

OBNOVENIE TRVANLIVOSTI PODZEMNÝCH GARÁŽÍ RESTORE DURABILITY OF UNDERGROUND GARAGES

JURAJ BILČÍK

Za posledných 25 rokov sa vyskytli poruchy podzemných garáží, ktoré si vyžiadali vysoké náklady na sanáciu. V príspevku sa uvádzajú najzávažnejšie poruchy a s nimi spojené riziká, ako aj postupy na obnovenie trvanlivosti podzemných garáží.

During the last 25 years important damage has occurred in underground garages which had to be restored with high costs. The paper shows principal damages and lists the main risks as well as the possibilities to repair and to restore the durability of underground garages.

Narastajúce množstvo porúch podzemných garáží vyžaduje vysoké náklady na sanáciu a oprávnené vyvoláva zvýšenú pozornosť nielen odbornej verejnosti. Aj v novostavbách sa zisťujú chyby, ktoré musia byť v rámci záručnej doby nákladne odstránené. Príčinou sú často nedostatky vo vykonávacích projektoch. Navrhovanie na bezpečnosť sa vo všeobecnosti prísne sleduje. Na druhej strane sú vplyvy prostredia a prevádzky podzemných garáží na trvanlivosť nedostatočne zohľadnené a to napriek tomu, že opatrenia sú dlhšiu dobu zakotvené v normách a smerniciach [1], [2], [3], [4]. Trvanlivosť podzemných garáží najviac ohrozuje korózia výstuže spojená so zvýšenou vlhkosťou a prítomnosťou chloridov v podzemných priestoroch. Potvrdzujú to aj skúsenosti so stavom garáží nielen v zahraničí, ale aj v Čechách a na Slovensku [5], [6], [7]. Vzhľadom na následky prítomnosti podzemnej a vozidlami zavlečenej vody na trvanlivosť podzemných garáží navrhuje sa ich dodatočné tesnenie, ktoré zabráni prenikaniu vody ako do suterénnych priestorov, tak aj do betónovej konštrukcie.

PORUCHY OBMEZUJÚCE TRVANLIVOSŤ

Podzemné garáže sú vystavené dlhodobej vlhkosti od presakujúcej, či zavlečenej vody (XC3), ktorá je navyše obohatená chloridmi z posypových solí (XD3), ako aj miernemu mechanickému namáhaniu pojazdných plôch (XM1). Stupne prostredia, ktorým je betónová konštrukcia vysta-

vená, závisí od výskytu trhlín, nepriepustnosti škár ako aj od výberu materiálov a kvality zhotovenia izolácie (obr. 1).

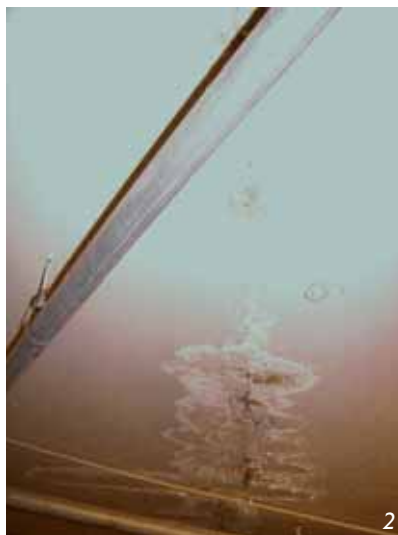
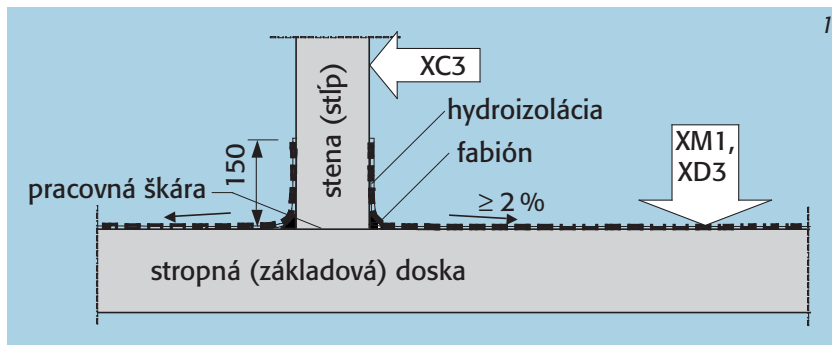
KORÓZIA VÝSTUŽE

Korózia výstuže v podzemných garážach je iniciovaná karbonatáciou betónu alebo difúziou chloridových iónov. Obsah CO₂ v bežnej atmosfére má prakticky konštantnú hodnotu 0,03 % (t. j. približne 600 mg/m³ vzduchu). V garážach a tuneloch dosahuje obsah CO₂ až 0,2 %, čím sa výrazne urýchľuje postup karbonatácie betónu. Karbonatácia je spojená s poklesom pH na hodnotu menšiu ako 10, pri ktorej sa stráca stabilita pasivujúceho povlaku na výstuži (depassivácia), čo vedie k plošnej korózii ocelevej výstuže. Na povrchu betónu sa prejavuje tvorbou trhlín s výrazným červeno-hnedým zafarbením, prípadne odpadávaním betónovej krycej vrstvy.

Najzávažnejšie poruchy v podzemných garážach vyvoláva chloridmi iniciovaná korózia výstuže. Prítomnosť chloridov

v betóne vyvoláva lokálnu hĺbkovú koróziu výstuže aj vo vysoko zásaditom prostredí. Tým dochádza k výraznému zmenšeniu prierezovej plochy výstuže. Kontaminovaná voda prenikajúca z povrchu stropnej dosky sa môže vodorovne šíriť na spodnom povrchu výstuže, kde sa vplyvom plastického zmršťovania vytvorila dutina na styku s betónom. Touto cestou môžu chloridy vyvolať koróziu výstuže na veľkej ploche stropov podzemnej garáže.

Stropy podzemných garáží tvoria viacpoľové bezprievlakové stropné dosky. V oblastiach podpier vznikajú od priameho zaťaženia ťahové napätia na hornom povrchu dosky. Pri obmedzení vodorovných pretvorení, v dôsledku tuhého monolitického spojenie so zvislými nosnými prvkami (steny a stĺpy), vznikajú ťahové napätia aj od nepriameho zaťaženia (objemové zmeny betónu). V stropných doskách podzemných garáží je väčší predpoklad vzniku nadmerných deliacich trhlín ako v parkovacích domoch, lebo obvodové steny sú podstatne tuhšie.



Vo všeobecnosti možno preto v stropných doskách predpokladať vznik deliacich trhlín, ktoré urýchľujú postup karbonatácie betónu, resp. chloridmi kontaminovanej vody k výstuži (obr. 2).

Usporiadanie a tesnenie dilatačných škár sa často podceňuje. Škára sa často vyplní polystyrénom a tesnia „trvale“ pružným tmelom. Toto riešenie nie je vhodné pre podzemné garáže. Pretvornosť pružného tmelu dosahuje okolo 20 %, pri šírke dilatačnej škáry v podlahe 15 mm to znamená, že tmel v dilatačnej škáre je schopný sledovať zmenu šírky o maximálne 3 mm. Škára je spravidla navyše namáhaná prejazdom vozidiel. Za účelom zabránenia prieniku vozidlami dovlečenej vody cez netesné dilatačné škáry v stropoch (obr. 3) sa preto majú použiť špeciálne, pre tento účel vyrábané, dilatačné zariadenia.

Podlaha musí byť účinne odvodnená. STN 73 6058 predpisuje sklon $\geq 0,5 \%$, ale vzhľadom na prípustné tolerancie a očakávané priehyby dosky sa odporúča sklon $\geq 2 \%$. Nedostatočné odvodnenie podláh vedie k tomu, že vozidlami zavlečená zrážková voda, resp. sneh po rozmrazení, vytvárajú na podlahe kaluže. Táto voda, často obsahuje rozmrazovacie prostriedky a teda aj chloridy, preniká trhlinami a netesnými dilatačnými škárami do betónu stropov. Cez ne preteká aj na parkujúce vozidlá. Prvé náznaky pre transport vody v stropných doskách sú vlhké miesta, odlupovanie náterov a výluhy na ich spodnom povrchu.

PRIESAKY PODZEMNEJ VODY

Podzemné garáže sa nachádzajú často pod hladinou podzemnej vody. Vodotesnosť základovej vane zabezpečuje buď

povrchová hydroizolácia alebo vodonepriepustný betón (biele vane). V oboch prípadoch sa môžu vyskytovať priesaky vody. Príčinou netesnosti sú chyby povrchovej hydroizolácie, netesné škáry alebo trhliny. Prítomnosť podzemnej vody v garážach je nežiaduca z viacerých dôvodov:

- v stenách a stĺpoch stúpa voda kapilárnou vzliňavosťou. Prejavuje sa charakteristickými mapami, kde sa hromadia soli v kryštalickej podobe. Sprievodným javom je odpadávanie omietky a obkladov stien a stĺpov,
- odparujúca voda zvyšuje vlhkosť vzduchu v garáži, čo vytvára vhodné podmienky pre koróziu výstuže v betóne,
- voda môže vytvárať na podlahe kaluže a obmedzovať používateľnosť garáže (obr. 4).

Pre vytvorenie potrebnej hrúbky betónovej krycej vrstvy výstuže a kontrolu šírky trhlín sa neodporúča zhotovovať medzistropy zo spriahnutých stropov pomocou filigránových dosiek.

DIAGNOSTIKA

Pred zahájením sanácie treba zistiť aktuálny stav konštrukcie, rozsah a príčiny porúch. Je v záujme investora touto činnosťou poveriť skúsenú a nezávislú organizáciu. Z domácich noriem predpisov sa vyšetrovaniu jestvujúcich stavebných konštrukcií venuje ČSN 73 0038/86, z medzinárodných napr. ISO 13822 [8].

Na úvod diagnostiky sa urobí podrobná vizuálna prehliadka so záznamom všetkých chýb a porúch. Na základe jej výsledkov sa zostaví plán vyšetrovania. Vytypuje sa počet a poloha charakteristických miest, tak aby boli zistené reprezentatívne hodnoty sledovaných veličín umožňujúce odhad stavu konštrukcie, degradácie materiálu a príčin porúch. Pri vyšetrovaní podzemnej garáže sa treba sústrediť najmä na zistenie [5]:

- hrúbky betónovej krycej vrstvy,
- hĺbky karbonatácie betónu,
- obsahu chloridov v betóne,
- pevnosti a vodotesnosti betónu,
- spádu a priehybu podlahy,
- šírky trhlín,
- zmien šírky trhlín v čase,
- stavu, resp. stupňa korózie výstuže,
- teplotných a vlhkosťných pomerov v garáži.

Keďže korózia výstuže je najvýznamnejší rizikový faktor trvanlivosti železobetó-

novej konštrukcie garáže, treba zisteniu podmienok pre jej priebeh ako aj aktuálnemu stavu výstuže venovať zvýšenú pozornosť.

Veľkú perspektívu na sledovanie stavu betonárskej výstuže majú nedeštruktívne metódy, najmä elektrické, ktoré je možné v zásade rozdeliť do dvoch skupín:

- metódy elektrochemické,
- metódy založené na meraní elektrického odporu výstuže v betóne.

Z elektrochemických sa na konštrukcii najviac používa metóda merania elektródového potenciálu. Je založená na zisťovaní elektródového potenciálu vytváraného na stykovej ploche kovu s elektrolytom. Zmeny elektródového potenciálu je možné merať pomocou presného vysokoodporového voltmetra voči referenčnej elektróde. Kontakt s výstužou sa zabezpečuje obnažením časti výstuže, pričom sa využíva skutočnosť, že zvyčajne všetka výstuž v železobetónovom prvku je vodivo spojená. Hodnotu elektródového potenciálu ovplyvňuje celý rad faktorov, ktoré môžu skresliť namerané hodnoty. Odporúča sa preto v kontrolnej sonde (miestne obnaženie výstuže) overiť namerané výsledky so skutočnosťou. Pri veľkoplošných meraniach je vhodné betónovú plochu rozdeliť na sieť a meranie uskutočniť v uzloch zvolenej siete. Pre zisťovanie korodujúcich plôch veľkosti cca 5 mm je maximálna vzdialenosť meraných bodov 200 mm. Celkové posúdenie konštrukcie na možnosť korózneho napadnutia prichádza do úvahy iba v mimoriadnych prípadoch. Metóda je vhodná najmä v miestach podozrivých z možnosti vzniku korózie: vlhké miesta, prístup posypových solí cez trhliny a škáry apod.

Obr. 1 Stupne prostredia podzemnej garáže a tesnenie pracovnej škáry

Fig. 1 Exposure classes for underground garages and sealing of the construction joint

Obr. 2 Priesak vody stropom v deliacej trhlíne

Fig. 2 Leaking separation crack in a floor slab

Obr. 3 Korózia výstuže v mieste netesnej dilatačnej škáry

Fig. 3 Reinforcement corrosion under a leaking expansion joint

Obr. 4 Presakujúca podzemná voda

Fig. 4 Leaking underground water



| Varianta | Opatrenia | Normy a smernice |
|----------|---|--|
| 1a | Pružný náterový systém prekrývajúci trhliny v podlahe, alebo tuhý náterový systém so sprievodným injektovaním trhlín | DIN 1045-1; DIN 1045-1 Zmena 1; DAFStb No. 255 [2] |
| 1b | Zabránenie vzniku trhlín na hornom povrchu dosiek prostým uložením alebo predpätím | DIN 1045-1, DIN 1045-1 Zmena 1, DAFStb No. 525 [2] |
| 2 | Pružný náterový systém prekrývajúci trhliny s pravidelnými prehliadkami a opravami, umožňuje zmenšenia betónovej krycej vrstvy a stupňa agresivity prostredia, ak je dvakrát ročne zabezpečená údržba náteru | DAFStb No. 525 [2]; DAFStb No. 526 [3] |
| 3 | Polymérbituménová hydroizolácia pod pojazdnú liatu asfaltovú vrstvu v zmysle hydroizolácie mostov. Pri tomto variante môže byť doska zaradená do stupňa agresivity prostredia bez prítomnosti chloridov, t.j. XC3, prípadne XF1 | DAFStb No. 525 [2]; DAFStb No. 526 [3] |

Tab. 1 „Špeciálne opatrenia“ na zabezpečenie trvanlivosti pojazdných stropných dosiek [9]

Tab. 1 „Special measures“ to satisfy the durability of parking floor slabs

SANÁCIA NA OBNOVENIE TRVANLIVOSTI

Včas zistené a odstránené chyby a poruchy môžu výrazne znížiť rozsah prác a náklady sanácie potrebnej na obnovenie trvanlivosti podzemných garáží.

Protikoročné opatrenia

Priamo pojazdné nosné prvky podzemných garáží (stropné a základové dosky), pri uvážení stupňa agresivity prostredia XD3 vyžadujú na ochranu výstuže proti korózii:

- minimálne betón C35/45 (STN EN 1992-1-1, tab. E.1N)
- vodný súčiniteľ $w/c \leq 0,45$ (STN EN 206-1)
- hrúbku betónovej krycej vrstvy výstuže $c_{nom} \geq 55$ mm.

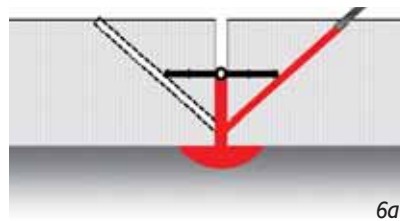
Ak uvedené požiadavky nie sú splnené, treba vytvoriť izolačnú vrstvu, ktorá zabráni styku betónu s vodou kontaminovanou chloridmi. Tab. 1 uvádza „špeciálne opatrenia“ na zabezpečenie protikoroznej ochrany výstuže pojazdných stropných dosiek.

Tesnenie trhlín a pracovných škár v stropných doskách

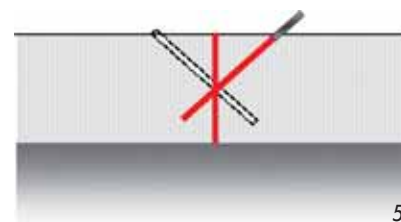
Dodatočné tesnenie pracovných škár a pasívnych trhlín voči vode sa vo všeobecnosti robí injektovaním. Ako injektážny materiál sa najčastejšie používajú epoxidové a polyuretánové živice alebo cementové suspenzie [10]. Na materiál, ktorý sa použije ako plnivo do trhliny sa kladú tieto požiadavky: nízka viskozita, veľká kapilárna vztlínosť (pri živiciach), dobrá spracovateľnosť, stabilita po zmiešaní, malá objemová strata, dostatočná pevnosť, odolnosť voči starnutiu a úplná absencia agresívnych látok.

Pri návrhu tesnenia aktívnej trhliny injektovaním pružného injektážneho materiá-

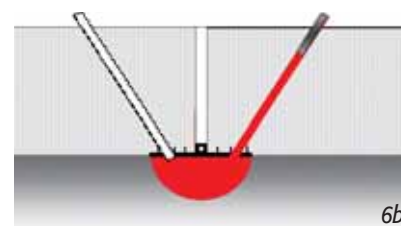
lu si treba uvedomiť, že podobne ako pri dilatačnej škáre, pretvoriteľnosť polyuretánových materiálov dosahuje približne 20 %, čo pri šírke trhliny 0,5 mm umožňuje zmeny šírky o 0,1 mm. To nemusí vždy postačovať lebo konštrukcie vystavené účinkom vonkajšej atmosféry môžu mať od teplotných rozdielov väčšie zmeny šírky trhlín. Na priamo pojazdné plochy stropov otvorených garáží sa preto odporúča použiť ochranný systém OS 11, ktorý má schopnosť prekrývať aktívne trhliny do šírky 0,3 mm. V podzemných garážach, kde sú rozdiely teplot v dennom a ročnom cykle menšie, možno použiť systém OS 13 s obmedzenou pružnosťou, ale zvýšenou chemickou a mechanickou odolnosťou [11].



6a



5



6b

Obr. 5 Schéma tesnenia trhliny alebo pracovnej škáry injektovaním

Fig. 5 Waterproofing of a crack and construction joint by injection

Obr. 6 Tesnenie dilatačnej škáry clonovou injektážou [12]

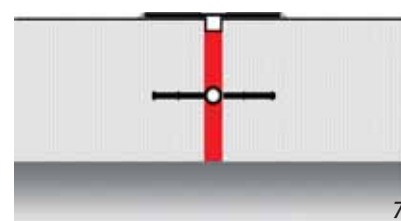
Fig. 6 Waterproofing of a expansion joint by grout curtain injection

Obr. 7 Tesnenie dilatačnej škáry lepenými páskami

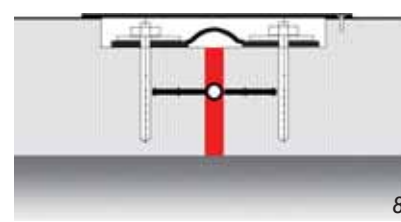
Fig. 7 Waterproofing of a joint with an adhesive sealing system

Obr. 8 Tesnenie dilatačnej škáry zvierkou [12]

Fig. 8 Flanging waterstop for waterproofing of expansion joints



7



8

Tesnenie priesakov podzemnej vody

Priesaku vody možno zabrániť buď znížením hladiny podzemnej vody v okolí garáže alebo dodatočným tesnením základovej vane. Optimálne riešenie závisí od viacerých okrajových podmienok. V ďalšom sa analyzujú možnosti dodatočného tesnenia. Na tesnenie sú, v závislosti od príčiny netesnosti, polohy a špecifických daností stavby, tieto možnosti [12]:

- injektovanie
- gélovanie
- nalepenie pásov
- zabudovanie zvierky.

Tesnenie trhlín a pracovných škár injektovaním

Tesnenie trhlín a pracovných škár sa navrhuje najčastejšie tlakovou injektážou (obr. 5). Technologický postup je identický ako pri injektovaní trhlín [10].

Tesnenie trhlín a škár gélovaním

Na dodatočné tesnenie trhliny alebo škáry sa v praxi používajú aj akrylátové gély, ktoré v styku s vlhkosťou zväčšujú

objem a zachovávajú pružnosť. V železobetónových konštrukciách sa používajú ak nehrozí korózia výstuže. Výhodné je preto vytvorenie gélovej clony mimo betónového prvku. Injektuje sa do miest pod vnútorný pás (obr. 6a), resp. vonkajší tesniaci pás (obr. 6b) až do podlažia. Týmto spôsobom sa zabezpečí, že aj v prípade ďalšieho sadania základovej dosky bude dilatačná škára utesnená gélovou clonou. Zemná vlhkosť vytvára podmienky pre stabilný tvar a pružnosť gélu.

Tesnenie trhlín a škár nalepením pások

Na tesnenie aktívnych trhlín a škár je možné použiť aj nalepené pružné pásy (obr. 7). Lepidlo sa naniesie na prípravený betónový podklad z oboch strán trhliny (škáry). Následne sa do lepidla pritlačí pružný pás. Stred pásu nesmie byť zlepený s podkladom.

Tesnenie dilatačných škár zabudovaním zvierky

Ak sa v dilatačnej škáre očakávajú väčšie pohyby alebo tlaky vody, osvedčilo sa tesnenie zabudovaním zvierky. Na obr. 8 je schéma usporiadanie zvierky. Tesnenie sa dosiahne pritlačením pásu sfahovacou prírubou k betónovému povrchu. Zvierka zapustená do podlahy a prekrytá plechom je chránená pred poškodením a umožňuje hladký prejazd vozidiel.

ZÁVER

Pri návrhu poschodových garáží sa vychádza z požiadaviek na bežné budovy. Agresivita prostredia v podzemných garážach

Literatúra:

- | | |
|--|--|
| <p>[1] EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1: Obecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby. December 2004</p> <p>[2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zu DIN 1045-1. Berlin : Beuth. -In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2003), Nr. 525</p> <p>[3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN 4226. Berlin : Beuth.- In: Schriftenreihe Des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2003), Nr. 526</p> <p>[4] Deutscher Beton- und Bautechnik Verein E. V.: DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen. 2005</p> <p>[5] Schöppel K.: Schäden in Tiefgaragen und deren Instandsetzung. Beton und Stahlbetonbau No. 1/2003, str. 13–24</p> <p>[6] Vacek V.: Poruchy monolitických konstrukcí hromadných garáží. Sanace.</p> | <p>Zborník prednášiek, SSBK, Brno, 2006, str. 281–285</p> <p>[7] Bilčík J., Lörincz A.: Poruchy a oprava podzemných garáží, Zborník prednášok 1. medzinárodná konferencia Technológia opráv a údržby stavieb, Žilina, február 2007, str. 94–97</p> <p>[8] ISO 13822 Bases for design of structures – Assessment of existing structures, 2001</p> <p>[9] Meyer L.: Das neue DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, Beton und Stahlbetonbau No. 9/2005, str. 828–832</p> <p>[10] Bilčík J.: Oprava trhlín v betónových konštrukciách, Stavební ročenka 2004, JAGA 2004, str. 155–159</p> <p>[11] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RILI-SIB), 2001</p> <p>[12] Hohmann R.: Nachträgliche Abdichtung undichter Fugen. Beton und Stahlbetonbau No. 12/2006, str. 950–964</p> |
|--|--|

žach je však značne vyššia a môže vyvolať poruchy, ktoré výrazne skráti životnosť železobetónovej konštrukcie. Prvoradou úlohou pri ich návrhu, zhotovení a prevádzke je zabrániť priesaku podzemnej vody do suterénnych priestorov a chlórmi kontaminovanej vody do železobetónovej konštrukcie. Túto požiadavku je možné zabezpečiť viacerými spôsobmi. V predloženom príspevku sa uvádzajú niektoré možnosti dodatočného tesnenia stropných dosiek a základovej vane.

Príspevok vznikol za podpory výskumného projektu VEGA č.1/3323/06 „Navrhovanie betónových konštrukcií na medzný stav trvanlivosti“

Prof. Ing. Juraj Bilčík, CSc.
Katedra betónových konštrukcií a mostov
Stavebná fakulta STU Bratislava
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
tel: +421 259 274 546, e-mail: bilcik@svf.stuba.sk

Celostátní odborná konference pořádaná ve spolupráci s Cechem podlahářů České republiky

PODLAHY 2008

Praha, konferenční sál Masarykovy koleje
25. a 26. září 2008

Tematické okruhy konference

- I. Konstruktivní řešení podlahových konstrukcí, věda a výzkum, normalizace, vady a poruchy podlahových konstrukcí.
- II. Betonové podlahové konstrukce včetně průmyslových.
- III. Monolitická teraca, samonivelační stěrky, lité anhydritové podlahy.
- IV. Podlahy s dřevěnými nášlapnými vrstvami.
- V. Keramické a kamenné dlažby včetně lepicích hmot.
- VI. Syntetické podlahoviny – nátěry, plastbetony.
- VII. Úspěšné realizace podlahových konstrukcí.

**Podrobné informace
a přihlášky
na www.konferencepodlahy.cz**

Odborný garant konference:

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
e-mail: dohnalek@konferencepodlahy.cz, tel.: 602 324 116

Vědecký tajemník:

Ing. Petr Tůma, Ph.D.
e-mail: tuma@konferencepodlahy.cz, tel.: 724 080 924

Sekretariát Konference:

 **BETONCONSULT** s.r.o.

V Rovinách 123, 140 00 Praha 4
e-mail: konference@konferencepodlahy.cz
tel: 721 981 204, fax: 261 215 427

PODLAHY '08