

双液静压注浆在丰沙线 35 号桥卵漂石地层的应用

赵峰¹, 唐世杰²

(1. 北京铁路局北京工务机械段, 北京 100071; 2. 黑龙江北方有色建设有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150046)

摘要:在丰沙线 35 号桥加固工程的 4、5 号墩钻孔灌注桩施工中, 采用回转滚刀钻进卵漂石地层, 为确保孔壁稳定, 对桩孔壁进行了双液注浆。在注浆孔成孔、压浆管安放、孔口架桥封堵及双液压浆过程中遇到了较多棘手问题, 经施工现场多次试验和改进, 解决了双液浓度及注入配比、架桥封堵孔口、双液分离注浆、窜浆处理和合理压浆量控制等技术难题, 并取得了理想的注浆效果, 确保了钻孔灌注桩顺利进行。

关键词:卵漂石松散地层; 注浆造孔; 封堵; 双液浆体; 压浆

中图分类号: U443.15⁺4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)05-0060-04

1 工程概况

丰沙线 35 号桥是北京—沙城铁路线一座 8 孔跨河大桥, 位于北京西北向约 110 km 门头沟区沿河城镇。该桥建成于 1958 年, 由于当时国内建桥水平有限, 9 个墩(台)全部采用扩大基础形式, 现已不能满足该线运输加重载荷和通车频次不断增加的要求。因此, 该桥在 2001 年大修时个别墩(台)已加固的基础上, 2006 年又对尚未加固的 1、3、4、5、6、7、8 号墩加固大修, 并更换一孔加长非标梁。

丰沙 35 号桥跨越的泄洪河是官厅水库经闸控进行季节性导水河流, 地貌特点为河流两岸高山峻岭, 河水经山谷常年流淌, 水位变化 1~3 m; 河床地层上覆以无胶结卵、砾、漂石为主, 漂石较大直径达 3~4 m, 呈不均匀无规则出露或隐伏在卵砾石中, 下伏为层理明晰、节理裂隙发育的泥质板岩、片岩, 单轴无侧限抗压强度 26 MPa 左右。

本次加固桥墩方案是: 位于主河道 3、4 号墩的基础加固采用嵌岩钻孔灌注桩, 其它墩(台)采用扩大基础加固。

就 3、4 号墩嵌岩桩加固而言, 采用了在每个原墩位承台外边缘 1 m 处对称增加 4 根钻孔灌注桩, 其桩径为 1.5 m, 有效桩长 16 m。该项工程施工要求保证列车正常运营情况下进行, 不得出现任何因施工机具震动引起原墩身倾斜和沉降。因此, 钻孔灌注桩成孔工艺的选择受到了极大限制。

嵌岩灌注桩成孔目前国内采用的常规工艺有: 冲击钻进成孔、回转滚刀钻进成孔和人工爆破挖掘成孔 3 种。借鉴 2001 年我公司对该桥 2 号墩钻孔

桩加固的经验: 要保证施工中对列车运行的安全可靠, 冲击钻进因对墩基震动大可能引起墩身偏沉, 此法不能采用; 人工爆破挖掘, 一是河床水面高水深变化无常并上覆地层松散属贯通式透水地层无法人工挖掘, 二是爆破震动同样可能导致墩身偏沉, 此法更不可采用。因此只能采用回转滚刀钻进成孔工法。

根据 2001 年采用回转滚刀钻进成孔工法的经验: 此法对列车正常运营无可挑剔, 但施工过程中存在问题是: (1) 钻进效率极低; (2) 钻孔扩径严重; (3) 因扩径引发的钻杆折断事故率较高; (4) 滚刀钻头质量大, 一但发生钻头顶部钻杆折断, 处理事故非常棘手, 曾经历过抽干孔内冲洗液孔内人工挂钩事故钻头的先例。因此, 采用回转滚刀钻头钻进成孔, 除解决好提高钻效、防止扩径的技术难题外, 采用和实施能够保证上覆极松散层在成孔过程中孔壁稳定的工艺方法尤为重要, 也是确保嵌岩桩成孔成败的关键工艺方法。

2 双液注浆技术的初步确定

2.1 双液注浆工艺的确定

要保证回转滚刀钻进成孔顺利, 首先就要保证施工场地上覆极松散层经有效加固后使其强度提高, 以保证在较长的成孔过程中该层孔壁稳定, 最好是将孔壁固结以便处理事故钻头打捞时抽水人挂钩。因此, 对孔壁处理的要求就是最大限度地降低上覆松散层孔壁渗透系数和提高其固结强度。

借鉴 2001 年对该桥 2 号墩加固经验, 采用双液静压帷幕注浆解决上覆极松散层的孔壁固结防渗漏

收稿日期: 2008-03-11

作者简介: 赵峰(1967-), 男(汉族), 河北万泉人, 北京铁路局北京工务机械段工程师, 铁道工程专业, 从事铁道工程施工与设计工作, 北京市丰台区北大街北里甲 6 号。

工法是可行的,但需要在技术参数过程控制上做进一步改进。

2.2 双液注浆工艺参数的初步确定

2.2.1 水泥浆液配制原则

水泥:优先选用P. O 32.5普通硅酸盐水泥,也可选P. O 32.5普通矿渣硅酸盐水泥。

水泥浆浓度:按水灰比分别配制0.5、0.8、1.2三个浓度级别。

水泥浆配制:采用自制立式叶片搅拌机制浆,坚持即用即制,成浆超过其初凝期的不得使用。

2.2.2 水玻璃浆液配制原则

选用液态水玻璃,其浓度40 Be,模数3.4。

水玻璃与水泥浆双液注入比例分3种情况。

(1)正常渗漏情况:按5%~10%水泥浆水泥用量比例计算原液体状水玻璃质量,并单管间隔注入或双管分别注入经孔内混合压入漏失层段;

(2)较大漏失注浆:按10%~25%水泥浆水泥用量比例计算原液体状水玻璃加入量,注法同上;

(3)特大漏失注浆:按25%~30%水泥浆水泥用量比例计算原液体状水玻璃加量,采用双液间隔注入法应将单次注入水泥浆量和相应比例的水玻璃用量减少为正常漏失用量的1/3为宜,即间隔单次水泥浆用量 ≥ 50 L。

2.2.3 注浆方法及参数过程控制的确定

(1)为了使水玻璃液便于泵送注浆,将原浓度水玻璃液体稀释后使用,可稀释加水量,一般控制在原浆体积的3~4倍即可。

采用双液间隔注入法,在换浆前须对注浆管路用清水冲洗干净,以防双液混合段在管路速凝堵塞;双管分离注浆可调整注浆泵量按要求比例双液同时泵注,在孔壁内混合胶凝,在对地层渗漏情况了解较少时,尽量采用分离式双管泵注法。

(2)注浆前要对双液比例影响其混合胶凝时间做多次试验,双液混合比对胶凝时间影响的调整一般分为3种情况。

一般渗漏情况:双液混合后成胶凝状时间为25~30 min;

较大渗漏情况:双液混合后成胶凝状时间为10~20 min;

特大渗漏情况:双液混合后成胶凝状时间为5~10 min。

要获得如上双液混合后的胶凝时间,须加适量缓凝剂磷酸氢二钠,一般加入量为水泥用量的1%~5%,加入到搅拌水泥浆清水中,在地表试验双液

混合后的胶凝时间,以试验结论参数指导注浆施工。

(3)双液比例参数过程控制原则:先采用一般渗漏情况下的双液混合比例,在泵注过程中观察孔口压力表压力值大小和已泵入双液浆体总体积多少确定是否改变双液比例。其原则是:一序孔注浆量超过设计用量2倍并无泵压上升时,应由一般渗漏情况改为较大渗漏情况的双液注浆比例,并继续泵注双液3 min左右,如泵压稍升高不多,立即改为特大渗漏情况下的双液注浆比例并续注至总注浆量达3倍设计注浆量时停止该孔段注浆。

注浆时出现注浆量达不到该段设计用浆量或泵压较高仍达不到设计用浆量时,可采用水灰比偏大级的纯水泥浆液泵注方法以提高注浆量。

(4)水泥浆浓度控制原则:一般和较大渗漏情况下使用水灰比为0.8的水泥浆;特大渗漏情况下,在提高水玻璃泵入比例的同时提高水泥浆浓度,其水灰比为0.5;在泵压较高并泵入总量小于设计总量情况下,在降低水玻璃液泵入比例的同时,应采用1.2水灰比的水泥浆双液泵注并可视情况完全去掉水玻璃浆液,以保证注入浆体在土颗粒细小孔隙中充填密实效果更好。

3 注浆工艺

3.1 注浆孔的布设

参考2001年该桥2号墩加固时采用注浆施工经验,本次注浆孔采用了分别在钻孔桩周外距桩外缘 $\varnothing 0.5$ 、 0.75 m圆周上均匀布设静压注浆孔2排,每排桩间距1 m左右,两排注浆孔位相互交错方案。

3.2 注浆孔施工顺序

在桩位放线定位后,先机械开挖埋设钢护筒(内径1.8 m),一般挖深3~4 m不等,然后按注浆施工设计方案要求分别布设注浆孔,内圆周布设7个,外圆周布设10个。施工时按先外后内施工顺序安排注浆,内外圆周上的注浆孔均采用间隔两序的施工顺序进行钻孔注浆。

3.3 注浆地层因素影响的注浆深度和注浆段上下顺序的确定

由于原河床地势低,须以围堰填土抬高作业场地,使作业面高出原河床约4 m方能解决泄洪放水安装机械被水淹没的问题。因回填土为卵石土和填土,下伏河床卵、漂石呈极松散状态,注浆深度从围堰后地面计算至下伏基岩较完整深处为设计孔深,由于原始资料无据可查,只能根据注浆孔取出岩样

判断入基岩深度实际情况确定注浆孔钻孔深度,注浆孔深一般在12~14 m即可进入较完整基岩1~2 m。钻孔桩孔深22 m。

由于注浆孔钻遇岩性为极松散卵石土及原河床卵、漂石层,注浆孔一次成孔非常困难,施工中即使配制高浓度大密度泥浆护壁,每次重复透孔也只能在原注浆孔深度加深2~3 m,未注浆孔段钻进中多以掉块堵卡而无法上下钻具,因此决定了由上而下分段进行的注浆顺序。

3.4 注浆管的安放及孔口封堵

用泥浆护壁钻进注浆孔,首次由地表开钻并用单管金刚石取心钻具,一般可钻深6~8 m,再往下钻进夹卡钻严重。因此,地表首次钻深只能掌握在6~8 m。成孔后并排下入双根3/4 in (Ø19.05 mm) PV软管至孔底并在地表外出露1 m截断。

孔口封堵采用孔内1.5 m处架桥填干水泥于架桥面0.2~0.3 m,并捣实后以水灰比0.5浓水泥浆置换桥面以上孔内泥浆,该水泥浆应加入适当水玻璃液并用棒搅拌使其胶凝。被封堵的孔口须待凝15 h以上并浆体强度达1~3 MPa后方可接管注浆。

3.5 注浆

注浆量的确定是按钻遇地层松散程度和天然孔隙率计算得来的,一般孔隙率30%~50%时每延米注浆量控制在0.6~0.9 m³。

注浆前将2种浆液制备好并分别接好2台泵送管路至2根孔内安放的压浆管上,2根送浆管于孔口部位分别接三通并安装压力表以便观察。

按设计好的浆液浓度和注入比例通过调速电机调整好比例转速后同时开泵向孔内进行双液注浆。注浆过程要始终注意压力表压力值是否在正常范围内,观察孔口处及周围地表有无窜浆发生,在一切正常的情况下,以开泵时间和已调整好的泵量及注浆段长即可计算出已注入的浆量,一般注入浆量为计算应注入浆量的1.2~1.5倍时即可停泵,拆卸接头于下一注浆孔预埋压浆管上,按顺序进行下一孔注浆。

4 双液注浆出现的问题及采取的有效措施

4.1 孔口封堵处窜浆

大约有12%的注浆孔在首次地表段成孔后注浆时出现孔口封堵浆体与孔壁间窜浆现象。一旦发生窜浆,泵压下降不等,窜浆量也不等,在泵压下降较小、外窜浆量为部分进浆量的情况下,采取相应减小泵量、降低注浆泵压的办法连续注浆,直至注入孔

壁浆量达到该段设计注浆用量可停注;如注浆压力大幅下降,外窜浆量几乎等于泵送浆量时,须采用停注并重新透孔封堵孔口措施,待封堵浆体强度达到要求后再进行该段注浆。

4.2 孔口范围窜浆

孔口范围窜浆现象主要发生在地表段首次成孔注浆过程中。窜浆孔概率大约在10%,以管涌式窜浆形式为主。一旦窜浆,多数情况下管路压力突降,现场采取地表压土堵塞窜浆孔道措施,但效果不理想,窜浆量与泵输进浆量几乎相等。在此情况下,多采用间歇注浆法多次往同一注浆孔小泵量压浆,尽量将地表孔段窜漏浆孔隙充满双液浆体后停止注浆,待下一加深孔段注浆时进一步压浆固结地表段松散层。

4.3 压浆吃浆量很小泵压很高

这种情况是由于孔口架桥封堵孔口时桥面以上浆液渗漏到封堵层以下孔段将孔内安设压浆管及压浆段钻孔环状空间充满浆体,这些浆体固结后压浆管通道堵塞而浆体无法压破环包于压浆管外的浆体造成压浆失败。此种情况只能是重新透孔并重新封堵孔口返工该段压浆工作。

4.4 加长孔口浆体封堵段

为了保证孔口封堵效果好,成功率高,施工中采取了将后续加深压浆孔的孔口封堵段加长的措施,由原1.5 m加长至2.5 m,大大减少了地表窜浆现象的发生。

4.5 单位压浆量极不均匀

特别是外排压浆孔在压浆过程中,单位压浆量极不均衡现象发生较为频繁,其主要原因是压力浆体进入松散地层通道无边界限制,观察发现浆体渗流最远处距压浆孔达30 m,浆体从河床底窜出河水明显变浊,但压浆过程泵压升高甚微,吃浆量超过该压浆孔段设计浆量2倍以上;另外也有少数外排孔压浆过程中泵压较高,但吃浆量达不到该压浆孔段设计用浆量的情况。

4.5.1 吃浆量大的孔段采取的措施

(1)改连续压浆为间歇压浆,间歇压浆间隔时间应大于双液混合浆终凝时间,一般大于4 h;(2)加大水泥浆浓度,采用水灰比为0.5的水泥浆续压;(3)提高水玻璃浆压入比例,可采用的比例:水泥浆体积:水玻璃浆体积=3:1(或2:1),以缩短双液浆体终凝时间和提高浆体早期强度。采取上述措施后,在后续加深孔段压浆时对前期孔段续压浆量大大减少,进浆量基本压入加深孔段孔壁中,实现有效

压浆。

4.5.2 吃浆量小的孔段采取的措施

(1) 采用低浓度水泥浆液, 一般水灰比为 1.2; (2) 由双液压浆改为单一水泥浆进行压浆; (3) 调低泵量并延长注浆时间, 直到压入浆体基本达到该压浆孔段设计压浆量时停泵结束压浆。

4.6 内外排注浆孔注入浆量相差较大

钻孔桩外围两排压浆孔施工中, 先施工的外排压浆孔吃浆量较大, 约为该排孔总设计用浆量的 1.6 倍, 后施工内排孔吃浆量小, 有个别孔段吃浆量几乎为零。内排注浆孔总吃浆量为该排孔设计总吃浆量 36%, 说明双排注浆孔压浆效果较为理想。

5 双液注浆效果

(1) 经双液注浆后采取人工清理护筒内渗入浆体, 注浆 10 天后浆体强度可达 5~8 MPa, 一直清到孔底并低于河床水位近 2 m 处无孔壁渗水现象发生, 说明双液压浆对浅部孔底和孔壁固结良好。

(2) 由于填土和原河床卵、漂石地层松散程度不一和孔隙率极不相同, 浆体固结后的松散地层强度不一, 局部孔隙率较小的原土体仍无浆体注入现象, 这一点在清理孔底渗入水泥浆时可观察孔壁得以证实。

(3) 钻孔灌注桩孔成孔采用回转滚刀一径到底的钻进方法, 并采用大密度泥浆正循环洗孔工艺, 整个成孔过程中未出现钻孔渗漏、孔壁涌水而泥浆被稀释等不良现象。

(4) 由于本次采用了改进的大体重底锥型滚刀钻头钻进成孔, 在控制好孔底压力的前提下钻头工作平稳, 加之双液注浆对孔壁有非常好的防渗固结作用, 孔壁扩径现象大大减小, 成孔效率显著提高, 平均日单机进尺达 4 m, 较 2001 年钻效提高近 10 倍。

(5) 在个别孔开孔采用反循环小密度泥浆钻进中发现, 由于双液注浆后被加固地层养护期短强度偏低, 反循环对孔底渣石抽吸作用大导致钻孔扩径

仍较严重, 钻进效率有所下降。后改为大密度泥浆正循环洗孔后钻效显著提高, 且孔壁稳定。

6 几点体会

通过 2001 年、2006 年 2 次对丰沙线 35 号桥 3 个墩钻孔灌注桩基础加固实践, 使我们对极松散无胶结卵、漂石地层采用回转滚刀钻进如何保证孔壁稳定有了很深的认识和体会。

(1) 水位较高并客观为极松散贯通式卵、砾、漂石地层采取无振动钻进成孔工艺, 应首选滚刀回转钻进工艺;

(2) 要保证类似丰沙线 35 号桥主河床地层采用回转滚刀钻进孔壁稳定, 须对孔壁松散围岩进行注浆加固, 特别是存有贯通式流动状态地下水的情况下对孔壁的加固应采用双液分离式速凝注浆法方能取得良好效果;

(3) 采用正确的注浆顺序、合适的浆液浓度、合理的双液比例调整、认真细致的胶凝时间地表试验、把握好地层各向异性情况下注浆参数过程控制是取得良好注浆效果的关键工艺过程, 一定要认真对待, 总结提高;

(4) 注浆后对加固孔壁土体应养护 20 天以后其强度才能保证孔壁的良好稳定, 不要急于开钻施工, 否则钻头对孔壁撞击将造成严重扩径甚至塌孔;

(5) 要采用质量大(6~7 t) 导向性好的底锥型滚刀钻头正循环大密度泥浆洗孔的钻进工法, 以提高钻效的同时相对减少钻具对孔壁撞击, 保证加固后的孔壁稳定和减小扩径现象的发生。

2006 年的丰沙线 35 号桥基础加固工程, 由于采取并实施了效果良好的双液注浆加固孔壁工艺, 同时采用大密度正循环泥浆护壁和大质量导向性好的底锥型滚刀钻头钻进工法, 整个施工顺利高效, 比预计工期提前了近 30%, 实现了工程质量好、经济效益高的工程目标, 更主要的是提高了我们在复杂地层中钻孔灌注桩的施工技术水平。

我国将在南极内陆建立科考站开展南极地区资源潜力等重点领域的研究

中国地质调查局网站消息 国家海洋局发布的《国家海洋事业发展规划纲要》提出: “十一五”期间, 我国将在南极内陆冰盖海拔 4000 m 的冰穹 A 地区建立科学考察站。

这个考察站建成后能够满足 15~20 人度夏工作条件, 成为我国在南极地区的第三个科学考察站。这个考察站建设工作包括地面和空中运输支援系统、后勤保障和科学观测系统、国内研究分析和应急指挥平台系统等。

作为新中国成立以来发布的首个海洋领域总体规划, 纲

要明确提出未来我国将加强南、北极科考工作, 拓展极地考察空间, 建设第三个南极站, 开展南极何护区的研究与建设。

此外纲要还提出加强我国极地考察的基础设施和支撑能力建设, 形成南极内陆站运输支持体系、能源供应系统, 建立极地基础研究共享平台和机制。加强极区气候和环境变化常规观测、监测体系的建设, 开展南极内陆、极地海洋、极地空间和资源潜力等重点领域的研究, 扩大极地科学考察的国际合作与交流等内容也在纲要中得以强调。