

# 红星路南延线道路工程路基沉降钻孔注浆施工技术

张文选, 陈涛, 王大鹏

(中国水利水电第七工程局有限公司 第一分局, 四川 彭山 620860)

**摘要:**路基沉降是道路施工中的通病, 钻孔注浆是在不破坏沉降位置上部结构的情况下对沉降部位的路基进行固结密实, 从而减少或避免路基继续下沉, 其施工快捷, 成本较低, 可供同类型工程参考。

**关键词:**路基; 钻孔; 注浆; 沉降; 固结; 红星路南延线

**中图分类号:**TV52;TV543;TU99

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2014)05-0021-02

## 1 工程概述

红星路南延线道路工程一期施工全长 6.82 km, 该段道路于 2012 年 4 月开工, 2012 年 12 月竣工, 施工工期较短, 路基与沟槽未经过雨季自然沉降, 在投入使用后, 在 K0+500~K0+580 段东侧辅道出现 1~3 m 范围的路面沉降, 沉降最大深度为 5 cm。为防止其继续沉降, 影响道路安全, 对该路段采用钻孔注浆的方式加固路基。笔者对该实例进行了详细分析, 探讨了路基沉降钻孔注浆施工技术。

此次路基沉降主要为回填段, 回填段地质情况从上至下依次为: 12 cm 厚沥青混凝土, 50 cm 厚 5% 的水泥稳定碎石料, 20 cm 厚级配碎石, 80 cm 厚砂砾石、回填土(素填土或页岩)。

该段沉降路基为电力隧道开挖后回填形成的路基, 施工时段为 2012 年 11 月 16 日~12 月 10 日, 最大填筑高度为 11.5 m, 采用 20 t 压路机分层碾压, 分层厚度为 30 cm, 填料为合格的页岩和砂砾石。经分析后认为该段路基沉降的原因为: 一是由于施工工期短, 回填段路基未经过一个雨季的自然沉降期, 导致该段路基发生自然沉降变形; 二是该段为半挖半填路段, 电力隧道施工区为回填区, 其它路段为挖方路基, 从而造成填方路基发生不均匀沉降, 导致路面下沉。

## 2 路基钻孔注浆设计

### 2.1 注浆材料

该工程考虑到路基填料为页岩和砂砾石, 选用 P. O425R 普通硅酸盐水泥和粉煤灰按一定比例拌和作为注浆浆液, 其优点是可以迅速改善土

体强度, 具有防水密实作用, 操作工艺简单, 可灌性好。

### 2.2 注浆参数的选择

注浆参数包括浆液扩散半径  $r$ 、容许注浆压力、注浆孔布置方式等, 这些参数互相联系, 与地基土渗透性等相关。

#### (1) 浆液扩散半径 $r$ 。

注浆孔布置中, 浆液扩散半径  $r$  可通过理论公式估算。当地质条件较复杂或计算参数不易选准时, 应通过现场试验确定。

根据《建筑地基处理手册》, 地基扩散半径的计算公式为:

$$r = 0.6 \times \sqrt{V/(nl \times 1000)}$$

式中  $V$  为每孔注浆量, 根据计算为 535 L;  $n$  为施工段的天然孔隙率, 取值范围为 0.4~0.5, 本工程取 0.45;  $l$  为灌注孔长度, 即从注浆管底部到灌注孔底部的距离(m), 本工程为 0.4 m。

经计算,  $r = 0.6 \times \sqrt{V/(nl \times 1000)} = 1.03$  m。最终取值为 1 m。

#### (2) 注浆压力。

注浆压力值与路面的结构、初始注浆的位置和注浆序次、方式等因素有关。在注浆处理前, 应通过现场注浆试验确定, 以取得施工所需的参数。

根据试验, 在保证路面不被破坏的情况下, 本工程注浆压力应控制在 0.1~0.3 MPa。

### 2.3 注浆量的确定

在正常情况下, 理论注入的耗浆量应填充到颗粒之间的空隙中, 或沿层理、裂隙劈裂式注入。

根据《地基处理手册》中的浆液用量计算公式:

收稿日期: 2014-08-14

$$Q = k \cdot v \cdot n \cdot 1000$$

式中  $v$  为土的体积,加固深度为 2.5 m,单位体积为  $2.5 \text{ m}^3$ ;  $n = e/1 + e$ ;  $e$  为孔隙比,根据地质勘察报告及规范,  $e$  取 1.15,则:  $n = e/1 + e = 0.535$ ;  $k$  为经验系数,页岩  $k = 0.3 \sim 0.5$ ,取 0.4。

$$\text{故: } Q = k \cdot v \cdot n \cdot 1000 = 0.4 \times 2.5 \times 0.535 \times 1000 = 535(\text{L})$$

#### 2.4 注浆孔的布置方式

注浆压力、浆液扩散半径  $r$  确定后,注浆孔距的取值范围也就确定了。注浆孔距  $L$  的取值范围在  $r \leq L \leq 2r$  之间。

注浆孔布置一般按三角形排列,即前排孔的位置与后排孔的位置沿公路轴线方向错开  $1/2$  的孔距,平面上呈梅花状。本工程注浆孔布置采用梅花形布置,间距为 2 m。

### 3 钻孔注浆施工

#### 3.1 钻孔

本工程钻孔采用 MG-40 型钻机,孔径 90 mm。注浆孔深度为 2.5 m。所有注浆孔一次性成孔。钻机进场后,按已布设的孔位准确就位,钻孔位置和 design 孔位偏差  $\leq 10$  cm。钻孔时,检查钻杆的直顺度,尽量减少注浆孔的倾斜度,孔底偏差应  $\leq 25$  cm。钻孔时如发现偏差超过要求,应及时采取纠偏措施。钻孔时逐孔编号登记并记录渗水、钻孔速度等数据。

#### 3.2 制浆

制浆采用灰浆搅拌机,制浆用水为城市自来水,制浆按照设计配合比准确计量拌制,施工时根据单孔注浆率、注浆压力的变化逐渐增大水灰比(水灰比变化区间为 2:1 ~ 1:2),以使注浆效果达到最佳。本工程初次注浆采用的水灰比为 2:1 浆液,水灰比逐渐增大至 1:2,每一级水灰比按 0.2 ~ 0.5 控制。不同水灰比对应的水泥浆见表 1。

表 1 不同水灰比对应的水泥浆表

项目	水 灰 比					
	2:1	1.5:1	1:1	1:1.25	1:1.75	1:2
水 /kg	100	100	100	100	100	100
42.5R 水泥 /kg	33.3	44.4	66.7	83.3	116.7	133.3
粉煤灰 /kg	16.7	22.3	33.3	41.7	58.3	66.7

#### 3.3 注浆

首先将 2.5 cm 直径的 PVC 注浆管镶入孔中,且孔口向下 30 ~ 50 cm,用砂浆填封孔壁和注

浆管间隙,防止浆液上冒。

待砂浆凝结后,采用 SNS-65/1.5 注浆机注浆。注浆时,注浆顺序为先注浆帷幕孔,后注加固孔。注浆时成一孔、注一孔,全孔采用一次注浆法,单孔注浆时根据单孔注浆率和注浆压力改变浆液浓度进行注浆。

施工时注浆压力按 0.1 ~ 0.3 MPa 控制。初注时,采用 2:1 水泥浆打通空隙,再逐渐增加浆液浓度至 1:2,每级增加按 0.5 ~ 0.25 控制,最大水灰比不超过 1:2。浆液浓度由稀变浓,逐渐变换。当注浆压力保持不变、注入率持续减少时,或当注入率不变而压力持续升高时,不得改变水灰比。当某一级浆液注入量已达 300 L 以上或注浆时间已达 1 h,而注入率和压力均无改变或改变不显著时,则改用浓一级的浆液。注浆过程中,注浆压力或注入率突然改变或改变比较大时,应停止注浆,立即查明原因,采取相应的措施进行处理。

当注浆量超过 1000 L 时,则暂停注浆 15 ~ 20 min,再继续注浆至无法注入为止,撤管封孔。

#### 3.4 后续处理

注浆完成后,清理现场,清扫路面。待注浆凝固、强度达到要求后,对沉降路面进行恢复处理。

### 4 灌浆质量控制

(1)施工前,工作人员一定要熟悉施工图纸和施工规范,做好施工进度记录。灌浆施工完成后,从事施工质量控制的工作人员要对施工过程进行复查,做到万无一失,避免出现工作上的遗漏而导致后期出现严重的质量问题,甚至是安全事故。

(2)严格控制施工材料,从施工材料的采购到使用和配合等各方面进行监督和管理。灌浆施工中浆液的浓度、水、水泥之间的配合比例等都需要进行严格控制,才能确保施工质量。

总之,要从各个方面控制灌浆施工质量,进而才能确保地基施工质量。

### 5 结 语

该段路基经钻孔注浆加固处理以及一年时间的通车运行,未发现路基再沉降,因此,对于路基沉降量不大、可灌性好的路基,可通过钻孔注浆的方式处理沉降路基。钻孔注浆技术对周边环境破坏小、施工速度快、成本低廉,因此在路基沉降

(下转第 27 页)

防井盖,其具有强度高、寿命长、噪音低、外形美观等优点。检查井井盖需满足国家规范要求,材料进场后需经监理验收合格后方可使用。井盖安装要平稳,高程严格按设计要求执行,允许误差为 2 mm,严禁高于井周路面。

(2)严格控制检查井施工质量。优先选用预制混凝土检查井,预制混凝土检查井在施工过程中质量较易控制、安装工艺较为简单、施工工期较短。对于管道接入的检查井,在接缝位置处需做好防渗措施。接缝做法:采用 1:2 水泥砂浆或采用聚氨酯掺和水泥砂浆,掺和量为用水量的 20%~50%,接缝厚度为 10~15 mm。对于直径大于 800 mm 的圆管,须在接口外砌筑砖圈加固,防止渗水。对检查井内外壁采用 1:2 防水水泥砂浆粉刷,厚度为 2 cm。

(3)确保井盖施工质量。检查井井圈加强及井盖安装应该在道路沥青面层施工前施工。道路中层沥青施工完成并达到养护期后,人工开挖检查井井圈加固范围(钢筋混凝土井圈厚度为 25 cm 左右,宽度为检查井外壁 60~80 cm 的环形带),然后绑扎钢筋、预埋井盖固定螺栓,最后浇筑钢筋混凝土井圈,这样实施,可以使检查井井盖和井身形成一个整体,从而提高其整体的刚度及稳定性。为减少行车过程中因碾压井盖而产生的噪音,在安装井盖时,将井盖的铰接端安装在与车辆前进相反的方向,使车轮经过铰接端到达开启端时不会因铰接端突出引起震动声响。

(4)井盖安装过程中,需严格控制高程,可以

在井盖四周拉四条十字交叉线,仔细调整井盖顶面高程,使其与路面的纵坡横坡保持一致,调整到位后使用螺栓固定,螺栓数量至少在 3 根以上。在井圈浇筑过程中需确保浇筑严密不漏浆。在实际施工过程中,因有螺栓妨碍,很难做到不漏浆,这样浇筑的井圈容易形成空洞,在行车荷载作用下容易造成检查井井盖下沉。在施工过程中,可以将整个井口都安装模板,模板顶口高程与井座底口高程一致,然后浇筑混凝土,在混凝土终凝后拆除模板并将多余的混凝土凿除,采用 1:2 水泥砂浆抹面,这样实施不会因为漏浆而形成空洞,从而能够保证施工质量。沥青摊铺时可以根据规范要求调整松铺厚度,确保井盖高程与路面保持一致,井盖与沥青路面接合处采用人工摊铺碾压,确保沥青碾压均匀、密实。

### 5 结 语

红星路南延线道路工程三防井盖共计施工 1 425 座,其中优良率达到 98%,高程误差小于 2 mm,满足规范要求,在实际交付使用过程中未出现井周下陷、路面开裂、井盖隆起等重大缺陷问题。该三防井盖施工技术值得在市政道路工程中推广。

#### 作者简介:

- 邵珠玉(1963-),男,河南夏邑人,副局长兼项目经理,高级工程师,从事水电、市政工程项目管理工作;
- 王大鹏(1990-),男,四川南充人,助理工程师,从事市政工程施工技术与管理工作;
- 陈 涛(1987-),男,四川宜宾人,助理工程师,从事市政工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

(上接第 22 页)

处理中具有一定的推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范, DL/T 5148 - 2012 [S].
- [2] 公路桥涵地基与基础设计规范, JTG D60 - 2007 [S].

#### 作者简介:

- 张文选(1976-),男,四川彭山人,工程师,从事市政工程施工技术与管理工作;
- 陈 涛(1987-),男,四川宜宾人,助理工程师,从事市政工程施工技术与管理工作;
- 王大鹏(1990-),男,四川南充人,助理工程师,从事市政工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

## 中国博士后基金资助川电博士

近日,经专家评审,中国博士后科学基金理事会、人力资源和社会保障部审核,国网四川省电力公司博士后工作站李亚伟博士获得中国博士后科学基金资助。国家设立中国博士后科学基金,旨在资助具有创新能力和发展潜力的优秀博士后研究人员,促使他们在科研工作中完成创新研究并迅速成长为适应社会主义现代化建设需要的各类复合型、战略型和创新型人才。李亚伟博士后研究立足于四川电网的运行实际,致力于解决四川西部电网频繁出现的绝缘子串混合覆冰闪络问题,具有较重要的工程意义和理论创新。首次获得中国博士后科学基金的资助,是国家对其科研能力及申报科研项目科研价值的一种认可和鼓励。