

哈尔滨松浦公路大桥岩土工程勘察过程控制及效果

唐世杰, 李丙奎, 陈跃武, 刘德永

(黑龙江北方有色建设有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150046)

摘要:根据哈尔滨松浦公路大桥桥址自然地理条件和建筑设计要求参数,确定了该桥岩土工程勘察关键环节。阐述了勘察重点过程控制——水上平台勘探取样工艺要点,包括平台搭建、钻进及取心工艺、泥浆护壁、样品保管等。根据勘察成果,对桩基承载力及沉降进行了计算,给出了推荐桩型。

关键词:岩土工程勘察;水上钻探;取样;跟管钻进;泥浆护壁;松浦公路大桥

中图分类号:P634;U442 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)02-0069-05

Control of Geotechnical Engineering Investigation Process for a Highway Bridge in Harbin and the Effect/TANG Shi-jie, LI Bing-kui, CHEN Yue-wu, LIU De-yong (Heilongjiang North Nonferrous Metals Construction Co., Ltd., Harbin Heilongjiang 150046, China)

Abstract: Based on the natural geographical conditions of Songpu highway bridge in Harbin and the parameters required by architectural design, the key links of the geotechnical engineering investigation are determined. The paper elaborates the control of key investigation processes including platform building, drill and coring technologies, mud protection and samples storage. Based on the investigation results, the calculation was made on the bearing capacity of pile foundation and ground subsidence, and the recommended pile type was presented.

Key words: geotechnical engineering investigation; drilling on water; sampling; drilling with casing; mud protection; Songpu highway bridge

1 自然地理条件

松浦大桥位于哈尔滨市道外区北二十道街与松北新区科技学院附近的永胜路之间的江道上,距上游滨洲桥 2850 m,距下游滨北桥 3350 m。桥址所经地带海拔高度在 110~123 m 之间,属松花江低漫滩区域,分布的沙丘、砂梁和砂垄在丰水期被洪水淹没,两岸均有防洪大堤,南侧引桥处于松花江高漫滩之上。

该桥岩土工程勘察分南北 2 个标段,我公司承担的南段勘察区为主干河流,河床宽 293~1000 m,水深 3.8~6.0 m,历史最高位 120.89 m,年迳流量 153~755.5 亿 m^3 ,最大流量 12200 m^3/s 。

该地区平均降雨量 530 mm,多集中在 7~8 月,洪水期多在 8 月期间,主桥勘察开始于 6 月 20 日,结束于 8 月 10 日。

2 拟建工程概况

松浦大桥桥址方案处有江心岛,将河道分为南北两汉,南汉(主桥)为主航道,北汉为泄洪江道,两岸堤距 2100 m,其中江心岛宽约 1300 m,南汉(主

桥)河道顺直,常水位水面宽 400~500 m,北汉弯曲,水面宽约 250 m。

主桥全长 1.85 km,由主桥独塔斜拉桥(主墩、边墩、辅助墩)及南岸引桥组成,拟采用桩基础,桩径 1.0~2.5 m,要求单桩承载力特征值为 8000~28000 kN。

3 主桥勘探孔及布置

主桥分为 1 个主墩和 2 个辅助墩。如图 1 所示。

辅助墩 1、2、3、4 号探孔位于江中心漫滩上,勘探施钻时无江水影响;主墩 5、6、7、8、9 号探孔位于江心深水处,最大水深达 6.00 m,须做大量水上施工辅助工作;辅助墩 10、11 号探孔位于近南岸江水中,水深约 4.00 m,孔距南岸边约 6 m,也应做水上施工的辅助工作。

4 勘察过程的关键环节及控制

4.1 加强施工组织

收稿日期:2014-06-04

作者简介:唐世杰,男,蒙古族,1955 年生,总工程师,教授级高级工程师,国家注册岩土工程师,国家注册一级建造师,从事岩土工程勘察与施工和研究工作,黑龙江省哈尔滨市香坊区进乡街 15 号,tangshijie.55@163.com。

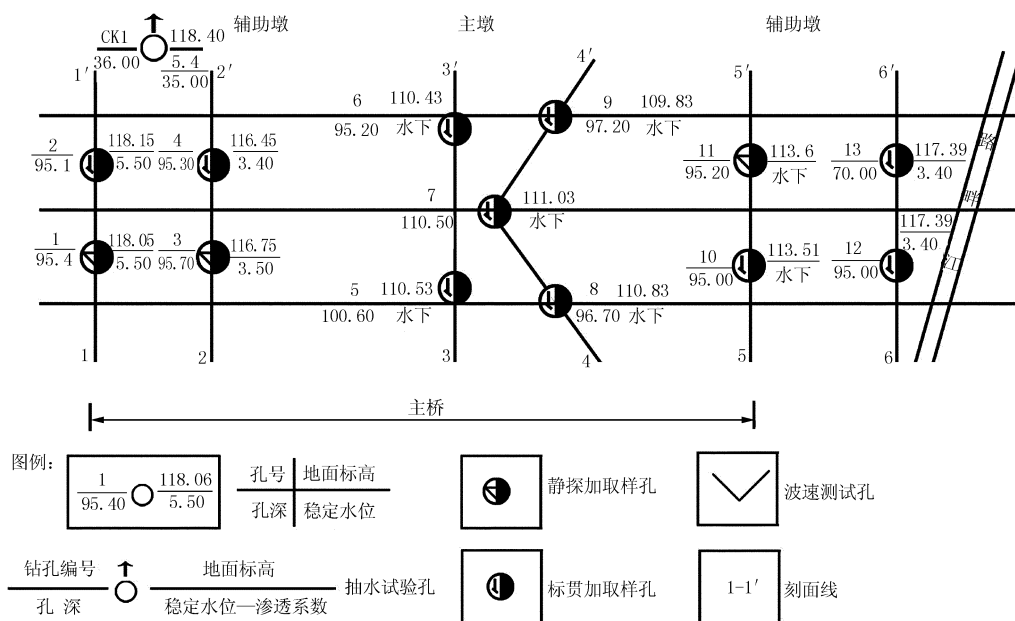


图1 勘察钻孔平面布置图

本次主桥勘察钻探孔共计11个,其中有4个孔位在水处低漫滩,7个孔均处于深水江面上,南岸跨堤及引桥处于高河漫滩上,不受江水涨落影响。整桥岩土勘察工期安排70天考虑,主桥主墩勘察孔能否顺利施作是按期提交成果报告的关键,因此,我们采取如下措施。

(1)根据场地条件现场组织踏勘,提早确定水上施工的技术方案和质量措施。

(2)在投标过程中细化主墩及辅助墩施作前辅助工作相应的工、料图纸及需用量,做到重点考虑,心中有数。

(3)进场后立即按已设计好的水上平台方案进行深水主墩勘察孔平台搭设,主墩平台与北辅助墩(低漫滩处)间的水面上通行与运输采取了搭设简易便桥的方案,桥长约200m,平台作业面为5m×36m,平台之间以便桥连结。考虑到主墩探孔施工中江水上涨的可能,平台面高出江水约2.5m,以确保在洪水期到来之前一次完工主墩勘察孔的施作。考虑到平台设备及材料重物堆放,平台立根支撑均采用1m×1m间距、 $\varnothing 50$ mm钢管脚手架搭设,架管底部段采用锤击法击入河床1~2m,平台立根合理设置斜撑,使平台在风浪下保持稳固。

(4)只要场地条件允许,引桥勘察孔即时施作,采取多上设备,加快外业钻孔取样和原位测试工作。

4.2 确保勘察质量,严格执行规范标准

4.2.1 引用的规范标准

松浦大桥岩土工程勘察遵循和执行的规范有:《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001);《市政工程勘察规范》(CJJ 56—94);《公路工程地质勘察规范》(JTJ 064—98);《公路桥位勘测设计规范》(JTJ 062—91);《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85);《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002);《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999);《公路土工试验规程》(JTJ 051—93);《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001);《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001);《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89);《静力触探技术标准》(CECS 04:88);《建筑地基基础设计规范》(DB 23/902—2005);《哈尔滨市市区地基承载力特征值技术规定(试行)》(HDB 001—2005)。规范标准限值采用较高标准级别。

4.2.2 采用的勘察方法

(1)钻探取样:钻探取样主要分2种形式,一种是上部河床松散砂层(0~40m)段采用SH30型钻机进行跟管冲击取样工艺,下部岩石地层采用XY-2型回转钻进取心工艺,取样按规范标准分层取样,并及时封闭包装送样至试验室分析试验。

(2)原位测试:主要采用静力触探、标准贯入试验、波速试验和抽水试验。

(3)室内试验:主要进行了原状样物理力学性

质试验,包括颗分、压缩、剪切、高压压缩、静三轴、岩石单轴抗压强度、水质分析等方法。

4.2.3 完成的工程量

完成钻探孔16个,进尺1509.3 m;测量16点;抽水孔1个,孔深16 m,抽水试验2次;岩土原样分析测试,常规土样41件,颗分137件,高压5件,水分析2件,岩石单轴拉压240组,岩石直剪弹模9组;静力触探5个孔,125 m;标贯试验70次;波速测试2个孔,201 m。

4.3 关键环节与控制

相对其它建筑工程岩土工程勘察而言,松浦大桥主桥段勘察工作的重点和关键环节在于深水处主墩、辅助墩钻探孔的施工。

4.3.1 水上平台的搭建

水上平台是完成水上钻孔取样及原位测试的工作平台,要求作业面宽敞并具有足够承载能力以满足施工设备机具、泥浆循环系统正常工作使用。主墩位于江中心深水处,考虑到承重能力和组建拆安的方便性、灵活性,选用如前所述的 $\varnothing 50$ mm 钢管脚手架并以锤击式植入河床快速搭建完成,整个平台在施钻过程中工作稳定,交通方便,大大提高了工作效率。

4.3.2 争抢时间一次性主墩设备进场

施工主墩5个钻孔采用的3台XY-2型钻机及相关机具、泥浆材料及制浆设备、循环系统品种较多,数量较大,考虑到7月份江水汛期马上即到,在平台搭建完毕后立即租用了300 t (3000 kN) 托轮,由南岸将平台作业所需全部机具、材料一次吊装运到平台面上,省去由便桥人工搬运的时间,使平台作业快速进入正常施钻阶段。

4.3.3 加固跟管钻进套管连接强度

水上主墩钻孔取样必须采取最佳工艺方法以确保钻孔取样原位测试一次成功。深水跟管钻进取样和下部岩石段钻孔取心单孔工期较长,孔壁稳定是保证探孔施工质量的第一工艺要素,上部40 m 松散砂粒,采用 $\varnothing 127$ mm 跟管并在管接头螺纹处加焊防松筋的办法以加强套管的联接可靠度,施工证明,该法有效,施工过程中无脱管、断管事故的发生,保证了施工顺利进行。

4.3.4 采心器具齐全,提高岩心采取率

施工中采用了冲击半合管采心器,较破碎岩层采用了双管单动采心器,较完整岩层采用了单管副压式采心器,岩心采取率均达到满意效果。

4.3.5 做好泥浆护壁工作

因钻孔钻遇有60多米泥砂质岩类,该岩层水敏性极强,遇水膨胀脱落、坍塌可能性很大,因此在做好松散砂层套管护壁的前提下,必须使用低固相优质泥浆进行钻孔护壁。采用了2% 优质膨润土加纯碱、聚丙烯酰胺处理的泥浆,并合理设置平台泥浆循环系统(泥浆沉淀箱 2 m^3 ,循环槽长20 m),坚持勤处理、勤检测、勤调整泥浆性能的办法,在5个主墩、2个辅助墩钻孔取样中未发生任何钻孔孔壁坍塌事故,保证了取样顺利进行。

4.3.6 把好样品保管、采取、试验关

对于现场样品保管和采取要求整齐摆放入箱,并及时进行原样编录,现场拍照存档,现场截取试样,并准确标签,封包要严实,并及时送样至试验室分析。确保勘察资料真实准确。坚持当天样品当天送检,及时出检数据,分析对比,确保数据真实、有效。

5 勘察成果

5.1 各岩(土)层允许承载力和桩基参数的确定

综合室内土工试验和原位测试,结合当地建筑经验,确定勘察孔各岩(土)层容许承载力和桩基参数见表1。

5.2 桩基单桩承载力的计算对比

按表1各岩(土)层桩基参数计算单桩承载力结果见表2。

采用计算公式:

$$P = (UL\tau_p + A\sigma_R)/2; \quad \tau_p = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n \tau_i L_i$$

式中: P ——单桩容许承载力; U ——桩周长, m; L ——有效桩长, m,冲刷线按4.5 m 考虑; τ_p ——桩周岩(土)平均极限摩阻力, kPa; τ_i ——对应 L_i 各岩(土)层与桩壁极限摩阻力, kPa; A ——桩底面积, m^2 ; σ_R ——桩尖岩土极限承载力, kPa,按 $\sigma_R = 2m_0\lambda\sigma_0$, m_0 取0.70, λ 取0.72; σ_0 ——桩尖处岩(土)容许承载力, kPa。

5.3 桩基沉降估算

按主墩底梁反力450000 kN、底面积 $18.5\text{ m} \times 40\text{ m}$,单桩承载力25000 kN,布桩18根,桩长79 m,桩径2.0 m,桩距6 m,将群桩视为实体基础,桩基沉降估算参数见表3。

按下式计算沉降量:

$$S = \psi\psi_e \sum_{j=1}^m P_{0j} \sum_{i=1}^n \frac{Z_{ij}a_{ij} - Z_{(i-1)j}a_{(i-1)j}}{E_{si}}$$

表1 各岩(土)层容许承载力 σ_0 和桩基参数

层号	岩土名称	岩土测验		标贯 N		静探 q_c		公路桥涵 JTJ 024—85 规范 $[\sigma_0]$ /kPa	建议 $[\sigma_0]$ /kPa	钻孔桩极限 摩阻力 τ /kPa
		e/I_1	$[R_a]$ /MPa	$[\sigma_0]$	f_{ak}	修正击数	特征值 f_a			
② ₂	亚粘土	0.87/0.65		0.95					130	
②	细砂					3	99		100	
②*	细砂				10	140			130	
③	中砂				9	166	9	225	150	40
④	砾砂				18	268			200	65
⑤	粗砂				16	256			200	65
⑤ ₁	中砂				12	208			200	50
⑥	亚粘土	0.83/0.72		198			3	195	120	40
⑥ ₁	粗砂				12	208			200	65
⑦	粗砂				16	256			260	70
⑦ ₁	中砂								260	50
⑦ ₂	亚粘土	0.88/0.91		143					120	40
⑧	中砂				16	256			260	50
⑧ ₁	亚粘土	0.85/0.79		172					120	40
⑨	粗砂				23	298			260	70
⑩	泥岩	0.80/0.40		260	67				260	70
⑩ ₁	砂岩									70
⑪	泥岩		1.53	459	64			450	450	100
⑪ ₁	砂岩				41			400	400	80
⑫	泥岩		3.21	1284				1000	1000	180
⑫ ₁	砂岩							500	500	100
⑬	泥岩		2.21	884	>100			800	800	180
⑬ ₁	砂岩							500	500	100
⑬ ₂	砂岩							600	600	120
⑭	泥岩		2.87	1148				800	800	180
⑭ ₁	砂岩							2000	2000	400
⑭ ₂	砂岩							500	500	100
⑭ ₃	砂岩		2.48	992				800	800	180
⑭ ₄	泥岩		2.60	1040				800	800	180
⑯	泥岩		3.62	1448				1000	1000	180
⑯ ₁	砂岩							500	500	
⑯ ₂	泥岩		3.79	1516				1000	1000	
⑯ ₃	砂岩		4.50					800	800	

表2 单桩轴向受压容许承载力估算值

桩位置	桩类型	桩长/ m	桩径/ m	桩持力层	单桩容许承载力/kN		能否满足 要求	推荐桩型	备注
					计算值	设计要求			
主墩	摩擦桩	54	1.5	⑫	10138	22000~28000	不满足	桩长79m, 桩径2.0m	用7号孔资料计算
			2.0		13913		不满足		
			1.5	19997	不满足				
边墩	摩擦桩	62	1.5	⑭	26979	8000~10000	满足	桩长62m, 桩径1.5m	用11号孔资料计算
			2.0		10632		满足		
辅助墩	摩擦桩	58	1.2	⑬	6910	8000~10000	不满足	桩长58m, 桩径1.5m	用4号孔资料计算
			1.5		8779		满足		
南岸跨堤	摩擦桩	56	1.5	⑫	9113	12000~18000	不满足	桩长56m, 桩径2.0m	用12号孔资料计算
			2.0		12547		满足		

表 3 地基岩(土)弹性模量

层号	岩土名称	重密度/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	弹性模量 E/Mpa	泊松比
⑬	弱风化泥岩	22.3	1.98×10^2	0.32
⑬ ₁	弱风化砂岩	21.4	2.14×10^2	0.35
⑬ ₂	弱风化砂岩	22.5	2.14×10^2	0.35
⑭	泥岩	22.8	8.50×10^2	0.35
⑮ ₁	钙质砂岩	26.3	1.62×10^3	0.36
⑮ ₂	砂岩	21.5	7.53×10^2	0.35
⑮ ₃	砂岩	22.2	7.53×10^2	0.32
⑮ ₄	泥岩	22.6	5.46×10^2	0.34
⑯	泥岩	22.9	8.5×10^2	0.35
⑰ ₁	砂岩	21.8	7.53×10^2	0.32
⑰ ₂	泥岩	22.6	8.50×10^2	0.35
⑰ ₃	砂岩	23.0	8.50×10^2	0.35

式中: S ——桩基最终沉降量,mm; ψ ——沉降计算经验系数; ψ_e ——桩基等效沉降系数, $\psi_e = C_0 + \frac{\eta_b - 1}{C_1(\eta_b - 1) + C_2}$; $\eta_b = \sqrt{nB_e/L_e} = 2.885$,查 ψ_e 计算参数表 $C_0 = 0.09$, $C_1 = 1.673$, $C_2 = 8.790$,得 $\psi_e = 0.248$;矩形桩基 $\sum_{j=1}^m P_{0j} = 4P_0$,kPa; Z_i 、 Z_{i-1} ——桩端平面第 i 层土、第 $i-1$ 层土底面距离,m; a_i 、 a_{i-1} ——根据矩形长宽比及深宽比 $Z_i/b = 2Z_i/B_e$, $Z_{i-1}/b = 2Z_{i-1}/B_e$,查表值; E_{si} ——等效作用底面以下第 i 层土的压缩模量,MPa。

计算结果 $S = 13$ mm,满足墩台均匀总沉降量 $2.0\sqrt{L}$ ($L = 142$ m) 的要求。

6 结语

松浦公路大桥主桥及南岸引桥岩土工程勘察施工全过程体现了作业计划合理,方案科学有序,加之

勘察过程关键环节掌控有力高效,使主桥成果报告按期提交设计院。南岸引桥由于桥址拆迁影响,局部探孔推迟至来年春季施作,对整桥设计及开工建设有一定影响。

这是我公司首次开展深水岩土勘察项目,由于重视,投入了足够的人力、物力,严格按规范要求把好钻孔取样关键工艺环节和重视分析试验工作,取得了科学准确的设计参数,使该桥施工中未出现补勘和补充资料增加现象,该桥已于 2010 年 10 月通车,并成功申报获得建筑鲁班奖。

通过本次松浦公路大桥深水岩土工程勘察工作,使我公司执业水平的技能得以进一步扎实和提高,并收到了良好的经济和社会效益。

参考文献:

- [1] 许锋垣,汪国香,罗云.影响岩土建筑工程可靠性的因素分析[J].探矿工程,1998,(3):7-9.
- [2] 王德强.岩土工程勘察外业工作的技术与措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(5):69-71.
- [3] 高梓旺,黄艳萍,李亚飞.天津地区岩土工程勘察中地震效应重点问题分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):72-74.
- [4] 周相国,聂洪玮.岩土工程勘察有关问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(7):1-4.
- [5] 王景广,李亮.确保岩土工程勘察质量的做法及建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):81-84.
- [6] 安永林.杭瑞高速贵州省毕节至都格(黔滇界)公路岩土工程勘察监理实践[J].西部探矿工程,2013,25(4):10-12.
- [7] 成利民,王如金.杭州湾大桥岩土工程勘察[J].上海地质,2004,(3):1-5.
- [8] 陈勇.兰州市小西湖黄河大桥岩土工程勘察[J].甘肃水利水电技术,2003,(3):242-243.