

加筋土复合体应力应变特性及加筋机理

顾培¹ 高长胜² 朱群峰² 赵维炳²

(1. 深圳市水务工程建设管理中心, 广东 深圳 518038; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210024)

摘要:为探索填料特性与加筋层数对加筋复合体应力应变及破坏机理的影响,进行了 6 组不同加筋层数与密度下的加筋复合体三轴试验,得到了相应的应力应变关系与力学性质指标。研究结果表明加筋复合体应力应变特性与填料密度以及加筋层数有密切关系,加筋复合体的破坏符合准黏聚力准则,多层加筋复合体三轴破坏形态呈“葫芦串”状。

关键词:加筋土复合体;应力应变特性;加筋机理

中图分类号:TV443+.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-764X(2009)S1-0241-03

加筋土的加筋作用是通过筋带与填料之间的摩擦作用来实现的,通过在土体内加筋形成了加筋复合体,由于筋带与填料之间的摩擦作用限制了土体的变形,从而提高了土体的强度^[1-3]。加筋复合体的应力应变特性与填料特性、筋带特性以及加筋层数密切相关,因筋带和填料之间模量相差很大,从而使加筋复合体具有明显的各向异性^[4-6]。加筋土的加筋与破坏机理前人曾进行过大量的研究^[4-8]。为了进一步探讨填料特性、加筋层数对加筋复合体应力应变及破坏机理的影响,笔者进行了 6 组加筋复合体的三轴试验,根据试验结果对加筋土应力应变和破坏机理进行研究。

1 试验方法与内容

1.1 试验材料

试验材料采用中粗砂填料,其颗粒级配曲线见图 1。筋带材料选用白色涤纶无纺布,厚度为 0.05 mm。

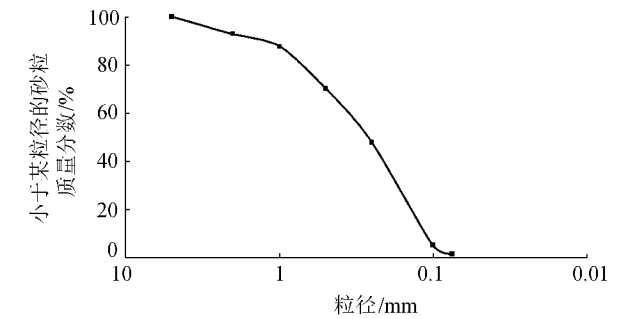


图 1 中粗砂颗粒级配曲线

1.2 试验方法与控制标准

室内三轴试验为三轴 CD 试验,试验中选择了 2 种不同密度的砂土作为填料,所采用的砂土密度分别为 1.59 g/cm³ 和 1.64 g/cm³,在应变控制式的三轴仪上进行,试样尺寸为 $\varnothing 39 \times 78$ mm,实施的剪切速率为应变 0.01 %/min。试样采用分层夯实而成,并在不同位置放置加筋土工布,试验操作与过程按 SL237—1999《土工试验规程》进行。

1.3 试验内容

试验主要是对不同筋带材料、加筋间距以及填料密度对加筋复合体的应力应变特性影响进行研究,所进行的三轴试验内容如表 1 所示。

表 1 中粗砂试样加筋复合体三轴试验内容		
试样密度/(g·cm ⁻³)	加筋层数 N/层	加筋位置
1.59	0	不加筋
1.59	1	试样 1/2 处
1.59	2	试样 1/3、2/3 处
1.59	3	试样 1/3、1/2、2/3 处
1.64	1	试样 1/2 处
1.64	2	试样 1/3、2/3 处

注:筋带类型均为加筋土工布。

2 试验结果与分析

2.1 应力应变曲线

对不同加筋条件下的中粗砂,按照规定的试验方法进行试验得到的加筋复合体应力应变特性如图 2、图 3 所示。从加筋复合体应力应变特性曲线中可以看出,加筋复合体的应力应变特性在试样密度为

1.64 g/cm³ 时呈应变软化特征 ,而当试样密度为 1.59 g/cm³ 时应变特性呈硬化特性 ,而且随着加筋土中加筋层增加和试样密度的增大 ,其破坏强度越大 ,加筋效果越好。

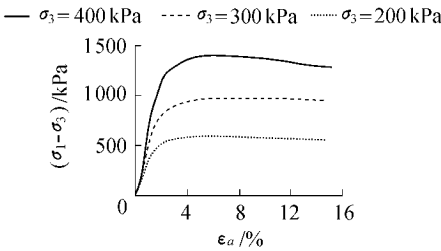


图 2 未加筋砂土体应力应变曲线
($N = 0$, $\rho = 1.59 \text{ g/cm}^3$)

从加筋复合体的应力应变特性曲线可以看出 ,在试样相同密度的情况下 ,加筋后复合体的破坏强度均大于未加筋试样的破坏强度 ,相同的加筋条件下 ,密度大的试样其破坏强度要大于密度小的加筋试样 ,说明在进行现场施工时需要保证填料达到一定的压实度 ,否则加筋达不到预期的效果。

2.2 加筋土抗剪强度

不同试验条件下加筋复合体的抗剪强度指标见表 2。从表 2 可以看出 ,无论采用哪种加筋材料以及填料密度的大小 ,其不排水试验抗剪强度中的内摩擦角变化不大 ,变化较大的为黏聚力 ,说明加筋复合

体的加筋机理符合“ 准黏聚力”理论 ,即加筋复合体和未加筋砂土的强度包线基本平行 ,而加筋复合体的黏聚力变大 ,变大的原因是由于加筋作用的结果。

表 2 加筋砂(中粗砂试样)小三轴试验抗剪强度指标

试样密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	加筋层 数 N /层	加筋位置	$\varphi/(\circ)$	c/kPa
1.59	0	不加筋	32.3	32.9
1.59	1	试样 1/2 处	32.9	39.0
1.59	2	试样 1/3 2/3 处	33.6	49.8
1.59	3	试样 1/3 1/2 2/3 处	33.9	58.9
1.64	1	试样 1/2 处	34.3	43.6
1.64	2	试样 1/3 2/3 处	34.6	53.9

2.3 加筋复合体的模型参数

根据加筋复合体应力应变特性曲线得到邓肯模型的 $E-\nu$ 参数 ,见表 3。从表 3 可以看出 ,不同加筋条件下的模型参数是不同的 ,并与加筋层数及加筋体的密度有直接的关系。因此 ,试验时选择土样与现场实际必须相一致才能得到可靠的计算参数。

2.4 加筋机理分析

从加筋复合体土样破坏后的形状观察发现 ,无加筋时复合体破坏呈鼓状 ,而多层加筋复合体破坏后的形状基本呈“ 葫芦串”形状 ,这说明加筋材料限制了土体变形 ,相当于起到了加强周围压力的作用 ,从而提高了土体的抗剪强度。在一般情况下 ,筋带与填土材料沿受力方向分层分布则组成复合材料 ,

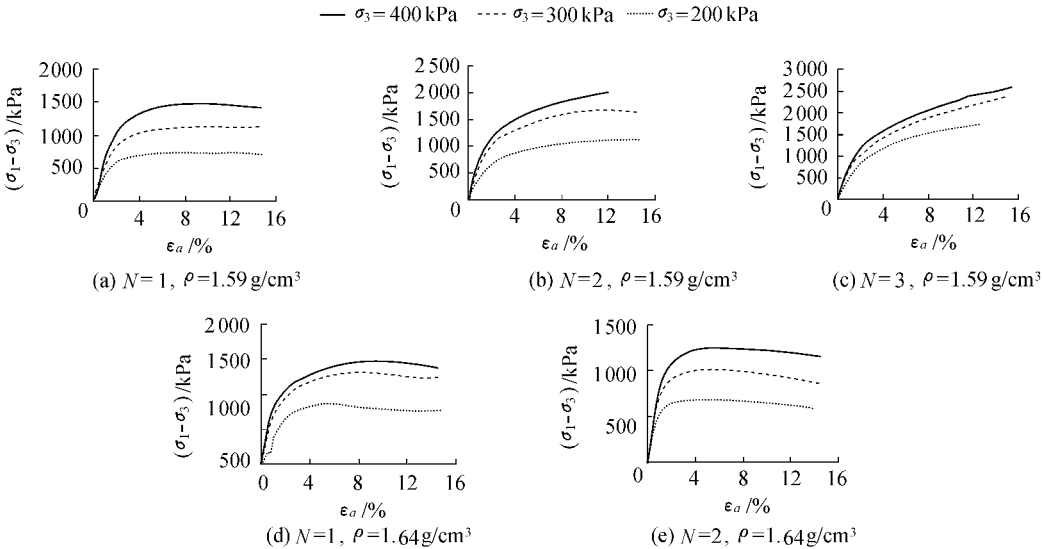


图 3 加筋砂复合体应力应变曲线

表 3 加筋砂(中粗砂试样)复合体邓肯模型($E-\nu$)参数

试样密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	加筋层数 N / 层	加筋位置	K	n	R_f	G	F	D
1.59	0	不加筋	1062.9	0.65	0.86	0.58	0.11	2.28
1.59	1	试样 1/2 处	1063.2	0.63	0.83	0.58	0.01	2.30
1.59	2	试样 1/3 2/3 处	1061.8	0.63	0.82	0.56	0.02	2.31
1.59	3	试样 1/3 1/2 2/3 处	1062.2	0.62	0.81	0.55	0.01	2.33
1.64	1	试样 1/2 处	1888.1	0.14	0.82	0.55	0.06	2.39
1.64	2	试样 1/3 2/3 处	1886.8	0.13	0.81	0.54	0.05	2.43

如果这 2 种材料的变形是协调的,则应力应该平衡,若筋带材料的弹性模量明显大于填料的弹性模量,则加筋材料将在土上作用附加压应力,反之土体对加筋材料施加拉应力。因此,可以认为由于加筋材料的弹性模量远大于土的弹性模量,又由于变形的协调性问题,这样在土筋交界面上产生平行于界面的切向力,相当于在试样侧面除受到正常的围压外,还多了一个由于加筋而产生的同围压方向一致、分布形式相同的作用力,当加筋层数越多时,该作用力的值越大,相当于土体的围压增大,从而提高了土体的抗剪强度,使加筋效果更好。

3 结 论

- a. 从加筋复合体应力应变特性可以看出,加筋土中加筋层越多(加筋间距越小),则其破坏强度越大,加筋效果越好。
- b. 填料密度对加筋效果的影响较大,填料密度越高其加筋效果越好,因此现场施工时应保证填料密度达到设计要求,以保证充分发挥加筋土的加筋效果。
- c. 加筋复合体的应力应变特性结果表明,加筋

复合体的加筋机理符合“准黏聚力”理论,破坏形状表明加筋材料限制了土体变形,相当于起到了加强周围压力的作用,从而提高了土体的抗剪强度。

参考文献:

[1] 张师德,吴邦颖.加筋土结构原理及应用[M].北京:中国铁道出版社,1986.

[2] 欧阳仲春.现代土工加筋技术[M].北京:人民交通出版社,1991.

[3] 何春光.加筋土工程设计与施工[M].北京:人民交通出版社,2000.

[4] 杨果林.现代加筋土计算的应用与研究进展[J].力学与实践,2002,24(1):9-17.

[5] 何春光,周世良.加筋土技术的应用及进展[J].重庆建筑大学学报,2001,23(5):11-15.

[6] 蔡锦陶.国内加筋土技术的发展及应用[J].煤矿设计,1998(7):37-41.

[7] 吕文良.加筋土挡墙研究现状综述[J].市政技术,2003,21(2):92-97.

[8] 雷胜友.土与加筋之间摩擦系数的探讨[J].成都科技大学学报,1996(3):76-81.

(收稿日期 2009-04-30 编辑:高建群)

(上接第 229 页)

混凝土面板堆石坝的防渗层改为复合土工膜后,复合土工膜的上保护层可用混凝土预制板或干砌石,达到防止复合土工膜被日光直接暴晒和被风浪掀起的目的。

陕西关中和陕北地区的土质多为黏性黄土,颗粒较细,易受渗流冲蚀。从多数市政工程的排水管道运行情况来看,经过 1 a 后,排水管道上方地面坍塌,原因之一是排水管道铺设后回填土不密实而使路面慢慢沉陷,这种原因引起的排水管道上方地面坍塌,可通过提高回填土密实度解决。排水管道上方地面出现坍塌的另一个原因是由于雨水通过埋设排水管道开挖的沟槽与回填土之间的接触面渗入排水管道周围的回填土体,或者排水管道由于淤堵而排水不畅,管道内的积水就会从排水管道的管节接缝渗出,渗入回填土体内的水量饱和后,土体内的孔隙水就会向排水管口一端渗出,流入集水井,并冲蚀颗粒较细的回填土体,使回填土体颗粒不断流失,直至排水管道上方地面坍塌。解决渗水冲蚀颗粒较细回填土体的有效方法是在回填土体渗水可能流出的出口处铺设土工织物排水反滤层,回填土体中及周围的渗水可透过反滤层排出,而回填土体细小颗粒被

反滤层保护,从而保证回填土体的完整性。

陕北沙漠地区可以借鉴园林部门树坑下铺设土工膜防渗的经验,在陕北沙漠地区地面以下一定深度铺设土工膜防渗层,土工膜上面再铺设一定厚度的耕作土层,然后种植适宜的农作物,从而使有限的灌溉水既不下渗入沙漠,又减少蒸发,使陕北沙漠地区变为良田。

参考文献:

[1] 陕西省渭河杨陵区土工织物护岸试验项目组.陕西省渭河杨陵区段土工织物防护岸试验研究[R].西安:陕西省水利厅,1991.

[2] 陕西省渭南市水利水土保持局,陕西省水利科学研究所.土工织物在土坝反滤排水体上的应用研究[R].渭南:陕西省渭南市水利水土保持局,1994.

[3] 顾淦臣,沈长松,吴江斌.应用复合土工膜加固石砭峪沥青混凝土斜墙坝[J].水利水电科技进展,2004,24(1):10-14.

[4] GB/T19979.1—2005,土工合成材料防渗性能第 1 部分:耐静水压的测定[S].

[5] GB/T19979.2—2006,土工合成材料防渗性能第 2 部分:渗透系数的测定[S].

(收稿日期 2009-08-22 编辑:方宇彤)