

“635”水利枢纽导流洞硅粉混凝土研究和应用

胡智农¹, 石 泉², 张霞林¹, 卢安琪¹, 李克亮¹

(1. 南京水利科学研究所, 江苏 南京 210029; 2. 额尔齐斯河流域开发工程建设管理局, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:根据“635”水利枢纽导流泄洪洞底板混凝土设计使用要求,进行了室内混凝土配合比性能试验研究,结果表明,掺有 HLC-Ⅲ 硅粉剂的混凝土与不掺外加剂的混凝土相比,其 28 d 抗压强度提高了 87.1%,抗折强度提高了 10.6%,抗冲磨强度提高了 97.5%,同时用丙乳砂浆处理新老混凝土结合面能起到提高黏结性的作用.根据现场情况经配合比调整试验优选出宜于施工的硅粉混凝土配合比.在硅粉混凝土浇筑过程中,由于采取了合理的搅拌、运输、基面处理等措施,使得在高温、高蒸发环境下浇筑的硅粉混凝土质量得到了保证.

关键词:导流洞;抗磨蚀;硅粉混凝土;配合比;施工组织

中图分类号:TV741

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2005)03-0045-03

Study on silica fume concrete and its application to construction of diversion tunnel in “635” hydro-power project//
HU Zhi-nong¹, SHI Quan², ZHANG Xia-lin¹, LU An-qi¹, LI Ke-liang¹ (1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. Erqisi River Valley Engineering Construction Bureau, Urumqi 830000, China)

Abstract: Mix proportion design and laboratory performance tests of the silica fume concrete were carried out according to the requirement of concrete design for base plate of the diversion tunnel for “635” hydro-power project. The result showed that the compressive strength, flexural strength, and resistance to abrasion and cavitation of the concrete mixed with HLC-III silica fume admixture at 28 days increased by 87.1%, 10.6% and 97.5%, respectively as compared with those of the normal concrete, and that the bond property was improved by treatment of the interface of fresh and original concrete with polyacrylic emulsion cement mortar. Meanwhile, the optimal silica fume-concrete mix proportion suitable for the construction was determined based on field tests. Owing to the adoption of such measures as mixing, transportation, and foundation surface treatment, the quality of silica fume concrete was guaranteed under high temperature and evaporation.

Key words: diversion tunnel; abrasion and cavitation resistance; silica fume concrete; mix proportion; management of construction

“635”水利枢纽工程位于新疆额尔齐斯河流域中部的干流河段上,是引额供水工程的水源工程.工程由拦河大坝、导流泄洪洞、溢洪道、总干渠进水闸、发电引水系统及电站厂房组成.导流泄洪洞布置在大坝右岸,底板高程为 592.00 m,施工期担负导流任务,正常运行期担负泄洪、放空水库、排砂等任务.包括进口引渠段、进水塔、洞身段、出口消能段 4 部分,全长 701.5 m,其中洞身段 278.0 m,引水明渠段 173.5 m,闸室段 42.0 m,出口明渠段 208.0 m.导流泄洪洞全洞水流均为高速水流,设计最大流速为 30.2 m/s,设计泄洪流量为 1422.7 m³/s,抗磨蚀措施设计除选择良好的过流体型外,还有以下两点要求,一是控制混凝土表面的不平整度,平行水流流向的突体小于 7 mm,垂直水流流向的突体小于 3 mm;二是过流底板表面采用硅粉混凝土作为抗磨蚀材料.硅粉抗磨蚀混凝土目前已被确认为水工泄水建筑物

的护面材料,广泛应用于国内外大量水工建筑物中^[1].由于硅粉混凝土在性能及施工上的特殊性,针对具体工程应根据其特点选择合适的配合比及施工工艺.

1 抗磨蚀混凝土性能试验

根据设计及使用要求,通常当流速大于 25 m/s 时,应选用强度等级 C60 以上的高强硅粉混凝土,因此导流泄洪洞抗磨蚀混凝土按 C60 进行设计.

1.1 室内试验原材料

水泥:屯河 42.5R 普通硅酸盐水泥,新疆屯河水泥厂生产;砂子:“635”工地筛分场,细度模数 2.32,中砂;石子:“635”工地筛分场,二级配卵石;外加剂:HLC-Ⅲ 硅粉抗磨蚀剂,南京水利科学研究所生产.

1.2 混凝土配合比

为比较掺与不掺硅粉抗磨蚀剂的混凝土性能,

作者简介:胡智农(1964—),男,安徽歙县人,高级工程师,从事混凝土新材料研究.

进行了有关对比试验,混凝土试验配合比见表 1.

1.3 混凝土性能试验

由于“635”导流泄洪洞底板硅粉混凝土浇筑是在原来已浇筑完成的普通混凝土表面进行,新老混凝土结合非常重要,因此试验在测试抗压强度、抗折强度、抗冲磨强度的同时,还专门进行了黏结抗折强度试验,由于丙乳砂浆的良好黏结性能^[2],试验按用丙乳砂浆处理黏结面及不处理黏结面两种情况进行.有关试验按 DL/T5150-2001《水工混凝土试验规程》进行,结果如表 2 所示.

由表 2 看出,掺有 HLC-III 硅粉剂的混凝土抗压强度大幅度提高,与不掺外加剂的相比,7 d 抗压强度提高了 49.4%,14 d 抗压强度提高了 73.2%,28 d 抗压强度提高了 87.1%,这是由于硅粉剂中硅粉的填充效应、微集料效应及火山灰效应导致混凝土中浆体更为密实,孔径细化,从而明显提高混凝土强度.抗折强度也有明显提高,28 d 抗折强度提高了 10.6%.抗冲磨强度试验结果表明,掺加硅粉剂的混凝土较不掺硅粉剂的混凝土抗冲磨强度提高了 97.5%.对新老混凝土黏结,用丙乳砂浆处理界面能提高混凝土黏结强度,因此施工时有必要对基面用丙乳砂浆进行铺筑,而后浇筑硅粉混凝土.

2 抗磨蚀混凝土施工

2.1 施工部位

导流泄洪洞的硅粉抗冲磨混凝土主要是浇筑在底板上,底板混凝土设计厚 1.0~1.5 m,常态混凝土设计标号 C25,在浇筑完常态混凝土后在表面预留 20 cm 左右厚度用以浇筑硅粉抗冲磨混凝土.

2.2 施工材料及混凝土配合比

a. 施工材料.施工用材料与室内试验用材料品

表 1 室内试验混凝土配合比

试验编号	各成分质量/kg					外加剂掺量/%	坍落度/cm	水胶比	
	水泥	砂	中石 (20~40 mm)	小石 (5~20 mm)	HLC-III				
I	430	588	687	562	0	182	0	6.0	0.423
II	430	569	697	570	64.5	123	15	6.5	0.249

表 2 混凝土性能试验结果

试验编号	抗压强度/MPa			抗折强度/MPa			黏结抗折强度 28 d/MPa		抗冲磨强度/ (kg·m ⁻² ·h ⁻¹)
	7 d	14 d	28 d	7 d	14 d	28 d	丙乳处理界面	界面不处理	
I	34.0	36.6	39.4	4.4	5.9	6.6	4.4	3.7	5.95
II	50.8	63.4	73.7	6.8	7.0	7.3	7.1	6.8	11.75

表 3 现场混凝土配合比试验结果

编号	配合比(水泥:砂: 中石:小石:HLC-III:水)	砂率/ %	坍落度/ cm	混凝土材料用量/(kg·m ⁻³)						抗压强度/MPa		
				水泥	砂	中石	小石	HLC-III	水	3 d	7 d	28 d
S-I	1:1.72:2.09:1.39:0.15:0.37	33	7.0	379	653	793	527	57	140	43.3	58.7	60.0
S-II	1:1.62:2.06:1.37:0.15:0.36	32	10.0	389	630	801	533	58	140	47.5	60.3	68.0
S-III	1:1.52:2.02:1.35:0.15:0.35	31	7.5	399	607	806	539	60	140	51.0	61.7	68.9
S-IV	1:1.53:1.86:1.24:0.15:0.32	33	6.0	418	640	778	518	63	134	56.1	68.4	70.2

种基本一致.

b. 施工混凝土配合比.在保证硅粉混凝土满足设计强度的前提下,尽量减少水泥用量能减少裂缝出现的几率,因此在施工前根据现场使用原材料情况进行了现场配合比调整试验,主要是对水泥用量进行了调整,结果见表 3.综合试验结果选用 S-II 组作为实际施工配合比.因工地条件所限,未能进行其他混凝土性能试验.

2.3 施工组织

由于导流洞底板常态混凝土已浇筑完毕,在浇筑硅粉抗磨蚀混凝土之前必须对常态混凝土基面进行处理.根据浇筑厚度将表面钢筋网与基底锚筋焊接成一整体.在施工基面进行凿毛处理,清除基面上已损坏的松动或结合不良的表层混凝土及油污、杂质,露出新鲜的混凝土面.由于原基底混凝土存在一些渗漏点及一些面渗现象,在浇筑前必须采取堵漏措施,主要方法是在渗漏点埋设灌浆嘴,漏点附近用丙乳防水砂浆封面,大的漏水采用排管引水,小的漏点采用灌浆堵漏方式,以保证仓面浇筑前不再有渗漏现象.

渗漏处理完后进行基面清洗,用高压风吹去碎屑及积水,在浇筑前保持基面饱水表干,用丙乳配制砂浆,将其均匀摊铺在整个基面上,用于提高混凝土界面黏结性能,丙乳砂浆摊铺厚度 1 cm 左右.按试验确定的配合比配制硅粉抗磨蚀混凝土,用强制式搅拌机搅拌,先干拌 1 min,总搅拌时间不低于 4 min,入仓坍落度保持在(8±2) cm.振捣采用插入式振捣棒与表面滑模振捣相结合方式,振捣结束后立即抹面,抹面时应反复揉压、拍打,抹面时不宜加水,抹面平整度应符合设计要求.由于施工期处在 5 至 7 月,当地气候干燥、多风,阳光照射强,对洞外底板及消

力池入口处浇筑硅粉抗磨蚀混凝土,由于蒸发易导致表面塑性裂缝的产生,因此施工时采取了一些措施,如搭遮阳篷,控制浇筑时间,选择下午及晚上进行施工,开仓时间控制在 17:30 左右,收仓在第二天 11:00 前,以避免中午前后的高气温和强阳光.由于仓面较大,浇筑持续时间较长,因此施工时各工种应有很好配合,前面浇筑完的混凝土表面稍干时就要进行人工抹面,抹面结束后为防止塑性裂缝的产生,应观察判断是否用喷雾器进行加湿养护,待所有浇筑混凝土终凝后,进行淋水或蓄水养护,前后工序节奏需根据现场情况进行合理调整.

3 效果评价

3.1 施工难点

“635”水利枢纽导流泄洪洞底板硅粉混凝土浇筑难度很高,主要体现在以下几方面:①性能设计要求高,硅粉混凝土配合比选择不仅要求具有较高强度、较高抗冲磨性能,而且按照水力学特性还需要较高平整度,满足水力学尺寸要求;②由于基面为已浇筑旧混凝土,硅粉混凝土必须与基面混凝土有良好结合,基面处理有很高要求;③施工组织要求高,因浇筑仓面大(每块 100 m² 左右),受施工条件限制,混凝土运输、平仓、振捣、抹面、养护等程序需要很好地衔接,否则易造成前后脱节,先浇的混凝土已初凝而后面的抹面、养护程序跟不上,对平整度有影响,并且容易出现裂缝;④高蒸发环境下施工,对导流洞洞口及以外硅粉混凝土浇筑面临气温高、阳光直射、气候干燥、风大的恶劣环境,混凝土表面蒸发很快,而拌制的硅粉混凝土水灰比较小,浇筑过程中极易发生塑性开裂,后期产生裂缝,因此必须采取多项施工措施来保证混凝土质量.

3.2 施工效果

尽管“635”水利枢纽导流洞底板硅粉混凝土浇筑存在很多困难,但经过室内及现场配合比试验和精心的施工组织,以及多种施工措施及质量监控措施的实施,从而解决了各种施工难点,达到了较为满意的效果.

对现场浇筑硅粉混凝土进行了抽样检查.设计标号为 C60 的硅粉抗磨蚀混凝土共浇筑 500 多 m³,从中取样 30 组,抗压强度最大值 67.4 MPa,最小值 57.4 MPa,平均值 63.7 MPa,强度保证率为 92.9%,离差系数 C_v 值为 0.039,由此表明所浇筑的硅粉混凝土强度保证率很高,离差系数较小,强度质量得到很好保证.

采用滑模振捣及人工精心抹面,浇筑后的混凝土

平整度完全达到设计使用要求.所浇筑的硅粉混凝土的抗冲磨性能有待运行使用后检验.

由于施工组织严密,措施得当,导流洞内硅粉混凝土无裂缝出现,仅在导流洞出口扩散段(0+344.75~0+354.75)出现一条长约 3 m 的细裂缝,走向为顺水流方向.经分析,产生的主要原因为该浇筑块位于进入消力池的斜坡段,且在露天,浇筑条件恶劣,虽搭了遮阳篷,采取了及时养护措施,但由于蒸发太快,浇筑程序未跟上.从总体看,导流洞底板共浇筑硅粉混凝土 260 m,26 块,没有因为硅粉混凝土收缩而导致裂缝出现,也基本没有出现塑性裂缝,浇筑非常成功.

4 结 语

采用 HLC-Ⅲ 硅粉抗磨蚀剂配制的硅粉混凝土用于浇筑“635”水利枢纽导流洞底板,其抗压强度、抗折强度、抗冲磨强度与普通基准混凝土对比均有大幅度提高.针对导流洞底板硅粉混凝土施工特点,精心组织施工,对混凝土搅拌、运输、基面处理、表面抹平、养护等每一个环节实行全过程控制,保证了浇筑硅粉混凝土的质量,无论是强度还是平整度均达到设计使用要求,同时克服了硅粉混凝土易裂的缺点,所浇筑的硅粉混凝土基本无裂缝出现,这在以往工程中是罕见的.该工程的施工组织及质量控制方法对同类工程的硅粉混凝土应用有很好的借鉴作用.

参考文献:

- [1] 林宝玉,吴绍章.混凝土工程新材料设计与施工[M].北京:中国水利水电出版社,1998.100—130.
- [2] 林宝玉,庄英豪,卢安琪,等.丙烯酸酯共聚乳液水泥砂浆的研究与应用[J].水利水运科学研究,1981(1):53—61.

(收稿日期:2004-04-13 编辑:骆超)

·简讯·

河海大学两项成果获 2004 年度国家科技进步奖励

2004 年度国家科学技术奖励日前揭晓,河海大学有两项成果获国家科技进步二等奖.这两项成果分别是“大坝与坝基安全监控理论和方法及其应用研究”、“水功能区划与水资源保护理论技术及应用”.其中前者为河海大学独立完成,吴中如院士、顾冲时教授为成果主要完成人;后者是长江流域水资源保护局、水利部水利水电规划设计总院与河海大学共同完成,河海大学主要完成人为王超教授.

(本刊编辑部供稿)