structures.sk

Navrhovanie, posudzovanie, realizácia a obnova nosných konštrukcií

4.ročník

01/2022

ISSN 2644-6553

1. Rekonštrukcia cestného mosta v Liptovskej Kokave
2. Lanové prvky v stavebných konštrukciách, časť 1: Základná terminológia lán
3. Kontrola 30-ročnej drevenej konštrukcie mostov pre peších a cyklistov
4. Statický návrh membránového prestrešenia exteriérového klziska
5. Spájanie tenkostenných prvkov pomocou metódy thermal drilling
6. Uplatňovanie rôznych typolog. druhov obydlí vo vidieckej architektúre bratislavského Záhoria na príklade Stupavy
7. Kotevné prvky fasádnych elementov a výplní okenných otvorov – časť 1
8. Nosná konštrukcia schodiska z brezového dreva
9. Statické posúdenie fasádnej konštrukcie

Foto: Schody z brezového dreva [Jozef Mečiar]

Obsah

Slovo na úvod
REDAKCIA 3

Rekonštrukcia cestného mosta v Liptovskej Kokave
JOZEF GOCÁL
MATÚŠ FARBÁK
ANTONÍN LOKAJ 4

Lanové prvky v stavebných konštrukciách, časť 1: Zákl. terminológia lán
JÁN BRODNIANSKY, ml.
JÁN BRODNIANSKY 11

Kontrola 30-ročnej drevenej konštrukcie mostov pre peších a cyklistov
MILOŠ SLIVANSKÝ
JAROSLAV SANDANUS 20

Statický návrh membránového prestrešenia exteriérového klziska
LUKÁŠ KAPOLKA
MAREK MOJDIS 24

Spájanie tenkostenných prvkov pomocou metódy thermal drilling
TOMÁŠ KLAS 28

Uplatňovanie rôznych typolog. druhov obydlí vo vidieckej architektúre bratislavského Záhoria na príklade Stupavy
IVAN KLAS 32

Kotevné prvky fasádnych elementov a výplní okenných otvorov – časť 1
MARTIN MAGURA
JÁN BRODNIANSKY, ml.
TOMÁŠ KLAS 41

Nosná konštrukcia schodiska z brezového dreva
KRISTIÁN SÓGEL
a kolektív 46

Statické posúdenie fasádnej konštrukcie
MILOŠ SLIVANSKÝ 50

structures.sk

Vedecko-odborný on-line časopis o navrhovaní, posudzovaní, realizácii a obnove nosných konštrukcií v stavebníctve.

4. ročník, číslo 01/2022
ISSN 2644-6553
vychádza 2-krát za rok

Vydavateľ:
structureSS, s.r.o.
Záhradná 22/A
900 31 Stupava
IČO: 46973231
IČ DPH: SK2023689822
tel.: +421 908 756 239
e-mail: redakcia@structures.sk
internet: http://www.structures.sk

Redakcia:
Ing. Miloš Slivanský, PhD.
Doc. Ing. Jaroslav Sandanus, PhD.
Prof. Ing. Vincent Kvočák, PhD.
Prof. Ing. Antonín Lokaj, PhD.
Doc. Ing. Jaroslav Odrobiňák, PhD.

Odborný garant:
SSOK
Slovenská spoločnosť pre oceľové konštrukcie

Recenzie článkov:
Vedecké a odborné články sú recenzované. Recenzenti hodnotia obsahovú a formálnu stránku predložených článkov. Recenzné posudky sú poskytované výlučne iba autorom článkov a slúžia ako podklad na rozhodnutie o publikovaní článku.

Všetky práva sú vyhradené. Žiadna časť tohto časopisu sa nesmie reprodukovať, kopírovať ani šíriť bez súhlasu vydavateľa. Vydavateľ neberie zodpovednosť za správnosť publikovaných informácií napriek tomu, že vynaložil maximálne úsilie na zabezpečenie ich aktuálnosti a presnosti.

Slovo na úvod

VÁŽENÍ ČITATELIA,

sme veľmi radi, že Vám môžeme ponúknuť ďalšie číslo on-line časopisu **structures.sk**.

Časopis sme spropagovali na tradičnom stretnutí - 45. celoštátnom aktíve pracovníkov odboru oceľových konštrukcií so zahraničnou účasťou, ktorý sa po nútenej trojročnej prestávke uskutočnil konečne naživo v máji tohto roku v Kočovciach. Organizátorom bola tentoraz Katedra kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave. Popri 45. výročí Aktívu sme si pripomenuli aj významné výročie tejto katedry, pretože v tomto roku uplynulo 80 rokov od jej založenia. A tak okrem aktuálnych odborných príspevkov si mohli starší účastníci zaspomínať na roky dávno minulé a mladší účastníci sa mohli zoznámiť aj s históriou najstaršej katedry na Slovensku, na ktorej sa začala výuka oceľových a drevených konštrukcií v rámci stavebných fakúlt.

Názov „Aktív pracovníkov odboru oceľových konštrukcií“ sme ponechali z tradície. Avšak náplň aktívu je už dávnejšie rozšírená, takže na tomto podujatí odzneli príspevky aj s témou drevených a betónových konštrukcií a konštrukcií zo skla. Modifikovaný názov: Moderné trendy v navrhovaní konštrukcií z ocele, dreva, betónu a skla vystihuje vhodnejšie činnosť súčasných statikov, projektantov a zhotoviteľov v oblasti nosných konštrukcií.

Veríme, že čítanie ďalšieho čísla časopisu **structures.sk** bude pre Vás zaujímavé. Autorský kolektív prispievateľov sa v porovnaní s minulými ročníkmi rozšíril, pribudli autori z rôznych kútov Slovenska a pribudli autori z radov architektov. Obom skutočnostiam sme sa potešili.

Redakcia **structures.sk**

Rekonštrukcia cestného mosta v Liptovskej Kokave

The article presents a proposal for the reconstruction of an existing bridge structure, which is unusually realized from a steel demountable type bridge system MS, originally designed for the military sector for the rapid implementation of a temporary bridge. The unfavourable technical condition and unsatisfactory low load-carrying capacity of the superstructure necessitated a complete reconstruction of the bridge structure. Based on the decision of the bridge administrator, influenced mainly by limited economic possibilities, the final reconstruction proposal assumes the reuse of the original steel load-bearing structure. Due to the need to increase the load-carrying capacity of the bridge structure, reinforcement of both the superstructure and the substructure was proposed.

ÚVOD

Oceľové mostné provizóriá predstavujú špecifický typ mostných konštrukcií, ktoré boli navrhnuté na rýchlu realizáciu dočasného premostenia prekážky za účelom prevedenia pozemnej alebo dráhovej komunikácie, napríklad počas výstavby nových či rekonštrukcie existujúcich trvalých mostných objektov. Ich nosná konštrukcia a prípadne aj časti spodnej stavby sú primerane prispôsobené pôvodnému účelu, tak aby sa dali rýchlo a efektívne previezť, zmontovať a po realizácii plánovaných prác následne demontovať a odviezť. Niekedy sú však tieto konštrukcie využívané, v rozpore so svojím pôvodným určením, aj na dlhodobé premostenia prevádzajúce ponad prekážku menej frekventované pozemné komunikácie, prípadne lávky pre chodcov. Pri dlhodobej neprerušenej exploatácii sú mostné provizória vystavené okrem pôsobenia dopravných zaťažení aj nepriaznivým vplyvom prostredia počas dlhšieho časového obdobia než na aké boli pôvodne zostrojené. Ak sa k tomu pridruží aj zanedbaná alebo len minimálna pravidelná údržba mostného objektu, výsledkom je často zlý technický stav mostného objektu.

Takýmto prípadom je aj mostný objekt MO 2358-003 ponad rieku Belá na štátnej ceste č. III/2358 Pribylina – Liptovská Kokava v katastrálnom území Liptovská Kokava, ktorý bol zostavený z mostného provizória systému MS niekedy na prelome tisícročí (presný dátum montáže nebol zaznamenaný). Diagnostický prieskum a následný statický prepočet [1] oceľovej nosnej konštrukcie mosta spracovala pre Správu ciest Žilinského samosprávneho kraja v r. 2018 firma PRODEX s.r.o. V správe z diagnostického prieskumu autori vyhodnotili zlý technický stav mostného objektu. Konštrukcia vykazovala viaceré poruchy v podobe chýbajúcich častí čapových spojov, korózie najmä mostovkových prvkov, prelomené pozdĺžniky, či viditeľných trhlín v zvarových prípojoch vozovkového plechu na pozdĺžniky. Zo statického prepočtu nosnej konštrukcie vyplynuli tiež pomerne nízke hodnoty zaťažiteľnosti mostného objektu (normálna zaťažiteľnosť 7t, výhradná zaťažiteľnosť 16t, zaťažiteľnosť na jednu nápravu 3,5t).

Pre správcu mostného objektu, ktorým je Správa ciest Žilinského samosprávneho kraja, tým vznikla potreba vypracovania štúdie variantných riešení zvýšenia zaťažiteľnosti mostného objektu a následne projektovej dokumentácie na návrh rekonštrukcie tohto mostného objektu. Naše pracovisko katedry SKM na Stavebnej fakulte

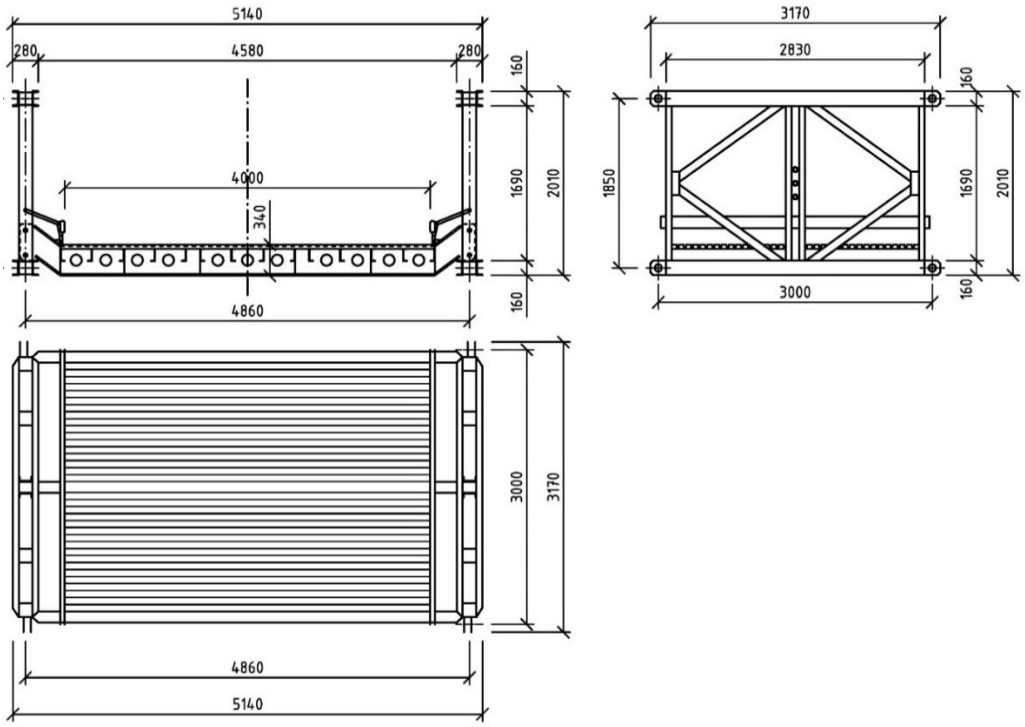
UNIZA participovalo na obidvoch stupňoch projektovej prípravy. V článku je po opise súčasného stavu najskôr stručne prezentovaná štúdia variantných riešení s rôznym rozsahom navrhnutých opatrení pre zvýšenie zaťažiteľnosti mostného objektu [2] a následne je bližšie predstavený konečný návrh rekonštrukcie mostného objektu [3].

SÚČASNÝ STAV MOSTNÉHO OBJEKTU

Nosná konštrukcia mostného objektu je tvorená oceľovou rozoberateľnou typovou mostnou konštrukcia MS (Mostová súprava), pôvodne navrhnutou pre vojenský sektor pre rýchlu realizáciu provizórneho premostenia prekážky. Základným stavebným prvkom sú diely mostu dĺžky 3,0 m, ktoré sa skladajú z dvoch hlavných priehradových nosníkov a mostovkového roštu (obr. 1). Rozlišujú sa dva druhy mostných dielov – vnútorné a koncové.

nými do pol-priečkovej sústavy (K-sústavy) z dvojice valcovaných uholníkov 2L 90×56×8. Jednotlivé priehradové dielce sú spájané trojstrižnými čapmi priemeru 65 mm, ktorými sú prepojené horné a dolné pásy dielcov.

Mostovkový rošt vnútorného mostného dielu tvoria 3 priečniky (2 krajné + 1 stredný) zváraného symetrického I prierezu výšky 340 mm a 14 pozdĺžnikov z tenkostenného tvarovaného profilu C132×45×4,5, ktoré sú vsadené medzi priečniky a na ktoré je položená vozovka z vlnitého plechu hrúbky 3,0 mm s výškou vlny 48,0 mm. Pozdĺžniky sú umiestnené vo vzdialenostiach 300-350 mm, okrem dvojice pozdĺžnikov v mieste pozdĺžnych škár vozovky, ktoré sú vo vzájomnej osovej vzdialenosti 200 mm. Výškovo sú pozdĺžniky osadené tak, aby horná plocha vozovkového vlnitého plechu lícovala s hornými pásnicami priečnika. Vozovka z vlnitého plechu je zložená z troch dielov so šírkami 1450 + 1180 + 1450 mm, s medzerami



Obr. 1 – Vnútorný montážny diel mostovej súpravy MS

Hlavné priehradové nosníky mostných dielov sú tvorené horným a dolným pásom z dvojice valcovaných uholníkov 2U 160, krajnými zvislicami z tenkostenného tvarovaného profilu C 150×60×5, strednou zvislicou z dvojice tenkostenných profilov 2C 150×60×5 a štyrmi diagonálami usporiada-

cca 10 mm. Vlnitý plech s vlnami á 78 mm má v dolných vlnách malé otvory, ktoré majú slúžiť na odvod vody. Prípoje pozdĺžnikov na priečniky aj vozovky na pozdĺžniky sú zvarové. Priečniky sú na oboch koncoch položené na dolné pásy hlavných nosníkov a pomocou dvojice oceľových čapov

priemeru 40 mm sú pripojené na zvislice, s ktorými tak vytvárajú priečny U-rám zabezpečujúci stabilitu tlačených horných pásov hlavných nosníkov.

Obr. 2 – Pohľad na existujúci mostný objekt

Mostovkový rošt koncového mostného dielu sa líši od vnútorného dielu úpravou výšky a tvaru stredného a koncového priečnika, tak aby sa dosiahol potrebný sklon pre lepší nájazd na most. Stredný priečnik má oproti bežnému priečniku zmenšenú výšku prierezu na 290 mm. Koncový priečnik je zo zváraného „Z“ prierezu výšky 180 mm a jeho dolná pásnica je tvarovo upravená na pripojenie nájazdových rampovníkov.

Predmetný mostný objekt je riešený ako trojpoľový most s jednoducho uloženými poľami 3×21,0 m (obr. 2). Voľná šírka na moste je 4,0 m, čo umožňuje premávku len v jednom jazdnom pruhu. Na moste nie sú chodníky ani pruhy pre peších. Prejazdná výška na nosnej konštrukcii mosta je obmedzená konštrukčnou dodatočnou úpravou nad piliermi na cca 2,95 m. Voľná výška pod mostom je max 3,7-3,9 m.

Krajné podpery tvoria betónové bloky. Uloženie nosnej konštrukcie na nich je riešené pomocou oceľových úložných dosiek osadených na zabetónovaných zvarencoch z valcovaných I-profilov, ktorých horné pásnice vyčnievajú z betónových blokov. Dva medziľahlé piliere v koryte rieky Belá sú skonštruované z pôvodnej montovanej podpery sústavy MS. Dolné časti týchto podpier boli pod uložením nosnej konštrukcie obetónované do betónových driekov pilierov výšky cca 2,0 m, ktorých šírka je v hornej časti cca 1,5-1,7 m. Z vonkajšej strany sú drieky pilierov opatrené lomovým kameňom. Na návodnej strane sú na pilieroch vyvýšené stienky výšky 1,0 m nad hornou hranou pilierov vybudované pre ochranu uloženia nosnej konštrukcie. Drieky pilierov sú uložené na kamenno-betónových rovnaninách.

Samotné uloženie hlavných nosníkov na montovanej podpere je realizované pomocou systémového mechanizmu sústavy MS, využívanej pri vysúvaní a zrejme ponechanej pri montáži. Dolné pásy hlavných nosníkov susedných polí sú spojené čapom. Horné pásy sú rozpojené, aby susedné polia pôsobili v ohybe nezávisle ako staticky určité polia.

ŠTÚDIA VARIANTNÝCH RIEŠENÍ ZVÝŠENIA ZAŤAŽITEĽNOSTI

Výstupom štúdie boli tri navrhnuté variantné riešenia:

1) Prvý variant spočíval v ponechaní súčasného konštrukčného systému s realizáciou len nevyhnutných opráv, sanácie porúch a obnove protikorózneho systému. Benefitmi tohto riešenia bolo predĺženie životnosti konštrukcie, minimálne zásahy do spodnej stavby, zachovanie provizórnosti a rozoberateľnosti, minimálny rozsah projektu opravy a najmenšie celkové náklady, ktoré boli odhadnuté sumou 172 tis. €. Nevýhody spočívali v zachovaní malej šírky mosta, hlučnosti a diskomfortu jazdy ako aj nízkych hodnôt zaťaženosti podľa pôvodného prepočtu.

2) Druhý variant predpokladal zachovanie pôvodnej konštrukcie mosta, avšak s určitými konštrukčnými úpravami na nosnej konštrukcii a

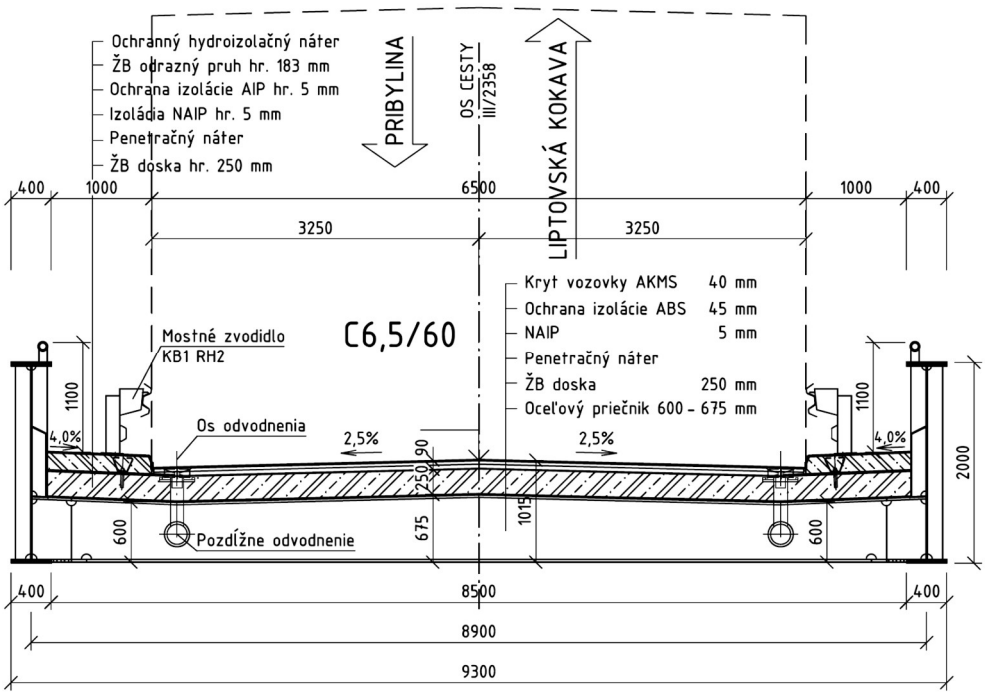
spodnej stavbe s cieľom zvýšiť zaťažiteľnosť mosta, čo je zároveň hlavným benefitom oproti prvému variantu. Odhadované ekonomické náklady cca 435 tis. € boli prirodzene vyššie, avšak stále na prijateľnej úrovni.

3) Tretí variant predpokladal úplnú rekonštrukciu mostného objektu výmenou nosnej konštrukcie mosta aj spodnej stavby. Navrhnutý bol spojitý oceľový plnostenný most s dolnou spriahnutou oceľobetónovou priečnikovou mostovkou (obr. 3) s rozpätiami polí 18,9 + 25,2 + 18,9 m. Výhody a nevýhody tohto variantu sú evidentné – vybudovanie mostného objektu so všetkými benefitmi nového mosta (obojsmerná premávka na moste, trvalý most s návrhovou životnosťou 100 rokov, nízka hlučnosť, vyšší komfort a bezpečnosť jazdy, zaťažiteľnosti ako pre nový most, ...) za cenu najvyšších nákladov (cca 1,27 mil. €) na projektovú prípravu a realizáciu nového mostného objektu.

NÁVRH REKONŠTRUKCIE MOSTNÉHO OBJEKTU

Celková koncepcia riešenia

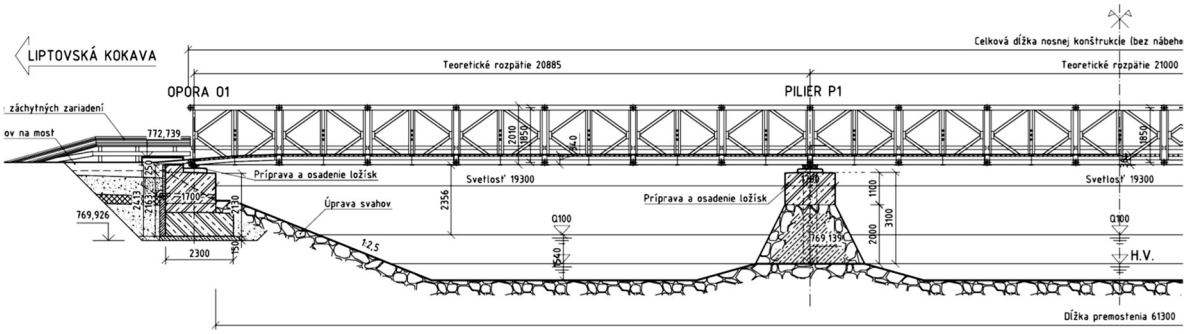
Hlavné geometrické a statické parametre mostnej konštrukcie zostávajú nezmenené. Nosnú konštrukciu mosta tvorí opravená a zosilnená existujúca provizórna mostná sústava, ktorá je riešená ako trojpoľová sústava s dĺžkou jednotlivých polí 3×21 m. Za účelom zvýšenia zaťažiteľnosti mostného objektu je navrhnuté zosilnenie existujúcej nosnej konštrukcie, predovšetkým mostovkových prvkov, ktoré významne limitujú zaťažiteľnosť existujúcej konštrukcie. Súčasne je navrhnutá úplná výmena oboch existujúcich krajných opôr a tiež zosilnenie oboch existujúcich medziľahlých pilierov nadbetónovaním železobetónových úložných prahov (obr. 4). Potreba úplnej výmeny opôr vyplynula z nevyhovujúcich parametrov súčasných základových blokov, tak z hľadiska požadovanej zvýšenej zaťažiteľnosti ako aj z pohľadu normových požiadaviek na priestorové



Obr. 3 – Priečny rez navrhnutého plnostenného mosta, variant č. 3

Na základe vyhodnotenia navrhnutých variantov zadávateľom bol ako optimálny variant vybraný druhý variant, založený na čo najväčšom využití pôvodnej nosnej konštrukcie a spodnej stavby a na súčasnej snahe zvýšenia zaťažiteľnosti mostného objektu pri čo najnižších nákladoch na jeho rekonštrukciu.

usporiadanie mostného objektu. Uloženie opravenej a zosilnenej nosnej konštrukcie je navrhnuté pomocou typových elastomérových ložísk, ukotvených do úložných blokov situovaných na úložných prahoch opôr a pilierov, ktoré okrem zabezpečenia potrebnej zaťažiteľnosti aj zlepšia prevádzkové parametre nosnej konštrukcie.



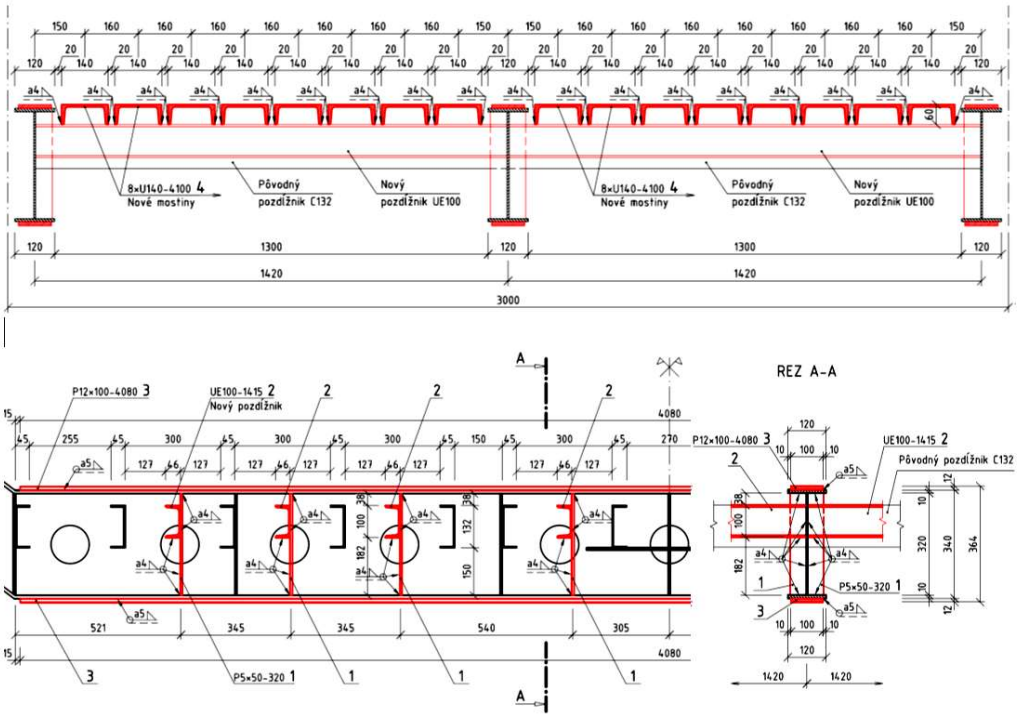
Obr. 4 – Pozdĺžny rez mostom po rekonštrukcii

Zosilnenie a úprava oceľovej nosnej konštrukcie

Zosilnenie vozovky je riešené výmenou pôvodných panelov z vlnitého plechu novou mostinovou vozovkou. Mostiny sú navrhnuté z oceľových valcovaných profilov U 140 otočených naležato (stenou nahor), ktoré sú privarené na horné pásnice pozdĺžnikov v osových vzdialenostiach 160 mm, t.j. s medzerami medzi mostinami 20 mm (obr. 5).

12 mm na hornú aj dolnú pásnicu pôvodných priečnikov.

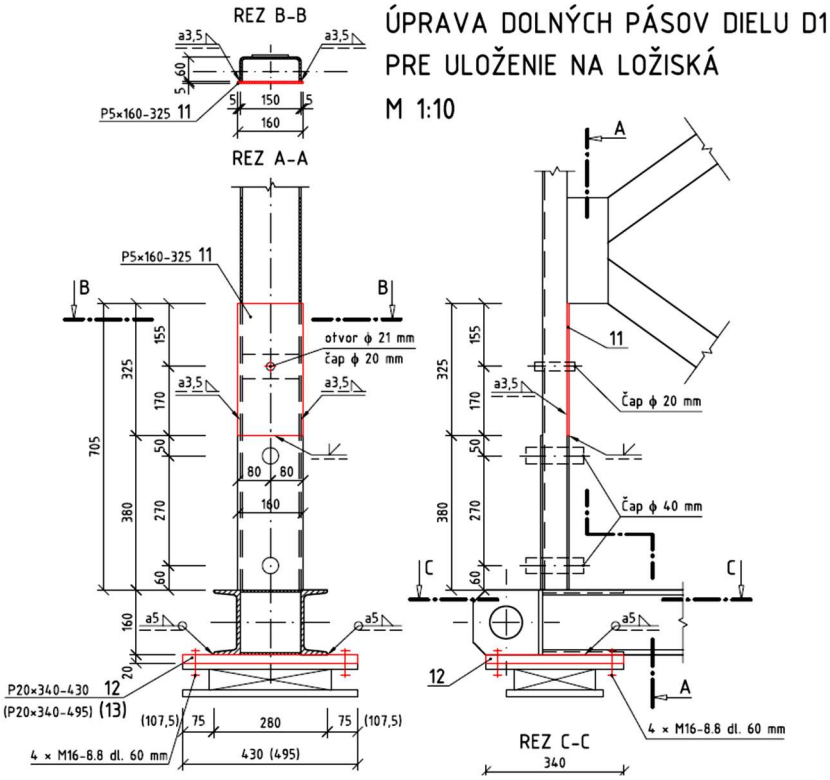
Zaťažiteľnosť hlavných nosníkov sa ukázala ako dostatočná bez potreby zosilnenia, s výnimkou krajných nadpodporových zvislíc (nad oporami aj piliermi), ktoré sú zosilnené v dolnej polovici svojej výšky (medzi dolným pásom a uzlom, v ktorom sa pripájajú diagonály) privarením steny z plechu hrúbky 5 mm na voľné konce pásnic pô-



Obr. 5 – Zosilnenie mostovkových prvkov

Zosilnenie pozdĺžnikov je riešené pridaním ôsmich nových pozdĺžnikov z oceľových valcovaných profilov UE 100 medzi pôvodné pozdĺžniky. Pridané pozdĺžniky sú privarené na steny a zosilňujúce priečne výstuhy priečnikov. Všetky priečniky sú zosilnené navarením plechových pásov hrúbky

vodného tenkostenného C profilu, čím vznikne uzavretý obdĺžnikový prierez (obr. 6). Okrem toho sú dolné pásy nadpodporových mostných dielov opatrené privarenými úložnými doskami z plechov hrúbky 20 mm, ktoré sa použijú na prichytenie elastomérových ložísk na nosnú konštrukciu pomocou skrutiek.



Obr. 6 – Zosilnenie nadpodporových zvislíc a úprava dolných pásov pre uloženie na ložiská

Celá oceľová nosná konštrukcia sa po realizácii všetkých úprav a zosilnení opatrí protikoróznou ochranou pozostávajúcou z trojvrstvového epoxi-polyuretánového náteru celkovej hrúbky 240 μm, naneseného na abrazívne očistený a pozinkovaný povrch.

Zosilnenie a úprava spodnej stavby

Spodnú stavbu mosta tvoria dve nové gravitačné opory a dva pôvodné zosilnené medziľahlé piliere. Opory sa zhotovia na mieste pôvodných základových blokov, ktoré sa celkom odstránia. Pôvodné piliere sa zosilnia nadbetónovaním železobetónových úložných prahov výšky 1,1 m, ktorých vzájomné previazanie je zabezpečené pomocou vložiek z betonárskej výstuže vlepených do dier vyvŕtaných do pôvodných hláv pilierov. Okrem toho sa do úložných prahov zabetónujú aj prečnievajúce časti pôvodnej oceľovej konštrukcie piliera, ktorého horné časti sa odrežú pod úrovňou horných plôch budúcich úložných prahov.

ZÁVER

V článku je predstavený návrh rekonštrukcie existujúceho mostného objektu, ktorý je neobvykle realizovaný z oceľového mostného provizória systému MS. Nepriaznivý technický stav a nevyhovujúca nízka zaťažiteľnosť nosnej konštrukcie si vyžiadali potrebu celkovej rekonštrukcie mostného objektu, ktorá na základe rozhodnutia správcu objektu ovplyvneného najmä limitovanými ekonomickými možnosťami počíta s opätovným využitím pôvodnej oceľovej nosnej konštrukcie. Vzhľadom na potrebu zvýšenia zaťažiteľnosti mostného objektu bolo navrhnuté zosilnenie tak nosnej konštrukcie, ako aj spodnej stavby. Statický prepočet mostného objektu po navrhnutých zosilneniach a úpravách preukázal zvýšenie zaťažiteľnosti mostného objektu na hodnoty 13 t pre normálnu zaťažiteľnosť, 41 t pre výhradnú zaťažiteľnosť a 15 t pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu.

POĎAKOVANIE

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika pre projekt: Hodnotenie dopadu environmentálneho zaťaženia na stav mostných objektov cezhraničnej dopravnej siete,

304011Y277, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Tento príspevok vznikol za podpory Grantovej agentúry VEGA SR v rámci riešenia úlohy 1/0623/21.

JOZEF GOCÁL
MATÚŠ FARBÁK
ANTONÍN LOKAJ

Literatúra a použité zdroje:

[1] Diagnostika MO 2358-003 most cez rieku Belá za obcou Liptovská Kokava. Spracoval PRODEX s.r.o. pre SC ŽSK, 2018.

[2] Štúdia variantných riešení zvýšenia zaťažiteľnosti mostného objektu MO 2358-003 v k. ú. Liptovská Kokava. ŽU v Žiline, SvF, KSKM pre SC ŽSK, marec 2020.

[3] Cesta III/2358, Vypracovanie projektovej dokumentácie na rekonštrukciu MO 2358-003 v k. ú. Liptovská Kokava. ŽU v Žiline, SvF, KSKM pre SC ŽSK, január 2021.

Ing. Jozef Gocál, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline

Ing. Matúš Farbák, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline

Prof. Ing. Antonín Lokaj, PhD.

VŠB-TU Ostrava

Lanové prvky v stavebných konštrukciách, časť 1: Základná terminológia lán

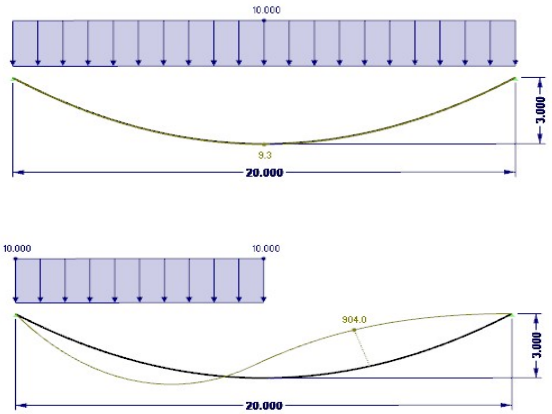
Návrh lana ako prvku nosnej konštrukcie je podmienený predovšetkým ekonomickým výberom vhodného typu a konštrukcie lana s ohľadom na spôsob namáhania lana v konštrukcii. V rámci vybratého typu je potrebné navrhnúť taký priemer lana, aby sme dosiahli najväčšiu možnú hospodárnosť pri splnení požiadaviek medzných stavov. Hospodárny návrh je daný cenou lán, ktorá môže byť viacnásobkom ceny bežného valcovaného materiálu. Najdôležitejším podkladom pri návrhu lanových prvkov je EN 1993-1-11, kde sú uvedené skupiny ťahaných prvkov a určuje pravidlá na stanovenie technických požiadaviek na prefabrikované ťahané prvky z hľadiska ich bezpečnosti, používateľnosti a trvanlivosti.

NOSNÉ SYSTÉMY NAMÁHANÉ OSOVÝMI SILAMI

Pri sústavách namáhaných len osovou silou je nutné poukázať na niekoľko nevýhod:

- Raz zvolený tvar oblúka alebo lana je vhodný len pre určitý druh zaťaženia, je kontrolovateľný cez deformácie. Sú vhodné pre vlastnú tiaž, prípadne pre rovnomerný sneh, ale určite nie pre vietor, dopravu, zemetrasenia a pod. Oblúk je namáhaný potom ohybom a lano sa značne deformuje do nevyhovujúceho tvaru.
- Ľahkosť vo voľnom rozpätí sa pri oblúku odrazí pri uložení nutnosťou vhodného ložiska alebo potrebou ťahadla a pri lanách nutnosťou kvalitných lanových koncoviek.
- Tvar konštrukcie môže byť celkom elegantný, dá sa ale ťažko zladiť s využitím, pretože sa spravidla prestrešujú pravouhlé pôdorysy, alebo je nutné zniesť priame horizontálne účinky.

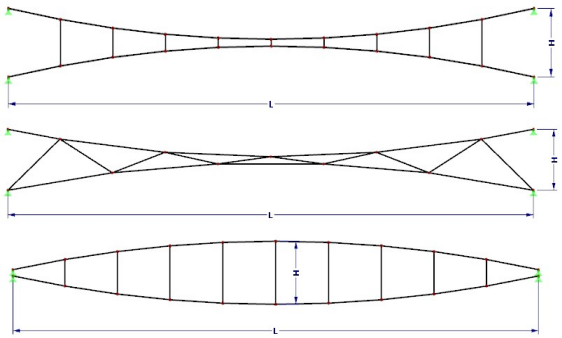
Častejšie sa používajú pre ťahom namáhané konštrukcie kinematické systémy, ktoré majú väčšie pretvorenia a v dôsledku vysokopevnostných materiálov aj väčšie pomerné pozdĺžne predĺženia. Použitím predpätia sa dajú čiastočne zvýšiť tuhosť konštrukcie a ohraničiť deformácie. Konštrukcia však zostáva kinematická a predpätie je nevyhnutne potrebné pre použiteľnosť systému. Predpínacie sily môžeme kotviť do tlačených prstencov alebo kotevných blokov.



Obr. 1 – Symetrické a asymetrické zaťaženie oblúka a lana (tvar - parabolická krivka)

Možnosť roznosu veľkých síl prvkami malých prierezov (vysokopevnostný materiál namáhaný ťahom) vytvára z predpätých konštrukcií ľahké a filigránské tvary. Čím väčšie sily sú koncentrované v malých prierezoch, tým väčšie problémy sa objavujú pri presmerovaní prvku a pri kotvení. Kinematické nosné systémy, majú v porovnaní s tuhými systémami a s ich bežne používanými materiálmi, malú tiaž. Vystuženie takýchto systémov pomocou vlastnej tiaže je vhodné len vtedy, ak plní aj iné funkcie. Ale to sme znovu pri "mŕtvej" vlastnej tiaži, ktorú vlastne nechceme. Najmä v

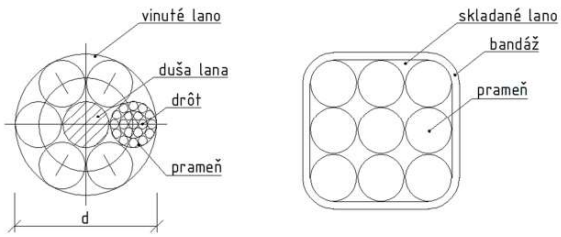
rovine, ak sa zriekneme ohybovo tuhých stavebných dielov, sme rýchlo v koncoch. V takejto situácii sú vhodné predpäté dvojpásové rovinné sústavy.



Obr. 2 – Príklady typických dvojpásových predpätých lanových sústav (zhora-dole), Dvojpásová vláknová sústava s ťahadlami, Dvojpásová vláknová sústava s predpätými medzipásovými diagonálami, Dvojpásová vláknová sústava s rozperkami

ZÁKLADNÁ TERMINOLÓGIA A VÝROBA OCEĽOVÝCH LÁN

Lano je ohybovo mäkký prvok pozostávajúci z drôtov alebo prameňov. Podľa spôsobu výroby (konštrukcie) lán rozlišujeme vinuté, skladané a špeciálne laná.



Obr. 3 – Skladba vinutého a skladaného lana

Výroba oceľových lán je jedným z najnáročnejších procesov v oblasti výroby stavebných prvkov resp. stavebných materiálov. Požiadavkou pri výrobe oceľových lán sú kvalitné vstupné materiály, špecializované strojné vybavenie a kvalifikácia výrobného personálu. Výrobno-technologický proces výroby lán rozdeľujeme na tieto fázy:

Patentovanie

Valcované tyče z vysokopevnostnej nelegovanej uhlíkovej ocele zušľachťujeme patentovaním, izotermickým dejom, pri ktorom sa tyče ohrejú na teploty 700-900°C. Následne sa ochladzujú v olovenom kúpeli na teplotu 500-600°C. Tepelné spracovanie pri patentovaní je špeciálnym spôsobom kalenia, kde oceľ nadobúda jemnú štruktúru s vysokou húževnatosťou.

Ťahanie

Následným krokom je ťahanie za studena. Oceľové drôty sú ťahané cez niekoľko zmenšujúcich sa otvorov kužeľovitého tvaru (prieťažníc) až po dosiahnutie požadovaného priemeru.

Stabilizovanie

V prípade, ak je potrebné zlepšiť vlastnosti ťahaných drôtov pred zvinutím do prameňov lán, necháme drôty prejsť stabilizačnou termo-mechanickou linkou. Stabilizácia prebieha pri teplotách cca. 400°C a napätí vyvolávajúcom pomerné predĺženie na úrovni 1%. Stabilizáciou získame drôty s nízkou relaxáxiou.

Popúšťanie

Proces podobný stabilizácií, drôty ale mechanicky nezaťažujeme.

Zlaňovanie

Zlaňovací proces (splietanie drôtov do lanového prameňa), kde pre ďalších vlastnostiach lán rozhoduje výška a smer vinutia vrstiev prameňov.

Umŕtvovanie

Umŕtvovaním znižujeme vnútorné pnutie vinutých lán. Pnutia vznikajú pri ťahaní samotných drôtov a splietaní drôtov do prameňov a prameňov do lán.

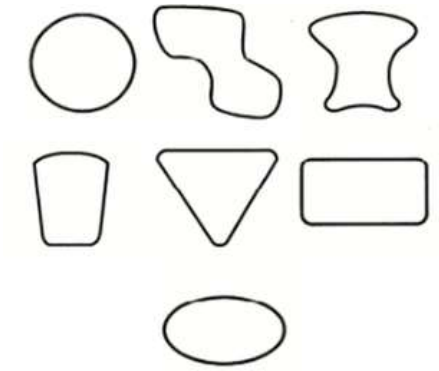
VÝBER ŤAHOVÉHO PRVKU

Návrh lana ako prvku nosnej konštrukcie je podmienený predovšetkým ekonomickým výberom vhodného typu a konštrukcie lana s ohľadom na spôsob namáhania lana v konštrukcii. Najdôležitejším podkladom pri návrhu lanových prvkov je EN 1993-1-11, kde sú uvedené skupiny ťahaných prvkov a určuje pravidlá na stanovenie technických požiadaviek na prefabrikované ťahané prvky z hľadiska ich bezpečnosti, používateľnosti a trvanlivosti. Rozdelenie do skupín ťahaných prvkov je v tabuľke 1.

Tab. 1 – Skupiny ťahaných prvkov podľa EN 1993-1-11

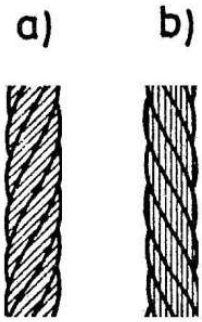
Skupina	Hlavný ťahaný prvok	Dielec
A	Výrobky skupiny A majú všeobecne kruhový prierez pripojený závitom ku koncovke.	
	tyč (prút) / rod (bar)	**ťahaný systém z tyčí (prútov), predpínací prút / tension rod (bar) system, prestressing bar**
	Tuhé tyčové prvky sa používajú prevažne ako: - stužidlá striech, stien, nosníkov, - závesy strešných prvkov a pylónov, - napínacie systémy oceľovo-drevených väzníkov, oceľových dielcov a priestorových prútových konštrukcií, - závesy zavesených mostov menších rozpätí prevažne lávky pre peších, - pri vetvičkových sústavách ako závesy vetvičkovej sústavy.	
B	Výrobky skupiny B sú zložené z drôtov, ktoré sú zakotvené do koncoviek alebo iných zakončení a vyrábajú sa prevažne s priemerom od 5 do 160 mm.	
	kruhový drôt / circular wire	**špirálové pramenné lano / spiral strand rope**
	Špirálové pramenné laná sa prevažne používajú ako: - stabilizačné laná lanových sietí a oceľových priehradových nosníkov, - nosné a okrajové laná ľahkých konštrukcií, - Kotevné laná stožiarov, komínov a mostov.	
	kruhové a Z-drôty / circular and Z-wires	**plne uzavreté špirálové lano / fully locked coil rope (LCR – locked coil rope)**
	Plne uzavreté špirálové laná sa vyrábajú s priemerom od 20 do 180 mm a používajú sa najmä ako: - nosné laná a stabilizačné laná lanových väzníkov, - okrajové laná lanových sietí, - kotevné laná stožiarov, - kotevné a nosné laná zavesených mostov.	
	kruhový drôt a drôtový prameň / circular wire and stranded wire	**pramenné lano / strand rope**
	Konštrukčné pramenné laná sa používajú ako: - Okrajové laná pre tkaninové membránové konštrukcie, - kotevné laná stožiarov, - závesy visutých mostov, - prepojovacie laná medzi závesmi/kotevnými lanami (tlmič), - zábradlia.	
C	Výrobky skupiny C potrebujú samostatné alebo spoločné ukotvenie a zodpovedajúcu protikoróznu ochranu.	
	kruhový drôt / circular wire	**prameň s rovnobežnými drôtmi / parallel wire strand (PWS)**
	kruhový drôt / circular wire	**zväzok rovnobežných drôtov / bundle of parallel wires**
	sedemdrôtový (predpínací) prameň / seven wire (prestressing) strand	**zväzok rovnobežných prameňov / bundle of parallel strands (PSC – Paralel Strand Cable)**
	Skupina výrobkov C sa používa: - zväzok rovnobežných drôtov najmä ako hlavné nosné laná visutých konštrukcií veľkých rozpätí, najmä visuté mosty - prameň s rovnobežnými drôtmi najmä ako závesy zavesených mostov a striech veľkých rozpätí - sedemdrôtový (predpínací) prameň má široké uplatnenie pri predpätých betónových konštrukciách a požíva sa prevažne pri zavesených mostoch s betónovou mostovkou v závesoch.	

Na presnosť výroby lanových prvkov sa kladú vysoké požiadavky, preto je nesmierne dôležité vyhotoviť laná v dĺžke vyhovujúcej výpočtom. Pri stanovení dĺžky lana (rezaní lana na dĺžku) je nutné zohľadniť teplotu prostredia, typ použitej koncovky lana, rozmiestnenie svoriek pre pripojenie sekundárnych lán, dotvarovanie a relaxáciu.
Laná sa vyrábajú z drôtov kruhového prierezu a drôtov tvarovaných (konštrukciou lana nazývame usporiadanie prameňov v lane). Prierezy obvykle tvarovaných drôtov sú na obr.4.



Obr. 4 – Tvary drôtov: Okrúhly, Uzavretý (Z), polouzavretý (H), lichobežníkový (T), trojuholníkový (V), obdĺžnikový (R), ovály (Q)

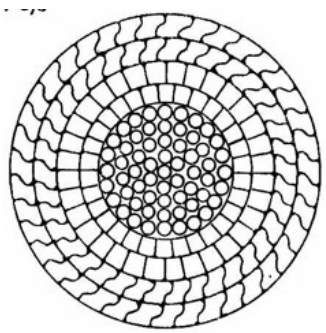
Prameň je prvok lana zložený z drôtov určitého tvaru a rozmerov, uložených skrutkovito okolo stredu v jednej alebo viacerých vrstvách v rovnakom alebo opačnom smere. Drôty sú vinuté do skrutkovice tak, aby sa navzájom dotýkali a tvorili vždy ten istý pravidelný prierez. Vinutie lana je charakterizované zmyslom, spôsobom, výškou a dĺžkou (obr.5). Výška vinutia sa vyjadruje násobkom menovitého priemeru lana (prameňa), napr. 1:10.



Obr. 5 – Zmysel a spôsob vinutia lana
a) pravé lano, rovnosmerné
b) ľavé lano, protismerné

Pevnosť drôtov určených pre lanové prvky je definovaná v súbore noriem STN EN 10264. V prípade kruhových oceľových drôtov sú definované pevnostné triedy 1180MPa, 1370MPa, 1570MPa, 1770MPa, 1960MPa ,2160MPa. V prípade tvarovaných drôtov 1270MPa, 1370MPa, 1470MPa, 1570MPa, 1670MPa, 1770MPa.

Viacpramenné lano pozostáva z niekoľkých prameňov, ktoré sú navinuté valcovo v jednej alebo niekoľkých vrstvách okolo duše alebo stredu. Rozlišujeme:
- jednovrstvové viacpramenné laná pozostávajúce z jednej vrstvy vinutých drôtov,
- lano odolné voči krúteniu pri zaťažení má znížený krútiaci moment,
- súbežne vinuté lano pozostávajúce z najmenej dvoch vrstiev vinutých prameňov,
- lano zo zhutnených prameňov,
- zhutnené lano,
- káblové lano, niekoľko pramenných lán vinutých okolo duše (pramenného lana),
- prepletené lano, okrúhle prameňe zapletené v pároch,
- elektro-mechanické lano,
- ploché lano.

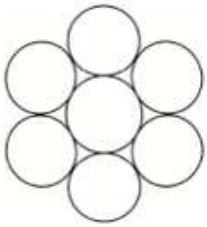
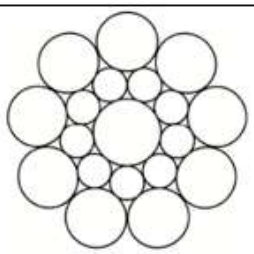
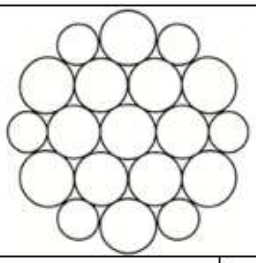
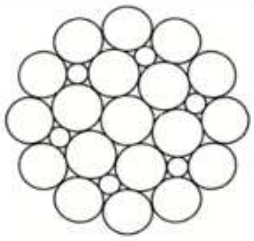
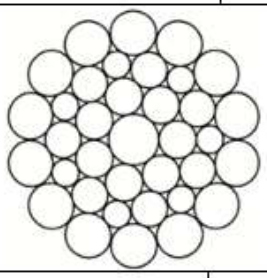
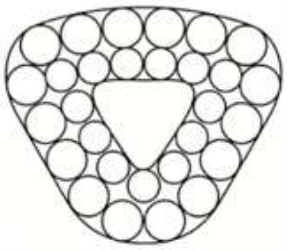
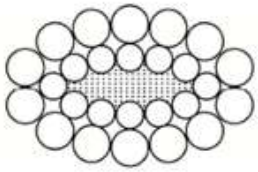
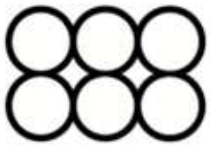


Obr. 6 – Plne uzavreté špirálové lano ø 70,3mm s dvoma a dvoma vrstvami klinových a Z-drôtov, ktoré sa ako zväzok lán použili pri stavbe mosta SNP v Bratislave

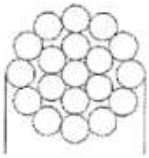
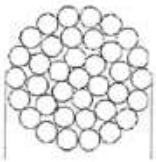
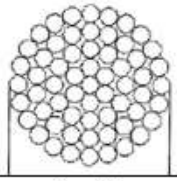
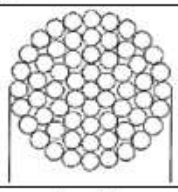
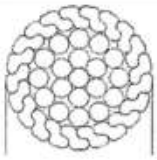
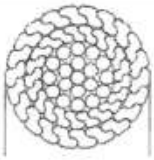
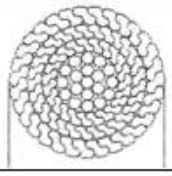
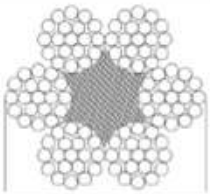
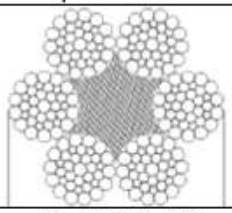
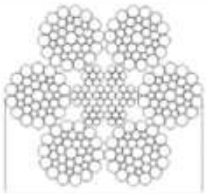
Výhody uzavretých lán s jadrom z vrstiev z drôtov kruhového prierezu, na ktoré sú vinuté vrstvy z klinových a Z-drôtov sú:
- vysoký stupeň využitia prierezovej plochy,
- dobré deformačné vlastnosti,
- uzavretie vnútra lana pred účinkami korózie.

Vrstva klinových alebo Z-drôtov svojím pôsobením priaznivo ovplyvňuje modul pružnosti uzavretých lán.

Tab. 2 – Usporiadanie drôtov v lanových prameňoch - názov a označenie

							
Jednovrstvový prameň	-	Konštrukcia Seal	S	Konštrukcia Warington	W	Konštrukcia vyplneného prameňa	F
							
Konštrukcia Warington-Seal	WS	Trojuholníkový prameň	V	Oválny prameň	Q	Plochý pásový prameň	P

Tab. 3 – Usporiadanie typických jednopramenných lán

Špirálové jednopramenné lano / Spiral strand rope – EN 1993-1-11				
				
Konštrukcia	1 x 19	1 x 37	1 x 61	1 x 91
Plne uzavreté špirálové lano / Fully locked coil rope – EN 1993-1-11				
				
Konštrukcia	1 vrstva Z-drôtov	2 vrstvy Z-drôtov	≥ 3 vrstvy Z-drôtov	
Viacpramenné lano / Strand rope				
				
Konštrukcia	6 x 19 – FC	6 x 19 - WSC	6 x 36WS - FC	6 x 36WS - IWRC

FC – Fibre core/ tkaninová duša
WSC – Wire Strand core/ duša tvorená prameňom
IWRC – Individual Wire Rope core/ duša tvorená samostatným pramenným lanom

Tab. 5 – Normy zaoberajúce sa návrhom, materiálovými charakteristikami a špecifikáciou ťahaných prvkov

STN EN 1993-1-1	Navrhovanie oceľových konštrukcií, Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy
	Základná norma pre návrh oceľových konštrukcií v prípade návrhu ťahaných prvkov používame pre návrh skupiny ťahaných prvkov A (tuhé tyče)
STN EN 1993-1-4	Navrhovanie oceľových konštrukcií, Všeobecné pravidlá Doplnkové pravidlá pre nehrdzavejúce ocele
	V prípade návrhu nerezových ťahaných prvkov skupiny A (tuhé tyče)
STN EN 1993-1-11	Navrhovanie oceľových konštrukcií, Navrhovanie konštrukcií s ťahanými prvkami
	Norma sa zaoberá návrhom ťahaných prvkov.
STN EN 1993-1-12	Navrhovanie oceľových konštrukcií, Doplnkové pravidlá na rozšírenie platnosti EN 1993 pre ocele do pevnostnej triedy S700
	Pri potrebe návrhu skupiny ťahaných prvkov A (tuhé tyče) s vyššími pevnosťami ocele.
STN EN 10264-1;-2;-3;-4	Oceľový drôt a výrobky z drôtu Časť 1 – Všeobecné požiadavky Časť 2 – Nelegovaný oceľový drôt ťahaný za studena na laná na všeobecné použitie Časť 3 – Kruhový a tvarovaný nelegovaný oceľový drôt na vysokopevnostné použitie Časť 4 – Nehrdzavejúce oceľové drôty
	Charakteristika oceľových drôtov použitých pre výrobu lanových prvkov.
STN EN 12385-1; -2; -3; -4; -5; -6; -7; -8; -9; -10	Oceľové drôtené laná – Bezpečnosť Časť 1 – Všeobecné požiadavky Časť 2 – Definície, označovanie a zatrieďovanie Časť 3 – Informácie o použití a údržbe Časť 4 – Viacpramenné laná na všeobecné použitie pri zdvíhaní Časť 5 – Viacpramenné laná pre výťahy Časť 6 – Viacpramenné laná pre banské šachty Časť 7 – Uzavreté vinuté laná pre banské šachty Časť 8 – Vinuté ťažné a nosno-ťažné laná pre zariadenia lanových dráh určených na prepravu osôb Časť 9 – Uzavreté vinuté laná pre zariadenia lanových dráh určených na prepravu osôb Časť 10 – Špirálové laná na všeobecné konštrukčné použitie
	Charakteristiky oceľových lán používaných v stavebnej praxi.
STN EN 10244-1; -2; -3	Oceľový drôt a drôtene výrobky – Neželezné kovové povlaky na oceľovom drôte Časť 1 – Všeobecné požiadavky Časť 2 – Povlaky zo zinku a zliatin zinku Časť 3 – Hliníkové povlaky
	Protikorózna úprava drôtov kovovými povlakmi
STN EN 13411-1; -2; -3; -4; -5; -6; -7; -8	Zakončenie oceľových lán Bezpečnosť Časť 1 – Očnice závesov oceľových lán Časť 2 – Zapletanie ôk oceľových lán pre závesy Časť 3 – Zalisované objímky a zaisťovanie lana objímkou Časť 4 – Upevňovanie lana v koncovke kovom a živicou Časť 5 – Lanové svorky so svorníkom tvaru U Časť 6 – Asymetrická klinová koncovka Časť 7 – Symetrická klinová koncovka Časť 8 – Zhutňovacie koncovky a zhutňovanie
	Ukončenia ťahaných prvkov.
pr EN 10138-1; -2; -3; -4	Predpínacie ocele Časť 1 – Všeobecné požiadavky Časť 2 – Drôty Časť 3 – Pramene Časť 4 - Tyče
	Norma nie je v súčasnosti vydaná, dostupné sú predbežné verzie.

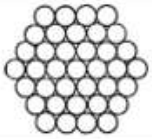
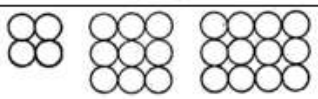
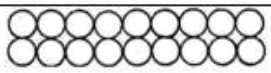
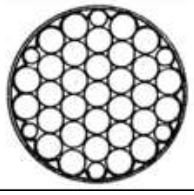
Zväzok lán charakterizujú laná skladané z vinutých prameňov a lán (lanové káble) sa používajú na prenos veľkých ťahových síl. Zloženie prameňov pre dosiahnutie väčšej únosnosti je výhodnejšie ako ich ďalšie vinutie. Typické prierezy zväzku lán z vinutých prameňov sú v tabuľke 4.

Pre strešných a mostných konštrukciách ide preklenutie o veľkých rozpätí, tu využijeme výhody uzavretých špirálových lán a z nich vytvorené zväzky lán. Nosné laná sú teda väčšinou uzavreté, možno však použiť i špirálové jednopramenné laná najmä vo funkcii nosných a vetrových závesov visutých konštrukcií. Pre prípady, kde sa koncentruje namáhanie z priečneho otlačenia (sedlá pylónov), sú vhodnejšie laná uzavretej konštrukcie.

Lano z paralelných prameňov (PPWS – prefabricated parallel wire strand) je vyrobené vo výrobni a dovážané na miesto určenia. PPWS laná sú opatrené ochranným obalom (vrstvami) a najčastejšie sa používa pri výstavbe zavesených konštrukcií. PPWS pozostávajú z predpínacích drôtov priemeru 5 až 7mm a ako závesy sú umiestnené v polyetylénovej rúrke vyplnenej protikoróznou hmotou.

Zväzok rovnobežných drôtov – paralelne laná s vysokou pevnosťou boli vyvinuté v Nemecku (F. Leonhardtom). Ďalšie zdokonalenie lanových systémov prebehlo v USA a Japonsku. Výsledkom vývoja boli Ultra Dlhé Káble (Ultra-Long Lay Cable), obdoba PWS. Podstata vylepšenia pozostáva so skrútenia drôtov o 3 až 4° umožňuje zväzku zjednodušenie navíjania a prameň je pod vplyvom osovej sily samo zhutnený bez ovplyvnenia mechanických vlastností výrobku. Názov týchto prameňov rovnobežných drôtov poznáme v Európe ako „HiAm-SPWC“ v Japonsku „New PWS“. Prvky obsahujú obal z tvrdeného polyetylénu HDPE, ktorý je nanášaný priamo na zväzok drôtov. Zväzok je zostavený z drôtov priemeru 7mm, vytvorené lano môže tvoriť až 421 drôtov s dĺžkami až 460m (záves mosta Tatara).

Tab. 4 – Prierezy zväzku lán s prevažným použitím a výhodami

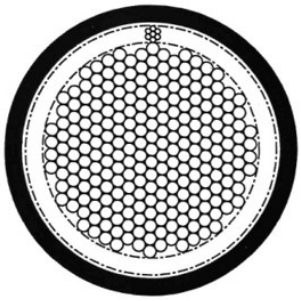
	Zväzok lán v tvare šesťuholníka charakteristický pre visuté strešné konštrukcie s veľkými rozpätiami a pre visuté mosty. Tvar prierezu je tu dostatočne zabezpečený objímkami pre pripojenie závesných lán výstužného nosníka.
	Pravouhlé prierezy zväzkov lán charakteristické pre šikmé závesy zavesených striech a mostov. Tvar prierezov tu tiež treba zabezpečiť objímkami.
	Výhodou pozdĺžneho rozdelenia lán vo zväzku je najmä zmenšenie namáhania lán z priečneho otlačenia v sedle pylónu.
	Kruhový zväzok lán možno ovinúť ochrannou krycou vrstvou proti korózii a napojiť objímky kruhového tvaru pre závesy.

Laná môžu byť dodané na stavbu navinuté na bubny. Dodacie dĺžky sú závislé od druhu a priemeru lana a od možnosti dopravy. Uzavreté laná sa pri priemeroch ø 40, 50, a 60mm bežne vyrábajú v dĺžkach 850, 600, a 450m. Pre menej náročné konštrukcie možno použiť laná bežného sortimentu. Plne uzavreté laná je možné požiť aj pre visuté konštrukcie s rozponom do 850m. Zatiaľ najdlhšie plne uzavreté lano má dĺžku 1250m s priemerom 180mm.

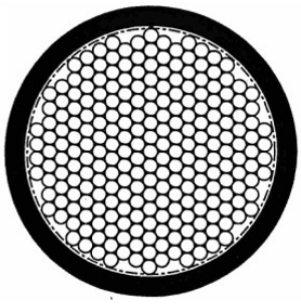
Lano z paralelných drôtov je určené pre konštrukcie s veľkým rozpätím (visuté strešné sústavy, visuté mosty), zostavenie lana prebieha v mieste stavby. Priemer drôtu pri lanách visutých konštrukcií s paralelnou konštrukciou lana je obvykle 5mm. Dĺžky týchto lán sú obmedzené materiálovo-technologickým stupňom vývoja.

Zväzok rovnobežných prameňov (PSC – Parallel Strand Cable) pozostáva zo sedem drôtových prameňov používaných pri predpínaní betónových konštrukcií. Vinutie drôtov okolo jadra je relatívne dlhé, tím je zachovaná tuhosť takmer na úrovni zväzoku rovnobežných drôtov sila pri pre-

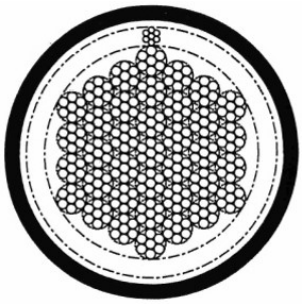
trhnutí prameňa môže byť dokonca vyššia. Prameň je vyrábaný z 4,5 až 7mm drôtov najčastejšie s priemerom 12,5mm a 15,5mm. Pramene usporiadané paralelne vytvárajú lano s obsahom 7 až 127 prameňov. Systémy lán skladajúcich sa zo sedem drôtových prameňov sú veľmi rozšírené (výrobcovia: Freyssinet, Dywidag, VSL, Stronghold, SEEE, ASP a iný).



Obr. 7 – PPWS lano - paralelne drôty sú chránené zálievkovou hmotou



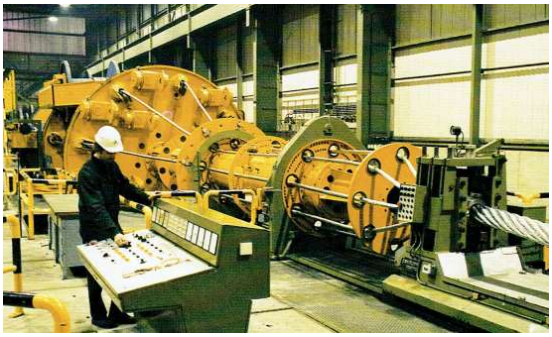
Obr. 8 – SPWC lano - HDPE obal so zväzkom paralelných drôtov



Obr. 9 – SPWC lano - HDPE obal so zväzkom paralelných drôtov

ZÁVER

Príspevok predstavuje časť obsiahlej tematiky lán, lanových prvkov a lanových konštrukcií. Základným účelom príspevku je poskytnúť informáciu o tejto téme a má slúžiť ako výukový materiál v danej oblasti.



Obr. 10 – Výroba pramenného lana priemeru 210mm

POĎAKOVANIE

Tento článok vznikol vďaka podpore vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0397/22.

JÁN BRODNIANSKY, ml.
JÁN BRODNIANSKY

Literatúra a použité zdroje:

[1] AGÓCS Z., FERIENČÍK P., MELCHER J., Vybrané state z kovových konštrukcií Predpäté kovové a vláknové konštrukcie 1.časť, vydavateľstvo SVŠT v Bratislave, Apríl 1981

[2] PETERSEN CH., Stahlbau Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten, Fried. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Brainschweig 1988, ISBN 3-528-08837-0

[3] CHEN W.F., LUI E.M., Handbook of Structural engineering second edition, Taylor & Francis Group, USA, 2004, ISBN 0-8493-1569-7

[4] ĎUREJOVÁ J., Analýza účinnosti predpätých nosných sústav Písomná práca k dizertačnej skúške, 2017

*Ing. Ján Brodniansky, PhD. (*1987)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

*Prof. Ing. Ján Brodniansky, PhD. (*1955)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

Kontrola 30-ročnej drevenej konštrukcie mostov pre peších a cyklistov

Pravidelné kontrolné prehliadky nosných konštrukcií by mali byť súčasťou údržby a starostlivosti o stavebné konštrukcie. Podľa dôležitosti objektu sú prehliadky odporúčané s ročnými alebo dvojročnými intervalmi.
V článku sú uvedené výsledky kontrolných prehliadok dvoch drevených mostov po 10 rokoch.

ÚVOD

V rámci diagnostiky konštrukcie bola vykonaná vizuálna kontrola a vykonali sa merania na vybraných a dostupných miestach konštrukcie (vlhkosť dreva, kontrolné merania rozmerov nosných prvkov a pod.). Diagnostická prehliadka bola zrealizovaná v roku 2020 za účelom posúdenia technického stavu jestvujúcej konštrukcie.

Na základe výsledkov prehliadky bol vypracovaný návrh sanačných opatrení dvoch nadchodov pre peších nad cestou E77. Konštrukcie nadchodov sú podobné, odlišujú sa najmä prístupovými chodníkmi a konštrukciami pred a za nadchodom.

Podľa závažnosti poruchy bol výsledný technický stav konštrukcií klasifikovaný piatimi stupňami, kde stupeň 0 je „bez poruchy“ a najvyšší stupeň 4 je klasifikovaná ako „porucha, ktorá ovplyvňuje spoľahlivosť a bezpečnosť konštrukcie ako celku“.

POPIS KONŠTRUKCIE

Konštrukcia nadchodu je celozastrešený drevený trámový most so spodnou mostovkou. Hlavné nosníky sú mierne oblúkové a staticky pôsobia ako trojpoľové nosníky, ktoré sú na začiatku a konci podopierané železobetónovými oporami a v približne v tretinách dĺžky nosnými oblúkmi – obr. 1, 2 a 3. Oblúková konštrukcia je trojkĺbová. Kĺbové prípoje sú situované na začiatku a konci oblúka a v jeho vrchole. Oblúky sú kotvené na samostatné základové konštrukcie osadené mimo profil priľahlej cestnej komunikácie.

Celková dĺžka mosta je 30,3m, rozpätie oblúkov je 17,0m, svetlá šírka mosta je 2,4m. Prierez hlavných nosníkov je rozmeru 200x1000mm, prierez oblúkov je rozmeru 300x1000mm. Nosníky aj oblúky sú vyrobené z lepeného lamelového dreva (LLD).

Hlavné nosníky sú spájané priečnikmi v tvare písmena U, pričom spodná časť priečnika je drevená prierezu 200x280mm a bočné časti sú oceľové. V miestach podopretia hlavných nosníkov oblúkmi sú použité oceľové priečniky. Priečniky sú navrhnuté ako uzavreté prierezy vytvorené zvarením dvoch valcovaných U-profilov.

Na priečnikoch sú v pozdĺžnom smere uložené drevené mostiny, na mostinách sú drevené podlažiny. Vodorovné vystuženie mostovky je pravdepodobne tvorené násobným vzájomne kolmým krížením jej jednotlivých častí (priečniky, mostiny a podlažiny). Iné stužujúce prvky v rovine mostovky neboli pri prehliadke zistené.

Priečne vystuženie oblúkov zabezpečuje systém diagonálnych oceľových vystužovadiel v tvare krížov z kruhovej tyčovej ocele. Ako protikorózna ochrana oceľových konštrukcií je použitý náter.

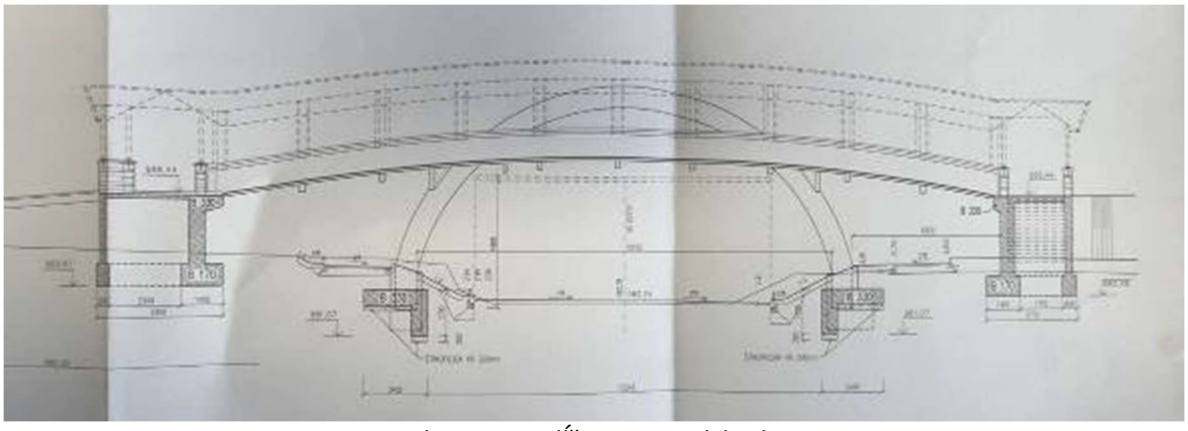
Zábradlie mosta je tvorené hlavným nosníkom a doplneným dreveným madlom.

Nosná konštrukcia zastrešenia mosta je riešená ako jednoduchá pozostáva zo stĺpov. Stĺpy sú navrhnuté ako zdvojené prierezy, ktoré sú pripojené takmer na celú výšku hlavného nosníka sústavou svorníkov. V pozdĺžnom smere je stĺpiková konštrukcia vystužená drevenými diagonálami. Na stĺpoch sa nachádza konštrukcia strechy symetrického sedlového tvaru. Tvoria ju

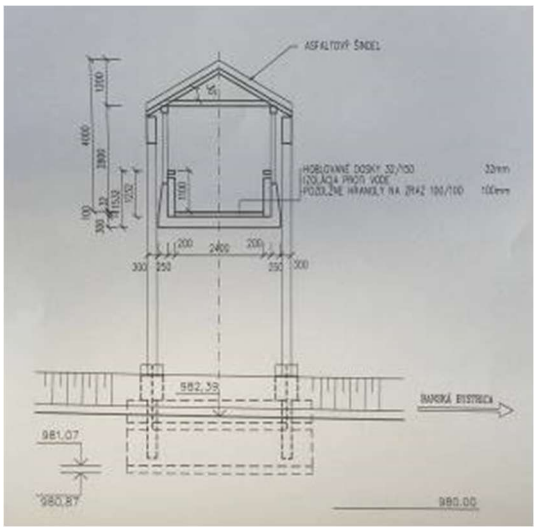
lemovacie väznice osadené v línii stĺpov, na ktorých sa nachádzajú krokvy. V úrovni hornej hrany väzníc sú krokvy vzájomne spojené klieštinami. V rovine strechy je strešná konštrukcia vystužená drevenými polopriečkovými diagonálami.

Ako krytina je použitý asfaltový šindeľ na drevenom debnení.

Hlavná nosná konštrukcia oboch nadchodov je rovnaká, nadchody sa odlišujú prístupovými chodníkmi a konštrukciami pred a za nadchodom.



Obr. 1 – Pozdĺžny rez, nadchod 1



Obr. 2 – Priečny rez, nadchod 1

Obr. 3 – Celkový pohľad, nadchod 1

Obr. 4 – Celkový pohľad, nadchod 2

VÝSLEDKY DIAGNOSTICKEJ PREHLIADKY

Konštrukcie nadchodov boli rozdelené na jednotlivé nosné prvky: základy, oblúky, vystužovadlo oblúkov, hlavné nosníky, priečniky, mostiny a podlažiny a strešná konštrukcia.

Pre jednotlivé časti boli zistené poruchy zaradené podľa vyššieuvedenej klasifikácie.

Zo závažných porúch stupňa 3 boli zistené najmä hniloba v zhlaví oblúkov a priečnika, delaminácia hlavných nosníkov a výrazné trhliny v horných lamelách hlavných nosníkov. Tieto poruchy súvisia s viacerými faktormi:

- nedostatočná konštrukčná ochrana dreva pred vlhkosťou,
- nevhodné konštrukčné riešenie prípojov,
- možné nedostatky v technológii lepenia,
- zanedbaná údržba.

Obr. 5 – Vstup, nadchod 2

Obr. 6 – Delaminácia nosníka z lepeného lamelového dreva

Obr. 7 – Nevhodné konštrukčné riešenie päty oblúka, poškodenie oblúka hnilobou a degradácia betónového základu

ODPORÚČANÉ OPATRENIA

Vzhľadom na oslabenie prierezov trhlinami a hnilobou bol odporúčaný kontrolný statický výpočet so vstupnými parametrami konštrukcie v súčasnom stave.

Obr. 8 – Nevhodné uloženie priečnika

Obr. 9 – Trhliny na hornom okraji hlavného nosníka

Zároveň boli navrhované ďalšie opatrenia:

- zastavenie delaminácie lepených lamelových prierezov,
- ochranný drevený obklad častí konštrukcie najviac namáhaných dažďom,
- zmena konštrukčného riešenia uloženia oblúkov, hlavných nosníkov a mostín,
- zmena konštrukčného riešenia prípojov strešných prvkov.

ZÁVER

Na základe výsledkov diagnostickej prehliadky drevenej nosnej konštrukcie nadchodov v Donovaloch je možné konštatovať, že stav pri prehliadke prístupných častí je podmienečne vyhovujúci dobrý s potrebou vykonania komplexnej údržby objektu.

Celkovo sa na konštrukcii nachádzajú poruchy, ktoré podľa závažnosti možno klasifikovať do

stupňa poškodenia 0 až 3, pričom stupeň poškodenia 3 je porucha, ktorá lokálne ovplyvňuje spoľahlivosť a bezpečnosť konštrukcie.

Vzhľadom na rozsah hnilobou poškodených častí sa odporúča vypracovať kontrolný statický výpočet nosnej konštrukcie so zohľadnením hnilobou oslabených prierezov.

Na základe výsledkov kontrolného statického výpočtu bude možné konštatovať, či nosná konštrukcia vyhovuje vzhľadom na Medzný stav únosnosti aj Medzný stav používateľnosti, resp. bude možné určiť nutný rozsah opravy a vypracovať projekt sanačných prác. Zo statického hľadiska je možné rozčleniť túto činnosť na projekt sanácie konštrukcie nadchodu a na projekt sanácie prístupových chodníkov.

MILOŠ SLIVANSKÝ
JAROSLAV SANDANUS

Literatúra a použité zdroje:

[1] Sandanus, J. – Slivanský, M.: Diagnostická prehliadka a návrh sanačných opatrení Nadchod 1 pre chodcov ponad cestu E77, StructureSS sro Stupava, 2020

[2] Sandanus, J. – Slivanský, M.: Diagnostická prehliadka a návrh sanačných opatrení Nadchod 2 pre chodcov ponad cestu E77, StructureSS sro Stupava, 2020

*Ing. Miloš Slivanský, PhD. (*1980)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

*Doc. Ing. Jaroslav Sandanus, PhD. (*1965)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí ako docent na Katedre kovových a drevených konštrukcií. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

Statický návrh membránového prestrešenia exteriérového klziska

V článku sa opisuje statický návrh a výpočet membránového prestrešenia exteriérového klziska podľa vybraného architektonického návrhu. Nosná konštrukcia objektu je tvorená oceľovou konštrukciou do ktorej je kotvená technická textília s membránovým povrchom. Nosná konštrukcia vrchnej stavby riešeného objektu je založená na hlbinných základoch. Statický návrh bol vytvorený v programe založenom na metóde konečných prvkov využívajúc metódu Newton-Raphson a analýzu veľkých deformácií. Na výpočet geometrie membránových povrchov podľa zvolených okrajových podmienok, program využíva URS metódu.

ÚVOD

Používanie látky ako ochrany pred dažďom, vetrom a slnkom nie je žiadnou novinkou, stany rôznych tvarov nájdete vo všetkých častiach sveta a existujú viac-menej odvtedy, čo ľudia začali tkať textílie. Ľahko sa stavajú a ľahko sa prepravujú. V Arabských krajinách a Severnej Afrike už dlho používajú látku natiahnutú cez uličky, ktorá vytvára tieň pred slnkom a chráni pred dažďom [1].

Membránové konštrukcie z technických textílií sa používajú ako dočasné alebo trvalé ľahké strechy a prístrešky štadiónov, arén, nákupných centier, výstavných hál letísk, amfiteátrov, ale aj ako efektné dominanty vybraných priestorov a podobne [2].

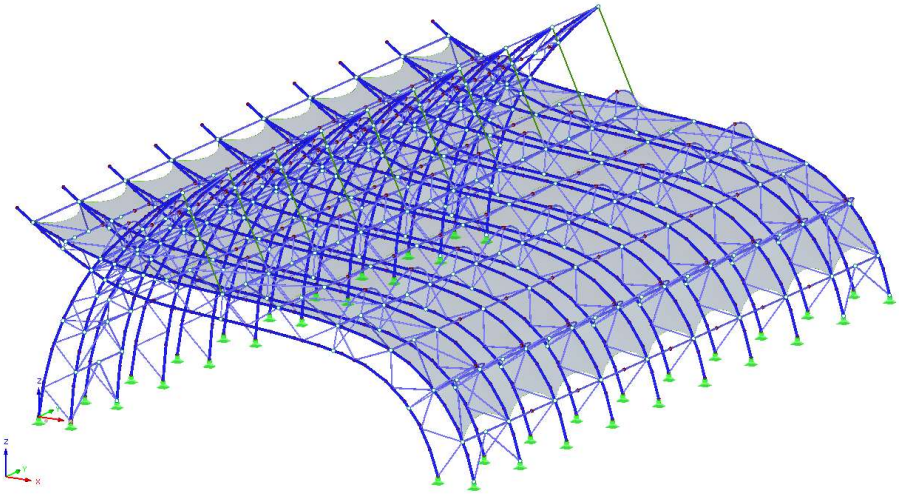
Membránové konštrukcie sú vzhľadom na ich tvar a nízku hmotnosť kategorizované medzi ľahké konštrukcie pre veľké rozpätia. Svojím konštrukčným správaním sa od bežných konštrukcií odlišujú predovšetkým tým, že vonkajšie sily sa prenášajú výlučne ťahom [3].

Problém hľadania vhodných foriem resp. tvarov pre namáhané membránové povrchy sa môže riešiť rôznymi spôsobmi. Spoločná pre všetky prístupy je potreba zabezpečiť, aby výsledný tvar povrchu bol schopný odolať aplikovanému zaťaženiu a zároveň spĺňať obmedzenia stanovené architektonickou špecifikáciou. Kvôli priamemu vzťahu medzi tvarom povrchu a distribúciou sily v membránových konštrukciách je často potrebné robiť kompromisy medzi tým, čo chce dosiahnúť architekt, a tým, čo je štrukturálne možné [4].

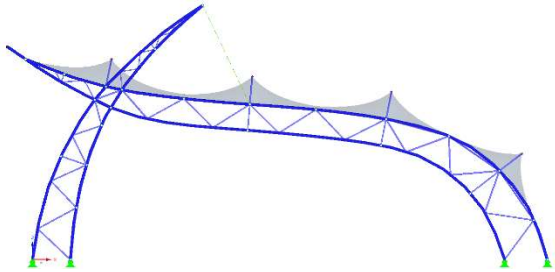
CHARAKTERISTIKA NOSNEJ KONŠTRUKCIE

Predmetom statického návrhu bolo prestrešenie ľadovej plochy nad existujúcim klziskom, ktoré sa nachádza v športovo-zábavnom areáli na Alejovej ulici v meste Košice, podľa arch. návrhu. Jedná sa o jednopodlažné zastrešenie špecifického tvaru s osovými rozmermi oceľovej konštrukcie 27,20 x 45,00m v module 5,00m.

Prekrytie oceľovej konštrukcie je pomocou technickej textílie, ktoré spolu vytvárajú charakteristickú membránovú konštrukciu. Strešná rovina je v priečnom smere tvorená dvojito zakriveným priehradovým oblúkovým nosníkom, od päty nosníka je tvar oblúka konkávny a postupne prechádza do konvexného tvaru oblúka. Sklon strešnej roviny v priečnom smere je v závislosti od sklonu technickej textílie, pričom jej spádnica má sklon od 1°do 90°. V pozdĺžnom smere vytvárajú opakujúce sa oblúkové rámy viacpoľový pílový tvar strechy s premenlivým sklonom podľa prekrytia technickou textíliou. Horná hrana strešnej konštrukcie je na kóte +11,8m, avšak celková výška objektu je na kóte +14,1m. Technická textília je navrhnutá od výrobcu Ferrari Serge Precontraint 1002 S2. Schéma objektu na obr.1 a 2.



Obr. 1 – Axonometria výpočtového modelu



Obr. 2 – Pohľad na priečnu väzbu s membránovým povrchom vo výpočtovom modeli

Metodika statického výpočtu

Na výpočet membránovej konštrukcie bola použitá numerická analýza na princípe konečných prvkov. Ide o analýzu veľkých deformácií (III.rádu) s Newton-Raphsonovou metódou riešenia nelineárnych rovníc. Počet prírastkov zaťaženia rovný 5. Delenie 1D konečných prvkov bolo nastavené na 10 rovnakých dielov. 2D prvky sú v analýze uvažované ako trojuholníkové prvky s veľkosťou konečného prvku 0,200 m. Pre hľadanie tvaru membránového povrchu program využíva metódu URS (Update Reference Strategy) [5], ktorá využíva homotopickú metódu pre dosiahnutie riešenia singulárneho problému.

Zaťaženia pôsobiace na konštrukciu

Vlastná tiaž bola generovaná výpočtovým softvérom. Zaťaženie snehom bolo v zmysle STN EN 1991-1-3 uvažované charakteristickou hodnotou na povrchu zeme $s_k = 0{,}71$ kN/m^2. Vo výpočte bolo uvažované s trvalou/dočasnou návrhovou situáciou, s mimoriadnou, vrátane závejového usporiadania medzi jednotlivými rámami.

Zaťaženie vetrom bolo v zmysle STN EN 1991-1-4 uvažované ako kvázi-statické, vychádza zo základnej rýchlosti vetra 26 m/s. Zahŕňa rôzne zaťažovacie schémy, podľa smeru pôsobenia vetra na konštrukciu, vrátane/bez prekážky pre otvorené prístrešky a pod.

Vrchná stavba

Priečny rám je navrhnutý ako rovinná priehradová konštrukcia špecifického tvaru. Hlavné pásové prúty sú navrhnuté z dutých kruhových prierezov CHS 152,4x5,0 z ocele pevnostnej triedy S355. Medzipásové prúty sú v rámci optimalizácie konštrukcie tvorené troma typmi dutých kruhových prierezov, CHS 60,3x3,2; CHS 76,1x3,2; CHS 88,9x3,6; z ocele pevnostnej triedy S 235.

Priečne rámy sú vzájomne pospájané pomocou sústavy paždíkov a rozpier, ktoré sú navrhnuté z dutých kruhových prierezov rôznych priemerov a hrúbok, od CHS 76,1x3,2 až po 101,6x3,6. Navrhnuté sú z ocele S235.

Oblúkové rámy, ktoré definujú tvar vzopätia membránového povrchu sú navrhnuté z prierezu CHS 88,9x3,6 s rozperkou v strede vzopätia z prierezu CHS 76,1x3,2. Oblúk je votknutý do rozpery prierezu CHS 139,7x5,6; ktorá sa pripája spojom tuhým v krútení medzi priečnymi rámami. Navrhnuté sú z ocele S235.

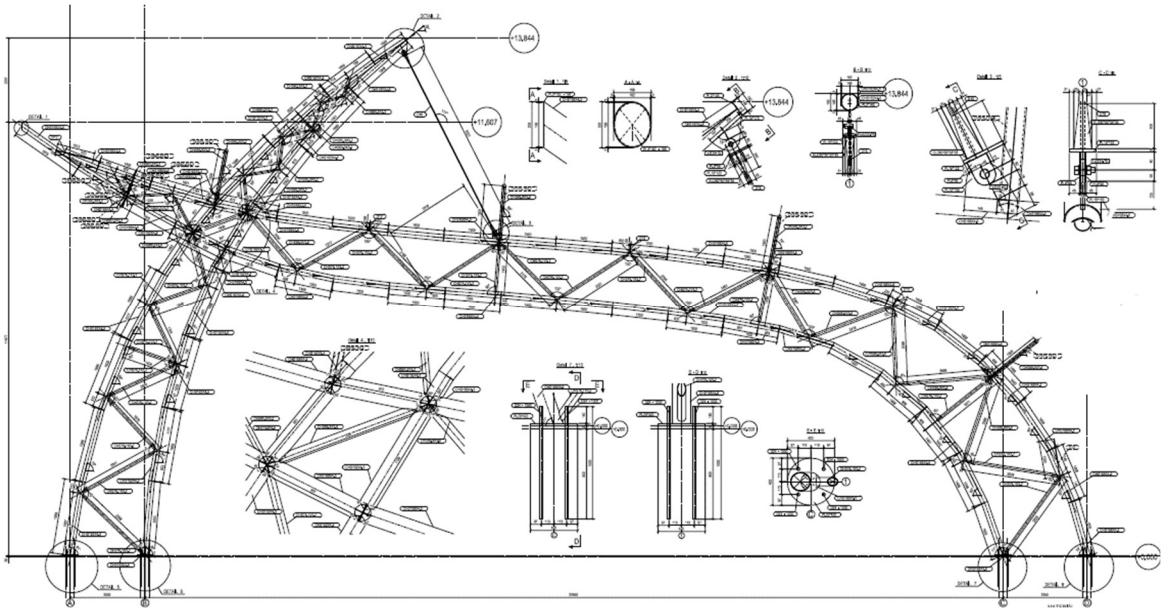
Stuženie konštrukcie zabezpečuje systém stužidiel v tvare písmena ‘‘K‘‘, opäť tvorené z kruhových dutých prierezov CHS 60,3x3,2 až po 101,6x3,6 pevnostnej triedy S235.

Vodorovnou nosnou konštrukciou je aj technická textília tvoriaca membránový povrch prestrešenia ľadovej plochy. Technická textília je navrhnutá zhotoviteľom v cenovej ponuke ako Ferrari Serge Precontraint 1002 S2 - PTFE. Uvažované moduly pružnosti a Poissonove konštanty nasledovne: E_x = 990MPa; E_y = 595MPa; G_{xy}= 230MPa; v_{xy} = 0,98; v_{yx} = 0,589. Hrúbka technickej textílie je 0,8mm. Požadované predopnutie v oboch smeroch je rovnaké $n_x = n_y$ = 5,0kN/m šírky membránového povrchu. Maximálne vzopätie povrchu je 1,50m.

Spodná stavba

Geologický prieskum na stavbe nebol prevedený. Bude potrebné ho doplniť pred samotnou realizáciou objektu. Zo získaných záznamov týkajúcich sa geológie, v danom zastavanom území, sú základové konštrukcie posudzované pre dané základové pomery.

Základová pôda je od povrchu územia tvorená eolicko-deluviálnym pokryvom mocnosti 2 až 3m charakteru stredne plastických, tuhých, piesčitých ílov triedy F4 a ílov triedy F6, ktoré však nie sú vhodné na zakladanie, sú málo únosné a ich vý-



Obr. 3 – Priečny oceľový rám

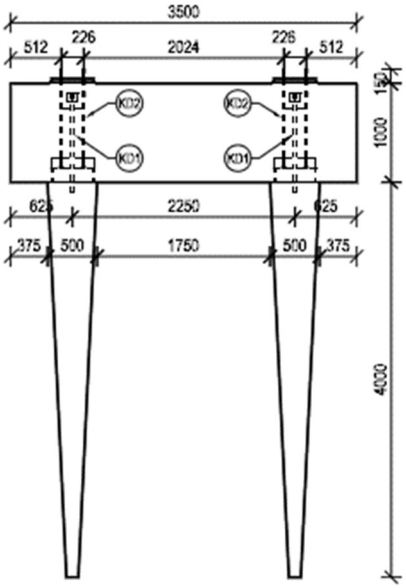
Skupinu vodorovných prierezov CHS dopĺňajú lanové prvky. Na okrajoch priečnych väzieb v priečnom smere sú to nerezové laná konštrukcie 6x19 (1+6+12) priemeru Ø12mm (absolútny priehyb v procese hľadania tvaru s = 1,00m; zodpovedá počiatočné predpätie po procese nájdenia tvaru N = 18,1kN). V strede medzi jednotlivými oblúkovými rámami sa v priečnom smere nachádzajú stabilizačné nerezové laná konštrukcie 6x19 (1+6+12) priemeru Ø12mm (počiatočné predpätie N = 5kN). Pevnosť lanových prvkov min. 1570 MPa.

Povrchová úprava oceľovej konštrukcie bola pre korózne prostredie C3, výrobná trieda oceľovej konštrukcie EXC2 podľa STN EN 1090-2.

počtová pevnosť sa pohybuje v rozmedzí R_{dt} = 90kPa až 110kPa. Po týchto triedach zemín smerom od povrchu by mala nasledovať vrstva stredne uľahnutých ílovitých štrkov triedy G5, ktorých únosnosť je vyššia ako únosnosť triedy F4 a F6, avšak pre daný objekt nepostačujúca, najmä z hľadiska ich nerovnorodosti (rôzna hĺbka a mocnosť). R_{dt} = 170kPa až 190kPa. V podloží vrstvy triedy G5 v hĺbke cca 3,5m pod povrchom by sa mala nachádzať vrstva stredne uľahnutých piesčitých štrkov triedy G3 s výpočtovou pevnosťou v rozmedzí R_{dt} = 310kPa až 330kPa. Hydrogeologické pomery na stavenisku tiež nie sú známe, je potrebné ich doplniť pred samotnou realizáciou.

Na základe týchto predpokladov, bolo založenie objektu navrhnuté formou ihlanových prefabrikovaných pilót dĺžky najmenej 4,00m vždy vo

dvojici pod každou pätou priečneho rámu s pilotovacou hlavicou výšky 1,00m. Ihlanové pilóty sú navrhnuté ako čiastočne votknuté do vrstvy zeminy triedy G3. Rozmery päty sú minimálne 120 x 120mm. Rozmery v hlave pilóty sú 500 x 500mm (resp. 550 x 550mm). Ihlanové pilóty sú prefabrikované dielce navrhnuté z betónu STN EN 206–A2–C35/45–XF2XC2(SK)–CL0,4–D 16–S3.



Obr. 4 – Základové konštrukcie pod oceľovými rámami objektu

ZÁVER

Statický návrh a posudok v rámci projektu bol realizovaný a v konečnej fáze preukázal tuhosť a priestorovú stabilitu stavby ako celku vzhľadom na zaťažovacie pomery predpisované, v čase vyhotovenia dokumentácie, platnými európskymi technickými normami.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol podporovaný a uhradený zo zdroja VEGA 1/0129/20.

LUKÁŠ KAPOLKA
MAREK MOJDIS

Literatúra a použité zdroje:

[1] Henrysson, E.: Conceptual Design and Analysis of Membrane Structures. Chalmers University of Technology, 2012, 60 strán

[2] Kmeť, S.: Novodobé lanové a membránové konštrukcie, Stavebné materiály. Jaga, 8, 2012, 48-52

[3] Seidel, M.: Tensile Surface Structures: A Practical Guide to Cable and Membrane Construction. Ernst & Sohn, 2009, 229 strán

[4] Foster, B. Mollaert, M.: European Design Guide For Tensile Surface Structures. Tensinet, 2004, 354 strán

[4] Wüchner, R. and Bletzinger, K. U.: Stress-adapted numerical form finding of prestressed surfaces by the updated reference strategy, Int. J. Numer. Meth. Eng.. John Wiley & Sons, 64, 2005 , 143–166

Ing. Lukáš Kapolka

Technická univerzita v Košiciach

Ing. Marek Mojdis, PhD.

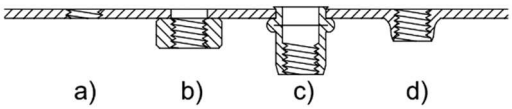
enekon s.r.o., Dénešova 61, Košice

Spájanie tenkostenných prvkov pomocou metódy thermal drilling

Pri spájaní tenkostenných prvkov dochádza k potrebe zabezpečiť únosnosť spoja vo veľmi tenkom materiáli. Do úvahy pripadajú zvárané, nitované a skrutkované spoje. Zamerajme sa na skrutkový spoj a prichytenie prvku do nosníka o hrúbke 2mm.

ÚVOD

Pre prichytenie skrutky do tenkostenného materiálu sa spravidla používajú štyri spôsoby. Prvý najjednoduchší je narezanie závitu priamo do steny profilu. Ak však má tento profil stenu hrúbky len 2 mm je narezaný závit veľmi krátky a preto aj málo únosný. Na zvýšenie únosnosti je možné použiť viacero spôsobov. Používa sa privarenie matice, nitovacia matica alebo thermal drilling (obr. 1).



Obr. 1 – Spôsoby spájania tenkostenného prvku a) narezanie závitu, b) privarenie matice, c) nitovacia matica, d) metóda thermal drilling

Priame rezanie závitu do steny pre skrutku M8 dáva len 1,5 závitu (pre M6 sú to 2 závity) (obr. 1a). Takýto spoj má malú spoľahlivosť a je príliš náchylný na vytrhnutie. Taktiež neposkytuje skrutke oporu.

Ak privárame maticu k tenkostennému profilu má síce dostatočný počet závitov (obr. 1b), ale vzniká problém s jej umiestnením v uzavretom profile, kde nie je možné tento spôsob aplikovať. Taktiež môže nastať deformácia plechu zváraním.

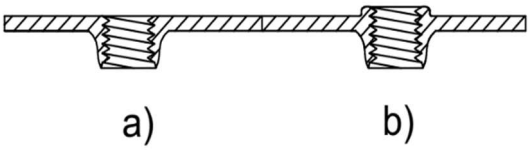
Momentálne najpoužívanejším spôsobom sú nitovacie matice (obr. 1c). Pri tomto spoji je splnené potrebné množstvo závitov, ale tento spoj je náchylný na poruchy pri „nastrelovani“ matíc a môže dôjsť aj k pootáčaniu celého spoja. Ďalšou nevýhodou je potreba vytvorenia relatívne veľkého otvoru na osadenie matice.

Ako relatívne nový spôsob sa ukazuje metóda thermal drilling. Pri jeho realizácii dochádza k splastizovaniu materiálu vplyvom tepla a jeho následnému pretlačeniu do vnútra profilu. Do takto vytvoreného púzdra sa následne vytvaruje závit (obr. 1d). Dĺžka tohto závitu je tiež dostatočná.

V porovnaní s predchádzajúcimi spôsobmi zväčšovania únosnosti má spôsob thermal drilling isté výhody. Pri jeho realizácii nie je potrebné predvŕtanie otvoru, ktorý je v prípade nitovacej matice aj výrazne väčší. Realizácia závitu je v dvoch jednoduchých krokoch a teda aj rýchlosť jeho výroby je výrazne vyššia. Taktiež nedochádza k veľkej chybovosti pri realizácii spoja a je možné použiť aj automatizáciu, čo je v prípade prvých dvoch spôsobov dosť náročné. Tento spôsob sa dá použiť na ploché ale aj na uzavreté prvky, čo je v prípade privárania matíc dosť nereálne.

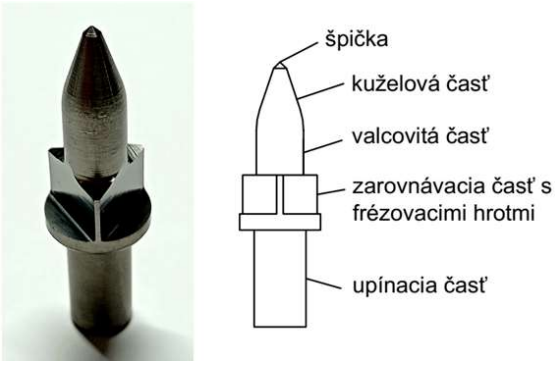
VYHOTOVENIE VŔTACÍCH HROTOV

Na vŕtanie sa používajú vŕtacie hroty rôznych vyhotovení. Najdôležitejší rozdiel je v tom, či hrot obsahuje v hornej zarovnávacej časti aj ostré hrany podobné fréze na odstránenie materiálu smerujúceho pri tvarovaní na horný okraj otvoru. V prípade, ak tieto frézovacie nože neobsahuje, dochádza iba k stlačeniu a sformovaniu vytlačeného materiálu k hornému okraju. Tento spôsob zvyšuje síce veľkosť púzdra, ale vzniká pri tom výstupok na hornej hrane profilu, čo nemusí byť žiaduce (obr. 2).



Obr. 2 – Spôsoby vytvorenia púzdra a) s odfrézovaním hornej strany, b) so stlačením materiálu na hornej strane

Každý vŕtací hrot pozostáva z tvrdenej špičky, kužeľovitej časti, valcovitej časti stanoveného priemeru, zarovnávacej alebo frézovacej časti a upínacej (stopkovej) časti. Ich polohy sú znázornené na obr. 3.



Obr. 3 – Vŕtací hrot, popis častí

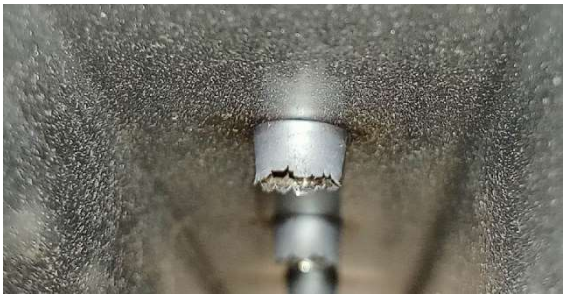
Na vytvorenie púzdra má vplyv tvar hrotu. Uhol a veľkosť špičky sú navrhnuté tak , aby zabezpečili centrovanie pre proces tepelného vŕtania počas vŕtania. Kužeľová časť má ostrejší uhol ako špička. Jedná sa o oblasť, ktorá svojím trením o materiál produkuje teplo potrebné pre zmäknutie materiálu a svojim tvarom umožní jeho vytlačenie. Valcovitá časť slúži na tvarovanie púzdra do potrebného priemeru a dĺžky. Dĺžka tejto časti býva premenlivá. Zarovnávacia časť môže byť hladká, slúži na stlačenie materiálu vytlačeného na hornú stranu a jeho zarovnanie a vyhkadenie. V ďalšom prípade môže obsahovať aj hroty na odfrézovanie tohto materiálu a vytvorenie hladkého povrchu. Posledná upínacia, alebo stopková časť slúži na upnutie vŕtacieho hrotu do nástroja.

Aby vzniklo teplo potrebné na zmäknutie materiálu je pre tieto hroty potrebné docieliť určitých otáčok. Ich hodnoty sa menia v závislosti od veľkosti otvoru. Pre M5 2200-2800 ot/min, pre M6 1800-2400 ot/min, pre M8 1500-2100 ot/min a pre M10 1300-2000 ot/min.

VYHOTOVENIE PÚZDRA SO ZÁVITOM

Spoj sa vyhotovuje v dvoch krokoch. Prvým je vytvorenie púzdra a následne vytvarovanie závitu.

Diera s púzdrom sa vytvorí roztavením materiálu a jeho následným pretlačením do vnútra profilu (obr. 4).



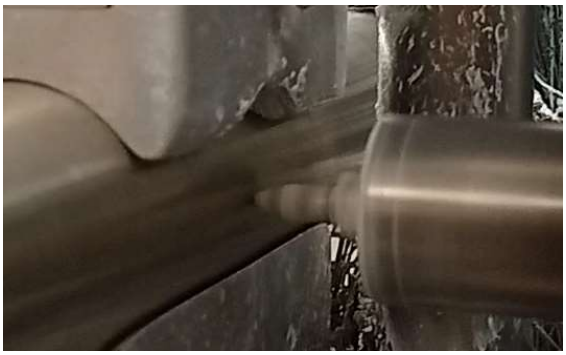
Obr. 4 – Púzdro so závitom z vnútornej strany profilu

Púzdro vzniká za súčasného pôsobenia tepla od trenia a tlaku. Pri vysokorýchlostnom otáčaní hrotu (obr. 5 až 8) vzniká teplo, ktoré spôsobuje, že sa materiál stáva vysokoplastický a následkom tlaku v smere vŕtania je tento plastický kov pretlačený aj do vnútorných častí profilu. Tým vzniká púzdro, v ktorom je neskôr vytvarovaný závit.

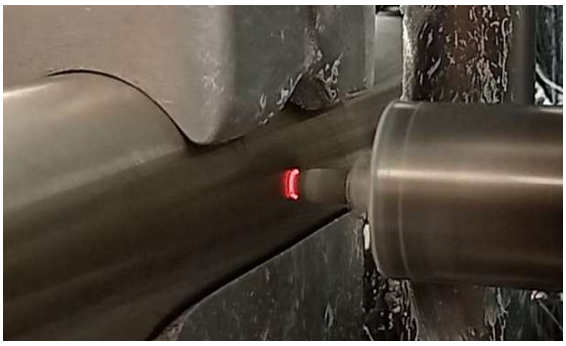
Tento proces tvorby púzdra pozostáva prakticky zo štyroch dielčich fáz a je prezentovaný na kruhovej rúrke Ø42,4 x 2mm z materiálu AISI 316.

Prvou fázou je priblíženie špičky hrotu a následné vytvorenie centrovacieho bodu pre vŕtanie (obr. 5).

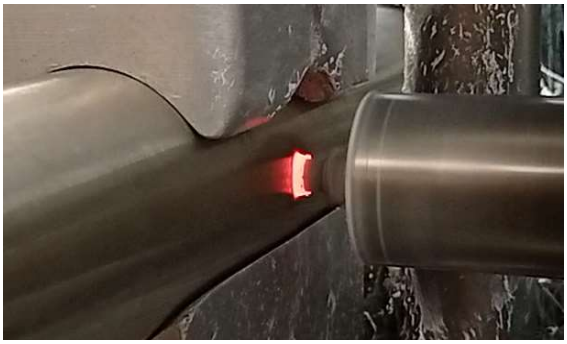
Pri druhej fáze dochádza k tvorbe tepla a následne aj k plastizácii materiálu. Preto je možné tento kov vytláčať a následne dôjde k prepichnutiu steny profilu pri prenikaní kužeľovitej časti hrotu (Obr. 6). Na jeho dosiahnutie je potrebný vysoký krútiaci moment.



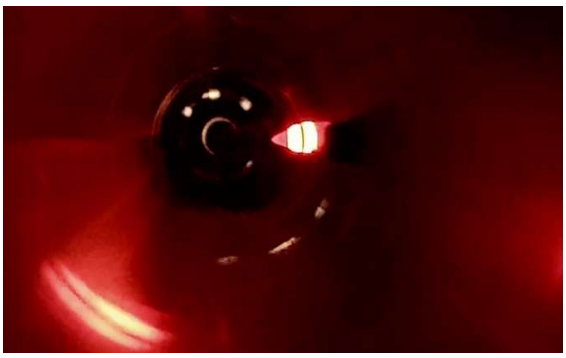
Obr. 5 – Tvorba diery s púzdrom, dotyk špičky



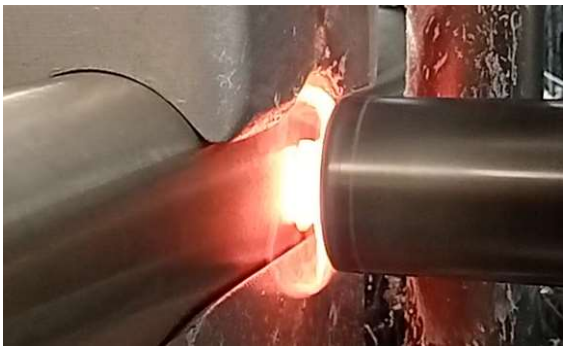
Obr. 6 – Tvorba diery s púzdrom, natavenie a vytláčanie materiálu a následné prepichnutie steny profilu



Obr. 7 – Tvorba diery s púzdrom, pretláčanie nataveného materiálu do vnútra profilu



Obr. 8 – Tvorba diery s púzdrom, pretláčanie nataveného materiálu do vnútra profilu (pohľad z vnútra)



Obr. 9 – Tvorba diery s púzdrom, frézovanie prstenca na hornej hrane profilu

V tretej fáze je zmäknutý kov v mieste vŕtania pretláčaný kužeľovitou časťou a tvarovaný pomocou valcovitej časti do požadovaného tvaru (obr. 7 a 8). Pri tejto fáze vzniká púzdro a taktiež prstenec na hornej strane steny profilu. Tento prstenec je v štvrtej fáze buď vyhladený, alebo odfrézovaný, čím sa vytvorí hladký povrch (obr. 9). Tým je tvorba púzdra ukončená.

Pri druhom kroku pristupujeme k vytvarovaniu závitu do už zhotoveného púzdra. (obr. 10). Nakoľko sa jedná o tvarovanie závitu za studena je možné znova použiť automatizáciu. Na tvorbu závitu sa používajú tvarovacie závitníky a preto nedochádza k úbytkom materiálu jeho odrezaním, ale len k premiestneniu v púzdre.

Obr. 10 – Tvarovanie závitu (za studena) v pripravenom púzdre

ZÁVER

Spôsob výroby spoju pomocou metódy thermal drilling nachádza svoje uplatnenie v mnohých odvetviach prevažne zameraných na strojárstvo, ale má potenciál sa uplatniť aj v ďalších oblastiach. Výroba je veľmi jednoduchá, ma relatívne malú chybovosť a v dielenskom prostredí môže byť automatizovaná. Najväčšou výhodou tejto metódy je, že materiál otvoru nie je odstránený, ale viac menej len premiestnený na tvorbu púzdra pre závit skrutkového spoja. Výška závitu vytvorená týmto spôsobom dosahuje zhruba trojnásobok pôvodnej hodnoty (v porovnaní s priamym rezaním závitu do steny prvku). Táto metóda sa dá využiť aj pre rôzne typy materiálu (oceľ, hliník, meď, mosadz, nehrdzavejúca oceľ a iné). Nevýhodou by mohli byť mechanické vlastnosti takto vytvoreného spoja. Preto pripravujeme výskum zameraný na získanie odolností tohto typu spoja a jeho následné porovnanie s inými druhmi konštrukcie.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol s prispením projektu VEGA 1/0397/22 a vďaka podpore firmy KOVIAN s.r.o..

TOMÁŠ KLAS

Literatúra a použité zdroje:

[1] R. Kumar, - N. Rajesh Jesudoss Hynes: Thermal drilling processing on sheet me-tals: A review. International Journal of Lightweight Materials and Manufacture, Volume 2, Issue 3, 2019, Pages 193-205, ISSN 2588-8404

*Ing. Tomáš Klas, PhD. (*1979)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

Uplatňovanie rôznych typologických druhov obydlí vo vidieckej architektúre bratislavského Záhoria na príklade Stupavy

Architektúra vidieckych sídiel prešla dramatickými zmenami najmä v druhej polovici 20. storočia. Počas relatívne krátkeho obdobia bol tradičný dom vystriedaný novými druhmi obydlí, pochádzajúcich z mestského prostredia. Príspevok má za cieľ priblížiť proces tejto premeny na príklade vybraného sídla, Stupavy. Nejde len o chronologický popis zmien, ktoré sa v uplatňovaní rôznych typologických druhov udiali ale hľadá aj príčiny, ktoré k nim viedli a dôsledky, ktoré na charaktere osídlenia zanechali.

Výber Stupavy ako predmetu štúdia je odôvodnený jej exkluzivitou v rámci sídelnej štruktúry južnej časti Záhoria, ktorá sa nazýva aj bratislavské Záhorie. Hoci má dnes štatút mesta, patrila v minulosti do kategórie mestečiek. Tie sa vyvíjali v 14. a 15. storočí z obcí, v ktorých sa nachádzali centrá panstiev. Preto sa nazývajú aj zemepanské mestečká. Podobne ako v okolitých obciach bolo poľnohospodárstvo hlavným spôsobom obživy obyvateľstva. Sústreďovala sa tu však remeselná výroba a tovarová výmena a, vzhľadom k centrálnej funkcii, aj administratíva. To všetko malo za dôsledok zvýšený pohyb obyvateľstva z okolia, ktoré práve tu dochádzalo do styku s prvkami mestského prostredia. Vďaka tomu boli mestečká miestom, cez ktoré sa do vidieckeho prostredia najľahšie dostávali inovácie. Tie sa uplatnili najprv v samotnom mestečku a odtiaľ sa mohli, ale aj nemuseli šíriť do oko-litých obcí. Pochopiteľne sa to týka aj stavebnej kultúry, ktorá priamo odráža spoločenské a sociálne podmienky obyvateľstva.

Na základe týchto skutočností sa teda dá predpokladať, že pre štúdium dejín architektúry vidieka majú enormný význam práve tieto mestečká. Ich pôdorys sa od pôdorysu menších obcí výrazne nelíšil, mali len hustejšiu sieť ulíc a väčší kostol. Okrem toho sa tu spravidla nachádzalo aj zemepanské sídlo a rôzne budovy slúžiace pre potreby správy panstva, ktoré poskytovali zdroj inšpirácie pre inovatívne výtvarné a konštrukčné riešenia. Ako nadradené obce v sídelnej štruktúre vidieka tak predstavujú spojovník medzi kultúrnym prostredím dediny a mesta, z ktorého sa väčšina inovácií šírila.

Obr. 1 – Panoramatický pohľad na Stupavu na začiatku 20. storočia.
Zdroj: Zbierka M. Greguša

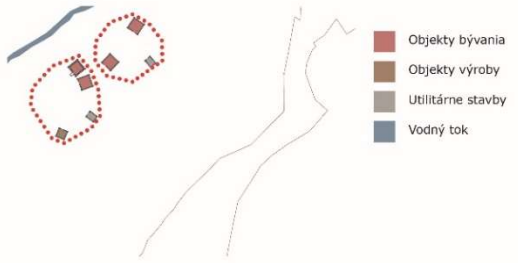
Tradičná vidiecka architektúra bratislavského Záhoria sa vyvíjala po stáročia a vo svojej vrcholnej podobe dosiahla neuveriteľnú pestrosť vo výrazových a konštrukčných charakteristikách, líšiacich sa od regiónu k regiónu a v detailoch aj od sídla k sídlu. Táto pestrosť je daná tak rozličnými prírodnými podmienkami, ovplyvňujúcimi technické riešenia (sklon strechy), ale aj dostupnosťou stavebných materiálov (drevo, kameň, hlina), ako

aj rôznymi nariadeniami (protipožiarne opatrenia). Ich výsledkom je mimoriadne pôsobivá stavebná kultúra, ktorá v južnej časti Záhoria dosiahla veľmi vyspelú formu, či už z hľadiska výtvarného, ale aj konštrukčného.

Obr. 2 – Pohľad okolo roku 1920 zachytáva dvojicu objektov tradičnej architektúry v Stupave. Ich situovanie je výrazne ovplyvnené morfológiou terénu. Zdroj: Zbierka M. Greguša

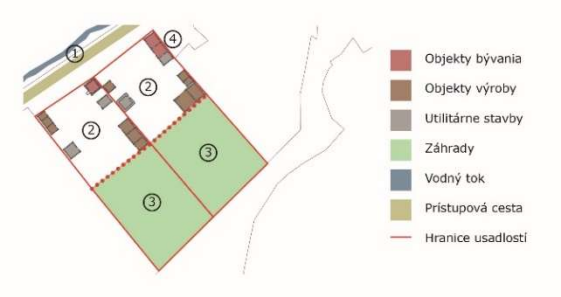
V priebehu stredoveku sa vykryštalizovala základná forma trojpriestorového domu. Vyskytoval sa spolu s jedno a dvojpriestorovými domami, obývanými nižšími spoločenskými vrstvami. Najvyššie postavenú vrstvu poddanského obyvateľstva predstavovali urbárski sedliaci, dedične užívajúci pridelenú časť zemepanskej pôdy. Pozostávala z vnútornej usadlosti, tvorenej dvorom s obydlím a záhradou, a vonkajšej usadlosti, tvorenej poľami v chotári. Za užívanie pôdy odvádzali zemepánovi feudálnu rentu. Druhú vrstvu tvorili želiari, ktorí užívali vnútornú usadlosť, nedisponovali však poľami v chotári, ktoré tvorili hlavný zdroj bohatstva agrárnej dedinskej spoločnosti. Poslednú vrstvu tvorili podželiari, ktorí disponovali len malými parcelami, prípadne domom na spoločnom dvore. V takejto podobe sa spoločenská hierarchia zachovala až do konca prvej svetovej vojny. Postavenie v rámci hierarchie nebolo trvalé a spoločenský status jednotlivca sa mohol meniť.

Trojpriestorový dom sa vyvinul z jednopriestorových obydlí, ktoré boli v 6. – 10. stor. (a pravdepodobne až do 12. – 13. stor.) typickým obydlím v dedinskom prostredí, ale aj v blízkosti hradísk. Prevažne mali štvorcový pôdorys s dvojspádovou strechou a ohniskom v rohu alebo pri strede jednej zo stien. Plošná výmera sa pohybovala v rozpätí 9 – 12 m^2, objekty boli zahĺbené aj nadzemné. Konštrukcia stien bola drážková, zrubová alebo pletená. Použitie hliny na stavbu stien sa archeologicky nepodarilo dokázať, je však preukázané jej použitie na omazávanie. Konštrukcia strechy bola sochová s hrebeňovou väznicou. Podlahy prevažovali hlinené, ojedinele sa vyskytli podlahy drevené, či dokonca maltové.



Obr. 3 – Včasnostredoveké osídlenie sa riadilo morfológiou terénu. Objekty boli zoskupované do zhlukov na základe rodinných vzťahov. Od 9. - 10. storočia sa objavuje náznak vytvárania dvorov. Hypotetická rekonštrukcia. Zdroj: I. Klas

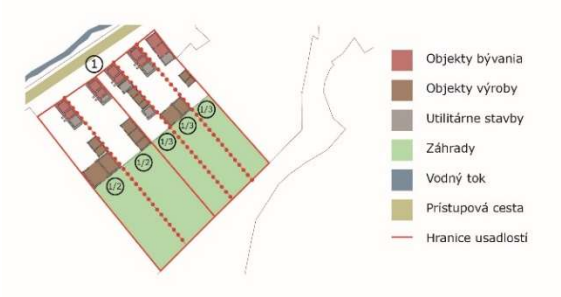
Typickým spôsobom zástavby včasnostredovekých sídlisk boli zhlukové osady s nepravidelným rozmiestnením stavieb, umiestnených často na terasách vodných tokov, čo je aj prípad Stupavy. Zdanlivo neorganizované rozmiestnenie objektov však vykazuje isté znaky plánovania, pričom ako rozhodujúce pravidlo sa javí dodržiavanie určitých vzájomných vzdialeností medzi objektmi. V 9. - 10. storočí sa objavujú náznaky dvorov, tvorených domom, niekoľkými obilnicami, pražiacou jamou a pivničkou, alebo chlievom. Situovanie jednotlivých objektov sa riadilo najmä morfológiu terénu. V neskorších fázach stredoveku sa vykryštalizovala forma radového sídliska, s jednotlivými usadlosťami usporiadanými pozdĺž vodného toku alebo cesty. Obytné domy boli situované v uličnom nároží parcely, čím vymedzovali dvor od priestoru ulice a zároveň aj susednej parcely. Postupne sa v týchto podmienkach z pôvodných jednopriestorových obydlí vyvinuli dispozične pokročilejšie formy dvoj a najmä trojpriestorových domov.



Obr. 4 – S rozvojom feudálnych vzťahov sa vykryštalizovala forma usadlostí, radených za sebou pozdĺž sídelnej línie (1). Vnútorná usadlosť pozostávala z dvora (2) a záhrady (3). Zástavbu dvora tvorili okrem obydlí aj rôzne hospodárske objekty slúžiace pre spracovanie a uskladnenie výnosov z polí alebo ustajnenie zvierat a spracovanie poľnohospodársku malovýrobu, uskladnenie úrody a ustajnenie zvierat. Dispozícia obydlí sa vyvíja smerom k trojpriestorovému domu (4).
Hypotetická rekonštrukcia. Zdroj: I. Klas

Základnou prevádzkovou jednotkou obydlia bol dom v schéme izba – sieň – komora. Predstavoval obytnú časť vnútornej usadlosti, slúžiacu potrebám veľkých rodín čítajúcich aj 15 a viac členov. Obytný dom bol orientovaný do ulice a za ním boli aditívne radené hospodárske objekty slúžiace na ustajnenie zvierat a zabezpečenie obživy. Táto schéma vyhovovala zástavbe na dlhých úzkych parcelách, ktoré vznikali z pôvodnej štruktúry sedliackych usadlostí ich delením v dedičských konaniach. Tento proces vrcholil v 18. storočí, charakterizovaným výrazným populačným nárastom po skončení tureckých vojen a stavovských povstaní. Spočiatku prebiehalo delenie najmä pozdĺžnym smerom, čím vznikali úzke parcely na šírku 1,5 násobku šírky typického obydlia. Ďalšie pozdĺžne delenie sa tak stalo nemožným a parcely sa v dedičských konaniach delili priečne, pričom dvorová časť zostávala v spoločnom užívaní. Takéto delenie je charakteristické najmä pre 19. storočie.

Vnútorné usadlosti neplnili len funkciu bývania, ale sústreďoval sa tu aj hospodársky život obyvateľov. Vo dvorovej časti a hospodárskych objektoch sa spracovávali a uskladňovali výnosy z úrody a chovali sa tu hospodárske zvieratá. Dvor bol od záhrady (alebo záhumenku) oddelený stodolou, orientovanou kolmo na zástavbu dvora.



Obr. 5 – Vo vrcholnom stredoveku sa ustálila podoba radovej zástavby s domami situovanými priečne k ulici (1). Pôvodne celé usadlosti sa v dedičských konaniach delili. Spočiatku prebiehalo delenie pozdĺžnym smerom, čím vznikali úzke a dlhé parcely (1/2, 1/3).
Hypotetická rekonštrukcia. Zdroj: I. Klas

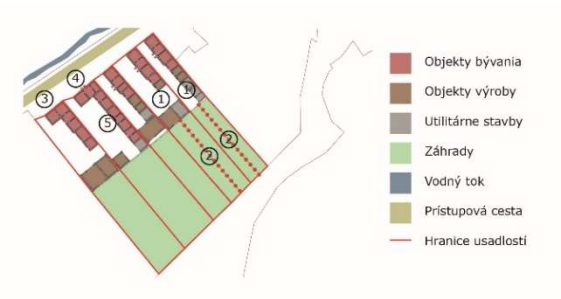
Takéto usporiadanie priestoru plne vyhovovalo aj podmienkam remeselnej malovýroby a obydlia remeselníkov sa tak výrazne neodlišovali od obydlí poľnohospodárskych pracovníkov.

Hospodárske oživenie a výrazný populačný nárast viedol v 18. storoči k prehusteniu intravilánu Stupavy, ktorého rozširovanie na úkor poľnohospodárskej pôdy bolo vrchnosťou výrazne obmedzené. Napriek tomu je možné badať v tomto období nárast jeho veľkosti. Zvýšená hustota obyvateľstva, ako aj pohyb cudzincov viedol k uzatváraniu dvorov. Tento jav sa prejavil najmä v najexponovanejších častiach sídla, teda v jeho centrálnej polohe. Podobne ako v prípade mestskej architektúry, sa uzatváranie dialo prekrytím vjazdu do dvoru, lenže v dôsledku ekonomickej zaostalosti vidieckeho prostredia s výrazným oneskorením.

Obr. 6 – Uzatváranie dvorov prebiehalo najpr v centrálnej časti Stupavy a dávalo sídlu malomestský charakter.
Zdroj: Zbierka M. Greguša

S uzatváraním dvorov sa stretávame aj v prípade usadlostí bohatších jedincov, ktorých predstavovali až do zrušenia poddanstva najmä slobodní vlastníci pôdy. V takýchto prípadoch sa môžeme stretnúť nielen s prekrytím vjazdu do dvora, ale najmä v prípade širších parciel s otočením celého obytného domu alebo rozšírením pozdĺžnej dispozície na šírku parcely, s orientáciou hrebeňa v rovnobežnom smere s ulicou. Obdobne postupovali po zrušení poddanstva aj najbohatší sedliaci, ktorým šírka parcely umožňovala uzavretie dvora objektom s pôdorysom písmena L.

K zrušeniu poddanstva došlo roku 1848. Tým sa priznal bývalým poddaným status slobodných ľudí s právom vlastniť pôdu. Obdobie feudálnych vzťahov vystriedala éra kapitalistickej spoločnosti. Urbárske pozemky a usadlosti alebo ich časti v užívaní bývalých poddaných im boli pridelené do osobného vlastníctva. Nariadenie sa však netýkalo všetkých poddaných a postupne sa prejavil nárast sociálnej diferenciácie dedinského obyvateľstva, čo sa prejavilo snahou o vymedzovanie jednotlivých obydlí. To prebiehalo jednak formou uzatvárania dvorov, ale aj reprezentovaním statusu jej majiteľa.



Obr. 7 – S populačným rozvojom sa stalo ďalšie delenie parciel pozdĺžnym smerom nemožné a vznikali tak spoločné dvory (1), obývané viacerými rodinami. Záhrada a naďalej delila v pozdĺžnom smere (2). V druhej polovici 19. storočia sa rozšírilo uzatváranie dvorov z ulice, ktoré sa dialo boď rozšírením dispozície tradičného obydlia (3), alebo otočením trojpriestorového domu rovnobežne s ulicou (4). Rozpad veľkých rodín a nárast počtu poľnohospodárskych robotníkov nevlastniacich pôdu ani dom viedol k rozšíreniu nájomného bývania vspoločných dvoroch (5). Hypotetická rekonštrukcia. Zdroj: I. Klas

Bežným spôsobom života sa stalo bývanie v nájme a viedlo k vytvoreniu spoločných dvorov, ktoré užíval gazda bývajúci v prednej časti a hoferi, teda nájomníci, pracujúci ako námedzní poľnohospodárski robotníci u veľkostatkára, alebo bohatších sedliakov. Tradičná architektúra sa dokázala na tieto nové podmienky adaptovať a obytná funkcia v spoločných dvoroch postupne prevládla nad výrobnou. Takýto spôsob bývania viedol k rozpadu veľkej rodiny na malé spoločenské jednotky, tzv. nukleárne rodiny.

Obr. 8 – Výzdoba fasády inšpirovaná slohovou mestskou architektúrou druhej polovice 19. a začiatku 20. storočia.
Zdroj: Zbierka M. Greguša

Uzatváranie dvorov prebiehalo v prípade užších parciel prekrytím vjazdu, v prípade širších parciel rozšírením dispozície o ďalšiu izbu, orientovanú do ulice, alebo otočením trojpriestorového domu rovnobežne s ulicou. Snaha o reprezentáciu sa prejavovala aplikáciou výzdoby podľa vzoru historizujúcich tendencií v slohovej architektúre druhej polovice 19. a začiatku 20. storočia. Typickými prejavmi je štuková výzdoba ostení okenných otvorov, alebo bosáž. Hlavnou reprezentačnou plochou sa stala uličná fasáda a inšpiráciu čerpali stavitelia z mestského prostredia, v ktorom sa zúčastňovali stavebných prác na výstavbe nájomných domov ako robotníci a osvojovali si potrebné pracovné postupy. S výzdobou sa stretávame aj v skorších obdobiach, ale mala skôr rituálny charakter v podobe ochranných symbolov nad dverami alebo na hlavici komínu. Zároveň sa v druhej polovici 19. storočia v skúmanej ob-

lasti rozšírila aj pokročilá stavebná technika murovania z tehál, najprv nepálených a ku koncu storočia vo výraznejšej miere aj pálených. Hlina dominovala vo výstavbe už od 18. storočia, kedy sa jej nariadeným zavedením regulovala narastajúca spotreba dreva. Z dôvodu ochrany pred požiarmi sa dostávali nehorľavé materiály aj na strešnú konštrukciu, v podobe pálených škridiel, ktoré technologicky nadväzovali na staršiu bridlicovú krytinu, dosiahli však oveľa väčšieho rozšírenia.

Vďaka týmto faktorom, ale aj rozvoju tehliarstva a výroby stavebných materiálov sa architektonická produkcia v Stupave dostala na začiatku 20. storočia na veľmi vyspelú úroveň, reprezentovanú domom orientovaným rovnobežne s ulicou, s bohatou výzdobou uličnej fasády, a zaberajúcim celú šírku parcely. Vidiecky charakter jej dávala mierka a podlažnosť obydlí, ktorá bez výnimky nevybočovala z prízemnej konfigurácie. Vyššia podlažnosť sa uplatňovala len v prípade šľachtických objektov a niekoľkých úradov so zamestnaneckými bytmi. Pri istom zjednodušení môžeme hojnosť výskytu viacpodlažných objektov považovať za znak vyspelosti sídla. Do menších obcí začali prenikať až po rozpade Rakúsko-Uhorskej monarchie. Urýchlenie vývoja šlo ruku v ruke s rozvojom infraštruktúry, naštartovanom v druhej polovici 19. storočia.

Po prvej svetovej vojne sa Stupava stala súčasťou Československej republiky, pričom sa nachádzala v bezprostrednom okolí jednej z dvoch metropol nového štátu – Bratislavy. Povojnová konsolidácia hospodárstva viedla ku konjunktúre v druhej polovici 20. storočia, počas ktorej sa investovali prostriedky do ďalšieho zlepšovania infraštruktúry. Práve v tomto období môžeme v regióne južného Záhoria zaznamenať nárast počtu škôl, či rôznych spolkových domov. Znaky funkcionalizmu, ktorý mal výrazný vplyv na architektonickú scénu Bratislavy, sa prejavili aj vo vidieckej architektúre, najmä ústupom od ozdobnosti a dôrazom kladeným na zabezpečenie vyššieho hygienického štandardu. Postupné vytváranie strednej vrstvy podporené príchodom vzdelaného obyvateľstva z Čiech prinieslo so sebou zavádzanie novej typologickej formy obydlia – vily. Bola typická pre strednú triedu, ktorá sa začala utvárať v druhej polovici 19. storočia v mestskom prostredí. V prvej polovici 20. storočia však naďalej dominovala tradičná forma vychádzajúca z trojpriestorového domu.

Obr. 9 – V období po 1. svetovej vojne prenikol do architektonického obrazu vilový dom, pochádzajúci z mestského prostredia. Jeho uplatnením v tradičnej vidieckej zástavbe došlo k vytváraniu výrazných kontrastov.
Zdroj: Zbierka M. Greguša

Tento nový typologický druh lepšie vyhovoval potrebám malej rodiny a vyšším hygienickým nárokom než tradičný trojpriestorový dom. Postupne nachádzal uplatnenie pri výstavbe na nových stavebných parcelách, ktoré už neboli úzke a dlhé, ale v tvare obdĺžnika s malým pomerom strán. Rodinný dom vilového typu bol osadený v centrálnej časti parcely a nie na jej hranici, ako v prípade tradičného obydlia. To malo nesporné výhody, keďže v podmienkach nezriedkavých susedských sporov odpadla potreba využívania susedovej parcely pri údržbe domu. Tento typ parcelácie sa objavuje v priebehu 30. rokov 20. storočia pri rozširovaní intravilánu v západnej časti Stupavy. Naplno sa však uplatnil až po 2. svetovej vojne, kedy sa následkom kolektivizácie poľnohospodárstva dramaticky zmenil spôsob života roľníkov. Namiesto tradičného maloroľníckeho spôsobu hospodárenia na vlastnom majetku odpracovali určenú pracovnú dobu na družstve, po

ktorej užívali voľno. Pracovné činnosti, ktoré sa pôvodne vykonávali vo vnútorných dvoroch, sa tak preniesli na dvory družstiev. Tým pádom zmizla aj potreba radenia hospodárskych objektov do hĺbky dvora a naplno sa tak mohol uplatniť nový typ architektúry rodinných domov, určený do vidieckeho prostredia.

Je zaujímavé, do akej miery vilový dom ovplyvnil tradičnú architektúru. Nepopierateľne je jedným z hlavných rozdielov medzi týmito typologickými druhmi dispozícia. Pre tradičné obydlia je typické lineárne radenie priestorov za sebou do hĺbky dvora, v kombinácii izba – sieň – komora – hospodárske priestory. Pre vilový dom je typická centrálna dispozícia, v ktorej sú všetky významné priestory prístupné z komunikačného jadra, uzlového priestoru, predstavovaného chodbou, prípadne chodbou so schodiskom. Avšak už v tradičnom trojpriestorovom dome môžeme nájsť znaky centrálnej dispozície, v ktorej predstavuje uzlový priestor sieň. V tomto prípade sa však jeho funkcia neobmedzuje len na sprostredkovanie prístupu k ostatným miestnostiam, ale plynulo prechádza do kuchyne. Jadro kuchyne tvorilo otvorené ohnisko, na ktorom sa pripravovali pokrmy. Vedľa ohniska boli umiestnené dvierka, ktorými sa prikladalo palivo do pecí v susedných izbách. Dym z pecí sa odvádzal naspäť do kuchyne, do spoločného komína nad otvoreným ohniskom. Toto riešenie vychádzalo z potreby vytvoriť čistú prevádzku v obytných miestnostiach a špinavú prevádzku sústrediť do jedného priestoru. S rozvojom vykurovacích zariadení, pri ktorom boli murované pece nahradené malými výkonnými pieckami obsluhovanými priamo, sa však riešenie dispozície mohlo uvoľniť z tejto schémy. Nové prevádzkové a dispozičné princípy sa tak v polovici 20. storočia častejšie objavujú nielen pri novostavbách, ale aj pri prestavbách tradičných domov.

Zlom v stavebnej kultúre vidieckych sídel predstavuje obdobie 2. svetovej vojny a jeho dôsledky. V tomto období sa následkom všeobecného nedostatku zdrojov stavebná aktivita výrazne utlmila. Tento stav pretrvával v priebehu celých 40-tych rokov. Oživenie nastalo až po hospodárskej konsolidácii štátu, ale už v úplne iných podmienkach. V zmysle Košického vládneho programu z roku 1945 bol skonfiškovaný majetok osôb nemeckej a maďarskej národnosti, ako aj osôb kolaborujúcich s režimom vojnového štátu, a kľúčové odvetvia priemyslu boli zoštátnené. Po tom, čo sa v roku 1948 k moci dostala Komunistická strana Československa, zanikla v priebehu nasledujúceho desaťročia aj možnosť súkromného podnikania v sektore služieb a poľnohospodárstva. Hospodársky život sa dostal pod správu centrálneho plánovania, ktoré sa naplno prejavilo aj pri bytovej výstavbe.

Obr. 10 – Po druhej svetovej vojne boli zadné časti záhrad zmenené na stavebné parcely, pričom sa uplatňovali najmä objekty s centrálnou dispozíciou (1), v menšej miere aj objekty s rozvinutou dispozíciou novších foriem tradičných obydlí (2). Pôvodné poľné cesty sa využili na vedenie prístupových komunikácií (3). Objekty s centrálnym pôdorysom nahrádzali pôvodné obydlia v uličných častiach dvora (4). Výrobná funkcia sa obmedzila na drobnochov a záhumenkové pestovanie.
Hypotetická rekonštrukcia. Zdroj: I. Klas

Rozvoj obce podliehal od roku 1947 dvojročnému a od roku 1949 päťročným hospodárskym plánom, s krátkou pauzou v rokoch 1954 a 1955. V týchto plánoch bol stanovený počet bytových jednotiek, ktoré budú v plánovanom období vybudované. Spôsob zástavby bol tiež centrálne riadený. Pre vytváranie stavebných parciel boli použité jednak skonfiškované pozemky, ale aj vyvlastnené pozemky súkromných majiteľov, ktorí ich zväčša zdedili, podobne ako ich predkovia. Vyvlastňované boli najmä zadné časti záhrad (záhumenky), na ktorých boli vytvárané stavebné pozemky pre izolované rodinné domy. Plán určoval spôsob zástavby a aj typ vzorového projektu,

podľa ktorého bude stavba uskutočnená. Spracovateľom vzorových projektov bol Státní ústav pro projektování sídlišť a pozemních a inženýrských staveb STAVOPROJEKT, Studijní a typisační ústav, Praha. Pre zmenu projektu bolo potrebné žiadať osobitné povolenie.

Odlišná bola situácia individuálnych stavebníkov, ktorí neboli zaradení do hospodárskych plánov, napr. akcii 10 000 rodinných domov. V takom prípade museli dokladovať nadobudnutie stavebného materiálu, ktorý bol v období po 2. svetovej vojne nedostatkovým tovarom a tak isto podliehal centrálnemu plánovaniu. V tomto prípade sa jednalo nielen o novostavby, ale aj prestavby a rekonštrukcie, pri ktorých nebolo vždy možné uplatniť vzorové projekty. Nová výstavba spĺňala neporovnateľne vyššie hygienické nároky ako tradičné obydlia. Vďaka tomu sa stali v dedinskom prostredí symbolom pokroku. Postupne sa objavovali aj v zástavbe starších parciel v historických jadrách obcí, kde nahrádzali pôvodnú zástavbu vychádzajúcu z trojpriestorového domu.

V 60-tych rokoch sa postupne mení aj typický znak vidieckej zástavby bratislavského Záhoria, ktorým bola jednopodlažnosť obydlí. V dispozícii rodinných domov sa začína využívať poschodie pre vytvorenie väčšieho počtu izieb a dochádza k postupnému oddeleniu dennej a nočnej prevádzky bytu. Tieto zmeny sa negatívnym spôsobom prejavili najmä v historických jadrách obcí, kde ich uplatnením došlo k vytváraniu kontrastov v mierke objektov a tým aj výraznému narušeniu vnútorného obrazu sídla. Ich tempo však nebolo príliš vysoké. Od 70-tych rokov sa však v súvislosti s hromadnou bytovou výstavbou objavujú asanácie veľkých častí pôvodnej historickej štruktúry v južnej časti Hlavnej ulice a ich nahradenie panelovou výstavbou, nelíšiacou sa od mestskej sídliskovej výstavby. Okrem Stupavy sa takéto zmeny výrazne podpísali aj na podobe druhého centra bratislavského Záhoria, Malaciek. Pri novej individuálnej bytovej výstavbe, ktorá podliehala direktívnej regulácii zo strany správnych orgánov, k takýmto kontrastom nedochádzalo a dokázala si zachovať architektonické kvality aj na úrovni súborov a celkov, svojou charakteristikou však pripomínala viac predmestské obytné štvrte. Vďaka prísnej regulácii bolo aj tempo rozširovania intravilánu na úkor poľnohospodárskej pôdy malé.

Obr. 11 – S uplatňovaním odlišného typologického druhu obydlí narastalo pôsobenie kontrastu v sídelnom obraze. Zdroj: Autor I. Klas

Tento stav pretrval prakticky až do 90-tych rokov, kedy sa obnovila samospráva obce. V nových spoločenských podmienkach bola opätovne zaručená nedotknuteľnosť súkromného vlastníctva. Následkom toho už nebolo ďalej možné direktívne regulovať zástavbu obcí v takom rozsahu, ako pred rokom 1989. Charakteristickým pre novú výstavbu, ale aj prestavbu v historických častiach obcí sa tak stal kontrast. V nových ekonomických podmienkach sa výrazne zvýšila exploatácia poľnohospodárskej pôdy, spôsobujúca často nekontrolovateľný rast sídiel. Tým dochádzalo k ďalšiemu stupňovaniu rozsahu a tempa zmien vo vnútornom, ale aj vonkajšom obraze sídiel a tým aj strate ich pôvodnej identity.

Obr. 12– Na začiatku 21. storočia zostalo zachovaných už len minimum pôvodných objektov tradičnej architektúry (1). Ostatné objekty boli nahradené novou výstavbou s neporovnateľne vyšším komfortom bývania (2). Náhrady sa však dotkli aj výstavby 50-tych a 60-tych rokov 20. storoči (3) a pokračovalo zahusťovanie zástavbou v hĺbke parciel (4). Hypotetická rekonštrukcia. Zdroj: I. Klas

Po čiastočnom útlme stavebnej aktivity v 90-tych rokoch 20. storočia došlo na začiatku nového tisícročia k jej rapídnemu zvýšeniu, čo sa prejavilo na enormnom náraste rozlohy intravilánu. Nová individuálna bytová výstavba sa spočiatku sústredila najmä na východné časti Stupavy, na úpätí Malých Karpát, kde došlo k záberu veľkých plôch využívaných na ovocinársku výrobu. Neskôr vznikla nová zástavba aj v západnej a severnej časti Stupavy. Súčasne s výstavbou nových súborov (ulíc) prebiehala aj výstavba a prestavba v stabilizovanom území. Charakteristickým znakom nových obytných súborov je výtvarne roztriештená výstavba, v ktorej sa jednotlivé objekty výrazne líšia hmotovým usporiadaním, tvarom striech, farebnosťou, ale aj osadením na parcele a odstupovými vzdialenosťami od jej hraníc. Diskutabilnou vo vzťahu ku kvalite prostredia sa stala aj kvalita dopravnej obsluhy a inžinierskych sietí, spôsobená uplatňovaním čo najlacnejších riešení, napr. v podobe častých slepých obslužných komunikácií. Navyše sa jednotlivé novobudované vetvy napájali na jestvujúcu infraštruktúru bez ochoty investovať do zvýšovania jej kapacít, čo sa s odstupom času naplno prejavuje napríklad pravidelným kritickým prehustením Hlavnej ulice počas dopravných špičiek.

Obr. 13 – Architektonický obraz nových súborov individuálnej bytovej výstavby charakterizuje roztriештenosť s množstvom výrazných kontrastov. Z funkčného hľadiska tieto slepé ulice neprispievajú k zlepšeniu verejných priestorov sídla, naopak jednostranne zaťažujú existujúcu infraštruktúru, na ktorú sa napájajú. Zdroj: Autor I. Klas

Tento stav je dôsledkom nedostatočnej regulácie novej výstavby zo strany samosprávy, ktorá je daná jej nepripravenosťou na riešenie takejto situácie po roku 1989. Bohužiaľ sa však ani po dvadsiatich piatich rokoch nedarí zmeniť situáciu k lepšiemu, skôr naopak. Obyvateľov v Stupave stále pribúda a naďalej tak pokračuje ďalšie zaťažovanie existujúcej infraštruktúry. V súčasných platných legislatívnych podmienkach by zlepšenie mohlo priniesť vypracovanie podrobných územných plánov zón, ktoré by tvorili podklad pre rozhodovanie v územnom konaní. K ich vypracovaniu však nemá samospráva dostatok finančných prostriedkov a hlavný podklad tak tvorí Územný plán obce, ktorého podrobnosť je však pre tento účel nedostačujúca. Iniciatíva pri plánovaní novej výstavby zostáva v rukách investorov, ktorí samospráve predkladajú na posúdenie a schválenie už hotové riešenia. Predmetom posúdenia je ich zhoda so zásadami určenými v ÚPO a keďže jeho podrobnosť je na úrovni riešenia celého sídla, zostávajú právomoci samosprávy na účinné regulovanie bytovej výstavby a budovania infaštruktúry veľmi malé.

Prechod stavebnej kultúry vidieka od tradičnej po modernú predstavuje komplexný proces, ktorý však doposiaľ nie je dostatočne zmapovaný a preskúmaný. Je pozoruhodné, že vývoj vidieckej architektúry sa uberá rovnakým smerom ako vývoj mestskej architektúry, hoci vždy za ním zaostáva v rýchlosti uplatňovania inovácií. V spoločenských podmienkach totalitného režimu po 2. svetovej vojne sa prirodzený vývoj prerušil a bol umelo riadený štátnou správou, pričom negatívne dôsledky sa naplno prejavili až po zániku tohto spoločenského systému, teda v 90-tych rokoch 20. storočia a pretrvávajú dodnes. Z hľadiska dopadu všetkých zmien na tradičnú stavebnú kultúru sú však rozhodujúce 50. a 60. roky 20. storočia, ktoré môžeme považovať za obdobie jej definitívneho zániku. Do dnešných dní zachované relikty v podobe prejavov tejto etapy vývoja vidieckej architektúry sú už len strácajúcou sa spomienkou na niekdajší život na dedine. A pred dnešnou generáciou stojí nezodpovedaná otázka akým spôsobom jej vrátiť jej stratené čaro.

IVAN KLAS

Literatúra a použité zdroje:

[1] BOTÍK, J. Rodina ako determinujúci činiteľ formiem obydlia. In: FROLEC, V. Lidová stavební kultura v československých Karpatech a přilehlých územích. Brno, 1981, 30 s.

[2] DOSTÁL, B.; Stavební kultura 6. – 9. století na území ČSSR. In: NEKUDA, V., zost. Archæologia historica 12. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost v Brně a Ústav lidového umění ve Strážnici, 1987, 24 s.

[3] HABOVŠTIAK, A. Stredoveká dedina na Slovensku. Bratislava: Obzor, 1985, 387 s.

[4] HRNKO, A. et al. Mesto Stupava v minulosti a dnes. Bratislava: Veda, 2011, 472 s. ISBN 978-80-224-1170-7

[5] MRUŠKOVIČ, Š. Záhorie, vývoj ľudového staviteľstva a bývania. Martin, 1966. 470 s. Dizertačná práca v Slovenskom národnom múzeu v Martine, školiteľ Rudolf Bednárik

[6] PODOBA, J. Stavebná kultúra slovenského vidieka ako odraz konfliktných procesov kultúrnej a hodnotovej kontinuity a diskontinuity. in: Zmeny v hodnotových systémoch v kontexte každodennej kultúry. Výsledky výsku-mov v roku 1992. Bratislava, 1992, 11 s.

[7] PODOBA, J. Medzi tradíciou a nivelizáciou: zánik regionálneho domového typu. in: Etnografické rozpravy. 1997, č. 1-2, 6 s.

[8] PODOLÁK, J. Tradičné poľnohospodárstvo na Slovensku. Bratislava: ASCO art & science, 2008, 435 s. ISBN 978-80-88820-43-7

[9] RUTTKAY, M. Dedina a dom vo vrcholnom a neskorom stredoveku. In: Kol. Ľudová architektúra a urbanizmus vidieckych sídiel na Slovensku z pohľadu najnovších poznatkov archeológie a etnografie. Bratislava: Academic Electronic Press, 1998, 31 s. ISBN 80-88880-26-2

[10] ŠALKOVSKÝ, P. Dedinský dom a sídlo vo včasnom Stredoveku. In: Kol. Ľudová architektúra a urbanizmus vidieckych sídiel na Slovensku z pohľadu najnovších poznatkov archeológie a etnografie. Bratislava: Academic Electronic Press, 1998, 29 s. ISBN 80-88880-26-2

[11] ŠVECOVÁ, S. Malomestské a mestské formy ľudového staviteľstva na západnom Slovensku. in: Ľudové staviteľstvo a bývanie na Slovensku.Bratislava, 1963, 36 s.

[12] Archívne pramene:
Štátny archív Bratislava, pobočka Modra. fond Okresný národný výbor Bratislava - vidiek

*Ing. Arch. Ivan Klas (*1981)*

Absolvent Fakulty architektúry STU v Bratislave.
Pôsobí ako projektant a špecializuje sa na tvorbu v pamiatkovom prostredí.

Kotevné prvky fasádnych elementov a výplní okenných otvorov – časť 1.

Obvodový plášť moderných budov má nielen architektonicko-estetickú funkciu, ale vytvára aj obálku budovy, ktorá zabezpečuje kvalitu vnútorného prostredia. Opláštenie chráni interiér proti poveternostným vplyvom (dážď, vietor) a zároveň musí spĺňať vysoké nároky na tepelnoizolačné vlastnosti. Veľmi dôležitým kritériom je aj pevnosť a bezpečnosť kotviaceho systému fasády k nosnej konštrukcii stavby. Ak tento systém nebol dostatočne tuhý, môže nastať roztváranie spojov a poruší sa vodotesnosť a vzduchotesnosť fasády. Pri zlyhaní systému môže dôjsť k prípadnému vypadnutiu celého fasádneho elementu.

ÚVOD

Ľahké obvodové plášte moderných budov pozostávajú z elementov, ktorých nosnú konštrukciu tvoria prevažne hliníkové profily. Do rámov z profilov sú vkladané okenné presklené krídla alebo netransparentné segmenty.

Kotvenie fasádnych elementov k nosnej konštrukcii objektu je možné viacerými spôsobmi. Najbežnejším spôsobom je využívanie systémových plechových úchytov (pracní), ktoré sa zachytávajú pomocou prelisov do žliabkov v samotnom hliníkovom alebo plastovom profile.

POPIS EXPERIMENTÁLNE OVEROVANÉHO PRVKU A JEHO ZAŤAŽENIE

Overované bolo kotvenie hliníkového okenného profilu Schuco pomocou oceľových pracní Schueco P12, typové označenie 207628 (obr. 1). Pracne sa osádzajú do drážky v okennom profile a zaistia sa pootočením (obr. 2). Samotná pracňa sa kotví ku železobetónovej nosnej konštrukcii pomocou mechanických rozperných kotiev (obr. 3).

Rozhodujúcim zaťažením prvku úchytu je zaťaženie vetrom (sanie), ktoré pôsobí v smere osi pracne. Mechanická kotva a aj prelisy sú namáhané najmä na strih. Samotné telo pracne je namáhané ťahovou silou.

Obr. 1 – Pracňa Schueco, typové označenie 207628

Obr. 2 – Pracňa osadená v drážke hliníkového okenného profilu

Obr. 3 – Osadená pracňa s polohou mechanickej kotvy do železobetónu

NÁVRH A POPIS EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA

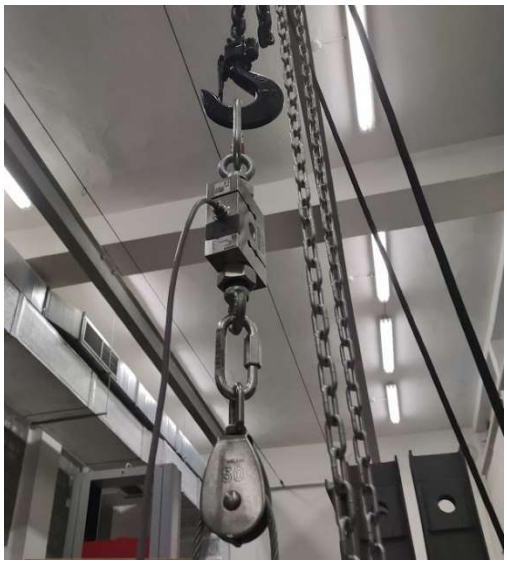
Experimentálne overenie prebehlo v laboratóriách Katedry kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave. Vzorky boli dodané firmou INGSTEEL, spol s r. o.

Pri realizácií merania boli použité komponenty meracej aparatúry HBM Spider 8, silový článok S9 (obr. 4).

Fragment hliníkového okenného profilu dĺžky 300mm bol pevne pripojený do koľajnice zaťažovacej dráhy pomocou dvojice závitových tyčí. Tie pevne ukotvili dvojicu hranatých oceľových tyčí, ktoré boli zasunuté do komory okenného profilu. Overované boli dve konfigurácie E1 – jedna pracňa (obr. 5) a E2 – dvojica pracní vo vzdialenosti 60mm od seba (obr. 6). Zaťažovanie prebiehalo pomocou reťazovej kladky na ktorú bol zavesený silomer a oceľové laná, ktoré sa priamo karabínou pripojili do kotevného otvoru pracne (miesto mechanickej kotvy do betónu). Zaťažovanie prebiehalo len pri vyrovnanej pracni. Neboli simulované excentricity vo forme ohnutej (pritlačenej) pracne.

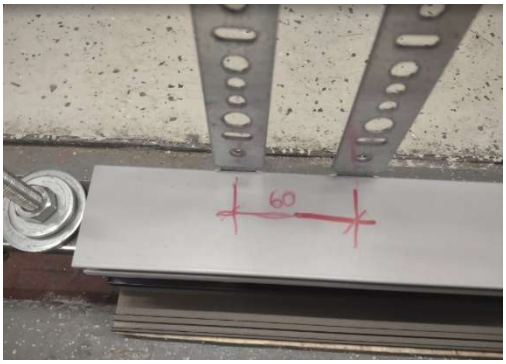
Overované boli nasledovné javy. Mechanizmus porušenia spoja -či sa poruší hliníkový profil alebo prelisy na oceľovej pracni. Ilustračný záber mechanizmu poškodenia je na obr. 7.

Pri cyklickom zaťažovaní sa sledovala po odľahčení funkčnosť prípoja – či pracňa nevypadne z drážky. Druhou veličinou bola hodnota, kedy sa spoj porušil – drážka okenného profilu sa poškodila alebo na pracni sa ohol hák.

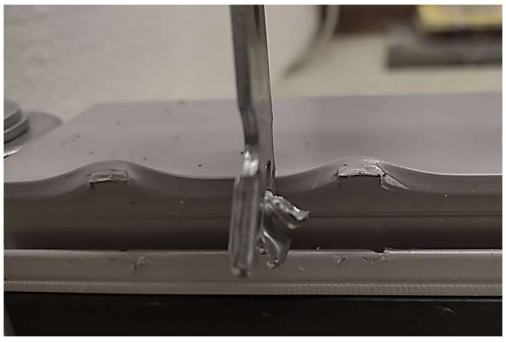


Obr. 4 – Meracia sústava, silomer

Obr. 5 – Konfigurácia experimentu E1, jedna pracňa



Obr. 6 – Konfigurácia experimentu E2, dvojica pracní



Obr. 7 – Poškodenie pracne a drážky okenného profilu

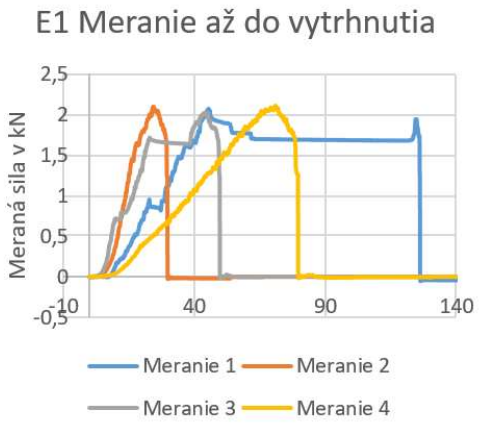
VYHODNOTENIE MERANIA

V nasledujúcej časti sú zhrnuté merania na konfigurácii E1 (samostatná pracňa) a E2 (dve pracne 60mm od seba).

Konfigurácia E1 - meranie A (celková odolnosť)

Meranou veličinou bola celková odolnosť prípoja. Zaťažovanie prebiehalo len v jednom cykle až do porušenia. Overované boli 4 vzorky a pri všetkých meraniach boli dosiahnuté približne rovnaké hodnoty do 2,1 kN. Dosiahnuté výsledky sú znázornene v grafe číslo 1. Sledovaná bola len hodnota sily a iné veličiny neboli merané.

Mechanizmus poruchy je na obr. 7. Pri nižších hodnotách zaťaženia sa mierne začal poškodzovať roh drážky hliníkového profilu otláčaním. Pri postupnom zvyšovaní zaťaženia sa prelis pracne v kontakte s hliníkovou drážkou začal ohýbať (zmenšovalo sa rozovretie prelisov). Neskôr sa začala porušovať aj samotná stena drážky a pracňa bola už len zaháknutá o poškodenú drážku. Po odľahčení ju bolo možné vybrať bez nutnosti pootočenia. Porucha nastala vyšmyknutím pracne, ktorá mala prelis prehnutý do smeru pôsobenia sily zo zdeformovanej a poškodenej steny drážky.

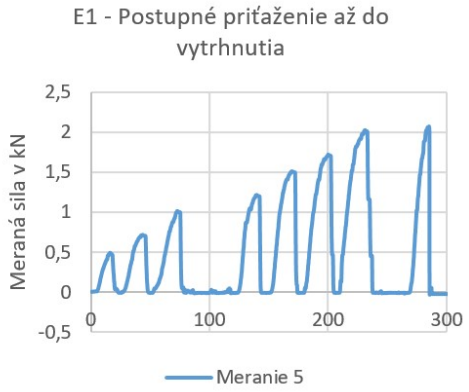


Graf 1 – Časová závislosť (os X) a meranej sily (os Y)

Konfigurácia E1 - meranie B (do vytrhnutia a postupné zvyšovanie zaťaženia)

V tomto meraní bola vzorka cyklicky zaťažovaná s postupným zvyšovaním úrovne zaťaženia. Po každom odľahčení bola pracňa manuálne overená, či v drážke drží a akú má vôľu. Pri poslednom cykle sa dosiahla hodnota zaťaženia ako pri meraní A a prípoj sa porušil. Overovaných bolo 5 vzoriek. V grafe 2 je záznam z jednej zo skúšok. V tab. 1 sú uvedené hodnoty pri porušení.

Pri hodnotách nižších ako hodnota porušenia bol prípoj funkčný, pracňa sa bez pootočenia nedala vybrať z drážky okenného profilu, ale bol citeľný možný posun – vôľa v drážke. Na základe merania možno zaťažiteľnosť pracne rozdeliť do hladín, ktoré sú vyhodnotené v závere tohto článku.



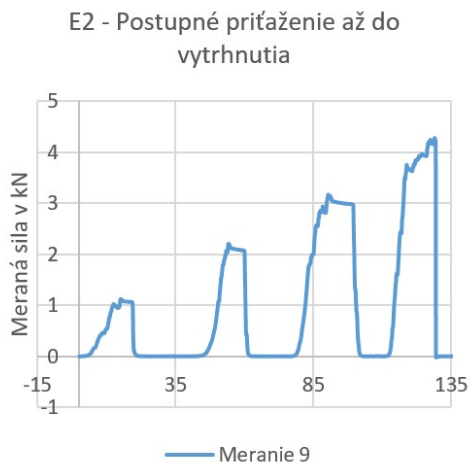
Graf 2 – Časová závislosť (os X) a meranej sily (os Y)

Tab. 1 – Maximálne namerané hodnoty sily v jednotlivých meraniach, konfigurácia E1

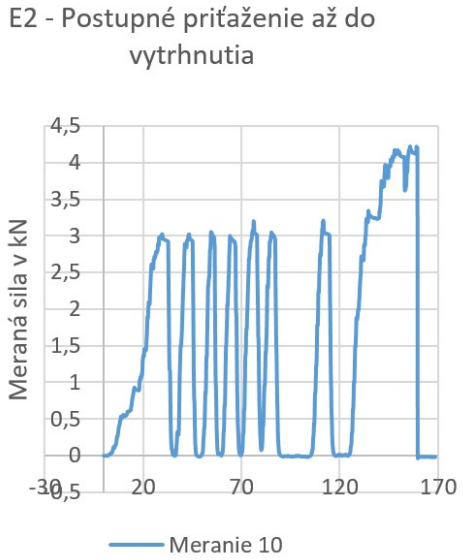
Meranie	1.	2.	3.	4.	5.
Sila (kN)	2,067	2,094	2,022	2,106	2,067

Konfigurácia E2 - Meranie C (postupné priťažovanie 2ks pracní 6cm od seba)

Podobne ako pri konfigurácii E1 bola overovaná dvojica pracní v osovej vzdialenosti 60mm od seba. Vyhodnotenie sa taktiež realizovalo podobnou metodikou.



Graf 3 – Časová závislosť (os X) a meranej sily (os Y)



Graf 4 – Časová závislosť (os X) a meranej sily (os Y)

Tab. 2 – Maximálne namerané hodnoty sily v jednotlivých meraniach, 2ks pracní 6cm od seba

Meranie	9.	10.
Sila (kN)	4,278	4,221

V grafe 3 je záznam z merania, kde sa postupne navyšovala hodnota zaťaženia a pri uvoľnení bola zisťovaná vôľa v smere pôsobenia sily. Posledný cyklus bol až do porušenia vzorky.

V grafe 4 je záznam z merania, kde hladina zaťaženia bola pri všetkých cykloch na úrovni cca 3,0kN. Až pri poslednom cykle bolo zaťaženie zvýšené až do porušenia vzorky.

Cieľom cyklických meraní bolo určenie hladín zaťaženia pri ktorých sa mení vôľa pracne v drážke hliníkového profilu. Výsledky sú taktiež zhrnuté v závere tohto článku.

ZÁVER

Experimentálnym overovaním boli testované oceľové pracne Schueco P12 (typové označenie 207628) v hliníkovom profile rovnakého výrobcu. Odolnosť sa zisťovala pri dvojici konfigurácii:

- konfigurácia E1 – samostatná pracňa
- konfigurácia E2 – dvojica pracní vo vzdialenosti 60mm od seba.

Na základe experimentálneho merania boli pre konkrétny typ pracne osadený do konkrétneho profilu v danej konfigurácii určené nnižšie uvedené hladiny možného zaťaženia:

E1 – jedna pracňa:

- Do hodnoty zaťaženia 0,5kN neboli viditeľné žiadne poškodenia pracne ani hliníkového profilu. Vôľa prípoja bola minimálna.
- Pri hodnote zaťaženia 1,4kN sa mierne poškodila hrana drážky hliníkového profilu. Vôľa pracne v smere zaťaženia bola cca 0,5mm.
- Pri hodnote zaťaženia 1,7kN bol hliníkový profil značne trvalo poškodený a na pracni bolo vidieť mierne ohnutie sa háčiku.
- Pri hodnote zaťaženia 2,0 až 2,1kN vytrhnutie sa pracne z profilu a trvalé poškodenie pracne aj profilu

E2 – dve pracne 60mm od seba:

- Do hodnoty zaťaženia 1,0kN neboli viditeľné žiadne poškodenia pracne ani hliníkového profilu. Vôľa prípoja bola minimálna.
- Pri hodnote zaťaženia 2,4kN sa mierne poškodila hrana drážky hliníkového profilu. Vôľa pracne v smere zaťaženia bola cca 0,5mm.
- Pri hodnote zaťaženia 3,8kN bol hliníkový profil značne trvalo poškodený a na pracni bolo vidieť mierne ohnutie sa háčiku
- Pri hodnote zaťaženia 4,0 až 4,2kN vytrhnutie sa pracne z profilu a trvalé poškodenie pracne aj profilu

Za maximálne prípustné návrhové zaťaženie pracne bola braná hodnota pri ktorej bola deformačná vôľa minimálna do hodnoty 0,5mm, pri E1 je to 1,4kN a pri E2 je to 2,4kN.

POĎAKOVANIE

Vzorky na experimentálne overenie bezplatne dodala firma INGSTEEL, spol. s r. o. Bratislava.

Tento článok vznikol vďaka podpore MŠVVaŠ SR v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: Univerzitný vedecký park STU Bratislava (UVP STU Bratislava), ITMS 26240220084 a Univerzitný vedecký park STU Bratislava – II. Fáza ITMS 313021D243, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Ďalej vďaka podpory Grantovej agentúry Minis-terstva školstva v programe VEGA Nr.1/03397/22.

MARTIN MAGURA
JÁN BRODNIANSKY
TOMÁŠ KLAS

Literatúra a použité zdroje:

[1] Technické listy použitých materiálov Schueco

*Ing. Martin Magura, PhD. (*1982)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

*Prof. Ing. Ján Brodniansky, PhD. (*1955)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

*Ing. Tomáš Klas, PhD. (*1979)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií SvF STU v Bratislave.

Nosná konštrukcia schodiska z brezového dreva

Pri návrhu nosných konštrukcií mostov je bežná úzka spolupráca architekta so statikom. Človek by nečakal, že podobná kooperácia môže vzniknúť aj v prípade konštrukcie schodiska. V príspevku je predstavená jedinečná drevená nosná konštrukcia schodiska z brezového dreva, vývoj technických riešení, príprava a montáž konštrukcie.

ÚVOD

Hlavným autorom tvaru schodiska je Ing. arch. Martin Kusý st. Nosná konštrukcia bola vyvíjaná spoluprácou autorov článku a ďalších spolupracovníkov, ktorých mená budú spomenuté v ďalšom texte. Základnou požiadavkou pri návrhu schodiska bola jeho štíhlosť. Konštrukcia mala byť subtílna, aby vznikol dojem „vznášajúcej“ sa konštrukcie. Výber brezového dreva pre tento účel sa ukázal ako optimálny z pohľadu estetiky a aj z hľadiska mechanických vlastností.

kým sa našla zhoda vo výsledkoch. Návrh prípojov jednotlivých elementov znamenal ďalšiu výzvu, keďže prierezy boli pomerne štíhle. Materiál brezového dreva má objemovú hmotnosť vysokú, a tá mala tiež vplyv na návrh správnych spojovacích prostriedkov. Už v tomto kroku vývoja bolo potrebné myslieť na proces výroby a montáže. Zaujímavosťou je, že síce základný materiál brezového dreva bol dovezený z Rakúska, výrobu a náročné opracovanie bolo realizované domácou firmou. S náročnými požiadavkami bezchybného

Obr. 1 – Pohľady na schody (zdroj: Jozef Mečiar)

Pri návrhu nosnej konštrukcie sa pracovalo s niekoľkými výpočtovými modelmi, ktoré boli navzájom konfrontované a porovnávané dovtedy,

vzhľadu s nábytkárskou presnosťou v kombinácii s pomerne veľkými a ťažkými elementmi, si poradili tiež domáci majstri. Súhrou takéhoto tímu

vznikla jedinečná konštrukcia, ktorá bude vo výnimočnom priestore reprezentovať schopnosti ľudí našej krajiny.

ARCHITEKTÚRA

Konštrukcia schodiska je umiestnená medzi dvoma objektmi a zabezpečuje ich vzájomné komunikačné prepojenie. Na jednej strane je objekt pôvodný s masívnymi stenami z plných pálených tehál. Protiľahlý objekt je nový železobetónový skelet. Medzi objektmi sú umiestnené dve konštrukcie schodísk nad sebou, ktorých konštrukcie sú veľmi podobné. Drevená konštrukcia zabezpečuje na jednej strane priame prepojenie dvoch protiľahlých objektov cez priamu podestu, na strane druhej prepája dve podlažia prostredníctvom schodov. Zámerom architektonického riešenia bolo navrhnúť hmotu schodiska tak, aby v danom priestore pôsobila čo najmenej hmotne, bola priehľadná a tak umožnila priehľady z interiéru na okolité stavby a priestory ako i opačne priehľady z exteriéru do vnútra interiéru. Konštrukcia schodiska pozostáva z dvoch hlavných schodníc, ktoré zároveň tvoria aj zábradlie. V blízkosti spodného okraja schodnice sa nachádzajú veľmi štíhle stupne schodiska. Zaujímavosť konštrukcie schodiska je v tom, že hlavné schodnice sú kotvené prostredníctvom drevených konzolových nosníkov do masívneho muriva pôvodného objektu a železobetónovej konštrukcie protiľahlého nového objektu.

MATERIÁL

Brezové drevo je charakteristické svetlou farbou, ktorá svojím vzhľadom veľmi pripomína smrekové drevo. Mechanické vlastnosti sú ale výrazne odlišné a predurčujú jeho použitie pre väčšie rozpony alebo pre extrémne namáhania. Charakteristická pevnosť v ohybe a v tlaku v smere vláken sa pohybuje okolo 32 MPa, v ťahu 26 MPa, v tlaku kolmo na vlákna a v šmyku 4,5 MPa. Modul pružnosti v smere vláken je 15 000 MPa. Objemová hmotnosť brezového dreva je 600 kg/m^3. Nevýhodou brezového dreva je jeho farebná a štrukturálna rôznorodosť. Ide o pomerne náročný materiál z hľadiska dizajnového zjednotenia a aj z hľadiska konštrukčných spojov a opracovania. Je to materiál veľmi kvalitný, ale zároveň veľmi nehomogénny. Obsahuje veľa štrukturálnych a rastových chýb, ktoré si vyžadujú mnoho opráv a opracovania. Možno práve táto nehomogenita dáva schodisku veľmi zaujímavý celkový vzhľad.

STATIKA

Návrh stavebno-konštrukčného riešenia schodiska v rámci realizačného projektu bol vypracovaný statickou kanceláriou ELTER constructions, s.r.o. Tento projekt tvoril základ pre podrobnejšie rozpracovanie a dielenskú dokumentáciu.

V počiatočnej fáze projektovania nosnej konštrukcie bolo potrebné zodpovedať otázky, za akých predpokladov bude možné takúto konštrukciu zrealizovať. Tak aby bola presne zachovaná predstava architekta, teda tvar, rozmery a celkový dojem. Zároveň dodržať všetky pravidlá pre medzné stavy, pre bezpečnosť a prevádzkyschopnosť. V neposlednom rade vymyslieť prípoje s ohľadom na vyššie uvedené požiadavky a zohľadniť aj možnosti výroby a montáže. Na tieto otázky a technické riešenia hľadali odpovede dve statické kancelárie: ELTER constructions s.r.o. a Kristián Sógel v spolupráci s BVK-PRO v Šamoríne. Statická kancelária BVK-PRO v Šamoríne prispela svojím softvérovým vybavením a umožnila vytvoriť statické a stavebné modely drevenej nosnej konštrukcie. Veľký pokrok zaznamenala Ing. Lea Bodon pri vypracovaní statických a konštrukčných modelov. Robili sa súbežne dva statické výpočty na nezávislých modeloch. Jeden výpočet bol vypracovaný kanceláriou ELTER constructions s.r.o. a druhý Kristiánom Sógelom. Vzniklo niekoľko iteračných výpočtov, schém a konštrukčných riešení. Konečné statické výpočty boli vypracované v softvéri AXIS-VM-X5. Prvý priestorový stavebný model drevenej konštrukcie bol pripravený v softvéri SEMA v kancelárii BVK-PRO. Mimoriadne veľa sa pracovalo na neviditeľných prípojoch drevenej konštrukcie. Tieto statické výpočty a konštrukčné riešenia vypracovával Kristián Sógel. Technické riešenia sa priebežne konzultovali s dodávateľom. Následne sa dohodnuté návrhy zapracovali do stavebným modelov. Spojovací materiál musel byť určený pre tvrdé, brezové drevo, ktoré nie je zatiaľ v slovenskej praxi bežným materiálom.

Samostatnú výzvu predstavovali hlavné schodnice. Najdlhšia schodnica má rozpätie okolo

9 m, výšku prierezu najviac 1,07 m a hrúbku prierezu iba 80 mm. Horný tlačený okraj nosných prvkov je stabilizovaný iba na koncoch a naviac sú namáhané aj vodorovnými účinkami pre zábradlia. Keďže ide o mimoriadne štíhle nosné prvky, statické výpočty boli vypracované aj v teórii II. rádu. Z pohľadu výroby bolo zaujímavé aj nadstavenie dlhej schodnice v mieste jej zalomenia a zabezpečenie tuhosti nielen v zvislej rovine, ale aj pre vodorovné účinky a stabilitu tlačeného horného okraja. V nadstavení boli použité dva oceľové plechy vlepené epoxidovým lepidlom.

Podobné rozmery prierezu majú aj hlavné konzoly, pričom ich vykonzolovanie je najviac 1,5 m. Kotvenie konzol do masívneho muriva bol navrhnutý spriahnutím drevenej konzoly s betónovým blokom votknutým do muriva. Spriahnutie dreva a betónu zabezpečovali šikmo orientované celozávitové skrutky, ktoré boli rozmiestnené po obvode prípoja.

tieto podperné stupne kotvené v prvom kroku pomocou vlepených závitových tyčí. Následne sa výrobca rozhodol pre celoplošne lepený spoj a dubové kolíky.

Kancelária ELTER construcitons mala za úlohu navrhnúť a vyriešiť kotvenia do železobetónových a murovaných stien a oceľových konštrukcií.

VÝROBA A MONTÁŽ

Po zosúladení výsledkov statických výpočtov, konštrukčných riešení a celkovej architektúry, bolo potrebné zistiť, akým spôsobom sa bude konštrukcia, resp. jednotlivé diely vyrábať. Tento proces zastrešoval pán Jozef Mečiar a firma Technomol Build z Dolného Kubína. Výroba sa pri každej operácii stretala s náročnými úlohami. Veľké rozmery prvkov, ktoré sa nezmestili nielen do CNC zariadenia, ale ani do priestoru, kde bol CNC stroj postavený. Pritom požiadavky na presnosť boli veľmi veľké. Opracovanie sa realizovalo na

Obr. 2 – Pohľady na schody (zdroj: Ing. Ladislav Tausinger)

Schodiskové stupne boli hrubé iba 60 mm pri rozpätí 1,2 m. Niektoré stupne boli dimenzované aj na podopretie medzipodest. Tieto stupne majú premenlivú výšku zo 60 mm na 80 mm, aby nebolo možné pozorovateľom zistiť, že ide o silnejší prvok ako ostatné stupne. Medzipodesty boli na niekoľko krokov a z rôznych strán elementov a v rôznych fázach výroby prvkov. Nemalé ťažkosti spôsobovali isté detaily, napríklad madlá, ktorých frézovanie si vyžadovalo špeciálne zariadenia. Ďalšou zaujímavosťou bolo, že nielen v Rakúsku, ale aj na Slovensku, je možné nájsť také CNC za-

riadenie, ktorým je možné vytvoriť náročné frézovania. V prospech domáceho výrobcu hovorilo aj to, že pre náročné frézovania bola potrebná niekoľkonásobná manipulácia s ťažkými elementmi. Zahraničný výrobcovia sa väčšinou orientujú na rýchlu a ekonomicky efektívnu výrobu. Pre takýchto producentov je výroba podobnej konštrukcie nezaujímavá, resp. ekonomicky veľmi neefektívna. A možno práve jednotvárna zahraničná priemyselná výroba ponúkla príležitosť domácemu výrobcovi drevených konštrukcií. Pri procese montáže sa objavili ďalšie komplikačné faktory, ako napríklad stiesnený priestor medzi objektmi, pomerne veľké a ťažké dielce konštrukcie. Veľká vďaka patrí aj koordinátorom stavebných prác a hlavnému stavbyvedúcemu Ing. Štefanovi Baksovi z firmy HORNEX, ktorý sledoval aj vývoj projektu už od začiatku našej spolupráce. V rámci realizácie kancelária ELTER constructions s.r.o. vykonávala autorský dozor a riešila otázky, ktoré vznikali počas realizácie schodiska. Išlo najmä o kotvenia do stien, kde bola situácia odlišná od predpokladov v projekte.

Obr. 3 – Pohľady na detaily schodov (zdroj: Jozef Mečiar)

Obr. 4 – Pohľady na detaily schodov (zdroj: Jozef Mečiar)

ZÁVER

Vzniknuté schodisko možno považovať za výnimočné architektonické a inžinierske dielo zároveň. Jedinečný tvar, materiál a konštrukčné riešenia sú len jednou stránkou. Na strane druhej treba vyzdvihnúť výnimočných ľudí, ich schopnosti a vzájomnú spoluprácu, ktorá napomohla vzniku tejto reprezentatívnej konštrukcie.

KRISTÁN SÓGEL
MARTIN KUSÝ
PAVOL PAŇÁK
LADISLAV TAUSINGER
JOZEF MEČIAR

Literatúra a použité zdroje:

[1] STN EN 1995-1-1 + A1. Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy. SÚTN, 2008

[2] STN EN 1990. Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií. SÚTN, 2009

[3] HASSLACHER Norica Timber: Glued Laminated Timber Birch. Dostupné na www.hasslacher.com, 2020

[4] ROTHOBLAAS: Screws and Connectors for Wood. Dostupné na www.rothoblaas.com, 2020

*Doc. Ing. Kristián Sógel, PhD. (*1979)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

Ing. arch. Martin Kusý st.

Architekti A B.K.P.Š., spol. s r.o., Bratislava

Ing. arch. Pavol Paňák

Architekti A B.K.P.Š., spol. s r.o., Bratislava

Ing. Ladislav Tausinger

ELTER constructions, s.r.o., Bratislava

Jozef Mečiar

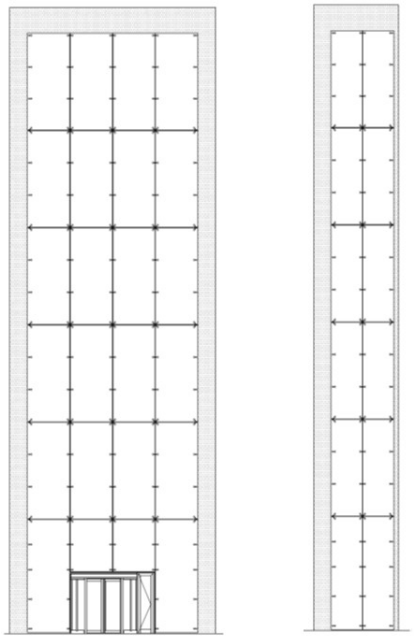
TECHNOMOL BUILD s.r.o., Dolný Kubín

Statické posúdenie fasádnej konštrukcie

Statické posúdenie fasádnej konštrukcie bolo vypracované na základe výzvy objednávateľa, za účelom riešenia technického stavu konštrukcie vzhľadom jestvujúce poruchy (poškodenie skleného panela v opláštení fasádnej konštrukcie). Na základe výsledkov vykonanej prehliadky, porovnaním s údajmi uvedenými v poskytnutej dokumentácii a následnou statickou analýzou konštrukcie bol navrhnutý súbor možných technických opatrení na zabezpečenie spoľahlivosti konštrukcie.

POPIS KONŠTRUKCIE

Konštrukcia fasády je riešená ako priestorová oceľová konštrukcia, opláštenie fasády je tvorené sklenými panelmi. Vzhľadom na architektonické riešenie objektu sa transparentná fasáda nachádza na 2 protiľahlých stenách objektu. Zo strany vstupu do objektu vypĺňa transparentná fasáda celú plochu obvodovej steny v šírke cca. 7,2m, v protiľahlej časti budovy tvorí transparentná fasáda v šírke cca. 2,7m len časť obvodovej steny, pretože budova je v tomto mieste čiastočne napojená na pôvodný (starší) objekt. Celková výška transparentnej fasády je pre obidve steny rovnaká, cca. 25,3m.



Obr. 1 – Riešená transparentná fasáda, pohľad

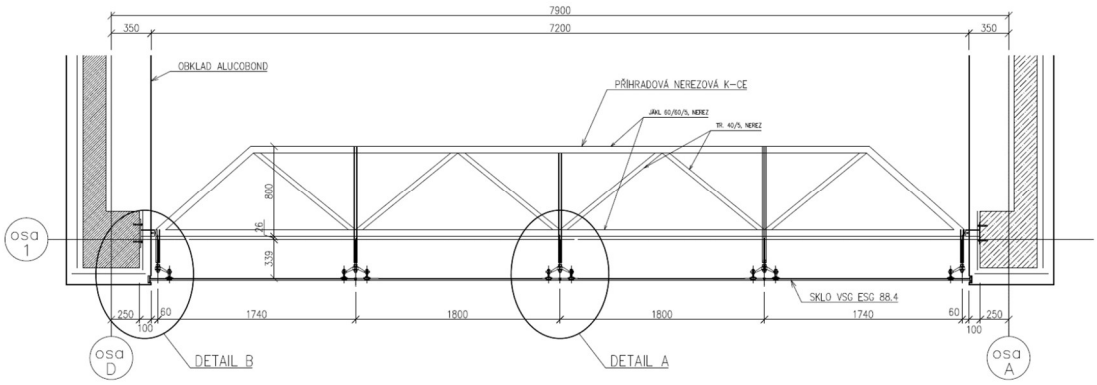
Nosná konštrukcia fasády je vytvorená sústavou vertikálnych nosníkov, ktoré sú kotvené na koncoch do železobetónových častí objektu (strešná a podlahová konštrukcia). Vzhľadom na dĺžku nosníkov (celková výška fasády je cca. 25,3m) je rozpätie nosníkov na účinky vodorovného zaťaženia (od vetra) zmenšené cca. na tretiny priehradovou konštrukciou (fasáda šírky 7,2m), resp. kotvením k priľahlej stropnej konštrukcii (fasáda šírky 2,7m). Staticky sa tak vertikálne nosníky správajú na účinky vodorovného zaťaženia (pôsobiaceho kolmo na priľahlú fasádu) ako 3-poľové spojité nosníky. Podopretie nosníkov na koncoch je na základe poskytnutých podkladov navrhnuté tak, aby vertikálne zaťažovacie účinky pôsobiace rovnobežne s osou nosníkov preberalo kotvenie na ich hornom konci. Kotvenie nosníkov na dolnom konci by malo zabezpečovať voľnú vertikálnu dilatáciu. Vzhľadom na takéto konštrukčné usporiadanie podopretia nosníkov bolo pravdepodobne zamýšľané, že vlastná tiaž konštrukcie a sklených panelov je vyvesená do strešnej konštrukcie a samotné fasádne nosníky sú vplyvom uvedených zaťažovacích účinkov namáhané výlučne ťahovou silou, resp. ťahovou silou a ohybovým momentom. Nosníky sú navrhnuté ako pásové, konštantného obdĺžnikového prierezu s rozmermi 12x200mm. Dĺžkovo sú vyhotovené z 3 dielcov, stykovanie jednotlivých častí je zabezpečené preplátovaným skrutkovým spojom.

Nosná konštrukcia zabezpečujúca vodorovnú podperu vertikálnym nosníkom je riešená ako

priehradový priamopásový nosník, orientovaný vo vodorovnej rovine. Podopretie priehradového nosníka na vodorovné účinky zabezpečujú tvarované zarážky kotvené do nosných stien objektu prístavby. Zarážky umožňujú vertikálny pohyb konštrukcie a tiež horizontálnu dilatáciu v smere dĺžky priehradového nosníka. Vertikálne zaťažovacie účinky sa preto v mieste kotvenia priehradových nosníkov do obvodových stien (pravdepodobne) neprenášajú. Priehradová konštrukcia je vyhotovená ako celozváraná z 4-hranných rúrkových profilov (pásy 60x60x/5,0, diagonály 40x40/4,0).

a sklených panelov opláštenia a boli spozorované 3 typy porúch: poškodenie skleného panela, deformácie vertikálnych oceľových nosníkov a trhliny v keramickej dlažbe podlahovej konštrukcie v mieste prípoja vertikálnych oceľových nosníkov.

Poškodenie 1ks skleného panela sa nachádza v časti transparentnej fasády šírky 2,7m v úrovni podlahovej konštrukcie 1. nadzemného podlažia. Sklo je porušené iba v jednej vrstve, avšak vzhľadom na charakter porušenia tepelne tvrdeného skla je panel poškodený v celej ploche. Porucha lokálne ovplyvňuje spoľahlivosť a bezpečnosť konštrukcie.



Obr. 2 – Vodorovný priehradový nosník, pôdorys

Podopretie vertikálnych nosníkov na účinky horizontálneho zaťaženie je v prípade fasádnej konštrukcie so šírkou 2,7m riešené kotvením k priľahlej stropnej konštrukcii v tretinách rozpätia, resp. výšky fasády. Kotvenie je navrhnuté tak, že umožňuje voľný vertikálny pohyb nosníkov.

Sklené panely tvoria tzv. štrukturálne zasklenie a sú ku oceľovej konštrukcii pripojené bodovo prostredníctvom systémových prvkov. Sklený panel tvoria 2 vrstvy tepelne tvrdeného skla hrúbky 8mm vzájomne spojené transparentnou fóliou (pravdepodobne fólia PVB hrúbky 1,52mm).

Nakoľko sa v konštrukcii nenachádzajú žiadne vystužovadlá, je poloha jednotlivých prvkov a celková stabilita oceľovej konštrukcie fasády zabezpečená pravdepodobne iba vzájomných spolupôsobením jednotlivých prvkov a spolupôsobením so sklenými panelmi.

VÝSLEDKY OBHLIADKY

V rámci prehliadky bol vizuálne skontrolovaný technický stav nosných prvkov konštrukcie fasády

Obr. 3 – Celkový pohľad na fasádu z exteriéru

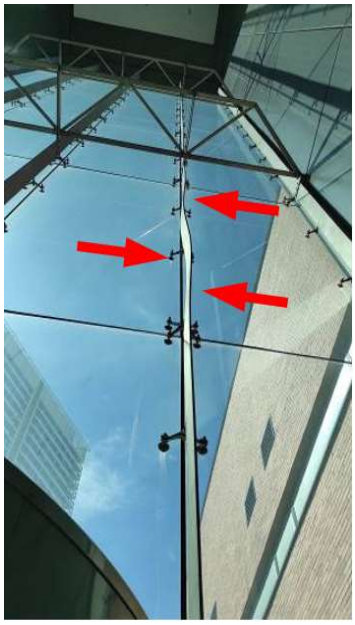
Deformácie vertikálnych oceľových nosníkov boli spozorované na všetkých častiach fasádnej konštrukcie. Deformácie majú charakter vybočenia (kolmo na mäkkú os prierezu, rovnobežne s fasádou) a sú pozorovateľné voľným okom. Deformácie sú výraznejšie v časti fasády so šírkou

7,2m, ale nachádzajú sa aj pri fasáde so šírkou 2,7m. Vzhľadom na vykonanú obhliadku a rozsah poruchy nie je možné jednoznačne určiť, či deformácie vznikli v čase výroby, resp. montáže konštrukcie, alebo ako dôsledok statického pôsobenia konštrukcie. Je však možné konštatovať, že ich výrazná amplitúda presahuje jednak imperfekcie, ktoré sú predpokladané pri bežnom statickom posúdení konštrukcie, a tiež výrobné tolerancie akceptovateľné pri zhotovovaní častí oceľových konštrukcií. Vzhľadom na rozsah, charakter a početnosť tejto poruchy je možné predpokladať, že vznikla nesprávnym koncepčným návrhom a/alebo chybnou realizáciou konštrukcie ako celku. Porucha globálne ovplyvňuje spoľahlivosť a bezpečnosť konštrukcie.

Obr. 4 – Celkový pohľad na fasádu z interiéru, výstužný priehradový nosník

Obr. 5 – Bodové systémové kotvenie sklených panelov

Trhliny v keramickej dlažbe podlahovej konštrukcie v mieste prípoja vertikálnych oceľových nosníkov vznikli pravdepodobne v dôsledku nevhodnej realizácie úpravy detailu. Statické vyhotovenie predpokladá kĺbové pripojenie s voľnou vertikálnou dilatáciou nosníka, avšak keramická dlažba (a pravdepodobne aj ostatné vrstvy podlahy) je k nosníku dorazená pomerne natesno. Nejedná sa o poruchu nosnej konštrukcie.



Obr. 6 – Deformácia vertikálnych nosníkov

KONTROLNÝ STATICKÝ VÝPOČET

Ku nosnej konštrukcii transparentnej fasády v súčasnej dobe neexistujú u objednávateľa podklady, ktoré by mali charakter kompletnej technickej dokumentácie. Preto nie je možné posúdiť na základe akých technických noriem a výpočtových metód bola konštrukcia navrhnutá tak, aby spĺňala požiadavky na spoľahlivosť a bezpečnosť.

Pevnostná trieda nerezovej ocele pri obhliadke nebola overovaná; v poskytnutých podkladoch nebola uvedená. Pre potreby ďalšej statickej analýzy bola preto uvažovaná bežná konštrukčná nerezová oceľ rady EN 1.4301 a pre skrutky bola uvažovaná nerezová oceľ triedy 50. Kotvenie oceľových častí fasády do priľahlých častí železobetónovej konštrukcie je pravdepodobne zabezpečené dodatočne osadenými vŕtanými kotvami. Na základe výkresovej dokumentácie je možné predpokladať, že sa jedná o mechanické rozperné kotvy rôznych priemerov, pre účely ďalšej statickej analýzy boli uvažované kotvy HILTI HST.

Pri ďalšej statickej analýze konštrukcie bola použitá Metóda Konečných Prvkov (MKP). Na základe idealizovanej geometrie nosnej konštrukcie bol zostavený 3d priestorový model. Aby sa čo

najlepšie vystihlo skutočné pôsobenie konštrukcie a porovnali dosiahnuté výsledky bolo vytvorených viacero výpočtových modelov.

Pri posudku bola overovaná tzv. „ideálna“ konštrukcia, t.j. konštrukcia bez vplyvu eventuálnych porúch. Kontrolný statický prepočet fasádnej konštrukcie bol vykonaný podľa súboru noriem STN EN.

Obr. 7 – Poškodenie skleného panela

Obr. 8 – Trhliny v podlahovej konštrukcii

Z výsledkov vykonaného statického posúdenia vyplýva, že niektoré časti sú vzhľadom na požadovanú spoľahlivosť pravdepodobne poddimenzované, pričom sa jedná o vertikálny nosník (presnejším výpočtom bola určená miera využitia cca. 150%) a tiež prvky kotvenia horizontálneho priehradového nosníka (cca. 220%) a preplátovaného spoja vertikálneho nosníka (cca. 430%). Keďže je odolnosť prípoja značne prekročená je nutné poznamenať, že predpoklad spojitého 3-poľového nosníka je nepravdepodobný a splastizovaním prípoja dochádza ku rozdeleniu statického pôsobenia na 3ks 1-poľových prostých nosníkov a preto výsledky posúdenia vertikálneho nosníka môžu byť reálne ešte nepriaznivejšie ako je momentálne uvedené.

ANALÝZA FAKTOROV OVPLYVŇUJÚCICH VZNIK NÁJDENÝCH PORÚCH

Vzhľadom na výsledky obhliadky a vykonanú statickú analýzu je možné uviesť takéto pravdepodobné príčiny pre jednotlivé typy porúch.

Poškodenie skleného panela

Statickým výpočtom sa preukázalo, že porucha skleného panela by nemala byť spôsobená jeho nesprávnym statickým návrhom, resp. preťažením od posudzovaných obvyklých zaťažovacích účinkov. Ako možné príčiny poškodenia skleného panelu je preto možné uvažovať tieto faktory:

- poškodenie skla neodbornou manipuláciou v jeho okolí alebo vandalizmom,
- poškodenia skla neprimeranou deformáciou nosnej konštrukcie objektu je možné pravdepodobne vylúčiť, nakoľko samotná fasáda vrátane zasklenia je konštrukčne navrhnutá tak, aby tieto dva celky mohli voľne dilatovať,
- koncentrácia namáhania v okolí bodového úchytu v dôsledku prekročenia prípustných výrobných a montážnych tolerancií, alt. priamy kontakt skla a telesa bodového úchytu v mieste zapusteného otvoru,
- namáhanie skla v dôsledku zmeny teploty vplyvom odlišnej teplotnej dĺžkovej rozťažnosti materiálov a/alebo zabránenej voľnej deformácii,
- samovoľné prasknutie tepelne tvrdeného skla (angl. TTG) vplyvom NiS nečistôt, z poskytnutých podkladov nie je jasné, či boli použité sklá so skúškou prehrievaním, tzv. HST (Heat Soak Test),
- kombinácia vyššie uvedených faktorov a/alebo iné bližšie nešpecifikované príčiny.

Deformácie vertikálnych oceľových nosníkov

Statickým výpočtom sa preukázalo, že vertikálne nosníky môžu byť pri započítaní obvyklých zaťažovacích účinkov namáhané za hranicou ich

teoretickej odolnosti. Ako príčiny deformácie vertikálnych nosníkov je preto možné uvažovať tieto faktory:
- deformácie konštrukcie vzniknuté pri výrobe a montáži konštrukcie,
- plastické deformácie vzniknuté pri preťažení a strate stability konštrukcie (ohyb a klopenie),
- deformácie vplyvom zmeny statického pôsobenia vertikálnych nosníkov (tlak a vzper) v dôsledku popustenia kotvenia v úrovni strešnej konštrukcie a/alebo v dôsledku nefunkčného riešenia dilatácie v mieste kotvenia do podlahovej konštrukcie a/alebo v dôsledku predĺženia konštrukcie pri zvýšení okolitej teploty,
- kombinácia vyššie uvedených faktorov a/alebo iné bližšie nešpecifikované príčiny.

Trhliny v keramickej dlažbe

Ako možné príčiny vzniku trhlín v podlahovej konštrukcii je možné uvažovať tieto faktory:
- trhliny v dôsledku nevhodnej realizácie úpravy detailu, ktorý neumožňuje voľné pootáčanie a vertikálnu dilatáciu oceľového nosníka,
- priťaženie podlahovej konštrukcie v dôsledku zmeny statického pôsobenia vertikálnych nosníkov (tlak a vzper), pozri vyššie.

NÁVRH OPATRENÍ

Na základe výsledkov vykonanej prehliadky a následnej statickej analýzy konštrukcie bol navrhnutý nižšie uvedený úbor možných technických opatrení na zabezpečenie spoľahlivosti konštrukcie vzhľadom na jej ďalšiu životnosť a prevádzku:
- analýza riešenia bodového kotvenia vo vzťahu k možnej dĺžkovej rozťažnosti skleného panela a výmena panela,
- podrobná diagnostická prehliadka kotvenia nosníkov za účelom vylúčenia poruchy kotvenia a súvisiacich prípojov,
- rektifikácia a odstránenie deformácie aktiváciou oceľových nosníkov (v prípade, že sa jedná o pružnú deformáciu a zmenu statického pôsobenia vertikálnych nosníkov - tlak a vzper, namiesto projektovaného namáhania ťahom); zosilnenie nosníkov a/alebo doplnenie stabilizačných prvkov,
- zosilnenie jestvujúcich vertikálnych nosníkov,
- zosilnenie prípojov a kotvenia oceľovej konštrukcie,
- výmena jestvujúcich vertikálnych nosníkov,
- kompletná demontáž sklenej fasády a realizácia novej oceľovej konštrukcie.

ZÁVER

Aj keď na základe vykonanej obhliadky a histórie (porúch) fasádnej konštrukcie je možné predpokladať, že získané výsledky momentálne nenaznačujú, že by sa jednalo o prebiehajúci kolaps konštrukcie, závažnosť porúch je veľmi vysoká a je hraničiaca s havarijným stavom konštrukcie, pretože konštrukcia na základe týchto podkladov a výsledkov kontrolného statického posudku NEVYHOVUJE.

Do doby vykonania kompletnej sanácie fasádnej konštrukcie bolo preto odporúčané:
- vstupnú časť objektu so sklenenou fasádou vyradiť z prevádzky,
- a/alebo obmedziť pohyb osôb v okolí fasádnej konštrukcie (aj exteriér, aj interiér) a zabezpečiť, ich bezpečný pohyb inštalovaním bezpečnostného prekrytia okolia vstupu (aj exteriér, aj interiér),
- vykonať min. 1-krát za 3 mesiace preventívnu kontrolnú prehliadku fasádnej konštrukcie.

Vykonanie a dodržiavanie vyššie uvedených opatrení je v kompetencii objednávateľa (vlastníka, správcu objektu), ktorý zodpovedá za bezpečnosť osôb aj ochranu majetku.

MILOŠ SLIVANSKÝ

Literatúra a použité zdroje:

[1] Statické posúdenie fasádnej konštrukcie v Bratislave, structureSS, s.r.o., 12/2020

*Ing. Miloš Slivanský, PhD. (*1980)*

Absolvent Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Pôsobí na Katedre kovových a drevených konštrukcií. Je autorizovaným inžinierom SKSI pre statiku stavieb.

Partneri časopisu

Slovenská spoločnosť pre oceľové konštrukcie

Zväz slovenských vedeckotechnických spoločností

Katedra kovových a drevených konštrukcií, Stavebná fakulta STU Bratislava

vydavateľstvo