

POŠKOZENÍ DLAŽBY VÍCEÚČELOVÉHO KULTURNÍHO ZARÍZENÍ

Jan Pěňčík¹, Miloš Lavický²

Abstrakt

Z četných případů poruch betonových podlah vyplývá, že se podceňuje správný návrh a provedení betonové vrstvy plovoucí podlahy. Není ojedinělé se setkat s návrhem skladby plovoucí podlahy s dlažbou, kde na izolační vrstvě je navržena vrstva z prostého nevyztuženého betonu v tloušťce 35 až 50 mm. Když pak zhotovitel podlahy při takovém návrhu použije pro betonovou vrstvu takzvaný potěrový beton, poruchy v podlahách se projeví již před uvedením stavby do užívání. Příspěvek ukazuje případ, kdy popsany návrh i postup byl uplatněn u podlah v reprezentačních prostorách víceúčelového kulturního zařízení.

SEZNÁMENÍ S PŘÍPADEM

Jedná se o případ podlah opatřené keramickou dlažbou provedené ve třech podlažích rozsáhlého objektu víceúčelového kulturního zařízení. Již nahlédnutí do projektu vyvolávalo rozpaky, neboť zde byla uvedena následující skladba podlahy v 1. NP: keramická dlažba tl. 9 mm, tmel MAPEI tl. 5 mm, mazanina z betonu B15 tl. 35 mm, lepenka A 400/SH tl. 2 mm, pěnový polystyrén tl. 50 mm. Důvody k optimismu neskýtaly ani skladby podlah ve vyšších podlažích, které byly navrženy takto: keramická dlažba tl. 9 mm, tmel MAPEI tl. 5 mm, mazanina z betonu B15 tl. 45 mm, lepenka A 400/SH tl. 2 mm, Orsil N tl. 25 mm, suchý písek tl. 15 mm.



Foto č. 1 Opravovaná místa v podlaze

Sdělení uživatele objektu, že se první trhliny v keramické dlažbě objevily již před uvedením stavby do provozu, nemohlo překvapit. Protože se porušení podlahy zpočátku projevilo pouze místně v místech rozvodů ústředního topení, bylo přistoupeno k opravě s uplat-

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

něním dlaždic menšího formátu (Foto č. 1). Postupně se však objevovaly další trhliny v keramických dlažbách jednotlivých místností. Jejich výskyt se zvětšoval v závislosti na zvyšování provozu. Podle vyjádření uživatele objektu se rozsah poškození keramických dlaždic od uvedení stavby do provozu do doby, kdy bylo prováděno místní šetření pro zpracování znaleckého posudku, přibližně zdvojnásobil. V době místního šetření bylo zjištěno rozsáhlé poškození trhlinami téměř ve všech místnostech, kde byla provedena keramická dlažba (Foto č. 2 až 5). Zjevná poškození keramické dlažby nebyla zjištěna pouze u místností s poměrně malou plochou.



Foto č. 2 Trhlina v podlaze vstupního vestibulu

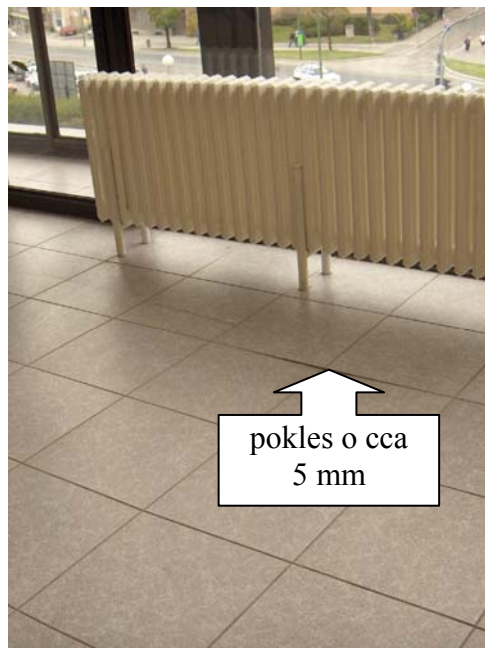


Foto č. 3 Dlažba porušená lokálním poklesem



Foto č. 4 Odtržení soklu v podlaze vstupního vestibulu



Foto č. 5 Odtržení soklu a trhlina v dlažbě ve foyeru v 3. NP

POSOUZENÍ POŠKOZENÝCH PODLAH

Jednou z otázek posudku bylo, zda navržené skladby podlah odpovídají konstrukčním zásadám a normovým předpisům. V dnes již neplatné normě ČSN 74 4505 z roku 1960 [3] se uvádí, že *nejmenší tloušťka betonové vyrovnávací vrstvy na izolační pružné podložce je 3,5 cm* a připouštěla se i menší tloušťka, pokud byla *jejich vhodnost předem ověřena*. Navržená vrstva betonové mazaniny tl. 35 mm z betonu B15 by sice uvedeným požadavkům vyhovovala, avšak již v ČSN 74 4505 z roku 1988 [4] bylo stanoveno, že pro potěry a betonové podklady plovoucí, pod všechny druhy podlahovin, se požaduje *pevnost v tlaku a pevnost v tahu za ohybu, odpovídající betonu tř. III (zn. 250)*, což přibližně odpovídá betonu B20. Navržená pevnost mazaniny B15 této normě nevyhovuje, stejně tak jako nevyhovuje současně platné ČSN 74 4505 z roku 1994 [5], která vyžaduje pro plovoucí vrstvy, *určené jako podklad pod podlahoviny*, pevnost v tlaku 21,5 MPa.

Dále bylo ověřováno, zda skutečné provedení odpovídá navrženým skladbám podlah. Ze sondy ve vstupním vestibulu v 1. NP (Foto č. 6), bylo zjištěno, že betonová mazanina byla provedena o větší tloušťce: 50 mm a desky z pěnového polystyrénu byly použity tenčí: 30 mm. Skladbu podlahy 2. NP bylo možné ověřit ze sondy v šatnovém vestibulu (Foto č. 7), kde bylo změřeno, že betonová mazanina má zde rovněž oproti projektu větší tloušťku: 60 mm.



Foto č. 6 Sonda ve vstupním vestibulu



Foto č. 7 Sonda v šatnovém vestibulu

Zjištěné odchylky od navržené skladby lze hodnotit jako příznivý faktor. Od zvýšení tloušťky betonové vrstvy a snížení stlačitelné izolační vrstvy bylo zřejmě očekáváno zajištění odolnosti podlahy proti porušení. Jednou z příčin, proč toto očekávání nebylo naplněno, bylo nevhodné provedení jednotlivých vrstev. Pro zhotovení betonové mazaniny byl použit beton vyrobený jen s jemnou frakcí kameniva, takzvaný potěrový beton, který má vlastnosti betonové malty a nikoli konstrukčního betonu. Při plastické konzistenci vzhledem k poměrně vysoké dávce cementu u něj dochází k velkým objemovým změnám od smršťování betonu, v jejichž důsledku se vyrobená mazanina porušuje trhlinami. Při zavlhlé konzistenci jsou sice objemové změny menší, avšak vzhledem k nedostatečnému množství vody potřebné k hydrataci cementu vykazuje malé pevnosti. Značně pórovitá struktura odebraných vzorků (Foto č.

8, 9) rovněž svědčila o tom, že beton nebyl dostatečně hutněn. Požadavky kladené na pevnost betonu podle současně platného ale i předchozího znění normy ČSN 74 4505 [4], [5] beton odebraných vzorků zjevně nesplňoval.



Foto č. 8, 9 Vzorky betonové mazaniny odebrané ze sond

Betonové mazaniny byly provedena na izolačních vrstvách oddělených asfaltovou lepenkou. V 1. NP byly jako izolační vrstva uplatněny desky z pěnového polystyrénu tl. 30 mm. Z projektu podlah ani z údajů zhotovitele podlah nevyplývalo, jaký typ polystyrénu byl použit. Z jeho snadné stlačitelnosti však bylo možné odhadovat, že se pravděpodobně jedná o EPS 50, nejvýše EPS 70. Pro ověření tohoto předpokladu bylo doporučeno provedení zkoušek vzorků odebraných za účasti zhotovitele a projektanta podlah, aby se předešlo případným pochybnostem o původu zkušebních vzorků. Pro běžně zatížené podlahy se považuje za přípustné použití desek z pěnového polystyrénu typu alespoň EPS 100 S Stabil [7], přičemž pro tak exponované podlahy, jakou jsou podlahy kulturních zařízení, by bylo vhodné použít desky ještě vyšší pevnosti.

Ani skladba podlah v 2. NP a 3. NP neodpovídala požadavkům, které uvádí ve svých firemních podkladech výrobce izolačních desek ORSIL N firma SAINT-GOBAIN ORSIL s.r.o. Při tloušťce izolační vrstvy 25 mm se doporučuje, aby betonová deska měla tloušťku min. 50 mm, byla z betonu C25/30 a byla vyztužena svařovanou sítí z prutů W \varnothing 4 s oky 150/150 mm. Provedená betonová mazanina vyhověla pouze z hlediska tloušťky betonové vrstvy, nebyla však vyztužena a beton neměl předepsanou pevnost.

I když normové požadavky požadují pevnost betonu vyšší než v projektu předepsanou třídě B15, bylo potřebné je zabývat otázkou, zda by podlaha vyhověla, kdyby tato pevnost betonu byla dodržena. Ze statické analýzy vyplynulo, že nevyztužená mazanina z betonu B15 by nevyhověla ani při tloušťce 50 mm. Pokud by však betonová deska byla vyztužená, pak by při vhodném stupni vyztužení a vhodném typu tepelné a zvukové izolační vrstvy izolace vyhověla. Navržená tloušťka mazaniny 35 mm však je natolik malá, že by její případné vyztužení nebylo v souladu s požadavky na krytí vyztuže betonem.

V 2. NP a 3. NP, kde podlahy spočívají na stropní konstrukci montovaného skeletu se skrytými průvlaky MS-OB, vznikla otázka, zda průhyb této stropní konstrukce není faktorem, v důsledku něhož došlo v porušení dlažby. V odpovědi bylo uvedeno, že prvky stropní tabule jako hromadně vyráběné prefabrikáty byly povinně posuzovány nejen na mezní stavy únosnosti, ale také na mezní stav přetvoření a šířky trhlin a okolnost, že nosné dílce byly zatěžovány po několika letech od své výroby, byla z hlediska velikosti přetvoření příznivým fakto-

rem, který zmenšuje velikost reologických složek přetvoření od dotvarování a smršťování betonu a tak i celkového přetvoření.

Další otázkou bylo, zda rozdělení plochy podlahy na dilatační pole 6*6 m bylo v souladu s normovými předpisy a kdo měl velikosti dilatačních polí stanovit. V již neplatném znění ČSN 74 4505 z 1988 [4] se stanovuje, že *návrh podlahy musí obsahovat řešení dilatačních spár v podlahách a uvádí se v technické dokumentaci obvykle v dokumentaci stavby*. Platné znění ČSN 74 4505 z 1994 [5] takové ustanovení neobsahuje.

I když je řešení dilatačních úseků obvykle požadováno od projektanta, není tím dotčena možnost, že řešení provede zhotovitel nebo že bude provedeno ve vzájemné součinnosti, aby vystihovalo vliv zhotovitelem použité technologie na uspořádání dilatačních úseků.

K velikostem dilatačních polí ČSN 74 4505 z 1961 [3] uvádí, že *dilatační pole se navrhuje obvykle v rozměrech 300*300 cm až 900*900 cm* a že jejich velikost se řídí *tepelnými vlivy prostředí, které bude na podlahu působit a předpokládaným poškozením podlahy ostatními, např. mechanickými vlivy*.

ČSN 74 4505 z 1988 [4] nestanovuje žádné konkrétní hodnoty vztahující se ke vzdálenosti dilatačních spár a pouze obecně uvádí, že *velikost dilatačních polí jednotlivých podlahových vrstev se řídí podle jejich druhu a tloušťky, podle druhu podlahoviny a podle způsobu namáhání podlahy, zejména tepelnými, vlhkostními a mechanickými vlivy*.

V současné době již neplatná oborová norma ON 744520 [6] doporučovala rozdělit podlahy dilatačními spárami na jednotlivá pole o ploše maximálně 6*6 m.

Současné znění normy ČSN 74 4505 z 1994 [5] uvádí, že *návrh podlahy musí stanovit rozmístění dilatačních spár v podlaze nebo v jejích vrstvách, jejich úpravu, popř. jiná přerušování podlah*. K vzdálenosti dilatačních spár se vyslovuje takto: *Monolitické podlahové vrstvy, jejichž delší rozměr je větší než 3 m je nutno dělit na menší části (dilatační pole). Velikost částí se řídí použitým materiálem, tloušťkou vrstvy a druhem namáhání (tepelné, vlhkostní a mechanické vlivy)*.

Z uvedených výňatků norem je zjevné, že normy stanovují obecné podmínky návrhu dilatačních úseků, avšak jednoznačný návod, použitelný na konkrétní řešení neobsahují. K provedeným velikostem dilatačních polí 6*6 m bylo možné konstatovat, že provedené uspořádání dilatačních spár nebylo v rozporu s ustanoveními norem.

CO S TÍM ?

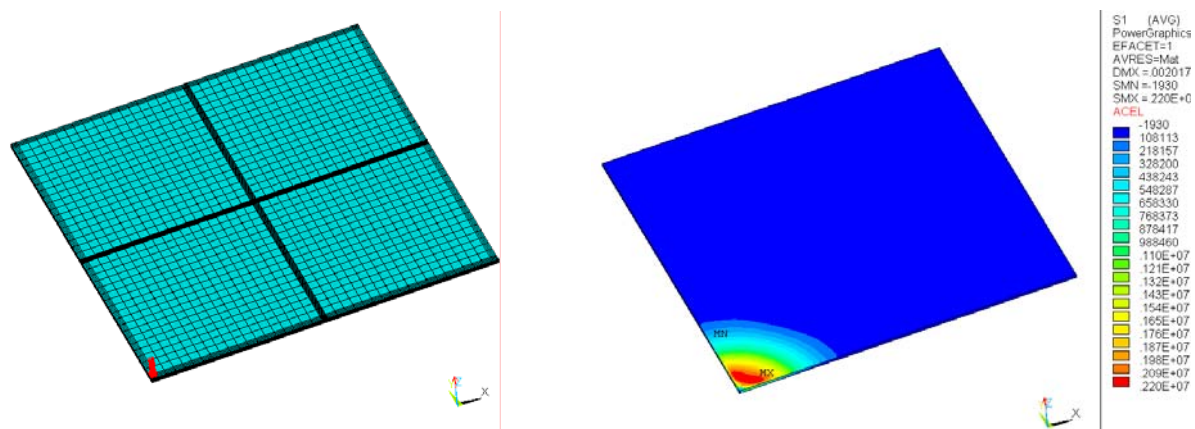
Tak obvykle klade uživatel otázku s nadějí, že znalec zná nebo objeví nějaké jednoduché a levné řešení. Taková řešení však většinou neexistují, ani v tomto případě tomu nebylo jinak a bylo nutné konstatovat, že vzhledem ke znakům, rozsahu a příčinám porušení keramických podlah, že se ukazuje se jako nezbytné odstranit všechny trhlinami porušené podlahy a zhotovit nové. Nelze ani připustit ponechání části podlah, kde současné poškození je zatím poměrně malé, neboť lze předpokládat, že poškození trhlinami se bude nadále rozšiřovat.

Při obnovení podlah je nutné se vyvarovat nedostatkům, které vedly k současnému neuspokojivému stavu. Pro izolace je nutné volit materiály vykazující menší stlačitelnost než materiály, které byly použity. Na tepelnou izolaci by bylo vhodné použít např. extrudovaný polystyrén nebo alespoň EPS 200 S Stabil. Z hlediska statiky by bylo vhodné provést betonovou desku tl. cca 70 mm z hutného betonu B30 z hrubým kamenivem a řádně vyztuženou svařovanými sítěmi.

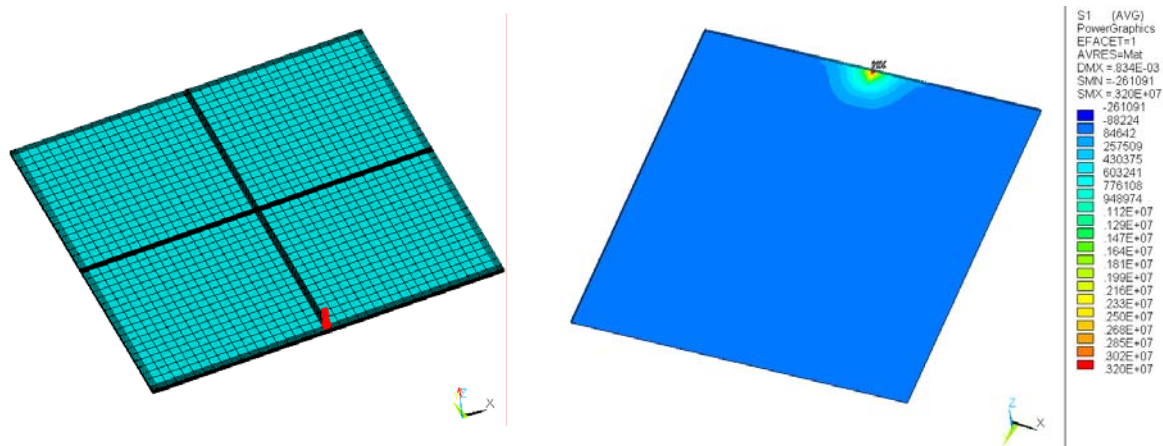
STATICKÁ ANALÝZA

Pro zjištění do jaké míry odpovídá provedená podlaha požadavkům normy na zatížení podlah byla provedena zpřesněná analýza v 3D jako geometricky nelineární včetně uvažování konstrukční nelinearity, tj. vzájemného kontaktu mezi betonovou deskou a polystyrénovou vrstvou. Kontakt je uvažován ve standardním typu, tj. při tlakovém namáhání je plně funkční, ale naopak při tahovém namáhání je nefunkční, tj. dochází tedy ke vzájemné separaci vzájemně spojených vrstev. Charakteristikou, kterou je nutné zadat k popisu chování kontaktu, je součinitel tření (MU) mezi kontaktem vzájemně spojenými vrstvami. K vyjádření mechanického chování betonové desky a polystyrénové vrstvy byl použit izotropní materiálový model, u kterého se předpokládá lineární závislost mezi napětím a poměrným přetvořením. K popisu tohoto materiálového modelu slouží modul pružnosti materiálu v tahu a tlaku (EX) a Poissonův součinitel příčného přetvoření (NUXY). K vystižení vlivu vlastní tíhy materiálu se tyto dvě materiálové charakteristiky doplňují i o objemovou hmotnost materiálu (DENS). Materiálové veličiny jednotlivých vrstev podlahy byly uvažovány takto: u betonové vrstvy: EX = 21000 MPa, NUXY = 0,2, DENS = 2300 kg/m³, u polystyrénu: EX = 500 kPa, NUXY = 0,12, DENS = 13 kg/m³. Výpočtový model byl zatížen kromě vlastní tíhy soustředěným zatížením podle ČSN 730035 [2] o intenzitě 3 kN/m² přepočtené na plochu 0,1*0,1 m, které bylo uvažováno ve třech polohách: (a) v rohu, (b) na okraji v polovině strany a (c) ve středu dilatačního pole.

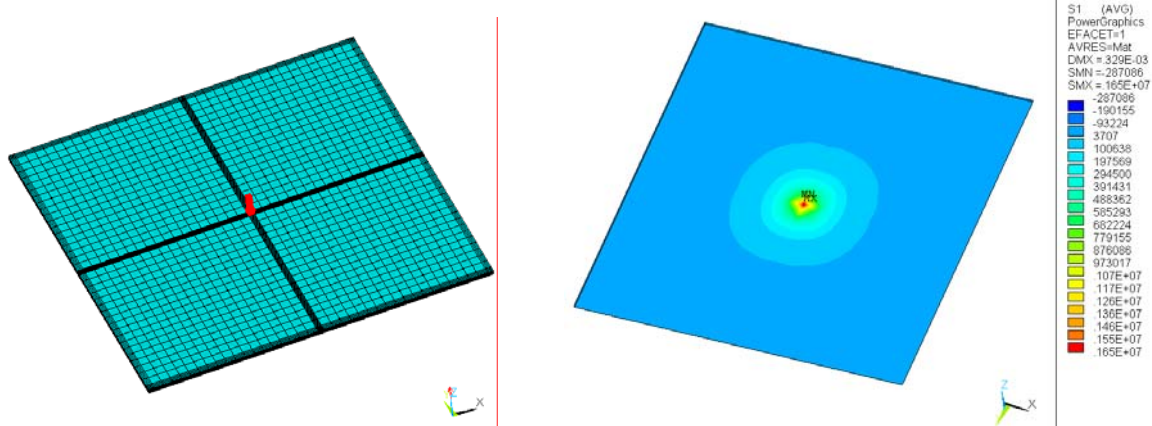
Při vyhodnocení provedené analýzy byla zjištěna pole posunutí a pole hlavních maximálních napětí (Obrázek č. 1 až 3) v jednotlivých vrstvách podlahy. Z porovnání analýzou stanoveného napětí s výpočtovou pevností betonu B15 v tahu, upravenou součinitelem gradientu přetvoření průřezu, součinitelem vlivu vyztužení průřezu a (převedeným) součinitelem zatížení vyplynulo, že podlaha pro toto soustředěné zatížení nevyhovuje. Porovnání analýzou stanoveného napětí s normovou pevností v tahu beton B15, upravenou součinitelem gradientu přetvoření průřezu ukazovalo, že lze očekávat vznik trhlin při zatížení v rohu a na okraji dilatačního pole. Výsledky potvrdily, že podlaha v uvažované skladbě nevyhovuje pro silové zatížení požadované ČSN 730035 [2], přitom reálná konstrukce je navíc současně namáhána i deformačním zatížením od smršťování a dotvarování betonu a změn teploty.



Obrázek č. 1 – Výpočtový model a průběh maximálního hlavního napětí pro umístění soustředěného zatížení v rohu dilatačního pole



Obrázek č. 2 – Výpočtový model a průběh maximálního hlavního napětí pro umístění soustředěného zatížení na okraji v polovině strany dilatačního pole



Obrázek č. 3 – Výpočtový model a průběh maximálního hlavního napětí pro umístění soustředěného zatížení ve středu dilatačního pole

ZÁVĚR

Porušení podlahy s keramickými dlaždicemi ve víceúčelovém kulturním zařízení bylo zapříčiněno kombinací málo únosné nevyztužené betonové mazaniny na stlačitelných izolačních vrstvách.

Obecně se ukazuje, že pro provedení vrstvy plovoucí podlahy nad izolací nelze navrhovat betonovou mazaninu tenčí jak 50 mm, i když dříve, jak vyplývá i z uvedeného výňatku z ČSN 74 4505 z roku 1960 [3], se považovala za přípustnou i tloušťka 35 mm, dokonce i menší. Nutno ovšem poznamenat, že obvykle dlaždice měly menší formát a větší tloušťku a kladly se do lože z cementové malty 20 mm, nikoli na tenkou vrstvu lepidla. Ulpívání na starých zásadách při současných technologiích se tak může stát zdrojem problému.

Příspěvek vznikl s pomocí výzkumného záměru MSM 0021630511 „Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“ na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě stavební.

LITERATURA

- [1] LAVICKÝ, M.: *Znalecký posudek 016/2006*. 2006, Brno
- [2] ČSN 73 0035 *Zatížení stavebních konstrukcí*. ÚNM, 1986, Praha
- [3] ČSN 74 45 05 *Podlahy. Základní ustanovení*, ÚN Praha, 1960
- [4] ČSN 74 45 05 *Podlahy. Společná ustanovení*, ČNI Praha, 1988
- [5] ČSN 74 45 05 *Podlahy. Společná ustanovení*, ČNI Praha, 1994
- [6] ON 74 4520 *Podlahy. Nášlapné vrstvy z dlaždic*, ÚNM Praha , 1989
- [7] *Norma kvality – značení a minimální požadavky na desky z expandovaného polystyrenu určené pro použití ve stavebnictví*, Sdružení EPS ČR, č. EPS 002/03, 1. vydání, 2003