

VODOTĚSNOST KONSTRUKCÍ VODNÍCH STAVEB ZAJIŠŤOVANÁ POMOCÍ PLASTOVÝCH FÓLIÍ PERMEABILITY OF HYDRAULIC STRUCTURES SECURED BY GEOMEMBRANES

VOJTĚCH BROŽA

Použití plastových fólií jako těsnícího prvku v přehradní výstavbě již brzy bude mít padesát let trvání, což je dostatečně dlouhá doba pro ověření jejich životnosti a spolehlivosti. Oblast jejich použití se podstatně rozšířila, sortiment výrobků se soustavně zkvalitňuje. Příklady použití z posledních let mohou být inspirativní, např. pro návrh kombinovaného pláštového betonového těsnění sypaných přehrad.

The geomembranes will soon be used as a sealing element in dam construction for 50 years, which is long enough for verification of their durability and reliability. The area of their exploitation has expanded substantially, and the assortment of products has been improving continuously. The examples of their application in recent years may be inspiring, for instance for the design of the combined coat concrete sealing of earth dams.

Nejvýznamnějším požadavkem na betonové konstrukce vodních staveb vystavené účinkům tlakové vody spolu s klimatickými vlivy je vodotěsnost a trvanlivost. V období před půl stoletím byly u nás zpracovány speciální normy, zahrnující zásady pro složení betonové směsi, její zpracování, ošetřování, zkoušky atd. I když dnes již pozbyly platnost, technologické

zásady, zdokonalené v průběhu dalších let vývoje, jsou obecně akceptovány.

Přesto je beton nutno chápat jako pórovité prostředí s možností komunikace mezi póry. Podstatně závažnější z hlediska průsaků však jsou různé imperfekce při ukládání a zpracování směsi a zejména singularity – pracovní spáry, hydratační trhliny apod. Pokusy o zvládnutí těchto obtíží pokračují po desetiletí bez naděje na jednoznačně pozitivní vyřešení. Proto jsou vcelku logické snahy o použití jiných prostředků k zajištění požadované vodotěsnosti konstrukcí, a to mimo oblast technologie betonu.

POVRCHOVÉ TĚSNÍCÍ ÚPRAVY

Snahy o použití vodotěsných vrstev na návodním líci konstrukcí je možno zaznamenat již na počátku dvacátého století, např. u přehrad z kamenného zdiva na hydraulickou maltu. Těsnící nános na povrchu urovnaném cementovou omítkou, nazývaný sideroston (směs olejů, dehtu, parafinu a kaučuku), je z dnešního pohledu možno chápat jako „fólii“ vytvářenou přímo na staveništi, jakéhosi předchůdce „nánosové textilie“.

Nové možnosti přinesly plastové fólie zhruba po roce 1960. V hydrotechnické výstavbě byly použity u nás, mezi prvními v celosvětovém měřítku, zásluhou L. Hobsta a jeho spolupracovníků. Těsnící systém, sestávající z fólie PVC o tloušťce ~ 2 mm, chráněné oboustranně nepísko-

vanou lepenkou (syntetické textilie tehdy ještě nebyly k dispozici) byl sevrěn vytvářenými prefabrikovanými betonovými deskami. Systém byl použit poprvé na hrázi vyrovnávací nádrže pod Dobšinou na středním Slovensku, později na vodním díle Landštejn v jižních Čechách (obr. 1a).

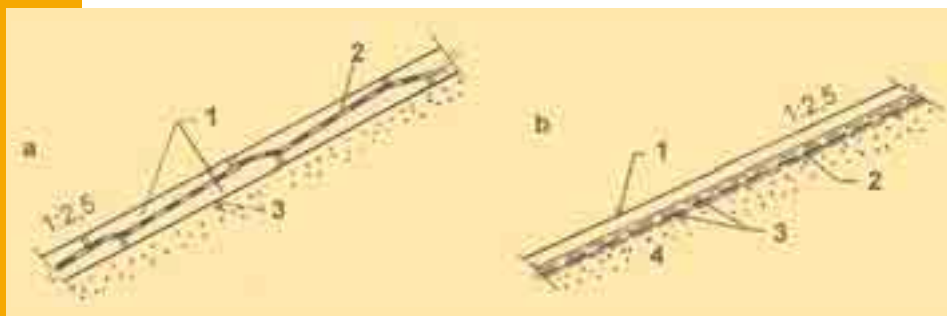
Použití fólií jako těsnícího prvku se převážně spojovalo se sypanými hrázi. Ze sortimentu, který byl na trhu, se přednost většinou dávala PVC. Hlavní obavy vzbuzovala v té době nedostatečně ověřená životnost nového materiálu.

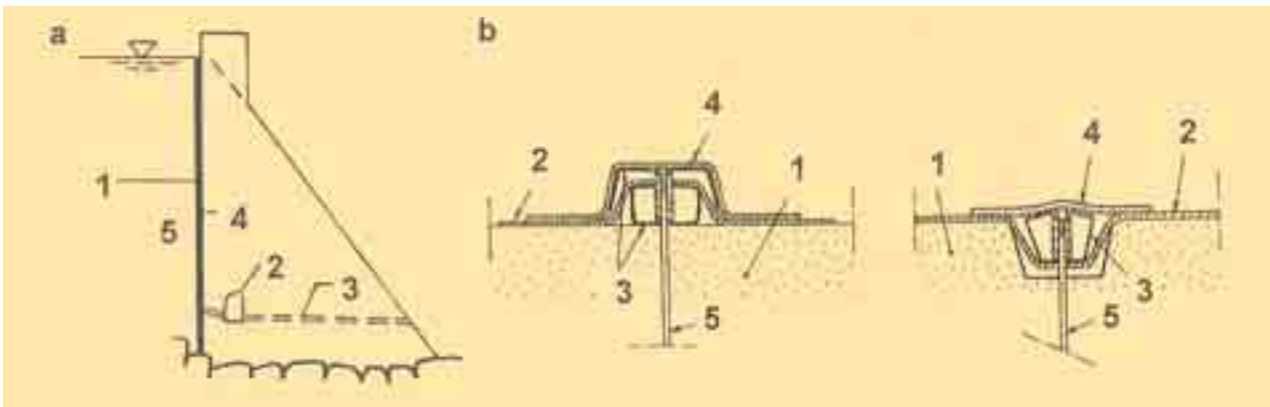
V dalších aplikacích v kombinaci s betonem tradiční materiál vystupoval jako ochrana fóliového těsnění položeného na svahu (obr. 1b), ať již se jednalo o desky betonované na místě, prefabrikáty či o vrstvu stříkaného betonu (u nás použita na přehradě Trnávka).

S odstupem několika let se objevily první aplikace fólií PVC jako těsnícího prvku betonových konstrukcí, původně vesměs v rámci oprav již vybudovaných betonových, popř. zděných, přehrad, později i otevřených přivaděčů vodních elektráren atd. Zásluhou odborníků společnosti CARPI (zejména A. Scuero) byla rozvíjena koncepce, opírající se plně o těsnící vlastnosti fólie. Na rozdíl od mnohých jiných aplikací se tu nepřipouštěly pochyby o spolehlivosti fóliového těsnění. To bylo aplikováno na syntetickou textilii, rozprostřenou na návodním líci betonové konstrukce, plnicí zároveň drenážní funkci spolu s odvodňovacím systémem, který měl dostatečnou kapacitu pro odvedení prosáklé vody, aby jí nebyla zatěžována vlastní betonová konstrukce chráněná fóliovým pláštěm (obr. 2). Fólie na líci přitom nebyla nijak chráněna. Předpokladem takových aplikací byl nepochybně mimořádně rychlý pokrok v oblasti syntetických fólií i textilií. Jen díky jemu přestaly být aktuální problémy spojené s degradací fólií účinkem světla. U nás vyráběné fólie (zhruba před 40 roky) trvale uložené pod hladinou vody vykazují i dnes vynikající vlastnosti bez znaků stárnutí, v zónách kolísání hladiny popř. účinků klimatu však jsou značně degradované.

Obr. 1 Fólie jako pláštový těsnící prvek sypané hráze
a – sevrěná mezi prefabrikáty (L. Hobst); 1 – betonové desky 2 x 2 m; 2 – fólie PVC (o tl. ~ 2 mm) chráněná oboustranně nepískovanou lepenkou; 3 – upravený povrch svahu; b – s ochranným betonovým krytem; 1 – ochranná betonová vrstva; 2 – těsnící fólie; 3 – netkaná syntetická textilie; 4 – upravený svah + písková vrstva

Fig. 1 Geomembrane as coat sealing element – earth dams





Obr. 2 Schéma pláštového těsnění betonové vzdouvací stavby – systém CARPI (Sibelon)
a – 1 – těsnicí plášť fólie PVC s podkladní netkanou textilií (pásky fólie neseny prvky zakotvenými do betonu s drenážní funkcí); 2 – revizní chodba; 3 – drenážní svod (+ měření průsaku); b – Detail nosného prvku (varianty) z nerez oceli; 1 – beton konstrukce; 2 – těsnicí fólie + podkladní textilie; 3 – nosný pásový prvek (nerez); 4 – pás PVC překrývající nosný prvek (lepený) 5 – kotvy (nerez)

Fig. 2 Diagram of coat sealing of a concrete dam – system CARPI (Sibelon)

Za zásadní je však třeba považovat zpracování racionálního systému těsnění a odvodnění osazeného na návodní líc betonové konstrukce. Z dnešního hlediska, kdy se stále více prosazuje pojetí diferencované životnosti konstrukčních prvků, zasluží tento přístup velké uznání: při životnosti třicet až padesát let (v zónách trvale pod hladinou podstatně delší) oprava fóliového pláště z hlediska přístupnosti, rychlosti provedení opravy i obnovení funkčnosti má nesporné přednosti před náhradou degradovaného betonu, či asfaltobetonových prvků.

Při použití povrchového těsnicího systému fólií je nutné zajistit, aby při žádné kombinaci zatížení nedošlo k přetlaku vody zevnitř konstrukce. U vzdouvacích objektů lze tuto podmínku snadno splnit, avšak např. u betonového kanálu v zářezu mohou být potíže při vyprázdňování koryta pro revizi, protože tlak vody v okolním horninovém prostředí je obtížné vyloučit.

POUŽITÍ V KOMBINACI S TECHNOLOGIÍ VÁLCOVANÉHO BETONU

Nové možnosti použití pláštového fóliového těsnění betonových konstrukcí vodních staveb, tentokrát jako konstrukčního prvku nově budovaných staveb, se ukázaly u masivních objektů budovaných technologií válcovaného betonu.

Pro uplatnění předností výstavby těchto konstrukcí po souvislých vodorovných vrstvách je významné vyloučení dilatačních spár, a to i za cenu vyššího rizika hydratačních trhlin. Pak povrchový těsnicí plášť zajišťuje vodotěsnost bez nutnosti sanace zjištěných trhlin, navíc zbavuje beton nepříznivých účinků tlakového filtračního proudění (pórové tlaky vyvolávající tahová napětí, vyluhování pojiva, účinky mrazu atd.).

První použití tohoto řešení je známo z experimentální přehrady RIOU ve Francii, s kladným výsledkem z hlediska funkce těsnicího prvku a také z hlediska sládnění s technologií válcovaného betonu.

Podstatně velkorysejší uplatnění povrchového pláště z fólie PVC při výstavbě přehrad technologií válcovaného betonu (RCC) bylo na přehradě Olivenhain v Kalifornii v letech 2000 až 2003. Výška přehrad 97 m naznačuje, že šlo o použití fólie v podmínkách dosud neobvyklých (z hlediska zatížení), stejně tak plocha líce ~ 38 300 m² opatřená fólií patří k rekordní (obr. 3).

Použitím fólie PVC na líci přehrad se dosáhlo

- optimálního uplatnění předností technologie válcovaného betonu,
- omezení účinků prosakující vody na beton,
- výrazného snížení průsaku konstrukcí,
- příznivého chování objektu při seismických účincích (podstatně lepšího než u konstrukce rozdělené dilatačními spárami na bloky).

Pokud se jedná o průsak fóliovým těsněním, měření vedla k hodnotě ~ 7 gal/min, tj. až neuvěřitelných ~ 0,5 l/s.

SYPANÉ PŘEHRADY S NÁVODNÍM BETONOVÝM TĚSNĚNÍM

Myšlenka řešit vodotěsnost betonu se zvýšeným rizikem vzniku hydratačních trhlin pomocí těsnicího fóliového pláště může být inspirativní i pro sypané přehrad s těsnícím prvkem z vyztužené-

ho cementového betonu na návodním svahu.

Existuje tu významná pozitivní zkušenost z České republiky z opravy sypané přehrad Morávka s návodním pláštěm nikoliv z cementového, ale asfaltového betonu. Byla použita ověřená technologie CARPI, při níž kotvy nosných a drenážních pásků vedených po spádnicí bylo nutno zajistit v původním materiálu těsnění (někdy s obtížemi). Výsledek však je vynikající – různá očekávaná rizika porušení těsnění se v průběhu let nepotvrdila (obr. 4).

Příkladem opravy betonového těsnicího pláště sypané přehrad je relativně stará přehrada Salt Springs v Kalifornii z let 1928 až 1931, která má max. výšku 96 m. Těsnicí plášť bylo v průběhu let nutno soustavně opravovat, hlavně pro omezení průsaků (přesahovaly i 1 000 l/s) a projevíly se i poměrně rozsáhlé povrchové poruchy. V letech 2004 až 2005 byl při opravě realizován těsnicí plášť z fólie PVC položený na netkanou textilií, uchycený pomocí nosných a drenážních prvků vedených po spádnicí (obr. 5). V místech větších poruch byl systém doplněn nosnou plastovou mřížovinou.

K problematice těsnění sypaných přehrad pomocí návodního betonového pláště je vhodné uvést některé další skutečnosti. Původní koncepce, v níž byl plášť dělen pomocí těsněných dilatačních spár na velkoplošné desky (až 20 x 20 m) vykazovala značné defekty, hlavně pro nereálnost kvalitního zpracování betonu



Obr. 3 Přehrada Olivenhain (Kalifornie), návodní plášťové těsnění – fólie PVC

Fig. 3 Olivenhain dam (California), upstream coat sealing – PVC membrane

Obr. 4 Přehrada Morávka, fóliové těsnění položené na asfaltobetonovém plášti (oprava)

Fig. 4 Morávka dam, membrane sealing resting on asphalt concrete coat (repair)

Obr. 5 Přehrada Salt Springs – oprava návodního betonového pláště pomocí fólie PVC

Fig. 5 Salt Springs dam (California), coat from PVC membrane, geotextile and reinforced grate resting on damaged concrete sealing

v oblasti vodorovně vedených spár a zejména při křížení spár.

Po létech rozčarování přinesli zejména australští přehradáři nové řešení, vyznačující se členěním pláště pouze pomocí spár po spádnicí, tj. na široké pásy. Přitom byl očekáván vznik hydratačních trhlin, z nichž zhruba pětina měla být sanována (ostatní byly hodnoceny jako průsakově nevýznamné – s možností samočinného dotěsnění v průběhu provozu).

Literatura:

- [1] Bulletin ICOLD N° 70 Rockfill dams with concrete facing. Paris. 1989
- [2] Garnier G., Guérinet M.: Le barrage de Riou. Travaux N° 665,5, 1991
- [3] Bulletin ICOLD N° 126 Roller compacted concrete dams, Paris, 2003
- [4] Broža V., Satrapa L.: Navrhování přehrad, ČVUT Praha, 2000
- [5] Tarbox G. S., Rogers M. F., Steele K. A., Schweiger P. G.: Exposed geomembrane liner minimises seepage at Olivenhain, Hydropower & Dams, 4, 2005
- [6] Larson E., Kelly R., Dreese T., Wilkes J.: Repairing CFRDs in cold climates: the case of Salt Springs, Hydropower & Dams, 4, 2005

Toto řešení se potvrdilo v praxi a dalo nový podnět k rozvoji betonových plášťových těsnění sypaných přehrad.

Vzniká tu situace obdobná konstrukcím z válcovaného betonu. Nepříliš rozevřené trhliny (hlavně hydratační) popř. pracovní spáry zřejmě mohou být bez rozpaků akceptovány, jsou snahy o omezení těsněných dilatačních spár. Pokud by povrchová plastová fólie (v pojetí CARPI) byla navrhována jako součást systému těsnění, zřejmě by bylo dosaženo řady výhod

- snížení celkového průsaku vzdouvací stavbou
- zmenšení namáhání betonu prosakující vodou s příznivým účinkem na trvanlivost
- zjednodušení technologie

Tu je možno uvažovat zejména o úpravách v oblasti konstrukční tloušťky, dosud zpravidla 0,3 m v oblasti koruny s nárůstem ~ 5 % s výškou směrem k základové spáře. Při výšce přehrady 100 m max. tloušťka betonového těsnění tak přesahuje 1 m. Tuto zásadu by zřejmě bylo možno zredukovat, protože beton nebude mít přímou těsnicí funkci.

Zejména však by bylo možno plášť budovat v užších pásech (po spádnicí) o šířce pod 10 m, což by výrazně zlevnilo

mechanizmy (svahové finišery) a vyloučilo nutnost těsnění spár mezi nimi.

V rámci České republiky v současné době bohužel není příležitost tuto myšlenku rozpracovat na konkrétním projektu.

ZÁVĚR

Těsnicí plastová fólie na povrchu betonových konstrukcí staveb zatížených tlakem vody se stále více prosazuje jako racionální řešení problémů vodotěsnosti (včetně kontroly průsaků).

Sortiment výrobků – fólií, textilií, mřížovin, geodrénu – je dnes velký a soustavně se rozšiřuje, rovněž v oblasti požadovaných vlastností je výběr.

Počet úspěšných realizací se trvale rozšiřuje. Obavy z neověřené životnosti dnes zřejmě nejsou opodstatněné, nejstarší stavby s použitím fólií dosáhnou brzy padesáti let.

Navíc je třeba ve prospěch povrchových fóliových těsnění započít jednoduchost opravy, zejména z hlediska přístupnosti, malé hmotnosti materiálů a rychlosti její realizace. Ostatně ani klasické materiály (beton, asfaltobeton) na exponovaných návodních lících vystavených tlaku vody v kombinaci s účinky teplotních změn, mrazu atd. nemají výrazně delší životnost.

Prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc.
 Katedra hydrotechniky, Stavební fakulta ČVUT
 Thákurova 7, 166 29 Praha 6