

软土地基注浆加固实践

林青

(福建信息职业技术学院机电工程系,福建福州 350003)

摘要:江南小学部田径场跑道需采取必要的加固处理措施控制沉降。根据现场情况结合经济因素综合分析,对回填层采用注浆加固,改善岩土体的力学性能,恢复其整体性,使被加固对象形成整体化的固结体。通过现场实验和历时1年的沉降监测,最大沉降量为1.5 cm,沉降时间曲线显示沉降趋于稳定,证明加固效果满足工程要求。

关键词:软土地基;注浆加固;沉降

中图分类号: TU472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)08-0054-03

Practice of Grouting Reinforcement for Soft Ground Foundation/LIN Qing (The Electronic Department of Fujian Communication & Technology College, Fuzhou Fujian 350003, China)

Abstract: According to the comprehensive analysis on the field situation and economic factors, necessary reinforcement measures were taken for a primary school playground to control the settlement by grouting reinforcement in backfilling layer in order to improve the mechanical properties of rock soil for the integrity restoration. In the field experiment and settlement monitoring for a year, the maximum settlement was only 1.5 cm, and the settlement-time curve showed that the settlement is stable, which proved reinforcement effect satisfied the engineering requirement.

Key words: soft ground foundation; grouting reinforcement; settlement

1 工程概况

江南小学部田径场内球场为地下室现浇板屋面,地下室挖土过程中采用放坡开挖,放坡开挖区跨径约7 m,开挖深度2.5 m。此区经回填处理后拟建

田径场跑道,由于考虑沉降变形会影响到跑道的正常使用,因而需采取必要的加固处理措施控制沉降。

根据场区的岩土工程勘察报告,场地浅层工程地质情况如表1所列。

表1 场区浅层工程地质情况表

层号	岩土名称	层顶标高/m	层厚/m	物理力学指标				
				W/%	e	a_{1-2}/MPa^{-1}	E_s/MPa	f_{ak}/kPa
S	回填层		0.4~1.2					
①	粘土	1.19~2.8	0.6~3.0	41.2	1.159	0.59	3.85	75
② ₁	淤泥质粘土	-0.98~1.54	1.1~3.3	50.7	1.433	1.20	2.22	50
② ₂	淤泥质粉质粘土	-2.89~-1.09	9.9~14.3	42.6	1.183	0.89	2.59	60

地下水位埋深在0~1.8 m之间,相当于黄海高程1.00~2.11 m,对混凝土无侵蚀性。

2 现状分析

根据回填土现状及相关资料分析,易引起地面产生过大不均匀沉降的因素主要有:

(1)原地坪下的硬壳层(①层)厚度差异大,薄的地方厚度不足1 m,其下则有厚达20 m的软弱土层(②₁、②₂层),其强度很低,压缩性较高,渗透性很小,灵敏度高,该层在较大的附加荷载作用下会产生较大的附加沉降,且固结速率很慢、沉降延续时间很长,因而是主要的压缩层,必然会产生较大的沉降

变形;

(2)回填层一般须经数年的有效固结后方可与硬壳层一起承担上部结构荷载,因而,初期回填层实为软弱下卧层的荷载,下卧层必然产生压缩变形,其中心部位变形最先产生且变形量最大,地面易形成碟形沉降。

3 加固方案

根据现场情况,结合经济因素综合分析,拟对回填层采用注浆加固。即对跑道范围回填层采用注浆加固,加固的目的是提高回填层粘聚力,分散地面荷载,防止发生碟形沉降。

收稿日期:2009-03-04

作者简介:林青(1971-),女(汉族),福建莆田人,福建信息职业技术学院讲师,基础工程专业,硕士,从事机械和岩土方面的教学和研究工作,福建省福州市鼓楼区福飞路106号,lin71891@163.com。

本次注浆的对象土层为回填层(覆盖在淤泥质土层的上面,回填层下的淤泥质土层即为下卧层),回填层孔隙比大,渗透性好,浆液主要是以充填方式占据回填层中的孔隙,注浆加固后,工后沉降小;而下卧层——淤泥质土层中的空隙基本被水充填,由于其渗透系数很小,浆液很难通过把孔隙水挤走的方式占据土粒间隙,浆液是以劈裂方式进入淤泥质土层(在淤泥质土层中形成浆脉,一般水平向延伸大于垂直向的延伸,浆脉总是从相对软弱的方位打开突破口,然后象蚯蚓在里面钻),浆脉在土层中近似骨架,所以淤泥质土经过注浆后有一定的加固效果,由于浆脉没有光顾的地方仍为原状土,所以说加固效果往往难以达到预期,经注浆加固后的淤泥质土层有一定程度的改良,但工后沉降仍会较大,所以建议跑道的标高适当加高,即为预留沉降,避免经过若干年沉降后的跑道标高过低。

回填层间隙充填间隙水,因而其下硬壳层因水的长期浸泡会被软化,由于硬壳层本身较薄、其下卧软弱层则较厚,另外,回填层成分杂、土体间隙比差异大,故注浆加固效果不均匀。当一定量的土体压缩沉降产生时(一般中部沉降量大于周边),地面裂缝首先从加固效果相对差部位产生、发展。因而,只对回填层(层厚3 m)进行注浆加固,难以实现预期目标。

因此建议注浆加固后采用现场试验方法评估加固后的效果。另外对跑道分块浇制并设置分隔缝,有利于防止不均匀沉降造成跑道裂缝。

4 注浆加固设计

4.1 注浆目标

改善岩土的动力学性能,恢复其整体性,使被加固对象形成整体化的固结体。

在地基中注浆的效果,往往受到地基条件或施工方法的限制。对于孔隙较大的土体,注浆后基本上能够形成整体的固结体;但对于孔隙较小的土体,其孔隙很小,但孔隙率却很大,浆液很难渗入地基,一般利用脉状注浆硬化物的均匀分布、浆液与土体的固结物以及挤密的土体来改善地基的工程性质,但改良的效果很难评价,其承载力、变形指标应采用现场试验的方法取得。对于回填层,其岩土成分复杂、土体间隙比差异大,因而加固效果不均匀。一般而言,对于孔隙较大的土体,通过注浆有效加固后,承载力可提高30%以上;但对于孔隙较小的土体,通过注浆有效加固后,承载力仅可提高10%~

30%。

加固对象土层形成整体化的固结体后,整体刚度提升,抵抗差异变形的能力提高,因而可以控制差异沉降,回填层一般属于孔隙大的土体,注浆效果一般而言比较好,只是由于土体间隙大小的差异,造成注浆加固效果的差异,总的而言是适宜注浆加固的土层,本项目主要针对的是回填层的注浆。

4.2 注浆材料

选用水泥浆,掺入水泥(质量比)2%、波美度为40的水玻璃。

浆液配合比设计为2种:

(1)注浆孔浆液配方:32.5水泥:水:水玻璃=1:0.50:0.02;

(2)检查孔浆液配方:32.5水泥:水:水玻璃=1:0.75:0.02。

4.3 加固范围

本次注浆的主要对象为跑道开挖区回填层。加固深度一般按3 m考虑,个别按5 m考虑。

4.4 布孔

按浆液在填土中有效扩散半径为1 m,将注浆孔布置为边长2 m×2 m的正方形,其形心布设检查孔(弧形跑道位置则以最外层最大间距 ≥ 2 m沿圆弧均布后,由外而内沿圆弧梅花形展布,详见图1),以起到加固与回馈信息双重功效,利于施工过程中的信息化管理。

由于注浆的主要目的为使回填层形成整体化的固结体,分散地面荷载,防止发生碟形沉降;而下卧层为不适宜采用注浆方法加固的土层。因而注浆孔布置,以有利于浆液在回填层中的有效充填为原则均布;考虑到注浆工程的隐蔽性,为了便于及时评估注浆效果,指导注浆施工,形心布置了兼具检查功能的注浆孔,为便于区别,称检查孔。

4.5 注浆参数的确定

4.5.1 注浆量

根据勘查报告提供的土层参数,结合类似工程经验以及回填层视压实度和地下水状况,注入率10%~30%,据此计算注浆量为:3 m注浆孔 0.77 m^3 ,5 m注浆孔 1 m^3 ;检查孔 $0.3\sim 0.5\text{ m}^3$ 。

4.5.2 注浆压力及速率

回填层以渗透、充填注浆为主,控制注浆压力 $\geq 0.3\text{ MPa}$ 、注入速率在5~20 L/min内,便于浆液缓慢渗入土层孔隙,并利于浆液中水分析出,获得最佳效果。

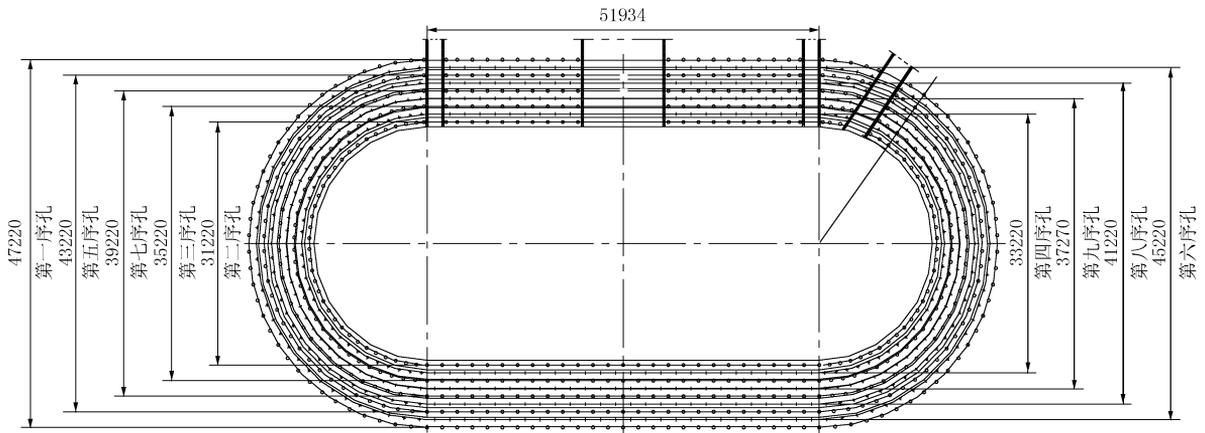


图1 注浆孔平面布置图

5 主要施工措施

5.1 注浆次序

5.1.1 平面次序

受前期注浆孔的影响,后期注浆孔的注入浆液会随着注浆压力或其他因素而发生偏流,为了利用这一点实现诱导注入,注浆宜由外而内逐圈向中心推进,实现层层包围,有利于蝶形沉降区的充分加固。另外,最外围2圈注浆孔按计划注入量施工完毕,即开始施工其间检查孔,便于及时掌握注浆信息指导后续注浆孔施工,以后每施工一圈注浆孔,即开始其外圈检查孔施工,这样随着信息的多次反馈,便于提高蝶形沉降区加固效果;每圈注浆孔宜按1、3、5、7、9……,2、4、6、8、10……次序跳隔施工,相邻注浆孔宜间隔24 h后施工。

5.1.2 段长与深度次序

为使浆液渗透均匀,注浆段不宜太长,地基土一般因垂直方向上的渗透系数小于水平方向的渗透系数,采用分段长度要比孔距小。针对本工程,注浆段长为0.8 m,采用混合式注浆:上部1 m注浆抑制冒浆,置管至设计深度自下而上提升注浆。

5.2 施工工艺流程

沉管→冲洗管→试水→注浆→拔管。

5.2.1 沉管

采用冲锤将注浆花管打入地层中。注浆花管采用 $\varnothing 50$ mm厚壁钻杆制成,段长1.5~2 m,采用内丝扣,接长后,外径基本不变。

5.2.2 冲洗管

注浆管打入过程中,可能从花管孔眼进入泥土,可用直径小于注浆管的冲洗管插入注浆管内,然后开泵压力冲洗,使泥土随冲洗水流从管口返出。

5.2.3 试水

将水压入注浆管内,以了解加固土体的渗透性,以便调整灌注浆液的浓度,同时也可检查泵及管路系统的工作状态。

5.2.4 注浆

试水结束后,即可开始正式注浆。一般情况下速度低效果好,但应采用兼顾有效利用浆液和注入方式的特性对地层和地下埋设物、邻近构造物没有影响的注入压力,经济效益等因素,综合考虑决定注浆速度,通常标准速度为16 L/min,一般范围8~20 L/min。每次注入时均应长时间监视注入速度、注入压力的状况及施工时周围环境的状态,注入速度降低时的注入压力的变化等,同时对流量、压力记录进行分析整理,重新查看当初的计划并修正成适合于现场的数据,以便指导现场后续注浆。

5.2.4.1 水灰比控制

(1)当注浆压力保持不变,注入速率持续减少时,或当注入速率不变而压力持续升高时,不应改变水灰比;

(2)当某一比级浆液的注入量已达300 L以上或灌注时间已达1 h,而注浆压力和注入速率均无显著改变时,应改浓一级;

(3)当注入率 > 30 L/min时,可视具体情况越级改浓。

5.2.4.2 终止注浆的原则

(1)达到预定注浆量时停止注浆;

(2)注浆压力突然下降或猛增时停止注浆;

(3)地表的隆起量过大时停止注浆。

5.2.5 拔管

在注浆工序结束后,若停留时间过长,浆液凝固

(下转第59页)

时间观测一次。

3.3 监测报警值

(1) 深层土体位移报警值为位移达 50 mm 时,或最大位移变化速率连续 3 天超过 5 mm/d。

(2) 水平位移报警值为位移达 50 mm,或最大位移变化速率连续 3 天超过 5 mm/d。

(3) 坑侧地表最大沉降警戒值为 40 mm。

(4) 水位警戒值为一天变化 500 mm。

(5) 支撑轴力警戒值为 2300 kN。

4 方案实施效果

4.1 围护效果

土钉墙支护并配合轻型井点降水支护侧最大位移在 30~40 mm 之间,排桩加支撑外加止水帷幕支护侧最大位移在 20~30 mm 之间,坡顶略微有开裂现象,地面最大沉降在 30 mm 以内,基本达到了保护坑内工程桩,保护坑外管线、建筑物等的目的。

4.2 地下水处理效果

原先坑底采用多排轻型井点降水的方法,但由于在滨江区,砂质粉土层中夹带较薄的粘土层,采用轻型井点降深达到 10 m 比较困难,因而坑底降水改为深井,坑边间距 15 m,坑内及排桩加支撑外加止水帷幕支护区深井间距 30 m。

该处理方法经济,降水效果好,当挖至坑底时,坑内第一、二级轻型井点基本上不出水,第三级轻型井点及深井出水量较大。此外,降水对周边影响相对较小,最大沉降基本在 30 mm 左右,离坑边 10 m 左右位置没有太大的沉降反应。

另外,由于采取了止水、降水措施,并在坑中坑

也采取了轻型井点的降水措施,该基坑没有出现管涌或在挖土过程中坑底土出现液化的情况。

4.3 交接处处理效果

由于交接处作了加强处理,以及两种支护系统位移量接近,围护结构没有出现局部拉裂或破坏的情况,也没出现漏水等情况,说明交接处处理还是比较成功的。

5 结语

该基坑从围护、地下水处理及交接处处理等方面取得了较好的效果,确保了基坑的安全与稳定,同时也减少了对周边环境的影响。另外,整个基坑的实际造价约为 430 万(7800 元/m),比同类型的 2 层地下室的基坑要经济。达到了作为临时性工程所要求的安全、经济的目的。

参考文献:

- [1] 茅均标,周旭荣,茅军念,等.北京创世纪大厦工程深基坑边坡支护设计与施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(5).
- [2] 张勇,闫君,魏一祥.青岛流亭机场国际航站楼及楼前区地下停车场基坑支护技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(9).
- [3] 李向荣,徐江平.浙医二院门诊科教综合楼基坑支护施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(6).
- [4] 刘兴旺,周葛源.北京朝阳广场深基坑支护技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(10).
- [5] 刘建航,等.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [6] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [7] CECA 96:97,基坑土钉支护技术规程[S].

(上接第 56 页)

后注浆管难以起拔。注浆管拔出后应立即进行清洗,以保证畅通。

5.3 特殊情况处理

5.3.1 注浆中断

找出注浆中断原因,尽快解决,及早恢复注浆。当恢复注浆后,注入速率明显减少,并在短时间内停止吸浆时,应采取补救措施。

5.3.2 串浆

加大孔间距,适当地延长相邻两个次序先后施工的间隔时间,待前一次序孔注入的浆液基本凝固后,再开始以后序孔的注浆工作。当发生串浆时,对互串孔采用一孔一泵注浆。

5.3.3 冒浆

采用低压、浓浆、限流、限量、间歇注浆的方式进行灌注。必要时加大水玻璃掺入量。

6 加固效果

通过 30 天的施工,完成了加固任务。通过现场实验和历时 1 年的沉降监测,最大沉降量为 1.5 cm,沉降时间曲线显示沉降趋于稳定,证明加固效果满足工程要求。

参考文献:

- [1] 程晓.土建注浆与加固效果检测[M].上海:同济大学出版社,1998.