

重力式挡土墙抗滑动稳定计算方法改进研究

张云冬 马淑芝 汪 刚

(中国地质大学工程学院, 湖北武汉 430074)

【摘要】 针对目前重力式挡土墙抗滑动稳定性计算方法中存在的缺陷, 将挡土墙入土部分划分成小网格, 遍历搜寻出抗倾覆稳定系数最小的点, 此点就是挡土墙的实际倾覆转动点所在的位置, 根据此转动点的位置, 将挡墙两侧的土体划分成四个部分分别计算各部分土压力, 再结合墙底与地基土摩擦力的分析, 推导出改进的墙体抗滑动稳定系数的计算公式。还通过改变墙体的几何参数, 分析了最小抗倾覆转动点的位置和墙体抗滑动稳定性系数随墙体宽度、挡土墙入土深度等的变化规律。

【关键词】 重力式挡土墙; 抗滑动系数; 改进方法; 对比分析

【中图分类号】 TD 91

【文献标识码】 A

doi: 10. 3969/j. issn. 1007-2993. 2012. 04. 007

The Improved Anti-Sliding Calculation Method of Gravity Retaining Wall

Zhang Yundong Ma Shuzhi Wang Gang

(China University of Geosciences College of Engineering, Wuhan 430074, Hubei, China)

【Abstract】 The present anti-sliding stability calculations of gravity retaining wall has some defects. This paper had divided the retaining walls that buried into earth in small grid. By searching for the point of minimum stability factor against overturning. This point is the actual turning point of the retaining walls. According to the location of this turning point, both sides of the wall are divided into four sections in order to calculated the earth pressure. At the end of the analysis, combining the friction of soil and foundation wall to get the improved anti-sliding stability factor formula. This article also, analysed the location of the minimum turning point of overturning and the anti-sliding coefficient of stability, and how they change with the change of retaining walls, width and depth that buried into earth.

【Key words】 gravity retaining wall; anti-slip coefficient; improved methods; comparative analysis

0 引言

重力式挡墙是基坑支护中常用的一种支护形式^[1], 由于其施工简单, 质量容易控制, 得到了广泛地应用; 但是目前对于基坑支护重力式挡土墙的抗滑动稳定系数计算方法由于过于简化而存在一定的缺陷, 此计算模式假设墙体倾覆转动点位于墙趾, 墙背只受主动土压力, 墙前只受被动土压力, 结合墙底与地基土摩擦力, 计算重力式挡墙抗滑动稳定系数, 此模式计算的挡墙抗滑动稳定系数值由于计算条件过于简化, 与实际抗滑动稳定系数值不相符合。

根据刘杰^[2]、李卫超^[3]等人对重力式挡墙实际倾覆转动点位置的研究认为, 只有当地基土体刚度很大的时候, 倾覆转动点才位于墙趾, 因此多数情况下倾覆转动点位于墙体内某一点, 而墙体两侧土压力类型与分布随转动点位置的改变而变化, 因此

采用目前的模式计算墙体两侧土压力是不符合实际的。当转动点不在墙底时, 墙前出现主动土压力, 墙背出现被动土压力, 使墙背总土压力增大, 墙前总土压力减小, 因此用目前的方法计算的抗滑动系数值偏大。对于变形控制较严格的支护工程, 由于用这种方法计算抗滑动系数值偏大, 就可能会减少对水平位移的控制工程, 从而使支护存在安全隐患。

因此, 根据目前对重力式挡墙实际倾覆转动点位置的认识, 以实际倾覆转动点为中心, 将墙体两侧土体划分成四部分, 墙背上转动点所在水平面以上受主动土压力, 转动点所在水平面以下受被动土压力; 墙前转动点所在水平面以上受被动土压力, 转动点所在水平面以下受主动土压力, 以这种方式计算重力式挡墙两侧土压力比较符合墙体的实际受力状况, 然后结合墙底与地基土的摩擦力, 则可计算出墙

体的抗滑动稳定系数。

1 常规的抗滑稳定系数计算方法

当前常规的重力式挡墙的抗滑稳定计算模式见图 1,其抗滑稳定系数计算公式^[4]为:

$$K_h = \frac{G \times \mu + E_p}{E_a} \quad (1)$$

式中: K_h 为抗滑动稳定安全系数; G 为挡土墙自重; μ 为墙体基底与土的摩擦系数; E_a 、 E_p 为分别为主动、被动土压力合力。

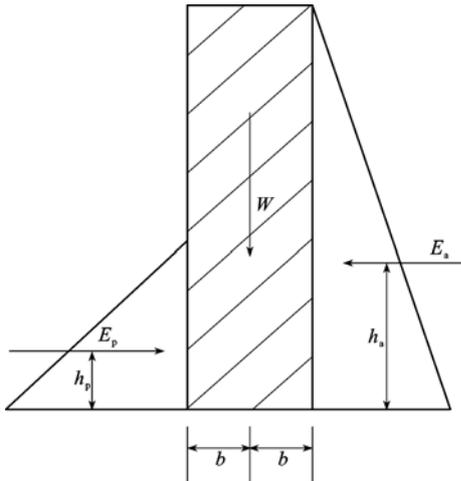


图 1 常规抗滑稳定计算方法受力图

2 改进的计算模型与方法

根据王成华^[5]对重力式挡墙抗倾覆稳定验算方法的研究,李卫超^[6]对最小倾覆点位置的研究知转动点位置不同,挡墙两侧土压力也不同,据此将挡土墙入土部分划分成 0.2×0.2 的网格,逐点计算每一点的抗倾覆稳定系数,根据每一点的抗倾覆系数值选出最小值,则此最小值所对应的点就是挡墙实际倾覆转动点的位置,以此倾覆转动点为中心做水平和竖直线将挡墙两侧土体划分成四个部分,墙背水平线以上受主动土压力,水平线以下受被动土压力;墙前水平线以上受被动土压力,水平线以下受主动土压力,各部分所受土压力见图 2。在这里需要说明的是,计算墙背被动土压力和计算墙前主动土压力时,其上覆的土以荷载 $\gamma \times h$ 的形式作用于下面的土,则可得到各部分的土压力。模型还包括如下假设,挡土墙为半刚形体,可以承受小的弯曲变形,墙体与两侧土体无摩擦,两侧各分区压力采用郎肯土压力计算公式^[7]。

根据图 2 可以得出所划分网格内任意一点的抗倾覆稳定系数公式即:

$$K_q = \frac{E_{p1} \times h_{p1} + E_{p2} \times h_{p2} + W_2 \times b_2/2 + (P \times b_1) \times b_1/2}{E_{a1} \times h_{a1} + E_{a2} \times h_{a2} + W_1 \times b_1/2 + (P \times b_2) \times b_2/2} \quad (2)$$

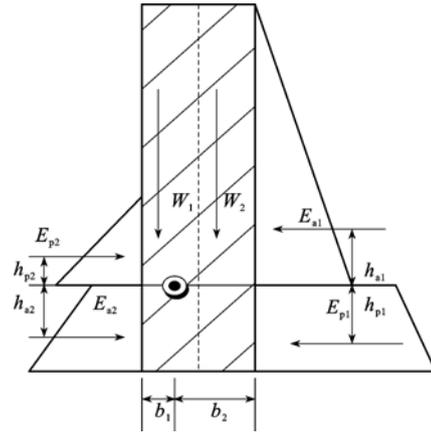


图 2 改进抗滑稳定计算方法受力图

根据最小抗倾覆稳定系数的位置,则抗滑动稳定系数公式为:

$$K_h = \frac{E_{p2} + E_{a2} + (W_1 + W_2) \times \mu}{E_{a1} + E_{p1}} \quad (3)$$

式中: $E_{a1} = 0.5 \times \gamma h_{a1}^2 \times K_a$ ——主动土压力 1;
 $E_{p1} = (0.5 \times \gamma h_{p1}^2 + \gamma h_{a1} \times h_{p1}) \times K_p$ ——被动土压力 1;
 $E_{p2} = 0.5 \times \gamma h_a^2 \times K_p$ ——被动土压力 2;
 $E_{a2} = (0.5 \times \gamma h_a^2 + \gamma h_a \times H_4) \times K_a$ ——主动土压力 2;
 $\mu = \tan \beta$ ——墙体基底与土的摩擦系数, β 墙底与地基土摩擦角^[8];

h_{a1} 、 h_{a2} 、 h_{p1} 、 h_{p2} ——土压力作用点距转动点的距离;

b_1 、 b_2 ——转动点两侧的墙体宽度;

W_1 、 W_2 ——墙体转动点两侧的重力值;

根据上面所做的分析,为了快速计算出最小抗倾覆稳定系数值及其位置,编制了程序^[9]KSJS,程序流程图^[10]见图 3。

3 转动点位置及抗滑动稳定性的影响因素

首先确定计算模型参数,计算模型参数如下:土体内摩擦角 30° ,土体粘聚力为 0,墙底面与地基土体的摩擦角为 23° ,土体重度为 19 kN/m^3 ,墙体重度为 24 kN/m^3 ,地基土体的承载力为 500 kPa/m^3 。

3.1 挡墙宽度对抗滑稳定系数影响

挡土墙高度为 10 m,入土深度为 5 m,计算挡土墙宽度从 3 m 到 6 m 的,最小抗倾覆系数,抗滑动系数,常规抗滑,转动点距墙底距离见图 4。

从图 4 可以看出,最小抗倾覆系数随墙体的宽度增大而增大,抗倾覆稳定性在提高,但是最小抗倾覆稳定系数在快增大至 2 的时候,增大幅度已逐渐接近 0,趋于稳定;常规抗滑动稳定系数随宽度增大而成正比增大;改进抗滑动稳定系数随宽度增大而增大,但存在跳跃;最小抗倾覆转动点位置在逐渐下移,并最终会到达墙底。

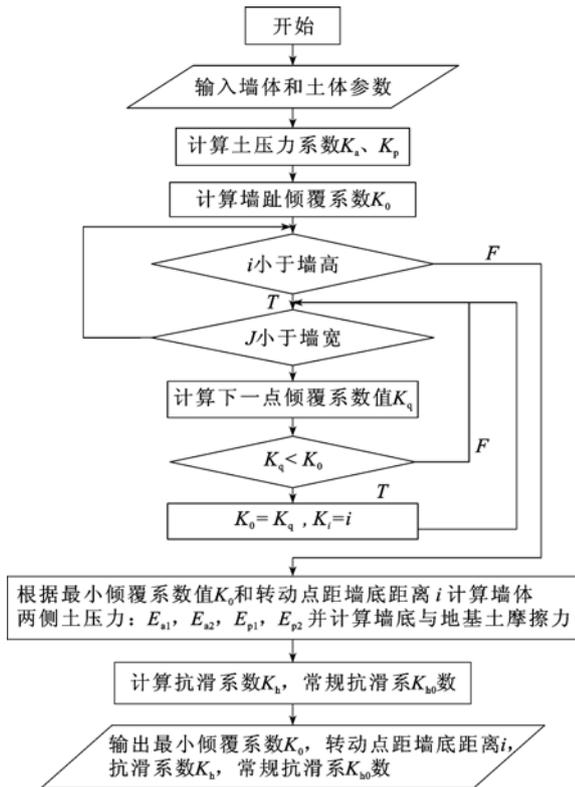


图3 程序流程图

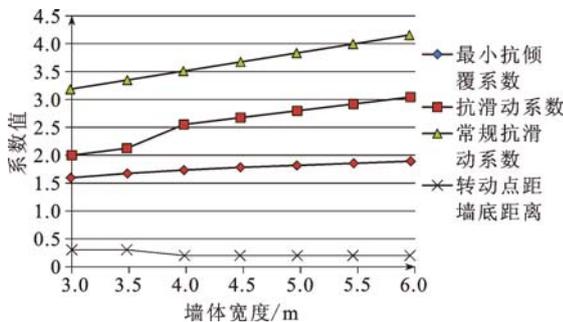


图4 挡墙宽度对各系数的影响

通过对比常规抗滑系数和改进抗滑系数可以看出,都随墙体宽度的增大而增大,但是改进抗滑系数比常规抗滑系数小,而且随墙体宽度增大,两者的差值逐渐减小。出现上面的结果主要是因为,当墙体宽度较小的时候,最小倾覆转动点位置不在墙底面,而两侧土压力分布状况与转动点位置距墙底距离密切相关,因此用两种方法计算的墙体两侧土压力存在差异,改进方法由于墙背土压力的存在和墙前主动土压力的存在使所计算土压力比之常规方法墙背总土压力变大,墙前总土压力变小,因此使改进抗滑动系数比常规抗滑系数小;随着挡墙宽度的增大,最小倾覆转动点位置逐渐下移,因此改进方法墙背被动土压力逐渐消失,墙前主动土压力逐渐消失,使两种方法计算的墙体两侧总土压力值逐渐接近,从而

抗滑动稳定系数值也逐渐接近并同时增大;至于改进后的抗滑系数存在跳跃主要与计算所划分网格密度和转动点距墙底的距离有关,可以看出改进抗滑系数跳跃的位置也正是转动点距墙底的距离改变的时候。

3.2 挡土墙入土深度对抗滑系数的影响

保持墙体悬臂高度为5 m,墙宽4 m时,不断增大墙体的入土深度,入土深度从3 m到6.2 m的最小抗倾覆系数,抗滑动系数,常规抗滑,转动点距墙底距离见图5。

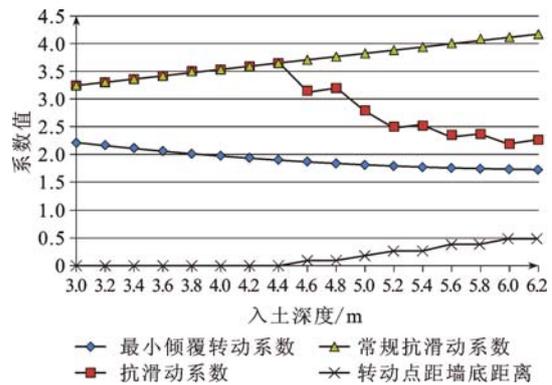


图5 挡墙入土深度对各系数的影响

从图5中可以看出,当挡墙悬臂长度5 m保持不变时,随入土深度的增大,最小抗倾覆逐渐减小,在深度小于6 m时,减小幅度稍大,当入土深度大于6 m时,最小抗倾覆系数逐渐稳定,在1.7~1.8之间;常规抗滑动系数随墙体入土深度增大成正比增大;改进抗滑动系数在入土深度小于4.4 m时,抗滑动系数与常规抗滑动系数相等,当入土深度大于4.4 m,抗滑动系数逐渐减小,且当入土深度达到6 m时,系数减小到2~2.5之间时,基本不再随深度增加而减小;最小抗倾覆系数转动点距墙底的距离当入土深度小于4.4 m时,位于墙底,入土深度大于4 m时,随入土深度增大而逐渐上移。

通过对比常规抗滑动系数和改进抗滑动系数,可以看出当入土深度小于4.4 m时,转动点位置位于墙底,此时改进抗滑动计算方法墙背不存在被动土压力,墙前不存在主动土压力,因此两种方法所计算的墙体两侧的土压力值是相同的,因此两者的抗滑动稳定系数值也相同;当入土深度大于4.4 m而小于5.8 m时,常规抗滑动稳定系数依然随入土深度增大成正比增大,但是改进的抗滑动稳定系数却迅速减小到2~2.5之间,这是因为随入土深度增大转动点位置开始上移,转动点位置上移使墙体两侧的土压力开始变化,墙背出现被动土压力,墙前出现

主动土压力,总的结果是使墙背总土压力增大,墙前总土压力减小,从而使改进抗滑动稳定系数减小,而常规抗滑稳定系数计算方法不能有效地反应出墙体两侧的土压力随转动点位置的不同而引起的变化;当入土深度大于 5.8 m 时,改进抗滑稳定系数趋于稳定,这是因为随墙体入土深度增大,转动点位置的改变,墙体两侧土压力逐渐趋于均衡状态,从而使抗滑动稳定系数也逐渐趋于稳定。但是常规抗滑稳定系数值依然在随墙体入土深度增大而增大,其系数值不能反应这种因转动点位置的改变而导致的土压力的变化。

4 结 论

1)随挡土墙宽度的增大,改进抗滑动稳定系数和常规抗滑动稳定系数值同时增大,但改进的抗滑动稳定系数比常规抗滑动稳定系数值小,随最小倾覆系数转动点位置因墙体宽度增大而逐渐下移,改进抗滑动稳定系数值与常规抗滑动稳定系数差值逐渐减小,并趋于相等。

2)保持悬臂长 5 m 不变时,当入土深度较小时,墙体倾覆转动点位置位于墙底,因此两者的抗滑动稳定系数值也相同;当入土深度大于 4.4 m 时,转动点位置开始上移,使土压力分布状态改变,因此改进的抗滑动稳定系数值迅速减小到 2~2.5 之间,并逐渐稳定到 2.25,但常规抗滑动系数依然随入土增大而增大。

3)改进抗滑动稳定系数值能反应因挡墙转动点位置的变化而导致墙体两侧土压力的变化,但常规抗滑动稳定系数不能反应这种变化;常规抗滑动系

数由于未能考虑墙前主动土压力和墙背被动土压力使其值偏大,随墙体宽度增大和入土深度增大均快速增大,与实际不符。

参 考 文 献

- [1] 赵同新、高需生. 深基坑支护工程的设计与实践[M]. 北京:地震出版社,2010.
- [2] 刘 杰、孙志亮、付宝亮,重力式水泥搅拌桩挡土墙稳定性的分析研究[J]. 四川建筑科学研究,2006,32(5):102-105.
- [3] 李卫超、熊巨华、杨 敏. 水泥土围护结构抗倾覆验算转动点位置讨论[J]. 低温建筑技术,2010,32(2):28-30.
- [4] 刘昌辉、时红莲. 基础工程学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2005.
- [5] 王成华、张守良、戴北冰. 水泥土搅拌桩挡墙抗倾覆稳定验算[J]. 低温建筑技术,2006(5):101-104.
- [6] 李卫超、熊巨华、杨 敏. 分层土中水泥土围护结构抗倾覆验算方法的改进[J]. 岩石力学,2011,32(8):2435-2440.
- [7] 方 云、林 彤、谭松林. 土力学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [8] 侍 倩. 地基处理技术[M]. 武汉:武汉大学出版社,2011.
- [9] 郑 莉、董 渊、张瑞丰. C++语言程序设计(第3版)[M]. 北京:清华大学出版社.
- [10] 陈家骏、郑 滔. 程序设计教程用 C++语言编程. 北京:机械工业出版社.

收稿日期:2012-02-14

(上接第 187 页)

6)整体进行粉刷,完成加固整治。

6 结 论

洞库裂缝整治的关键是要找准裂缝产生的原因,然后针对裂缝产生的原因采取相应的加固措施,从而达到既治表又治本的目的。本文在加固中采用了间隔增设二次衬砌的方法对洞库进行了加固设计,提出了间隔增设二次衬砌进行加固的间距及荷载的确定方法,并结合具体的工程进行了应用,取得了经济合理的治理效果,可供其它洞库裂缝整治时参考。

参 考 文 献

- [1] 王世贤、白明德、赵剑宇. 国防洞库裂缝及防潮问题探析[J]. 仓储管理与技术,2002,(4):36-37.
- [2] 《人民防空工程结构设计》编写组. 人民防空工程结构设计手册(第一册)[M]. 1982:142-147.
- [3] 唐锦春、郭鼎康. 简明建筑设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1992,52-53.
- [4] 中华人民共和国标准. GB 50010-2002 混凝土结构设计规范[S],北京:中国建筑工业出版社,2002.

收稿日期:2011-03-14