

# 浅谈活性粉末混凝土盖板施工质量的控制

王亚斌，马友德

(中国水利水电第五工程局有限公司第二分局,四川成都 610225)

**摘要:**介绍了活性粉末混凝土(RPC)盖板的工厂化集中生产技术,对其混凝土配合比、施工工艺及质量控制等关键技术进行了较详细的阐述,可供类似工程参考借鉴。

**关键词:**活性粉末混凝土;工厂化生产;施工工艺;质量控制

中图分类号:U215;U214;U215.7

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增1-0097-02

## 1 概述

活性粉末混凝土(Reactive Powder Concrete,简称RPC)是国外于20世纪90年代中开发出的一种高强度、高韧性、高耐久性的新型材料,引入国内后主要应用于我国铁路工程建设。与过去使用的应用材料相比,其质量轻、抗折强度和抗压强度高、韧性好、具有极好的抗冲磨和抗渗透性能,安装方便且具有良好的使用性和耐久性。

石济铁路客运专线工程SJZ-2标段正线线路全长28.3 km,其中路基长4 008延米,2座特大桥梁长52 600单延米,全线电力、信号电缆槽需全部安装RPC盖板,其桥梁电缆槽盖板共计212 842块、路基电缆槽盖板6 540块,共计为219 382块,折合成混凝土为63 396 m<sup>3</sup>。日计划生产盖板3 000块。电缆槽盖板RPC材料的主要性能设计指标为:抗压强度≥130 MPa,抗折强度≥18 MPa,弹性模量≥48 GPa,氯离子渗透量<40 Coul,抗冻性>F500,在综合性能指标满足设计要求的前提下,有效降低了生产成本。在其应用过程中,技术人员总结出了一套活性粉末混凝土盖板工厂化集中生产工艺,取得了较好的经济效益,笔者介绍于后。

## 2 施工准备

### 2.1 材料准备

RPC盖板的原材料包括水泥、骨料、钢纤维和专业掺合料等,应储存在干燥的库房内。RPC盖板原材料设计要求为:

(1)水泥:采用品质稳定、强度等级不低于42.5的低碱硅酸盐水泥或低碱普通硅酸盐水泥,

收稿日期:2018-04-15

水泥熟料中C3A含量不应大于8%,其性能符合《通用硅酸盐水泥》(GB175-2007)的规定,不得使用其他品种水泥。

(2)骨料:采用SiO<sub>2</sub>含量大于97%的石英砂,分粗粒径石英砂(1~0.63 mm)、中粒径石英砂(0.63~0.315 mm)及细粒径石英砂(0.315~0.16 mm)三个粒级,石英粉中公称粒径小于0.16 mm的颗粒比例应不大于95%,其应符合《活性粉末混凝土》(GB-T 31387-2015)之规定。

(3)钢纤维:采用细圆形、表面镀铜强度钢纤维,直径为0.18~0.23 mm,长度为12~14 mm,抗拉强度不得低于2 850 MPa,弹性模量不得低于1.9 GPa,其他性能应满足《钢纤维混凝土》(JG/T 472-2015)技术要求。

(4)外加剂:外加剂采用减水率大于29%,高掺量时无缓凝作用的氨系减水剂,混凝土外加剂应符合《混凝土外加剂匀质性试验方法》(GB8077-2012)的规定,并需经检验合格后方可投入使用,其硫酸钠含量不得大于2%,外加剂掺量由试验确定,严禁掺入氯盐类外加剂。

(5)拌和物用水应符合JGJ63-2006的要求。凡符合饮用标准的水均可使用。

所用原材料应有供应商提供的出厂检验合格证书并按有关规范进行检验,严格实施进场检验,标明材料的名称、品种、生产厂家、生产日期和进场日期。

### 2.2 试验准备

RPC材料电缆槽盖板生产前应进行配合比试验,试件的性能指标应满足设计要求的抗压强度、抗拉强度、弹性模量、氯离子渗透系数、抗冻性

能等参数,拌和物的坍落度应满足施工要求。通过现场试验,最终确定的合理生产施工配合比为:水泥  $800 \text{ kg/m}^3$ ;硅灰  $240 \text{ kg/m}^3$ ;矿渣粉  $240 \text{ kg/m}^3$ ;石英砂:粒径为  $0.315 \sim 0.16 \text{ mm}$  的  $283 \text{ kg/m}^3$ ,粒径为  $0.315 \sim 0.63 \text{ mm}$  的  $472 \text{ kg/m}^3$ ,粒径为  $0.63 \sim 1 \text{ mm}$  的  $189 \text{ kg/m}^3$ ;减水剂为  $16.64 \text{ g/m}^3$ ;水为  $192 \text{ kg/m}^3$ ;钢纤维为  $120 \text{ kg/m}^3$ ,可为类似工程构件的生产提供依据。

### 2.3 机械设备调试及人员配置

(1)生产设备的安装与调试:拌和站、RPC 混凝土专用生产线设备进场后,立即进行安装调试;蒸汽养护设备安装并经地方质检部门验收合格后方可投入使用。

(2)除拌和站、RPC 混凝土专用生产线设备外,还需配备叉车 2 台以及其他辅助工器具等。

(3)RPC 盖板生产线需配备管理人员 4 人,实验员 1 人,模板工 6 人,浇筑工 6 人,普工 10 人。

## 3 主要施工工艺

### 3.1 工艺流程

盖板生产线主要由 RPC 混凝土搅拌系统、分料系统、链式输送系统、振捣成型系统、养护系统、拆模系统及其他附属系统组成,主要场地设施分为主生产车间、副生产车间、原材料库、RPC 混凝土搅拌站、蒸养室、成品存放区、附属设施锅炉房及配电室等。

RPC 盖板预制生产流程:模具清理 → 混凝土搅拌 → 振捣成型 → 初养 → 脱模 → 终养 → 成品检测 → 成品保护、堆放。

### 3.2 具体施工过程

#### 3.2.1 混凝土搅拌

RPC 盖板混凝土拌和采用强制式搅拌,搅拌机实现全套自动计量、自动记录功能,在搅拌混合物时,投料顺序为石英砂、钢纤维、水泥、RPC 专用掺和料。先将粗砂、中砂、细砂按配比要求称量到位并放入提升斗,干料先预搅拌 5 min,加水,然后人工计量钢纤维,将计量好的钢纤维倒入提升斗中的石英砂上面,再搅拌 4 min 后出料。在加入钢纤维后,采用钢制耙刺将钢纤维打散,特别是对已经互相缠绕在一起的钢纤维更应拨开、分散,以防在搅拌过程中与胶凝材料及石英砂形成团球状,影响其在 RPC 中的分散均匀性。

搅拌混凝土时,应准确控制用水量,不允许

RPC 拌和物出搅拌机后加水。运送 RPC 拌和料的模板和传送带应不吸水、不漏浆,并保证卸料及输送通畅。

#### 3.2.2 混凝土浇筑与振捣

RPC 拌和料在常温下凝固速度非常快,粘性很大,容易粘壁,搅拌均匀的 RPC 拌和料宜在 30 s 内卸料完毕。因此,在盖板混凝土浇筑时,应一次性装满盖板模板进行连续浇筑,最大时间间隔应不超过 6 min。盖板混凝土使用震动平台结合平板振捣器进行振捣,直到其表面平整密实即可,混凝土入模温度应为  $10 \text{ }^\circ\text{C} \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

当昼夜平均气温低于  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  或者最低气温低于  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  时,对骨料、拌和用水等应采取保温措施,混凝土浇筑按冬季施工规范进行。

#### 3.2.3 养护

RPC 制品的养护分静停、初养和终养。现场施工人员和温控室人员应密切监控,把握好不同养护条件制品的转移,严控养护温度。

将浇筑成型后的 RPC 制品带模板平移于托架上,在模板上方覆盖塑料薄膜,以减少 RPC 制品中的水分蒸发散失。首先,采用叉车将托架放置于平坦的静停区静养,静停环境温度不低于  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度不低于 60%,并检查制件的表面平整度,待拌和物表面初凝,应控制静停时间不少于 6 h;再采用蒸汽养护。蒸汽养护过程分为升温、恒温、降温三个阶段,升温速度不应大于  $12 \text{ }^\circ\text{C/h}$ ,降温速度不应大于  $15 \text{ }^\circ\text{C/h}$ 。恒温温度控制在  $80 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,恒温养护时间不应少于 48 h。撤除保温设施时,构件表面温度与环境温度之差不应超过  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

蒸养结束后,加强对混凝土表面的洒水养护,洒水次数以混凝土表面潮湿、湿润为准,并保证自然养护时间在 7 d 以上,避免由于养护不及时、不到位而导致混凝土表面出现裂纹。

#### 3.2.4 成品存放

盖板的存放每摞不超过 6 层,最下面一层构件应离地  $0.1 \text{ m}$  以上,不同层之间用方木支垫,避免盖板产生过大的变形和开裂。盖板可以立式排块码放,但要注意保护,避免造成构件表面损伤及掉角。对现场存放的盖板应进行有效的覆盖并洒水养护。

(下转第 107 页)

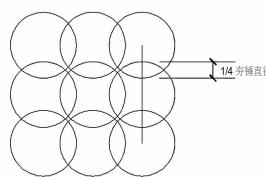


图 6 满夯点搭接示意图

地整平,准备进行下一层强夯施工。

(5)第二层强夯施工时,最好以区域划分时确定的“一序点”及“二序点”坐标布设点位。前一层强夯过程中,实时收集强夯夯坑点位坐标,并将其作为下一层对应强夯区域的点位坐标,以确保上下层间点位对照达到最佳强夯效果。

当强夯面积较大时,可以根据强夯施工效率及工期要求分块分区域进行强夯施工。一块区域强夯完毕、进行下一块区域强夯施工时,可以进行下一层强夯区域的土方回填工作,以减少施工机械设备的窝工,提高施工效率,缩短工期。

## 5 结语

(上接第 98 页)

## 4 质量控制

(1)在原材料质量控制过程中,选定配合比后要重点控制减水剂的减少率( $\geq 29\%$ )和固结量( $\geq 22\%$ )对混凝土的和易性影响很大的这两个指标;掺和物的需水率( $\leq 105\%$ )、活性指标( $1 \text{ d} \geq 125\%$ )也是重要的控制指标,石英砂的硅含量及钢纤维的长短对混凝土的强度也有很大的影响。

(2)模具表面浸泡盐酸清洗时,要保证模具被完全浸泡,模具表面不能残留混凝土渣和盐酸,否则生产出的盖板表面色差、毛面粘皮。

(3)混凝土的搅拌严格执行干拌 5 min(使各种材料融合均匀,避免钢纤维结团)后再加水和外添加剂湿拌 4 min 的要求。拌和料在常温下凝固速度非常快,粘性很大,容易粘壁,搅拌均匀的 RPC 拌和料宜在 30 s 内卸料完毕。此外,还需对搅拌机洒水清洗降温。

(4)鉴于 RPC 混凝土强度高,因此,对其早期的高温养护很重要。干蒸养护时要严格执行规范,保证养护湿度( $\geq 95\%$ )和温度(恒温 80 °C),初养脱模的 RPC 盖板要尽早进行终养。

项目部在路基强夯实际施工过程中,大胆引进了强夯机重锤“自动挂钩器”,增加了高填方路基强夯施工工艺的安全系数,显著提高了路基强夯施工效率,值得推广。在强夯施工前,根据分块强夯平面图,创新性地绘制了强夯夯点布置图,制定了每层夯点坐标上下对应的夯点布置原则,舍弃了路基强夯施工粗放的夯点布置方法,不仅确保了强夯施工达到预期的路基处理效果,而且促进了高填方路基强夯施工工艺向精细化发展。

值得注意的是:采用强夯法施工工艺进行路基施工,当正在施工的路基与现状路基存在交叉时,为避免强夯的剧烈震动对现状路基造成破坏,需在强夯路段与现状道路之间设置隔震沟,在隔震沟内采用分层碾压的方式进行路基填筑。

### 作者简介:

王克生(1977-),男,青海海东人,项目总工程师,高级工程师,学士,从事建筑工程施工技术与管理工作;  
唐文超(1992-),男,四川眉山人,技术员,从事建筑工程管理工  
作。  
(责任编辑:李燕辉)

(5)养护过程中不能有冷凝水落在 RPC 盖板表面,终养完成后的 7 d 内盖板表面不能洒水或雨淋,否则其表面将泛白而影响外观。

## 5 结语

RPC 盖板的生产在水电五局尚属首次。通过对 RPC 盖板生产线的建设和试生产,已经形成了稳定的工厂化生产工艺技术,在生产过程中不断摸索、学习,克服了许多难题,该工厂化生产技术科学、合理、简单、实用,具有对工作环境污染小、安全生产有保障的特点。经多次试验检测,各项性能指标全部达到设计规范要求,其具有运行平稳、工作可靠、自动化程度高、操作简单、作业效率高等特点,已形成流水化生产,在石济客专项目电缆槽盖板生产中取得了较好的效果。

### 作者简介:

王亚斌(1993-),男,甘肃天水人,助理工程师,从事水电与铁路工  
程建设技术与管理工作;  
马友德(1961-),男,四川广元人,工程师,从事水电与铁路工程建  
设技术与管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)