

# 挡土墙截面设计直接计算方法

袁 健<sup>1</sup> 黄太华<sup>2</sup>

(1. 武汉理工大学土木工程与建筑学院 湖北武汉 430070; 2. 中南林业科技大学土木建筑与力学学院, 湖南长沙 410004)

**【摘 要】** 在满足挡土墙地基承载力验算要求的基础上, 推导了抗倾覆安全系数的允许取值范围表达式, 同时将相关参数用截面底部宽度进行表示, 并给出了换算系数的关系曲线图, 进而结合抗滑移稳定性要求直接进行挡土墙截面设计。算例表明, 该方法简捷直观且结果可靠, 可供设计人员参考。

**【关键词】** 挡土墙; 抗滑移; 抗倾覆; 地基承载力; 截面设计

**【中图分类号】** TU 476

## Direct Calculation Method for Cross-section Design of Retaining Wall

Yuan Jian<sup>1</sup> Huang Taihua<sup>2</sup>

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430070;

2. School of Civil Engineering and Mechanics Central South University of Forestry & Technology, Changsha Hunan 410004 China)

**【Abstract】** Based on meeting the requirement of ground bearing capacity, the allowable range expression of anti-overturning safety factor is derived. The relative parameters are expressed with base width and the relation graphs of conversion factor are presented and then the cross-section of retaining wall is designed directly by combining the stability requirement of anti-sliding. The calculated result shows that this method makes the design simple and reliable. It may be a reference for engineers.

**【Key Words】** retaining wall; anti-sliding; anti-overturning; bearing capacity of ground; cross-section design

### 0 引言

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)<sup>[1]</sup> (简称《规范》) 关于挡土墙稳定性与地基承载力验算是分别进行的, 在实际工程设计过程中, 设计人员通常是根据抗滑移及抗倾覆稳定性反复试算以确定截面初始尺寸, 然后再进行地基承载力验算, 若不满足要求则需再次调整, 过程繁琐且不直观。在文献[2-5]的基础上, 本文通过综合考虑重力式挡土墙抗倾覆稳定性及地基承载力验算要求, 推导出抗倾覆安全系数的允许取值范围表达式, 从而可根据选定的基底偏心程度及墙面坡度大小, 结合抗滑移稳定性要求直接计算出合理的截面尺寸, 整个设计不需进行任何验算, 设计过程简捷直观。

### 1 基本公式

取单位长度重力式挡土墙为研究对象(见图 1), 假设墙背竖直光滑, 墙后主动土压力大小为  $E_a$ ; 挡土墙每延米自重  $G = G_1 + G_2$ ; 截面上部宽度为  $b_0$ ; 截面底部宽度为  $b$ ; 其重心至墙趾的距离  $x_0 = (G_1x_1 + G_2x_2)/G$ , 基底摩擦系数为  $\mu$ 。根据《规范》定义可得挡土墙验算式如下

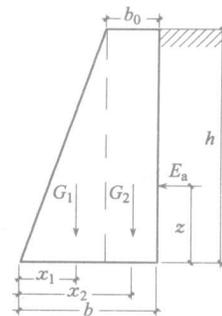


图 1 挡土墙截面示意

#### 1.1 抗滑移稳定性验算

$$K_s = \frac{G\mu}{E_a} \geq 1.3 \quad (1)$$

#### 1.2 抗倾覆稳定性验算

$$K_1 = \frac{Gx_0}{E_a z} \geq 1.6 \quad (2)$$

#### 1.3 地基承载力验算

1) 当  $e \leq b/6$  时

$$p_{\max} = \frac{G}{b} \left( 1 + \frac{6e}{b} \right) \leq 1.2f_a \quad (3)$$

$$p_{\min} = \frac{G}{b} \left( 1 - \frac{6e}{b} \right) \geq 0 \quad (4)$$

$$\frac{p_{\max} + p_{\min}}{2} = \frac{G}{b} \leq f_a \quad (5)$$

2) 当  $e > b/6$  时

$$p_{\max} = \frac{2G}{3a} \leq 1.2f_a \quad (6)$$

式中:  $p_{\max}$ ,  $p_{\min}$  分别为基底最大、最小压应力;  $e$  为基底合力到底面中心的距离;  $a$  为基底总反力作用点至墙趾的距离;  $f_a$  为修正后的地基承载力特征值。

## 2 直接计算方法推导

针对图 1 挡土墙的截面特点, 在墙身高度  $h$  既定的情况下, 可用量纲一的参数  $n = (b - b_0)/b_0$  来控制墙面坡度。设挡土墙材料的重度为  $\gamma$ , 经计算得挡土墙每延米自重  $G = \frac{n+2}{2n+2} \gamma hb$ , 墙重心至墙

趾的距离  $x_0 = \frac{2n^2 + 6n + 3}{3n^2 + 9n + 6} b$ ,

$$\text{令 } \alpha = \frac{n+2}{2n+2}, \quad \beta = \frac{2n^2 + 6n + 3}{3n^2 + 9n + 6}$$

$$\text{则 } G = \alpha \gamma hb \quad (7)$$

$$x_0 = \beta b \quad (8)$$

常用的  $n$  值对应的换算系数  $\alpha$ 、 $\beta$  分别见图 2 和图 3。

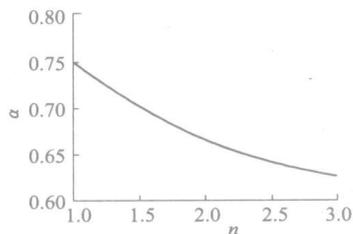


图 2  $\alpha$ - $n$  关系图

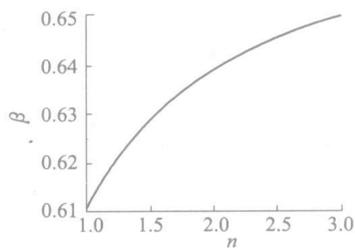


图 3  $\beta$ - $n$  关系图

在满足地基承载力要求的基础上, 下面对抗倾覆安全系数的允许取值范围进行推导。

1) 当  $e \leq b/6$  时, 挡土墙主动土压力  $E_a$  与其自重  $G$  的合力作用点到底面中心的距离为  $e = [E_a z + G(b/2 - x_0)] / G \leq b/6$ ,

$$\text{从而 } p_{\min} = \frac{G}{b} - \frac{E_a z + G(b/2 - x_0)}{b^2/6} \geq 0,$$

$$\text{经整理可得 } K_1 = \frac{Gx_0}{E_a z} \geq 1 + \frac{b}{3x_0 - b} \quad (9)$$

又

$$p_{\max} \leq 1.2f_a,$$

$$\text{则 } p_{\max} = \frac{G}{b} + \frac{E_a z + G(b/2 - x_0)}{b^2/6} \leq 1.2f_a$$

从而

$$K_1 = \frac{Gx_0}{E_a z} \geq 1 + \frac{2Gb - 0.6b^2 f_a}{3E_a z} \quad (10)$$

将式(7)代入式(5)得  $\alpha \gamma h \leq f_a$ ,

$$\text{则有 } \alpha \leq f_a / \gamma h \quad (11)$$

2) 当  $e > b/6$  时, 其地基反力为三角形分布, 地基总反力作用点到墙趾的距离为  $a$ , 且  $a \leq b/3$ , 需满足  $p_{\max} = 2G/3a \leq 1.2f_a$ , 即  $a \geq G/1.8f_a$ ,

$$\text{则 } G/1.8f_a \leq a \leq b/3 \quad (12)$$

联立  $e = b/2 - a$  及  $e = [E_a z + G(b/2 - x_0)] / G$  可解得  $E_a z / G = x_0 - a$ , 将其代入抗倾覆安全系

$$\text{数计算式中得 } K_1 = \frac{Gx_0}{E_a z} = \frac{x_0}{x_0 - a},$$

$$\text{即 } a = x_0 - x_0 / K_1,$$

结合式(12)得:

$$1 + \frac{G}{1.8x_0 f_a - G} \leq K_1 = \frac{Gx_0}{E_a z} \leq 1 + \frac{b}{3x_0 - b} \quad (13)$$

同时由于基底合力的偏心距  $e$  不应大于 0.25 倍基础宽度<sup>[1]</sup>, 则需满足  $a = b/2 - e \geq b/4$ , 将  $a = x_0 - x_0 / K_1$  代入得

$$K_1 = \frac{Gx_0}{E_a z} \geq 1 + \frac{b}{4x_0 - b} \quad (14)$$

通过查图 2 图 3 可简便地根据式(7)式(8)将以上各式中的  $G$  及  $x_0$  写成关于截面底部宽度  $b$  的表达式, 从而便于直接计算  $b$  的取值范围。

## 3 设计步骤及算例

### 3.1 设计步骤

1) 取某一  $n$  值, 通过查图 2 及图 3 可快速得到换算系数  $\alpha$ ,  $\beta$  的值, 再代入式(7)式(8)中可将  $G$  及  $x_0$  表示成关于  $b$  的表达式。特别地, 若按控制基底偏心距  $e \leq b/6$  进行设计, 则应根据式(11)所要求的  $\alpha$  范围确定  $n$  的取值。

2) 假定基底偏心程度。若按控制基底偏心距  $e \leq b/6$  进行设计, 则将  $G$  及  $x_0$  代入式(1)、式(2)、式(9)、式(10)中, 通过分别解关于  $b$  的不等式, 取其交集即可直接确定截面底部宽度  $b$  的取值范围。同理, 若按控制基底偏心距  $e \in (b/6, b/4]$  进行设计, 则利用式(1)式(2)式(13)式(14)解出  $b$  的取值

范围。

3)结合  $b$  及  $n$  即可确定既能满足稳定性要求,又能满足地基承载力验算要求的挡土墙截面尺寸。

### 3.2 算例

以文献 [6] 中的重力式挡土墙为例,墙背竖直光滑,墙高  $h=5$  m, 墙身材料重度  $\gamma=23$  kN/m<sup>3</sup>, 经计算后的主动土压力  $E_a=49.95$  kN/m, 作用点高度  $z=1.67$  m, 基底摩擦系数  $\mu=0.6$ , 修正后的地基承载力特征值为  $f_a=200$  kPa, 试设计该挡土墙。

解:1)取  $n=2.4$ , 查图 2、图 3 得系数  $\alpha=0.647$ ,  $\beta=0.644$ , 则  $G=\alpha\gamma hb=74.41b$ ,  $x_0=\beta b=0.644b$ 。

2)按控制基底偏心距  $e\in(b/6, b/4]$  进行设计, 将相关参数值代入式 (1) 中, 通过解关于  $b$  的不等式可得满足抗滑移稳定性要求的截面底部宽度  $b\geq 1.455$  m。再将相关参数代入式 (2) 式 (13) 式 (14) 可求出满足抗倾覆稳定性及地基承载力验算要求的取值范围为  $b\in[1.687$  m, 1.90 m]。

3)综合两者取  $b=1.70$  m, 根据  $n=(b-b_0)/b_0=2.4$ , 可计算得到挡土墙截面上部宽度  $b_0=0.5$  m, 所得截面尺寸既能满足稳定性要求, 又能满足地基承载力要求。

按《规范》方法进行验证:  $K_s=1.51>1.3$ ,  $K_l=1.66>1.6$ ,  $p_{\max}=193.43$  kPa $<1.2f_a=240$  kPa, 显然能满足要求。

## 4 结 论

1)本文提出了将抗倾覆稳定性和地基承载力验

算合并考虑的新思路, 便于结合抗滑移稳定性验算式, 以截面底部宽度  $b$  为变量直接进行挡土墙截面设计, 避免了繁琐的试算过程, 且能很好地控制基底偏心程度。

2)采用换算系数  $\alpha, \beta$  与  $n$  的关系图可方便地求得  $\alpha, \beta$  值, 从而将  $G$  及  $x_0$  用截面底部宽度  $b$  表示, 计算简便且精度高, 便于工程设计人员使用。

3)该方法是在满足《规范》要求的前提下推导得出的, 因此其设计结果能满足规范要求, 不需再进行任何验算。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范[S].
- [ 2 ] 黄太华, 饶英明, 谭 萍. 关于挡土墙的地基承载力验算及抗倾覆稳定性验算方法的探讨[J]. 岩土工程技术, 2003(6): 315-318.
- [ 3 ] 黄太华, 袁 健. 关于重力式挡土墙截面尺寸确定方法的探讨[J]. 岩土工程技术, 2004, 18(5): 242-243, 247.
- [ 4 ] 袁 健, 刘其梅. 参数法在悬臂式挡土墙底板尺寸设计中的应用[J]. 岩土工程技术, 2005, 19(1): 17-19.
- [ 5 ] 罗 林. 重力式挡土墙断面设计的优化[J]. 岩土工程技术, 2005, 19(5): 262-263, 267.
- [ 6 ] 朱彦鹏. 特种结构[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2004.
- [ 7 ] 张 峰, 迟铃泉. 北京火车站月台大直径人工挖孔桩和旋喷桩复合体承载力的计算[J]. 建筑科学, 2005, 21(3): 54-56.
- [ 8 ] 黄 敏, 张克绪, 张尔齐. 桩底灌浆钻孔灌注桩竖向承载性能研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 36(8): 1114-1117.
- [ 9 ] 李连营, 林 波, 邵 健. 桩底注浆钻孔灌注桩承载力的研究[J]. 岩土工程技术, 2005, 19(1): 24-27.
- [ 10 ] 刘金砺. 桩基础设计与计算[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- [ 11 ] JGJ 79—2002. 建筑地基处理技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [ 12 ] GB 50007—2002. 建筑地基基础设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [ 4 ] 李福文, 孙明波, 于忠生. 人工挖孔桩检测方法及应用实例[J]. 长春工程学院学报: 自然科学版, 2004, 5(4): 5-7.
- [ 5 ] 林佛彬, 梁艳玲, 毛吉化. 压板试验在人工挖孔桩中的应用[J]. 广东建材, 2006. (6): 77-79.
- [ 6 ] 孔凡林, 周海鹰. 桩底加载法静载试验在大直径嵌岩桩工程中的应用研究[J]. 岩土工程技术, 2004, 18(3): 154-160.
- [ 7 ] 王 铨. 人工挖孔桩桩底强度的检验方法[J]. 中州煤炭, 2005, 45-59.

收稿日期: 2006-10-27

收稿日期: 2007-01-11

(上接第 69 页)