

# Dodatečně předpjaté konstrukce střešních vazníků, 2. díl



## 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

## Spoluautor:

## Ing. Jaroslav Cejnar

E-mail: jaroslav.cejnar@radabuilding.com

**Základním cílem této série článků o konstrukcích dodatečně předpjatých střešních vazníků je poskytnout důležité informace jak po stránce teoretické, tak na základě dlouholetých praktických zkušeností s tím, že je řešena problematika potenciální nebezpečnosti těchto konstrukcí.**

V minulém článku jsme se zabývali hlavními znaky předpjatých konstrukcí střešních vazníků a jejich spolehlivou identifikací. Tento díl se věnuje některým zásadám praktického řešení této problematiky a provádění prvotní stavební a statické kontrolní prohlídky objektů. V teoretické části jsou to hodnoty katalogových zatížení těchto konstrukcí. Jde o poznatky a postupy firmy Rada Building s.r.o., které byly konzultovány s řadou odborníků.

▼ Obr. 1 Porušení prefa konstrukcí vazníku při přitížení



## Komplexní řešení problému

Na základě zkušeností z řešení problematiky stability a bezpečnosti stavebních konstrukcí, ale i řešení havarijních stavů, např. na bioplynových stanicích, je doporučení pro majitele objektů jednoznačné: komplexní a systémové řešení problémů potenciální nebezpečnosti pod vedením jedné firmy.

Problematika, kterou je třeba kvalifikovaně obsáhnout, zahrnuje následující fáze:

### Přípravná fáze

- Stavební a statické posouzení stavu – kontrolní prohlídka objektu.
- Posouzení projektových podkladů, které jsou k dispozici – podklady ke skutečnému stavu objektů a jejich revize měřeními nebo 3D skenováním objektů.
- Zadání pro diagnostiku konstrukcí a specifikace úkolů pro diagnostiku. Vlastní provedení diagnostiky.
- Stanovení dočasných bezpečnostních opatření.
- Variantní návrhy řešení problému v projektových statických návrzích a jejich finanční a technické posouzení.
- Komunikace s příslušným stavebním úřadem, posouzení legislativněprávních otázek.
- Závěrečná zpráva z přípravné fáze s vyhodnocením jednotlivých kroků a způsob řešení problematiky.

### Realizační fáze

- Dokumentace pro provedení stavby.
- Výrobní dokumentace.
- Organizace prací.
- Smluvní zajištění akce.
- Finanční plánování investice.
- Vlastní realizace zajištění stávající nebo nové střešní konstrukce.
- Ukončení realizace a předání.

### Běžné užívání

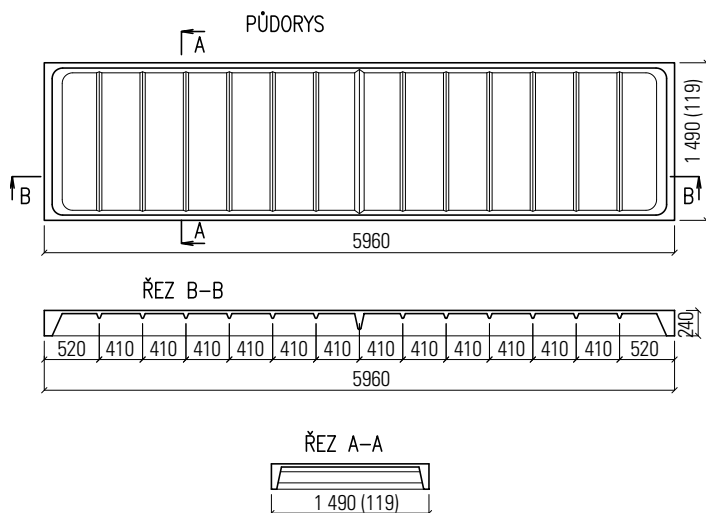
- Záruky a provozní řád.

Z uvedeného základního přehledu nutných úkonů je zřejmé, že v jednotlivých fázích musí docházet k souběžným činnostem. Je tedy jasné, že projektové řízení je zcela odlišné oproti přípravě klasické investice, na niž jsou investoři a majitelé zvyklí.

Je třeba zmínit velký termínový tlak, zajištění bezpečnosti, ale také omezení ekonomických ztrát, které mohou vzniknout případným omezením výroby.

Celý problém je řešen pod vedením jednoho zkušeného inženýra (HIP) s jeho týmem.

## Výkresy střešních předpjatých vazníků a jejich základní parametry z hlediska vlastní hmotnosti a únosnosti



Označení výrobku	Číslo JKPOV	Rozměry			Technické hodnoty					
		L [mm]	B [mm]	H [mm]	Q, dov [kNm <sup>-1</sup> ]	M, b [kNm]	svět. [mm]	beton	hmotnost [kg]	objem [m <sup>3</sup> ]
SZD 18-150/600	–	5960	1490	240	1,500	–	5760	250	890	0,356
SZD 20-120/600	–	5960	1190	240	–	–	5760	250	780	0,312
SZD 34-120/600	593441-103412	5960	1190	240	2,412	16,99	5760	330	898	0,359
SZD 34-150/600	593441-103415	5960	1490	240	3,011	20,59	5760	330	1038	0,415
SZD 341-120/600	593441-134112	5960	1190	240	3,001	19,42	5760	330	898	0,359
SZD 341-150/600	593441-134115	5960	1490	240	3,746	23,53	5760	330	1038	0,415

▲ Obr. 2 Střešní žebírkové panely SZD

### Základní krok: stavebněstatické posouzení stavu – kontrolní prohlídka objektu

Kontrolní prohlídka je výhodné provádět vždy minimálně ve dvou, osvědčila se kombinace v oborech statika a pozemní stavitelství, popř. diagnostika.

Cíl kontrolní prohlídky objektu:

■ Provedení základního popisu a třídění konstrukcí.

V praxi se osvědčilo třídění na konstrukce potenciálně nebezpečné, tedy dodatečně předpjaté konstrukce střešních vazníků, případně na další potenciálně nebezpečné konstrukce, které jsou prohlídkou zjištěny:

– konstrukce problematické – tedy takové, kde bude nutno provést zásah většího rozsahu k zajištění jejich dlouhodobé spolehlivosti. Jde např. o částečně narušené betonové konstrukce, u kterých bude nutné uskutečnit sanační zásahy;

– konstrukce standardní – tedy takové, kde postačí provádění běžných úkonů údržby.

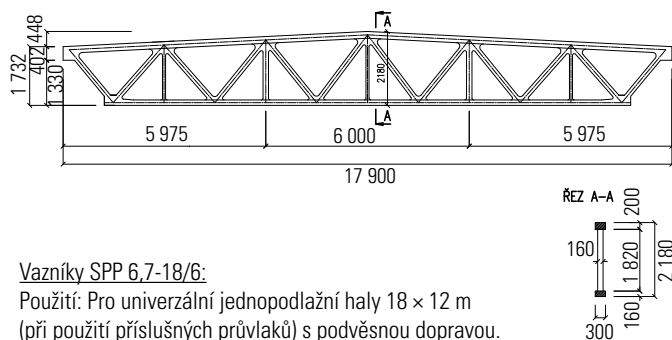
■ Provedení jasně identifikace potenciálně nebezpečných konstrukcí. Detailní popis konstrukce předpjatých střešních vazníků, včetně negativně působících faktorů a jejich kombinací – viz následující text.

■ Provedení odpovídající fotodokumentace.

■ Provedení „navigačního zápisu“ – číselného označení sloupů a vazníků.

■ Popis dalších poruch konstrukcí (jde velmi často o nevhodně řešenou dilataci atd.).

■ Posouzení úrovně a věrohodnosti podkladů, které jsou k dispozici. Jde především o výkresy a popis skutečného provedení stavby. Zkušenost je bohužel taková, že tato dokumentace nemá potřebnou úroveň a rozsah. Velmi často nezachycuje skutečný stav. V řadě případů jsou provedeny práce nebo umístěny technologie bez



#### Vazníky SPP 6,7-18/6:

Použití: Pro univerzální jednopodlažní haly 18 × 12 m (při použití příslušných průvlaků) s podvěsnou dopravou.

#### Vazníky SPP 8-18/6:

Použití: Pro univerzální Jednopodlažní haly 18 × 6, 18 × 12 m a 18 × 18 m (při použití příslušných průvlaků) bez podvěsné dopravy.

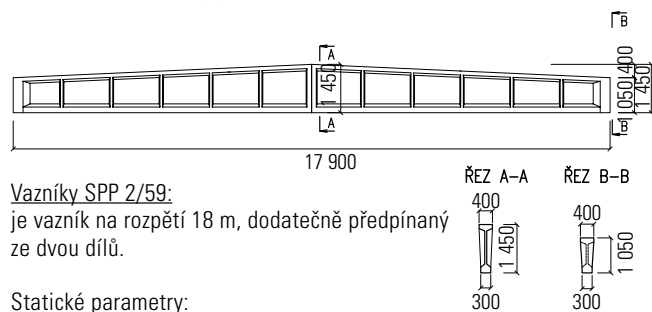
Popis: Střešní předpjatý vazník příhradový dělený ze tří dílů.

Zatížení: Střešním pláštěm a sněhem do hmotnosti 285 kg/m<sup>2</sup>.

Použití vazníku je podmíněno tuhým střešním pláštěm, popř. jinou konstrukcí zajišťující tuhost ve vodorovném směru kolmo na vazníky.

Označení výrobku	Rozměry			Technické hodnoty				Hmoty		druh betonu	objem [m <sup>3</sup> ]
	L [mm]	H [mm]	B [mm]	Q, dov [kgm <sup>-1</sup> ]	M, b [kgm]	hmotnost [kg]	svět. [mm]	cement [kg]	ocel [kg]		
SPP 6-18/6	17950	2180	300	1710	–	6680	17350	1130	778	400	2,569
SPP 7-18/6	17950	2180	300	1710	–	6680	17350	1130	778	400	2,569
SPP 8-18/6	17950	2180	300	1710	–	6680	17350	1130	724	400	2,569

▲ Obr. 3 Střešní vazníky příhradové SPP 6,7,8-18/6



#### Vazníky SPP 2/59:

je vazník na rozpětí 18 m, dodatečně předpínaný ze dvou dílů.

Statické parametry:

vlastní hmotnosti:  $q = 5,580 \text{ kN/mb}$

zatížení střechou:  $q_1 = 13,600 \text{ kN/mb}$

zatížení sněhem:  $s = 6,000 \text{ kN/mb}$

osamělé síly od jeřábů:  $P_1 = 2 \times 10,0 \text{ kN} - 1,35 \text{ m od okraje}$ , nebo  $P_2 = 56,0 \text{ kN} - \text{uprostřed}$

Vazníky jsou opatřeny kováními pro uchycení zavěšených konstrukcí.

Štítový vazník má navíc kování pro uchycení štítových stěn

a kování pro spojení dvou půlek vazníku uprostřed.

Označení výrobku	Číslo JKPOV	Rozměry			hmotnost [kg]	objem [m <sup>3</sup> ]
		L [mm]	B [mm]	H [mm]		
SPP 2/59	593522-059002	17900	400	1450	10461	4,066
SZP 2/59	593521-059002	8950	400	1450	5154	2,033

▲ Obr. 4 Střešní vazník plnostěnný SPP 2/59

odpovídajících dokumentů. Spolehlivost takových podkladů je problematická a nebývá kompletní. Závěr posouzení těchto podkladů bývá bohužel vždy stejný – vlivem nízké věrohodnosti a nekompletnosti je nutné zhotovit vlastní dokumentaci skutečného stavu. V současnosti se již prakticky nepoužívá jiný způsob než 3D skenování objektů. Z toho jsou vyhotoveny výkresové podklady pro statika a výsledek skenování slouží pro další činnosti majitelů.

#### ■ Popis výroby nebo využití a možný vliv na konstrukci.

Je nutné posoudit vlivy výroby a využití na stav konstrukcí v současnosti, ale i v minulosti. Zvláštní pozornost je třeba věnovat okolnostem – např. chemické výroby či technologie při využití vysokých teplot. Velmi důležitý je vliv vlhkosti z technologických postupů atd. Při posouzení těchto účinků je nutností věnovat zvláštní pozornost těm, které mohou mít vliv na degradaci betonových konstrukcí. Důležité je znát okolnost dynamického zatížení, např. využití lisů atd. Podstatný je také popis jeřábových drah a způsob jejich využití. Postupně je potom možné jasně označit místa v hale, která byla vystavena vlivům, jež ovlivní degradaci betonu.

■ Faktory minulosti – požár v objektu, vliv povodní, vliv spodní vody atd. Tyto okolnosti je třeba vyhodnotit zvláště pečlivě, ve vztahu k možnosti nerovnoměrného sedání objektu a k jeho geometrické pravidelnosti. Pokud jde o objekty založené na pilotách nebo pokud jsou sloupy vetknuty do kalichu patek, jsou geometrické odchylky jasným vodítkem pro určení problémových míst a bude jim tedy věnována zvláštní pozornost v následné diagnostice konstrukcí.

#### ■ Shrnutí zjištěných poznatků s návrhem dalších kroků.

Závěr kontrolní prohlídky je autorizovaným materiálem, který vyhodnotí vizuální poznatky, historii využití a různých vlivů včetně úrovně podkladů pro další práci. Ve svém závěru shrnuje doporučení pro další postup v této fázi, hlavně požadavky na diagnostiku konstrukcí, řešení bezpečnosti výroby, základní principy návrhu řešení.

## Rizikové faktory, na které je třeba se zaměřit při vizuálním hodnocení stavu dodatečně předpjatých vazníků

- Zjištění mechanického poškození spodního pasu a místa kotev předpjaté výztuže.
- Zjištění mechanického poškození ostatních částí vazníku, horního pasu a diagonál.
- Zjištění stop po zatékání od žlabovek směrem ke sloupům.
- Zjištění výtoku kondenzátu ze spojů vazníku.
- Zjištění přetížení pod střechem – podvěsné jeřáby.
- Zjištění přetížení pod střechem zavěšenou technologií přímo na těleso vazníku nebo kotvenou ke střešním žebírkovým panelům.
- Zjištění navrtání vazníku kotvami za různým účelem – porušení celistvosti betonu.
- Zjištění stavu klempířských prvků – řešení dilatací a možné zatékání.
- Zjištění stavu střešního pláště – je třeba se zaměřit na možné nadlimitní přetížení – skladby je nutné vždy ověřit diagnosticky.
- Posouzení údržby objektu a záznamů o této činnosti.
- Zjištění, zda existují podklady potřebné ke statickému posouzení objektu, ve vztahu k přetížení např. technologickými zařízeními. Často jsou vazníky přetíženy zcela nevhodně, bez odpovídajících výpočtů a posouzení.
- Zjištění, zda se vazníky nebo některé z nich nacházejí v agresivním prostředí – chemická výroba, je možnost přímého styku s chemickými látkami nebo jejich výpary. Tyto prostory je nutné podrobněji posoudit diagnostikem. Vždy je třeba vzít v úvahu i historii využití prostoru nebo změnu výroby.
- Zjištění skutečného stavu odtoku srážek z povrchu střechy.
- Zjištění, zda se v hale vyskytuje skupina vazníků, které jsou vystaveny vysokým teplotám.
- Zjištění, zda byla v minulosti prováděna diagnostika konstrukcí a s jakými výsledky.
- Zjištění, zda byla v minulosti posuzována konstrukce jako celek.
- Zjištění stavu střešních panelů – existence jejich mechanického poškození.

– Většinou nelze posoudit stav ve vetknutí sloupů. Stav u základny sloupu je vždy nutné diagnosticky ověřit.

– Zjištění, zda sloupy vykazují známky „koroze“ betonu, zjištění exponovaných míst (vliv chemikálií, vlhkosti atd.).

– Zjištění, zda je objekt osově a výškově souměrný – základní měření.

– Zjištění, zda byla v objektu prováděna taková výroba, která s sebou nesla dynamické zatížení.

– Zjištění, zda byl objekt v minulosti zasažen povodní, požárem, popř. jde o poddolovaný objekt.

– Zjištění, zda dochází ke kondenzaci vody v místě kotev předpjaté výztuže.

– Zjištění, zda má objekt provozní řád – např. kontrola konstrukcí, odklizení sněhu atd.

– Zjištění, zda jsou na sloupech skeletu osazeny jeřábové dráhy.

– Existuje přetížení nebo se o něm uvažuje, jako např. reklamní či fotovoltaické panely atd.

– Zjištění, zda byl v minulosti objekt používán jako otevřená konstrukce – přístřešek.

– Zjištění dalších okolností, které mohly mít na stavbu vliv – spodní voda, blízkost vodních ploch, blízkost silnice s těžkou dopravou atd.

– Zjištění základního počtu pracovníků, zjištění prostor, kde dochází k soustředění velkého počtu osob – koncertní sály, kulturní domy atd.

### Je na místě zdůraznit další možnou kombinaci rizikových faktorů

– Stáří konstrukcí padesát let a více.

– Nelze spolehlivě prokázat způsoby prováděné údržby, nelze prokázat a dokladovat stavební úpravy v minulosti.

– Není znám skutečný stav napojení obvodových sloupů v kalichu patek nebo v hlavici piloty.

– Zásadním jevem u většiny konstrukcí je přetížení nad střechou nebo pod střechou.

– Konstrukce nemají odpovídající ventilaci v rizikových místech. Dochází ke kondenzaci v místě kotev předpjatých lan, tato místa jsou obtížně přístupná a těžko kontrolovatelná.

– Neexistuje spolehlivá diagnostická metoda, která určí celistvost předpjatého lana a vyloučí korozi tohoto lana. Na některých halách byla provedena sanace betonových konstrukcí, to však nevylučuje možnost, že ke korozi došlo v předešlém období.

– Mechanické poškození vazníků je poměrně běžným jevem.

– Při posuzování lze lehce odvodit velmi rozdílnou kvalitu použitého betonu konstrukce, to platí i pro kvalitu montáže.

– Objekty nemají žádný věrohodný systém sledování stavu konstrukcí nebo režim kontrolních prohlídek.

– Stavby vznikly v době platnosti předchozích norem. V dřívějších případech při posouzení podle platných norem z roku 2010 tyto konstrukce nevyhoví.

– Na objektech ve většině případů proběhly úpravy pláště, které nebyly řešeny stavebním úřadem, ale pouze vybranou dodavatelskou firmou – např. dodatečné izolace nebo zateplení střech, dále montáže technologií a celých technologických linek.

– Na základě již provedeného velkého počtu endoskopických zkoušek vazníků lze zobecnit skutečnost absence injektáže a počáteční korozi předpjaté výztuže.

– Původní podklady k prefa konstrukcím a jejich kombinacím je prakticky vyloučené správným způsobem aplikovat.

Z uvedeného přehledu je jasné, že nejde jen o vizuální posouzení, ale i hodnocení historie objektu z hlediska jeho využití. Podkladovou jistotu není možné podcenit.

Často jsou konstrukce natřeny, někde částečně sanovány. Vizuálně se jeví velmi dobře, ale při vyhodnocení podkladů zjistíme, že v těchto



▲ Obr. 5–7 Kotvení technologických zařízení a rozvodů do celé konstrukce vazníku

místech probíhala práce s agresivními látkami a ty samozřejmě mají vliv na degradaci betonu.

Rozdílnou kvalitu betonu lze prokázat objektivní diagnostickou zkouškou. K doložení možných rozdílů je přiložena tabulka diagnosticky zjištěných hodnot obvodových sloupů. Právě u sloupů dochází vlivem působení prostředí k zásadnímu ovlivnění vlastností betonu.

## Výsledky diagnostických zkoušek sloupů

Následující výsledky se týkají cca 400 m<sup>2</sup> plochy a přímo korespondují s vlivem korozivních činitelů (tab.1).

Velmi důležité je vzájemně účelně propojit problematiku řešení potenciální nebezpečnosti předpjatých střešních vazníků, kvalitu sloupů a řešení skladby střešního pláště spolu s klempířskými prvky. Tyto

▼ Tab. 1 Výsledky diagnostických zkoušek sloupů, týkající se cca 400 m<sup>2</sup> plochy a přímo korespondující s vlivem korozivních činitelů

Sloup	Průměr [mm]	Výška [mm]	Hmotnost [g]	Obj. hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Max. síla [kN]	Pevnost [Mpa]
F8-I	94,30	93,50	1467,40	2248	144,1	20,6
F15-II	99,20	98,80	1697,10	2224	184,7	23,9
F11-I	94,40	97,20	1505,70	2214	76,9	11,0
F7-II	94,10	97,50	1512,60	2232	129,0	18,6
F13-II	94,20	98,10	1498,50	2193	107,7	15,5
F14-II	99,10	100,80	1739,00	2238	108,4	14,1
F14-I	94,40	97,80	1538,80	2249	205,3	29,3
I-5	99,10	99,50	1674,70	2183	152,4	19,8
I7-II	94,20	101,60	1645,90	2326	202,8	29,1
I10-II	98,80	103,70	1815,70	2285	254,8	33,2
I12-I	94,30	99,30	1550,90	2237	195,5	28,0
I12-II	94,30	99,00	1519,00	2198	118,8	17,0
PH12-I	99,00	100,80	1727,00	2227	194,5	25,3
PH14-I	99,10	102,00	1834,10	2332	218,7	28,4





▲ Obr. 8–9 Kotvení ve styčnicích



▲ Obr. 10 Nabetonávka horního pasu pro konstrukci dalšího střešního pláště

▼ Obr. 11 Kotvení nosných prvků pohledu do vazníku

kroky lze dělat najednou, nebo samostatně, vždy však s přihlédnutím k vzájemným vazbám.

Všechny výše uvedené skutečnosti je nutné odpovídajícím způsobem zohlednit při statických výpočtech, ale také při hodnocení rizik. Podrobnosti k této otázce a k základnímu popisu diagnostiky konstrukcí budou shrnuty v příštím pokračování článku.

### Shrnutí zkušeností

Shrnutí praktických zkušeností:

– Obecně platí, že konstrukce vazníků jsou přetíženy. Byly nalezeny střechy o hmotnosti  $300 \text{ kg/m}^2$  až  $400 \text{ kg/m}^2$ , a to při zatížení pouze pláštěm a panely, tedy bez zatížení sněhem.

– Zcela zásadní otázkou jsou neuvážená a výpočty nepodložená přetížení technologickými zařízeními nad střechou nebo pod střechou. Jsou stavby, kde přetížení dosahuje 140 % a zátěžová schémata není možno předložit. Když k tomu přičteme „jalové“ zatížení nepoužívanou technologií, kterou prostě jen nikdo nedemontoval, jedná



se o stavy, které je nutné řešit okamžitě.

– Nedostatečná nebo žádná injektáž v kanálcích je obecným jevem prakticky na každé hale. S tím samozřejmě souvisí počáteční fáze koroze předpjaté výztuže, která nedostatečnou nebo žádnou injektáž vždy doprovází.

– Obecně platí, že sloupy konstrukce jsou zasaženy negativními vlivy prostředí, ty mohou být takové, že zesílení sloupů je nezbytným řešením. Tyto poruchy degradace jsou velmi často „bodové“ a je nutné je přesně určit podle zjištěných rizikových faktorů.

– Všechny objekty jsou v různém měřítku vystaveny působení vlhkosti právě ve velmi citlivých místech kotev předpjaté výztuže. Zcela zásadní pro celý vazník je zasažení předpjaté výztuže korozí v krajních diagonálách.

– Technologické firmy bez velkých rozpaků kotvily svá zařízení a rozvody do celé konstrukce vazníku.

– Podíl konstrukcí, které jsou deset nebo dvacet let za hranicí své projektované životnosti, a problém konstrukcí blížících se k této hranici se stává podle názoru autorů zásadním problémem průmyslových hal obecně. Dluhy na údržbě a opravách těchto objektů jsou v řádu stovek milionů korun. Situace se bohužel dostala do stadia, kdy postupně plošné řešení problematiky střech a střešních pláštů jen s ohledem na bezpečnost dosáhne investičních nákladů v miliardách korun.

Vyhodnocení stavu konstrukce a kroky k jejímu zabezpečení, ale také k zajištění bezpečnosti v přechodném období je velmi složitý problém.

Dnešní systémy řízení výstavby bohužel oddělily průzkum od projektování a následně i realizace. Užití takového postupu při řešení problematiky potenciální nebezpečnosti konstrukcí dodatečně předpjatých vazníků je nevhodné. Stejně tak je nutné pochopit zásadní fakt, že nelze aplikovat klasické systémy projektového řízení. ■



▲ Obr. 12 Zcela zásadní pro celý vazník je zasažení předpjaté výztuže korozí v krajních diagonálách

## english synopsis

### Post-tensioned Roof Truss Constructions, Part 2

The main goal of the article informing in detail about the post-tensioned reinforced-concrete constructions is to provide key data that can be useful both in theory and in practice. The topic includes the description of danger that may be connected with these constructions. In this part, the main principles that can be helpful in practice as well as stress analysis of the buildings are tackled step by step, including the risk factors.

#### klíčová slova:

konstrukce železobetonové, konstrukce předpjaté, konstrukce nosné, vazníky, střechy, statika a dynamika staveb, diagnostika staveb, havárie staveb, výroby, zkoušky

#### keywords:

reinforced-concrete constructions, tensioned constructions, supporting constructions, trusses, roofs, stress analysis and construction dynamics, building diagnostics, construction site accidents, products, tests

inzerce



# RADA BUILDING

**Zabezpečení rizikových konstrukcí.**

**Bezpečně, rychle & bez omezení provozu.**

**Diagnostika | Provoz | Prohlídky | Poradentství  
Komplexní Realizace Zabezpečení**

## STAVEBNÍ PREVENCE

Hlášení & evidence rizikových staveb  
[prevence@radabuilding.com](mailto:prevence@radabuilding.com)

## HOTLINE

Statická & konstrukční pohotovost  
[hotline@radabuilding.com](mailto:hotline@radabuilding.com)

## CO VŠECHNO JSME OD VÁS SLYŠELI:

“Vždyť ta konstrukce vypadá jako nová.”

“A nejde to jednoduše zasanovat?”

“Výrobu zastavit nemůžeme.”

“My to ale máme posouzené.”

“Dostali jsme na to dotace.”

“Vydrželo to už 60 let...”

+420 608 01 01 50

[www.radabuilding.com](http://www.radabuilding.com)

Rybná 716/24, Praha 1, 110 00