

## **PORUCHY A SANÁCIA NOSNEJ PREFABRIKOVANEJ KONŠTRUKCIE PRESÝPACEJ VEŽE**

Štefan Gramblička, Milan Chandoga, Pavol Valach, Ladislav Čerňanský

### **1 Úvod**

Prejavy porúch železobetónových nosných konštrukcií sú hlavne pozorovateľné ako trhliny, prípadne ako veľkoplošná korózia betónu a výstuže. Trhliny v konštrukciách hodnotíme hlavne podľa príčin ich vzniku. Poznáme dve hlavné príčiny vzniku trhlín:

- trhliny od účinkov objemových zmien (zmrašťovanie betónu, teplotný spád),
- trhliny od silových účinkov zaťaženia - statické trhliny (preťaženie konštrukcie, nerovnomerné sadanie základov).

Z hľadiska príčin vzniku porúch je známe, že najviac chýb a potom následne porúch vzniká v predprojektovej a projektovej príprave stavieb. Pri plánovaní kvality betónových a železobetónových nosných konštrukcií je potrebná podrobná špecifikácia požiadaviek obstarávateľa (investora) budúceho stavebného diela, hlavne zameraná na podmienky pôsobenia a požadované kvalitatívne parametre. Veľmi dôležitá a veľa krát nevyhnutná pri náročných stavbách je účinná spolupráca špecialistov betonárov - statikov a betonárov - technológov.

Projektant musí pre nosnú konštrukciu stavby vo svojom návrhu zohľadniť niekoľko užívateľských požiadaviek: v prvom rade základnou požiadavkou je mechanická odolnosť a stabilita stavby, ďalej je to bezpečnosť stavby pri jej užívaní, ochranu pred hlukom a vibráciami (dynamické požiadavky). Veľmi dôležitá je požiadavka životnosti stavby - t.j. zachovanie prevádzkyschopnosti počas požadovanej doby životnosti objektu pri pravidelnej údržbe.

Bezporuchovosť obvyklého užívania objektu spočíva v schopnosti zachovať si požadované úžitkové vlastnosti počas celej doby životnosti.

Stav nosnej konštrukcie je výrazným spôsobom ovplyvnený časom, podmienkami pôsobenia a samozrejme kvalitou projektu a tiež kvalitou jej samotného zhotovenia. Podmienky, ktorým bude betónová konštrukcia vystavovaná počas jej životnosti je potrebné jednoznačne špecifikovať už v priebehu predprojektovej prípravy.

Úlohou projektu je okrem iného aj predvídanie možných zmien prostredia a tým aj predchádzanie degradácií nosných stavebných konštrukcií. Súčasťou projektu musí byť tiež špecifikácia požiadaviek projektanta - statika na projektanta - technológa, ktorý následne vypracuje vhodné zloženie betónovej zmesi a spôsob výroby betónových konštrukcií. Sú, ale niektoré zmeny, ktoré môžu nastať počas užívania konštrukcie, ktoré nie je samozrejme možné zohľadniť. Veľakrát sú to požiadavky z hľadiska užívania objektu - zmena užívateľa, iné podmienky užívania konštrukcie, zmena zaťaženia a pod. Vtedy je potrebné prehodnotiť možnosti nosnej konštrukcie, zistiť súčasný stav a prípadne zrealizovať, ak je to možné, zosilnenie nosnej konštrukcie.

Pri železobetónových konštrukciách majú okrem kvality samotného betónu veľký vplyv na hodnotenie spoľahlivosti a trvanlivosti tieto faktory: hrúbka betónovej krycej vrstvy výstuže, priepustnosť krycej vrstvy betónu, rozmery prierezov prvkov betónovej konštrukcie, druh a priemery betonárskej výstuže a iné. Mnohé chyby a následne poruchy

nosných železobetonových konstrukcí vznikají tiež v čase výstavby (výroby) a užívania konstrukcií.

V tomto príspevku uvidieme príklad porúch z nedostatočného zohľadnenia účinkov objemových zmien (teploty) pri návrhu nosnej konstrukcie. Chyba vzhľadom na konstrukciu objektu sa prejavila staticky významnou poruchou

## 2 Konštrukcia objektu presýpacej veže

Nosná konštrukcia presýpacej veže je "vymurovaná" z betonových tvárnic vyrobených ako stavebnícke prefabrikáty. Betonové tvárnice majú rozmery: výška 180 mm, dĺžka 1160 mm a hrúbka je 100 mm. Tvar prefabrikátov s výstužou je na obr.č.1. Prefabrikáty sú vystužené 4 Ø 6 v rohoch prierezu a s~~řm~~ě zØ 6 po 150 mm. Prefabrikáty boli ukladané do cementovej malty. Do vodorovných škár sa v každom rade uložila výstuž 2 Ø 6 - navzájom prestykovaná.

Zvislý styk bol vytvorený tvarom prefabrikátov (zvislé stužujúce rebrá), vložením zvislej výstuže a jej zabetónovaním. Zvislá výstuž bola tiež vzájomne stykovaná. V mieste zvislého styku prefabrikátov - bola ešte vložená v každom rade vodorovná výstuž v tvare šikmého ohybu. Nosná konštrukcia presýpacej veže je uložená na monolitckej stropnej doske o hrúbke 350 mm. V spodnej časti presýpacej veže sú protiahlé vstupné otvory.

Rozmery presýpacej veže sú nasledovné:

- vnútorný priemer 9500 mm
- celková výška 15,58 m.

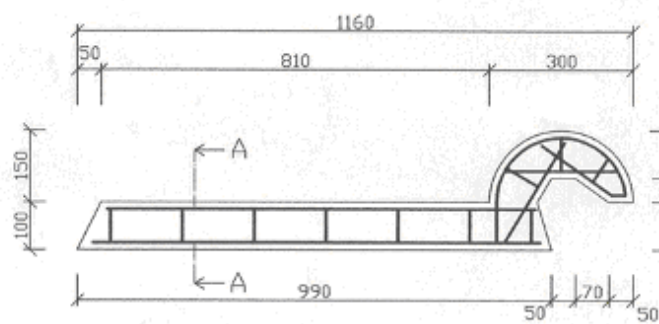
V hornej časti veža končila v pôdoryse osemholníkovým monolitickým vencom. Nad železobetonovou časťou presýpacej veže je oceľová nadstavba, do ktorej ústia 4 dopravníkové mosty (obr. 2).

Nosná konštrukcia presýpacej veže je okrem zvislého zaťaženia ako je vlastná tiaž, reakcie stropnej konštrukcie a oceľovej nadstavby zaťažovaná vodorovným zaťažením od vetra a klimatickým zaťažením. Nosná konštrukcia nemôže byť zaťažovaná náplňou, v konkrétnom prípade síranom amónnym. Z hľadiska technologického slúži len na presýpanie tohto materiálu a sú vykonané opatrenia na zamedzenie zaťaženia hromadením uvedeného média.

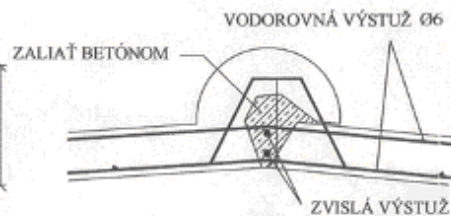
Po niekoľkých rokoch užívania konštrukcie začali vznikáť poruchy - trhliny na nosnej konštrukcii presýpacej veže. Boli to zvislé trhliny v mieste styku prefabrikátov. Trhliny boli niekoľkokrát vyspravované, no stále sa obnovovali.

Z 30 zvislých stykov na nosnej konštrukcii presýpacej veže bolo porušených 23. Niektoré styky boli porušené len v dolnej časti a väčšina má trhlinu po celej dĺžke s väčšou šírkou v spodnej alebo v strednej časti. Šírka trhlín sa pohybovala od 5 do 15mm. Bolo zistené, že vodorovná výstuž typu šikmého ohybu, t.j. Ø 6 je roztrhnutá.

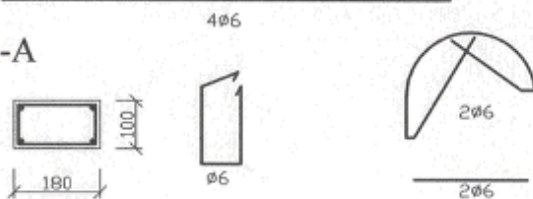
PODORYS



PODROBNOST' STYKU  
PREFABRIKÁTOV



REZ A-A



Obr. 1 Tvar a výstuž prefabrikátov s podrobnosťou styku



Obr. 2 Celkový pohľad na konštrukciu presýpacej veže

### 3 Statický prepočet

Na základe podkladov - pôvodnej projektovej dokumentácie sme urobili statický prepočet nosných konštrukcií - obvodového plášťa objektu presýpacej veže. Nosná konštrukcia okrem zvislého zaťaženia ako je vlastná tiaž, reakcie stropnej konštrukcie a ocelevej nadstavby je zaťažovaná vodorovným zaťažením od vetra a klimatickým zaťažením.

V statickom prepočte sme sa zamerali hlavne na statickú analýzu nosnej konštrukcie od zaťaženia oslnením - teplotou.

Zaťaženie oslnením sme uvažovali ako rozdiel teploty medzi vonkajšou a vnútornou stranou steny presýpacej veže, vždy pre polovicu oslnenej strany veže. Výpočet sme opakovali pre rôzne hodnoty rozdielov teploty (15 , 20 a 30°C).

Na dodatočné zachytenie ťahových radiálnych síl sme navrhli ovinutie konštrukcie presýpacej veže predpínacími lanami typu MONOSTRAND. Tieto laná sú chránené antikoročným mazivom a extrudovaným obalom z PE. Uvažovali sa stabilizované laná Ls Ø 15,5 / 1800 rozdelené po výške veže pravidelne po 1 m.

Časť ťahovej sily prenesie tiež výstuž typu šikmého ohybu vložená vo vodorovných škárah v miestach zvislých kĺbov nosnej konštrukcie.

### 4 Sanácia nosnej prefabrikovanej konštrukcie presýpacej veže

Návrh konštrukcie vonkajšieho predpätia presýpacej veže vychádza z osvedčenej koncepcie firmy PROJSTAR, ktorá bola realizovaná pri zosilňovaní kruhových nádrží ČOV Petržalka , alebo 150 m komína ENO Nováky pozri [3], [4].

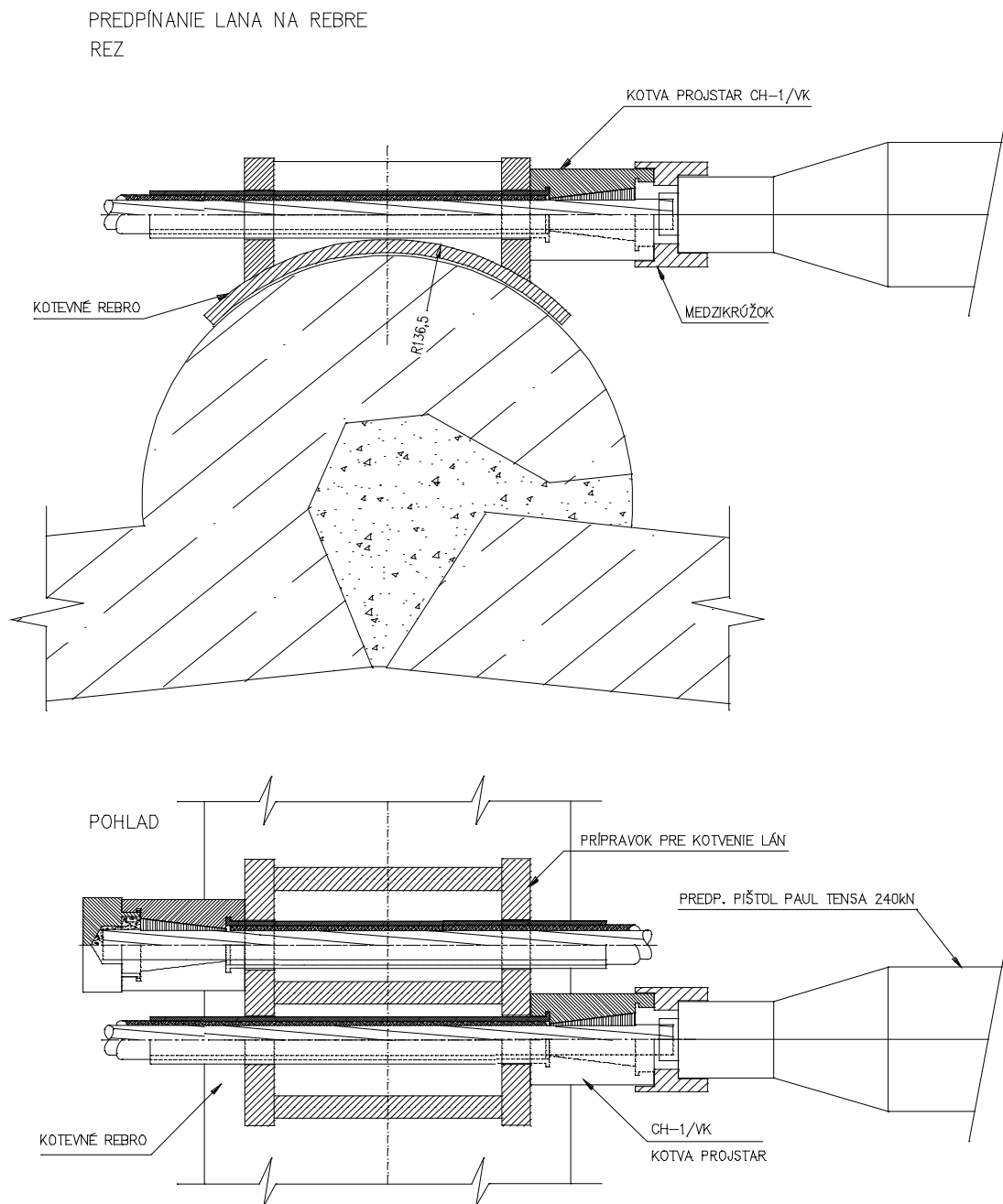
Vzhľadom na osobitosť prefabrikovanej nosnej konštrukcie s veľkými povrchovými nerovnosťami rebier, bolo potrebné riešiť roznos lokálnych radiálnych účinkov pomerne riedkeho predpätia tuhými oceľovými prvkami, rebrami.

Oceľové rebrá sú zhotovené zo silnostennej rúry Ø273/6,3 mm ktorá je požadovane rozrezaná na štyri časti. Tvar segmentu po rozrezaní rúry je prakticky zhodný s tvarom betónového rebra a preto nebolo potrebné robiť žiadne murárske vysprávky. Vzhľadom na výšku veže cca. 13 m a problémy s výrobou takých dlhých rebier, sú po výške veže rebrá zostavené zo štyroch kusov dĺžky (3,5 m + 3 x 3m).

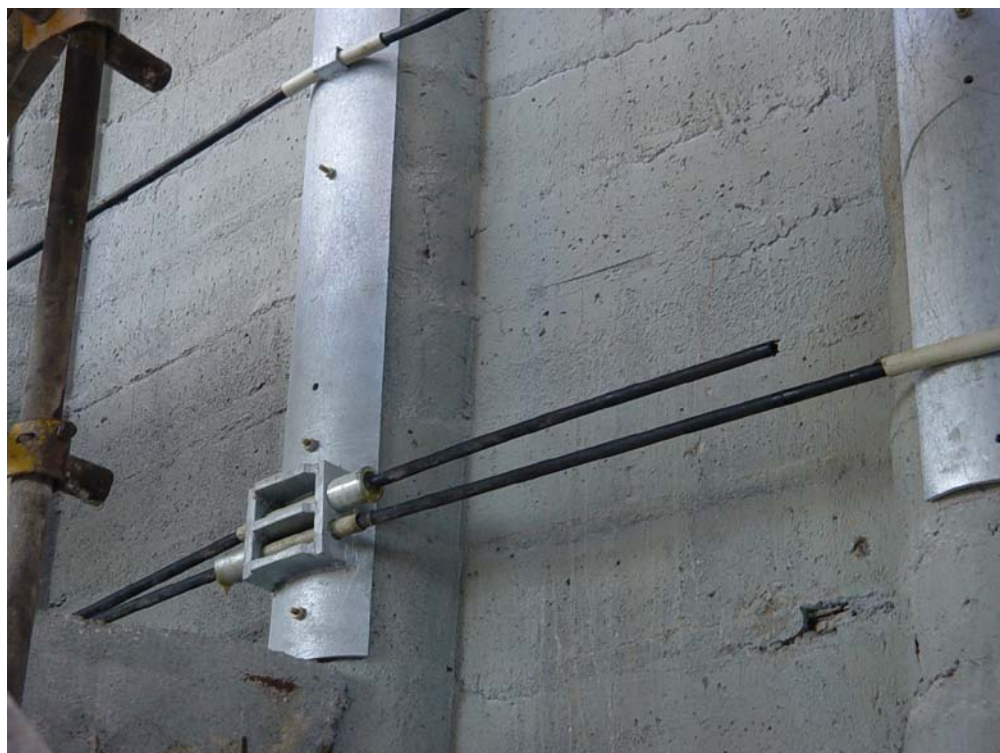
Každé rebro je opatrené vymedzovačmi polohy lán MONOSTRAND a na 13-tich rebrách sú privárané kotevné kozlíky pre zakotvenie lana (pozri obr.č.3). Poloha 13-tich kotevných kozlíkov bola vybraná tak, aby bolo dosiahnuté rovnomerné namáhanie veže po jej obvode. Rebrá sú vzájomne spájané tak, aby nedochádzalo pri predpínaní k ich vodorovnému posunu. Každé oceľové rebro bolo kotvené do betónu minimálne tromi kotvami Ø12 mm.

Nesúdržné lano MONOSTRAND ØLs15,5mm/1800MPa dodala firma TRIOSTRAND, s.r.o. HDPE plášť má úpravu pre vonkajšie prostredie t.j. hrúbku 2 mm a zvýšenú odolnosť proti UV žiareniu. Na kotvenie lana bol použitý kotevný systém PROJSTAR CH-1/VK s antikoročnou úpravou kotiev zinkovým povrchom. Všetky oceľové prvky použité na zosilnenie sú chránené proti korózii žiarovými zinkovaním.

Predpínanie lán prebiehalo v dvoch štádiách. Najskôr boli napnuté všetky laná na cca. 20kN. Skontrolovala sa dráha lán a laná sa prípadne vyrovnali. Laná sa postupne obojstranne napli na 65 kN, tak aby nedošlo ku krúteniu oceľových rebier. Po cca. 3 dňovej prestávke sa skontrolovala celá konštrukcia zosilenia, laná sa odrezali a kotvy sa konzervovali mazivom a opatрили ochrannými krytmi.



Obr. 3 Úprava kotvenia a predpínanie lana na rebre



Obr. 4 Úprava kotvenia lana na rebre



Obr. 5 Pohľad na zrealizované vonkajšie predpätie presýpacej veže.

## Literatura

- [1] Gramblička, Š.: Poruchy železobetonových nosných konštrukcií stavieb, zborník: Aktuálne problémy návrhu a údržby, Piešťany 2004,
- [2] Gramblička, Š. a kol.: Expertízne statické posúdenie porúch presýpacej veže na výrobní UGL, Bratislava, jún 2001
- [3] TP-0399: Vonkajšie predpätie valcových nádrží lanami Monostrand, Projstar – PK, s.r.o.. Bratislava, 1999
- [4] Chandoga a kol.: Sanácia železobetonových nádrží ČOV Petržalka, Inžinierske stavby, roč. 47, 1999, č. 8-9, str. 285-289
- [5] TP-0603: Vonkajšie predpätie drieku presýpacej veže lanami Monostrand, Projstar-PK, s.r.o., Bratislava, 2003

---

### Doc.Ing. Štefan Gramblička, PhD., autor. inž.

✉ Katedra betónových konštr. a mostov, Stavebná fak. STU  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava

☎ 02/592 74552

📄 0905 318 795

😊 sgram@svf.stuba.sk

URL [www.svf.stuba.sk](http://www.svf.stuba.sk)

### Doc.Ing. Milan Chandoga, PhD.

✉ Katedra betónových konštr. a mostov, Stavebná fak. STU  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava.

☎ 02/592 74549

📄 168 665 808

😊 tomis@liapor.cz

URL [www.liapor.cz](http://www.liapor.cz)

### Ing. Pavol Valach

✉ Katedra betónových konštr. a mostov, Stavebná fak. STU  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava.

☎ 02/592 74549

📄 168 665 808

😊 valach@scia.sk

URL [www.svf.stuba.sk](http://www.svf.stuba.sk)

### Ing. Ladislav Čerňanský

✉ PROJSTAR PK, s.r.o.  
Nad Dunajom 50, 841 04 Bratislava.

☎ 02/592 74549

📄 168 665 808

😊 valach@scia.sk

URL [www.svf.stuba.sk](http://www.svf.stuba.sk)