

文章编号:1673-0062(2017)02-0102-05

一种复杂工况下的桩锚扶壁式复合挡墙的设计及数值分析

谭 韬^{1,2}, 李 明^{1*}, 朱 平², 邹北雁¹

(1.南华大学 土木工程学院,湖南 衡阳 421001;2.湖南省核工业地质局三〇六大队,湖南 衡阳 421001)

摘 要:扶壁式挡墙施工简单、经济,应用广泛.但在特殊地形地貌等条件的复杂工况下,受地质及周边环境的影响,需要构建桩锚扶壁式复合式挡墙才能满足设计要求.在桩锚扶壁式复合挡墙的设计上,还没有形成完整的设计理论和规范体系.本文结合某小区边坡支护设计项目的工程实际情况,提出以桩作为承载介质,使用桩锚结构提高地基承载力、抗滑移和抗倾覆能力的桩锚扶壁式复合挡墙的支挡结构.并利用极限平衡法和 Midas/GTS 有限元软件,对桩锚扶壁式复合挡墙进行设计和数值分析,论证了桩锚扶壁式复合挡墙的结构是合理的,对今后同类工程的计算及设计有一定的参考价值.

关键词:扶壁式挡墙;桩基;极限平衡法;有限元分析

中图分类号:TU476+.4

文献标志码:A

Design and Numerical Analysis of Composite Retaining Wall with Pile Anchor under Complicated Conditions

TAN Tao^{1,2}, LI Ming^{1*}, ZHU Ping², ZOU Bei-yan¹

(1.School of Civil Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China;
2.306 Brigade of Hunan Nuclear Geology, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: The construction of the counterfort retaining wall is simple and economical, and widely used. However, under the complicated conditions of special topography and geomorphology, also by the influence of geology and surrounding environment, it is necessary to construct the composite retaining wall with pile anchor to meet the design requirements. Based on the actual situation of slope support design project of a certain district, a kind of pile-supported composite counterfort retaining wall is proposed, which use piles as carrying medium to improve the bearing capacity of foundation, anti-sliding and anti-overturning. This paper adopts the limit equilibrium method and the Midas/GTS finite element method to present the

收稿日期:2017-05-05

作者简介:谭 韬(1987-),男,工程师,工程硕士,主要从事边坡灾害的预测与防护方面的研究.E-mail:tittitt@qq.com. * 通讯作者:李明,E-mail:1121446131@qq.com

design and numerical analysis of the composite retaining wall with pile anchor, and proves that the structure of this composite retaining wall is reasonably practicable. Conclusion obtained have certain referential value for the calculation and design of the similar projects.

key words: counterfort retaining wall; piled foundation; the prestressed anchor wire; finite element analysis

扶壁式挡土墙是薄壁式挡土墙中的一种,其特点有施工方便、构造简单、自重较轻、经济实用,适应地基承载力较低和缺乏石料的地区等。因此,扶壁式挡土墙受到广泛使用^[1]。在实际应用过程中,由于地形地貌和周边环境情况的影响,基础不能提供较好的承载力和抗滑移力时,就必须加设桩基础或桩锚基础。桩锚扶壁式复合式挡墙没有对应的理论和规范体系,只能分开计算和设计。借此本文通过实例对复杂工况下桩锚扶壁式复合挡土墙的设计进行分析和研究。

1 工程概况

衡阳市某住宅小区因空间不足,居民活动设

施过少,需新建篮球场。为扩大使用场地,拟建篮球场位于小区东南侧边坡上,紧邻某高校女生宿舍。边坡相对高差 14.0 m。边坡总长 95.9 m,自然坡度约 30°。场地地貌单元为丘陵地貌,边坡呈 U 型,边坡中段高,南北两端相对较低。东侧坡底为某高校女生宿舍,南侧为某灯泡厂,北侧为某高校运动场。

1.1 工程地质条件

根据钻探揭露,边坡开挖深度范围内岩土层自上而下分别为:素填土、粉质黏土、全风化泥岩,边坡支护工程主要与素填土、粉质黏土、全风化泥岩有关。边坡主要土层物理及力学性质见表 1:

表 1 土层物理力学性质

Table1 Physical mechanic property in the layer of soil

岩土名称	天然重度/(kN·m ⁻³)	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 φ /(°)	承载力特征值/kPa
素填土	16.0	10	8	120
粉质黏土	18.0	30	24	250
全风化泥岩	22.0	35	25	280

1.2 水文地质条件

场地地下水类型按其埋藏条件可分为上层滞水和基岩裂隙水,其中上层滞水赋存于上部的杂填土、耕表土中,水量少,动态不稳定,基岩裂隙水主要赋存于下部的基岩风化裂隙中,主要补给来源为相邻地下水的侧向补给,地下水对本工程影响较小。

2 支护结构设计方案

2.1 工程特点

经综合分析本工程的地质条件、周边环境情况以及土地利用率等因素,本工程有以下几个特点:

- 1) 本工程设计初衷为扩大小区使用空间,坡顶设计为篮球场,坡底紧邻某高校学生宿舍,无放坡空间,为充分利用场地需设置直立式支挡结构;
- 2) 本工程为回填边坡且高差大,坡顶至坡底高差达 14 m,原坡脚已有 4 m 高浆砌片石挡土墙,无法直接在坡面修筑挡土墙;

- 3) 本工程东面坡底紧邻学生宿舍,北面紧邻体育场,且挡土墙需设置在边坡上,无墙后填土,对抗滑移能力要求较高;

- 4) 根据地勘报告显示,本工程挡土墙持力层为素填土。该土层地基持力层特征值是 120 kPa,不满足本工程挡土墙的设计要求。

2.2 支护方案的设计

根据工程特点的分析,比对分析多种支护方案,本工程最终决定在边坡基础上修筑结合锚索锚定的桩基扶壁式复合挡土墙。具体方案如下:

- 1) C30 钢筋混凝土扶壁式挡土墙:墙高 7.0 m,底板厚 0.8 m,墙面板厚 0.4 m,扶肋板厚 0.6 m,扶肋间距 5.0 m。墙面板设 1 道伸缩缝,缝宽为 30 mm,每 2 m 设置 1 个泄水孔,采用直径 50PVC 管制作,间距 2 m×2 m,外包二层土工布,埋入土层深度不小于 300 mm。

- 2) 扶壁式挡土墙基础为人工挖孔双排灌注桩,桩径为 1.2 m,间距 2.5 m。双排桩桩长为 17 m,

构件低端的距离; G :双排桩、桩顶连梁和桩间土的自重之和; z_c :双排桩、桩顶连梁和桩间土的重心至前排桩边缘的水平距离。

根据上式计算抗倾覆稳定性系数 $K_0 = 1.928 \geq 1.25$, 满足规范要求。

3.2 有限元分析

3.2.1 模型建立

采用 Midas/GTS 有限元软件, 根据本工程特点对桩锚扶壁式复合挡土墙进行二维简化后, 采用理想弹塑性 Mohr-Coulomb 模型进行建模^[4], 该模型屈服函数表达式为:

$$f_s = \sigma_1 - \sigma_3 \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} - 2c \sqrt{\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}} \quad (4)$$

式中: σ_1 :最大主应力; σ_3 :最小主应力; c :内聚力; ϕ :内摩擦角。

当 $f_s > 0$ 时, 材料将发生剪切破坏。

模型材料参数根据岩土勘察报告确定, 详见表 1。桩基、扶壁式挡墙、锚索采用弹性模型, 锚索分自由段和锚固段, 在桩土间及锚索锚固段设置摩擦接触面提高分析精度(如图 3 所示)。网格划分采用自动划分, 对填土、桩间土及挡墙部分进行加密, 单元尺寸为 1, 接触面单元尺寸取 0.5。边界条件为地面支撑、四周水平方向固定。施工阶段分为初始应力阶段、桩施工阶段、锚索施工阶段、扶壁式挡墙施工阶段和回填阶段。

根据 Midas/GTS 计算结果可知在不同的施工阶段中, 材料都不将发生剪切破坏。

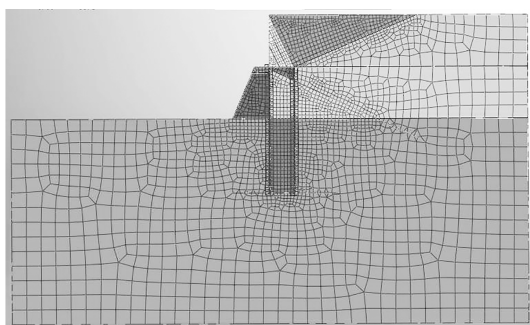


图 3 模型示意图

Fig.3 Schematic diagram of the model

3.2.2 模拟结果与分析

利用有限元分析该工程方案, 选择性截取重要结构的位移云图和内力图。

1) 位移场分析

图 4 为模型整体水平位移云图, 从云图中可以看出水平位移最大发生在扶壁式挡土墙顶部,

位移值为 32.44 mm; 图 5 为模型整体竖向位移云图, 从云图中可以看出竖向位移最大也发生在扶壁式挡土墙顶部, 位移值为 25.34 mm。发现最大水平位移和最大竖向位移均小于设计计算值, 其中竖向沉降(竖向位移)是评价路基稳定性的重要指标, 竖向位移小于设计计算值说明扶壁式挡土墙对荷载对土体的沉降有一定的控制效果, 而且沉降在可控范围内。

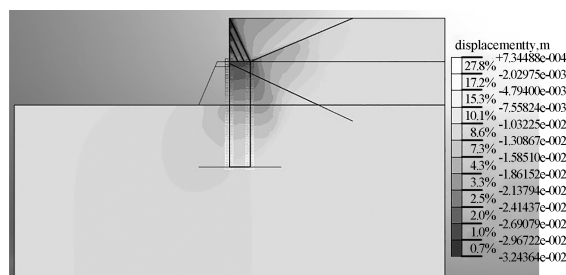


图 4 整体水平位移云图

Fig.4 Overall horizontal displacement contours

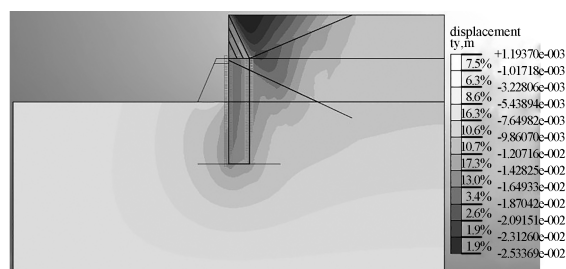


图 5 整体竖向位移云图

Fig.5 Overall vertical displacement contours

2) 桩内力图分析

图 6 和图 7 分别是桩剪力图和桩弯矩图, 根据内力图显示可以看出, 前排桩的最大剪力和最大弯矩分别为 505.1 kN 和 630.1 kN · m, 后排桩的最大剪力和最大弯矩分别为 332.0 kN 和 640.4 kN · m, 均未超过设计计算值; 而图 8 和图 9 分别为连梁的剪力图和弯矩图, 根据内力图显示可以看出, 连梁的最大剪力和最大弯矩分别为 467.8 kN 和 655.0 kN · m, 说明连梁在连接前后两排桩时承受了较大剪力和弯矩, 所以在设计中需要对连梁进行单独设计。从桩的内力图可以看出, 所受内力均在承受能力范围内, 所以在整个施工过程中, 桩不将发生破坏, 因此对于整体结构的稳定性表现得良好。

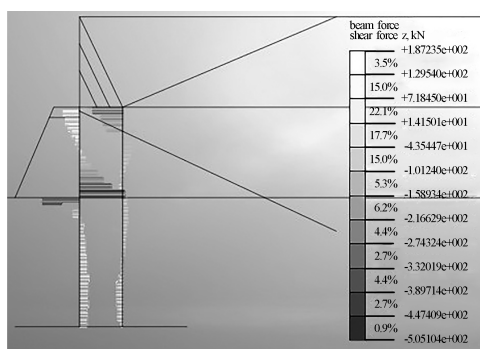


图6 桩剪力图

Fig.6 Shear force diagram of pile

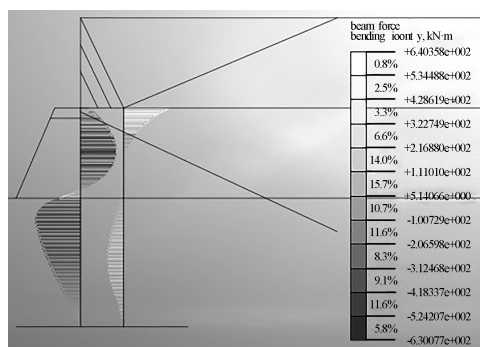


图7 桩弯矩图

Fig.7 Bending moment diagram of pile

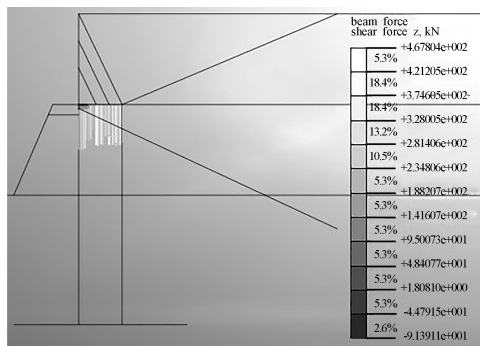


图8 连梁剪力图

Fig.8 Shear force diagram of coupling wall-beam

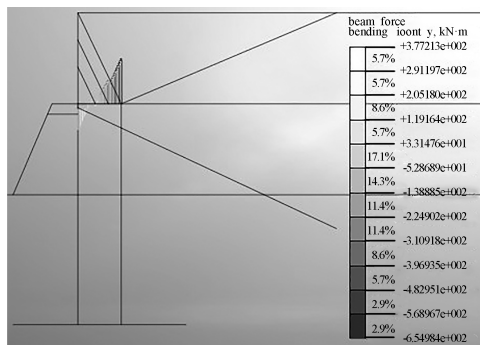


图9 连梁弯矩图

Fig.9 Bending moment diagram of coupling wall-beam

4 结 论

1) 边坡支护方案的确定需要全面的分析场地的地质条件、边坡周边环境等,从安全、经济、工艺等方面综合考虑从而确定.桩锚扶壁式复合挡墙,在施工现场地狭窄的复杂边坡地段使用具有明显的优势,值得推广.

2) 目前,桩锚扶壁式复合挡墙设计没有完整统一的设计理论,一般被分开为扶壁式挡墙及桩锚基础的设计,没有考虑扶壁式挡墙与桩基之间的相互作用.同时,在边坡基础上修筑桩基扶壁式,应考虑现场情况.当桩前无覆土时,应将桩基础作为支护桩进行验算,确定桩基的抗倾覆稳定性.但扶壁式的抗滑移力集中在桩顶,故应通过有限元软件对最不利工况进行模拟,确保工程安全性.

3) 本文通过 Midas/GTS 有限元软件对桩锚扶壁式复合挡墙进行二维数值分析,同时结合极限平衡法计算的成果,论证了桩锚扶壁式复合挡墙的结构是合理的.通过有限元法,可以有效的分析挡墙、桩基的整体协同变形特性,为工程设计提供依据.

参考文献:

- [1] 李国辉,张军.浅谈扶壁式挡土墙设计[J].内蒙古科技与经济,2013(8):119-120.
- [2] 廖来兴,张可能,王在军.桩承扶壁式挡土墙在某住宅小区填方边坡的应用[J].广东建材,2007,28(7):55-57.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑基坑支护技术规程:JGJ120-2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [4] 叶逢春.扶壁式挡墙结合桩锚复合支护结构的设计与分析[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2014,32(5):683-686.
- [5] 李伟,陈光军.扶壁式挡土墙有限元分析[J].交通标准化,2011(19):60-63.
- [6] 陈荣,杨仕教,李锐.高填土边坡中双排桩扶壁式挡墙设计方法研究[J].南华大学学报(自然科学版),2016,30(2):117-122.
- [7] LIU W T, TSAI H Y, TU M H. Numerical analysis of the ground anchor and row piles in mudstone dip slope[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 203-204:703-707.
- [8] 中华人民共和国建设部.建筑桩基技术规程:JGJ94-2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [9] ZHANG Q. Analysis and study on slope stability of high fill subgrade [J]. Advanced Materials Research, 2014, 919-921:637-640.
- [10] 张可能,符滨,廖来兴,彭环云.桩承扶壁式挡墙受力特性及监测分析[J].中外公路,2014,34(2):37-40.