

钻孔桩桩端压浆技术在灌河大桥的应用

阳华国, 黄天贵, 代春风

(路桥集团第一公路工程局三公司 北京市 100024)

摘 要: 以灌河大桥主桥索塔桩基为工程背景,介绍了注浆加固机理、压浆参数的确定和施工工艺,并以桩基自平衡测试结果为依据,对压浆效果进行了分析,试验结果证明桩端压浆可有效提高桩基承载力。

关键词: 钻孔灌注桩; 桩端压浆; 承载力

灌河大桥是连盐高速公路上的一座特大型桥梁,主桥采用双塔双索面斜拉桥结构,单个索塔基础由32根桩径为2.5 m,桩长为95 m的钻孔灌注桩组成。为确定桩基的承载力和沉降量,验证设计上的安全储备,经业主及监理要求,东南大学在索塔桩基上进行了双荷载箱自平衡试桩法试验,承载力试验结果表明,桩端压浆后,桩基承载力大幅度提高,沉降量明显减少。为提高基础的安全储备,防止塔身产生过大的不均匀沉降,同时根据索塔处桩端地质有利于实施桩端压浆的实际情况,灌河大桥采用了桩端压浆技术。

1 地质情况

灌河大桥索塔基础位于灌河的漫滩上,桥址地貌类型属海积平原,地质条件复杂。从上到下依次为

淤泥质粘土、粉砂、粘土亚粘土夹砂礓、粉砂等地层,桩底—99.0 m 标高处为粘土及粉砂层,该范围地层土质比较疏松,含水量较大,压缩性好,比较有利于进行桩端压浆。详细的地质情况见表1。

表1 桩底地质情况			
地层名称	层底深度/m	层底标高/m	岩性特征
粘土	89.60	—84.10	灰黄色,硬塑,中偏低压缩性
亚粘土	92.30	—86.80	灰黄色,坚硬,中偏低压缩性
中粗砂	93.80	—88.30	黄色,密实状
粘土	100.85	—95.35	灰黄色,坚硬,中偏低压缩性

2 加固机理和影响因素

2.1 加固机理

水泥净浆在压力作用下,通过预设的压浆管压入桩基端部的松散层,使之胶结成整体,改善其力学

收稿日期: 2005—09—01

(8)箱梁准确就位时,即松去起吊装置,横移架桥机,使架桥机中心对准轨道中心,等待安装下一片箱梁。

(9)一孔箱梁安装结束,将2只行车移至架桥机尾端,作为平衡重,增加稳定性;接着将架桥机用千斤顶顶起,拆去横移系统,装上架桥机纵移系统;将架桥机向前推进至下一桥孔就位,并将架桥机纵移设备拆除改成架桥机横移设备,与此同时将桥面上的运梁轨道接长至架桥机尾部(即架桥机平衡部位)。

这里特别需注意的有两点:一是架桥机向前推进过程中,一定要统一指挥,指挥人员必须由安装经验丰富、熟悉架桥技术的人员担任;指挥人员必须站在适当位置,既能看到对岸桥墩上的滚轴,又能观察

架桥机推进的一切情况,所有工作人员必须服从指挥人员的命令,动作一致,精力集中,发现问题立即报告指挥人员,停止推进,待查明原因并解决问题后再继续推进;二是必须特别注意外边梁的安装,横移必须经应力及挠度验算,要具有足够的安全系数,横移箱梁速度必须缓慢,梁底距墩帽顶面的高度越小越好。

参考文献:

[1] 罗邦富. 钢结构设计手册[M]. 北京: 中建工出版社, 1989.

[2] 毛瑞祥,程翔云. 公路桥涵设计手册——基本资料[M]. 北京: 人民交通出版社, 1993.

性能,达到提高桩基承载力的目的。灌河大桥施工时,利用声测管兼作压浆管,在底部设置单向阀,待混凝土浇注完成初凝前,用高压水将单向阀冲开。桩基混凝土达到设计强度后,采用注浆泵按设定的压力进行压注施工,水泥净浆即通过压浆管压入桩端松散层。

水泥净浆在压力作用下由松散层中的孔隙向四周扩散,增加了桩基端部的直径和长度,另外,桩基底部因浆液作用使得松散层胶结成整体,共同提高了桩基的承载力。

2.2 影响因素

影响桩基承载力的原因有:(1)压浆量和压力,压浆量越多,压力越大,浆液与松散层结合得越充分,形成的结合体强度越高,范围越大,承载力越高;(2)浆液稀稠程度,浆液稀,则渗透性越强,可以扩大桩端注浆范围,浆液稠,可以增加浆液范围的强度;(3)沉渣厚度,在钻进及清孔过程中,清孔时间越长、首盘剪球效果越好,那么沉渣就越少,首盘离析的混凝土越少,承载力越高;(4)桩底土质疏松,压浆效果明显;(5)桩基四周泥皮越薄,桩侧摩阻系数降低越少,承载力越容易提高。

3 压浆控制原则及参数确定

3.1 压浆控制原则

桩端压浆采用压浆量与压力双控的原则,以压浆量控制为主,压力控制为辅。如注浆压力达到控制压力,并且压浆量达到了 80% 以上,也满足设计要求。

3.2 参数确定

压浆参数主要包括水泥浆标号、水灰比、压浆量、工作压力及控制压力等 5 个参数。不同的地质条件、不同的桩长采用不同的参数值。灌河大桥的参数如下。

(1)水泥浆标号为 C20。

(2)水灰比为 0.45,粘度为 18 s。水灰比不能太大也不能太小,浆液太稠,易堵管,并且容易损坏注浆设备;浆液太稀,易离析,加固范围扩大,浆液用量增加且加固效果也不好。

(3)压浆量指单根桩基压入的水泥用量,桩端地质情况、桩长、清孔好坏、桩底孔隙率、设定的压力和浆液稠度均影响压浆量,该参数是压浆最主要的指标。

(4)工作压力是指正常压浆时的压力,通过压力

表读取,与深度成正比。

(5)控制压力是指结束压浆时的控制压力。压浆一般根据设计的压浆量来控制,同时要控制压浆的压力。当达不到设计压浆量时,但已达到控制压力,也应停止压浆。压力过大,浆液易离析,还易堵管,并且加大压浆区域,削弱了提高承载力的明显作用;另外,压力过大,可能扰动原状土体,使桩基上浮,起不到提高承载力的作用。

经过计算并经设计单位同意,主塔桩基压浆参数确定为:合理压浆量 $G_{cp}=8.345\text{ t}$,实际注浆量按 5 t 控制,压浆后单桩极限承载力为 $Q_{uk}=56\,916\text{ kN}$,提高 19.2%;压浆工作压力 $p_g=2.8\text{ MPa}$;压浆控制压力 $p_g=6.5\text{ MPa}$ 。

4 施工工艺

4.1 工艺流程

施工工艺流程为:安装带压浆阀的声测管→注浆泵打开压浆阀→出露压浆管(声测管)→高压水枪冲洗→压水试验→制浆和稠度试验→压浆→达到设计给定注浆量或控制压力→稳压 5 min→堵孔。

4.2 压浆顺序

首先对靠近灌河侧和群桩外围桩基进行注浆,使群桩底部形成封闭整体,然后依次进行中间桩基的注浆。每根桩共 4 根压浆管,压浆时,一般先压对角的 2 根,浆液可多压一些,停顿稳压后,再压其余 2 根。

4.3 压浆设备

压浆设备包括:高压清洗机、TTB100/10A 注浆泵、水泥浆搅拌机、水泵、安全阀门、电焊机、气割设备等。

4.4 施工工艺

4.4.1 压浆管和压浆阀的制作

由预埋在桩基中的 4 根声测管兼作压浆管,由 $\phi 76\times 3.5$ 的无缝钢管加工而成,接头采用套管接头焊接,底端长出钢筋笼底约 300 mm,底端设置单向压浆阀。压浆阀由预留小圆孔、图钉和密封胶带组成,即在钢管四周对称钻 8 个直径为 5 mm 的出浆孔,用圆图钉封堵,外面用防水密封胶带固定缠绕密封。

钢筋骨架在下放和灌注过程中,在外侧压力的作用下,图钉与钢管密贴严实,可以防止泥浆和水泥浆渗入。打开压浆阀时,在内部压力的作用下,图钉与钢管分开,水或水泥浆通过预留孔压入松散层或

缝隙中,起到提高承载力的作用。

4.4.2 打开压浆阀

混凝土浇注完毕凝固前(一般控制 12 h),要用注浆泵打开压浆底部的单向压浆阀,否则混凝土凝固后,被混凝土包裹的压浆阀不能打开,无法实现桩端压浆。

4.4.3 出露压浆管

由于桩基施工时,空间狭小,加上同时进行了承台围堰钢管桩施工,为便于履带吊车行走,在承台平台上铺垫了一层厚约 500 mm 的土层,覆盖了压浆管,所以压浆前应采用挖掘机配合人工进行开挖,使压浆管管头出露 500 mm 以上,用气割整理已弯曲破坏的压浆管,使之方便与压浆设备连接。

4.4.4 清洗压浆管

桩基施工时,声测管连接时,难免会出现连接不密封、不牢固的现象,当钢筋笼下放或灌注时,泥浆及水泥浆可能渗入管中将其堵塞,压浆前,应用高压水枪清洗压浆管。清洗时,先启动清洗机,同时将高压管放入压浆管中,缓慢下放至桩底,待管口外渗清水即清洗完毕。用测绳检查压浆管的通畅长度是否达到要求。

4.4.5 压水试验

为确保压浆顺利进行,压浆前要进行压水试验,确保声测管畅通且压浆阀已打开。

4.4.6 制浆

采用水泥净浆搅拌机制浆。按设定的配合比向搅拌机内依次加入水、减水剂和水泥进行搅拌。为了保证压浆连续,储浆筒容量应足够,连续搅拌 3~5 盘后,一次压入。压浆前,要制作水泥试件及进行稠度试验。

4.4.7 压浆

压浆前,首先开启注浆泵泵送 1~2 下,确保注浆泵正常,然后用管钳将高压胶管与压浆管连接牢固,之后启动注浆泵进行压浆。压浆时,技术人员要时刻观察压力表读数,若指针大幅度摆动或者压力超出控制压力,必须立即停止,查明原因后再压。

每根声测管压浆量的经验值:每桩压浆量设计为 5 t,一般前 2 根多压一点,约多压 1.5 t,后 2 根少压一点,约少压为 1.0 t,待每桩压入设计的水泥量后即可停止。由于压浆阀开启比例较高,压浆时,工作压力一般为 1.1~3.0 MPa,较好地控制了工作压力。

4.4.8 稳压补浆及堵孔

压浆完毕后,稳压 5 min 左右,让浆液充分渗入桩底土体,之后再复压几下,让声测管内灌满浆液,最后用木塞子将声测管堵严实,拆除高压胶管,压浆结束。

5 效果分析

在东南大学自平衡测试小组的帮助下,2004 年 6 月 26 日,在 22 号索塔试桩施工时预埋了双荷载箱,用于测试桩承载力、桩端承载力以及相应的位移。2004 年 7 月 12 日,进行压浆前试桩测试,7 月 24 日,进行桩端压浆,9 月 3 日,对压浆后的下荷载箱进行测试,通过预埋在桩底的压力计和桩侧的应变计测试出桩承载力、桩端承载力以及相应的位移。

5.1 桩端承载力

桩端承载力和相应位移,可根据预先埋设在桩底的压力计和桩侧的应变计读数测量得出,测试的试桩桩端承载力和位移情况见表 2。

表 2 试桩桩端承载力

桩号	桩端承载力/kN	相应位移/mm
22 号试桩(压浆前)	8 000	24.38
22 号试桩(压浆后)	>16 500	21.50

注:22 号试桩桩端承载力指下荷载箱以下部分的承载力,包括 3 m 的桩侧摩擦阻力和桩端阻力。

从表 2 可以看出,压浆前,桩端承载力为 8 000 kN,相应的位移为 24.38 mm;压浆后,桩端承载力为 16 500 kN,相应的位移为 21.5 mm。即压浆后承载力提高一倍多,说明桩端压浆效果明显,位移量比压浆前也有减小。

5.2 极限承载力

自平衡测试出来的桩基极限承载力见图 1 所示。

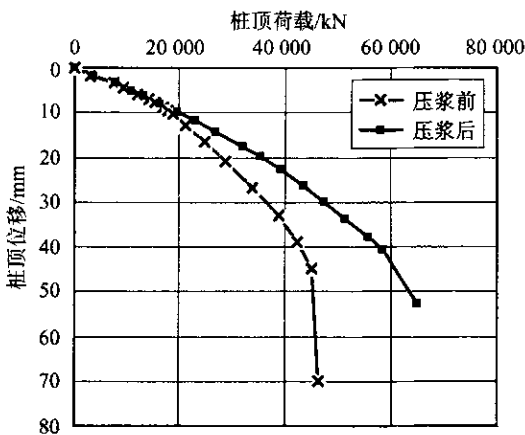


图 1 22 号试桩压浆前后等效转换曲线对比

从测试结果可以看出,压浆前,极限承载力为 45 348 kN;压浆后,极限承载力为 64 765 kN,压浆后桩基总承载力有较大提高,提高约为 42.8%。综合考虑桩端承载力和极限承载力,桩端压浆是一项可以提高桩基承载力的技术。

5.3 压浆量及压力情况

由于桩基施工过程中,混凝土初凝之前已及时打开桩端压浆阀,所以压浆工作进展较快。南、北两岸压浆总共耗时为 3~4 d,压入的水泥总量为 161.7 t、168.6 t,单根桩基平均压入水泥量为 5.05 t、5.27 t。压入浆液最多为 22 号试桩,约 7.6 t,最少为 22 号 R-7 桩,约 3 t,由于压入的浆液量少,施工时已在邻近的桩基补充压入相应的浆液。工作压力一般控制在 1.0~3.0 MPa,仅 22 号 R-7 桩出现一次明显的堵管现象,最大压力达 11.5 MPa,全桥桩基压浆量和压力均符合要求,取得了良好的效果。

6 注意事项

(1)初凝前,及时打开桩底压浆阀是施工的关键,否则无法实现桩底压浆。

(2)为尽快将水泥浆搅拌均匀,应一边搅拌一边加入水泥,同时启动倒顺开关来回搅拌;另外,为防止浆液中未搅拌均匀的颗粒物堵塞注浆泵,出浆口应配一个钢丝滤网。

(3)为防止压浆中途停止等待浆液,应连续搅拌几盘浆液倒入一容量足够的储浆筒,使之至少满足 1 根声测管的用量后再进行压浆,浆液量一般为 1.5 t。

(4)由于采用注浆泵进行压浆,压力非常高,易发生安全事故。为防止注浆泵以及已压入浆液的压浆管压力过大,在注浆机的高压胶管和压浆管之间要预先安装易于操作的双安全阀,即注浆泵出浆口及声测管顶端各安装一个球型阀门,中间再连接一个接头管,这样安装及拆除接头时就比较安全。

(5)桩越长,孔越深,选用的注浆泵额定压力应相应增大。100 m 深的桩基,注浆泵额定压力一般不小于 10 MPa;150 m 深的桩基,额定压力不小于 20 MPa。

(6)当压力达到 9 MPa 以上仍然打不开压浆阀,说明混凝土初凝前压浆阀未打通,周围已被混凝土包裹,可以在其余几根管中补充浆液。

(7)压浆时,如果水泥浆沿着已压好浆的压浆管或桩侧冒出,且冒出的浆液随压力的大小而变化,说明桩底已经饱和,应停止压浆;如果浆液从河侧或邻近桩位冒出,说明两者已经连通,应停止压浆并冲洗压浆管,待压入的水泥浆凝固堵塞原先的裂隙后再重新压浆。

(8)整根桩都不能压浆或压浆量不足时,可以在邻近桩基上补足浆液,并应当加大压浆量。

7 结语

在施工中,如果在桩基混凝土初凝前及时打通桩底压浆阀,注浆泵型号选择合理,桩端压浆是比较容易实现的,按照设计规定的压浆量和压力进行即可。通过灌河大桥索塔桩基上进行的自平衡试验结果表明,桩端压浆后,承载力有了明显提高,位移量也有部分减小,今后施工可以根据实际情况选用桩端压浆技术。

参考文献:

- [1] JTJ 041-2000,公路桥涵施工技术规范[S].
- [2] DB 32/T291-1999,桩承载力自平衡测试技术规程[S].
- [3] 东南大学土木学院. 连盐高速公路灌河特大桥自平衡试桩试验报告[R]. 2004.
- [4] 绳钦柱,刘序鹏,王李果. 钻孔灌注桩后压浆法桩端地基加固施工技术[Z].
- [5] 郑桂心. 压力注浆处理桩基质量事故的方法[Z]. 中国工程建设网.

济源至洛阳高速公路建成通车

河南省济源至洛阳高速公路于 2005 年 9 月 4 日正式通车。至此,河南省 18 个省辖市实现市市通高速公路的目标。河南省济源至洛阳高速公路是国家重点干线公路——二(连浩特)广(州)高速公路的重要组成部分。工程起于济源市白沟村西,向南跨济焦新高速公路,经孟州、吉利,跨越黄河,与连霍国道主干线河南段交叉,最后与洛界高速公路陈村互通式立交桥相到达终点,全长 46.088 km,概算总投资 18.7 亿元,计算工期三年。济源至洛阳高速公路的建成通车,对于疏导 207 国道的车流量,加强连霍国道主干线在河南省的纵横辐射,发挥河南省大交通的区位优势,促进项目沿线地区经济、国家重点工程和旅游业的发展均具有十分重要的意义。