

第 八 篇

锚定板挡土墙设计 与施工技术

第一章 锚定板挡土墙构造

第一节 概述

一、锚定板结构与挡土原理

锚定板挡土墙由墙面系、钢拉杆及锚定板和填料共同组成,如图 8—1—1 所示。墙面系由预制的钢筋混凝土肋柱和挡土板拼装,或者直接用预制的钢筋混凝土面板拼装而成。钢拉杆外端与墙面系的肋柱或面板连接,而内端与锚定板连接,通过钢拉杆,依靠埋置在填料中的锚定板所提供的抗拔力来维持挡土墙的稳定。锚定板挡土墙是一种适用于填土的轻型挡土结构,它与锚杆挡土墙的区别是:抗拔力不是靠钢拉杆与填料的摩阻力来提供,而是由锚定板提供。锚定板挡土结构可以用作挡土墙、桥台或港口码头的护岸。锚定板挡土墙和加筋土挡墙一样都是一种适用于填土的轻型挡土结构,但二者的挡土原理不同。锚定板挡土结构是依靠填土与锚定板接触面上的侧向承载力以维持结构的平衡,不需要利用钢拉杆与填土之间的摩擦力。因此它的钢拉杆长度可以较短,钢拉杆的表面可以用沥青玻璃布包扎防锈,而填料也不必限用摩擦系数较大的砂性土。从防锈、节省钢材和适应各种填料三个方面比较,锚定板挡土结构都有较大的优越性,但施工程序较加筋土挡墙复杂一些。

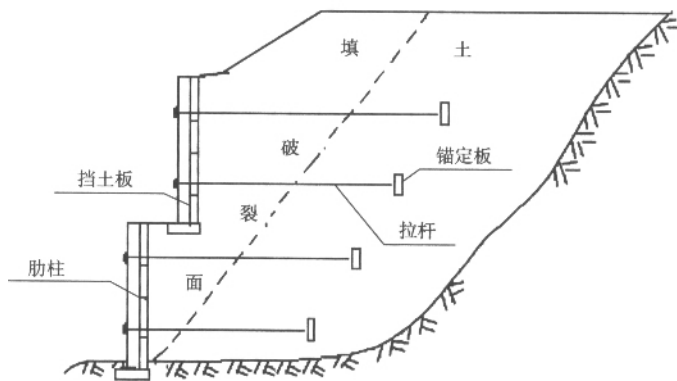


图 8—1—1 两级肋柱式锚定板挡土墙断面图

二、锚定板挡土墙类型

锚定板挡土墙按其使用情况可分为路肩墙、路堤墙、货场墙、码头墙和坡脚墙等,如图 8—1—2a)~d)所示。按墙面的结构形式可分为肋柱式和无肋柱式,如图 8—1—2e)~f)

所示,肋柱式锚定板挡土墙的墙面系由肋柱和挡土板组成,一般为双层拉杆,锚定板的面积较大,拉杆较长,挡土墙变形较小。无肋柱式锚定板挡土墙的墙面系由钢筋混凝土面板组成。外表美观、整齐、施工简便,多用于城市交通的支挡结构物工程。锚定板挡土墙是锚定板挡土结构中的一种,本章将以肋柱式锚定板挡土墙为例介绍这种支挡结构的设计计算方法。

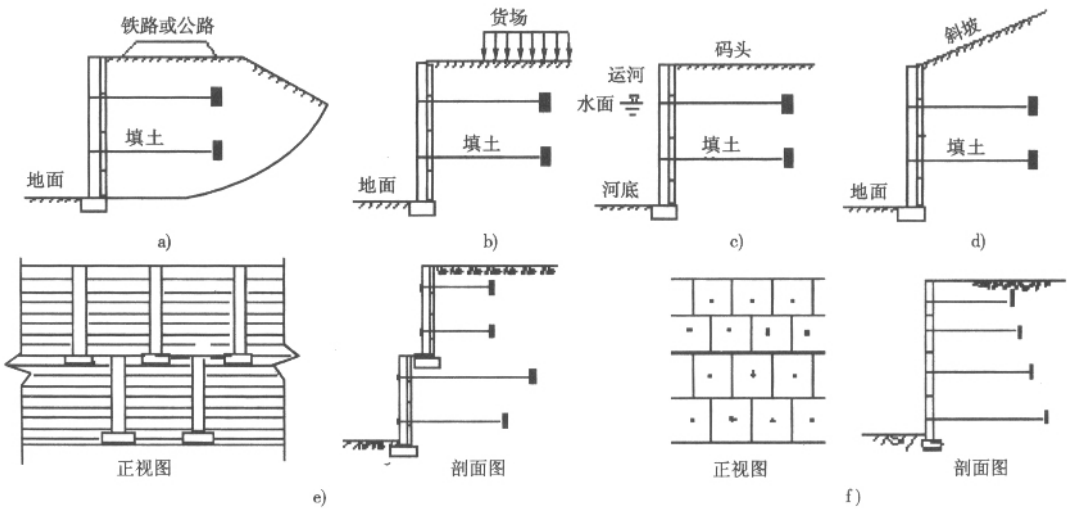


图 8—1—2 锚定板挡土墙类型

a)路肩墙;b)货场墙;c)码头墙;d)坡脚墙;e)肋柱式锚定板挡墙(两级双层拉杆);f)无肋柱式锚定板挡墙

三、设计原理

如前所述,锚定板挡土墙是由墙面系、钢拉杆及锚定板和填料共同组成的,这是一个整体结构。在这个整体结构内部,存在着作用在墙面上的土压力、锚杆拉力、锚定板抗拔力等互相作用的内力。这些内力必须互相平衡,才能保证结构内部的稳定。与此同时,在锚定板结构的周围边界上,还存在着从周围边界以外传来的土压力、活荷载及其他重物荷载,以及结构自重所产生的反作用力和摩擦力。这些边界上的作用力也必须互相平衡,才能保证锚定板结构的整体稳定,防止发生滑动或蠕动变形。由此可见,锚定板结构设计计算的基本原理是锚定板有足够的抗拔力才能确保锚定板结构的整体稳定。主要设计内容:确定墙面上压力、锚定板抗拔力计算、整体稳定性验算用以确定钢拉杆的长度、肋柱、拉杆、面板等结构的内力计算、基础设计等。

第二节 肋柱式锚定板挡土墙构造

肋柱式锚定板挡土墙由肋柱、锚定板、挡土板、钢拉杆、连接件及填料组成,一般情况下应设有基础。根据地形可以设计为单级或双级墙。单级墙的高度不宜大于6m,双级墙的总高度不宜大于10m。双级墙上下两级间宜设置平台,平台宽度不宜小于2.0m,平台顶面宜用15cm厚C15混凝土封闭,并设2%向外横向排水的坡度。肋柱式锚定板挡墙

上、下两级墙的肋柱应沿线路方向相互错开。墙面板、肋柱及锚定板等钢筋混凝土构件的混凝土强度等级不应小于 C20。下面介绍各组成部分的构造要求。

(一) 肋柱

肋柱的间距视工地上机械的起吊能力和锚定板的抗拔力而定,一般为 1.5~2.5m。肋柱截面多为矩形,也可设计成 T 形、I 字形。为安放挡土板及设置钢拉杆孔,截面宽度不小于 24cm。厚度不宜小于 30cm,每级肋柱高采用 3~5m 左右。上下两级肋柱接头宜用榫接,也可以做成平台并相互错开。每根肋柱按其高度可布置 2~3 层拉杆,其位置尽量使肋柱受力均匀。肋柱底端视地基承载力、地基的岩性及埋深情况,一般可按自由端或铰支端设计,如埋置较深,且岩性坚硬,也可视为固定端。如地基承载力较低,应设基础。

肋柱设置钢拉杆穿过的孔道。孔道可做成椭圆孔或圆孔,直径大于钢拉杆直径,空隙将填塞防锈砂浆。肋柱与锚定板均应预留拉杆孔洞。锚定板、肋柱与螺丝端杆连接处,在填土前宜用沥青砂浆充填,并用沥青麻筋塞缝,外露的杆端和部件宜待填上下沉基本稳定后,用水泥砂浆封填。由于锚定板挡土墙为拼装结构,为避免产生过大的位移,规定肋柱安装时严禁前倾,应适当后仰,其后仰倾斜度宜为 20:1。肋柱吊装时,应在肋柱基础的杯座槽内铺垫沥青砂浆。

(二) 锚定板

锚定板通常采用方形钢筋混凝土板,也可采用矩形板,其面积不小于 0.5m^2 ,一般选用 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 。锚定板预制时应预留拉杆孔,其要求同肋柱的预留孔道。

(三) 挡土板

挡土板可采用钢筋混凝土槽形板、矩形板或空心板。矩形板厚度不小于 15cm,挡土板与两肋柱搭接长度不小于 10cm,挡土板高一般用 50cm。挡土板上应留有泄水孔,在板后应设置反滤层。

(四) 钢拉杆

拉杆宜选用螺纹钢筋,其直径不小于 22mm,亦不大于 32mm。通常,钢拉杆选用单根钢筋,必要时,可用两根钢筋组成一钢拉杆。拉杆的螺丝端杆选用可焊性和延伸性良好的钢材,以便于与钢筋焊接组成拉杆。采用精轧钢筋时,不必焊接螺丝端杆。

(五) 拉杆与肋柱、锚定板的连接

拉杆前端与肋柱的连接和锚杆挡土墙相同。拉杆后端用螺帽、钢垫板与锚定板相连。锚定板与钢拉杆组装后,孔道空隙应当填满水泥砂浆。

(六) 填料

锚定板挡土墙墙面板背后的填料应采用砂类土(粉砂、粘砂除外)、碎石类、砾石类土以及符合规定的细粒土。不得采用膨胀土、盐渍土,严禁采用有腐蚀作用的酸性土和有机质土。填料若为细粒土时,路基顶面应采取防排水措施,例如设置柔性封闭层。

(七) 基础

应根据地基承载力确定是否需要设置基础,基础材料可采用 C15 混凝土或 M7.5 水

泥砂浆浆砌片石。无肋柱式锚定板挡土墙可采用浆砌片石或混凝土条形基础；肋柱式挡土墙的基础可采用混凝土条形基础、杯座式基础等。基础验算应按重力式挡土墙的基础验算方法办理。基础厚度不宜小于 50cm，襟边不宜小于 15cm。基础埋置深度应满足重力式挡土墙基础的要求，应不小于 1.0m 及冻结线以下 0.25m。采用杯座式基础还可减少肋柱吊装时的支撑工作量，杯座基础的设计如图 8—1—3 所示，相应尺寸见表 8—1—1。它应符合以下要求：

- (1)当 $h \leq 1.0\text{m}$ 时, $H_1 \geq h$ 或 $H_1 \geq 0.05$ 倍肋柱长(指吊装时肋柱长)；
- (2)当 $h > 1.0\text{m}$ 时, $H_1 \geq 0.8h$ 且 $H_1 \geq 1.0\text{m}$ ；
- (3)当 $b/h \geq 0.65$ 时, 杯口一般不配钢筋。

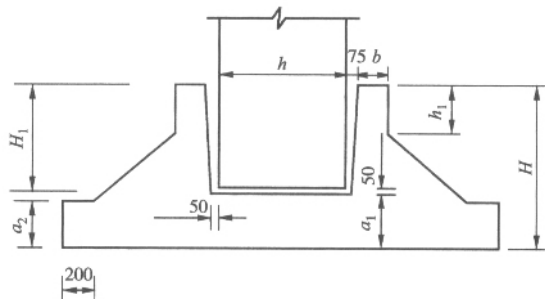


图 8—1—3 杯座基础(尺寸单位:mm)

表 8—1—1 矩形、工字形肋柱、杯座基础尺寸参考表(mm)

肋柱截面长边尺寸	a_1	a_2	b	杯口深度 $=H_1+50$
300	150	150	200	350
500	150	150	200	550
600	200	200	200	650
700	200	200	200	750
800	200	200	250	850
900	200	200	250	950
1000	200	200	300	1050
1100	200	200	300	1050
1200	250	200	300	1050
1300	250	250	300	1100
1400	250	250	350	1200
1500	300	300	350	1250
1600	300	300	400	1350
1800	350	350	400	1500
2000	350	350	400	1650

(八)反滤层

当有水流入锚定板挡土墙墙背填料时,应在墙背底部至墙顶以下 0.5m 范围内,填筑不小于 0.3m 厚的渗水材料或用无砂混凝土板、土工织物作为反滤层,并应采取排水措施。

第二章 肋柱式锚定板挡土墙设计

肋柱式锚定板挡土墙设计的主要内容:墙背土压力计算,肋柱、锚定板、拉杆、挡土板的内力计算及配筋设计,以及锚定板挡土墙的整体稳定验算。

第一节 墙背土压力计算

锚定板挡土墙墙面板所受的土压力系由墙后填料及外荷载引起。由于挡土板、拉杆、锚定板及填料的相互作用,影响土压力的因素很多,例如填料性质、压实程度、拉杆位置及长度、锚定板大小等,是一个很复杂并涉及土与结构相互作用的问题,目前一般作一些假定和简化来加以计算。大量的现场实测及模型试验表明,土压力大于库仑主动土压力公式的计算值,故《铁路路基支挡结构设计规范》中规定:填料引起的土压力,采用库仑主动土压力公式计算,然后乘以增大系数 β 的办法,增大系数一般采用 $1.2 \sim 1.4$ 。对于位移要求较严格的结构,土压力增大系数应取大值。试验表明,填料所产生的土压力分布图形为抛物线图形,为了简化计算,采用由三角形和矩形组合的图形,如图8-2-1所示。图中:

$$\sigma_H = 1.38 \frac{E_x}{H} \cdot \beta \quad (1-1)$$

式中: σ_H ——水平土压力(kPa);

E_x ——库仑主动土压力的水平分力(kN/m);

β ——土压力增大系数;

H ——墙高(m),当为双级墙时, H 为上下墙之和。

列车荷载对墙面板土压力的影响:根据实测资料,列车荷载对土压力的影响不大,而且只对上层拉杆有影响。实测列车荷载产生的土压力值,其结果远小于现行路基支挡规范规定的计算列车荷载产生的土压力。因此列车荷载产生的压力,仍按重力式挡土墙有关规定计算,不再乘以增大系数。其他外荷载所产生的土压力,限于目前积累的资料不多,也按重力式挡土墙有关规定计算。将各种荷载所产生的土压力迭加起来就是墙面板所承受的总的土压力。

第二节 锚定板容许抗拔力

当锚定板受拉杆牵动向前的位移时,锚定板要向前方土体施加压力,而前方土体受压缩所提供的抗力则维持锚定板的稳定。因此锚定板抗力计算是一个很复杂的问题,与锚定板的埋深、填土的力学特性、填土的密实度、墙面系的变形情况等有关。锚定板单位面积

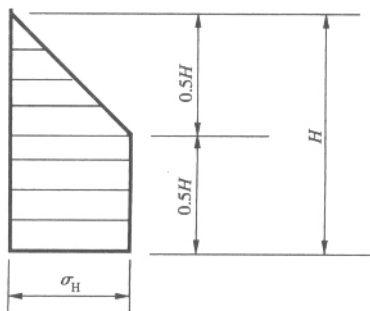


图 8-2-1 填料产生的土压力分布图式

容许抗拔力应根据现场拉拔试验确定,如无现场试验资料,可根据经验按下列三种方法选用,如缺乏经验,可同时考虑这三种方法,采用偏于安全的计算结果。

一、铁科院建议的容许抗拔力

为了解决实际工程中锚定板抗拔力问题,铁道部科学研究院和协作单位共同进行了大量现场原形试验,通过对原形试验资料的分析研究,并在多处实际工程中应用验证后,提出锚定板单位面积容许抗拔力 $[P]$ 按以下数值选用:

当锚定板埋置深度为 5~10m 时, $[P]=130\sim150\text{kPa}$;

当锚定板埋置深度为 3~5m 时, $[P]=100\sim120\text{kPa}$;

当锚定板埋置深度小于 3m 时,锚定板的稳定不是由抗拔力控制,而是由锚定板前被动抗力阻止板前土体破坏来控制。这时锚定板的“抗拔力”应按下式计算:

$$[P] = \frac{1}{2K} \gamma h_i^2 (\lambda_p - \lambda_a) \cdot B \quad (2-1)$$

式中: $[P]$ ——不是单位面积容许抗拔力,为了和深埋锚定板的容许抗拔力保持一致,将 $[P]$ 视作单块锚定板的容许抗拔力;

h_i ——锚定板埋置深度;

B ——锚定板边长;

K ——安全系数,不小于 2;

γ ——填料重度;

λ_p, λ_a ——库仑被动土压力和主动土压力系数。

二、铁三院建议的经验计算式

铁三院以室内模型试验(填料采用龙口石英砂)资料为依据,并用部分现场资料校核归纳,建议锚定板容许抗拔力可按下式计算:

$$[P] = \frac{P_f}{K} \quad (2-2)$$

$$P_f = \arctan \left[5.7 \left(\frac{H}{h} \right)^{-0.41} \cdot \ln \left(\frac{H}{h} \right) \right] \cdot \beta^{-1} \quad (2-3)$$

式中: $[P]$ ——锚定板容许抗拔力(kN);

K ——安全系数,可采用 2~3;

P_f ——锚定板极限抗拔力(kN);
 H ——锚定板的埋深,为填土顶面至锚定板底面之距离(cm);
 h ——锚定板高度(cm)。

当 $\frac{H}{h}>(\frac{H}{h})_{cr}$ 时,以 $(\frac{H}{h})_{cr}$ 值代入经验式中。

其中,锚定板临界埋深比 $(\frac{H}{h})_{cr}=20.2h^{-0.307}$,锚定板尺寸系数 $\beta=100(\frac{h'}{h})^{2.66}$, $h'=10\text{cm}$ 。

各种锚定板尺寸的临界埋深比和锚定板尺寸系数值如表 8—2—1。

表 8—2—1 锚定板的临界埋深比与锚定板尺寸系数值

锚定板尺寸(cm)	60×60	70×70	80×80	90×90	100×100	110×110
$(H/h)_{cr}$	5.75	5.48	5.26	5.07	4.91	4.77
β	0.851	0.565	0.396	0.290	0.219	0.170

三、铁四院根据室内模型试验,推荐的经验计算式

$[P'] = 0.01\beta \cdot K_b \cdot K_h \cdot E_s$ (2—4)

$K_h = (\frac{H_2}{h})^{\frac{1}{2}}$ (2—5)

式中: $[P']$ ——锚定板单位面积容许抗拔力(kPa);
 K_b ——无量纲系数,其数值按 $K_b=\sqrt{b}$ 确定(b 为用米表示时矩形锚定板的短边长度);
 K_h ——与锚定板埋深比有关的系数;
 H_2 ——拉杆至柱底的距离(m);
 h ——锚定板高度(m);
 E_s ——填土试验压缩模量(kPa),无试验资料时,对一般粘性土填料,根据拉杆至柱底的距离 H_2 ,参照下列数值采用:

$H_2\leqslant 3\text{m}$ 时, $E_s\approx 4\ 000\sim 6\ 000\text{kPa}$
 $H_2>3\text{m}$ 时, $E_s\approx 6\ 000\sim 8\ 000\text{kPa}$

β ——与锚定板埋设位置有关的折减系数。

当 $l>H_1\cot\alpha+(a+b)$ 时, $\beta=1.0$, 否则可按下式计算:

$\beta = \frac{l}{H_1\cot\alpha+(a+b)}$ (2—6)

式中: l ——拉杆长度(m);
 H_1 ——拉杆至填土表面的距离(m);
 a,b ——矩形锚定板的长度、宽度(m)。
其中:

$\cot\alpha = \frac{l}{H_1-\frac{h}{2}}$

第三节 稳定性分析

目前常用的整体稳定性分析方法有 Kranz 法(折线裂面法)、铁科院建议的折线滑面法、整体土墙法等。我国《铁路路基支挡结构设计规范》推荐使用 Kranz 法和整理土墙法。下面对这三种方法加以介绍。

一、Kranz 法,也称为折线裂面法

该方法由 Kranz 于 1953 年提出。下面介绍单层和双层锚定板的稳定性分析方法。

1. 单层锚定板的稳定性分析

图 8-2-2a) 表示一种最简单的单层锚定板结构。Kranz 根据大量的计算得出如下结论:当拉杆力作用于锚定板时,在经过锚定板可能产生的所有滑面中,折线滑面 BCD (由 BC 和 CD 两段直线所组成) 是最危险的滑面。其中 B 点是墙面的下端, C 点是锚定板的底部, 而 CD 段是锚定板后方的主动土压裂面。

Kranz 的分析方法采取隔离土体 $ABCV$ 为对象, 并分析其各个边界上所受的外力和平衡关系, 如图 8-2-2b)。

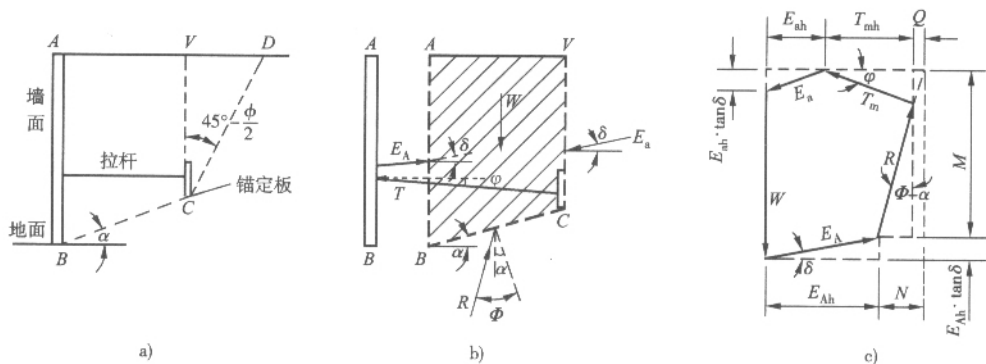


图 8-2-2 单层锚定板结构稳定性分析图示

a) 单层锚定板及其滑面 BCD ; b) 隔离体 $ABCV$ 及其所受外力; c) 力多边形的几何关系 ($\alpha < \Phi$)

图中: CV ——通过 C 点的竖直隔离线;

W ——土体 $ABCV$ 的重力;

R —— BC 面上的反力, 其方向与竖直线的夹角为 $\Phi - \alpha$;

E_A, E_a ——作用在 AB 面和 CV 面上的主动土压力;

T ——拉杆的设计拉力, 即实际拉力值;

T_m ——从力多边形求得的拉杆最大拉力;

$E_{Ah}, E_{ah}, T_{mh}, T_h$ —— E_A, E_a 和 T_m, T 的水平分力;

α ——滑面 BC 段的倾角;

φ ——拉杆的倾角;

δ ——墙背摩擦角;

Φ ——填土的内摩擦角。

从土体 $ABCV$ 的静力平衡条件中求拉杆所能承受的最大拉力 T_m , 并认为土体 $ABCV$ 的抗滑安全系数 F_s 应等于 T_m 与 T 之比值。从图 8-2-2c) 中的力多边形中可见: W 、 E_A 和 E_a 的数值均可按结构的尺寸求得, T_m 和 R 的方向为已知, 但其数值需根据力多边形的几何关系计算如下:

$$M = W - (E_{Ah} - E_{ah}) \tan \delta$$

(2-7a)

$$N = M \tan(\Phi - \alpha) - Q = [W - (E_{Ah} - E_{ah}) \tan \delta] \tan(\Phi - \alpha) - Q$$

(2-8a)

$$Q = T_{mh} \cdot \tan \varphi \cdot \tan(\Phi - \alpha)$$

(2-9a)

$$T_{mh} = E_{Ah} + N - Q - E_{ah}$$

(2-10a)

若令

$$f_0 = \frac{1}{1 + \tan \varphi \cdot \tan(\Phi - \alpha)}$$

(2-11a)

从式(2-11a)可推导求得:

$$T_{mh} = f_0 [E_{Ah} - E_{ah} + N]$$

(2-12a)

由此可计算土体 $ABCV$ 的抗滑安全系数 F_s :

$$F_s = T_{mh} / T_h$$

(2-13a)

2. 双层锚定板结构的第一种情况

上层拉杆的长度不大于下层拉杆的长度。图 8-2-3 表示双层锚定板结构的第一种情况。其下层锚定板的滑面应为 BCD , 因而下层锚定板稳定性分析的隔离体和力多边形与图 8-2-2 完全相同, 可以用公式(2-8a)至(2-14a)计算其抗滑安全系数。但其中 $T = T_1 + T_2$ 。

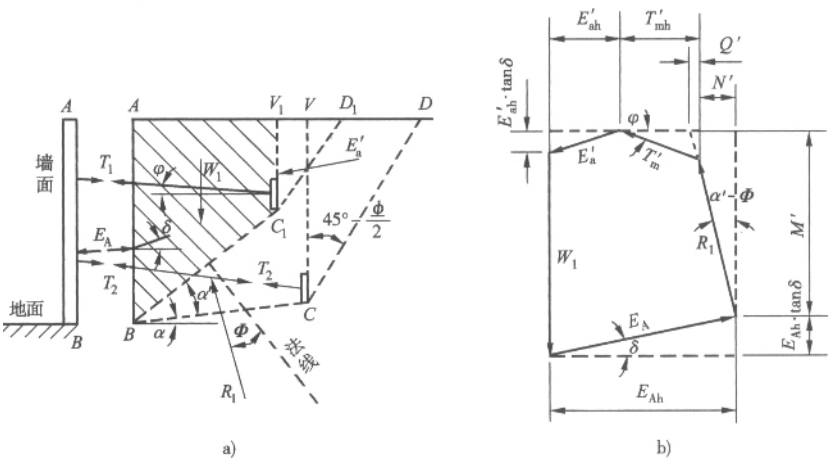


图 8-2-3 双层锚定板结构的上层锚定板稳定性分析图示
a) ABC_1V_1 隔离体及所受外力; b) 力多边形的几何关系 ($\alpha > \Phi$)

对于图 8-2-3 上层锚定板的滑面, Kranz 假定为 BC_1D_1 , 因而其稳定性分析所取的隔离体为 ABC_1V_1 , 其力多边形如图 8-2-3b)。

图中: W_1 ——土体 ABC_1V_1 的重力;

E'_a —— C_1V_1 面上所受的主动上压力;

R_1 —— BC_1 滑面上所受的反力;

T_1 和 T_2 ——拉杆的设计应力;

T'_m ——在 BC_1 滑面的平衡条件下(即土体 ABC_1V_1 的平衡条件)上层拉杆所能承受的最大拉力;

E'_{ah}, T'_{mh}, T_{lh} ——各有关力的水平分力;

α' —— BC_1 的倾角;

$E_A, \varphi, \delta, \Phi$ ——意义均与图 8-2-2 相同。

在图 8-2-3 中, W_1, E_A 和 E'_a 的数值均可按结构尺寸计算求得, T'_m 和 R_1 的方向为已知, 但其数值需根据力多边形的几何关系计算如下:

$$M' = W_1 - (E_{Ah} - E'_{ah}) \tan \delta \quad (2-7b)$$

$$N' = M' \tan(\alpha - \Phi) = [W_1 - (E_{Ah} - E'_{ah}) \tan \delta] \tan(\alpha' - \Phi) \quad (2-8b)$$

$$Q' = T'_{mh} \cdot \tan \varphi \cdot \tan(\alpha' - \Phi) \quad (2-9b)$$

$$T'_{mh} = E_{Ah} - E'_{ah} - N' + Q' \quad (2-10b)$$

若令

$$f'_0 = \frac{1}{1 + \tan \varphi \cdot \tan(\alpha' - \Phi)} \quad (2-11b)$$

从式(2-10b)可推导求得:

$$T'_{mh} = f'_0 [E_{Ah} - E'_{ah} - N'] \quad (2-12b)$$

由此可计算土体 ABC_1rV_1 的抗滑安全系数, 亦即 BC_1 滑面上的抗滑安全系数 F'_s :

$$F'_s = T'_{mh} / T_{lh} \quad (2-13b)$$

3. 双层锚定板结构的第二种情况

上层拉杆比下层拉杆长, 但上层锚定板的位置在下层滑面 CD 线之内, 如图 8-2-4。

在这种情况下, 应该分别检算上层锚定板和下层锚定板的稳定性。按照 Kranz 假定, 上层锚定板 C_1 的滑面为 BC_1D_1 , 下层锚定板 C 的滑面为 BCD 。下层锚定板的抗滑安全系数可按照图 8-2-2 的力多边形和公式(2-7a)至公式(2-13a)计算, 但令 $T = T_1 + T_2$ 。上层锚定板的稳定分析, 如果 BC' 的倾角 $\alpha' > \Phi$, 则与图 8-2-3 的力多边形及公式(2-7b)至公式(2-13b)的计算方法相同。但如果 $\alpha' < \Phi$, 则仍按图(8-2-2c)及其有关公式计算, 此时 $T = T_1$ 。

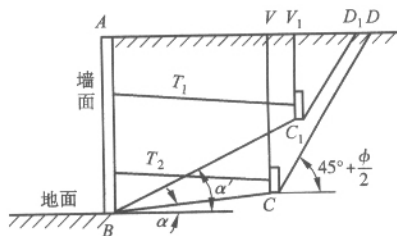


图 8-2-4 双层锚定板结构的第二种情况

4. 双层锚定板结构的第三种情况

上层拉杆比下层拉杆长, 而且上层锚定板的位置超出其下层滑面 CD 线之外, 如图 8-2-5。在这种情况下, 除了分别检算上层锚定板和下层锚定板的稳定性以外, 还需要检算这个结构整体在 BCC_1D_1 滑面上的稳定性。关于各层锚定板稳定性的分别检算, 见图 8-2-2 和图 8-2-3 及其有关公式。下层锚定板的抗滑安全系数应按照图 8-2-2 及

其有关公式计算,并令公式(2-13a)中的 $T=T_2$ 。上层锚定板的抗滑安全系数应视其滑面 BC_1 的倾角 α' 大于或小于 Φ 而分别采用图 8-2-3 或图 8-2-4 的计算方法,此时 $T=T_1$ 。

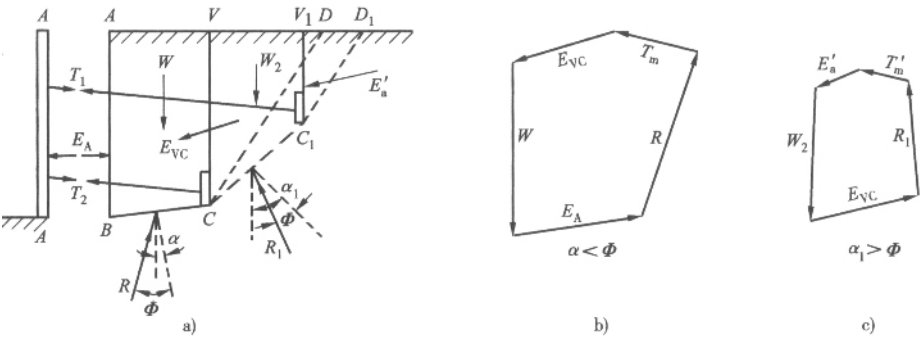


图 8-2-5 双层锚定板结构的第三种情况

a)土体 $ABCC_1V_1$; b) $ABCV$ 所受力的平衡多边形; c) VCC_1V_1 所受力的平衡多边形

关于这个结构整体在 BCC_1D_1 滑面上的稳定性分析,可取隔离体 $ABCC_1V_1$ 为稳定性分析的对象,并将其分为 $ABCV$ 和 VCC_1V_1 两部分,如图 8-2-5a)。这两部分土体边界上所受的外力及其极限平衡的力多边形分别如图 8-2-5 中的 b) 和 c)。图 8-2-5b) 为主体 $ABCV$ 的力多边形,其中 W 、 E_A 和 R 的意义与图 8-2-2 的相同。 E_{vc} 为 VC 面上所受的主动土压力(即图 8-2-2 中的 E_a) , T_m 为土体 $ABCV$ 所能提供的拉杆最大拉力。 T_m 可按照图 8-2-2 和公式(2-7a)至公式(2-13 a)的计算方法求得。

图 8-2-5c) 为土体 VCC_1V_1 的力多边形,其中 W_2 为土体 VCC_1V_1 的重力, R_1 为作用在 CC_1 滑段上的反力, T'_m 为土体 VCC_1V_1 所能提供的拉杆最大拉力。 T'_m 可按照图 8-2-3b) 和公式(2-7b)至公式(2-12b)的计算方法求得。土体 $ABCC_1V_1$ 所提供的拉杆最大拉力应等于以上所求的两部分之和,即 $T_m+T'_m$ 。因此,这个结构整体在 BCC_1D_1 滑面上的抗滑安全系数 F_s 应为:

$$F_s = \frac{T_m + T'_m}{T_1 + T_2} \tag{2-14}$$

二、折线滑面法

1. 基本假定

- (1)假定下层锚定板前方土体的临界滑裂面通过墙面底端,图 8-2-6a) 中的 B 点;
- (2)假定上层锚定板前方土体的临界滑裂面通过被分析的锚定板以下拉杆与墙面的交点,图 8-2-6a) 中的 B_1 点;
- (3)假定锚定板边界后方土体应力状态为朗金主动土压力状态。

2. 分析图式

根据以上假定可画出本方法的基本分析图式,见图 8-2-6。

图 8-2-6 中, BCD 为下层锚定板前方土体的临界滑裂面; $B_1C_1D_1$ 为上层锚定板前方土体的临界滑裂面; B_1 点为所分析的锚定板相邻下层锚杆与墙面的交点; CD 、 C_1D_1 均为朗金主动土压破裂面; E_a 、 E_{a1} 分别为 CV 、 CV_1 竖直面上主动土压力; R 、 R_1 分别为 BC 、

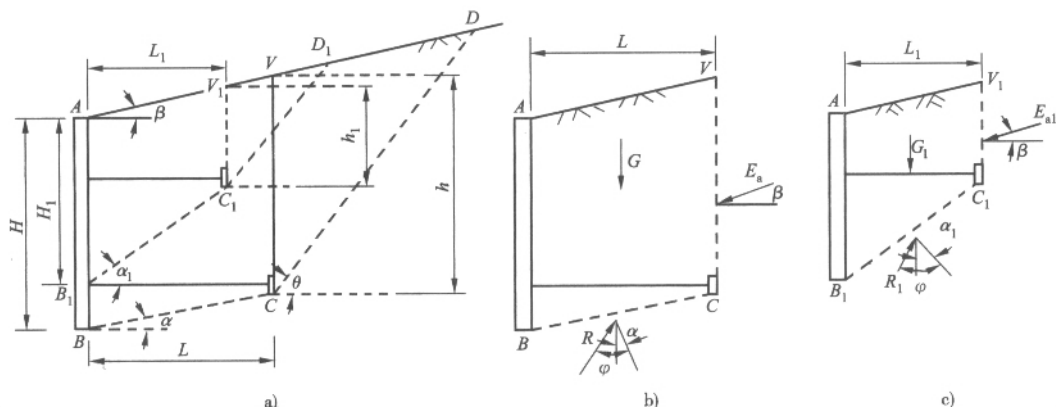


图 8-2-6 折线滑面法第一种情况分析图式

a) 滑面 BCD 和 $B_1C_1D_1$; b) 下层锚板稳定分析; c) 上层锚板稳定分析

B_1C_1 滑裂面上的反作用力; G, G_1 分别为土体 $ABCV$ 和 $AB_1C_1V_1$ 的质量; α, α_1 分别为 BC 段、 B_1C_1 段的倾角; β 为填土坡面的倾角; φ 为填土的内摩擦角; H, H_1, h, h_1, L, L_1 分别为挡土墙的各部分尺寸。

3. 计算公式

根据以上假定及分析图式,分三种不同情况进行推导:

(1) 上层拉杆长度小于或等于下层拉杆长度,见图 8-2-6。由朗金理论知,滑动面 CD 段和滑动面 C_1D_1 段与水平面的交角都是 θ 。

$$\theta = (45^\circ + \frac{\varphi}{2}) - \frac{1}{2} (\arcsin \frac{\sin \beta}{\sin \varphi} - \beta) \quad (2-15)$$

由图 8-2-6b)、c) 知,下层锚定板 C 和上层锚定 C_1 的稳定性分析图式基本相似,现以下层锚定板 C 的稳定性计算公式为例进行推导,其上层锚定板 C_1 的稳定性公式也可仿此进行。

图 8-2-6b) 中表示墙面及土体 $ABCV$ 所受的外力情况。其中,土压力 E_a 对土体 $ABCV$ 产生滑动力;而土体重力 G 在 BC 面上产生摩阻力抵抗滑动,按朗金理论的主动土压力 E_a 计算公式:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_a \quad (2-16)$$

$$K_a = \cos \beta + \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \quad (2-17)$$

式中: γ ——填土的容重;

K_a ——朗金主动土压力系数。

土压力 E_a 的方向可取与填土表面平行,因而 E_a 在 BC 滑动面上的滑动力为 $E_a [\cos(\beta - \alpha) - \tan \varphi \sin(\beta - \alpha)]$,同时,土体重力 G 在 BC 面上的摩阻力分量为 $G(\tan \varphi \cos \alpha - \sin \alpha)$ 。

其中:

$$G = \frac{\gamma}{2} (H + h) \cdot L$$

因此,锚定板的抗滑稳定性安全系数 K_s 为:

$$K_a = \frac{G(\tan\varphi\cos\alpha - \sin\alpha)}{E_a[\cos(\beta-\alpha) - \tan\varphi\sin(\beta-\alpha)]}$$

$$= \frac{(\tan\varphi\cos\alpha - \sin\alpha)}{\cos(\beta-\alpha) - \tan\varphi\sin(\beta-\alpha)} \cdot \frac{L(H+h)}{h^2 K_a} \quad (2-18)$$

当填土表面水平, $\beta=0$, 上式为

$$K_s = \frac{\tan(\varphi-\alpha)}{\tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})} \cdot \frac{L(H+h)}{h^2} \quad (2-19)$$

(2) 上层拉杆比下层拉杆长, 但上层锚定板位于下层滑裂面 CD 之间, 如图 8-2-7。此时, 对于上层锚定板 C_1 的分析与前一种情况相同。其临界滑动面为 $B_1C_1D_1$, 其抗滑安全系数 K_s 为

$$K_a = \frac{\tan\varphi\cos\alpha_1 - \sin\alpha}{\cos(\beta-\alpha_1) - \tan\varphi\sin(\beta-\alpha_1)} \cdot \frac{L_1(H_1+h_1)}{h_1^2 \cdot K_a} \quad (2-20)$$

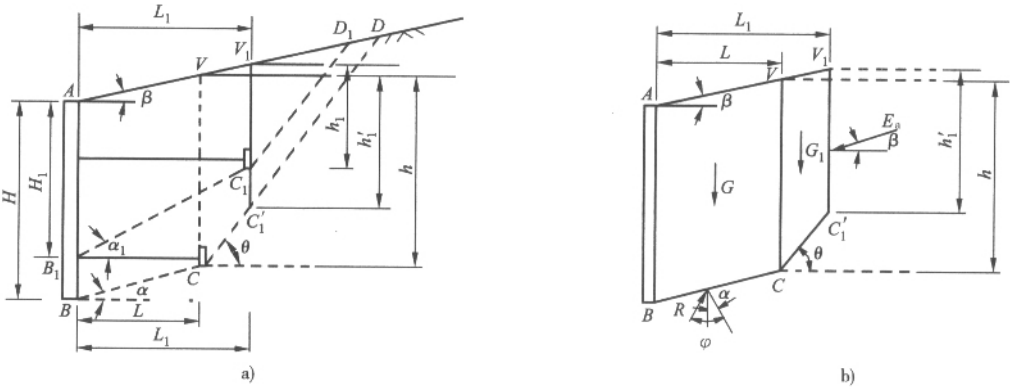


图 8-2-7 折线滑面法第二种情况分析图式
a) 滑面 BCD 和 $B_1C_1D_1$; b) 下层锚定板稳定分析

下层锚定板稳定性分析如图 8-2-7b), 下层锚定板 C 的滑动面为 BCD , 其稳定性应分析计算土体 $ABCC'_1V_1$ 各边界上所受的外力及其平衡条件; 其中 C'_1 点为通过 C_1 竖直面与滑动面 CD 的交点。 E_a 为作用在 C'_1V_1 面上的主动土压力, G 为 $ABCV$ 的重力, G_1 为土体 VCC'_1V_1 的重力, α 为滑动面的倾角, θ 为滑动面 CC'_1 的倾角 (按公式 (2-15) 计算)。对于滑动面 BC 来说, 力 E_a 及 G_1 在 BC 面上的分量为滑动力, G 在 BC 面上产生的分量为抗滑力。则得出下层锚定板抗滑安全系数 K_s :

$$K_s = \frac{G(\tan\varphi\cos\alpha - \sin\alpha)}{E_a[\cos(\beta-\alpha) - \tan\varphi\sin(\beta-\alpha)] + G_1(\sin\theta - \tan\varphi\cos\theta)[\cos(\theta-\alpha) - \tan\varphi\sin(\theta-\alpha)]} \quad (2-21)$$

式中: $G = \frac{1}{2} \gamma L(H+9h)$

$$G_1 = \frac{1}{2} \gamma (L_1 - L) (h + h'_1)$$

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma (h'_1)^2 K_a$$

(3) 上层拉杆比下层拉杆长, 且上层锚定板位置超出下层锚定板滑面 CD 以外, 如图 8-2-8a)。

上层锚定板 C_1 的稳定性分析仍与前面相同, 其临界滑裂面 $B_1C_1D_1$, 其抗滑安全系数 K_s 可按式(2-20)计算。

下层锚定板稳定性分析图如图 8-2-8b)。 E_a 为作用于 C_1V_1 面上的主动土压力, G 为土体 $ABCV$ 的重力, G_1 为土体 VCC_1V_1 的重力, α 和 α_1 分别为滑裂面 BC 段和 CC_1 段的倾角。对于滑裂面 BC 段: 土压力 E_a 和重力 G_1 作用在 BC 面的分量为滑动力; G 作用在 BC 面上的分量为抗滑力。则下层锚定板抗滑安全系数 K_s :

$$K_s = \frac{G(\tan\varphi\cos\alpha - \sin\alpha)}{E_a[\cos(\beta - \alpha) - \tan\varphi \cdot \sin(\beta - \alpha)] + G_1(\sin\alpha_1 - \tan\varphi\cos\alpha_1)[\cos(\alpha_1 - \alpha) - \tan\varphi\sin(\alpha_1 - \alpha)]} \quad (2-22)$$

$$\text{式中: } G = \frac{\gamma L}{2} (H + h)$$

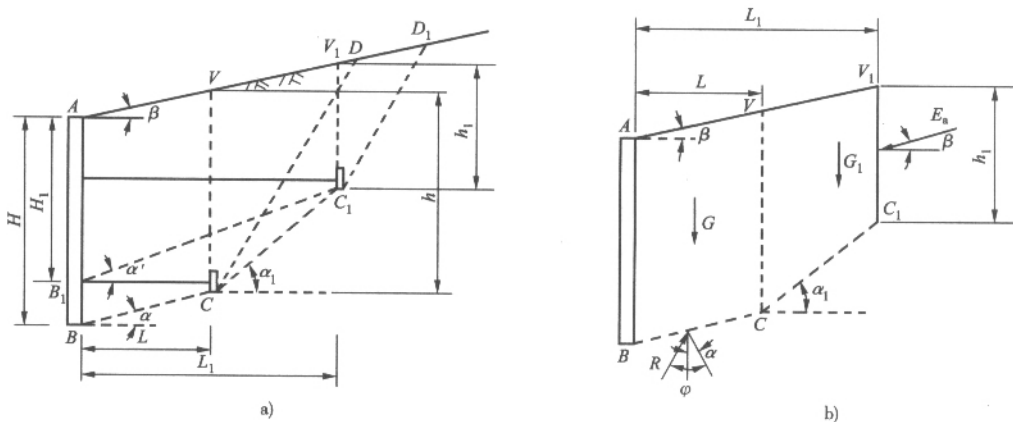


图 8-2-8 折线滑面法第三种情况的分析图式

a) 滑面 BCC_1D_1 和 $B_1C_1D_1$; b) 下层锚定板稳定分析

$$G_1 = \frac{\gamma}{2} (L_1 - L) (h + h_1)$$

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma h_1^2 K_a$$

当填土表面水平时, $\beta = 0$, 则有

$$K_s = \frac{G(\tan\varphi\cos\alpha - \sin\alpha)}{E_a[\cos\alpha + \tan\varphi\sin\alpha] + G_1(\sin\alpha_1 - \tan\varphi\cos\alpha_1)[\cos(\alpha_1 - \alpha) - \tan\varphi\sin(\alpha_1 - \alpha)]} \quad (2-23)$$

4. 当填土表面水平并有活载时的稳定性分析

此时,活载作用的最危险位置在下层锚定板的后方,如图 8—2—9。

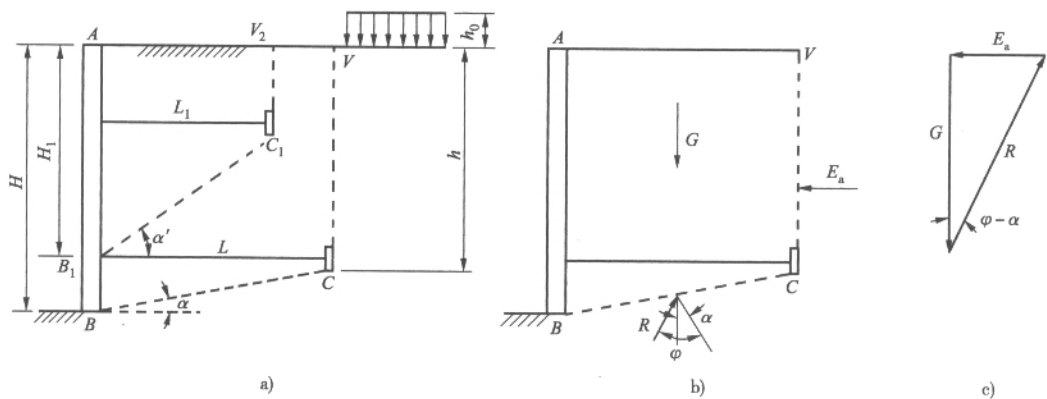


图 8—2—9 第一种情况的水平填土及表面有活载的分析图

a)活载最危险位置;b)下层锚定板分析;c)极限平衡力三角形

在第一种情况下,填土表面水平,并有活载 h_0 (h_0 为活载换算土层高度)。下层锚定板稳定分析如图 8—29b)。土体 $ABCV$ 受力情况及力三角形如图 8—2—9c), E_a 为滑动力, $G \cdot \tan(\varphi - \alpha)$ 为抗滑力,其抗滑安全系数 K_s :

$$K_s = \frac{G \cdot \tan(\varphi - \alpha)}{E_a} \tag{2-24}$$

式中: $G = \frac{\gamma L}{2} (H + h)$

$$E_a = \frac{\gamma h}{2} (h + 2h_0) \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$$

因而式(2-24)可化为

$$K_s = \frac{\tan(\varphi - \alpha)}{\tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})} \cdot \frac{L(H + h)}{h(h + 2h_0)} \tag{2-25}$$

图 8—2—10 为第三种情况下,填土表面水平并有活荷载的锚定板结构。其下层锚定板稳定分析如图 8—2—10b)所示的土体 $ABCC_1V_1$ 及其所受外力,对于滑裂面 BC 段,主动土压力 E_a 和力 G_1 产生滑动力;而 G 在 BC 面上产生抗滑力,其抗滑安全系数可用公式(2-23)计算,但式中的 G_1 和 E_a 应按下式计算:

$$G_1 = \frac{\gamma(L_1 - L)}{2} (h + h_1 + 2h_0)$$

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma h_1 (h_1 + 2h_0) K_a$$

我国《铁路路基支挡结构设计规范》规定锚定板挡土墙抗滑安全系数不应小于 1.8。

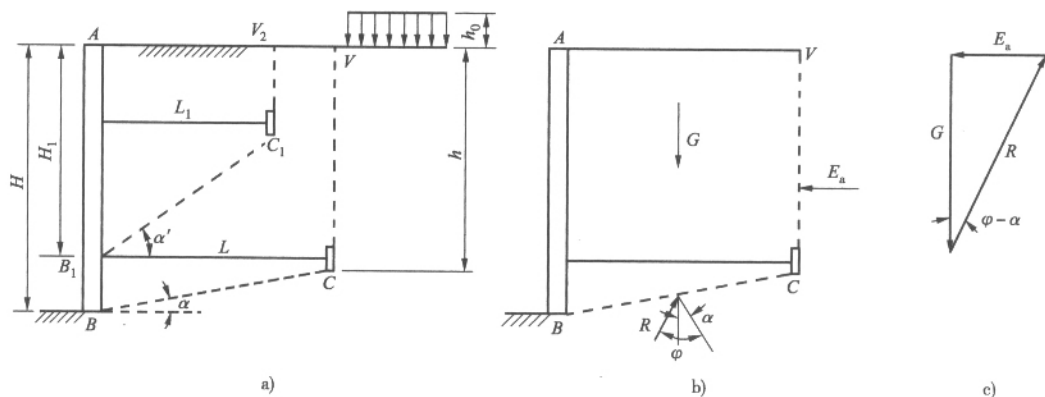


图 8-2-10 第三种情况的水平表面有活载分析图

二、整体土墙法

西南交通大学等单位的研究成果认为,当锚定板达到一定密度后,墙面与锚定板及其中的填土就会形成一个共同作用的整体土墙。因此用整体土墙法验算锚定板结构的整体稳定性时,锚定板尺寸及其布置须符合下述形成“群锚”的条件:

1. 肋柱上各层锚定板面积之和应不小于肋柱间墙面板面积的 20%;
2. 锚定板应分散布置,两层拉杆的间距应不大于锚定板高度的 2 倍,肋柱的间距不大于锚定板宽度的 3 倍。

采用整体土墙法,肋柱后各锚定板中心连线可布置成仰斜、俯斜、竖直或中间长的折线形(图 8-2-11)。当布置成仰斜或俯斜时,其连线的斜度不宜大于 1:0.25。

整体土墙法计算图式如图 8-2-12,抗滑稳定安全系数为:

$$K_0 = \frac{(N - E_x \tan \alpha_0) \tan \varphi}{E_x + N \tan \alpha_0} \geq 1.8 \quad (2-26)$$

式中: N —— $N = W + E_y$;

W ——假想土墙 $abcd$ 的重力(kN/m);

E_y, E_x ——假想墙背 cd 上主动土压力的竖直和水平分力(墙背摩擦角 δ 取 $\varphi/2 \sim \varphi/3$)(kN/m);

$\tan \alpha_0$ ——假想土墙基底的倾斜度, $\tan \alpha_0 = \frac{h_0}{L_0}$;

L_0 ——下拉杆计算长度(m);

h_0 ——肋柱底至下锚定板中心处的高度(m)。

稳定验算时尚应考虑墙顶荷载的最不利组合情况。

四、锚定板挡土墙的整体稳定其他方面问题

如同重力式挡土墙一样。墙的整体稳定尚应考虑整体抗滑验算、地基承载力验算、陡坡滑动验算及深层滑弧验算等,与重力式挡土墙相同。

如果采用三层或多层拉杆,计算方法与上述推导类似。最下一层拉杆长度除按以上公式计算外,拉杆的有效锚固长度 h_a (挡土板后土体主动滑裂面至锚定板的水平距离)不

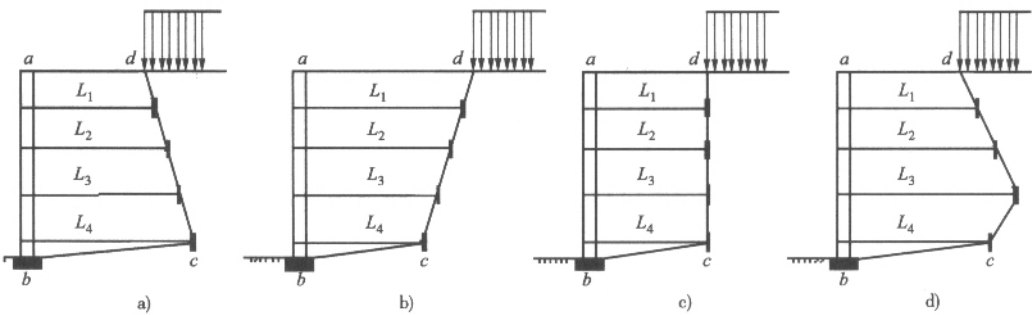


图 8—2—11 整体土墙法锚定板布置形式
a)仰斜;b)俯斜;c)直墙背;d)折线形

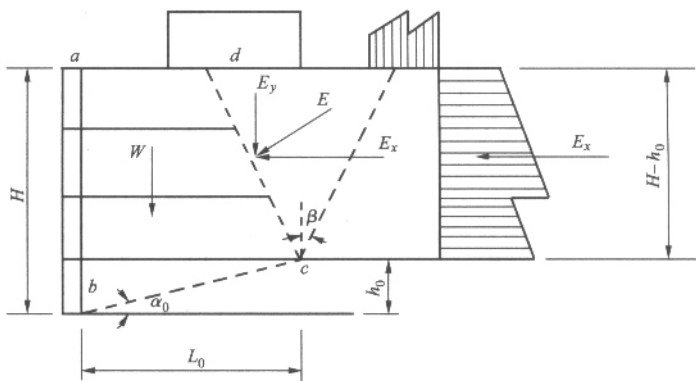


图 8—2—12 整体土墙法稳定验算图式

小于该处锚定板高度的 3.5 倍。在实际工程中应防止上层拉杆变形过大而导致墙顶发生较大侧向位移，一般长度不宜小于 5m。

第四节 构件设计

锚定板挡土结构的构件设计,除按照前面介绍的设计原则和方法外,还应遵守有关的钢筋混凝土结构设计规范。

一、肋柱设计

1. 肋柱内力计算

肋柱接受弯构件设计,主要承受由挡土板传递的侧向上压力,设计荷载的计算跨度为相邻肋柱中至中的距离。已建成的分开式锚定板桥台的肋柱间距一般为 1.5~2.0m,锚定板挡墙的肋柱间距通常为 2.0~2.5m。肋柱内力计算可根据肋柱上设置的拉杆层数及肋柱与肋柱、肋柱与基础的连接状况等按以下几种情况考虑:

(1)按单跨梁计算

当肋柱上设置双层拉杆并且肋柱平置于基础之上,或者用榫连接的分级双拉杆肋柱,其榫接只能定位不能约束肋柱连接端的位移时,可将肋柱底(顶)端视为自由端,按两端悬出的简支梁计算其弯矩、剪力及支点反力,如图 8-2-13a)中的上下层肋柱,或图 8-2-13b)中的下层肋柱。计算图式见图 8-2-13c、d)。

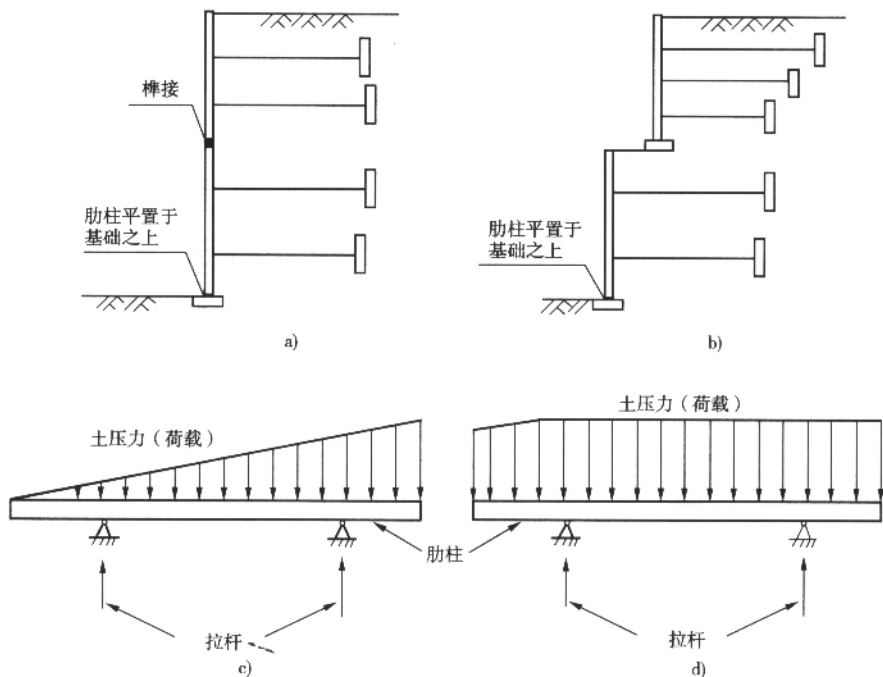


图 8-2-13 肋柱按单跨梁计算

a) 上下肋柱榫接, 肋柱平置于基础之上; b) 上下肋柱设平台, 肋柱平置于基础之上

(2) 按连续梁计算

当肋柱上设置三层(例如图 8-2-13b)中的上层肋柱)或三层以上拉杆,或者是两层拉杆但采用条形或分离式杯座基础,肋柱下端不是平置于基础之上而是插入杯座较深形成铰支点时,按连续梁计算肋柱弯矩、剪力及支点反力(图 8-2-14)。

由于填土不均匀及土体变形十分复杂,肋柱各支点的变形量差别较大,很难准确计算。为了预防可能出现的各种不利因素,建议肋柱设计时,同时按刚性支承连续梁和弹性支承连续梁计算,并按两种情况计算所得的最不利弯矩、剪力进行肋柱截面设计和配筋,以保证肋柱有足够的的安全系数并防止出现裂缝。

(3) 按刚性支承连续梁计算

刚性支承连续梁的弯矩、剪力和拉杆拉力一般按三弯矩方程计算,计算简图如图 8-2-15 所示。从连续梁中取出有 A、B、C 三个支点的两跨梁(图 8-2-15a),将它分解成图 8-2-15b)和图 8-2-15c)的两个简支梁,其中三个支点的弯矩 M_a 、 M_b 和 M_c 是待求的未知量。设连续梁由相同材料制成,利用 $\theta'_b = -\theta''_b$ 的条件,可得出求这三个未知量的三弯矩方程,即

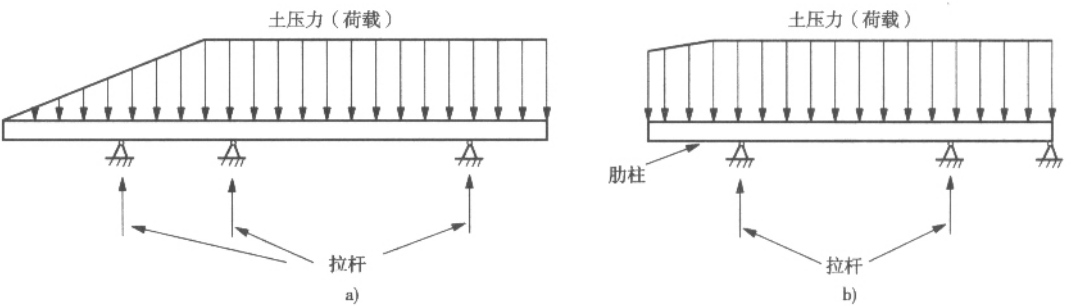


图 8-2-14 肋柱按连续梁计算
a)肋柱设置三层拉杆;b)肋柱下端形成铰支点

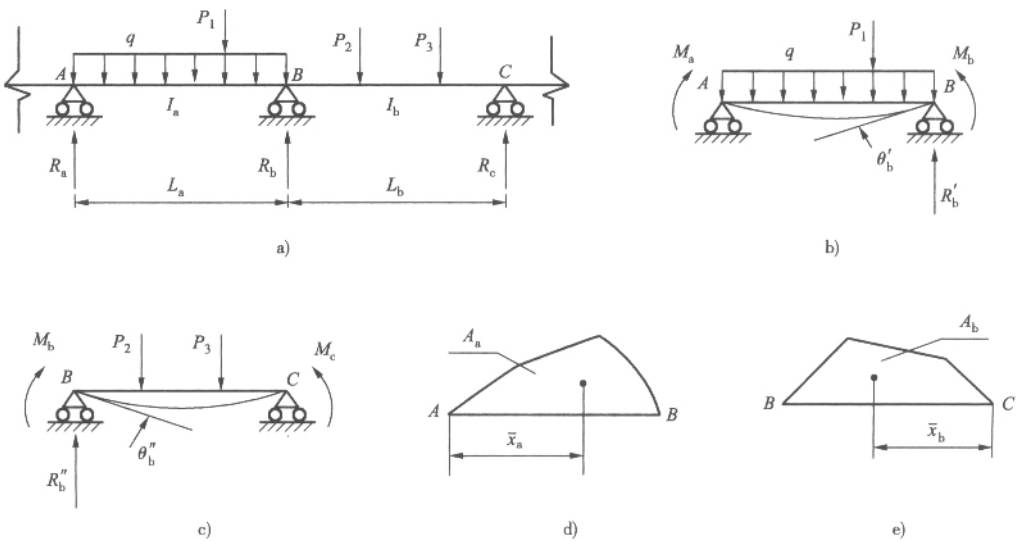


图 8-2-15 三弯矩方程图示

$$M_a(\frac{L_a}{I_a}) + 2M_b(\frac{L_a}{I_a} + \frac{L_b}{I_b}) + M_c(\frac{L_b}{I_b}) = -\frac{6A_a\bar{x}_a}{L_aI_a} + \frac{6A_b\bar{x}_b}{L_bI_b} \tag{2-27}$$

如果各跨度的惯性矩相同,即 $I_a = I_b$, 则上式变为

$$M_aL_a + 2M_b(L_a + L_b) + M_cL_b = -\frac{6A_a\bar{x}_a}{L_a} - \frac{6A_b\bar{x}_b}{L_b} = -6B_B^{\phi} - 6A_C^{\phi} \tag{2-28}$$

式中: A_a ——图 8-2-15b)的简支梁在荷载 P_1 和 q 作用下的弯矩图的面积;

\bar{x}_a ——该弯矩图的形心到支点 A 的距离,如图 8-2-15d);

A_b ——图 8-2-15c)的简支梁在荷载 P_2 和 P_3 作用下的弯矩图的面积;

\bar{x}_b ——是该弯矩图的形心到支点 C 的距离,如图 8-2-15e)。

例如图 8-2-16a)的弯矩图是图 8-2-16b)弯矩图的面积为 A_q ;图 8-2-16c)的弯矩图是图 8-2-16d),弯矩图的面积为 A_p 。

$$A_q = \frac{2}{3} \cdot \frac{qL^3}{8} \cdot L = \frac{qL^2}{12} \quad \bar{x}_q = \frac{L}{2};$$

$$A_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{PL}{4} \cdot L = \frac{PL^2}{8} \quad \bar{x}_p = \frac{L}{2}$$

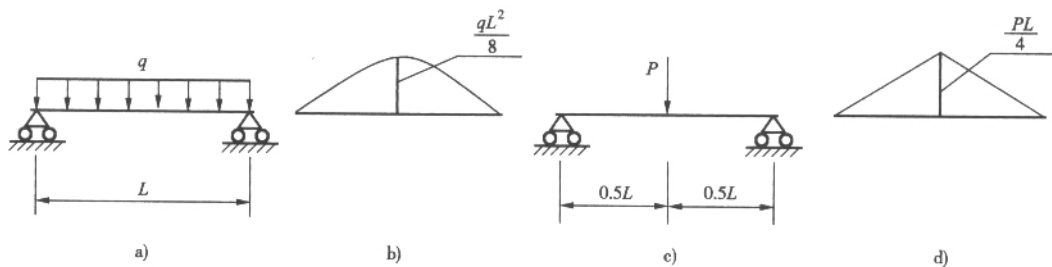


图 8-2-16 两个简支梁的弯矩图

$B_B^{\phi} = \frac{A_a \bar{x}_a}{L_a}$, $A_c^{\phi} = \frac{A_b \bar{x}_b}{L_b}$, 分别是 AB 跨和 BC 跨虚荷载在支点 B 所产生的虚反力。

(4) 按弹性支承连续梁计算

弹性支承连续梁的计算公式可按结构力学推导出的五弯矩方程来求解支点处的弯矩和反

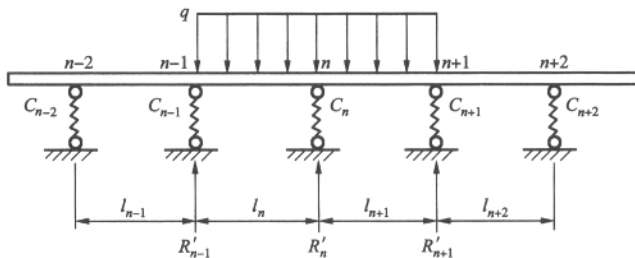


图 8-2-17 五弯矩方程计算简图

力, 图 8-2-17 是计算简图, 公式(2-21)是由此得出的五弯矩方程。

$$M_n - 2 \frac{C_n - 1}{l_{n-1} l_n} + M_{n-1} \left[\frac{l_n}{6EJ} - \frac{C_n - 1}{l_n} \left(\frac{1}{l_{n-1}} + \frac{1}{l_n} \right) + \frac{C_n}{l_n} \left(\frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) \right]$$

$$+ M_n \left[\frac{l_n + l_{n+1}}{3EJ} + \frac{C_n - 1}{l_n^2} + C_n \left(\frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right)^2 + \frac{C_n + 1}{l_{n+1}^2} \right] + M_{n+1} \left[\frac{l_{n+1}}{6EJ} \right.$$

$$\left. - \frac{C_n}{l_{n+1}} \left(\frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) + \frac{C_{n+1}}{l_{n+1}} \left(\frac{1}{l_{n+1}} + \frac{1}{l_{n+2}} \right) \right] + M_{n+2} \frac{C_{n+1}}{l_{n+1} l_{n+2}}$$

$$= - \left(\frac{A_n \bar{x}_n}{l_n EJ} + \frac{A_{n+1} \bar{x}_{n+1}}{l_{n+1} EJ} \right) + R'_{n-1} \frac{C_{n-1}}{l_n} - R'_n C_n \left(\frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) + R'_{n+1} \frac{C_{n+1}}{l_{n+1}}$$

式中: $M_{n-2}, M_{n-1}, M_n, M_{n+1}, M_{n+2}$ —— $n-2, n-1, n, n+1, n+2$ 各支点的弯矩;

E ——肋柱的弹性模量;

J ——肋柱断面的惯性矩;

$l_{n-1}, l_n, l_{n+1}, l_{n+2}$ ——各拉杆间的跨度;

$C_{n-1}, C_n, C_{n+1}, C_{n+2}$ ——各支点的柔度系数, 即单位力作用下该支点的变形

量;

R'_{n-1}, R'_n, R'_{n+1} ——外荷载作用下基本结构(简支梁) $n-1, n, n+1$ 支座的反力;

$A_n, A_{n+1}, \bar{x}_n, \bar{x}_{n+1}$ ——类似于图 8—2—15 中三弯矩方程基本结构弯矩图的面积及其形心到支点的距离。

其中各支点的柔度系数 C_i 应由两部分组成:

$$C_i = C_{gi} + C_{ri}$$

(2—30)

式中: C_{gi} ——单位力作用下 i 支点的拉杆钢筋弹性伸长量(m/kN);

C_{ri} ;——单位力作用下 i 支点锚定板前方土体的压缩变形量(m/kN)。

$$C_{gi} = \frac{L}{A_g E_g}$$

(2—31)

式中: L ——拉杆的钢筋长度(m);

A_g ——拉杆钢筋面积(m^2),对于直径为 d 的钢拉杆, $A_g = \pi d^2/4$;

E_g ——拉杆钢筋弹性模量(kPa)。

由于锚定板前方土体的压缩变形相当复杂,因此,确定柔度系数 C_{ri} 比较困难。根据经验和对比分析,目前采用以下两种计算方法:

1)铁道部科学研究院建议按地基沉降量的分层总和法计算单位荷载下锚定板在土体中的位移量 Δm_i ,以确定柔度系数 C_{ri} 。

根据 C_{ri} 的定义有:

$$C_{ci} = \Delta m_i$$

(2—32)

而

$$\Delta m_i = \sum_{j=1}^n \delta_j$$

(2—33)

δ_j 为将锚定板前方土体划分为 n 层,在锚定板单位荷载作用下第 j 层上的压缩量:

$$\delta_j = \frac{\Delta h_j}{2EF_A}(K_j + K_{j-1})$$

(2—34)

式中: Δh_j ——第 j 层土的划分厚度(m);

E ——填土的压缩模量(kPa),可用现场锚定板抗拔试验应力应变曲线的起始斜率确定,也可采用 5000~10 000kPa;

F_A ——锚定板面积(m^2);

K_j, K_{j-1} ——土中压力分布系数,对于矩形锚定板,可按表 8—2—2 取值。

表 8—2—2 应力分布系数 K_j 值

$\beta=l_j/B$	矩形锚定板边长比 $\alpha= A/B$						
	1	1.5	2	3	6	10	20
0.25	0.898	0.904	0.908	0.912	0.934	0.940	0.960
0.50	0.696	0.716	0.734	0.762	0.789	0.792	0.820
1.0	0.336	0.428	0.470	0.500	0.518	0.522	0.540
1.5	0.194	0.257	0.386	0.348	0.560	0.373	0.397

$\beta=l_j/B$	矩形锚定板边长比 $\alpha= A/B$						
	1	1.5	2	3	6	10	20
2.0	0.114	0.157	0.188	0.240	0.268	0.279	0.308
3.0	0.058	0.076	0.108	0.147	0.180	0.188	0.209
5.0	0.008	0.025	0.040	0.076	0.096	0.106	0.129

注： $\beta=l_j/B$ 为锚定板前方土层的相对厚度； l_j 为计算土层到锚定板的距离； B 、 A 为锚定板宽度和高度。

一般取锚定板前方 $5B$ 范围内的土体划分为 n 层， Δm_i 即为 $5B$ 范围内各层土的压缩量之和。肋柱基础的柔度系数 C_e 可取上述计算的 Δm_i 中最小值上 m_e 的十分之一。即

$$C_e = 0.1\Delta m_e \tag{2-35}$$

2)西南交通大学建议用弹性桩的弹性抗力系数法(即 m 法)计算柔度系数 C_{ri} 。如果采用我国铁路桥涵设计规范建议的 m 法,则

$$C_{ri} = \frac{1}{m y_i AB} \tag{2-36}$$

式中： m ——弹性抗力系数的比例系数(kN/m^4)，如无实验资料，可根据表 8—2—3 取值；
 y_i ——该支点距肋柱顶端的距离(m)；
 A 、 B ——锚定板高度、宽度(m)。

表 8—2—3 比例系数 m 值

土的名称	建议值 (kN/m^4)	土的名称	建议值 (kN/m^4)
粘性细粒土	5 000~10 000	粗砂	20 000~30 000
细砂、中砂	10 000~20 000	砾砂、砾石土、碎石土、卵石土	30 000~80 000

肋柱基础处的柔度系数：

$$C_{re} = \frac{1}{2mHA_0B_0} \tag{2-37}$$

式中： H ——肋柱的高度(m)；
 A_0 、 B_0 ——柱座的高度、宽度(m)。

2. 肋柱断面设计

肋柱断面尺寸按计算的肋柱最大弯矩来确定，同时考虑支撑墙面板的需要，肋柱宽度不宜小于 24cm，高度不宜小于 30cm。断面配筋，考虑到肋柱的受力及变形情况比较复杂，支点柔度系数变化较大，以及肋柱在搬运、吊装及施工过程中受力不均匀等各种因素，应按刚性支承和弹性支承连续梁两种情况计算的最大正负弯矩(对于两端悬出的简支梁，则按简支梁最大正负弯矩)进行双面配筋计算，并在肋柱内外侧面配置通长的受力钢筋。

肋柱上安装拉杆处需要预留穿过拉杆的孔道，孔道可做成椭圆或圆形，椭圆形孔道的宽度和圆形孔道的直径应大于拉杆的螺丝端杆直径，以便于在填土前填塞沥青水泥砂浆用来防锈。如采用压浆法封孔，则需预留压浆孔。

另外还应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)等有关规范的规定进行肋柱的抗裂性计算。

二、拉杆设计

锚定板结构是一种柔性结构,其特点是能适应较大的变形。为了保证在较大变形情况下仍有足够的安全度,应选择延伸性能较好的钢材作为锚定板结构的钢拉杆。此外拉杆钢筋因长度关系需要焊接,同时在拉杆两端往往需要焊接螺丝端杆,因此还必须选用可焊性能较好的钢材才能保证拉杆焊接部位的质量,一般采用热轧螺纹钢筋。

1. 拉杆直径

拉杆直径应根据拉杆设计拉力及钢材的容许拉应力按下式计算:

$$d = 2\sqrt{\frac{R \times 10^4}{\pi[\sigma_g]}} + 0.2 \quad (2-38)$$

式中: d ——拉杆直径(cm);

R ——拉杆设计拉力(kN);

$[\sigma_g]$ ——拉杆钢材的容许拉应力(kPa);

0.2——考虑钢材锈蚀增加的安全储备(cm)。

拉杆应尽量采用单根钢筋,如果单根钢筋不能满足设计拉力的需求,也可采用两根钢筋共同组成一根拉杆,拉杆钢筋除需要满足上述设计拉力的要求外,还应满足以下条件:

- (1)对于锚定板桥台,主墙部分的拉杆钢筋直径不宜小于 22mm,亦不宜大于 32mm;
- (2)对于锚定板挡墙,肋柱的上层拉杆钢筋直径不宜小于 22mm。

2. 拉杆长度

拉杆长度通过锚定板结构的整体稳定性验算决定,同时需满足以下要求:

(1)对于锚定板桥台及公路、货场挡墙,其拉杆长度至少要使锚定板埋置于墙面主动破裂面以外 $3.5b$ 处(b 为方形锚定板的边长);

(2)对于铁路锚定板挡墙,路肩墙最上边一层拉杆的长度应超出单线铁路远离挡墙侧的枕木端头。最下层拉杆的长度应使锚定板埋置于墙面主动破裂面以外不小于 $3.5b$ 处。考虑上层锚定板的埋置深度对其抗拔力的影响,要求最上一层拉杆至填土顶面的距离不能小于 1m。

3. 螺丝端杆

拉杆两端可焊接螺丝端杆,穿过肋柱或锚定板的预留孔道,然后加垫板及螺帽固定,和拉杆筋一样,螺丝端杆也应采用延伸性能和可焊性能良好的钢材。螺丝端杆(包括螺纹、螺母、钢垫板及焊接)按照与拉杆钢筋断面等强度的条件进行设计。螺丝端杆的长度应不小于 $L_g + 10\text{cm}$ (L_g 为肋柱或锚定板厚度、螺母与钢垫板厚度以及焊接长度之和)。如果采用 45SiMnV 精轧螺纹钢筋作为拉杆,钢筋本身的螺旋即可做为丝扣并可安装螺帽,则不需另焊螺丝端杆。当螺丝端杆与拉杆的连接采用帮焊时,端杆还应增加一段焊接长度,拉杆、肋柱及拉杆与锚定板的连接处必须做好防锈处理。

三、锚定板设计

1. 锚定板面积

锚定板一般采用方形钢筋混凝土板,竖直方向埋在填土中,忽略不计拉杆与填土之间的摩阻力,则锚定板承受的拉力即为拉杆设计拉力。锚定板面积根据拉杆设计拉力及锚定板容许拔力来确定。

$$F_A = R/[\rho] \quad (2-39)$$

式中: F_A ——锚定板面积(m^2);

R ——拉杆设计拉力(kN);

$[p]$ ——锚定板单位面积容许抗拔力(kPa)。

除满足计算要求外,锚定板尺寸还需满足下列构造要求:

(1)对于锚定板桥台,主墙部分的锚定板边长应不小于 80cm ,翼墙部分锚定板边长应不小于 60cm ;

(2)对于锚定板挡墙,柱板拼装式墙的锚定板面积应不小于 0.5 m^2 ,无肋柱式墙的锚定板面积应不小于 0.2 m^2 。

2. 锚定板配筋

锚定板的厚度和钢筋配置可分别在竖直方向和水平方向按中心有支承的单向受弯构件计算,并假定锚定板竖直面所受的水平土压力均匀分布。除验算锚定板竖直和水平方向的抗弯及抗剪强度外,尚应验算锚定板与拉杆钢垫板连接处混凝土的局部承压与冲切强度。考虑到施工、搬运及安装误差等因素,在锚定板前后面双向布置钢筋。

锚定板与拉杆连接处的钢垫板,也按中心有支点的单向受弯构件进行设计。

锚定板中心应预留穿过拉杆的孔道,孔道直径须大于螺丝端杆直径,以便于安装后填塞沥青水泥砂浆防锈。

第三章 锚定板挡土墙施工技术

第一节 概 述

锚定板挡土墙是一种适用于填方的轻型支挡结构,是我国铁路部门首创的一种新型支挡结构形式,目前在铁路部门已广泛应用,公路、水利、煤矿等部门也在立桥桥台、边坡支挡、路堤挡墙、坡脚防护等多种工程中应用。这项技术一般可以节省(与重力式挡土墙比)工程投资 20%~30%。

锚定板挡土墙由墙面系、拉杆及锚定板和填料等四部分组成,如图 8—3—1 所示。其结构形式与锚杆挡土墙基本相同,只是锚固于稳定地层中的锚固端改用锚定板埋入墙后填料内部的稳定层中,依靠锚定板产生的抗拔力抵抗侧向土压力,保持墙的稳定。在锚定板挡土墙中,一方面填土对墙面产生主动土压力,填土愈高,主动土压力愈大;另一方面填土又对锚定板的移动产生被动土压力,填土愈高,锚定板的抗拔力也愈大。

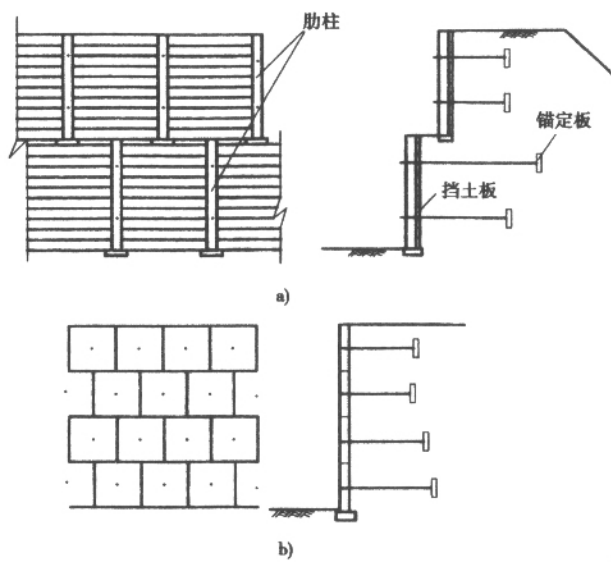


图 8—3—1 锚定板挡土墙
a)柱板式;b)壁板式

在锚定板挡土墙结构的内部,存在着作用于墙面上的土压力、拉杆的拉力和锚定板的抗拔力等相互作用的内力,这些内力必须互相平衡,才能保持结构内部的稳定。同时,在锚定板挡土墙的范围边界上,还存在着从边界外部传来的土压力、活载以及结构自重所产生的作用力和摩擦力,这些外力也必须相互平衡,以保持锚定板挡土墙的整体稳定性,防

止发生滑动或蠕动。

锚定板挡土墙是由墙面、拉杆、锚定板及其填土组成的复合结构。要保证锚定板挡土墙的稳定性,必须对每一块锚定板及结构整体稳定性进行验算。由于每块锚定板的抗滑稳定性得到保障之后,便不至于发生倾覆破坏,因此,锚定板挡土墙一般不需进行抗倾覆验算。当锚定板挡土墙位于陡坡地段或基底以下有软弱层时,尚应进行陡坡抗滑稳定性及穿过基底较弱层的整体滑动稳定性验算,验算方法与重力式挡土墙相同。此外,基底应力验算也与重力式挡土墙相同。

锚定板挡土墙稳定性验算的方法有:克朗兹法、折线裂面分析法、整体土墙法等。稳定系数一般不应小于 $1.5\sim 1.8$ 。

克朗兹方法假定上层锚定板前方土体的临界滑动面通过墙面最下端,而且将墙面与土体分离计算,将拉杆拉力作为影响整体稳定性的因素之一。按照这种假定,上层拉杆必须比下层拉杆长很多,才能保证上层锚定板的稳定性。

折线裂面分析法认为上层锚定板前方土体的最不利滑动面通过下层拉杆与墙面接点,而且认为应将墙面与土体合并考虑,拉杆拉力是墙面与土体之间的内力,并不影响这二者共同体的整体稳定。

当锚定板挡土墙的锚定板尺寸及其布置符合下述形成“群锚”的条件时,即可认为墙面与锚定板及其中间的填土形成一个共同作用的整体土墙,将锚定板板背中心的连线视为整体土墙的假想墙背,按“整体土墙法”进行锚定板挡土墙整体稳定性验算。

形成“群锚”的条件为:

- (1)各层锚定板面积之和应不小于墙面板面积的 20% ;
- (2)锚定板应分散布置,两层拉杆的间距不应大于锚定板高度的 2 倍,肋柱的间距不大于锚定板宽度的 3 倍。

锚定板挡土墙主要有柱板式和壁板式两种类型,可根据墙址处地形、地质及工程情况进行选择。柱板式锚定板挡土墙的墙面系由肋柱和挡土板组成,如图8-3-1a)所示。按肋柱上的拉杆层数还可分为单层拉杆、双层拉杆和多层拉杆锚定板挡土墙,一般多用双层拉杆。锚定板的面积较大,拉杆较长,挡土墙变形较小。壁板式锚定板挡土墙墙面系由钢筋混凝土墙面板(壁面板)做成,墙面板直接用拉杆与锚定板连接,如图8-3-1b)所示。墙面板矩形或十字形、六角形等墙面板拼装而成(如图8-3-2所示),可通过墙面板几何形状及板厚的搭配,获得整齐而富有变化的可赏性外观(图8-3-3),因而其外形美观、整齐,且施工简单,多用于城市道路。

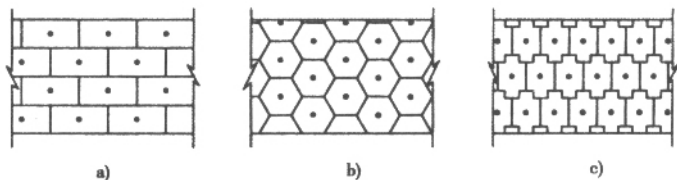


图8-3-2 壁板式墙面
a)矩形板;b)六角形板;c)十字形板

锚定板挡土墙的主要优点是:构件断面小、结构质量轻、柔性大、工程量省、工程数量少,且其构件可预制,有利于实现结构轻型化和施工机械化。它主要适用于承载力低的软弱地基和缺乏石料的地区作为路肩墙或路堤墙,不适用于路堑墙。在滑坡、坍塌地段以及膨胀土地区不宜使用。

目前,多用柱板式锚定板挡土墙,施工时,除肋柱杯形基础混凝土为就地浇筑外,其余构件一般均应预制组装,逐层拼装挡土板、拉杆、锚定板;逐层填土,循环配合,所以施工较为简便迅速。施工工艺流程如图 8—3—4 所示。

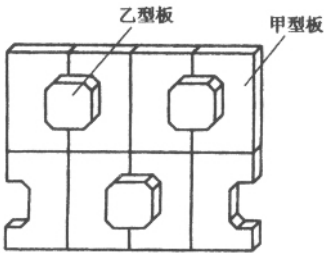


图 8—3—3 壁板式墙面板搭配

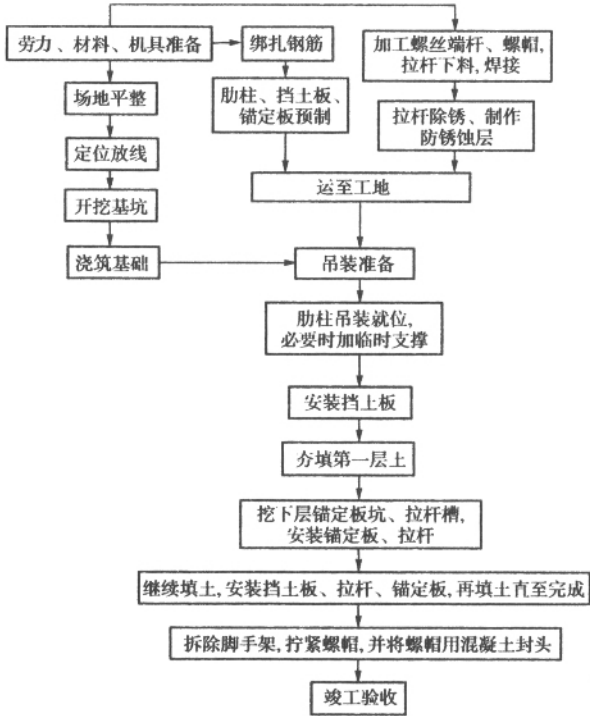


图 8—3—4 锚定板挡土墙施工工艺流程

第二节 基本构造

锚定板挡土墙根据墙高的不同,可设置为单级墙或多级墙,单级锚定板挡土墙的高度通常不大于 6m。分级时,上下两级墙之间可留有平台,平台宽度一般不小于 1.5m。平台应用厚度不小于 15cm 的 C15 混凝土封闭,并设置向墙外倾斜的横坡,坡度为 2%。为了减少因上级墙肋柱下沉对下级墙拉杆的影响,上级墙与下级墙的肋柱应交错布置,如图 8—3—1a)所示。

根据锚定板挡土墙的组成,其构件主要有肋柱、拉杆、锚定板和挡土板(墙面板)等。其中肋柱、挡土板(墙面板)及锚定板均为钢筋混凝土构件,且大多采用预制构件,混凝土强度等级不应低于 C20。

一、肋柱

肋柱间距视工地的起吊能力和锚定板的抗拔力而定,通常为 1.5~2.5m,截面多采用矩形、T 形、工字形等,截面宽度不小于 35cm,厚度不小于 30cm,肋柱高一般为 3~5m,可整体预制,也可分节预制。分节预制时,上下两节肋柱接头常用榫接,也可预埋销钉或焊接钢板连接,还可以做成平台并相互错开成分级墙,如图 8-3-1a)所示。

肋柱上设置拉杆处需要留安装拉杆的椭圆形或圆形孔道。椭圆形孔道的宽和圆形孔道的直径应该大于拉杆的螺丝端杆直径(螺母锚固)或拉杆直径弯钩、焊短钢筋锚固),以便于在填土以前填塞沥青(水泥)砂浆用来防锈,如果采用压浆方法封孔,则需要预留压浆孔。

肋柱与基础(地基)的连接状况视地基承载力、地基的坚硬情况及埋深确定,一般可做成自由端、铰支端,如埋置较深且岩石坚硬,便可视为固定端。

肋柱严禁前倾,应适当后仰,其倾斜度宜为 1:0.05。

肋柱截面尺寸,应按肋柱计算最大弯矩来确定,另外考虑支撑挡土板的需要,肋柱截面尺寸应满足最小构造要求。考虑到肋柱的受力情况及变形情况比较复杂,各弹性支点的柔度系数变化较大等因素,以及肋柱在搬运、吊装及施工过程中拉杆受力不均匀等各种非正常荷载情况,需要按刚性支承连续梁和弹性支承连续梁两种情况计算得到的最大正负弯矩(对于两端悬臂简支梁,则按简支梁计算得到的最大正负弯矩)进行双向配筋,并在肋柱的内外两侧配置通长的主要受力钢筋。

二、拉杆

拉杆为连接肋柱和锚定板的受拉杆件,通常是在拉杆两端分别焊接螺丝端杆与肋柱和锚定板相连接。拉杆与肋柱的连接处即为肋柱的水平支点,拉杆拉力即为肋柱支座反力。各层拉杆的拉力及肋柱基础的水平反力的总和等于墙面所受上压力的水平分力。

锚定板挡土墙是一种柔性结构,其特点是能适应较大的变形。为保证在较大变形的情况下仍有足够的安全度,应选择延伸性较好的钢材做拉杆。此外由于拉杆钢筋因长度关系需要焊接,在拉杆两端往往需要焊接螺丝端杆,因此还必须选用可焊性能较好的钢材,才能保证拉杆焊接部位的质量。拉杆一般采用热轧螺纹钢筋,其机械性能应满足要求。

拉杆直径不小于 22mm,但也不宜大于 32mm,其截面积按计算确定,拉杆计算直径尚需增加 2mm 作为预防钢材锈蚀的安全储备。拉杆应尽量采用单根钢筋,如果单根钢筋不能满足设计拉力的需要,也可以采用两根钢筋共同组成一根拉杆。

锚定板挡土墙的拉杆长度应根据锚定板的稳定性验算及结构的整体稳定性验算来确定。最下层拉杆的长度除满足稳定性要求外,应使锚定板埋置于主动破裂面以外不小于 $3.5h$ 处(h 为矩形锚定板的高度),且最上层拉杆的长度不应小于 3m。考虑到上层锚定板的埋置深度对其抗拔力的影响,要求最上层拉杆至填土顶面的距离不应小于 1m。

三、锚定板

锚定板一般采用方形钢筋混凝土板,竖直埋置在填土中,一般忽略不计拉杆与填土之

间的摩擦阻力,锚定板承受的拉力即为拉杆拉力。

锚定板受压面积根据拉杆拉力及锚定板容许抗拔力来确定,除此以外,还应满足下列构造要求:柱板拼装式墙的锚定板面积不应小于 0.5m^2 ,壁板式墙的锚定板面积不应小于 0.2m^2 ,一般采用 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的锚定板。

考虑到安装误差及施工、搬运或其它因素,在锚定板前后面应双向布置钢筋。锚定板与拉杆连接处的钢垫板,也可按中心有支点的单向受弯构件进行设计。锚定板预制时中心应预留拉杆的孔道,其要求同肋柱的预留孔道。

四、挡土板

挡土板置于肋柱的内侧,直接承受填土的侧压力并将侧压力传递给肋柱。其构造要求与锚杆挡土墙挡土板一样,但矩形板的最小厚度可采用 15cm ,板宽一般为 50cm ,挡土板上应留有泄水孔(吊装孔可作泄水孔使用),板后应设置反滤层。

壁板式墙的墙面板,可采用矩形、十字形或六边形等钢筋混凝土板,截面形式有矩形和槽形之分。墙面板上一般设置一根拉杆,按单支点双向悬臂板计算其内力并配筋。置于墙身最下部的墙面板尚应按偏心受压构件验算混凝土的抗压能力。墙面板的中部应预留拉杆孔,便于穿过拉杆和安装紧固件。为方便拼装墙面板和确保墙面平顺稳固,墙面板周边宜设置企口或预留销孔。

第三节 施工准备

一、准备工作

1. 施工准备的首要问题是熟知设计内容与要求,了解设计意图,由设计部门进行技术交底。其次是按照施工设备及施工场地的情况,合理地布置构件预制场地、成品堆放场地,并按照施工程序,安排材料、预制构件的运输路线、填土机具的行走路线及构件吊装程序,认真组织劳力,使各工种间紧密配合,避免相互干扰或窝工,尽量减少机具的使用台班,并据此编制施工组织设计。

2. 根据以往的施工经验,锚定板挡土墙所需的主要机具设备如表 8—3—1 所示。

表 8—3—1 主要机具设备

顺序	机械、机具名称	数量	使用说明
1	混凝土搅拌机	2 台	构件预制及现浇混凝土
2	5t 汽车吊	1 台	吊装及倒运预制构件
3	插入式捣振器	1 台	预制构件
4	汽车及拖车	1 台	倒运预制构件
5	钢筋切割机	1 台	切割钢筋
6	电焊机	1 台	焊钢拉杆及钢筋
7	对焊机	1 台	焊钢拉杆及螺丝端杆

顺序	机械、机具名称	数量	使用说明
8	翻斗汽车	若干台	拉运土方
9	推土机	若干台	配合汽车填土碾压
10	压实机具	若干合	配合填土压实
11	5t 倒链滑车	1 台	机动使用

3. 劳动力组织应以既有分工又有合作为原则,以适应锚定板挡土墙工序多、工种多的特点,克服窝工浪费现象。因此,劳动力的组织与分工如下所述,并根据具体情况灵活掌握。

- (1)木工组:负责全部构件的模型板制、立模、拆模工作;
- (2)钢筋组:担任预制构件钢筋绑扎、拉杆除锈、拉杆制作及安装;
- (3)混凝土及普工组。担任开挖基坑及全部混凝土浇筑、混凝土构件安装等工作;
- (4)机电组:负责焊接钢拉杆、螺丝端杆与锚定板锚头等工作;
- (5)构件吊装组:负责各项预制构件的运输、吊装就位、安装及搭拆临时脚手架或支架等工作;
- (6)土方填筑组:负责指挥汽车卸土、人工夯实及填土质量的检查与验收工作。

二、拉杆制作

拉杆是锚定板挡土墙中重要的构件,除按强度要求选择拉杆钢材和截面积外,拉杆的焊接质量和防锈处理也是十分重要的。

一般拉杆的设计强度不超过钢材屈服应力的 50% 为宜。另外,应采用延伸性较好的钢材作拉杆,因为延伸性好的钢材在应力超过屈服点后所能安全承受的延伸率较大,这是一个很有用处的安全储备。由于土质的不均匀性以及荷载的过分集中等原因,有可能使某一根拉杆承受超出设计拉力的荷载,这时,由于钢材的延伸率较大,即可通过墙面系的变形,迫使相邻拉杆共同分担超设计荷载的拉力,从而避免了因为某一根拉杆受力过大而造成结构破坏的可能性。

钢拉杆的材质,一般采用 3 号圆钢、16 锰螺纹钢,也可采用 45 硅锰钒(45SiMnV)钢。45 硅锰钒钢筋的外形为螺旋纹,配有专门的连接器,作为钢筋纵向接长用,避免焊接,但它的延伸率比 3 号钢、16 锰钢低得多。三种钢材的机械性能如表 8—3—2 所示。

表 8—3—2 拉杆钢材机械性能和外形表

级别	牌号	代号	屈服点 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率(%)		外 形
					δ ₅	δ ₁₀	
I	3 号钢	A3	240	380	25	21	圆
II	16 锰	16Mn	343.2	525	16	—	人字纹
III	45 硅锰钒	45SiMnV	550	850	10	8	螺旋纹

拉杆选用的钢材,长度均有限,普通圆钢直径小于 25mm 的,最长为 10m,直径大于 26mm 的,最长为 9m。优质钢材,各种直径的母材,最长为 6m。因此,凡拉杆的设计长度大于母材的最大长度时,就存在拉杆接头问题。

钢拉杆的接头,应优先采用对头接触电焊的焊接接头,如图 8—3—5 所示。但当拉杆直径较大(如大于 32mm)时,需大型闪光对焊机,如无大型闪光对焊机亦可采用两侧帮条

(夹板)电弧焊接头,如图 8—3—6 所示。帮条钢筋面积,不应小于拉杆面积的 1.2 倍(Ⅰ级钢筋)或 1.5 倍(Ⅱ级钢筋),帮条钢筋长度不小于 $5d$ (d 为钢筋直径),四条贴角焊缝长度不应小于帮条长度,焊缝高度 h 不小于 $0.25d$,且不小于 4mm,焊缝宽度 b 不小于 $0.7d$,且不小于 10mm,如图 8—3—7 所示。焊接强度,是否符合设计要求,应通过试验检验,证明合格后,方可成批加工钢拉杆焊接接头。焊接质量应逐根检查。

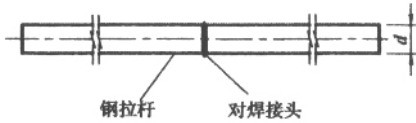


图 8—3—5 钢拉杆的对焊接头

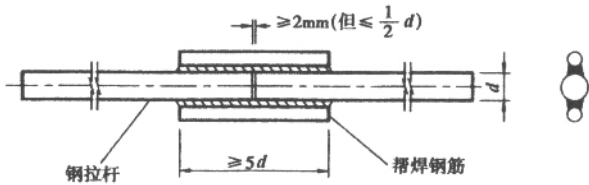


图 8—3—6 钢拉杆的帮条焊接头

除 45 硅锰钒钢筋配有专用连接器可供拉杆接头用外,其它钢筋亦可按等强度原则设计成六角形螺纹扣连接器,如图 8—3—8 所示,以便于拉杆的搬运、安装等。用六角形螺

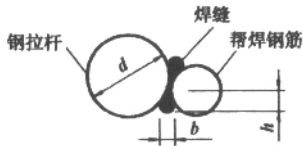


图 8—3—7 钢拉杆的焊缝要求

纹扣连接器接头时,拉杆在接头部位应套丝。一般在拉杆直径较小时,可采用简单的螺纹拉杆比较经济。拉杆直径为扣除螺纹高度后的直径,也就是实际选用拉杆直径材料时,应比设计直径加两倍螺纹高度。当拉杆设计直径较大(如大于 25mm)时,则应采取锻粗的端部进行套丝较为合理,如图 8—3—9 所示。但有时因 6~10m 长的母材进行套丝有困难,又不得不在拉杆母材上另焊螺丝端杆,特别是拉杆与肋柱连接处,一般均焊螺丝端杆用螺帽与肋柱连接。螺丝端杆与拉杆直径的关系如图 8—3—10 及表 8—3—3 所示。

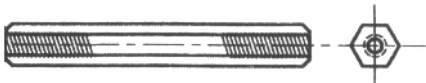


图 8—3—8 六角形螺丝扣连接器

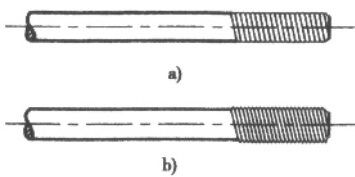


图 8—3—9 螺丝端头
a) 普通型; b) 锻粗型

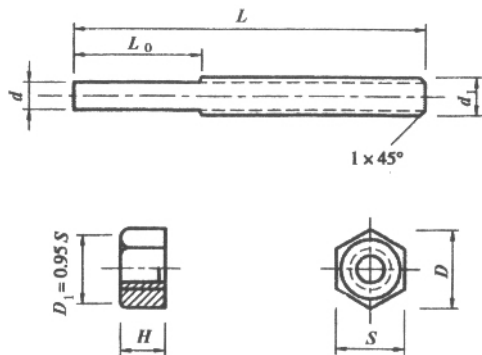


图 8—3—10 螺丝端杆和螺帽

表 8—3—3 螺丝端杆和螺母尺寸

序号	拉杆直径 (mm)	螺纹规格 d_1 (mm)	L_0 (mm)	L (mm)	d (mm)	D (mm)	S (mm)	H (mm)	d (mm)
1	40	M48×3	120	320	43	86.5	75	58	46.051
2	36	M42×3	120	320	40	75.0	65	50	40.051
3	32	M39 × 3	120	320	34	69.3	60	47	37.051
4	28	M33×2	120	320	31	57.7	50	40	31.701
5	25	M30×2	120	320	28	53.1	46	36	28.701
6	22	M27×2	120	320	25	47.3	41	32	25.701
7	20	M24×2	120	320	22	41.6	36	28	22.701
8	18	M22 ×1.5	120	320	20	41.6	36	26	21.026
9	16	M20×1.5	120	320	18	36.9	32	24	19.026
10	14	M18 ×1.5	120	320	16	36.9	32	22	17.026
11	12	M16 × 1.5	120	320	14	31.2	27	19	15.026

注：螺纹规格系按“普通螺纹(GB 192—197)”制定，例如 M48×3 为细牙螺纹，螺纹外径为 48mm，螺距为 3mm。

三、混凝土构件预制

锚定板、肋柱、挡土板，可在预制厂预制后运到工地安装，也可在工地直接预制安装。

锚定板挡土墙肋柱的预制同锚杆挡土墙。由于模板比较长，容易变形，因此制作模板时，在每块模板上下边缘处应用角钢固定，这既可防止模板变形，又可增加模板利用次数。模板内侧钉一层薄铁皮，可方便脱模，又能保证构件表面美观。模板两端的挡头板与侧模相接，宜在侧模上做槽，挡头板卡在槽内。并且在安装模板时，每隔 1m 左右装上卡具将模板卡住，以防浇筑混凝土时模板变形。

挡土板，一般采用钢筋混凝土槽形板，为保证构件表面光洁和平整，常采用翻转钢模浇筑，也可用素混凝土的拱板作挡土板，以节约钢材。

锚定板常用木模制作且不设底模，使用半干硬性混凝土，振捣密实后，随即脱模倒用。柱板式锚定板的板边长不应小于 70cm，壁板式锚定板的边长不应小于 45cm。

锚定板及肋柱上的拉杆预留孔,可用木料做成圆锥体短木棒,预埋在规定部位,待混凝土浇筑约 2h 后即进行转动一次,以后每隔 1h 转动一次,待混凝土终凝后即可取出。

螺丝端杆与肋柱及锚定板连接的部位不能包裹,是防锈蚀的薄弱环节,在锚定板中心应预留拉杆的孔道,孔道直径需大于螺丝端杆的直径,以便于安装后填塞沥青(水泥)砂浆防锈。

预制的钢筋混凝土构件,应按钢筋混凝土结构的施工要求,既要保证构件的内部质量,又要保证构件表面平整、光洁、轮廓清晰、线条顺直、无裂缝,强度符合要求等。搬运过程中,应注意安全,防止损坏。

第四节 柱板式锚定板挡土墙施工

一、基础工程

锚定板挡土墙的基坑开挖工作量,比重力式挡土墙要少很多。如果肋柱设计为平放在基础顶面上的自由端,那么基础仅起阻止肋柱下沉和扩散应力的垫层作用,此时基坑开挖工作量更少。由于锚定板挡土墙为轻型柔性结构,对地基承载力要求相应的比重力式挡土墙要低得多,但不应误解为不需考虑基底承载力问题。如果基础发生大量的下沉,基础下的软弱层形成圆弧滑动面,则有可能造成锚定板挡土墙的破坏。因此,在锚定板挡土墙的设计、施工中,应作详细的地质勘察,认真核对地基承载力和可能下沉问题,在开挖基坑中,应密切注意地层的变化情况。

锚定板挡土墙的基础宜采用杯形基础、分离式垫块基础和条形基础。为使肋柱吊装过程减少支撑工作量,肋柱基础常采用杯形基础,如图 8—3—11 所示。杯形基础应符合下述要求:

- (1)当 $b \leq 1\text{m}$ 时, $H_1 \geq b$ 或 $H_1 \geq 0.05L$ (L 为吊装时肋柱长);
- (2)当 $b > 1\text{m}$ 时, $H_1 \geq 0.8b$ 且 $\geq 1\text{m}$;
- (3)当 $b_1/b \geq 0.65$ 时,杯口一般不配钢筋。

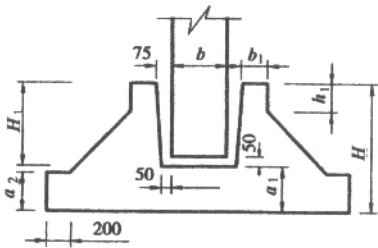


图 8—3—11 杯形基础(尺寸单位:cm)

图中: b ——肋柱断面垂直墙长方向的宽度(cm);
 L ——与杯形基础相连的肋柱段吊装时的长度(cm);

- b_1 ——杯口壁厚(cm);
- H ——杯形基础的总厚度(cm);
- h_1 ——杯口高度(cm);
- H_1 ——杯槽深度(cm);
- a_1 ——杯槽下的底板厚度(cm);
- a_2 ——杯座边缘厚度(cm)。

一般肋柱(矩形及工字形)杯形基础尺寸可参照表 8—3—4。

表 8—3—4 矩形、工字形肋柱杯形基础尺寸参考值

肋柱截面长边尺寸(cm)	a_1 (cm)	a_2 (cm)	b_1 (cm)	杯口宽度= H_1+5 (cm)
30	15	15	20	35
50	15	15	20	55
60	20	20	20	65
70	20	20	20	75
80	20	20	25	85
90	20	20	25	95
100	20	20	30	105
110	20	20	30	105
120	25	20	30	105
130	25	25	30	110
140	25	25	35	120
150	30	30	35	125
160	30	30	40	135
180	35	35	40	150
200	35	35	40	165

杯形基础施工时,杯口的处理应做好如下几点:

- (1)应在混凝土初凝后,终凝前将杯口内模板拆除;
- (2)根据肋柱的设计,考虑肋柱底端为自由端、铰支端、固定端的图式,确定杯口内填料及其施工方法;
- (3)肋柱安装前,杯口必须打扫干净。

二、肋柱安装

肋柱安装前注意:基础的杯口应打扫干净;铺设一层沥青砂浆;清除预制构件上的污染物;清扫和平整吊机及车辆的运行道路;测定控制各构件就位的定位线;预备一定数量的垫木和木楔等。

与锚杆挡土墙相似,肋柱吊装工作,视道路、吊装设备情况,可采用独立扒杆或汽车吊,按设计要求将肋柱安装就位。肋柱是否需要支撑,应视基础设计情况而定。杯口基础一般可不设支撑,将肋柱插入杯口后,先对准肋柱与肋柱间的中心线,在杯口用木楔塞紧,然后,用钢钎作临时地垄,以倒链葫芦方式进行肋柱的调整。为防止肋柱最终向外倾斜,吊装时严禁前倾,一般都预留后仰位移量,根据施工经验,肋柱预留位移后仰量,宜为肋柱长度的5%。当所有肋柱都调整到设计要求后,杯口四周用木楔塞紧,肋柱即可自立,待全部填土完成后,方可打掉木楔,并按设计规定的材料封填杯口。如支座设计为铰支点,宜用沥青砂浆填封;若设计为固定端,则用水泥砂浆填封。

如果采用条形基础或垫块基础,肋柱平置于基础上,则肋柱必需加支撑才能直立,可采用斜撑固定法和螺栓固定法,也可采用图8—3—12所示的支撑方法。当肋柱立在基顶上,调好肋柱中线位置及后仰坡度后,用两根固定夹木夹住,以8号铁线交叉绑扎在脚手架上,同时,肋柱上下端,按其间距各加两根支撑木,以防止移动。此类支撑,仅能维持肋柱在不受上压力的状态下自立不动。因此,墙背填土必须按规定顺序施工,确保填土初期肋柱不受压力,使锚定板在施工过程中立即能发挥其抗拔能力,来平衡填土的水平推力。倘若设计要求墙面系在施工过程中,在锚定板未能发挥其抗拔能力之前,就必须承受水平土压力,那么,其支撑方法,应按所承受土压力的大小来进行具体设计。

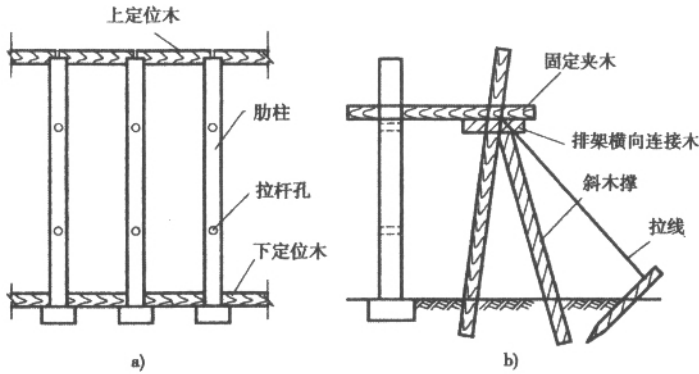


图 8—3—12 排架支撑
a)正面图;b)侧面图

三、拉杆、锚定板及挡土板安装

拉杆与锚定板,能否处于正常的工作状态和能否符合设计受力的要求,与安装质量有着密切的关系。如拉杆与肋柱或锚定板的连接不紧,致使拉杆受力不均,个别拉杆受力偏小,而某些拉杆又受力过大,这将改变肋柱内力的设计状态,从而造成肋柱裂纹、根部断裂等弊病;若螺帽与螺杆不配套,易形成螺帽松动甚至脱落,引起两肋柱间的填土坍塌,同样也会致使肋柱倾斜根部断裂。

施工过程中,应按照逐层拼装挡土墙、拉杆、锚定板,逐层填土的顺序循环进行。

1. 拉杆的安装

拉杆安装的关键在于确保拉杆顺直,拉杆与肋柱、锚定板的连接紧密牢固。

当填土压实至拉杆标高以上 20cm 时,开挖拉杆槽和锚定板坑,按设计规定的拉杆倾斜度及位置,将拉杆及锚定板安装就位。挖槽时一般使锚定板位置比设计位置抬高 2~4cm,以免因填土沉降引起拉杆下垂。拉杆就位后,螺帽的松紧应适度,在安装整个墙面系的过程中,应经常检查螺帽是否松动,随时使其处于受力状态;待挡土墙全部完工,且填土基本稳定后,再一次普遍检查拧紧,使各拉杆处的螺帽受力一致、均匀。

如果要求在施工过程中或竣工时进行应力调整或预加应力,必须使用专用的测力扳手,并需在设计时提出具体的施工操作规定。

拉杆与肋柱的连接,一般用垫板上套双螺帽拧紧(即螺母锚固),也可采用弯钩锚固和焊短钢筋锚固。连接锚固处,应在填土前用沥青砂浆充填肋柱预留拉杆孔的空隙,并用沥青麻筋塞缝。外露的金属部分应在填土下沉基本稳定后,及时用水泥砂浆或小石子混凝土封闭,并作永久性防锈处理。

拉杆与锚定板的连接,可采用螺栓、锻粗的端头及焊接的锚具等多种形式。其中锻粗的端头,往往给安装工作带来不便,因而使用不多。用螺栓连接,可比照拉杆与肋柱连接的螺丝端杆的要求来选用与安装。若采用焊接锚具,则可参照图 8—3—13 及表 8—3—5 的要求施工。焊接锚具,应在安装过程中进行施焊,所以,电焊工作必须与安装工作紧密配合,以免耽误填土及其它工序的进度。

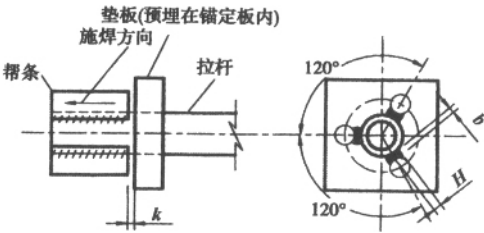


图 8—3—13 焊接锚具

表 8—3—5 锚具帮条及焊缝尺寸

序号	拉杆直径 (mm)	帮条尺寸 (根数×直径 mm×长度 mm)	焊缝尺寸(mm)			垫板尺寸 (厚×长×宽)(mm)
			b	H	K	
1	40	3×28×60	18	9	6	20 × 120 × 120
2	36	3×25×60	16	8	6	20×110×110
3	32	3 × 22 × 55	14	7	6	20 × 100 × 100
4	28	3 × 20 × 55	14	7	4	20×90×90
5	25	3 × 18 × 55	12	6	4	15×80 ×80
6	22	3×16 × 50	10	5	4	15×80 ×80
7	20	3 × 14 × 50	10	5	4	15 × 70 × 70
8	18	3 × 14 × 50	8	4	4	15 × 70 × 70

序号	拉杆直径 (mm)	帮条尺寸 (根数×直径 mm×长度 mm)	焊缝尺寸(mm)			垫板尺寸 (厚×长×宽)(mm)
			<i>b</i>	<i>H</i>	<i>K</i>	
9	16	3 × 12 × 50	8	4	4	15 × 70 × 70
10	14	3 × 10 × 50	8	4	4	15 × 70 × 70
11	12	3 × 10 × 50	8	4	4	15 × 70 × 70

拉杆安装完毕后,拉杆槽用石灰土回填,回填土可轻轻夯平,当上部填土下沉时,拉杆上的回填土尚有压缩的余地,可减小拉杆上的次应力,且可使拉杆不致弯曲,为拉杆提供良好的受力状态。

2. 锚定板及挡土板的安装

在填土层上已经挖好的锚定板坑内,吊入锚定板,使锚定板与拉杆符合设计指定的状态(一般采用锚定板与地面成垂直的状态)。锚定板与拉杆,应有牢固、可靠的连接并应使锚定板与拉杆能固定住,不致使锚定板在拉杆上发生前后串动或滚动。不论拉杆与锚定板的连接是螺栓连接、锻粗的端头还是焊接锚具,为防止连接系统锈蚀而失去其效用,都应在锚定板安装完毕后,用干硬性水泥砂浆封闭其锚固部分以及充填锚定板上预留拉杆孔的空隙,如图 8—3—14 所示。锚定板周围的土方回填工作,应注意夯填质量,若回填土上开挖的锚定板坑较小,锚定板就位后不易保证回填压实质量时,可用贫混凝土回填锚定板周围的空隙,如图 8—3—15 所示。

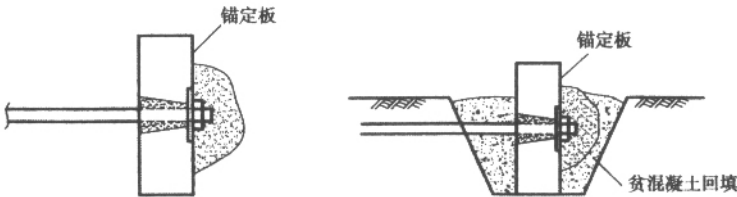


图 8—3—14 拉杆端部处理

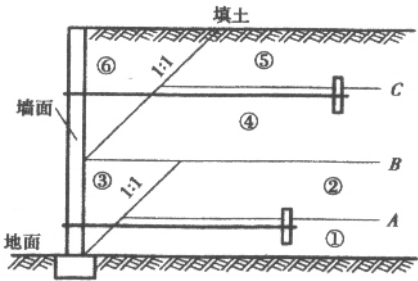


图 8—3—15 锚定板坑回填

挡土板的安装,随着填土高度增加,随时用小车推入,配以适当的吊装机具,人工安装就位,主要应使挡土板与肋柱尽可能密贴,必要时可在肋柱与挡土板搭接处抹一层水泥砂浆,以保证其受力均匀,不致产生局部挤压破坏。

挡土板背后最好填一层级配良好的砂砾石反滤层,以利墙背排水。

对于外形无明显差异的单向配筋构件,预制后应在构件表面设置方向标志,以保证构

件安装时可正确就位,避免构件装反。

四、填料填筑与压实

锚定板所能提供的抗拔力大小、锚定板挡土墙的整体稳定性、钢拉杆由于土体下沉所产生的次应力等诸多因素,都直接与填土压实质量有密切关系。所以,加强填土工序的质量控制,确保填料质量和填土压实质量,是锚定板挡土墙成败的重要环节。

1. 填料要求及选择

墙后填料最好采用透水性的砂类土(粉砂、粘砂除外)、砾石类土、碎石类土等。不能采用膨胀土、盐渍土及块石类土。严禁采用有腐蚀作用的酸性土和有机质土,以防填料对拉杆钢筋的电化学腐蚀作用。

如果墙后填料为粘性土,而且可能有水浸入墙后填土时,应在墙后底部至墙顶以下 50cm 范围内填筑不小于 30cm 厚的砂砾等透水性材料或用无砂混凝土板、土工合成材料作为反滤层以利排水,并且要设置排水设施。必要时还可在填土顶部铺设防水材料作封闭层,在寒冷及严寒地区,墙后应填非冻胀性土。反滤层和排水设施应与墙后填土同步完成。

2. 填底处理

为保证锚定板挡土墙的整体稳定,必须在填土前先进行基底处理,一般情况下,修建锚定板挡土墙的地面横坡不宜陡于 1:10。若横坡在 1:10~1:5 时,应清除草皮;横坡在 1:5~1:2.5 时,应将原坡面挖成台阶,台阶的宽度不小于 1.0m;当横坡陡于 1:2.5 时,应验算其基底稳定性。基底若有淤泥必须清除,如果有地下水影响基底稳定时,应拦截或排除地下水到锚定板挡土墙上。如排水有困难时,则应以透水性材料或不易风化的岩石填筑在底部。若基底为耕地或松土时,应先压实后再行填筑。在深耕地段,必要时应将松土翻挖,然后回填压实。

3. 填筑程序

基底按规定处理后,墙后的填土应按规定的顺序进行填筑。为发挥锚定板在填土过程中的抗拔能力,减少肋柱的支撑工程,双层锚定板挡土墙一般可按图 8—3—16 所示的顺序进行填筑。

(1)从基底开始,由肋柱根部向上,以 1:1 坡度摊铺填土并压实,此时墙面系完全不受土压力,待填至下层拉杆以上 20cm 处,完成了顺序①,即停止填土。压实后,开挖下层拉杆槽及锚定板坑,

安装下层拉杆及下层锚定板,然后用石灰土回填槽坑。若锚定板前的超挖部分不易保证质量时,可用贫混凝土回填。

(2)填筑顺序②的填土层,层厚约 1.0m 左右,拧紧肋柱下层拉杆的螺帽,以便使下层锚定板能承受一定的抗拔力。

(3)顺序②完成后,安装挡土板,并填筑墙后的砂砾反滤层及填土,即顺序③,此时墙面系开始承受水平土压力。

(4)填筑顺序④的填土层,此时墙面系土压力逐步增大,但锚定板能提供的抗拔能力

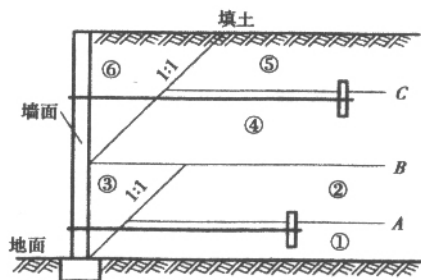


图 8—3—16 填土程序

也同时加大,填至上层拉杆以上 20cm 处停止填土,挖上层拉杆槽及锚定板坑,安装上层拉杆及锚定板,此时,上层锚定板尚不能起作用。

应该说明,对于双层锚定板挡土墙来说,此时整个墙面系的下层拉杆所受的水平上压力最大,为此应验算下层拉杆在施工荷载作用下所承受的拉力,检查下层拉杆直径是否满足要求,锚定板大小是否适应,肋柱弯矩图式与肋柱内力布筋是否一致等等。但这是很短暂的,其安全系数可以降低。

(5)上层拉杆及锚定板安装后,即可填筑顺序⑤的填土层,直至墙顶(或路基顶面),并拧紧肋柱上层拉杆螺帽。随着填土的增加,上层拉杆及锚定板也参加工作,这时肋柱内力又开始变化。

(6)填筑顺序⑥三角部分的填土并压实,至此,双层锚定板挡土墙填土工作已经完成。一般肋柱的荷载图式均为此时的受力状态。

如为三层或三层以上的锚定板挡土墙,可按上述方法循环往复进行,直至全部完成。

4. 填土压实及质量控制

填土压实前,应按填料土质情况做击实试验,以确定最大干密度和最佳含水量。填土的含水量应等于或接近于最佳含水量。

当填料运达工点卸料时,机具离挡土板的距离不应小于 1.5m 机具不得在未覆盖填料的拉杆和锚定板上行驶。摊铺厚度应均匀一致,表面平整,并应设有不小于 3% 的横坡。当用机械碾压时,每层厚以 20~30cm 为宜,碾压次数应根据压实度要求,通过试验确定。靠近墙面系 1.5m 以内的填土,以及拉杆、锚定板以上 50cm 厚的土体摊铺和压实,应用人工摊铺和小型机具压实,以防大型机械撞坏墙面系、压弯拉杆或碰斜锚定板。同时,锚定板前的土体,必需加强夯填质量,以确保锚定板抗拔力的发挥。一般锚定板周围填土采用人工压实方法,先压实锚定板前的填土,并逐步向墙面方向推进,然后夯实锚定板后的填土,这样,既能保证锚定板前土体的密实度,还能把拉杆在压实过程中拉直。

土方压实质量是锚定板挡土墙成败的重要环节和关键工序,必须切实加强质量检查,以确保锚定板挡土墙施工质量。工程质量检查的内容包括:基底检查、填料检验及填土压实度检测等。对于压实度的检查,每一填土序号不得少于 3 处,若挡土墙较长时,抽样检查点的间距不宜大于 10~20m。检测方法:土的含水量可采用烘干法、酒精燃烧法等;密度可用灌砂法、环刀法等,但应以烘干法测含水量和灌砂法测压实度为准。填土层的压实度不得小于规定,否则应进行补充压实,直至满足规定要求才能进行下一道工序。

五、钢拉杆防锈

钢筋的锈蚀作用受许多因素影响:暴露在湿空气中并与酸性水和空气反复接触的钢筋锈蚀速度较快;埋在碱性土中的钢筋而且其周围空隙水和空气不易流动时,不易锈蚀。一般埋在土中的钢筋锈蚀速度平均约为每年 0.01mm 。因此,钢拉杆的防锈蚀问题关系到锚定板挡土墙的可靠性和使用寿命,所以应认真考虑。钢拉杆的防锈蚀措施主要有以下三个方面:

(1)选择钢拉杆直径时,在按受力大小及钢材强度计算确定的钢拉杆直径的基础上,再增加 2mm 的防锈蚀安全储备。

(2)为防止土体的电化学腐蚀现象,在有条件的情况下,钢拉杆周围的回填料应尽量选择电阻率比较大的均质土。而电阻率比较小或具有酸性介质的腐蚀性土(如煤矸石、炉渣、城市垃圾土等)不得作为钢拉杆周围的填料。

(3)采用防锈蚀处治。锚定板挡土墙为柔性结构,钢拉杆的防锈蚀处治措施,也应选用柔性材料为宜,不宜采用包混凝土的刚性防护措施。

在目前情况下,钢拉杆采用沥青浸制麻布包裹的防锈蚀方法,不仅具有施工简便及造价低廉的优点,而且经受了工程实践的考验,证明是比较好的防锈蚀处治措施。

下面重点介绍钢拉杆防锈层的处治技术。

1. 钢拉杆的表面处理

钢拉杆在自然环境中受周围介质的影响,表面通常有一锈蚀层,而且在制作与施工过程中,也难免油类或其它杂物附着在其表面。为了保证防锈层的质量,必须将铁锈或杂物以及油污等完全清除干净,使其表面露出金属光泽,否则将会降低防锈蚀层的附着力,使防锈层产生龟裂和剥离等现象。

钢拉杆除锈方法可采用手工或机械钢丝刷除锈、喷砂。除锈后的钢拉杆,需用无油漆的干布擦拭干净,然后立即涂刷防锈底漆。

2. 涂刷防锈底漆

钢拉杆防锈蚀用的底漆涂料,应具备两个条件:一是附着力强,在钢拉杆伸长或收缩时不易剥离;二是物理、化学性质稳定。能基本符合上述两个条件的防锈蚀涂料有:沥青船底漆、环氧沥青漆、环氧富锌漆等。

防锈底漆一般涂刷两道为宜。涂刷时,力求漆膜厚度均匀无空白,漆膜平整。

除涂刷防锈漆外,也可采用镀锌进行处理。

3. 包缠防锈包裹层

据资料介绍,目前较好的防锈蚀涂料耐用年限最多不过 $10\sim 20$ 年。因此仅用防锈蚀涂料做为永久性的拉杆防锈蚀措施是不够的,必须在底漆的外面再加防锈蚀包裹层。

防腐蚀包裹层的材料,通常用沥青浸制麻布或沥青玻璃丝布,一般不少于三层热沥青和两层沥青浸制麻布或玻璃丝布(简称三油两布),当锈蚀较严重时,应适当增加包裹层数。防锈蚀的效果,与包裹层的施工质量有密切关系。

防锈蚀包裹层的施工方法如下述:

沥青可用锅、铁桶等容器以火熬制,或使用电热设备。用铁桶装沥青应打开桶口小盖,将桶横搁在火炉上,以文火使沥青溶化后,从开口流入熬制铁锅或大口铁桶中,熬制的锅或铁桶必须有盖,以防沥青飞溅或着火。锅内沥青不得超过容积的 $2/3$,熬制过程中要不断搅拌至全部成为液态为止。施工人员应带口罩、手套,脸上涂防护膏(防沥青膏),穿长袖衫、长裤工作服,避免皮肤直接接触沥青涂料。

沥青浸制麻布,所用的麻布要经过充分的干燥处理($50^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 烘 24h 以上),否则当含水量约为 12% 的麻布浸渍在沥青油内处理时,会产生气泡,还可能形成防锈包裹层的透气孔。经沥青浸制过的麻布,其表面呈暗黑色,无孔眼、破裂和叠皱,撕断面上应呈黑色,不应显示有未浸透布层。涂刷沥青时的温度不得低于 $180^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$,铺设沥青浸制麻布,应在涂布的热沥青未凝固时进行,以确保其结合成一体。

铺沥青玻璃丝布,因其熔点较低,沥青溶化后的温度较高,此时涂刷极易损坏玻璃丝布,故应待稍冷却后涂刷,以保证防锈层施工质量。

铺麻布或玻璃丝布,均应包缠紧密无皱折,压边均匀无空白,其宽度为 $1.0 \sim 1.5\text{cm}$,搭头长度为 $5 \sim 8\text{cm}$,并应平稳粘牢。为保证其质量,使用包缠架效果会更好,既改善了劳动条件,又提高了施工质量与速度。

螺丝端杆与肋柱及锚定板连接的部位不能包裹,是防锈蚀的薄弱部位,应按本节前文所述的方法处理。

第五节 现场原型试验与观测

为了进一步总结和提高锚定板挡土墙的设计理论和施工技术,监控锚定板挡土墙的施工质量,有必要进行现场的原型锚定板的拉拔试验和锚定板挡土墙的观测。试验和观测的目的有两个方面:(1)验证现有的设计理论、设计参数,并寻求改进提高的途径;(2)监控施工质量,提供使用期间的安全保证。试验和观测的内容包括:原型锚定板拉拔试验、拉杆拉力观测、肋柱位移观测、填土沉降观测以及土压力观测等。

一、原型锚定板拉拔试验

锚定板抗拔能力随着土质、填土密度、土体含水量等因素而变化,因此规范、参考文献等一般只能给出锚定板容许抗拔能力的基本数值(如 $100 \sim 150\text{kPa}$)。虽然基本上可以保证挡土墙的安全,但不一定是经济合理的。因此如果有条件的话,应在施工单位配合下,取用与工程设计相同的土质、相同的填土高度、相同尺寸的锚定板,选择适当地点做原型拉拔试验,以拉拔试验得到的极限抗拔力作为确定锚定板容许抗拔力的依据。

1. 拉拔试验方法

拉拔试验方法如图 8-3-17 所示。试验时可用油压式张拉千斤顶(如 YC-60 型)与高压油泵(如 A6-400 型)在拉杆外端施加拉力,并用自动控制油压装置控制拉力在锚定板受拉变形过程中保持稳定。千斤顶的反力作用在一对 2m 跨长的钢梁上,钢梁的支

点在浆砌片石垛上,试验中用挠度计量测拉杆端部的位移量,挠度计的支架固定在距离浆砌片石垛较远不受拉力影响的固定桩上。

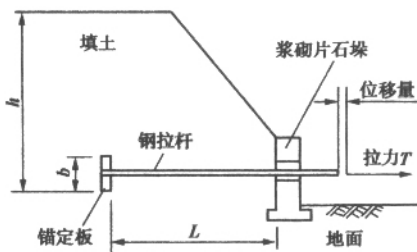


图 8-3-17 现场拉拔试验示意图

试验开始时每级荷载按预估极限抗拔力的 $1/10$ 施加。加载后每隔 10min 测读一次拉杆端部的变位数值,每级加载阶段内记录值不少于 3 次,如果连续 3 次位移量的总和不超过 0.1mm(即 30min 的位移量不超过 0.1mm),则认为已经达到稳定,可以施加下一级荷载。接近极限抗拔力时,每级荷载按预估极限抗拔力的 $1/15 \sim 1/20$ 施加,在拉力小于极限抗拔力的 $1/3 \sim 1/2$ 时,锚定板受力后变位数值很小,并且迅速稳定。当拉力逐渐接近极限抗拔力时,变位持续发展的时间延长,并且变位量和变位速率也逐渐增大。如果变位量不断地迅速增大,则锚定板已经丧失稳定,此时应采用前一级拉力作为锚定板的极限稳定抗拔力。

2. 极限抗拔力的基本概念

从原型拉拔试验曲线上确定合理的抗拔力的标准有三种,即:极限稳定抗拔力、局部破坏抗拔力和极限变形抗拔力。

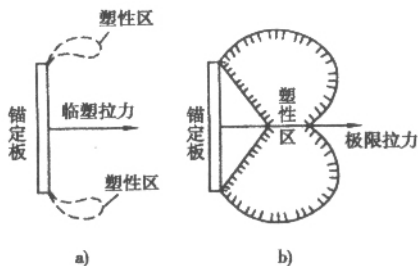


图 8-3-18 锚定板前方土体塑性区的发展

a) 塑性区发生初期; b) 塑性区发展至破坏阶段

(1) 极限稳定抗拔力

当锚定板所受拉力超过板前土体开始出现塑性区时的临塑荷载之后,随着拉力不断增大,锚定板周围土体的塑性区继续发展,直到塑性区连通之后(如图 8-3-18 所示),锚定板在土体中的位置将不能保持局部稳定状态。以锚定板在土体中能够保持局部稳定状态的最大抗拔力作为极限稳定抗拔力。

在现场试验时是以位移速率作为判断“稳定”或“失稳”的界限。由于现场试验不可能无限延长时间,所以规定当变位速率降至 30min 不超过 0.1mm 时,作为稳定的标准。当某一级拉力施加 3h 后仍不能达到上述稳定标准,即认为丧失稳定,其前一级拉力则为极限稳定抗拔力。

(2)局部破坏抗拔力

从锚定板抗拔试验所得到的拉力—变位曲线与地基荷载试验的 $P\sim S$ 曲线形状相似,如图 8—3—19 所示,其最后阶段往往是直线,而且这段曲线的斜率为最小。根据地基承载力中局部破坏承载力的概念和确定方法,在拉拔试验曲线上以最后直线段的起点作为确定极限抗拔力的第二个标准,即局部破坏抗拔力。

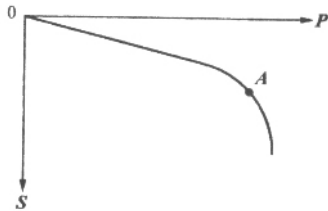


图 8—3—19 拉力—变形曲线

(3)极限变形抗拔力

不同的锚定板结构有不同的变形控制要求,如果锚定板受力后的位移量超过了结构所承受的极限变形值,该结构将会失去作用或破坏。因此,以锚定板的位移量不超过锚定板挡土墙的变形极限时的最大抗拔力作为极限变形抗拔力,即确定极限抗拔力的第三个标准。对于锚定板挡土墙,规定其变形的极限值为 100mm,当位移量超过 100mm 时,锚定板挡土墙将不能使用。

3. 极限抗拔力的确定

在确定极限抗拔力时,往往需要综合使用上述三个标准。采用第一种标准时,由于试验设备和时间所限,有些试验不能达到极限稳定抗拔力,这时可采用第二种标准。但当采用前两种标准所得到的变形量超过了第三种标准的极限变形值时,则在锚定板尚未丧失稳定之前,结构物已不能承受,这时应以第三种标准确定极限抗拔力。

4. 锚定板容许抗拔力

容许抗拔力是锚定板设计拉力的最大容许值,等于锚定板的极限抗拔力除以安全系数。安全系数值应考虑影响抗拔力的各种因素的复杂程度,以及工程结构的性质和重要程度。

实测得到的极限抗拔力是锚定板所能承受的极限抗拔力,考虑到在实际工程中填土的不均匀性、墙面变形的影响,群锚的相互影响以及荷载的长期作用等因素,安全系数不应小于 2.5~3.0。一般情况下,采用局部破坏抗拔力标准时安全系数取 2.5,采用极限变形抗拔力标准时,安全系数取 3.0。

二、锚定板挡土墙观测

1. 拉杆拉力观测

拉杆的作用是将墙面上压力传递给埋在填土中的锚定板,因此,对拉杆拉力进行监测,就可以测知土压力的大小及其变化,从而可监测拉杆的安全度。

采用钢筋应力计焊接在拉杆的中段,焊接后进行防锈包扎,并将从钢筋拉力计上引出

的电缆用镀锌铁皮软管保护,通过填土接入规定的接线箱。接线箱可埋在墙脚或墙顶便于观测处,以便于长期进行观测工作,据此可计算拉杆拉力值。

2. 肋柱位移观测

肋柱在施工和使用过程中的位移包括肋柱的下沉(竖向变形)和侧向位移。

(1) 肋柱下沉观测

一般在全部肋柱吊装就位后,即在肋柱上编号,在填土前即用水准仪测量柱顶标高及基顶标高,对所有测点均应标记并记录原始数据,注明测量日期及填土高度,以后在每层填土完成后,即测量一次,直至完工。如有条件,完工以后,仍应定期进行测量,直至达到稳定不再下沉为止。

(2) 肋柱侧向位移观测

肋柱的侧向位移观测,是在每一根肋柱上预埋位移标记,一般是设在肋柱的顶部和底部(或上、中、下部),如图 8-3-20 所示。

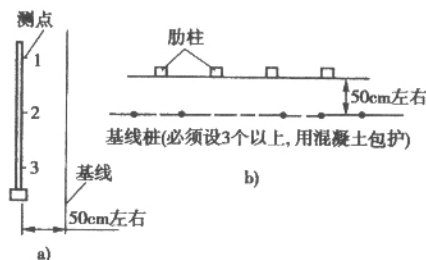


图 8-3-20 侧向位移观测布置

a) 侧面图; b) 平面图

肋柱吊装前,预先设置 3 个以上位移控制桩。应严格保护控制桩的位置不发生变化。当肋柱就位,墙后尚未填土时,用经纬仪测量肋柱上位移标记的初读数。当墙背填土后,用经纬仪对肋柱上位移标记进行定期测量。新读数与初读数之差即为该测点的位移值,如此即可得到施工过程中的肋柱侧向位移量。

3. 填土沉降观测

当填土压实质量不能保证时,会造成填土的不均匀沉降,使得拉杆弯曲产生次应力。因此,除按施工程序严格控制压实质量外,还应在填土过程中和使用期间,定期进行填土沉降观测。

填土沉降观测常采用沉降杯,其构造如图 8-3-21 所示。沉降杯是按连通器的原理设计的,它的组成部件有容水杯、罩盖、注水管、排水管、通气管、水杯底座。进出水管为透明塑料管,埋入填料中的部分,应套有镀锌铁皮软管,以免被填土压扁堵塞水管的过水能力。沉降杯一般安放埋设在拉杆中部及锚定板上,安装结束后,用水准仪测量其水杯杯口的标高作为初始读数,填土发生沉降之后,沉降杯随之下沉。测量方法是从进水管向容水杯内注水,当容水杯内水面超过杯口时,多余的水由杯口溢出,然后经过排水管排出,此时注水,注水管内的水位即恒定在一个标高上,此标高可标定在固定的标志上,并用水准仪测量高程。它与初始读数之差,即为测点的填土沉降量。

4. 土压观测

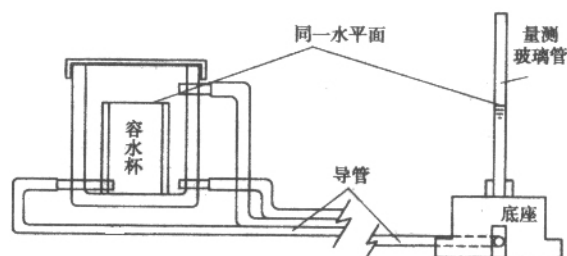


图 8-3-21 沉降杯及沉降观测

土压力在肋柱上的实测方法有两种：一是用土压力盒观测，要求在挡土板背面实测位置处预留土压力盒的孔穴，在施工中一边填土，一边埋设土压力盒进行量测；二是用传感器观测，在挡土板与肋柱接触处，一般在挡土板四个角处分别安装传感器，实测土压力值。一般来说，用传感器实测值比较可靠。