

硅粉混凝土施工技术在水利工程中的应用

李东强, 成奇, 郭万里, 孟凡朋

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘要:通过新疆某项目导流洞高强度硅粉混凝土施工,从硅粉混凝土特性分析入手,对原材料控制、混凝土拌制、入仓浇筑、抹面及养护等过程进行严格控制,有效避免了硅粉易因早期收缩产生裂缝的现象发生。介绍了具体的研究过程。

关键词:硅粉混凝土;施工;早期开裂;养护措施

中图分类号:TV7;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)04-0105-03

Application of Silicon Powder Concrete Construction Technology in Water Conservancy Project

LI Dongqiang, CHENG Qi, GUO Wanli, MENG Fanpeng

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract: Through the construction of high strength silicon powder concrete in diversion tunnel of a project in Xinjiang, the paper starts with the characteristics analysis of silicon powder concrete, the process of raw material control, concrete mixing, concrete casting, plastering and maintenance are strictly controlled, which has effectively avoided cracks due to early shrinkage. The specific research process is introduced.

Key words: silicon powder concrete; construction; early cracks; maintenance measures

1 概 述

新疆某河道因高速水流携带泥沙对前期上游修筑的过水箱涵面层混凝土破坏严重(已出现较为严重的漏筋现象),在下游导流洞设计时,考虑到高速水流携带泥沙对导流洞的冲刷破坏作用,对导流洞底板及 1.1 m 高矮边墙采用了 P.O52.5 水泥、内掺粉煤灰、硅粉及聚丙烯纤维的抗冲磨混凝土。导流洞底板Ⅱ、Ⅲ类围岩的混凝土衬砌厚度为 40 cm, V 类围岩的混凝土衬砌厚度为 55 cm, C50 硅粉混凝土量约为 3 500 m³。

2 硅粉混凝土具有的特性

有关研究资料表明,硅粉对混凝土性能改善最突出地表现在以下几个方面:

(1)强度显著提高^[1,2,3]。在普通混凝土中掺入硅粉后,其强度可提高 40%~150%。硅粉混凝土的强度发展稍慢,硅粉对混凝土强度发展的作用主要在 3~28 d,但适量的硅粉将使混凝土的绝对强度大大提高。硅粉掺量为 20%以内时,混凝土的强度一般随硅粉掺量的增加而提高;当掺量超过 20%时,硅粉对混凝土强度的贡献明显下降。

(2)新拌混凝土的和易性显著改善^[1,2]。掺入硅粉后,硅粉的比表面积非常大,颗粒表面的湿润需要大量的水分,使新拌混凝土中的大量自由水被硅粉粒子约束,混凝土内部很难有多余的水分溢出;另一方面,硅粉微粒堵塞了新拌混凝土的毛细孔,因此,在混凝土中掺入硅粉,使混凝土的粘聚性和保水性得到了提高,但其流动性大大降低。为了保证硅粉混凝土的强度和必需的流动性,在混凝土掺入硅粉的同时,必需掺加一定数量的高效减水剂。

(3)由于硅粉的微填料效应,掺入硅粉的混凝土孔隙小,密实度增强,抗渗能力提高,抗冻能力改善,从有关试验资料得知:内掺 5%~10%的硅粉,其抗渗性能提高 6~11 倍;当掺量在 15%以内,抗冻性约提高 2 倍,均达到了普通混凝土水灰比为 0.4 时的抗渗与抗冻能力。

(4)掺加硅粉后,混凝土的其他性能改善也较明显,其抗化学侵蚀性、抗空蚀性、抗冲击性等均有大幅度的提高^[1,2,3]。

3 原材料及配合比

(1)水泥:采用天山 P.O52.5 普通硅酸盐水泥

收稿日期:2019-06-19

(进行检测)。

(2)河砂:采用查汗图料场的河砂(进行检测)。

(3)粗骨料:采用查汗图料场的粗骨料(进行检测)。

(4)水:施工区河水。

(5)硅粉:甘肃博城硅业有限公司生产的微硅粉。

(6)外加剂:新疆格辉化工有限公司生产的高效减水剂。

(7)粉煤灰:新疆玛纳斯电厂 I 级粉煤灰。

(8)聚丙烯纤维:河北廊坊永兴建材有限公司的聚丙烯纤维。

经试验得出 28 d 强度要求的 C50 抗冲磨混凝土配合比^[4]见表 1。

表 1 C50F300 抗冲磨混凝土配合比表

水泥品种及强度等级	混凝土强度等级	配合比	水胶比	砂率 / %	要求坍落度 / mm	每 m ³ 混凝土材料用量 / kg · m ⁻³										
						胶凝材料			砂	小石	中石	水	FDN 高效减水剂	引气剂	硅粉	聚丙烯纤维
						水泥	粉煤灰	粉煤灰								
天山 P.052.5	C50F300	1 : 1.04 : 1.52 : 0.31	0.31	41	120~160	470	20%	117	609	357	535	182	5.87	0.117	46.97	0.9

4 硅粉混凝土施工

在距导流洞进口上游约 400 m 处的左岸修建了一座 HZS50 拌和站,用以供应整个导流洞浇筑所需的混凝土^[4]。采用 6 m³ 罐车将混凝土运输至工作面附近,采用 HBT60 混凝土泵机泵送入仓浇筑^[5]。

4.1 原材料的添加与防护

骨料、水泥、粉煤灰利用已由博州质监站校核、率定的拌和站计量系统,按照配合比的要求进行掺加。硅粉、聚丙烯纤维按照配合比的要求人工称量添加。外加剂按照配合比的要求添加。进料顺序见图 1。

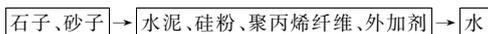


图 1 进料顺序框图

材料添加完成后进行充分的拌和,直至各种材料搅拌均匀、无干粉现象将坍落度控制在 120~160 mm 范围。

为防止下雨及太阳光对配合比的影响,骨料仓顶部全部采用彩钢棚遮挡,拌和机由彩板封闭。硅粉等原材料全部采用搭棚遮挡。

由于 C50 硅粉混凝土初期凝固快且坚固,因此,在拌和料完成后必须及时冲洗并清理拌和站。

4.2 硅粉混凝土的运输

硅粉混凝土采用 6 m³ 混凝土罐车在拌和站接料运输至工作面附近,再由 HBT60 混凝土泵机泵送入仓。

4.3 硅粉混凝土的浇筑

4.3.1 仓面清理

底板清理先采用 60 型挖掘机挖除多余的渣

料,5 人并排一起清理多余的渣料,然后采取高压风吹、结合水管的方式清洗岩面,必需达到仓面验收要求。

4.3.2 钢筋制安

钢筋统一在制作场制作完成后,采用车辆转运至工作面;钢筋安装采用散装方法。钢筋安装前,根据设计图纸每 12 m 一仓进行测量放线定位,先固定定位筋,再按间距进行排列。钢筋的安装位置、间距、保护层及各部分钢筋的大小、尺寸均按照施工图纸的规定进行,并将其允许偏差控制在《水工混凝土钢筋施工规范》(DL/T5169—2013)要求的范围内。钢筋的锚固长度必须满足设计及规范要求。钢筋的连接采用焊接,位置及搭接长度必须满足《水工混凝土钢筋施工规范》(DL/T5169—2013)的要求,单面焊接的焊缝长度不小于 10 倍钢筋直径,双面焊的焊接长度不小于 5 倍钢筋直径。为确保混凝土保护层的必要厚度,在钢筋和模板之间设置强度不小于结构设计强度的混凝土垫块,在垫块中埋设铁丝并与钢筋扎紧,垫块位置互相错开,分散布置。各排钢筋之间用短钢筋支撑,以保证位置准确。

4.3.3 模板的安装

由于底板及 1.1 m 高的小边墙采用的是 C50 硅粉混凝土,以上部分为 C30 混凝土,所以先进行底板及 1.1 m 高的小边墙施工,再进行边顶拱的施工。底板及 1.1 m 高的小边墙采用定型模板施工。钢筋完成后根据设计图纸测量定位,在其内侧安装边墙及底板的固定定位筋进行定型模板的固定,外侧采用架管横向支撑加固。仓号端头

的模板采用 1.5 cm 厚的木板制作。上部边墙及顶拱采用钢模台车进行浇筑。

4.3.4 混凝土入仓、振捣及抹面^[4]

(1)混凝土入仓及振捣。底板及 1.1 m 高的小边墙 C50 硅粉混凝土采用 HBT60 混凝土泵机泵送入仓。由于高标号硅粉混凝土凝固较快且早期强度升高较快,在浇筑底板混凝土时,从一端进行铺料,铺料厚度不超过 50 cm,然后采用 $\varphi 50$ 软轴振动棒振捣密实,每一位置的振捣时间以水泥浆不再下沉、不出气泡并开始泛浆为准。如经振捣后还没有达到设计高度,则需采用人工铲料回填并轻微振捣即可。

(2)抹面。鉴于在混凝土中掺加硅粉会提高混凝土的粘滞性并大幅度减少泌水,且因混凝土内部水的分泌率较低,混凝土表面因缺少水分而使抹面变得困难,因此,在硅粉混凝土浇筑振捣密实后刮去浮浆,快速完成抹面工作,并在混凝土终凝前 1~2 h(手指按稍软、抹子能抹光)进行二次抹面,能够有效避免混凝土塑性裂缝的产生。

4.3.5 所采取的温度控制及养护措施

(1)温度控制。①由于阳光直射对混凝土拌和温度影响较大,故对砂石料及拌和楼采取搭设顶棚防晒并喷水雾降温(细骨料除外)的方式控制温度。②水池顶部设隔热层,防止太阳暴晒使水升温。③混凝土施工避开高温时段浇筑,每天在高温时段只作浇筑前的准备工作,尽量将其安排在早晚低温时段进行浇筑。④对混凝土运输车辆实施洒水降温并进行遮挡。

(2)养护措施。由于 C50 硅粉混凝土浇筑完成后水化热较高,为防止混凝土开裂,混凝土初凝后应及时覆盖麻袋或毡布洒水保湿养护,派专人对已浇筑的混凝土定时洒水并保证所覆盖的麻袋或毡布湿润。养护至少需要 21 d。边顶拱在模板表面洒水,通过模板缝渗入内部进行养护。

4.3.6 硅粉混凝土浇筑过程中出现的问题及采取的措施

在导流洞洞身出口段浇筑的第一仓硅粉混凝土初凝后没有及时洒水养护,在其表面发现了不同程度的裂缝,影响了施工质量。

为了在后续的施工中避免裂缝的产生,项目部在选择浇筑第二仓混凝土时进行了温度及裂缝观测。在混凝土浇筑完成、初凝后及时采用麻袋

覆盖并洒水确保麻袋全部湿润,并不定时地洒水以确保其一直处于湿润状态。经过 2、3、5 d 观测混凝土表面没有发现裂缝。养护 21 d 后取掉麻袋,发现混凝土表面光滑平整,没有裂缝。由此可见,硅粉混凝土前期释放了大量的热量,但将养护工作做好也可以有效地避免因混凝土早期收缩产生的裂缝。

在后续的施工过程中,混凝土初凝后及时进行麻袋覆盖并洒水养护,亦没有出现因早期干裂收缩导致裂缝的现象发生。

5 质量保证措施

(1)严格执行“三检制”,各工序严格执行班组自检,作业队复检,项目部终检。

(2)工程所用的钢筋品种、数量符合设计要求;加工使用前,对其上附着的油污、浮锈等清除干净,确保其与混凝土的握裹力;严格按设计要求测量放点安装。采用横撑、混凝土预制块等手段固定钢筋,以确保其满足设计位置的要求。

(3)各原材添加前严格按照配合比进行称量,确保所拌制的混凝土满足要求。

(4)采用强制式搅拌机拌制高强度的抗冲磨混凝土,拌和时间比普通混凝土延长 0.5 倍。硅粉应在加入水泥的前后相继加入。

(5)硅粉混凝土要确保其早期潮湿养护,浇筑完毕,立即在硅粉混凝土表面不间断喷雾养护或覆盖湿透的麻袋、毡布进行养护,使其表面始终处于饱和水潮湿状态 21 d 以上。如遇干燥气候条件,应至少延长至 28 d。

(6)硅粉混凝土浇筑后应及时进行一次收面,待初凝前几分钟进行二次收面,确保底板混凝土表面光滑平整。

(7)硅粉混凝土入仓后按照振捣规范进行,不能漏振、过振,以确保混凝土的密实。

6 安全保证措施

(1)对所有高空作业的部位均设置防护栏、安全网等安全防护设施,及时清除安全网内的杂物,严禁杂物积垫,高空作业人员必须戴安全帽、系安全带(绳)、穿防滑鞋,防止高空坠落事故的发生。

(2)离地 2 m 以上进行混凝土浇筑施工时应有操作平台,施工人员必须佩戴安全带等防护设备。

(下转第 117 页)

行分析,可以预见到先进的工程建设信息化管理手段是助力公司提质增效的有效方式。在信息化时代,为了适应市场、客户和公司的战略发展需求,不断完善和提升信息化管理水平,提高 PRP 系统应用带来的信息化效益在工程建设领域企业管理中的必要性和必然性已经显现。虽然该系统目前尚存在一些缺陷,但通过系统的不断改进和完善,相信这些缺陷均能予以逐步克服,进而更好地为工程管理服务。

参考文献:

[1] 李生瑞,张家春.工程资源计划(PRP)的方案研究[J].低温建筑技术,2005,27(2):108-110.

[2] 高勇翔.企业资源计划(ERP)问题研究[J].现代商业,2017,17(23):121-122.

[3] 李建军,张家春,李生瑞.房地产开发中工程资源计划(PRP)

的研究[J].建筑施工,2006,28(3):216-217.

[4] 朱晨.PRP 系统助推中国电建项目履约能力提升[J].科技创新与生产力,2017,24(11):11-13.

[5] 苏世林.工程项目管理信息系统建设与思考[C].贵州省:岩石力学与工程学会 2013 年学术年会,2013.

作者简介:

林佳顺(1971-),男,四川资阳人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

舒红(1981-),男,四川资阳人,助理工程师,从事建设-施工技术与管理工作;

孔杰(1993-),男,重庆永川人,助理工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

刘瑞(1992-),男,江苏南京人,助理工程师,从事建设工程施工技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 107 页)

(3)各种机械操作人员和车辆驾驶员必须持有操作证,对机械操作人员建立档案并由专人管理,不准操作人员操作与其所持有的操作证不相符的机械;不准将机械设备交给无操作证的人员操作。

(4)各种电缆线、照明线有序铺设;按作业机组设配电柜,规范用电接线;对供电用电系统进行经常性的检查、维护和更换,确保施工用电安全。

(5)振动棒应外接漏电保护器。

(6)硅粉混凝土拌和后,对拌和机、混凝土输送泵、混凝土罐车等设备要及时清洗,避免混凝土凝结堵塞管道。

7 结 语

通过硅粉混凝土的施工,使我们对硅粉混凝土的特性有了更清楚的认识。通过采取适当的养护措施,可有效防止混凝土表面产生早期裂缝。在类似的后续项目施工中可以参考并不断改进所取得的经验,更进一步地防止硅

粉混凝土施工过程中出现地相关不利影响,提高混凝土的浇筑质量。

参考文献:

[1] 惠荣炎,黄国兴.硅粉混凝土性能的试验研究[J].水利水电技术,1988,40(7):42-47.

[2] 张敏红.硅粉及其混凝土的性能[J].上海建筑科技,1995,2(3):19-21.

[3] 赵晋.掺用粉煤灰和硅粉对混凝土性能影响的试验研究[J].山西水利科技,2015,22(1):90-92.

[4] 赵超然.水利水电工程施工手册.第 3 卷[M].北京:中国电力出版社,2002.

[5] 王铁城.泵送高强硅粉混凝土在小浪底工程中的应用[J].水利水电科技进展,2001,21(1):45-46,61.

作者简介:

李东强(1983-),男,河南长垣人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

成奇(1974-),男,贵州织金人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

郭万里(1984-),男,河南开封人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

孟凡朋(1986-),男,黑龙江海林人,经济师,从事水利水电工程造价及合同管理工作.

(责任编辑:李燕辉)

中国水电七局一分局喜获专利、工法多项

近年来,经过不懈的努力,水电七局一分局累计获得发明专利 8 项,实用新型专利 44 项,软件著作权 2 项;正在申报的发明专利 16 项、实用新型专利 13 项。另外,水电七局一分局获得企业级工法 35 项,省部级以上工法 46 项,其中《宽级配砾石土心墙堆石坝施工工法》获得国家级工法。

(中国水电七局一分局 供稿)