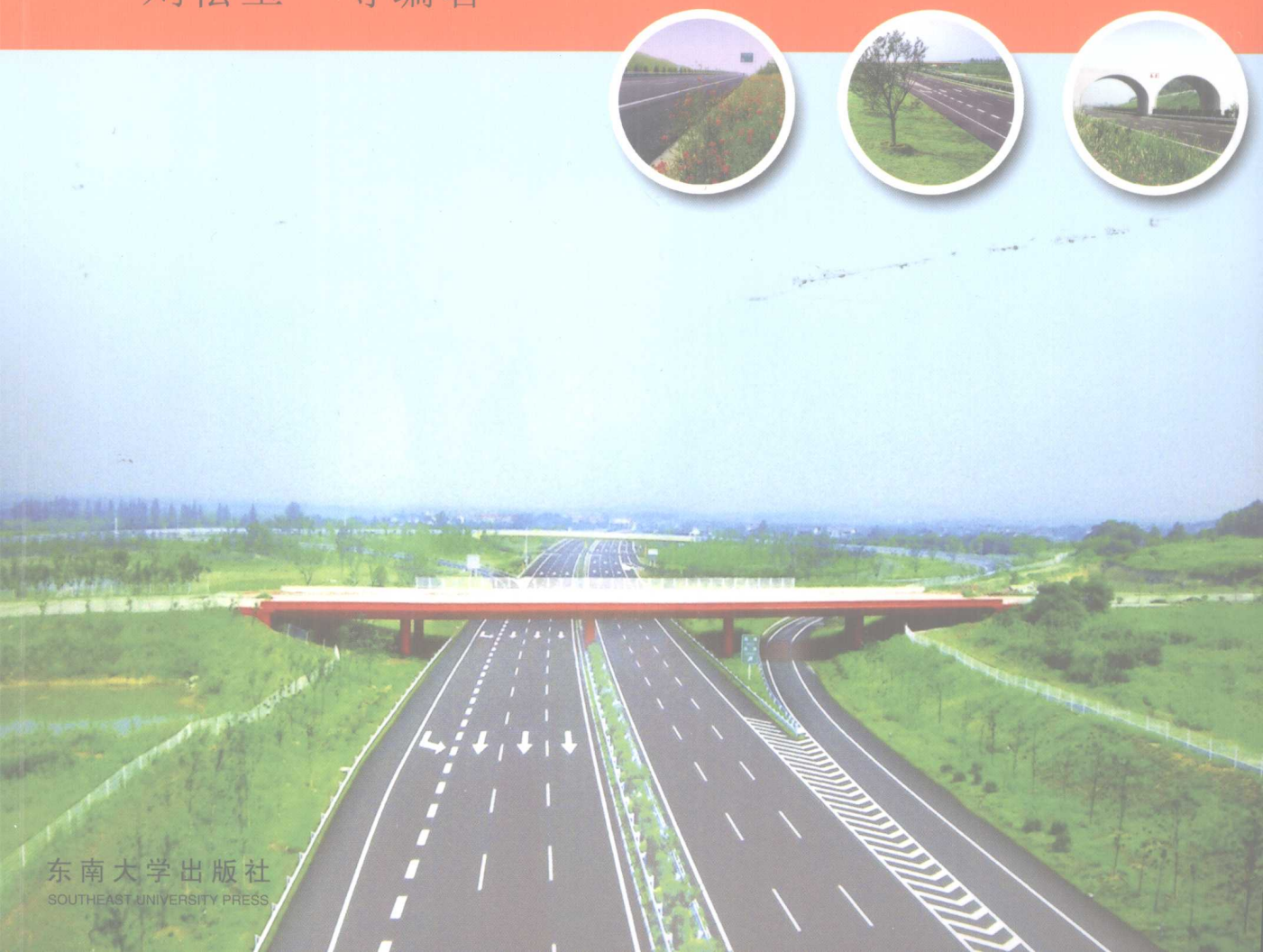
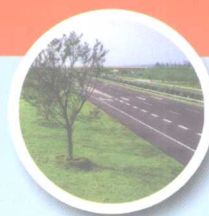


Ground Improvement
in Highway Engineering

(第二版)

公路地基处理

刘松玉 等编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

* 东南大学科技出版基金资助

公路地基处理

(第二版)

刘松玉 等编著

东南大学出版社

· 南京 ·

内 容 提 要

本书针对高等级公路工程中出现的主要岩土工程问题,系统介绍了适合高等级公路工程地基处理的技术与方法,主要包括换填法、深层密实法、排水固结法、真空排水预压法、加筋技术、化学加固法,以及膨胀上路基、液化地基、采空区和高速公路拓宽工程地基等的处理技术,并介绍了地基处理工程的现场监测方法。对每种地基处理方法重点阐明了加固机理、设计方法和质量检验方法,重点章节后附有工程实例。

本书全面地总结了我国高等级公路地基处理的既有经验和最新成果,可作为交通土建本科、研究生专业的教材,也可供从事公路工程勘察、设计、施工、管理的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路地基处理/刘松玉等编著. —2版. —南京:东南大学出版社,2009.6

ISBN 978-7-5641-1668-2

I. 公… II. 刘… III. 道路工程—地基处理 IV. U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 072393 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:江 汉

江苏省新华书店经销 江苏徐州新华印刷厂印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:23.75 字数:534 千字

2009 年 6 月第 2 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5641-1668-2

定价:48.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向读者服务部调换。电话:025-83792328)

前 言

我国自 1984 年开始兴建高速公路,至 2008 年底全国高速公路通车里程已达 6.03 万 km,在世界高速公路排行榜中列第二位。但我国高速公路建设极不平衡,绝大部分建于东部沿海诸省。这些地区除个别地段外,大部分为淤泥质海岸,在我国长江流域、黄河流域还存在膨胀土、可液化地基,在中西部矿区还存在采空区等特殊地基,这些特殊地基对高速公路建设和正常运营有较大的影响,因此软土地基和特殊地基处理是高速公路建设的关键技术之一。另外随着国民经济的快速增长,交通需求日益增加,部分已建的高速公路需要拓宽以提高通行能力,拓宽工程的地基处理也将是我国公路建设亟待解决和必须解决的重要问题。

近年来,针对公路地基处理的需求和出现的新问题,我国交通科研、主管部门以及施工单位、监理单位、咨询单位等对公路地基处理进行了大量研究,新理论、新技术、新材料和新工艺在公路地基处理中得到了推广应用,积累了大量宝贵经验,修订和颁发了相关的技术规范,如《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017—96)、《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)等,《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)也自 2007 年 1 月 1 日起施行。

本书在《公路地基处理》(2001 年版)的基础上,总结了国内外公路地基处理研究的最新成果,并根据作者近十几年的研究成果,补充了我国高速公路建设工程中采用的较为成熟的地基处理方法,同时,针对我国公路地基处理实践情况,对相关章节内容进行了删减。主要调整章节如下:原第 2 章(换填法)中补充了“轻质材料特性与应用”;原第 3 章(深层密实法)中删除了“土(或灰土、双灰)桩”;原第 4 章(排水固结法)的“其他排水法”中的“真空预压法”补充后增列为第 5 章“真空排水预压法”;原第 7 章中的“膨胀土地基处理”补充后增列为第 8 章“膨胀土路基处理”,“液化地基处理”补充后增列为第 9 章“液化地基处理”;增加了第 10 章“采空区处理”和第 11 章“高速公路拓宽工程地基处理”。

本书论述了高速公路的常用地基处理方法,重点阐明其加固机理、设计和施

工方法,重要章节后附有工程实例或算例,旨在帮助读者了解高速公路地基处理的特点与方法。东南大学岩土工程研究所部分老师参与编写了本书,具体章节为:石名磊第6章;章定文第4章、第7章、第11章、第12章;高翔第5章、第11章;杜延军第8章;储诚富第7章;童立元第9章、第10章;经绯第12章。全书由刘松玉统稿,章定文协助统稿人为本书出版做了辛勤工作。

本书在编著过程中参考了大量文献资料,虽已列出,难免遗漏,特向这些文献资料的作者致以衷心的感谢!

限于编者水平,本书不足和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2009年4月

目 录

1	绪论	(1)
1.1	公路地基处理的目的与意义.....	(1)
1.2	软弱地基和特殊土工程性质.....	(3)
1.3	地基处理方法分类.....	(6)
1.4	公路地基处理勘察要求.....	(11)
1.5	公路地基处理设计原则.....	(13)
1.6	地基处理技术的发展.....	(15)
2	换填法	(18)
2.1	概述.....	(18)
2.2	土的压实原理.....	(19)
2.3	垫层设计.....	(21)
2.4	垫层施工.....	(23)
2.4.1	砂(砂石、碎石)料	(23)
2.4.2	施工参数.....	(23)
2.4.3	施工要点.....	(23)
2.4.4	砂(砂石、碎石)垫层质量检验	(25)
2.4.5	砂垫层工程实例.....	(25)
2.5	轻质材料特性与应用.....	(26)
3	深层密实法	(29)
3.1	概述.....	(29)
3.2	强夯法.....	(30)
3.2.1	概述.....	(30)
3.2.2	加固机理.....	(31)
3.2.3	强夯参数的确定.....	(38)
3.2.4	施工工艺及施工要求.....	(41)
3.2.5	质量检验.....	(43)

3.2.6	工程实例	(44)
3.3	碎(砂)石桩法	(48)
3.3.1	概述	(48)
3.3.2	加固原理	(51)
3.3.3	设计计算	(52)
3.3.4	碎石桩施工	(59)
3.3.5	质量检验	(61)
3.3.6	工程实例	(61)

4	排水固结法	(65)
4.1	概述	(65)
4.1.1	排水固结法的原理	(65)
4.1.2	排水固结法的设计程序	(67)
4.2	堆载预压法	(69)
4.2.1	堆载预压的计算	(69)
4.2.2	超载预压	(70)
4.3	砂井排水固结法	(71)
4.3.1	砂井法设计	(72)
4.3.2	砂井地基固结度的计算	(77)
4.3.3	地基土抗剪强度增长的预估	(88)
4.3.4	稳定分析	(91)
4.3.5	沉降计算	(94)
4.3.6	沉降预测方法	(98)
4.4	排水固结法施工	(103)
4.4.1	水平排水垫层的施工	(103)
4.4.2	竖向排水体施工	(104)
4.4.3	预压荷载的施工	(106)

5	真空排水预压法	(107)
5.1	概述	(107)
5.1.1	发展历史	(107)
5.1.2	基本原理	(109)
5.1.3	应用范围	(110)
5.2	加固机理	(110)

5.2.1	真空作用机理	(110)
5.2.2	真空排水预压法机理	(111)
5.2.3	真空预压法与堆载预压法加固机理的比较	(113)
5.3	设计计算方法	(114)
5.3.1	设计计算流程	(114)
5.3.2	实用设计方法	(115)
5.4	施工工艺与质量控制	(116)
5.4.1	施工工艺	(116)
5.4.2	现场监测与质量控制	(121)
5.5	工程实例	(123)
5.5.1	工程概况	(123)
5.5.2	设计与施工	(125)
5.5.3	加固效果与分析	(128)
6	加筋技术	(130)
6.1	加筋土挡墙	(130)
6.1.1	概述	(130)
6.1.2	加筋土工作机制及加筋挡墙的破坏机理	(131)
6.1.3	加筋土挡墙的设计计算	(136)
6.1.4	施工技术	(154)
6.1.5	质量检验	(159)
6.1.6	路堤式加筋土挡土墙工程算例	(160)
6.2	土工合成材料	(168)
6.2.1	概述	(168)
6.2.2	土工合成材料产品类型	(169)
6.2.3	土工合成材料在工程上的应用	(172)
6.2.4	设计计算	(176)
6.3	土钉	(181)
6.3.1	概述	(181)
6.3.2	土钉的类型、特点及适用性	(181)
6.3.3	土钉与加筋土挡墙、土层锚杆的比较	(183)
6.3.4	加固机理	(184)
6.3.5	设计计算	(186)

7	化学加固法	(190)
7.1	概述	(190)
7.2	复合地基概论	(190)
7.2.1	概述	(190)
7.2.2	作用机理和破坏模式	(191)
7.2.3	应力特性	(194)
7.2.4	承载力及变形特性	(198)
7.3	高压喷射注浆法	(200)
7.3.1	概述	(200)
7.3.2	加固机理	(203)
7.3.3	设计计算	(206)
7.3.4	质量检验	(209)
7.3.5	工程实例	(210)
7.4	水泥土搅拌法	(212)
7.4.1	概述	(212)
7.4.2	加固机理	(214)
7.4.3	水泥土的物理力学性质	(216)
7.4.4	设计计算	(229)
7.4.5	施工工艺	(235)
7.4.6	质量检验	(244)
8	膨胀土路基处理	(252)
8.1	概述	(252)
8.2	膨胀土基本特性	(253)
8.2.1	膨胀土工程地质特征	(253)
8.2.2	膨胀土物质成分与结构	(253)
8.2.3	膨胀土的主要工程特性	(254)
8.2.4	影响膨胀土胀缩变形的因素	(255)
8.3	膨胀土判定方法与标准	(256)
8.3.1	膨胀土工程特性指标	(256)
8.3.2	判定方法与标准	(258)
8.4	公路膨胀土路基病害类型	(263)
8.5	膨胀土路基处理设计与施工	(264)
8.5.1	膨胀土处治方法	(264)

8.5.2	路基排水与防护	(267)
9	液化地基处理	(273)
9.1	概述	(273)
9.2	道路与桥梁地基震害	(273)
9.2.1	场地的地震效应	(273)
9.2.2	场地选择和场地类别划分	(276)
9.2.3	道路、桥梁地基震害	(277)
9.3	高速公路地基液化实用评判方法	(278)
9.4	高速公路液化地基处理方法	(282)
9.4.1	高速公路液化地基处理原则	(282)
9.4.2	强夯法加固技术与试验	(283)
9.4.3	干振碎石桩法加固技术与试验	(289)
9.5	瞬态瑞利波法在液化地基处理中的应用	(291)
9.5.1	SASW 法的原理与特点	(291)
9.5.2	SASW 评价液化地基处理效果	(293)
10	采空区处理	(296)
10.1	概述	(296)
10.2	采空区勘察方法	(297)
10.2.1	工程地质测绘	(297)
10.2.2	工程物探	(299)
10.2.3	工程钻探	(301)
10.3	采空区变形稳定性分析方法	(303)
10.3.1	预计方法	(304)
10.3.2	有限单元法	(307)
10.4	采空区处理技术	(308)
10.4.1	处治方法分类及适用条件	(308)
10.4.2	采空区处治方法选择程序及原则	(310)
10.4.3	注浆法处理工程设计	(311)
10.5	采空区处理质量控制	(319)
10.6	工程实例	(321)
11	高速公路拓宽工程地基处理	(328)
11.1	概述	(328)
11.2	拓宽工程地基处理原则与方法	(331)

11.2.1	拓宽工程地基处理原则·····	(331)
11.2.2	拓宽工程的地基处理方法·····	(331)
11.3	拓宽工程中台阶开挖设计·····	(335)
11.4	土工合成材料在拓宽工程中的应用·····	(336)
11.5	工程实例·····	(338)
11.5.1	工程概况·····	(338)
11.5.2	新老路基下地基工程性质的变化·····	(338)
11.5.3	软土地基处理方法·····	(343)
11.5.4	路基拼接措施·····	(344)
11.5.5	变形观测·····	(345)
12	地基处理现场测试 ·····	(352)
12.1	概述·····	(352)
12.2	试验工程·····	(352)
12.2.1	试验工程方案·····	(352)
12.2.2	试验工程监测·····	(353)
12.3	主要监测仪器与监测方法·····	(354)
12.3.1	量测仪具的分类·····	(354)
12.3.2	沉降板法·····	(355)
12.3.3	分层沉降仪·····	(357)
12.3.4	测斜仪·····	(358)
12.3.5	土压力计·····	(362)
12.3.6	孔隙水压力计·····	(365)
	参考文献 ·····	(369)

1.1 公路地基处理的目的与意义

公路交通覆盖面广、机动灵活、时效性强,既具有通道功能,又具有集散功能,是综合运输体系的基础;高速公路通行能力大、速度快、行车安全舒适,是综合运输体系的重要组成部分。发达国家的实践表明,高速公路在综合运输大通道中具有十分重要的地位和作用。

在新中国成立至今的半个多世纪里,我国公路交通的发展,经历了改革开放前 30 年的长期滞后阶段、改革开放后 10 年的起步发展阶段和 20 世纪 80 年代末至今的快速发展阶段。1949 年底,全国公路通车里程仅 8.07 万 km,公路密度仅 $0.8 \text{ km}/100 \text{ km}^2$,到 1978 年底全国公路里程达到 89 万 km,比新中国成立之初增长了 10 倍,但高等级公路数量很少,仅有二级公路约 1 万 km;1978 年至 1987 年的 10 年间,我国公路基础设施建设步伐进一步加快,到 1987 年底,全国公路通车里程达到 98 万 km,公路网的整体水平得到明显提高;20 世纪 80 年代末 90 年代初,中央明确把加快交通运输发展作为事关国民经济全局的战略性和紧迫性任务,公路交通迎来了大发展的历史机遇。到 2006 年底,全国公路通车里程达到 345.7 万 km,东部发达地区按国土面积计算的公路网密度,超过 $50 \text{ km}/100 \text{ km}^2$,接近中等发达国家水平。这期间高速公路从无到有,发展迅速,从 80 年代末开始起步,经历了 80 年代末至 1997 年的起步建设阶段和 1998 年至今的快速发展阶段(图 1.1)。



图 1.1 全国高速公路通车里程增长情况

1988 年上海至嘉定高速公路建成通车,结束了我国大陆没有高速公路的历史;到 1997 年底,我国高速公路通车里程达到 4 771 km,相继建成了沈大、京津塘、沪宁等一批具有重要意义的高速公路,突破了高速公路建设的多项重大技术“瓶颈”,积累了设计、施工、监理和运营等建设和管理全过程的经验;1998 年,为应对亚洲金融危机,国家加快了基础设施建设步伐,高

速公路建设进入了快速发展时期,年均通车里程超过 4 000 km,到 2008 年底,全国高速公路通车里程达到 6.03 万 km,位居世界第二位。2007 年底时河南(4 556 km)和山东(4 039 km)高速公路里程突破 4 000 km,江苏(3 608 km)和广东(3 520 km)高速公路里程均突破 3 000 km。我国各地区的发展很不平衡,绝大部分高速公路建于东部沿海诸省。

我国幅员辽阔,地形地貌复杂,土质条件多样。沿海诸省,除山东部分地段外,大部分为泥质海岸,土层多为淤泥、淤泥质黏土、淤泥质亚黏土及泥混砂层,属于饱和的正常压密软黏土,这种土类抗剪强度低、压缩性高、固结速度慢,因而沉降变形量大、地基稳定性差。在我国长江、淮河流域,还经常分布有膨胀土、液化地基等;在一些煤矿等矿产基地,开采后留下了大面积的地下采空区。这些软弱地基、特殊地基的存在常导致严重的公路质量问题,往往是高等级公路设计、施工的关键问题之一。

表 1.1 是我国主要高速公路软土分布情况一览表。

表 1.1 我国主要高速公路软土分布情况一览表

分布情况	沪宁 高速公路	京津塘 高速公路	杭甬 高速公路	泉厦 高速公路	佛开 高速公路	广佛 高速公路	广深 高速公路
全长/km	274.08	142.48	144.99	81.1	80.0	15.07	122.0
软土长/km	92.29	48.0	91.64	17.45	12.98	7.0	34.0
软土厚/m							
一般	6~15	8	30~40	2~8	4~6	4~6	
最厚	30	13	>60	17	15	8	
软土占全长比/%	33.7	33.7	63.2	21.5	16.2	46.4	27.9

公路工程的地基问题及其对道路的影响可概括为三类:

(1) 强度及稳定性问题。当地基的抗剪强度不足以承受路堤及路面外荷载时,地基可能会产生局部或整体剪切破坏,造成路堤塌方、失稳,桥台破坏等。

(2) 沉降变形问题。当地基在上部荷载及外载作用下产生过大的沉降变形或工后沉降过大时,会影响道路的正常行驶,特别是产生过大的不均匀沉降时,路面会开裂破坏,构造物与路堤衔接处差异沉降,引起桥头跳车、涵身、通道凹陷、沉降缝拉宽而漏水,路面横坡变缓、积水等。

(3) 地震、车辆震动等动力荷载可能引起地基土特别是饱和和无黏性土的液化、失稳及震陷等。另外,由于外界水循环变化、温度变化等引起的管涌、冻融等也可能引起地基强度和变形的显著变化,从而影响道路的正常行驶。

当道路工程特别是高速公路工程中遇到上列问题之一时,必须采取措施进行处理,这些措施包括:绕避、结构调整、挖除不良土体、地基处理。地基处理的目的是利用夯实、置换、排水固结、加筋和热力学等方法对地基土进行加固,以改善地基土的抗剪性、压缩性、振动性和特殊地基的特性,使之满足道路工程的要求。显然,对于交通量大、养护时间难的高速公路,地基处理的恰当与否直接关系到工程质量、投资和进度。因此,地基处理对节约基本建设投资,保证公路正常营运具有重要意义。

1.2 软弱地基和特殊土工程性质

1) 软弱地基

软弱地基是指主要由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或其他高压缩性土层构成的地基。

(1) 软土

在《公路工程名词术语》(JTJ 002—87)中,软土定义为“由天然含水量大、压缩性高、承载能力低的淤泥沉积物及少量腐殖质所组成的土,主要有淤泥、淤泥质土及泥炭”。软土按沉积环境分为下列五类:滨海沉积、湖泊沉积、河滩沉积、沼泽沉积、谷地沉积。软土的基本特性是:

① 具有高含水量、低密度、低强度、高压缩性、低透水性和中等灵敏度的特点。一般含水量高达 45%~60%,最大可达 100%~200%,常大于液限;孔隙比大于 1.0,有的可大于 2.0;塑性指数为 20 左右,不排水强度为 10~30 kPa,压缩系数为 0.5~1.0 MPa⁻¹,固结系数为 (0.1~1.0)×10⁻³ cm²/s,灵敏度为 4~8。因此,该类土压缩沉降量大,排水固结缓慢,地基稳定性差。

② 具有结构性。结构性的形成随土的矿物成分、沉积环境、孔隙水的成分及沉积年代而不同。除南方湛江一带有高结构性土外,软土均具有一定的结构性。结构性的强弱可以用视超固结比来表示,结构性的主要作用是增大了土骨架的刚度,因此其力学特性与应力水平密切相关。应力水平较低时,土会呈现较好的力学特性;应力水平超过某临界值后,土的结构性破坏,使力学性质明显恶化,而且这种恶化是不可逆的,短期内很难恢复。此外,结构性黏土还具有剪胀性。

③ 往往存在硬壳层。这是由地表部分风化、淋洗作用形成的,该硬壳层具有中等或低的压缩性、较高的强度、较强的结构性。硬壳层破坏后,加荷初期沉降、侧向位移、差异沉降均较大,因此,存在所谓填筑临界高度问题,一般当路堤高度为 2~3 m 时,可充分利用硬壳层而不需处理软土。

我国几条主要高速公路的软土特性见表 1.2。

(2) 冲填土

冲填土是人工填土之一。它是在疏浚江河航道或从河底取土时用泥浆泵将已装在泥驳船上的泥砂,直接或再用定量的水加以混合成一定浓度的泥浆,通过输泥管送到四周筑有围堤并设有排水挡板的填土区内,经沉淀排水后而成。

冲填土有别于素土回填,它具有一定的规律性。其工程性质与冲填土料、冲填方法、冲填过程及冲填完成后的排水固结条件、冲填区的原始地貌和冲填龄期等因素有关。

表 1.2 我国几条主要高速公路的软土特性

地点	土层	w /%	γ /($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	E /MPa	w_L /%	I_p /%	c_c /($10^{-3} \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	C_c	c' /kPa	ϕ' /($^\circ$)	c /kPa	ϕ /($^\circ$)
沪宁高速公路 昆山段	亚黏土 硬壳层	27	19.0	0.85	35.1	14.4	1.5	0.22				
	淤泥硬 壳层	40~ 60	17~ 19	1.4~ 1.6	35~ 43	12~ 19	0.3~0.6	0.3~ 0.7	0	27~ 31		
	亚黏土	23~ 31	20	0.7~ 0.99	28~ 34	10~ 15	10~90	0.15~ 0.2	5~10	29~ 32		
同三国 道宁波 段	亚黏土 硬壳层	41~ 45	17.9~ 18	1.3	37~ 40	12~ 17	0.4~0.9	0.40~ 0.46				
	淤泥 质土	49~ 53	17.1~ 17.5	1.37~ 1.47	39~ 41	12~ 17	0.4~0.6	0.53~ 0.62	9~17	20~ 26		
	亚黏土	29~ 31	18.6~ 19.3	0.83~ 0.92	29~ 36	8~ 15	2~6	0.15~ 0.24	5~7	25~ 31		
沪嘉高 速公路	亚黏土 硬壳层	26.5~ 38	18.0	0.9~ 1.06	39~ 45	15~ 19					15.5	14.5
	淤泥 质土	40~ 60	17.3	0.96~ 1.45	40~ 46	18~ 27	3.9~4.1	0.37~ 0.48			8.3~ 10.3	7.0~ 8.5
	亚黏土	24.1	18.3	1.03	30~ 39	12~ 14					44	13.5
杭甬高 速公路	淤泥 质土	40~ 65	16.2~ 18.5	1.3~ 1.68	36~ 46	12~ 24	0.38~4.7	0.30~ 0.42			16~ 18	9~ 15
广佛高 速公路	淤泥 质土	95.7	15.0	2.36		21.2	0.78				14	15
连徐高 速公路 连云港 软土	淤泥 质土	40~ 90	16.4	1.0~ 1.6	30~ 66	25	0.58		16	9	10	5

其主要工程性质:

① 冲填土有的以砂粒为主,也有的以黏粒或粉粒为主。在冲填土的入口处沉积的土粒较粗,甚至有石块,顺着出口处逐渐变细,除出口处及接近围堰的局部范围外,一般尚属均匀,但在冲填过程中间歇时间过长,或土料有变化则会造成冲填土纵横向的不均匀性。

② 冲填土料粗颗粒比细颗粒排水固结快,在其下层土质具有良好的排水固结条件下所形成的冲填土地基的强度和密实度随着龄期增长而加大。

③ 冲填土料很细时,水分难以排出。土体形成初期呈流动状态,当其表面经自然蒸发后,常呈龟裂,下面水分不易排出,处于未固结状态,较长时间内可能仍处于流动状态,稍加扰动,即呈触变现象。

④ 如原始地貌高低不平或局部低洼,冲填后水分更不易排出,固结极为缓慢,压缩性高。

而冲填在斜坡地段上,则其排水固结条件就较好。

⑤ 冲填土与自然沉积的同类土相比,强度低,压缩性高,常产生触变现象。

(3) 杂填土

其主要工程性质:

① 一般承载能力不高,压缩性较大,且不均匀,具体来说:a. 填料物质不一,颗粒尺寸悬殊,颗粒间孔隙大小不一;b. 回填前地貌高低起伏,形成填土厚薄不一;c. 回填时间常常先后不一;d. 取样不易,勘察工作困难,通常无法提出地基承载力值。

② 当杂填土加到某级荷载时浸水,变形剧增,有湿陷性。

③ 填筑年代是评定杂填土的一个重要指标。填土层的密实度随年代而增加,但随外界因素如雨水、填土顶上的随机荷载等而有较大的变化。通常,砂性杂填土的填筑年代在 5 年以上,黏性杂填土则需更多时间,才能粗略地认为填土层自身压密已趋于稳定。

另外,饱和松散粉细砂(包括部分粉土)也应属于软弱地基范畴,在动力荷载(机械振动、地震等)重复作用下将产生液化,基坑开挖时也会产生管涌。

对软弱地基勘察时,应查明软弱土层的均匀性、组成、分布范围和土质情况。对冲填土尚应了解排水固结条件;对杂填土尚应查明堆载历史,明确自重下稳定性和湿陷性等基本因素。

2) 特殊土地基

特殊土地基大部分带有地区特点,它包括湿陷性黄土、膨胀土、红黏土、冻土、盐渍土等。

(1) 湿陷性黄土

凡天然黄土在上覆土的自重应力作用下,或在上覆土自重应力和附加应力共同作用下,受水浸湿后土的结构迅速破坏而发生显著附加下沉的黄土,称为湿陷性黄土。

我国湿陷性黄土广泛分布在甘肃、陕西、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙、山东、河北、河南、山西、陕西、甘肃、宁夏、青海和新疆等地。由于黄土的浸水湿陷而引起建(构)筑物的不均匀沉降是造成黄土地区事故的主要原因。设计时首先要判断是否具有湿陷性,再考虑如何进行地基处理。

(2) 膨胀土

膨胀土是指黏粒成分主要由亲水性黏土矿物组成的黏性土,它是一种吸水膨胀和失水收缩,具有较大的胀缩变形性能,且变形往复的高塑性黏土。

我国膨胀土分布范围很广。在广西、云南、湖北、河南、安徽、四川、河北、山东、陕西、江苏、贵州和广东等省均有不同范围的分布。利用膨胀土作为筑路材料或建(构)筑物地基时,如果不进行地基处理,常会造成较大的危害。

(3) 红黏土

石灰岩和白云岩等碳酸盐类岩石在亚热带温湿气候条件下,经风化作用所形成的褐红色黏性土,称为红黏土。通常红黏土是较好的地基土,但由于下卧岩面起伏及存在软弱土层,一般容易引起地基不均匀变化。

(4) 盐渍土

当土中易溶盐含量超过 0.3%时常称之盐渍土。盐渍土中的盐遇水溶解后,物理力学性质会发生较大变化,强度降低,地基会出现溶陷。某些盐渍土(如含 Na_2SO_4)在温度或湿度变

化时,会发生体积膨胀。另外盐渍土中的盐会对建筑材料产生腐蚀作用。我国盐渍土主要分布在西北干旱地区的新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古等地势低平的盆地和平原中。

(5) 季节性冻土

凡具有负温或零温,其中含有冰的各种土都称为冻土,而冬季冻结,夏季融化的土层,称为季节性冻土。对冻结状态持续 3 年以上的土层,则称为多年冻土或永冻土。

季节性冻土在我国东北、华北和西北广大地区均有分布,因其呈周期性的冻结和融化,对地基稳定性影响较大。

(6) 岩溶

岩溶,或称喀斯特(Karst),主要出现在碳酸类岩石地区。其基本特性是地基主要受力层范围内受水的化学和机械作用而形成溶洞、溶沟、溶槽、落水洞以及土洞等。

(7) 采空区

地下资源(如煤矿)开采后留下的采空区,会使上覆岩层冒落塌陷,地表将产生不连续沉降或连续沉降盆地,对公路路基、路面的稳定带来极大隐患。

1.3 地基处理方法分类

地基处理的历史可追溯到古代,我国劳动人民在地基处理方面有着极其宝贵的丰富经验,许多现代的地基处理技术都可在古代找到它的雏形。根据历史记载,早在两千年前就已采用了在软土中夯入碎石等压密土层的夯实法;灰土和三合土的垫层法,也是我国古代传统的建筑技术之一;我国古代在沿海地区极其软弱的地基上修建海塘时,就是采用每年农闲时逐年填筑而成,这就是现代堆载预压法中称为分期填筑的方法,利用前期荷载使地基逐年固结,从而提高土的抗剪强度,以适应下一期荷载的施加,这是我国劳动人民在软土地基上从实践中积累的宝贵经验。

地基处理方法的分类多种多样,如按时间可分为临时处理和永久处理;按处理深度可分为浅层处理和深层处理;按处理土性对象可分为砂性土处理和黏性土处理,饱和土处理和非饱和土处理;也可按照地基处理的作用机理进行分类。表 1.3 为比利时根特大学 W. F. Van Impe 按地基处理为临时性处理和永久性处理进行分类的方法,永久性地基处理按是否添加材料分为不加材料的永久性处理和添加材料的永久性处理。表 1.4 为按地基处理的作用机理进行分类的方法。实际上严格地按照地基处理的作用机理进行分类也是困难的,很多地基处理的方法具有多种处理的效果,如碎石桩具有置换、挤密、排水和加筋等多重作用;石灰桩又挤密又吸水,吸水后又进一步挤密等反复作用;在各种挤密法中,同时都有置换作用。可见,每一种处理方法可能具有多种处理的效果。对每种地基处理方法,在使用时必须注意其加固机理、适用范围、优点和局限性。