

Vliv postupu výstavby na vývoj namáhání a deformace obloukového mostu

EFFECT OF BUILDING PROCESS – STRESS TREND AND DEFORMATION OF ARCH BRIDGE

EVA KARASOVÁ

Během výstavby betonových obloukových mostů dochází ke změnám statického systému. Jednotlivé části konstrukce jsou různého stáří a to je třeba zohlednit ve statickém výpočtu. Příklad bude uveden na obloukové konstrukci mostu přes dálnici D47.

Typical character of concrete arch bridges is change of building stages. Parts of arch bridge are not the same age and we need calculate with different age of parts in static analysis. The example will be presented on arch bridge over the highway D47.

Typickým znakem betonových obloukových mostů (obdobně jako u mostů trémových stavěných současnými technologiemi) je změna statického systému konstrukce během výstavby. V definitivním stavu jsou takové konstrukce díky klenbovému působení a využití vysoké pevnosti betonu v tlaku velmi stabilní a únosné. V závislosti na jejich rozpětí a konfiguraci terénu je velice důležitá volba vhodné metody výstavby.

Obloukové mosty se betonují na místě do bednění (dřevěného nebo ocelového), které je podporováno lešením a skruží, nebo se sestavují, montují z předem vyrobených dílců. Mohou se také vyklenovat z tvárcí (vybetonovaných kvádrů) jako mosty kamenné. Používají se i jiné postupy, např. metoda letmého betonování. Při takové technologii je zřejmý vliv postupu betonáže průřezů a vliv přerozdělení vnitřních sil vyvolaný rozdílným průběhem

dotvarování a smršťování betonu různého stáří.

Klasickou metodou výstavby oblouků je betonáž na skruži. Požadavky na konstrukci skruže jsou velmi přísné. Konstrukce skruže musí přenést nejen vlastní tíhu čerstvého betonu, která je u oblouku mimořádně velká, ale velice důležitým požadavkem je přesnost dodržení tvaru a nedeformovatelnost skruže. Pro skruže obloukových mostů je výhodné použít ocel, obzvlášť prvky, které lze opakovaně použít. Při postupu betonáže na skruži jsou části tvořené konstrukce také různého stáří, což má na chování konstrukce vliv.

Metodu a postup výstavby je třeba správně zohlednit již ve statickém výpočtu. V závislosti na postupu výstavby má u obloukové betonové mostní konstrukce (obdobně jako u mostů trémových) na statické působení konstrukce – jak ve stavebních stádiích, tak i v definitivním stavu v průběhu celé existence konstrukce – vliv dotvarování a smršťování betonu a jeho rozdílné stáří v jednotlivých částech konstrukce. Dotvarování a smršťování betonu může významně ovlivnit deformace konstrukce a průběh vnitřních sil ve srovnání s případem, kdy konstrukce by byla reologicky homogenní a byla vystavěna najednou, bez postupných změn statického systému.

Tvorba matematického modelu, volba metody výpočtu a diskuse významu uvedených jevů je záměrem článku. Modelovaná konstrukce byla na základě předchozích návrhů Ing. J. Mikuly zkoumána v diplomové práci autorů článku.

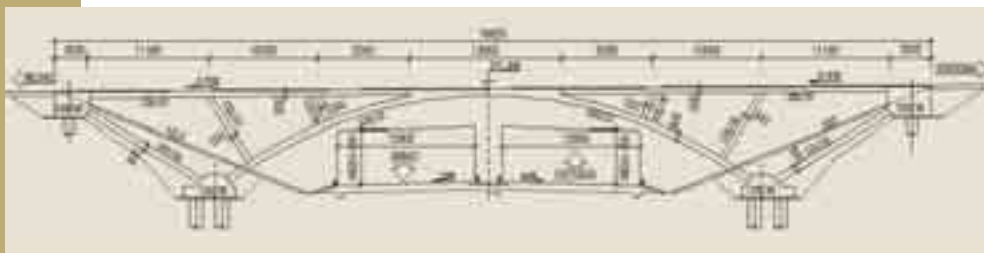
KONSTRUKCE OBLOUKOVÉHO MOSTU

Chování konstrukce s uvedeným záměrem bylo sledováno na obloukové mostní konstrukci nadjezdu nad dálnicí D47. Most je navržen jako železobetonový oblouk se železobetonovou horní mostovkou a šikmými vzpěrami. Vzpěry jsou s mostovkou i obloukem spojeny vrubovými klouby. Oblouk je vetknutý do hlubinně založených základových patek. Ve střední části prochází oblouk deskou mostovky tak, že uprostřed kopíruje horní hrana oblouku horní hranu mostovky. Mostovka je ukončena koncovými příčnicí na pilotách. Koncové příčnicí jsou spojeny se základovými patkami dvěma vzpěrami-táhly.

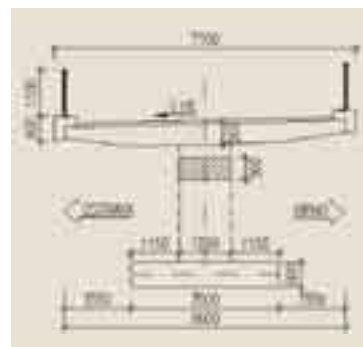
Délka mostu je 79,62 m. Hlavním nosným prvkem mostu je železobetonový oblouk, jehož střednice je navržena ve tvaru kružnice s poloměrem 40,5 m, vzepětí oblouku je 7,84 m, rozpětí je 47,89 m. Průřez oblouku má tvar obdélníku o šířce 3,5 m a výšce 0,6 m. Průřez oblouku je konstantní, s tvarově upravenými hranami. Ve vrcholu je oblouk spojen s mostovkou (obr. 1 a 2). Železobetonové vzpěry nosné konstrukce mají obdélníkový průřez o šířce 1,2 m a tloušťce 0,5 m. Tyto vzpěry jsou k oblouku i mostovce připojeny vrubovými klouby. Vzpěry byly vyrobeny jako staveništní prefabrikáty.

Železobetonové spodní vzpěry-táhla mají obdélníkový průřez o šířce 1,5 m a tloušťce 0,8 m a jsou po obou stranách dvě vedle sebe vzdálené 2,3 m osově. Železobetonová desková mostovka má tvar lichoběžníku s horní základnou délkou 7,1 m a spodní délkou 3,5 m. V šířce spodní základny má deska výšku

Obr. 1 Podélný řez
Fig. 1 Longitudinal section



Obr. 2 Příčný řez mostem
Fig. 2 Cross-section of the bridge



0,5 m a směrem k okrajům se ztenčuje na 0,3 m. Mostovka je v podélném sklonu 0,7 ‰ a v příčném sklonu 2,5 ‰.

VÝPOČTOVÁ ANALÝZA

Záměrem bylo sledovat zda, do jaké míry a jakým způsobem postup výstavby ovlivňuje vývoj namáhání a přetvoření sledované konstrukce. Ve výpočtu je plně respektováno, že konstrukce bude stavěna po částech.

V první fázi jsou zhotoveny základy, které jsou v bednění sedm dní, tzn. že betonáž proběhla v globálním čase 0. Ve druhé fázi jsou z důvodu omezení vlivu smršťování betonu provedeny krajní části oblouku, které jsou v bednění čtrnáct dní. Ve třetí fázi je betonována střední část oblouku a současně s ní i střední část mostovky (v bednění sedm dní). V globálním čase třicet pět dní je oblouk odskrúžen a působí vlastní tíha oblouku. Ve čtvrté fázi – v čase šedesát tři dní – se uplatňuje zatížení oblouku skruží nesoucí čerstvě vybetonovanou mostovku.

Při stavbě skruže nesoucí mostovku

budou osazeny prefabrikované vnitřní vzpěry, které byly vyrobeny jako stavební prefabrikát v globálním čase 0. Po odskrúžení mostovky začne konstrukce působit jako jeden celek. V čase sto dní bylo přidáno zatížení vlastní tíhou říms a v čase jedno sto dvacet jeden den tíha vozovky. Znamená to, že během výstavby dochází ke změnám statického systému i zatížení, což je ve výpočtu respektováno.

Pro reologickou analýzu obloukové konstrukce v jednotlivých stavebních stavech byl použit výpočetní program SCIA ESA PT [1] – byl vytvořen 2D prutový model s tuhými podporami. Jednotlivým částem konstrukce byly přiřazeny příslušné časové historie tak, aby odpovídaly nejrychlejší možné výstavbě. Uvažované fáze výstavby jsou zobrazeny na obr. 3.

Prvky byly zadávány metodou betonáže do tečny, tzn. že v průběhu výpočtu byly korigovány průběhy všech MKP uzlů podle aktuálního natočení konců předchozích prvků. Dále není současně s betonáží prvků instalována jejich vlast-

ní tíha, ta je vkládána postupně později podle skutečného působení. Toto je v souladu s postupem výstavby a můžeme očekávat hladký průběh průhybové čáry (obr. 3).

V souladu se záměrem studie byl dále pro porovnání vytvořen model stejné konstrukce, kde však nebyly zohledněny fáze výstavby. V tomto modelu byl uvažován beton v bednění po dobu sedmi dní. U obou modelů se předpokládá ošetřování betonu po tři dny. Výpočet obou modelů byl proveden pomocí časově závislé analýzy v programu SCIA ESA PT [1], [2], která umožňuje vystihnout změny ve statickém působení konstrukce v době výstavby a vliv dotvarování, smršťování a rozdílného stáří betonových prvků, ze kterých je sestavena celá konstrukce. Časová analýza je založena na postupném výpočtu v časových uzlech, jimiž je časový úsek rozdělen. V každém časovém uzlu je konstrukce řešena MKP. Ve výpočtu je pro predikci dotvarování a smršťování betonu použit model podle evropské normy.

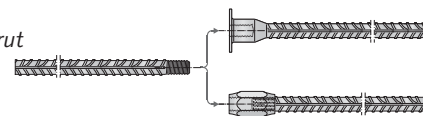


Perfektně se hodí!

HALFEN HBS-05 systém šroubového spojení výztuže

Prut s objímkou a nakovanou přírubou pro přišroubování HBS-05-B

Spojovací prut HBS-05-A



Prut s objímkou a závitem HBS-05-S

Systém šroubového spojení HBS-05 můžete použít všude tam, kde potřebujete mít jistotu, že výztuž bude spolehlivě a správně spojena a že všechno bude vyřešeno až do posledního detailu.

Flexibilní

HBS-05 šroubové spojení betonářské výztuže pomocí spojek s metrickým válcovaným závitem lze použít jako spoj působící v tahu i v tlaku.

Snadné

O správnosti montáže se přesvědčíte vizuální kontrolou.

Bezpečné

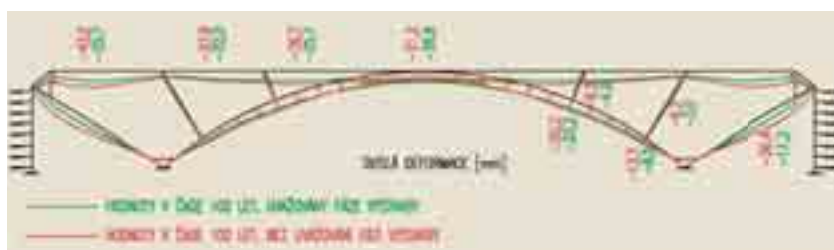
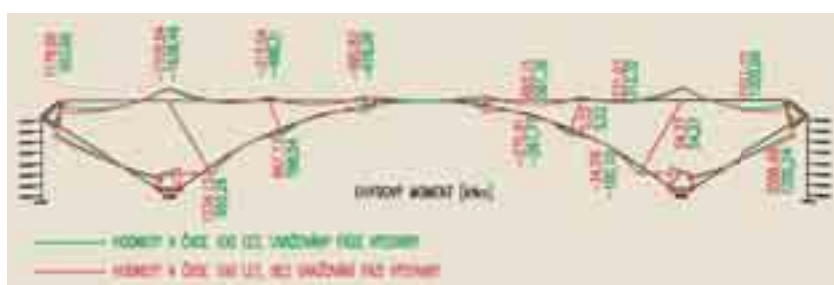
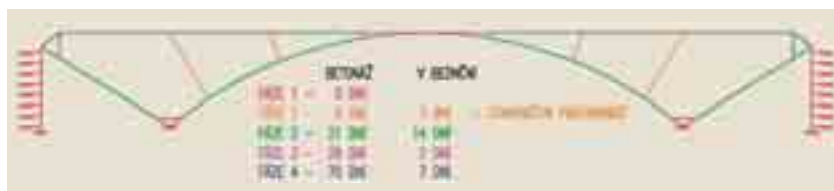
HBS-05 systém šroubového spojení se hodí i pro dynamicky namáhané konstrukce a vyznačuje se také minimalizací prokluzu a únavovou odolností.

Mnoho argumentů – jeden výsledek: HALFEN-DEHA zaručuje bezpečnost, spolehlivost a efektivitu pro Vás a Vaše zákazníky.



HALFEN-DEHA
YOUR BEST CONNECTIONS

HALFEN-DEHA, s.r.o. · K Vypichu 986 · 252 19 Rudná · Tel.: 311 672 612 · Fax: 311 671 417 · www.halfen-deha.cz



Obr. 3 Fáze výstavby
Fig. 3 Building stages

Obr. 4 Normálové síly
Fig. 4 Normal forces

Obr. 5 Ohybové momenty
Fig. 5 Bending moments

Obr. 6 Svislé deformace
Fig. 6 Vertical deformations

DISKUSE VÝSLEDKŮ

Pro zhodnocení nutnosti uvažovat fáze výstavby u obloukové mostní konstrukce popsaného typu poslouží následující výsledky uvádějící porovnání vnitřních sil a průhybů konstrukce; hodnoty přísluší předpokládané konci životnosti mostu – sto let.

Za pozornost stojí, že v důsledku rámového působení vzniká v mostovce nemalá tahová síla vyvolaná smršťováním betonu (obr. 4). Největší rozdíl mezi tahovými silami v mostovce (rozdíly výsledků

výpočtů s respektováním stavebních fází a s jejich zanedbáváním) vzniká v krajních polích mostovky. Ve vnitřním poli mostovky je procentuální rozdíl tahových sil menší, avšak téměř dvojnásobný. Je zřejmé, že zanedbání fází výstavby by vedlo k nadhodnocení tahových sil, a tím i k neekonomickému návrhu. V oblouku se však rozdíl mezi výsledky obou přístupů nijak výrazně neprojevuje (obr. 5).

Rozdíly obou přístupů v hodnotách ohybových momentů v mostovce nejsou tak výrazné jako u normálových sil. V krajním poli a nad delší vnitřní vzpěrou je moment v modelu bez uvažování fází výstavby zhruba 1,5 krát větší, v dalších místech mostovky jsou hodnoty momentů z tohoto modelu dokonce o něco nižší než s uvažováním fází výstavby. V oblouku je však rozdíl mezi hodnotami ohybových momentů zjevný (obr. 6).

Z hlediska svislých průhybů je jasné vidět rozdíl výsledků poskytnutých uvažovanými modely. V modelu, ve kterém

Literatura:

- [1] SCIA.ESA PT, *Manual for Construction Stages, Prestressing Tendons and TDA in the Software System for Analysis, Design and Drawings of Steel, Concrete, Timber and Plastic Structures* SCIA.ESA PT (integrated into the SCIA.ESA PT Reference Guide), SCIA Group nv, www.scia-online.com
- [2] Navrátil J.: Time-dependent Analysis of Concrete Frame Structures (in Czech) *Stavebnický časopis*, 7 (40), 1992, pp. 429–451
- [3] Bechyně S.: *Betonové mosty obloukové*, Praha SNTL 1954
- [4] Stráský J.: *Betonové mosty*, ČKAIT 2001

jsou uvažovány fáze výstavby, je zohledněna betonáž části mostovky se střední částí oblouku. Z obrázku je patrné, jaký vliv má z hlediska deformace toto zatížení na oblouk. V ostatních částech konstrukce dochází při nezohlednění fází výstavby k téměř dvojnásobným průhybům. Při nezohlednění fází výstavby není v modelu vystižen stav dokončeného oblouku se střední částí mostovky a je v tomto místě naopak průhyb menší, což by neodpovídalo skutečnosti.

ZÁVĚR

Zanedbávání postupu výstavby (nezohlednění fází výstavby) vede v případě uvedené konstrukce k nesprávnému zjištění vnitřních sil, nesprávnému a neekonomickému návrhu. Díky zvážení postupu výstavby je možné sledovat chování konstrukce přesněji a především reálněji.

Projektantům jsou již k dispozici výpočtové nástroje používané pro statické výpočty předpjatých trémových mostů stavebních současnými technologiemi umožňující tento problém efektivně zvládnout.

Výsledky byly získány v rámci řešení projektu 1M6804770001 MŠMT, činnosti výzkumného centra CIDEAS a projektu GA ČR 103/06/0674, dále projektu MD ČR 1F45E/020/120.

Ing. Eva Karasová
Katedra betonových a zděných konstrukcí
Fakulta stavební ČVUT v Praze
Tháškova 7, 166 29 Praha 6
e-mail: eva.karasova@fsv.cvut.cz

Text článku byl posouzen odborným lektorem