

# 理正挡土墙常见问题

- ▶ 一、土压力的计算
- ▶ 二、挡墙建模
- ▶ 三、计算结果解读
- ▶ 四、加筋挡墙参数

# 一.土压力的计算

## 1. 墙后填土为多层土时，主动土压力如何计算？

多层土土压力计算方法采用下列**近似计算方法**：

首先由**库仑公式**求得上一土层的土压力 $E_1$ 和其作用点高度 $Z_1$ ，

在计算下一个土层时，**近似地假定：上下两层土层面平行，并将上一层土视为下一层土的均布荷载**，求得下一个土层的土压力 $E_2$ 和其作用点高度 $Z_2$ ，

最后将 $E_1$ 和 $E_2$ 求合力，则可得到**总的土压力 $E$** 以及土压力作用点高度 $Z$ ，如图1。

由于需要多次计算土压力，因此考虑多层土时，计算速度将有所下降。

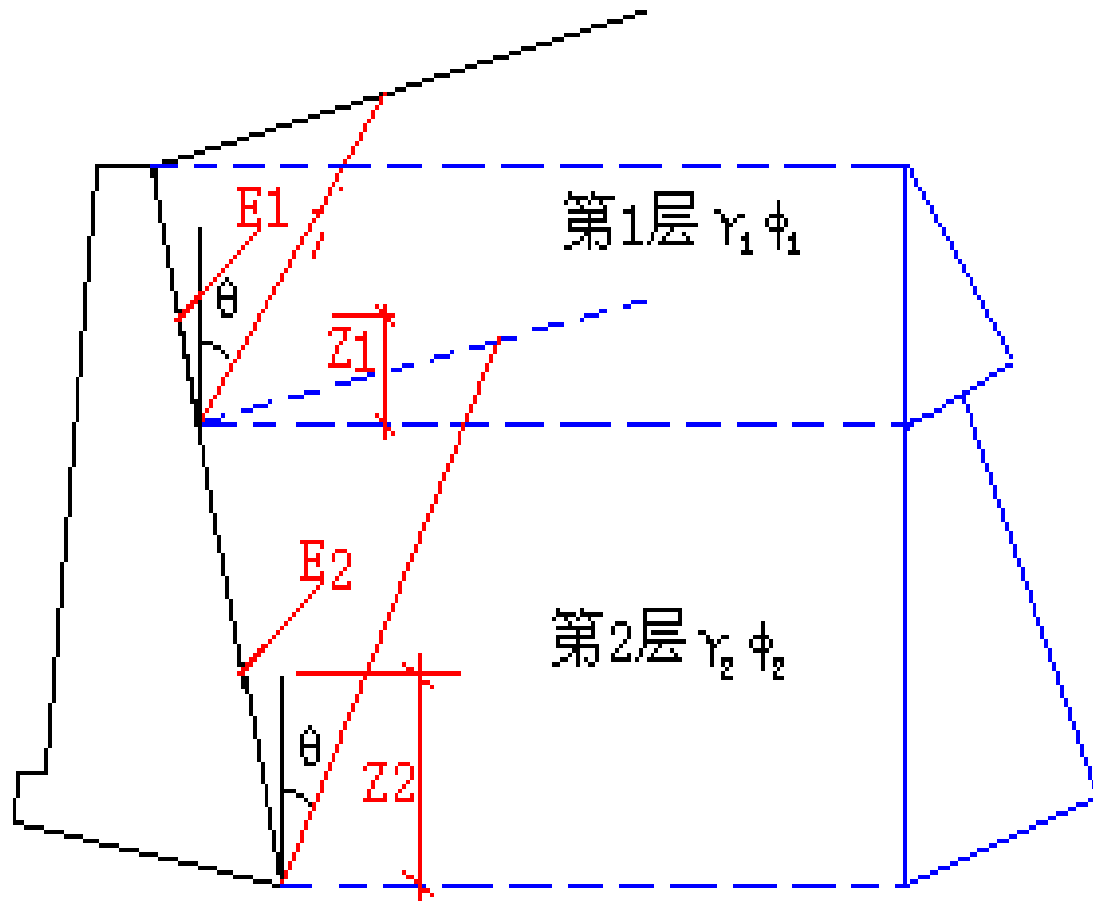


图1 多层土计算简图

上述方法只能适用于**未出现第二破裂面的情况**，

当出现第二破裂面时，软件采用**按土层厚度加权平均的方式计算破裂角和土压力**。也就是将土层的各种参数按厚度加权平均，然后再按匀质土计算主动土压力。

注：

由于计算理论上的限制，本软件所提供的多层土计算方法要求**各个土层的重度基本接近**，当重度相差悬殊时，计算误差将增大。

多层土可以模拟墙后填土为上土下岩的形式。

## 2. 车辆荷载对土压力的影响

当墙背填土有车辆荷载作用时，土体中产生**附加竖向应力**，从而产生**附加的侧向压力**。

土压力计算时，将车辆荷载换算成与墙后填土相同重度的一定宽度和高度的土柱来计算。

### 公路行业：

换算土柱高度的求法采用《公路桥涵设计规范》中的方法。用户可以直接交互车辆等级，系统自动完成换算土柱高度和宽度。

### 铁路行业：

用户交互**铁路等级**，系统自动完成换算土柱高度和宽度

## 换算土柱的算法：

假设作用在墙后坡线上的荷载P为10KN，墙后填土的重度为20KN/m<sup>3</sup>

$P=r \times \text{土柱的宽度}b \times \text{土柱的高度}h \times \text{土柱沿纵向的长度}$   
因为模型是二维的，所以土柱沿纵向的长度为1米。

$$b \times h = 10(\text{KN}) / 20 (\text{KN}/\text{m}^3) = 0.5\text{m}^3$$

折线序号	水平投影长(m)	竖向投影长(m)	坡线长(m)	坡线仰角(度)	换算土柱
1	3.000	2.000	3.606	33.690	0
2	5.000	0.000	5.000	0.000	1

土柱序号	距离(m)	宽度(m)	高度(m)	荷载
2-1	0.000	5.000	0.100	用户输入(验算荷载)

▶ 公路行业挡墙分段长度在什么情况下有作用？

▶ 答：挡墙分段长度参数用法：

▶ 出自《公路路基设计手册》第二版，588页。

▶ A) 汽车-10级或汽车-15级作用时，取挡土墙的分段长度，一般为施工缝间的长度，但不大于15m。

▶ B) 汽车-20级作用时，取重车的扩散长度。

当挡土墙分段长度在10m及以下时，扩散长度不超过10m，

当挡土墙分段长度在10m以上时，扩散长度不超过15m。

▶ C) 汽车-超20级作用时，取重车的扩散长度，但不超过20m。

▶ D) 平板挂车或履带车作用时，取挡土墙分段长度和车辆扩散长度两者中较大者，但不大于15m。



### 3. 衡重式挡墙土压力的计算

**折线形墙背**挡墙不能直接用库仑理论计算主动土压力，这时，将上墙和下墙看作**独立**的墙背，分别按库仑理论计算主动土压力，然后取两者的**矢量和**作为全墙的土压力。

计算上墙土压力时，不考虑下墙的影响，采用一般的库仑理论计算；

下墙土压力的计算方法很多，衡重式挡土墙下墙土压力的计算，过去有延长墙背法、修正延长墙背法及等效荷载法（将上墙墙后的填料视为下墙土体上的均布超载，影响下墙土压力的计算）等，在理论上均有不合理的一面，力系不能自相平衡，软件采用的是**力的多边形法**。

## 4. 粘性土的土压力——换算内摩擦角

将粘性土的粘聚力作用折算成内摩擦角。

墙后填土为粘性土时，可点击右侧“等效”按钮，计算综合内摩擦角用于计算土压力。

物理参数	
挡土墙类型	一般挡土墙
墙后填土类型	单层填土
墙后填土内摩擦角(度)	22.000 <b>32.387</b>
墙后填土粘聚力(kPa)	35.000 <b>0</b>
墙后填土容重(kN/m <sup>3</sup> )	19.000
墙后填土浮容重(kN/m <sup>3</sup> )	---
墙背与墙后填土摩擦角(度)	15.000
地震烈度	---
面侧地震动水压力系数	---
背侧地震动水压力系数	---
地基土容重(kN/m <sup>3</sup> )	21.500
地基土浮容重(kN/m <sup>3</sup> )	---
修正后地基土承载力特征值(kPa)	300.000
地基承载力特征值提高系数	+
基底摩擦系数	0.500

等效

### 等效(综合)内摩擦角计算

计算方法  
铁路路基手册中按土体抗剪强度相等的原则计算

$$\phi_D = \arctg\left(\operatorname{tg}\phi + \frac{C}{\gamma H}\right)$$

此公式依据《铁路工程设计技术手册-路基》P417规定，以上公式虽然考虑了土体的粘聚力和墙高的影响，但未能考虑挡土墙的边界条件(如地面倾角和墙背坡度等)的影响，因此，要选取能真实反映粘性土的综合内摩擦角，还要和工程实践相结合。

挡墙高度(m) 8  
墙后填土容重(kN/m<sup>3</sup>) 19  
墙后填土粘聚力(kPa) 35  
墙后填土内摩擦角(度) 22

等效内摩擦角计算结果: **32.387 度**  返回时应用结果

计算 返回

注：库仑土压力假定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）。

当墙后填土为粘性土时，由于粘聚力的存在，对土压力值有很大影响，因此在计算中必须考虑粘聚力的影响，软件提供了三种计算等效内摩擦角的公式。

1 **铁路路基手册**中提供的换算内摩擦角的公式：

按土体抗剪强度相等的原则计算：

$$\varphi_D = \arctg \left( \operatorname{tg} \varphi + \frac{C}{\gamma H} \right)$$

(6.1.4.1-1)

按土压力相等的原则计算：

$$\varphi_D = 90 - 2 \arctg \left( \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - \frac{2C}{\gamma H} \right)$$

(6.1.4.1-2)

需要注意的是，上述换算方法，**对于矮墙是偏于安全的，但对于高墙是偏于危险的。**因此，对于高墙应酌情予以折减。

2. **堤防规范**中提供的换算内摩擦角的公式:

$$\operatorname{tg}\left(45^{\circ}-\frac{\varphi_D}{2}\right)=\sqrt{\frac{\gamma H^2 \operatorname{tg}^2\left(45^{\circ}-\frac{\varphi}{2}\right)-4CH \operatorname{tg}\left(45^{\circ}-\frac{\varphi}{2}\right)+\frac{4C^2}{\gamma}}{\gamma H^2}}$$

(6.1.4.1-3)

式中:

$\varphi$  —— 内摩擦角 (度);

$\varphi_D$  —— 换算内摩擦角 (度);

$\gamma$  —— 墙后填土容重 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ );

$C$  —— 粘聚力 ( $\text{kPa}$ );

$H$  —— 墙身高度 ( $\text{m}$ )。

**注意:** 因为粘聚力对整体稳定影响很大, 所以当墙后填土为粘性土时, 可先等效计算土压力, 再用原参数计算整体稳定。

## 5. 浸水挡墙土压力

- a. 算破裂楔体的重力G时，浸水部分采用浮重度。
- b. 算土压力时再加一项水压力。

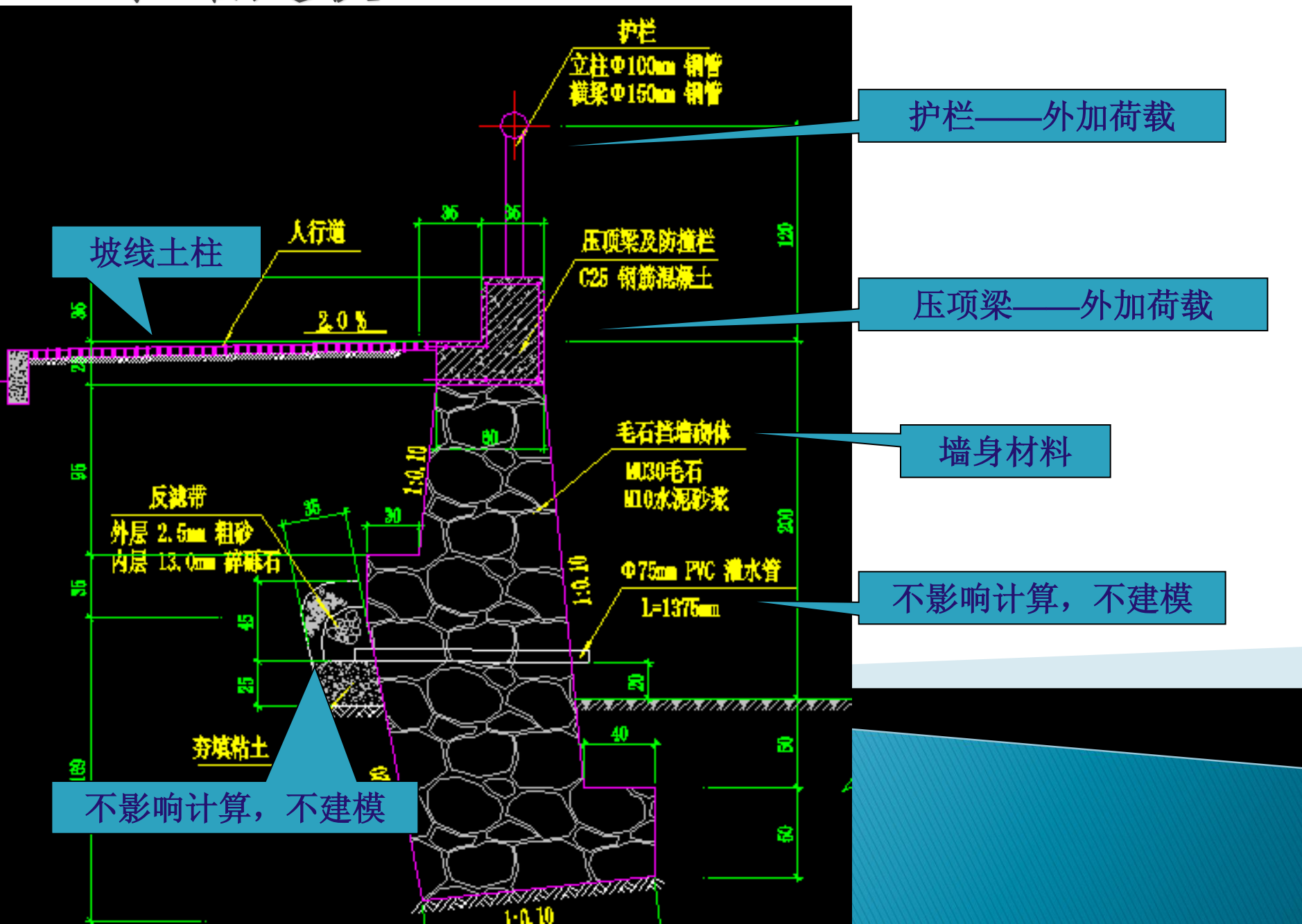
$$E_{as} = \frac{1}{2} \times 10 \times h_w^2$$

$E_{as}$  —— 挡土墙上作用的水压力（kN），作用位置：距挡土墙底面 $h/3$ 处；

$h_w$  —— 挡土墙背面地下水水位顶面到挡土墙底面的距离（m）；

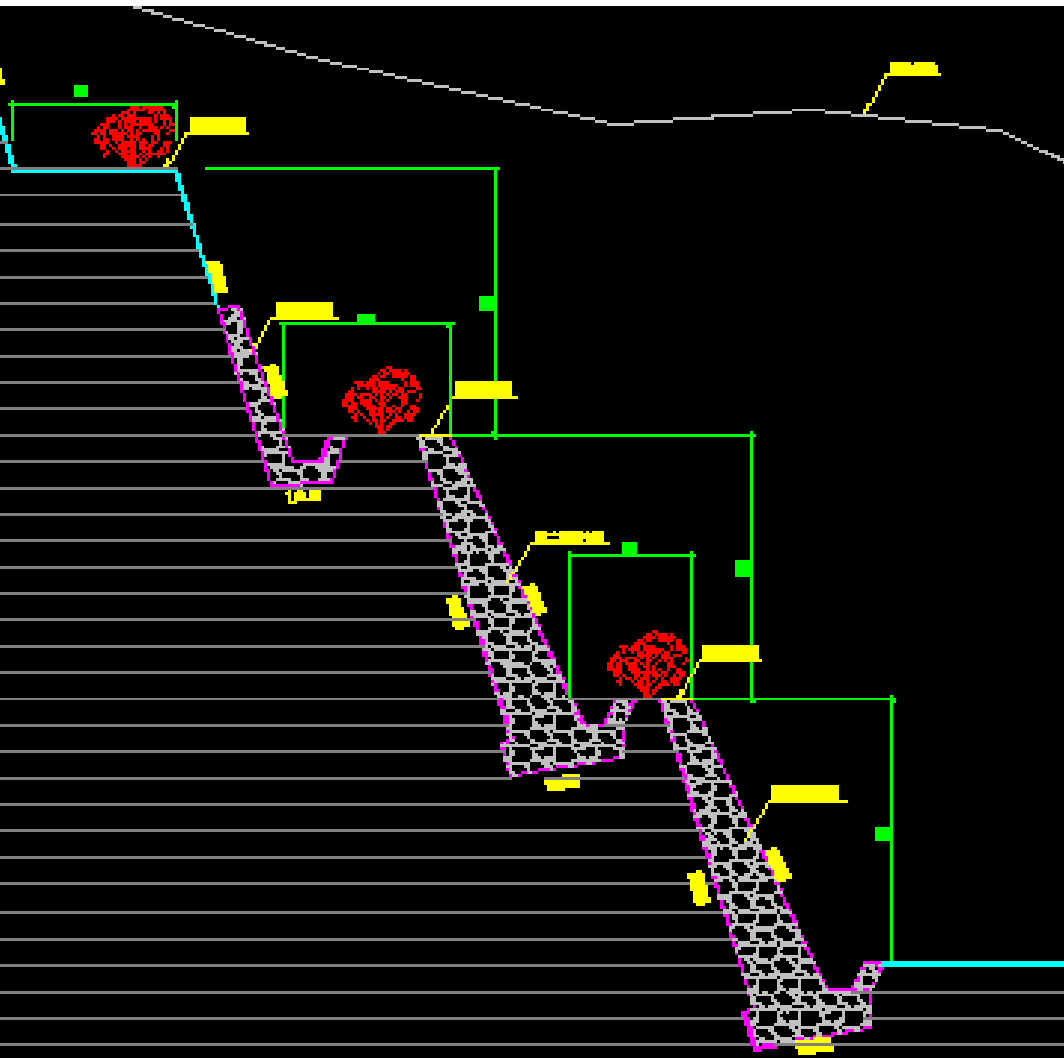
- c. 不考虑渗透水压力的作用

# 二.挡墙建模



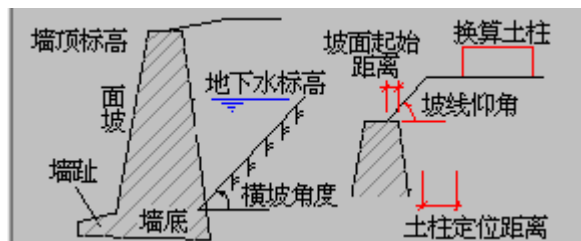
## 2.2多级挡墙

每一级挡墙分别计算。当计算下一级挡墙时，把上一级挡墙当作下一级挡墙外加荷载作用在下一级挡墙上。



## 2.3 坡线土柱参数

参数名称	参数值
坡面线段数	5
坡面起始是否低于墙顶	否
坡面起始距离 (m)	0.000
地面横坡角度 (度)	30.500
填土对横坡面的摩擦角 (度)	32.000
墙顶标高 (m)	0.000
挡墙背侧常年水位标高 (m)	-6.500
挡墙面侧常年水位标高 (m)	-6.500
挡墙分段长度 (m)	10.000



### ▶ 地面横坡角

- 土楔体计算时破裂面的起始角度，即只有横坡角以上土体才产生土压力的作用；
- 确定原则：
  - 一般取不产生土压力的硬土地面；
  - 当挡土墙后有岩石时，地面横坡角度一般为岩石的坡度；
  - 当挡土墙后都为土体时，可取0，即按土压力最大情况考虑；



参数名称	参数值
坡面线段数	5
坡面起始是否低于墙顶	否
坡面起始距离 (m)	0.000
地面横坡角度 (度)	30.500
填土对横坡面的摩擦角 (度)	32.000
墙顶标高 (m)	0.000
挡墙背侧常年水位标高 (m)	-6.500
挡墙面侧常年水位标高 (m)	-6.500
挡墙分段长度 (m)	10.000

## 填土对横坡面的摩擦角

用于有限土体土压力计算，  
只有当地面横坡角较大，土沿地面  
横坡角破坏时起作用；

- 当破裂角位于墙背与地面横坡面之间时，计算土压力用墙后填土内摩擦角，当破裂角位于地面横坡面时，计算土压力用此值。
- 宜根据试验确定，当无试验资料时，粘性土与粉土可取 $0.33\varphi$ ，砂性土与碎石土可取 $0.5\varphi$ 。

## 2.4.墙身外荷载

通过“附加外力”来考虑作用在挡土墙上的集中荷载。

可以模拟：墙前被动土压力（5.6可以自动计算）

墙顶车辆撞击荷载

墙后下岩上土的模型

墙顶上的构筑物（高速公路上的防撞墙、栏杆）

波浪冲击力

冻胀压力

冰压力

温度应力

请输入附加集中力 ✕

附加集中力个数   加入等效墙前被动土压力

编号	作用点X (m)	作用点Y (m)	荷载P (kN/m)	作用角度 (度)	是否为 被动土压力
1	-1.625	-6.333	24.071	0.000	✕

注：附加外力表示沿挡墙纵向方向上的一个线性均布力，坐标原点为墙的左上角点，力的角度方向以水平右向为0度，逆时针旋转为正。

# 三、计算结果

## 1、挡墙计算结果：

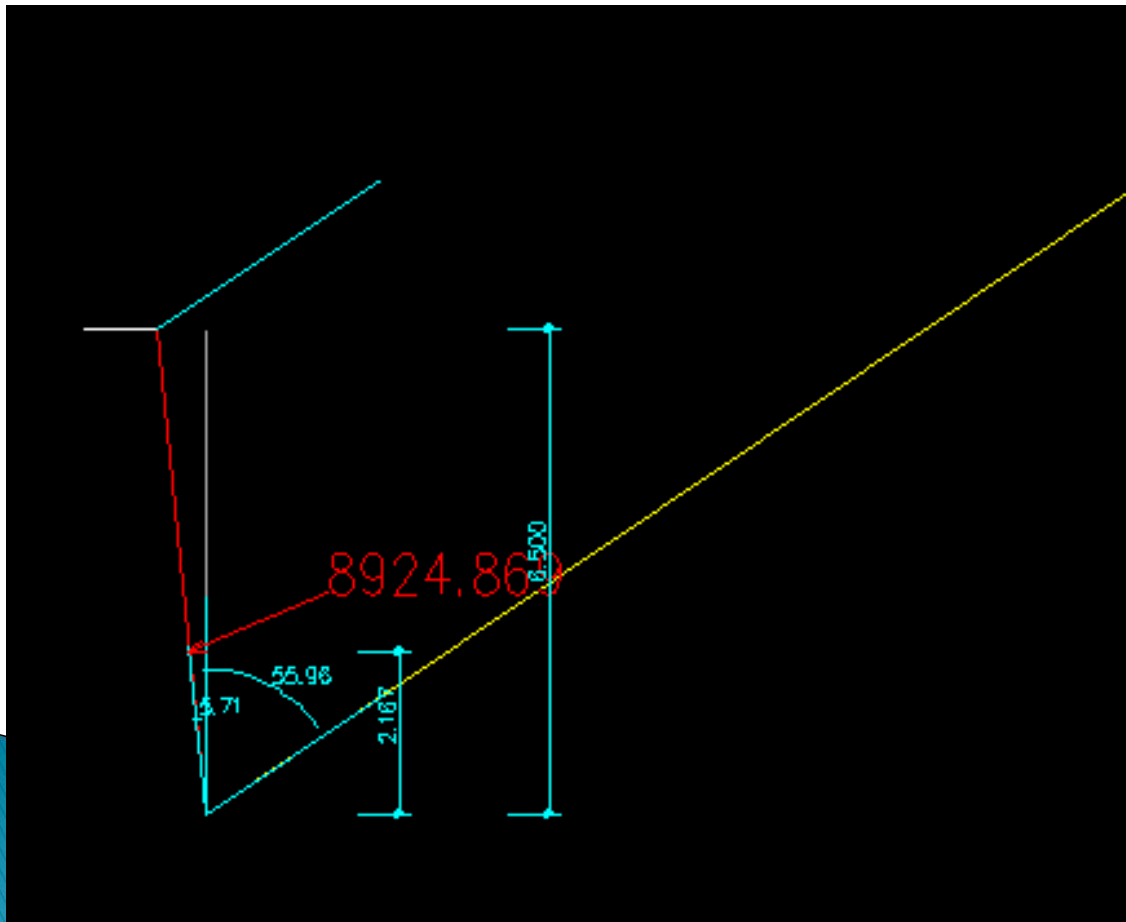
整个墙踵上的土重？

——整个墙踵上的土重是指假想斜墙背与实际墙背之间的土重。

墙身截面重量？

——墙身截面重量指的是计算土压力范围内的土重，是假想墙背范围内

- ▶ 2、挡墙，计算出来的土压力无限大？
- ▶ 答：由于最后一条坡线与搜索出来的破裂面的坡线平行，导致墙后变为无限土体压力，计算出的土压力为无限大，不符合实际的情况，建议修改模型，把挡墙后最后一段坡线输成直线或下降段。



▶ 3、地基土层水平向: 滑移验算不满足:  $K_{c2} = 1.206 \leq 1.300$ ?

- ▶ 答: 当挡墙底设置倾斜时, 不仅要作沿基底的抗滑稳定验算, 还要验算地基土沿墙踵平面的抗剪稳定性验算。

$K_{c2}$ ——沿基底面水平方向地基土抗剪强度的滑动稳定系数。

$$K_{c2} = \frac{(W + E_p + 0.5\gamma B_4 h_4) f_4}{E_x}$$

- ▶ 出自《公路路基设计手册》第三篇第三章第二节

## 4、公路行业挡墙分项系数

1) 为什么修改附加集中力的分项系数，抗滑移抗倾覆安全系数无变化？

2) 附加集中力里，如果选择是被动土压力，会有提示，如果此时荷载

组合里面被动土压力分项系数也给0.3，是不是就乘了两次？

若为被动土压力，在抗滑移、抗倾覆等验算中将此荷载值的0.3倍代入公式计算。

序号	荷载名称	荷载类型	分项系数	是否参与
1	挡土墙结构重力	永久荷载	1.000	✓
2	墙顶上的有效永久荷载	永久荷载	1.000	✓
3	墙顶与第二破裂面间有效荷载	永久荷载	1.000	✓
4	填土侧压力	永久荷载	1.000	✓
5	车辆荷载引起的土侧压力	基本可变荷载	1.000	✓
6	附加集中力	永久荷载	0.300	✓

1) 原因：该附加集中力为被动土压力。  
当此附加集中力不为被动土压力时，此分项系数对抗滑移抗倾覆安全系数有作用。

被动土压力分项系数也给0.3，只是就乘了一次参与抗滑移，抗倾覆计算。

请输入附加集中力

附加集中力个数 1 加入等效墙前被动土压力

编号	作用点X (m)	作用点Y (m)	荷载P (kN/m)	作用角度 (度)	是否为被动土压力
1	-1.925	-6.167	61.641	0.000	<input type="checkbox"/>

请输入附加集中力

附加集中力个数 1 加入等效墙前被动土压力

编号	作用点X (m)	作用点Y (m)	荷载P (kN/m)	作用角度 (度)	是否为被动土压力
1	-1.925	-6.167	61.641	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>

安全系数: 61.641  
滑移方程: 61.641

安全系数:  $61.641 \times 0.3$   
滑移方程: 61.641

(一) 滑动稳定性验算

基底摩擦系数 = 0.500  
采用倾斜基底增强抗滑动稳定性, 计算过程如下:  
基底倾斜角度 = 11.310 (度)  
Wn = 349.993 (kN) En = 145.343 (kN) Wt = 69.999 (kN) Et = 126.381 (kN)  
滑移力 = 56.383 (kN) 抗滑力 = 247.668 (kN)  
滑移验算满足:  $K_c = 4.393 > 1.300$

滑动稳定方程验算:  
滑动稳定方程满足: 方程值 = 220.059 (kN) > 0.0

地基土层水平向: 滑移力 = 152.431 (kN) 抗滑力 = 252.070 (kN)

地基土层水平向: 滑移验算满足:  $K_{c2} = 1.654 > 1.300$

(一) 滑动稳定性验算

基底摩擦系数 = 0.500  
采用倾斜基底增强抗滑动稳定性, 计算过程如下:  
基底倾斜角度 = 11.310 (度)  
Wn = 349.993 (kN) En = 157.432 (kN) Wt = 69.999 (kN) Et = 186.825 (kN)  
Epn = -3.627 (kN) Ept = -18.133 (kN)  
滑移力 = 116.827 (kN) 抗滑力 = 270.033 (kN)  
滑移验算满足:  $K_c = 2.311 > 1.300$

滑动稳定方程验算:  
滑动稳定方程满足: 方程值 = 220.059 (kN) > 0.0

地基土层水平向: 滑移力 = 214.072 (kN) 抗滑力 = 270.562 (kN)

地基土层水平向: 滑移验算不满足:  $K_{c2} = 1.264 \leq 1.300$

该选项对滑移方程无影响，只对安全系数的计算结果有影响！



## 四.加筋土挡墙

加筋：可以模拟扁钢带、钢筋混凝土带、钢塑复合带、塑料土工格栅、聚丙烯土工带等等。

### 4.1 内部稳定性验算：应力分析法，楔体平衡法

筋带所受拉力： $T_i = T_{hi} + T_{fi} + T_{ci}$

- 1、加筋体自重对筋带产生的拉力 $T_{hi}$
- 2、加筋体上路堤填土对筋带产生的拉力 $T_{fi}$
- 3、车辆荷载对筋带产生的拉力 $T_{ci}$

## ▶ 车辆荷载对加筋体的影响

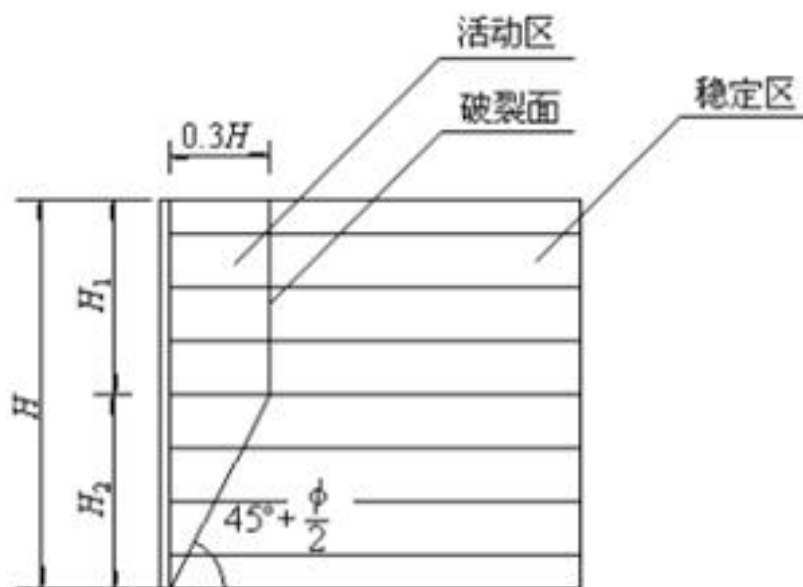


图 7.3.1-1 简化破裂面

车辆荷载对筋带产生的拉力

- 1、车辆荷载换算成等代均布土层厚度
- 2、等代均布土层布置范围，内部稳定性分析时为路基全宽。
- 3、考虑车辆荷载的影响会随深度增加而减小，采用1:0.5向下扩散传递。

路肩墙：

不考虑车辆荷载的扩散作用。

$$T_a = \sigma_a S_x S_y = \gamma_1 h_z K_1 S_x S_y$$

# 路堤墙：

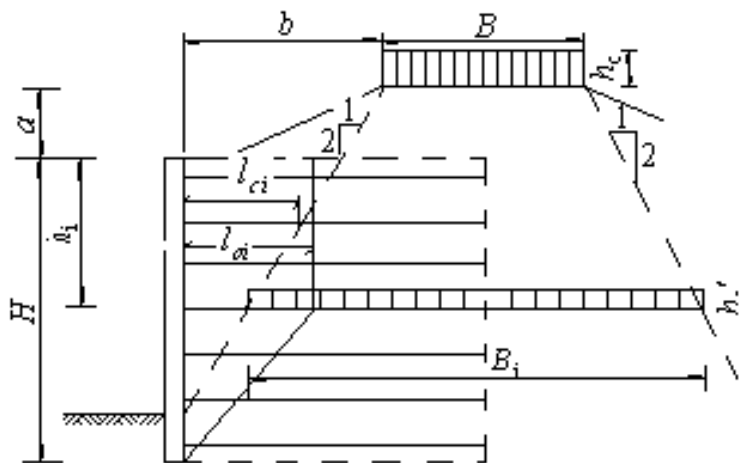


图 7.3.14  $l_{oi} > l_{ci}$

$l_{oi}$ ——某层筋带活动区的长度。

$l_{ci}$ ——某层筋带面板背面到均布土层扩散线外侧的距离。

当  $l_{oi} > l_{ci}$  时，车辆荷载对筋带力有影响。

当  $l_{oi} < l_{ci}$  时，车辆荷载对筋带力无影响。

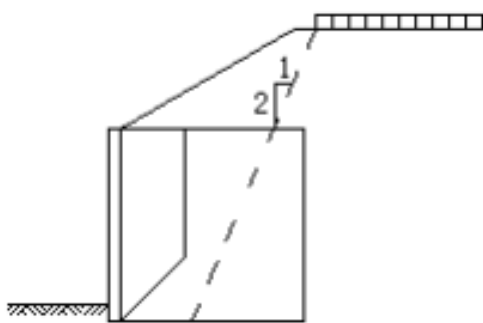
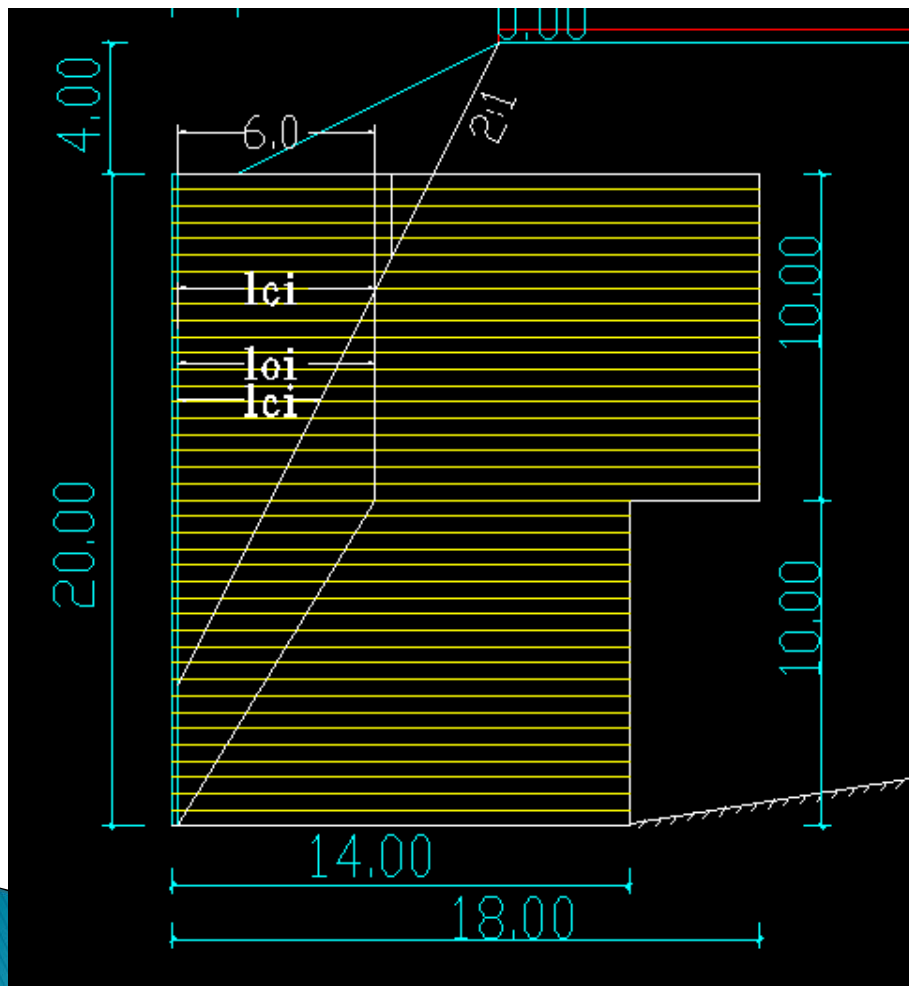


图 7.3.1-5  $l_{oi} \leq l_{ci}$

例：

路堤墙——车辆荷载对最大拉力设计值的影响。



从第9根筋带往下，是 $l_{oi} > l_{ci}$ ，  
所以从第9根筋带开始，车  
辆荷载对筋带有影响。

## 4.2 外部稳定性验算

- ▶ 加筋土挡土墙的外部稳定性分析中视加筋体为刚体。
- ▶ 包括：土压力计算、基底滑移验算、倾覆稳定性验算、基础底面地基承载力验算、整体滑动验算。

### 土压力计算

- ▶ 根据加筋土挡土墙墙后填土的不同边界条件，采用库仑理论公式计算作用于筋体的主动土压力。
- ▶ 墙背内摩擦角取加筋土墙体和墙后填土二者内摩擦角中的小值。
- ▶ 对于台阶型的加筋土挡墙，取假想墙背在墙的最长筋带末端。

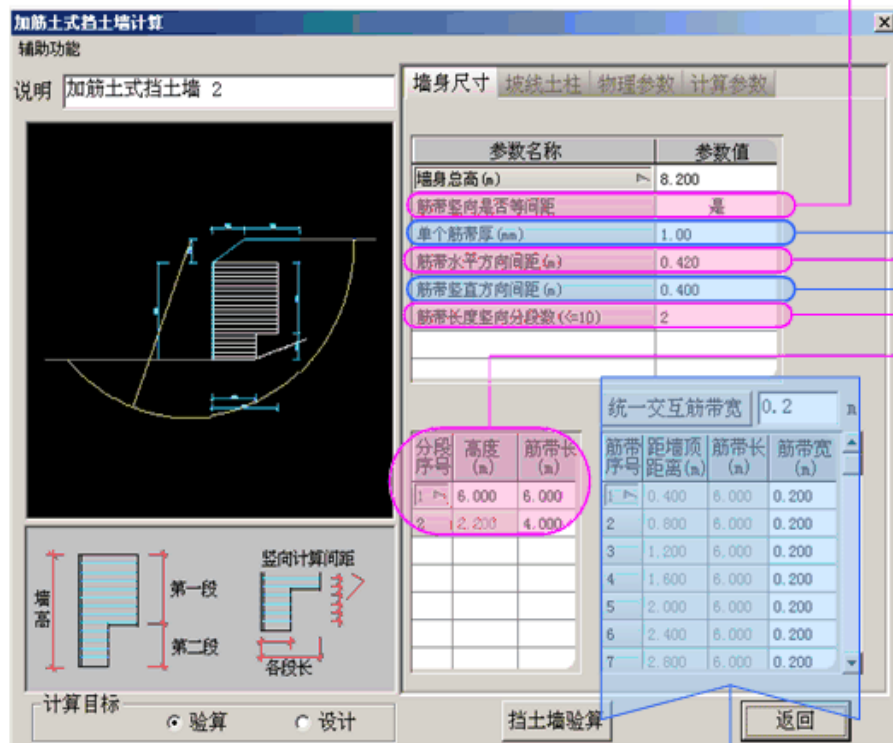
## 筋带对稳定的作用：

筋带力沿滑弧，筋带力沿筋带，不考虑筋带三种。

注：筋带**增加抗滑力矩**有两种假设：

- 一. **筋带力作用于切线方向**，假设在滑弧处筋带产生相应于滑弧的弯曲，认为筋带的拉力方向切于滑弧；
- 二. **筋带力作用于筋带方向**，假设在滑移时，筋带保持原来铺设的水平方向。

## 4.3加筋参数的输入



### 竖向是否等间距

选“是”右下方的表格中距墙顶高度会根据筋带垂直方向间距来自动计算；  
选“否”该列开放，自己输入。

### 单个筋带厚

筋带的厚度，垂直方向上的厚度。

### 筋带水平方向间距

垂直于简图平面的方向上，

### 筋带垂直方向间距

见左下简图。

### 筋带垂直方向分段

垂直方向筋带的长度可不等，先确定分几段，  
然后交互该段的高度和筋带的长度。

### 筋带宽度

垂直于简图平面的方向上筋带的宽度，如各层筋带的宽度相等，  
只需在同一交互筋带宽位置输入宽度，然后点此按钮，下面表格中所有筋带宽都按此填入；  
如果各层筋带宽度不同，需在下面表格中分层交互。

谢谢!

技术服务：010-68002096，68002098