

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2014.01.004

土工格栅设置对垫层刚度影响的试验研究

黄礼胜, 刘杰, 何杰, 杨庆光

(湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 为探讨土工格栅对碎石垫层刚度的影响规律, 设计了9种不同工况的垫层, 分别进行了模型静载试验, 分析了垫层厚度、有无土工格栅、土工格栅层数及铺设位置等因素对碎石垫层及加筋碎石垫层变形的影响。结果表明: 垫层厚度的减小能有效地降低地基沉降; 在一定荷载范围内, 有土工格栅碎石垫层的承载性能要优于无土工格栅碎石垫层; 在相同荷载作用下, 当垫层厚度相同时, 土工格栅层数和铺设位置不同, 其碎石垫层的刚度也不同, 且存在一个最佳的铺设层数及铺设位置, 土工格栅的最佳层数及铺设位置有待进一步研究。

关键词: 碎石垫层; 土工格栅; 垫层刚度; 沉降

中图分类号: TU472.3+4

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2014)01-0018-04

Experimental Study of the Effect of Geogrid Settings on Cushion Stiffness

Huang Lisheng, Liu Jie, He Jie, Yang Qingguang

(School of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: To study the influence law of gravel Geogrid's effects on the stiffness of grave cushion, cushions of nine different kinds are designed and are carried out static load tests of models respectively. The effects of different thickness of cushion layer, with or without geogrid, the different geogrid layers and different laying position on gravel cushion and reinforced grave cushion deformation are analyzed. The test results indicate that: the decrease of the thickness of cushion layer can effectively reduce foundation settlement; within a certain range of load, the bearing capacity of gravel cushion with geogrids is better than that without geogrid; under the same load, when the thickness of cushion is same, geogrid layers and laying position is different, the gravel cushion stiffness is also different, and there is a best laid layers and laying position. The best geogrid layers and the best laying position need further study.

Keywords: gravel cushion; geogrid; cushion stiffness; settlement

1 研究背景

加筋碎石垫层的优越性能在路基工程中应用较多, 将土工格栅作为加固补强材料埋至碎石垫层内, 能够较好地发挥垫层的承载作用, 约束地基侧向变

形, 减少不均匀沉降, 提高路基的整体强度, 抑制路堤的破坏。

相关学者对加筋垫层在地基中的作用机理展开了研究, 取得了一定的成果。李冰等人^[1]对夯实水泥土楔形桩复合地基进行了静载试验研究, 探讨了碎

收稿日期: 2013-11-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51108176, 51078140)

作者简介: 黄礼胜(1986-), 男, 安徽淮南人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为地基处理,

E-mail: 360509926@qq.com

石垫层中是否有土工格栅对复合地基荷载沉降的影响,结果表明,垫层中有土工格栅的复合地基比无土工格栅的复合地基的平均沉降要小。张良等^[2]通过4种桩网复合地基的现场试验,测试并分析了加筋垫层对复合地基承载力和沉降量的影响。罗强等^[3]基于现场试验,得出了土工合成材料加筋砂垫层能有效减小软土地基在上部路堤荷载作用下的沉降变形的结论。黄仙枝等人^[4-5]研究了加筋垫层的应力扩散特性,分析了加筋层数、筋材间距等对应力扩散角及扩散效应的影响。张福海等人^[6]基于Winkler假定,提出了考虑水平抗力的双参数法,并对土工格室加筋垫层的变形进行了分析。杨明辉等^[7]基于平截面假定,引入叠梁计算理论,分析了叠量弹性模量与叠梁挠度及荷载的对应关系,提出了土工格室加筋垫层刚度的解析算法。杨果林等人^[8]在武广高铁某水泥粉煤灰碎石(cement fly-ash gravel, CFG)桩加固段进行了桩网复合地基加筋垫层土工格栅的变形机理测试,探讨了加筋垫层的变形及破坏特征。马时冬^[9]把加筋垫层应用于泉州2个古建筑城门楼加固工程,并进行了21组荷载试验,对加筋垫层提高地基承载力、均衡差异沉降和减少总沉降的作用及效果进行了检验。

本文基于模型试验,对加筋垫层的工作性状进行测试,探讨不同垫层厚度、土工格栅层数、土工格栅铺设位置等因素对垫层及加筋垫层刚度的影响,为加筋垫层的优化设计提供数据参考。

2 模型试验

为探讨刚性基础下不同工况土工格栅加筋垫层的工作性状,共进行了9个模型静载试验,模拟试验工况如表1所示。

表1 模型试验工况

Table 1 Model testing conditions

序号	工况编号	垫层厚度 / cm	格栅层数	格栅与垫层顶面距离 / cm
1	10CMN-1	10	0	
2	20CMN-1	20	0	
3	10CMG1-1	10	1	5
4	20CMG1-1	20	1	15
5	20CMG1-2	20	1	10
6	20CMG1-3	20	1	5
7	20CMG2-1	20	2	第一层 15 第二层 10
8	20CMG2-2	20	2	第一层 15 第二层 5
9	20CMG2-3	20	2	第一层 10 第二层 5

该模型试验在尺寸为1.5 m × 1.5 m × 0.4 m的模型箱中进行,模型箱内分层铺设碎石,其物理力学性能参数见表2。模型试验的加载系统主要由千斤顶和反力架组成,在承载板四边的中点对称安装百分表测量位移,总荷载采用压力传感器进行测量。

表2 碎石的主要物理力学参数

Table 2 Physical-mechanical parameters of gravel

天然重度 w/(kN · m ⁻³)	相对密度	孔隙比 e	内摩擦角 φ/(°)	抗剪强度 τ/MPa
20.6	2.66	0.50	0.23	38

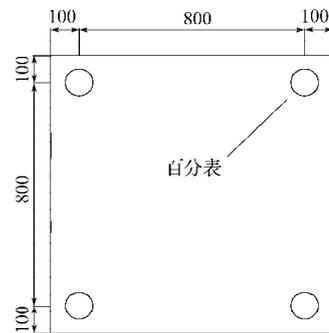
本试验中所用土工格栅为江苏宜兴市华东岩土工程有限公司生产的双向聚丙烯土工格栅,尺寸为1.0 m × 1.0 m,其相关技术指标如表3所示。

表3 土工格栅性能参数

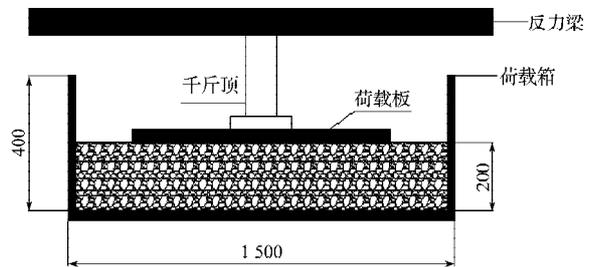
Table 3 Performance parameters of geogrid

面密度 / (g · m ⁻²)	纵向屈服力 / kN	横向屈服力 / kN	纵向伸长率 / %	横向伸长率 / %
330 ± 30	20	20	13	16

试验装置布置如图1所示,其中,图a为百分表在刚性荷载板上的布置平面图及荷载板的尺寸,图b为整套试验装置布置图。静载试验按JGJ 79—2012《建筑地基处理技术规范》^[10]进行。



a) 平面示意图 (单位: mm)



b) 剖面示意图 (单位: mm)

图1 试验装置示意图

Fig. 1 Sketch of test device

3 试验结果及分析

3.1 垫层厚度对垫层刚度的影响

图2为碎石垫层厚度分别为10 cm和20 cm情况

下的无土工格栅的荷载与平均沉降的关系。

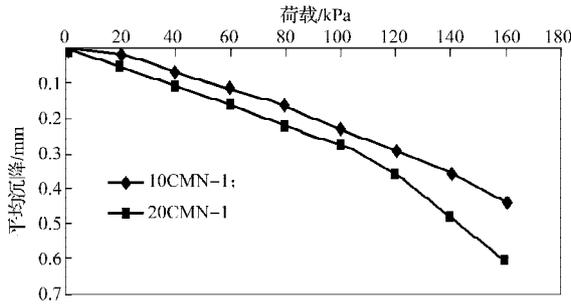


图2 不同垫层厚度的荷载-平均沉降曲线
Fig. 2 Curves of load-average settlement of different thickness of cushion layer

由图2可以看出:

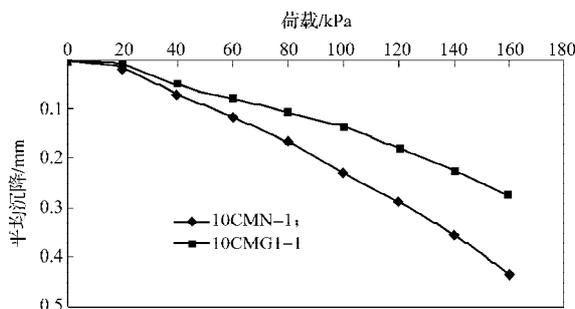
1) 在相同荷载作用下, 2种不同垫层厚度的无土工格栅的荷载-平均沉降曲线均为缓变形曲线, 沉降都随荷载的增大而逐渐增大, 且二者的沉降差值也随荷载的增大而增大。

2) 在荷载大于120 kPa的情况下, 其沉降增加的速率有增大的趋势。

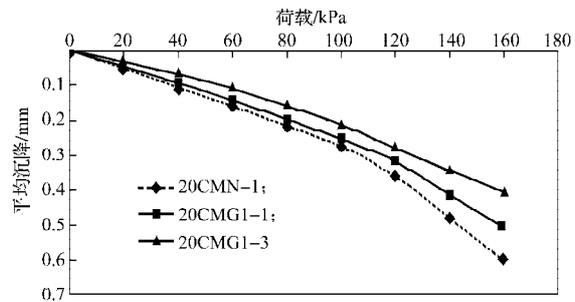
以上现象表明: 在相同条件下, 随着垫层厚度的减小, 地基沉降也得以减小; 但并不是垫层厚度越小越好, 而是存在一个合理的垫层厚度, 最佳垫层厚度范围有待进一步研究。

3.2 有无土工格栅对垫层刚度的影响

图3为碎石垫层厚度分别为10 cm和20 cm情况下的有无土工格栅的荷载与平均沉降的关系。



a) 垫层厚度为10 cm



b) 垫层厚度为20 cm

图3 有无土工格栅的荷载-平均沉降曲线
Fig. 3 Curves of load-average settlement with or without geogrid

由图3可以看出:

1) 有无土工格栅碎石垫层的荷载-平均沉降曲线均为缓变形曲线, 无格栅的沉降值要大于有格栅的沉降值。

2) 在图3a中, 当荷载大于40 kPa时, 平均沉降随着荷载的逐渐增大而增大, 且二者的沉降差也随荷载的增大而增大。随着荷载的进一步增大, 平均沉降增加的速率有增大的趋势。

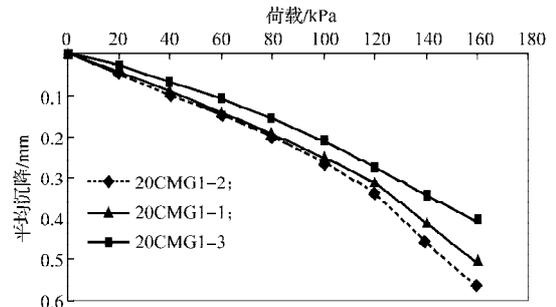
3) 在图3b中, 当荷载小于120 kPa时, 沉降随荷载的增大而增大的趋势较一致; 当荷载大于120 kPa时, 沉降随荷载的增大而增大, 且任意2种工况下的沉降差值随荷载的不断增大而增大, 随着荷载的进一步增大, 沉降差值增加的速率有增大的趋势。

4) 在相同荷载情况下, 结合表1中格栅与垫层顶面距离的相关数据可知, 土工格栅在碎石垫层中铺设位置与垫层顶面距离越大, 其沉降值越小。

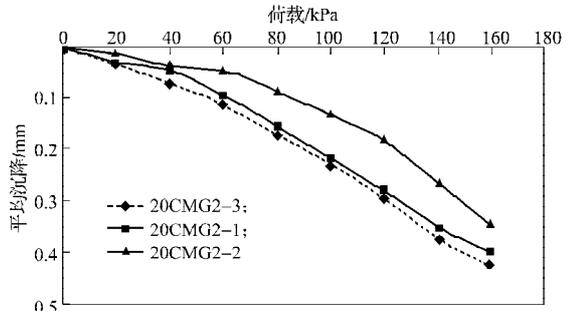
以上现象表明: 1) 在一定荷载范围内, 碎石垫层中铺设的土工格栅能有效发挥承载性能, 其性能要优于无土工格栅的碎石垫层。2) 在相同地质条件下, 碎石垫层中铺设土工格栅能有效增加垫层的刚度和减小地基沉降, 但存在一个土工格栅铺设的最佳位置, 最佳的铺设位置有待进一步研究。

3.3 土工格栅位置对垫层刚度的影响

图4为碎石垫层厚度为20 cm时, 不同的土工格栅层数情况下的荷载与平均沉降关系。



a) 1层土工格栅



b) 2层土工格栅

图4 不同土工格栅层数的荷载-平均沉降曲线
Fig. 4 Curves of load-average settlement of different geogrid layers

由图4可以看出:

1) 在相同的碎石垫层厚度与土工格栅层数情况下, 荷载-平均沉降曲线均为缓变形曲线。

2) 在图4a中, 当荷载大于120 kPa时, 随着荷载的逐渐增大, 20CMG1-3与其他2种工况之间的沉降差值逐渐增大, 沉降增加的速率也随着荷载的不断增大而呈现出增大的趋势。当荷载小于100 kPa时, 20CMG1-1和20CMG1-2的沉降差值变化较小; 当荷载大于100 kPa时, 20CMG1-1和20CMG1-2的沉降都随荷载的增大而逐渐增大, 且随着荷载的进一步增大, 二者之间的沉降差值呈现出增大的趋势。在相同荷载情况下, 20CMG1-3比其余2种工况的沉降值要小。

3) 在图4b中, 当荷载为60~120 kPa且第一层土工格栅位置相同时, 20CMG2-1和20CMG2-2之间的沉降差值随荷载的逐渐增大而增大, 当荷载大于120 kPa时, 二者之间的沉降差值逐渐减小。当第二层土工格栅位置相同且荷载小于120 kPa时, 20CMG2-2和20CMG2-3之间的沉降差值随着荷载的逐渐增大而增大。碎石垫层中铺设的第一层土工格栅靠近碎石垫层底部时的沉降值较小; 在相同荷载作用下, 2层土工格栅的位置分别接近于碎石垫层的顶部和底部时, 此种工况比其他2种工况的沉降值要小。

以上现象表明: 1) 在一定荷载范围内, 在碎石垫层中铺设1层土工格栅时, 随着荷载的不断增大, 20CMG1-3的沉降比其他2种工况要小, 这主要是在碎石垫层中合适的位置铺设的1层土工格栅发挥作用所致; 当碎石垫层中铺设2层土工格栅位置不同时, 随着荷载的逐渐增大, 20CMG2-2的沉降比其他2种工况要小, 这主要是在碎石垫层中铺设的土工格栅发挥作用的时效性所致。2) 随着土工格栅位置的调整, 碎石垫层刚度增强且承载能力得到发挥, 但存在一个最佳铺设层数, 使得土工格栅在碎石垫层中能发挥较好的垫层刚度和承载性能。土工格栅的最佳铺设层数有待进一步研究。

4 结论

1) 在相同荷载作用下, 降低垫层厚度能减小地基沉降, 但并不是垫层厚度越小越好, 而是存在一个合理的垫层厚度, 最佳垫层厚度范围有待进一步研究。

2) 在有无土工格栅情况下, 荷载-平均沉降曲线均为缓变形曲线。在相同荷载条件下, 从总体来看, 有土工格栅比无土工格栅碎石垫层的平均沉降

值要小; 在相同条件下, 碎石垫层中由于铺设的土工格栅位置的不同, 而引起碎石垫层的刚度也不同, 且存在一个土工格栅最佳的铺设位置, 土工格栅最佳的铺设位置有待进一步研究。

3) 在相同荷载作用下, 当垫层厚度相同时, 土工格栅的层数和铺设位置不同, 会引起平均沉降出现较大差异。在相同条件下, 并不是土工格栅铺设的层数越多, 其效果就越好, 同样存在一个最佳的土工格栅层数, 土工格栅的最佳铺设层数有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 李冰, 刘杰, 何杰, 等. 有无土工格栅-夯实水泥土楔形桩工作性状试验研究[J]. 湖南工业大学学报, 2012, 26(2): 24-28.
Li Bing, Liu Jie, He Jie, et al. Experimental Research on Bearing Behavior of Rammed Soil-Cement Tapered Pile with or Without Geogrid Cushion[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2012, 26(2): 24-28.
- [2] 张良, 罗强, 刘潇潇, 等. 基于现场试验的桩网复合地基垫层效应分析[J]. 西南交通大学学报, 2010, 45(5): 787-793.
Zhang Liang, Luo Qiang, Liu Xiaoxiao, et al. Cushion Effect Analysis of Pile-Net Composite Foundation Based on Field Tests[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2010, 45(5): 787-793.
- [3] 罗强, 刘俊彦, 张良. 土工合成材料加筋砂垫层减小软土地基沉降试验研究[J]. 岩土工程学报, 2003, 25(6): 710-714.
Luo Qiang, Liu Junyan, Zhang Liang. Application of Geosynthetic-Reinforced Sand Blanket to Settlement Reduction of Soft Ground[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2003, 25(6): 710-714.
- [4] 黄仙枝, 岂连生, 白晓红. 软土地基土工带加筋碎石垫层的应力扩散研究[J]. 岩石力学与工程报, 2004, 23(17): 2992-2997.
Huang Xianzhi, Qi Liansheng, Bai Xiaohong. Study of Stress Distribution in Belt Geosynthetic-Reinforced Gravel on Soft Soil[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(17): 2992-2997.
- [5] 刘毓甯, 左广洲, 陈福全. 加筋垫层应力扩散特性试验研究[J]. 岩土力学, 2007, 28(5): 903-908.
Liu Yuchuan, Zuo Guangzhou, Chen Fuquan. Numerical Research on Stress Distribution of Geosynthetic Reinforcement Layer[J]. Rock and Soil Mechanics, 2007, 28(5): 903-908.
- [6] 张福海, 俞仲泉. 平面应变条件下土工室加筋垫层的变形分析[J]. 岩土力学, 2005, 26(增刊1): 241-243.