

**REVÍZIA STN 72 1179 STANOVENIE REAKTÍVNOSTI KAMENIVA
S ALKÁLIAMI, KRITÉRIÁ VYHODNOTENIA VÝSLEDKOV
A VHODNOSŤ KAMENIVA S OHĽADOM NA JEHO POUŽITIE
V BETÓNE**

Jana Hozzová

V októbri 2014 bude zavedená do sústavy STN revízia normy STN 72 1179: Stanovenie a hodnotenie alkalického rozpínavosti kameniva (alkalicko-kremičitá reakcia). Revízia prinesie zmeny týkajúce sa nielen výrobcov neuhlíčanového kameniva, ale i výrobcov betónu a cementu.

1 Úvod

Doteraz platná norma STN 72 1179 Stanovenie reaktívosti kameniva s alkáliami bola vydaná v roku 1967. Bola výsledkom výskumu Kloknerovho ústavu ČVÚT v Českej republike. Podkladom pre jej vypracovanie boli i normy ASTM C 227-52, ASTM C 289-54 T a ASTM C 586. Táto norma určuje skúšobné metódy na stanovenie prítomnosti reaktívnych foriem oxidu kremičitého v neuhlíčanovom kamenive s cieľom posúdiť, či pri jeho použití ako plniva na výrobu betónu, resp. malty nehrozí nebezpečenstvo alkalického rozpínania betónu, resp. malty uložených vo vlhkom prostredí.

Kritériá pre vyhodnotenie výsledkov skúšok boli stanovené až v norme STN 73 1210 Vodotesný betón a trvanlivý betón osobitých vlastností. Návrh, výroba a kontrola kvality z roku 1996. V tejto norme sú popísané i opatrenia, ktoré treba pri náchylnosti kameniva pri výrobe betónu urobiť.

Napriek existencii skúšobných postupov i kritérií na vyhodnotenie výsledkov skúšok sa s výkonom skúšok začalo až v roku 2004, po vydaní STN EN 12620 Kamenivo do betónu a STN EN 206-1 Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.

2 Dôvody vypracovania revízie normy

Od roku 1967, kedy bola vydaná norma STN 72 1179, je text normy v mnohých článkoch už neaktuálny. Výrazne sa zmenili vlastnosti používaných cementov, požiadavky na vlastnosti vyrábaných betónov, text viacerých článkov normy je v súčasných podmienkach praxe neaktuálny. Keďže sa v Európskej únii nepripravuje vydanie harmonizovaného skúšobného postupu na zistenie náchylnosti kameniva na reaktivnosť s alkáliami, každá krajina postupuje pri skúšaní a vyhodnocovaní výsledkov skúšok podľa národných predpisov a na základe národných skúseností.

Vo viacerých krajinách existujú národné skúšobné postupy, tie však na Slovensku nie je možné prevziať. Uvedené skutočnosti vyvolali potrebu vlastnej národnej cesty a potrebu vypracovania revízie STN 72 1179.

Vypracovanie revízie normy zaradil SÚTN do svojho plánu ešte v roku 2012. Na vypracovanie revízie sme sa podujali spoločne s Ing. Ivetou Nájdenou. Vzhľadom na naše pracovné vyťaženie a zložitosť problematiky nám revízia normy trvala 2 roky. Revíziu normy sme sa snažili vypracovať podrobne a tak, aby pri jej používaní nevznikali nejasnosti.

Na revíziu normy sa získalo len minimum finančných prostriedkov a tak revízia mohla byť vypracovaná len na základe našich skúseností a na základe skúseností získaných v Českej republike. Nepodarilo sa získať finančné prostriedky, aby sme zmeny normy a stanovené kritéria mohli overiť vykonaním skúšok.

3 Revízia normy

Norma STN 72 1179 z roku 2014 stanovuje skúšobné postupy na overenie potenciálnej náchylnosti kameniva na chemickú reakciu s alkáliami. Norma stanovuje nový spôsob skúšania a hodnotenia rizikovosti kameniva.

3.1 Odber vzoriek

Norma popisuje odber vzoriek a vzorkovanie. Na skúšky sa vždy odoberá surovina, nie vyrobené frakcie kameniva. Prírodné ťažené kamenivo sa odoberá z primárnej skládky vyťaženej suroviny, kamenivo z lomu sa odoberá z primárnej skládky lomového kameňa pred spracovaním. Odoberá sa cca 50 kg suroviny.

Vzorku odoberá výrobca za prítomnosti zástupcu notifikovanej osoby, aby nemohlo prísť k zámene skúšanej vzorky kameniva. O odbere sa urobí záznam. Prepravu vzorky do skúšobného laboratória zabezpečí notifikovaná osoba.

Odobratá vzorka sa rozdelí na tri časti. Na jednej časti vzorky sa vykoná petrografický popis a RTG analýza. Z druhej časti vzorky sa pripraví vzorka na chemickú skúšku. Z tretej časti sa presne predpísaným spôsobom pripraví kamenivo na dilatometrickú skúšku.

3.2 Petrografický opis

Náchylnosť kameniva na expanznú alkalicko-kremičitú reakciu závisí od viacerých faktorov. Jedným z nich je mineralogické zloženie kameniva. Sú známe druhy hornín, ktoré sú z hľadiska mineralogického zloženia na reakciu náchylnejšie, pretože obsahujú určité reaktívne formy SiO_2 .

Petrografický opis kameniva sa vykonáva podľa STN EN 932-3. Na posúdenie sa použijú nielen vizuálne metódy pomocou lupy, ale posudzuje sa aj petrografický preparát na výbruse pomocou polarizačného mikroskopu. Petrografický opis sa musí doplniť aj o röntgenovú difrakčnú analýzu (RTG), poprípade aj o termickú analýzu (TG-DTA).

Petrografický opis umožní porovnanie výsledkov skúšok chemickej i dilatometrickej skúšky v závislosti od mineralogického zloženia suroviny. Petrografický opis zvýši výpovednú hodnotu získaných výsledkov chemickej a dilatometrickej skúšky.

3.3 Stanovenie alkalickej rozpínavosti kameniva – chemická skúška

Norma popisuje podrobný popis výkonu chemickej skúšky. Skúšobný postup chemickej metódy ostal nezmenený, postup z roku 1967 bol len spresnený, aktualizovaný zmenami v používanom označovaní a terminológii. Výsledkom skúšky je priemerná hodnota molárnej koncentrácie oxidu kremičitého (S) a hodnota úbytku zásaditosti (R).

Kritériá na vyhodnotenie výsledkov chemickej skúšky

Skúšobná metóda	Jednotka	Kritériá pre kamenivo, ktoré neobsahuje reaktívne formy SiO ₂
Chemická skúška – molárna koncentrácia oxidu kremičitého S – úbytok zásaditosti R	mmol/l	a) ak $R > 70$, tak musí byť $S < R$ alebo b) ak $R < 70$, tak musí byť $S < 35 + R/2$

3.4 Stanovenie alkalickej rozpínavosti kameniva – dilatometrická skúška

Dilatometrickou metódou sa stanovujú dĺžkové zmeny skúšobných telies pripravených a ošetrovaných za presne určených podmienok uvedených v norme. Kritérium pre vyhodnotenie skúšky je stanovené pre výsledky získané po šiestich mesiacoch expozície skúšobných telies v agresívnom prostredí. Po troch rokoch sa na základe výsledkov meraní posúdi i možnosť skrátenia doby skúšania.

Na výrobu skúšobných telies sa musí používať predpísaný druh cementu doplnený o presne vypočítaný obsah alkálií. Doplnenie obsahu alkálií sa vykoná prostredníctvom zámesovej vody a hydroxidu sodného (NaOH). Obsah alkálií sa doplní na hodnotu 1,30 % + 0,05 % Na₂O eq. Doplnenie alkálií sa robí z dôvodu urýchlenia spustenia reakcie. Obsah alkálií je navrhnutý na hodnotu vyššiu ako je ich maximálna hodnota v bežne používaných cementoch.

Príklad výpočtu stanovenia množstva NaOH:

Zmes malty s hmotnosťou 2 100 g, z toho je 600 g cementu.

Zistená hodnota obsahu alkálií v cemente určenom na výrobu malty: 1 % Na₂O eq.

Obsah alkálií v 600 g cementu: 1 % zo 600 g, t. j. $600 \times 0,01 = 6$ g.

Požadovaný obsah alkálií (doplnenie na 1,3 %): $600 \times 0,013 = 7,8$ g.

Musí sa doplniť: $7,8 - 6 = 1,8$ g.

Prepočítavacia konštanta z oxidu sodného na hydroxid sodný: 1,291.

Požadovaný dodatok hydroxidu sodného na doplnenie alkálií: $1,291 \times 1,8 = 2,32$ g.

Z uvedeného vyplýva, že na doplnenie alkálií v 600 g cementu s obsahom alkálií 1 % Na₂O eq sa do zámesovej vody musí pridať 2,32 g hydroxidu sodného (NaOH).

Výsledkom skúšky je dĺžková zmena (Δl) v percentách východiskovej dĺžky. Ak je výsledok dilatometrickej skúšky $\Delta l \leq 0,100$ %, možno predpokladať, že kamenivo nie je náchylné na alkalické rozpínanie. Ak je výsledok dilatometrickej skúšky $\Delta l > 0,100$ %, možno predpokladať, že kamenivo je náchylné na alkalické rozpínanie. Na základe výsledku skúšky sa kamenivo klasifikuje z hľadiska rizikovosti. Výrobca betónu zohľadní vhodnosť kameniva vo väzbe na maximálny obsah Na₂O eq deklarovaného výrobcou cementu v používanom cemente.

3.5 Klasifikácia rizikivosti kameniva

Norma poskytuje návod na interpretáciu výsledkov, klasifikuje rizikivosť kameniva na základe výsledkov dilatometrickej skúšky a na základe maximálneho obsahu alkálií v používanom cemente.

Klasifikácia rizikivosti kameniva pre cement s Na_2O_{eq} do 0,60

Skúšobná metóda	Jednotka	Rizikivosť kameniva		
		Minimálna	Stredná	Vysoká
Dilatometrická metóda (po 6 mesiacoch)	%	max. 0,150	od 0,151 do 0,200	nad 0,200

Klasifikácia rizikivosti kameniva pre cement s Na_2O_{eq} od 0,61 do 0,90

Skúšobná metóda	Jednotka	Rizikivosť kameniva		
		Minimálna	Stredná	Vysoká
Dilatometrická metóda (po 6 mesiacoch)	%	max. 0,130	od 0,131 do 0,180	nad 0,180

Klasifikácia rizikivosti kameniva pre cement s Na_2O_{eq} nad 0,91

Skúšobná metóda	Jednotka	Rizikivosť kameniva		
		Minimálna	Stredná	Vysoká
Dilatometrická metóda (po 6 mesiacoch)	%	max. 0,100	od 0,101 do 0,150	nad 0,150

Klasifikácia rizikivosti je vysvetlená na nasledujúcom príklade:

Výsledok dilatometrickej skúšky kameniva po 6 mesiacoch je $\Delta l = 0,140$ %. Výrobca betónu bude používať cement CEM II/B-S 32,5 R s obsahom Na_2O_{eq} 0,85. Klasifikácia rizikivosti kameniva pre tento obsah Na_2O_{eq} sa uvádza v príslušnej tabuľke normy. Pre hodnotu $\Delta l = 0,140$ % sa kamenivo klasifikuje ako kamenivo so strednou rizikivosťou.

3.6 Vhodnosť kameniva s ohľadom na jeho použitie v betóne

Pre rozhodnutie o vhodnosti suroviny ako zdroja pre kamenivo do betónu, resp. do malty je potrebné vždy vykonať všetky tri skúšky podľa tejto normy: chemickú, dilatometrickú skúšku aj petrografický opis, vrátane RTG analýzy, prípadne TG-DTA.

Ak sa na základe nevyhovujúcich výsledkov chemickej alebo dilatometrickej skúšky potvrdí náchylnosť kameniva na reaktivnosť s alkáliami, môže sa pri splnení určitých podmienok, ktoré sú špecifikované vo výrobných normách na betón, resp. malty aj takéto kamenivo použiť.

Výrobca betónu, resp. malty musí v tomto prípade dodržiavať tieto požiadavky:

- požiadavky na kamenivo uvedené v STN EN 206-1 a STN EN 206-1/NA, v poznámke k 5.2.3.4;
- vyžiadať od výrobcu cementu používaného na výrobu betónu s použitím kameniva so strednou a vysokou rizikivosťou výsledky obsahu alkálií v konkrétne používanom cemente za 6 po sebe idúcich mesiacoch (predchádzajúce obdobie). Výrobca cementu musí výsledky celkového obsahu alkálií v cemente výrobcovi betónu na požiadanie predkladať aj v nasledujúcom období;
- pri výrobe betónu s použitím kameniva so strednou alebo vysokou rizikivosťou musí používať prísady s obsahom alkálií do 2 % hmotnosti;

- d) pri výrobe betónu vystaveného vlhkému prostrediu a betónu pevnostnej triedy vyššej ako C 12/15 s použitím kameniva so strednou alebo vysokou rizikovosťou nesmie používať recyklovanú vodu;
- e) pri výrobe betónu s použitím kameniva so strednou alebo vysokou rizikovosťou musí zabezpečiť zníženie nasiakavosti betónu.

Ako už bolo vyššie spomínané, pred revíziou normy nebol výskumom overený nový skúšobný postup a správnosť navrhnutých kritérií. V období do troch rokov od zavedenia tejto revízie normy sa predpokladá vytvorenie databázy výsledkov skúšok alkalickej rozpínavosti kameniva z rôznych lokalít Slovenskej republiky a na ich základe prípadné upravenie kritérií na vyhodnotenie dilatometrickej skúšky.

3.7 Početnosť skúšok výrobcu kameniva

Minimálna početnosť plánovaných skúšok kameniva závisí od objemu ťažby a stupňa rizikivosti kameniva.

Skúšobná metóda	Rizikovosť kameniva		
	Minimálna	Stredná	Maximálna
Petrografický opis	3 roky pri ťažbe kameniva menšej ako 500 000 t/rok 2 roky v prípade väčšej ťažby	2 roky pri ťažbe kameniva menšej ako 500 000 t/rok 1 rok v prípade väčšej ťažby	1 rok
Dilatometrická metóda	3 roky pri ťažbe kameniva menšej ako 500 000 t/rok 2 roky v prípade väčšej ťažby	2 roky pri ťažbe kameniva menšej ako 500 000 t/rok 1 rok v prípade vyššej ťažby	1 rok
Chemická metóda	3 roky pri ťažbe kameniva menšej ako 500 000 t/rok 2 roky v prípade väčšej ťažby	2 roky pri ťažbe kameniva menšej ako 500 000 t/rok 1 rok v prípade väčšej ťažby	1 rok

POZNÁMKA. – Reaktívne kamenivo s alkáliami v betóne ohrozuje mechanickú stabilitu stavby a môže mať za následok zrútenie stavby alebo jej časti. Je potrebné vykonávať skúšky v predpísanej početnosti a výsledky skúšok deklarovať vo vyhlásení o parametroch.

4 Záver

Napriek tomu, že v Slovenskej republike nie sú preukázateľne dokázané poruchy betónových konštrukcií spôsobené alkalicko-kremičitou reakciou kameniva, výsledky doterajších skúšok vykazujú potenciálnu náchylnosť kameniva k alkalickej rozpínavosti. Nevyhovujúce výsledky skúšok vykazujú niektoré kamenivá vyrábané drvením lomového kameňa ako aj prírodné ťažené štrkopiesky. Kamenivá s nevyhovujúcim výsledkom chemickej alebo dilatometrickej skúšky však často majú fyzikálno-mechanické, geometrické vlastnosti i trvanlivosť najlepšej kvality.

Skúškami zistená náchylnosť kameniva k alkalickej rozpínavosti je len potenciálna a jej spustenie bude závisieť od viacerých súvisiacich okolností. Z toho dôvodu odmietnutie kameniva s nevyhovujúcim výsledkom skúšok, ktoré je doteraz dlhodobo používané, by nebolo správne. Odmietnutie kameniva by nebolo v súčasnosti správne i z dôvodu, že nastavenie kritérií pre dilatometrickú skúšku nie je podložené výskumom. V prípade, že nevyhovujúcich výsledkov dilatometrickej skúšky po zavedení nových kritérií bude veľa, bude potrebné ich prehodnotiť.