

土工格室处理高速公路拓宽结合部分析

傅 珍¹, 王选仓¹, 陈星光², 李宏志³, 周洪文³, 张 鹏³

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 广东省公路勘察规划设计院, 广东 广州 510507; 3. 河南高速安新改建工程项目部, 河南 新乡 450003)

摘 要: 为了解土工格室处理高速公路拓宽结合部的效果, 使加宽部分路堤和既有道路更为紧密地衔接形成整体, 减少新老路堤的不均匀沉降, 应用有限元分析土工格室铺于新老路基结合处不同层位时路基顶面各关键点的侧向位移、竖向沉降和最大差异沉降。结果表明, 土工格室的铺设可以减少路基的侧向位移和差异沉降, 且铺于基底和基顶时效果最好, 可以提高路基整体刚度和地基承载能力。

关键词: 道路工程; 土工格室; 拓宽; 结合部; 有限元; 高速公路

中图分类号: U 416.01

文献标识码: A

0 引言

土工格室是近年来发展的一种新型土工合成材料, 其工程性能优越, 替代传统加筋材料, 被广泛应用于现代土木工程领域, 在处理软土地基、路基病害和处治路基不均匀沉降中发挥了较大的作用^[1-3]。在高速公路加宽工程中, 以往采用较多的是土工格栅、土工网。由于土工格栅和土工网是一种平面结构, 只有抗拉的性能, 没有抗弯的能力, 对路基刚度的提高也有限。为了使加宽部分路堤和既有道路紧密衔接形成整体, 减少新老路堤的不均匀沉降, 防止路面开裂, 本文针对土工格室处理高速公路拓宽结合部, 通过有限元理论对土工格室进行分析, 主要解决土工格室发挥的加筋作用和土工格室铺设的位置和层数的确定问题。

1 土工格室加固机理

土工格室的加筋机理主要是^[2-5]:

(1) 土工格室与土的相互作用取决于界面填料的摩擦作用, 而土与填料的摩擦与粘着提供了较大的摩擦系数与粘聚力, 产生了较大的摩擦力和抗拔力; 土工格室依靠网格的侧壁与土壤的摩擦力以及网格产生的阻力提高抗剪强度, 对于充填其中的土体可以完全限制其发生明显的侧向位移。

(2) 土工格室与充填于其中的填料共同工作, 相互作用, 由于土工格室对填料提供了较大

的侧向约束作用, 且格室侧壁对填料产生了向上的摩擦支承力, 从而形成了一个具有较大弯拉刚度与抗剪强度的复合体, 起到了类似于筏板基础的作用, 有效地扩散了应力, 使荷载的分布更为均匀。此复合体能够隔离应力和位移的传递, 从而柔性过渡和协调了半填半挖路基顶面的沉降。

(3) 其格室与格室之间的反作用力, 抵消了部分因荷载而产生的横向位移的趋势。土工格室置于地基表面, 还限制了软土的侧向隆起, 使得土的滑移剪切面向更深的区域发展, 类似于“深基础”的效果, 也大大增强了地基的稳定性。

同平面结构的土工格栅等相比, 土工格室加筋土的优越性是^[2]:

(1) 平铺加筋时, 加筋体只是筋材本身; 而对土工格室加筋而言, 加筋体已变成格室及填料构成的复合体;

(2) 平铺加筋的抗拉性能是通过土筋界面摩擦而发挥的; 而格室筋材是通过直接限制填料的侧胀而发挥出来的, 因而更能利用筋材的抗拉性能;

(3) 对格室体而言, 土筋摩擦系数就是填料本身的内摩擦系数, 因而可以提供比平铺加筋大得多的粘着强度。

2 有限元模型

2.1 土体本构关系

考虑到土体属于颗粒状材料, 此类材料受压

收稿日期: 2006-05-15; 修订日期: 2006-11-01

作者简介: 傅 珍(1976-), 女, 河南鹤壁人, 长安大学博士研究生, 主要从事道路工程方面的研究工作。

屈服强度远远大于受拉屈服强度,不仅静水压力可以引起土体的塑性体积变化,而且侧向应力也有可能引起土体的体积变化,故采用能较为准确描述此类材料的 Drucker – Prager 模型(以下简称 D-P 模型)。

2.2 土工格室与土的接触模拟

- (1)按空间问题考虑,进行三维有限元分析;
- (2)土体为弹塑性材料,采用 Drucker – Prager 模型进行模拟,采用板体 SOLID-45 单元,空间 8 节点等参元。
- (3)将土工合成材料和土体结合体看作复合板体模型,该板体有一定刚度和抗拉强度;
- (4)将土工复合土体看作目标面,与其接触的土体看作接触面;
- (5)接触面只发生静摩擦作用,不发生动摩擦作用;
- (6)边界条件:地基地面为 3 个方向完全约束;地基宽度两侧水平约束(X, Y 方向);地基和路基沿公路延伸方向(Z 方向)水平约束。

3 土工格室的有限元分析

3.1 计算参数

分析模型采用原有路基宽一侧 13 m,加宽后 21 m,两边对称,路基高度 4 m,土工格室采用与土体结合后的复合模量,具体参数如表 1。

表 1 计算参数
Tab.1 Calculational parameters

类别	高度 /m	容重 $/(kN \cdot m^{-3})$	模量 /MPa	泊松比	摩擦角 $/(^{\circ})$	黏聚力 /kPa
旧路基	4	18	50	0.35	25	50
新路基	4	18	40	0.35	25	50
土基	40	18	6	0.35	25	50
土工格室	0.1	18	20 GPa	0.15	-	-

图 1 为加宽路基的拉应力分布,由图 1 可看出,拓宽路基的沉降曲线呈“~”形,同时使整个路基呈微“~”弯曲。这使得在“~”形路基的顶部和底部受弯拉应力,而最大拉应力出现在加宽路基底部。若铺设的土工格室要起到加筋作用,理论上铺于顶层或底层能较大限度发挥土工材料的抗拉能力,使整个路基结构受力均匀,减少侧向位移和不均匀沉降。

3.2 土工格室铺于不同层位时路基顶面各点的侧向位移

土工格室铺于不同层位时路基顶面各点的侧向位移和沉降绘成图,见图 2 和图 3。路基顶面各

关键点分别用 P1、P2、P3、P4 表示,其中 P1 为旧路中心线,P2 为旧路基边缘,P3 为新路基边缘,P4 为新路基坡脚线。

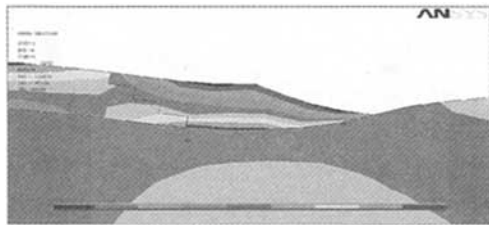


图 1 加宽路基拉应力分布

Fig.1 Tensile stress distribution of widening subgrade

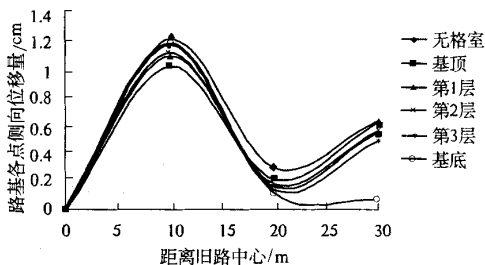


图 2 土工格室铺于不同层位时路基顶面各点侧向位移
Fig.2 Lateral displacement of the subgrade top when geocell at various situation

由图 2 可以看出,土工格室的铺设可以从一定程度上减少新路基的侧向位移,且铺设于基底和基顶时效果最好。土工格室铺于基顶时,对 P2、P3 点的侧向位移影响最明显,P2 点侧向位移减少了 15.8%,P3 点侧向位移减少了 27.6%。土工格室铺于基底时,对 P3、P4 点的侧向位移影响最明显,P3 点侧向位移减少了 58.6%,P4 点侧向位移则减少了 88.9%。

3.3 土工格室铺于不同层位时路基顶面各点的沉降和最大差异沉降

同样,土工格室的铺设起到一定加筋作用,使得下沉较大的新路基受到一定拉力作用,使新旧路基变形更协调,可以从一定程度上减少新旧路基的差异沉降。图 3 为最大差异沉降曲线。

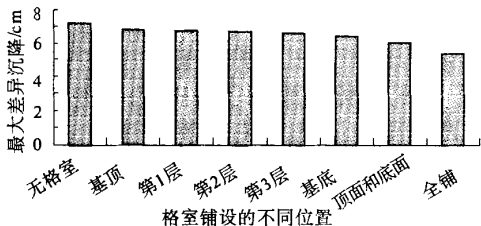


图 3 土工格室铺于不同层位时路基最大差异沉降
Fig.3 Biggest differential settlement of subgrade when geocell at various situation

从图3可以看出,土工格室铺于越下层,则新旧路基差异沉降越小,当铺于路基层底时最大差异沉降比无土工格室减少9.6%,而铺于较上层对降低差异沉降的贡献并不大.如果中间任意一个层面上铺设一层土工格室,加筋的作用是很有限的,只有在各层均铺设土工格室的情况下,才能发挥较好的加筋作用.当土工格室分两层铺设(基顶和基底)和各层均铺设时沉降量最大差异沉降比无土工格室分别减少15.1%和24.1%.

但应该注意到新路基的侧向位移本来就不大,完全可以通过挖台阶、保证施工压实度等来减少侧向位移,尤其在填土高度较低情况下,并没有必要考虑采用土工格室降低侧向位移,对土工格室的考虑应着重放在降低差异沉降上.因此,建议对于低路基,可以考虑在基底只铺设一层土工格室;对于较高路基,建议在路基层顶和基底分别铺设一层;对于高路基,需在每层台阶铺设一层土工格室.

4 结论

(1)土工格室的铺设可以从一定程度上减少新路基的侧向位移,且铺于基底和基顶效果最好;可以减少新旧路基的差异沉降,且土工格室铺于越下层,则新旧路基差异沉降越小,当土工格室分两层铺设(基顶和基底)和各层均铺设时沉降量最大差异沉降比无土工格室分别减少15.1%和24.1%.

(2)土工格室的铺设使得应力得到扩散和均

布,在路基中间铺设土工格室使路基的抗剪切能力得到提高.

(3)土工格室的铺设起到加筋作用,使得下沉较大的新路基受到一定拉力作用,从而使新旧路基变形更协调,并提高了地基承载能力.虽然土工格室层数的增加,对加筋效果改善并不比基底铺设一层明显多少,但是可以增加路基整体刚度和承载能力.因此,建议对于低路基,可以考虑在基底只铺设一层土工格室;对于较高路基,建议在路基层顶和基底分别铺设一层;对于高路基,需在每层台阶铺设一层土工格室.

参考文献:

- [1] 张胜,赵华宏.土工格室在软土地基处理中的应用与研究[J].公路交通科技,2004,21(4):37-39.
- [2] 谢永利,俞永华,杨晓华.土工格室在处治路基不均匀沉降中的应用研究[J].中国公路学报,2004,17(4):7-10.
- [3] 杨晓华.土工格室加固饱和黄土地基性状及承载力[J].长安大学学报(自然科学版),2004,24(5):5-8.
- [4] 刘柱,潘发安,朱湘,等.土工格栅与土工格室加筋机理比较[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2004,27(5):567-569.
- [5] 马卓军.土工格室加筋粘性土的强度特性研究[J].公路,2004(10):34-35.
- [6] 万剑平,万智,李志勇.土与土工格室相互作用的试验研究[J].湖南交通科技,2004,30(3):4-7.

Analysis of Treating Connection of Expressway Widening Project with Geocell

FU Zhen¹, WANG Xuan-cang¹, CHEN Xing-guang², LI Hong-zhi³, ZHOU Hong-wen³, ZHANG Peng³

1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Guangdong Highway Design Institute, Guangzhou 510507, China; 3. Rebuilding Project Department of Anxin Expressway in Henan, Xinxiang 450003, China

Abstract: In order to know the treating effect of geocell on connection of expressway, to mitigate the differential settlement of widening subgrade and to reduce differential settlement, with the ANSYS analysis, the settlement and lateral displacement of the widening subgrade at various situation were analyzed. The calculation result shows that the application of geocell can mitigate the differential settlement and lateral displacement of widening subgrade, especially when laid at the top layer and bottom layer. Geocell can also improve the entire rigidity and supporting capacity of the ground base.

Key words: road engineering; geocell; widening; connection; finite element analysis; expressway