

川藏地区不同掺合料对混凝土性能影响的研究

李凤玉

(中国水利水电第七工程局有限公司 试验检测研究院, 四川 成都 611730)

摘要:川藏地区粉煤灰资源紧缺,从外地运输运距远、保供难,存在诸多问题。据调研,该地区分布着大量磷渣粉、火山灰、硅灰等掺合料资源,且其已在一些水电、公路工程中应用。阐述了对采用磷渣粉、火山灰、硅灰和粉煤灰制备隧道衬砌混凝土以及其性能进行的研究。研究结果表明:上述掺合料皆能在较高水胶比(0.41~0.43)下配制出 C35 衬砌混凝土。在耐久性方面,单掺硅灰混凝土电通量最低,但其抗冻等级难以达到 F350;而单掺火山灰电通量及干缩率最大。

关键词:川藏地区;掺合料;混凝土性能;研究

中图分类号:TV7;TV41;TV42;TV43

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)04-0006-04

Influence of Different Types of Admixtures on Concrete Properties in Sichuan and Tibet Regions

LI Fengyu

(Test and Inspection Institute of Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd, Chengdu, Sichuan 611730)

Abstract: Because of the scarcity of Fly ash (FA) in Sichuan and Tibet regions, it encounters many challenges, such as long transportation distance from other places, low guarantee of supply. According to some research, many admixtures such as phosphorus slag (PS), pozzolan, and silica fume (SF) are available in Sichuan and Tibet regions, which have been utilized in some hydropower and highway projects. This paper investigates the concrete for tunnel lining, made by PS, pozzolan, SF and FA, and its properties. The results show that the above admixtures can be used to prepare C35 concrete under the high water to binder ratio (0.41-0.43). In terms of durability, the coulomb electric flux (CEF) of concrete by using SF only is the lowest, but whose resistance to freezing is lower than F350. For concrete by using pozzolan only, the CEF and dry shrinkage rate are the largest.

Key words: Sichuan and Tibet regions; admixture; performance of concrete; study

1 概述

川藏地区现有大量在建的水电、公路与铁路工程,混凝土用量大,但该地区粉煤灰资源紧缺,从外地采购运距远、价格高;同时,川藏公路运输繁忙、时有中断,严重影响到粉煤灰的供应保障,存在诸多问题。根据相关调研:该地区分布着丰富的磷渣粉、火山灰和硅灰等掺合料资源,总产能 >100 万 t/a,若能将其广泛应用到工程中,将有效缓解粉煤灰短缺的问题。具体分析于后:

(1)磷渣粉是生产黄磷的附加产品,具有较高的活性。长科院与中电建中南院的相关研究表明:掺磷渣粉混凝土的力学性能和耐久性与同掺

量粉煤灰混凝土相当,但其极限拉伸强度和拉伸值更高,早期水化温升更低,更有利于混凝土抗裂^[1,2]。目前,磷渣粉已在大朝山水电站、索风营水电站、贵清高速和雅康高速等多个水电、公路工程中得到应用。

(2)火山灰是一种 SiO₂ 含量 >50% 且含有少量玻璃体的天然掺合料。苏洼龙水电站前期建设中使用了大量火山灰,实际应用结果表明:掺火山灰混凝土的力学性能与同掺量粉煤灰混凝土相当,但干缩率较大^[3]。叶巴滩水电站可替代粉煤灰掺合料相关研究表明:<40% 掺量下掺火山灰和粉煤灰混凝土的强度、耐久性相当,但掺火山灰的混凝土干缩率更高,而掺磷渣粉混凝土的强度优于掺粉煤灰和火山灰的混凝土^[4]。

收稿日期:2022-04-14

(3)掺加适量的硅灰可以提高混凝土的力学性能^[5]。目前水电、铁路、公路工程已普遍采用硅灰以提升混凝土的强度和耐久性。

磷渣粉与火山灰在水电行业中的应用较多,而硅灰在公路、铁路、港口等市政行业的应用更多。为拓宽掺合料的应用领域,以典型隧道衬砌混凝土为例,详细阐述了对采用川藏地区典型的花岗岩和河滩骨料、掺加上述掺合料对混凝土性能影响进行的研究。

2 试验

2.1 原材料

所用主要原材料均来自川藏地区。

水泥:采用四川天全西南水泥厂生产的 P·O42.5 水泥和西藏山南华新水泥厂生产的 P·O42.5 水泥。

粉煤灰:采用四川金堂某公司生产的 F 类 I

级粉煤灰和宁夏某公司生产的 F 类 II 级粉煤灰,分别与四川地区的花岗岩骨料和西藏地区的河滩骨料搭配。

磷渣粉:采用四川雅安某公司生产的 L95 级磷渣粉。

火山灰:采用四川炉霍某公司生产的安山岩火山灰。

硅灰:采用四川荣经某公司生产的 S92 级硅灰。

以上掺合料物理性能见表 1。

骨料:采用四川泸定花岗岩骨料场和西藏昌都河滩骨料。

外加剂:减水剂采用上海三瑞和北京中安生产的缓凝型聚羧酸高性能减水剂,引气剂采用同厂家的配套产品。

表 1 掺合料物理性能表

产地与品种	密度 /g·cm ⁻³	细度(45 μm 筛余) /%	需水量比 /%	活性指数 /%		
				28 d	56 d	90 d
金堂 I 级	2.36	9.7	94	81	76	81
宁夏 II 级	2.16	10	100	76	—	—
雅安磷渣粉	2.82	3.2	98	96	—	109
炉霍火山灰	—	22.7	105	70	66	70
荣经硅灰	2.05	—	113	104	112	114

2.2 试验方法

混凝土配合比设计遵照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55—2011;拌合物性能及硬化性能试验遵照《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080—2016、《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081—2002 和《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准》GB/T 50082—2009。

2.3 配合比

基于所选定的 4 种掺合料,采用 7 种掺合料方案制备混凝土。C35 衬砌混凝土试拌参数见表 2。由于不同掺合料的活性不同,在实际拌合过程中对不同掺合料方案的混凝土试拌配合比用水量进行了动态调整,如活性较高的硅灰水胶比取值高于活性较低的火山灰;同时,由于不同掺合料的需水量不同,对用水量进行了动态调整以控制拌合物的工作性能。

在混凝土试验过程中,由减水剂生产厂家的

技术人员在现场对减水剂和引气剂配方进行调整,使采用不同掺合料方案的混凝土的上述外加剂用量大致相同。

3 取得的结果与讨论

3.1 抗压强度

对采用两种岩性骨料、不同掺合料方案的混凝土各龄期抗压强度进行了试验,不同掺合料方案的混凝土各阶段强度发展情况见图 1。采用不同掺合料的混凝土 28 d/7 d 抗压强度增长率差异较大,其中,复掺磷渣粉+硅灰的强度增长率最高,为 141%;单掺粉煤灰的强度增长率最低,为 126%。此外,采用不同掺合料的混凝土后期抗压强度增长率差异较小,56 d/28 d 的平均比值为 110%~120%,90 d/56 d 的平均比值为 100%~110%。

相同水胶比水平(0.41~0.43)下,取得了采用不同掺合料方案的混凝土抗压强度,不同掺合料方案的混凝土各龄期抗压强度见图 2。

表 2 C35 衬砌混凝土试拌参数表

骨料岩性	掺合料	水胶比	减水剂 /%	引气剂 /%	砂率 /%	用水量 /kg·m ⁻³	总胶材 /kg·m ⁻³
花岗岩	20% I 级粉煤灰	0.38~0.44	1	0.01	39~42	140~155	352~368
	20% 磷渣粉	0.38~0.45	1	0.01	38~42	140~155	344~375
	20% 火山灰	0.34~0.4	1	0.01	39~41	153~163	408~450
	8% 硅灰	0.40~0.45	1	0.01	41~42	156~160	351~390
	15% 磷渣粉+15% I 级粉煤灰	0.4~0.43	1	0.01	41~42	157~160	372~393
	20% 磷渣粉+5% 硅灰	0.38~0.44	1	0.01	40~43	152~160	364~400
河滩料	20% II 级粉煤灰	0.37~0.43	1	0.08	44	155	360~419
	20% 磷渣粉	0.40~0.46	1	0.08	44	153	333~383
	20% 火山灰	0.37~0.43	1	0.08	44	145	337~392
	8% 硅灰	0.4~0.46	1	0.08	44	150	326~375
	20% 火山灰+5% 硅灰	0.38~0.44	1	0.08	44	145	330~382

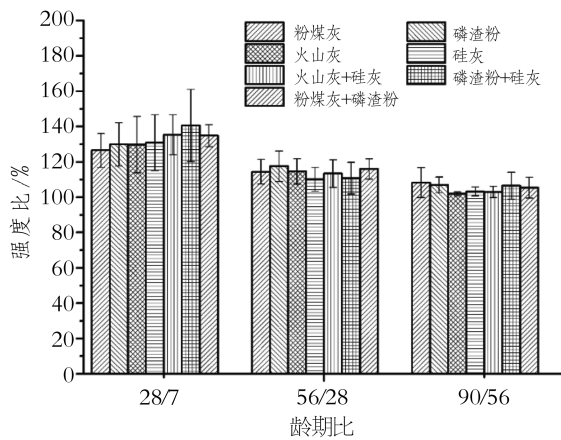


图 1 不同掺合料方案的混凝土各阶段强度发展示意图

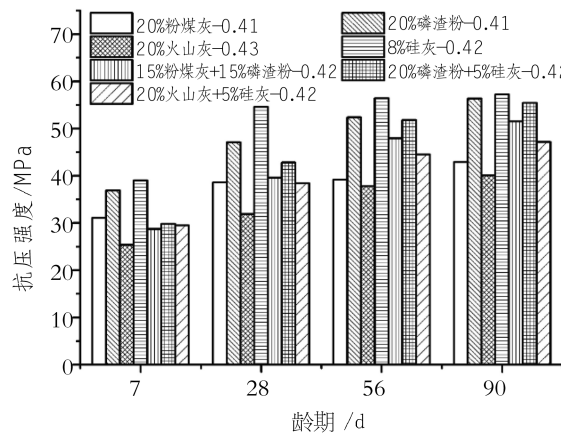


图 2 不同掺合料方案的混凝土各龄期抗压强度示意图

磷渣粉混凝土 90 d 强度与掺粉煤灰混凝土相比高 25%，与掺火山灰混凝土相比高 35%。此外，单掺火山灰混凝土在各龄期的强度最低，且其 90 d 抗压强度不满足 43.2 MPa 的配制强度。由此得出结论：单掺火山灰不适宜配制 C35 以上的混凝土。但通过与硅灰复配，则火山灰可以满足使用要求。

3.2 耐久性

当混凝土强度处于相同水平时，除单掺火山灰、复掺磷渣粉+粉煤灰的混凝土外，其它方案中的混凝土电通量均满足 <1 200 C 的要求。不同掺合料方案中混凝土电通量与水胶比之间的关系见图 3。因此，若以火山灰作为混凝土掺合料，则需将其与其它掺合料复配。

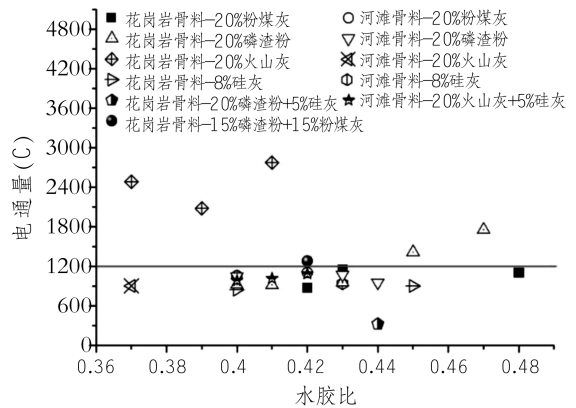


图 3 不同掺合料方案中混凝土电通量与水胶比关系示意图

强度由高到低为：单掺硅灰>单掺磷渣粉>单掺粉煤灰>单掺火山灰。就单掺方案而言，掺硅灰、

花岗岩骨料混凝土干缩率见图 4，河滩骨料混凝土干缩率见图 5。试验结果表明：除单掺火

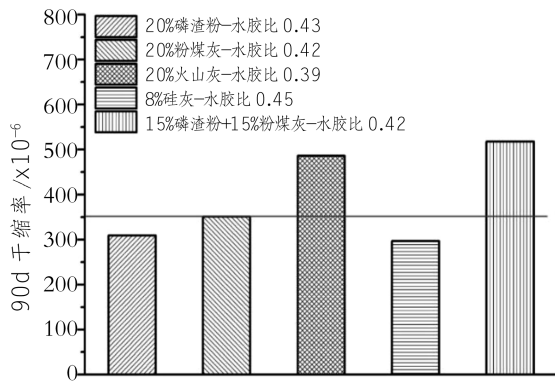


图4 花岗岩骨料混凝土干缩率示意图

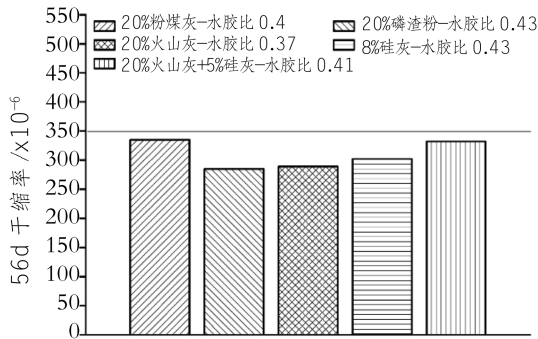


图5 河滩骨料混凝土干缩率示意图

表3 不同岩性骨料混凝土抗渗、抗冻性数据表

骨料岩性	掺合料	90 d 抗渗等级	90 d 抗冻等级
花岗岩	8%硅灰	>P12	F150
	其他方案	>P12	>F350
河滩	所有方案	>P12	>F350

山灰、复掺磷渣粉+粉煤灰的混凝土 90 d 干缩率 $> 400 \mu\epsilon$, 其他掺合料方案的混凝土收缩率均 $< 400 \mu\epsilon$, 体积稳定性更强。

不同岩性骨料混凝土抗渗、抗冻性数据见表3。试验结果表明:不同掺合料方案中的混凝土在 90 d 时的抗渗等级均 $> P12$ 。此外,除采用花岗岩骨料、单掺 8% 硅灰的混凝土抗冻等级难以达到 F350 外,其它混凝土抗冻等级均 $> F350$ 。

4 结 语

采用川藏地区的磷渣粉、火山灰、硅灰等掺合料,通过单掺或复掺方式可以配制出满足工作性能、力学性能、耐久性和体积稳定性要求的 C35 隧道衬砌混凝土。研究表明:在相同水胶比水平下,单掺磷渣粉和硅灰的混凝土表现出最优的力学性能及干缩率,可进一步通过配合比优化降低混凝土总胶材的用量,节约生产成本。该研究成果被川藏地区工程建设中采用,为可替代粉煤灰掺合料设计、生产混凝土提供了理论依据和技术储备。

参考文献:

- [1] 沈晓明, 杨华全, 董芸, 陈霞. 磷渣粉在变态混凝土中的应用研究[J]. 混凝土, 2013, 35(6): 33~35, 39.
- [2] 金双全, 朱育岷, 陈丽琴. 磷渣粉用作碾压混凝土掺合料的研究和应用[J]. 红水河, 2012, 31(3): 43~45, 48.
- [3] 杜光远. 苏洼龙水电站火山灰混凝土配合比及性能试验研究[D]. 西华大学, 2020.
- [4] 周益舒. 叶巴滩水电站混凝土可替代掺和料研究综述[J]. 四川水力发电, 2019, 38(1): 25~28, 33, 140.
- [5] 吴中伟, 康慧珍, 等. 高性能混凝土[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.

作者简介:

李凤玉(1981-),男,宁夏中卫人,高级工程师,学士,从事水利水电工程试验检测技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

固增水电站首批机组并网发电

2022年8月28日,由中国电建水电七局与成都院联合承建的凉山州木里河固增水电站1号、3号机组完成72h试运行后并网发电。

试运行过程中,机组振动、噪声、轴承瓦温等各项指标均满足设计、厂家及国家相关技术规范要求,电气设备性能运行稳定,控制保护动作正确可靠,未发生任何异常情况,总包方顺利与业主完成无缝交接。

该项目自开工建设以来,先后遭遇隧洞开挖特大涌水、有毒有害气体、塌方变形及新冠疫情等不利影响,项目管理团队迎难而上,通过科学管理、设计优化、高效施工、创新工法等系列举措,最终实现了引水隧洞提前贯通等重大节点目标,确保了首批机组顺利投产发电。

固增水电站位于四川省凉山州木里河干流上,采用引水式发电,引水隧洞全线长约11.06千米,安装4台水轮发电机组,总装机容量为172兆瓦。投产发电后,对缓解电力供需紧张、促进凉山州经济发展、加快民族地区乡村振兴具有重要意义。

(中国水电七局 供稿)