

石粉掺合料对碾压混凝土工作性及强度的影响

龚 英,丁晶晶,祝小靓

(江西省水利科学研究院,江西省水工安全工程技术研究中心,江西 南昌 330029)

摘 要:粉煤灰资源日益紧张,采用石粉替代粉煤灰势在必行. 保证掺合料掺量不变,石粉以不同掺量取代粉煤灰,以单掺粉煤灰为基准,对比研究石粉掺合料对碾压混凝土工作性及强度的影响. 结果表明:与单掺粉煤灰相比,掺入石粉会改善碾压混凝土工作性,降低碾压混凝土强度;掺入石粉对碾压混凝土劈裂抗拉强度影响较大,对混凝土抗压强度影响较小. 石粉掺量15%、粉煤灰掺量40%,可配制出满足强度设计要求的碾压混凝土,既减少了强度的浪费,又兼顾经济环保.

关键词:石粉;碾压混凝土;工作性;强度

中图分类号:TV431

文献标识码:A

文章编号:1004-4701(2018)01-0000-05

我国碾压混凝土筑坝材料的特点是低水泥用量、高粉煤灰掺量,粉煤灰掺量一般在50%~70%. 粉煤灰在碾压混凝土筑坝材料中具有举足轻重的作用^[1]. 然而,随着国内外水利、交通、工民建等的迅速发展,混凝土工程的大量建设,粉煤灰供应逐渐出现紧缺和不经济等问题. 亟需寻找一种容易获取、质优价廉的新型掺合料.

石粉是石灰岩或其他原岩经机械加工后粒径小于0.16 mm或0.08 mm细颗粒. 适当提高砂中石粉含量,可有效增加胶凝材料浆体量,改善碾压混凝土拌和物的工作性和可碾性,增进碾压混凝土的匀质性、密实性. 石粉替砂的作用,使石粉备受人们的重视^[2-5]. 伴随粉煤灰紧缺问题的出现,人们开始关注石粉作为混凝土掺合料的应用^[6-12]. 由于石粉几乎没有火山灰活性,在满足设计要求或不显著影响碾压混凝土性能条件下,石粉究竟能在多大程度上代替粉煤灰是值得研究的课题.

试验选用两种掺合料:粉煤灰、石粉+粉煤灰. 掺合料掺量保持不变,改变石粉与粉煤灰的复掺比例,以单掺粉煤灰碾压混凝土作为基准,对比研究石粉掺合料对碾压混凝土工作性及强度的影响.

1 材料与方法

1.1 原材料

试验原材料为:海螺水泥 P. O42.5;II级粉煤灰;石

粉,45 μm筛余量8.7%;人工砂,细度模数为2.9,属中砂;二级配5~20 mm、20~40 mm人工碎石;试验当地饮用水.

1.2 试验方法

以单掺粉煤灰碾压混凝土为基准混凝土,采用 R_{90} 20强度等级设计,参照SL352-2006《水工混凝土试验规程》中的附录A水工混凝土配合比设计方法,进行碾压混凝土配合比设计. 在基准混凝土配合比的基础上,保证掺合料总掺量不变,调整粉煤灰与石粉的复掺比例,4组碾压混凝土试验配合比详见表1.

参照SL352-2006《水工混凝土试验规程》中碾压混凝土拌和物工作度试验方法,采用维勃稠度测试仪,测试了碾压混凝土工作性(VC值).

参照SL352-2006《水工混凝土试验规程》中碾压混凝土强度试件成型方式,即配重块加压振动方式,成型150 mm×150 mm×150 mm的立方体强度试件,标准条件下养护至试验龄期,测试碾压混凝土抗压强度及劈裂抗拉强度.

2 结果与分析

2.1 石粉掺合料对碾压混凝土工作性的影响

保证掺合料掺量55%不变,石粉掺量分别为0%、15%、28%、40%,粉煤灰掺量相应为55%、40%、27%、

收稿日期:2017-11-03

项目来源:江西省水利科学研究院基金项目(SKY201501、SKY201502),江西省水利厅科技项目(KT201606).

作者简介:龚 英(1984-),女,硕士,高级工程师.

15%, 4 组碾压混凝土工作性试验结果见表 2。

石粉掺合料对碾压混凝土工作性的影响见图 1。与基准混凝土 L0F55 相比, 掺入石粉可减小碾压混凝土 VC 值, 有利于提高碾压混凝土的工作性。

随石粉掺量的增大, 或粉煤灰掺量的减少, 碾压混凝土 VC 值呈先减后增的趋势。石粉与粉煤灰组合存在最佳比例, 当石粉掺量 28%、粉煤灰掺量 27% 时, 其碾压混凝土 VC 值最小, 混凝土工作性最好。

表 1 碾压混凝土试验配合比

砼编号	水泥 /(kg/m ³)	粉煤灰 /(kg/m ³)	石粉 /(kg/m ³)	水 /(kg/m ³)	砂 /(kg/m ³)	石(kg/m ³)		外加剂 掺量/%
						5-20/mm	20-40/mm	
L0F55	99	121	0	99	828	648	648	1.0
L15F40	99	88	33	99	828	648	648	1.0
L28F27	99	59.4	61.6	99	828	648	648	1.0
L40F15	99	33	88	99	828	648	648	1.0

表 2 碾压混凝土工作性试验结果

砼编号	粉煤灰掺量 /%	石粉掺量 /%	VC 值(s)
L0F55	55	0	7.5
L15F40	40	15	5.5
L28F27	27	28	3.5
L40F15	15	40	5.8

粉煤灰的混凝土抗压强度比值, 评价石粉掺合料对碾压混凝土抗压强度的降低效果, 见图 3。随石粉掺量的增多, 或粉煤灰掺量的减少, 碾压混凝土抗压强度的降低幅度越大。尤其当石粉掺量增加至 40% 时, 7 d 降低 34%、28 d 降低 47%、90 d 降低 55%、180 d 降低 61%。显然, 石粉不宜过量取代粉煤灰, 否则大量降低粉煤灰用量会明显降低碾压混凝土抗压强度。

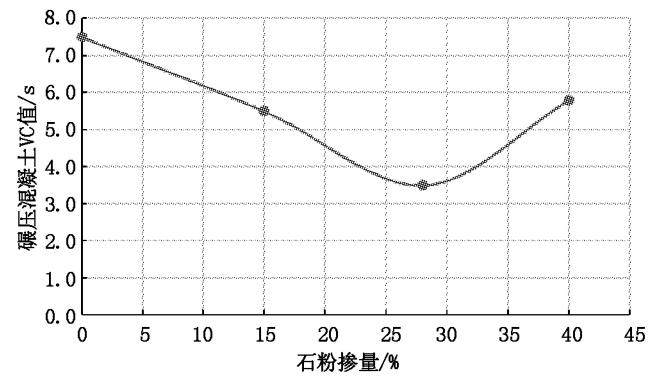


图 1 石粉掺合料对碾压混凝土工作性的影响

2.2 石粉掺合料对碾压混凝土抗压强度的影响

为了解石粉掺合料对碾压混凝土强度发展情况的影响, 测定了 7 d、28 d、90 d、180 d 龄期的碾压混凝土抗压强度。石粉掺合料对碾压混凝土抗压强度的影响见图 2。图 2 中黑色虚线代表碾压混凝土 90d 配制强度 26.6 MPa。随石粉掺量的增大, 或粉煤灰掺量的减少, 碾压混凝土抗压强度逐渐降低。L0F55 和 L15F40 的 90 d 混凝土抗压强度均超过碾压混凝土配制强度, 满足碾压混凝土强度设计要求。

由图 2 可知, 与基准混凝土 (L0F55) 相比, 掺入石粉会降低碾压混凝土抗压强度。计算复掺石粉与单掺

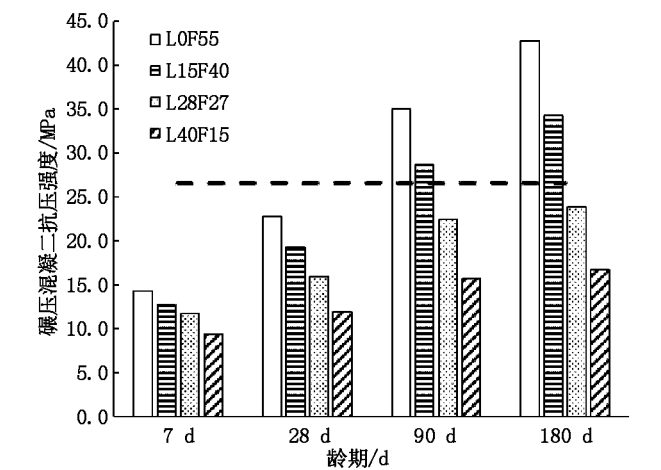


图 2 石粉掺合料对碾压混凝土抗压强度的影响

以 28 d 碾压混凝土抗压强度为基准, 计算各龄期与 28 d 的强度比值, 研究石粉掺合料对碾压混凝土抗压强度增长率的影响规律, 见图 4。随石粉掺量的增多, 或粉煤灰的减少, 早期 7 d 碾压混凝土强度增长率逐渐增大, 后期 (90 d、180 d) 碾压混凝土强度增长率逐渐减小。早期与后期的强度增长率规律不一致, 主要是因为石粉的掺入显著降低后期强度, 强度比值中分母的减小, 致使早期强度比值的数值变大。

从 90 ~ 180 d 强度发展情况来看, 石粉取代粉煤灰

0%、27%、51%、73%，L0F55 碾压混凝土抗压强度增长了 34%，L15F40 的强度增长了 29%、L28F27 的强度增长了 9%、L40F15 的强度增长了 8%。说明粉煤灰对后期强度增长起关键作用，石粉对后期强度贡献很小。可见，石粉取代粉煤灰时，须重点分析石粉掺量对混凝土后期强度的影响，以免因粉煤灰的大量减少而无法弥补混凝土后期强度的缺失。

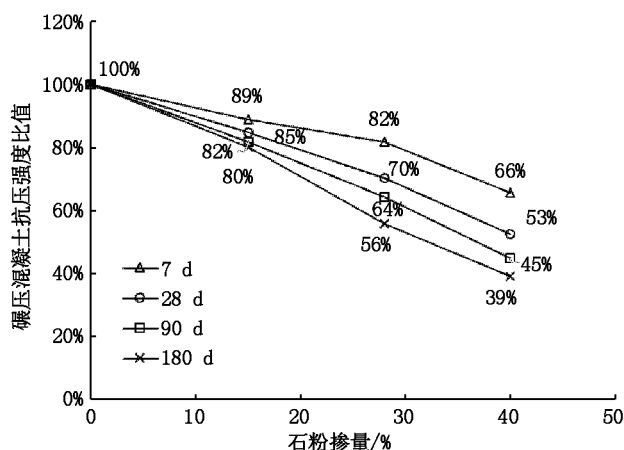


图3 石粉掺合料对碾压混凝土抗压强度的降低效果

当石粉掺量为 15%，粉煤灰掺量为 40% 时，L15F40 碾压混凝土强度比基准 L0F55 的降低 20% 以内，既满足了强度设计要求，又减少了强度的浪费，同时兼顾经济环保。

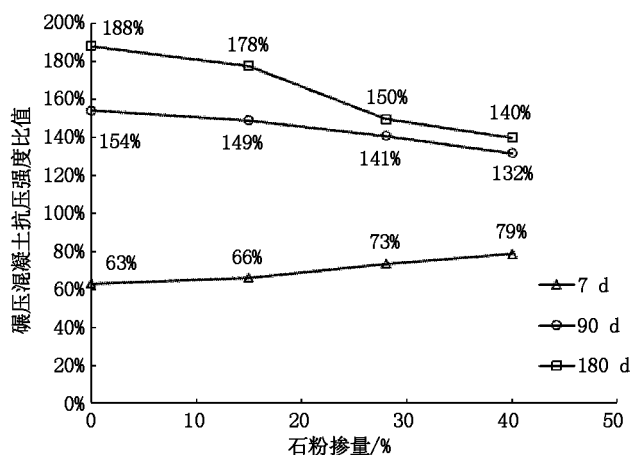


图4 石粉掺合料对碾压混凝土抗压强度增长率的影响

2.3 石粉掺合料对碾压混凝土劈裂抗拉强度的影响

试验主要考察了设计龄期 90 d 碾压混凝土劈裂抗拉强度。石粉对碾压混凝土劈裂抗拉强度的影响见图

5。石粉掺量越多，或粉煤灰掺量越少，碾压混凝土劈裂抗拉强度越低。当石粉掺量 28%（取代粉煤灰 51%）时，碾压混凝土劈裂抗拉强度降低了约 50%；石粉掺量 40%（取代粉煤灰 73%）时，碾压混凝土劈裂抗拉强度降低了 73%。可见，碾压混凝土劈裂抗拉强度的降低幅度与石粉取代粉煤灰的替代量数值基本相当，说明对碾压混凝土劈裂抗拉强度而言，粉煤灰起关键作用，而石粉基本无贡献。

对比碾压混凝土两种强度的降低幅度可知，当石粉掺量 $\leq 15\%$ 时，碾压混凝土劈裂抗拉强度的降低幅度与抗压强度的基本相当；当石粉掺量超过 15% 时，碾压混凝土劈裂抗拉强度的降低幅度明显比抗压强度的大。

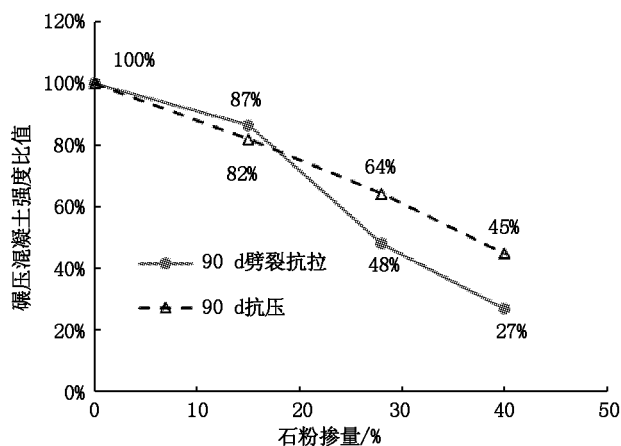


图5 石粉掺合料对碾压混凝土劈裂抗拉强度的影响

3 结 语

石粉作为惰性掺合料，粉煤灰作为活性掺合料，在保证掺合料掺量不变情况下，仅调整两种掺合料的复掺比例，以单掺粉煤灰为基准，对比研究石粉掺合料对碾压混凝土工作性及强度的影响规律。

(1) 石粉取代粉煤灰，可减小碾压混凝土 VC 值，提高碾压混凝土的工作性。随石粉掺量的增大、粉煤灰掺量的减少，碾压混凝土 VC 值先减后增；石粉与粉煤灰存在最佳复掺比例，其配制的碾压混凝土工作性更好。

(2) 石粉取代粉煤灰，会降低碾压混凝土抗压强度。随石粉掺量的增大、粉煤灰掺量的减少，碾压混凝土抗压强度降低幅度越大，碾压混凝土后期抗压强度增长率越小。说明粉煤灰对强度增长起关键作用，石粉对强度贡献较小。

(3) 当石粉掺量为 15%，粉煤灰掺量 40% 时，碾压混凝土强度比基准的降低 20% 以内，既满足了强度设

计要求,又减少了强度的浪费,同时兼顾经济环保。

(4) 石粉取代粉煤灰,会降低碾压混凝土劈裂抗拉强度。随石粉掺量的增大、粉煤灰掺量的减少,碾压混凝土劈裂抗拉强度逐渐降低。对碾压混凝土劈裂抗拉强度而言,粉煤灰起关键作用,石粉则基本无贡献。

参考文献:

- [1] 方坤河. 碾压混凝土材料、结构与性能[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2004.
- [2] 蔡胜华,杨华全,周浪,等. 石粉含量对大坝碾压混凝土性能的影响[J]. 水力发电,2008,34(1):32~34.
- [3] 张勇,董芸,李响. 掺石粉与石屑砂对碾压混凝土工作性和强度的影响[J]. 中国水能及电气化,2015(6):57~61.
- [4] 肖延亮,杨忠义,李光伟. 人工砂石粉含量对水工混凝土性能的影响[J]. 水电站设计,2008(9):42~46.
- [5] 饶美娟,刘数华,方坤河. 石灰石粉在水工混凝土中的应用研究综述[J]. 人民长江,2009,40(20):41~43.
- [6] 马勇,刘伦军,刘豫,等. 石粉代替粉煤灰作为掺合料在水工碾压混凝土中的应用[J]. 湖南水利水电,2008(5):67~69.
- [7] 肖开涛,董芸,杨华全. 石灰石粉用作碾压混凝土掺合料的试验研究[J]. 长江科学院院报,2009,26(4):44~47.
- [8] 刘数华,阎培渝. 石粉作为碾压混凝土掺合料的利用和研究综述[J]. 水力发电,2007,33(1):69~71.
- [9] 牟海磊. 掺石粉混凝土在沐若水电站工程中的应用[J]. 黑龙江水利科技,2013,41(1):220~223.
- [10] 王飞,王晓峰,王洪军. 掺石粉与掺粉煤灰的碾压混凝土坝温控措施对比分析[J]. 水电能源科学,2014,32(12):78~82.
- [11] Zhou Mingkai, Peng Shaoming, Xu Jian, et al. Effect of stone powder on stone chippings concrete. [J] Journal of Wuhan University of Technology (Materials Sciences Edition), 1996, (11): 29~34.
- [12] Liu Shuhua, Yan Peiyu. Effect of limestone powder on microstructure of concrete[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Materials Sciences Edition), 2010(2):328~331.

编辑:张绍付

Influence of stone powder on roller compacted concrete workability and strength

GONG Ying, DING Jingjing, Zhu Xiaoliang

(Jiangxi Institute of Water Sciences, Jiangxi Engineering Technology Research Center
On Hydraulic Structure, Jiangxi Nanchang 330029, China)

Abstract: Fly ash is in short of supply. Research on how far stone powder replaced fly ash need to be done. With admixture dosage unchanged, fly ash was replaced by different content of stone powder. Compared with fly ash, the effect of fly ash – stone powder on roller compacted concrete (RCC) workability and strength were studied. Results showed that, RCC workability was improved by adding stone powder. RCC strength was reduced by adding stone powder. Compared with RCC compressive strength, Stone powder admixture had a greater impact on RCC splitting tensile strength. Mixed with 15% amount of stone powder and 40% amount of fly ash, RCC compressive strength could meet design requirements. Adding stone powder could reduce the waste of RCC compressive strength and could be an economic environment measure.

Key words: Stone powder; RCC; Workability; Strength

翻译:龚 英