

桩板式路基应用分析

周夏

(安徽省交通控股集团有限公司 滁天项目办, 安徽 合肥 230000)

摘要: 以滁天(滁州—天长)高速公路 K3+552—760、K3+860—K4+453 软土地基为例, 分析桩板式路基施工技术环节, 介绍管桩、预制板、湿接缝等施工工艺及质量控制手段, 对施工中需关注的环节进行归纳总结, 并与常规填土路基相比分析桩板式路基的经济效益。

关键词: 公路; 软土; 桩板式路基; 施工工艺; 质量控制

中图分类号: U416.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)05-0078-04

软土的天然含水量较大、压缩比高、承载受力性能差, 容易变形, 易产生较大沉降、侧滑, 造成路堤、边坡不稳定。软土地基处理得当, 有利于在保障工程质量的前提下缩短工期, 从而降低工程造价。软土地基常用处理方法有换填、旋喷桩、堆载预压、强夯、CFG 桩(水泥粉煤灰碎石桩)等, 均存在一定局限。软土地基具有一定深度时, 换填法不经济、不适用; 工期、费用较紧时, 堆载预压法不适用; 周围地基为基本农田等环境不能受破坏的情况时, 强夯法不适用; 工程概预算受限时, CFG 桩不适用。CFG 桩需严格控制桩体之间的最小距离(至少达到桩体半径的 3 倍), 材料需求量大, 费用增高, 此时桩板式路基的优势明显, 可节约工期、节省造价, 且软土地基厚度的影响较小。该方法采用打桩机械将桩体打入地基中, 通过锚接将桩顶浇筑的砼板与打入地基的桩体紧密连接在一起, 共同承担上部结构荷载, 提高路基的稳定性。安徽省滁天(滁州—天长)高速公路一标段有软弱土连续分布, 软土厚度为 1.20~10.70 m。该文以该项目为例, 开展桩板式路基应用研究。

1 桩板式路基的工艺流程与质量控制措施

1.1 工艺流程

桩板式路基的施工流程见图 1。

1.2 管桩施工质量控制

分阶段按时间先后顺序(施工前检验、施工过程中检验、施工后检验)检验预应力管桩的承载能力, 包括桩位、桩长、桩径、桩身质量等。

1.2.1 施工前检验

(1) 管桩节在预制厂家完成制作, 运送到工地后, 按照设计图纸和质量控制要求检查管桩的出厂合格证、质量等级标准、管桩规格型号、外观、端板连

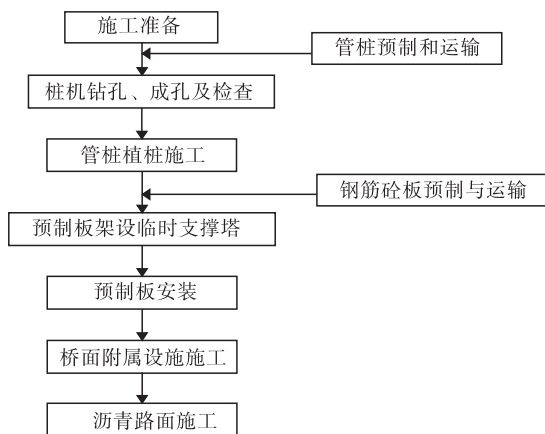


图 1 桩板式路基的施工流程

接部位等, 判断尺寸偏差是否在允许范围内、有无破损等。

(2) 管桩的抽查比例根据桩节数确定, 抽查数量 $\geq$ 总桩节数的 2%, 如发现桩节不符合质量要求, 则扩大抽查比例(一般是加倍)。若在第二次抽查中再次查出问题, 则整批管桩节禁用。单节桩长应符合《管桩规格尺寸参数表》的规定, 超出规定长度时, 对应增加预应力钢筋数量。

(3) 按照《先张法预应力检查混凝土管桩用端板》检查桩套箍、端板、接桩时使用的焊条及电焊坡口的尺寸(逐条检查)等, 端板厚度抽查数量 $\geq$ 总数的 2%, 最少抽查 2 节。

(4) 管桩结构钢筋抽检桩节数不少于 2 根, 抽查内容包括螺旋钢筋直径、间距、加密区长度, 预应力钢筋的根数和直径, 钢筋保护层厚度。

(5) 管桩拖拉和起吊时需监理旁站, 检查各管桩有无裂缝, 有裂缝的管桩不得使用。

(6) 相同厂家生产的不同规格桩都需送至有相关资质的单位进行单节管桩破坏性试验, 每施工

5 000 m检测一次。查看管桩内钢筋(主要有预应力和螺旋筋)生产厂家的质量报告和管桩生产厂家的抽检报告,发现疑点时送具备相关资质的检测单位重新进行检测。

(7) 管桩正式施工前进行试桩,试桩过程中进行严格控制与检验,并做好记录。根据试桩情况制定管桩施工参数、特征值和验收合格标准。

1.2.2 施工过程检验

(1) 桩位的放线定位由施工人员和监理人员共同进行,并注意保护打桩定位标记,防止打桩过程中标记产生移动、错位。

(2) 检查施工机械的使用性能;检查打桩位置是否准确。

(3) 打桩过程中做好施工记录,要求记录及时、完整、准确、真实、字迹清晰,并交由监理等人员审核确认签名。

(4) 检测桩体是否垂直。在第一节桩定位时就检查其垂直度,偏差率控制在 $\pm 0.5\%$ 范围内;打桩施工过程中,注意送桩器和桩身的中心轴线始终保持在同一垂直线;桩头露出地面1.0~1.5 m,采用吊线锤法检测露出地面的桩头垂直度作为该桩桩身的垂直度。桩身垂直度偏差率根据桩身高度 H 确定,不得大于 $H/1\ 000$,桩身中轴线位置偏差不得超过设计位置15 mm。

(5) 在密实的砂土、粉质土及固结黏土中施工时,检查会不会产生桩挤土、有没有造成桩身上浮。若产生桩挤压土导致桩身上浮,在沉桩完成后,由监理单位检测单根桩的桩顶标高和全部工程桩完成后的桩顶标高,上浮桩顶标高测量与监测由监理单位负责。打桩过程中,抽查总数量20%的单根桩桩进行沉桩最终状态时桩顶标高检测,在全部工程沉桩完成后再次进行桩顶标高测量,并与之前测量的桩顶标高对比,计算沉桩施工前后标高差。如果标高差大于1 cm,则继续打沉桩,直到预计偏差在允许范围内。然后按照上述方法再次进行检测,对单根桩复打完成时和全部工程桩复打完成后的桩顶标高进行测量,直至复打后桩顶上浮量小于10 mm。软土厚度较大,图纸设计的桩分布又较密集,直接检测不方便时,可通过检测6根以上单根桩的水平位移来判断。

(6) 检测施工对周围环境的影响。

1.2.3 施工后检验

(1) 沉桩结束后,检验最终桩顶高度、所处平面

位置、桩身完整度、单根桩的承载受力抗压性能,若桩身承载受力抗压性能不太确定,则进行桩全截面承载受力抗压能力测试。

(2) 沉桩后最终桩顶位置和高程要求准确,顶面必须平整,预留孔的水平位置偏差不大于15 mm,桩顶高程精度与设计位置偏差不超过5 mm。

(3) 采用低应变法检测桩身完整性,所有桩基均需检测。判断标准如下:接头处的焊缝质量存在微小缺陷且为受打桩时直接判断为Ⅱ类桩;如为抗拔桩,需挖开缺陷浅部仔细检查,若为水平裂缝且长度不大于桩截面周长的 $1/3$,判断为Ⅱ类桩;若桩身存在裂缝,抗拔桩(需承载水平力)和受打桩(非水平裂缝)可判断为Ⅲ类或Ⅳ类桩,缺陷较小的先判断为Ⅲ类桩,最终结论需通过挖开受损部位并结合低应变波形确定。挖开不便时,可通过查看桩顶位置准确与否、桩体垂直与否,结合地质环境和其他具体情况综合判定。

(4) 如果不信任低应变法测出的完整性判断结果,可使用孔内摄像法。

(5) 桩的承载力检测。单根桩的垂直方向承载受力性能由静载试验得出,测试的单根桩数量不少于所有桩的2%。如果在试桩阶段已进行单桩承载受力性能静载试验和高应变动测法对比试验(对比试验数量不少于3根),可采用高应变动测法进行单桩竖向承载力检测,检测量为总桩数的10%以上。

(6) 如果施工过程中爆桩较多,管桩生产厂家和施工单位就桩的出厂质量还是施工原因争执不下时,由业主单位确定检测机构进行桩体抗压能力测试(将桩截成桩长和桩径同样长度),确认桩体的受压性能是否达到设计强度要求。

1.3 预制板安装

1.3.1 安装准备

(1) 计划好运输方式、运输路线,设置临时堆放场地,确保预制板保管妥善。

(2) 对已施工完成的预制构件及配件进行检查,查看其砼强度、外观、规格、型号尺寸偏差等是否符合要求。

(3) 测量放线,准确标识构件装配位置。

(4) 再次检查确认构件的具体安装位置、构件节点处的连接构造,准备好临时支撑措施并确定其可行性。

(5) 仔细检查吊装设备,确保吊具安全可操作。

(6) 提前查看确定施工现场的天气、环境等条

件是否满足施工需要。

(7) 进行预制构件调试安装,根据调试安装结果改进施工工艺。

1.3.2 安装要点

(1) 上部结构采用标准跨径 6 m 的预制钢筋砼板,不同填土高度对应的桩板路基联长范围见表 1。根据位置不同,梁板可分为 A、B、B'、C、D 板,其中 D 板为 0.3 m 宽湿接缝,其余为工厂预制板。A、B、B' 板的悬臂端厚度为 0.2 m,横向跨中板的厚度为 0.26 m,加腋根部的厚度为 0.46 m,所有横向桥板的宽度均为 12.625 m。为加强梁板的刚度,联端的 C 板(位于伸缩缝端)可将横向跨中板的厚度设置为 0.46 m,即等同于加腋根部的厚度。

表 1 不同桩板路基适应的联长范围

填土高度/m	一联跨数	联长范围/m
8	17~22	102~132
6	12~17	72~102
4	7~11	42~66

(2) 预制板的平曲线、竖曲线采用高精度的折线,方法如下:通过调整预制板块之间的夹角及湿接缝尺寸形成竖曲线,通过调整湿接缝两侧的宽度形成平曲线,每跨的平曲线、竖曲线拟合产生的误差可在湿接缝处进行调整,以减少误差。预制板时根据平曲线超高设计要求采用直线拟合,严格控制预制板两个端面控制点高程,直线拟合引起的桥面错台通过铺装调整。预制桥面板顶、底面均为水平预制(桥面无纵横坡度),管桩顶面也为水平结构(无纵横坡),桥面横坡以预制桥面中线为基准线旋转 2% 而成,管桩顶面与预制板间的坡度依靠桩板连接构造调整形成。

(3) 预制板块分节段、型号在工厂预制,吊装前将预制板块运送到需安装的桥位附近,待湿接缝处钢筋连接成功后,对墙式护栏等附属设施进行砼现浇,最终成桥。

1.4 湿接缝施工

(1) 湿接缝是确定桥面板和桩体能否紧密连接成整体的关键,需防止砼收缩产生开裂,确保桩板结

构的整体稳定和安全。

(2) 为预防收缩产生裂缝,在无收缩砼中加入膨胀剂 MgO。砼尤其是高强度砼对温度、干燥度的变化较敏感,会产生一定收缩,而 MgO 具有长效延迟微膨胀的作用,可控制砼的收缩。还可加入有机合成纤维,提高砼的抗塑性开裂及抗干缩性能。

1.5 注意事项

(1) 施工中采用的吊装平台及 B、C 板节段梁托架由施工单位根据具体情况自行设计,吊装中需防止操作不当对已完成安装的桩、板造成损坏,如设备碰撞、落板不当等。需注意的是,湿接缝宽度有限,预留钢筋需错位放置。

(2) 桩板式路基板纵向坡度均以桩顶高弹聚合物垫片形成,与土路肩搭接部分(1.45 m 宽)地基承载力不小于 200 kPa,工后沉降不大于 1.0 cm。

(3) 将护栏立柱至少打入所在砼位置 0.1 m,在缝隙处灌注砼,这样可更好地承载受力,并减少纵向制动力。

(4) 湿接缝两侧的板使用定位装置精准确认对接位置,在顺利连接后使用砼进行现浇。定位装置焊接之前在周围砼表面覆盖湿土工布,并勤洒水进行物理降温,防止灼伤。

(5) 桥面系施工前对桥面板进行处理,采用真空抛丸的方法清理桥面板表面浮浆,再进行防水层、砼铺装等施工。

2 桩板式路基经济效益分析

常规填土路基的工程造价和填土高度成正比相关,而桩板式路基的工程造价受填土高度的限制较小。填土高度 $h < 6$ m 时,常规填土方法的工程造价低于桩板式路基的工程造价;填土高度 $h \geq 6$ m 时,高度越高,桩板式路基比常规填土路基更能节约费用。滁天高速公路 K3+472.5—K4+442.5 段为软土地基,填土高度 5~7 m,采用常规填土路基与桩板式路基的造价分别见表 2、表 3。采用桩板式路基能节约费用,经济高效,还能减少占地,有利于环保,社会效益好。

表 2 常规路基的造价分析

项目	土方/m ³	碎石/m ³	砼/m ³	面积/m ²	CFG 桩/m	备注	造价/万元
土石方	194 421	27 519				石灰改善土,平均运距 15 km	1 699.0
防护排水			4 471				259.5
软基处理		23 289		46 577	99 609	CFG 处理间距 1.2 m	3 362.0
取土坑占地				65 366		按 5 m 取土,单价 2 万元/(666.67 m ²)	279.0

续表 2							
项目	土方/m ³	碎石/m ³	砾/m ³	面积/m ³	CFG 桩/m	备注	造价/万元
路面				21 825		430 元/m ²	938.0
涵洞、通道						涵洞 64 m,通道 128 m	531.0
主线征地				98 391		单价 5.6 万元/(666.67 m ²)	415.0
其他工程						拆迁、改路改沟、绿化等	146.0
				总造价/万元			7 630

表 3 桩板式路基的造价分析

项目	材料	工程量	单价	造价/元	造价合计/元
桥面板	C40 预制砼	355.75 m ³	1 200 元/m ³	426 902	1 375 574
	C50 现浇无收缩砼	39.53 m ³	1 250 元/m ³	49 410	
	钢筋	138.35 t	6 500 元/t	899 262	
桩基	500 mm PRC 管桩(打入法)	360.00 m	390 元/m	140 400	266 400
	500 mm PHC 管桩(打入法)	360.00 m	350 元/m	126 000	
桥面铺装	沥青砼(厚 10 cm)	1 080.00 m ²	160 元/m ²	172 800	172 800
支座	防滑移滑板支座	6.00 个	740 元/个	4 440	7 590
	Q235B 钢板	0.50 t	6 300 元/t	3 150	
护栏	SS 级墙式护栏	180.00 m	1 000 元/m	180 000	180 000
伸缩缝	60 型异型钢单缝式伸缩缝	13.00 m	1 750 元/m	22 750	22 750
管桩防护	护栏	90.00 m	350 元/m	31 500	55 800
	挡墙	54.00 m	450 元/m	24 300	
桩板式路基结构		26 068.50 m ²	1 779 元/m ²	46 364 374	46 364 374
主线征地		26 068.50 m ²	90 元/m ²	2 346 165	2 346 165
其他工程(拆迁、改路改沟、绿化等)				1 383 937	1 383 937
总造价/万元					5 009

3 结语

通过对滁天高速公路一标段软弱土地基采用桩板式路基施工工艺的分析,总结了桩板式路基施工关键技术及质量控制要点。桩板式路基可有效提升工程结构安全性和稳定性,有利于节约后期养护成本,还能有效减少占地,有利于环保。对桩板式路基和常规填土路基造价进行对比,平均填土高度 $h < 6$ m 时,使用常规填土路基更节约造价;平均填土高度 ≥ 6 m 时,使用桩板式路基更节约造价。

参考文献:

[1] 全国水泥制品标准化技术委员会.先张法预应力检查混凝土管桩用端板:JC/T 947—2005[S].北京:全国水泥制品标准化技术委员会,2005.

[2] 罗慎杰.公路工程中桩板式路基的应用分析[J].设备管理与维修,2019(1):123—124.

[3] 刘玺章.高速公路桩板式无土路基施工技术研究[J].华东公路,2019(3):59—61.

[4] 吴康宁.桩板式无土路基高速公路施工实践[J].北方交通,2018(5):106—109.

[5] 高井望,马彪.桩板式路基在徽州大道南延投标中的应用[J].工程与建设,2018(4):583—585.

[6] 郑吴棕.桩板式路基桩板接头性能研究[J].工程与建设,2018(1):68—71.

[7] 李丹.公路工程中桩板式路基的施工技术[J].黑龙江交通科技,2019(7):20—21.

[8] 徐友治.桩板式路基施工技术在高速公路中的应用[J].工程技术研究,2021(5):60—61.

[9] 刘祥胜.桩板式路基施工技术研究[J].山东交通科技,2018(5):58—61.

[10] 刘家兵.深厚软土地基上跨浅埋地铁桩板结构施工技术研究[J].建材与装饰,2013(28):110—111.

[11] 孙伟.公路工程中桩板式路基的应用分析[J].商品与质量,2019(13):290.

[12] 崔蕊.桩板式挡土墙施工质量控制措施和方法[J].青海交通科技,2017(6):84—89.