



1

REKONSTRUKCE VODNÍHO DÍLA KLABAVA V PLZEŇSKÉM KRAJI

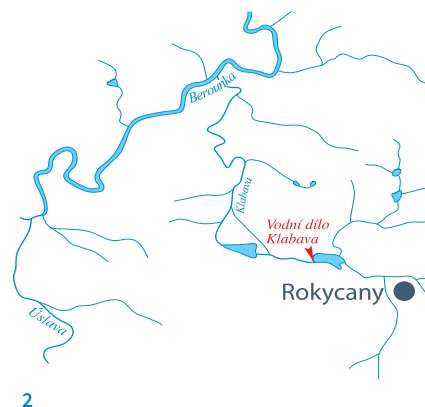
KLABAVA DAM RECONSTRUCTION IN THE PILSEN REGION

Ivan Weber, Ondřej Hrazdira

Rekonstrukce vodního díla Klabava, které se nachází v Plzeňském kraji, zajistila bezpečné převádění povodňových průtoků spolu se zvýšením retenční kapacity nádrže. Betonářské práce popsané v tomto článku tvořily významnou část celé výstavby.

Reconstruction of the Klabava Dam which is situated in the Pilsen Region improves the safety of the dam construction during floods, hand in hand with increase of its retention capacity. Concrete structures that are described in this article represented the major part of the scope of works.

Vodní dílo (dále též VD) Klabava uvedené do provozu v roce 1957 leží na stejnojmenném vodním toku v západních Čechách asi 10 km východně od krajského města Plzně. Klabava pramení v Brdech v bývalém vojenském prostoru a je pravostranným přítokem Berounky. Je to štěrkonosná říčka s poměrně velkým spádem a s častými povodněmi. Koncem 40. let minulého století vznikly první úvahy o využití ložiska železné rudy u obce Ejpvovice, a neboť budoucím místem povrchového dolu řeka Klabava tekla, musela být odkloněna dvěma tunely. Současně byla přibližně 2 km nad tunely dokončena přehrada, která měla snížit účinky povodní a zabránit tak



2

1 Celkový pohled na dokončené vodní dílo Klabava **2** Situace (zdroj: [1]) **3** Bourací práce
1 General view of the finished works at the Klabava Dam **2** Situation (source: [1]) **3** Demolition works

Investor	Povodí Vltavy, státní podnik
Projektant	Sweco Hydroprojekt a. s.
Zhotovitel	Společnost VD Klabava – SMP CZ, a. s., a Eurovia CS, a. s.
Realizace	listopad 2016 až říjen 2019
Celková cena díla	cca 109 milionů Kč bez DPH (stavba byla realizována v rámci dotačního programu Prevence před povodněmi III organizovaného Ministerstvem zemědělství ČR)

zaplavení dolu. Po několika letech provozu však byla kvůli malému procentu železa v rudě těžba zastavena a v roce 1975 byl lom zatopen a tunely uzavřeny. Vodní dílo Klabava tím ztratilo svůj původní význam. Dnes slouží k zajištění minimálního průtoku, rekreaci, rybolovu a snížení účinků povodní. [1]

Přehradní hráz je přímá zemní sypaná, se šikmým těsnicím jílovým jádrem na návodní straně a s maximální výškou nad terénem cca 13 m. Vodní dílo je podle významu a potenciálního rizika ohrožení území pod vodním dílem zařazeno z pohledu technicko-bezpečnostního dohledu do III. kategorie. Požadovaná míra ochrany, vyjádřená teoretickou dobou opakování kontrolní povodňové vlny, je $N = 1\,000$ let.

Původní bezpečnostní přeliv vodního díla Klabava se skládal z pevného přelivného tělesa o výšce 4,4 m rozděleného středovým pilířem na dvě pole délky 15 m, s kótou přelivné hrany 350,1 m n. m. Celková délka přelivné hrany byla 30 m. Celková kapacita bezpečnostního přelivu při maximální hladině 351,1 m n. m. byla 249 m³/s, což odpovídá cca stoletému průtoku (Q100). Na těleso bezpečnostního přelivu navazuje spadiště, skluz, vývar a odpadní koryto.

Účel stavby

Realizací stavby s názvem VD Klabava – zvýšení retence a zabezpečení VD před účinky velkých vod bylo vodní dílo zabezpečeno před účinky tzv. kontrolní povodně ve smyslu ČSN (dříve TNV) 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodni. Bez technických úprav by při průchodu kontrolní povodňové vlny (tzv.

tisíciletá voda s kulminacním průtokem $Q_{1000} = 459$ m³/s a objemem 41,7 mil. m³) došlo k překročení maximální úrovně hladiny v nádrži a k přelití koruny hráze, což by vzhledem k technickému řešení hráze (zemní sypané těleso s návodním těsnicím prvkem) vedlo k zásadnímu ohrožení stability, možnému zřícení a ke vzniku zvláštní povodně pod vodním dílem.

Bezpečné převedení kontrolní povodně bylo zajištěno rozšířením bezpečnostního přelivu vodního díla o 30 %. Realizací stavby bylo dále dosaženo zvýšení retenčního účinku nádrže o 155 %, a to díky optimálnímu využití retenčního prostoru doplněním přelivu o dvě pole s možností manipulace segmentovými uzávěry.

Postup výstavby

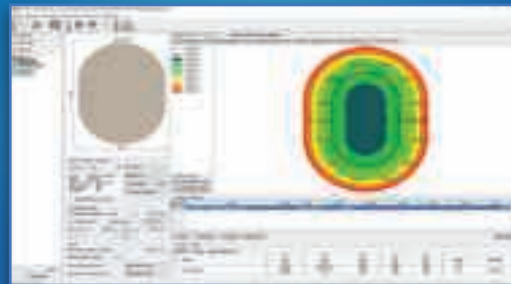
Staveniště bylo předáno bezprostředně po uzavření smlouvy o dílo v listopadu 2016 a výstavba trvala necelé tři roky do října 2019. Nejprve byly prováděny přípravné práce, které obsahovaly mj. stavbu provizorního mostu přes koryto za vývarem, vybourání stávajícího objektu přelivu, odbourání degradovaného líce pravobřežní stěny skluzu, odstranění levobřežní stěny vývařiště v tlušťce cca 0,5 m frézováním a odbourání nadzemní části stávajícího vlnolamu na koruně hráze (obr. 3). Byl otevřen výkop pro rozšíření skluzu výstavbou nové levobřežní stěny a zároveň byl zajištěn převod vody stavbou štetové jímky ve vývařišti pod spodními výpustmi vodního díla. Práce na levobřežních konstrukcích v blízkosti vývaru si kvůli hloubce založení vyžádaly zajištění výkopu záporovým pažením.

3



FINEC

Statika a
dimenzace
konstrukcí



- **Všechny programy** - volitelné barevné schéma pro výstupní dokumentaci
- **Beton** - možnost neuvažovat excentricitu pro prostý beton
- **Protlak** - rozšíření základové desky pod sloupem (hlavice)
- **Ocel, Ocel požár** - nové svařované průřezy typu HSQ, rozšíření databáze za studena tvářených profilů
- **Ocel** - posouzení častých kombinací v úloze typu „Nosník“
- **Zatížení** - zatížení větrem na reklamní tabule a osamělé stěny
- **Fin 2D** - přepracované nástroje pro editaci konstrukcí

Nová Edice 2021
vychází v Listopadu 2020



GEO5

Geotechnické
programy



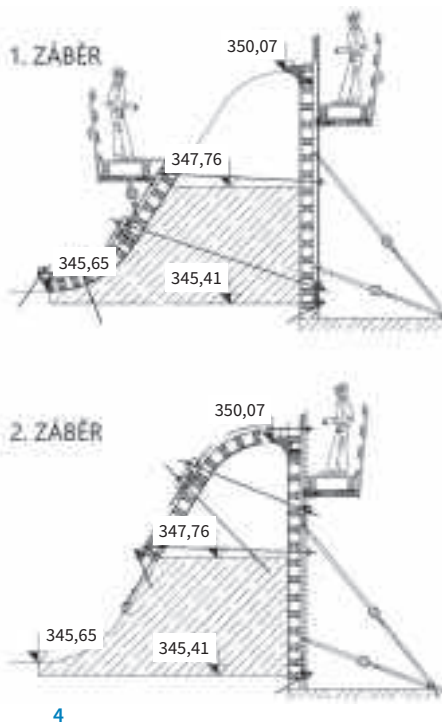
- **Pažení posudek** - návrh a posouzení pažin i převážek u pažících konstrukcí
- **Stratigrafie** - nový modul **Zemní práce** - modelování fází budování, násypů, výkopů, výpočet objemu zemních prací
- **Stratigrafie** - export a import dat zkoušek v XML, XLS a jiných formátech
- **Všechny programy** - možnost vkládat fotografie a dokumenty do výstupních protokolů pomocí nové funkce **Doplňky**, vylepšené možnosti importu/exportu DXF, import DWG
- **Stabilita svahu** - přetížení vodou
- **MKP** - nový modul **Zeměměření**

fine

www.fine.cz

tel.: +420 233 324 889, E-mail: hotline@fine.cz

Firmní prezentace



4

5



6

Postup provádění prací byl ovlivněn nutností zamezit porušení stávajících konstrukcí vodního díla a podloží nově budovaných konstrukcí v rozšíření skluzu povodňovými průtoky. Z tohoto důvodu byla nová levobřežní stěna stavěna pod ochrannou stěnu stávající ve směru od přelivu dolů do vývařiště, kde se plynule napojila na stávající konstrukce stěn vývaru. Obdobně probíhaly práce na novém dně skluzu, kde bylo nutné včasné provedení podkladních betonů tloušťky 0,5 m na daném dilatačním celku, který byl v krátkém předstihu vybourán.

Samotná výstavba nových železobetonových konstrukcí v prostoru od přelivu po vývar probíhala souběžně vždy na nejméně dvou pracovištích. Zároveň se prováděly přibetonávky pravobřežní stěny skluzu a stavba nové levobřežní stěny, následně pravobřežní proud prací pokračoval ke konstrukcím přelivného objektu. Nové desky dna skluzu byly betonovány dle stavební připravenosti pro daný dilatační úsek. Nadzemní části nového vlnolamu a většina levobřežní stěny v nadjezí byly postaveny nezávisle v předstihu. Nezávisle se prováděly též přibetonávky na levobřežní stěně vývařiště.

V závěru stavby byly kompletovány provozní soubory nového segmentového hrazení přelivu – dvě hrazená pole – včetně jeho pohonů a ovládání. Došlo k osazení nové

ocelové nosné konstrukce třípolové lávky se spřaženou železobetonovou mostovkou přes přeliv, ochranného zábradlí na nových stěnách skluzu, nového osvětlení a opravě pravobřežní stěny vývaru nadbetonávkou zhlaví stávající stěny. V prostoru nadjezí byly dokončeny plochy nátoků na bezpečnostní přeliv novými kamennými dlažbami do betonového lože. Dále byly upraveny příjezdové cesty a prostor pod hrází, kde byla zpracována přebytečná zemina z výkopů, včetně nezbytného ohumusování původní ornice a osetí travním semenem.

Nové železobetonové konstrukce

Uložení více než 7 000 m³ konstrukčních betonů představovalo největší objem prací z celé stavby, dodavatelem převážné části betonářských prací byl podnik SMP CZ. Většina stávajících betonů byla vybourána a nahrazena novými. Nové betonové konstrukce jsou vyztužené, vodonepropustné, z vodostavebních betonů tříd C25/30, C30/37 - XC4, XF3, XA2, konstrukce jsou pohledově bez povrchové úpravy.

Přeliv

Konstrukce přelivného objektu je rozdělena do tří dilatačních celků a sestává z pěti polí. Dvě z těchto polí jsou hrazena segmenty, ostatní tři pole mají přelivnou plochu tvaru dvojitého zakřivení. Tento betonářský náročný objekt obsahuje čtyři pilíře



4 Schéma bednění přelivné plochy 5 Výstavba pilířů přelivného objektu 6 Nové segmentové hrazení přelivu 7 Proudová výstavba levobřežní stěny 8 Stavba levobřežní stěny skluzu 9 Betonáž líce pravobřežní stěny 10 Povodňový průtok v průběhu prací 11 Betonáž dna skluzu 12 Letecký snímek staveniště
4 Scheme of spillway nappe formwork 5 Construction of the spillway piles 6 Radial gates of the new spillway 7 Job stream on the left bank wall 8 Chute left bank wall construction 9 Right bank wall face concreting 10 Flood runoff during the proceeding works 11 Chute bottom concreting 12 Aerial photograph of the site



7

s hydraulickým zaoblením a náběhy: dva krajní masivní pilíře tloušťky 2 m, které jsou identické, avšak zrcadlově obrácené, a dva pilíře tloušťky 1,5 m, které společně tvoří „složený“ středový pilíř, jímž prochází na celou výšku dilatační spára.

Výstavba přelivu musela zohlednit možnost obsluhy skluzu za přelivem mechanizací a zároveň zachování ochrany levobřežní části staveniště stávající stěnou. Proto probíhala na etapy po jednotlivých dilatačních celcích směrem od pravobřežní stěny.

Po betonáži základů v hrazené části přelivu, kde byl uložen největší objem betonu v jednom záběru do jedné konstrukce, a to cca 400 m³, následovala betonáž jednotlivých pilířů do překládaného bednění v záběrech výšky 2 m. Byly nasazeny dvě sestavy bednění, obsahující atypické dílce zakřivení náběhových hran pilířů, jedna na pilíře krajní a další na pilíř střední („složený“). Po betonáži první části středového pilíře byla část druhá v dalším dilatačním celku vybedněna stejnou sestavou bednicích dílců, zrcadlově převrácenou, s využitím rádlovacích otvorů v první části. (obr. 4)

10



11



8

Přelivné plochy byly betonovány mezi hotové pilíře ve dvou výškových záběrech do nosníkové bednění s využitím atypických zakřivených I-profilů, které kopírovaly tvar přelivné plochy. Ve druhém výškovém záběru byly tyto I-profilové obráceny dle symetrického zaoblení plochy a opětovně využity. (obr. 5 a 6)

Levobřežní stěna skluzu

Konstrukce levobřežní opěrné stěny tvoří masivní základové bloky zčásti obloukového půdorysu v celkové délce cca 200 m, na které jsou osazeny dířky stěn se skloněnými líci v poměru 1 : 10. Stěna je po své délce dilatována do celků o délce typicky 7 až 9 m, s proměnnou výškou, tloušťkou a hloubkou založení. Dířky stěn byly betonovány v jednom záběru o výšce až 6 m pod dodatečně dobetonovanou odskočenou korunu stěny. V níže položených úsecích v blízkosti vývařiště, kde celkové výšky konstrukcí dosahovaly až cca 12 m, bylo výškových záběrů více. Výstavba jednotlivých dilatačních celků probíhala převážně šachovnicovým způsobem z důvodu provedení úpravy dilatační spáry. Při bednění dířků stěn byly použity sys-

12



9

témové bednicí desky šířek nejvýše 720, resp. 900 mm, doplněné z důvodu půdorysného zakřivení konstrukce a jejich skloněných líců vložkami z dřevěných hranolů. (obr. 7 a 8)

Repasované stěny skluzu a vývařiště

Stávající degradované pravobřežní stěny skluzu a levobřežní stěna vývařiště, nevyhovující svou nedostatečnou výškou, byly odbourány v tloušťce cca 0,5 m po celé výšce včetně zhlaví. Byla provedena projektem navržená přibetonávka, rekonstruující stěny přibližně do původního líce ve sklonu 1 : 10, s korunou na nové, vyšší kótě. Dilatační celky přibetonávek kopírují stávající dilatační nebo pracovní svislé spáry. Betonáž dilatačních celků byla prováděna přednostně v jednom výškovém záběru šachovnicovým způsobem do bednění kotveného ke stávající odbourané stěně na tzv. skalní kotvy. Z důvodu složité geometrie líce byly kotevní schwupp tyče osazovány přes vložky z dřevěných hranolů, bednění dilatačního celku bylo stavěno postupně včetně osazování skalních kotev.

Nezbytnou podmínkou pro provádění přibetonávek bylo důkladné



13a



13 b

13 a) Pilíře přelivného objektu, b) detail
14 Pohled od vývařiště k přelivu

13 a) Spillway piles, b) detail 14 View from the water cushion towards the spillway

Zdroje:

- [1] VD Klabava. Povodí Vltavy [online].
© 2013, Povodí Vltavy, s. p. Dostupné z:
<http://www.pvl.cz>

Fotografie: 1, 6, 13, 14 – archiv společnosti SMP CZ,
3 – archiv společnosti Biggest, 5, 7 až 12 – archiv autorů

14



očištění odbouraných líců stávajících stěn od nestabilních částí a nečistot a vlepení sprahovacích trnů z betonářské oceli na chemickou maltu, které bylo prováděno v předstihu. (obr. 9)

Dno skluzu

Nové dno skluzu bylo betonováno do líců konstrukcí stěn. Celá plocha dna byla rozdělena do dilatačních celků a byla oddilatována od stěn těsnými pracovními spárami. Konstrukce sestávala z masivního podkladního betonu tloušťky 0,5 m, propojeného s horní deskou dna stejné tloušťky pomocí trnů z betonářské oceli.

Desky dna se prováděly na etapy tak, aby byla doba mezi vybouráním daného úseku stávajícího dna a položením podkladního betonu co nejkratší z důvodu možného narušení tělesa hráze povodňovou vlnou. Dalším náročným požadavkem bylo dodržení přesného tvaru dna, neboť vybrané dilatační celky byly betonovány s horním lícem ve výškovém oblouku proměnné křivosti. Dostatečné přesnosti a jakosti finálního povrchu bylo dosaženo pomocí kontinuální betonáže s využitím taženého záklopu z bednicích desek. V určitých

úsecích byly pro finalizaci povrchů využity mostařské hutnicí lišty. (obr. 11)

Vlnolam

Výsledné zvýšení hladiny vody ve VD Klabava si vyžádalo stavbu nového vlnolamu na koruně hráze. Nadzemní část stávajícího vlnolamu, tvořená tenkou železobetonovou stěnou, byla ubourána a na stávající základ byla nabetonována nová konstrukce, sprážená se základem pomocí trnů z betonářské oceli. Návodní líc nového vlnolamu obsahuje tzv. obraceč vln – vybraní ve tvaru slzy v jinak svislém líci stěny. V úseku mezi obslužnou lávkou a přelivem byl nový vlnolam proveden včetně základu a nezbytného těsnění jílovitou zeminou.

Závěr

Rekonstrukcí VD Klabava bylo dosaženo zvýšení jeho retenčních schopností v důsledku zvýšení hladiny nadřazení a možnosti manipulací ovládaným hrazeným přelivem. Zkapacitněním odtokového skluzu i samotného přelivu bylo vodní dílo zabezpečeno před nežádoucími účinky velkých vod při průchodu povodňové vlny. Hydroenergetický potenciál vodního díla je využit novou malou vodní elektrárnou Klabava, postavenou v místě vyústění spodních výpustí pod hrází v souběhu s hlavní stavbou.

VD Klabava získalo titul Vynikající betonová konstrukce udělovaný Českou betonářskou společností (více na str. 14).



Ing. Ivan Weber
SMP CZ, a. s.
ivan.weber@smc.cz



Ing. Ondřej Hrazdira
Povodí Vltavy, státní podnik
ondrej.hrazdira@pvl.cz