

砂岩骨料在斯登沃代(Stung Atay)水电站大坝混凝土中的应用

邓长军

(中国水电顾问集团成都勘测设计研究院 科学研究所,四川 成都 610072)

摘要:斯登沃代水电站开展的砂岩骨料大坝混凝土应用研究成果表明:工程区域料场砂岩骨料具有吸水率大、微粒含量较多等特点,用其配制的混凝土存在用水量、胶凝材料多和混凝土干缩、湿胀变形较大等缺陷。因此,在工程使用硅酸盐水泥进行混凝土配合比设计的同时,建议采用减水率更高的缓凝高效减水剂;同时,应加大粉煤灰掺量,以达到抑制骨料碱硅酸反应,减少混凝土胶凝材料用量,降低混凝土水化热温升,减少混凝土的收缩变形,提高混凝土的抗裂性能和耐久性能。

关键词:斯登沃代水电站;砂岩骨料;大坝混凝土

中图分类号:TV7;TV41;TV42

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2013)01-0060-04

1 概述

斯登沃代水电站位于柬埔寨王国西部菩萨省列文县欧桑乡,是柬埔寨工业矿产能源部在额勒赛河流域规划兴建的电站之一。电站建在额勒赛河上游支流——沃代河上,坝址南面距离国公省省会国市路程约 60 km,北面距离列文县城路程约 60 km。电站分两级开发,整个工程共需各级成品砂石料约 132 万 t,其中粗骨料 86 万 t,细骨料 46 万 t。

前期资料表明:工程区域内的瀑布料场砂岩人工骨料具有表观密度较小、压碎指标和吸水率大、骨料的耐水性较差、遇水易崩解等特点。由于本工程区域的地质条件以及所处的地理位置决定了工程不可能重新选用人工骨料料场或外购砂石骨料浇筑混凝土,因此,需结合斯登沃代水电站的实际情况(工程拟用的砂岩骨料、水泥等混凝土原材料),开展砂岩人工骨料混凝土配合比设计及混凝土性能试验研究,其目的在于:针对大坝、厂房等工程部位,在无法采购中热水泥条件的同

时用硅酸盐水泥配制不同等级与品种的混凝土,为大坝混凝土温控设计提供混凝土的温控参数,同时为承包商采用的混凝土施工配合比及监理审批的施工配合比提供依据。

鉴于目前工程采用的砂岩具有疑似碱活性,采用一定的工程措施抑制砂岩碱活性膨胀是保证工程耐久性的基本条件。国内外大量研究和工程实践证明:使用粉煤灰置换部分水泥,不仅能够延缓或抑制骨料的碱硅反应,而且对混凝土的其它性能也有一定的改善作用,同时对节约资源、保护环境具有重要意义。因此,本试验研究是在采用高掺粉煤灰的工程措施抑制砂岩碱活性的基础上而展开的。

2 混凝土原材料

试验采用的、由泰国京都水泥公共有限公司生产的蓝钻石牌 P. 142.5 级水泥和泰国金牛波作岚有限公司生产的金牛牌粉煤灰品质检测结果分别列于表 1~3。

当地砂岩由石英晶体镶嵌构造而成,其中含

表 1 化学成分分析表

品 种	分析指标 / %								
	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	fCaO	烧失量	碱含量
P. 142.5	64.43	20.34	3.52	4.78	2.25	2.61	0.85	1.24	0.35
粉煤灰	3.52	58.67	7.35	24.59	1.38	0.36	0.34	3.84	0.77

表 2 水泥物理力学性能表

水泥品种	表观密度 / g·cm ⁻³	标稠 / %	细度 / %	凝结时间 / h:m		安定性	抗折强度 / MPa		抗压强度 / MPa	
				初凝	终凝		3 d	28 d	3 d	28 d
P. 142.5	3.19	26.6	0.4	3:00	5:30	合格	6.4	10.3	30.9	55

收稿日期:2012-12-07

表 3 粉煤灰物理力学性能表

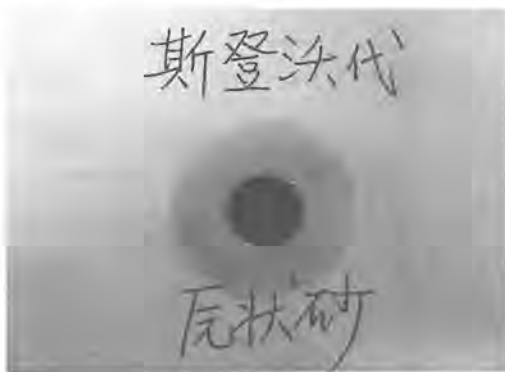
品种	密度 /g · cm ⁻³	细度 / %	需水量比 / %	活性指数 / %
粉煤灰	2.34	12	94.5	77.7

有少量云母、长石和约 4% 的微晶质至隐晶质石英。砂岩人工砂和粗骨料基本性能检测结果分别列于表 4、5。其中,为了判定当地砂岩人工砂中粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量主要是泥土还是

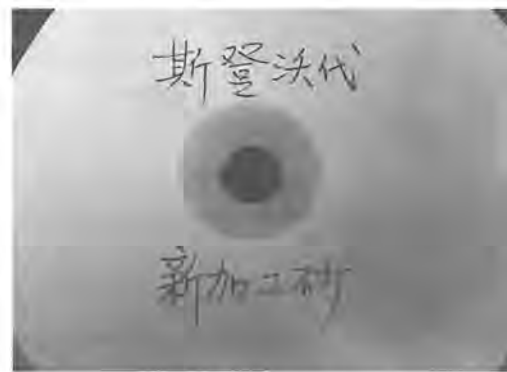
与被加工母岩化学成分相同的石粉,参照《建筑用砂》(14684-2001)中亚甲蓝快速试验方法,对砂岩人工砂中粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量的成分进行了鉴定。图 1 的鉴定结果表明:现场取样的人工砂中粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量的主要成分为泥。

表 4 砂岩人工砂基本性能表

样品名称	表观密度 /kg · m ⁻³	饱和吸水率 / %	坚固性 / %	SO ₃ 含量 / %	有机质含量 / %	轻物质含量 / %	云母含量 / %
砂岩人工砂	2 560	5.7	11.6	0.07	0	0.21	0



(a) 现场取样人工砂



(b) 采用粗骨料加工的人工砂

图 1 砂岩人工砂亚甲蓝快速试验结果示意图

表 5 砂岩粗骨料性能表

骨料类别	饱和面干表观密度 /kg · m ⁻³	饱和面干吸水率 / %	含泥量 / %	SO ₃ 含量 / %	有机质含量 / %	针片状 / %	坚固性 / %	压碎指标 / %
小石	2 510	3.12	4.7	0.04	浅于标准色	1.8		
中石	2 530	2.22	1.5	0.04	浅于标准色	0.9	8.3	15.5
大石	2 550	2.12	3.1	0.04	浅于标准色	0		

3 采用砂岩骨料的大坝混凝土性能

3.1 混凝土强度性能

试验采用泰国京都水泥公共有限公司生产的蓝钻石牌 P. I42.5 级水泥以及泰国金牛波作岚有限公司生产的金牛牌粉煤灰(掺量为 40%),复掺

0.8% 的 GK-4A 缓凝高效减水剂和 0.02% 的 GK-9A 引气剂,按照《水工混凝土试验规程》(SL352-2006)中的有关规定,对大坝混凝土的基本性能进行了试验研究。

从大坝混凝土的强度性能试验结果(表 6)可

表 6 大坝混凝土强度性能表

混凝土等级	抗压强度 /MPa			劈拉强度 /MPa		轴拉强度 /MPa	
	7 d	28 d	90 d	28 d	90 d	28 d	90 d
C ₉₀ 10W6F50	12.2	17	22.8	1.40	1.68	1.35	1.76
C ₉₀ 15W6F50	13.5	17.7	23.9	1.44	1.83	1.37	1.84
C ₉₀ 20W6F50	16.8	23.5	28.4	1.59	2.11	1.57	1.89

以看出:采用当地砂岩人工骨料配制的大坝混凝土的强度性能能够满足设计要求。

3.2 混凝土变形性能

从大坝混凝土的变形性能试验结果(表 7)可以看出:大坝混凝土的弹性模量较低,90 d 的弹

性模量为 12.8 ~ 15.1 GPa;而大坝混凝土的极限拉伸值较高,90 d 极限拉伸为 1.48 × 10⁻⁴ ~ 1.56 × 10⁻⁴,表明采用当地砂岩人工骨料配制的大坝混凝土具有低弹和高极限拉伸值的特性。

3.3 混凝土体积稳定性

表7 大坝混凝土变形性能表

混凝土等级	弹性模量 /GPa		极限拉伸/ 10^{-4}	
	28 d	90 d	28 d	90 d
C ₉₀ 10W6F50	10.6	12.8	1.34	1.48
C ₉₀ 15W6F50	11.4	13.7	1.35	1.52
C ₉₀ 20W6F50	12.7	15.1	1.47	1.56

由大坝混凝土的干缩和湿胀性能关系(图2)可以看出:采用当地砂岩人工骨料配制的大坝混凝土的90 d干缩变形为 $836 \times 10^{-6} \sim 858 \times 10^{-6}$,其中28 d湿胀变形可达到500个微应变左右,据此,大坝混凝土干缩、湿胀变形相当大,表明采用

当地砂岩人工骨料配制的大坝混凝土具有干缩变形较大的特点,其对大坝混凝土抗裂性能的影响不容忽视,建议在混凝土浇筑后应根据气候条件的变化加强对大坝混凝土的养护。

由大坝混凝土的自生体积变形试验结果(图

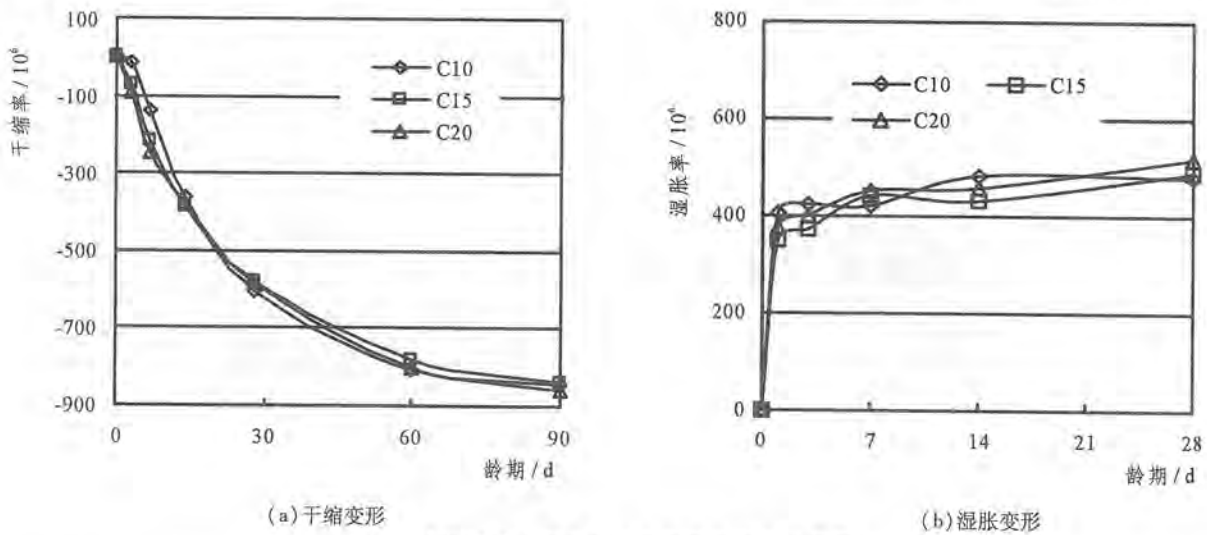


图2 大坝混凝土的干缩变形和湿胀变形示意图

3)可以看出:采用泰国京都水泥公共有限公司生产的蓝钻石牌P. I42.5级水泥配制的大坝混凝土

自生体积变形呈收缩状态,其150 d的收缩变形为 $-0.8 \times 10^{-6} \sim -11.8 \times 10^{-6}$ 。

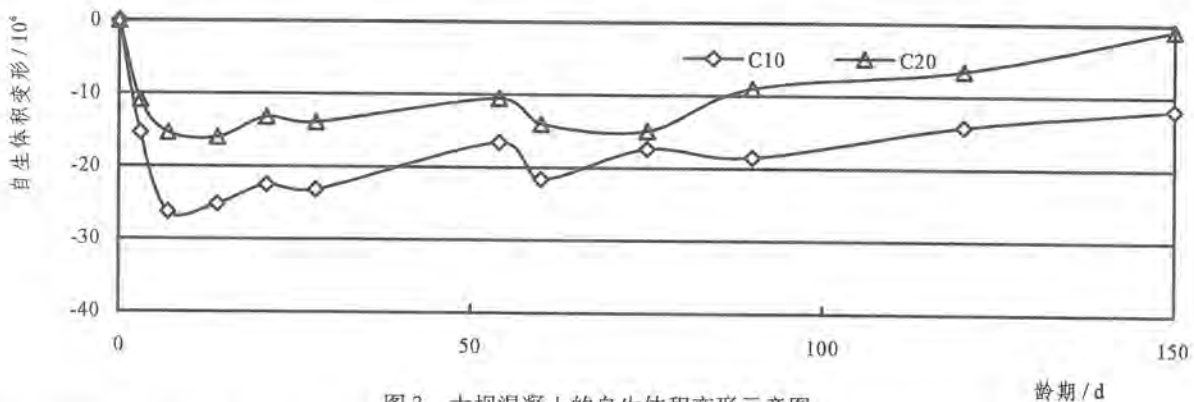


图3 大坝混凝土的自生体积变形示意图

3.4 混凝土耐久性能

由大坝混凝土的耐久性能试验结果(表8)可以看出:大坝混凝土90 d的抗渗等级为 $\geq W8$,满足设计要求。大坝混凝土的28 d抗冻等级仅为F25,表明大坝混凝土的抗冻能力较低,90 d混凝土

抗冻等级均为 $\geq F50$,满足设计要求。

3.5 混凝土热学性能

由大坝混凝土的热学性能试验结果(表9)可见:C₉₀10、C₉₀15、C₉₀20三标号混凝土导温系数、导热系数、比热及线膨胀系数大致相当;随着混凝土

表8 大坝混凝土耐久性能表

混凝土等级	抗渗等级		抗冻等级	
	28 d	90 d	28 d	90 d
C ₉₀ 10W6F50	W6	≥ W8	F25	≥ F50
C ₉₀ 15W6F50	W6	≥ W8	F25	≥ F50
C ₉₀ 20W6F50	W6	≥ W8	F25	≥ F50

表9 大坝混凝土热学性能表

混凝土等级	导温系数 /m ² ·h ⁻¹	导热系数 (kJ/m·h·°C)	比热系数 (kJ/kg·°C)	线膨胀系数 (10 ⁻⁶ /°C)	绝热温升 /°C
C ₉₀ 10W6F50	0.003 2	8.02	1.12	11.73	29
C ₉₀ 15W6F50	0.003 1	7.76	1.1	/	30.1
C ₉₀ 20W6F50	0.003 1	7.76	1.08	11.66	32.4

土等级的增加,混凝土绝热温升值也随之增高。

4 结 语

(1)采用瀑布料场砂岩料加工的人工骨料具有饱和面干、表观密度小、吸水率和坚固性质量损失大、微粒含量多等特点,在混凝土配合比设计时应加以重视。

(2)鉴于采用瀑布料场砂岩骨料配制的混凝土存在用水量大、胶凝材料多和混凝土干缩、湿胀变形较大等缺陷,同时使用该砂岩人工骨料配制的混凝土具有低弹和高极限拉伸值的特性,因此,

工地现场在使用硅酸盐水泥(当时柬埔寨国内没有中热水泥生产厂家)进行混凝土配合比设计的同时,建议采用减水率更高的缓凝高效减水剂;同时,还应加大粉煤灰掺量,以达到抑制骨料碱硅酸反应,减少混凝土胶凝材料用量,降低混凝土水化热温升,减少混凝土的收缩变形,提高混凝土的抗裂性能和耐久性能。

作者简介:

邓长军(1977-),男,四川广安人,工程师,学士,从事水工混凝土试验研究工作。(责任编辑:胡友权)

(上接第56页)

参考文献:

[1] 余文畴,卢金友.长江河道崩岸与护岸[M].北京:中国水利水电出版社,2008.
 [2] 唐洪武,李福田,肖 洋,等.四面体框架群护岸型式防冲促淤效果试验研究[J].水运工程,2002,344(9):25-28.

作者简介:

黄卫东(1981-),男,湖南会同人,工程师,硕士,从事泥沙基本理论、长江中下游河道演变及整治、河工模型试验等相关工

(上接第59页)

该项试验工作已于2012年11月初完成,试验成果已经通过业主、设计、监理审批。目前长河坝项目正在按照试验确定的粗料厚度0.5~0.7m、细料厚度1~1.2m进行备料。但应注意在备料过程中根据开采区粗、细土料级配变化及掺拌料取样级配试验结果及时进行调整。

7 结 语

通过汤坝土料场粗、细料掺拌试验,取得了满足设计要求的掺拌混合料及最优掺拌配比,确定了合理的掺拌粗、细土料铺料厚度,大大提高了土

作;

沈之平(1959-),男,浙江嵊州人,高级工程师,学士,从事泥沙基本理论、长江中下游河道演变及整治、河工模型试验等相关工作;

廖小永(1975-),男,江西新余人,高级工程师,硕士,从事泥沙基本理论、长江中下游河道演变及整治、河工模型试验等相关工作。

(责任编辑:胡友权)

料开挖的利用率,减少了开挖弃料,降低了施工成本,为电站其它料场超标骨料掺配提供了参考经验。

参考文献:

[1] 康世荣,陈东山.水利水电施工组织设计手册(2)施工技术[M].北京:水利电力出版社,1990.

作者简介:

杨永林(1982-),男,甘肃天水人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

杨玉银(1968-),男,河北遵化人,副主任,教授级高工,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:胡友权)