

二级配混凝土扩大粗骨料粒径试验研究

吴火兵

(雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都 610051)

摘要: 两河口水电站混凝土骨料针片状、类针片状颗粒含量高, 不利于混凝土质量控制, 为减少胶凝材用量, 保障混凝土质量, 通过扩展二级配混凝土最大骨料粒径(粒径扩展至 40~60 mm), 笔者从混凝土骨料优化组合试验、配合比设计、性能试验及二级半混凝土相关配套措施等方面进行了研究。综合技术和经济性表明: 以 0.45 水胶比为基础的 C₃₀ 常态混凝土, 骨料粒径由二级配扩展至二级半后, 通过配合比参数适当调整, 新拌混凝土和易性较好, 混凝土强度未现明显波动; 随着骨料粒径的扩展, 混凝土单位用水量减少 15 kg, 单位混凝土胶凝材料用量减少 33 kg, 对降低水化热温升、降低混凝土开裂风险、保障工程质量有利; 在经济效益方面, 二级半混凝土总量约 50 万 m³, 水泥单价以 500 元/t 估算, 直接经济效益约 700 万元, 考虑到砂石加工系统及混凝土拌和系统改造等因素产生的成本投入估算约 600 万元, 经济效益基本可行。二级配扩大粒径混凝土技术可行, 对混凝土工程质量控制有利。

关键词: 二级配混凝土; 扩大; 骨料粒径; 试验研究

中图分类号: TV33; TV42+2; O212.6

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2020)04-0100-03

Experimental Study on Enlarging Coarse Aggregate Size of Secondary Concrete

WU Huobing

(Yalong River Hydropower Development Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610051)

Abstract: The high content of needle shape and needle like particles in concrete aggregate of Lianghekou Hydropower Station is not conducive to the quality control of concrete. In order to reduce the amount of cementitious materials and ensure the quality of concrete, the maximum aggregate size of the secondary concrete (the particle size is extended to 40 ~ 60 mm) is enlarged. The paper studies the concrete aggregate optimal combination test, mix ratio design, performance test and related supporting measures of 2.5 grade concrete. The comprehensive technical and economic results show that: the C30 normal concrete based on 0.45 water binder ratio, and after the aggregate particle size is enlarged from the 2 grade to 2.5 grade, the workability of fresh concrete is better, and the concrete strength does not change obviously; with the expansion of aggregate size, the water consumption per concrete unit decreases by 15 kg, and the amount of cementitious material per concrete unit decreases by 33 kg, which is beneficial to reduce the temperature rise of hydration heat, reduce the risk of concrete cracking, and ensure the quality of the project. In terms of economic benefits, the total amount of 2.5 grade concrete is about 500,000 m³, the unit price of cement is estimated at 500 Yuan/t, and the direct economic benefit is about 7 million Yuan, considering the cost of around 6 million Yuan for the modification of aggregate processing system and concrete mixing system, the economic benefit is basically feasible. The technology of secondary concrete size enlarging is feasible, which is beneficial to the quality control of concrete engineering.

Key words: secondary concrete; enlarging; aggregate size; experimental study

1 概述

两河口水电站规模巨大, 混凝土设计总量约 360 万 m³, 其中, 二级配混凝土总用量约 250 万 m³。两河口水电站骨料料源为砂板岩, 骨料针片状、类针片状颗粒含量高^[1], 导致骨料粒形及级配

差, 紧密堆积状态下的空隙率整体偏大、比表面积大, 吸水量大, 混凝土单位用水量和胶凝材用量高, 且会降低新拌混凝土施工性能、力学性能, 不利于混凝土质量控制^[2]。

2 研究目的

水工混凝土常用骨料主要划分为 5~20

收稿日期: 2020-06-01

mm、20~40 mm、40~80 mm 及 80~150 mm 四种^[3]。针对两河口骨料粒形选择受限的实际情况,在施工条件允许的情况下,研究通过扩展二级配混凝土骨料级配,适当增大最大骨料粒径,改善骨料级配,降低骨料空隙率,减小用水量和胶凝材用量,从而降低水化热温升、降低混凝土开裂风险、降低工程造价,保障混凝土工程质量,拟研究分析将二级配混凝土调整为二级半混凝土(即骨料最大粒径扩展至 40~60 mm 范围)的技术经济可行性。

3 主要研究内容及成果

3.1 采用的原材料

水泥为嘉华特种水泥股份有限公司生产的 P·MH42.5 中热水泥;粉煤灰采用贵州粤黔电力有限责任公盘南电厂生产的 I 级 F 类粉煤灰;外加剂为江苏博特新材料有限公司生产的 SBTJM-II C 型高性能减水剂及 GYQ-1 型引气剂;粗、细骨料采用两河口水电站前期砂石骨料加工系统生产的砂、板岩骨料,其中,40~60 mm 粒径骨料为试验检测中心从半成品料堆人工筛得。

3.2 骨料优化组合试验

良好的颗粒级配组合可以增加骨料堆积密度、降低空隙率,进而增加混凝土的密实度、节约砂浆,降低干缩开裂风险,改善混凝土抗渗性能等。为优选中、小石最优比例组合,改善颗粒级配,降低混合骨料空隙率,根据水电工程常用骨料比例,结合 Fuller 级配曲线开展骨料优化组合比选试验,试验结果见表 1。由表 1 可见,5~20:20~40:40~60 三种粒径骨料比例为 3:3:4 时,紧密堆积密度为 1 790 kg/m³ 在各种比例组合中最密实,空隙率较小,后续试验以 5~20:20~40:40~60=3:3:4 比例组合开展研究。

3.3 混凝土配合比设计

根据两河口水电站工程常用的混凝土强度等级,选取 C₃₀ 强度等级,坍落度 70~90 mm,级配分别为二级、二级半(粗骨料最大粒径扩展至 40~60 mm)两种开展混凝土配合比设计。

(1)初选配合比。粉煤灰掺量:两河口水电站混凝土骨料有碱活性,粉煤灰掺量依据能够有效抑制砂板岩骨料碱活性为原则,根据工程可研阶段开展的试验研究成果,粉煤灰掺量为 20%^[4]。单位用水量:根据工程经验,结合室内试拌确定,

表 1 骨料掺配比例组合试验结果

掺配比例	表观密度 /kg·m ⁻³	堆积密度 /kg·m ⁻³	
		松散	紧密
28.8:23.9:18.4 (Fuller 级配曲线 计算结果)	2 770	1 490	1 740
4:4:2	2 770	1 520	1 770
2:3:5	2 770	1 530	1 780
3:4:3	2 770	1 490	1 760
4:3:3	2 770	1 520	1 760
5:3:2	2 770	1 490	1 720
2:3:5	2 770	1 510	1 770
3:3:4	2 770	1 530	1 790

备注:掺配比例为:5~20:20~40:40~60 三种粒径骨料。

本次试验经室内试拌、调整,初步分别确定为 125 kg/m³、140 kg/m³。砂率:结合骨料优化组合试验成果,根据室内配合比试拌成果确定。经室内试拌、调整,初步确定 0.45 水胶比下的砂率分别 37%、40%。外加剂掺量:根据生产厂家推荐掺量,含气量控制在 3.5%~5.5%,以坍落度满足控制指标要求为原则。

(2)混凝土配合比。在初步配合比试验选定的参数基础上,分别选择 0.45、0.5、0.55 三个水胶比进行试拌,在满足混凝土坍落度、和易性要求的条件下建立胶水比,即抗压强度关系,根据混凝土抗压强度与胶水比关系,计算确定混凝土配合比后,经试拌调整,开展混凝土性能复核试验,确定常态 C₃₀ 混凝土配合比(表 2)。

3.4 两种骨料级配混凝土性能试验

为进一步研究不同骨料级配对于混凝土性能影响,针对二级配和二级半混凝土之间差异开展了较系统的比较试验,结果见表 3。

3.5 二级半混凝土相关配套措施

根据两河口水电站砂石系统及混凝土拌和系统的实际情况,如果应用二级半混凝土,需要采取以下工程措施:

(1)混凝土骨料加工系统改造。为增加 40~60 mm 大尺寸混凝土骨料,在混凝土骨料系统设计中增加相应 40~60 mm 大尺寸骨料筛分系统(相应粒径的振动筛和输送皮带)及相应的成品骨料堆存料仓。

(2)混凝土拌和系统改造。对高线、低线 2 座混凝土拌和系统调整,增设 40~60 mm 大尺寸骨

料存贮罐及相应的骨料上料、称量系统。

3.6 二级半混凝土应用范围研究

结合混凝土施工规范、设计要求,在满足钢筋保护层、钢筋间距与骨料最大粒径尺寸比例前提下,在投标阶段混凝土浇筑方式不变的条件下,结

合现场混凝土入仓、振捣等施工条件,研究确定二级半混凝土可应用的范围主要是泄水建筑物各洞室衬砌及引水发电系统尾水洞及尾水连接管衬砌边墙和底板,混凝土总量约50万 m^3 。

3.7 试验成果分析

表2 混凝土配合比

混凝土种类	水胶比	砂率/%	粉煤灰掺量/%	减水剂掺量/%	引气剂掺量(1/万)	每方混凝土材料用量/ $kg \cdot m^{-3}$						
						水	水泥	粉煤灰	砂	2.5石(粒径40~60mm)	中石	小石
常态二级半 C_{30}	0.45	37	20	0.8	2.0	125	222	56	755	520	390	387
常态二级 C_{30}	0.45	40	20	0.8	2.0	140	249	62	787	/	716	474

表3 两种骨料级配混凝土试验结果

混凝土种类	拌和物性能				拌合物扩展度/mm		硬化混凝土性能			
	坍落度/mm		含气量/%		扩展度/mm		抗压强度/MPa		劈拉强度/MPa	
	筛前	筛后	筛前	筛后	筛前	筛后	7d	28d	7d	28d
常态二级半 C_{30}	16	102	1.3	1.4	320	330	21.6	38.9	1.84	2.20
常态二级 C_{30}	81	/	7.1	/	370	/	17.2	32.2	1.39	1.74

(1)配合比参数变化。两种骨料级配下的混凝土单位用水量试验结果显示:二级半混凝土相对于二级配混凝土,由于骨料粒径范围的变宽,单位用水量降低15kg;骨料表面积及其混合空隙率由于粒径增加而降低,进而导致砂率降低。

(2)混凝土和易性。水工混凝土坍落度仅适用于骨料最大粒径不超过40mm^[5],本次试验过程中坍落度和含气量检测了湿筛除40mm以上骨料前后的对比试验。湿筛除40mm骨料颗粒后,混凝土含气量检测结果略呈增加趋势,混凝土坍落度增加。但是,坍落度扩展度试验结果不受影响,说明常态混凝土在保证相同和易性下,随着粒径范围的变宽,混凝土施工性能未受显著影响。从坍落度试验过程来看,二级半混凝土黏聚性较好,无浸水、离析、板结等现象。

(3)混凝土强度。在相同水胶比(0.45)条件下,随着骨料粒径范围的变化,混凝土抗压强度、劈拉强度无显著趋势变化。

4 结语

通过骨料优化组合试验、混凝土配合比设计、两种骨料级配混凝土性能试验、应用二级半混凝土相关配套措施及可应用范围研究,对二级半混凝土代替传统二级配混凝土方案从经济、技术方

面进行了综合研究。

以0.45水胶比为基础的 C_{30} 常态混凝土,骨料粒径由二级配扩展至二级半后,通过配合比参数适当调整,新拌混凝土和易性较好,混凝土强度未现明显波动;随着骨料粒径的扩展,混凝土单位用水量减少15kg,单位混凝土胶凝材料用量减少33kg,对降低水化热温升、降低混凝土开裂风险、保障工程质量有利;在经济效益方面,二级半混凝土总量约50万 m^3 ,水泥单价以500元/t估算,直接经济效益约700万元,考虑到砂石加工系统及混凝土拌和系统改造等因素产生的成本投入估算约600万元,经济效益基本可行。

参考文献:

- [1] 叶秋强. 两河口水电站前期工程人工骨料加工系统改造及质量控制[J]. 施工技术, 2013, 42(S1): 187-190.
- [2] 杨加友. 扁平状骨料对混凝土施工性能影响分析[J]. 云南水力发电, 2019, 35(3): 126-129.
- [3] DL/T 5144-2015 水工混凝土施工规范[S].
- [4] 周麒雯, 杨 轶. 两河口水电站砂板岩骨料碱活性抑制试验研究[J]. 水电站设计, 2008, 24(3): 50-53.
- [5] DL/T 5150-2001 水工混凝土试验规程[S].

作者简介:

吴火兵(1982-),男,湖北孝感人,工程硕士,高级工程师,从事水电工程技术与管理工作。

(责任编辑:吴永红)