



岩土工程丛书

SERIES BOOK

—2—

史佩栋 等编著
孙 钧 审

Special Technical Problems in
Deep Foundation Engineering

深基础工程 特殊技术问题



人民交通出版社

China Communications Press



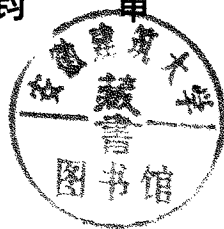
岩土工程丛书

SERIES BOOK

-2-

深基础工程 特殊技术问题

史佩栋 等编著
孙 钧 审



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书汇集了近 20 余年来我国工程界对深基础工程领域的系列热点难点问题通过艰苦探索所取得的主要研究成果,着重就深基础与环境保护、地下连续墙的逆作法设计施工、特大沉井的设计施工、钻孔桩的后压浆技术、嵌岩桩的性状与设计施工、静压桩的技术特点、偏斜缺陷桩的分析与处理、大吨位及困难条件下桩的静载试验技术、超长水泥土搅拌桩的研究与应用、深大基坑施工变形的智能预测与控制 and 可视化处理,深厚软基处理新技术和小桩新技术等十余个主要问题作了详细论述,并对深基础工程施工所产生的诸多土力学问题作了较深入的理论与诠释。本书是对深基础工程学科既有内涵的较系统的发展与延伸。

本书由国内 10 余位著名深基础工程专家合作编著,可供建筑、桥梁、市政、港工等领域从事深基础工程科研、设计、施工、检测、监理等工作的科技人员,以及高校有关的教师、研究生参考应用。

图书在版编目 (C I P) 数据

深基础工程特殊技术问题 / 史佩栋等编著. —北京: 人民交通出版社, 2003. 11

ISBN 7-114-04838-6

I. 深... II. 史... III. 深基础—工程施工
IV. TU473.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 088851 号

岩土工程丛书

- 2 -

Shenjichu Gongcheng Teshu Jishu Wenti

深基础工程特殊技术问题

史佩栋 等编著

孙 钧 审

正文设计: 姚亚妮 责任校对: 尹 静 责任印制: 张 恺

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本: 787 × 980 1/16 印张: 53.75 字数: 855 千

2004 年 6 月 第 1 版

2004 年 6 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001 ~ 3500 册 定价: 72.00 元

ISBN 7-114-04838-6

《岩土工程丛书》编审出版委员会

名誉主任委员 许溶烈 孙 钧 刘建航 沈珠江 郑颖人

主任委员 史佩栋

副主任委员 高大钊(常务) 朱合华 张建民 陈云敏

韩 敏 岳中琦(港)

委 员(按姓氏汉语拼音为序)

包承纲 陈云敏 陈正汉 崔玉军

冯夏庭 高大钊 龚晓南 顾宝和

桂业琨 韩 敏 何满潮 李广信

李建中(台)李永盛 李焯芬(港)廖红建

凌天清 刘建航 刘金砺 刘松玉

莫若楫(台)沈珠江 史佩栋 施建勇

孙 钧 王钟琦 谢永利 许溶烈

杨林德 殷建华(港)岳中琦(港)杨志法

宰金珉 张建民 张苏民 赵锡宏

郑 刚 郑颖人 周申一 朱合华

秘 书 曲 乐 艾智勇

总序

2002年3月23日,对于《岩土工程丛书》而言,是一个值得纪念的日子,因为在那一天,我们萌生了组织出版这套《丛书》的构想。

经过两岸三地部分专家学者数度聚首商讨,又以函电形式广泛征求各方意见,反响热烈,令人鼓舞。大家的观点几近一致,都认为面对我国岩土工程的空前大发展,认真总结半个多世纪,特别是近20余年以来弥足珍贵的工程经验、科研成果和事故教训,实属当务之急。这不仅对于指导当前持续高速发展的工程建设,以确保设计施工质量和工程安全大有裨益,而且对于培养专业人材、提升行业素质、促进学科进步,乃至加强对外交流,都极具重大意义。这也是出版此《丛书》的宗旨和指导思想。

根据各方推举,本《丛书》的编委会承蒙深孚众望的国内20余所高等院校、科研院所和10余家有关企事业单位(含出版社)的41位专家组成,其中含内地36位,香港3位,台湾2位,其名单列于卷首。在各位编委和同行专家的热情关怀和出版社领导的大力支持下,《丛书》即将陆续问世,我们的内心能不激动?

由于岩土工程源远流长,而又与时俱进,日新月异,本《丛书》的素材将取之不尽,因此它将是开放性、系列性的,成熟一本,出版一本。其稿源将包括编委

本人报送的,编委推荐的,以及编委会特约或组织撰写的各类作品。同时,我们热忱欢迎海内外各地同仁多赐佳作,共襄此举。

本《丛书》将分为**专题著述、工程案例和手册指南**三大类,其选题将围绕岩土工程发展中的热点难点问题、理论问题和重大工程的进展研究确定。著述内容力求精炼浓缩、深入浅出,实用性与学术性相结合,文字可读性强;工程案例将侧重于有影响和代表性的项目,可一例一书,也可同类工程数例并写于一书;要使之从实践中来,提到理论的高度进行分析与总结,以期能为日后的工程所用;手册指南将不重复已有的出版物而推陈出新。

本《丛书》稿件的审查,一般可由作者在征求编委会的意见后,自行约请专家审查并提出评语,必要时也可商请编委会指定专家负责。书稿经审定后,将由作者与出版社直接签订合同,履行各自的权利与义务。文责由作者自负。

本《丛书》的读者对象主要是从事岩土工程勘察、设计、施工、检测、监理等方面实务的专业人士,也可供高等院校、科研院所相关专业的教师、研究人员、研究生和大学高年级学生等参考。

衷心希望本《丛书》能成为岩土工程界广大同仁的良师益友!

史佩栋 高大钊 朱合华

2003年7月

序

建国以来,特别是改革开放以来,我国各地大量的高层超高层建筑、大跨特大跨桥梁,绵延南北东西的高速公路以及众多的大型市政工程、港口码头等等接踵兴建,有力地促进了各类深基础工程的空前大发展。总结研究这一历史时期弥足珍贵的工程经验和科研成果,既对指导当前更大规模的工程建设大有裨益,亦对本门学科技术的进一步发展极具价值。

老学长史佩栋先生长期孜孜不倦致力于深基础工程的设计施工实务及理论研究,参与并见证了过去半个多世纪以来我国在此领域的发展历程。继其前数部专著之后,他又策划组织编著这部《深基础工程特殊技术问题》,系统地整合了诸多特别重要的前沿技术问题,并就其中的主要方面作出了颇为精辟而深刻的阐述。此类专著在国内外现有出版物中尚不多见,堪称对深基础学科既有内涵的重要延伸与拓展,非常可喜。

笔者有幸粗读本书全稿,获益良多。全书各章分别出自国内名家高手,均属理论与实践并重的难得佳作。承蒙学长热情邀约,吾虽工作头绪纷繁,亦十分乐于参与其事。值此专著将问世之际,极愿向广大同行进言推荐,以共享此新成果。深基础工程是一门十分复杂且综合性很强的交叉学科,近年来萌生的各种学术技术新课题仍如雨后春笋,方兴未艾,足供有志

者快马加鞭,自由驰骋。希望各位以本书为“基础”,
共同切磋,互相探讨,以协力提升本学科的学术技术
水准。此诚乐事,亦所企祷,是为序。



癸未仲夏于同济园

孙钧:同济大学学术委员会委员、地下建筑与工程系名誉系主任、教授,
中科院院士

前言

自 20 世纪后半叶,特别是其最后的 20 年以来,我国经济持续高速增长,基本建设规模不断扩大。由于城市建筑物向高空和地下两个方向发展,道路交通向多层次立体化发展,大桥特大桥和港口码头大量兴建,桩、墩、锚、沉井和连续墙等各类深基础工程获得了有史以来最广泛的应用。

众所周知,我国国土广袤,地质条件复杂多变。深基础工程既要承担其上部结构之重负,又须受制于其所处岩土之性状,更应考虑其施工对于周边土体和环境之影响,故业内人士对其设计施工之难度,无不深有感触。

以建工领域为例。近 20 年来,我们打下了几千万根的桩,筑造了几千公里的地下墙,建成了万幢高楼,开发了几千万立方米的地下空间,深基础和深基坑工程规模之宏大,设计施工监测资料之丰富,皆堪称当今世界领先。而毋庸讳言,我国深基础工程事故率之高,在世界亦首屈一指。有的高楼建成后即发生裂损倾斜,有的刚结顶即被主动引爆炸毁。若问何以致此?坦言之,实乃深基础工程虽源远流长,却日新月异,以致我们对许多问题的处理常不能得心应手,我们的计算也常不能做到很正确。如果幸而正确,也往往仅局限于一定的时空环境和受力条件。可是形势的发展要求,我们不论算得是否正确,该上的时候还

得上,而且不容许失败。因此,人们在知识有限的情况下,往往只能摸着石头过河,克服万难,以期不辱使命。相比于其他学科,深基础工程可谓最具挑战性和风险性。

组织编著本书,旨在整合我国工程界学术界在近20余年来,面对深基础工程技术的一系列热点难点问题,通过艰苦探索所取得的主要研究成果。这些成果在很大程度上发展了深基础工程既有的内涵,加深了其理论深度和技术的可操作性。编者将它们统称为“深基础工程特殊技术问题”,并期望能对深基础这门学科作一初步的较为系统的补充或拓展。

鉴于一本论著常不可能把一切问题都写得详尽无遗,故本书将重点放在深基础与环境保护、地下连续墙的逆作法设计施工、特大沉井的设计施工、钻孔桩的后压浆技术、嵌岩桩的性状与设计施工、静压桩的技术特点、偏斜缺陷桩的分析与处理、大吨位及困难条件下桩的静载试验技术、超长水泥土搅拌桩的研究与应用、深大基坑施工变形的智能预测与控制 and 可视化处理,以及深厚软基处理的新技术、小桩的新技术等十余个主要问题,并针对深基础工程施工(或设置)所产生的许多土力学问题(诸如其应力场、位移场、稳定性和地基承载力等)进行了较深入的理论分析与诠释。

本书由史佩栋策划主编,并审稿统稿。编者深感欣慰的是,有幸邀约了我国学术界工程界中对所约写的专题既富工程经验,又特别有研究的著名专家学者共襄其事(其中有一位是瑞典籍华人专家)。按本书章次,各位作者的分工如下:

史佩栋 第一、七、十一章; 高大钊、李 韬 第二章;

周 健	第三章;	王卫东	第四章;
桂业琨	第五章;	谢耀峰	第六章;
郑 刚	第八章;	胡中雄、潘林有	第九章;
陈晓平、茜平一	第十章;		
郑 刚、凌光容	第十二章;		
何开胜	第十三、十六、十七章;		
孙 钧、袁金荣	第十四章;		
孙 钧、郑宜枫	第十五章;		
侯引程(瑞典)	第十八章。		
史佩栋、何开胜	第十九章。		

这里需要说明,在本书的十余位作者中,年长的作者约占三分之一,他们从上世纪50年代以来分别在科研、教学、设计、施工等工作岗位上,亲自经历和参与了我国深基础工程技术发展的全过程,可谓业绩卓著;而青年作者约占三分之二,他们的平均年龄尚未届不惑,都是在近20余年来随着深基础工程的迅猛发展,相继投身于斯,得到磨炼而迅速成长,乃至已一一成为当今本学科或其中一个方面的带头人。这个作者群体,从一个侧面反映了我们的事业后继有人,后来居上;青年学者任重而道远。

还需要说明的是,本书作者人数虽多,但全书内容仍保持较好的逻辑顺序和符号术语的基本一致。对各位作者的文风,编者尽可能给予保留;对有的共同相关的问题,在某些章节中可能有少量重复之处,为保持各章本身的系统完整以便于阅读贯通,编者一般不作删节处理。

此外,为使读者能明确书中各章所述设计计算方法或数学公式的适用范围,本书强调对所采用的基本理论或概念以及在进行数学处理时所作的一些必要

的简化假设,均作出清楚的交代。

最后还应指出,近 10 余年来国内发表了一些关于 Mindlin 课题在各种荷载分布下的应力系数和位移系数的计算公式。为便于读者应用,本书特在第二章编制了一套应力系数和位移系数表,但在编表时发现有些公式存在错误,有些公式较难收敛,故本书已对这些公式作了校改和补正,敬请读者注意。

编者在此要衷心感谢各位作者的热情相助,对本书之编成作出了很大的贡献!衷心感谢本书所引用各种图文资料的各位原作者及其所在单位!是大家付出的心血和汗水奠定了本书的“基础”。还要特别感谢中科院院士、我国著名岩土力学与地下结构工程专家孙钧学长高度评价编著本书的意义,且在百忙中惠赐新作和审阅全稿并作序。

由于编者不才,书中可能存在种种缺点疏误,敬请读者不吝指正。

史佩珍

2004 年 3 月

目 录

第一章 深基础工程技术发展现状	1
第一节 何谓深基础	1
第二节 深基础的历史演进	3
第三节 深基础工程在 20 世纪后半叶获得空前大发展	15
第四节 深基础工程不断引发热点难点问题	21
第五节 深基础工程的后续技术	26
参考文献	30
第二章 深基础工程的土力学问题	33
第一节 概述	33
第二节 土体内部孔扩张课题的解及其应用	34
第三节 荷载作用于土体深部时的土中附加应力与位移的计算	53
第四节 深基础的地基承载力	111
第五节 深基础在横向荷载作用下的性状分析	126
参考文献	153
第三章 深基础工程与环境保护	154
第一节 概述	154
第二节 深基础施工影响周围环境的机理与特征	155
第三节 深基础施工中对周围环境的监控和保护	186
第四节 工程实例	204
参考文献	224
第四章 深基础和地下结构的逆作法设计与施工	228
第一节 概述	228
第二节 逆作法的设计	236

第三节 逆作法的施工	257
第四节 工程实例	268
参考文献	281
第五章 特大型沉井基础的设计与施工	283
第一节 概述	283
第二节 特大型沉井的结构设计计算	285
第三节 特大型沉井的施工	300
第四节 特大型沉井施工的一些特殊问题	309
第五节 工程实例	322
第六章 钻孔灌注桩的后压浆技术	347
第一节 概述	347
第二节 钻孔灌注桩后压浆的加固机理及施工工艺	349
第三节 钻孔灌注桩后压浆处理效果的力学分析	359
第四节 提高后压浆效果的措施	363
第五节 后压浆技术在处理钻孔桩事故中的应用	368
第六节 钻孔后压浆灌注桩质量的超声检测判定技术	375
第七节 工程实例	387
参考文献	396
第七章 嵌岩桩的承载性状与设计施工	397
第一节 概述	397
第二节 嵌岩桩的主要类型	398
第三节 嵌岩桩的承载性状	401
第四节 嵌岩桩承载力的确定	409
第五节 嵌岩桩施工技术要点	413
参考文献	417
第八章 静力压桩的技术特点与设计施工	418
第一节 概述	418
第二节 静力压桩在各地应用的技术特点	422
第三节 静力压桩机的技术特点	460
第四节 静力压桩施工技术特点	474
参考文献	490
第九章 沉桩挤土效应及单桩承载力的时间效应	493

第一节	概述	493
第二节	单桩的挤土机理	497
第三节	桩的挤土效应分析	499
第四节	土的再固结与单桩承载力随时间增长	505
第五节	减少沉桩对周围环境影响的措施	510
第六节	工程实例的研究	515
第七节	小结	537
	参考文献	538
第十章	偏斜缺陷桩的承载力分析与处理	539
第一节	概述	539
第二节	偏斜缺陷桩的内力和变形计算	540
第三节	偏斜缺陷桩的承载力分析	551
第四节	偏斜缺陷桩的多桩分析	553
第五节	发生偏斜缺陷桩工程的处理措施	559
	参考文献	563
第十一章	大吨位及困难条件下桩的静载试验技术	565
第一节	概述	565
第二节	Osterberg 试桩法的主要特点	569
第三节	不同加载方式下桩侧摩阻力的试验研究	575
第四节	工程应用实例	577
	参考文献	592
第十二章	水泥土搅拌桩向刚性桩发展	594
第一节	概述	594
第二节	水泥土搅拌桩的荷载传递机理	596
第三节	加劲水泥土搅拌桩的荷载传递研究	601
第四节	加劲搅拌桩的设计与施工	612
第五节	工程实例	616
	参考文献	624
第十三章	超长水泥土搅拌桩的研究和应用	625
第一节	概述	625
第二节	搅拌桩当前的质量问题 and 解决方法	626
第三节	超长水泥土搅拌桩施工工艺的试验研究	630

第四节	超长水泥土搅拌桩的质量检测方法和控制标准·····	641
第五节	超长水泥土搅拌桩的原位水泥土强度特性·····	649
第六节	超长水泥土搅拌桩的荷载传递特性·····	654
第七节	超长水泥土搅拌桩的承载能力和临界桩长·····	658
第八节	超长水泥土搅拌桩地基的安全监测·····	664
第九节	水泥土搅拌桩承载力计算方法探讨·····	670
第十节	水泥土搅拌桩的沉降计算方法探讨·····	673
	参考文献·····	679
第十四章	深大基坑施工变形的智能预测与控制·····	682
第一节	概述·····	682
第二节	基坑工程变形预测问题的神经网络建模与智能控制·····	684
第三节	深大基坑施工土体变形影响因素的递阶分析·····	694
第四节	岩土力学参数辨识及基坑施工过程的动态仿真模拟·····	703
第五节	基坑施工土体变形的神经网络预测·····	711
第六节	深大基坑施工土体变形的智能控制·····	715
	参考文献·····	727
第十五章	基坑施工数据的可视化分析·····	730
第一节	概述·····	730
第二节	基坑施工数据的可视化分析方法·····	732
第三节	可视化计算实例·····	738
	参考文献·····	753
第十六章	水力吹填地基的水平排水板振动碾压处理技术·····	755
第一节	吹填地基的一般处理方法·····	755
第二节	水平排水板振动碾压的提出·····	755
第三节	水平排水板振动碾压的加固原理·····	757
第四节	水力吹填地基的水平排水板振动碾压处理法·····	759
第五节	设计方法·····	760
第六节	工程应用和效果分析·····	764
第七节	经济效益和社会效益·····	773
第八节	第二个工程应用和效果简述·····	774
第九节	小结·····	776
	参考文献·····	777

第十七章 深厚软土地基的排水板堆土预压法	780
第一节 概述	780
第二节 预压方案设计和原观仪器布置	782
第三节 堆土预压的实施和观测	783
第四节 堆土预压效果评价	790
第五节 小结	791
参考文献	791
第十八章 软基处理新技术——EPS 工程泡沫塑料的应用	793
第一节 概述	793
第二节 几种轻型填筑材料的简介和对比	794
第三节 EPS 的性能简介	796
第四节 EPS 在公路工程上的应用	802
第五节 EPS 在铁路工程上的应用	806
第六节 EPS 在房屋基础工程上的应用	807
参考文献	809
第十九章 小桩在深基础工程中异军突起	810
第一节 概述	810
第二节 小桩应用于基础托换加固与基坑支护	811
第三节 小桩在特殊地基中的应用	814
第四节 特殊小桩的研制与应用	821
第五节 小桩的设计计算	826
第六节 小结	833
参考文献	834