

岩土工程专题技术讲座

第二讲 灌浆锚杆的设计

铁道科学研究院 吴肖茗

灌浆锚杆指的是用水泥砂浆将一组钢拉杆(粗钢筋或钢丝束等)锚固在伸向地层内部的钻孔中,并承受拉力的杆状锚体。它的中心受拉部分是钢拉杆。钢拉杆所承受的拉力首先通过拉杆周边砂浆握固力而传递到水泥砂浆中,然后再通过锚固段周边砂浆的摩阻力而传递到锚固区的稳定地层中。

当工程需要用锚杆加固时,设计前应对附近建筑物、地下设施、锚固地层、地下水位、水质情况作详细的调查与勘探,并需对施工时的机械设备、施工条件、钢筋材料类型等进行选择。

灌浆锚杆的设计工作包括:锚杆的配置及其与结构物相互关系、锚杆设计拉力的确定、锚杆截面设计、锚头联结设计、锚杆长度设计、锚杆和结构物的整体稳定性验算等内容。

锚杆设计工作与其所联结的结构物密切相关。由于锚杆的应用十分广泛,可用以联结许多不同种类的结构物,其设计拉力和整体稳定性的计算方法对不同的结构物各不相同。本文仅以基坑锚杆护壁为例,对设计原理作扼要的介绍。

一、锚杆的配置及其设计拉力的确定

1. 土压力计算

在锚杆挡墙和基坑护壁中,锚杆的作用主要承受侧壁土压力。因此首先应计算作用在结构物侧壁上的总土压力及其分布,然后才能设计锚杆的配置及计算其拉力。

挡土结构所受侧压力的总值随着结构物与土体的位移量而变化,侧压力的分布图形

则随着结构物的柔性变形和施工程序的不同而变化。当挡墙的变形很小时,墙后土体处于弹性状态,应当用弹性理论计算土压力。当变形为中等程度时,(如砂性土填料上墙体变形达到千分之一墙体高)可以用极限平衡理论计算土压力。如果变形较大或情况特殊则目前只能用半经验的方法估算侧压力。

在实际的挡土墙设计工作中,一般挡土墙都采用库伦主动土压力作为设计土压力。但在设计中又必须采用适当的安全系数以控制变形。理想的极限状态不会发生,因而实际土压力应当略大于库伦主动土压力。关于土压力的常规计算方法详见有关教科书籍和设计规范,这里限于篇幅,不再复述。

2. 锚杆设计拉力的确定

单根锚杆的设计拉力主要根据施工技术方面的可能性,可靠性及其便利与否而定。例如在日本,锚杆的孔径过去以 $\phi 115\text{mm}$ 居多,现在逐渐倾向用 $\phi 90\text{mm}$,设计拉力倾向于限制在600kN以下。实际上大孔径钻孔并不经济,因为拉杆重量太大,插进去较困难,施工质量不易保证,而且万一拉力试验和确认试验发现问题时不好处理。作为永久性锚杆,日本有一例子,如需设计1500kN拉力的锚杆,可设计一根,也可以设计750kN两根,或500kN三根,实践表明,最后一种方案在计划性,可靠性和安全方面更有把握,而每吨拉力的平均单价并没有多大的差别。

3. 锚杆位置设计

锚杆沿坑壁的配置应能承受墙面或坑壁的土压力。因此,当土压力分布和单根锚杆

的设计拉力确定以后,即可设计锚杆的配置和根数。锚杆的倾角应向下倾斜至少 10° ,以利于灌浆。根据地层情况,锚杆的倾角可在 $10^\circ \sim 45^\circ$ 范围内选定,以便于使锚固段的位置进入有利于锚固的地层。锚杆间距一般不小于 $1.5 \sim 2.0\text{m}$ 。

二、锚杆体的设计

灌浆锚杆体主要可分为锚杆头部联结、锚杆截面和锚杆长度设计三部分。

1. 锚杆头部设计

需对台座、承压板及紧固器(螺杆螺帽)三部分进行设计。台座可以是钢板型或砼座,为了使构筑物与拉杆保持垂直,并能固定拉杆、防止横向滑动。承压垫板是为使紧固器与构筑物的接触面保持平顺。紧固器使构筑物与拉杆牢固联结(或直接焊接)。上述三部分均应按机械零件有关要求设计。

2. 锚杆截面设计

锚杆截面设计是需要决定每根锚杆所用钢拉杆的钢材规格与根数,并需根据钢拉杆的断面形状以及灌浆管的尺寸决定钻孔的直径。

例如:根据作用于侧壁上的土压力计算设计拉力等于支点反力(216kN),如用5号螺纹钢,受拉无疲劳现象时,采用允许应力 180kN/cm^2 ,则需钢筋截面为:

$$\frac{216}{180} = 120\text{cm}^2$$

因此应采用 $2\phi 28$ 组成的锚杆钢筋束($2 \times 6.15 = 12.3\text{cm}^2$)。

为保证钢筋周围有足够的砂浆保护层,沿钢筋长度每隔 $1.5 \sim 2.0\text{m}$ 焊接支架。钢拉杆插入钻孔时,如须将灌浆管同时插入,则

钻孔的直径必须大于灌浆管与钢筋及支架高度的总和。

3. 锚杆长度的设计

锚杆长度设计包括有效锚固段和非锚固段两部分。非锚固段的长度(L_0)按构筑物与稳定地层之间的实际距离而定,有效锚固段

的长度(L_e)应根据锚固段地层抗拔力的需要而决定。

计算锚杆极限抗拔力的公式为:

$$T_u = \pi D L_e \tau$$

式中

T_u ——锚杆的极限抗拔力(kN)

D ——锚杆钻孔的直径(m)

L_e ——锚杆的有效锚固长度(m)

τ ——锚固段周边的抗剪强度(kN/m^2)

除取决于地层特性外,还与施工方法、灌浆质量有关,设计时可根据过去有关拉拔试验得出的统计数据参考使用(作估算)。

有效锚固长度的设计程序是在决定了锚杆拉力和钻孔直径之后进行计算,而设计锚固长度时关键是决定孔壁抗剪强度的数值。许多资料 and 实际经验表明, T_u 的数值和同样条件下的实测值之间有相当大的差别,因此,计算值只能作为一种估计,具体数值必须依靠现场拉拔试验验证之后,才能成为完全的设计。必须指出,上式中 T_u 随 L_e 并不完全成比例增长,因为摩擦力分布随拉拔力的增加而变化,目前认为,锚杆长度在 10m 之内,用上式的估算是合适的。

根据拉拔试验的极限抗拔力 T_u 决定锚杆允许承载力 T_a 时要除以安全系数 F_s 。对临时性锚杆 $F_s = 1.5 - 2.0$,永久性锚杆 $F_s = 2.5 - 3.0$,如受地震荷载作用,或工程性质重要,受长期重复荷载作用时,安全系数还应增大。

三、基坑锚杆护壁的整体稳定性检算

基坑锚杆护壁的整体稳定性检算可以采用图解法分析墙面与锚固段之间的土体稳定性。现以下述三种不同情况为例,分别说明。

1. 在均质土中的锚杆护壁稳定分析

图1(a)表示一个在均质土中锚杆护壁的锚固区土体受力情况,

图中:

HF——挡土墙的墙面

ARE θ' / D ——设计所需的锚杆拉力