

包裹式加筋土挡墙 在治理高速公路边坡小塌方中的应用

邓长平¹

周立新²

李虹¹

(1. 江西省高等级公路管理局, 南昌 330025; 2. 空军工程设计研究局, 北京 100077)

【摘要】 以工程实例论述了包裹式加筋土挡墙在治理高速公路边坡小塌方中的理论、设计计算和施工方法, 并运用朗肯土压力理论验算了土挡墙的稳定性和实用性, 在实际工程中证明了其有效性和实用性。

【关键词】 加筋土挡墙; 朗肯土压力; 抗拉强度

【中图分类号】 TU 476.4

Application of the Packaged Reinforced Soil Retaining Wall in Controlling Little Landslide of Expressway

【Abstract】 With the example of little landslide of expressway, introducing the principle, design calculation and construction method of the packaged reinforced retaining wall, checking its stability by Rankine earth pressure theory. Its feasibility is proved by practice.

【key words】 reinforced soil retaining wall; Rankine earth pressure; tensile strength

0 引言

赣粤高速公路是江西省交通规划“两纵三横一斜”公路主骨架的“一纵”, 其中昌傅至泰和段全长 147.733 km, 路线所经的地层岩性主要是红砂岩和泥岩, 岩层破碎带相对密集, 地下水比较发育, 部分挖方地段由于深挖形成的高陡边坡容易塌方沉陷, 造成严重的路基灾害。本文以赣粤高速公路昌傅至泰和段 A10 标 K140+025~K140+069 路基左侧挖方段的小型边坡塌方为例, 介绍加筋土挡墙在治理公路边坡小塌方的理论、设计计算、施工效果和经验。

1 加筋土挡墙设计计算

加筋土挡墙设计采用极限平衡法。其设计计算包括挡墙外部稳定性验算、挡墙内部稳定性验算、确定墙后排水措施以及面板受力分析。外部稳定性采用重力式挡墙的整体方法验算基底承载力、基底抗滑稳定性、抗倾覆稳

定性和整体抗滑稳定性; 墙背土压力按朗肯土压力理论确定; 内部稳定性验算必须满足筋材的极限抗拉强度和抗拔稳定性。

1.1 筋材设计容许抗拉强度确定 筋材设计容许抗拉强度:

$$T_a = \frac{T}{F_{iD} + F_{cR} + F_{cD} + F_{bD}} \quad (1)$$

式中: T 为土工格栅的极限抗拉强度 kN/m ; F_{iD} 、 F_{cR} 、 F_{cD} 、 F_{bD} 分别为铺设时机械破坏影响系数、材料蠕变影响系数、化学剂破坏影响系数、生物破坏影响系数。对于十分重要的工程, 上述系数均需实测, 本工程中的筋材容许抗拉强度取 $T_a = 50 \text{ kN/m}$ 。

1.2 加筋层间距的计算

以墙高 12 m 为设计标准断面, 按最下层土压力和筋材容许抗拉强度计算加筋层的间距:

$$T_i = [(\sigma_{vi} + \sum \Delta \sigma_{vi}) K_i + \sigma_{hi}] S_{vi} / A_r \quad (2)$$

式中: T_i ——第 i 层单位墙长筋材承受的水平拉力, kN/m, 必须满足 $T_i \leq T_a$;

σ_{vi} ——筋材承受的土的垂直自重压力, kPa, $\sigma_{vi} = \gamma Z$, $\gamma = 19.3 \text{ kN/m}^3$, $Z = 16 \text{ kPa}$;

$\sum \Delta \sigma_{vi}$ ——超载引起的垂直附加应力, kPa;

K_i ——土压力系数, 对于柔性筋材, $K_i = K_a = \tan^2(45 - \varphi/2) = 0.422$;

σ_{hi} ——水平附加荷载, 本工程可不考虑;

S_{vi} ——加筋层间距, m, 一般取小值按等间距布置;

A_r ——筋材的面积覆盖率, 土工格栅满铺时, $A_r = 1$ 。

将抗拉强度和土压力系数代入后求得挡墙加筋层最大垂直间距为 0.51 m。为了施工方便, 设计取 0.5 m 按等间距布置^[1]。

1.3 土工格栅长度计算

柔性筋式挡土墙及其潜在破裂面见图 1。土工格栅的总长度由三部分组成, $L_i = L_{ai} + L_{mi} + L_{di}$, 其中 L_{ai} 为滑动区内的无效长度; L_{mi} 为滑动区外的有效锚固长度; L_{di} 为端部包裹长度。

$$L_{ai} = (H - S_{vi} \times i) \times [\tan(45 - \varphi/2) - 0.1] \quad (3)$$

式中: H 为坡高, m; S_{vi} 为加筋层垂直间距, m; i 为从顶部数的层数; 0.1 为放坡角度。

L_{mi} 可由土工织物抗拔力及其与土体之间摩擦力的关系确定, 单位墙长筋材的抗拔力:

$$T_{pi} = 2 \sigma_{vi} \times L_{mi} \times f = F_s \cdot T_i \quad (4)$$

式中: σ_{vi} ——土工格栅上的有效法向应力, kPa, 为土的垂向自重应力与超载引起的土的附加应力之和^[2];

f ——由试验确定的筋材与填土的摩擦系数, 计算中取 0.36;

F_s ——抗拔稳定性系数, 规范值是 1.3 ~ 1.5, 计算中取 1.4;

T_i ——第 i 层单位墙长筋材承受的水平拉力, kN/m, 由(2)式求得。

由式(2)和式(4)可推算出挡墙潜在滑动面之外的土工格栅有效摩擦长度为: $L_{mi} = 0.49 \text{ m}$ 。

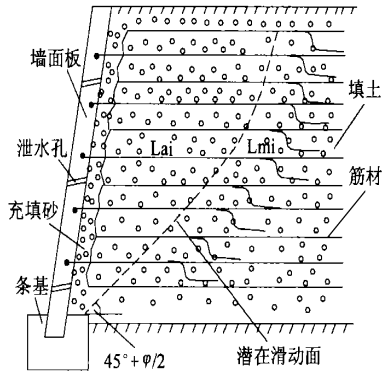


图 1 包裹式加筋土挡墙示意图

综上所述, 铺在填土表面的土工格栅最小长度为 5.53 m。这个长度还必须满足挡墙的整体稳定性验算。

1.4 稳定性验算

土工格栅长度和抗拔稳定性验算在计算加筋层间距和土工格栅长度时已满足要求, 故填土压力、拉筋的拉力、填料与拉筋间的摩擦力等相互作用的内力平衡保证了复合结构的内部稳定性; 基底承载力和基底的抗滑稳定性是很容易满足的, 所以稳定性主要是加筋土挡墙的整体抗水平滑动和抗倾覆能力^[3]。

1) 抗水平滑动验算:

$$F_{s1} = \frac{\gamma H \times (l_a + l_m) \times f}{\frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2HcK_a^{1/2} + 2c^2/\gamma} \quad (5)$$

代入具体的数值后得到抗水平滑动稳定系数是 1.368, 满足规范和设计要求。

2) 抗倾覆验算:

$$F_{\omega} = \frac{\frac{1}{2} \gamma H l^2}{\frac{1}{3} E_a \times (H - Z_0)} \quad (6)$$

式中: $E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2\gamma c K_a^{1/2}$; $Z_0 = \frac{2c}{\gamma K_a^{1/2}}$

代入具体的数值后得到挡墙整体的抗倾覆系数是 2.34, 满足规范和设计要求^[4]。

2 包裹式加筋土挡墙的作用机理分析

采用土工格栅满铺的形式, 选择化学稳定性和水稳性良好的土料在已铺好的土工格栅上分层填筑, 将外端部的土工格栅卷回一定长度, 然后再在它的上面平铺一层土工格栅, 横向重叠搭接宽度不小于 20 cm。填筑的材料最好是与土工格栅摩擦效果较好的粒状土; 也可以采用粘土结合少量粗砂的办法, 施工时遵循土工格栅的上下面都是粗砂的原则, 在粗砂的上面填筑一定厚度的粘土, 用 5 cm 厚的粗砂找平后再平铺上层土工格栅, 再依次摊铺粗砂和粘土。每层填土厚 50 cm, 按施工规范要求分两层压实, 控制填料的含水量为 $w_{op} \pm 2$, 确保 90% 的压实度和满足要求的平整度, 逐层增高, 直至设计高度。填筑后, 外侧设置钢筋砼预制面板, 尺寸为 1200 mm × 500 mm × 120 mm, 强度不低于 C25, 在外凸转角处用角隅板, 墙顶用异型板, 面板要预设钢筋拉环, 预留穿筋孔和泄水孔, 并做防腐隔离处理。在面板后不小于 30 cm 范围内回填砂砾或碎石。为了保护土工合成材料和美观起见, 面板可与加筋土体以一定形式连接保持稳定, 也可用绿化的方式在填土表面喷播草籽。

作用机理分析: 普通土坡单元体, 在自重或竖向荷载作用下, 单元土体产生压缩变形, 侧向发生弹性膨胀, 随着外部荷载的增加和时间的延长, 竖向和侧向的弹性变形越来越大, 直至土体开始产生塑性变形, 当塑性变形超过一定限度时, 土体开始部分破坏失稳。加筋单元体通过土工格栅与土颗粒的摩擦作用, 将引起侧向变形的拉力传递给筋材, 筋材拉伸模量较大, 因此单元土体的侧向变形受到了限制。加筋后的土体就好像在单元土体的侧向施加了一个侧向荷载一样, 并且随着竖向应力的增加, 侧向限制荷载也在成比例递增。在同样大小的竖向荷载作用下, 包裹式挡土单元体的应力圆在破坏线以下, 只有当填土与土工格栅之

间的摩擦失效或网格被拉断后, 土坡单元体才有可能发生破坏^[5]。

3 施工效果和经验

1) 加筋土挡墙采取在填土中加筋的办法充分利用筋材和填土自身的强度, 与其它方法相比, 具有工程费用低、占地少、施工速度快的优点, 如本工程中加筋土挡墙方案与重力式浆砌块石挡墙方案比较, 至少节约造价 50%。

2) 加筋土挡墙采用粘性土作填筑材料时, 必须严格控制含水量和压实度, 所以挡墙的施工要尽可能地避开雨季, 或采取措施保证最佳含水量; 加筋土工程填料的压实是加筋土工程成败的关键。

3) 加筋材料铺设时底面应平整、密实, 一般应拉直平铺, 不得重叠, 不得卷曲扭结; 土工格栅的纵向肋与墙面垂直, 与面板连接应牢固、可靠, 易于拉紧、拉直; 加筋土工程的面板应坚固美观、运输方便、易于安装。

4) 加筋土挡墙设计采取极限平衡方法计算是可行的, 在满足基底承载力和内部稳定性要求的同时又保证了加筋土挡墙的整体稳定性。

5) 柔性筋式挡墙在施工中和完工后均会产生一定的沉降和位移, 所以面板必须采用分离式设计, 面板的安装可以滞后于墙体的填筑, 但需作好面板安装前对土工格栅的保护。

参 考 文 献

- 1 杨果林. 一种新型的挡土结构实验研究. 工业建筑, 1998, 24(1): 27~34
- 2 郑先昌. 加筋土挡墙在填方高边坡中的应用. 水文地质工程地质, 2001(5): 66~68
- 3 JTJ/T 019-98 公路土工合成材料应用技术规范
- 4 程良奎, 杨志银等. 岩土加固实用技术. 北京: 地震出版社, 2000. 36~39
- 5 Wong K S, Broms B B, Chandrasekaran B. Failure model tests of a geotextile reinforced wall. Geotextiles and Geomembranes, 1994, 13: 475~490

收稿日期: 2003-06-17