

# Dodatečně předpjaté konstrukce střešních vazníků



## Ing. Stanislav Rada

V roce 1980 absolvoval Fakultu stavební VUT v Brně, obor konstrukce a dopravní stavby. Od roku 2020 pracuje ve firmě Rada Building s.r.o., která se mj. specializuje na rekonstrukce a sanace velkorozponových staveb. Autorizovaný inženýr v oboru statika a dynamika staveb.  
E-mail: stanislav.rada@radabuilding.com



## Ing. Jaroslav Hejl

V roce 1985 absolvoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor pozemní stavby s rozšířeným rozsahem na konstrukční soustavy – statická a dynamická analýza pozemních staveb. Pracuje v oblasti navrhování prefabrikovaných konstrukcí ve své firmě ASK Projekt s.r.o. Autorizovaný inženýr v oboru statika a dynamika staveb a v oboru pozemní stavby.  
E-mail: hejl@askprojekt.cz

## Spoluautoři:

### Ing. Cejnar Jaroslav

E-mail: jaroslav.cejnar@radabuilding.com

### Martin Rada

E-mail: martin.rada@radabuilding.com

**Informace o kolapsech dodatečně předpjatých železobetonových konstrukcí jsou obecně známy. Havárie tohoto typu konstrukcí proběhly opakovaně jak v Evropě, tak v České republice. Byly to kolapsy mostů, ale opakovaně i střešních vazníků.**

## Úvod

Ke kolapsu střešních vazníků dochází náhle (křehce), přetržením dodatečně předpjaté výztuže v důsledku její koroze. Mez únosnosti zkorodované výztuže může být překročena v kombinaci s přetížením vazníků (nadměrné přetížení dodatečně osazenými technologiemi, neodborné opravy střešních pláštů apod.). Svou roli hraje často neodborné provádění údržby konstrukce bez odstranění základních příčin nevyhovujícího stavu (zatékání, kondenzace vody v kritických detailech apod.) a nevhodné stavební úpravy dotčených objektů. Společným základním problémem je nedostatečná nebo žádná injektáž kabelových kanálků. Kolaps je prudký, bez varujících příznaků, nelze vyloučit řetězovou reakci – tedy pád několika vazníků. Objektivní skutečnosti lze tedy shrnout v zásadní závěr: Všechny dodatečně předpjaté konstrukce střešních vazníků s sebou nesou významnou

míru potenciální nebezpečnosti. Zásadní faktor problému, tedy korozi předpjaté výztuže vedoucí ke kolapsu, nelze vyloučit u žádné z nich. Firma Rada Building s.r.o. se dlouhodobě zabývá konstrukcemi střech, kde je konstrukce dodatečně předpjatých vazníků využita. V rámci této firmy byla vytvořena komplexní metodika řešení problematiky těchto konstrukcí. Jednou z důležitých řešených otázek byl rozsah použití těchto konstrukcí v rámci ČR. Na základě veřejně dostupných zdrojů byly firmou soustředěny informace o takových stavbách, následně byl zpracován seznam a také mapa výskytu těchto konstrukcí v rámci ČR. Zjištěný rozsah i problematika dodatečně předpjatých střešních vazníků byly opakovaně projednány na aktivitu statiků ČKAIT. Zpracovaný materiál byl předán prostřednictvím ČKAIT na Ministerstvo pro místní rozvoj.

Zatím celkový objektivně dokladovaný rozsah střech, kde je použit systém dodatečně předpjatých střešních vazníků, činí 505 800 m<sup>2</sup>. Podle odhadů pracuje v těchto prostorech pod tímto typem konstrukce cca 13 000 až 15 000 lidí. V průzkumu pokračujeme dále a je jasné, že tento rozsah není konečný a že ještě významně poroste. Z uvedeného objektivně podloženého zjištění tedy vyplývá: Problematika má svůj celospolečenský rozměr ve vztahu k bezpečnosti pracovníků, ale i rozměr ekonomický. Základní odhad nutných prostředků k sanaci tohoto stavu odhadujeme ve výši 500 až 600 mil. Kč. V roce 2020 firma Rada Building s.r.o. konzultovala tuto problematiku s celou řadou odborníků a odborných institucí. Zcela zásadní je však spolupráce s aktivem Statika a dynamika staveb ČKAIT vedeným Ing. Drahorádem, Ph.D., a následně přenos informací na představenstvo a předsedu ČKAIT.

Na základě společného projednání byl určen základní krok a tím je informovanost ve všech potřebných úrovních:

- informovanost MMR prostřednictvím vedení ČKAIT;
- informovanost odborníků a veřejnosti prostřednictvím odborného tisku;
- informovanost odborníků a veřejnosti prostřednictvím internetových stránek ČKAIT;
- možnost přímé komunikace majitelů příslušných staveb nebo odborníků s osobami, které jsou schopny poskytnout poradenskou a další odbornou pomoc.

Následující díly článku v časopise Stavebnictví postupně poskytnou komplexní informaci o celé problematice dodatečně předpjatých konstrukcí střešních vazníků a budou se zabývat níže uvedenými okruhy problematiky včetně praktických zkušeností:

- Úvod do problematiky dodatečně předpjatých konstrukcí střešních vazníků;
- Identifikace dodatečně předpjatých konstrukcí – základní charakteristika;
- Objektivní zjištění skutečného stavu tohoto typu konstrukcí – zjištění rizikových faktorů a jejich vyhodnocení, doporučené postupy diagnostiky a jejich vyhodnocení, digitalizace celého procesu;
- Posouzení rizika, dočasná bezpečnostní opatření;
- „Modelová hala“ – vyhodnocení metod sanace konstrukcí, řešení souvislostí konstrukce vazníků a střešního pláště. Vyhodnocení možných metod sanace konstrukcí. Praktické zkušenosti z realizací.
- Právní problematika.

Ke zpracování série článků byli vyzváni ke spolupráci přední odborníci v oboru dodatečně předpjatých konstrukcí a odborníci na řešení havarijních stavů konstrukcí. Firma Rada Building s.r.o. je v tomto směru připravena podat majitelům, odborné veřejnosti a samozřejmě autorizovaným osobám maximum objektivních informací ve spojení se zkušenostmi, které získala.

Kapitolu zpracoval Ing. Stanislav Rada ■

## Střešní přepjaté vazníky příhradové dělené – základní charakteristika a vlastnosti

Výroba prefabrikovaných příhradových vazníků dělených, dodatečně spínaných započala již před cca šedesáti lety. V současné době se nosné konstrukce běžně navrhují na životnost padesáti let. Jejich skutečná životnost je pochopitelně delší, ovšem za podmínky, že se provede na sklonu jejich „projektované“ životnosti zásadnější prohlídka těchto konstrukcí včetně revize zatížení, statického působení atd. Ve smyslu předchozí věty máme v případě těchto konstrukčních dílců skluz cca deset let.

Podle typového podkladu byly tyto vazníky navrženy pro jednopodlažní i vícelodní jednopodlažní haly průmyslových, občanských a zemědělských objektů s rozpětím 18 a 24 m pro osovou vzdálenost vazníků 6 m na celém území státu.

Tyto vazníky lze rozeznat od vazníků vyráběných vcelku charakteristickým uspořádáním diagonál a svislic (obr. 1), které jsou u těchto spínaných vazníků vždy po 6 m a svislice jsou zdvojeny právě v místě styků jednotlivých dílů vazníku (obr. 2). Dalším nezaměnitelným znakem těchto vazníků je existence kotev na koncích spodního pasu (obr. 4).

### Popis vazníků

Vazníky se skládaly ze třech (vazník délky 18 m) nebo čtyř (vazník délky 24 m) dílů o délce 6 m, které byly zhotoveny ze železobetonu a byly opatřeny kanálky pro předpínací výztuž, a to jak v horní pásnici, tak i dolní pásnici, přičemž střední kabel/y byl/y rovný/é – tzn. nebyl/y dotažen/y do podpory (obr. 4), krajní spodní kabely a horní kabel pak byly zataženy do podpory. Jejich uspořádání je uvedeno na obr. 3. Kompletace např. vazníku SPP 14-24/6 probíhala tak, že se jednotlivé díly vazníku sestavily na napínací dráze a vazník se zajistil proti překlopení a vybočení. Pak se do montážního kabelu horního pasu vnesla síla 1,5 Mp (15 kN) a ukotvil se. Následně se napínal z jedné strany rovný střední kabel tak, že se nejprve vnesla do kabelu předpínací síla 45,8 Mp (458 kN), přidržela se cca 2 minuty, poté se síla snížila

na hodnotu 0–30,3 Mp (303 kN) a pak se kabel opětovně napnul, ale již na menší sílu, tj. na 42,8 Mp (428 kN), při níž se kabel ukotvil. Následně se stejným postupem současně napínala zbývající krajní lana. Adekvátně se postupovalo u dalších typů vazníků.

Vazníky byly dimenzovány jen na svislé zatížení a mají velmi malou tuhost v rovině kolmé na rovinu vazníku. Je proto nutno zajistit, aby veškeré síly ve střešní rovině kolmé na rovinu vazníku (např. zatížení větrem, brzdné síly jeřábů atd.) byly přeneseny tuhým střešním pláštěm, popř. jinou konstrukcí zajišťující tuhost v této rovině.

### Krátce z historie výroby vazníků

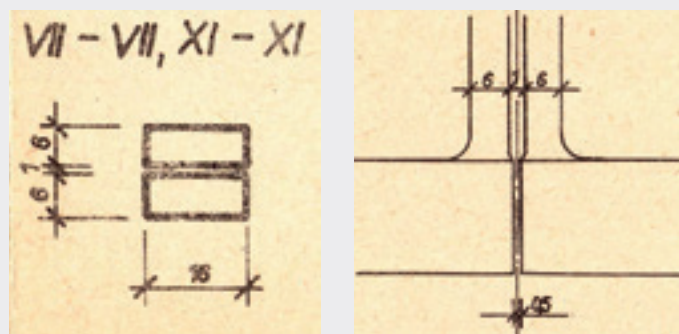
Podle zdroje [6] byly vazníky na rozpon 18 m povoleny pro hromadnou výrobu v roce 1962, a to pod označením SPP 6-18/6 a SPP 7-18/6. Ve stejném roce pak i SPP 8-18/6. Následně roku 1963 byl uveden do výroby i vazník na rozpon 24 m pod označením SPP 9-24/6. Výroba probíhala ve výrobních ZIPP v závodě Rovinka u Bratislavy a Prefa Hýskov u Berouna. Postupně docházelo k doplnění sortimentu vazníků o řadu VS (VS-18/6; VS-24/6 a VS-30/6), výhradním výrobcem byl Priemstav Bratislava, od roku 1966 pak ZIPP Bratislava. Posléze vydal roku 1969 STÚ Praha typové podklady pro střešní předepjaté vazníky příhradové dělené na 18 a 24 m, a to pro dvě skupiny zatížení (s podvěsnou dopravou, nebo bez ní).

Dělené vazníky na rozpon 18 m se pak cca od roku 1975 přestávají vyrábět a jsou nahrazeny tzv. strunobetonovými (předem předepjatými).

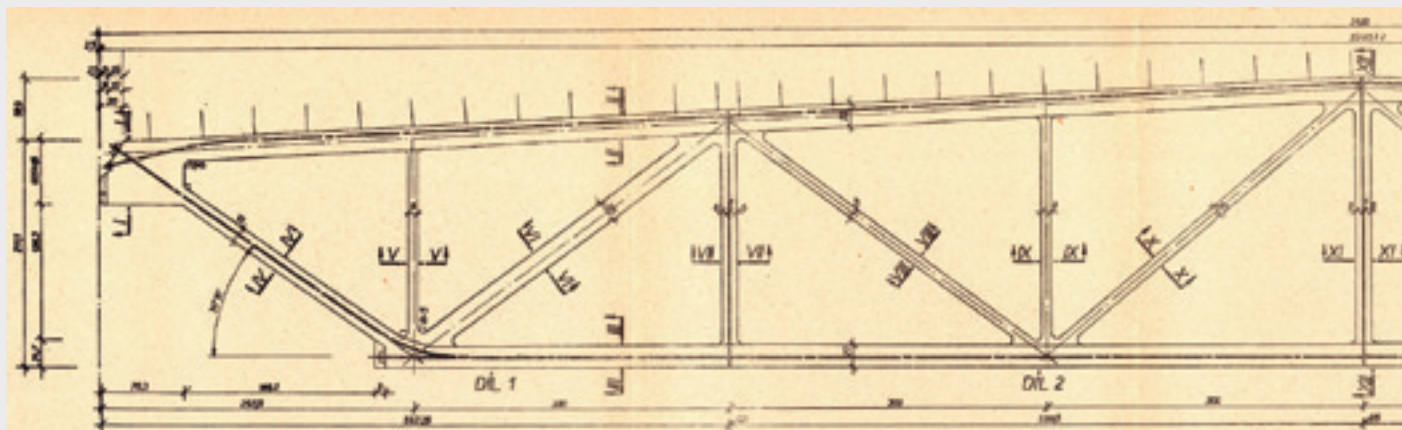
### Stručný přehled vazníků

#### ■ Vazník SPP 14-24/6

Na rozpon 24,0 m, celková výška 2,7 m, šířka 300 mm, dodatečně spínaný, dělený na čtyři díly – katalog ČSVA, list 0566/1, říjen 1975; typový podklad – STÚ Praha č. 198/16 a/nebo 201/19, beton zn. V (500).



▲ Obr. 2 Detail styku jednotlivých dílů vazníku SPP 14-24/6



▲ Obr. 1 Tvar vazníku SPP 14-24/6









▲ Obr. 5 Hala s vazníky ZIPP – celkový pohled

předpínací síl, nesmí být větší než 0,75násobek součinu součinitele tření ve spáře a normálové složky předpínací síly (čl. 249 /2/). Problémem může být i nekontrolovatelný úbytek napětí relaxací výztuže či dotvarováním betonu, což se může projevit vyšším průhybem či rozevíráním kontaktní spáry v dolním pasu příhradových nosníků. Je třeba zohlednit také výjimečnou situaci, jako je vliv vysokých teplot na dílce z předepjatého betonu (např. při požáru). Obecně platí, že působení vysokých teplot na předepjatý beton se projeví změnou mechanických vlastností betonu a předpínací výztuže vedoucí k úbytku předpětí, k oslabení tuhosti průřezu a ke vzniku trhlin, což může vést až ke zřícení konstrukce. U těchto příhradových vazníků je tato mimořádná situace o to nebezpečnější, že jde o relativně malý objem betonu vůči ohřívané ploše.

Kapitolu zpracoval Ing. Jaroslav Hejl ■

▼ Obr. 6 Kolaps vazníku



## Praktická identifikace dodatečně předpjatých konstrukcí střešních vazníků (ZIPP systém)

Správná identifikace konstrukcí je zásadním počinem.

### Několik základních znaků konstrukcí dodatečně předpjatých vazníků rozpoznatelných pouhým okem

■ Sestavy šestimetrových dílů  
Vznikají tak varianty vazníků o rozpětí 12, 18, 24 a dokonce 30 m. Obecně převládajícím typem je osmnáctimetrový vazník složený ze třech dílů. Rozpon 18 m je základní i pro vícelodní haly, kde jsou využity dvanáctimetrové průvlaky. Díly vazníku jsou spojeny dodatečně předpjatou konstrukcí ocelových lan v kanálcích dolního a horního pasu (obr. 5, 6).

■ Zjevné spoje po šesti metrech

Tento spoj je patrný jak na samotném dolním a horním pasu, navazuje na něj dvojice svislých prutů, sousedních dílů vazníku (obr. 7). Jde o jednoduše rozpoznatelný spolehlivý znak k určení typu konstrukce. V praxi se lze také setkat s provedením takových povrchových sanací betonu a nátěrů pasů vazníku, kde spoj na pasech patrný není.





▲ Obr. 7 Spoj vazníku – dvojice svislých prutů, spolehlivý znak předpjatých konstrukcí



▲ Obr. 8 Foto kotevního místa předpjaté výztuže po kolapsu vazníku

▼ Obr. 9 Foto kanálků se zkorodovanou, nezainjektovanou předpjatou výztuží



Spolehlivě se lze však orientovat podle sousedních svislých prutů vazníku u jednotlivých dílů ve vzdálenosti 6 m.

K ukončení předpjaté výztuže – místu kotev na kraji vazníku, je velmi obtížný nebo nemožný přístup.

■ Stav předpjaté výztuže uvnitř injektážních kanálků

Jedná se o další zásadní problém trvalé stability a spolehlivosti konstrukce. Je jasné, že naši předchůdci neměli k dispozici kvalitní injektážní hmoty, jako je tomu v současnosti.

■ Kvalita montážní proveditelnosti injektáže kanálků

I při dnešních technologiích se jedná o složitý úkol. Při prováděných endoskopických prohlídkách injektážních kanálků diagnostiky totiž zjišťujeme zásadní skutečnosti, že injektáž chybí, nebo je nedostatečná (obr. 9).

■ Faktory negativně působící v místě kotev předpjaté výztuže  
Střešní konstrukce těchto systémů je dále tvořena žebírkovými střešními panely a prefabrikovanou ŽB žlabovkou. V tomto prostoru usazení vazníku na obvodové sloupy a na vnitřní průvlaky se setkáme prakticky vždy s faktory, které negativně působí právě v místě kotev předpjaté výztuže. Vysoká vlhkost, zatékání, špatná výměna vzduchu, kondenzace vodních par, zanesená úžlabí a střešní vpustě, nízký tepelný odpor v místě mezistřešních žlabů, neodvětrané skladby původních nebo i nových střešních pláštů atd.

Ačkoliv identifikace dodatečně předpjatých vazníků vypadá jako velmi snadný úkon, běžně je možné se setkat se skutečností,

že tyto konstrukce nejsou rozpoznány a vlivem neznalosti je zásadně podceňována možná nebezpečnost.

Na základě výše uvedeného je tedy zcela jednoznačným doporučením pro majitele příslušných objektů kontrola a přesná identifikace odborníkem, nejlépe autorizovaným statikem nebo znalcem v oboru předpjatých konstrukcí.

Tyto konstrukce neposkytují obvyklou škálu varujících příznaků statických poruch, a proto je nebezpečnost podceňována a bagatelizována. Velmi těžko se někdy vysvětluje majitelům objektů, že pod výborně sanovaným povrchem betonu krytého malbou se skrývá zcela zásadní nebezpečí. Hmotnost předpjaté výztuže činí cca 2 % hmotnosti vazníku, ale může mít zničující vliv na celou konstrukci.

## Dalšími zásadními skutečnostmi, které prohlubují problém těchto dodatečně předpjatých konstrukcí, jsou:

### ■ Stáří těchto staveb

Stavby jsou starší než padesát let.

### ■ Kolize s aktuálně platnými normami

Konstrukce byly tvořeny podle tehdejších statických norem a jsou v kolizi s normami platnými od roku 2010. I z tohoto důvodu je nutné, aby u všech těchto objektů, které jsou nyní v provozu, zajistili jejich majitelé aktuální zhodnocení skutečného fyzického stavu a zůstatkové únosnosti (viz ČSN ISO 13822 Hodnocení existujících konstrukcí).

*Kapitulu zpracoval Ing. Stanislav Rada ■*

Rizikovými faktory a jejich vlivem se budeme zabývat v některém z příštích dílů článku. ■

### Zdroje:

- [1] Střešní předepjatý vazník příhradový dělený SPP 14-24/6 – typový podklad.
- [2] Střešní předepjatý vazník příhradový dělený SPP 12-18/6 a SPP 13-18/6 – typový podklad.
- [3] ČSN 73 1251 – Navrhování konstrukcí z předepjatého betonu, 1969.
- [4] HOLICKÝ, M. Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí. Praha: ČESKÁ TECHNIKA – nakladatelství ČVUT v Praze, 2007.
- [5] ŠMERDA, Z. Životnost betonových staveb. pro ČKAIT vydal ČSSI, 1999.
- [6] Katalog stavebních dílců a vybraného tovaru. Praha: Ústav normování ve stavebnictví, 1966.
- [7] Dílce železobetonové, z předepjatého betonu a lehkých hmot. Praha: Výzkumný ústav stavební výroby, 1960.
- [8] Katalog ZIPP Bratislava, Generální riaditeľstvo PREFABRIKACIE.
- [9] VOVES, B. Příklady výpočtu konstrukcí z předepjatého betonu. Praha: ČVUT v Praze, 1981.
- [10] VOVES, B. Technologie předepjatého betonu. Praha: SNTL, 1976.
- [11] ČSN ISO 13822 Hodnocení existujících konstrukcí.
- [12] ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - doplňující ustanovení.

## english synopsis

### Post-tensioned Roof Truss Constructions Pose a Real Danger

Accidents involving post-tensioned reinforced-concrete constructions have occurred repeatedly in Europe and the Czech Republic, involving collapses of bridges and roof trusses. Such collapses occur abruptly, with no warning signs, and the possibility of chain reactions cannot be ruled out – i.e. the fall of several trusses. This occurs suddenly with the rupture of a post-tensioned support as the result of its corrosion. Trusses may also be overloaded, while the inexpert performance of construction maintenance or inappropriate structural modifications also play a frequent role.

### klíčová slova:

konstrukce předpjaté železobetonové, vazníky

### keywords:

tensioned reinforced-concrete constructions, trusses



**GrECo International s.r.o.**  
Pojišťovací makléř a poradce

Správce pojištění ČKAIT  
ckait@greco.services



**GrECo,**  
matter of trust.

[www.greco.services](http://www.greco.services)