

# Havárie betonových předpjatých vazníků halových objektů – systémové řešení

Článek je rozdělen na dvě části. V první jde o shrnutí problematiky z hlediska celospolečenské závažnosti a druhou částí je komplexní pojetí problematiky – řešení tohoto problému. Text není tolik o teorii, ale zcela záměrně chceme sdělit otevřeně své praktické zkušenosti a poznatky.

## CELOSPOLEČENSKÁ ZÁVAŽNOST PROBLÉMU DODATEČNĚ PŘEDPJATÝCH STŘEŠNÍCH VAZNIKŮ

K prvnímu kolapsu konstrukce dodatečně předpjatých střešních vazníků došlo v roce 2010 a následně v roce 2018 ve stejném areálu průmyslových hal v západních Čechách. Samozřejmě k těmto zásadním událostem je třeba přičíst závažný stav některých konstrukcí mostů a lávek – ty byly po kolapsu lávky v Troji řešeny demolicí nebo dodatečnou úpravou. Důsledkem těchto kolapsů jsou mnohá zranění osob a škody v řádech milionů korun.

Setkávali jsme se opakovaně s problematikou těchto konstrukcí od roku 2010 a řešení bylo zásadním motivem založení firmy Rada Building s. r. o. Mimo odborné stavebně-statické činnosti a vytvoření metodiky řešení jsme se od počátku zabývali rozsahem tohoto problému v rámci Česka.

Z obecně přístupných zdrojů jsme soustředili podklady, které od počátku byly velmi znepokojivé. Zjištěný rozsah objektů, kde je použita tato konstrukce, rostl velmi rychle. Celou situaci jsme od počátku konzultovali na Kloknerově ústavu (docentka Marková), ale také na aktivu statiků, který vede inženýr Drahorád. Na základě rozhodnutí aktivu statiků jsme připravili ucelený materiál, který byl projednán na vedení ČKAIT a s doporučením představenstva byl postoupen na Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, které dalo informace příslušným stavebním úřadům, kde se objekty nacházejí s tím, že majitelé musí tuto situaci za pomoci autorizovaných osob řešit.

Fakticky byly předány podklady k rozsahu 524 000 m<sup>2</sup> střešních, kde je použita tato konstrukce. Pokud se budeme zabývat odhadem počtu lidí v těchto halách, náš odhad je cca 18 až 20 tisíc pracovníků. Hodnota materiálu, strojů a technologií je v řádech miliard korun.

Máme firmy, kde je pod touto konstrukcí rozhodující část výroby, nebo firmy, které mají pod tímto typem konstrukce výrobu kompletní. Případné ojedinělé kolapsy v těchto provozech mohou znamenat mimo ohrožení životů a majetku i ohrožení vlastní existenci firmy.



Zkorodovaná výztuž bez injektáže – příčina kolapsu vazníků

Naše firma ve vlastním řešení problematiky spolupracuje s celou řadou odborníků po celé ČR a navázali jsme velmi úspěšně spolupráci s VŠB-TU Ostrava. V současné době připravujeme poměrně rozsáhlý průzkum na demontovaných předpjatých vaznících. Cílem je optimalizace způsobů zajištění vazníků na základě zjištěných skutečností v zátěžových a destrukčních zkouškách.

Naše firma se věnuje kompletní digitalizaci, od prvotních podkladů z 3D skenování, až po zpracování prostorových prutových modelů. Velmi si slibujeme od nedávno nakoupeného kompletního programového vybavení MIDAS software a Idea StatiCa.

Další velmi důležitou oblastí je požární bezpečnost těchto staveb – obecně jsou zařazeny jako železobetonové, ale podle prvotního průzkumu a výpočtu k této problematice bude nutné toto zařazení jistě hloubkově revidovat a případně upravit.

Nebezpečí není u těchto hal skryto pouze v předpjaté konstrukci střešních vazníků, ale na základě mnoha prvotních stavebně-statických prohlídek máme případy, kdy řešíme havarijný stav střešních žebírkových panelů, ale i sloupů a to z důvodu degradace betonu vlivem např. chemických výrob.

Aktivita majitelů se v poslední době, resp. od výzvy ministerstva a uveřejněných informací v odborném tisku a na stránkách ČKAIT podstatně aktivizovala a snaha problém rychle řešit je veliká.

Na základě uvedených skutečností hledáme cesty k zajištění spolupracujících statiků nebo firem, které působí v rámci určitých oblastí nebo celé České republiky. Pro takové spolupracovníky jsme schopni zajistit odpovídající „odborný servis“ a využití našich metod řešení a metodického postupu tak, aby se řešení problému maximálně zrychlilo, bylo realizováno spolehlivým a ekonomickým způsobem.

Zásadou naší činnosti je komplexní řešení problému a jasných na sebe navazujících kroků. To je podle našeho názoru a zkušeností jediný možný správný postup řešení.



Pokračujeme v průzkumu rozsahu výskytu těchto konstrukcí v celé ČR a je nám jasné že číslo, které jsme předali na Ministerstvu, bude podstatně vyšší.

Z výše uvedeného je jasné, o jak zásadní celospolečenský problém stavebních konstrukcí jde. Jsme přesvědčení, že bez odpovídající spolupráce a předávání zkušeností a znalostí v této problematice nelze urychlit řešení.

### KOMPLEXNÍ POJETÍ ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY DODATEČNĚ PŘEDPJATÝCH STŘEŠNÍCH VAZNIKŮ

Shrnutí praktických zkušeností a poznatků o těchto konstrukcích:

1. Zásadním problémem je to, že kolaps je způsoben tzv. křehkým lomem. Jde o stav, který může nastat bez varování a průvodních statických příznaků na vlastní konstrukci. Mez únosnosti předpjaté výztuže je překročena a nastává nekontrolovatelný prudký kolaps. Díky fyzickému propojení vazníků (např. různou technologií) nelze vyloučit „řetězovou reakci“, tedy pád více vazníků. V této souvislosti je nutné mít na paměti okamžité zamezení možnosti dalšího nahodilého přetížení – např. sněhem.
2. Úroveň podkladů je obecně velmi špatná, projektová dokumentace chybí nebo se zachovaly pouze části. Dokumentace k technologiím a dodatečnému zatížení obecně chybí, zátěžová schémata nejsou k dispozici. Výchozí úroveň podkladů je tedy špatná a je nutnou zákonnou povinností na základě měření a diagnostiky zpracovat odpovídající podklad pro posouzení aktuálního skutečného stavu konstrukcí.
3. Úroveň výrobních podkladů k vlastní prefa konstrukci je k dispozici pouze částečně, ale např. určení konkrétního typu vazníků je velmi složité – často nemožné.
4. Již při zahájení prohlídky je většinou jasné, že objekty jsou velmi špatně udržované. Opravy a vlastní údržba je ve většině případů otázkou nahodilých na sebe nenavazujících kroků. Jen málo firem má k opravám a údržbě pověřeného pracovníka a tím základní přehled o stavu objektů. Opravy střešních pláští a osazování technologických zařízení se provádějí neodborně a v mnoha případech bez ohlášení na příslušné stavební úřady.
5. Stáří konstrukcí – tyto konstrukce jsou starší než 50 let a jsou za hranicí své projektované životnosti.
6. Tyto konstrukce byly tvořeny podle starých statických norem – přepočít podle „Eurokodů“ z roku 2010 nevychází.
7. Hmotnost předpjaté výztuže tvoří cca 1,8 % hmotnosti vazníku a je zásadním limitem spolehlivosti a bezpečnosti střešní konstrukce. Injektážní metody v době výstavby byly nedokonalé a kvalita provedení byla velmi proměnlivá. Z výsledků našich propočtů vyplývá, že více jak 60 % vazníku je špatně nebo vůbec injektovaných. Kvalita injektáže má přímou korelaci k výskytu počátečních nebo vyšších stupňů koroze vazníků.
8. Obecně lze konstatovat, že prakticky všechny střešní pláště jsou přetížené. Přetížení je tvořeno pod střechou především zavěšenou technologií. Nad střechou je přetížení způsobeno opakovanými vrstvami lepenky bez odstranění podkladu. Střešní plášť tvoří zatížení více jak 150 kg/m<sup>2</sup> obvyklé hodnoty jsou 200 až 250 kg/m<sup>2</sup>, ale bylo diagnostikováno i zatížení více jak 400 kg/m<sup>2</sup>. Zatížení technologií je často umístěno zcela nevhodně a není dodržena zásada styčnickového přetížení a často jsou vazníky různými táhly nebo závěsy vystaveny působení šikmých nebo vodorovných sil. Zatížení spodního pásu je prováděno zcela v rozporu z pravidly, jeřábové dráhy jsou na jedné straně zavěšeny ve styčnicku a na druhém závěru právě ke spodnímu pásu.
9. Střešní plášť je obecně zdrojem velkých problémů. Klasická skladba je tvořena „pěnobetonem“ a vrstvami lepenky. Pěnobeton je většinou nasycen vodou nebo zvlhlý. Odtok dešťové vody je řešen nedostatečně a často nacházíme vpusti, které nikdo nevyčistil celé měsíce. Vlastnosti pláští z hlediska tepelně-izolačních vlastností nejsou řešeny. Zcela zásadní je problematika dilatačních spojů a kvalitní provedení klempířských detailů. To, že je tento důležitý detail řešen správně, je spíše

ojedinelý stav. Atiky těchto staveb jsou poškozeny hlavně v rozích, kde jsou naplno vystaveny působení povětrnostních vlivů.

10. Obvodové sloupy – i zde lze zjistit problémy hlavně v korozi výztuže ve spodní části. Posouzení stability v „kalichu“ patky nebo piloty je velmi složité. Dalším specifickým je poškození sloupy dlouhodobým působením „korozivních vlivů“ např. tam, kde byla chemická výroba či trvalé působící vlhkost.
11. Podle našich zkušeností je „Achillovou patou“ konstrukci společně uložení vazníku a „žlabovky“ – horního ztužidla vedle sebe na horní hraně sloupu. Tady je horní kotva předpjaté výztuže nejen vystavena kondenzaci z vnitřního prostoru haly v těžko větratelném prostoru, ale také přímému průniku vody z vadných klempířských prvků uložených nad ztužidlem – „žlabovkou“. Velmi často zde proniká voda ze špatně utěsněných svodů dešťové vody.
12. Zcela samostatnou kapitolu tvoří zjištění „historie“. Jde především o druhy výrob, které byly v průběhu let v halách uplatňovány, požáry, povodně a podobně. Tedy zjištění zásadních skutečností, které stavbu během její životnosti „potkaly“ a můžou mít vliv na stabilitu nebo vlastnosti betonu a výztuže.
13. Především v provozech s těžkou strojírenskou výrobou se setkáváme s poruchami způsobenými dynamickým působením jeřábových drah, což je zřejmé z prasklinami pláští hal.
14. Velmi zřídka se setkáváme s tím, že je vyřešeno odklizení sněhu nebo je sledováno zatížení větrem.
15. Legislativa... Náš stavební zákon zná stav „nařízení zabezpečovacích prací“, ale neřeší, co a jak dělat od zjištění havarijního stavu do jeho vyřešení. Normy sice řeší otázku „krizového řízení“, ale uplatnění v případě nebezpečí „křehkého lomu“ je mírně řečeno problematické. Naše postupy jsou jistým průsečíkem postupů v rámci stavebního zákona, krizového řízení ale používáme i postupy převzaté z norem HZS.

### ŘEŠENÍ KOMPLEXNÍM ZPŮSOBEM

V těchto základních bodech jsem se pokusil shrnout problematiku konstrukcí a běžně zjištěný stav objektů. Právě proto, že jde o tak komplikovaný problém a je nutné řešit některé přímé závislosti prakticky od samého začátku, jsme se rozhodli řešit problematiku „komplexním způsobem“. Tedy od zjištění problému po následnou péči a kontrolu objektu. Základním podkladem pro naše řešení je „vlastní metodika“, podle které postupujeme a tento postup je znám majiteli, je s ním projednán a je uzavřena rámcová smlouva. Pokud shrnu základní body metodického postupu, jde hlavně o tyto základní body:

- a) Stavebně-statické posouzení objektu – kontrolní prohlídka objektu včetně detailů prováděných dronem.
- b) 3D skenování objektu.
- c) Diagnostika.
- d) Základní projekční návrh řešení stavu předpjaté výztuže.
- e) Základní postup pracovních operací v krocích podle zjištění diagnostického průzkumu (např. zesílení sloupů či výměna střešního pláště).
- f) Ve spolupráci se stavebním úřadem řešení zabezpečovacích prací – vyhlášeno rozhodnutím.
- g) Realizace zajištění (sanace) střešních vazníků, střešních průvlaků příp. i sloupů a střešních panelů.
- h) Předání díla.
- i) Provozování stavby podle pravidel „provozního řádu“.
- j) Řešení dalších kroků v dohodnutém harmonogramu v přímé závislosti na ustanovení provozního řádu.

Zcela samostatnou součástí je stanovení dočasných bezpečnostních pravidel a ustanovení kontrol areálu.

- a) Stavebně statické posouzení objektu – kontrolní prohlídka objektu včetně detailů prováděných dronem.
- b) 3D skenování objektu.
- c) Diagnostika.

Tyto základní body na sebe těsně navazují nebo jsou prováděny prakticky současně – v rámci urychlení získání podkladů je nutné tyto základní kroky koordinovat tak, aby proběhly s maximální rychlostí a potřebném rozsahu.

d) Základní projekční návrh řešení stavu předpjaté výztuže

Zajištění nosných konstrukcí provádíme pouze ocelovou oporovou konstrukcí – v současné době máme 12 základních metod zajištění. Druh vychází z konkrétních možností na halách a lodích a je závislý na fyzickém stavu hlavních nosných konstrukcí haly. Obecně lze konstatovat, že univerzální model neexistuje a je nutné vždy respektovat konkrétní podmínky.

e) Základní postup pracovních operací v krocích podle zjištění diagnostického průzkumu (např. sanace sloupů, průvlaků či výměna střešního pláště)

Jde o velmi důležitou část postupu řešení, ve spolupráci s majitelem označíme zásadní problémy, obecně přetížený střešní plášť. V závislosti na možnostech je tento problém řešen v dalším kroku dle projednaného harmonogramu.

f) Ve spolupráci se stavebním úřadem řešení zabezpečovacích prací – vyhlášeno rozhodnutím Stavebního úřadu.

Spolupráci se státní správou považujeme za důležitou a o zásadních krocích příslušné stavební úřady informujeme a jsou osobně projednány. Obecně je postup takový, že po identifikaci konstrukce dostává majitel písemné vyjádření o potencionální nebezpečnosti konstrukce. V případě, když zjistíme korozi předpjaté výztuže, vyhotovíme zprávu o existenci havarijního stavu konstrukce, ten předáme majiteli a příslušnému stavebnímu úřadu. Dokumentaci pro zabezpečení zpracujeme podle vyhlášky v rozsahu stavebního povolení.

g) Realizace zajištění nosných konstrukcí (střešních vazníků, průvlaků, příp. i sloupů).

Výrobou a montáží se zabývají osvědčené firmy.

h) Předání díla

Předání díla provádíme po ukončení prací v rozsahu stanoveného smlouvou – to je obvyklý krok. Na našich smlouvách specifické jsou podmínky provozního řádu běžného užívání a stanovení harmonogramu dalších kroků.



Ing. Jaroslav Cejnar na konferenci Ocelové konstrukce (Pasohlávky, 23. 6. 2021)

i) Provozování stavby podle pravidel „provozního řádu“

Provozní řád je písemný materiál v úrovni smluvního ujednání. Zachycuje jak úkony majitele ve vztahu k opravám a údržbě, ale také úkony pravidelných kontrol konstrukcí autorizovanou osobou.

j) Řešení dalších kroků v dohodnutém harmonogramu v přímé závislosti na ustanovení provozního řádu.

Realizace dalších kroků v zajištění konstrukcí, běžně jde o výměnu střešního pláště nebo úpravy sloupů prefa konstrukce. Tento plán bývá stanoven na období až tří let.

Součástí všech dohod je dohoda o mlčenlivosti smluvních stran. Je nutné si uvědomit, že problém dodatečně předpjatých konstrukcí střešních vazníků má rozměr podnikatelský a může být použit v konkurenčním boji. Velmi důležité je také respektovat rozměr sociální – tedy informace pracovníků a vedoucích a vysvětlení pravidel bezpečnosti.

Pokud se vrátím k samotnému konstrukčnímu řešení problému, jako základní jsou dvě varianty.

- a) Demontáž stávající střechy včetně vazníků a její nahrazení novou střešní konstrukcí.
- b) Zvolení vhodné varianty zabezpečovací konstrukce.

**PRO POROVNÁNÍ UVÁDÍM ÚDAJE Z NAŠÍ „MODELOVÉ HALY“ S 11 KUSY VAZNIKU A ROZPONU 18 METRŮ, VAZNIKY PO ŠESTI METRECH V TYPICKÉM ULOŽENÍ SE ŽEBÍRKOVÝMI PANELY – ROZMĚR STŘECHY 1 080 M<sup>2</sup>**

V tomto modelovém případě je uvažováno pouze zajištění vazníků a výměna střešního pláště.

**Varianta A – kompletní výměna střechy**

- Produkce odpadu – železobeton a lepenky střešního pláště – 450 až 460 tun.
- Nová konstrukce střechy – ocelový vazník, trapézový plech, vata fólie – 130 až 140 tun, při využití PUR pěny o cca 20 tun méně.

**Varianta B – zabezpečovací konstrukce**

- Produkce odpadu – lepenky střešního pláště, pěnobeton střešního pláště 216 tun
- Nová ocelová konstrukce cca 22 tun, střešní plášť PUR pěna 19 až 20 tun, celkem nové konstrukce 42 tun.

Z uvedeného vyplývá jasná výhodnost využití metody oporových konstrukcí. Pokud přepočteme údaje do cen, činí metoda oporových konstrukcí 30 % ceny nové konstrukce střechy.

Pokud si k tomu připočtete nutnost zastavení výroby a riziko zatečení ke stabilizovaným vnitřním konstrukcím, nelze tuto metodu aplikovat ve firmách, kde výroba probíhá a musí probíhat. Metoda kompletní výměny střechy je tedy ekonomicky a technicky „neudržitelnou“ metodou.

Tento propoččet ekonomické výhodnosti je zcela zásadním argumentem pro využití zabezpečovacích konstrukcí.

**ZÁVĚR**

Metoda zabezpečovacích konstrukcí má proti kompletní výměně střešních, kde jsou využity dodatečně předpjaté střešní vazníky, zásadní ekonomickou a stavební výhodu. S ohledem na komplikovanost problému nabízíme jak výrobcům, tak autorizovaným osobám spolupráci od konzultací až po přímou spolupráci. Podle našeho názoru jde o tak velký a zásadní celospolečenský problém a jen široká spolupráce autorizovaných osob a firem může znamenat rychlou nápravu stavu. K této spolupráci vybízíme jak na ČKAIT, tak v našich článcích a vyjádřeních.

**Ing. Jaroslav Cejnar**  
jaroslav.cejnar@radabuilding.com  
**Rada Building s. r. o.**