

湿陷性填土地基的加固处理

邓才雄 刘焕存 高景利
(中航勘察设计研究院, 北京 100086)

【摘要】 通过对几项建筑工程地基事故的调查分析, 对填土地基湿陷性的成因机理进行了深入的探讨, 并就治理湿陷性填土地基提出了几种有效的加固处理方法, 在多项工程实践中取得了较好的效果。

【关键词】 湿陷性; 填土地基; 地基加固

【中图分类号】 TU471.99

Consolidation of Collapse-Replace Soil Foundation

【Abstract】 Through investigating and analyzing several foundation engineering cases, researching deeply the forming mechanism of collapse in replace soil foundation, suggesting some kinds of methods to consolidate the collapse-replace soil foundation, and getting better results in many engineering practices.

【Key words】 collapse; replace soil foundation; foundation consolidation

0 引言

由于填土类型、物质成份、堆填时间不同, 填土的物理力学性能差异很大。本文所指的填土是具有湿陷性的一类填土。大量的文献^{[1][2]}对湿陷性黄土进行了广泛而深入的研究, 但对具有湿陷性填土的物理力学性能研究的专门文献较少, 也缺乏严格的定义。可以说, 湿陷性填土是一种特殊性土, 具有一般性填土性质, 如结构疏松、欠压密、不均匀、物理力学性能较差以外, 还具有大孔隙、堆填时间短, 除正常荷载作用下的沉降外, 还存在自重压力沉降及湿陷变形特点。由于湿陷性填土地基遇水湿陷从而导致和加剧建筑事故的发生, 因此有必要对湿陷性填土地基进行治理。本文就治理湿陷性填土地基提出了几种加固方法, 并在多项工程实践中取得了较好的效果。

1 加固机理和加固方法

在湿陷性填土地基的处理原则上, 除了必要的防水、挡水措施处理, 如对场地排水, 地面

防水、防止雨水和生产生活用水直接渗入地基内的措施, 还应适当加强上部结构的整体刚度外, 但是重点应以地基处理为主。在过去已有的处理方法中, 如采用桩基方案, 完全穿越湿陷性土层, 通过回避湿陷危害的手段, 但相应会提高造价, 而且也具局限性。若采用换土垫层、夯实、挤密法则只能消除地基的部分湿陷量。

针对湿陷性填土的工程特性提出以下几种加固新方法。

1) 钻孔重锤夯扩挤密桩加固

是利用重锤侧向挤密周围填土, 使密实度增大, 从而使填土物理力学性能得以改善。根据工程需要, 填土性质, 选择合适的回填材料夯扩形成桩体, 桩与挤密的土体组成复合地基, 不仅提高了承载力, 而且能大大减少外力作用下的变形包括湿陷变形。

2) 注浆法加固

是利用气压, 液压或电化学原理, 把能固化的浆液按规定的浓度, 通过注浆孔注入

填土地基,使浆液扩散,浆液与土体发生化学反应,充填其孔隙经过硬化、胶结形成结石,起到改善地基土的物理力学性能,消除湿陷的目的。注浆过程中孔内填入一定级配的砂卵石或砾石,经多次注浆可以形成桩体。加固的填土与桩体形成空间三维复合地基,提高填土地基的承载力,从而减少地基的变形,达到整体改善土层,消除湿陷的目的。

1.1 钻孔重锤夯扩挤密桩加固

湿陷性填土在外力作用或浸水条件下产生较大的变形,采用钻孔重锤夯扩复合地基以处理湿陷为目的时,桩间距及处理深度是加固设计应考虑的重要参数。夯扩桩一般适用于地下水位以上的填土地基处理,平面上宜按三角形或正方形布置。

1.1.1 桩间距的确定

1) 等边三角形布置时桩间距的确定按下式计算

$$S_a = 0.952 d \sqrt{\frac{\gamma_d}{\gamma_d - \gamma}} \quad (1)$$

式中: S_a ——桩间距, m;

d ——挤密桩直径, m;

γ ——土的天然重度, kN/m^3 ;

γ_d ——加固后土的重度, kN/m^3 。

假设填土密度已达到某一临界值,湿陷性为零时土的重度,其值可通过室内试验确定,也可根据工程需要,规定 γ_d 满足某一要求值。

2) 正方形布置时桩间距按下式计算

$$S_a = 0.887 d \sqrt{\frac{\gamma_d}{\gamma_d - \gamma}} \quad (2)$$

布置桩间距尚应结合施工机械及工程要求,一般以 $3 \sim 4 d$ 为宜。

1.1.2 加固深度确定

加固深度主要取决于所需加固填土的厚度、地质条件及建筑物的结构设计要求等,但主要原则是深度应控制到填土层底面。

1.2 高压注浆加固法

湿陷性填土结构疏松、欠压密,具有大孔隙且堆填时间短。针对湿陷性填土的这些特性利用注浆原理,使浆液扩散,浆液与土体发生化学反应使改善后的土体与注浆孔形成的桩体形成复合地基,达到消除湿陷性,提高地基承载力,减少变形的目的。

1.2.1 设计程序

- 1) 注浆设计前,应了解填土的成分、性质,展开必要的地质调查;
- 2) 根据工程性质要求及填土的性质,确定初步方案;
- 3) 注浆试验,可进行室内注浆试验,对较重要的工程,还应选择有代表性的地段进行现场注浆试验,以便确定施工方法和技术参数;
- 4) 进行设计、计算、确定注浆方案施工参数和技术措施;
- 5) 施工检测,根据检测结果,必要时补充设计施工,并设置沉降观测。

1.2.2 设计内容

- 1) 注浆要达到的效果和质量要求目标;
- 2) 注浆加固深度、影响半径、注浆压力设计;
- 3) 选择浆液类型及浆液配比;
- 4) 确定钻孔直径,回填材料,以及合理的孔距,布孔方式;
- 5) 注浆效果评估,采用各种方法和手段,检测注浆是否达到预期效果的要求。

1.2.3 施工方案

施工前根据设计内容及质量要求进行周密布署,一般需进行注浆试验,确定钻孔方式,注浆压力,封孔方法,注浆管的埋设,注浆次序,注浆次数及多次注浆时间间隔,外加剂选择等,施工质量对注浆处理的成败至关重要。

2 工程实例

2.1 某大学办公楼填土地基的加固处理

2.1.1 工程概况

办公楼为3层砖混结构、刚性基础,始建于1987年,自1996年开始建筑物多处出现明显裂缝,至1999年加固处理前,建筑物一、二、

三层均出现裂缝,大部分呈约 45° 线状分布,部分已发展为贯穿裂缝,裂缝并未稳定,而且仍有不断扩展之势,影响外观及建筑物的正常使用。

2.1.2 事故调查分析

经有关工程技术人员及专家对建筑物进行事故调查分析,查明墙体开裂的原因,是由于基础座落在冲沟底部人工回填的风化碎石填土上,填土厚度 4~5 m 不等。由于山前洪水侵入地基,造成地基土被侵蚀、掏空及风化

碎石填土的湿陷性,使座落于填土地基上的基础,因地下水入渗加速下沉,产生不均匀沉降。因此需对地基进行加固处理。

2.1.3 加固设计、施工方案

经比较采用水泥注浆加固处理方案。根据现场条件及事故分析结果,采取沿承重墙两侧注浆,设计浆液扩散半径 0.8 m,注浆点间距 1.2~1.5 m,加固深度 5 m,采用普通 425# 硅酸盐水泥,水灰质量比为 1:1。设计采用沿墙体两侧单排布孔(见图 1)。

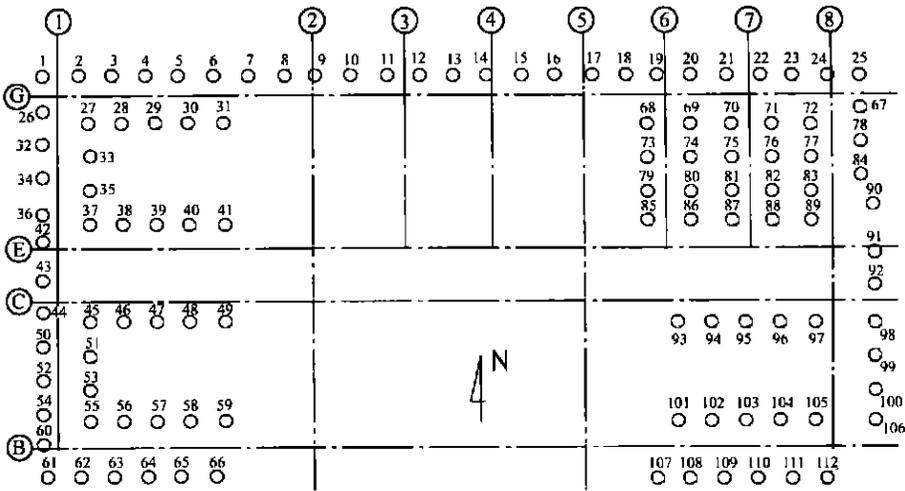


图 1 注浆点平面布置图

施工采用 XY-100 型钻机及 KR80302 钻机成孔, BW200 泥浆泵进行注浆施工,钻孔内分段注浆。钻孔下料及封孔,埋管情况见图 2。

2.1.4 加固效果及评价

施工后即进行初步检测,采取钻探取样,观察填土充填结石的程度,并选择代表性地段进行钻孔注水试验,初步检测效果较好,并沿建筑物四周布置沉降观测点 10 个,进行了一年的沉降观测,观测结果见表 1。

2.2 某制衣公司新建办公楼

2.2.1 工程概况

办公楼为 2~4 层的框架结构,独立基础,基础埋深约 4 m,设备房单层,框架结构,基础埋深约 2 m,室内外地坪高差约 1.2~1.8 m,

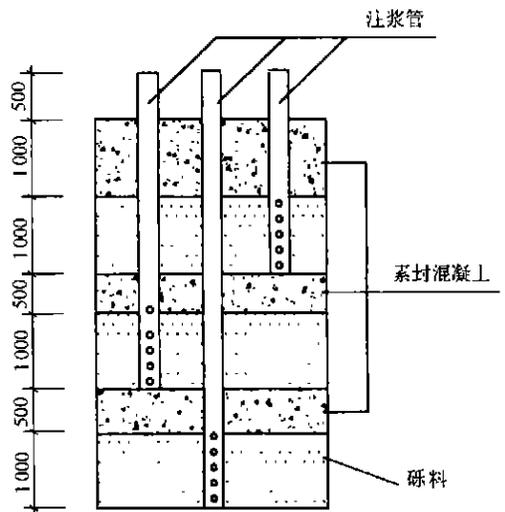


图 2 钻孔下料及封孔示意图

表1 沉降观测结果

观测点号	第一次观测 (1999-11-18)	第二次观测 (1999-12-07)	第三次观测 (2000-02-25)	第四次观测 (2000-06-06)	第五次观测 (2000-09-13)	第六次观测 (2000-11-23)
	高程/m	高程/m 相邻沉降量/mm 累计沉降量/mm				
1	29.527 4	29.527 2	29.526 3	29.526 0	29.526 2	29.525 8
		-0.2 -0.2	-0.9 -1.1	-0.3 -1.4	0.2 -1.2	-0.4 -1.6
2	28.481 4	29.481 0	29.480 0	29.479 7	29.479 4	29.478 8
		-0.4 -0.4	-1.0 -1.4	-0.3 -1.7	-0.3 -2.0	-0.6 -2.6
3	29.493 2	29.492 9	29.492 2	29.492 1	29.491 8	29.491 0
		-0.3 -0.3	-0.7 -1.0	-0.1 -1.1	-0.3 -1.4	-0.8 -2.2
4	29.470 5	29.470 5	29.469 4	29.469 2	29.469 1	29.469 1
		0.0 0.0	-1.1 -1.1	-0.2 -1.3	-0.1 -0.8	0.0 -1.4
5	29.547 8	29.548 1	29.547 1	29.547 2	29.547 0	29.546 8
		0.3 0.3	-1.0 -0.7	0.1 -0.6	-0.2 -1.1	-0.2 -1.0
6	29.534 8	29.535 1	29.534 2	29.533 8	29.533 7	29.533 6
		0.3 0.3	-0.9 -0.6	-0.4 -1.0	-0.1 -1.1	-0.1 -1.2
7	29.478 9	29.479 0	29.478 2	29.478 0	29.477 8	29.476 9
		0.1 0.1	-0.8 -0.7	-0.2 -0.9	-0.2 -1.1	-0.9 -2.0
8	29.429 8	29.429 8	29.428 9	29.428 2	29.428 0	29.425 5
		0.0 0.0	-0.9 -0.9	-0.7 -1.6	-0.2 -1.8	-2.5 -4.3
9	29.508 4	29.508 4	29.507 5	29.506 8	29.506 5	29.505 8
		0.0 0.0	-0.9 -0.9	-0.7 -1.6	-0.3 -1.9	-0.7 -2.6
10	29.452 1	29.451 9	29.451 4	29.450 1	29.449 8	29.449 3
		-0.2 -0.2	-0.5 -0.7	-1.3 -2.0	-0.3 -2.3	-0.5 -2.8

基础施工时采用了降水措施,满堂红大面积开挖至基底。基础施工后进行了大面积人工回填土,房心填土厚度3~6m,填土时间为1999年12月~2000年1月。至2000年7月主体已全部施工结束,进行室内装修,正值雨季,地下水位回升,以及大量的地表水入渗回填地基内。仅1个月时间,室内地面多处出现大范围下沉,使地表10cm厚的砼地面与填土地基出现脱空的现象,同时也造成一些隔墙出现严重的下沉,出现质量事故。

2.2.2 危害调查与分析

根据现场钻探、取样,及轻型动力触探试验结果,地下水埋深4.2m, $N_{10}=8\sim 60$ 击,填土的天然密度为 $1.75\sim 1.85\text{ t/m}^3$,室内试验测定压力200kPa时,其湿陷系数 $\delta_s=$

0.017~0.048,说明填土具有较强的湿陷性。在现场开挖 $1.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}$,深度0.6m的试坑进行浸水试验,经观测1~2d后,出现约10mm的自重湿陷量,说明填土不均匀,结构疏松,具湿陷性特点,这是造成地面下沉的原因。

2.2.3 加固设计及施工方案

针对建筑物内隔墙、设备基础、地面的施工环境及使用功能的特点,采用因地制宜的复合地基加固方法。

1) 挤密灰土桩加固

适用于办公楼、设备房首层地面及未砌的内隔墙。施工方法为人工成孔后往孔内分层填入白灰土,分层夯实,使桩间土得到置换和挤密。从而形成柱状加固体,使房心填土整体得以改善,增强土体物理力学性能,减弱土体侧压

力对外墙的影响。设计参数为孔径300 mm;孔深4.0~4.5 m,以见地下水或进老土层为终孔原则(必要时对孔底注浆);桩体材料用2:8灰土(质量比),梅花型布桩,桩间距80~90 cm。

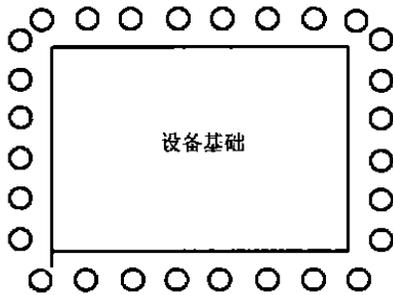
2) 高压注浆加固

适用于已经砌筑的无连系梁隔墙地面。施工方法为采取人工成孔,后将带有喷嘴的注浆管插入孔底,再用水泥砂浆封口,并以高压注浆设备将水泥浆液压入土体内,使浆液与土体形成一种特殊的水泥-土网络结构,达到固结填土的目的。设计参数为孔径250 mm;孔深2.5~3.0 m,以见地下水或见老土层为终孔原则;孔间距80~90 cm;浆体材料为普通425[#]硅酸盐水泥。每孔注浆量(按扩散半径

15 cm 计算)约为0.36 m³。

3) 微型桩和高压注浆联合加固

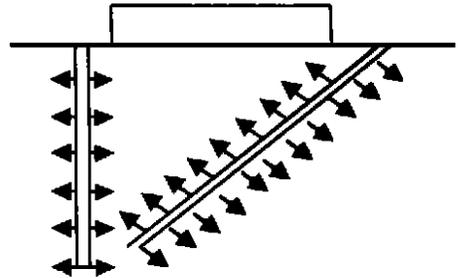
适用于已经砌筑的设备基础加固。垂直注浆施工方法同上。微型桩施工方法为采取人工成孔,后将带有喷嘴的注浆管与钢筋一起插入孔底,再用水泥砂浆封口,并用高压注浆设备将水泥浆液压入孔内,使浆液与土体形成一种水泥-钢筋-土空间网络结构。从而使设备基础空间整体保持稳定。垂直孔设计参数同上。微型桩设计参数为孔径100 mm;孔长约4.0~4.5 m(以穿越基础宽度为限);倾角30°~40°;孔间距30~40 cm;钢筋采用 $\phi 6$,浆体材料普通425[#]硅酸盐水泥。每孔注浆量(按扩散半径15 cm 计算)约为0.32 m³(见图3)。



(a) 平面示意图

注:①设备基础采用高压注浆方案

②注浆孔间距30~40 cm,注浆孔深4.0~4.5 m,基础长边采用垂直孔与斜孔间隔布置。基础短边布置垂直孔。



(b) 剖面图

注:斜孔插筋注浆形成微型桩。成孔采用人工洛阳铲,成孔角度30°~40°。

图3 微型桩示意图

2.2.4 效果检测

通过地面80~100 kPa恒载试验1~2 d,沉降量仅1.2 mm,浸水试验未发生附加沉降,表明处理效果良好。

3 结语

1) 湿陷性填土是一种特殊性土。在工程勘察及建筑工程中应充分认识填土湿陷的特点及其危害性,有必要对湿陷性填土地基进行治理以避免建筑事故的发生。

2) 对湿陷性填土地基进行治理采用因地制宜的加固方法,可以达到技术上可行、经济上合理的目标。

参 考 文 献

- 1 地基处理编写委员会.地基处理.北京:中国建筑工业出版社,1988.293
- 2 《工程地质手册》编写委员会.工程地质手册(第三版).北京:中国建筑工业出版社,1992.467,491

收稿日期:2001-10-12