

新疆磨细天然火山灰岩作为混凝土 掺合料的可行性研究

赵明¹, 王怀义^{2,3}, 杨桂权^{2,3}, 贺传卿^{2,3}

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆水利水电科学研究院,
乌鲁木齐 830049; 3. 新疆水利水电材料工程技术研究中心, 乌鲁木齐 830049)

摘要: 针对新疆和田地区磨细天然火山灰岩是否能作为混凝土掺合料进行可行性试验。首先, 试验研究表明其化学及物理性能满足 JG/T 315-2011 和 DL/T 5273-2012 要求。其次, 该磨细天然火山灰对骨料碱活性具有抑制作用, 其抑制效果随着掺量的增加而增强, 最后, 当以不同掺量或组合掺入水泥胶砂, 其具有一定的火山灰活性, 有着逐步提高水泥胶砂强度的趋势。试验结果基本验证了新疆和田地区磨细天然火山灰岩可以作为水泥混凝土掺合料的可行性, 为其开发利用奠定了基础。

关键词: 天然磨细火山灰岩; 混凝土掺合料; 抑制碱活性; 胶砂强度

中图分类号: TV423

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)01-0175-04

Study on feasibility of Xinjiang grinding fine natural volcanic ash used in concrete

ZHAO Ming¹, WANG Huaiyi^{2,3}, YANG Guiquan^{2,3}, HE Chuanqing^{2,3}

(1. Institute of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Xinjiang Institute of Water Resources and Hydropower Research, Urumqi 830049, China;

3. Research Center of Water Conservancy and Hydroelectric Engineering Technology of Xinjiang, Urumqi 830049 China)

Abstract: This paper carried out feasibility experiment so as to check up whether the ground natural volcanic ash rock in Hotan region of Xinjiang can be used as concrete admixture. The experiment showed that the chemical and physical properties met the requirement of JG/T 315-2011 and DL/T 5273-2012; The grinding fine natural volcanic ash has inhibitory effect on aggregate alkali activity, its inhibition effect enhanced with the increase of dosage; When the ash mixed cement mortar in different dosage or combination, it has certain ash activity and the trend of gradually increasing the strength of cement mortar. The paper basically validated the feasibility that the grinding fine natural volcanic tuff in Hotan region of Xinjiang can be used as cement admixture of concrete, which can laid the foundation for its development and utilization.

Key words: natural grinding fine volcanic ash; concrete admixture; inhibition of alkali activity; colloidal mortar strength

人工火山灰质材料, 如: 粉煤灰等, 用于水泥混凝土中的矿物掺合料, 国内外学者进行了大量的试验研究, 已大规模应用于混凝土工程施工中。但是天然火山灰作为一种和人工火山灰质材料有着类似化学成分的潜在矿物掺合料, 国内外对它的研究却相对较

少。国内学者主要集中于对云南^[1-2] 西藏^[3] 等地的天然火山灰应用于水泥混凝土中相关研究, 并在云南地区的几座小型水电工程中得到了应用。我国新疆地区天然火山岩储量丰富, 但目前尚无学者对此地区的天然火山岩用于混凝土掺合料进行相关的研究。

收稿日期: 2014-09-22; 修回日期: 2014-11-28

基金项目: 新疆自治区公益性科研院所基本科研业务经费项目 (KY2014040); 水利部公益性行业科研专项经费项目 (201201037)

作者简介: 赵明 (1987-), 男, 河南开封人, 硕士研究生, 研究方向: 水工混凝土结构耐久性。

由于新疆地区地广人稀,许多工程处于偏远地区,周围缺乏工矿业,没有合适的人工火山灰质材料资源,致使如粉煤灰等其它常用的混凝土掺合料获取成本大大提高,工程中混凝土成本增加较大。

此次研究的对象为新疆和田地区的一种天然火山灰岩(图 1)。



图 1 和田地区天然火山灰岩

经岩矿分析鉴定为多孔玄武岩,颜色呈深灰色,

气孔构造,主要矿物成分为中拉长石和普通辉石及少量橄榄石和磁铁矿。此火山岩经过人工磨细后,其是否能应用于水泥混凝土中,本文主要从以下几方面进行可行性的论证:物理化学性能能否达到国家目前的行业标准要求;其抑制骨料碱活性与粉煤灰的异同;其与粉煤灰水泥胶砂强度变化的规律比较,通过以下几个方面的试验研究结果,可充分验证其应用于混凝土中的可行性。

1 磨细天然火山灰岩化学成份和物理性能

1.1 化学成份

由表 1 可以看出,新疆和田地区天然火山灰活性氧化物含量为 79.75%,与云南地区天然火山灰的比较见表 2,活性氧化物含偏低,但仍具有一定的火山灰活性。

表 1 磨细天然火山灰化学组成 %

项目	烧失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	fCaO	K ₂ O	Na ₂ O	R ₂ O	SO ₃	总和	Cl ⁻
新疆和田火山灰岩	1.88	55.97	15.8	7.98	6.96	3.84	0	3.8	3	5.5	0.13	99.36	0.01

表 2 国内天然火山灰质材料活性氧化物的含量 %

火山灰品种	产地	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	总含量
浮石	云南保山	64.62	16.70	4.79	86.11
凝灰岩	云南团田	62.79	17.72	5.79	86.30
气孔状安山岩	云南腾冲	57.42	16.14	7.47	81.03
辉石安山岩	云南芒棒	61.95	17.23	6.17	85.35
气孔状玄武岩	云南中和	57.59	20.20	5.83	83.62
火山碎屑岩	云南团田	52.32	18.01	8.42	78.75
硅藻土	云南团田	57.63	18.30	7.51	83.44
多孔玄武岩	新疆和田	55.97	15.80	7.98	79.75

1.2 物理化学性能

针对新疆和田地区的磨细天然火山灰岩是否符合目前国内行业标准要求,本文对其参照《水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料》(JG/T 315-2011)和《水工混凝土掺用天然火山灰质材料技术规范》DL/T 5273-2012 进行了测试,同时增加常用的新疆库车电厂产 II 级粉煤灰的部分指标作为对比。

由表 3 结果可知,新疆和田地区天然火山灰各技术指标均符合 JG/T 315-2011 和 DL/T 5273-2012 标准要求。其中火山灰细度、烧失量和三氧化硫含量几项指标均优于对比用粉煤灰,但需水量比大于粉煤灰。

从新疆和田地区磨细天然火山灰的化学成份和

物理性能分析,其符合目前国内现行的行业标准要求,60 d 活性指数还有提高,验证其用于水泥混凝土中的可行性。

2 骨料碱活性抑制试验

新疆地区的混凝土骨料大部分具有潜在碱活性,因此,掺加一定量的人工火山灰质材料可以起到抑制骨料碱活性的作用。但新疆和田地区磨细的天然火山灰岩对骨料碱活性是否具有抑制作用?本文对其和新疆库车产粉煤灰进行了试验比较。

试验选用不同掺量的火山灰和粉煤灰,对具有碱活性砂的抑制试验,测试不同龄期试件的膨胀率。试验方法按《水工混凝土试验规程》SL352-2006 中抑制骨料碱活性试验(砂浆棒快速法)进行。

试验中未掺加矿物掺合料的试件组(空白组)14 d 膨胀率为 0.391,根据砂浆棒快速法评定标准,本试验用砂为具有潜在危害性反应的活性骨料。抑制试验结果绘制试件膨胀率发展规律图(见图 2)。

从图 2 的膨胀率变化来看:首先,天然火山灰与粉煤灰均随着掺量的增加,对碱活性抑制效果增强,但相同掺量下火山灰碱活性抑制效果弱于粉煤灰;其次,随着火山灰掺量的增加砂浆棒膨胀率减小,火山灰掺量 40% 与粉煤灰掺量 20% 抑制膨胀效果相近,14 d 膨胀率小于 0.1%,具有较好的骨料碱活性

表 3 物理化学性能

检测项目	新疆库车电厂粉煤灰	新疆和田磨细火山灰岩	DL/T 5273 - 2012 要求	JG/T 315 - 2011 要求
细度(45 μm 方孔筛筛余)(质量分数)/%	23	9.0	≤25	≤20
烧失量(质量分数)/%	4.3	1.88	≤10	≤8.0
三氧化硫(质量分数)/%	0.52	0.13	≤4.0	≤3.5
流动度比/%		95.9		≥85
需水量比/%	98	103	≤115	
28 d 活性指数/%		73	≥60	≥65
60 d 活性指数/%		79		
氯离子含量(质量分数)/%		0.01		≤0.06
放射性	内照射指数	0.09		≤1.0
	外照射指数	0.3		≤1.0
密度/(g·cm ⁻³)		2.74		
比表面积/(m ² ·kg ⁻¹)		453		

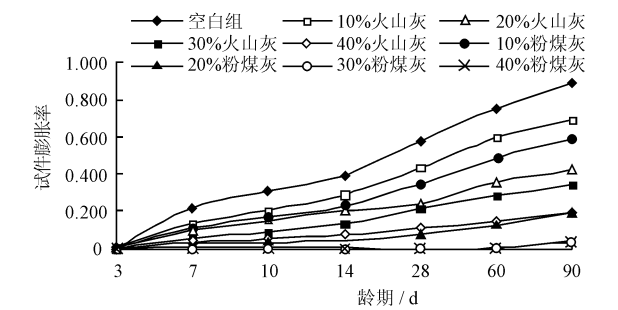


图 2 膨胀率发展规律图

抑制效果;最后,当延长试验龄期至 90 d,无论天然火山灰和粉煤灰仍有一定的碱活性抑制效果,但抑制效果有减弱的趋势。

碱骨料反应主要是混凝土中的碱与活性骨料中的 SiO₂ 发生的反应,生成物的体积会增大,使混凝土产生内应力,发生膨胀开裂,导致混凝土失去设计性能,迅速老化。火山灰质掺合料中的主要成分为活性 SiO₂,其比表面积远高于活性骨料,因此可以快速吸附大量的碱金属离子,使得水泥浆体中均匀分散的活性 SiO₂ 与浆体孔隙液中的碱金属离子发生反应,反应产生的体积膨胀被水泥浆体孔隙容纳,减缓了骨料中的二氧化硅与碱反应产生的局部膨胀,从而起到抑制骨料碱活性反应的效果^[4]。且掺合料的火山灰反应可以消耗大量的 OH⁻ 离子,降低碱度,减轻了碱骨料的反应。掺合料的火山灰反应降低了 C-S-H 中的 Ca/Si 比,增强了其对 Na⁺、K⁺ 的吸附能力,从而对碱骨料反应起到抑制作用。由于天然火山灰中碱含量较高,且其活性低于粉煤灰,因此在掺量较高时才能较好地抑制碱骨料反应。

3 胶砂强度试验

胶砂强度可反映混凝土强度变化的规律,因此,本文采用两个水胶比及不同粉煤灰和新疆和田磨细火山灰岩掺量,或将其组合掺加,研究强度变化的规律。

材料选用 P. O42.5 水泥、中国 ISO 标准砂和库车电厂Ⅱ级粉煤灰,试验方法参照《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 - 1999 进行。试验结果见图 3~4。

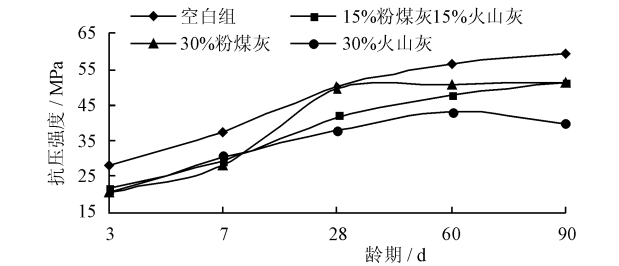


图 3 0.45 水灰比抗压强度变化规律

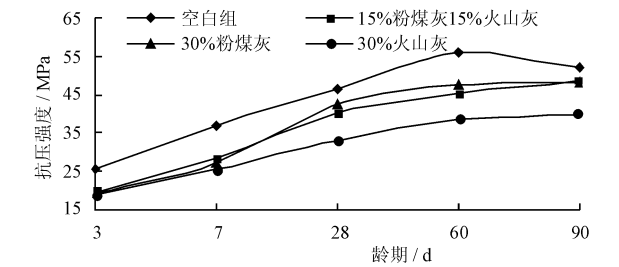


图 4 0.5 水灰比抗压强度变化规律

试验结果表明:①在相同水胶比时,抗压强度变化规律相似,即随龄期的增加而增长;②空白组即纯水泥试件强度大于有掺合料试验组;③掺加火山灰

与粉煤灰的组合其抗压强度居中,单掺粉煤灰的试验组抗压强度增长较快;最后,单掺火山灰的试验组强度继续以线性规律发展,强度最低。

根据国内外学者对火山灰质胶凝材料水化机理的研究^[5-9],天然火山灰与粉煤灰类似,在水化初期,水泥水化产生的游离 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 较少,粉煤灰和天然火山灰的火山灰反应程度较低,主要起惰性填充料的作用,这造成了水化 3 d 与 7 d 时掺加粉煤灰与天然火山灰的试件强度较低。随着水化反应的进行,粉煤灰的火山灰反应速度加快,试件强度增长迅速。而天然火山灰的水化反应速度仍然较慢,天然火山灰的火山灰反应速率及反应程度均小于粉煤灰。因此天然火山灰的火山灰活性需较长时间才能逐渐表现出来。可以考虑在使用天然火山灰做掺合料时使用合适激发剂提高混凝土早期强度,或使用天然火山灰 + 粉煤灰的复合掺加,以提高混凝土的强度。

4 结 语

(1)新疆和田地区磨细天然火山灰岩的化学成份和物理性能,均符合目前国内现行的标准规范的要求。

(2)天然火山灰具有抑制骨料碱活性的作用,其抑制骨料碱活性作用与粉煤灰相近。

(3)掺加天然火山灰的水泥砂浆强度低于纯水泥和粉煤灰,但当采用天然火山灰 + 粉煤灰复合掺加方案时,其强度变化规律更符合要求。

(4)试验结果表明,新疆和田地区磨细天然火山灰岩可以作为水泥混凝土掺合料使用,应用于无人工火山灰质材料的新疆和田地区建设工程中,将带来巨大的经济效益和社会效益。

(5)新疆和田地区磨细天然火山灰岩应用于水泥混凝土,仍需根据工程现场情况进行抗渗、抗冻、抗硫酸盐侵蚀等相关的耐久性试验,进一步验证其应用的可行性。

参考文献:

- [1] 毕亚丽,彭乃中,冀培民,等. 掺粉煤灰与天然火山灰碾压混凝土性能对比试验[J]. 长江科学院院报,2012,29(6):74-78.
- [2] 毕亚丽,刘艳,张勇. 粉煤灰和天然火山灰对胶砂性能影响对比试验研究[J]. 西北水电,2012(1):70-72.
- [3] 陈青生,钱桂凤. 西藏火山灰质材料作为混凝土掺合料的可行性[J]. 水利水运工程学报,2001(4):22-26.
- [4] 杨华全,李鹏翔,李 珍. 混凝土碱骨料反应[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.
- [5] 阎培渝. 粉煤灰在复合胶凝材料水化过程中的作用机理[J]. 硅酸盐学报,2007,35(Z1):167-171.
- [6] 谢莎莎. 水泥-火山灰质胶凝体系水化机理研究[D]. 武汉:长江科学院,2011.
- [7] 朱蓓蓉,杨全兵. 几种火山灰质掺合料的火山灰活性研究[J]. 粉煤灰综合利用,2005(2):3-5.
- [8] Mindess S, Young J P, Darwin D. 混凝土[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [9] 董 芸,杨华全,李鹏翔. 天然火山灰质材料对骨料碱活性的抑制研究[J]. 混凝土,2011(11):77-79.

(上接第 174 页)

(3)随着上覆压力的增大,膨胀岩膨胀率逐渐减小。当超过某一压力时,岩样不但不会膨胀,反而会被压缩。基于此结果,实际工程施工中,可采用增加上覆回填土厚度或利用水泥土,以增加膨胀岩上覆压力,以有效抑制岩体的膨胀。

参考文献:

- [1] 张 计,黄 斌,饶锡保,等. 结构性对膨胀岩膨胀特性影响试验研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2011,47(Z1):283-286.
- [2] 刘静德,李青云,龚壁卫. 南水北调中线膨胀岩膨胀特性研究[J]. 岩土工程学报,2011,33(5):826-830.
- [3] 汪海涛. 膨胀岩的膨胀特性与工程治理研究[J]. 资源环境与工程,2011,25(5):503-506.

- [4] 卢 军. 膨胀岩基础对渠道防渗工程的危害及其防治措施[J]. 水利规划与设计,2010(2):64-67+71.
- [5] 赵 飞,董海宝. 含水率对膨胀岩膨胀应变的影响研究[J]. 价值工程,2011,30(5):86.
- [6] 朱珍德,张爱军,邢福东. 红山窑膨胀岩的膨胀和软化特性及模型研究[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(3):389-393.
- [7] 杨 庆,焦建奎,栾茂田. 膨胀岩土侧限膨胀试验新方法 with 膨胀本构关系[J]. 岩土工程学报,2001,23(1):49-52.
- [8] 徐 晗,黄 斌,何晓民. 膨胀岩工程特性试验研究[J]. 水利学报,2007,38(Z1):716-722.
- [9] 侯雪梅. 膨胀岩的基本特性和快速防护材料研究[D]. 武汉:长江科学院,2009.