

第二届全国岩土工程实录交流会

岩土工程实录集

主办单位:

中国工程勘察协会

中国建筑学会工程勘察学术委员会

国防机械工业工程勘察科技情报网

1990年10月 北京



序

岩土工程在国外已有四十多年的历史了，特别是在技术发达国家，只有岩土工程师才是基础设计方案和岩土工程治理方案的提出者和决策者。由于他们最了解建设场地的岩土工程条件，不仅对基础方案和治理方案最有发言权，而且能够充分利用岩土，把岩土作为一种结构物，进行全面的科学的论证，因此所提出的方案既经济又合理。

改革开放以来，我国工程勘察单位在总结国内基本建设经验教训的基础上，认真学习国外的先进经验，积极开展岩土工程的理论研究和实践探索，进行了有益的尝试。

经过十年的努力，我国岩土工程试点取得了可喜的成绩，积累了一定的经验，对保证工程质量，降低工程造价，缩短工期，提高投资效益起到了积极的作用，为四化建设做出了重要的贡献。同时，也增强了勘察单位自身的活力，提高了它在设计、施工及建设单位中的信誉。这些成绩是在广大勘察职工锐意改革，不断进取，不断开拓，不断完善的情况下取得的，是非常可贵的，充分体现出我国广大勘察职工胸怀祖国，忠于人民，热爱科学，不怕困难的高尚品德。

随着岩土工程理论研究和实践探索的不断深入，1988年10月中国工程勘察协会、中国建筑学会工程勘察学术委员会和国防机械工业系统工程勘察科技情报网共同编辑出版了《岩土工程实录集》，基本上反映了我国岩土工程当时的发展水平，引起了工程勘察界的强烈反响。在大家的共同努力下，《第二届全国岩土工程实录交流会岩土工程实录集》又编辑出版了，与第一集相比，内容更丰富，涉及面更广，不论在深度或广度方面都有明显的进展，反映出我国岩土工程技术和体制的新水平和新面貌。

《第二届全国岩土工程实录交流会岩土工程实录集》的出版，必将推动我国工程勘察事业的向前发展。祝愿我国工程勘察事业兴旺发达，早日赶上和超过世界先进水平。

吴奕良

1990年7月，北京

前 言

1988年10月,由中国工程勘察协会、中国建筑学会工程勘察学术委员会、国防机械工业系统工程勘察科技情报网,共同主办了首届全国岩土工程实录交流会,并事先编辑出版了《岩土工程实录集》(相当于“第一集”)。该次的交流会和实录集,得到国家主管部门领导和与会代表们的一致赞许,引起了我国工程勘察界的强烈反响。在该实录集中所刊登的工程实录,其质量不少是国内一流的,其中有荣获1987年全国第一次优秀工程勘察金质奖的3篇、银质奖的9篇;尔后在1989年全国第二次优秀工程勘察评选中,又有7篇实录的工程获奖,即荣获金质奖和银质奖的各3篇,铜质奖1篇;并有19个获奖工程,占实录集总篇数的一半。事实证明,岩土工程具有强大的生命力,为了总结交流技术经验,推动岩土工程的发展,每隔2~4年举办一次这样的交流会,并事先选编出版《岩土工程实录集》,看来是必要的,是大有好处的。

根据计划,我们按时进行了第二届全国岩土工程实录交流会的筹备工作。本实录集,除了选编首届未发表的获得全国第二次优秀工程勘察金质奖、银质奖、铜质奖的实录分别为2篇、5篇和4篇,补选获得全国第一次优秀工程勘察金质奖的实录1篇外,还选编了特约的一批具有代表性的各种类型的岩土工程实录。

为了做好选编工作,大会筹备组邀请林宗元、顾宜和、张苏民和袁炳麟四位教授级高级工程师及尤大鑫、陈群、许年金、鲍世敏、王志智、刘正、李秋岚、李亦谦和乔桂芳等九位高级工程师组成审稿委员会,于1990年5月下旬在北京进行审稿。同时,以《现代勘察》编辑部王志智、刘正、李秋岚、李亦谦为基础,特邀机电部工程勘察院陈群副总工程师参加,还有刘荣仙和于晓玲等组成实录集(第二届)编辑部,负责具体编辑出版工作。

本集共选入实录69篇,专题情报综述2篇。考虑到实录集的连续性,为便于读者查阅和对比,故在实录分类和编排上,仍以首届的分类法为基础,仅作局部调整,共6大类,23个专题。从内容上看,本集增加了地铁岩土工程、地下连续墙、土钉墙、土工织物与土工膜、树根桩、公路工程监理,以及工程失误实例分析与补救措施等;从作者单位的性质看,除了各部门、地区有代表性的工程勘察单位外,还增加了一些高等院校、设计单位、科研部门以及施工单位。可见本次实录集涉及面更广泛,内容更丰富,与各方面的结合更进了一步。但有少数实录关键部分未能具体交待,或写得不够理想,是美中不足之处。

有部分实录,因各种原因,需要进行较大的修改补充后方能进入本集,考虑到时间上不允许,只好不选,请作者原谅!并在此向作者对我们工作上的支持表示衷心的感谢!

由于受时间限制,编审水平又有限,错漏可能还不会完全消灭,欢迎批评指正。有关改进意见或建议,可寄邮政编码100053北京573号信箱《现代勘察》编辑部收转。

在本次会议的筹备过程中,除了主办单位给予大力支持外,还受到机械电子工业部工程勘察研究院、航空航天工业部航空工业勘察设计研究院、航空航天工业部第七设计研究院勘察公司领导的大力支持,会务工作委托机电部工程勘察研究院负责,特此致谢!

林宗元

1990年7月5日 北京

目 录

序.....	吴奕良
前言.....	林宗元

第一部分 高层、超高层建筑岩土工程实录

一、天然地基

郑州黄和平大厦岩土工程勘察实录.....	刘 强等 (1)
京城大厦岩土工程实录.....	林宗元等 (10)
京西宾馆新客房楼岩土工程实录.....	丛传阜 (22)
北京城乡贸易中心岩土工程实录.....	马 兰等 (26)
西北工业大学科研楼岩土工程勘察实录.....	高永孝等 (35)

二、扩底墩基础

旋宫大厦 (主楼) 岩土工程实录.....	常纪鸿、王文东 (43)
石家庄市公安局办公楼扩底墩工程实录.....	梁金国、韩玉君 (50)

三、箱基加桩基、打入式钢筋混凝土桩或钻孔灌注桩

天津国际大厦岩土工程勘察实录.....	沈 奕 (55)
上海华亭宾馆岩土工程勘察实录.....	张剑峰等 (61)
厦门福联大厦岩土工程实录.....	陈邦其 (73)
西安煤矿设计研究院综合楼扩建部分岩土工程勘察实录.....	王素莲、熊林栋 (81)

第二部分 特殊性土地基的岩土工程实录

一、爆矸石或填土与新近沉积土地区

强夯法加固矸石地基.....	董守权 (89)
北京市恩济里住宅区灰土桩复合地基现场测试实录.....	陈 群等 (94)

二、膨胀岩土地区

小龙潭电厂岩土工程实录.....	黄益灵 (98)
合肥膨胀土路基及绿化带的处理.....	刘 勇 (105)

三、盐渍土地区

盐渍土地区岩土工程勘察与预防危害处理实录.....	金应教、张振乾 (107)
---------------------------	-----------------

四、黄土地区

西安建国饭店饱和软黄土地基的几个饶有兴味的 岩土工程问题.....	林在贯、张兰川 (113)
兰州七〇三工程住宅楼灰土桩挤密地基岩土工程实录.....	赵锡伯、牟逢孟 (118)

振冲加固法在饱和黄土地基中的应用

——陕西省高级职业技术培训中心教学大楼地基处理工程实录…… 强 译 (123)

五、软土地区

软土地基装砂井并容器充水加荷预压工程实录…… 刘兴辰等 (129)

砂井预压加固高含水量淤泥地基岩土工程实录

——福州火电厂厂前区…… 陈 淦等 (136)

8110工程装砂井——真空预压法加固软土地基…… 戴一鸣等 (145)

南京炼油厂大型储罐地基岩土工程勘察实录…… 姚永华 (151)

上海风华皮尔金玻璃厂软土地基岩土工程实录…… 赵小云、韩国武 (158)

上海大众汽车有限公司冲压车间压机基础岩土工程勘察实录…… 顾国家 (167)

隆德县医院生石灰砂桩地基加固实录…… 牛文连、李建国 (176)

烟台氨纶厂主车间振冲碎石桩改良软弱地基

岩土工程实录…… 陈多马、于兆海 (185)

石家庄华北制药厂玻璃分厂用振冲法加固软粘土地基工程实录…… 徐俊利 (194)

徐州镀锌焊管厂扩建工程岩土工程实录…… 徐志峰 (199)

黄浦电厂桩基岩土工程实录…… 彭补常、周板滨 (209)

水泥搅拌桩处理软弱地基工程实录…… 张宗一、庄 皓 (215)

江苏洋河酒厂扩建工程强夯法加固松软地基工程实录…… 陈多马、夏志云 (223)

软弱地基上减少多层住宅建筑沉降量的

岩土工程实录…… 上海市民用建筑设计院勘察处软土工程研究室 (231)

第三部分 特殊工程的岩土工程实录

一、地下洞室防漏治理

民航218地下洞库防漏工程实录…… 常士麟、宋小玲 (235)

二、地下铁道岩土工程勘察

北京地下铁道复兴门折返线岩土工程勘察实录…… 袁绍武等 (241)

三、尾矿坝及矿区工程勘察

攀枝花矿马家田尾矿坝右坝肩工程勘察实录…… 王式雄 (247)

西石门矿区马河矿治理工程勘察实录…… 于行海 (255)

四、水库及水电站

西洱河三级水电站岩土工程勘察实录…… 卢时仁 (258)

南溪水库砌石双曲拱坝岩土工程实录…… 肖壬源 (266)

土工织物及土工膜在河北省水库工程中的应用实录与体会…… 张耀华 (270)

五、填海工程监测与高速公路监测

澳门新口岸填海工程土质加固监测实录…… 梁之劲 (277)

国道107线(新庄—南庄)岩土工程建设监理实录…… 符志元等 (286)

六、水源地的工程

郑州铝厂第三水源地的取水头部场地岩土工程勘察实录…… 俞国安 (295)

山西河津禹门口提水工程沉沙池砂土地基试验桩检测实录·····	贾迪洋 (303)
七、电厂工程	
上海杨树浦发电厂电缆隧道工程顶管1号工作井岩石	
工程监测实录·····	方原松等 (309)
内蒙达拉特电厂可行性研究阶段岩土工程实录·····	符易宁、李大哲 (317)
八、输电线路	
广东沙角至江门50万伏输电线路岩土工程实录·····	周振滨 (325)
上安电厂凤凰山中继铁塔锚桩基础设计与施工实录·····	郎晓生 (331)
九、机场	
宁波栎社机场岩土工程实录·····	周虎彪 (337)
十、边坡稳定性及基坑支护	
本钢南芬露天矿边坡岩土工程实录·····	刘淑举、李九鸣 (343)
四川省江油市长钢四厂Ⅱ、Ⅲ号滑坡整治实录·····	张光平、秦宗仁 (349)
土钉墙技术在山西柳湾煤矿边坡稳定中的应用·····	王步云、高阳峰 (358)
宁波国际大厦工程排桩式挡墙·····	钱 磊等 (368)
在深基坑开挖中采用土锚杆控制位移的岩土工程实录·····	周永红 (373)
十一、基坑降水工程	
北京中旅饭店深基坑降水工程设计与施工实录·····	刘森林、沈晓林 (376)
亚运村东小区Ⅱ区11~16号楼及绕楼道路降水	
工程实录·····	王岗玉、马宗祺 (381)

第四部分 不均匀地基或存在有软弱下卧层地区 的岩土工程实录

马鞍山热电厂沉管灌注桩基工程实录·····	宋福林等 (385)
海南黄海美机电公司电视机装配厂房岩土工程实录·····	吴耀祥等 (394)

第五部分 深基础、地下工程的施工与监测

上海恒丰大楼深孔灌注桩混凝土的配制及施工·····	曾旭贤 (399)
南浦中心工程主楼挖孔桩施工·····	李 钦 (404)
同济大学图书馆主楼基础施工对周围建筑物的影响·····	路 佳、黄其业 (410)
深基坑开挖时地下连续墙围护结构的墙体变形和	
地表沉降·····	傅德明 (415)
上海地铁工程深基坑开挖及其治理·····	侯学渊等 (421)
上海地铁新客站、漕宝路等车站的施工·····	李法国 (425)
上海延安东路越江隧道浦西引道段施工·····	曹 田 (434)

第六部分 事故分析与补救措施、情报综述

一、事故分析与补救措施

- 地基处理失误造成建筑物过量沉降与倾斜及其补救措施……李 洁、李受社(444)
- 用注浆法处理钻孔灌注桩桩底残渣过厚的工程实例……赵立中、付铁林(452)
- 上海某研究所高层建筑基坑边坡事故分析……许年金、糜崇蓉(454)
- 非洲膨胀土地区大面积挖土填砂地基的失效……黄世铭(459)

二、情报综述

- 地下墙在上海软土地层中应用实例统计及分析……王世明(462)
- 树根桩施工技术及在上海地区岩土工程中的应用……杨永浩(468)

郑州黄和平大厦岩土工程勘察实录

机械电子工业部勘察研究院 刘 强 钟龙辉 郝增志

郑州黄和平大厦(现名格陵兰大酒店)是郑州市城市改造工程项目之一。1985年8月我院承担了该工程的详细勘察工作。经精心勘察,与设计人员紧密配合,对基础方案进行了分析论证,提出了天然地基方案,被设计院采纳,节约资金105万元,缩短了工程周期,受到了建设和设计单位的好评。目前,建筑物主体已全部完工,部分已投入使用,情况良好。本实录是在我院详勘报告、验槽报告、回弹观测和沉降观测全部资料的基础上编制而成。

一、工程概况

该建筑物分为主楼和裙房两部分。主楼为超高层,高低错落,地面以上35层,最大高度114.5m,地下2层,顶部有旋转餐厅,是中原地区最高的建筑物。原拟采用箱基加桩基,桩基拟为1~3m直径的灌注桩;建筑物基底竖向总荷载 $N=715530\text{kN}$;风荷载 $Q_{\text{风}}=5000\text{kN}$,弯距 $M_{\text{风}}=275000\text{kN}\cdot\text{m}$;地震荷载 $Q_{\text{震}}=143000\text{kN}$,弯距 $M_{\text{震}}=78600\text{kN}\cdot\text{m}$ 。裙房为5层。其它数据见图1。

根据工程的本身特点及设计要求,除了搞清一般工程地质条件外,需重点解决以下几个问题:

(1)详细评价建筑物影响范围内的工程性质,尤其要可靠、合理、准确地评价地基强度、变形性质;

(2)评价地基的均匀程度,对各种变形进行分析、计算,从变形角度分析能否满足建筑物之要求;

(3)对地基强度进行验算,并分析其能否满足上部荷载的要求;

(4)对已有建筑经验进行分析、对比;

(5)对可能采用的基础方案论证评价,提出合理的基础方案;

(6)提出施工中所需参数及其应注意的问题。

二、岩土工程勘察与地基土的工程性能

1. 勘察方案布置及勘察手段

该工程共布置勘探点15个,其中主楼9个,包括:专门标准贯入试验孔2个,深度21.5~26.5m;一般钻孔6个,深度39.5~47.9m;控制孔1个,深度60m。裙房钻孔深度16.5~26.0m。勘探点平面布置见图2。

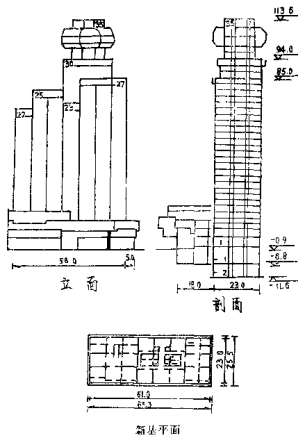


图1 主楼立面、剖面及箱基平面示意图

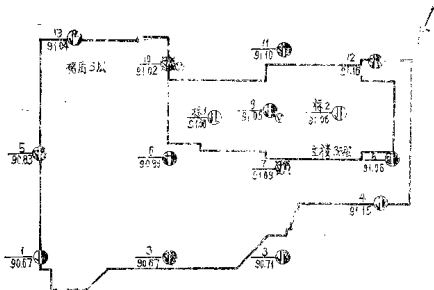


图 2 勘探点平面布置图

工程除采用钻探外，还进行了静力触探、标贯及波速等原位测试。室内进行了常规土分析，高压固结试验、三轴压缩试验、剪切试验等。通过这些勘察及试验手段，查明了土层分布取得了必要的数据。

2. 地基土的工程性能

勘察场地地基深度0~11m以上为黄土状轻亚粘土(II)，夹有较多的轻亚粘土层，顶部有1.5~4.3m厚度不等的人工填土(I)层，西南部位受附近管道渗水影响地段土质稍软；其下为平均厚度4.7m密实的粉细砂(III)层和密实的轻亚粘土夹薄层粉细砂，平均厚度6.7m的(IV)层；再往下均为亚粘土[(IV)~(VI)]和粘土层[(IX)]，直到60m深度，无软弱层，见图3。主要工程性能见表1和图4。

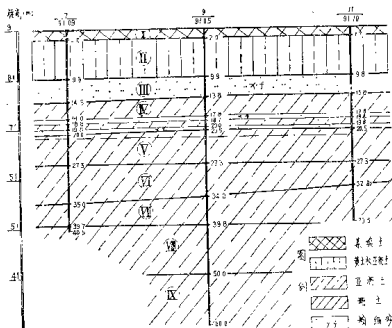


图 3 地基土层剖面示意图

勘察期间地下水位埋藏在21.6~23.5m深度。在西南部裙房地基内，由于受附近管道

土层厚度及主要工程性能指标

表 1

土层名称 及层号	土层 平均 厚度 (m)	w (%)	γ (kN/m ³)	γ_d	e	ω_L (%)	I_p	a_{1-2} (MPa ⁻¹)	E_s (MPa)	波速 V_s (m/s)	标准 $N_{60.5}$ (击)	杆长 N_{101} (击)	静探 q_{cs} (MPa)	静探 q_{cl} (kPa)	内摩擦角 ϕ (度)	压缩 模量 E_c (kPa)
黄土状轻亚粘土 (II)	10.4	17.2	18.5	15.8	0.706	25.1	6.29	0.14	13.8	224	9.5		7.85	1	25.1	
粉细砂(III)	4.7	7.9	18.3	16.9	0.569			0.08	22.9	374	40.9	167	39.0	0	34	
轻亚粘土(IV)	6.7	17.1	19.5	16.7	0.609	24.2	0.25	0.09	20.0	383	34.3		20.0		1.0	
亚粘土(V)	6.8	21.0	20.0	16.6	0.839	31.1	0.24	0.11	15.0	500	26.3					
亚粘土(VI)	6.3	23.8	19.6	15.9	0.707	28.7	0.56	0.08	22.6	263	36.4					
亚粘土(VII)	5.8	24.3	19.8	15.9	0.714	34.4	0.28	0.08	22.6							
亚粘土(VIII)	10.2	23.6	19.9	16.1	0.691	31.1	0.37	0.10	20.1							
粘土(IX)	>10	25.8	18.9	15.0	0.830	44.4	0.67	0.09	19.8		37.1					

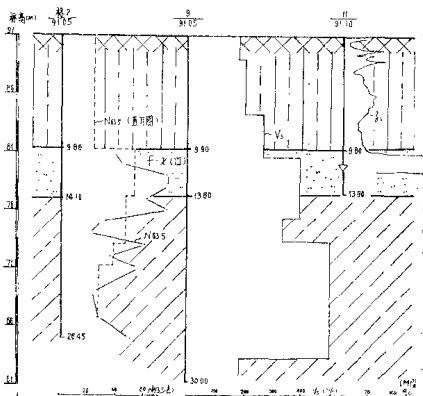


图 4 标贯、静探及波速测试成果

下水渗漏影响,在1~3m局部土层内存在上层滞水。

三、地基评价

1. 地基土强度及变形性质

勘察情况表明,粉细砂(III)层无论从埋藏深度、厚度、土性条件,都是良好的天然地基持力层。主楼能否做成天然地基,粉细砂(III)层及其下卧层的评价成为重点和首要问题。

从土性条件来看,粉细砂(III)层的平均干重度为16.9kN/m³,天然孔隙比平均为0.569,相对密度为1.0;饱和度平均为42%,属稍湿、密实砂层,按(TJ7-74)其[R]值可达300kPa;从标准贯入试验看,经杆长修正按99%保证率的平均击数为34.6击,按(TJ7-74)其[R]值可达380kPa;而静力触探 q_{cs} 值大于30MPa,可见其值更高。因此,

从偏于安全可带出发,其容许承载力 $[R]$ 建议按250kPa采用。下卧层轻亚粘土(IV)比较密实,按一般湿陷性黄土和一般粘性土上考虑,其 $[R]$ 值在240~280kPa;标准贯入试验经杆长修正保证率99%的平均击数为24击,按(TJ7-74)其 $[R]$ 值大于300kPa,即按砂土 $[R]$ 亦可达270kPa。因此,该层 $[R]$ 值亦在250kPa以上。

从变形情况看,粉细砂(III)、轻亚粘土(IV)的平均压缩模量都在20.0MPa以上,若压力大时(300~500kPa)其模量还大;6组三轴压缩试验获得不排水模量也多在40.0MPa以上;从波速试验结果看,深度10~14m的 V_p 值为330~390m/s,深度14~28m的 V_p 值为400~500m/s。

综上所述,说明(III)(IV)两层土的工程性质很好,其下也没有软弱层。各层土的 $[R]$ 及变形指标见表2。

各层土的 $[R]$ 值及变形指标

表 2

值 别	层 次							
	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
$[R](kPa)$	150	250	250	230	200	200	270	250
$E_s(MPa)$	10.0	25.0	22.0	18.0	18.0	20.0	25.0	
$F_s(MPa)$	35.0	40.0	35.0	45.0	40.0			

2. 黄土的湿陷性

勘察揭露土层中,认为黄上状轻亚粘土(II)层为可能湿陷土层,并取上在室内作了湿陷性试验,其结果,最大湿陷系数 δ_s 为0.008,小于0.015。按(TJ78-25)规定,场地可不考虑湿陷性问题。

3. 地震效应

场地15.0深度范围内,有较密实的轻亚粘土和粉细砂存在,且均位于地下水位以上(水位在21m以下),故场地不具备地基液化条件。郑州属6度地震烈度区,可在建筑结构采取抗震措施。

60m深度内,无软弱土层和稳定坚硬岩石,按(TJ11-78)规定属II类场地上。波速沿深度分布情况见图4。

根据实测的横波波速 V_s 值,按 $T_{0.3} = \sum(4H_i/V_{si})$ 公式计算深度30m的场地卓越周期为0.401~0.450s。

4. 主楼地基均匀性评价

场地地基土质均匀、强度和变形性质较好,且无软弱下卧层。从砂层顶部埋深可见,其层面坡度很小,仅为0.5~3.7%(小于10%),较稳定;粉砂层厚度一般为3~4m,仅8号孔处厚度达7.8m,与邻孔的厚度差达3.3~4.7m,差异较大,好在(III)、(IV)层的地基强度、变形性质相近,两层厚度合计,其持力层厚度达8.0m以上(见表3),由此可见,持力层的土质、分布厚度均匀良好下伏土层亦较均匀。

四、岩土工程分析

1. 已有建筑经验和现场地基条件、基础方案的分析

在剧本工程场地仅百余米的中原大厦,是一座地上18层的建筑物,高61.8m,其地基

主楼持力层厚度分布情况

表 3

层号	类 别	主 楼 孔 号						
		10	6	7	8	12	11	10
(Ⅲ)	顶面标高(m)	80.62	81.49	81.19	81.04	80.46	81.30	80.62
	顶面坡率(%)	3.7	1.0	0.5	2.4	3.6	2.3	
	厚 度(m)	3.2	4.2	4.6	7.8	3.1	4.0	3.2
	厚 度 差(m)	1.2	0.4	3.2	4.7	0.9	0.8	
(Ⅳ)	厚 度(m)	5.1	4.7	4.3	1.0	5.1	4.6	5.1
(Ⅳ)(Ⅲ)合计厚度(m)		8.3	8.9	8.9	8.8	8.2	8.6	8.3

条件是地下2.5~11.0m为轻亚粘土,11~13m为粉细砂层,13m以下有一层黑色淤泥土,厚约0.6~0.9m,14m以下为土质较好的亚粘土。箱形基础埋深4.5m,其下采用直径为1.0m的人工挖孔桩 支承到砂层上(桩长6~7m)。从施工开始到建成使用,经过五年沉降观测,最大沉降量为107.6mm,差异沉降量仅15~20mm,倾斜不足0.0004,情况良好。

黄和平大厦主楼最初考虑桩基方案。预制桩难以(打入)穿透密实的干粉细砂层,故不宜采用。若采用直径为2.0m的钻孔灌注桩,按桩距3d布置,约需51根桩,每个单桩所承受的荷载约为14000kN,现将桩尖置于(V)层灰白混姜石亚粘土上,即桩尖入土深度20m,桩长约10~15m,计算单桩容许承载力5000~6000kN,远不能满足上述单桩荷载要求,因此,只有加长桩长到第(VI)层,桩入土深度约35m,该处土层并不比上部好,又是地下水以下,土的侧摩阻力会减少,机械或人工成孔都有一定的困难和质量问题,还需进行试桩工作,费工费时,有诸多不利因素。因此,采用该方案要非常慎重。

鉴于上述情况,我们认为在地基50m深度内没有比粉细砂(Ⅲ)层强度更高的桩尖持力层了,所以,采用桩基方案,在技术上不适宜,经济上不合理。若采用其它如强夯,换土垫层的地基处理方法,均达不到砂层本身的密实程度,且无此必要。粉细砂层(Ⅲ)最小厚度大于3.0m,其下无软弱下卧层,采用天然地基比较优越,为此,根据地基构成的特有条件,对天然地基进行了比较详细的分析论证。

2.主楼天然地基箱形基础分析

(1)持力层强度验算

箱基平面尺寸为63.3m×25.5m,基础埋深为±0.000以下-11.6m(相当地表下10.7m),基底总荷载715530kN。

基础置干粉细砂(Ⅲ)层上,该层土质密实均匀,平均厚度大于3.0m,容许承载力 $[R] \geq 250 \text{ kPa}$,按(TJ7 74)经深度和宽度修正后承载力 R 可达753kPa;而基底平均压力为443.0kPa,考虑到刚性基础的基底应力分布为马鞍形,基础边缘应力大于中间应力,按最大应力为平均应力的1.3倍计,其边缘最大应力为576kPa,远小于753kPa。故粉细砂(Ⅲ)作为持力层的地基强度足够满足建筑物上部荷载的要求,且其持力层以下无软弱层。

(2)建筑物沉降及差异沉降计算

天然地基方案的最大问题是建筑物变形能否满足设计要求。因此,要对建筑物可能产生的沉降和倾斜进行估算。

①计算参数的选取

各土层的计算模量

表 4

序 号	6°(西北角)		8°(东北角)		10°(西南角)		12°(东南角)	
	H (cm)	E _s (MPa)	H (cm)	E _s (MPa)	H (cm)	E _s (MPa)	H (cm)	E _s (MPa)
(Ⅱ)	280	25.0	680	25.0	260	25.0	280	25.0
(Ⅲ)	470	27.0	109	30.0	510	25.0	510	30.0
(Ⅳ)	850	12.0	870	14.0	780	15.0	850	10.0
(Ⅴ)	760	20.0	740	14.0	860	12.0	410	15.0
(Ⅵ)	490	20.0	460	18.0	500	20.0	700	15.0
(Ⅶ)	560	25.0	550	25.0	500	20.0	650	25.0
综合模量 E _{st} (MPa)	20.1		17.3		16.9		15.7	

表 4 是根据该建筑物四角钻孔取样试验获得的土层压缩模量值。

表中的综合模量由下式求得：

$$E_{st} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{E_{si}}}$$

式中：A_i——第 i 层土的附加应力面积；

E_{si}——第 i 层土的压缩模量；

根据三轴压缩试验获得如表 5 数据。

综合再压缩模量和综合回弹模量成果表

表 5

综合再压缩模量 E _{st} (MPa)				综合回弹模量 E _{st} (MPa)
6°	8°	10°	12°	
149.4	152.3	143.1	146.4	200.0

表 5 中的 E_{st} 可用于风或地震荷载下的建筑物倾斜近似计算；E_{st} 可用于基坑开挖后地基隆起量的计算；此外，还用应力应变关系及高压固结试验的参数，进行估算沉降。

②变形计算的方法及结果

沉降计算方法很多。规范 (TJ7-74) 中分层总和法，一般适用于多层建筑，但规范又没有适用于超高层建筑的沉降计算公式，考虑规范是工程建设的依据，计算结果可作为设计参考，见下表 6。

建筑物沉降量

表 6

类 别	孔 号				中心孔	备 注
	6°	10°	8°	12°		
沉降量 (cm)	13.72	15.76	15.61	17.21	14.20	m _s = 0.7
差异沉降 (cm)	2.04		1.57			

此外，采用苏联叶戈洛夫公式、固结理论及三轴试验的应力应变关系计算沉降及倾斜结果见表 7。

各种方法计算沉降及倾斜结果

表 7

计算方法	中心点沉降 (cm)	最大差异沉降 (cm)	倾斜值	备注
(TJ7-74)	14.2	2.04	0.00080	报告书提出 资料整理中计算
叶戈洛夫法	10.2	2.00	0.00078	
固结理论	10.0			
三轴应力应变	7.0			

③风或地震荷载下的倾斜计算

竖向荷载下的基底平均压力:

$$P = \frac{N}{F} = \frac{715530}{25.5 \times 63.3} = 443 \text{ (kPa)}$$

竖向荷载与风荷载下的基底压力:

$$P_{\max} = \frac{N}{F} + \frac{M_{\text{风}}}{W} = 443 + 40 = 483 \text{ (kPa)}$$

$$P_{\min} = \frac{N}{F} - \frac{M_{\text{风}}}{W} = 443 - 40 = 403 \text{ (kPa)}$$

竖向荷载与地震荷载下的基底压力:

$$P_{\max} = \frac{N}{F} + \frac{M_{\text{震}}}{W} = 443 + 114.6 = 557.6 \text{ (kPa)}$$

$$P_{\min} = \frac{N}{F} - \frac{M_{\text{震}}}{W} = 443 - 114.6 = 328.4 \text{ (kPa)}$$

基础埋深为地表下10.7m, 土的自重压力为194kPa, 故附加地震荷载为:

$$P_{\text{附加震}} = 557.6 - 194 = 363.6 \text{ (kPa)}$$

$$P_{\text{附加地}} = 328.4 - 194 = 134.4 \text{ (kPa)}$$

按方晓阳等著《基础工程手册》中弹性时变沉降量公式:

$$S = C_4 P B \left(\frac{1 - \mu^2}{E} \right) \times 30^{-3}$$

式中: C_4 ——形状系数(查表); P ——在竖向及地震荷载下的基底附加应力(kPa); B ——基底宽度(cm); μ ——泊桑比, 取0.32; E ——杨氏模量, 本次取综合回弹再压缩模量(MPa)。

计算结果见表8。

地基荷载下倾斜计算

表 8

天然荷载方向	孔 号						最大倾斜
	角 点 沉 降 值 (cm)				横 向 沉 降 值 (cm)		
	6*	8*	10*	12*	6'~10'	8'~12'	
由北向南	1.61	1.58	4.72	4.61	3.11	3.03	0.0012
由南向北	4.52	4.14	1.63	1.01	2.84	2.80	0.0011

从表8所列数字看,最大倾斜值符合规范要求。采用角点法计算角点沉降,其值往往偏低,由于考虑了以下两个因素:一是在短暂荷载作用下(如风力、地震等),计算倾斜应取弹性模量,而上述计算用的是再压缩模量,故其值偏大;二是充分考虑了地基不均匀性的影响,从而使计算结果得到了补偿,基本上是可信的。

④基坑开挖后的基底隆起量计算

基坑尺寸按30m×70m考虑,基坑深为10.7m,由公式:

$$R_d = C_1 \Delta_{\text{max}} \gamma D^2 / E$$

计算基坑中心隆起量为14.2mm。

3. 裙楼基础方案

主楼与裙楼的高度和荷重相差很大,基础埋深也十分悬殊,两者的沉降量和完成沉降的时间都有很大差异,处理不当会造成建筑物使用上的不便。建议:①可采用浅埋天然地基方案,将主楼与裙楼基础分开,施工时预留主楼沉降量,在施工安排上可使主楼先施工。根据郑州市的中原大厦和神州宾馆(地上16层,地下一层)的经验,建筑物在施工过程中可完成最终沉降量的60%,场地土的砂性大,地下水位深,施工过程中完成的沉降量不会小于上述比例;②采用控孔桩基,将桩尖放在地表下10.7m处的砂层上,施工中预留出主楼沉降。

4. 施工问题

由于地下水的埋深较大,对基坑开挖有利,但需注意几个问题:

①要根据土的抗剪强度及施工经验计算并选用合适的基坑边坡坡率,最好分成两个台阶放坡,做好坡顶排水工作。

②对场地西南角基坑外的局部上层滞水,要切断水源,加以疏干,防止流入基坑内影响边坡的稳定性。必要时可在该处用混凝土灌注桩支挡边坡。

③当挖至预定标高以上50cm时,应禁止用机械开挖,改用人工整修,基坑挖好后,应迅速打一层素混凝土,不得使基坑暴露过久。

④基础底板浇灌好后,随着基础向上升高,需及时选用干净的土将基坑四周空隙回填,分层夯实。夯实质量要进行检验,以防止产生地基浸水和基底持力层向基础外挤出。

⑤在基础施工时作好基坑回弹观测标点和沉降观测标点的埋设工作,并做好观测工作。

五、工程效果的验证

1. 基坑回弹观测

建筑物于1986年6月开始施工。在基坑开挖前,我院及时埋设了沉降观测用的水准基点,并在主楼的中部、边缘一字型埋设了三个回弹观测深标(深约11.0m)。回弹标采用挖探井的方法进行,将深井挖至基坑底标高处,人工将回弹标放置在坑底粉细砂(Ⅲ)层上,并对回弹标进行初始高程的测量,然后将探井回填,待基坑大开挖完成后,对回弹标再进行一次高程测量。其布置及回弹观测结果见图5。

由于开挖探井埋设深标,卸除了部份土重,使回弹量偏小,估计基坑中心的实际回弹量为10mm左右,比估算的回弹量14.2mm要小些,分析其原因是选用的回弹模量为粉细砂(Ⅲ)层以下的粘性土层的试验数据,而密实的粉细砂层的回弹模量较粘性土为大,致使计算结果偏大。

2. 基坑验槽

基坑开挖后进行了验槽工作, 基坑底部的土层符合勘察报告提供的资料, 全部为砂层, 仅西南角有二条宽3.0m的砂层颜色不同, 且混较多粘性土和钙质结核。经钎探检验, 在基底以下1.5m深度内的各孔击数 $N_{10} = 124 \sim 200$, 平均为167击, 砂土的相对密度 $D_r = 1.0$, 孔隙比 $e = 0.446 \sim 0.534$, 干重度为 $17.5 \sim 18.3 \text{ kN/m}^3$ 。验槽结果证明, 持力层砂层十分密实, 与勘察报告评价吻合。

3. 坑壁稳定性问题

基坑开挖后, 坑壁直立约10m有余, 但由于西南部管道渗水浸泡地基, 局部坑壁不稳, 造成塌方, 后经支护, 方进行了正常施工。其余地段由于黄土特性和土质较好, 坑壁较稳定。

4. 变形观测与成果

沉降观测是从1886年6月第一层建筑好以后开始观测的, 到1988年元月第35层结顶时, 进行了10个观测点21次的观测, 最大沉降量为25mm, 加上基础底板和第一层的沉降量, 约计为30mm。见图6。

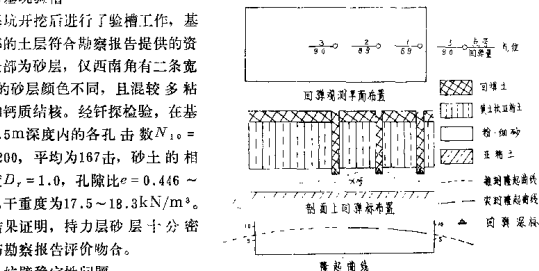


图5 回弹观测成果图

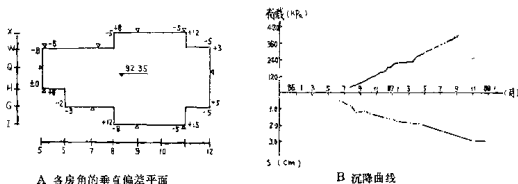


图6 变形观测成果图

注: 沉降从1层顶部开始观测。考虑土层经开挖回弹后, 表面略有松散, 所以1层及地下室2层荷载上去后, 其地基沉降预估大于等于5mm, 故观测至1988年1月4日的总沉降量为30mm。

根据附近中原大厦的经验, 当建筑物主体完工时的沉降量约为总沉降量60%, 因此, 最终沉降量应为50mm。按此计算地基土的综合变形模量为 173.1 MPa , 比估算时采用的变形模量高得多。

1988年6月对主楼各角点的倾斜进行了实测, 其最大偏差15mm(见图6); 从沉降观测反映, 最大差异沉降为8mm; 倾斜值分别为0.00013和0.0003, 比计算结果要小。

京城大厦岩土工程实录

机械电子工业部工程勘察研究院 林宗元 陈群 刘玉瑞 董理智

一、引言

京城大厦位于北京市东北角亮马河北岸,由日本清水建设株式会社中标承包设计。1984年由我院承担详细勘察阶段的工程勘察任务,后来又承担基坑开挖回弹、基础沉降的观测和基坑验槽的任务,还参加主楼基坑施工技术咨询等工作;由北京市第五建筑工程公司总承包土建施工任务。主楼于1986年6月18日开始打护坡桩,8月12日开始挖基坑,1989年11月主体结构已施工完毕,目前正在装修,争取在1990年底竣工验收。

考虑到目前国内超高层建筑基础埋深达23.5m的不多见,为使同行了解该工程的全貌,便于今后工作中参考,本文引用了设计、施工的有关资料,简要介绍京城大厦岩土工程勘察、设计、施工和监测的有关情况。

二、工程建筑结构简介

该工程由一座主楼和四座配楼组成(参见图1)。主楼首层平面尺寸为 $57.6 \times 57.6 \text{m}^2$;地下4层,地上50层,总高度178m,屋顶上2层,最高处高度183.5m;结构体系为筒体结构,楼盖为现浇板;层荷重:地下层 21.07kN/m^2 ,标准层办公室 7.25kN/m^2 ,客房 8.7kN/m^2 ,建筑物总重 1624530kN ;基底南北长 77.9m ,东西宽 58.7m ;片筏基础,埋深 23.50m ,基础高 4m ,底板厚 $65 \sim 85 \text{cm}$,外墙厚 $30 \sim 90 \text{cm}$,顶板厚 25cm 。结构主要材料,地上为钢,地下为钢筋混凝土、混凝土。配楼位于主楼的西面,钢筋混凝土结构,由东往西分别为4层、6层、9层和4层的楼房,前三栋各有一层地下室,基底埋深为 5.25m ,第四栋基底埋深为 1.78m 。

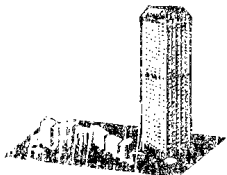


图1 京城大厦立面示意

三、岩土工程勘察时考虑基础类型方案的依据

由初步勘察阶段的钻孔资料可知,在地表下 22m 左右有一层厚度为 $5.7 \sim 6.0 \text{m}$ 的卵石层,其下伏地层为亚粘土——轻亚粘土、砂上和卵石层,我们了解当时京城大厦主楼的层数方案为地上50层、地下3层(后改为4层),对比日本东京的一些已有超高层建筑经验,都是充分利用埋深为 $18 \sim 23 \text{m}$ 的东京砾石层作为持力层(厚度可达 10m 以上,动力触探击数 N 可达100以上,设计长期承载力为 1000kPa)。比如,世界贸易中心大厦,地上40层,地下3层,基底埋深 18.7m ,平均接触压力为 380kPa (排土 334kPa),片筏基础,实测最大沉降量为 15.2mm ,差异沉降量为 5.8mm ,构件变形角为 $1/4620$;又如京王广场饭店,地上47层,地下3层,基底埋深 19.9m ,平均接触压力为 436kPa (排土 386kPa),片筏基础,最大沉降量为 15.2mm ;再如霞关大厦,地上36层,地下3层,基底埋深 23m ,平均接触压力为 350kPa (排土 322kPa),连续基础,最大沉降量为 8mm ,差异沉降量为 3.5mm ,构件变形角为 $1/5400$ 。经与日方设计单位有关专家商定,在本次