

Most v Březně u Chomutova BRIDGE IN BŘEZNO NEAR CHOMUTOV

LUKÁŠ BLUDSKÝ,
STANISLAV SMIRŇSKÝ

Popis technologické přípravy, postupu betonáže, kontroly a dosažených výsledků dodatečně předpjaté železobetonové skruže na železničním mostě v Březně u Chomutova. Při návrhu byla řešena problematika relativně velkého průhybu skruže. Příčinou byla měkká skruž s velkým rozpětím nosníků založená na definitivních základech mostu. Důvodem byly nepříznivé geologické podmínky a požadavek na zatlačení základů tíhou čerstvého betonu tak, aby se do konstrukce po zatvrdnutí betonu nevnášela napětí od poklesu podpor.

This article describes technological preparation, process of concreting, check and outcomes achieved in the project of construction of additionally prestressed reinforced centering on the railway bridge in Březno near Chomutov. The design solved a relatively large deflection of the centering. It was brought about by the soft centering with a large span of girders lying on the completed bridge footing. The design respected unfavourable geological conditions and the requirement of pressing in the footing by the fresh concrete weight so that stresses resulting from supports sinking would not be transferred to the structure after hardening of the concrete.

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Železniční trvalý spojitý monolitický betonový most o osmi polích ve směrovém oblouku a výškově v přímé, s průběžným kolejovým ložem. Konstruktivní řešení je pro železniční most poměrně netypické, nicméně v této situaci velmi vhodné.

Železniční most (SO 400) je součástí přeložky trati, jejíž stavba je vyvolána postupem těžby v lomu Libouš. Most pře-

vádí železniční trať přes účelovou komunikaci, potok a polní cestu. Celková délka přemostění je 182,5 m, délka mostu je 201,2 m. Maximální výška mostu nad terémem je 11,5 m.

Vzhledem k poměrně nepříznivým geologickým poměrům (souvrství jílu, jílovců a uhlí) navrhl projektant spojitý nosník s malou ohybovou tuhostí a tedy i nižší citlivostí na pokles podpěr, rozpětí polí 20 + 22 + 26 + 26 + 26 + 22 + 22 + 20 m, most je v pravostranném oblouku R = 550 m, podélný sklon je + 11 ‰.

ZAKLÁDÁNÍ

Most je založen na vrtaných pilotách o průměru 900 a 1200 mm o délkách 13 až 18 m. Vzhledem k agresivitě spodní vody jsou piloty vybetonovány z betonu C25/30-5b.

SPODNÍ STAVBA

Opěry 1 a 9 jsou monolitické s rovnoběžnými křídly. Základové bloky a křídla opěr jsou z betonu C25/30-2bb, úložné prahy, závěrné zidky a římsy jsou z betonu C25/30-3b.

Pilíře 2 až 4 a 6 až 8 jsou monolitické, dřívky jsou průřezu H a jednotlivé pilíře se liší pouze výškou. Tvar H je výhodný vzhledem k namáhání ohybovým momentem od odstředivé síly při vedení trasy v půdorysném oblouku. Základové bloky jsou z betonu C25/30-2bb, úložné prahy C25/30-3b.

Pilíř 5 je zesílený z důvodu umístění

pevných ložisek, základový blok a dřív je z betonu C30/37-2bb, úložný práh C30/37-3b.

LOŽISKA

Na mostě jsou použita hrncová ložiska, pevné uložení je na pilíři 5, na kterém je dvojice pevných ložisek. Na ostatních pilířích a obou opěrách je vždy dvojice ložisek jednosměrně posuvných. Na pilíři 3 bylo umístěno provizorní pevné ložisko tak, že byl znemožněn posuv ložiska pomocí šikmých prutů betonářské výztuže spojujících nosnou konstrukci s úložným prahem. Toto spojení bylo po dokončení 2. úseku (úsek s pevným ložiskem) přerušeno.

NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosnou konstrukci tvoří plná monolitická spojitá deska tloušťky 1,5 m z dodatečně předpjaté betonu C30/37-3a. Šířka nosné konstrukce je 7,5 m, šířka nejsilnější prostřední části průřezu je 3,4 m dole a 3,6 m nahoře. Délka vyložení konzol je 1,6 m, tloušťka konzol v místě vetknutí je 0,45 m a na kraji se zmenšuje na 0,2 m.

Nosná konstrukce sleduje směrově i výškově vedení koleje na mostě, horní a spodní líc konstrukce jsou v příčném sklonu 5 ‰, který odpovídá převýšení koleje ve směrovém oblouku. Podél pravé-

Obr.1 Pohled na 1. betonovaný úsek – objem 315 m³ betonu

Fig. 1 View of the first concreted section – 315 m³ concrete volume



Stavba	ČD DDC, přeložka trati Březno u Chomutova-Chomutov
Objekt	SO 400 – železniční most v km 0,425
Trať	Praha-Chomutov
Trafový úsek	Březno u Chomutova-Chomutov
Investor	ČD s. o., DDC o. z., stavební správa Plzeň
Správce mostu	SDC Ústí nad Labem
Projektant	SUDOP Praha, a. s., Ing. Roman Šafář

ho (vnitřního) okraje mostu je krátký protispád 5 % k úžlabí, kde jsou umístěny odvodňovače. Nosná konstrukce mostu byla betonována ve 4 úsecích po délce mostu v objemech betonu 315,3; 345,3; 309,4 a 252,5 m³ (obr. 1).

Nosná konstrukce je v podélném směru plně předpjatá systémem Dywidag. Kabely jsou z 22 lan Ø 15,7 mm – 1570/1770 MPa s velmi nízkou relaxací. Kabely jsou uspořádány tak, že v každé pracovní spáře se přibližně 2/3 kabelů spojují a 1/3 prochází bez přerušení a předpíná se až po betonáži dalšího dílu konstrukce.

PROVÁDĚNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce byla betonována na pevné skruži po dvou polích s konzolou do dalšího pole tak, že pracovní spára je za každým druhým pilířem, přibližně v místě nulových momentů. Konstrukce byla navržena tak, že po napnutí kabelů v pracovní spáře bylo možno hotovou část konstrukce odskrubit a skružu přesunout pod další úsek.

Vzhledem ke složitým geologickým poměrům v místě staveniště bylo nutné, aby se vhodným způsobem omezilo namáhání konstrukce vlivem nerovnoměrných poklesů podpěr. Byl proto formulován požadavek, aby veškeré podpěry skruže byly založeny zásadně jen na definitivních základových blocích opěr a pilířů, a maximální možná část zatlačení základů proběhla během betonáže ještě před zatvrdnutím betonu.

SKRUŽ

Jako hlavní nosníky skruže byly použity nosníky HE 1000 B, délky nosníků byly 18 m pro pole 20 a 22 m a nosníky délky 22 m pro rozpětí 26 m. V každém poli bylo použito 10 hlavních nosníků, spolupůsobení nosníků a příčnou tuhost skruže zajišťovala tzužidla – dvojice profilů U 200 nad a pod hlavními nosníky stažená svislými svorníky. Stabilitu nosníků proti překlopení zajišťovala výdřeva mezi nosníky a stažení skruže vodorovnými svorníky. Stojky skruže byly založeny na základových blocích opěr a pilířů. Byly použity se systémové stojky HD 200 od firmy Peri. Vlastní bednění bylo tvořeno překližkou nesenou dřevěnými příhradovými nosní-

ky Peri a závorami SRZ s rozpěrnými tyčemi SLS pod konzolami desky. Nadvýšení skruže bylo řešeno vypodložením mezi hlavními nosníky a bedněním.

PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY BETONU

Dodavatel betonu měl průkazně doložit požadavek na bezproblémové spojování vrstev betonu během plynulé betonáže v délce cca 10 hodin i při změně venkovních teplot a požadavek na dosažení dostatečné pevnosti betonu pro vnesení předpětí po 7, resp. 10 dnech. Beton po celou dobu betonáže skruže měl být ve stavu, kdy nenastane tvrdnutí betonu a minimálně po dobu 4 hodin bude zpracovatelný, tedy nenastane tuhnutí betonu. Minimální požadovaná kontrolní pevnost betonu v tlaku na zkušebních těleších pro předpětí byla $f_{ck} \geq 33,6$ MPa, a to po 7, resp. 10 dnech.

Průkazní zkoušky na požadované vlastnosti betonu C30/37-3a zpracovávala zkušební laboratoř společnosti Betotech, s. r. o., v Mostě. Počátek doby tuhnutí betonu byl zjišťován penetračním odporem. S přírůstkem zpomalující přísady byl počátek doby tuhnutí betonu ($\sigma_c = 0,5$ MPa) prodloužen až na sledovaných 6 hodin od počátku přidání vody do směsi. Souběžně byla sledována konzistence v závislosti na čase. Hraniční hodnota $\sigma_c = 3,5$ MPa byla dosažena až po 8 až 10 hodinách v závislosti na množství přísady. Část vyrobených zkušebních těles při průkazních zkouškách byla pro porovnání výsledků na žádost investora odeslána k odzkoušení do TAZUSu v Teplicích. Výsledky průkazních zkoušek byly předloženy všem zúčastněným stranám k odsouhlasení. V konečném návrhu receptu-

ry bylo pro zpomalení tuhnutí betonu použit zpomalovač tuhnutí betonu dodavatele stavební chemie ADDIMENT VZ1 v dávkování 4 kg/m³ (tj. 1 kg na 100 kg cementu). Toto množství zajišťovalo zpomalení tuhnutí betonu v laboratorních podmínkách o 4 hodiny. Pro účely předpjetí betonu byly součástí průkazních zkoušek i krátkodobé pevnosti v tlaku po 7 a 10 dnech. Všechny požadavky na vlastnosti čerstvého a ztvrdlého betonu byly beze zbytku splněny. Zkoušky pevnosti v tlaku provedené v TAZUSu výsledky krátkodobých pevností v průkazních zkouškách potvrdily.

Použitá receptura pro 1. úsek betonáže:

CEM I 42,5 R	400 kg
Voda	175 kg
DTK frakce 0/4	814 kg
HTK frakce 4/8	149 kg
HTK frakce 8/16	471 kg
HTK frakce 16/22	377 kg
přísady:	
ADDIMENT BV 1	2,4 kg
ADDIMENT VZ 1	4,0 kg
ADDIMENT FM 6	3,2 kg

Dávkování složek betonu je uvedeno v suchém stavu a na objem 1 m³ betonu. Přísada ADDIMENT FM 6 se přidávala pro udržování požadované konzistence sedimentů v rozmezí 110 až 140 mm. Při betonáži dalších úseků bylo upraveno dávkování přísady ADDIMENT VZ1 zpomalující dobu tuhnutí až na 2 kg/m³ betonu.

POSTUP BETONÁŽE

Vypočtený průhyb hlavních nosníků skruže byl v nejdelších polích mostu cca 70 mm. Proto vznikla obava ze vzniku



Obr. 2 Postavení čerpadel po celou dobu betonáže

Fig. 2 Placement of pumps throughout the concreting period



Obr. 3 Betonáž probíhající ze dvou míst – začátek betonáže

Fig. 3 Concreting performed from two initial points – start of concreting

Obr. 4 Průběh betonáže skruže

Fig. 4 Process of concreting of the centering



minimálně 4 hodiny od dopravení na stavbu. Byl navržen takový postup betonáže, podle kterého bylo do každého pole mostu uloženo 85 % objemu betonu do čtyř hodin od okamžiku umíchání, což znamená, že 85 % průhybu skruže proběhlo v čase, kdy byl beton zpracovatelný a neohrožilo jeho porušení.

Dopravní vzdálenost z betonárny na stavbu byla 12 km, čas od začátku míchání do dopravení na stavbu byl cca 30 minut a beton byl dopravován kontinuálně autodomíchávači. K ukládání betonu byla použita dvojice čerpadel s takovou délkou výložníku, která umožňovala betonáž celého úseku bez přestavování pump (obr. 2).

Dodavatelem betonové směsi byla společnost TBG Severní Čechy, s. r. o., výrobní Chomutov. Pro případ poruchy byla připravena záložní betonárna též společnosti, umístěná v Mostě. Obě betonárny používají stejné složky do betonu (cement, kamenivo a přísady) i přepravní vzdálenost na stavbu byla přibližně stejná.

Postup betonáže s dvojicí betonových čerpadel, které ukládaly beton ve vrstvách proti sobě, se podařilo realizovat podle schváleného postupu (obr. 3 a 4). Hlavní požadavek zatížit betonované pole z 85 % objemu betonem v čerstvém stavu se podařilo splnit díky podrobně zpracovanému „technologickému postupu prací při betonáži“ a vhodně navrženém složení betonu.

U prvního betonovaného úseku byl použit zpomalovač v celém průřezu konstrukce.

Vyhodnocení betonáže prvního úseku:

- použití zpomalovače tuhnutí pro veškerý dodávaný beton zvyšovalo čas míchání na 1,5 násobek, čímž se snížil hodinový výkon betonárny,
- významná časová prodleva mezi uložením směsi do svrchní vrstvy konstrukce a úpravou horního povrchu (obr. 5).

Z těchto důvodů byl postup pro betonáž dalších úseků upraven tak, že do spodních 500 mm desky se použil zpomalovač v množství 4 kg/m³, na prostřední část desky v množství 2 kg/m³ a na vrchní vrstvu, 150 mm, se použila směs bez zpomalovače.

Během betonáže každého úseku byla geodeticky sledována deformace skruže

Obr. 5 Způsob úpravy povrchu poslední vrstvy betonu

Fig. 5 Method of finishing of the top concrete layer

(průhyb hlavních nosníků a deformace příčných žtuzidel) a současně byl sledován časový vývoj zatlačování základů.

PŘEDPÍNÁNÍ

Kabely byly protaženy do kanálků před betonáží každého úseku. Předpínání bylo prováděno při pevnosti betonu minimálně 80 % kontrolní krychelné pevnosti ve stáří betonu minimálně 5 dní, graf na obr. 6. Předpínání a injektáž kabelových kanálků prováděla firma SM 7, a. s. Vzhledem k poklesu teplot nebylo možno zainjektovat kabely do 14 dnů od předepnutí (prosinec 2001), proto byla zabezpečena dočasná protikorozní ochrana panelů a injektáž byla provedena v březnu následujícího roku, v období teplého počasí.

KONTROLNÍ ZKOUŠKY BETONU

V průběhu betonáže byla prováděna důsledná kontrola vlastností požadovaného betonu jak v čerstvém, tak zejména ve ztvrdlém stavu. Hlavním důvodem bylo zvolit, podle zjištěných pevností v tlaku vhodný termín pro předpínání.

Dodavatel betonu prostřednictvím zkušební laboratoře společnosti Betotech, s. r. o., zajišťoval během betonáží kompletní dozor nad kvalitou, tj. zejména odběry vzorků a zkoušky čerstvého betonu na betonárně i na stavbě (výsledky zkoušek pevnosti v tlaku po 28 dnech jsou uvedeny v grafu na obr. 7). Průměrné hodnoty zkoušek z jednotlivých dnů betonáží jsou uvedeny v tabulce č. 1. Dosažené hodnoty potvrdily správnost návrhu i kvalitu a rovnoměrnost vlastních dodávek betonu. Pro potřeby betonárny byly prováděny kontrolní zkoušky obsahu vody v čerstvém betonu (vysoušením vzorku betonu na stavbě) a objemové hmotnosti čerstvého betonu. Ze zjištěného obsahu vody a deklarovaného množství cementu byl kontrolován požadovaný vodní součinitel. Investor měl smluvního partnera v oblasti kontroly kvality betonů ve společnosti TAZUS, pobočka Teplice. Ten zajišťoval odběry vzorků pro zkoušky čerstvého a ztvrdlého betonu na stavbě. Konečně i dodavatel stavby měl k dispozici zkušební tělesa pro zkoušky pevnosti v tlaku.

Obr. 7 Grafický přehled jednotlivých výsledků pevnosti v tlaku po 28 dnech

Fig. 7 Graphic display of results of strengths under compression after 28 days

Tab. 1 Průměrné hodnoty zkoušek z jednotlivých dnů betonáží provedených zkušební laboratoří
Tab. 1 Average values of concrete tests done during individual days of concreting – testing laboratory

Datum betonáže	21. 8. 2001	5. 10. 2001	31. 10. 2001	13. 11. 2001
Teplota čerstvého betonu [°C]	22	15	13	10
Druhy zkoušek				
Obj. hm. čerstvého betonu [kg/m ³]	2362	2376	2384	2369
Konzistence (sed.) [mm]	140	120	130	110
Vodní součinitel	0,45	0,46	0,44	0,45
Pevnosti v tlaku [MPa]				
po 3 dnech	29,6	-	-	-
po 5 dnech	43,0	-	-	-
po 7 dnech	43,0	-	43,6	39,5
po 10 dnech	44,2	43,6	-	-
po 28 dnech	50,7	49,3	53,1	52,6
Vodotěsnost V5 [mm]	32,8	40,3	27,7	25,5

ZÁVĚR

Během betonáží nosné konstrukce došlo pouze k běžným provozním odchylkám od stanoveného harmonogramu prací, které byly operativně řešeny a byly poučením pro všechny zúčastněné strany. Společnou a včasnou koordinací prací investora, dodavatele stavby, dodavatele betonu a zkušební laboratoře se podařilo betonáž všech úseků provést bez problémů v požadované kvalitě a termínech a postavit most s konstrukcí, která splňuje všechny požadavky zákazníka a zároveň dobře esteticky působí.

Ing. Lukáš Bludský
SSŽ, a. s., O. Z. 9, tech. skup.
U Michelského lesa 370, 140 75 Praha 4
tel.: 02 4172 4246, fax: 02 4172 2253
e-mail: BludskyL@ssz.cz, www.ssz.cz
Ing. Stanislav Smiřinský,
Betotech, s. r. o., Akredit. zk. lab. č. 1195
Kubátova 65, 266 01 Beroun 2
tel.: 0311 644 783, fax: 0311 644 780
e-mail: smirinsky@betotech.cz, www.betotech.cz

Obr. 6 Přehled krátkodobých pevností betonu pro předpětí

Fig. 6 Review of short-term strengths of concrete for prestressing

