

土工合成材料与粘土接触面直剪试验研究

丁建明¹ 张 波¹

(1. 东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096)

摘 要: 筋土之间的摩擦力是加筋土结构的一个重要设计参数 对三种不同粗糙度的土工合成 材料与粘土在 不同含水量、垂直压力下进行了直剪试验研究, 得出了垂直压力、含水量及土 工合成材料的粗糙度对筋土之间 剪切性能的影响规律

关键词: 粗糙度; 直剪试验; 垂直压力; 含水量

中图分类号: TU 411. 7 文献标识码: A 文章编号: 1672-7037(2005) 02-0059-04

Henri Vidal 于 1965 年提出了加筋土概念, 根据其设计理论, 成功地在法国 Prageres 修建了世界上第一座加筋土公路挡土墙 于是, 加筋土结构的理论研究和工程应用得到了迅速发展. 土工合成材料加筋土工程中, 土工合成材料与填土的界面作用特性直接决定加筋土工程的 内部稳定性, 所以土工合成材料与填料的界面作用特性指标是最关键的技术指标 国内外许 多学者利用直剪试验研究土工合成材料与填料的界面作用特性 目前, 研究者采用的填土绝 大多是砂性土, 取得的结果与实测结果吻合较好, 但当填土为黄土、中低液限粘土及高液限 粘土时, 加筋土挡墙失败 的例子较多, 有待进一步研究

1 试验过程

筋土界面摩擦试验采用南京土壤仪器厂生产的 TZY-1 型土工合成材料综合测定仪(图 1). 该仪器主要用于土工合成材料的力学特性试验和土与合成材料相互作用特性试验 垂直荷载采用高精度调压阀和滚动隔膜气缸组成的闭环反馈稳压系统; 水平荷载采用应变控制加荷方式, 由电机驱动变速箱均匀施加; 数据处理由 8031 单片微机控制, 采样速度 10 次/s, 数字显示应 力-时间, 自动判断峰值, 打印应力-应变或应力-时间数据表格及相应的应力-应变曲线 或应力-时间关系曲线

试验所用土样取自 312 国道宁镇公路新庄立交桥西侧桥头引线的粘性土, 对试验用的粘土进行了物理性质试验, 其物理性质及干密度与含水

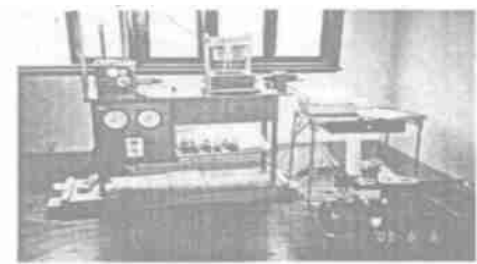


图 1 土工合成材料综合测定仪
量关系曲线分别见表 1 和图 2

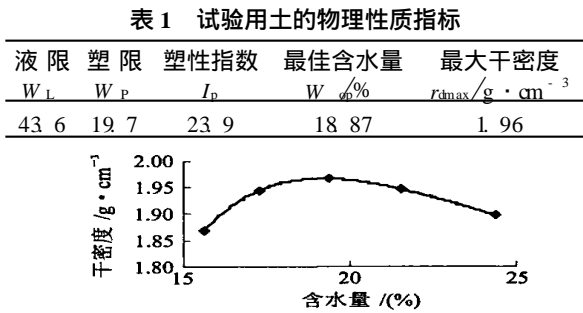


图 2 干密度与含水量关系
试验加筋材料采用钢丝外包带肋塑料土工 条、排水增强土工布及具有光滑接触面的土工膜, 通过筋带拉伸试验测定土工合成材料在无侧限条 件下纵向拉伸强度和伸长率, 拉伸速率为 1. 60 mm /m in. 其主要物理力学指标见表 2、3

表 2 增强土工布和土工膜的物理力学指标

材料	厚度 /mm	质量 / $kg \cdot m^{-2}$	刺破强度 / $kN \cdot m^{-1}$	纵向抗拉强度 / $kN \cdot m^{-1}$	纵向伸长 率 / (%)
增强土 工布	4.14	0.646	1.663	77.7	25.7
土工膜	3.1	2.436	-	17.5	23.6

表 3 土工条的物理力学指标

材料	宽度	厚度	肋宽	肋高	质量	纵向伸长率
	/mm	/mm			$/\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$	A /%
土工条	23	1.4	2.5	0.3	2.4	44.5
						11.2

注:表中, A 为纵向抗拉强度(kN/m), 为筋带外包塑料受拉剥落时的强度, 此时钢丝并未达到抗拉强度

采用应变控制, 剪力盒大小为 $(20 \times 20 \times 5) \text{ cm}^3$, 剪切速率取 $1.60 \text{ mm}/\text{min}$, 在 50 kPa , 100 kPa , 200 kPa 和 400 kPa 不同压力 p 作用下, 测出相应的强度值 τ , 然后将试验结果点绘成 τ - p 曲线, 从而求得似粘聚力 c_a 和似摩擦角 δ 或 f^* 值, 试验示意图见图 3

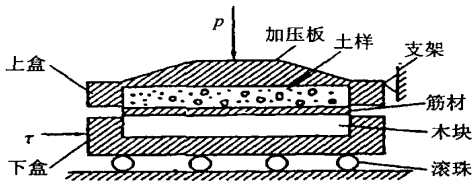


图 3 直剪试验示意

2 试验结果

当加筋材料采用钢丝外包带肋塑料土工条, 含水量分别为 17% , 19% 及 21% 时, 试验结果见图 4~ 6

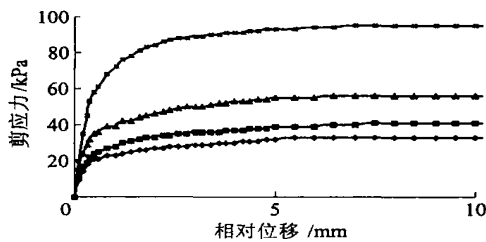


图 4 土工条, 含水量 17%

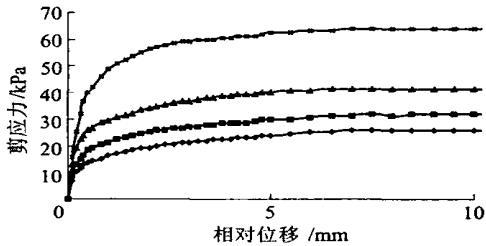


图 5 土工条, 含水量 19%

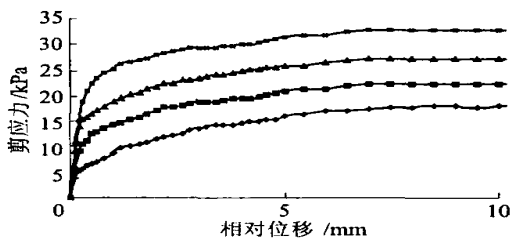


图 6 土工条, 含水量 21%

当加筋材料采用土工膜, 含水量分别为 15% , 17% , 19% 及 21% 时, 试验结果见图 7~ 10

当加筋材料采用排水增强土工布, 含水量分别为 17% , 19% 及 21% 时, 试验结果见图 11~ 13

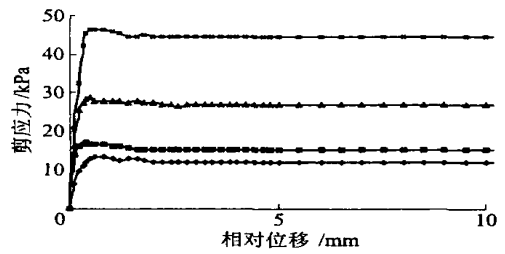


图 7 土工膜, 含水量 15%

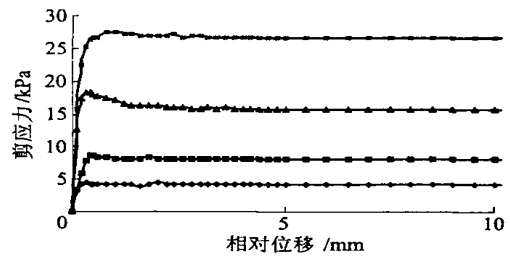


图 8 土工膜, 含水量 17%

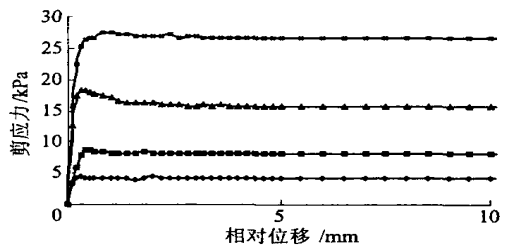


图 9 土工膜, 含水量 19%

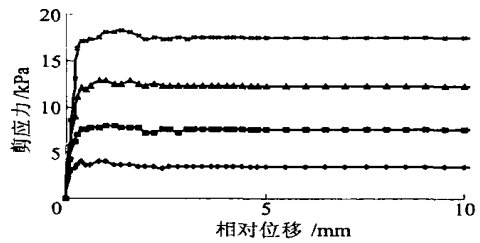


图 10 土工膜, 含水量 21%

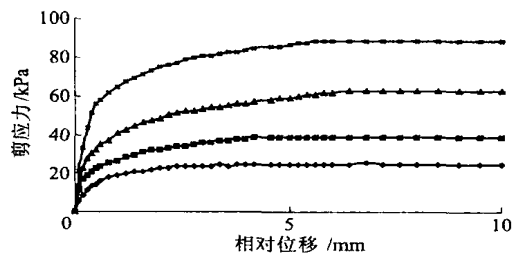


图 11 排水增强土工布, 含水量 17%

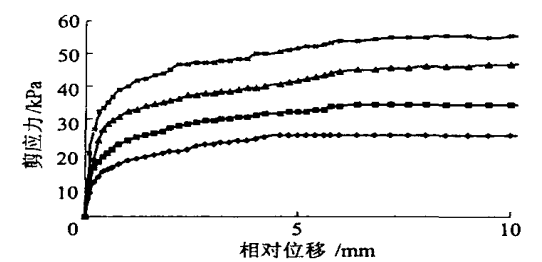


图 12 排水增强土工布, 含水量 19%

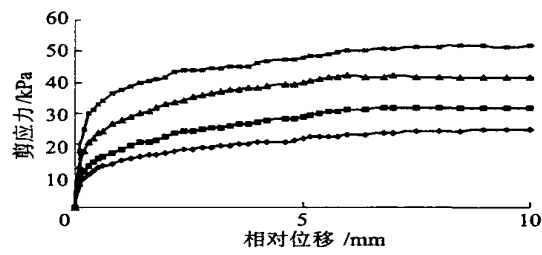


图 13 排水增强土工布, 含水量 21%

3 实验结果分析

3.1 垂直压力的影响

从上列曲线图可见, 筋土之间的剪应力随相对位移的增加而逐渐增大, 当 相对位移增大到一定程度后筋土之间的剪应力趋于稳定, 且粘土与钢丝外包带肋塑料土工条 及排水增强土工布的剪应力-位移曲线没有出现峰值 筋土之间的剪应力随着垂直压力的增大而显著增加, 但不是线性的 三种加筋材料筋土直剪的剪应力在垂直压力由 200~ 40 0 kPa 的增长率都要小于垂直压力由 100~ 200 kPa 的增长率, 说明随着正应力的增加, 筋土之间剪应力的增长幅度减小, 当垂直压力增大到一定程度时, 筋土之间的剪应力不会有较大增加 因此, 在设计高大加筋土挡墙时, 对底层加筋材料的似摩擦系数取值要降低 设计指标

3.2 含水量对筋土界面摩擦特性的影响

试验中发现, 填土的含水量对似摩擦系数的影响很大 从图 14~ 16 可见, 随着含水量的增加, 似摩擦系数显著下降 对钢丝外包带肋塑料土工条 (图 14) 作为加筋材料, 当含水量由 17% 增加到 19% 时, 似摩擦系数降低 34.7%, 粘聚力降低 4.4%; 当含水量由 19% 增加到 21% 时, 似摩擦系数降低 65.4%, 粘聚力降低 19.0%. 路基填土偏干时土的压实强度较高, 但水稳性较差, 经验表明填土为高塑性粘土时, 工后含水量要比压实时控制含水量高 5% 左右 因此, 水稳性对接触面的相互作用更为重要

似摩擦系数随含水量的增加而降低, 这是因

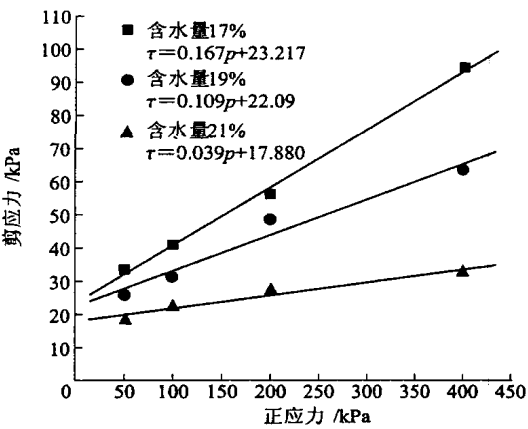


图 14 土工条

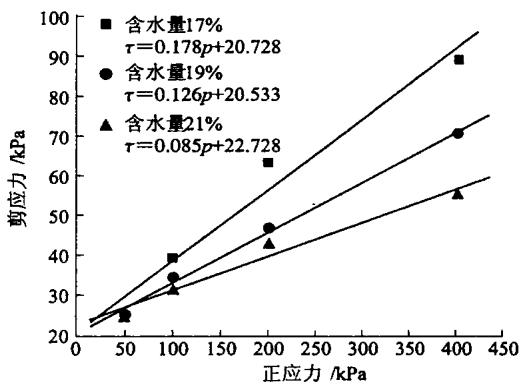


图 15 排水土工布

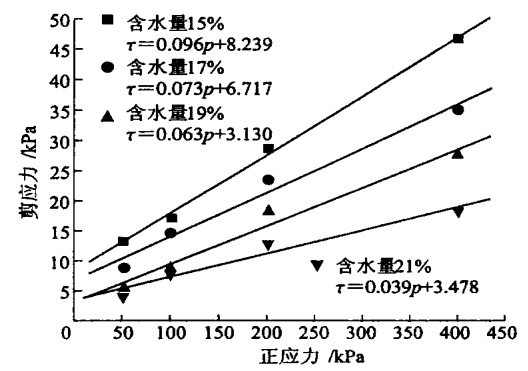


图 16 土工膜

为, 一方面含水量的增加使土体自身的强度降低, 另一方面含水量的增加使筋土界面上的含水量增大, 在荷载作用下, 孔隙水压力也相应增大, 筋土之间的有效应力减小, 从而降低了筋土之间的似摩擦系数 因此, 在粘性土, 特别是高液限粘土做为填土材料时, 要降低设计指标

3.3 加筋材料的影响

加筋材料的粗糙度对试验结果有明显影响 从粗糙程度来看, 排水增强土工布的粗糙度大于钢丝外包带肋塑料土工条的粗糙度, 且均大于土工膜的粗糙度 因此, 土与排水增强土工布的似摩擦系数要大于土与钢丝外包带肋塑料土工条的

似摩擦系数,且均大于土与土工膜之间似摩擦系数。此外,由试验所得的剪应力-相对位移曲线可以看出,随着相对位移的增大,土与钢丝外包带肋塑料土工条及排水增强土工布之间的剪应力均未发生软化的现象,即未出现峰值剪应力,而土与土工膜之间的剪应力随着位移的增加出现软化(图 7~10)。这是因为当粘土与光滑的土工膜在高压实度下(95%),土与土工膜之间由于光滑接触,孔隙水压力将会随位移的增加而减小并形成负的孔隙水压力,有效应力增加。但是,当剪切的相对位移增大到一定程度后,孔隙水压力会因剪切面的移动而恢复,有效应力降低,因而界面剪应力减小,这是光滑接触面的剪阻现象原因之一。

为了研究筋土界面上孔隙水压力对似摩擦系数及似粘聚力的影响,采用排水增强土工布作为加筋材料。从图 14 可见,当含水量从 17% 增加到 19% 时,似摩擦系数降低 27%;当含水量从 19% 增加到 21% 时,似摩擦系数降低 32.5%,而似粘聚力也有显著变化,这也说明了含水量对似摩擦系数有显著的影响,且表明导水性加筋材料对接触面的剪切性能具有改善作用。

4 结 论

a 随着正应力的增加,筋土之间剪应力的增长幅度并不是线性的,当垂直压力增大到一定程度后,筋土之间的剪应力不会有较大增加。因此,

在设计高大加筋土挡墙时,对底层筋土之间的剪应力取值应慎重考虑。

b 似摩擦系数随含水量的增加而降低,水稳性对接触面的相互作用更为重要,在粘性土,特别是高液限粘土做为填土材料时,要降低设计指标。

c 似摩擦系数随加筋材料粗糙度的降低而减小,因此加筋土工程中建议选用粗糙度较大的加筋材料以有助于其作用发挥。

d 粘土与光滑的土工膜在高压实度下,由于接触面上孔隙水压力在剪切过程中的变化,界面上会出现剪阻现象。

参 考 文 献

- [1] 欧阳仲春. 现代土工加筋技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 1991.
- [2] 人民交通出版社. 公路加筋土工程设计及施工规范汇编[M]. 北京: 人民交通出版社, 1993.
- [3] Wasti Yildiz, Z Bahadır Özdoğan. Geomembrane-geotextile interface shear properties as determined by inclined board and direct shear box tests[J]. Geotextiles and Geomembranes, 2001, 19(1): 45-57.
- [4] Wang Zhenggui, Richwien Werner. A study of soil-reinforcement interface friction[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2002, 128(1): 92-94.

Study of the Interaction Between Geosynthetics and Clay Through Direct-shear Test

DING Jianming¹ ZHANG Bo¹

(1. School of Transportation, Southeast Univ., Nanjing 210096, China)

Abstract: The friction mobilized between the soil and reinforcement is an important design parameter of reinforced structure. In this paper the mechanism of interaction between clay and three geosynthetics with different surface roughness is studied through direct shear test under different normal stresses and water contents. Based on the test result, stress-strain relationship is studied systematically. Some important conclusions and suggestions which can be used to make research and design are presented.

Key words: surface roughness; direct shear test; normal stresses; water contents