

Železniční mosty z předpjatého betonu v ČR po půl století

Ing. Karel Dahinter, CSc.

Ing. Pavel Matyáš, SŽDC, s.o., TÚDC

V článku jsou uvedeny charakteristické konstrukční druhy první generace železničních mostů z předpjatého betonu v ČR a jejich vývojové trendy před typizací. Jsou doplněny stručnými závěry ze současných diagnostických prohlídek a přehlednými foty pro názornost.

Úvod

Předpjatý beton se stal bezprostředně po druhé světové válce, díky intenzivnímu rozvoji této nové technologie především ve Francii, Německu, Belgii a Velké Británii, dominantním stavebním materiálem pro nosné konstrukce mostů, převážně středních rozpětí. I u nás po mostech silničních byla z rozhodnutí Ministerstva dopravy v roce 1952 zahájena příprava výstavby mostů železničních. Podklady pro projektování i provádění byly vypracovány v ÚZS (Ústav pro zprůmyslnění stavebnictví), první mosty byly vyprojektovány v SUDOP a nosníky vyrobeny ve výrobě v Liticích nad Orlicí, tehdy Baraba. Po úspěšném ověření těchto mostů byla zahájena výstavba dalších mostů, zejména u podniků Stavby silnic a železnic a Dopravní stavby Olomouc. Podrobnou zprávu k tomuto tématu vypracoval profesor Fakulty stavební ČVUT v Praze Jiří Klimeš, k 5. Kongresu FIP v Paříži v roce 1966. [1]

Příklady prvních železničních mostů z předpjatého betonu v ČR

V dalším bude uveden přehled jednotlivých charakteristických druhů železničních mostů, podle typů nosných konstrukcí, postavených zhruba od poloviny padesátých do poloviny šedesátých let minulého století. Postup byl zvolen od nejmenších rozpětí deskových mostů, monolitů a prefabrikátů, dále k trémovým roštům z nosníků „T“ a „I“, až ke komorovým nosníkům, s poznámkami k trendům vývoje. Výběr uzavírají parapetní nosníky a dva individuální monolitické mosty, přímo pojížděný spojitý nosník a první rámový most, postavené v závěru tohoto období. [2],[3].

Fotodokumentaci a prohlídky uvedených mostních objektů provedli pracovníci SŽDC TÚDC pro mostní a pozemní stavby v Hradci Králové. [4]



Obr. 1



Obr. 2

1. Železniční nadjezd u Staré Boleslavi. (Obr. 1). V provozu, běžná degradace materiálů. Pro přemostění silnice I/10, původně dvouproude, ale pro budoucí čtyřproudu, byly navrženy vylehčené prefabrikované desky střeovitého tvaru, z předpjatého betonu B 500, působící jako rozpěrák. Dílce délky 13,8 m a hmotnosti 46 t byly dopraveny po železnici, kompletovány mimo železniční trať a osazovány drážními jeřáby.

2. Přemostění Botiče na odstavném nádraží Praha – Jih. (Obr. 2). V provozu jedna kolej. Bez výrazných poruch. V tomto případě jednokolejného mostu o dvou prostých polích byly použity vylehčené desky jako monolity, v celé šíři mostu, včetně římsových konzol. Rozpětí polí je 15,0 m, šikmost křížení je 62°, beton desky B 400.



Obr. 3



Obr. 4

3. Železniční nadjezd v Kaznějově. (Obr. 3). Neprovozovaná vlečka do Lachemy. Pro přemostění tratě Plzeň – Žatec na tovární vlečce, byla navržena monolitická plná deska konstantní výšky z betonu B 400 s předpínacími kabely o 24 drátech P 7 mm. Zvýšené množství předpínací výztuže kompenzovalo zjednodušení technologie.

4. Podjezd odjezdové koleje na odstavném nádraží Praha – Jih. (Obr. 4). Běžné degradační poruchy. V provozu 1 kolej. Úhel křížení dvou dvoukolejných tratí 23° si vyžádal vybudování objektu značného půdorysného rozsahu. Původní železobetonová nosná konstrukce byla vzhledem k výpadku betonářské oceli velkých profilů změněna na předpjatou. Okrajové trojúhelníkové desky, s jednostranným podélným spádem, byly předepnuty vcelku. Střední střeovitá část byla upravena na spřažený průřez a betonována ve dvou etapách. První etapu tvořila spodní část desky s náběhy a koncovým příčnickem nad uložením, která byla po zatvrdnutí předepjata v ní uloženou kabelovou předpínací výztuží. Ve druhé etapě byla dobetonována horní železobetonová část desky.



Obr. 5



Obr. 6

5. Přemostění Křížikovy ulice v Praze. (Obr. 5 a 6). V provozu včetně dvou mostů na 1 Koridoru bez výrazných poruch. První železniční most s nosnou konstrukcí z předpjatého betonu v celé bývalé ČSR uvedený do provozu v květnu 1954. Rozpětí polí jsou 22,5 a 25 m. Nosnou konstrukci tvoří střešovitě nosníky „T“ z betonu B 600, spojené v trámový rošt příčným předpětím v horní přírubě a příčných ztužidlech. Předpínací výztuž tvoří kabely z patentovaných drátů 4,5 mm v počtu 8-12 ks.

Konstrukce z těchto nosníků byla použita ještě na několika dalších objektech a uvažovalo se i o její typizaci, s doplněním o rozpětí 20 m. Výsledky praktických zkušeností z výstavby, velká pracnost příčného předpětí, problémy s ochranou a bezpečností práce při manipulacích i dopravě, vedly k opuštění nosníků „T“ a následně k přechodu na nosníky tvaru „I“. [5]



Obr. 7



Obr. 8

6. Přemostění Odavy u Všeboře. (Obr. 7 a 8). Nosná konstrukce snesena, poruchy nezjištěny. Most přes řeku Odavu na trati Plzeň – Cheb. Nosná konstrukce z pěti „I“ nosníků střešovitě tvaru z betonu B 600 o rozpětí 36 m, s příčným předpětím v horní a dolní přírubě, tvořila vícekomorový průřez. Nosníky vyráběné ve třech dílech o hmotnosti 2x26,9 t a 34,5 t, dopravované po železnici byly na staveništi z dílů sestaveny v jednotlivé nosníky, předepjaty a osazeny na opěry.



Obr. 9 Původní stav



Obr. 10 Nový stav

7. Most na Polanecké spoje. (Obr. 9 a 10). Jednokolejný most o pěti polích s rozpětím 30 m na trati Český Těšín – Ostrava Kunčice. Vícekomorová nosná konstrukce mostu sestává ze čtyř „I“ nosníků konstantní výšky z betonu B 600 vyráběných v dílech o maximální hmotnosti 37 t, příčně sepnutých v horní a dolní přírubě. Další technologický postup jako u předchozího mostu. Po provedené diagnostice most vyhovuje běžnému provozu, avšak při požadavku dopravce převádět přes objekt dlouhodobě mimořádně těžké zásilky, byla nosná konstrukce dodatečně zesílena pomocí volných předpínacích kabelů. [6]



Obr. 11



Obr. 12

8. Most u Bděněvsí. (Obr. 11). Nosná konstrukce snesena, dle diagnostiky závažné poruchy nezjištěny. Jednokolejný most na trati Plzeň – Cheb o rozpětí 22 m, sestával ze dvou samostatných komorových nosníků. Další vývojový typ, který měl odstranit pracné příčné předpětí. Nosníky měly opět střešovitý tvar a byly vyráběny v dílech, dále se pokračovalo běžnou technologií na staveništi. Ve výluce byly kompletní poloviny nosné konstrukce příčně zasunuty a osazeny na ložiska na opěrách. [7]

9. Přemostění Chodovské ulice v Praze. (Obr. 12). Stavebně dvoukolejný most, v provozu 1. kolej. Na vnějším z dvojice nosníků pod snesenou kolejí, bylo diagnostikováno naražení spodní hrany betonu s odhalením kabelového kanálku. Jinak vše bez závažných poruch.

Železniční dvoukolejný nadjezd s nosnou konstrukcí z dvojic komorových nosníků střešovitého tvaru pod každou kolejí. Vývojový typ, který měl odstranit pracné bednění komorových nosníků, vyráběných jednotlivě na staveništi ze dvou podélných prefabrikátů „I“ se širokými přírubami, a to v celé délce. Na výrobní podlaze byla vnesena první etapa předpětí, poté byly podélně a příčně zasunuty na místo, jednotlivě osazeny na ložiska a zmonolitněny a vnesena druhá etapa předpětí.



Obr. 13



Obr. 14

10. Přemostění Kozlíky, Hostomice. (Obr. 13 a 14). V provozu bez výrazných poruch. Při zdvojkolejnění trati Trmice - Bílina byla při rekonstrukcích stávajících mostů a novostavbách dosažena unifikace hlavních nosných konstrukcí železničních mostů. Byl zvolen komorový nosník délky 18 m a konstantní výšky 1,2 m, který byl vytvořen na místě zmonolitněním ze dvou širokopřírubových prefabrikovaných „I“ nosníků, dovážených z centrální výroby.



Obr. 15



Obr. 16

11. Mosty na trati Beroun – Rakovník – Lužná. (Obr. 15). V provozu bez výrazných poruch. V tomto případě se jednalo o ověření vhodnosti použití komorových nosníků, z jejichž konstrukčního řešení později vycházel hojně používaný typizovaný nosník KT. Celková délka nosných konstrukcí mostů dosahovala 500 m a objem prefabrikovaného předpjatého betonu z centrální výroby byl cca 1300 m³. Nosníky byly délek 15, 18, 20 a 21,5 m. Byly sestavovány ze tří nebo čtyř dílů, ve vynímečných případech montážních omezení i z více dílů, pouze však jako nerealizovaná projekční varianta. Použitý beton byl B 400 resp. B 500, předpínací kabelová výztuž z 24 drátů PZ 7 mm.

12. Most přes Vltavu v Kralupech. (Obr. 16). V provozu bez výrazných poruch. První most s tříkomorovými monolitickými nosníky z betonu B 400, s předpínacími kabely z 20 drátů P 4,5 mm, o rozpětích 3x27 m a 1x18 m, byl součástí velkého přemostění Vltavy. Obě nosné konstrukce byly ještě zopakovány na dalších mostech.



Obr. 17



Obr. 18

13. Most přes Nežárku ve Veselí nad Lužnicí. (Obr. 17). V provozu bez výrazných poruch. Při rekonstrukci třípolového jednokolejného mostu na trati byly navrženy tři jednokomorové nosníky z betonu B 400, stejného rozpětí 20 m a se zvětšenými konzolami. Tím došlo k výraznému zjednodušení technologie proti dřívějším tříkomorovým nosníkům a ke zkrácení doby výstavby. Předpínací kabelová výztuž z 24 drátů PZ 7 mm byla uložena ve spodní desce a stěnách.

14. Nadjezd u Středokluk. (Obr. 18). V provozu bez výrazných poruch. Jednokolejná trať Smíchov - Podlešín překračuje čtyřproudou silnici I/7 mostním objektem, který při relativně velkém výšce stěn 2,3 m. Most je z betonu B 400, předpínací kabelová výztuž z 24 drátů PZ 7 mm.



Obr. 19



Obr. 20

15. Nadjezd u Mariánských Lázní. (Obr. 19). V provozu bez výrazných poruch. Podobného řešení jako objekt u Středokluk a v Českých Zlatnících (Obr. 20). Nadjezd nad silnicí II/230 na okraji města vzhledem k šikmosti křížení vyžadoval most o rozpětí 36 m. Výška stěny parapetního nosníku byla 3 m, což lze považovat za krajní hodnotu, z hlediska celkového působení mostního objektu v extravilánu. V tomto případě byla pro zvýšení stability horního pasu navržena v poli ve stěnách dvě ztužidla, která přispěla i ke zlepšení vzhledu mostní konstrukce.



Obr. 21



Obr. 22

16. Most přes Ohři v Citicích. (Obr. 21 a 22). V provozu bez výrazných poruch. První a současně největší parapetní most u nás je přemostění Ohře na vlečce do areálu Tisová. Dvě pole parapetních nosníků o rozpětí 39,25 m a výšce 3,2 m relativně subtilní konstrukce s tloušťkou stěny pouze 0,3 m představovaly ve své době celosvětově mimořádnou konstrukci. Stabilitu horních tlačných pasů zajišťují zesilující žebra ve stěnách a výztužný polorám na koncích nad uložením. Beton B 500 byl zhutňován kombinací ponorné a příložné vibrace. Předpínací kabelovou výztuž, uloženou v dolní desce a ve stěnách, s kotvením i v horním povrchu tlačného pasu, vytvářely svazky 20 drátů P4,5 mm.

Zkušenosti nabyté při výstavbě tohoto objektu, přes provedení řady technologických opatření, ukázaly problematiku chování betonových konstrukcí s výrazně rozměrově odlišnými částmi. Ty jsou pravidelně zdrojem vzniku trhlin, podobně jako kotvení předpínací výztuže při horním povrchu stěn a i v tomto případě si vyžádaly následnou sanaci.



Obr. 23



Obr. 24

17. Rámový nadjezd v Železném Brodě. (Obr. 23 a 24). V provozu bez významných poruch. Možné řešení parapetního mostu pro intravilán a světlost průjezdného otvoru 40 m představuje objekt na trati Turnov – Pardubice v Železném Brodě, v těsné blízkosti městské zástavby. Jedná se o pružně vetknutý rám s příčlí ve tvaru parapetního nosníku proměnné výšky, pokračující spojitě do rovnoběžných křídel mostních opěr. Výška parapetní příčle uprostřed rozpětí je 2 m, konstrukční výška mostu 0,9 m a přečnívající výška parapetů 1,1 m odpovídá výšce mostního zábradlí. Toto uspořádání parapetní konstrukce kromě zásadní změny ve vzhledovém působení současně zachovává výrazný vliv na tlumení hluku vyvozovaného nápravami projíždějících vlaků. Stavební postup spočíval ve vybetonování třech staticky určitých dílů mostní konstrukce s technologickými mezerami, krajních konzolových a střední prostě uložené. Byl použit beton B 250 pro opěry a B 400 pro nosnou konstrukci, zahrnující i konzolová křídla, v nichž byla kotvena kabelová předpínací výztuž stěn. Ta byla z 24 drátů PZ 7 mm jak pro kabely neprůběžné v jednotlivých dílech, u střední části navíc i v desce, tak pro průběžné kabely pouze ve stěnách. Po předepnutí dílů neprůběžnými kabely, byly zabetonovány mezery a vzniklá rámová konstrukce byla předepnuta průběžnými kabely. Tímto postupem se významně omezily účinky smrštění, pružných deformací a dotvarování od předpětí, na změny napjatosti a deformace a tím i na průhyby mostu v průběhu času. [8]



Obr. 25



Obr. 26

18. Přemostění Poděbradské třídy v Praze. (Obr. 25 a 26). Změna na cyklistickou stezku (Obr. 27). Most o pěti polích s rozpětími 14 + 33 + 24 + 33 + 14 m a celkové délce 134,6 m má spojitou nosnou konstrukci ve tvaru širokého trámu s krátkými konzolami o celkové délce 120 m. Byl to jediný případ přímo pojížděné (Obr. 28) nosné konstrukce ze všech uváděných mostů. Beton nosné konstrukce byl B 400 a předpínací kabelová výztuž z 24 drátů PZ 7 mm.



Obr. 27



Obr. 28

Závěr

Z přehledu uvedených mostů jasně vyplývá inženýrský přístup jak k návrhu, tak k realizaci, s uvážením všech problémů tehdejší technologie předpjatého betonu. Betony pro prefabrikáty byly z počátku B 600, později i B 500 s v/c pod 0,4, u monolitů pak převážně B 400, výjimečně B 500, s v/c do 0,42. Zhutňování se provádělo příložnými vibrátory na formách, ponornými vibrátory, ale i v jejich kombinaci. Předpínací výztuží byly patentované dráty původně 4,5 mm - 1200/1650 MPa, v počtu do 20 ks v kabelu, později 7 mm - 1000/1400 MPa, v počtu nejdříve do 12 ks, později až 24 ks v kabelu, představující nominální předpínací sílu 1MN. Přihlédneme-li ke spotřebě základních materiálů na m^2 plochy mostu (kromě parapetních), betonu 0,5 – 1,1 m^3 , betonářské výztuže 35 – 65 kg a předpínací výztuže 25 – 85 kg i k výsledkům jejich současných diagnostických prohlídek je zřejmé, že ČSR v tehdejší době v tomto oboru patřila mezi přední evropské státy. Konstrukční uspořádání mostů viz Příloha na CD.

Literatura:

- [1] Klimeš, J.: Les ponts-rail en béton precontraint. Rapport special de la FIP Numéro 3 juin 1966.
- [2] Dahinter, K.: První generace železničních mostů z předpjatého betonu v ČSR. T-E Studie "Vliv poruch na přechodnost předpjatých mostních objektů a bezpečnost drážní dopravy", ČVUT Praha Fakulta stavební – 2008.
- [3] Dahinter, K.: První generace železničních mostů z předpjatého betonu v ČSR. 14. Mezinárodní symposium MOSTY, Brno 23. – 24. 4. 2009.
- [4] Matyáš, P.: Přehled železničních mostů z předpjatého betonu. T-E studie "Vliv poruch na přechodnost předpjatých mostních objektů a bezpečnost drážní dopravy", ČVUT Praha Fakulta stavební – 2008 „Protokoly o podrobných prohlídkách“ mostních objektů
- [5] Voves, B.: První železniční mosty z předpjatého betonu. BETON TKS č. 2/2010.
- [6] Klusáček, L.: Diagnostika železničního mostu „Gagarin“ v km 5,872 trati Český Těšín – Ostrava Kunčice. Brno, říjen 2008.
- [7] Pavlica, J. a kol.: Diagnostika prefabrikovaného železničního mostu na trati Plzeň – Cheb po 50 letech provozu. 15. Beton. dny. ČBS 27. – 28. 11. 2008 Hradec Králové.
- [8] Patentový spis 119805 ČSR na vynález. Přihlášeno 10. 10. 1963. Vydáno 15. 10. 1966 Železniční pružně vetknutý rámový most z předpjatého betonu. Původce vynálezu: Ing. Karel Dahinter, Praha.