

石家庄市沥青厂房屋地基注浆加固实践

葛文昌¹, 赵 辉²

(1. 河北凯瑞达岩土工程有限公司, 河北 石家庄 050051; 2. 河北省鹿泉市水务局, 河北 鹿泉 050200)

摘要:结合工程实例, 论述了采用压力注浆加固具有湿陷性的杂填土地基的方法, 提出加固前的试验研究是确保加固效果的必要手段。变形观测资料分析表明, 运用该方法不但可以提高地基承载力, 还可以有效降低建筑物的不均匀沉降。

关键词:地基加固; 压力注浆; 杂填土, 湿陷性

中图分类号: TU472.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)11-0062-03

Experience of Grouting Reinforcement for the Foundation of an Asphalt Plant in Shijiazhuang/GE Wen-chang¹, ZHAO Hui² (1. Hebei Kairuida Geo-engineering Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050051, China; 2. Hebei Luquan Water Authority, Luquan Hebei 050200, China)

Abstract: Based on the engineering case, the paper introduced the reinforcement for foundation with collapsible miscellaneous soil-filling by pressure-grouting and presented the test research that was a necessary meaning to ensure the reinforcement result. Deformation measurement data showed this method could not only improve the bearing capacity of the foundation, but also reduce the differential settlement of buildings.

Key words: foundation reinforcement; pressure-grouting; miscellaneous soil-filling; collapsibility

1 工程概况

石家庄市沥青厂位于石家庄市西外环城郊结合部, 其办公用房为东西向单排建筑, 长 40 m, 宽 6 m, 单层砖混结构, 条形基础, 基础宽度 1.2 m, 基础埋深 2.5 m。该建筑自 2000 年建成使用后房间墙体出现不同程度的开裂现象, 尤以窗口附近开裂最为严重, 几年内其裂缝最大开裂宽度达到 0.2 ~ 0.5 cm, 裂缝长度达到 2 ~ 4.5 m, 室内地面用锤子敲击明显感觉到空洞的存在, 严重影响到建筑物的安全。

勘察资料表明, 场区广泛分布厚度达 2 ~ 5 m 的表层杂填土; 其下部地层是厚度为 2.5 ~ 4 m 的粉质粘土层, 天然地基承载力特征值为 120 kPa, 此层也是建筑物的基底持力层。从钻孔揭露的地层情况来看, 凡是未发生明显不均匀沉降的地段基底持力层均为粉质粘土层, 而发生开裂的墙体基础下部均存在未彻底清除的杂填土层, 残余杂填土厚度一般为 1.5 ~ 2.5 m, 根据土工试验资料, 该层土平均孔隙比为 0.892, 密实度较差, 承载力较低。因此, 基底未清除的杂填土形成的不均匀地基是造成建筑物墙体开裂的主要原因。

2 场区杂填土的工程特性

场区接近郊区, 在建筑之前地势低洼, 成为城区

弃土和建筑垃圾的堆场, 堆积的杂填土层一般以粘性土为主, 混有较多的砖块、灰渣等建筑垃圾(含量 20% ~ 40%), 堆积年限 20 年以上。我们对基底以下该层土进行了取样试验, 部分物理力学指标平均值见表 1。

表 1 基底以下土层物理力学性质指标平均值

土层名称	标贯击数 /击	承载力 f_{ak}/kPa	压缩模量 E_s/MPa	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	湿陷 系数 δ
杂填土	4.5	80	4.5	5	10	0.033
粉质粘土	8.6	120	9.4	32	16	0.012

从表 1 数据可见, 基础下部残存的杂填土和基础选定的持力层(该层下伏的粉质粘土层)相比具有承载力明显偏低、压缩性显著偏高的特点, 而且还具有显著的湿陷性。

3 现场加固试验研究

3.1 试验工程布置

我们在现场选择典型地段进行了加固前的试验工作, 地点选在建筑物西侧杂填土厚度较大的位置, 该位置基底杂填土厚度约 2.0 ~ 2.5 m, 试验范围 4 m × 4 m。试验范围内开挖至基础底面标高后施工注浆钻孔, 钻孔孔径 110 mm, 深度 3.0 m(均穿透杂填土层并进入粉质粘土层不少于 0.5 m), 注浆孔 2

收稿日期: 2008-04-22

作者简介: 葛文昌(1969-), 男(汉族), 河北人, 河北凯瑞达岩土工程有限公司经理, 水文地质与工程地质专业, 硕士, 从事岩土工程专业技术管理及施工管理工作, 河北省石家庄市中华北大街 177 号, carrido@sina.com。

排,排间距 1.2 m,孔间距 1.0 m,共 6 个注浆孔,具体布置如图 1 所示。

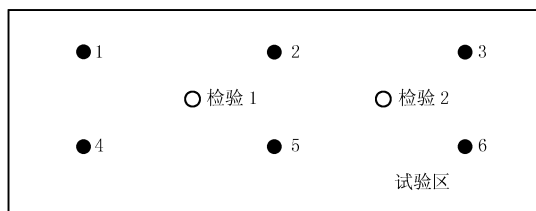


图 1 试验区工程布置图

钻孔采用 GX-1 型钻机施工,钻孔完成后植入硬质塑料花管作为注浆管,并用碎石填筑至孔口,注浆花管在孔口要预留 1 m 长度以便于注浆施工。钻孔施工完毕后用灰土夯填 0.6 m 作为上部止浆垫层。注入范围为基底以下深度的杂填土层。

3.2 浆液配比

注浆加固使用的浆液必须具有稳定性好、结石强度高、析水少、流动性强适于注入等基本特点。笔者根据工程经验采用的浆液配比如下:主材为 P. S32.5 水泥,水灰比为 0.65:1。辅材包括:膨润土,掺量为 2.5%;复合高效减水剂,掺量为 0.5%。制备浆液时首先按照水和膨润土 3:1 的比例进行膨润土的预水化,然后按照配比加入其它浆材制作灌注用水泥浆。

3.3 注浆施工

浆液经过灰浆搅拌机充分搅拌均匀后才能实施灌注,采用 UB-1 型专业注浆泵进行灌注作业,首先采用稀浆冲洗和润滑注浆泵及相应管路,确认都正常工作后连接注浆花管实施灌注作业。灌注时要采用二次序间隔注浆法,相邻的孔必须异次序灌注,以保证注浆加固效果。

3.4 注浆压力及灌注量的确定

如何确定合适的注浆压力和单孔灌注量是保证加固效果的核心问题,许多学者作过不少理论探讨,但由于地质条件的复杂多变性,直接套用一些理论成果往往是不合适的。为了更好的适应加固对象的复杂性,获得最佳加固效果,笔者建议采用下面所述的试验方法确定。

首先根据地质情况并结合施工经验初步确定一个设计注入压力(本场地初步给定的设计注入压力为 0.5 MPa);然后进行试验段的注浆加固,并记录在此压力下达到稳定(终止注浆流量 < 5 L/min,稳定 5 min)时的灌注量;试验区加固完毕并养护一定时间,然后进行原位测试和载荷试验以确定加固效果;如果加固效果能够满足工程要求,则从单孔灌注

量记录表中选择一个代表性的值作为施工时的控制灌注量;如果不能满足工程要求,则改变注入压力重新试验,直到选择的压力和灌注量合理为止。

本工程的加固对象为基底下部未清除的杂填土,该层厚度不大(平均厚度 2 m 左右),故灌注时可不采用分段注浆而采用顶部设止浆垫层的全断面一次压浆法。鉴于杂填土的主要成分为粘性土,不能采用渗透注浆原理。根据以往的施工经验,采用高压劈裂原理进行灌注将可获得较好的加固效果。由于钻孔布置较密,为防止串浆影响加固效果,必须采用分次序的方法施工。本次试验分 2 个次序进行:作为第一次序首先施工和灌注外部的 1、3、4、6 号孔,2 和 5 号孔作为第二次序孔施工,并且保证和第一次序孔在间隔 24 h 后方可施工。具体实施时认真作好详细的施工记录,并注意观察附近地面和临近钻孔有无漏浆现象。如果发生地面漏浆说明止浆垫层厚度不够,需要加大其厚度和密实度;如果相邻钻孔漏浆,应检查相邻的注浆管管口是否未封闭。

试验基本情况见表 2。施工时对 2 号孔在设计注入压力下稳定后又连续进行了加大注入压力的二次灌注;5 号孔在间隔 1 天后也进行了二次灌注。

表 2 试验孔注浆情况表

钻孔编号	劈裂起始压力 /MPa	终孔压力 /MPa	灌注量 /m ³	终孔流量 /(L·min ⁻¹)	注入率
1	0.3	0.5	0.65	5	0.27
3	0.4	0.5	0.47	4	0.20
4	0.3	0.5	0.53	5	0.22
6	0.4	0.5	0.36	5	0.15
2	0.5	0.5	0.31	3	0.13
2	0.5	0.8	0.28	4	0.12
5	0.4	0.6	0.28	3	0.12
5	0.8	1.5	0.09	3	0.04

根据试验情况可以得出以下几点结论。

(1) 该场地加固对象的起始劈裂压力为 0.3 ~ 0.5 MPa,从开始灌注到土层劈裂历时很短,仅 1 ~ 3 min,地层劈裂后浆液流量迅速增大;随着灌注的进行,浆液流量逐渐减小,而注浆压力逐渐增加,最终在设定的压力下达到平衡时流量迅速衰减到很小的值,如果不增大注入压力浆液将很难继续注入,即已经达到在设定的压力下“不可注入”的平衡状态,此时即可终止注浆。

(2) 第一次序孔的单孔注浆量明显比第二次序孔的注浆量要大,比如 1 号孔可比 5 号孔注浆量大约 1 倍,这说明第一次序孔注入的部分浆液在扩散过程中“侵占”了第二次序孔加固范围内的土层,使

得第二次序孔在其加固范围内的浆液用量显著减少,同时也间接说明了第一次序孔注浆的有效性。

(3)表2中2号孔在0.5 MPa压力下达到稳定后随即逐渐加大注入压力继续灌注,当最终压力稳定在0.8 MPa时又灌注了0.28 m³的水泥浆液,该孔累计注入率达到0.25,和第一次序孔的注入率基本相当。这说明在合理的范围内可以通过增大注入压力以达到提高浆液注入率的目的。

(4)对5号孔,在间隔1天后又进行了第2次注入,注入时起始压力达到0.8 MPa,且压力很快上升到1.5 MPa,孔附近地面发现有明显隆起现象。为防止发生隆起破坏,把压力降低至1.0 MPa继续注入,稳定在该压力下继续注入30 min仅多注入了0.09 m³。说明间歇后第一次注入的水泥浆已经凝固,二次注浆时需要克服较大的阻力才能继续注入,这样注入效率太低,也不如增大注入压力连续注入的方法效果好。所以在分次序注浆后不采纳多次注浆的方案。

(5)第一次序孔注浆量在0.36~0.65 m³之间,注入率在0.15~0.27之间,平均注入率为0.21,第二次序孔(如2号孔)在增大终孔压力的情况下注入率也可达到0.25。因此,可以把此注入率作为注浆孔终止注浆的标准,即在满足单孔注浆量 ≤ 0.6 m³(注入率为0.25)的情况下可以停止灌注。

3.5 试验区加固效果检验

试验区加固效果检验在养护28天后进行,主要进行了钻孔取心、标准贯入和载荷试验等工作。通过取心观察,浆液结石体主要呈网脉状、薄板状,分布不规则,符合劈裂注浆的特征。标贯击数平均值从处理前的4.5击提高到处理后的8.6击,说明加固效果显著。将顶部垫层挖除后在基底标高进行相应置换率的载荷试验,处理后的地基承载力特征值由处理前的80 kPa提高到处理后的135 kPa,变形模量18.7 MPa,完全满足建筑物对地基的要求。

检验结果说明,采用此种处理方法进行地基补强加固是完全可行的。

4 建筑物地基补强加固

在对现场试验进行总结分析的基础上对建筑物进行了地基补强加固处理。具体做法如下:沿建筑物基础内外两侧各施工一排钻孔,钻孔紧贴基础边缘施工,排距1.2 m,间距1.0 m,钻孔深度穿透杂填土并进入粉质粘土层不少于0.5 m。钻孔在地面进行,施工采用XY-1型回转钻机,分2个次序进行

施工,保证每次序孔间距为2 m。第一次序孔完成注浆后间隔1天再进行第二次序孔的成孔作业。

按照试验配比配制浆液,基底以上用止浆塞封堵后进行注入。终止注浆采用双控法,即必须同时满足设计压力和灌注量的要求:终孔压力 ≤ 0.5 MPa且单孔注入率 ≤ 0.25 ,即灌注量 ≤ 0.6 m³。在施工过程中对于个别孔揭露的杂填土厚度发生显著变化时根据该层土实际厚度及时调整了灌注量,以确保注入率。

在施工过程中,个别相邻钻孔出现串浆现象,对于上述位置先作好标记,在注浆完成后进行了加密注浆孔进行补注的方法进行处理。实际施工时第二次序孔最大注入压力 ≥ 1.2 MPa,比试验时的压力要小一些。整个加固过程进展顺利,通过7天的施工顺利完成了任务。

5 建筑物变形观测

建筑物地基补强加固前后我们对该建筑物进行了长期变形观测。加固前连续3个月的观测结果表明,建筑物的不均匀沉降仍在发展,各观测点最大累计沉降为4 mm,平均每月沉降超过1 mm。加固完成后通过长达一年半的观测,建筑物各观测点沉降变形已经趋于稳定,最大累计沉降变形仅2 mm,说明经过加固后不均匀沉降变形得到了有效控制,达到了预期的目标。

6 结论与建议

(1)应用压力注浆法进行地基补强加固是一种很值得推广的方法,在已有建筑物补强加固时由于其具有施工机械简便、占地少,适于室内施工等特点而更加具有优势。

(2)由于每个场地的地质条件不同,建议在进行加固施工之前必须先进行试验研究,以确定合理的施工工艺,尤其是通过试验确定合理的注浆压力和注入率,只有这样才能确保地基补强加固的有效性。

(3)对试验区加固效果的现场检验,尤其采用原位测试和原位载荷试验确定加固效果是不可或缺的可靠手段,应该得到重视。

参考文献:

- [1] 程骄,张凤祥.土建注浆施工与效果检测[M].上海:同济大学出版社,1998.
- [2] 彭振斌.注浆工程设计计算与施工[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.