

Ocelová nosná konstrukce novostavby levého křídla Průmyslového paláce v Praze

V rámci rekonstrukce a dostavby Průmyslového paláce v Praze se v současnosti staví objekt novostavby haly levého křídla na místě původního, vyhořelého v roce 2008. Tento článek pojednává o nosné ocelové konstrukci tohoto objektu. Výrobu a montáž konstrukce realizuje společnost EXCON jako subdodavatel sdružení Společnosti pro Průmyslový palác Metrostav – DIZ – AVERS – SYNER, generálního dodavatele stavby.

DISPOZIČNÍ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

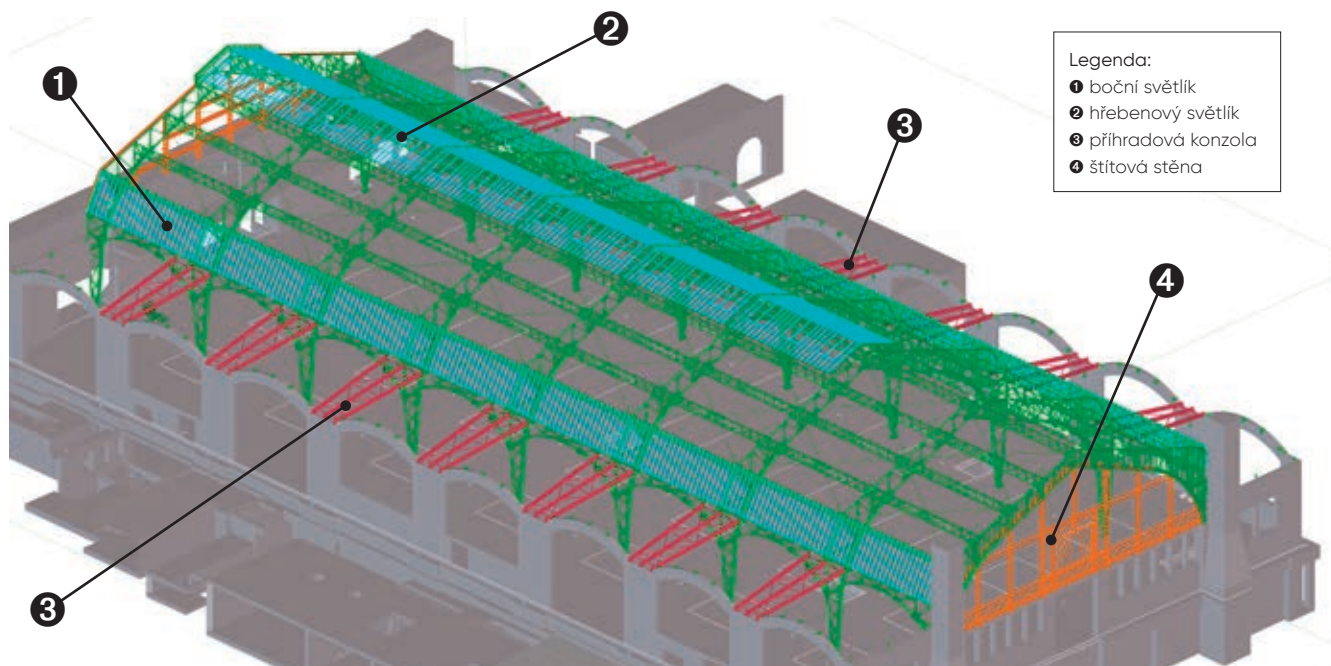
Nově realizované levé křídlo objektu je navrženo jako tvarová replika původní konstrukce z roku 1891 se zopakováním všech pohledových prvků zaniklé části. Stávající objekt pravého křídla má půdorysný rozměr zhruba 50 × 100 m, levé křídlo bude jeho geometrickou kopií umístěnou zrcadlově podle osy střední haly.

Objekt v nadzemní části je členěn jako trojtrakt. Střední je tvořen ocelovými vazníky, boční jsou tvořeny kombinovanou konstrukcí s nosnými obvodovými železobetonovými stěnami, dřevěnými trámy a ocelovou konstrukcí, kotvenými do ocelové konstrukce středního traktu.

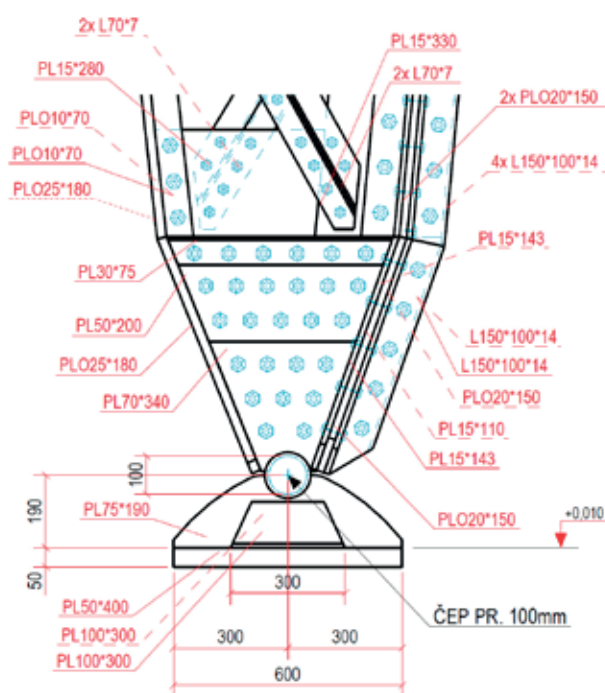
Nosná konstrukce středního traktu je ocelová a tvoří ji devět příhradových vazníků ve vzájemné vzdálenosti 11,85 m, pnutých na rozpon 30 m. Výška vazníků v hřebeni střechy je, stejně jako u původního objektu, zhruba 17,5 m. Na vazníky jsou uloženy příhradové vaznice ve vzájemné vzdálenosti zhruba 3,8 m s přímým horním pasem a dolním pasem v místě uložení tvarovaným do oblouku tak, aby spodní pas vaznic byl uložen na spodní pas hlavních vazníků. Krajní vaznice V1 má dle původní geometrie obloukový dolní pas, na který jsou ukládány dřevěné trámy obloukového dřevěného podhledu krajních traktů.

K této vaznici je také kotven zavětrovací ocelový příhradový vazník provedený v úrovni ploché pultové střechy nad krajními traktů. Na vaznice budou ukládány dřevěné krokve ve vzdálenosti zhruba 1 m. Na tyto dřevěné krokve bude uložena střešní plášť. Střešní rovina je doplněna křížovými ztužidly z kruhových táhel se systémovými komponenty. Ve střední části je navržen vrcholový světlík. Mezi krajními dvěma vaznicemi V1 a V2 na obou stranách objektu je navržen šikmý světlík po celé délce haly.

Obr. 1 – 3D model ocelové konstrukce levého křídla.



- Legenda:
- ❶ boční světlík
 - ❷ hřebenový světlík
 - ❸ příhradová konzola
 - ❹ štítová stěna



Obr. 2 – Detail paty
rámu příčné vazby.

Vazníky a vaznice jsou provedeny z profilů tvarově obdobných, jako byly profily původního vyhořelého objektu. Jedná se převážně o členěné profily složené z profilů U, L, plechů nebo jejich kombinací. Na hlavní nosné konstrukce je použito převážně oceli S355, na méně namáhané prvky pak oceli S235. S ohledem na požadavky v současnosti platných norem ČSN a vyšší zatížení konstrukce část profilů v dimenzích z roku 1891 nevyhoví, a jsou proto nahrazeny profily tvarově obdobnými, jako byla původní konstrukce, avšak se silnější stěnou, nebo místo prvků z jednoho úhelníku nově zdvojením úhelníků. Výrazně poddimenzovaným prvkem byl vnitřní tlačný pas stojek vazníku přecházející do oblouku, který byl v původním objektu volný, nezajištěný proti vybočení z roviny vazníku. Dimenze tohoto pasu je oproti původnímu stavu výrazně posílena, dále je vzpěrná délka spodního pasu vazníku z roviny vazníku zmenšena držením obloukovými spodními pasy vaznic.

Na horní hranu železobetonové stěny západního průčelí jsou uloženy ocelové členěné sloupky s příhradovými spojkami, provedené jako tvarová replika původních sloupů průčelí z roku 1891.

Prostorová tuhost objektu v příčném směru je zajištěna samotnými vazníky. Prostorová tuhost objektu v podélném směru byla původně zajištěna jen příhradovými vaznicemi. S ohledem na subtilní průřezy vazníků, zvláště pak malou tuhost vazníků při ohybu z roviny, byla prostorová tuhost konstrukce nedostatečná. Na rozdíl od pravého křídla, kde byla tuhost objektu při rekonstrukci v 50. letech zvýšena doplněním šikmých příhradových vazníků a trubkových vzpěr u krajních vaznic V1 nad doplněným podhledem, bylo nutno najít jiné staticky funkční řešení, které však není u objektu bez podhledu viditelné. Proto jsme navrhli šikmé ocelové příhradové vazníky, jež jsou uloženy do nosných železobetonových obvodových stěn na straně jedné a na straně druhé do horního pasu krajní vaznice V1. Tvar šikmých zavětrovacích vazníků je uzpůsoben tak, aby nezasahoval do dřevěného obloukového podhledu krajních traktů. Na horní hranu těchto šikmých nosníků je uložen střešní plášť pultových střech. Tuhost objektu ve střešní rovině je zajištěna diagonálními ztužidly pod úroveň dřevěného bednění a dřevěným bedněním, kotveným k dřevěným krokvim.

Nová konstrukce levého křídla, která je převážně svařovaná, je podle požadavků architekta opatřena atrapami nýtů, jež nemají žádnou statickou funkci a jsou na konstrukci připevněny svařováním.

Původní rám byl navržen jako trojkolbový. Zvláštní pozornost byla věnována návrhu detailu spodního kotvení rámu, které je realizováno pomocí válcového ložiska/čepu a obdobnému detailu ve vrcholu, kde je opět vsazen čep.

Zhruba ve třetinách je objekt LK rozdělen na samostatné kroužkové sekce. Ve dvou osách je vazník opláštěn z jedné strany ve své ploše skleněnými deskami, rozdělení plochy pod vazníkem je navrženo pomocí spouštěných rolet s motorovým pohonem. Pro toto opláštění a rolety byly na vazníku navrženy podružné ocelové prvky.

Nosná ocelová konstrukce haly levého křídla je posouzena na požadovanou požární odolnost se zohledněním aktivních prvků SHZ a SOZ. Byly stanoveny maximální teploty za požární situace pomocí zónového modelu a na tyto teploty byla ocelová konstrukce navržena. Odpadla tudíž nutnost použití protipožárních nátěrů, nástřiků nebo obkladů pro viditelně nechráněné části nosné ocelové konstrukce.

VÝROBA OCELOVÉ KONSTRUKCE

Nová nosná ocelová konstrukce haly levého křídla je navržena jako svařovaná dílensky i montážně, použití šroubovaných spojů bylo možné pouze u zcela opláštěných částí. Výrobní dokumentace byla generována z 3D modelu v programu Tekla. Kromě výkresů se exportovaly i NC soubory pro pilovrtací centrum profilů a pro pálicí stroj plechů.



Obr. 3 – Dílenská sestava sloupu a příčle 1/2 rámu příčné vazby.

Obr. 4 – Montáž prvních vazeb haly s dočasnými vzpěrami a ztužením.

Obloukové profily byly tvarovány na hydraulické zakružovače s přídržným zařízením pro minimalizaci příčné deformace profilů. Nejprve byly sestaveny a svařeny podsestavy prvků složených z více profilů, následně se sestavovaly celé dílce. Pro dílce sloupů a příčlí hlavních vazeb byly vytvořeny na sestavovacích roštích šablony, aby se zjednodušilo opakované rozměrování a zajistila potřebná přesnost. Geometrie dílů hlavních rámu byla po sestavení kontrolována pomocí 3D geodetického zaměření a odchylky byly vyhodnoceny po vyrovnání vůči celkovému tvaru. Dílensky sestavovány byly díly sloupu a příčle poloviny rámu vazby.

První dílce procházely přejímkou jak z hlediska kvality provedení, tak z hlediska vizuálního ze strany architekta projektu. U pohledově exponovaných částí konstrukce jsme doladili přesné provedení detailů týkající se zabroušení, zkosení nebo návaznosti svarů. Po kompletním svaření se na dílce osazovaly atrapy nýtů a dílce byly expedovány k aplikaci nátěrového systému protikorozi ochrany. Systém PKO je aplikován s polyuretanovým vrchním nátěrem odstínu RAL7002, v interiéru pro stupeň korozní agresivity C2, v exteriéru pro stupeň C3 a pro části konstrukce uzavřené ve skladbě s rizikem kondenzace pro stupeň C5.



Velkým přínosem pro průběh schvalování výrobní dokumentace nebo přejímky výroby byl přístup zástupců správce stavby pro ocelové konstrukce, jimiž byli odborníci ze společnosti Konstat. Ti díky své bohaté praxi a povědomí o problematice řešili danou agendu maximálně konstruktivně a přispěli k plynulému průběhu realizace bez významných prodlev.

MONTÁŽ OCELOVÉ KONSTRUKCE

Montáž nosné ocelové konstrukce probíhala bezprostředně po předepnutí části stropní desky suterénu, kterou bylo pro pojezd mobilními jeřáby nutno navíc podstojkovat. Příčné rámy se rozdělily na čtyři transportní a montážní díly, kromě rozdělení ve vrcholu byly obě poloviny děleny ještě v poli šikmého bočního světlíku. Montáž byla zahájena osazením ocelových patek, opracovaných podle skutečného tvaru provedení předem zabetonovaných desek ve stropu. Poté jsme vztyčili čtveřici dílů sloupů, jež byly v příčném směru haly zafixovány stavitelnými dočasnými vzpěrami a v podélném propojeny krajními obloukovými vaznicemi u vnějšího líce, u vnitřního pasu pak dočasným podélným ztužením. Pro montáž příčlí byla ve středu rámu připravena montážní lešeňová kotvená věž, na níž byly díly příčlí výškově vyrovnány pomocí hydraulických zvedáků. Na styku dílů sloupu a příčle byly z výroby připraveny montážní příložkové spojky, které sloužily pro spojení do doby provedení montážních svarů. Montáž byla prováděna dílem



Obr. 5 – Ocelová konstrukce v průběhu montáže (květen 2024).



Obr. 6 – Ocelová konstrukce v průběhu montáže (květen 2024).



Obr. 7 – Ocelová konstrukce v průběhu montáže (květen 2024).

věžovými jeřáby, umístěnými v půdorysu objektu, a dílem mobilními autojeřáby ze stropní desky suterénu. Rám příčné vazby byl vždy pomocí geodetického měření vyrovnán a následně připojen k příhradovým vaznicím daného pole. Na vyrovnanou hlavní konstrukci byla následně osazena pole konstrukcí bočních a hřebenového světlíku, předsestavených z transportních dílců na montážních rostech na stavbě. Po montáži příhradových konzol postranních polí, a tedy uchycení konstrukce k podélným železobetonovým stěnám, byla dokončena aktivace táhel ztužení střešní roviny, tím byla konstrukce způsobila k zahájení navazujících prací stavební části.

SHRNUTÍ

Možnost výstavby ocelové konstrukce nové haly levého křídla je jedinečná příležitost pro provedení takového typu konstrukce, u kterého se spojují historické principy s moderními technologiemi a postupy. Přes všechna úskalí a problémy, jež tento proces přináší, se všichni zúčastnění vynasnažili realizovat konstrukci, která bude v maximální možné míře replikou konstrukce historické, ale zároveň splní veškeré moderní požadavky na spolehlivost a užitné hodnoty. Nové ocelové konstrukci přejeme přinejmenším takovou životnost, jakou měla ta předchozí.

Autoři:

Ing. David Jermoljev, Ph.D.,
technický ředitel společnosti
EXCON.

Ing. Jan Včelák, statik
ve společnosti EXCON.

Ing. Michal Dudek, manažer
pro obchod a realizaci staveb
společnosti EXCON.

Ing. Veronika Rybářová, stavby-
vedoucí ve společnosti EXCON.