

# Předpjaté ocelové konstrukce – ukázky realizací, výhody řešení



■ V tomto článku jsou popsány a na několika stavbách prezentovány předpjaté ocelové konstrukce. Autoři se zaměřují na teoretické a technologické aspekty, například měření či projektování, a zmiňují i výhodnou ekonomiku tohoto řešení.

## PŘEDPĚTÍ V OCELOVÝCH KONSTRUKCÍCH – TEORIE

Vnesením předpětí lze v ocelových konstrukcích dosáhnout především příznivé redistribuce vnitřních sil a úpravy tvaru konstrukce (nadvýšení). Předpětím táhel lze také docílit jejich lineární chování ve všech zatěžovacích kombinacích. Pak mohou být táhla při výpočtu uvažována jako prvek „tah-tlak“ s lineárním působením bez vlivu vzpěru a bez omezení štíhlosti. Vnášení předpětí může u ocelových konstrukcí také pozitivně ovlivnit jejich architektonický výraz v podobě nových konstrukčních schémat. Štíhlé konstrukce s předpjatými táhly přináší v porovnání s klasickými konstrukcemi výraznou úsporu hmotnosti a ceny. Předpětí se

ukazuje výhodné nejen u velkorozponových konstrukcích, lávek, mostů, ale i při rekonstrukcích a zesilování.

## VELKOROZPONOVÉ KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB – PŘÍKLADY HODNÉ NÁSLEDOVÁNÍ

Předpjatá vzpínadla v prosklených atriích pozemních staveb (např. Palác Křižík v Praze na Smíchově, atria ČSOB banky v Radlicích) znamenaly především vzhledové odlehčení v porovnání se standardními příhradovými konstrukcemi. U vzpínadel s nezajištěným spodním pasem je třeba věnovat pozornost citlivosti na asymetrická zatížení a zatížení větrem.



Palác Křižík v Praze – prosklené zastřešení atria (snímek z výstavby)



Střešní konstrukce v Chomutově zavěšená na oblouku



Síťová struktura táhel Trojského mostu v Praze



Rovinná předpjatá vzpínadla Werk Areny Třinec a prostorové předpjaté vzpínadlo  $O_2$  areny přinesly, kromě výrazných úspor hmotnosti a ceny uvolnění střešního prostoru mezi táhly a vazníky, navíc i originální architektonický výraz. Schéma prostorového vzpínadla bylo také použito při rekonstrukci plynojemu na multifunkční Aulu Gong ve Vítkovicích. Redistribucí vnitřních sil mohl být použit historický zvon plynojemu bez výrazných úprav a zesílení. Prostorové předpjaté vzpínadlo se také stalo inspirací pro návrh olympijského stadionu pro stolní tenis v Pekingu.

Zavěšením střešní konstrukce arény v Chomutově na obloukovou konstrukci se podařilo minimalizovat výšku stavby při zachování vnitřní světlé výšky. Příhradové vazníky, zavěšené na 12 dvojicích předpjatých táhel, mají při rozpětí 71 metrů konstrukční výšku pouhé dva metry.

Spodní pasy příhradových obloukových vazníků s rozpětím 145 m v hangáru na letišti v Mošnově jsou tvořeny dvojicemi předepnutých táhel M105. Předpjatá táhla jsou také použita na vodorovné zavětrování střechy a ve stěnových tzužidlech. Optimalizací statického řešení tak vznikla úspora 30 % hmotnosti. Zavěšené betonové skelety na příhradových předpjatých ocelových vaznicích Trimarán v Praze na Pankráci jsou příkladem kompozitní konstrukce ocel-beton.

## MOSTY A LÁVKY, DOPRAVNÍ STAVBY

Možnost sofistikovaného vnášení předpětí umožnilo např. konstrukci síťových mostů (Trojský most) nebo trojbokého předpjatého vzpínadla Komenského mostu v Jaroměři. Vnášení předpětí podle předpínacího postupu s přímým měřením sil v táhlech se uplatňuje i u lávek zavěšených a visutých (lávka v Písku). Výrazných úspor hmotnosti bylo dosaženo vložением předpjatých táhel v protihlukových tunelech ve Vchýnici a v Hradci Králové.



Tenzometrické měření táhel (Komenského most v Jaroměři)



Akcelerometr při frekvenčním měření táhla (lávka Písek)



Hydraulické předpínání táhel

## TECHNOLOGICKÁ ZÁKLADNA PŘEDPÍNÁNÍ

Praktické uplatnění předpjatých ocelových konstrukcí je podmíněno rozvojem CAD a FEM metod, dostupností nových materiálů a produktů sofistikovaných metod předpínání a měření vnášených sil.

### Materiál

V realizacích společnosti EXCON používáme zpravidla konstrukční systém táhel Macalloy s válcovaným závitem M20 – M105 s mezí kluzu 460, resp. 520 MPa. Při použití vysokopevnostních táhel na mostní konstrukce je nutno zvolit vhodný materiál. Únavové zkoušky celého systému táhel by měly prokázat spolehlivost pro dva miliony cyklů při rozkmitu napětí 130 MPa. Pro Trojský most jsme pro táhla Macalloy navrhli napínákové matice s vyšší únavovou pevností.

### Předpínání

Do cca 100 kN vnášíme do táhel předpětí řetězovými klíči. Hydraulickým zařízením Technotensioner lze vnášet síly do cca 2 200 kN.

### Měření předpětí

Na táhlech měříme síly tenzometry v konfiguraci plného můstku s ohledem na kompenzaci teploty a ohybu. Používaná ústředna umožňuje měření 80 táhel najednou. V případě potřeby je možno sledovat nepřetržitě síly v táhlech on-line přes webové rozhraní. V dlouhých lanech lze měřit síly frekvenční metodou, kdy lze sílu spolehlivě určit ze změřeného spektra frekvencí. Výhodou oproti tenzometrickému měření je možnost zjistit sílu v lanu bez znalosti nulové hodnoty před instalací.

### Projekční příprava

Důležitá je i projekční příprava procesu předpínání. Nezbytným nástrojem je vztahová matice, která popisuje změnu sil ve všech táhlech při jednotkové změně síly každého z táhel. Podrobná příprava předpínacího postupu je nutná k nalezení nejkratší bezpečné cesty při předpínání a minimalizaci doby strávené předpínáním na stavbě. Např. pro Trojský most byl zpracován montážní a předpínací postup s uvažováním 50 různých statických modelů při postupné instalaci a předpínání táhel. Díky pečlivé projekční přípravě pak bylo 200 táhel nainstalováno a předepnuto ve dvou fázích pouze za 40 dní.

Ing. Vladimír Janata, CSc.  
Ing. Jindřich Syrovátka  
EXCON, a. s.