

Uplatnění řídicích tyčí u ocelových železničních mostů

Dr.-Ing. Richard Buba, SSF München

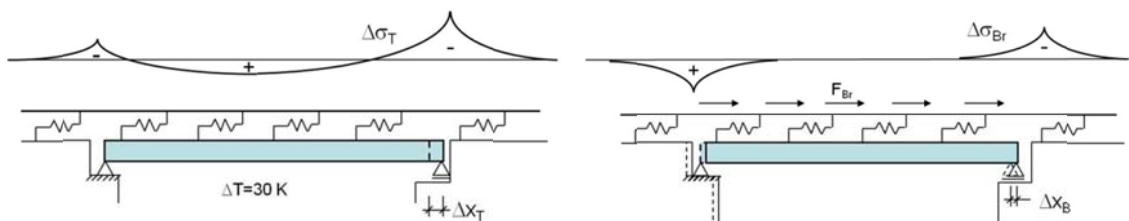
Řídicí tyče slouží k přenesení pevného bodu mostu z opěry doprostřed jeho rozpětí a tím k redukci dilatačních pohybů až na polovinu. Tím je možné vyhnout se použití dilatační zařízení koleje u ocelových mostů o rozpětí cca. 60-120 m, u nichž by jinak dilatace koleje byla nutná. Díky dobrým zkušenostem s jejich provozem se řídicí tyče v Německu uplatňují stále častěji a staly se prakticky standardním řešením.

Napětí v koleji a dilatační délky

V bezстыkové koleji vznikají v důsledku teplotních změn normálová napětí. U mostů dochází vlivem pohybu mostovky od teplotních změn a brzdných sil k dalšímu nárůstu těchto napětí. Tato přídatná napětí se koncentrují nad mostním závěrem (obr. 1) a jejich maximální dovolené hodnoty jsou jak dle „staré“ německé drážní normy DS 804, tak dle Eurokódu 1 následující:

- tlaková napětí: 72 MPa,
- tahová napětí: 92 MPa.

Tlaková napětí se omezují proto, aby nedošlo ke ztrátě stability koleje a jejímu příčnému vybočení. Tahová napětí se omezují z důvodu možného vzniku únavového lomu kolejnice.



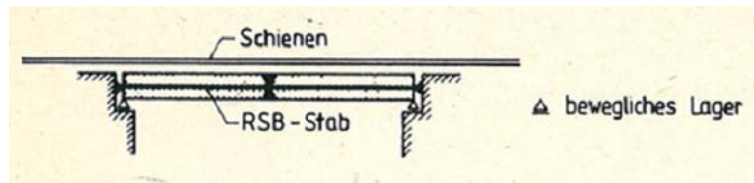
Obr. 1 Napětí v koleji od změny teploty a brzdění

Výpočet napětí v koleji je poměrně pracný a proto se v rámci projektu zpravidla neprovádí. Místo toho jsou u jednotlivých železničních společností definovány maximální dilatační délky vrchní stavby, při jejichž zachování (a zároveň při dostatečné tuhosti spodní stavby), není nutná dilatace koleje. Tyto dilatační délky jsou v různých zemích rozdílné a to v závislosti na klimatických podmínkách, ale i na tradici a zkušenostech. U německé dráhy činí maximální dilatační délka u ocelových mostů $L=60$ m, u betonových mostů $L=90$ m.

Při překročení těchto dilatačních délek je nutno použít dilatační zařízení koleje. Tato dilatační zařízení jsou poměrně drahá a náročná na údržbu. Proto je snaha železničních společností vyhnout se pokud možno jejich použití tím, že se nepřekročí stanovené dilatační délky.

Řídicí tyč RSB

Při návrhu mostů není dodržení dilatačních délek vždy možné. Již od počátku aplikace bezстыkové koleje se inženýři pokoušeli při zachování rozpětí zmenšit dilatační délky. Možným řešením tohoto problému je přemístění pevného bodu z opěry (podpory) do středu pole, čímž se dilatační délka redukuje na polovinu. Takto vznikla řídicí tyč RSB (RSB-Stab). Její princip je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2 Princip řídicí tyče RSB

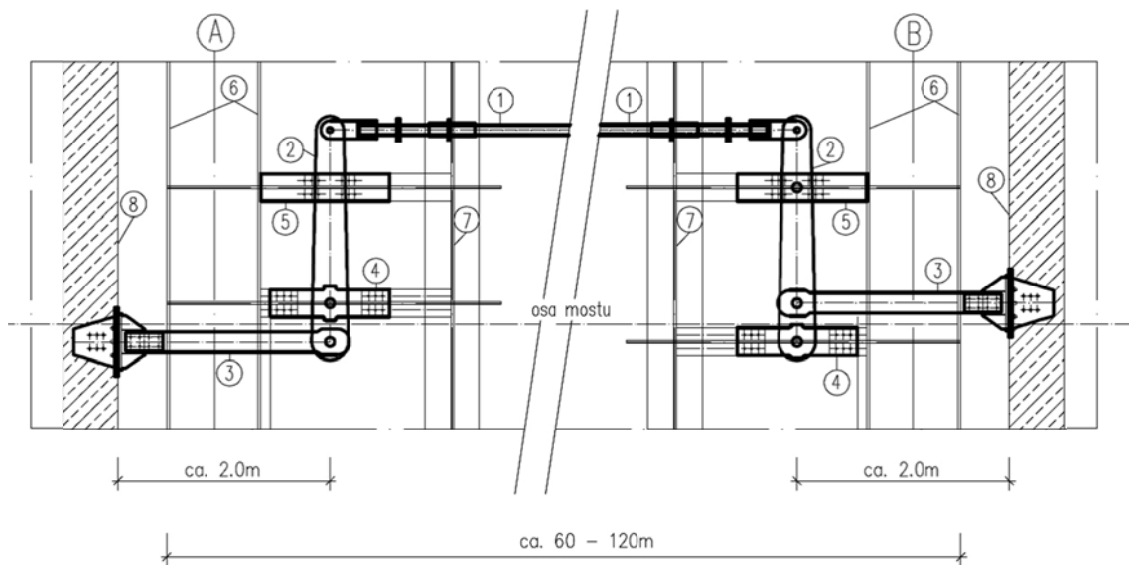
Mezi opěry se umístí tuhý prut, k němuž se ve středu rozpětí pevně připojí mostovka. Ložiska mostovky jsou v podélném směru pohyblivá. Tím se přemístí pevný bod z podpory do středu pole. Při teplotních změnách se mostovka roztahuje resp. zkracuje na obou koncích stejně a dilatační délka se redukuje na polovinu. Brzdné síly se z mostovky přenášejí skrze prut RSB do obou opěr stejnoměrně.

Toto řešení má několik nevýhod. Tuhým spojením tyče s oběma opěrami dochází vlivem teplotních změn k normálovým napětím v tyči. Při brždění je veškerá brzdná síla, která se nepřenese přes kolej, přenášena řídicí tyčí. Přitom je třeba omezit poměrné přetvoření tyče, aby její stlačení, resp. roztažení bylo malé, jinak by se brzdná síla přerozdělila do koleje a způsobila v ní přidavná napětí. Z těchto důvodů jsou pro tyče RSB nutné velké průřezy profilů.

Řídicí tyče RSB se aplikovaly málo a v současné době se již prakticky nepoužívají vůbec, neboť byly nahrazeny účinnějším řešením (Mayer/Wunstorf).

Řídicí tyč Mayer/Wunstorf

Řídicí tyče Mayer/Wunstorf využívají principu páky. Konstrukce řídicí tyče Mayer/Wunstorf je znázorněna na obr. 3. Jelikož si autor není jist správností české odborné terminologie, jsou v závorkách pro úplnost uvedeny i německé názvy.



- ① řídicí prut (*Steuerstab*), ② brzdný nosník (*Bremsträger*), ③ držící prut (*Haltestab*),
- ④ připevnění k mostovce, ⑤ aretace pro případ údržby, ⑥ koncový příčník, ⑦ příčník,
- ⑧ opěra

Obr. 3 Konstrukce řídicí tyče Mayer/Wunstorf (příklad z mostu v Drážďanech)

Samotný řídicí prut (*Steuerstab*) je k opěrám připojen excentricky skrze brzdný nosník (*Bremsträger*) a držící prut (*Haltestab*), které jsou navzájem kloubově spojeny. Připevnění k mostovce ④ a umístění držícího prutu ③ na obou opěrách musí být asymetrické. Všechna ložiska jsou v podélném směru pohyblivá. Pro případ opravy je na brzdném nosníku umístěna aretace, po jejíž aktivaci se brzdné síly přenášejí do jedné z obou opěr, zatímco řídicí prut a konstrukce u druhé opěry jsou mimo provoz. Praktický příklad konstrukce je vidět na obr. 4 a 5.



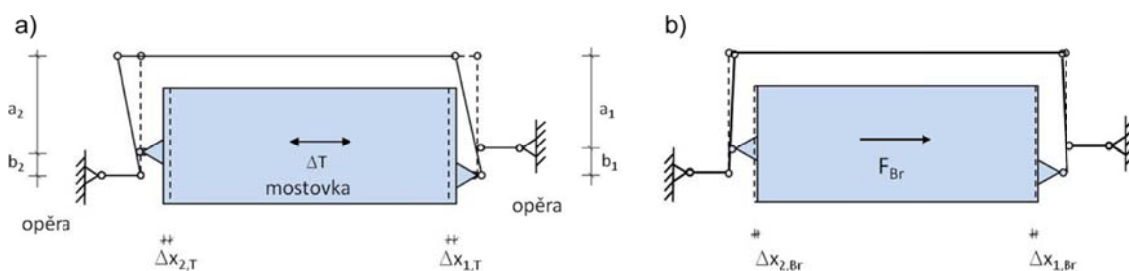
Obr. 4 Řídicí tyč na mostu v Drážďanech, detail u opěr



Obr. 5 Řídicí tyč na mostu v Drážďanech, řídicí prut vedoucí skrz příčnice

Princip působení řídicí tyče Mayer/Wunstorf je znázorněn na obr. 6. Při oteplení mostovky ΔT se její celkové protažení Δx_T díky pákovému mechanismu řídicí tyče rozdělí na obě dvě strany mostovky $\Delta x_{1,T}$ a $\Delta x_{2,T}$ (viz. obr. 6a). Poměr protažení $\Delta x_{1,T}$ a $\Delta x_{2,T}$ je závislý na geometrii pákového mechanismu a je možno zvolit prakticky jakékoliv libovolné rozdělení. V praxi se nejčastěji užívá rovnoměrné protažení na levou a pravou stranu $\Delta x_{1,T} = \Delta x_{2,T}$. Toho se docílí při následujících geometrických podmínkách:

$$\frac{a_2}{b_2} = \frac{a_1 + b_1}{b_1}$$



Obr. 6 Princip působení řídicí tyče Mayer/Wunstorf, a) při změně teploty, b) od působení brzdných sil

Při této geometrii dojde i k rovnoměrnému rozdělení brzdné síly F_{Br} na levou a pravou opěru a tím i k polovičnímu posuvu oproti pevnému uložení na jedné opěře.

$$F_{1,Br} = F_{2,Br} = \frac{1}{2} F_{Br}$$

$$\Delta x_{1,Br} = \Delta x_{2,Br} = \frac{1}{2} \Delta x_{Br}$$

Konstrukce řídicí tyče je staticky určitá. Proto při jejím oteplení resp. ochlazení dojde k posuvům, nikoliv ke vzniku vnitřních sil resp. napětí jako u tyče RSB. Brzdné síly se přenášejí na obou koncích mostovky ④ do brzdného nosníku ② a z něho skrze držící prut ③ do opěry ③ (obr. 3). Díky pákovému působení se do samotného řídicího prutu ① vnáší jen malé síly. Například u mostu v Drážďanech (viz dále) je z celkové brzdné síly 1763 kN přenášeno řídicím prutem ① pouze 196 kN. Proto vystačí pro řídicí pruty velmi malé, zpravidla trubkové profily (např. u mostu v Drážďanech 139,7x12,5). Konstrukce řídicí tyče je díky malým silám a deformacím (stlačení resp. roztažení) velmi tuhá a nedochází k redistribuci brzdné síly do koleje.

Důležitým detailem jsou klouby umožňující pohyb řídicí tyče. Na každé straně mostu jsou tři klouby (viz. obr. 3), někdy se užívá ještě čtvrtý kloub mezi držícím prutem a opěrou. Tyto klouby musí umožňovat jednak pootočení kolem svislé osy, z důvodu průhybu mostu od provozního zatížení musí být zároveň umožněna i vertikální pootočení kolem příčné osy. Většinou se aplikují kloubová ložiska firmy SKF, která se používají ve strojírenském průmyslu u nákladních aut a těžkých strojů. Jsou odolná vůči opotřebení, mají zapouzdřené mazivo zajišťující dlouhodobě účinné mazání a jsou nenáročná na údržbu.

Řídicí tyče Mayer/Wunstorf byly v letech 1974-1992 chráněné patentem P24 46 571.2-25.

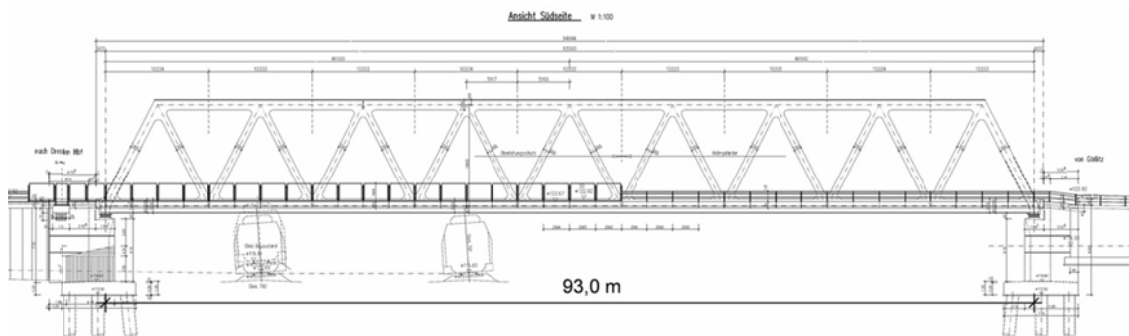
Příklady realizovaných mostů

V posledním desetiletí se v Německu řídicí tyče staly díky dobrým zkušenostem s jejich provozem standardním řešením. Většinou se aplikují u jednopolových příhradových nosníků nebo Langrových trámů rozpětí 60-120 m, ale existují i příklady aplikace u spojitých nosníků a vícepolových prostých nosníků.

Dále jsou představeny některé objekty projektované naší kanceláří.

Most v Drážďanech

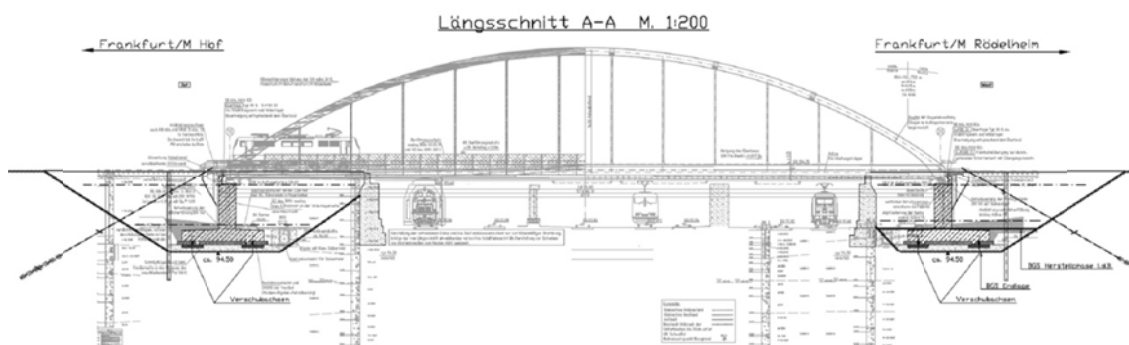
Most v Drážďanech je navržen jako dvoukolejný příhradový most o rozpětí $L=93\text{ m}$ (obr. 7). Detaily řídicí tyče z tohoto mostu jsou na obr. 4, 5.



Obr. 7 Most v Drážďanech, podélný řez

Most v „Galluspark“ ve Frankfurtu nad Mohanem

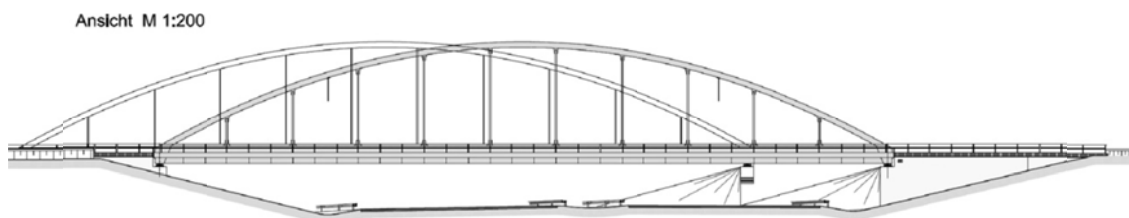
Tento Langrův trám má rozpětí $L=86,1\text{ m}$ (obr. 8). Jedná se o jednokolejnou konstrukci. Trať je v místě mostu vedena ve směrovém oblouku o poloměru $R=300\text{ m}$. Zvláštností mostu byl způsob jeho výstavby, kdy se vrchní stavba nejprve 80 m vysouvala, následně otočila o 20° , osadila na opěry a nakonec včetně opěr přesouvala dalších 10 m do konečné polohy.



Obr. 8 Most „Galluspark“ ve Frankfurtu nad Mohanem, podélný řez

Most Bad Schwartau

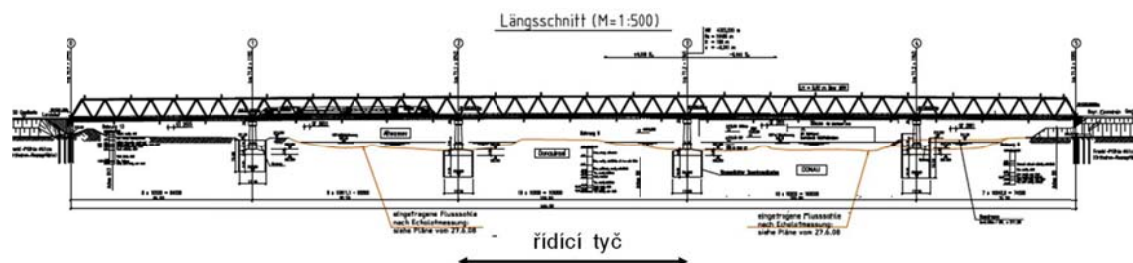
Z důvodu šikmého křížení s dálnicí byl tento most proveden jako dva jednokolejné Langrové trámy o rozpětí $L=82,5\text{ m}$ (obr. 9).



Obr. 9 Most Bad Schwartau, pohled

Most přes Dunaj v Deggendorfu

Most v Deggendorfu je netypickým příkladem aplikace řídicí tyče. Jedná se o spojitý příhradový nosník o rozpětích $L=84+95,5+106+106+74,5=466$ m (obr. 10). V zadávací dokumentaci byl pevný bod mostu umístěn na druhém pilíři a dvě dilatační zařízení koleje za opěrami. Ve spolupráci s prováděcí firmou jsme nabídli variantní řešení s řídicí tyčí v prostředním poli s cílem roznést brzdné síly rovnoměrně na dva pilíře. Tím došlo ke značným úsporám v založení mostu. Dilatační zařízení zůstala dle původního projektu.



Obr. 10 Most přes Dunaj v Deggendorfu

Most Köln

Most u Kölnu je navržen jako prostý příhradový nosník o rozpětí $L=113,5$ m (obr. 11). Díky aplikaci řídicí tyče nebylo potřeba dilatačního zařízení koleje.



Obr. 11 Most v Kölnu, $L=113,5$ m

Literatura:

- [1] Meyer, H.; Scubart, R.: Das Steuerstabsystem Meyer/Wunstorf – Wirkungsweise und Erfahrungen. Stahlbau 67 (1998), Heft 8
- [2] Freystein, W., Weber, W.: Steuerstabsysteme bei einteiligen stählernen Eisenbahnbrücken. Stahlbau 50 (1981), Heft 6, S.179-184