

# 卵砾石地层深基坑土钉和锚杆桩联合支护技术

张治晖 伍军 赵华

(中国水利水电科学研究院,北京 100044)

**【摘要】** 卵砾石地层硬度大,可钻性差,易坍塌,这种地层的深基坑支护若采用传统的锚杆桩,施工难度大,工效低,工程造价高。在卵砾石地层中,采用土钉和锚杆桩联合支护技术进行深基坑支护,节省工程投资,提高工效,缩短施工工期。

**【关键词】** 卵砾石地层;深基坑支护;土钉支护;锚杆桩;联合支护

**【Abstract】** The traditional method of anchor pile on the deep foundation pit bracing in the gravel stratum with high hardness, poor drilling and easy slump is complicated owing to difficult construction, low efficiency and high cost. In gravel stratum, the method combined soil nails and anchor pile is adopted in deep foundation pit bracing, it can obviously cut down engineering cost, raise efficiency and shorten construction period.

**【Key words】** gravel stratum; deep foundation pit bracing; soil nailing; anchor pile; combined bracing

## 1 工程概况

北京京皇国际大厦位于北京市海淀区六里桥西侧吴家场,主楼三座,均为28层,建筑面积约170 000 m<sup>2</sup>,是一座集商业、办公、饮食、娱乐于一体的现代化综合大厦。基坑呈长方形,约117.5 m×133 m。地下三层,基础埋深为自然地面下15.2 m,主体工程分两期施工,首期对西半部分①~⑩轴进行施工,⑩轴~⑳轴为二期。本基坑支护是满足首期工程。

### 1.1 地质条件

①杂填土:层底深度0.3~2.2 m;②粉质粘土:褐黄色,中密,可塑,层底深度1.2~3.8 m;③卵石:杂色,密实,稍湿,局部夹有粉细砂层,卵石呈亚圆形,粒径一般为2~6 cm,最大为12 cm,层中含砂量为25%,层底深度17.1~18.4 m;④卵漂石:杂色,密实,湿,呈亚圆形,粒径一般为6~9 cm,最大大于20 cm,层中含砂量为20%,层底深度28.9~31.0 m;

### 1.2 地下水

地下水静止水位埋深18.1 m。

## 2 方案确定

### 2.1 计算参数选择

土层平均重度 $\gamma=20$  kN/m<sup>3</sup>,土层平均粘聚力 $c=0$ ,土层平均摩擦角 $\varphi=42.5^\circ$ ,基坑开挖深度 $H=15.2$  m。

### 2.2 方案设计

卵砾石地层硬度大,可钻性差,易坍塌,为了节省投资,缩短施工工期,支护方案采取土钉和锚杆桩联合支护。土钉设计采用加筋土挡土墙法计算,即利用土体与拉筋之间摩擦力来平衡所受的水平静止土压力,以达到结构稳定的目的。锚杆桩设计采用等值梁法计算,运用克兰茨(E.kranz)方法对其进行整体稳定验算。土压力计算采用传统的朗肯土压力理论。

### 2.3 方案确定

在基坑的北西南三面边坡上部5 m处按

1:0.3放坡,采用土钉支护,5 m以下采用锚杆桩支护。

土钉类型为击入钉,布置四层,垂直和水平间距均为1 m,倾角 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ,上面两层为 $\phi 16$ 圆钢,长度分别为2 m、1.5 m,下面两层为 $\phi 25$ 钢管或 $\phi 16$ 圆钢,长度为1 m。外挂 $25\times 25$ 镀锌铁丝网,压筋为 $\phi 6.5$ 盘圆,喷射豆石混凝土,厚度 $5\sim 8$  cm,强度C15。

护坡桩桩径 $\phi 800$ ,间距1.6 m,坎入深度2.8 m,桩数171根。桩顶设圈梁,圈梁断面 $800\times 600$ 。护坡桩和圈梁混凝土设计为C25。锚杆锚于圈梁上,一桩一锚,锚杆长15 m,倾角 $25^{\circ}$ ,锚力288 kN。

在基坑的东面边坡,有放坡位置,按1:0.5放坡,采用土钉支护。土钉类型为击入钉,用 $\phi 14$ 圆钢,布置15层,垂直和水平间距均为1 m,倾角 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。土钉长度为 $0.5\sim 2.5$  m,其中2.5 m长1层,2 m长3层,1.5 m长6层,1 m长3层,0.5 m长2层。外挂 $\phi 6.5@150\times 150$ 钢筋网,喷射豆石混凝土,强度要求达到C15,厚度 $5\sim 8$  cm。

### 3 施工工艺

#### 3.1 护坡桩

由于卵砾石地层施工难度大,采用钻机成孔,投资高、工期长,且振动大、扰民厉害,因此采用人工挖孔灌注桩。混凝土用商品混凝土,坍落度 $15\sim 18$  cm,由于施工正值冬季,依甲方意见,混凝土采用C30,加SL-II型防冻剂。

#### 3.2 土钉支护

土钉支护施工须与土方开挖配合进行,要求分层分段开挖土方,开挖深度 $2\sim 2.5$  m。首先对开挖坡面削直削平,铲除坡面松动部分,击入土钉,满挂钢(筋)网,外用 $\phi 6.5$ 钢筋压实,压筋与土钉焊牢,最后喷射混凝土,工作压力 $0.3\sim 0.4$  MPa,配合比为水泥:水:砂:豆石 $=1:0.5:2.2:2.7$ ,水泥用425<sup>#</sup>,砂用中细砂,豆石粒径 $0.5\sim 1.5$  cm。作业面

内喷射混凝土顺序为自下而上。

#### 3.3 锚杆

在卵砾石地层中进行锚杆施工非常困难。我们在工程实践中开发出一种高效、低耗的卵砾石锚杆施工工艺——冲击回转钻进成孔工艺,其主要原理是避开在卵砾石中成孔这一最困难的工序,将钻杆用冲击器直接打入地层中作为锚筋,在钻杆内进行压力灌浆形成锚杆。为降低成本,钻杆用无缝钢管,在钢管上需打一些用来出浆的小孔。

施工设备为普通锚杆机加一冲击器,钻头用硬质合金钻头,灌浆压力 $1\sim 1.5$  MPa,水灰比1:1(质量比)。在锚体达到设计强度70%进行预应力张拉,分级加荷至锚杆预应力没有明显衰减时,在圈梁上锁住锚筋。

#### 3.4 桩间土的处理

由于基坑较深,土压力较大,又是卵砾石地层,容易坍塌,桩间土必须进行维护。我们采用挂网喷射混凝土的方法进行处理。挂网选用 $25\times 25$ 镀锌铁丝网,其与桩的连接用射钉枪,用丁字形 $\phi 14$ 长50 cm钢筋钎将铁丝网锚在地层中,最后喷射豆石混凝土,用料、配比、标号、施工同前。施工随着基坑开挖分层进行。

### 4 支护效果

该基坑于1996年2月3日完成开挖,用测斜仪观测,护坡桩最大水平位移小于护坡桩长度的0.2%,土钉支护部分也未出现异常现象。因甲方资金未到位,基坑开挖完成后3年多时间也未开工,同时受官厅水库向京西一带放水以补充京西地下水源的影响,水位上升至基底标高上3 m多,基坑仍运行正常,未出现异常。这说明基坑支护是安全稳定的。

### 5 结语

(1)卵砾石地层中深基坑支护采用土钉与锚杆桩联合支护技术,即上部(一般5 m

(下转40页)

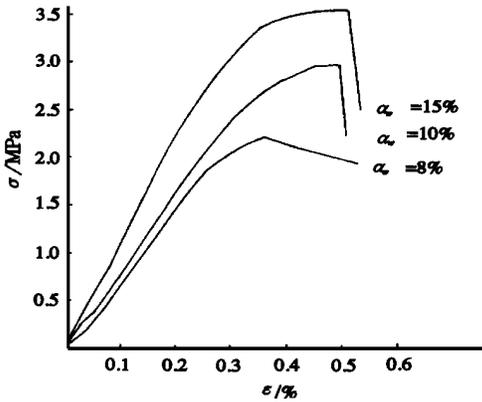


图5 水泥土应力-应变关系曲线

## 2 结论

(1)大量的试验研究证实,土料的粘粒含量对水泥土的性能产生极大的影响;随着粘粒含量增大,水泥土的强度将降低,这是因为粘土颗粒仅起胶结和充填作用,经过离子交换后,起不到刚性骨架的作用,所以在粘土颗粒中可以加入一定量的骨架材料像粉煤灰、粉细砂等来改变加固体的级配,能很好地提高水泥土的强度。

(2)水泥土在三轴围压下剪切时,峰值强度与围压的关系不大,这一点与天然土体不同,表现出明显的脆性材料特征。

(3)水泥土的后期强度较高,90d龄期强度为28d龄期的1.9~2.1倍,建议采用90d龄期的强度作为水泥土的设计强度比较合适。

## 参 考 文 献

1 地基处理编写委员会·地基处理·北京:中国建筑工业出版社,1988

收稿日期:1998-11-16

随水泥掺入量和龄期的增长而增加;其内摩擦角变化不大(一般为 $20^{\circ}\sim 28^{\circ}$ ),主要是凝聚力的增长。

(8)水泥土的水稳定性和抗冲刷性能较好,在水的作用下,不发生浸水膨胀、裂缝和崩解,土料粘性愈大,抗冲刷能力愈强。

(上接 15 页)

左右)采用土钉支护,下部采用锚杆桩支护,是成功的。这样的组合,既发挥两种方法的优势,又能节约工程造价、缩短施工工期。在一般的地层运用这种方案,更能显示出其节约成本、缩短工期的优势,是值得推广的。

(2)卵砾石地层的深基坑边坡放坡后,采用土钉支护技术进行边坡支护是可行的,这种方法可节约大量的投资。

(3)卵砾石地层中灌注桩的施工,最好采用人工挖孔灌注桩,既提高工效、节约成本,质量又好控制。但对于地下水位较浅的基

坑,由于卵砾石地层中水量很大,人工挖孔必须彻底降低地下水位。

(4)冲击回转钻进成孔工艺解决了卵砾石地层锚杆施工工效低、造价高的难题。这种工艺虽然用钻杆作为锚筋,锚筋的成本增加了,但是这种工艺施工设备简单(普通锚杆机械即可)、工效大大提高(每个台班至少可完成二根),实际上总造价较普通卵砾石锚杆工艺低20%左右,很有推广意义。

收稿日期:1999-03-22