

减沉桩与加筋土褥垫层联合作用减沉机理研究

李 强,赵海丰,刘国栋,杨金保

(长江三峡勘测研究院有限公司(武汉),湖北 武汉 430074)

摘要:采用减沉桩和加筋土褥垫层的地基处理方式,能显著减小回填土地基深降,且具有较好经济性。为掌握其联合作用机理,以某多层住宅的复合地基为例,通过布置监测仪器,监测了桩和桩间土的压力及沉降、加筋土褥垫层中土工格栅的变形以及建筑物的沉降。分析了桩和桩间土的应力变化情况、土工格栅变形以及桩与桩间土的沉降差异。结果表明,减沉桩的作用是控制沉降,而加筋土褥垫层的作用则在于提高地基土强度并协调变形;减沉桩在褥垫层方向存在刺入现象。上述机理的清晰阐释,有助于在实际工程中更好发挥该种复合地基的作用,有效控制建筑物沉降。

关 键 词:减沉桩;加筋土褥垫层;地基处理;沉降

中图法分类号: T

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.14.017

1 研究背景

对于新近填土(2~3 a)而形成的高填方地基,如不对其进行地基处理而在其之上直接修建建筑物,地基土在巨大荷载作用下通常会产生较大的沉降。目前常用的强夯、置换、CFG 桩等地基处理方式因影响深度有限,难以消除影响范围以下土体的沉降;高压灌浆、旋喷桩等地基处理方式因新近填土过于松散而难以保证施工质量且造价较高;桩基础穿越新近填土需要的桩长较大,对于 7~10 层的建筑物来说是非常不经济的。

采用减沉桩与加筋土褥垫层联合布置能较好解决此类地基问题,两者的联合作用是一种刚柔相济的地基处理方式。减沉桩作为刚性构筑物能有效承担上部建筑物的荷载,将上部荷载传递至下部力学强度较高的土层,减小新近填土承受的荷载,进而减小沉降;加筋土褥垫层能够提高土体的地基承载力,同时协调变形,减小不均匀沉降^[1]。减沉桩能以较少的桩基数量、较短的桩长解决桩基沉降的问题,而通过加筋土褥垫层则能提高并充分利用土体自身的承载力,因而具有较好的经济性。

2 工程简介

2.1 工程地质条件

某小区住房位于长江一级支流与长江交汇处,原始地形为山沟和山脊交错地形,场区内分布 4 条冲沟。地基为在地表之上回填形成的高填方区,回填深度 15~30 m,回填物主要为山体开挖土方、建筑垃圾及生活垃圾等物质,且回填过程中未经过任何加固处理,因而地基条件较差。岩土体力学性质详见表 1,典型地质剖面见图 1。

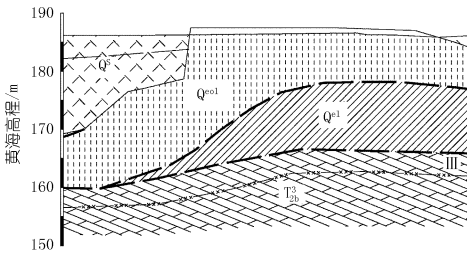


图 1 工程场区典型地质剖面

2.2 工程加固方案

减沉桩采用钻孔灌注桩,主要沿条形基础中心布

置,桩径 $\varnothing 600\text{ mm}$,桩顶设置厚为 20 cm 的桩帽,减沉桩布置间距 $6\sim 8\text{ }d$ (桩径),尽量布置在墙体中心线交接部位,减沉桩穿透填土层进入风积层或崩积层土层 $3\sim 5\text{ m}$,桩顶伸入上部加筋土褥垫层 20 cm 。加筋土褥垫层采用级配碎石,厚度为 50 cm ,中间设置两道土工格栅使级配碎石分为 3 层,厚度分别为 $15, 15, 20\text{ cm}$ 。工程方案典型断面如图 2 所示。

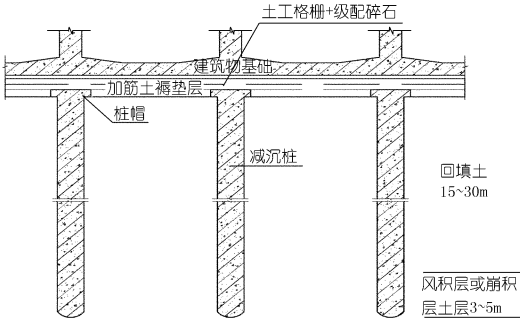


图 2 减沉桩与加筋土褥垫层布置

3 减沉桩与加筋土褥垫层联合作用机理

地基稳定问题均可归纳为两方面问题,即变形问题和强度问题。本文从以下几点分析减沉桩与加筋土褥垫层联合作用机理,验证其应用于地基处理的可行性。

(1) 复合地基理论。在通过地基处理后,减沉桩与地基土联合形成复合地基,同时减沉桩在施工过程中能对填土起到一定的挤密作用,增加填土力学强度,降低填土后期承载后的沉降^[2]。

(2) 加筋土褥垫层的变形协调作用。加筋土褥垫层属于柔性结构,上部传来的荷载作用于较软弱地基时,加筋土褥垫层会产生较大变形,其中的土工格栅随着褥垫层的变形而产生拉应力,约束褥垫层的变形,也减小了软弱区的沉降,起到协调不均匀沉降的作用。

(3) 强夯与加筋土形成“硬壳层”。由于场区表层之前进行了强夯处理,土体强度得以加强,具备一定的承载能力,设置加筋土褥垫层并碾压后能与强夯层共同形成一个“硬壳层”,进一步加强地基土的强度,使得地基承载力满足要求同时也充分发挥了原有地基土的强度^[3]。

(4) “串葫芦”理论。由于地基处理设置的减沉桩穿透了填土层,其下伏残坡积土层或风积层作为持力层。减沉桩连接了上部强夯层和填土以下的土体,将上部荷载直接传递至填土以下的土体,极大降低了作用于上部新近填土的荷载。

(5) 应力衰减理论。在上部荷载的作用下,作用于土体的附加应力随着深度的增加而减小,故表层

“硬壳层”承受的应力较大,而下部松散填土承受的应力相对较小,强度大的土体承受的应力较大,而强度小的土体承受的应力较小,有利于减小土体的沉降^[4]。

(6) 桩的土拱效应及土工格栅的膜效应。由于基础底部设置了一定数量的减沉桩,在减沉桩、桩间土和加筋土褥垫层共同承载上部荷载的条件下,随着桩间土沉降的发生,减沉桩形成土拱,土拱效应使荷载向减沉桩转移,从而减小土体的进一步沉降。由于桩和桩间土承受的荷载及沉降存在差异,土工格栅会随着沉降的发生在桩之间进行应力的重新调整而出现膜效应,阻止土体发生进一步沉降。桩间土拱效应及土工格栅的膜效应均能有效将荷载传递至减沉桩,减小桩间土的沉降量^[5]。

4 变形监测分析

为了检测减沉桩与加筋土褥垫层联合作用的效果,判定场地的地基变形情况及发展趋势,在施工过程中及其完成后进行了以下几个方面的测试:① 地基承载力测试;② 减沉桩压力监测和桩间土土压力测试;③ 桩和桩间土沉降差异的测试;④ 加筋土褥垫层土工格栅应力的测试;⑤ 建筑物沉降监测。

4.1 地基承载力

土体具有足够的强度是防止地基土在受载情况下发生剪切破坏的必要条件,为了确保地基土的强度能满足要求,对地基处理前后的地基承载力进行检测,以对比地基承载力的提高幅度,从而确保地基承载力满足设计要求。图 3 为试验点在铺设加筋土褥垫层前后的承载力特征曲线对比图。

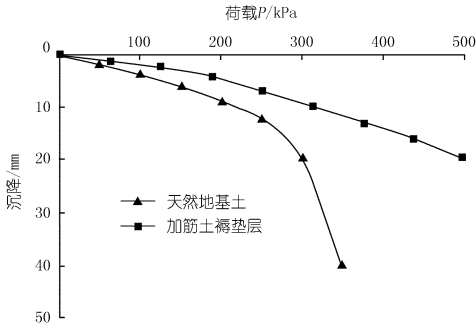


图 3 承载力特性值对比

由图可知,加筋土褥垫层对提高地基承载力具有显著的作用,在使用加筋土褥垫层后,地基承载力特征值可由 130 kPa 提高到 250 kPa 以上,地基强度得到保证,可满足 7~10 层建筑物的地基承载力要求。

4.2 桩与桩间土应力比较及沉降差异

在地基土加载的过程中,桩和桩间土将共同承受

荷载,由于两者刚度的差异,桩间土的沉降大于桩的沉降。随着桩间土的沉降,上部的加筋土褥垫层也会随之沉降,桩将会向加筋土褥垫层内刺入并承受更大的荷载。随着加载过程的结束,减沉桩和桩间土分别承受的荷载最终将达到一种平衡状态。

桩和桩间土的应力测试采用土压力盒,沉降监测采用单点位移计,土工格栅的变形采用柔性位移计。监测仪器的布置详见图 4,桩和桩间土土压力变化曲线详见图 5,桩和桩间土沉降变化曲线详见图 6。

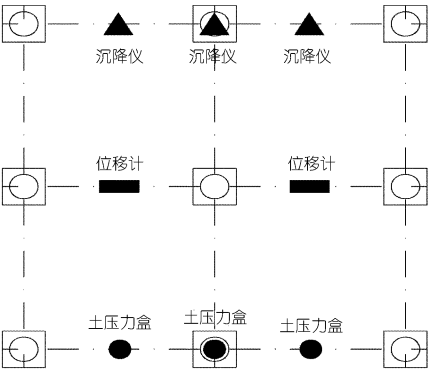


图 4 监测仪器布置

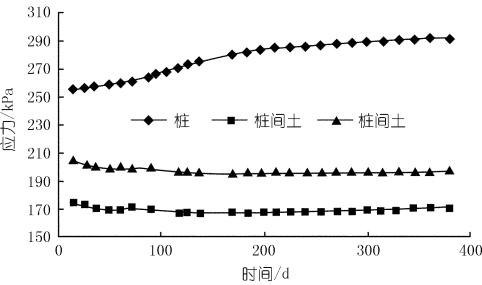


图 5 土压力变化曲线

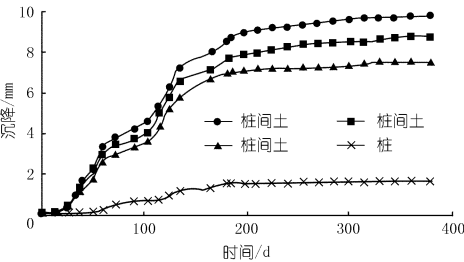


图 6 桩和桩间土沉降变化曲线

地基承载后,由于桩和桩间土强度的差异,桩承受的荷载大于地基土承受的荷载。随着时间的增长,地基土沉降量大于桩的沉降量,而使桩承受的应力逐渐增大,而地基土的应力逐渐减小。

4.3 土工格栅协调变形监测分析

在地基土沉降过程中,加筋土褥垫层将随之沉降,同时,随着加筋土褥垫层中级配碎石的向下变形,桩将向上刺入加筋土褥垫层中,加筋土褥垫层中的土工格

栅将会在桩之间形成抛物线形态(见图 7)。

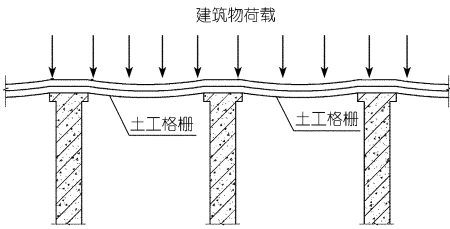


图 7 土工格栅变形示意

土工格栅的变形将约束褥垫层进一步向下变形并将更多的荷载传递至减沉桩,从而减小地基土的沉降。对于因地基土软弱而产生较大沉降的部位,土工格栅将会产生更大的拉应力以阻止其进一步变形,并能将拉应力传递到相邻的区域,从而减小软弱区域的变形量以减小不均匀沉降。

5 结 论

(1) 减沉桩和加筋土褥垫层联合作用,通过减沉桩控制沉降,通过加筋土褥垫层提高地基土的强度和协调变形能力。减沉桩和加筋土褥垫层地基共同承受荷载以满足地基强度要求。

(2) 地基受到荷载后,桩间土沉降量显著大于减沉桩的沉降,由于地基沉降差异,桩间土承受的荷载逐渐减小,减沉桩承受的荷载逐渐变大,最终达到平衡。桩间土的沉降与建筑物的沉降基本相当,而减沉桩的沉降量明显小于前两者,说明减沉桩向褥垫层方向存在刺入现象。

(3) 受桩和桩间土沉降差异的影响,土工格栅发生了变形,提高了桩间土的承载力,调节了桩及桩间土的应力分担比例,减小了建筑物的沉降及不均匀沉降。

(4) 监测成果显示,无论地基土还是建筑物的沉降量均远小于规范规定的限值,保证了建筑结构物的安全。

参考文献:

[1] 刘润,闫澎旺.带褥垫层减沉桩作用机理及现场试验研究[J].建筑结构学报,2000,(8).
[2] 辛公锋,彭桂超,张忠苗.不同褥垫层刚-柔性桩复合地基试验研究[J].施工技术,2005,(9).
[3] 韩高升,李梅,何世秀.常用复合地基与减沉桩联合用于软土地基处理[J].湖北工学院学报,2002,(3).
[4] 龚晓南.地基处理新技术[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.
[5] 龚晓南.复合地基理论及工程应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.

(编辑:郑 毅)

2.3.2 闭合导线条件平差精度评价

从表 2 中可以看出,闭合导线条件平差的闭合差分别为:角度闭合差 $f_{\beta} = -2.115\,543''$,坐标闭合差分别为 $f_x = -2.014\,131\text{ mm}$, $f_y = -5.406\,794\text{ mm}$;实际测得的观测边总和为 $\sum D = 899.403\text{ m}$ 。

闭合导线条件平差角度闭合差容许值可根据公式(16)求得,导线全长闭合差由公式(17)得,导线全长相对闭合差由公式(18)所求得。

$$f_{\beta容} = \pm 16\sqrt{n} \tag{16}$$

$$f_D = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \tag{17}$$

$$K = f_D / \sum D \tag{18}$$

根据以上公式求得 $f_{\beta容} = \pm 35.777''$, $f_D = 0.005\,77\text{ m}$, $K = 1/6\,415\,366$ 。所以角度闭合差 $f_{\beta} < f_{\beta容}$,导线全长相对闭合差小于二级导线测量的技术要求^[2],说明该闭合导线条件平差得数据成果合格。

3 结 语

本文利用条件平差的原理和方法,结合工程实例,并根据平差数学模型利用 Visual FoxPro 软件来完成并实现了闭合导线的条件平差,经精度检验,该方法符合导线测量的技术要求,能够满足工程建设的要求,且有较高的精度。

闭合导线条件平差程序在工程测量中的闭合导线测量中可通用,同时在地形测量和地籍测量的首级控制网和图根级控制测量中均可使用,具有很强的普适性,同时对附和导线和导线网具有重要的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 武汉大学测绘学院测量平差学科组. 误差理论与测量平差基础[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003.
- [2] 中国有色金属工业协会. GB50026-2007 工程测量规范[S]. 北京:中国计划出版社,2012.

(编辑:邓 玲)

Discussion of a condition adjustment method based on closed traverse

TAO Shunyong, SONG Huashan, QIAN Zheng, CHEN Tan

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

Abstract: Traverse survey has the advantages of easy setting, convenient measuring points selection, and is flexible especially in the situation of too many buildings and poor sighting condition. The principle of condition adjustment and the solution method of closed traverse condition adjustment are introduced. Taking Xianyou Pumped Storage Power Station as an example, the traverse at the entrance of the division tunnel of upper reservoir was increased. By using the principle of condition adjustment of traverse, the program was designed and compiled under Visual FoxPro, and the condition adjustment of closed traverse was realized. The check of practical project proved that the method has high accuracy, which can meet the requirement of project construction with strong practicability.

Key words: closed traverse; condition adjustment; calculation method

(上接第 60 页)

Study of settlement – reducing mechanism of co – action by settlement – reducing pile and reinforced soil cushion

LI Qiang, ZHAO Haifeng, LIU Guodong, YANG Jinbao

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

Abstract: The foundation treatment technology of settlement – reducing pile together with reinforced soil cushion can efficiently control the settlement of back – filled foundation, which is economic. For better understanding the co – action mechanism of this composite foundation, the monitoring devices were arranged at the foundation of a multistory building, the monitoring program includes the following items: soil pressure, settlement of piles and the soil among piles, deformation of geogrid in the reinforced soil cushion, settlement of the building. The stress variation laws of pile and the soil among piles are analyzed, and deformation of geogrid and the settlement differences of piles and soil among piles are discussed. The results show that the action of settlement – reducing pile is controlling settlement, and the action of reinforced soil cushion is strengthening soil strength and coordinating deformation; the penetration phenomenon of pile to soil cushion is existed.

Key words: settlement – reducing pile; reinforced soil cushion; foundation treatment; settlement