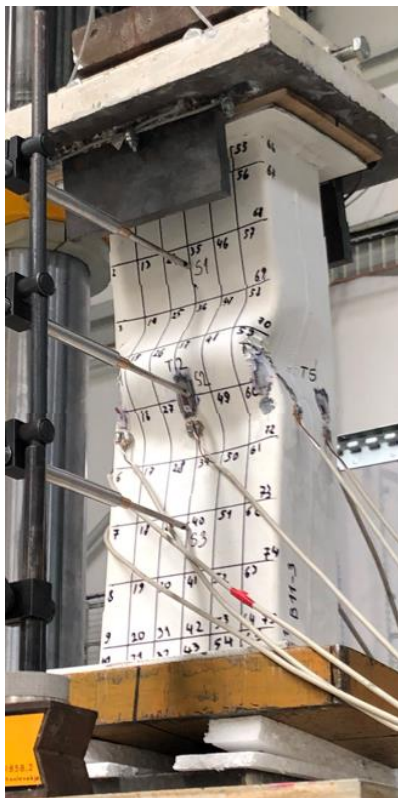
V prvej časti projektu bol realizovaný rozsiahly experimentálny a teoretický výskum štvorhranných tenkostenných rúr so štíhlou stenou hrúbok 3 mm, 4mm a 5 mm. Pripravené boli experimentálne modely reálnej veľkosti. Celkom bolo vyrobených a experimentálne overených 8 typov vzoriek. Z každého typu boli experimentálne overované 3 vzorky. Spolu bolo pripravených a odskúšaných 24 vzoriek reálnych rozmerov.

Na všetkých vyrobených vzorkách boli merané začiatočné imperfekcie pomocou zariadenia CONDURA G2 a následne z dôvodu lepšieho využitia dát boli lokálne imperfekcie merané prostredníctvom 3D skenovania. Získané výsledky bolo možné využiť priamo pri tvorbe modelov v programe ANSYS. Výsledky získané na takto pripravených modeloch boli porovnané s výsledkami získanými z experimentálnych skúšok.

Pri modelovaní bola presne reprodukovávaná naskenovaná geometria a následne výsledky preukázali, že boli dosiahnuté veľmi podobné výsledky ako pri ideálnej geometrii pri rovnakých okrajových podmienkach. Tieto výsledky naznačujú, že začiatočné imperfekcie nemajú veľký vplyv na tenkostenné prierezy s hrúbkou 4 - 5 mm. Pri hrúbke steny 3 mm je vplyv lokálnych imperfekcií nie zanedbateľný. Kompletne výsledky budú súčasťou dizertačnej práce Ing. Elvíry HODOVANETS, ktorá sa v súčasnosti kompletizuje. Zároveň sú pripravené podklady pre publikovanie získaných výsledkov.



Obr. 1: Meranie začiatkových imperfekcií tenkostenných prútov 3D skenerom



Obr. 2: Porovnanie deformácia vzorky B11-3 pri experimentálnej skúške s modelom v ANSYSe

V druhej časti projektu, ktorý bol zameraný na vplyv kontinuálnych spriahovacích prvkov na odolnosť spriahnutých konštrukcií z betónu a nosníkov na báze FRP, boli realizované experimentálne pretlačacie skúšky s rôznymi typmi kontinuálnych spriahovacích prvkov. Realizované boli statické skúšky dvoch typov spriahnutých nosníkov s kontinuálnymi spriahovacími prvkami. Výsledky získané experimentálnym výskumom boli využité pri návrhu experimentálnych modelov segmentov mostných konštrukcií doskových mostov so zabetónovanými kompozitnými nosníkmi na báze FRP.

Výskum nadväzoval na predchádzajúci výskumný program, ktorý bol zameraný na spriahnutie pomocou kontinuálnych spriahovacích prvkov z ocele. Výsledky dosiahnuté vo výskume boli publikované v časopisoch a prezentované na svetových konferenciách a kongresoch.

Na základe týchto výsledkov bol pripravený experimentálny program v tejto oblasti pre súčasný výskum. Výsledky z realizovaných experimentov boli vyhodnotené a boli navrhnuté vzťahy pre výpočet šmykovej odolnosti vyšetovaných kontinuálnych prvkov spriahnutia. Na základe získaných experimentálnych výsledkov boli vyhotovené v programe ABAQUS teoretické modely, ktoré vykazovali veľmi dobrú zhodu s experimentom. Tieto modely sa ďalej využívajú na spracovanie parametrickej štúdie a ďalší výskum v danej oblasti.

Z uvedenej problematiky bola úspešne obhájená diplomová práca študentky Michaly WEISSOVEJ, ktorá po skončení II. stupňa štúdia pokračuje vo výskume v tejto oblasti ako doktorandka na III. stupni štúdia. V súčasnosti získané výsledky využíva pri príprave svojej dizertačnej práce. Výsledky z tejto časti projektu boli publikované na medzinárodných zahraničných konferenciách, na domácich konferenciách a v zahraničných časopisoch. Z tejto problematiky bolo udelené osvedčenie o zápise dizajnu.



Obr. 3: Štvorbodová ohybová skúška experimentálneho kompozitného nosníka

Tretia časť projektu bola zameraná na získanie odolnosti sklenených prvkov vzájomne spájaných adhéznymi prípojkami skleneného nosníka k sklenenej doske. Vyrobené boli experimentálne nosníky zo skla, ktoré boli podrobené štvorbodovej ohybovej skúške. Bolo vyrobených 6 vzoriek T-prierezu. Súbežne s experimentálnymi meraniami boli pripravované teoretické modely v programe ANSYS. Vzhľadom na uzatvorenie laboratórií počas obdobia pandémie COVID-19 a následne veľkého vyťaženia laboratórií sa dokončili experimentálne skúšky až v poslednom období. Výsledky sa v súčasnosti spracovávajú a doktorand Ing. Martin LAVKO je v záverečnej fáze prípravy dizertačnej práce. Súbežne sa pripravuje publikácia výsledkov.

V tejto časti sme sa zamerali aj na výskum kotviacich prvkov pre sklenené zábradlia a na odolnosť sklenených prvkov zaťažovaných statickým zaťažením a zaťažením nárazom. Niektoré výsledky sú publikované v publikáciách z vedeckých konferencií.

Výsledky získané riešením projektu jednoznačne preukazujú, že ciele projektu boli v podstatnej miere splnené. Počas riešenia projektu boli výsledky publikované a prezentované na medzinárodných konferenciách, kongresoch a vo vedeckých časopisov.



Obr. 4: Experimentálna skúška modelu zo skla

Záverečné textové hodnotenie projektu komisiou VEGA

UURPaVV - Úspešné ukončenie riešenia projektu a dosiahnutie vynikajúcich výsledkov

Všetky ciele boli naplnené a projekt znamená veľký prínos pre spoločenskú prax. Prostriedky pridelené na projekt boli čerpané efektívne a v zmysle pravidiel.



Na základe počtu výstupov, výchovy doktorandov a dobrej materiálo-technickej základne možno konštatovať splnenie plánovaných cieľov projektu. Výsledky boli preukázané vo všetkých troch kľúčových oblastiach realizovaného výskumu - spriahnutých konštrukcií GFRP kompozitami, v oblasti odolnosti kotvenia sklenených prvkov, ako aj vo výskume lokálnej stability oceľových tenkostenných tlačných rúr tvarovaných za studena.

Aj napriek určitým obmedzeniam v čase pandemických opatrení realizoval vedecký tím aktivity a prezentoval výsledky na domácich a zahraničných konferenciách a v uznávaných vedeckých časopisoch.

V rámci projektu bol registrovaný design s názvom *D1/AGJ Dvojitá spriahacia lišta* Dizajn č. 29000/ - Banská Bystrica: ÚPV SR – 2022, 1 s. Veľmi cenná je monografia vydaná v zahraničnom vydavateľstve Springer Nature 2021 s názvom *Research and Development of Deck Bridges* s témami príbuznými riešeným problémom. Počet výstupov, ich kvalita a rozmanitosť je nad rámec výstupov riešených projektov.

Realizovaný výskum je možné okamžite uplatniť v spoločenskej praxi. Taktiež je možné výsledky z výskumu využiť ako odporúčanie pre prípravu normy pre navrhovanie tenkostenných oceľových konštrukcií.

Výsledky v oblasti spriahnutých konštrukcií z betónu a kompozitných prvkov na báze GFRP je možné použiť pre výstavbu spriahnutých nosníkov pre lávky pre peších a cyklistov, prípadne aj kratších cestných mostov. Použitie GFRP výstuží je už dlhšie obľúbené pre sanáciu a rekonštrukciu nosných prvkov inžinierskych konštrukcií, kde predlžujú životnosť a znižujú materiálové a energetické náklady.

Výsledky v časti zameranej na sklenené konštrukcie sú využiteľné pri navrhovaní presklenných fasád bez potreby ďalších podperných konštrukcií.

Získané výsledky vo všetkých troch oblastiach môžu byť využité priamo v praxi alebo ako podklad pre ďalší výskum.

Najväčší podiel na čerpaní grantu mali cestovné náklady, dopravné a konferenčné výdavky, ktoré činili 47 % z dotácie, ďalej nasledovali výdavky na materiál 30,2 % a služby 20,2 %.

Pozitívom je, že výdavky boli vynakladané na domáce i zahraničné konferencie, kde sa zúčastňovala väčšina riešiteľského tímu, a menej výdavkov šlo na publikovanie v zahraničných časopisoch.

Celkovo konštatujeme efektívne a primerané čerpanie prostriedkov na daný projekt.