

## 第一章 功能概述

理正抗滑桩（挡墙）设计软件适用于公路、铁路、水利及其它行业等的滑坡分析计算及滑坡治理。

(1) 多种因素（地层条件、地下水、坡面荷载、地震作用等）的影响，采用递推公式分析计算滑坡的剩余下滑推力，为滑坡治理措施的选择及治理提供依据。

(2) 多种滑坡治理措施——抗滑桩、重力式抗滑挡土墙、垂直预应力式挡土墙、桩板式抗滑挡土墙供工程技术人员选择。

(3) 每一种抗滑措施均提供按剩余下滑力及主动土压力（利用库仑土压力理论计算）计算的结果。两种条件一次完成，减少劳动强度，提高设计效率。

(4) 对于抗滑桩，采用有限元方法分析桩的变形、内力及配筋。通过图示结果，客观地反应桩施加锚索对位移及内力的影响。

## 第二章 快速操作指南

### 2.1 操作流程

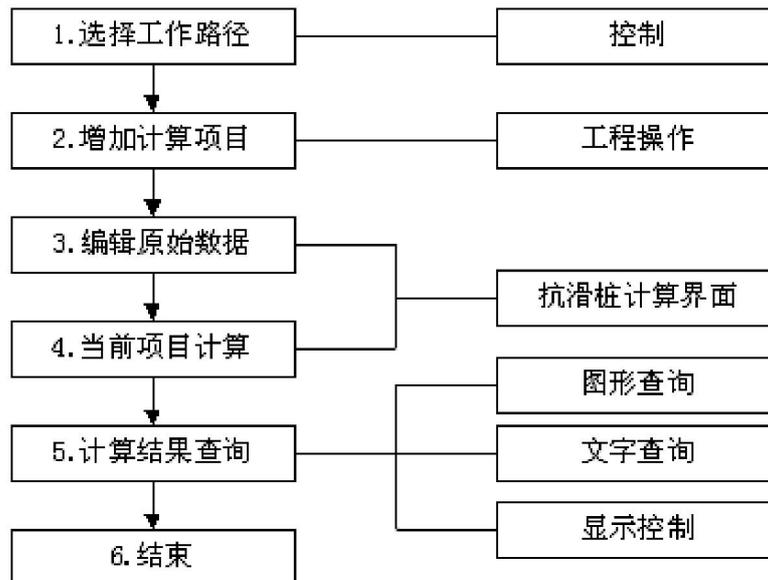


图2.1-1 操作流程

### 2.2 快速操作指南

#### 2.2.1 选择工作路径

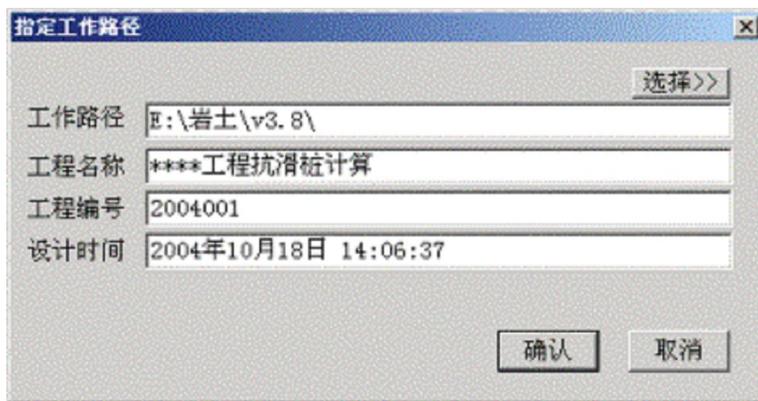


图2.2-1 指定工作路径

**注意：**此处指定的工作路径是所有岩土模块的工作路径。进入某一计算模块后，还可以通过按钮【**选工程**】重新指定此模块的工作路径。

### 2.2.2 选择计算项目

选择抗滑桩的计算项目。有五个选项供选择：滑坡推力计算、抗滑桩、重力式抗滑挡土墙、垂直预应力式抗滑挡土墙、桩板式抗滑挡土墙。显示界面如图2.2-2为：

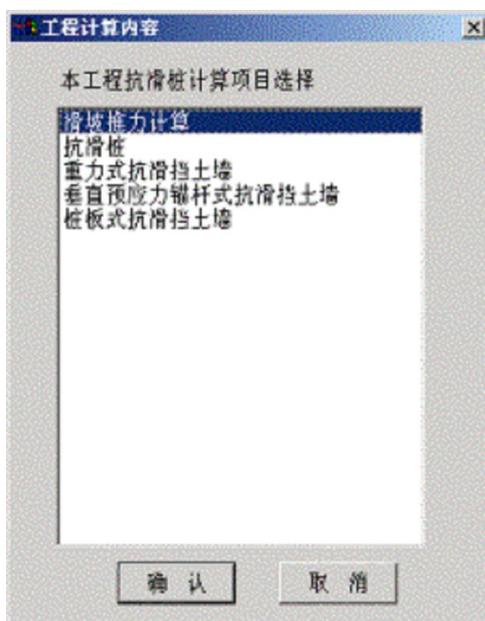


图2.2-2 选择计算项目

### 2.2.3 增加计算项目

点击【**工程操作**】菜单中的“增加项目”菜单或“增”按钮来新增一个计算项目。

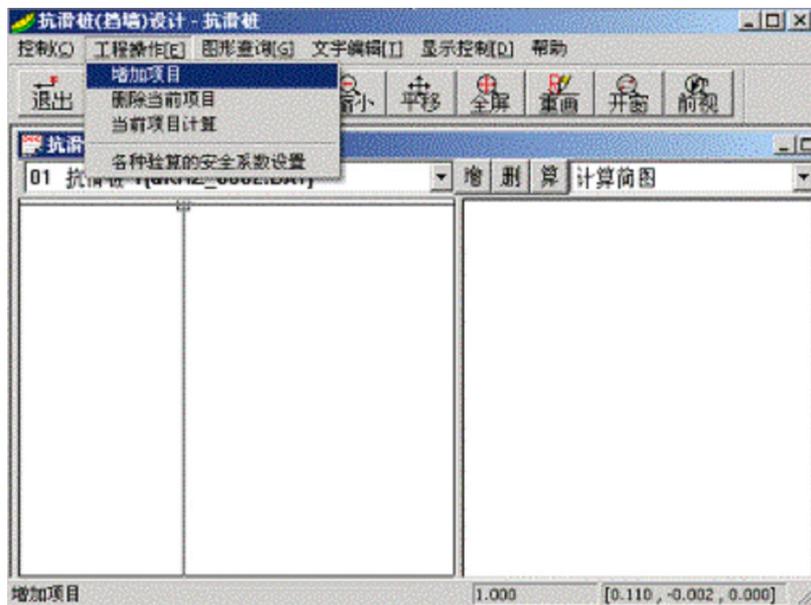


图2.2-3 工程操作界面

### 2.2.4 编辑原始数据

当计算项目为抗滑桩或抗滑挡墙时，须录入或选择如下参数：桩（墙）身尺寸、坡线与滑坡推力、物理参数等数据，交互窗口如图2.2-4。

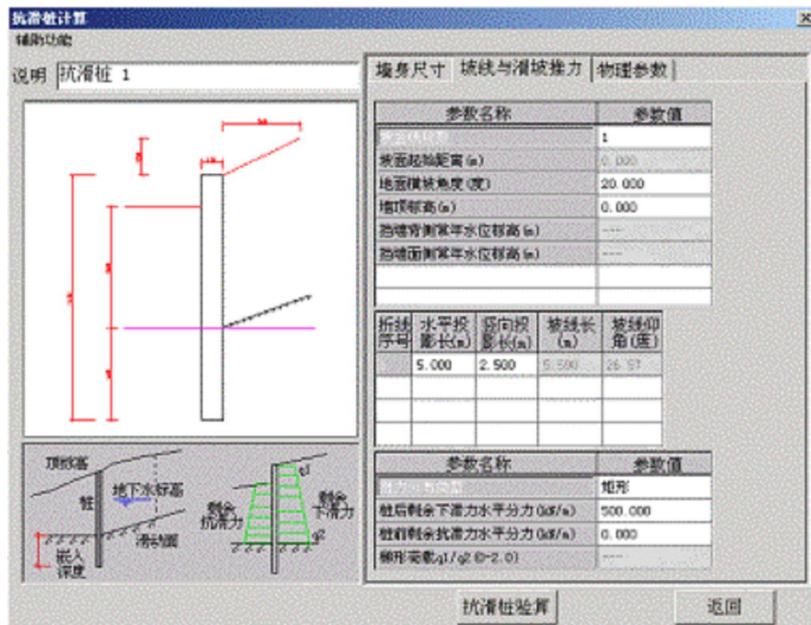


图2.2-4 抗滑桩数据交互对话框

#### 注意:

1. 集中的参数交互界面，即把几乎所有的参数置于一个界面上，操作简单，大大提高了人机交互的效率，这是理正岩土系列软件的一个共性特征。
2. 同时提供了有关参数的即时弹跳说明信息，方便用户理解参数的意义。

### 2.2.5 当前项目计算

在数据交互对话框中设置好各项参数，点击【计算】按钮来进行当前题目的计算；或者单击【辅助功能】菜单的“计算”。

### 2.2.6 计算结果查询

计算结果查询界面分为左右两个窗口，左侧窗口用于查询图形结果，右侧窗口用于查询文字结果。

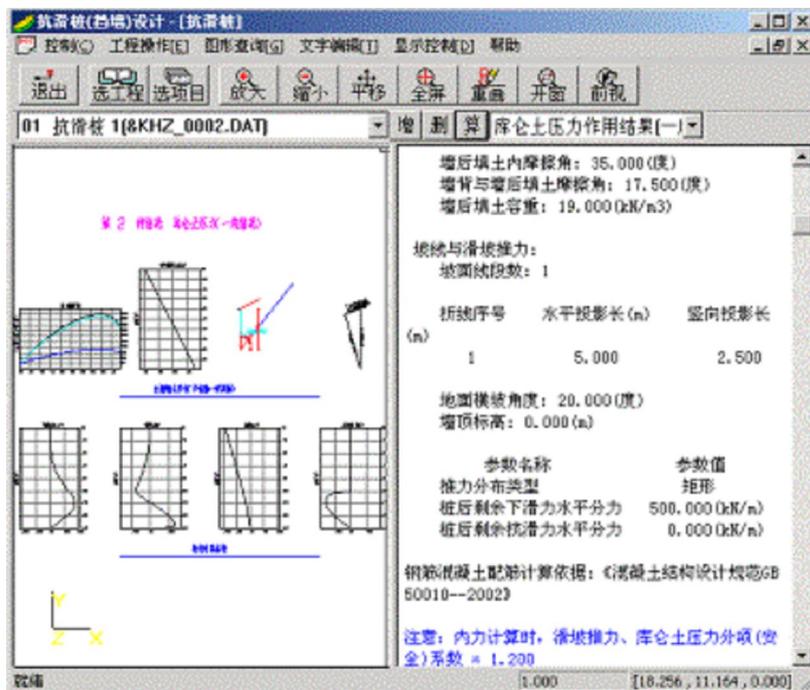


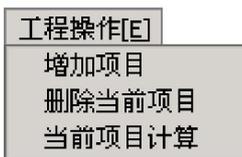
图2.2-5 计算结果查询窗口

## 第三章 使用说明

### 3.1 关于计算例题的编辑

#### 3.1.1 增加例题与删除当前例题

1. 通过【工程操作】菜单的“增加项目”和“删除当前项目”来增加一个新的例题或删除当前的例题。

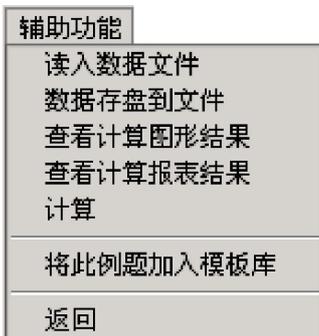


2. “增”或“删”按钮增加一个新的例题或删除当前的例题。点击“算”按钮打开当前模块的交互界面。



#### 3.1.2 数据的读写

通过【辅助功能】菜单的“读入数据文件”可以将原来保存好的数据读进来进行计算; 通过【辅助功能】菜单的“数据存盘到文件”可以将当前例题的数据保存在磁盘上。



### 3.1.3 把典型例题加入例题模板库

实际工程中会有一些具有一般代表性的典型例题，当完成该例题的数据交互后，可通过【辅助功能】菜单中的“将此例题加入模板库”把该例题存为例题模板，从而在每次新增例题时可以重复调用该例题的数据，在此基础上修改少量的数据进行计算。

## 3.2 计算简图辅助操作菜单

在数据交互界面的左侧图形窗口单击鼠标右键，弹出图形显示快捷菜单，使用该菜单可有效的查看计算简图，可把计算简图存为DXF格式的文件，用AUTOCAD等图形编辑器进行编辑。



## 3.3 快速查询图形结果

### 3.3.1 选择输出图形结果

1. 当计算项目为重力式、垂直预应力锚杆式抗滑挡土墙时，图形查询输出如下结果：

- 1) 计算简图
- 2) 土压力
  - ① 土压力（合力及两个方向分力）与破裂角关系曲线；
  - ② 土压力 $E_a$ 沿抗滑挡墙高度分布图；
  - ③ 破裂面与土压力简图；
  - ④ 力多边形简图。

2. 当计算项目为抗滑桩、桩板式挡墙时，图形查询输出如下结果：

- 1) 计算简图
- 2) 土压力

- ① 土压力（合力及两个方向分力）与破裂角关系曲线；
- ② 土压力 $E_a$ 沿抗滑挡墙高度分布图；
- ③ 破裂面与土压力简图；
- ④ 力多边形简图。

3) 内力简图：包括位移、弯矩、剪力、土反力等曲线。

3. 当计算项目为滑坡推力计算时，图形查询窗口输出计算简图。

通过在输出选项列表中选择相应的选项来输出对应的图形结果。

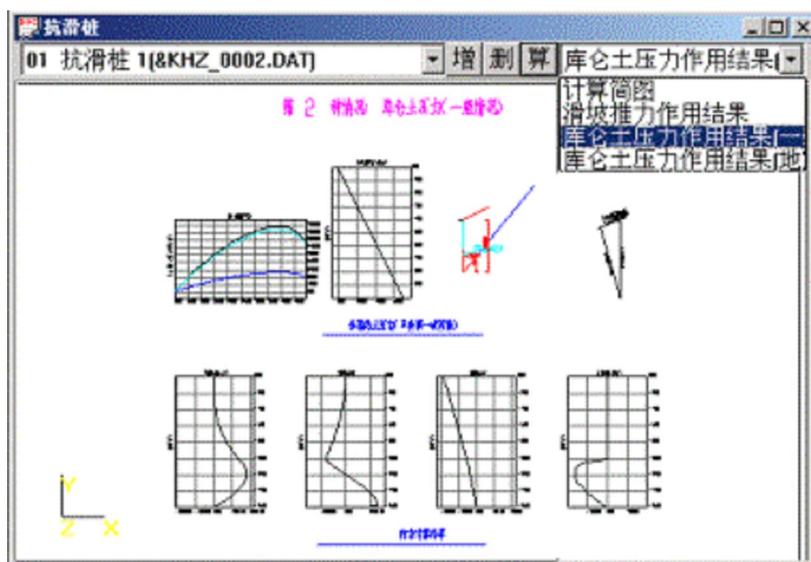


图3.3-1 计算结果简图

### 3.3.2 通过辅助功能菜单查看图形结果

单击【辅助功能】菜单中的“查看计算图形结果”项，可查看当前例题的图形结果。

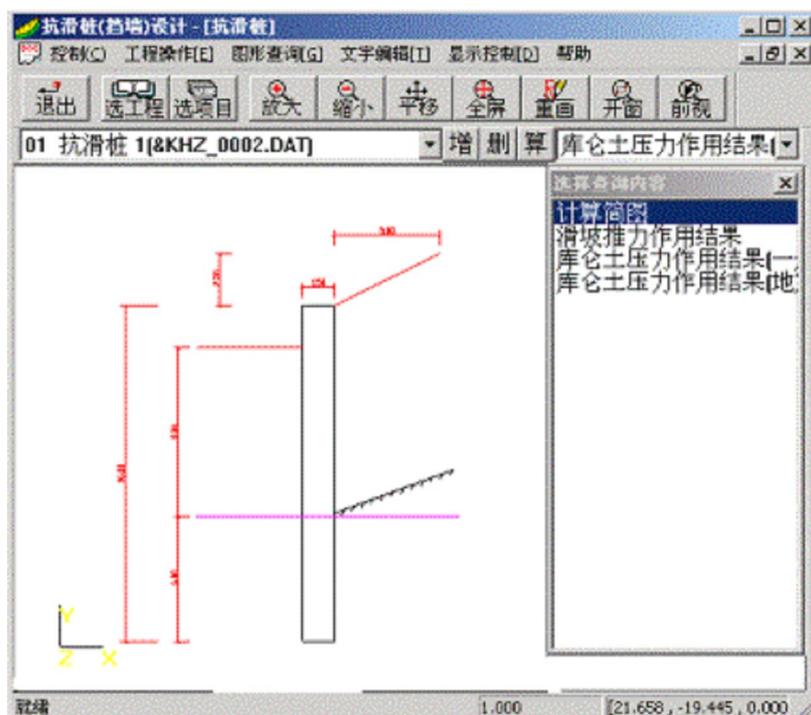


图3.3-2 查询计算结果简图

### 3.3.3 图形查询辅助工具

#### 1. 图形查询工具栏

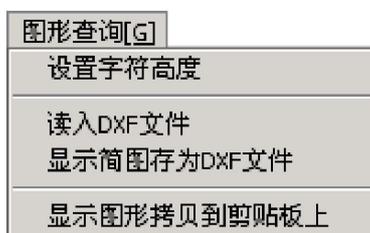


#### 2. 图形查询快捷菜单

在图形结果查询窗口单击鼠标右键，弹出图形查询快捷菜单，可以方便地查看图形。



#### 3. 【图形查询】菜单



## 3.4 计算书的编辑修改

1. 当计算项目为滑坡推力计算，计算目标为“按指定滑面计算推力”时，计算书窗口输出各段的剩余下滑力。当计算项目为滑坡推力计算，计算目标为“自动搜索最危险滑面”时，输出按指定滑面计算推力时，计算书窗口输出自动搜索的最危险滑面和各段的剩余下滑力。

2. 当计算目标为重力式、垂直预应力式抗滑挡土墙时，计算书窗口输出如下结果：

- (1) 土压力计算结果；
- (2) 滑动稳定性验算结果；
- (3) 倾覆稳定性验算结果；
- (4) 地基应力及偏心距验算结果；
- (5) 设置凸榫时，凸榫宽度验算；
- (6) 墙身截面强度验算（不同截面）包括偏心距、压应力、拉应力及剪应力。

3. 当计算目标为抗滑桩、桩板式抗滑挡土墙时，计算书窗口输出如下结果：

- (1) 土压力计算结果
- (2) 各点的位移、弯矩、剪力、土反力
- (3) 桩的配筋
- (4) 挡土板的内力配筋

恢复	Ctrl+Z
剪切	Ctrl+X
拷贝	Ctrl+C
粘贴	Ctrl+V
特别粘贴	
删除选择的文字	
全选	
跳到指定行	
寻找	Ctrl+F
寻找下一个	F3
替换	Ctrl+H
插入对象	
连接对象	
对象属性	Alt+Enter
字体与颜色设置	
读入RTF文件	
保存RTF文件	
更名保存RTF文件	
保存文件为文本文件	

### 3.5 说明

当计算目标为设计时：在其它参数确定的情况下，系统可自动设计：

- (1) 墙顶宽。
- (2) 扩展台阶宽高。
- (3) 钢筋混凝土底板的悬挑长度和厚度。

系统的设计过程为：假定墙顶宽最小为0.5米，然后采用变步长的搜索办法增加墙宽，直到找到满足计算条件的最小墙宽为止。

#### 注意：

1. 有时自动设计会失败，这是因为某些给定的条件不合理造成的；
2. 有时自动设计成功后，某些安全系数仍不满足。这是因为本程序自动设计时考虑了多种工况，程序自动设计对各种工况只进行一次，当满足最后一个工况的安全系数时，前面的各个工况有时会出现不满足的情况。在这种情况下，用户可参照程序设计结果手工调整。

### 3.6 数据和结果文件

数据和结果文件位于用户设定好的工作目录下。滑坡推力计算、抗滑桩、重力式抗滑挡土墙、垂直预应力锚杆式抗滑挡土墙、桩板式抗滑挡土墙的数据文件格式分别为\*.hptl、\*.khz、\*.zlkh、\*.yylkh和\*.zbkh，图形文件格式\*.DXF，计算书格式为\*.RTF。

## 第四章 编制依据

- (1) 铁道部第一勘测设计院，铁路工程设计技术手册《路基》，中国铁道出版社，1995年第3次印刷；
- (2) 中华人民共和国交通部部标准《公路工程抗震设计规范》（JTJ 004-89），人民交通出版社，1990年8月第一版，第一次印刷；
- (3) 中华人民共和国交通行业标准《公路加筋土工程设计规范》（JTJ 015-91），《公路加筋土工程设计及施工规范汇编》人民交通出版社，1998年10月第1版，第4次印刷；
- (4) 交通部第二公路勘察设计院主编：公路设计手册《路基》，人民交通出版社，1997年6月第2版，第2次印刷。

## 第五章 编制原理

理正抗滑桩（挡墙）计算软件可以完成滑坡推力计算，抗滑桩（挡墙）的设计和验算。系统采用两种方法计算土体对抗滑构件的作用力，即剩余下滑力和库仑土压力。

### 5.1 滑坡计算

#### 5.1.1 基本假定

(1) 在顺滑动主轴方向的地质纵断面图上，按滑面的产状和岩土性质划分为若干铅直条块，由后向前计算各条块分界面上的剩余下滑力即是该部位的滑坡推力；

(2) 每段滑体的下滑力方向与其所在的条块的滑面平行；

(3) 横向按每米宽计算，略去两侧的摩擦阻力不计；

(4) 视滑体为连续而无压缩的介质，由后向前传递下滑力做整体滑动，不记滑体内部的局部应力作用；

(5) 作用在任一分界面上的推力分布图形，当滑体上层和下层的滑动速度大体一致时，可假定为矩形；对软塑体或流塑体滑坡，底部滑速往往大于其表层，其推力分布图形为三角形；介于上述两种情形之间为梯形。

#### 5.1.2 滑体上的作用力

滑体上的作用力分为基本力系和特殊力系两类（图5.1.2-1）。

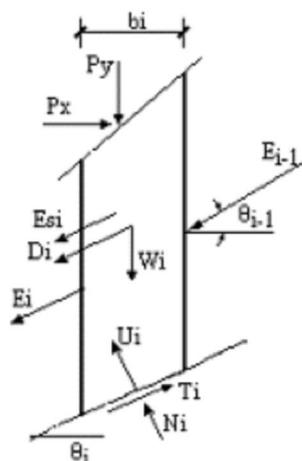


图5.1.2-1 剩余下滑力计算示意图

(1) 基本力系：滑体自重 $W_i$ 、自上一条块传递来的剩余下滑力 $E_{i-1}$ 、下一条块产生的支撑力 $E_i$ 、滑床反力 $N_i$ 、滑面的抗滑力 $T_i$ ；

(2) 特殊作用力（在可能出现的情况下才列入计算）：

① 作用在条块上的外部荷载 $P$

② 动水压力 $D_i$ （滑体饱水或其下部饱水且与滑带水相连通时考虑）

③ 滑床上产生的浮托力： $U_i$

④ 裂隙充水的静水压力： $p_{wi}$ 、 $p_{w(i-1)}$

⑤ 滑头水系有压头 $H_0$ 的承压时的浮托力 $S'_i$

⑥ 地震力:  $E_{hsis}$

注:

1. 假定动水压力作用方向平行于滑动面,浮托力作用方向垂直滑动面。在系统中选择“总应力法”时,不考虑水的浮力作用,既令 $u_i=0$ ;
2. 假定地震力作用方向平行于滑动面,抗滑部分不考虑地震力的作用;
3.  $T_i$ 在图中表示第 $i$ 滑块滑面的抗滑力(kN),方向平行于滑动面;
4.  $N_i$ 在图中表示第 $i$ 滑块滑面的有效法向反力(kN),方向垂直于滑动面。

### 5.1.3 基本力系作用下的剩余下滑力计算

$$E_i = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \quad (5.1.3-1)$$

$$E_1 = KW_i \sin(\alpha_i) \quad (5.1.3-2)$$

$$E_2 = E_{i-1} [\cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \tan(\phi_i)] \quad (5.1.3-3)$$

$$E_3 = -W_i \cos(\alpha_i) \tan(\phi_i) \quad (5.1.3-4)$$

$$E_4 = -c_i l_i \quad (5.1.3-5)$$

$$\psi_i = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \tan(\phi_i) \quad (5.1.3-6)$$

式中:

$E_i$  —— 第 $i$ 个条块滑体的剩余下滑力(kN/m),方向指向下滑方向并平行于第 $i$ 个条块滑面;

$E_i \leq 0$ , 在给定的安全系数下,不会发生滑动;

$E_i > 0$ , 在给定的安全系数下,会发生滑动;

$E_1$  —— 为本滑块体产生的下滑力(kN/m);

$E_2$  —— 第 $i-1$ 块滑体产生的下滑力或上滑力(kN/m);

$E_3$  —— 本滑块体产生的抗滑力(kN/m);

$E_4$  —— 本滑块体滑面产生的粘聚抗滑力(kN/m);

$E_{i-1}$  —— 第 $i-1$ 个条块滑体的剩余下滑力(kN/m),方向平行于第 $i-1$ 个条块滑面;

$K$  —— 抗滑计算时,考虑所需要的安全系数;

$W_i$  —— 第 $i$ 个条块滑体的重量(kN/m);

$\alpha_i$  —— 第 $i$ 个条块滑面的倾角(度);

$\alpha_{i-1}$  —— 第 $i-1$ 个条块滑面的倾角(度);

$\phi_i$  —— 第 $i$ 个条块所在滑面上的摩擦角(度);

$c_i$  —— 第 $i$ 个条块所在滑面上的单位粘聚力(kPa);

$l_i$  —— 第 $i$ 个条块所在滑面的长度(m);

$\psi_i$  —— 剩余下滑力传递系数。

注: 系统提供由安全系数反算滑块 $i$ 的抗剪强度指标 $c$ 或 $\phi$ 的功能,反算时公式 5.1.3-1 式满足 $E_i = 0$ 。

### 5.1.4 特殊作用力下的剩余下滑力计算

#### 1. 外部荷载作用

$$E_1 = KW_i \sin(\alpha_i) + \sum K_{1j} P_{wj} \cos(\alpha_i) + \sum K_{1j} P_{yj} \sin(\alpha_i) \quad (5.1.4-1)$$

$$E_3 = -W_i \cos(\alpha_i) \tan(\phi_i) + \sum K_{1j} P_{wj} \sin(\alpha_i) \tan(\phi_i) - \sum K_{1j} P_{yj} \cos(\alpha_i) \tan(\phi_i) \quad (5.1.4-2)$$

式中:

$P_{xj}$ ——第*i*个条块滑体上作用的第*j*个水平外荷载 (kN/m), 正、负确定: 方向向左为正, 反之为负;

$P_{yj}$ ——第*i*个条块滑体上作用的第*j*个竖直外荷载 (kN/m), 正、负确定: 方向向下为正, 反之为负。

$K_{1j}$ ——抗滑计算时, 考虑所需要的安全系数;

当外荷载产生作用的方向与整体滑坡的下滑方向相同时, 取 $K_{1j}=K$ ;

当外荷载产生作用的方向与整体滑坡的下滑方向相反时, 取 $K_{1j}=1$ ;

其它符号同前。

**注意:** 当坡面以上有水的作用, 程序是按外荷载作用考虑的, 同样分解成竖直和水平两个方向的作用力; 竖直作用力值为水的重度乘以坡面外浸水面积 (程序积分得到), 水平向作用力直为竖直作用力值乘以第*i*条滑块的倾角的正切值。

#### 2. 动水压力作用

$$E_1 = KW_i \sin(\alpha_i) + K_1 D_i \quad (5.1.4-3)$$

$$D_i = \gamma_w \Omega_i n_i \sin(\alpha_i) \quad (5.1.4-4)$$

$$E_3 = -W_i \cos(\alpha_i) \tan(\phi_i) + S_i \tan(\phi_i) \quad (5.1.4-5)$$

$$S_i = \gamma_w \Omega_i (1 - n_i) \cos(\alpha_i) \quad (5.1.4-6)$$

式中:

$K_1$ ——抗滑计算时, 考虑所需要的安全系数;

当动水压力产生作用的方向与整体滑坡的下滑方向相同时, 取 $K_1=K$ ;

当动水压力产生作用的方向与整体滑坡的下滑方向相反时, 取 $K_1=1$ ;

$D_i$ ——第*i*个条块滑体中动力水头产生的下滑力 (kN/m);

$S_i$ ——第*i*个条块滑体中动力水头在滑床上产生的浮托力 (kN/m);

$\gamma_w$ ——水的重力密度 (kN/m<sup>3</sup>);

$\Omega_i$ ——第*i*个条块滑体的饱水面积 (m<sup>2</sup>);

$n_i$ ——第*i*个条块滑体土的孔隙度;

$\alpha_i$ ——第*i*个条块的滑面倾角 (度)。

#### 3. 裂隙水压力作用 (暂未做)

$$E_1 = KW_i \sin(\alpha_i) + K_1 (P_{w(i-1)} - P_{wi}) \cos(\alpha_i) \quad (5.1.4-7)$$

$$E_3 = -W_i \cos(\alpha_i) \tan(\phi_i) + (P_{w(i-1)} - P_{wi}) \sin(\alpha_i) \tan(\phi_i) \quad (5.1.4-8)$$

$$P_{w(i-1)} = \gamma_w h_{w(i-1)}^2 / 2 \quad (5.1.4-9)$$

$$P_{wi} = \gamma_w h_{wi}^2 / 2 \quad (5.1.4-10)$$

式中:

$K_1$  —— 抗滑计算时, 考虑所需要的安全系数;

当  $(P_{w(i-1)} - P_{wi}) \geq 0$  时, 取  $K_1 = K$ ;

当  $(P_{w(i-1)} - P_{wi}) < 0$  时, 取  $K_1 = 1$ ;

$P_{w(i-1)}$  —— 第  $i-1$  个条块滑体与第  $i$  个条块滑体之间的裂隙静水压力 (kN/m);

$P_{wi}$  —— 第  $i$  个条块滑体与第  $i+1$  个条块滑体之间的裂隙静水压力 (kN/m);

$h_{w(i-1)}$  —— 第  $i-1$  个条块滑体与第  $i$  个条块滑体之间裂隙静水位到滑面的高度 (m);

$h_{wi}$  —— 第  $i$  个条块滑体与第  $i+1$  个条块滑体之间裂隙静水位到滑面的高度 (m);

其它符号同前。

#### 4. 承压水压力作用

仅在 (5.1.3-1) 式右侧第三项中增加承压水作用荷载, 表达式如下:

$$E_3 = -W_i \cos(\alpha_i) \text{tg}(\phi_i) + S'_i \text{tg}(\phi_i) \quad (5.1.4-11)$$

$$S'_i = \gamma_w H_{w0} l_0 \quad (5.1.4-12)$$

式中:

$S_i$  —— 第  $i$  个条块滑体所受的承压水的浮托力, 方向与滑体的反力相反 (kN/m);

$H_{w0}$  —— 第  $i$  个条块滑体所受的承压水头的高度 (m);

$l_0$  —— 有效的滑动面长度 (m);

其它符号同前。

#### 5. 地震荷载作用

仅在 (5.1.3-1) 式右侧第一项增加地震作用荷载, 表达式如下:

$$E_1 = KW_i \sin(\alpha_i) + K_1 E_{ksi} \quad (5.1.4-13)$$

$$E_{ksi} = C_i C_z K_k G_i \quad (5.1.4-14)$$

式中:

$K_1$  —— 抗滑计算时, 考虑所需要的安全系数;

当  $E_{hsi} \geq 0$  时, 取  $K_1 = K$ ;

当  $E_{hs} < 0$  时, 取  $K_1 = 1$ ;

$E_{hs}$  —— 作用第  $i$  个条块滑体的地震力 (kN/m);

$C_i$  —— 第  $i$  个条块滑体地震力计算的重要性系数, 由用户交互;

$C_z$  —— 第  $i$  个条块滑体地震力计算的综合影响系数, 取  $C_z = 0.25$ ;

$K_h$  —— 水平地震系数;

$G_i$  —— 第  $i$  个条块滑体的重力 (kN), 有地下水时, 采用饱和重度;

其它符号同前。

注:

1.  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 、 $E_4$  的定义是本系统做的;

2. 参考铁路工程技术手册《路基》第十二章第三节;

3. 地震作用  $E_{shi}$  按《公路工程抗震设计规范》(JTJ004-89) 第三章第 3.1.3 条中的 3.1.3 式计算, 水平地震系数  $K_h$  引自《公路工程抗震设计规范》(JTJ004-89) 表 1.0.7。

### 5.1.5 最不利滑面的计算

根据用户确定的计算不利滑动面的段（在图形窗口中该段显示红色），在数据交互窗口输入不利滑动面段可变化的点数（要求点数小于4）和相应的抗剪强度指标，系统将自动搜索并确定最不利的滑动面。

### 5.1.6 反算滑动面的抗剪强度指标

由用户给定滑动面上的抗剪强度指标 $c$ 或 $\varphi$ 值，根据下滑力为零的条件通过试算法反算滑动面上的 $\varphi$ 或 $c$ 值。本系统提供了两种功能：已知 $c$ 反算 $\varphi$ 、已知 $\varphi$ 反算 $c$ 。同时求解 $c$ 、 $\varphi$ 的情况需要提供两组不同的滑动面，本版本中暂时没有考虑。

**注意：**

1. 输入“0”可以反算所有滑面的综合 $\varphi$ 或 $c$ 指标；
2. 输入滑面边号可以反算此滑面的 $\varphi$ 或 $c$ 值。

## 5.2 系统土压力理论

本系统土压力采用库仑理论计算。除特别说明外，均不考虑墙前被动土压力作用。

### 5.2.1 库仑土压力理论

#### 5.2.1.1 库仑土压力的基本假定

1. 墙后填料为匀质散粒体，仅有内摩擦力，而无粘聚力（按无粘性土考虑）。
2. 当墙身向外移动或绕墙趾外倾时，墙背填料内会出现一通过墙踵的破裂面，假设此破裂面为一平面，竖向夹角 $\theta$ 叫做破裂角（如图5.2.1-1）。

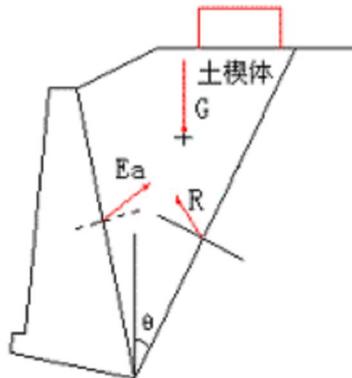


图5.2.1-1 破裂角简图

3. 破裂面上的土楔，视为刚性土体，根据静力平衡条件，土楔在自重 $W$ 、墙背反力 $E_a$ 和破裂面反力 $R$ 的作用下维持静力平衡。由于土楔与墙背及土体间具有摩阻力，故 $E_a$ 与墙背法线成 $\delta$ 角、 $R$ 与破裂面法线成 $\phi$ 角，并均偏向阻止土楔滑动的一侧。

4. 通过墙踵，假定若干个破裂面，其中使主动土压力最大的那个破裂面即为最危险的破裂面。根据这一条件，求得破裂面的位置和主动土压力值。

5. 假设土压力沿墙高呈分段线性分布，其形状与坡面线叠加超载后的形状相似，作用点位置位于此分布力图形的重心。当墙后土坡为一直线时，土压力呈线性分布，作用于墙高下三分点处。

#### 5.2.1.2 有关第二破裂面的基本假定

1. 俯斜墙背（或假想墙背）的坡度平缓时，墙后填料内有可能出现第二破裂面，土楔不沿墙背或假想

墙背滑动，而沿着第二破裂面滑动（如图5.1-2）。

2. 必须满足下列条件，才可出现第二破裂面：

墙背的倾角必须大于第二破裂面的倾角。

作用于墙背或假想墙背上的土压力对墙背法线的倾角应该小于等于墙背摩擦角。

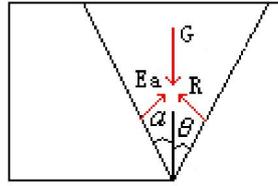


图5.2.1-2 破裂角简图

图中：

$\theta$ —— 第一破裂角（度）；

$\alpha$ —— 第二破裂角（度）。

## 5.2.2 本系统中土压力计算基本方法

在本系统中，从最基本的土压力计算原理出发，充分利用计算机快速运算的优势，采用优化的数值扫描法计算第一、第二破裂面及相关的土压力，计算方法如下：

### 5.2.2.1 第一破裂面

当只有第一破裂面时，土压力只为第一破裂角函数，利用计算机搜索第一破裂角角度与土压力关系。寻找其中最大的土压力 $E_a$ 即为所求的土压力，相应的角度为第一破裂角。在搜索过程中，为了提高计算速度，我们采用了优化的方法寻找此极值点，计算结果表明，此种方法非常有效。图5.2.2-1为土压力随破裂角度变化图。

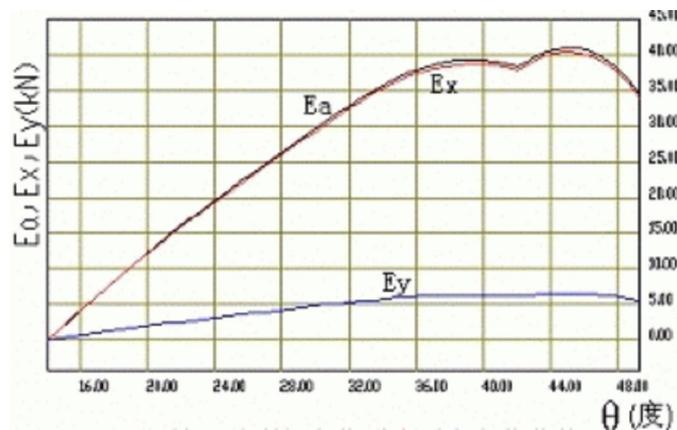


图5.2.2-1 第一破裂角变化时土压力变化曲线

图中：

$\theta$ —— 挡土墙土楔体的第一破裂角（与铅垂线的夹角）（度）；

$E_a$ —— 作用挡土墙上的土压力（kN）；

$E_x$ —— 作用挡土墙上土压力的水平分力（kN）；

$E_y$ —— 作用挡土墙上土压力的竖向分力（kN）。

### 5.2.2.2 第二破裂面

当俯斜墙背（或假想墙背）的坡度比较平缓时，就会出现第二破裂面。此时土压力为第一、第二破裂角的函数，利用计算机求出第二破裂角及第一破裂角角度与土压力的变

化关系，搜索到最大的水平土压力 $E_x$ 即为所求的土压力，相应的角度为第二破裂角及第一破裂角。5.2.2-2图为土压力随第二破裂角角度变化图。

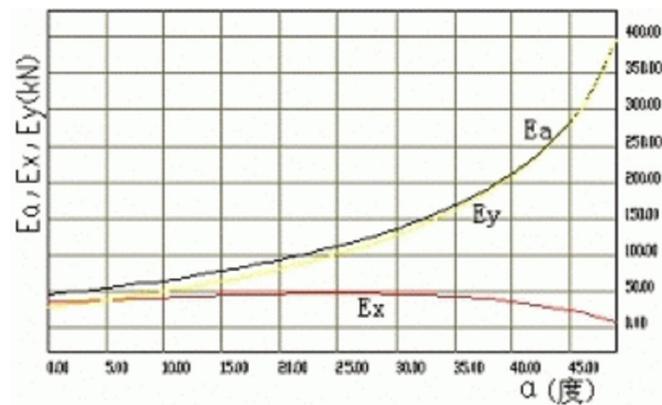


图5.2.2-2 第二破裂角变化时土压力变化曲线

图中：

- $\alpha$ ——挡土墙土楔体的第二破裂角（与铅垂线的夹角）（度）；
- $E_a$ ——作用挡土墙上的土压力（kN）；
- $E_x$ ——作用挡土墙上土压力的水平分力（kN）；
- $E_y$ ——作用挡土墙上土压力的竖向分力（kN）。

### 5.2.3 浸水挡墙土压力

浸水挡墙土压力计算原理与非浸水时相同，只是求算破裂楔体的重力 $G$ 时，浸水部分采用浮重度，其它计算原理与普通挡土墙相同。

### 5.2.4 抗震挡墙土压力

抗震区挡墙的地震力影响主要表现在两个方面：

1. 用库仑理论计算土压力时破坏楔体要考虑地震力的作用，参见5.2.4.1、5.2.4.2节；
2. 在计算墙体受力时要考虑墙体所受的地震作用，参见第5.2.4.3节。

#### 5.2.4.1 计算方法

计算抗震地区挡墙土压力时，在力平衡多边形中，需要增加一个水平地震力 $E$ ， $E$ 的大小等于 $G$ 乘地震角的正切即：

$$E = G \times \tan \zeta$$

(5.2.4-1)

其它计算原理与普通挡土墙相同。如图5.2.4-1所示：

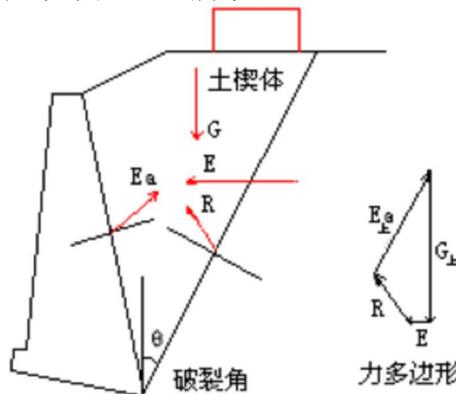


图5.2.4-1 地震力参与计算简图

图中：

- $\theta$ ——挡土墙土楔体的第一破裂角（与铅垂线的夹角）（度）；
- $\alpha$ ——挡土墙土楔体的第二破裂角（与铅垂线的夹角）（度）；

- $R$  —— 上墙土楔体对下墙计算土楔体的作用力 (kN) ;
- $G$  —— 下墙计算土楔体的自重重力 (kN) ;
- $R_1$  —— 下墙计算土楔体的第一破裂面的反力 (kN) ;
- $E_a$  —— 作用挡土墙上的主动土压力的反力 (kN) ;
- $E$  —— 作用计算土楔体上的水平地震力 (kN) ;
- $\zeta$  —— 地震角, 按表5.2.4-1取值;
- $G_{上}$  —— 上墙计算土楔体的自重重力 (kN) ;
- $E_{上}$  —— 作用上墙计算土楔体上的水平地震力 (kN) ;
- $E_{上a}$  —— 作用挡土墙上墙的主动土压力的反力 (kN) 。

5.2.4.2 地震角

地震角度的计算按下表确定:

基本烈度类别	7	8	9
非浸水	1°30'	3°	6°
浸水	2°30'	5°	10°

- 注: 1. 本表摘自《公路加筋土工程设计规范》(JTJ-015-91) 附录一中附表1.4;
- 2. 抗震设计与非抗震设计在安全系数的取值、截面与基底合力的容许偏心距的取值是不同的;
- 3. 抗震设计同时要考虑地基土承载力的提高、截面强度的提高。

5.2.4.3 挡土墙墙身水平地震力

挡土墙第*i*验算截面墙身地震力计算公式:

$$E_{ikw} = \alpha C_i C_z K_h \phi_{iw} G_{iw} \tag{5.2.4.3-1}$$

式中:

- $E_{ihw}$  —— 第*i*截面以上墙身重心处的水平地震荷载 (kN);
- $\alpha$  —— 墙身地震力调整系数;
- $C_i$  —— 重要性修正系数, 按表5.2.4-2取值;
- $C_z$  —— 综合影响系数, 一般取0.25;
- $K_h$  —— 水平地震系数, 按表5.2.4-3取值;
- $\phi_{iw}$  —— 水平地震荷载沿墙高的分布系数, 按表5.2.4-4取值;
- $G_{iw}$  —— 截面以上圬工重 (kN), 包括墙身自重及墙踵以上填土自重。

重要性修正系数  $C_i$

表5.2.4-2

公路等级及工程类别	重要性修正系数 $C_i$
高速公路和一级公路上的抗震重点工程	1.7
高速公路和一级公路上的工程、二级公路上的抗震重点工程	1.3
二级公路上的工程、三级公路上的抗震重点工程、四级公路上的梁端支座	1.0
三级公路的一般工程、四级公路上的抗震重点工程	0.6

- 注: 1. 本表摘自《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004-89) 表1.0.4;
- 2. 位于基本烈度为9度地区的高速公路和一级公路上的抗震重点工程, 其重要性系数也可用1.5。

水平地震系数  $K_h$

表5.2.4-3

基本烈度 (度)	7	8	9
水平地震系数 $K_h$	0.1 (0.15)	0.2 (0.3)	0.4

- 注: 1. 括号外的值摘自《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004-89) 表1.0.7;
- 2. 括号内的值摘自《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001) 表3.2.2。

水平地震作用沿墙高的分布系数 $\phi_{iw}$ 

表5.2.4-4

公路等级 墙高 (m)	高速公路 一、二级	三、四级公路	重力式挡土墙 $\phi_{iw}$ 计算简图
$H \leq 12$	$\phi_{iw} = 1$	$\phi_{iw} = 1$	
$H > 12$	$\phi_{iw} = H_{iw}/H + 1$	$\phi_{iw} = 1$	

注：1. 本表摘自《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004-89)表3.1.5；  
 2.  $H$ 为挡土墙高度，m；  
 3.  $H_{iw}$ 为验算第*i*截面以上墙身重心至墙底的高度，m。

**注意：**

1. 墙底截面验算取全墙地震力，分布系数按表5.2.4-4计算；
2. 台顶截面验算取扩展台阶以上挡墙高度计算地震力，分布系数按表5.2.4-4计算。

**5.2.5 地基应力验算在基底倾斜时可按两种情况计算**

地基强度与偏心距验算时，对基底宽度有两种考虑方法：一种是按斜底宽度考虑，另一种是按水平投影长度考虑，当然计算结果也不相同，用户可根据自己的习惯选用。

**5.2.6 墙顶有覆土的情况**

在墙顶有覆土的情况下，土压力计算采用延长墙背法（如图5.2.6-1），以 $AB'$ 为假想墙背，用库仑理论计算土压力。

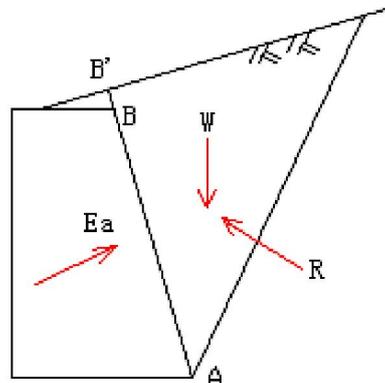


图5.2.6-1 延长墙背法计算简图

## 5.3 抗滑桩

系统考虑滑坡土体对桩身作用的方法有二，滑坡推力和库仑土压力。且内力计算时，滑坡推力、库仑土压力已乘分项（安全）系数。

### 5.3.1 抗滑桩的内力、位移计算

抗滑桩是一种大截面的侧向受荷桩。在本系统中桩的内力、位移采用弹性计算方法，根据在滑动面以下的土反力计算所采用的土反力系数的方法不同分为下列几种：“m”法、“c”法、“K”法。

#### 1. 土反力计算

$$p = k\Delta \quad (5.3-1)$$

$$k = ah^n \quad (5.3-2)$$

式中：

$p$  —— 滑坡面以下桩的弹性土抗力（kPa）；

$k$  —— 弹性土抗力系数；

$\Delta$  —— 滑坡面以下桩的位移（m）；

$a$ 、 $n$  —— 计算系数；

$h$  —— 滑坡面以下任意点到滑坡面的竖向距离（m）。

根据计算系数 $a$ 、 $n$ 的不同，形成不同的计算方法：

$n=1$ ， $a=m$ 时，称为“m”法；

$n=0.5$ ， $a=c$ 时，称为“c”法；

$n=0$ ， $a=K$ 时，称为“K”法；

#### 2. 有限元计算方程

$$[[K_z] + [K_T] + [K_{T0}]]\{\delta\} = \{p\} \quad (5.3-3)$$

式中：

$[K_z]$  —— 抗滑桩的弹性刚度矩阵；

$[K_T]$  —— 滑坡面以下土体的弹性刚度矩阵；

$[K_{T0}]$  —— 滑坡面以下土体的初始弹性刚度矩阵；

$\{\delta\}$  —— 抗滑桩的位移矩阵；

$\{p\}$  —— 抗滑桩的荷载矩阵。

将桩的位移边界条件代入上述方程，求解就可得到桩各点的位移及内力。

根据桩嵌入土层的情况，桩底点的边界条件可分三种情况：自由、简支、嵌固。

抗滑桩一般设置于滑坡的前部且滑面比较平滑的地段，滑坡推力可假定与滑面平行。对于液性指数较小，刚度较大和较密实的滑体，从顶层至底层的滑动速度常是大体一致的，鼓可假定滑面以上土体作用于桩上部受力段背面的推力分布图形为矩形；对液性指数较大、刚度较小和密实度不均匀的塑性滑体，其靠近滑面的滑动速度较大而滑体表层的滑动速度则较小，滑坡推力分布图形可假定为三角形；介于上述二者之间的情况可假定推力分布图形为三角形。

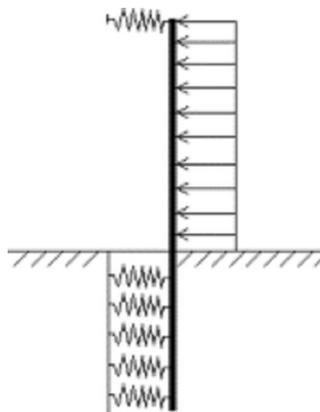


图5.3.1-1 弹性方法计算模型简图

**注意：**系统容许布置多道锚索并计算桩身内力、位移。

### 5.3.2 抗滑桩的配筋计算

参考5.4.4.2节。

## 5.4 桩板式抗滑挡土墙

桩板式抗滑挡土墙计算包括：土压力计算、稳定性验算（暂无）、桩板内力计算、桩板强度（配筋）计算、裂缝宽度验算。

### 5.4.1 土体作用力

按滑坡推力计算剩余下滑力，作用于桩板式抗滑挡墙上。

假定墙背为臂板顶点的内侧与墙踵点的连线，采用5.2节的库仑土压力理论计算土压力，作用于桩板式抗滑挡墙上。在内力计算时，滑坡推力、库仑土压力已乘分项（安全）系数。

### 5.4.2 稳定性验算

暂无。

### 5.4.3 桩板内力计算

#### 5.4.3.1 板的内力计算

##### 1. 计算假定

1) 板上的土压力取同一跨内该类型板（由于分段设置不同类型的板块）最下面板块底边缘的水平土压力，作为该类型板上的荷载。且滑坡推力、库仑土压力已乘分项（安全）系数；

2) 按简支板计算内力。

##### 2. 内力计算（单位板宽）

1) 弯矩（kN-m）

$$M = \frac{K_1 \sigma_m l^2}{8}$$

(5.4-1)

## 2) 剪力 (kN)

$$V = \frac{K_1 \sigma_{xi} l}{2}$$

(5.4-2)

式中:

 $M$ ——板的跨中弯矩设计值 (kN/m); $V$ ——板各端的剪力设计值 (kN); $K_1$ ——土压力荷载分项系数, 见输入界面中的荷载系数, 一般为1.2; $\sigma_{xi}$ ——第*i*类板块计算的水平土压力 (kPa); $l$ ——板的水平计算跨长 (两肋之间的间距) (m)。**注:** 参考铁路工程设计技术手册《路基》第二十三章第六节中的“五”。

## 5.4.3.2 桩的内力及位移计算

桩身内力的计算采用弹性计算方法, 根据桩在嵌固段土反力计算系数的不同分为下列几种: “m”法、“c”法、“K”法。

## 1. 土反力计算

$$p = k\Delta$$

(5.4.3-1)

$$k = ah^n$$

(5.4.3-2)

式中:

 $p$ ——滑坡面以下桩的弹性土抗力 (kPa); $k$ ——弹性土抗力系数; $\Delta$ ——滑坡面以下桩的位移 (m); $a$ 、 $n$ ——计算系数; $h$ ——滑坡面以下任意点到滑坡面的竖向距离 (m)。根据计算系数 $a$ 、 $n$ 的不同, 形成不同的计算方法: $n=1$ ,  $a=m$ 时, 称为“m”法; $n=0.5$ ,  $a=c$ 时, 称为“c”法; $n=0$ ,  $a=K$ 时, 称为“K”法;

## 2. 计算方程

$$[[K_z] + [K_T] + [K_{T0}]]\{\delta\} = \{p\}$$

(5.4.3-3)

式中:

 $[K_z]$ ——抗滑桩的弹性刚度矩阵; $[K_T]$ ——滑坡面以下土体的弹性刚度矩阵; $[K_{T0}]$ ——滑坡面以下土体的初始弹性刚度矩阵; $\{\delta\}$ ——抗滑桩的位移矩阵; $\{p\}$ ——抗滑桩的荷载矩阵。

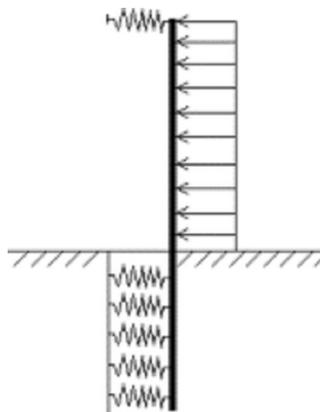


图5.4.3-1 弹性方法计算模型简图

将桩的位移边界条件代入上述方程，求解就可得到桩各点的位移及内力。桩底点的边界条件有：自由、简支、嵌固。程序共输出50个点的桩的内力、位移及土的反力。

## 5.4.4 桩板强度（配筋）计算

### 5.4.4.1 板的强度（配筋）计算

#### 1. 抗剪计算

##### 1) 截面验算

$$V \leq \alpha \beta_c f_c b h_0 \quad (5.4.4-1)$$

式中：

$V$ ——挡土墙计算截面处的剪力设计值（kN）；

$\alpha$ ——系数；当 $h_w/b \leq 4$ 时， $\alpha=0.25$ ；

当 $h_w/b \geq 6$ 时， $\alpha=0.2$ ；

当 $4 < h_w/b < 6$ 时， $\alpha=0.25-(h_w/b-4)/40$ ；

$h_w$ ——截面腹板高度（mm）；板构件取 $h_w=h_0$ ；

$\beta_c$ ——混凝土强度影响系数；

当混凝土强度等级不超过C50时，取 $\beta_c=1.0$ ，

当混凝土强度等级为C80时，取 $\beta_c=0.8$ ，

其间接线性内插；

$b$ ——挡土墙板计算截面处的截面宽度（mm）（ $b=1000\text{mm}$ ）；

$h_0$ ——挡土墙板计算截面处的有效高度（mm）；

$$h_0 = h - a_s \quad (5.4.4-2)$$

$h$ ——挡土墙板计算截面处的高度（mm）；

$a_s$ ——板计算截面处的钢筋形心到构件外皮的距离（mm）；

$f_c$ ——板的混凝土的轴心抗压强度设计值（ $\text{N/mm}^2$ ）。

**注：**当该式不满足时，应加大板厚或提高混凝土强度等级、或改变挡土墙的形式及尺寸。

##### 2) 抗剪配筋计算

$$V \leq 0.7 f_t b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (5.4.4-3)$$

式中：

$V$ ——截面作用的剪力设计值（kN）；

- $f_{yv}$  —— 箍筋的抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;  
 $f_t$  —— 混凝土轴心抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;  
 $A_{sv}$  —— 抗剪箍筋面积 ( $\text{mm}^2$ ) ;  
 $s$  —— 箍筋间距 (mm) 。

### 3) 抗剪构造配筋

按一般受弯构件构造要求配筋, 满足以下规定:

$$\rho_{sv} = A_{sv} / (bs) \quad (5.4.4-4)$$

$$\rho_{sv} \geq 0.24 f_t / f_{yv} \quad (5.4.4-5)$$

式中:

$\rho_{sv}$  —— 箍筋配筋率。

### 2. 抗弯计算

程序按单筋计算。

基本公式:

$$M \leq \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + f_y' A_s' (h_0 - a_s') \quad (5.4.4-6)$$

$$\alpha_1 f_c b x \leq f_y A_s - f_y' A_s' \quad (5.4.4-7)$$

$$h_0 = h - a_s \quad (5.4.4-8)$$

式中:

$f_c$  —— 混凝土轴心抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;

$f_y$  —— 钢筋抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;

$\alpha_1$  —— 系数。当混凝土强度等级不超过C50时,  $\alpha_1$ 取为1.0;

当混凝土强度等级为C80时,  $\alpha_1$ 取为0.94,

其间接线性内插法确定;

$f_y'$  —— 钢筋抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ;

$M$  —— 截面作用弯矩设计值 (kN.m), 由用户交互;

$A_s$  —— 受拉区纵向钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ;

$A_s'$  —— 受压区纵向钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ;

$b$  —— 截面宽度 (mm), 由用户交互;

$h_0$  —— 截面有效高度 (mm) ;

$h$  —— 截面高度 (mm), 由用户交互;

$a_s$  —— 受拉钢筋的重心到截面受拉区外边缘的距离 (mm) ;

$x$  —— 截面受压区高度 (mm) 。

计算过程:

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} \quad (5.4.4-9)$$

$$\alpha_{s,max} = \xi_b (1 - 0.5 \xi_b) \quad (5.4.4-10)$$

判别 $\alpha_s$ 与 $\alpha_{s,max}$ 的大小:

$$\textcircled{1} \alpha_s \leq \alpha_{smax}$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} \quad (5.4.4-11)$$

$$A_s = \frac{\xi \alpha_1 f_c b h_0}{f_y} \quad (5.4.4-12)$$

最后比较计算配筋面积与最小配筋面积的大小，两者取大。

$$A_s = \max[A_s, A_{smin}] \quad (5.4.4-13)$$

$$A_{smin} = \rho_{min} b h \quad (5.4.4-14)$$

式中：

$\alpha_s$  —— 截面抵抗矩系数；

$\alpha_{smax}$  —— 最大截面抵抗矩系数；

$A_{smin}$  —— 按最小配筋率计算得到的受拉钢筋面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$\rho_{min}$  —— 受拉钢筋最小配筋率；

$\xi$  —— 相对受压区高度；

$$\xi = \frac{x}{h_0} \quad (5.4.4-15)$$

$x$  —— 混凝土受压区高度 (mm)；

$\xi_b$  —— 界限相对受压区高度；

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}} \quad (5.4.4-15)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.0033 - (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (5.4.4-16)$$

$E_s$  —— 钢筋弹性模量 ( $\text{N/mm}^2$ )；

$\beta_1$  —— 系数。当混凝土强度等级不超过C50时， $\beta_1$ 取为0.8，

当混凝土强度等级为C80时， $\beta_1$ 取为0.74，

其间按线性内插法确定；

$\varepsilon_{cu}$  —— 正截面的混凝土极限压应变，当处于非均匀受压时，按公式 (5.4.4-8) 计算，如果计算的值大于0.0033，取为0.0033；

$f_{cu,k}$  —— 混凝土立方体抗压强度标准值；

$A_{smin}$  —— 按最小配筋率计算得到的受拉钢筋面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$\rho_{min}$  —— 受拉钢筋最小配筋率。

$$\textcircled{2} \alpha_s > \alpha_{smax}$$

表示单筋不够，有超筋信息提示；

应加大截面尺寸、提高混凝土强度等级或改变挡土墙的形状。

#### 5.4.4.2 桩的强度 (配筋) 计算

桩配筋计算分为两种：圆桩的均匀配筋和非均匀配筋及方桩的配筋。

##### 1. 圆桩的均匀配筋

$$\alpha\alpha_1f_cA\left(1-\frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha}\right)+(\alpha-\alpha_1)f_yA_s=0$$

(5.4.4-17)

$$M\leq\frac{2}{3}\alpha_1f_cAr\frac{\sin^3\pi\alpha}{\pi}+f_yA_s\gamma_s\frac{\sin\pi\alpha+\sin\pi\alpha_1}{\pi}$$

(5.4.4-18)

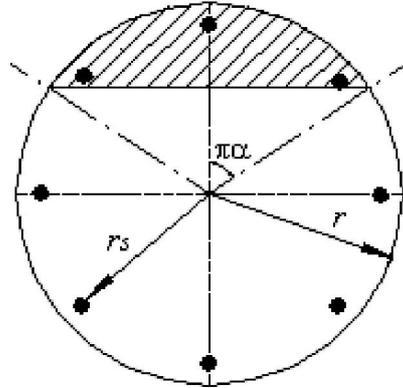


图5.4.4-1 均匀配筋图示

式中:

 $M$ ——截面弯矩设置值 (kN.m) ; $A$ ——圆形截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ; $A_s$ ——全部纵向钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ ) ; $\gamma$ ——圆形截面的半径 (m) ; $\gamma_s$ ——纵向钢筋重心所在圆周的半径 (m) ; $\alpha_t$ ——计算深度 $z$ 处的竖向应力标准值 (kPa) ; $\alpha_t=1.25-2\times\alpha$ , 当 $\alpha>0.625$ 时, 取 $\alpha_t=0$ ; $\alpha$ ——对应于受压区混凝土截面面积的圆心角 (rad) 与 $2\pi$  的比值; $\alpha_1$ ——系数。当混凝土强度等级不超过C50时,  $\alpha_1$ 取为1.0;当混凝土强度等级为C80时,  $\alpha_1$ 取为0.94,

其间接线性内插法确定;

 $f_c$ ——混凝土轴心抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) ; $f_y$ ——普通钢筋抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) 。

注:

1. 计算公式引自《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002) 第7.3.8条;
2. 适用截面内纵向钢筋数量不少于6根;
3. 当纵向钢筋面积小于0.4%A时, 按0.4%A计算纵向钢筋面积。

### 构造配筋

#### 最小配筋率 $\rho$ 计算

$$0.6\% \leq \rho \leq 5\%$$

(5.4.4-19)

注意:

1. 当纵筋级别为HRB400、RRB400时,  $\rho_{\min}=0.5\%$ ;
2. 当混凝土强度等级为C60及以上时,  $\rho_{\min}=0.7\%$ ;
3. 计算配筋面积为全截面纵筋配筋;
4. 用户交互选筋级别时, 钢筋的计算面积按下式计算:

$$A_{s2} = \frac{A_{s1}}{f_{y1}} f_{y2}$$

(5.4.4-20)

式中:

$A_{s1}$ ——程序按桩配筋计算界面交互的钢筋级别 (对应强度为  $f_{y1}$ ) 自动选筋结果;

$A_{s2}$ ——根据桩选筋界面用户交互的钢筋级别 (对应的钢筋强度为  $f_{y2}$ ) 计算的选筋结果。

## 2. 圆桩的非均匀配筋

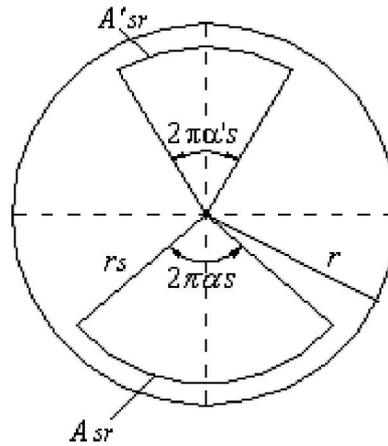


图5.4.4.2 非均匀配筋图示

$$\alpha_1 \alpha_s f_c A \left( 1 - \frac{\sin 2\pi \alpha}{2\pi \alpha} \right) + f_y (A'_{sr} - A_{sr}) = 0$$

(5.4.4-21)

$$M \leq \frac{2}{3} \alpha_1 f_c A r \frac{\sin^3 \pi \alpha}{\pi} + f_y A_{sr} \gamma_s \frac{\sin \pi \alpha_s}{\pi \alpha_s} + f_y A'_{sr} \gamma_s \frac{\sin \pi \alpha'_s}{\pi \alpha'_s}$$

(5.4.4-22)

混凝土受压区圆心半角的余弦应符合下列要求

$$\cos \pi \alpha \geq 1 - \left( 1 + \frac{r_s}{r} \cos \pi \alpha_s \right) \xi_b$$

(5.4.4-23)

式中:

$M$ ——截面弯矩设置值 (kN.m);

$A$ ——圆形构件截面面积 ( $\text{mm}^2$ );

$A_{sr}$ 、 $A'_{sr}$ ——均匀配置在圆心角  $2\pi \alpha_s$ 、 $2\pi \alpha'_s$  内沿周边的纵向受拉、受压钢筋截面面积 ( $\text{mm}^2$ );

$\gamma$ ——圆形截面的半径 (m);

$\gamma_s$ ——纵向钢筋重心所在圆周的半径 (m),  $\gamma_s = \gamma - 0.0125\text{m}$ ;

$f_c$ ——混凝土轴心抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$f_y$ ——普通钢筋抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$\alpha_s$ ——对应于周边均匀受拉钢筋的圆心角 (rad) 与  $2\pi$  的比值, 程序取 0.25;

$\alpha'_s$ ——对应于周边均匀受压钢筋的圆心角 (rad) 与  $2\pi$  的比值, 程序取  $\alpha'_s = 0.5 \times \alpha_s$ ;

$\alpha$ ——对应于受压区混凝土截面面积的圆心角 (rad) 与  $2\pi$  的比值;

$\alpha_1$ ——受压区混凝土矩形应力图的应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值;

当混凝土强度等级不超过 C50 时,  $\alpha_1$  取为 1.0;

当混凝土强度等级为 C80 时,  $\alpha_1$  取为 0.94,

其间按线性内插法确定;

计算的受压区混凝土截面面积的圆心角(rad)与 $2\pi$ 的比值 $\alpha$ 宜符合下列条件:

$$\alpha \geq 1/3.5 \quad (5.4.4-24)$$

当不符合上述的条件时, 其正截面受弯承载力可按下列式计算:

$$M \leq f_y A_{s1} (0.78r + r_s \frac{\sin \pi \alpha_s}{\pi \alpha_s}) \quad (5.4.4-25)$$

**注意:**

1. 满足受拉区的纵向钢筋最小配筋率 $\geq 0.2\%$ ;
2. 考虑了偏心矩放大系数;
3. 计算公式引自《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-99)附录D。

### 3. 方桩的对称配筋

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} \quad (5.4.4-26)$$

判别 $\alpha_s$ 与 $\alpha_{smax}$ 的大小:

$$\textcircled{1} \alpha_s \leq \alpha_{smax}$$

则受压钢筋取构造配筋

$$A'_s = \rho'_{min} b h \quad (5.4.4-27)$$

然后按已知受压钢筋, 计算拉区钢筋面积。

$$M_{s1} = A'_s f'_y (h_0 - a'_s) \quad (5.4.4-28)$$

$$A_{s2} = \frac{A'_s f'_y}{f_y} \quad (5.4.4-29)$$

$$M_c = M - M_{s1} \quad (5.4.4-30)$$

判别 $M_c$ 的大小

a.  $M_c > 0$ , 按作用的弯矩为 $M_c$ 的单筋矩形截面计算受拉钢筋 $A_{s1}$ 。

单筋计算详见第5.4.4.2节。

b.  $M_c \leq 0$ , 按 $M_c = 0$ 处理, 取 $A_{s1} = 0$ 。

则受拉钢筋总面积 $A_s$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} \quad (5.4.4-31)$$

最终的配筋面积比较 $A_s$ 与最小配筋面积取:

$$A_s = \max[A_s, A_{s,\min}] \quad (5.4.4-32)$$

②  $\alpha_s > \alpha_{s\max}$

$$M_c = \alpha_1 f_c b h_0^2 \xi_b (1 - 0.5 \xi_b) \quad (5.4.4-33)$$

$$A_{s1} = \xi_b \alpha_1 f_c b h_0 / f_y \quad (5.4.4-34)$$

$$A_s' = \frac{M - M_c}{f_y' (h_0 - a_s')} \quad (5.4.4-35)$$

$$A_{s\min}' = \rho'_{s\min} b h \quad (5.4.4-36)$$

判别 $A_s'$ 的大小

$A_s' \leq A'_{s\min}$ , 取 $A_s' = A'_{s\min}$ ; 按已知受压钢筋面积 $A_s'$ , 计算受拉钢筋面积 $A_{s2}$ 及 $A_{s1}$ , 计算方法同上;

$A_s' > A'_{s\min}$ , 取 $A_s' = A_s'$ ; 按下式计算受拉钢筋面积 $A_{s2}$ 。

$$A_{s2} = \frac{A_s' f_y'}{f_y} \quad (5.4.4-37)$$

则全部的受拉钢筋总面积 $A_s$ 为:

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} \quad (5.4.4-38)$$

再与最小配筋面积比较取大, 即

$$A_s = \max[A_s, A_{s,\min}] \quad (5.4.4-39)$$

式中:

$A_{s1}$  —— 与受压区砼压力对应的受拉钢筋面积 ( $\text{mm}^2$ );

$A_{s2}$  —— 与 $A_s'$ 对应的受拉钢筋面积 ( $\text{mm}^2$ );

$a_s'$  —— 受压钢筋合力点至受压截面边缘的距离 (mm);

$f_y'$  —— 受压钢筋的抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$M_{s1}$  —— 受压钢筋 $A_s'$ 与受拉钢筋 $A_{s2}$ 承受的弯矩设计值 (kN.m);

$A'_{s\min}$  —— 按最小配筋率计算得到的受压钢筋面积 ( $\text{mm}^2$ );

$\rho'_{s\min}$  —— 受压钢筋最小配筋率; 按第2.9节受压钢筋最小配筋率取值; 根据是否抗震, 分别取抗震与非抗震受压钢筋最小配筋率。

#### 4. 桩的抗剪计算

将桩的圆形截面简化成内接正方形后 ( $b=1.76r$ ,  $h_0=1.6r$ )，按矩形截面抗剪计算。计算同5.4.4.1节“抗剪计算”。

#### 5.4.5 裂缝宽度验算

暂无。

#### 5.4.6 场地环境影响

对于考虑地下水和地震作用等场地环境的影响时，仅仅考虑对土压力计算和滑坡推力计算的影响，参照5.1节和5.2节。

## 5.5 重力式挡土墙

重力式挡土墙验算包括：滑动稳定性验算，倾覆稳定性验算，地基应力及偏心距验算，截面强度验算。在做上述计算时，分别按库仑土压力和滑坡推力两种方法计算土体对挡墙的作用力。

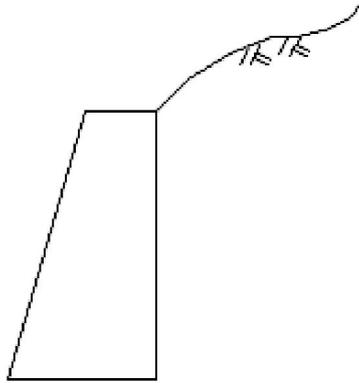


图5.5-1 抗滑挡墙

### 5.5.1 滑动稳定性验算

#### 5.5.1.1 水平基底的滑动稳定系数 $K_c$

计算重力式挡土墙沿基底的滑动稳定系数 $K_c$  (如图5.5.1-1)，分别按式 (5.5.1-1)：

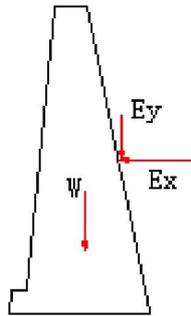


图5.5.1-1 抗滑稳定计算简图

$$K_c = \frac{(W + E_y)f}{E_x}$$

(5.5.1-1)

式中：

$K_c$ ——沿基底的滑动稳定系数，

一般情况取 $K_c = 1.30$ ；

当有地震力参与计算时，取 $K_c = 1.10$ ；

$W$ ——挡土墙的自重重力 (kN)；

$E_y$ ——挡土墙承受的土压力竖向分力 (kN)；

$f$ ——挡土墙墙底摩擦系数；

$E_x$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 的水平分力 (kN)。

注：

1. 参考公路设计手册《路基》第三篇第三章第二节中的 (3-3-1) 式；
2. 附加力指波浪冲击力、冻胀压力和冰压力、温度应力。

#### 5.5.1.2 倾斜基底时的滑动稳定系数 $K_c$

如图5.5.1-2所示,把基底设置成倾斜就是保持墙面高度不变,而使墙踵下降一定高度。与水平基底相比,可以减小滑动力,增大抗滑力,从而增强抗滑稳定性。这时,不仅要作沿基底的抗滑稳定性验算,同时,还要验算地基土沿墙踵平面的抗剪稳定性验算。抗滑稳定性按式5.5.1-2计算。

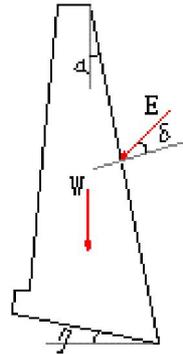


图5.5.1-2 倾斜基底抗滑稳定计算简图

### 1. 沿斜基底面滑动

$$K_c = \frac{(W_N + E_N)f}{E_T - W_T} = \frac{[W \cos \eta + E \sin(\alpha + \delta + \eta)]f}{E \cos(\alpha + \delta + \eta) - W \sin \eta} \quad (5.5.1-2)$$

式中:

$K_c$ ——沿倾斜基底的滑动稳定系数,

一般情况取 $K_c = 1.30$ ;

当有地震力参与计算时,取 $K_c = 1.10$ ;

$W_N$ ——挡土墙的自重重力在倾斜基底法线方向的分力(kN);

$E_N$ ——挡土墙承受的土压力在倾斜基底法线方向的分力(kN);

$f$ ——挡土墙墙底摩擦系数;

$E_T$ ——挡土墙承受的土压力在倾斜基底切线方向的分力(kN);

$W_T$ ——挡土墙的自重重力在倾斜基底切线方向的分力(kN);

$W$ ——挡土墙的自重重力(kN);

$E$ ——挡土墙承受的土压力或滑坡推力(kN);

$\eta$ ——挡土墙倾斜基底面与水平面的交角(度),逆时针为正,顺时针为负;

$\sigma$ ——铅垂线与挡土墙背坡面的交角(度),逆时针为正,顺时针为负;

$\delta$ ——挡土墙背坡面与挡土墙背面填土之间的内摩擦角(度)。

注:公路设计手册《路基》第三篇第三章第二节中的(3-3-2)式。

### 2. 地基土抗剪稳定性验算

地基土的抗剪稳定性验算按式5.5.1-3计算:

$$K_{c2} = \frac{(W + E_y + 0.5\gamma B_4 h_4)f_4}{E_x} \quad (5.5.1-3)$$

式中:

$K_{c2}$ ——沿基底面水平方向地基土抗剪强度的滑动稳定系数;

一般情况取 $K_{c2} = 1.30$ ;

当有地震力参与计算时,取 $K_{c2} = 1.10$ ;

$W$ ——挡土墙的自重重力(kN);

$E_y$ ——挡土墙承受的土压力(或滑坡推力)在竖直方向的分力(kN);

$\gamma$ ——倾斜基础底下三角形土楔体的容重( $\text{kN/m}^3$ );

$B_4$ ——倾斜基础底下三角形土楔体的宽度(m);

$h_4$ ——倾斜基础底下三角形土楔体的高度(m);

$f_4$ ——倾斜基础底下地基土的摩擦系数；

$E_x$ ——挡土墙承受的土压力（或滑坡推力）在水平方向的分力（kN）。

注：参考公路设计手册《路基》第三篇第三章第二节中的（3-3-2）式。

### 5.5.1.3 设有防滑凸榫时的滑动稳定系数 $K_c$

设置防滑凸榫也是增加抗滑稳定性的一种措施。如图5.5.1-3所示，在基础地面设置一个与基础连成整体的榫状凸块，利用榫前土体所产生的被动土压力以增加挡土墙的抗滑稳定性。凸榫的深度 $H_t$ 根据抗稳定的要求确定，凸榫的宽度按凸榫截面强度的要求确定。因此，既要验算抗滑稳定性，也要验算凸榫截面强度。

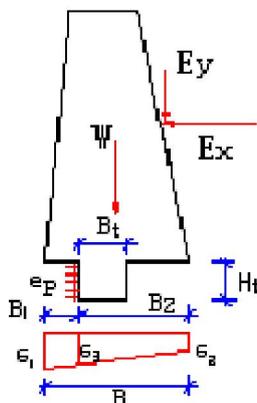


图5.5.1-3 防滑凸榫抗滑稳定计算简图

#### 1. 滑动稳定系数 $K_c$

设置防滑凸榫的抗滑稳定性验算按式（5.5.1-4）计算：

$$K_c = \frac{H_t e_p + 0.5(\sigma_2 + \sigma_3) B_2 f}{E_x} \quad (5.5.1-4)$$

$$e_p = 0.5(\sigma_1 + \sigma_3) \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) \quad (5.5.1-5)$$

式中：

$K_c$ ——沿防滑凸榫底面水平方向地基土抗剪强度的滑动稳定系数；

一般情况取 $K_c = 1.30$ ；

当有地震力参与计算时，取 $K_c = 1.10$ ；

$H_t$ ——基底下防滑凸榫的高度（m）；

$e_p$ ——基底下防滑凸榫前的被动土压应力平均值（kPa）；

$\sigma_1$ ——墙趾处基底的压应力（kPa）；

$\sigma_2$ ——墙踵处基底的压应力（kPa）；

$\sigma_3$ ——防滑凸榫前缘处基底的压应力（kPa）；

$B_2$ ——防滑凸榫前缘处到墙踵处的水平距离（m）；

$f$ ——防滑凸榫面处地基土的摩擦系数；

$E_x$ ——挡土墙承受的土压力（或滑坡推力）在水平方向的分力（kN）；

$\varphi$ ——防滑凸榫面处地基土的内摩擦角（度）。

注：

1. 公路设计手册《路基》第三篇第三章第二节中的（3-3-3）、（3-3-4）式；

2.  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 按普通的力学方法计算。

#### 2. 防滑凸榫截面强度的验算（暂无）

本系统暂未做防滑凸榫截面强度的验算，希望用户按下面的方法分别计算出弯矩控制时的凸榫截面宽度 $B_{t1}$ 和剪力控制时的凸榫宽度 $B_{t2}$ ，取二者及构造尺寸的大值作为凸榫设计容许的最小宽度。

凸榫截面的宽度 $B_t$ （m）：

## 1) 按截面上的弯矩控制计算

$$B_{t1} = \sqrt{\frac{3h_t^2 e_p}{[\sigma_{wL}]}}$$

(5.5.1-6)

## 2) 按截面上的剪力控制计算

$$B_{t2} = \frac{h_t e_p}{[\sigma_j]}$$

(5.5.1-7)

$$B_t = \text{MAX}(B_{t1}, B_{t2})$$

(5.5.1-8)

式中:

 $B_{t1}$  —— 按防滑凸榫截面上的弯矩控制防滑凸榫截面的宽度 (m); $B_{t2}$  —— 按防滑凸榫截面上的剪力控制防滑凸榫截面的宽度 (m); $B_t$  —— 取 $B_{t1}$ 、 $B_{t2}$ 取中的大值, 并且不能小于构造尺寸 (m); $h_t$  —— 基底下防滑凸榫的高度 (既上式中的 $H_t$ ) (m); $e_p$  —— 基底下防滑凸榫前的被动土压应力平均值 (kPa); $[\sigma_{wL}]$  —— 基底下防滑凸榫材料 (混凝土) 的容许弯曲拉应力 (kPa); $[\sigma_j]$  —— 基底下防滑凸榫材料 (混凝土) 的容许剪应力 (kPa);

其它符号同上。

注:

1. 参考公路设计手册《路基》第三篇第三章第二节中的 (3-3-5)、(3-3-6) 式;
2. 防滑凸榫的构造要求 (如图5.5.1-4): 防滑凸榫的高度 $h_t \geq 30$  (cm)。

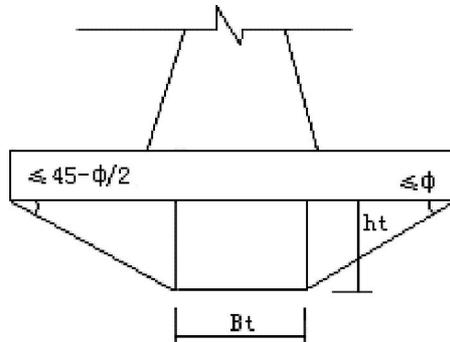


图5.5.1-4 防滑凸榫构造要求

## 5.5.2 倾覆稳定性验算

绕墙趾点的抗倾覆稳定, 如图5.5.2-1, 按式 (5.5.2-1) 计算

$$K_0 = \frac{WZ_w + E_y Z_x}{E_x Z_y}$$

(5.5.2-1)

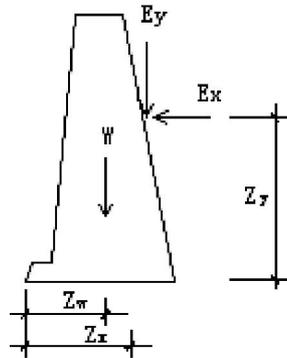


图5.5.2-1 倾覆稳定计算简图

式中:

$K_0$ ——挡土墙绕墙趾的抗倾覆稳定系数;

一般情况 (包括计算荷载) 取  $K_0 = 1.50$ ,

抗震设计时取  $K_0 = 1.2$ ;

$W$ ——挡土墙的自重重力 (kN);

$Z_w$ ——挡土墙的自重重力的重心到倾覆计算点的水平距离 (m);

$E_y$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在竖直方向的分力 (kN);

$Z_x$ ——挡土墙承受的土压力在竖直方向的分力到倾覆计算点的水平距离 (m);

$E_x$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在水平方向的分力 (kN);

$Z_y$ ——挡土墙承受的土压力在水平方向的分力到倾覆计算点的竖向距离 (m);

$Z_w$ ——挡土墙承受的土压力在竖直方向的分力到倾覆计算点的水平距离 (m)。

注: 公路设计手册《路基》第三篇第三章第三节中的 (3-3-7) 式。

### 5.5.3 地基应力与偏心距验算

基底偏心距的验算时的允许值:

土质地基  $B/6$ ; 岩质地基  $B/5$ ; 坚硬岩质地基  $B/4$ 。

#### 5.5.3.1 偏心距 $e$

$$e = \frac{B}{2} - Z_n = \frac{B}{2} - \frac{M_{all}}{W_{all}}$$

(5.5.3-1)

式中:

$e$ ——挡土墙 (基础) 底截面的偏心距 (m), 基底的合力偏心距应满足下列要求:

(1) 土质地基,  $e \leq B/6$ ;

(2) 软弱岩石地基,  $e \leq B/5$ ;

(3) 不易风化的岩石地基,  $e \leq B/4$ ;

$B$ ——挡土墙或基础底截面的宽度 (m);

$M_{all}$ ——作用挡土墙上全部荷载对墙或基础墙趾的弯矩 (kN/m), 顺时针为正;

$W_{all}$ ——作用挡土墙上全部竖向荷载之和 (kN), 向下为正;

$Z_n$ ——地基反力的合力作用点到挡土墙墙趾的距离 (m);

$M_{all}$ 与  $W_{all}$ 分别计算如下:

$$M_{all} = WZ_w + E_y Z_x - E_x Z_y$$

(5.5.3-2)

$$W_{all} = W + E_y$$

(5.5.3-3)

式中:

 $W$ ——挡土墙的自重重力 (kN) ; $Z_w$ ——挡土墙的自重重力的重心到墙趾点的水平距离 (m) ; $E_y$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在竖直方向的分力 (kN) ; $Z_x$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在竖直方向的分力到墙趾点的水平距离 (m) ; $E_x$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在水平方向的分力 (kN) ; $Z_y$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在水平方向的分力到墙趾点的竖向距离 (m) ;

其它符号同上。

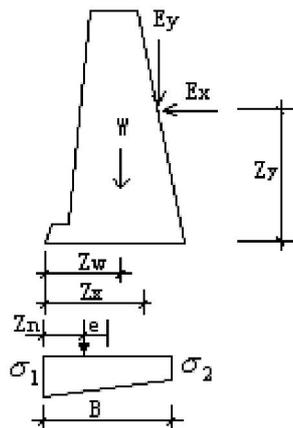


图5.5.3-1 偏心距计算简图

5.5.3.2 地基应力 $\sigma$ 1.  $e \leq B/6$ 

$$\sigma_{1,2} = \frac{W_{all}}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

(5.5.3-4)

$$\sigma_{1,2} \leq [\sigma]$$

(5.5.3-5)

式中:

 $[\sigma_{1,2}]$ ——分别为挡土墙最大、最小的地基的应力 (kPa) ; $[\sigma]$ ——为挡土墙允许的地基的应力 (kPa) ;

其它符号同上。

**注:** 参考铁路工程设计技术手册《路基》第二十三章第四节中的 (23-49) 式。2.  $e > B/6$ 当  $e > B/6$  时, 基底出现拉应力, 不考虑地基承受拉力, 则地基应力重分布, 按下式计算:

$$\sigma_{max} = \frac{2W_{all}}{3Z_n}$$

(5.5.3-6)

$$\sigma_{max} \leq [\sigma]$$

(5.5.3-7)

$$Z_n = M_{all} / W_{all}$$

(5.5.3-8)

式中:

- $\sigma_{max}$ ——地基应力重分布之后，最大的地基压应力 (kPa)；
- $[\sigma]$ ——为挡土墙允许的地基允许的承载力 (kPa)；
- $Z_n$ ——地基反力的合力作用点到挡土墙地基反力最大点的距离 (m)；
- 其它符号同上。

注：

1. 参考铁路工程设计技术手册《路基》第二十三章第四节中的 (23-50) 式；
2. 挡土墙倾斜基底倾斜面上的偏心距和应力的验算方法同上，只是基础底宽取斜面宽度，验算倾斜面上的偏心距和应力，如图5.5.3-2所示。

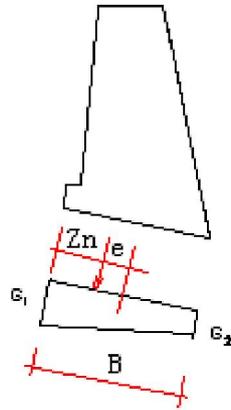


图5.5.3-2 倾斜基底偏心距计算简图

### 5.5.4 墙身截面强度验算

本系统对墙底截面和墙趾台阶顶截面 (如图5.5.4-1) 做强度验算。截面验算时合力偏心距的允许值:  $0.3B$ 。

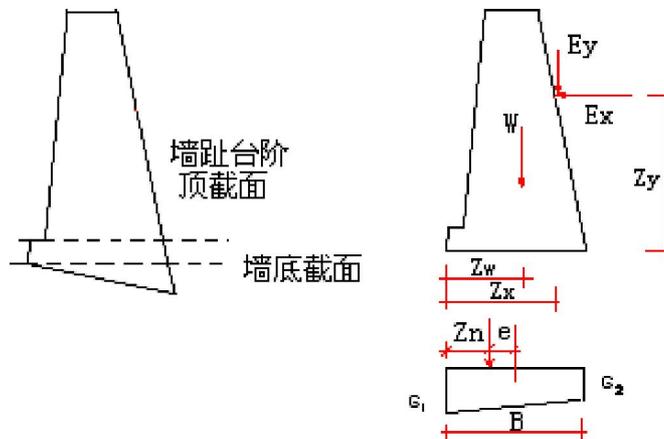


图5.5.4-1 墙身截面验算简图

#### 5.5.4.1 正应力检算

$$e = \frac{B}{2} - Z_x = \frac{B}{2} - \frac{M_{all}}{W_{all}} \tag{5.5.4-1}$$

$$M_{all} = WZ_w + E_y Z_x - E_x Z_y \tag{5.5.4-2}$$

$$W_{all} = W + E_y \tag{5.5.4-3}$$

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{W_{all}}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

(5.5.4-4)

$$\left| \sigma_{\min}^{\max} \right| \leq [\sigma]$$

(5.5.4-5)

式中:

 $e$ ——挡土墙计算截面处的偏心距 (m), 要求 $e \leq 0.3B$ ; $B$ ——挡土墙计算截面处的截面宽度 (m); $Z_n$ ——挡土墙计算截面处的内侧到截面作用合力点的距离 (m); $M_{all}$ ——作用挡土墙计算截面处的全部荷载对墙内侧的弯矩 (kN/m), 顺时针为正; $W_{all}$ ——作用挡土墙计算截面处的全部竖向荷载之和 (kN), 向下为正; $W$ ——挡土墙的自重重力 (kN); $Z_w$ ——挡土墙的自重重力的重心到计算截面处内侧的水平距离 (m); $E_y$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在竖直方向的分力 (kN); $Z_x$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在竖直方向的分力到计算截面处内侧的水平距离 (m); $E_x$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在水平方向的分力 (kN); $Z_y$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在水平方向的分力到计算截面处的竖向距离 (m); $\sigma_{max}$ 、 $\sigma_{min}$ ——挡土墙计算截面处的最大、最小应力 (kPa);[ $\sigma$ ]——分别是材料的抗压与抗拉设计强度 (允许值) (kPa);  
其它符号同上。

注:

1. 铁路工程设计技术手册《路基》第二十三章第四节中的 (23-51) 式;
2.  $\sigma > 0$  时为压应力, 要求压应力小于材料的抗压强度允许值;  $\sigma < 0$  时为拉应力, 要求拉应力小于材料的抗拉强度允许值。

## 5.5.4.2 剪应力检算

$$\tau = \frac{E_x - (W + E_y)f}{B}$$

(5.5.4-6)

$$\tau \leq [\tau]$$

(5.5.4-7)

式中:

 $\tau$ ——挡土墙计算截面处的剪应力 (kPa); $E_x$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在水平方向的分力 (kN); $W$ ——挡土墙的自重重力 (kN); $E_y$ ——挡土墙承受的土压力 (或滑坡推力) 在竖直方向的分力 (kN); $B$ ——挡土墙计算截面处的截面宽度 (m); $f$ ——圬工 (挡土墙) 间摩擦系数;[ $\tau$ ]——挡土墙计算截面处材料抗剪强度设计值 (允许值) (kPa);  
其它符号同上。

注:

1. 铁路工程设计技术手册《路基》第二十三章第四节中的 (23-53) 式;
2. 土压力计算验算墙底截面时, 土压力计算时假定破裂面通过墙踵点; 验算墙趾台阶顶截面时, 土压力计算时假定破裂面通过A点。如图 (5.5.4-2) 所示。

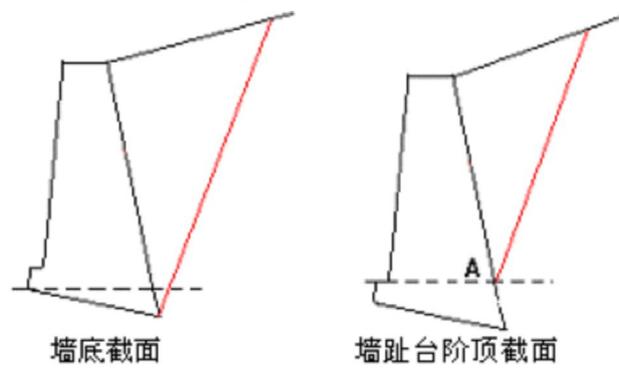


图5.5.4-2 墙身截面验算时破裂面位置

### 5.5.4.3 凸榫宽度检算

$$B_t \geq \frac{E_x}{[\tau]}$$

(5.5.4-8)

式中:

$B_t$ ——钢筋混凝土底板上凸榫的宽度 (m) ;

$E_x$ ——钢筋混凝土底板以上土压力的水平分力 (kN) ;

$[\tau]$ ——混凝土的容许剪应力 (kPa) 。

注: 铁路工程设计技术手册《路基》第二十三章第四节中的 (23-63) 式。

## 5.5.5 场地环境影响

### 5.5.5.1 浸水挡墙验算

浸水挡墙验算时, 在计算墙体受力时要考虑静水压力和水浮力的影响。本系统可以考虑墙体内外侧不同的情况, 但只考虑静水压力的作用, 不考虑渗透水压力的作用。

下图中,  $P_1$ 和 $P'_1$ 为挡土墙内外侧的静水压力, 作用方向为垂直于墙面,  $P_2$ 为上浮力。

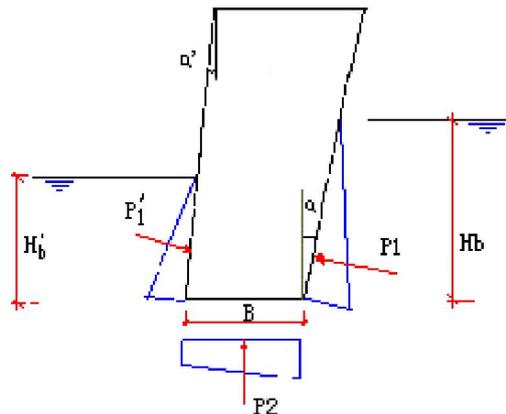


图5.5.5-1 水压力作用

$$P_1 = \frac{0.5\gamma_w H_b^2}{\cos \alpha}$$

(5.5.5-1)

$$P'_1 = \frac{0.5\gamma_w H_b'^2}{\cos \alpha'}$$

(5.5.5-2)

$$P_2 = 0.5\lambda \gamma_w (H_b' + H_b)B$$

(5.5.5-3)

式中:

$P_1$  —— 挡土墙内侧的静水压力 (kN) ;

$P'_1$  —— 挡土墙外侧的静水压力 (kN) ;

$P_2$  —— 挡土墙底面的上浮力 (kN) ;

$\gamma_w$  —— 水的重度 ( $\text{kN/m}^3$ ) , 取  $\gamma_w = 10.0$  ;

$H_b$ 、 $H_b'$  —— 挡土墙内、外侧的静水位高度 (m) ;

$\alpha$ 、 $\alpha'$  —— 挡土墙墙背、墙面的倾斜角度 (度) ;

$\lambda$  —— 考虑水进入基底的程度的浮力系数; 由用户交互;

$B$  —— 挡土墙底面的宽度 (m) 。

浸水挡墙在主要力系和附加力系的作用下, 分别按照前面所述的有关原理验算滑移、倾覆、地基应力及偏心距、截面强度等项。

### 5.5.5.2 地震挡墙验算

地震挡墙验算时, 地震力的影响主要表现在: 首先, 用库仑理论计算土压力时破坏楔体要考虑地震力的作用; 其次, 计算滑坡推力时要计算滑块所受的地震作用; 再则, 在做抗滑挡墙验算时要考虑墙体所受的地震作用。

抗滑挡墙验算截面以上墙身重心处的水平地震荷载, 按下式计算:

$$E_{ikw} = \alpha C_i C_z K_h \phi_{iw} G_{iw}$$

(5.5.5-4)

式中:

$E_{ihw}$  —— 第*i*截面以上墙身重心处的水平地震荷载 (kN) ;

$\alpha$  —— 墙身地震力调整系数;

$C_i$  —— 重要性修正系数, 按表5.2.4-2取值;

$C_z$  —— 综合影响系数, 一般取0.25;

$K_h$  —— 水平地震系数, 按表5.2.4-3取值;

$\phi_{iw}$  —— 水平地震荷载沿墙高的分布系数, 按表5.2.4-4取值;

$G_{iw}$  —— 截面以上圬工重 (kN) 。

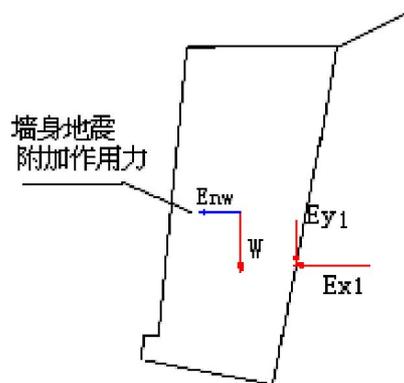


图5.5.5-2 地震作用

注:

考虑地震作用时规范建议的有关系数取值:

- (1) 截面强度提高系数 (抗压): 1.5;
- (2) 截面强度提高系数 (抗拉): 1.5;
- (3) 截面强度提高系数 (抗剪): 1.5;
- (4) 基底合力偏心距的允许值: 由用户定义;
- (5) 截面合理力允许偏心距:  $0.4B$ ;
- (6) 地基土承载力提高系数: 由用户定义;
- (7) 滑动稳定系数: 1.1;
- (8) 倾覆稳定系数: 1.2。

### 5.5.6 附

当挡土墙墙顶有覆土时，用延长墙背法计算土压力，在作挡土墙验算时，须考虑墙顶上覆土自重的影响，计算过程同上。

## 5.6 垂直预应力锚杆式抗滑挡土墙

本系统主要参考铁路工程技术设计手册《路基》中第二十三章第六节中“垂直预应力锚杆式挡土墙”来计算的。

垂直预应力锚杆式抗滑挡土墙验算包括：滑坡推力计算、土压力计算、滑动稳定性验算、倾覆稳定性验算、地基应力及偏心矩验算、截面强度验算、锚杆设计、锚杆有效预拉力计算。

垂直预应力锚杆式挡土墙的计算方法与重力式挡土墙基本一致，只是在计算时要考虑锚杆垂直预应力的影响。可以把锚杆垂直预应力当成新增加的挡土墙自重按照重力式挡土墙的方法进行计算。

**注：**锚杆设计和锚杆有效预拉应力两项内容系统暂无。

附录 滑带土计算强度指标经验数据表

序号	滑带土性质简述	天然容重(kN/m <sup>3</sup> )	含水量(%)	液限(%)	塑限(%)	塑性指数	部位	计算指标		附注
								c (kPa)	φ (°)	
1	黑灰色及黑色炭质页岩风化之砂粘土	20.9	18.4	36.0	21.0	15.0		0	7°24'	宝成线
2	灰黑色炭质页岩风化之粘性土	20.0	23.0	38.1	19.5	18.6	中部	19.6	4°00'	反算, 多次剪宝成线
							下部	27.5	7°00'	
3	黑灰色及黄褐色泥质页岩风化之砂粘土						中上部	24.5	27°48'	宝成线
							中部	11.8	18°45'	
							中下部	16.7	20°40'	
							下部	21.6	22°45'	
4	灰色炭质页岩风化之砂粘土	21.4	20.4	28.4	14.4	14.0	深层	9.8	12°25'	反算, 多次剪宝成线宝成线
							浅层	8.8	8°03'	
5	青灰色泥质页岩风化之砂粘土			28.8	15.7	13.1		4.9	10°00'	宝成线
6	紫红色泥质页岩风化之粉质砂粘土	20.4	19.0	35.4	14.5	20.9		14.7	7°30'	反算, 多次剪宝成线
7	紫红色泥质页岩风化之砂粘土与粘土	19.6	21.2	27.6	16.4	11.2	中部	9.8	6°40'	括弧内为排水后提高值宝成线
			33.4	43.0	25.0	18.0	下部	5.9 (9.8)	3°20' (5°00')	
8	紫红色砂粘土		28.0					9.8	6°00'	西南地区
9	紫红色粘土		20.9	33.9	15.4	18.5		9.8	13°00'	西南地区
10	棕红色砂粘土(第三系地层风化物)	18.5	31.1					12.7	7°00'	反算华北地区
11	暗红色粘土夹角砾						中部	14.7	18°00'	西南地区
							下部	19.6	20°00'	
12	灰绿色砂粘土	19.9	23.2	29.9	19.0	10.9		10.3	8°49'	西南地区
13	杂色砂粘土(白垩系地层风化物)	19.1	30.0	33.5	20.0	13.5		10.3	8°00'	西南地区
14	变质页岩碎块							0	12°24'	反算, 宝成线
15	石墨化千枚岩风化之角砾	19.6	20.0				中上部	0	15°06'	宝成线
							中部	0	17°45'	
							下部	0	33°02'	
16	灰色玄武岩风化残积物	19.6	29.0				中部	19.6	20°20'	括弧内为排水后提高值贵昆线扒挪块站
							中下部	9.8 (19.6)	16°00' (20°00')	
							下部	4.9	25°00'	
17	灰白云母片岩和花岗岩风化残积物	20.3	22.7	38.3	19.2	19.1		7.4	15°50'	鹰厦线
18	绿泥片岩及千枚岩风化残积物						浅层	0	17°28'	宝成线
							深层	0	21°48'	
19	紫红色泥岩及页岩风化物		20.0	26.7	13.4	13.3		0	16°00'	反算, 成昆线
20	黄土质重型砂粘土	20.1	22.0				中部	14.7	16°00'	宝成线
							下部	24.5	21°00'	
21	黄土质重型砂粘土	20.4	20.0					10.8	12°00'	陇海线卧龙寺
22	棕黄色黄土质砂粘土	19.4	21.5			13.1	下部	23.5	16°12'	宝天线
		18.8	22.2			13.3	中部	20.6	13°30'	
23	棕黄色黄土质砂粘土、暗红色第三系红粘土	18.6					中上部	9.8	10°00'	天兰线K1408
		20.6					下部	14.7	10°00'	

24	侏罗系砂岩及炭质页岩互层							9.8	20°12'	西南地区	
								9.8	22°30'		
								9.8	24°08'		
25	黑云母片岩	21.6						1.6	25°00'	反算宝天线	
								0	19°00'		
26	银灰色绢云母片岩	20.6	17.1	26.9	12.6	14.3		0	20°12'	多次剪白河杨家沟中南地区	
			15.7	25.6	11.2	14.4		0	28°50'		
								19.6	10°19'		
27	银灰色绢云母片岩	20.6	17.0	27.1	12.9	14.2		0	24°42'	白河周院沟中南地区	
			20.6	16.7	27.9	11.7		16.2	0		22°47'
			20.6	17.3	28.3	12.3		16.0	0		19°48'
28	白色及黄褐色粘土							20.8	0	反算, 西南地区	
29	泥质页岩风化残积土, 软塑。(岩石顺层滑坡)		26.8	36.1	19.1	17.0			3.9	8°58'	c、φ为残余强度皇图岭
30	灰白色粘土, 软塑, 蒙脱石为主(裂土滑坡)		40.6	72.9	34.9	38.0	浅层		8.8	3°50'	c、φ为残余强度, 鸦雀岭
31	砂粘土, 静水沉积物, 软塑(堆积土滑坡)		20.4	28.4	14.4	14.0			0	10°06'	c、φ为残余强度, 宝成线K115
32	砂粘土(堆积土滑坡)		20.8	35.4	18.8	16.6		7.8	10°54'	c、φ为残余强度, 宝成线K345	
			22.5					6.9	10°09'		
33	强风化云母片岩, 软塑呈泥状。(岩石滑坡)		24.6	36.0	22.6	13.4		2.9	13°	一机部某厂	
			26.0					2.0	12°30'		
			28.0					0	11°		
34	棕色粘土含煤粉(黄土滑坡)		34.4	47.6	29.2	18.4		11.8	8°18'	c、φ为残余强度山西霍县电厂	
								19.6	8°06'		
35	破碎岩层沿基岩面滑动, 地层挤压断裂频繁。(破碎岩层滑坡)		21.9	31.4	17.2	14.2			4.9	12°06'	c、φ为残余强度, 酒店塘
36	青色泥岩, 沿最深坡足处的灰白色高岭土滑动(岩石滑坡)		25.3	31.9	19.2	12.7			3.9	12°	c、φ为残余强度, 某厂滑坡
37	裂隙粘土路堑滑坡		31.1	59.5	24.0	35.5			8.8	4°48'	c、φ为残余强度, 焦枝线雷河
38	砂岩沿泥岩顶面的泥化层滑动, 系层间错动(岩石顺层滑坡)		21.0	37.6	18.9	18.7			6.9	16°	c、φ为残余强度永加线K27
39	灰岩层间错动带, 底部有3~5mm厚的粘土富集, 呈软泥状。(岩石顺层滑坡)		28.4	41.3	22.9	18.4			10.8	8°24'	c、φ为残余强度, 贵昆线大海哨
40	伊利石和蒙脱石(裂土滑坡)		28.7	50.6	23.2	27.4			7.8	6°	c、φ为残余强度, 安康客站
41	灰绿, 灰白色膨胀粘土(裂土滑坡)		39.0	71.6	30.8	40.8			8.3	3°30'	c、φ为残余强度襄渝线七里沟
42	绢云母片岩风化物呈土状(岩石滑坡)		15.8	27.0	15.2	11.8			3.9	14°	c、φ为残余强度, 襄渝线白河杨家沟
43	泥页岩破碎风化物((岩石顺层滑坡)		15.4	26.3	12.7	13.6		2.9	13°30'	c、φ为残余强度, 成昆线甘洛1号	
			15.8					4.1	17°30'		

		15.8	28.5	15.8	12.7					
44	绢云母片岩风化物呈土状(岩石滑坡)	15.8	28.5	15.8	12.7	上部	7.1	17°30'	c、φ为残余强度襄渝线白河周院沟	
		16.2	27.9	15.6	12.3	中部	3.9	17°48'		
		16.4	28.5	15.8	12.7	下部	4.4	16°48'		
45	花岗岩风化物(堆积土滑坡)	23.0	38.3	19.2	19.1		8.3	16°12'	c、φ为残余强度, 鹰厦线K163(酸性土)	
								8°12'		
46	岩质风化物, 呈泥状(堆积土滑坡)	22.1	38.5	19.0	19.5		8.3	8°48'	c、φ为残余强度, 宝成线K144	
47	黄土质砂粘土, 上部较干, 下部较湿(黄土滑坡)	18.0	30.0	18.0	12.0	上部	13.7	18°	c、φ为残余强度, 宝成线K122	
		21.4				下部	7.8	15°		
48	上部为砂泥岩风化粘土; 中部为黄、黄褐, 黄褐色粘土下部为紫色页岩风化粘土(堆积土滑坡)	16.0	29.0	16.0	13.0	上部	4.9	16°18'	c、φ为残余强度, 宝成线K410	
		33.9	47.8	30.9	16.9	中部	13.2	10°48'		
		18.1	33.1	15.5	17.6	下部	8.3	10°		
49	褐黄色粘土, 裂面有灰白色薄膜(裂土滑坡)	28.1	48.3	23.0	25.3		12.3	5°	c、φ为残余强度, 一机部陕南229厂房	
50	粘土, 伊利石型。(裂土滑坡)	24.6	43.8	22.5	21.3		13.7	8°	c、φ为残余强度, 阳安线勉西3号	
51	黄褐色粘土与棕黄色粘土界面(粘土滑坡)					浅层	4.9	4°30'~5°	陕西城固陕飞厂	
						中层	2.5	5°		
						深层	4.9	4°30'		
52	二叠系砂岩、砂质泥岩及泥岩互层沿层间错动面及构造裂面滑动, 滑带为风化岩屑和粘土(新生岩石切层滑坡)					深层	9.8	8°~12°	陕西韩城电厂	