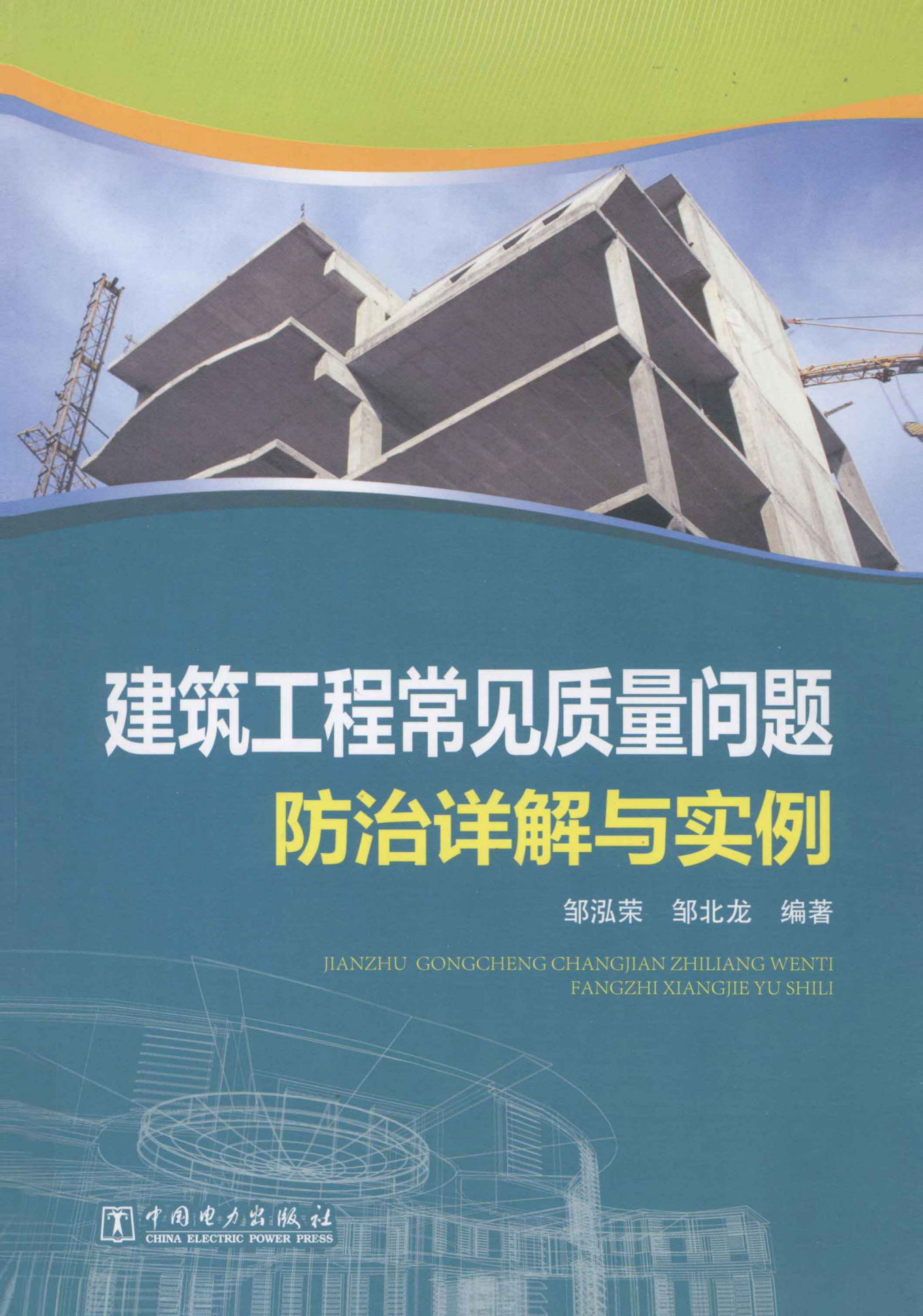




建筑工程常见质量问题 防治详解与实例

邹泓荣 邹北龙 编著

JIANZHU GONGCHENG CHANGJIAN ZHILIANG WENTI
FANGZHI XIANGJIE YU SHILI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

建筑工程常见质量问题 防治详解与实例

邹泓荣 邹北龙 编著

JIANZHU GONGCHENG CHANGJIAN ZHILIANG WENTI
FANGZHI XIANGJIE YU SHILI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书总结了作者多年来对建筑工程常见质量问题防治的经验,对建筑工程中地基沉降、钢筋锈蚀、结构失稳、防水部位渗漏等常见质量问题的产生原因、危害程度、处理与加固、预防措施等多方面进行了详细介绍。全书共分5章,内容包括地基基础工程、钢筋混凝土工程、砌体工程、钢结构工程、建筑防水工程等。

本书可供建筑结构设计、工程施工、工程监理、混凝土生产等工作技术和管理人员参考使用,也可供建筑结构的研究人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程常见质量问题防治详解与实例/邹泓荣,邹北龙编著. —北京:中国电力出版社,2012.4
ISBN 978-7-5123-2944-7

I. ①建… II. ①邹… ②邹… III: ①建筑工程-工程质量-质量管理 IV. ①TU712

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第075699号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:未翠霞 电话:010-63412611

责任印制:蔺义舟 责任校对:李 亚

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2013年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·20印张·486千字

定价:48.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

序

父亲，在平凡的建筑工程技术岗位上，用毕生时光和精力去工作、去学习、去发现、去总结、去思索。父亲常说：“三人同行，必有我师”。他走了，永远地离开了他最心爱的建筑事业，我也痛失了一位慈祥的父亲与严谨认真的导师，他一生不断努力学习的作风、对工程技术精益求精的态度、强烈的社会责任感，都将永远值得我追随与学习。

“工程技术人员的价值是发现问题和解决问题。”父亲是这么认为的，也是这么做的。他永不停息地在发现问题和解决问题中不断积累经验、认真思考和分析，获取了珍贵而极具实用价值的一手工程技术资料和案例，并对大量常见、多发质量事故的原因分析，给出防范病害发生的有效对策。

父亲像一根燃烧的蜡烛，直到人生最后仍然发光发热，在平凡的工作岗位上作出了不平凡的贡献，对建筑事业可谓生命不息，奋斗不止，发表和出版了大量建筑工程专业论著。本书的编辑出版过程中，严谨细致的他，直到已经病危，还在床榻上认真反复修改、校对着数据、文字，连标点符号都不肯马虎。

“皱纹和白发告诉我，转眼已是人生的秋天；我不再是梦幻浮云，也不会有雷鸣闪电……我安然接受人生的秋天，我乐意耕耘生命的秋天。”发表于2000年的这首小诗《秋天》，正是他严肃认真、不厌其烦、一丝不苟、精益求精地在工程技术领域里辛勤耕耘的真实心境的写照，他的所有著述，都是用生命和心血锻造出来的啊！

父亲治学严谨，善于对工作实践问题作周密调查，并进行理论分析，找出原因，然后根据国家标准和施工规范来处理解决问题。本书没有海阔天空式的高谈阔论，只是用最朴实的话语，使复杂的工程技术变得通俗易懂、易学易用，可见他的良苦用心。

本书的大部分内容是父亲生前经验的汇总，但上天没有给他更多的时间来完成出版的夙愿。所幸，我与父亲的职业是相同的。怀着对父亲逝世的悲痛与惋惜，我将父亲的资料加以整理，加入了部分我的经验与见解，补充了新近的一些案例与资料，编辑成册，希望以此书的出版来纪念父亲为建筑事业作出的贡献。

邹北龙

前 言

建筑工地是个大“试验室”，单位工程是1:1的足尺“试件”。作者40余年建筑生涯中，一直坚持在工程建设基层第一线，参与了大量建筑工程施工、质量控制、事故处理、结构鉴定、纠纷调解等实践，许多施工现场检测、工程试验、分析研究等建筑科研工作。在多年的实践和科研中，作者坚持不懈地进行资料收集、分析与信息跟踪，积累了大量丰富而极有价值的工程施工成功经验和教训，也整理和总结了建筑同仁们共同奋斗取得的实践经验。这些来自施工现场的工程实践和知识成果，是建筑业界的宝贵财富。

随着我国建设事业的迅速发展，建筑施工技术取得了巨大的进步。但是，建筑工程主体结构不安全、各种各样的裂缝、材料质量低劣、防水部位渗漏、装饰工程粗糙等各种各样的建筑工程病害或隐患，仍在威胁着人民生命、财产的安全，影响着大家的正常生活、工作与学习。通过对大量的实践经验的总结和筛选，整理成册，加以出版。希望能在提高工程施工质量、解决相关建筑工程技术问题等方面为同行们提供一些参考，以避免或减少同类问题、事故的再度发生，算是作者有幸能为建设事业尽绵薄之力，甚为欣慰！

广博丰富的建设工程实践，是发现、认识、减少、解决工程事故和建筑安全隐患的基础，是促进工程技术进步的根本，这需要广大科技工作者与工程技术人员共同携手，不断努力，谨以此抛砖引玉。鉴于水平有限，本书难免有不足或疏漏之处，敬请批评指正。

本书在编写过程中参考了一些文献资料和有关施工项目的管理成果，谨此对文献资料的作者和有关工程经验的实践、总结者表示诚挚的感谢。

作 者

目 录

序 前言

第1章 地基基础工程	1
1.1 地基基础工程常见质量问题分析与处理	1
1.1.1 特殊性岩土常见基础事故分析与处理	1
1.1.2 强夯地基“橡皮土”预防与处理	9
1.1.3 砂层对基础工程不利影响的分析与处理	10
1.1.4 地下水挖土遇险的救治方法	14
1.1.5 桩基于薄砂层的失利事故分析与处理	16
1.1.6 珠江三角洲地区基桩上浮的防治措施	19
1.1.7 基桩预期承载力大幅度降低的原因分析	23
1.1.8 打桩对邻近建筑影响的分析	25
1.1.9 深基坑大量抽水对邻近建筑的影响	32
1.1.10 深基坑地下水控制失当的原因分析和预防措施	36
1.1.11 杯形基础容易产生的质量通病	38
1.1.12 仰斜式厚填土挡土墙的事故分析及处理	39
1.2 预制桩工程质量问题防治	41
1.2.1 预制桩桩尖选型和应用要点	41
1.2.2 打桩贯入度过小造成的损伤	44
1.2.3 短或较短管桩基础设计和施工应用	49
1.2.4 较短桩遇不利含水层的事事故分析	51
1.2.5 管桩基础厂房地面沉降事故分析	57
1.2.6 长桩遇不利含水层的事事故分析	60
1.2.7 桩端持力层受水软化事故分析及预防措施	63
1.2.8 一硬就硬地层施桩失利原因和可行性分析	66
1.2.9 锤击式预制桩选锤问题的分析	70
1.2.10 预应力管桩耐打问题的分析及处理	73
1.2.11 预应力管桩施工断桩原因分析和预防措施	77
1.2.12 预应力管桩遇软硬突变持力层断桩问题分析及防治	82
1.2.13 桩基础于复杂地层的失误原因分析及处理	88

1.2.14	锤击管桩预冲孔决策失误分析	91
1.2.15	假性超长桩的原因和预防	95
1.2.16	预制桩歪斜事故的处理措施	98
1.2.17	预制桩应用中长期存在的若干问题分析	101
1.2.18	歪斜预制桩的事故处理现状和方案分析	107
1.2.19	预制桩基础事故批量或非批量处理的实例分析	112
1.2.20	预应力管桩检测的曾遇问题及分析	117
1.3	混凝土灌注桩工程质量问题防治	126
1.3.1	复杂地层中钻(冲)孔桩终孔误判的可能性分析	126
1.3.2	钻(冲)孔桩沉渣问题分析与处理	132
1.3.3	挖孔桩选型失当分析	133
1.3.4	振冲碎石桩事故原因分析和处理	138
1.3.5	沉管灌注桩常遇问题的认识	142
1.3.6	用动静对比试桩方法处理灌注桩事故	145
1.3.7	用千斤顶纠正桩基位移技术	148
1.3.8	桩基加固方案比较及附加沉降问题	150
第2章	钢筋混凝土工程	162
2.1	混凝土结构工程施工质量的三大关键点	162
2.1.1	钢筋位移	162
2.1.2	模板变形	166
2.1.3	现浇混凝土外观缺陷	167
2.2	钢筋工程质量问题及防治措施	168
2.2.1	钢材脆断事故及预防措施	168
2.2.2	钢筋接头事故与剥肋滚压直螺纹连接的质量保证	173
2.2.3	主梁负筋应排放在次梁负筋下面	175
2.2.4	大型钢筋骨倒塌事故分析及预防措施	177
2.2.5	钢筋安装尺寸偏差大导致惊人浪费	179
2.2.6	预制构件吊环的改进措施	180
2.2.7	吊环现场检查和安全判断	183
2.3	混凝土工程质量问题及防治措施	185
2.3.1	模板坍塌预防	185
2.3.2	箱形楼盖混凝土浇筑中高支撑失稳事故分析和预防	187
2.3.3	现浇结构的水平和竖向收缩变形应对措施	191
2.3.4	新条件下混凝土病害及防治措施	193
2.3.5	水泥制品的自然养护	198
2.3.6	坍落度失误事故的分析和处理	203
2.3.7	混凝土试件强度大幅度降低的原因分析	207
2.3.8	不同部位施工缝及其留置要点	209
2.3.9	转换层施工困难分析及质量保证措施	212

2.3.10	现浇楼板粗放式施工的不良后果及分析	218
2.3.11	楼梯施工与楼梯安全的几个问题分析	220
2.3.12	混凝土“二次”法施工工艺	223
2.3.13	振动棒头的插入深度控制	225
2.3.14	柱模施工改进之后的新问题及对策	226
2.3.15	主梁施工缝留设位置错误的处理	227
2.3.16	钢筋混凝土梁的起拱	229
2.3.17	现浇框架柱筋偏移或强度不足的加固处理	231
2.4	悬臂构件质量问题及防治措施	238
2.4.1	悬臂柱承楼梯事故救治	238
2.4.2	结构设计不满足使用要求的工程处理措施	241
2.4.3	悬臂结构倾覆原因分析	241
2.4.4	阳台裂缝须警觉	246
2.4.5	悬臂梁板结构拆模安全措施	247
2.4.6	警惕悬挑结构的危害	248
2.5	预应力工程质量问题及防治措施	249
2.5.1	预应力混凝土屋架施工	249
2.5.2	预应力混凝土屋面板反向生产法和裂缝问题	252
第3章	砌体工程	256
3.1	砌体工程施工控制	256
3.1.1	强度为零的砂浆及墙体失稳事故分析	256
3.1.2	基础圈梁的合理标高位置控制	258
3.1.3	框架柱拉结筋埋设做法优选	259
3.1.4	蒸压加气混凝土砌块工程应用弊病及质量保证措施	261
3.1.5	墙体预留口常见问题及正确施工措施	265
3.2	砌体结构工程加固及修缮	266
3.2.1	墙身弯曲外鼓工程安全鉴定实例	266
3.2.2	金属窗严重压曲工程安全鉴定实例	269
3.2.3	山边围墙倒塌实例原因分析	270
3.2.4	砖混结构外墙渗漏原因分析与治理	271
第4章	钢结构工程	274
4.1	钢结构工程施工质量问题防治	274
4.1.1	原材料质量控制	274
4.1.2	放样下料控制	275
4.1.3	焊接控制	276
4.1.4	钢结构焊缝缺陷类型及质量管理措施	278
4.1.5	轻钢结构支座节点优选及连接质量控制	281
4.2	钢结构工程质量事故实例及分析处理	285
4.2.1	轻钢结构厂房外墙施工倒塌与预防	285

4.2.2	H 型钢梁瞬间全体扭曲与处理	287
4.2.3	高层建筑塔楼不锈钢桅杆焊接脆断的处理	289
4.3	网架结构工程质量控制	292
4.3.1	材料质量控制	292
4.3.2	施工过程控制	293
4.3.3	钢管拱架工程质量问题的分析	294
第 5 章	建筑防水工程	298
5.1	地下防水工程质量问题的原因	298
5.1.1	深基坑半截水原因分析及处理	298
5.1.2	钢筋摆放不当或混凝土强度过高导致裂缝	299
5.1.3	膨胀剂使用不当	299
5.1.4	地下室外壁长期暴晒导致渗漏的预防	301
5.2	防水工程实例分析	302
5.2.1	某防水工程 4 年不能交工的原因分析	302
5.2.2	某屋面防水工程的两次失误和教训	304
5.2.3	两起地下室墙壁裂缝渗漏的处理	305
5.2.4	楼上装修、楼下受害	308
参考文献		310

第 1 章

地基基础工程

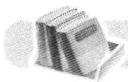
1.1 地基基础工程常见质量问题分析与处理

1.1.1 特殊性岩土常见基础事故分析与处理

填土、软土（淤泥、淤泥质土）、残积土等在《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2001）中被称为“特殊性岩土”。以珠江三角洲地区为例，很多建筑场地都有上述三种土层。由于其地质概念不清或认识不足，对不良地质（或不利地层）带来的风险无对应措施，出过不少工程事故。

1. 新、厚填土和厚淤泥层土质

（1）大面积地面下沉事故。珠江三角洲大面积地面下沉带来的灾害十分常见，房屋室内地面、室外散水台阶、道路、地下管线等建成之后不久便下沉开裂（图 1-1）。地面下的软土层的固结沉降少则几年，多则十几年、几十年，趋于稳定的时间拖得很长，严重影响使用和维修。



实例 1-1

某市汽车修理厂 5600m² 车间，造价 100 万多元的防滑地面（其下仅有素混凝土垫层，再下是新填土和淤泥层），建成不久便弯沉成一片“波浪”，厂方投诉称“地无三寸平”，车间地面在柱边相对不下沉，柱网中心凹陷（最大凹陷达 200mm 多），严重影响使用。地下风管、水管多处破裂，又花费十多万元将之改装到地上。



实例 1-2

某市高层建筑场地，填土厚 2~3m，经分层压实已 5 年；其下淤泥层厚 13m，虽经塑料板排水和堆载预压处理，但时间太短。建成后室内地面、地下管线、道路等仍下沉达 300mm 左右，造成首层改做钢筋混凝土梁板结构地面，首层设备安装、地下管线返工重做，

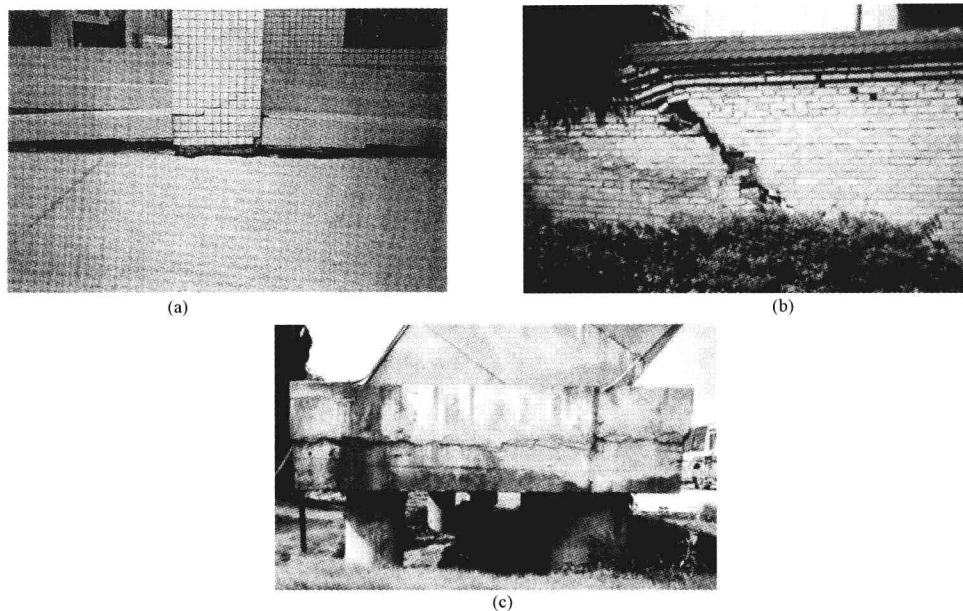


图 1-1 有关地面下沉的照片

(a) 散水、台阶弯沉；(b) 围墙不均匀下沉；(c) 承台、桩基显露

经济损失 600 万元。

(2) 房屋不均匀下沉事故（桩太短）。



实例 1-3

某单位有 4 层住宅 1 幢、3 层住宅 4 幢，建筑场地填土厚约 1.5m、淤泥厚约 12m，采用 $\phi 325\text{mm}$ 石灰桩 ($l=4.5\text{m}$)。建成之后楼房即下沉倾斜（其中 14m 高楼房最大倾斜达 370mm）。进行掏土纠偏后，倾斜得到纠正，但下沉 600mm 多却抬不上来。室内地面低于道路，地下管线破坏，人行道臭水横溢，住户投诉不断。



实例 1-4

某平面尺寸为 $18\text{m} \times 65\text{m}$ 的轻工厂房，建筑场地淤泥层底部深达 30m，采用 $\phi 380\text{mm}$ 锤击沉管灌注桩 ($l=18\text{m}$)。原设计 3 层，投产后即因厂房严重下沉（达 300mm）开裂，使用 3 个月就不得不迁厂。加固补强报价 190 万元，只好拆除第二层，盖上镀锌薄钢板，保住厂房不倒，经济损失 200 余万元。



实例 1-5

某单位有两层半（总高 9m）住宅 8 幢。建筑场地淤泥层厚达 12~15m，采用 $\phi 250\text{mm}$

锤击沉灌注桩 ($l=10\text{m}$)。建成之后, 楼房普遍倾斜开裂, 最大沉降 416mm , 最大倾斜 310mm , 全部需要纠偏加固。

(3) 边坡失稳事故。

实例 1-6

某建筑群南面靠山，西、北面靠鱼塘，山脚下流塑淤泥层厚达 10m 余。采用南挖山、北填土，造出 193 亩平地，其西北角填土厚达 8~9m。该场地西北边坡采用仰斜式挡土墙，最大高度 9.85m（相应墙厚 1.7m），如图 1-2 所示，原基础采用 4m 长松木桩，后改为 12m 长、 $\phi 250\text{mm}$ 锤击沉管灌注桩。施工过程中，在完成基桩约 400 根时，因捕鱼抽干水塘，由于桩基位于新填土上，桩间土开裂，并随鱼塘降水全线滑塌，基桩倾斜断裂，全部报废。后经研究，加征几亩地，改为砌石护坡方案。施工队开始大规模加填土，筑造 1:1.25 土坡。当土坡接近填成时，边坡突然大面积滑坡，塌方量达 7560m^3 ，塌方冲进鱼塘 10m 余，原坡顶后 30m 范围内地面严重开裂，如图 1-3 所示。

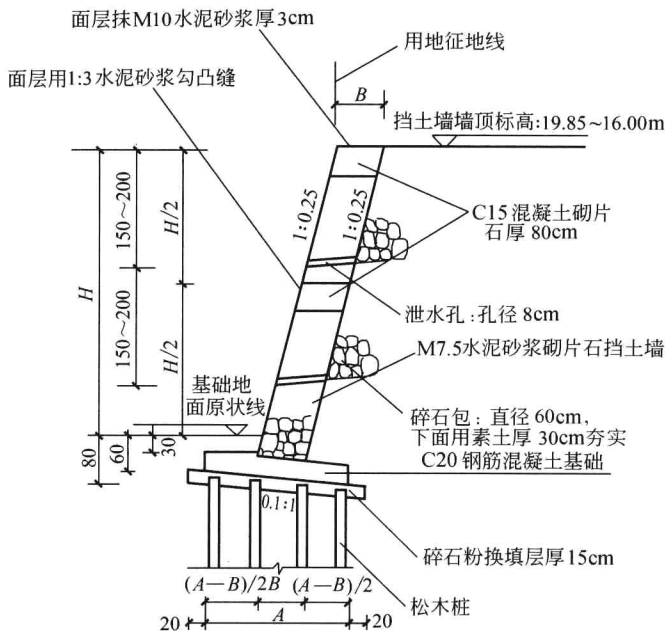


图 1-2 挡土墙结构原设计图

实例 1-7

某两层民房建在小河涌边上，无打桩。于主体建成的当天中午，楼房便倾斜成如图 1-4 所示的样子。



图 1-3 大面积滑坡后的照片

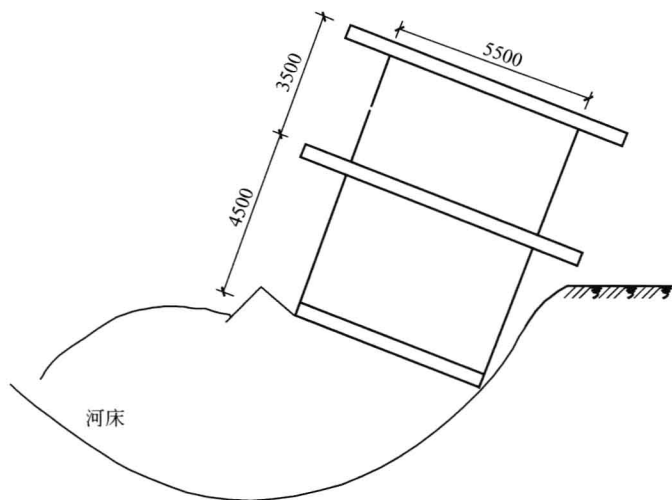


图 1-4 滑坡后的楼房倾斜状况



实例 1-8

某农场河堤被冲毁 325m，并把缺口冲成 10m 深的大水潭，农场方组织 500 多名职工和 10 多台机械复堤。由于新复围堤是用抽砂临时垒起来的，坝基土质软弱，加上速度过快，造成河堤突然滑坡，致使 50 名正在抢险的职工顷刻被下沉的泥砂流冲向 10m 深大水潭，其中 10 人不幸遇难。

(4) 地质情况及其影响。

1) 珠江三角洲开发区新填土厚达数米，强度低，未完成自重固结。其下的淤泥层天然含水量大，压缩性高，属欠固结的灵敏土。上海地区桩长 70~80m，仍可能未到基岩。珠江

三角洲地区桩长 20~30m, 一般已到硬层(或基岩); 桩长 40m 上下, 仍未达到基岩的情况不多。因此, 珠江三角洲地区的基岩有相对较浅的特点, 其基桩一般都打至硬塑土层、坚硬土层、全风化或强风化岩层上, 房屋主体结构的沉降量一般都很小。例如, 38 层的某大厦(预应力管桩基础)累计沉降量约 15mm, 房屋主体结构的沉降量小, 趋于稳定沉降的时间较短; 而大面积地面下沉量大, 其下的软土层固结沉降时间长达几年、十几年、甚至几十年, 形成一个很大的反差。

公共建筑、工厂较大面积的地面、地下管线, 散水台阶、道路等, 若直接设置在未经地基处理的新填土、厚淤泥层上, 其大量的沉降和不均匀沉降是必然的。因此, 应按公式 $s = \sigma_z H / E_s$ 考虑大面积新、厚填土造成厚层软弱土的固结沉降, 重要建筑应采取有效的地基处理方案。

因地下水位大面积降低而引发的大面积地面沉降已引起人们普遍的重视。同样地, 软弱地基因大面积厚填土而造成的大面积地面沉降, 也应引起充分的认识:

① 大面积填土, 宜在基础施工前 3 个月完成。但沿海三角洲地区对于淤泥层厚度大于 10~20m, 要达到较大固结度 $U > 80\%$, 其固结沉降需几年、十几年才趋于稳定的实际情况, 应加强重视。

② 有些观点认为, 地面大面积下沉及散水台阶、地下管线的损坏是厚填土未经分层夯实, 因而采用换砂、填石、重型压路机碾压。结果软弱土层承受着越来越大的荷载, 沉降反而增加; 厚填土未分层夯实, 固然会自重固结沉降, 但其沉降量相对较小, 而大量的沉降出在淤泥层、可塑层; 因为新、厚填土本身就是一个很大的荷载, 而土的压缩模量 E_s 最小的是厚层软土。

2) 大面积沉降的另一问题是桩侧负摩阻力(下拉荷载)。中性点以上桩侧阻力为 0, 对欠固结的软弱土层中的摩擦桩 $l_n = 0.7 \sim 0.8$, 基桩承载力会因“负摩擦”大幅度降低。当桩端支承在可塑层时, 基桩承载力可能损失 50%~60%; 当桩端支承在流塑淤泥层时, 损失可达 70%~80%, 因此, 在新、厚填土和厚淤泥场地忌用纯摩擦桩。

3) 复合地基的承载力由两个部分组成, 即桩间天然地基土承载力和桩端天然地基土承载力。对于新填土、厚淤泥场地, 桩间土是尚未完成自重固结的填土和因大面积新填土和房屋荷载而造成的缓慢沉降固结的淤泥层。这样的桩间土只能提供较短期的承载力, 后期则变成桩侧负摩阻力(成为下拉荷载), 基桩发生“穿刺”破坏。而桩端下仍有厚层软土尚未处理, 沉降量仍然很大; 致许多复合地基, 理论公式计算和现场压板静载试验都能满足上部结构设计荷载要求, 房屋后期仍然大量沉降、倾斜开裂, 问题在压板试验是短期荷载, 其影响深度又小, 不反映复合地基的实际工作情况, 因为大面积填土及房屋是长期作用的荷载。因此, 在新厚填土和深厚淤泥场地, 复合地基的处理深度太浅时, 应慎重考虑其下尚未处理的软土层的沉降量。

4) 淤泥层的强度低, 天然地基上浅基础承载力特征值一般为 50~80kPa, 不能承受较大的荷载。否则, 就有可能出现地基承载力不足而引起的局部剪切破坏, 乃至整体剪切破坏(整体滑动)。因此, 高填土、厚淤泥的边坡, 其临空面的淤泥层容易被挤出, 造成大面积滑坡。挡土墙设计既要考虑竖向的较大的不均匀沉降, 也要考虑淤泥的横向挤出或从挡土墙底整体滑出。对于软土的岩土工程评价, 应包括“判定地基产生失稳和不均匀变形的可能性。当建筑物位于池塘、河岸、边坡附近时, 应验算其稳定性”。

5) 另外需要注意的是地震时, 会出现土壤液化、地面沉降。因此, 地面上对地震的承受能力最差的是人工造地部分 (如拦海造田区和填埋池塘场地等)。

2. 残积土层地质

(1) 残积土崩解事故。



实例 1-9

某轻工厂房地地质情况如下: 耕填土层厚 2.8~3.4m, 可塑坡积层厚 10.4~12.8m (其中夹砂层厚 2.6~5.6m), 可塑~坚硬砂砾质残积层厚 4.0~14.7m, 强风化花岗石层在 28m 以下, 中风化花岗石层在 31m 以下, 如图 1-5 所示。地下水位在 1.4~1.6m 以下。采用挖孔桩, 设计桩长 16~18m, 持力层为坚硬砾质残积土层 ($f_0=380\text{kPa}$), $\phi 1200\text{mm}$ 桩 $R_k=3000\text{kN}$, $\phi 1600\text{mm}$ 桩 $R_k=4500\text{kN}$ 。

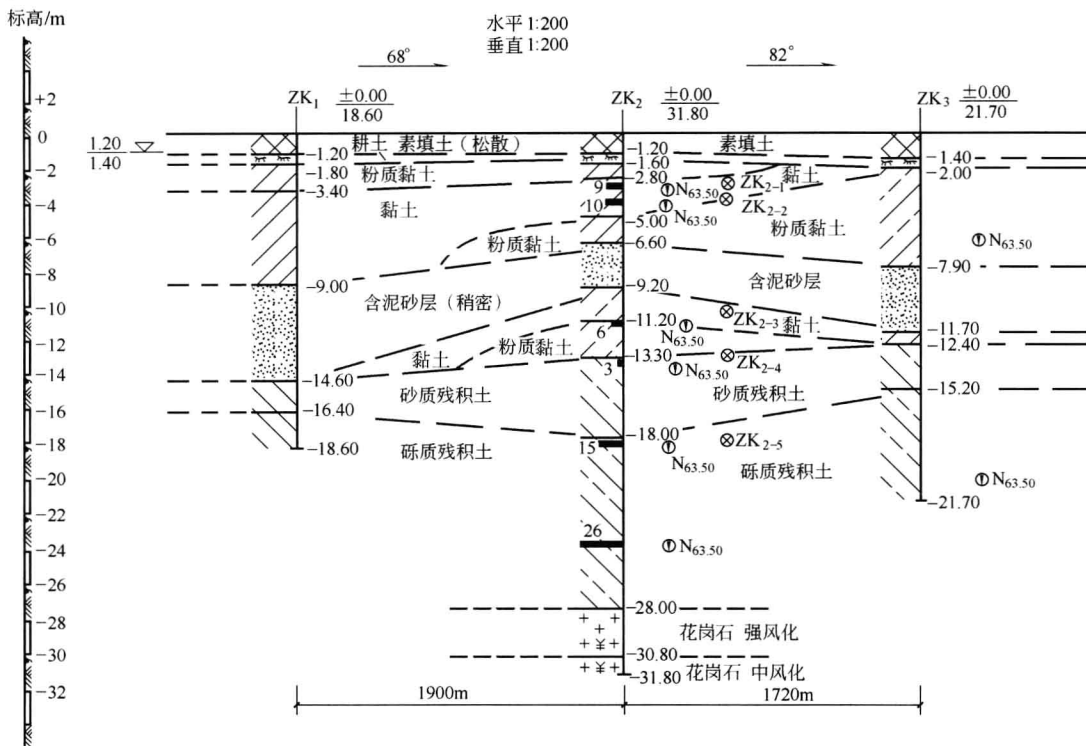


图 1-5 某轻工厂房地地质剖面图

施工过程中, 大部分已挖至 12~16m 深, 但由于地下水很大, 很难抽干, 井壁大量溶泥塌方, 致混凝土井壁脱空下陷, 无法挖掘桩端扩大头。勉强成桩 27 根, 其中的 29 号桩, $\phi 1600\text{mm}$, $l=15.4\text{m}$, 进入砾质残积层 0.2m, 当静载试验加荷至 5760kN 时, 沉降量为 5.76mm; 当加荷至 6480kN 时, 沉降量为 42.53mm, 其承载力仅达到设计要求的 64%。于是, 对于剩余 25 根桩, 改为钻孔桩 ($l=20\text{m}$, 已到全风化层)。其中的 19 号桩抽芯结果, 桩底仍有 50mm 沉渣。该厂房因改变桩型、加大承台等, 多花 50 万元; 原设计 5 层, 后改

为4层。



实例 1-10

某工程场地地质情况如下：0~1.1m为填土；1.1~7.0m为可塑粉质黏土， $N=10$ 击；7.0~15.7m为可塑砂质黏土， $N=16$ 击；15.7~33.0m为硬塑~坚硬砂质黏土，夹有孤石， $N=25$ 击；33.0m以下为强风化花岗石，夹有孤石， $N=56$ 击，地下水埋深为3.0~5.5m。该工程采用挖孔桩，桩径为 $\phi 1000 \sim \phi 1200$ mm，桩端持力层为硬塑砂质黏土（即花岗石残积土层）。当挖至14~17m深处时，残积土层遇地下水软化崩解呈稀泥状，井壁溶泥坍孔，桩底扩大头无法施工，工程停了下来。设计单位考虑到该单桩设计承载力较高（ $R_k=2000 \sim 6000$ kN），采取桩底旋喷桩加固（处理深度7m），桩身混凝土内埋设桩底注浆管等办法。处理后经检测，其单桩承载力基本满足了设计要求。



实例 1-11

某5层建筑的场地地质情况以40号挖孔桩附近的钻孔资料为例：耕填土层厚1m，淤泥层厚4.5m，粗砂层厚2.7m，残积土层厚（粉质黏土）11.8m，强风化花岗石层厚1.1m，以下是中等风化花岗石层。桩径 $\phi 1400$ mm，桩长21.3m，C25混凝土。挖孔过程中，抽水量很大，邻近建筑物下沉开裂，如公园拱桥砖栏板裂口达20mm，厕所墙体竖向裂开2mm，30~40m范围内的水泥马路与路牙石之间裂开20~30mm，引起投诉。浇灌混凝土前，挖孔桩要用2台水泵抽水2h多，桩身混凝土仍成桩不好，如40号桩从桩身16.5m~桩底21.3m间共4.8m长段，桩身混凝土胶结差，混凝土抽芯抗压强度仅在11.4~17.2MPa之间。



实例 1-12

某住宅小区场地地质情况如下：填土层厚0.2~2.0m，流塑淤泥层厚0.7~5.0m，松散黏质砾砂层厚1.2~4.6m，可塑~硬塑残积土（黏性土）层厚9.0~15.0m，其下是花岗石（强风化~微风化）。地下水埋深0.3~1.25m。其中的甲座楼采用挖孔桩， $\phi 900$ mm、 $l=16.5$ m，桩端支承于残积土硬塑层上。甲座楼房距离一排2~3层的民房约10m。挖孔桩施工过程中，需大量抽水。不久，附近居民即投诉围墙开裂，房屋下沉。民房围墙最大裂缝达31mm，民房最大下沉达15mm。其时已挖孔84个，平均挖深约10m（最深的1根为15m），挖桩近3个月仍无一成桩。挖孔桩因此半途而废。



实例 1-13

某高层建筑采用挖孔桩基础，需穿越10m多厚的残积土层和约2m厚的全风化层。由于深基坑支护仅供两层地下室挖土使用，截水不可能太深。因井壁溶泥和井内抽水，场地普遍塌陷。当41号桩挖至22m深处时，井内大量溶泥塌陷。剩余20多根桩全部改为冲孔桩。



实例 1-14

深圳市某高层建筑,采用天然地基筏形基础,底板置于强风化基岩上,中间设有沥青油毡隔水垫层。施工到一层时,为检验地下室的渗漏情况,在地下室外墙与深基坑之间灌水。试水 60d 之后,发现地下室倾斜高差达 160mm,底板与基础已经局部脱空。泥砂、碎石冲入基底脱空缝隙内 1~4m 范围,纠偏处理费 80 万元。

(2) 地质情况及其影响。

1) 花岗石残积土一般仍保留其原岩粒状结构,具有较高的结构强度。从原位测试分析,它表现为承载力较高、压缩性较低。《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)表 A.0.3 规定,当标准贯入试验击数 $N \geq 50$ 时,为强风化花岗石; $50 > N \geq 30$ 为全风化花岗石, $N < 30$ 为残积土。硬塑~坚硬残积土层、全风化岩层是静压桩理想的持力层,坚硬残积土层、全风化及 $N = 50 \sim 70$ 的强风化花岗石层是打入式预应力管桩理想的持力层。

块状构造的花岗石多以沿节理裂隙风化,风化层厚度大,且以球状风化为主。残积土层内所含大小不等的孤石和石英岩脉,对各种桩型的成桩都是障碍。遇孤石等不利地质场地,预应力管桩的单桩承载力宜取偏低值,打桩宜用偏小的桩锤。才能适当减少桩身入土深度,使桩端终止在坚硬残积土层顶面附近,从而减少桩端遇到障碍的机会。例如,珠海市某高层建筑,场地花岗石残积土层厚达 30m 上下,强风化花岗石顶面埋深在 32~47m 之间。残积土层中含上述障碍较多,桩端进入强风化层有困难,桩太长也不经济。设计采用 $\phi 500\text{mm} \times 125\text{mm}$ PHC 管桩, $R_k = 2100\text{kN}$,桩长约 20m。施工采用 D46 锤,全桩总锤击数不宜超过 1200 击,最后 1m 的锤击数不宜超过 400 击,贯入度控制 2cm/10 击左右。先试打 6 根桩,采用 PDA 打桩分析仪确定停锤标准,一个月后作静载试验,单桩承载力均超过设计要求。

2) 残积土中的长石已风化成黏土。水稳性极差,遇水极易崩解,失去强度。挖孔桩内,残积土已解除埋藏应力,如有地下水渗流,残积土容易发生崩解变成溶泥(砂质、砾质黏性土的溶泥中夹杂着许多砂砾颗粒,但不能称为“流沙”),不断抽水,不断溶泥,桩底稀泥无法清净,桩端承载力大大降低,还可能因溶泥坍方危及作业人员和造成地面塌陷。因此,地质勘探资料应作残积土崩解试验,搞清地下水赋存条件,作出富水性评价、开挖时涌水量估计、挖孔桩可行性研究。挖孔桩试挖成功之后,才能大面积铺开。

对于钻(冲)孔桩,同样由于残积土遇水软化崩解和清孔困难,桩端承载力降低较大。残积土崩解数据离散性很大,如某场地坚硬砾质残积土崩解试验结果,最快的 7~9min,土样崩解量为 92.3%~100%;最慢的 2728min,土样崩解量为 1.4%。因此“崩解”对基桩承载力的影响,各不相同。

现在,桩型已有较多的选择,残积土层较厚时,可采用静压桩、预应力管桩或锤击沉管灌注桩。有地下水的残积土层不宜作挖孔桩持力层;采用降水措施费用较高,若不降水,其承载力降低难以准确估计,施工困难。同理,也不宜作钻(冲)孔桩的持力层。

3) 在全风化、强风化花岗石层中,也有残积土存在。上述深圳市某地下室底板泡水后部分脱空上浮,问题出在残积土。因此,全风化和强风化持力层开挖之后,也应防止因长期暴露进一步风化和遇水软崩解(如及时覆盖、封底)。