

## SPOJOVACÍ OBJEKT A TERMINÁL SEVER 2 LETIŠTĚ PRAHA-RUZYŇ

### A CONNECTING STRUCTURE AND THE NORTH 2 TERMINAL, PRAGUE-RUZYŇ AIRPORT

PAVEL ČÍŽEK

Pro výstavbu konstrukcí dalších leteckých budov byla v nejvyšší možné míře použita montovaná prefabrikovaná betonová konstrukce. Tato volba měla příznivý dopad na rychlost, operativnost a hospodárnost výstavby včetně vazeb na střešní ocelové konstrukce větších rozponů.

An assembled prefabricated concrete structure was used for the construction of structures of new airport buildings as much as possible. This choice had a favourable effect on the speed, operability and economy of construction, including its links to roof steel structures of larger spans.

Letištní budovy na sebe vzájemně navazují. Vyznačují se náročným a komplikovaným provozem podléhajícím přísným, zejména bezpečnostním kritériím. Koordinace velkého množství profesí a subdodavatelů s často kolizními požadavky je velice obtížná a nároky na konstrukci značné. Problematický bývá návrh konstrukce v tendrové dokumentaci, který ani nemůže předvídat reálné podmínky výstavby z hlediska dodavatelských vztahů, v té době neznámých. Z toho vyplývají značné nároky při zpracování realizační a výrobní dokumentace nosné konstrukce, ovlivněné mnohými změnami v uspořádání a nárocích na úpravu konstrukce od jednotlivých profesí, nemluvě o změnách postupů výstavby v jejím prů-

běhu s negativními důsledky na priority dodávek dílců pro montáž.

**Spojovací objekt** a **Terminál Sever 2** jsou součástí plánovaného rozšiřování Letiště Praha-Ruzyň (obr. 1). Konstrukce vícepodlažního skeletu je železobetonová prefabrikovaná, doplněná o lehké ocelové konstrukce střešních halových částí a veřejná ocelová schodiště. Monolitické prvky konstrukce navrhované v tendrové dokumentaci byly plně nahrazené prefabrikací. To se ukázalo být prozřívavé ve vztahu k požadovanému zkrácení doby výstavby a k neustálým změnám jejího postupu, zejména v důsledku kolizí se současně probíhajícími budováním velkokapacitních kolektorů. Konstrukce je založena prostřednictvím vrtných pilot.

**Spojovací objekt** se dvěma až čtyřmi podlažními se rozprostírá nad obdélníkovým půdorysem 85,7 x 172,65 m s rozšířením o tzv. Fischerovu halu s plochou 25,4 x 40,24 m. Budova je propojovacím článkem mezi stávajícím a nově budovaným terminálem. Objekt je rozdělen v polovině delší strany půdorysu na dvě dilatační části.

**Terminál Sever 2** – část 2a (obr. 2) má dvě až pět podlaží s náročným prostorovým uspořádáním konstrukce. Zrušením dvou dilatací vznikl jediný dilatační celek nad půdorysem 106 x 96 m. Část

Obr. 1 – Situace budovaných objektů

- 1 – Spojovací objekt
- 2a, 2b – Terminál Sever 2
- 3 – Fischerova hala
- 4 – Prst C
- 5 – Stávající Terminál
- D – Dilatace

Fig. 1 Layout of the structures to be built

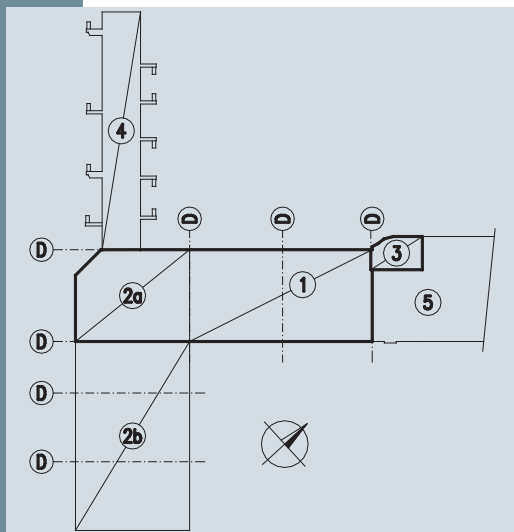
- 1 – Connecting structure
- 2a, 2b – North 2 Terminal
- 3 – Fischer's Hall
- 4 – Finger C
- 5 – Current terminal
- D – Dilatation

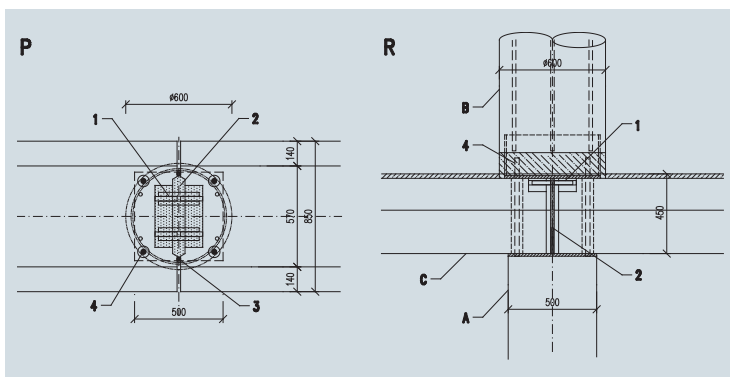
Obr. 2 Celkový pohled z průběhu montáže skeletu

Fig. 2 General view of the process of the skeleton assembly

Obr. 3 Síť sloupů 12/12 m, v pozadí 6/6 m

Fig. 3 System of columns 12/12 m, and 6/6 m in the background



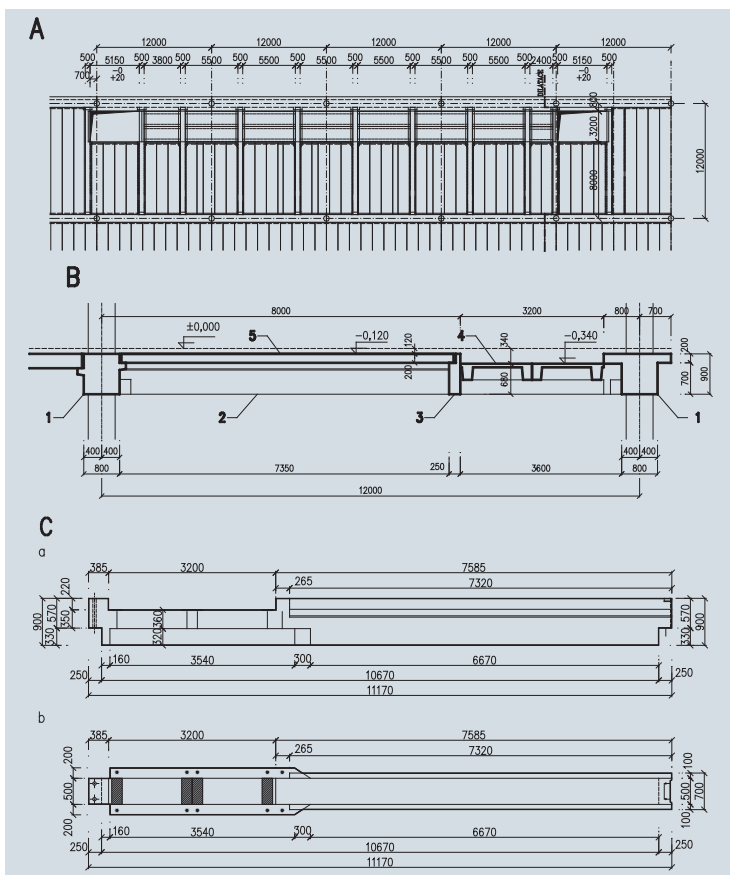


Obr. 4 Rámový styčník (P – půdorys, R – podélný řez), A – sloup se čtvercovým průřezem, B – sloup s kruhovým průřezem, C – rámová příčle, 1 – svařovaný styk výztuže příložkami, 2 – betonová závlivka, ve spodní části GROUTEX 603, 3 – těsnění, 4 – výztuž spodního sloupu kotvená přes otvor v průvluku k ocelové objímce kruhového sloupu

Fig. 4 Frame joint (P – plan, R – longitudinal section), A – column with a square section, B – column with a circular section, C – frame cross-beam, 1 – welded connection of the reinforcement with cover plates, 2 – concrete grout, GROUTEX 603 in the bottom part, 3 – sealing, 4 – reinforcement of the lower column anchored through an opening in the girder to a steel sleeve

Obr. 7 Stropní konstrukce s travelátory, A – půdorysná skladba jedné sekce, B – příčný řez stropem, C – hlavní nosník 2 – tvar (a – pohled boční, b – půdorys), 1 – rámová příčle, 2 – hlavní nosník, 3 – podélný nosník, 4 – žebrové panely, 5 – panely PARTEK

Fig. 7 Floor ceilings with travellers, A – plan structure of one section, B – cross-section of the ceiling, C – main beam 2 – shape (a – lateral view, b – plan), 1 – frame cross-beam, 2 – main beam, 3 – longitudinal girder, 4 – ribbed panels, 5 – PARTEK panels



Obr. 5 Vytváření otvorů v stropních konstrukcích  
Fig. 5 Making holes in floor structures



Obr. 6 Pohled na vybrání pro travelátory s otvorem pro strojovnu

Fig. 6 View of a hollowing for travellers with an opening for the engine room

Obr. 8 Podhled na strukturu stropu s travelátory  
Fig. 8 Ceiling for the floor structure with travellers





Obr. 9 Hlavní příčný nosník pro strop s travelátory

Fig. 9 Main cross-beam for the ceiling with travellators

Terminálu 2b projektovaná v KBS inženýrské a projektové kanceláři, s. r. o., je oddilátována.

#### KONSTRUKCE

**Skelet** je tvořený vícepodlažními rámy se sloupy čtvercového nebo kruhového průřezu situovanými převážně v modulovém rastru 6 x 6 m místně zahuštěném na rastr 6 x 6 m (obr. 3).

Síť sloupů v rastru 12 x 12 m místně doplňovaná moduly 6 x 6 m je v této kombinaci dosti problematická z více hledisek: zakládání s řádově rozdílným zatížením sloupů, montáž dílců značně nevyvážené hmotnosti a jistě i nižší flexibilita prostoru pro budoucí změny provozu.

Příčle jsou stykovány přednostně nad sloupy s ověřenými detaily, které zajišťují tuhost rámových styčníků (obr. 4). U dilatací mají příčle převislé konce a zazubená čela s úložnými plochami pro kluzná ložiska.

Rámové příčle mají obdélníkové průřezy s výškami od 0,45 m až do extrémních 1,55 m s průběžnými konzolkami, spodními přírubami určenými pro uložení deskových panelů nebo s konzolami pro uložení příčných nosníků.

**Pro stropy** jsou většinou použité dutinové předem předpjaté panely PARTEK s tloušťkami 200, 250 a 320 mm v závislosti na délkách a zatížení. Stálé zatížení činí 3 kNm<sup>-2</sup>, nahodilé 5 kNm<sup>-2</sup>. Dnes používané podélné a čelní styky těchto panelů průkazně zajišťují jejich spolupůsobení, jak bylo dostatečně ověřeno četnými zatěžovacími zkouškami

i potvrzeno podrobnými výpočty. Z tohoto důvodu jsme betonovou membránu navrženou v tendrové dokumentaci zrušili. Na prostupy jsme používali výřezy v panelech, u větších rozměrů na šířku 1,2 m ocelové výměny. Prostupy menších průměrů do 0,2 m byly vrtány na stavbě. Anomálie jsou řešeny výměnami, plnými nebo žebrovými deskami (obr. 5).

Konstrukce je navržena na minimální požární odolnost 45 min. a ve stanovených úsecích je zvýšena na 60 nebo 90 min. Místně je u dutinových panelů použitý ochranný nástřik.

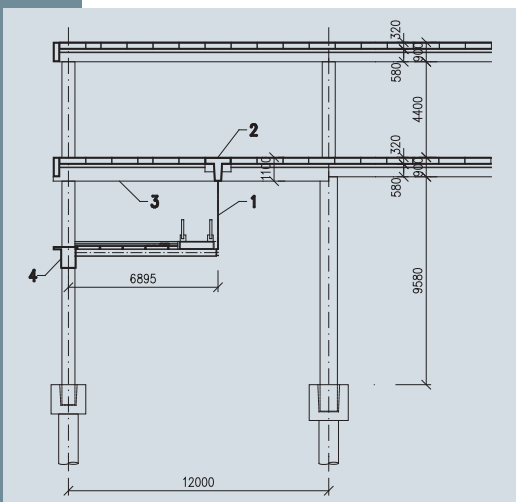
V návaznosti na uložení ocelových konstrukcí jsou do betonových dílců zabudované kotevní desky a také přípravy pro zemnění.

**Travelátory** v délce 2 x 54 m jsou vedeny v 12 m chodbovém traktu u proskleného obvodu s výhledem na letištní plochu a jsou uloženy do zahlušeného koryta šířky 3,2 m (obr. 6). Návrh zalomené monolitické stropní konstrukce s trámy v rozteči 3 m a deskami s tloušťkami 0,4 a 0,5 m byl z mnoha důvodů pro výstavbu nepřijatelný a byli jsme vyšším dodavatelem vyzváni k návrhu a provedení stropní konstrukce v prefabrikované verzi. Ze čtyř uchazečů o dodávku travelátorů KONE, OTIS, THYSSEN a SCHINDLER byl vybrán posledně jmenovaný.

Idea návrhu prefabrikované stropní konstrukce spočívá v jejím maximálním vylehčení ruku v ruce se zajištěním dostatečné tuhosti pro požadované výškové tolerance ±5 mm v uložení travelátorů.

Obr. 12 Obvodové nosníky pro uložení ocelové konstrukce příletové chodby

Fig. 12 Peripheral supporting structures for the steel structure placement in the arrival hall



Obr. 10 Zavěšená ocelová konstrukce příletové chodby – příčný řez, 1 – táhlo, 2 – nosník s T průřezem, 3 – zesílená rámová příčle, 4 – obvodový nosník

Fig. 10 Suspended steel structure of the arrival hall – cross-section, 1 – tendon, 2 – T-beam, 3 – reinforced frame cross-beam, 4 – peripheral supporting structure

Obr. 11 Stropní nosník s otvory na provlečení závěsů zavěšené ocelové konstrukce

Fig. 11 Floor beam with openings for running through suspensions of the steel structure





Obr. 13 Prefabrikovaný dojezd výtahu  
Fig. 13 Prefabricated truck zone

Klíčovým prvkem stropní konstrukce je soustava příčných nosníků s pravidelnou roztečí 6 m komplikovaného tvaru a proměnného průřezu (obr. 7, 8 a 9). Nosník je prostě podepřený v uložení na obvodovou příčli a částečně vetknutý v uložení na příčli vnitřní. Výhodou vybraného travelátoru SCHINDLER byla nejnižší hodnota zapuštění, která činila 340 mm. Dílce se zabudovanými ocelovými pásy pro přichycení travelátorů byly uloženy na hlavní nosníky. Stropní panely PARTEK tloušťky 200 mm byly ukládány na příčník oddělující koridor travelátorů od pochůzného podlahy a na rámovou příčli. Tímto se polovina zatížení chodbového traktu přenášela přímo na vnitřní rámo-

Obr. 15 Fischerova hala se zakruženým obvodem  
Fig. 15 Fischer's hall with a covered envelope



vou příčli. Schéma navržené konstrukce a tvar příčného nosníku jsou uvedeny na obr. 6 až 9. Hmotnost realizované prefabrikované konstrukce činí 500 kg/m<sup>2</sup>.

**Příletovou chodbu** šířky ~7 m situovanou při obvodu terminálu s orientací k letištní ploše v krajním modulu s 12 m rozpony tvoří ocelová stropní konstrukce, zavěšená do betonového stropu druhého podlaží s nepříznivým lokálním zatížením koncových rámových příčlí (obr. 10). Vnitřní nosníky se svislými otvory určenými k provlečení a zakotvení táhel jsou uloženy na konzoly rámových příčlí a jsou propojeny se stropními panely PARTEK (obr. 11). V obvodu je ocelový strop kotvený do železobetonových obvodových nosníků (obr. 12).

**Dojezdy výtahů** s prohlubněmi jsou navrženy na rázové zatížení. Monolitické provedení navržené v tendrové dokumentaci bylo nahrazeno ryze prefabrikovanou konstrukcí s částečným využitím prostorových stěnodeskových dílců



Obr. 14 Konstrukce komunikačních jader  
Fig. 14 Structure of transportation cores

s příčným průřezem tvaru U (obr. 13). **Komunikační jádra** mají značné půdorysné rozměry s komplikovaným uspořádáním schodišť, chodeb, výtahových a rozvodových šachet. Monolitické stěny výtahů a šachet a některé monolitické desky byly nahrazeny soustavou prefabrikovaných nosníků a stropních desek (obr. 14). Zrušením lokálně tuhých krabicových útvarů se stala konstrukční soustava z hlediska vodorovné tuhosti v celém půdorysu budovy rovnocenná a počet dilatačních částí jsme mohli snížit.

**Fischerova hala** komunikačně napojená na spojovací budovu a stávající terminál byla celá demontovaná a na jejích základech postavena dvoupodlaž-

Obr. 16 Fischerova hala se stropními panely TT  
Fig. 16 Fischer's hall with TT ceiling panels





Obr. 17 Příletová hala  
Fig. 17 Arrival hall



Obr. 18 Pohled na 44t nosník s převislými konzolami

Fig. 18 View of a 44t beam with overhanging cantilevers

Základní údaje	
Investor	Česká správa letišť, s. p., Letiště Ruzyně
Projekt	Nikodem & Partner, s. r. o.
Vyšší dodavatelé	METROSTAV, divize 6 pro Spojovací objekt SKANSKA a STRABAG pro Terminál Sever 2
Projekt prefabrikovaných konstrukcí	A-Z PREZIP, a. s., Chrudim pro Spojovací objekt a Terminál Sever 2a KBS inženýrská a projektová kancelář, s. r. o., pro Terminál Sever 2b
Koordinace statiky pro Terminál Sever 2	Ing. Vladislav Bureš – STATIKA projekční kancelář
Výrobci dílců	DYWIDAG Prefa Lysá nad Labem, a. s. H.A.N.S. STAVBY, a. s., Praha–Chodov Chladicí věže Praha, a. s., divize 04 Chvaletice MABA PREFA, spol. s r. o., Veselí nad Lužnicí ZIPP Praha, s. r. o., závod Dýšina ŽPSV Uherský Ostroh, a. s., závod Borohrádek
Montáž	Spojovací objekt: PREZIPP, s. r. o., Chrudim H.A.N.S. STAVBY, a. s., Praha–Chodov Terminál Sever 2 – část 2a: PREZIPP, s. r. o., Chrudim
Náklady	Spojovací objekt: 78 mil. Kč Terminál Sever 2 – část 2a: 89 mil. Kč
Montáž	září 2003 až září 2004

ní budova. Zaoblený půdorys obvodu, požadavek na volný prostor pod střechou s rozponem až 21 m vedly k návrhu atypických dílců a k použití předem předpínaných střešních žebrových panelů (obr. 15, 16).

**Příletová hala** napojená komunikačně na prst C je překlenuta zaoblenou příhradovou konstrukcí. Celý prostor haly se vyznačuje komplikovanou strukturou podlaží s vazbami na schodiště, výtahy a eskalátory (obr. 17). To se zrcadlí i ve tvarové náročnosti některých prefabrikovaných dílců značně staticky exponovaných. Jedna příčle dosahuje délky až 18 m a hmotnost 44 t (obr. 18).

Pro úplnost uvádím záběry na část b Terminálu Sever 2 s prefabrikovanou konstrukcí navrhovanou statickou kanceláří KBS, kde pro patnáctimetrové moduly byly

navrženy a použity stropní žebrové předem předpínané panely (obr. 19 a 20).

#### ZÁVĚR

O náročnosti výstavby letištních budov jsem se zmínil již v úvodu. Průběh projekčních prací s přímou návazností na výstavbu v reálu to jen potvrdil. Jedním ze závažných nedostatků se mi jeví opožděný výběr subdodavatelů a následně uplatňované požadavky na již postavenou konstrukci. Navzdory všem těmto známým neduhům naší výstavby, výsledné provedení konstrukce je na velmi dobré úrovni a snese porovnání s výstavbou ve vyspělém zahraničí.

Ing. Pavel Čížek  
A-Z PREZIP, a. s.

Pardubická 326, 537 01 Chrudim  
tel.: 469 655 403, fax: 469 655 401  
e-mail: cizek@azprezip.cz, www.azprezip.cz

Obr. 19–20 Terminál Sever 2 – část 2b  
Fig. 19–20 North 2 Terminal – part 2b

