

福建后埔桥桥台加固设计及施工技术

李海如

(福建省水文地质工程地质勘察研究院,福建漳州 363000)

摘要:福建后埔桥桥台采用注浆加固法提高原桥台地基土的承载力;采用钢筋砼框架加预应力锚索的方法来提
高桥台及其基础结构的整体性;侧墙处采用浆砌片石挡土墙,用于防止侧墙向外变形。介绍了加固技术的设计及
施工方法。

关键词:桥台加固;基底注浆;钢筋砼框架;预应力锚索

中图分类号:U445.7⁺2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)06-0036-04

1 工程概况

福建后埔桥位于G324线K400+874,在漳州与诏安之间的云霄县境内,建于1995年,桥长90.72 m,桥宽23 m,桥跨4~16 m。上部结构为钢筋砼空心板,下部结构为扩大基础,柱式桥墩,双幅式U型桥台。原桥设计斜交角为45°,设计荷载汽-20、挂-100。

经几年运营,桥台已出现严重的病害,该桥两侧U台4个侧墙均已开裂,特别是漳州台前进方向左侧侧墙外倾达4~5 cm,桥栏杆底座与侧墙分离并向内倾斜,板式橡胶伸缩缝破损。加固前桥台裂缝如图1所示。



图1 加固前桥台裂缝图

2 工程地质条件

2.1 地层情况

根据该场地工程地质勘察报告揭示,桥台场地地层自上而下分布为:

①细砂,黄褐色,松散,湿~饱和,层厚0.80~1.20 m;

②卵石,灰~灰黄色,中密~密实,饱和,含55%~60%的卵石,直径2~6 cm为主,个别大于

15 cm,卵石分布不均,层厚2.70~5.30 m;

③残积砂质粘性土,灰白~灰褐色,硬塑,层厚4.30~5.60 m,该土层属特殊性土,具遇水易软化、崩解的特点,钻孔显示,部分桥台基础下约20 cm厚的残积土已扰动软化;

④散体状强风化花岗岩,灰白色,岩心呈散体状,手捏即散,组织结构大部分已破坏,层厚4.80~5.70 m;

⑤弱风化花岗岩,灰白色,组织结构部分已破坏,中粗粒花岗结构,块状构造,层厚1.90~2.60 m。

2.2 地下水情况

场地内地下水主要以第四系松散岩类孔隙水为主,含水层主要为①细砂层和②卵石层,水量丰富,受地表水和大气降水的补给。后埔溪地表水与地下水相通。

3 病害分析

据钻孔揭露场地内岩土层分布、桥台基础砌置深度(漳州台为6.5 m,诏安台为4.3 m)分析,桥台地基持力层为③残积砂质粘性土,容许承载力为300 kPa,工程地质性能较差,且部分桥台基础下约20 cm厚残积土,受施工扰动、浸水已软化。根据工程地质条件、桥台破坏现象综合分析,初步判断桥台变形破坏的主要原因为局部桥台地基土承载力不足、地基土扰动、桥台及其基础结构的整体性差。加上台后填土、砌体等施工中可能存在的质量隐患及超限运输等原因,致使桥台出现以上损坏现象。

根据原设计图纸和桥梁通行等级,对桥台基底

收稿日期:2006-12-26

作者简介:李海如(1974-),男(汉族),福建武平人,福建省水文地质工程地质勘察研究院工程师,土木工程专业,从事岩土工程设计与施工工作,福建省漳州市芗城区漳华路34号,13860867850, LHR9566610@sohu.com。

应力进行验算,验算结果见表 1。

表 1 基底应力验算表

桥台	基底应力/kPa		最大偏心距/m
	最大值	最小值	
漳州台	398.7	-52	1.418 (<1.53)
诏安台	332	57.6	0.889 (<1.65)

从表 1 可知:漳州台基底应力已经大大超过持力层容许承载力,实际破坏也比较严重;诏安台基底应力也超过持力层容许承载力,实际破坏比漳州台轻些。其它验算指标基本满足规范要求。

4 加固设计

为防止桥台进一步产生不均匀沉降,应对其进行加固。采用注浆加固法提高原桥台地基土的承载力;采用钢筋砼框架梁加预应力锚索的方法来提高桥台及其基础结构的整体性;侧墙处采用浆砌片石挡土墙,用于防止侧墙向外变形。

4.1 注浆孔的设置

4.1.1 注浆孔孔距的确定

(1)浆液扩散半径计算:

$$R = 1.54[khrt/(\beta\beta_0n)]^{1/2}$$

式中: R ——浆液扩散半径,cm; k ——地层渗透系数,取 0.017 cm/s; h ——以厘米水柱高表示的注浆压力, $\times 10^2$ Pa; r ——注浆管半径,取 2 cm; t ——注浆延续时间,s; β 、 β_0 ——浆液相对粘度和有效充填系数; n ——土层孔隙率。

计算得 $R = 63$ cm。

(2)注浆孔孔距 $L = 1.73R = 109$ cm,可选用 $L = 1.0$ m。

4.1.2 注浆压力的确定

根据文献[1],残积土层的注浆压力:

$$[P_e] = P_0 + mH$$

式中: $[P_e]$ ——容许注浆压力,kPa; P_0 ——地面段容许注浆压力,kPa; m ——注浆段每加深 1.0 m 容

许增加的压力值,kPa/m; H ——注浆段深度,m。

经计算得 $[P_e] = 550$ kPa。

4.1.3 基底注浆量的估算

根据文献[2],以漳州台为例,注浆孔孔深 8 m,桥台基础底距注浆管底 1.5 m。

(1)单孔注浆量:

$$V_{浆} = DVna$$

式中: $V_{浆}$ ——单孔注浆量, m^3 ; D ——注浆土层厚度,取 1.5 m; V ——加固体单位体积,取 $1.5 m^3/m$; n ——土体孔隙率,取 0.75; a ——注浆充填率,取 40%。

计算得 $V_{浆} = 0.675 m^3$ 。

(2)单孔水泥用量:

$$M_c = G_c \rho_w V_{c_j} / (1 + aG_c)$$

式中: M_c ——水泥(干)量,t; G_c ——水泥相对密度,取 3.0; ρ_w ——水的密度,取 $1.0 t/m^3$; V_{c_j} ——欲配水泥浆液体积, m^3 ; a ——水灰比。

当浆液水灰比为 0.5 时,计算得单孔水泥用量为 810 kg。

4.1.4 注浆试验

根据计算结果,施工前在漳州台进行 2 个孔试验,试验注浆孔孔径 110 mm,孔深 8 m,采用二次注浆,第一次注浆水泥用量 250 kg,第二次注浆水泥用量 550 kg。施工 7 天后,残积土层采用圆锥动力触探(重型 $N_{63.5}$)试验,锤击数 15 ~ 29 击,平均值 21 击。据此判断,注浆后残积土层容许承载力可达 400 kPa,能满足基底附加应力要求。

根据计算及试验结果并结合经验,基底注浆设计为 $\phi 110$ mm 直孔和斜孔交错布置,直孔和斜孔间距均为 1.0 m,漳州台台前孔孔深为 8.0 m,诏安台台前孔孔深为 6.0 m,孔内放入 $\phi 89$ mm 的铁管,注浆材料采用水灰比为 0.5 的水泥浆。注浆孔布置如图 2、图 3 所示。

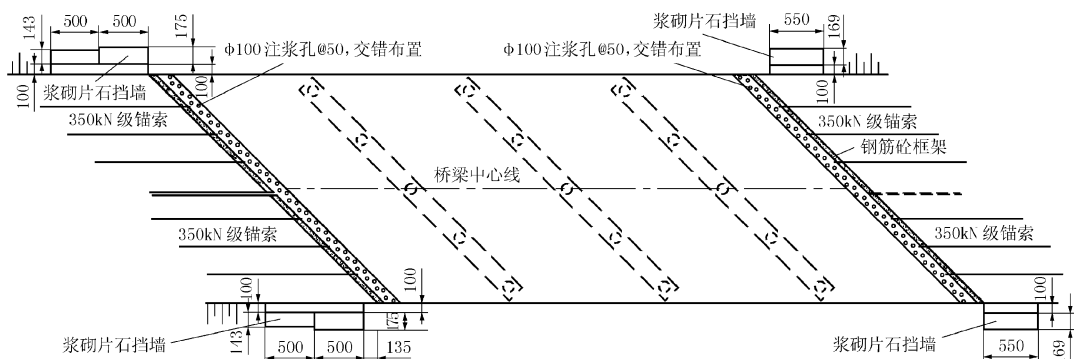


图 2 注浆孔布置平面图

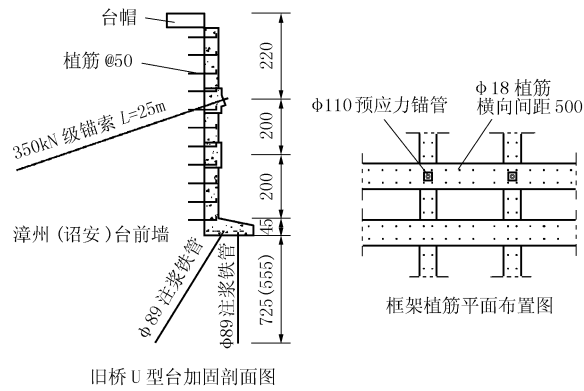


图3 注浆孔布置剖面图

4.2 浆砌片石挡土墙

侧墙面采用浆砌片石挡土墙,挡土墙顶面宽 1 m,坡面坡率为 3: 1,基底坡度为 1: 5,采用 M10 水泥砂浆砌筑。

4.3 钢筋砼框架

每侧桥台均设 2 道横梁和 1 道基础梁及 6 道竖肋。钢筋砼框架结构为横梁 400 mm × 900 mm,受力钢筋为 14 ϕ 16,箍筋为 ϕ 8@250;竖肋 350 mm × 600 mm,受力钢筋为 8 ϕ 16,箍筋为 ϕ 8@250;用 ϕ 18 植筋与桥台砌体连为一体。

4.4 预应力锚索

每侧桥台从上到下的第一道横梁与每道竖肋的交叉处设置一束预应力锚索,每侧桥台设置 6 束。预应力锚索方向为顺桥向,锚索采用 4 ϕ 15.24 低松弛预应力钢绞线,自由段长度为 7 m,锚固段长度为 18 m,锚索与竖向线夹角为 70°,张拉力为 350 kN,采用 VLM 型工作锚。预应力锚索设置见图 4。

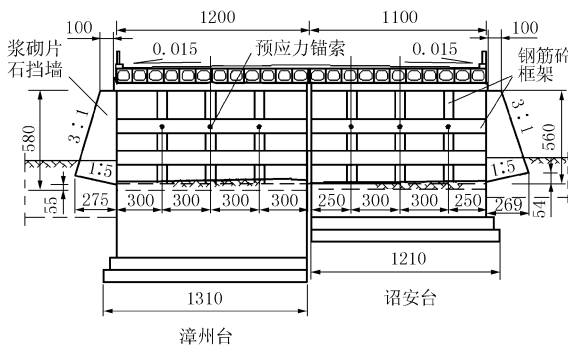


图4 预应力锚索设置示意图

5 桥台加固施工

5.1 施工情况及完成工程量

该工程从 2005 年 10 月 1 日正式施工,至 2006 年 3 月 13 日完成全部加固工程。完成的主要施工工程量见表 2。

表 2 完成主要施工工程量一览表

分项工程名称	钢筋砼框架 /m ³	基底注浆 /m	预应力锚索 /m	挡土墙 /m ³
数量	84.28	947	300	542.55
备注	钢筋 6.7 t	注浆 134 孔	注浆 12 孔	挡土墙 4 座

5.2 施工设备

本工程使用的主要施工设备有: YG-60 型锚杆钻机 1 台, XY-100 型工程钻机 2 台, L-10/7-II 型空压机 1 台, JZ-250 型砼搅拌机 1 台, 200 L 砂浆搅拌机 1 台, SYB50/50-II 型高压注浆泵 2 台, YDC1000B 型穿心千斤顶 1 台, 2BYZ2-80 型高压油泵 1 台。

5.3 施工工艺

5.3.1 基底注浆

注浆孔成孔选用 XY-100 型工程钻机和 YG-60 型锚杆钻机,清孔后下入二次注浆管,采用 SYB50/50-II 型液压注浆泵注浆。一次注浆为常压注浆,采用放入孔内的 ϕ 89 mm 铁管,管底开孔,注浆量以孔口大量冒浆为限。二次注浆管为 ϕ 20 mm 塑料管,底部 2.0 m 每隔 0.5 m 开 4 × ϕ 5 mm 小孔,开孔后用胶带密封。二次注浆在一次注浆 24 h 后进行,注浆压力达到 2.0 MPa 以上,或二次注浆水泥用量 > 100 kg/m 即停止注浆。

5.3.2 浆砌片石挡土墙

挡土墙施工前要做好地面排水工作,保持基坑干燥。砌体施工必须采用挤浆法,所用砂浆宜采用机械拌合,片石表面应清洗干净,砂浆填塞饱满。砌筑时应分层错缝砌筑,砌体不应出现垂直通缝;避免过长的水平通缝。

5.3.3 钢筋砼框架

框架只能单面支模板,框架高 6 m 左右,且地面为素填土及细砂,工程地质性能差,模板仅采用单面支撑,易产生爆模。采取措施为:

(1) 分层浇灌,框架梁基础以上砼分 3 层浇灌,减少模板压力;

(2) 增加模板拉杆,利用预埋的植筋安装模板对拉螺杆,预先拉紧模板,且在预埋植筋时使用锚杆锚固剂(强度为 M12.5),提高植筋早期抗拔能力;

(3) 增加模板立挡,根据模板规格,每 60 cm 设一立挡,同时增加支撑,并对支撑施加预压力。

通过拆模后检验,除了局部发现少量胀模外,整体效果较好。

5.3.4 预应力锚索

预应力锚索施工在钢筋砼框架梁强度达设计强

度 70% 后开始。锚索成孔采用 YG-60 型锚杆钻机,钻进工艺为空气潜孔锤回转冲击钻进。施工中遇到的问题及解决方法:

(1) 由于锚孔倾角大,且桥台后有约 8 m 砂、卵石为主的填方,砂、卵石以内 10 m 为路基填方,极易塌孔,故在填方段采用单偏心钻头跟管钻进,土层采用普通钻头回转冲击钻进。

(2) 填土、残积土均为饱和土,锚孔内水量丰富,钻渣易粘附在套管壁、钻杆壁上,堵塞返渣通道,影响钻速,严重时会造成提钻困难。因此采取以下措施:钻进过程中略提动钻具(提动行程应略大于钻头体键槽长度)进行强力吹孔,糊钻严重时,可边进行孔口注水边吹孔。

锚索为 $4\phi_{15.24}$ 低松弛预应力钢绞线,钢绞线用 $\phi 100$ mm 架线环隔开,架线环间距为 1500 mm,距底部 800 mm 开始绑扎,自由段钢绞线上涂上黄油并用塑料管套穿。锚孔注浆采用二次注浆,注浆材料采用水灰比为 0.5 的水泥浆,注浆管绑扎在锚索的中间,一次注浆采用 $\phi 20$ mm 硬塑管,管底部开孔,注浆量以孔口冒浆为限;二次注浆管最外端 7 m 用 $\phi 20$ mm 镀锌管,以下部分采用 $\phi 20$ mm 硬塑管,自由段以下每隔 1 m 开 $4 \times \phi 5$ mm 小孔,开孔后用胶带密封。二次注浆在一次注浆 24 h 后进行,注浆压力达到 2.0 MPa 以上,或二次注浆水泥用量 > 100 kg/m 即停止注浆。

锚索锁定在二次注浆 30 天后进行,用 YDC1000B 型穿心千斤顶、电动油泵张拉,采用 $4 \times \phi 15$ VLM 型锚具锁定。张拉载荷为 100% 的设计张拉力(350 kN),持荷 2 min 后锚固。

6 工程质量评述

桥台加固工程全部竣工后,组织有关部门对该

工程进行质量验收。经检验,各分项工程均符合设计要求及质量检验评定标准。在竣工后的保修期内,我们继续进行跟踪监测,每半个月观测一次,结果显示,桥台未再发生沉降和水平位移,桥台稳定,满足当前桥梁通行需要。竣工后的桥台前墙见图 5。



图 5 竣工后桥台前墙图

7 结语

(1) 本工程竣工后,我们进行了沉降、水平位移和裂缝观测,从观测成果中可以发现,桥台未再发生沉降和水平位移,桥台的裂缝自锚索锁定后就没有继续发展。由此可见,该工程设计加固方案可靠,施工质量能够满足设计要求,达到了预期的加固目的。

(2) 该工程加固方案是集桥台结构加固、抗倾覆锚固和提高持力层承载力的综合加固措施,为同类工程积累了经验。特别是预应力锚索技术在漳州市首次应用于桥梁加固领域并获得成功,其施工技术方法值得进一步推广和应用。

参考文献:

- [1] 林宗元. 岩土工程治理手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993.
- [2] JGJ 123-2000, 既有建筑地基基础加固技术规范[S].

专家预测:2050 年我国非化石能源消费将达到 30%

新华网北京 5 月 28 日消息 中国科学院电工研究所研究员、中国科学院院士严陆光预测,为实现我国 2050 年能源需求与保障供应的可能性,化石能源在我国能源消费结构中的比重将由现今的超过 90% 降低到 2050 年的 70%,而非化石能源比例将达 30%。

在 2007 年 5 月 26 日举行的“第十届中国北京国际科技产业博览会中国能源战略高层论坛”上,严陆光指出,我国能源体系发展的主要特点为,能源需求仍将快速增长,保障石油供应是能源安全的突出矛盾,一次能源消费结构将开始发生明显变化,电源结构也将改变。主要变化是,煤在消费结构中的份额将由目前的约 70% 减少至 2050 年的约 40%,天然气、水电、核电份额将有所增长,还有约 15% 的缺

口要靠大规模发展非水能的可再生能源来补足。

他说,我国石油消费在能源消费结构中的比例将维持在 20% 左右,估计到 2050 年将超过 8 亿 t,而国内石油产量由于资源和生产能力的限制将稳定在年产 2 亿 t 左右,进口依赖程度将高达 75%。

严陆光指出,我国的能源结构调整,建立可持续能源体系是一个长期持续的过程。他认为,在未来的半个世纪中,该体系的框架主要由 5 方面组成,即继续发挥煤能源的作用;保障石油供应;最大限度地发展水电与核电;大规模发展非水能的可再生能源,主要是太阳能、风能与生物质能;充分支持未来新型能源的研究发展,主要是核聚变能、天然气水合物与海洋能。