

文章编号: 1004-4353(2014)03-0235-05

加筋劲性水泥土桩的应力应变与极限承载力研究

金正超, 吴海花, 方光秀*

(延边大学工学院 土木工程系, 吉林 延吉 133002)

摘要: 通过 1 个水泥土模型桩和 2 个劲性水泥土组合模型桩以及 2 个加筋劲性水泥土组合模型桩的静载荷试验, 分析了组合桩的极限承载力、 $Q-S$ 曲线及应力-应变曲线. 分析表明: ①土工格栅围箍面积越大, 模型桩的应力应变变化速度越缓慢; ②围箍面积越大, 提高承载力的作用越明显; ③加筋劲性水泥土组合桩的 4 根芯桩离桩心距离为 40 mm 时, 土工格栅的作用最明显, 其极限承载力提高 12.5%.

关键词: 土工格栅; 加筋劲性水泥土桩; 极限承载力; 桩心距

中图分类号: TU472.6

文献标识码: A

Research on reinforced cement-soil pile's stress straining and ultimate bearing capacity

JIN Zhengchao, WU Haihua, FANG Guangxiu*

(Department of Civil Engineering, College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: Based on the static load test on one cement-soil model pile, two strong cement-soil composite model piles and two reinforced cement-soil composite piles, we analyzes the ultimate bearing capacity, $Q-S$ curve and stress-straining curve of composite piles. The results showed that: firstly, the larger the geogrid's area of hoop is, the slower the model pile's stress straining changes; secondly, the larger the area of hoop is, the more obvious the effect of increasing bearing capacity is; and thirdly, when the four core piles of the reinforced cement-soil piles is 40 mm away from the pile heart, the geogrid's effect is the most obvious, and its ultimate bearing capacity is increased by 12.5%.

Key words: geogrid; cement-soil composite pile reinforcement strength; ultimate bearing capacity; centre distance of pile

0 引言

加筋劲性水泥土组合桩是在劲性水泥土桩中加入抗拉强度高的围箍材料, 从而提高其承载力的组合桩, 在现代建筑中被广泛使用. 加筋劲性水泥土组合桩的受力特点是芯材与水泥土桩共同承受竖向荷载, 围箍材料既能提高芯桩与水泥土之间的粘结力, 又能够约束水泥土在水平方向的变形^[1]. 吴迈等^[2]对劲性芯材与水泥土共同工作的

抗拔性能的研究表明, 劲性芯材与水泥土之间的粘结强度随水泥土强度的增加而增大, 近似为线性关系. 赵晓东^[3]采用 HDPE 管材作为水泥土桩的围箍材料, 研究了其组合桩的受力和变形特征. 唐承铁等^[4]根据加筋碎石桩的受力特点, 分析了加筋碎石桩复合地基的两种主要破坏模式, 并通过工程案例计算得出了土工格栅抗拉强度的最优设计值, 同时给出加筋碎石桩能显著提高其承载力的结论. 本文根据土工格栅具有变形模量大、抗

拉强度高、重量轻、且与土有良好的咬合作用等特点^[5-6],采用土工格栅作为围箍材料对加筋劲性水泥土桩的应力应变和极限承载力进行了研究。

1 加筋劲性水泥土组合桩实验

1.1 加筋劲性水泥土组合桩试件的制作

加筋劲性水泥土组合桩的结构如图 1 所示,加筋劲性作法是用土工格栅围箍 4 根的钢材芯桩。

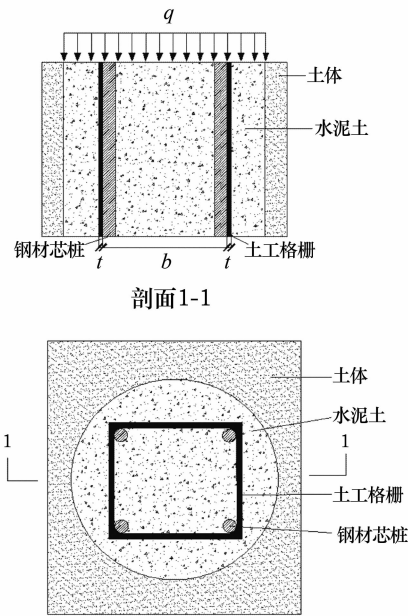


图 1 加筋劲性水泥土组合桩结构示意图

1.2 试验装置和加载方式

试验装置包括:钢筋混凝土模型箱(净空尺寸为长×高×宽=700 mm×1 200 mm×700 mm);圆形加载钢板(直径为 145 mm,厚度为 50 mm);液压千斤顶(量程为 200 kN);CM-2B 数据采集仪。

使用液压千斤顶对加载板按 10 级进行加载,第 1 次加载的大小为分级荷载的 2 倍,第 2 次开

始加载的大小为预测极限荷载的 10%,直至最后,如图 2 所示。

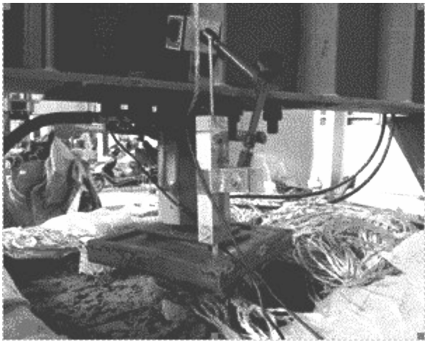


图 2 加载示意图

1.3 测试内容和极限承载力试验值

通过静载试验,采用位移计、液压千斤顶和 CM-2B 数据采集仪分别测出试件的桩顶沉降位移、桩的极限承载力值(表 1)和桩身的应变值。

表 1 极限承载力试验值

模型桩编号	21-1	21-2	21-3	21-4	21-5
极限承载力 试验值/kN	6.7	81	83	80	90

1.4 模型桩参数

水泥土模型桩采用普通硅酸盐水泥,其水灰比为 1 : 1;采用的钢筋为 HRB335,直径为 12 mm,屈服强度为 305 MPa。在浇筑水泥土模型桩的同时,浇筑一组边长为 70.7 mm 的水泥土立方体试块,养护 28 d 后测得其强度的平均值为 2.81 MPa。

1.5 试验土料

试验用黏土的基本物理性质指标如表 2 所示,土工格栅技术指标如表 3 所示(采用山东同发玻璃纤维有限公司提供的企业标准)。

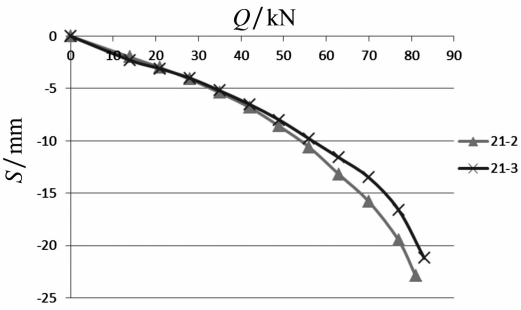
表 2 试验用黏土的基本物理性质指标

天然含水量 $w/\%$	天然密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	塑限 W_P $/\%$	液限 W_L $/\%$	塑性指数 I_P	液性指数 I_L	压缩模量 E_s/MPa	内聚力 C/KPa	内摩擦角 $\Phi/(\text{°})$
19.7	1.98	16.3	32.4	14.1	0.24	6.73	26	24

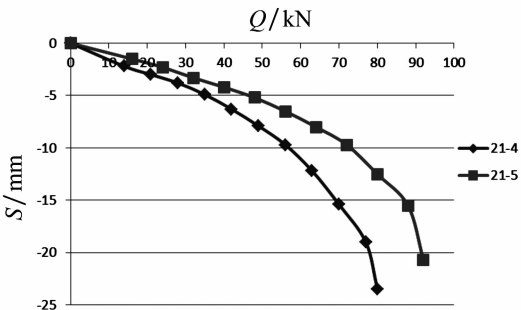
表 3 土工格栅技术指标

规格	强度/(kN/m)		断裂伸长率 /%	网格 /mm	幅宽 /m	弹性模量 /GPa	耐温性 /℃
	纵向	横向					
EGA80-80	80	80	<4	25.4×25.4	1~6	67	-100~280

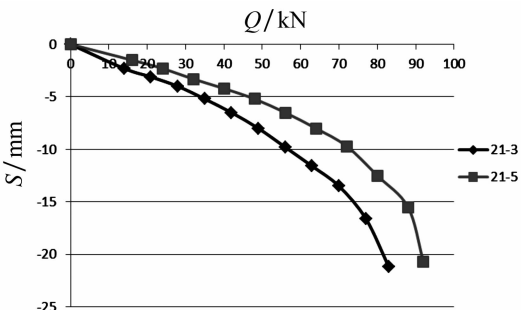
应变增长有所缓慢,模型桩按抛物线方程 $y = -1.76 \times 10^{-5} x^2 - 0.133 x - 242.5$ 变化. 模型桩 21-3 的应变变化速度较模型桩 21-2 相对缓慢:当荷载从 0 加载到 1.8 MPa 时,其与模型桩 21-2 几乎同步,按直线方程 $y = -0.0027 x + 0.04281$ 变化;当荷载从 4.4 MPa 加载到 7.4 MPa 时,模型桩按抛物线方程 $y = -4.98 \times 10^{-6} x^2 - 0.02229 x - 242.5$ 变化;当荷载从 7.4 MPa 加载到 8.74 MPa 时,应变增长速度有所缓慢,模型按直线方程 $y = -0.001932 x + 0.3199$ 变化.



(a) 模型桩 21-2 和 21-3 的 Q-S 对比曲线



(b) 模型桩 21-4 和 21-5 的 Q-S 对比曲线



(c) 模型桩 21-3 和 21-5 的 Q-S 对比曲线

图 6 模型桩间的 Q-S 对比曲线

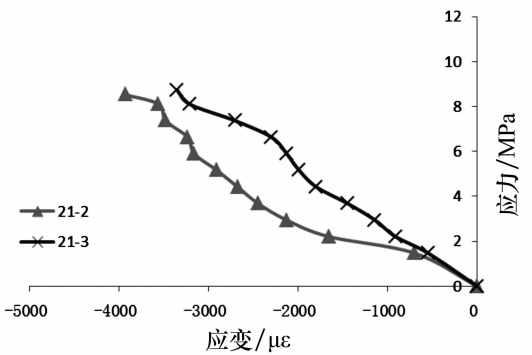


图 7 模型桩 21-2 和 21-3 的截面各测点的应力-应变曲线

模型桩 21-4 和 21-5 中截面各测点的应力-应变曲线如图 8 所示. 当荷载从 0 加载到 5.2 MPa 时,模型桩 21-4 按直线方程 $y = -0.002959 x + 0.3199$ 变化;当荷载从 5.2 MPa 加载到 8.4 MPa 时,模型桩按抛物线方程 $y = -1.12 \times 10^{-6} x^2 - 0.00757 x - 4.151$ 变化;当荷载达到 8.1 MPa 后,其应变增长速度迅速加快. 模型桩 21-5 的应变变化速度比模型桩 21-4 明显缓慢,当荷载从 0 加载到 5.9 MPa 时,模型按直线方程 $y = -0.005151 x + 0.6187$ 变化;当荷载从 5.9 MPa 加载到 9.7 MPa 时,模型按抛物线方程 $y = -1.12 \times 10^{-5} x^2 - 0.02762 x + 21.45$ 变化.

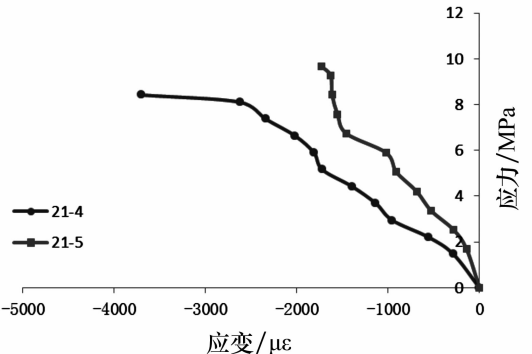


图 8 组合模型桩 21-4 和 21-5 的中截面各测点的应力-应变曲线

模型桩 21-3 和 21-5 的中截面各测点的应力-应变曲线如图 9 所示. 从图 9 中可以看出,土工格栅的两个模型桩的桩心距不同,其应变变化速度也明显不同,模型桩 21-5 的应变变化速度比模型桩 21-3 明显缓慢.

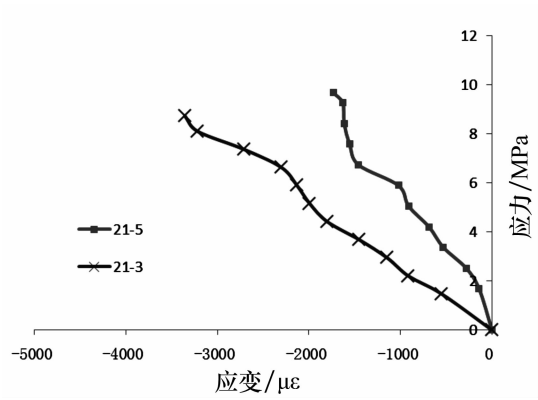


图 9 组合模型桩 21-3 和 21-5 的中截面各测点的应力-应变曲线

3 结论

1) 通过对加筋劲性水泥土组合模型桩 21-3 与 21-5 的 Q-S 曲线的对比分析表明:加筋劲性水泥土组合桩的 4 根芯桩离桩心距离较远时,土工格栅的作用明显.由模型桩的极限承载力试验值可知,当加筋劲性水泥土组合桩的 4 根芯桩离桩心距为 40 mm 时,其极限承载力提高 12.5%,比离桩心距为 20 mm 的作用明显.

2) 当组合模型桩 21-3 的桩心距为 20 mm 时:荷载在 0~1.8 MPa 和 4.4~7.4 MPa 区间时,模型分别按直线方程和抛物线方程变化;在 7.4~8.74 MPa 时,应变增长速度有所缓慢,模型

按直线方程变化.当模型桩 21-5 的桩心距为 40 mm 时,荷载在 0~5.9 MPa 和 5.9~9.7 MPa 区间时,模型分别按直线方程和抛物线方程变化.

3) 本文试验是在相同截面形式下完成的,对于不同截面形式下的加筋劲性水泥土组合模型桩的承载力需进一步研究.

参考文献:

[1] 吴海花. 劲性水泥土组合模型桩的极限承载机理研究[D]. 延边大学,2012:6-21.

[2] 吴迈,赵欣,窦远明,等. 水泥土组合桩室内试验研究[J]. 工业建筑,2004,34(11):45-48.

[3] 赵晓东. 新型复合材料水泥土桩的试验研究与数值分析[D]. 北京工业大学,2010:5-10.

[4] 唐承铁,刘猛. 加筋碎石桩格栅强度设计初探[J]. 公路工程,2012,34(6):28.

[5] 陈榕. 土工格栅加筋特性及其加筋结构计算方法研究[D]. 大连:大连理工大学,2011:8-16.

[6] 熊有言. 土工格栅在道路工程中的应用[J]. 国外公路,1995,15(1):48-51.

[7] 任连伟,柴华彬. 高喷插芯组合桩承载特性的影响因素分析[J]. 岩土工程,2012,33(1):183-192.

[8] 孙涛. 变截面劲性水泥土旋喷搅拌桩关键技术与承载机理研究[D]. 中国海洋大学,2011:10-17.

[9] 任连伟,李建委,肖耀祖. 组合桩研究与技术发展探讨[J]. 水利与建筑工程学报,2010,8(4):97-99.