

大连轻轨跨海滩桥梁基础施工技术

王尚伦

(中铁十三局集团第一工程有限公司 辽宁大连 116033)

摘要:利用钢护筒跟进穿过透水层、围堰复合土工膜双层隔水等方法相结合,成功解决轻轨桥跨海滩沉积粉煤层及石灰岩溶洞等挖孔桩施工难题,确保施工安全和质量。

关键词:快速轨道交通;基础;海滩;挖孔桩;施工技术

中图分类号:U239.5, U443.1 文献标识码:B 文章编号:1004-2954(2004)05-0044-03

1 工程概况

大连快速轨道交通工程3号线是连接大连市区和金石滩国家旅游度假区的重要交通线路,全长46.5 km。其中13号桥为全线的重点难点工程,桥址位于大连开发区入口杨树屯海湾中,部分桥墩(0号台~8号墩)位于华能大连电厂排灰池内(原始地貌为海滩),其余桩基位于海滩中。桥长550 m,桥跨类型为22孔

25 m预制预应力混凝土简支梁,基础设计为人工挖孔桩和扩大基础。

桥址处最高潮位黄海高程1.83 m,高潮位水深达6~8 m,海底依次为淤泥质亚黏土2~3 m;砂砾石4~6 m;石灰岩及部分泥岩。石灰岩地段溶洞发育频繁且海底有暗沟。0号台~8号墩段为电厂排灰池内,海底上表面沉积6~8 m粉煤灰,9~21号墩段为海滩原始地貌(图1)。

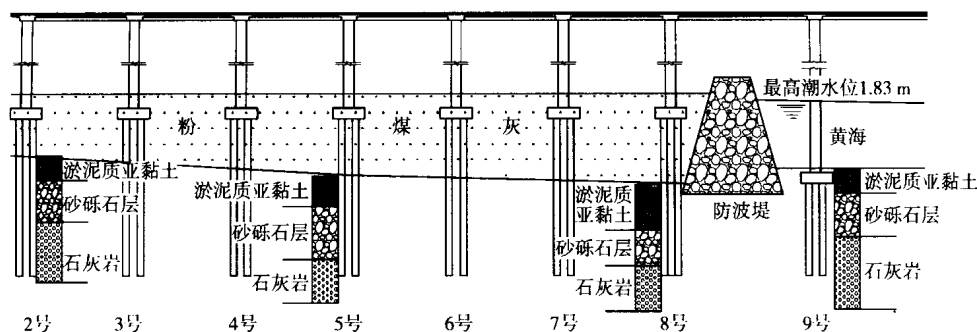


图1 全桥典型地质示意

2 工程特点

- (1) 全桥位于海滩之上,受潮汐影响大。
- (2) 桥位处地质情况复杂,石灰岩地段溶洞发育,基础施工难度大。
- (3) 部分桩基位于华能电厂排灰场内,粉煤灰沉积密实,孔隙率小,遇水呈流塑状态,其稳定性受海水涨落影响很大,为施工中的难点。

3 方案选择

9~21号墩位于海滩上,需先进行围堰才能进行挖孔施工,且围堰能尽量减少海水潮汐对挖孔作业的

影响。围堰的高度、宽度以能消除最高潮汐时海水影响为准。实际施工围堰顶高程为2.33 m,高于最高潮水位0.5 m。

0号台~8号墩位置属于受海水潮汐影响的粉煤灰沉积层,其下又有溶洞存在,设计为挖孔桩,基底嵌入基岩2 m以上。为此,对选用何种挖孔方法进行了论证和试验。

3.1 围堰隔水施工

9~21号墩段围堰填筑后,潮汐对桩孔开挖影响较大,根据以往沿海地貌地下工程隔水施工经验,决定采用两布一膜土工膜密铺下埋施工方案(图2)。

(1) 截水沟开挖

围堰填筑至一半左右时开始在围堰两侧底部采用挖掘机开挖截水沟,作业时间选择在低潮位时进行。确保开挖宽度1 m及深度0.8 m,回淤后净深确保0.5

收稿日期:2004-01-29

作者简介:王尚伦(1966—),男,工程师,1989年毕业于北方交通大学工民建专业,工学学士。

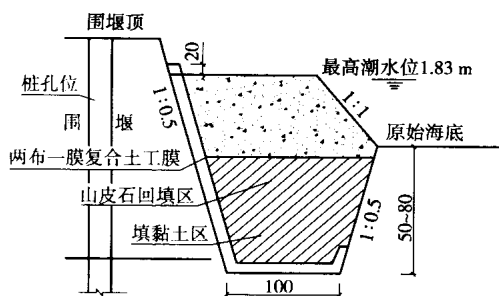


图2 围堰土工膜隔水示意(单位:cm)

m。沟底塌方要清理干净,边坡修理平整光洁,不允许存在大块尖角石块和杂物,以免刺破复合土工膜。

(2) 土工膜铺设

为达到预期的隔水效果,采用 $1\,000\text{ g/m}^2$ 的两布一膜复合防渗膜,渗透系数 $2.7 \times 10^{-11}\text{ cm/s}$ 。选用厂家现有最大幅宽料(6 m),以减少拼缝。要求厂家在整幅土工膜的四周留出 10 cm 宽的拼缝带,以便焊接。

铺设土工膜紧随截水沟开挖进行,一般截水沟开挖及修整完毕 30~50 m 时开始铺设。土工膜应以长度方向沿基坑边线铺设,以减少接缝,并应松铺。首先将土工膜沿围堰地面顺方向全长打开,在土工膜底部间隔 30~50 cm 用镀锌铁丝绑设长 20 cm $\phi 32\text{ mm}$ 短钢筋,以利土工膜沉底,保证密贴;同时,沿土工膜长向间隔 3~5 m 加设长木杆,木杆长度大于坑深及土工膜宽度 1 m,以确保土工膜能够覆盖沟底。准备就绪,人工用木杆将土工膜送达沟底,并将上口预留段压牢或钉牢。

(3) 截水沟土方固填

底部沟槽采用黄黏土回填,以保证截水效果和避免刺破土工膜。沟槽以上采用山皮石回填。回填厚度以保证土工膜在海水涨落时不被冲击松动为准,实际施工中采用 1.5~2.0 m。回填过程中挖掘机挖斗尽量减少作业高度,以减少土料对土工膜的冲击程度,并用挖掘机挖斗对土料进行预压实,但不能破坏土工膜。

3.2 挖孔方案比选

(1) 直接挖孔

这种方法就是不进行任何防护,直接按设计要求的孔径由人工边坡边作混凝土护壁,直至设计高程。这种方法适用于挖深不大于 4 m,且无地下水影响的稳定性极好的地层情况。优点是投入设备少,可以全面铺开;缺点是安全性差,遇到有地下水影响或易坍塌地质情况时不能采用。根据前面讲述过的情况,此种方法显然不适用于本桥。

(2) 先压浆将粉煤灰固结,然后再开挖

该方法是先将压浆管打入粉煤灰内直至底部,并与岩层接触,再用压浆泵将纯水泥浆压入地层内,压浆

顺序是每 1.0 m 压 1 层,直至岩层。压浆管间距 0.5 m,范围以桩中心为圆心,半径 2.5 m。用这种方法在 2 号桩做了试验,压浆管在最底层时压浆速度很快,每个压浆管压入的水泥浆量很大,个别达到 500 kg。但在粉煤灰层内压浆时水泥浆量很小,甚至达到 10 kg。后经调查证明粉煤灰沉积密实,孔隙率小,水泥浆压不进粉煤灰层内,也就是说用压浆方法将粉煤灰固结的方案不可行。

(3) 采用周边打井抽水,降低和阻断外界水的影响

在桥址范围内先打孔径为 50 cm 的深井,直至打入基岩,用 1 台直径 100 mm 泵抽水,井内水量始终很大,抽不干。后经分析,粉煤灰层下的岩层面间孔隙太大,并与海水相通,用抽水的方法降低井内水位的试验方案也不可行。

(4) 长护筒跟进施工方案

长护筒跟进,并嵌入岩层以此阻断与外界水位联系,并用钢护筒本身的强度支撑护壁,确保井内施工安全。这种方法从理论上是完全可行的,关键是如何实施钢护筒的打入和嵌入岩层段(0.5~1.0 m)的封闭阻水处理技术。为此,在 3 号墩基础进行了试验性的施工,后经证实此种方法是可行的。

钢护筒的选择 本桥钢护筒要穿过粉煤灰层,并深入到不透水的淤泥质亚黏土或砂砾石层 0.5~1.0 m,护筒最长达 12 m。根据以往施工经验,选择用 14 mm 钢板卷制,直径 2.2 m(比挖孔桩直径大 20 cm)。对于入土部分为减少护筒与土层间的摩阻力,护筒壁外侧不设加劲肋。

钢护筒的沉入 厚壁长大钢护筒的沉埋要用振动式打桩锤。沉入前需根据钢护筒所受的摩阻力确定打桩锤的振动力,并当摩阻力大于振动力时,钢护筒才能顺利安设。根据计算结果,结合过去的施工经验,采用 VM4-10000A 型打桩机,150 kW 发电机,最大击振力为 1 080 kN。施工时要对钢护筒顶部进行必要的加固,以防止锤击变形,并且要准确放样,及时进行纠偏,以防止护筒偏位。振动锤用 16 t 以上吊车起吊,在锤击护筒时要在 4 个方向用长缆风绳稳住振动锤,以防掉落造成损坏。在该桥施工时考虑到护筒超过 8 m 以上时钢护筒受到的摩阻力较大,打入困难,采用二次打入法。先打入首节护筒,长 6~8 m,并进行开挖,开挖至接近护筒底时,在地面上焊接第二节钢护筒,并打入至需要的深度。

4 挖孔作业

完成埋设钢护筒的工作后,就可以进行挖孔作业,

施工方法采用常规的人工挖掘、铲运提升工艺。施工中应注意两点:虽然护筒已经穿过粉煤灰层,但由于此处是原海滩,渗水量仍然很大,在挖孔作业接近护筒底部时,地下水涌出,这时根据出水量的大小配备相应数量的水泵抽水才能保证正常施工;由于护筒长度比较长,在开挖达一定深度时,护筒外侧压力不断加大,护筒要采取必要的加固措施。具体方法是在护筒内侧用加劲肋进行加固,必要时用角钢在内侧焊成横支撑,防止护筒变形过大。

5 成孔检查

挖孔桩达到设计深度及嵌岩深度后便进行终孔检查,首先进行孔径、孔位、垂直度等方面的常规检查。由于在挖孔前此处没有详细的地质资料,且为石灰岩地区,溶洞较多,为保证桩底一定范围内没有溶洞,在终孔前要对孔底进行桩底检测。具体作法与桩基的无损检测相似,其检测的深度在桩底 4~8 m,通过该检测有效避免了桩基础落在溶洞的可能性,保证了嵌岩桩的质量。

6 挖孔施工中出现故障及处理方法

(1) 涌水的处理

受潮水涨落的影响,粉煤灰层内及基岩上部覆盖层含水量大,在挖孔接近护筒底部时处理不当就会发生涌水,甚至造成伤人事故。在本桥 7、13 号墩挖孔施工至岩层段即遇到涌水现象,采用环式封闭处理工艺(图 3),然后再进行护筒底部区域开挖。

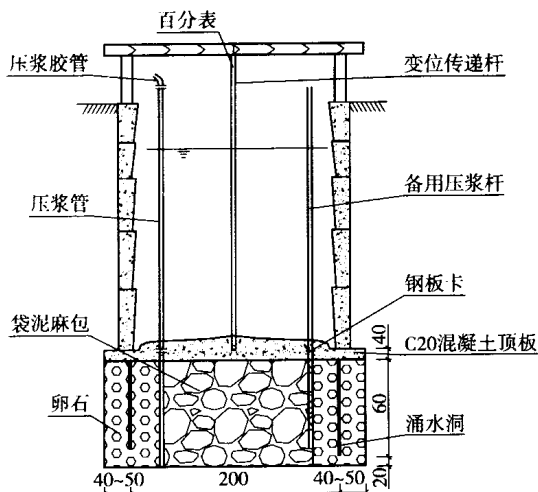


图 3 环式封闭处理涌水示意(单位:cm)

工艺流程

施工准备 抽水清底 预铺孔底卵石 安装组合短护筒 护筒外填卵石 护筒内堆放装泥麻包 水下混凝土封顶 安装变位传递杆 压浆封闭 24 h

后抽水 吊出填芯麻包 拆除短护筒 检查封闭效果 继续开挖。

工艺操作要点

短护筒采用厚 5 mm 钢板焊接,由 3 块制作拼接,采用螺栓连接以利拆卸。先入孔再安装,置于孔底预铺的卵石之上。封闭圈压浆厚度由最高水位时计算的最大水压力来计算,一般不宜小于 40 cm。压浆管要仔细放置,同时要配备用管。其出口放在孔底卵石底部。在压浆管埋入混凝土封顶处设钢板卡,以保证压浆管定位及防止浆液外露,造成失压,影响封闭效果。卵石底层及填料孔隙率按 35%~40%考虑。水下封顶采用 C20 混凝土,厚度 40~60 cm,要求承压 1~1.5 MPa。加入适量速凝剂,以保证 24 h 内达到抗水压力强度。

封闭完成过 24 h 后将孔内水抽净,按孔位中心放样将混凝土封顶凿除,拆除麻包及短护筒,可继续进行挖孔作业。

注意事项

封堵涌水成功进入岩层施工时,要控制爆破用药量。采用轻药量、小爆破、短进尺的方法施工,以防炸裂护壁,造成再次涌水的发生。

(2) 溶洞的处理

小溶洞的处理

小溶洞涌水量不大,可以采用常规的堵塞方式,填充一些膨胀性物体(例如棉絮、木楔、干海带等)堵住漏水处。

溶沟、溶槽处理

18 号-1 桩和 17 号-1 桩挖到设计高程后发现孔壁四周围岩较好,但孔底软弱,经分析为溶沟、溶槽现象。经验桩,需继续挖到基岩。处理方法是清除全部沟槽底泥土至基岩顶面,经物探无下卧溶洞及软弱层后,清洗干净用 C30 混凝土填满,使混凝土的弹性模量与基岩相近。

洞穴处理

4 号-2 桩入岩后挖至 11.3 m 左右遇到了一个直径约 3.8 m,深 1.5 m 的溶洞。处理方法是清除全部泥土,洞底修凿平整,清洗干净整个洞穴部位,经物探无下卧溶洞及软弱层后,设计桩孔以外用浆砌片石回填。

9 号-1 桩挖至设计高程且嵌岩深度达到要求后,经地勘部门桩底检测表明在桩底 0.6~1.0 m 范围内有下卧孔洞存在,经开挖证实下面为最大直径 2.6 m、深 1.8 m 的下卧溶洞。处理方法为清除下卧溶洞内的泥土至岩层,物探合格后用 C30 混凝土全部灌满。

5 号-1 桩入岩 1.2 m 遇溶洞且内无填充土体,涌水量很大,用水泵抽水不能解决问题,经分析溶洞与海

广深铁路桥桩基托换施工技术

李彦明

(中铁十五局集团有限公司经营部 河南洛阳 471013)

摘要:针对具体工程,介绍暗挖隧道穿越铁路桥进行桩基托换施工技术,为在复杂施工环境和复杂地质条件下,进行既有铁路桥梁的桩基托换和承载力的转换积累了宝贵的经验。

关键词:既有桥梁;桩基托换;施工;技术

中图分类号:U445.55⁺1 文献标识码:B 文章编号:1004-2954(2004)05-0047-04

1 工程概况

广深铁路高架桥桩基托换工程位于深圳地铁一期工程线路里程 SK2+035~SK2+055 处,区间隧道直接穿越广深铁路高架桥 22 号桥墩左线承台下一根桩基、21 号桥墩右线和第三线承台下各 4 根桩基。托换梁采用预应力钢筋混凝土结构,共 3 片梁,各自托换一条线路桥梁 21 号~22 号桥墩的 2 个承台 8 根管桩;托换桩为 $\phi 2$ m 人工挖孔桩,梁与桩基先各自独立施工,桩基托换受力转换后再连成刚性整体。广深铁路桩基托换平面示意图 1。

2 工程特点

(1)地理环境复杂。本工程处于交通要冲地带,地铁区间穿过的广深铁路桥,运行高速、准高速列车,行车频率又相当高;周围公共设施,地下管线,铁路的工务、电务设备等,错综复杂,对施工必将造成极大影响。

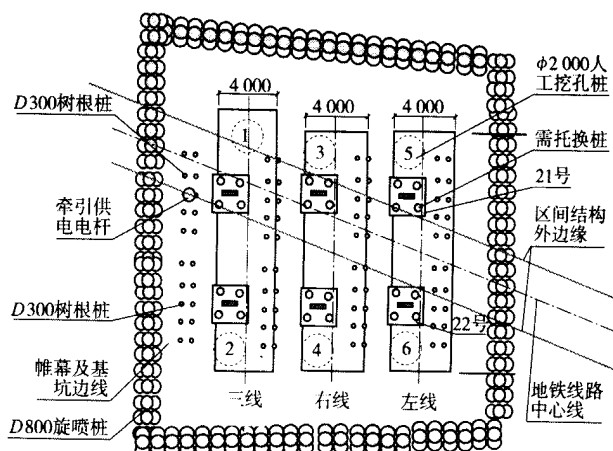


图 1 广深铁路桩基托换平面(单位:mm)

(2)地质结构比较复杂。上覆第四系全新人工堆积层、海冲积层及第四系残积层,下伏震旦系花岗片麻岩。尤其是砾砂层,地下水位高且含水量丰富,渗透性强,地下水力联系紧密,对工程施工防水造成一定困难,特别给深入地下达 25 m 的托换挖孔桩的施工增加很大难度。

(3)桩基托换处理技术要求高。托换铁路桥桩基为 $\phi 550$ 预制管桩,单根设计最大轴力 925 kN。在不

收稿日期:2003-12-17

作者简介:李彦明(1965—),男,工程师,1987年毕业于石家庄铁道学院铁道工程专业。

水相通,形成暗河,堵塞起来很难。处理的方法是在桩基有效截面外抛填片石,当水位趋于稳定时,采用灌筑水下混凝土的方案将溶洞堵住,待混凝土略有强度时再进行开挖,顺利通过溶洞。

7 结语

大连快轨 13 号桥地处海滩,围堰上桩基施工由于采用了复合土工膜双层隔水技术,较好地解决了挖孔桩降水问题;海滩粉煤灰地层开挖后遇水流塑,通过方案比选,采用长护筒跟进的施工方法成功解决了跨海滩地区粉煤灰地层挖孔桩施工难题;同时沿海石灰岩

地层溶洞发育,由于对地质情况分析准确,采用的处理方法得当,圆满解决了施工出现的问题,为该桥顺利建成创造了有利条件,为类似沿海地层桥梁基础施工积累了经验。

参考文献:

- [1] 杨文渊,徐 D. 桥梁施工工程师手册[M]. 北京:人民交通出版社,1997.
- [2] 江正荣. 建筑施工工程师手册(第2版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] 交通部第一公路工程总公司. 公路施工手册(桥涵)[M]. 北京:人民交通出版社,1999.