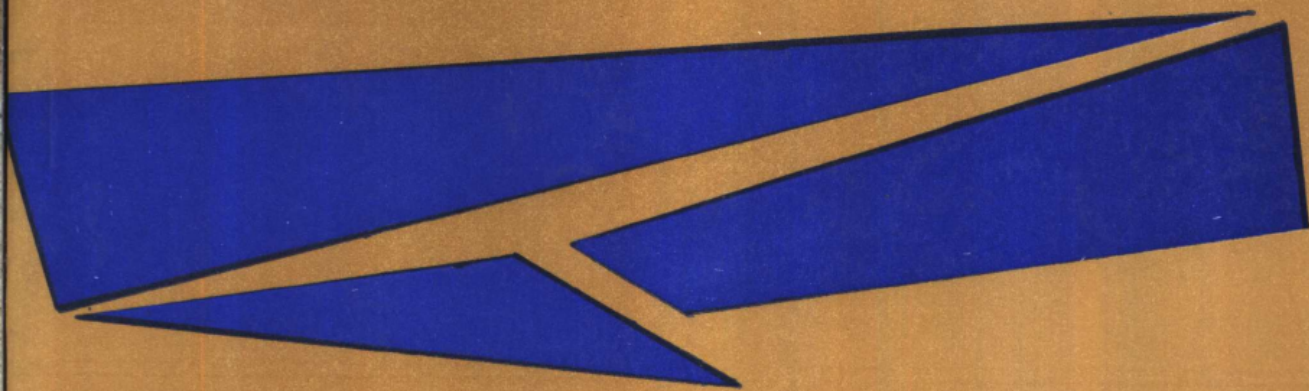


裂隙性粘土

孔德坊 等著



地质出版社

111.23
K-37

中国科学院工程地质力学开放实验室
成都理工学院工程地质研究所

裂 隙 性 粘 土

孔德坊 等著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

S16228

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书是一项专题研究成果。书中从地质学和工程地质学的基本观点出发,采用多种科学技术,系统研究了裂隙性粘土的地质特征、力学特性、裂隙和隙壁组成物的成因和在不同要素条件下裂隙对粘土力学性能的效应,并从微观上通过含裂隙粘土在压力作用下质点的位移特征,探讨了裂隙和隙壁组成物的变形在裂隙性粘土变形的作用。

本书可供从事工程地质、土力学、岩土工程等方面的科学技术工作者参考,也可作为高年级本科大学生和研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

裂隙性粘土/孔德坊等著. —北京:地质出版社,1994.7

ISBN 7-116-01661-9

I. 裂… II. 孔… III. 粘土,裂隙性-研究 IV. P619.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 04026 号

地质出版社出版
(100013 北京和平里七区十号楼)
责任编辑:曹雨 屠涌泉

康利胶印厂印刷 新华书店总店科技发行所经销
开本:787×1092 1/16 印张:5.125 字数:115千字
1994年7月北京第一版 1994年7月北京第一次印刷
印数:1000册 定价:4.25元
ISBN 7-116-01661-9
P·1342

序

裂隙性粘土分布很广,我国西南、中南、华东、华北广大地区均有分布。这是一种含有裂隙的粘土,本书特指为分布在地表 2m 以下裂隙发育的粘土。这种土的工程性质特殊,常发生地基破坏和边坡失稳事故,引起了工程地质界的普遍关注。特别是它的地质特征,其裂隙的工程地质特性和成因及对土体力学性能的控制作用,这些国内外研究很少的方面,值得进行专门性研究。

有鉴于此,中国科学院工程地质力学开放实验室设立了裂隙性粘土研究课题,由我国著名工程岩土学专家孔德坊教授为主承担了这项研究任务。选择了四川成都、陕西安康、湖北襄樊、安徽合肥和江苏南京裂隙性粘土发育较为典型的五个地区,开展了大量研究工作。数年来孔德坊教授等付出了辛勤的劳动,进行了深入全面的研究,取得了丰富详实的资料,做出了出色的成绩,在开放实验室学术委员会上被评为达到国际先进水平的优秀成果。并决定予以出版,以供各方面的参考。

这项研究所以取得成功,无疑是与著者正确合理的研究思路分不开的。他们把地质研究放在主要地位。宏观上在现场深入细致地研究裂隙性粘土的地质背景,土体的成因类型、时代、岩性,裂隙的分布特点、产状、发育规模和形态特征,隙壁灰白色粘土的厚度、特征等;微观上在偏光镜和电镜下观察粘土的矿物成分、粒度成分和微结构。实验室的分析、鉴定和试验工作也很全面精细,对土的工程地质特性,特别是土的胀缩性有了全面系统的了解,得到大量精确可靠的数据。凡此,为论证裂隙和隙壁粘土的成因及其对土体力学性能的控制打下了坚实的基础,提供了充分的依据。

对于裂隙的成因,本书以成都粘土为例,作了精辟的论述,对各种可能的原因一一作了分析,最后认为卸荷作用是裂隙产生的根本原因。这是根据裂隙的存在部位、产状、组合形式、力学属性和裂隙面的微结构特点等所能作出的最合理的解释。固结试验与计算结果表明,成都粘土已有厚度大于 20m 的上覆土层被剥蚀掉,由此形成的垂向卸荷作用,产生了具有明显张性特点的波状水平裂隙。同时由于冲沟发育而形成的侧向卸荷与上述垂向卸荷联合作用的结果,产生了土层中下部具有剪切性质的倾斜裂隙系统。这一论点具有创新性,在国内外是一项突破,得到了著者所做的物理模拟试验和数值模拟分析的验证。当然,这一初步认识还有待于进一步验证。

隙壁灰白色粘土的成因也是国内外缺乏论证的问题,本书作了深入探讨。首先根据化学分析的结果,发现隙壁灰白色粘土中高价铁的含量明显低于母体土,因而提出了地下水沿裂隙长期流动过程中隙壁粘土遭受淋滤作用,高价铁含量减少,土色由红变白的看法,并用淋滤试验证明了这一认识的正确性。隙壁灰白色粘土外观上所以显得均匀细腻也由此得到合理的解释。

裂隙及隙壁粘土必然对土体的力学性能产生影响,成为土体变形破坏的控制面。对此本书从裂隙倾角、数量和隙壁粘土厚度的效应进行了分析,得出了重要的结论,对生产实际

很有参考价值。为了说明裂隙和隙壁粘土对土体变形影响的程度,又采用激光散斑法进行微观研究,这也是一种创新性的尝试。

裂隙粘土体犹如岩体那样,其力学性能受着结构面的控制,具有灰白色粘土的裂隙在土体中起着软弱夹层的作用。从这点来说本书对岩体研究也具有启发意义,正如本专著所说:将土体一概作为均质各向同性和连续介质的传统观念应予改变。

本书虽非完美无缺,但是它的成熟老练,现场地质考察的认真仔细,实验室测试的精确周全,新技术新方法的吸取应用,以及资料的分析整理,不单可以从中学到一套研究方法,而且也学到了实事求是、严肃治学的态度。本书必将在我国工程地质勘察工作中起到一定的指导作用,成为广大读者的良师益友。

张咸恭

1994. 3.

前 言

关于“裂隙性粘土”一词的概念,在国内、外文献中理解颇不一致,最广义的理解可包括凡是含有裂隙的一切粘土。《地质辞典》(地质出版社,1986)收录了“裂隙粘土”词条(第四卷,P394),作为“裂土或硬粘土”的同义词,定义为“裂隙很发育的一种特殊粘土”。“裂土”一词常见于我国过去的铁路工程地质文献中,虽未见明确定义,顾名思义可能为“裂隙粘土”的简称,但所指的对象一般似与“膨胀土”一致。严格说来,“裂土”和“膨胀土”两个术语是根据不同特性描述粘土的,而且它们对工程建筑物的危害机制也迥异。大量调查研究资料表明,含裂隙的粘土虽然都具有不同程度的膨胀性(因为它们本质上都属于粘土),但是它们并不都属于膨胀土(按国标 GBJ112-87 判别),而且在膨胀土中也不一定都含有大量裂隙,因而不应对此二者作为同义词看待。此外,在自然界中,出露在地表的粘土,因受气候条件的强烈影响,在干、湿反复变化过程中其表部一般都发育有大量短小而随机的裂隙,它们分布的深度范围多不超过 1.5m,一般不大于建筑物基础的砌置深度,从工程地质观点考虑,它们并不具有重要的实际意义。因此,在本书中所讨论的“裂隙性粘土”,主要指分布在深度 1.5m 以下、常作为建筑物地基持力层或边坡主要组成物的、裂隙发育的粘土。

对裂隙性粘土分布地区建(构)筑物变形和破坏的大量调查分析表明,建(构)筑物的变形和破坏并不都是单纯由于地基土体中含水率变化导致土体胀、缩变形而引起的,在许多情况下它们并不是主要原因,而往往与土体中裂隙的存在使地基在建筑物附加荷载作用下发生差异压缩变形有关;边坡的稳定性受裂隙特征的制约则更是普遍存在的事实。从工程地质观点研究粘土中的裂隙及其对土体力学性能的控制性,对于合理利用裂隙性粘土和有效地保证建(构)筑物的正常运营,显然是十分重要的。此外,粘土体是一种地质时代较新的、一般呈可塑状态的地质体。也许是由于其中裂隙的存在不像在古老岩体中那样普遍,迄今尚未得到地质学家们应有的关注,从而在地质学研究领域中留下了许多空白。因此,对于粘土裂隙性的研究不仅是工程建设的需要,而且在地质学方面也具有不可忽视的理论意义。

本书是一项历经十年的专题研究成果,是在研究报告的基础上撰写的。成都理工学院(原成都地质学院,1983—1985)和中国科学院工程地质力学开放实验室(1986起)为此先后设立了课题,并提供经费支持。研究报告经中国科学院工程地质力学开放实验室学术委员会评审鉴定(1993.3),并给予了较高的评价。研究工作的参加者先后有:孔德坊、张惠英、田金花、邓京萍、彭盛恩、赵翔、胡卸文和李群丰八人。研究报告由孔德坊、张惠英、田金花和胡卸文编写,最后由孔德坊编纂成书。成都理工学院工程地质研究所的张品萃和李勤参加了部分试验工作;徐进工程师在物理模拟试验方面给予了大力协助和指导。全书的插图是由李志侃同志清绘的。

应当说明的是,这里包含了邓京萍、赵翔硕士学位论文的主要研究内容,以及胡卸文、李群丰硕士学位论文的部分研究成果。

本书承我国工程地质界前辈、著名工程地质学家张咸恭教授作序;研究中参阅了国内、外学者的大量文献和著作,在此一并谨表衷心的感谢。

目 录

序

前言

1. 绪言	(1)
2. 裂隙性粘土的地质特征和工程地质性质	(3)
2.1 裂隙性粘土的地质特征	(3)
2.1.1 宏观地质特征	(3)
2.1.2 物质成分	(4)
2.1.3 微结构特征	(7)
2.2 裂隙性粘土的工程地质特性	(10)
2.2.1 一般工程地质性质	(10)
2.2.2 胀缩性	(11)
2.2.3 可压缩性	(20)
2.2.4 抗剪强度	(21)
3. 裂隙的工程地质特性	(28)
3.1 研究地区粘土中裂隙的发育特征	(28)
3.1.1 裂隙的分布特点	(28)
3.1.2 裂隙的产状和发育规模	(30)
3.1.3 裂隙的宏观和微观形态特征	(33)
3.2 隙壁灰白色粘土的成分和结构	(35)
3.2.1 隙壁灰白色粘土的厚度	(35)
3.2.2 隙壁灰白色粘土的成分	(36)
3.2.3 隙壁灰白色粘土的微结构特征	(38)
3.3 隙壁灰白色粘土的工程地质特性	(39)
3.3.1 一般性质	(39)
3.3.2 力学特性	(39)
4. 裂隙成因的探讨	(42)
4.1 关于粘土中裂隙成因的几种主要见解	(42)
4.2 成都粘土中裂隙成因的分析	(43)
4.3 裂隙形成过程的物理模拟研究	(46)
4.3.1 模型的抽象和设计	(46)

4.3.2	试验过程	(47)
4.3.3	试验结果和分析	(48)
4.4	裂隙形成过程的数值模拟分析	(50)
4.4.1	对数值模拟中几个问题的处理	(50)
4.4.2	计算结果和分析	(52)
5.	隙壁灰白色粘土成因的探讨	(55)
5.1	从宏观地质特征对隙壁组成物可能成因的分析	(55)
5.2	由原母体土转化为灰白色粘土的可能性	(56)
6.	裂隙对土体力学性能的控制作用	(59)
6.1	裂隙倾角的效应	(59)
6.2	裂隙数量的效应	(61)
6.3	隙壁粘土厚度的效应	(63)
6.4	含裂隙粘土试样变形的微观研究	(65)
6.4.1	试验原理	(65)
6.4.2	试验装置	(66)
6.4.3	试验结果和分析	(67)
7.	主要结论	(72)
	主要参考文献	(74)

CONTENTS

Preface

1. Introduction	(1)
2. Geological characters and engineering geological properties of fissured clay	(3)
2.1 Geological characters of fissured clay	(3)
2.1.1 Macroscopic geological characters	(3)
2.1.2 Composition	(4)
2.1.3 Micro-structure	(7)
2.2 Engineering geological properties of fissured clay	(10)
2.2.1 General engineering geological properties	(10)
2.2.2 Swelling and shrinkage features	(11)
2.2.3 Compressibility	(20)
2.2.4 Shear strength	(21)
3. Engineering geological characters of fissures	(28)
3.1 Development features of fissure of soil mass in researched area	(28)
3.1.1 Distribution of fissures	(28)
3.1.2 Attitude and development of fissures	(30)
3.1.3 Macro- and microscopic features of fissures	(33)
3.2 Composition and structure of greyish - white clay composing fissure - walls	(35)
3.2.1 Thickness of greyish - white clay	(35)
3.2.2 Composition of greyish - white clay	(36)
3.2.3 Structure of greyish - white clay	(38)
3.3 Engineering geological properties of greyish - white clay	(39)
3.3.1 General characteristics	(39)
3.3.2 Mechanical properties	(39)
4. Discussion on origin of fissures in the clay mass	(42)
4.1 Main opinions about origin of fissures in the past	(42)
4.2 Analysis to origin of fissures in Chengdu clay	(43)
4.3 Physical simulated research on form process of fissure system	(46)
4.3.1 Drawing and design of model	(46)

4.3.2	Test	(47)
4.3.3	Results and analysis	(48)
4.4	Numerical simulation analysis to form process of fissure system	(50)
4.4.1	Treatment of several problems of numerical simulation	(50)
4.4.2	Results and analysis	(52)
5.	Discussion on origin of greyey – white clay composing fissure – walls	(55)
5.1	Analysis of origin from macroscopic geological characteristics	(55)
5.2	Possibility of transformation from originical yellow soil into greyey – white soil	(56)
6.	Contral of fissures to mechanical properties of soil mass	(59)
6.1	Effect of dip angle of fissure	(59)
6.2	Effect of quantity of fissure	(61)
6.3	Effect of thickness of clay composing fissure – walls	(63)
6.4	Microscopic study to deformation of fissured clay specimen	(65)
6.4.1	Principle of test	(65)
6.4.2	Installation for test	(66)
6.4.3	Results and analysis	(67)
7.	Main conclusions	(72)
References	(74)

1. 绪 言

粘土是一种在地质历史的长河中相当年轻的沉积物,所经历的地质作用相对较少,除表层风化裂隙而外,在一定深度以下并不是所有的粘土层中都有裂隙发育;然而,在自然界中也确有许多粘土体具有不同程度的裂隙性。根据国内、外大量文献资料的记载,在全世界范围内,裂隙性粘土的分布较为广泛,涉及了亚、欧、美、非各大洲的许多国家;在我国,西南、中南、华东、华北广大地区均有分布。它们都属于更新世及其以前沉积的超固结粘土。

尽管在土力学和工程地质学领域对粘土的研究中,除层面不连续面而外,迄今仍基本上将其作为连续体看待,但是从粘土地基变形破坏和边坡失稳大量事故的分析以及对粘土力学特性的实验研究中,早在 20 世纪 30 年代就已发现裂隙所起的重要作用。遗憾的是并未引起研究者们对此问题的足够重视,直至六十年代才在有关文献中见到对这方面的论述。主要研究者如 P. G. Fookes, A. W. Skempton, Lo. K. Y. A. Chudnovsky, A. B. Williams, J. M. Duncan, L. Bjerrum, Mc Gown, A. 等。在此领域中,他们主要论及粘土体中裂隙的形态、分布和成因以及裂隙性粘土的变形、强度、边坡稳定性和试验方法等方面。综合上述研究成果,其基本特点如下:

- (1) 多从土力学角度着眼,将此类粘土作为一种“材料”,而将其作为地质历史形成物的研究较少;
- (2) 对裂隙性粘土变形和强度笼统的研究较多,而在裂隙对土体变形和强度的控制性方面具体的分析研究很少;
- (3) 关于裂隙的成因,根据其宏观特征进行一般性推论的较多,但缺乏较确切的论据。

裂隙性粘土在我国虽然分布较广,但研究情况和程度大体上也与国外相当,尤其在从裂隙性研究粘土体或者专门研究粘土体中裂隙的文献则更少见。

从上述中可以看出,对于裂隙性粘土的研究,无论是其地质特征(尤其作为控制裂隙空间分布规律的裂隙成因)及其与土体力学性能的关系,或者是在裂隙的力学特性及其对土体总体力学性能的作用方面,都存在着大量的研究空白。总的来说,还缺乏系统的工程地质研究。而这种研究对于深入掌握此类粘土的工程地质特性,更有效地利用它们,防止建筑物事故的发生,是十分重要的。

存在于自然界中的粘土体及其中的裂隙都是地质作用的综合结果。对于这种地质历史形成物的工程地质系统研究,显然首先必须进行广泛、深入的现场考察和大量、系统的分析、鉴定工作,以充分认识其生成和存在的地质环境以及作为地质历史直接记录的各种地质特征;在此基础上,开展对土体和裂隙力学特性的试验研究,同时,综合分析能够给人们以成因启示的各种地质迹象,以得出关于裂隙和隙壁组成物的可能成因的概念性认识,并采用现代模拟(物理的和数值的)试验分析技术加以验证;最后,通过专门性试验研究以探讨裂隙对土体力学性能的控制性作用。这一研究思路,可以概括为图 1-1 中所示的框图。

本项研究选择了四川成都、陕西安康、湖北襄樊、安徽合肥和江苏南京五个地区裂隙发

育程度不同的粘土为研究对象。其中以成都粘土为重点,进行了裂隙和隙壁组成物成因等方面的深入研究,试图通过这一重点剖析提出一条有效的研究途径,以作为今后研究其它地区裂隙性粘土类似问题的借鉴。

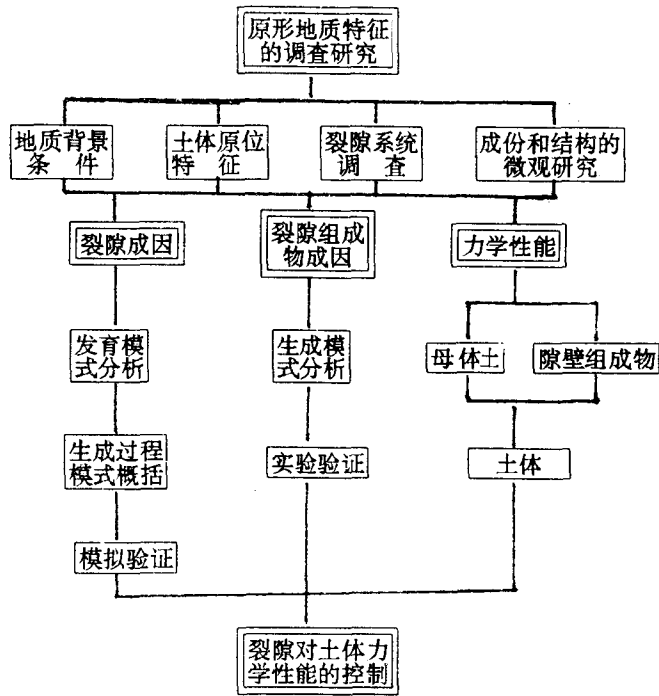


图 1-1 研究思路框图

2. 裂隙性粘土的地质特征和工程地质性质

2.1 裂隙性粘土的地质特征

2.1.1 宏观地质特征

岩土体的宏观地质特征主要包括层位、厚度、岩性和肉眼可见的结构,它们是地质历史的直接记载,从而也是分析其成因、沉积时代和判断其工程地质特性的重要依据。

将所研究的五地区裂隙性粘土分布的地貌环境、成因、沉积时代等地质要素列于表 2-1 中。从表中可见,它们多分布在盆地或平原中的河流阶地上;主要属冲积和冰水沉积物;沉积时代均为更新世,以晚更新世为主;沉积厚度不等,但本次研究中重点观察的厚度约为 8~15m。

表 2-1 裂隙粘土的分布、成因、时代一览表

名称	分布区域(研究调查地区)	地貌单元	成因类型	时代	沉积厚度	观察厚度
CD 粘土	川西平原成都市东郊至龙泉山麓(龙潭寺、石灵等)	■级阶地	冰水沉积	晚更新世(Q ₃)	5~20m	10m 左右
AK 粘土	安康盆地汉江两岸(张岭、长岭等)	I、■级阶地	冲洪积	中更新世(Q ₂) 晚更新世(Q ₃)	15~35m	10m 左右
XF 粘土	南襄盆地汉水流域(新生五、六砖厂)	I、■级阶地	冲洪积、湖积	更新世(Q ₁ ~Q ₃)	?	10m 左右
HF 粘土	合肥地区南淝河流域(姚公庙、东方红砖厂)	I级阶地	冲洪积	晚更新世(Q ₃)	29m	8m 左右
NJ 粘土	长江下游丘陵平原(下蜀镇、燕子矶等)	丘陵平原	冲积	晚更新世(Q ₃)	27~?	15m 左右

土体的主体颜色为黄、褐黄色;上部因有机质含量多而变深,甚至呈黑褐色;深部则因被淋滤铁质的淀积而变红,有的地区甚至呈砖红色。不同颜色通常是渐变的。层理一般不明显。肉眼观察或用手触摸土块表面,有明显的粗糙感,含有砂、粉级的矿物颗粒和细微集聚体。土体中常含有钙质或铁锰质结核。土体中的另一重要特点是不同程度地发育着不同类型、规模和特征的裂隙,裂隙两壁时常由灰白色粘土组成,在下文中常简称之为“隙壁粘土”。

由于颜色,裂隙发育规模,结核的类型、大小和数量,湿润程度等方面的差异,使土体表现出一种无明确界面的似层状结构。据此,可将土体自上而下大体上划分出 I、II 和 III 三层(表 2-2)。

因此,在剖面上可以看到:土体表层一般为厚度约 0.5m 的耕植土,植物根系发育,在其下约 2.5m 范围内的浅层,因含水率变化而胀缩等原因,形成了密度大而延伸短的大量风化裂隙,使土体破碎、疏松,有时将土体切割成小柱体或碎裂状,斜坡顶部常因之而发生坍塌;中部含水率提高,常呈塑态,发育着较上部土体中密度小而规模大(延伸一般大于 1.0m)的

裂隙,两壁一般由灰白色粘土组成,在此种裂隙最发育的地区(如成都),因其产状不同而将土体切割成近菱形的块体;下部粘土的结构均较致密,结核含量减少,裂隙发育程度降低。

表 2-2 各地区裂隙粘土岩性描述

地点	岩性描述		
	I层	II层	III层
成都	褐黄色粘土,上部含豆状铁锰质结核及有机质、植物根系等;下部含钙质结核,结核直径 2~3cm,风化裂隙发育。层厚 0.5~3.0m	上部(II上)黄色粘土,含少量铁锰质结核,偶见钙质结核,裂隙发育,隙壁有灰白色粘土。中部(II中)黄色粘土,裂隙发育,隙壁灰白色粘土较II上发育,呈团块,裂面呈蜡状光泽。下部(II下)红黄色粘土,隙壁灰白色粘土较II中增厚,陡、缓裂隙交叉呈网格状。层厚 6~14m	砖红色粘土,裂隙发育,团块状灰白色粘土有所增加,与砖红色粘土构成花斑状构造。层厚 2m~?
安康	黄色粘土,富含直径 3~7cm 的钙质结核,发育有垂向与水平向密集网状风化裂隙,将土切成小柱体。层厚 0~3m	灰黄色粘土,含少量钙质结核,呈硬塑状,与第 I 层界面处发育较大裂隙,层内裂隙较少,在斜坡面附近裂隙密集,裂面平整光滑,附有灰白色粘土薄膜。层厚 4m 左右	灰白色、灰黄色粘土,含少量钙质结核,铁锰质结核,呈硬塑状,沿坡面也有少量裂隙发育。层厚 3m 左右
襄樊	黑褐色耕植层,土质疏松,植物根系发育,含细小的铁锰质结核。层厚 0~3m	黄褐色粘土,含钙质结核,裂隙发育,裂面呈舒缓波状、贝壳状,裂面上有灰白色粘土薄膜,下部的裂隙面上还见有铁锰质薄膜。层厚 3~6m	棕黄色粘土,密实、硬塑状,含铁锰质结核。层厚 2m~?
合肥	棕黑色粘土,植物根系发育,含铁锰质结核。层厚 0~1.5m	棕黄色粘土,含直径 1~3mm 的铁锰质结核,呈软—硬塑状。上部仅细微裂隙;下部有水平状裂隙发育,裂面呈波状起伏,隙壁有光滑细腻的灰白色粘土。层厚 3~5m	褐红色粘土,岩性较均匀,坚硬致密,含少量豆状铁锰质结核未见裂隙。层厚 3m~?
南京	黄色粘土,较密实,裂隙少,含黑灰色古土壤层。层厚 0~3m	棕黄色粘土,坚硬致密,铁锰质结核零星分布,发育近垂直方向裂隙,隙壁有零星的灰白色薄膜,灰白色粘土中见到线状碳化物。层厚 3~4m	浅黄色粉质粘土,岩性均一密实,含水率高。层厚 1m~?

对比所研究的五地区粘土中裂隙的发育程度,成都粘土中最强烈,安康、襄樊、合肥地区次之,南京地区最低。隙壁灰白色粘土的厚度,与上述裂隙发育程度相适应,在成都粘土中,厚度的最大概率出现在 0.2~1.0cm,在裂隙交汇处可达 5~10cm;在安康、襄樊和合肥地区,隙壁粘土多呈薄膜状或微薄层状;而在南京地区,灰白色粘土在裂隙两壁上仅零星可见。关于裂隙和隙壁粘土的详细情况,将在下章中作专门论述。

2.1.2 物质成分

岩土微观地质特征主要包括物质成分和微观结构两大方面。物质成分又包括化学成分和矿物成分,它们是决定岩土工程地质特性的物质基础。

根据化学分析结果,将裂隙性粘土的主要化学成分列入表 2-3 中。从表中可以看出:

(1)各地区粘土的化学成分, SiO_2 和 Al_2O_3 一般占 75%~80%, 成都粘土中含量最高, 达 80%以上。

(2)土体中 Fe_2O_3 的平均含量分别为: 合肥粘土 5.34%; 南京粘土 5.85%; 安康粘土 6.25%; 襄樊粘土 7.00%; 成都粘土 7.87%。总地说来, 普遍均较高。

(3)在其它氧化物中含量较高的是 K_2O , 成都粘土平均 1.4%; 安康、襄樊粘土 2%左右。

(4)成都、合肥、南京粘土的硅铝率值介于 2.32~2.86, 与矿物成分鉴定以伊利石为主相一致。

采用 X 射线衍射、差热分析、红外光谱、扫描电镜以及偏光显微镜等方法对所研究粘土的矿物成分综合鉴定结果列入表 2-4 中。

据偏光显微镜观察, 粘土中的粗碎屑矿物有呈棱角或次棱角状的石英、石英岩碎屑、长石、绿帘石等, 此外, 还常见淀积的铁氧化物; 细粒部分主要是粘土矿物。

几种方法对粘土矿物的鉴定, 得到了基本一致的结果。粘土矿物以伊利石、蒙/伊混层矿物为主, 其次是高岭石、蒙脱石及少量绿泥石。上述粘土矿物在各地粘土中的相对含量, 用 X 射线衍射法进行半定量鉴定, 将结果列入表 2-5 中。

表 2-3 裂隙粘土的化学成分

化学成分 (%)		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$
成都	CDL ₁ (T)	/48.44	/24.02	/8.54	/0.97	/2.09	/2.18	2.79
	CD-L ₁ (T)	69.16/	13.44/	6.16/	0.37/	1.02/	1.27/	
	CD-L ₁ (中)	67.60/	13.73/	7.39/	0.32/	0.94/	1.33/	
	CD-L ₁ (F)	63.56/44.69	15.88/26.60	19.01/8.30	0.42/1.14	0.97/1.49	1.34/1.92	2.38
	CD-L ₁ (F)	64.86/43.00	14.14/24.49	9.20/11.09	0.37/2.03	0.65/1.66	1.23/1.74	2.32
	CD-S ₁	64.94/45.80	15.51/26.26	8.57/9.98	0.30/	0.81/	1.73/	2.38
安康	AK-5	67.86/	13.82/	5.72/	0.95/	1.14/	2.26/	
	AK-6	63.76/	14.77/	6.50/	1.37	1.70/	2.36/	
	AK-7	63.76/	14.82/	6.54/	1.26/	1.69/	2.38/	
襄樊	XF-4	62.92/	16.07/	6.69/	0.89/	1.25/	1.89/	
	XF-8	61.14/	16.85/	7.30/	1.00/	1.34/	2.01/	
合肥	HF-Y ₃	67.78/47.50	14.53/23.83	5.33/10.13				2.67
	HF-D ₁	68.00/48.14	14.00/22.77	5.53/10.00				2.86
南京	NJ-X ₁	69.92/45.30	13.47/24.66	5.79/11.48				2.35
	NJ-J ₂	69.24/46.16	12.29/22.92	5.67/12.49				2.54
	NJ-Z ₁	69.12/45.30	13.46/23.57	6.10/11.27				2.50

注: 全土分析含量 / < 2 μ 粒组分析含量

表 2-4 矿物综合鉴定结果

鉴定方法 地区	X 射线衍射	差热	红外光谱	扫描电镜	偏光镜
成都	伊利石、高岭石、绢云母为主,其次石英、蒙脱石、赤铁矿、绿泥石	高岭石、伊利石、蒙脱石为主,其次伊利石、铁的氢氧化物	多水高岭石为主,其次蒙脱石、石英	伊利石、高岭石为主,其次蒙脱石	石英、变质岩岩屑、铁质、绿帘石、凝团块及伊利石等粘土矿物
安康	蒙脱石、蒙/伊混层矿物、伊利石为主,其次高岭石、石英、长石			伊利石、蒙脱石为主,其次高岭石	
襄樊	蒙/伊混层矿物、伊利石、蒙脱石为主,其次高岭石、长石、石英			伊利石为主,其次长石、石英	
合肥	伊利石、蒙/伊混层矿物为主,其次高岭石、石英	高铁蒙脱石为主,其次伊利石		伊利石为主,蒙脱石、高岭石	石英、长石及绿帘石碎屑,铁质凝团块
南京	伊利石、蒙脱石、蒙/伊混层矿物为主,其次高岭石、石英	高铁蒙脱石为主,其次伊利石		伊利石为主,其次高岭石,偶见蒙脱石	石英、绿帘石碎屑,铁质凝团块

表 2-5 X 衍射矿物鉴定结果

试 样	矿物及含量	蒙脱石	蒙-伊混层矿物	伊利石	高岭石	石英	长石	绿泥石
	成都	CD-L ₁ (F)	19		61	14		
	CD-L ₁ (中)	6		42	41			11
	CD-L ₁ (下)	18		41	31			9
	CD-L ₁ (F)	9		34	43			14
	CD-S ₁	2		70	28			
安康	AK-5	26	69		2	3		
	AK-6		97			2	1	
	AK-7	6	90					
襄樊	XF-4	1	96					
	XF-8							
合肥	HF-Y ₃		29	64	3	3		
	HF-D ₁		35	58	2	5		
南京	NJ-X ₂		26	65	7	2		
	NJ-J ₂		23	73	2			2
	NJ-Z ₁		38	53	6	3		

2.1.3 微结构特征

对于微结构,主要研究了裂隙性粘土的粒度成分、不等维颗粒的相互关系和排列的定向程度以及孔隙特征。

将研究地区粘土的粒度成分列入表 2-6 中,其中成都粘土的粘粒含量最高,除 CD-L_{1(下)} 外,其余各组均 >60%;合肥、襄樊粘土的粘粒含量在 40%~60% 之间;安康、南京粘土的粘粒含量在 30%~40% 之间(除 NJ-J₂ 外)。粉粒的含量则成都粘土较低,25%~34%,其它地区 >40%(极个别组除外)。砂粒的含量均较低,成都粘土为 5%,其它地区约 10%。从各粒组占的比例来看,成都粘土多属重粘土或粘土,其它地区的属粉质的粘土或粘土。

表 2-6 一般工程地质性质表

地点	土样 编号	粒度成分%			天然 含水 率 W (%)	天然 密度 ρ (g/cm ³)	干密 度 ρ_s (g/cm ³)	颗粒 密度 ρ_p (g/cm ³)	孔隙 度 n (%)	孔隙比 e	塑性 指数 I_p %	液性 指数 I_L	活性 指数 I_A
		砂粒 2~ 0.05 (mm)	粉粒 0.05~ 0.005 (mm)	粘粒 < 0.005 (mm)									
成都	CD-L _{1(下)}	26.3	25.0	48.7	22.2	2.04	1.67	2.73	38.8	0.635	20.4	0.049	0.42
	CD-L _{1(上)}	4.7	34.5	60.8	22.4	2.03	1.66	2.74	39.5	0.652	24.2	0.058	0.37
	CD-L _{1(中)}	4.6	33.6	61.8	23.0	2.03	1.65	2.75	40.0	0.666	23.1	-0.037	0.35
	CD-L _{1(下)}	2.5	24.5	73.0	22.1	2.02	1.65	2.78	40.6	0.684	23.1	-0.048	0.37
	CD-S ₁	2.0	31.0	67.0	22.2	1.98	1.62	2.75	41.1	0.697	19.6	-0.010	0.29
	CD-S ₂	6.0	31.0	63.0	23.0	2.02	1.64	2.78	41.0	0.695	21.9	0.160	0.35
安康	AK-5	20.4	45.2	34.4	22.0	1.95	1.60	2.73	39.5	0.650	12.5	0.120	0.36
	AK-6	16.4	44.3	39.3	19.0	2.00	1.68	2.74	37.5	0.610	19.5	-0.128	0.50
	AK-7	23.0	44.2	32.8	19.5	2.00	1.67	2.74	39.0	0.640	22.0	-0.068	0.67
襄樊	XF-4	18.0	46.0	44.0	22.3	2.01	1.64	2.73	41.2	0.700	23.4	-0.065	0.52
	XF-8	10.8	25.5	63.7	22.9	2.00	1.61	2.78	42.5	0.740	23.0	-0.080	0.52
合肥	HF-Y ₃	14.4	40.6	45.0	22.4	2.01	1.64	2.74	38.0	0.680	22.6	0.235	0.50
	HF-D ₁	5.8	52.6	41.6	23.1	1.97	1.60	2.75	41.1	0.710	22.1	0.035	0.53
南京	NJ-X ₂	15.0	48.0	37.0	18.6	2.03	1.71	2.73	36.7	0.580	19.4	0.010	0.52
	NJ-J ₂	10.0	61.5	28.5	18.9	2.00	1.68	2.75	39.4	0.650	17.9	0.073	0.63
	NJ-Z ₁	16.0	54.0	30.0	24.1	1.97	1.59	2.75	43.8	0.780	12.9	0.178	0.43