

POBOLJŠANJE POŽARNE POSTOJANOSTI BETONA DODAVANJEM VLAKANA

Veliki su požari u europskim tunelima još jednom potvrdili poznati problem požarne nepostojanosti betona. Zbog velike se vrućine u požaru, u unutrašnjosti betona (primjerice u oblozi tunela), voda upari pa se razvija visoki parni tlak koji usijava gustu betonsku strukturu, te dijelovi betona eksplozijski otpadaju s površine. Čini se da bi se postojanost betona pri požaru jako povećala kad bi se betonu pri miješanju dodala plastična vlakna.

Zbog eksplozijskog otpadanja površinskih dijelova betona pri požaru dolazi do funkcijskog otkazivanja iz dvaju razloga:

- mjestimično otpada zaštitni sloj betona nad armaturom, armatura na tim mjestima ostaje nezaštićena i u požaru se brže zagrijava te pritom gubi svoju nosivost
- otpadanjem sloja betona smanjuje se presjek koji stoga ne može više prenositi postojeće opterećenje.

Ispitivanja su pokazala da požarna postojanost betona ovisi o nizu parametara, a najutjecajniji su:

- sadržaj vlage u betonu
- brzina porasta temperature u požaru i najveća temperatura
- gustoća i čvrstoća betonske strukture
- volumen pora u betonu te presjek pora
- mineralni sastav agregata
- količina, vrsta i položaj armature
- oblik i dimenzije građevinskog elementa
- tlačne napetosti u betonskom elementu.

Utjecaj tih parametara najbrže se razumije ako se поближе objasne glavni procesi rušenja betona u požaru.

Kad se beton zagrijava od površine prema unutrašnjosti, već se pri temperaturi od 100°C počinje uparivati vlaga u betonu, ali i kristalna voda u agregatnim zrnima. Vodena para ima znatan nadtlak i pokušava «pobjeći» iz betona kroz pukotine i pore u betonu. Dobro zgusnut i neraspuknuti beton ima premalo pora da bi se nadtlak vodene pare kroz njih brzo oslobađao, pritom se s porastom temperature u unutrašnjosti uparuje i dodatna količina vode. Što je kvalitetniji beton (što je niži njegov vodocementni odnos), manje je u njemu kapilarnih pora i one nisu međusobno povezane. Tako s trajanjem požara parni tlak u unutrašnjosti betona stalno raste, nekad rastu i tlačne napetosti u najviše zagrijanim rubnim zonama betona zbog podizanja temperature. Kad napetost nadvlada čvrstoću dolazi do rušenja strukture materijala.

Da bi se spriječila opasnost eksplozijskog otpadanja betonskih dijelova, u betonu bi trebalo biti malo vlage (po mogućnosti ispod 2 posto), te osigurati strukturu pora koja će omogućiti brže oslobađanje nastalogog parnog nadtlaka, bar do mjere da nadtlak nikad ne prekorači vlačnu čvrstoću betona. Za postojanost pri daljnjem podizanju temperature (sada iznad 200°C, kad se izgubi utjecaj vode u betonu) važna je i vrsta agregata. Neugodni su gipsani kamene, limonit i liskunski škrljevac, ali i vapnenac koji iznad 900°C prelazi u vapno uz oslobađanje ugljikova dioksida.

Beton s polipropilenskim vlaknima

Polipropilenska vlakna stvaraju strukturu pora koja omogućuje oslobađanje parnih nadtlakova u požaru. U



principu djeluju na tri načina:

1. Plastična vlakna miješanjem u svježi beton već sama po sebi uzrokuju nastanak dodatnih mikropora.
2. U stvrdnutom betonu stvaraju mostove između prohodnih zona agregatnih zrna i cementnog kamena. Te prohodne zone iskazuju natprosječnu poroznost i mikroraspucnost, a u njima se skupljaju mekši proizvodi hidratacije, primjerice portlandit i etringit. Stoga te zone omogućuju laki transport nesigurne vodene pare, a one nažalost većinom u običnom betonu nisu međusobno povezane. Plastična vlakna uzrokuju nastanak dodatnih prohodnih zona (sada zone između vlakana i cementnog kamena) koji djeluju povezujuće, nastaje povezan sustav svih prohodnih zona kao filter koji omogućuje lakši transport vodene pare.
3. Kada se pri podizanju temperature plastična vlakna (kod približno 150°C) požarom istope, nastaje dodatni kapilarni sustav pora koji značajno pridonosi lakšem izlaženju vodene pare iz betona.

Osnovni uvjet za uspješno podizanje poroznosti, koja osigurava bolju požarnu postojanost, jest dakako jednakomjerna raspodjela plastičnih vlakana te dostatna brojnost. Najboljima su se pokazala kratka ravna vlakna (npr. monofilament dužine 6 mm, ekvivalentnog promjera <math>< 50 \mu\text{m}</math>). Što je veća čvrstoća betona, potrebno je više vlakana. Kod MB 30 primjerena količina vlakana je oko 1 kg/m³, kod viših marki 2 do 5 kg/m³, ali ne i više jer se pojavljuju problemi obradivosti. Ako su vlakna deblja, težinski ih je potrebno nešto više.

Naravno da vlakna ne mogu sasvim spriječiti ljuštenja na površini pa su nakon požara moguća manja oštećenja u dubini do 2 cm. Austrijske

smjernice za vlaknasti beton predviđaju dva razreda povišene požarne postojanosti vlaknastog betona:

1. razred: masa svih otpalih dijelova (nakon dvosatnoga požarnog pokusa betona s oko 5 posto vlage do 135°C) mora ostati ispod 30 posto u usporedbi s masom otpalih dijelova usporednog betona bez vlakana i
2. razred: masa svih otpalih dijelova (prema istom požarnom pokusu) mora ostati ispod 2 posto u usporedbi s masom otpalih dijelova usporednog betona bez vlakana.



Beton s čeličnim vlaknima

U požaru betoni već u temperaturnom području između 100 i 200°C izgube velik dio čvrstoće. Betoni s čeličnim vlaknima se ne ponašaju puno bolje, iako vlakna sprječavaju otpadanje djelomično odbijenih dijelova. To je dobro, jer na vlaknima obješeni dijelovi betona još neko

vrijeme štite nerazrušeni beton od izravnog plamena. Naravno ta je barijera samo privremena i traje dok vlakna konačno ne popuste.

Beton s čeličnim i plastičnim vlaknima

U betonu s čeličnim i plastičnim vlaknima združuje se doprinos čeličnih vlakana (koja poboljšavaju ponašanje u trenutku kad beton vlačno otkazuje) i polipropilenskih vlakana (koja omogućuju brže oslobađanje parnih nadtlakova pri požaru). Čelična vlakna osiguravaju da će betonski element ispod površinski degradiranog sloja i u požaru očuvati svoju

duktilnost. Ponekad svojim učinkom spajanja u svim smjerovima djelomično pridonose smanjivanju dubine betona i količine otpalih dijelova.

T. Vrančić

IZVOR

Separat Betonindustrie GmbH, BAU 2005