



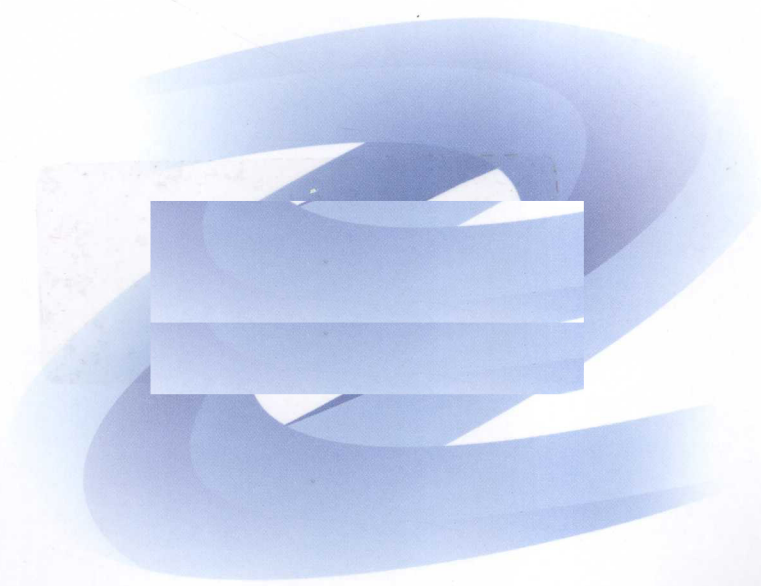
国家示范性高等职业院校课程改革教材

GJSFX GDZYXX KEGGJC

软弱地基处理技术

吴敏之 主编

彭富强 主审



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校课程改革教材

要 容 内

Ruanruo Diji Chuli Jishu

软弱地基处理技术

吴敏之 主编

彭富强 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为国家示范性高等职业院校课程改革教材。本书采用案例教学的模式,应用大量工程实例,结合国家最新规范进行编写,适应于新的教学实践。全书共分七个学习单元,主要内容包括:软弱地基认知、软弱地基浅层处理、排水固结法、挤密压实法、化学加固法、加筋法以及特殊地基处理。书末附有案例分析题。

本书可作为交通高职院校道路桥梁工程技术及相关专业使用教材,还可供从事软弱地基处理的相关工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

软弱地基处理技术 / 吴敏之主编. —北京: 人民交通出版社, 2010.8

ISBN 978-7-114-08535-2

I. ①软… II. ①吴… III. ①软弱地基—地基处理—高等学校—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 127592 号

国家示范性高等职业院校课程改革教材

书 名: 软弱地基处理技术

著 作 者: 吴敏之

责任编辑: 黎小东

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 8.75

字 数: 209千

版 次: 2010年 8 月 第 1 版

印 次: 2010年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08535-2

定 价: 21.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序 言

我院在长期的办学实践中,不断深化职业教育教学改革,先后与80多家大中型企业开展合作办学,探索出了“订单”培养、“秋去春回、工学交替”等人才培养模式,毕业生深受用人单位的欢迎,实现了学校、企业、学生等“多赢”。在校企合作中,我们深刻体会到,要真正实现“技能训练与岗位要求对接、培养目标与用人标准对接”,就必须有一套适合“订单”教学的工学结合的教材,于是就有了与企业技术骨干一起编写教材之愿望,随后几年,各种讲义便呼之欲出。

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中指出:“高等职业院校要积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容。”“与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材,并确保优质教材进课堂。”2007年,我院被正式列为第二批国家示范性高等职业院校建设单位,开发“工学结合特色教材”作为国家示范重要建设项目,被郑重的写入了建设任务书。

三年来,各教材主要撰写人带领教学团队成员,深入“订单”企业调研,广泛听取企业、学生、职教专家等多方人士意见,并结合国外先进的职教经验,遵循基于工作过程导向的课程开发理念,夙兴夜寐,多易其稿,进一步丰富了原讲义的内容,并付诸教学实践。正是有了各专业教学团队的辛勤耕耘,这套工学结合的系列教材才得以顺利付梓。在这里,我要道三声感谢:感谢国家示范建设项目的实施给我们提供了千载难逢的参与机会,感谢各位领导、省内外职教专家的悉心指导,感谢各位老师、主要撰稿人为之付出的劳动。

诚然,由于我们课程开发的理论功底不深,深入实践的时间有限,教材中错误也在所难免。正如著名职教专家姜大源在国家示范性高等职业院校建设课程开发案例汇编《工作过程导向的高职课程开发探索与实践》序言中所说:“这只是一部习作。习者,蹒跚学步也”。它“虽显稚嫩,却是新起点”。诚是希望各位同行、专家批评指正。

工学结合是职业教育永恒的主题。即将颁布和实施的《国家中长期教育改革和规划纲要(2010~2020)》对大力发展职业教育做出了许多重大举措,特别提出了制定校企合作法规,调动企业参与职业教育的积极性。可以说,职业教育将迎来又一个新的春天。欣逢盛世,责任重大。我们将一如既往地加强与企业的合作,积极探索多种形式的职业教育模式,开发适应企业和市场需求的专业教材,努力培养更多的高技能人才,为实现我国从人力资源大国到人力资源强国的转变作出应有的贡献。

路漫漫其修远兮,吾将上下而求索。

是为序。

王章华

2010年3月于岳麓山下

(王章华为湖南交通职业技术学院院长、教授,中南大学硕士生导师)

前 言

根据国家对高职院校提出的“懂设计、精施工、会管理”的要求,以及随着软弱地基处理技术的发展、各种施工方法和工艺的创新、新材料新设备的应用,我们特编写了本教材。本教材遵循以就业为导向,以职业岗位要求为课程目标,以职业标准要求为课程内容,以教学内容模块化为课程结构,以学生职业能力培养为课程核心,以新技术、新工艺、新材料、新标准为课程视野,以双师素质教师队伍、仿真和真实的实践教学环境为课程保障的课程建设与改革的原则,积极探索“任务驱动”、“项目导向”、“现场见习”等有利于增强学生能力的教学模式,从选用教材到教学大纲、教学计划的修订及教学方法的创新和教学手段的多元化等诸多方面,进行了大量的研究工作,力求使教学内容与新时期先进的软弱地基处理技术紧密结合。

本教材共分为7个单元共25个课题,运用23个工程实例介绍了软弱地基处理的相关基础知识以及现在较为常用的施工方法。在教材编写过程中,采用和参考了国家有关最新规范,结合了示范性高职院校培养要求,突出了适用性和实用性。

本教材单元一、单元二由湖南交通职业技术学院吴敏之编写,单元三由湖南交通职业技术学院汤邦彦、胡诚编写,单元四由湖南交通职业技术学院赵曦编写,单元五由湖南交通职业技术学院赵曦、汤邦彦编写,单元六由湖南交通职业技术学院胡诚、陈小薇编写,单元七由湖南交通职业技术学院陈小薇与湖南省交通建设质量监督站赵一林编写,复习思考题及案例分析题由湖南交通职业技术学院吴敏之、胡诚编写。本教材由湖南交通职业技术学院彭富强主审。

本教材在编写过程中,得到了许多相关单位的支持,在此表示感谢。同时,教材中存在的不足之处恳切希望使用本教材的教师和读者批评指正。

编 者

2010年6月

目 录

单元一 软弱地基认知	1
课题一 土的基本特性和分类	1
课题二 软弱地基土及其特性	5
课题三 常用软弱地基处理技术	9
复习思考题	11
单元二 软弱地基浅层处理	12
课题一 表层夯实	12
课题二 土层置换	19
课题三 其他浅层处理方法	29
复习思考题	31
单元三 排水固结法	32
课题一 砂井与袋装砂井	33
课题二 塑料排水带	37
课题三 其他排水固结法	41
复习思考题	44
单元四 挤密压实法	45
课题一 砂桩	45
课题二 石灰桩	53
课题三 碎石桩	59
课题四 CFG 桩	66
复习思考题	72
单元五 化学加固法	73
课题一 水泥搅拌桩	73
课题二 高压喷射桩	80
课题三 灌浆法	87
复习思考题	91
单元六 加筋法	92
课题一 概述	92
课题二 土工合成材料的种类和基本特征	93
课题三 设计原理和施工工艺	96
课题四 效果检验和工程实例	100
复习思考题	102

单元一 软弱地基认知

课题一 土的基本特性和分类

软弱地基处理技术这门课程是以土为研究对象,以科学的方法来处理施工时不宜作为建筑物地基的软弱地基土。为了更好地学习和理解各种软弱地基处理技术,本单元简要土的基本性质和分类。

一、土的基本特性

(一) 土的概念

土是地壳表层母岩经强烈风化作用而形成的大小不等、未经胶结的一切松散物质,包括土壤、黏土、砂、岩屑、岩块和砾石等。根据土粒之间有无黏结性,大致可将土分为砂性土和黏性土。土体是指建筑场地范围内主要由不同土层组成的单元体。土体涉及对建筑物有影响的整个面积与深度。土体在形成过程中因所受的风化作用性质不同,而具有不同的沉积形式。按照土体的成因可分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土、冰积土和风积土等类型。由于它们是在漫长的地质岁月中,由不同的地质作用,不同时代的物质堆积而成,因而它的组成物质不可能是均匀的,而是由不同层次、不同性质的土层所组成。

(二) 土的基本特性

1. 土的三相组成

土的三相组成是指土由固体土粒、液体水和气体三部分组成。土中的固体矿物构成土的骨架,骨架之间贯穿着大量空隙,空隙中充填着液体水和气体。

随着环境的变化,土的三相比例也发生相应的变化,土体三相比例不同,土的状态和工程性质也随之各异。

2. 土的物理性质

土的工程性质常用其物理、水理和力学等方面的性质来进行分析。其中,土的物理性质是土的最基本的工程性质,具有重要的实用价值。下面介绍土质学中土的物理性质指标及物理状态指标。

1) 土的物理性质指标

(1) 土的重度 γ : 土的重度一般指土的天然重度,也称湿重度,是指土的总重力(G)和土的总体积(V)的比值。其表达式如下:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{G_s + G_w}{V} \quad (1-1)$$

式中: G_s ——土中固体土粒的重力;

G_w ——土中天然水分的重力。

(2) 土的干重度 γ_d : 土的干重度指干燥状态下单位体积土的重力, 即土中固体土粒的重力 (G_s) 与土的总体积 (V) 的比值。其表达式如下:

$$\gamma_d = \frac{G_s}{V} \quad (1-2)$$

(3) 土的饱和重度 γ_{sat} : 土的饱和重度是指土的空隙中全部充满水时单位体积水的重力, 即土粒的重力 (G_s) 及空隙中满水的重力 (G'_w) 之和与土的总体积 (V) 的比值。其表达式如下:

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + G'_w}{V} = \frac{G_s + V_v \gamma_w}{V} \quad (1-3)$$

式中: V_v ——土中空隙的体积, 即土中液体和气体的体积之和。

(4) 土的浮重度 γ' : 土的浮重度也称有效重度, 指地下水位以下土体受水的浮力作用时单位体积土的重力。其表达式如下:

$$\gamma' = \frac{G_s - V_s \gamma_w}{V} \quad \text{或} \quad \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (1-4)$$

式中: V_s ——土中固体土粒的体积。

(5) 土的相对密度 G_s : 土的相对密度是指土在 105 ~ 110℃ 温度下烘干至恒重时的质量 (m_s) 与同体积 4℃ 蒸馏水质量 (m_w) 的比值。其表达式如下:

$$G_s = \frac{m_s}{m_w} \quad (1-5)$$

(6) 土的含水率 w : 土的含水率指土中水分的质量 (m_w) 与土中所含土粒质量 (m_s) 的比值, 一般用百分数表示, 表示土中所含水分的数量。其表达式如下:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-6)$$

(7) 土的孔隙比 e : 土的孔隙比指土中孔隙体积 (V_v) 与固体颗粒体积 (V_s) 的比值, 可以直接反映土的密实程度。其表达式如下:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-7)$$

(8) 土的孔隙度 n : 土的孔隙度也称土的孔隙率, 指土的孔隙体积 (V_v) 与土的总体积 (V) 的比值, 表示土中空隙大小的程度。其表达式如下:

$$n = \frac{V_v}{V} \quad (1-8)$$

(9) 土的饱和度 S_r : 土的饱和度指土中水的体积 (V_w) 与土的全部孔隙体积 (V_v) 的比值, 表示孔隙被水充满的程度。其表达式如下:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \quad (1-9)$$

2) 土的物理状态指标

土的物理状态, 对于粗粒土, 指土的密实程度; 对于细粒土, 指土的软硬程度或称为黏性土的稠度。

(1)粗粒土的相对密度 D_r [●]:用天然孔隙比 e 与同一种砂的最疏松状态孔隙比 $e_{\max}$ 和最密实状态孔隙比 $e_{\min}$ 进行对比,看 e 靠近 $e_{\max}$, 还是靠近 $e_{\min}$, 以此来判断它的密实度,即相对密实度法。

相对密实度表达式如下:

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \tag{1-10}$$

(2)黏性土的稠度:黏性土的稠度,反映土粒之间的黏结强度随着含水率高低而变化的性质。其中,各不同状态之间的界限含水率具有重要意义,如图 1-1 所示。

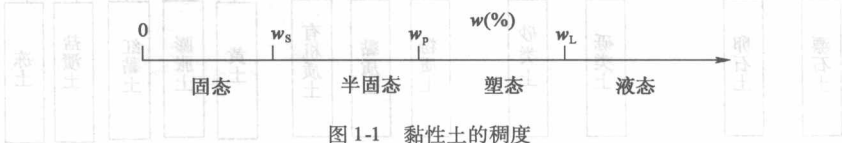


图 1-1 黏性土的稠度

液限 w_L (%) :黏性土呈液态与塑态之间的界限含水率。

塑限 w_p (%) :黏性土呈塑态与半固态之间的界限含水率。

缩限 w_s (%) :黏性土呈半固态与固态之间的界限含水率。

塑性指数 I_p :黏性土与粉土的液限与塑限的差值,去掉百分号,称液限指数,记为 I_p 。其表达式如下:

$$I_p = (w_L - w_p) \times 100\% \tag{1-11}$$

液性指数 I_L :黏性土的液性指数为天然含水率与塑限的差值和液限与塑限的差值之比。其表达式如下:

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} \tag{1-12}$$

二、土的工程分类

土是自然地质历史的产物,它的成分、结构和性质千变万化,其工程性质也千差万别。为了能大致地判断土的基本性质,合理地选择研究内容及方法,以及方便科学技术交流,有必要对土进行科学的分类。

对于土质分类法,世界各国、各地区、各部门,根据自己的传统与经验,都有自己的分类标准。但总体看来,国内外对分类的依据,在总的体系上也在趋近于一致,各分类法的标准也都大同小异。

《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)根据土分类的一般原则,吸收国内外分类体系的优点,结合在工程实践中所取得的试验研究成果,提出了土质统一分类的体系,如图1-2所示。

其分类依据为:①土颗粒组成特征;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。

按分类依据,首先应根据颗粒分析资料和图 1-3,计算土样的各分组含量;然后按下列条文进行分类,具体操作技术为逐条向下查对,哪一条中所有条件首先满足就依那一条的分类名为准。

● D_r 在《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)中,称相对密度,本书为和比重(相对密度)区别,仍采用过去用词——相对密实度。

(一)巨粒土分类

巨粒组质量多于总质量 50% 的土称巨粒土。根据巨粒组的具体含量,可分为漂(卵)石、漂(卵)石夹土及漂(卵)石质土。

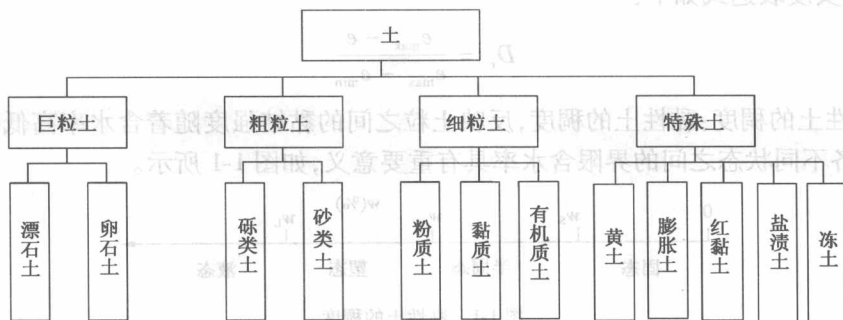


图 1-2 土分类总体系图

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 1-3 粒组划分图

(1)巨粒组质量多于总质量 75% 的土,称漂(卵)石。其中漂石粒组质量多于总质量 50% 的土称为漂石,记为 B;漂石粒组质量少于或等于 50% 的土称卵石,记为 Cb。

(2)巨粒组质量为总质量 75% ~ 50% 的土,称漂(卵)石夹土。其中漂石粒组质量多于总质量 50% 的土称漂石夹土,记为 BSL,漂石粒组质量少于或等于 50% 的土称卵石夹土,记为 CbSI。

(3)巨粒组质量为总质量 50% ~ 15% 的土,称漂(卵)石质土。其中漂石粒多于卵石粒的土称漂石质土,记为 SIB;其中漂石粒少于或等于卵石粒的土称为卵石质土,记为 SICb。

(4)巨粒组质量少于总质量 15% 的土,可扣除巨粒,按粗粒土或细粒土的相应规定分类定名。

(二)粗粒土分类

粗粒组质量多于总质量 50% 的土称为粗粒土(其总质量为巨粒组质量少于试样总质量 15% 时扣除巨粒组的质量)。粗粒土按其粒组含量可分为砾类土和砂类土。

1. 砾类土

粗粒土中砾类组质量多于总质量 50% 的土称砾类土。砾类土应根据其中细粒含量和类别以及粗粒组的级配进行分类,其中:

(1)砾类土中细粒组质量少于总质量 5% 的土称砾。按级配指标,砾又分为级配良好砾,记为 GW;级配不良砾,记为 GP。

(2)砾类土中细粒组质量为总质量 5% ~ 15% 的土称含细粒土砾,记为 GF。

(3)砾类土中细粒组质量大于总质量 15%,并小于或等于总质量 50% 的土称为细粒土质砾。按细粒土的塑性图(由塑性指数 I_p 和液限 w_L 构成),细粒土质砾又可分为粉土质砾,记为

GM;黏土质砾,记为GC。

2. 砂类土

粗粒土中砾粒组质量少于或等于总质量 50% 的土称砂类土。类土应根据其中细粒含量和类别以及粗粒组的级配进行分类,其中:

(1) 砂类土中细粒组质量少于总质量 5% 的土称砂,按级配指标,砂又分为级配良好砂,记为 SW;级配不良砂,记为 SP。砂可进一步细分为粗砂、中砂和细砂。

(2) 砂类土中细粒组质量为总质量 5% ~ 15% 时的土称含细粒土砂,记为 SF。

(3) 砂类土中细粒组质量大于总质量的 15% 并小于或等于总质量 50% 的土称细粒土质砂。按细粒土的塑性图,细粒土质砂又可分为粉土质砂,记为 SM;黏土质砂,记 SC。

(三) 细粒土分类

细粒组质量多于总质量 50% 以上的土称细粒土。细粒土应该按规定划分为细粒土、含粗粒的细粒土和有机质土。

(1) 细粒土中粗粒组质量少于总质量 25% 的土称细粒土。细粒土按塑性图可分为高液限黏土,记为 CH;低液限黏土,记为 CL;高液限粉土,记为 MH;低液限粉土,记为 ML。

(2) 细粒土中粗粒组质量为总质量 25% ~ 50% 的土称含粗粒的细粒土。含粗粒的细粒土可按其组成,分为含砾细粒土和含砂细粒土。

(3) 含有机质的细粒土称有机质土。土中有机质包括未完全分解的动物残骸、植物残骸和完全分解的无定形物质。后者多呈黑色、青黑色或暗色;有臭味;有弹性和海绵感。当不能判定时,可采用下列方法:将试样在 105 ~ 110℃ 的烘箱中烘烤,烘烤 24h 后试样的液限小于烘前的 3/4,该试样为有机质土。有机质土根据塑性图规定,分为有机质高液限黏土,记为 CHO;有机质低液限黏土,记为 CLO;有机质高液限粉土,记为 MHO;有机质低液限粉土,记为 MLO。

(四) 特殊土分类

特殊土是由小粒径的黏粒和粉粒组成,根据其颗粒级配、塑性指数 I_p 和液限 w_L 以及含盐量等,分为黄土、膨胀土、红黏土和盐渍土。《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)给出了黄土、膨胀土和红黏土在塑性图中的位置及其学名,以及盐渍土的含盐量标准。

在进行地质勘查工作时,我们经常会遇见特殊土的地质。由于特殊土的物理性质和工程特性,它不宜于作天然地基。对于这种特殊土的地质,一般都需要进行一些处理才能将其用作建筑物和结构物的地基。在本书单元七中将对于特殊土地基作详细的介绍。

课题二 软弱地基土及其特性

在高速公路建设中,不可避免地会遇到软弱地基问题。软弱地基具有含水率高、天然孔隙比大、压缩性高、渗透性小、抗剪强度低、固结系数小等不良的工程性质,导致地基承载力往往不能满足工程设计的要求。因此,需要对软弱地基进行人工加固处理。在本单元中,我们首先来了解软弱地基的土质及其特性。

一、软弱地基土及其特性

(一) 软土

软土是第四纪全新世形成的近代沉积物,其地质年龄一般为 10 000 ~ 15 000 年。所有的

软土都是在淡水或盐水中沉积的。由于沉积的地质环境(如海滩、三角洲、河口湾、泻湖、湖泊、沼泽等)不同,其空间范围和天然性状也因其沉积环境及其水动力条件的变化而异。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,有的把松软的冲填土和杂填土等也列入软土,谓之广义软土;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。

我国交通行业标准将软土定义为: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 1-1 的所示。

软 土 鉴 别 表

表 1-1

土 类	天然含水率(%)		天然孔隙比	直剪内摩擦角 (°)	十字板剪切强度 (kPa)	压缩系数 $a_{0.1-0.2}$ (MPa^{-1})
黏质土、有机质土	≥ 35	$\geq \text{液限}$	≥ 1.0	宜小于 5	< 35	宜大于 0.5
粉质土	≥ 30		≥ 0.90	宜小于 8		宜大于 0.3

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,重度小。天然含水率大于液限,一般在 50% ~ 70% 之间,液限一般为 40% ~ 60%。
- (3) 天然孔隙比大,一般大于 1.0。
- (4) 渗透系数小,一般在 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ 之间。沉降速度慢,固结完成所需时间长。而大部分淤泥和淤泥质土地区,由于该土层中夹有数量不等的薄层或极薄层粉砂、细砂、粉土等,故在垂直方向的渗透性比水平方向要小。
- (5) 压缩性高,淤泥和淤泥质的压缩系数一般为 $0.7 \sim 1.5 \text{ MPa}^{-1}$,最大达 4.5 MPa^{-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,软土的快剪黏聚力小于 10kPa,快剪内摩擦角小于 5° ,固结快剪的强度高,凝聚力小于 15kPa,内摩擦角小于 10° 。
- (7) 软土的灵敏度高,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。

(二) 冲填土

冲填土是人为地用水力方式冲填而沉积的土,近年来多用于沿海滩涂开发及河漫滩造地。西北地区常见的水坠坝(也称冲填坝)即是冲填土堆筑的坝。冲填土形成的地基可视为天然地基的一种,它的工程性质主要取决于冲填土的性质。

冲填土地基一般具有如下一些重要特性:

- (1) 颗粒沉积分选性明显,在入泥口附近,粗颗粒较先沉积,远离入泥口处所沉积的颗粒变细;同时在深度方向上存在明显的层理。
- (2) 冲填土的含水率较高,一般大于液限,呈流动状态。停止冲填后,表面自然蒸发常呈龟裂状,含水率明显降低,但下部冲填土当排水条件较差时仍呈流动状态,冲填土颗粒愈细,这种现象愈明显。
- (3) 冲填土地基早期强度很低,压缩性较高,这是因冲填土处于欠固结状态。冲填土地基随静置时间的增长逐渐达到正常固结状态。其工程性质取决于颗粒组成、均匀性、排水固结条件以及冲填后静置时间。

杂填土的主要特点是:无规划堆积、成分复杂、性质各异、厚薄不均、规律性差。因而同一场地表现为压缩性和强度的明显差异,极易造成不均匀沉降,通常都需要进行地基处理。

(四) 饱和松散砂土

粉砂或细砂地基在静荷载作用下常具有较高的强度。但是当受到振动荷载(地震、机械振动等)作用时,饱和松散砂土地基则有可能产生液化或大量震陷变形,甚至丧失承载力。这是因为土颗粒松散排列并在外部动力作用下颗粒的位置产生错位,以达到新的平衡,瞬间产生较高的超静孔隙水压力,有效应力迅速降低。

(五) 湿陷性黄土

在上覆土层自重应力作用下,或者在自重应力和附加应力共同作用下,因浸水后土的结构破坏而发生显著附加变形的土称为湿陷性土,其属于特殊土。有些杂填土也具有湿陷性。广泛分布于我国东北、西北、华中和华东部分地区的黄土,多具湿陷性。(这里所说的黄土泛指黄土和黄土状土。湿陷性黄土又分为自重湿陷性和非自重湿陷性黄土,也有的老黄土不具湿陷性。)

(六) 膨胀土

膨胀土的矿物成分主要是蒙脱石,它具有很强的亲水性,吸水时体积膨胀,失水时体积收缩。这种胀缩变形往往很大,极易对建筑物造成损坏。膨胀土是特殊土的一种,在我国的分布范围很广,如广西、云南、河南、湖北、四川、陕西、河北、安徽、江苏等地,均有不同范围的分布。

(七) 多年冻土

冻土是指 0°C 以下,并含有冰的各种岩石和土。一般可分为短时冻土(数小时、数日以至半月)、季节冻土(半月至数月)以及多年冻土(数年至数万年以上)。我国多年冻土主要集中在大、小兴安岭,是欧亚大陆多年冻土南缘以及青藏高原;平面分布服从纬度地带性规律及海拔高的地方,冻土面积约大,厚度越厚规律。冻土是一种对温度极为敏感的土体介质,含有丰富的地下冰。因此,冻土具有流变性,其长期强度远低于瞬时强度。正由于这些特征,在冻土区修筑工程构筑物面临两大危险:冻胀和融沉。

(八) 岩溶

在岩溶地区常存在溶洞或土洞、溶沟、溶隙、洼地等。地下水的冲蚀或潜蚀使其形成和发展,它们对结构物的影响很大,易于出现地基不均匀变形、崩塌和陷落。因此在修建结构物之前,必须进行必要的处理。

(九) 含有机质土和泥炭土

当土中含有不同的有机质时,将形成不同的有机质土;在有机质含量超过一定含量时就形成泥炭土。它具有不同的工程特性,有机质的含量越高,对土质的影响越大,主要表现为强度低、压缩性大,并且对不同工程材料的掺入有不同影响等,对直接工程建设或地基处理构成不利的影响。

无论哪种类型的软弱地基,它的软硬都是相对的,在工程设计和施工时,不要拘泥于它们的定义,只要路堤或其他荷载在地基上有可能出现过大有害的变形与强度不足的问题,都应进行

承载力、稳定性、沉降等验算,凡不能满足设计要求时均应作为软弱地基并采取相应处理措施。

二、软弱地基上的公路工程问题

(一)路堤的稳定性问题

填筑在软弱地基上的路堤失稳破坏方式一般分为刺入破坏和圆弧滑动破坏两类,下面对其作简要介绍。

1. 刺入破坏

刺入破坏如图 1-4 所示。

2. 圆弧滑动破坏

这类破坏方式更为常见,它是部分路堤和地基土沿着破裂面发生位移的结果,其破裂面形式因地基的力学性质而异,如图 1-5 所示。计算时为简便起见,一般取破裂面为圆弧,即认为其是旋转滑动的。这种破坏可以由路堤上的加载或路堤坡脚的开挖引起。



图 1-4 刺入破坏

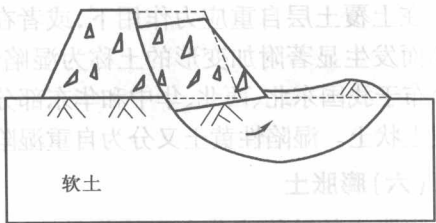


图 1-5 圆弧滑动破坏

软弱路堤稳定分析方法,大多采用极限平衡原理,即根据土体沿着假想滑动面上的极限平衡条件进行分析。该方法中,由于条分法能适应复杂的几何形状和各种土质和孔隙水压力条件,因而成为最常用的方法。

(二)路堤的沉降问题

与路堤稳定性的快速破坏相反,路堤沉降是软弱地基在上覆填土重力作用下长期缓慢变形的结果。路堤沉降可以因路堤中心竖直陷入软弱地基土引起,也可是软基的垂直下陷与侧向位移联合作用的结果(图 1-6)。沉降量通常达数十厘米,对于很软的、厚度大的软基,沉降量可达数米,而且路堤中心的沉降比两侧大;垂直变形比水平变形也要大得多,二者的比值取决于安全系数、路堤的几何尺寸及软土的厚度。沉降的速率与软土的性质、厚度及是否存在排水层有关,一些竣工后十余年的路堤,测得剩余沉降的情况并不罕见。

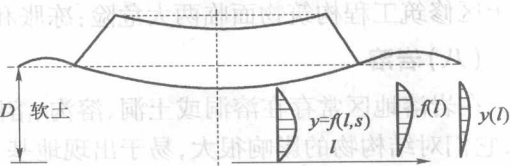


图 1-6 软弱地基的沉降与侧向位移

地基沉降的理论分析方法可归纳为两种类型:一类是理论公式法;另一类是数值分析法。理论公式法建立在太沙基等人创立的经典土力学基础上,其中引入了许多简化假定。这类方法具有简便、直观、计算参数少且易取得等优点,因而在工程中得到广泛应用。数值分析法则近代土力学研究的产物。20 世纪 70 年代以来,随着计算机和有限元应用技术的发展,人们可以将复杂的土工计算问题编制成有限元计算程序,通过计算机运算,从而得到较准确的计算结果。利用数值分析法,可以较全面地考虑土体的变形特性及其边界条件,理论上较严密。但这种方法有一定难度,缺乏理论公式法所具有的许多优点,因此,在工程中未能得到广泛应用。

(三) 软弱地基土与结构的相互作用问题

软弱地基的水平 and 垂直变形常常不可避免地影响到路堤附近的结构物,如挡土墙、桥台,以及埋在填土路堤中的各种管线等。这些影响也分为两类;一类是软基破坏的影响;另一类是软基沉降的影响。

1. 软基破坏的影响

地基土的破裂在路堤和软土层中可以引起快速显著的运动,其结果表现为路堤的沉陷和天然地面的隆起,这种隆起有时可达数米。地基变形的结果还表现在桥梁桩基的破坏、桥台和挡土墙的倾覆以及地下管线的损坏。

2. 软基沉降的影响

软基沉降的影响一般更为常见。因为结构物在设计时,通常考虑了较高的安全系数,而软基的沉降则是缓慢长期的,很容易被忽视或对其影响估计不足。这方面的典型例子就是桥梁工程,在穿过软基的桥桩竣工后,进行路堤施工时,由于填筑时的软基沉降,实际填土厚度比设计的大,路堤竣工后,由于沉降,还要经常填土弥补长期的工后沉降,这样就加大了对地基桥桩的水平 and 垂直作用力,特别是软基沉降对桩身产生的负摩擦力的影响,导致桥台锥坡的破坏,而且造成了桥台的移位、桩基的沉降、桥台后梁的脱落,以及由于桥台台背土压力对桥梁面板的挤压而产生的裂隙、鼓胀、接缝等破坏(图 1-7)。

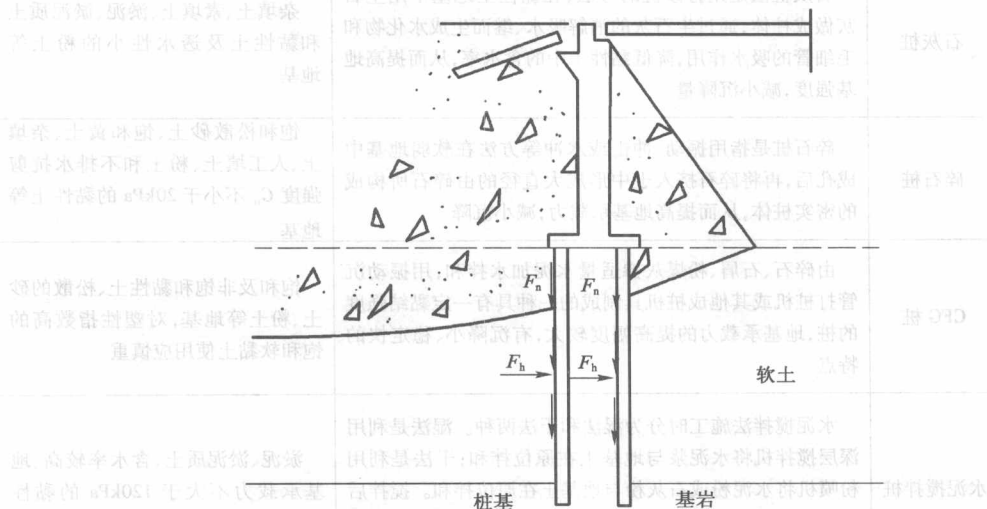


图 1-7 软基变形对桩产生的作用力

课题三 常用软弱地基处理技术

一、软弱地基处理方法

软弱地基处理的方法很多,各种方法都有它的适用范围。具体工程的地质条件千变万化,对地基处理的要求不尽一致,而且施工部门采用的机具、当地的材料都会不同,因此必须具体分析,从地基条件、处理要求、处理范围、工程进度、材料机具等方面进行综合考虑,以确定合适的处理方法。高等级公路软土地基常用的地基处理方法、加固原理和适用范围如表 1-2 所示。