

金钟罩复合地基

金亚伟¹, 乔 斌², 吴连海³, 刘宏伟⁴, 潘秉忠⁵

(1. 宜兴市鑫泰土工材料有限公司, 江苏 宜兴 214267; 2. 天津天科工程监理咨询事务所, 天津 300456;
3. 铁道部第三勘察设计院, 天津 300140; 4. 天津临港经济技术开发区工程部, 天津 300452;
5. 中港基业岩土技术有限公司, 北京 100024)

摘要:为解决地基处理后的沉降, 通过分析金钟罩铁布衫的力学原理, 设计开发出金钟罩复合地基。采用金钟罩复合地基后, 荷载从由桩体承担改为由加筋土和桩体共同承担, 加筋体产生正拱效应, 形成有效的复合地基, 可提高地基的回弹模量; 立体土工格栅可以改变动荷载产生的震荡频率的方向, 从而使沉降减小; 下卧区可提高土体固结度, 让其承担上部土体产生的荷载, 同时通过及时封闭排水通道, 可减少水体对地基产生的影响。

关键词: 金钟罩 地基处理 沉降 立体格栅 正拱效应

中图分类号: TU476+.9 文献标志码: B 文章编号: 1006-7647(2012)S1-0034-02

高速铁路必须要有强度高、刚性大、沉降小、稳定性和耐久性好的基础。铁路路基的工后沉降尤其要求严格。在深厚软土地基施工处理中, 如果采用搅拌桩、CFG 桩、旋喷桩、碎石桩等目前常用的地基加固处理措施, 往往不能满足要求。金钟罩复合地基成为可供选择的加固措施之一。国内针对高精度沉降控制条件下的刚性桩、桩-土相互作用机理的系统研究较少, 设计理论远落后工程实践, 存在浪费现象和安全隐患。因此, 迫切需要开展柔性基础作用下刚性桩复合地基荷载分配及垫层设置问题、高精度沉降控制条件下的桩-土作用问题、刚性桩复合地基下卧层的荷载及沉降变形问题以及刚性桩复合地基失效形式及机理等研究。

1 高铁地基处理中存在的技术问题

a. 地基处理大多采用桩网结构, 大量采用 CFG 桩, 现场出现掉桩头、断桩、串桩等现象且充盈系数偏大, 这与流塑状软土的不排水、抗剪强度低、触变灵敏度高有关。对深厚及流塑状软土的地基处理一般采用 CFG 桩和预制钢筋混凝土打入桩, 现场可能会出现加固区以外建筑物变形隆起的现象, 影响建筑物的使用安全。

b. 动荷载对路基沉降的影响, 应该考虑路基土体主应力轴旋转的特点。主应力轴方向的旋转是车

辆震荡等荷载作用下地基所受应力路径的主要特征, 这种复杂的应力路径与应力轴定向剪切的应力路径相比, 对土体性状的影响存在显著差异, 主要表现为震荡造成路基沉降。

c. 地基处理只考虑了路基荷载的影响, 还应考虑路基附近一定距离内地下水对路基安全稳定的影响。

2 金钟罩复合地基的设计思路

地基处理的终极目标是零沉降, 即无压缩变形, 复合地基加固区应具有足够的回弹模量和刚度。现通过中华武术中的金钟罩铁布衫的力学原理, 采用立体加筋改善加筋土结构, 增强复合地基的承载力, 减小地基沉降。

中华武术金钟罩铁布衫是中华民族几千年武术文化的精华。1 个人用 5 个枪尖支撑, 当承受 6000 N 的冲击力时人体无恙。6000 N 的力传到 5 个枪尖的平均冲击力应为 1200 N, 但实际上枪尖所承受的力只有 140 N, 那么其他的力到哪里去了? 究其原因可能是 ①锤子作用在石板上的时间只有 0.01 s, 非常短暂, 巨大的力来不及往下传, 只会往下传很小一部分(140 N), 这 140 N 的力作用在人的皮肤上也只有 0.1 s。②腹腔和肌肉联合成一个刚体或半刚体, 有一个坚强、牢靠的基础。③枪杆吸收部分能量。从

金钟罩铁布衫的力学原理中得到启发,在地基加固中对地基进行桩网结构性处理。

目前复合地基大多采用桩网结构加筋土(图1),图中 F_1 为土工格栅水平向变形形成的反作用力, F_2 为桩向上形成的作用力,总荷载 $P \leq F_1 + F_2$ 。 F_1 越大,转移至桩帽的应力越大, F_2 也越大,沉降主要由桩的刺入量、桩间土变形量和路基的压缩变形量组成,桩的刺入量是主要沉降量, F_2 越大,沉降也越大。

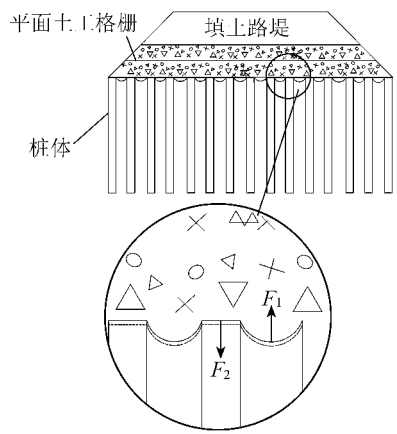


图1 桩网结构

复合地基加固区采用立体加筋法,也就是铺设多层立体土工格栅,使之能改变力的方向(图2)。图中 F_1' 为格栅水平向变形形成向上的反作用力, F_2' 为桩向上形成的作用力, F 为格栅孔内土拱形成的向上的拱力,总荷载 $P \leq F + F_1' + F_2'$,当 F 变大时, F_1' 也相应变大,在复合地基加固区总应力不变的情况下 F_2' 变小。即加固区内形成无数个小正拱,可快速分解上部荷载,使纵向受力快速变成水平向受力,上部荷载大部分由立体格栅分担,对加固区下卧层产生较小的应力, F_2' 可相应变小,造成沉降也较小。

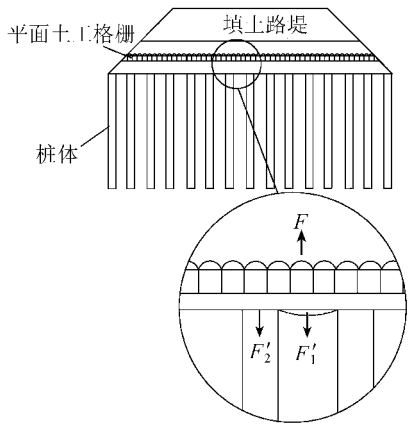


图2 金钟罩复合地基结构

立体加筋法还可改变振荡频率和方向,消除动荷载对地基的影响,能很好地将应力传递至桩帽上,

还能使轨道交通不易产生共振,提高建筑物安全性。

立体土工格栅是在国内外路基处理实践过程中发明的一种特种加筋材料,它由肋带竖立交叉编织而成,接点通过交叉注塑成型,强度特别高。肋带和路基按 45° 方向铺设,能提高格栅有效利用率。利用接点强度来提高垂直方向上的抗压强度并快速扩散荷载受力方向,形成正拱效应,提高路基的回弹模量,并且改变振荡频率和振荡方向,减少荷载在震荡环境下对路基造成的沉降。立体土工格栅是所有加筋材料中唯一能产生正拱效应和提高抗震级别的加筋材料,能彻底解决柔性基础作用下刚性桩复合地基荷载分配及垫层分配设置问题,提高沉降控制精度。

3 复合地基下卧层加固区处理技术

复合地基加固区铺设多层立体格栅后,柔性加固体内形成无数的小正拱,使回弹模量足够大,以支持荷载对地基造成的影响。下卧层只要解决支持上部土体的强度,就能平衡土体间压强以及自身压缩变形。采用增压真空法预压处理流塑状软土,也许能解决下卧层的流塑状软土固结问题^[1]。

增压真空法的主要特点是造价低、时间短、质量高。采用增压真空技术,加大土体压差,实现超载预压。在对软基采用增压真空预压的同时,在软基中设置增压管对软土进行水平向增压,形成水平向增强复合地基,加速土地固结,提高上层土体的固结强度。通过直连技术,取消吹砂垫层,更加低碳环保。区别于原真空预压靠砂垫层传递真空,而改用手形接头连接排水板,使真空直达土体内部,缩短施工时间,降低造价。在真空预压加固结束后回灌密封胶料,使排水板密封而不进行孔压消散,以此控制加固下卧区的沉降。使用防淤泥技术控制滤膜孔径,达到最佳泥水分离效果。防淤堵排水板的连续结构使其具有整体性好、抗拉强度高、通水量大的特点。该排水板滤膜采用特殊工艺,可根据淤泥的中值粒径调整孔径大小,达到最佳泥水分离的目标,还具有自吸功能。而国内排水板滤膜孔径都一样,应用在不同的淤泥中产生涂抹和井阻效应,必然会出现不同程度的淤堵现象。实施长短板联合抽空技术提高浅层固结强度,缩短施工时间。传统浅层真空系统和深层真空系统分开独立,而利用浅层真空系统处理后在深层真空系统作用时,浅层土体固结强度大幅度提高。

目前桩网复合地基还未有完善的沉降计算方法,虽然一些学者提出了新的计算思路,但实际工程中还多沿用常规方法。

(下转第38页)

数值模拟以及现场监测结果显示,在板桩码头墙后采用土工格栅回填土,能够有效降低板桩码头胸墙上的荷载作用,减小了码头前沿位移,从而优化整个结构。随着科技的进步,土工格栅生产工艺已日渐成熟,土工格栅以其良好的提高复合土体强度的性能,在土木工程和其他领域的应用会越来越广泛。

参考文献:

[1] 戴天棋.土工合成材料在湄洲湾码头工程中的应用[J].福建建设科技,2003(1):45-47.
[2] 张福贵,朱庆华.土工格栅在板桩码头工程中的应用[J].河海大学学报:自然科学版,2009,37(6):712-715.
[3] 王祺,韩道均,陈仕周.土工格栅加筋挡墙的设计方法及应用[J].重庆交通学院学报,2006,25(3):65-68.
[4] 胡建东.加筋土挡墙设计及其在水电工程中的应用[J].水利水电科技进展,2000,20(5):60-63.
[5] 何光春.加筋土结构设计与施工[M].北京:人民交通出版社,2000.

(上接第30页)

3 结 论

- a. 土工袋在水平方向对土压力确实具有缓冲和削减作用,这对于工程减振隔震具有现实意义。
- b. 通过试验得出了土工袋柔性挡土墙土压力竖向分布的曲线,虽然该曲线的正确性需要进一步的试验校核,但对今后的试验仍具有一定的参考价值。
- c. 土工袋挡土墙在竖向荷载增加情况下,所受土压力增长较缓慢,特别是外层土工袋,这与土工袋的受力形变有很大的关系。

参考文献:

[1] 刘畅,张海波.重力式挡土墙的设计与应用[J].建筑,2009(9):52-53.
[2] 卢廷浩.土力学[M].南京:河海大学出版社,2005:192-217.
[3] 刘斯宏,汪易森.土工袋技术及其应用前景[J].水利学报,2007,38(S1):644-648.
[4] 刘斯宏,汪易森.土工袋加固地基原理及其工程应用[J].岩土工程技术,2007,21(5):221-225.
[5] MATSUOKA H,LIU Si-hong. A new earth reinforcement method using soilbags[M]. Netherlands:Taylor & Francis,2006:55-100.
[6] 王艳巧,刘斯宏,杨俊杰,等.土工袋加固砂性土质边坡模型试验与上解[J].岩石力学与工程学报,28(S2):4006-4013.

(收稿日期 2011-09-06 编辑 骆超)

版社,2000.
[6] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会.土工合成材料工程应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
[7] Itasca Consulting Group. Fast lagrangian analysis of continua in 3 dimension[M]. MN,USA:Itasca Consulting Group,Minneapolis,2002.
[8] 陈育民,刘汉龙,邓肯-张本构模型在FLAC^{3D}中的开发与实现[J].岩土力学,2007,28(10):2123-2126.
[9] SUGIMOTO M,ALAGIYAWANNA A M N,KADOGUCHI K. Influence of rigid and flexible face on geogrid pullout test[J]. Geotextiles and Geomembranes,2001,19:257-277.
[10] 杨广庆,李广信,张保俭.土工格栅界面摩擦特性试验研究[J].岩土工程学报,2006,28(8):948-952.
[11] 周春儿,何光春,龙丽吉.台阶式土工格栅加筋土挡墙结构优化设计[J].河海大学学报:自然科学版,2008,36(5):713-717.

(收稿日期 2011-09-09 编辑 熊水斌)

(上接第35页)

4 结 语

为解决地基处理后的工后沉降,通过分析金钟罩铁布衫的力学原理,设计开发出金钟罩复合地基。采用金钟罩复合地基后,荷载从由桩体承担改为由加筋土和桩体共同承担,加筋体产生正拱效应,形成有效的复合地基,可提高地基的回弹模量;立体土工格栅可以改变动荷载产生的震荡频率的方向,从而使沉降减小;下卧区可提高土体固结度,让其承担上部土体产生的荷载,同时通过及时封闭排水通道,可减少水体对地基产生的影响。

金钟罩复合地基还需进行以下几方面的研究^[2-3]:①各类地基载荷规律、应力场和位移场特性研究;②各类复合地基承载力和沉降计算方法及计算参数研究;③按沉降控制的复合地基设计理论;④各类复合地基优化设计理论;⑤动力载荷和周期载荷作用下各类复合地基性状;⑥复合地基测试技术等。

参考文献:

[1] 姚建平,蔡德钧,闫宏业,等.我国高速铁路地基处理综述[C]//第十一届全国地基处理学术讨论会论文集.海口:南海出版社,2000:15-19.
[2] 李一雯,周建,龚晓南.高速铁路大直径薄壁筒桩网复合地基沉降计算方法探讨[C]//第十一届全国地基处理学术讨论会论文集.海口:南海出版社,2000:351-352.
[3] 刘维正,魏荣亮,陈迎,等.城市道路局部桥头沉降分析[C]//第十一届全国地基处理学术讨论会论文集.海口:南海出版社,2000:500-502.

(收稿日期 2011-09-15 编辑 骆超)