



软土力学特性与工程实践

缪林昌◎著



科学出版社

软土力学特性与 工程实践

缪林昌 著

国家自然科学基金资助项目
江苏省交通科技资助项目

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地总结了国内外在软土工程特性方面的理论研究和部分工程实践研究的成果,特别是作者及所指导硕士研究生、博士研究生的一些研究成果。全书分为两篇:第一篇为软土力学特性研究,分为6章,介绍了软土的基本特点与成因、压缩特性、结构特性、固结与流变特性、强度特性及江苏地区软土的主要类型与特点;第二篇为工程实践研究,分为4章,阐述了软土地基加固的基本理论、复合地基的工程实践、排水固结法的工程实践及软土地基控制变形设计与实践。

本书可以作为土木、水利、路桥、建筑专业高等学校和科研院所研究生、本科高年级学生教材或教学参考书,并可作为相关专业教师、工程技术人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

软土力学特性与工程实践 / 缪林昌著. —北京:科学出版社,2012.11

ISBN 978-7-03-035850-9

I. ①软… II. ①缪… III. ①软土-土力学-研究 IV. ①TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 252471 号

责任编辑:牛宇锋 / 责任校对:林青梅

责任印制:张 倩 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年11月第 一 版 开本:B5 720×1000

2012年11月第一次印刷 印张:26 1/2

字数:517 000

定价:100.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

作者第一次接触软土地基的实际工程,是因为某一高速公路工程的路堤在填筑过程中突然出现开裂、滑移。事故发生后,设计、施工技术人员都感到茫然、吃惊,事故居然会在眼前发生……作者有幸参与了该工程后续软土地基处理设计的专项咨询、变形计算分析研究,进而开展高速公路软土地基变形特性的研究,也因此对软土地基特殊性产生了兴趣。随后,作者参加了许多相关的专题讨论会、设计审查等,刚开始听到最多的就是“软土的含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低……”而相关资料的总结似乎少了一些。国内的教科书上常常把软土与膨胀土和黄土作为特殊土放在一起简单介绍,虽然也有一些专项研究,但在工程实践中既有成功经验,也有不少教训,尤其是软土地基的变形特别大,与设计计算值相差很大,软土地基的变形计算和控制成了工程技术人员的一道坎,有点望而生畏的感觉。为了解决这些问题,作者开始查阅国内外相关的研究文献资料,依托国家自然科学基金、江苏省交通运输厅资助的课题,结合江苏省高速公路建设的工程实践,与课题组共同开展了十余年的理论研究、技术咨询分析和总结。如今,作者总结经验、编写成书,并以此奉献给同行、工程设计与施工的技术人员,以及即将走向工作岗位的在校学生。

全书分为两篇,共 10 章,总结了国内外在软土工程特性方面的理论研究和部分工程实践研究的成果,大部分内容来自于作者带领的课题组及指导的博士研究生和硕士研究生的成果。第 1 章介绍了软土的基本特征共性、成因和评价指标,同时也介绍了国内主要的地域性软土的特点;第 2 章介绍了软土的压缩特点、影响软土压缩特性的因素和软土原状压缩曲线的校正的方法,便于研究和工程实践中应用;第 3 章介绍了软土的结构特性、软土的结构性定量分析、结构性软土的固结理论和结构性软土的本构模型;第 4 章介绍了软土的固结与流变特性,包括固结基本理论、双层地基固结理论、软土的流变特性、软土的弹黏塑性模型与随机固结理论;第 5 章介绍了软土的强度特性,包括软土的强度理论、强度试验、饱和黏土的抗剪强度指标和软土强度特性;第 6 章介绍了江苏地区软土分布的主要类型与特点,并对连云港海相软土、里下河平原及泻湖相软土、长江漫滩相软土、太湖相软土特点做了总结和比较分析;第 7 章介绍了软土地基处理的基本理论,包括排水固结理论、复合地基增强理论和加筋作用机理;第 8 章为复合地基处理工程应用,包括水泥粉喷桩加固海相软土地基研究、搅拌桩在超高含水量软土地基的应用、薄壁管桩处理技术和复合地基的沉降计算;第 9 章是排水固结处理实践,介绍了塑料排水板

预压处理技术、真空预压法处理技术和水平向排水处理技术;第10章主要介绍了软土地基控制变形处理技术与设计,重点介绍控制模量桩处理技术、EPS颗粒混合轻质路堤、控制变形设计理论及实践。

承蒙恩师殷宗泽教授长期以来给予的指导和支持,百忙中细致阅读本书的全稿,并提出了许多宝贵而又中肯的意见,在此表示衷心感谢;同时要感谢课题组的所有成员,包括已毕业的博士、硕士研究生,他们是张军辉、王新辉、杨斐、王华敬、张继周、刘维正、王非、崔颖等,本书的一些内容直接引自他们的学位论文,正因为由于他们辛勤的劳动、通力的合作,才能取得这些成果;感谢东南大学交通学院的领导和岩土工程研究所的同事们在工作中给予的理解和支持;感谢国内外同行的理解和支持,本书引用了他们的很多成果,也正因为有他们的研究成果作为基础,让作者少走不少弯路。有关软土特性的研究得到了国家自然科学基金课题“软土地区城市工程建设引起的地面沉降与灾害评价”(No. 50478072),以及江苏省交通科研项目“江苏沿海地区高速公路软土地基变形特征与应用研究”、“高速公路路堤拓宽稳定性控制技术研究”和“高速公路淤泥土吹砂轻质稳定路堤填筑技术研究”等课题的资助,正由于这些课题的资助才保证研究得以顺利进行,在此一并表示感谢!

最后要感谢中国科学院科学出版基金为本书的出版提供全额资助。

由于受作者的水平、能力、兴趣和理解把握等因素的限制,本书涉及的内容、范围并不能满足所有同行的要求,也难免存在一些遗漏和不足,敬请广大读者给予指正。

目 录

前言

第一篇 软土力学特性研究

第 1 章 软土的基本特点与成因	3
1.1 软土的概念	3
1.2 软土的成因	4
1.3 软土的特点	6
1.3.1 软土的基本特点	6
1.3.2 上海软土	8
1.3.3 天津软土	8
1.3.4 唐山软土	9
1.3.5 杭州软土	9
1.3.6 宁波软土	10
1.3.7 温州软土	11
1.3.8 广州软土	12
1.3.9 深圳软土	13
1.3.10 连云港软土	13
1.3.11 山地型软土	13
1.4 软土勘察	15
1.4.1 勘察的内容	15
1.4.2 勘察方法	15
1.4.3 勘察技术要求	15
1.4.4 资料整理	16
1.4.5 软土的物理力学指标分析评价	17
第 2 章 软土的压缩特性	19
2.1 软土的压缩特点	19
2.1.1 压缩特点	19
2.1.2 一维蠕变试验	23
2.1.3 主、次固结的讨论	27

2.1.4 次固结的简化计算	29
2.2 影响软土压缩特性的因素	30
2.2.1 取样技术	30
2.2.2 应力历史与应力大小	38
2.2.3 试验方法	44
2.3 软土原状压缩曲线的修正	45
2.3.1 Nagaraj 压缩曲线修正方法	45
2.3.2 Nagaraj 改进法	47
第3章 软土的结构特性	50
3.1 引言	50
3.1.1 软土结构性的定义	50
3.1.2 软土结构性的特征	51
3.1.3 软土结构性的力学效应	53
3.1.4 黏土结构性的形成原因	61
3.2 软土的结构性定量分析	63
3.2.1 结构性软土结构屈服应力的确定方法	64
3.2.2 软土结构性评价	67
3.2.3 结构性软土的扰动度确定	69
3.3 考虑软土结构性的固结计算方法	71
3.3.1 结构性软土地基一维固结解析解	71
3.3.2 结构性软土固结计算	74
3.3.3 考虑结构性软土扰动度的一维固结计算	77
3.3.4 任意荷载下非线性固结	80
3.4 结构性软土的本构模型	94
3.4.1 概述	94
3.4.2 结构性本构模型	96
3.4.3 考虑各向异性的结构模型	100
第4章 软土的固结与流变特性	105
4.1 固结基本理论	105
4.1.1 太沙基一维固结理论	105
4.1.2 比奥固结理论	108
4.2 双层地基固结理论	111
4.2.1 双层地基的定义	111
4.2.2 搅拌桩处理双层地基固结方程的建立与求解	113

4.2.3 双层地基固结的拉普拉斯变换解法	126
4.3 软土的流变特性	131
4.3.1 土体流变的概念与流变模型	131
4.3.2 软土的流变	136
4.4 软土的弹黏塑性模型	142
4.4.1 一维弹黏塑性模型	142
4.4.2 广义宾汉姆弹黏塑性模型	145
4.5 随机固结理论	151
4.5.1 一维随机固结	151
4.5.2 二维随机固结方程	155
4.5.3 随机场对固结沉降均值的影响	157
4.5.4 地基土固结过程的概率特性分析	161
第5章 软土的强度特性	165
5.1 土的强度理论	165
5.1.1 库仑公式	165
5.1.2 莫尔-库仑强度理论	166
5.2 土的强度试验	167
5.2.1 直接剪切试验	168
5.2.2 三轴剪切试验	169
5.2.3 无侧限抗压强度试验	175
5.2.4 十字板剪切试验	176
5.2.5 静力触探试验	178
5.3 排水条件的变形与强度	182
5.3.1 黏性土的排水剪	182
5.3.2 常体积的不排水剪	184
5.3.3 固结不排水抗剪	184
5.3.4 强度指标的选择	186
5.4 软黏土强度特性	187
5.4.1 软土的结构屈服	187
5.4.2 不排水强度与前期固结压力的关系	190
5.4.3 软土原位结构性影响	194
5.4.4 变形速率与软土的剪切阻抗	199
5.4.5 各向异性	201
5.4.6 蠕变强度	202

5.4.7 黏土的时效性	204
第6章 江苏地区软土的主要类型与特点	206
6.1 江苏软土的主要分布情况	206
6.2 连云港海相软土特点	207
6.2.1 连云港海相软土的成因与分布规律	207
6.2.2 连云港海相软土的物理力学指标统计特征	211
6.3 里下河平原及泻湖相软土特点	215
6.3.1 里下河地区软弱土的成因及分布特点	215
6.3.2 里下河地区软土的物理力学指标统计特征	221
6.4 长江漫滩相软土特点	225
6.4.1 长江漫滩相软弱土的成因及分布特点	225
6.4.2 长江漫滩相软弱土的工程特性统计特点	227
6.5 太湖相软土特点	229
6.5.1 太湖相软弱土的成因及分布特点	229
6.5.2 太湖相软弱土的工程特性统计特点	231
6.6 江苏地区软土物理参数的比较	232

第二篇 工程实践研究

第7章 软土地基加固的基本理论	239
7.1 排水固结机理	239
7.1.1 概述	239
7.1.2 排水固结机理	241
7.1.3 排水固结理论	244
7.2 复合地基增强机理	249
7.2.1 概述	249
7.2.2 复合地基增强机理	250
7.3 加筋作用机理	256
7.3.1 概述	256
7.3.2 加筋机理	257
7.3.3 双向增强体加固机理	261
7.3.4 落水洞上覆路堤土工加筋设计	264
第8章 复合地基的工程实践	271
8.1 水泥粉喷桩加固海相软土地基	271
8.1.1 江苏海相软土水泥土室内试验研究	271

8.1.2 江苏海相软土水泥土桩现场载荷试验研究	275
8.1.3 海相软土加固地基承载力理论分析	277
8.1.4 复合地基沉降规律分析	278
8.2 搅拌桩在超高含水量软土地基中的应用	288
8.2.1 超高含水量软土地基水泥土桩的适用性研究	288
8.2.2 现场成桩试验	291
8.3 薄壁管桩处理技术	295
8.3.1 预应力混凝土管桩的特征	295
8.3.2 预应力管桩的承载力特性	297
8.3.3 大直径现浇薄壁管桩的承载力特性	302
8.3.4 管桩疏桩复合地基在高速公路的应用	306
第9章 排水固结法的工程实践	313
9.1 塑料排水板预压处理技术	313
9.1.1 塑料板排水法加固软土地基的机理	313
9.1.2 排水系统对软土地基排水固结的影响	318
9.1.3 塑料板排水法加固地基排水系统的优化设计	319
9.2 真空预压法处理技术	322
9.2.1 真空联合堆载技术	322
9.2.2 真空联合堆载预压工程实践	325
9.3 水平向排水处理技术	334
9.3.1 水平排水及加筋补强作用	334
9.3.2 塑料板排水法加固地基水平排水体的设计	336
第10章 软土地基控制变形设计与实践	338
10.1 控制模量桩处理技术	338
10.1.1 概述	338
10.1.2 室内模型试验	339
10.1.3 控制模量桩在拓宽路基工程中的应用	349
10.1.4 CMC 桩承载力计算设计	354
10.1.5 CMC 桩-土工筋带-土相互作用	356
10.2 EPS 颗粒混合轻质路堤	359
10.2.1 概述	359
10.2.2 EPS 颗粒混合轻质土的路用性能试验	361
10.2.3 EPS 颗粒混合轻质路堤填筑研究	371
10.2.4 EPS 颗粒混合轻质土路堤设计	379

10.3 控制变形设计理论·····	383
10.3.1 概述 ·····	383
10.3.2 软土地基控制变形设计理论 ·····	384
10.4 控制变形设计·····	386
10.4.1 控制变形设计 ·····	386
10.4.2 不均匀沉降控制措施 ·····	389
10.4.3 控制模量桩刚性复合地基控制变形设计方法 ·····	389
参考文献·····	398

第一篇 软土力学特性研究

第 1 章 软土的基本特点与成因

1.1 软土的概念

所谓软土,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,为强度低、压缩性较高(压缩系数大于 0.5MPa^{-1})、不排水抗剪强度小于 30kPa 的软弱土层,多数含有一定的有机物质。根据其特征,软土可划分为:软黏性土、淤泥、淤泥质土、泥炭质土及泥炭五种类型。软土在《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)等中都有大同小异的定义,以《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)的定义简单明了,工程设计人员可以以此作为软基的定义:滨海、湖沼、谷地、河滩沉积的天然含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低的细粒土。

软土一般是在静水或缓慢的流水环境中沉积,经生物、化学作用形成的。但含水量多少才算是高,承载力多少才算是低,目前尚没有其统一标准。日本采用标准贯入击数、无侧限抗压强度、荷兰式贯入指数三项指标来划分软土。德国则用“很容易搓捏的土”来划分软土。在国内,铁道部建议以天然含水量接近或大于液限、孔隙比大于 1、压缩模量小于 4.0MPa 、标准贯入击数小于 2、静力触探的端阻力小于 700kPa 、不排水强度小于 25kPa 六项指标来划分软土;建设部《软土地区工程地质勘察规范》(JGJ 83—91)规定,凡符合外观以灰色为主的细黏土、天然含水量大于等于液限、天然孔隙比大于等于 1 三项指标来划分软土;交通部《公路土工试验规范》(JTG E40—2007)则以天然含水量、孔隙比、压缩系数、饱和度 and 内摩擦角五项指标来划分软土。从上述部门的规定或规范可以看出,建设部规范虽比较简单,但具体界定操作起来有些不便。为了有个统一简便的判别标准,交通部颁布的《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006),在总结经验的基础上,软土的划分标准采用天然含水量大于等于 35%或液限、天然孔隙比大于等于 1.0、十字板剪切强度小于 35kPa 三项指标。凡符合以上三项指标的黏性土均为软土。

由于软土强度低、沉降量大,往往给工业民用建筑、道路工程、铁路工程、桥梁桥头结合部位等带来很大的危害,如处理不当,会给相关工程结构的施工和使用造成很大影响。工程建设中如遇到软土地基,必须采取切实可行的技术措施进行预先加固,提高软土地基的强度和承载能力,保证软土地基的沉降变形得到有效的控制,保障工程建设的安全可靠、安全运营。

1.2 软土的成因

软土是第四纪后期地表流水所形成的沉积物质,多数分布于海滨、湖滨、河流沿岸等地势比较低洼地带,地表终年潮湿或积水。软土由于厚度不同,对工程的影响也不同。软土多分布于沼泽化湿地地带,而泥沼多分布于沼泽地区,软土的形成时间晚于泥沼形成时间。

我国软土分布很广、区域类型多,如长江、珠江地区的三角洲沉积;塘沽、温州、宁波、连云港等地的滨海相沉积;闽江口平原的溺谷相沉积;洞庭湖、洪泽湖、太湖以及昆明滇池等地区的内陆湖泊相沉积;河滩沉积位于各大、中河流的中、下游地区;沼泽沉积的有内蒙古、东北大兴安岭和小兴安岭、南方及西南森林地区等。此外,广西、贵州、云南等省、自治区的某些地区还存在山谷沉积的山地型软土,由泥灰岩、炭质页岩、泥质砂页岩等风化产物和地表的有机物质经水流搬运,沉积于低洼处,长期饱水软化或间有微生物作用而形成。沉积的类型以湖沉积和冲沉积为主。其特点是分布面积不大,但厚度变化很大,有时相距约2~3m,厚度变化可达7~8m。

软土按沉积环境及成因分为:①滨海沉积——滨海相、泻湖相、溺谷相及三角洲相(海陆过渡环境沉积);②湖泊沉积——湖相、三角洲相;③河滩沉积——河漫滩相、牛轭湖相;④沼泽沉积——沼泽相。表1-1为软土统计单元(成因类型)特征简表。

表 1-1 软土统计单元(成因类型)特征简表

统计单元(成因类型)		主要分布区	沉积特征
滨海沉积	滨海相	温州乐清湾,连云港地区,沿海现代海岸地区	在较弱的海浪岸流及潮汐作用下,逐渐停积淤成。表层硬壳0~3m,下部为淤泥夹粉细砂,淤泥厚3~60m,常含贝壳及海生物残骸。泻湖相厚度大,分布广。溺谷相一般更深,但分布范围窄,松软
	三角洲相		
	泻湖相		
	溺谷相		
湖泊沉积	湖相	武汉后湖,江苏太湖,洞庭湖地区等	淡水湖盆沉积物,在稳定的湖水期逐渐沉积,沉积相带有季节性,表层硬质,厚0~5m,淤积厚度一般5~25m,泥炭层多呈透镜体状
	三角洲相		
河滩沉积	河漫滩相	长江、珠江中下游及河口和淮河、松辽平原等	平原河流速减小,黏性土缓慢,沉积而成,不均匀,含砂和泥炭层,厚度一般小于20m
	牛轭湖相		
沼泽沉积	沼泽相	江苏盐城、泗洪一带	因地表水排泄不畅的低洼地带,且蒸发量不足以干化淹水地区的情况下形成的沉积物,多以泥炭为主,下部分布有淤泥或底部与泥炭互层,厚度一般小于10m
山谷沉积	沟、谷相	广东、湖南丘陵地带沟、谷等	在山区或丘陵地带含有大量有机质的黏性土,汇集于平缓沟谷后,淤积成软土,一般呈零星“鸡窝状”分布,不连续,厚度小于5m居多

以滨海相沉积为主的软土层,如湛江、香港、厦门、舟山、宁波、温州、连云港、塘沽、大连湾等;泻湖相沉积的软土以温州、宁波为代表;溺谷相软土在福州、泉州一带;三角洲相软土如上海地区、珠江下游的广州地区;河漫滩相沉积软土在长江中下游、珠江下游、淮河平原、松辽平原等地区;内陆软土主要为湖相沉积,如洞庭湖、洪泽湖、太湖、鄱阳湖四周以及昆明的滇池地区等。

长三角洲主要是由长江带来的泥沙冲淤而成,冲积层的厚度由西向东从几十米增加到400m。其底部是坚硬岩层。距今0.2亿~0.1亿年的喜马拉雅运动,使长江三角洲大幅度下降。第四纪频繁升降,其中晚更新世的一次冰期(大理冰期),海面下降到低于现代海面的110~130m的深处。其时,长江三角洲前缘直达东经 $125^{\circ}30'$ 附近,长江的入海口亦远及冲绳海槽。此后,进入冰后期,海水大举入侵,长江三角洲所在地区的大部再次成为浅海。直至距今7500~6000年前后,海面变化趋于相对稳定,开始了现代三角洲的发育。同时,泥沙在河口南北侧堆积亦分别出现河口沙嘴。南侧最早的一道沙嘴向东南延伸,至杭州湾后与钱塘江北岸沙嘴相接,把一部分浅海合围成泻湖,是为古太湖的前身。此后淤泥继续堆积,形成湖沼平原,古沙嘴以东的地区,陆地不断淤涨,形成滨海平原。根据考古和绝对年龄的测定,新三角洲发育以来,滨海平原以年均40m的速度向海推进。长江三角洲按地形可分为三部分:

(1) 里下河平原南缘。主要由一系列河口沙坝为主体的亚三角洲并联而成。河口沙坝组成物质较粗、地势较高,一般4~5m,长轴略呈东西走向。沙坝之间为古长江汉流淤积而成,组成物质较细、地势较低,亦略作东西走向。古汉流口外则属海湾式的滨海平原,呈向东开口的马蹄状,地面向中部微倾。发育了一系列独流入海的短小水系,分别汇集于胥茶、三余等海湾平原,而后注入黄海。人工开挖的新通扬运河(扬州—海安)、胥茶运河(海安—胥茶)、通吕运河(南通—吕四)等也都顺地势东西延伸。

(2) 河口沙洲区。由一系列正在发展的河口沙坝组成。最主要者为崇明岛、长兴岛、横沙岛及九段沙等。成陆晚,地势低。崇明岛地面高程3.5~4m(吴淞零点);长兴、横沙一般仅2.5~3.5m。水系多为人工开挖的沟、河。

(3) 太湖平原。地形上是一巨大碟形洼地,洼地底部即属老三角洲部分的湖沼平原。地面高程一般2.5~3.5m,是长江三角洲湖泊集中分布区,有大小湖荡200多个,以太湖为最大,面积 2425km^2 (水位3.1m),是我国第三大淡水湖。此外有溇湖、长荡湖、阳澄湖、澄湖及淀山湖等,面积都在 60km^2 以上。由二叠系石英砂岩等坚硬岩石组成的孤丘分布密集。太湖湖区有大小岩岛40余座。较著名的湖岛有西洞庭山(高336m)。东洞庭山和马迹山原为湖岛,后与湖岸相连成为平原孤丘。在苏州、无锡、常熟及松江、青浦等地亦有岩丘分布,一般高约百米,最高不

超过 350m。如苏州穹窿山 345m,无锡惠山 336m,常熟虞山 288m。环绕湖沼平原周缘的碟缘高地,地面高程一般亦仅 4~8m,西缘高于东缘,南缘高于北缘。

太湖平原发育了较为完整的太湖水系。水系以太湖为“中转站”和调蓄库,来自浙西天目山的东、西苕溪水系,从太湖南岸的湖州、长兴一带入湖;发源于宜(兴)溧(阳)山区的荆溪水系,从西岸的大浦、百渎等港入湖。全流域的径流,分别由太湖北部和东部的沙墩口、胥口、瓜泾口、南库口及大浦口等经由望虞河、浏河、吴淞江、黄浦江等泄入长江,其中洪水期的 80%以上的径流通过黄浦江下泄。

再如珠江三角洲地区为典型的平原地貌,其间偶有个别残丘点缀。它地势平坦开阔,区内河渠纵横交错,水网密布,大小河流蜿蜒曲折,河水受潮水顶托明显。由于河流冲积和海潮的进退作用,在该区广泛沉积了厚层的海陆交互相软土。该区软土层一般变化有薄层粉细砂层,砂层厚薄不一,层次有多有少,具有一定水平层理。软土为淤泥和淤泥质土,一般分布于地表硬壳层之下,大部分地区分布一层软土,局部分布有两层软土,其下卧层多为砂层,少数为黏土层。软土层平均厚度 4~6m,局部厚逾 15m,基底为第三系红色岩系软质岩。软土的主要矿物为黏土矿物的高岭土和伊利石。由于黏土堆矿物具有较强的亲水性和表面活动性。同时高岭土和伊利石矿物多为片状,沉积时多呈片堆组构,形成土的絮状结构。

1.3 软土的特点

1.3.1 软土的基本特点

软土具有天然含水量大、孔隙比高、压缩性高、强度低的特点,并具有蠕变性、触变性等特殊的工程地质性质,工程地质条件较差。常见的软土,一般是指处于软塑或者流塑状态下的黏性土。归纳各种定义,总结出软土是一种天然含水量大(接近或大于液限)、压缩性高($a_{1-2} > 0.5 \text{MPa}^{-1}$)、天然孔隙比大于等于 1.0、抗剪强度低(快剪的内摩擦角 $\varphi < 5^\circ$ 、黏聚力 $c < 20 \text{kPa}$)的细粒土。

我国厚度较大的软土,在地质剖面上一般表层约有 0~3m 厚的中或低压缩性黏性土(俗称硬壳层或表土层),其层理上大致可分为以下几种类型:

(1) 表层为 1~3m 厚的褐黄色粉质黏土,第 2、3 层为淤泥质黏土,一般厚约 20m,属高压压缩性土,第 4 层为较密实的黏土层或砂层。

(2) 表层由人工填土及较薄的粉质黏土组成,厚 3~5m,第 2 层为 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 多厚的黏性土,其下为 10m 以上的高压缩性淤泥层。

(4) 表层为 3~5m 厚的褐黄色粉质黏土,以下为淤泥及粉砂夹层交错形成。

(5) 表层同(4),第 2 层为厚度变化很大、呈喇叭口状的高压缩性淤泥,第 3 层为较薄残积层,其下为基岩,多分布在山前沉积平原或河流两岸靠山地区。