

PRVNÍ ŽELEZNIČNÍ MOSTY Z PŘEDPJATÉHO BETONU ■

FIRST PRESTRESSED CONCRETE RAILWAY BRIDGES

Bohumír Voves

Príspevok pojednáva o prvom využití předpjatého betonu u nás, ale i ve světě, v oboru železničních mostů a je vzhledem k současnému rozvoji železničních staveb aktuální. ■ The paper describes a first application of prestressed concrete in our country, and also abroad, on the field of railway bridges.

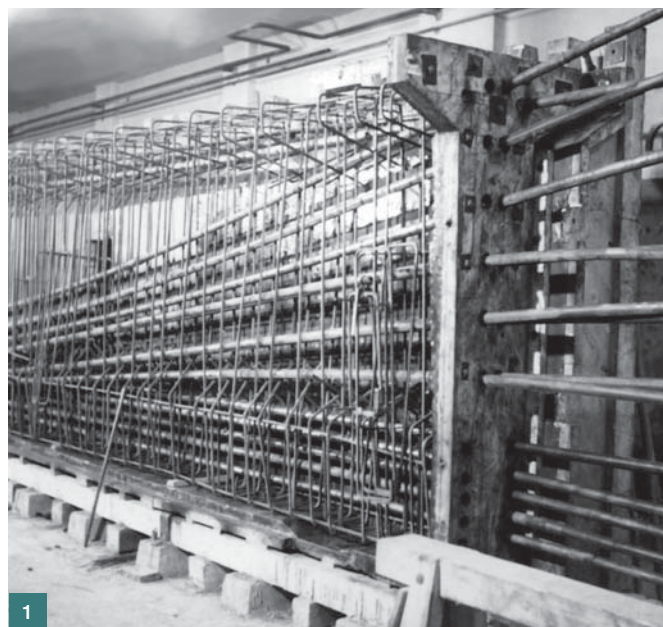
Po kladných zkušenostech se silničními mosty z předpjatého betonu provedl Ústav pro průmyslnění stavebnictví (dále ÚZS) Ministerstva stavebnictví na výzvu Ministerstva dopravy z konce roku 1952 práce nutné pro zavedení železničních mostů z předpjatého betonu. Bylo rozhodnuto, že předpjatý beton bude v ČSR poprvé uplatněn u železničních mostů nad rozšířenou Křížkovou ulicí v Praze–Karlíně, kde bylo nutné nahradit tři klenby Negrelliho viaduktu. Nosná konstrukce mostů měla být sestavena z trámů z kabelobetonu, tj. z dodatečně předpjatého betonu s předpínací výztuží sdruženou do kabelů. Podklady pro navrhování a provádění konstrukce zajistil a zatěžovací zkoušky zkušebních trámů i hotových mostů provedl ÚZS (Ing. Miroslav Klimeš a Ing. Bohumír Voves). Mosty navrhl SUDOP (Ing. Antonín Bébr). Trámy byly vyrobeny ve výrobě n. p. Montostav (dříve Baraba) v Liticích nad Orlicí (Ing. Jan Otta a Ing. Zdeněk Jíra).

Nejprve byl zpracován návrh dvou mostů s rozpětím 25 m a dvou mostů s rozpětím 22,5 m pro zatěžovací vlak A na dvou dvojkolejných železničních tratích rozbíhajících se protisměrnými oblouky. Nosnou konstrukci mostu pod každou kolejí tvořil rošt s pěti prostě podepřenými trámy průřezu T. Výška trámů byla po délce proměnná pro zajištění střechovitěho sklonu 2 %. Z boků trámů vycházely části devíti příčniců. Spojení trámů v rošt zajistily kabely procházející příčnicí a přírubami trámů. Roštová soustava byla volena tak, aby tíha trámů nepřesáhla nosnost dostupných jeřábů a aby byla použitelná v kolejových rozvětveních. Pro požadovanou hospodárnost byla výška trámů rovna až dvanáctině rozpětí.

Pro ověření způsobu navrhování a provádění mostů byly vyrobeny a odzkoušeny dva zkušební trámy odpovídající navrženému nejvíce zatíženému trámu rozpětí 25 m. Zkušební trámy byly vyráběny v dřevěné oplechované formě. Kabelové kanálky vytvářely ocelové trubky, které byly po zavadnutí betonu vytaženy. Pro betonářskou výztuž byla užitá ocel Rotor (obr. 1). Beton značky B 600 měl toto složení: 450 kg portlandského cementu třídy 450 ze Štramberka na 1 m³ hotového betonu, litická žulová drť 15/25 nebo 7/15 mm a labský písek 0/4 mm míšené v poměru hmotností 70 : 30 při vodním součiniteli 0,32. Betonovou směs zhušťovaly příložné vibrátory. Pro předpínací výztuž byl užit patentovaný nepopouštěný drát Ø P4,5, který byl dodáván bohumínskými drátovny ve svitcích malého průměru, a proto byl ve výrobě rovnán v rovnačce. Trámy byly předepnuty kabely 12 Ø P4,5 napínanými na napětí 1 200 MPa napínacím zařízením Baraba a kotvenými v kotvách Baraba (obr. 2). Kotvy Baraba předcházely kotvám podle ČSN 74 2870. Síla v napínacím zařízení byla vyvozována hydraulickým válcem a měřena podle manometru. Přímé kabely byly napínány z jedné strany, zvedané z obou stran. Protážení napínaných kabelů odpovídalo protážení vypočítanému z kon-

trolních zkoušek dodávaného drátu. Po zavedení předpětí (obr. 3) byly kabelové kanálky vyplněny injektážní maltou z portlandského cementu a vody při vodním součiniteli 0,4. Do nádoby míchačky v chodu s dávkou vody byla postupně sypána dávka cementu. Nádoba byla opatřena dvěma prudce se otáčejícími vrtulkami, které uváděly záměs do vířivého pohybu. Namíchaná malta byla vytlačována do kanálku mezerami mezi dráty v kotevních deskách přetlakem vzduchu vyvozeným kompresorem.

Při zatěžovací zkoušce byl první zkušební trám zatížen dvěma hydraulickými válci v pěti stupních tak, aby v rozhodujícím průřezu byl vyvozen až 1,25násobek momentu od celkového zatížení (tedy stupeň bezpečnosti $s = 1,25$) s odlehčením na každém stupni. Zatížení při $s = 1,25$ bylo opakováno třikrát. Po té bylo zatížení zvětšováno plynule. Při $s = 1,6$ vznikly první trhliny, které se po odlehčení zcela uzavřely a při $s = 1,33$ znovu otevřely. Trám byl zatěžován do stup-



ně $s = 2,59$, který byl větší než požadovaný $s = 1,75$. Přitom trhliny v betonu dosahovaly až k přírubě trámu a byly tak velké, že nebylo možné zatížení zvětšovat. Po odlehčení se většina trhlin uzavřela. Podle přepočtu odpovídá vzniku trhlín napětí v betonu v tahu 8,1 MPa; na zkušebních tělesech byla zjištěna pevnost v tahu za ohybu 7,73 MPa. Z průhybu při $s = 1,25$ lze po přepočtu usuzovat na modul pružnosti $E = 45,5$ GPa; předpisy udávají pro beton značky B 600 modul $E = 41$ GPa.

Protože nebylo zařízení pro zatěžování na únavu dostupné, byl druhý zkušební trám zatěžován obdobně jako první trám dvěma hydraulickými válci opakovaně tisíckrát na stupeň $s = 1,5$. Trám se choval pružně, ke vzniku trhlin nedošlo.

Po příznivém výsledku zatěžovacích zkoušek obou zkušebních trámů bylo rozhodnuto o provedení čtyř pojednávaných mostů. Trámy, vyrobené týmž způsobem jako zkušební trámy, byly přepraveny po železnici (obr. 4) na staveniště, jeřábem osazeny na opěry (obr. 5 a 6) a příčným předpětím spojeny v rošt.

Před předáním do provozu byly provedeny 20. května 1954

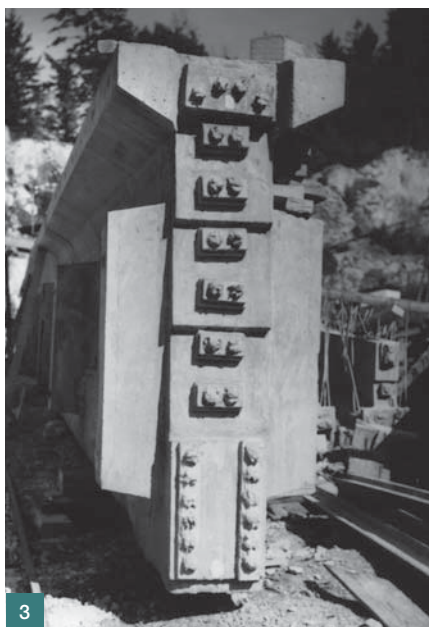
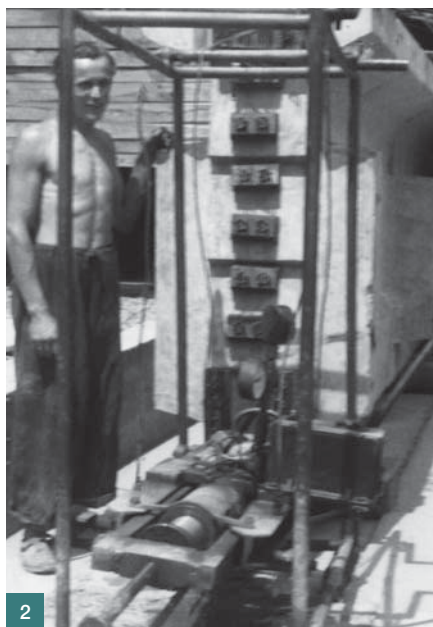
zatěžovací zkoušky dvou mostů rozpětí 22,5 m a 17. prosince 1954 dvou mostů rozpětí 25 m. Uskutečněná měření prokázala, že mosty vyhovují všem požadavkům. Spolupůsobení trámů v příčném směru každého mostu bylo příznivější než předpoklad podle Leonhardta užitý ve statickém výpočtu. Ze změřených průhybů by bylo možné ve smyslu statického výpočtu usuzovat na modul pružnosti betonu nejméně 49,9 GPa po zanedbání řady činitelů ovlivňujících průhyb, které nejsou ve výpočtu uvažovány. Během zatěžování mostů nebyly zjištěny jevy (např. vznik trhlin a trvalý průhyb), které by se daly přisoudit závadám.

Na zbytku trámu, který byl podroben zatěžovací zkoušce do zlomu a poté čtyři roky vystaven přímému vlivu povětrnosti, byl zjišťován stav injektážní malty a předpínací výztuže. Byla shledána šedá, tvrdá malta dobré soudržnosti s betonem i dráty. Horní část kabelového kanálku (tzv. meniskus, vysoký až 5 mm) nebyl vyplněn injektážní maltou. Patentovaný drát byl naprosto bez rzi, i když byl v menisku obnažen, protože v kabelovém kanálku, včetně menisku, bylo zachováno alkalické prostředí a k oceli neměly přístup činitelé vyvolávající korozi.

Most sestavený z trámů byl použit u tří dalších mostů, např. v Pečkách. Trámy, dopravené z výroby po železnici, byly osazeny železničními jeřáby vedle mostu určeného k odstranění (obr. 7) a příčnými kabely spojeny v rošt (obr. 8). Po uložení železničního svršku byl během výluky železničního provozu odstraněn stávající most a celý hotový most byl příčně zasunut na ložiska.

Mosty sestavené z trámů mají u jednoduchých tratí tyto nevýhody: poměrně velká výška trámů znemožňuje prostou výměnu za běžné nízké ocelové mosty a příčné předpínání trámů v rošt prodlužuje práce na staveništi. Proto byly vyvi-

- Obr. 1 Vyztužení trámu ■ Fig. 1 Reinforcement of a beam
 Obr. 2 Napínání kabelů ■ Fig. 2 Tendons stressing
 Obr. 3 Čelo předepnutého trámu ■ Fig. 3 Face of a prestressed beam
 Obr. 4 Přeprava trámů ■ Fig. 4 Transport of beams
 Obr. 5 Osazování trámů v Karlíně ■ Fig. 5 Beam lifting in Karlin
 Obr. 6 Osazený trám v Karlíně ■ Fig. 6 Beam placing in Karlin

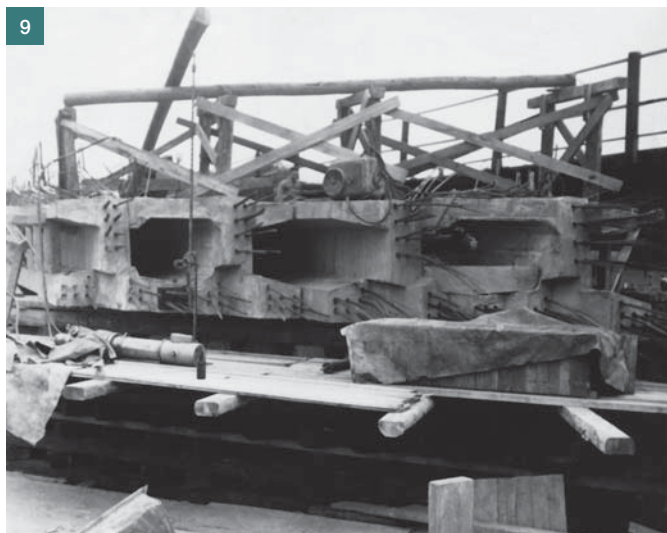




7



8



9



10



11

Obr. 7 Osazování trámů v Pečkách ■ Fig. 7 Beam lifting in Pečky

Obr. 8 Rošt sestavený z trámů ■ Fig. 8 Structure composed of beams

Obr. 9 Most sestavený z dílců ■ Fig. 9 Bridge composed of segments

Obr. 10 Příčné zasouvání mostu ■ Fig. 10 Transverse pushing of bridge

Obr. 11 Most v Bdeněvsi ■ Fig. 11 Bridge in Bdeněves

nuty pro jednu kolej jednoduché tratě dva samostatné dělené dílce komorového průřezu, které jsou dodatečně předepnuty pouze podélně a jejichž výška je nižší než sedmáctina rozpětí.

Tak byl proveden železniční most nad silnicí v Bdeněvsi rozpětí 22 m, který byl sestaven vedle stávajícího mostu, opatřen izolací, ochrannou omítkou a částečně štěrkovým ložem (obr. 9). Během desetihodinové výluky provozu byl dne 30. října 1957 odstraněn stávající most, na jeho místo zasunut nový most (obr. 10), doplněno štěrkové lože, osazen železniční svršek a provedena zatěžovací zkouška. Zatížení lokomotivou vyvodilo 48 % ohybového momentu a 45 % posouvající síly od nahodilého zatížení uvažovaného ve statickém výpočtu. Pružné průhyby byly rovné 59,5 % průhybu vypočteného. Závady nebyly zjištěny (obr. 11).

ZÁVĚR

Zavedení předpjatého betonu u železničních mostů se považovalo za úspěšné a byla provedena řada mostů z dodatečně i předem předpjatého betonu.

Prof. Ing. Bohumír Voves, DrSc.
Pod Fialkou 7, 150 00 Praha 5
tel.: 257 216 282

