

# 铁路大桥基础加固嵌岩钻孔灌注桩的施工

周树旺<sup>1</sup>, 唐世杰<sup>2</sup>

(1. 北京工务机械段, 北京 100071; 2. 黑龙江北方有色建设责任有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150046)

**摘要:**在丰沙铁路 35 号桥墩基础加固工程中, 根据行车铁路大桥对钻孔灌注桩施工的机械震动和裸孔量的技术要求, 确定了采用回转式钻孔工法和施工顺序。根据工程地质条件确定采用双液压浆造壁及锥底滚刀钻头钻进成孔的关键工艺, 解决了老桥基钻遇各种障碍物的判断和顺利钻透的难题, 采用优质高粘度泥浆护壁除渣, 取得了良好的工程效果。

**关键词:**铁路桥墩加固; 钻孔灌注桩; 坚硬基岩; 双液压浆; 锥底滚刀钻头

**中图分类号:** U443.15<sup>+</sup>4    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2006)03-0036-03

**Construction of Cast-in-place Pile Inserted in the Bedrock for Railway Bridge Foundation Reinforcement/ZHOU Shu-wang<sup>1</sup>, TANG Shi-jie<sup>2</sup>** (1. Beijing Track Maintenance Division, Beijing 100071, China; 2. Heilongjiang Northern Non-ferrous Construction Co. Ltd., Harbin Heilongjiang 150046, China)

**Abstract:** In the reinforcement for a bridge pier foundation, rotary drilling method and its construction order were taken according to the technical specification of mechanical vibration and the amount of open hole. And according to the engineering geology conditions, the key technology, wall-building by pressure grouting with two phase liquid, hole completion by drilling with cone-base roller bit and high quality, high viscosity slurry, were adopted to get good result.

**Key words:** reinforcement for railway bridge pier; bored cast-in-place pile; hard basic rock; pressure grouting with two phase liquid system; roller bit with cone base

## 1 工程概况

丰沙铁路 35 号桥位于北京门头沟大山区, 横跨距官厅水库约 20 km 处库水定期开闸放水的河床, 河床通常水深  $\geq 1$  m, 开闸放水时水深达 3 m。河床均为大滚石、漂石, 充填物为松岩及卵、砾石, 该层厚度在桥基处 3 ~ 4 m, 属于典型的贯通式透水层。该层下伏为片岩, 呈不均匀风化状态, 受地质构造力影响, 露头处有产状陡立的褶皱和断裂带地质构造现象存在, 岩石可钻性一般在 6 ~ 7 级。

丰沙 35 号桥下行线共有 9 个桥墩(台), 本次加固 6 个墩, 其中靠河床两侧无水处采用扩大基础加大承台并包打墩身的方案; 3、4 号桥墩位于河床中心处, 采用钻孔灌注桩并扩大承台加固形式, 墩身均采用加筋扩大直径二次包打混凝土以实现下部结构加固目的; 2、3 号墩由原 T 型钢梁换为 40 m 简支上承结构梁。3、4 号墩钻孔灌注桩设计在距离两墩原沉井基础外 2.5 m 处, 每墩设计 4 根桩, 桩径 1.5 m, 有效桩长 16 m。

## 2 钻孔桩施工方法确定及场地布置

### 2.1 工法确定

根据钻遇岩性可选择冲击成孔和回转滚刀钻头钻进成孔, 从成孔经济性考虑, 应优先选择冲击法成孔。但该桥行车频繁, 原墩身高达 30 m, 冲击成孔对已有基础震动过大, 将影响其稳定性, 严重情况下可能造成原墩身倾斜, 因此选择震动极小的滚刀回转钻进成孔方法。

### 2.2 场地布置

上游官厅水库定期开闸放水对施工场地影响极大, 因此在场地布设上采用了 3、4 号桥墩分别围堰加高 3.5 m, 保证放水时场地作业面高出水面 0.5 m。为确保围堰土体不被水流冲刷, 将河床漂石堆砌于土体外约 1 m 厚墙体, 两墩间留有约 10 m 宽过水通道。

泥浆池分别布置在已填筑好的围堰内, 池容量 20 ~ 30 m<sup>3</sup>, 采用浆池勤捞渣的方法维持泥浆正常循环。

钻机每墩安装 2 台, 3 号墩靠近流水通道, 4 号墩后撤流水通道, 待第一批 4 根桩施工结束, 流水通道向 3 号墩改扩后再布设另外 4 根桩位, 以保证施工过程中有足够断面的过水通道而不致水流受阻过大影响场地施工。

收稿日期: 2007-01-10

作者简介: 周树旺(1973-), 男(汉族), 河北南皮人, 北京工务机械段技术科科长、工程师, 桥梁工程专业, 从事铁路桥梁大修研究及施工工作, 北京市丰台区北大街北里甲 6 号。

### 3 压浆设计

#### 3.1 双液压浆的作用

2001 年该桥在 2 号墩加固中,其钻孔灌注桩成孔过程中在漂石段的稳定性是以注浆胶结松散填充物成功解决的,采用的是交替式双液压浆,即水泥浆加水玻璃交替压入的。对于贯通式滚石、漂石夹卵、砾石层,由于河床流水作用,地下松散层均存在速度不等的暗流通道,压入的浆体要求在 1~2 min 初凝呈塑性体,使岩石破碎缝隙保证其良好的胶结。否

则,压入浆体被水流带走,其结果用浆量极度增加造成经济上损失。同时松散岩石胶结强度低,用回转钻进工艺孔壁失稳,无法成孔。故在护筒埋设后在其周边设 8 个压浆孔压浆胶结上覆松散层至完整基岩。

#### 3.2 压浆参数的确定

经查找资料并现场试验,确定并采用的浆体水灰比和水玻璃液体比例掺入量见表 1。

表 1 双液注浆参数表

| 材料     | 材料指标      | 浆体指标          | 注入浆体体积比            | 胶凝时间/s | 压力/MPa               |
|--------|-----------|---------------|--------------------|--------|----------------------|
| 水泥(C)  | P. O32.5  | 水灰比 0.8~1.3   | C: S = 1: 1~1: 0.3 | 120~40 | 开缝压力 < 1.2, 注浆压力 < 5 |
| 水玻璃(S) | 40~45 Be' | 水: 水玻璃 = 2: 1 |                    |        |                      |

表 1 所列参数范围是该工地采用 CS 注浆基本适用范围,但要根据具体吸浆量在其范围内及时调整,一般在吸浆量较大时应采用较小水灰比的水泥浆和较大的 CS 浆体比值;吸浆量为加固土体 30% 左右正常压浆量,可采用浆体指标、注入浆体体积比参数范围中间值;吸浆量较小时可采用水灰比较高的水泥浆体压浆,并可将水玻璃降至零。

#### 3.3 封孔压浆

为保证压浆时形成足够的压力使浆体充分扩散于松散岩体孔隙中,本次压浆采用深埋 PV 管并架桥用 CS 浆封堵孔口的方法,一般压浆孔成孔后地表以下 2~3 m 段埋入 PV 管后,全部用 CS 浆封堵,并采用从上至下的压浆顺序分段造孔,分段压浆。分段压浆孔段  $\geq 5$  m,单孔后浆段  $\geq 15$  m。压浆孔上部造孔漏浆量大时,造孔时直接采用水泥浆加水玻璃液作为循环液。分段成孔并清水洗孔后下压浆管并封孔口约 3 m,间隔 > 10 h 后接管压浆,压浆泵采用调速电机泥浆泵 2 台,分别压入水泥浆和水玻璃液。

压浆量控制由压浆压力和压浆量 2 项指标确定:(1) 根据设计压浆量、土体体积认为已压浆体超过压浆土体 50% 可终止压浆;(2) 压力值 > 5 MPa 并地表冒浆续压 15 min 终止压浆。

### 4 成孔施工情况

#### 4.1 泥浆性能要求

借鉴 2001 年该桥钻孔桩基础加固经验,起初使用低密度低粘度泥浆,有利于反循环成孔钻进,经 2 个孔开孔试验后,实际钻进效率并不高于正循环钻进,且孔径扩径严重。后全部改为正循环高粘度泥

浆钻进,达到了孔径规则、钻进平稳的效果。

该工地适用性较好的泥浆配比为:钙基粘土加量  $600 \text{ kg/m}^3$  水,工业纯碱 3~5% (粘土)。性能为:密度  $1.31 \text{ kg/L}$ ,漏斗粘度 30 s, pH 值 8.8,胶体率 92%。

#### 4.2 滚刀钻头结构及配重

在以前硬岩层钻进的施工中,得到使用滚刀钻头 2 条非常重要的经验:一是钻头底滚刀必须是倒锥形布置方能保证孔径,且锥角越小其保径越好;二是钻头必须另加配重后拉紧主动钻杆,钻进方能保证孔直度并提高纯钻效率。本次施工 8 个嵌岩钻孔,在原有的钻头结构上将滚刀布置成倒锥形,即切削具相似于翼状锥钻头,其下倾锥角为  $12^\circ$ 。具体做法是:

(1) 原平底滚刀架全部割下。

(2) 按螺旋线旋向重新布置滚刀位置,原则是每个滚刀回转冲切岩石扇形面相互重叠 3~5 cm。

(3) 根据新布滚刀在钻头底平面位置计算出底锥角  $12^\circ$  时,每个位置滚刀架应垫高垫铁高度,垫铁应作成楔形以保证各滚刀底刃与  $12^\circ$  锥角底边重合,使冲切破岩后形成较规则的锥底面,并保证各滚刀受力均匀,工作平稳。

(4) 加重钻头体是以钻头筒体加入破铁为主、以第一节连接钻头钻杆加配重铁为辅的办法加重钻头质量,本次钻头加重后质量一般在 5~7 t。

滚刀钻头钻进滚、漂石层和基岩层时,最主要的操作技术是孔底减压钻进,地面观察情况是钻机回转有跳力但能稳定进尺。这样以钻头铅重力保持钻头冲切破岩,且成孔后孔轴线与设计孔轴线重合。

#### 4.3 钻透各种障碍物的措施

丰沙线35号桥原基础为沉井基础,3号墩原沉井深约12m(由围堰面向下计算),施工沉井时有木质、铁质器材掉入井周土体内,本次施工4号墩钻遇木方、铁板、铁器数次,钻遇障碍物使钻进效率极度下降,很容易损坏滚刀硬质合金齿和挤偏钻头。

钻透地下障碍物最关键的工艺原则是:

(1)及时发现障碍物所处钻杆空间位置;

(2)耐心减压磨削障碍物,使钻头体基本铅垂通过障碍物;

(3)磨削障碍物时要及时检查钻头底边保径硬质合金刃齿和滚刀切削刃齿是否完好,必要时更换保径刃齿和滚刀以提高钻磨障碍物的进度;

(4)定期提钻检查钻杆及连接螺栓是否有裂纹、松动和损坏,防止孔内事故发生。

本次施工4号墩1号孔至8.4m处钻遇铁器磨削长达2天未检查钻具,发生钻头粗径连接杆折断事故,经多次处理无效,后发现钻头被障碍物挤偏0.5m,迫使孔位变更,造成了较大的经济损失。

#### 4.4 施工效率

本次施工与2001年该桥施工的钻孔灌注桩相比,成孔质量与效率均大幅度提高,主要表现在以下几个方面:

(1)成孔扩径率极大减小。2001年采用的钻头为厂家平底钻头,加重为3t,扩径处最大达2.2m(设计桩径1.5m),经多次抽水与支模修补孔壁后

(上接第35页)

采用上述对策施工后,帷幕体的渗透系数降为 $0.7 \times 10^{-4}$  cm/s(表1中Z64点),达到了预期的目的。

#### 6.2 地下迳流强地段搅拌桩整体性差

压力注浆过程中发现,在拟建游泳池圆弧部分的西端,水泥土搅拌桩的整体性差,其顶部0.0~4.0m效果较好,其下至基岩间的2.5~3.5m基本无帷幕体存在,进行压力注浆时地层吃浆量大(孔口无冒浆现象发生),但帷幕体在竖向上延长不大,经分析认为是地下迳流强、紊流所致,采用下列对策:

(1)注浆施工前,在其上游侧(涨潮期间在帷幕外侧、落潮期间在帷幕内侧)挖深坑并抽取海水,改变砂中海水的迳流方向;

钻进至设计孔深。本次施工扩径率一般在1.2~1.3(从水下灌注混凝土量得出),成桩质量优良。

(2)成孔效率极大提高。由于本次采用的底锥角为12°的锥形滚刀钻头阶梯式破岩效率较高,加之5~7t钻头体铅垂力作用和底锥钻头找中性好,实现了良好的孔直度和较理想的扩径率,得以成孔纯钻效率大幅度提高。除遇障碍物失败一次,其它8孔一次性成孔,未进行一次机械或人工修孔。纯钻效率和纯钻率的提高,促使本次施工综合台效成倍提高,2001年平均台月效率为14m,本次台月效率可达26m。

#### 5 结语

(1)上覆滚石、漂石下伏基岩嵌岩钻孔灌注桩在其他工程条件限制下采用回转滚刀钻进,注浆胶结松散层及采用高粘度泥浆维持孔壁规则度和稳定性是非常重要的工序和工艺。

(2)底锥滚刀钻头加适当的配重是保证钻孔孔直度和提高钻效的关键技术,这一认识已在2个工地施工验证,效果极佳。应在此基础上不断总结和改进,以便进一步提高钻进质量和效率。

(3)孔内钻遇障碍物极易造成孔轴线偏斜,应耐心纠偏钻进,并定期检查钻具,即时修补破损处,杜绝孔内折杆事故发生和压缩成孔时间。

(2)操作方式同6.1的(2)~(4)。

采用上述对策施工后,帷幕体的渗透系数降为 $0.82 \times 10^{-4}$  cm/s(表1中Z166点),达到了预期的目的。

#### 7 结语

生产实践证明,水泥土搅拌法与压力注浆法相结合的施工工艺对解决滨海潮间带砂石层帷幕施工难的问题有良好的效果,该工艺施工简洁、快速,压力注浆过程同时也是质量自检过程,施工质量易于控制,且成本较低。

该工艺的成功实施,既为建设单位节约了资金,又提高了我院的知名度,取得了较好的经济效益和社会效益,为以后施工同类工程积累了丰富的经验,值得在同类地区推广应用。