

# 压密注浆技术处理地铁保护区内深厚回填土场地的应用

马俊

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司 宁夏银川 750001

**摘要:** 回填土存在土质疏松, 成分复杂, 压缩性高等特点, 当在回填土场地进行工程建设时, 采用深搅桩、高喷桩、换填法、强夯法等形式进行处理当回填土较厚或周边环境复杂时, 导致以上方法的造价和施工难度增大, 尤其现在城市轨道交通发展迅速, 在地铁保护区内许多城市禁止采用在土体内施工永久桩体的方式进行工程建设, 不允许采用引起对环境产生巨大影响的强夯法。采用压密注浆技术加固处理厚度达 6.0m-11.0m 的深厚回填土的某小学操场工程, 介绍了压密注浆法的作用机理和施工工艺, 检测结果表明, 回填土的密实度、均匀性均得到有效提高, 采用二次压密注浆处理的雨棚及门卫室地基承载力达到 110kPa。

**关键词:** 压密注浆技术; 地基处理; 回填土; 地基承载力; 地铁保护区

## Application of compaction grouting technology in treating deep backfill soil in metro protection area

Jun Ma

Ningxia Water Resources and Hydropower Survey and Design and Research Institute Co., LTD. Yinchuan City, Ningxia Hui Autonomous Region 750001

**Abstract:** Backfill soil has the characteristics of loose soil, complex composition, and high compressibility. When engineering construction is carried out in the backfill site, we use deep mixing piles, high injection piles, replacement filling methods, dynamic compaction methods, and other forms for treatment. When the backfill soil is thick or the surrounding environment is complex, the cost and construction difficulty of the above methods increase. Especially now, with the rapid development of urban rail transit, many cities in the metro protection area prohibit the use of permanent piles in the soil for engineering construction and do not allow the use of dynamic compaction that causes a great impact on the environment. In this paper, the compaction grouting technology is used to reinforce a primary school playground project with a thickness of 6.0m-11.0m deep backfill soil. It introduces the action mechanism and construction technology of the compaction grouting method. The test results show that the compactness and uniformity of the backfill soil are effectively improved, and the bearing capacity of the foundation of the canopy and guard room with the secondary compaction grouting treatment reaches 110kPa.

**Keywords:** compaction grouting technology; foundation treatment; backfill soil; foundation bearing capacity; subway reserve

### 引言:

压密注浆技术是指利用压送设备将能够固化的材料按一定比例配制成浆液, 通过注浆管注入需处理土层中, 浆液以填充, 渗透和挤密等方式, 进入土颗粒间孔隙中, 增强地层强度, 降低地层渗透性, 均匀改善加固土体, 将原本松散的土粒或杂填物胶结成一个整体, 形成一个结构新、强度大的“结石体”, 以达到提高地基强度、改善地基物理力学性能的一种土体加固技术。

### 一、工程概况

在某繁华地段拟建一座小学, 该小学主体教学楼及风雨操场(1-4层)已施工完毕, 由于地铁在该区域通过, 学校操场、雨棚及门卫室区域位于地铁保护区正上方, 因存在老旧桩基于2017年3-5月中铁施工单位对地铁保护区内进行翻槽拔桩, 虚填厚度约6.0m的回填土, 并导致该小学西侧紧邻的某深基坑边坡受地铁翻槽影响未能正常回填肥槽土(虚填厚度约11.0m的回填土)<sup>[1]</sup>。

### 1.1 工程地质条件

根据勘察报告, 本场地 15 米范围内各地层岩性特征及分布规律如下:

#### 1.1.1 人工填土层 ( $Q_{ml}$ )

由素填土 ( $\textcircled{1}_2$ ) 组成: 呈褐色, 软塑~可塑状态, 粉质粘土、粘土质, 含砖渣、石子等, 土质结构性差, 不均匀。

1.1.2 主要由粉质粘土 (地层编号 $\textcircled{4}_1$ ) 组成, 呈灰黄色, 可塑状态, 无层理, 含铁质, 属中压缩性土。局部

夹粘土透镜体。本层土水平方向上土质较均匀, 分布尚稳定。

#### 1.1.3 全新统中组海相沉积层 ( $Q_4^2m$ )

主要由粉质粘土 (地层编号 $\textcircled{6}_4$ ) 组成: 呈灰色, 软塑状态, 有层理, 含贝壳, 属中压缩性土。局部夹淤泥质土、粉土透镜体。本层土各亚层水平方向上土质均均匀, 分布不稳定。

依据勘察报告, 该场地土层厚度与物理力学指标如表 1:

表 1 土层物理力学性质指标统计表

土层	厚度/m	w (%)	r ( $\text{kN/m}^3$ )	e	$I_p$	$I_L$	$a_{1-2}$ (1/MPa)	$E_{s1-2}$ (MPa)
1-2 素填土	6.0~11.0	30.8	(18.0)	0.913	18.9	0.74	0.59	2.90
4-1 粉质粘土	0~1.2	28.9	19.2	0.829	15.0	0.67	0.34	4.70
6-4 粉质粘土	3.2~7.0	31.0	18.9	0.881	12.9	0.99	0.36	5.50

## 二、地基处理设计

操场一半区域位于临近地下车库上部, 一半区域位于深厚的回填土上, 如不加固处理, 后期在回填土处会形成较大的沉降, 会形成不均匀沉降和裂缝, 不满足学校的使用要求; 在雨棚及门卫室基础处, 未处理的回填土承载力低, 压缩性大, 不能直接作为建筑物持力层。因位于地铁保护区内禁止采用施工永久桩体的方式进行处理, 如采用分层碾压方式处理, 需将土体挖出后再分层碾压, 由于教学楼已建需采取支护措施进行保护, 结合现场施工条件, 经过多种方案的经济及技术必选, 最终选定采用压密注浆技术对深厚的回填土进行加固处理。

### 2.1 地基处理的技术要求

2.1.1 雨棚及门卫室基础以下形成一定厚度的均匀、坚硬持力层, 复合地基承载力特征值不小于  $110\text{kPa}^{[2]}$ ;

2.1.2 提高填土的密实度和均匀性, 控制操场地面区域产生较大的沉降和不均匀沉降, 防止操场位于地库边界处区域由于不均匀沉降产生裂缝, 保证正常使用。

### 2.2 注浆设计

为了保证被加固土体的均匀性和承载力达到设计要求, 注浆孔的间距、深度等针对回填土厚度及使用要求采用分区域设计: (1) 临近深基坑回填土深度 6.0m~11.0m 区域采用孔深 8.5m、11.0m, 孔间距 1.5m~2.5m 加固原则进行处理; (2) 大面积回填土深度 6.0m 区域采用孔深 7.0m, 外围孔间距 1.5m, 内部孔间距 2.828m 梅花形布置的加固原则进行处理; (3) 首次注浆施工完成后不小于 15 天在雨棚、门卫室基础处再进行二次压密注浆施

工, 采用孔深 7.0m, 孔间距 1.4m~1.6m 的加固原则进行补强处理;

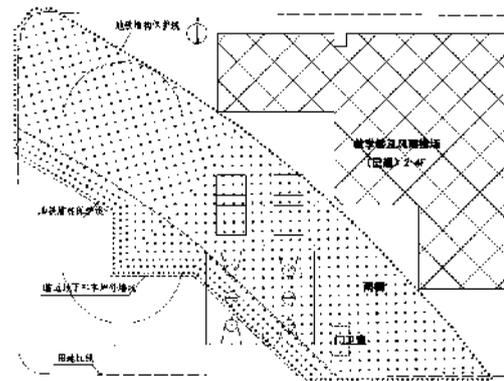


图 1 一次注浆注浆孔平面布置图

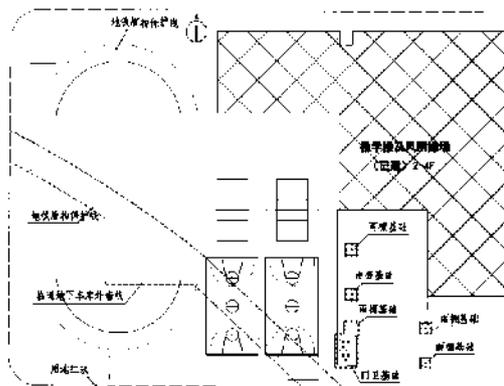


图 2 二次注浆注浆孔平面布置图

## 三、注浆施工

### 3.1 施工要求

3.1.1 该工程应进行大面积首次压密注浆的施工, 钢结构雨棚、门卫室基础区域应在首次注浆施工完成后不小于 15 天再进行二次压密注浆施工。

3.1.2 压密注浆应采用钻孔间隔注浆,先施工外围封闭注浆孔后,施工中间区域注浆孔的注浆顺序;压密注浆施工宜采用钻孔或振动法将金属注浆管压入土层,采用1.0m一段从下向上分段注浆,达到设计要求后上提注浆阀开始第二段注浆,以此类推至设计停注标高<sup>[3]</sup>。

3.1.3 注浆材料采用P·S32.5矿渣硅酸盐水泥,水灰比为0.8~1.0。压密注浆浆液注入率为12%~15%,注浆孔水泥注入量不得小于80kg/延米;注浆用水PH值不得小于4,压密注浆施工时的注浆压力宜控制在0.5~0.8MPa,注浆的流量宜为(7~10)L/min,应根据注浆速率、钻孔冒浆、串浆等情况适当调整水灰比和注浆压力,注浆孔位可根据现场情况(如遇到大块回填物难以钻进等)适当调整,但不宜大于1.0m。

#### 3.2 注浆终止条件

注浆以注浆孔(或注浆孔周围其它部位)喷浆或注浆压力突增作为该孔停注的标准,(1)正常情况下,注浆停注压力不得小于0.5MPa;(2)发现周边有大量冒浆现象,当注浆压力达到0.8MPa时,该孔停止注浆;当注浆压力低于0.8MPa时,该孔暂停注浆,停注1小时后继续注浆,如周边仍发现有冒浆现象,该孔停止注浆;(3)当提管发生顺注浆管大量喷浆时,该孔停止注浆<sup>[4]</sup>。

### 四、地基加固效果的检测

#### 4.1 检测要求

雨棚及门卫基础下的素填土压密注浆完成28天后应作静载荷试验,复合地基承载力特征值不小于110kPa,检验数量不应少于3点。大面积注浆区域应在注浆施工完成28天后采用 $N_{10}$ 试验对加固土层进行均匀性检测,要求 $N_{10}$ 试验不小于10击;检验点不应少于注浆孔数的4%,检验点合格率不得小于80%。

#### 4.2 检测结果

二次注浆施工完成28天后采用静载荷试验和现场 $N_{10}$

试验对加固后回填土的地基承载力和均匀性进行了检验。

本工程现场载荷试验采用1.0m×1.0m的方形载荷板,最大加载量为220kPa通过对载荷试验法实测数据统计计算,得出静载荷试验结果如表2所示。

表2 载荷试验法确定地基土承载力特征值表

点号	最终荷载 (kPa)	最终变形 (mm)	地基承载力特征值 (kPa)	对应变形 (mm)
s1	220	14.95	110	4.13
s2	220	16.82	110	4.06
s3	220	17.93	110	3.83

由表2可以看出,在雨棚及门卫基础处经二次注浆加固处理后的回填土地基承载力特征值达到110kPa的设计要求,加固效果十分明显。

### 五、结语

回填土经注浆加固后,经检测验证采用注浆技术进行加固处理是合理的,填土密实度、均匀性及承载能力均得到有效提高,现该小学已投入使用约两年,处理区域未出现沉降量较大和不均匀沉降问题,加固效果达到设计要求。对于地基承载力和沉降控制要求较高的部位,可采用二次或多次注浆加固的方式进行处理,回填土体经过多次注浆加固,土体改良效果非常明显。

#### 参考文献:

- [1]丁声敏,康爱群.岩土施工工程项目中注浆施工技术应用探讨[J].施工技术,2015.12:94.
- [2]吴顺川,金爱兵,高永涛.袖阀管注浆技术改性土体研究及效果评价[J].岩土力学,2007,28(7):1353-1358.
- [3]阎星华.压密注浆技术在地基加固工程中的应用[J].江苏建筑,2008年增刊(总第123期):48-50.
- [4]JGJ79-2012《建筑地基处理技术规范》.中国建筑工业出版社,2012.75-83