



I/27 ŽIŽELICE, OBCHVAT – MOST PŘES ÚDOLÍ HUTNÉ

Lukáš Vráblík, Eva Sochorová, Petr Harazim, Mykhailo Novikov, Alona Filippova, Artem Marchenko

V současné době je realizována výstavba obchvatu obce Žiželice na silnici I/27. Výstavba obchvatu řeší dopravně a kapacitně zcela nevyhovující vedení této páteřní komunikace skrze obec společně s jejím současným problematickým výškovým a směrovým uspořádáním. Nejvýznamnějším objektem celé stavby je cca 360 m dlouhá mostní konstrukce převádějící přeložku silnice I/27 přes široké a hluboké údolí říčky Hutné. Charakter překážky a umístění trasy vedly v rámci režimu stavby Design & Build k návrhu jedné předpjaté železobetonové komorové konstrukce, jež je realizována technologií letmé betonáže v kombinaci s výstavbou na pevné skruži. V její střední části, v místě maximální výšky komunikace nad terénem a křížení říčky Hutná, je konstrukce navržena jako spojitá rámová, s tuhým spojením nosné konstrukce a rámových stojek, tvořených dvojicí pilířových listů. Konstrukce je z hlediska délek jednotlivých polí navržena jako symetrická podle osy hlavního pole. Rozpětí hlavního pole je 120 m, přilehlá pole pak mají délku 80 m. Krajní pole mají délku 39,4 m.

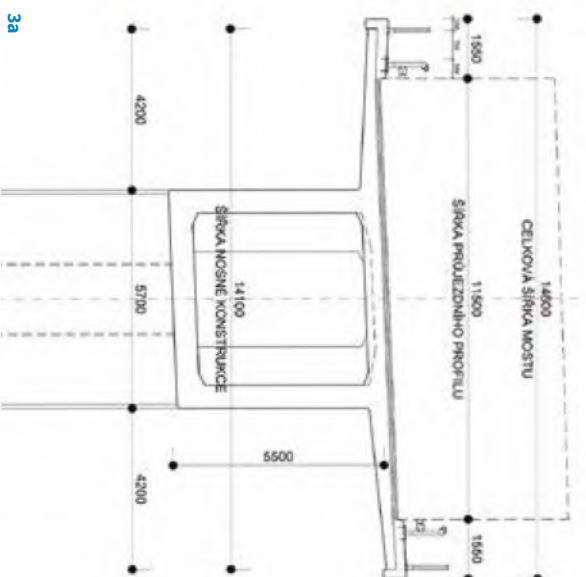
Přeložka silnice I/27 u obce Žiželice (obr. 1 a 2) je realizována s cílem odvést veškerou tranzitní dopravu na této komunikaci mimo obec. Vyřešením současného zcela nevhodného výškového a půdorysného vedení v prostoru obce a údolí Hutné dojde ke zvýšení bezpečnosti a plynulosti na této významné páteřní komunikaci, spojující centra Ústeckého a Plzeňského kraje. Stavba je součástí plánovaného postupného zkapacitňování této komunikace v celé její délce spočívající zejména ve výstavbě obchvatů měst a obcí, kudy komunikace prochází, a úpravě míst snižujících bezpečnost a plynulost dopravy.

Nová komunikace je navržena a realizována v kategoriálním uspořádání S 11,5/70, celková délka úpravy současné trasy je cca 3 000 m. Nové vedení komunikace navazuje na již dříve realizovanou mimoúrovňovou křižovatku Vysočany s dálnicí D7, resp. na předchozí výstavbu

přeložky a mostu Velemyšleves. Převážná část trasy využívá současného vedení silnice I/27, dochází jen k malým směrovým a výškovým úpravám, zároveň i k rozšíření na normovou kategorii. Úpravy mají za důsledek rozšíření silničního tělesa i trvalého záboru proti současnému stavu. Pouze vlastní obchvat se výrazně odklání od současné silnice do nové trasy v oblasti obce Žiželice. Je veden tak, že dochází k narovnání trasy a ke značnému zkrácení celkové délky silnice. Obchvat překonává hluboké údolí říčky Hutná a přechází ho mohutným mostem, jehož niveleta je v místě křížení s říčkou 30 m nad úrovní břehů. Zároveň most zajišťuje mimoúrovňové křížení se železniční tratí č. 124 Lužná u Rakovníka – Chomutov v km 2,0. Současná silnice I/27 kříží železniční trať z bezpečnostního a kapacitního hlediska nevyhovujícím šikmým úrovňovým přejezdem ve značném podélném sklonu.

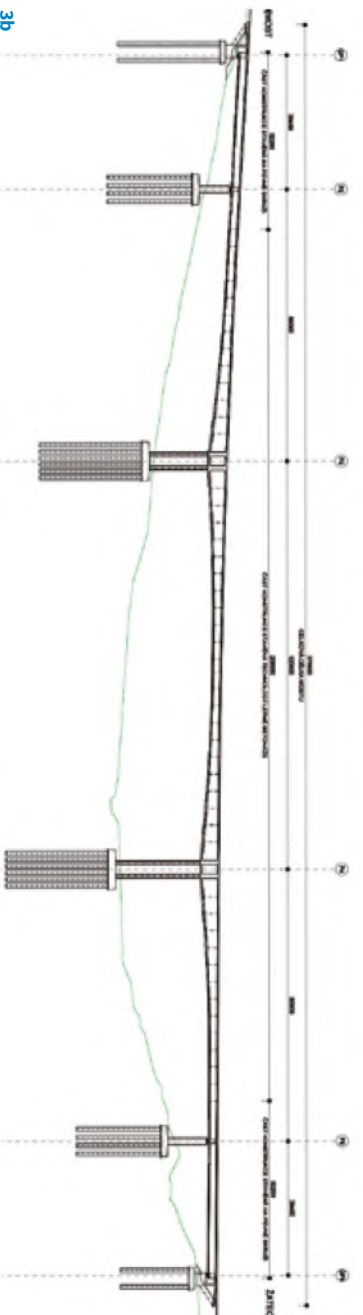
Na mostě je komunikace vedena v pravotočivém oblouku a v přímé. Podélný sklon převáděné komunikace je na mostě proměnný mezi 5,8 % u krajní opěry OP1 až po 0,7 % u krajní opěry OP6.

Celá stavba je realizována v režimu Design & Build. V rámci soutěžního dialogu tak byla zejména navržena optimalizace mostní konstrukce, která je stěžejním stavebním objektem celé stavby. Původní spojitá sprážená ocelo-betonová konstrukce s délkou typického pole 40 m byla nahrazena spojitou předpjatou železobetonovou komorovou konstrukcí s délkou polí 39,4 + 80 + 120 + 80 + 39,4 m. S ohledem na minimalizaci nákladů na budoucí správu a údržbu konstrukce a vzhledem k technologii výstavby byl minimalizován počet ložisek. Vnitřní pilíře P3 a P4 jsou navrženy jako rámové stojky s tuhým spojením s nosnou konstrukcí.



2

3a



3b

Popis konstrukce mostu

Založení mostu

Pro zpracování základních stupňů projektové dokumentace (DÚR a DSP) byl použit podrobný geotechnický průzkum zájmového území zpracovaný firmou AZ Consult, spol. s r.o., v září 2009. Dále byl proveden doplňkový geotechnický průzkum firmou ARCADIS CZ a.s. v květnu 2015. V rámci přípravy samotné realizace stavby bylo provedeno celkem 72 vrtů jako podklad pro přípravu monitorovací sítě a pro doplňkový geotechnický průzkum (GEOFOS s.r.o., 2022/2023). Jedná se o 23 vrtů vystrojených inklinometrickými pažnicemi pro sledování sva-hových pohybů; 32 vrtů pro hydrogeologické sledování a zkoušky a 17 jádrových vrtů pro založení mostu a opěrných zdí o celkové metrāži 1 898 m.

Zájmové území se z regionálně-geologického hlediska nachází v oblasti podkrušňohorských pánní z období terciálu, jež vznikly podél hlubinného litoměřického zlomu. Díky této zlomové linii dosahuje mocnost sedimentů v pánni až 700 m.

Samotná obec Žiželice se nachází v Severočeské pánni, dosahující rozlohy přes 1 000 km², rozprostřající se mezi Doupovským horami a Českým středohořím. Do Severočeské pánnve byl přinesen materiál říčními toky. Tyto paleo toky vytvořily významná tělesa delt – žatecká a bílinská delta. V zájmové oblasti se jedná o žateckou deltu táhnoucí se směrem od Žatce k Chomutovu. Tento tok v období miocénu odvodňoval část západních a středních Čech. V jižní části se jedná o neproduktivní území se značně vzdálenými uhelnými polohami. Zejména jsou zde zastoupeny jílovité zeminy s hojnými písčítými polohami o proměnlivé zrnitosti. Celkem dosahuje žatecká delta mocnosti až 200 m.

Na základě provedeného doplňkového geotechnického průzkumu (GEOFOS s.r.o., 2022/2023) byla stanovena možná rizika pro provádění stavby:

- Sesuvy – z popisu vrtných jader jsou zachyceny sesuvné jevy do hloubky 7 m. V případě výraznějších srážek se mohou v místech odřezů a základo-vých jam míšty aktivovat dílčí sesuvy/odtrhy.

- 1 Celkový pohled na stavbu – /1/27 obchvat obce Žiželice z /1/27 obchvat obce Žiželice (zdroj RSD)
- 2
- 3 Řezy mostem: a) příčný řez, b) podélný řez

Zhotovitel stavby

Společnost Žiželice
SILINICE GROUP a.s.
EUROVIA CS a.s.
Stavby mostů a.s.
Valbek, spol. s r.o.
GEOFOS s.r.o.

- Tlakové písky – zachyceny od hloubek 15 až 20 m do 42 m. Jejich mocnost dosahuje až 13 m (dno údolí u toku Hutná). S velkou pravděpodobností mohou zkomplikovat vyhotovení pilot pro mostní konstrukci i opěrné zdi.

- Tlakové zvodně/čočky – během vrtných prací bylo zaznamenáno stoupání hladiny podzemní vody ve vrtech u vodního toku Hutná rychlostí až 250 mm za 11 minut (jádrový vrt P3). Ve vrtu HV414 v průběhu dynamického odběru podzemní vody proběhlo čerpání pomocí čerpadla s výkonem 0,8 l/s a hladinu se podařilo snížit z úrovně 2 m pod úroveň terénu do hloubky 15 m. Následně se úroveň hladiny podzemní vody vrátila během



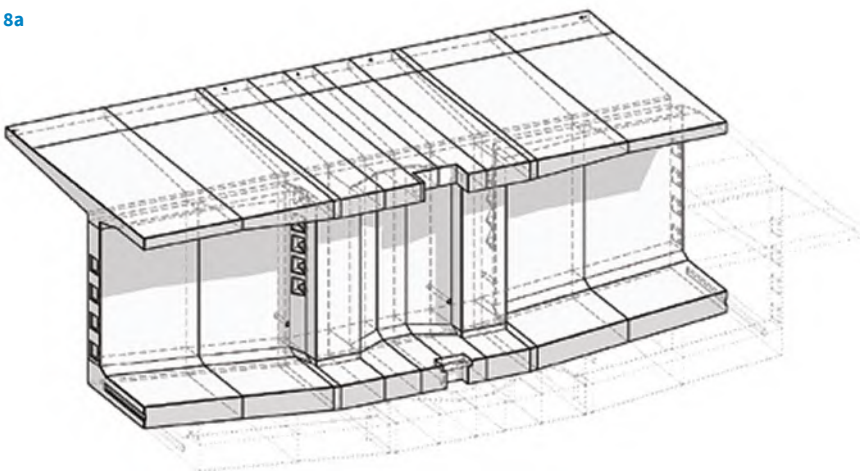
6b

dovnitř komory, čímž vytvářejí velmi tuhé spojení zajišťující přenesení namáhání mezi nosnou konstrukcí a podporami. Výška komory je v této části nosné konstrukce 5,5 m, směrem do hlavního pole P3 – P4 se plynule zmenšuje až na 2,6 m. Směrem vně od hlavního pole (do pole P2 – P3 a do pole P4 – P5) dochází opět ke zmenšení výšky komory na 2,6 m.

Na krajních opěrách OP1 a OP6 a na pilířích P2 a P5 je nosná konstrukce uložena na dvojici kalotových ložisek. Všechna ložiska jsou navržena jako podélně posuvná, pevný bod proti podélnému

posunutí konstrukce je definován ohybovou tuhostí rámových stojek P3 a P4. S ohledem na jejich rozdílnou výšku je pevný bod přibližně ve vzdálenosti 33 m od teoretické osy uložení P3. Polovina ložisek (vždy jedno na každé podpěře) je navržena pro fixování posunutí nosné konstrukce v příčném směru. Ložiska jsou na krajní opěře OP1 a pilíři P2 orientována ve směru tečny k trase komunikace. Toto má sice za následek vznik příčných sil, na které je nutné ložiska navrhnout, na druhou stranu toto uspořádání jasně definuje směr posunu

8a



7

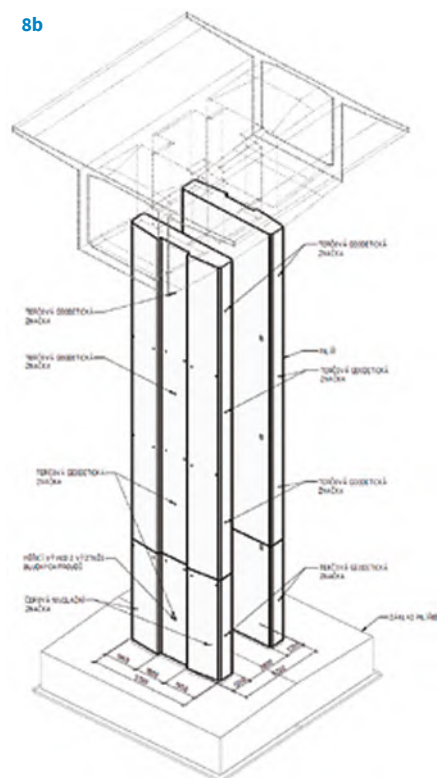
6 Pilíře po dokončení 7 Krajní opěra OP6 po dokončení 8 Konstruktivní řešení rámových stojek s napojením na zárodek nosné konstrukce

mostu u krajní opěry OP1, a tím i pohyb mostního závěru. Mostní závěr v této oblasti tak není nutné navrhovat na kombinace podélného a příčného posunutí.

Pro předpětí nosné konstrukce byl použit systém Freyssinet. Most je kompletně předepnut vnitřními kabely se soudržností složenými z 19 lan pevnostní třídy 1640/1860 MPa. Celý systém předpětí nosné konstrukce je rozdělen do třech základních skupin:

- vahadlové kabely – prakticky přímé kabely vedené při horním povrchu nosné konstrukce, aplikované při letmé betonáži lamel pro vykrytí tahových napětí při konzolovitěm postupu výstavby,

8b



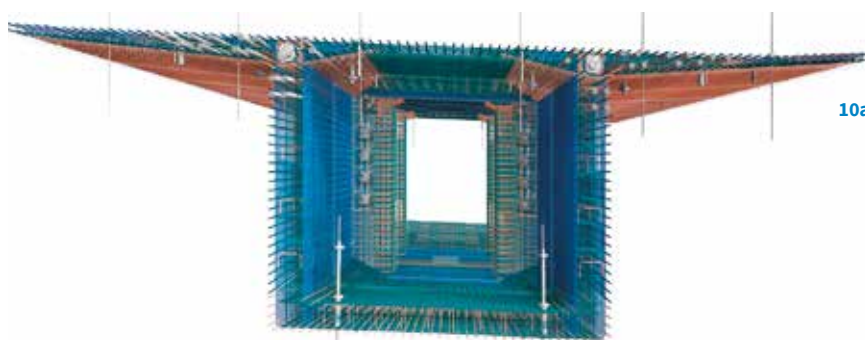


9

- spodní kabely – kabely vedené při spodním povrchu nosné konstrukce v polích P2 – P3, P3 – P4 a P4 – P5, kotvené v kotevních nálitcích u styku dolní desky a stěn sloužící pro eliminaci tahového namáhání ve spodní části nosné konstrukce ve středních částech těchto polí,
- kabely spojitosti – parabolické kabely procházející ve stěnách celé nosné konstrukce (v částech konstrukce stavěné na skruži i v částech realizované technologií letmé betonáže) zajišťující spojitě chování celé konstrukce

a svými silovými účinky (ekvivalentním zatížením) redukující deformace nosné konstrukce.

Napínací napětí je zvoleno 1 416 MPa pro vahadlové kabely a 1 440 MPa pro spodní kabely a kabely spojitosti. Průběh napínání a dosažená úroveň předpětí byla standardně kontrolována na základě změřených průtahů prostřednictvím napínacích protokolů a konfrontována s předpoklady projektu. Průměrná odchylka mezi změřenými průtahy a průtahy definovanými projektem byla finálně po napnutí všech kabelů 0,98 %.



10a



10b

9 Pohled do na čelo lamely
10 3D model konstrukce mostu – geometrie, uspořádání betonářské a předpínací výztuže

Předpínací výztuž je doplněna standardní betonářskou výztuží třídy B 500B v typickém uspořádání pro takovýto typ konstrukce.

Mostní konstrukce je kompletně projektována v rámci realizační dokumentace RDS v režimu 3D modelu v prostředí REVIT (obr. 10). Projekt je zpracován jako „BIM – ready“. Kvůli složitosti mostní konstrukce byla zpočátku příprava projektu zdouhavá a velmi časově náročná. Postupně se ale podařilo naplno využít veškeré přínosy globálního 3D modelování geometrie a veškerých prvků konstrukce.

Vybavení mostu

Na vnějších stranách mostu jsou navrženy prefa-monolitické římsy šířky 1,55 m. Svislá část římsy šířky 0,25 m je na boční pohledové ploše vysoká 0,6 m, u krajních opěr je tato plocha lineárním náběhem zvětšena na 0,8 m vzhledem ke zvětšení tloušťky konců konzoly nosné konstrukce pro uložení mostního závěru. Zvýšená obruba s teoretickou výškou nášlapné hrany 150 mm je ve sklonu 5 : 1 se zkosením horní hrany 20/20 mm. Horní povrch římsy je ve sklonu 4 % s klesáním směrem do vozovky. Římsy jsou prefa-monolitické z betonu C30/37 – XC4 + XF4 + XD3. Vyztužené jsou betonářskou výztuží B 500B.

Pod římsou je realizována celoplošná izolace mostovky. Ochrana izolace je provedena pomocí asfaltového pásu s hliníkovou vložkou celoplošně lepeného do asfaltového nátěru za horka.

Dopravní prostor na mostě bude od římsy oddělený mostním svodidlem. Na obou stranách mostu je navrženo zábradelní svodidlo ZMS4-A3/H2. Kotevní svodidel do římsy bude přes patní desku pomocí lepených kotev do vrtných otvorů. Za mostním objektem bude svodidlo napojeno na standardní silniční svodidlo.

Odvodnění povrchu mostu je zajištěné příčným a podélným sklonem mostní konstrukce. Voda je příčným sklonem sváděna ke hraně u níže položené římsy a následně je odváděna podélným sklonem mostu. Tato voda je zachycována mostními odvodňovači, jejichž rozmístění vychází z proměnného podélného sklonu a množství odvádějí vody. Celkem je na nosné konstrukci navrženo 19 odvodňovačů, jejichž osová vzdálenost je 20 m, resp. 15 m u posledního odvodňovače u krajní opěry OP6. Použity jsou odvodňovače 500 × 500 s vertikálním svodem DN 150 mm. Tímto svodem



11

je voda odvedena do podélného svodu zavěšeného pod konzolovou částí nosné konstrukce. U krajní opěry OP6 je odváděná voda pomocí podélného kompenzátoru podélných pohybů mostu napojena na průchod skrze závěrnou zídku a dále pak podélným potrubím na kanalizační šachtu. Odvodnění povrchu izolace je pomocí odvodňovacích trubiček.

Na vnější pravé straně říms bude osazené ocelové zábradlí výšky 1,5 m s protihlukovou úpravou. Zábradlí bude složeno z jednotlivých dílů. Na vnější levé straně pak bude osazeno zábradlí se svislou výplní výšky 1 100 mm.

Pro překlenutí prostoru mezi nosnou konstrukcí a závěrnými zídkami u obou krajních opěr a zajištění volné podélné dilatace nosné konstrukce jsou navrženy lamelové mostní závěry.

V rámci úprav pod mostem bude provedeno standardní odláždění kolem pilířů lomovým kamenem do betonu, stejně budou upraveny i svahy krajních opěr.

Výstavba nosné konstrukce mostu

Nosná konstrukce byla na základě zvoleného postupu výstavby rozdělena do jednotlivých technologických celků – betonážních dílů. První a páté pole bylo realizováno na pevné skruži (rozděleno do dvou betonážních dílů). Betonáž jednotlivých dílů byla rozdělena do dvou kroků – nejprve byla realizována spodní deska a stěny komorového průřezu a následně byla konstrukce částečně předeptuta. Tím bylo zaručeno částečné odlehčení podpůrné konstrukce, což se příznivě projevilo na jejím návrhu. Ve druhé fázi byla realizována horní deska a zbytek podélného předpětí.

Hlavní pole přes říčku Hutná a sousední pole byla realizována technologií letmé betonáže (obr. 11). Vzhledem k prostorovým nárokům na montáž betonážních vozíků byla zvolena délka obou zárodků 16 m. Vahadlo je rozděleno na 10 párových lamel (délka lamel je konstantní 5 m) a dvě nesymetrické nepárové lamely (délka lamel je opět 5 + 5 m) v krajních polích letmé betonáže. Během celého procesu výstavby byla konstrukce detailně geodeticky sledována a zjištěná reálná geometrie byla porovnávána s předpoklady projektu a výpočtu vývoje deformací. Získané výsledky sloužily zejména pro úpravu definice geometrie pro další takty letmé betonáže. Konstrukce je zároveň vybavena systémem kontinuálního automatického monitoringu. Sledován je vývoj přetvoření v definovaných rozhodujících částech konstrukce (definované průřezy na rámových stojkách a průřezy blízké čelům zárodků nosné konstrukce).

Výpočetní analýza konstrukce

Výpočetní analýza konstrukce byla provedena na kombinaci několika výpočetních modelů. Pro analýzu globálního prostorového působení konstrukce a návrh vyztužení příčného směru byl použit prostorový deskostěnový model

přesně respektující reálnou geometrii konstrukce v souladu s projektem RDS. Pro zjištění vnitřních sil na konstrukci v podélném směru, na základě kterých byl následně prováděn globální návrh konstrukce, sloužil prostorový prutový model (obr. 12).

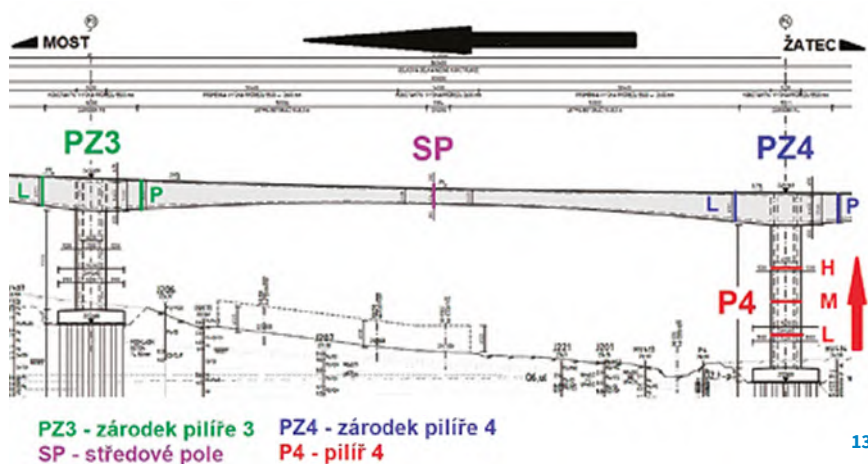
S ohledem na postup výstavby znamenající násobné změny statického systému a změny zatížení v kombinaci s účinky dotvarování, smršťování a dlouhodobých ztrát předpětí byl použit také fázovaný výpočetní model umožňující časově závislou analýzu konstrukce. Výsledky analýzy na tomto výpočetním modelu byly použity jednak pro sledování vývoje namáhání během celého postupu výstavby a jednak pro návrh nadvýšení konstrukce, resp. vyhodnocování tvaru nosné konstrukce během výstavby.

Vzhledem k relativní subtilnosti rámových stojek a velkému zatížení během letmé betonáže byla analyzována stabilita vahadla. Použit byl výpočetní model v programu ATENA, respektující materiálovou a geometrickou nelinearitu. Zatížení bylo uváženo jednak standardní vycházející z geometrie konstrukce (vlastní tíha) a montážních prostředků (betonážní vozík) a jednak i pro nepředvídané si-



12

11 Letmá betonáž vahadla P3 12 Prutový výpočetní model konstrukce



13

13 Schéma osazení snímačů systému automatického kontinuálního monitoringu
14 Celkový pohled na mostní konstrukci během výstavby

Zdroj:

[1] Valbek, spol. s r.o. – Projektová dokumentace RDS, 10/2024

tuace (nesymetrická betonáž lamely, utržení a pád vozíku). Výsledky výpočtu prokázaly dostatečnou bezpečnost konstrukce proti jejímu selhání.

Dlouhodobé sledování konstrukce

Tato mostní konstrukce svým rozsahem, geometrickými parametry (délka polí, výška pilířů) a postupem výstavby zapadá do skupiny významných mostních konstrukcí, u kterých je nutné zajistit jejich dlouhodobé sledování. Jedná se zejména o kontinuální dlouhodobé měření jejich deformací (vývoj dlouhodobých průhybů) a porovnání výsledků těchto měření s předpoklady

projektu. Pro tyto účely bude konstrukce na římsách vybavena trvalými stabilizovanými body.

Kromě tohoto byla konstrukce v prostoru obou zárodků rámových stojek a středu hlavního pole osazena snímači pro dlouhodobý kontinuální monitoring – sledování vývoje poměrného přetvoření v dotčených částech konstrukce (obr. 13).

Závěr

Celá stavba obchvatu byla zahájena v roce 2023 prováděným doplňkovým geotechnickým průzkumem, jehož výsledky byly zohledněny ve finálním návrhu všech objektů. Dle platného harmono-

gramu by stavba měla být dokončena a uvedena do provozu 15. prosince 2025. Díky formě stavby Design & Build se podařilo v maximální míře optimalizovat veškeré konstrukční prvky s ohledem na technologické možnosti vybraných zhotovitelů a účastníků výstavby.

V rámci soutěžního dialogu režimu stavby Design & Build se podařilo navrhnout a posléze v procesu výstavby realizovat optimalizovanou mostní konstrukci, která vychází přesně z technologických schopností zhotovitele. Zároveň nové konstrukční řešení znamená pro budoucího správce výrazné snížení dlouhodobých nákladů pro zajištění správné funkce mostu. Minimalizovány byly počty ložisek a díky úpravě materiálového řešení odpadají náklady na obnovu PKO. Během návrhu a výstavby se stejně tak podařilo se bez jakýchkoliv problémů vypořádat s velmi složitými geotechnickými podmínkami v místě stavby. Díky podrobnému dodatečnému průzkumu byly založení mostu a veškeré geotechnické konstrukce navrženy co nejefektivněji při zachování dostatečné bezpečnosti a robustnosti finálního řešení.

V rámci silnice I/27 je realizována další velmi zdařilá významná mostní konstrukce, která se může stát důstojnou vizitkou schopností všech účastníků výstavby. Z pozice projektanta a člena Společnosti Žiželice si velmi vážíme úzké spolupráce se zhotovitelem, která je vždy u mostů takového rozsahu předpokladem zdárného dokončení díla.

14



doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D., FEng.
VALBEK, spol. s r.o.
lukas.vrablik@valbek.cz



Ing. Eva Sochorová, Ph.D.
VALBEK, spol. s r.o.
eva.sochorova@valbek.cz



Ing. Petr Harazim, Ph.D.
VALBEK, spol. s r.o.
petr.harazim@valbek.cz



Ing. Mykhailo Novikov
VALBEK UA
mykhailo.novikov@valbek.ua



Ing. Alona Filippova
VALBEK UA
alona.filippova@valbek.ua



Ing. Artem Marchenko
VALBEK UA
artem.marchenko@valbek.ua