

YANTU
GONGCHENG
YU LUJI

岩土工程与路基

(第二版)

罗嘉运 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

岩土工程与路基

(第二版)

罗嘉运 编著

中 国 铁 道 出 版 社

2006年·北 京

内 容 简 介

本书共十一章,综述岩土工程的基本理论、弹塑性、稳定性和渗流等问题;路基在设计、施工和养护方面的经验,以及近代土工构造物、高速铁路和冻土路基的新技术和新发展。书中列有 500 多个实用公式、约 100 个算例和工程实例,对作用机理的叙述、重要公式的推导尤为详尽。本书可作为大专院校的教材和参考书,公路、铁路土建工程师的手册和工具书使用。

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程与路基/罗嘉运编著. —2 版. —北京:中国铁道出版社,2005.11

ISBN 7-113-06741-7

I. 岩… II. 罗… III. 路基—岩土工程
IV. U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 139145 号

书 名:岩土工程与路基(第二版)
作 者:罗嘉运
出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
第一版编辑:陈 健 王俊法
责任编辑:许士杰
封面设计:薛小卉
责任校对:关玲玲
印 刷:北京市彩桥印刷有限责任公司
开 本:787mm×1 092mm 1/16 印张:26 字数:612 千
版 本:1997 年 4 月第 1 版 2006 年 1 月第 2 版第 2 次印刷
印 数:1 501~3 500 册
书 号:ISBN 7-113-06741-7/TU·818
定 价:49.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话:路(021)73169,市(010)63545969

序

路基和地表岩土广泛接触,受到地质构造、岩土性质、地下水和地形、气候等因素的影响。为此,路基工程设计必须符合地质及岩土的实际情况,才能保证安全与经济。修建完工后发生意外变形坍塌的路基既要抢修通车,又要根本整治,养护工作十分繁重。所以路基工程的设计、施工与养护是息息相关的。

早年修建路基,虽也采用古代礅工夯实等方法,但未应用土力学、工程地质学等学科,遇到问题多凭经验处理,缺乏理论上探讨,因而发生过许多破坏与错误,延误工期、影响运输、浪费资金。

自 Coulomb 创造土压力理论, Fellenius 提出土坡稳定圆弧法分析,特别是 20 世纪初, Terzaghi 从工程实际需要出发,扩大试验研究,奠定了经典的土力学理论基础。工程师们通过加强工程地质勘探,应用土力学理论,改进了路基设计与施工技术,减少了工程失败。但是由于地质调查常未重视局部上小的细节,以及缺乏量的概念,所以近年来发展了岩土工程学,促进了工程师与地质工作者密切合作,使路基工程技术不断创新,有了广阔的前途。

岩土工程综合土力学、岩体力学、岩石力学、钻探技术及工程地质学、地貌学、水力学、水文学等知识,来解决路基及其他工程问题。实际应用岩土技术理论,采取工程措施是否得当,取决于路基技术人员是否具有充分的知识与鉴别复杂情况的能力。大秦铁路重视应用岩土技术,指导设计与施工,所以通车后很快即能担负起重载煤运,路基病害较少。

铁路每年自然灾害约有 80% 发生在路基上。我们不可能在铁路沿线都配备工程地质及岩土技术专家,因此充实提高铁路广大路基技术人员的岩土工程理论知识,联系实际工作,从而起到减少路基病害与破坏的作用,是十分重要的。

罗嘉运高级工程师从事路基养护及防洪工作 40 余年,又参加过复线及新线施工,理论和实践经验俱优。现本其多年心得,写成《岩土工程与路基》一书。作者将书稿见示,嘱为序言。经过阅读感到本书既阐述基本理论,又列举工程措施及计算实例,取材内容周详,算例简明实用,有益于提高路基技术水平和工作实践中应用。

目前国内虽已出版若干土力学或工程地质学以及有关路基方面的著作,但专门系统地介绍岩土工程应用于路基尚不多见。为此,乐于推荐这一本土建技术人员的良好参考书。相信本书的出版,对增进路基工程技术裨益铁路建设,将会作出应有的贡献,达到作者致力编写的目的。是为序。

吴钰

再版序言

罗嘉运先生是我国铁路路基方面的知名专家。他在京广线南段从事路基养护和防洪工作四十余年,又参加过复线及新线施工,亲自经历并克服了现场所面临的大量岩土工程问题。为了深入了解他所面临复杂问题的自然规律,并为了做好自己的岗位工作,他几十年来不停的博览并钻研与这些问题有关的科技书刊,从而丰富提高了自己的学识和技术能力,并在晚年将自己的理论心得和实践经验总结写成这本“岩土工程与路基”,于1997年出版。

作者为了准备再版,函邀本人阅读并征求意见。但此书涉及面广,限于时间和精力,本人只能略读其中一部分,读后有感如下:

一、这本书取材针对路基工作所需的岩土工程基础知识和技术对策,内容精简扼要,密切结合实际。是适合路基工程师及大专院校师生阅读参考的一本好书。

二、通过这本书还应当学习罗高工敬业爱岗、刻苦钻研提高的精神。这应当是我们每一个人的榜样。

三、在岩土工程的计算方法和试验方法中,时常存在一些不同的见解和争论。作者在本书中也针对一些方法进行讨论并提出新的建议,遵照百家争鸣的原则,应是受欢迎并可供参考的。当然,如果有些方法已在国家规范标准中作出规定,则仍以采用规范标准为宜。

四、随着我国铁路网的扩大建设发展,新建地区将不断发生新问题,例如多年冻土、风沙、岩溶等特殊地质。客车提速和高速铁路的动力影响又将提出新的路基稳定性问题。新一代路基工程师将面临新的挑战。因此作者的敬业爱岗和钻研精神更是新时代所需要的。

卢肇钧

2005年8月

卢肇钧:铁道科学研究院研究员,中国科学院资深院士。

前 言

路基是轨道的基础,又是铁路的关键工程。它由路基本体、基床、排水设备、地基及附属建筑物五大部分组成。其状态如何对运输效率和行车安全关系极大。路基土石方是三相不均质材料,兼具弹性、塑性和黏性,其性质复杂多变,材料强度和结构问题都难于掌握。路基又处在自然环境中,受各种不良地质现象和风沙、暴雨、温度、洪水和地震的影响,这些都造成了路基工程的复杂性。

20世纪50年代以来,铁路勘测设计注意了工程地质工作。老线在整治滑坡崩塌、基床翻浆冒泥,新线在整治风沙、软土地基和泥石流等方面,均取得一定的效果和成绩。作者在此基础上,试图进一步将岩土工程和路基设计施工与养护的实践结合起来,编写一本在理论和技术上都较为实用的书,供工务工程技术人员和院校教学参考。现在铁路的重载及高速,加大了钢轨轨枕和道床路基的压力,为保行车安全舒适,要求提高线路包括路基的技术标准,还要求改进路基的施工质量和养护方法,作者希望本书对此也有所帮助。

书中对岩土工程的基本理论和主要公式多有推导,以利我们对它的理解和应用,特别是库伦、朗肯、布辛涅斯克、普朗达尔和太沙基的公式。这些经典理论至今还是岩土工程的基础,并被应用到现代许多复杂的问题和较高深的理论上去。本书共列500多个公式,应用性强易于计算为定量分析所必需。全书共有工程实用算例约100个,附图约400幅以助对理论的理解。

本书对近代新技术如加筋土、锚杆锚定板、土钉挡土墙、边坡柔性防护、土工合成材料、深孔非电松爆、粉喷、液喷、搅拌桩、碎石桩,以及真空法、强夯法、滴灌和冷棒技术、通风路基等,均有简要地介绍,便于推广应用。

书中有些章节是作者的见解和做法,如小面积暴雨迳流、综合内摩擦角和基床应力的计算、软土地基沉降系数的分析、第二破裂面土压力数解法等,稍具新意计算简便,希望读者给予指正俾臻完善。新技术方面如基床和过渡段特别填土、地陷注浆、边坡喷射混凝土、喷射草籽、土工网草皮、坡脚排水垫层和基面沙沟边坡渗沟等,都经过实践证明行之有效,且便利施工省力省钱。

在岩土分类方面采用国标分类法,既具我国特点,又和发达国家基本上一致。如何在工地鉴别土质亦有详细叙述。计量单位采用ISO标准,符号及角标符合国标规定,也接近国际标准。附表124个多引自国内外权威著作和科研单位的试验成果,具有一定的参考价值或为计算所需要。

本书重视水在岩土中的运动。除五、六两章有专门论述外,其他各章多少还要提到。如在边坡稳定检算中,多处提到水对稳定的影响及计算。另外,在错落体、液化、流坍、管涌和泥石流中,也着重水力作用机理的说明。

全书共十一章。前四章为岩土工程的基础知识,内容涉及较多学科。所介绍的土工试验和监测办法,是路基工程师所必须了解,在工地上也是常用的。较专业的内容有所分工,作者也只能讲点常识。其他各章都是将基本原理结合工程实践加以论述。总的说我们研讨的问题有两个:(1)边坡的稳定性和抗洪、抗冻融、抗地震、抗风沙、抗暴风雨的能力;(2)路基和地基的压实特性、沉降量和承载能力。

本书再版时将 Jager 教授推荐的岩体等级评定,改用国标 50218—94。另在软土沉降、可靠度、抗滑桩、基床压力、地震和冻土路基等章节有较多的补充,附有必要的算表以便计算。其他章节基本不变,但也有一些增删和改正。江布法、土钉墙和最后一章路基养护都是后加的。

作者感谢原铁道部技术顾问吴钰同志为本书写序及指导,感谢中国科学院资深院士,土力学及基础工程学会前任理事长卢肇钧书赠再版序言。感谢铁一院吴自迪大师、广州铁路局梁启本和朱少宏主任等多位朋友惠寄惠借一些资料给我。作者理论水平、工程实践和讯息方面都很有限,编写本书是希望对路基工程与养护尽一得之愚。错误之处难免,甚盼读者指正。

作 者

1997.04 初版前言

2005.10 再版修改

主要符号表

A	断面积	E_r	再加荷模量
a	力臂、间距、长边、加速度	E_{50}	单轴模量
a_v	压缩系数、水泥掺入比	e	孔隙比、偏心距、炸药换算系数
$B、b$	宽度、排距、底边、短边	$e_{\max}$	最大孔隙比
BQ	岩体定量指标	$e_{\min}$	最小孔隙比
C	黏土、黏聚力、质量热容量、比热容	e_0	初始孔隙比
C'	有效黏聚力	F	摩擦力、函数、细粒土、汇水面积
C_c	曲率系数、压缩指数、潜流比	F_s	安全系数
c	黏聚力、比热	f	摩擦系数、黏结力、普氏坚固系数
c_d	固结排水剪	G, G_s	砾石、剪切(刚性)模量、颗粒比重
c_u	固结不排水剪	GS	粗粒土
c_q	快剪黏聚力	g	重力加速度
c_r	残余黏聚力、次固结指数	$H、h$	高度、水位
C_s	地震系数、回弹(膨胀)指数、偏差系数	H_c	(斜坡)极限高度
C_u	(颗粒)不均匀系数	$H_{\min}$	路堤最小高度
C_v	竖向固结系数、变异系数	h	降雨量、全水头
C_{vr}	径向(横向)固结系数	h_c	毛细水上升高度
$D、d$	直径、深度、距离	h_{cp}	塑限毛细水上升高度
d	挠度、轨道弯沉值	h_{cc}	饱和毛细水上升高度
d_e	有效集水直径	h_0	换算土柱高、冻前积水高度
d_{10}	有效粒径	h_p	压力水头
d_{50}	平均粒径、中值粒径	h_z	位置水头
d_{60}	控制粒径	I	惯性矩、岩体完整系数、梯形荷载影响系数
d_s	砂井直径	I_c	稠度指数
D_r	粗粒土相对密度	I_L	液性指数
E	主动土压力、弹性模量	I_p	塑性指数
E_d	排水模量、动弹性模量	I_r	刚度指数
E_p	被动土压力	i	降雨强度、孔隙指数、水力梯度、速度系数
E_0	静止土压力、变形模量、割线模量	i_c	临界水力坡度
E_s	压缩模量	J	动水压力、渗透力、焦耳
$E_i(E_t)$	初始切线模量(切线模量)	K	布氏系数、荷载系数、地基系数
E_m	旁压(拉梅)模量	K, K_a	主动土压力系数
E_g	割线模量	K_c	抗滑稳定系数、角点法系数
E_u	不排水模量		

K_0	静止土压力系数、倾覆稳定系数	p_0	有效自重应力
K_p	被动土压力系数、岩石软化系数	p_s	比贯入阻力、道床压力、基面压力
K_q	岩石耐冻系数	p_t	枕底压力
K_s	应力系数	p_u	极限均布荷载、破坏应力
k	渗透系数、裂隙率	p_v	竖向压力
$k_2 k_3$	二维及三维沉降系数	$P_w p_w$	水压力
$k_v(k_x)$	竖向渗透系数	Q	剪力、轴向力、流量、装药量、热量
$k_r(k_x)$	径向(横向)渗透系数	Q_{ut}	极限荷载
K_{30}	$\phi 30$ cm 荷载板的地基系数	q	均布荷载、偏应力、单位渗流量、炸药单耗(kg/m^3)
L	长度、距离、深度	q'	线装药密度或单孔装药量(kg/m)
l	滑弧长、井深、孔深、升	q_0	搅动土的抗压强度、松爆的炸药单耗
l_e	有效长度(锚杆、筋带)	q_u	无侧限抗压强度
l_0	无效长度	q_{ut}	极限均布荷载
M	粉土、弯矩	R	反力、岩块、岩石、极限抗压强度
m	质量、边坡坡度、地基抗力比例系数、置换率	r	半径、径向坐标
m_c	糙率	R_c	饱和抗压强度(单轴)
m_s	干土质量、土粒质量	R_e	可靠度
m_v	体积压缩系数	R_g	卵石
m_w	水的质量	$R_h(h')$	坚石(次坚石)
m_z	滞流系数	R_k	渗透系数比
N	竖向力、触探击数	R_{oc}	超固结比(OCR)
$N_{2.5}$	2.5 kg 小型贯入击数	R_y	十字板扭力、压缩圈半径
$N_{63.5}$	标准贯入击数	RQD	岩体质量指数
N_r, N_c, N_q	浅基承载力系数	S	沙、抗剪力、岩块坚强系数、沉降量
N_s	边坡稳定系数	s	抗剪强度、间距、距离、秒
n	孔隙率、井径比、糙率、爆破作用指数、桩土应力比	S_0	岩石固有抗剪强度、始动推移力
n_d	地基深度系数	$S_c(S_d, S_s)$	固结(初始、次固结)沉降量
n_x	破坏圆弧距离系数	S_f	地震力
O	坐标原点、圆心、有机土	S_q	直剪、快剪强度
P	集中荷载、力、压实系数	S_r	饱和度、剩余沉降量
p	均布荷载、压力、贯入比	S_t	灵敏度
p_f	破坏概率	S^+	十字板抗剪强度
p_a	主动土压力强度、大气压力、容许荷载	S_{90}	固结度为 90% 时的沉降量
p_c	先期固结压力、临塑荷载	S_∞	总沉降、最终沉降量
p_e	膨胀力	T	拉力、锚固力
p_h	水平应力、压力强度	t	时间、历时、温度、厚度

T_v	竖向排水固结的时间因素	γ_w	水的单位体力
T_r	水的表面张力、有径向排水的时间因素	Δ	增量、势降、变位
U	总固结度	λ	土压力系数、导热系数、系数
U_x	竖向排水的固结度	δ_s	湿陷系数
U_r	有径向排水的固结度	δ	外摩擦角、变位、岩块翻转角
U_t	在 t 时的固结度	δ_{fs}	自由膨胀率
u	孔隙水压力	ε	应变、落石速度系数
u_a	孔隙气压力	ε_v	竖向应变率、压缩比
$\bar{u}$	平均孔隙压力	$\zeta_{c(q,r)}$	地基承载力修正系数
u_w	静水压力	η	地震角、孔隙压力系数、潜流系数、冻胀率、黏滞系数、应力折减系数
uu	不固结不排水剪	θ	角, 破裂角, 中心角
V	体积、电压、竖向分力	μ	泊松比, 爆破压缩系数, 应力系数
V_s	土粒体积、灌沙量	ρ	密度、电阻
$V_v (V_w, V_d)$	孔隙(水、空气)体积	ρ_d	干密度
v	流速、渗流速度	ρ'	浮密度、水下密度
v_m	泥石流流速	ρ_f	冻土密度
v_p	纵波波速	ρ_s	颗粒密度
v_x	x 方向速度分量	ρ_{sat}	饱和密度
W	体力、断面系数、瓦(特)	ρ_w	水的密度
W, w	天然含水量、最小抵抗线	σ_d	动应力
w_a, W_A	岩石吸水率、总含水量	σ_o	基本承载力
w_l	液限含水量	$\sigma_n \sigma$	法向应力, 正应力
w_{op}	最佳含水量	$[\sigma], \sigma_{0-1}$	地基容许承载力, 标准差, 方差
w_p	塑限	σ_r	径向应力、残余应力
w_{sat}	饱和含水量	σ_o	基本承载力
X_e	节理切割率	σ_c	屈服应力
x	水平向坐标	σ_{ut}	极限应力
Z	岩体质量系数	σ'	有效应力
z	深度、竖向坐标	$\sigma_{1,2,3}$	主应力
z_o	冻结深度、冻土层厚度、裂缝深度	σ_z	竖向附加应力、自重应力
α	角、倾角、墙背倾斜角、压缩应力比、抗滑桩变形系数	τ	剪应力
α'	视倾角	$[\tau]$	容许剪应力
α_i	外破裂角	τ_{xy}	垂直 x 轴平行 y 轴的剪力
β	角、边坡角、可靠度指标、跃起角、地面横坡角、变形系数、积温比	τ_{rz}	垂直水平面平行 z 轴的剪力
β_i	内破裂角	τ_{xr}	垂直 z 轴的横向剪力
γ	体力(重度)、平面角、剪应变	τ_r	残余剪应力
		τ_u	不排水抗剪强度

ϕ	内摩擦角	$\phi_s(\phi_d)$	慢剪(排水剪) ϕ 角
ϕ'	有效内摩擦角	ϕ_{1-4}	克雷洛夫函数
ϕ_o	综合 ϕ 角,总抗剪强度角	Ψ	角度、偏载系数
ϕ_{cu}	固结不排水剪 ϕ 角	ω	角度
ϕ_{uu}	不固结、不排水剪 ϕ 角	Ω	积温、冻结指数(-)、融化指数(+)
ϕ_r	残余内摩擦角		

目 录

第一章 工程地质和岩土分类

第一节	岩石分类及性质	1
第二节	岩石的结构和构造	1
第三节	岩石的风化	2
第四节	岩体构造——褶皱、断裂和节理	3
第五节	结构面、结构体和岩体质量评定	9
第六节	地表流水的地质作用	15
第七节	其他表生地质作用	16
第八节	天然土层的来源和分类	18
第九节	土的结构和构造	19
第十节	土的统一分类和野外鉴别	20
第十一节	特殊土	24
第十二节	地层和地质年代	26
第十三节	大地构造单元和地层接触关系	28

第二章 岩土的物理性质和勘探

第一节	勘探方法	31
第二节	标准贯入和触探试验	34
第三节	岩土的三相组成和物性基本指标	36
第四节	岩土的密度	37
第五节	岩土的孔隙性	39
第六节	细粒土的物理状态指标	40
第七节	粗粒土的级配和相对密度	42
第八节	软弱夹层的物性指标	44
第九节	黏土粒组的特性	45
第十节	黄土的湿陷性	48

第三章 岩土中应力

第一节	自重应力和侧压力	52
第二节	基础和地基的接触应力	54
第三节	路基面上荷载——换算土柱法	55
第四节	轨道荷载下的附加应力——弹性介质法	56
第五节	集中荷载下的附加应力——布辛涅斯克法	58

第六节	线荷载和条形荷载下的附加应力——应力系数法	61
第七节	矩形荷载下的附加应力——角点法	64
第八节	梯形荷载下的附加应力——奥特伯格法	66
第九节	主应力和莫尔圆	70
第十节	应力途径和应力水平	72
第十一节	孔隙压力和有效应力	73
第十二节	岩土의应力—应变关系	73

第四章 岩土의抗剪强度和试验

第一节	抗剪强度和破坏理论	78
第二节	室内剪切试验	80
第三节	十字板和抗拔原位测试	83
第四节	大中型直剪、荷载板和旁压试验	85
第五节	黏性土的抗剪强度	88
第六节	沙性土的抗剪强度	89
第七节	岩石的强度和室内试验	90

第五章 地下水、地表水及路基排水

第一节	地下水和岩溶概述	95
第二节	土中液相	98
第三节	岩土의渗透性和达西定律	101
第四节	非均质和不同土层的渗透性	103
第五节	渗透试验	104
第六节	渗流连续方程式	107
第七节	流网图解法	108
第八节	动水压力和渗透破坏	110
第九节	饱和沙的地震液化	113
第十节	孔隙压力和上浮力	116
第十一节	浸水路基本与浸润线	120
第十二节	冻土路基	121
第十三节	降雨与排水	128
第十四节	小面积地面迳流计算	129
第十五节	水沟设计及水力计算	131
第十六节	地表和站场的排水设备	133
第十七节	地下排水设备	136

第六章 渗透固结理论和软土地基

第一节	软土地基和沉降	143
第二节	固结试验和沉降计算	144
第三节	由 $\sqrt{t}$ 和 $\lg t$ 法求固结系数 C_v	148

第四节	据 Roc 和实测的沉降计算	149
第五节	一维固结理论	152
第六节	竖向渗透固结的计算	154
第七节	准三维固结理论	156
第八节	软基设计一般规则	159
第九节	砂井施工和监测	162
第十节	袋装砂井和塑料排水板	165
第十一节	堆载预压、真空预压和排水预压	167
第十二节	降低地下水位和井点法	169
第十三节	粉喷搅拌法	171
第十四节	振冲法和碎石桩	172
第十五节	电渗排水和电硅化法	174
第十六节	浅层处理方法	175

第七章 路堤填方和连接结构

第一节	填料分类和施工土方调配	180
第二节	压实方法与质量要求	182
第三节	击实试验和土的击实特性	184
第四节	施工控制和检测方法	186
第五节	路堤连接结构	188
第六节	高填和陡坡路基	190
第七节	风沙地区路基和防风防雪措施	191
第八节	盐渍土地区路基	194
第九节	岩溶及采空区路基和地陷处理	196
第十节	静压灌浆	198
第十一节	喷射灌浆	204
第十二节	圬工构造物加固灌浆	206
第十三节	滨海路堤	207
第十四节	稳定土和轻质填料	208

第八章 边坡稳定、防护和施工

第一节	边坡破坏的原因和类型	214
第二节	安全系数和可靠度	216
第三节	粗粒土无限斜坡稳定检算——直线法	218
第四节	无摩擦黏性土斜坡稳定计算——圆弧法	220
第五节	有黏性有摩擦斜坡稳定计算——条分法	222
第六节	摩擦圆法和极限分析法	225
第七节	毕肖普法	227
第八节	滑坡推力法	231
第九节	江布法	232

第十节	滑坡图解法	233
第十一节	块体理论和岩体结构分析	234
第十二节	危石稳定性和落石计算	239
第十三节	地震和地震区路基	244
第十四节	浸水路基稳定计算	246
第十五节	草皮护坡	249
第十六节	护墙及护坡	251
第十七节	喷射混凝土	254
第十八节	冲刷防护	256
第十九节	崩塌落石防治和锚索工程	259
第二十节	滑坡防治和抗滑桩	264
第二十一节	泥石流和防治措施	277
第二十二节	爆破作用基本名词及算式	280
第二十三节	路堑爆破一般方法	284
第二十四节	控制爆破和环境保护	288

第九章 土压力和挡土墙

第一节	极限平衡和土压力状态	293
第二节	朗肯土压力理论——水平地面	295
第三节	朗肯土压力理论——斜坡地面	298
第四节	库伦土压力理论	300
第五节	库尔曼图解法	306
第六节	第二破裂面土压力数解法	307
第七节	复杂情况下土压力计算	308
第八节	重力式挡土墙检算方法及标准设计	312
第九节	悬臂式挡土墙	321
第十节	扶壁式挡土墙	321
第十一节	加筋土挡土墙	324
第十二节	锚杆挡土墙	327
第十三节	锚定板挡土墙	330
第十四节	土钉挡土墙	333

第十章 地基承载力和基床

第一节	地基变形和临塑荷载	342
第二节	地基极限荷载计算式	344
第三节	按规范和试验确定的承载力	350
第四节	复合地基	355
第五节	强 夯 法	358
第六节	基床变形原因和破坏模式	360
第七节	轨道和基床应力计算	362

第八节 土工合成材料的类型、性能和应用 367

第十一章 路基 养 护

第一节 现代管理和路基养护 371

第二节 养护组织 371

第三节 维修和大修 372

第四节 路基灾害和失败工程 373

第五节 路基和防洪的检查工作 375

第六节 地基、路基本体和附属建筑物的养护 377

第七节 排水设备的养护 378

第八节 基床的养护 379

第九节 路基绿化和生态工程 380

第十节 地震防灾 383

主要参考文献 386

索 引 389

第一章 工程地质和岩土分类

第一节 岩石分类及性质

地壳物质由岩石和土壤组成,简称岩土。岩石则由矿物在地质作用下形成。矿物指元素的单质或化合物。自然界的矿物多达3 000多种,但最常见的造岩矿物只有20多种。如石英、云母、长石、角闪石、橄榄石、辉石、方解石、白云石、赤铁矿、黄铁矿和黏土矿物等。岩石中的矿物成分及其组合胶结特征是区别岩石的一个重要标志。据成因类型,一般将岩石分为三大类:

1. 岩浆岩——由岩浆侵入地壳上部在地下凝固而形成,如花岗岩、正长岩、闪长岩、辉长岩等以侵入地表的深浅又分为深成岩和浅成岩。岩浆喷出地表后冷凝成为喷出岩,如流纹岩、花岗斑岩、安山岩、玄武岩等属之。岩浆岩强度很高,坚硬呈块状一般无层理,孔隙率和透水性很小,软化性弱抗冻性高,结构均匀较耐风化,是良好的天然材料和地基。但如角闪石、辉石、黑云母等深色矿物愈多就愈易风化,有的已风化成土余下石英砂粒多的成砂黏土。

2. 沉积岩——由先成岩石经风化、剥蚀、搬运沉积后固结而成,在地表的分布面积约占75%,常见的碎屑颗粒从大到小有砾岩砂岩等,它们的物理力学性质主要取决于胶结物质和颗粒成分。如云母砂岩、长石砂岩和粉砂岩就易风化,石英砂岩则有很强的抗力。颗粒很细的黏土岩和页岩的性质取决于矿物成分和含杂质的数量。这类岩石孔隙小、渗透性差,遇水极易软化和泥化。

由生物化学作用形成的沉积岩有石灰岩、白云岩、石膏岩、煤层和炭质页岩等,以纯化学方式或在生物参与下沉积而成。石灰岩以方解石为主要成分,不含杂质时为灰白色,含杂质时成黑褐色,晶质结构致密,含硅质时硬度较大,含泥质时变成泥灰岩,含白云石 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 成分超过1/2以上称为白云岩颜色较浅。沉积岩最明显的特征是具有层理和化石。

3. 变质岩——先成岩石在构造运动或岩浆活动中,经高温高压或新矿物加入后生成的新岩石。因高温接触变质生成的岩石如:石英砂岩变为石英岩,石灰岩变为大理岩等。由高压生成的区域变质岩石如:花岗岩变为片麻岩、页岩变为千枚岩、片岩,泥岩变为板岩。由动力变质形成的有角砾岩、压碎岩、糜棱岩等。变质岩分布广泛,几乎各个时代都有,尤其寒武纪以前的岩石,绝大多数是变质岩。

变质岩多具有牢固的结晶联结,结构致密,岩性坚硬强度较高,孔隙较少透水性差。但变质岩中如有云母、绿泥石等片状矿物和片理构造特别发育者,颗粒间的联结就明显降低,表现出各向异性。受动力作用的变质岩,褶皱强烈裂隙较多渗透性较大,对强度不利。动力变质的岩石受构造运动强烈挤压,有的成角砾状有的成粉末碎块状,常见于断层挤压带和破碎带,胶结及强度差,透水性大。

第二节 岩石的结构和构造

岩石的结构特征和岩石的物理力学性质有密切的关系。岩石结构是指岩石中矿物的结晶程度、晶粒形状大小及其排列情况,和岩体结构有所不同。工程地质学将岩石的结构分为3