



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

MECHANICKÁ ODOLNOST POVLAKOVÝCH HYDROIZOLACÍ VŮČI POŠKOZENÍ PRVKY KONSTRUKČNÍ OCHRANY HYDROIZOLACE

MECHANICAL DURABILITY OF WATERPROOFING MEMBRANES AGAINST ELEMENTS
OF WATERPROOFING MEMBRANE CONSTRUCTION PROTECTION

DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Josef Remeš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, CSc.

BRNO 2018

KLÍČOVÁ SLOVA

hydroizolace, nopová fólie, spodní stavba, střecha, zatížení, hutnění, mechanická odolnost

KEYWORDS

waterproofing insulation, dimpled mebrane, substructure, roof, ground bashing, mechanical stress

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD..... | 5 |
| 2 | SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY | 5 |
| 2.1 | Popis problematiky..... | 5 |
| 2.2 | Způsob řešení dané problematiky | 6 |
| 2.3 | Hydroizolační principy spodní stavby | 7 |
| 2.4 | Hydroizolace | 7 |
| 2.5 | Konstrukční ochrana hydroizolace..... | 7 |
| 2.5.1 | Definice konstrukční ochrany hydroizolace | 7 |
| 2.5.2 | Nopová fólie | 8 |
| 2.6 | Poruchy hydroizolačního systému | 10 |
| 3 | CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE..... | 11 |
| 4 | METODY ZPRACOVÁNÍ | 12 |
| 5 | TEORETICKÁ ANALÝZA MECHANICKÉHO NAMÁHÁNÍ A ODOLNOSTI SYSTÉMU | 12 |
| 5.1 | Faktory ovlivňující mechanické poškození povlakové hydroizolace od nopové fólie | 12 |
| 5.2 | Analýza namáhání konstrukcí | 13 |
| 5.3 | Mechanická odolnost hydroizolací | 13 |
| 5.4 | Výpočtové posouzení protlačení | 13 |
| 5.4.1 | Skladby konstrukcí | 13 |
| 5.4.2 | Způsob stanovení zatížení..... | 14 |
| 5.4.3 | Teoretické hodnocení odolnosti hydroizolací na protlačení | 15 |
| 5.4.4 | Shrnutí teoretického hodnocení a praktických poznatků | 15 |
| 6 | NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍCH ZKOUŠEK..... | 16 |
| 6.1 | Příprava zkušebních sestav | 16 |
| 6.1.1 | Zatížení statické dlouhodobé | 16 |
| 6.1.2 | Zatížení statické krátkodobé | 17 |
| 6.1.3 | Zatížení dynamické krátkodobé..... | 17 |
| 6.2 | Skladebné varianty zkušebních těles..... | 18 |
| 6.3 | Materiály | 19 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.4 | Experimenty a postupy..... | 19 |
| 6.5 | Okrajové podmínky..... | 21 |
| 6.6 | Měření | 21 |
| 6.7 | Způsob vyhodnocení experimentu | 21 |
| 7 | EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST..... | 22 |
| 7.1 | Vliv dlouhodobého statického zatížení | 22 |
| 7.2 | Vliv krátkodobého statického zatížení, kdy dochází k deformaci nopů | 24 |
| 7.3 | Vliv a velikost krátkodobého dynamického zatížení vyvolaného hutněním zásypu zeminy..... | 25 |
| 8 | ZÁVĚR | 27 |
| 8.1 | Závěry pro technickou praxi | 27 |
| 8.2 | Možnosti dalšího pokračování a výzkumu..... | 28 |
| 9 | BIBLIOGRAFIE..... | 29 |
| 10 | CURRICULUM VITAE..... | 31 |
| 11 | ABSTRAKT | 34 |

1 ÚVOD

Při navrhování staveb je jedním ze základních požadavků vytvoření prostředí, které bude uživatele chránit před vnějšími vlivy, mezi které se řadí i působení vody. Nejvíce exponovanými konstrukcemi vystavené působení vody jsou podzemní části budov a střechy. V těchto konstrukcích se používají stavební materiály, které zajišťují nepropustnost pro vodu a v kombinaci s ostatními prvky tvoří hydroizolační systém zajišťující požadovanou ochranu.

Nejčastěji používané systémy u spodních staveb i střech jsou povlakové hydroizolace, které se z provozních i funkčních důvodů doplňují o další doplňkové a ochranné vrstvy. Nevhodnou kombinací a uspořádáním jednotlivých vrstev však může dojít k poruše, jenž vede k výraznému snížení hydroizolační spolehlivosti a účinnosti systému. K poruše dochází obvykle v důsledku mechanického poškození hydroizolačního materiálu.

2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

2.1 Popis problematiky

Hydroizolační konstrukce (hydroizolační systém) se skládá z mnoha funkčních prvků, doplňků a příslušenství. Účinnost a spolehlivost celku je podmíněna účinností a spolehlivostí nejslabšího prvku. Hydroizolační konstrukce staveb musí být odolné proti působícímu mechanickému namáhání do té míry, aby nedošlo ke ztrátě funkcí, které v konstrukci plní. Použitím účinné ochrany je nezbytné zabránit mechanickému poškození hydroizolací. [1]

K mechanickému namáhání ve skladbách spodní stavby a střešních plášťů může však dojít i vlivem nevhodného způsobu aplikace konstrukční ochrany hydroizolace a dalších vrstev. V důsledku namáhání a vnějších vlivů je pak hydroizolační konstrukce vystavena možnému vzniku poruchy způsobené poškozením povlakové hydroizolační vrstvy, která vede ke snížení hydroizolační spolehlivosti skladby.

Jednou z příčin této poruchy může být mechanické namáhání konstrukce působící skrze prvek skladby s vyšší mechanickou odolností (nopová, profilovaná fólie, která plní drenážní funkci) na prvek s odolností nižší (hydroizolační vrstva).

Tuto problematiku lze řešit vložením separační vrstvy mezi profilovanou fólii a povlakovou hydroizolací, která by měla příznivě napomáhat rovnoměrnému rozložení zatížení a minimalizovat stav, kdy by došlo protlačení nopů profilované fólie. Není však s jistotou ověřeno, jak vysoký účinek toto opatření má a zda je schopno eliminovat tento problém.

Ve stavební praxi se můžeme setkat s přístupy, kdy část výrobců profilovaných fólií vložení separační vrstvy doporučuje, část nikoliv, obvykle však na stavbě samotné separační vrstva mezi profilovanou fólií a povlakovou hydroizolací, vložena není. Tato práce si klade za jeden z dílčích cílů najít odpověď na otázku, který z výše uvedených přístupů je ten správný, tzn. zda je nezbytné separační vrstvu mezi profilovanou fólií a povlakovou hydroizolací použít.

2.2 Způsob řešení dané problematiky

Na základě zjištění čerpajících z aktuálně dostupných zkušebních postupů, technických listů a materiálů, které přímo souvisí s prvky používanými pro konstrukční ochranu hydroizolací – nopových fólií, bylo zjištěno, že současný stav a vliv těchto prvků na hydroizolační spolehlivost konstrukce není zohledněn a vychází se ze zkušeností, které nejsou dostatečně ověřeny.

Existují měření, které srovnávají nopové fólie na základě dlouhodobého zatížení [2] avšak tato měření nejsou pro stavební praxi relevantní. Důvodem je skutečnost, že byla měřena pouze odolnost zkušebních vzorků nopových fólií v tlaku, až do meze jejich pevnosti, která je výrazně vyšší než odolnost hydroizolačního prvku, který primárně zajišťuje a chrání konstrukci před nežádoucím vnikáním vody. Tímto prvkem je povlaková hydroizolace, na kterou je nutno zohlednit účinky tohoto namáhání.

V současné době je k dispozici evropská norma stanovující charakteristiku a klasifikaci hydroizolačních pásů a fólií pro hydroizolaci střech vzhledem k odolnosti proti statickému zatížení (ČSN EN 12730 [3]). Tato norma a zkušební metody v ní uvedené se však vztahuje výhradně na samotné výrobky a nikoliv na hydroizolační systémy složené z více prvků jako je tomu v případě skladeb s povlakovou hydroizolací a konstrukční ochranou hydroizolace z nopové fólie.

Ověření účinků namáhání povlakových hydroizolací bude řešeno sestavou zkušebního těles se skladbami hydroizolačních systémů. Do sestavy bude vneseno zatížení trvajícím daný časový interval. Jedná se o statickou zatěžovací zkoušku nedestruktivního typu, kdy cílem experimentu není mez únosnosti prvku, ale účinky přetvoření a případný vznik poškození povlakové hydroizolace, která by měla za důsledek pronikání vody do prostoru chráněného stavební konstrukcí a hydroizolačním systémem.

2.3 Hydroizolační principy spodní stavby

Hydroizolační technika, která se zabývá ochrannou staveb a prostředí před působením vody rozlišuje u spodní stavby dva typy izolačních ochran [4]:

- Přímé principy.
- Nepřímé principy.

Práce se věnuje především přímému hydroizolačnímu principu, kde jsou použity povlakové hydroizolace.

2.4 Hydroizolace

Hydroizolace je druh izolace, která má chránit stavební konstrukci nebo prostředí před možným vniknutím vody v jakémkoliv skupenství.

Druhy hydroizolačních materiálů

Pro povlakové hydroizolace tvořící vodotěsnou vrstvu se v současné době používají dva základní materiálové systémy [5]:

- Syntetické fólie.
- Modifikované asfaltové pásy.

2.5 Konstrukční ochrana hydroizolace

2.5.1 Definice konstrukční ochrany hydroizolace

Konstrukční ochranou hydroizolací se rozumí „ochranná vrstva“, která chrání „hydroizolační vrstvu“, resp. „hlavní hydroizolační vrstvu“ a další vrstvy stavební konstrukce, před nepříznivými vlivy prostředí i provozu. [6]

Přehled konstrukčních ochran hydroizolace

1. Vzduchové vrstvy, dutiny
 2. Ochranná přizdívka a ochranné desky
 3. Nopová fólie (profilovaná fólie)
 4. Textilie (geotextilie)
 5. Tepelněizolační vrstva
- Desky z extrudovaného polystyrenu (XPS).
 - Desky z expandovaného polystyrenu (EPS) vypěňovaného do forem – Perimetr.

Dalšími prvky, které se uplatňují jako konstrukční ochrana hydroizolace, jsou ochranné desky na bázi dřeva nebo drcené pryže, které lze použít i pro ochranu hydroizolace ukládané v horizontálním směru.

2.5.2 Nopová fólie

Nopová fólie je jedním z nejčastěji používaných prvků plnící drenážní funkci a současně i konstrukční ochranu hydroizolace. Lze ji nalézt u většiny staveb aplikovanou na obvodové zdivo suterénu. Z důvodu vyšší odolnosti proti mechanickému namáhání, než je tomu u hydroizolace, se předpokládá, že bude mít vliv na možné poškození hydroizolační vrstvy v důsledku protlačení.

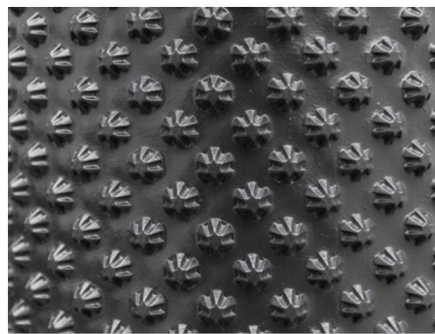
2.5.2.1 Druhy nopových fólií

Nopové fólie jsou nejčastěji vyráběny z vysokohustotního polyetylenu (HDPE), v omezené míře i polyvinylchloridu (PVC) a dodává se v rolích různých šířek. Nopové fólie se vyrábí ve variantách:

- nopů o různé výšce a velikosti,
- nopů s různými tvary (polokruželovitý, hvězdicový tvar),
- s vrstvou nakaširovanou na nopech (polyesterová rohož, plastová mřížka).



polokruželovitý tvar



hvězdicový tvar

Obrázek 2-1: Nopová fólie s polokruželovitým a hvězdicovým tvarem nopů

2.5.2.2 Použití

Nopová fólie je v pozemním stavitelství nejčastěji využívána ve skladbách, kdy chrání hlavní hydroizolační vrstvu a zároveň snižuje hydrofyzikální namáhání jako vrstva drenážní, případně plní i další funkce.

Z hlediska velikosti zatížení, které by mohlo vyvolat poškození hydroizolace o nopové fólie se práce bude věnovat následujícím typům skladeb:

- Obvodová stěna suterénu.
- Provozní střecha – Vegetační střecha.

Obvodová stěna suterénu

Nopová fólie se používá při aplikaci drenážního systému, kdy plní funkci tzv. svislé drenážní vrstvy, která odvádí vodu k objektu do drenážního potrubí umístěného u paty stěny.

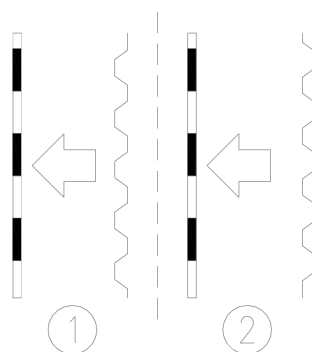
Provozní střecha – Vegetační střecha

V tzv. zelených střechách je nopová fólie použita pro funkci drenážní i hydroakumulační.

2.5.2.3 Způsob zabudování

Ve stavební praxi se lze setkat se dvěma způsoby aplikace nopové fólie na svislé plochy, kdy jsou:

1. nopy orientovány směrem k hydroizolaci,
2. nopy orientovány směrem od hydroizolace.



Obrázek 2-2: Schéma způsobu aplikace nopové fólie

Orientace nopů směrem k hydroizolaci

Varianta, při níž vznikne vzduchová vrstva mezi hydroizolací a nopovou fólií. Tento způsob aplikace je doporučen v technologických pokynech u většiny dodavatelů nopových fólií.

Orientace nopů směrem od hydroizolace

Nopová fólie přilehá větší plochou na hydroizolaci, tzn., mělo by být sníženo riziko protlačení nopové fólie do hydroizolace, avšak mezi hydroizolací a nopovou fólií nevznikne vrstva využitelná např. pro svislou drenáž.

V případě aplikace nopové fólie na horizontální plochy jsou nopy orientovány směrem nahoru (od hydroizolace).

2.5.2.4 Odolnost proti mechanickému namáhání

U nopových fólií je pevnost v tlaku zkoušena dle normy ČSN EN ISO 604 [7] na pevnost v tlaku. Pevnost v tlaku nopových fólií se pohybuje v rozmezí 50–400 kN.m⁻².

2.6 Poruchy hydroizolačního systému

Při nevhodném použití konstrukční ochrany z nopové fólie nebo nesprávně zvolené technologii pro její aplikaci může snadno dojít k porušení hydroizolačního systému. Důvodem je skutečnost, že nopová fólie má výrazně vyšší odolnost vůči statickému zatížení než hydroizolační vrstva a vlivem zatížení může docházet k postupnému protlačení nopové fólie do povlakové hydroizolace a jejímu následnému porušení.

U plochých střech vystavených namáhání od provozu (intenzivní vegetační střecha, pojížděná střecha) lze předpokládat též riziko protlačení od stálého zatížení působící dlouhodobě na nopovou fólii.



Obrázek 2-3: Poškození hydroizolace způsobené protlačení nopů vlivem hutnění

3 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Předmětem práce je výzkum věnující se problematice použití nopových folií ve skladbách spodní stavby a střešních pláštů, kdy vlivem nevhodného způsobu aplikace nebo v důsledku namáhání a vnějších vlivů může dojít k poruše povlakové hydroizolační vrstvy od nopové fólie a snížení hydroizolační spolehlivosti skladby. Cílem je zjistit, zda nopová fólie, která je často ve skladbách uvažována jako konstrukční ochrana hydroizolace, plní ochrannou funkci.

Konkrétní cíle práce jsou:

1. Teoretická analýza mechanického působení ... Výpočtově posoudit možnost protlačení nopové fólie do povlakové hydroizolace od zatížení způsobeného zemním tlakem nebo tlakem nadložních vrstev u střechy.
2. Návrh zkušební metodiky experimentální zkoušky, tzn.:
 - a) Navrhnout
 - zkušební tělesa – soustavu skladeb hydroizolačních systémů reprezentující segment provozní střechy a spodní stavby,
 - postup zkoušení zkušebních vzorků pro namáhání od stálého zatížení a zatížení, které působí na zkušební tělesa v důsledku hutnění zeminy.
 - b) Změřit velikosti zatížení od hutnění, které působí na konstrukci i hydroizolační systémy při hutnění zeminy vibrační deskou a vibračním pěchem.
3. Na základě navrženého postupu experimentálně posoudit jednotlivé varianty skladeb hydroizolačních systémů na mechanické poškození hlavní hydroizolační vrstvy od nopová fólie pro:
 - a) účinky statického zatížení, které působí na zkušební tělesa dlouhodobě,
 - b) účinky dynamického zatížení, které působí na zkušební tělesa v důsledku hutnění zeminy.

4 METODY ZPRACOVÁNÍ

Metodika zpracování disertační práce je rozdělena následovně:

Rešerše

Úvod do problematiky, analýza a souhrn aktuálních poznatků. Konzultace s odborníky z oboru a prezentace problematiky na konferencích a seminářích.

Teoretická analýza

Teoretický rozbor faktorů, které mohou mít vliv na protlačení nopové folie do povlakové hydroizolace. Stanovení velikosti stálého zatížení a výpočtové posouzení možného protlačení nopové folie do povlakové izolace (viz kapitolu 5).

Experimentální část

Návrh zkušební metodiky pro ověřování mechanické odolnosti skladeb s nopovými fóliemi. Příprava zkušebních vzorků a realizace experimentu. Vyhodnocení zkoušených vzorků a zhodnocení vad povlakových hydroizolací (viz kapitolu 7).

Shrnutí a doporučení

Shrnutí, doporučení a závěry pro stavební praxi a uvedení dalších možností a rozvoje výzkumného tématu.

5 TEORETICKÁ ANALÝZA MECHANICKÉHO NAMÁHÁNÍ A ODOLNOSTI SYSTÉMU

5.1 Faktory ovlivňující mechanické poškození povlakové hydroizolace od nopové fólie

U hydroizolačních systémů s povlakovými hydroizolacemi a nopovými fóliemi a možné porušení hydroizolace protlačáním může být ovlivněno následujícími faktory:

- Primární vlivy ... souvisí s volbou materiálů a uspořádáním jednotlivých vrstev.
- Sekundární vlivy ... vnější vlivy, které působí na hydroizolační soustavu nebo jsou spojeny s její realizací.

5.2 Analýza namáhání konstrukcí

Zatížení

Problematiku zatížení při statickém návrhu řeší norma ČSN EN 1991-1-1 [8], pro potřeby disertační práce a názornost je však problematika vyložena podle ČSN 73 0035 [9], [10].

Namáhání

Opomíjeným faktorem z hlediska namáhání povlakové hydroizolace je vliv technologie hutnění na hydroizolační systémy. Rázový účinek, vibrace vyvolané hutnicími stroji je dynamické zatížení, jehož účinek a velikost není znám a ověřen. Z tohoto důvodu bude realizován v rámci práce experiment, který si klade za cíl zjistit velikost zatížení od hutnění vibrační deskou a vibračním pěchem.

5.3 Mechanická odolnost hydroizolací

Dovolené zatížení povlaků podle cechu klempířů a pokrývačů [11] uvádí, že napětí v tlaku nemá u asfaltových povlaků z modifikovaných pásů překročit 0,5 MPa při teplotě 20 °C. U fóliových povlaků je přípustné větší mechanické namáhání. Napětí v tlaku u fóliových povlaků nesmí překročit 5,0 MPa při teplotách do 20 °C, pokud výrobce nestanoví jinak.

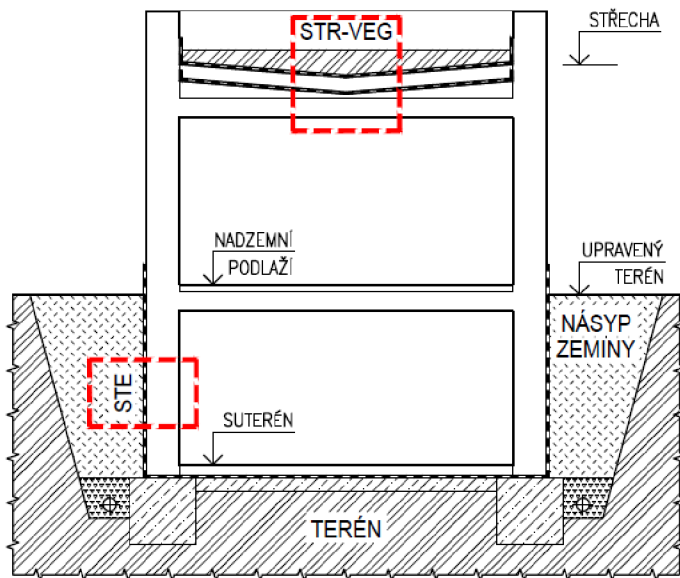
5.4 Výpočtové posouzení protlačení

5.4.1 Skladby konstrukcí

Na základě skladeb používaných ve stavební praxi [12], [13] byly stanoveny následující skladby za rizikové z hlediska poškození povlakové hydroizolace vlivem mechanického namáhání od nopových fólií:

| Ozn. skladby | Název skladby |
|--------------|---|
| STR-VEG | Provozní střecha – vegetační střecha (intenzivní) |
| STE | Obvodová stěna suterénu |

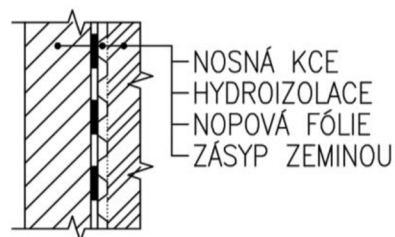
Skladby se variantě liší u střechy v tloušťce vegetační vrstvy u stěny ve výšce zásypu.



Obrázek 5-1: Schéma objektu a řešených skladeb konstrukcí



Obrázek 5-2: Schéma skladby STR-VEG



Obrázek 5-3: Schéma skladby STE

5.4.2 Způsob stanovení zatížení

Zatížení na střešní konstrukci

Zatížení působících na nopovou fólii a povlakovou hydroizolaci ve skladbě vegetační střechy je stanovena na základě objemových nebo plošných hmotností, které jsou uvedeny v technických parametrech použitých materiálů.

Zatížení na obvodovou stěnu suterénu

Zatížení působící na nopovou fólii a povlakovou hydroizolaci je vyvozeno od stálého tlaku horniny, která vlastní tíhou vyvolává geostatické napětí. Při výpočtu se vycházelo ze vztahů ČSN 73 0037. [14]

5.4.3 Teoretické hodnocení odolnosti hydroizolací na protlačení

Na základě výpočtu hodnot stálého statického zatížení pro jednotlivé varianty skladeb lze konstatovat, že k překročení dovoleného zatížení povlakových hydroizolací a zvýšeného rizika protlačení nopové fólie do povlakové hydroizolace může dojít v případě povlakových izolací z asfaltových pásů použitých pro hydroizolaci obvodové stěny suterénu při výšce zásypu větší jak 7 m (dovolená hodnota namáhání 0,5 MPa při teplotě 20 °C).

Tabulka 5-1: Posouzení statických účinků

| Označení | Hydroizolace | Výška násypu [m] | Nopová fólie Pevnost v tlaku [kN.m ⁻²] | Hydroizolace | | Zatížení | | |
|-------------|----------------|---------------------|--|---|----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| | | | | Odolnost proti statickém u zatížení [kg] | Dovolené zatížení [MPa] | Charakteristické [MPa] | Ve styčné ploše [MPa] | V místě nopu [kg] |
| STR-VEG-150 | mPVC fólie | 0,15 | 150 | 20 | 5,0 | 0,001 | 0,010 | 0,3 |
| STR-VEG-150 | Asfaltové pásy | 0,15 | 150 | 20 | 0,5 | 0,001 | 0,010 | 0,3 |
| STR-VEG-250 | mPVC fólie | 0,25 | 150 | 20 | 5,0 | 0,003 | 0,020 | 0,6 |
| STR-VEG-250 | Asfaltové pásy | 0,25 | 150 | 20 | 0,5 | 0,003 | 0,020 | 0,6 |
| STR-VEG-350 | mPVC fólie | 0,35 | 150 | 20 | 5,0 | 0,003 | 0,027 | 0,8 |
| STR-VEG-350 | Asfaltové pásy | 0,35 | 150 | 20 | 0,5 | 0,003 | 0,027 | 0,8 |
| STE-3m | mPVC fólie | 3,00 | 250 | – | 5,0 | 0,029 | 0,201 | 1,6 |
| STE-3m | Asfaltové pásy | 3,00 | 250 | 10 | 0,5 | 0,029 | 0,201 | 1,6 |
| STE-7m | mPVC fólie | 7,00 | 250 | – | 5,0 | 0,068 | 0,469 | 3,7 |
| STE-7m | Asfaltové pásy | 7,00 | 250 | 10 | 0,5 | 0,068 | 0,469 | 3,7 |
| STE-8m | mPVC fólie | 8,00 | 250 | – | 5,0 | 0,078 | 0,537 | 4,2 |
| STE-8m | asfaltové pásy | 8,00 | 250 | 10 | 0,5 | 0,078 | 0,537 | 4,2 |

5.4.4 Shrnutí teoretického hodnocení a praktických poznatků

Posouzením výpočtových hodnot statických účinků se jeví, že u běžných staveb menšího rozsahu (garáže, rodinné domy apod.) by nemělo docházet k mechanickému poškození vlivem protlačení nopové fólie do povlakové hydroizolace. Vychází se z předpokladu, že u staveb menšího rozsahu je výška suterénu, tzn. výška zásypu, cca 3 m a k možnému protlačení nopové fólie do povlakové hydroizolace by mělo docházet až u zásypu výšky 7 m a výše (platí pro hydroizolaci z asfaltových pásů). Ve stavební praxi se však lze setkat s poruchami hydroizolačního systému a mechanickým poškozením hydroizolace již u zásypů výšky 2,5–3 m.

Při teoretickém posouzení odolnosti hydroizolace na protlačení od nopové fólie se předpokládá, že nedochází k borcení stěn nopu. Ze stavební praxe však víme, že k borcení dochází, a takto vzniklá plocha, hrana nopu může poškodit hydroizolaci.

Jelikož výše uvedené jevy nelze podrobně teoreticky popsat, je přistoupeno k realizaci experimentálních zkoušek, které si kladou za cíl ověřit účinky zatížení na jednotlivé varianty skladeb hydroizolačních systémů.

6 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍCH ZKOUŠEK

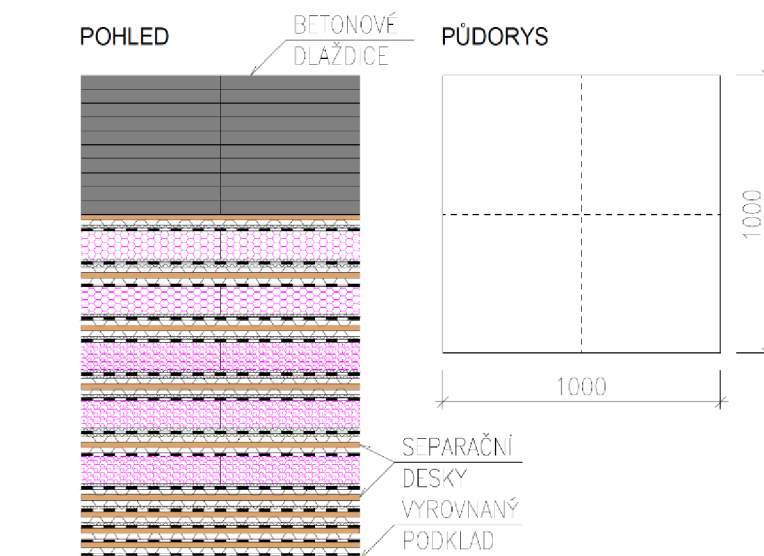
Experimentální zkoušky byly realizovány pro případy působení

- dlouhodobého statického zatížení,
- krátkodobého statického zatížení, kdy dochází k deformaci nopů,
- krátkodobého dynamického zatížení vyvolaného hutněním zásypu zeminy.

6.1 Příprava zkušebních sestav

6.1.1 Zatížení statické dlouhodobé

Pro experiment byla použita zkušební sestava, která vyžaduje umístění na dostatečné únosnou vodorovnou konstrukci s vyrovnaným povrchem. Na takto připravený povrch jsou postupně vrstveny dřevotřískové desky (OSB), mezi které jsou vkládány jednotlivé varianty zkušebních těles. Zatížení tvoří betonové dlaždice umístěné v úrovni horní části sestavy.



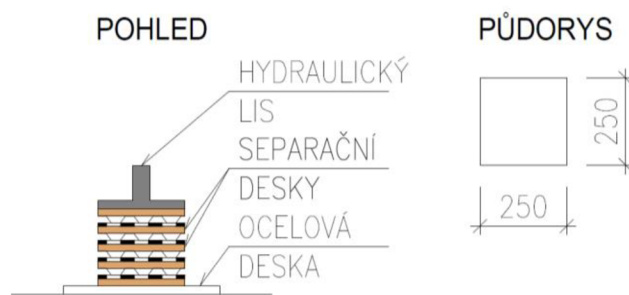
Obrázek 6-1: Schéma zkušební sestavy rozměru 1 000 x 1 000 mm

U první zkoušky je stanoven minimální rozměr zkušební sestavy 1 000×1 000 mm, přičemž je sestava rozdělena do čtyř polí (sektorů). V případě, že účinky na zkušební tělesa budou v jednotlivých polích shodné, další uvažovaná zkušební sestava může mít rozměry 500×500 mm.

Zatěžovací zkouška je prováděna na zkušebních tělesech, které zahrnují varianty skladeb s tuhým a měkkým podkladem pod povlakovou hydroizolací.

6.1.2 Zatížení statické krátkodobé

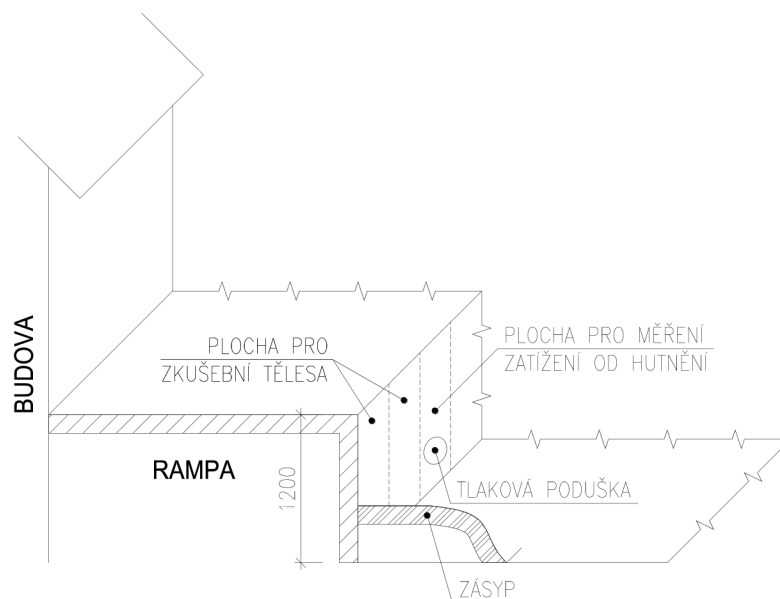
Experiment pro vyvolání krátkodobého zatížení na zkušební tělesa tvoří zkušební sestava půdorysného rozměru 250×250 mm. Jednotlivé varianty zkušebních těles jsou vzájemně odděleny separační OSB deskou z dřevoštěpky. Zatížení je vyvoláno pomocí hydraulického lisu.



Obrázek 6-2: Schéma zkušební sestavy rozměru 500×500 mm

6.1.3 Zatížení dynamické krátkodobé

Dynamické účinky krátkodobého zatížení od hutních strojů použitých pro hutnění zásypu a určení velikosti síly působící na konstrukci a hydroizolační systém bude řešeno in situ. Zkušební tělesa jsou aplikována na tuhý podklad, svislou konstrukci železobetonové stěny. Hutnění zásypu je prováděno ve vrstvách o tloušťce 0,15 m. Celková výška zásypu je 0,60 m. Pro zásyp je použita hlína s příměsí stavební suti z okolního staveniště.



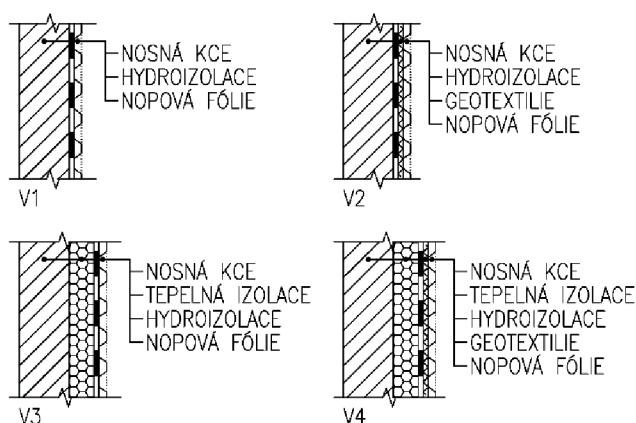
Obrázek 6-3: Schéma zkoušky zatížení od hutnění

Měření velikosti zatížení od hutnění zajistí kruhová tlaková poduška a pro vyvolání účinku zatížení od hutnění byla použita reverzní vibrační deska a vibrační pěch.

6.2 Skladebné varianty zkušebních těles

Zkušební tělesa vychází ze skladeb hydroizolačních systémů, kde je použita povlaková hydroizolace a nopová fólie. Skladebné varianty lze rozlišit na případy:

- V1 ... Hydroizolace na tuhém pokladu, nopová fólie je v kontaktu s hydroizolací.
- V2 ... Hydroizolace na tuhém podkladu s vloženou separační vrstvou z geotextilie mezi hydroizolací a nopovou fólií.
- V3 ... Hydroizolace na měkkém pokladu, nopová fólie je v kontaktu s hydroizolací.
- V4 ... Hydroizolace na měkkém podkladu s vloženou separační vrstvou z geotextilie mezi hydroizolací a nopovou fólií.



Obrázek 6-4: Skladebné varianty zkušebních těles

Důležitým faktorem, který může mít vliv na mechanické poškození povlakové hydroizolace je orientace nopové fólie. Ve zkušebních tělesech jsou zohledněny oba případy, kdy nopová fólie může být orientována:

- směrem k hydroizolaci (nopy dolů),
- směrem od hydroizolace (nopy nahoru).

6.3 Materiály

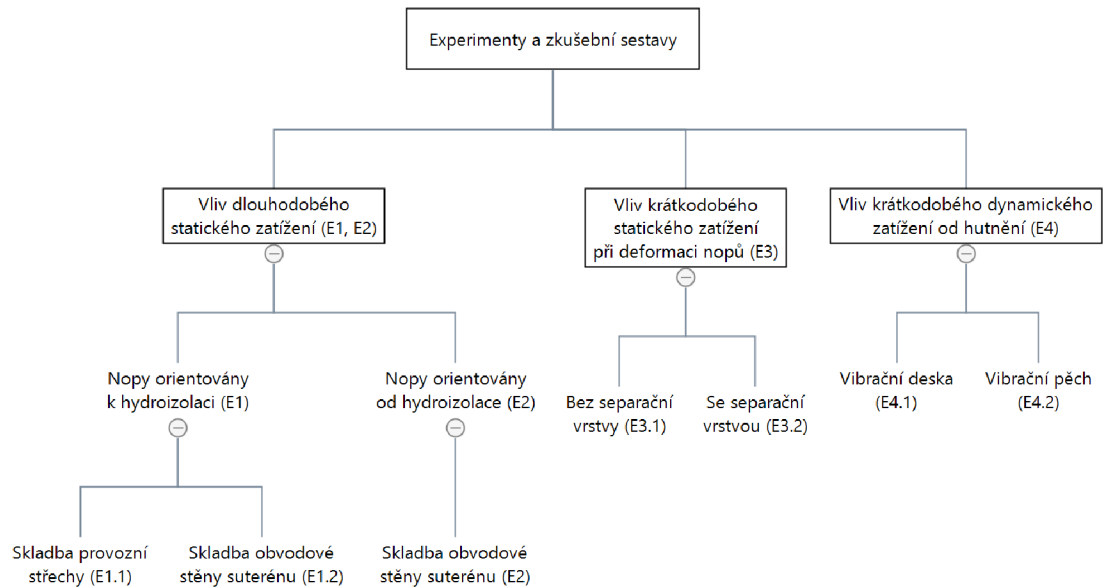
Volba materiálů pro zkušební tělesa vycházela z doporučených skladeb podle projekčních příruček Vegetační střechy a střešní zahrady [12] a Izolace spodní stavby [13]. Vlastní zkušební těleso tvoří vždy nopová fólie a hydroizolace, mezi které může být vložena separační vrstva z geotextilie. Tuhý podklad pro hydroizolaci je z dřevotřískové desky (OSB), měkký tvoří tepelná izolace. Všechny materiály, které jsou použity ve zkušebních tělesech, nesmí vykazovat žádné zjevné vady.

6.4 Experimenty a postupy

Pro ověření statických účinků budou realizovány čtyři experimenty:

- E1** ... Vliv dlouhodobého statického zatížení na zkušební tělesa, kdy je nopová fólie kladena nopy směrem k hydroizolaci.
- E2** ... Vliv dlouhodobého statického zatížení na zkušební tělesa, kdy je nopová fólie kladena nopy směrem od hydroizolace.
- E3** ... Vliv krátkodobého statického zatížení, kdy dochází k deformaci nopů; nopy jsou orientovanými směrem k hydroizolaci i od hydroizolace.

E4 ... Vliv krátkodobého dynamického zatížení vyvolaného hutněním zásypu zeminy. Při experimentu bylo realizováno i měření velikosti zatížení od hutnění.



Obrázek 6-5: Přehled experimentů

Postup pro experimenty sledující vliv statického zatížení (E1, E2, E3):

1. Stanovení okrajových podmínek, velikosti zatížení.
2. Příprava zkušebních těles.
3. Vytvoření zkušební sestavy.
4. Zatížení zkušební sestavy. Nárůst zatížení musí být postupný.
5. Odtížení zkušební sestavy po uplynutí předepsané doby.
6. Vyhodnocení zkušebních těles na zjevné vady.

Postup pro experiment sledující vliv dynamického zatížení (E4):

1. Příprava zkušební sestavy.
2. Příprava zkušebních těles a vytvoření zkušební sestavy.
3. Zásyp a hutnění.
4. Měření velikosti zatížení od hutnění.
5. Rozebrání zásypu.
6. Vyhodnocení zkušebních těles na zjevné vady.

6.5 Okrajové podmínky

Zkušební sestavy pro experimenty E1, E2, E3 musí být situovány tak, aby nebyly vystaveny přímým účinkům slunce a průměrná teplota vzduchu by neměla překročit 20 °C. U experimentu E4 tento požadavek platí pro skladování materiálu.

Velikost zatížení

Pro experiment E1 se vychází z výpočtu stálého zatížení:

- Pro sestavu provozní střechy s 3 ks betonových dlaždic v každém poli. Velikost zatížení ... 3,54 kN.m⁻². Toto zatížení odpovídá vegetační vrstvě tl. 0,35 m.
- Pro sestavu provozní střechy s 25 ks betonových dlaždic v každém poli. Velikost zatížení ... 29,52 kN.m⁻². Toto zatížení odpovídá zatížení od zeminy v hloubce 3 m.

Experiment E2 navazuje na experiment E1, je uvažováno se zatížením od 25 ks betonových dlaždic. Velikost zatížení ... 29,52 kN.m⁻².

U experimentu E3 je velikost zatížení odvozena od mezní pevnosti v tlaku nopové fólie s nopy polokruželovitého tvaru (N8) [15]. Velikost síly vyvolané hydraulickým lisem je 1,5 t (≈ 250 kN.m⁻²).

Doba působení zatížení

- Experiment E1, E2 ... min. 30 dnů.
- Experiment E3 ... 1 hodina.

6.6 Měření

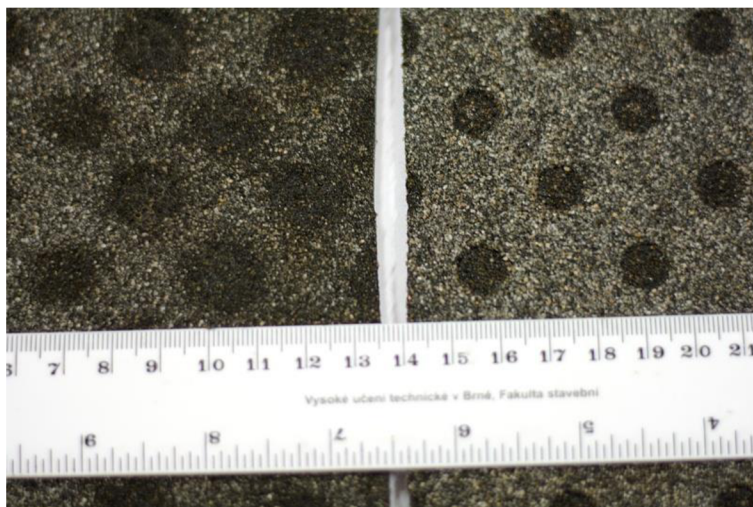
Měření velikosti zatížení od hutnění je řešeno osazením kruhové tlakové podušky v rámci zkušební sestavy. Tlaková poduška umožňuje měření zemních tlaků v rozsahu 0–500 kPa. Měří se tři fáze, a to tlak před vibrací, při vibraci a po vibraci. [16]

6.7 Způsob vyhodnocení experimentu

Ověření účinků zatížení na hydroizolační spolehlivost hydroizolačních prvků bude na zkoušených vzorcích stanoveno na základě hodnocení zjevných vad. Pro potřeby této práce a vyhodnocení vlivu nopové fólie na povlakovou hydroizolaci byly použity následující termíny pro zjevné vady:

Otlačení je oblast povrchu hydroizolace, materiálu, na kterém je možné pozorovat tvar doplňkové vrstvy vzniklé v důsledku vzájemného silového působení od zatížení. Nedočází zde k porušení povrchu hydroizolace, materiálu.

Protlačení je oblast povrchu hydroizolace materiálu, na kterém je možné pozorovat tvar doplňkové vrstvy vzniklé v důsledku vzájemného silového působení od zatížení. Dochází k porušení povrchu hydroizolace, materiálu.



Obrázek 6-6: Zjevné vady otláčení (vlevo), protlačení (vpravo)

Vychází se z předpokladu, že protlačení je vada, která může mít vliv na snížení hydroizolační spolehlivosti skladby.

7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7.1 Vliv dlouhodobého statického zatížení

Dlouhodobé zatížení nevyvolalo u sestavy provozní střechy s vegetační vrstvou (E1.1) žádné zjevné vady, které by měly vliv na snížení hydroizolační bezpečnosti. Zjevné vady byly pozorovány až u sestavy obvodové stěny suterénu (E1.2, E2) a na základě experimentu byly zjištěny následující skutečnosti pro:

Povlakové hydroizolace dle použitého materiálu

- Povlakové hydroizolace z mPVC fólie prokázaly dobrou odolnost proti mechanickému poškození od nopové fólie i bez vložené separační vrstvy z geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolací. Na povrchu hydroizolace nebyly pozorovány zjevné vady, které by měly vliv na snížení hydroizolační bezpečnosti.
- Povlakové izolace z asfaltových pásů vykazovaly zjevné vady, které mohou mít vliv na hydroizolační bezpečnost skladby. Docházelo k protlačení nopové fólie do horní vrstvy povlakové hydroizolace. Tato situace nastala v případě nopové fólie orientované nopy k hydroizolaci a absence separační vrstvy z geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolací.

Nopové fólie

- Statickým zatížením působící na nopovou fólii nedošlo k deformaci nopů.
- K protlačení nopů do horní vrstvy povlakové hydroizolace docházelo u nopové fólie polokružlovitého i hvězdicového tvaru, orientované nopy směrem k hydroizolaci.
- Kladení nopové fólie nopy směrem od hydroizolace je příznivější stav pro hydroizolační bezpečnost skladby, neboť nopová fólie dosedá větším poměrem plochy na plochu povlakové hydroizolace a zatížení se tak lépe roznáší do plochy.
- Souhrn případů, kdy docházelo k protlačení nopů do povlakové hydroizolace, shrnuje **Tabulka 7-1**.

Tabulka 7-1: Vliv orientace nopové fólie a tvaru nopů na hydroizolační bezpečnost skladby při dlouhodobém statickém zatížení

| Nopová fólie – tvar nopu: | Polokružlovitý | | Hvězdicový | |
|--|----------------|-------|------------|-------|
| | k HI | od HI | k HI | od HI |
| Nopová fólie – orientace nopů k hydroizolaci (HI): | | | | |
| Povlaková izolace: mPVC fólie Geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolací: ano | NE | NE | NE | NE |
| Povlaková izolace: mPVC fólie Geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolací: ne | NE | NE | NE | NE |
| Povlaková izolace: Asfaltové pásy Geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolací: ano | NE | NE | NE | NE |
| Povlaková izolace: Asfaltové pásy Geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolací: ne | ANO | NE | ANO | NE |

Separáční vrstvu z geotextilie vloženou mezi nopovou fólií a hydroizolaci

- Vložení separáční vrstvy z geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolaci se prokázalo jako dostatečná ochrana vůči protlačení nopů do horní vrstvy povlakové hydroizolace z asfaltových pásů. Požadavky na dostatečnou ochranu splňuje netkaná geotextilie zpevněná vpichováním o plošné hmotnosti 300 g/m² a vyšší.

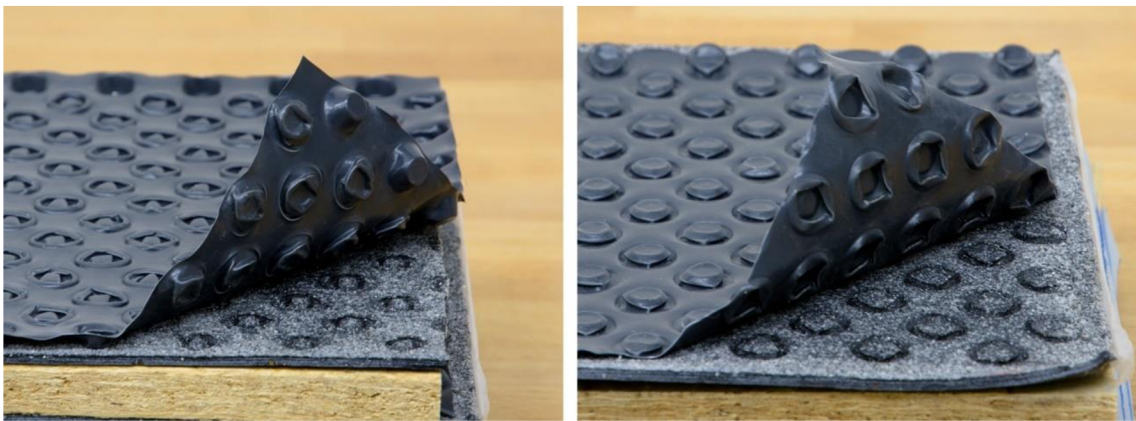
Tuhý a měkký podklad

- Vliv tuhého (OSB deska) a měkkého podkladu (tepelná izolace z EPS, PERIMETR a XPS) nemá na velikost a rozsah protlačení, otláčení výrazný vliv. Na zkušebních tělesech v každém z polí nebyly zřetelné odchylky, které by mohly být vyvolány různým sedáním či nestejnorodostí vrstev nebo přítomností spár desek z tepelné izolace.

7.2 Vliv krátkodobého statického zatížení, kdy dochází k deformaci nopů

V experimentu bylo vnášeno do zkušebních těles krátkodobé statické zatížení, jehož velikost je odvozena od mezní pevnosti v tlaku nopové fólie s nopy polokružlovitého tvaru (N8). Na základě experimentu, byly zjištěny následující skutečnosti:

- Působením zatížení došlo k deformaci nopů formou jejich zborcení.
- Při deformaci nopů, kdy nopová fólie byla orientována nopy od hydroizolace, docházelo při borcení nopy ke vzniku ostrých hran a výstupků.
- Vložení separační vrstvy z geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolací se prokázalo jako dostatečná ochrana vůči protlačení nopů do horní vrstvy povlakové hydroizolace z asfaltových pásů i v případě, že dochází k deformaci nopů. Požadavky na dostatečnou ochranu splňuje netkaná geotextilie zpevněná vpichováním o plošné hmotnosti 300 g/m² a vyšší.
- Kladení nopové fólie nopy směrem od hydroizolace, které se v předchozích experimentech jevílo jako příznivější stav pro hydroizolační bezpečnost skladby, má při deformaci nopové fólie za následek vznik ostrých hran a výstupků, což výrazně snižuje hydroizolační bezpečnost skladby. Tyto se u hydroizolace z asfaltových pásů protlačí do horní vrstvy povlakové hydroizolace a mohou být v kombinaci se sedáním zeminy příčinou strhávání hydroizolační hmoty.



Obrázek 7-1: Deformace nopové fólie

7.3 Vliv a velikost krátkodobého dynamického zatížení vyvolaného hutněním zásypu zeminy

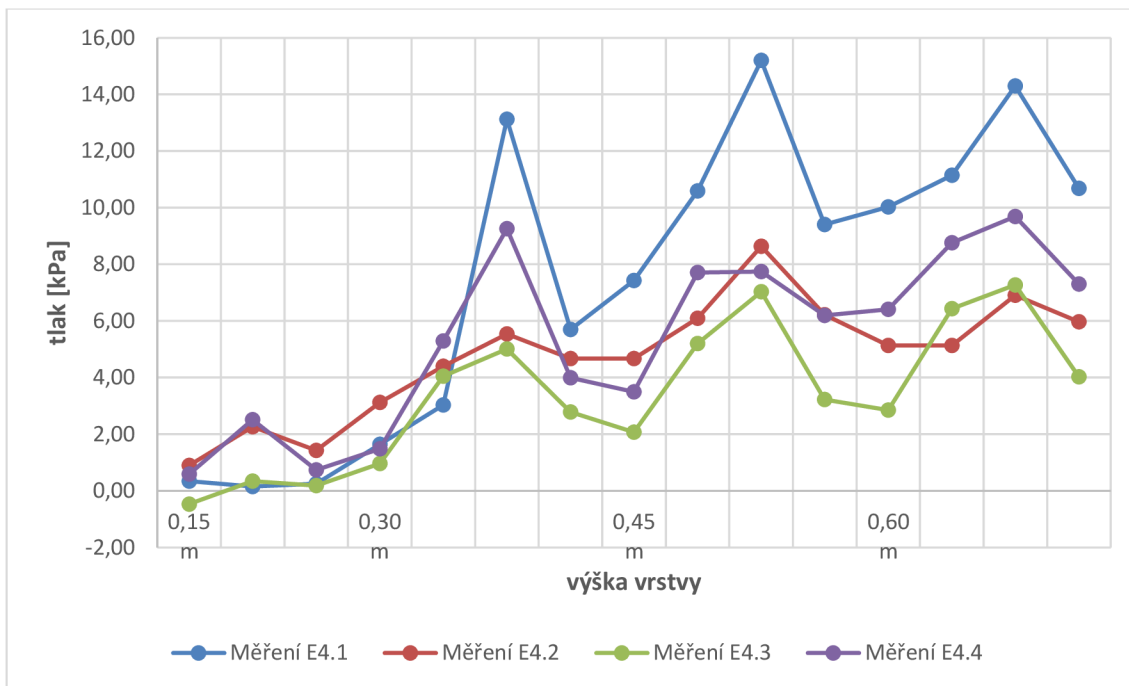
Experiment, ve kterém byl zásyp zeminy hutněn pomocí vibrační desky a vibračního pěchu potvrdil úvahu, že závažnost vlivu dynamického zatížení je tím vyšší, čím větší je hutnicí síla hutnicího přístroje.

Při hutnění vibrační deskou docházelo k lokální deformaci nopové fólie s polokruželovitými nopy při orientaci nopové fólie k hydroizolaci i od hydroizolace. U nopové fólie s hvězdicovými nopy k deformaci nedocházelo. Při hutnění vibračním pěchem nebyly pozorovány žádné zjevné vady povlakové hydroizolace ani deformace nopové fólie, které by měly vliv na snížení hydroizolační bezpečnosti.

Vložení separační vrstvy z geotextilie o plošné hmotnosti 300 g/m^2 mezi nopovou fólií a hydroizolaci se prokázalo při hutnění vibrační deskou i vibračním pěchem jako dostatečná ochrana vůči protlačení nopů do horní vrstvy povlakové hydroizolace z asfaltových pásů i v případě, že došlo k lokální deformaci nopové fólie. Ochrannou funkci geotextilie splnila i v situaci, kde byl cihelný úlomek umístěn v kontaktu s rozhraním hydroizolační soustavy.

Tabulka 7-2: Porovnání maximální hodnoty zatížení od hutnění

| Měření | Zemina | Hutnění | Maximální zatížení | |
|--------|----------------------|----------------|--------------------|-----------------------|
| | | | [kPa] | [kN.m ⁻²] |
| E4.1 | Hlína a stavební suť | Vibrační deska | 15,20 | 1,520 |
| E4.2 | Hlína a stavební suť | Vibrační pěch | 8,64 | 0,864 |
| E4.3 | Asfaltová drť | Vibrační deska | 7,28 | 0,728 |
| E4.4 | Štěrko drť 0–32 | Vibrační deska | 9,69 | 0,969 |



Graf 7-1: Graf s porovnáním naměřených hodnot zatížení experimentálních měření E4.1, E4.2, E4.3, E4.4

Maximální hodnota zatížení od hutnění zásypu byla naměřena při hutnění zeminy z hlíny s příměsí stavební suti pomocí vibrační desky. Maximální hodnota zatížení naměřená tlakovou poduškou je $1,520 \text{ kN.m}^{-2}$.

8 ZÁVĚR

8.1 Závěry pro technickou praxi

Ve stavební praxi je problematika protlačování povlakových hydroizolací od materiálů s vyšší mechanickou odolností často diskutovaným problémem, který nebyl doposud ověřen. Příkladem jsou skladby provozních střech, kde je nopová fólie využita jako drenážní a ochranná vrstva nebo obvodová stěna suterénního zdiva s nopovou fólií jako svislou drenážní vrstvou. Jelikož je hydroizolační spolehlivost těchto skladeb, obzvláště v případě spodní stavby, poměrně těžko kontrolovatelná, byla provedena v rámci disertační práce sada experimentů, na základě kterých lze vyvodit následující závěry.

Provozní střecha s vegetační vrstvou

Na základě experimentu bylo zjištěno, že u skladby provozní střechy s vegetační vrstvou, kde drenážní vrstvu tvoří nopová fólie s nopy polokruželovitého tvaru (T20) o výšce 20 mm, nehrozí snížení hydroizolační bezpečnosti skladby vlivem protlačení nopové fólie do povlakové hydroizolace. Povlakové hydroizolace z asfaltových pásů i mPVC fólie nevykazovaly zjevné vady, které by měly vliv na hydroizolační bezpečnost skladby. Nopovou fólií lze klást přímo na hydroizolaci. Toto platí, pokud stálé zatížení nepřesáhne velikost $3,54 \text{ kN.m}^{-2}$ (vegetační vrstva tl. 0,35 m).

Obvodová stěna suterénu

Sada experimentů prokázala, že v důsledku krátkodobého dynamického zatížení od hutnění pomocí vibrační desky nebo při nevhodném ukládání zeminy může dojít k deformaci nopové fólie. Deformace nopové fólie může mít za následek vznik ostrých hran a výstupků, které mohou narušovat hydroizolační hmotu povlakové hydroizolace formou protlačení nebo trhlin. Protlačení nopů do horní vrstvy povlakové hydroizolace se projevuje zejména u asfaltových pásů, které nejsou chráněny vložím separační vrstvy z geotextilie mezi nopovou fólií a hydroizolací. V důsledku sedání zeminy může pak dojít ke strhávání hydroizolační hmoty a snížení hydroizolační bezpečnosti skladby.

Obecně lze konstatovat, že pro zajištění spolehlivého fungování hydroizolační soustavy a snížení možných dopadů mechanického poškození od konstrukční izolace tvořené nopovou fólií platí, že:

- Nopové fólie je nutno od povlakové hydroizolace oddělit vždy pomocí separační vrstvy z netkané geotextilie bez ohledu způsobu kladení nopové fólie (orientaci nopů).
- Požadavky na dostatečnou ochranu splňuje netkaná geotextilie zpevněná vpichováním o plošné hmotnosti 300 g/m^2 a vyšší.

Výše uvedené bylo zkoušeno v podmínkách pro stavby menšího rozsahu (garáže, rodinné domy, apod.), kde výška suterénu, tzn. výška zásypu, není větší jak 3 m.

V rámci disertační práce bylo prokázáno, že je nezbytné se při návrhu hydroizolačních konstrukcí zabývat vzájemnou kompatibilitou použitých prvků a uvažovat nejenom v kontextu hydroizolační účinnosti samotné hlavní hydroizolační vrstvy. Náležitá pozornost by měla být věnována i dalším vrstvám v hydroizolačním systému a faktorům, které mohou mít vliv na jeho hydroizolační účinnost a spolehlivost.

8.2 Možnosti dalšího pokračování a výzkumu

Pro další výzkum problematiky mechanického poškození povlakových hydroizolací lze navrhnout následující témata:

- Sestavení počítačového modelu a simulace účinků statického a dynamického zatížení. Definice a zohlednění účinků dynamického zatížení působícího na hlavní hydroizolační vrstvu v rámci výpočtového modelu.
- Zaměření výzkumu na porovnání účinků smykových a rázových sil, které jsou vyvolány automobily ve skladbách provozních střech.
- Provedení experimentu, který by zohlednil další druhy materiálů, jež mohou být v kontaktu s povlakovou hydroizolací a zároveň vystaveny namáhání od statického nebo dynamického zatížení.
- Provedení experimentu pro mechanickou odolnost povlakových hydroizolací v reálných podmínkách, kdy dochází k jejich údržbě, např. odklízení sněhu.

9 BIBLIOGRAFIE

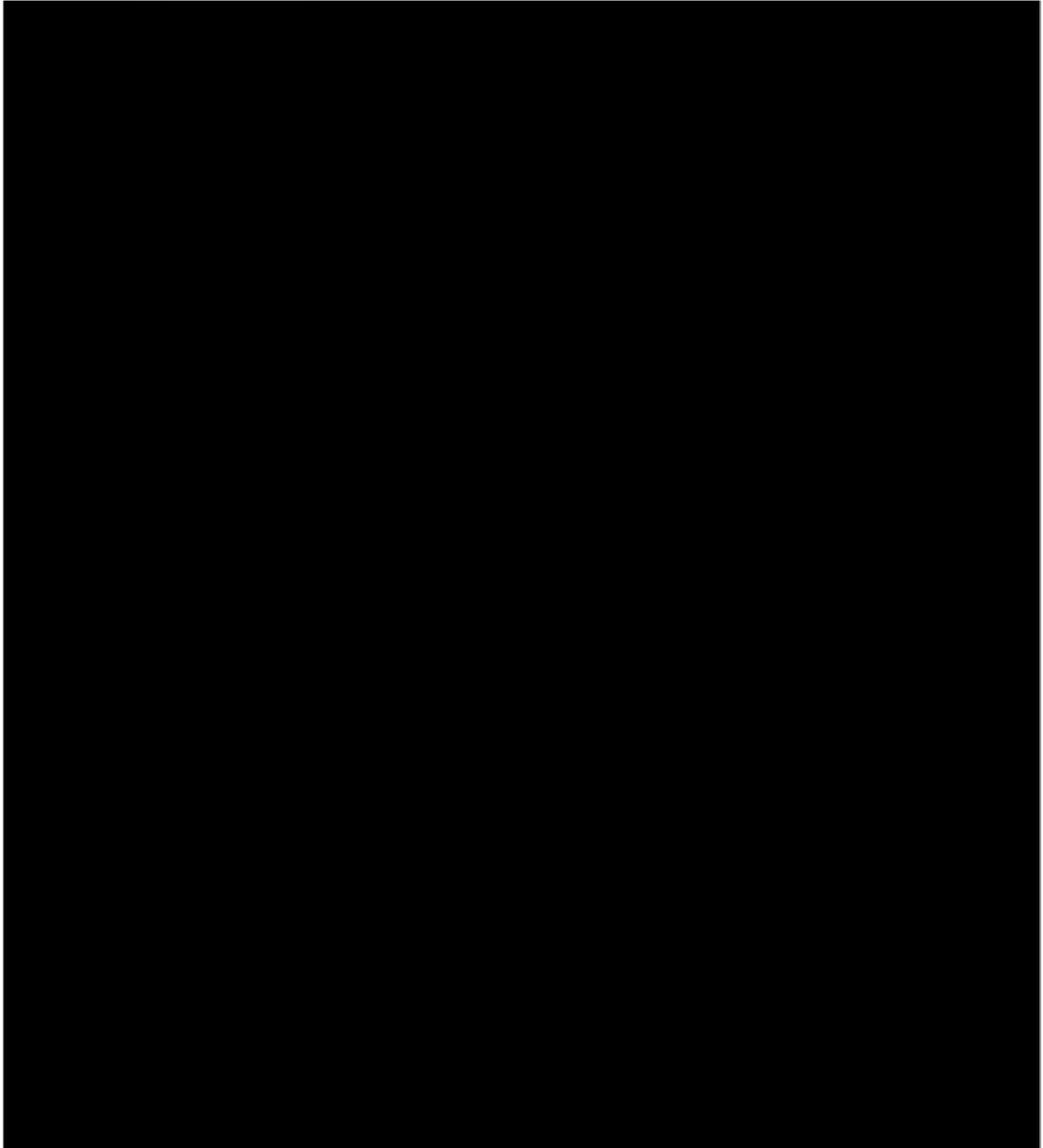
- [1] ČESKÁ HYDROIZOLAČNÍ SPOLEČNOST, . Směrnice ČHIS 01: Hydroizolační technika – Ochrana staveb a konstrukcí před nežádoucím působením vody a vlhkosti. In: *Směrnice ČHIS 01* [online]. 2014 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: <http://hydroizolacnispolecnost.cz/smernice-chis-01>
- [2] DÖRKEN, . *DELTA-MS: Srovnání profilovaných fólií zatížených 168 hodin*. Praha, b.r.
- [3] ČSN EN 12730. *Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střech - Stanovení odolnosti proti statickému zatížení*. 8.2001. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [4] ADAMSKÁ, Gabriela. *Hydroizolácie spodných stavieb: technické parametre, hydroizolačné konštrukcie, komponenty hydroizolácií, realizačné firmy, dodávateľia*. Vyd. 1. Bratislava: Eurostav, 2006, 135 s. ISBN 80-892-2804-6.
- [5] BALÍK, Michael. *Odvhlčování staveb*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 286 s. ISBN 80-247-0765-9.
- [6] ČSN P 73 0600. *Hydroizolace staveb - Základní ustanovení*. 11.2000. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [7] ČSN EN ISO 604. *Plasty – Stanovení tlakových vlastností*. 4.2004. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [8] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. 3.2004. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.
- [9] ČSN 73 0035. *Zatížení stavebních konstrukcí*. 2.1988. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1988.
- [10] PILGR, Milan. *Zatížení konstrukcí*. b.r. Dostupné také z: http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO01/BO01_cvi_04.pdf
- [11] CECH KLEMPÍŘŮ, POKRÝVAČŮ A TESAŘŮ ČR. *Základní pravidla pro navrhování a realizaci plochých střech a hydroizolace spodní stavby*. Vyd. 1. Praha: Cech klempířů, pokrývačů a tesařů ČR, 2003, 122 s. ISBN 80-239-0247-4.
- [12] BOHUSLÁVEK, Petr, Vladimír HORSKÝ a Štěpánka JAKOUBKOVÁ. *Vegetační střechy a střešní zahrady: Skladby a detaily – únor 2009*. DEKTRADE, 2009.
- [13] KÁNĚ, Luboš, Ctibor HŮLKA, Jiří TOKAR a Tomáš PETERKA. *KUTNAR – Izolace spodní stavby: Skladby a detaily – únor 2009*. DEKTRADE, 2009.
- [14] ČSN 73 0037. *Zemní tlak na stavební konstrukce*. 11.1991. Praha: Český

-
- normalizační institut, 1991.
- [15] *Profilované fólie: DEKDREN*. 2015|08. Praha: Atelier DEK, 2015.
- [16] PAZDÍREK, Otakar. *Geotechnické práce a měření*. 2014.
- [17] Polystyren. In: *Stavebniny Milan Řezáč* [online]. b.r. Dostupné také z:
<http://www.stavebniny-rezac.cz/stavebniny-rezac/eshop/8-1-Tepelne-izolace/34-2-Polystyren>
- [18] *Hydroizolační materiály: ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL*. 2015|06. Praha: Atelier DEK, 2015.
- [19] *Stabilizované desky z pěnového polystyrenu: Isover EPS 100*. 1. 3. 2016. Praha: Saint-Gobain Construction Products CZ, 2016.

10 CURRICULUM VITAE

OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Ing. Josef Remeš



VYBRANÉ PUBLIKACE AUTORA

1. REMEŠ, J.; HEJNÝ, L. Tepelnětechnické hodnocení spádových vrstev z tepelné izolace v plochých střeších. *Tepelná ochrana budov*, 2012, roč. 15, č. 1, s. 6-10. ISSN: 1213-0907.
2. REMEŠ, J.; UTÍKALOVÁ, I.; KACÁLEK, P.; KALOUSEK, L.; PETŘÍČEK, T. *Stavební příručka: To nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů*. Stavitel. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN: 978-80-247-3818- 5.
3. HLAVSA, P.; KOMÍNKOVÁ, K.; REMEŠ, J.; RAŠOVSKÁ, L. Zastavěná plocha stavby dle stavebního zákona a komplikovanost jejího stanovení. *TZB- info*, 2013, roč. 15, č. 21, s. 1-14. ISSN: 1801-4399.
4. REMEŠ, J.; UTÍKALOVÁ, I.; KACÁLEK, P.; KALOUSEK, L.; PETŘÍČEK, T. a kol. *Stavební příručka: To nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů, 2., aktualizované vydání*. Stavební příručka: To nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů, 2., aktualizované vydání. Stavitel. Praha: Grada Publishing, 2014. s. 1-248. ISBN: 978-80-247-5142- 9.
5. REMEŠ, J. Vliv zatížení na spolehlivost hydroizolační vrstvy spodní stavby. In *Sborník 16. ročníku konference Izolace 2015*. Praha: A.W.A.L. s.r.o., 2015. s. 67-75. ISBN: 978-80-905755-0- 9.
6. PLECHÁČ, Z.; REMEŠ, J. Nopové fólie ve skladbách suterénů. *DEKTIME*, 2015, roč. 2015, č. 01, s. 34-41. ISSN: 1802-4009.
7. REMEŠ, J.; HLAVSA, P.; KOLÁŘ, R. Obytné místnosti a podlahová plocha v prostorách se šikmými stropy. *TZB- info*, 2016, č. -, s. 1-12. ISSN: 1801-4399.
8. REMEŠ, J.; BRZONĚ, R.; PETŘÍČEK, T.; HORÁK, J. Moisture diagnostic of a failed roof drainage situated behind a parapet wall and a subsequent condensate influence to a wooden construction. In *MATEC Web of Conferences. Volume 93*. Les Ulis: EDP Sciences, 2016. p. 1-7. ISBN: 978-2-7598-9012- 5.

11 ABSTRAKT

Povlakové hydroizolace jsou v současné době nejčastěji používaným materiálem pro ochranu před působením vody. Najdeme je ve skladbách spodních staveb i střešních konstrukcí a jsou klíčovým prvkem hydroizolačního systému. Při navrhování je proto důležité volit materiály, prvky a doplňky systému tak, aby byla zajištěna jejich vzájemná kompatibilita, hydroizolační účinnost a spolehlivost. Za účelem ochrany hlavní hydroizolační vrstvy je proto skladba doplněna o prvky konstrukční ochrany, které mají zamezit mechanickému poškození povlakové hydroizolace.

K mechanickému namáhání může dojít v řadě situací, které mohou způsobit vnější vlivy jako např. nevhodný způsob hutnění, ale zároveň i nevhodná volba materiálu pro konstrukční ochranu hydroizolace. V praxi lze pozorovat případy poruch hydroizolačních systémů, kdy prvky s vyšší mechanickou odolností jsou namáhány a působí na prvky s odolností nižší, které mohou nastat při použití nopové fólie jako konstrukční ochrany hydroizolace.

Disertační práce zkoumá soustavy skladeb, kde je hlavní hydroizolační vrstva chráněna prvky konstrukční ochrany, které mohou vlivem namáhání a vzájemného spolupůsobení vést k poruše povlakové hydroizolační vrstvy a snížení hydroizolační spolehlivosti skladby. Práce je zaměřena zejména na zjištění mechanické odolnosti povlakových hydroizolací z fólií a asfaltových pásů vůči poškození od nopové fólie v závislosti na druhu namáhání. V prvotní fázi práce je výpočtově posouzeno možné porušení povlakové hydroizolace od nopové fólie v důsledku protlačení nopů. V následující fázi je pak pomocí experimentů ověřován vliv dlouhodobého statického zatížení a krátkodobého dynamického zatížení vyvolaného hutněním zásypu zeminy, kde je prováděno i měření zatížení od hutnění.

Vyhodnocení experimentů a získané poznatky poskytly informaci při jaké kombinaci a uspořádání jednotlivých vrstev hrozí zvýšené nebezpečí poruchy a snížení hydroizolační účinnosti povlakové hydroizolace při použití nopových fólií.