

水工特细砂混凝土性能试验

李光伟

(中国水电顾问集团成都勘测设计研究院科研所,四川 成都 610072)

摘要:结合水电工程,对水工特细砂混凝土的力学、耐久以及热学等性能进行了系统的试验研究,结果表明:水工特细砂混凝土的收缩变形较小,抗渗及抗冲磨能力较强,绝热温升较低;不足之处在于早期强度较低,弹强比较高,极限拉伸值较低。

关键词:水工混凝土;特细砂;性能试验

中图分类号:TV431+.9 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2006)04-0018-03

Experimental study on characteristics of hydraulic super-fine sand concrete//LI Guang-wei(*Scientific Research Department, Chengdu Hydroelectric Investigation & Design Institute of China Hydropower Consulting Group, Chengdu 610072, China*)

Abstract: An experimental study was performed on mechanical and thermal characteristics as well as durability of hydraulic super-fine sand concrete in hydroelectric projects. The result shows that the super-fine sand concrete is characterized by little shrinkage deformation, powerful capacities in seepage control and corrosion-resistance, and low adiabatic temperature rise. However, there are still some shortcomings, such as low strength at early stage, high modulus of elasticity, and low ultimate tension.

Key words: hydraulic concrete; super-fine sand; performance test

砂是混凝土的重要组成材料之一,在混凝土中砂的表面要由水泥浆来包裹,砂子的总比表面积越大,则所需包裹砂粒表面的水泥浆也就越多。因此配制混凝土一般采用中粗砂,不仅可以节约水泥用量,而且硬化后的混凝土性能也比较容易控制。但我国很多地区缺乏中粗砂资源,只有特细砂,如长江、黄河、珠江以及松花江等流域都蕴藏着大量的特细砂^[1]。20 世纪 80 年代,国内对特细砂在水工混凝土中的应用进行过尝试,总结出低砂率、低用水量、低坍落度、高粉煤灰掺量和掺高效减水剂的水工特细砂混凝土的配制方法^[2-3],虽解决了采用常规配合比设计方法配制特细砂混凝土所存在的混凝土水泥用量较高、收缩较大以及混凝土易开裂等问题,但对水工特细砂混凝土的性能特点则一直缺乏系统的试验研究。本文结合水电工程的实际情况,对水工特细砂混凝土的基本性能进行试验研究,对其所具有的性能特点进行一定的分析和探讨。

1 混凝土原材料的基本性能

本次试验研究采用四川峨眉 P. MH42.5 级水泥,其 28 d 龄期抗压强度为 44.5 MPa。采用四川草坝Ⅱ级粉煤灰,其细度为 16.0%。采用天然砂砾

石,其中砾石的表观密度为 2.65 g/cm³,吸水率为 0.25%~0.58%;砂的细度模数为 1.31,其表观密度为 2.70 g/cm³,吸水率为 1.5%。外加剂则选用石家庄长安育才有限公司生产的 GK-4_A 缓凝高效减水剂。

2 水工特细砂混凝土的基本性能

选择水电工程中常用的 C15 和 C20 强度等级,进行水工特细砂混凝土的基本性能试验研究。水工特细砂混凝土的骨料级配为三级配,坍落度为 1~3 cm,混凝土配合比见表 1。为了探讨特细砂混凝土的特性,同时进行了细度模数为 2.89 的中砂混凝土性能对比试验。所有混凝土性能试验均按 DL/T 5150—2001《水工混凝土试验规程》中有关规定进行。

表 1 混凝土配合比

试验编号	细度模数	强度等级	水胶比	胶材 用量/kg	砂率/ %	粉煤灰 掺量/%
A1	1.31	C15	0.45	256	16.0	40
A2	1.31	C20	0.40	295	14.5	40
B1	2.89	C15	0.54	207	32.0	30
B2	2.89	C20	0.51	220	31.0	30

注:混凝土中大石、中石、小石之比为 50:25:25。

2.1 水工特细砂混凝土的力学性能

2.1.1 强度性能

不同龄期各强度等级水工特细砂混凝土的力学

作者简介:李光伟(1962—),男,湖北武汉人,教授级高级工程师,从事水工混凝土性能试验研究。E-mail:lguangwei@chidi.com.cn

性能见表 2。由水工特细砂混凝土强度的发展系数可以看出:其 7 d 龄期强度为 28 d 的 55%,90 d 龄期强度为 28 d 的 136%。水工特细砂混凝土的早龄期强度发展系数较中砂混凝土低的原因在于其粉煤灰掺量较高。水工特细砂混凝土的拉压比结果表明:特细砂混凝土的拉压比与中砂混凝土拉压比性能差异不大。

表 2 混凝土力学特性										
试验 编号	细度 模数	抗压强度发展 系数/%			拉压比		弹强比		单位强度 极限拉伸/ (10^{-4}MPa^{-1})	
		7 d	28 d	90 d	28 d	90 d	28 d	90 d	28 d	90 d
A1	1.31	56	100	137	0.94	0.96	1479	1327	0.36	0.32
A2	1.31	54	100	135	0.96	0.95	1477	1327	0.32	0.30
B1	2.89	72	100	126	0.98	0.93	917	845	0.39	0.34
B2	2.89	75	100	124	0.98	0.95	865	854	0.32	0.31

2.1.2 弹性模量和极限拉伸

由于大体积混凝土中水泥水化热的散发温度场的变化与混凝土弹性模量的变化是同步发展的,所以在水工大体积混凝土温度应力计算中,混凝土弹性模量以及混凝土轴向受拉断裂时的应变值都是一个重要的指标。与中砂混凝土相比,水工特细砂混凝土的弹强比较高,单位强度的极限拉伸值较低。这是由于水工特细砂混凝土采用低砂率配制,其灰浆率较中砂混凝土低的缘故。

2.2 水工特细砂混凝土的变形性能

2.2.1 干缩变形

干缩变形是指置于未饱和空气中的混凝土因水分的散失而引起的体积变形。水工特细砂混凝土的干缩变形试验结果(图 1)表明:其 180 d 龄期的干缩变形为 340×10^{-6} 。从干缩变形的历时过程来看,3 d 龄期的干缩变形为 180 d 的 20%,7 d 龄期的干缩变形为 180 d 的 40%,60 d 龄期的干缩变形已达到 180 d 的 90%左右。可见水工特细砂混凝土的干缩变形在 60 d 龄期时已趋近于稳定。

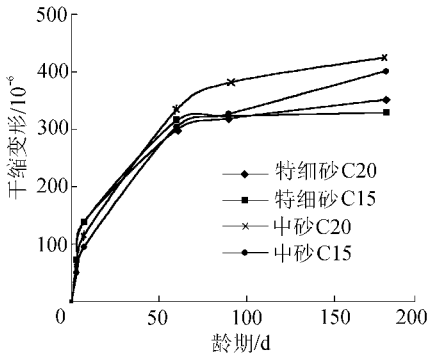


图 1 混凝土的干缩变形

2.2.2 自生体积变形

混凝土在恒温绝湿条件下,由于胶凝材料的水

化作用而引起的体积变形称为自生体积变形。水工混凝土的自生体积变形一般在 $(20 \sim 100) \times 10^{-6}$ 范围,如果以混凝土线膨胀系数为 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 计,相当于温度变化 $2 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 所引起的温度变形。试验结果(图 2)表明:水工特细砂混凝土的自生体积变形在 $(-40 \sim 0) \times 10^{-6}$ 以内,变形趋势稳定。

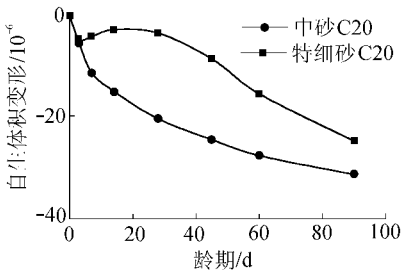


图 2 混凝土的自生体积变形

由于水工特细砂混凝土的粉煤灰掺量较中砂混凝土高,因此水工特细砂混凝土的干缩变形以及自生体积收缩变形均小于中砂混凝土。

2.3 水工特细砂混凝土的耐久性能

水工混凝土的耐久性内涵是广义的,它包含三个方面的环境工况,即经受长期物理风化作用的抵抗能力;经受化学反应的腐蚀和演化能力;经受机械力作用的能力。对水工特细砂混凝土的耐久性主要从混凝土抗渗、抗碳化及抗冲磨等方面进行研究。

2.3.1 抗渗性能

混凝土的渗透性是指混凝土在内外压力差的情况下所存在的液体或气体从高压处向低压处迁移的渗透,混凝土的抗渗性能常用渗透系数指标来衡量。水工特细砂混凝土渗透试验结果表明:28 d 龄期的抗渗系数为 $0.61 \times 10^{-9} \sim 1.14 \times 10^{-9} \text{ cm/s}$,90 d 龄期的抗渗系数为 $0.65 \times 10^{-10} \sim 0.96 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$,其抗渗等级均能满足水工混凝土的抗渗要求。与中砂混凝土相比,水工特细砂混凝土 28 d 龄期的抗渗能力提高 30%左右,90 d 龄期的抗渗能力提高 70%左右。水工特细砂混凝土抗渗等级较高的原因在于特细砂可以细化混凝土孔结构以及混凝土中高掺粉煤灰所具有的填充孔隙的作用。

2.3.2 抗碳化性能

混凝土碳化是指空气中二氧化碳与混凝土中的碱性物质相互作用,使其成分、组织和性能发生变化,使用机能下降的一种复杂的物理化学过程。水工特细砂混凝土碳化试验结果表明:由于水工特细砂混凝土中粉煤灰掺量较高,降低了混凝土的碱性,对混凝土的抗碳化性能带来不利的影响。与中砂混凝土相比,水工特细砂混凝土的抗碳化能力稍逊,其中 28 d 龄期平均降低 16.6%,90 d 龄期平均降低 7.7%。

2.3.3 抗冲磨性能

磨损冲击破坏是水工建筑物常见的病害之一，尤其是当水流流速较高，水流中挟带砂石等磨损介质时，这种破坏更为严重。以混凝土抗冲磨强度为指标，对水工特细砂混凝土抗冲磨性能进行试验研究。试验结果表明：在混凝土强度等级相同的情况下，水工特细砂混凝土 28 d 龄期的抗冲磨强度为 $1.05 \text{ h/(g}\cdot\text{cm}^{-2})$ ，中砂混凝土 28 d 龄期的抗冲磨强度为 $0.62 \text{ h/(g}\cdot\text{cm}^{-2})$ 。在混凝土中粗骨料的抗冲磨强度远比砂浆抗冲磨强度高，而水工特细砂混凝土采用低砂率，使得其粗骨料在混凝土中所占比例较大，因此其抗冲磨性能要优于中砂混凝土。

2.4 水工特细砂混凝土的热学性能

混凝土的温度应力来源于混凝土受约束时的热变化而导致的体积变化。在大体积混凝土中，水泥因水化而发热，热量从表面散发，所以在混凝土中产生温度梯度，由此温度梯度导致的应力足以使大体积混凝土内部产生贯通性裂缝。水工特细砂混凝土的绝热温升过程线见图 3。由试验结果可以看出：由于水工特细砂混凝土粉煤灰掺量较高，使得其混凝土绝热温升值较低，这对水工混凝土大坝的温控十分有利。

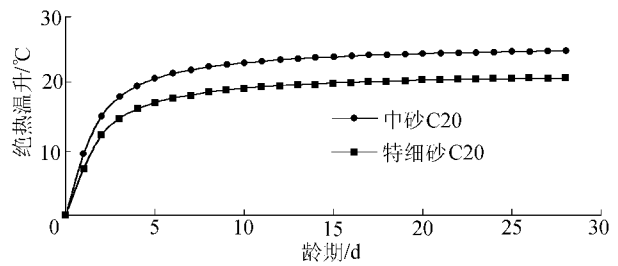


图 3 混凝土的绝热温升过程线

3 结 语

采用低砂率、低用水量、低坍落度、高粉煤灰掺量和掺高效减水剂的方法可以配制满足设计要求的水工特细砂大体积混凝土，对降低工程造价和合理开发利用自然资源均具有一定的经济意义和社会意义。采用上述方法配制的水工特细砂混凝土具有一定的性能特点：①具有收缩变形较小、抗渗及抗冲磨能力较强以及绝热温升较低的优点；②存在着早期强度较低、混凝土弹强比较高、极限拉伸值较低以及抗碳化能力稍逊的不足。因此在水电工程实际中，要充分认识水工特细砂混凝土的性能特点，扬长避短，使采用水工特细砂混凝土浇筑的水工大体积混凝土的性能更加完善。

参考文献：

[1] 冯乃谦.实用混凝土大全[M].北京:科学出版社,2001:743-749.
[2] 刘云霞,黄绪通.特细砂混凝土的性能及其应用[J].水电站设计,1996(3):97-102.
[3] 谢祥明,黄绪通.特细砂水工混凝土配合比设计的“三低一超”法[J].混凝土,2003(8):55-56.

(收稿日期:2005-12-16 编辑:熊水斌)

(上接第 11 页)

[9] 任淑良,赵克勤.集对分析在企业能源管理中的应用探讨[J].能源工程,1996(3):21-23.
[10] 吴福.高校引进师资的 SPA 评价模型及应用[J].哈尔滨学院学报,2003,24(10):9-10.
[11] 龚士良.地质环境合理开发利用集对论准则[J].西部探矿工程,2003,90(11):164-166.
[12] 王国平,王洪亮.集对分析用于污水处理厂的综合评价[J].江苏环境科技,2002,15(6):16-18.
[13] 冯利华,张行才,龚建林.关于集对分析的水文水资源变化趋势的统计预测[J].水文,2004,24(2):11-14.
[14] 王栋,朱元,赵克勤.基于集对分析和模糊集合论的水体营养化评价模型应用研究[J].水文,2004,24(3):9-13.
[15] 门宝辉,梁川,赵曼京.评价区域水资源开发利用程度的集对分析法[J].南水北调与水利科技,2003(6):30-32.

(收稿日期:2005-09-01 编辑:熊水斌)

(上接第 17 页)

参考文献：

[1] 陈观福,徐艳杰,张楚汉.强震区高拱坝横缝配筋抗震措施[J].清华大学学报:自然科学版,2003,43(2):266-269.
[2] 陈观福,张楚汉,徐艳杰,等.拱坝横缝钢筋与混凝土相互作用研究[J].工程力学,2002,19(3):16-19.
[3] 迟世春,林皋.拱坝的动力控制研究[J].世界地震工程,2002,18(1):1-8.
[4] 郭永刚,涂劲,陈厚群.高拱坝伸缩横缝间布设阻尼器对坝体地震反应影响的研究[J].世界地震工程,2003,19(3):44-49.
[5] 徐艳杰,张楚汉,王光纶,等.小湾拱坝模拟实际横缝间距的非线性地震反应分析[J].水利学报,2001(4):68-74.
[6] 陈厚群,郭永刚.小湾拱坝抗震工程措施深化研究[R].北京:中国水利水电科学研究院,2002.
[7] 徐艳杰.横缝配筋的拱坝地震非线性模型与无限地基影响研究[D].北京:清华大学,1999.
[8] 陈观福.强震区高拱坝横缝配筋与混凝土相互作用模型研究与应用[D].北京:清华大学,2002.

(收稿日期:2005-05-31 编辑:熊水斌)