

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Poruchy vybraných konstrukcí, jejich analýza
a opatření proti jejich vzniku

Josef Sedláček

2018

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze 25.5.2018

.....

Josef Sedláček

Rád bych vyjádřil poděkování Ing. Václavu Pospíchalovi, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce. Jeho rady a připomínky mi pomohly k jejímu vypracování. Mé poděkování patří též Ing. Lucii Brožové, Ph.D. za spolupráci při získávání údajů pro praktickou část práce.





ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: <u>Sedláček</u>	Jméno: <u>Josef</u>	Osobní číslo: <u>438951</u>
Zadávací katedra: <u>k122 Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavitelství</u>		
Studijní obor: <u>Realizace pozemních a inženýrských staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Poruchy vybraných konstrukcí, jejich analýza a opatření proti jejich vzniku</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Faults of selected structures, their analysis and measures against their creation</u>	
Pokyny pro vypracování: - rozbor a technologické postupy vybraných konstrukcí - vady a poruchy, jejich rozdělení, odstranění včetně finančních nákladů - opatření pro minimalizaci vad a poruch - praktická ukázka na vybrané stavbě	
Seznam doporučené literatury: SOLAŘ, Jaroslav. Poruchy a rekonstrukce zděných staveb. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 192 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2672-4. KYŠ, Kamil, ed. Poruchy stavebních konstrukcí: příčiny a odstraňování. Překlad Kamil Kyš. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988. 248 s. CARPER Kenneth L., FELD Jacob Construction Failure. 2nd ed. New York: Wiley-Interscience, 1996. ISBN: 0471574775. DOLEŽEL, Jaroslav, SCHREIBER, Vladimír a FRANK, Václav. Poruchy stavebních konstrukcí. Praha: SNTL, 1971. 126 stran. Řada stavební literatury.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>22.2.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>27.5.2018</u>
<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
 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“.

<u>22.2.2018</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	--

Anotace

Bakalářská práce se zabývá analýzou vybraných poruch na zděných konstrukcích. Analyzuje dopady a příčiny vzniku poruch. Řeší opatření proti vzniku poruch a sanaci trhlin, které poruchy způsobily. V praktické části práce se řeší porucha vzniklá založením nepodsklepené části objektu v zámrazné hloubce. Byla navržena opatření, která předejdou vzniku poruchy a postupy, které odstraní příčinu jejího vzniku, pokud se již porucha projevila. U jednotlivých opatření proti vzniku poruchy i postupů sanace se provedlo finanční ocenění.

Klíčová slova

porucha, vada, sanace, trhliny ve zděných konstrukcích

Annotation

This Bachelor Thesis analyzes selected damages on brick constructions. It analyzes causes and consequences of crack creations in the construction. It is focused on how to prevent damages and how to treat cracks by sanitation that has been caused. The practical part of this thesis is focus on a damages created by founding of an object without cellar bellow a freezing depth. Proper steps have been designed to prevent damages creation, and the right procedure has been made to remove the cause of damages created, if necessary. A costs for every suggested step, including the sanitation, has been estimated.

Keywords

fault, defect, sanitation, cracks in masonry structures

Obsah

Úvod	9
1 Vady a poruchy zděných konstrukcí	10
1.1 Vady zděných konstrukcí	10
1.2 Poruchy zděných konstrukcí	11
1.2.1 Trhliny	12
2 Porucha – nerovnoměrné sedání stavby	14
2.1 Dopady poruchy na konstrukci	14
2.2 Příčiny a opatření proti vzniku poruchy	14
2.2.1 Nevhodné podloží	14
2.2.2 Objemové změny v podloží - bobtnání	17
2.2.3 Objemové změny v podloží - smršťování	19
2.2.4 Podmáčení základového podloží	20
3 Porucha – přetížení konstrukce	22
3.1 Dopady poruchy na konstrukci	22
3.2 Příčiny a opatření proti vzniku poruchy	22
3.2.1 Nepřímé přetížení	22
3.2.2 Přímé přetížení	23
4 Porucha – nadměrný průhyb stropní konstrukce	25
4.1 Dopady poruchy na konstrukci	25
4.2 Příčiny a opatření proti vzniku poruchy	27
5 Analýza a sanace trhlin zdiva	28
5.1 Analýza trhlin	28
5.1.1 Pístroje pro sledování trhlin	28
5.2 Sanace trhlin	31
5.2.1 Zatmelení	31
5.2.2 Injektování zdiva	32
5.2.3 Stehování	32
5.2.4 Vkládání prutů z vysokopevnostní oceli	33
5.2.5 Opláštění	35
5.2.6 Torkretování	35
6 Porucha na modelovém objektu	37
6.1 Modelový objekt	37

6.2	Trhliny vzniklé promrzním základové spáry	38
6.2.1	Dopady poruchy	38
6.2.2	Opatření proti vzniku poruchy při včasném odhalení.....	39
6.2.3	Sanace příčiny	42
	Podezdění základů	42
6.2.4	Sanace trhlin.....	46
6.3	Finanční náklady	46
6.3.1	Stávající základ	46
6.3.2	Opatření proti vzniku poruchy při včasném odhalení.....	47
6.3.3	Sanace příčiny	48
6.3.4	Finanční porovnání jednotlivých variant.....	49
	Závěr.....	51
	POUŽITÁ LITERATURA	52

Úvod

Stavby ze zděných prvků jsou dnes velice populární díky tomu, že moderní zděné materiály umožňují velkou rychlost a jednoduchost zdění, snadnou manipulaci a vysokou variabilitu. Při této činnosti se také můžeme setkat s množstvím poruch vzniklých již při návrhu nebo realizaci stavby, z důvodu opomenutí nebo nedodržování technických norem a postupů.

Tato bakalářská práce analyzuje poruchy na zděných konstrukcích a obsahuje návrhy, jak těmto poruchám předcházet. Cílem této práce je snaha o zkvalitnění procesu a eliminaci případných poruch vzniklých při návrhu a realizaci zděných konstrukcí.

Toto téma jsem si vybral proto, že se již delší dobu setkávám s realizací zděných konstrukcí. I ve svém budoucím profesním životě bych se rád věnoval realizaci konstrukcí ze zděných materiálů, protože jak již bylo zmíněno, tato technologie má velký výčet kladných vlastností.

Teoretickou část jsem rozdělil do tří oblastí. V první oblasti řeším specifické vlastnosti zdiva a vznik i dopady vad a poruch na zděné konstrukce. Ve druhé oblasti se zabývám dopady, příčinami a opatřeními proti vzniku vad a poruch. Ve třetí oblasti se zabývám analýzou a jednotlivými sanačními metodami trhlin na zděných konstrukcích.

V praktické části uvádím konkrétní příklad poruchy na modelovém objektu. Řeším jednotlivé postupy, kterými se může poruše předejít, a jak sanovat příčinu poruchy. U jednotlivých opatření proti vzniku poruchy a postupů sanace jsem také provedl finanční ocenění.

Poruchy v této bakalářské práci jsou řešené pro území do nadmořské výšky 600 m n. m. a nenachází se v poddolované ani povodňové oblasti.

Při tvorbě této bakalářské práce jsem čerpal hlavně z knižních pramenů odborné literatury, například *Poruchy a rekonstrukce zděných staveb* (autor Jaroslav Solař) nebo *Konstrukce pozemních staveb 20* (autor Jiří Witzany). Také byly použity informace z internetových zdrojů, jako například web www.helifix.cz.

1 Vady a poruchy zděných konstrukcí

Zdivo je stavební materiál, který se skládá ze zdících prvků a malty. Používá se na stavbu konstrukcí namáhaných tlakem, protože v tahu má velmi malou pevnost. Ze zdiva se staví stěny, pilíře, sloupy, příčky, opěrné zdi a v případě starších objektů i základy. Zděné stěny mají vysokou tuhost, ale malou pevnost v tahu a ve smyku. Při posuzování konstrukcí ze zdiva je potřeba brát v úvahu, že zdivo je nehomogenní materiál a v mnoha ohledech se liší od ostatních stavebních materiálů, zejména od homogenních. Zděné konstrukce jsou specifické díky těmto skutečnostem:

- U zděných konstrukcí existuje řada druhů zdících prvků, které mají výrazně odlišné vlastnosti.
- U zdiva se provádějí různé tloušťky spár.
- Pevnost v tlaku u zdiva je závislá na mnoha faktorech, například na druhu a vlastnostech zdících prvků a malty, kvalitě vazby zdiva, tloušťce zdiva, technologii provádění zdiva, přítomnosti vad a výskytu poruch zdiva.
- Požadovanou pevnost zdivo nabývá až po zatvrdnutí malty.
- Zdivo podléhá dotvarování, které je ovlivněno množstvím ložných spár, kvalitou malty a velikostí zatížení. [1]

1.1 Vady zděných konstrukcí

Vada konstrukce je nedostatek způsobený chybným návrhem nebo nevhodným provedením, které má vliv na funkční způsobilost konstrukce. Je to stav, který není změnou oproti původnímu stavu. Může vyplývat z přehodnocení konstrukce podle nově platných norem a předpisů. Konstrukce s vadou poté nemá vlastnosti požadované nebo obvyklé.

Vady zděných konstrukcí mohou vzniknout z několika důvodů:

- nedostatečná jakost zdících prvků – například malá pevnost, mrazuvzdornost
- nedostatečná jakost malty – například nedostatečná pevnost v tlaku, nadměrné objemové změny
- nadměrné tloušťky ložných a styčných spár

- nedostatečná vazba kusových staviv
- nedodržení tvaru, rozměrů, polohy, svislosti, vodorovnosti a polohy předepsané projektem
- nevytvoření dilatačních spár předepsaných v projektech
- nedostatečná přídržnost omítek
- nedostatečná úprava omítek v místě styku různých materiálů

Některé vady se v průběhu životnosti konstrukce stávají zdroji poruch. Mezi tyto vady patří například odpadávaní omítek, uložení stěn na nedostatečně tuhých podporách nebo chybné založení zděných stěn nebo sloupů. [14], [22]

1.2 Poruchy zděných konstrukcí

Porucha je dočasné nebo trvalé vyčerpání schopnosti konstrukce plnit požadavky na ni kladené. V tomto důsledku se zhoršují požadavky jako například spolehlivost, bezpečnost, užitná jakost nebo předpokládaná ekonomická životnost. Znamená to změnu konstrukce oproti původnímu stavu. Porucha může vzniknout díky vadě na konstrukci, případně z jiných příčin, a má technické důsledky. Poruchy zděných konstrukcí se dají rozdělit na dvě skupiny:

Statické

Statické poruchy vznikají v důsledku statického zatížení, dynamického zatížení, nebo deformačního účinku některého zatížení. Tyto poruchy přímo ovlivňují statické chování nosné konstrukce, její statické působení a případně i působení celého statického systému. Nejčastější následek statických vlivů je výskyt trhlin na zděné konstrukci.

Nestatické

Nestatické poruchy jsou způsobené spolupůsobením použitých materiálů u jednotlivých konstrukcí a prostředím, ve kterém se tyto konstrukce nacházejí. Mezi nestatické vlivy patří například působení teploty, vlhkosti, biologických vlivů, chemických vlivů a ostatních, které svým působením na konstrukci zhoršují její požadované vlastnosti a způsobují její postupnou degradaci. Nejčastější následek

nestatických vlivů je výskyt vlhkosti ve zděné konstrukci. (Poruchy způsobené vlhkostí nejsou s ohledem na rozsah v této bakalářské práci řešeny.) [1], [22]

Další vlivy způsobující poruchy zděných konstrukcí mohou být:

- nerovnoměrné sedání základové půdy
- špatné tepelně technické vlastnosti konstrukce
- konstrukční vady vyvolané nevhodnou volbou materiálu
- použití vadného materiálu
- nedodržení předepsaného technologického postupu
- užívání konstrukce k jinému účelu než byla navržena
- zanedbání údržby

1.2.1 Trhliny

Trhliny vzniklé na zděné konstrukci jsou hlavním a viditelným ukazatelem možných poruch. Tvorba trhlin je projevem napětí, které překročilo mez pevnosti materiálu při určitém způsobu namáhání. Jednotlivé poruchy jsou důkazem pohybu určité části stavby. Podle toho, kde v konstrukci se trhliny vyskytují, jejich tvaru, množství a šířky je možné zjistit příčinu a závažnost poruchy.

Rozdělení trhlin

Trhliny se dají rozdělit podle několika kritérií.

Podle pohybu:

aktivní – trhlina mění své rozměry

pasivní – trhlina po dlouhodobém sledování již žádný pohyb nevykazuje

Podle závažnosti:

neškodné – nemají vliv na statiku konstrukce, například trhliny způsobené vysycháním omítek nebo tvrdnutím malty

závažné – ohrožují statickou funkci konstrukce, například většina aktivních trhlin a široké pasivní trhliny

Podle způsobu namáhání

tlakové – jsou typické drčením materiálu a odlupováním omítky v místě trhliny

tahové – jsou typické rozevřením trhliny a téměř neporušenými okraji zdiva v místě trhliny

smykové – jsou typické posunem částí zdiva a porušenými okraji zdiva v místě trhliny

2 Porucha – nerovnoměrné sedání stavby

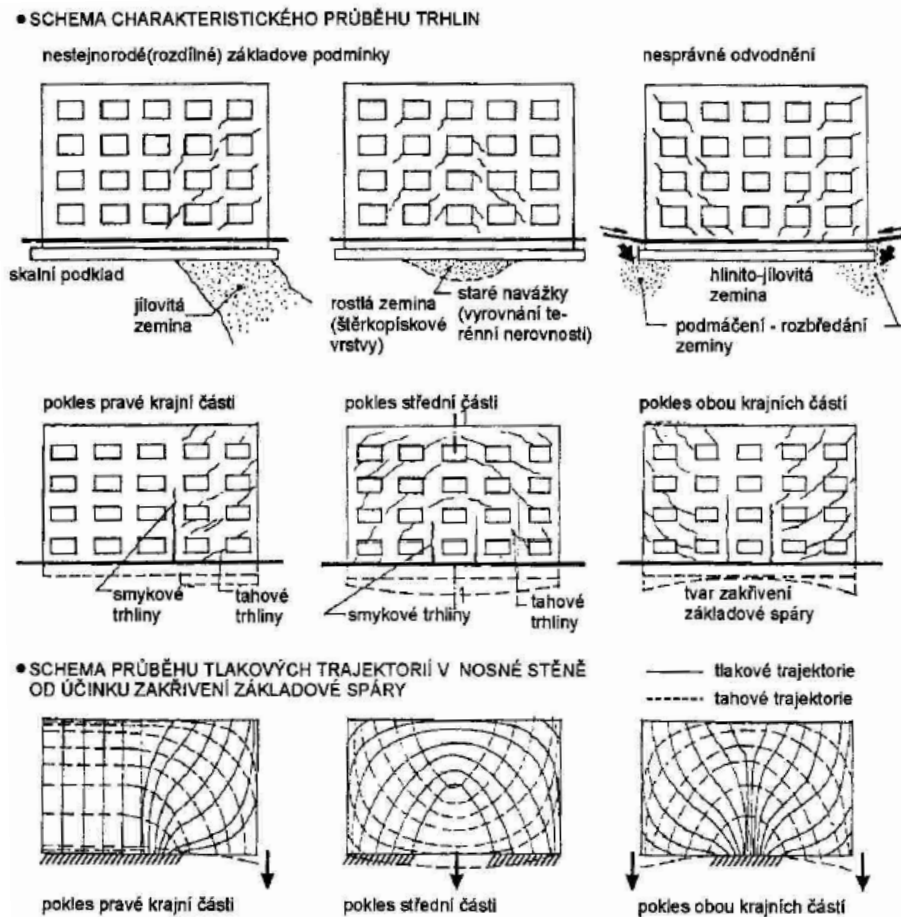
2.1 Dopady poruchy na konstrukci

Při založení objektu na nevhodném podloží nebo při nevhodném návrhu či realizaci základové konstrukce nedochází k rovnoměrnému sedání, ale základová spára se stlačuje nerovnoměrně. Při tomto nerovnoměrném sedání ve zdivu vzniká tahové a smykové napětí, které vede ke vzniku trhlin v základech a ve vrchní stavbě.
[1]

2.2 Příčiny a opatření proti vzniku poruchy

2.2.1 Nevhodné podloží

Nevhodné podloží je podloží s nestejnou stlačitelností, nestejným složením základové půdy a různou mocností vrstev. Pokud se stavba díky podcenění nebo neprovedení geologického průzkumu či neodborným návrhem postaví na nevhodném podloží, dochází k nerovnoměrnému sedání stavby. Příklady nevhodného podloží a následného nerovnoměrného sedání jsou zobrazeny na obrázku 2.1. [1], [2], [4]

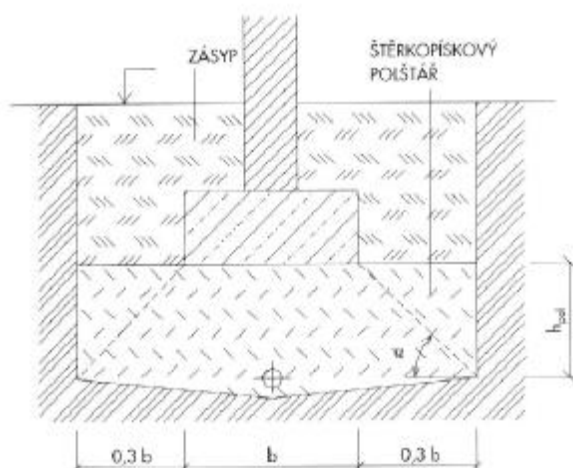


Obr. 2.1 Příklady poruch vrchní stavby způsobené změnou tvaru základové spáry [3]

Opatření proti vzniku

Pro zajištění správného návrhu konstrukce základů a postupu při zakládání stavby je důležité provést geologický průzkum. Podrobnost průzkumu je závislá na složitosti geologických poměrů, vlastnostech základové půdy a konstrukci i velikosti stavby. Geologický průzkum zjišťuje složení, stlačitelnost, únosnost, prostorové uspořádání vrstev základové půdy a výšku i chemické složení podzemní vody. Při kvalitně zpracovaném průzkumu, dobré spolupráci geologa s projektantem a návrhu vhodného opatření se předejde vzniku poruch zapříčiněných nerovnoměrným sedáním.

Pro zvýšení únosnosti, zmenšení stlačitelnosti a namrzavosti základového podloží se používá zakládání na štěrkopískových polštářích, které nahrazují neúnosnou zeminu. Návrh polštáře se stanovuje podle zásad posuzování plošných základů. Do výpočtu se zahrnuje objemová hmotnost zeminy polštáře, hloubka založení, tloušťka polštáře a svislé napětí od přitížení na povrchu málo únosné zeminy. Šířka polštáře se realizuje v tloušťce od 0,5 m a hutní se vibračními deskami po vrstvách silných okolo 300 mm. Na dně polštáře musí být drenáž pro odvodnění podzemní vody, zejména pokud je polštář uložený na nepropustných zeminách. [1], [2]



Obr. 2.2 Založení na štěrkovém polštáři [2]

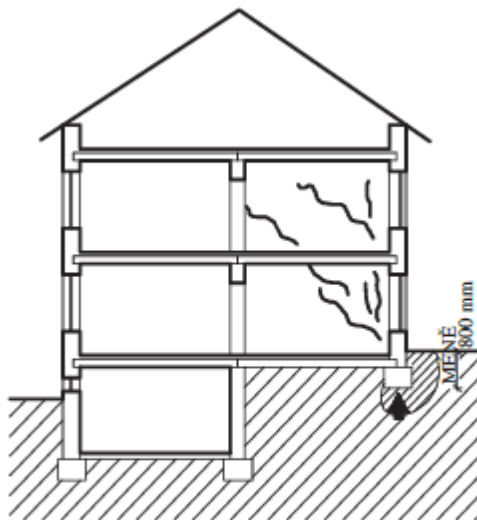
Ke zvýšení pevnosti zemin a jejich utěsnění proti vodě se používá injektování podloží. Pokud se injektují nesoudržné zeminy, zvyšuje se jejich pevnost a zemina se mění na soudržnou. U skalních hornin se utěsňují trhliny a zvyšuje se jejich pevnost. Injektážní suspenze se do základové půdy vhání pod tlakem pomocí injektážních jehel, které se zasouvají do ocelových pažnic. Rozmístění injektáží se provádí tak, aby se dosáhlo požadované míry zhutnění a takovým způsobem, aby se injektované prostory překrývaly.

Další způsoby, které vedou ke zlepšení základové půdy, jsou:

- mechanické zlepšování zeminy pomocí zhutňování a odvodňování
- vysoušení a vypalování půdy
- stabilizace jinou zeminou, cementem, případně jinými chemickými látkami
- stabilizace vápennými nebo štěrkopískovými pilotami [3], [4]

2.2.2 Objemové změny v podloží - bobtnání

Pokud je základová spára objektu založena v zámrazné hloubce, může v podloží stavby docházet k bobtnání a smršťování. V zimním období dochází k zamrznutí vody v základové půdě. Zamrznutí vody v pórech zeminy zvětšuje objem základové půdy. Při zvětšování objemu základové půdy vznikají velké tlaky, které působí na základy objektu. Výsledkem objemových změn je nadzvedávání základů, tvorba trhlin v základech a svislých konstrukcích vrchní stavby. [1], [2]



Obr. 2.3 Vznik trhlin důsledkem nízkého založení [1]

Opatření proti vzniku

Aby se předešlo poruchám na objektu vlivem bobtnání základové půdy, je nutné, aby byl objekt založen v nezámrazné hloubce.

“Hloubka promrznutí je závislá na klimatických činitelích, především na střední roční teplotě, na intenzitě mrazu, na délce trvání mrazu a intenzitě větru, na terénu a pokrytí terénu, na druhu zeminy a porostu. “ [2]

Pro zjištění nezámrazné hloubky a návrh dostatečně hlubokých základů na území připravované stavby je nutné z geologického průzkumu zjistit druh zeminy a výšku hladiny podzemní vody. Nezámrazné hloubky na území České republiky jsou podle druhu zeminy stanoveny takto:

- u štěrkových a písčitých zemin: 800 mm (nejmenší povolená hloubka založení)

- u jílovitých zemin: 1200 mm
- u smrštiteľných jíľů: 1400 mm
- u skalních hornin: 500 mm

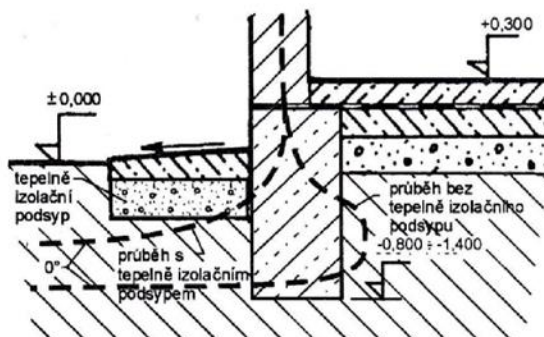
Hĺobku základů také ovlivňuje hladina podzemní vody. Pokud je hladina menší než 2m, musí být základy založeny v hloubce 1200 mm.

Další opatření, která chrání okolí základové spáry proti účinkům promrzání zeminy, jsou:

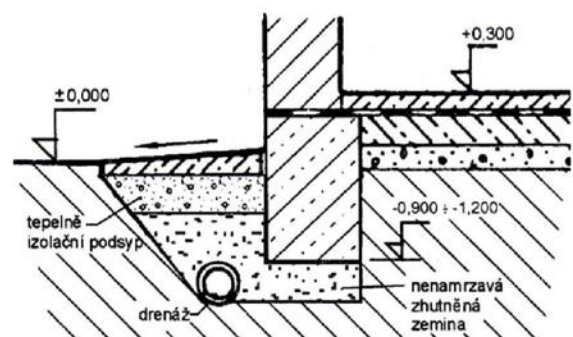
Ochrana zemního tělesa tepelně izolační vrstvou. Kolem základové konstrukce se provede tepelně izolační podsyp, který zabrání promrzání zeminy v úrovni základové spáry. Vhodný materiál pro izolační podsyp je například štěrk z pěnového skla. Tímto podsypem se dá snížit hloubka promrzání, viz obrázek 2.4 a.

Ochrana zemního tělesa a základové spáry před vodou a podmáčením. Je realizována například provedením vrstvy z nepropustných zemin, odvodem povrchové vody mimo základovou spáru nebo vysušováním.

Výměna namrzavé zeminy za zeminu nenamrzavou. Pokud jsou písky a štěrkopísky zatíženy větším zatížením než 0,1 MPa, při promrzání nemají žádný zdvih. Proto je vhodné, zejména u lehkých konstrukcí, provést výměnu zemin namrzavých za štěrkopísky, které jsou nenamrzavé až do hloubky promrznutí, viz obrázek 2.4 b. [1], [2], [3], [5]



Obr. 2.4 a Ochrana základové spáry před účinkem promrzání zemin [3]



Obr. 2.4 b Výměna namrzavé zeminy za nenamrzavou [3]

2.2.3 Objemové změny v podloží - smršťování

V letním období dochází u podloží z jemnozrnných zemin vlivem slunečních paprsků a vysokých teplot k vysychání základové půdy. Vysychání způsobuje smršťování základové půdy a dochází k nerovnoměrnému sedání stavby. Velikost sedání závisí na světové straně, ročním období, vlhkosti základové půdy a vzdálenosti objektu od vodní plochy.

Další možnou příčinou vysychání základové půdy mohou být temperované konstrukce jako pece, cihelny, tovární komíny atd. Pokud tyto konstrukce nejsou opatřeny ochranou proti přenosu tepla z konstrukce do základové půdy, dochází k vysychání základové půdy.

Smršťování základové půdy může být také způsobeno odebíráním vody z podloží stavby kořenovým systémem dřevin, které rostou v její blízkosti. Na počátku růstu odebírají dřeviny jiné množství vody než vzrostlé dřeviny. Proto k vysychání a smršťování zeminy může také dojít až v době, kdy jsou dřeviny vzrostlé. [2], [3]

Opatření proti vzniku

V oblastech, kde hrozí vysychání a následné smršťování základové půdy z jemnozrnných zemin, je nutné objekt založit v takové hloubce, ve které již tyto procesy nemohou sedání negativně ovlivnit. Tato hloubka založení je v České republice stanovena na 1,4m.

U temperovaných konstrukcí se ochrana proti vysychání základového podloží provádí vložením tepelné izolace do podlahy. Konstrukce se také může založit nad terénem, aby mezi podlahou a zeminou vznikla provětrávaná vzduchová vrstva. Těmito způsoby se zabrání přenosu tepla z konstrukce do podloží a následnému vysychání zeminy. [2], [3]

2.2.4 Podmáčení základového podloží

Pokud dojde k podmáčení základového podloží, může v nepropustných jemnozrnných a jílovitých zeminách dojít k nerovnoměrnému sedání stavby.

K podmáčení základového podloží může dojít z důvodu zvýšení hladiny podzemní vody. Ke zvýšení hladiny podzemní vody dochází v závislosti na srážkách a na množství tajícího sněhu. Pokud se stavba nachází v blízkosti vodní plochy, tak výška podzemní vody také závisí na výšce hladiny vodní plochy.

K podmáčení také může dojít, pokud je v podloží z nepropustných zemin provedený neodvodněný propustný štěrkový podsyp pod základy. Další příčinou vedoucí k podmáčení stavby může být zásyp základů stavby provedený z propustných zemin a chybějící drenáž, která by dešťovou vodu odvedla, než prosákne k nepropustnému základovému podloží. Při vodních srážkách pak dešťová voda zatéká pod základy, kde podmáčí nepropustné základové podloží. [1], [3], [6]

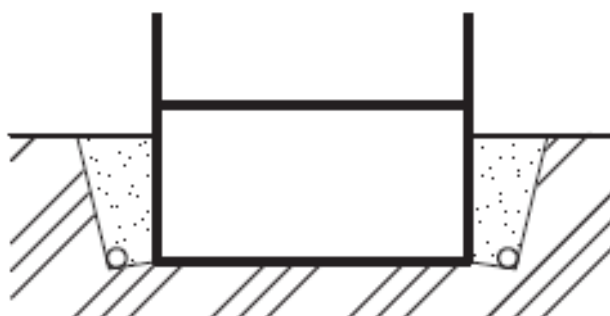
Opatření proti vzniku

Pokud se na území stavby vyskytuje vysoká hladina spodní vody, nebo je území trvale zamokřeno, je nutné provést meliorační opatření. Pro vhodný návrh melioračního opatření se nejprve provede hydrogeologický průzkum, který určí skladbu, únosnost a propustnost podloží, schopnost vsakování dešťových vod a hladinu podzemní vody.

V podloží z nepropustných zemin se vždy musí provést drenáž základové spáry, aby se odvedla srážková voda zatékající propustným zásypem základů.

Území, které je zamokřené vlivem vysoké hladiny podzemní vody nebo povrchovou vodou je možné odvodnit plošnou trubkovou drenáží, biologickou drenáží, nebo jejich kombinací.

Parametry trubkové drenáže se stanoví na základě hydraulického výpočtu a svažitosti terénu. Podle návrhu se vyhloubí rýhy, do kterých se uloží drenážní trubky. Trubky se obsypou propustným materiálem, který brání zanášení otvorů drenáže. Zbytek rýhy se zasype výkopkem. Voda ze zamokřeného území se drenážním systémem odvede ze zamokřeného území do recipientu.



Obr. 2.5 Trvalé odvodnění základové spáry v nepropustných zeminách [6]

Biologická drenáž se provádí osazováním rostlin, které mají vysokou schopnost odnímat vodu ze zeminy a vypařovat ji do ovzduší. Rostliny regulují vláhu v půdě. Pokud je přebytek vláhy, rostliny přes kořenový systém odebírají vodu ze zeminy a listy přebytečnou vláhu vypařují do ovzduší. V případě, že je vláhy nedostatek, se tento proces zpomaluje.

Pokud je objekt založen nad hladinou podzemní vody v nepropustném podloží. Opatření proti tlakové vodě se realizuje provedením propustné štěrkopískové vrstvy pod konstrukci základů. V okolí podzemní části stavby je položen drenážní systém, který tlakovou vodu odvádí z podzákladí, viz obrázek 2.6. Drenážní systém musí obsahovat kontrolní šachty, které slouží k čištění a kontrole drenáže. [3], [6], [7]



Obr. 2.6 Propustná štěrkopísková odvodňená vrstva [3]

3 Porucha – přetížení konstrukce

3.1 Dopady poruchy na konstrukci

Přetížení konstrukce se dělí na přímé a nepřímé.

K přímému přetížení konstrukce dochází v důsledku nesprávného užívání objektu, neodborně provedené nástavby nebo přestavby, nebo také, pokud se změní původní zatížení, na které byla konstrukce navržena. Trhliny vzniklé přetížením konstrukce se nejčastěji projeví s časovým odstupem až v okamžiku, kdy vzniklé zatížení překročí mez únosnosti nosného stavebního prvku.

Účinky nepřímého přetížení vyvolá například pokles podpor, sednutí zdiva nebo smršťování, dotvarování a tepelné účinky, které na zdivo působí. [1]

3.2 Příčiny a opatření proti vzniku poruchy

3.2.1 Nepřímé přetížení

Pnutí bez působení vnějších sil vzniká, pokud se zdivo nerovnoměrně zahřívá nebo nerovnoměrně vysouší. Pokud se povrch zdiva zahřívá silněji než jeho jádro, vzniká ve zdivu vnitřní pnutí. Přetvoření od změny teploty je závislé na změně teploty a součiniteli teplotní roztažnosti materiálu. Pnutí následkem nerovnoměrného vysychání vzniká, pokud jsou při zdění použity cihly s vysokou vlhkostí. Na povrchu pak zdivo vysychá intenzivněji než uvnitř. Vlivem rychlého vysychání se také zdivo smršťuje a může způsobit vznik trhlin mezi zdíciými prvky a maltou ve spárách zdiva.

Vnitřní napětí v konstrukci vyvolává tlakové, tahové i smykové napětí. Obzvláště nebezpečná jsou napětí smyková a tahová, protože pevnost v tahu a ve smyku u zděných prvků jsou oproti pevnosti v tlaku malé. Pokud napětí překročí pevnost prvku, vznikají ve zdivu trhliny. [17], [18]

Opatření proti vzniku

Vzniku poruch vlivem nerovnoměrného zahřívání nebo vysoušení, které způsobuje vysoká teplota, přímé sluneční záření a proudění větru, se předchází

zakrytím stěn plachtou a vlhčením. Tato opatření se musí udržovat, dokud neskončí proces hydratace cementu v maltě. [28]

3.2.2 Přímé přetížení

Pokud se při realizaci provedou neodborné změny oproti projektu, nebo se neodborně provedou stavební úpravy na stávající konstrukci, může dojít k přetížení stavby. Příčiny vedoucí k přetížení konstrukce mohou být například záměny materiálů navržených v projektu za materiály s větší hmotností. Další příčiny jsou například změna skladby podlah, přístavba zděných příček nebo vytváření nových otvorů ve stěnách. Tyto úpravy lokálně nebo celkově zvyšují zatížení konstrukce.

K přetížení konstrukce také může vést nesprávné užívání stavby. V projektové dokumentaci je uvedeno, pro jaký účel je stavba zhotovena a jak se má užívat. Nesprávné užívání stavby je užívání v rozporu se zákonem. Pokud se stavba užívá jiným způsobem, než je uvedeno v kolaudačním souhlasu, může vlivem změny zatížení, vytvořením vlhkého provozu nebo agresivního prostředí dojít k jejímu přetížení.

Přetížit konstrukci také může zanedbaná údržba stavby. Například pokud se zanesou střešní žlaby a voda nemá kudy odtékat, může sníh s deštěm nadměrně zatěžovat konstrukci. Hrubé zanedbání údržby může vést až ke kolapsu stavby. [19], [20]

Opatření proti vzniku

Aby se předešlo přetěžování konstrukce při výstavbě, je nutné dodržovat projektovou dokumentaci a případné změny konzultovat s projektantem, případně i se statikem. Při přestavbách, a to zejména při vytváření nových otvorů do nosných konstrukcí a stavbě těžkých příček, se musí nejprve provést statický posudek. Posudek rozhodne, jestli je tyto změny možné provést, aniž by to ohrozilo statiku celé konstrukce.

Pokud se má stavba začít používat k jinému účelu, než ke kterému byla zkolaudována, je nutné zjistit, za jakých podmínek a opatřeních lze nové užívání umožnit. Pokud nový účel stavby vyžaduje technická opatření, aby vnesením nových

provozních vlivů neohrožoval stávající stavbu, provede se stavebně technický průzkum. Průzkum slouží ke zhodnocení stávajícího stavu stavby a je podkladem k vypracování projektové dokumentace a statických výpočtů. Na základě stavebně technického průzkumu se vypracuje projektová dokumentace tak, aby se eliminovaly negativní vlivy spojené s novým užíváním stavby.

4 Porucha – nadměrný průhyb stropní konstrukce

4.1 Dopady poruchy na konstrukci

Jeden ze statických požadavků na stropní konstrukci je průhyb stropní konstrukce. Stropní konstrukce musí být navržena a zrealizována tak, aby vyhovovala z hlediska maximálního průhybu. Průhyb se posuzuje podle mezního stavu použitelnosti. Posouzení je důležité hlavně v souvislosti s návazností na další konstrukce. Nadměrný průhyb stropní konstrukce může způsobit poruchy podhledu, podlahové konstrukce a příček. Poruchy zděných příček způsobuje téměř vždy nadměrný průhyb stropní konstrukce.

Nenosné příčky jsou stěny, které neplní žádnou funkci z hlediska statiky konstrukce budovy. Příčky slouží k oddělení místností a nesmí být využity ke ztužení budovy. Díky tomu mohou být při požadované změně půdorysu odstraněny, aniž by byla ohrožena stabilita budovy. Příčky však musí navíc mimo působení vlastní tíhy zachycovat síly působící na jejich plochu a umožnit přenos těchto sil na nosnou konstrukci.

Pokud je příčka zatížena nadměrným průhybem stropní konstrukce nad příčkou, začne vlivem tlakových sil působit jako nosná stěna. Změna statického působení příčky způsobuje její přetížení. Přetížení nejprve způsobuje drcení omítky a poté drcení cihel. Přetížení může způsobit i deformaci celé příčky.

Pokud je příčka zatížena nadměrným průhybem stropní konstrukce, na které je příčka založena, nejčastější se může porušit těmito způsoby:

1. Zatížení nadměrným průhybem stropní konstrukce způsobí, že příčka v patě ztratí spojitou podélnou podporu a zůstane zavěšena jen podél svislých okrajů. Zdivo s malou pevností v tahu se ve spodní střední části příčky odtrhne. Horní část příčky tak začne působit jako klenba, viz obrázek 4.1 a.

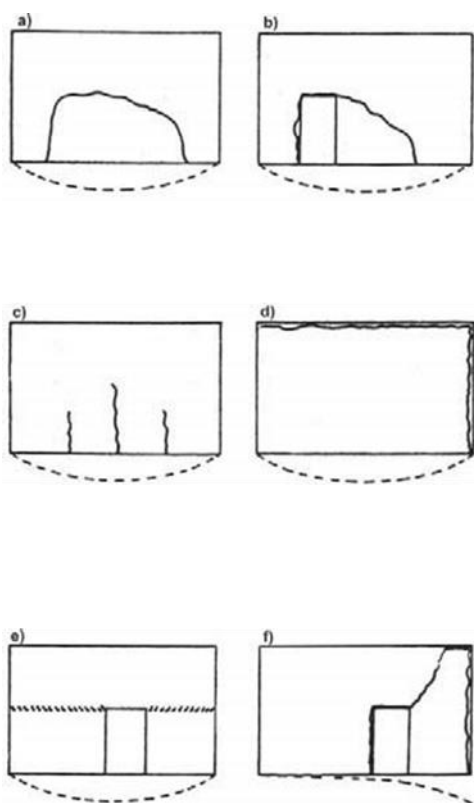
2. Pokud je v příčce dveřní otvor, příčka působí stejně jako v případě 1. Průběh trhlin bude ale ovlivněn přítomností dveřní zárubně, viz obrázek 4.1 b.

3. Pokud je příčka uložena jako v předchozích případech, ale pevnost zdiva příčky je vyšší, příčka se poruší svislými trhlinami, viz obrázek 4.1 c.

4. Pokud příčka v patě ztratí spojitou podélnou podporu a zároveň se přilehlá konstrukce od příčky odkloní, dojde u příčky k oddělení u horního i svislého okraje. Tento případ ohrozí stabilitu příčky v kolmém směru k její ploše, viz obrázek 4.1 d.

5. Pokud je v příčce dveřní otvor, zároveň je příčka vyzděna na maltu o vyšší pevnosti a v patě ztratí spojitou podélnou podporu, vznikne smyková trhlinka, která oddělí dolní a horní část příčky. Smyková trhlinka probíhá v úrovni horní hrany dveřní zárubně, viz obrázek 4.1 e.

6. Pokud je v příčce dveřní otvor a příčka na jedné straně ztratí spojitou podporu u přilehlé zdi vlivem jejího vychýlení, přilehlá část příčky se oddělí od druhé části, viz obrázek 4.1 - f. [1], [15], [21]



Obr. 4.1 Schéma trhlin ve zděných příčkách [1]



Obr. 4.2 Příklad trhliny ve zděné příčce s dveřním otvorem [1]

4.2 Příčiny a opatření proti vzniku poruchy

K nadměrnému průhybu stropní konstrukce může vést její přetížení. Přetížení může způsobit překročení navrženého mezního stavu použitelnosti stropní konstrukce a strop se nadměrně prohne. Příčiny vedoucí k nadměrnému průhybu mohou být například záměny materiálů navržených v projektu za materiály s větší hmotností nebo použití betonové směsi s nižším modulem pružnosti, než který je předepsán v projektu. Další příčinou mohou být změny skladby podlahy na stropní konstrukci, přístavba zděných příček nebo předčasné zatížení monolitické stropní konstrukce. [19]

Opatření proti vzniku

Aby se předešlo nadměrnému průhybu stropní konstrukce a následným poruchám na příčkách, musí se při realizaci dodržovat projektová dokumentace a technologické postupy. Především případnému zatěžování příčky nadměrným průhybem stropní konstrukce nad příčkou se také může v případě, že se příčka a stropní konstrukce oddělí pružným stykem. Pružný styk se provede tak, že se mezi stropní konstrukcí a příčkou vynechá mezera, která se vyplní pružným materiálem, například minerální vlnou nebo nízkoexpanzní pěnou.

5 Analýza a sanace trhlin zdiva

5.1 Analýza trhlin

U staveb vyžadujících sanační opatření se provede podrobný stavební průzkum. Průzkumem se zjišťuje místo, množství, stáří, vzhled, rozměry a příčiny vzniku trhlin. Dále se zjišťuje, jestli se jedná o trhliny aktivní nebo pasivní. K tomu se používá monitoring trhlin, který trvá šest měsíců až rok.

Sanace trhlin, u kterých bylo zjištěno, že jsou aktivní, může začít až po odstranění příčin, které ke vzniku trhlin vedly. Proto je důležité analyzovat příčiny vzniku trhlin. Analýza se provádí monitoringem pohybu základové konstrukce. Monitoringem se zjistí, jak sedání probíhá, jestli je lineární, nebo nelineární. Nelineárnost sedání může způsobovat například kolísání hladiny podzemní vody vlivem kolísání výšky blízkého vodního toku. Výsledné informace získané analýzou příčin a následného provedení inženýrsko-geologického průzkumu slouží k navržení vhodného sanačního opatření a správného postupu sanace.

Následně se realizuje sanace, která odstraní příčiny vzniku trhlin ve zdivu. (Sanace příčin, kvůli kterým trhliny vznikly, nejsou s ohledem na rozsah v teoretické části této bakalářské práci řešeny.)

Po realizovaném sanačním opatření se provede monitoring, který ověří účinnost tohoto opatření. Poté co je monitoringem zjištěno, že se pohyby základové konstrukce konsolidovaly, může se přistoupit k odstranění následků způsobeným nadměrným nebo nerovnoměrným sedáním stavby. Druh opravy trhlin závisí na velikosti a závažnosti trhlin. [1], [8], [9], [24]

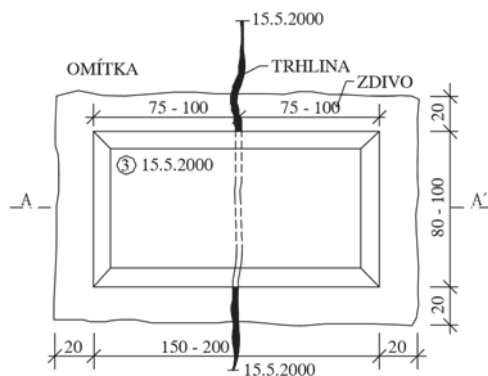
5.1.1 Přístroje pro sledování trhlin

Zjištění, zda je trhlina aktivní nebo pasivní:

Sádrové destičky

Nejčastější metodou monitoringu je použití sádrových destiček. Před aplikací sádrových destiček se odstraní omítka a zdivo pod odstraněnou omítkou se očistí a

navlhčí. Poté se nanese namíchaná sádra přes trhlinu do tvaru obdélníku. Destička má tloušťku přibližně 10 mm a rozměry 80x150 mm až 100x200 mm. Na destičku se zapíše datum osazení a identifikační číslo destičky. Místo se sádrovou destičkou se nafotí a provede se záznam do protokolu o měření pohybu trhlin. Je vhodné udělat destiček více, aby se předešlo možnosti, že destička řádně nepřilne k podkladu a neaktivuje se. V průběhu monitoringu se provádí pravidelná kontrola destiček. Pokud se v terči objeví vlasová trhlina, jedná se o aktivní trhlinu, změří se její šířka a do protokolu se zapíše datum a šířka trhliny. Pokud za celou dobu monitoringu na sádrové destičce nevznikne trhlina, znamená to, že k žádnému pohybu v trhlíně nedošlo a jedná se o pasivní trhlinu. Pasivní trhliny vznikly poruchami v minulosti a u nich již příčina vzniku pominula.



Obr. 5.1 Schéma sádrové destičky [1]

Skleněné destičky

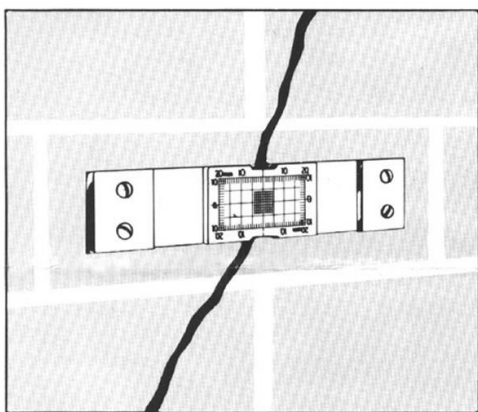
Pro sledování pohybu trhlin v exteriéru se používají skleněné destičky, které se lepí na zdivo pomocí epoxidového lepidla ve směru přes trhlinu. Na destičku se lihovým popisovačem zapíše datum osazení. Pokud destička praskne, může se na ni přilepit destička nová. Rozšiřování trhliny v čase pak značí souvrství slepených destiček.

Posuvné měřítko

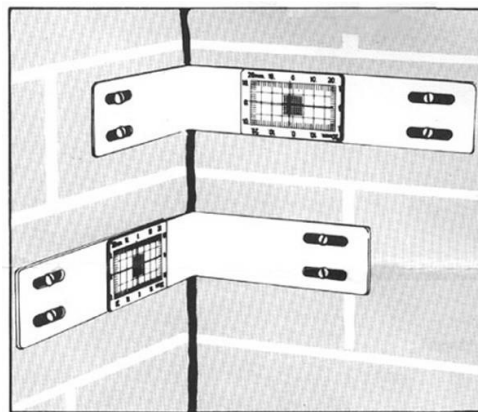
Další možností sledování trhlin je sestava ocelových trnů pevně osazených pomocí cementové malty nebo chemické kotvy po obou stranách trhliny. Vzdálenost mezi trny se měří posuvným měřítkem a zapisuje se do protokolu o měření trhliny.

Monitor trhlin

Monitor trhlin je plastová destička s vodorovnou i svislou stupnicí, na které je možné sledovat horizontální i vertikální pohyb trhlin. Rozpětí měření v horizontálním směru je až -25 až +25 mm, ve vertikálním pak -10 až +10 mm. Přesnost měření dosahuje 1 mm. Destička se přivrtá přes trhlinu a měřící kříž se nastaví na střed stupnice. Při monitoringu se měřící kříž pohybuje na stupnici podle toho, jak se trhlina otevírá nebo zavírá. Pomocí rohových monitorů trhlin lze měřit i trhliny a deformace mezi částmi konstrukcí, které jsou vůči sobě postaveny v určitém úhlu. Rohové monitory se instalují v párech proti sobě. Jsou použitelné v úhlech od 67° do 247°. [26], [27]



Obr. 5.2 a Schéma plastového monitoru trhlin [26]

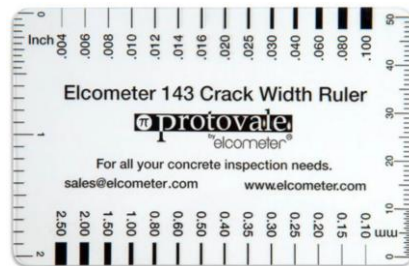


Obr. 5.2 b Schéma plastového rohového monitoru trhlin [26]

Šířka trhliny:

Příložná srovnávací karta

Srovnávací karta je přibližně velikosti kreditní karty a obsahuje řadu různě širokých čárek. Každá čárka odpovídá příslušné šířce trhliny. Měření probíhá tak, že se karta přiloží k trhlině a hledá se čárka, která je stejně široká jako měřená trhlina. Při pečlivém provedení dosahuje přesnost měření až 0,05 mm.



Obr. 5.3 Příložná srovnávací karta [23]

Měřící lupa a mikroskop

Měřící lupa a mikroskop pro měření šířky trhlin jsou přesnější než srovnávací karta. Obsahují stupnice, podle které se zjistí šířka trhliny. Přístroj se přiloží na zeď tak, aby stupnice byla kolmo k trhlíně. Trhlina se zaostří a ze stupnice se odečte šířka trhliny. Přesnost měření u mikroskopu může dosahovat až tisícín milimetru.



Obr. 5.4 Měřící lupa [25]



Obr. 5.5 Mikroskop pro měření trhlin [23]

5.2 Sanace trhlin

5.2.1 Zatmelení

U menších pasivních trhlin se sanace provádí zatmelením trhlin. Před tmelením se odstraní omítka a trhlina se rozšíří. Rozšiřování trhliny se provádí tak, že se do ní vyseká trojúhelníková drážka, která je na povrchu zdi široká minimálně 5mm. Poté se drážka vyčistí a navlhčí, aby tmel lépe přilnul. Navlhčená trhlina se naplňuje tmelem za pomoci aplikační pistole nebo špachtle. Pokud je trhlina hlubší,

tmelí se ve více vrstvách, aby tmel vysychal rovnoměrně. Materiály na tmelení jsou na bázi pryskyřic a akrylátů. Po vytvrdnutí trhliny se tmel přebrousí a přetře se barvou. [1], [10]

5.2.2 Injektování zdiva

Sanace trhlín ve zdivu pouze injektáží se provádí jen u pasivních trhlín. U trhlín aktivních se injektážní metoda provádí pouze jako doplněk v kombinaci s další metodou sanace. Injektážní materiál se volí na základě diagnostiky trhlín a vlastností injektovaného zdiva. Injektážní materiály jsou na bázi hydraulických pojiv, pryskyřic, polyesterů a polyuretanů.

Před injektáží se očistí povrch zdiva, odstraní se uvolněné části zdiva a vysají se nečistoty a prach z trhlín. Injektáž se provádí vtháněním směsi do trhlín přetlakem pomocí injektážního čerpadla. Při injektáži trhlín není kvůli dalšímu oslabování zdiva a prachu, který by vznikl při vrtání a vnikal by do trhlín, vhodné provádět vrty pro injektážní pakry. Proto se používají pakry nalepovací.

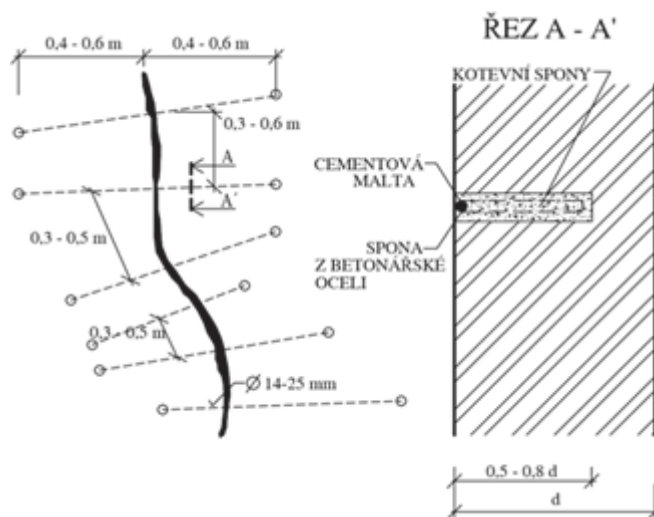
“Injektážní pakr je zařízení, které je osazeno na konci hadice, která vede k injektážnímu čerpadlu a skrze které injektážní látka proniká do injektážního vrtu.“ [1]

Nalepovací pakr se musí nalepit přesně na trhlinu tak, aby injektážní směs mohla vtékat přímo do narušeného místa. Před injektáží se musí trhliny na povrchu stěny utěsnit, aby bylo dosaženo navrženého přetlaku a injektážní směs nevytékala z trhlíny ven. Pokud by injektážní hmota nevyplnila všechny dutiny, nevznikl by při injektáži přetlak a účinnost sanace by se výrazně snížila. Výsledná kvalita injektáže závisí na kvalitě průzkumu porušeného zdiva, kvalitě návrhu sanace, kvalitě provedení injektáže a výběru vhodného injektážního materiálu. [1], [14]

5.2.3 Stehování

Další metodou sanace širokých trhlín ve zdivu je stehování zdiva. Při stehování se z obou stran trhlíny a kolmo na ni vyvrtají otvory hluboké 1/2 až 4/5 tloušťky zdi. Otvory jsou vzdálené minimálně 500 mm od trhlíny a mají různou délku z důvodu roznášení zatížení od spon do zdiva. Do vyvrtaných otvorů se osadí

ocelové stehovací spony a následně se otvory vyplní cementovou maltou, nebo epoxidovou pryskyřicí. Průměr spon je 12 až 25mm. Po zapuštění spon se trhлина zatmelí, nebo se provede injektáž trhliny. Spony se natřou nátěrem proti korozi a překryjí se omítkovým systémem s výztužnou tkaninou a omítkou s malým modulem pružnosti, aby se předešlo další tvorbě trhlin v omítce. Pokud trhлина prochází celou tloušťkou zdi, provádí se stehování z obou stran zdi. [1], [15], [16]



Obr. 5.6 Schéma stehování trhliny [1]

5.2.4 Vkládání prutů z vysokopevnostní oceli

Modernější metodou sanace širokých trhlin ve zdivu je vkládání ocelových výztuží do ložných spár zdiva. Tento systém zvýší tahovou únosnost a zajistí spolupůsobení porušeného zdiva. Materiál výztuže je z vysokopevnostní austenitické nerezové oceli. Výztužné pruty jsou ve tvaru šroubovice a jsou vyráběny v profilech 3 až 12 mm. Tmely pro kotvení výztuže jsou modifikované polymer cementové směsi o vysokých pevnostech. Pevnost kotevního tmelu v tahu, která je důležitá z hlediska spolupůsobení s výztuží, se pohybuje okolo 10 MPa a přídržnost cihelnému zdivu je cca 2 MPa.



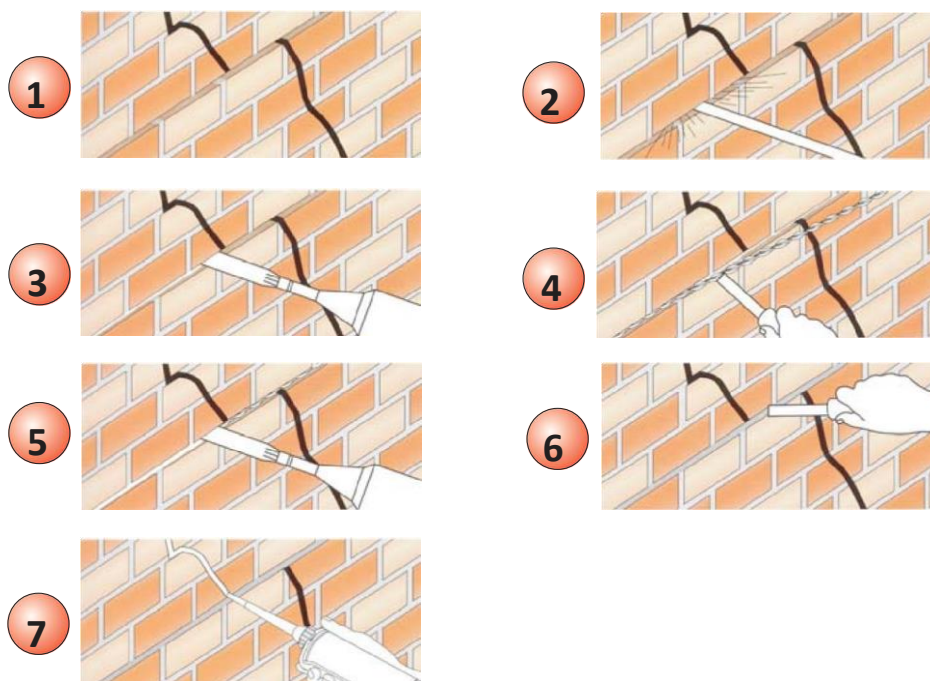
Obr. 5.7 Průřez výztuže [13]



Obr. 5.8 Tvar výztuže v pohledu [13]

Postup sanace se provádí tak, že se do horizontálních ložných spár vyfrézují drážky. U zdi širokých alespoň 300 mm se dle rozsahu poruch vyztuží i vnitřní líc

zdiva. Drážky se provádějí ve vertikálních rozestupech 150 – 450 mm dle projektu sanace. Drážka musí být dlouhá minimálně 500 mm na každou stranu od praskliny. Pokud není možné dodržet minimální délku kotvení z důvodu, že se trhлина vyskytuje v blízkosti rohu zdi nebo otvoru, kotvení se zavádí za roh nebo do ostění otvoru. Hloubka a výška drážky se určuje podle velikosti průměru a počtu výztuží vkládaných do jedné drážky. Vyfrézovaná drážka se vyčistí profouknutím pomocí tlakové pumpy. Do vyčištěné drážky se aplikuje penetrační nátěr nebo voda. Poté se pomocí aplikační pistole na dno drážky nanese kotevní tmel v tloušťce 10 mm. Do tmelu se pomocí špachtle vtlačí ocelová výztuž a znovu se do drážky nanese tmel. Drážka se vyplní tak, aby tmel končil 10 – 15 mm od povrchu zdi a vyhladí se spárovací špachtlí. Na povrchu drážky se provede povrchová úprava, která je vhodná pro okolní materiál. [11], [12], [13], [15]



Obr. 5.9 Schéma aplikačního postupu [12]

5.2.5 Opláštování

Metoda sanace pomocí opláštování se používá v případech, kdy se ve zděných prvcích vyskytují shluky aktivních trhlin. Provádí se buď na jedné, nebo na obou stranách zdiva.

Postup opláštování začíná odstraněním omítky a důkladným očištěním povrchu. Na trhliny se přilepí nalepovací pakry pro následnou injektáž. Do obnaženého zdiva se osadí kotevní úchyty, nebo se do něho nastřelí úchytové hřeby. Úchyty zajistí spolupůsobení pláště s porušenou stěnou. Na úchyty se poté naváže nebo přivaří výztužná ocelová svařovaná síť. Výztužná vrstva se zalije betonovou směsí, která se uloží do bednění. Tloušťka vrstvy je 50 – 80 mm. Poté, co betonová směs zatvrdne, se provede injektáž trhlin v porušeném zdivu. [1]

5.2.6 Torkretování

Torkretování se používá pro sanaci nebo zesilování zděných konstrukcí. Tato metoda je vhodná tehdy, pokud je potřeba sanovat zakřivené plochy nebo náhlé zlomy. A také v místech, kde by bylo zhotovení bednění pracné nebo neekonomické. Směs na torkretovaný beton se liší od běžného betonu ve velikosti kameniva. Kamenivo je menší z důvodu dopravy čerpadlem a zpracování.

Před začátkem torkretování se odstraní uvolněné části zdiva a důkladně se očistí povrch zdiva například ocelovým kartáčem, proudem stlačeného vzduchu nebo opískováním. Poté se pomocí ocelových trnů, které se zapustí do předvrtaných otvorů a zainjektují se cementovou maltou nebo epoxidovou pryskyřicí, připevní ocelová svařovaná síť. Následně se povrch navlhčí vodou. Složení torkretovaného betonu na první vrstvu nástřiku je ze 400 – 450 kg cementu na 1m³ a kameniva menšího než 10 mm. Pokud by byla zrna kameniva větší, mohla by se od stěny odrážet. Po nanesení první vrstvy a technologické přestávce 3 – 5 hodin se začnou nanášet další vrstvy. Střední vrstvy se nanášejí po tloušťkách 10 – 25 mm. Složení je z 300 – 350 kg cementu na 1m³ a kameniva menšího než 25 mm. Poslední vrstva torkretování je jemnější a kvalitnější, aby se povrch betonu mohl vyhladit.

Torkretování se provádí v tloušťce 20 – 80 mm. Pokud je výsledná tloušťka vrstvy 30 – 60 mm, vkládá se do betonové směsi kromě ocelové sítě také pletivo. Pletivo eliminuje napětí, které betonová směs vyvolává v důsledku smršťování při tuhnutí a tvrdnutí. Největší pnutí vznikají na styku mezi stávajícím a novým materiálem. [1], [14]

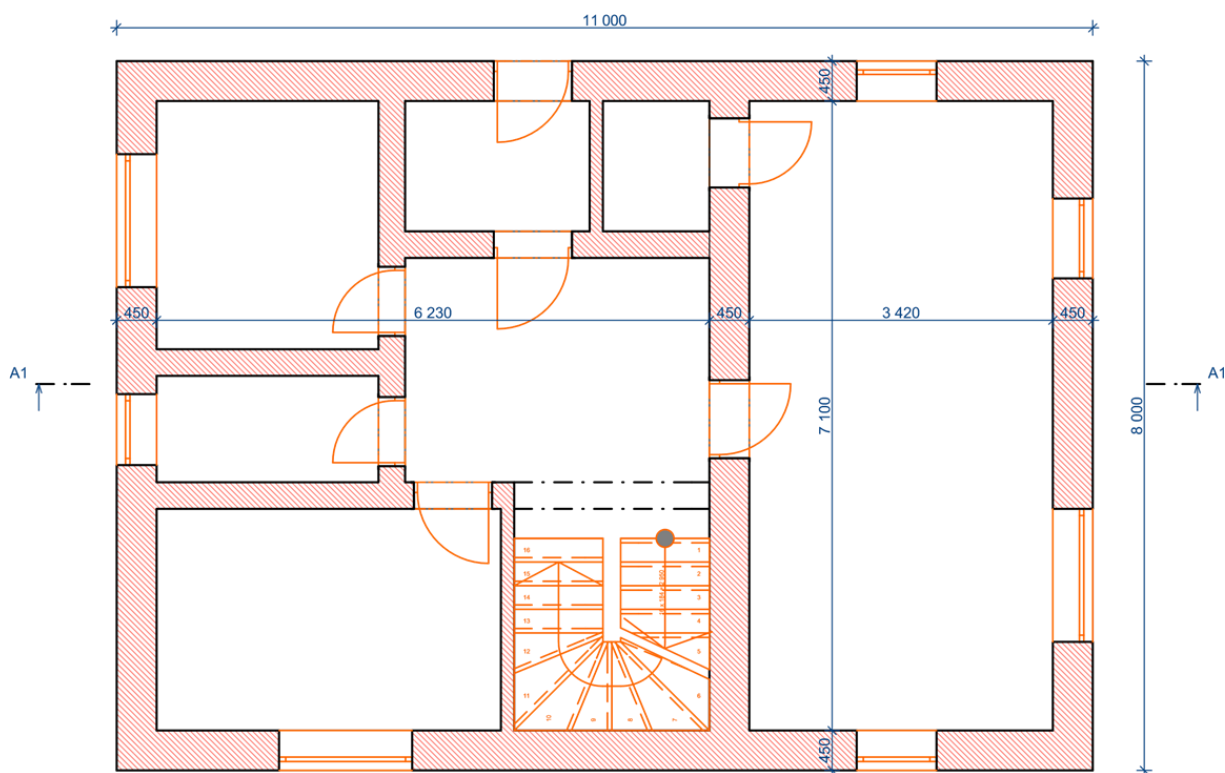
6 Porucha na modelovém objektu

Tato část se zabývá vybraným příkladem poruchy na modelovém objektu. U vybrané poruchy se určí dopady poruchy na objekt. Podle dopadů se navrhnu vhodná sanační metody včetně finanční nákladnosti. Dále se navrhnu opatření, která zabrání vzniku poruchy v případě, že je možný vznik poruchy včas odhalen.

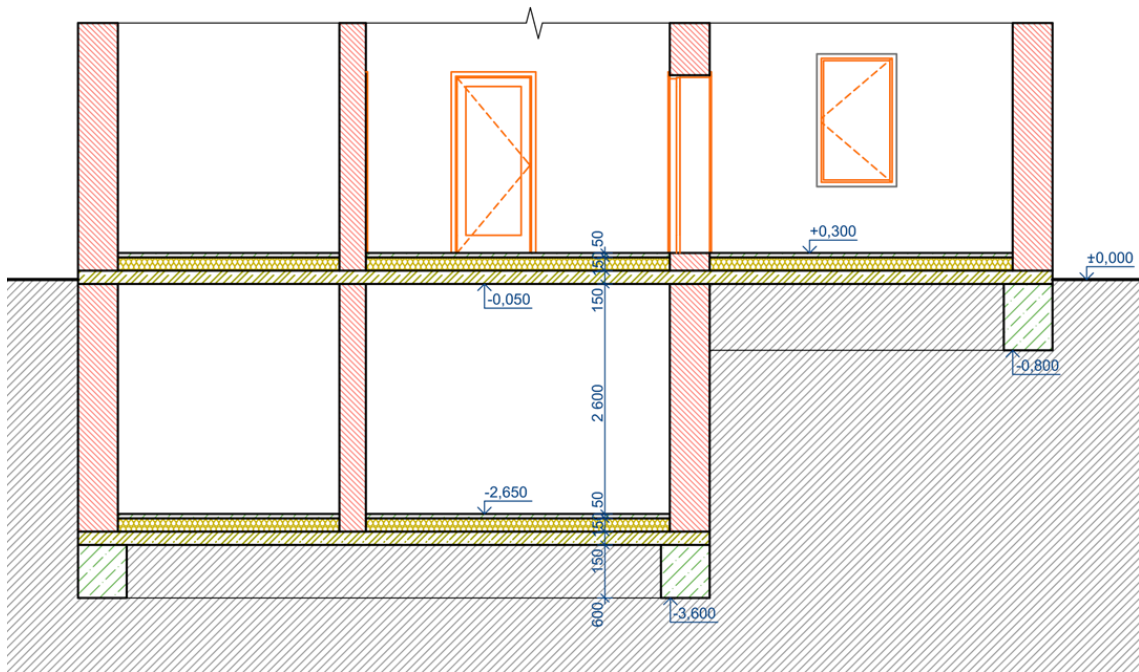
6.1 Modelový objekt

Modelový objekt je rodinný dům realizovaný z cihel plných pálených. Objekt má jedno nadzemní podlaží a je částečně podsklepený. Obvodové zdi jsou široké 450 mm, vnitřní nosné zdi jsou široké 300 a 450 mm a příčky 150 mm.

Základové podloží tvoří nepropustné jemnozrnné jíly. Hladina podzemní vody se nachází 7 m pod terénem.



Obr. 6.1 Půdorys modelového objektu



Obr. 6.2 Řez modelovým objektem

6.2 Trhliny vzniklé promrzním základové spáry

6.2.1 Dopady poruchy

Jak již bylo řečeno v kapitole 2.2.2, pokud je objekt založen v zámrazné hloubce z namrzavých zemin, v zimním období dochází k promrzní zemin v základové spáře. Promrzní zemin má za následek zvětšení jejího objemu. Zvětšení objemu zemin v základové spáře vytváří velké tlaky, které působí na základy objektu a způsobují jejich nadzvedávání. Střídání letních a zimních období způsobuje opakované nadzvedávání základů a tvorbu trhlin v základové konstrukci a ve vrchní stavbě. [1], [2]

Hloubka základové spáry modelového objektu v nepodsklepené části byla navržena 800 mm pro štěrkopískové podloží. Základové podloží v nepodsklepené části objektu je ale z namrzavých jílových zemin. V těchto místech z jílových zemin není hloubka založení dostatečná. Díky tomu v jílové zemině dochází k promrzní základové spáry, které způsobuje opakované nadzvedávání a sedání objektu. Výsledkem objemových změn v základovém podloží je vznik tahových trhlin v základech a obvodové konstrukci vrchní stavby.

6.2.2 Opatření proti vzniku poruchy při včasném odhalení

Pokud se zjistí, že je hloubka založení objektu pro daný typ zeminy příliš nízká, ve fázi projektu nebo na začátku realizace, je možné provést opatření, která předejdou vzniku trhlin důsledkem promrzání základové spáry.

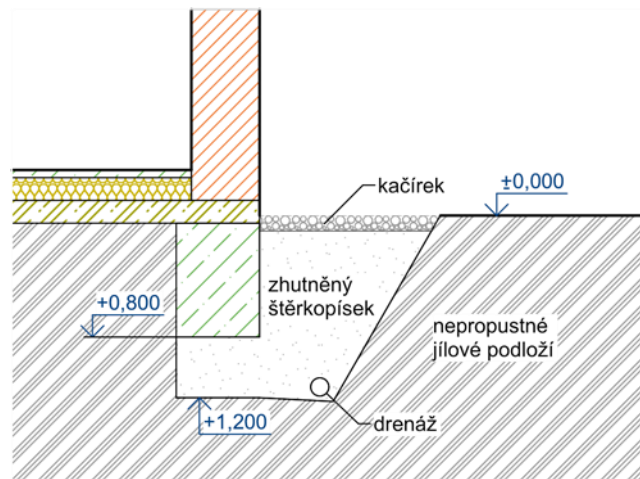
Prohloubení základové konstrukce na nezámrnou hloubku

Pokud se na nedostatečné založení objektu přišlo v průběhu výkopových prací nebo dříve. Nejspolehlivější způsob jak předejít tvorbě trhlin je prohloubení základové konstrukce v nepodsklepené části objektu do hloubky vhodné pro jílové zeminy. Pro jílové zeminy je nejmenší dovolená hloubka založení 1200 mm. V této hloubce již jílové zeminy nepromrzají a nehrozí tak porušení objektu vlivem promrzání podloží.

Výměna namrzavé zeminy za nenamrzavou

Variantou k prohloubení základové konstrukce je výměna namrzavé jílové podloží za nenamrzavé štěrkopísky. Zatížené štěrkopísky nemají žádný zdvih. Jílové podloží se vymění až do hloubky, ve které nepromrzá, aby se předešlo bobtnání a nadzvedávání objektu. Štěrkopísek se zhutní, aby se předešlo nadměrnému sedání objektu. Také je nutné provést drenáž štěrkopískové vrstvy. Drenáž zabrání hromadění srážkové vody na dně štěrkopískové vrstvy, která by rozmáčela jílové podloží a způsobila sednutí objektu.

Postup výměny zeminy začíná odkopáním rýhy v jílovém podloží pro nový základ a nenamrzavý zásyp ze štěrkopísku. Rýha se zasype do úrovně základové spáry štěrkopískem, který se zhutní a provede se v něm drenáž. Na štěrkopískovém loži se postaví jednostranné bednění pro nový základ. Po vybetonování základu a dostatečném zatvrdnutí betonu, které trvá 2 - 3 dny, se provede odbednění. Rýha u základu se dosype štěrkopískem, který se opět zhutní. Na provedený zásyp se položí vrstva kačírku v tloušťce 10 cm.



Obr. 6.3 Výměna namrzavé zeminy za nenamrzavou

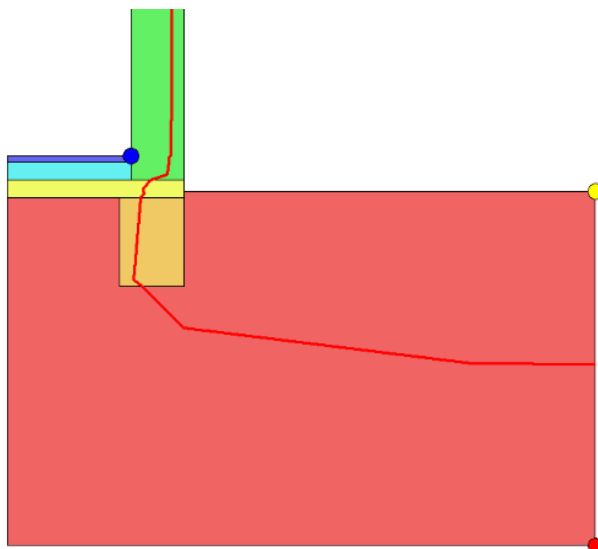
Ochrana základové spáry před promrzáním izolační vrstvou

Pokud se již základy v nepodsklepené části objektu realizovaly v nedostatečné hloubce 800 mm, ale ještě k poruchám vlivem promrzání základového podloží nedošlo, je možné ochránit základovou spáru před promrzáním provedením tepelně izolační vrstvy.

Rozměry izolační vrstvy byly navrženy v programu Area 2017 EDU. V programu byl nejprve namodelován detail základové konstrukce a byly navrženy okrajové podmínky. Okrajové tepelné podmínky byly zvoleny následovně:

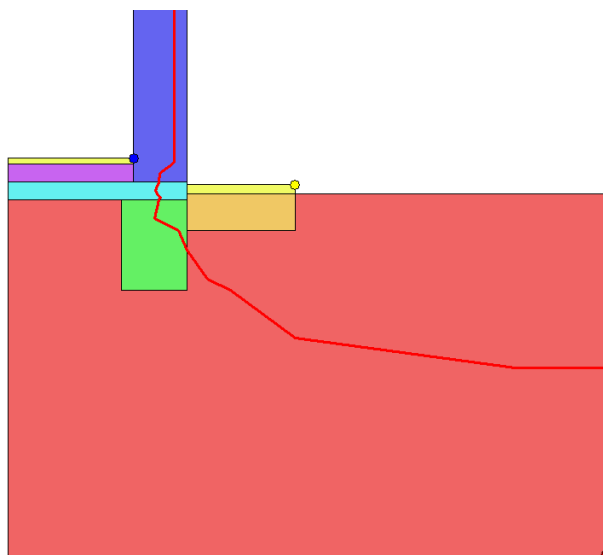
- vnitřní teplota: +20°C
- vnější teplota: -5°C
- teplota v hloubce tří metrů základové půdy: +5°C

Po zadání vstupních dat se na modelu bez tepelné izolace vynesla nulová izoterma. Nulová izoterma je křivka, která zobrazuje průběh teploty 0°C. Izoterma potvrdila, že by bez provedení izolační vrstvy docházelo k promrzání zeminy v základové spáře, viz obrázek 6.4 a.



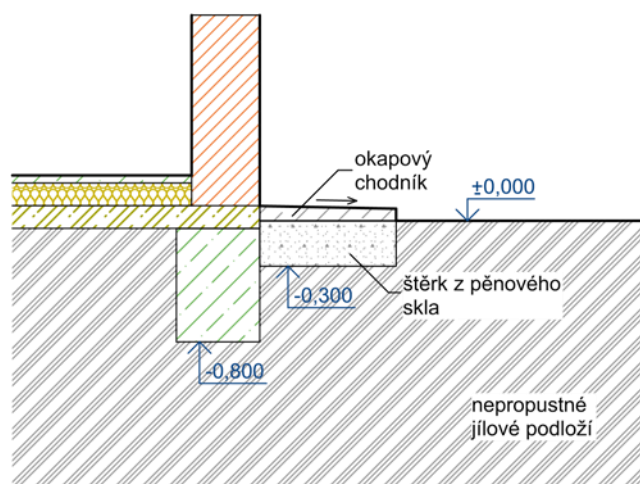
Obr. 6.4 a Průběh nulové izotermy bez izolační vrstvy

Do namodelovaného detailu se poté vložila tepelně izolační vrstva a okapový chodník. Pro izolační vrstvu se zvolil štěrk z pěnového skla, který má součinitel tepelné vodivosti $0,08 \text{ W/mK}$. Izolační vrstva, která zabrání promrzání základové spáry má délku 90 cm a tloušťku 30 cm . Následné vynesení nulové izotermy potvrdilo, že izolační vrstva zabrání promrzání zeminy v základové spáře, viz obrázek 6.4 b.



Obr. 6.4 b Průběh nulové izotermy s izolační vrstvou

Postup práce začíná odkopáním zeminy kolem základové konstrukce nepodsklepené části objektu do hloubky 30 cm a vzdálenosti 90 cm od základu. Na místo odtěžené zeminy se kolem základů provede podsyp z drceného pěnového skla. Na izolační podsyp se provede okapový chodníček, který odvede srážkovou vodu mimo izolační podsyp. Použitím izolačního podsypu zemina nepromrzne na úroveň základové spáry a nezpůsobí tak nadzvedávání objektu.



Obr. 6.5 Ochrana základové spáry izolační vrstvou

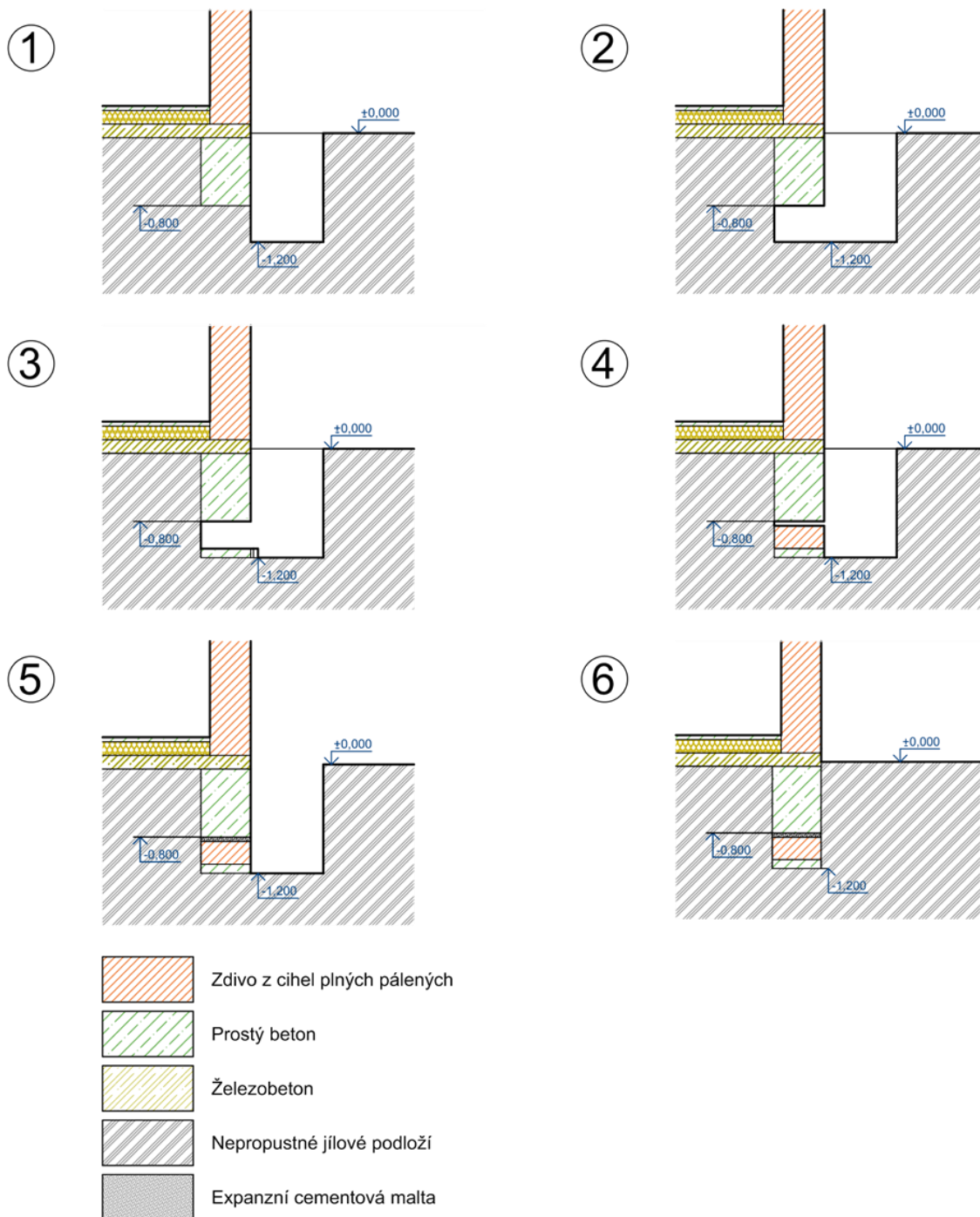
6.2.3 Sanace příčiny

Podezdění základů

Základovou konstrukci založenou v mělké hloubce je možné sanovat podezděním nebo podbetonováním do úrovně nezámrazné hloubky. Při prohlubování základů je důležité podepřít objekt vzpěrami. Jelikož má zdivo malou pevnost v tahu, při podkopání základové konstrukce zejména v rozích, by bez podepření mohlo dojít k tahovým trhlinám a vybočení zdí. Rozsah podepření se určí dle statického posudku.

Postup sanace podezděním začíná odkopáním zeminy sousedící se základovou konstrukcí. Zemina se odkope v délce přibližně jednoho metru a šířce 80 cm od objektu na úroveň nové základové spáry. V odkopaném úseku se vyhloubí prostor pro novou část základu. Stávající základ se očistí od zeminy. Nová základová spára se urovná vrstvou betonu. Na zatvrdlý betonový podklad se vyzdí nový základ z cihel plných pálených na cementovou maltu. Šířka ložných spár je maximálně 5 mm. Vzniklá mezera mezi nově vyzděným a stávajícím základem se vyplní expanzní

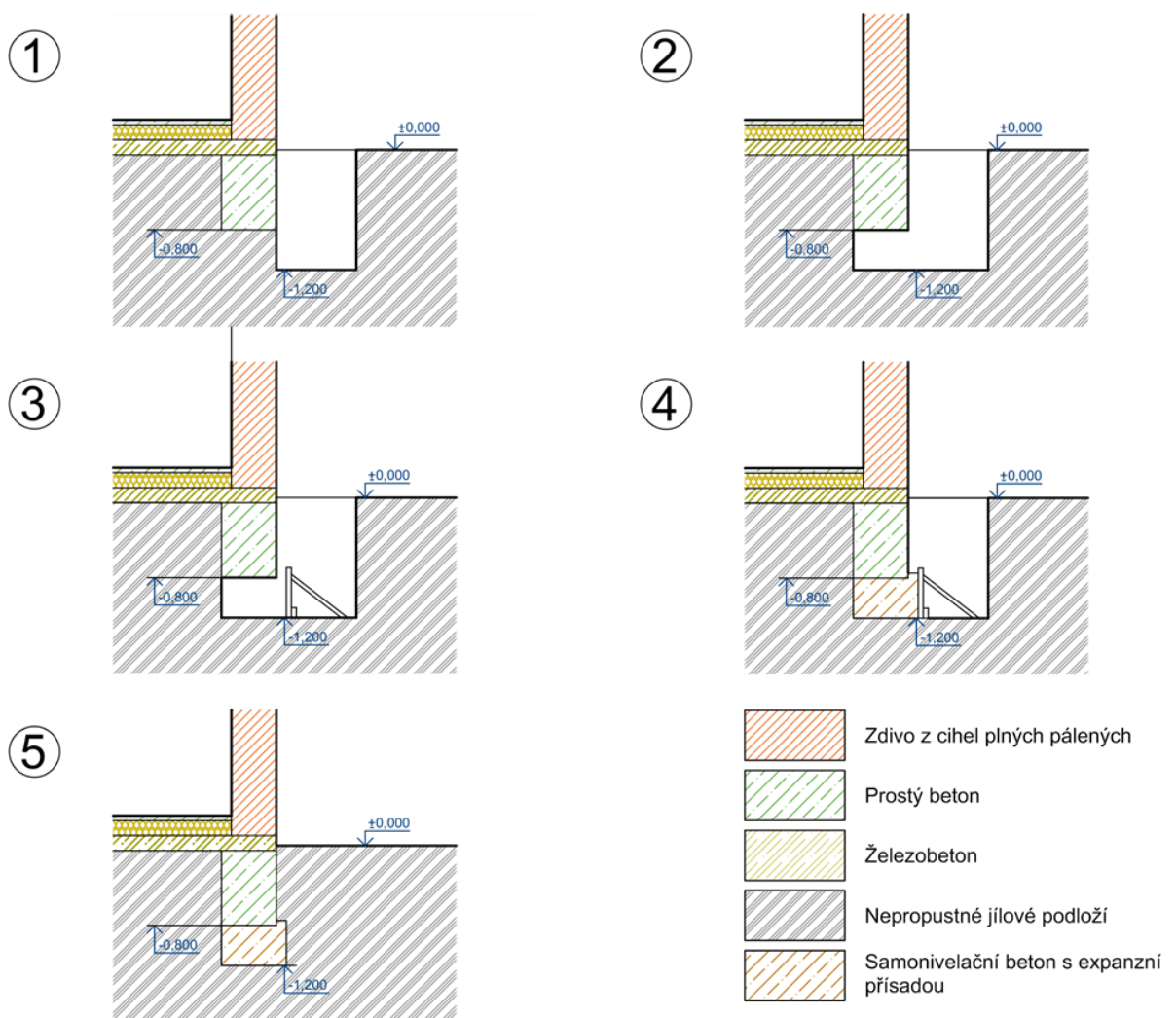
cementovou maltou. Expanzní malta kompenzuje ztrátu objemu vznikajícího odsáním vody do zdiva a zajistí aktivaci nového základu. Podezdíváním se začíná v rozích objektu. Pracovní úseky jsou od sebe vzdáleny přibližně 4 metry. Práce na sousedním úseku může začít až ve chvíli, kdy malta na vedlejším úseku zatvrdne. Tvrdnutí malty trvá 5 – 7 dní v závislosti na klimatických podmínkách.



Obr. 6.6 Postup podezdívání základových pasů

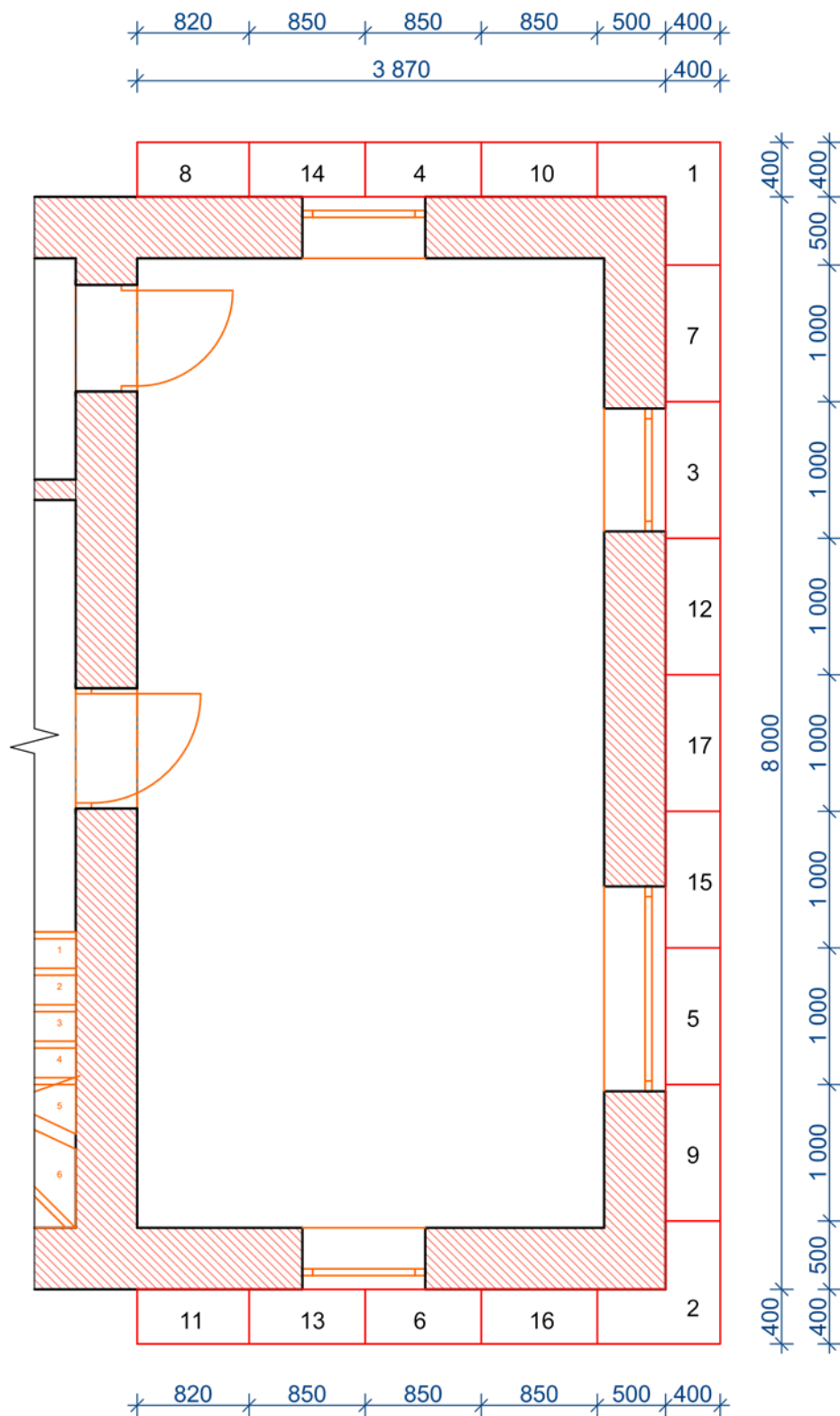
Podbetonování základů

Příprava pro sanaci podbetonováním probíhá shodně jako při podezdívání. Po odkopání do úrovně nové základové spáry a očištění stávajícího základu se postaví jednostranné bednění pro novou část základu. Do bednění se čerpadlem vtlačí samonivelační betonová směs, pomocí které se zajistí, aby se vyplnil celý prostor pod stávajícím základem. Betonová směs obsahuje expanzní přísadu, která vykompenzuje smršťování betonu a zabrání vytvoření trhlin v kontaktní pracovní spáře mezi stávajícím a novým základem. Spojením dojde k aktivaci nového, dostatečně hlubokého základu. Pořadí a vzdálenost pracovních úseků jsou stejné jako u podezdívání. Na sousední úsek je možné přejít až po dostatečném zatvrdnutí betonu ve vedlejším úseku, které trvá 2 až 3 dny.



Obr. 6.7 Postup podbetonování základových pasů

Možné rozložení pracovních úseků tak, aby se prohlubováním základové konstrukce začínalo v rozích a úseky jdoucí po sobě od sebe byly vzdáleny alespoň 4 metry, je zobrazeno na obrázku 6.7.



Obr. 6.7 Rozvržení pracovních záběrů při prohlubování základové konstrukce

6.2.4 Sanace trhlin

Trhliny vzniklé vlivem promrznání objektu se již mohou sanovat, protože se odstranila příčina jejich vzniku a trhliny přestali být aktivní. Podle velikosti a závažnosti trhlin se vybere vhodná metoda jejich sanace. Metody a postupy sanace trhlin jsou popsány v kapitole 5.2.

6.3 Finanční náklady

Finanční náklady stávajícího základu modelového objektu a náklady na opatření proti vzniku i sanace poruchy jsou oceněny v systému euroCALC 3. Všechny náklady jsou oceněny na jeden metr běžný.

6.3.1 Stávající základ

Tab. 6.1 Náklady stávající základ 800 mm

Kod	Popis	MJ	bez ztr.	Ztratné	Výměra	Jedn. cena	Cena
Celkem							1 685 Kč
001: Zemní práce							430 Kč
132201101	Hloubení rýh š do 600 mm v hornině tř. 3 objemu do 100 m ³	m ³	0,41	–	0,41	522 Kč	214 Kč
162701105	Vodorovné přemístění do 10000 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m ³	0,41	–	0,41	254 Kč	104 Kč
171201211	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce (skládkovné)	t	0,861	–	0,861	130 Kč	112 Kč
002: Základy							1 047 Kč
274313511	Základové pásy z betonu tř. C 12/15	m ³	0,41	10,0	0,451	2 323 Kč	1 047 Kč
099: Přesun hmot HSV							207 Kč
998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	t	1,018	–	1,018	204 Kč	207 Kč

6.3.2 Opatření proti vzniku poruchy při včasném odhalení

Prohloubení základové konstrukce na nezámraznou hloubku

Tab. 6.2 Náklady na prohloubený základ 1200 mm

Kód	Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztratné	Výměra	Jedn. cena	Cena
Celkem							2 588 Kč
001: Zemní práce							660 Kč
132201101	Hloubení rýh š do 600 mm v hornině tř. 3 objemu do 100 m3	m3	0,63	–	0,63	522 Kč	329 Kč
162701105	Vodorovné přemístění do 10000 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	0,63	–	0,63	254 Kč	160 Kč
171201211	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce (skládkovné)	t	1,323	–	1,323	130 Kč	172 Kč
002: Základy							1 609 Kč
274313511	Základové pásy z betonu tř. C 12/15	m3	0,63	10,0	0,693	2 323 Kč	1 609 Kč
099: Přesun hmot HSV							319 Kč
998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	t	1,564	–	1,564	204 Kč	319 Kč

Výměna namrzavé zeminy za nenamrzavou

Tab. 6.3 Náklady na výměnu zeminy

Kód	Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztratné	Výměra	Jedn. cena	Cena
Celkem							4 065 Kč
001: Zemní práce							2 008 Kč
132201201	Hloubení rýh š do 2000 mm v hornině tř. 3 objemu do 100 m3	m3	1,68	–	1,68	335 Kč	563 Kč
162701105	Vodorovné přemístění do 10000 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	1,68	–	1,68	254 Kč	426 Kč
171201211	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce (skládkovné)	t	3,528	–	3,528	130 Kč	459 Kč
167101101	Nakládání výkopku z hornin tř. 1 až 4 do 100 m3	m3	1,13	–	1,13	150 Kč	169 Kč
174101101	Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se zhutněním	m3	1,13	–	1,13	77 Kč	87 Kč
58331200	Štěrkopísek (Bračice) netříděný zásypový materiál	t	1,469	–	1,469	181 Kč	266 Kč
162201102	Vodorovné přemístění do 50 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	1,13	–	1,13	34 Kč	39 Kč
002: Základy							1 301 Kč
274313511	Základové pásy z betonu tř. C 12/15	m3	0,41	10,0	0,451	2 323 Kč	1 047 Kč
212972112	Opláštění drenážních trub filtrační textilií DN 100	m	1,0	–	1,0	18 Kč	18 Kč
212755214	Trativody z drenážních trubek plastových flexibilních D 100 mm bez lože	m	1,0	–	1,0	41 Kč	41 Kč
274351215	Zřízení bednění stěn základových pasů	m2	0,75	–	0,75	209 Kč	157 Kč
274351216	Odstranění bednění stěn základových pasů	m2	0,75	–	0,75	50 Kč	37 Kč
006: Úpravy povrchu							205 Kč
637121111	Okapový chodník z kačírku tl 100 mm s udusáním	m2	1,19	–	1,19	173 Kč	205 Kč
099: Přesun hmot HSV							551 Kč
998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	t	2,707	–	2,707	204 Kč	551 Kč

Ochrana základové spáry před promrzáním izolační vrstvou

Tab. 6.4 Náklady na provedení izolační vrstvy

Kód	Popis	MJ	vymera bez ztr.	Ztratiné	Výměra	Jedn. cena	Cena
Celkem							1 446 Kč
001: Zemní práce							782 Kč
132212201	Hloubení rýh š přes 600 do 2000 mm ručním nebo pneum nářadím v soudržných horninách tř. 3	m3	0,27	–	0,27	661 Kč	178 Kč
174101101	Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se zhutněním	m3	0,27	–	0,27	77 Kč	21 Kč
162701105	Vodorovné přemístění do 10000 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	0,27	–	0,27	254 Kč	68 Kč
167101101	Nakládání výkopku z hornin tř. 1 až 4 do 100 m3	m3	0,27	–	0,27	150 Kč	40 Kč
171201211	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce (skládkovné)	t	0,567	–	0,567	130 Kč	74 Kč
162201102	Vodorovné přemístění do 50 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	0,27	–	0,27	34 Kč	9 Kč
X1	Štěrk z pěnového skla, Refaglass	m3	0,27	–	0,27	1 450 Kč	392 Kč
006: Úpravy povrchu							600 Kč
637211112	Okapový chodník z betonových dlaždic tl 60 mm na MC 10	m2	0,9	–	0,9	666 Kč	600 Kč
099: Přesun hmot HSV							63 Kč
998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	t	0,311	–	0,311	204 Kč	63 Kč

6.3.3 Sanace příčiny

Podezdění základů

Tab. 6.4 Náklady na podezdění základů

Kód	Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztratiné	Výměra	Jedn. cena	Cena
Celkem							4 265 Kč
001: Zemní práce							1 369 Kč
132212201	Hloubení rýh š přes 600 do 2000 mm ručním nebo pneum nářadím v soudržných horninách tř. 3	m3	0,96	–	0,96	661 Kč	634 Kč
174101101	Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se zhutněním	m3	0,96	–	0,96	77 Kč	74 Kč
162201102	Vodorovné přemístění do 50 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	1,92	–	1,92	34 Kč	66 Kč
162701105	Vodorovné přemístění do 10000 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	0,22	–	0,22	254 Kč	56 Kč
171201211	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce (skládkovné)	t	0,462	–	0,462	130 Kč	60 Kč
132201401	Hloubená vykopávka pod základy v hornině tř. 3	m3	0,22	–	0,22	1 311 Kč	288 Kč
161101601	Vytažení výkopku těženého z prostoru pod základy z hl do 2 m v hornině tř. 1 až 4	m3	0,22	–	0,22	217 Kč	48 Kč
167101101	Nakládání výkopku z hornin tř. 1 až 4 do 100 m3	m3	0,96	–	0,96	150 Kč	144 Kč
002: Základy							1 021 Kč
279311113	Postupné podbetonování základového zdiva prostým betonem tř. C 12/15	m3	0,055	10,0	0,061	4 125 Kč	250 Kč
274351215	Zřízení bednění stěn základových pasů	m2	0,1	–	0,1	209 Kč	21 Kč
274351216	Odstranění bednění stěn základových pasů	m2	0,1	–	0,1	50 Kč	5 Kč
279232511	Postupná podezdívka základového zdiva cihlami pálenými na MC	m3	0,17	–	0,17	4 384 Kč	745 Kč
009: Ostatní konstrukce a práce							1 771 Kč
975011321	Podpěrné dřevění při podezdívání základů tl do 600 mm vyzdívka v do 2 m dl podchycení do 1 m	m	1,0	–	1,0	1 771 Kč	1 771 Kč
099: Přesun hmot HSV							104 Kč
998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	t	0,51	–	0,51	204 Kč	104 Kč

Podbetonování základů

Tab. 6.5 Náklady na podbetonování základů

Kód	Popis	MJ	Výměra bez ztr.	Ztratné	Výměra	Jedn. cena	Cena
Celkem							4 597 Kč
001: Zemní práce							1 376 Kč
132212201	Hloubení rýh š přes 600 do 2000 mm ručním nebo pneum nářadím v soudržných horninách tř. 3	m3	0,96	–	0,96	661 Kč	634 Kč
174101101	Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se zhutněním	m3	0,91	–	0,91	77 Kč	70 Kč
162201102	Vodorovné přemístění do 50 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	1,82	–	1,82	34 Kč	62 Kč
162701105	Vodorovné přemístění do 10000 m výkopku/sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	0,26	–	0,26	254 Kč	66 Kč
171201211	Poplatek za uložení odpadu ze sypaniny na skládce (skládkovné)	t	0,546	–	0,546	130 Kč	71 Kč
132201401	Hloubená vykopávka pod základy v hornině tř. 3	m3	0,22	–	0,22	1 311 Kč	288 Kč
161101601	Vytažení výkopku těženého z prostoru pod základy z hl do 2 m v hornině tř. 1 až 4	m3	0,22	–	0,22	217 Kč	48 Kč
167101101	Nakládání výkopku z hornin tř. 1 až 4 do 100 m3	m3	0,91	–	0,91	150 Kč	136 Kč
002: Základy							1 309 Kč
279311113	Postupné podbetonování základového zdiva prostým betonem tř. C 12/15	m3	0,26	10,0	0,286	4 125 Kč	1 180 Kč
274351215	Zřízení bednění stěn základových pasů	m2	0,5	–	0,5	209 Kč	104 Kč
274351216	Odstranění bednění stěn základových pasů	m2	0,5	–	0,5	50 Kč	25 Kč
009: Ostatní konstrukce a práce							1 771 Kč
975011321	Podpěrné dřevění při podezdívání základů tl do 600 mm vyzdívka v do 2 m dl podchycení do 1 m	m	1,0	–	1,0	1 771 Kč	1 771 Kč
099: Přesun hmot HSV							141 Kč
998011001	Přesun hmot pro budovy zděné v do 6 m	t	0,691	–	0,691	204 Kč	141 Kč

6.3.4 Finanční porovnání jednotlivých variant

Opatření proti vzniku poruchy

Nejlevnější a nejjednodušší opatření, které zabrání promrzání základové půdy, je prohloubení základové konstrukce do nezámrzné hloubky. Náklady na prohloubení základové konstrukce se oproti stávajícímu základu zvýší o 903 Kč/m. Alternativně lze místo prohloubení základové konstrukce provést výměnu namrzavé zeminy za nenamrzavou do úrovně nezámrzné hloubky. Tato varianta je ale technologicky náročnější a finančně výrazně nákladnější. Náklady se u této varianty zvýší o 2380 Kč/m.

Pokud se již realizoval základ, který není dostatečně hluboký, je možné ho ochránit před promrzáním izolační vrstvou. Tato varianta, se zvýšením nákladů o 1446 Kč/m, z finančního hlediska vychází jako druhá nejméně výhodnější. Musí ale být

proveden kvalitní výpočet prostupu tepla, aby izolační vrstva měla dostatečné rozměry a plnila tak svoji funkci.

Sanace příčiny

Metody sanace podezdíváním a podbetonováním základové konstrukce jsou technologicky náročné, proto také náklady na jejich realizaci výrazně převyšují cenu stávajícího základu i výše zmíněných opatření. Náklady na podezdění základové konstrukce jsou 4264 Kč/m. Podbetonování základové konstrukce vychází na 4597 Kč/m.

Závěr

V teoretické části bakalářské práce jsem se zabýval vadami a poruchami na zděných konstrukcích. Konkrétně jsem řešil poruchy způsobené nerovnoměrným sedáním konstrukce, přetížením konstrukce a nadměrným průhybem stropní konstrukce. Popsal jsem analýzu trhlin na zděné konstrukci včetně jednotlivých přístrojů pro sledování trhlin. V závěru teoretické části jsem popsal jednotlivé druhy a postupy sanace trhlin zděné konstrukce.

V praktické části jsem řešil poruchu na modelovém objektu způsobenou založením základové konstrukce v zámrazné hloubce. Navrhl jsem modelový objekt a popsal jsem poruchu, která se na modelovém objektu vyskytuje. Poté jsem navrhl možná opatření, která zabrání vzniku poruchy. U vzniklé poruchy jsem popsal dva druhy sanace, podezděním a podbetonováním základové konstrukce, včetně postupu a rozvržení pracovních záběrů. U opatření proti vzniku i sanace poruchy jsem vypracoval rozpočet jednotlivých postupů a provedl jsem jejich finanční porovnání. Finanční porovnání vyšlo následovně:

Tab. 6.6 Finanční porovnání

Varianta	Cena [Kč/m]	Zvýšení nákladů oproti stávajícímu základu [Kč/m]
Stávající základ	1 685	-
Opatření proti vzniku poruchy		
Prohloubení základové konstrukce na nezámraznou hloubku	2 588	903
Výměna namrzavé zeminy za nenamrzavou	4 065	2 380
Ochrana základové spáry před promrznáním izolační vrstvou (včetně ceny stávajícího základu)	3 131	1 446
Sanace poruchy		
Podezdění základů	4 265	4 265
Podbetonování základů	4 597	4 597

Z porovnání vyplývá, že náklady na opatření, kterými se předejde vzniku poruchy, jsou výrazně nižší než následná sanace poruchy, kterou by bylo nutno provést, pokud by se nezabránilo jejímu vzniku.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] SOLAŘ, Jaroslav. Poruchy a rekonstrukce zděných staveb. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2672-4.
- [2] MACEKOVÁ, Věra. Pozemní stavitelství II (S) - zakládání staveb, hydroizolace spodní stavby: modul 02. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-520-4.
- [3] WITZANY, Jiří. Konstrukce pozemních staveb 20. Vyd. 2., přeprac. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03422-4.
- [4] TURČEK, Peter. Zakládání staveb. Bratislava: Jaga, 2005. ISBN 80-8076-023-3.
- [5] Nezámrzná hloubka « PERGOLY KUČERA. PERGOLY KUČERA [online]. [cit. 2018-4-3]. Dostupné z: http://www.pergolykucera.cz/?page_id=265
- [6] SOLAŘ, Jaroslav. Odstraňování vlhkosti: sanace vlhkého zdiva. Praha: Grada, 2013. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4708-8.
- [7] SÝKORA, David. Problémy s vysokou podzemní vodou a doporučená meliorační opatření. In: tzb-info.cz [online]. 2015 [cit. 2018-04-3]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/teorie-voda-kanalizace/13276-problemy-s-vysokou-spodni-vodou-a-doporucena-melioracni-opatreni>
- [8] Podchytávání základů mikropilotami | Geotechnika | Inženýrské stavby | www.asb-portal.cz. Odborný portál pro profesionály v oblasti stavebnictví [online]. Copyright © JAGA GROUP, s. r. o. Všechna práva vyhrazena [cit. 2018-4-5]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/geotechnika/podchytavani-zakladu-mikropilotami>
- [9] Sledování trhlin ve stěnách pomocí sádrových terčů :: STATIK-PROJEKTANT. Statika staveb [online]. Copyright © 2009 [cit. 2018-04-5]. Dostupné z: <https://statik.webnode.cz/news/sledovani-trhlin-ve-stenach-pomoci-sadrovych-tercu/>
- [10] Jak opravit praskliny ve zdi | BydletSnadno.cz. BydletSnadno.cz - Magazín o bydlení [online]. [cit. 2018-4-5]. Dostupné z: <https://bydletsnadno.cz/opravit-praskliny-ve-zdi/>

- [11] Sešívání Trhlin [online]. Copyright © Helifix – CZ 2017 [cit. 2018-4-15].
Dostupné z: <https://www.helifix-cz.cz/produkty/vyrobky-pro-sanaci/sesivani-trhlin/>
- [12] statické zajištění a opravy - PDF. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 2018-4-15]. Dostupné z: http://docplayer.cz/2815299-Staticke-zajistini-a-opravy.html#show_full_text
- [13] KUBANEK, Jiří a kolektiv. Helikální výztuže [online]. [cit. 2018-4-15].
Dostupné z: http://www.helikalni.cz/pdf/manual_kompakt.pdf
- [14] PUME, Dimitrij a František ČERMÁK. Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí. Praha: Arch, 1993. Stavby a rekonstrukce.
- [15] HÁJEK, Petr. Pozemní stavitelství IV: pro 4. ročník SPŠ stavebních. Vyd. 3., upr., V Sobotáles 2. Praha: Sobotáles, 2006. ISBN 80-86817-18-0.
- [16] Sanace trhlin ve zdivu. Venkovský dům- projekty a stavební knihy [online]. [cit. 2018-4-16]. Dostupné z: <http://www.venkovskydum.cz/trhliny/>
- [17] KALKSANDSTEIN – tvarové změny, trhliny [online]. [cit. 2018-4-16].
Dostupné z: <http://kalksandstein.cz/faq/proc-se-pouziva-spojovani-stenna-tupo.html>
- [18] KM BETA a.s. - komplexní systém pro hrubou stavbu domu [online].
Copyright © KM Beta a.s. 2013 [cit. 2018-4-23]. Dostupné z:
<http://www.kmbeta.cz/prirucka-vpc/prirucka.html?id=82>
- [19] Poruchy staveb. Statické posudky - kdo je statik, co je posudek, jaká je cena? [online]. Copyright © 2011 [cit. 2018-4-23]. Dostupné z:
<http://statickeposudky.info/poruchy.html>
- [20] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 2018-4-25]. Dostupné z:
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>
- [21] Konstrukce pozemních staveb 10: nosné konstrukce 1. Vyd. 2. přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02243-9.
- [22] Ústav územního rozvoje [online]. © Ústav územního rozvoje 2001–2018 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/default.asp?ID=3986>

- [23] Inspekční přístroje | Gamin. Gamin | Gamin [online]. Copyright © 2018 Omega Design, s.r.o. [cit. 2018-4-27]. Dostupné z:
<https://www.gamin.cz/inspekni-pristroje/>
- [24] DOHNÁLEK, Jiří. DIAGNOSTIKA TRHLIN V BETONOVÝCH A ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍCH. Časopis BETON - technologie, konstrukce, sanace [online]. 2014, 2014(3) [cit. 2018-4-27]. Dostupné z:
http://www.betontks.cz/sites/default/files/2014-3-38_0.pdf
- [25] Brinellova lupa stupnice 10 mm zvětšení 10x [online]. © 2013 [cit. 2018-4-29]. Dostupné z: http://www.sometcz.com/obchod/mikroskopy-a-lupy/lupy/brinellovy-merici-lupy-0-20-mm/brinellova-lupa-stupnice-10-mm-zvetseni-10x#tab_tab1
- [26] Stroje pro zkušebnictví | strojeprozkusebnictvi.cz [online]. © 2011 [cit. 2018-4-29]. Dostupné z: <http://www.strojeprozkusebnictvi.cz/mereni-otevirani-trhlin.html#zalozka-1>
- [27] MONITOR TRHLIN. HOME [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z:
<http://www.rissmonitor.com/html/ttprospcz.HTM>
- [28] Provedení / zpracování zdiva | VAPIS. [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z:
https://www.vapis-sh.cz/cs/stavba/provadeni_zpracovani