

碱活性骨料抑制应用研究

魏中奉, 魏懿峰

(国能大渡河金川水电建设有限公司, 四川 阿坝 624000)

摘要: 碱骨料反应是影响混凝土耐久性的重要因素之一, 不同地区骨料碱活性有一定区别, 为保工程质量须在工程开工前对工程所用的骨料进行碱活性检测, 并对碱骨料进行抑制性控制, 从而使项目施工混凝土配合比试验工作顺利进行, 为工程选定符合强度、耐久力、经济性要求的工程施工混凝土配合比。

关键词: 碱活性骨料; 粉煤灰; 砂浆棒法; 抑制试验

中图分类号: TV42; TU522.3+5; TV432

文献标识码: A

文章编号: 1001-2184(2023)02-0104-04

Study on Inhibition of Alkali-active Aggregate

WEI Zhongfeng, WEI YiFeng

(CHN ENERGY Dadu River Jinchuan Hydropower Construction Co., Ltd., Aba Sichuan 624000)

Abstract: Alkali-aggregate reaction is one of the important factors affecting the durability of concrete. There are some differences in alkali activity of aggregates in different areas. In order to ensure the quality of the project, it is necessary to test the alkali activity of the aggregates used in the project before the project starts, and control the inhibition of alkali aggregate to guide the test of concrete mix ratio in project construction, and select the mix ratio for construction that meets the requirements of strength, durability and economy.

Key words: alkali-active aggregate; fly ash; inhibition test

0 前言

碱骨料反应是指骨料中特定内部成分在一定条件下与混凝土中的水泥、外加剂、掺合剂中的碱性物质进一步发生化学反应, 导致混凝土结构产生膨胀、开裂甚至破坏的现象, 严重的会使混凝土结构崩溃。而碱活性骨料在搅拌混凝土时骨料呈均匀分布, 发生碱骨料反应混凝土各部均会产生膨胀应力, 混凝土自身将胀裂, 因此, 混凝土中的骨料必须进行碱活性检测和混凝土碱活性骨料抑制研究与控制。碱骨料反应的类型主要有碱硅反应、碱硅酸盐反应、碱碳酸盐反应, 碱骨料反应须具备碱活性骨料、有碱存在(K、Na 等离子)、水三个要素。

本次对四川省阿坝州金川水电站工程使用的骨料进行碱活性检验, 并通过掺入粉煤灰对碱活性骨料进行抑制应用研究试验, 从而提高水电站工程建设的混凝土质量。

2 骨料碱活性检测

骨料的碱活性是指骨料中含有某些矿物与碱

液进行反应时, 具有发生碱骨料反应的能力。为验证石料是否具有碱活性, 本次研究对工程所在周围的石家沟料场开挖料(A₁)、坝址区开挖料(A₂)、天然砂(A₃)分别进行了碱活性试验。为保证试验的可靠性和可行性, 本次检测试验采用砂浆棒快速法和混凝土棱柱体试验法两种试验方法分别对工程骨料碱活性进行检测。试验用的是四川都江堰拉法基水泥厂生产的 42.5 普通硅酸盐水泥, 试验用水泥的碱含量为 0.8%。

2.1 砂浆棒快速法碱活性检测试验

骨料碱活性砂浆棒快速法是诸多标准采纳的快速试验方法, 14 d 膨胀率若小于 0.10%, 大概率可以判定为无潜在反应危害; 14 d 膨胀率若大于 0.20%, 可判定为有潜在碱骨料反应危害; 14 d 膨胀率若在 0.10%~0.20%, 判定为疑似碱骨料反应, 可延长养护期至 28 d, 当 28 d 膨胀率大于 0.20% 时, 判定为有潜在反应危害。

本次检测试验水泥的碱含量为 0.8%, 通过外掺氢氧化钠来增加试件中的碱含量, 对不同开

收稿日期: 2022-08-17

挖料分别进行了碱活性测试,试验显示水泥中的碱含量直接影响砂浆棒的膨胀率,碱含量越高,砂浆棒膨胀率越大,造成危害的可能性也就越大。而试验得出砂浆膨胀率的增加与碱含量并不完全呈现直线关系,而是随着碱含量增加,砂浆膨胀率增加的速率有降低的趋势。

表1 骨料碱活性砂浆棒快速试验测试结果表

序号	骨料品种	碱含量 / %	不同龄期砂浆棒膨胀率 / %			
			3 d	7 d	14 d	28 d
1	A ₁	0.8	0.043	0.117	0.209	0.302
2	A ₂	0.8	0.044	0.1	0.21	0.318
3	A ₃	0.8	0.037	0.087	0.157	0.269
4	A ₁	1.0	0.070	0.154	0.282	0.445
5	A ₂	1.0	0.066	0.166	0.29	0.460
6	A ₃	1.0	0.054	0.116	0.224	0.383
7	A ₁	1.2	0.085	0.194	0.320	0.461
8	A ₂	1.2	0.083	0.183	0.330	0.484
9	A ₃	1.2	0.070	0.157	0.276	0.453

2.2 混凝土棱柱体试验测试碱活性

混凝土棱柱体法试验标准要求:当试件一年的膨胀率等于或大于0.04%时,则判定为具有潜在危害性反应的活性骨料;当试件一年的膨胀率小于0.04%时,则判定为具有非潜在危害性反应的活性

从理论上分析,如果骨料为活性骨料,那么随着水泥碱含量的增加,砂浆试件的膨胀率是逐渐增加的,但应该有一个极限值,本次测试试验结果显示 A₁、A₂、A₃ 骨料呈碱活性所述特征,可判断为碱活性骨料,骨料碱活性砂浆棒快速试验测试结果见表1。

骨料。本次测试试验显示骨料 A₂ 和 A₁ 棱柱体一年的膨胀率分别为0.045%和0.040%,判定为具有潜在危害性反应的碱活性骨料,而 A₃ 骨料一年的膨胀率为0.027%,小于0.040%,判定为碱非活性骨料。棱柱体法碱活性试验成果见表2。

表2 棱柱体法碱活性测试结果表

序号	水泥用量 / kg · m ⁻³	骨料品种	不同龄期棱柱体棒膨胀率 / %										
			14 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	240 d	270 d	300 d	360 d
1	420	A ₁	0.010	0.013	0.016	0.019	0.022	0.025	0.028	0.032	0.034	0.038	0.040
2	420	A ₂	0.011	0.014	0.018	0.021	0.026	0.029	0.033	0.037	0.040	0.043	0.045
3	420	A ₃	0.008	0.010	0.013	0.016	0.018	0.019	0.020	0.022	0.024	0.025	0.027

对比混凝土棱柱体法和砂浆棒快速法的检测结果,两种试验方法得出不同的结论,为保证工程质量,以混凝土棱柱体法的试验结果为准。

3 碱活性抑制试验

3.1 砂浆棒快速法抑制试验

为确保工程混凝土的耐久性,必须对碱活性骨料进行抑制效能性试验研究,确定合适的掺合料和掺量,以达到抑制碱活性反应的效果,并对混凝土碱骨料反应的预防与工程控制制定相应措施。本次研究掺入江油电厂粉煤灰,并采用外掺氢氧化钠溶液使水泥碱含量达到1%,通过试验反应来观察对骨料碱活性的抑制效果。

从试验结果来看,掺入粉煤灰后,试件膨胀率明显降低,无论哪种骨料,在砂浆棒试件中掺入15%的粉煤灰后,14d砂浆膨胀率均能降低到0.1%以下,当掺入20%以上粉煤灰后,14d砂浆膨胀率降低率均达到80%以上。由此可见,江油粉煤灰对开挖料的碱活性抑制效果明显,在掺入20%以上粉煤灰时,即可有效抑制骨料的碱活性反应,砂浆棒快速法抑制试验测试结果见表3。

3.2 混凝土棱柱体抑制试验

本试验混凝土的胶材用量采用三个标准进行试验,分别为360 kg/m³、300 kg/m³、260 kg/m³。再根据水泥的碱含量(本次试验为0.8%),通过

表 3 砂浆棒快速法抑制试验测试结果(加碱至 1%)

序号	骨料品种	粉煤灰掺量 /%	不同龄期砂浆膨胀率 /%				14 d 膨胀率降低率 /%
			3 d	7 d	14 d	28 d	
1	A ₁	0	0.070	0.154	0.282	0.445	—
2		10	0.033	0.077	0.140	0.226	50
3		15	0.025	0.047	0.076	0.119	73
4		20	0.022	0.037	0.052	0.073	82
5		25	0.013	0.022	0.033	0.047	88
6		30	0.010	0.018	0.025	0.042	91
7	A ₂	0	0.066	0.166	0.299	0.460	—
8		10	0.043	0.083	0.133	0.222	56
9		15	0.020	0.046	0.082	0.135	73
10		20	0.011	0.023	0.037	0.063	88
11		25	0.009	0.017	0.031	0.052	90
12		30	0.008	0.013	0.019	0.030	94
13	A ₃	0	0.054	0.116	0.224	0.383	—
14		10	0.017	0.034	0.057	0.094	75
15		15	0.013	0.025	0.036	0.053	84
16		20	0.007	0.015	0.028	0.046	88
17		25	0.006	0.012	0.018	0.031	92
18		30	0.005	0.010	0.016	0.025	93

注:粉煤灰掺量为占胶材总量的质量百分比。

外掺 NaOH 溶液的办法,将每种胶材混凝土的总碱量分别调至 3 kg/m^3 、 2.7 kg/m^3 、 2.5 kg/m^3 、 2.3 kg/m^3 。

由于该试验采用工程配合比进行试验,混凝土试件的总碱量远低于采用标准方法成型的混凝土总碱量(采用标准方法成型的混凝土试件总碱量为 $420 \times 1.25\% = 5.25 \text{ kg/m}^3$),因此,试件的膨胀率也远低于标准方法试件的膨胀率。即使是水泥用量最高(360 kg/m^3)和总碱量最高(3.0 kg/m^3)的试件,一年的膨胀率也只有 0.023% 左右。将两种方法的试件膨胀率进行统计分析(表 4),总碱量分别为 3.0 kg/m^3 、 2.7 kg/m^3 、 2.5 kg/m^3 、 2.3 kg/m^3 的试件与总碱量为 5.25 kg/m^3 的标准方法试件相比较,膨胀率相对值与总碱量的

相对值基本一致。也就是说,采用工程配合比与标准方法相比,试件膨胀率的变化与混凝土总碱量的变化成正比。从显示的规律来看,混凝土棱柱体的膨胀率与总碱量基本成直线关系。

采用工程配合比进行试验时,试件的配合比与标准方法有很大差别,因此,不能用标准方法的评定标准 0.04% 来进行判定。但抑制试验考察相对膨胀率的变化率,与标准方法原理一致,因此试验结果有效。

掺入粉煤灰的混凝土棱柱体抑制试验一年的膨胀率见表 5。

由表 5 的试验数据可知,在混凝土中掺入粉煤灰后,棱柱体的膨胀率均有所降低。对于采用工程配合比进行的混凝土棱柱体抑制试验,当粉

表 4 两种方法的试件膨胀率统计分析表

骨料	不同总碱量下试件膨胀率(360 d,%)					不同总碱量下试件膨胀率相对值(360 d)				
	$5.25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$3.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$2.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$2.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$2.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$5.25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$3.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$2.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$2.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$2.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
A ₁	0.040	0.022	0.021	0.020	0.019	100%	55%	53%	50%	48%
A ₂	0.045	0.023	0.021	0.020	0.019	100%	51%	47%	44%	42%

表5 混凝土棱柱体抑制试验一年膨胀率数据统计表

骨料名称	胶材用量 /kg·m ⁻³	粉煤灰掺量 /%	不同总碱量下一年膨胀率/%			
			3.0 kg/m ³	2.7 kg/m ³	2.5 kg/m ³	2.3 kg/m ³
A ₁	360	—	0.024	0.023	0.021	0.019
		20	0.017	0.016	0.016	0.016
		25	0.016	0.014	0.014	0.013
	300	—	0.022	0.021	0.020	0.019
		20	0.018	0.017	0.016	0.015
		25	0.015	0.014	0.013	0.011
	260	—	0.020	0.018	0.018	0.017
		20	0.015	0.015	0.015	0.015
		25	0.014	0.012	0.013	0.013
		30	0.011	0.010	0.010	0.010
A ₂	360	—	0.025	0.022	0.022	0.021
		20	0.018	0.018	0.017	0.016
		25	0.016	0.014	0.013	0.012
	260	—	0.021	0.020	0.019	0.018
		20	0.015	0.017	0.015	0.013
		25	0.013	0.013	0.012	0.011
		30	0.011	0.011	0.010	0.009

煤灰掺量为20%时,棱柱体一年膨胀率基本在0.018%以下,与不掺粉煤灰的试件相比降低值为0.003%~0.006%。当粉煤灰掺量为30%时,棱柱体一年膨胀率基本在0.01%及以下,与不掺粉煤灰的试件相比降低值为0.007%~0.009%。

4 结 语

(1)砂浆棒快速法能测试出骨料碱性反应,本次试验显示石家沟开挖料、坝址区开挖料、天然砂均用砂浆棒快速法测试为具有潜在危害性反应的活性骨料。

(2)抑制试验证明对于存在碱活性的骨料掺入粉煤灰等混合材料能有效抑制碱骨料反应,且有效吸收和消耗混凝土中的碱并使碱的含量控制在安全线以下,也有试验证明快速法有时不准,实施工程中骨料碱性及抑制性效果定量分析还须通过砂浆棒慢速法、棱柱体试验法等进一步测定。

(3)试验证明水泥中的碱含量(或混凝土中的总碱量)直接影响着砂浆棒的膨胀率,碱含量(总碱量)越高,砂浆棒膨胀率越大,造成危害的可能性也就越大,所以抑制碱骨料反应须综合测定混凝土中各种材料总含碱量,如水泥、外加剂等含碱量。

(4)根据快速法抑制试验结果,江油粉煤灰的

碱性抑制效果明显,所以工程实际中掺入20%以上粉煤灰能有效抑制碱骨料反应。

(5)本抑制骨料碱性试验只考虑试验所取料的情况,试件参数包括骨料粒径、级配、尺寸等与实际工程差别较大,并不能决定具体工程中的掺含量,实际工程还要考虑其它掺合料或外加剂的碱含量。

参考文献:

- [1] DIdT5151-2014 水工混凝土砂石骨料试验规程[S].
- [2] 西北勘测设计院.大渡河金川水电站工程料源规划报告[R].西安:中国电建西北勘测设计研究院有限公司,2018.
- [3] 慈军,李双喜,陈国新.骨料碱性快速检验及抑制试验研究[J].人民黄河,2010,32(1):120-121.
- [4] 武玲,殷洁.抑制骨料碱性效能试验对比研究[J].云南水力发电,2011,27(1):3-5.
- [5] 房皓,王迎辉.矿渣、粉煤灰对碱骨料反应的抑制效果[J].西部探矿工程,2005,4(7):164-165.
- [6] 曹杨.混凝土骨料碱性测定及碱骨料反应抑制方法的研究[D].济南:济南大学,2008.

作者简介:

魏中奉(1977-),男,四川剑阁人,本科,工程师,主要从事水利水电工程施工管理、物资管理与机电设备安装管理工作;
魏懿峰(1972-),男,河北深县人,本科,工程师,主要从事水利水电工程物资管理。
(责任编辑:卓政昌)