



建筑结构加固设计与施工细节详解系列丛书

地基基础加固设计 与施工细节详解

DIJI JICHU JIAGU SHEJI
YU SHIGONG XIJIE XIANGJIE

苏德利 主编

中国建筑工程工业出版社

建筑结构加固设计与施工细节详解系列丛书

地基基础加固设计与施工细节详解

苏德利 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地基基础加固设计与施工细节详解/苏德利主编.

北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 8

(建筑结构加固设计与施工细节详解系列丛书)

ISBN 978-7-112-14500-3

I. ①地… II. ①苏… III. ①地基-基础(工程)-

加固②地基-基础(工程)-工程施工 IV. ①TU753

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第153151号

本书依据最新有关地基基础鉴定、加固设计与施工等的标准、规范、规程及先进技术进行编写, 内容全面, 具有很强的实用性和操作性。系统地介绍了影响地基基础失稳的原因, 地基基础加固的意义、加固机理、加固设计方法及施工工艺, 以及地基基础抗震加固, 并在此基础上提供了地基基础加固实例。

本书可供地基基础工程加固的设计人员、施工人员、监理人员学习参考, 也可供高等院校有关专业师生参考使用。

* * *

责任编辑: 岳建光 张 磊

责任设计: 张 虹

责任校对: 党 蕾 关 健

建筑结构加固设计与施工细节详解系列丛书

地基基础加固设计与施工细节详解

苏德利 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京世知印务有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 14½ 字数: 283 千字

2012年9月第一版 2012年9月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-14500-3

(22571)

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)

编 委 会

主 编：苏德利

参 编：马 纪 白雅君 田文静 吴善喜
 宋巧琳 张 旭 张 健 李 娜
 姜立娜 常 伟 程 惠 韩艳艳
 韩舒宁

前 言

建筑物的健康诊断和加固改造技术，是自人类有建筑史以来就出现的古老、传统、专业性强的技术。随着建筑业和现代科学技术的迅猛发展，人们对建筑物健康诊断和加固改造的认识逐渐加深。建筑地基基础加固在我国正得到迅速发展，地基基础加固可以最大限度延长建筑物的有效使用寿命，对维持既有建筑物正常使用、符合可持续发展战略，具有社会经济意义。

任何建筑物的荷载最终将传递到地基上，基础具有承上启下的作用，它一方面在处于上部结构的荷载及地基反力的共同作用下，承受由此产生的内力；另一方面，基础底面的反力反过来又作为地基土的荷载，使地基产生应力和变形。地基基础的沉降变形将对结构房屋产生很大的危害，轻则引起房屋墙体开裂，重则引起房屋结构整体或局部倾斜甚至倒塌。因此，采取有效地地基基础防治与加固措施，具有重要的意义。基于上述原因，我们组织从事地基基础工程加固设计与施工的现场专业技术人员，编写了此书。

本书共分为7章，内容包括地基基础加固技术概述、地基基础鉴定、地基基础加固设计、地基加固施工、基础加固设计与施工、托换与纠倾加固、地基基础抗震加固等。本书采用“细节”的形式进行讲解，表现形式新颖，简洁易懂，便于执行，方便读者抓住主要问题，及时查阅和学习。

本书可供地基基础工程加固的设计人员、施工人员、监理人员学习参考，也可供高等院校有关专业师生参考使用。

由于编写时间仓促加之编者水平有限，书中难免有不妥或疏漏之处，敬请广大读者和有关专家批评指正。

2012.06

目 录

第1章 地基基础加固技术概述	1
【细节1】 地基加固处理对象	1
【细节2】 地基基础损伤机理	2
【细节3】 地基失稳对工程结构的危害	3
【细节4】 土坡失稳对工程结构的危害	4
【细节5】 软土地基对工程结构的危害	5
【细节6】 湿陷性黄土地基对工程结构的危害	7
【细节7】 膨胀土地基对工程结构的危害	7
【细节8】 季节性冻土地基对工程结构的危害	8
【细节9】 地基处理设计、施工程序	10
【细节10】 地基加固方法的选择	10
【细节11】 基础加固方法的选择	13
第2章 地基基础鉴定	14
【细节1】 民用建筑可靠性鉴定分类	14
【细节2】 民用建筑鉴定程序及工作内容	14
【细节3】 民用建筑地基基础鉴定评级标准	16
【细节4】 民用建筑地基基础子单元安全性鉴定	20
【细节5】 民用建筑地基基础子单元正常使用性鉴定	23
【细节6】 工业建筑鉴定一般规定	24
【细节7】 工业建筑可靠性鉴定程序	24
【细节8】 工业建筑地基基础评级层次和等级划分	25
【细节9】 工业建筑地基基础鉴定评级标准	25
【细节10】 既有建筑地基检验步骤	27
【细节11】 既有建筑地基检验方法	27
【细节12】 既有建筑地基的检验与评价	27
【细节13】 既有建筑基础检验步骤	28
【细节14】 既有建筑基础检验方法	28

【细节 15】 既有建筑基础的评价	28
第 3 章 地基基础加固设计	29
【细节 1】 地基承载力计算方法	29
【细节 2】 地基承载力标准值确定原则	30
【细节 3】 地基沉降量计算	31
【细节 4】 地基变形允许值	31
【细节 5】 换填垫层法——垫层适用范围	32
【细节 6】 换填垫层法——垫层材料的选择	33
【细节 7】 换填垫层法——砂垫层设计	34
【细节 8】 换填垫层法——砂垫层设计实例	38
【细节 9】 换填垫层法——素土和灰土垫层设计	39
【细节 10】 换填垫层法——褥垫层设计	40
【细节 11】 强夯与强夯置换法——适用范围	41
【细节 12】 强夯与强夯置换法——加固机理	41
【细节 13】 强夯与强夯置换法——设计一般规定	45
【细节 14】 强夯与强夯置换法——强夯法设计	46
【细节 15】 强夯与强夯置换法——强夯置换法设计	48
【细节 16】 强夯与强夯置换法——强夯半置换法设计	49
【细节 17】 强夯与强夯置换法——特殊土地基强夯处理	50
【细节 18】 强夯与强夯置换法——人工填土地基强夯处理	52
【细节 19】 振冲法——适用范围	54
【细节 20】 振冲法——设计与计算	54
【细节 21】 砂石桩法——适用范围	56
【细节 22】 砂石桩法——加固机理	56
【细节 23】 砂石桩法——设计与计算	57
【细节 24】 水泥粉煤灰碎石桩法——适用范围	63
【细节 25】 水泥粉煤灰碎石桩法——加固机理	63
【细节 26】 水泥粉煤灰碎石桩法——设计与计算	66
【细节 27】 石灰桩法——适用范围	68
【细节 28】 石灰桩法——桩身材料	68
【细节 29】 石灰桩法——加固机理	69
【细节 30】 石灰桩法——设计与计算	71
【细节 31】 灰土挤密桩法和土挤密桩法——适用范围	74
【细节 32】 灰土挤密桩法和土挤密桩法——加固机理	75

【细节 33】	灰土挤密桩法和土挤密桩法——设计与计算	77
【细节 34】	高喷射注浆法——适用范围	80
【细节 35】	高喷射注浆法——加固机理	81
【细节 36】	高喷射注浆法——设计与计算	84
第 4 [*] 章 地基加固施工		94
【细节 1】	换填垫层法——施工类型	94
【细节 2】	换填垫层法——机械碾压法	94
【细节 3】	换填垫层法——重锤夯实法	95
【细节 4】	换填垫层法——平板振动法	96
【细节 5】	换填垫层法——砂（或砂石）垫层施工	96
【细节 6】	换填垫层法——素土垫层施工	97
【细节 7】	换填垫层法——粉煤灰垫层施工	98
【细节 8】	换填垫层法——施工质量检验	99
【细节 9】	换填垫层法地基加固实例	100
【细节 10】	强夯与强夯置换法——施工一般规定	100
【细节 11】	强夯与强夯置换法——施工场地准备	101
【细节 12】	强夯与强夯置换法——施工机具	101
【细节 13】	强夯与强夯置换法——施工程序	102
【细节 14】	强夯与强夯置换法——施工质量控制与监测	104
【细节 15】	强夯与强夯置换法——质量检测与验收	105
【细节 16】	强夯置换法地基加固实例	107
【细节 17】	砂石桩法施工——振冲法	109
【细节 18】	砂石桩法施工——沉管法	113
【细节 19】	砂石桩法施工——施工质量检验	117
【细节 20】	碎石桩法地基加固实例	118
【细节 21】	水泥粉煤灰碎石桩法——施工方法	119
【细节 22】	水泥粉煤灰碎石桩法——施工质量控制与验收	121
【细节 23】	石灰桩法施工——工艺类型	122
【细节 24】	石灰桩法施工——机械法	123
【细节 25】	石灰桩法施工——人工法	124
【细节 26】	石灰桩法施工——质量控制	126
【细节 27】	石灰桩法施工——加固效果检验	127
【细节 28】	石灰桩法地基加固实例	128
【细节 29】	灰土挤密桩法和土挤密桩法——施工工艺	132

【细节 30】	灰土挤密桩法和土挤密桩法——施工质量检验	134
【细节 31】	灰土挤密桩法地基加固实例	135
【细节 32】	高喷射注浆法——喷射流形式	137
【细节 33】	高喷射注浆法——工艺类型	137
【细节 34】	高喷射注浆法——施工工艺	140
【细节 35】	高喷射注浆法——施工质量检验	142
【细节 36】	高喷射注浆法地基加固实例	143
第 5 章 基础加固设计与施工		145
【细节 1】	加大基础底面积加固法——混凝土套加大基础底面积	145
【细节 2】	加大基础底面积加固法——改变基础形式	147
【细节 3】	基础加深加固法——墩式托换特点与适用范围	148
【细节 4】	基础加深加固法——墩式托换基础设计	148
【细节 5】	基础加深加固法——墩式托换基施工	150
【细节 6】	基础锚杆静压桩加固法——锚杆静压桩设计	151
【细节 7】	基础锚杆静压桩加固法——加固施工	157
【细节 8】	基础锚杆静压桩加固法——加固质量检验	159
【细节 9】	基础树根桩加固法——设计与布置	161
【细节 10】	基础树根桩加固法——施工程序	161
【细节 11】	基础树根桩加固法——施工工艺	162
【细节 12】	基础加固工程实例	164
第 6 章 托换与纠倾加固		169
【细节 1】	托换技术分类	169
【细节 2】	托换技术施工程序	170
【细节 3】	托换技术要点与监测	171
【细节 4】	坑式托换法	171
【细节 5】	桩式托换法	172
【细节 6】	湿陷性黄土地基上托换	174
【细节 7】	建筑物纠倾方法	175
【细节 8】	建筑物迫降纠倾——降水纠倾法	177
【细节 9】	建筑物迫降纠倾——浸水和浸水加压纠倾法	183
【细节 10】	建筑物迫降纠倾——堆载（加压）纠倾法	184
【细节 11】	建筑物迫降纠倾——掏土纠倾法	185
【细节 12】	建筑物迫降纠倾——辐射井射水取土纠倾法	191

【细节 13】	建筑物迫降纠倾——地基应力解除纠倾法	194
【细节 14】	建筑物迫降纠倾——桩基础卸载纠倾法	198
【细节 15】	建筑物迫降纠倾——综合纠倾法	202
【细节 16】	建筑物顶升纠倾——原理与范围	203
【细节 17】	建筑物顶升纠倾——设计与施工	204
第 7 章 地基基础抗震加固		210
【细节 1】	建筑工程抗震设计分类	210
【细节 2】	建筑场地抗震鉴定	211
【细节 3】	地基基础抗震鉴定	211
【细节 4】	地基抗震加固条件	213
【细节 5】	水泥注浆法加固地基	214
【细节 6】	硅化法注浆加固地基	215
【细节 7】	现有桩基的抗震加固	217
【细节 8】	灌注桩托换加固基础	220
参考文献		222

第1章 地基基础加固技术概述

【细节1】地基加固处理对象

1. 软弱地基

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)规定,软弱地基指主要由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或其他高压缩性土层构成的地基。

(1) 软土

软土是指天然孔隙比大于或等于1.0,且天然含水量大于液限的细粒土,包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。它在静水或缓慢流水环境中沉积,经生物化学作用形成的。软土的特点主要有:

- 1) 天然含水量大,一般为49%~90%,有的可达200%。
- 2) 孔隙比大,在1.0~2.0之间变化,个别可达5.8。
- 3) 抗剪强度低,不排水抗剪强度约为5~25kPa;压缩系数高,通常在 $0.5 \sim 2.0 \text{MPa}^{-1}$ 间变化,最大可达 4.5MPa^{-1} 。
- 4) 渗透性差,其渗透系数一般小于 10^{-5}mm/s 。
- 5) 承载力低,在荷载作用下,地基沉降变形大,不均匀沉降也大,而且由于软土具有流变性,除了主固结变形外,还存在着次固结变形,土体长期处在变形中,沉降稳定历时较长,遇到较深厚的软土层,建筑物基础的沉降稳定往往需要数年乃至数十年才能完成。

软土地基是在工程建设中遇到最多的需要处理的软弱地基,它们主要分布在我国沿海、内地河流两岸及湖泊地区。

(2) 冲填土

冲填土是指整治和疏浚江河航道时,用挖泥船或泥浆泵将泥砂夹带大量水分吹到江河两岸而形成的沉积土,南方地区则称为吹填土。

冲填土的成分和分布规律与冲填时的泥砂来源和水利条件有关。如果充填物以黏性土为主,吹到两岸的土中含有大量水分,而且难于排出,所以它在形成初期常处于流动状态,这类土属于强度较低和压缩性较高的次固结土;如果充填物是砂或其他粗颗粒土,则因为性质与粉细砂类似而不属于软弱土。

(3) 杂填土

杂填土是指人类活动而任意堆填的建筑垃圾、工业废料及生活垃圾。杂填土的成因很不规律,成分复杂,分布极不均匀,结构疏松。主要有强度低、压缩性高、均匀性差等特点。某些杂填土内因含有腐殖质、亲水及水溶性物质,通常还

具有浸水湿陷性。

2. 特殊土地基

特殊土地基带有地区性特点，它包括由湿陷性黄土、膨胀土、盐渍土和冻土等构成的地基。

(1) 湿陷性黄土

湿陷性黄土是指在覆盖土层的自重压力或自重压力和附加压力作用下，遇水浸湿后土的结构迅速破坏，并且发生显著附加下沉，其强度迅速降低的黄土。黄土湿陷而引起的建筑物不均匀沉降是造成黄土地区工程事故的主要原因。

黄土的地层多、厚度大，广泛分布在我国的甘肃、陕西、山西大部分地区，以及河南、河北、山东、宁夏、辽宁、新疆等部分地区。当黄土作为建（构）筑物地基时，首先要判断它是否具有湿陷性，然后再考虑是否需要进行地基处理以及如何处理。

(2) 膨胀土

膨胀土是指黏粒成分主要由亲水性矿物组成的黏性土，当环境的温度和湿度变化时会产生强烈的胀缩变形。用膨胀土作建（构）筑物地基时，如果没有采取必要的措施进行地基处理，膨胀土饱水膨胀，失水收缩，常常会给建（构）筑物造成危害。

膨胀土在我国分布范围比较广，云南、四川、湖北、江苏、河南、广西、安徽、河北、山东、山西、内蒙古、贵州和广东等地均有不同程度的分布。

(3) 盐渍土

盐渍土是指土中含盐量超过一定数量的土。盐渍土地基浸水后，因土中盐溶解可能会产生地基溶陷。某些盐渍土如含硫酸钠的土，环境温度和湿度变化时可能产生体积膨胀。盐渍土中的盐还会导致建（构）筑物基础材料的腐蚀和破坏。我国盐渍土主要分布在西北干旱地区地势低洼的盆地和平原，在滨海地区也有分布。

(4) 季节性冻土

季节性冻土是指冬季冻结而夏季融化的土层。如果基底下有季节性冻土层，将会产生冻胀和融陷变形，从而影响建筑物的正常使用，甚至导致破坏。

【细节2】地基基础损伤机理

造成地基与基础工程事故的主要原因是由于勘察、设计、施工不当或使用环境改变而引起的。最终反映的是建筑物产生过量的沉降或不均匀沉降，导致上部结构出现裂缝或整体倾斜，削弱和破坏结构的整体性和耐久性，并影响到建筑物的正常使用，严重的可导致地基失稳破坏，引起建筑物倒塌。常见的地基或基础工程事故多是由以下原因造成的。

1. 地基失稳工程事故

构筑物作用在地基上的荷载重度超过了地基承载力，地基将产生剪切破坏，破坏时基础四周的地面有的会出现明显的隆起现象，称为整体剪切破坏；有的会

略有隆起，称为局部剪切破坏；有的完全没有隆起现象，则称为冲切剪切破坏。地基产生剪切破坏将引起构筑物倒塌或破坏。

2. 土坡滑动工程事故

建筑在土坡上或土坡顶和土坡趾附近的建筑物会因土坡滑动而产生破坏。造成土坡滑动的外界不利因素很多，例如坡趾取土、坡上加载、雨水渗流都会降低土层界面强度促使局部土体滑动，土坡失稳坍塌常造成严重的工程事故，并危及到人身安全。

3. 软弱地基工程事故

软土一般抗剪强度较低、压缩性较高、透水性较小。在软土地基上修建建筑物，如果不进行地基处理，建筑物荷载较大时，软土地基就有可能出现局部剪切甚至整体滑动。此外，软土地基上建筑物的沉降和不均匀沉降较大，沉降稳定历时较长，将会造成建筑物开裂或严重影响使用。

4. 湿陷性黄土地基工程事故

湿陷性黄土在天然含水量下，一般强度较高，压缩性较小，受水浸湿后，土的结构迅速破坏，强度也随之降低，会发生显著的附加下沉。这种变形大速率高的湿陷，会导致建筑物产生严重变形甚至破坏。

5. 膨胀土地基工程事故

膨胀土具有吸水膨胀和失水收缩的特性，它一般强度较高，压缩性较低，易被误认为是承载力较好的地基土。利用这种土作为结构地基时，如果对其特性缺乏认识，在设计和施工中不采取措施，其膨胀和收缩变形会对上部结构墙体开裂造成危害。

6. 季节性冻土地基工程事故

季节性冻土是指冬季冻结夏季融化的土层，每年冻融交替一次。冻土地基因环境条件变化在冻结和融化过程中往往产生不均匀冻胀和融陷，过大的冻融变形会导致建筑物开裂或破坏，从而影响建筑物正常使用和安全。

【细节3】 地基失稳对工程结构的危害

1. 地基失稳特征

根据试验研究和工程实践可知，在局部荷载作用下，地基承载力的破坏形式主要有三种。对于压缩性较小的密实砂土和坚硬黏土，地基发生整体剪切破坏时，在地基中从基础的一侧到另一侧形成连续滑动面，基础四周的地面会有明显隆起，基础倾斜，甚至出现倒塌，如图 1-1 (a) 所示，这种破坏形式称为整体剪切破坏。对于压缩性较大的松砂和软黏土，地基的破坏是因为基础下面软弱土的变形使基础连续下沉，产生过量的沉降，破坏时基础“切入”土中，地基没有滑动面，基础四周地面也不隆起，基础不发生很大的倾斜就不会倒塌，如图 1-1 (c) 所示，称为冲切剪切破坏。此外，还存在一种介于整体剪切破坏和冲切剪切破坏之间破坏形式，类似于整体剪切破坏，滑动面从基础一边开始，终止

于地基中的某点，只有在基础发生相当大的竖向位移时，滑动面才发展到地面，破坏时基础四周地面略有隆起，但是基础不会明显倾斜或倒塌，如图 1-1 (b) 所示，则称为局部剪切破坏。

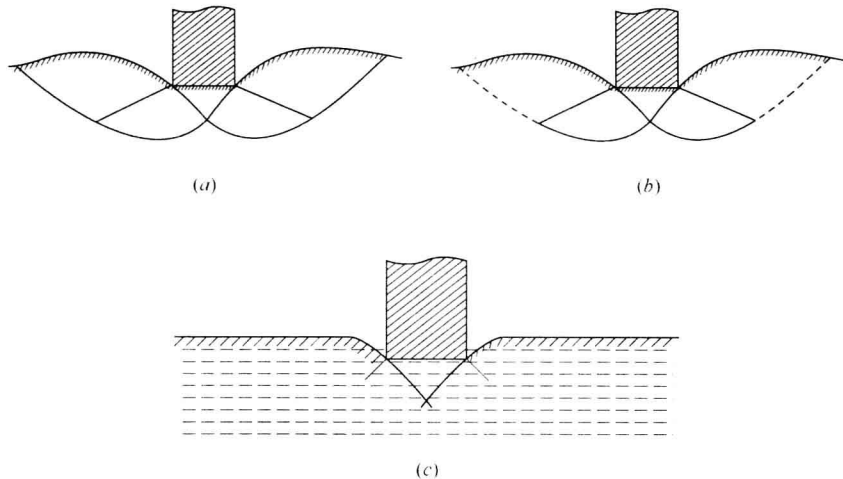


图 1-1 承载力破坏的形式
(a) 整体剪切破坏；(b) 局部剪切破坏；(c) 冲切剪切破坏

地基破坏形式与地基土层分布、基础埋深、加荷速率等因素有关，基础埋置较浅，荷载为缓慢施加的恒载时，则趋于形成整体剪切破坏；基础埋置较深，荷载施加速率较快或受冲击荷载作用，则趋于形成冲切剪切破坏和局部剪切破坏。

2. 地基失稳对工程结构的危害

地基失稳造成的工程事故在建筑工程中较为少见，在道路工程和堤坝工程中较多，与工程设计中安全度控制有关。建筑工程对地基变形要求较严，地基稳定安全储备大，地基失稳事故很少发生，但是地基失稳一旦发生，后果会十分严重，甚至是灾难性的。

【细节 4】 土坡失稳对工程结构的危害

1. 土坡失稳

土坡失稳是指土坡沿某一滑动面向下和向外产生滑动，丧失其稳定性。土坡失稳滑动主要是受外界不利因素的影响，土体内剪应力增加和抗剪强度降低所致，一般有以下几种原因。

(1) 土体内剪应力增加

在土坡上建造房屋或堆放重物增加了土坡上作用的荷载；雨季中土的含水量增加会导致土的自重增加；由于打桩、爆破、地震等原因引起振动，改变了土体原来的平衡状态。

(2) 土的抗剪强度降低

气候变化会导致土质变松；黏土夹层因水浸湿而发生润滑作用；久雨之后土中渗流时产生动水力。

(3) 静水力作用

雨水或地面水流入土坡中的竖向裂缝，对土坡产生侧向的压力，从而导致土坡滑动。

2. 土坡失稳对工程结构的危害

土体中剪应力超过土的抗剪强度时，土坡会失去稳定，发生滑动，土坡发生滑动可能是缓慢进行的，也可能是突然发生的；滑动的土体小则数千、数万立方米，大则数百万立方米；滑动的速率可达到每秒几米甚至每秒几十米。土坡失稳不仅危及边坡上的建筑物，还会危及坡顶和坡脚附近的建筑物安全。根据建筑物位于土坡位置的不同，土坡滑动对工程结构的危害可分为三种情况。

1) 建筑物建于边坡顶部时，由于土坡作用荷载发生变化或其他不利因素影响，从顶部沿滑动面形成滑坡，常常是上部先行滑动，推动下部一起滑动。轻则导致地基不均匀沉降，房屋开裂或倾斜；重则会导致地基丧失承载力，房屋发生倒塌。

2) 建筑物建于斜坡上时，某些外界不利因素作用下，建筑物下的土体沿某一层面发生滑动，基础将会移位和倾斜，导致上部结构发生倾斜甚至破坏。

3) 建筑物建于坡脚时，土体滑动形成推力，将会冲垮甚至吞没坡脚下的建筑物，带来灾难性后果。

【细节5】 软土地基对工程结构的危害

1. 软土地基变形特征

软土具有承载力低、压缩性高等特性，软土地基的主要问题是地基变形，具体可表现在建筑物沉降量大且不均匀，沉降速率大以及沉降稳定历时较长。

软土地基上建筑物沉降通常较大，相关资料表明，一般三层房屋沉降量为150~200mm，四层以上变化范围较大通常在200~500mm之间，其中五、六层房屋沉降量有的可大于600mm。对于有吊车的一般工业厂房，其沉降量在200~400mm之间，而如水池、料仓、储气柜、油罐等大型构筑物，沉降量一般都大于500mm，有的甚至会超过1000mm。建筑物均匀沉降对上部结构影响一般不大，但沉降过大，可能造成室内地坪低于室外地坪，从而造成雨水倒灌，管道断裂等问题。

上部结构荷载差异较大，结构体型复杂以及土层均匀性差时，可能会引起很大不均匀沉降，沉降差有时可能超过总沉降量的50%。

软土地基的又一特点是沉降速率大，如果作用在地基上的荷载较大，加荷速率过快，就可能会出现等速沉降或加速沉降的现象。施工加荷速率对软土地基的变形和强度影响是比较显著的，加荷速率大，使地基土产生塑性流动，从而降低

地基的强度，增大基础的沉降量，甚至使地基丧失稳定。如果能控制加荷速率，使软土层逐步固结，地基强度逐步增长，便可以适应荷载增长要求，同时也可以降低总沉降量，防止建筑物产生局部的破坏和倾斜。建筑工程活载较小时，竣工时的沉降速率约为 $0.5 \sim 1.5\text{mm/d}$ ；活载较大时，最大沉降量可达到 40mm/d 。

建造在软土地基上的建筑物沉降稳定历时较长，在较深厚的软土层上，建筑物基础沉降常常持续数年乃至数十年之久。建筑物沉降主要是由于地基受荷后，孔隙水压力消散，有效应力不断增加，地基土发生固结作用而导致的。由于软土渗透性差，孔隙水压不易消散，从而使得建筑物沉降稳定历时较长。

2. 不均匀沉降对工程结构的危害

建筑物均匀沉降对于上部结构影响不大，造成建筑物倾斜和产生裂缝的主要原因是非均匀沉降过大。建筑物不均匀沉降对上部结构影响主要反映在以下几个方面。

(1) 墙体产生裂缝

地基发生不均匀沉降时，砖砌体房屋产生整体弯曲作用，从而在砌体中引起附加拉力或剪力，当附加内力超过砌体本身强度便会产生裂缝。对于长高比较大的砖混结构，当中部沉降比两端大时将会产生八字形裂缝，如图 1-2 (a) 所示；当两端沉降比中部大时将会产生倒八字形裂缝，如图 1-2 (b) 所示。

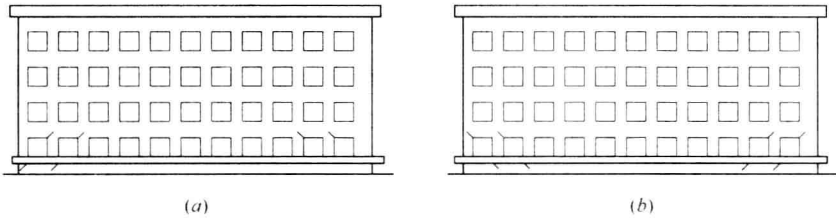


图 1-2 地基不均匀沉降引起的裂缝

(2) 建筑物产生倾斜

不均匀沉降将会引起高宽比较大的房屋的倾斜。某小型宾馆为六层框架结构，如图 1-3 所示，房屋高为 17.6m ，宽为 10.6m ，筏形基础，建造在高压缩性软土地基上。在宾馆一侧的外挑阳台，挑出长度为 1.8m ，导致房屋整体重心偏离了筏板基础形心，造成筏形基础不均匀沉降，整栋房屋发生了倾斜。经测量筏形基础前后沉降差为 135mm ，房屋向东倾斜 350mm 。该房屋只好拆除重建。

(3) 钢筋混凝土排架柱倾斜或损伤

钢筋混凝土排架结构常常因为地面大面积堆载，或厂房设备动力作用造成柱基偏移或倾斜。对于有屋盖的厂房，由于刚性屋盖的支撑作用，

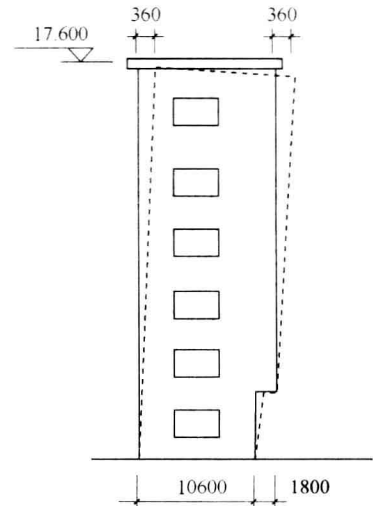


图 1-3 房屋倾斜示意图

柱倾斜受阻,在柱头产生较大的附加水平力,使柱身在弯矩作用下开裂,裂缝大多集中在柱底弯矩最大处或柱身变截面处。而对于露天厂房,栈桥柱的倾斜不致造成柱身损伤,但是会严重影响吊车正常运行,引起滑车或卡轨现象。

【细节6】 湿陷性黄土地基对工程结构的危害

1. 湿陷性黄土地基变形特征

湿陷性黄土在某一压力下浸水开始会发生湿陷,这个压力称为湿陷起始压力。当湿陷性黄土所受压力超过湿陷起始压力,土体浸水受力时就会导致湿陷变形,湿陷变形发展可分为两个阶段。

(1) 湿陷阶段

浸水后黄土结构遭到破坏,形成地基“突陷”现象。其特征是变形量大,可占总变形量的80%左右;变形速度快,可在1~3d内完成。

(2) 压密阶段

浸水停止后,在地基压力不变的情况下,土体内部结构重新排列,密度增加,湿陷变形趋于稳定。其特点是变形量小,约占总变形量的20%左右;变形速度减缓,对于非自重湿陷性黄土15~30d可达稳定,对于自重湿陷性黄土约需三个月甚至半年方能稳定。

湿陷性黄土湿陷变形影响深度与湿陷类型密切相关。基底压力的大小和基础底面尺寸决定非自重湿陷性地基的湿陷深度。

2. 黄土地基湿陷变形对建筑物造成的危害

(1) 基础及上部结构开裂

黄土地基的湿陷变形往往引起建筑物大幅度沉降和较大的沉降差,将会造成基础及上部结构开裂。

(2) 上部结构倾斜

整体刚度较大的房屋、烟囱或水塔等构筑物,当地基发生湿陷变形产生不均匀的沉降时,上部结构会发生倾斜。

(3) 管网扭曲或折断

地基湿陷时会引起地下土层和地面变形,从而导致地面管道或地下管道扭曲、扭断,影响正常的生产和使用。当埋置于地下的给水或排水管道折断,就会进一步加剧湿陷变形。

【细节7】 膨胀土地基对工程结构的危害

膨胀土通常强度较高,压缩性较低,多呈坚硬状态或硬塑状态,常被误认为是良好的天然地基,由于它具有胀缩的特性,利用这种土作为地基时,若不加处理,地基变形会使基础移位、墙体开裂、地坪隆起,给建筑物造成严重危害。

膨胀土黏粒主要由强亲水性矿物组成,其黏粒矿物成分可分为两类。

1) 以蒙脱石为主,蒙脱石具有很强的亲水性,浸湿后膨胀强烈。