

焊接土工格栅在土中锚固强度的试验

陈洪帅¹, 徐 超¹, 朱 洪², 石志龙¹

(1. 同济大学岩土及地下工程教育部重点实验室, 上海 200092; 2. 湖北力特土工材料有限公司, 湖北 宜昌 443003)

摘要 利用自主研制的大型多功能界面剪切仪, 将 3 种不同规格的焊接土工格栅在粗颗粒土中进行了一系列室内拉拔试验, 并对比分析了各组试验中的土工格栅在土中的锚固强度。试验结果表明: 拉拔试验中焊接土工格栅的节点易发生破坏, 从而对加筋效果产生重要影响, 锚固强度随节点强度的增大而增大, 而随格栅网格尺寸的增大而减小。

关键词 焊接土工格栅; 粗粒土; 节点强度; 锚固强度; 拉拔试验

中图分类号 : TU472 **文献标志码** : A **文章编号** : 1006-764X(2012)S1-0031-03

近年来, 土工合成材料加筋土技术已在岩土工程和交通工程等领域得到广泛应用。在加筋土工程设计和稳定性分析中, 土工合成材料与土界面特性是其中一项关键的技术指标。

土工合成材料与土界面特性试验是测定、研究和揭示筋土界面受力变形规律的重要途径。试验结果除了受仪器设备和试验方法的影响之外, 还受土工合成材料与土的材料特性影响。室内直剪试验和拉拔试验设备在界面特性试验中应用最为广泛, 而扭转环剪仪、三轴仪、斜板仪等也都曾被用于筋土界面力学特性的试验研究。利用拉拔试验, 国内外许多学者研究了土工合成材料与土界面特性^[1-5], 加筋材料包括有纺土工织物、土工格栅和土工网等, 而填料主要是砂和黏性土。其中, 吴景海^[4]以 5 种不同种类的国产土工合成材料为加筋材料, 以砂和石灰粉煤灰为填料, 比较了不同种类国产土工合成材料与填料的界面作用特性。拉拔试验中筋土相互作用机理也是研究的热点之一^[6-9], 如 Sieira 等^[8]做了关于拉拔模式中土工格栅的位移和荷载传递机理的研究。

作为加筋材料中应用最广泛的土工格栅, 其研究主要集中在塑料拉伸土工格栅、经编土工格栅和玻璃纤维格栅, 对焊接土工格栅的研究成果较少, 而焊接土工格栅因其良好的抗蠕变性能、较高的抗拉强度和较低的延伸率, 应用前景广阔, 所以有必要认识了解焊接土工格栅与土界面特性。为此, 本文利用自主研制的大型多功能界面剪切仪对 3 种不同规格的焊接土工格栅做了一系列拉拔试验研究。

1 试验仪器、材料和方法

1.1 试验仪器

试验研究采用同济大学自主研制的大型多功能界面剪切仪(SJW-200)^[10]。该设备可进行土工合成材料与土界面的直剪试验和拉拔试验研究, 也可用于其他类型结构面的剪切试验研究, 其功能模块主要包括刚性框架、垂直向加载系统、水平向加载系统、剪切箱、夹持设备、伺服油源、原装进口伺服控制系统、数据采集系统等。拉拔装置示意图如图 1 所示, 主要性能指标如下: 剪切盒尺寸 600 mm × 400 mm × 200 mm, 法向和水平向量程均为 200 kN, 法向和水平向循环加载频率分别为 0.01 ~ 1 Hz 和 0.001 ~ 0.01 Hz, 位移速率 0.1 ~ 50 mm/min, 法向和水平向最大位移分别为 50 mm 和 150 mm, 测量精度为 0.5%。

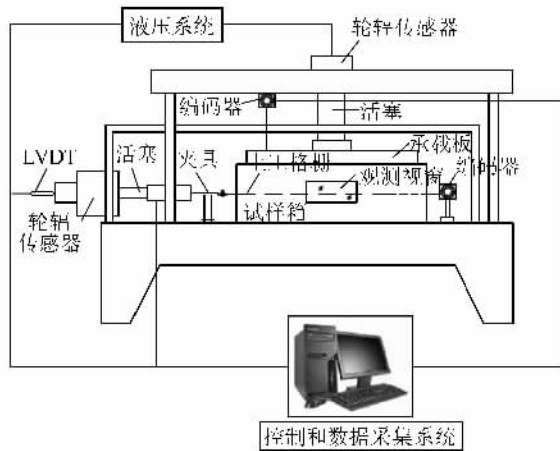


图 1 拉拔试验装置示意图

基金项目: 国家自然科学基金(50878154)

作者简介: 陈洪帅(1991—), 男, 山东鄄城人, 硕士研究生, 主要从事土工合成材料加筋土技术研究。E-mail: chen hongshuai2005@126.com

1.2 试验材料

试验研究选用 3 种不同规格的聚酯焊接土工格栅和 2 种粗颗粒土。焊接土工格栅包括 1 种国产格栅和 2 种进口格栅,分别记为 GG1 ,GG2 和 GG3 ,如图 2 所示 ,其技术指标见表 2 ;其中 ,GG1 和 GG2 只有剥离强度存在明显的差别 ,分别为 30 N 和 60 N ,而 GG3 和前 2 种相比 ,除了剥离强度不同(20 N) ,其网格尺寸(80 mm × 40 mm)相对于前 2 种(120 mm × 60 mm)也较小。粗颗粒土包括碎石和石英砂 2 种 ,其技术指标见表 3 ;其中 ,石英砂是将 8 ~ 12 目和 16 ~ 20 目 2 种规格的砂 ,按体积比 2 :1 混合而成 ,充分搅拌 ,混合均匀。

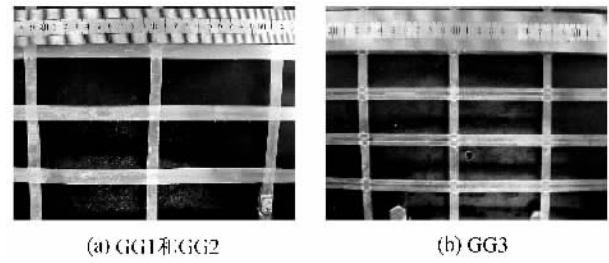


图 2 焊接土工格栅
表 2 格栅的技术指标

编号	网格尺寸/ mm × mm	节点剥离 强度/N	纵向拉 伸强度/ (kN·m ⁻¹)	纵向标 称伸长 率/%	纵向 2% 伸长率时 拉伸强度/ (kN·m ⁻¹)	纵向 5% 伸长率时 拉伸强度/ (kN·m ⁻¹)
GG1	120 × 60	30	92.01	5.09	41.89	78.67
GG2	120 × 60	60	88.04	4.87	44.83	88.04
GG3	80 × 40	20	80.08	5.09	35.71	69.44

表 3 粗颗粒土的技术指标

土类	d_{50}/mm	C_u	C_c	c/kPa	$\varphi/(\text{^\circ})$
碎石	15.00	4.15	1.55	0	32.0
石英砂	1.75	2.46	1.07	2.68	41.2

1.3 试验方法

依据 SL/T 235—1999《土工合成材料测试规程》^[1] ,拉拔试验采用应变控制方式 ,拉拔速率为 1 mm/min ,具体试验方案见表 4。其中试样夹持宽度为 300 mm ,埋入长度为 400 mm。

表 4 拉拔试验方案

土 类	筋材	法向应力/kPa
碎 石	GG1	50 ,75
	GG2	50 ,75
	GG3	50 ,75
石英砂	GG1	25 ,50 ,75
	GG2	25 ,50 ,75
	GG3	25 ,50 ,75

2 试验结果与分析

2.1 碎石中拉拔试验

在碎石中拉拔 ,3 种焊接土工格栅均有多处节

点纵横肋错动、扭曲和剥离 ,节点破坏严重 ,试验结束后的典型格栅试样见图 3。由图 4 中各组试验曲线可以看出 :

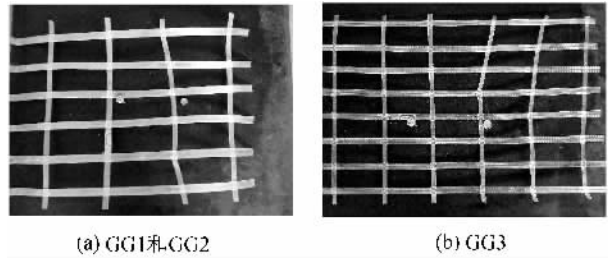


图 3 试验结束后的格栅试样

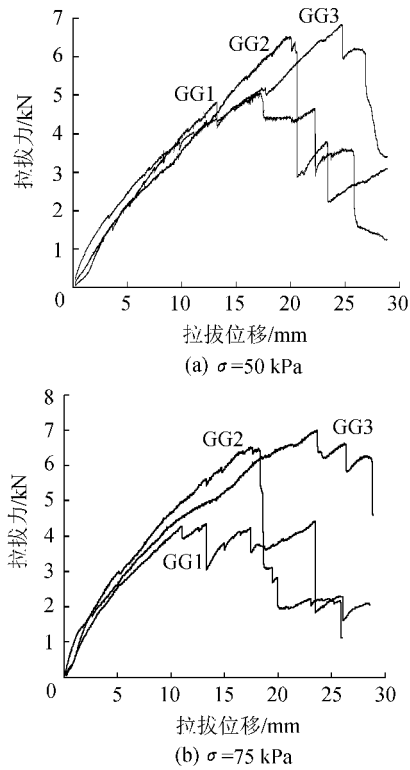


图 4 碎石中的拉拔试验结果

- a. 拉拔力-拉拔位移曲线均出现多处陡降 ,未达到拉拔力峰值。节点在一定的剪切力下就发生了破坏 ,即格栅的节点强度达到了其剥离破坏强度。
- b. 对比 GG1 和 GG2 的曲线 ,在法向应力 $\sigma = 50\text{kPa}$ 和 $\sigma = 75\text{kPa}$ 时 ,GG2 的拉拔力均为 6.5 kN ,而 GG1 的分别为 5 kN 和 4.3 kN ,前者大于后者。而在 GG1 和 GG2 的材料特性中 ,唯一有明显的区别就是剥离强度 ,分别为 30 N 和 60 N ,说明单向焊接土工格栅的节点剥离强度对锚固强度有影响 ,锚固强度随节点剥离强度的增大而增大。
- c. 对比 GG2 或 GG1 和 GG3 的曲线 ,GG3 的拉拔力均约为 7 kN ,大于 GG1 和 GG2 的拉拔力。GG3 与前两者的差别在于剥离强度和网格尺寸 ,而 GG3 的剥离强度为 20 N ,小于前两者 ,网格尺寸也较小。又因为剥离强度对锚固强度的影响是正作用 ,所以

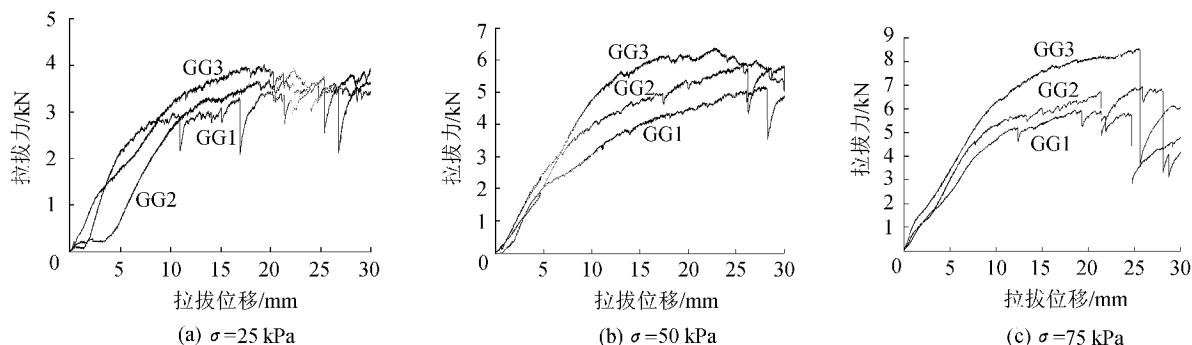


图5 石英砂中的拉拔试验结果

格栅网格尺寸对锚固强度也有影响,在一定的条件下,网格尺寸越小而锚固强度越大。

2.2 石英砂中拉拔试验

在石英砂中拉拔 3 种焊接土工格栅的节点也都发生不同程度的破坏。但与碎石中的结果相比,破坏节点的个数较少。由图 5 可以看出:

a. 曲线呈现锯齿状,在较低法向应力下出现陡降的程度比与在碎石中的相对较低,其中有的曲线未发生陡降,如图 5(b)中 GG3 曲线,即格栅在拉拔过程中未发生节点破坏。

b. 对比 GG1 曲线和 GG2 曲线,GG1 在法向应力分别为 25 kPa、50 kPa 和 75 kPa 时,其峰值拉拔力分别为 3.5 kN、5.0 kN 和 5.6 kN,而 GG2 的分别为 3.7 kN、5.6 kN 和 6.6 kN,GG2 的比 GG1 的稍大,同样说明节点剥离强度增大筋土锚固强度随之增大。GG3 的峰值拉拔力分别为 4.0 kN、6.4 kN 和 8.7 kN,均大于 GG1 和 GG2 的结果,同样得出上文中网格尺寸对锚固强度的影响规律。

3 讨论

焊接土工格栅在碎石和石英砂中的拉拔试验结果表明,节点在一定的法向压力和拉拔力下发生破坏,同时试验得到的拉拔力-拉拔位移曲线在某处会发生陡降。在同一法向压力下,3 种不同规格格栅的拉拔力-拉拔位移曲线表现出一定的差异。峰值拉拔力即锚固强度随格栅节点剥离强度的增大而增大,随其网格尺寸的增大而减小。

研究表明,嵌锁作用在拉拔模式下对土的拉拔能力贡献很大^[6]。由于节点发生破坏,导致格栅网格对土的嵌锁作用受到影响而减弱,因此拉拔力产生陡降。对于网格尺寸相同的格栅 GG1 和 GG2,节点的剥离强度越大,节点就越不容易破坏,从而峰值拉拔力也就越大,格栅的锚固强度越大,而对于网格尺寸较小的 GG3,虽然节点剥离强度较小,但同样面积的格栅其节点较多,单个节点分担的力就相对较少,同样也不容易破坏。另外,节点在碎石中破坏比在石英砂中更严重,说明填料的性质也对焊接土工

格栅在其中的锚固强度有着重要的影响。

4 结论

a. 在拉拔试验中,焊接土工格栅的节点易发生破坏,从而对加筋效果产生重要影响,导致加筋作用减弱。

b. 焊接土工格栅在粗颗粒土中的锚固强度受节点剥离强度和网格尺寸的影响,锚固强度随节点剥离强度的增大而增大,而随网格尺寸的增大而减小。

参考文献:

- [1] HAYASHI S, SHAHU J T, WATANABEL K. Changes in interface stresses during pullout tests on geogrid strip reinforcement[J]. Geotechnical Testing Journal, 1999, 22(1): 32-38.
- [2] 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.
- [3] 张嘎,张建民.土与土工织物接触面力学特性的试验研究[J].岩土力学, 2006, 27(1): 51-55.
- [4] 吴景海.土工合成材料界面作用特性的拉拔试验研究[J].岩土力学, 2006, 27(4): 581-585.
- [5] MORACI N, CARDILE G. Influence of cyclic tensile loading on pullout resistance of geogrids embedded in a compacted granular soil[J]. Geotextiles and Geomembranes, 2009, 27(6): 475-487.
- [6] INGOLD T S. Laboratory pull-out testing of grid reinforcements in sand[J]. Geotechnical Testing Journal, 1983, 6(1): 101-111.
- [7] 陈榕,栾茂田,赵维,等.土工格栅拉拔试验及筋材摩擦受力特性研究[J].岩土力学, 2009, 30(4): 960-964.
- [8] SIEIRAA C C F, GERSCOVICH D M S, SAYAO A S F J. Displacement and load transfer mechanism of geogrids under pullout condition[J]. Geotextiles and Geomembranes, 2009, 27(4): 241-253.
- [9] 徐超,廖星樾.土工格栅与砂土相互作用机制的拉拔试验研究[J].岩土力学, 2011, 32(2): 423-428.
- [10] 廖星樾.土工合成材料与土相互作用机制的试验研究和数值模拟[D].上海:同济大学, 2009.
- [11] SL/T235—1999 土工合成材料测试规程[S].

(收稿日期 2010-10-10 编辑 熊水斌)