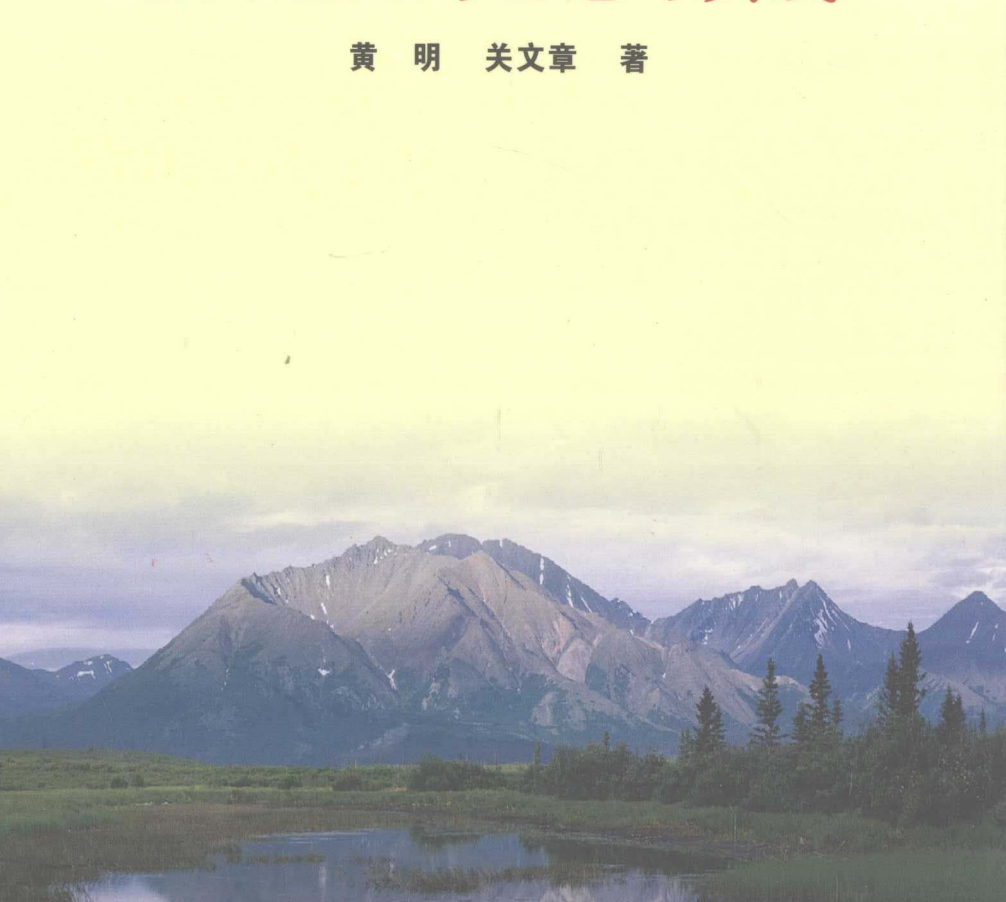


NEILUYANZITUTEXINGHEGUOTIZHUANG
JIAGUDIJIDELILUNYUSHIJIAN

内陆盐渍土特性和裹体桩 加固地基的理论与实践

黄 明 关文章 著



陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

内陆盐渍土特性和裹体桩加固地基的理论与实践/黄明,
关文章著. —西安:陕西科学技术出版社, 2008. 12

ISBN 978-7-5369-4553-1

I. 内… II. ①黄… ②关… III. 盐渍土地区—桩加固
IV. U213. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 157706 号

内陆盐渍土特性和裹体桩 加固地基的理论与实践

-
- 出 版 者 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>
- 发 行 者 陕西科学技术出版社
电话(029)87212206 87260001
- 印 刷 西安永惠印务有限公司
- 规 格 850mm×1168mm 32 开本
- 印 张 7.125
- 字 数 167 千字
- 版 次 2008 年 12 月第 1 版
2008 年 12 月第 1 次印刷
- 定 价 46.00 元
-

版权所有 翻印必究

内 容 简 介

本专著分为两个单元,首先是对内陆盐渍土特性的分析与评述;其次是对这种盐渍土地基如何加固处理改善地基性能进行分析与评述。

本书主要对内陆盐渍土的成因类型和特定的物质组成,以及岩土工程特性等展开了别具特点的系统剖析和论述。内陆盐渍土的物理和力学参数具有易变性、可逆性、不确定性、时空变异性、变化的全面性、液性状态的敏感性和对建材的腐蚀性等,本书是对盐渍土认知水平的提升,也是新观点精髓的概括和总结。

书中提出了以土工布为依托,通过施加外力转换成径向支持力基本理论为支撑点的裹体桩复合地基方案。准确地说,把裹体桩用于内陆盐渍土地基处理具有开创性,是首开先河之举。

本书内容丰富,涉及工程地质和岩土工程领域的认识、反映、利用和改造各个方面。

本书可供从事工程地质、岩土工程和地基处理等领域的技术人员、科研和大中专院校师生参考。

前 言

把土作为建筑材料,在各种工程上巧妙而成功地应用,几千年前就开始了。把地层作为承载上部荷重的地基,或以土治土做成复合地基的加固体也都卓有成效。通过工程实践,对土的认识不断深化,认知水平和深度不断提升和升华,对土的利用和处理加固改造的理论与研究,应运而生。与此同时,应用数学力学的基本原理,从理性上对土的利用改造由只知其然,而上升到知其所以然。

但是,土或地层,是经过漫长的地质时期自然堆积起来的,经过发生发展和演变一系列地质、化学和物理化学作用过程,才成为展现在我们眼前的土和地层。因此,土是经过复杂过程,经历各种作用和漫长时间而形成的复合体,其物质组成和工程性能表现为多变的特征。

盐渍土,同样也是经历一系列作用和复杂过程而形成的。但是,它和一般土不一样,多了一层可溶盐,或为固体或为盐液经过淹渍作用过程而形成。这种土,不仅工程性能有多面性、易变性、可逆性和变化的全面性,而且因为盐分的赋存,而变得力学行为和工程性状受控于化学性质的制约与支配,多了一层化学性质的复杂关系。因此,有时用土质学理论和土力学理论来支撑工程建设,并运用这些理论诠释和解决工程问题,显得力不从心,甚至无

能为力,还需要加点化学性质和工程性能相结合的理论 and 认知作为理论导向。

盐渍土工程地质和岩土工程性能认知的学术理论水准的现状,有待补充、充实、完善和提升。客观地说,盐渍土,特别是西北地区内陆盐渍土,由于工业建筑滞后于内地,没有像湿陷性黄土那样实践与研究广泛开展的机遇,纵有之,也是以线路工程为主。铁道系统首开盐渍土的实践和研究之先例,取得了突破性进展,开了个好头,但因为点、线工程有其局限性,而作为地基来研究起步晚,研究深度也浅薄,一些难点问题的研究,停留在室内试验结果的显示上,对现象结果的表述多于机理原因的分析,以致在解决和处理工程问题上,往往是事倍功半。

内陆盐渍土成因、成土作用特殊,含盐量多,导致其三相物质组成相对复杂,因而,赋予了盐渍土一系列特殊的岩土工程性能。

当前,对盐渍土的应用与改造有两大难点,没有得到很好解决,极大地影响了在盐渍土地区工业及民用建筑的顺利开展。这便是:

1)盐渍土工程地质领域上的认识、反映,形成规律及演变研究较为深入,但并不系统。在岩土工程领域上的(利用、改造加固)研究颇感不足,既缺乏系统强劲的理论支撑与导向,也匮乏实践经验可资借鉴。

2)浮在面上的盐渍土一般性质的研究多于盐渍土特殊性质的深层次研究。一般性质的研究是进入深层次认识的基础,必不可少,但浅尝辄止达不到盐渍土有效利用与改造之目的与目标。而利用改造加固,需要深层次的盐渍土特殊岩土工程性能实质性的揭露与掌握,以期做到质的分析和量的评价兼容并举,实实在在地指导实践,达到技术上可行,经济上优效。

当前,盐渍土工程地质和岩土工程两个方面的专论时有发表,盐渍土的利用改造,也取得不少可贵的业绩,可喜可贺。但和开发大西北战略决策相比,学术理论水准、工程建设技术经济效益还相差甚远,有待提升和完善。

本专著由十一章组成,总体编排按所论述内容,考虑承前启后,便于阅读,分为上、下两篇,每篇都由不同内容的章节构成。

上篇由第一、二章组成。其中第一章着重论述盐渍土工程分类定名和其特殊性。第二章内陆内地盐渍土和滨海盐渍土成因岩性与各自的地基性能特点,重点放在内陆盐渍土上。

通过本篇试图对内陆盐渍土的地质成因类型和盐渍土物质组成、土的结构等的特殊性,以及由此而塑造的岩土工程性质特性等进行较为系统的总结,并展开有一定深度的分析评述。把这些属于专业基础理论方面的内容作为上篇。希望通过该篇,达到深化认识盐渍土,揭示盐渍土地基性能特殊性、易变性、变化的可逆性、全面变化性,以及复杂性、时空变异性与不确定性等,与含盐类型、含量之间的内在因果关系,为盐渍土工程理论和工程实践立论找到支撑点。

下篇由第三章到第十一章组成。通过本篇,对盐渍土地基如何利用,怎么利用,不能直接利用的,如何予以加固处理改造,开创出针对性强、有理论支撑、有实际效果的技术改造手段,以期达到立论有理论为依托,技术效果好、造价经济、投资效益好、施工简单易行、确保质量、工效工期明显好于现有手段。因此,本篇是务实篇、应用篇,是本书的重要组成部分。

把分析评价地基加固处理技术经济效益作为切入点,对碎石桩处理方案效果不理想的原因和桩的受力变形机理进行了分析,在此基础上,根据专题试验研究最终成果,分析了堆载静压技术

效果可行,但工期漫长,并且大面积预压处理存在一系列问题而不予推荐,最终采用了裹体碎石桩地基加固处理方案。该方案技术效果良好,是目前内陆盐渍土地基加固处理的最优方法。体现在:地基承载力比天然地基提高了 2.5 倍左右;地基综合性能得到全面改善;解决了盐渍土强腐蚀性;成孔成桩质量确保,工期明显缩短,仅是碎石桩的 1/3,经济效益远优于碎石桩,可节省桩体砂石填料 2/3;不需专用设备,操作简单,工作效率高等。填补了裹体碎石桩缺乏理论诠释之先例。提出了径向支持力是内陆水下盐渍土加固地基成败的关键因素和必备条件。碎石桩效果差,是其支持力过低而失效。而裹体碎石桩技术经济效果良好,是由于提高了支持力而一举成功,核心问题是提高了径向支持力。不仅从原理和桩受力机理上有开创性进展,同时,在参考有关文献的基础上,较系统地提出了如何提高径向支持力的具体办法。准确地说,采用裹体桩复合地基方案,解开了将近 20 年碎石桩技术经济效果很不理想之谜,找到了解决这个问题的理论依据和一系列实施办法,开拓了内陆盐渍土地区地基处理成功之路之先河。

如果说上篇是侧重于理论研究,那么下篇是在上篇理论研究的基础上,结出实实在在的工程硕果。

本书成文的背景,历经了近 20 年盐渍土的工程勘察和地基利用改造全过程。前期,边勘察、认识了解盐渍土,边加固处理改造盐渍土地基,直到后期,在前期积累的工程实践经验的基础上,有针对性地开展盐渍土地基加固处理手段方法的专题试验和理论研究,并经实践显示:裹体桩技术、经济效果好,工程质量有了突破性的提高和保证。研究成果通过专家鉴定,并获得国家发明专利。迄今已经应用到内陆盐渍地区,完成了各类工程数十项,各项指标都达到了预期效果。

由于盐渍土远比一般土复杂,地基性质特殊,化学性质干扰的结果衍生出一般土所不具有的特殊岩土工程性能。目前,对盐渍土的认识还较为浅薄,处于起步阶段,深层次的理论认识,科学地加固改造盐渍土的学术层次,远未达到应有的境界。撰就此专著,是为了系统地总结经验,进一步提升盐渍土的学术水平,更科学地服务于工程建设。

为了进一步了解和加深对盐渍土的地基特性的认知,在书的最后附有盐渍土工程勘察报告实录和复合地基质量检测报告实录。

由于作者学术水平有限,盐渍土实践经验不多,书中存在的问题和观点见解不妥当之处在所难免,敬请专家学者不吝指正。书中参考引用了许多论文和工程总结,在此深表谢意。

作 者

2008年9月

目 录

上 篇

第一章	盐渍土工程分类定名和特殊性	(1)
第一节	双重性定名的原因	(1)
第二节	盐渍土的区域性分层和化学分层定名	(3)
第三节	盐渍土按盐性质分类定名	(5)
第四节	盐渍土的特殊工程性质	(8)
第五节	盐渍土天然状态的微观结构浅析	(14)
第六节	盐渍土 τ 与 D_s 和 w 的相关分析	(17)
第七节	小 结	(22)
第二章	内陆内地和滨海盐渍土成因岩性与各自的 地基性能特点	(24)
第一节	统称盐渍土没有表述地质背景和成因	(24)
第二节	内陆内地和滨海盐渍土各自的特点	(24)
第三节	盐渍土形成条件	(27)
第四节	内陆盐渍土作为重点研究与利用之原因诠释	(28)
第五节	内陆盐渍土地层及地基性能分析	(29)
第六节	盐渍土地基性能	(33)
第七节	载荷试验结果分析与评价	(38)

下 篇

第三章 振冲碎石桩加固效果分析与评述	(41)
第一节 加固效果评价	(41)
第二节 碎石桩适用的条件	(43)
第三节 氯盐渍土碎石桩易发生的成桩质量	(45)
第四节 碎石桩复合地基承载力估算公式	(46)
第五节 为适应碎石桩技术效果所采取的措施	(48)
第六节 碎石桩技术总结	(49)
第四章 堆载预压试验效果分析与评价	(51)
第一节 排水固结要解决沉降和地基稳定性两个问题	(51)
第二节 排水固结法的原理	(54)
第三节 散装库堆载预压裹体碎石桩试验结果分析	(54)
第四节 预压前后效果浅析	(58)
第五节 堆载预压试验的简单分析和结论	(62)
第五章 裹体桩立论依据及试验研究与应用效果评述	(63)
第一节 裹体桩加固处理盐渍土地基的基本原理	(63)
第二节 裹体桩加固地基的理论和机理	(65)
第三节 裹体桩专题研究成果分析	(68)
第四节 三种不同地基 $P-S$ 曲线分析与评价	(72)
第五节 裹体桩工程桩质量检测成果及分析评述	(73)
第六节 裹体桩复合地基设置边桩的作用	(80)
第七节 裹体桩施工	(80)
第六章 加固盐渍土地基其他技术方法的探讨	(83)

第一节	布袋注浆裹体桩复合地基加固与应用	(83)
第二节	涂防腐剂的预制桩基础	(84)
第七章	复合地基有关设计参数及其技术效果评述	(85)
第一节	复合地基构成的要件及发挥桩、土共同 作用的条件	(86)
第二节	桩平面排列、置换率与复合地基性能	(92)
第三节	褥垫层	(101)
第四节	铺设褥垫层及其技术要求	(109)
第五节	复合地基质量检测	(113)
第八章	盐渍土复合地基和基础设计的特点和要点	(120)
第一节	复合地基承载力 f_{spk} 深宽度如何修正	(120)
第二节	复合地基验算软弱下卧层强度	(124)
第三节	地基压缩层厚度确定	(125)
第四节	复合地基压缩模量	(126)
第五节	盐渍土地基几个特殊性评价	(128)
第九章	盐渍土复合地基质量检测	(134)
第一节	地基处理质量检测报告的作用	(134)
第二节	地基处理质检报告的责任和特点	(135)
第三节	地基处理质量检测报告和岩土报告之异同	(135)
第四节	地基处理质检工作的特点和理论 技术上的问题	(136)
第五节	实践中广为采用的地基处理方法	(137)
第六节	地基处理质量检测工作的重点	(140)
第十章	盐渍土复合地基载荷试验及曲线分析与评价 ...	(143)

第一节 载荷试验	(143)
第二节 地基发生破坏的三种情况及 $P-S$ 曲线特征.....	(149)
第十一章 内陆盐渍土的工程勘察与报告书编制要点 ...	(152)
第一节 勘察手段	(152)
第二节 盐渍土的盐类化学分析、物性参数试验	(155)
第三节 勘察报告编制要点	(156)
第四节 勘察报告组成的四大板块	(156)
第五节 编制勘察报告的思维及其过程	(158)
第六节 编制勘察报告的五个认识深化过程	(159)
第七节 分析、综合、经验与勘察报告质量	(163)
附录:工程勘察、地基质量检测报告实录	(167)

上 篇

特定的地质成因与物质组成,两者的耦合是铸就内陆盐渍土地基特殊性的结果。

目前,复合地基承载力的理论和计算式都不成熟,只能仰赖载荷试验来获取科学准确的数据。

第一章 盐渍土工程分类定名 和特殊性

第一节 双重性定名的原因

盐渍土集双重性分类于一体。因为从岩土工程性能上看,它既有和一般土一样的属性,同时因为含有盐分并制约和赋予盐渍土另外一种特殊属性。两种属性各具特点,互为因果关系,但又不能代替。为了全面分析和评价盐渍土作为地基和作为工程填料等各种工程用途之需,双重性分类和定名不可偏颇。

一、双重性定名的标准

1. 据地基基础设计规范有关规定分类定名

按岩性定名的标准,执行地基基础设计规范第 4.1 和第 4.2 的分类和定名的有关部分(岩石等除外),如碎石、黏性土定名,工程特性上如压缩性(a_{1-2})低、中和高分类等。

2. 按含盐量分类定名

有的规范把易溶盐含量与干土重量比超过 0.5% 定名为盐渍土,该标准与前苏联铁道部的规定相一致。而前苏联建设部规定比值为 0.3% 便定名为盐渍土。

根据易溶盐含量 0.5% 或 0.3% 来确定是否属于盐渍土,有其优点,因为方法简单,但似欠全面。原因在于没有和建(构)筑物等级以及建筑物对溶陷的敏感性相联系,还有一个比较重要之点在于应当把含盐土中的易溶盐和中溶盐含量及其溶解度纳入定名中,如易溶盐 NaCl 、 KCl 溶解度高达 264~340mg/L,而中溶盐 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 CaSO_4 ,溶解度只有 2.0~2.1mg/L。溶解度高,对地基的一系列性能有不可忽视的影响,如腐蚀性程度、速度和地基强度等。

所以,对等级高的建(构)筑物,溶陷敏感高的工程,取易溶盐含量超过 0.3% 定为盐渍土;建筑等级低(丙类建筑),对地基溶陷不太敏感的工程,可取易溶盐含量超过 0.5% 的定为盐渍土。

二、双重定名分类举例

例如, $10 < I_p \leq 17$ 定名应为粉质黏土,易溶盐含量超过 0.5%,这时应定名为粉质黏土盐渍土。为什么这样定名?从工程勘察和地基岩土工程分析评价的角度,只定盐渍土,而没有和它是什么岩性相联系。盐渍土可以是粉土、粉质黏土,也可以是砂、砾石。把两个和地基性质直接影响和控制作用的岩性和含盐量结合起来,既全面又完整,地基性能分析也就有理有据,评价结论会全面、准确、确切、可信。此外,地基加固处理方案和把盐渍土作为工程填料等,也需要双重定名和评价,作为技术措施的

依据。这些将在有关章节中深入讨论。

第二节 盐渍土的区域性分层和化学分层定名

盐渍土有地域性差别,盐渍土化学定名有层次之分。地域性和化学性质不同,与盐渍土成因及其物质组成关系密切,因而其工程地质和岩土性质迥异。

一、盐渍土的区域性分类和分层

1. 盐渍土平面和剖面分区定名

内地盐渍土、滨海盐渍土和内陆盐渍土相比较,前两者盐渍土分布范围、工程上的重要性及其危害性都不能和内陆盐渍土相提并论。

内陆盐渍土的最大特殊性之一,存在着空间分带性和分层性,于是在平面上有氯盐渍土、硫酸盐渍土和碳酸盐渍土的分区分带性,如图1。

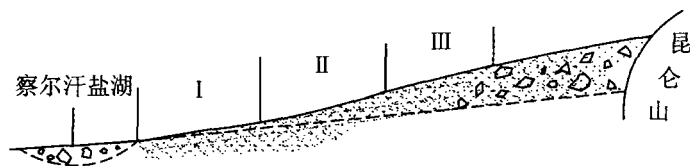


图1 盐渍土的平面分带示意图

I—氯盐渍土区 II—硫酸盐渍土区 III—碳酸盐渍土区

平面存在分区性的同时,还有深度上存在分层性,如图2。

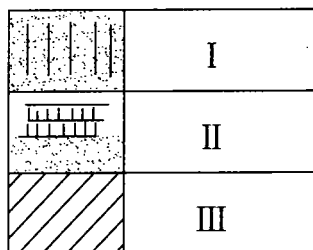


图2 盐渍土垂直分带示意图

I—氯化盐渍土 II—硫酸盐渍土 III—碳酸盐渍土

2. 分区的原因

盐渍土含有易溶盐(NaCl 、 KCl 、 CaCl_2 、 MgSO_4 、 NaHCO_3)、中溶盐(Na_2SO_4 、 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)和难溶盐(CaCO_3 、 MgCO_3)化合物。这三类化合物在水中的溶解度相差悬殊,并有很好的规律性。各种可溶盐的溶解度(以 20°C)的基础参数:

易溶盐溶解度高达 $300\sim 400\text{g/L}$;

中溶盐溶解度只有 $2.0\sim 2.1\text{g/L}$;

难溶盐溶解度为 1.15g/L 。

溶解度不同,在水中溶解量和溶解速度上均不同,溶解度高的,先于中溶盐和难溶盐溶解为离子,溶解速度和溶解数量都有差别。于是中溶盐和难溶盐在靠近含盐层附近堆积,扩散距离和范围小;易溶盐扩散距离最大,中溶盐在两者之间,形成三种不同类型的盐渍土分带分区。

3. 分层原因

同样原因,在深度上,溶解度低的难溶盐,因其溶解度很小,化合物以离子、分子状态存在比例不同,以分子状态的难溶盐最先析出富集在最下层,同样,以离子状态的易溶盐滞后析出富集在上层,如图2。

由于分带、分层的结果,于是工程上接触到的绝大多数是氯

盐渍土,硫酸盐渍土极少接触。

二、各种离子析出难易度与分层的关系

除了用溶解度分析分层的原因外,还可用以下理论解析分层原因。

土的盐渍程度和所迁移的离子有密切的关系。

前苏联学者波雷诺夫等提出了常见元素迁移系列,在风化过程中化学元素迁移能力的强弱次序如表 1。

表 1 化学元素迁移强弱系列

元素迁移系列	迁移系列组成
1. 极强烈迁移的元素	Cl、(Br、B、I)S
2. 易迁移的元素	Ca、Na、Mg、F、Sr、Zn、U
3. 可迁移的元素	SO ₂ (硅酸盐的)、K、Mn、P
4. 略可迁移的元素	Al、Fe、Ti
5. 实际不迁移的元素	SO ₂

表所列的 1、2 系列元素,在风化过程中首先被析出,组成易溶盐类,表部被河水、深部被地下水带走。

和西北盐渍土关系密切的是表中的 1、2 列元素。干旱气候下水溶液的化学活泼性相对较弱,多数元素的迁移也相对地减弱。

第三节 盐渍土按盐性质分类定名

一、盐渍土定名和分类

1. 盐渍土定名

当土中易溶盐含量大于 0.3% 或 0.5%,且具有溶陷性、盐