

复杂环境条件下某深基坑支护 方案设计分析

付 怀¹, 董 可¹, 龙丽娜², 田 亮¹

(1. 中国矿业大学(北京)力学与建筑工程学院, 北京 100083;

2. 中国寰球工程公司华北规划设计院, 涿州 072754)

摘 要: 本文结合所施工的工程, 探讨复杂周边环境条件下进行深基坑土方开挖支护设计及施工的一些问题, 以期供类似工程设计与施工借鉴。

关键词: 深基坑; 复杂环境; 护坡桩; 锚索; 土钉墙; 方案设计

作者简介: 付怀(1984—), 男, 安徽凤阳人, 硕士研究生, 主要从事地基基础及基坑工程方面的研究工作。

0 序 言

近 20 多年来, 我国高层建筑发展很快, 地下空间的成分利用, 促进了深基础的发展, 随之而产生了深基坑的设计与施工问题, 而基坑的深度至为关键, 目前已经深达 30 多米, 有些工程甚至达到 50 米。地下空间的大量开发利用, 导致在原有建筑基础上施工新工程的施工条件显得尤为苛刻, 对于基坑开挖阶段表现得更加明显。但是, 只要开发地下空间, 基坑工程就不可避免, 出于对周边原有建筑物、地下构筑物及各种管线的安全性考虑, 必须作充分的现场调研, 准确分析对周边建筑及地下构筑物的影响, 为基坑设计出安全可行的支护方案, 保证施工及使用阶段人民生命财产的安全。

另一方面, 新建建筑物由于建设标准不同, 使用状况各异, 保护要求不同, 增加了基坑支护的难度。一般来说, 天然基础建筑、道路、地面设施位于基坑易变形区, 对地面变形敏感; 各种管道埋深不一, 抗变形能力不同, 需采用不同的支护方式; 地下通道对水平应力与变形较敏感; 地下水位下降导致上层土的沉降, 引起周边建(构)筑物的变形; 单一的支护形式不能满足多样的建筑物保护要求^[1~3]。

因此, 在复杂周边环境条件下进行基坑开挖与支护的设计与施工, 必须全面考虑, 针对不同的周边环境等施工条件及保护要求, 作出不同的支护设

计方案, 保证施工人员和周边建(构)筑物的安全。

投石问路, 抛砖引玉, 本文仅结合所施工的工程, 对复杂周边环境条件下进行深基坑土方开挖支护设计及施工的一些问题发表一点拙见, 以期在今后的工程实践中供类似工程设计与施工借鉴, 不足之处恳请同行批评指正。

1 工程概况

中华人民共和国司法部办公楼(以下简称“本工程”)工程场地位于北京市朝阳区朝外商业开发区内(中华人民共和国外交部南侧), 西临朝阳门南大街, 东临管运胡同。本工程总用地面积约 9 110 m², 总建筑面积 50 777 m², 在拟建场地范围内均设 2~3 层地下车库, 所有拟建建筑物均拟置于同一筏形基础底盘上, 地上为 2~21 层框架剪力墙结构。基坑±0.00=41.90 m, 基坑支护方案设计阶段埋深按 14.0 m 考虑。

基坑东侧(1-1)距结构外墙线约 23 m 为建筑红线, 考虑将来该处需建工人宿舍活动房, 基坑放坡开挖空间仅 3 m 左右。

基坑东南角(2-2)距外墙线最近距离约 3 m, 现存有两根高压电线杆, 且不得挪动, 必须加以妥善保护。

基坑南侧(3-3)与原有基坑(雅宝路二期危改 A1 楼基坑, 深 22 m, 已于 2006 年 12 月施工完毕)相距 15 m。

基坑西侧(4-4)紧邻东二环朝阳门南大街绿

化带,基坑上方为砖砌一层库房,地表下约 3 m 是东二环主电缆管沟。

基坑北侧(5-5)为即将开挖的外交部新闻发布中心办公楼基坑,两槽紧邻,但外交部基坑设计 18 m,比我方基坑深 4 m,这一点至关重要,且我方的塔吊预计立于两基坑交接处,故基坑方案设计时需认真考虑我方基坑及将来底板施工的安全性及塔吊的稳定性。

基坑东北角(6-6)上方为现存外交部 14 层单身公寓楼,基础埋深约 7 m,且楼最近处距我方结构外墙线仅 3 m 多,设计时如何保证该位置基坑支护结构的稳定、如何控制外交部单身公寓楼的变形成为关键。

基坑周边环境状况具体见图 1。

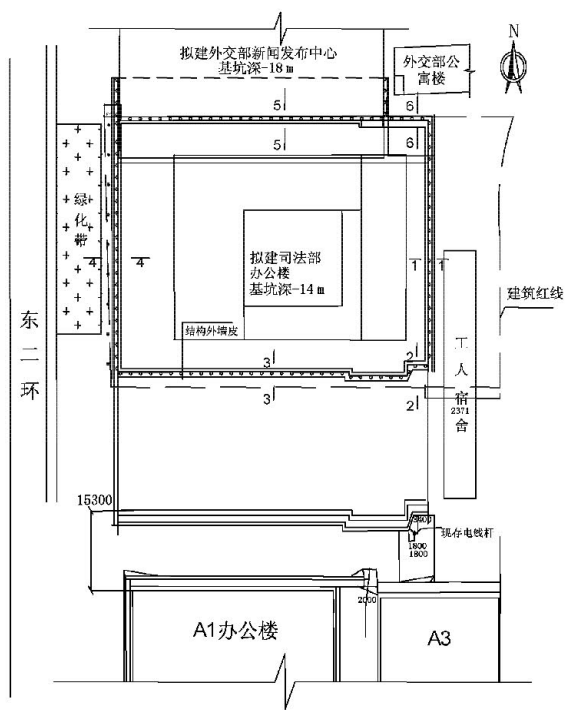


图 1 基坑施工场地示意图

2 场地地质条件

2.1 工程地质条件

本工程拟建场区位于永定河洪冲积扇中下部,自然地面标高约在 40.00~42.00 m 左右,基岩埋深约在 120.00~150.00 m 左右。

根据地质勘察报告显示,本工程范围内工程地质条件自上而下依次为:

表层为人工堆积层:湿,可塑-软塑,分别为黏质

粉土、粉质黏土填土①层,房渣土①1层,粉质黏土、重质黏土填土①2层,层顶标高 40.39~42.27 m;

以下为:

第四纪沉积层:湿-饱和,硬塑-可塑,分别为黏质粉土、砂质粉土②层,粉质黏土、黏质粉土②1层,重粉质黏土-黏土②2,细砂、粉砂②3层,层顶标高 34.06~39.44 m;

细砂、粉砂三层:湿-饱和,密实,层顶标高 27.76~30.49 m;

卵石、圆砾四层:湿-饱和,中密,分别为卵石、圆砾④层,圆砾④1层,粗砂、中砂④2层,层顶标高 26.26~28.25 m;

黏质粉土、粉质黏土五层:湿-饱和,可塑,分别为黏质粉土、粉质黏土⑤层,黏土、重粉质黏土⑤1层,砂质粉土、黏质粉土⑤2层,层顶标高 23.38~24.25 m;

卵石、圆砾六层:饱和,密实,分别为卵石、圆砾⑥层,细砂、中砂⑥1层,中砂、细砂⑥2层,层顶标高 17.09~18.81 m。

以下各层不涉及基坑支护参数,此处不再列出,基坑支护深度范围内所涉及的各土层物理力学特性指标见表 1,详细参数参见参考文献[4]。

表 1 土层物理力学特性指标

土层号	分层厚 (m)	重度 (kN/m ³)	黏聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	摩阻力标准值(kPa)
1	3.00	18.00	20.00	15.00	20.00
2	5.00	18.00	18.00	34.20	60.00
3	5.00	19.00	0.00	30.00	100.00
4	5.00	19.00	0.00	42.00	150.00
5	7.00	19.00	0.00	42.00	150.00

2.2 水文地质条件

拟建场区在 30.00 m 深度范围内分布有 4 层地下水。各层地下水类型及钻探期间(2005 年 7 月上旬)实测水位见表 2。

表 2 地下水情况一览表

地下水层序号	地下水类型	埋深(m)	标高(m)
1	上层滞水(局部可见)	2.60~2.80	37.59~38.62
2	层间潜水	8.10~10.90	30.60~33.12
3	层间潜水	15.60~17.20	24.79~25.64
4	潜水~承压水(丰水期可见)	23.20~24.50	17.19~18.24

拟建场地原为居民区,地表尚有输水管道泄

漏,故第一层存在局部上层滞水。本工程基坑开挖 14.0 m 深,考虑到场地周边其他相邻工程的基坑降水仍在进行,本工程仅在基坑西侧进行局部降水,提高西侧的安全度。其他方向不进行降水施工。

3 支护方案设计

深基坑支护设计原则:①保证边坡及周边建(构)筑物及地下管线的安全;②保证在正常施工允许荷载条件下,基槽周边行走的车辆、行人及放置材料的安全;③保证地下结构的正常施工;④保证技术可靠、经济合理、施工可行。

本文讨论复杂环境条件下深基坑支护设计的相关问题,即基坑施工阶段的安全性问题、周边建筑物的变形控制问题、地下管线的妥善保护问题以及同临近原有基坑的关系等。本着技术可靠、经济合理、施工可行的原则,考虑不同的施工环境及支护要求,对整个基坑分成如下 6 个剖面,采取不同的支护设计方案:

3.1 基坑东侧(1-1):土钉墙、桩锚联合支护

(1) 土钉墙设计

采用 1:0.2 放坡,土钉共 2 排,呈梅花型布置,土钉钢筋为 1 ϕ 18。土钉墙面层为 ϕ 6.5@250 mm \times 250 mm 钢筋网,1 ϕ 14 横向压筋,喷射 80 mm 厚的 C20 细石混凝土,混凝土配合比为水泥:沙子:石屑=1:2:2,孔内注入水灰比为 1:0.4~1:0.5 的纯水泥浆。坡顶四周做 1.0 m 宽散水,做法同土钉墙面层,坡比 0.02:1。

(2) 护坡桩设计见表 3。

表 3 (1-1)剖面护坡桩设计

桩长 (m)	桩径 (mm)	桩心距 (m)	桩身混凝土 强度	主筋设计
15.0	800	1.60	C25	10 ϕ 20

(3) 预应力锚索设计见表 4。

表 4 (1-1)剖面预应力锚索设计

锚索道数	锚索标高 (m)	锚索长度 (m)	锚索倾角	锚筋根数
一道	-8.0	21.0	15°	3~7 ϕ 5

3.2 基坑东南角(2-2):土钉墙、桩锚联合支护

土钉墙、护坡桩设计同(1-1)剖面;出于对该处高压电线杆的保护,预应力锚索设置两道,以控

制该处的基坑变形,具体参数见表 5。

表 5 (2-2)剖面预应力锚索设计

锚索道数	锚索标高 (m)	锚索长度 (m)	锚索倾角	锚筋根数
一道	-6.5	13	15°	2~7 ϕ 5
二道	-10.5	13	15°	2~7 ϕ 5

3.3 基坑南侧(3-3):土钉墙、桩锚联合支护

采用考虑该侧两基坑之间约 15 m 的空间将来作为施工道路行驶车辆用,经过专家的仔细论证,拟将上部 3 m 土方挖除,以下采用土钉墙桩锚联合支护,土钉墙和护坡桩参数同(1-1)剖面,预应力锚索设计见表 6。

表 6 (3-3)剖面预应力锚索设计

锚索道数	锚索标高 (m)	锚索长度 (m)	锚索倾角	锚筋根数
一道	-6.5	13	15°	2~7 ϕ 5
二道	-9.5	对拉	15°	3~7 ϕ 5

对于利用原有支护锚索形成背拉结构时,设计中要充分考虑相邻基坑锚索的可利用率、锚索角度偏差导致锚索安设位置困难等诸多不利因素的影响,为此,方案还制定了应急预案,当开挖后锚索无法利用或利用率不够时必须原处另行施工新锚索,以保证支护结构的完整性,达到设计安全系数。同时施工中还可以采取多次张拉的办法来减少钢绞线由于老化等因素产生的残余变形。

3.4 基坑西侧(4-4):土钉墙、桩锚联合支护

土钉墙、护坡桩设计同(1-1)剖面;出于对该侧地面以下约 3 m 处电缆管沟的保护,预应力锚索设置两道,以控制该处桩身和桩顶的变形,具体参数见表 7。

表 7 (4-4)剖面预应力锚索设计

锚索道数	锚索标高 (m)	锚索长度 (m)	锚索倾角	锚筋根数
一道	-3.5	13	15°	2~7 ϕ 5
二道	-9.5	18	15°	3~7 ϕ 5

预应力锚索施工时现场技术人员要密切注意管沟的状况,如遇清脆的响声或锚索钻机无法深入钻进时,应立即停止施工,查明是否已触及电缆管沟,或采取人工洛阳铲成孔。

剖面设计见图 2,同济启明星软件计算见图 3。

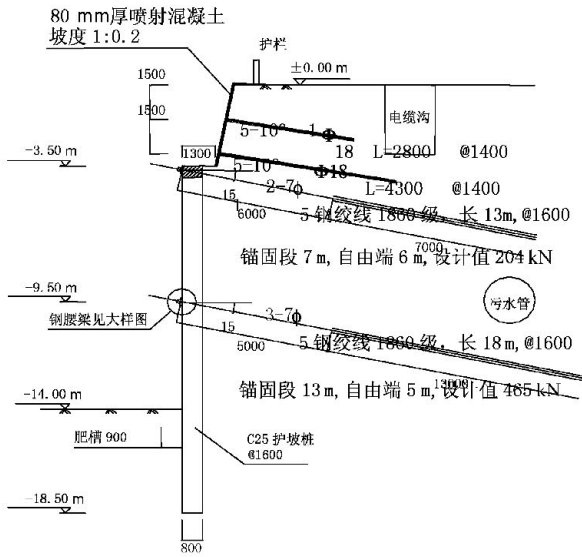


图2 (4-4)剖面设计图

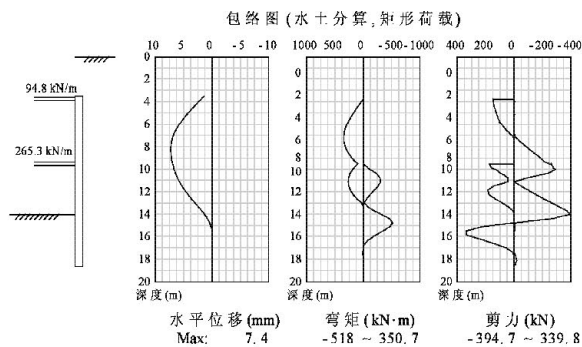


图3 (4-4)剖面内力计算包络图

3.5 基坑北侧(5-5):土钉墙、桩锚联合支护

该侧考虑外交部新闻发布中心基坑也即将施工,可向外放坡,拟采用自地面向下1:0.8放坡至槽底土钉墙支护,设置9道土钉。另外外交部基坑设计18 m,比我方基坑深4 m,为保证我方基坑安全及设置在两基坑交接处塔吊的稳定,还需在该侧自我方槽底向下施工一排护坡桩,桩长10 m,悬臂4 m,埋入土体6 m,并在桩顶施加一排预应力锚索以围护我方基坑。预应力锚索设计参数见表8。

表8 (5-5)剖面预应力锚索设计

锚索道数	锚索标高 (m)	锚索长度 (m)	锚索倾角	锚筋根数
一道	-14.5	12.0	15°	2~7φ5

3.6 基坑东北角(6-6):土钉墙、桩锚联合支护

该处基坑支护设计的关键是对外交部14层

的单身公寓楼的保护,由于公寓楼距基坑过近,故必须按变形控制思想进行方案设计。经专家等各方多次论证,拟采用土钉墙结合桩锚支护,护坡桩桩长15 m,向北延4根21 m,以提高该处的安全系数,充分保证外交部公寓楼的安全。土钉墙、护坡桩设计同(1-1)剖面,锚索设计参数见表9。

表9 (6-6)剖面预应力锚索设计

锚索道数	锚索标高 (m)	锚索长度 (m)	锚索倾角	锚筋根数
一道	-6.7	21.0	22°	2~7φ5
二道	-10.0	21.0	15°	2~7φ5

4 施工与监测

基坑施工期间,特别要注意各工序之间的协调配合,土方施工不可抢挖、超挖,开辟的工作面要与施工队人员数一致,护坡桩尤其是预应力锚索不达设计强度不可进行下一道工序的施工。

本基坑自2007年4月开工至2007年8月全部工序都已施工完毕,目前地下室结构也已经完成,从全过程的监测来看,基坑西侧南段位移较大,这可能与该处前期堆放大量钢筋有关;基坑东侧砂土层较厚,桩顶位移很小,表明在砂土层设计预应力锚索采用二次压力注浆并保证孔内浆液饱满,支护效果是非常理想的,可以很好地限制基坑的变形;此外,安全性比较让人担心的基坑南侧坡顶变形也很小,这就验证了以相邻基坑桩锚体系作为支护背拉体系的对拉设计,只要保证施工质量,在无法形成对拉体系时及时补充施工新锚索,且在进行锚索张拉时采用多次、反复张拉的工艺减少钢绞线的残余变形,方案是可行的,可以作为施工案例应用到其他具备对拉条件的工程中^[5]。

5 结论

(1) 深基坑支护设计与周边环境条件密切相关,方案设计时应充分考虑场地内施工条件及周边设施的保护要求,做到设计及施工方案技术可靠、经济合理、施工可行。

(2) 场地无放坡条件时,护坡桩支护是可行的,结合预应力锚索可有效控制基坑的变形,达到保护基坑外建(构)筑物的目的,桩锚支护结构已经以其工程适应性强等优势已被作为一种重要的

支护结构体系广泛应用。

(3) 尽管桩锚支护结构被广泛应用,但预应力锚索施工受到周边地下管线及相邻建筑地下室等因素的影响,以至在某些情况下锚索难以成孔或成孔至设计深度,这就要求技术人员在方案设计阶段,对基坑周围地下结构查明清楚,现场施工时密切观察,避免发生破坏地下管线等市政工程事故。

(4) 基坑监测在整个基坑施工过程中发挥着不可替代的作用,一个成功的基坑过程必须要有完备的变形监测体系,对基坑支护结构、周围土体和相邻建(构)筑物进行全面的、综合的、系统的监测,并及时将结果反馈,调整设计参数及施工进度,即按信息化施工方法进行施工,这样才能确保工程的顺利进行。

参 考 文 献

[1] 宋立峰,左人宇. 复杂周边环境条件下的基坑工程设

计与施工[M]. 地基基础工程技术新进展. 北京:知识产权出版社,2006.

[2] 王可,黄志广等. 复杂周边环境下某高层建筑的基坑支护[M]. 地基基础工程技术新进展(中国建筑学会地基基础分会 2006 年学术年会论文集). 北京:知识产权出版社,2006.

[3] 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.

[4] “中华人民共和国司法部办公楼”岩土工程勘察报告[R]. 北京:北京京岩工程有限公司,2005年7月11日;编号:2005~1066.

[5] 刘波,陈国强,等. 以相邻基坑桩锚支护体系为支护背拉体系的某基坑的设计及监测[J]. 工业建筑,2007,37(9):119~123.