

灌浆法在加固处理软路基中的应用

黄业全

(中铁四局集团第一工程有限公司, 安徽 合肥 230041)

摘要: 文章结合相关工程施工的实践, 着重介绍了软土路基灌浆加固设计、施工、检测及效果。

关键词: 灌浆法; 软基处理; 施工

中图分类号: TU471.8; TU473.1⁺4

文献标识码: B

文章编号: 1007-7359(2007)01-0054-02

Application of the Grouting Method to the Consolidation of Soft Roadbase

Huang Yequan

(The First Engineering Co., Ltd. of CTCE Group, Hefei 230041, China)

Abstract: In combination with the relevant engineering practice, this paper mainly introduces the design, construction process, inspection and result of applying grouting method to the consolidation treatment of soft roadbase.

Key words: grouting method; treatment of soft roadbase; construction

1 工程概况

某市内环路 K2+229.782~427.647 路段 (长 198m, 宽 36m~40m), 工程地质条件较差, 上部地层 (主要受力层) 主要由杂填土 (厚度 1.3m~3.2m, 平均 2.0m)、淤泥或淤泥质土 (厚度 0.4m~1.4m, 平均 0.64m)、粉砂、细砂 (厚度 0.6m~3.6m, 平均 1.8m) 组成。由于杂填土结构疏松 ($f_k=90\text{kPa}$)、淤泥或淤泥质土呈软流塑状 ($f_k=50\text{kPa}$)、粉砂、细砂饱和松散 (标贯试验锤击数平均 6 击, $f_k=100\text{kPa}$), 满足不了上部荷载对路基的要求, 因而导致路基在通车后将产生较大沉降。为保证该段路基的稳定, 提高地基土强度和变形模量, 以满足上部荷载对地基土承载力的要求, 提出了对该段路基采取灌浆加固处理方案。这主要是基于杂填土孔隙大, 可灌性好, 灌浆后其力学强度、抗变形能力和均一性会有所提高, 整体结构得到加强; 淤泥或淤泥质土和粉砂、细砂通过钻孔灌入浓浆后, 使土体压密和置换; 杂填土之上已施工完的 30cm 厚 6% 水泥石屑稳定层为良好的灌浆盖板。

2 灌浆法在加固处理软路基中的应用

2.1 灌浆加固机理

灌浆就是要让水泥或其他浆液在周围土体中通过渗透、充填、压密扩展形成浆脉。由于地层中土体的不均匀性, 通过钻孔向土层中加压灌入一定水灰比的浆液, 一方面灌浆孔向外扩张形成圆柱状浆体, 钻孔周围土体被挤压充填, 紧靠浆体的土体遭受破坏和剪切, 形成塑性变形区, 离浆体较远的土体则发生弹性变形, 钻孔周围土体的整个密度得到提高。另一方面随着灌浆的进行, 土体裂缝的发展和浆液的渗透, 浆液在地层中形成方向各异、厚薄不一的片状、条状、团块状浆体, 纵横交错的浆脉随着其凝结硬化, 造成结石体与土体之间紧密而粗糙的接触, 沿灌浆管形成不规则的、直径粗细相间的桩柱体。这种桩柱体与压密的地基土形成复合地基, 相互共同作用起到控制沉降、提高承载力的作用。

2.2 灌浆设计

2.2.1 灌浆标准

2.2.1.1 强度控制标准

灌浆后, 杂填土承载力标准值 f_k 要求达到 130kPa, 淤泥或淤质土 f_k 值 80kPa~100kPa, 砂细砂 f_k 值大于 110kPa; 复合地基承载力标准值不小于 130kPa。

2.2.1.2 施工控制标准

施工控制标准是获得最佳灌浆效果的保证。本次灌浆对象之一的杂填土, 由于均一性差、孔隙变化大、理论耗浆量不定, 故不单纯用理论耗浆量来控制, 同时还按耗浆量降低率来控制, 即孔段耗浆量随灌浆次序的增加而减少。

2.2.2 灌浆段选择

本次灌浆分 2 个灌浆段, 即第 1 灌浆段为杂填土范围; 第 2 灌浆段为淤泥或淤泥质土和粉砂、细砂范围。

2.2.3 浆材及配方设计

浆材采用 2 种配方的纯水泥浆, 在第 1 灌浆段水灰比为 0.5, 在第 2 灌浆段为 0.75。若杂填土中局部孔隙较大, 导致灌浆量过大时, 采用水: 水泥: 细砂=0.75: 1: 1 的水泥砂浆灌注。

2.2.4 浆液扩散半径 r 的确定

由于杂填土均一性差, 其孔隙率、渗透系数变化大, 因而仅用理论公式计算浆液扩散半径显然不甚合理, 现据大量的经验数据, 暂定 r 值为 1.5m。在现场进行灌浆试验后进一步确定 r 值。

2.2.5 灌浆孔位布置

灌浆孔采取梅花形分布, 假定灌浆体的厚度 b 为 1.66m, 则灌浆孔距 $l=2 \times (2r-2b/4)^{1/2}=2 \times (1.5 \times 2-1.66 \times 2/4)^{1/2}=2.5\text{m}$, 最优排距 $rm=r+b/2=1.5+1.66/2=2.33\text{m}$ 。

2.2.6 灌浆孔孔深

根据工勘资料, 暂定孔深 3.5m~6.0m, 平均约 4.5m, 以孔底到粘性土层为准。

2.2.7 灌浆压力

由于灌浆压力与土的重度、强度、初始应力、孔深、位置及灌浆次序等因素有关, 而这些因素又难以准确地确定, 因而本次灌浆的压力通过灌浆试验来确定。现据有关公式计算, 暂定灌浆压力在第 1、第 2 灌浆段灌浆时分别为 0.1MPa~0.2MPa、0.3MPa~0.4MPa。

2.2.8 灌浆量

灌浆量主要与灌浆对象的体积 v 、土的孔隙率 n 和经验系数 k 值有关, 在灌浆过程中根据 $q=kvn$ 公式, 理论估算杂填土、

收稿日期: 2006-12-19

作者简介: 黄业全 (1971-), 男, 安徽和县人, 毕业于郑州地质学校, 助理工程师。

淤泥或淤泥质土和粉砂、细砂的单位吸浆量分别为 0.35m^3 、 0.28m^3 和 0.18m^3 。

2.2.9 灌浆结束标准

在规定的灌浆压力下,孔段吸浆量小于 $0.6\text{l}/\text{min}$,延续 30min 即可结束灌浆,或孔段单位吸浆量大于理论估算值时也可结束灌浆。

2.3 灌浆施工

2.3.1 正式施工前准备工作

正式施工前,保证设备器具和材料按时到场,着重做好灌浆试验工作,调整灌浆压力、浆液扩散半径、孔距和排距后及时将孔位放样至实地。

2.3.2 施工工艺

2.3.2.1 施工顺序

根据多台机同时作业、现场施工条件、工程地质条件和灌浆方法等,施工顺序采取从外往内的方式进行。

2.3.2.2 施工程序

成孔→安放灌浆管并孔口封堵→搅浆→灌浆→待凝→成孔→安放灌浆管并孔口封堵→搅浆→灌浆→封孔。

2.3.2.3 施工技术要点

①成孔钻头($\phi 110\text{mm}$)对准孔位后,采取冲击成孔的方法钻进。在杂填土中钻进时,若孔壁不稳,可下入导管护壁;当钻进到淤泥或淤泥质土和粉砂、细砂时,下入导管护壁,然后采取捞砂筒取砂成孔的方法直至下卧粘性土层。

②灌浆管安放及孔口封堵灌浆管下端设置 $0.7\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 长且下端封口的花管,花管孔径 $\phi 8$,孔隙率 15% 左右;在花管外壁包扎 1 层软橡皮,以防流砂涌进花管导致灌浆无法进行。当成孔达到预定深度后,将灌浆管下到位,再用水泥袋放入孔中水稳层底部包裹灌浆管并接触孔壁即“架桥”,然后投入粘土分层夯实至孔口。

③搅浆先往搅拌浆筒内注入预定的水量并开动搅浆机后,再逐渐加入 42.5 号普通硅酸盐水泥直到预定的用量,搅拌 $3\text{min}\sim 5\text{min}$ 后将浆液通过过滤网流到储浆筒内待灌。

④灌浆采用自上而下孔口封闭分段纯压式灌浆方法,即自上而下钻完 1 段灌注 1 段,直到预定孔深为止。灌浆段的长度以杂填土和淤泥或淤泥质土、粉砂、细砂厚度来确定;灌浆压力采取二次或三次升压法来控制,即灌浆开始采用低压(小于 0.1MPa)或自流式灌浆,对杂填土而言,当吸浆量较大时采取间歇灌浆或用砂浆灌注,终灌时的压力要达到设计值;灌浆结束标准严格按设计执行。

⑤封孔灌浆结束后及时封孔,即第 2 灌浆段灌浆结束过 30min 后,排除孔口封堵物,再往孔内投入砂石直到水稳层顶面,过 24h 后,若浆液下沉,再补充水灰比为 0.5 的浆液至水稳层顶面。

2.3.3 特殊情况下的技术处理措施

①在灌浆过程中,发现浆液冒出地表即冒浆,采取如下控制性措施:a.降低灌浆压力,同时提高浆液浓度,必要时掺砂或水玻璃;b.限量灌浆,控制单位吸浆量不超过 $30\text{l}/\text{min}\sim 40\text{l}/\text{min}$ 或更小一些;c.采用间歇灌浆的方法,即发现冒浆后就停灌,待 15min 左右再灌。

②在灌浆过程中,发现当浆液从附近其他钻孔流出即串浆时,采取如下方法处理:a.加大第 i 次序孔间的孔距;b.在施工组织安排上,适当延长相邻两个次序孔施工时间的间隔,使前一次序孔浆液基本凝固或具有一定强度后,再开始后一次序钻孔,相邻同一次序孔不要在同一高程钻孔中灌浆;c.串浆孔若为

待灌孔,采取同时并联灌浆的方法处理,如串浆孔正在钻孔,则停钻封闭孔口,待灌浆完后再恢复钻孔。

2.4 效果检验与评价

2.4.1 效果检验

2.4.1.1 灌浆资料分析

本次施工路段共完成灌浆孔 1209 个,计 5579.72m ,共灌入水泥 1855.4t ,平均每孔灌入水泥 1.535t ,平均灌入水泥 $0.333\text{t}/\text{m}$,第 i 序孔单位耗浆量比第 ii 序孔大,并且地面上抬数厘米。从总灌入量和单位灌入量数据分析,受灌段土体空隙均有大幅度地降低,从而也说明了施工段地层的可灌入性。

2.4.1.2 静载荷试验

施工结束 15d 后,监理在施工段范围内选择了 5 个代表性地点(其中 2 个在灌浆点位,2 个在两相邻灌浆点位中间,1 个在相邻对角灌浆点中间),由安徽省建设工程质量安全监督检测总站做复合地基压板(0.5m^2)静荷试验。当在杂填土顶面单点加载达 130kN 或 140kN 即满足设计要求后便停止加载,这时最大沉降量仅 $9.31\text{mm}\sim 11.70\text{mm}$,平均 10.30mm 。表明该点地基土未达极限破坏状态,说明了施工段复合地基承载力标准值大于 130kPa ,同时也验证了杂填土承载力标准值大于 130kPa 。

2.4.1.3 钻孔取芯标贯试验和探槽开挖检查

施工结束 15d 后,监理在施工段范围内选择了 12 个钻孔检验点(其中 6 个钻孔距灌浆点 0.5m ,6 个钻孔距灌浆点 1.0m),由省建设工程质量安全监督检测总站进行钻孔取芯和标贯试验。从钻孔取上的芯样中可见:杂填土中水泥结石较多,并且结石与土体胶结紧密;淤泥或淤泥质土体中水泥结石成团块状,有的块状结石由淤泥或淤泥质土胶结;粉砂、细砂中也可见水泥结石,土工试验表明了其密度有所增加,状态也由原来的松散状变为密实状($e=0.637$)。标贯试验结果表明:杂填土较密实,平均击数 11.2 击;粉砂、细砂平均击数由原来的 6 击增加到 11 击,承载力标准值也由原来的 100kPa 增加到 148kPa 。从探槽开挖剖面可见:杂填土中的水泥结石呈片状、条带状,尤其是杂填土顶面与石屑垫层底面之间和石屑垫层顶面与水稳层底面之间普通充填条带状水泥浆石,厚 $1\text{cm}\sim 5\text{cm}$,构成了路基硬壳表层。

2.4.1.4 弯沉试验

在施工段范围内,正式水稳层施工 7d 后,由交通部四航局科研所进行了 30 个点的弯沉试验,结果弯沉值为 $0.16\text{mm}\sim 0.80\text{mm}$ (平均 0.41mm),均小于设计弯沉值 0.9mm ,完全满足设计要求。

2.4.2 效果评价

从上述效果检验分析可见,灌浆施工范围内的杂填土层空隙得到有效充填,淤泥或淤泥质土受到充填、挤密和置换,粉砂、细砂层得到有效充填和压密,由松砂变为较密实砂。这 3 种土体经灌浆后,不同程度地得到加固,承载力明显提高,达到了控制沉降目的。

3 结 语

灌浆技术加固软弱路基,在技术上是可行的,在施工质量和处理效果上是好的,对其承载力和稳定性将得到较大的提高。灌浆技术的关键是灌浆压力的选择和控制、浆材配比和灌浆工艺;灌浆参数的选择是一个复杂的问题,只有通过现场试验才能切实地确定;在城市道路路基加固处理方面,选择灌浆方法比其他诸如碎石桩、大开挖换填等处理方法,不但技术上可行、经济上合理、工期上缩短,而且极大地减少了环境污染问题。