

仰斜式挡墙的讨论及应用实践

辜利江¹, 赵其华¹, 李 勇²

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059; 2. 四川省交通厅公路勘察规划设计研究院, 成都 610059)

摘要: 重力式挡墙是各种支挡结构中最为常用的。主要结合新的《建筑边坡工程技术规范》, 对重力式挡墙中的仰斜式挡墙进行讨论, 从理论和实践上分析其优越性。并分析抗滑稳定性、抗倾覆稳定性、地基承载力验算的实质及仰斜式挡墙对提高稳定性的影响。对挡墙的优化设计提供一些思路。

关键词: 仰斜式挡墙; 抗滑稳定性; 抗倾覆稳定性

中图分类号: TU411.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)01-0167-03

Researching on Inclined Retaining Wall and Its Application

GU Li-jiang¹, ZHAO Qi-hua¹, LI Yong²

(1. Department of Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Sichuan Communication Planning and Prospecting Design Academy, Chengdu 610059, China)

Abstract: Gravity retaining wall is the universal structure in slope protection. Based on Technical Code for Building Slope Engineering, inclined retaining wall is researched. The superiority from theory and practice is testified. Stability against sliding and factor of safety against overturning are analyzed.

Key words: inclined retaining wall; stability against sliding; stability against turnover

挡土墙是一种常用的挡土构筑物, 在工民建、水利、交通等行业的工程中应用广泛。其结构型式多种多样, 设计施工也比较简单。如何在设计中根据实际情况优化挡墙设计一直是工程技术人员追求的一个目标。《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2002) 对挡墙的设计作了新的规定, 将抗倾覆稳定性安全系数由原来的 1.5 提高到 1.6, 并在其中提到了仰斜式挡墙的应用。就着重结合新规范对仰斜式挡墙作一点探讨, 对挡墙优化设计提供一些经验思路。

1 理论分析

一般重力式挡土墙的设计需考虑以下 5 方面的问题:

(1) 抗滑移稳定性; (2) 抗倾稳定性; (3) 墙身的强度; (4) 地基的承载力; (5) 地基的整体稳定性。

对于抗滑移稳定性: 挡墙一般要受到多种荷载, 如重力、水压力、被动土压力、上部荷载、扬压力、地震力等等。但对稳定性影响最大的还是墙后的土压力。目前对土压力的计算一般采用的仍然是库伦土压力公式和朗肯土压力公式。以库伦土压力公式为例(图 1), 其计算主动土压力的表达式为:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad (1)$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha) \left[1 + \frac{\sin(\varphi - \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta + \alpha) \cos(\alpha - \beta)} \right]^2} \quad (2)$$

式中: K_a ——库伦主动土压力系数; γ ——填土的容重(kN/m^3); H ——墙背高度(m); φ ——填土的内摩擦角($^\circ$); δ ——墙背摩擦角($^\circ$); β ——填土表面的倾角($^\circ$); α ——墙背倾角($^\circ$), 当墙背俯斜时 α 为正, 仰斜时为负。

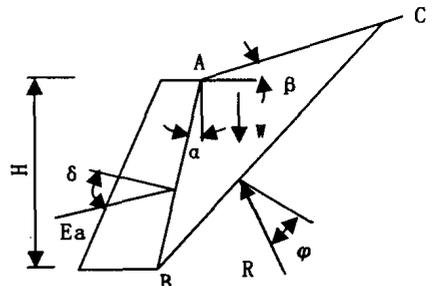


图 1 库伦土压力计算简图

从(1)式可以看出, 与主动土压力有关系的几个参数, γ 、 H 都是工程场地条件决定了的, 不容易改变, 要减小主动土压力, 惟一可变的是 K_a 。在(2)式中可以看到, 与 K_a 相关的几个参数, φ 、 δ 、 β 也是场地条件决定了的, 不容易改变, 对减小 K_a 起决定作用的是参数 α 。可以证明, 在其他几个参数为确定值的情况下, K_a 随 α 的减小而减小, (见表 1)。相应主动土压力 E_a 也减小。由于重力式挡墙实质是依靠自身重力来平衡土压力, 所以 E_a 减小, 则挡墙重力也减小, 相应截面也会减小, 从而节约材料, 节约成本。

¹ 收稿日期: 2004-05-11

作者简介: 辜利江(1979-), 男, 成都理工大学硕士研究生, 主要从事岩土工程设计方面研究工作。

表 1 α 与 K_α 的关系

| β | δ | φ | α | K_α |
|---------|----------|-----------|----------|------------|
| 12° | 0 | 20° | 20° | 0.81 |
| 12° | 0 | 20° | 10° | 0.68 |
| 12° | 0 | 20° | 0° | 0.60 |
| 12° | 0 | 20° | -10° | 0.50 |
| 12° | 0 | 20° | -20° | 0.40 |
| 30° | 0 | 30° | 20° | 1.17 |
| 30° | 0 | 30° | 10° | 0.92 |
| 30° | 0 | 30° | 0° | 0.75 |
| 30° | 0 | 30° | -10° | 0.61 |
| 30° | 0 | 30° | -20° | 0.50 |

从表 1 可以看出:

(1) α 对 K_α 的影响比较大, 可以看到在其他几个参数没有变化的情况下, 第一组数据, α 由 20 逐步变到 -20 时, K_α 的值从 0.81 降低到 0.40。第二组数据, α 由 20 逐步变到 -20 时, K_α 的值从 1.17 降低到 0.50。分别降低了近 50% 和 57.26%。联系公式 (1) 可以看出, E_α 同样会降低相同幅度。可见采用仰斜式挡墙可以有效降低土压力。

(2) α 从由 20 逐步变到 -20°, 实际上代表了挡墙从俯斜式到墙背直立再到仰斜式的过程, 从计算结果可以看出, 俯斜式挡墙受到的土压力是最大的, 直立墙背的居中, 仰斜式最小。并且跟仰斜的角度是呈对应关系的, 仰斜角度越大, 土压力越小。

对于抗倾覆稳定性, 《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2002) 规定公式如下:

$$\frac{Gx_0 + E_{ax}x_f}{E_{ax}z_f} \geq 1.6 \quad (3)$$

$$E_{ax} = E_a \sin(\alpha - \delta) \quad E_{az} = E_a \cos(\alpha - \delta)$$

$$x_f = b - z \operatorname{ctg} \alpha \quad z_f = z - b \operatorname{tg} \alpha_0$$

式中: z ——岩土压力作用点至墙踵的高度(m); x_0 ——挡墙重心至墙趾的水平距离(m); b ——基底的水平投影宽度(m)。

抗倾覆性是指挡墙抵抗墙身绕墙趾向外转动倾覆的能力, 其实质是力矩的平衡。即抗倾覆力矩为倾覆力矩的 1.6 倍以上。工程中经常采用的增加抗倾覆稳定性的方法是展宽基础, 即增加 b , 其实质是增大了挡墙重力的力臂 x_0 , 同时墙体截面变大, 增大了重力 G 。实际上, 要增大抗倾覆安全系数, 另一个有效方法就是变换挡墙的坡度, 即改变 α 。仰斜式挡墙明显将挡墙重心后移, 即增大了 x_0 , 同时减小了主动土压力, 这在上面已经有论述。

墙身的强度只与墙体的材料, 砌筑方式有关系, 与墙身本身的形式并没有很大的关系, 所以, 仰斜式挡墙并不降低墙体本身的强度。

地基的承载力: 通常要保证挡墙的基底应力不超过地基的容许承载力。而进行基础底面偏心矩验算, 其目的实质是保证不发生显著的不均匀沉降。《建筑边坡工程技术规范》没有对偏心矩验算做明确的规定, 只提出应符合现行有关标准。笔者的理解, 偏心矩验算与抗倾覆稳定性验算有一定的关系。

根据偏心矩的计算公式

$$e = \frac{B}{2} - Z_n \frac{B}{6} \quad (4)$$

式中: Z_n ——作用于基底的合力的法向分力的力臂。即要求, 合力的法向分力的作用点在基底中心 $\frac{B}{6}$ 左右范围内。而要

满足抗倾覆性要求, 则必然作用于挡墙基底的法向合力会在基底中心左右一定范围内, 只是抗倾覆性没有规定上限, 这就会出现, 仰斜挡墙仰斜角度很大, 则抗倾覆稳定性系数会有很大提高, 但法向合力的作用点偏离基底中心距离也较远, 不在 $\frac{B}{6}$ 范围内, 而出现不均匀沉降。在比较坚硬的岩石地基上, 可以 $e = \frac{B}{5}$ 或 $e = \frac{B}{4}$, 这是因为坚硬地基抵抗不均匀沉降的能力更强。进行偏心矩验算, 限制了偏心距的范围, 实际上也就限制了仰斜挡墙不能仰斜角度太大。

2 实际应用

西藏昌都地区某寺庙边坡整治工程, 在临昂曲河一侧的路边长 180 m 的范围内做挡墙, 防止边坡不稳而产生坍塌或滑移, 从而导致道路破坏。挡墙设计最初采用俯斜式, 后经现场勘测分析, 该边坡是修筑公路时开挖而成的边坡, 且施工单位有多次仰斜式挡墙施工的经验, 因此, 修改设计为仰斜式挡墙。原设计和修改设计图(见图 2)。

对两种截面的挡墙进行校核计算, 其结果对比如下:

表 2 两种截面计算成果表

| 墙高/m | 墙体截面积/m ² (kN·m ⁻³) | 墙身自重/数 K_α | 土压力系主动土压力/(kN·m ⁻¹) | 抗滑稳定系数 | 抗倾覆稳定性 | 基底压力/kPa |
|------|--|-------------------|---------------------------------|---------|--------|----------|
| 5 | 5.972 | 131.384 | 0.3207 | 76.1662 | 1.4476 | 2.8027 |
| 5 | 10.50 | 231 | 0.4852 | 115.235 | 1.4323 | 2.1381 |

通过对比可以看出采用仰斜式挡墙, 单位断面可以减少 4.528 m² 总体积可减少 815.04 m³, 相应都减少了 43.12%。可以大量节省资金。而其安全性能却差不多, 并不影响使用效果。由此可见, 在合适的场地环境, 地质情况下选择适当的挡墙形式对于减少工程量, 节省资金是非常有必要的。该工程施工完成一年多来, 整体效果良好, 未发生变形破坏。

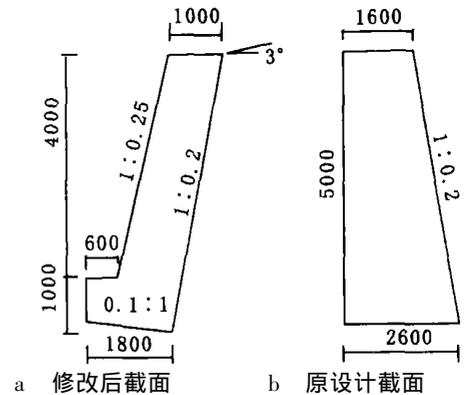


图 2 某工程挡墙原设计与修改设计截面

3 适用范围

仰斜式挡墙优点众多, 但也要在合适的情况下选用, 才能做到安全经济。按照《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2002) 的一般规定: 对岩质边坡和挖方形成的土质边坡宜采用仰斜式, 高度较大的土质边坡宜采用仰斜式挡墙。规范做出这样的规定, 笔者理解, 主要原因有以下两点: ①对于岩质边坡和开挖边坡, 本身需要开挖, 正有利于仰斜式挡墙的施工。如果墙背本身需要回填, 则用仰斜式挡墙墙后土不容易夯实, 施工困难。④对于高度较大的土质边坡, 如采用俯斜式挡墙, 则土压力很大, 挡墙断面就会很大, 大大增加成本。

所以宜采用仰斜式挡墙。

4 结 语

(1) 简介了重力仰斜式挡墙的优越性, 结合新的《建筑边坡工程技术规范》, 从理论和实践两个方面分析了它的可行性。

(2) 在重力式挡墙的几种形式中, 仰斜式挡墙是最经济的, 它可以有效的减少土压力, 提高抗滑移, 抗倾覆性。通常

参考文献:

- [1] 石名磊, 龚维明, 季鹏. 基础工程[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001.
- [2] GB50330-2002, 建筑边坡工程技术规范[S].
- [3] 陈忠达, 王秉纲. 公路挡土墙设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.

(上接第 48 页)

的问题^[6]。从目前水文模型和 GIS 集成方法来看, 二者的集成已经由相互独立或松散式的集成发展到了相对紧密的集成阶段。如 Bo Huang 等^[12]应用 ArcView 宏语言 Avenue, 开发了 AVTOP 模型系统, 实现了 TOPMODEL 和 GIS 的完全集成。使得包括数据输入、数据处理和组后的结果输出在同一环境下完成, 大大提高了模型数据分析与决策的效率。此外, 模型与 GIS 的集成的网络发布和 3D 显示也是集成研究的一个热点。Bo Huang^[17]应用公网网关接口技术与

参考文献:

- [1] Beven K, Kirkby M J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology[J]. Hydro Sci Bull, 1979, 24: 43- 69.
- [2] J Pellenq, J Kalma, G Boulet. A disaggregation scheme for soil moisture based on topography and soil depth[J]. Journal of Hydrology, 2003, 276: 112- 127.
- [3] Veronique Beau Jouan, Patrick Durand, Laurent Ruiz. Modeling the effect of the spatial distribution of agricultural practices on nitrogen fluxes in rural catchments[J]. Ecological Modelling, 2001, 137: 93- 105.
- [4] C Valeo, S M A Moin. Variable source area modeling in urbanizing watersheds[J]. Journal of Hydrology, 2000, 228: 68- 81.
- [5] 余新晓, 赵玉淘, 张志强, 等. 基于地形指数的 TOPMODEL 研究进展与热点跟踪[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 117- 121.
- [6] 郭方, 刘新仁, 任立良. 以地形指数为基础的流域水文模型[J]. 水科学进展, 2000, 11(3): 296- 301.
- [7] Hewlett, J D, Hibbert, A R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas[A]. Sopper and Lull(Eds). Forest Hydrology[M]. Oxford: Pergamon Press, 1967. 275- 290.
- [8] 孔凡哲, 等. TOPMODEL 中地形指数计算方法的探讨[J]. 水科学进展, 2003, 14(1): 41- 45.
- [9] Quinn P, Beven K J, Lamb R. The index: how to calculate it and how to use it in the TOPMODEL framework[J]. Hydro Process, 1994, 9: 161- 185.
- [10] James Brasingto, Keith Richards. Interactions between model predictions, parameters and DTM scales for TOPMODEL[J]. Computer & Geosciences, 1998, 24(4): 299- 314.
- [11] Beven, K Lamb, R Quinn, P Romanowicz, R Freer. "TOPMODEL, "Computer models of watershed hydrology[M]. Water Resources Publications, 1995.
- [12] Bo Huang, Bin Jiang. AVTOP: a full integration of TOPMODEL into GIS[J]. Environmental Modeling & Software, 2002, 17: 261- 268.
- [13] Quim, P Beven, K, Chevalier, P. The prediction of hillslop flow paths for distributed hydrological modes[J]. Hydrological Processes, 1991, 5: 59- 79.
- [14] 夏军. 水文尺度问题[J]. 水利学报, 1993, 5: 32- 27.
- [15] 刘苏峡, 刘昌明. 90年代水文学研究的进展和趋势[J]. 水科学进展, 1997, 8(4): 365- 361.
- [16] 朱雪芹, 潘世兵. 流域水文模型和 GIS 集成技术研究现状和展望[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3): 10- 13.
- [17] Bo Huang. Web- based dynamic and interactive environmental visualization [J]. Computers Environment and Urban Systems, 2003, 27: 623- 636.
- [18] Freeman T G. Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid[J]. Computers & Geosciences, 1991, 17(3): 413- 422.

可比俯斜式挡墙节省工程量 30% ~ 60% 左右。在场地条件、地质条件、施工条件允许的情况下, 应优先考虑。

(3) 仰斜式挡墙在施工的时候存在墙后填土不容易夯实的问题, 施工难度相对其他几种形式要大些。同时仰斜角过大还造成偏心矩不能满足要求的问题。所以在设计时, 仰斜角度不宜过大。

HTML 语言实现了 TOPMODEL 模拟结果的网上发布和 3D 显示, 使水文模型与 GIS 集成更进了一步。

值得一提的是, 以上这些集成未明确二者集成的基本时空概念模型^[8], 因此都不算完全意义上的集成, 我们希望的集成模式应该是在一种全新的多维时空概念框架下的无缝集成。而这种集成方式目前还无法实现, 因此要实现 TOPMODEL 等水文模型和 GIS 的无缝集成还有一段路要走。