

北京市工程建设标准

预防混凝土结构工程碱集料反应规程

Specification for Preventing Alkali Aggregate Reaction of Concrete Construction

编 号:DBJ 01-95-2005

备案号:J10552-2005

主编部门:北京市城建科技促进会
北京市建筑工程研究院
北京市市政工程研究院
北京市建筑材料科学研究院

批准部门:北京市建设委员会

施行日期:2005 年 8 月 1 日

2005 北 京

关于发布北京市标准 《预防混凝土结构工程碱集料反应规程》的通知

京建科教〔2005〕583号

各区、县建委，各局、总公司，各有关单位：

根据北京市建委京建科教〔2003〕261号文件的要求，由北京城建科技促进会等单位主编的《预防混凝土结构工程碱集料反应规程》已经有关部门审查通过。现批准该规程为北京市工程建设标准，编号为 DBJ 01—95—2005，建设部备案号为 J10552—2005，自 2005 年 8 月 1 日起执行。其中第 4.2.2、4.2.3、6.0.2 条为强制性条文，必须严格执行。原《预防混凝土工程碱集料反应技术管理规定（试行）》（京 TY5—99）同时废止。

该标准由北京市建设委员会负责管理、委托由北京城建科技促进会负责解释工作，北京城建科技促进会负责组织印刷、出版工作。

北京市建设委员会
二〇〇五年六月十五日

**关于同意北京市工程建设标准
《预防混凝土结构工程碱集料反应规程》
有关强制性条文及其备案的函**

建标标备便〔2005〕41号

北京市建设委员会

北京市建设委员会：

你委科教处《关于北京市工程建设标准〈预防混凝土结构工程碱集料反应规程〉申请备案的函》（京建科标备便〔2005〕3号）收悉。经研究，其中第4.2.1、4.2.2、4.2.3、6.0.2条按附件要求修改后，可作为强制性条文；第4.3.1、4.3.2条不宜作为强制性条文。

在强制性条文经修改后，同意该标准作为“中华人民共和国工程建设地方标准”备案，其备案号为J10552—2005。

该标准的备案公告，将刊登在近期出版的《工程建设标准化》刊物上。

建设部标准定额司
二〇〇五年五月八日

目 次

1	总则	1
2	术语及引用标准	2
2.1	术语	2
2.2	引用标准	3
3	集料碱活性试验方法及分类	4
4	一般规定	5
4.1	工程分类	5
4.2	预防措施	5
4.3	矿物掺合料抑制措施	6
5	混凝土原材料碱含量检验及计算	7
5.1	混凝土原材料碱含量检验	7
5.2	矿物掺合料有效碱含量计算	7
5.3	混凝土碱含量计算	7
6	混凝土原材料检验	9
附录 A	快速砂浆棒法	10
条文说明		13
附加说明		21

第1章 总 则

1.0.1 为了预防混凝土结构工程碱集料反应，保证混凝土结构工程的正常寿命，保障工程安全，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于北京地区的混凝土结构工程中碱集料反应的预防。

1.0.3 预防混凝土结构工程碱集料反应除应符合本规程外，尚应符合国家及北京市现行有关标准。

www.docin.com

2 术语及引用标准

2.1 术 语

2.1.1 混凝土碱集料反应：混凝土中的水泥、外加剂、矿物掺合料和拌和水中的可溶性碱（钾、钠）溶于混凝土孔隙液中，与骨料中能与碱反应的活性成分在混凝土硬化后逐渐发生的一种使混凝土产生内应力，易导致混凝土工程膨胀开裂等危害的化学反应。

2.1.2 碱硅酸反应：混凝土中的碱与集料中含活性二氧化硅类矿物之间的一种化学反应。该反应的生成物碱硅凝胶吸水膨胀，可导致混凝土结构损坏。

2.1.3 碱碳酸盐反应：混凝土集料中，某些泥质白云质微晶灰岩或泥质白云岩，遇碱发生去白云石化反应。反应生成物为水镁石、碳酸钙和碳酸碱，其中水镁石在有限空间内晶格重新排列可导致混凝土结构损坏。

2.1.4 混凝土碱含量：在胶凝材料水化过程中，水泥、矿物掺合料、外加剂和拌合水游离出的碱量。以等当量 Na_2O 计（即 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} = \text{Na}_2\text{O} + 0.658 \times \text{K}_2\text{O}$ ），单位为 kg/m^3 。

2.1.5 矿物掺合料的有效碱含量：矿物掺合料中能参与碱集料反应的碱量。

2.1.6 混凝土外加剂：掺入混凝土用以改善混凝土性能的物质。掺量一般不大于胶凝材料质量的 5%。

2.1.7 混凝土矿物掺合料：掺入混凝土拌和物中代替部分水泥并改善混凝土性能的活性粉状矿物材料。常用的矿物掺合料有：粉煤灰、高炉矿渣粉、硅灰、沸石粉等，一般用量大于胶凝材料质量的 5%。

2.2 引用标准

- 《建筑用砂》GB/T14684—2001
- 《建筑用卵石、碎石》GB/T14685—2001
- 《外加剂分类、命名与定义》GB8075—87
- 《混凝土外加剂》GB8076—1997
- 《水泥化学分析方法》GB/T176—1996
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB1596—91
- 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》
GB/T18046—2000
- 《地下工程防水技术规范》GB50108—2001
- 《普通混凝土用砂质量标准及检测方法》JGJ52—92
- 《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检测方法》
JGJ53—92
- 《天然沸石粉在混凝土与砂浆中应用技术规程》
JGJ/T—112—97
- 《混凝土拌合用水》JGJ63—89
- 《水工混凝土砂石骨料试验规程》DL/T5151—2001
- 《混凝土碱含量限值标准》CECS53：93
- 《砂、石碱活性快速试验方法》CECS48：93
- 《混凝土矿物掺合料应用技术规程》DBJ/T01—64—2002
- 《混凝土棱柱体法》加拿大 CSAA23.2—14A
- 《碱硅酸反应快速砂浆棒法》美国 ASTM C1260—2001
- 《碱硅酸反应混凝土棱柱体法》美国 ASTM C1293—2001

3 集料碱活性试验方法及分类

3.0.1 本规程采用快速砂浆棒法对混凝土用集料碱活性进行检测，基体试验方法参见附录 A。

3.0.2 分类：本规程对于集料碱活性按碱硅酸反应进行分类。根据其膨胀率分为 4 类：

1. 非碱活性集料：膨胀率 $< 0.04\%$
2. 低碱活性集料： $0.04\% \leq \text{膨胀率} < 0.10\%$
3. 碱活性集料： $0.10\% \leq \text{膨胀率} < 0.20\%$
4. 高碱活性集料：膨胀率 $\geq 0.20\%$

www.docin.com

4 一般规定

4.1 工程分类

4.1.1 混凝土结构工程按所处环境分为三类：

I类工程：处于干燥环境，不直接接触水、相对湿度长期低于80%的工业与民用建筑工程。如居室、办公室、处于非潮湿条件下的工业厂房、仓库等建筑。

II类工程：处于潮湿环境或干湿交替环境，直接与水或潮湿土壤接触的混凝土工程。如水处理工程、水坝、水池、桥墩、护坡；混凝土道路、桥梁、飞机跑道、铁道轨枕；地铁工程、隧道、地下构筑物；建筑物桩基础、底板、地下室等。

III类工程：有外部碱源，并处于潮湿环境的混凝土结构工程。如处于高含盐碱地区的混凝土工程、接触化冰雪盐的城市混凝土道路、桥梁、下水管道，以及处于盐碱化学工业污染范围内的工程。

4.2 预防措施

4.2.1 I类工程可不采取预防碱集料反应措施，但混凝土结构外露部分需采取有效防水措施，如采用防水涂料、面砖等，确保雨水不渗进混凝土结构，否则需采取II类工程的预防措施。

4.2.2 II类工程混凝土碱含量不得超过 $5\text{kg}/\text{m}^3$ ，且不得采用具有高碱活性的集料配制混凝土。II类工程应采取下列措施预防碱集料反应。

1. 用非碱活性集料配制混凝土，对混凝土碱含量无须进行控制。

2. 用低碱活性集料配制混凝土时，混凝土碱含量控制在 $3\text{kg}/\text{m}^3$ 以内，或混凝土碱含量控制在 $5\text{kg}/\text{m}^3$ 以内，同时采取第4.3节规定的掺加矿物掺合料抑制措施。

3. 用碱活性集料配制混凝土，混凝土碱含量应控制在 $3\text{kg}/\text{m}^3$ 以内，并应同时采取第 4.3 节规定的矿物掺合料抑制措施。

4.2.3 III 类工程除采取 II 类工程的措施外，还要采取混凝土隔离措施，防止环境中盐碱渗入混凝土结构。否则必须使用非碱活性集料或用低碱活性集料，并控制混凝土碱含量在 $3\text{kg}/\text{m}^3$ 以内，同时按第 4.3 节规定的加矿物掺合料抑制措施配制混凝土。

4.3 矿物掺合料抑制措施

4.3.1 采用矿物掺合料抑制措施时，各种矿物掺合料需符合相关标准，粉煤灰需使用符合 I 级或 II 级粉煤灰，且氧化钙含量 $\leq 8\%$ ，游离氧化钙含量 $\leq 1\%$ ；粒化高炉矿渣粉的比表面积不小于 $400\text{m}^2/\text{kg}$ ，活性指数 7 天 $\geq 75\%$ ，28 天 $\geq 95\%$ ；沸石粉的胶沙需水量比不大于 120% ，吸铵值 $\geq 100\text{mmol}/100\text{g}$ ，硅灰中 SiO_2 含量应不小于 85% 。

4.3.2 采用矿物掺合料抑制措施时，粉煤灰或沸石粉需取代水泥 20% 以上，或高炉矿渣粉取代水泥 50% 以上，或硅灰取代水泥 10% 以上，同时控制混凝土碱含量。

4.3.3 复合掺合料抑制碱硅酸反应的最低取代水泥量，以粉煤灰抑制效应为基准进行折算。折算公式为：

$$\text{复合掺合料的最低取代水泥量} = \frac{\text{粉煤灰的最低水泥取代量 (即 } 20\%)}{\text{等效折算系数}}$$

等效折算系数即抑制效果相同时复合掺合料相当于粉煤灰的百分数，其计算式如下：

等效折算系数 $= \Sigma (\text{复合掺合料中某组分的组成百分数} \times \text{该组分的抑制效应相当于粉煤灰的倍数})$

其中，某组分的抑制效应相当于粉煤灰的倍数为：

对于粉煤灰或沸石粉， $20\%/20\% = 1$ ；对于高炉矿渣粉， $20\%/50\% = 0.4$ ；对于硅灰， $20\%/10\% = 2$ 。

5 混凝土原材料碱含量检验及计算

5.1 混凝土原材料碱含量检验

5.1.1 水泥、矿物掺合料按《水泥化学分析方法》GB/T176 检验其碱含量。

5.1.2 外加剂按《混凝土外加剂》GB1076 附录 D 的方法检测碱含量。

5.2 矿物掺合料有效碱含量计算

矿物掺合料有效碱含量可按下式计算

$$E_k = \beta \times R_k$$

式中：

E_k ——矿物掺合料的有效碱含量；

β ——矿物掺合料有效碱含量计算系数；

R_k ——矿物掺合料碱含量

β 值可根据掺合料的种类，由下表确定。

掺合料种类	粉煤灰	粒化高炉矿渣粉	硅灰	沸石粉	复合掺合料
β (%)	15	50	50	15	β_0

注：粉煤灰与沸石粉复合时， β_0 按照 15% 计算；

粒化高炉矿渣粉与硅灰复合时， β_0 按照 50% 计算；

其它两种或两种以上材料复合时， β_0 按照 50% 计算。

5.3 混凝土碱含量计算

每立方混凝土的碱含量可以由下式计算：

$$A_c = m_c \times R_c + m_a \times R_a + m_k \times E_k + m_w \times R_w$$

式中： A_c ——每 m^3 混凝土的碱含量 (kg)；

m_c ——每 m^3 混凝土中水泥用量 (kg)；

R_c ——水泥碱含量；

m_a ——每 m^3 混凝土中外加剂用量 (kg);

R_a ——外加剂碱含量;

m_k ——每 m^3 混凝土中掺合料用量 (kg);

E_k ——掺合料有效碱含量;

m_w ——每 m^3 混凝土拌和水用量 (kg);

R_w ——拌和水碱含量

www.docin.com

6 混凝土原材料检验

6.0.1 集料进行碱活性检验取样时应在砂石料场的至少 4 个不同部位各随机取样一份，每份不少于 15kg，混合均匀，并用四分法缩取出 15kg 进行检验。

6.0.2 应用于Ⅱ、Ⅲ类混凝土结构工程的集料每年均应进行碱活性检验，其它材料均应按批进行碱含量的检验。

附录 A 快速砂浆棒法

A.1 使用范围

本方法适用于向北京地区混凝土工程供应砂石的碱硅酸反应活性检测。

A.2 试剂和材料

- A.2.1 氢氧化钠：分析纯；
- A.2.2 蒸馏水或去离子水；
- A.2.3 氢氧化钠溶液：40gNaOH 溶于 900mL 水中，然后加水到 1L。

A.3 仪器

- A.3.1 砂浆搅拌机：符合《水泥胶砂强度检验方法》GB/T177 要求；
- A.3.2 天平：称量 1000g，感量 0.1g；
- A.3.3 试模：采用 25×25×285mm 三联模具；
- A.3.4 测长仪：精度为 0.01mm 的测长仪；
- A.3.5 养护箱：能满足稳定控制试验温度的养护箱。
- A.3.6 养护筒：由可耐碱长期腐蚀的材料制成，应不漏水，筒内设有试件架，筒的体积可以保证试件分离地浸没在水中或氢氧化钠溶液中，且不能与容器壁接触。

A.4 环境条件

- A.4.1 材料与成型室的温度应保持在 20.0℃～27.5℃；
- A.4.2 标准养护箱或养护室的温度应保持在 (20±1)℃，相对湿度大于 90%；
- A.4.3 成型室与测长室的相对湿度不应小于 80%；

A.4.4 高温恒温养护箱应保持在 $(80 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 。

A.5 试验用原材料及配合比

A.5.1 水泥：《混凝土外加剂》GB8076 中规定的基准水泥；

A.5.2 集料的制备：将受检集料破碎为 0.16—5.0mm 粒径的砂，各粒径颗粒重量比例见表 A.5.2；

表 A.5.2 集料制备粘径比例

粒径 (mm)	0.16—0.315	0.315—0.63	0.63—1.25	1.25—2.5	2.5—5.0
重量比 (%)	15	25	25	25	10

A.5.3 检测用砂浆配合比

水泥：砂为 1：2.25，水灰比为 0.47，每组 3 个试体，可用水泥 400g，砂 900g，水 188ml 拌制。

A.6 检测工艺

A.6.1 砂浆搅拌成型后在标养室养护 $24\text{h} \pm 30\text{min}$ 拆模。书写编号后，测量初始长度，然后将试体放入 $(80 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 水中养护 24h 测基长 L_0 。测完基长后立即放入 $(80 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的 NaOH 溶液中养护，NaOH 溶液总体积为试件总体积的 4 ± 0.5 倍。在 NaOH 溶液中养护 t 天后再测量长度 L_t 。

A.6.2 测长时，从养护筒中每次只取出一个试件，迅速擦干表面，在 15s 内测完。测完第一个试件后再取测另一个试件。试件在测长仪上放置位置及方向每次均应相同，且不宜更换测试人员。

A.6.3 试件膨胀率按照下式计算：

$$\epsilon_t (\%) = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2r} \times 100$$

式中： ϵ_t ——试件 t 天膨胀率

L_0 ——试件基长 (mm)

L_t ——试件在 NaOH 溶液中养护 t 天后的长度
(mm)

r ——试件两端测钉的长度

每一试件的 ϵ 计算到 0.001%，三个试件平均值计算到 0.01%。

三个测值中的最大值或最小值如有一个与中间值之差超过中间值的 15% 时，则把最大及最小值一并舍除，取中间值作为最后结果；如最大值和最小值与中间值的差均超过中间值的 15%，则该次试验结果无效。

A.6.4 检测时除 14d 外，还应检测 7d、10d 长度，以利于观察其膨胀发展曲线。

www.docin.com

北京市工程建设标准

预防混凝土结构工程碱集料反应规程

Specification for Preventing Alkali Aggregate
Reaction of Concrete Construction

DBJ 01—95—2005

条文说明

2005 北京

1 总 则

1.0.1 北京市自 1999 年 10 月试行《预防混凝土工程碱集料反应技术管理规定》以来，预防碱集料反应对保证混凝土工程质量和耐久性的重要性，已经广泛引起设计、施工、业主和监理工作人员的重视，并认真付诸实行，对提高北京地区混凝土工程的安全性和寿命，起到不可忽视的重要作用。

经过 5 年试行，针对北京市具体情况和问题，进行相当数量的试验和调研，在具备更充分的科学数据基础上制订本规程，现就编制有关问题做如下说明。

3 集料碱活性试验方法及分类

3.0.1 关于集料碱活性的检测方法，由于 JGJ52《混凝土用砂质量标准及检测方法》和 JGJ53《混凝土用碎石和卵石的质量标准及检测方法》中的砂浆长度法的检测周期为 6 个月，满足不了北京地区土工建工程的需要；因此，本规程参照美国 ASTM C1260 标准制订北京地区标准《快速砂浆棒法》，为判断集料碱硅酸反应活性的检测方法。

3.0.2 关于集料碱活性的分类

1. 鉴于北京地区迄今尚未发现碱碳酸盐反应活性集料，故本规程对碱活性集料的分类仍以碱硅酸反应活性为主，将集料碱活性分为：1. 非碱活性集料，2. 低碱活性集料，3. 碱活性集料，4. 高碱活性集料。

2. 北京及周边地区集料碱活性概况

由于北京地区的建设规模日益庞大，2004 年仅建筑工程的开复工面积就高达 1.1 亿 m^2 ，还有 4 条地铁线路和许多公路、

桥梁等公共设施在建。北京地区范围内所产砂、石远不能满足混凝土结构工程需要，北京周边地区所产的砂、石便源源不断地流向北京。表 3.0.2—1 是近五年来用于北京地区混凝土工程的砂、石，用快速砂浆棒法检测碱硅酸反应活性的不完全统计数字。

表 3.0.2—1 北京及周边地区砂集料碱活性概况

集料产地		试验组数	膨胀率< 0.1%组数	膨胀率> 0.1%组数	膨胀率> 0.1%百分率 (%)
北京地区	昌平	42	20	22	52.4
	密云	54	34	20	37.0
	怀柔	20	8	12	60.0
	顺义	19	12	7	36.8
	平谷	8	7	1	12.5
	延庆	5	2	3	60.0
	门头沟	13	4	9	69.2
	房山	23	7	16	69.6
	永定河	42	8	34	81.0
	小计	226	102	124	54.9
北京周边地区	涿州	72	12	60	83.3
	怀来	32	17	15	46.9
	涞水	18	6	12	66.7
	易县	11	4	7	63.6
	三河	72	22	50	69.4
	蓟县	3	0	3	100.0
	小计	208	61	147	70.7

从表 3.0.2—1 检测数据看，不论北京市区或北京周边地区，供应给北京混凝土集料用的砂、石，用快速砂浆棒法检测，膨胀

率大于 0.1% 的比率均很高。而且通过试验，即使膨胀率低于 0.1%，例如膨胀率为 0.07%—0.09% 的集料，如配制混凝土的含碱量高，混凝土工程也会出现有害膨胀。因此，为有效预防碱集料反应对混凝土结构工程的损坏，将膨胀率低于 0.1% 的集料，分为两级。即用快速砂浆棒法检测，14 天膨胀率 $< 0.04\%$ 的为碱硅酸反应非活性集料，膨胀率为 0.04—0.10% 之间的为低碱活性集料。

3. 关于碱碳酸盐反应问题

据空军反应，北京西郊机场及南苑机场的部分跑道损坏经有关专家鉴定均为碱碳酸盐反应，由于部队调动原因，未查出明确的集料产地，但肯定不会从远处运来。鉴于碱碳酸盐反应在混凝土浇筑二三年，其反应膨胀量即造成结构工程严重损坏，迄今尚未发现有效的抑制方法；因此，此次修订规程也做了一些研究。

修编组从北京及周边地区取碳酸盐岩样品 5 种，用加拿大渥太华建筑研究局提出的一种方法进行试验。试验数据如表 3.0.2—2 所示。

表 3.0.2—2 北京及周边地区碳酸盐岩取样检测情况

产地	化学成分 (%)		膨胀量 (%)				岩相所见
			15 天		30 天		
	SiO ₂	MgO	空白	掺粉 煤灰	空白	掺粉 煤灰	
三河	9.75	18.30	0.119	-0.005	0.243	-0.027	粉细晶灰岩，方解石>97%含2—3%隐晶、微晶状石英
丰润	3.46	1.19	0.031	-0.010	0.111	-0.015	含生物屑粉晶灰岩，方解石>99%，少量微晶石英及铁质

产地	化学成分 (%)		膨胀量 (%)				岩相所见
			15 天		30 天		
	SiO ₂	MgO	空白	掺粉 煤灰	空白	掺粉 煤灰	
蓟县 (波纹)	4.59	2.52	0.059	0.002	0.114	0.028	含白云石灰岩, 方解石 89—90%, 白云石 10—15%, 少量石英、铁质。
蓟县 (叠层)	4.59	1.65	0.068	0.002	0.114	0.031	泥粉晶灰岩, 方解石 > 95%, 白云石 < 5%, 少量石英、铁质。
军庄	7.68	4.99	0.062	0	0.196	0.009	泥粉晶灰岩, 方解石 90—95%, 白云石 5—10%, 微晶石英约 1%。

从表 3.0.2—2 的数据看, 虽然小混凝土柱试体 30 天膨胀率均大于 0.04%, 但以 30% 粉煤灰取代水泥后, 均起到很好的抑制效果, 说明这五种碳酸盐岩均不具碱碳酸盐反应活性。从化学成分看, 这 5 种灰岩均含一定数量的 SiO₂, 光学显微镜上多数试样也已看到微晶石英, 说明养护 30 天所产生的膨胀, 主要是由于碱硅酸反应所致。

鉴于迄今在北京及北京周边地区尚未发现有碱碳酸盐反应活性的岩石, 因此本规程暂未列入碱碳酸盐反应检测问题。

4 一般规定

4.2.2 关于《地下工程防水技术规范》GB50108—2001 第 4.1.8 条规定, 地下工程防水混凝土“不得使用碱活性骨料”, 因北京及周边地区非碱活性的砂、石的产品极少, 从国内外的地下及水下混凝土结构工程预防碱集料反应的经验看, 在没有非活性集料的情况下也有许多成熟的经验。为此, 本规程建议在北京

地区建设地下防水混凝土工程可以采取本规程规定的预防碱集料反应措施。

4.3.2 关于矿物掺合料的抑制效应

此次修标, 选用了三种代表性碱硅酸反应活性集料进行矿物掺合料抑制效应试验, 试验方法采取等量取代基准水泥的快速砂浆棒法。试验数据如表 4.3.2。

表 4.3.2 矿物掺合料抑制效应试验结果

掺合料品种	取代水泥量 (%)	膨胀率 (%)									
		三河砂石 (A)			三河砂石 (B)		涿州卵石		永定河燧石		
		14 天	28 天	56 天	14 天	28 天	14 天	28 天	14 天	28 天	
基准水泥		.315	.464	.616	.103	.501	.165	.266	.249	.318	
一级粉煤灰	10	.111	.186	.271	.185	.273	.076	.122	.103	.136	
	20	.005	.013	.042	.015	.030	-.001	-.007	.029	.029	
	30	-.006	-.014	-.027	.002	.001	0	-.005	-.003	.011	
二级粉煤灰	10	.063	.109	.183	.190	.268	.060	.100	.100	.133	
	20	.008	.022	.052	.029	.047	.013	.019	.023	.052	
	30	-.008	-.015	-.027	.001	-.008	-.001	-.010	-.006	.004	
沸石粉	10	.179	.259	.308	.209	.311	.113	.174	.146	.188	
	20	.008	-.010	-.007	.012	.053	-.001	-.005	.017	.028	
	30	-.011	-.019	-.018	.004	.005	.004	-.003	-.010	-.004	
首钢矿渣粉	40	.117	.183	.221			.066	.107	.170	.216	
	50	.093	.145	.183			.023	.035	.045	.067	
	70	.011	.032	.046					.010	.020	
硅灰	10	.003	.043	.141	.027	.119			.029	.047	
	20	.002	-.016	-.017							

从表上数据看, 三种典型碱硅酸反应活性集料用快速砂浆棒

附加说明

主 编 单 位：北京城建科技促进会

北京市建筑工程研究院

北京市市政工程研究院

北京市建筑材料科学研究院

主要起草人：傅沛兴 常保全 王军民 朱连滨

张承志 李亚铃 马祖红 王海生

王 利 崔 宁

www.docin.com