

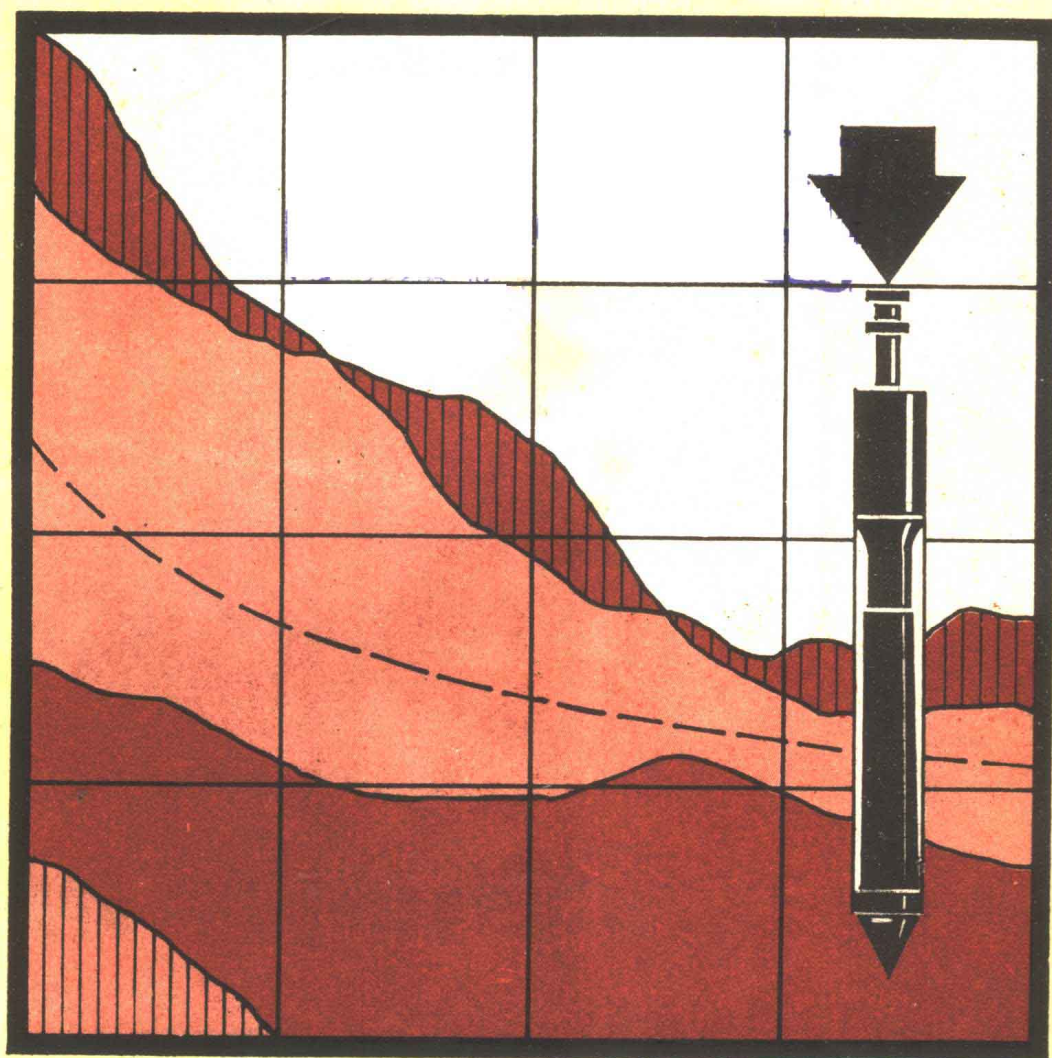
932764

广东高等教育出版社

土力学地基基础

章家骐 编著

范维垣 审定



土 力 学 地 基 基 础

章家骥 编著
范维垣 审定

江苏工业学院图书馆
藏书章

广东高等教育出版社

土力学地基基础

章家骥 编著



广东高等教育出版社出版发行
广州新星新技术研究所电脑排版
广东省财贸管理干部学院印刷厂印刷



787×1092 毫米 16 开本 27.125 印张 620 千字

1991 年 6 月第 1 次出版 1991 年 6 月第 1 次印刷

印数 0001—5000

ISBN 7-5361-0604-1 / TU · 6

定价: 9.95 元

序 言

编写一本既包括土力学地基基础的基本概念与原理，同时在理论与实践的结合上又较为深入的简明、实用的教材，供职大、大专和高等院校的学生使用是编者的殷切期望。

在教材编写过程中，主要根据全国高等院校土建类专业对土力学及基础工程的教学大纲要求，按国家颁布的新计量单位——以国际单位制为基础法定单位制，同时力求将新发布的国家标准建筑地基基础设计规范(GBJ7-89)和其他有关规范内容渗透到相应章节中去，以满足学生今后实际工作的需要。

为达到培养应用型人才的目的，教材中附了较多的例题，便于学生加深对教材的理解，并培养基本而必需的计算能力，从这个角度看，本书也是工程技术人员继续教育的良好教材和一本比较理想的自学参考书。

本书可供 80 学时左右工民建，市政工程，道桥等专业学生使用。

限于编者水平，疏漏不妥之处，敬请批评指正。

感谢校内外同志的鼓励与支持，感谢范维垣教授百忙中审定书稿，感谢广东高等教育出版社在出版过程中卓有成效的合作。

编 者

一九九〇年十月

于广州 麓湖

T-A697/06

目 录

第一章 绪论	1
一、土力学与地基	1
二、正确处理地基基础的重要性	3
三、地基基础设计应满足的条件	4
四、课程的内容与任务	4
五、《土力学地基基础》的简要发展史	5
第二章 土的物理性质与土的工程分类	7
第一节 土的成因与特性	7
一、土的成因	7
二、土的结构	7
三、土的组成	11
第二节 土的物理性质指标	16
一、土的三相草图	16
二、土的物理性质指标定义	17
三、三相草图及指标计算	18
第三节 土的物理状态指标	22
一、无粘性土的物理状态指标	22
二、粘性土的物理状态指标	24
第四节 土的工程分类	26
一、(GBJ 7-89)规范土的工程分类	26
二、(JTJ 013-86)土的工程分类	30
复习与思考	32
习题	32
第三章 土的渗透性	33
第一节 达西定律	33
一、达西定律	33
二、自由水在砂土与粘性土中的渗透	35
三、现场渗透系数的测定与井点排水	36
四、影响渗透系数的因素	38
第二节 渗透水流的力学作用	40
一、动水力	40
二、临危水力梯度与流砂、基坑突涌、潜蚀与反滤	41
复习与思考	44
习题	44
第四章 地基土中的应力计算	45
第一节 概述	45
一、土中应力	45

二、无限大平面和半空间	45
三、空间问题和平面问题	45
四、土中应力的两种系统	46
第二节 自重应力计算	46
一、自重应力	46
二、成层土 z 向自重应力计算	47
三、成层土 x 向的自重应力及侧压力系数	49
第三节 基础底面压力分布及计算	50
一、柔性基础与刚性基础	50
二、柔性基础与刚性基础的基底压力分布	51
三、基底压力的简化计算	52
第四节 布辛涅斯克和韦斯特加德解答	53
第五节 分布荷载作用下土中附加应力的计算	57
一、空间问题	57
二、平面问题	68
第六节 有效应力原理	72
一、有效应力原理	72
二、有效应力原理的应用—自重作用下有效应力计算	73
第七节 地基的两种应力系统	73
复习与思考	76
习题	76
第五章 土的压缩性与基础沉降计算	79
第一节 概述	79
第二节 室内压缩试验	79
一、土的侧限压缩试验	79
二、土的压缩曲线	81
三、半对数坐标下的压缩定律	82
四、土的压缩曲线、膨胀曲线、弹性变形与残留变形	83
五、侧限压缩模量 E_s 与压缩系数 a 的关系	84
六、土侧膨胀系数 μ 与侧压力系数 K_0 的关系	85
第三节 土的天然压密过程和前期固结压力	87
第四节 现场静载荷试验	89
一、现场静载荷试验	89
二、变形模量 E (现场载荷试验) 和压缩模量 E_s (室内侧限试验) 的关系	91
第五节 沉降计算	94
一、分层总和法	94
二、(GBJ7-89) 规范的沉降计算公式	98
第六节 沉降与时间的关系	106
一、弹簧活塞模型	106

二、单向渗透固结微分方程式的建立	107
三、渗透固结微分方程式的解答	109
四、固结度	110
第七节 地基变形特征和(GBJ7-89)规范地基容许变形值	114
第八节 (GBJ7-89)规范关于可不做地基变形计算的条件	114
复习与思考	116
习题	117
第六章 土的抗剪强度	120
第一节 抗剪强度简述	120
第二节 抗剪强度试验	120
一、直接剪切仪与直接剪切试验	120
二、直接剪切的三种试验法	122
第三节 土体中任意点的应力状态	124
一、莫尔强度理论(一点应力状态)	124
二、无粘性土和粘性土的极限平衡条件	126
第四节 用三轴剪力仪测定土的抗剪强度	131
第五节 有效应力原理在抗剪强度中的应用	133
第六节 影响抗剪强度的因素	135
复习与思考	136
习题	136
第七章 地基承载力	138
第一节 概述	138
一、地基破坏的形式	138
二、确定地基承载力的方法	140
第二节 临塑荷载和临界荷载的确定	141
一、塑性区边界方程的求导	142
二、临塑荷载和临界荷载的计算	143
三、(GBJ7-89)规范承载力公式	144
第三节 极限荷载计算	147
一、别尔捷斯基法求地基极限荷载	147
二、太沙基法求地基极限荷载	150
第四节 按(GBJ7-89)规范确定地基承载力	152
一、根据土物理力学指标确定基本承载力	152
二、利用表(7-5)~(7-9)确定承载力标准值 f_k 的方法	152
三、深度与宽度修正	158
四、根据贯入试验确定承载力	158
复习与思考	159
习题	159
第八章 土压力	161

第一节 基本概念	161
一、静止土压力	161
二、主动土压力	162
三、被动土压力	162
第二节 朗金理论	163
一、作用在墙背上任意点的主动土压力和被动土压力	165
二、作用在墙背上的总主动土压力	166
三、作用在墙背上的总被动土压力	167
第三节 库仑理论	170
一、库仑土压力理论假定	171
二、库仑土压力的计算	172
三、库仑理论土压力图解法(库尔曼图解法)	183
第四节 几种常见情况主动土压力的计算	184
一、墙后填土上作用均布荷载	184
二、墙后填土分层时	184
三、有地下水作用时	185
第五节 朗金与库仑土压力理论的简要比较	186
第六节 (GBJ 7-89)规范法计算墙背主动土压力	187
复习与思考	189
习题	189
第九章 土坡稳定分析	190
第一节 无粘性土简单土坡稳定分析	190
第二节 粘性土坡稳定分析	191
一、整体圆弧滑动边坡的稳定计算	191
二、条分法计算土坡稳定	194
复习与思考	197
习题	198
第十章 工程勘察	199
第一节 勘察目的、内容和勘察阶段	199
一、勘察目的	199
二、勘察内容	199
三、勘察阶段、建筑物分类与场地分类	199
四、勘探点间距及孔深	201
第二节 勘察方法	202
一、坑探法	203
二、钻探法	203
三、触探法	205
第三节 勘察报告的阅读与应用	207
复习与思考	209

第十一章 天然地基浅基础设计	210
第一节 浅基础类型、材料与埋置深度	212
一、基础的类型与材料	212
二、基础的埋置深度	213
第二节 刚性基础	219
一、刚性单独基础平面设计	219
二、基础剖面设计	220
三、算例	222
四、窗间墙 T 型砖垛下基础的计算	225
五、构造设计	227
第三节 扩展基础	228
一、简述	228
二、基础平面设计	229
三、基础剖面设计	229
四、底板弯矩和配筋	231
五、墙下条形基础任意截面弯矩、剪力的计算公式	236
六、扩展基础构造	238
七、高杯口基础	238
复习与思考	241
第十二章 桩基础	242
第一节 概述	242
第二节 桩的型式与分类	243
一、常见桩的断面型式	243
二、桩的分类	244
第三节 单桩垂直设计承载力的确定	246
一、按材料强度确定单桩竖向设计承载力	246
二、按土对桩的支承力确定单桩竖向设计承载力	246
三、算例	250
第四节 群桩	251
一、群桩承载力	251
二、初估桩数及桩的布置	252
三、群桩作为实体深基础设计承载力及沉降的验算	253
四、桩基中各桩受力的计算	255
第五节 承台	257
一、承台的型式	257
二、承台构造要求	258
三、承台计算	258
第六节 桩的吊点设计	269
第七节 低桩承台桩基算例	270

一、地基条件	270
二、基础设计资料	271
三、单桩垂直设计承载力	272
四、桩数及桩布置	273
五、验算群桩中单桩受力	273
六、群桩设计承载力验算	274
七、群桩沉降验算	276
八、承台设计	277
九、桩吊点设计	279
第八节 桩基设计中的几个问题	280
一、负摩擦力	280
二、水平荷载作用下的桩基础	280
三、灌注桩	283
四、高桩承台桩基设计问题	287
复习与思考	300
第十三章 深基础	301
第一节 地下连续墙	301
一、简介	301
二、护壁泥浆与墙体材料	302
三、地下连续墙的设计与计算	303
四、地下连续墙的构造	304
第二节 基坑开挖与支撑	306
一、浅层开挖	307
二、深层开挖	309
第三节 灌浆锚杆	310
一、灌浆锚杆的设计	311
二、工程实例	316
第四节 沉井基础	318
一、简介	318
二、沉井类型	319
三、沉井基础的构造	320
四、沉井尺寸的确定	321
五、沉井的施工验算	321
六、沉井基底强度验算	327
复习与思考	332
第十四章 挡土墙设计	333
第一节 挡土墙的类型	333
第二节 重力式挡土墙的构造	334
一、墙身	334

二、基础	335
三、墙后回填土	336
第三节 重力式挡土墙上的荷载计算	336
一、确定作用在挡土墙上的荷载	336
二、挡土墙的设计验算	337
第四节 墙身稳定性及墙身截面验算	337
一、滑动稳定验算	337
二、倾覆稳定验算	339
三、基底应力与偏心验算	339
四、墙身截面应力验算	341
五、算例	342
复习与思考	346
第十五章 软土地基处理与加固	347
第一节 地基处理方法综述	347
第二节 排水固结法	349
一、简述	349
二、排水固结法原理	349
三、堆载预压法	350
第三节 振密挤密法	354
一、地基压实原理	354
二、压实方法	356
第四节 置换及拌入	358
一、换土垫层法	358
二、振冲法	362
三、深层搅拌法	363
第五节 化学加固法	370
一、硅化法	371
二、高压喷射注浆法	372
第六节 加筋法	374
一、土工聚合物	374
二、作用和原理	375
三、土工聚合物的设计要点	377
四、土工聚合物的施工与检测	379
五、土工聚合物处理地基的工程实例	380
第七节 软土地基的设计原则	382
一、建筑措施	382
二、结构措施	385
三、施工措施	388
复习与思考	388

第十六章 特殊土地基	389
第一节 湿陷性黄土地基	389
一、湿陷性黄土特性及其分布	389
二、湿陷性的判定	390
三、湿陷性黄土地基评价	391
四、湿陷性黄土地基设计和施工措施	392
第二节 膨胀土地基	394
一、膨胀土特性及其分布	394
二、膨胀土判别	395
三、膨胀土的胀缩性	396
四、膨胀土地基评价	398
五、膨胀土地基的工程措施	400
第三节 红粘土地基	401
一、红粘土及其分布	401
二、红粘土的矿物化学成分和物理力学性质	401
三、红粘土地基基础设计要点	401
第四节 场地与地震	402
一、地震的类型与分布	402
二、地震波与地基震害	403
三、震源、震中、震级和烈度	405
四、合理选择建筑场地	408
五、可液化地基的判别与处理	410
六、地基抗震验算	413
七、基础抗震的一般要求	414
复习与思考	414
附录	
附录一 地质年代表	415
附录二 土的野外鉴别法	416
附录三 抗剪强度指标 c 、 φ 标准值	419
附录四 部分习题参考答案	421
主要参考书目	422

第一章 绪 论

一、土力学与地基

土力学是工程力学的一个分支，它是研究土的强度、变形和稳定性及其规律的一门科学。

建筑物支撑在地壳表面，即支撑于碎散土或岩石上，支撑建筑物的地壳部分称为地基。地基又有岩石地基和土质地基之别。

建筑物是由上部结构和下部结构共同组成的，建筑物的基础以上部分称为上部结构。如单层工业厂房的铰接排架柱及屋盖部分，民用建筑中的多层框架柱，横梁及顶面都是上部结构。基础及其以下地基则为下部结构。公路桥梁中的桥跨结构称为上部结构，而墩台，基础及其以下的地基则统称为下部结构（图 1-1）。

地基的强度、变形和地基的稳定性均因土质而异，建筑荷载通过基础传至地基土上。基础就是使建筑物上部结构的荷载，通过扩大的底面积或下部结构分布到地基，并使荷载与地基的变形和强度稳定相适应的结构或构件（图 1-2）。

土有时作为建筑材料来研究，有时作为介质（隧道衬砌）进行研究，本书将只研究土作为建筑物地基的性质。

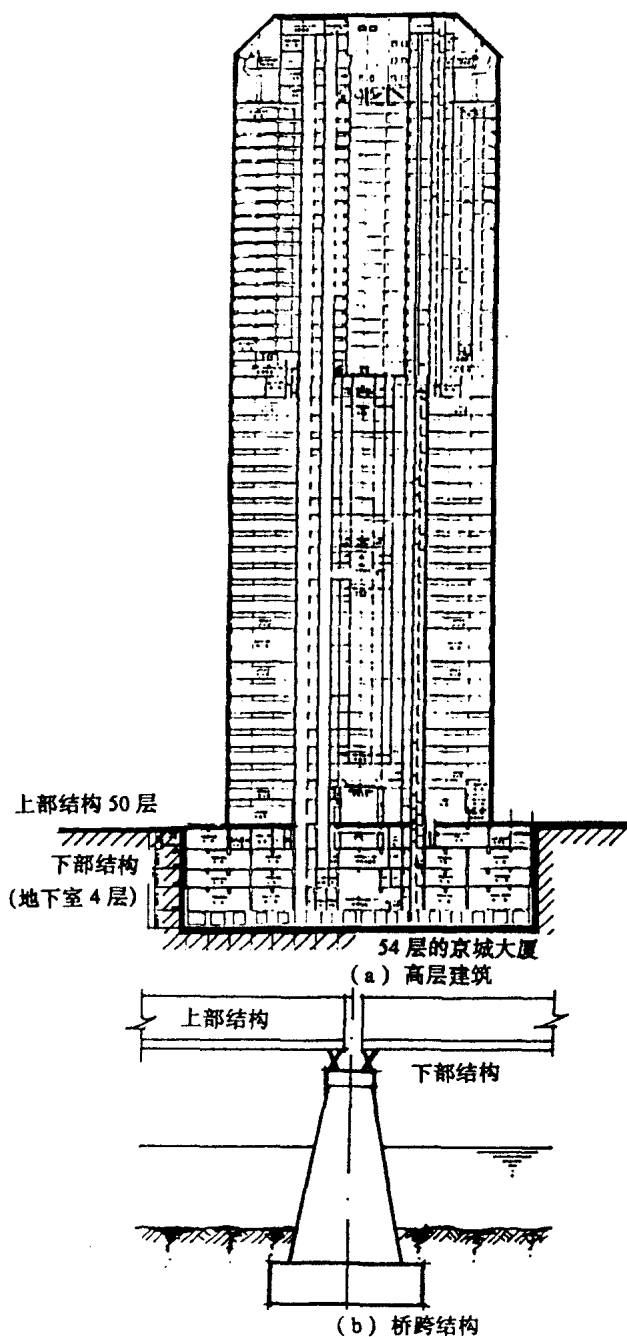


图 1-1 上部结构和下部结构

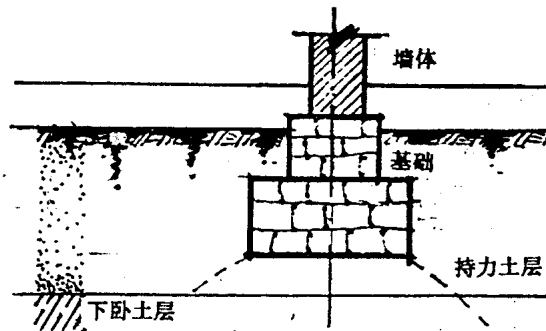
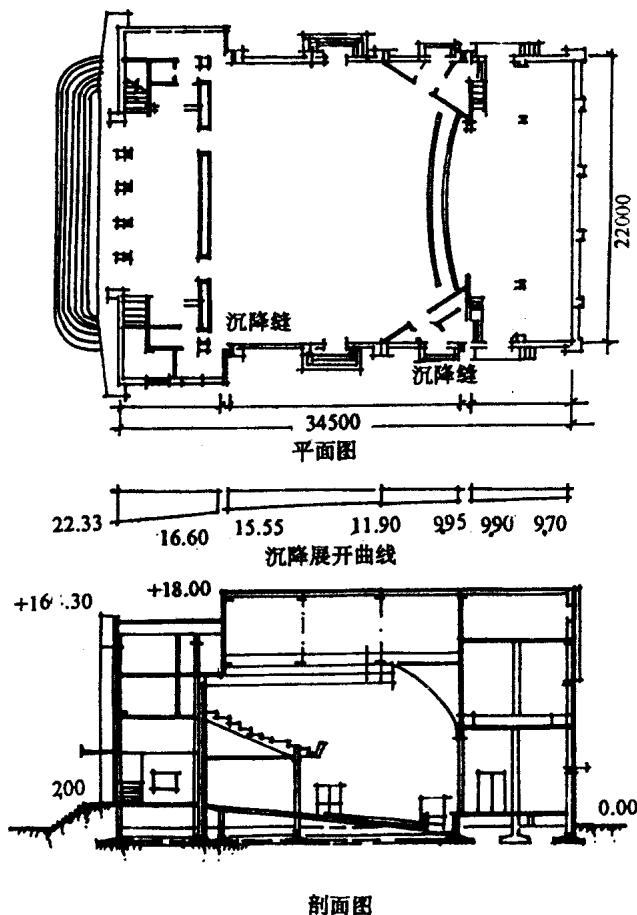


图 1-2 地基基础示意

图 1-3 和图 1-4 是建筑在同一软土地基上性质相近的两幢建筑物，一幢是剧院，另一幢是礼堂，但效果却截然不同。



剖面图
图 1-3 剧院

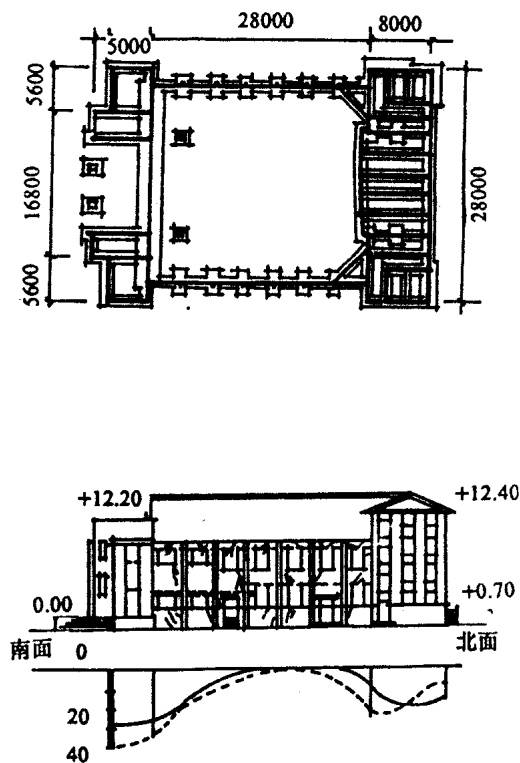


图 1-4 礼堂

在剧院建筑中对地基作了充分考虑，按软土地基要求设置了沉降缝，上部结构与下部结构处理得当，建成后使用完好。礼堂建筑没有按软土要求设置沉降缝，建成后大量开裂，既影响观瞻，更影响使用。

二、正确处理地基基础的重要性

实践证明：工程中的事故以地基基础的设计以及对地基处理不当造成的事故较多，地基基础的造价占总造价的 10%~30%，多者可达 40%~50%，由此可见，若有差错，轻则浪费，重则造成事故。

因地基强度不足而破坏的加拿大特朗斯康谷仓是突出的例子（图 1-5）。它的建筑面积为 $60 \times 23 \text{m}^2$ ，自重 200000kN，谷仓由 65 个高度为 31 m 的钢筋砼圆柱形筒仓组成，可储存谷物 270000kN。

装载谷物后，谷仓明显下沉，装载后 24 小时，西端下沉 8.8m，东端上抬 1.5m，整体倾斜 $26^\circ 53'$ ，事后勘察发现地表 3m 以下为高塑性淤泥质软粘土，谷仓单位面积压力达 330kPa，地基承载力为 251.0kPa，地基因软弱下卧层的强度不足失稳而倾倒。事故发生后虽然用 338 个 500kN 的千斤顶和支撑于基岩上的砼墩对仓体做了纠正，但终难恢复原设计位置，调整后的建筑物地面仍下落 4 m。

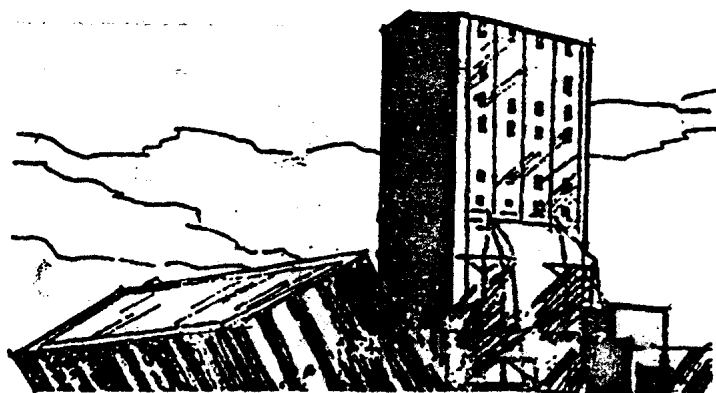


图 1-5 地基强度不足的加拿大特朗斯康谷仓

广州的白云宾馆主楼建筑总高度 114.05m，平面尺寸为 $18 \times 70 \text{m}^2$ ，共 33 层，总重近 $1 \times 10^6 \text{kN}$ ，建筑在一丘陵地带，上部系残积、坡积的覆盖土，土层呈褐色或红褐色，可塑粉质粘土，总厚度变化在 10~27.75m 之间，其下埋藏着第三纪砂岩与砾岩的交互成层土，基岩起伏面较大，考虑到土层的倾斜分布并考虑抗震的要求，基础采用 287 根直径 1m 的灌注桩，桩嵌入基岩 0.5~1.0m，最长桩 17.25m，单桩荷载试验容许承载力为 4500kN，建成时沉降量仅为 4mm，建筑物使用情况良好。

以上两例说明，不管国内、国外，不管是建筑在何种地基土层上，都有一个最优基础设计方案的选择问题，处理得当，投资少、工程良好，处理失当，投资昂贵，技术效益不显著或出现问题。

三、地基基础设计应满足的条件

从以上工程实例的简要介绍中，可以看出地基的设计，应满足以下两个条件：

1. 地基变形条件。即建筑物的沉降量、沉降差、倾斜和局部变形等指标应小于地基规范中规定的各类结构物所给定的许可值。
2. 地基强度条件。应使地基强度有一定安全的储备，使建筑物加于地基的荷载小于或等于地基设计承载力，避免地基滑动破坏。



图 1-6 广州白云宾馆

四、课程的内容与任务

掌握土力学的基本知识，学会地基设计中的基本计算和地基的处理方法是本课程的主要任务。

《土力学地基基础》是既古老又年青，近年来才发展成为一门独立的学科，它是理论上正在日趋完善而又是十分注重实践的一门学科，是既有统一的研究方法而研究对象又是分散着的、性质迥异的土，所以学习时应注意原理，搞清概念，学会思考问题并掌握基本计算及计算公式的使用条件。

原 书 缺 页