



Ocelové konstrukce Terminálu hromadné dopravy v Hradci Králové

Terminál v Hradci Králové tvoří dvě odbavovací budovy pro cestující začleněné do konstrukce přestřešení nástupišť. Budovy mají betonový monolitický skelet, nosná konstrukce přestřešení nástupišť je ocelová. Plášť je tvořen membránami s prosklenými plochami. Terminál je umístěn v těsné blízkosti nádraží v lokalitě ohraničené ulicemi Nádražní, Sladkovského a Hořická. Součástí velkorysého stavebního řešení je úprava ploch před nádražím.

POPIS OCELOVÉ KONSTRUKCE

Celá vnější konstrukce je tvořena dvěma téměř shodnými, navzájem propojenými konstrukcemi. Ocelová konstrukce je v převážné míře svařovaná z trubek a plechů, je zavěšená na předepnutých táhlech. Konické sloupy podporují hlavní prstenec, do kterého jsou vetknuty střešní nosníky. Prstenec podporuje páteřní rámový oblouk, do kterého jsou zavěšena táhla nesoucí střešní nosníky a místnost dispečera. Střešní nosníky jsou zavěšeny i na táhlech kotvených do šikmých rámových stojek. Táhla jsou svedena na úrovni terénu do čtyř kumulovaných patek, dále jsou kotvena ke 12 trakčním sloupům. Trakční sloupy jsou konické a jsou organicky začleněny do systému táhel. Šikmé stojky mají tvar doutníku. Na konstrukci byly použity trubky. Nepravidelné tvary skříňových střešních křivopasých nosníků i prstence byly svařeny z plechu. Rozpěry střešních nosníků jsou buď příhradové, obloukové nebo rámové ve tvaru doutníku, nebo ve tvaru dvou do sebe zapřených oblouků. Táhla jsou tyčová. Konstrukce je chráněna nátěrem. Konstrukce je vyrobena převážně z oceli S355, táhla z oceli S460 (520). Přestřešení tvoří membrány a prosklení. Membrány jsou z PVC. Prosklení je řešeno zavěšenými rástrovými stěnami. Sloupky a pažďky jsou svařované „T“ průřezy.

STATICKÝ MODEL

Zadání obsahovalo celou řadu vad, které bylo nutné po dohodě s architektem odstranit. Výsledný 3D statický model byl ověřen na nezávislých SW. Na prutové soustavě byl uplatněn nelineární výpočet s předpětím.

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Název stavby	Terminál hromadné dopravy v Hradci Králové
Investor	Dopravní podnik Hradce Králové a.s.
Architekt	doc. Ing. arch. Patrik Kotas, doc. Ing. arch. Jan Štípek, Ing. arch. Jaromír Chmelík
Generální projektant	Sdružení Metroprojekt Praha a. s. + Ateliér designu a architektury – Ing. arch. Patrik Kotas
Dodavatel stavby	Strabag a. s., Odštěpný závod Ostrava, oblast Sever
Dodavatel OK	Strabag a. s., Pozemní stavitelství České Budějovice
Projektant OK*)	Pars building s. r. o., odpovědný inženýr Ing. Jaromír Tomek
Spolupracovníci	Ing. Petr Beneš, Ing. Petr Kavan, Ing. Martin Kubík, Ing. Jana Tomková
Realizace stavby	2006 až 2008

*) Naše kancelář měla za úkol projekčně připravit celou vnější nosnou konstrukci včetně membrán a prosklených ploch (RDS + DVOK).



Pohled na konstrukci od JV těsně před přejímkou.



Celkový pohled na terminál i s okolím

TECHNICKÁ DATA KONSTRUKCE

Svařovaná ocelová konstrukce charakteristického tvarosloví, zavěšená na předepnutých táhlech. Přestřešení tvoří předepnuté membrány a prosklení. Tento typ konstrukce, svým rozměrem drží v ČR prvenství.

Hmotnost ocelové konstrukce vč. příslušenství	850 t, z toho táhla tvoří 50 t
Půdorysné rozměry přestřešené plochy	60 × 144 m (půdorysná odvodňovaná plocha = 8 300 m ²)
Světlá výška pod přestřešení	proměnná od 9,5 do 14,5 m
Rozpětí/vzepětí/délka membrány	10 m/var. od 2,0 do 5,0 m/var. od 25 do 32 m
Plocha membrány/plocha prosklení	6 300 m ² /1 200 m ²
Délka krajního střešního nosníku	32,5 m
Vzepětí konstrukce páteřního oblouku	9,5 m
Rozpětí páteřního oblouku	78 m
Výška doutníkové stojky	24,5 m
Maximální průměr táhla (Macalloy)	105 mm (3 000 kN)

Detaily byly kontrolovány výpočtem na objemových prvcích-solidech. Pro kontrolu a snazší orientaci v problému byl vyroben i zmenšený fyzický model. Výpočet byl velmi komplikovaný už proto, že zatížení bylo nutné převzít od statika odpovědného za výpočet membrán. Nelinearita úlohy s předpětím a velké množství vstupních dat plně popisuje složitost problému. Konstrukce se počítala několikrát, tak jak byla vstupní data přístupná, a postupnými kroky se zpřesňovaly údaje.

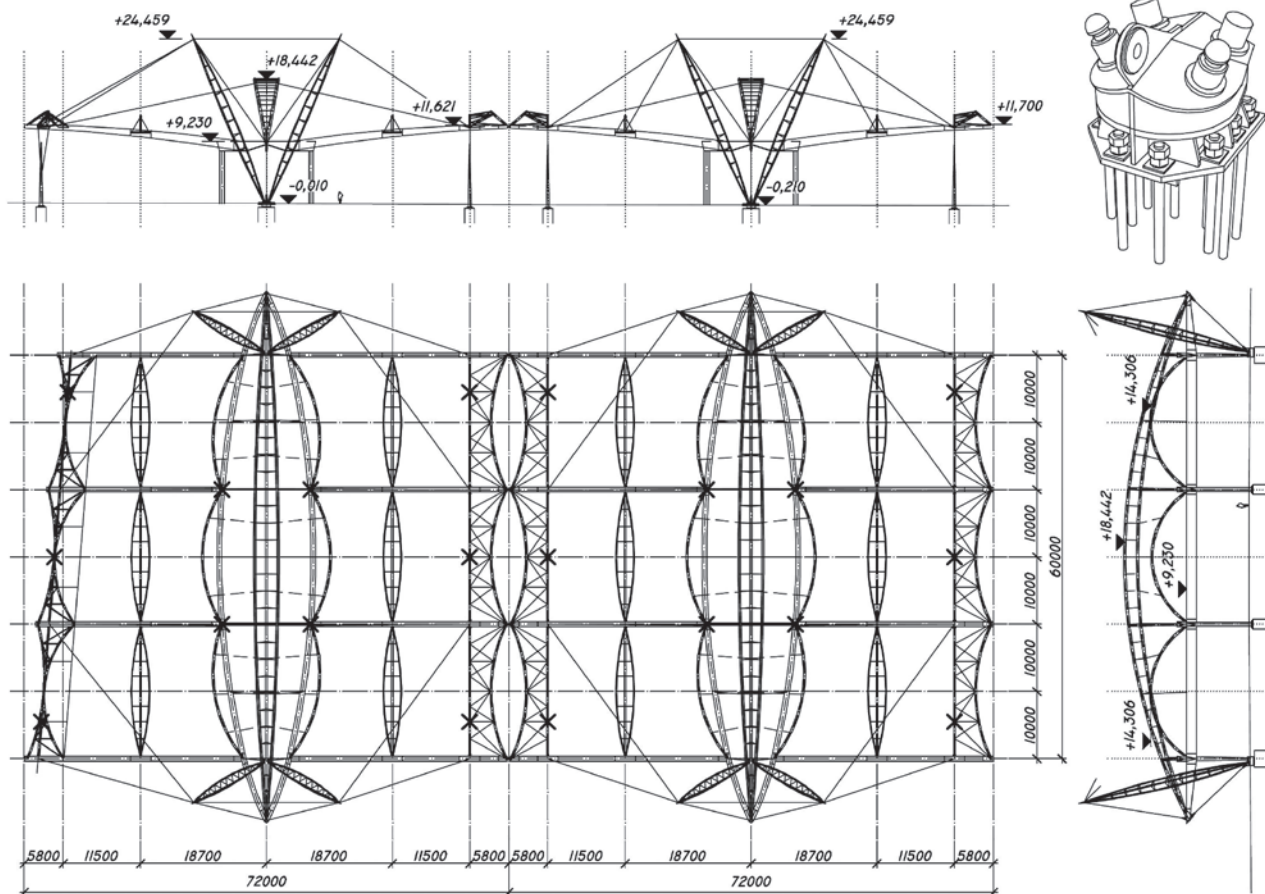
PROVÁDĚNÍ

Konstrukce je rozměrná a proto kladla velké nároky na dosažení potřebné přesnosti s ohledem na požadavky kladené táhly a geometrií membrán. Táhla musely mít předepsanou délku a membrány musely mít předepsanou geometrii, protože geometrické odchylky konstrukce ovlivňovaly nejen napjatostní stav táhla a membrán ale i montáž těchto prvků. Dosaženou geometrie velmi ovlivňovala teplota prostředí. Geometrie byla geodeticky průběžně sledována a vy-

hodnocována. Montáž vyžadovala velkou profesionalitu na straně montážní organizace i řídicích a kontrolních orgánů. Příprava byla velmi náročná. Dobře se nám spolupracovalo s dodavatelem-firmou Strabag a. s., pro kterou jsme stavbu projekčně připravovali a který to neměl vůbec lehké. Velmi si ceníme i vstřícného přístupu architektů ateliéru Patrika Kotase, dodavatele táhel Macalloy i táhel Pfäifer. Příkladná byla spolupráce s realizačním týmem dodavatele membrán.

NĚKOLIK POZNÁMEK E KONSTRUKČNÍMU A TVAROVÉMU ŘEŠENÍ

a) Střešní nosníky jsou křivopasé, složené z lomených oblouků, přičemž půdorysný průmět je obdélníkový. Z tohoto důvodu bočnice tvoří zborčené plochy. Obdobně je možné nalézt zborčené plochy na koncích prstenců podporujících páteřní oblouk. Zborčené plochy v obecné rovině nejsou pro výrobu vhodné. Tyto prvky kladou velké nároky na výrobní přípravu i vlastní výrobu. Pro konstruktéra to znamená, že musí jejich tvar dobře vyšetřit na nějakém specializovaném SW a posléze pro výrobu i přehledně zdokumentovat. Pro výrobce to zpravidla znamená vyrobít přípravky a navrhnout i speciální výrobní postupy, popř. si i některé postupy ověřit na modelu. Praxe ukazuje,



Rozměrové schéma konstrukce



že i přes velkou snahu všech zúčastněných něco nevyjde a výsledek nemusí zcela splňovat náročná pohledová kritéria. Vždy je lepší již ve stádiu architektonickém návrhu přemýšlet, jak se takový prvek vyrobí, tj. provést studii proveditelnosti. Máme zkušenosti, že je-li od počátku jasná koncepce, i výsledek bývá dobrý.

b) Pro návrh membrán i zasklení (tj. nesených konstrukcí) je nutnou podmínkou jasně definovat prostorovou geometrii konstrukce. Má-li hlavní nosná konstrukce komplikovaný tvar je obtížné tento tvar popsat a odhadnout jeho možné odchylky. Například výrobci membrán pracují na specializovaném SW, předávaná data proto musí respektovat možnosti jejich SW. I v tomto případě je lepší již ve stádiu architektonickém návrhu na toto pamatovat a určit, jak se takový tvar definuje, tj. provést studii geometrie tvaru a jeho odchylek. Membrány i zasklení je nutné předem vyrobit v přesném rozměru – na to je nutné od počátku myslet.

c) Membrány jsou velmi pozvolné a dlouhé a v tomto hledisku jejich geometrie překračuje běžná pravidla platná pro tyto konstrukce. Z tohoto důvodu bylo nutné membrány vyztužit a zvláštním způsobem

podepřít. Nezátížené mají plynulý pozvolný tvar, při zatížení dosednou na podporu a jejich tvar a tím i silové účinky do podpor se změni, membrány jsou dále podporovány prostupujícím táhlem. Tento požadavek velmi zkomplikoval návrh i provádění konstrukce. I v tomto případě je lepší již ve stádiu architektonickém návrhu respektovat běžná pravidla, která garantují funkčnost, údržbu i životnost – nejít zbytečně proti. Při přejímce membrán je nutné pamatovat na to, aby dodavatel předal i výsledné silové účinky, kterých dosáhl a měřením stanovil na finální konstrukci. Bez těchto údajů je přepočet konstrukce obtížné provést.

d) Soustava táhel, která podporuje konstrukci má geometrii, která vybočuje ze zvyklostí, které jsou běžné u těchto konstrukcí. Táhla svírají s nesenou konstrukcí i mezi sebou vzájemně takové úhly, které generují velké síly do táhel i jejich přípojí. Také mírná změna geometrie nebo silového účinku vede k významným změnám v ostatních táhlech. Pro jedno táhlo bylo nutné vyvinout unikátní sestavu složenou z tyčí Macalloy a lana Pfeifer, která byla zakončena atypickým styčnickým pantem. Tyto skutečnosti velmi zkomplikovaly návrh, montáž i přede-



Špička doutníkových sloupů – kumulace táhel do jednoho místa



Tvarové řešení kumulované patky



Lešení bylo nutné pro provádění náterů a úchytů pro membrány.



Pohled na zakončení obvodových prstenců a páteřního obloukového nosníku

pnutí konstrukce. V zadání bylo striktně požadováno užití tyčových táhel Macalloy. Některá táhla jsou velmi dlouhá (34 m). U těchto táhel měla být dána přednost lanům, která jsou tvárnější a únosnější. Bývá zcela běžné, že na jedné konstrukci jsou užitá lana i táhla. Geometrii konstrukce s táhly je dobré navrhnout tak, aby v táhlech byly přiměřené síly a styčníky měly správnou orientaci. Provede-li se to dobře, táhla i styčníky vyjdou subtilní a konstrukce to prospěje.

e) Na hlavní oblouk v polovině rozpětí je zavěšena kulová místnost dispečera. Místnost je přístupná lávkou z galerie. Tomuto netradičnímu řešení měla být od počátku věnována větší péče a měly být dopředu stanoveny parametry vzájemného poměru tuhosti a velikosti hmoty tak, aby se místnost nedala snadno rozkmitat, tj. aby bylo za všech podmínek splněno platné Nařízení vlády č. 148/2006“ o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Kompromisní řešení se hledalo až v průběhu stavby, tj. v době kdy byl již hlavní páteřní oblouk vyroben a nebylo možné podstatným způsobem ovlivňovat jeho tuhost.

f) Bývá dobrým zvykem, že u architektonicky exponovaných konstrukcí se na začátku stavby provádí vzorek vybrané části stavby v měřítku 1:1 a na něm se ověří proveditelnost vybraných prvků. Zpravidla se jedná o výsek ideálního místa konstrukce – vše v jednom. Celý realizační tým má možnost si

dopředu a v malém vyzkoušet o co půjde ve velkém (příprava, realizace, finalizace, termíny atd.). Celkový výsledek bývá po všech stránkách lepší, vždy se to vyplatí. Škoda, že na toto nebyly vyčleněny prostředky.

g) Terminál je rozměrná konstrukce. Svou velikostí má na to, aby oslovila odbornou ve-

řejnost. Škoda, že při jejím původním návrhu, až na výjimky, nebyl brán větší zřetel na konstrukční detail, který určuje, jak bude konstrukce vnímána. Obávám se, že její potenciál oslovit se tak do jisté míry omezil. K návrhu konstrukce jsme se dostali v době jejího zadání dodavateli a to je pozdě na pro-



Prostor pod membránami po dokončení



Konstrukce je dokončena. Zakřivení je záměrně zdůrazněno objektivem.



Napínací do sebe vzepířené oblouky membrán na straně nádraží

sazení zásadních koncepčních změn. Dodavatel má jiné priority – vývoj jej poškozuje, přesto jej podporoval. I jemu šlo o to odvést dobrou práci. Do konstrukce se nám podařilo vtisknout základní detaily a principy, které doufám stavbě prospěly. Architekt je vzal za své. Větší prostor jsme bohužel nedostali. Cením si našeho návrhu kumulované společné patky – jakýsi pozůstatek klounu a dále tvarové řešení do sebe opřných vodorovných oblouků plachet na straně nádraží. Osobně jsem chtěl ještě prosadit čelen. Typologicky se sám nabízel a přitom i dobře zapadal do statického systému, který bylo nutné opravit. Bohužel městský dozoruující architekt toto odmítl. Koncepčně mám své výhrady vůči velkému průměru táhel. Více tenčích táhel a především v provedení z lan by dodaly celé konstrukci větší lehkost a atmosféru. Připoje by byly subtilnější. Tyčová táhla navozují dojem velkého stroje, přitom stačilo málo a divák si mohl odnést dojem velké plachetnice! Referenční stavbou bylo Molo v Janově od Renza Piana – na stavbě v Janově je vše tak, jak má být. Přes všechny své výhrady hodnotím stavbu velmi pozitivně. V českém měřítku je významnou dominantou. Je to výzva pro ostatní, nechat se inspirovat a návrh překonat.

Ing. Jaromír Tomek,
tomek@pars.cz,
Pars building s. r. o.
foto: autor

Ocelové konstrukce Terminálu hromadné dopravy v Hradci Králové

Terminál v Hradci Králové tvoří dvě odbavovací budovy pro cestující začleněné do konstrukce přestřešení nástupišť. Budovy mají betonový monolitický skelet, nosná konstrukce přestřešení nástupišť je ocelová. Plášť je tvořen membránami s prosklenými plochami. Článek se blíže věnuje právě ocelovým konstrukcím a jejich statickému návrhu a problematice táhel a membrán, které jsou zde hojně využívány.