

Železnice Slovenskej republiky
Klemensova 8
813 61 Bratislava

Váš list:

Naše číslo:

Vybavuje:
Dušička

V Bratislave
13.09.2024

Vec: Analýza prúdenia v okolí železničného mosta Šaľa – Trnovec nad Váhom – ponuka projektu.

Úvod

Analýza prúdenia v okolí objektov situovaných vo vodných tokoch je dôležitou súčasťou projektových a inžinierskych prác. Najmä viacrozmerné numerické hydrodynamické modely sú schopné efektívne preveriť hladinový a prietokový režim vrátane rýchlostných polí. Výsledky slúžia ako podklad pre projektanta, aby získal obraz, ako prúdi voda v oblasti navrhovaných objektov a vedel identifikovať potenciálne problémy, navrhnúť opatrenia a vyhodnotiť ich účinnosť.

Železničný most Šaľa – Trnovec nad Váhom sa nachádza v úseku Váhu medzi vodnými dielami (VD) Kráľová a Selice. Tento úsek Váhu je charakteristický výraznou rozkolísanosťou prietokov vplyvom manipulácie na vodnej elektrárni (VE) Kráľová, ktorá je regulačnou VE poskytujúcou podporné služby pre elektrizačnú sústavu. Pracuje iba v niektorých častiach dňa a potom stojí. Bežné prietoky vo Váhu pod VE Kráľová tak môžu kolísať v rozpätí od $7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (sanačný prietok) po $558 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (max. prietok pri krátkodobom prehltení turbín VE Kráľová pri poklese spádu pod 9,40 m). Na dennej báze to vyvoláva veľké gradienty rýchlostí a v okolí dynamicky namáhaných konštrukcií, čo sú aj mostné piliere, ktoré navyše zužujú prietokový profil koryta, to môže mať výrazný erózný účinok. Tento je potrebné monitorovať a v prípade potreby (nepriaznivého vývoja) sanovať.

Okrem toho musí koryto vrátane mosta bezpečne previesť aj povodňové prietoky. Vtedy je tiež koryto extrémne namáhané eróziou.

Numerický model

Vzhľadom na hydraulické väzby vodných diel na predmetnom úseku Váhu je potrebné riešiť problematiku prúdenia komplexne – t.j. na celom úseku VD Kráľová – VD Selice. Najvhodnejšou metódou je hybridný numerický model prúdenia.

Prúdenie bude simulované na celom úseku, pričom bude výrazne detailizované v oblasti železničného mosta Šaľa – Trnovec nad Váhom. Detailná simulácia prúdenia bude schopná popísať charakter rýchlostného poľa spolu s ďalšími parametrami prúdenia (napr. hĺbka, erózná sila prúdu a pod.) okolo pilierov a za nimi s dostatočnou presnosťou. Zvolená metóda umožňuje simulovať bežné prietoky aj povodňové stavy a analyzovať gradienty rýchlostí pri nábehu VE Kráľová do regulačnej prevádzky pri zachovaní reálneho hladinového režimu ovplyvneného spätným vzduťm VD Selice.

Potrebné podklady

- Podrobný vektorový digitálny model morfológie koryta a inundácie na úseku VD Kráľová – VD Selice.
- Vektorové zameranie všetkých pilierov mostnej konštrukcie (t.j. vo vode aj na brehu/v bermách) vrátane spodnej hrany mostovky.
- Overiť veľkosť povodňového prietoku pre preverenie kapacity mosta pri povodni (podľa nami dostupných údajov pod VD Kráľová $Q_{100 \text{ ročný}} = 1\,960 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Návrh scenárov pre simulácie

Vzhľadom na potrebu urýchleného riešenia je projekt rozdelený do viacerých etáp, ktoré akceptujú štandardný postup pri projektovaní vodných stavieb vrátane návrhov sanácií problémov. Cieľom scenárov je postihnúť rôzne podmienky prúdenia v oblasti mosta (t.j. prietoky a tvary koryta) a stanoviť aj najhoršie možné, ktoré môžu nastať.

Navrhované prietoky sa odvíjajú od technických parametrov VE Kráľová a spôsobov jej prevádzky. Režim prúdenia vody môže byť ustálený alebo neustálený:

- Ustálený režim je režim s konštantným prietokom cez VE Kráľová (t.j. dlhá neprerušená prevádzka). Prietoky navrhujeme:
 - $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ = maximálna hĺtnosť turbín VE Kráľová a
 - $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ = maximálna hĺtnosť jednej turbíny VE Kráľová.
- Neustálený režim simuluje nábeh VE Kráľová do prevádzky. Vtedy sa vytvorí vlna, ktorá sa šíri po prúde. Práve v oblasti mosta, kde sú zvýšené rýchlosti vplyvom zúženia koryta mostnými piliermi, je predpoklad zvýšenia erozívnej činnosti. Toto sa de facto deje na dennej báze. Prietoky navrhujeme:
 - $558 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ = pri krátkodobom prehltení turbín VE Kráľová,
 - $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ = maximálna hĺtnosť turbín VE Kráľová a
 - $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ = maximálna hĺtnosť jednej turbíny VE Kráľová.

Navrhované morfológie (tvary) koryta pre:

- aktuálny stav (t.j. aj s výmoľmi pod mostom podľa dodaného zamerania),
- aktuálny stav s rôznym čiastočným zasypaním výmoľov (napr. o 1/4, 2/4, 3/4),
- stav bez výmoľov (stav, ktorý mal byť na začiatku po uvedení mosta do prevádzky – východzí porovnávací stav),
- stav s úpravou koryta (napr. zasypanie čiastočné/úplné výmoľov ale s rozšírením koryta – tento stav odporúčame v súčinnosti s projektantom sanácie).

Prevedenie povodne* (pri ustálenom stave prúdenia pod VD Kráľová $Q_{100 \text{ ročný}} = 1\,960 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) pre:

- aktuálny stav (t.j. aj s výmoľmi pod mostom podľa dodaného zamerania),
- stav s úpravou koryta (napr. zasypanie čiastočné/úplné výmoľov ale s rozšírením koryta – tento stav odporúčame v súčinnosti s projektantom sanácie).

* Pri simulovaní prevádzania povodní bude hydrodynamický model rozšírený o celé záplavové územie v medzirádzovom priestore.

Návrh etáp

1. etapa: Hydrodynamický model kynety (koryta) Váhu na úseku VD Králová – VD Selice – aktuálny stav (s výmoľmi)

- 2 simulácie pre ustálený režim pre prietoky $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- 3 simulácie pre neustálený režim pre nábeh VE Králová do prevádzky na prietoky $558 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Výsledkom 1. etapy bude analýza charakteru rýchlostného poľa spolu s ďalšími parametrami prúdenia (napr. hĺbka, erozívna sila prúdu a pod.) okolo pilierov a za nimi pri aktuálnom stave.

2. etapa: Hydrodynamický model kynety (koryta) Váhu na úseku VD Králová – VD Selice – stav bez výmoľov (stav, ktorý mal byť na začiatku po uvedení mosta do prevádzky)

- 2 simulácie pre ustálený režim pre prietoky $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- 3 simulácie pre neustálený režim pre nábeh VE Králová do prevádzky na prietoky $558 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Výsledkom 2. etapy bude analýza charakteru rýchlostného poľa spolu s ďalšími parametrami prúdenia (napr. hĺbka, erozívna sila prúdu a pod.) okolo pilierov a za nimi pri stave bez výmoľov – t.j. stave, ktorý mal byť na začiatku po uvedení mosta do prevádzky. Tento stav bude ako východzí – porovnávací.

3. etapa: Hydrodynamický model kynety (koryta) Váhu na úseku VD Králová – VD Selice – stav s rôznym čiastočným zasypaním výmoľov (napr. o 1/4, 2/4, 3/4)

- 2 simulácie pre ustálený režim pre prietoky $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- 3 simulácie pre neustálený režim pre nábeh VE Králová do prevádzky na prietoky $558 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Výsledkom 3. etapy bude analýza charakteru rýchlostného poľa spolu s ďalšími parametrami prúdenia (napr. hĺbka, erozívna sila prúdu a pod.) okolo pilierov a za nimi pri čiastočnom zasypaní výmoľov. Táto etapa poskytne projektantovi informácie, ako vplyva zasýpanie výmoľov na rýchlostné pole a prúdenie pod mostom.

4. etapa: Hydrodynamický model kynety (koryta) Váhu na úseku VD Králová – VD Selice – stav s úpravou koryta (napr. zasypanie čiastočné/úplné výmoľov ale s rozšírením koryta)

- 2 simulácie pre ustálený režim pre prietoky $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- 3 simulácie pre neustálený režim pre nábeh VE Králová do prevádzky na prietoky $558 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $210 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Túto etapu odporúčame realizovať v súčinnosti s projektantom sanácie.

Výsledkom 4. etapy bude analýza charakteru rýchlostného poľa spolu s ďalšími parametrami prúdenia (napr. hĺbka, erozívna sila prúdu a pod.) okolo pilierov a za nimi s úpravou koryta – napr. zasypanie čiastočné/úplné výmoľov ale s rozšírením koryta. Táto etapa poskytne projektantovi informácie o vplyve navrhovaných úprav na prúdenie pod mostom.

5. etapa: Rozšířený hydrodynamický model celého záplavového územia v medzihrádzovom priestore na úseku VD Králová – VD Selice – prevedenie povodne

Simulácie pri povodňovom prietoku Q_{100} (pri ustálenom stave prúdenia) pre:

- aktuálny stav koryta (t.j. aj s výmoľmi pod mostom podľa dodaného zamerania),
- stav s úpravou koryta (napr. zasypenie čiastočné/úplné výmoľov ale s rozšírením koryta).

Túto etapu odporúčame realizovať v súčinnosti s projektantom sanácie.

Výsledkom 5. etapy bude analýza charakteru rýchlostného poľa spolu s ďalšími parametrami prúdenia (napr. hĺbka, erozívna sila prúdu a pod.) okolo pilierov a za nimi. Zároveň bude analyzovaná prietoková kapacita mosta a poloha povodňovej hladiny pod mostom.

Časová náročnosť

Vzhľadom na charakter úlohy a potrebu urýchleného riešenia uvádzame čas potrebný na získanie operatívnych výsledkov pre potreby sanácie resp. na operatívne komunikovanie s ostatnými zainteresovanými.

1. etapa - do 3 týždňov od objednania projektu a dodania podkladov

2. etapa - do 1 týždňa po ukončení 1. etapy

3. etapa - do 2 týždňov po ukončení 2. etapy

4. etapa - do 1 týždňa po ukončení 3. etapy

5. etapa - do 2 týždňov po ukončení 4. etapy

Dodanie celkovej súhrnnej správy na konci projektu - do 1 týždňa po ukončení 5. etapy

Ponuková cena

Celková ponuková cena je 34 500,- EUR bez DPH

Kódy projektu

CPV: 71350000-6 Inžiniersko-vedecká a technická služba

CPA: 74.9 Ostatné odborné, vedecké a technické činnosti i. n.

S pozdravom

prof. Ing. Peter Dušička, PhD.