

OBVODOVÉ PLÁŠTE PANELOVÝCH BYTOVÝCH DOMOV NA BÁZE PÓROBETÓNU

Ing. Peter Briatka, PhD., prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.,
Technický a skúšobný ústav stavebný, Studená 3, 821 04 Bratislava,
briatka.p@gmail.com, sternova@tsus.sk

V období hromadnej bytovej výstavby panelovými technológiami sa, mimo iných, používali aj obvodové plášte na báze pórobetónu. Na spínaných pórobetónových obvodových dielcoch stavebných sústav P 1.15 a PS 82 TT, ale aj pri skorších aplikáciách pórobetónových dielcov na iných konštrukčných systémoch sa zistili rozsiahle nedostatky prejavujúce sa neusporiadanou sieťou trhlin. Zistil sa aj významný postup degradácie v priebehu 10 rokov pozorovaných v období medzi rokmi 1997 až 2007. Rozširovanie degradácie by mohlo v krátkej budúcnosti zabrániť možnosti kotvenia kontaktných tepelnoizolačných systémov (zateplovania) pomocou rozperných kotiev.

Pórobetón, ako stavebný materiál, vynašiel v polovici dvadsiatich rokov 20. storočia Max Ginsberg. Významný pokrok v technológii výroby pórobetónu dosiahol Dr. Axel Eriksson pracujúci spolu s prof. Henrik Krügerom v Kráľovskom technickom inštitúte (Royal Institute of Technology) v Stockholme.

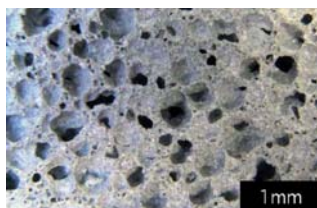
Na Slovensku (vtedajšom Československu) sa začal pórobetón vyrábať v roku 1959 v závode v Zemianskych Kostolnoch. Neustále sa zvyšujúca ročná produkcia pórobetónu v roku 1983 dosiahla 3 milióny m³/rok [1]. Neskôr, s úpadkom až zastavením hromadnej bytovej výstavby, sa produkcia znížila a preorientovala sa na sortiment maloformátových tvárnic určených na murované konštrukcie.

Pórobetón je umelý stavebný materiál vyrábaný autoklávovaním z plniva, spojiva a vody. Podľa pôvodu plniva sa rozlišujú dva základné varianty. Prvý variant je na báze elektrárenského popolčeka (známy aj pod označením „Calsilox“). V tomto prípade sa plnivo (popolček) mieša so spojivom (vápno) a vodou. Druhý variant (tzv. „Siporex“) je na báze kremičitého piesku. V tomto prípade sa plnivo mieša so spojivom (zmes vápna a cementu) a vodou. Na rozdiel od bežných betónov, v pórobetóne aj plnivo vstupuje do chemických reakcií (zjednodušene – hydratácie) ako reaktant.

V oboch variantoch sa do zmesi pridáva prevzdušňovacia prísada vo forme mletého hliníkového prášku, ktorý za prítomnosti zásaditého roztoku v zmesi spôsobuje uvoľňovanie vodíka (plynu) zodpovedného za pórovitosť materiálu.



Obr. 1 Rez pórobetónovým prvkom odhaľujúci pórovú štruktúru [2]



Obr. 2 Detailný pohľad na pórovú štruktúru pórobetónu [5]

Základné vlastnosti pórobetónu sú dané štruktúrou jeho hmoty, ktorá je charakteristická, ako to už z názvu materiálu vyplýva, pórmí. Vďaka prítomnosti makropórov (veľkosti až



do 0,5–5 mm) dosahuje štandardný pórobetón objemovú hmotnosť rádo vo 480 do 680 kg/m³, pevnosť v tlaku v rozmedzí 2 až 4 MPa, súčiniteľ tepelnej vodivosti λ v rozsahu 0,180–0,240 W/(m.K). Prírodná vlhkosť pórobetónu sa pohybuje od 6 % do 9 %. Ďalším dôsledkom prítomnosti makropórov v hmote pórobetónu je jeho nízky (bezrozmerný) faktor difúzneho odporu v rozsahu 6–9, ale aj zvýšená nasiakavosť a vyvolané objemové zmeny $15 \cdot 10^{-5}$ – $20 \cdot 10^{-5}$ (Siporex) alebo $30 \cdot 10^{-5}$ – $40 \cdot 10^{-5}$ (Calsilox).

Uplatnenie v hromadnej bytovej výstavbe

Obvodové plášte na báze pórobetónu sa hojne používali v období hromadnej bytovej výstavby, najmä však v neskoršom období, t.j. na konci 70-tych a začiatku 80-tych rokov minulého storočia.

Od polovice 70. rokov 20. storočia sa používali vystužené dielce z autoklávovaného pórobetónu, dodávané ako celostenové štítové dielce, parapetné dielce alebo celostenové dielce priečelia. Dielce používané v 80-tych rokoch minulého storočia ako dôsledok revízie tepelnotechnickej normy s hrúbkou 300 mm sú vytvorené zopnutím prvkov vysokých cca 600 mm (ukladaných vo vrstvách nad sebou) oceľovými ťahadlami. Pri zavesených parapetných a celostenových dielcoch je dôležitá funkcia zabudovanej výstuže, ktorá prenáša ťahové sily v ohýbanom priereze dielca.

Typickými predstaviteľmi konštrukčných systémov a stavebných sústav s obvodovým plášťom s pórobetónovými dielcami sú T 06 B BA (BA = variant Bratislava) a najmä T 06 B NA (NA = variant Nitra) a T 08 B KE (KE = variant Košice), neskoršie P 1.15 a PS 82 TT (TT = variant Trnava),

Bytové domy s montovaným pórobetónovým obvodovým plášťom predstavujú značnú časť bytového fondu Slovenskej republiky. Spoločne reprezentujú 173 990 bytov (2823 radových domov a 767 bodových domov). Z celkového množstva bytov s montovaným obvodovým plášťom, realizovaných v hromadnej bytovej výstavbe 654 510 tak predstavujú viac ako štvrtinu (26,58 %) [3].

Výskum v oblasti fyzického stavu obvodových plášťov na báze pórobetónu

Technický a skúšobný ústav stavebný (TSÚS) je riešiteľom úlohy výskumu a vývoja "Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu". V rámci jej riešenia vykonali pracovníci TSÚS v rokoch 2010 a 2011 prehliadky technického stavu obvodových plášťov na báze pórobetónu (OPP) viacerých stavebných sústav a konštrukčných systémov – menovite: P 1.15; PS 82 TT; T06B NA a T08B KE. V rámci nich sa hodnotil nielen stav OPP v zmysle výskytu porúch povrchových úprav alebo dielcov, prítomnosti a charakteru trhlin, ale aj vlastností priamo alebo nepriamo súvisiacich s mechanickými vlastnosťami OPP. Tie sú významné z hľadiska mechanického kotvenia ETICS a jeho následnej bezpečnosti pri užívaní budov.

V paneloch obvodových plášťov sa vyskytuje viacero diskontinuít rôzneho charakteru, pôvodu, mechanizmu i času vzniku [4]. Z hľadiska aplikácie ETICS predstavujú pre mechanické kotvenie slabé miesto, a teda riziko nedostatočnej únosnosti rozpernej kotvy/rozperných kotiev. Vysoká miera výskytu trhlin (cca 75 %) zdôrazňuje potrebu dôsledného riešenia stability ETICS pri aplikácii na OPP. S rastúcim výskytom trhlin rastie aj pravdepodobnosť kotvenia ETICS do trhliny alebo do jej blízkosti, ktorú vo všeobecnosti možno považovať za oslabenú.

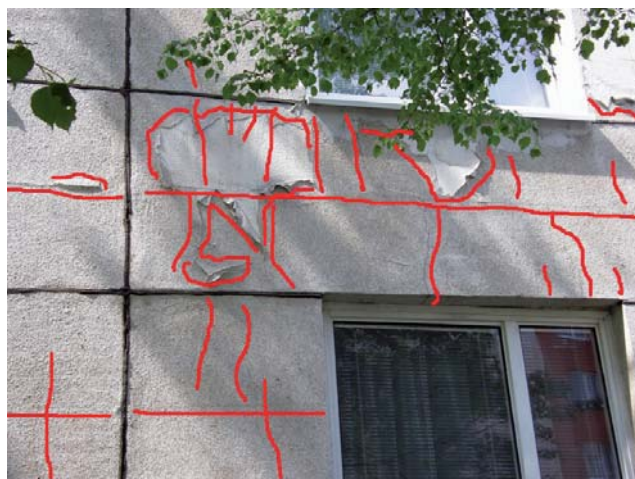
Zisťovania in situ

V jednotlivých paneloch sa zvyčajne vyskytujú priečne a pozdĺžne trhliny. Trhliny sú zreteľné i v povrchovej úprave. Väčšina trhlin jestvovala už pri výrobe panelov. Postupne sa trhliny prejavujú i v povrchových úpravách. Niektoré z týchto trhlin, obzvlášť na



Obr. 3 Sieť trhlin v OPP bytového domu T 06 B v Nitre

fasádach orientovaných na smer prevládajúcich vetrov, môžu byť najmä príčinou zatekania. Trhliny sa v dôsledku klimatického namáhania (zatekania, premrzania) v súčasnosti prejavujú už aj v hmote prvku. Charakteristickými nedostatkami pórobetónových spínaných panelov, ktoré sa považujú za systémovú poruchu, sú trhliny medzi prvkami spínaného obvodového plášťa a v hmote pórobetónu. Cez trhliny zateká dažďová voda a preniká až k vnútornému povrchu konštrukcie. Trhliny sa zistili v rôznych šírkach od 0,10 až do cca 1,75 mm. Trhliny šírky nad 0,30 obvykle prechádzajú celou hrúbkou OPP a sú badateľné aj na vnútornom povrchu. Zistilo sa, že prítomnosť trhlin znižuje únosnosť rozperných kotiev situovaných v ich blízkosti.



Obr. 4 Sieť trhlin v OPP bytového domu PS 82 v Trnave

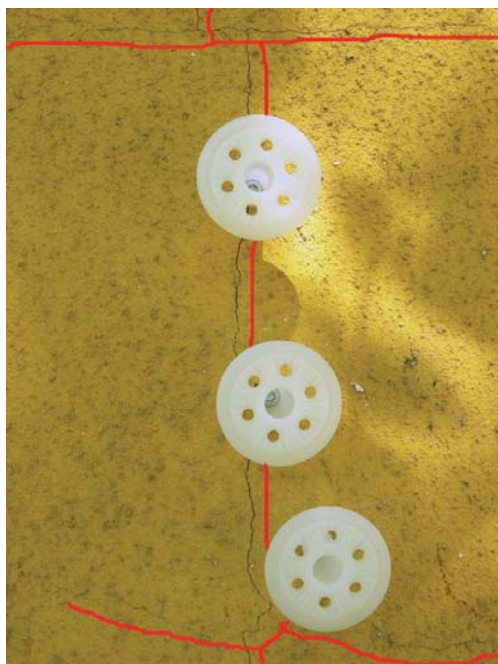
Pri prehliadkach technického stavu OPP sa vykonávali aj nedeštruktívne merania pevnosti pórobetónu v tlaku, samozrejme výťažné skúšky rozperných kotiev a doplnkové merania šírky trhlin, ako aj povrchovej vlhkosti. Ťažiskom práce bolo meranie únosnosti rozperných kotiev. Použitím vždy rovnakých kotiev sa únosnosť kotvy mohla interpretovať ako charakteristika OPP v danom mieste.



Obr. 5 Výťažná skúška rozpernej kotvy

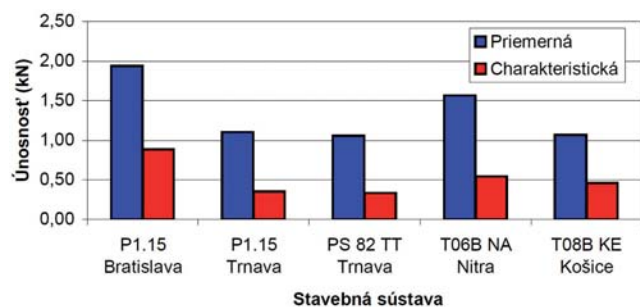
Predpokladalo sa, že vplyv prítomnosti trhliny na únosnosť rozpernej kotvy bude úmerne klesať so vzrastajúcou vzdialenosťou. Merania in situ sa preto volili tak, aby sa zachytil stav celistvej (neporušenej) hmoty OPP, ale aj stav (únosnosť) hmoty v triline a v jej blízkosti.

Z nameraných hodnôt únosnosti rozperných kotiev vyplýva, že bezpečnosť kotvenia ETICS k OPP môže byť prinajmenšom



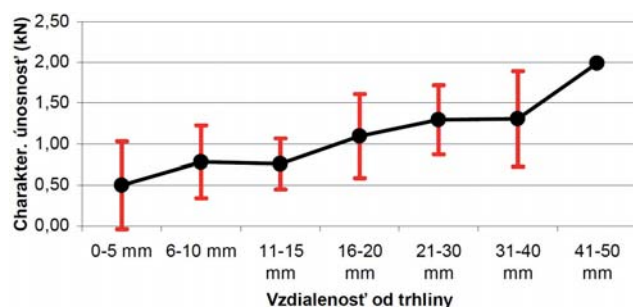
Obr. 6 Situovanie skúšobných miest v okolí trhliny

problematická, pričom sa očakáva postupujúca degradácia OPP. Ako možno pozorovať na Obr. 7, charakteristická únosnosť kotiev v OPP jednotlivých stavebných sústav a konštrukčných systémov nedosahuje požadovanú hodnotu 0,6 kN.



Obr. 7 Únosnosti rozperných kotiev v OPP podľa stavebných sústav a konštrukčných systémov

Sumarizáciou výsledkov výťažných skúšok in situ sa kvantifikovala orientačná závislosť medzi únosnosťou rozperných kotiev a vzdialenosťou od trhliny. Obr. 8 zachytáva predpokladanú priamu úmernosť medzi únosnosťou rozperných kotiev a vzdia-



Obr. 8 Závislosť charakteristickej únosnosti rozperných kotiev a vzdialenosti od trhliny (in situ)

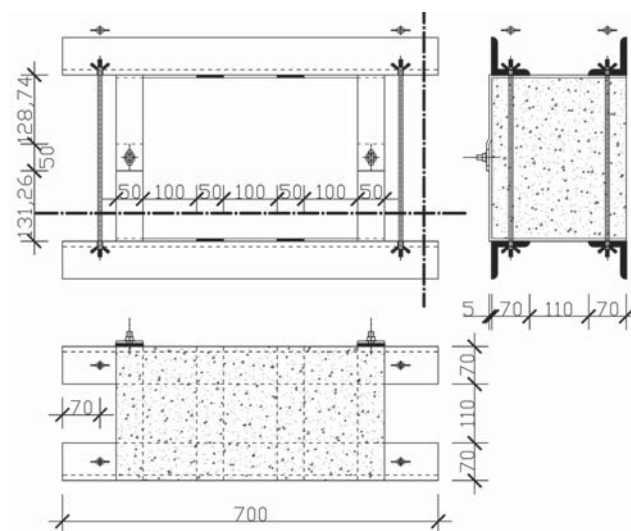
lenosťou od trhliny rozdelenou do vzdialenostných intervalov. Na základe týchto výsledkov sa pristúpilo k uskutočneniu laboratórnych výťažných skúšok rozperných kotiev, ktorých účelom bolo spresniť koreláciu medzi únosnosťou kotiev a ich vzdialenosťou od trhliny v OPP.

Výsledky laboratórnych meraní

V laboratórnych podmienkach sa navrhlo simulovať existenciu trhliny (rezom) a tak spresniť vplyv trhliny na únosnosť rozperných kotiev. Takýmto postupom sa mali získať výsledky únosnosti kotiev pre neporušenú hmotu pórobetónu (referenčné) a na vzorkách so známym priebehom „trhliny“ v smere hrúbky OPP. V závislosti od smeru trhliny a vzdialenosti rozpernej kotvy sa predpokladalo definovanie istej oslabenej oblasti.

Vychádzalo zo syntézy viacerých zistení. Podľa vplyvu vzdialenosti trhliny na únosnosť rozpernej kotvy (Obr. 8) sa dospelo k predpokladu, že „oslabená“ oblasť bude približne 40 mm od trhliny. Za predpokladu, že trhlina prechádza kolmo na povrch OPP možno usudzovať, že oslabená oblasť zasahuje cca 40 mm na obe strany od trhliny. Skutočný priebeh trhlín v hmote je náhodný, a preto bolo nevyhnutné overiť vplyv nielen vzdialenosti od trhliny, ale aj vplyv sklonu trhliny na únosnosť rozpernej kotvy.

Simulovanie trhlín rôzneho sklonu a vzdialenosti od rozperných kotiev sa navrhlo rozpínaním a opätovným zopnutím murovacích pórobetónových tvárnic. Za týmto účelom sa navrhlo a zostrojil spínací rám (Obr. 9). Navrhnutý bol s ohľadom na dostupný sortiment murovacích pórobetónových tvárnic a ich rozmerov vzhľadom na požiadavky na výkon výťažných skúšok podľa prílohy C, ETAG 014. Veľkosť skúšobných telies sa zvolila 500 x 300 x 250 mm. Na jednom skúšobnom telese bolo možné vykonať maximálne 4 výťažné skúšky. Pri výbere murovacích tvárnic (skúšobných telies) sa zvolila pevnostná trieda P2 s objemovou hmotnosťou 420 kg/m³, čo zodpovedá priemernej pevnosti v tlaku OPP, zistenej in situ.

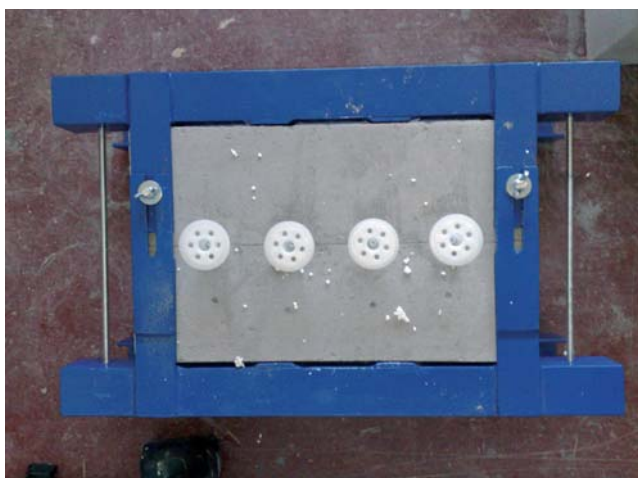


Obr. 9 Schéma spínacieho rámu

Hlavné skúšky sa zamerali na hodnotenie únosnosti rozperných kotiev v hmote pórobetónu. Sila potrebná na vytiahnutie kotvy je priamym ukazovateľom mechanických vlastností pórobetónu – najmä pevnosti v tlaku.

Na pórobetónových tvárniciach sa vykonal súbor hlavných – výťažných skúšok rozperných kotiev. V prvom kroku sa zistila únosnosť v referenčných telesách – bez akejkoľvek trhliny.

Vplyv sklonu trhliny na únosnosť rozperných kotiev pri rôznej vzdialenosti od trhliny, resp. šírka oslabenej oblasti sa overila na výťažných skúškach rozperných kotiev. Sklon trhliny voči normále skúšobnej plochy (smer pozdĺžnej osi rozpernej kotvy) sa varioval v kroku po 15°, čo predstavuje sklony (0; 15 a 30)°. Skúšobné telesá sa po rozpílení zopli pomocou tuhého spínacieho rámu (Obr. 9 a 10). Pri výťažných skúškach sa zohľadnil vznik oslabenej oblasti v blízkosti trhliny a variovala sa poloha skúšobných miest v závislosti od polohy trhliny (vzdialenosť 0; 10; 20; 30 a 40 mm) na obe strany od trhliny. Zohľadnila sa poloha vzhľadom na smer sklonu trhliny.



Obr. 10 Spínací rám použitý pri skúškach

Celkovo sa vykonal 216 výťažných skúšok na 54 skúšobných telesách. Kombinácie, okrajové podmienky a množstvo skúšok sú podrobnejšie popísané v Tab. 1.

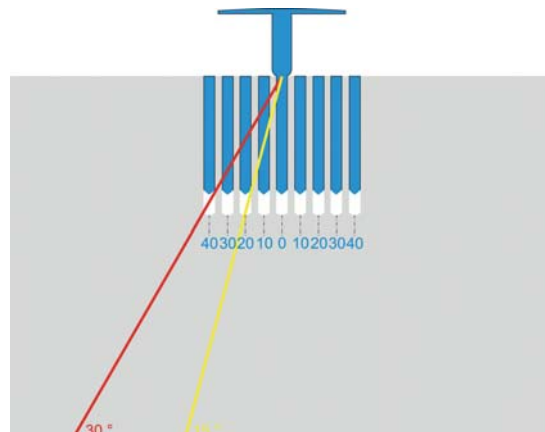
Tab. 1 Kombinácie a okrajové podmienky laboratórnych výťažných skúšok

Skúšobná schéma	Množstvo skúšobných telies (T) a skúšobných miest (M)					Spolu	
	Vzdialenosť od trhliny (mm)					Telies	Miest
	0	10	20	30	40		
	4 T					4	16
	16 M						
	2 T	2 T	2 T	2 T	2 T	10	40
	8 M	8 M	8 M	8 M	8 M		
	4 T	4 T	4 T	4 T	4 T	20	80
	16 M	16 M	16 M	16 M	16 M		
	4 T	4 T	4 T	4 T	4 T	20	80
	16 M	16 M	16 M	16 M	16 M		
	Σ=					54	216

V rámci analýzy výsledkov sa hodnotili jednak absolútne hodnoty únosnosti rozperných kotiev ako ukazovateľa mechanických vlastností pórobetónu v rôznej vzdialenosti od rôznych trhlín, ale aj ich zmeny pri zmene vzdialenosti resp. polohy rozpernej kotvy vo vzťahu k simulovanej trhline. Syntézou zistení zo skúšok s rôznym sklonom trhliny sa dospelo k stanoveniu tzv. oslabenej oblasti v okolí trhliny.

Usporiadanie a šírka oslabených oblastí je daná sklonom trh-

liny. Vychádzajúc z pravidla „bezpečnosti“ sa stanovuje šírka oslabenej oblasti jednotne na 55 (40 + 15) mm pre každú trhlinu. Vykonal sa prepočet na konkrétny panel OPP a zistila sa pomerná plocha oslabenej oblasti (nedosahujúcej únosnosť 0,6 kN) cca 10,63 % plochy panela.



Obr. 11 Schéma umiestnenia rozperných kotiev vzhľadom na simulovanú trhlinu

V ďalšom pokračovaní úlohy, ktorej riešenie sa má ukončiť do 06/2012, sa navrhnu a overia technické a technologické možnosti zlepšenia únosnosti rozperných kotiev resp. zvýšenia bezpečnosti ETICS kotvených do OPP. Tieto aj predchádzajúce zistenia sa využili pri spracovaní návrhu novej technickej normy STN 73 2902, ktorou sa upraví návrh a zhotovovanie mechanického kotvenia ETICS. Technická norma by mala nadobudnúť účinnosť od 1. januára 2013.

Podakovanie

Publikované informácie sú čiastkovým výstupom riešenia výskumnej úlohy Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu č. 82/550/2010 financovanej Ministerstvom dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky.

LITERATÚRA:

- [1] Gilányi, L.: Niektoré problémy navrhovania pórobetónových konštrukcií – práca kandidátskeho minima, SAV – ÚSTARCH, Bratislava, 1983, s.: 76.
- [2] <http://www.understanding-cement.com/autoclaved-aerated-concrete.html>
- [3] Sternová, Z., a kol.: Technický stav a perspektívy obnovy a revitalizácie bytového fondu (E 05.3), TSUS, Bratislava, 2009 (Číslo úlohy: 1009005/2009 – Z- (354/550/2007/MVRR SR))
- [4] Sternová, Z., Briatka, P., Horečný, R.: Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu – ETAPA 1 (Úvodná štúdia), Správa číslo: 008/RÚ/2010/10100088-Z/ VaV-E01, TSÚS, Bratislava 2010, s. 38.
- [5] ETAG 014:2004 – Kotvy z plastu na prípevňovanie vonkajších kontaktných tepelnoizolačných systémov s omietkou.
- [6] STN 73 2901:2008 – Zhotovovanie vonkajších kontaktných tepelnoizolačných systémov (ETICS).
- [7] Briatka, P., Sternová, Z.: Obvodové plášte na báze pórobetónu 4 – Experimentálne overenie oslabenej oblasti, Materiály pro stavbu, Roč. 18, č. 1, Business Media CZ, Praha, 2012, pp: 24-28.