

应用土工格栅处理软土地基上的桥头跳车问题*

Applying geogrid to deal with the bumping at bridge-head on soft foundation

田小草, 应荣华, 张起森
(长沙交通学院 路桥工程系, 湖南 长沙 410076)

中图分类号: TU 472 文献标识码: A 文章编号: 1000-4548(2000)06-0744-03

作者简介: 田小草, 男, 1970年生, 同济大学博士研究生, 现工作于长沙交通学院, 主要开展公路路基、路面等方面的研究。

1 前言*

广州市 1909 线派潭桥位于山间小河边, 根据粤东工程勘察院广州分院进行的桥址场地工程地质勘察报告, 本桥位属软土地基, 其承载能力极低^[1]。若对此不作处理就填筑路堤, 定会产生大的工后沉降, 这不仅会导致路面的早期破坏, 甚至路基的坍塌, 而且由于桥台(采用桩基础)一般沉降较小, 这样在桥台台背将产生台阶跳跃型的沉降差, 当汽车驶过这个部位时, 就会引起跳车现象, 而且车速越高, 跳车现象越严重, 使得汽车不能按设计车速运行, 从而降低了道路的通行能力, 而且容易损坏车辆, 甚至酿成交通事故。因此, 从软土地基及桥头跳车两大问题来讲, 都应对该桥台台背进行处理。

土工格栅是国外 80 年代开发的一种新型的工程加固材料, 自其问世以来, 因其优良的力学性能、良好的抗变形能力与抗老化性能而在欧美国家广泛地用于路基路面的加固、软土地基处理及海岸与堤坝的防护。笔者在此采用土工格栅来处理该桥台背的软土地基和桥台跳车问题。经过二年多的运营、监测, 证明处理是成功的, 理论分析和实测沉降相吻合。从而将土工格栅的应用范围扩展到处理软土地基上的桥头跳车这种更复杂的问题。

2 桥位地形地质情况

桥位地形情况, 如图 1 所示。桥台台背有一宽 3.4 m, 深 1.8 m 的槽, 槽底为浸泡于水中的淤泥质粉质砂土。台背第二级台阶处的土为施工桥台承台时挖出的淤泥, 已面干, 厚约 1.4 m。

3 处理方法

由于地下水位较高, 且该处属极软地基, 所以初步拟定的处理方案为: 清除水槽底的淤泥至承台下 0.5 m, 回填砾石, 并用高压水枪射水冲压密实, 直至与承

台平; 然后铺设一层土工布, 固定后再冲填一层砾石, 厚度为 0.5 m, 再在其上铺设一层土工布, 填一层粘土, 碾压密实, 压实度要求达到 90%, 以阻止下部的水上升; 然后再铺设固定一层土工格栅后填土压实, 压实度要求为 90% (路基顶面以下 1.0 m 范围内的填土压实度应不小于 93%), 这样直至到路基设计标高, 如图 2(a) 所示。

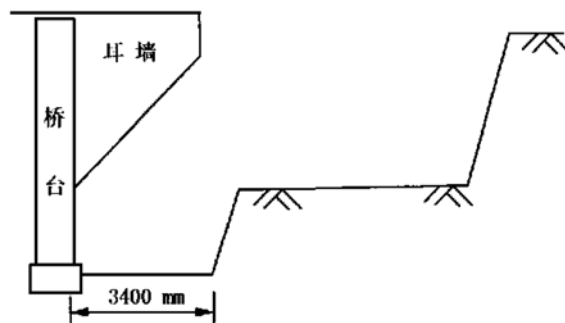


图 1 桥位地形图

Fig. 1 Landform of the bridge

后来, 由于台后水槽深且窄, 施工机械, 特别是压路机不能进入, 所以不得不修改处理方案。经分析, 最终采用的处理方案为: 清除水槽底的淤泥至承台下 0.5 m, 回填砾石并用高压水枪射水冲压密实, 直至与承台平; 然后铺设一层土工格栅, 固定后再冲填砾石, 直至与台背的第二级台阶相平, 用履带式挖掘机来回行走, 直至无明显的轮迹为止, 然后再铺设固定一层土工格栅, 其长度为 6 m; 随后就可以分层填土、碾压, 检查压实度, 压实度达到 90% (路基顶面以下 1 m 范围内的填土压实度应不小于 93%) 后, 就可以摊铺、张拉、固定土工格栅, 这样填一层土后就铺设一层土工格栅直至路基设计标高, 如图 2(b)。图中虚线表示土工格栅, 虚线上的数字表示该层土工格栅的长度。

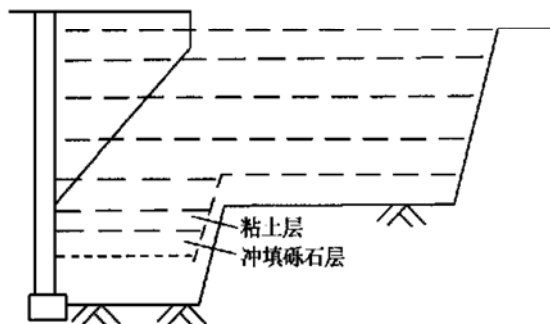
其中, 土工格栅的铺设要求进行张拉并固定。靠桥台台背一侧采用膨胀螺丝和扁钢片固定, 在固定其

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59278164)

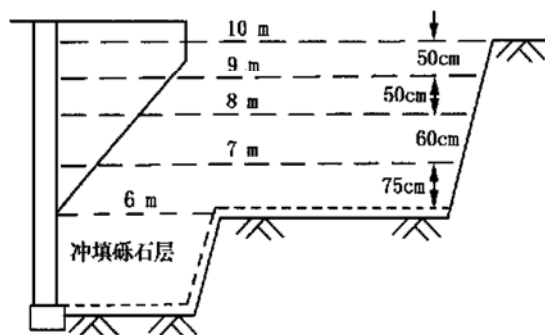
收稿日期: 2000-04-14

它三边前,应先行张拉,伸长率达到5%后,用“U”型钉固定在土层中。

最后在施工水泥砼路面时,在路面中沿路中线设置了5个路基沉降观测管,以测量路基的工后沉降,评定处治效果。



(a) 初步方案



(b) 修改方案

图2 台背填筑处治方案

Fig. 2 Treatment in the backside of bridge

4 土工格栅的处治机理

在室内进行的大量试验证明:在土体中合理布置土工格栅,可使土体的垂直应力、水平应力明显降低,土体剪应力(土颗粒之间的摩擦作用)明显提高,土体的抗剪强度得到充分发挥,可以大大地提高土体的承载能力、抗变形能力和抗裂能力。

将土工格栅用于处理软土地基以提高其承载力,是通过格栅将其上部填料的垂直变形向水平方向扩散以致其上部填料的抗剪切变形能力得以充分发挥,使得软土地基表面的承载区大大增加,表面的压强大大减小,从而达到提高其承载力的目的。

土工格栅之所以能用于桥头跳车处理,是利用了格栅变形的连续性,及其高强、高弹、大变形特性,将交通荷载及上部土体的自重荷载部分地传递到桥台,并将荷载扩散到一个较大的范围,从而降低对其下部土体的压力,减小台背填土的总沉降,并将台背与填土交界部位的阶梯状沉降变为连续渐变沉降。

5 桥台台背沉降的有限元分析

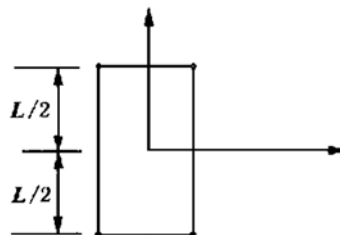
5.1 土的本构关系

在有限元分析中,首先要建立土性状模型,由于土的应力-应变关系是非线性的,可以选用非线性弹性体来描述土的应力-应变特性,实践表明这种模型在很多情况下可以得到满意的结果。目前,在很多工程计算中,土的非线性弹性体采用的数学模型为 Duncan-Chang 模型,其参数可由常规试验确定,并且具有特定的物理意义,其方法简单、实用。所以本分析中土的本构关系采用 Duncan-Chang 非线性弹性模型。

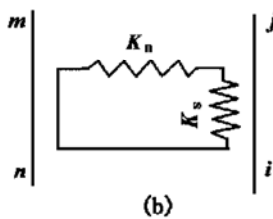
5.2 有限元模型

(1) 单元模型

在本分析中,用三种单元(等参八节点单元、界面单元和土工格栅单元)表示土与土工格栅相互作用系统。桥台后的填土采用八节点等参单元,即抛物线型二维八节点等参单元模拟,它具有好的单元特性及对曲线边界的适应性,介绍该单元的文献很多,故不在此赘述。仅对界面单元和土工格栅单元作简单介绍。



(a)



(b)

图3 接触面单元

Fig. 3 Interface element

在一定的受力条件下,土与土工格栅的接触面上可能会产生错动、滑移或开裂。为了模拟可能产生的错动、滑移或开裂,在土与土工格栅间设 Goodman 接触面单元。接触面单元有4节点,如图3所示,界面单元的厚度不进入计算,单元厚度为零,节点*i*、*j*落在同一条长边上,单元节点编号顺序如图3的*j*、*mn*。单元由两片长度为*L*的接触面*j*和*mn*组成。假想在两片接触面之间有无数的弹簧联接,如图3(b)所示,每对弹簧含有法向弹簧*n*和切向弹簧*s*。如果剪应力小于摩擦力时,属弹性阶段,两个弹簧都存在;当剪应力等于或大于摩擦力时,接触面之间产生摩擦滑移,弹簧

s 不再存在, 仅保留弹簧 n 作为两片接触面之间的联系, 此时, 接触面之间的剪应力仍保持为摩擦力 $f \cdot \sigma_n$, 在受力前两片接触面完全吻合, 为一维单元。接触面单元与相邻的接触面单元或二维单元之间, 只有通过节点才能有力的联系, 在节点力 $\{F\}^e$ 作用下, 两片接触面间的弹簧所受应力为

$$\{\sigma\} = \{\sigma_n, \tau\}^T \quad (1)$$

相应地, 在两片接触面之间产生的相对位移为

$$\{\omega\} = \{\omega_n, \omega_s\}^T \quad (2)$$

在线弹性假定下, 应力 $\{\sigma\}$ 与相对位移 $\{\omega\}$ 成正比, 其关系式如下:

$$\{\sigma\} = [K_0] \{\omega\} \quad (3)$$

式中

$$[K_0] = \begin{bmatrix} K_n & 0 \\ 0 & K_s \end{bmatrix}$$

其中, K_n , K_s 分别为法向和切向的单位长度劲度系数 (MPa/m)。 K_n 可取与土料相接触的土工格栅的压缩模量; K_s 为剪切试验结果在弹性阶段应力-位移关系的斜率, 即有

$$\tau = K_s \omega_s \quad (4)$$

土工格栅单元用二维薄膜单元表示, 它近似于埋入土中的薄膜, 只能承受张力, 不考虑弯曲和压力。土工格栅单元刚度矩阵

$$[K_e] = \frac{E \times T}{R} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中 E 为土工格栅抗拉模量; T 为土工格栅宽度, 即单元宽度; R 为土工格栅径向长度。

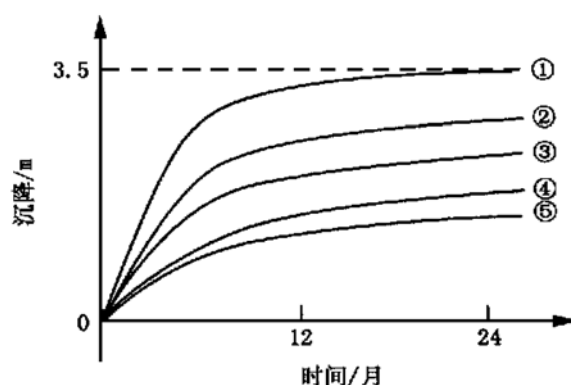
(2) 计算边界条件

土工格栅与桥台联结端作为固定端处理; 靠桥台的填土各点, 按有横向支撑处理。

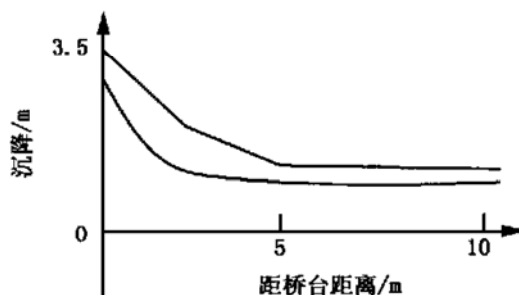
5.3 沉降计算分析

按上述有限元分析, 编写了非线性有限元程序。有限元计算参数取值由从工地取得的土样进行室内试验测得。计算分析结果以及实测的沉降值如图 4 所示。

从图 4 可以看出, 经过采用土工格栅处治, 台背处的沉降已趋稳定, 最大沉降值仅有 0.4 cm。观察发现桥头搭板与台背的连接仍完好, 搭板正常, 没有明显的阶梯状不均匀沉降现象, 车辆驶过时, 平稳无跳车现象; 有限元计算分析得到的沉降规律与实测沉降值偏差小, 说明本研究的计算理论和结构模型, 以及编写的程序是正确的。



(a) 时间-沉降观测曲线



(b) 沉降的计算与观测值比较

图 4 台背沉降的有限元计算与观测值的比较

Fig. 4 Comparison between the result of FEM and the actual settlements

6 结 论

经过一年的观测运营, 证明应用土工格栅可以很好地解决软土地基问题及桥头跳车问题, 甚至是软土地基上的桥头跳车这种更复杂的问题。本研究的计算理论和结构模型, 以及编写的程序是正确的。

参考文献:

- [1] 1909 线派潭桥址场地岩土工程地质勘察报告[R]. 广州: 粤东工程勘察院广州分院, 1997.
- [2] 土工合成材料工程应用手册编委会. 土工合成材料工程应用手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
- [3] 张起森. 道路工程有限元分析法[M]. 北京: 人民交通出版社, 1983.
- [4] 王志建, 等. 软土地基 Biot 固结的一种有限元方法[J]. 岩土工程学报, 1990, 12(6): 91~98.
- [5] 高宏兴. 软土地基加固[M]. 上海: 上海科技出版社, 1990.
- [6] 陈永福, 高燕希, 张起森. Netlon 土工格栅在高等级公路桥头跳车处理中的试验研究[J]. 土木工程学报, 1996, 29(1): 45~46.