


(理正软件教学资料)

从算例学软件系列
岩土软件工程算例讲解

重力式挡土墙算例讲解

2009 年 8 月

资料说明：

本资料仅供个人软件学习，未经北京理正许可，不得用于其它用途。

本资料以理正岩土 5.5 版为依据，某些问题解答对于软件的早期版本，并不一定完全适用。有关软件升级的事项，可与理正市场部 010—68002096 联系。

北京理正软件设计研究院网址：www.Lizheng.com.cn

www.Lezading.net.cn

CAD 产品销售与技术服务电话：010—68002096 68002098

E—Mail：help@lizheng.com.cn

cad@lizheng.com.cn

理正论坛：<http://bbs.lizheng.com.cn>

理正 QQ 群在线技术支持：

QQ 群昵称	QQ 群号
理正建电水	46671316
理正结构	46670886
理正岩土	46671663
理正勘察	46671549
昵称	QQ 号
北京理正	892075052

欢迎登录理正论坛（<http://bbs.lizheng.com.cn>）获取更多软件学习资料。

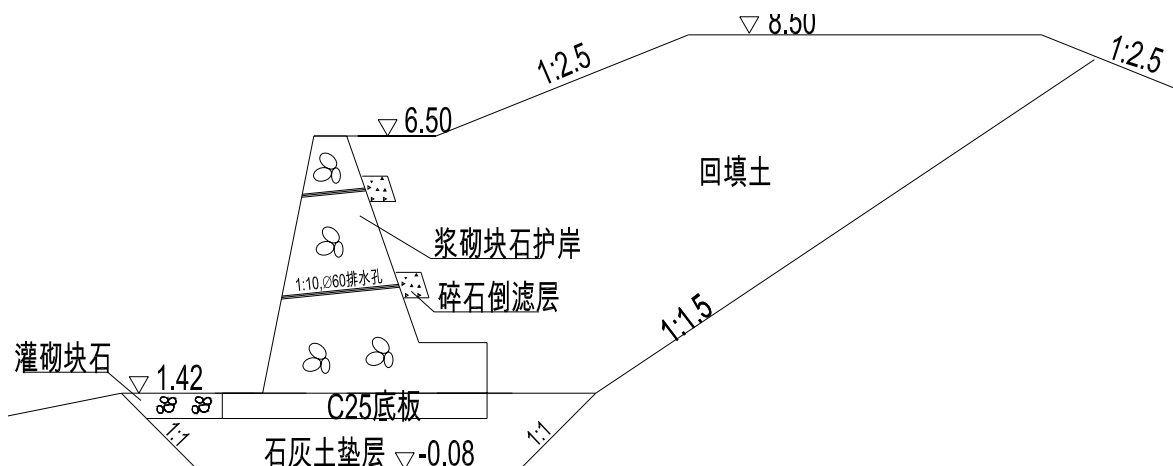
对本资料有何建议与意见，欢迎通过 QQ 群及 E—Mail 反馈交流。

目 录

一、挡土墙工程模型	1
二、模型简化	1
三、模型建立	1
1. 墙身尺寸	1
2. 坡面形状	2
3. 坡面线段	4
4. 换算土柱	4
5. 物理参数	5
6. 圬工参数	6
7. 基础参数	7
8. 整体稳定参数	7
9. 其它参数	8
四、挡土墙计算	8
1. 土压力计算	8
【软件计算结果】	8
【计算书解释说明】	8
【疑难解答】	10
2. 滑移稳定计算	11
【软件计算结果】	11
【计算书解释说明】	11
【疑难解答】	12
3. 倾覆稳定计算	13
【软件计算结果】	13
【计算书解释说明】	14
4. 地基应力及偏心距验算	14
【软件计算结果】	14
【计算书解释说明】	15
【疑难解答】	17
5. 基础强度验算	17
【软件计算结果】	17
【计算书解释说明】	17
【疑难解答】	19
6. 墙身截面强度验算	19

【软件计算结果】	19
【计算书解释说明】	20
7. 整体稳定验算	21
【软件计算结果】	21
【计算书解释说明】	22
五、附录一坡线上排车荷载的换算土柱高度计算	23

一、挡土墙工程模型



二、模型简化

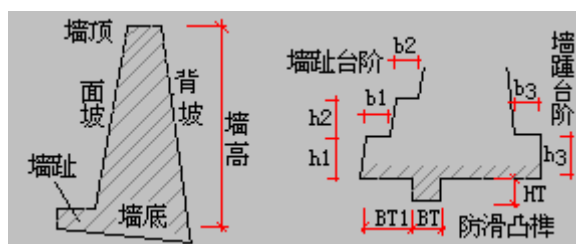
对挡土墙模型进行简化，转为计算模型，简化时，注意以下几点：

- 1) 碎石倒滤层：忽略不考虑；
- 2) 底板：如果是素混凝土，也可用钢筋混凝土底板来模拟；
- 3) 灌砌块石：主要起防冲刷的作用，限制墙体滑动的作用很小，可忽略不计；
- 4) 土压力起算点：可从基础底开始算，也可从结构底开始算。从基础底开始算的话，也可以考虑前面土产生的被动土压力，以外加荷载方式加入。从基础底开始考虑，不考虑墙前被动土压力。
- 5) 垫层：垫层比较薄时，可不考虑垫层。

三、模型建立

1. 墙身尺寸

按图示输入墙体的尺寸。



具体数值如下：

墙身高 (m)	5.080
墙顶宽 (m)	0.650
面坡倾斜坡度 (1:m)	0.200
背坡倾斜坡度 (1:m)	0.350
墙底倾斜坡率 (m:1)	---
是否采用扩展墙趾台阶	否
墙趾台阶b1 (m)	---
墙趾台阶h1 (m)	---
墙趾台阶b2 (m)	---
墙趾台阶h2 (m)	---
墙趾台阶与墙面坡坡度相同	---
墙趾台阶面坡坡度 (1:m)	---
是否采用防滑凸榫	---
防滑凸榫尺寸BT1 (m)	---
防滑凸榫尺寸BT (m)	---
防滑凸榫尺寸HT (m)	---
防滑凸榫被动土压力修正系数	---
防滑凸榫容许弯曲拉应力 (MPa)	---
防滑凸榫容许剪应力 (MPa)	---
墙踵台阶b3 (m)	1.000
墙踵台阶h3 (m)	1.000

【参数说明】

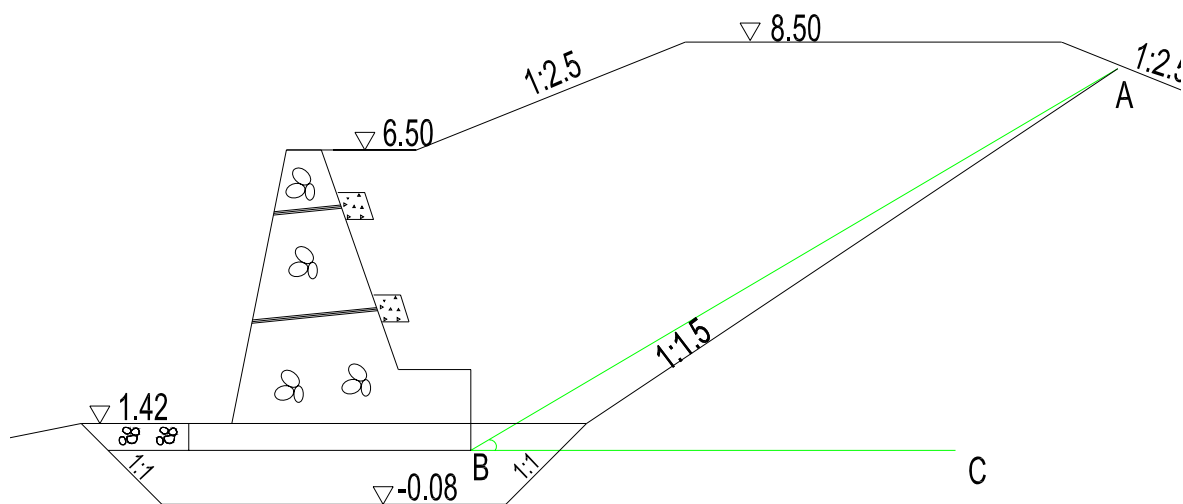
墙底倾斜坡率	5.5 版中，只有采用天然基础时，才可设置墙底倾斜。即将推出的 5.6 版会做一定修改。
是否采用防滑凸榫	5.5 版中，只有采用天然基础时，才可设置防滑凸榫。即将推出的 5.6 版会做一定修改。
防滑凸榫被动土压力修正系数	这个系数直接乘在凸榫前所计算的被动土压力上。
防滑凸榫容许弯曲拉应力	旧的指标体系，可根据防滑凸榫的材料在《公路设计手册-路基》查询相关参数；
防滑凸榫容许剪应力	

2. 坡面形状

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
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
浮力矩是否作为倾覆力矩的加项	否
挡墙分段长度(m)	15.000

【参数说明】

坡面起始是否低于墙顶	坡面起始点可以低于墙顶
坡面起始距离	坡面起始点与墙右上角点（即墙背顶点）的距离
地面横坡角度	<p>用于土压力的计算，是指土楔体计算时坡裂面的起始角度，即只有横坡角以上土体才产生土压力作用。</p> <p>横坡角的确定原则：</p> <p>一般取不产生土压力的硬土地面。</p> <p>当挡土墙后有岩石时，地面横坡角度一般为岩石的坡度；</p> <p>当挡土墙后都为土体时，可取 0，即按土压力最大情况考虑。</p> <p>对于本题，近似取图中 $\angle ABC$</p>
墙顶标高	在选择浸水挡土墙时，出现这些选项； 标高用来确定水位与挡土墙的相对位置，按实际水位交互；
挡墙背侧常年水位标高	
挡墙面侧常年水位标高	
浮力矩是否作为倾覆力矩加项	<p>在抗倾覆计算中，浮力矩作为倾覆力矩的加项还是抗倾覆力矩的减项</p> <p>在岩土 5.6 版中，将去掉该选项，改为倾覆力矩+浮力矩；</p>
挡墙分段长度	<p>按挡土墙的设缝间距划分；</p> <p>在公路行业影响车辆荷载的计算；</p>



3. 坡面线段

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	1.770	0.000	1.770	0.000	1
2	5.000	2.000	5.385	21.801	0
3	7.000	0.000	7.000	0.000	1
4	10.000	-4.000	10.770	338.199	0
5	5.000	0.000	5.000	0.000	0

注：

在原坡线基础上，增加一条水平坡线，以防止整体稳定计算中出现搜索时间过长的现象。

【参数说明】

换算土柱

坡线上的荷载采用换算土柱的高度加在每段坡线上。
 $h=q/\gamma$ ； γ 为墙后第一层土的容重；

4. 换算土柱

土柱序号	距离 (m)	宽度 (m)	高度 (m)
1-1	0.000	1.554	0.200
3-1	0.000	7.000	0.400

【参数说明】

距离	换算土柱的起始点距该坡线段起点的距离
宽度	换算土柱的沿坡线方向的长度
高度	由荷载换算的土柱高度； $h=q/\gamma$ ； γ 为墙后第一层土的容重； 当选择公路规范时，也可根据选择的公路等级，自动计算换算土柱高度，详见附录 1；

5. 物理参数

挡土墙类型	浸水地区挡土墙
墙后填土类型	单层填土
墙后填土内摩擦角 (度)	32.000
墙后填土粘聚力 (kPa)	0.000
墙后填土容重 (kN/m ³)	19.000
墙后填土浮容重 (kN/m ³)	10.000
墙背与墙后填土摩擦角 (度)	16.000
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 ³)	19.000
地基土浮容重 (kN/m ³)	10.000
修正后地基土容许承载力 (kPa)	150.000
地基土容许承载力提高系数	1
平均提高系数	1.000
墙趾提高系数	1.200
墙踵提高系数	1.300
基础底摩擦系数	0.400
地基浮力系数	1.000
地基土类型	土质地基
抗震基底容许偏心距	---
墙身地震力调整系数	---
地基土内摩擦角 (度)	30.000
地基土粘聚力 (kPa)	0.000
地基强度与偏心距验算时	---

【参数说明】

墙后填土类型	当选择多层土时，多层土信息点击旁边“土层”按钮进行输入
墙背与墙后填土摩擦角	该参数用于土压力计算，影响土压力大小及作用方向； 取值由墙背粗糙程度和填料性质及排水条件决定，无试验资料时，可参见《公路设计手册-路基》（第二版）591 页；
修正后地基土容许承载力	该值为经过宽度、深度修正后的值，由用户交互；
地基土容许承载力提高系数	用于承载力的提高，不提高时，可取 1；
墙底摩擦系数	用于滑移稳定验算； 无试验资料时，参见《公路设计手册-路基》（第二版）P592 表 3-3-2；
地基浮力系数	该参数只在公路行业《公路设计手册-路基》（第二版）中有定义表格 P739，其他行业可直接取 1.0；
地基土类型	不同地基土类型对应不同的基底合力偏心距允许值；

6. 圬工参数

圬工砌体容重 (kN/m ³)	23.000
墙身砌体容许压应力 (kPa)	2100.000
墙身砌体容许剪应力 (kPa)	110.000
墙身砌体容许拉应力 (kPa)	150.000
墙身砌体容许弯曲拉应力 (kPa)	280.000
圬工之间摩擦系数	0.600
地基土摩擦系数	0.400

【参数说明】

圬工砌体容重	对于铁路行业，可参照《铁路路基支挡结构设计规范 TB10025-2006》表 3.1.3 “混凝土、片石混凝土的容许应力值”取值。 对于公路行业，可参照《公路路基设计手册》（第二版）表 3-3-21 和 3-3-22 取值；
墙身砌体容许压应力	
墙身砌体容许剪应力	
墙身砌体容许拉应力	
墙身砌体容许弯曲拉应力	
圬工之间摩擦系数	用于挡墙截面验算，反映圬工间的摩阻力大小。取值与圬工种类有关，一般采用 0.4~

	0.5, 该值取自《公路设计手册-路基》(第二版)第603页。
地基土摩擦系数	用于倾斜基底时土的抗滑移计算。参见《公路设计手册-路基》(第二版)P593表3-3-3;

7. 基础参数

基础类型:	钢筋混凝土底板
土压力起算点:	从基础底面起算
悬挑长度 (m)	0.800
根部高度 (m)	0.500
端头高度 (m)	0.500
桩头宽度 (m)	0.000
桩头高度 (m)	0.000
基础容重 (kN/m ³)	23.000
钢筋容许拉应力 (MPa)	210.000
混凝土容许主拉应力 (MPa)	0.530
混凝土容许剪应力 (MPa)	0.800
钢筋合力点到基底距离 (mm)	0.000

【参数说明】

土压力起算点	可选择从墙底面起算, 还是从基础底面起算, 两者的土压力计算结果不同;
--------	-------------------------------------

注: 在岩土 5.5 版中, 当选择非天然基础的基础类型时, 不可设置基底倾斜, 也不可设置防滑凸榫;

8. 整体稳定参数

是否计算整体稳定	是
稳定计算容许安全系数	1.250
稳定计算目标	自动搜索最危险滑裂面
条分法的土条宽度 (m)	1.000
搜索时的圆心步长 (m)	1.000
搜索时的半径步长 (m)	1.000
土条切向分力与滑动方向反向时	当下滑力对待

【参数说明】

条分法的土条宽度	土条宽度和搜索步长为影响搜索速度
搜索时的圆心步长	
搜索时的半径步长	

注：如果坡线的最后一个坡线段不为水平的，可能会出现搜索时间过长的现象，因此建议在坡线最后增加一个水平段坡线段。

9. 其它参数

【参数说明】

附加外力	可通过“附加外力”来考虑作用在挡土墙上的集中荷载；可模拟的情况有： ①墙前被动土压力 ②墙顶车辆撞击荷载 ③墙后下岩土土的模型 ④墙顶上的构筑物等
等效内摩擦角	库仑土压力主要适用于非粘性土；对于粘性土，可以通过软件提供的等效内摩擦角换算工具，将粘聚力作用等效到内摩擦角上；

四、挡土墙计算

1. 土压力计算

【软件计算结果】

[土压力计算] 计算高度为 5.580(m) 处的库仑主动土压力

按实际墙背计算得到:

第1破裂角: 35.129(度)

$E_a=166.826$ (kN) $E_x=136.170$ (kN) $E_y=96.378$ (kN) 作用点高度 $Z_y=1.777$ (m)

因为俯斜墙背，需判断第二破裂面是否存在，计算后发现第二破裂面不存在

墙身截面积 = 13.017 (m²) 重量 = 299.391 kN

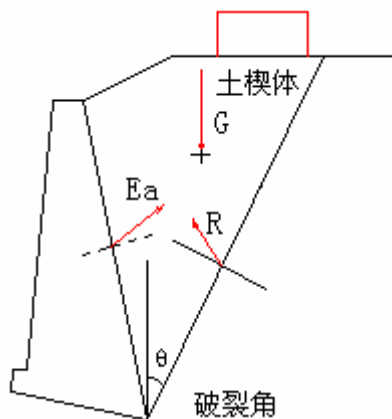
地下水作用力及合力作用点坐标(相对于墙面坡上角点)

	X分力 (kN)	Y分力 (kN)	Xc (m)	Yc (m)
墙面坡侧:	0.00	0.00	0.00	0.00
墙背坡侧:	0.00	0.00	0.00	0.00
整个基础:	-0.00	0.00	3.55	-5.58

【计算书解释说明】

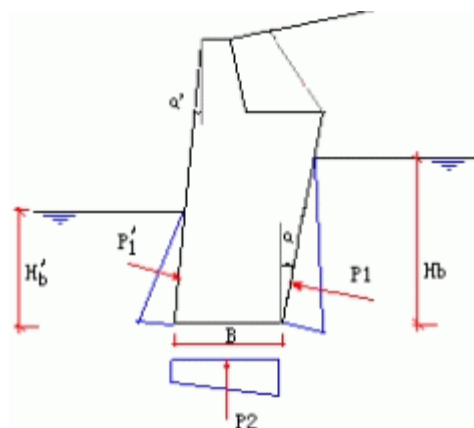
1) 土压力

库仑土压力的计算模型如下：



2) 水压力

水压计算模型如下：



(1) 用库仑理论计算土压力时破坏楔体要考虑水压力的作用；

(2) 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 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。

$$P_1 = 0.5 \gamma_w H_b^2 / \cos \alpha$$

$$P_1' = 0.5 \gamma_w H_b'^2 / \cos \alpha'$$

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

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);
 γ_w —— 水的重度 (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);
 α 、 α' —— 挡土墙墙背、墙面的倾斜角度 (度);
 λ —— 考虑水进入基础底的程度的浮力系数; 由用户交互;
 B —— 挡土墙底面的宽度 (m)。

【疑难解答】

1) 《建筑地基基础设计规范》中规定, 土坡高度大于 5m 的土坡, 应乘以土压力调整系数

1.1, 软件中是否自动考虑?

答: 软件未根据墙高自动考虑, 需要用户自行通过土压力调整系数进行调整。

2) 挡土墙土压力可否通过调整系数来进行调整?

答: 可以。

①当墙后填土为多层土时, 可在“多层填土时土层参数”交互界面, 设置每层土对应的“土压力调整系数”;

②当墙后填土为单层土时, 可通过选择“多层土”, 但只在土层中输入一层土的方法, 设置单层土的“土压力调整系数”。

层号	层厚度 (m)	容重 (kN/m^3)	浮容重 (kN/m^3)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	土压力调整系数
1	3.000	19.000	9.000	0.000	35.000	1.000

返回

3) 浸水挡墙的土压力如何计算?

答: 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。

浸水挡墙土压力计算中, 再加一项水压力, 水压力计算如下:

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

式中:

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 —— 挡土墙背面地下水位顶面到挡土墙底面的距离 (m);

2. 滑移稳定计算

【软件计算结果】

滑动稳定性验算

基底摩擦系数 = 0.400

因墙下基础为钢筋混凝土底板, 所以需要验算基础底面的滑移稳定性

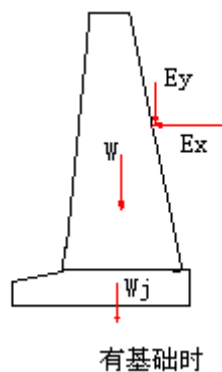
基础截面积 = 2.685 (m²) 基础重量 W_j = 61.744 kN

滑移力 = 136.170 (kN) 抗滑力 = 183.005 (kN)

滑移验算满足: $K_c = 1.344 > 1.300$

【计算书解释说明】

计算简图:



计算公式:

$$K_c = \frac{(W + W_j + Ey)f}{Ex}$$

式中:

K_c —— 沿基底的滑动稳定系数;

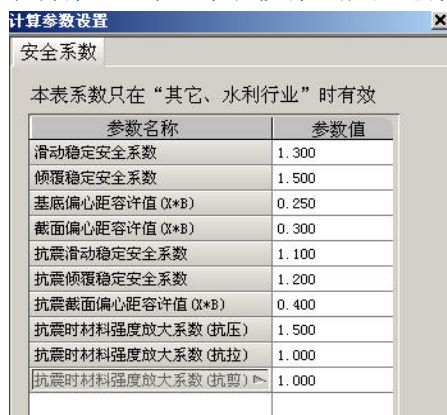
f —— 挡土墙墙底摩擦系数;

- W ——挡土墙的自重重力 (kN);
- W_j ——挡土墙基础的自重重力 (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)。

【疑难解答】

1) 稳定安全系数在哪可以调整?

答：在“其它”、“水利行业”时，可在新建工程时弹出的“计算参数设置”的对话框中设置。在“公路行业”、“水利行业”中，系统按行业规范进行取值。



2) 公路规范挡土墙，“基底的合力偏心距允许系数”和“墙底截面的合力偏心距允许系数”如何取值?

答：公路规范挡土墙中合力偏心距允许系数取值如下：

①基底的合力偏心距允许系数：

土质地基取 1/6，岩石地基取 1/5，坚硬岩石取 1/4；

②墙底截面的合力偏心距允许系数：

非地震取 0.25，地震取 0.3；

根据用户建议，后续版本中考虑将此系数直接让用户交互。

3) 在基底倾斜时，计算书中的“地基土层水平向滑移稳定验算”是什么意思？、

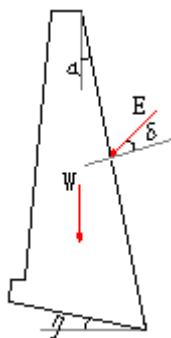
答：在基底倾斜时，计算书中会出现如下的计算内容：

地基土摩擦系数 = 0.500

地基土层水平向：滑移力= 214.072 (kN) 抗滑力= 252.070 (kN)

地基土层水平向：滑移验算不满足：Kc2 = 1.177 <= 1.300

地基土层水平向滑移稳定验算，是指地基土抗剪稳定性验算。



公式如下：

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

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；

W —— 挡土墙的自重重力 (kN)；

E_x —— 挡土墙承受的土压力在水平方向的分力 (kN)；

E_y —— 挡土墙承受的土压力在竖直方向的分力 (kN)；

f_4 —— 倾斜基础底下地基土的摩擦系数；

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)；

γ —— 倾斜基础底下三角形土楔体的容重 (kN/m³)。

3. 倾覆稳定计算

【软件计算结果】

倾覆稳定性验算

相对于墙趾点，墙身重力的力臂 $Z_w = 1.974$ (m)

相对于墙趾点， E_y 的力臂 $Z_x = 2.972$ (m)

相对于墙趾点， E_x 的力臂 $Z_y = 1.777$ (m)

基础为钢筋混凝土底板，验算挡土墙绕基础趾点倾覆稳定性

基础截面积 = 2.685 (m²) 基础重量 $W_j = 61.744$ kN

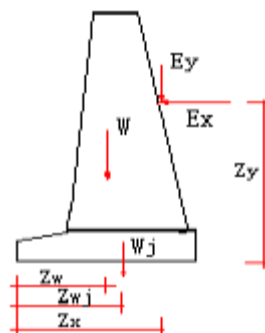
基础重心距离基础趾点的水平距离 = 2.685 (m)

倾覆力矩 = 310.049 (kN-m) 抗倾覆力矩 = 1359.812 (kN-m)

倾覆验算满足: $K_0 = 4.386 > 1.500$

【计算书解释说明】

计算简图：



计算公式：

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

式中：

W_j —— 挡土墙基础的自重重力 (kN)；

Z_{wj} —— 挡土墙基础的自重重力的重心到倾覆计算点的水平距离 (m)；

4. 地基应力及偏心距验算

【软件计算结果】

地基应力及偏心距验算

基础为钢筋混凝土底板，验算底板下的偏心距及基底压应力

基础截面积 = 2.685 (m²) 基础重量 W_j = 61.744 kN

作用于基础底的总竖向力 = 457.513 (kN) 作用于墙趾下点的总弯矩 = 1049.763 (kN-m)

基础底面宽度 B = 5.369 (m) 偏心距 e = 0.390 (m)

基础底面合力作用点距离基础趾点的距离 Z_n = 2.295 (m)

基底压应力：趾部=122.353 踵部=48.075 (kPa)

最大应力与最小应力之比 = 122.353 / 48.075 = 2.545

作用于基底的合力偏心距验算满足： $e=0.390 \leq 0.250 \times 5.369 = 1.342$ (m)

墙趾处地基承载力验算满足： 压应力=122.353 \leq 180.000 (kPa)

墙踵处地基承载力验算满足： 压应力=48.075 \leq 195.000 (kPa)

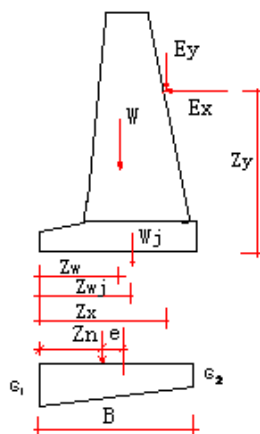
地基平均承载力验算满足： 压应力=85.214 \leq 150.000 (kPa)

【计算书解释说明】

当挡土墙采用天然地基、换土地基、钢砼底板式基础时，一般须作基底应力和偏心距的验算。

1) 偏心距 e

计算简图：



有基础时

计算公式：

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

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

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

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）；

W —— 挡土墙的自重重力（kN）；

E_y —— 挡土墙承受的土压力在竖直方向的分力 (kN);

E_x —— 挡土墙承受的土压力在水平方向的分力 (kN);

Z_x —— 挡土墙承受的土压力在竖直方向的分力到墙趾点的水平距离 (m);

Z_y —— 挡土墙承受的土压力在水平方向的分力到墙趾点的竖向距离 (m);

Z_w —— 挡土墙的自重重力的重心到墙趾点的水平距离 (m);

W_j —— 挡土墙基础的自重重力 (kN);

Z_{wj} —— 挡土墙基础的自重重力的重心到倾覆计算点的水平距离 (m)。

2) 地基应力 σ

(1) $e \leq B/6$

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

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

$$\sigma \leq \lambda_3 [\sigma]$$

式中:

$\sigma_{1,2}$ —— 分别为挡土墙墙趾、墙踵的地基应力 (kPa);

σ —— 挡土墙基础底面的平均压应力 (kPa);

$\lambda_{1,2}$ —— 分别为墙趾、墙踵的地基承载力提高系数;

一般挡墙: 墙趾提高系数, 默认为 1.2; 墙踵提高系数, 默认为 1.3;

抗震挡墙: 墙趾提高系数, 默认为 1.5; 墙踵提高系数, 默认为 1.625;

λ_3 —— 地基平均承载力提高系数; 一般挡墙: 默认为 1.0; 抗震挡墙: 默认为 1.25;

$[\sigma]$ —— 挡土墙地基允许的承载力 (kPa);

其它符号同上。

(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:

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

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

式中:

- σ_{max} —— 地基应力重分布之后，最大的地基压应力 (kPa)；
 $[\sigma]$ —— 挡土墙地基允许的承载力 (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。

【疑难解答】

重力式挡土墙“作用于基础底的总竖向力”是如何算得的？

答：方法如下：

①当只有第一破裂角时：

作用于基础底的总竖向力 = 墙身重量 + 土压力的竖向分力；

②当出现第二破裂角时：

作用于基础底的总竖向力 = 墙身重量 + 墙背与第二破裂面之间土楔重 + 第二破裂面上土压力的竖向分力。

5. 基础强度验算

【软件计算结果】

基础强度验算

基础为钢筋混凝土底板，需要作强度验算

基础截面积 = 2.685 (m²) 基础重量 Wj= 61.744 kN

基础底面宽度 B = 5.369 (m) 偏心距 e = 0.390 (m)

基础底面合力作用点距离趾点的距离 Z_n = 2.295 (m)

基础底压应力：趾部=122.353 踵部=48.075 (kPa)

剪应力验算满足：Q = 93.455 (kN) <= h*[t] = 400.000 (kN)

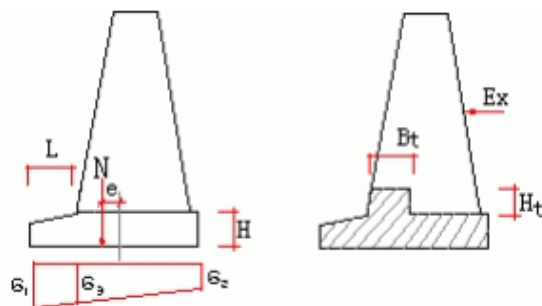
主拉应力验算满足：Q = 93.455 (kN) <= 230.550 (kN)

底板与墙体衔接处弯矩：M = 37.972 (kN-m)

钢筋面积：As = 1000000 × 37.972 / (0.87 × (0.500 - 0.000) × 210000.000)
 = 415.68 (mm²/m)

【计算书解释说明】

对于钢筋混凝土底板基础，本系统做以下验算：悬挑部分剪应力验算、主拉应力验算、凸榫宽度检算、并计算所需钢筋面积。



1) 悬挑部分剪应力验算(不考虑钢筋的抗剪能力):

$$H \geq \frac{Q}{[\tau]}$$

式中:

Q ——钢筋混凝土底板与墙身衔接处每延米的剪力 (kN);

H ——钢筋混凝土底板墙趾处的厚度 (m);

$[\tau]$ ——混凝土的容许剪应力 (kPa)。

2) 悬挑部分主拉应力验算:

$$H \geq \frac{Q}{0.87[\tau_1]} + a$$

式中:

Q ——钢筋混凝土底板与墙身衔接处每延米的剪力 (kN);

H ——钢筋混凝土底板墙趾处的厚度 (m);

$[\tau_1]$ ——混凝土的容许主拉应力 (kPa);

a ——钢筋中心到底面的距离 (m)。

3) 钢筋面积计算

(1) 弯矩计算

$$M = \frac{\sigma_3 L^2}{2} + \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)L^2}{6}$$

(2) 钢筋面积计算

$$A_s = \frac{10^6 \times M}{0.87[\sigma_g](H - a)}$$

式中:

σ_1 ——基础计算截面处的最大应力 (kPa)

σ_3 ——基础悬挑根部处应力 (kPa), 如图 7.1.5-1

- L ——基础悬挑长度 (m)
 A_s ——钢筋混凝土底板计算的受拉钢筋配筋面积 (mm^2/m);
 M ——钢筋混凝土底板与墙身衔接处每延米的弯矩 ($\text{kN}\cdot\text{m}$);
 $[\sigma_s]$ ——钢筋的容许拉应力 (kPa);
 H ——钢筋混凝土底板墙趾处的厚度 (m);
 a ——钢筋中心到底面的距离 (m)。

【疑难解答】

挡土墙计算得到的内力值是设计值还是标准值?

答: 内力结果是标准值。

在进行配筋计算时, 软件自动乘以荷载分项系数得到设计值。

6. 墙身截面强度验算

【软件计算结果】

墙底截面强度验算

[土压力计算] 计算高度为 5.080 (m) 处的库仑主动土压力

按实际墙背计算得到:

第1破裂角: 36.343 (度)

$E_a=136.280 (\text{kN})$ $E_x=111.237 (\text{kN})$ $E_y=78.731 (\text{kN})$ 作用点高度 $Z_y=1.616 (\text{m})$

因为俯斜墙背, 需判断第二破裂面是否存在, 计算后发现第二破裂面不存在

地下水作用力及合力作用点坐标 (相对于墙面坡上角点)

	X 分力 (kN)	Y 分力 (kN)	Xc (m)	Yc (m)
墙面坡侧:	0.00	0.00	0.00	0.00
墙背坡侧:	0.00	0.00	0.00	0.00

验算截面以上, 墙身截面积 = 13.017 (m^2) 重量 = 299.391 kN

相对于验算截面外边缘, 墙身重力的力臂 $Z_w = 1.974 (\text{m})$

相对于验算截面外边缘, E_y 的力臂 $Z_x = 3.029 (\text{m})$

相对于验算截面外边缘, E_x 的力臂 $Z_y = 1.616 (\text{m})$

[容许应力法]:

法向应力检算:

作用于验算截面的总竖向力 = 378.122 (kN) 作用于墙趾下点的总弯矩 = 649.725 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)

相对于验算截面外边缘, 合力作用力臂 $Z_n = 1.718 (\text{m})$

截面宽度 $B = 4.569 (\text{m})$ 偏心距 $e_1 = 0.566 (\text{m})$

截面上偏心距验算满足: $e_1 = 0.566 \leq 0.300 \times 4.569 = 1.371 \text{ (m)}$

截面上压应力: 面坡=144.292 背坡=21.224 (kPa)

压应力验算满足: 计算值= 144.292 \leq 2100.000 (kPa)

切向应力检算:

剪应力验算满足: 计算值= -25.309 \leq 110.000 (kPa)

【计算书解释说明】

本系统对墙底截面和墙趾台阶顶截面做强度验算。

1) 正应力检算

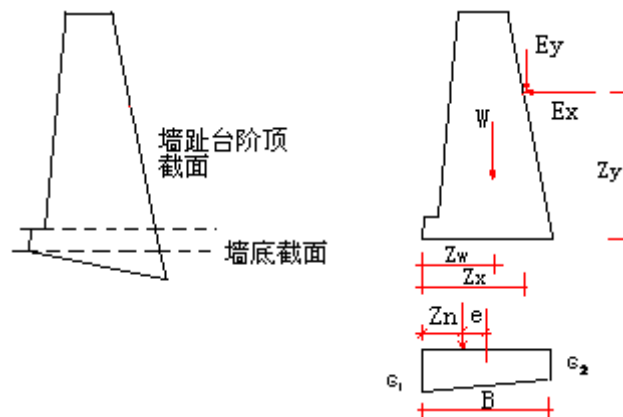
$$e = \frac{B}{2} - Z_n = \frac{B}{2} - \frac{M_{all}}{W_{all}}$$

$$M_{all} = WZ_w + E_yZ_x - E_xZ_y$$

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

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

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



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在竖直方向的分力 (kN);
 E_x ——挡土墙承受的土压力在水平方向的分力 (kN);
 Z_x ——挡土墙承受的土压力在竖直方向的分力到计算截面处内侧的水平距离 (m);
 Z_y ——挡土墙承受的土压力在水平方向的分力到计算截面处的竖向距离 (m);
 σ_{max} ——挡土墙计算截面处的最大应力 (kPa);
 σ_{min} ——挡土墙计算截面处的最小应力 (kPa);
 $[\sigma]$ ——材料的抗压 (抗拉) 设计强度 (允许值) (kPa);

2) 剪应力检算

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

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

式中:

- τ ——挡土墙计算截面处的剪应力 (kPa);
 E_y ——挡土墙承受的土压力在竖直方向的分力 (kN);
 E_x ——挡土墙承受的土压力在水平方向的分力 (kN);
 W ——挡土墙的自重重力 (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。

7. 整体稳定验算

【软件计算结果】

整体稳定验算

最不利滑动面:

圆心: (-2.05664, 4.52857)

半径 = 11.32991 (m)

安全系数 = 1.285

总的下滑力 = 447.742 (kN)

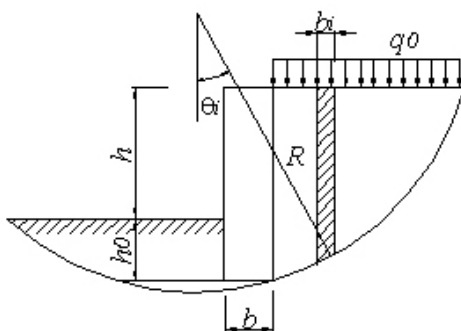
总的抗滑力 = 575.204 (kN)

土体部分下滑力	= 447.742 (kN)
土体部分抗滑力	= 575.204 (kN)
筋带的抗滑力	= 0.000 (kN)

整体稳定验算满足：最小安全系数=1.285 >= 1.250

【计算书解释说明】

系统按瑞典条分法计算整体稳定性，采用有效应力法。



$$K = \frac{M_k}{M_q} = \frac{\sum c'_{ik} l_i + \sum (q_0 b_i + w'_i) \cos \theta_i \tan \phi'_{ik} + p_s + p'_w}{\sum (q_0 b_i + w_i) \sin \theta_i + p_e + p_w}$$

K —— 整体稳定安全系数；

M_k —— 抗滑力矩 (kN·m)；

M_q —— 滑动力矩 (kN·m)；

c'_{ik} —— 最危险滑动面上第 i 土条滑动面上土的固结排水(慢)剪粘聚力 (kPa)；

ϕ'_{ik} —— 内摩擦角标准值 (°)；

l_i —— 第 i 土条的滑裂面弧长 (m)；

b_i —— 第 i 土条的宽度 (m)；

w_i —— 作用于滑裂面上第 i 土条的重量，水位以上按上覆土层的天然土重计算，水位以下按上覆土层的饱和土重计算 (kN/m)；根据界面交互的浮重度 +10 后采用；

w'_i —— 作用于滑裂面上第 i 土条的重量，水位以上取按上覆土层的天然土重计算，水位以下按上覆土层的浮重度计算 (kN/m)；

θ_i —— 第 i 土条弧线中点切线与水平线夹角 (°)；

q_0 —— 作用于坡面上的荷载 (kPa)；

p_s —— 筋带作用力产生的抗滑力矩 (kN·m)；

p_e —— 地震作用力产生力矩 (kN·m)；

p_w —— 当墙前（面侧）水位高于墙前地面线时，水的水平压力产生的力矩 (kN·m)，其它情况取 0；

p_w —— 当墙后（背侧）水位高于墙后坡面起始点时，水的水平压力产生的力矩 (kN·m)，其它情况取 0。

五、附录一坡线上排车荷载的换算土柱高度计算

在选择公路行业时，系统可根据公路等级自动计算换算土柱的高度。下面以公路-I 级和公路-II 级为例，进行说明。

1. 计算方法如下：

- ①首先计算在路基宽度范围内可排车的列数；
- ②计算无坡线荷载时破裂土楔体的宽度，并计算在土楔体宽度范围内的车辆总轮重；
- ③计算车辆荷载布置长度；
- ④根据土的重力密度，计算等效土柱高度；
- ⑤等效土柱的宽度，为路基宽度。重新搜索破裂面，计算土压力。

2. 具体计算步骤如下：

- ①计算路基宽度内可并排车的列数，即计算路基宽度内最大可并排几辆车：

$$n = \frac{L - 2a + 2b + c}{d + 2b + c}$$

式中：

L —— 路基宽，单位 m；

车轮中线距离路肩边线的距离，取 $a=0.5+a_0$ ；其中 a_0 为路

a —— 肩宽度，即土柱距坡线起点的距离；0.5 为最小安全距离，单位 m；

b —— 车轮中线距离车辆边缘的距离，即（车宽—轮距）/2，取 0.35m；

c —— 两车之间的净距，取 0.6m；

d —— 车轮距，取 1.8m；

n —— 路基宽度内可并排车的列数，取整数；

- ②计算每个车轮的位置，其中前轮着地宽度为 0.3m，中、后轮着地宽度为 0.6m。

③计算作用在路基上的车体的总重力：当车轮全部压在土楔体的宽度 L_0 范围内时，计入该车轮的全部重力；当车轮只有部分面积压在土楔体的宽度 L_0 范围内时，按在范围内的面积占整个着地面积的比例，计入该车轮的重力。（前轴每个轮子的重力为 15kN，中轴每个轮子的重力为 60kN，后轴每个轮子的重力为 70kN。）

④计算布置长度

$$B = 13 + H \tan 30^\circ$$

式中：

B —— 车辆荷载的布置长度，单位 m，当大于 20m 时，取 20m；

H —— 挡土墙高度，单位 m；

⑤计算换算土柱的高度

$$h = \frac{\sum G}{Bl_0 \gamma}$$

式中：

h —— 换算土柱的高度，单位 m；

γ —— 土的重力密度 (kN/m^3)，当为多层土时，取最上一层土的指标；

$\sum G$ —— 布置在面积内的车轮的总重力，单位 kN；

B —— 车辆荷载的布置长度，单位 m；

l_0 —— 墙后填土的破坏棱体长度，单位 m；

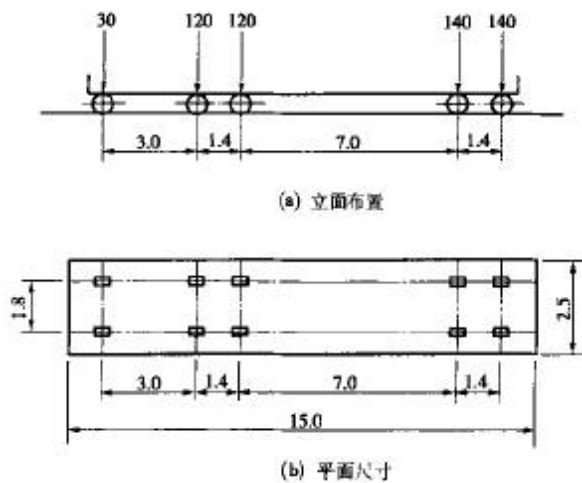


图 4.3.1-2 车辆荷载的立面、平面尺寸

(图中尺寸单位为 m, 荷载单位为 kN)

《公路桥涵设计通用规范 (JTGD60-2004)》中车辆尺寸

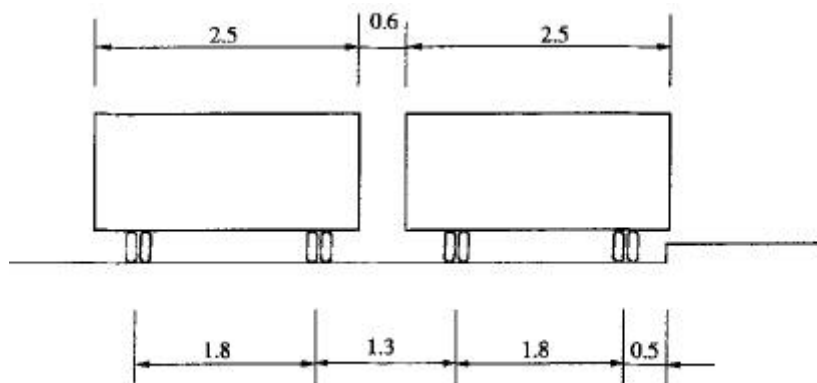


图 4.3.1-3 车辆荷载横向布置(图中尺寸单位为 m)

《公路桥涵设计通用规范 (JTGD60-2004)》中车辆布置尺寸

3. 举例说明如下:

公路-I级

①计算路基宽度内可并排车的列数

路基面总宽 $L=5.000$ (m), 路肩宽 $a_0=0.000$ (m) 安全距离 $=0.500$ (m)单车车辆外侧车轮中心到车辆边缘距离 $b=0.350$ (m), 车与车之间距离 $c=0.600$ (m)

$$n = \frac{5 - 2 \times 0.5 + 2 \times 0.35 + 0.6}{1.8 + 2 \times 0.35 + 0.6} = 1.7 \quad \text{取 } n=2$$

经计算得, 路面上横向可排列此种车辆 2列

②计算每个车轮的位置

土楔体的宽度 $l_0=4.113$ (m), 布置宽度范围内车轮及轮重列表:

第1列车:

轮号	中点距 路边距离 (m)	轮宽 (m)	全部 轮压 (kN)	破裂体 上轮压 (kN)
01	0.500	0.300	15.000	15.000
02	2.300	0.300	15.000	15.000
03	0.500	0.600	60.000	60.000
04	2.300	0.600	60.000	60.000
05	0.500	0.600	60.000	60.000
06	2.300	0.600	60.000	60.000
07	0.500	0.600	70.000	70.000
08	2.300	0.600	70.000	70.000
09	0.500	0.600	70.000	70.000

10	2.300	0.600	70.000	70.000
第2列车:				
	中点距		全部	破裂体
轮号	路边距离(m)	轮宽(m)	轮压(kN)	上轮压(kN)
01	3.600	0.300	15.000	15.000
02	5.400	0.300	15.000	0.000
03	3.600	0.600	60.000	60.000
04	5.400	0.600	60.000	0.000
05	3.600	0.600	60.000	60.000
06	5.400	0.600	60.000	0.000
07	3.600	0.600	70.000	70.000
08	5.400	0.600	70.000	0.000
09	3.600	0.600	70.000	70.000
10	5.400	0.600	70.000	0.000

③计算作用在路基上的车体的总重力

荷载值SG=825.000(kN)

④计算布置长度

$$B = 13 + 6 \times \tan 30^\circ = 16.464 \text{ (m)}$$

⑤计算换算土柱的高度

$$h = \frac{825}{4.113 \times 16.464 \times 19} = 0.641 \text{ (m)}$$