

[文章编号] 1003—4684(2019)05-0104-04

高压旋喷桩在河堤加固中的应用分析

阎小波

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 高压旋喷桩是当前地基处理中应用较多的方法之一。以武汉市东港(汤逊湖至青菱河通道)地基处理工程为例,详细分析该地区淤泥地层特征,在对三种加固处理方案进行对比分析的基础上,优选高压旋喷桩处理技术。从施工工艺流程、施工参数、施工关键技术等方面对高压旋喷桩施工过程进行详细的分析。最终通过对处理后的工程进行桩身质量检测和处理后的地基沉降等参数进行检测分析,验证该处理方案的合理性。该方法针对施工区域的条件限制,较好地解决了常规桩基占地广、施工机械移动不便和地质复杂等难题,为同类工程应用提供借鉴。

[关键词] 高压旋喷桩; 加固工程; 软土地基

[中图分类号] TU753.3

[文献标识码] A

对于工程建设而言,基础结构的稳定性十分重要,基础结构合理可靠,才可避免在后续施工过程中出现故障缺陷。在建筑工程项目施工过程中,如遇上软土地基,则需要对地基进行加固处理,以提高地基承载力,切实保障整体构筑物的稳定性,保证项目稳步推进。高压旋喷桩在实际应用过程中能够表现出比较突出的作用,具有较强的研究价值^[1]。

1 工程概况

东港(汤逊湖至青菱河通道)整治工程,位于武汉市洪山区,桩号 K0+120~K2+850,规划明渠走廊宽度为 120~170 m,其中现状河堤桩号 K1+800~K2+850 范围内已围堰干作业施工。河堤南侧东港底宽为 50 m,渠底高程 14.8~15.1 m,边坡系数 1:2~1:3。北侧为汤逊湖汇水区,汇水面积 240.32 km²,汛前最低水位 17.65 m,规划控制最高水位 18.65 m。

现状河堤路面宽度为 4.5 m,堤顶路面高程为 20.39~21.00 m。施工总承包单位根据原设计方案施工,河堤南侧干作业抛石至 15.0 m 高程,按计划下一步进行格宾网施工,但在格宾网施工过程中遭遇连续降雨,汤逊湖水位持续上涨至 18.2 m,K2+400~K2+650 段出现不同程度滑坡,南侧河堤最大滑移达 1 m 以上,并将堤下 2 m 厚抛石大量向河中

央滑移,地面沉降最大值达 1.2 m。该段河堤若继续照常施工,必定会影响工程顺利推进甚至危及整个项目安全。为保证后续渠道围堰干作业施工,保证河堤安全,项目安全,需要针对该段区域河堤进行加固,确保能够满足项目建设的需要。

1.1 地质条件

根据地质勘测资料,东港整治工程范围内场区地层自上而下可分为 8 层:①杂填土(Qml);②粘土(Q4al+pl);③淤泥质粘土(Q4al+pl);④粘土(Q4al+pl);⑤粘土(Q4al+pl);⑥粉质粘土(Q4al+pl);⑦粘土(Q3al+pl);⑧粘土混砂(Q3al+pl)。

①杂填土(Qml):

杂色,湿,松散—稍密,组成成分主要是粘性土夹碎石及建筑垃圾,具有一定的分选性,其中硬质物质粒径约 3~10 cm,含量约 10%~30%;部分地段分布 10~20 cm 左右的混凝土路面。场区局部地段含有少量的灰色淤泥质土与生活垃圾及场区有多处城中村用地,下部存在房屋老基础,构造成分较为复杂,均匀性差,属不利土层。场区内广泛分布,层厚 0.8~5.4 m,堆填时间 2~5 a 以上。

②粘土(Q4 al+pl):

褐色、黄灰色,稍湿,可塑状态,含少量铁锰氧化物。场区部分地段分布,顶板埋深 1.4~3.2 m,层厚 0.6~2.6 m 不等。该层中等压缩性,强度中等。

[收稿日期] 2019—04—11

[第一作者] 阎小波(1995—),男,湖北麻城人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为工程投融资

③ 淤泥质粘土(Q4al+pl)：

褐灰色、灰色，流塑，湿，含少量铁锰氧化物及腐殖物，局部表现为淤泥，混有少量腐殖物及建筑垃圾。在场地内局部缺失，顶板埋深 0.8~5.5 m，层厚 0.8~8.3 m 不等。该层强度低，压缩性高。

④ 粘土(Q4al+pl)：

灰褐色、褐色，可塑，湿，含少量铁锰氧化物。在场地内局部缺失，顶板埋深 1.6~9.5 m，层厚 0.5~3.4 m 不等。该层强度中等，压缩性中等。

据调查此段河堤 2010 年被湖水冲垮后紧急修复，为杂填土回填，抢修时缺乏地基处理，直接在原基础上加修而成，且施工过程中自然条件较差，此段堤岸地基承载力已不满足渠道施工要求。

1.2 边坡失稳原因分析

根据本工程边坡失稳的现场情况，对失稳原因进行分析：

1)本工程中边坡高度过高及堤岸作用力发生变化。渠内围堰排水后到堤顶面最大高差达 6 m，堤上钢板桩围堰施工、重型车辆行驶、材料堆放等原因极大的增加其承受荷载。

2)此堤岸原为 2010 年被湖水冲垮后紧急修复，基础为杂填土回填未设置垂直隔渗措施，堤身土的渗透系数较大，在连续数日降雨的情况下，开挖断面渗入大量雨水，改变原土体颗粒间的粘聚力，使得坡面土体的抗剪强度减小，边坡土体的下滑力增大，且北侧汤逊湖湖水水位上升对土坡侧向水压力增大，从而导致土体滑移。

3)在南侧堤脚下进行的抛石挖沟槽及格宾网修坡施工对土体产生扰动，堤脚处堆积的淤泥也给边坡稳定带来一定的隐患。在坡面土体有下滑的趋势情况下，堤脚淤泥并不能够给予充足的抗滑支撑力，从而导致边坡失稳^[2]。

2 软土地基河堤失稳处理方案

2.1 根据上述边坡失稳的现状原因分析，拟定了三种方案

1)杉木桩护坡

杉木桩在处理边坡失稳中的主要体现的作用在于：①对软弱土体进行挤压密实和部分土体置换；②杉木桩其本身的抗滑作用。用杉木桩加固软土地基河堤，是一种比较古老的施工方法，在一些特定条件下和其他加固方法相比存在一定的优点，如施工便利，工期短，需要提供的施工作业面小，适合本工程已不具备大型机械设备工作的情况，但由于受桩自身强度和桩长的限制，松木桩的单桩承载力有限。坡体下卧软弱土层较厚，桩长未超过软弱土层

的厚度，沉降变形难以控制，将严重影响护坡效果。

根据现场实际情况，拟定的杉木桩加固方案，采用 3 排梅花形布置，桩间排距为 0.55 m，桩与桩之间的间距为 0.5 m，桩的直径采用 150 mm，桩长为 6 m，杉木桩施工方法为长臂挖机和人工相互配合。

2)全线施打拉森钢板桩护岸

采用钢板桩加固，施工作业高效，能够适应多种复杂地质情况，其本身承载力强，由钢板桩形成的连续性墙体具有很高强度和刚性，能够满足施工过程中对河堤承载力的要求。

但施工过程中的难点在于：①本工程需要大量的钢板桩，为确保围堰施工顺利进行，施工前施工单位必须准备充分的物料，而现状河堤已不具备承载重型车辆的能力。②在拉森钢板桩插打及拔除过程中，都会产生较大振动，扰动周围土体，使土的密实度降低，造成更大面积的塌陷，地面甚至会出现沉降。

3)高压旋喷桩加固

高压旋喷桩是采用高压喷射浆液冲切土体，浆液与土体颗粒充分拌合硬化加固土体的技术。主要适用于黏性土、淤泥、人工填土等地基的加固。高压旋喷桩其自桩身的抗压以及抗剪能力对堤岸进行加固，增强地基结构的稳定，能够防止河堤进一步垮塌，可以满足河堤施工要求。

2.2 方案比较

根据本工程实际情况，原设计文件为杉木桩，采用杉木桩护坡方案施工简单，机械设备需求少，工期短。但在浆砌块石脚槽外打 3 排杉木桩的情况下，仍然出现大面积坡面滑移，杉木桩出现部分倾覆，没有达到理想护坡效果。

采用全线施打钢板桩方案，支护效果好，可满足工程建设需求。但施工困难，造价较高，河堤承载力已不能满足桩机全线施工的要求，并且施工完成后钢板桩拔除会对土体造成破坏，会面临二次加固的难题。

采用高压旋喷桩加固河堤方案施工方便，耐久性好，不被外部施工限制性条件影响。

高压旋喷桩施工技术特点。

1)施工方便。在高压旋喷桩施工过程中，不需要使用重型大型机械设备，钻机为主要施工设备，利用钻机在土体中生成圆柱状桩体，施工占据空间不大，且施工期间不会对工程的正常推进造成影响，不会被周围既有建筑所影响，不被地质条件所限制，对于施工断面相对狭窄的情况，也能完成加固作业，具有钢板桩加固方案所不具备的优势。

2)桩体位置形状灵活。为满足工程需求，在施

工过程中可人为控制桩长和位置,有效完成对区域的加固,其承载力足以满足工程需求。

3)耐久性好。高压旋喷桩施工过程中,可选择抗水性能较好的凝胶材料,掺入一定量的水玻璃,可明显提高固结体的抗渗性,减小水的干扰,选择旋喷桩加固能满足预期效果,可作为永久性工程,具有杉木桩及钢板桩所不具备的独特优势^[3]。

根据现场施工条件,将几种不同的施加固技术结合比选,并经实践证明,杉木桩加固后其承载力不能满足要求,钢板桩加固方案难以满足施工条件,后经过协调会研究讨论,一致同意最终采用高压旋喷桩加固河堤。

3 高压旋喷桩施工

3.1 施工工艺参数

在桩号 K1+870~K2+170 范围河堤土体采用高压旋喷桩进行加固处理,加固长度为 300 m。高压旋喷桩桩径 $d=600$ mm,间距 400 mm,咬合 200 mm,采用“日字形”布置,顺堤向设置两排,排距为 3 m,横堤向排距为 3.0 m,桩顶高程为 20.00 m,堤顶轴线侧一排高压旋喷桩按桩端分别进入粘土层 1 m 控制,堤顶坡边一排高压旋喷桩按桩长 11 m 控制,中间部位横河堤方向桩长 9 m,河堤加固断面如图 1 所示。

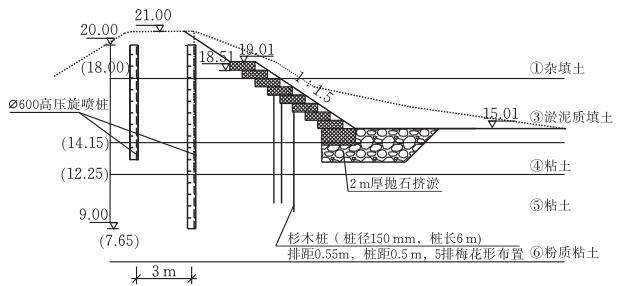


图 1 高压旋喷桩河堤加固断面示意图

施工技术要求。

1)孔位偏差:实际桩位与设计孔位的偏差不大于 50 mm,由现场专业人员测定控制。

2)钻孔垂直度偏差值: $<1\%$,现场可使用经纬仪进行测定。

3)桩径容许偏差 <50 mm,在开挖施工后由专业测量人员进行尺寸测定。

4)水泥掺量为 33%,采用 42.5 级普通硅酸盐水泥,水泥浆液的水灰比为 1.0,水玻璃掺量为 4%。

5)压力控制:气压不小于 0.7 MPa,气体流量 $3.2\text{ m}^3/\text{min}$,水泥浆压力不小于 20 MPa,旋喷提升速度 $15\sim 20\text{ cm}/\text{min}$ ^[4]。

高压旋喷桩按就近原则施工,每 3 m 为一个施

工段面,先施工沿堤向旋喷桩再施工横向旋喷桩,自小桩号向大桩号方向依次推进^[4]。高压旋喷桩平面布置如图 2 所示。

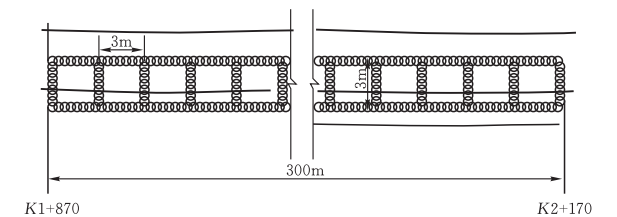


图 2 高压旋喷桩平面布置示意图

3.2 施工工艺流程

该工程采用双重管法高压喷射注浆工艺,施工时的工艺流程如图 3 所示。

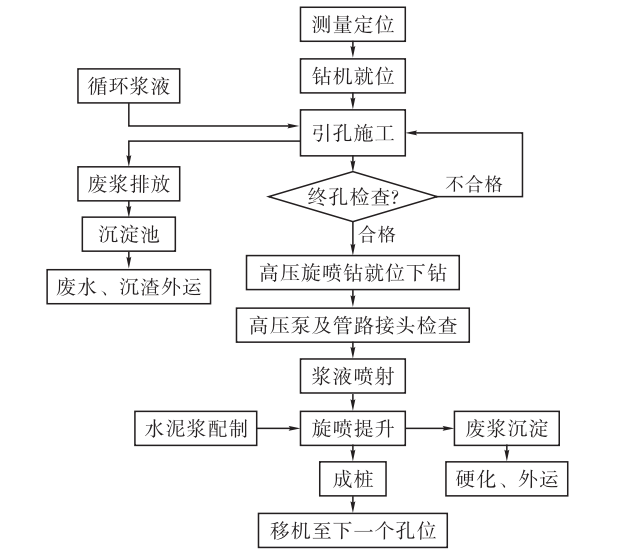


图 3 高压旋喷桩施工工艺流程

3.3 高压旋喷桩处理后检查

3.3.1 桩身混凝土质量检验 高压旋喷桩施工完成后,委托检测单位对 2% 的工程桩进行钻孔取芯检测成桩质量检验,桩身水泥土胶结性较好,水泥土芯呈短柱状,芯样外观较好表面光滑,局部芯样有气孔麻面,桩身混凝土表面无严重缺陷,满足设计要求。水泥土强度检验通过钻孔取芯,室内 28 d 桩身无限侧抗压强度 $1.8\sim 2.0\text{ MPa}$,高于设计要求的 1.5 MPa 。

3.3.2 地基加固后沉降观测分析 经现场监测,堤顶水平位移监测成果如表 1 所示,堤顶沉降监测成果如表 2 所示。

通过对河堤地基加固后的地面水平位移及沉降点进行观测,加固后的地表沉降在 $10\sim 40\text{ mm}$ 之间,累计水平位移在 20 mm 以内,由此可见,河堤已趋于稳定,周围土体无明显沉降,可认为该方法加固效果良好。

表 1 堤顶水平位移监测成果表

点号	初始观测值		上次观测值		本次观测值		最终结果		
	2018 年 11 月 12 日		2019 年 2 月 14 日		2019 年 2 月 25 日		水平位移 量/mm	位移速率/ (mm·d ⁻¹)	累计水平 位移/mm
	X/m	Y/m	X/m	Y/m	X/m	Y/m			
QDS01	463.9902	482.0504	463.987	482.0467	463.9872	482.0466	0.22	0.02	4.84
QDS02	466.3294	487.7963	466.3253	487.7917	466.3251	487.7919	0.28	0.03	6.15
QDS03	468.7291	477.6430	468.7289	477.6371	468.7288	477.6369	0.22	0.02	6.11
QDS04	473.8881	488.9861	488.9861	488.9838	473.8848	488.9837	0.22	0.02	4.08
QDS05	474.3441	478.5229	474.3412	478.5141	474.3409	478.5139	0.36	0.03	9.55
QDS06	483.4112	490.9278	483.4112	490.9182	483.4111	490.9183	0.14	0.01	9.50
QDS07	489.2133	480.5911	489.2106	480.5822	489.2103	494.8037	0.36	0.03	9.58
QDS08	496.4521	497.2422	496.4446	497.2274	496.4444	497.2272	0.28	0.03	16.86
QDS09	500.3325	511.8878	500.33	511.8774	500.3298	511.8772	0.28	0.03	10.94
QDS10	514.2256	479.0856	514.2227	479.0815	514.2224	479.0816	0.32	0.03	5.12

表 2 堤顶沉降监测成果表

点号	初始观测值 2018 年 11 月 12 日	上次观测值 2019 年 2 月 14 日	本次观测值 2019 年月 25 日	最终结果		
				水平位移 量/mm	位移速率/ (mm·d ⁻¹)	累计水平 位移/mm
QDS01	20.02001	20.00926	20.00888	−0.38	−0.03	−11.13
QDS02	20.15001	20.13752	20.13693	−0.59	−0.05	−13.08
QDS03	20.19124	20.17784	20.17752	−0.32	−0.03	−13.72
QDS04	20.19087	20.17914	20.17867	−0.47	−0.04	−12.20
QDS05	20.33108	20.31653	20.31638	−0.15	−0.01	−14.70
QDS06	19.59740	19.57195	19.5715	−0.45	−0.04	−25.90
QDS07	19.83870	19.81729	19.81672	−0.57	−0.05	−21.98
QDS08	19.89043	19.85381	19.85354	−0.27	−0.02	−36.89
QDS09	19.95243	19.93905	19.93846	−0.59	−0.05	−13.97
QDS10	20.07953	20.06762	20.0675	−0.12	−0.01	−12.03

4 结束语

从各种检验结果可知,本工程高压旋喷桩质量合格。采用高压旋喷桩对软弱地基土进行加固处理,加固后对河堤进行了多次监测,地表沉降和不均匀沉降得到了明显改善,整个河堤也再未出现破坏性开裂垮塌现象。

实践表明,本工程采用高压旋喷桩加固河堤的方案是成功的。通过河堤软土基础高压旋喷桩加固工程的施工,充分解决了对场地相对狭窄、软弱地基土的加固处理问题,对其他类似工程具有借鉴意义,值得在实际工程中推广应用^[5]。

[参 考 文 献]

[1] 程雪峰.高压旋喷桩在地基加固中的应用[J].住宅与房地产,2018(7):212-214.

[2] 彭定新.杉木桩在治理边坡失稳中的应用[J].岩石力学与工程学报,2004,23(Z1):4521-4524.

[3] 霍伟珺.高压旋喷桩施工技术[J].科技创新与应用,2018(1):58-60.

[4] 王先仁.地铁软土地基加固处理技术应用[J].交通建设,2018,557(48):241-242.

[5] 苏昭剑.高压旋喷桩在深厚软土地基处理中的应用[J].福建建筑,2017(5):75-78.