



[Torsten Schoch, dipl. ing, Xella Baustoffe GmbH]

Iskustva u građevinskoj fizici

Prednosti porastog betona



Zbroj svojstava porastog betona na ekonomičan način ispunjava zahtjeve na nosivost, toplinsku zaštitu i zaštitu od buke izvana i iznutra te zaštitu od požara, što potvrđuju novi rezultati istraživanja iz područja građevinske fizike

Prednosti građevinskog materijala definiraju se ponajprije na temelju zbroja njegovih svojstava, koja omogućuju ispunjenje dijelom različitih zahtjeva građevinske prakse koji se postavljaju na zgrade, a posebice na njihove građevinske elemente. Kako laki beton uvijek spada među odlične poraste beto-

S lambda-vrijednosti od 0,09 W/mK porasti se beton od 1997. godine, temeljem tada važećih definicija u standardu, ubraja u materijale za toplinsku izolaciju

ne, kao građevinski materijal i kao sustav građenja, zahtjeve na nosivost, toplinsku zaštitu i zaštitu od buke s obje strane zgrade, kao i zaštitu od požara kod građenja, mora ispuniti na ekonomičan način. U narednom će tekstu biti ukratko predstavljene značajne prednosti građevinskog materijala porastog betona u području građevinske fizike.

Pritom ćemo u razmatranje uzeti postojeće nove rezultate istraživanja o građevinskim materijalima, kao i iz područja građevinske fizike. Kad je to potrebno za opće razumijevanje, usporedna razmatranja čitatelju moraju dati mogućnosti da stvori vlastitu sliku o konkurentnosti građevinskog materijala.

Slika 1



TOPLINSKA ZAŠTITA

Važno svojstvo građevinskog materijala koji se upotrebljava za gradnju vanjskog zida, njegova toplinska izolacija, rezultat je njegove toplinske vodljivosti. Ona predstavlja količinu topline u W koja se kod temperaturne razlike od 1 K provede kroz 1 m debeli sloj. Toplinska vodljivost porastog betona, kao što je vidljivo iz slike 1, u posljednjih se 30 godina u kontinuitetu i skladu s rastućim zahtjevima gotovo prepolovila, pri čemu se izotropija¹ strukture pune opeke sa svojim golemim prednostima u detaljima građenja nije mijenjala. S lambda-vrijednosti od 0,09 W/mK, porasti se beton od 1997. godine, temeljem tada važećih definicija u standardu, ubraja u materijale za toplinsku izolaciju. Upečatljiva je činjenica da se važna svojstva, kao što su nosivost, zaštita od požara i zaštita od buke, tijekom ovog vrlo brzog razvoja uspješno održati barem na istoj razini. Ova važna 'popratna obilježja' drugi građevinski materijali ne mogu dosegnuti. Kako se drugačije može objasniti nepostojanje vatro-zaštitno-tehničke klasifikacije za planski brušenu opeku T9 u odobrenju Z-17.1-674?

Iz slike 1 također je vidljivo da su drugi građevinski materijali, a posebice opeka, slijedili ovaj razvoj. Stoga je danas na raspolaganju i opeka s toplinskom vodljivošću od 0,09 W/mK, što međutim, za razliku od porastog betona, opisuje samo toplinsku vodljivost za jedan smjer toplinskog strujanja. Ovo svojstvo građevinskog materijala, koje je također

poznato pod stručnim terminom anizotropija², ima sve veće značenje kod toplinsko-tehničkih procjena. Prije nego što se ovi slučajevi približe

Porasti je beton dosad bio jedini nosivi materijal za zid koji je služio kao temelj za razvoj mineralnih materijala za toplinsku izolaciju

naglase, treba još nakratko razmotriti izolacijske ploče od porastog betona (Multipor).

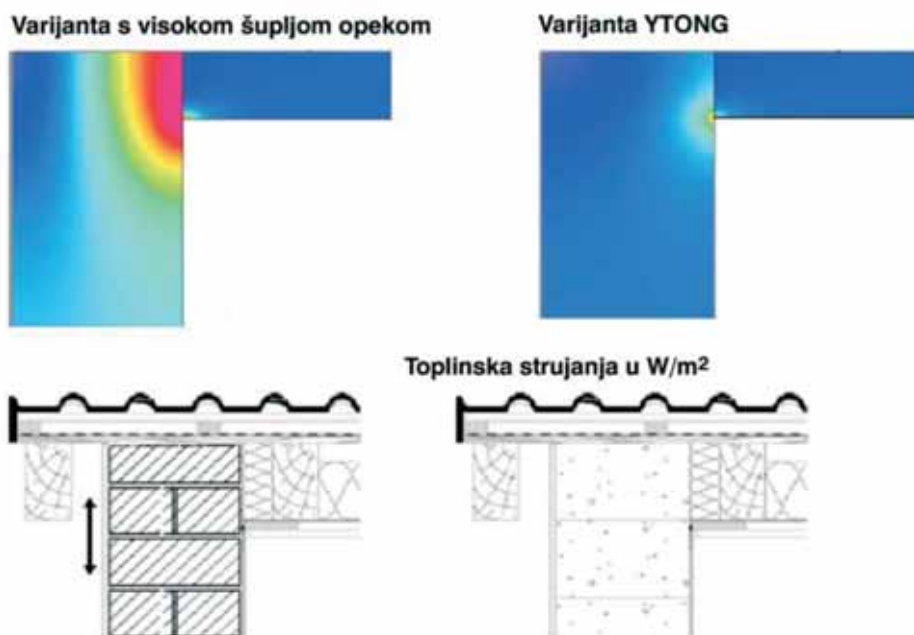
Izolacijska ploča od porastog betona, koja se na njemačkom tržištu nalazi od 1997. godine, predstavlja toplinski optimirano rješenje proizvođača CSH-građevinski materijal³, kojemu također pripada i porasti beton. Uz toplinske vodljivosti između 0,04 i 0,045 W/mK, ovaj se proizvod može izvrsno nositi s uobičajenim izolacijskim proizvodima. Porasti je beton dosad bio jedini nosivi materijal za zid koji je služio kao temelj za razvoj mineralnih materijala za toplinsku izolaciju.

ZNAČAJ TOPLINSKE VODLJIVOSTI

Tipična je za porasti beton nove generacije još jedna, ne manje značajna činjenica: razvoj nije bio ograničen na nekoliko proizvoda vrhunske

Proba br.	Vodljivost dijelova λ [W/mK] u smjeru mjerenja			Volumna gustoća g/cm ³	Povećanje toplinske vodljivosti u usporedbi s x-smjerom	
	x	y	z		y	z
E	0,330	0,505	0,523	1461	+53 %	+58 %
5	0,333	0,494	0,538	1511	+48 %	+61 %
9	0,522	0,637	0,791	1725	+22 %	+51 %
20	0,414	0,497	0,503	1542	+20 %	+21 %
21	0,367	0,475	0,554	1499	+29 %	+51 %

Slika 2: Anizotropija toplinske vodljivosti dijelova šuplje opeke



Slika 3: Toplinska strujanja na spoju krov-zid



kvalitete. Toplinska vodljivost svih klasa volumne gustoće u posljednjim se godinama smanjila za više od 20 posto. To je pridonijelo da se u svim segmentima tržišta, a ne samo u gradnji malih kuća, toplinska zaštita raspoloživih zidnih konstrukcija mogla dugoročno poboljšati. Na bazi aktualnih zahtjeva, koji se uglavnom postavljaju temeljem norme za minimalnu toplinsku zaštitu DIN 4108.1 i temeljem propisa o uštedi energije, porasti je beton prije svega odraz ekonomične toplinske zaštite. Monolitna konstrukcija vanjskog zida s debljinom zida od 24 cm, kao i pomoćni zid od 17,5 cm od dvostruke konstrukcije s minimalnom dodatnom izolacijom, omogućuje gradnju uz štednju resursa u 21. stoljeću. Način ispunjavanja aktualnih zahtjeva dokumentiran je brojnim primjerima.

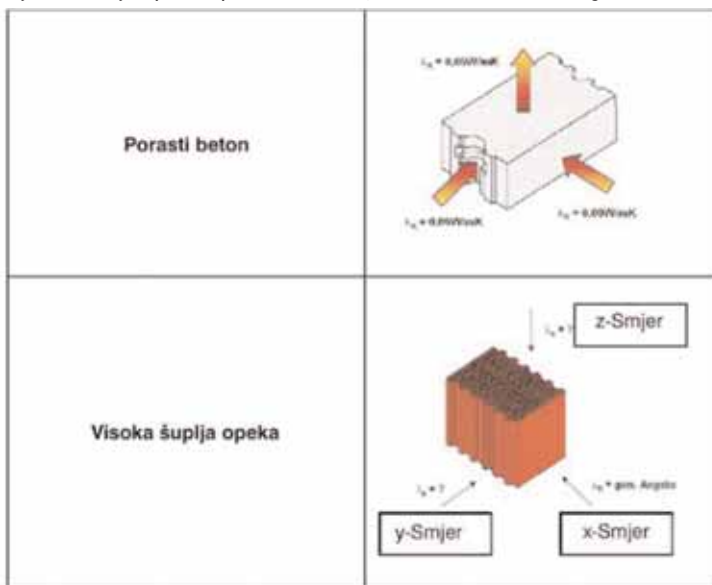
Razvoj toplinske vodljivosti zida od opeke koji je predstavljen na slici 1, prvenstveno visoke šuplje opeke, kod pobližeg razmatranja sugerira izjednačenu razinu toplinske izolacije. S toplinskom vodljivošću kod visoke šuplje

Tipična je za porasti beton nove generacije još jedna, ne manje značajna činjenica: razvoj nije bio ograničen na nekoliko proizvoda vrhunske kvalitete

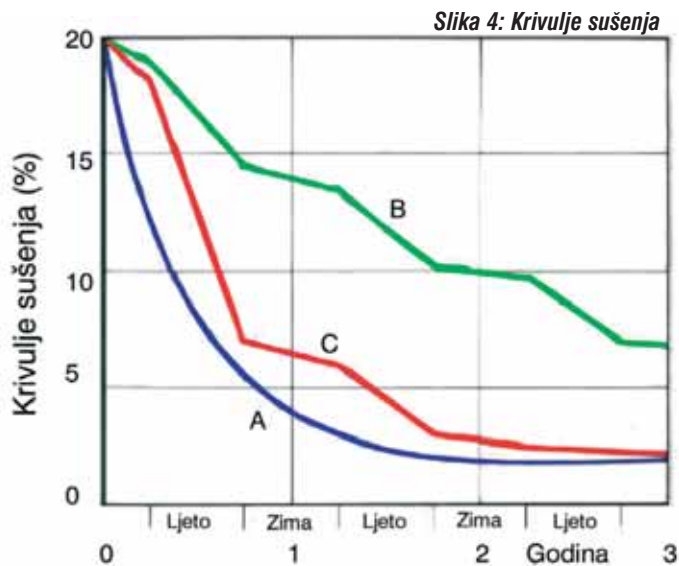
opeke ipak se u svakom slučaju kod tipičnog ugradbenog položaja u zidu postiže toplinsko strujanje kroz opeku.

Uzimanje toplinske vodljivosti koja je ista u svim smjerovima može vrijediti samo za izotropne građevinske materijale - u koje spada i porasti beton.

Problematika različitih toplinskih vodljivosti u raspoloživim smjerovima toplinskog strujanja detaljno je opisana u slici 2. U slici 4 su istražene toplinske vodljivosti u smjerovima x/y i z⁴ za različite dijelove opeke. Rezultati su uzeti sa slike 2. Za građevinsku je



Definicija smjerova tošlinskih strujanja



Tijekovi sušenja porastog betona-vanjskih ugradbenih dijelova na temelju mjerenja na mjestima vanjskog pokusa (Holzkirchen).

- A: Vanjski zid obostrano s plastičnom prevlakom, može isparivati prema van i prema unutra, kiša sa strane (istočni zid).
- B: Vanjski zid (sjeverni zid), prema van brtvlj, samo prema unutra može isparivati.
- C: Neventilirani ravni krov, može isparivati samo prema unutra.

U graničnim prostorima u zimi vladaju približno jednaki prostorno-klimatski odnosi (20 °C, 40-50% r.v.)

Uzimanje toplinske vodljivosti koja je ista u svim smjerovima može vrijediti samo za izotropne građevinske materijale - u koje spada i porasti beton

praksu relevantna i toplinska vodljivost u smjeru z, koja pri ocjeni detalja vezanih uz djelovanje toplinskog mosta i temperaturu koja nastaje na gornjoj površini predstavlja značajan faktor. Međutim, ove se vrijednosti kod određivanja toplinske vodljivosti visoke šuplje opeke općenito zanemaruju. Kod proračuna toplinskih mostova zanemarivanje ipak nije opravdano, jer doводи do značajno većih toplinskih strujanja, odnosno nižih unutarnjih temperatura.

IZOTROPIJA PORASTOG BETONA

Iz slike 2 je vidljivo da je toplinska vodljivosti dijelova opeke u smjeru y kao i u smjeru z značajno veća od vodljivosti u x smjeru. Na slici 3 je razjašnjeno moguće djelovanje ove anizotropije visoke šuplje opeke pomoću spoja na krov. Jako crveno obojenje (slika 3, lijeva gornja slika) u spojnom području ukazuje na povišeno toplinsko strujanje u ovom području, s čime je povezana visoka toplinska vodljivost dijelova u z-smjeru. Kod mogućeg povećanja toplinske vodli-





vosti dijelova do 40 posto, kao što se može vidjeti na slici 2, uslijed toga i temperatura gornje površine može postati kritična, što može dovesti do kondenziranja na gornjoj površini i može dovesti do stvaranja plijesni. Dodatni toplinski gubici uslijed ove anizotropije na zgradi mogu iznositi do dva do tri posto.

Ovi gubici koji nisu uključeni u toplinsko bilanciranje zgrade moraju se kompenzirati tijekom upotrebe zgrade kroz dodatni trošak primarne energije: na koncu preko novčanika korisnika.

Uslijed njegove kapilarne aktivnosti, koja postoji sve dok se pore pune vodom i spajaju jedna s drugom, porasti se beton naglo suši i spušta na tipične vrijednosti ujednačene vlažnosti

Izotropija porastog betona ne poznaje ove značajne razlike. Time se jamči da projektantu neće biti nametnute dodatne nesigurnosti. Predstavljena anizotropija neće nestati niti kod tzv. T9-opeke, već će se još povećati. Ako ova opeka u smjeru uobičajenog toplinskog strujanja ima vrlo malu toplinsku vodljivost od 0,09 W/mK, toplinska vodljivost komada opeke može biti $\geq 0,305$ W/mK (izvor: FIW München). Što je manja preuzeta toplinska vodljivost opeke/zida, to su veći učinci uslijed anizotropije. Temeljem toga treba

predvidjeti da se kao temelj toplinsko-tehničkih dimenzioniranja upotrijebi deklarirana toplinska vodljivost, prvenstveno u spojnim područjima s trodimenzionalnim smjerovima toplinskog strujanja.

VLAŽNOST I TOPLINSKA VODLJIVOST

Protiv porastog se betona često iznosi činjenica da on ima veliku početnu vlažnost, uslijed čega ima značajno višu toplinsku vodljivost. Za smanjenje tog argumenta bit će iznijete vlažnosti materijala do 40 posto, koje dovode do značajnog porasta potrebe za toplinom zagrijavanja, poglavito u prvim godinama nakon završetka. Očito ovdje dolazi do zamjene tipične vlažnosti kod proizvodnje porastog betona s njegovom uobičajenom vlažnosti materijala nakon izrade kostura zgrade. Uslijed njegove kapilarne aktivnosti, koja postoji sve dok se pore pune vodom i spajaju jedna s drugom, porasti se beton vrlo naglo suši i spušta na tipične vrijednosti ujednačene vlažnosti. Toplinske vodljivosti koje su navedene u podlogama proizvođača istraživane su u uvjetima tipičnih sadržaja vlage, koje nastaju uslijed sorpcije vodene pare iz zraka u stanju upotrebe i uslijed kapilarne kondenzacije.

Tvrđnja da konstrukcije s porastim betonom tek nakon dvije godine postižu svoja toplinsko-tehnička svojstva jednostavno je pogrešna. Na temelju istraživanja Fraunhofer Instituts für Bauphysik (Slika 4) dobivene su razne krivulje sušenja na temelju vanjskih pokusa.

Slika 4 vrlo jasno pokazuje da sadržaj vlage u porastom betonu već prve zime može biti u području sorpcije vlage, ako zid nije zaštićen od isušivanja gustim slojevima. Mjerenja svojstava naglašavaju da se značajan dio vlage od proizvodnje može isušiti već tijekom faze gradnje. Proračuni iz Slike 4 mogu se provjeriti različitim vanjskim pokusima, kao i nestacionarnim proračunima. PRO

¹ *Jednakih svojstava u svim smjerovima*

² *Svojstva materijala nisu ovisna o smjeru*

³ *CSH = Kalcij-silikat-hidrat (čvrsti materijal u porastom betonu)*

⁴ *Definicija smjerova toplinskog strujanja*

