

Trimaran – komerční a kongresové centrum v Praze na Pankráci

metrostav

Předmětem článku je projekt, výroba, montáž a předpínání ocelové superkonstrukce nového objektu Trimaran v Praze na Pankráci. Jedná se o tři trojice příhradových vazníků uložených na středním traktu jako prosté nosníky, na jejichž převislých koncích je na jedné straně zavěšen čtyřpatrový železobetonový skelet nad konferenčním sálem a na straně druhé, jako protiváha, třípatrová administrativní část budovy. Příhradové vazníky mají truhlíkové dolní pasy a sloupy. Diagonály a horní pas jsou tvořeny dvojicemi resp. trojicemi předpjatých konstrukčních táhel Macalloy 520 o celkovém počtu 257 ks. Celková hmotnost příhradových vazníků činí cca 704 tun, z toho vlastní OK je 582 tun, táhla Macalloy pak 122 tun, délka vazníků je 44 m, výška cca 8 m.

PROJEKT, DISPOZIČNÍ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

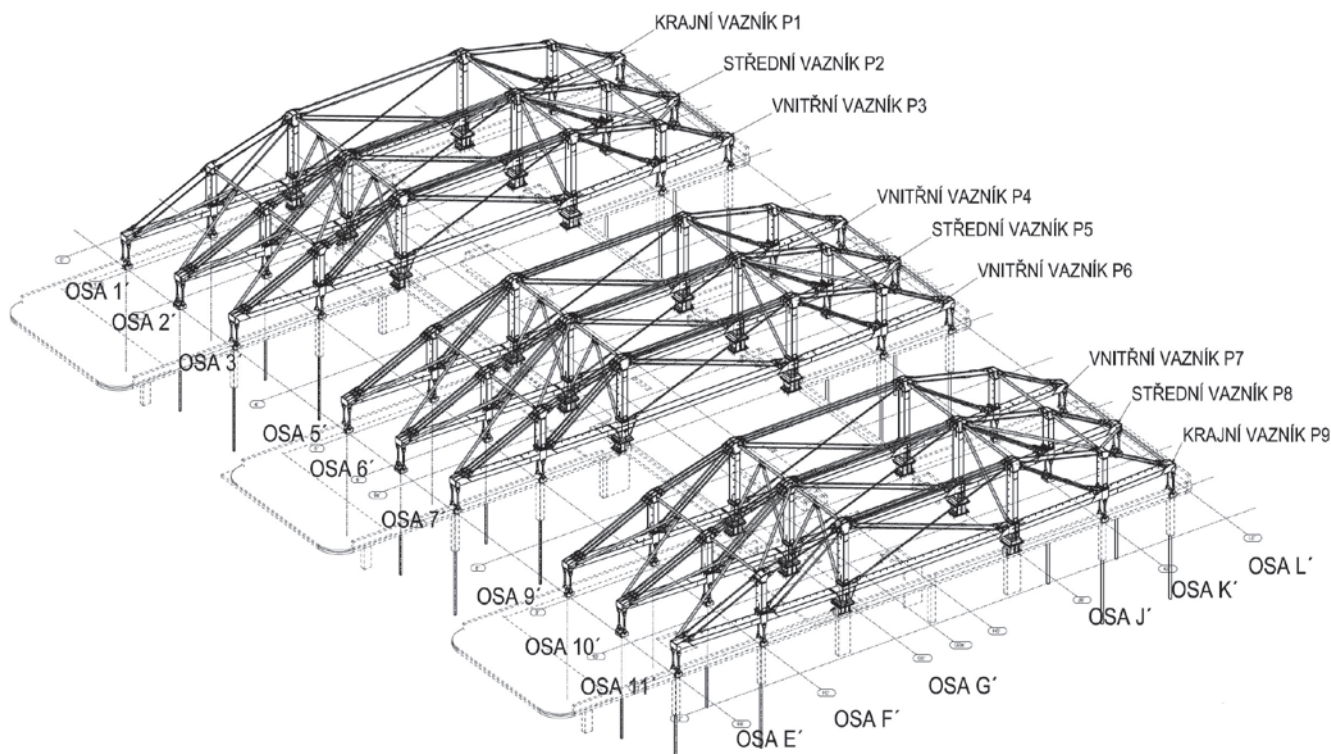
Nosná konstrukce nového komerčního a kongresového centra Trimaran v Praze na Pankráci (obr. 1) sestává z železobetonového patrového skeletu, na jehož hlavní nosné středové části o půdorysných rozměrech 70 × 15 m jsou zavěšeny po obou stranách vždy 3 třípatrové, resp. 3 čtyřpatrové železobetonové skelety prostřednictvím ocelové superkonstrukce. Tři trojice vazníků mezi osami 1'-3', 5'-7' a 9'-11' (obr. 2) staticky působící jako prostý nosník s převýslými konci, jsou uloženy na středním traktu budovy u osy G' kloubově a u osy J' kloubově s umožněním posunu v podélném směru vazníku (obr. 3). Vazníky jsou tvořeny dolním truhlíkovým pasem 44 m dlouhým a truhlíkovými sloupy výšky 3,2 m resp. 5,2 m a dvojicemi, resp. trojicemi předpjatých konstrukčních táhel Macalloy 520 v dimenzích M76, M90 a M100 v roli horních pasů a diagonál (obr. 4). Dolní pas má mírně konvexní tvar (konce jsou nadvýšeny), což zajišťuje celkovou stabilitu vazníku na vybočení z jeho roviny. Vazníky jsou ve vybraných rovinách propojeny trubkovými diagonálami a horizontálami. Nad budovou stávajícího konferenčního centra Empiria (dříve MOTOKOV), jsou u os K' a L' zavěšeny vždy v šesti bodech na každé trojici vazníků třípatrové skelety, jejichž stropní konstrukce jsou kloubově uloženy na středním traktu. Výstavba skeletu byla prováděna odspodu na ocelových roštích zavěšených na ocelové konstrukci vazníků. Betonové konstrukce u os E' a F' byly stavěny od základů s vynecháním jednoho podlaží včetně sloupů v 01-02 NP, místo kterých byly instalovány provizorní ocelové podpory. Po dokončení be-

HLAVNÍ ÚČASTNÍCI VÝSTAVBY

Investor:	HARRO DEVELOPMENT PRAHA s. r. o.
Generální projektant:	S+B Plan ubd Bau Prag spol. s r. o.
Architekt:	Architekt Prof. Dipl.-Ing. Ernst Hoffmann
Projektant, hlavní architekt a HIP:	Ing. Arch. Václav Aulický, Ing. Arch. Antonín Sova, Spojprojekt Praha a. s.
Vyšší dodavatel stavební části:	PP 53, a. s.
Hlavní statik a projekt betonových konstrukcí:	Ing. Rostislav Mazáč RECOC, spol. s r. o.
Projekt ocelové konstrukce a předpínání:	Ing. Vladimír Janata CSc., Ing. Jan Včelák, EXCON, a. s.
Výroba a montáž OK:	Metrostav a. s. divize 3, provoz ocelových konstrukcí
Montážní postup OK:	Metrostav a. s. divize 3, Ing. Vladimír Beneš
Dodávka, montáž a předpínání táhel:	Tension Systems, s. r. o.
Výrobní dokumentace OK:	Ing. Dalibor Gregor Ph.D., EXCON, a. s.
Tenzometrická měření:	Ing. Michael Nečas, EXCON, a. s.



Obr. 1 – Trimaran, vizualizace

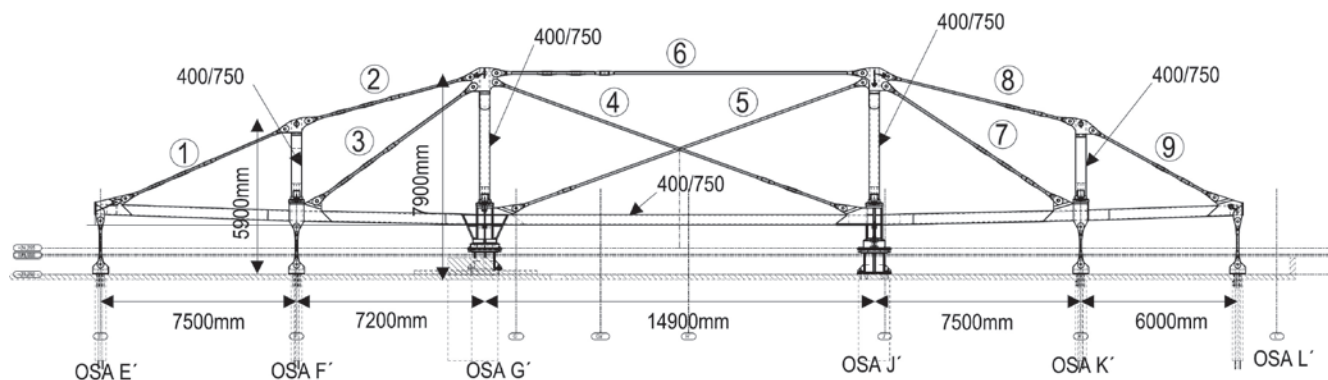


Obr. 2 – 3D axonometrie ocelové superkonstrukce



Obr. 3 – Klobová ložiska v ose J' s umožněním posunu v podélné ose vazníku

tonáže byla železobetonová konstrukce zavěšena na ocelovou superkonstrukci a předpínáním táhel vazníků byla vyzdvížena. Provizorní podpory tím byly odlehčeny a odstraněny. Vznikl tak rozlehlý multifunkční prostor uvnitř budovy. Zavěšení betonových konstrukcí na vaznících je v jednotlivých bodech zprostředkováno přes dvojici tyčí Macalloy 520 M85 do kotevních desek, se styčnickovými plechy pro táhla, tzv. „přepravek“ (obr. 11), kotvených do betonové konstrukce stropů. U os E' a F' je deska kotvena přes objímku předpínacího kabelu betonového sloupu. U os K' a L' byla na kotevní desky přivařena svislá táhla – trubky (vznikla tak tzv. „krmítka“), na kterých je zavěšen ocelový rošt, tzv. „Nepeiko“, integrovaný do nosné vodorovné železobetonové konstrukce (obr. 21 a 23). Trubky byly později obetonovány sloupy a byl jimi veden předpínací kabel. Způsob zavěšení táhly kyvnými v podélné ose vazníku řeší problematiku dilatace ocelové a železobetonové konstrukce při změnách tvaru konstrukce vlivem teploty a zatížení. Hmotnosti vyvážení budov na obou stranách vazníků se vzájemně vyvažují přes horní trojici táhel (č. 6) nad středním objektem. Rozdíly hmotností a velikostí užitných zatížení vyvažuje střední křížové ztužidlo (táhla č. 4 a 5).



Obr. 4 – Střední vazník v osách 2', 5', 9' a číselné značení táhel



Obr. 5 – Výroba kotevních boxů



Obr. 6 – Výroba sloupů

VÝROBA OCELOVÉ KONSTRUKCE

Výroba ocelových konstrukcí probíhala od dubna do září 2016 ve výrobě Metrostav a.s., divize 3 – Provoz ocelových konstrukcí v Horních Počernicích. Některé dílčí části byly zajištěny subdodavatelsky. Superkonstrukce byla zařazena do třídy provedení „EXC3“ dle ČSN EN 1090-2+A1. Prvky nosné konstrukce byly navrženy z oceli řady S460, resp. S355, doplňkové konstrukce z oceli řady S235. Samotná výroba prvků superkonstrukce předcházela výrobě cca 70 tun provizorních podpůrných konstrukcí z oceli řady S355. Následná výroba ocelových konstrukcí reflektovala průběh výstavby. Nejprve byly vyráběny kotevní desky, závěsné trubky a „převraky“ (tj. kotevní desky se závěsy pro táhla Macalloy) pro osy E' a F', pro osazení před betonáží příslušných částí objektu. Následovala výroba 18 kusů kotevních boxů o hmotnosti cca 2–2,5 tuny (obr. 5). 9 kusů válcových ložisek pro uložení superkonstrukce na kotevním boxu v ose J' o průměru 160 mm (obr. 3) bylo vyrobeno ze zušlechtěného materiálu 42CrMo4 odpovídající oceli S460. 23 kusů trubkového ztužení a všech 36 kusů sloupů bylo vyrobeno v mírném předstihu tzv. na sklad. Na každém vazníku jsou dva cca 5,2 m vysoké sloupky a dva nižší sloupky o výšce cca 3,2 m. U sloupů byly nejprve sestaveny a svařeny hlavy sloupů tvořené kotevními plechy táhel a mezilehlými plechy. Až následně došlo ke spojení s dřívěkem sloupů truhlíkového průřezu o rozměru 750 × 400 mm (obr. 6). Hmotnost vysokých sloupů se pohybuje mezi 4–4,8 tuny, hmotnost nižších mezi 2–2,5 tuny.

Dolní pasy vazníků o délce téměř 44 m mají také truhlíkový průřez o velikosti 750 × 400 mm. Zde byly pro svou složitost a časovou náročnost výroby nejprve sestaveny a svařeny hlavní uzly (obr. 7) dolních pasů v osách G' a J' a následně poměrně jednodušší uzly v ostatních osách. Samostatně byly vyrobeny truhlíkové

průřezy, které se přivařily k předvyrobeným uzlům a vytvořily tři podestavy před finálním svařením jednoho dolního pasu (obr. 8). Na těchto podstavách byla provedena finální protikoroze ochrana. Dle geodetického zaměření osazených kotevních boxů a přepravky na stavbě se pomocí výpočtu svarových mezer následně délkově upravily a svařily dva zbývající styky u hlavních uzlů a dokončila se protikoroze ochrana. Tím bylo docíleno požadovaných rozměrů jednotlivých dolních pasů, jejichž hmotnost se po svaření pohybovala dle osy mezi 30 a 35 tunami. Velká důležitost a kontrola byla obecně věnována sestavování a svařování prvků obsahující kotevní plechy táhel, kde byly kladeny vysoké nároky na souosost ok tak, aby byla dodržena povolená tolerance nesouososti protilehlých ok $\pm 0,5^\circ$. Jednalo se o „převraky“, hlavy sloupů a uzly dolních pasů. Složitost a časovou náročnost sestavování uzlů při dodržení veškerých norem a požadavků projektu podtrhují UT kontroly svarů v průběhu skládání.

Zbývalo vyrobit prvky ocelové superkonstrukce pro zavěšenou část objektu. Na „převraky“ byly přivařeny cca 9 m dlouhé závěsné tyče (TR 194/25), v rámci názvosloví při výstavbě byly tyto prvky dále nazývány jako „krmítka“ a k nim bylo třeba vyrobit tzv. „krmítko-fixační“ zařízení sloužící pro montáž a zajištění geometrie v době betonáže. Poslední vyrobenou částí superkonstrukce byl zavěšený rošt, tzv. „Nepeiko“, o celkové hmotnosti cca 50 tun, navržený pro osazení prefabrikovaných předpjatých dutinových panelů. Tato konstrukce byla základem pro následnou betonáž zavěšené části objektu v osách K' a L' sloužící jako protiváha konferenčního sálu.

Horní pasy a diagonály vazníků jsou z dvojic, resp. trojic předpjatých táhel Macalloy 520 v dimenzích M76, M90 a M100 vyrobených s mezí kluzu 520 MPa dle specifikace vč. veškerých komponentů ve



Obr. 7 – Výroba hlavního uzlu dolního pasu



Obr. 8 – Podstava dolního pasu

Velké Británii. V České republice došlo ještě před návozem na stavbu ke kontrole kompletnosti, provedení protikorozní ochrany, předmontáži cca 3 000 komponentů a osazení tenzometrů.

Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí byla pro veškeré vnitřní a vnější konstrukce včetně táhel navržena pro korozní expozice C3. Pro nosnou ocelovou konstrukci byl použit třívrstvý nátěrový systém o celkové tloušťce 240 μm . Pro táhla byl použit také třívrstvý nátěrový systém, přičemž jako první vrstva byl proveden žárovým nástřik kovu Zinacor 850, pro komponenty táhel je první vrstvou provedení žárového zinkování ponorem. V obou případech je celková tloušťka protikorozní ochrany 260 μm . V místech, kde bude docházet k velkým tlakům a zejména v místech, které již nebude možné demontovat, resp. provést opravu nátěrového systému jako jsou kotevní plechy táhel na sloupech a dolních pasech, dále čochy ocelářských ložisek, ale i pro válcová ložiska, byl navržen pouze žárový nástřik kovu Zinacor 850 o celkové tloušťce 100 μm .

POSTUP MONTÁŽNÍCH PRACÍ

Na pracovníky Metrostavu a. s. – divize 3, Provozu ocelových konstrukcí čekalo po zahájení realizace zakázky vyřešit hned několik podstatných bodů. Mezi prvními bylo zajistit zpracování výrobně-technické dokumentace ocelových konstrukcí, o které se postarala společnost Excon, a. s. a zahájit výrobu. Navrhnout způsob montáže a vypořádat se s prostorovými podmínkami stavby a nízkou nosností stávajících stavebních věžových jeřábů. Vytvořit harmonogram montáže ocelové superkonstrukce v souladu s harmonogramem stavby a to včetně předpínání táhel, které probíhalo v různých etapách výstavby. Navrhnout způsob a zrealizovat provizorní podepření stropu sálu po dobu montáže. Zajistit potřebná povolení k montáži mobilního jeřábu. Provázet montáž s potřebným měřením a statickými výpočty. Navrhnout a zrealizovat ocelovou konstrukci roznášecích roštů pro zavěšenou část objektu a další.

Montáž provizorní podepření

Samostatnou kapitolou montáže superkonstrukce se stalo řešení podepření 17 bodů stropu sálu v osách E' a F' až do doby přivěšení k superkonstrukci. Předpokládané síly, na které musely být konstrukce podepření dimenzované, se pohybovaly mezi 1 400–2 450 kN. Konstrukce musela být uzpůsobena pro měření zatížení v jednotlivých

místech podepření a současně umožnit výškovou rektifikaci pro případné poklesy v základové spáře a stlačení konstrukcí. Původní záměr projektantů uvažoval s podstojkováním pomocí věží PIŽMO procházející objektem až na základovou spáru. To se brzy ukázalo jako téměř nerealizovatelné. Důvodem bylo několik bodů, kde nebylo možné prvky PIŽMO použít a současně nákladnost použití velkého množství prvků, které by bylo nutné nejprve osadit a po montáži superkonstrukce také demontovat a vyvézt z již postavené budovy. Metrostav tak přišel s řešením co možná nejefektivněji využít stávající železobetonové konstrukce. Bylo nutné nejprve staticky posoudit, je-li tato varianta vůbec reálná. Nutno podotknout, že návrh provizorního podepření probíhal za stálé výstavby objektu a každým dnem se zhoršovala možnost montáže dodatečných prvků. Ve velice krátké době tak byly navrženy provizorní ocelové konstrukce podepření, které svedly navrhované zatížení ze 17 bodů do železobetonové konstrukce objektu. Optimalizací návrhu jsme docílili toho, že provizorní podpůrné konstrukce původně probíhající až na základovou spáru objektu ve všech bodech, jsme omezili na pouhé dva body. V ostatních bodech se podařilo v maximální možné míře využít železobetonovou konstrukci za použití ocelových sloupů a převážek. Přesto byla hmotnost provizorních ocelových podpůrných konstrukcí přes 70 tun (obr. 9).

Samotná montáž provizorního podepření proběhla v březnu 2016 od spodních pater směrem nahoru. V některých bodech podepření bylo nutné provést jádrové vývrty stropních konstrukcí pro osazení ocelových válcových tyčí o průměru 160 mm. Provizorní podpůrná konstrukce tak procházela několika podlažními bez ovlivnění stropních konstrukcí. V úrovni 2. NP bylo osazeno 6 převážek z ocelových profilů o velikosti až HEB 1 000, které byly vyztuženy žebry a stabilizačními prvky. Převážky zajišťovaly převedení zatížení z požadovaných bodů podepření do stávající železobetonové konstrukce. Mezi převážkami a na nich vztyčenými sloupy dočasných podpor, byly osazeny tzv. „komory“ (obr. 10) pro osazení zdvihacích hydraulických lisů. Hydraulické lisy i komory musely mít únosnost a zdvihací kapacitu minimálně 2 500 kN. Vzhledem k probíhající výstavbě a nedostatečné nosnosti věžových jeřábů pro montáž ocelových konstrukcí bylo využití věžových jeřábů stavby omezené. Převážná část konstrukcí v podzemních podlažích byla transportována po nedokončených vjezdových rampách do garáží a osazována za pomoci ručních zvedacích zařízení.



Obr. 9 – Provizorní podpůrná konstrukce po vyzrání betonu a demontáži bednění stropu



Obr. 10 – Komora pro osazení hydraulických lisů v provizorní podpůrné konstrukci

Montáž dílčích prvků ocelových konstrukcí

Po osazení posledních sloupů provizorního podepření v úrovni sálu a provedení bednění stropní konstrukce jsme přistoupili k osazování 18 ocelových kotevních desek o rozměrech 500 × 500 × 70 mm, jejich rektifikaci dle přesného geodetického zaměření a přivaření ke sloupům provizorního podepření v úrovni stropu hlavního sálu (3. NP). Následovala montáž svislých trubek, později plnicí funkci chrániček pro následné osazení předpínacích kabelů, jejich rektifikace a přivaření ke kotevním deskám a zajištění stability po dobu betonáže sloupů. Obdobně se postupovalo v dalších podlažích až k poslednímu nadzemnímu podlaží, ve kterém byly v červenci 2016 osazeny tzv. „převraky“ (obr. 11). Velká důležitost byla kladena na svislost napojovaných trubek z důvodu pozdějšího vkládání předpínacích kabelů a samotného předpínání.

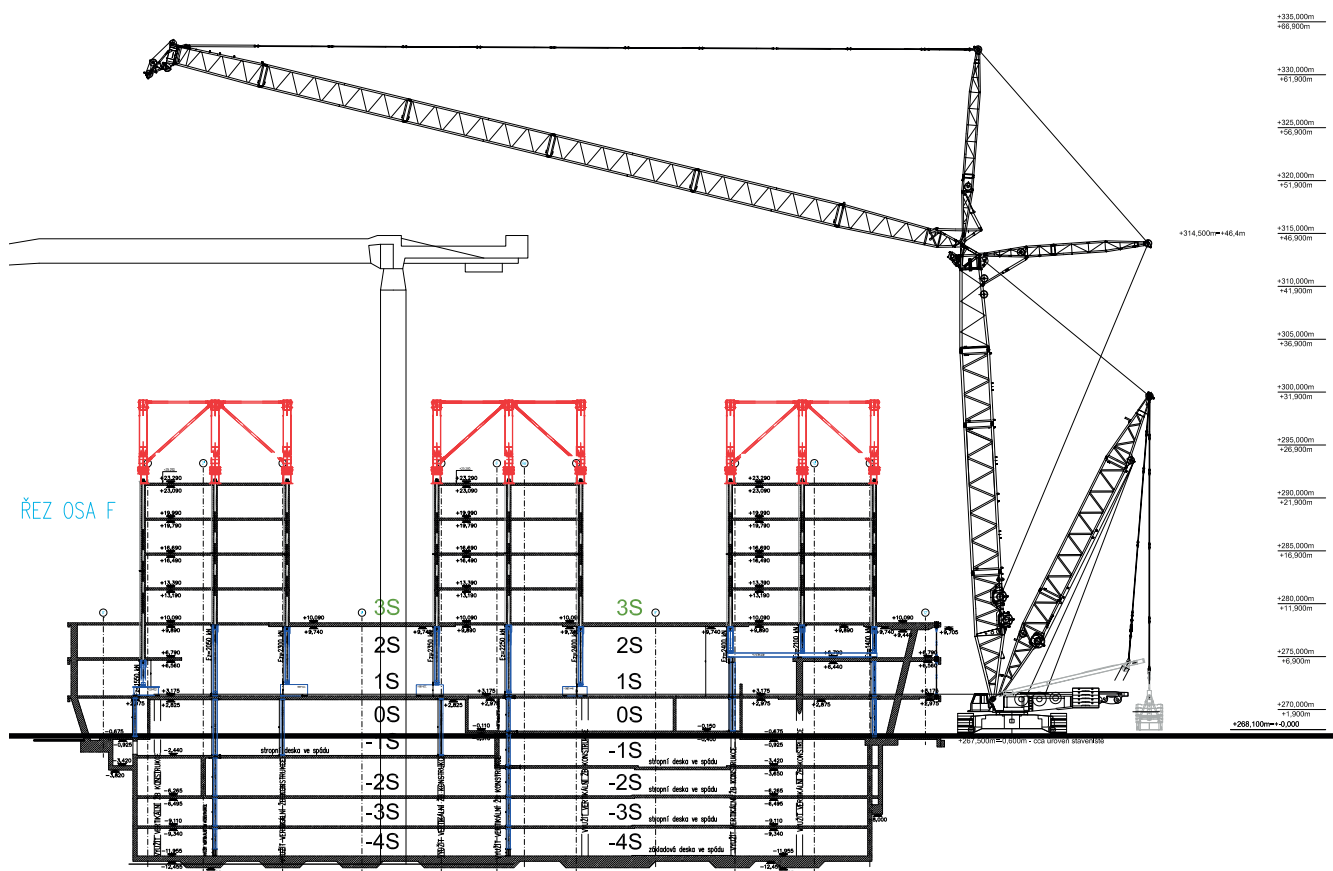
Další částí superkonstrukce bylo 18 kotevních boxů, které bylo možné namontovat až po betonáži střešní konstrukce. Na přesnost osazení kotevních boxů v osách G' a J' měla vliv již přesnost betonáže, resp. vyvážání a osazení výztuže do bednění sloupů v nižším



Obr. 11 – Osazení převraky



Obr. 12 – Zabetonované převraky v úrovni střechy a kotevní box před osazením



Obr. 13 – Porovnání velikosti objektu Trimaran a mobilního pásového jeřábu LR1750.

podlaží. Přípravou pro každý kotevní box totiž bylo 8 (v krajních osách 10) zabetonovaných závitových tyčí M30 přímo propojených se svislou betonářskou výztuží sloupů pomocí Lenton spojek. Aby bylo docíleno přesných roztečí závitových tyčí, byly při betonáži použity šablony, dle kterých bylo zároveň možné vytvořit kotevní jamky pro trny přivařené k dolní straně kotevních boxů. Každý kotevní box o hmotnosti cca 2–2,5 tuny byl po dostatečném vyzrání betonu střešní konstrukce osazen pomocí věžového jeřábu do projektové pozice dle vytyčených os. Následně došlo ke kontrolnímu geodetickému zaměření pozice boxů, vyhodnocení zaměření a provedení případných rektifikací i vzhledem k již zabetonovaným přepravkám (obr. 12). Důležité bylo také kotevní boxy urovnat výškově a v přesné horizontální rovině. Následně zbývalo každý kotevní box podlít vysokopevnostní plastmaltou, po jejím zatuhnutí dotáhnout matice, osadit speciální izolační desky, horní část kotevního boxu a válcové ložisko v ose J' (obr. 3).

Montáž jeřábu

Vzhledem k požadavku stavby na maximální zkrácení délky montáže superkonstrukce, bylo rozhodnuto o dopravení jednotlivých dílců na stavbu a montáži dolních pasů vzniklých vcelku. Jediným místem, kde bylo v rámci staveniště možné postavit takový jeřáb, který by byl schopen montáže superkonstrukce za daných podmínek se stala plocha zařízení staveniště v těsné blízkosti ulice Na Strži. Ovšem množství podzemních sítí v této oblasti a velikost zamýšleného jeřábu situaci dále komplikovalo.

Podařilo se však nalézt vhodnou pozici jeřábu s parametry pro ukládání břemen do osy 2 o max. hmotnosti 48 tun na vzdálenost 84 m, resp. do osy 1 o hmotnosti 40 tun na maximální vzdálenost 90 m. Jediným možným řešením se stalo použití největšího jeřábu svého typu v České republice. Jednalo se o mobilní pásový jeřáb LR1750 ve specifikaci SDWB S42, W77, D35 s celkovou délkou výložníku 119 m a použitím přídatné balastpalety s dalšími 250 t pro-



Obr. 14 – Montáž jeřábu LR 1750 reprezentující stav před vztyčením 119 m dlouhého výložníku

tváhy. Poměr velikosti objektu Trimaran a dané sestavy jeřábu LR1750 znázorňuje (obr. 13). Samotný jeřáb v této sestavě s maximální protiváhou použitou při montáži superkonstrukce vážil cca 1 000 tun. Z tohoto důvodu byl před montáží jeřábu proveden průzkum únosnosti podloží, které pro dané zatížení nevyhovělo. Proto bylo nutné zajistit sanaci podloží a vzepření přilehlých podzemních stěn objektu. Další úskalí z tohoto pohledu skýtala montáž a demontáž mobilního jeřábu, pro kterou bylo nutné se správci přilehlých pozemků a komunikací zajistit přes 1 800 m² záborů a úplnou uzavírku frekventované ulice Na Strži mezi ulicemi Na Pankráči a Milevská v jenom směru (obr. 14). Samostatnou kapitolou pak byla jednání se správci sítí a dotčených orgánů, skrze postavení mobilního pásového jeřábu LR1750 obkročmo nad horkovodem, v těsné blízkosti plynovodu a kanalizace. Samotná montáž jeřábu

trvala 4 dny, ve kterých bylo nutné smontovat nespočet dílů dopravených na 44 nákladních vozidlech. V průběhu montáže se geodetickým měřením kontrolovalo sedání pásů, které v maximální hodnotě dosáhlo 10 mm. Úspěšnost více než půlročního plánování jsme završili dne 11. 8. 2016 vztyčením jeřábu, které proběhlo v odpodních hodinách za účasti přihlížející veřejnosti.

Montáž superkonstrukce

Podmínkou montáže vazníků bylo dostatečné vyvržení železobetonových konstrukcí. Pro urychlení montáže a omezení rizik vyplývajících z montáže sloupů a táhel nad volnou hloubkou v osách J'–L' jsme zvolili variantu předmontáže vazníků v obrácené poloze (obr. 16 a 17), která zároveň umožnila lepší přístup ke konstrukci a volný pohyb pracovníků. Vhodnými osami pro předmontáž většiny vazníků se staly osy 6' a 10' jako střední osy jednotlivých objektů s dobrým přístupem z obou stran. Návozy dílců dolních pásů probíhaly po dvou kusech (obr. 15), vyjma posledního. Dílce dolních pásů byly dopravovány a montovány v pořadí osa 1', 2', osa 3', 5', osa 6', 7', osa 9', 11' a poslední osa 10'. Šlo vždy o nadrozměrnou přepravu probíhající v nočních hodinách. Ostatní dílce, sloupy, táhla, ztužení apod. byly dopravovány běžným způsobem avšak v předstihu, aby nedošlo k případným zpožděním. Důležitou roli hrála výstupní kontrola výroby a správné značení dílců. Jednotlivé dílce vypadají typově stejně a lehce by došlo k záměně. Odlišnosti jsou v počtu ok pro táhla, v tloušťkách použitých plechů i např. přivaření nerez oček pro reklamní plachty na správné straně dílce.

Předmontáž vazníků zahrnovala osazení dolního pasu v obrácené poloze na kotevní boxy osazené montážními přípravky, přizvednutí volného konce do projektové výšky, montáž sloupů v osách J' a K', zavěšení krátkých svislých táhel Macalloy M85 pod dolní pas



Obr. 15 – Návoz dílců dolních pásů



Obr. 16 – Montáž dolního pasu v obrácené poloze



Obr. 17 – Předmontáž dolního pasu



Obr. 18 – Předmontáž vazníku v obrácené poloze

v osách K' a L' a osazení šikmými táhly Macalloy mezi osami G'–L' (obr. 18). Hmotnost samotných 44 m dlouhých dolních pásů vazníků v závislosti na ose se pohybovala mezi 30–35 tunami. Ovšem předmontováním sloupů a táhel č. 5, 7, 8, 9 se hmotnost břemen zvýšila na 41–48 tun, což také vedlo ke změně polohy těžiště. Za pomoci výpočetního modelu jsme vždy získali přesnou informaci o poloze těžiště vazníku, která byla velice důležitá pro nastavení délky úvazků, připravení hákovnice jeřábu do pozice nad těžištěm a samotné manipulaci břemene v téměř vodorovné poloze. Ta velice usnadňovala osazení na kotevní boxy ve finální pozici. Takto připravené předmontované vazníky byly následně zdviženy (obr. 19),

otočeny o 180 stupňů a usazeny do finální pozice na kotevní boxy již osazené ložiskem v ose J'. Následovalo geodetické zaměření polohy dolních pasů s vyhodnocením návazností na zabetonované přepravky v osách E' a F' a pozice kotevních boxů.

Po zajištění dolních pasů ve finální pozici kotevních boxů závitovými tyčemi M27 následovalo opět přizvednutí předpětím táhel volných konců do projektové výšky a kompletace vazníků. Tedy montáž sloupů v osách F' a G', montáž zbývajících šikmých táhel Macalloy mezi osami E' a J' a montáž krátkých svislých táhel Macalloy v osách F' a E' pod dolní pas s připojením k „přeparkům“. Zkompleťované vazníky mohly být následně propojeny trubkovými ztužidly. Dle harmonogramu se nám během 20 dní podařilo namontovat hlavní část superkonstrukce, dále pak následovalo předpinání táhel, geodetické

měření, vážení objektu a superkonstrukce pomocí hydraulických lisů umístěných v komorách provizorních podpůrných konstrukcí, měření sil v táhlech Macalloy, montáž ztužení mezi vazníky atd.

Velice sledovaná byla následující montáž 18 kusů závěsných trubek (svislých táhel), každé o hmotnosti cca 2 tun v osách K' a L' a k nim přivařených 50 tun vážících ocelových konstrukcí tzv. „Nepeká“ tvořící tři zavěšené ocelové rošty integrované do nosné vodorovné železobetonové konstrukce. Důvodem bylo provádění montáže přímo nad střechou plně provozovaného konferenčního centra (obr. 21). Montáži tak předcházela mnohá jednání, při kterých se specifikovaly podmínky provádění, požadavky na bezpečnost, sladění montáže s provozem konferenčního centra, ochrana střechy, trvalý dohled apod. Nejprve bylo třeba závěsné trubky s přivařenými



Obr. 19 – Zdvih, otočení a usazení 1. předmontovaného vazníku na osu 1'



Obr. 20 – Montáž závěsných trubek



Obr. 21 – Stabilizace závěsných tyčí



Obr. 22 – Namontovaná ocelová superkonstrukce



Obr. 23 – Zavěšené ocelové rošty v osách K' a L'

prepravkami (krmítka) na zemi osadit tzv. „krmítko-fixačními“ prvky a montážními přípravky. Pro zajištění bezpečnosti byla montáž prováděna většinou v pozdních večerních hodinách, zkušenými horolezci, s použitím vahadla, které umožnilo čtyřnásobné předimenzování úvazku a zároveň umožnilo navlékání na vazník (obr. 20). Nyní se projevila zručnost jeřábníka věžového jeřábu, současně zkušenost navigátora a přesnost výroby ocelové konstrukce při čepování krátkých svislých táhel Macalloy pod dolním pasem vazníku. Pomocí geodetického měření ještě bylo nutné nastavit správnou délku dvojice již začepovaných krátkých táhel. Následovala stabilizace zavěšených trubek pomocí navrženého systému „krmítko-fixačních“ prvků, stojek multiprop a ocelových lan (obr. 21). Po namontování závěsných trubek vždy na trojici vazníků jsme mohli přistoupit k montáži a přivaření ocelového roštu „Nepeika“ později integrovaného do nosné vodorovné železobetonové konstrukce. Oceláři z Metrostav a.s., divize 3 si zde v rámci kompletní dodávky následně vyzkoušeli ukládku celkem 78 kusů prefabrikovaných železobetonových panelů Spiroll na zkompletovaný ocelový rošt.

Takto připravená ocelová superkonstrukce (obr. 22 a 23) byla geodeticky zaměřena a předána k předpínání táhel a nastavení geometrie zavěšených ocelových roštů před následnou postupnou betonáží zavěšených objektů.

MODEL PRO VÝPOČET A ZPRACOVÁNÍ PŘEDPÍNACÍHO POSTUPU

Autor globální statické analýzy objektu pracoval na modelu zahrnujícím všechny prvky ocelové konstrukce včetně táhel a betonovou konstrukci modelovanou v deskostěnách. Pro vlastní návrh ocelové konstrukce a vypracování předpínacího postupu byl použit zjednodušený model zahrnující všechny ocelové prvky včetně táhel, který

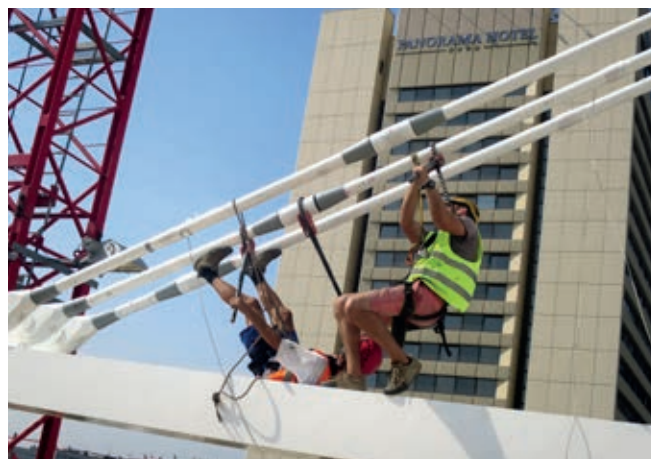
spolupůsobí s náhradním rámem na pružných podporách, který ve výpočtu nahradil svými vlastnostmi celou železobetonovou konstrukci. Vlastnosti náhradního modelu vycházely z podkladů autora globální statické analýzy. V modelu bylo uvažováno 33 fází výstavby, které respektují montážní postup a zároveň postupné zatěžování ocelové konstrukce rostoucí železobetonovou konstrukcí.

MONTÁŽ A PŘEDPÍNÁNÍ TÁHEL

Montáž a předpínání táhel probíhalo pod vedením společnosti Excon, a.s. ve třech hlavních etapách pro každou trojici vazníků. Všechny 257 táhel bylo opatřeno tenzometry v konfiguraci plného můstku tak, aby bylo možno táhla řízeně předpínat a zároveň monitorovat změny sil ve všech fázích montáže a výstavby.

První etapa zahrnovala montáž táhel a vnášení sil (do 100 kN) řetězovými klíči (obr. 24) před započítím betonáže objektu zavěšeného na osách K' a L'. Cílem první etapy bylo vnášení sil do táhel tak, aby nelineární složka tuhosti táhla nepřesahovala 5 %, a východí nadvýšení dolního pasu vazníku o cca 20 mm v osách K' a L'. U táhel č. 4, 5, 6 a 8 nebylo možno dosáhnout dostatečného předpětí, aniž by byl výrazně zdeformován dolní pas vazníku. Proto musela být tato táhla podepřena provizorními stojkami až do dosažení síly zajišťující jejich lineární chování (obr. 25). Díky tomu bylo možno použít geometricky lineární výpočtový model ve všech fázích výstavby. Po aktivaci táhel vazníků byla u os E' a F' konstrukce přes kyvná táhla M85 spojena s železobetonovou konstrukcí, jejíž sloupy byly předepnuty předpínacím kabelem.

Poté byla na vyvšených ocelových rostech, také nadvýšených na volných koncích o cca 20 mm, zahájena betonáž objektů v osách K' a L'. Po dokončení 2. podlaží byla v rámci 2. etapy dopnutá táhla 1 a 3 na hodnoty cca 350 kN a srovnány nerovnoměrnosti



Obr. 24 – Předpínání řetězovými klíči v první etapě (do 100 kN)



Obr. 25 – Podepření táhel provizorními stojkami



Obr. 26 – Dokončená železobetonová konstrukce zavěšená v osách K' a L'



Obr. 27 – Předpínání táhel technotensionery ve třetí etapě (do 1 800 kN)

v rozložení sil ve dvojicích, resp. trojicích sil v táhlech vazníku a v závěsech M85. Zvýšena byla i síla v táhlech č. 4, která se při betonáži povolují.

Třetí a závěrečná etapa předpínání táhel byla provedena po dokončení betonáže objektu zavěšeného v osách K' a L' (obr. 26). Cílem bylo vyzdvižení železobetonových konstrukcí v osách E' a F' z provizorních podpěr a zdvih vyvážení železobetonových konstrukcí v osách K' a L', které v průběhu betonáže poklesly o cca 60 mm, tedy na úroveň -40 mm. Přepínáním v této etapě bylo kromě vyzdvižení objektů na obou stranách dosaženo také projektované příznivé redistribuce vnitřních sil v železobetonové konstrukci a optimalizace rozložení sil v táhlech vazníků. Nejprve byla povolena táhla č. 4 v osách 3', 5', 7' a 9' na hodnotu 50 kN aby byla vytvořena rezerva pro výslednou maximální sílu v táhle po předepnutí. Poté byla v každé trojici vazníků předepnuta táhla č. 1 a 3 (až 1 800 kN) v jednom, nebo dvou krocích hydraulickým zařízením technotensioner (obr. 27). Současně byla průběžně dotahována táhla č. 5, protože se při dotahování táhel č. 1 a 3 průběžně povolovala. Na závěr byla laděna geometrie objektů vyvážení v osách K' a L' dopnutím některých táhel č. 7 a 9. Předpínací postup byl pro každou trojici táhel teoreticky připraven na tzv. ladičce. Jedná se o interaktivní excelovskou aplikaci, jejíž základem je vztahová matice vzájemného ovlivňování všech táhel v rámci jedné trojice vazníků, která se sestavuje vnesením jednotkových sil do každé dvojice, resp. trojice táhel a záznamem změn ostatních táhel ve svislém sloupci matice. Předpínací postup se pak dá jednoduše takto optimalizovat bez provádění výpočtů na výpočtovém modelu konstrukce a umožňuje rychlou reakci při potřebě úpravy

předpínacího postupu v průběhu předpínání. V třetí fázi byla konstrukce opět nadvýšena o cca 20 mm, aby po vnesení všech zbylých stálých a částí proměnných zatížení zaujala železobetonová konstrukce výsledný projektovaný tvar. V současné době probíhá dokončování objektu a geometrie konstrukce a síly v táhlech jsou průběžně monitorovány. Závěrečná kontrola sil v táhlech a geometrie bude provedena v rámci výchozí prohlídky konstrukce před kolaudací a po jednom roce provozu.

DEMONTÁŽ PROVIZORNÍHO POPEPŘENÍ

Po závěrečné etapě předpínání táhel na přelomu leden/únor 2017, v součinnosti s Excon, a.s. – projekt a řízení předpínání a měření, Tension Systems, s.r.o. – provádění předpínání táhel, Metrostav a.s. – geodetické měření, vážení konstrukce pomocí hydraulických lisů v komorách konstrukcí provizorních podepření a Recoc, spol. s r.o. – kontrola zatěžovacích stavů a chování železobetonové konstrukce, došlo k vyzdvižení železobetonových konstrukcí v osách E' a F' z provizorních podpěr (obr. 9). Následně jsme mohli přistoupit k demontáži konstrukcí provizorního podepření v prostoru sálu, pro které byly v jinak hotové fasádě vynechány otvory, kudy probíhalo vyvážení demontovaných prvků. Ostatní prvky provizorního podepření z podzemních podlaží byly později také demontovány a vyváženy po již hotových garážových rampách.

ZÁVĚR

Od kvalitního projektu, přes detailní přípravu až po bezvadnou realizaci, se od samého začátku jednalo o velice náročný originální projekt. Aktivní a bezpodmínečnou spoluprací všech zúčastněných subjektů se podařilo navrhnout a zrealizovat montáž bezpečným způsobem, provést bezpočet potřebných měření, která potvrdila teoretické předpoklady a zvládnout další náročné úlohy, které vedly k úspěšnému provedení díla. Realizovaná ocelová superkonstrukce nyní tvoří jednu z dominant pankrácké pláň. Nic podobného v České republice a pravděpodobně ani v evropském prostoru dosud realizováno nebylo a všichni zúčastnění si z této zakázky odnesli nové a velice cenné zkušenosti. Bylo zde využito mnoho teoretických postupů a technologií vyvinutých při minulých realizacích předpjatých ocelových konstrukcí, a to zejména při montáži a předpínání Trojského mostu.

Ing. Matěj Krupa, IWE,
matej.krupa@metrostav.cz,
+420 723 537 432,
Metrostav a.s.

Ing. Jindřich Hátle, MBA,
hatle@metrostav.cz,
+420 602 657 743,
Metrostav a.s.

Ing. Vladimír Janata, CSc.,
janata@excon.cz,
+420 737 270 530,
Excon a.s.

Trimaran – Commercial and Congress Center, Prague 4, Pankrác

The article deals with design, fabrication, erection and prestressing of steel superstructure of new building Trimaran in Prague. The trio of three trusses supported on a central aisle as simple beams carries on the overhanging ends on one side the suspended four storeys building above ceiling of the conference room and on the other side, as counterweight the three storey administrative building. The steel superstructure consists of 582 tons of steelwork and 257 prestressed tendons Macalloy.