

PORUCHY PRŮMYSLOVÝCH PODLAH

Jan Pěňčík¹, Miloš Lavický², Pavel Schmid³

Abstrakt

V současné době se lze při znalecké činnosti poměrně často setkat s případy porušených průmyslových podlah. V článku jsou popsány základní poruchy těžkých plovoucích podlah s postupem jejich možných oprav, včetně popisu nových trendů při jejich rekonstrukcích. V závěru článku je uveden příklad nevhodně provedené rekonstrukce těžké plovoucí podlahy s uvedenou analýzou příčin vzniku poruch.

ROZDĚLENÍ PRŮMYSLOVÝCH PODLAH

Průmyslové podlahy, které byly navrhovány v průmyslových objektech, a se kterými se znalec při výkonu znalecké činnosti může setkat, lze rozdělit podle různých hledisek a kritérií. Jedním z kritérií dělení průmyslových podlahových konstrukcí je dělení podle materiálu nášlapné vrstvy [1]. Podle tohoto kritéria je možné průmyslové podlahy rozdělit na:

- *liognoceulózové* – nášlapná vrstva je zhotovena z deskových materiálů,
- *dlažby* – nášlapná vrstva je zhotovena z keramických, cihlových, betonových, teracových, asfaltových, pryžových dlaždic,
- *mazaniny* – nášlapná vrstva je zhotovena litím, stíráním popřípadě válcováním přímo na místě výstavby průmyslové podlahy; nejčastěji používaným materiálem nášlapné vrstvy je beton, asfalt, vápenné malty a polymercementové směsi,
- *povlakové podlahy* – nášlapná vrstva je zhotovena lepením nebo volným pokladem na podklad; nejčastěji používaným materiálem nášlapné vrstvy je PVC, linoleum, epoxy stěrky atp.

Druhým základním kritériem dělení průmyslových podlahových konstrukcí je dělení podle typu konstrukce průmyslové podlahy [1]. Podle tohoto kritéria je možné průmyslové podlahy rozdělit na:

- *plovoucí* – nášlapná vrstva je uložena na pružné podložce a je oddělena od okolních svislých tak vodorovných konstrukcí dilatační spárou,
- *těžké plovoucí* – nášlapná vrstva, která je nejčastěji tvořena dlaždicemi, betonovou mazaninou, je uložena na mocnou roznášecí vrstvu z betonové mazaniny až to tloušťky 400 mm, pod kterou je vyztužená betonová vrstva tloušťky 30 až 40 mm,
- *lehké plovoucí* – nášlapná vrstva tvoří současně vrstvu roznášecí a je umístěna na polotuhé podložce,
- *nulové* – podlaha je tvořena tenkou tuhou nášlapnou vrstvou,
- *dvojitě* – nášlapná a roznášecí vrstva je umístěna na roštových nebo bodových rozpěrách, kterými se zatížení přenáší do nosné vrstvy.

¹ Pěňčík, Jan, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 5 41 14 73 63, pencik.j@fce.vutbr.cz

² Lavický, Miloš, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 5 41 14 73 81, lavicky.m@fce.vutbr.cz

³ Schmid, Pavel, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 5 41 14 74 91, schmid.p@fce.vutbr.cz

V silně zatížených provozech (výrobní haly, skladiště, expediční haly) se lze nejčastěji setkat s těžkými plovoucími podlahami.

PORUCHY TĚŽKÝCH PLOVOUCÍCH PODLAH

Mezi nejčastější poruchy těžkých plovoucích podlah patří (Obrázek 1) [2] *trhliny, výtluky, dutá místa, nerovnosti, „prášení“ betonu, odlupování nátěrů nebo stěrek a poškození podlahy chemickými vlivy nebo její znehodnocení účinkem ropných produktů.*



Obrázek č. 1 – Příklady poruch těžkých plovoucích podlah (trhliny, výtluky, nerovnosti)

Příčinou vzniku *trhlin* v betonových vrstvách těžkých plovoucích podlah jsou nejčastěji objemové změny – dotvarování a smršťování betonu. Další možnou příčinou vzniku *trhlin* mohou být také statické vlivy – přetížení vrstvy atp.

Výtluky jsou nejčastěji způsobeny vlivem provozu, tj. vlivem dynamického zatížení. *Výtluky* obvykle vznikají v místech nerovností podlahy, v místech dilatací, napojení podlah a kontrakčních spár nebo v místech výskytu dutých míst v konstrukci podlahy, které vznikly z důvodu nedostatečného hutnění betonu při výstavbě.

Příčinou „*prášení*“ betonu je oddělování drobných částeczek z povrchu betonu. K tomuto jevu dochází vždy, pokud není beton povrchově upraven.

K *odlupování nátěrů nebo stěrek* dochází v případě nekvalitního provedení podlahy. Příčinnou těchto poruch může být například špatně zvolená penetrace, provedení nátěru nebo stěrky na špatně připravený, popřípadě mastný podklad, na málo únosný podklad atp.

Možné způsoby oprav poruch těžkých plovoucích podlah

Opravy trhlin

Smršťovací *trhliny* se nejčastěji opravují prořezáním *trhlin* do hloubky řezem tvaru písmene V. Po odstranění prořezaného materiálu a vyčištění řezu se *trhlina* vyplní vhodným sanačním materiálem – sanační maltou, tmelem, pryskyřicí a plastmaltou (*Plastmalta* je obvykle základní bezbarvá pryskyřice naplněná jemnozrnnou frakcí křemičitého písku. Používá se na provedení tenkovrstvých vyrovnávek do 5 mm. *Plastmalta* pomalu ztrácí samonivelační charakter.).

V případě, že se jedná o *trhliny*, které by mohly opětovně vzniknout i po výše uvedeném způsobu sanace je nutné tyto *trhliny* staticky zajistit například pomocí drážek vyříznutých přes *trhlinu*, do kterých se vloží výztuž a zalije se *plastmaltou*.

Opravy výtluků

Výtluk je nutno ohraničit řezem. Jednotlivé části ohraničujícího řezu musí navzájem svírat tupý úhel. Hloubka řezu má být podle zvoleného opravného materiálu min. 5 mm u pryskyřice nebo 10 mm u sanační cementové malty. Plocha ohraničená řezem se následně vybourá, vyčistí a poté sanuje *plastmaltou* nebo sanační cementovou maltou.

Opravy „prášení“ betonu

„Prášení“ betonu se nejčastěji opravuje v minimální míře pomocí penetrace podkladu, která beton povrchově zpevní. K dosažení lepších výsledků opravy lze poté provést sanační nátěr nebo stěrku.

Opravy poškozených nátěrů a stěrek

Při opravě poškozených nátěrů a stěrek je nutno přistupovat velmi individuálně, většinou lze opravu provést, v případě těžkého poškození je vhodnější provedení nové podlahy.

NOVÉ TRENDY V REKONSTRUKCÍCH TĚŽKÝCH PLOVOUCÍCH PODLAH

V současné době se k rekonstrukcím stávajících podlah používají progresivní stavební materiály na bázi syntetických pryskyřic (akryláty, epoxidové systémy, polyuretany, metakryláty atp.). Výhodou použití těchto nových systémů při rekonstrukcích stávajících podlah je odbourání větších stavebních zásahů, které bylo nutné provést v případě „klasické“ rekonstrukce. Pomocí progresivních stavebních materiálů na bázi syntetických pryskyřic lze zvolit některou z možných variant rekonstrukce – (i) zhotovení samonosné vrstvy nebo (ii) nemechanické (pomocí spojovacích můstek) nebo mechanické kotvení nové vrstvy podlahy ke stávajícímu podkladu (např. připevněním výztužné sítě).

Podlahy ze syntetických pryskyřic jsou použitelné i v těžkých provozech díky velmi dobrým mechanicko-fyzikálním vlastnostem. Pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu jsou podstatně vyšší než u samotného betonu. Oproti betonu mají podlahy lepší otěruvzdornost, odolnost vůči chemickým a ropným produktům, kyselinám, zásadám a solím.

Podlahy lze provádět v celé řadě barevných odstínů a v různých strukturách povrchu – hladkých nebo hrubých, tj. protiskluzových. Další výhodou těchto podlah je odstranění dilatačních a kontrakčních spár, tím tedy tyto podlahy splňují nové hygienické normy.

Důležitou činností při rekonstrukcích stávajících podlah používající progresivní stavební materiály na bázi syntetických pryskyřic je příprava podkladu. Příprava má v konečné fázi přímý vliv na celkový výsledek rekonstrukce. Výsledkem přípravy povrchu je očištění podkladu a otevření struktury betonu, aby do něj dobře vnikaly následně používané penetrační pryskyřice. K přípravě podkladu se používají následující technologie:

- *odmaštění podkladu* – lze provést buď prostředky, které mastnoty rozpouštějí, chemicky vážou atp., nebo mechanickým očištěním a následnou penetrací pryskyřicí, které ropné produkty nevdají,
- *mechanická příprava podkladu* – tryskání tlakovou vodou, suché tryskání pískem nebo jiným materiálem, brokování, broušení diamantovou technikou.

Po přípravě podkladu dochází k jeho penetraci. Penetrace slouží ke zpevnění podkladu a kotvení podlahových vrstev. Současně pomocí penetrace dochází k uzavření povrchu betonu. V případě požadavku nemechanického ukotvení nové vrstvy podlahy ke stávajícímu podkladu je nutné provést spojovací můstek.

Podlahové stěrky mají samonivelační charakter, rozlévají se na podklad, popřípadě se rozprostírají hladítka a dále se odvodušňují pomocí jehlových válečků. Proces tuhnutí pryskyřic je chemický, dochází k jejich polymerizaci (vytváření polymerních řetězců). Stejně jako u cementem tmelených materiálů dochází ke smrštění, to je ovšem do značné míry kompenzováno vysokou pevností v tahu. Lze tak vytvářet bezspáre podlahy (na vyvrálené podklady, které se již nesmršťují). Tloušťky vrstev stěrek se obvykle pohybují od 2 do 3 mm.

PŘÍKLAD NEVHODNĚ PROVEDENÉ REKONSTRUKCE TĚŽKÉ PLOVOUCÍ PODLAHY

Dříve než přistoupíme k popisu příkladu nevhodně provedené rekonstrukce těžké plovoucí podlahy [3] si je vhodné připomenout, co je cílem rekonstrukce. **Cílem každé rekonstrukce by mělo být zlepšení stávajícího, z některých důvodů již nevyhovujícího stavu. V rámci rekonstrukce by měly být odborným způsobem odstraněny případné vady a poruchy.**

Popis průmyslového objektu s těžkou plovoucí podlahou

Součástí průmyslového objektu, který byl postaven v devadesátých letech 20. století je těžká plovoucí podlaha. V roce 2001 byl objekt odkoupen společností EMOS spol. s r.o. se záměrem provozního využití průmyslového objektu jako skladové a expediční haly.

Po zakoupení objektu bylo z důvodu nevhodné skladby nášlapné vrstvy pro předpokládaný provoz, je uvažováno s pojezdem paletových a vysokozdvizných vozíků – retrak, rozhodnuto o rekonstrukci původní podlahy. Nášlapná vrstva původní podlahy byla tvořena betonovými teraco dlaždicemi tloušťky 30 mm.

Na základě poptávky společnosti EMOS spol. s r.o. byla vypracována cenová nabídka firmou specializující se na rekonstrukci (jméno této firmy není záměrně uvedeno) s popisem stávajícího stavu nášlapné vrstvy a technologickým návrhem postupu pokládky nového souvrství podlahy (Tabulka 1) na stávající nášlapnou vrstvu. S ohledem na posouzení stavu podkladu a dle firmou provedených sond bylo navrženo provést novou podlahovou desku. Nová podlahová deska byla navržena jako vícevrstvá konstrukce tvořená nosnou a vyrovnávací vrstvou z plastbetonu, která byla mechanicky kotvena k podkladu a měla by s tímto podkladem spolupůsobit jako spřažená deska. Vyrovnávací vrstva byla ukládána přímo na obrokovanou dlažbu, případné lokální výtluky a poškozené dlaždice měly být odstraněny a v jednom kroku vyplněny plastbetonem. Finální povlak byl navržen ve formě epoxidové protiskluzné QS stěrky.

| |
|--|
| a) Odstranění nesoudržných částí brokováním povrchu technologií Blastrac nebo frézováním. |
| b) Ruční dobroušení okrajů kolem stěn, sloupů a objektových dilatací. |
| c) Vysátí plochy a příprava po provedeném brokování. |
| d) 1. vrstva – penetrace + přetmelení, materiál Lena P 100 . |
| e) Mechanické kotvení k podkladu včetně armování spřažené desky, KARI síť 150/150/4 + kotvy. |
| f) 2. vrstva – epoxidová polymermalta (polymerbeton), materiál Lena P130 + křemitý písek ISG . |
| g) Celoplošné přebroušení na plocho s vysáním. |
| h) 3. vrstva – epoxidová nosná stěrka, materiál Lena P 122 QS , barva z RAL 7001. |
| i) Prosyp křemenným pískem, vytvoření protismyku, do živého. |
| j) 4. vrstva – epoxidová uzavírací stěrka, materiál Lena P 122 QS , barva z RAL 7001. |
| k) Úprava dilatačních spár prořezáním a vytmelením flexibilním materiálem např. Sikaflex. |

Tabulka č. 1 – Technologický návrh postupu pokládky nového souvrství podlahy

Pokládka nového souvrství podlah byla podle navrženého postupu realizována během měsíců února až března v roce 2005.

Poruchy těžké plovoucí podlahy

Ihned po uvedení rekonstruované průmyslové podlahy do provozu docházelo na rekonstruované podlaze k postupné propagaci lokálních poruch a vad. Tyto poruchy a vady se projevovaly vydrolením plniva, tj. křemitého písku ISG epoxidové vrstvy polymerbetonu Lena P 130 v celé tloušťce této vrstvy (Obrázek 2, 3).



Obrázek č. 2 – Poškození podlahy, kdy dochází k totálnímu rozpadu nosné polymerbetonové vrstvy



Obrázek č. 3 – Detail lokálního rozpadu nosné polymerbetonové vrstvy vydrolením zrn plniva

Stanovení příčin poruchy těžké plovoucí podlahy

Ke stanovení příčin poruchy rekonstruované těžké plovoucí podlahy byl proveden diagnostický průzkum. V rámci diagnostického průzkumu byly ve dvou odběrných oblastech, které se nacházely v místech páteřních komunikací skladové a expediční haly, provedeny jádrové vývrty a zkoušky přídržnosti. Oblasti průzkumu byly vytipovány po aplikaci akustické trasovací metody a konkrétní umístění respektovalo požadavek objednavatele na minimalizaci narušení stávajícího provozu v objektu.

Pomocí jádrových vývrťů $\varnothing 50$ mm byla zjištěna skladba souvrství materiálů posuzované rekonstruované podlahy až k podkladní vrstvě ze šterkopísku (Obrázek 4). Současně byla stanovena kontaktním měření mocnost jednotlivých vrstev (Tabulka 2).



Obrázek č. 4 – Skladba průmyslové podlahy v jádrovém vývrťu S1_1 a S2_1

| | Popis vrstvy | Tloušťka [mm] |
|----|---|------------------|
| 1. | Nášlapná vrstva – Lena P122 QS | 2 |
| 2. | Nosná vrstva polymerbetonu se sítí KARI – Lena P130 + kř. písek ISG | 11-12 |
| 3. | Penetrační hmota – Lena P100 | 1 |
| 4. | Teracová dlažba | 30 |
| 5. | Podkladní betonový potěr | 35 - 55 |
| 6. | Betonová deska (vyztužená KARI sítí) | 100 - 120 |
| 7. | Hydoizolace AP | 10 |
| 8. | Betonová deska | 195 - 200 |
| | Celkem | 384 - 430 |

Poznámka: Položky 1. až 3. tvoří skladbu nové podlahy, položky 4. až 8. jsou materiály původní skladby.

Tabulka č. 2 – Průměrná skladba souvrství materiálů posuzované rekonstruované podlahy

Pomocí jádrových vývrtů byla rovněž stanovena průměrná objemová hmotnost a krychelná pevnost v tlaku podkladního betonového potěru a betonové desky.

Vyloučení vlivu původní podlahy na vzniklé poruchy

Na základě diagnostického průzkumu a laboratorních zkoušek byla jako kritická vrstva z hlediska případné propagace poruch a vad diagnostikována vrstva podkladního betonového potěru (položka 5. v Tabulce 2), do které je vlepena původní nášlapná teracová dlažba.

Laboratorním sledováním bylo zjištěno, že v podkladním betonovém potěru se nevyskytují žádné staticky závažné poruchy z hlediska propagace trhlin. Rovněž na spojovacím můstku mezi podkladním betonovým potěrem a teracovou dlažbou nebyly zjištěny žádné závažné poruchy. Tím se tedy plně vyloučil možný vliv původní podlahy na vzniklé poruchy.

Hledání příčiny poruchy

Jak bylo uvedeno, poruchy v rekonstruované průmyslové podlaze se projevují lokálním rozpadem nosné polymerbetonové vrstvy, což je způsobeno vydrolením zrn plniva, tj. křemičitého písku ISG (Obrázek 2, 3). Mechanismus tohoto časově závislého procesu poškození podlahy je s největší pravděpodobností následující. Prvotně dojde k narušení a rozpadu nekvalitního spojovacího můstku mezi penetračním nátěrem Lena P100 a nosnou polymerbetonovou vrstvou Lena P130. Při dalším mechanickém namáhání podlahy od pojezdu paletových vozíků a vysokozdvizných vozíků dochází k opakovaným cyklickým deformacím (stlačování a vzdouvání nosné vrstvy) a následné degradaci této vrstvy až do sypkého stavu.



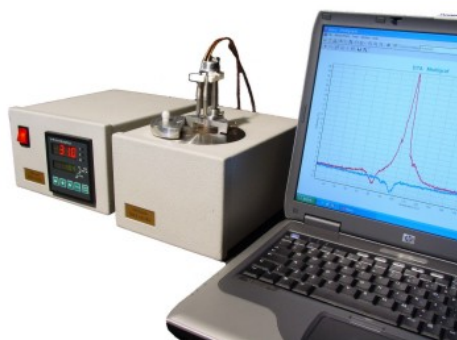
Obrázek č. 5 – Zkouška přídržnosti pomocí odtrhoměru DYNA Z6

První příčinou vzniku poruchy byl identifikován pomocí zkoušek přídržnosti nekvalitní spojovací můstek mezi penetračním nátěrem Lena P100 a nosnou polymerbetonovou vrstvou Lena P130. Zkoušky přídržnosti byly prováděny dle metodiky [5] na válcových tělesech Ø50 mm. Válcová tělesa byla připravena jádrovým diamantovým vrtákem. Při zkouškách přídržnosti byl použit odtrhoměr DYNA Z6. Uspořádání zkoušky přídržnosti je zobrazeno na Obrázku 5 a 6. Experimentálně zjištěná kohezni pevnost se pohybovala v intervalu 0.03 MPa až 0.96 MPa, což je ve smyslu ČSN 744505 čl. 3.8.3 nedostatečné a nevyhovující (normou požadovaná hodnota kohezni pevnosti je 1.50 MPa).



Obrázek č. 6 – Charakter poškození posuzovaného souvrství v místech zkoušek přídržnosti

Druhou příčinou vzniku poruchy lze nalézt ve struktuře polymerbetonu nosné vrstvy nové podlahy. K prokázání této příčiny byly provedeny zkoušky na otěr. Při těchto zkouškách docházelo k samovolnému vydrolování zrn plniva.



Obrázek č. 7 – Měřící zařízení diferenční termické analýzy DTA 551 Ex

Třetí a s největší pravděpodobností nejdominantnější příčinou vzniku poruchy bylo špatné dávkování plniva, tj. křemičitého písku ISG. Pravděpodobně nebyl dodržen poměr mísení 12:1, resp. 14:1, uváděný v materiálovém listě materiálu Lena P130 pro mocnost vrstvy 8-13 mm, resp. 15-30 mm. Bylo tedy použito více plniva a méně pojiva. Ke stanovení množství plniva a pojiva v použité směsi byla použita diferenční termická analýza⁴ [6].

⁴ Diferenční termická analýza je dynamická, tepelně analytická metoda, založená na měření rozdílů teplot v závislosti na teplotě mezi zkoušeným a standardním vzorkem, současně vyhřívány konstantní rychlostí v peci. Tepelné zbarvení reakce se ve výsledné křivce projeví maximy a minimy v exotermní a endotermní oblasti. Metoda je spojena s termogravimetrií, která sleduje kvantitativně změnu hmotnosti vzorku jako funkci lineárně se měnící teploty. Na záznamu je rovněž zachycena derivační křivka, která vyjadřuje závislost rychlosti změny hmotnosti zkoušeného vzorku na teplotě.

Měření se provádí pomocí měřící cely přístroje, který je tvořen pecí a mikrováhou. Na měřící rameno mikrováhy se umístí vzorek, cela se uzavře a postupně dochází k nárůstu teploty v peci (doporučený nárůst teploty je 10°C/min). V průběhu měření jsou data (teplota, váha vzorku) kontinuálně snímána a ukládána do PC. Výsledkem měření je derivační křivka, která ukazuje změnu hmotnosti.

Pomocí diferenční termické analýzy bylo zjištěno, že obsah pojiva u vzorku mocnosti vrstvy 8-13 mm byl 2.8% hmotnostního a u vzorku mocnosti vrstvy 15-30 mm byl 4.3% hmotnostního. Lepší vypovídající schopnost má poměrový zápis – u vzorku mocnosti vrstvy 8-13 mm byl použit mísicí poměr 12:0.35 namísto 12:1 a u vzorku mocnosti vrstvy 15-30 mm byl použit mísicí poměr 14:0.63 namísto 14:1. Rovněž zjištěné objemové hmotnosti svědčí o špatném mísicím poměru – u vzorku mocnosti vrstvy 8-13 mm byla objemová hmotnost 1380 kg/m³ namísto 1670 kg/m³ a u vzorku mocnosti vrstvy 15-30 mm byla objemová hmotnost 1400 kg/m³ namísto 1680 kg/m³.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl s pomocí výzkumného záměru MSM0021630511 “*Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí*” na fakultě stavební VUT v Brně.

LITERATURA

- [1] NEUWIRTHOVÁ, P.: *Výrobní objekty, Energetická optimalizace*. Česká energetická agentura, Praha, 1998.
- [2] www.psb.cz
- [3] PĚNČÍK, J., SCHMID, P.: *Znalecký posudek 14/2005 FAST VUT v Brně*. Brno, 2005.
- [4] BRADÁČ, A., OŠLEJŠEK, J.: *Znalecká činnost ve stavebnictví*. Akademické nakladatelství CERM Brno, 1994. ISBN 80-85867-06-0.
- [5] ČSN 73 2577 – Stanovení přídržnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí k podkladu
- [6] DUFKA, A.: *Stanovení množství pojiva ve vzorcích polymerbetonu*. Zpráva ke znaleckému posudku 14/2005 FAST VUT v Brně. Brno, 2005.