

复杂环境条件土岩深基坑复合土钉墙支护应用实践

张筱川¹ 程建东¹ 孟冠廷² 孙云皇¹ 王勇强¹ 刘腾飞¹ 刘笛¹ 张启军^{1,3,*}

1. 青岛业高建设工程有限公司; 2. 青岛慧睿科技有限公司; 3. 青岛理工大学土木学院

摘要: 在丘陵地带,经常遇到上部第四系土层,下部基岩,该类土岩二元深基坑的地质条件变化大。通过某工程实例,介绍了各种地层条件、复杂周边环境条件下,采用相应的复合土钉墙支护结构与方法,有针对性的技术组合与技术创新,达到安全环保经济的目的,为类似基坑工程提供参考借鉴。

关键词: 土岩二元; 土钉墙; 预应力锚杆; 基坑监测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.14.032

一、工程概况

冶金部青岛学术中心工程场地位于香港西路52号院内,场区北侧为顺峰酒楼,东侧为已建交警指挥中心,南临东海路,西靠海天大酒店。

工程用地面积2660平方米,楼房27层,局部28层,地下室两层,地下二层底板标高为-11.3米。地下室部

分整体呈方形,近东西方向宽49米,近南北方向宽54.5米,基坑深度约14米,基坑周长210米。

(一) 工程地质与水文地质

根据勘察资料,本场区基坑范围地层是典型的土岩二元地层,自上而下分为5个工程地质层:

第①层杂填土:主要由黏性土砾砂组成,广泛分布,层厚1.30~6.40米。

第②层粉质黏土~黏土:可塑、稍湿,广泛分布,层厚0.40~2.10米。

第③层砂类土:很湿~饱和,分布局限,层厚0.60~2.10米。

第④层碎裂岩:斑状结构,块状构造,裂隙非常发育;分布广泛,最大揭露厚度14.30米。

第⑤层风化煌斑岩:煌斑结构,块状构造,脉状产出;分布局限,假厚度0.9~1.0米。

各岩土层主要物理力学指标见表1。

表1 岩土层主要物理力学指标汇总表

编号	土层名称	重度 (kN/m ³)	黏聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	黏结强度 (kPa)
1	杂填土	18	0	20	25
2	粉质黏土	19.5	18	13	55
3	碎裂岩	25	0	45	140
4	风化煌斑岩	24	0	40	100

场区含水层主要集中在第③、④层中,地下水稳定水位埋深为2.05~4.53米,稳定水位为3.94~4.53米,由于砂类土分选性差,场区第四纪地下水并不丰富,基岩内存在基岩裂隙水。

(二) 周边环境条件

拟建物地下室外墙距北侧顺峰酒楼仅3.2米,无筋毛石扩展基础,紧邻地下室外墙有一条自来水管沟,管沟内有两自来水管穿过;东侧距青岛市交警指挥中心13.47米,其地下室两层,筏板基础;南临东海路绿化带;西靠海天大酒店。基坑外侧1倍基坑深度范围内污水、雨水管道均有分布,距离较近。详见图1。

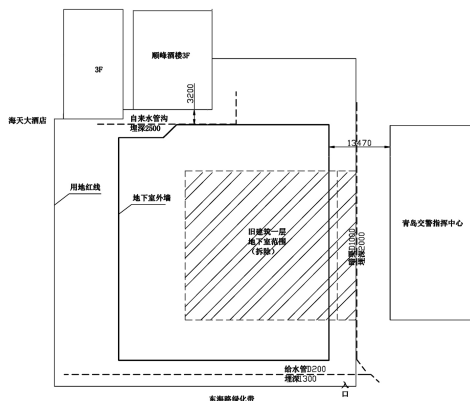


图1 基坑总平面图

二、基坑支护设计

(一) 方案论证

对该基坑提供了2套支护方案,建设方组织专家进行了论证,论证意见如下:

a. 纯土钉墙支护方案,由于周边环境条件复杂,对变形控制要求高,而纯土钉墙方案对难以对基坑变形有效控制,因此不能采用。

b. 预应力锚杆结合土钉墙支护,该方案在土钉墙的基础上,上部设计几排预应力长锚杆,对基坑变形进行主动控制,锚杆及土钉通过加强肋联系,保证支护的整体作用。该方案通过锚杆对边坡施加预应力,分层开挖,分层支护,有效控制基坑变形,保证坡顶构筑物及管线安全。

经论证分析,选择了方案b。

(二) 支护设计

本基坑安全等级一级,设计使用年限十个月,设计坡顶使用荷载10kPa,

根据基坑放坡条件、地层情况、周边环境条件将基坑边坡划分为A、B、C、D、E五个坡段,坡段划分见图2,各坡段特征分析及支护参数简述如下:

A坡段:位于基坑北侧中部,紧邻顺峰酒楼,顺峰酒楼距离地下室仅3.2米左右,其中一条管沟紧靠拟建地下室。设计开挖边线距酒楼1.2m,考虑放坡宽度2m,管沟开挖后暴露自来水管,通过边坡锚固钢筋架空管线。

该段土层较厚，边坡上部设5层长锚杆锚固，第3层设预应力锚索施加预应力200KN，下部坚硬岩石采用锚喷支护，支护剖面详见图3。

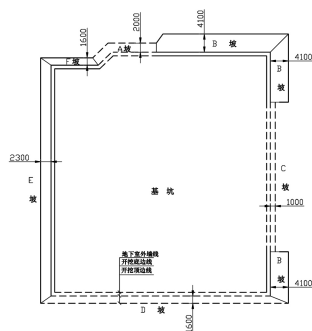


图2 基坑支护平面图

B坡段：位于基坑北侧东部及东侧的南、北各一段，该段有一定的放坡宽度，考虑放坡4.1m，其中东侧坡顶有管线分布。边坡上部设4层长锚杆锚固，下部坚硬岩石采用锚喷支护，支护剖面详见图4。

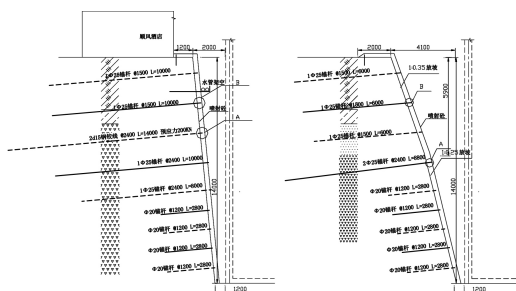


图3 A单元支护剖面图 图4 B单元支护剖面图

C坡段：位于基坑东侧的中间部位，坡顶有管线分布，该段现保存一拆除地下室，基底深度约7m，考虑上部利用原先墙体防护，旧地下室下部设1层长锚杆结合锚喷方法支护，支护剖面详见图5。

D坡段：位于基坑南侧，坡顶埋设一条给水管，外侧为东海路绿化带，该段空间有限，放坡仅考虑土层宽度1.6m。边坡上部设5层长锚杆锚固，下部坚硬岩石采用锚喷支护，支护剖面详见图6。

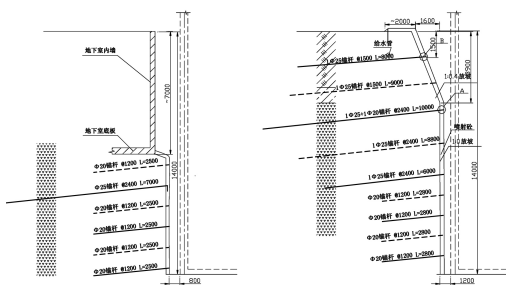


图5 C单元支护剖面图 图6 D单元支护剖面图

E坡段：位于基坑西侧，坡顶为施工场地，外侧为海天大酒店，该段空间有限，放坡仅考虑土层宽度2.3m。边坡上部设5层长锚杆锚固，下部坚硬岩石采用锚喷支护，支护剖面详见图7。

F坡段：位于基坑北侧西部，边坡上部土层内埋设一条管沟，管沟深度范围无法施工锚杆，该段空间有

限，放坡仅考虑土层宽度1.6m。管沟底部设5层长锚杆锚固，其中第一层施加预应力100KN，下部坚硬岩石采用锚喷支护，支护剖面详见图8。

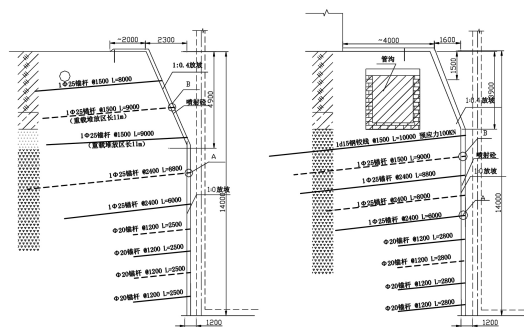


图7 E单元支护剖面图 图8 F单元支护剖面图

三、施工中的主要问题及变更情况

(一) A坡变形控制措施

基坑支护A区位于基坑北侧中部，紧邻顺峰酒楼，开挖线距离酒楼仅1.2m左右，且边坡基本直立开挖，而据了解顺峰酒楼为浅基础，危险性较大，需要采取措施对变形加以控制。

①A区开挖时要求竖向按锚杆标高开挖，水平方向分两段开挖，开挖到位后宜素喷一层，限制边坡变形，然后做锚杆支护，当层支护完毕后方可进行下一段开挖。

②由于顺风酒楼基础型式及埋深不知，第1、2排锚杆位置可能无法成孔，可相应向下移位，锚杆排距适当加密，排数不变。

③为更好的控制边坡侧向位移，第1排全长黏结锚杆改为预应力锚杆，施加预应力50KN。

④该侧靠近基坑侧壁2米范围内石方采用静态破碎处理。

⑤加强边坡位移监测，实行信息化施工。

(二) 南坡变更补强

1. 补强原因及分析

基坑南侧边坡（D区）开挖至第6层（深10~10.5m）时发现坡顶外侧出现多道裂缝，最远处距边坡12.4m，裂缝最宽处距边坡7.6m，裂缝宽4cm。我院组织有关专家察看现场并进行分析，认为主要由以下因素造成：

a. 该侧边坡性质主要为强风化煌斑岩，该岩石极软，并且遇水软化、膨胀，对边坡十分不利，部分边坡外表为强风化花岗岩，钻孔表明内部仍然属强风化煌斑岩性质，钻孔进尺很快。

b. 裂隙极端发育，锚杆施工时常感觉到成孔突然进尺、临孔漏风、注浆多孔相互贯通，说明裂隙相当发育，裂缝多为竖向，走向与边坡基本平行，而且裂缝宽度较大（最宽处达20cm左右），坡顶裂缝即内部裂隙延伸结果。

c. 裂隙水丰富，大部分钻孔遇裂隙时突然涌水，水量很大，外流时间较长，对边坡浸润软化破坏作用强烈，对边坡稳定影响很大。

d. 坡顶广告牌水平风荷载作用，坡顶广告牌高5m、长60m，风荷载对边坡有较大影响。

e. 爆破震动作用，爆破控制差，炮孔深，药量大，多孔起爆，反复爆破等作用扩张了原有裂隙。

由于以上综合原因，造成了边坡坡顶出现多道裂缝，边坡稳定性受到严重威胁，必须采取加固补强措施，保证基坑的安全。

2. 补强措施

根据开挖后实际观察及锚杆成孔记录，南坡大部分为强风化煌斑岩，裂隙发育，裂隙水丰富，原支护按强风化碎裂岩设计与实际出入较大，经验算调整结合类似工程经验，该侧补强措施如下：

①现第3、4排锚杆之间加设1排长1d15.24锚索，预应力150KN，锚索深15m，间距1.8m。

②现第4、5排锚杆之间加设1排长1d15.24锚索，预应力150KN，锚索深13m，间距1.8m。

③原底部4排短锚杆改为3排长锚杆1Φ25，自上而下长度为8m、7m、6m。间排距1.8*1.6m。

另制定其他辅助措施：

①裂缝采用水泥浆填灌，设观测点，观察测量裂缝发展情况。

②加强边坡监测，南侧坡顶边缘设3个位移监测点，每天采用经纬仪与水平仪监测边坡水平位移与垂直位移，每天监测1~2次，并做好监测记录，若有发展，及时通知设计人员。

③锚杆成孔时，注意记录边坡地质情况，主要目的

是查明煌斑岩分布范围、岩性、裂隙情况等，为支护参数提供可靠依据。

④坡脚预留5m宽台阶，供锚杆搭设施工平台用，基坑中间可进行爆破。要求爆破时采用浅孔（孔深1.5米以内）、少孔（3-5孔）起爆，必要时采用静态爆破。

⑤边坡内根据情况留设泄水孔，孔深深5~10米。

四、基坑监测情况

基坑监测内容包括坡顶水平位移和垂直位移监测、地表裂缝观测、周边建筑物变形监测、地下管线变形监测等。位移监测点沿基坑周边布置，间距20~25m，周边建筑物监测重点为北侧顺峰旧楼变形监测。

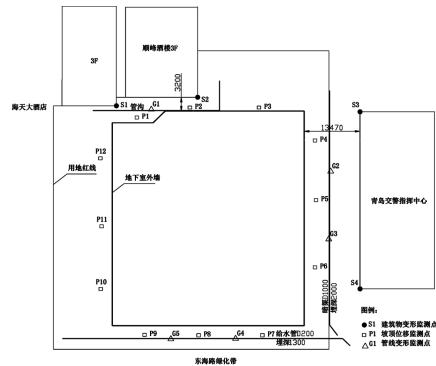


图9 基坑监测点平面布置图

基坑支护完毕2个月后统计监测结果如下表所示：

表2 基坑位移监测统计表

监测项目	监测点号	最大位移量 (mm)	监测项目	监测点号	最大位移量 (mm)
坡顶水平位移	P1	33	建筑物侧墙沉降	S1	2
	P2	32		S2	5
	P3	11		S3	0
	P4	12		S4	0
	P5	10	管顶水平位移	G1	21
	P6	12		G2	5
	P7	43		G3	6
	P8	58		G4	49
	P9	35		G5	30
	P10	15			
	P11	21			
	P12	18			

监测结果表明，基坑南侧边坡水平位移最大，中间部位达到了58mm，超过了设计考虑的警戒值，但经过及时的补强设计与施工，后期变形的到了控制。

基坑北侧顺峰酒楼侧墙位移较小，仅散水沉降较大，建筑安全稳定，达到了预期目标。

南侧给水管虽然位移较大，但其抵抗变形能力大，未发生破坏事故。

五、总结与体会

该工程岩石主要为碎裂岩与煌斑岩，裂隙十分发育，裂隙水丰富，岩性差，黏结力弱，基坑开挖特别是爆破后容易开裂，基坑变形加大。在基坑施工现场信息及时反馈的情况下，设计人员及时核对设计条件，对与原设计条件不符的部位进行了变更补强，并在段时间内

实施，使该基坑得以安全的施工和安全的运行。

对于该类岩石基坑应设计较大吨位预应力锚杆锚拉，施加足够的主动支护力量抵消侧压力，尽量减少边坡变形。

对变形要求控制严格的基坑，应协调建设方对石方爆破严加控制，靠近坡顶建筑物部位应采用静态破碎处理。

参考文献

[1] 邓超, 陆炜. 复合土钉技术在软土深基坑支护中的应用[J]. 工业建筑, 2004 (z2): 261-264.

作者简介: 张筱川 (1988-), 男, 工程师, 主要从事市政工程、岩土工程。

通讯作者简介: 张启军 (1974-), 男, 正高级工程师、硕导, 主要从事水文地质与工程地质研究与应用。