

BETONOVÉ KONSTRUKCE II/2

6. Bílé vany suterénu budovy

6.1 Obecně

Bílou vanou rozumíme zpravidla železobetonovou konstrukci suterénu budovy, která je vodotěsná na principu vodonepropustnosti vlastní železobetonové konstrukce, bez dodatečné povrchové povlakové izolace. Železobetonová konstrukce má jak nosnou, tak hydroizolační funkci.

Jde tedy o jednu z možností, jak řešit hydroizolaci suterénu. Jinou možností jsou klasické povlakové izolace, ať už pomocí klasických živičných pásů, nebo pomocí různých plastových fólií. Při rozhodování, jaký způsob izolace suterénu použít, je vždy potřeba individuálně zvážit všechny okolnosti. Toto rozhodování může v některých případech být obtížné a je třeba přiznat, že názory na výhody a nevýhody hydroizolace na principu bílé vany se dosud různí a i v odborných diskuzích, vedených specialisty z různých oborů, lze najít i značně protichůdné názory.

Skutečností však je, že v současné době se bílé vany přinejmenším v případech suterénů pod hladinou spodní vody, používají v převážné většině případů. Jejich výhodami oproti klasickým izolacím jsou především:

- Delší životnost
- Opravitelnost v případě netěsností

V praxi je za rozhodující výhodu obvykle považována opravitelnost bílé vany v případě netěsností konstrukce. Dojde-li k poruše u klasické izolace, vnikne voda mezi izolační povlak a nosnou stěnu a do vnitřku objektu pronikne zpravidla v místě pracovní spáry v betonové konstrukci, nebo v jiném netěsném místě, které ale může být i dost vzdálené od místa poruchy izolace. Lokalizovat skutečné místo poruchy izolace pak může být velice obtížné a bez obnažení izolace z vnější strany je oprava často neřešitelná. Pokud má budova v centru města několik podzemních podlaží a v její těsné blízkosti vedou veřejné komunikace a četné inženýrské sítě, je dodatečné obnažení poškozené izolace z vnější strany prakticky nemožné. Naproti tomu u vodonepropustné betonové konstrukce místo netěsnosti zevnitř objektu snadno odhalíme a konstrukci utěsníme metodami, které jsou v tomto textu dále popsány.

V praxi se nepoužívá kombinace vnější povlakové izolace a bílé vany, protože v případě porušení vnější povlakové izolace se tato izolace stává prakticky bezcennou a náklady na její zhotovení jsou ztraceny. Je proto efektivnější investovat spíše do zvýšení spolehlivosti bílé vany.

Výjimkou je kombinace bílé vany a vnějšího těsnění bentonitovou rohoží. Tomuto řešení se někdy v odborné literatuře říká **hnědá vana**. Bentonit je speciální druh přírodního, popřípadě chemicky upraveného jílu, s vysokou těsnicí schopností, který bobtná při styku s vodou. Bentonitová rohož se obvykle skládá ze dvou vzájemně prošitých geotextilií, mezi kterými je uzavřena vrstva bentonitu. Má celkovou tloušťku kolem 5 mm. Bentonit po nasycení

vodou nabobtná, vnikne částečně do pórů v betonu a utěsní je – nepůsobí tedy jako samostatná izolace, ale spolupůsobí s betonem.

Podobné problémy jako při navrhování bílých van je nutno řešit také při navrhování nádrží na vodu. Nádrž se od bílé vany liší v tom, že bílá vana brání vniknutí vody z venku dovnitř bílé vany suterénu, zatímco nádrž brání úniku vody zevnitř nádrže. Pro obě úlohy lze uplatnit podobné přístupy.

6.2 Filozofie návrhu bílé vany

Je třeba respektovat, že při návrhu bílé vany vycházíme z jiné filozofie, než při návrhu povlakové povrchové izolace.

Při návrhu bílé vany nepovažujeme (na rozdíl od izolované stavby) případný průsak za vadu díla. S průsaky dopředu počítáme. Je třeba v rámci práce na projektu dohodnout, jaké požadavky na třídu vnitřního prostředí zvolíme (viz dále). Po dokončení stavby proběhne prohlídka stavby za účasti zástupců investora, dodavatele a projektanta. Při této prohlídce se zhodnotí, zda výsledek díla odpovídá požadované třídě prostředí a pokud nikoliv, dohodne se sanace nepřijatelných průsaků. Způsob sanace průsaků je třeba předem předepsat v projektové dokumentaci bílé vany (viz dále).

6.3 Normy a další předpisy pro návrh bílé vany

V České republice zatím neexistuje normový předpis pro návrh bílých van. Do určité míry lze využít normy pro navrhování vodotěsných nádrží na vodu. Speciálně pro bílé vany byly vydány směrnice České betonářské společnosti (ČBS) a některé další publikace, uvedené v závěru této kapitoly.

Za základní literaturu je třeba považovat následující publikace:

- Vodonepropustné betonové konstrukce – Technická pravidla ČBS 04, 2015
- Bílé vany – vodotěsné betonové konstrukce – Technická pravidla ČBS 02, 2006

Částečně lze využít i tyto betonářské normy, určené hlavně pro navrhování nádrží:

- ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla
- ČSN EN 1992-3 Navrhování betonových konstrukcí – Nádrže na kapaliny
- ČSN 731208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů

V České republice se dosud nejvíce používá překlad směrnice Rakouské společnosti pro beton a stavební technologie z roku 2002, vydaný u nás v roce 2006 Českou betonářskou společností jako Technická pravidla TP ČBS 02. V roce 2015 byl vydán také překlad německé směrnice z roku 2006 jako Technická pravidla TP ČBS 04.

Následující text přednášky vychází především ze směrnice TP ČBS 02, je však doplněn o informace z celé řady dalších zdrojů.

6.4 Třídy požadavků na vodotěsnost konstrukcí

Při návrhu vodonepropustné betonové konstrukce je nejprve nutno stanovit podmínky, které má konstrukce splňovat. Je podstatný rozdíl, navrhujeme-li sklepní či technické místnosti bez zvláštních požadavků na omezení vlhkosti, podzemní garáže, skladovací prostory nebo podzemní místnosti pro běžný pobyt lidí. Tomu také odpovídají požadavky na vlhkost povrchu betonu. Tyto požadavky zatím u nás nejsou stanoveny žádným obecně závazným předpisem. Při volbě třídy požadavků lze po dohodě s klientem – investorem vycházet například z následující tabulky, která je převzata ze směrnice Bílé vany (2006).

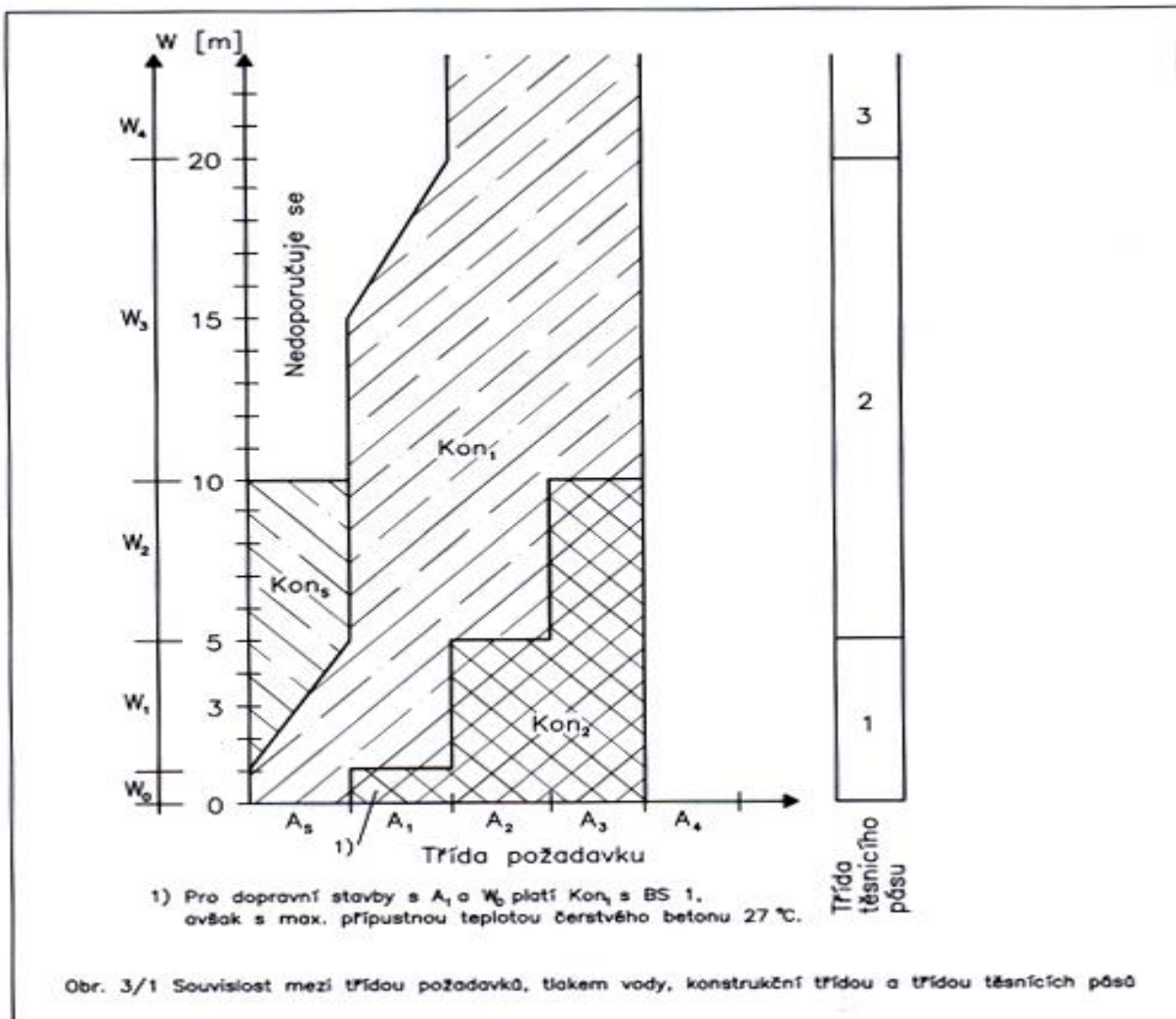
Třídy požadavků na vodotěsnost vnějších stěn, základových desek a stropů

Třída požadavků	Zkrácené označení	Popis povrchu betonu	Posouzení vlhkých míst	Přípustná vadná místa (vlhká místa, trhliny atd.) na povrchu betonu	Dodatečná opatření	Příklady použití	Konstrukce
A ₅ Zvláštní třída	Zcela suché	Žádná vizuálně patrná vlhká místa (tmavé zabarvení)			Stavebně-fyzikální vyšetření a temperování/klimatizování prostoru je bezpodmínečně nutné	Sklady zboží, které je zvláště citlivé na vlhkost	2)
A ₄	Z větší části suché	Vizuálně patrná jednotlivá vlhká místa (max. matné tmavé zabarvení)	Po plošném dotyku suchou rukou nejsou patrné žádné stopy po vodě	Na 1 ‰ povrchu sledované konstrukce mohou být vlhká místa. Proužky vody vysychají po max. 20 cm	Je nutné stavebně-fyzikální vyšetření, v jeho důsledku může být potřebné temperování/klimatizace prostoru (např. při dlouhodobém pobytu lidí)	Dopravní stavby s vysokými požadavky, místnosti pobytu, sklady, domovní sklepy (skladovací prostory), domovní technické prostory se zvláštními požadavky	2), 3)
A ₃	Lehce vlhké	Vizuálně a dotykem patrná jednotlivá lesklá (vlhká) místa na povrchu	Není možné změřit množství odtékající vody. Po dotyku ruky jsou rozeznatelné stopy vody.	Je přípustné 1 ‰ vlhkých míst na celém povrchu betonového dílu. Jednotlivé proužky vody, které na povrchu betonu vysychají.	Ve zvláštních případech může být potřebné temperování/klimatizování	Garáže, prostory s domovní technikou (např. kotelny, kolektory), dopravní stavby	2), 3)
A ₂	Vlhké	Kapkovitý výskyt vody s tvorbou proužků vody	Množství odtékající vody lze měřit v zachytných nádobách	Pro stěny, podlahové desky a podzemní stěny platí: max. množství vody na jedno chybné místo resp. běžný m pracovní spáry podzemní stěny nesmí překročit 0,2 l/h, přičemž průnik vody na 1 m ² stěny smí být v průměru max. 0,01 l/h ¹⁾	Uvažovat s odvodňovacími opatřeními	Garáže (s dodatečnými opatřeními, např. odvodňovací žláby) atd.	(2), 3)

A ₄	mokrý	Jednotlivá mokvající místa s výskytem vody, pro podlahové desky, stěny a podzemní stěny	Množství odtékající vody lze měřit v záchytných nádobách.	Maximální množství vody na jedno vadné místo nesmí překročit 2 l/h, přičemž průnik vody na 1 m ² stěny nesmí v průměru překročit 1 l/h. ¹⁾	Uvažovat s odvodňovacími opatřeními	Vnější skořepina dvouplášťových konstrukcí.	3)
----------------	-------	---	---	--	-------------------------------------	---	----

Na základě takto získané **třídy požadavků A_s až A₄** a **výšky vodního sloupce** zatěžujícího konstrukci, stanovíme z grafu v následující tabulce **konstrukční třídu Kon_s až Kon₂**.

Volba konstrukční třídy v závislosti na třídě požadavků a výšce vody



V další tabulce jsou pak pro jednotlivé konstrukční třídy uvedena doporučení pro minimální tloušťku konstrukce, pro volbu výpočtové šířky trhliny, pro délku dilatačního celku a další doporučená opatření. Jak již bylo uvedeno, volbu třídy požadavků na konstrukci je potřeba vždy konzultovat s klientem. Je nutno si uvědomit, že vyšší třída požadavků znamená vyšší pravděpodobnost dosažení většího komfortu (sušší vnitřní povrch, méně prosa-kujících míst) avšak za cenu vyšších nákladů na stavbu.

Doporučené tloušťky stěn a desek a doporučené šířky trhlin pro konstrukční třídy

Konstrukční třída	Min. tloušťka stavebního dílu ¹⁾²⁾ [m]	Dimenzování na vynucená namáhání	Dimenzování na zatížení	Normalizovaný beton	Další konstrukční požadavky
Kon ₃ zvláštní třída	≥ 0,45 ≥ 0,60 pro W ₂	viz Obr. 4/5	omezení šířky trhlin na ≤ 0,15 mm	BS 1	Max. délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> • vzdál. dilatačních/dělicích spár: ≤ 15 m • vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 10 m Je nezbytné zabudovat kluzné fólie pro separaci vnějšího a vnitřního pláště, eventuálně uvažovat o: <ul style="list-style-type: none"> • předeprnutí • zdvojení těsnicích pásů • eliminaci skokových změn tloušťky/výšky konstrukce • eliminaci překážek, které brání v pohybu konstrukce vůči okolnímu prostředí
Kon ₁	≥ 0,35 ≥ 0,60 pro W ₄	viz Obr. 4/6	omezení šířky trhlin na ≤ 0,20 mm	BS 1	Doporučené délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> • vzdál. dilatačních/dělicích spár: 15 až 30 m • vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 15 m Skokové změny tloušťky/výšky konstrukce nahradit náběhy se sklonem cca 30°. Doporučuje se vložení separačních fólií. Doporučuje se určit teplotní pole. Pokud je konstrukční část provedena jako součást spřaženého systému (s těsným zazubením do vnější stěny), má být max. délka konstrukční části ≤ 40 m.
Kon ₂	≥ 0,30	viz Obr. 4/7	omezení šířky trhlin na < 0,25 mm ⁴⁾	BS 2	Doporučené délky konstrukčních částí ³⁾ : <ul style="list-style-type: none"> • vzdál. dilatačních/dělicích spár: 30 až 60 m • vzdál. pracovních spár ve stěnách: ≤ 15 m Těsný kontakt s okolním prostředím je přípustný, při změnách tvaru průřezu nebo tuhosti konstrukce je ale vhodné uvážit možnost jejího rozdělení na menší části. Skokové změny tloušťky/výšky konstrukce je vhodné eliminovat (náběhy se sklonem cca 30°, separaci atd.). Doporučuje se určit teplotní pole.

Tato tabulka je převzata ze směrnice TP ČBS 02 (2006). Na základě zkušeností z posledních let a v souladu s novějšími předpisy v současné době volíme pro dané konstrukční třídy zpravidla o 50 až 100 mm menší tloušťku konstrukce a naopak o 0,05 mm menší výpočtovou šířku trhliny, než je v tabulce uvedeno.

6.5 Podmínky dosažení vodotěsnosti konstrukce

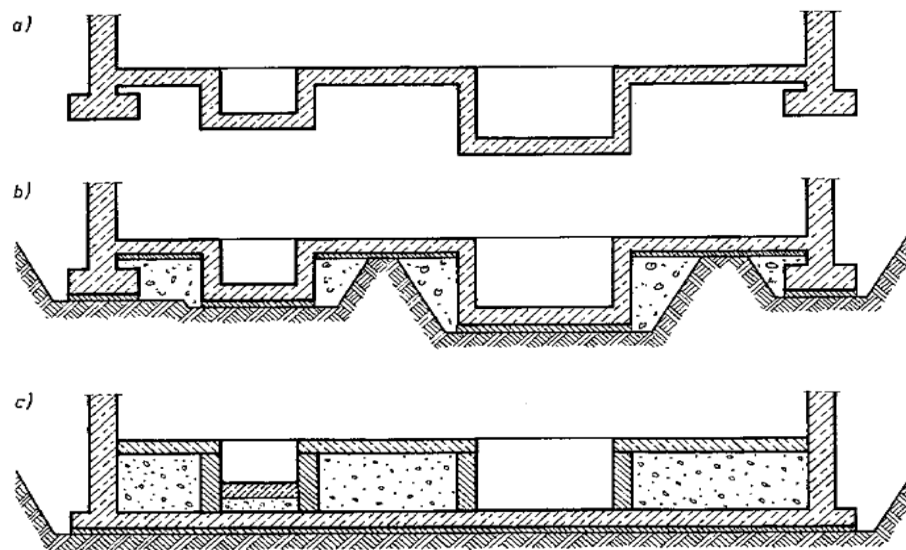
Při návrhu bílé vany je třeba řešit problémy, které lze rozdělit do následujících skupin:

- Volba tvaru a uspořádání konstrukce
- Vodotěsnost vlastního betonu
- Omezení šířky trhlin
- Těsnění pracovních a dilatačních spár
- Sanace případných průsaků a netěsností

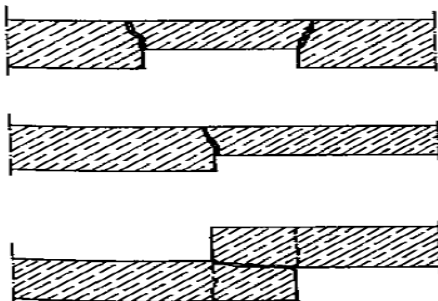
6.6 Volba tvaru a uspořádání konstrukce

Účelem volby vhodného tvaru a uspořádání konstrukce je dosažení pokud možno jednoduchého tvaru konstrukce, odolného proti vzniku trhlin.

Příklady vhodného a nevhodného tvaru jsou na následujících obrázcích:



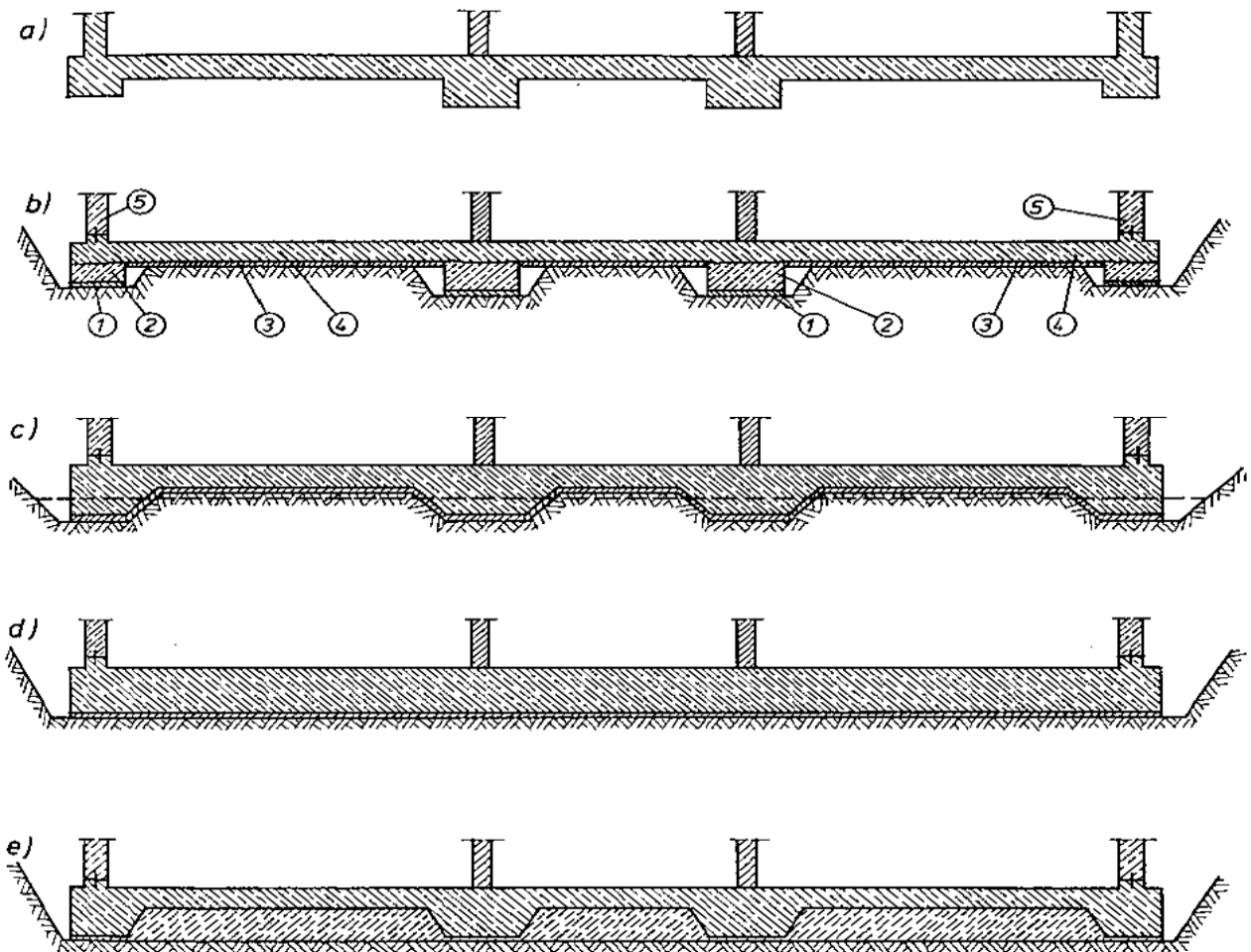
- a) Požadovaný tvar podlahy suterénu
b) Nevhodné řešení z hlediska bílé vany – velká rizika vzniku trhlin a netěsností v lomech desky, blokováno smršťování základové desky vede ke vzniku tahových napětí a trhlin v desce
c) Vhodné řešení



Snažíme se zabránit náhlým změnám tloušťky desek a stěn, které znamenají velké riziko vzniku trhlin

V místě náhlých změn tloušťky desky vzniká v důsledku různého vývinu hydratačního tepla a tedy různých objemových změn a dále v důsledku vrubového efektu velké riziko vzniku trhlin. Proto je lépe v místech změny tloušťky desky (typicky u desky zesílené patkami pod sloupy) řešit změnu náběhem pod úhlem 30 °.

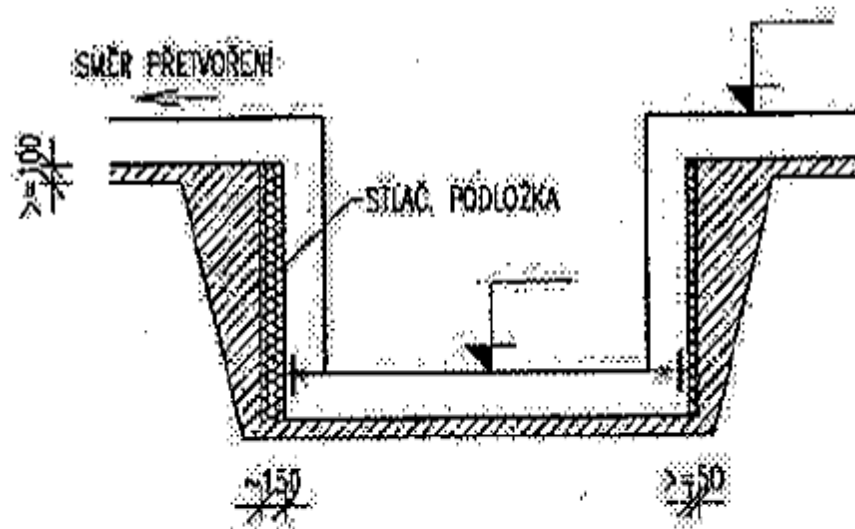
Příklady jsou na následujících obrázcích:



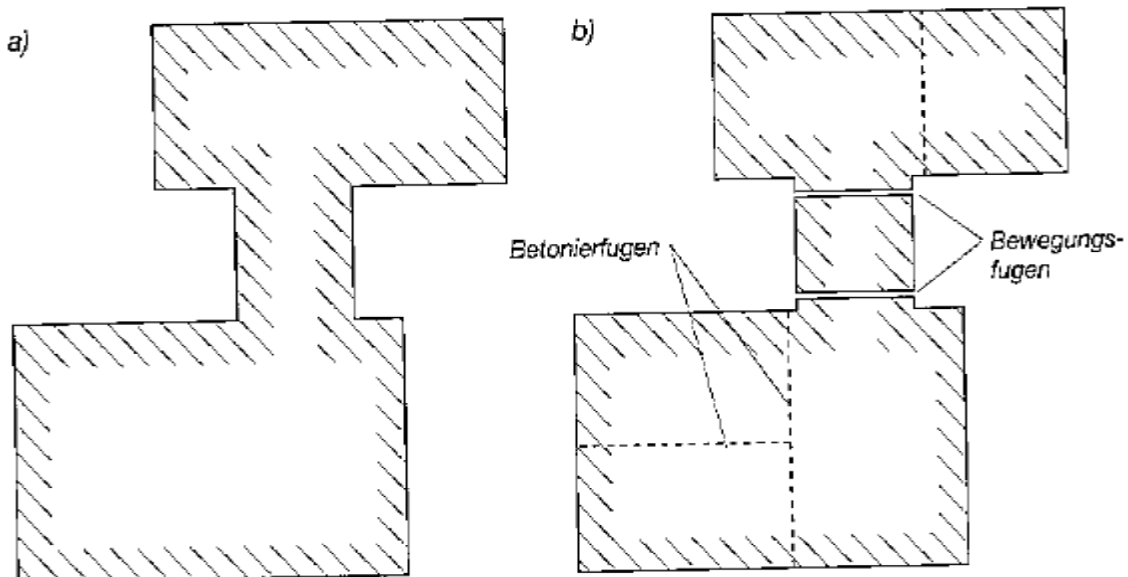
- a) Nevhodné řešení z hlediska bílé vany
- b) Možné řešení – oddělení patek od desky a umožnění prokluzu desky nad patkou
- c) Běžné řešení – náběhy obvykle pod úhlem 30°
- d) a e) Další možná řešení - neekonomické

Snížení tahových napětí v základové desce, vyvolaných objemovými změnami betonu v důsledku smrštění nebo ochlazení konstrukce, lze dosáhnout vložení kluzné fólie z PVC pod desku.

Aby nedošlo k zablokování pohybu základové desky v místě snížených konstrukcí zapuštěných do terénu (nevysvahované základové patky, výtahové šachty apod.), je vhodné na boční svislou stěnu zapuštěné konstrukce vložit stlačitelnou vrstvu (pěnový polystyrén) v tloušťce 50 až 150 mm.



Za účelem zabránění nadměrných tahových sil v základových deskách je vhodné rozdělit konstrukci na dilatační celky přiměřené délky (15 až 60 m – viz tabulka na straně 5). Dilatačními spárami je vhodné rozdělit také členité půdorysy, které svým tvarem předurčují vznik trhlin v určitých řezech.

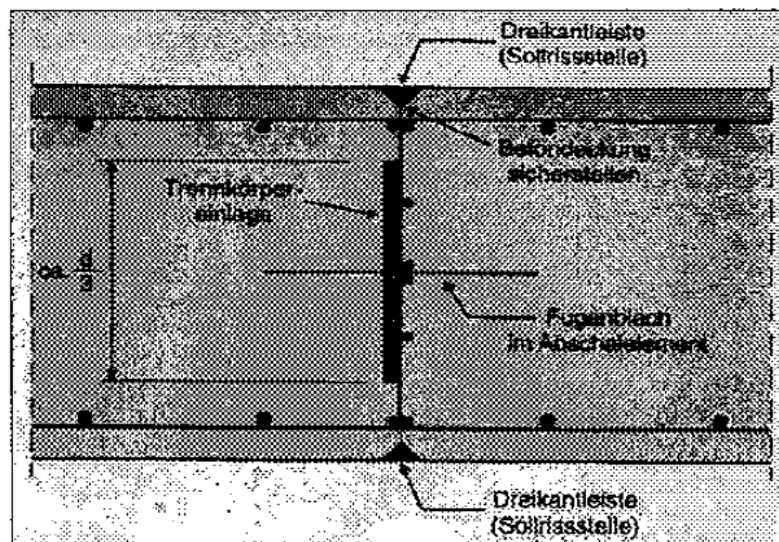
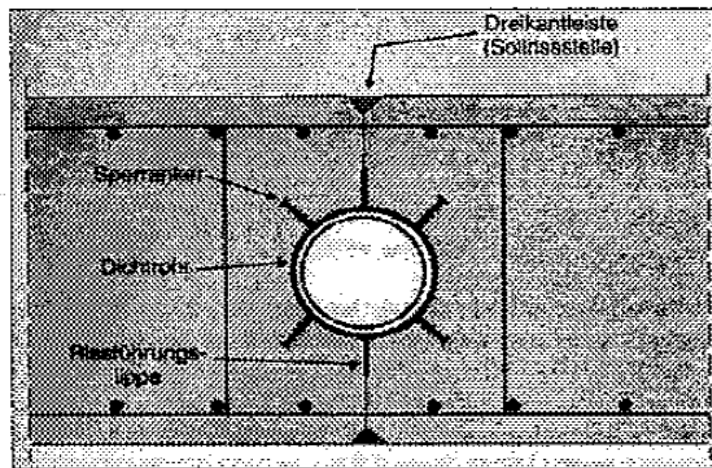


6.7 Tloušťky obvodových stěn bílé vany

S otázkou volby tvaru úzce souvisí i volba tloušťky základových desek a suterénních stěn. Doporučené tloušťky konstrukcí v závislosti na konstrukční třídě podle směrnice TP ČBS 02 jsou v tabulce výše v kapitole 5.4. Jak však již bylo na stejném místě uvedeno, vzhledem k současné praxi se tyto tloušťky jeví jako poněkud konzervativní. Běžné tloušťky stěn bílých van se pohybují od 250 do 350 mm. Slovenská směrnice (2012) doporučuje pro monolitické konstrukce zatížené vodou s volnou hladinou minimální tloušťku konstrukcí 250 mm a pro konstrukce zatížení pouze zemní vlhkostí minimální tloušťku 200 mm.

6.8 Spáry řízeného smršťování

V obvodových stěnách suterénu lze omezit tahová napětí od objemových změn betonu (smršťování) vložení **těsněných spár řízeného smršťování**. Existují různé empirické vztahy, jak stanovit vzdálenost spár – například $l = h/2t$, kde h je výška stěny a t je tloušťka stěny



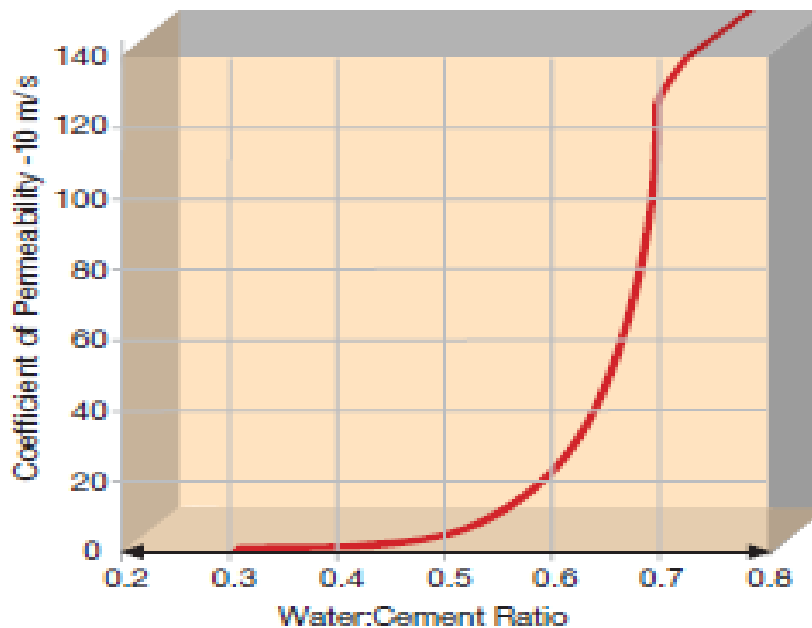
V místě řízené spáry se průřez stěny oslabí vložením svislého plechu nebo plastové trubky, často se rovněž polovina vodorovné výztuže nastykuje v místě řízené spáry bez přesahu a spára se utěsní. Do líce stěny se často vkládá trojúhelníková nebo lichoběžníková lišta, která skryje řízenou trhlinu.

6.9 Vodotěsnost vlastního betonu

Vodotěsnost betonu musí zabránit prosakování vody skrz stěnu nebo desku. Vodotěsnost betonu je závislá především na kompaktnosti cementového kamene, kterou zásadním způsobem ovlivňuje velikost vodního součinitele a kvalita zpracování betonu při jeho ukládání. Vodotěsnost je převrácenou hodnotou permeability (propustnosti) pórovitého prostředí. Závislost permeability betonu na vodním součiniteli je zřejmá z následující tabulky

Vliv vodního součinitele na pórovitost a permeabilitu betonu

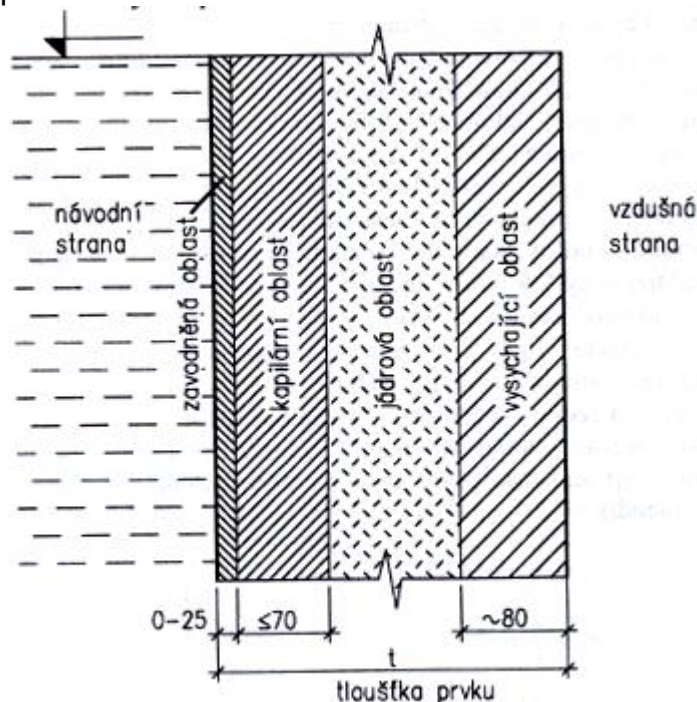
Vodní součinitel	Průměr kapilár [nm]	Pórovitost [%]	Permeabilita [10^{-13} m/s]
0,3	3,68	27,2	1
0,4	5,2	35,6	2
0,5	4,49	44,2	3
0,6	7,36	52,5	23
0,7	10,29	55,5	220
0,8	14,57	57,9	963



Protože je beton obecně porézním materiálem s jistým součinitelem permeability, nemůže být z fyzikální podstaty vodotěsným materiálem. To ale neznamená, že betonová stěna

nebo deska nemůže být při určité tloušťce vodonepropustná. Zatížíme-li betonový prvek z jedné strany vodním tlakem, vytvoří se na návodní straně oblast betonu plně nasycená vodou. Ta má u kvalitního betonu tloušťku zhruba 10 až 25 mm. Další vrstvou je kapilární oblast, kde je voda vedena kapilárami. Tato oblast má u kvalitního betonu tloušťku zhruba 50 až 70 mm. Následuje jádrová oblast, kde se už může voda šířit pouze difuzí ve formě vodní páry. Na vzdušném líci se pak vytváří vysychající oblast, kde vodní páry odchází do ovzduší. Důležité u vodonepropustných konstrukcí je zajistit na této straně takové fyzikální podmínky, aby pára byla odvětrána, povrch mohl vysychat a voda na něm nekondenzovala.

Vodonepropustnost betonu lze samozřejmě zvyšovat různými přísadami do betonu. Ale obecně platí, že beton (bez jakýchkoliv přísad) s vodním součinitelem do 0,50 je prakticky nepropustný. V literatuře se uvádí, že dlouhodobý průsak vody v takovém betonu nepřekročí hloubku 50 mm. Dobrou zpracovatelnost betonu při dodržení nízkého vodního součinitele je nutno zajistit použitím plastifikátorů.



Obr. 1 Oblasti prvku z kvalitního vodonepropustného betonu

Pro dobrou těsnicí funkci je důležité, aby se kapilární oblast a vysychající oblast vzájemně nepřekrývaly a mezi nimi i zůstala jádrová oblast tloušťky kolem 50 mm. Z toho plyne celková minimální tloušťka konstrukce alespoň 200 mm.

Klademe-li v projektu výslovně požadavek na jeho nízkou propustnost pro vodu, je nutno to ve specifikaci betonu předepsat. Hloubka průsaku je jedním z nepovinných údajů při specifikaci betonu v projektu. Běžně lze předepsat hloubku průsaku 50, 35 nebo 20 mm. Například:

BETON ČSN EN 206-1 C30/37 - XC4 – CL 0,20 – Dmax 16 – S3,
max průsak 35 mm podle ČSN EN 12 390-8, vodní součinitel $w/c \leq 0,45$

Možným způsobem, jak zvýšit vodotěsnost betonu, je použití přísady fungující na principu druhotné krystalizace cementu (XYPEX, apod.)

6.10 Omezení šířky trhlin

Trhliny jsou slabým místem konstrukce a jsou jedním z nejčastějších důvodů průsaků.

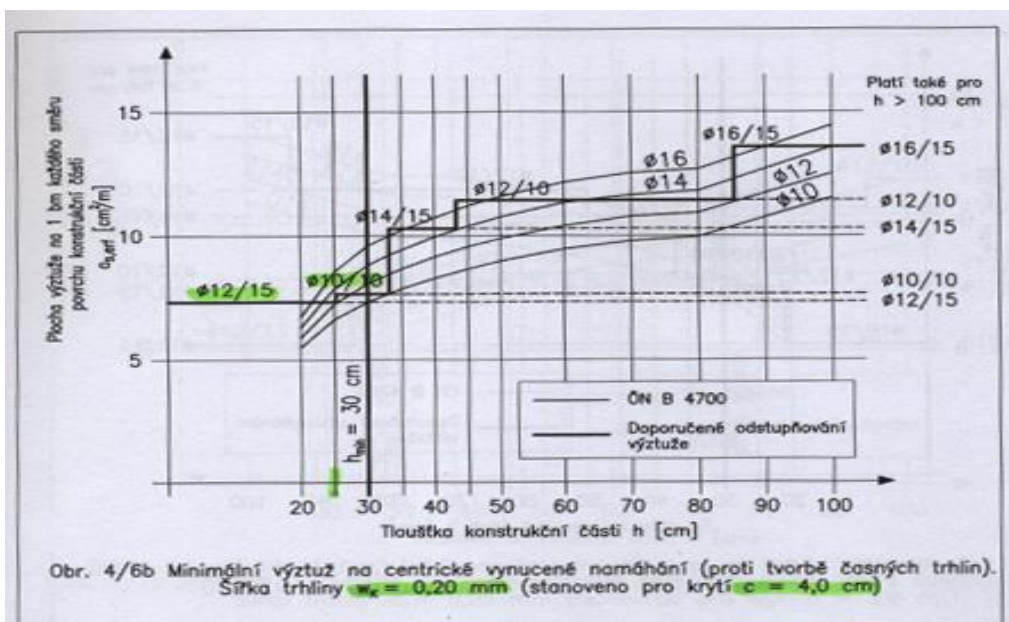
Obecně lze k problému trhlin přistoupit jedním z následujících návrhových přístupů:

- Navrhnout konstrukci bez trhlin. Tento přístup lze z ekonomických důvodů použít pouze výjimečně. Betonovou konstrukci bez trhlin lze s rozumnými náklady realizovat pouze s použitím předpjatého betonu.
- Navrhnout konstrukci s trhlinami omezené šířky, které buď neprostupují celou tloušťkou průřezu, nebo lze u nich předpokládat v přiměřeném čase samozhojení. Při tomto jevu prosakující voda způsobí další hydrataci cementu v trhlíně a utěsňuje trhliny jemnými částicemi, které unáší. Toto je základní myšlenka řešení bílých van podle české směrnice TP ČBS 02 a TP ČBS 04.
- Navrhnout konstrukci na šířku trhlin podle ČSN EN 1992-1-1. Tedy na běžnou šířku trhliny 0,30 mm a vzniklé trhliny utěsnit. Je to jeden z přístupů obsažených ve slovenské směrnici. Tento způsob návrhu konstrukcí se v poslední době v praxi někdy používá vzhledem k úsporám betonářské oceli při současné aplikaci krystalizačních přísad do betonu (viz dále).

Volba výpočtové šířky trhliny je jednou z rozhodujících otázek při návrhu bílé vany. Platí, že čím menší šířku trhliny zvolíme, tím větší bezpečnosti proti průsaku vody pravděpodobně dosáhneme. Volba šířky trhliny má ale vazbu na spotřebu výztuže. Platí přitom, že zmenšíme – li šířku trhliny, vzroste spotřeba oceli na jednotku betonu konstrukce. Ta je obecně u vodonepropustných konstrukcí poměrně vysoká a pohybuje se běžně od 120 do 160 kg/m³ betonu. Při snížení šířky trhliny pod asi 0,015 až 0,10 mm roste již spotřeba oceli neúměrně. Proto obvykle volíme trhlínu výpočtové šířky 0,15 až 0,20 mm. I při takto širokých trhlínkách může být konstrukce z technického hlediska vodonepropustná. Využíváme přitom skutečnosti, že trhliny málokdy bývají průběžné přes celý profil konstrukce. A také jevu zvaného samoutěsnění (samozhojení) trhlin.

Protože přesný výpočet šířky trhliny je pracný a málo spolehlivý, byly vypracovány různé pomůcky pro návrh výztuže na určitou šířku trhliny. Následující graf pro stanovení množství výztuže pro šířku trhliny 0,20 mm a krytí výztuže 40 mm je převzat ze směrnice TP ČBS 02.

Pomůcka pro návrh výztuže na trhliny v raném stádiu tvrdnutí betonu pro výpočtovou šířku trhliny 0,20 mm a tloušťku krycí vrstvy 40 mm.

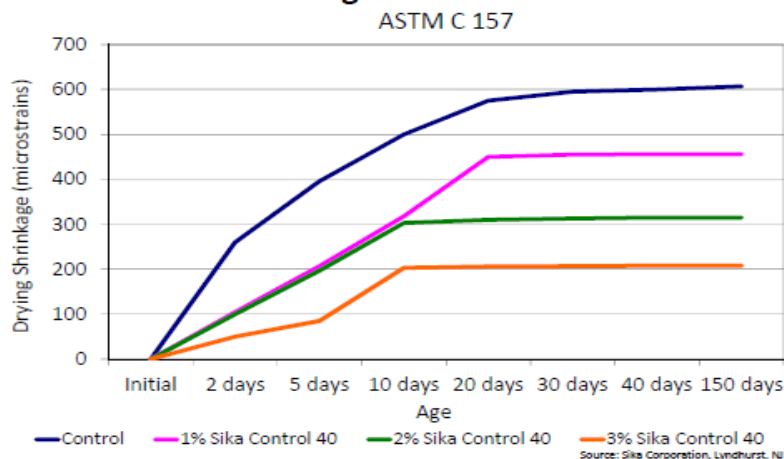


6.11 Složení betonu

Problém šířky trhlin dále úzce souvisí s technologickým návrhem betonové směsi. Při návrhu betonové směsi je třeba se zaměřit na omezení vývoje hydratačního tepla a na omezení smršťování.

Omezení vývinu hydratačního tepla (a tím i snížení tahových napětí v betonu při jeho chladnutí) lze dosáhnout použitím cementů s malým hydratačním teplem (CEM II - směsný portlandský nebo CEM III - vysokopeční cement). Omezení smrštění lze dosáhnout především snížením vodního součinitele, popřípadě pomocí přísad, které redukuje smrštění betonu. Použitím přísady Sika Control 40 lze snížit smrštění betonu zhruba na polovinu běžné hodnoty.

Shrinkage Results in Mortars



Existují speciálně navržené a komerčně využívané betonové směsi pro bílé vany, které splňují nejen nároky na nízkou hodnotu průsaku a vysokou vodotěsnost, ale i na nízké hodnoty smrštění, nízký vývoj hydratačního tepla a další speciální vlastnosti – známý je například beton s názvem Permacrete.

6.12 Těsnění pracovních a dilatačních spár

Jedním z nejcitlivějších detailů jsou dilatační a pracovní spáry v betonu. Vysoké procento poruch vodotěsnosti se soustřeďuje právě do oblasti dilatačních a pracovních spár. Veškeré pracovní spáry (tedy každé přerušení betonáže) musí být provedeny v projektu předem stanovených místech a musí být předem navrženo jejich těsnění. Lze ho provádět různým způsobem. Dříve se řešilo vkládáním ocelových plechů. Ty jsou dnes nahrazovány plastovými těsnícími pásy. Je nutné rozlišovat pásy do dilatačních spár a pásy do spár pracovních. Tloušťka a šířka pásu se volí podle výšky vodního sloupce, zatěžujícího konstrukci. Pásy je nutno stykovat podle podkladů výrobce – obvykle svařením, nebo slepením. Existují pásy vnitřní a vnější. Vnitřní pásy kladou vodě větší odpor – obtoková délka je větší. Ale jsou velmi náročné na kvalitní uložení do betonu, detaily jsou složitější a pracnější. Proto se u nás většinou používají povrchové pásy, které jsou méně choulostivé na „lidský činitel“.

Vnitřní těsnící pásy

S_1, S_2 : obtoková dráha vody kolem těsnícího pásu
 b : šířka těsnícího pásu
 e : hloubka nasákavosti betonu (v závislosti na kvalitě betonu)
 d : tloušťka betonového prvku

$S_1 > e$
 $S_2 > e$
 $d \geq b$

Vnější (okrajové) těsnící pásy

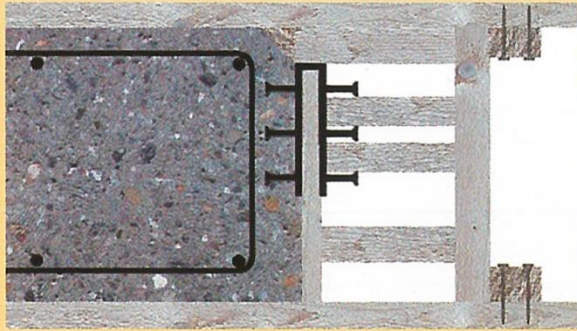
S_1 : obtoková dráha vody kolem těsnícího pásu
 b : šířka těsnícího pásu
 e : hloubka nasákavosti betonu (v závislosti na kvalitě betonu)

Poznámka: při stejné šířce pásu je obtoková dráha pronikající vody u vnějšího pásu kratší než u vnitřního těsnícího pásu.

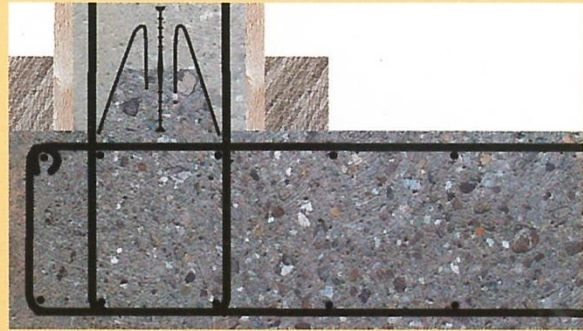
Příklady těsnících pásů

Typy těsnících pásů		typ	šířka (cm)	tloušťka (mm)	max. tlak vody (m)	
Vnitřní těsnící pásy						
pracovní spáry		V-15	15	5	5	
		V-20	20	7	15	
		V-20 L	20	4	15	
		V-24	24	4	20	
		V-24 L	24	4	15	
		V-32	32	5,5	20	
	dilatační spáry		AK-19	19	3,5	5
			AK-24	24	4	15
			AK-32	32	4	25
			FORTE 19	19	3	15
		FORTE 24	24	3	20	
dilatační spáry		O-15	15	2,5	5	
		O-20	20	3	10	
		O-20 L	20	2	10	
		O-22	22	3,5	10	
		O-22 L	22	2,5	10	
		O-25	25	5	15	
		O-25 L	25	2	15	
		O-32	32	3,5-5	20	
			O-32 L	32	3	20
			M-22	22	5	10
		M-25	25	2,5	15	
		M-35	35	4-7	20	
Vnější povrchové těsnící pásy						
pracovní spáry		AR-18*	20	3,5	5	
		AR-24*	25	3,5	10	
		AR-26	28	3,5	10	
		AR-31	31	4	15	
		AR-50	50	4	20	
dilatační spáry		DR-19	21	3,5	5	
		DR-25*	26	3,5	5	
		DR-27*	28	3,5	15	
		DR-32	31	4	15	
		DR-50	50	4	15	
Vnější ukončovací těsnící pásy						
		FA 100/30	3/10	~5	pouze	
		FA 140/30	3/14	~5	povrchová voda	

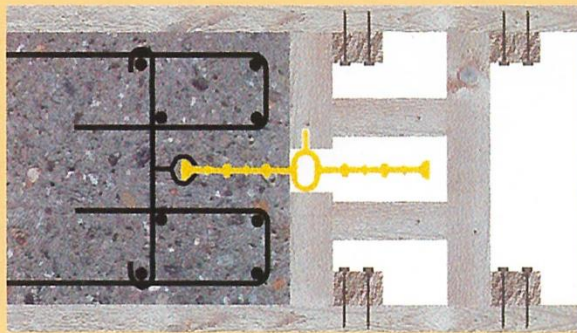
Příklady osazení pásů do konstrukce



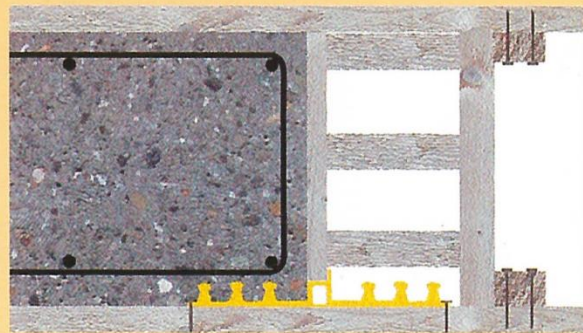
Osazení vnějšího ukončovacího pásu do spáry



Připojení a utěsnění spoje: betonová deska – stěna



Osazení těsnícího pásu typu O (M)

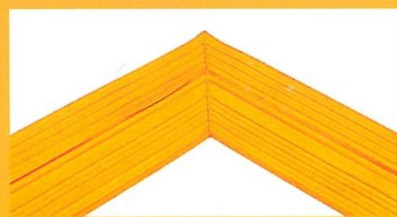


Osazení povrchového těsnícího pásu

Stykování pásů svařením



T-kus plochý ležící



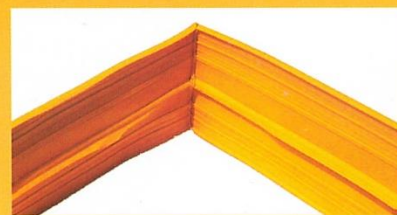
Rohový kus ležící



Křížový kus ležící



T-kus prostorový



Rohový kus prostorový

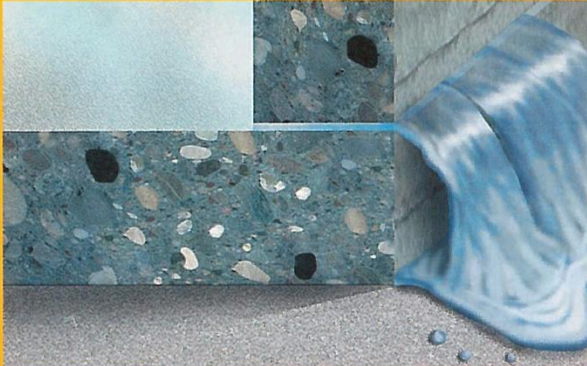


Křížový kus prostorový

Dalšími možnostmi, jak utěsnit pracovní spáry, jsou například bobtnající bentonitové pásy, nebo injektážní hadičky. Bobtnající pásy se uloží do pracovní spáry v blízkosti návodní strany betonu. Po vniknutí vody do pracovní spáry bentonitový pásek nabobtná a spáru utěsní. Perforované injektážní hadičky se vkládají do pracovních spár a po dokončení betonáže se injektují vhodnou pryskyřicí.

Těsnění pracovních spár bobtnajícími bentonitovými pásy

Tmel SikaSwell® S, S-2 – princip těsnění



Netěsná pracovní spára

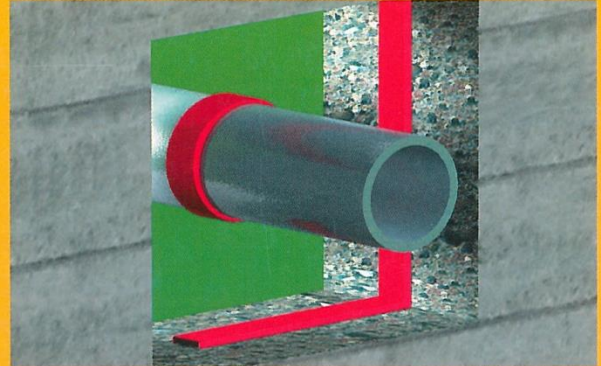


Částečné utěsnění po aplikaci tmele SikaSwell® S-2



Spára utěsněná tmelem SikaSwell® S-2

Profil SikaSwell® P – příklady těsnění



Těsnění prostupu potrubí



Napojování potrubí



Těsnění pracovní spáry mezi stávající a novou konstrukcí

Perforované injektážní hadičky se vkládají do pracovních spár a po dokončení betonáže se injektují vhodnou pryskyřicí.



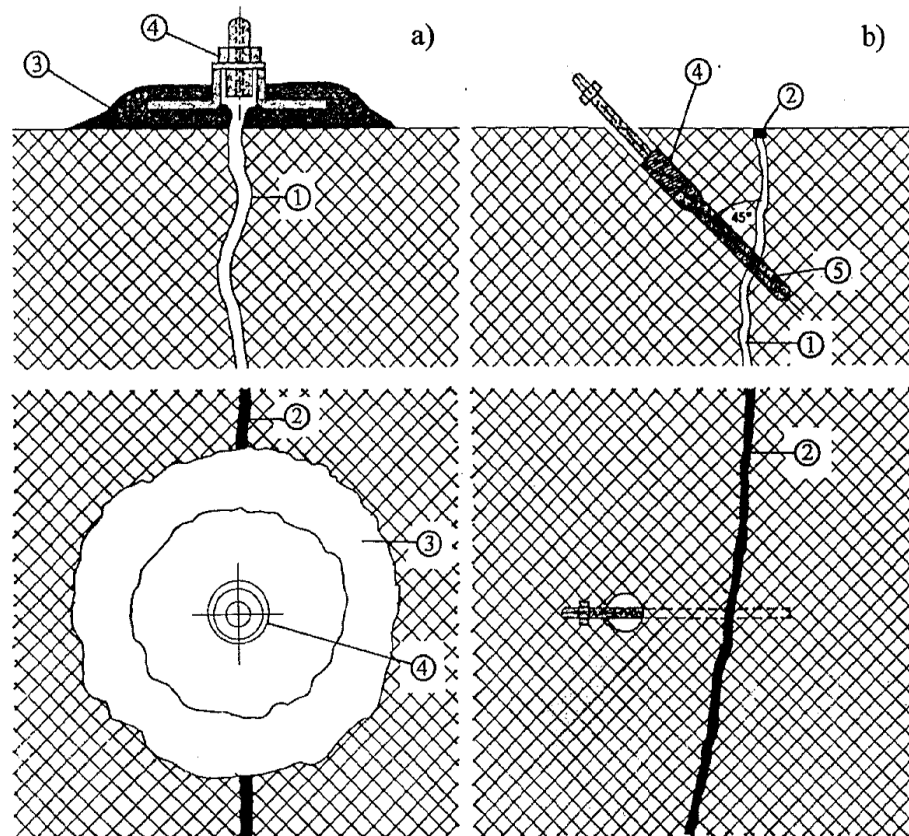
Dalším slabým místem vodonepropustné betonové konstrukce jsou otvory po spínacích tyčích bednění. Buď je nutné použít speciální ztracené spínací tyče s těsněním, které v betonu již zůstanou, nebo je nutno otvory dodatečně dokonale utěsnit. Existují různé systémy těsnění těchto otvorů.

Nedílnou součástí při návrhu vodonepropustné betonové konstrukce je vyřešení všech detailů prostupů. Veškeré prostupy instalací skrz konstrukci musí být těsněné, způsob těsnění musí odpovídat výšce vodního sloupce, kterým je konstrukce zatížena.

6.13 Návrh sanace průsaků a netěsností

Návrh sanace případných průsaků a netěsností by měl být součástí projektu bílé vany.

- Plošné průsaky a trhliny do šířky zhruba 0,30 mm lze úspěšně těsnit napuštěním betonu roztokem přísady, fungující na principu druhotné krystalizace cementu.
- Širší trhliny a průsaky pracovními spárami je třeba řešit injektáží – především látkami na bázi polyuretanů.



Obr. 6 Způsoby injektáže trhlin a spár
a) od povrchu, b) z vrtu 1 - trhlina či spára, 2 - utěsnění ústí, 3 - lepidlo, 4 - obturátor, 5 - injektážní vrt

6.14 Krystalizační přísady

Materiály fungující na bázi druhotné krystalizace cementu mají různé obchodní názvy – nejznámější je XYPEX. Jde o materiály, jejichž základem je směs portlandského cementu, velmi jemného upraveného křemičitého písku a různých dalších chemikálií.

Tyto látky lze používat buď přímo jako přísady do betonu, nebo jako dodatečně aplikované nátěry a stěrky.

V případě použití materiálu jako přísady do betonu se předpokládá, že krystalizační přísada způsobí v mokřém ztvrdlém betonu (za přístupu vlhkosti) dodatečný růst krystalů, které utěsní póry v betonu. Podle údajů různých výrobců je krystalizační přísada schopná utěsnit trhliny šířky do 0,30 až 0,40 mm. Výrobci krystalizačních přísad udávají ještě další příznivé dopady přísad na konečné vlastnosti betonu (zvýšení chemické odolnosti, zvýšení pevnosti..). Nezávislé zkoušky, prováděné různými autory především v letech 2015 až 2017, však tato tvrzení příliš nepodporují.

Z předpokladů o působení krystalizačních přísad je odvozen jeden z možných přístupů k návrhu bílé vany. Konstrukce se navrhne na šířku trhliny 0,30 mm v souladu s ČSN EN 1992-1-1 a současně se použije krystalizační přísada, která tyto trhliny uzavře. Vzhledem k výše uvedeným nejistotám o skutečném vlivu krystalizačních přísad různých obchodních značek na vlastnosti betonu je však k tomuto řešení nutno přistupovat opatrně a vždy

zvažovat efektivitu finančních prostředků, vynaložených na různá možná opatření k zajištění vodonepropustnosti konstrukce.

Bezpečně ověřené je použití krystalizačních látek je ve formě nátěrů, které se aplikují na hotovou konstrukci s průsaky. Látka penetruje na několik desítek mm do hloubky betonu, způsobí růst krystalů a póry a trhliny uzavře. Lze použít na sanaci plošných průsaků a na utěsnění trhlin do šířky 0,30 mm.

6.15 Příklad realizace bílé vany pro plovoucí vlnolam na moři

Vodotěsná konstrukce plovoucího vlnolamu chránícího přístav v Monaku



Řez vlnolamem





Literatura ke kapitole 6

- [6.1] Bílé vany – vodotěsné betonové konstrukce – TP ČBS 02, ČBS Praha, 2006
- [6.2] Vodonepropustné betonové konstrukce – TP ČBS 04, ČBS Praha, 2015
- [6.3] Smernica pre vodonepriepustné betónové konštrukcie – Biele vane, SKSI Bratislava, 2012
- [6.4] Weisse Wannen einfach und sicher – Lohmeyer, Ebeling, Verlag Bau+technik GmbH, Düsseldorf, Německo – 8. vydání 2007
- [6.5] Technologie a materiály – vliv přísad a příměsí na vlastnosti betonu, Časopis Beton TKS 2/2015
- [6.6] Těsnící přísady a jejich účinnost v betonu, Časopis Beton TKS 6/2017, str. 66
- [6.7] Beton pro bílé vany – ucelený koncept, nebo zázračný prášek? Časopis Stavebnictví 08/2015, str. 9
- [6.8] Doporučený standard technický DOS T 3/11 – Sanace betonových nádrží na vodu, ČKAIT, 2000
- [6.9] Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III, 2013
- [6.10] Betonové základové a opěrné konstrukce – Procházka, Šmejkal, skripta FS ČVUT Praha, 2017
- [6.11] Bílé vany – vodonepropustné betonové konstrukce, Sborník ke školení ČBS 2007
- [6.12] Projektování a provádění betonových konstrukcí s ohledem na vznik trhlin, Příručka ke kvalifikačnímu kurzu, Betonconsult 2011
- [6.13] Retenční nádrž ČOV-ČKV Sever – Návrh sanace trhlin injektáží, Betosan 2012
- [6.14] Permacrete – beton vyvinutý pro bílé vany, Časopis Materiály pro stavbu 9/2013
- [6.15] Vodonepropustný beton Permacrete, Časopis Materiály pro stavbu 7/2014

- [6.16] ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla
- [6.17] ČSN 731208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů
- [6.18] ČSN EN 1992-3 Navrhování betonových konstrukcí – Nádrže na kapaliny
- [6.19] ČSN EN 1504-5 – Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Injektáž betonu
- [6.20] ČSN EN 12390-8 Zkoušení ztvrdlého betonu – Hloubka průsaku tlakovou vodou
- [6.21] ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží

7. Vibroizolace budov

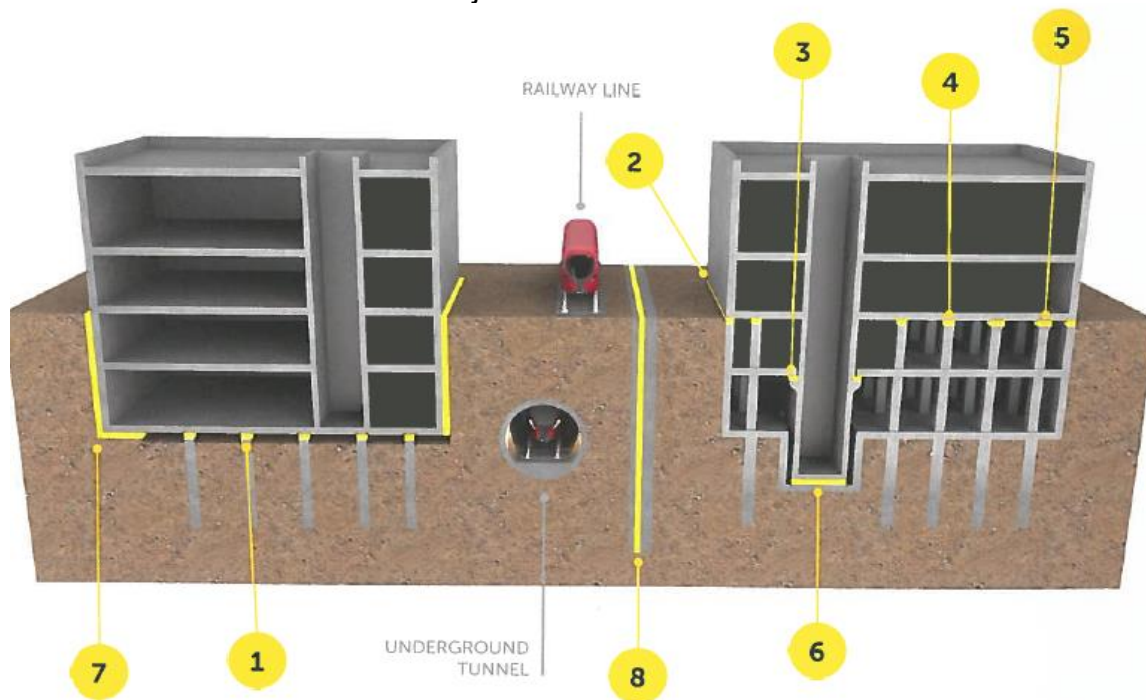
7.1 Obecně

Jedním z důležitých současných požadavků na konstrukce budov je ochrana lidí v budově před účinky vibrací a strukturálního hluku, který se šíří konstrukcí budovy. Problém se vyskytuje u budov v blízkosti komunikací zatížených těžkou dopravou (nákladní automobily, tramvaje) a hlavně v blízkosti železnice a metra – v současné době typicky u staveb nad metrem v ochranném pásmu metra v Praze.

Podkladem pro návrh opatření proti účinkům je měření dynamické odezvy konstrukce nebo základové půdy na staveništi při zatížení technickou seizmicitou (dopravou). Měří se průběh zrychlení a velikosti výchylek vibrací v čase. Toto měření pak lze použít jako podklad pro dynamický výpočet budovy. Úkolem dynamického výpočtu je stanovit intenzitu vibrací (rychlost, zrychlení a velikosti výchylek vibrací) především u stropních desek budovy. Tyto účinky je pak možno porovnat s hodnotami, stanovenými normami a hygienickými předpisy. V případě, že vypočtené hodnoty nevyhovují požadavkům předpisů, je nutno navrhnout opatření ke snížení účinků vibrací a strukturálního hluku.

7.2 Vibroizolace budovy

Opatřením k omezení vlivu vibrací a strukturálního hluku může být vibroizolace, vložená do konstrukce budovy. Vibroizolaci, tvořenou gumovými deskami nebo ložisky, lze vložit buď do úrovně základové spáry – viz levou část obrázku, nebo pod strop 1.PP či 1.NP – viz pravou část obrázku. Jinou možností je vložení dynamického filtru mezi zdroj vibrací a budovu – na obrázku níže označeno jako 8.





CDM-SEB
SIMPLE ELASTOMER BEARINGS

CDM-SEB can be tailor-made to accommodate all types of construction applications such as load bearing masonry, reinforced concrete frames and steel constructions.

› Resonance frequency of 6-20Hz.



CDM-RAFT
RESILIENT RAFT FOUNDATION

CDM-RAFT is a continuous support solution designed to protect the building from external vibration. It is available in a wide range of thicknesses which achieve different isolation performances.

› Resonance frequency of > 10Hz.



CDM-TRENCH
VERTICAL RESILIENT BARRIER

The CDM-TRENCH solution is a wave barrier designed to reduce vibrations from an external source reaching the foundation of the construction.

› Resonance frequency of > 10Hz.



Každá z uvedených možností má své výhody a nevýhody.

Pokud použijeme vibroizolaci v základové spáře, je nutno zdvojit základovou desku a vibroizolaci vložit mezi obě desky a je nutno izolovat i suterénní stěny po obvodě suterénu budovy – to vede na plošně velký rozsah vibroizolací. Vibroizolaci je navíc nutno chránit před vniknutím podzemní vody, jinak nefunguje. Přitom tímto opatřením chráníme i podzemní podlaží, které často obsahují podzemní garáže nebo jiné prostory, které není nutné chránit.

Pokud vložíme vibroizolaci mezi podzemní a nadzemní podlaží, jsou detaily a výpočtový model budovy zpravidla složitější, vibroizolaci ji nutno chránit před požárem a je nutno odizolovat i veškeré instalace, procházející přes vodorovnou rovinu vibroizolace.