

土工格室加筋机理及应用

闫 茜

(中铁第五勘察设计院集团有限公司 北京 102600)

摘要 : 从侧向约束作用、摩擦作用以及网兜效应 3 个方面分析土工格室的加筋机理 , 探讨了土工格室加筋提高地基承载力的效果 , 并对土工格室加筋结构的工程应用进行简单介绍。

关键词 : 土工格室 ; 加筋机理 ; 工程应用

中图分类号 : TU472.3⁺4

文献标志码 : A

文章编号 : 1006-7647(2012)S1-0019-03

土工格室是利用具有一定高度的格室片材与其内部填料相互作用构成一个三维网状受力结构进行加筋。在格室对填料侧向约束作用和格室侧壁对填料向上摩擦作用的共同影响下 , 形成了一个具有较大抗拉 (压) 强度、抗剪强度以及抗弯刚度的复合体。土工格室加筋结构的作用主要是把基础荷载扩散在其下卧层的更大面积上 , 由此来减小荷载强度 , 降低结构体的剪应力水平 , 并增加土体强度和模量 , 从而大幅度减小土体的水平位移和竖向位移。

1 土工格室加筋机理分析

目前 , 土工格室加筋结构应用最广泛的是用作承重结构 , 例如铁路基床和道床、公路路面基层、基础的垫层、各种场地的基层。从承重与改善变形 2 个方面看 , 土工格室结构层可以将相对集中的上部荷载充分分散 , 把基础荷载扩散在其下卧层的更大面积上 , 由此来减小荷载的强度 , 减小作用于地基上的压应力 , 提高地基的承载能力。由于筋材与土体之间的摩擦作用 , 可以调整松软土体中的应力场 , 降低整个土体的剪应力水平 , 并增加土体的强度和模量 ; 同时 , 通过格室侧壁的侧向限制作用 , 可限制土体的水平位移和竖向位移 , 减小土体的变形 , 调节不均匀沉降。

图 1 为土工格室加筋前后地基破坏模式的比较 , 图中 1 为主动压力区 , 2 为过渡区 , 3 为被动区。当外部荷载作用在地基上时 , 地基土体在荷载作用下形成一个楔形的主动压力区 , 周围形成过渡区和被动区 , 主动压力区推挤过渡区 , 逐渐形成土体滑动面 , 地基的承载力取决于这 3 个区所受到的力和地

基土体沿滑动面的抗剪强度 , 地基的承载水平较低。

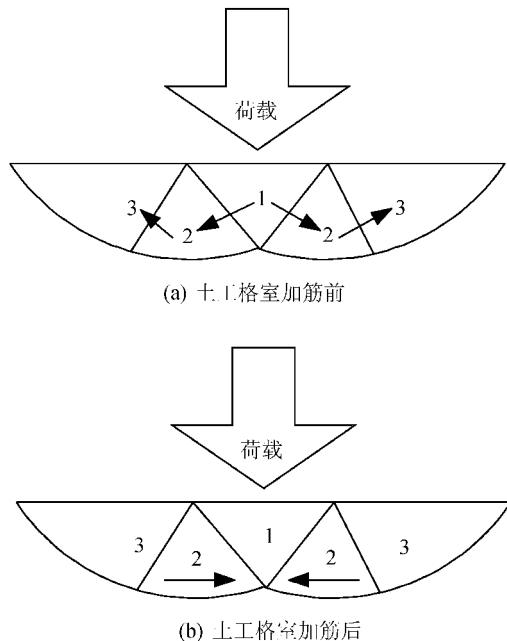


图 1 土工格室加筋前后地基破坏模式的比较

经土工格室加筋后 , 地基受力状态发生了变化。由于格室壁的侧向限制作用和格室与填料之间的相互摩擦作用 , 作用于加筋体的大部分竖向力被转化为向四周的侧向力。因为土工格室的每个小格彼此独立 , 相邻格室的这些侧向力大小相等方向相反 , 能相互抵消 , 削弱了作用在加筋体上的实际荷载 , 减小了地基的实际负载。同时 , 土工格室的侧向限制作用也能控制地基滑动面的形成和发展 , 使地基滑动面向更深层次发展 , 从而提高了地基承载力。

1.1 土工格室的侧向约束作用

水平铺设在土体中的土工格室的侧向约束作用

由 2 个部分组成 :土工格室对格室外土体的摩阻效应和土工格室对格室单元内土体的紧箍作用。

由于土体和土工格室的弹性模量相差很大 ,在受到荷载作用时两者的变形也会产生差异 ,于是在两者交界面上就会产生相互错动的趋势 ,从而使土工格室与土体之间存在摩阻力。土工格室与土体之间的摩阻效应是依赖于两者具有相对变形的条件而存在 ,两者的相对变形越大 ,摩阻效应越强。

当被夯实的土工格室加筋土体受到外部荷载时 ,土体在荷载作用下会产生侧向位移 ,使得土工格室被张拉 ,承受拉力的格室壁因为约束着格室内土体而对其产生一个紧箍作用 ,即侧向约束作用。紧箍作用的发挥程度是由土工格室材料本身的抗拉强度及焊接强度控制的。摩阻效应及紧箍作用的发挥如图 2 所示。

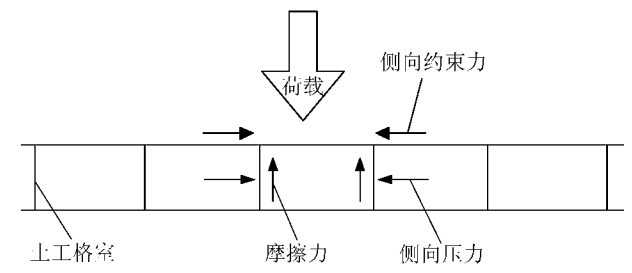


图 2 摩阻效应与紧箍作用示意图

如果将格室的摩阻作用和紧箍作用这 2 种侧向约束作用均匀地分散到整个加筋土体中去 ,就相当于给整个加筋土体加上了一个侧向约束力。较之与未经土工格室加筋的土体 ,就好比在三轴试验中给土样一个附加的围压 $\Delta\sigma_3$ 。很明显 ,围压越大 ,土体的抗剪强度就越高 ,也就是说 ,拥有‘附加围压’的土工格室加筋土体具有比单纯土体更高的抗剪强度和承载能力。

1.2 土工格室的摩擦作用

土工格室的摩擦作用主要体现在格室壁与填料的接触面上。在上部荷载作用下 ,摩擦力使部分竖向荷载传递给土工格室 ,再由土工格室向外传递。通过这种力的传递减小了土的压力 ,提高了加筋土体承载能力。

1.3 土工格室的网兜效应

网兜效应是指在受到集中外力作用时 ,土工合成材料会形成一个凹曲面 ,假设凹面上压力为 p ,凹面下压力为 p_b ,筋材所提供的向上的应力为 p_s ,由于 $p_b = p - p_s$,凹面上的压力大于凹面下的压力 ,这便是网兜效应 ,通过材料的拉伸来承受拉力。

当在土工格室内填入密实的填料后 ,格室将与填料一起构成一个复合体 ,这个复合体具有模量较大、抗拉强度高、压缩刚度大的工程特性 ,可以发挥

网兜作用 ,此外还能够发挥对力和位移的隔离作用。隔离作用提高了土体的整体性和连续性 ,能够扩散和均化应力 ,改变土体的应力场和应变场 ,从而达到加固目的。

2 土工格室加筋提高地基承载力的原因分析

美国著名学者土工合成材料专家 Koerner 从 Vesic 极限承载力理论出发 ,提出了一种研究思路 ,认为土工格室的加筋可使地基破坏面向下延伸 ,扩大了地基的滑动面范围。他假设破坏产生于垂直的展开面 ,在上部荷载的作用下土工格室内的土体将逐渐趋于紧密 ,以提高复合体的承载力 ,而在破坏发生前土工格室内的土体必须先克服格室壁的摩擦力 ,然后挤出格室外 ,进而造成土体的承载力破坏。根据这个假设 ,Koerner 推导出计算土工格室加筋前后的地基承载力。

土工格室加筋前 :

$$p_u = cN_c\zeta_c + qN_q\zeta_q + 0.5\gamma bN_\gamma\zeta_\gamma \quad (1)$$

土工格室加筋后 :

$$p_u = 2\tau + cN_c\zeta_c + qN_q\zeta_q + 0.5\gamma bN_\gamma\zeta_\gamma \quad (2)$$

式中 : p_u 为地基极限承载力 ; c 为土体黏聚力 ; q 为旁侧荷载 ; γ 为破坏区土的容重 ; b 为基础宽度 ; τ 为土工格室侧壁与格室内土体的抗剪强度 ; N_c , N_q , N_γ 为承载力系数 ; ζ_c , ζ_q , ζ_γ 为基础底面形状修正系数(考虑基础为条形基础假设的误差)。

旁侧荷载 q 和抗剪强度 τ 可分别采用式(3)式(4)计算 :

$$q = \gamma_q D_q \quad (3)$$

$$\tau = \sigma h \tan \delta \quad (4)$$

式中 : γ_q 为土工格室内填料的容重 ; D_q 为土工格室的高度 ; σh 为土工格室内土体的平均水平应力 ; δ 为土工格室侧壁与土之间的摩擦角 ,根据 Koerner 的研究 ,砂土与 HDPE 材质的土工格室之间的摩擦角约为 18° ,砂土与无纺布之间的摩擦角约为 35° 。

从式(1)式(2)可知 ,土工格室加筋后的地基承载力与加筋前的地基承载力相比 ,增加了 2τ ,这是由格室间土与土工格室侧壁的抗剪强度决定的。因此 ,地基承载力与格室内土体的平均水平应力和格室侧壁与土间的摩擦角有关。

3 土工格室加筋结构的应用

3.1 加筋路基

将土工格室铺设在路桥过渡段 ,一端固定在桥台 ,另一端铺设在路基中。由于土工格室结构层起

到了柔性搭板的作用,可以将沉降差异进行缓和过渡,是处理桥头跳车比较有效的方法。土工格室处理填挖交界处路基的不均匀沉降问题,其原理与处理桥头跳车的原理一致。

3.2 加筋软土地基

由于土工格室的抗剪切作用,土工格室加筋碎石垫层结构可有效地阻止碎石下陷到软基中,使土工格室与碎石相互嵌固在一起,形成一个稳定的整体。另外,土工格室还可限制碎石的侧向位移,使土工格室碎石垫层成为一个具有较高承载能力和回弹模量的工作面,为压路机的充分碾压创造了有利的前提条件。同时,由于土工格室碎石垫层具有良好的透水性,有利于地基排水固结。

3.3 加筋路面

在半刚性基层和沥青面层之间铺设土工格室可有效地提高基层的抗疲劳能力,减少沥青面层的温度收缩和反射裂缝。由于土工格室的抗延伸作用,可有效地防止荷载对沥青路面的局部破坏,延长沥青路面的使用寿命。

3.4 加筋挡土墙

采用土工格室建造加筋挡土墙,结构稳定性好,可防止陡坡表面被雨水冲蚀,与圬工墙体相比,造价降低了15%~30%。同时,其表面可种植花草,美化环境。

3.5 边坡坡面防护

土工格室用于路基边坡防护,一方面水流受到格室片材的限制,可避免坡面径流的形成,减小冲刷作用,有利于边坡的稳定;另一方面可直接在格室内

填土、植草绿化,有利于水土保持,可美化环境。

4 结 语

土工格室是利用具有一定高度的格室片材与填料相互作用、共同工作,构成一个三维网状受力结构进行加筋,在格室对周围填料的侧向约束作用和格室侧壁对填料向上的摩擦支承力的作用下,形成一个具有较大抗拉(压)强度、抗剪强度以及抗弯刚度的复合体,改变加筋土体的应力场和位移场分布,来承受荷载以发挥工程作用。作为一种新型土工合成材料,土工格室已被证明在地基加固处理、提高地基承载力、控制沉降与边坡防护等方面均有良好的应用前景,且已在工程实践中得到广泛应用。

参考文献:

[1] 郭元生.土工格室的研制与应用[J].路基工程,2003(1):15-17.
[2] 曾锡庭,于志强.土工格室及其应用[J].中国港湾建设,2001(2)33-37.
[3] 宗大全.塑料土工格室的生产与应用技术[J].上海塑料,2003(2)24-26.
[4] 欧阳仲春.现代土工加筋技术[M].北京:水利水电出版社,1993.
[5] 马卓军.土工格室加筋黏性土的强度特性研究[J].公路,2000(10)34-36.
[6] 张家豪.土工蜂巢格网加筋于砂土路基之承载能力研究[D].台湾:中原大学,2004.
[7] 李力,傅舰锋.土工格室作用机理与应用研究现状[J].山西交通科技,2003,16(10):63-65.

(收稿日期 2011-09-15 编辑 骆超)

· 简讯 ·

第 6 届海峡两岸土壤和地下水污染与整治研讨会将在烟台召开

中国科学院主办、中国科学院烟台海岸带研究所承办的第 6 届海峡两岸土壤和地下水污染与整治研讨会将于 2012 年 8 月 26—28 日在山东省烟台市召开。本届会议的主题包括:土壤、底泥(沉积物)和地下水污染防治法规、政策与标准,土壤、底泥和地下水污染特征调查技术及其实例研究,工业场址土壤和地下水污染调查技术及其实例研究,污染场址人体健康和生态风险评估研究进展,土壤、底泥和地下水污染整治(修复)技术应用实例,污染场址的可持续风险管理策略等。会议论文摘要递交截止日期为 2012 年 6 月 30 日。会议网站: <http://sgpr2012.csp.escience.cn>

(本刊编辑部供稿)