



▲ Žďákovské údolí při zahájení napouštění Orlické přehrady

Žďákovský most přes Orlickou přehradu, podrobnosti z jeho výstavby

V poslední době bylo vytištěno v odborných časopisech týkajících se stavebnictví několik článků o Žďákovském mostě, postaveném přes Orlickou přehradu. Jsou v nich uvedeny nejdůležitější technické údaje a v některých člancích dokonce i jména osob, které se na projektu tohoto světového unikátu i na vlastní stavbě různou měrou podílely.

Autor by, jako spolupracovník Ing. Josefa Zemana od roku 1960 až do roku 1997, chtěl upřesnit a popsat některé klíčové události, a to jak z fáze projektování, tak z doby výstavby, které dosud popsány a publikovány nebyly.

Stav stavby v roce 1960

Autor článku přišel poprvé na Žďákovské staveniště v letním

období v roce 1960, kdy byla na příbramském břehu vybetonována konzola ještě podepřená trubkovým lešením, ale byl již v celé výšce postaven železobetonový pylon. Na pravém, tedy milevském břehu byla také vybetonovaná konzola, ale pylon se začínal teprve stavět. Stavba pylonů o dvou dřících byla zajímavá tím, že každý dřík měl v půdorysu tvar tlustého písmene I. Pylon se stavěl bez bednění. Umožňoval to systém

lícových prefabrikátů výšky 1,0 m o tloušťce 150 mm. Tyto lícové prefabrikáty se vyráběly na staveništi v ocelových formách natíraných naftou, což umožňovalo po vytvrnutí dobré odloupení forem. Z těchto prefabrikátů se vyskládal půdorys shora uvedeného tvaru, doplnil výztuží a vyplnil betonem.

Až další rok byla zahájena stavba šesti montážních věží, z nichž čtyři vždy po dvou byly umístěny u železobetonových konzol ve vzájemné vzdálenosti cca 24 m a byly vyrobeny v Hutních montážích Ostrava (dále jen HM Ostrava). Další dvě mohutné věže budoval vojenský útvar z Pohořelic z vojenského skladebného materiálu pro mostní pilíře PIŽMO. Pro jednu z věží bylo nutné uvnitř toku řeky nasypat z velkých balvanů a kamenné suti ostrov jako

základ. Vedle těchto věží označených od břehu písmeny A, B, C bylo ve dně původního údolí zabudováno množství kotevních betonových bloků s ocelovými konzolami, na jejichž koncích byly kladnice pro protažení lan, které vedly k vojenským věžím C a zajišťovaly jejich stabilní polohu. Tyto vojenské věže byly vybudovány do výšky cca 5 m nad budoucí hladinu přehrady s tím, že zbytek výšky bude dostavěn až současně s výstavbou vlastního mostu. Nutno doplnit, že vojenské věže sešroubované z jednotlivých prvků byly po výšce rozděleny na pět částí, kde spojovací svorníky vodorovných spár byly navlečeny pouze shora bez matic. Toto uspořádání styků mělo zajistit, po ukončení montáže mostu, jejich opětovné vytažení z jezera přehrady.

Start výroby a montáže a změny projektu

V roce 1962, kdy bylo rozhodnuto, že by se v roce 1963 mohlo začít s výrobou a také s montáží mostu, začala skupina Josefa Zemana zpracovávat prováděcí projekt, v němž došlo oproti úvodnímu projektu k mnohým změnám. Knihy statického výpočtu byly označovány velkými písmeny abecedy od A do P, přičemž některé písmeno obsahovalo i více svazků. Trám mostovky původně byl z profilu prostého I a k němu byly po 2,4 m připojeny příčnický nesymetrického profilu I a na nich byla spřaženě uložena pomocí kozlíků železobetonová deska mostovky, která končila od stěny hlavního trámu cca 300 mm. Chodník ohraničený kamenným obrubníkem měl být ze železobetonu s ocelovým zábradlím.

Prvním úkolem autora byl nový výpočet spojitého nosníku trámu mostovky nesymetrického průřezu, kde horní pásnice byla rozšířena pod chodník a na vnějším okraji pásnice byl přivařen menší profil I, který ji vyztužil a vynášel vlastní zábradlí. Kromě toho byl ke stojině hlavního trámu přivařen U profil s kozlíky, kam až byla rozšířena deska mostovky a s hlavním trámem vytvářela vodorovný nosník v celé délce mostu o čtyřech polích, kde střední podpora v místě dotyku trámu s obloukem byla pružná. Na opěrách a pylonech byly uvažovány opěry pevné. Toto spřažení mostovky s trámy na obou stranách vyloučilo ocelové vodorovné zavětrování v rovině trámu a zůstalo pouze vodorovné zavětrování trámu pro dobu montáže, ovšem jiných dimenzí, které po zabetonování mostovky bylo odstraněno.

Výpočet desky ve vodorovném spřažení prováděl Ing. Jiří Bergman.

Současně s touto změnou došlo k úpravě vodorovného zavětrování oblouku při horním i dolním pasu oblouku, kde původní tvar

Ondřejových křížů byl nahrazen zavětrováním tvaru K.

V létě 1963 byla zahájena ve Vítkovických mostárnách (závod 6 a 65) výroba a pak na podzim montáž válcových stojek a trámu na příbramském břehu. V roce 1964 byly vojenským útvarem dostaveny střední věže C do plné výšky. HM Ostrava uložily na železobetonové konzoly u pylonů rošty pro ložisko a vlastní ložisko s válcovým čepem, aby mohla být zahájena montáž oblouku. Obdobně bylo postupováno na pravém, milevském břehu.

V roce 1963 byla ve Vítkovicích odlévána ložiska, která před částečným oprávněním musela dlouhou dobu chladnout. Ložiska, jako prosté nosníky, měla v řezu tvar zaobleného trojúhelníku se čtyřmi dutinami uvnitř. Pro vyjmutí vnitřních částí z dutin byly v dolním pase čtyři kruhové otvory průměru 250 mm. Tyto otvory se uzavíraly přivařením, každý šesti plechy tloušťky 25 mm, za řádného předehřevu. U posledně odlévaného ložiska po vychladnutí byly zjištěny trhliny vycházející ze dvou kruhových otvorů, a to v plné tloušťce materiálu cca 150 mm srpovitého tvaru, a sice u jednoho otvoru v délce 200 mm a u druhého v délce 120 mm. Protože výroba nového ložiska představovala zdržení stavby o cca 4–6 měsíců, bylo svoláno mimořádné „stavební dozorstvo“, orgán zřízený ministerstvem dopravy, jehož členy byly rozhodující osoby všech zúčastněných organizací projekce, výstavby, investora i financující banky. Jeden z členů dozorstva, profesor František Faltus, upřednostňoval výrobu nového ložiska, zatímco Josef Zeman preferoval návrh výrobce odvrtat vzniklé trhliny do tvaru písmene U, aby mohly být ručně vyvařeny vhodnými elektrodami. Časové důvody vedly k realizaci odvrtání a následného vyvaření. Opravené ložisko po opravování bylo jako ostatní tři na lisu odzkoušeno na tlak 6000 t a bez jakékoliv další poruchy vyhovělo. Maximální provozní tlak pro ložisko byl 4500 t (jedná se o normové, nikoliv výpočtové hodnoty).

Změna způsobu montáže oblouku a mostovky

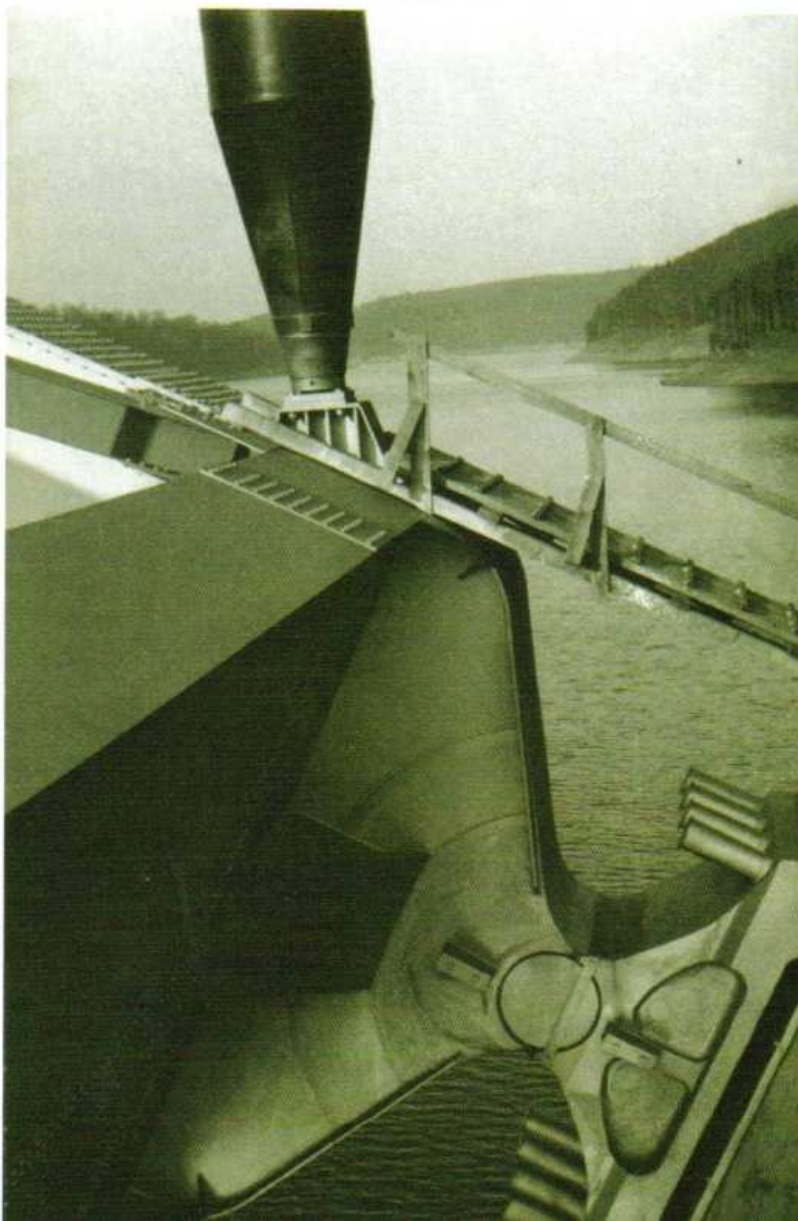
K největší změně oproti úvodnímu projektu došlo ve způsobu montáže oblouku i trámu mostovky, kde ÚP předpokládal montáž v původním údolí bez zátopy na nízkém lešení. Uprostřed rozpětí měla být postavena věž z prvků budoucího trámu mostovky a pomocí ní měly být dvě poloviny oblouku zdviženy do konečné výšky. S odsunem výstavby do doby po zatopení jezera přehrady byl odsouhlasen postup výstavby letmou montáží oblouku za pomoci šesti pomocných věží.

Je nutné konstatovat, že do prováděcího projektu byl zahrnut patent Františka Faltuse na vodorovné ložisko umístěné v místech přikotvení trámů mostovky na

obou pylonech, což umožňovalo bezproblémový posun v podélné ose mostu. Ložiska pro svislou sílu a posun byla válcová – klasičká.

Na stavbě byly propojeny na obou březích věže A a B šikmou plošinou, na které byly smontovány první části oblouku v délce cca 25,5 m. Montáž oblouků byla prováděna dvěma deriky pojištěnými po kolejové dráze umístěné na příčnicích horní mostovky. Tyto deriky měly nosnost 50 t při vyložení do 25 m. Zatím v HP Praha ve spolupráci s HM Ostrava probíhal výpočet každé jednotlivé fáze montáže. Tento výpočet již probíhal na počítači ministerstva těžkého průmyslu. V této době stavební dozorstvo doporučilo investorovi, aby celý projekt HP Praha, hlavně statické výpočty, byly dány na Stavební fakultu ČVUT ke kontrole a František Faltus byl požádán

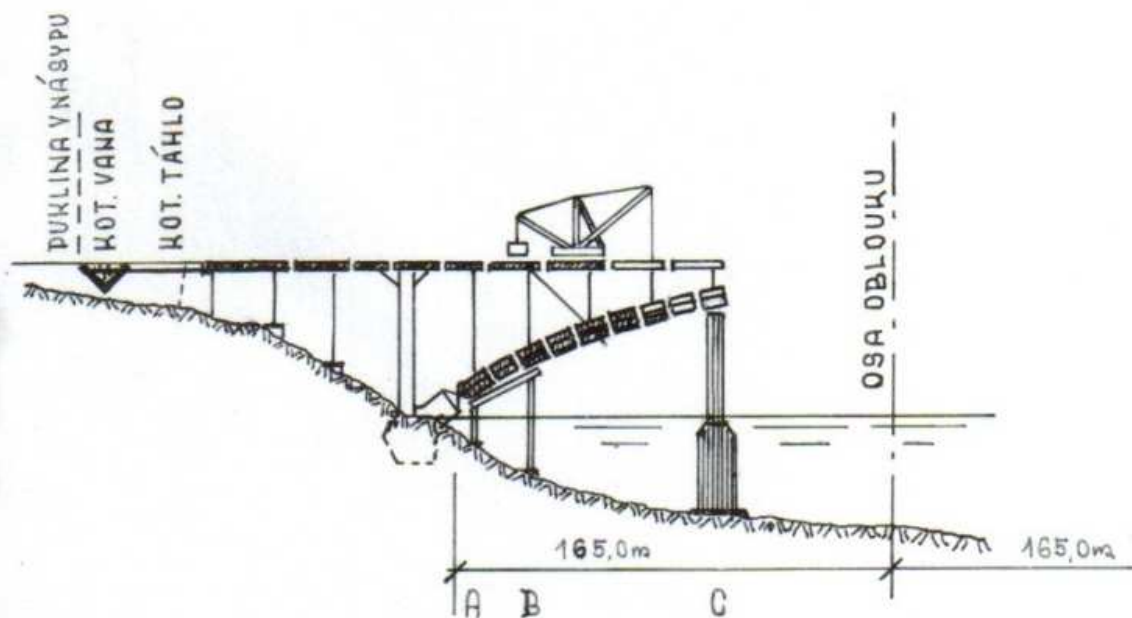
▼ Ložisko oblouku (nosnost 6000 t). Pod ložiskem je zřejmý otvor připravený na vložení čtyř talířových lisů při případné rektifikaci.





▲ Montáž oblouku před dosažením vojenských věží C

▼ Listopad 1964 – stav montáže před dosažením věže C



o vrchní dozor nad touto zcela nezávislou kontrolou. Prakticky tuto kontrolu prováděl tehdy již vedoucí katedry profesor Jiří Schindler s týmem mladších spolupracovníků. Bylo to období rozvoje počítačové techniky, takže kontrola nebyla již tak časově náročná, ale Jiří Schindler osobně kladl nejvíce důraz na výpočet obloukových žeber, která před rokem 1958 sám ručně počítal (knihy D). Závěr této nezávislé kontroly vyzněl, že Josef Zeman se svým týmem dostal absolutorium a žádná dimenze, či žádný prvek se nemusel měnit.

Události montáže 1964–1965

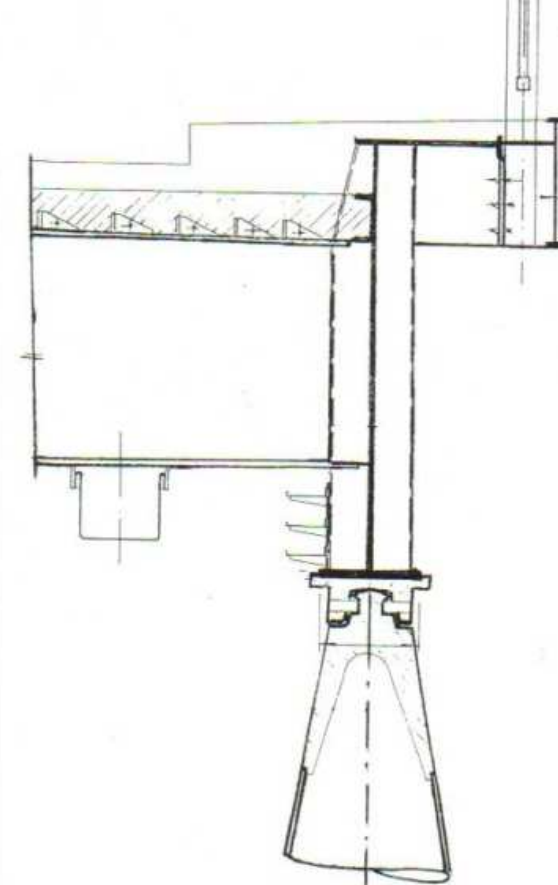
Při výpočtech v HP Praha bylo zjištěno, že k dosažení bezpečné výšky oblouku nad věží C je nutné pod oblouk pod třetí stojkou zavést šikmé táhlo vedené k trámu mostovky nad druhou stojkou nad obloukem. Svislá síla z tohoto vyvěšení vedla přes stojku do věže B, zatímco vodorovná složka vedla trámem mostovky na přibramském břehu v délce 124 m k ložisku na opěře. V tomto ložisku nebylo možné danou sílu zachytit. Silnice byla v tomto místě na poměrně vysokém násypu a mohlo by dojít k vychýlení opěře. Bylo nutné z místa ložiska na opěře vést ocelová táhla cca 20 m za opěru a tam vybudovat v šířce celé silnice betonovou vanu ve tvaru širokého písmene V a vyplnit ji štěrkovým zásypem tvořícím zátěž. Podzim roku 1964, zvláště v měsíci listopadu, byl velmi deštivý a montáž oblouku byla asi 25 m před dosažením vojenské věže C. V této době došlo vlivem tahu z předem popsané vodorovné síly ke vzniku praskliny napříč celé silnice ve vodou nasáklém násypu. Šířka pukliny těsně za kotvicí vanou byla 60 mm. Bylo rozhodnuto co možná nejdříve, to jest do 20. prosince 1964, dosáhnout věže C, kde bylo možné podepření. Toto urychlení bylo možné jedině tak, že montážní styky byly spojeny jen asi třetinou montážních šroubů bez nýtování a při vynechání

zavětrování mezi obloukovými žebry. Po dosažení věže C byla puklina v násypu za kotevní vanou na příbramské straně 100 mm. Oblouková žebra byla podepřena a vyzdvižena do projektované výšky. K plnému zanýtování této části došlo až po vánoční pauze v zimních měsících roku 1965. Na pravém břehu, kde byla tato část oblouku a trámu mostovky montována až po zimních měsících, kde silnice za opěrou byla jen v nízkém násypu a podélné kotvy vedly do skály, k podobnému úkazu nedošlo a postup montáže oblouku byl bezproblémový. Po oboustranném dosažení vojenských věží C bylo zjištěno, že příbramská levobřežní část se osově vychyluje proti toku Vltavy, kdežto pravobřežní milevská část se osově vychyluje po vodě. Celkový rozdíl činil 105 mm, což František Faltus kvitoval slovy: „Ha, tak my stavíme dva mosty.“ V této době také v HP Praha přepočítával Ing. Luděk Spal věže C a jejich kotevní systém. Přepočet vyústil v závěr,

že přitažením a povolením hlavních kotevních lan těchto věží může být vychylka srovnána, což také bylo provedeno.

Uzavírací fáze oblouku

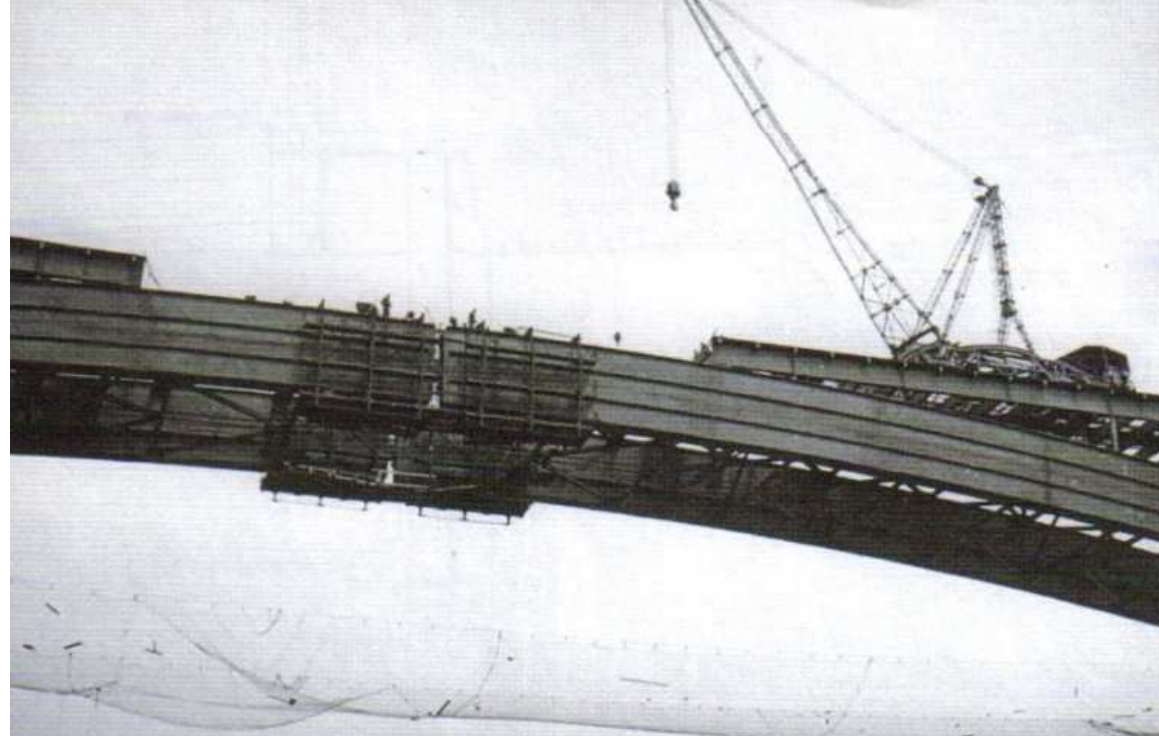
Od 1. ledna 1965 autor přešel z HP Praha do Krajského investorského útvaru v Českých Budějovicích, protože investor neměl k dispozici jiného odborníka tak podrobně seznámeného s projektem a průběhem stavby, do funkce stálého stavebního dozora. Jedním z hlavních úkolů bylo zkontrolovat těsnost a kvalitu nýtů, kterých bylo 1 200 000, což byla nepředstavitelná činnost, zvláště když více než polovina mostu byla již smontována. Bylo nutné vyměnit celkem asi 25 % nýtů, a to z větší části montážních a z menší části dílenských. Zvláštní fází výpočtu byla uzavírací fáze oblouku, kdy ze dvou prostých obloukových nosníků s konzolami podepřenými v ložis-



▲ Deska mostovky spřažená s trámem – konečné řešení

ku a na věžích C při dotyku ve vrcholu dojde ke změně a soustava se postupně změní v trojkloubový oblouk, na kterém ve vrcholovém

kloubu vzniká značná vodorovná síla. Vrcholový kloub byl vyosen o 300 mm dolů, což mělo zabezpečit zdvih prohnutých konzol do



▲ Most je ve vrcholu oblouku spojen kloubem

správného obloukového tvaru. K realizaci uzavírací fáze došlo 22. května 1965 za jasného, slunečného dne. Ačkoliv přípravy začaly ráno v 6.00 hod., k vlastnímu spojování ve vrcholu kloubu došlo až v 11.00 hod. před polednem. Podepření oblouku na věžích se snižovalo o stanovenou hodnotu, ale dotykové desky u vrcholového kloubu místo aby se přibližovaly, se začaly oddalovat, což vzbudilo údiv a rozpaky, a přirozeně otázky po příčině. Jednoduchými výpočty se na nic nepřišlo. Nicméně díky prostému měření kontaktním teploměrem, které proběhlo na několika místech konstrukce, bylo zjištěno, že dolní pásnice oblouku, která nebyla osluněna, ale spíše ochlazována od vodní hladiny jezera, měla průměrnou teplotu 20 °C. Zatímco horní osluněná pásnice, natřená navíc červenou suříkovou barvou, měla průměrnou teplotu 60 °C. Toto zjištění vyústilo v závěr, že příčinou byl teplotní rozdíl mezi horní a dolní pásnicí. Narychlo byly zapůjčeny u Rudných dolů v Příbrami dvě soupravy teodolitů se světelnými terčíky, kterých se používalo v důlním prostředí. Současně se měřil kontaktním teploměrem tepelný rozdíl horní a dolní pásnice oblouku, který se začal vyrovnávat až po 19.00 hod. Současně s tím byly oblouky dávány na věžích C do původních předepsaných výšek. Ve 23.00 hod. došlo k úplnému vyrovnání teplot

po celém průřezu oblouku a bylo započato s nočním zaměřováním tvaru části oblouku zapůjčenými soupravami, které potvrdilo správnost původně stanovené polohy pro výchozí stav závěrečné fáze. Následující pracovní den začal ve 4.00 hod. Všechny úkony opakované již podruhé šly rychleji a krátce po sedmé hodině 23. května byla soustava převedena v trojkloubový oblouk. Mezi dotykové plochy ve vrcholovém kloubu byla vložena olověná deska tloušťky 30 mm, aby tím byly vyrovnány pod tlakem vodorovné síly výrobní nerovnosti. Tloušťka olověné desky byla stlačena do rozměru cca 15–20 mm. Poté došlo k zaměření a byl vyroben vrcholový díl oblouku, který převedl soustavu z trojkloubového oblouku v oblouk dvoukloubový. Nato následovala ve spolupráci s vojenským útvarem a potápěči demontáž věží C, které byly po dílech vždy dvěma deriky jedoucimi po mostovce současně nadzdvíženy, vychýleny do boku a podjela pod ně souprava vojenských soulodí, která odvezla tuto část věží ke břehu k rozebrání. Po montáži zábradlí a speciálních dilatačních závěrů na opěrách montáž ocelové nosné konstrukce skončila. Je třeba dodat, že před dosažením montáže oblouku věží C se projevoval při rychlosti větru 5–8 m/s ve směru podél toku řeky kmitání nejdelších válcových stojek, o průměru 1 m, situovaných hned za klouby ložiska. Problém

kmitání byl řešen po skončení montáže na základě výpočtů. Rozkmit v polovině výšky se zdál okem dosti veliký, ale podle opakovaného měření se pohyboval v rozmezí od 50 mm do 80 mm. Řešením byla změna hmotnosti stojek vysypáním štěrkem zrnitosti 15–18 mm do 80 % výšky válce stojky.

Ochrana proti korozi

Důležitým problémem byla ochrana proti korozi, kdy most ještě po uvedení do provozu v roce 1967 byl natřen základní suříkovou barvou, na mnohých místech opravována. Nosná konstrukce byla proto odtryskána vysušeným křemitým pískem do šedostříbrné barvy kovu. Do dvou hodin po odtryskání musel být povrch nametalizován pomocí pistole zinkem o tloušťce 60–80 mikrometru. Nato následoval nástřik kontaktní zinkochromátovou barvou a poté třikrát vrchní barvou na obloucích hliníkově stříbrnou. Na válcových stojkách pod mostovkou barvou modrou. Madlo zábradlí bylo taky modré, ale výplň v zábradlí byla navržena oranžově-žlutá. Tloušťky jednotlivých vrstev i celková tloušťka ochrany proti korozi byla pečlivě kontrolována pomocí magnetického tloušťkoměru, který byl kalibrován pro polohu svislou, šikmou pod úhly 30°, 60° i pro polohu vodorovnou. Pod mostovkou byl v původním projektu navržen revizní vozík,

pojízdný jako monorail pod příčnickou s vysunovací plošinou 2 m doleva i doprava, čehož bylo pro natěračské práce pro mostovku využito. Jeho konstrukční výška ovšem byla cca 3 m, takže pro střední část, kde se oblouk přibližoval k trámu v celkové délce cca 50 m jej využít nešlo. Proto byly dodatečně vypracované projekty pro další čtyři vozíky, vždy dva a dva s různou konstrukční výškou, z nichž na středních dvou se mohlo pracovat jen v podřepu nebo vleže a nebylo možno je vysunout vně hlavního trámu mostovky. Pro nátěr stojek mezi obloukem a trámem mostovky byly navrženy plošiny tvaru šestiúhelníku s vnitřním kruhovým otvorem, které byly zavěšeny na lanových závěsech, vedoucích z konzolového jeřábu pojezdového po chodníku a mostovce tehdy již v provozu.

Nejsložitější úkol byl, z jakého zařízení provést tryskání a nátěry vlastní oblouku. Stavět z trubkového lešení štucel kolem obloukových žeborů bylo nereálné. Proto byl v HP Praha opět za vedení Josefa Zemana vymyšlen návrh vozíku, jehož horní relativně těžká část byla tažena po horním pase oblouku, po kolečkách jedoucích v mezerách mezi pravidelnými podélnými řadami nýtů. Z tohoto vozíku excentricky mimo oblouk byl veden závěs z kulatiny se závitem M54, na kterém byla zavěšena lehká trubková příhradová konstrukce s patry výšky 2,4 m a podlahami z roštů. Dolní podlaha byla v celé šířce pod oběma obloukovými žebry. Kromě toho na této dolní podlaze byla na třech kyvných stojkách s možností zkrácení a prodloužení navržena sklápěcí trubková konstrukce vnitřního lešení, ze kterého byly obsluhovány vnitřní stěny oblouku a zavětrování při horním pase oblouku. Tuto konstrukci bylo nutné při každém průjezdu pod stojkami trámu, kde bylo příčné ztužidlo oblouku (opět systém K), částečně rozebrat a opět složit a samozřejmě rektifikovat s měnícím se sklonem oblouku. Toto pojezdové lešení mělo aktivní záběr v délce 6,0 m a bylo vyrobeno ve dvou vyhotoveních pro pravý a levý běh. Jeho posun po oblouku prováděli horolezci. ■