

土钉墙护坡设计

孙艳林

(中国兵器工业勘察研究院 北京 100053)

【摘要】土钉墙技术在边坡支护中具有经济、简便的特点,在北京地区的应用还不很普遍。本文根据作者几年来从事土钉墙护坡工程实践的经验,就其工程设计的问题作初步探讨。

【Abstract】The technique of soil nailing wall has characteristics of economic and convenient in slope revetment. Its application in Beijing area is not widely. The preliminary researches about the engineering design based on the author's experiences in the soil nailing wall revetment engineering in recent years are given in this paper.

0 前言

土钉墙作为一种新型的边坡支护技术,相对于传统的护坡桩、地下连续墙等具有独特的优势,特别是在场地狭小、大型机械无法施工时尤甚。近年来,土钉墙技术在北京地区的一些工程中得到了应用和发展,本文谈谈工程实践中遇到的一些问题及体会,供同行探讨。

1 土钉墙的工作机理

天然土体的抗剪强度很低,当基坑开挖超过其能保持直立的临界高度时,或者在超载及其它因素作用下,将发生整体突发性破坏。传统的护坡措施均基于支挡护坡的被动制约机制,以支挡结构承受其后的土压力及外荷载,防止土体失稳。土钉墙护坡则是在土体内设置一定长度和加固密度的加筋体,与土牢固结合而共同工作,弥补土体自身强度的不足,属于主动制约机制的支挡体系。天然土体通过土钉的就地加固并与坡面混凝土面板相结合,形成一个类重力式挡墙,以此来抵抗土压力,保持边坡的稳定。

2 土钉墙的工程设计

土钉墙是由土钉杆、面板和被加固土体组成。被加固土体的力学性质和基坑开挖的高度决定土钉杆的直径和长度及其分布密度。由于土钉杆是通长注浆,且土钉密度较大,大部分土压力已被土钉杆的侧摩阻力承

担,所以传递到土钉墙面板的压力不大,因而面板强度一般不作验算,这与实测结果也是相一致的。

2.1 设计基本原理

进行土钉墙设计时,除验算其内部稳定性,保证它们有足够的钉长和合理的钉间距外,还需进行外部整体稳定性验算。

土钉墙的内部稳定性验算有两种方法:力的平衡(图1)和力矩的平衡(图2)。边坡潜在滑裂面可用Bishop条分法确定。

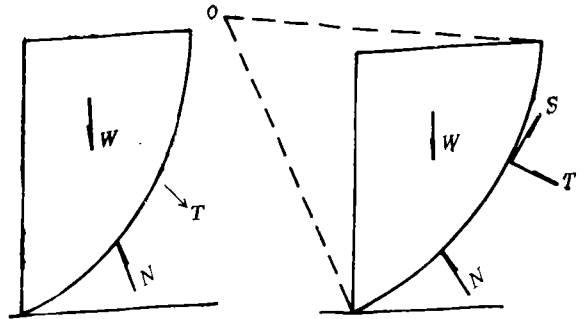


图 1

图 2

力的平衡:只考虑土钉的拉力作用:

$$\vec{T} + \vec{N} + \vec{W} = 0 \quad (1)$$

式中 T ——土钉的拉力;

N ——滑面上由土的内聚力和内摩擦角所产生的反力;

W ——滑体重量。

由于土钉拉力 T 的参与,使土体处于平衡状态,边坡稳定。

力矩的平衡：同时考虑土钉的拉力和剪力作用。

$$M_T + M_S + M_N - M_W = 0 \quad (2)$$

式中 M_T 、 M_S ——土钉的拉力和剪力所产生的抵抗力矩；

M_N ——由土的内聚力和内摩擦角沿滑面产生的抵抗力矩；

M_W ——滑体重量产生的下滑力矩。

土钉墙的外部稳定性验算采用重力式挡墙原理。将土钉及其加固区的土体看成一重力式挡墙，进行抗倾覆、抗滑移和墙底土的地基承载力验算。

2.2 设计方法

设计时首先优选土体强度参数 c 、 φ 值。 c 、 φ 值对边坡稳定性有重要影响， φ 值的影响相对更大。设计一般采用土体的天然快剪强度值，当采取降水措施后， φ 值还可以提高 10%~30%， c 值不变，作为安全储备。实际计算结果表明， φ 值每提高 1°，经土钉加固后的边坡整体稳定性安全系数可增大 0.03。

按力的平衡原理设计时，可采用王步云建议的方法，计算简单、方便；按力矩的平衡原理设计时，可采用 Bridle 建议的方法，用微机计算。实际设计中，应按各个开挖阶段分析其稳定性，挖至基底时，分析其最终稳定性。

在土钉墙设计中，以满足内、外部稳定性为前提的条件下，钉位布置宜中间稍长，这对控制边坡位移特别是坡面外鼓有利，当基坑较深时尤其如此。还需要特别重视土质条件的差别及地下水问题。

2.3 设计原则

(1) 土钉墙一般用于深度在 15m 以下的基坑，土质条件好时还可以加深。放坡角度可采用 70°~90°。

(2) 土钉常均匀布置于坡面，间距一

般为 1.0~2.0m，依土质强弱而不同。土钉杆倾角一般为 10°~15°。

(3) 土钉钢筋选用 II 级以上螺纹钢，直径一般为 20mm 以上，成孔直径一般为 120mm 左右。

(4) 注浆材料常用 0.5 的纯水泥浆，水泥为 425 号普通硅酸盐水泥。

(5) 面板喷射混凝土厚度为 5~10cm，强度在 C15 以上。在局部土质软弱处，面板强度应提高。面板内配钢筋网，一般采用 $\phi 6 @ 200 \times 200$ 。

(6) 土钉杆和面板需连接牢固。一般在钢筋网外配横竖加强筋，与土钉端头焊接在一起，然后喷射混凝土成面板。

(7) 为保证施工安全和减小边坡位移，分层开挖深度一般不大于 2.0m。

2.4 适用范围

土钉施工时要求采用台阶逐级下挖的方式，在钻孔注浆与面板成形期间，切坡段处于无支撑情况下应能保持自稳。因此，土钉墙技术适用于有一定粘结性的人工填土、粘性土、粉土和中密以上的砂土及砾石边坡，地下水位低于基槽底面或降水效果良好的情况。对于卵石层，因成孔有困难，一般不采用土钉墙技术。

对于松散人工填土、松散砂土、软土，不能采用土钉墙护坡。

3 土钉墙的施工

土钉墙施工一般包括成孔、插筋、注浆、削坡挂网、喷射面板混凝土等几个步骤。施工中应注意以下几个问题：

(1) 挖方 土钉施工需要土方工程的密切配合，每层挖深不要超量，坡面预留 10cm 左右人工清理。

(2) 成孔 成孔角度一般不低于 10°，否则影响注浆效果。

(3) 注浆 一般可采用常压注浆。在粘性土中，大多注浆两次即可；而在砂土中，往往需数次补浆。孔内有水时，需采用

压力注浆。

(4) 挂网 一般网片先加工成 $10 \times 2 \text{ m}^2$ 。沿坡面挂网时,网片之间至少要搭接20cm,并绑扎或焊接在一起。网片搭接不好或未搭接,相当于只靠面板混凝土承受拉力,这样引起的后果是不而而喻的。

(5) 地下水问题 采用土钉墙方案时,一般不应有地下水。如果采取降水措施后仍遗留有少量上层滞水,需在隔水层顶板处做水平引水管将水引出。施工时还要特别注意,周围地下管道不能渗水,发现就应及时封堵。

实测结果表明,塌方、边坡渗水和土方超挖是引起边坡位移的重要因素,施工时应特别注意。

4 工程实测

某工程地处闹市,北、东、南三面均有地下管线或建筑物。地下2层,基础埋深为9.0m。土层依上而下为:人工填土、粉质粘土、粉细砂和卵石。地下水位埋深在基坑底面以下。通过分析,认为以上土质条件较适合采用土钉墙方案,且比采用护坡桩节省45%的工程造价。

设计时地面超载取 30 kN/m^2 。

4.1 按王步云建议的方法设计

土钉长5.0~7.0m,倾角 12° ,间距 $1.2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$,如图3所示。

4.2 按Bridle建议的方法设计

土钉长4.0~5.0m,倾角 12° ,间距 $1.2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$,如图4所示。

显然,王步云法与Bridle法设计结果有一定的差距,前者土钉较长。这是因为,前者仅考虑了土钉的拉力作用,但采用朗肯土压力理论计算主动土压力,结果偏于保守。而后者不仅考虑了土钉的拉力作用,还考虑了土钉的剪力,且计算表明,在基坑上部土

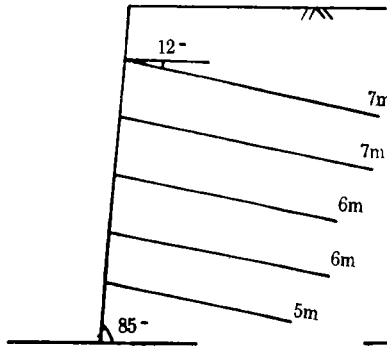


图 3

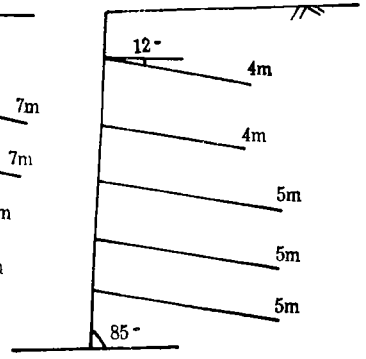


图 4

钉的剪力作用远远大于其拉力,所以计算结果土钉较短,特别是基坑上部相差较多,土钉长度刚刚穿过边坡的潜在滑裂面。

对本工程而言,因其地理位置的重要性,护坡方案要确保万无一失,同时为控制坡顶位移,基坑上部两排土钉亦应适当加长。所以,本工程采用王步云法设计结果施工,效果良好,现在已施工出地面,实测坡顶水平位移不足1cm。经比较可见,虽然用王步云法设计较Bridle法增加了一定的投资(2万多元),但从安全角度和控制边坡位移方面考虑还是很有必要的。特别是当边坡顶面有超载时,上部分土钉长度应延伸到超载范围以外。

5 结论

(1) 土钉墙技术以其良好的技术经济效果,将会得到越来越广泛的应用。其作用机理及设计、施工等问题有待于进一步实践研究。

(2) 进行土钉墙设计时,要综合考虑周围环境因素,选择安全而又经济的方案。

(3) 在土钉墙施工中,因大量工作由人工完成,所以加强施工管理工作至关重要。

参 考 文 献

- 1 林宗元主编.岩土工程治理手册.辽宁科学技术出版社,1993
- 2 程良奎等.岩土加固实用技术.地震出版社,1994