

TP 137

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

VYLOUČENÍ ALKALICKÉ REAKCE KAMENIVA V BETONU NA STAVBÁCH POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ



Ministerstvo dopravy



ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR

Schváleno Ministerstvem dopravy čj. 73/2016-120-TN/10 ze dne 5. dubna. 2016 s **účinností od 10. dubna 2016.**

Tento dokument se shoduje se schválenou verzí.

Současně se ruší a nahrazují v celém rozsahu TP 137 schválené Ministerstvem dopravy pod čj. 87/2015-120-TN/1 ze dne 7. 8. 2015 s účinností od 15. srpna 2015.

Distribuce pouze v elektronické podobě na webu pjkp.cz.

Obsah

1	ÚVODNÍ USTANOVENÍ	3
1.1	Obecně.....	3
1.2	Změny proti předchozímu znění TP 137	3
2	CHARAKTERISTIKA PROSTŘEDÍ	4
3	POŽADAVKY NA KAMENIVO DO BETONU	5
4	POŽADAVKY NA CEMENT, PŘÍSADY, PŘÍMĚSI A VODU	6
5	POŽADAVKY NA SLOŽENÍ BETONU	6
6	POKYNY PRO ZKOUŠENÍ SLOŽEK BETONU A ODBĚR VZORKŮ.....	7
6.1	Pokyny pro zkoušení kameniva	7
6.2	Zkouška reaktivnosti kameniva s alkáliemi	7
6.2.1	Petrografický rozbor	7
6.2.2	Dilatometrické zkoušky.....	8
6.3	Pokyny pro odběr vzorků kameniva.....	8
6.4	Výroba zkušebních těles	9
7	VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ.....	9
8	SEZNAM NOREM A PŘEDPISŮ	10
	PŘÍLOHA 1 ZKUŠEBNÍ POSTUP ZL Č. 1046, AKREDITOVANÉ ČIA PRAHA ZKK, S.R.O. HOŘICE	12
	PŘÍLOHA 2 VÝROBA ZKUŠEBNÍCH TĚLES PODLE ČSN 72 1179.....	21
	PŘÍLOHA 3 INFORMATIVNÍ PŘÍLOHA K PROVÁDĚNÉMU VÝZKUMU A DOSAVADNÍ ZKUŠENOSTI ..	22

1 Úvodní ustanovení

1.1 Obecně

Opatření provedená podle těchto technických podmínek mají zabránit škodám v důsledku alkalicko-křemičité reakce kameniva v betonu na stavbách pozemních komunikací. Alkalicko-křemičítá reakce (dále i „ASR“) v betonu je výsledkem reakce mezi alkáliemi obsaženými v pórovém roztoku betonu a reaktivními minerály (jako je např. reaktivní SiO_2 , křemičitany či příměs na bázi silikátů) v kamenivu. Při reakci vzniká gel, který má schopnost absorbovat vodu a na beton působit rozpínavou silou. Za určitých podmínek mohou tyto reakce vést ke škodlivému rozpínání a ke vzniku trhlin v betonu. Aby k tomuto škodlivému rozpínání mohlo dojít, musí být přítomny všechny následující podmínky:

- dostatečné množství reaktivních minerálů,
- dostatečně vysoká koncentrace alkálií v pórovém roztoku,
- dostatečný dlouhodobý přísun vody (vlhkosti).

Pro účinnou prevenci poškození konstrukce v důsledku alkalicko-křemičité reakce je nutné zajistit, aby alespoň jeden z výše uvedených faktorů byl eliminován.

Alkalicko-křemičítá reakce v podmínkách ČR nemusí být nejvýznamnějším nebo jediným typem rozpínavých reakcí v betonu.

Je třeba mít na vědomí fakt, že reaktivnost kameniva s alkáliemi se může měnit v těžební lokalitě místně i časově, zároveň může existovat i variabilita reaktivnosti kameniva s alkáliemi v jednotlivých frakcích kameniva. **Důležité je zohlednit chování kameniva v zabudovaných betonových prvcích, a to s ohledem na stáří betonu a prostředí, kterému je vystaven.**

Tyto TP se uplatňují při zadávání všech staveb pozemních komunikací.

1.2 Změny proti předchozímu znění TP 137

Proti předchozímu znění TP 137 ze srpna 2015 jsou do aktualizovaného znění zapracovány následující změny a upřesnění:

V tabulce č. 2 je doplněna doba trvání dilatometrické zkoušky dle ČSN 72 1179, k níž se vztahují v tabulce uvedené hodnoty pro hodnocení rizikovosti kameniva.

V tabulce č. 4 je upraven interval četnosti ověřování rizikovosti kameniva dilatometrickou metodou dle ČSN 72 1160 pro uhličitanové kamenivo s nízkou a střední rizikovostí.

V čl. 7 je upraveno znění odstavce 1), hodnocení rizikovosti kameniva podle zkoušky ASTM C-1260-14 je zmírněno.

V čl. P3-2 je poznámka označená hvězdičkou umístěna bezprostředně pod výpočtovými vzorci.

V čl. P3-3.2 v příkladech pro výpočet alkálií pro beton z kameniva se střední rizikovostí je provedena oprava, v textu bylo chybně uváděno kamenivo s nízkou rizikovostí.

2 Charakteristika prostředí

Tabulka č. 1 – Definice kategorie prostředí dle TNI CEN/TR 16349

Popis prostředí		Beton je vystaven prostředí ^{a,b,c}
E1	Suché prostředí ochráněné před vnější vlhkostí	<ul style="list-style-type: none">• vnitřní beton budov v suchém^a provozním prostředí.
E2	Působení vnější vlhkosti ^b	<ul style="list-style-type: none">• vnitřní beton budov s vysokou vlhkostí; tj. prádelny, rezervoáry, plavecké bazény,• beton vystavený vlhkosti z okolního ovzduší, neagresivní podzemní vodě, ponořený ve sladké vodě nebo trvale ponořený v mořské vodě^c
E3	Působení vnější vlhkosti a dalších přitěžujících faktorů	<ul style="list-style-type: none">• beton vystavený rozmrazovacím solím,• beton vystavený mořské vodě^c (máčení a vysoušení) nebo slanému postřiku,• provlhčený beton vystavený střídavému účinku mrazu a rozmrazování,• provlhčený beton vystavený dlouhotrvajícím vyšším teplotám,• betonové vozovky vystavené nerovnoměrnému zatížení.

Vysvětlivky:

- ^{a)} Suché prostředí odpovídá okolní průměrné relativní vlhkosti nižší než 75 % (běžně uvnitř budov), kde nedochází k vystavení externím zdrojům vlhkosti.
- ^{b)} Nebezpečí poškození ASR může vzniknout u betonu, který je během doby životnosti málokdy suchý i v suchém prostředí. Odpovídající betonové konstrukční prvky by měly být zahrnuty do kategorie E2 a jejich rozměry mohou být stanoveny ve státních specifikacích.
- ^{c)} Beton trvale ponořený v mořské vodě není vystaven většímu riziku ASR než podobný prvek vystavený vlhkému vzduchu, usazený v zemi nebo ponořený ve sladké vodě, protože obsah alkálií v mořské vodě je nižší než obsah alkálií v pórovém roztoku většiny betonů.

3 Požadavky na kamenivo do betonu

Zkušební metody a hodnocení rizikivosti kameniva do betonu z hlediska jeho reaktivnosti s alkáliemi uvádí tabulka č. 2.

Tabulka č. 2 – Klasifikace kameniva do betonu z hlediska rizika reakce s alkáliemi

Zkušební metoda	Jednotky	Rizikovitost přírodního kameniva (zkouškou zjištěné hodnoty)		
		Nízká	Střední	Vysoká
Dilatometrická dle ASTM C-1260-14 (upravená podle přílohy č. 1 těchto TP)	% délky	≤ 0,100	> 0,100–0,200	> 0,200 ¹⁾
Dilatometrická dle ČSN 72 1179 (upravená podle přílohy č. 2 těchto TP) (hodnoty se vztahují k odečtu po 6 měsících)	% délky	≤ 0,070	> 0,070–0,100	> 0,100 ²⁾
Dilatometrická dle ČSN 72 1160 (uhličitanové kamenivo)	% délky	≤ 0,50		> 0,50 ³⁾
Petrografický rozbor kameniva ČSN 72 1153	–	podrobný petrografický popis všech odebraných vzorků		

Vysvětlivky:

- ¹⁾ Při překročení parametru dle ASTM nad 0,300 % délky je výsledek bez ohledu na výsledky ostatních metod „rizikovitost extrémní“, a tedy se nedoporučuje kamenivo použít.
- ²⁾ Dilatometrická trámečková zkouška podle ČSN 72 1179 s použitím portlandského cementu CEM I 42,5 s dodatkem doplnění alkálií v záměsové vodě na 1,25 % Na₂O eq. V případě intenzivního vzestupného průběhu křivky rozpínání tělesa (bez tendence k poklesu) z rizikových materiálů při zkoušce dle ČSN 72 1179 provést zkoušku v trvání jednoho roku s kritériem 0,200 % délky pro drcené kamenivo, respektive 0,100 % délky pro těžené kamenivo. Při překročení této hodnoty je výsledné hodnocení bez ohledu na výsledky ostatních metod „rizikovitost extrémní“, a tedy se nedoporučuje kamenivo použít.
- ³⁾ Při rozpuštění nebo rozpadu mikrotrámečku při dilatometrické zkoušce uhličitanového kameniva podle ČSN 72 1160 je výsledek považován za nevyhovující.

Dilatometrická měření se musí provádět s přesností na tři desetinná místa, u uhličitanového kameniva na dvě místa. Hodnota rozšířené nejistoty měření je 0,007 pro zkoušku dle ASTM a 0,008 pro ČSN 72 1179.

Podmínky použití přírodního kameniva do betonu v prostředí E1, E2 a E3 z hlediska reaktivnosti kameniva s alkáliemi a celkového obsahu alkálií v betonu jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 – Podmínky použití přírodního kameniva do betonu podle stupně vlhkosti prostředí a obsahu Na₂O eq. v betonu

Rizikovitost kameniva (viz tab. 2)		Nízká	Střední	Vysoká
		obsah Na ₂ O eq. na 1 m ³ betonu		
Vhodnost do prostředí	E1	bez omezení	bez omezení	bez omezení
	E2	max. 4,5 kg/m ³ ²⁾	max. 3,5 kg/m ³ ¹⁾	max. 2,5 kg/m ³ ¹⁾
	E3	max. 3,5 kg/m ³ ¹⁾	max. 2,5 kg/m ³ ¹⁾	nelze použít

Vysvětlivky:

1) Podmínka vhodnosti do betonu: Obsah alkálií v cementu maximálně 0,8 % hmotnosti, avšak max. 2,5 nebo 3,5 kg Na₂O eq. na 1 m³ betonu. Výpočet ekvivalentu alkálií Na₂O eq. = Na₂O + 0,658 K₂O.

2) Podmínka vhodnosti do betonu: Obsah alkálií v cementu maximálně 1,0 % hmotnosti, avšak max. 4,5 kg Na₂O eq. na 1 m³ betonu. Výpočet ekvivalentu alkálií Na₂O eq. = Na₂O + 0,658 K₂O.

Orientační rozdělení některých hornin podle jejich rizikovitosti k reakci s alkáliemi je uvedeno v příloze 3.

4 Požadavky na cement, přísady, příměsi a vodu

Jsou uvedeny v ČSN EN 206, ČSN EN 13877-1 a ČSN 73 6123-1.

5 Požadavky na složení betonu

- a) Beton v prostředí E3 podle tabulky č. 1 může při návrhu obsahovat max. 3,5 kg Na₂O eq. na 1 m³ betonu při použití kameniva s nízkou rizikovitostí, max. 2,5 kg Na₂O eq. na 1 m³ při použití středně rizikového kameniva, rizikovitost kameniva viz v tabulce č. 2.
- b) Beton v prostředí E2 může při návrhu obsahovat max. 3,5 kg Na₂O eq. na 1 m³ betonu při použití středně rizikového kameniva a max. 4,5 kg Na₂O eq. na 1 m³ betonu při použití kameniva s nízkou rizikovitostí, rizikovitost kameniva viz v tabulce č. 2.
- c) Obsah alkálií v betonu se stanoví součtem obsahů alkálií z receptury při návrhu betonu podle obsahů alkálií v jednotlivých složkách betonu takto:
 - ca) Pro stanovení alkálií v cementu se započítává: 100 % obsahu alkálií ve slínku a sádrovcí, 50 % obsahu alkálií ve strusce a dalších složkách cementu, 17 % obsahu alkálií v popílku a pucolánech (pokud nejsou známy obsahy alkálií ve složkách cementu, bere se vždy 100 % alkálií stanovených ve výrobku – expedovaném cementu),
 - cb) obsah alkálií v příměsích betonu se započte jako 100 %,
 - cc) obsah alkálií ve vodě a přísadách se započte jako 100 %,
 - cd) obsah alkálií v kamenivu se v ČR u přírodního kameniva nezjišťuje ani nezapočítává.

Tento parametr 5.c) (skutečný obsah alkálií v betonu) musí být vždy uveden ve zprávě o průkazných zkouškách betonu.
- d) Omezení alkálií v betonu lze dosáhnout následujícími způsoby:
 - da) použitím cementu s nízkým obsahem alkálií,

- db) použitím účinné dávky strusky, popílku, křemičitého úletu a dalších pucolánů (jako složky cementu nebo jako příměs do betonu),
- dc) úpravou obsahu Na₂O eq. na 1 m³ betonu snížením dávky cementu.
- e) Výpočet obsahu alkálií v betonu a příklady výpočtu jsou uvedeny v příloze 3, čl. 2 a čl. 3.

6 Pokyny pro zkoušení složek betonu a odběr vzorků

6.1 Pokyny pro zkoušení kameniva

Interval četnosti zkoušení kameniva na reaktivnost s alkáliemi vychází z hodnocení rizikovosti kameniva (viz tabulka č. 2) a je uveden v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 – Interval četnosti zkoušek suroviny na reaktivnost s alkáliemi v cementu při trvalé výrobě kameniva do betonu

Zkušební metoda	Interval četnosti ověřování podle rizikovosti přírodního kameniva ¹⁾		
	Nízká	Střední ²⁾	Vysoká
Dilatometrická dle ASTM C-1260-14	4 roky	2 roky	1 rok
Dilatometrická dle ČSN 72 1179	4 roky	2 roky	1 rok
Dilatometrická dle ČSN 72 1160 (uhličitanové kamenivo)	4 roky		1 rok
Petrografický rozbor těžené horniny	4 roky	2 roky	1 rok

Vysvětlivky:

- 1) U nové lokality, kde se doposud neprováděly zkoušky podle TP 137 pro prokázání rizikovosti kameniva, se vyžadují minimálně tři po sobě provedené zkoušky po dvou letech. Pak je možno provádět zkoušky v intervalu uvedeném v tabulce č. 4.
- 2) U těžby štěrkopísků z vody plovoucím zařízením s rozlohou nad 4 ha a/nebo hrubou těžbou přes 700 tisíc m³ ročně je interval odběru vzorků jeden rok.

Výrobce kameniva je povinen zaručit, že při jakékoliv změně geologických poměrů ložiska (např. druhu horniny) při výrobě kameniva do betonu, které by mohly mít vliv na reaktivnost s alkáliemi, provede nové zkoušky dle pokynů těchto TP.

6.2 Zkouška reaktivnosti kameniva s alkáliemi

Zkoušky reaktivnosti kameniva s alkáliemi zahrnují petrografický rozbor a dilatometrické zkoušky.

6.2.1 Petrografický rozbor

Petrografický rozbor se provede u všech odebraných vzorků hornin minimálně dle ČSN 72 1153. Musí obsahovat makroskopický popis a mikroskopický rozbor výbrusů hornin s určením petrografického složení. Cílem je stanovit přítomnost potenciálně reaktivních minerálů, jako jsou např. deformovaný tlakově postižený křemen a jeho deformace (úhel zhášení), křemen organogenního původu, opál,

tridymit, cristobalit, sopečné sklo, vápence s obsahem celkem více než 2 % hmotnostních křemitého rohovce, pazourku nebo chalcedonu.

6.2.2 Dilatometrické zkoušky

Přírodní kamenivo neuhličitanové:

U všech odebraných vzorků budou provedeny: modifikovaná dilatometrická zkouška podle ASTM C-1260-14 (upravená podle přílohy č. 1 těchto TP) a modifikovaná dilatometrická zkouška podle ČSN 72 1179.

Přírodní kamenivo uhličitanové:

Na všech odebraných vzorcích bude provedena zkouška uhličitanových trámečků podle ČSN 72 1160.

6.3 Pokyny pro odběr vzorků kameniva

- a) Odběr vzorků provádí odborný pracovník akreditované zkušební laboratoře. Pracovník provádějící odběr vzorků musí být způsobilý k tomuto výkonu.
- b) Odběru se vždy zúčastní způsobilý pracovník ve funkci odborného geologického dohledu, který musí být držitelem platného osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oboru ložisková geologie (do roku 1998 v oboru nerudy a/nebo rudy) ve smyslu vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 206/2001 Sb. a musí být seznámen s těmito TP.
- c) Odběru se dále zúčastní pověřený pracovník organizace, která provozuje dané těžební místo (lom, pískovnu).
- d) termínu odběru je nutno informovat pověřeného pracovníka ŘSD minimálně 14 kalendářních dní předem.
- e) Odběr vzorků se provádí jako odběr horniny (suroviny) z těžební stěny (lomu nebo pískovny) nebo z primární skládky před dalším zpracováním přímo za těžebním zařízením. Výjimku tvoří bod h) čl. 6.3 těchto TP.
- f) Pracovník odborného geologického dohledu určí počet a množství odebíraných vzorků, místa odběru vzorků tak, aby reprezentovala těžnou horninu nebo horniny ložiska. Dále odebere dokumentační vzorky horniny pro petrografický rozbor dle čl. 4, 5 a 6 ČSN 72 1153 (makroskopický a mikroskopický rozbor).
- g) odběru vzorků musí být zhotoven záznam, obsahující nejméně tyto údaje:
 - účel odběru (např. zkoušení reaktivnosti kameniva s alkáliemi);
 - identifikaci výrobce a prohlášení výrobce kameniva, že odebraný vzorek reprezentuje těžnou horninu;
 - identifikaci akreditované zkušební laboratoře;
 - způsob odběru vzorků;
 - orientační petrografický název odebrané horniny;
 - množství odebraného vzorku (doporučené množství je minimálně 15 kg);
 - přesné určení místa odběru,
 - lokalizaci místa odběru (etáž, poloha, souřadnice),
 - situační náčrt s označením místa odběru,
 - fotodokumentaci;
 - datum a místo odběru vzorků;
 - seznam a podpisy osob přítomných odběru vzorků;
 - souhlas účastníků odběru se způsobem odběru.

- h) Pro zkoušky reaktivnosti kameniva lze v odůvodněných případech použít hotový výrobek (frakci kameniva) odebraný např. ze skládky, dopravníku nebo zásobníku, ale pouze tehdy, pokud by byl odběr z těžební stěny významně odlišný od finálního výrobku (např. těžena 0/4). O této možnosti rozhodne odborný geologický dohled.

6.4 Výroba zkušebních těles

Postup výroby zkušebních těles je uveden v příloze č. 1 (metoda dle ASTM-TS 11) a příloze č. 2 (metoda dle ČSN 72 1179) těchto TP.

7 Výsledné hodnocení

Výsledné hodnocení použitelnosti kameniva pro účely uvedené v těchto TP vychází z tabulky č. 2 a je následující:

- 1) Je-li rizikovitost zjištěná dilatometrickou zkouškou dle ASTM C-1260-14 **nízká** nebo střední (prodloužení $\leq 0,2$ % délky) a současně je **nízká** rizikovitost zjištěná dilatometrickou zkouškou dle ČSN 72 1179 (prodloužení $\leq 0,07$ % délky) – rizikovitost kameniva se hodnotí jako **nízká** dle tabulky č. 2.
- 2) Je-li rizikovitost zjištěná dilatometrickou zkouškou dle ASTM C-1260-14 **nízká** nebo **střední** (prodloužení $\leq 0,2$ % délky) a současně je **střední** rizikovitost zjištěná dilatometrickou zkouškou dle ČSN 72 1179 (prodloužení $\leq 0,1$ % délky) – rizikovitost kameniva se hodnotí jako **střední** dle tabulky č. 2.
- 3) Je-li alespoň jedna rizikovitost zjištěná provedenými zkouškami **vysoká** (dle ASTM C-1260-14 prodloužení $> 0,2$ až $0,3$ % délky, dle ČSN 72 1179 prodloužení $> 0,1$ až $0,2$ % délky) – rizikovitost kameniva se hodnotí jako **vysoká** dle tabulky č. 2.
- 4) Je-li alespoň jedna rizikovitost zjištěná provedenými zkouškami **extrémní** (dle ASTM C-1260-14 prodloužení $> 0,3$ % délky, dle ČSN 72 1179 prodloužení $> 0,2$ % délky) – kamenivo má extrémní rizikovitost a **nedoporučuje se k použití**.
- 5) V případě uhličitanového kameniva je kamenivo považováno za použitelné, je-li rizikovitost zjištěná dilatometrickou zkouškou dle ČSN 72 1160 (prodloužení $\leq 0,5$ % délky) maximálně **střední**.

8 Seznam norem a předpisů

ČSN ISO 3310-1	Zkušební síta – Technické požadavky a zkoušení – Část 1: Zkušební síta z kovové tkaniny
ČSN ISO 3310-2	Zkušební síta – Technické požadavky a zkoušení – Část 2: Zkušební síta z děrovaného plechu
ČSN EN 1015-11	Zkušební metody malt pro zdivo – Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku
ČSN 72 1153	Petrografický rozbor přírodního stavebního kamene
ČSN 72 1160	Stanovenie alkalickéj rozpínavosti prírodného stavebného uhličitanového kameňa
ČSN 72 1179	Stanovení reaktivnosti kameniva s alkáliemi
ČSN EN 932-1	Zkoušení všeobecných vlastností kameniva. Metody odběru vzorku
ČSN EN 932-3	Změna A1 Zkoušení všeobecných vlastností kameniva – Část 3: Postup a názvosloví pro jednoduchý petrografický popis
ČSN EN 12620+A1	Kamenivo do betonu
ČSN 73 6123-1	Stavba vozovek – Cementobetonové kryty – Část 1: Provádění a kontrola shody
ČSN EN 1992-2	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
ČSN EN 197-1 ed. 2	Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití
ČSN EN 206	Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
ČSN EN 933-1	Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Síťový rozbor
ČSN EN 13877-1	Cementobetonové kryty – Část 1: Materiály
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
TNI CEN/TR 16349	Zásady pro stanovení podmínek k zabránění poruch v betonu v důsledku alkalicko-křemičité reakce (ASR)
ASTM C1260-14	Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)
TKP 18	Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 18 – Betonové konstrukce a mosty
Report CEN/TC 104 - CR 1901:1995	Regional Specifications and Recommendations for the avoidance of damaging alkali silica reactions in concrete
DAfStb – Richtlinie:	Vorbeugende Massnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali – Richtlinie). Ausgabe Februar 2007 – Berichtigung: April 2010

RILEM TC 106 - AAR: ALKALI - AGGREGATE REACTION – metoda B-TC 106-3 – Detection of potential alkali-reactivity of aggregates – Method for aggregate combinations using concrete prisms (vyšlo v Materials and Structures, Vol. 33, June 2000, pp 283–293)

RILEM TC 219-ACS: RILEM RECOMMENDED TEST METHOD: AAR-4.1 – Detection of potential alkali-reactivity – 60°C test method for aggregate combinations using concrete prisms

Příloha 1 Zkušební postup Stanovení reaktivnosti kameniva s alkáliemi v cementu

Zkušební dilatometrická metoda cementové malty pro stanovení rizikové reaktivnosti kameniva s alkáliemi

(16. denní metoda maltových trámečků)

Zpracováno podle normy ASTM C 1260-14 analogicky převodem na metrickou soustavu a Alkali – Richtlinie (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton-Richtlinie Vorbeugende Massnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton), April 2010

P1-1. Příprava vzorků k provedení zkoušek reaktivnosti kameniva s alkáliemi

K přípravě zkušebního vzorku se použije celý odebraný vzorek kameniva, jehož hmotnost musí být minimálně 15 kg.

P1-1.1 Postup přípravy:

Odebraný vzorek se omyje vodou a vysuší při teplotě (105 ± 5) °C. U kusového vzorku se provede jeho zdrobnění. U vzorku přírodního těžného kameniva se vytřídí zrnění 0–4 mm a zůstatek na síti 4 mm se zdrobní. Zdrobňování se provádí laboratorním čelistovým drticím na velikost částic (0–5) mm. Doporučuje se minimálně dvoustupňové zdrobňování při výstupních šterbinách cca 20 mm a 4 mm, se zaplněným drticím prostorem stroje. V případě, že se v produktu vyskytnou zrna větší než 5 mm, opakovaně se tato zrna podrtí na velikost menší než 5 mm. Do zdrobněného vzorku se vrátí dříve vytříděné zrnění 0–4 mm. Roztřídění získaného produktu (případně nedrceného drobného těžného kameniva) na požadované zrnění se provádí na sítích se čtvercovými otvory o velikosti 0,125 mm, 0,250 mm, 0,500 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm a 5 mm dle ČSN EN 933-1.

Drcením a následným tříděním celého odebraného vzorku se zajistí jeho kvalitní homogenizace. Po vytřídění se provede omytí dílčích zrnění vodou a jejich vysušení při teplotě (105 ± 5) °C.

Podíly o zrnitosti 0,125–0,250 mm, 0,250–0,500 mm, 0,500–1 mm, 1–2 mm, 2–4 mm, 4–5 mm se uloží do uzavíratelných nádob nebo PVC sáčků a slouží jako zdroj materiálu ke zhotovení dílčích navážek maltové směsi k výrobě trámečků. Podíl 0–0,125 mm se může případně použít pro chemické rozbor.

P1-2. Zkušební postup pro stanovení reaktivnosti kameniva s alkáliemi

P1-2.1 Rozsah možného využití metody

Tato metoda umožňuje zjistit během 16 dní eventuální škodlivou alkalicko-křemičitou reakci kameniva s alkáliemi ve zkušebních maltových trámečkách. Za směrodatné by měly být považovány hodnoty uvedené v jednotkách SI. Tato metoda neřeší všechny pracovní-bezpečnostní aspekty spojené s jejím užíváním. Za stanovení bezpečnostních a regulačních opatření před použitím této metody zodpovídá její uživatel. Vhodná bezpečnostní opatření jsou uvedena v 2.4.

P1-2.2 Význam a použití zkušební metody

Tato zkušební metoda řeší způsob zjištění kameniva schopného alkalické reakce, které je určeno pro použití do betonu a které by mohlo způsobit škodlivé vnitřní alkalické rozpínání. Je založena na zrychlené zkoušce NBRI, resp. RILEM TC-106-2. Je vhodná zejména pro zkoušky kameniva, které reaguje pozvolna nebo vytváří při reakci opožděné rozpínání. Metoda nehodnotí kombinace kameniva s cementem a zkušební podmínky neodpovídají podmínkám, ve kterých je beton použit.

Vzhledem k tomu, že vzorek je vystaven působení roztoku NaOH, je obsah alkálií v cementu pro rozpínání zcela nevýznamný.

P1-2.3 Zkušební zařízení

Zkušební síta – musí splňovat požadavky ČSN ISO 3310-1 a ČSN ISO 3310-2.

Míchadlo, lopatka a míchací mísa – musí umožnit kvalitní promísení směsi. Při míchání musí být mezera mezi dolním koncem lopatky a dnem míchací mísy $5,1 \pm 0,3$ mm.

Pěch a ploché hladítko – musí být vhodné k řádnému zhotovení hutného a geometricky správného trámečku.

Nádoby pro uložení zkušebních těles – musí být uzpůsobeny tak, aby trámečky byly úplně ponořeny buď ve vodě, nebo v roztoku 1N NaOH. Nádoby musí být vyrobeny z takového materiálu, který dlouhodobě vydrží teplotu 80 °C a je netečný k 1N roztoku NaOH (jako vhodné se ukázaly některé obaly schválené pro použití v mikrovlnné troubě a zhotovené z polypropylénu nebo polyethylenu vysoké hustoty). Použití skleněných nebo kovových nádob není vhodné. Nádoby musí být zkonstruovány tak, aby se při uložení trámečků zabránilo poklesu nebo přírůstku vlhkosti těsnícím krytem, těsněním nebo obojím. Trámečky musí být v nádobě umístěny a podloženy tak, aby byl zajištěn přístup roztoku k celému trámečku. Trámečky se nesmí dotýkat stěny nádoby nebo jeden druhého. Trámeček, jestliže je postaven v roztoku svisle, nesmí stát na měřicím kontaktu.

Sušárna nebo vodní lázeň – s automatickou regulací teploty 80 ± 2 °C.

P1-2.4 Činidla

Hydroxid sodný (NaOH) – chemicky nebo technicky čistý, může být použit za předpokladu, že koncentrace Na^+ a OH^- iontů zjištěných chemickým rozbořem leží mezi 0,99 N a 1,01 N. Roztok hydroxidu sodného – každý litr roztoku musí obsahovat 40,0 g NaOH rozpuštěného v 900 ml vody a musí být doplněn na objem 1 l destilovanou nebo demineralizovanou vodou. Poměr objemu roztoku NaOH ke zkušebním trámečkům ve skladovacích kontejnerech musí

být $4 \pm 0,5$ objemy roztoku k objemu jednoho zkušebního trámečku. Objem zkušebního trámečku se bere jako 184 ml.

Při manipulaci s NaOH se pro zajištění bezpečnosti musí dodržovat:

- bezpečnostní předpisy pro používání NaOH;
- návod pro první pomoc při popáleninách (poleptání);
- mimořádná opatření při rozlití, tak jak jsou popsána v materiálech o bezpečném zacházení s materiálem od výrobce nebo v jiné příslušné literatuře o bezpečnosti. NaOH může způsobit úporné poleptání a zranění na nechráněné pokožce a očích. Při manipulaci s NaOH se musí vždy použít vhodných osobních ochranných prostředků. Ty musí zahrnovat celoobličejové ochranné štíty, gumové zástěry a rukavice odolné proti NaOH. Rukavice se musí pravidelně kontrolovat, aby neměly otvory ani špendlíkové velikosti.

P1-2.5 Klimatizování

Pro přípravu vzorků a suchých materiálů se musí v laboratoři udržovat teplota 20–27,5 °C. Teplota záměsové vody a vlhké komory se nesmí lišit od 23 °C o více než 1,7 °C. Relativní vlhkost vzduchu v laboratoři se musí udržovat vyšší než 50 %.

V sušárně nebo vodní lázni, ve které jsou v nádobách uložena zkušební tělesa, se musí udržovat teplota 80 ± 2 °C.

P1-2.6 Výběr a příprava cementu

Údaje o cementu – použije se portlandský cement, který splňuje požadavky ČSN EN 197-1 na CEM I 42,5. Hodnota objemové stálosti podle ČSN EN 196-3 musí být menší než 10 mm. Obsah alkálií v cementu má zanedbatelný nebo malý vliv na výsledek této zkoušky.

Příprava cementu – pro použití v této zkoušce se cement proseje přes síto 1 mm, aby se odstranily eventuální hrudky.

P1-2.7 Příprava zkušebních těles

Počet těles – zhotoví se nejméně 3 zkušební tělesa (maltové trámečky) z každého odebraného vzorku horniny, která bude použita pro výrobu kameniva ve výrobě. Základní rozměr originálního trámečku je 25 mm × 25 mm × 285 mm.

Tabulka č. P1 – Požadavky na zrnitost kameniva (převod z ASTM na ČSN)

Velikost zrn kameniva		Hmotnost
na sítích dle ASTM	na sítích dle ČSN	% hm.
–	4–5	3
2,36–4,752	2–4	12
1,18–2,36	1–2	25
0,6–1,18	0,5–1	27
0,3–0,6	0,25–0,5	23
0,15–0,3	0,125–0,25	10

P1-2.8 Příprava formy

Zkušební forma se upraví pro výrobu zkušební tělesa tak, aby vnitřní povrch kovové formy byl pokryt separační vrstvou. Jako separační prostředek je použitelná taková hmota, která neovlivňuje tuhnutí cementu a která nezanechává jakékoliv zbytky, které by zabraňovaly

průniku vody a roztoku hydroxidu do zkušební tělesa během zkoušky. Požadavky na separační prostředek formy splňuje např. TFE – fluorocarbonová (registrovaná obchodní značka je teflon) páska.

P1-2.9 Složení malty

Pro přípravu zkušební malty se použije: 1 hmotnostní díl cementu a 2,25 hmotnostních dílů kameniva. Množství vysušeného materiálu, které má být zamícháno v jedné záměsi malty pro výrobu 3 (4) zkušebních těles, musí být 440 (489) g cementu a 990 (1100) g kameniva vyrobeného smícháním stanovených podílů zrnitosti podle článku 2.7 a tabulky č. 1. Pro záměs se musí použít voda v takovém množství, aby byl dodržen vodní součinitel 0,47.

P1-2.10 Míchání malty

Malta se míchá v souladu s požadavkem ČSN EN 196-1, čl. 6.

P1-2.11 Zhotovení zkušební tělesa

Zkušební těleso (maltový trámeček) se musí vyrobit v čase kratším než 2 min 15 s po dokončení namíchání záměsi malty. Forma se naplní ve dvou přibližně stejných vrstvách a každá vrstva se zhutní pěchováním. Malta se musí zhutnit zvláště pečlivě v rozích formy, okolo měřicích kontaktů a u povrchu formy tak, aby bylo dosaženo homogenity malty zkušební tělesa. Po zhutnění horní vrstvy se přebytek malty z formy seřízne a povrch se uhladí několika tahy hladítka.

P1-3. Zkušební postup

P1-3.1 Počáteční uložení a měření

Naplněná forma se bezprostředně po zhutnění malty umístí do vlhké komory, kde se udržuje teplota 20 ± 5 °C a relativní vlhkost ≥ 95 %. Zkušební tělesa musí zůstat ve formě po dobu 24 ± 2 hod. Po uplynutí této doby se tělesa vyjmou z formy a spolu s opatřením, které zabraňuje ztrátě vlhkosti, se identifikují. Pak se každé těleso umístí do skladovacího kontejneru naplněného pitnou vodou tak, aby bylo celé ponořeno ve vodě. Kontejner se uzavře a uloží se na 24 hodin do sušárny nebo vodní lázně s regulovanou teplotou 80 ± 2 °C.

P1-3.2 Nulové čtení

Po uplynutí 24 hodin se z kontejneru vyjme vždy jedno zkušební těleso, jeho povrch se osuší utěrkou a věnuje se zvýšená pozornost dvěma měřicím kovovým kontaktům. Po jeho vložení do měřicího zařízení se odečte co nejrychleji na měřidle délky jeho nulová hodnota. Proces osušení a měření zkušební tělesa je nutné vždy provést co nejrychleji, maximálně do 10 s od jeho vyjmutí z vody nebo z roztoku NaOH.

Před měřením každého zkušební tělesa musí být pro vynulování měřidla délky použit referenční délkový etalon, protože teplo z maltových trámečků může způsobit délkové změny a změny čtení na měřidle. Referenční délkový etalon nemusí být metrologicky navázán, neboť není důležité znát jeho přesnou absolutní délku, protože se používá pouze pro vynulování měřidla délky na vždy stejnou (avšak libovolnou) hodnotu. Délka referenčního etalonu se však během celé zkoušky nesmí měnit, a proto je důležité jeho bezpečné uložení v průběhu zkoušky tak, aby nemohlo dojít k jeho poškození, respektive ke změně jeho délky. Výraznější délková teplotní závislost etalonu je eliminována volbou vhodného kovu použitého na jeho výrobu.

P1-3.3 Následné uložení a měření

Po nulovém čtení se zkušební tělesa vyrobená ze stejného vzorku kameniva uloží do skladovacího kontejneru naplněného 1N roztokem NaOH tak, aby byly úplně ponořeny v roztoku. Kontejner se uzavře a vrátí do sušárny nebo vodní lázně s regulovanou teplotou (80 ± 2) °C. Následující měření zkušebních těles se provádí periodicky nejméně každé 2 dny po dobu 14 dní po nulovém čtení, a to přibližně ve stejný čas. Postup je stejný jako postup popsáný v 3.2. Po měření se zkušební těleso nechá ležet na utěrce a měří se další těleso a do kontejneru se vrátí všechna tři zkušební tělesa najednou, aby při měření nedošlo k poklesu teploty dosud nezměřených zkušebních těles.

Při každém měření se zaznamená rozdíl v délce zkušebního tělesa oproti etalonu a pro vynesení do grafu se z rozdílu vypočítá změna délky v % tak, že se rozdíl mezi nulovým čtením a zjištěnou skutečnou změnou (přírůstkem nebo úbytkem) délky zkušebního tělesa vydělí 250 (účinná délka zkušebního tělesa) a vynásobí 100.

P1-4. Vyjadřování výsledků

Výsledek zkoušky zkušebního tělesa se zjistí tak, že se po posledním měření rozdíl mezi nulovým čtením a skutečnou délkou zkušebního tělesa po 16 dnech zatěžování vydělí 250 (účinná délka zkušebního tělesa) a vynásobí 100. Z výsledků zkoušek tří zkušebních těles se vypočítá průměr, který se uvádí jako výsledek zkoušky zkušebního vzorku kameniva. Výsledky se uvádějí s přesností na 0,001 %.

P1-5. Protokol

Protokol o výsledku zkoušek musí uvádět a obsahovat:

- náležitosti dle požadavků ČSN EN ISO/IEC 17025;
- protokol o odběru vzorku s náležitostmi dle požadavků těchto TP;
- petrografický popis horniny a v případě, že se ve zdroji vyskytuje více hornin, upřesnění, ze které horniny byla vyrobena zkušební tělesa;
- tabulku s údaji o datu měření, laboratorní teplotě, relativní vlhkosti v laboratoři, změně délky jednotlivých zkušebních těles při každém měření v μm a v % a průměrnou změnu délky zkušebních těles;
- graf s údaji o změně délky od nulového čtení do ukončení zkoušky;
- informace týkající se přípravy vzorku (zda byl vzorek zdrobňován, jakým způsobem a kolika stupni drcení);
- případné informace týkající se zrnitosti kameniva (např. při nedodržení zrnitostní skladby);
- druh a zdroj portlandského cementu;
- objemovou stálost cementu a informativně obsah alkálií v cementu (dle údajů výrobce);
- významné změny zkušebních těles zjištěné při zkoušení (deformace, praskliny).

P1-6. Přesnost zkušební metody a systematická chyba

Mezilaboratorní přesnost byla stanovena z mezilaboratorního studia, které zahrnovalo 6 laboratoří, kdy každá laboratoř zkoušela 3 druhy kameniva se 3 druhy cementů. Pro hodnotu expanze větší než 0,015 % délky byla stanovena mezilaboratorní přesnost 9,55 %

délky. Výsledky zkoušek stejného vzorku kameniva provedených podle těchto TP ve dvou různých laboratořích se nesmí lišit o více než 27,0 % průměrné hodnoty expanze. Pokud je tento rozdíl vyšší, zkoušky se musí opakovat se zapojením třetí nezávislé laboratoře.

Doposud není akceptován referenční materiál pro eliminaci systematické chyby a nebyla k tomu zpracována zpráva.

Dodatek k příloze 1

P1-7. Rozsah

Tato příloha vychází z ASTM C 490-00a a obsahuje požadavky na zařízení a vybavení používané pro přípravu zkušebních těles a pro stanovení délkových změn zkušebních těles ze ztvrdlé cementové malty.

Způsoby přípravy a ošetřování zkušebních těles, podmínky pro zkoušení a ošetřování a podrobný způsob výpočtu a vypracování protokolu o výsledku zkoušky jsou obsaženy v popisech speciálních zkušebních metod.

P1-8. Názvosloví

Délková změna – zvětšení nebo zmenšení lineárního rozměru zkušební tělesa, měřené rovnoběžně s podélnou osou.

P1-9. Význam a použití

Tato metoda je určena pro zajištění normových požadavků na zařízení, které je společné mnoha zkouškám používaným pro zkoušení cementu a betonu a stanovuje způsoby jejich použití. Metoda předepisuje podrobně požadavky týkající se materiálů, směsí, vzorků, klimatizování zkušebních těles, jejich počtu a stáří, ve kterém má být měření provedeno, vč. interpretace výsledků. Přesnost a systematická chyba byly ponechány k projednání u jednotlivých normových zkušebních metod.

P1-10. Zařízení

Použité vážící zařízení musí mít váživost 5000 g, přesnost ± 1 g a musí mít platnou kalibraci od laboratoře akreditované u ČMI.

Odměrky vhodného objemu (dostatečně veliké pro měření záměsové vody pro namíchání cementové kaše a malty v jedné operaci) musí být schopny zajistit přesně požadovaný objem při 20 °C. Dovolená odchylka dělení pro objem 100–150 ml smí být 1 ml, pro objem 200–300 ml smí být 2 ml a pro větší dělení objemu smí být 0,5 % počítaného objemu. Uvedené dělení musí být dále rozděleno po 5 ml s následující výjimkou:

- rysky vyznačující objem mohou být vynechány pro objem do 15 ml u celkového objemu do 150 ml,
- rysky vyznačující objem do 25 ml u celkového objemu 250 ml,
- rysky vyznačující objem menší než 50 ml pro celkový objem 500 ml.

Hlavní dělicí rysky musí být delší než tři čtvrtiny obvodu odměrky a musí být očíslovány.

Forma – musí být jedno- nebo vícedílná (pro jeden až čtyři trámečky) a musí být zkonstruována např. tak, jak je uvedeno na obr. 2 ASTM C 490-00a. Při jiné obdobné

konstrukci musí být splněny podmínky vnitřních rozměrů. Formy pro zkušební tělesa použité pro zjišťování délkových změn malty musí zajistit rozměry trámečků 25 mm × 25 mm × 285 mm s nominální měrnou délkou 250 mm.

Za minimální měrnou délku musí být považovaná délka mezi vnitřními konci měřicích trnů. Díly formy musí být těsné a po sestavení pevně držet pohromadě a jejich povrch musí být hladký a bez pórů. Forma musí být zhotovena z oceli nebo podobného materiálu, který nekoroduje vlivem cementové malty. Boky formy musí být dostatečně tuhé, aby se zabránilo roztahování a deformacím. Tolerance rozměru A pro formu podle obr. 2 ASTM C 490-00a je 0,7 mm.

Každá koncová destička formy musí být vybavena tak, aby udržela ve správné poloze během tvrdnutí měřicí trn, jak je uvedeno na obr. 2 výše uvedené normy. Měřicí trny musí být zhotoveny z antikorové oceli nebo jiných antikorových kovů podobné tvrdosti typu 316 (AISI). Měřicí trny z materiálu INVAR nebo podobných kovů musí být použity při zkoušení vzorků, které jsou zkoušeny v širokém rozsahu teplot. Aby se zbránilo změně polohy měřicích trnů před odformováním zkušební vzorku, zařízení, které drží měřicí body v poloze, musí být upraveno tak, pokud je to nutné, aby bylo možno ho částečně nebo úplně uvolnit po ztuhnutí cementové pasty nebo malty ve formě. Měřicí trny musí být umístěny tak, aby jejich hlavní (podélná) osa byla rovnoběžná s hlavní (podélnou) osou zkušební tělesa.

Pro formu, která je uvedena na obr. 2 výše uvedené normy, musí měřicí trny prodloužit vzorek o $17,5 \pm 0,5$ mm a vzdálenost mezi vnitřními konci měřicích trnů musí být $250 \pm 2,5$ mm a délka 250 mm musí být považována za měrnou délku pro výpočet délkových změn – nominální délka G.

Měřidlo délky – pro stanovení délkových změn vzorku musí být navrženo přizpůsobení velikosti použitého měřidla a zajištěna nebo umožněna absolutní možnost kontaktu s měřicím trnem a vhodné a rychlé odečtení hodnot při srovnávacím čtení (poznámka 1).

Měřicí zařízení pro stanovení délkových změn zkušebních těles zhotovených ve formách podle obr. 2 musí zajistit kruhový mikrometr nebo jiné měřicí zařízení s dělením čtení 0,001 mm nebo 0,002 mm s přesností 0,002 mm v oblasti 0,020 mm a s přesností 0,004 mm v oblasti 0,200 mm a dostatečný rozsah (nejméně 8 mm), který dovolí variace v měření skutečných délek různých vzorků. Koncovka mikrometru musí být hladká, leštěná a tepelně zpracovaná. Musí být vybavena kalíškem, držným v požadované poloze sadou šroubků. Kalíšek musí přesahovat koncovku o $1,5 \pm 0,1$ mm za čelo koncovky a musí mít vnitřní průměr o 0,5 mm větší, než je střední průměr měřicích trnů.

Konstrukce musí umožnit kontrolu měřicího zařízení referenčním srovnávacím etalonem (kalibrem) v pravidelných intervalech. Referenční srovnávací etalon (kalibr) musí mít vnější délku $300 \pm 1,5$ mm. Referenční srovnávací etalon (kalibr) musí být z ocelové slitiny, která má koeficient tepelné roztažnosti ne větší než dvě miliontiny na 1 °C. Každý konec musí být upraven do stejného tvaru jako konec měřicího trnu a musí být tepelně zpracován, zakalen a vyleštěn. Střední část v délce 100 mm referenčního srovnávacího etalonu (kalibru) musí být zakryta gumovou trubkou se stěnou nejméně 3 mm silnou, aby se minimalizoval vliv teplotních změn v průběhu měření. Referenční srovnávací etalon (kalibr) musí být na jednom z konců označen poziční značkou (vrch).

P1-11. Provedení a postup

Příprava formy – před hutněním malty ze vzorku kameniva je nutno utěsnit vnější spoje formy, hrany a dotykové plochy mikrokrystalickým voskem. Vnitřní plochu formy je nutno opatřit slabým filmem ze separačního materiálu, který po odformování neulpí na maltovém tělese. Po této operaci se vloží měřicí trny tak, aby nebyly znečištěny.

Použití referenčního srovnávacího etalonu (kalibru) – referenční srovnávací etalon (kalibr) se umístí do měřicího zařízení vždy ve stejné poloze jako při srovnávacím měření. Zkontroluje se nastavení kruhové stupnice měřicího zařízení na nulové čtení za použití referenčního srovnávacího etalonu (kalibru) po každém odečtu na zkušebním maltovém tělese.

Odečítání hodnoty měření – v měřicím zařízení se pomalu otáčí zkušebním tělesem, přičemž se odečítá měřená hodnota. Zaznamenaná se minimální hodnota měření v případě, že otáčení trámce v měřidle způsobuje změnu čtení hodnoty. Vzorek se do měřicího zařízení umístí vždy stejným koncem při každém měření.

Odečítání měření vlhkého zkušební tělesa (uloženého ve vodě nebo zkušebním roztoku). Vyčistí se otvor v základně měřicího zařízení, do kterého se zasunuje spodní měřicí trn měřeného trámečku (tento otvor je obvykle znečištěn vodou a pískem a musí být vyčištěn po každém měření). Odečte se a zaznamenaná hodnota indikátoru délky referenčního srovnávacího etalonu (kalibru). Vyjme se jeden z ponořených zkušebních trámečků, osuší se povrch měřicího trnu, vloží se do měřicího zařízení, odečte se a zaznamenaná naměřená hodnota. Změřený trámeček se opět vloží do roztoku, vyčistí se otvor v základně měřicího zařízení. Zkontroluje se nulové čtení měřidla při vloženém referenčním srovnávacím etalonu (kalibru). Vyjme se druhý trámeček a měření se provede stejným způsobem. Druhý trámeček se vrátí do roztoku, zaznamenaná měření a opět se vyčistí spodní otvor. Dále se pokračuje stejným způsobem u všech ostatních trámečků až do dokončení měření. Po odečtení hodnoty posledního trámečku se vyčistí spodní otvor. Odečtou se a zaznamenají hodnoty referenčního srovnávacího etalonu (kalibru). Měřicí trn se osuší pouze na vrcholu (poznámka 1).

Poznámka 1: Důvodem k minimálnímu osušování hrotů a neosušování trámečků je snaha omezit nebo se zcela vyhnout osychání a zmenšování rozměrů trámečků. Bylo pozorováno, že jestliže jsou měřicí hroty osušeny, trámeček umístěn do měřicího zařízení a odečtena hodnota délky trámečku a když pak byl trámeček opatrně osušen suchou textilií, výrazně zmenšil měřenou hodnotu. Proto musí být osušování minimalizováno.

P1-12. Výpočet změny délky

Výpočet změny délky při jakémkoliv stáří zkušební tělesa je následující:

$$L = \frac{(L_x - L_i)}{G} \cdot 100$$

L – změna délky v % bez ohledu stáří;

L_x – čtení hodnoty vzorku minus čtení referenčního srovnávacího etalonu (kalibru) bez ohledu na stáří vzorku v mm při použití formy;

L_i – počáteční měření vzorku minus čtení referenčního srovnávacího etalonu (kalibru) v milimetrech podle druhu použité formy;

G – nominální měřená délka, v případě použití zařízení podle obr. 2 výše uvedené normy je tato délka 250 mm.

Vypočítá se zvlášť hodnota délkové změny každého zkušebního tělesa se zaokrouhlením na nejbližších 0,001 % délky. Hodnota L se udává jako průměr ze tří těles zaokrouhlený na nejbližších 0,001 % délky.

P1-13. Teplota, vlhkost a čas

Prostor pro zhotovení vzorku: teplota tohoto prostoru a teplota materiálů musí být udržována mezi 20–27,5 °C. Relativní vlhkost nesmí být nižší než 50 %. Teplota záměsové vody nesmí mít jinou hodnotu než $23 \pm 1,7$ °C.

Zařízení pro vlhké skladování – teplota a vlhkost vzduchu ve vlhké komoře musí splňovat požadavky ČSN EN 1015-11, čl. 7.3.

Čas – čtení hodnot na zařízení musí být provedeno ve specifikovaném čase 10 ± 2 s od vyjmutí zkušebního tělesa z lázně, a to při stáří 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 (atd.) dnů (vždy max. po 2 dnech) od data zhotovení zkušebních těles. Všechny časové intervaly (čtení) musí být dodrženy ve stanoveném rozmezí.

Příloha 2 Výroba zkušebních těles podle ČSN 72 1179

Provádí se podle ČSN 72 1179 a následujícího doplňku chybějících pokynů v ČSN 72 1179 ve smyslu Report of RILEM TC 106 - AAR: ALKALI - AGGREGATE REACTION – metoda B-TC 106-3 – Detection of potential alkali-reactivity of aggregates-Method for aggregate combinations using concrete prisms (vyšlo v Materials and Structures, Vol. 33, June 2000, pp 283–293) :

- a) Pro trámečkovou zkoušku dle 6.2 a) (podle ČSN 72 1179) je nutno použít portlandský cement CEM I 42,5 s celkovým obsahem alkálií 0,9–1,2 % Na₂O eq. Skutečný obsah alkálií v cementu použitém ke zkoušce musí být doložen protokolem o stanovení alkálií v cementu dle ČSN EN 196-2. Aby se zvýšil obsah alkálií v pojivu malty na hodnotu 1,25 ± 0,05 % Na₂O eq. nutnou pro správný průběh zkoušky, musí být Na₂O eq. doplněn ve formě NaOH do záměsové vody při výrobě malty pro trámečky.
- b) Výpočet pro stanovení množství NaOH (hydroxidu sodného) přidávaného do záměsové vody ke zvýšení obsahu alkálií v pojivu z 1% na 1,25% Na₂O eq. se provádí podle následujícího příkladu (údaje na 1m³ malty):

Obsah cementu na 1m ³ malty trámečků	= 440 kg/m ³
Obsah alkálií v maltě = 440 × 0,01	= 4,4 kg/m ³
TP 137 stanovený obsah alkálií v cementu = 440 × 0,0125	= 5,5 kg
Musí být doplněno na 1 m ³ = 5,5 – 4,4	= 1,1 kg Na ₂ O eq.
Přepočítávací faktor z oxidu sodného na hydroxid sodný	= 1,291
Požadované množství hydroxidu sodného pro doplnění	= 1,420 kg/m ³

(údaje na záměs 2100 g malty pro 3 trámečky):

Obsah alkálií ve zkušebním cementu stanovený dle ČSN EN 196-2	= 1,0 %
Obsah cementu na 2100g malty pro trámečky	= 600,0 g
Obsah alkálií v dávce cementu pro 3 trámečky = 600 × 0,01	= 6,0 g
Požadovaný obsah alkálií ve zkušebním cementu = 600 × 0,0125	= 7,5 g
Musí být doplněno 7,5 g – 6 g	= 1,5 g Na ₂ O eq.
Přepočítávací faktor z oxidu sodného na hydroxid sodný	= 1,291
Požadovaný doplněk hydroxidu sodného pro doplnění alkálií v 600 g zkušebního cementu do malty pro 3 trámečky přidaného do záměsové vody = 1,5 × 1,291	= <u>1,93 g</u>

Požadované množství hydroxidu sodného pro doplnění alkálií v 600 g cementu (s obsahem v cementu 1 % Na₂O eq.) do malty na zhotovení tří trámečků, přidaného do záměsové vody normové malty dle ČSN 72 1179, část b) = 1,93 g.

Příloha 3 Informativní příloha k prováděnému výzkumu a dosavadní zkušenosti

P3-1. Předběžné orientační rozdělení hornin podle rizikovosti

Podle dosavadních poznatků zjištěných ověřování hornin pro výrobu kameniva do betonu v ČR je možno provést předběžné orientační rozdělení některých hornin takto:

Rizikovost hornin	Skupina hornin	Petrografický druh	
Nízká	Magmatické	žula, granodiorit, gabro, čedič, melafyr, diabas, spilit, znělec	
	Sedimentární	- zpevněné - nezpevněné	vápence bez přítomností rohovců, písek, štěrkopísek (dle oblasti výskytu)
	Metamorfované		granulit, amfibolit, hadec, krystalický vápenec
Střední	Magmatické		ryolit, porfyr, porfyrít, melafyr s mandlovcí
	Sedimentární	- zpevněné - nezpevněné	droba, slepencové droby písek, štěrkopísek (dle oblasti výskytu)
	Metamorfované		pararula, ortorula, rohovec, metadroba, metamorfované prachovce, prachovcové břidlice
Vysoká	Magmatické		ryolit, porfyr, porfyrít, vulkanické sklo, sopečný tuf
	Sedimentární	- zpevněné - nezpevněné	droba, vápenec s rohovcem písek, štěrkopísek (dle oblasti výskytu)
	Metamorfované		rohovec, metadroba, křemenec, buližník

Aby drobné nebo hrubé kamenivo mohlo být považováno za odolné proti alkalické reakci, musí podle zahraničních pramenů obsahovat nejméně 95% odolných hornin nebo minerálů uvedených v tabulce viz výše (s minimální rizikovostí) a nesmí být znečištěno jakýmkoliv množstvím opálu, tridymitu, sopečného skla nebo cristobalitu, nebo neobsahuje celkem více než 2 % hmotnostní křemitého rohovce, pazourku nebo chalcedonu.

Za maximálně rizikové horniny se dále považují i ty, u kterých jsou prokazatelně doloženy negativní zkušenosti z hlediska alkalické reakce v betonu v destrukcích konkrétních staveb s jasnou identifikací použitého kameniva.

Z umělého kameniva se za odolnou (minimálně rizikovou) považuje expandovaná vysokopecní struska a vzduchem ochlazená vysokopecní struska.

Podle zahraničních zkušeností se nesmí používat kamenivo s obsahem křemene pocházející z křemence nebo obsahující více než 30 % hmotnostních velmi deformovaného křemene, který má průměrný úhel undulózniho zhášení větší než 25. Rozhodujícím je však výsledek zkoušek kameniva uvedený v tabulce č. 2.

P3-2. Kritérium pro obsah alkálií v betonu

Pokud není možno pro stavbu dopředu určit a zajistit max. obsah alkálií v cementu a tím ani v betonu dle čl. 5.a), 5.b), je nutno ve fázi průkazní zkoušky betonu prokázat, že hodnota obsahu alkálií v betonu vyhoví jednomu ze vztahů (toto kritérium se používá podle příkladů uvedených v čl. P3-3 těchto TP 137):

$$T_m < \frac{3,5^{*})}{1 + 2V_c} \quad [\text{kg/m}^3],$$

$$T_{\max} < 3,5^{*}) \quad [\text{kg/m}^3],$$

*) limit obsahu Na₂O eq. na 1 m³, podle 5.a), 5.b) a tabulky č. 3 (2,5 nebo 3,5 nebo 4,5 kg/m³).

kde: T_m je průměrná hodnota obsahu všech alkálií vnesených do betonu jeho složkami (viz čl. 5.c),

T_{\max} je maximální obsah všech alkálií vnesených do betonu jeho složkami (pro obsah alkálií v cementu se použije max. hodnota ze statistického souboru),

V_c je variační koeficient souboru nejméně 8 po sobě jdoucích hodnot obsahu alkálií v použitém a pro stavbu navrhovaném cementu, kde jedna hodnota reprezentuje výrobu za období 3 týdnů nebo delší, použije se soubor ze statistického přehledu výsledků zkoušek expedičních vzorků cementů prováděných výrobcem cementu reprezentujícího období před zahájením průkazních zkoušek – PZ (zahájení PZ = datum doručení zadání PZ do laboratoře). Pokud v období 3 nebo více týdnů bylo provedeno více stanovení obsahu alkálií, vybere se hodnota nejvyšší.

Tato podmínka se musí ve formě číslovaného dodatku ke zprávě o průkazních zkouškách kontrolovat podle aktuálních již předem nezprůměrovaných hodnot obsahu alkálií v používaném cementu. Dodatek s vyhodnocením vypracovává autor průkazní zkoušky min. 1x ročně nebo dle smlouvy častěji a zasílá ho objednateli PZ a příslušné správě nebo záводу ŘSD ČR, případně předkládá AO pro beton při dohledech. PZ i jejich dodatky musí obsahovat údaje o použitých hodnotách obsahu alkálií (datum analýzy, jaké období hodnota reprezentuje, metoda měření atd.) a jejich identifikaci u výrobce cementu.

P3-3. Příklady pro výpočet obsahu alkálií dle P3-2

Jako příklad lze uvést, že výše uvedený vzorec vede k následujícím hodnotám, když jsou statistické údaje o obsahu alkálií k dispozici:

V_c	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04
T_{\max}	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
T_m	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2

Uplatnění výše uvedeného vztahu je možno ilustrovat na dvou následujících případech.

P3-3.1 Příklad č. 1 uvažuje toto složení 1 m³ betonu:

Beton vyrobený z kameniva s nízkou rizikovostí určený do prostředí E3.

Složení betonu:

Složka betonu	Obsah [kg/m ³]
cement	410
přísada č. 1	3
přísada č. 2	0,5
voda	177

Obsah alkálií ve složkách betonu:

Složka betonu	Průměrný obsah alkálií [%]	Maximální obsah alkálií [%]	Variační koeficient	Poznámka
cement	0,76	0,80	0,06	hodnoty ze statistického přehledu výrobce cementu za období 6 měsíců
přísada č. 1	není k dispozici	1,5	není k dispozici	hodnoty deklarované výrobcem přísady
přísada č. 2	není k dispozici	0,4	není k dispozici	
voda	není k dispozici	0,00005	není k dispozici	

Výpočet kritéria T_m

Složka betonu	Výpočet	Obsah alkálií [kg/m ³]
cement	410 × 0,76 %	3,116
přísada č. 1	3 × 1,5 %	0,0450
přísada č. 2	0,5 × 0,4 %	0,002
voda	177 × 0,00005 %	0,0001
T_m celkem		3,163

Poznámka: Vzhledem k absenci průměrných hodnot obsahu alkálií v přísadách a záměsové vodě byly k výpočtu T_m použity hodnoty maxim.

Maximální hodnota kritéria T_m pro dané prostředí (E3), nízkou rizikovost kameniva a variační koeficient obsahu alkálií v cementu je 3,125 kg/m³.

Výpočet kritéria T_{max}

Složka betonu	Výpočet	Obsah alkálií [kg/m ³]
cement	410 × 0,80 %	3,280
přísada č. 1	3 × 1,5 %	0,0450
přísada č. 2	0,5 × 0,4 %	0,002
voda	177 × 0,00005 %	0,0001
T_{max} celkem		3,328

Maximální hodnota kritéria T_{max} pro dané prostředí (E3) a nízkou rizikovost kameniva je 3,5 kg/m³.

Závěr: Složky i receptura betonu plní požadavky TP 137 pro použití v prostředí E3.

Odůvodnění: Kritérium T_{max} je menší než maximální hodnota povolená pro dané prostředí a rizikovost kameniva.

P3-3.2 Příklad č. 2 uvažuje toto složení 1 m³ betonu:

Beton vyrobený z kameniva se střední rizikovostí určený do prostředí E3.

Složení betonu:

Složka betonu	Obsah [kg/m ³]
cement	300
příísada č. 1	2
voda	160

Obsah alkálií ve složkách betonu:

Složka betonu	Průměrný obsah alkálií [%]	Maximální obsah alkálií [%]	Variační koeficient	Poznámka
cement	0,70	0,80	0,08	hodnoty ze statistického přehledu výrobce cementu za období 6 měsíců
příísada č. 1	není k dispozici	1,5	není k dispozici	hodnoty deklarované výrobcem příísady
voda	není k dispozici	0,00005	není k dispozici	

Výpočet kritéria T_m

Složka betonu	Výpočet	Obsah alkálií [kg/m ³]
cement	$300 \times 0,70 \%$	2,1000
příísada č. 1	$2 \times 1,5 \%$	0,0300
voda	$160 \times 0,00005 \%$	0,0001
T_m celkem		2,131

Poznámka: Vzhledem k absenci průměrných hodnot obsahu alkálií v příísadách a záměsové vodě byly k výpočtu T_m použity hodnoty maxim.

Maximální hodnota kritéria T_m pro dané prostředí (E3), střední rizikovost kameniva a variační koeficient obsahu alkálií v cementu je 2,155 kg/m³.

Výpočet kritéria T_{max}

Složka betonu	Výpočet	Obsah alkálií [kg/m ³]
cement	$300 \times 0,80 \%$	2,400
příísada č. 1	$2 \times 1,5 \%$	0,030
voda	$160 \times 0,00005 \%$	0,0001
T_{max} celkem		2,431

Maximální hodnota kritéria T_{max} pro dané prostředí (E3) a střední rizikovost kameniva je 2,5 kg/m³.

Závěr: Složky i receptura betonu plní požadavky TP 137 pro použití v prostředí E3.

Odůvodnění: Hodnoty T_m i T_{max} jsou menší než kritérium odpovídající dané maximální hodnotě a příslušného variačního koeficientu.

P3-4. Přehled výsledků zkoušek přírodního kameniva za období 2001–2009:

Výsledky stanovení reaktivnosti kameniva s alkáliemi chemickou zkouškou (hodnoty S, R v mmol/l) a výsledky prodloužení zkušebních trámeček (v % délky). Tučně jsou v tabulce vyznačeny extrémní hodnoty.

Dosavadní max. limit	–	50	–	0,200	0,100
Skupina hornin podle vzniku	Petrografický druh horniny	S	R	ASTM	ČSN po 6 měsících
		mmol/l	mmol/l	% délky	% délky
Magmatické	žula – diorit	3–34	20–281	0,012–0,145	0,005–0,076
	čedič	2–50	62–411	0,000–0,076	-0,003–0,040
	melafyr	4–37	95–219	0,023–0,179	-0,003–0,043
	diabas	4–12	56–120	0,070–0,200	0,011–0,027
	spilit	1– 75	35–155	0,008– 0,381	0,005–0,089
	porfýr	3–32	38–143	0,056– 0,245	0,008– 0,150
	znělec	9–10	82–93	0,004–0,006	0,006–0,010
Sedimentární – zpevněné	droba	6– 69	12–189	0,046– 0,419	0,004– 0,189
	slepenec (droba) červený pískovec	16–49	23–188	0,049– 0,322	0,007–0,096
Sedimentární – nezpevněné	šterkopísky	4– 180	17–468	0,010– 0,312	0,003–0,043
Metamorfované	rula	5–49	23–188	0 005– 0,307	0,007–0,078
	rohovec metadroba	4– 61	42–160	0,071– 0,465	0,009– 0,162
	amfibolit	1–46	10–240	0,000–0,149	0,003–0,046
	hadec	2–11	233–237	0,023–0,026	0,017–0,019
Uhličitanové	dolomit	0–9	292–439	0,004–0,012	-0,003–0,036 UT 0,000 – rozpad
	organogenní vápenec	1–22	18–208	0,004–0,028	0,006–0,023 UT 0,100–0,490
	organogenní vápenec s rohovci	4– 71	92–228	0,015– 0,336	0,028– 0,285 UT 0,310 – rozpad

Poznámka: Vysoké hodnoty naměřených parametrů v tabulce jsou vyznačeny tučně.

UT uhličitanové trámečky podle ČSN 72 1160 (UT max. limit prodloužení 0,5 % délky)

Počet vzorků - drceného kameniva (mimo uhličitanového) – **674**

- těžného kameniva (nezpevněné sedimenty) – **406**

- drceného uhličitanového kameniva – **30**

- **celkem 1110 zkoušek přírodního kameniva**

TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 137 Vyloučení alkalické reakce kameniva v betonu na stavbách pozemních komunikací

Schválilo:	Ministerstvo dopravy
Zpracovatel:	Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D. (Kloknerův ústav ČVUT) Ing. Daniel Dobiáš, Ph.D. (Kloknerův ústav ČVUT) Ing. Radka Pernicová, Ph.D. (Kloknerův ústav ČVUT)
Vydání:	čtvrté
Počet stran:	26
Tech. redakční rada:	Ing. Jaroslav Novák (Ministerstvo dopravy) Ing. Marie Birnbaumová (Ředitelství silnic a dálnic) Ing. Jiří Klepáč (Ředitelství silnic a dálnic) Ing. Miroslav Hörbe st. (Zkušebna kamene a kameniva, s.r.o.) Ing. Tomáš Táborský (Výzkumný ústav maltovin Praha, s.r.o.) Ing. Zdeněk Nevošád, CSc. (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.) Ing. Jaroslava Škarková (Dálniční stavby Praha, a.s.) RNDr. Václav Blížkovský (Českomoravský beton, a. s.)
Zástupce koordinátora:	Ing. Josef Stryk, Ph.D. (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)