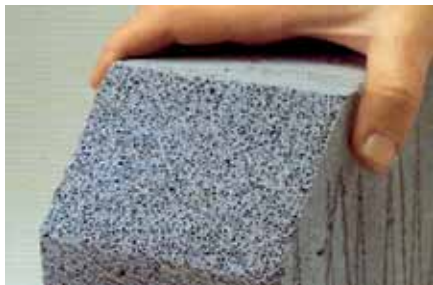
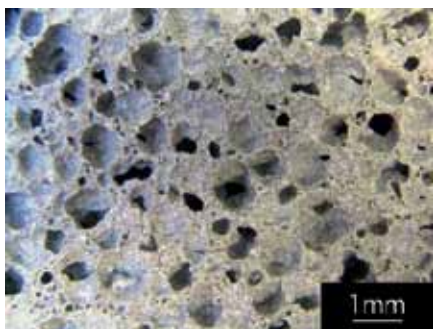


Poruchy obvodových plášťov na báze pórobetónu

V období hromadnej bytovej výstavby panelovými technológiami sa obvodové plášte realizovali aj z veľkoformátových konštrukčných prvkov na báze pórobetónu. Nespornou výhodou pórovitého materiálu bola jeho nízka objemová hmotnosť a súvisiace priaznivé tepelnotechnické parametre. Obvodové plášte na báze pórobetónu použité v panelovej výstavbe minulého storočia však v súčasnosti vykazujú viaceré poruchy alebo celkovú degradáciu.



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



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

Základné vlastnosti pórobetónu sú dané štruktúrou jeho hmoty, ktorá je charakteristická pórmí (obr. 1 a 2). Vďaka prítomnosti makropórov (s veľkosťou 0,5 až 5 mm) dosahuje štandardný pórobetón objemovú hmotnosť rádovo od 480 do 680 kg/m³, pevnosť v tlaku v rozpätí 2 až 4 MPa a súčiniteľ tepelnej vodivosti λ 0,180 až 0,240 W/(m · K). Prírodná vlhkosť pórobetónu sa pohybuje v rozpätí od 6 do 9 %. Ďalším dôsledkom prítomnosti makropórov v hmote pórobetónu je jeho nízky faktor difúzneho odporu 6 až 9 (-), ale aj zvýšená nasiakavosť a vyvolané objemové zmeny $15 \cdot 10^{-5}$ až $20 \cdot 10^{-5}$ (Siporex – plnivom je kremičitý piesok) alebo $30 \cdot 10^{-5}$ až $40 \cdot 10^{-5}$ (Calsilox – plnivom je elektrárenský popolček). Pórobetón sa vyznačuje aj vlhkosťným súčiniteľom dĺžkovej zmeny $\alpha_w = 0,7 \cdot 10^{-5}$ (Siporex) alebo $1,1 \cdot 10^{-5}$ (Calsilox). V dôsledku vysokej pórovitosti majú pórobetónové výrobky vysokú hodnotu merného povrchu, ktorý v spojitosti s charakterom pórovej štruktúry spôsobuje zvýšenú karbonatáciu materiálu a pokles pH pod 10,5 až 9 (štandardné pre pórobetón). Pórobetón, tak ako v podstate každá hmota, reaguje na zmenu teploty zmenou objemu, ktorú vyjadruje súčiniteľ teplotnej rozťažnosti. V zmysle

dĺžkovej rozťažnosti sa uvádza súčiniteľ dĺžkovej teplotnej rozťažnosti α_t $0,8 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ [3, 4]. Z mechanických vlastností pórobetónu je zaujímavý ešte súčiniteľ dotvarovania $\varphi_c = 0,2$ až $0,3$ pri kondicionovaní v ustálenej vlhkosti 43 %, respektíve $0,2$ až $0,6$ pri úplnej saturácii vodou [3]. Uvedené hodnoty však charakterizujú pórobetón len rámcovo a nemožno tvrdiť, že presne špecifikujú vlastnosti pórobetónov vyrábaných technológiami dostupnými v rokoch 1959 až 1990. Napríklad priemerné pevnosti v tlaku pórobetónov dosahované v 60. rokoch minulého storočia v piatich rôznych závodoch boli od 2,98 až do 3,63 MPa pri objemovej hmotnosti 550 kg/m³ a od 5,18 až do 5,85 MPa pri objemovej hmotnosti 700 kg/m³ (všetky s variabilitou väčšou ako 15,3 %) [5].

Pórobetónové obvodové plášte

Obvodové plášte na báze pórobetónu sa vo veľkej miere používali v období hromadnej bytovej výstavby, najmä však koncom 70. a začiatkom 80. 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 sú vytvorené zopnutím prvkov (vysokých asi 600 mm a ukladaných vo vrstvách nad sebou) oceľovými ťahadlami. Pri zavesených parapetných a celostenových dielcoch je dôležitá funkcia zabudovanej výstuže, ktorá prenáša ťahové sily v ohybanom priereze dielca.

Typickými predstaviteľmi konštrukčných systémov a stavebných sústav s obvodovým plášťom z pórobetónových dielcov sú P 1.15 a PS 82 TT (TT = variant Trnava). Medzi konštrukčné systémy, pri ktorých sa obvodový plášť takisto realizoval pórobetónovými dielcami, patria konštrukčné systémy T 06 B BA (BA = variant Bratislava), T 06 B NA (NA = variant Nitra) a T 08 B KE (KE = variant Košice).

Bytové domy s montovaným pórobetónovým obvodovým plášťom tvoria značný podiel bytového fondu Slovenskej republiky. Predstavené stavebné sústavy a konštrukčné systémy spoločne reprezentujú 173 990 bytov (2 823 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 %) [1].

Stavebná sústava P 1.15 (SpM P 1.15)

Bytové domy stavebnej sústavy P 1.15 sa realizovali podľa základného typového podkladu unifikovanej malorozponovej stavebnej sústavy P 1.15 BA. Ide o pórobetónový variant sústavy P 1.14 so zaveseným plášťom s hrúbkou 300 mm. Sústava sa uplatňovala vo výstavbe od roku 1980 do roku 1992. Postavilo sa 54 685 bytov (872 radových domov a 127 bodových domov) [1].

Na obvodový pórobetónový plášť sa použili spínané pórobetónové panely s hrúbkou 300 mm. Panely s výškou 2 780 mm sú uložené na nosnú konzolu situovanú v osi nosných stien tak, aby sa na ne dali uložiť dva susedné obvodové panely. Horná hrana konzoly je v úrovni hornej hrany stropného panela. Na zachytenie vodorovných síl od sania vetra, momentového účinku od vlastnej hmotnosti a deformácií spôsobovaných teplotnými zmenami sa obvodové panely v hornej časti ukotvovali príchytkami z ocele \varnothing 10 až 12 mm k stropným panelom. Lodžiové steny sú drevené alebo pórobetónové.

Základnou poruchou a nedostatkom pórobetónových obvodových plášťov tohto konštrukčného systému je, že jednotlivé pevnosti ani pevnosti priemerné zvyčajne nezodpovedajú značke pórobetónu P 20, ktorá má byť 2,0 MPa (v súlade s STN 73 1290: 1978 platnou v danom období). Nedodržanie pevnosti v tlaku pórobetónu však nemá nepriaznivý vplyv na statické vlastnosti obvodového plášťa na priečeli ani na štítovej stene. Panely sú zavesené a uložené v každom podlaží.

V jednotlivých paneloch sa zvyčajne vyskytujú priečne a pozdĺžne trhliny. Trhliny sú zreteľné i v povrchovej úprave. Výskyt trhlín v pórobetónových spínaných paneloch je systémovou poruchou P 1.15. Väčšina trhlín existovala už pri výrobe panelov. Postupne sa trhliny prejavujú aj v povrchových úpravách obvodového plášťa. Niektoré z týchto trhlín najmä na fasádach orientovaných na smer prevládajúcich vetrov môžu byť príčinou zatekania. Trhliny sa v dôsledku klimatického namáhania (zatekania, premrzania) v súčasnosti prejavujú už aj v hmote prvku (obr. 3).

Stavebná sústava PS 82 TT

Stavebná sústava PS 82 TT sa uplatňovala vo výstavbe približne od roku 1982 do roku 1992. Postavilo sa 10 886 bytov (165 rado-



Obr. 3 Šikmé trhliny a trhliny v stykoch panelov P 1.15, Bratislava, Koprivnická ulica



Obr. 4 Vyplnené trhliny obvodového pláštá PS 82 TT, Trnava, Tehelná ulica

vých domov a 79 bodových domov) [1].

Na obvodový plášť obytných podlaží sa použili pórobetonové spínané dielce Siporex a Calsilox s hrúbkou 300 mm. Ukladali sa na oceľové konzoly rovnako ako obvodové dielce stavebnej sústavy P 1.15. Panely s výškou 2 780 mm sú uložené na nosnú konzolu situovanú v osi nosných stien tak, aby sa na ne dali uložiť dva susedné obvodové panely. Horná hrana konzoly je v úrovni hornej hrany stropného panela. Na zachytenie vodorovných síl od sania vetra, momentového účinku od vlastnej hmotnosti a deformácií spôsobovaných teplotnými zmenami sa obvodové panely kotvili v hornej časti príchytkami z ocele \varnothing 10 až 12 mm k stropným panelom. Lodžiové steny sú drevené alebo pórobetonové.

Charakteristickými nedostatkami pórobetonových spínaných panelov, ktoré sa považujú za systémovú poruchu, sú trhliny medzi prvkami spínaného obvodového pláštá a v hmote pórobetónu. Cez trhliny zateká dažďová voda a preniká k vnútornému povrchu konštrukcie. Porucha sa prejavuje na vonkajšom povrchu s charakteristickým rastrom trhlín v mieste škár a v hmote (obr. 4) v súčasnosti už na všetkých bytových domoch s daným obvodovým plášťom.

Konštrukčný systém T 06 B BA

Bytové domy v tejto konštrukčnej sústave sa realizovali v rokoch 1965 až 1983. Postavilo sa 11 433 bytov (158 radových domov a 69 bodových domov) [1].

Pórobetonový variant má obvodový plášť vytvorený z parapetných pásov medziokenných vložiek. Parapetné pásy sú z pórobetónu značky 550, ich hrúbka je 250 mm a dĺžka 7 200 mm. Panely sa ukladali na oceľové konzoly. Okenný pás obsahuje izolačné vložky. Štít je riešený ako zdvojená konštrukcia, pričom izolačný pórobetonový obklad tvoria vertikálne panobloky, ktoré prechádzajú do atiky.

Poruchy pórobetonových panelov obvodového pláštá sa prejavujú vo forme trhlín vyskytujúcich sa tak v oblasti nadpraží výplňových stavebných konštrukcií, ako aj v ploche a v oblasti stykov panelov (obr. 5). Trhliny sú spôsobené objemovými

zmenami hmoty pórobetónu súvisiacimi s kolísajúcou vlhkosťou (nasiaknutý a vysušný stav) a teplotnou rozťažnosťou. Vznik trhlín súvisí aj s výplňou škár a stykov panelov.

Konštrukčný systém T 06 B NA

Bytové domy v tejto konštrukčnej sústave sa realizovali v rokoch 1970 až 1983. Postavilo sa 85 230 bytov (1 450 radových domov a 422 bodových domov) [1].

Obvodový plášť má v priečeli hrúbku 240 mm a je vytvorený zo samonosných pórobetonových panelov, ktoré sú predradené pred priečne nosné steny a uložené na oceľových konzolách privarených k novej konštrukcii. Na zachytenie horizontálnych síl sú obvodové panely prichytené k stropom a nosným stenám príchytkami z betonárskej ocele. Štítové steny majú dvojvrstvovú konštrukciu s vnútornou nosnou stenou s hrúbkou 140 mm a s obkladom z pórobetonových panelov s hrúbkou 240 mm. Medzi nimi je vzduchová medzera široká 15 mm. Pórobetonový obklad je samonosný. V niektorých objektoch je riešený ako zavesený.

Predsadený spínaný pórobetonový plášť s hrúbkou 240 mm vykazuje poruchy vo



Obr. 6 Trhliny v obvodovom plášti T 06 B NA, Galanta

forme trhlín všetkých smerov so šírkou do asi 0,4 mm, ktoré sa nachádzajú prevažne v ploche panelov (obr. 6). Spôsobené sú objemovými zmenami pórobetónu, ktoré priamo súvisia s kolísajúcou vlhkosťou hmoty a technickým stavom výplne styčných škár jednotlivých panelov. Povrchové úpravy sa oddeľujú od podkladu, čo čiastočne spôsobuje aj degradácia hmoty pórobetónu vplyvom premrzania. V maltovej výplni ložných škár sa nachádzajú trhliny, miestami je uvoľnená a vypadáva, čo je predpokladom progresívneho rozvoja poruchy.

Konštrukčný systém T 08 B KE

Bytové domy tohto systému sa realizovali v rokoch 1963 až 1983. Postavilo sa 23 189 bytov (336 radových domov a 139 bodových domov) [1].

Obvodový plášť sa v prvej fáze výstavby skladal z dielcov expanditbetónu s hrúbkou 250 mm, na štíte s hrúbkou 270 mm. V druhej fáze výstavby sa uplatnil pórobetonový variant s obvodovým plášťom z veľkorozmerových nenosných pórobetonových panelov s hrúbkou 240 mm. Predsadené panely vytvárajú parapetné pásy doplnené medziokennými piliermi a v strede rozpätia s medziokennými ľahkými vložkami. Od roku 1966 sa nahradzovali pórobetonovými prvkami. Medziokenné piliere sú pórobetonové a uložené na dielcoch parapetných pásov. Pórobetonové panely obvodového pláštá sa osadzovali na oceľové konzoly ukotvené do nosných stien a v úrovni hornej stykovej plochy dielca sa upevňovali k priečnej nosnej kon-



Obr. 5 Bytový dom T 06 B BA, Bratislava



Obr. 7 Trhliny v obvodovom plášti T 08 B KE, Košice



Obr. 8 Jadrový vývrt v mieste kanáliku so spínacou výstužou – kanálik bez zálievky



Obr. 9 Ložná škára segmentov obvodového plášťa s drobiacou sa maltou



Obr. 10 Poruchy obvodového plášťa zistené na vnútornom povrchu

štruktúri. Horizontálne sily kolmé na priečelie sa zachytili ukotvením parapetného prvku do stropného panelu. Štítové steny sú dvojrstvové, vytvorené vnútornými železobetónovými nosnými stenami s hrúbkou 190 mm a vonkajšími obkladovými pórobetónovými panelmi s hrúbkou 240 mm a výškou 2 780 mm na typickom podlaží, ukladanými zvislo. Celková hrúbka štítovej steny je 440 mm.

Pórobetónové parapetné panely a medziokenné vložky s hrúbkou 240 mm uložené na oceľových konzolách vykazujú poru-

chy vo forme trhlin sústredených v ploche panelov (obr. 7). Spôsobené sú teplotným namáhaním a objemovými zmenami pórobetónu, ktoré priamo súvisia s kolísajúcou vlhkosťou hmoty a technickým stavom výplne styčných škár jednotlivých panelov.

Typické poruchy

Poruchy pórobetónových obvodových plášťov sa zistili už v 80. rokoch 20. storočia, teda približne 20 rokov od začiatku výroby pórobetónu na Slovensku. Vtedajšie zistenia negatívne ovplyvnili výrobu pórobetónu. Zistilo sa, že pórobetónové vystužené dielce mali problém s nedostatočným protikoróznym náterom ocelevej výstuže, ktorý degradoval v priebehu autoklavovania a v dokončených dielcoch neplnil ochrannú funkciu.

Pri obvodových dielcoch z pórobetónu sa často vyskytujú trhliny, ktoré sú dôsledkom technológie výroby dielcov, statického namáhania, problematického spolupôsobenia pórobetónu s oceľovou výstužou a napätia vyvolaného objemovými zmenami pórobetónu v čase (obr. 8 až 10). Nedostatočné spolupôsobenie segmentov obvodového plášťa môže byť spôsobené nevhodnou technológiou a technologickou disciplínou spínania, ako aj dotarovaním pórobetónu v aktívnej zóne spínania. Výsledkom môžu byť poruchy ložných škár, ktoré sú príčinou transportu vlhkosti (zrážkovej vody) až k vnútornému povrchu obvodového plášťa.

Samostatným problémom sú nedostatky a poruchy povrchových úprav stavebných konštrukcií z pórobetónu. Snaha o maximálnu ochranu pórobetónu pred prenikaním zrážok viedla k používaniu povrchových úprav s vysokým difúznym odporom a k nadmernej kondenzácii vlhkosti v blízkosti vonkajšieho povrchu dielcov. Pôsobením mrazu dochádza v týchto prípadoch k opadávaniu povrchových úprav alebo aj povrchových vrstiev pórobetónu (obr. 11 a 12).

Vo všeobecnosti možno povedať, že existuje veľké množstvo príčin porúch pórobetónových obvodových plášťov, ktoré sa mohli vyskytnúť vo fáze projektovania, pri výrobe, počas transportu, montáže alebo počas životného cyklu stavby jej nevhodným užívaním (respektíve nedostatočnou údržbou), ktoré ešte podporuje vystavovanie nadmernému klimatickému zaťaženiu.

Záver

Poruchy spôsobujú degradáciu hmoty obvodového plášťa, ktorá sa šíri neudržateľným tempom. Predpokladá sa, že bez včasného zásahu by mohlo dôjsť k takej degradácii obvodového plášťa, že jeho obnova kontaktným tepelnoizolačným systémom (ETICS) nebude možná. Hlavný problém spočíva v pravdepodobnom znemožnení spoľahlivého kotvenia kontaktných tepelnoizolačných systémov do



Obr. 11, 12 Degradácia povrchovej úpravy obvodového plášťa

nadmerne degradovaného materiálu obvodového plášťa. Preto je dôležité včas odhalit mechanizmy degradácie hmoty pórobetónu a zároveň kvantifikovať vzťah medzi materiálovými charakteristikami, jednotlivými pôsobiacimi činiteľmi a mierou degradácie.

TEXT: Ing. Peter Briatka,
prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.

FOTO: autori

Ing. Peter Briatka je doktorand na Stavebnej fakulte STU v Bratislave a výskumným pracovníkom TSÚS, n. o., v Bratislave.
Prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., je riaditeľkou TSÚS, n. o., v Bratislave.

Publikované informácie sú čiastkovým výstupom riešenia úlohy výskumu a vývoja 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. Sternová, Z. a kol.: Technický stav a perspektívy obnovy a revitalizácie bytového fondu (E 05.3). Bratislava: TSÚS, n. o., 2009 (Číslo úlohy: 1009005/2009 – Z-354/550/2007/MVRR SR).
2. <http://www.understanding-cement.com/autoclaved-aerated-concrete.html>
3. McElroy, D. L. – Kimpflen, J. F.: Insulation Materials. Testing and Applications. Baltimore ASTM STP 1 030, 1990.
4. RILEM Technical Committees 78-MCA and 51-ALC: Autoclaved Aerated Concrete – Properties Testing and Design. London: E&FN Spon, 1993.
5. Hamák, L. – Schnábl, M.: Prešetrovanie vlastností pórobetónu vo výrobníach a na stavbách, zborník prác k 15. výročiu TSÚS. Bratislava: TSÚS, n. o., 1968.