

双面直立互锚式挡土墙的受力和变形研究

苏 骏^{1,2} 余天庆²

(1. 武汉理工大学,湖北武汉 430070, 2. 湖北工业大学,湖北武汉 430068)

【摘 要】 一座总墙高为 9.6 m 的双面直立互锚式挡土墙首次应用于山区高等级公路工程中,为了研究墙体的水平位移、基底应力及墙背土压力的分布规律,对该挡土墙的变形和受力进行了现场原型观测,得到了拉筋拉力、墙面板所受土压力、基底应力及墙体的水平位移等变化和分布规律,研究结果可供今后设计和研究类似支挡结构时提供参考。

【关键词】 挡土墙;土压力;变形

【中图分类号】 TU 476.4

Testing study on Stress and Deformation of Two-sided Vertical Mutual Anchoring Retaining Wall

Su jun^{1,2} Yu Tianqing²

(1. Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430070;

2. Hubei University of Technology, Wuban Hubei 430068 china)

【Abstract】 A two-sided vertical mutual anchoring retaining wall with height $H=9.6\text{m}$ was built in high grade highway engineering in mountain areas firstly. In order to research the horizontal displacements, basement pressure and lateral pressure of wall, the testing study is made on the full-scale. The change and distribution law of the reinforcement tensions, the lateral earth pressure on the face, the vertical earth pressures at the base, the horizontal displacements are obtained. The results can be used as a reference for future studies and designs of similar retaining structures.

【Key Words】 retaining wall; earth pressure; deformation

0 引 言

宜昌某公路段从 K5+996.04 至 K6+076.06 为由低到高的填石路堤公路。路堤最高 11.0 m, 最低 8.0 m, 平均路堤高度约 9.5 m。路基宽度为 20.0 m。双向四车道, 沥青混凝土路面。因所占土地为良田, 为节约土地资源, 经技术经济指标综合比较, 选用双面直立互锚式挡土墙的结构形式。两侧挡土墙为预制混凝土正六边形板, 面板宽 92 cm, 高 80 cm, 厚 8 cm。每块面板上连接 4 根拉筋, 拉筋采用 $\Phi 8\sim 10$ 的 HPB235 级钢筋。通过设置对拉钢筋来承受路堤的侧向土压力, 提高路堤的整体性和稳定性, 从而改善土体的力学性能, 结构示意图见图 1。

为了研究该挡土墙的受力, 进一步分析挡土墙的作用机理及加筋效应, 验证设计理论, 我们根据实际路堤的坐标对桩号为 K6+066 断面(设计高程为 114.60 m, 填挖高为 9.6 m)进行了现场原型观测。

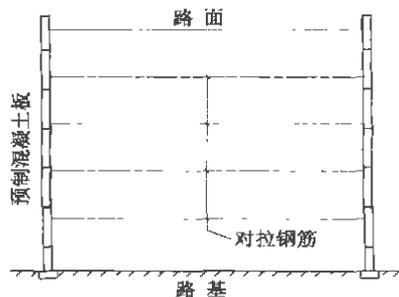


图 1 双面直立互锚式挡土墙结构示意图

根据设计需要, 在底部墙体中设置有土工格栅(见图 2)。本次测试针对墙高 $H=1.4\sim 9.6\text{m}$ 范围内进行。拉筋的拉力采用钢弦式钢筋计测量。钢弦式钢筋计安装在紧靠墙面板后的 4 根拉筋上, 同时选取 3 个不同层位的拉筋(距基础顶分别为 1.8 m、4.6 m、6.6 m)沿长度方向布置钢筋计, 测试拉筋的拉力沿长度方向的变化。面板所受的土压力采用土压力盒量测, 共埋设 9 个土压力盒。土压力盒放置

在预制的正六边形板中心的预留凹槽中,测试元件布置见图 2。由土压力盒量测的侧向土压力和通过拉筋的拉力值之和换算成其对应的墙面板承受的侧向土压力,可定性分析该挡土墙侧向土压力的分布规律。挡土墙于 2003 年 9 月开始施工,2004 年 2 月填土至 114.60 m 高程,观测与施工同步进行。

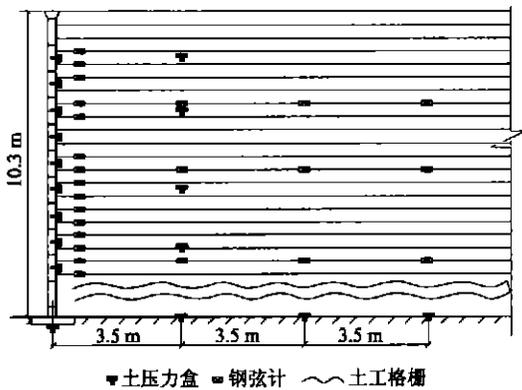


图 2 测试元件布置图

1 观测结果分析

1.1 墙背土压力分布

在互锚式挡土墙结构中,由于拉筋的存在,限制了墙面板的侧向位移,所以关于挡土墙墙背土压力的计算不宜采用传统的库仑、朗金理论^[4]。通过紧靠墙面板处的钢筋计测量得到的钢筋拉力值之和除以单块墙面板面积转换成其对应的墙面板所承受的侧向土压力(见图 3),用它可定性分析该挡土墙墙背侧向土压力的分布规律,并与土压力盒量测的侧向土压力(见图 4)进行对比。根据葛洲坝股份有限公司实验中心提供的实验报告,墙后回填料在密实状态下, $\gamma=19.6 \text{ kN/m}^3$, $\varphi=38^\circ$ 。因此,朗金主动土压力系数为:

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) = 0.238 \quad (1)$$

静止土压力系数 K_0 ,用 Jaky^[4]公式估算可得:

$$K_0 = 1 - \sin \varphi = 0.384$$

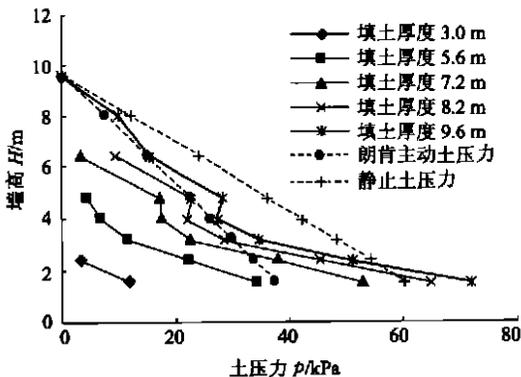


图 3 拉筋拉力换算的侧向土压力沿墙高变化

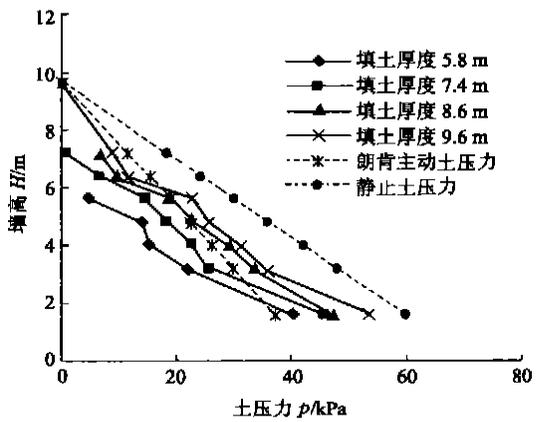


图 4 土压力盒量测的侧向土压力沿墙高变化

从图 3 和图 4 可以看出:

1)侧向土压力随填土高度的增大而逐渐增大,并呈非线性分布,而非理论上的线性分布。主要是由于面板并非刚性整体结构,属于柔性结构的互锚式挡土墙的变形受到墙后拉筋的制约,随着填土高度的增加,引起墙面位移的土压力与拉筋的抗拔阻力处于动态平衡中,同时,拉筋的受力又是一个产生被动土压力且使土压力增大的过程,因此大多数实测土压力介于静止和主动土压力之间。此外,在墙背分层铺设拉筋与填料,由于各层填料的物理力学性质的不均匀性,同样会造成土压力的非线性分布。

2)由土压力盒量测的侧向土压力值均小于计算静止土压力。当填土高度 $H=9.6 \text{ m}$ 时,土压力盒量测的最大土压力值位于底部,最大值为 53.5 kPa ,比静止土压力小 11% ;比主动土压力大 43% ;由拉筋拉力换算的最大侧向土压力也位于底部,最大值为 71.91 kPa ,比静止土压力大 19% 。由拉筋拉力换算的土压力和土压力盒量测的土压力沿墙高的变化趋势是一致的。

3)由拉筋拉力换算的侧向土压力比土压力盒量测的侧向土压力最大值大 34% ,主要是由于在施工过程中,为了增加墙体的稳定性,面板与面板之间通过 $\phi 12$ 钢筋的锚栓互相连接,从而使面板本身能够承受一定的荷载。

1.2 拉筋拉力沿拉筋长度的分布

在施工过程中,随填土高度的增加,墙面板逐渐受到墙后土压力的作用,而每块面板的土压力分别由各自墙面板后的拉筋拉力所平衡。在施工过程中拉筋拉力随填土厚度、拉力沿筋长的分布规律见图 5。

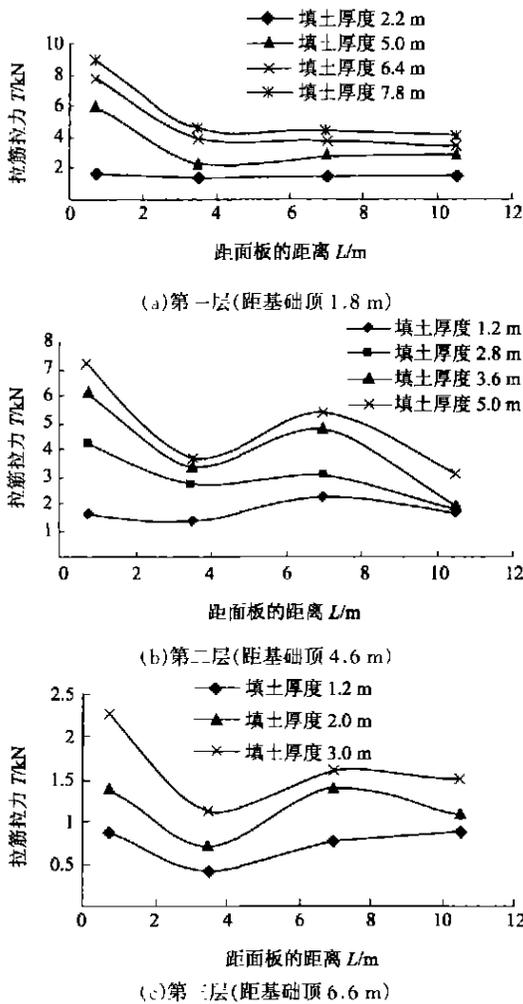


图5 不同层位的拉筋拉力随填土厚度的变化

1)在施工过程中,各层拉筋拉力随上覆填土厚度的增大而增大,填土厚度变化时,每层拉筋拉力沿筋长的分布规律大致保持不变,但第一层拉筋的拉力沿筋长的分布规律与第二、三层不尽相同。

2)第二、三层拉筋拉力均出现双峰值现象,第一峰值出现在离面板最近的测点处,其中最大值为8.93 kN,出现于第一层拉筋,产生第一峰值主要是由于填土侧向土压力作用于面板,因而拉力在面板处产生峰值;第二峰值的产生是土体自重、填土对拉筋的摩阻力等共同作用的结果。第二峰值点沿墙高方向的连线通常可作为挡土墙锚固区与非锚固区的分界线。

1.3 基底、地基压力分析

为了测试基底和挡土墙内部原地面处的土压力值,在基础的下部及原地面距墙面板距离分别为3.5 m、7.0 m、10.5 m 处分别埋设土压力盒 T11、T12、T13、T14(见图6)。从图6可以看出基底、地基

压力是随填土的增加近乎成线性增加。填高9.6 m时,基底压力为139.1 kPa,比理论计算值小26%;土压力盒T12、T13、T14测试的地基应力比理论计算值大,说明拉筋的存在使地基应力产生重新分配的结果。互锚式挡土墙基础的主要作用是用于面板的安装,即使受到偏心荷载作用的基础产生破坏和局部地基小范围进入塑性区,也不会导致墙体失稳。

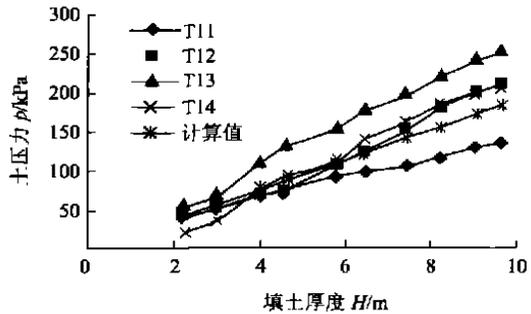


图6 基底、地基压力随填土厚度变化曲线

1.4 挡土墙水平位移分析

墙体水平位移从竣工后开始观测,利用高精度的全站仪来观测墙面板的水平位移,图7绘出竣工后一个月内的两次观测结果及施加汽车荷载时墙体的变形情况,其中加载工况1为2辆300 kN的汽车对称布置在左车道范围内;加载工况2为4辆300 kN的汽车对称布置在道路全宽范围内。从图中可看出,水平位移在墙体中部较大,两端较小,汽车荷载作用时,最大位移增量约为3.2 mm,汽车荷载对墙体中上部影响较大。

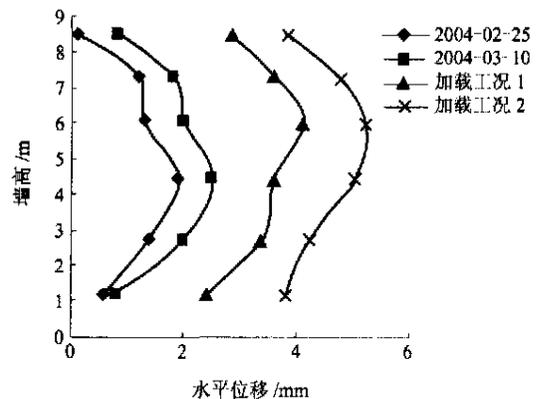


图7 墙体水平位移沿墙高的变化曲线

2 结论

1)侧向土压力随填土高度的增大而增大,且呈非线性分布,属于柔性结构的互锚式挡土墙的变形受到墙后拉筋的限制,随着填土高度的增加,引起墙面位移的土压力与拉筋的抗拔阻力处于动态平衡,

同时,各层填料的物理-力学性质的不均匀性,同样会造成土压力的非线性分布。

2)由拉筋拉力换算的土压力和土压力盒量测的土压力沿墙高的变化趋势是一致的,最大土压力均位于底部,最大值分别为 71.91 kPa, 53.5 kPa, 大多数实测土压力均介于静止和主动土压力之间。

3)各层拉筋拉力随上覆填土厚度的增大而增大,第二、三层拉筋拉力均出现双峰值现象,第二峰值点沿墙高方向的连线通常可作为挡土墙锚固区与非锚固区的分界线。

4)水平位移在墙体中部较大,两端较小,沿墙高呈鼓形分布,汽车荷载作用时,最大位移增量约为 3.2 mm,汽车荷载对墙体中上部影响较大。

5)原型观测结果表明,该挡土墙的受力和位移完全满足结构的强度、稳定、变形和安全的要求,说明该工程设计合理、结构可靠。

参 考 文 献

- 1 中华人民共和国交通部标准·公路加筋土工程设计及施工规范汇编·北京:人民交通出版社,1993
- 2 杨广庆,蔡 英·多级台阶式加筋土挡土墙试验研究·岩土工程学报,2000,22(2):254~257
- 3 杨广庆,蔡 英,苏 谦·高路堤加筋土挡土墙的变形和受力研究·岩石力学与工程学报,2003,22(2):321~326
- 4 陈希哲·土力学地基基础·北京:清华大学出版社,1997
- 5 高江平,俞茂宏,胡长顺,等·加筋土挡墙土压力及土压力系数分布规律研究·岩土工程学报,2003,25(5):582~584
- 6 Addenbrooke T I, Potts D M, Dabee B, Displacement Flexibility Number for Multipropped Retaining wall Design·Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2001, 126(8):718~726
- 7 陈 群,何昌荣·一种新型楔形拉筋加筋土挡墙的原型观测·岩土工程学报,2000,22(3):289~293
- 8 杨锡武,欧阳仲春·山区高等级公路加筋高路堤陡边坡研究·公路交通科技,2001,18(1):17~20

收稿日期:2004-10-27

作 者 须 知

近来编者发现,个别作者的科技论文在引用有关图书、期刊等文献资料时存在着问题,应引起作者的关注。

在科技论文中,适当引用前人或他人的观点、数据、数理公式、图、表、结论等材料时,不仅要要对它们在论文中出现的部分予以标明,并在文末列出参考文献表。这项工作叫做参考文献著录。

《中华人民共和国著作权法实施条例》(1991年5月30日国家版权局发布)“**第四节 权利的限制**
第二十七条 著作权第二十二条第(二)项规定的适当引用他人已经发表的作品,必须具备下列条件:

- (一)引用的目的仅限于介绍、评论某一作品或者说明某一问题;
- (二)所引用部分不能构成引用人作品的主要部分或者实质部分;
- (三)不得损害被引用作品著作权人的利益。”

我国《图书、期刊版权保护试行条例实施细则》(1984年)‘**第十五条:(一)“适当引用”指作者在一部作品中引用他人作品的片断。引用非诗词类作品不得超过两千五百字或引用作品的十分之一,如果多次引用同一部长篇非诗词类作品,总字数不得超过一万字;……。凡引用一人或多人的作品,所引用的总量不得超过本人创作作品总量的十分之一,但专题评论文章或古体诗词除外。**’

由此可见,科技论文适当引用前人或他人的参考文献(非诗词类)有两个量化标准:(1)引用他人作品的片断不能超过引用作品的十分之一。(2)引用一人或多人的作品“片断”,所引用部分的总量不能超过本人创作作品总量的十分之一,且所引用部分不能构成引用人作品的主要部分或实质部分。这两个“十分之一”规范了科技论文适当引用他人参考文献的量化标准。希望广大作者在撰写科技论文时注意适当引用他人的参考文献,掌握好适当引用他人参考文献的界限。