

Prof. Ing. Dr. Richard A. BAREŠ, DrSc.
Károvska 241
252 45 Zvole-Ohrobec
Mob.: 777 739 666, 603 421 606
E-mail: berol@volny.cz
comeng@comeng.eu

SOUDNÍ ZNALEC Z OBORU STAVEBNICTVÍ

Odvětví:

- **stavby obytné, průmyslové a zemědělské**
(spec.: stavební konstrukce betonové, železobetonové a konstrukce z plastů)
- **stavební materiály**
(spec.: stavební materiály všeobecně - tradiční i nové, s aplikací plast. hmot)
- **stavby inženýrské**
(spec.: stavby mostní)
- **stavební různá**
(spec.: zkoušení stavebních materiálů a konstrukcí)

Čj.252/11

Ohrobec, 6.4.2011

Znalecký posudek o příčinách poruchy keramické dlažby v prodejně objektu skladu firmy kat. území Loděnice

Dne 21.3.2011 obdržel znalec žádost pana ...o podání znaleckého posudku o příčinách poruchy keramické dlažby v prodejně předmětné budovy.

Znalec provedl prohlídku místnosti prodejny za účasti pana ...dne 24.3.2011 který mu předal jediné relevantní projektové podklady, které jsou k dispozici – schematický půdorys objektu v měřítku 1 : 200 a Stavební povolení odboru výstavby Městského úřadu Beroun ze dne 29.10.1999. Stavba měla být podle tohoto povolení dokončena do 31.12.2000.

Podklady:

- Půdorys přízemí objektu v měřítku 1:200
- Stavební povolení
- ČSN 725100 Výrobky stavební a ostatní keramiky. Společná ustanovení. (1989)
- ČSN EN ISO 10545-10 Keramické obkladové prvky, část 10, Stanovení změn rozměrů vlivem vlhkosti (1999)
- ČSN EN 12004 Malty a lepidla pro keramické obkladové prvky- Definice a specifikace (2007)
- ČSN 733451 Obecná pravidla pro navrhování a provádění keramických obkladů (2005)

- ČSN 744505 Podlahy – Společná ustanovení (1994)
- ČSN 733450 Obklady keramické a skleněné (1978)
- Vyhl. 137/1980 Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu (v platném znění)

Nález

Předmětná místnost bývalé prodejny se nachází u jižního průčelí budovy, přibližně uprostřed její šířky v oblasti A-B-D/F x 2/3- 4/5 dispoziční sítě. Šířka místnosti je u průčelí 12 m, ve vzdálenosti 5,7 m od průčelí se zužuje na 10,5 m a po dalších 1,8 m na 9 m, délka (hloubka) místnosti je 14,7 m. U zadní stěny je jednořadé schodiště do horního podlaží, celá přední stěna v celé výšce místnosti je prosklená.

Stavbu snad zajišťovala (podle stavebního povolení) firma, s.r.o., Praha. Bližší údaje od vlastníka objektu nejsou k dispozici.

Podlaha je tvořena keramickými neglazovanými dlaždicemi, uloženými do lepidla. Dlaždice jsou na rubu vybaveny rastrem milimetrových výstupků s poli 30 x 30 mm. Dilatační pole, oddělené dilatačním profilem stejné výšky jako je tloušťka dlaždic, jsou 6 x 6 m, orientované na střed nejširší části místnosti. Až na výjimky (např. těsně u průčelí) jsou dlaždice oduté, tedy odděleny od spojovacího lepidla. V blízkosti dilatačních profilů je dlažba zdvižena buď přímo v dilataci, nebo v nejbližší spáře až o 12 mm a to v obou směrech (obr. 1,2,3) a jak ve středním velkém dilatačním poli, tak v okrajových pásech dlažby (šířky 3 m).

Po odkrytí uvolněných dlaždic bylo zjištěno, že zcela určitě byly kladeny metodou „floating“ do již částečně zatuhlého lepidla (po otevřeném čase, když se již vytvořil na povrchu lepidla ztuhlý film) a dlaždice se spojily s lepidlem na maximálně cca 10% plochy, v podstatě pouze na rastrových výstupcích, nebo dokonce jen na jejich části. Rovněž lze konstatovat téměř s jistotou, že nedošlo při kladení dlaždic do lepidla k jejich mírnému posuvu, dlaždice byly pouze vertikálně do lepidla lehce položeny. Nebyly ani zjištěny žádné stopy po rozetření

lepidla zubovou stěrkou, což ale při popsaném způsobu pokládky ani nebylo zapotřebí (obr. 4,5,6)¹.

Tzv. dilatační spára byla vytvořena plastovým profilem vysokým 9mm s výplní pryžovou vložkou širokou cca 5 mm. Profil byl volně uložen na lepidle

Podle vyjádření pana ... byla předmětná místnost provozována jako prodejna nájemcem od léta 2007 do května 2010, aniž by byly pozorovány nějaké problémy. Podlaha byla lehce zatížena prodejním pultem a regály se zbožím, patrně zastíněna slunečními clonami a alespoň částečně přikryta kobercem. V říjnu 2010 bylo prodejní zařízení odmontováno a odstraněno a podlaha zcela odlehčena. Vzniklé závady byly poprvé pozorovány v prvních měsících tohoto roku. Během zimy byly údajně vnitřní prostory temperovány na cca 7°C.

V současné době je za slunečního svitu a při nízkém slunci v zimním období nezastíněnými okny, situovanými na jih, přímo osluněna podlaha až do značné hloubky místnosti (obr. 7, 8, 9).

V současném stavu nelze předmětnou místnost provozovat k jakémukoli účelu.

Posudek

Místnost prodejny byla provozována bez pozorovatelných vnějších závad po dobu zhruba 10 let od zhotovení. Nelze proto očekávat, že by různé fyzikální jevy (smrštění, dotvarování, sesedání), probíhající nějakou dobu (obvykle 1 – 2 roky) po dokončení výstavby mohly mít (s výjimkou oddělení části dlaždic od lepidla) se současně objevenými závadami něco společného. Po dobu provozu bylo patrně vnitřní prostředí udržováno na relativně stabilní úrovni a teplotní i vlhkostní poměry jednotlivých stavebních částí zůstávaly ustálené, bez výrazných změn. Nicméně ze vzhladu lepidla a rubu dlaždice po jejím odebrání je nepochybně jasné, že jednak nebyly dlaždice kladeny do živého lepidla, jednak při kladení nedošlo

¹ Podle ČSN 725100 má být malta (lepidlo) zpracována do 1 hodiny (případně podle instrukcí výrobce), ale dlažba musí být kladena dříve, než se vytvoří povrchový film, dilatace má přerušit souvrství až na podklad, spáry mají být 2-3 mm a mezi dlaždicí a maltou nesmí zůstat prázdné dutiny.

k mírnému vodorovnému pohybu dlaždice, jak je všeobecně doporučováno k zajištění smóčení celé rubové plochy dlaždice. Ke spojení s lepidlem došlo pouze na vystupujícím rastru dlaždice a to většinou ještě jen z malé části, takže namísto plochy 85264 mm^2 (celá dlaždice) spolupůsobí jen zlomek plochy, značně menší než 10%, něco kolem 3000 mm^2 . Tím i relativně malá nerovnoměrnost teploty či vlhkosti v systému podlahy mohla snadno přivodit oddělení dlaždic od podkladu, minimálně v místním rozsahu. Oddělení dlažby (zejména bylo-li místní, podle velikosti spolupracující spojovací plochy) od lepidla při relativně malém zatížení podlahy se obešlo bez vážnějších vnějších projevů. Obvykle k udržení jednotlivých oddělených dlaždic na místě bez vnímatelného pohybu dostačí po dlouhou dobu spárovací malta.

Není známo, jak velká dilatační pole podkladního betonu byla realizována (pokud vůbec), nicméně velikost dilatačního pole dlažby $6 \times 6 \text{ m}$, resp. $3 \times 6 \text{ m}$, tak jak byla zvolena, je obecně nadměrná. Obvykle se nedoporučuje větší dilatační pole než $3 \times 3 \text{ m}$. **Při dokonalém připojení** dlažby k podkladu v celé dilatované ploše by způsobila změna hydrotermálních parametrů betonového podkladu např. vlhkosti o 10% (součinitel vlhkostní roztažnosti $0,7 \cdot 10^{-5}$) a teploty o 10°C při součiniteli teplotní roztažnosti $1,2 \cdot 10^{-5}$ (se zanedbáním rozdílů v hodnotách modulů pružnosti jednotlivých součástí systému beton-lepidlo-dlažba) změnu délky šestimetrového pole přibližně o 1,2 mm. Tomu by odpovídalo relativní prodloužení $1,9 \cdot 10^{-4}$ a ve spáře beton – lepidlo, případně lepidlo – dlažba smykové napětí 1,9 MPa, což je již čtyřnásobně více, než minimální předepsaná hodnota smykové přídržnosti 0,5 MPa (ČSN 733450). To samé by samozřejmě platilo při změně teploty a vlhkosti pouze dlažby. Nezbytným následkem popsané situace by bylo oddělování vrstev v některé horizontální spojovací rovině s nejmenší pevností, tedy nejspíše mezi lepidlem a dlažbou.

Pokud bychom uvažovali pouze poloviční změnu teploty a vlhkosti některé části souvrství (tedy 5°C a 5% vlhkosti), pak by smykové namáhání mezi vrstvami dosáhlo sice jen 0,95 MPa při plném připojení, ale při připojení jen desetinou plochy podle reálného stavu (obr. 4,5,6) již 9,5 MPa! Tato hodnota by již převyšovala předepsanou minimální hodnotu smykové pevnosti ve spoji lepidlo-dlaždice 0,50 MPa téměř dvacetkrát a s nejvyšší pravděpodobností hraničící s jistotou by zde docházelo k porušování soudržnosti. Tato úvaha osvědčuje reálnost předpokladu uvedeného v předchozím textu, tj. že valná část dlaždic již mohla být oddělena od podkladu po delší dobu.

Pokud by došlo k hydrotermální změně v **celém systému** a pokud by podlaha byla provedena správně a dlaždice by byly připojeny k lepidlu celou svou plochou, pak by **snad** mohla i **částečně** fungovat dilatace v dlažbě, která by mohla délkovou změnu v desetinách mm (změna o 5°C a 5% vlhkosti) absorbovat. I to lze však konstatovat jen s velkou rezervou. Kromě velkých dilatačních polí (které pravděpodobně nijak nesouvisejí s dilatací betonového podkladu) nebyl použit ani vhodný dilatační profil jak co do rozměrů, tak co do poddajnosti. Tuhý 5 mm široký pryžový pás jen těžko může být stlačen silami vznikajícími od tepelných či vlhkostních dilatací při větších hydrotermálních změnách. Mimoto dilatační profil by měl zásadně procházet všemi vrstvami podlahy, tj. minimálně celou tloušťkou dlaždic i lepidla a měl by navazovat na dilatační profil uložený v podkladu. V současné době (po 11 letech od zhotovení) je plast, z něhož je profil vyroben ztvrdlý a zkřehlý a rovněž pryž vlivem stárnutí ztratila svou původní pružnost a navíc je dilatační profil uložen na povrchu lepidla, čímž svou funkci do značné míry ztrácí.

Pokud bychom uvažovali změnu teploty, příp. vlhkosti **pouze horní vrstvy** podlahového systému, tedy dlaždic, v **převážném rozsahu již oddělených od lepidla**, bude situace zcela odlišná². Oddělená dlažba by dilatovala v převážné části plochy místnosti jako celek a pokud by jí bylo zabráněno ve volném vodorovném pohybu např. obvodovými zdmi, vychýlila by se jediným možným způsobem, totiž svisle nahoru. Paradoxně i dilatační lišty mohou působit jako zábrana volného pohybu a k vertikálnímu vychýlení dvou sousedních dlaždic může dojít v jejich okolí. Jak ukazují obr. 1 až 3 k takovému vychýlení dvou sousedních dlaždic buď v dilataci, nebo těsně vedle ní skutečně došlo. Výška vychýlení dosahuje až 12 mm. Jak již zmíněno, v současné době je velká část povrchu podlahy za slunečního svitu ozařována a je proto pravděpodobné, že tím teplota **osluněných** dlaždic bude vyšší, než průměrná teplota okolního vzduchu a přirozeně i přítomných hmot. S pohybem země a s výškou slunce v čase budou některé části podlahy ohřívány intenzivněji než jiné a také po delší časový interval než jiné. Zvýšení teploty určité části povrchu podlahy o několik stupňů (3 – 4) je očekávatelné a - za uvedeného předpokladu již oddělené dlažby od podkladu - dostatečné k vyvolání horizontálního posunu, potřebného k vertikálnímu vychýlení.

² Pokud by tento předpoklad nebyl pravdivý, pak by musel na dlaždice působit větší gradient teplotní změny, aby došlo k poruše. Otázkou je, mohl-li za daných podmínek takový gradient teploty, příp. vlhkosti vzniknout. Zdá se že nikoliv.

V další tabulce jsou vyčísleny pro názornost některé charakteristiky vertikálního vychýlení, odpovídající různým délkovým dilatacím, vyvolaných různými hydrotermálními změnami. Přitom se předpokládá, že na vychýlení se podílí stejnou měrou obě sousední dlaždice, jejichž pohyb je vyvolán dilatací celého krajního dilatačního pole (6 m) a poloviny středního pole (3 m).

Podmínky změny Hodnota	10°C + + 10% vlhkosti	5 °C + + 5% vlhkosti	4 °C	Skutečnost
Celková dilatace	1,71 mm	0,855 mm	0,432 mm	?
Sklon dlaždice	4,807°	3,057°	2,174°	-
Výška zdvihu ³	22,63 mm	16,60 mm	11,38 mm	max. 12 mm

Ze vzhledu porušení a s ohledem na to, co bylo řečeno o spojení dlaždic s lepidlem lze mít za prokázané, že nejdříve došlo v rozhodujícím rozsahu k porušení soudržnosti mezi dlažbou a lepidlem (ať v rozmezí let 2000 – 2010, což je podle názoru znalce pravděpodobnější, či až po přerušení provozu v roce 2010-2011) a teprve potom ke střechovitému zdvižení některých řad dlaždic zejména v důsledku zvýšení teploty na jejich povrchu po ozáření sluncem⁴ proti téměř rovnoměrné teplotě okolí (vzduchu i hmot).

Závěr

Ze shrnutí všech zmíněných okolností vyplývá, že nejpravděpodobnější příčinou vzniklých poruch podlahy, spočívající ve vyklenutí řad dlaždic v obou směrech o několik až 12 mm, je oslunění povrchu dlaždic a lokální zvýšení teploty povrchu o několik stupňů proti okolí, které je temperováno na conservační teplotu 7°C, při předchozím oddělení dlaždic od lepidla v rozhodující části plochy. Oddělení dlaždic od lepidla bylo umožněno či alespoň významně usnadněno chybným a neprofesionálním provedením dlažebních prací. Náprava současného

³ Zdvih bude z různých příčin, omezujících volný pohyb dlaždic, obvykle ve skutečnosti nižší.

⁴ Ohřátí horního povrchu dlaždic vede navíc k vyvolání tzv. kompozitního účinku, tj. vyklenutí dlaždice, což nepochybně přispívá i k odtržení dlaždice od lepidla, pokud k odtržení nedošlo již dříve.

stavu je možná pouze úplným odstraněním dlažby i lepidla, vyrovnáním podkladního betonu a osazením nové dlažby do lepidla podle obecně platných kladečských zásad.⁵

Richard A. B a r e š

⁵ Patrně velkou část dlaždic bude možno znovu použít.