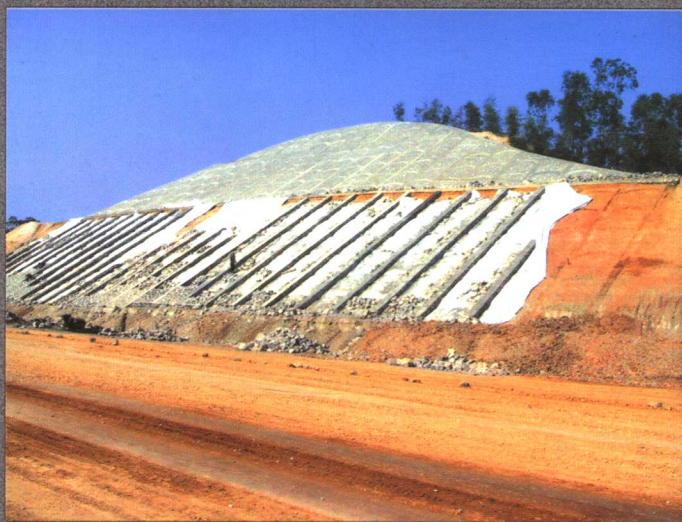


21 世纪岩土工程前沿技术丛书

高液限土路基设计与施工技术

● 王年香 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21世纪岩土工程前沿技术丛书

高液限土路基设计 与施工技术

◎ 王年香 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据目前我国高液限土路基设计与施工现状,结合作者的研究成果,系统地阐述了高液限土路基设计理论与施工技术,具有较强的理论性、先进性、实用性和可操作性。全书共分6章,主要包括:高液限土及其特征、高液限土路基病害、膨胀土工程特性试验研究、高液限土路基计算理论、高液限土路基设计方法、高液限土路基施工技术。

本书较全面系统地反映了我国高液限土路基设计与施工的既有经验和最新发展,可供公路工程及相关专业设计、施工、科研、监理等单位的工程技术人员参考,也可作为高等院校有关专业本科生和研究生的选修课教材。

图书在版编目(CIP)数据

高液限土路基设计与施工技术 / 王年香编著. —北京:
中国水利水电出版社, 2005

(21世纪岩土工程前沿技术丛书)

ISBN 7-5084-3237-1

I. 高... II. 王... III. ①膨胀土地基:公路路基—设计—研究②膨胀土地基:公路路基—工程施工—研究 IV. U416.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第101499号

书 名	21世纪岩土工程前沿技术丛书 高液限土路基设计与施工技术
作 者	王年香 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32开本 10.125印张 273千字
版 次	2005年11月第1版 2005年11月第1次印刷
印 数	0001—4200册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

我国地域辽阔，地质、地形条件复杂，开展大规模的交通建设，将遇到许多复杂的岩土力学与工程问题，其中高液限土路基稳定技术是亟待研究解决的重大技术问题。高液限土种类多、分布广、成因杂，主要有饱和软黏土、膨胀土、红黏土以及有机质土等，具有渗透性差、吸水膨胀、失水收缩、施工压实难度大等特性，如果对公路建设中不可避免地大量遇到的高液限土利用和治理等方面的问题处理不当，将引起路基不均匀变形、边坡剥落、滑塌等事故，影响公路的工程质量和正常使用。

当前，随着公路工程建设规模的不断扩大，公路等级的不断提高，高速公路建设方兴未艾，总结与探索高速公路施工中的技术难题对加快公路建设步伐、提高工程质量、节约工程投资具有十分重要的意义。路基作为高速公路主体工程，应具有足够的强度、稳定性和耐久性。在现行行业标准 JTJ 013—95《公路路基设计规范》和 JTJ 033—95《公路路基施工技术规范》中规定：路基填土应满足液限 w_L 不大于 50%，塑性指数 I_P 不大于 26，含水率 w 不超过规定（即稠度不小于 1.1），及 CBR 实测值大于规定值的要求，否则为非适用土或不良土，不能直接用作路基填料。

近年来，在高速公路施工过程中均遇到数量不等、程度不同的不良土，特别是高液限（ $w_L > 50\%$ ）、高塑性指数（ $I_P > 26$ ）、高天然含水率（ w 超过最佳含水率

的3%)的土,即所谓的“三高”土,给设计和施工带来许多麻烦,影响工程的施工质量,造成很大的经济损失。高液限土的点多、面之广使其合理处治显得尤为重要,因此,如何合理利用高液限土填筑路基引起了广大工程技术人员的高度重视。

高液限土作为路堤填料主要存在以下几个工程问题:①天然含水率问题,高液限土的天然含水率高,要降低其含水率至最佳含水率附近很困难,如果含水率低于塑限,则土体很坚硬,难以粉碎;②水稳定性问题,高液限土的水稳定性不好,按照最佳含水率进行填筑,对路基的稳定性不利,但含水率又不能太高,否则难以压实;③压实度问题,高液限土的压实度很难达到93区的标准,一般都用于93区及以下填筑;④路基填筑技术控制,要做好高液限土的隔水工作,切断高液限土与地下水以及地表水的连通。

关于高液限土路基设计与施工技术,国内外已作了很多研究,研究内容涉及到分类方法、微观结构、测试手段、工程特性、加固方法、改良途径、边坡稳定、本构关系、数值分析、病害防治以及施工工艺等诸多方面,取得了大量的研究成果,为我国的公路建设提供了技术支撑。近几年来,本人作为负责人之一,完成了交通部西部交通建设科技项目——高液限土路基稳定技术研究。该项目在总结分析高液限土路基的工程勘测设计、病害机理、土质改良、边坡稳定措施等方面诸多的成败工程实例的基础上,对高液限土的工程特性、路基治理机理与技术、设计理论与方法、施工与质量控制等内容开展了全面深入系统的研究,形成了一套较为成熟的设计理论与施工技术,并编制了西部地区典型高液限土路基的设计理论和施工技术指南。

本书编写的指导思想是针对高液限土的特点,依据我国的有关技术规范,参考国内外许多研究成果和工程实例,注重理论与实践相结合,尽可能系统阐述高液限土路基的设计理论和施工技术,以满足有关设计、施工、科研、监理等工程技术人员的需要。

本书共分6章。第一章介绍高液限土及其特征,阐述了高液限土的分类,详细分析了各类高液限土的成因、分布、组成及其工程地质特征。第二章介绍高液限土路基病害,通过高液限土路基病害的调研,总结分析了病害类型、成因和机理,着重介绍了病害的处治技术。第三章介绍膨胀土工程特性试验研究,综述了膨胀土的胀缩特性、土-水特征曲线、强度特性、改良处治等方面的主要研究成果。第四章介绍高液限土路基计算理论,主要介绍了高液限土路基附加应力、沉降、固结度、抗剪强度、土压力、边坡稳定、承载力等计算理论和分析方法。第五章介绍高液限土路基设计方法,主要阐述了高液限土路基工程地质勘察、软土地基处治设计及高液限土路基设计、处治设计、边坡防护设计。第六章介绍高液限土路基施工技术,主要阐述了软土地基处治施工技术、高液限土路基施工技术,通过8个工程实例,总结了高液限土路基常用处治的设计要点、施工工艺和质量控制标准等。

本书在编写工程中参考了大量的技术文献,引用了国内外许多专家学者的研究成果和资料,在此一并表示诚挚的谢意。

本书得到南京水利科学研究院出版基金的资助,中国水利水电出版社的韩月平策划编辑为本书的出版做了大量艰辛、细致的工作,在此作者非常感激,并向支持该书出版的各位领导表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不当之处,恳请各位专家和读者批评指正。

作 者

2005年4月于南京

前言

第一章 高液限土及其特征	1
第一节 高液限土的分类.....	1
第二节 软土及其特征.....	3
第三节 膨胀土及其特征.....	9
第四节 红黏土及其特征	39
第二章 高液限土路基病害	50
第一节 高液限土路基病害调研	50
第二节 高液限土路基典型病害	61
第三节 高液限土路基病害处治	70
第四节 公路构造物地基基础病害与处治	88
第三章 膨胀土工程特性试验研究	93
第一节 膨胀土的胀缩特性	93
第二节 膨胀土的土-水特征曲线	105
第三节 膨胀土的强度特性.....	112
第四节 膨胀土的改良.....	126
第四章 高液限土路基计算理论	143
第一节 地基附加应力.....	143
第二节 地基沉降.....	147
第三节 地基固结度.....	152
第四节 地基抗剪强度.....	160
第五节 土压力理论.....	168

第六节	边坡稳定分析	172
第七节	地基承载力	187
第五章	高液限土路基设计方法	194
第一节	高液限土地基工程地质勘察	194
第二节	软土地基处治设计	206
第三节	高液限土路基设计	218
第四节	高液限土路基处治设计	232
第五节	高液限土路基边坡防护设计	240
第六章	高液限土路基施工技术	249
第一节	软土地基处治施工技术	249
第二节	软土地基监测技术	261
第三节	路基施工技术	271
第四节	试验段工程	276
第五节	高液限土路基处治实例	279
参考文献		309

第一章

高液限土及其特征

第一节 高液限土的分类

一、分类依据

国家标准 GBJ 145—90《土的分类标准》和行业标准 JTJ 051—93《公路土工试验规程》规定，应以土的下列特征作为土的分类依据。

- (1) 土颗粒组成及其特征。
- (2) 土的塑性指标：液限 (w_L)、塑限 (w_P) 和塑性指数 (I_P)。
- (3) 土中有机质存在情况。

土的颗粒应根据图 1-1 所列粒组范围划分粒组。目前，世界多数国家已采用 0.002mm 作为标准。国家标准 GBJ 145—90《土的分类标准》采用 0.005mm 作为黏粒上限。但鉴于我国公路部门在过去多采用 0.002mm 作为黏粒上限，路基路面设计、施工中有关参数例如土基回弹模量、路基填土高度等的提出，均以此作为基础，故行业标准 JTJ 051—93《公路土工试验规程》采用 0.002mm 作为黏粒上限。

粒径 200 60 20 5 2 0.5 0.25 0.074 0.002(mm)									
巨粒组		粗粒组						细粒组	
漂石 (块石)	卵石 (小块石)	砾(角砾)			砂			粉粒	黏粒
		粗	中	细	粗	中	细		

图 1-1 土颗粒粒组的划分



二、分类方法

当液限大于 50%，即图 1-2 中 B 线以右，统称为高液限土。根据土的颗粒组成，高液限土可细分为高液限黏土、含砂高液限黏土、含砾高液限黏土、高液限粉土、含砂高液限粉土、含砾高液限粉土，详见表 1-1。若高液限土样在 105~110℃ 的烘箱中烘烤 24h 后，液限小于烘烤前的 3/4，则称为有机质高液限土，其又可分为有机质高液限黏土和有机质高液限粉土，详见表 1-2。膨胀土 (CHE) 是一种高液限黏土，分布范围：大部分在 A 线以上， $w_L > 50\%$ ；红黏土 (MHR) 是一种高液限粉土，分布范围：大部分在 A 线以下， $w_L > 55\%$ ，详见图 1-3。因此，高液限土主要包括软土、膨胀土和红黏土。

表 1-1 高液限土的划分

液限 w_L	塑性指数 I_P	粗粒组组成	土代号	土名称
$w_L \geq 50\%$	$I_P \geq 0.73(w_L - 20)$	粗粒组 $\leq 25\%$	CH	高液限黏土
		$25\% < \text{粗粒组} \leq 50\%$ ，且 砂粒 $\geq$ 砾粒	CHS	含砂高液限黏土
		$25\% < \text{粗粒组} \leq 50\%$ ，且 砂粒 $<$ 砾粒	CHG	含砾高液限黏土
	$I_P < 0.73(w_L - 20)$	粗粒组 $\leq 25\%$	MH	高液限粉土
		$25\% < \text{粗粒组} \leq 50\%$ ，且 砂粒 $\geq$ 砾粒	MHS	含砂高液限粉土
		$25\% < \text{粗粒组} \leq 50\%$ ，且 砂粒 $<$ 砾粒	MHG	含砾高液限粉土

表 1-2 有机质高液限土的划分

有机质土	液限 w_L	塑性指数 I_P	土代号	土名称
若土样烘烤 24h 后，液限小于烘烤前的 3/4	$w_L \geq 50\%$	$I_P \geq 0.73(w_L - 20)$	CHO	有机质高液限黏土
		$I_P < 0.73(w_L - 20)$	MHO	有机质高液限粉土

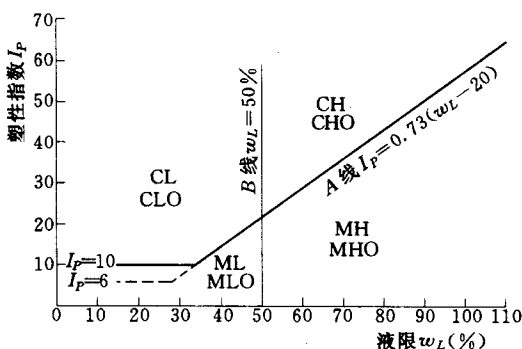


图 1-2 塑性图

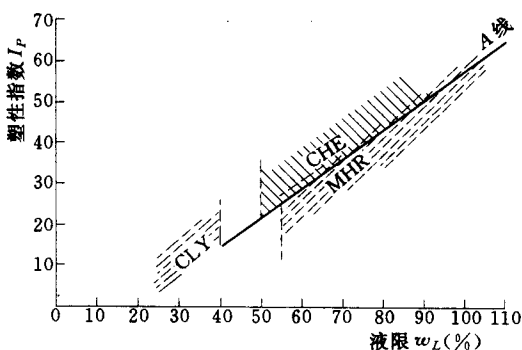


图 1-3 特殊土塑性图

第二节 软土及其特征

在高速公路建设中,不可避免地会遇到软土地基问题。软土地基具有含水率高、天然孔隙比大、压缩性高、渗透性小、抗剪强度低、固结系数小等不利的工程性质。天然地基承载力往往不能满足工程设计的要求,使路基失稳或沉降过大,引起路基纵、横向开裂等病害。因此,需要对地基进行加固处理。



一、软土的概念与鉴别

国内外对软土均无统一定义,不同的专业技术部门的解释也不尽相同。有的把软土视为软黏土的简称,有的把软土视为整个软弱土层的简称,有的把软土视为软弱土基的简称。

我国交通部行业标准 JTJ 017—96《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》将软土定义为“滨海、湖沼、谷地、河滩沉积的天然含水率高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低的细粒土”,其鉴定标准如表 1-3。铁路部门将软土定义为“在静水或缓慢的流水环境中沉积,经生物化学作用形成的饱和软弱黏性土”,建议的软土鉴别标准如表 1-4。建设部颁布的 JGJ 83—91《软土地区工程地质勘察规范》规定,凡符合以下三项特征即为软土:①外观以灰色为主的细粒土;②天然含水率不小于液限;③天然孔隙比不小于 1.0。《工程地质手册》对软土的解释为:“软土是指天然含水率大、压缩性高、承载能力低的一种软塑到流塑状态的黏性土,如淤泥、淤泥质土以及其他高压缩性饱和黏性土、粉土等。”国家标准 GBJ 50021—2001《岩土工程勘察规范》中规定:天然孔隙比大于或等于 1.0,且天然含水率大于液限的细粒土应判定为软土,包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等,其压缩系数大于 0.5MPa^{-1} ,不排水抗剪强度小于 30kPa 。

表 1-3 交通部行业标准的软土鉴别

特征指标名称	天然含水率	天然孔隙比	十字板剪切强度
指标值	$\geq 35\%$ 或液限	≥ 1.0	$< 35\text{kPa}$

表 1-4 铁路部门建议的软土鉴别

特征指标名称	天然含水率	天然孔隙比	压缩模量 E_s	标准贯入击数 $N_{63.5}$	静力触探贯入阻力 P_s	不排水强度 C_u
指标值	接近或大于液限	> 1.0	$< 400\text{kPa}$	< 2	$< 700\text{kPa}$	$< 25\text{kPa}$



由此可见,国内各部门对软土的定义虽不尽相同,但可归纳为软土包括淤泥、淤泥质黏土、淤泥质粉土、泥炭、泥炭质土等,是一种天然含水率大(接近或大于液限)、压缩性高($a_{1-2} > 0.5 \text{MPa}^{-1}$)、天然孔隙比大于或等于 1.0、抗剪强度低(快剪的内摩擦角 $\varphi < 5^\circ$,凝聚力 $c < 20 \text{kPa}$)的细粒土。

二、软土的类型

我国软土,按其成因可分为三大类,按其沉积环境的不同又可分为七种类型。表 1-5 列出了我国软土的类型和特征。

表 1-5 软土的类型及特征

类型	厚度 (m)	特 征	分布概况
滨海沉积	滨海相	6~200 面积广,厚度大,常夹有砂层,极疏松,透水性较强,易于压缩固结	沿海地区
	三角洲相	5~60 分选性差,结构不稳定,粉砂薄层多,有交错层理、不规则尖灭状及透镜体状	
	泻湖相	5~60 颗粒极细,孔隙比大,强度低,常夹有薄层泥炭	
	溺谷相	颗粒极细,孔隙比大,结构疏松,含水率高,分布范围较窄	
内陆平原	湖相	5~25 粉土颗粒占主要成分,层理均匀清晰,泥炭层多是透镜体状,单分布不多,表层均有小于 5m 的硬壳	洞庭湖、太湖、鄱阳湖、洪泽湖周边
	河床相、河漫滩相、牛轭湖相	<20 成层情况不均匀,以泥炭及软黏土为主,含砂与泥炭夹层	长江中下游、珠江下游及河口、淮河平原、松辽平原
山地沉积	谷地相	<10 呈片状、带状分布,谷底有较大的横向坡,颗粒由山前到谷中心逐渐变细	西南、南方山区或丘陵地区

(一) 沿海软土

分布于沿海的软土大致可分为四种类型,即滨海相、三角洲相、泻湖相和溺谷相。



1. 滨海相

滨海的水动力状况比较复杂, 主要受到波浪和潮汐作用, 使砂土沉积。粗砂在近海岸处沉积, 而细颗粒物向海方向搬运, 形成不对称的波痕, 并在海滩边缘形成一系列平行海岸的连续的砂脊或沙丘, 从而使滨海相软土在沿岸与垂直岸方向有较大的变化。交错层理是其沉积特征。

2. 三角洲相

当河流流至海洋时, 流速急剧减小, 因此, 河水携带的沉积物质在河口沉积。以这种方式堆积在陆相和海相环境边界上的沉积物构成了三角洲。由于河流和海洋的复杂交替作用, 而使软土层与薄层砂交错沉积, 形成不规则的透镜体夹层, 分选程度差, 结构疏松, 颗粒细。表层为褐黄色的黏性土, 其下则为厚层的软土或软土夹薄砂层。三角洲相沉积是一个多种沉积环境的沉积体系, 包括三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲。

3. 泻湖相

沉积物颗粒细微, 分布范围较广阔, 常形成滨海平原。表层为较薄的黏性土层, 其下为厚层淤泥层, 在泻湖边缘常有泥炭堆积。

4. 溺谷相

分布范围略窄, 结构疏松, 在其边缘表层常有泥炭堆积。

(二) 内陆平原淤泥和淤泥质土

1. 湖相沉积

如滇池东部及其周围地区, 洞庭湖、洪泽湖盆地, 太湖流域的杭嘉湖地区等属之。其组成和构造特点是组成颗粒细微、均匀, 富含有机质。淤泥成层较厚, 不夹或很少夹砂, 且往往具有厚度和大小不等的肥淤泥与泥炭夹层或透镜体。因此, 其工程性质往往比一般滨海相沉积者差。例如昆明的滇池由于受基岩地质构造影响, 湖体向西偏移, 湖体东部淤泥和淤泥质土夹泥炭层沉积大面积出露, 淤积厚度近湖边最厚达 100 多米, 靠外面逐渐变薄, 一般达 10~20m。其中肥淤泥和泥炭层土质极差, 厚 2m 左



右，其天然含水率达 200%，压缩系数一般为 $1 \sim 2 \text{MPa}^{-1}$ 。

2. 河流漫滩与废河道相沉积

河流沉积环境可分为三类：①河床，包括邻近流线的区域、河床边缘的浅滩和砂嘴；②天然冲积堤（河岸沉积物），由河床侧向泛滥形成的全部沉积物组成；③泛滥平原（漫滩沉积物），包括溢出河床的泛滥期沉积物和河岸沉积物。在河流下游靠近河口处，冲积物厚度和范围都很大，被称为冲积平原，其大部分沉积物由高洪水位期间的泛滥平原堆积物组成，并逐渐过渡到河流三角洲（海相）沉积。河漫滩沉积典型的粒径分布为：砂粒 5%~10%，粉粒 20%~40%，黏粒 35%~60%，有机质含量为 1%~10%（主要由含黏粒的悬液沉积的碎屑带来）。其中间粒径为 0.005~0.06mm。河流漫滩相沉积的工程地质特征是具有层理和纹理特性，有时夹细砂层，不会遇到很厚的均匀沉积，有明显的二元结构。上部为粉质黏土、砂质粉土，具微层理，但比滨海相的间隔厚些，一般层厚为 3~5cm 以至十几厘米；下部为粉砂、细砂。由于河流的复杂作用，常夹有各种成分的透镜体（淤泥、粗砂、砂卵石等），特别是局部淤泥透镜体的存在，造成地基不均一，强度小，承载力变化大（变化幅度可达 60~150kPa）。

废河道牛轭湖相沉积物一般由淤泥、淤泥质黏性土及泥炭层组成，处于流动或潜流状态。它是由河道淤塞沉积而成，工程性质与一般内陆湖相者相近，通常处于正常固结状态，液性指数接近 1。牛轭湖沉积物只是表面变干，硬壳层下的黏土依然很软。以后，硬壳又可被泛滥平原沉积物所覆盖，软土层仅在重力作用下固结。当现场勘测疏漏时，会造成不均匀沉降。

（三）山地型

在我国广大山区沉积有一类形成环境和性质不同于一般内陆平原和沿海地区的“山地型”淤泥和淤泥质土。其成因主要是由于当地的泥灰岩、炭质页岩、泥砂质页岩等风化产物和地表的有机物质经水流搬运，沉积于原始地形的低洼处，长期饱水软化，



间有微生物作用而形成。成因类型以坡洪积、湖积和冲积三种为主。它们在分布上总的特征是，分布面积不大、厚度变化悬殊。这是因为，山区软土的分布严格地受着成土母岩的出露位置和地形地貌（沉积环境）的控制，一般分布在冲沟、谷地、河流阶地和各种洼地，广大山区，特别是属于山地型高原的西南地区，宜于沉积和形成软土的上述地貌形态数量较多、面积小、起伏大，兼之山区地表径流易于消涨，沉积物质分选条件极差，这一切便决定了这些地区软土分布位置和厚度变化悬殊的特点，从而构成了软土地基的严重不均匀性。在贵州省，有的软土水平分布面积不超过 500m^2 ，总厚度不超过 20m ，但厚度变化较大，多呈透镜状或鸡窝状分布，有时相距不过 $2\sim 3\text{m}$ ，厚度相差竟达 $7\sim 8\text{m}$ 之多。这种情况在平原地区是少见的。

在“山地型”软土的几个主要成因类型中，常以坡洪积相分布最广，其物理力学性质差异很大；冲积相的土层很薄，土质较好；湖沼相的一般有较厚的泥炭层和肥淤泥，土质往往比平原湖相的还差；坡洪积相的性质介于两者之间。

三、软土的工程性质

表 1-6 列出了软土的主要物理力学特性，软土无论按成因还是按土质划分，种类较多，但它们都具有下列特性。

(1) 颜色以深色为主，粒度成分以细粒为主，有机质含量高。

(2) 天然含水率高，容重小。天然含水率大于液限，一般为 $50\%\sim 70\%$ ，液限一般为 $40\%\sim 60\%$ 。

(3) 天然孔隙比大，一般大于 1.0。

(4) 渗透系数小，一般在 $10^{-4}\sim 10^{-8}\text{cm/s}$ 之间，水平向渗透性大于垂直向。

(5) 压缩性高，压缩系数 a_{1-2} 一般为 $0.7\sim 1.5\text{MPa}^{-1}$ ，最大可达 4.5MPa^{-1} ，且随着土的液限和天然含水率的增大而增高。

(6) 抗剪强度低，快剪凝聚力小于 10kPa ，内摩擦角小于



5°, 固结快剪凝聚力小于 15kPa, 内摩擦角小于 10°。

(7) 灵敏度高, 灵敏度一般在 2~10 之间, 有时大于 10, 并具有显著的流变特性。

表 1-6 软土的主要物理力学特征

类型	天然 容重 γ (kN/m ³)	含水率 w (%)	孔隙比 e	有机质 含量 (%)	压缩 系数 a_{1-2} (MPa ⁻¹)	渗透 系数 k (cm/s)	快剪强度		标准 贯入值 $N_{63.5}$
							c_u (kPa)	φ_u (°)	
软黏土			>1.0	<3					<2
淤泥质土	16~19	$w_L < w < 100$	1.0~1.5	3~10	>0.3	<10 ⁻⁶	<20	<10	
淤泥			>1.5						
泥浆质土	10~16	100~300	>3	10~50	>2.0	<10 ⁻³	<10	<20	
泥炭	10	>300	>10	>50		<10 ⁻²			

第三节 膨胀土及其特征

膨胀土是一种吸水膨胀、失水收缩开裂的特殊高液限黏土。其矿物成分以强亲水性矿物蒙脱石和伊利石为主。在自然条件下, 多呈硬塑或坚硬状态, 裂隙较发育, 常见光滑面和擦痕, 裂缝随气候变化张开和闭合, 并具有反复胀缩的特性; 多出露于二级及二级以上的阶地、山前丘陵和盆地边缘, 地形坡度平缓, 无明显自然陡坎。主要特征有胀缩性、裂隙性和超固结性。

一、膨胀土的分布和成因

我国是世界膨胀土分布最广、面积最大的国家之一。自 20 世纪 50 年代以来, 我国各地先后发现膨胀土危害的地区, 已达 20 余个省 (自治区、直辖市), 遍及西南、中南、华东, 以及华北、西北和东北的一部分, 广泛分布在从黄海之滨到川西平原, 从雷州半岛到华北平原之间的狭长地带。根据各地资料和国内历次有关膨胀土会议的文件记载, 我国已陆续发现有膨胀土的省 (自治区、直辖市) 主要有: 云南、贵州、四川、陕西、广西、