

Teshutudiji

特殊

土地基

- 侯兆霞 刘中欣 武春龙◎主编
- 杨广庆 王西朝 习盼会◎主审

中国建材工业出版社

TU44/1

2007

特殊土地基

侯兆霞 刘中欣 武春龙 主编
杨广庆 王西朝 习盼会 主审

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

特殊土地基/侯兆霞, 刘中欣, 武春龙主编. —北京:
中国建材工业出版社, 2007. 8
ISBN 978-7-80227-292-7

I. 特… II. ①侯…②刘…③武… III. 地基 IV. TU44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 073218 号

内 容 简 介

本书内容涉及软土、黄土、膨胀土、冻土、红黏土及地震地区的液化土等相关内容, 重点介绍各种特殊土的基本知识、特有工程性质、分布、成因、类别, 工程勘察要求、病害、工程设计与工程中的应对措施及主要的处理方法。作者在本书中力求反映本学科国内外的新理论、新技术、新材料、新工艺和新发展, 以期对工程技术人员有所帮助。

特殊土地基

侯兆霞 刘中欣 武春龙 主编
杨广庆 王西朝 习盼会 主审

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 960mm 1/16

印 张: 18.25

字 数: 345 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版

印 次: 2007 年 8 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-292-7

定 价: 31.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

《特殊土地基》 编 委 会

成员名单

侯兆霞：石家庄铁道学院

张会银：石家庄铁道学院

王俊奇：石家庄铁道学院

武春龙：河北省工程建设质量监督检测管理总站

刘中欣：中铁十五局集团有限公司

张昀青：石家庄铁道学院

杨广庆：石家庄铁道学院

王西朝：河北科技大学

习盼会：核工业第四研究设计院

刘志强：河北交科公路工程咨询有限公司

前言

我国幅员辽阔,地理环境、气候条件、地质历史及物质成分都有很大差异,从东到西,从南到北分布着不同类型的特殊土质,如:软弱土、湿陷性黄土、膨胀性黏土、红土、冻土、地震液化土。这些土的工程性质差异很大,如果处理不当会对工程造成极大的危害。在以往的工程实践中,由于对特殊土的性质认识不足,建在这些特殊土地基上的建筑物或构筑物,常常由于不良的地质病害,造成开裂、滑移、倾倒、塌陷等诸多工程质量问题,给人民的生命财产造成巨大的损失。

近十几年来,我国的土木工程建设以前所未有的规模和水平快速发展,“西气东输”、“南水北调”、“青藏铁路”和“三峡水利水电工程”等大型工程建设以及“十一五”期间即将上马的跨越南北东西的“四纵四横”高速铁路,其建设场地遍及我国的各个角落,工程技术人员常常面临许多棘手的不同性质的特殊土工程问题。如“青藏铁路”创世界高原冻土建设之最,“南水北调”沿线分布有大量的膨胀土,“京沪高速铁路”将穿越广大的软土地区。

为打破工程技术人员对特殊土知识匮乏的局面,加强对特殊土知识全面、系统的学习,在读者已具备土力学、地基基础等基本知识的前提下,参照国家最新颁布的相关规范:《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2006)、《湿陷性黄土地基地区建筑规范》(GB 50025—2004)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106—2003)、《铁路桥涵地基与基础设计规范》(TB 10002.5—2005),及近年来国家、部委和地方所颁布的相关规范:《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ 112—87)、《铁路工程地质膨胀土勘测规则》(TB 10042—95)、《上海地基基础设计规范》(DGJ 08—11—1999)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—85)、《软土地区工程地质勘察规范》(JGJ 83—91)、《冻土地区建筑地基基础设计规范》(JGJ 118—98)等几十本现行规范和规程编写本书,以使读者通过本书的学习,掌握与特殊土有关的内容,特别是新规范增删的内容。本书内容涉及软土、黄土、膨胀土、冻土、红黏土及地震地区的液化

土等相关内容,全面系统地介绍各种特殊土的基本知识、特有的工程性质、分布、成因、类别,工程勘察要求、病害、工程设计与工程中的应对措施及主要的处理方法,力求反映本学科国内外的新理论、新技术、新材料、新工艺和新发展,以期对工程技术人员有所帮助。

全书由侯兆霞统稿。各章分工为:第一、三章由侯兆霞老师、武春龙高工编写;第二章由刘志强、刘中欣高工编写;第四、七章由侯兆霞、张昀青老师编写;第五章由张会银老师编写;第六章由王俊奇老师、刘中欣高工编写。全书由杨广庆、王西朝、习盼会主审。

此外,王健飞同学帮助完成了部分文字的录入工作,在此表示感谢。

本教材主要针对工科院校岩土工程专业方向的学生和土木工程技术人员编写而成,以便他们能全面系统地学习特殊土知识,及时掌握最新的技术和学科发展动向,理论联系实际,有效解决工程存在的问题。因此,本书可作为土木工程类专业本专科的高校教学用书,高职高专、函授学校和电大的参考教材,也可作为土木工程技术人员和土木工程专业研究生的参考用书。

本书各章节参考文献较多,在此不一一列举,谨向支持本书出版的有关单位和同志致以衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中有欠妥或错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 我国特殊土的分布	1
第二节 特殊土的工程危害	1
第三节 了解特殊土工程性质对土木工程技术工作者的必要性	3
第二章 软土	5
第一节 软土的成因类型和工程性质	5
第二节 软土地基勘察	9
第三节 软土地基的评价	18
第四节 软土地基设计中常用处理措施	30
第三章 黄土	42
第一节 黄土的成因、时代与分布	43
第二节 黄土的基本性质	50
第三节 新近堆积黄土的基本性质	62
第四节 黄土地基的勘察	63
第五节 黄土湿陷性测定与评价	68
第六节 黄土地基的地基计算	80
第七节 湿陷性黄土地基的地基处理措施	86
第四章 膨胀土	103
第一节 膨胀土的分布及成因类型	103
第二节 膨胀土的工程特征及判别	107
第三节 膨胀土地基的勘察	113
第四节 膨胀土的地基评价	120
第五节 膨胀土地区的工程措施	128

第五章 冻土	143
第一节 冻土的分布和分类	143
第二节 冻土的物理力学性质及热学性质	150
第三节 冻土地基的勘察	158
第四节 冻土地基的设计与防冻害措施	165
第六章 红黏土	199
第一节 红黏土的定义与形成条件	199
第二节 红黏土的分布规律	201
第三节 红黏土基本的工程地质特征及工程分类	203
第四节 各类红土的工程特性	214
第五节 红土的岩土工程勘察	222
第六节 红黏土的岩土工程评价	226
第七节 红黏土地基的工程措施	235
第七章 地震地区的液化土	241
第一节 地震的概念	241
第二节 抗震设防及地震效应	247
第三节 液化地基的判别及防治措施	255
附录 冻土融化下沉系数	276
参考文献	279

第一章 绪 论

第一节 我国特殊土的分布

特殊土是指与一般土工程性质有显著差异的土类，即具有独特的物理力学性质和工程性质、具有特殊的物质组成和结构构造。

我国幅员辽阔，在土的堆积形成过程中，自然条件、气候条件、地理环境、地质历史、物质成分和次生变化对土的性质有重大影响，形成种类很多各不相同的特殊土，其分布存在一定的规律，表现出明显的区域性。我国主要区域性特殊土包括软土、湿陷性黄土、红黏土、膨胀土、冻土等。这些特殊性土还包括工程中存在的地震液化土，它们的工程性质差异很大且对工程的危害极大。

我国软土主要分布于东南沿海地区沿江、沿河和内陆湖沼周围，以及内蒙古、东北大小兴安岭、南方及西南森林地区，如长江三角洲、珠江三角洲、福建、天津等地区；膨胀土分布在我国中部和南部的不少地区，如云南蒙自和个旧、四川成都、陕西安康、河南南阳和安阳、河北邯郸、山东即墨、湖北荆门、安徽合肥等地区；黄土主要分布在陕、甘、晋三省，豫、冀、鲁地区及辽宁和新疆局部等地区；红土的分布以黔、滇、桂等省区为主；我国高纬度、高海拔的东北、西北及内蒙古等严寒地区则分布有季节性冻土和多年冻土。此外我国属多地震国家，也存在有大量的地震液化土。这些土具有特殊的工程性质，用作工程地基时应采取相应的工程措施，其勘察、试验、设计、施工、治理各有其相应的技术标准和技术方法。

第二节 特殊土的工程危害

软土地基强度低，地基沉降量大且不均匀，沉降速率高、沉降稳定时间长。而位于倾斜基岩或其他倾斜坚硬地层上的软土，当倾斜坡度较大时，除造成不均匀沉降外，还可能发生倾斜面上软土的蠕变滑移。湿陷性黄土地基，遇水土体崩解，结构破坏，强度下降，产生湿陷。红黏土地区岩溶现象较为发育，红黏土下常有石芽、溶沟存在，且红黏土厚度分布不均，自上而下软硬变

化明显,地基稳定性差、不均匀沉降大。膨胀土吸水膨胀、失水收缩,建筑物随季节性变化反复不断地不均匀升降,对低层尤其轻型建筑物危害严重。冻土特别是季节性冻土,地基土冬季冻结产生冻胀,春夏消融发生融沉,强度变化突出,不均匀沉降大。地震地区地基的震害有沉陷、滑坡、地裂、液化等,特别是饱和粉细砂受震后液化,喷水冒砂,基础产生大量沉降和失稳。建在这些地基上的建筑物,常常由于不良的地质病害,危及建筑物安全,造成建筑物开裂、滑移、倾倒、塌陷。

由于特殊土以及地震液化土特殊的不良地质现象。在以往的工程建设中,由于其性质认识不足,出现许多工程事故,有的被迫搬迁,有的耗费大量整治费用,有的工程遭受彻底的破坏,造成人员财产的重大损失。例如:据调查统计资料,位于严寒地区的呼和浩特铁路局、哈尔滨铁路局等单位有不少桥梁遭受冻害,冻害桥梁冻起高度一般均大于 50mm,最大为 150mm,有的桥墩身被拔断,直接危及行车安全。

根据土的工程特性,常见的特殊土类型如表 1-1 所示。

表 1-1 特殊土类型

类 型		主 要 特 点
水 害 型	膨胀土	富含亲水的膨胀型矿物蒙脱石和伊利石,具有危害轻型建筑安全的吸水膨胀、失水收缩的显著可逆性胀缩变性
	盐渍土	土中易溶盐含量超过 0.3%,具有构成危害建筑物安全使用的溶陷性、盐胀性和腐蚀性,但地势低、地下水位高的盐渍土,一般不具有溶陷性和盐胀性
软 弱 型	黄土和其他湿陷性土	在一定压力下受水浸湿,土的结构迅速破坏,产生显著附加下沉(即湿陷),可造成建筑物的严重破坏;对一般处于地下水位以下或水位变动带的黄土或湿陷性黄土受水浸湿后形成的高压缩性、低强度、不具湿陷性的饱和黄土;其他湿陷性土包括湿陷性砂土和湿陷性碎石土以及湿陷性填土等
	新近堆积土	沉积年代短,多为欠固结土,通常具有高压缩性,低强度,结构稳定,经扰动后强度显著降低,饱和粉土、砂土则出现析水现象,在强烈地震作用下易出现震陷
	软 土	包括无机土、有机质土、泥炭质土或泥炭,具有高压缩性、低强度、高灵敏度和低透水性,在强烈地震作用下易出现震陷
	填 土	人工形成的土,岩性、成分、密度规律性差,属欠固结土,对常年处于地下水位以上的素填土和变质炉灰,常具有湿陷性

续表

类 型		主 要 特 点
环境型	污染土	外来致染物质以渗透、扩散等形式浸入土体,使原土的物理力学和化学性质显著改变,因而可能使土的承载力降低,具有盐渍土的特性
	冻 土	有多年冻土和季节性冻土两种,多年冻土上限(即最大融化季节时季节融化层与多年冻土层的冻融界面)附近及其上部的季节融化层具有对工程建筑安全使用造成危害的冻胀、融化、热融滑塌等;季节性冻土(主要是粉砂、粉土、黏性土及充填粉土或可塑至流塑黏性土的碎石土)具有对建筑物安全使用造成危害的冻胀融陷
结构型	风化岩和残积土	风化岩的强度、工程特性和完整性随着风化程度增强而降低,风化带的正确划分对工程有重要的经济意义;随全风化带的进一步风化,原岩组织结构彻底破坏 除石英外,矿物成分彻底改变而成残积土,往往具有特定的结构强度,可以在具有较高的含水量和孔隙比情况下,表现出较低的压缩性,较高的强度。少数残积土则具有膨胀性(如玄武岩残积灰色黏土)或湿陷性(如个别红色页岩残积土)
	红 土	一般具有较高的含水量和孔隙比,常表现出较低的压缩性、较高的强度
混合型土		主要由砾粒(或碎石粒、漂石粒)和黏粒(或粉粒)两种颗粒成分混合组成,颗粒级配极不均匀,且不连续。其强度和工程特性与两种颗粒成分含量所占的比例有密切的关系,在其他类型的特殊土地区,通常还兼有与其类同的特性(胀缩性、湿陷性、盐渍土特性)

第三节 了解特殊土工程性质对土木工程 技术工作者的必要性

伴随着我国经济的发展,综合国力的提高,我国的基本建设规模空前高涨,三峡工程、青藏铁路、南水北调、京沪高速铁路的建设,我们正在实现世代中国人民梦寐以求的伟业,同时也为工程技术人员提供了广阔的用武之地。在这些重大工程的建设中工程技术人员面临许多不同性质的特殊土类,如青藏铁路格尔木至拉萨段,全长1142千米,就有550千米铁路穿行在高寒冻土地带;南水北调中线工程途经许多膨胀土地区;京沪高速铁路沿线则为广大的软土分布地区。当这些特殊土作为建筑物地基时,如果不了解它们的特性,就可能引起事故,造成巨大损失。我们只有熟悉和掌握特殊土的工程性质和特点,才能在工程建设中有的放矢、应对得当,做到勘测、设计、施工、监测任务目标明确,减少盲目工作带来的一切不必要损失,节约工程投资,创建一流优质工程,造福全体中国人民、造福子孙后代。

思考题

- 1-1 我国分布有哪些主要的特殊土？
- 1-2 特殊土有哪些危害？对建筑物有什么影响？
- 1-3 我们为什么要了解特殊土的性质？

第二章 软 土

软土泛指天然含水量大、压缩性高、透水性差、抗剪强度低、灵敏度高、承载力小的呈软塑到流塑状态的饱和黏土，是近代沉积的软弱土层。包括淤泥、淤泥质土、有机沉积物（泥炭土和沼泽土）以及其他高压缩性的饱和软土、粉土等。在天然地层剖面上，它往往与泥炭或粉砂交错沉积。

淤泥和淤泥质土是指在静水或缓慢的流水环境中沉积，经生物化学风化作用形成的以黏粒为主并伴有微生物作用的一种结构性土。这种黏性土含有机质，天然含水量大于液限（ $w > w_L$ ），当天然孔隙比 $e \geq 1.5$ 时，称为淤泥；当天然孔隙比 $1.0 \leq e < 1.5$ 时，称为淤泥质土。当土的烧失量大于 5% 时，称有机质土；大于 60% 时，称泥炭。

《软土地区工程地质勘察规范》（JGJ 83—91）（以下简称《软土规范》）将天然含水量大于或等于液限；天然孔隙比大于或等于 1.0；外观以灰色为主的细粒土判别为软土。

第一节 软土的成因类型和工程性质

一、软土的类型、分布及层理构造

1. 软土的成因类型

软土按照沉积环境可分为下列几种类型。

（1）滨海沉积——滨海相、潟湖相、溺谷相及三角洲相

滨海沉积在表层广泛分布一层由近代各种营力作用生成的厚 0 ~ 3.0m、黄褐色黏性土的硬壳。下部淤泥多呈深灰色或灰绿色，间夹薄层粉砂。常含有贝壳及海生物残骸。

滨海相：常与海浪暗流及潮汐的水动力作用形成的较粗颗粒（粗、中、细砂）相掺杂，使其不均匀和极疏松，增强了淤泥的透水性能，易于压缩固结。

潟湖相：沉积物颗粒微细、孔隙比大、强度低、分布范围较宽阔，常形成海滨平原。在潟湖边缘，表层常有厚 0.3 ~ 2.0m 的泥炭堆积。底部含有贝壳

和生物残骸碎屑。

溺谷相：孔隙比大、结构疏松、含水量高，有时甚于潟湖相。分布范围略窄，在其边缘表层也常有泥炭沉积。

三角洲相：由于河流及海潮的复杂交替作用，而使淤泥与薄层砂交错沉积，受海流与波浪的破坏，分选程度差，结构不稳定，多交错成不规则的尖灭层或透镜体夹层，结构疏松，颗粒细小。如上海地区深厚的软土层中夹有无数的极薄的粉细砂层，为水平渗流提供了良好的通道。

(2) 湖泊沉积——湖相、三角洲相

湖泊沉积是近代淡水盆地和咸水盆地的沉积。其物质来源与周围岩性基本一致，为有机质和矿物质的综合物，在稳定的湖水期逐渐沉积而成。沉积物中夹有粉砂颗粒，呈现明显的层理。淤泥结构松软，呈暗灰、灰绿或灰黑色，表层硬层不规则，厚为0~4m，时而有泥炭透镜体。湖相沉积淤泥软土一般厚度较小，约为10m。最厚者可达25m。

(3) 河滩沉积——河漫滩相、牛轭湖相

河滩沉积主要包括河漫滩相和牛轭湖相。成层情况较为复杂，其成分不均一，走向和厚度变化大，平面分布不规则。一般是软土常呈带状或透镜状，间与砂或泥炭互层，其厚度不大，一般小于10m。

(4) 沼泽沉积——沼泽相

沼泽是湖盆地、海滩，在地下水、地表水排泄不畅的低洼地带，因蒸发量不足以干化淹水地面的情况下，喜水植物滋生，经年淤积，逐渐衰退形成的一种沉积物，多以泥炭为主，且常出露于地表。下部分布有淤泥层或底部与泥炭互层。

2. 软土的分布

饱和软黏土在世界范围内分布很广，一般位于太平洋、大西洋、印度洋沿岸或沿着海洋沿岸纵向延伸。如在印度、日本、印度尼西亚、伊拉克、波兰、法国、瑞典、芬兰、美国、加拿大、阿根廷等许多国家都分布有厚薄不等的软土，有的厚达100m。

软土在我国滨海平原、河口三角洲广泛分布，内陆平原、湖盆地周围和山间谷地也有分布。我国软土的主要分布区，按工程性质结合自然地质地理环境，可划分为三个区。沿秦岭走向向东至连云港以北的海边一线，作为Ⅰ、Ⅱ地区的界线；沿苗岭、南岭走向向东至莆田的海边一线，作为Ⅱ、Ⅲ地区的界线。这一分区可作为区划、规划和勘察的前期工作使用。

我国东海、渤海、黄海、南海等沿海软土分布，包括有渤海的津沽唐地区，海州湾的连云港，杭州湾的杭州，甬江口的宁波、镇海，舟山群岛的舟

山,温州湾的温州,三都港的宁德、三都,泉州港的泉州,厦门港的厦门,闽江口平原地区的福州、马尾,汕头附近的柘林湾,湛江,多属于潟湖相、溺谷相或滨海相。潟湖相和溺谷相沉积深厚、黏粒含量高,如宁波、温州软土厚达35~40m。滨海相沉积层中夹有较粗颗粒,深度一般小于25m。我国东南沿海淤泥沉积的厚度及分布情况见表2-1。

表2-1 东南沿海软土分布范围及厚度

分布范围	沉积厚度 (m)	分布范围	沉积厚度 (m)	分布范围	沉积厚度 (m)
广州湾至兴化湾 (汕头例外)	5~20	兴化湾至 温州湾南	10~30	温州湾北至 连云港	>40

长江三角洲的上海,珠江三角洲的广州,是典型的三角洲相沉积。软土层内粉砂微层分布十分突出。

沿海一带地面标高低于5m的广阔平原上,绝大部分有软土分布。只有一些硬壳较厚的地区,地基的软弱程度略轻,如天津硬壳厚度平均为6~7m。

河谷平原上的软土,如长江中下游的武汉、芜湖、南京,珠江下游的肇庆、三水,多为河漫滩相或牛轭湖相沉积。软黏土层中常有粉细砂间层,有的含有植物残骸。软土埋深一般小于15m。

湖泊周围的软土层主要位于洞庭湖、洪泽湖、太湖、鄱阳湖四周和古云梦泽地区边缘地带,以及昆明的滇池地区。山间谷地软土分布范围较小,但不均匀性十分突出,我国云贵高原,昆明、贵阳以西六盘水地区的洪积扇和煤系地层分布区的山间洼地也有软土分布。谷地软土底部常有明显倾斜的坡度。山区谷地软土分布规律甚为复杂,鉴别时,可从以下几个方面进行分析:沉积环境、水文地质环境、古地理环境、地表特征、人类活动情况等。

沼泽相的软土在我国分布较广泛。沿海自渤海湾的海河口至莱州湾的潍河口,自黄海的海州湾至川腰港。湖盆地沼泽如苏皖的射阳湖畔,高邮湖、百马湖盆地。东北嫩江河谷,松花江、乌苏里江河谷,小兴安岭的汤旺河谷,西南岷江上源,一些牛轭湖衰退形成的沼泽也有零星分布,它们常以泥炭为主,夹有软黏土、腐泥或砂层。

我国软土的形成,绝大多数在全新世的中、晚期。而一部分软土埋藏在坚实的硬土层之下,如上海在暗绿色硬黏土之下,广东肇庆在红色硬黏土层之下仍有软弱黏土层,它们可能为全新世中期以前的沉积物。

3. 软土的层理构造

厚度较大的软土,一般在表层中有一层为0~3m厚的中压缩性或低压缩

性黏土（俗称软土硬层或表土层）。我国软土地区的层理构造，从工程地质角度出发，大致可分为以下几种类型，见图 2-1。

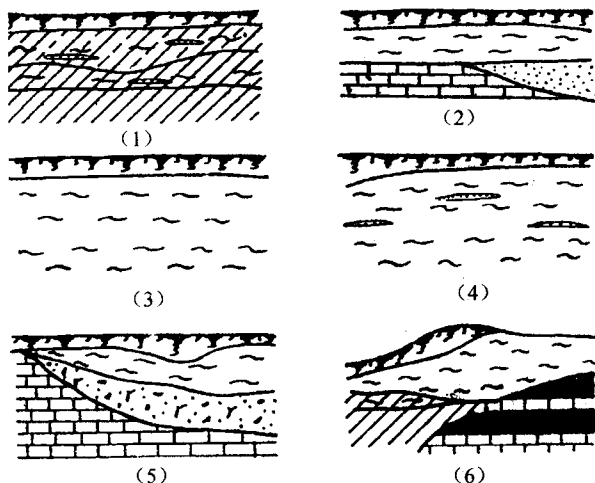


图 2-1 软土分布的几种基本类型

(1) 表层为 1~3m 的褐黄色粉质黏土，第二、三层为淤泥质黏性土，厚度一般在 20m 左右，属高压压缩性土，第四层为较密实的黏土层或砂层。

(2) 表层由人工填土或较薄的粉质黏土组成，厚度在 3~5m，第二层为厚度 5~8m 的高压缩性淤泥层，基岩离地表较近，起伏变化较大。

(3) 表层为 1m 余厚的黏性土层，以下为 30m 以上的高压缩性的淤泥层。

(4) 表层为 3~5m 的褐黄色粉质黏土，以下为淤泥及粉砂夹层交错形成。

(5) 表层为 3~5m 的褐黄色粉质黏土，第二层为高压压缩性的淤泥，厚度变化很大，呈喇叭口状，第三层为较薄残积层，下为基岩，分布在山前平原或河流两岸靠山地区。

(6) 表层为浅黄色的黏性土，以下为饱和软土或淤泥及泥炭，成因复杂，绝大部分为坡洪积，湖沼沉积，冲积以及残积，分布面积不大，厚度变化悬殊，土的物理力学性质变化很大，建筑性能极差。

二、软土的工程性质

软土的主要特性表现为：高天然含水量（接近或大于液限， $w > 35\%$ ，或 $w > 70\%$ ），大孔隙比（一般大于 1，有时高达 15~20），高压压缩性（ $a_{1-2} > 0.5\text{MPa}^{-1}$ ，或 $a_{1-2} > 1.0\text{MPa}^{-1}$ ，或更大），强度低（不排水强度 $C_u < 25\text{kPa}$ ），渗透性小（ $k < 1 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ ）。各类软土的物理力学指标见表 2-2。

表 2-2 各类软土的物理力学指标统计表

成因类型		滨海相沉积软土	湖泊相沉积软土	河滩相沉积软土	沼泽相沉积软土
天然含水量 w (%)		40 ~ 100	30 ~ 60	35 ~ 70	40 ~ 120
重度 γ (kN/m ³)		15 ~ 18	15 ~ 19	15 ~ 19	14 ~ 19
天然孔隙比 e		1.0 ~ 2.3	0.8 ~ 1.8	0.9 ~ 1.8	0.52 ~ 1.5
塑性指数 I_p		14 ~ 29	13 ~ 19	16 ~ 32	18 ~ 34
压缩系数 $a_{1.2}$ (MPa ⁻¹)		1.2 ~ 3.5	0.8 ~ 3.0	0.8 ~ 3.0	>0.5
抗剪 强度	内摩擦角 (°)	1 ~ 7	0 ~ 10	0 ~ 11	0
	黏聚力 c (kPa)	2 ~ 20	5 ~ 30	5 ~ 25	5 ~ 19
渗透系数 k (cm/s)		$i \times (10^{-6} \sim 10^{-8})$	$i \times (10^{-6} \sim 10^{-7})$		
灵敏度 S_l		2 ~ 7	3 ~ 8	4 ~ 8	2 ~ 10

因此,软土具有以下工程性质:

(1) 触变性:软土具有触变特性,当原状土受到振动以后,破坏了结构连接,降低了土的强度或很快使土变成稀释状态。触变性的大小,常用灵敏度 S_l 来表示。软土的 S_l 一般在 3 ~ 4 之间,个别可达 8 ~ 10。因此当软土地基受到振动荷载后,易产生侧向滑动、沉降及基底面两侧挤出现象。若经受大的地震力作用,容易产生较大的震陷。

(2) 流变性:软土除排水固结引起变形外,在剪应力作用下,土体还会发生缓慢而长期的剪切变形。这对建筑物地基的沉降有较大的影响,对斜坡、堤岸、码头及地基稳定性不利。

(3) 高压缩性:软土是属于高压缩性的土,压缩系数大,这类土的大部分压缩变形发生在垂直压力为 100kPa 左右。反映在建筑物的沉降方面为沉降量大。

(4) 低强度:由于软土具有上述特性,地基强度很低。其不排水抗剪强度一般均在 25kPa 以下。

(5) 低透水性:软土透水性能弱,一般垂直向渗透系数在 $i \times (10^{-6} \sim 10^{-8})$ cm/s 之间,对地基排水固结不利,建筑物沉降延续时间长。同时在加荷初期,地基中常出现较高的孔隙水压力,影响地基强度。

(6) 不均匀性:由于沉积环境的变化,软土层中具有良好的层理,层中常局部夹有厚薄不等的少数较密实的颗粒较粗的粉土或砂层,使水平和垂直向分布有所差异,作为建筑物地基则易产生差异沉降。

第二节 软土地基勘察

软土地基的勘察应执行《软土规范》的规定,尚应符合国家现行的有关标准的要求。必须针对工程和软土的特点,合理布置勘察工作,正确评价建筑