

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Spodní stavba budov z vodonepropustného betonu

–

konstrukční řešení, stavební detaily, poruchy, sanace, realizace

Pavel Franci

2019

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 20.5.2019

Pavel Franci

.....

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto velice poděkoval svému vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Pazderkovi, Ph.D. za odborné rady, předané zkušenosti, ochotu i čas věnovaný mi při konzultacích.

Velké díky patří stavební společnosti Skanska a.s., konkrétně Jakubovi Konečnému a Ing. Kamilovi Urbanovi za poskytnuté materiály, fotografie a drahocenné informace.

Speciální poděkování patří mé rodině za podporu, která mi byla poskytnuta po celou dobu studia na stavební fakultě.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Francl</u>	Jméno: <u>Pavel</u>	Osobní číslo: <u>460431</u>
Zadávací katedra: <u>K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Spodní stavba budov z vodonepropustného betonu - konstrukční řešení, stavební detaily, poruchy, sanace, realizace.

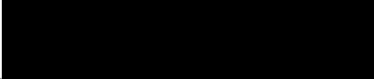
Název bakalářské práce anglicky: Substructure of building from waterproof concrete - functional principle, structural details, failures, remediation, implementation.

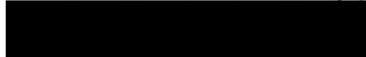
Pokyny pro vypracování:
Zpracování rešerše problematiky, zásady konstrukčního řešení a provedení stavebních detailů v konstrukci spodní stavby z vodonepropustného betonu, analýza poruch a realizace na konkrétních objektech, sanační opatření.

Seznam doporučené literatury:
[1] Hájek, P.: Konstrukce pozemních staveb 1. Nakladatelství ČVUT, Praha, 2007, ISBN 80-01-01396-0
[2] Witzany J., Jiránek M., Zlesák J., Zigler R.: Konstrukce pozemních staveb 20. Nakladatelství ČVUT, Praha, 2006, ISBN 80-01-03422-4
[3] Daniels, K.: Technika budov. Příručka pro projektanty a architekty. 3. přepracované vydání. Jaga group, Bratislava, 2003, ISBN 80-88905-60-5
[4] Prováděcí vyhláška č. 268/2009 Sb. (Vyhláška o technických požadavcích na stavby) zákona č. 183/2006 Sb

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.


Datum zadání bakalářské práce: 18.2. 2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5. 2019
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

 Podpis vedoucího práce

 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

18.2. 2019 

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

NÁZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Spodní stavba budov z vodonepropustného betonu – konstrukční řešení, stavební detaily, poruchy, sanace, realizace

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou konstrukcí z vodonepropustného betonu. Bakalářská práce se skládá z části teoretické a části praktické. Teoretická část má za cíl uvést čtenáře do problematiky týkající se návrhu konstrukcí z vodonepropustného betonu a seznámit ho s možnostmi provedení detailů v místech pracovních spár, dilatačních spár, řízených spár a v místech prostupů konstrukcemi. Praktická část se věnuje několika konkrétním příkladům poruch z praxe, analyzuje jejich příčiny a variantně navrhuje možnosti sanačních opatření.

KLÍČOVÁ SLOVA

vodonepropustný beton, železobeton, hydroizolace staveb, betony s krystalizační příměsí, XYPEX, poruchy, sanace, realizace

TITLE OF THE BACHELOR'S THESIS:

Substructure of building from waterproof concrete – functional principle, structural details, failures, remediation, implementation

ANNOTATION

This bachelor thesis is focused on waterproof concrete structures. The bachelor thesis consists of a theoretical part and a practical part. The aim of the theoretical part is to introduce the reader in to the issues relating to the design of structures made of waterproof concrete and let him to know the possibilities of making details in the areas of construction joints, expansion joints, crack-inducement joints and in the areas of penetration through the structures. The practical part shows several examples of failures from practice and analyzes their causes and in variants designs possibilities of remediation measures.

KEY WORDS

waterproof concrete, reinforced concrete, waterproofing of buildings, concrete with a crystallisation admixture, *XYPEX*, failures, remediation, implementation

Obsah

1. Úvod	6
2. Možnosti hydroizolace spodní stavby.....	7
2.1. Černá vana.....	7
2.2. Bílá vana	8
2.2.1. Výhody bílých van.....	11
2.2.2. Nevýhody bílých van.....	12
3. Požadavky na vodonepropustné konstrukce.....	13
3.1. Dostatečně vysoká pevnostní třída betonu	13
3.2. Maximální povolený průsak betonu.....	14
3.3. Zamezení vzniku trhlin	16
3.4. Rozměry a tvar konstrukce.....	19
4. Krystalizační přísady do betonu	22
5. Pracovní spáry.....	23
5.1. Těsnicí plechy	24
5.2. Těsnicí pásy	26
5.3. Bobtnající profily	27
5.4. Injektáž pomocí injektážních hadiček	28
5.5. Přítlačné pásy	29
6. Dilatační spáry.....	30
6.1. Těsnicí pásy	31
6.2. Přítlačné pásy	32
7. Řízené spáry	33
7.1. Těsnicí trubice	34
7.2. Křížové plechy.....	35
8. Prostupy konstrukcí	36
8.1. Prostupy instalací	36
8.2. Otvory po spínacích tyčích	37
8.3. Založení jeřábu	38
8.4. Čerpací studny a vrty.....	39
9. Poruchy konstrukcí z vodonepropustného betonu a návrh jejich sanací	41
9.1. Infiltrace vody pracovní spárou.....	41

9.1.1.	Popis objektu	41
9.1.2.	Konstrukční a stavebně technické řešení objektu.....	41
9.1.3.	Porucha	42
9.1.4.	Sanační opatření	44
9.2.	Infiltrace vody dilatační spárou	47
9.2.1.	Popis objektu	47
9.2.2.	Konstrukční a stavebně technické řešení objektu.....	48
9.2.3.	Porucha	50
9.2.4.	Sanační opatření	51
9.3.	Porušený dilatační pás mezi stávajícím a napojovaným objektem.....	57
9.3.1.	Popis objektu	57
9.3.2.	Konstrukční a stavebně technické řešení objektu.....	58
9.3.3.	Porucha	60
9.4.	Infiltrace vody prostupem TZB	63
9.4.1.	Porucha	63
9.4.2.	Sanační opatření	64
9.5.	Infiltrace vody otvorem po spínací tyči	65
9.5.1.	Porucha	65
9.5.2.	Sanační metoda č.1.....	66
9.5.3.	Sanační metoda č.2.....	68
9.6.	Sanace lokálních vad v betonové konstrukci	69
9.6.1.	Porucha - Štěrkové hnízdo s kavernou a obnaženou výztuží	69
Závěr		75
Zdroje		76
Literatura		76
Normy		76
Internetové zdroje		77
Technické listy.....		78
Ostatní.....		79
Seznam zkratk.....		80
Seznam obrázků		81
Seznam tabulek		83



1. Úvod

Cílem této práce je přiblížit problematiku konstrukcí z vodonepropustného betonu. V běžné praxi se tyto konstrukce jednotně označují jako konstrukce tzv. „bílé vany“. Současná legislativa tento pojem však nezavádí, a tak bude o těchto konstrukcích dále hovořeno jako o konstrukcích z vodonepropustného betonu.

Konstrukce z vodonepropustného betonu plní funkci statickou a zároveň funkci hydroizolační. Bariéru proti pronikání vody a vlhkosti z podloží tvoří tedy pouze vlastní betonová hmota - deska nebo stěna. Tyto konstrukce mají oproti klasickým povlakovým hydroizolacím spoustu výhod. Jmenovitě se jedná o odolnost vůči mechanickému poškození, rychlou výstavbu, absenci nutnosti aplikace dalších separačních vrstev nebo snadnou lokalizovatelnost míst poruch a jejich možnou sanaci z interiéru. Tyto konstrukce však s sebou nesou i značná úskalí související s každou vývojovou fází projektu. Chyby vzniklé při návrhu, přípravě či realizaci samotné konstrukce mohou mít v důsledku fatální následky.

Pokud však dojde k dostatečné součinnosti jednotlivých subjektů vstupujících do projektu, lze docílit kladených požadavků při finanční, časové i materiálové úspoře. Zvláštní pozornost je třeba věnovat všem stavebním detailům.

Častými místy poruch se stávají oblasti dilatačních spár, pracovních spár nebo oblasti prostupů konstrukcemi. Správné navržení a provedení těchto kritických míst je základem úspěchu funkčnosti celého systému. Praktická část této práce je věnována několika konkrétním příkladům poruch těchto partií, jsou analyzovány jejich příčiny a variantně navrženy možnosti sanačních opatření.

Motivací pro výběr této problematiky mi bylo absolvování studentské praxe, kdy jsem se podílel jako realizátor na výstavbě několika objektů, jejichž spodní stavba byla navržena z vodonepropustného betonu. Velkou část této práce tvoří fotografie z těchto staveb.



2. Možnosti hydroizolace spodní stavby

2.1. Černá vana

Za konstrukci, která je označována jako tzv. „černá vana“, se považuje konstrukce spodní stavby, jež je zhotovena z vodopropustných materiálů jako jsou například cihelné tvárnice, vápenopískové tvárnice, beton a jiné. Takovou konstrukci je nutno opatřit dalšími vrstvami, jenž zajistí funkci hydroizolace stavby. Jako izolační materiál se nejčastěji používají asfaltové pásy, PVC fólie, či asfaltové nátěry. Jednotně se tyto izolační materiály označují jako povlakové hydroizolace. Název „černá vana“ si tyto konstrukce zasloužily právě díky barvě, kterou mají. Tento způsob hydroizolace je u nás i ve světě historicky nejrozšířenější a nejtradičnější. Je to dáno především cenou a zdánlivě jednoduchou realizací povlaků na podklad. Zároveň znalost odborné veřejnosti problematiky týkající se povlakových hydroizolací je většinou na vyšší úrovni než u ostatních způsobů hydroizolace spodní stavby. Nelze ale konstatovat, že řešení spodní stavby za pomoci povlakových hydroizolací je jediným a univerzálním řešením. Tento způsob hydroizolace skýtá celou řadu rizikových faktorů. [1]

Nejslabším místem spodní stavby provedené z povlakové hydroizolace se obvykle stává napojení jednotlivých pásů a řešení prostupů. Spolehlivost a trvanlivost obálky je přímo úměrná spolehlivosti a kvalitě provedení spojů a prostupů. Velkým problémem je také náchylnost povlaků na mechanické poškození. [2]

V případě, kdy hydroizolační obálka přestává plnit svou funkci, může dojít k šíření vztlínající vlhkosti do konstrukcí za hydroizolační obálkou. Vzniklá vlhkost se může šířit stavebními konstrukcemi, které měly být původně chráněny a dojít tak k jejich postupné degradaci a změně předpokládaných vlastností. Vzniklé poruchy mohou být různé, může se jednat například o nekvalitní provedení spojů jednotlivých pásů, nekvalitní řešení detailů u prostupů, mechanické poškození obálky či degradaci samotných povlaků (rozpad hydroizolačních pásů). [3]

Z důvodů vyplývajících výše uvedených je nutné povlakovou hydroizolaci chránit další ochrannou vrstvou. Tyto vrstvy mohou mít i další funkci, zejména tepelně izolační.



Nejčastěji se jako ochrana používá např. extrudovaný polystyrén, nopová fólie, geotextílie nebo zděná přízdívka. Díky této ochraně se zvyšuje odolnost před mechanickým poškozením, nicméně nelze vyloučit možné chyby vzniklé nekvalitním návrhem či realizací.

Možnost případné sanace poruch povlakových hydroizolací je ve většině případů nákladnou a náročně proveditelnou operací. Prosakující voda se může šířit dislokacemi ve skladbě konstrukce a tím pádem lokalizovat místo poruchy bývá často velmi náročné až téměř nemožné.

Zde vzniká prostor pro diskuzi nad tím, zda povlakové hydroizolace jsou tím jediným a správným řešením hydroizolace spodní stavby. Alternativou se nabízí konstrukce z tzv. „bílé základové vany“.

2.2. Bílá vana

„Bílá vana“ je obecně rozšířené pojmenování pro konstrukci z vodonepropustného monolitického betonu, kde jako bariéra proti pronikání vody a vlhkosti z podloží slouží pouze vlastní betonová konstrukce – deska nebo stěna.

Začátek vývoje těchto konstrukcí se přisuzuje 70. letům minulého století, kdy byla snaha nahradit klasické způsoby hydroizolace pomocí povlakových hydroizolací něčím novým, inovativním, technologicky a nákladově přívětivějším. Proces hledání alternativy vyústil v systémový návrh uplatňující obecně nízkou propustnost železobetonu vůči vodě. V průběhu doby byl systém inovován a zdokonalován. Monolitická konstrukce byla doplněna především o řešení těsnění kritických konstrukčních detailů, tj. spár a prostupů. Výsledkem několikaletého vývoje je soubor konstrukčních a realizačních zásad, které by měly zajistit dlouhodobou odolnost konstrukce proti pronikání vody. [4]

Tzv. „bílé vany“ se obvykle provádějí ze speciálních betonů, které můžeme jednotně pojmenovat jako vodonepropustné betony, jsou to např. [2]:

- **Klasický „vodostavební“ beton** – beton s nízkým vodním součinitelem s přidáním plastifikátorů (termín „vodostavební“ již současná legislativa nepoužívá)



- **Krystalizační beton** – beton s krystalizační příměsí, např. XYPEX (sekundární krystalizace)
- **Vysokopevnostní beton** – beton se speciální uzavřenou strukturou (pokud je nutné ze statických důvodů – výškové budovy)
- **Další možnosti** (různé příměsi do betonu, krystalizační nátěry apod.)

Zásadní pro spolehlivou funkci tzv. „bílé vany“ je řešení pracovních spár a utěsnění prostupujících vedení TZB (technických zařízení budov), či jiných prvků procházejících skrz konstrukci. Další problémovou partií mohou být i dilatační spáry, které jsou kamenem úrazu každé hydroizolační obálky. Dilatačním spárám je však obvykle věnována náležitá pozornost, jelikož jsou vždy považovány za kritická místa. Každý kvalitní návrh konstrukce tzv. „bílé vany“ by měl brát na zřetel mechanicko-fyzikální chování betonu, kdy dochází ke smršťování a dotvarování betonu a v důsledku toho správně navrhnout tzv. řízené spáry, které do jisté míry umožní vznik a rozvoj trhlin v definovaných místech. [1]

O všech zmíněných prvcích a rizikových místech bude psáno podrobněji dále v této práci. Největší pozornost bude věnována pracovním spárám, neboť bývají často velmi podceňovány a stávají se tak místem nejčastějších poruch. Zejména se jedná o pracovní spáry mezi základovou deskou a svislou suterénní stěnou. [1]



Obrázek 1: Foto z realizace „bílé vany“, stavba Neoriviera, Praha – Modřany

Zdroj: www.rezidencemodranka.cz [5]



V České republice se dnes návrh vodonepropustných konstrukcí provádí podle českých technických norem, jsou to: ČSN EN 206+A1 [6], ČSN EN 12390-8 [7], ČSN EN 1992-1-1 - Eurokód 2 [8] (případně i ČSN EN 480-1 [9]), které uvádí celou řadu požadavků.

V minulosti byly konstrukce z vodonepropustného betonu navrhovány výhradně podle normy ČSN 731209 [10], která však byla v roce 2004 prakticky bez náhrady zrušena. Až v roce 2008 došlo k rozšíření ČSN EN 206-1 [11] o změnu Z3, která stanovila konkrétní nároky na vodonepropustné konstrukce z betonu v závislosti na stupni vlivu prostředí. Změna Z3 obsahuje tabulku NA.F.1, díky níž je možné vyhledat maximální přípustné hodnoty průsaku betonu, který je zjištěn při měření podle normy ČSN EN 12390-8 [7], která je věnována průsaku tlakovou vodou. Během této zkoušky je těleso o tvaru krychle s hranou 150 x 150 mm osazeno do tzv. zkušební stolice a vystaveno působení tlakové vody o velikosti 0,5 MPa po dobu 72 hodin. Po uplynutí této doby se zkoumá maximální vzdálenost průsaku vody od povrchu krychle. Této zkoušce bude věnována větší pozornost v následujících kapitolách. ČSN EN 206-1 [11] a s ní i změna Z3 však ztratila svoji účinnost v roce 2014, kdy byla nahrazena novou normou ČSN EN 206+A1 [6], která již zmiňovanou tabulku NA.F.1 neobsahuje. Vyhodnocování zkoušky dle ČSN EN 12390-8 [7] však stále probíhá v praxi podle ní. [1]

Doplněním k výše uvedeným normám může být také publikace, kterou vydává ČBS (Česká betonářská společnost ČSSI). Jedná se o publikaci s názvem: Technická pravidla ČBS 04 - Vodonepropustné betonové konstrukce [12] a lze v ní nalézt překlad německé směrnice doplněný o komentář autorů. Tato kniha není na našem území nikterak závazná, ale lze v ní dohledat spoustu užitečných informací týkajících se vodonepropustných konstrukcí, především pak doplňkové požadavky na beton.

Další důležitou normou je ČSN EN 13670 [13], která se týká provádění betonových konstrukcí. Tato norma by měla být jakýmsi spojovacím článkem mezi návrhem a prováděním. Norma má sloužit jako podklad pro projekční činnost a udávat technické požadavky na provádění.



2.2.1. Výhody bílých van

Jak je patrné na první pohled, největší výhodou konstrukcí z vodonepropustného betonu je to, že snoubí statickou a těsnicí funkci v jednom, přičemž systém, oproti klasickým povlakovým hydroizolacím, je méně citlivý na vnější mechanické poškození.

Za další z hlavních výhod „bílých van“ lze považovat možnost relativně snadné a zároveň finančně málo nákladné sanace poruch. Je to dáno především tím, že místo poruchy je snadno lokalizovatelné neboli viditelné a sanaci lze provádět přímo z interiéru. Takový způsob sanace velice usnadňuje celý proces oproti klasickým povlakovým hydroizolacím, kdy musí většinou dojít k obnažení spodní stavby, což přináší další vynaložené náklady. Není žádným tajemstvím, že dnešní situace na trhu je taková, že každý zhotovitel konstrukcí z vodonepropustného betonu již před samotným zahájením realizace uvažuje ve svém rozpočtu položku, která právě pokrývá dodatečné opravy vzniklých poruch. I přesto, že ve většině případů dochází, více či méně, k dodatečným sanacím, je varianta způsobu hydroizolace pomocí tzv. „bílé vany“ pro investora finančně zajímavější než pomocí „černé vany“. Situací, kdy však realizace spodní stavby pomocí tzv. „bílé vany“ není možná, je mnoho. O těch bude psáno v dalších částech této práce. [1]

Další velkou výhodou je relativně snadná a rychlá výstavba a absence aplikace dalších ochranných či separačních vrstev, popřípadě kontrolních systémů, jako je tomu u povlakových hydroizolací. Rovněž provádění konstrukcí tzv. „bílé vany“ je více nezávislé na povětrnostních podmínkách oproti konstrukcím tzv. „černé vany“. [1] [14]

Mezi další výhody lze považovat bezproblémovou chemickou snášenlivost s ostatními stavebními materiály, či menší náročnost na připravenost podkladu (výkopové práce). V mnoha případech lze v určitých partiích navrhnout svislé konstrukce, které budou bedněny jednostranným bedněním. Takový způsob provedení suterénní stěny lze provést pouze u konstrukcí z vodonepropustného betonu, u konstrukcí tzv. „černé vany“ nikoliv. Díky takovému návrhu dojde ke zmenšení stavební jámy čili úspoře množství odváženého výkopku, úspoře pažení stavební jámy a dalším úsporám.



2.2.2. Nevýhody bílých van

Obecně lze konstatovat, že nevýhodou konstrukcí z vodonepropustného betonu je vysoký nárok na kvalitu provedení. To samé platí i pro povlakové hydroizolace. Technologická kázeň při realizaci je klíčová pro výsledné fungování hydroizolační obálky. Konstrukce „bílých van“ bývají jedny z nejnáročnějších na realizaci vůbec a měli by je provádět zhotovitelé, které dané problematice, principům a zásadám rozumějí. Opak se však někdy stává skutečností a často dochází k nedodržení technologických postupů. Mezi rizikové faktory patří například nedodržení předepsaného způsobu ošetřování betonu, nesprávně osazené nebo nevhodně zvolené prvky vkládané do pracovních spár, nevhodně řešené prostupy TZB, nebo, ačkoli se to může zdát jako banalita, nekvalitně zadělané otvory po spínacích tyčích bednicích dílců. To všechno, a mnoho dalšího, může mít za následek vznik poruch. [1]

Jak již bylo zmíněno výše, asi jedním z nejslabších míst tzv. „bílých van“ jsou pracovní spáry vzniklé potřebou rozdělit konstrukci na jednotlivé pracovní záběry. Každá pracovní spára musí být opatřena příslušným prvkem, který zajistí vodonepropustnost. Takových prvků je na dnešním trhu nespočet a ty základní z nich budou popsány v dalších kapitolách. Zásadní však je vhodnost výběru prvku a jeho řádná montáž a následná ochrana. Každý z prvků může fungovat na jiném principu a tím pádem je zapotřebí k němu přistupovat individuálně.

Další velkou nevýhodou konstrukcí z vodonepropustného betonu je fakt, že pokud se spodní stavby objektu nachází pod úrovní HPV (hladiny podzemní vody), je nutno železobetonovou konstrukci doplnit ještě minimálně jedním dalším hydroizolačním povlakem. Tento povlak by měl mít pasivní kontrolní systém. Ideálním je však zdvojený hydroizolační povlak s aktivním systémem kontroly. Z tohoto důvodu je zřejmé, že kombinace obou systémů (konstrukce tzv. „bílé vany“ + povlakové hydroizolace) není vůbec ekonomicky výhodná. Většinou se v takovýchto náročných hydrogeologických podmínkách doporučuje varianta použití zdvojených povlakových hydroizolací s aktivním systémem kontroly a sanačním systémem. [1]



Z důvodu nízkého faktoru difuzního odporu μ [-] pohybujícího se kolem hodnoty 25 je evidentní nevhodnost použití „bílých van“ u objektů nacházejících se v lokalitách s vysokou koncentrací radonu v podloží. Tato skutečnost může, ale nemusí, být limitující pro volbu provedení spodní stavby z vodonepropustného betonu. V mnoha případech bývají podzemní prostory, tedy kontaktní podlaží, využívány pro účely parkování. Pokud se k návrhu stavebního objektu přistoupí globálně, lze stavbu navrhnout takovým způsobem, aby vysoká koncentrace radonu v podloží nebyla problémem. Pokud se zajistí potřebné poměry cirkulace vzduchu v kontaktním podlaží, není protiradonová ochrana vůbec zapotřebí. Řešení většinou vypadá tak, že část kontaktního podlaží vyčnívá nad úroveň okolního terénu a pomocí vhodně zvolených otvorů v konstrukci se docílí přirozeného větrání. Takový návrh musí splňovat spoustu dalších náležitostí a opatření, ale je možný a dokonce často realizovaný. Důvodem je i to, že takový návrh zároveň šetří náklady vynaložené na odvětrávání podzemních prostor, tedy i náklady na systémy související s kontrolou oxidu uhličitého (CO_2). Problematiku týkající se ochrany budov proti radonu popisují normy ČSN 730601 [15] a ČSN 730602 [16], zkoumání této problematiky však není předmětem této práce. [1]

3. Požadavky na vodonepropustné konstrukce

3.1. Dostatečně vysoká pevnostní třída betonu

Návrh minimální pevnostní třídy betonu závisí mimo jiné na stupni vlivu prostředí, do kterého je konstrukce navržena. Závislost pevnosti na stupni vlivu prostředí je definována v tabulce F.1, která je součástí platné normy ČSN EN 206+A1 [6]. Naprosto identické hodnoty minimálních pevností obsahuje *Tabulka č.1* této práce, která se shoduje s dříve platnou tabulkou NA.F.1 normy ČSN EN 206-1, Z3 [19].

ČBS ve své publikaci TP 04 například uvádí, že pro klasické „vodostavební“ betony by minimální pevnostní třída měla být C25/30. [12]

Pevnost betonu se zjišťuje na základě výsledků pevnostních zkoušek na krychlicích o velikosti hran 150 mm nebo na válcích o průměru podstavy 150 mm a výšce 300 mm



podle ČSN EN 12390-1 [17]. Tato zkušební tělesa jsou zhotovena a ošetřována podle ČSN EN 12390-2 [18]. [6]

3.2. Maximální povolený průsak betonu

Zásadní požadavek kladený na vodonepropustný beton je maximální povolený průsak vody. Ten se měří zkouškou podle ČSN EN 12390-8 [7]. Maximální přípustnou hodnotu průsaku dnes stanovuje dle ČSN EN 206+A1 [6] investor. Praxe je taková, že požadované hodnoty vychází z tabulky NA.F.1 normy ČSN EN 206-1, Z3 [19]. Jak již bylo zmiňováno, tak tato norma, čili i změna a tabulka, již není platná. Norma totiž v roce 2014 ztratila svou účinnost, kdy byla nahrazena normou ČSN EN 206+A1 [6], která tuto tabulku neobsahuje. Tabulka NA.F.1 stanovovala maximální přípustné hodnoty průsaku v závislosti na stupni vlivu prostředí, do kterého byl beton navržen. Níže uvedená *Tabulka č. 1* je s tabulkou NA.F.1 totožná. [1]

Tabulka č.1 udává dvojí požadované pevnosti. Minimální pevnostní třídou se v tomto smyslu rozumí minimální pevnostní třída pro obyčejné a těžké betony. Minimální pevnosti pro lehké betony jsou uvedeny v jiné tabulce této normy. Lehké betony se však netýkají této práce. Indikativní minimální pevnostní třídy se vztahují výhradně na betonové konstrukce navržené dle Eurokódu 2, resp. ČSN EN 1992-1-1 [8].

Stupně vlivu prostředí															
	Bez nebezpečí koroze nebo nerušení	Koroze způsobená karbonatací				Koroze způsobená chloridy			Působení mrazu a rozmrazování				Chemicky agresivní prostředí		
						jiné chloridy než z moře									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Maximální vodní součinitel w/c	---	0,65	0,6	0,55	0,5	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,5	0,45	0,55	0,5	0,45
Minimální pevnostní třída	C12/15	C16/12	C16/20	C20/25	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37
Indikativní minimální pevnostní třída dle ČSN EN 1992	C12/15	C16/12	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C30/37	C35/45
Maximální průsak vody při zkoušce dle ČSN EN 12390-8 [mm]	---	---	---	---	50	---	50	20	50	50	35	35	50	35	20

Tabulka 1: Mezní hodnoty pro vlastnosti betonu (předpokládaná životnost 50 let)

Zdroj: ČSN EN 206-1, Změna Z3, Tabulka NA.F.1 [19]



V normě ČSN EN 206-1 [19], resp. její změně Z3, je publikována ještě jedna tabulka, s označením F.2. Tato tabulka se velice podobá tabulce NA.F.1 s tím rozdílem, že platí, tedy platila, pro betony dopravních a jiných významných staveb s předpokládanou dobou životnosti 100 let.

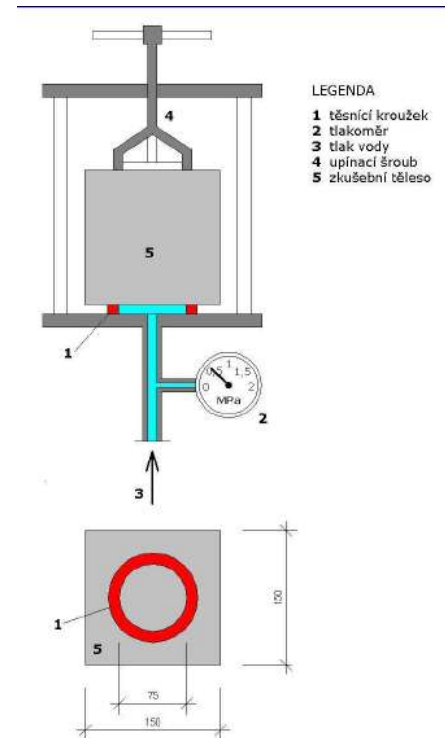
Zkouška zkoumající hloubku průsaku tlakovou vodou se dle ČSN EN 12390-8 [7] provádí na ztvrdlém betonovém tělese, které má rozměry krychle o hraně 150 x 150 mm a před provedením samotné zkoušky bylo řádné skladováno ve vodě, a to po dobu minimálně 28 dnů po odebrání vzorku. Během této zkoušky je těleso osazeno do tzv. vodotlačné stolice a vystaveno působení tlakové vody. Plocha, která bude vystavována působení tlaku se ihned po odformování musí zdrsnit ocelovým kartáčem. Těleso nesmí být osazeno do vodotlačné stolice tou stranou, která byla hlazena při výrobě zkušebního tělesa. Velikost tlaku, který působí na zkušební vzorek, je rovna 0,5 MPa (což odpovídá 50 m vodního sloupce, možná odchylka ± 50 kPa). Těleso je vystaveno tomuto tlaku po dobu (72 ± 2) hodin. Po celou dobu zkoušky se musí proces tlakového působení kontrolovat. Musí se například kontrolovat, zda nedochází ke ztrátě tlaku v systému či průsaku vody stěnami, které nejsou vystaveny působení tlaku. Pokud taková skutečnost nastane, je třeba ji brát v úvahu a zohlednit při vyhodnocení celé zkoušky. Po uplynutí předepsané doby je těleso povoleno ze zkušebního zařízení a bez zbytečného zdržení rozlomeno na dvě poloviny v hydraulickém lisu. Rozlomení se vede kolmo na směr působení vodního tlaku. Aby bylo docíleno rozlomení ve zhruba polovině zkoumaného tělesa, postačí, pokud na horní a spodní povrch hrany krychle je umístěn tuhý liniový předmět, např. prut betonářské výztuže. V následujícím kroku dojde k pozorování rozlomeného vzorku a ve chvíli, kdy lomová rovina oschne dostatečně natolik, že je patrně viditelný průsak vody, označí se zóna maximálního průsaku. Poté se změří hodnota maximálního průsaku v milimetrech. Průsak se měří od vnější strany zkušebního tělesa, která byla vystavena působení vodního tlaku, po nejvzdálenější místo, kam voda během zkoušky nastoupala. [1] [2] [7]



Obrázek 2: Zkušební tělesa osazená ve vodotlačné stolici | Zdroj: [2]



Obrázek 4: Průsak tlakové vody na zkušebním tělese | Zdroj: [1]



Obrázek 3: Schéma vodotlačné stolice | Zdroj: [2]

3.3. Zamezení vzniku trhlin

Trhlina je definována dle Technických pravidel ČBS 04 [12] jako: „lokální předěl ve struktuře betonu“. Trhliny v konstrukci lze rozdělit do několika kategorií. Trhliny mohou být povrchové a průběžné, tj. procházející celým průřezem. Dále mohou být trhliny vzniklé vlivem objemových změn a statické trhliny (ohybové či smykové). [20]

V čerstvém betonu mohou vznikat trhliny [20]:

- od plastického smršťování
- od plastického sedání
- od sklonu povrchu
- od vyhlazování povrchu

Ve ztvrdlém betonu mohou vznikat trhliny především vlivem objemových změn. Tyto změny mohou být dány [20]:

- smršťováním betonu
- dotvarováním betonu

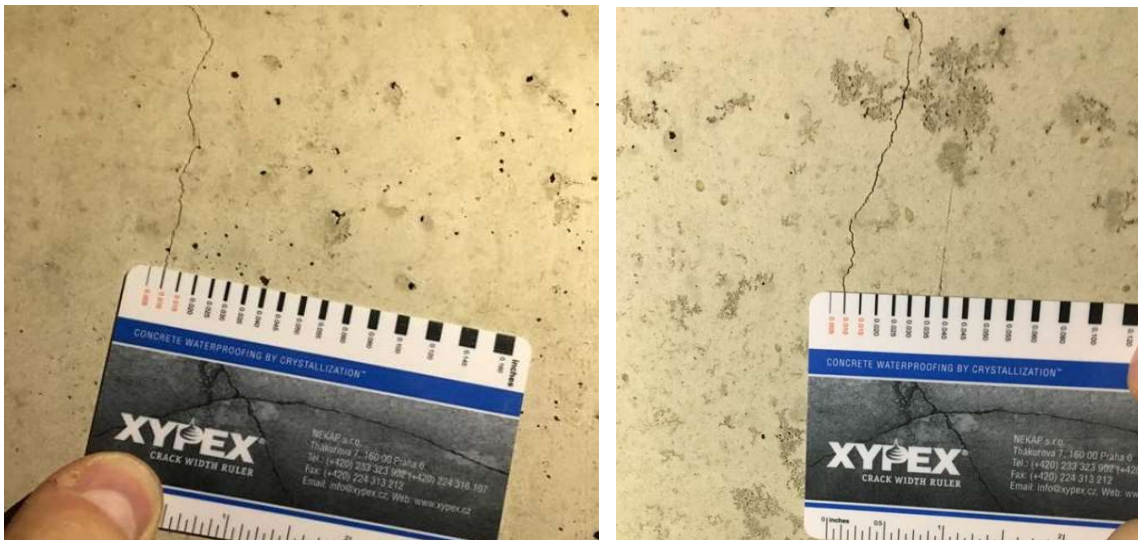


Trhliny v zatvrdlém betonu mohou vznikat také například nevhodným způsobem odbedňování či předčasným nebo nadměrným přetěžováním čerstvě zabetonované konstrukce. [20]

Obecně lze konstatovat, že vzniku trhlin nelze zcela zabránit, lze však vhodnými opatřeními vznik a rozvoj trhlin omezit. Lze jej omezit následovně [20]:

- vhodným návrhem dilatačních celků
- vhodným návrhem dílčích pracovních taktů
- optimálním návrhem vyztužení – týká se především konstrukční vyztuže
- vhodným výběrem betonové směsi
- správným ošetřováním betonu
- dodržením technologického postupu pro odbedňování konstrukcí
- nepřetěžováním konstrukce čerstvě po zabetonování
- úpravou povrchu

Některá z uvedených opatření budou specifikována dále v této práci.



Obrázek 5,6: Měření šířky trhliny

Zdroj: autor BP

Pro každé stavební dílo z vodonepropustného betonu je nejprve nutné definovat, zda se na konstrukci připouští nebo nepřipouští drobné průsaky konstrukcí. Technická pravidla ČBS 04 [12] rozlišují například třídy užívání A a B. U třídy užívání A je průsak kapalné vody zcela nepřipustný a neměly by zde vznikat žádné vlhké skvrny vlivem průsaku vody ani dočasně zavodněné trhliny. Příkladem uplatnění jsou standardní



bytové domy nebo sklady s vysokými užitnými požadavky. Naopak třída užívání B omezený průsak vody připouští. To znamená, že se zde mohou vyskytovat vlhké skvrny a průsak vody je přípustný do nástupu samotěsnicí schopnosti dočasně zavodněné trhliny. Vlhkými skvrnami se v tomto smyslu chápe výskyt tmavších míst zbarvených vlivem vlhkosti. Vlhká místa se mohou objevovat převážně v oblastech průběžných trhlin, řízených a pracovních spár. Dále je nutné určit, zda je konstrukce vystavena stálému či kolísavému působení hladiny podzemní vody nebo je jen namáhána vlhkostí zeminy či prosakující vodou. TP ČBS 04 [12] rozlišuje třídy namáhání 1 a 2. Třída namáhání 1 platí pro tlakovou a netlakovou vodu nebo pro dočasně vzdutou hladinu podzemní vody, naopak třída namáhání 2 platí pro zemní vlhkost a nevzdutou prosakující vodu. Jak z předchozího textu vyplývá, požadavky, a tím i náklady na realizaci konstrukcí z vodonepropustného betonu, jsou vyšší pro třídu užívání A a třídu namáhání 1. [12] [21]

TP ČBS 04 [12] uvádí, že abychom byli schopni stanovit limitní šířku trhlin, musíme nejprve stanovit hodnotu tzv. hydraulického (tlakového) spádu. Tlakový spád je definován jako: „*poměr mezi hydrostatickým tlakem tlakové vody a tloušťkou konstrukce, tedy h_v/h_b (h_v = výška vodního sloupce v m, h_b = tloušťka konstrukce v m)*“.

[12]

Níže uvedená *Tabulka 2* uvádí závislost limitních šířek průběžných trhlin na tlakovém spádu při využití omezení průsaku vody samotěsnicí schopností. Při hodnocení procesu samotěsnicí schopnosti je však nezbytně nutné brát v potaz okrajové podmínky. Základní z nich říká, že samotěsnicí schopnost se aktivuje až působením vody s různou intenzitou. Při absenci vody neexistuje samotěsnicí schopnost betonu. Další poznámky upozorňují na to, že zcela suchý povrch konstrukce nelze zaručeně očekávat ani po ukončení samotěsnicího procesu. Lze rovněž očekávat, že proces samotěsnění bude mít za následek větší či menší znečištění volného povrchu konstrukce. [12]

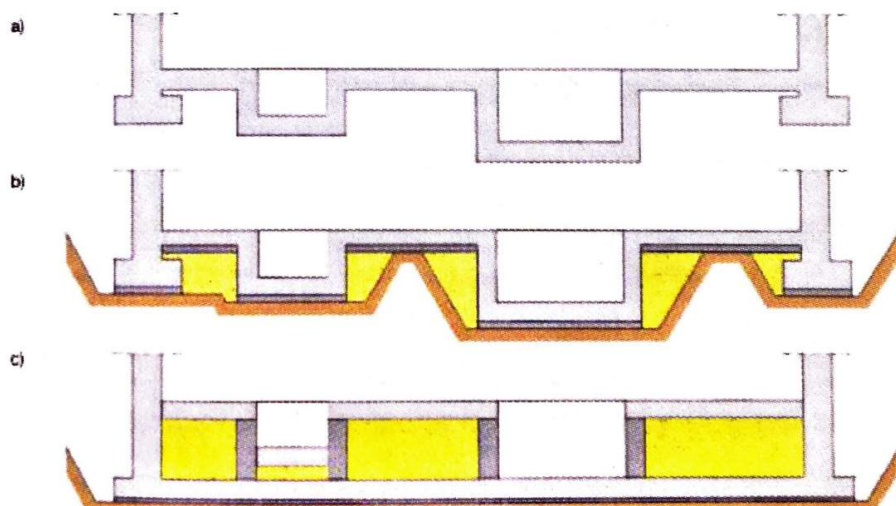
	1	2
	Tlakový spád h_v/h_b ¹	Dovolená šířka trhliny w v mm (návrhová hodnota) ²
1	≤ 10	0.20
2	> 10 až ≤ 15	0.15
3	> 15 až ≤ 25	0.10

¹ h_v = výška vodního sloupce v m; h_b = tloušťka konstrukce v m
² Pro agresivní vodu s koncentrací > 40 mg/l CO_2 (odvápňující kyselina uhličitá) a $pH < 5,5$ se nesmí uvažovat samotěsnicí schopnost trhlín.

Tabulka 2: Návrhové šířky průběžných trhlín dle DIN 1045-1 v závislosti na tlakovém spádu, při využití omezení průsaku vody samotěsnicí schopností Zdroj: TP ČBS 04 [12]

3.4. Rozměry a tvar konstrukce

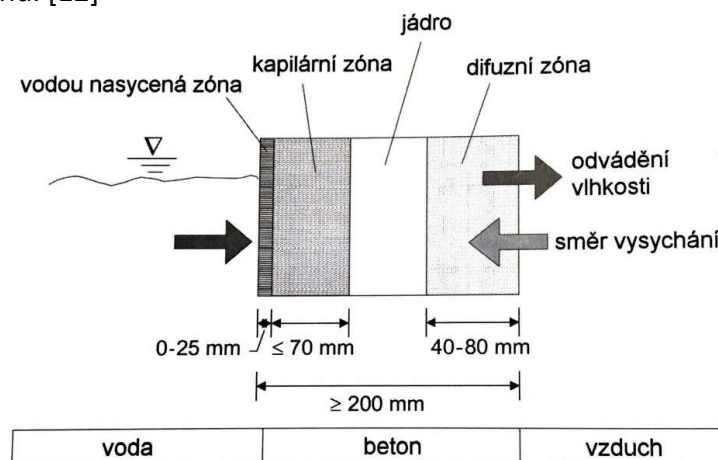
Při navrhování konstrukcí z vodonepropustného betonu platí obecná zásada, že by všechny konstrukce měly umožňovat jasný, jednoduchý a jednoznačný přenos zatížení. Tento triviálně znějící požadavek je však zcela zásadní při návrhu jakéhokoliv stavebního díla z vodonepropustného betonu. Ideálním tvarem konstrukce je „vana“. To znamená, že je zde snaha, pokud možno, omezit výškové skoky v základové desce a pokud jsou tyto výškové skoky nezbytné, tak alespoň provést náběhy nebo jiná konstrukční opatření, která omezí lokálně zvýšená namáhání. [12] Princip návrhu lépe objasní následující Obrázek 7:



Obrázek 7: Příklad b) nevhodného, c) vhodného konstrukčního řešení základové spáry s ohledem na snížení rizika vzniku trhlín a vodonepropustnost Zdroj: Manuál ke školení ČBS Akademie – TP ČBS 04 [20]

Koncept návrhu „bílé vany“ je dle TP ČBS 04 [12] založen na stanovení maximální šířky trhliny (popsáno výše) a určení minimální tloušťky konstrukce. Dostatečná tloušťka

konstrukce by měla zajistit, že skrze konstrukci nebude procházet voda v kapalně fázi a bude docházet pouze k difuzi vodních par, které se odpaří na vnitřním povrchu konstrukce. Hnací silou difuze vodní páry je rozdíl parciálních tlaků na obou površích konstrukce. Tyto tlaky jsou dány teplotou a relativní vzdušnou vlhkostí. Pracovní model (Obrázek 8) rozděluje konstrukci, která je jednostranně vystavena působení tlakové vodě, do čtyř oblastí. Na straně, kde dochází k působení tlakové vody, vzniká tzv. vodou nasycená zóna. Do této oblasti voda vniká standardním hydraulickým tlakem, tedy permeací. Tato oblast má většinou velikost jen několika milimetrů a závisí především na hydrostatickém tlaku (výšce vodního sloupce), kvalitě betonu (především na hodnotě vodního součinitele, stáří, způsobu a kvalitě ošetřování betonové směsi). Na vodou nasycenou zónu volně navazuje kapilární zóna. Voda se v této oblasti šíří pomocí kapilár, kdy maximální hloubka kapilární zóny většinou bývá naplněna do zhruba jednoho měsíce a měří obvykle 5 až 70 milimetrů. Hloubka kapilární zóny závisí na kvalitě betonu, intenzitě a době trvání působení vody a podílu vlhkosti v betonu. Pro třídu pevnosti C30/37 obecně platí, že kapilární zóna nebývá větší jak 70 milimetrů. Z hlediska přenosu vlhkosti je jádro v rovnovážném stavu. Jádro se nachází mezi kapilární a difuzní zónou a předpokládá se, že tudy neprostopuje žádná voda. Na vnitřním, neboli volném, povrchu konstrukce rozlišujeme poslední zónu, a to sice difuzní. V této zóně dochází k odpařování (difuzi) vlhkosti do okolního vnitřního prostředí. Hloubka difuzní zóny bývá pro pevnostní třídu C30/37 v rozmezí 40 až 80 milimetrů, přičemž závisí především na druhu betonu, teplotě a vlhkosti vnitřního vzduchu. [12]



Obrázek 8: Pracovní model poměrů vlhkosti v průřezu betonového prvku jednostranně vystaveného tlakové vodě (vodonepropustný beton C30/37, $v/c < 0,55$)
Zdroj: TP ČBS 04 [12]



V úvaze popsané výše lze najít přímou souvislost mezi vlhkostními poměry vně i uvnitř konstrukce a tloušťkou konstrukce. *Tabulka 2* dle TP ČBS 04 [12] udává doporučené minimální tloušťky konstrukcí z vodonepropustného betonu v závislosti na třídě namáhání a typu konstrukce. Tyto tloušťky jsou pouze orientační a nejsou závazné. Například pro beton C30/37, který spadá do třídy namáhání 1 a má hodnotu vodního součinitele menší jak 0,55, je minimální požadovaná tloušťka konstrukce dle TP ČBS 04 [12] 200 milimetrů. Tato tloušťka však může být u kvalitnějších betonů ještě menší (tj. u betonů s menším vodním součinitelem). Nabízí se však otázka, zda volba menších tlouštěk konstrukcí vede k úspoře nákladů. Návrh jakékoliv železobetonové konstrukce musí být v souladu se stránkou proveditelnosti. Je třeba zvážit, zda vůbec je v silách zhotovitele takto subtilní konstrukce realizovat. Problém může nastat například při procesu zhutňování, kdy by nemuselo dojít ke kvalitnímu probetonování konstrukce. [12]

	Konstrukční část	Třída namáhání	1	2	3
			Způsob provádění		
			monolit	filigránové stěny	prefabrikáty
1	stěny	1 ¹	240	240	200
2		2 ²	200	240 ³⁾	100
3	základové desky	1 ¹	250	X	200
4		2 ²	150		100
1 třída namáhání 1:			tlaková a netlaková voda, dočasně vzduť prosakující voda		
2 třída namáhání 2:			zemní vlhkost a nevzduť prosakující voda		
3 za zvláštních technologických a prováděcích podmínek je možné snížení na 200 mm					

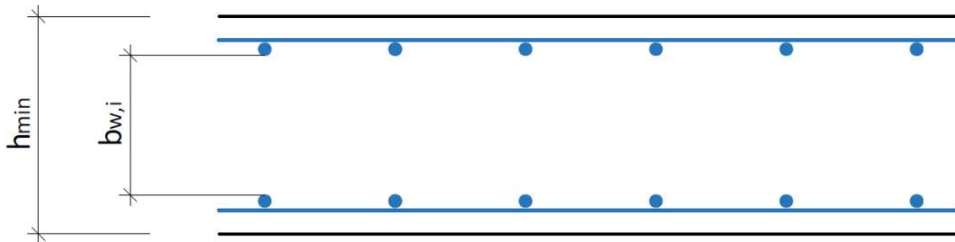
Tabulka 3: Doporučené minimální tloušťky konstrukcí (údaje v mm)

Zdroj: TP ČBS 04 [12]

Dále nad rámec doporučených rozměrů dle *Tabulky 2* platí pro monolitické stěny minimální požadovaná rozteč vložek výztuže v příčném směru (značeno $b_{w,i}$). Stejně minimální vzdálenosti platí pro světlé vzdálenosti vnitřních ploch u stěnových prefabrikátů typu filigrán. Tato minimální vzdálenost se uvádí z důvodů zaručené odborné montáže vnitřního těsnění spár a je závislá na velikosti největší frakce použitého kameniva betonové směsi. *Obrázek 9* znázorňuje odkud kam je vzdálenost $b_{w,i}$ uvažována u železobetonové monolitické stěny. Tato požadovaná minimální

vzdálenost může mít za následek nutnost zvolit větší tloušťku, než uvádí *Tabulka 2.* [12]
Dle TP ČBS 04 [12] platí následující:

- pro max. velikosti kameniva 8 mm $b_{w,i} \geq 120$ mm
- pro max. velikosti kameniva 16 mm $b_{w,i} \geq 140$ mm
- pro max. velikosti kameniva 32 mm $b_{w,i} \geq 180$ mm



Obrázek 9: Schéma - minimální tloušťka konstrukcí (h_{min}), minimální vzdálenost vložek výztuže ($b_{w,i}$)
Zdroj: autor BP

4. Krystalizační přísady do betonu

Nejprve je nutné definovat, co to přísada do betonu vlastně je. „*Přísada do betonu je chemická látka, která upravuje některou z vlastností čerstvého nebo zatvrdlého betonu.*“ [22] Podle toho, jakou vlastnost betonu upravuje, rozdělujeme přísady na tyto druhy: plastifikátory, superplastifikátory, provzdušňující přísady, zpomalovače tuhnutí / tvrdnutí, urychlovače tuhnutí / tvrdnutí, stabilizační přísady a další. Dávkování přísady do betonové směsi probíhá ve velmi malém množství, jedná se řádově o jednotky procent hmotnosti cementu. Písady jsou na rozdíl od příměsí v kapalném stavu. Příměsí jsou práškové anorganické látky a rozlišujeme dva typy: inertní (typ I) a latentně hydraulické (typ II). [22]

Krystalizační přísada se do betonové směsi přidává primárně z důvodu zvýšení vodonepropustnosti betonové konstrukce. Tento jev je zapříčiněn vlivem sekundární hydratace nezhydratovaných cementových zrn, která by měla utěsnit strukturu betonu. Složení krystalizačních přísad si jednotliví výrobci pečlivě střeží, nicméně základními surovinami všech příměsí je velmi jemně namletý portlandský cement a jemný křemičitý písek. Ostatní suroviny a chemické látky, které jsou součástí krystalizačních přísad, zůstávají utajeny. Tyto tzv. aktivní chemikálie však jsou zásadními činiteli při chemické



reakci, která má za následek dodatečnou krystalizaci dosud nezhydratovaného slinkového minerálu cementového tmele. [23]

Množství krystalizační přísady, které připadá na metr krychlový čerstvého betonu, je u každého výrobce odlišné. Ve většině případů se však jedná o množství 1-1,5(2) % z hmotnosti cementu. Sypká surovina se do betonové směsi může zavést několika způsoby, ty jsou vždy popsány v technickém listě daného produktu. Jedním ze způsobů zavedení přísady do směsi čerstvého betonu je rozmíchání sypkoviny se složkou drobného kameniva. Další, v dnešní době asi nejrozšířenější, možností je aplikace speciálně upravených vodorozpustných sáčků do záměsové vody nebo aplikace velmi řídké suspenze. Jednotlivé způsoby zapracování do betonové směsi mají společné to, že vždy musí být přísada řádně a rovnoměrně rozmíchána v celé hmotě čerstvého betonu.

Vůbec první společností, která začala vyrábět a dodávat krystalizační přísady do betonu je firma XYPEX Chemical Corporation. Společnost pochází z Kanady a vznikla v roce 1969. Během několika desítek let se podílela na realizaci mnoha stavebních děl. Jejich produkt byl uplatněn například při provádění uložišť jaderného odpadu, vodních přehrad, mostů, Washingtonského metra či výstavbě Pekingského Olympijského stadionu. [24]

5. Pracovní spáry

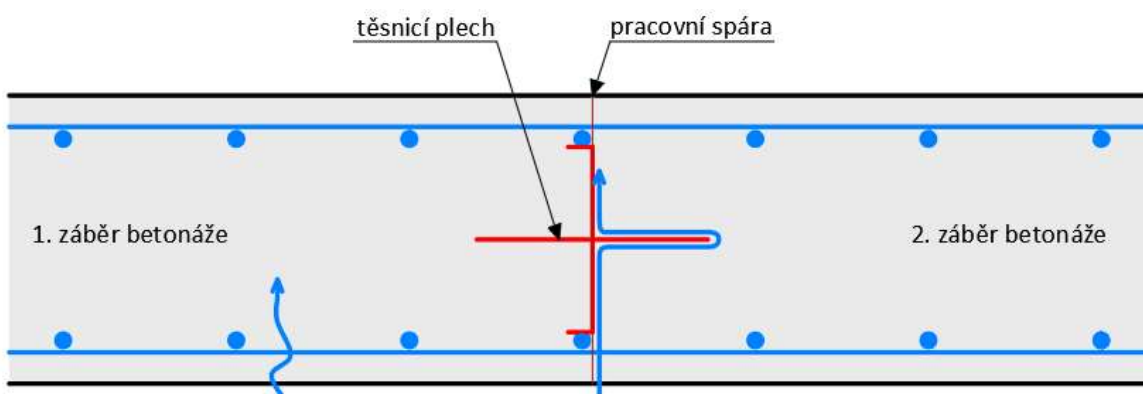
Pracovní spára je definována dle TP ČBS 04 následovně: „*Průřez na styku dvou úseků betonáže se soudržností. Pracovní spáry bez utěsnění se považují za průběžné trhliny*“. [12]

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, pracovní spáry se považují za jedny z nejvíce kritických míst konstrukcí z vodonepropustného betonu. Pracovní spáry rozlišujeme vodorovné (u základových desek, stropů a stěn) a svislé (u stěn). Pracovní spáry se liší od dilatačních spár především tím, že v nich není umožněn posun. To je dáno průběžnou výztuží, která prochází skrze celou spáru. Spáry vznikají v důsledku rozdělení betonové konstrukce na jednotlivé pracovní záběry. Tyto záběry jsou navrhovány především v závislosti na možnostech technologie provádění. Umístění pracovních spár

v konstrukci bývá předem definováno a schvalováno statikem stavby, takovým spárám se říká plánované. Neplánované spáry vznikají neočekávaným přerušením prací, ale platí pro ně stejné zásady jako pro spáry plánované. Pro stropní konstrukce například platí zásada, že by umístění pracovní spáry mělo být maximálně v 1/3 rozpětí vnitřních podpor. Toto omezení vychází z průběhu ohybového momentu po desce.

U vodonepropustných konstrukcí se pracovní spáry navrhují a realizují jako uzavřený vodonepropustný systém. Dnešní trh s prvky zajišťujícími tuto celistvost je velmi rozmanitý, a tak je vždy velmi nutné správně navrhovat konkrétní detaily jejich styků.

Princip těsnění pracovních i ostatních vodonepropustných spár spočívá ve vytvoření bariéry bránící pronikání vody. Smyslem systémů bývá vytvoření větší obtočné délky kolem vkládaného prvku, než by byla přímá cesta vody kolmo konstrukcí. Princip je demonstrován na následujícím detailu řešení pracovní spáry ve stěně.



Obrázek 10: Princip těsnění spár, obtočná délka

Zdroj: autor BP

Způsobů provedení detailu v oblasti pracovních spár je v dnešní době velmi mnoho. Primárně je lze rozdělit dle umístění těsnicího prvku na vnitřní a vnější těsnění. V následujících podkapitolách jsou stručně popsány jednotlivé základní způsoby řešení pracovních spár.

5.1. Těsnicí plechy

Jako vnitřní prvek bránící průniku vody se nejčastěji používají těsnicí plechy. Princip zajištění neprůchodnosti vody skrz pracovní spáru je naznačen na *Obrázku 10*. Těsnicí plechy mohou být bez povrstvení nebo s povrstvením. Plechy bez povrstvení jsou nejdéle používaný prvek a dlouhodobě se osvědčily. Plechy s povrstvením vznikly

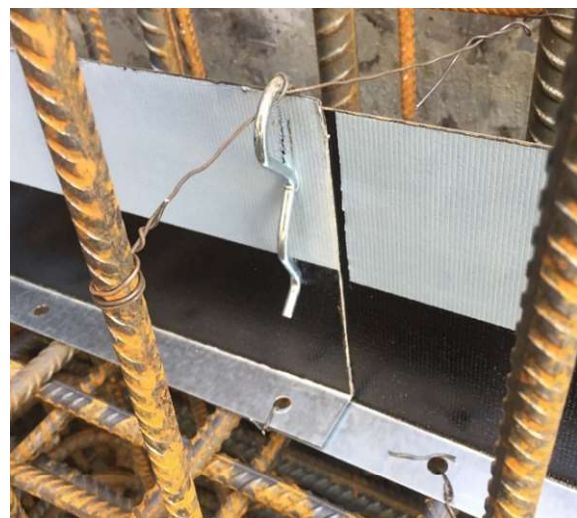


analogickým vývojem plechů bez povrstvení a lze je dělit podle aktivní látky, která se zapojuje do procesu těsnění spáry. Může se jednat například o vrstvu bitumenovou nebo bentonitovou. Plechy s bitumenovou vrstvou jsou opatřeny lepicí vrstvou bitumenového materiálu modifikovaného kaučukem a jsou kryty vnější ochrannou fólií, která se musí před vlastní betonáží odstranit. Naopak plechy s bentonitovým povlakem jsou kryty ochranným filmem, který již není potřeba před betonáží odstraňovat, jelikož dochází v zásaditém prostředí k jeho rozpuštění. Těsnicí plechy se mohou používat jak ve vodorovných konstrukcích, tj. základových deskách a stropích, tak ve stěnách. Prvek se skládá ze dvou na sebe kolmých segmentů. Příčný na pracovní spáru je plný a tvoří bariéru proti pronikání vody, kolmý na něj je zhotoven většinou z tahokovu. Tahokov je připevněn pomocí standardního železářského úvazu k výztuži a jeho šířka je určena tloušťkou konstrukce. Struktura tahokovu je natolik jemná, že slouží zároveň jako bariéra proti protečení betonové směsi během betonáže. [12]

Těsnicí plechy bez dalšího povrstvení musí být spojovány lepením, svařováním nebo pomocí lisovaných spojů s těsnicí vložkou. Tato zásada platí dle TP ČBS 04 pro třídu namáhání 1. Pro třídu namáhání 1 a zároveň třídu užívání B a tloušťku stěny větší jak 500 mm mohou být plechy bez povrstvení spojovány pouze přesahem, ten však musí být min. 300 mm. Naopak těsnicí plechy s povrstvením jsou většinou stykovány pouze přesahem a zajištěny spojkou. Velikost přeplátování udává výrobce daného prvku v technických listech. [12]



Obrázek 11 (vlevo): Namontované těsnicí plechy s bentonitovým povrstvením před betonáží základové desky (pracovní spára ZD/ZD) Zdroj: autor BP

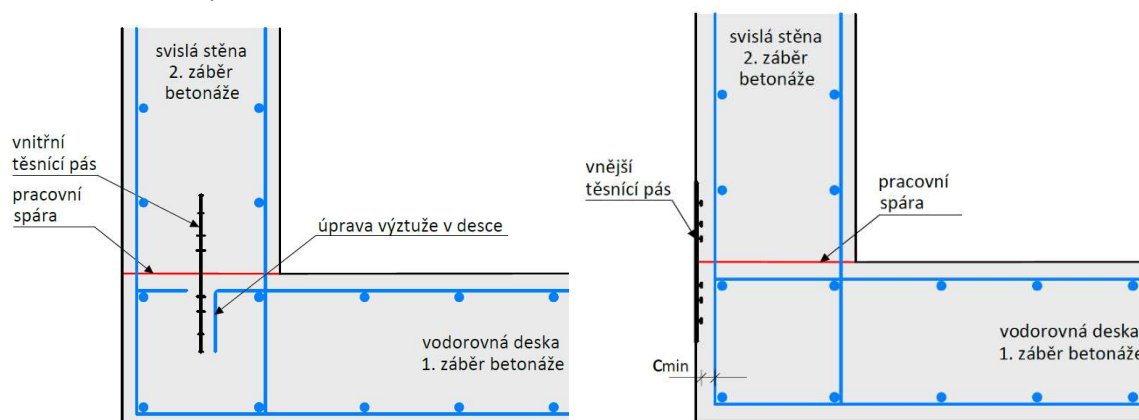


Obrázek 12 (vpravo): Detail napojení bitumenových těsnicích plechů (styk deska/stěna) Zdroj: autor BP

5.2. Těsnicí pásy

Další velmi rozšířenou alternativou těsnění pracovních spár jsou těsnicí pásy. Tyto pásy bývají nejčastěji vyrobeny z materiálů na bázi polymerů, například PVC. Vyrábějí se ale i jiné druhy. Volba pásu závisí především na vlivu vnějšího prostředí a snášenlivosti pásu s ostatními chemickými látkami. Volba materiálu má vliv i na techniku spojování. Spojovat lze svařováním, vulkanizací či mechanicky pomocí spojek. [25]

Vnitřní pásy mají tu výhodu, že jejich uložení je rychlé a relativně jednoduché. Variabilita použití pružných pásů je na vysoké úrovni a lze je použít i na místech, kde by řešení pomocí těsnících plechů bylo daleko více komplikované. Naopak těsnicí pásy mají spoustu nevýhod a omezení. Těsnicí pásy jsou velmi náchylné na manipulaci, skladování, ukládání i následnou ochranu. Důležitý je již samotný návrh železobetonové konstrukce. Pokud je zvolen těsnicí pás vnitřní, je potřeba, aby tuto skutečnost bral na vědomí statik a navrhl podle toho vyztužení konstrukce. Naopak, pokud dojde k volbě vnějšího těsnícího pásů, je nutné navrhnout dostatečně velké krytí výztuže (naznačeno na *Obrázku 14*).



Obrázek 13 (vlevo): Detail pracovní spáry (styk ZD/stěna) - vnitřní těsnicí pás

Zdroj: autor BP

Obrázek 14 (vpravo): Detail pracovní spáry (styk ZD/stěna) - vnější těsnicí pás

Zdroj: autor BP

Nedodržení zásad uváděných výrobcí může mít ve výsledku fatální následky na fungování stavebního díla a následná sanace může stavbu prodražit. Těsnicí pásy by se měly skladovat takovým způsobem, aby nedošlo k jejich znehodnocení. V létě by měly být chráněny před přímým slunečním zářením a v zimě, pokud možno, uložené v zakrytém prostoru. Po celou dobu práce s těsnicími pásy je potřeba věnovat extrémně velkou pozornost tomu, aby nedošlo k mechanickému poškození jakékoli části prvku.



K mechanickému poškození může dojít při téměř každém procesu, tj. např. při montáži, betonáži, odbedňování, či následně po realizaci hrubé stavby. [25]

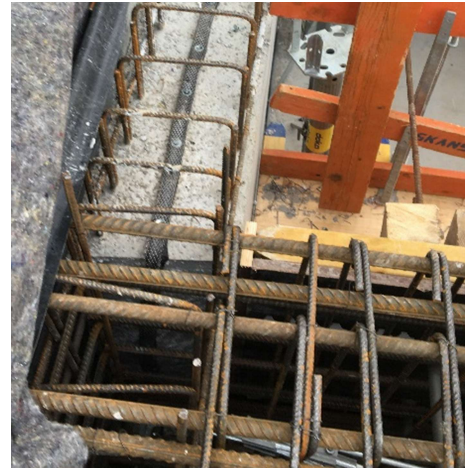
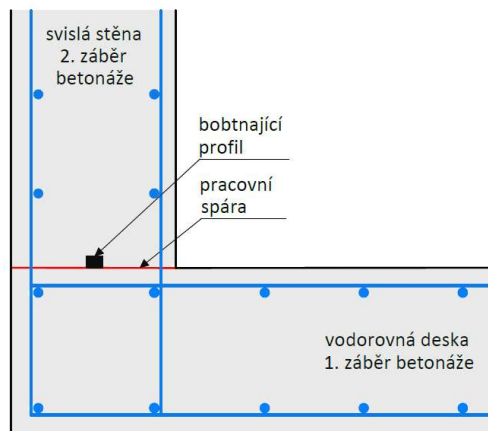
Těsnicí pásy musí být instalovány ve stabilní specifické poloze bez přehýbání nebo zvlnění. Přichycení vnitřních pásů bývá prováděno pomocí speciálních svorek, které se připnou na okraj pásu a přiváží k betonářské výztuži. Vnější pásy se na předem stanovených místech přichycují mechanicky k bednicím dílcům. [25]

5.3. Bobtnající profily

Velmi hojně se na dnešním trhu uplatňují také bobtnající pásy a tmely. Nacházejí uplatnění jak při utěsnění pracovních spár, tak při utěsnění prostupů prvků, které procházejí železobetonovou konstrukcí. Tyto pásy po kontaktu s vodou extrémně zvětšují svůj objem, ten může narůst až na několikasetnásobek své původní velikosti. Je však nutné zajistit, aby k procesu bobtnání nedošlo ještě před samotnou betonáží. Pásy jsou sice většinou vybaveny ochranným filmem, který chrání prvek před vnějším působením, ale ne dlouhodobě. Ochranný film se po kontaktu se zásaditým prostředím betonu rozpustí a tím se proces bobtnání aktivuje. Profily je nutno nanášet na čistý a suchý podklad. Většina výrobců udává, že se pásek má klást minimálně 8 cm od obou okrajů konstrukce, spoje mají být kladeny na tupo. Způsoby přichycení se již u jednotlivých výrobců nepatrně liší. Platí však jedna důležitá zásada, a to sice, že by prvek měl být celoplošně v kontaktu s betonovým podkladem, který je zbaven všech nesoudržných částic. Jedním ze způsobů je připevnění pomocí kovové krycí mřížky, která se přichytí k betonovému podkladu ocelovými hřebíky. Těsnění může být k podkladu také připevněno pomocí speciálního vyrovnávacího a upevňovacího tmele. [12]

Výhodou těchto těsnících profilů je především jejich extrémně rychlá a bezpečná montáž a zpracovatelnost při téměř jakékoli teplotě. Nevýhodou bobtnajících profilů je však skutečnost, že se při střídání zavodnění a vysychání bobtnací tlak snižuje. Ideální aplikace bobtnajících pásků bývá tedy spíše na místech, kde bobtnající pásek nikdy nevyschne, např. retenční nádrže, čističky nebo budovy pod stálou hladinou podzemní vody. Při návrhu bobtnajících profilů je také nutné zaručit, že tlak vyvolaný bobtnacími

silami nedosáhne tak velkých hodnot, které by mohly vést k poškození jiných okolních betonových konstrukcí. [12]



Obrázek 15 (vlevo): Detail pracovní spáry (styk ZD/stěna) - aplikace bobtnajícího profilu

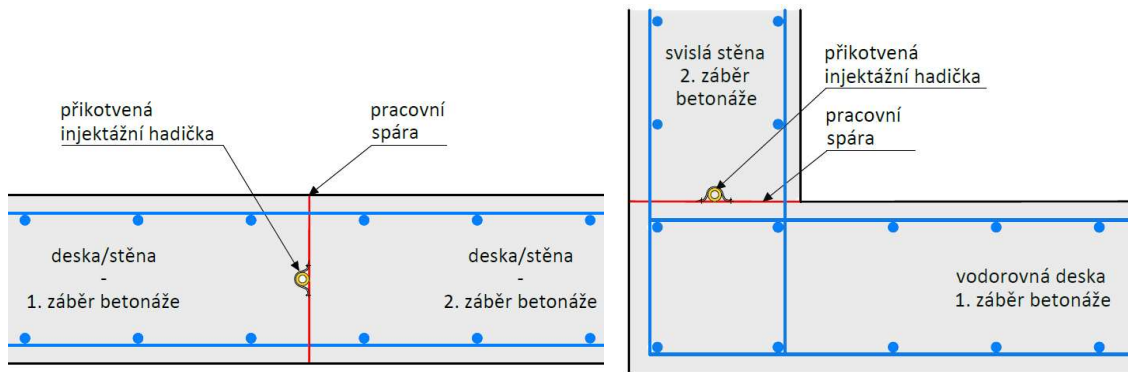
Obrázek 16 (vpravo): Foto z realizace pracovní spáry (styk stěny/strop) pomocí bobtnajícího pásku, stavba Parkview, Praha – Pankrác

Zdroj: autor BP

5.4. Injektáž pomocí injektážních hadiček

Princip těsnění pomocí injektážních hadiček spočívá v úplném vyplnění dutin spár injektážní hmotou. Systém se skládá ze speciálních plastových trubiček, které jsou perforované a kompatibilních pakrů, které se umísťují na bednicí dílce. Hadičky se umísťují na čistý, všech nesoudržných částic zbavený, podklad. Umísťují se zpravidla doprostřed průřezu spáry, a to minimálně 8 centimetrů od obou okrajů konstrukce. Hadičky musí být řádně přikotveny k podkladu, a to takovým způsobem, aby se nevlily a nevznikala mezera mezi samotnou hadičkou a podkladem. Způsob přichycení a maximální délka úseku jsou dány konkrétním systémem. Délka jedné hadičky však nebývá větší jak 10 m a jednotlivé hadičky by se měly překrývat přibližně 5-10 cm. Hadičky jsou zakončeny již zmiňovaným pakrem, který po odbednění konstrukce zůstává viditelný. Po uplynutí zhruba 30 dnů od prvního sedání konstrukce dojde k injektážním pracím, tedy k zaplnění dutin. [12]

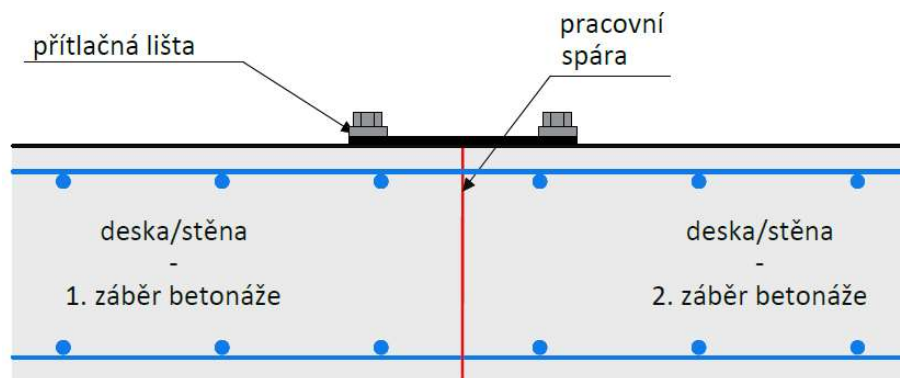
Běžně se těsnění pomocí tohoto systému nepoužívá jako jediný systém ochraňující pracovní spáru před pronikáním vody. Systém se používá zejména na místech, která jsou vystavena náročnějším okrajovým podmínkám a v kombinaci s jiným těsnicím systémem.



Obrázek 17 (vlevo): Detail pracovní spáry – injektáž pomocí injektážní hadičky, var. 1 Zdroj: autor BP
Obrázek 18 (vpravo): Detail pracovní spáry – injektáž pomocí injektážní hadičky, var. 2 Zdroj: autor BP

5.5. Přítlačné pásy

Poněkud méně často používané jsou přítlačné pásy, které se spíše používají jako řešení v případě, kdy jiné selhalo. Tento systém se skládá z těsnícího pryžového pásu a přítlačné lišty, která tento pás šrouby těsně připevňuje ke konstrukci. Tento systém lze použít jak pro pracovní, řízené, tak i dilatační spáry. Většinou se jedná o dodatečné řešení problematických partií, kde došlo k poškození původního systému. Přítlačné pásy jsou dvojího typu. Jedny mají přítlačné lišty na obou dvou stranách, které jsou přichyceny do zatvrdlého betonu. Přítlačné lišty druhého typu jsou na jedné straně také osazené pomocí přítlačné lišty, ale na straně druhé jsou zapuštěny do čerstvého betonu. Tato varianta se používá především u dilatačních spár, kdy dochází k napojení nové konstrukce na starší. Tento způsob provádění těsnění spár se velmi často také objevuje u prefabrikovaných systémů. [25]



Obrázek 19: Detail pracovní spáry - přítlačná lišta

Zdroj: autor BP



6. Dilatační spáry

Dilatační spára je definována dle TP ČBS 04 jako: „*prostor mezi dvěma konstrukčními částmi nebo úseky betonáže umožňující jejich rozdílné deformace.*“ [12] Rozdělením stavby nebo konstrukčních částí vznikají jednotlivé dilatační celky. Dilatační spáry se obecně považují za jedno z nejkritičtějších míst celé konstrukce. To z toho důvodů, že jsou místem s největším potenciálem vzniku poruch. Mohou zde vznikat tepelné, či akustické mosty nebo docházet k zatékání. Dilatační spáry také prodražují celou stavbu a působí neesteticky. K jejich provádění se přistupuje pouze tehdy, pokud nelze předejít rozdílným deformacím samotným návrhem konstrukce. Dilatační celky vznikají z důvodu snahy zamezit přenosu účinků z jedné části konstrukce na druhou. Hlavními důvody vedoucími k návrhu dilatačních spár jsou objemové změny konstrukce a nerovnoměrné sedání. Návrh dilatačních spár může být dále z důvodu dynamických účinků, akustických účinků, či jiných konstrukčních a technologických důvodů. [12] [26]

V případě návrhu dilatační spáry z důvodu délkové teplotní roztažnosti, musí být umožněno především vodorovnému pohybu konstrukce. Spára v tomto případě většinou neprochází skrze základové konstrukce, ale musí procházet skrze všechny nosné i nenosné kompletační konstrukce. Je několik způsobů, jak navrhnout nosnou železobetonovou konstrukci v místě dilatační spáry vznikající z důvodu délkové teplotní roztažnosti. Může se jednat např. o zdvojení svislé nosné konstrukce, která probíhá vedle sebe napříč celou konstrukcí, přičemž základ obou konstrukcí bývá stejný. Další možností je jednostranné kluzné uložení vodorovných konstrukcí v místě, kde se předpokládá nulový průběh ohybových momentů. [26]

Návrh dilatačních spár z důvodu nerovnoměrného sedání musí umožňovat zejména svislý pohyb konstrukce. Spára by však měla umožňovat i vodorovný pohyb. V některých případech tento typ dilatační spáry může kompenzovat i deformace vznikající teplotní délkovou roztažností. Tento typ dilatační spáry probíhá, stejně jako předchozí, skrze nosné, ale i nenosné kompletační konstrukce, ale zároveň musí procházet i skrze základové konstrukce. Důvodem návrhu tohoto typu dilatační spáry může být rozdílné únosné podloží pod řešeným objektem, či jinak zatížené části dané stavby, rozdílný



způsob založení jednotlivých částí stavby, nebo časový odstup provádění jednotlivých částí objektu. V případě nekvalitního návrhu dilatačních celků může v konstrukci vlivem rozdílného sedání jednotlivých částí konstrukce docházet ke zvýšenému napětí v konstrukci, vzniku trhlin a deformacím konstrukce. [26]

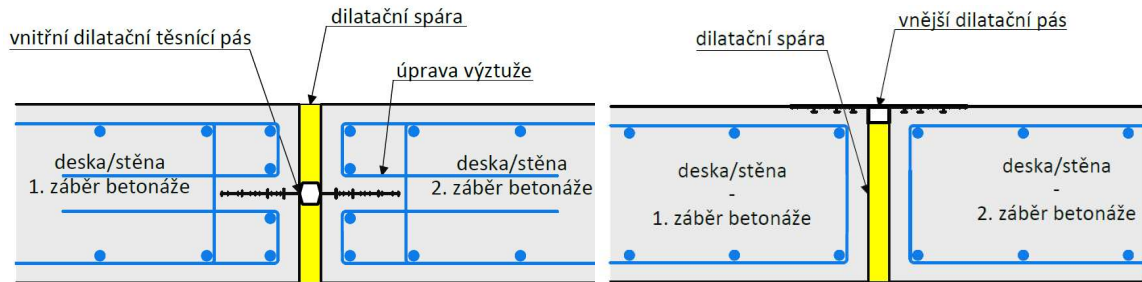
Způsobů provedení dilatačních spár v konstrukcích z vodonepropustného betonu je známo mnoho. Stejně jako spáry pracovní, tak i ty dilatační lze rozdělit dle umístění těsnicího prvku na vnitřní a vnější a nebo také jako dodatečně řešené.

6.1. Těsnicí pásy

Těsnicí pásy jsou asi nejčastěji používaným těsnicím prvkem vkládaným do dilatačních spár. Jedná se funkčně o stejný typ prvku jako zmiňované těsnicí pásy u pracovních spár. Dilatační těsnicí pásy se však od těch pracovních liší způsobem provedení. Ten umožňuje pružnou deformaci prvku v místě dilatační spáry. O volbě vhodnosti těsnicího pásu pro dilatační spáry rozhoduje především velikost vodního tlaku, požadavky kladené na pohyby ve spárách a velikost zatížení, kterému bude pás vystaven. Stejně jako u těsnicích pásů vkládaných do pracovních spár, tak i zde platí, že jejich volba záleží také na vlivu vnějšího prostředí a snášenlivosti pásů s ostatními chemickými látkami. Volba materiálu a typu pásu má vliv na techniku provádění spojů. Pásy vyrobené na bázi polymerů (např. PVC) lze spojovat svařováním, vulkanizací či mechanicky pomocí spojek. Samotnou kapitolou by pak mohlo být napojování ostatních těsnicích prvků na těsnicí dilatační pásy. Stále platí, že celý systém ve výsledku musí zajistit celistvost a vodonepropustnost konstrukce. Pásy můžeme rozdělit na vnitřní a vnější. [25]

U pásů vkládaných dovnitř konstrukce musí dojít k úpravě polohy výztuže takovým způsobem, aby těsnicí prvek bylo vůbec možno osadit, a přitom bylo v celé ploše dodrženo minimální krytí výztuže. Výhoda polohy umístění prvku dovnitř konstrukce spočívá v minimalizování rizika možného mechanického poškození při činnostech následujících po betonáži, např. při zemních pracích. Toto riziko mechanického poškození je mnohem větší u vnějších pásů, které mohou přijít přímo do kontaktu se zemínou. Doporučuje se, pokud je to možné, takto osazené pásy chránit další vrstvou

a snažit se tak předcházet vzniku možných poruch. V některých případech dochází k návrhu jak vnitřního, tak vnějšího dilatačního pásu. K tomuto opatření se většinou přistupuje v případě málo příznivých okrajových podmínek návrhu nebo v případě požadavku na dvojí, pojistný systém. [25]



Obrázek 20 (vlevo): Detail dilatační spáry – vnitřní těsnicí pás
Obrázek 21 (vpravo): Detail dilatační spáry – vnější těsnicí pás

Zdroj: autor BP
Zdroj: autor BP

Pro vnitřní i vnější pásy platí stejné zásady a omezení jako pro pásy vkládané do pracovních spár, tzn. že jsou velmi náchylné na manipulaci, skladování, ukládání i následnou ochranu.

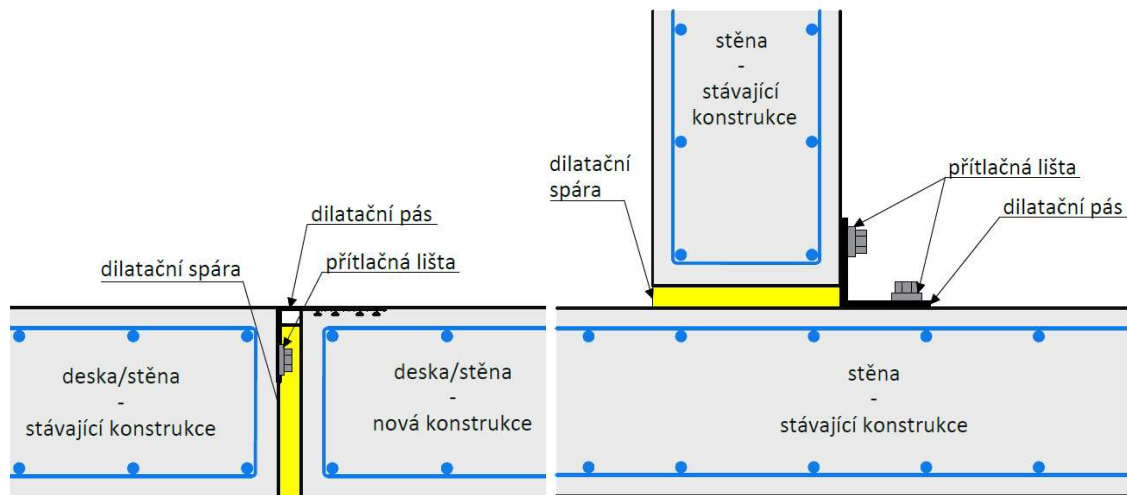
Těsnicí dilatační pásy musí být instalovány ve stabilní specifické poloze, bez přehýbání nebo zvlnění. Přichycení vnitřních pásů bývá prováděno pomocí speciálních svorek, které se připnou na okraj pásu a přiváží k betonářské výztuži. Vnější pásy se na předem stanovených místech přichycují mechanicky k bednicím dílcům. [25]

Způsobů provedení výplně v místě dilatační spáry je mnoho. Záleží především na vnějších okrajových podmínkách, typu konstrukce (svíslá / vodorovná), šířce spáry, způsobů užívání nově vzniklého prostoru a dalším. Většina řešení však mívá společný jmenovatel, a to sice, že spára by měla být uzavřená, chráněna před mechanickým a jiným poškozením a měla by umožňovat pružnou deformaci. Výplň také může fungovat jako pojistný systém, který se zapojí v případě selhání toho primárního. Může se jednat o použití nejrůznějších bentonitových prvků, provazců apod.

6.2. Příkladné pásy

Tento způsob provedení těsnění dilatační spáry se nejvíce uplatňuje, pokud dochází k napojení nových konstrukcí na stávající nebo u prefabrikovaných konstrukcí. Možností provedení prvku je dvojí. První z nich je znázorněný na *Obrázku 22*, kde je prvek na jedné straně přichycen ke stávající konstrukci pomocí přítláčné lišty a na straně druhé

je zapuštěn do konstrukce čerstvého betonu. Prostřední mezičlánek pak tvoří dilatační funkci, přičemž zachovává celistvost a vodonepropustnost spáry. Druhou variantou je přitlačný pás, který je přichycen ke stávající konstrukci na obou dvou stranách. Tato varianta se nejvíce uplatňuje u prefabrikovaných konstrukcí nebo u konstrukcí, kde došlo k porušení původního těsnicího systému. Tento prvek je znázorněn na *Obrázku 23*.



Obrázek 22 (vlevo): Detail dilatační spáry - přitlačná lišta, napojení stávajícího objektu na nový

Obrázek 23 (vpravo): Detail dilatační spáry - přitlačná lišta, napojení dvou stáv. objektů Zdroj: autor BP

7. Řízené spáry

Nepravá neboli řízená spára je definována dle TP ČBS 04 následovně: „*Záměrné oslabení průřezu konstrukce, včetně procházející výztuže, za účelem vynucení polohy pro vznik trhliny. Řízené spáry bez utěsnění se považují za průběžné trhliny*“. [12]

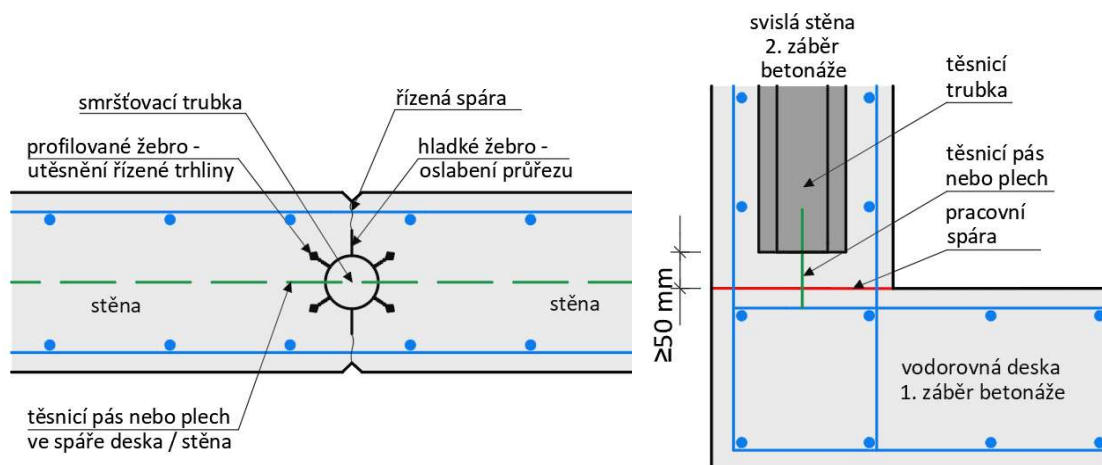
Místo vynuceného vzniku trhliny si po vzniku trhliny musí zachovat svou těsnicí schopnost. Spáry jsou obvykle řešeny běžným způsobem jako spáry pracovní s tím rozdílem, že je průřez oslaben takovým způsobem, aby ke vzniku a rozvoji trhlin došlo právě v tomto místě. Dle TP ČBS 04 se doporučuje oslabení betonového průřezu minimálně o 1/3 tloušťky prvku. Při návrhu řízených spár se musí zohlednit spolupůsobení okolních konstrukcí a jejich omezená deformace. Pokud to statický návrh dovoluje, doporučuje se omezit množství příčné výztuže nebo příčnou výztuž zcela vyloučit. V případě, kdy však výztuž kolmo na řízenou spáru prochází, je nutné uvážit vznik tahového napětí, které by mohlo mít za následek vznik trhlin i v jiných oblastech, než bylo původně plánováno. [12]

Vzdálenost řízených spár, pokud se napříč řízenou spárou nepřenášejí významnější tahové napětí, lze určit podle vzorce: $L = \frac{\text{výška konstrukce [m]}}{2 \times \text{tloušťka konstrukce [m]}}$ [m]. V opačném případě je potřeba vzdálenosti jednotlivých řízených spár zmenšit. [12]

Důležitý je opět detail napojení této spáry na přilehlé prvky pracovních spár. Celý systém musí tvořit vodonepropustnou soustavu těsnících prvků. [12]

7.1. Těsnicí trubice

Jedním z možných způsobů provedení řízené spáry je pomocí smršťovacích, resp. těsnících trubek, někdy také slangově označovány jako tzv. „sluníčka“. Tyto prvky jsou vyrobeny z materiálu na bázi polymeru, např. PVC-P. Prvky se mohou používat pouze u svislých řízených spár, jejich aplikace ve vodorovných spárách není přípustná. Tzv. „sluníčka“ jsou kruhového tvaru a mají dvojí typy žebér. Hladká žebra jsou orientována kolmo na konstrukci a zajišťují oslabení konstrukce v požadovaném místě. Profilovaná žebra jsou orientována do hmoty betonu a mají za úkol zabránit průchodu pronikající vody skrz vzniklou řízenou spáru. Takovému způsobu těsnění se říká „labyrint efekt“. Velice důležité pro správnou funkčnost celého systému je správné provedení detailu napojení prvku v patě a hlavě. Smršťovací trubka musí být v patě řádně nasazena na těsnicí pás nebo těsnicí plech, který tvoří pracovní spáru mezi deskou a stěnou. Vzdálenost mezi pracovní spárou a patou smršťovací trubky by měla být minimálně 50 mm, to je naznačeno na *Obrázku 25*. Dále platí, že trubice musí být dostatečně zajištěny proti posunutí, které by mohlo vzniknout během betonáže.



Obrázek 24 (vlevo): Detail řízené spáry – těsnicí trubka, pohled

Obrázek 25 (vpravo): Detail řízené spáry – těsnicí trubka, řez

Zdroj: autor BP

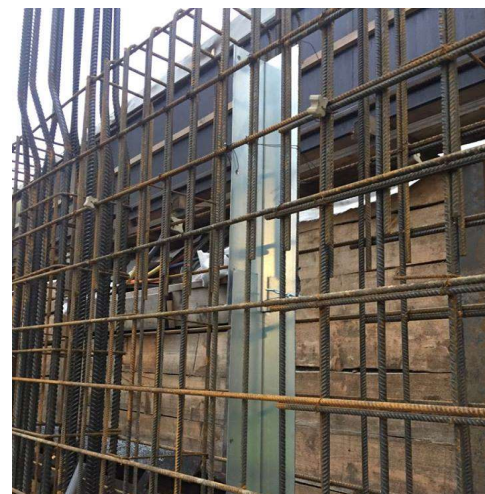
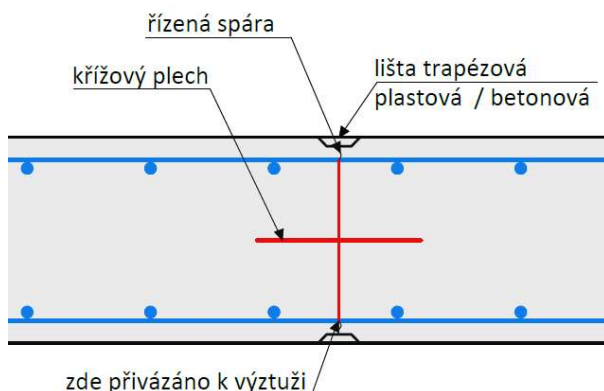
Zdroj: autor BP

Těsnicí trubice se vyplňují betonovou směsí, a to již během betonáže anebo dodatečně po ní. Těsnicí trubice nacházejí uplatnění jak při realizaci železobetonových ryze monolitických konstrukcí, tak při realizaci prefa-monolitických filigránových stěn, kdy se vkládají do styčných spár jednotlivých desek. [12]

7.2. Křížové plechy

Křížové plechy vkládané do řízených spár jsou obdobou plechů povrstvených či nepovrstvených vkládaných do spár pracovních. Křížové plechy jsou tvořeny ze dvou na sebe kolmých plechů, kdy zeslabovací plech je situován kolmo na stěnu a hlavní těsnicí plech podélně uprostřed stěny. Hlavní těsnicí plech může být s povrstvením nebo bez povrstvení. Častěji se však používají plechy s povrstvením, např. s bitumenovou vrstvou. Tyto plechy se standardně vyrábějí po určitých délkách a navzájem se spojují stykováním s přesahem, spoj je zajištěn spojkou. Křížové plechy se připevňují pomocí standardního železářského úvazu k výztuži. Úvazy zajišťují stabilní polohu prvku. Křížové plechy musí být doplněny o lišty, které se připevňují k bednicím dílcům po obou stranách v místě řízené spáry. Tyto lišty mohou být betonové nebo plastové a slouží k vytvoření pohledových hran v místě řízené spáry. Některé lišty mohou být po odbednění v konstrukci ponechány, jiné se dodatečně odtrhnou a vznikne tak viditelná spára. [12]

Stejně jako těsnicí trubice, tak i křížové těsnicí plechy, nacházejí uplatnění jak při realizaci železobetonových ryze monolitických konstrukcí, tak i při realizaci prefa-monolitických filigránových stěn, kdy se vkládají do styčných spár jednotlivých filigránových desek. [12]



Obrázek 26 (vlevo): Detail řízené spáry – křížový plech

Obrázek 27 (vpravo): Foto křížového plechu během realizace, stavba ParkView

Zdroj: autor BP

Zdroj: autor BP



8. Prostupy konstrukcí

Ve snaze zachovat celistvost hydroizolační obálky konstrukce z vodonepropustného betonu musí být kladen důraz i na způsob provedení detailů v oblastech prostupů konstrukcí. Prostupy mohou v konstrukci vznikat z důvodu nutnosti vedení potrubí, kabelů, inženýrských sítí, založení jeřábu, nutnosti dočasného čerpání podzemní vody pomocí čerpacích studen a dalších. Tyto partie se stávají jedním z rizikových míst, která jsou potřeba zajistit takovým způsobem, aby bylo zabráněno pronikání vody dovnitř, do objektu. V ideálním případě je známa poloha prostupů již před samotnou realizací železobetonových konstrukcí. Lze tak konstrukce již ve fázi bednění osadit speciálními průchodkami. V opačném případě se musí dodatečně přistupovat k jádrovému vrtání a volbě dodatečného těsnění, což může stavbu finančně prodražovat. Ale ani tento fakt není ojedinělý, mnohdy v průběhu výstavby může docházet ke změnám v poloze umístění potrubí, počtu potrubí či změně jeho dimenze.

Obecně platí zásada, že by každý návrh měl co možná nejméně narušovat a oslabovat celistvost vodonepropustné železobetonové konstrukce.

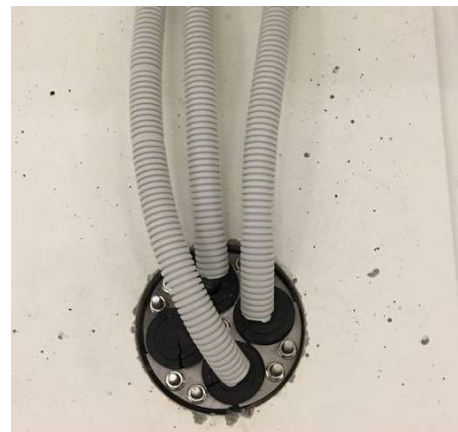
8.1. Prostupy instalací

Jen u málokterých konstrukcí se vyhneme nutnosti vést konstrukcí instalace. Může se jednat o nutnost vedení kanalizačního, vodovodního, plynového, či jiného kabelového vedení. Způsobů zajištění vodonepropustnosti těchto prostupů je nespočet. Primárně je lze rozdělit dle toho, zda prvek zajišťující celistvost hydroizolační obálky byl zabudován před nebo po realizaci železobetonové konstrukce.

Prvky zabetonované do konstrukce, resp. jejich vodonepropustná schopnost je založena na podobných principech jako u pracovních spár. Může se jednat o využití obtočné délky nebo o bobtnací síly některých materiálů, např. bentonitu. Prvky využívající obtočnou délku se skládají většinou z plastové, ocelové, či vláknocementové pažnice a límcového těsnění, které odolává tlaku. Některé typy pažnic již samotným svým tvarem tvoří bariéru proti pronikání vody, jiné mají těsnění dvojí, či několikanásobné. Mezi prvky využívající obtočnou délku také patří límcové manžety,

keré nemají vnitřní pevnou pažnici, ale prostupující instalaci přímo obepínají. Další, již zmiňovanou možností, jsou těsnicí bobtnající pásy nebo tmely, které se nanášejí přímo na prostupující instalaci a po kontaktu s betonovou směsí se aktivují.

Prostupy, které nebyly opatřeny systémovým těsněním před betonáží nebo prostupy vzniklé jádrovým vrtáním musí být dodatečně těsněny. Pro takové případy slouží mechanické těsnicí mezikruží sendvičové konstrukce. Prvek se skládá z pryžového elastického těsnění a dvou přítlačných desek. Desky jsou k sobě spojeny šrouby a jejich utahováním dochází k deformaci gumového těsnění, které zaplní prostor mezi vnějším průměrem potrubí a vnitřním průměrem jádrového vývrtu nebo prostupovou pažnicí. Rozlišují se těsnicí vložky pro potrubí (*Obrázek 28*) a pro kabely (*Obrázek 29*).



*Obrázek 28 (vlevo): Prostup kanalizačního KG potrubí stěnou
Obrázek 29 (vpravo): Prostup kabelů stěnou*

*Zdroj: autor BP
Zdroj: autor BP*

Dalším typem jsou tzv. článkové (řetězové) těsnicí vložky, které se skládají z dílčích segmentů. Výhodou těchto těsnění je, že je lze aplikovat i na kabely a potrubí, které jsou již v konstrukci osazené. Je to dáno možností řetěz rozpojit, spojit a následně pomocí šroubů, obdobně jako u těsnicího mezikruží, prvek stáhnout a zaplnit tak volný prostor. Prvek je do jisté míry univerzální, jednotlivé segmenty lze vyjmout nebo přidat další, lze tedy těsnění přizpůsobit aktuálním podmínkám.

8.2. Otvory po spínacích tyčích

Otvory po spínacích tyčích vznikají v konstrukci vždy, pokud je konstrukce bedněna jako oboustranná. Otvory vznikají z důvodu nutnosti sepnutí protilehlých dílců k sobě. Spínací tyče jsou chráněny plastovou nebo vláknocementovou rozpěrnou trubicí, která je na koncích opatřena plastovými kónusy. Při odbedňování bednicích dílců se vyjmou



spínací tyče i plastové kónusy, v betonu však zůstávají otvory ohraničené rozpěrnými trubicemi. Tato místa se stávají potenciálně problematickými. Mohou být zdrojem tepelných a akustických mostů a u konstrukcí z vodonepropustného betonu místem možného průsaku vody. Z tohoto důvodu musí být otvory dokonale utěsněny. Běžně se otvory utěsňují pomocí systémových prvků, např. kónusů. Kónusy jsou většinou betonové a je na ně po obvodě nanášeno lepidlo. Připravené prvky jsou vtlačeny do spínacího místa. Takto zajištěné otvory po spínacích tyčích již po zatvrdnutí tvoří vodonepropustnou funkci, lze je ale opatřit i dalšími hydroizolačními systémy. K takovým řešením se přistupuje v případech většího tlaku vody nebo v případě požadavku na pojistný systém. Možným řešením může být aplikace bitumenové fólie a penetrace, kdy se fólie nenanáší plošně, ale pouze lokálně s přesahem kolem otvorů po spínacích tyčích. Samotný otvor lze také před uzavřením zátkami vyplnit utěsňujícími hmotami. Takové řešení však nezamezí průniku vody podél vnější strany trubice.

Ačkoli se může na první pohled zdát, že otvory vznikající po spínacích tyčích nejsou žádnou překážkou při cestě za funkční hydroizolační obálkou stavby, opak bývá pravdou. Z důvodu velkého množství otvorů a možné nekvalitě při provádění velmi často dochází k průsaku vody právě skrze tyto otvory. Samotná sanace takovýchto poruch není nikterak technologicky ani finančně náročnou operací. Komplikace však může způsobit pronikající vlhkost do prostoru.

8.3. Založení jeřábu

Téměř žádná větší stavba se dnes neobejde bez nutnosti zřízení věžového jeřábu. V některých případech se může stát, že věžový jeřáb prochází konstrukcí objektu. K takovéto variantě se přistupuje většinou pouze v opodstatněných situacích. Důvodem pro umístění věžového jeřábu do objektu může být omezený prostor v okolí stavby, či nutnost zajistit obslužnost jinak nepřístupných míst. Prostupující konstrukce komplikuje provádění všech dotčených konstrukcí. Výjimku netvoří ani železobetonové vodonepropustné základové konstrukce. Cílem této práce není seznámení s problematikou týkající se zakládání věžových jeřábů, nýbrž pouze upozornění na možné rizikové partie vznikající v souvislosti se založením. Například na *Obrázku č. 30* a *Obrázku č.31* je zobrazen základový kříž pod věžovým jeřábem *Potain MDT 178*,

kteřý je stabilizovaný pomocí čtyř závitových tyčí prostupujících skrze základovou konstrukci z vodonepropustného betonu i podkladní beton. I takto zdánlivě subtilní a plný průřez však je potřeba opatřit těsnicím systémem, který zabrání infiltraci podzemní vody. V tomto případě došlo k volbě utěsnění pomocí dvojice bobtnajících pásků, které mají schopnost po kontaktu s vodou expandovat. Pásky jsou umístěny u dolního a horního líce základové desky a jsou aplikovány pomocí těsnicího tmele na bázi bentonitu. Dolní pásek je aplikován na každou ze čtyř závitových tyčí a slouží jako hlavní bariéra proti pronikání vody. Horní pásek je aplikován na každou ze čtyřech stojen základového kříže a slouží pouze jako pojistný systém.



Obrázek 30 (vlevo): Základový kříž věžového jeřábu osazený v ZD, foto v průběhu armování

Obrázek 31 (vpravo): Základový kříž věžového jeřábu, foto před betonáží

Zdroj: autor BP

8.4. Čerpací studny a vrty

Mezi specifické prostupující konstrukce lze zařadit i čerpací studny a vrty. Důvodem jejich návrhu je nutnost odvodnění stavební jámy. V některých odůvodněných případech může dojít k umístění odvodňovacích prvků do míst budoucích konstrukcí.

Nutnost odvodu podzemní vody však většinou nekončí před realizací základových konstrukcí. Voda bývá čerpána do té doby, než je základová konstrukce přitížena hmotou objektu natolik, že by tlak způsobený podzemní vodou zapříčinil vznik trhlin a deformací v ní. Z toho důvodu vznikají v základových konstrukcích prostupy, které umožňují přístup k odvodňovacím studnám a vrtům i po jejich provedení. Díky této skutečnosti dochází ke vzniku pracovních spár či nutnosti utěsnění prostupujícího prvku.



Obrázek 32 (vlevo): Ocelová manžeta vkládaná jako těsnění do čerpacích studní

Zdroj: autor BP

Obrázek 33 (vpravo): Čerstvě zabetonovaná ocelová těsnící manžeta v čerpací studni

Zdroj: autor BP

Na Obrázku 32 a Obrázku 33 je znázorněn systém, který je tvořen z ocelových manžet. Spodní manžeta je osazena již při betonáži základové konstrukce a je opatřena bobtnajícími pásky, viz Obrázek 32. Mezi dolní a horní manžetu se vkládá pryžové těsnění. Horní manžeta přijde přišroubovat na spodní manžetu až ve chvíli, kdy dojde k odstavení čerpacího systému. Tím dojde k dokonalému uzavření čerpací studny či vrtu. V tento okamžik dojde i k doplnění zbylé výztuže a zmonolitnění zbylé oblasti.

Dalším možným způsobem zajištění vodonepropustnosti v oblasti čerpacích studen a vrtů je aplikace těsnících plechů. Jak je vidět na Obrázcích č. 34 a 35, těsnící plechy vytvářejí kolem prostupující studny či vrtu uzavřenou pracovní spáru. Díky takovému opatření nedojde během betonáže k zalití prostoru v okolí studny či vrtu, a je tak umožněno čerpání podzemní vody i po realizaci základových konstrukcí. Ve chvíli, kdy dojde k naplnění okrajových podmínek odstavení čerpacího systému, doplní se betonářská výztuž a celá konstrukce se zmonolitní.



Obrázek 34 (vlevo): Pracovní spára v okolí čerpací studny - bitumenové plechy

Zdroj: autor BP

Obrázek 35 (vpravo): Pracovní spára v okolí čerpací studny - bitumenové plechy

Zdroj: autor BP



9. Poruchy konstrukcí z vodonepropustného betonu a návrh jejich sanací

9.1. Infiltrace vody pracovní spárou

9.1.1. Popis objektu

Předmětem řešení je aktuálně realizovaná administrativní budova nacházející se v Praze-Pankráci. Předpokládaný termín dokončení je plánován na rok 2020. Jedná se o objekt o třech podzemních podlažích a devíti nadzemních podlažích. Půdorysné rozměry spodní stavby jsou přibližně 55 m x 55 m, vrchní stavba zmenšuje svůj půdorys, ten se tvarově mění v písmeno U. Podzemní podlaží budou využita jako prostory pro parkování a zázemí TZB. V přízemí objektu se bude nacházet restaurace a obchody. Ostatní prostory budou využívány jako kancelářská plocha. Úroveň čisté podlahy nejnižšího patra se nachází 11 m pod povrchem okolního terénu. Nejvyšší bod objektu se bude tyčit ve výšce 41 m. [27]

V době zhotovení stavebně technického průzkumu byla hrubá stavba hlavního objektu ve fázi výstavby 4. nadzemního podlaží.

9.1.2. Konstrukční a stavebně technické řešení objektu

9.1.2.1. Základové konstrukce

Objekt je založen na mohutné základové desce z vodonepropustného betonu. Mocnost desky je ve většině plochy konstantní, a to sice 600 mm. Ve více exponovaných oblastech však dosahuje tloušťky i 900 - 1200 mm. Základová deska je zhotovena z betonu pevnosti třídy C30/37-XC4-XA1-XD1-CI 0,2-Dmax 22-S4. Maximální povolený průsak dle ČSN EN 12390-8 [7] je stanoven na hodnotu 50 mm. Do betonové směsi byla přidána krystalizační přísada *XYPEX Admix C-1000 NF* (2kg/m³). Základová deska leží na podkladním betonu mocnosti 120 mm, ten je vyroben z betonu C8/10-X0. Veškeré zatížení vyvozené tíhou objektu je přímo přenášeno do horninového břidličnatého podloží, které je natolik únosné, že nebylo využito žádného dalšího zakládání. Základová deska byla strojně hlazena a bude na ni v dalších fázích výstavby nanesen vodotěsný



difuzně propustný epoxidový systém. Základová deska byla z důvodu technologie provádění rozdělena na 12 pracovních záběrů. [27]

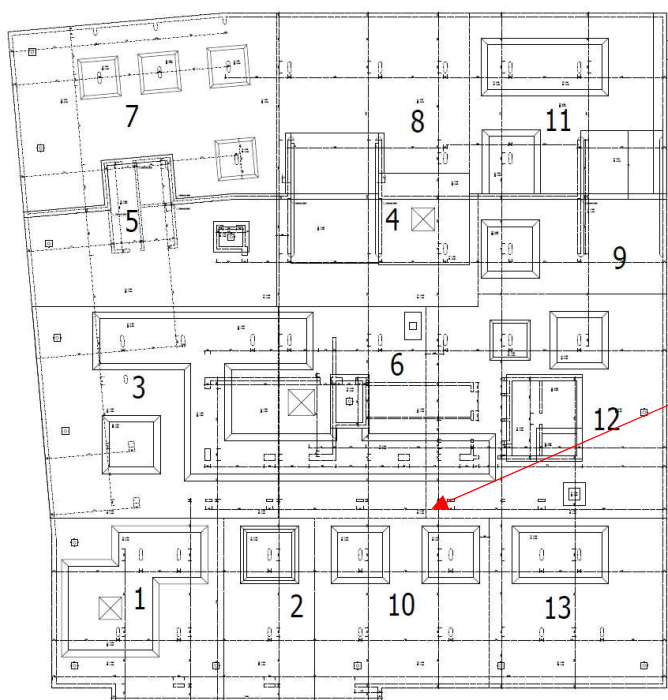
9.1.2.2. Hydroizolace spodní stavby

Hladina podzemní vody se dle hydrogeologického průzkumu nachází v hloubce přibližně 9 m pod úrovní terénu. Stavební jáma a nyní konstrukce spodní stavby jsou chráněny před působením podzemní vody systémem čerpacích studen. Podzemní voda bude čerpána do té doby, než bude základová konstrukce přitížena hmotou objektu natolik, že by tlak způsobený podzemní vodou nezapříčinil vznik trhlin a deformací v ní. Dle výpočtu k tomuto stavu dojde současně s dokončením hrubé stavby. V současné době stále k čerpání podzemní vody dochází. [27]

Hydroizolační obálku spodní stavby tvoří pouze konstrukce z vodonepropustného betonu, tj. základová deska a obvodové konstrukce. Konstrukce nejsou doplněny žádnou další povlakovou hydroizolací. Betonová směs použitá do těchto konstrukcí v sobě obsahuje krystalizační přísadu *XYPEX Admix C-1000 NF* (2kg/m^3). Konstrukce, které jsou v kontaktu se zeminou jsou navrženy na maximální šířku trhliny 0,3 mm. Veškeré pracovní a dilatační spáry v základové desce a obvodových konstrukcích podzemních podlaží jsou navrženy jako vodonepropustné a tvoří uzavřený systém. [27]

9.1.3. Porucha

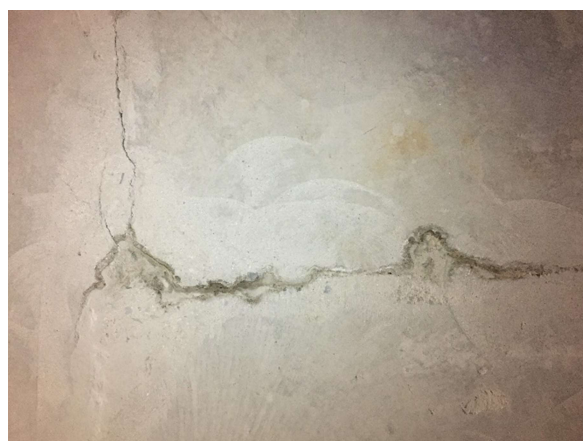
V místě pracovní spáry základové desky dochází k drobným průsakům vody z podloží. Poruchové místo se nachází na pomezí tří pracovních záběrů. Konkrétně mezi pracovními záběry číslo 6, 10 a 12, resp. osách 6/G. Dle projektové dokumentace je v místě poruchy základová deska silná 600 mm a jako těsnicí prvek v místě pracovních spár je použit těsnicí plech s povrstvením *Formax 1000 C* [28]. Prvek se skládá ze dvou na sebe kolmých segmentů, příčný na pracovní spáru je plný a tvoří bariéru proti pronikání vody, kolmý na něj je zhotoven z tahokovu. Tahokov je připevněn pomocí standardního železářského úvazu k výztuži. Povrstvení tohoto plechu tvoří dle technického listu [28] bentonit sodný. Plechy mají šířku 200 mm a tloušťku 1,2 mm. Plechy byly dle technologického postupu stykovány přesahem a zajištěny spojkou.



poruchové místo – průsak vody do prostoru garáží v 3. podzemním podlaží – oblast pracovní spáry základové desky na pomezí taktů 6,10 a 12

Obrázek 36: Zmenšený výkres tvaru základové desky se zakreslením místa poruchy

Zdroj: [27]

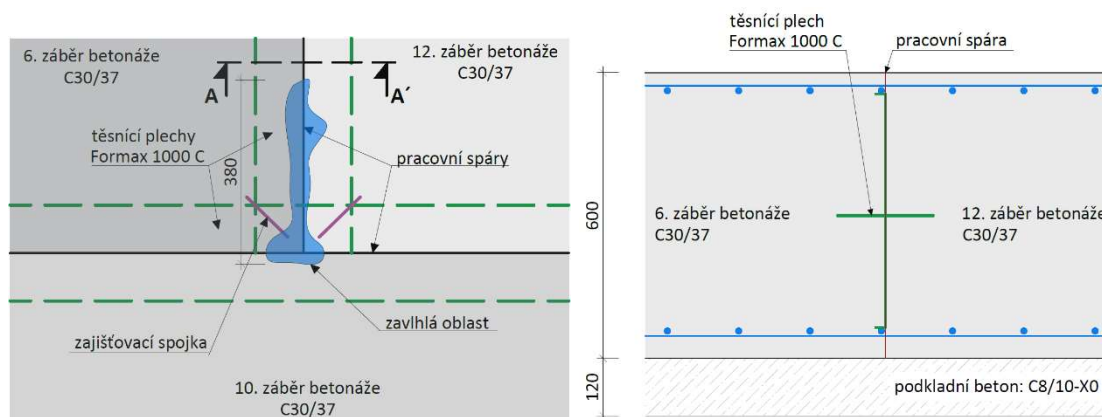


Obrázek 37 (vlevo): Místo poruchy, oblast 3.PP, pohled na základovou desku

Zdroj: autor BP

Obrázek 38 (vpravo): Detail poruchové oblasti – pracovní spára na hranici prac. záběrů

Zdroj: autor BP



Obrázek 39 (vlevo): Schematický pohled na místo poruchy - styk pracovních záběrů

Zdroj: autor BP

Obrázek 40 (vpravo): Schematický řez AA' v místě pracovní spáry

Zdroj: autor BP



9.1.4. Sanační opatření

Infiltrace vody pracovní spárou se objevila v době, kdy hladina podzemní vody je stále snižována systémem čerpacích studen. To znamená, že celá spodní stavba je stále chráněna před plným účinkem tlakové vody. Ve snaze předejít rozšíření poruchy je vhodné tuto poruchu zajistit sanačním opatřením již před odstavením čerpacího systému. Pokud by tomu tak nebylo učiněno, vystavujeme se riziku vzniku násobně větší poruchy. Ta by mohla způsobit větší škody, které by bylo náročnější a nákladnější opravit.

9.1.4.1. Sanační metoda č.1 – Injektáž pracovní spáry

Injektáže jsou standardní a nejčastěji používanou technologií pro utěšňování a opravy konstrukcí z vodonepropustného betonu. Účinnost metody injektáže však závisí do značné míry na deformacích vznikajících v injektovaném prostoru. Na rozdíl od dilatačních spár, kde dochází ke značným posunům konstrukcí, u pracovních spár k takovým posunům dochází jen velmi omezeně.

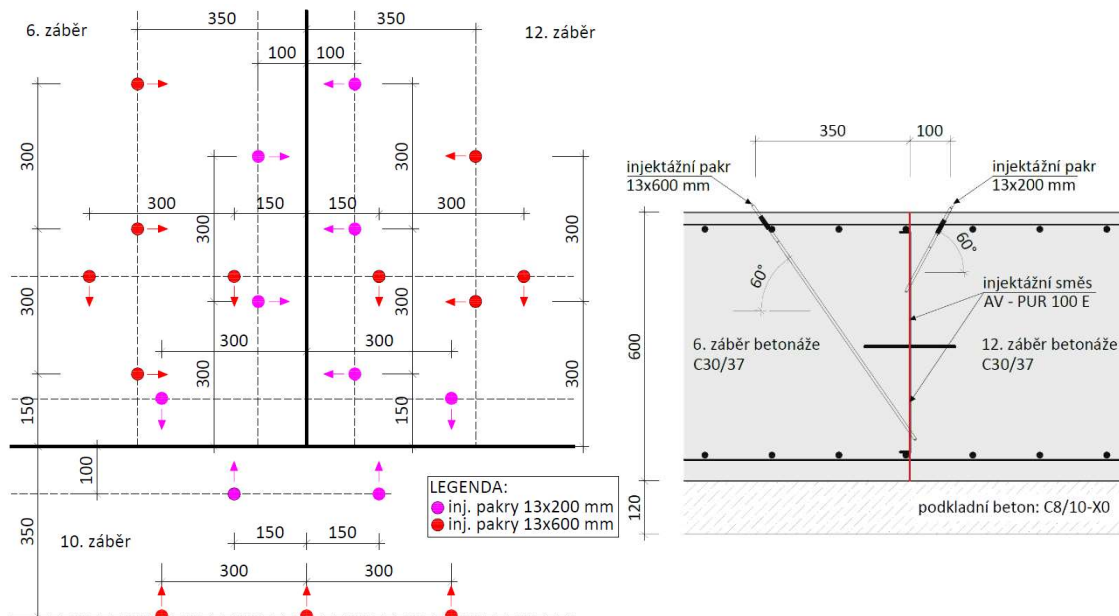
Navrhovaný sanační systém se skládá ze dvou druhů injektážních pakrů a injektážní směsi.

Injektážní pakry

Velmi důležitou součástí každé injektáže jsou injektážní pakry. Pakry zajišťují spojení konstrukce s injektážním strojem. Dle druhu použití se vyrábějí injektážní pakry ocelové, hliníkové či plastové. V tomto případě, kdy je potřeba zainjektovat konstrukci silnou 600 mm budou nejvhodnější volbou pakry ocelové.

Velmi důležité je správné osazení pakrů. Správně osazený pakr je na kraji vrtu a neomezuje injektáž spáry, látka může snadno proniknout do konstrukce a utěsnit průsak. Poloha a způsob uložení jednotlivých pakrů je znázorněn na *Obrázcích 41 a 42*. Injektážní pakry prvního druhu jsou dlouhé 600 mm, mají průměr 13 mm a slouží jako prostředek pro dopravu injektážní směsi do spodní oblasti pracovní spáry, tj. do oblasti pod těsnicím plechem. Injektážní pakry druhého typu jsou dlouhé 200 mm, mají průměr 13 mm a slouží jako prostředek pro dopravu injektážní směsi do horní oblasti pracovní spáry. Otvory pro umístění obou druhů pakrů budou navrtány pod úhlem 60°

od vodorovné roviny. Hlavy pakrů prvního druhu, které jsou dlouhé 600 mm, budou umístěny ve vzdálenosti 350 mm od pracovní spáry. Hlavy krátkých pakrů pak ve vzdálenosti 100 mm od pracovní spáry. Geometrie umístění je zvolena ve snaze vyplnit pracovní spáru v celém průřezu a také nepoškodit těsnicí plechy. [20]



Obrázek 41 (vlevo): Injektáž - rozmístění injektážních pakrů v půdoryse

Obrázek 42 (vpravo): Injektáž - schematický řez sanovaným místem

Zdroj: autor BP

Zdroj: autor BP

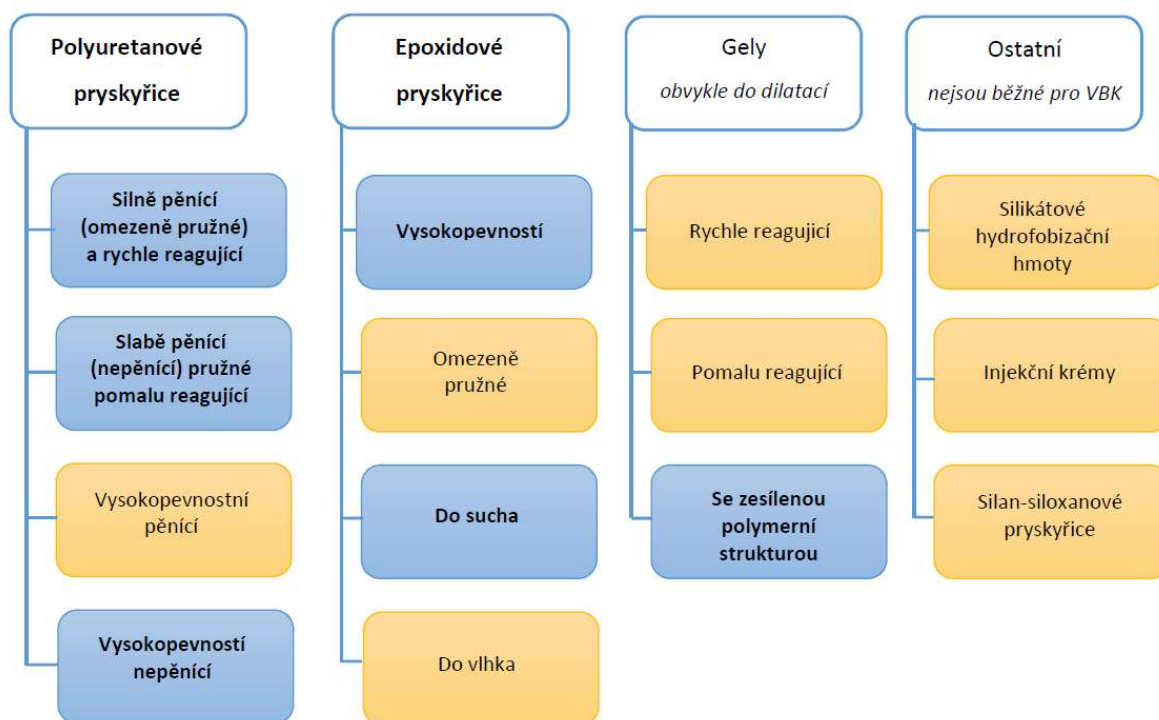
Injektážní směs

Zásadním faktorem úspěchu každé injektáže je výběr správné injektážní směsi. Volba směsi vyplývá ze skutečností zjištěných při stavebně technickém průzkumu a stanovených cílů sanačního opatření, tj. požadavku na úplné zamezení infiltrace vody konstrukcí. Přehled nejzákladnějších injektážních směsí je znázorněn na Obrázku 43. Volba směsi záleží především na množství pronikající vody, tj. zda se jedná o trhlinu suchou, zavlhlou či vodonosnou. Dále na charakteru a velikosti trhlín. Zcela zásadní při výběru směsi jsou i kritéria související s požadavkem na přenášení silových zatížení. Jiná kritéria budou kladena na injektážní směs navrhovanou pro utěsnění pracovních spár, jiná pro dilatační spáry.

Hlavní roli pro spolehlivé utěsnění a vyplnění spár hraje viskozita. Injektážní směs by měla být co nejřidší, tedy s co nejnižší viskozitou. V této souvislosti je nutno upozornit na proměnlivost hodnoty viskozity v závislosti na teplotě. Při poklesu teploty viskozita

roste, naopak při zvýšení teploty klesá. Na velikost viskozity, tedy i rychlost reakce, má vliv i teplota konstrukce a teplota vody, resp. teplota injektovaného prostředí.

V tomto konkrétním případě, kdy se jedná o zavlhlou trhlinu v pracovní spáře, bude použita PUR pěnicí pryskyřice nesoucí výrobní označení *AV-PUR 100 E*. Jedná o jednosložkovou směs o velmi nízké viskozitě. Podrobnější informace lze nalézt v technickém listě [29].



Obrázek 43: Schéma používaných chemických injektážních hmot pro konstrukce z vodonepropustného betonu; tučně jsou uvedeny nejčastěji používané typy injektážních hmot

Zdroj: Manuál ke školení ČBS Akademie – TP ČBS 04 [20]

Injektážní zařízení

Injektážní zařízení musí korespondovat s typem zvolené injektáže, především pak se zvolenou injektážní látkou, jejím chováním a požadavky na mísení jednotlivých složek. Za injektážní zařízení lze zvolit ruční, elektrické či vzduchové pumpy. Nejdůležitější sledovanou vlastností je tzv. pracovní tlak. Pokud je pracovní tlak příliš malý a injektážní směs velmi vazká, nemusí dojít k požadovanému vyplnění trhlin. Pokud je naopak pracovní tlak vyšší než maximální, narůstá riziko mechanického poškození betonu. Proto se maximální pracovní tlak stanovuje jako $0,3 \times \text{krychelná pevnost betonu [MPa]} \times 10 \text{ bar}$. V místě injektáže je použit beton



pevnostní třídy C30/37, tedy maximální pracovní tlak bude roven $0,3 \times 37 \times 10 = 111 \text{ bar}$. S ohledem na tuto skutečnost bude uplatněna aplikace injektážní směsi pomocí elektrické či vzduchem poháněné pumpy pro jednosložkové směsi. Nastavení pracovního tlaku se bude odvíjet od aktuální teploty vzduchu, teploty konstrukce a množství infiltrující se vody v době realizace sanačního opatření. [20]

9.2. Infiltrace vody dilatační spárou

9.2.1. Popis objektu

Předmětem řešení je bytový dům v Praze – Modřanech, který byl dokončen v roce 2019. Bytový dům je součástí nově vznikající rezidenční čtvrti nesoucí název „Modřanka“, konkrétně se jedná o bytový dům fáze výstavby F. Objekt lze funkčně rozdělit na dvě části – část 1 a část 2. Část 1 je vysoká 45,9 m, má 15 nadzemních a 2 podzemní podlaží a je čtvercového půdorysu (přibližně 20,5 m x 23,5 m). Podzemní podlaží jsou využita jako prostory pro parkování, skladovací prostory a zázemí pro technické zařízení budovy. V nadzemních podlažích je umístěno 64 bytových jednotek. Část 2 bytového domu má 2 podzemní podlaží a vytváří další parkovací prostory pro obyvatele domu. Obě tyto části jsou od sebe odděleny dilatační spárou. Průchodnost i průjezdnost mezi oběma částmi je však bez omezení.



Obrázek 44 (vlevo): Řešený objekt po dokončení v roce 2019



Obrázek 45 (vpravo): Podzemní parkoviště řešeného objektu, pohled z části 1 do části 2

Zdroj: autor BP

Zdroj: autor BP



9.2.2. Konstrukční a stavebně technické řešení objektu

9.2.2.1. Základové konstrukce

Celý objekt je založen na základové desce z vodonepropustného betonu. Deska je bodově podpírána vrtanými pilotami a leží na podkladním betonu C 12/15, který má tloušťku 50 mm. Piloty jsou realizovány dle PD z betonu C25/30 XC2 s minimálním krytím výztužného koše 80 mm. Základová deska je navržena ve dvou tloušťkách, v části 1 pod hlavním výškovým objektem je navržena v jednotné tloušťce 300 mm, pod garážovou částí 2 v jednotné tloušťce 250 mm. Celá základová deska je vyrobena z betonu C 25/30 XC2, XA1, směs je doplněna o přísadu *XYPEX Admix*. Maximální návrhový průsak při 90denní pevnosti je stanoven na hodnotu 35 mm a maximální přípustná šířka trhliny v konstrukci pak na 0,3 mm. V místě dojezdů výtahových šachet a čerpacích jímek je základová deska snížena. Základová deska byla strojně hlazena a je na ni nanesen vodotěsný difuzně propustný epoxidový systém. [30]

9.2.2.2. Svislé konstrukce

Nosné svislé konstrukce v podzemních podlažích tvoří železobetonové monolitické stěny a sloupy. Stěny jsou navrženy jako konstrukce z vodonepropustného betonu, konkrétně C 25/30 XC2, XA1 + přísada *XYPEX*, 90denní pevnost, max. průsak 35 mm, max. šířka trhlín 0,3 mm. Obvodové stěny v kombinaci se základovou deskou tvoří hydroizolační obálku budovy. [30]

9.2.2.3. Vodorovné konstrukce

Všechny stropní konstrukce v podzemních i nadzemních podlažích jsou opět železobetonové monolitické. PD uvádí, že stropní konstrukce jsou zhotoveny z betonu C 25/30 XC2, XA1, tentokrát však již bez krystalizační příměsi. [30]

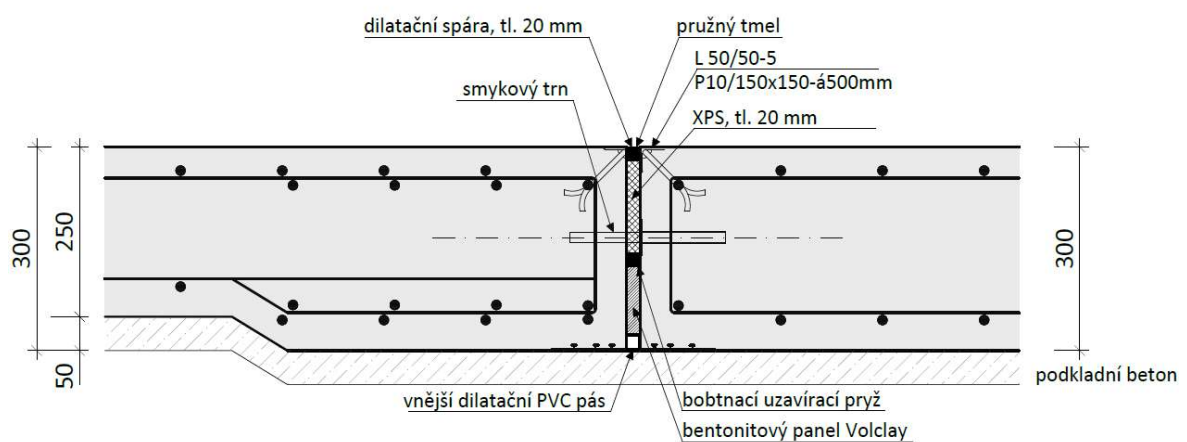
9.2.2.4. Hydroizolace spodní stavby

Hydroizolační obálku spodní stavby tvoří konstrukce z vodonepropustného betonu, tj. základová deska a obvodové konstrukce. Betonová směs použitá do těchto konstrukcí v sobě obsahuje krystalizační přísadu *XYPEX Admix*. Konstrukce, které jsou v kontaktu se zemínou, jsou navrženy na maximální šířku trhliny 0,3 mm. Veškeré pracovní a dilatační

spáry v základové desce a obvodových konstrukcích podzemních podlaží jsou navrženy jako vodonepropustné. [30]

9.2.2.5. Dilatační spára

Dilatační spára v řešeném objektu prochází skrze všechny konstrukce včetně základové desky. Dilatační spára má tloušťku 20 mm. V místech, kde dochází ke kontaktu základové desky a obvodových stěn se zemínou, je dilatační spára opatřena vnějším PVC dilatačním těsnicím pásem, který je doplněn o bentonitové panely *Volclay* a bobtnající uzavírací pryž. Ve vodorovných konstrukcích, tj. základová deska a stropy nad 2.PP a 1.PP, se nachází smykové trny z nerezové oceli, které jsou od sebe vzdáleny 1550 mm. Dilatační spára je také doplněna o přejezdové lišty z válcovaných ocelových L profilů o rozměrech 50/50 mm, tloušťky 5 mm. Lišty jsou pomocí kotvicích prvků pevně zabetonované v základové desce a stropu nad 2.PP. Mezera vzniklá mezi deskami stropu nad 2.PP je vyplněna extrudovaným polystyrenem tloušťky 20 mm, to samé platí pro zbylý prostor dilatační spáry u základové desky a obvodových stěn. Celá spára mimo pojižděných částí je povrchově zaklopena pohledovým ocelovým plechem z nerezové oceli, pojižděná spára je vyplněna pružným tmelem. Dilatační spára v oblasti stropu nad 1.PP je řešena odlišným způsobem pomocí systému navazujícího na povlakové hydroizolace. [30]



Obrázek 46: Detail dilatační spáry mezi částí 1 a částí 2 v oblasti ZD řešeného objektu

Zdroj: autor BP

9.2.3. Porucha

V místě dilatační spáry dochází k dlouhodobému průsaku vody do vnitřních prostor garáží. Toto poruchové místo se nachází v nejnižším podlaží objektu, v místě dilatační spáry mezi částí 1 a částí 2 bytového domu. Množství pronikající vody do vnitřních prostor není velké, ale v období, kdy je půda nasáklá následkem dešťových srážek, se množství pronikající vody zvyšuje a dochází ke vzniku mokrých map na konstrukcích a hromadění vody na podlaze.

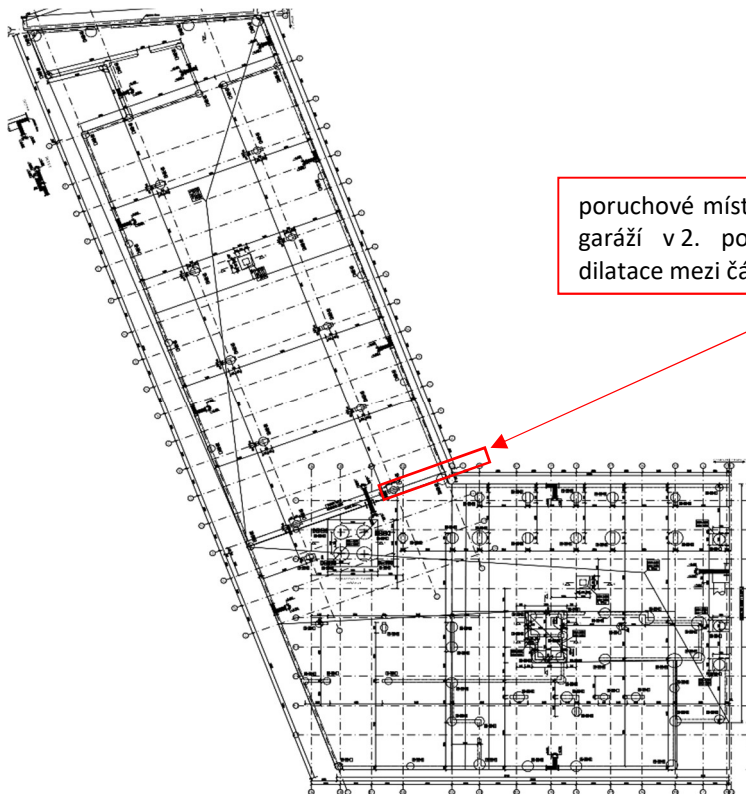


Obrázek 47 (vlevo): Neúspěšně provedená sanace injektážní pakry

Zdroj: autor BP

Obrázek 48 (vpravo): Detail dilatační spáry - poruchové místo

Zdroj: autor BP



poruchové místo – průsak vody do prostoru garáží v 2. podzemním podlaží – oblast dilatace mezi částí 1 a částí 2 bytového domu

Obrázek 49: Zmenšený výkres tvaru ZD se zakreslením místa poruchy

Zdroj: [30]



Vzhledem k nemožnosti obnažení konstrukce z vnější strany lze příčinu poruchy zjišťovat pouze z interiéru. S největší pravděpodobností dochází k infiltraci vody do konstrukce díky netěsnosti PVC těsnicího dilatačního pásu. Netěsnost pásu může být způsobena několikaletými důvody. Jedním z důvodů může být mechanické poškození pásu, tzn. jeho proděravění či proříznutí. K takovému poškození většinou dochází neopatrností při realizaci nebo při provádění zemních prací v bezprostřední blízkosti dilatační spáry. Nefunkčnost těsnicího pásu může být také způsobena nesprávnou manipulací nebo skladováním před umístěním do konstrukce. V neposlední řadě možnou příčinou může být nekvalita při provádění monolitických konstrukcí. Konstrukce mohla být v místě poruchy nedostatečně probetonována nebo špatně ošetřována.

9.2.4. Sanační opatření

V poruchovém místě již k jedné neúspěšné sanaci došlo. Sanace byla provedena pomocí injektážního systému skládajícího se z injektážních pakrů a injektážní směsi. V řešené oblasti byly navrtány šikmé otvory přibližně po 200 mm po obou stranách dilatační spáry. Do otvorů byly vloženy injektážní pakry, které byly mechanicky stabilizovány. Následně došlo k připojení injektážního zařízení a pod tlakem k injektáži směsi na bázi pryskyřice.

Nejprve je nutno zhodnotit vybraný sanační systém. Sanační metoda injektáže je v dnešní době asi nejrozšířenějším způsobem sanace podobných poruch vznikajících u konstrukcí tzv. „bílých van“. Důvodem volby je nejčastěji nižší cena v porovnání s ostatními metodami a relativně nenáročná technologie provádění. Systém sanace pomocí injektážních pakrů však má svá omezení a specifika. V tomto případě, kdy se jedná o sanaci dilatační spáry, je nejdůležitějším kritériem pro výběr správné sanační metody předpokládaný pohyb ve spáře. Toto omezení vyplývá z mechanicko-fyzikálního chování injektované směsi. Injektovaná směs dokáže dokonale vyplnit injektovaný prostor, aktivovat se a plnit svůj účel pouze při malých pohybech ve spáře, které se pohybují v řádech několika milimetrů.

Použitý sanační systém se zdá být neefektivní. Důvodů neúspěchu může být vícero. Hlavním důvodem by mohl být právě větší pohyb v dilatační spáře. K žádnému takovému zjištění však zatím nedošlo, dilatační spára se jeví ze statického hlediska jako velice



stabilní a k výrazným posunům zatím nedošlo. Dalším důvodem neúspěchu by mohla být nevhodně zvolená injektážní směs či absence pracovního kroku, kdy by mělo dojít k vyjmutí původních vrstev a následné náhradě za nové. Tímto pracovním krokem by došlo k vytvoření ideálnějších podmínek pro zvolenou injektáž, nežli jak je tomu v tomto případě, kdy dobrému proniknutí injektážní směsi brání původní vrstvy. Může se také ale jednat pouze o špatně zvolené umístění pakrů (poloha a rozteč pakrů, úhel naklonění, hloubka zavedení pakrů do otvoru) nebo špatně zvolenou technologii provádění (malý pracovní tlak či aplikace injektážní směsi v teplotách jiných než povolených).

V následující podkapitolách jsou popsány další alternativní možné sanační metody.

9.2.4.1. Sanační metoda č.1 – injektáž dilatační spáry

Vzhledem k prozatím jevícím se malým posunům v dilatační spáře připadá v úvahu sanační metoda pomocí injektáže. Oproti již realizované injektáži dojde ke komplexnějšímu náhledu na poruchu a volbě vhodnějších opatření.

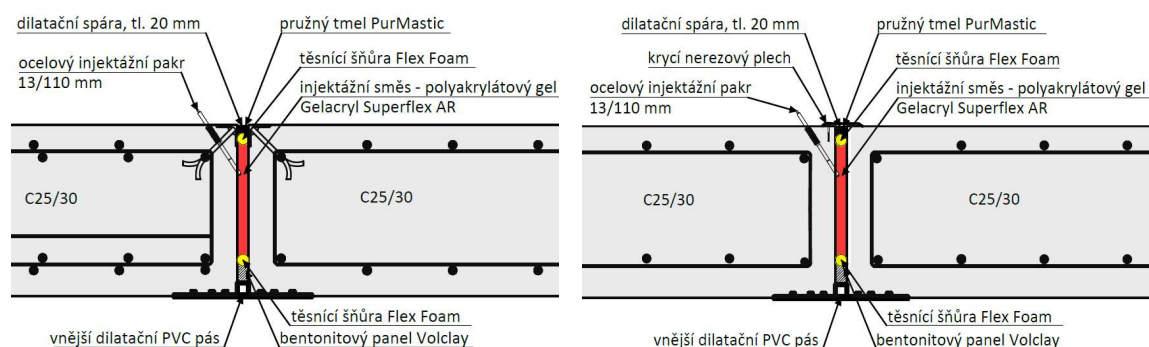
V prvním kroku je potřeba vyjmout z dilatační spáry všechny původní materiály, které by mohly ovlivnit výsledek injektáže. Je potřeba vyjmout pružný tmel, extrudovaný polystyren (XPS), bobtnající uzavírací pryž i větší část bentonitového panelu *Volclay*. Obnažení dilatační spáry musí probíhat velmi opatrně a pečlivě, nemělo by dojít k poškození PVC dilatačního pásu. Snahou je zbavit spáru všech nesoudržných částic, nečistot a zbytků původních materiálů.

Po přípravě podkladu může dojít k samotnému sanačnímu opatření. Systém injektáže tvoří tyto navzájem kompatibilní prvky:

- Injektážní směs z polyakrylátového gelu – *Gelacryl Superflex AR [31]*
- Injektážní ocelové pakry 13/110 mm
- uzavírací pružný tmel *PurMastic [32]*
- těsnicí šňůra *Flex Foam [33]*

V prvním kroku dojde k vyvrtání otvorů podél poruchového místa. Otvory budou vyvrtány pod úhlem 45° a k vrtání dojde 50 mm od hrany dilatační spáry. Otvory budou od sebe vzdáleny střídavě po obou stranách ve vzdálenosti 150 mm. Po vyvrtání všech

otvorů dojde k dokonalému vysátí nově vzniklého prachu z oblasti dilatační spáry. Dále přijde osadit těsnicí šňůra *Flex Foam* [33] ve dvou vrstvách. První vrstva bude zabráňovat úniku injektážní směsi vně konstrukce a bude zatlačena do maximální hloubky, druhá (pomocná) vrstva bude tvořit bariéru mezi injektážní směsí a pružným tmelem a přijde osadit do takové hloubky od povrchu, aby byla splněna podmínka pro optimální příčný průřez tmele. Za ideální průřez tmele se považuje pravidelný průřez o poměru šířky : hloubce 1:1 až 2:1. Po nanesení a vytvrzení pružného tmele *PurMastic* [32] je řešené místo již dostatečně připravené na samotnou injektáž aktivní směsi. Jako injektážní směs bude použit polyakrylátový gel *Gelacryl Superflex AR* [31], který je vysoce pružný a tím pádem i vhodný pro těsnění dilatačních spár s malými deformacemi jako je tato. Gel vzniká mísením dvou složek v poměru 1:1. První složka je polyakrylátová pryskyřice a druhá je polymerová směs. K mísení obou složek dochází až při samotném injektování dvousložkovou pumpou. Postup injektáže je takový, že se začíná injektovat první pakr při nejnižším tlaku injektážního zařízení. Postupným přidáváním tlaku injektážní gel dosáhne místa dalšího pakru. Injektáž prvního pakru se zastaví ve chvíli, kdy z dalšího pakru vytéká čistá injektážní směs. Následně se přejde na další pakry. Po injektáži několika pakrů dojde ke doinjektování prvních pakrů. Tento postup se opakuje do té doby, než je utěsněna celá sanovaná oblast dilatační spáry. Nedílnou součástí sanační metody pomocí injektáže je stanovení maximálního pracovního tlaku injektážního přístroje. V místě injektáže je použit beton pevnostní třídy C25/30, tedy maximální pracovní tlak bude roven $0,3 \times 30 \times 10 = 90 \text{ bar}$. [20]



Obrázek 50 (vlevo): Sanační metoda č.1, schéma provedení v místě dilatační spáry, styk ZD/ZD

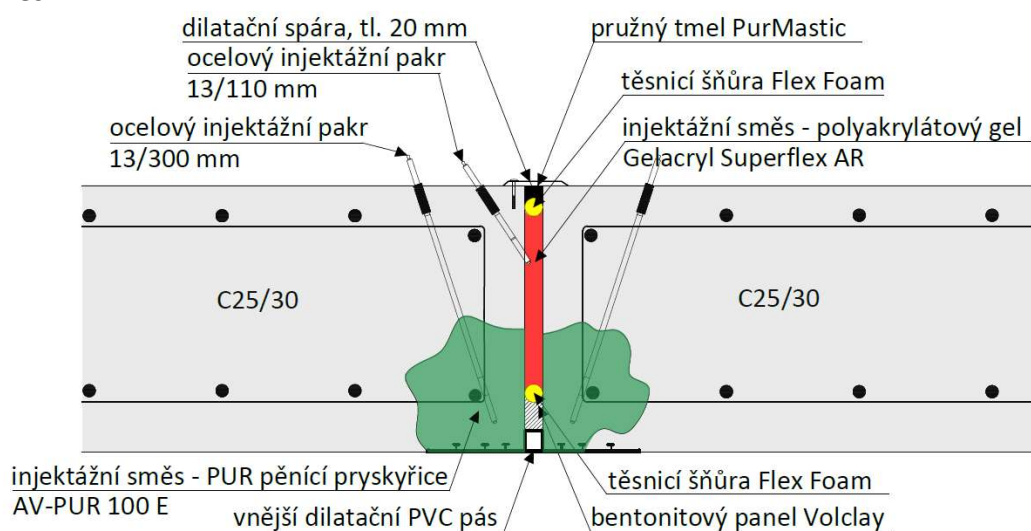
Obrázek 51 (vpravo): Sanační metoda č.1, schéma provedení v místě dilatační spáry, styk stěna/stěna

Zdroj: autor BP

9.2.4.2. Sanační metoda č.2 – injektáž dilatační spáry a okolí

Další varianta přímo navazuje na předchozí sanační opatření, kdy došlo k injektáži prostoru dilatační spáry. Sanační metoda č.2 rozšiřuje předchozí variantu o injektáž bezprostředního okolí dilatační spáry. Injektáží okolní betonové konstrukce dojde k vyplnění dutin a pórů betonové struktury. Tento předpoklad vyplývá ze skutečnosti, že okolní betonové konstrukce jsou zhotoveny z betonu pevnostní třídy C25/30, který obsahuje značné množství pórů. Tlakem injektovaný materiál tedy zaplní část spektra pórovité struktury v důsledku zvětšení objemu napěněním. Nově vzniklá pěnová hmota bude mít uzavřenou pórovitost a odolá tak působícímu tlaku vody.

K samotné injektáži okolních konstrukcí dojde až ve chvíli, kdy bude v plném rozsahu zainjektována dilatační spára (viz. Sanační metoda č.1, kapitola 9.2.4.1). V prvním kroku dojde k navrtání otvorů pro injektážní pakry. Otvory budou navrtány pod úhlem 60° ve vzdálenosti 150 mm od sebe po obou stranách dilatační spáry. Hlavy otvorů by měly být ve vzdálenosti 125 mm od hrany dilatační spáry. V následujícím kroku dojde k vysátí vyvrtaných otvorů a aplikaci injektážních pakrů. S ohledem na geometrii a charakter konstrukce budou použity ocelové injektážní pakry dlouhé 300 mm o průměru 13 mm. Po zavedení a mechanickém ukotvení pakrů dojde k samotné injektáži. Jako injektážní směs bude použita PUR pěnicí pryskyřice AV-PUR 100 E. Jedná se o jednosložkovou směs o velmi nízké viskozitě. Podrobnější informace lze nalézt v technickém listě [29]. K injektáži pryskyřice dojde pomocí elektrické či vzduchové pumpy pro jednosložkové směsi.



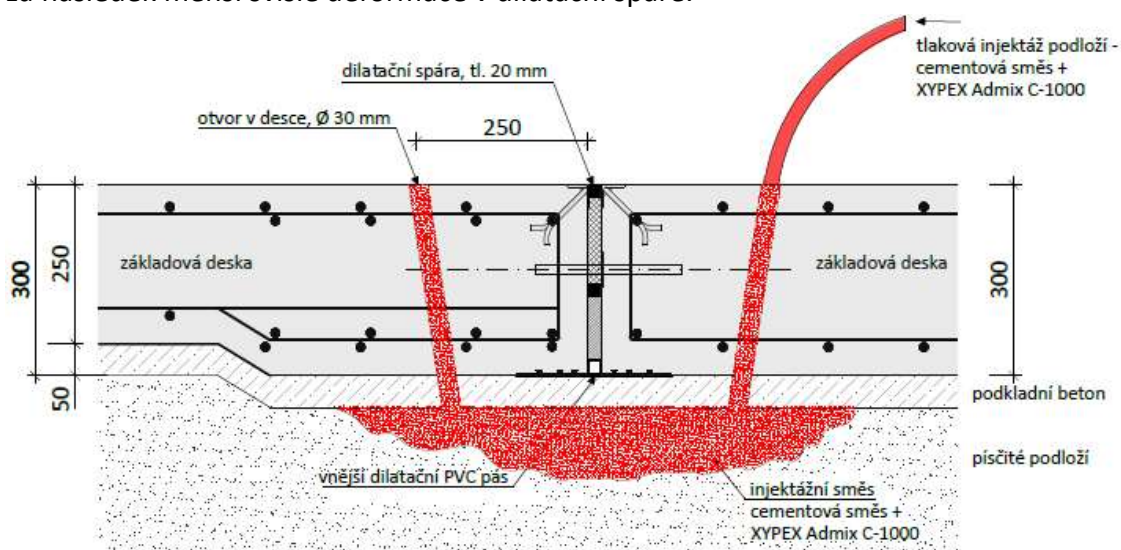
Obrázek 52: Schéma sanační metody č.2 - Injektáž dilatační spáry i okolních konstrukcí Zdroj: autor BP

9.2.4.3. Sanační metoda č.3 – tlaková injektáž podloží a okolního zásypu

Na základě stavebně technického průzkumu a geologického průzkumu, který byl vytvořen před samotným zahájením stavby, lze poruchové místo sanovat také pomocí tlakové injektáže podloží. Tato varianta se nabízí především díky typu podloží, které se nachází pod základovou spárou objektu. Podloží objektu je velmi nesoudržné, jedná se o písčité druh zeminy. [35]

V prvním kroku dojde k navrtání otvorů průměru 30 mm pod úhlem 80° od vodorovné roviny. Otvory budou procházet skrze celou konstrukci. V místě podlahy do vzdálenosti tří metrů od rohu poruchového místa základovou deskou i podkladním betonem. V místě stěny do výšky 2,5 m od podlahy. Otvory budou vyvrtány střídavě po obou stranách konstrukce ve vzdálenosti 500 mm od sebe. Vzdálenost otvorů od dilatační spáry bude 250 mm. Jako injektážní prostředek bude použita cementová směs doplněna o krystalizační přísadu *XYPEX Admix C-1000* [34]. Postup tlakové injektáže bude takový, že dojde k injektáži prvního otvoru, a to do té doby, dokud z otvoru následujícího nezačne vytékat čistá injektážní hmota. V tu chvíli dojde k injektáži dalšího otvoru. Tento postup se bude opakovat do té doby, kdy dojde k zainjektování všech otvorů.

Velkým rizikem této sanační metody je absence kontroly homogenity a geometrie proinjektovaného prostředí. Naopak výhodou je zpevnění podloží, což by mohlo mít za následek menší svislé deformace v dilatační spáře.



Obrázek 53: Sanační metoda č.1 - Tlaková injektáž podloží

Zdroj: autor BP

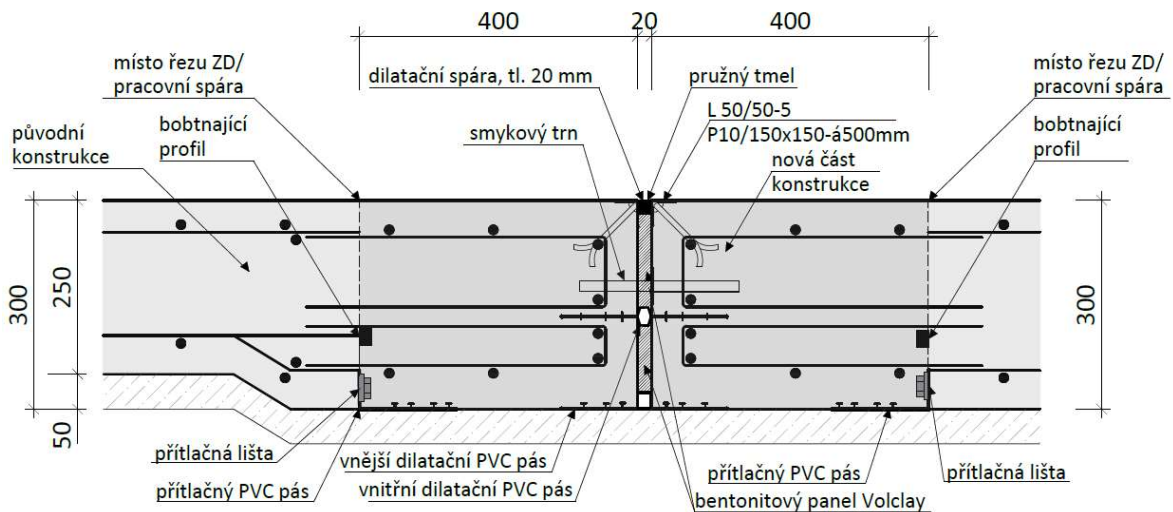


9.2.4.4. Sanační metoda č.4 – sanace v plném průřezu

Nejvíce technologicky a finančně náročnou je sanace poruchového místa v celém průřezu. Sanací dojde sice k vytvoření dvou nových pracovních spár v konstrukci, ale zároveň k zachování funkčnosti spáry dilatační. Tato sanační metoda je pouze možnou alternativou, pokud by některá z předchozích sanačních metod nezafungovala.

V prvním kroku je potřeba vyříznout pás široký 800 mm, tedy 400 mm na každé straně od dilatační spáry. Řez musí být velmi přesný a probíhat celým průřezem základové desky. V následujícím kroku je potřeba vyrovnat vrstvu podkladního betonu do požadované rovinnosti a celý prostor dostatečně očistit. Po přípravě podkladu může dojít k aplikaci PVC přitlačných pásů po obou nově vzniklých stranách, a to k dolnímu líci konstrukce. Tyto pásy budou sloužit jako hlavní těsnicí prvek chránící pracovní spáru před infiltrací vody. Tyto pásy jsou doplněny o pojistný systém z bobtnajících pásků. Pásky přijdou ukotvit do 1/3 průřezu od dolního líce základové desky. Po aplikaci těsnicích systémů pracovních spár dojde k doplnění chybějící výztuže dle původní realizační dokumentace. Betonářská výztuž přijde navrtat a vlepit do původní konstrukce pomocí chemické kotvy. Ve snaze zachovat možnost dilatačních posunů v dilatační spáře dojde k osazení dvou PVC těsnicích pásů, jednoho vnějšího a druhého vnitřního. Hlavní vnější těsnicí pás je navržen při spodním líci základové desky, pojistný těsnicí pás pak uprostřed průřezu konstrukce. Pro správnou funkci obou pásů musí být dbáno na opatrné zacházení a řádnou montáž. Pásy nesmí být mechanicky poškozeny a musí být ukotveny ve stabilní poloze, aby během betonáže nedošlo k jejich posunutí. Po osazení dilatačních pásů může dojít k obednění jedné ze dvou částí konstrukce a osazení pojezdových lišt a pouzder pro smykové trny. Dle realizační dokumentace mají být smykové trny osazeny v osové vzdálenosti 1550 mm od sebe. V tuto chvíli je již polovina konstrukce připravena na samotnou betonáž. Požadavky na betonovou směs jsou stejné jako na beton okolních konstrukcí, tedy C 25/30 XC2, XA1, kdy je směs doplněna o přísadu *XYPEX Admix*. Maximální návrhový průsak při 90denní pevnosti je stanoven na hodnotu 35 mm a maximální přípustná šířka trhliny v konstrukci pak na 0,3 mm. Pro docílení jednolitosti základové desky je nutno konstrukci ošetřovat obdobným způsobem jako původní konstrukce. V tomto případě by mělo dojít k leštění

povrchu pomocí strojních hladíček. Jakmile dojde k odbednění nově vzniklé konstrukce lze osadit bentonitové panely *Volclay* o tloušťce 20 mm, které tvoří pružnou aktivní distanci mezi oběma dilatačními celky. Osazením smykových trnů do zabetonovaných pouzder je druhá část připravena na další betonáž. Finálním krokem je aplikace pružného tmele do místa nově vzniklé dilatační spáry.



Obrázek 54: Sanační metoda č.3, sanace v celém průřezu

Zdroj: autor BP

9.3. Porušený dilatační pás mezi stávajícím a napojovaným objektem

9.3.1. Popis objektu

Předmětem řešení je bytový dům v Praze – Modřanech, který je součástí nově vznikající rezidenční čtvrti nesoucí název „Modřanka“. Konkrétně se jedná o bytový dům fáze výstavby „A“. Nadzemní část objektu lze rozdělit na 3 části, kdy dvě krajní z nich budou mít 8 nadzemních podlaží a prostřední z nich 5 nadzemních podlaží. Každá z částí bude mít čtvercový půdorysný rozměr přibližně 20 m x 20 m. Pod celým objektem budou situovány 2 podzemní podlaží pro garážová stání a zázemí TZB. Nadzemní podlaží budou využívána jako bytový prostor. Úroveň čisté podlahy nejnižšího patra se bude nacházet 6,5 m pod povrchem okolního terénu. Nejvyšší bod objektu se bude tyčit ve výšce 25 m. Řešený objekt „A“ se staví v bezprostřední blízkosti předchozí, již dokončené, etapy „B“. Prostor dvou podzemních podlaží bude přímo napojen na předchozí etapu.

V místě kontaktu obou objektů je navržena dilatační spára tl. 20 mm. Nadzemní podlaží již vzájemně propojena nebudou. [36]



Obrázek 55: Foto řešeného objektu ve fázi realizace základové desky - stavba Neoriviera, fáze „A“, Praha – Modřany
Zdroj: autor BP

9.3.2. Konstrukční a stavebně technické řešení objektu

9.3.2.1. Svislé konstrukce

Nosné svislé konstrukce v podzemních podlažích budou tvořeny železobetonovými monolitickými stěnami a sloupy. Obvodové stěny v kombinaci se základovou deskou budou tvořit hydroizolační obálku budovy. Obvodové stěny jsou navrženy jako konstrukce z vodonepropustného betonu, konkrétně C30/37 – XA1, XC3 s přidáním příměsi *XYPEX Admix* (2kg/m³). Vnitřní krytí výztuže obvodových stěn bylo stanoveno na hodnotu 20 mm, vnější na hodnotu 40 mm. [36]

9.3.2.2. Vodorovné konstrukce

Všechny stropní konstrukce v podzemních i nadzemních podlažích budou opět železobetonové monolitické. Projektová dokumentace uvádí, že stropní konstrukce budou zhotoveny z betonu C 30/37 – XC1, tentokrát však již bez krystalizační příměsi. [36]

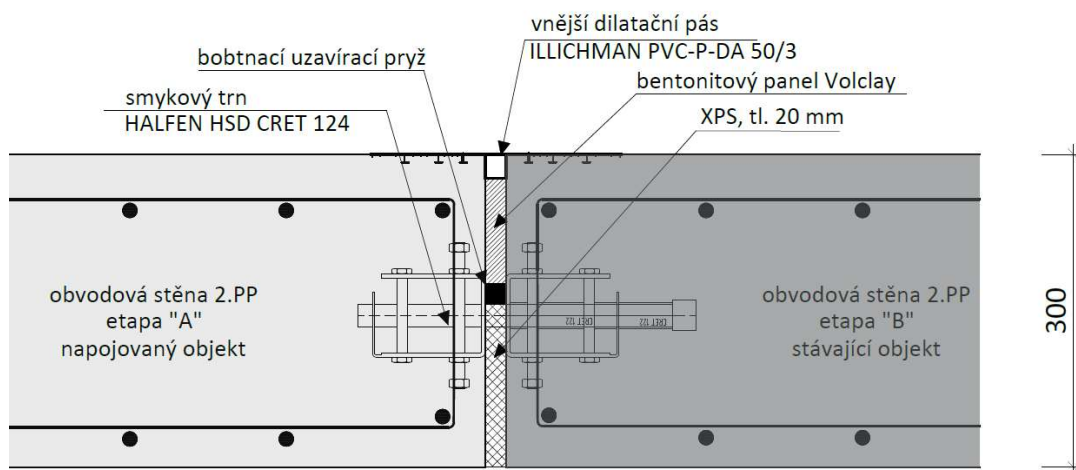
9.3.2.3. Hydroizolace spodní stavby

Hydroizolační obálku spodní stavby budou tvořit konstrukce z vodonepropustného betonu, tj. základová deska a obvodové konstrukce. Betonová směs použitá do těchto konstrukcí v sobě bude obsahovat krystalizační přísadu *XYPEX Admix*. Konstrukce, které budou v kontaktu se zeminou jsou navrženy na maximální šířku trhliny 0,3 mm. Veškeré pracovní a dilatační spáry v základové desce a obvodových konstrukcích podzemních podlaží jsou navrženy jako vodonepropustné. [36]

9.3.2.4. Dilatační spára

Řešená dilatační spára se nachází mezi stávajícím objektem etapy „B“ a nově vznikajícím objektem „A“. Dilatační spára prochází skrze veškeré konstrukce dvou podzemních podlaží i veškeré základové konstrukce. Při výstavbě etapy „B“ se již předpokládalo dodatečné napojení právě realizovaného objektu etapy „A“. Dilatační spára je navržena na tloušťku 20 mm. Během výstavby stávajícího objektu etapy „B“ byl v místech v kontaktu se zeminou do železobetonové konstrukce osazen PVC vnější dilatační pás *ILLICHMAN-PVC-P-DA 50/3*. Tento pás byl z poloviny zabetonován a z poloviny ponechám (připraven) pro zabetonování nyní napojované konstrukce. Nezabetonovaná část pásu byla v mezidobí výstavby obou etap chráněna bedněním z dřevěných překližek. Převážná část napojovaného objektu byla v mezidobí zasypána zeminou. V místě dilatační spáry jsou také navrženy smykové trny *HALFEN HSD CRET 124*. V již zabetonovaných konstrukcích jsou připravena pouzdra, do kterých přijdou tyto smykové trny osadit. [36]

Skladba, kterou by měla obsahovat nově vznikající dilatační spára, je znázorněna na *Obrázku č.56*. Dle projektové dokumentace by v místě obvodových stěn, ale i základové desky, měl být vnější PVC dilatační pás doplněn o bentonitový panel *Volclay* a bobtnající uzavírací pryž. Zbýlý prostor by měl být vyplněn extrudovaným polystyrenem tloušťky 20 mm. [36]

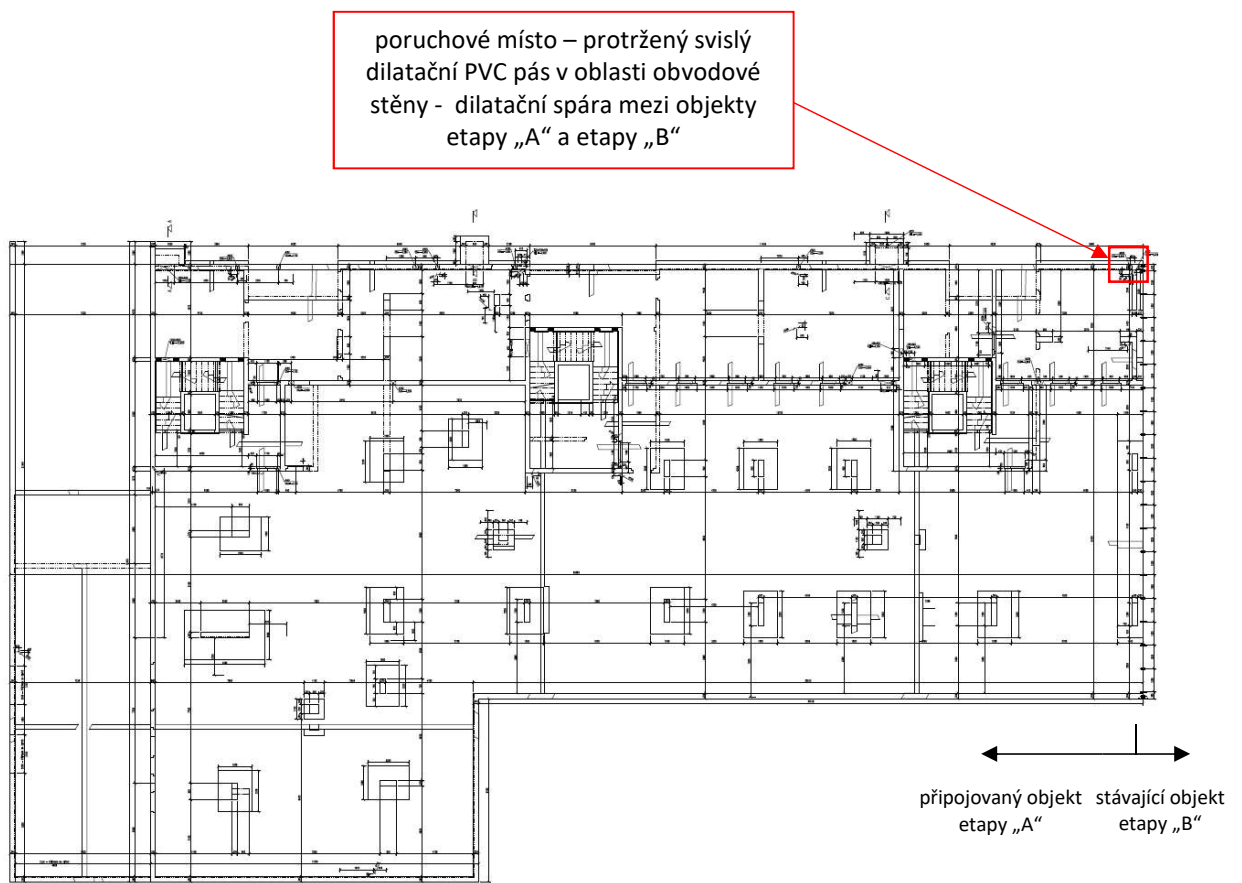


Obrázek 56: Detail řešení dilatační spáry v místě napojování obvodových stěn

Zdroj: autor BP, podklad: realizační dokumentace, výkres tvaru 2.PP [36]

9.3.3. Porucha

Při kontrole zabudovaného PVC vnějšího dilatačního pásu bylo zjištěno jeho poškození na několika místech v oblasti obvodové stěny. Místo poruchy je naznačeno na *Obrázku 57*. Pás byl zhruba v polovině konstrukce a v patě konstrukce výrazně protržen, viz. *Obrázek 58* a *Obrázek 59*. Velikost trhlin je přibližně 50 cm a 10 cm. Příčina porušení PVC pásů není známa. K poškození mohlo dojít při samotné realizaci stávající etapy „B“, a to již během výstavby hrubé stavby nebo během provádění zpětných zásypů. K poškození pásu mohlo také dojít během zemních prací souvisejících s hloubením stavební jámy pro právě realizovanou etapu výstavby „A“. Nelze vyloučit ani pochybení stávajícího zhotovitele, který krytou dilatační spáru obnažoval a čistil. Zbylé části PVC dilatačního pásu se zdají být po důkladné kontrole v pořádku a lze je považovat za plnohodnotný těsnicí prvek.



Obrázek 57: Zmenšený výkres tvaru 2.PP se zakreslením místa poruchy

Zdroj: [36]



Obrázek 58 (vlevo): Pohled na svislou dilataci poruchového místa (dilatace mezi stávajícím objektem etapy "B" a napojovaným objektem etapy "A")

Obrázek 59 (vpravo): Detail porušené dilatace – protržený PVC pás

Zdroj: autor BP

9.3.3.1. Sanační metoda č.1 – lokální vyspravení PVC pásu

Nejjednodušší a finančně nejméně náročnou formou sanace je volba lokálního vyspravení PVC dilatačního pásu. Před zahájením sanačních prací je potřeba dilatační pás dokonale zbavit všech nečistot a mastnot. K tomu postačí tlakový vodní čistič, popřípadě odmašťující přípravky. Po přípravě podkladu bude odborným pracovníkem provedeno pomocí speciálních zařízení a nářadí vyspravení poruchových míst. K opravě bude potřeba vulkanizační zařízení, vulkanizační roztok, speciální nůž, váleček, měrka a bruska. Kvalita provedených spojů a vysprávek bude zkontrolována pomocí jiskrové zkoušky. Po provedení opravy a kontroly dojde k realizaci dilatační spáry dle původní projektové dokumentace. Nutno podotknout, že tato sanační metoda pouze odstraní zjevné trhliny a proděravění. Neodhalené dislokace nebo ztráta požadovaných vlastností dilatačního pásu vlivem působení vnějšího prostředí mohou v budoucnu mít za následek nefunkčnost celého systému.

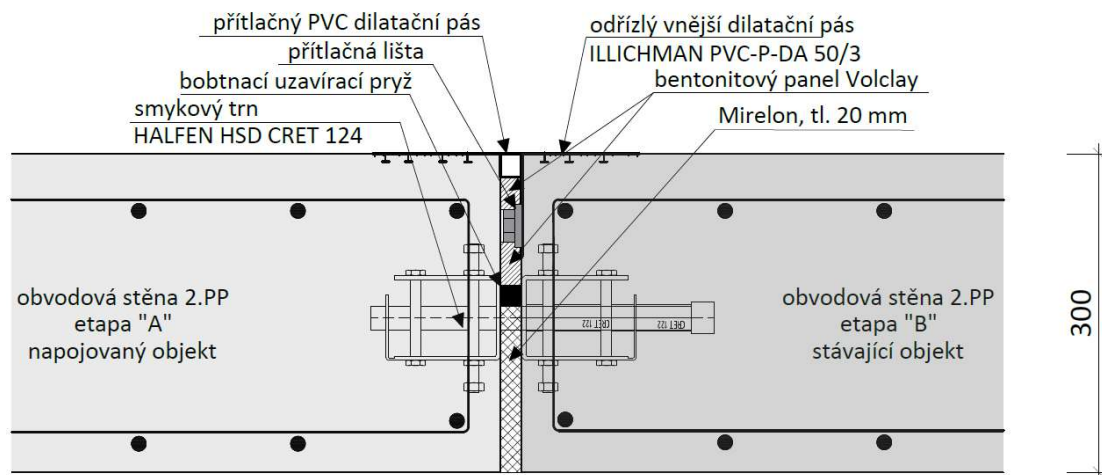
9.3.3.2. Sanační metoda č.2 – přítlačný pás

Možností, jak zajistit plnohodnotnou funkčnost dilatační spáry, je využití tzv. přítlačného PVC pásu. Tento systém se skládá z dilatačního PVC pásu tvaru L, kovové



přítlačné lišty a kotvicích šroubů. Prvek je na jedné straně přichycen ke stávající konstrukci mechanicky pomocí přítlačné lišty a na straně druhé je zapuštěn do konstrukce čerstvého betonu. Prostřední mezičlánek PVC pásu tvoří dilatační funkci, přičemž zachovává celistvost a vodonepropustnost spáry. Na *Obrázku 60* je schematicky naznačen detail v místě provedení tohoto systému.

K aplikaci přítlačného pásu dojde v celé výšce konstrukce. V prvním kroku je však nejdříve potřeba odstranit vyčnívající část původního vnějšího dilatačního pásu, který je zapuštěný ve stávající konstrukci. Pás bude odstraněn po celé výšce konstrukce. Pouze v místě paty konstrukce do výšky 30 cm od horní hrany základové desky nedojde k jeho odříznutí. To z toho důvodu, aby později mohlo dojít k řádnému spojení vodorovného neponičeného PVC dilatačního pásu a nově vkládaného přítlačného pásu. V dalším kroku dojde k velmi pečlivému vyčištění povrchu stěn stávající konstrukce etapy „B“. Vyčištění bude probíhat mechanicky pomocí kartáče a tlakovou vodou. V oblasti 10 cm od hrany vnější stěny zároveň musí dojít ke kontrole rovinatosti povrchů. Celá budoucí kontaktní plocha nesmí obsahovat nerovnosti větší jak 3 mm. V případě, kdy tomu tak nebude, musí dojít ke zbroušení povrchu do požadované přesnosti. Jakmile bude podklad do vzdálenosti 10 cm od hrany okraje vnější stěny řádně připraven, dojde k namontování PVC přítlačného dilatačního pásu. Pás bude ke stávající konstrukci stěn etapy „B“ připevněn pomocí přítlačné lišty a kotvicích šroubů. Jako přítlačný pás může být použit například *Tricosal DA 320 K I Tricomer* [25] od společnosti Sika. V místě paty konstrukce musí dojít k dokonalému propojení původního dilatačního pásu vyčnívajícího ze základové desky a nově osazeného přítlačného pásu. K propojení bude použita systémová spojka. Následně budou osazeny smykové trny *HALFEN HSD CRET 124*, bentonitové penaly *Volclay* ve dvou vrstvách a pojistná bobtnající uzavírací pryž, např. bentonitový pás *AQUASTOP* [37]. Zbýlý prostor dilatační spáry směrem do interiéru bude vyplněn *Mirelonem* tloušťky 20 mm. V následující fázi dojde k montáži bednicích dílců na vnější straně konstrukce a přichycení dilatačního pásu na ně. Pás bude přichycen bodově pomocí hřebíků v místech tomu určených, tj. na okraji pásu. Jakmile dojde k finálnímu provedení čistoty pracovních a dilatační spáry, může dojít k zaklopení konstrukce druhou stranou bednicích dílců a k samotné betonáži.



Obrázek 60: Schéma sanační metody č.2 - pomocí přítlačné lišty

Zdroj: autor BP

Tato sanační metoda je oproti předchozí metodě finančně, časově i technologicky náročnější. Nicméně v sobě skrývá značnou výhodu. Výměnou původního PVC dilatačního pásu se eliminuje riziko jeho nefunkčnosti. PVC pás byl v mezidobí jednotlivých etap, tj. po dobu několika měsíců, vystaven vlivům vnějšího okolí, tedy i slunečního záření a vlivům zmrazování a rozmrazování. Efektivnost provedené vizuální kontroly nemusela odhalit všechny poruchové oblasti a kvalita těsnicího pásu tak nemusela být zcela věrohodně posouzena. Z těchto důvodů dojde montáží zcela nového těsnicího pásu k vyloučení možných rizik vyplývajících z uvedeného.

9.4. Infiltrace vody prostupem TZB

9.4.1. Porucha

V místě prostupu kanalizačního potrubí suterénní stěnou z vodonepropustného betonu dochází k infiltraci vody. Kanalizační potrubí je vyrobeno z neměkčeného polyvinylchloridu, tzv. PVC-U. Vnější průměr potrubí je 110 mm. Otvor, jímž kanalizační roura prochází, má vnitřní průměr 150 mm. V otvoru je stále ponechán ztravný bednicí prvek vložený před betonáží. Prvek je ze stejného materiálu jako prostupující potrubí, ovšem o jeden jmenovitý rozměr větší, tj. 150 mm. Výplň mezi stěnou prostupu a prostupujícím potrubím tvoří montážní pěna. Voda prosakuje výplňovým prostorem mezi potrubím a stěnou prostupu, ale pravděpodobně i netěsnostmi mezi ztravným prvkem a okolní hmotou betonu.

Příčina vzniku poruchy je v tomto případě zcela jednoznačná. V místě prostupujícího potrubí nebyl použit žádný systémový těsnicí prvek, který by plnohodnotně zamezil infiltraci vody z vnějšího prostředí nasáklého vodu. Montážní pěna, jakožto použitá výplňová hmota, je zcela nevyhovující pro použití v takto vodou namáhaných partiích. Stejně tak ztratná bednicí pažnice, která byla ponechána v oblasti prostupu, není uzpůsobena takovému použití. Její vnější hrana je velmi hladká a není doplněna o žádný z mechanismů popsaných v kapitole 8.1. *Prostupy instalací.*



Obrázek 61: Poruchové místo – infiltrace vody podél prostupu TZB

Zdroj: [38]

9.4.2. Sanační opatření

Nejprve dojde k odstranění výplňové montážní pěny. V dalším kroku, aniž by došlo k vyjmutí nebo poškození prostupujícího potrubí, bude odstraněna stávající plastová pažnice. Jelikož potrubí není na první pohled centricky uloženo v ose prostupu, je potřeba ho posunout. Pokud dostatečnému posunutí nebude stačit vůle potrubí, bude muset dojít k vypuštění problematického potrubí a vložení prodlužujícího prvku, který zajistí ideální polohu potrubí. Dále dojde k dokonalému očištění prostupujícího kanalizačního potrubí i okolních stěn prostupu. Potrubí nebude obsahovat žádné nečistoty ani mastnoty. Okolní hmota betonu bude vysáta od prachových a jiných částic. V posledním kroku bude osazen systémový těsnicí prvek kruhových prostupů *Bettra HSD 150/110* [39], a to do vzdálenosti 2/3 tloušťky od vnitřní strany stěny. Prvek lze rozpojit a snadno na stávající potrubí osadit. Utahováním matic se proti sobě postupně stáhnou nerezové přitlačné U – profily, které vytlačí speciální gumu jak na procházející potrubí, tak do okolního betonu. Tím dojde ke spolehlivému utěsnění.



Obrázek 62 (vlevo): Těsnění prostupů Bettra HSD – ilustrační fotografie

Zdroj: [39]

Obrázek 63 (vpravo): Těsnění prostupů Bettra HSD 150/110 - příklad z praxe

Zdroj: [39]

9.5. Infiltrace vody otvorem po spínací tyči

9.5.1. Porucha

V jedné ze suterénních místností bytového domu došlo k infiltraci vody (*Obrázek 64* a *Obrázek 65*). Vzhledem k vrstvě kompletačních konstrukcí nebylo možno přímo lokalizovat místo a příčinu poruchy. Dle projektové dokumentace se v místě poruchy nachází suterénní železobetonová stěna z vodonepropustného betonu pokryta tepelným izolantem z minerální vaty tloušťky 120 mm. Minerální vata je připevněna k podkladu celoplošně pomocí cementového lepidla. Vrchní skladbu tvoří stěrková hmota s výztužnou tkaninou a bílý nátěr.



Obrázek 64 (vlevo): Místo infiltrace vody do technické místnosti ve 2.PP bytového domu



Obrázek 65 (vpravo): Rozsah infiltrace vody

Zdroj: autor BP

Pro zjištění příčiny poruchy bylo potřeba nejprve odstranit všechny kompletační vrstvy (*Obrázek 66*). Po obnažení železobetonové konstrukce bylo jasně patrné místo infiltrace vody. Stal se jím otvor po spínací tyči bednicího dílce. Příčinou průsaku vody v takovýchto případech bývá nefunkčnost zvoleného utěsnění nebo dokonce absence jakéhokoliv utěsnění. Jak je vidět na *Obrázku 67*, otvor po spínací tyči nebyl opatřen z vnitřní strany uzavírací zátkou, ani vnitřní prostor trubice nebyl vyplněn žádnou hmotou. Došlo tedy pouze k vyjmutí plastového kónusu. Situace z vnější strany konstrukce není známa. Z těchto důvodů se přikláním k druhé ze zmiňovaných možností, a to, že k utěsnění otvoru po spínací tyči vůbec nedošlo. K infiltraci vody dochází pouze skrze vnitřní otvor rozpěrné trubice, nikoli podél vnějšího okraje. Vnitřní průměr rozpěrné trubice je 22 mm, tloušťka stěny je 250 mm.



Obrázek 66 (vlevo): Místo poruchy zbavené kompletačních konstrukcí
Obrázek 67 (vpravo): Místo infiltrace vody – otvor po spínací tyči

Zdroj: autor BP
Zdroj: autor BP

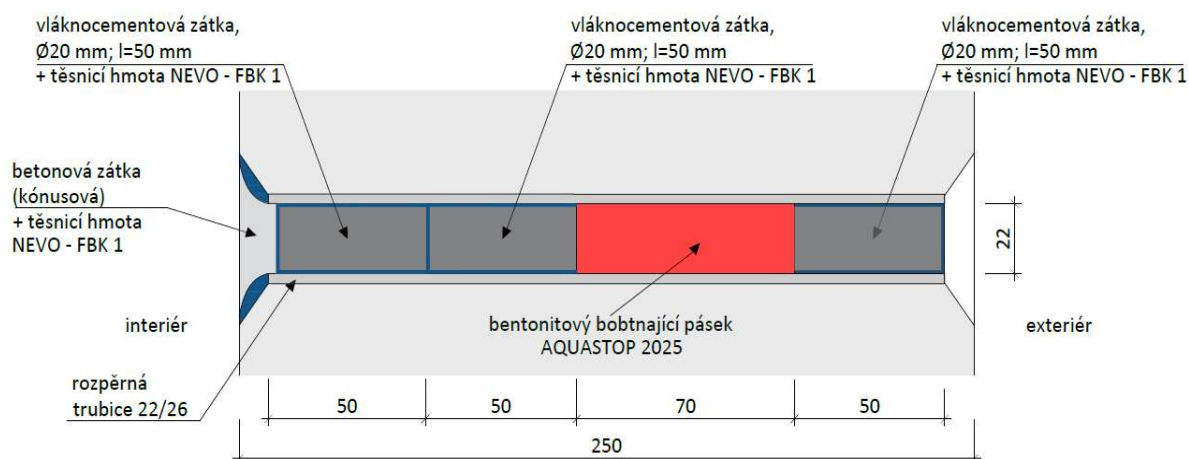
9.5.2. Sanační metoda č.1

V prvním kroku bude provedeno vyčištění otvoru po spínací tyči. Vzhledem ke množství znečištění bude potřeba pevné částice odvrátat. Zbylé nesoudržné částice budou odstraněny mechanicky pomocí kartáče, celý otvor pak vypláchnut vodou.

Po přípravě podkladu dojde k aplikaci souvrství prvků, které zamezí další infiltraci vody z vnějšího okolí. Schéma sanačního opatření je znázorněno na *Obrázku 68*. Jako první bude osazena válcová vláknocementová zátka délky 50 mm a průměru 20 mm. Zátka bude doplněna o jednosložkovou těsnicí hmotu *NEVO-FBK 1* [40] a bude natlačena co nehlouběji do otvoru. Ve druhém kroku bude osazen bentonitový bobtnající pásek *AQUASTOP 2025* [37] délky 70 mm. Bobtnající pásek bude tvořit hlavní bariéru proti pronikání vody. Pro vyplnění zbylého prostoru budou použity další dvě vláknocementové válcové zátky s těsnicí hmotou. Otvor po spínací tyči bude uzavřen betonovou zátkou kónusového tvaru. Zátka bude vlepena na požadované místo pomocí stejné těsnicí hmoty jako předchozí prvky. Zátka bude zatlačena takovým způsobem, aby její pohledová strana lícovala s vnitřní stranou betonové stěny. Vyteklá těsnicí hmota bude odstraněna a viditelná spára okolo zátky zahlazena např. vlhkou houbičkou.

Po dobu následujících 2-3 týdnů bude poruchové místo pravidelně pozorováno, zda došlo k dokonalému utěsnění otvoru, či nikoliv. Doba pozorování bude delší v bezstrážkovém období, kdy okolní zemina je málo nasáklá vodou. V takovém případě pozorování bude trvat min. 1 týden po větších dešťových srážkách.

Jestliže po celou dobu pozorování bude zaznamenána nulová infiltrace vody, dojde k obnově původních kompletačních vrstev konstrukce, tj. minerální vaty s výztužnou tkaninou, stěrky a finálního nátěru.



Obrázek 68: Schéma sanačního opatření č.1

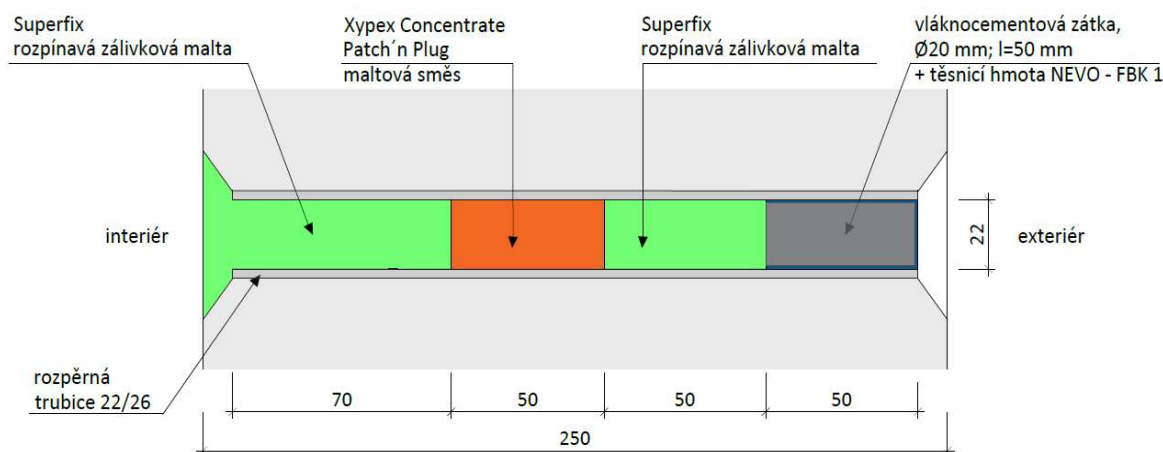
Zdroj: autor BP

9.5.3. Sanační metoda č.2

Stejně jako u první sanační metody je nejprve potřeba odvrátit pevnou hmotu a zbylé nesoudržné částice odstranit mechanicky pomocí kartáče a prostor vypláchnout vodou.

V prvním kroku bude osazena válcová vláknocementová zátka délky 50 mm a průměru 20 mm. Zátka bude doplněna o jednosložkovou těsnicí hmotu *NEVO-FBK 1 [40]*, která bude natlačena co nejhlouběji do otvoru. Ve druhém kroku dojde k přípravě rozpínavé zálivkové maltě *Superfix* dle technického listu [41] a její aplikaci v tloušťce přibližně 50 mm. Maltová směs bude vtlačována do prostoru otvoru takovým způsobem, aby nedošlo ke vzniku dutin. Další vrstvu bude tvořit těsnicí tmel *XYPEX Concentrate Patch 'n Plug [42]*. Tmel bude rozmíchán s pitnou vodou v poměru 3,5 : 1 dílu a bude nanesen co nejrychleji v tloušťce 50 mm. Dle technického listu [40] je doba zpracovatelnosti 3 minuty. Po zatuhnutí těsnicího tmele bude do zbylého prostoru nanesena další vrstva zálivkové malty *Superfix [41]*. Vrstva malty bude zarovnána a zahlazena s vnějším povrchem železobetonové stěny.

Stejně jako u sanační metody č.1 bude potřeba po dobu několika týdnů sledovat funkčnost zvoleného sanačního opatření a až tehdy sanované místo uzavřít původními kompletačními vrstvami.



Obrázek 69: Schéma sanačního opatření č.2

Zdroj: autor BP



9.6. Sanace lokálních vad v betonové konstrukci

Na povrchu čerstvě zabetonované konstrukce mohou po odbednění vznikat nejrůznější vady, které mohou ovlivňovat zejména vzhledové vlastnosti. Některé vady dokonce mohou zhoršovat funkční vlastnosti konstrukce, ale i ovlivňovat únosnost konstrukce. Mezi časté chyby lze zařadit [43]:

- povrchové póry a lunkry
- uražené hrany
- neprovibrovaná místa – štěrková hnízda a kaverny
- hrubou strukturu betonu vlivem odtoku cementového mléka způsobenou netěsností bednění

Výše vyjmenované vady mohou být zapříčiněny několika důvody. Nejčastějším důvodem vzniku vady je pochybení při samotné realizaci konstrukce. Technologickou nekázní při provádění může dojít k nekvalitní ukládce betonové směsi, zejména hutnění, či k nevhodnému ošetřování. Důvodem může být i nečistota bednění před betonáží nebo netěsnost spár bednicích dílců. Vzniklá vada může být i následkem chybného návrhu konstrukce. Chyba tedy vzniká již ve fázi projektování a může se jednat o nevhodné vyztužení konstrukce. V neposlední řadě lze vzniku vad předejít správnou volbou betonové směsi, jedná se především o určení vhodné konzistence a maximálního zrna kameniva.

9.6.1. Porucha - Štěrkové hnízdo s kavernou a obnaženou výztuží

9.6.1.1. Popis poruchy

Na vnitřní straně svislé konstrukce vnější obvodové stěny z vodonepropustného betonu došlo k vytvoření štěrkového hnízda a kaveren, které mají místy hloubku až 40 mm. Místo poruchy je natolik rozsáhlé, že došlo dokonce i k obnažení betonářské výztuže. Zasažená plocha stěny má rozměry přibližně 1200 mm x 800 mm. Tloušťka stěny je 350 mm. Konstrukce je zhotovena z betonu C25/30-XC4-XA1-Dmax 16-S4, který je navržen dle ČSN EN 12390-8 [7] na maximální hodnotu průsaku 50 mm. Do betonové směsi byla přidána přísada *XYPEX Admix C-1000 NP* (2kg/m³). Vnější krytí betonářské



výztuže bylo navrženo na hodnotu 40 mm a vnitřní na hodnotu 25 mm. Použita byla betonářská výztuž s označením B500B.

Důvodů vzniku nekvality v tomto případě je více. Hlavním důvodem je technologická nekázeň při provádění. Konstrukce nebyla řádně zhutněna v celém svém objemu. Zejména v místě kaveren. Příčinou nekvalitního provibrování konstrukce byl spíše lidský faktor, než špatný návrh vyztužení. Dalším důvodem vzniku této vady je nedodržení minimální předepsané hodnoty krytí betonářské výztuže. Dle projektové dokumentace by minimální hodnota krytí měla být 25 mm. V místě poruchy však byla naměřena lokálně i hodnota krytí pod 20 mm.



Obrázek 70,71: Místo poruchy – Štěrkové hnízdo s kavrou a obnaženou výztuží

Zdroj: autor BP

9.6.1.2. Sanační opatření

Vzhledem k rozsahu a povaze poruchy lze konstatovat, že vzniklá porucha není důvodem k demolici stávající konstrukce. Poruchové místo lze běžně známými a dostupnými způsoby opravit, aniž by došlo k omezení funkčních vlastností nebo snížení únosnosti konstrukce.

Příprava podkladu

Nejprve je nutné stávající betonový povrch zbavit všech nesoudržných částic, zdrsnit a zbavit všech materiálů, které by mohly snižovat přídržnost. V tomto případě by se mohlo jednat o odbedňovací olej, který byl nanesen na bednicím dílci. Pro odstranění nesoudržných částic a vyprofilování se běžně používají nástroje jako ruční pneumatické kladivo, hydrofréza, rotační fréza, brokové tryskače nebo metoda otryskávání abrazivem. Zde postačí ruční pneumatické kladivo, popřípadě otryskání vysokotlakým



vodním paprskem pod tlakem 60-150 MPa. Při odstraňování nesoudržných částic nesmí dojít k poškození betonářské výztuže. Pro maximální soudržnost se správkovým materiálem je třeba očistit z obnažené výztuže cementové mléko a zbytky betonové směsi. Pro odstranění povlaku lze použít čištění vysokotlakou vodou, kdy dochází zároveň k odplavování uvolněného materiálu. Proces lze zefektivnit přidávkem písku, který čistí rychleji a výsledkem je zdrsňený povrch, který se lépe váže s dalšími povlaky a správkovými materiály. Další možnou metodou čištění je čištění stlačeným vzduchem s abrazivními látkami. Abrazivní látky smísené se stlačeným vzduchem představují nejlepší metodu zajišťování čistého profilovaného povrchu. Naopak nejméně efektivní je kartáčování mechanickým drátěným kartáčem. Povrch stávajícího betonu musí mít otevřené póry. Proniknutí správkových hmot do pórové struktury podkladu je zásadní faktor přídržnosti. Je-li pórovitá struktura ucpána prachem, kalem nebo vodou, bude přídržnost narušena. Pro otevření pórovité struktury postačí dočištění povrchu tlakovou vodou pod tlakem 10-60 MPa. [43] [35]

Reprofilace

Prvním, velmi důležitým, krokem při reprofilaci každé podobné poruchy je řádné provlhčení podkladu. Hladina vlhkosti v podkladu může být rozhodujícím faktorem pro následnou soudržnost. Pokud podklad nebude dostatečně provlhčen, může dojít k nadměrné absorpci vody ze správkového materiálu a následně ke značnému smršťování. Naopak, pokud podklad bude nadměrně provlhčen, může dojít k ucpání pórů a nesoudržnosti jednotlivých vrstev. Proto je potřeba s vlhčením podkladu začít několik hodin před nanášením sanačních hmot a několikrát ho opakovat. Provlhčení lze provádět ručně pomocí zednické štětky nebo tlakovou vodou, kdy je výkon stažený na minimum. [43] [35]

Po důkladném provlhčení dojde k nanesení antikoroziního nátěru na veškerou obnaženou výztuž. Nátěr se bude nanášet na výztuž středně tvrdým štětcem.

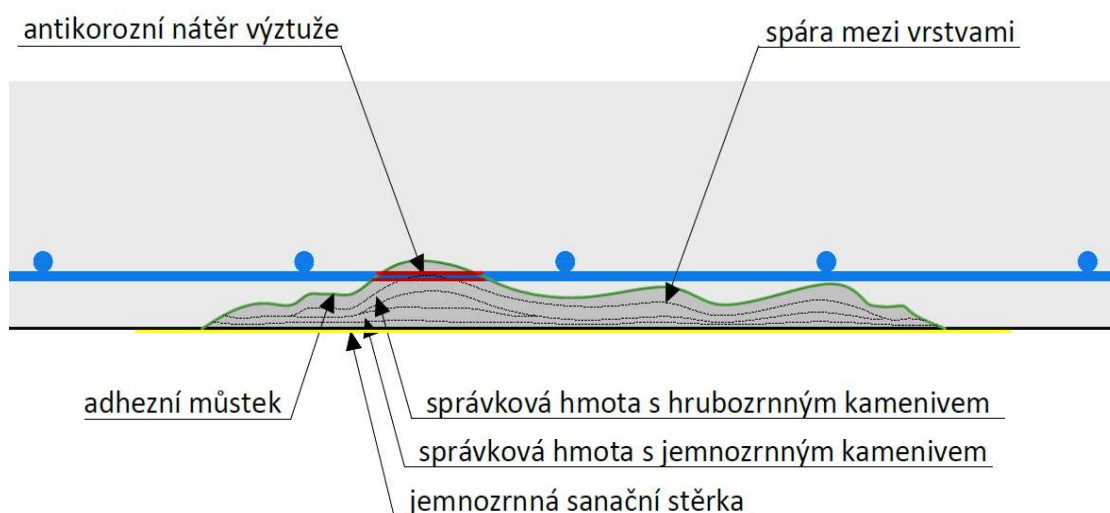
Pro zvýšení adheze následujících vrstev a sjednocení savosti podkladu je potřeba nanést adhezní neboli spojovací můstek. Adhezní můstek musí být důkladně zatřen do obnaženého betonového povrchu, neměl by však nahrazovat špatnou přípravu



podkladu. K nanášení bude použit standardní zednická štětka nebo váleček. Nanášená vrstva by neměla být příliš tenká, ale ani příliš silná. Nanesení příliš silné vrstvy adhezního můstku by mohlo ohrozit přídržnost následujících vrstev, nanesení příliš slabé vrstvy by mohlo mít za následek nesjednocení podkladu. Doporučená tloušťka adhezního můstku se pohybuje kolem 0,5 mm, záleží však na zvoleném typu produktu. Dnešní trh nabízí celou řadu adhezních můstků. Jsou k dispozici např. předem připravené tmelící směsi na bázi latexem modifikovaného cementu, které stačí pouze smíchat v určitém poměru na staveništi s vodou a přímo nanášet na podklad. Používají se také průmyslové latexové tmely. Při použití těchto výrobků je však nutno striktně dodržovat pokyny výrobců, neboť ne všechny jsou schopny správně reagovat s betonovým podkladem. Jako latexové adhezní můstky mohou být použity směsi na bázi akrylátů, polyvinylacetátů (PVAc) nebo styrén butadienů (SBR). [43] [35]

V dalším kroku dojde k samotnému nanesení sanačních vrstev. Tento krok se skládá z několika fází. První fází je volba správkového materiálu. Materiál musí optimálním způsobem obnovit pevnost, celistvost a provozní způsobilost požadovanou původním návrhem konstrukce. Volba správkového materiálu přímo souvisí s další fází, kterou je výběr vhodného způsobu nanášení správkového materiálu. Správkový materiál lze nanášet pěchováním, ručně, odléváním do bednění na místě, čerpáním do bednění nebo stříkáním mokrou či suchou cestou. Vzhledem k rozsahu a charakteru poruchy postačí volba ručního nanášení. Tato metoda se používá pro nestékající správkové materiály. Díky konzistenci správkového materiálu lze směs nanášet jak na svislé konstrukce, tak na podhledy. Sortiment sanačních správkových hmot je velmi rozsáhlý. Většinou se jedná o speciální směsi cementu, kameniva různých frakcí, vody, nestékavých plnidel a protismršťovacích činidel. Pro vyplnění větších a hlubších kaveren se používají správkové směsi s větší frakcí kameniva. Pro vyplnění menších prohlubní a finální úpravu se používají správkové směsi s malými frakcemi kameniva. Správkové hmoty se prodávají v pytlích a připravují se in situ na staveništi mísením v určitém poměru s vodou. Směsi se míchají pomocí pomaloběžných míchadel, kdy by vrtule míchadla měla být neustále ponořena pod hladinou malty. To z toho důvodu, aby se omezilo množství vnášeného vzduchu do správkové směsi. Po vytvoření homogenní směsi se hmota

nechává 5 minut odstát z důvodu vázání vody a poté se směs opět krátce promíchá. Takto připravená směs se již může ve vrstvách nanášet na připravený podklad. Nanášení směsi se provádí standardním plochým hladítkem nebo nahazováním zednickou lžící. Nejprve se materiál zatlačí do pórové struktury obnaženého betonu a kolem profilů obnažené betonářské výztuže. Směs se aplikuje ve vrstvách, kdy maximální tloušťka závisí na konkrétním typu správkové hmoty. Větších tloušťek lze docílit hrubozrnnými hmotami, menších pak jemnozrnnými hmotami. První vrstva nanášené směsi se aplikuje do zavadlého, ještě nezaschlého povrchu adhezního můstku. Tomuto způsobu aplikace se říká tzv. „živé do živého“. Každá vrstva by měla být zdrsňena pro lepší soudržnost následující vrstvy a každá další vrstva by měla být nanesena po vytužení a částečném vytvrdnutí té předchozí. Správková směs by neměla být přetažena mimo poruchovou oblast, tzv. „do ztracena“. V případě požadavku pro finální barevné sladění obou povrchů se aplikuje jemnozrnná sanační stěrka. [43] [35]



Obrázek 72: Sanace štěrkového hnízda a kaverny s obnaženou výztuží

Zdroj: autor BP

Ošetřování

Správné ošetřování sanované konstrukce má zásadní dopad na výslednou kvalitu a životnost reprofilace. Obecně pro ošetřování takto sanované konstrukce platí stejné zásady jako pro standardní betonové konstrukce. Snahou je omezit množství odpařované vody, které by mělo za následek smršťování hmot a vznik trhlin. Vyspravené poruchové místo by mělo být několik dnů po aplikaci poslední správkové vrstvy chráněno před přímým slunečním zářením. Zároveň by v letním období mělo dojít



k vlhčení konstrukce. Vlhčení by mělo probíhat několikrát denně. K vlhčení bude použit zahradní postřikovač nebo vodní tlakové zařízení, které bude mít stažený výkon na minimum. V případě, kdy nelze zajistit pravidelné vlhčení konstrukce, lze použít různé dostupné nástřiky, které omezují množství odpařené vody. Další možností je také překrytí konstrukce PE fólií s tkaninou. Tento způsob však pro svislou konstrukci není vhodný.



Závěr

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo studium problematiky týkající se návrhu konstrukcí z vodonepropustného betonu. Byly popsány přednosti i nedostatky těchto konstrukcí, zásady jejich návrhu a možnosti provedení stavebních detailů v místech pracovních spár, dilatačních spár, řízených spár a v místech prostupů konstrukcí. Pozornost byla věnována především materiálům, technologickým postupům a kontrole kvality.

V praktické části bakalářské práce byl proveden rozbor několika nejčastěji se objevujících poruch u konstrukcí z vodonepropustného betonu. Pozornost byla věnována infiltraci vody pracovní spárou, dilatační spárou, otvorem po spínací tyči a prostupem TZB. Řešena byla také porucha dilatačního pásu mezi stávajícím objektem a nově napojovaným. Každá konkrétní porucha byla popsána a analyzována z pohledu možných příčin vzniku. Následně došlo k variantnímu návrhu sanačních opatření. Jednotlivé sanační metody byly doplněny o schematické detaily a popis postupu provádění. Důraz byl kladen na kvalitu a proveditelnost. Poslední kapitola praktické části této práce se věnuje lokálním vadám v betonové konstrukci, konkrétně sanaci štěrkového hnízda s kavernou.

Tato bakalářská práce může být použita jako doplnění výukových a studijních podkladů pro studenty stavebních škol. Dále může sloužit jako podklad při návrhu konstrukcí z vodonepropustného betonu nebo již při výběru hydroizolačního systému spodní stavby. Vzhledem k množství vypracovaných detailů a poskytnuté fotodokumentace by mohla být tato práce použita jako příručka pro zhotovitele nebo investora během samotné realizace stavby. Stejně tak by práce mohla sloužit jako příručka při odstraňování některých konkrétních poruch vznikajících v konstrukcích z vodonepropustného betonu.



Zdroje

Literatura

- [3] HÁJEK, Petr. *Pozemní stavitelství: Základní požadavky a konstrukční systémy budov*. Praha: Grada, 2014. Studium (Grada). ISBN 978-80-247-5101-6.
- [4] SYNEK, Jaroslav. Ochrana spodní stavby proti vodě a vlhkosti využitím principu bílé vany, *Časopis Stavebnictví: časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů*. Brno: EXPO DATA, 03 2010
- [12] *Technická pravidla ČBS 04: Směrnice pro vodonepropustné betonové konstrukce = DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton : (WU-Richtlinie)*. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, [2015]. ISBN 978-80-903806-9-1.
- [20] COUFAL, Robert, Adam HUBÁČEK, Pavel KASAL, Michal MATĚJČEK, Vladimír VANČÍK, Jan L. VÍTEK a Michal VOPLAKAL. *Vodonepropustné betonové konstrukce: manuál ke školení systému ČBS akademie*. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, 2016. ISBN 978-80-906097-1-6.
- [21] VINKLER, Marek, Jaroslav PROCHÁZKA. Návrh výztuže bílé vany s ohledem na šířku trhliny. *Beton: technologie - konstrukce - sanace*. Praha: Česká betonářská společnost, 05 2017
- [23] KROPÁČEK, Michal, Jiří ŠAFRATA. Vliv sekundární krystalizace na vlastnosti betonu. *Beton: technologie - konstrukce - sanace*. Praha: Česká betonářská společnost, 02 2015
- [35] EMMONS, Peter H., Rostislav DROCHYTKA a Zdeněk JEŘÁBEK. *Sanace a údržba betonu v ilustracích: rozbor problematiky : strategie sanace : technologie*. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-7204-106-1.
- [44] DROCHYTKA, Rostislav. *Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III*. Brno: Sdružení pro sanace betonových konstrukcí, 2012. ISBN 978-80-260-2210-7.

Normy

- [6] ČSN EN 206+A1 - Beton - část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Praha: ČNI, 2018
- [7] ČSN EN 12390-8 - Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou, Praha : ČNI , 2001
- [8] ČSN EN 1992-1-1 - Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby, Praha : ČNI , 2006



- [9] ČSN EN 480-1 - Přísady do betonu, malty a injektážní malty, Praha: ČNI, 2015
- [10] ČSN 731209 (zrušená) - Vodostavebný beton, Praha: ČSNI, 1986
- [11] ČSN EN 206-1 - Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Praha: ČNI, 2001
- [13] ČSN EN 13670 - Provádění betonových konstrukcí, Praha : ČNI , 2010
- [15] ČSN 730601 - Ochrana staveb proti radonu z podloží, Praha: ČNI, 2019
- [16] ČSN 730602 - Ochrana staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů, Praha: ČNI, 2019
- [17] ČSN EN 12390-1 - Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy, Praha : ČNI , 2013
- [18] ČSN EN 12390-2 - Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti, Praha : ČNI , 2009
- [19] ČSN EN 206-1, Z3 - Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Praha: ČNI, 2001

Internetové zdroje

- [1] PAZDERKA, Jiří. *Bílé vany vs. povlakové hydroizolace – věčná rivalita* [online]. 31.12.2012 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-proti-vode-a-radonu/9432-bile-vany-vs-povlakove-hydroizolace-vecna-rivalita>
- [5] Galerie - Stavba etapa D a A. In: *Rezidence Modřanka* [online]. Horizon Modřany [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.rezidencemodranka.cz/galerie/stavba-etapa-d-a>
- [14] *Bílá vana - vodonepropustná betonová konstrukce* [online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: https://cze.sika.com/content/czech_republic/main/cs/solutions_products/02/02a015/bila_vana_vodonepropustny_beton.html
- [22] *Přísady* [online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/prisady>
- [24] *Příklady aplikací XYPEX ze světa* [online]. [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: https://www.nekap.cz/xypex/reference_world.php
- [25] *Těsnicí pásy Sika® a Tricosal® pro těsnění dilatačních a pracovních spár* [online]. 2010 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: https://cze.sika.com/dms/getdocument.get/86832d4e-cd94-3874-b67c-cc7eceebed25/Sika%20and%20Tricosal_CZ_web.pdf



- [38] *Požární ochrana staveb a prostupy* [online]. [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/pozarni-ochrana/pozarni-ochrana-staveb-prostupy/>
- [43] *Technologický postup sanace lokálních vad nových železobetonových konstrukcí za použití materiálů společnosti STACHEMA CZ s.r.o.* [online]. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.stachema.cz/files/files/STACHEMA-TP-Sanace-lokalnich-vad.pdf>

Technické listy

- [28] Technický list - FORMAX 1000 C/B, Beto-Tech Praha s.r.o.
http://www.beto-tech.cz/dokumenty/formax-1000/TL_FORMAX_1000CB.pdf.
- [29] Technický list - AV-PUR 100 E - Polyuretanová injektážní pryskyřice, Beto-Tech Praha s.r.o.
http://www.beto-tech.cz/dokumenty/injektazni-system/TL_AV-PUR100E.pdf.
- [31] Technický list - Gelacryl Superflex AR - Polyakrylátový gel, Sanax Group s.r.o.
https://www.sanax.cz/files/tech/tech_listy/TL_Gelacryl_Superflex_AR.pdf.
- [32] Technický list - PurMastic - Jednosložkový průžný spárový tmel a lepidlo na polyuretanové bázi, Sanax Group s.r.o.
https://www.sanax.cz/static/files/product/TL/TL_PurMastic_2.pdf.
- [33] Technický list - Flex foam - Polyethylenová pěnová šňůra pro dimenzování dilatačních spár, Sanax Group s.r.o.
https://www.sanax.cz/files/tech/tech_listy/TL_Flex_foam.pdf.
- [34] Technický list - Xypex Admix C-1000 / C-1000 NF, Xypex CE s.r.o.
https://www.nekap.cz/xypex/docs/tl_Admix.pdf.
- [37] Technický list - AQUASTOP - Bentonitové bobtnající těsnění, Ing. Jiří Kotača – ŽELEX
http://www.kotaca.cz/PRILOHY/144-Tech.List_AQUASTOP_zelex.pdf.
- [39] Technický list - Bettra HSD, HSN - Těsnicí prvky pro těsnění prostupů, Bettra s.r.o.
http://www.bettra.cz/wp-content/uploads/2016/09/HSD_CZ_2018_web.pdf.
- [40] Technický list - NEVO - FBK 1 - Těsnicí hmota NEVO, Ing. Jiří Kotača – ŽELEX
http://www.kotaca.cz/PRILOHY/353-TL_lepidlo_FBK1.pdf.
- [41] Technický list - Superfix - Rozpínavá záливková malta, BETOSAN s.r.o. - sanační a speciální materiály pro stavebnictví
http://www.betosan.cz/wp-content/uploads/superfix_TL.pdf.
- [42] Technický list - Xypex Concentrate Patch'n Plug, Xypex CE s.r.o.
https://www.nekap.cz/xypex/docs/tl_PatchnPlug.pdf.



Ostatní

- [2] PAZDERKA, Jiří. *Pozemní stavby 01 - Hydroizolace spodní stavby*. (přednáška) ČVUT v Praze, fakulta stavební, 2018
- [26] PAZDERKA, Jiří. *Pozemní stavby 01 – Dilatace nosných konstrukcí*. (přednáška) ČVUT v Praze, fakulta stavební, 2015
- [27] Skanska a.s., závod Monolitické konstrukce - Projektová dokumentace, stavba ParkView, Praha, 2019.
- [30] Skanska a.s., závod Monolitické konstrukce - Projektová dokumentace - rezidence Modřanka, fáze výstavby "D", Praha, 2018.
- [36] Skanska a.s., závod Monolitické konstrukce - Projektová dokumentace - rezidence Modřanka, fáze výstavby "A", Praha, 2018.



Seznam zkratk

BP – bakalářská práce

PD – projektová dokumentace

ČSN – Česká technická norma

TP – Technická pravidla

ČBS – Česká betonářská společnost

NP – nadzemní podlaží

PP – podzemní podlaží

HPV – hladina podzemní vody

KCE – konstrukce

TZB – technické zařízení budovy

ZD – základová deska

XPS – extrudovaný polystyren

PE – polyethylen

PVC – polyvinylchlorid

PVC-P – měkkčený polyvinylchlorid

PVC-U – neměkkčený polyvinylchlorid

PVAc – polyvinylacetát

PUR – polyuretan

SBR – styrén butadien

CO₂ – oxid uhličitý

h_{\min} – minimální tloušťka konstrukcí

$b_{w,i}$ – minimální vzdálenost vložek výztuže

μ – faktor difuzního odporu



Seznam obrázků

Obrázek 1: Foto z realizace „bílé vany“, stavba Neoriviera, Praha – Modřany	9
Obrázek 2: Zkušební tělesa osazená ve vodotlačné stolici.....	16
Obrázek 3: Schéma vodotlačné stolice	16
Obrázek 4: Průsak tlakové vody na zkušebním tělese.....	16
Obrázek 5: Měření šířky trhliny.....	17
Obrázek 6: Měření šířky trhliny	17
Obrázek 7: Příklad b) nevhodného, c) vhodného konstrukčního řešení základové spáry s ohledem na snížení rizika vzniku trhlin a vodonepropustnost	19
Obrázek 8: Pracovní model poměrů vlhkosti v průřezu betonového prvku jednostranně vystaveného tlakové vodě	20
Obrázek 9: Schéma - minimální tloušťka konstrukcí	22
Obrázek 10: Princip těsnění spár, obtočná délka.....	24
Obrázek 11: Namontované těsnicí plechy s bentonitovým povrstvením před betonáží základové desky (pracovní spára ZD/ZD).....	25
Obrázek 12: Detail napojení bitumenových těsnicích plechů (styk deska/stěna).....	25
Obrázek 13: Detail pracovní spáry (styk ZD/stěna) - vnitřní těsnicí pás.....	26
Obrázek 14: Detail pracovní spáry (styk ZD/stěna) - vnější těsnicí pás	26
Obrázek 15: Detail pracovní spáry (styk ZD/stěna) - aplikace bobtnajícího profilu.....	28
Obrázek 16: Foto z realizace pracovní spáry (styk stěny/strop) pomocí bobtnajícího pásu, stavba Parkview, Praha – Pankrác.....	28
Obrázek 17: Detail pracovní spáry - injektáž pomocí injektážní hadičky, varianta 1.....	29
Obrázek 18: Detail pracovní spáry - injektáž pomocí injektážní hadičky, varianta 2	29
Obrázek 19: Detail pracovní spáry - přitlačná lišta.....	29
Obrázek 20: Detail dilatační spáry – vnitřní těsnicí pás.....	32
Obrázek 21: Detail dilatační spáry – vnější těsnicí pás.....	32
Obrázek 22: Detail dilatační spáry - přitlačná lišta, napojení stáv. obj. na nový.....	33
Obrázek 23: Detail dilatační spáry - přitlačná lišta, napojení dvou stávajících objektů.	33
Obrázek 24: Detail řízené spáry – těsnicí trubka, pohled.....	34
Obrázek 25: Detail řízené spáry - těsnicí trubka, řez.....	34
Obrázek 26: Detail řízené spáry - křížový plech.....	35
Obrázek 27: Foto křížového plechu během realizace, stavba ParkView	35
Obrázek 28: Prostup kanalizačního KG potrubí stěnou.....	37
Obrázek 29: Prostup kabelů stěnou.....	37
Obrázek 30: Základový kříž věžového jeřábu osazený v ZD, foto v průběhu armování...39	39
Obrázek 31: Základový kříž věžového jeřábu, foto před betonáží	39
Obrázek 32: Ocelová manžeta vkládaná jako těsnění do čerpacích studní.....	40
Obrázek 33: Čerstvě zabetonovaná ocelová těsnicí manžeta v čerpací studni.....	40
Obrázek 34: Pracovní spára v okolí čerpací studny - bitumenové plechy.....	40
Obrázek 35: Pracovní spára v okolí čerpací studny - bitumenové plechy.....	40
Obrázek 36: Zmenšený výkres tvaru základové desky se zakreslením místa poruchy....	43
Obrázek 37: Místo poruchy, oblast 3.PP, pohled na základovou desku.....	43
Obrázek 38: Detail poruchové oblasti – pracovní spára na hranici pracovních záběrů..	43



Obrázek 39: Schematický pohled na místo poruchy - styk pracovních záběrů.....	43
Obrázek 40: Schematický řez AA' v místě pracovní spáry	43
Obrázek 41: Injektáž - rozmístění injektážních pakrů v půdoryse.....	45
Obrázek 42: Injektáž - schematický řez sanovaným místem.....	45
Obrázek 43: Schéma používaných chemických injektážních hmot pro konstrukce z vodonepropustného betonu.....	46
Obrázek 44: Řešený objekt po dokončení v roce 2019	47
Obrázek 45: Podzemní parkoviště řešeného objektu, pohled z části 1 do části 2	47
Obrázek 46: Detail dilatační spáry mezi částí 1 a částí 2 v oblasti ZD řešeného objektu...	49
Obrázek 47: Neúspěšně provedená sanace injektážní pakry.....	50
Obrázek 48: Detail dilatační spáry - poruchové místo.....	50
Obrázek 49: Zmenšený výkres tvaru ZD se zakreslením místa poruchy.....	50
Obrázek 50: Sanační metoda č.1, schéma provedení v místě dil. spáry, styk ZD/ZD.....	53
Obrázek 51: Sanační metoda č.1, schéma provedení v místě dilatační spáry, styk stěna/stěna	53
Obrázek 52: Schéma sanační metody č.2 - Injektáž dilatační spáry i okolních kčí.....	54
Obrázek 53: Sanační metoda č.1 - Tlaková injektáž podloží	55
Obrázek 54: Sanační metoda č.3, sanace v celém průřezu	57
Obrázek 55: Foto řešeného objektu ve fázi realizace základové desky - stavba Neoriviera, fáze „A“, Praha - Modřany	58
Obrázek 56: Detail řešení dilatační spáry v místě napojování obvodových stěn	59
Obrázek 57: Zmenšený výkres tvaru 2.PP se zakreslením místa poruchy.....	60
Obrázek 58: Pohled na svislou dilataci poruchového místa (dilatace mezi stávajícím objektem etapy "B" a napojovaným objektem etapy "A"	61
Obrázek 59: Detail porušené dilatace – protržený PVC pás	61
Obrázek 60: Schéma sanační metody č.2 - pomocí přítlačné lišty	63
Obrázek 61: Poruchové místo – infiltrace vody podél prostupu TZB	64
Obrázek 62: Těsnění prostupů Bettra HSD – ilustrační fotografie.....	65
Obrázek 63: Těsnění prostupů Bettra HSD 150/110 - příklad z praxe.....	65
Obrázek 64: Místo infiltrace vody do technické místnosti ve 2.PP bytového domu.....	65
Obrázek 65: Rozsah infiltrace vody.....	65
Obrázek 66: Místo poruchy zbavené kompletačních konstrukcí.....	66
Obrázek 67: Místo infiltrace vody – otvor po spínací tyči.....	66
Obrázek 68: Schéma sanačního opatření č.1.....	67
Obrázek 69: Schéma sanačního opatření č.2.....	68
Obrázek 70,71: Místo poruchy – šterkové hnízdo s kavernou a obnaženou výztuží	70
Obrázek 72: Sanace šterkového hnízda a kaverny s obnaženou výztuží.....	73



Seznam tabulek

Tabulka 1: Mezní hodnoty pro vlastnosti betonu.....	14
Tabulka 2: Návrhové šířky průběžných trhlin dle DIN 1045-1 v závislosti na tlakovém spádu, při využití omezení průsaku vody samotěsnicí schopností.....	19
Tabulka 3: Doporučené minimální tloušťky konstrukcí	21