

基坑工程实例

1

JKENG GONGCHENG SHILI

《基坑工程实例》编辑委员会
龚晓南 主 编
宋二祥 郭红仙 副主编

中国建筑工业出版社

基坑工程实例 1

JIKENG GONGCHENG SHILI

《基坑工程实例》编辑委员会

龚晓南 主编

宋二祥 郭红仙 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基坑工程实例. 1/龚晓南主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

ISBN 7-112-08780-5

I. 基... II. 龚... III. 基坑-工程施工-实例
IV. TU46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 116960 号

本书收集国内近年来建成的 43 个基坑工程, 包括长江大桥锚碇基坑工程和城市建设中的基坑工程, 遍及全国 14 个城市。按基坑支护形式来分, 有墙、桩和土钉支护三类。每个基坑工程实例, 包括: 工程简介及特点、地质条件、周边环境、平面和剖面图、实测资料和专家点评。本书资料翔实, 技术先进, 图文并茂。本书可供建筑结构、地基基础和基坑工程的设计施工人员、大专院校师生阅读。

* * *

责任编辑: 蒋协炳

责任设计: 赵力

责任校对: 张景秋 王金珠

基坑工程实例

1

《基坑工程实例》编辑委员会

龚晓南 主编

宋二祥 郭红仙 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19¼ 字数: 478 千字

2006 年 11 月第一版 2006 年 11 月第一次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 45.00 元

ISBN 7-112-08780-5

(15444)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

《基坑工程实例》编辑委员会

主 编：龚晓南

副主编：宋二祥 郭红仙

顾 问：钱七虎 陈肇元 周丰峻 张在明 陈家辉 唐业清 杨林德

主 任：龚晓南

副主任：宋二祥 谭跃虎 杨光华 曾宪明 徐 伟

秘书长：郭红仙

委 员：毕孝全 陈昌富 陈如桂 陈湘生 程良奎 崔江余 方引晴
龚晓南 顾宝和 顾晓鲁 关沃康 郭红仙 黄 强 贾金青
贾立宏 蒋协炳 李保国 李 虹 李锡夔 李象范 林本海
刘金砺 马金普 莫庭斌 秦四清 施祖元 宋二祥 宋建学
谭跃虎 唐传政 唐杰康 田裕甲 王步云 王建华 王卫东
夏永承 徐国光 徐水根 徐 伟 徐学燕 杨 斌 杨光华
杨桂芹 杨秀仁 杨志银 喻良明 余志成 余子华 曾宪明
张 鑫 张鸿儒 张旷成 张明聚 张信贵 赵锡宏 郑 刚

前 言

近年来，随着我国大规模工程建设的蓬勃发展，基坑工程技术也得到了长足的进步。城市房屋建设的基坑深度已由过去的 6m、8m 发展至 10m、20m 以上，桥梁锚碇基础的基坑则深达 50m。在支护类型、设计施工方法、施工监测和环境影响控制上都有许多创新和成就。

基坑工程的实践性很强，工程类比和工程经验在基坑工程的设计和施工中起着非常重要的作用。为了加强基坑工程技术交流，推广先进经验，促进科技进步，中国建筑学会建筑施工学术委员会基坑工程专业委员会决定收集国内的典型工程案例，组织编写《基坑工程实例》系列介绍。本书共收录国内近年修建的 43 例基坑工程作为第 1 集先行出版，以后将继续编辑续集。

为便于阅读，本书的工程实例按基坑类型与支护形式分类编排，包括大桥锚碇基坑工程 2 例和城市建设基坑工程 41 例，后者有：(1) 以墙为主要支护构件的 7 例，其中 3 例基坑的施工是与主体结构的施工同时进行的，即采用了逆做法施工；(2) 以桩为主要支护构件的基坑有 11 例，包括 1 例利用坑内留反压土的基坑，5 例桩—锚支护，5 例桩—撑支护；(3) 常规土钉支护 4 例；(4) 上部为土钉、下部为桩—锚（撑）支护的基坑 6 例；(5) 复合土钉支护 10 例，包括锚杆—土钉复合支护 3 例，桩（搅拌桩、微型桩和毛竹桩）—土钉复合支护 7 例；此外，还有 3 例基坑与支护变形过大以及工程事故处理有关。上述基坑工程涉及北京、上海、天津、深圳、杭州、武汉、南京、福州、太原、郑州、合肥、哈尔滨、苏州、中山等 14 个城市的不同地质条件。

为保证工程实例介绍的完整性，每一案例都包含 7 个部分的基本内容，即：1. 工程简介及特点；2. 工程地质条件（含土层物理力学指标表和—典型工程地质剖面）；3. 基坑周边环境情况（应含建筑物基础简况，管线、道路情况等），根据需要附平面图；4. 基坑围护平面图；5. 基坑围护典型剖面图（1~2 个）；6. 简要实测资料；7. 专家点评。

我们希望这些工程案例的宝贵经验将为今后的工程建设提供有益的借鉴。同时也期望国内的同行能继续为我们提供相关的工程实例，并为本书的续集惠赐稿件。

通讯地址：100084 北京清华大学土木工程系 转基坑工程专业委员会；E-mail: guohx@tsinghua. edu. cn；电话：010-62788615。

中国建筑学会 建筑施工学术委员会
基坑工程专业委员会
《基坑工程实例》编委会
2006 年 8 月

目 录

一、大桥锚碇基坑工程

润扬长江公路大桥北锚碇基坑工程·····	宋二祥	1
阳逻长江公路大桥南锚碇基坑工程·····	徐 伟 刘玉涛	6

二、逆作法施工的工程

上海廖创兴金融中心基坑工程·····	李寅华 唐 军 林文明	15
上海兴业大厦基坑工程·····	戴标兵	24
上海长峰大酒店基坑工程·····	王卫东 王建华	39

三、墙—撑（锚）支护

北京国家大剧院基坑工程·····	陈 新	54
上海银行大厦基坑工程·····	龚 剑	62
杭州利群大厦基坑工程·····	施祖元 刘兴旺 李冰河	68
杭州广利大厦基坑工程·····	刘兴旺 陈 东 余子华	72

四、桩—锚支护

天津翔宇广场基坑工程·····	郑 刚 陈红庆 顾晓鲁 刘 畅 杨少元	78
北京西城区国库统一支付中心基坑工程·····	郭红仙 宋术双 罗继光	87
北京京温市场二期地下车库基坑工程·····	贾立宏 马金普 崔克慧	94
哈尔滨中国联通通讯枢纽及奥维斯公寓基坑工程·····	王景军	103
武汉汉飞青年城双层地下室基坑工程·····	李欢秋 唐传政 鹿伟宾	107
福州元洪锦江二期基坑工程·····	陈振建 赵剑豪 方家强	113

五、桩—撑支护

南京大行宫广场人防工程基坑工程·····	谭跃虎	122
杭州闽信钱江时代基坑工程·····	应宏伟 郭 跃 龚晓南 俞建霖	128
杭州环北移动大楼基坑工程·····	应宏伟 郭 跃	137
武汉万豪豪园基坑工程·····	王俊雄 张杰青 洪兴全	146
上海盛大金磐地下车库基坑工程·····	贾福源 吕凤梧 徐 伟	154

六、上部土钉，下部桩—锚（撑）支护

北京银泰中心基坑工程	张晋勳	郭全国	王罡	162	
北京中环世贸中心基坑工程			孙华波	170	
杭州大剧院台仓基坑工程		俞建霖	龚晓南	179	
杭州运河广场基坑工程	李象范	徐友法	张黎	184	
深圳香江时代广场基坑工程	丘建金	王志人	孙静	190	
深圳景源华庭基坑工程	张俊	付文光	杨志银	李旭强	194

七、常规土钉支护

杭州阳光都市财富中心基坑工程		俞建霖	龚晓南	199
杭州萧宏大厦基坑工程			岑仰润	205
杭州华元世纪广场基坑工程		刘世明	邢玉芳	211
济南珍珠泉大厦基坑工程			张鑫	215

八、锚杆—土钉复合支护

深圳长城盛世家园基坑工程	冯申铎	杨志银	王凯旭	219	
北京财富嘉园基坑工程	秦四清	李厚恩	李志刚	丁振明	225
北京富卓花园广场基坑工程			韩宁为	李虹	232

九、桩—土钉复合支护

南京玄武湖隧道基坑工程		段建立	谭跃虎	237	
合肥金雅迪大厦基坑工程		杨成斌	李国生	241	
苏州润捷广场基坑工程			鲁祖统	247	
郑州天下城8号楼基坑工程实例		宋建学	郭院成	255	
深圳福田香格里拉酒店基坑工程	丘建金	王志人	骆以道	孙静	261
中山中医院悦来门诊部基坑工程	刘伟	吴传清	张旷成	268	
杭州庆隆苑小区二期基坑工程	严平	王君鹏	刘庆	276	

十、基坑加固与事故处理

复合土钉支护在处理事故工程中的应用		曾宪明	杜云鹤	281
太原华吉基坑工程过量位移简析与处理	陈友明	赵秀芹	王步云	289
武汉某基坑工程及其事故处理		唐传政	胡曦刚	297

一、大桥锚碇基坑工程

润扬长江公路大桥北锚碇基坑工程

宋二祥

(清华大学土木工程系, 北京 100084)

一、概述

2005年4月30日正式建成通车的润扬长江公路大桥,跨江连通镇江与扬州,包括南汊悬索桥和北汊斜拉桥两座桥梁。南汊悬索桥跨度达1490m,在同类桥梁中为中国第一、世界第三;北汊斜拉桥跨度为406m。南汊桥的北锚碇位于江中小岛世业洲上,需承受近7万t的拉力,其基础施工是整个大桥工程中最具难度的控制性工程。为保证锚碇基础的稳定,按设计要求将其置于下伏基岩上,基础埋深近50m。经方案比选,采用明挖施工方案,由此提出该特深基坑工程问题。

该基坑工程的突出特点有:1) 基坑深度近50m,在国内是目前所遇到的第一深基坑,在世界范围内也是罕见的。2) 基坑位于江中小岛,基坑深度范围内的土质较差,且水量丰富,这大大增加了该基坑工程的难度,对基坑支护及施工过程中的地下水控制均提出很高的要求。3) 该基坑工程是世人瞩目的润扬长江大桥这一世界级工程的重要组成部分,不容许出现任何事故。

为确保该特深基坑工程安全优质的完成,成立了以施工单位中港第二航务工程局为首,同济大学、清华大学等单位参加的联合体。联合体共同研究确定了基坑支护方案,由同济大学负责完成设计(徐伟教授课题组),清华大学负责支护体系的论证分析,进而采用信息化施工技术进行施工。基坑从2001年11月开始开挖,到2002年4月顺利开挖到坑底。

二、工程地质条件

该工程场区位于江中小岛世业洲的东部偏南,地势平坦,微地貌属江中滩地。场地土层自地表以下14~18.8m主要为流塑状态的粉质粘土及淤泥质粉质粘土,再下到基底水平主要为稍密至中密状态的粉细砂,第四系覆盖层以下为不同风化及破碎程度的花岗岩,且有一构造破碎带,微风化层顶面起伏较大。地下水埋深接近地表,主要赋存于砂层,且水量丰富。

基坑影响深度范围内各土层的力学参数见表1,典型地质剖面见图1。

各土层主要力学参数

表 1

土层	厚度(m)	重度 γ (kN/m ³)	黏聚力 c (kPa)	内摩擦角 φ (°)
粉质粘土	14~18.8	18.2	8~12	7~10
粉细砂	32	19.8	0	32

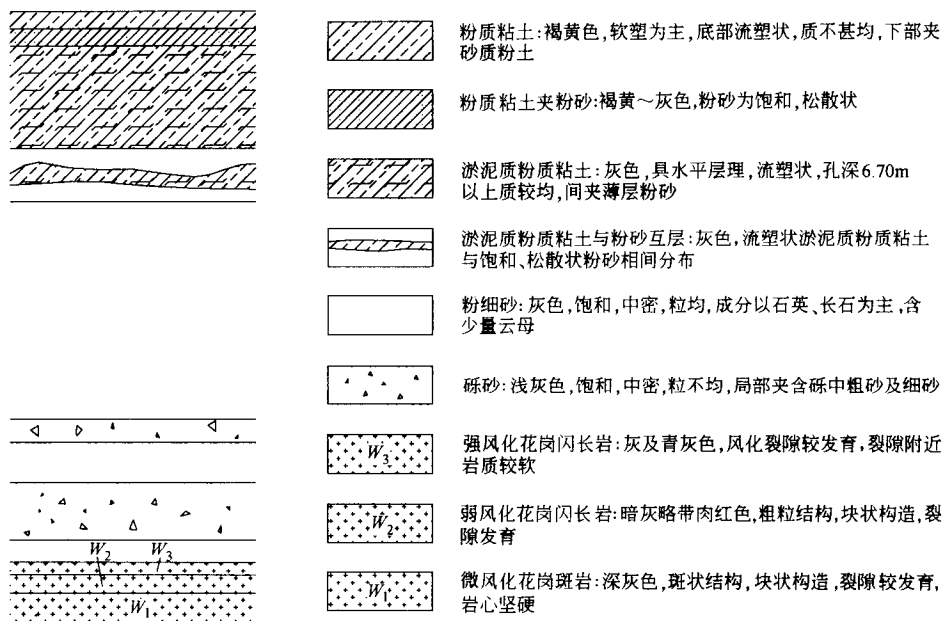


图 1 工程地质典型柱状图

三、基坑周边环境情况

基坑周边环境情况较为简单，但在基坑南侧距坑边约 90m 有东西向长江大堤。由于坑深约 50m，坑周地层变形有可能波及到该长江大堤，需要注意。

四、基坑支护简况

经反复讨论，锚碇基础平面设计为矩形，以便调整锚体位置，降低使用阶段基底压力的不均匀系数。根据本工程的具体条件，最终确定基坑支护采用嵌入基岩的地下连续墙加内支撑的围护方案。地下连续墙外包尺寸 69m×50m，厚度 1.2m，共划分为 42 个槽段，槽段间接头采用“V”形钢板接头，各槽段地下连续墙底高程随基岩分布及风化程度变化而不同。强风化岩中嵌深 6m，弱风化岩嵌深 3.0m，微风化岩嵌深 1m。当强弱风化厚度超过 3.0m 时，嵌入微风化层 0.5m。地下连续墙平均深度 53m，最大深度 56m。在地下连续墙外侧的段间接缝部位，进行摆喷，以使整个围护墙体有较好的止水作用。内支撑采用钢筋混凝土支撑，按原设计有 12 层，实际施工时，因坑底岩层顶面起伏较大，取消第 12 层支撑，而将第 11 层支撑略为下移并予加强。各层支撑的平面形状见图 2，其中围檩宽度为 2~3m (1~4 层为 2m，5~8 层为 2.5m，9~10 层为 3m，11 层为 2.8m，12 层为

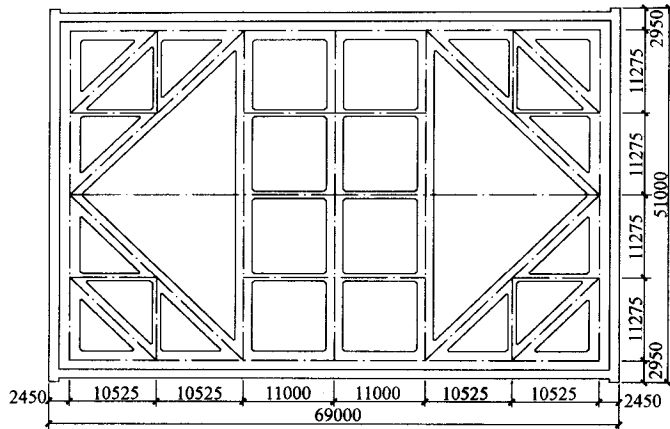


图 2 北锚碇基坑支护结构平面图 (单位: mm)

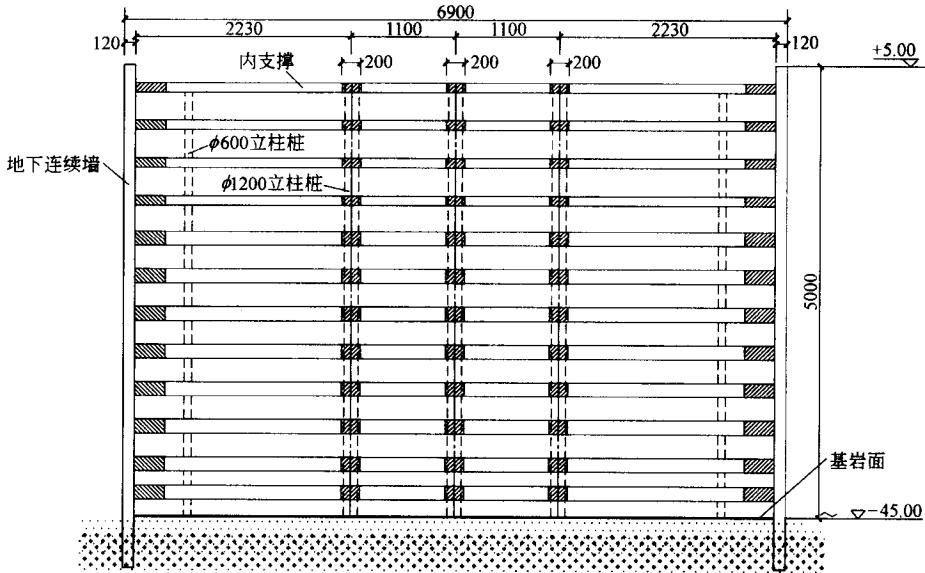


图 3 基坑结构剖面图 (单位: cm)

2.5m), 支撑杆件宽度为 2m 和 1m 两种, 围檩及支撑杆件截面厚度为 1~1.5m (1、3、4 层为 1m, 2 层为 0.8m, 5~7、11、12 层为 1.2m, 9、10 层为 1.5m), 首层支撑顶面距原始地面 1.5m, 底层支撑底面距坑底 1.9m, 相邻支撑中面间距在 4m 左右。在各支撑杆件的交叉点处, 设置预先施做的灌注桩, 以承受支撑杆件的重量, 并增强其稳定性。

此外, 为确保安全, 在基坑周边距地下连续墙 23m 又用旋喷方法施做一道止水帷幕, 并在止水帷幕和地下连续墙之间建造一些降水井, 以在开挖到较大深度时适当降低坑外水位, 使坑内外水位差不大于 30m。坑内水位则随开挖的进行, 逐步予以降低。

五、简要实测资料及分析

该工程严格采用信息化施工, 在施工过程中进行监测, 并通过对监测数据的分析及反

一、大桥锚碇基坑工程

分析预测，来判断下一步开挖引起的内力变形发展情况。监测内容包括变形、内力、水位、温度等。

监测显示坑壁最大水平位移大约为 13cm 多，不到坑深的 0.3%，发生在基坑边长中部的中下深度处。

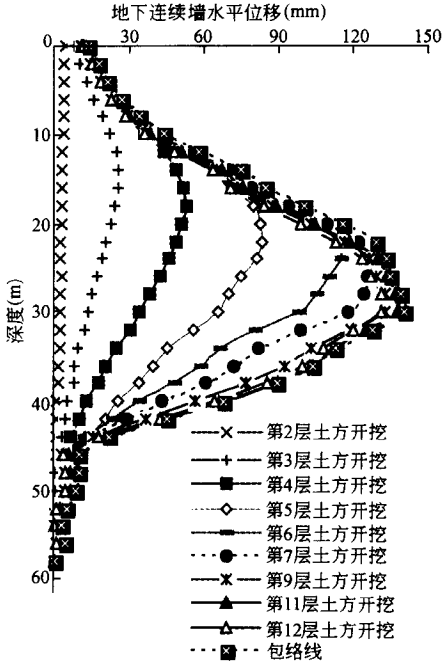


图 4 P10 点地下连续墙水平位移随时间变化曲线

图 4 给出位于基坑西侧中间部位的 P10 孔在开挖到不同深度时测得的墙体水平位移沿深度的分布曲线。从这些曲线可看出以下几点：（1）随开挖深度的加大，墙体的水平位移也不断加大。但不同开挖阶段的墙体水平位移变化量有明显的不同。在第 1 至第 6 层开挖（每层开挖对应于一层支撑）中，水平位移的变化量有递增趋势；而当开挖到第 7 层以后，因降低坑外地下水位等原因，水平位移的增加量开始减小。（2）随开挖深度的加大，墙体水平位移最大值出现的位置也有明显不同的变化规律。在第 1 至第 6 层开挖中，墙体水平位移最大值出现在开挖面以下；到第 7 层开挖时，墙体水平位移最大值出现在开挖面附近；第 8 层开挖后，墙体水平位移最大值则出现在开挖面以上，且随着开挖深度的加大，水平位移最大值的位置距开挖面的距离也加大。（3）当开挖到第 8 层后，墙体上部水平位移减小，中下部则继续小幅增加，且最大水平位移出现

的位置基本稳定在 30m 深度附近。墙体水平位移沿深度的分布有中间大，上下两端小的特点。

图 5 还给出坑口变形情况。由图 5 可见，整个支护体系的位移有些偏斜。这应是由于地层本身及施工过程的不对称引起的。如比较基坑长向和短向的坑口收缩可见，长向的收缩略大于短向，即短边向坑内的水平位移大于长边。这是因为在长边中部有对撑，而短边只是靠斜撑来支撑，故长边受到的支撑更强一些。此外，由坑口位移情况我们还可以看到该体系的变形具有明显的空间作用，角区影响明显。

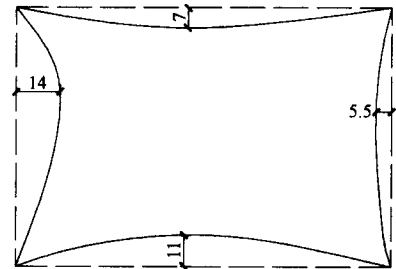


图 5 坑口水平位移分布情况

坑外地面沉降在坑外降水前一直保持在较低水平，仅几个厘米，在坑外降水之后才有显著的增加，最大沉降近 0.5m，最大沉降点位于基坑外 12m 左右。这说明坑外地面沉降主要是由坑外降水引起，这符合本工程的地层特点。

图 6、7 分别给出不同阶段地下连续墙外侧所受土压力和水压力沿深度的分布。坑外降水前，土水压力变化不大，降水后明显减小，开挖到坑底时的土压力仅为静止土压力的 1/2。

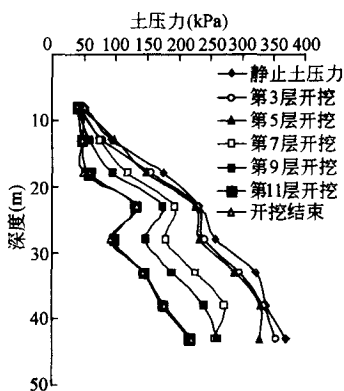


图6 不同开挖阶段地下连续墙
外侧土压力沿深度的分布

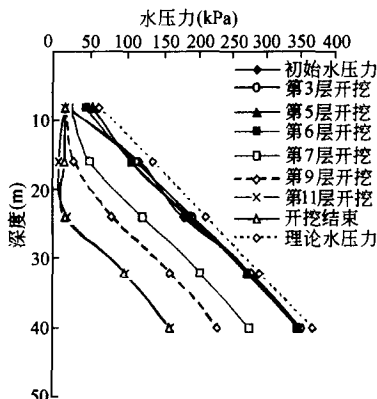


图7 不同开挖阶段地下连续墙
外侧水压力沿深度的分布

为了解地下连续墙的内力情况，本工程取8个断面测试了10个不同深度处地下连续墙内、外侧钢筋的应力。这里根据实测数据计算了地下连续墙弯矩，图8是基坑西侧中部几个不同深度处地下连续墙的弯矩随开挖过程的发展情况。由图8可见，地下连续墙多数部位的弯矩不大，但在49m深度处弯矩明显较大，达 $-4900\text{kN}\cdot\text{m}$ 。这与有限元计算给出的结果是较为吻合的。



图8 西侧地下连续墙中部不同深度处弯矩随开挖过程的发展情况

六、点评

该工程为特深基坑，场地工程地质、水文地质条件较差，但依靠多单位联合攻关，事先对工程的各个方面进行了认真的分析，对所采取的支护进行仔细论证。在施工过程中，严格坚持信息化施工。由此很好完成了这一特深基坑的支护。这种工作方法值得借鉴。

参 考 文 献

- [1] 江苏省长江大桥建设指挥部，同济大学，清华大学等。润扬长江大桥北锚碇特大基础施工关键问题研究。研究报告，2003
- [2] 宋二祥，姜鹏，沈伟。润扬长江大桥北锚碇特深基坑信息化施工。第三届全国基坑工程学术讨论会特邀报告。广州，2004年5月（《工业建筑》2004增刊）

阳逻长江公路大桥南锚碇基坑工程

徐 伟 刘玉涛

(同济大学土木工程学院, 上海 200092)

一、工程概况简介及特点

阳逻长江公路大桥南锚碇基础采用内径为 70m、壁厚为 1.5m 的圆形地下连续墙加钢筋混凝土内衬作为基坑开挖支护结构。地下连续墙混凝土强度等级为水下 C35, 内衬混凝土强度等级为 C30。地下连续墙嵌入弱风化砾岩 1~2.5m, 总深度为 54.5~60.5m。采用逆作法分层开挖土体和施工内衬, 开挖至卵石(圆砾)层表面标高 -20.3~-24m 后浇筑底板, 内衬及土体分层厚度为 3m。内衬厚度从上向下依次为: 6m 深度内厚 1.5m, 6~21m 深度内厚 2m, 21~41.5m 深度内厚 2.5m。同济大学承担该项目的开挖施工技术研究任务。

二、工程地质条件

工程地质剖面 and 地下连续墙展开图如图 1 所示。

该锚碇位于长江南岸的 I 级阶地, 地面标高约为 21.5m, 覆盖层为厚 50.4~51.6m 的第四纪冲积粉质粘土、淤泥质粉质粘土、亚粘土夹砂质粉土、粉砂、细砂、含砾细中砂及圆砾, 下伏砾岩、砂岩。强风化砾岩顶标高为 -27.7~-31.5m, 岩性破碎, 强度较低; 弱风化砾岩顶标高为 -29.2~-44.2m, 完整性较好, 饱和单轴抗压强度在 12.8~29.4MPa 之间。

三、基坑周边环境情况平面图

该工程位于长江南岸边, 邻近南岸大堤, 平面位置如图 2 所示。

四、基坑围护平面图

南锚碇基础工程地下连续墙 1/4 平面布置图(直径 7150mm)和槽段详图如图 3 所示。

五、基坑围护典型剖面图

围护结构的剖面图如图 4 所示。

六、计算模型

基坑虽然设计为圆形, 结构也按轴对称布置, 但考虑到现有的施工工艺和超深地下连

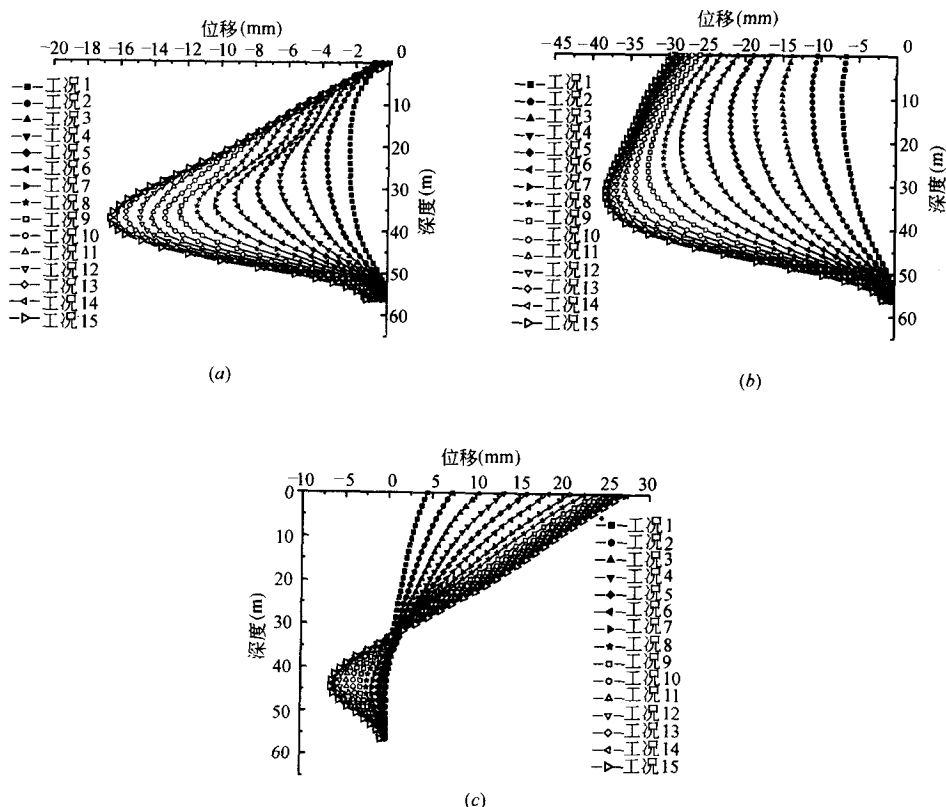


图5 地下连续墙侧移随开挖变化过程

(a) 轴对称模型；(b) 椭圆模型短轴端点；(c) 椭圆模型长轴端点

最大值 27.06mm，超过该深度位移都是倾向坑外的，最大位移 6.74mm，发生于地下 44.5m 处；在短轴端点和长轴端点之间，位移呈平缓过渡。椭圆模型长轴处侧向位移一开始沿深度全是倾向坑外的，随开挖出现倾向坑内位移，且正负位移分界点逐渐上移，上升至地下 32m 左右后几乎不再随开挖而发生变化。

按轴对称模型计算的侧向位移很小，主要是由于圆形地下连续墙的拱效应，坑外土压力很大一部分被地下连续墙的环向压应力平衡，大大减小了水平截面上的弯矩，从而使主要由受弯引起的侧向位移变得很小。椭圆模型计算的最大侧移较轴对称模型增长了 134.5%，说明一旦发生施工误差，使轴对称条件得不到严格满足，侧移就会成倍增加；而实际施工时，误差在所难免，因此从安全角度出发，设计计算中应该考虑施工误差带来的不利影响。

2. 墙后地表沉降

由于地下连续墙的侧向位移较小，墙后土体的沉降除了在施加超载时有较大变化外，在开挖过程中变化不大。椭圆模型的最大位移虽然较轴对称模型有较大增长，但其绝对值仍然很小，而且椭圆模型还有倾向坑外的位移，因此两个模型计算得出墙后地表沉降差别不大。