

## BETONOVÉ PODLAHY A SMRŠŤOVÁNÍ BETONU CONCRETE FLOORS AND SHRINKAGE OF CONCRETE

PETR TŮMA, JIŘÍ DOHNÁLEK

*Cílem článku je poukázat na závažnost problematiky smršťování betonu. V platných normách je tato oblast řešena relativně stručně což, v souvislosti se změnami v technologii betonu v posledních letech, klade zvýšené nároky zejména na projektanty. Text se věnuje vlivu smršťování na betonové podlahy. V první části jsou rozděleny objemové změny do skupin podle příčin, které je vyvolávají, a popsány jsou hlavní faktory ovlivňující velikost smršťování betonu. V druhé části je popsán přístup platných norem k problematice smršťování betonu. Uvedeny jsou také příklady typických poruch betonových podlah a možnosti jejich opravy. The objective of the article is to point out the serious character of the problem concerning the shrinking of the concrete. In the valid standards, this area is resolved very briefly which, in relation to the changes in concrete technology in recent years, requires higher demands, particularly for designers. The text deals with the influence of shrinking on concrete floors. In the first section, the volume changes are divided into groups according to reasons which cause the shrinkage with a description of the main factors influencing the size of the concrete shrinkage. The second section describes the approach of the valid standards to the issue of concrete shrinkage. This part also contains examples of typical defects on concrete floors and their repair options.*

**Objemové změny** cementových materiálů jsou velmi složitým jevem, který je ovlivňován celou řadou faktorů. Obvykle se rozdělují podle příčiny, která je vyvolává. Na jedné straně jde o objemové změny způsobené vnějším zatížením prvku, tj. okamžitá deformace a dotvarování. Na druhé straně jsou objemové změny nezávislé na zatížení. Nejčastěji se jedná o teplotní dilataci, nabývání nebo smršťování v souvislosti se změnou vlhkostních poměrů a objemové změny související s chemickými reakcemi probíhajícími ve zrajícím materiálu (hydratační objemové změny). Právě problematika vlhkostních a hydratačních objemových

změn ve vztahu k betonovým podlahám je námětem tohoto článku. Samostatnou skupinu tvoří objemové změny spojené s degradací materiálu, jako např. síranová koroze, nabývání v důsledku alkalicko-křemičité reakce či smršťování způsobené karbonatací apod.

**Teplotní dilatace** je vratným procesem, který je způsobený změnou teploty. Příslušným materiálovým parametrem, který popisuje náchylnost materiálu na teplotní dilataci, je součinitel teplotní roztažnosti, obvykle označovaný  $\alpha_T$ , jehož jednotkou je  $K^{-1}$ . Jejím příčinou je změna energie molekul látky při změně teploty, která způsobuje zvětšení nebo zmenšení pohyblivosti molekul a v důsledku toho i zmenšení nebo zvětšení celého objemu látky. Základním vztahem popisujícím teplotní roztažnost materiálů je:

$$\Delta l = \alpha_T l \Delta t,$$

kde  $\Delta l$  je změna délky prvku,  $\alpha_T$  součinitel teplotní roztažnosti,  $l$  původní délka prvku a  $\Delta t$  změna teploty.

Ve většině stavebních konstrukcí je teplotní roztažnost nepříznivým jevem, který způsobuje přidavné vnitřní namáhání. Čelí se mu prováděním dilatačních spár. V případě podlahových konstrukcí, které jsou ve většině případů umístěny v interiéru budovy, a tedy v relativně stabilním teplotním prostředí, teplotní dilatace obvykle nepředstavuje závažný problém. Obvykle postačí provedení dilatační spáry po obvodu místnosti a okolo prostupů podlahovou konstrukcí (např. vnitřní sloupky). Vnitřní dilatační spáry je třeba, kromě extrémně velkých podlahových ploch, provádět zejména u podlahových konstrukcí v exteriéru (např. balkóny a terasy) a u podlah s podlahovým vytápěním.

**Vlhkostní objemové změny**, tj. nabývání při dotaci vlhkosti, resp. smršťování při vysychání, se rozdělují podle doby, kdy je beton vystaven změně vlhkosti. V případě vyzrálého betonu jsou vlhkostní objemové změny vratné a velmi malé. V naprosté většině případů (na rozdíl např. od dřeva) nepředstavují pro konstrukci žádné riziko. Zcela opačná však je situace v případě zrání betonu, protože v tomto případě se jedná o objemovou změnu nevratnou a současně relativně velkou. U obvyklých betonových směsí se smršťování pohy-

buje na úrovni cca 0,7 mm/m. V případě jemnozrných, nebo nevhodně složených směsí však nejsou zcela výjimečné ani hodnoty okolo 2,5 mm/m.

**Hydratační objemové změny** jsou vyvolány chemickou reakcí cementu s vodou, protože hydratační produkty v systému portlandský cement + voda mají objem významně menší, než je objem nezhydratovaného portlandského cementu a vody vstupující do reakce. Toto tzv. chemické smrštění dosahuje značných hodnot. Uvádí se, že pro úplnou hydrataci 1 kg portlandského cementu je třeba cca 250 g vody. Výsledný hydratační produkt je menší o cca 60 ml (tj. cca o krychli o hraně 40 mm) [1].

Naštěstí se celé chemické smrštění nepromítne do změny vnějších rozměrů prvku, ale převážná jeho část se realizuje vznikem nebo zvětšením vnitřních pórů. Změna vnějších rozměrů prvku, způsobená chemickým smrštěním, se nazývá autogenní smrštění. Přímý vztah mezi velikostí chemického smrštění a velikostí autogenního smrštění bohužel neexistuje a je závislý na konkrétním typu cementu a na složení betonové směsi (např. vodním součinitelem). Autogenní smrštění může být významné zejména u betonu s velmi nízkým vodním součinitelem, které vykazují relativně malé smrštění v důsledku ztráty vlhkosti. Např. pro vysokopevnostní beton s vodním součinitelem nižším než 0,3 se uvádí autogenní smrštění na úrovni cca 0,2 až 0,4 mm/m [2].

Z hlediska převážné většiny podlahových konstrukcí v průmyslových objektech, které jsou tvořeny železobetonovými deskami, a rovněž cementovými potěry v občanské a bytové výstavbě, představuje smršťování betonu (resp. cementového potěru) v době jeho zrání jedno z hlavních rizik vzniku závažných poruch. Typickými projevy jsou zejména vznik trhlin a tzv. zkroucení desek (curling), při kterém dojde k nadzdvížení rohů a hran smršťovacích polí.

### FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ SMRŠŤOVÁNÍ BETONU

Při praktickém provádění betonových konstrukcí, a tedy i betonových vrstev podlah, obvykle nemá význam oddělo-

vat smršťování betonu způsobené vysycháním a smršťování betonu způsobené hydratací cementu. Tyto procesy probíhají souběžně a jejich efekty se sčítají. Faktorů, které ovlivňují smršťování zrajícího betonu je celá řada a můžeme je shrnout do následujících pěti skupin:

- složení betonu,
- vlastnosti okolního prostředí,
- vyztužení betonu,
- konstrukční uspořádání,
- ošetřování čerstvého betonu.

Vliv na smršťování betonu mají prakticky všechny jeho složky. Pravděpodobně nejvýraznější je vliv dávky vody, kdy betony s vyšším vodním součinitelem se smršťují více než betony s vodním součinitelem nižším. Ani další faktory však nelze zanedbat a jejich vliv může být srovnatelný s vlivem vodního součinitele. Smršťování betonu ovlivňuje množství použitého cementu, kdy s rostoucím množstvím cementu se obvykle smršťování betonu zvětšuje. Důležité jsou rovněž vlastnosti použitého cementu, a to zejména jeho hydratační smršťování a potřeba vody pro dosažení tzv. normální hustoty. Obdobnou tendenci jako cement vykazuje většina jemných příměsí používaných do betonu, tj. při jejich rostoucím množství roste náchylnost betonu ke smršťování. Naopak pozitivní efekt, tj. zmenšování smršťování betonu, lze zaznamenat při zvětšení podílu hrubého kameniva. V dnešní době, kdy i z betonu se v určitém smyslu stává „chemický koktejl“, nelze přehlédnout ani vliv přísad. Smršťování betonu mohou ovlivňovat jednak přísady, které jsou k tomuto účelu určeny, vyloučit však nelze ani vedlejší (příznivý či nepříznivý) efekt jiných přísad.

**Vyztužení betonu** je tradičním opatřením, jak bránit nepříznivým účinkům smršťování betonu. Ve smršťujícím se betonu si výtuzné pruty zachovávají prakticky konstantní délku, díky čemuž je do nich vnášeno tlakové napětí a do betonu v okolí výtuzných prutů napětí tahové. V závislosti na stupni vyztužení pak dochází ke vzniku většího počtu relativně tenkých trhlinek, v ideálním případě jsou trhlínky tak tenké, že je nelze okem zaznamenat.

Důležitým faktorem pro velikost smršťování betonu jsou rovněž **vlastnosti okolního prostředí**, protože na nich závisí rychlost ztráty vlhkosti z betonu (rychlost odpařování). Důležitý je zejména typ uložení konstrukce (ve vodě nebo na vzduchu) a případně relativní vlhkost vzduchu.

Opomenout nelze rovněž rychlost proudění vzduchu okolo betonového prvku, kdy větrné počasí je z hlediska prevence vzniku smršťovacích trhlin velmi nepříznivé, a vliv oslunění konstrukce, které rovněž urychluje odpařování vody z betonu.

S vlastnostmi prostředí úzce souvisí otázka **ošetřování betonu**, jehož cílem je právě omezení odpařování nebo jiné ztráty vlhkosti.

Pro doplnění výčtu faktorů ovlivňujících velikost smršťování, je třeba ještě jmenovat **konstrukční uspořádání** betonového prvku. Jedná se zejména o velikost betonového prvku, protože masivní prvky jsou méně náchylné na ztrátu vlhkosti, a tedy i na s tím spojené smršťování. V případě podlahových konstrukcí je standardním konstrukčním opatřením řezání smršťovacích spár, jejichž účelem je umožnit realizaci smršťování betonu v předem definovaných místech tak, aby nedocházelo ke vzniku divokých trhlin a smršťování se realizovalo rozevřením právě těchto řezaných spár, protože rovné spáry jsou esteticky přijatelnější než divoké trhlíny.

#### **PŘÍSTUP NOREM K OBJEMOVÝM ZMĚNÁM BETONU**

#### **ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby**

Eurokód 2 je normou pro navrhování betonových konstrukcí, určenou primárně pro práci projektantů. Norma uvádí, že smršťování betonu závisí na okolní vlhkosti, na rozměrech prvku a na složení betonu. Celkové smršťování betonu se počítá jako součet smršťování od vysychání a smršťování autogenního. Pro betony vyrobené z cementu třídy N je velikost smršťování od vysychání tabelována a příslušnou hodnotu lze zjistit na základě znalosti pevnostní třídy betonu a relativní vlhkosti prostředí, ve kterém bude beton umístěn. Pomocí součinitele je dále zahrnut vliv „masivnosti“ konstrukce. Variantně lze smršťování od vysychání spočítat pomocí vztahu uvedeného v příloze B, kde je navíc zahrnut vliv třídy cementu S, N nebo R.

Ze vzorce pro výpočet autogenního smršťování pak vyplývá, že Eurokód 2 vychází z předpokladu, že velikost autogenního smršťování závisí pouze na pevnostní třídě betonu.

Například pro beton pevnostní třídy C20/25 z cementu třídy N jsou tabelované hodnoty konečného smršťování od vysychání v rozmezí 0,62 ‰ (při 20% relativní vlhkosti vzduchu) po 0 (při 100% relativní vlhkosti vzduchu). Autogenní smršťování stejného betonu pak vychází 0,025 ‰. Tedy: při 20% relativní vlhkosti vzduchu vychází celkové smršťování betonu 0,645 ‰, tj. 0,645 mm/m. V případě betonů vyšších pevnostních tříd předpokládá Eurokód 2 menší smršťování od vysychání a větší smršťování autogenní.

Ve výpočtu smršťování podle Eurokódu 2 tedy nejsou zahrnuty vlivy odrážející konkrétní složení betonové směsi, které však mají na smršťování betonu zásadní vliv (viz předchozí text). Zejména se jedná o skutečnost, že jemnozrnné betony a betony s vyšším množstvím cementu mají výrazně větší smršťování než betony hrubozrnné, a to při stejné pevnosti v tlaku. Vliv použitých přísad a sklonu použitého cementu ke smršťování rovněž není zahrnutý.

#### **ČSN P ENV 13 670-1 Provádění betonových konstrukcí – Část 1: Společná ustanovení**

Norma pro provádění betonových konstrukcí v kapitole Ošetřování a ochrana uvádí, že „beton se musí v raném stádiu ošetřovat a chránit, aby se minimalizovalo plastické smršťování, aby se zajistila dostatečná pevnost povrchu, aby se zajistila dostatečná trvanlivost povrchové vrstvy, musí se chránit před mrazem a před škodlivými otřesy, nárazy nebo před poškozením“. V závislosti na rychlosti nárůstu pevnosti betonu a na teplotě povrchu betonu jsou předepsány minimální doby ošetřování betonu.

Norma tedy po dodavateli betonové konstrukce nepožaduje, aby ošetřováním betonu omezoval smršťování betonu od vysychání. Požaduje pouze, aby zabránil vzniku trhlin od plastického smršťování, což je pouze část smršťování od vysychání, která probíhá na samém počátku zrání betonu.

#### **ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda**

Základní norma pro výrobu betonu se věnuje problematice smršťování pouze okrajově. V normě se nachází pouze dvě zmínky o smršťování betonu, obě ve změně Z3 z dubna 2008. První se

nachází v národní příloze v článku 5.2.9, který je platný pouze v České republice a věnuje se obsahu jemné moučky v betonu. Článek patří do kapitoly Základní požadavky na složení betonu. V národní poznámce je zde uvedeno, že při vyšším obsahu moučky v betonu se spolu s obsahem vody zvětšují objemové změny betonu (smrštění) a zvyšuje se nebezpečí vzniku trhlin.

Druhá zmínka je významnější a nachází se v národní příloze v článku 6.2.3, který vyjmenovává doplňující požadavky pro specifikaci betonu. Smrštění betonu je právě jedním z těchto doplňujících požadavků. Ve všeobecných požadavcích na specifikaci betonu norma požaduje, aby specifikátor betonu (kterým je v našich podmínkách obvykle projektant) zajistil, že všechny příslušné požadavky na vlastnosti betonu budou zahrnuty ve specifikaci, která se předkládá výrobcí betonu. Specifikace typového betonu musí obsahovat vždy všechny základní požadavky a podle potřeby požadavky doplňující.

S ohledem na naši problematiku smršťování betonu lze tedy dovodit, že norma ČSN EN 206-1 požaduje po specifikátorovi betonu, aby doplňující požadavek na velikost smršťování betonu ve specifikaci typového betonu uvedl vždy, kdy to konkrétní situace konstrukce vyžaduje. Vzhledem k tomu, že smršťování betonu je jednou z hlavních a nejčastějších příčin vzniku poruch betonových podlah, měl by, dle našeho názoru, tento požadavek být součástí specifikace betonu pro podlahy vždy.

### **ČSN EN 197-1 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití**

Základní norma pro výrobu cementu pro stavební použití se problematice smršťování cementu vůbec nevěnuje a smršťování tedy vůbec není parametrem, který by se pro cement deklaroval. Někdy bývá smršťování cementu zaměňováno s tzv. objemovou stálostí cementu, která se zkouší pomocí Le Chatellierových objímek.

Konstrukce Le Chatellierových objímek však umožňuje zjistit pouze sklon cementu k nabývání, kdy je registrováno rozevření objímky. Zkouška probíhá ve vodní lázni, která se po dobu cca 3 h vaří. Tato zkouška je určena pro sledování množství volného vápna ve slínku,

kteří v minulosti představovalo významný problém.

### **ČSN 74 4505 Podlahy – Společná ustanovení**

Základní norma pro navrhování a provádění podlahových konstrukcí problematiku smršťování betonu postihuje zavedením pojmu smršťovací spára. Tato spára je vytvořena tak, aby umožnila kontrolovaný vznik smršťovacích trhlin, a tedy proběhnouti objemových změn betonu bez vzniku nežádoucích „divokých“ trhlin či jiných nepříznivých dopadů smršťování. Norma dále požaduje, aby v návrhu podlahy (jak průmyslové, tak i v občanské a bytové výstavbě) bylo definováno rozmístění smršťovacích spár v podlaze a jejich následná úprava. Pro průmyslové podlahy, které jsou prakticky vždy tvořeny monolitickou železobetonovou deskou, jsou uvedeny požadavky na maximální vzdálenost smršťovacích spár (maximálně třicetinasobek tloušťky desky, maximálně 6 m) s tím, že větší vzdálenosti smršťovacích spár musí být podloženy statickým výpočtem. Výjimkou jsou specifické případy speciálních syntetických povrchových úprav podlah.

Pro cementové potěry používané často v občanské a bytové výstavbě podobná konkrétní doporučení v normě uvedena nejsou. S určitou opatrností lze využít požadavky pro průmyslové podlahy, je však třeba si uvědomit, že jemnozrnné cementové potěry mají obvykle větší smršťování než hrubozrnné betony.

### **SHRNUTÍ PŘÍSTUPU NOREM**

Z uvedeného přehledu normativních ustanovení je zřejmé, že stávající normová úprava klade hlavní odpovědnost za opatření bránící vzniku poruch způsobených smršťováním betonu na projektanty. ČSN 74 4505 požaduje, aby autor návrhu podlahy (obvykle projektant) předepsal rozmístění smršťovacích spár po podlaze. To je, spolu s vyztužením betonové desky, hlavním konstrukčním opatřením bránícím vzniku nežádoucích smršťovacích poruch. ČSN EN 206-1 zároveň po specifikátorovi betonu (obvykle projektant) požaduje, aby specifikoval veškeré relevantní parametry betonu. V případě podlahových konstrukcí by tedy neměl zapomenout na doplňkový parametr smrštění betonu. Pro formulaci tohoto požadavku norma nedává žádné vodítko a je tedy třeba ho s dodavate-

lem betonu dohodnout tak, aby parametry betonu odpovídaly parametrům uvažovaným v projektu, respektive návrhu podlahy (viz ČSN EN 1992-1-1).

Úkol dodavatele betonové směsi vyrobit specifikovaný beton rovněž není jednoduchý, protože pracuje s materiály s variabilními vlastnostmi. Mezi ně je, vedle kameniva a příměsí, třeba zahrnout i cement. Zmíněná cementářská norma ČSN EN 197-1 nezahrnuje smršťování cementu mezi jeho parametry a výrobci cementu ho tedy nemusí vůbec sledovat, a tedy ani garantovat míru smršťování u jednotlivých typů cementu, nebo alespoň že smršťování cementu během jeho zrání je u různých dodávek stále stejné.

Úkolem prováděcí firmy je beton do podlahy správně uložit, včas nařezat smršťovací spáry a ošetřovat tak, aby v počáteční fázi zrání nevznikly trhliny od plastického smršťování.

V současnosti tedy výrobci betonu neznají hodnoty smršťování vyráběných betonů a současně nemají srovnatelné informace k používaným cementům. Tento stav je zcela nelogický a dlouhodobě neudržitelný.

### **PŘÍKLADY PORUCH PODLAHOVÝCH KONSTRUKCÍ**

#### **Drátkobetonová deska poškozená trhlinami**

První popisovaná podlaha má projektovanou tloušťku 160 mm a předepsán byl beton kvalitové třídy B25 vyztužený disperzní drátkovou výztuží v množství 20 kg/m<sup>3</sup>. Smršťovací spáry jsou v rastru 6 x 6 m. Podél kolejnic skladového zařízení bylo v projektu předepsáno dovyztužení 2 x KARI síť KD 37 v šířce 1 m. Povrchová úprava byla provedena minerálním vsypem v množství 3 kg/m<sup>2</sup>. Půdorysné rozměry skladové haly jsou cca 20 x 54 m (obr. 1).

Provedená vizuální prohlídka prokázala, že ve značné části podlahové konstrukce se vyskytují atypicky široké smršťovací trhliny (obr. 2), které jsou provozně nežádoucí. Mimořádná je jak intenzita výskytu trhlin, tak zejména jejich šířka. Mohly být vyvolány pouze nadstandardními objemovými změnami betonu, souvisejícími pravděpodobně s jeho skladbou. Zpracovatel betonové směsi, tedy firma, která provádí betonovou podlahu, může konečné hodnoty smrštění betonu ovlivnit jen zcela omezeně. Současné

platí, že vznik trhlin je nežádoucí z provozních důvodů, protože při intenzivním provozu dopravních mechanismů dochází k olamování okrajů trhlin, k postupnému zvětšování defektů a k různým při pojezdu těchto oblastí (obr. 3).

Přesnější identifikace konkrétních příčin vysokých objemových změn betonu však není dodatečně možná. Jeden z vývrtů odebraný v místě smršťovací trhliny (obr. 4) ukázal, že trhlina v daném místě končí přibližně v polovině tloušťky podlahové desky.

Stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev prokázalo, že povrchová vrstva má vysoké tahové pevnosti, a tedy vysokou mechanickou odolnost a bude dlouhodobě spolehlivě plnit svou funkci.

Stanovení pevnosti v tlaku na třech ode-

braných jádrových vývrtech prokázalo, že kvalita betonu z hlediska pevnosti v tlaku i v tahu je vyhovující a převyšuje projektem požadovanou třídu B25.

Ověření rovinnosti na dvoumetrové lati prokázalo průměrnou odchylku 1,79 mm. Tu lze charakterizovat jako provozně zcela přijatelnou. Současně se však v měřeném souboru vyskytuje dvanáct hodnot (15,8 %), u nichž je odchylka na úrovni 3 mm, resp. vyšší. Výskyt těchto zvýšených hodnot souvisí s vysokou pravděpodobností s nadměrnými objemovými změnami betonu.

Ze zjištěných skutečností vyplývá, že podlahová konstrukce je provedena z vyhovujícího betonu z hlediska pevnosti betonu v tlaku, tedy třídy betonu, který však současně vykazoval zvýšené objemové změny betonu. Míra objemových změn betonu však není dodatelem betonové směsi, resp. betonu garantována a pouze mlčky se předpokládá, že bude dosahovat standardní úrovně 0,7 mm/m (viz ČSN EN 1992-1-1). Výskyt trhlin ani lokální zvýšení odchylky rovinnosti nemohl tedy dodavatel betonové podlahové konstrukce ovlivnit. Výskyt trhlin mohl být eliminován

zvolením vhodnějšího poměru dilatačních řezů. Délka celků se měla pohybovat v intervalu 20 až 30 tlouštěk desky, v posuzovaném případě by tedy měla být vzdálenost v intervalu 3,2 až 4,8 m.

Zjištěné smršťovací trhliny je třeba gravitačně zainjektovat nízkoviskózní epoxidovou pryskyřicí, před injektáží musí být trhliny suché a musí být pečlivě vyčištěny stlačeným vzduchem. Práce je třeba provádět tak, aby nedošlo k zbytečnému znečištění povrchu podlahové konstrukce epoxidovou pryskyřicí. Vyplnění trhlin epoxidovou pryskyřicí zajistí jednak statické zmonolitnění podlahové desky, jednak vyloučí mechanické narušování okrajů trhlin při provozu dopravních mechanismů.

Lokální odchylky od rovinnosti lze řešit pouze lokálním přebroušením nevyhovujícího místa či oblasti. Pokud by tímto odbroušením došlo k výraznému zeslabení vrstvy mechanicky odolného minerálního vsypu, bude nezbytné přebroušenou oblast napenetrovat epoxidovou pryskyřicí, která povrch desky srovnatelným způsobem mechanicky zpevní.

Veškeré popsané zásahy však budou na povrchu podlahové konstrukce vi-

Obr. 1 Skladová hala

Fig. 1 Warehouse hall

Obr. 2 Trhliny v podlaze skladové haly

Fig. 2 Cracks in the floor of the warehouse hall

Obr. 3 Olamování hran trhliny

Fig. 3 Defoliation of crack edges

Obr. 4 Jádrový vývrt v místě trhliny

Fig. 4 Test core in the area of the crack



1



2



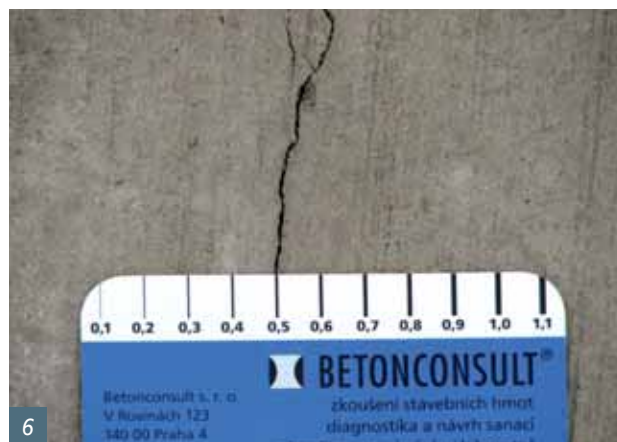
3



4



5



6



7

Obr. 5 Trhliny ve venkovní betonové ploše  
Fig. 5 Cracks in the outside concrete area

Obr. 6 Jedna z trhlin  
Fig. 6 One of the cracks

Obr. 7 Jádrový vývrt v místě trhliny  
Fig. 7 Test core in the area of the crack

Obr. 8 Nekvalitní podlahový potěr v rodinném domě  
Fig. 8 Low-quality floor screed in a family house

Obr. 9 Povrch nekvalitního podlahového potěru  
Fig. 9 Surface with low-quality floor screed

Obr. 10 Povrch zkušebního tělesa po vyřezání diamantovou pilou  
Fig. 10 Surface of the testing body after cutting with a diamond saw

Obr. 11 Záběr z probíhající opravy potěru  
Fig. 11 View of the running repair to the screed

zuálně patrné. Neexistuje žádná technologie, která by zajistila takovou výplň trhlin, která by vzhledově trhliny eliminovala. I po zainjektování tedy tyto imperfekce zůstanou vizuálně patrné. Po provedeném výše popsaném zainjektování trhlin bude plně obnovena a dlouhodobě garantovaná funkčnost posuzované podlahové konstrukce.

### Venkovní betonová podlaha poškozená trhlinami

Betonová směs pro tuto podlahu byla smluvně specifikována třídou C30/37 XF4. Konstrukce byla navržena v tloušťce 170 mm s tím, že při spodním povrchu desky bude vyztužena KARI sítěmi. Betonová deska byla ihned po dokončení ošetřována kropením vodou. Druhý den byly prořezány smršťovací spáry, které byly třetí den prohloubeny do hloubky cca 2/3 tloušťky desky.

Následně byly na horním líci identifikovány trhliny vyskytující se prakticky v celém půdorysu betonované desky (obr. 5 až 7). Trhliny mají všesměrný charakter a jejich orientace nemá bezprostřední vazbu na systém řezaných smršťovacích spár. U investora vznikly

v souvislosti s těmito trhlinami pochybnosti o celkové kvalitě betonové manipulační plochy. Z provedených zkoušek a celkového posouzení betonové manipulační plochy vyplývají tyto závěry:

Betonová manipulační plocha je zhotovena z betonu přiměřeně homogenního. Zjištěný variační koeficient je 8,5 %, přičemž podle ČSN 73 2011 se za homogenní beton považuje takový beton, jehož variační koeficient je nižší než 14 %. Posouzení pláště odebraných jádrových vývrtů prokázalo, že se jedná o dobře složený a dobře zpracovaný beton. Stanovení kvality betonu destruktivně na tělesech zhotovených z jádrových vývrtů prokázalo, že průměrná hodnota válcové pevnosti na pěti zkušebních tělesech je 33,17 MPa, což odpovídá požadované specifikaci.

Betonová manipulační plocha má průměrnou tloušťku, zjištěnou na pěti náhodně vybraných zkušebních místech, 166 mm. Jedná se o mírné podkročení nominální tloušťky 170 mm, které je však ve standardních tolerančních mezích  $\pm 5$  %.

Zkoušky mrazuvzdornosti betonu podle ČSN 73 1326 metoda A prokázaly, že mrazuvzdornost povrchových vrstev splňuje standardní kritérium používané

např. Ředitelstvím silnic a dálnic. Zjištěné odpady jsou menší než limitní hodnota 1 200 g/m<sup>2</sup>. Hodnocený beton lze tedy ve smyslu uvedeného kritéria charakterizovat jako mrazuvzdorný, odpovídající specifikaci XF4.

Vizuální prohlídka a provedené grafický záznam trhlin ukazují, že povrch desky je rovnoměrně prostoupen poměrně hustou sítí pravděpodobně smršťovacích trhlin s šířkou 0,1 až 0,8 mm. Trhliny do šíře 0,2 mm jsou estetickou vadou, v případě trhlin širších než 0,2 mm jde o závalu funkční (vnikání vody do trhliny a její migrace ke spodní výztuži). Vznik husté sítě smršťovacích trhlin s vysokou pravděpodobností souvisí s použitým cementem, případně konzistencí betonové směsi (dávka vody v betonové směsi). Smršťovací trhliny evidentně nebyly vyvolány pozdním provedením řezaných smršťovacích spár a je méně pravděpodobné, že byly způsobeny méně pečlivým ošetřováním betonové plochy po jejím dokončení.

Uvedené trhliny je nutné funkčně eliminovat tak, že se provede jejich injektáž vhodnou, částečně pružnou epoxidovou pryskyřicí. Tím se trhliny uzavřou a zabrání se vnikání vody ke spodní výztuži. Sou-



8



9



10



11

časné ale provedená injecktáž trhliny vizuálně zvýrazní a plochu nebude možné charakterizovat jako vizuálně bezvadnou. S ohledem na tyto skutečnosti lze tuto vizuální vadu charakterizovat jako prakticky neodstranitelnou.

### Extrémně špatná kvalita podlahového potěru

Cílem posouzení bylo stanovit mechanické vlastnosti položeného potěru a posoudit jeho další využitelnost (obr. 8 a 9). Na tento cementový potěr má být lepena mimo jiné dřevěná podlahová nášlapná vrstva. Podle poskytnuté projektové dokumentace měl být potěr proveden v kvalitě B15.

Provedené zkoušky na tělesech vyřezaných z odebraných vzorků cementového potěru (obr. 10) v budovaném objektu rodinného domu prokázaly, že pevnost cementového potěru v tlaku se pohybuje v intervalu od 4 do 8 MPa. Průměrná zjištěná hodnota je 5,37 MPa. Jedná se tedy o pevnost, která je přibližně na třetinové úrovni ve srovnání s požadavkem projektu (třída B15).

Cementový potěr této kvality má kromě snížené pevnosti v tlaku i poměrně nízké pevnosti tahové. To jednak snižuje jeho ohybovou tuhost a současně vyvolává riziko, že při objemových změnách lepené dřevěné podlahy dojde k odtržení nášlapné vrstvy a její následné deformaci. Použití cementového potěru ve stávajícím provedení by bylo velmi riskantní a z hlediska dlouhodobé stability podlahové konstrukce neakceptovatelné.

Kromě celkové výměny stávajícího potěru a jeho náhrady za cementový potěr přiměřených kvalitativních parametrů, které jsou z hlediska možného poškození rozvodů podlahového topení rizikové, připadá v úvahu jeho lokální vyspravení (obr. 11)

## FIBERTEX NONWOVENS



### Formtex® CPF liner

Formtex® je netkaná textilie složená z filtrační a drenážní vrstvy a slouží k odvádění přebytečné vody a vzduchu z povrchu betonu. Formtex® výrazně snižuje poměr voda/cement v povrchové vrstvě a tak vytváří pevný a dlouhodobě odolný povrch betonu.

Formtex® významně zvyšuje životnost betonových staveb především v agresivním prostředí a chrání tak vaše investice.

Formtex® zlepšuje všechny parametry betonu.

s Formtexem

bez Formtexu

Fibertex, a.s.  
Průmyslová 2179/20, Svitavy  
email: jako@fibertex.com  
tel.: +420 461 573 269  
www.formtex.dk

Making the perfect match





12a



12b

Obr. 12 Zkroucení desky betonové mazaniny a), b)  
Fig. 12 Curling of the concrete screed plate a), b)

a následně převrstvení mechanicky únosnou cementem pojenou vrstvou, případně vhodnou plastmaltovou vrstvou.

#### Podlaha v prodejní hale

Předmětem posouzení byla podlahová konstrukce v prodejní hale. Místnost má obdélníkový půdorys o rozměrech cca 15 x 20 m. Podlahová konstrukce je zde rozdělena dilatačními spárami v rastru 5 x 5 m. Součástí podlahové konstrukce je systém podlahového topení. Navržená skladba podlahové konstrukce je následující:

- keramická dlažba, hutná, glazovaná, rozměry 333 x 333 x 8 mm, pokládána do pružného tmelu, dilatace ve čtvrcích 5 x 5 m, tloušťka 15 mm,
- betonová mazanina (beton B20), vyztužená sítí 150 x 150 x 5 mm, tloušťka 126 mm,
- PE fólie svařovaná ve spojích,
- systémové polystyrenové desky konstrukce podlahového teplovodního vytápění, tloušťka 20 mm,
- tepelná izolace deskami Styrodur, tloušťka 100 mm,
- izolace proti vlhkosti a radonu, tloušťka 4 mm,
- penetrační nátěr,
- podkladní beton.

U posuzované betonové mazaniny došlo k nadzdvížení rohů dilatačních celků, tzv. zkroucení desek (obr. 12). K tomu nejčastěji dochází když horní povrch desky vysychá rychleji, a tudíž se smrští více, než její spodní povrch. Tento jev nastává prakticky vždy, nepřijatelné míry pak dosahuje v případech, kdy jsou smršťovací spáry provedeny v příliš velké vzdálenosti, případně sám beton je náchylný k velkému smršťování (např. velký obsah vody nebo cementu) a současně nebyl dostatečně intenzivně, nebo

dostatečně dlouho ošetřován. Ke zvětšení rozdílu ve velikosti smrštění přispívá i uložení betonu přímo na vodotěsný podklad.

V daném případě bylo možné po odeznění smrštění nadzdvížené rohy a hrany přebrousit a povrch tak vyrovnat dle požadované místní rovinnosti. Dilatační spáry v betonové mazanině bylo nutno přiznat i v dlažbě, protože musí umožnit pohyb podlahy při změně teplotního režimu podlahového topení. Vzhledem k tomu, že trubky podlahového topení jsou umístěny při spodním líci betonové mazaniny, lze ve spárách očekávat i mírný svislý pohyb způsobený ohnutím desky při nerovnoměrném ohřátí.

#### ZÁVĚR

Na základě naší vlastní znalecké a konzultační činnosti a z rozhovorů s mnoha stavebními odborníky, zejména v rámci konference PODLAHY, nebo kurzu VADY A PORUCHY STAVEB – POUČENÍ Z CHYB, můžeme konstatovat, že podlahové konstrukce jsou velmi častým předmětem reklamací a sporů, možná ze stavebních prvků vůbec nejčastějším. Domníváme se, že to je způsobeno pro podlahy nepříznivou souhrnou okolností, kdy jsou jednak velmi namáhané a zároveň případné poruchy jsou dobře viditelné a vizuálně značně rušivé. V neposlední řadě poruchy podlah často znesnadňují užívání celého objektu.

V příspěvku jsme se snažili upozornit na souvislosti mezi objemovými změnami betonu a vadami betonových podlahových konstrukcí. I přes varující vyznění článku je nepochybné, že bylo položeno množství podlahových konstrukcí, které nevykazují poruchy a bezproblémově slouží svým uživatelům řadu let. Prakticky vždy jsou však spolehlivé

#### Literatura:

- [1] Hošek J.: Měření počátečních objemových změn betonu v pryžové vlnovcové formě, Stavební výzkum, 1986, roč. 3, s. 28–32
- [2] Tazawa E.: Committee Report, Proc. of the Inter. Workshop org. by JCI (Japan Concrete Institute) – Autogenous Shrinkage of concrete (Hiroshima, June, 1998). London: E&FN Spon 1999, p. 1–68
- [3] Smišek P., Cheong C.: Bezespáré dodatečně předpínané betonové podlahy, 15. betonářské dny 2008, Hradec Králové 2008
- [4] Holland J. A., Walker W. W.: Tired of Cracks and Curl? Expand or Compress Your Concrete!, 5th Inter. Colloquium, Industrial Floors '03, Esslingen 2003

podlahy výsledkem odpovědné práce všech zúčastněných odborníků při dodržování základních zásad pro navrhování a provádění podlah. Vzhledem ke smršťování betonu je to z dnešního pohledu zejména hustá síť včas nařezaných smršťovacích spár a dostatečné vyztužení desky, zejména klasickou měkkou výztuží. V budoucnu možná dojde i k širšímu využití, dnes zatím speciálních technologií, jako např. předpínané podlahy [3], nebo betony s kompenzovaným smršťováním a expanzní betony [4].

Ing. Petr Tůma, Ph.D.  
e-mail: tuma@klok.cvut.cz

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.  
e-mail: dohnalek@sanacebetonu.cz

oba: Kloknerův ústav ČVUT v Praze  
Šolínova 7, 166 08 Praha 6