预应力锚杆在深基坑围护中的应用

张 岩，王万德
(辽宁省交通高等专科学校，辽宁 沈阳 110122)

摘 要：通过工程实例，对深基坑围护中土层锚杆的设计、整体稳定分析作了论述，同时对影响锚杆承载力的因素作了分析。

关键词：预应力锚杆；基坑围护；挡土墙
中图分类号：U473.2 **文献标识码**：B **文章编号**：1672－7428(2007)01－0012－03

Application of Pre-stressed Anchor Bolt in Deep Foundation Pit Shoring/*ZHANG Yan*, *WANG Wan-de* (Liaoning Provincial College of Communications, Shenyang Liaoning 110122, China)

Abstract: This paper illuminates the design of anchor bolt and the whole stability in deep foundation pit shoring through the field cases; meanwhile, it analyses the influential factors on the bearing capacity of anchor bolt.

Key words: pre-stressed anchor bolt; foundation pit shoring; retaining wall

1 工程概况

某铁路新客站位于原城站旧址，贴沙河西侧。基坑开挖范围包括站房和广场的地下停车场、地下设备用房及防护设施等，总的开挖范围南北长 272.0 m，东西宽 108.5 m，整个基坑一次开挖，开挖深度 8.0 m。

基坑西南角有江城饭店，西北角有红楼饭店，饭店离基坑最小距离为 10 m，其间有部分水管及铁路通讯电缆经过，施工时必须严格加以保护。为了减少挡土墙结构的水平位移，经过多方案比较，此两处采用大直径钻孔灌注桩加预应力锚杆的支护方式(其余位置放坡开挖)。基坑平面布置如图 1 所示。

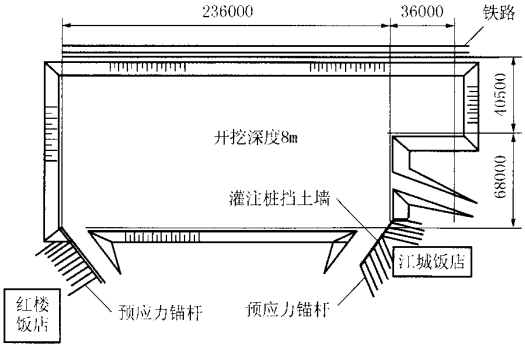

图 1 基坑平面布置示意图

2 地质情况

根据勘察单位提供的资料，该工程场地有关地质情况大致如下：

①层，人工填土，褐～灰黑色，湿，松散，含砖瓦碎片；

②层，砂质粉土，浅灰黄色，很湿，松散～稍密；

③$_1$ 层，砂层粉土，灰黄色，很湿，中密，局部呈粉砂，该层中还局部夹有松散状态的砂粉土透镜体，基坑基本上都落在该土层上；

③$_2$ 层，砂层粉土，灰～黄绿色，很湿，稍密～中密，混有细砂；

③$_3$ 层，砂质粉土，灰～灰绿色，很湿，中密，局部有粉细砂出现。

各土层埋藏深度及力学指标见表 1。

表 1 场地土层力学指标表

土层编号	勘察报告试验值		勘察报告推荐值(折减 0.5～0.75)		使用值		层面标高/m
	c/kPa	φ/(°)	c/kPa	φ/(°)	c/kPa	φ/(°)	
①					0	12	6.86
②	17	31	11.9～12.75	21.7～23.25	10	25	5.35
③$_1$	17	34.94	6～6.5	24.4～26.18	8	30	3.05
③$_2$	17	34.94	5.7～6.1	24.5～26.28	8	30	－5.45
③$_3$	14.38	31.67	10～10.8	22.2～23.75	12	25	－10.45

3 土层锚杆设计

设计原则：土层锚杆的承载力主要取决于锚固体的抗拔力，而锚固体的抗拔力可以从两方面考虑，一方面是锚固体应具有一定的安全系数，另一方面在受力情况下发生的位移必须不超过一定的允许值。如果场地对围护的变形及侧向位移量有严格限

收稿日期：2006－08－03

作者简介：张岩(1965－)，男(汉族)，辽宁人，辽宁省交通高等专科学校建筑工程系副主任、副教授，采矿工程专业，研究方向为地下工程、隧道工程，辽宁省沈阳市沈北新区虎石台建设南一路 5 号，(024)89708776、13079287758，zhangyanjgx@yahoo.com.cn。

万方数据

制,围护结构又不允许有较大的变形,这时应采用预应力锚杆为好。

该工程采用一层锚杆,锚固体直径为 127 mm,间距为 1.5 m,倾角为 30°,以强度控制为主,变形控制为辅,计算步骤如下。

3.1　计算支点反力

假想锚点位移为零,按等值梁法计算支点反力,计算简图见图 2。支点反力 $N=440$ kN;锚杆拉力 $T=507$ kN。

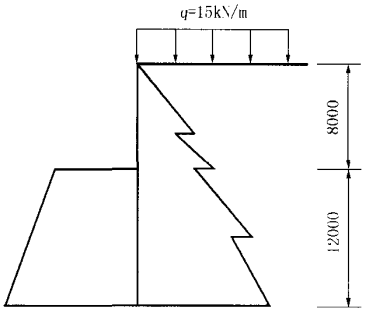

图 2　支点反力计算简图

3.2　计算锚固段长度

根据拉力计算锚杆锚固段长度:

$$T=\pi\tau L_m D/K$$

式中:T——锚杆承载力设计值;D——锚固体直径:τ——土的抗剪强度,取值 120 kPa(二次灌浆后);L_m——锚固段长度;K——锚杆抗拔力安全系数,取值 1.55(上海同济大学的研究成果)。

求得:$L_m=16.5$ m。

3.3　计算自由段长度

如图 3,O 点为土压力零点,OE 为设想滑裂面,锚杆 AD 与水平线 AC 夹角为 α,AB 为自由段长度。

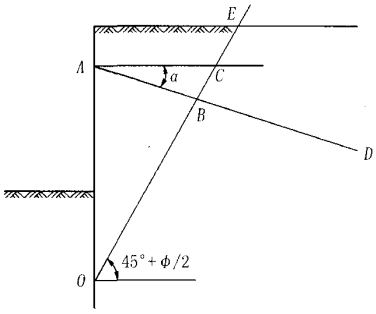

图 3　自由段长度计算简图

按几何原理:

$$AB=\frac{AO\tan(45°-\varphi/2)\sin(45°+\varphi/2)}{\sin(135°-\varphi/2-\alpha)}$$

取 $\varphi=25°$,$\alpha=30°$,则 $AB=6.5$ m。

3.4　锚杆材料选取

该工程锚杆选用 $27\Phi_5^b$ 高强度钢丝,长度 23 m,抗拉强度标准为 1470 MPa,锚具采用 ZM-30 型锚固体系,张拉力取锚杆承载力的 65%,即 330 kN。

锚固体选用 1∶0.45 的纯水泥浆。第一次灌浆压力以 0.3~1.0 MPa 为主。12 h 后第二次灌浆力取 3~5 MPa。

3.5　求水平刚度系数

根据选用的材料求锚杆的水平刚度系数:

$$K_\tau=3AE_sE_cA_c/[(3L_fE_cA_c+E_cAL_m)\cos\alpha]$$

$$E_c=(AE_s+A_mE_m)/(A+A_m)$$

式中:A——杆体截面积;A_c——锚固体截面面积;E_s——杆体弹性模量;E_c——锚固体组合弹性模量;L_m——锚杆锚固段长度;L_f——锚杆自由段长度;A_m——锚固体中浆体截面积;E_m——锚固体中浆体的弹性模量。

求得:$K_\tau=44.4$。

3.6　用 M 法计算挡土墙的变位,验算锚杆的实际内力,复核锚固体强度

根据锚杆的水平刚度系数 K_τ 计算,结果见图 4,求得支点反力 $N=375.3$ kN,挡土墙顶点水平位移 $S=2.2$ mm,挡土墙最大水平位移 $S=16.95$ mm,满足上海市《基坑工程设计规程》(DGJ 08-61-97)中地下水管线变位 <20 mm 的要求。

4　锚杆的整体稳定性分析

锚杆有多种破坏形式,当设计依靠锚杆保持结构体系稳定的挡土墙时,虽然抗拔力已有安全系数,但是挡土墙、锚杆、土体组成的结构,有可能出现整体破坏。整体稳定破坏有 2 种:一种是从墙脚向外推移,整个体系沿着一条假定的滑缝下滑,造成土体破坏,这种破坏一般采用古典圆弧法计算,土层锚杆长度必须超过滑动面,该工程按瑞典条分法计算(见图 5),稳定安全系数为 1.57;另一种是挡土墙、锚杆的共同作用超过土的安全范围,因而从墙脚处剪力面开始向墙拉锚方向形成一条深层滑缝,造成倾覆,这种稳定计算用克兰茨方法(见图 6),OD 为代替墙,EO 为墙脚至锚杆锚固段中心点连线,E_a 为作用于挡土墙的主动土压力($\delta=0$)。

$N=382.5$ kN,$\varphi=32°$,$\gamma=18.6$ kN/m^3,$K_a=0.307$,$AC=6.5$ m,$CO=16.5/2=8.25$ m,锚杆间距 1.5 m,求安全系数 K。

$$\theta=\arctan(10.526/12.74)=39.9>\varphi \quad (1)$$

万方数据

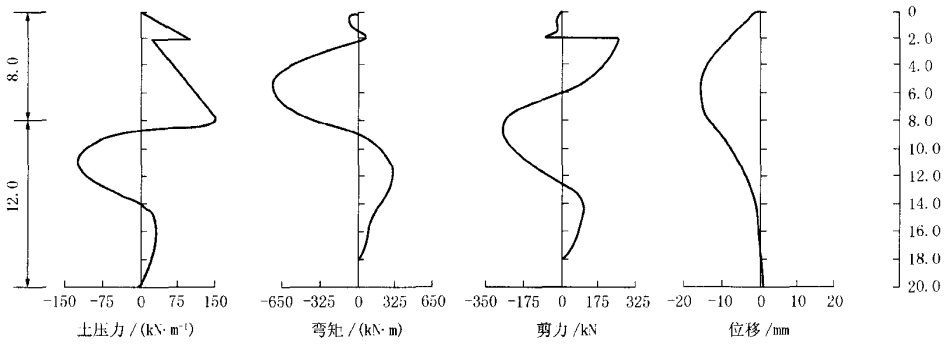

图 4 挡土墙内力位移曲线

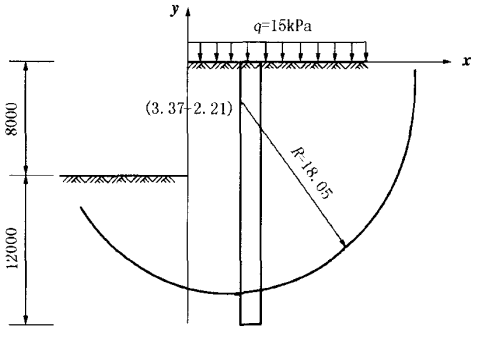

图 5 条分法稳定计算简图

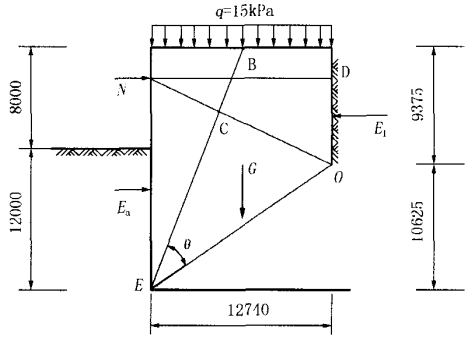

图 6 克兰茨法稳定计算简图

$$G=[(9.375+20)/2]\times 12.74\times 18.6\times 1.5=5220.6\ \text{kN} \quad (2)$$

$$E_{ah}=(1/2)18.6\times 20.20\times 1.5\times 0.307+15\times 20\times 0.307\times 1.5=1851\ \text{kN} \quad (3)$$

$$E_{lh}=(1/2)18.6\times 9.375\times 9.375\times 1.5\times 0.307+15\times 9.375\times 0.305\times 1.5=441\ \text{kN} \quad (4)$$

整体承载力:

$$F_h=\frac{E_{ah}-E_{lh}+G\tan(\varphi-\theta)}{1+\tan\alpha\tan(\varphi-\theta)}=805\ \text{kN} \quad (5)$$

$$K=F_h/N=805/382.5=2.1>1.5 \quad (6)$$

5 影响锚杆承载力的因素

5.1 土层对锚杆抗拔力的影响

土层的强度一般低于砂浆强度,如果施工灌浆的工艺良好,土层锚杆孔壁对于砂浆摩阻力取决于沿接触外围的土层抗剪强度。土的抗剪强度有不同的确定方法:(1)根据经验积累确定;(2)经过测试确定;(3)根据公式计算 $\tau=\alpha\tan\varphi+C$,一般宜做现场试验确定 τ 值。

5.2 压力灌浆对抗拔力的影响

压力灌浆对锚杆的抗拔力起很大作用,灌浆时在锚固段端头加堵浆器后,压力将增大很多,灌浆压力使水泥浆颗粒渗入土层中去,增加了锚固体与土层的摩擦力,从而增加锚杆的抗拔力。

5.3 锚杆形式对抗拔力的影响

如有条件采用特种成孔机械施工,则锚杆底部可考虑形成扩大头,增加抗拔力。

6 结语

该工程施工完毕后,经现场实测、张拉,该支护结构变位小,强度高,比预期效果好。

超大深基坑,开挖范围很大,如果用对撑或中心岛内支撑作为支点,支撑费用很大;选用预应力土层锚杆可以充分发挥土的作用,不失为一种优选方案,既可以减少一般庞大内支撑的浇注和凿除,节约投资,又可以为大开挖提供方便,以利施工,综合经济效益显著。

参考文献:

[1] 刘建航. 深基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.

[2] 余志成,施文华. 深基坑支护设计与施工[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.

[3] 龚晓南,高有潮. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.

[4] 黄强. 深基坑支护工程设计技术[M]. 北京:中国建材工业出版社,1995.

[5] 赵锡宏. 高层建筑深基坑围护工程实践与分析[M]. 上海:同济大学出版社,1997.

万方数据